



Development of Radiation Dose Assessment System for Radiation Accident (RADARAC)

Fumiaki TAKAHASHI, Yuji SHIGEMORI and Akiyuki SEKI

Division of Environment and Radiation Sciences
Nuclear Science and Engineering Directorate

July 2009

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Data/Code

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2009

Development of Radiation Dose Assessment System for Radiation Accident (RADARAC)

Fumiaki TAKAHASHI, Yuji SHIGEMORI* and Akiyuki SEKI⁺

Division of Environment and Radiation Sciences
Nuclear Science and Engineering Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received May 14, 2009)

The possibility of radiation accident is very rare, but cannot be regarded as zero. Medical treatments are quite essential for a heavily exposed person in an occurrence of a radiation accident. Radiation dose distribution in a human body is useful information to carry out effectively the medical treatments. A radiation transport calculation utilizing the Monte Carlo method has an advantageous in the analysis of radiation dose inside of the body, which cannot be measured. An input file, which describes models for the accident condition and quantities of interest, should be prepared to execute the radiation transport calculation. Since the accident situation, however, cannot be prospected, many complicated procedures are needed to make effectively the input file soon after the occurrence of the accident. In addition, the calculated doses are to be given in output files, which usually include much information concerning the radiation transport calculation. Thus, Radiation Dose Assessment system for Radiation Accident (RADARAC) was developed to derive effectively radiation dose by using the MCNPX or MCNP code. RADARAC mainly consists of two parts. One part is RADARAC_INPUT, which involves three programs. A user can interactively set up necessary resources to make input files for the codes, with graphical user interfaces in a personnel computer. The input file includes information concerning the geometric structure of the radiation source and the exposed person, emission of radiations during the accident, physical quantities of interest and so on. The other part is RADARAC_DOSE, which has one program. The results of radiation doses can be effectively indicated with numerical tables, graphs and color figures visibly depicting dose distribution by using this program. These results are obtained from the outputs of the radiation transport calculations. It is confirmed that the system can effectively make input files with a few thousand lines and indicate more than 20,000 data of radiation dose within a few minutes.

This report describes making of input files and indication of radiation dose information with RADARAC and how to use this system.

Keywords: Radiation Accident, Radiation Dose Assessment, Radiation Transport Calculation, MCNPX, MCNP, Making Input Files, Indication of Radiation Dose, RADARAC

* Research Organization for Information Science and Technology

+ Center for Computational Science & e-Systems

放射線事故時における線量評価システム（RADARAC）の開発

日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門

環境・放射線工学ユニット

高橋 史明、重森 祐志*、関 暁之⁺

(2009 年 5 月 14 日 受理)

放射線事故の発生確率は非常に低い、ゼロとは見なせない。放射線事故の発生時には、重度被ばく者に対する医療措置が不可欠となる。人体中の線量分布は、医療措置の効率的な遂行に有益な情報である。モンテカルロ法を採用する放射線輸送計算は、測定できない人体内部の線量分布を解析できる特長がある。その放射線輸送計算の実行には、事故状況のモデル、評価対象とする物理量を記述する入力ファイルが準備されなくてはならない。しかしながら、事故の発生状況は予見できないため、事故後に効率的な入力ファイルを作成する際には複雑な手順を必要とする。これに加えて、線量の計算結果は、放射線輸送に関する多くの情報が記述される出力ファイルの中で与えられる。そこで、MCNPX または MCNP コードを用いて、効率的に放射線事故時の線量を解析できる線量評価システム(Radiation Dose Assessment system for Radiation Accident, RADARAC)を開発した。RADARAC は、大きく 2 つの部分から構成される。1 つめの部分は、3 つのプログラムからなる RADARAC_INPUT である。ユーザーは、パーソナルコンピュータのグラフィカルユーザーインターフェイスを用いて、計算コードの入力ファイル作成に必要な情報を対話形式で設定できる。入力ファイルは、放射線源及び被ばく者の幾何構造、事故中の放射線放出、評価対象とする物理量などに関する情報を含む。もう一方の部分は、1 つのプログラムからなる RADARAC_DOSE である。このプログラムの使用により、放射線量の解析結果が、数値表、グラフ及び色分けによる線量分布の可視的な図示で効率的に提示される。これらの結果は、輸送計算の出力ファイルより得られる。本システムにより、数千行にわたる入力ファイルの作成、20000 以上の線量データの提示が、数分以内で効率的に実行されることを確認した。

本報告書では、RADARAC を用いた入力ファイル作成、線量情報の提示法とともに、そのシステムの使用方法を記す。

* 高度情報科学技術研究機構

+ システム計算科学センター

原子力科学研究所（駐在）：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

Contents

1. Introduction -----	1
2. Overview of RADARAC -----	1
3. Overview of RADARAC_INPUT -----	3
3.1 Source Model Definition -----	3
3.2 Human Model Definition -----	4
3.2.1 Structure of Human Model -----	4
3.2.2 Physical Quantities of Interest -----	7
3.3 Making Input Files for Radiation Transport Calculation -----	9
4. Overview of RADARAC_DOSE -----	10
4.1 Calculating radiation doses with RADARAC_DOSE -----	10
4.2 Indication of dose distribution -----	12
5. Availability of RADARAC -----	12
6. Conclusion -----	14
References -----	15
Appendix A User's Manual of RADARAC_INPUT (in English) -----	17
Appendix B User's Manual of RADARAC_DOSE (in English) -----	41
Appendix C User's Manual of RADARAC_INPUT (in Japanese) -----	65
Appendix D User's Manual of RADARAC_DOSE (in Japanese) -----	89
Appendix E Guidance for making input files with RADARAC_INPUT (Geometrical conditions) -----	113
Appendix F Guidance of utilizing RADARAC for executing radiation transport calculations -----	125

目 次

1. 緒言	1
2. RADARAC の概要	1
3. RADARAC_INPUT の概要	3
3.1 線源モデルの定義	3
3.2 人体モデルの定義	4
3.2.1 人体モデルの構造	4
3.2.2 評価対象の物理量	7
3.3 放射線輸送計算のための入力ファイル作成	9
4. RADARAC_DOSE の概要	10
4.1 RADARAC_DOSE による線量計算	10
4.2 線量分布の表示	12
5. RADARAC の性能調査	12
6. 結言	14
引用文献	15
付録 A RADARAC_INPUT の操作マニュアル（英語版）	17
付録 B RADARAC_DOSE の操作マニュアル（英語版）	41
付録 C RADARAC_INPUT の操作マニュアル（日本語版）	65
付録 D RADARAC_DOSE の操作マニュアル（日本語版）	89
付録 E RADARAC_INPUT による入力ファイル作成のガイダンス（幾何条件）	113
付録 F RADARAC を利用して放射線輸送計算を実行する場合のガイダンス	125

1. Introduction

The possibility of radiation accident is very small but cannot be regarded as zero, although many sophisticated technical devices and procedure manuals have been introduced in nuclear and radiation treating facilities. Illegal handlings of fissile material caused the two recent criticality accidents.^{1), 2)} In some cases, workers and the public were exposed to radiations from radioactive materials, which were unrecognized for a long term and left outside of nuclear or radiation treating facilities.^{3), 4)} These events had brought about heavily exposed persons and some of them received fatal doses.^{1), 2), 3), 4)} Thus, the medical treatment for the exposed person is one of the most important procedures following the radiation accident.⁵⁾ The degree of exposure should be informed, such as radiation dose over a whole body following an accident, based upon information by any instruments. In addition, radiation dose can be assessed with activity of induced radioactive nuclides in body tissue for a neutron exposure. Thus, “Rapid Dose Assessment Program from Activated Sodium in human body in Criticality Accidents (RADAPAS)” had been already developed for a criticality accident.⁶⁾

The health effect due to radiation exposure closely relates to degree of absorbed dose, especially in sensitive organs and tissues. The radiation dose distribution in a human body should be informed in detail at the next step. The method of radiation transport calculation can accurately assess imparted energy to body tissue, including inside of the human body.^{7), 8), 9), 10)} An input file, which describes models for the accidental condition and quantities of interest, should be prepared to perform a radiation transport calculation code. The radiation transport calculation code is usually applied to assess the physical quantities in the radiation field, where the inner configurations are clearly known. On the contrary, the models of radiation source and an exposed person are to be set up following a radiation accident, because the occurrence of accident cannot be prospected. Then, many complicated procedures are to be necessary in the preparation of the input file even for a person, who has many experiences in calculation. The calculated physical quantities are given in the output files with much information concerning radiation transport. If much data are involved in the output files, some of the radiation doses can be incorrectly informed in the process of extracting the interested values from the output files and deriving the final results.

From these backgrounds, the Radiation Dose Assessment system for Radiation Accident (RADARAC) was developed to obtain effectively necessary dosimetry data in medical procedures for a heavily exposed person. The system of RADARAC mainly consists of two parts, DARAC_INPUT and RADARAC_DOSE. While the former part lightens loads in making input files for the MCNPX¹¹⁾ or MCNP^{12), 13)} code, the latter part can indicate effectively information concerning radiation dose based upon the results of the radiation transport calculation. All of the parts in RADARAC can be driven by a generally personnel computer with MS-Windows systemTM.

This report also explains how to use the system of RADARAC in Appendixes A to F. (Appendixes C and D are written in Japanese).

2. Overview of RADARAC

The technique of a radiation transport calculation was applied to derive radiation dose to exposed persons in past accidents.^{7), 10)} Radiation accidents can be categorized by the type of radioactive

materials causing the accident. A criticality accident was one of the most serious emergency events, since victims were exposed to large amount of radiations. The Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI; now, Japan Atomic Energy Agency, JAEA) performed analysis of radiation dose distributions over bodies for two heavily exposed persons in the criticality accident in 1999.⁷⁾ The analysis utilized MCNPX and MCNP codes, because these codes can simulate fission reactions and transport of emitted radiations for fissile material. In addition, most of radiation dose was due to the radiations from external of human body for the past accidents, including criticality accidents. The MCNPX or MCNP code have advantageous in the simulation of neutrons and photons, which are important radiations for external exposures. From these backgrounds, utilizations of the two codes are considered in the development of RADARAC, which is constructed by referring to the experience in the previous analysis by JAERI.⁷⁾

Figure 1 depicts the flowchart of dose assessments by RADARAC, which consists of two parts, RADARAC_INPUT and RADARAC_DOSE. Whereas RADARAC_INPUT is used to make input files for the radiation transport calculation code ('pre-processor'), RADARAC_DOSE is used to indicate the obtained results based upon the outputs of the radiation transport calculation ('post-processor').

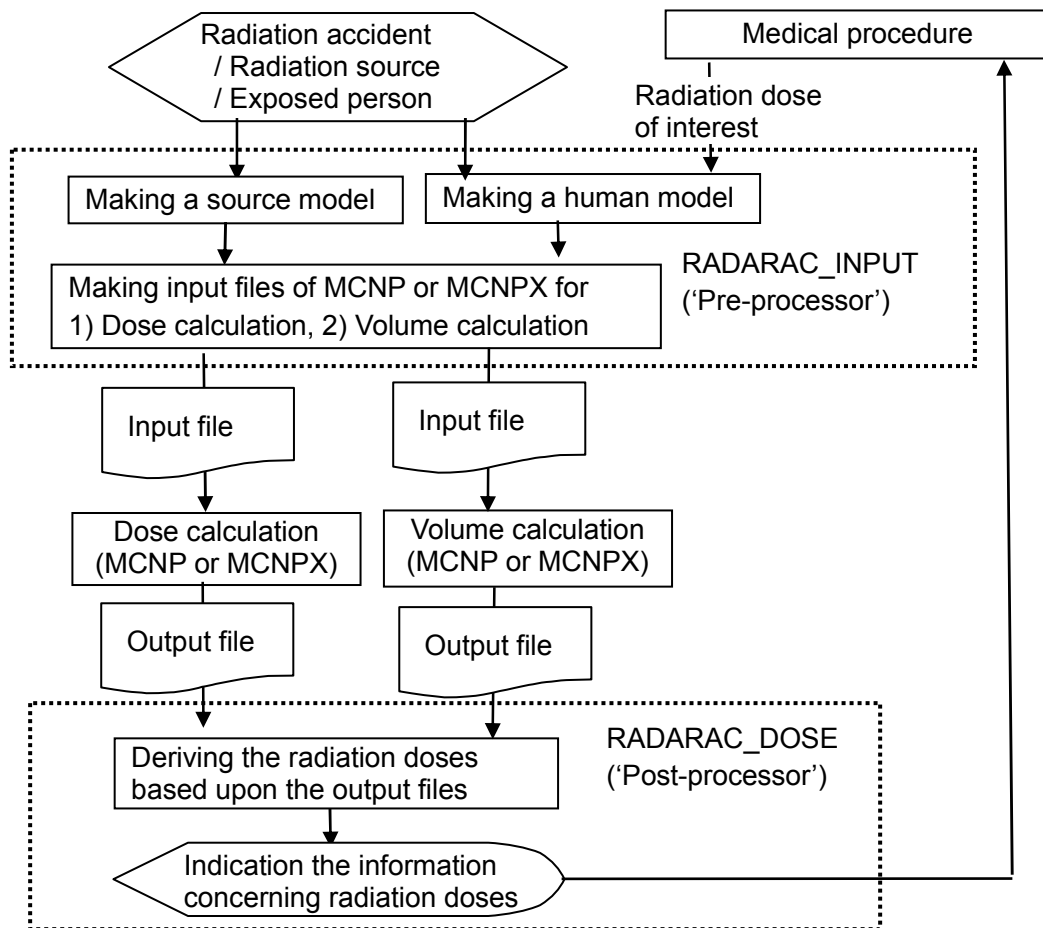


Fig.1 Overview of the flowchart for dose assessment by RADARAC combined with the MCNPX or MCNP code.

A user should prepare necessary tools for RADARAC in Table 1. MCNPX code is more preferable between the two radiation transport calculation codes, because RADARAC requires an option

to calculate energy deposition per unit volume by the mesh scoring method, as described in Chapters 3 and 4. RADARAC can be driven by a generally used personal computer, which is operated under MS-Windows systemTM. Microsoft NET Framework 2.0TM should be equipped to the personal computer for installing three programs in RADARAC_INPUT. Although most functions in RADARAC_DOSE can be operated with the Microsoft-Excel, the MicroAVS^{14), 15)} is essential to indicate three dimensional graphics for skin dose distribution over a whole body.

Table 1 Necessary tool for dosimetry using RADARAC

	Operation System	Codes or Soft wares
RADARAC_INPUT (Pre-processor)	MS-Windows system	Microsoft. NET Framework 2.0 (for installing)
Radiation transport calculation	Arbitrary*	MCNPX code or MCNP code
RADARAC_DOSE (Post-processor)	MS-Windows system	Microsoft-Excel, MicroAVS

*: A user should refer to the user's manual of the MCNPX or the MCNP code.

3. Overview of RADARAC_INPUT

It is important to make accurate models of the radiation source and the exposed person for dose assessment in a radiation accident. RADARAC_INPUT involves three programs in below to make the input file for the MCNPX or the MCNP code.

/ Program for making a source model (see, section 3.1)

/ Program for making a human model (see, section 3.2)

/ Program for making input files of the radiation transport calculation (see, section 3.3)

The source and the human models are independently made in the form of the input file with the first and the second programs, respectively. The second program is also used to set up dose quantities, because the interested quantities are radiation doses to human body tissue here. RADARAC_INPUT can be used to construct only an input file for a source model or a human model by using the first and second programs. However, RADARAC_DOSE is inapplicable to a dose assessment with any other human models, because the necessary tally cards can be lacked, as described in later.

3.1 Source Model Definition

In RADARAC_INPUT, a user can set up necessary resources to construct a source model by a dialogue method using interfaces by eight steps. Among them, the first step ('Step 1') and the last step ('Step 8') are used to select making a new or revising the previously made models and to save the file of the source model, respectively. Definition of the source model needs information concerning geometric structure and characteristic of emitted radiations.

From the second to the fourth steps ('Step 2' to 'Step 4'), a user sets up the source structure with the surrounding configuration, such as a capsule or a tank. In this system, the geometry condition is described with surface cards in the input file for the MCNPX or the MCNP code. The shape of source model, however, can be set up with some of the 'macrobody'^{11), 13)} or combinatorial geometry, 'CG',¹⁶⁾

forms in the two codes. Figure 2 depicts the interface of ‘Step 2’ to select geometry type for a component of the source configuration. The coordinate system, which is defined in this step, is used to define the region of radiation emission. The selected geometry type and its parameters are automatically converted into formats of a cell card and surface cards in the input file. Material data are given with the same form as the input files of the MCNPX or MCNP code at ‘Step 3’. The geometry components, which are given in ‘Step 2’, are combined or excluded each other to construct the configuration of the source model in ‘Step 4’. In this step, material should be also applied to each area. Thus, the three steps (‘Step 2’ to ‘Step 4’) relate to describe the cell, the surface and the material cards for the configuration of the radiation source in the input file. Appendix E describes some examples to set up geometries for a source configuration.

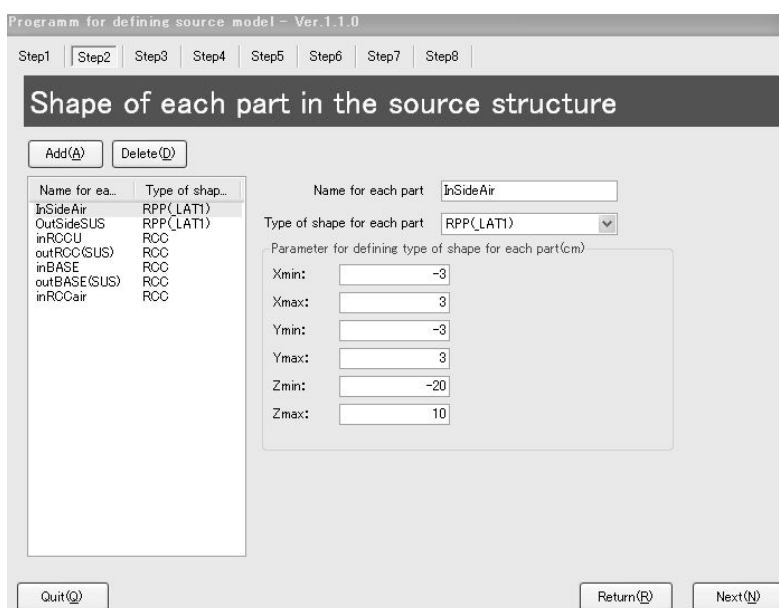


Fig.2 The interface to define a geometry component to construct a source configuration.

From the fifth to the seventh steps (‘Step 5’ to ‘Step 7’), a user can set up the characteristic of emitted radiation during a radiation accident. In ‘Step 5’, the radiation type is selected for the calculation. A nuclear fission source should be declared by selecting a use of ‘kcode’ card here. Here, the transport for electrons can be also defined, but the tally cards are not prepared by the program for making a human model in the next section. Energy distribution can be given in ‘Step 6’. If the energy distribution in fission spectrum is appropriate for the calculation, a user can give the Maxell or the Watt type spectrum with necessary parameters. At final, ‘Step 7’ is used to set up a point or a volume as a region to emit radiations. The given resources in ‘Step 5’ to ‘Step 7’ are essential to set up the ‘sdef’ (or ‘kcode’) card and the ‘mode’ in the MCNPX or the MCNP code.

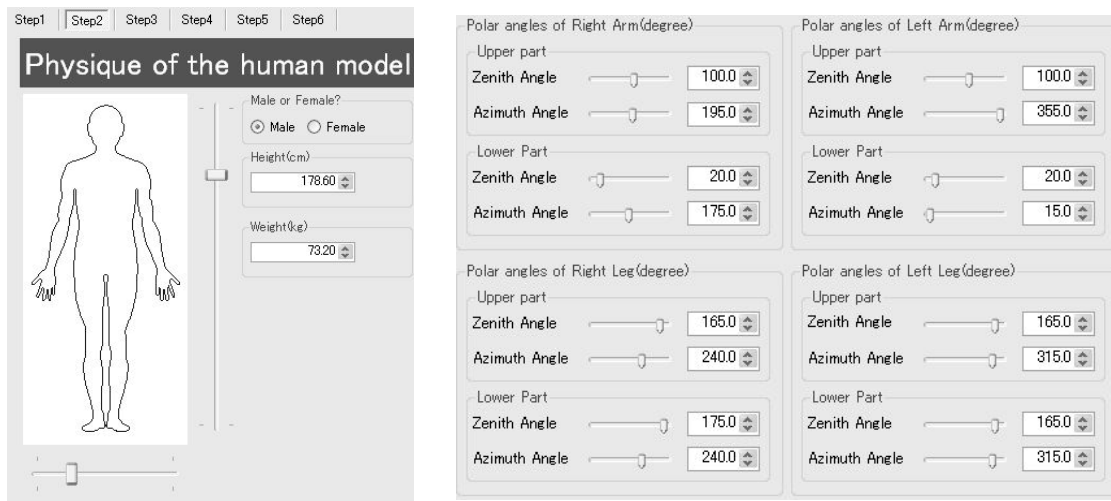
3.2 Human Model Definition

3.2.1 Structure of Human Model

A user can interactively set up also a human model by giving necessary information by six steps. Among them, the first step (‘Step 1’) and the last step (‘Step 6’) are used to select making a new or

revising the previously made models and to save the file of the human model, respectively. RADARAC_INPUT prepares two ‘standard’ models for a male and a female.

The main purpose of RADARAC is to clarify retrospectively radiation dose distribution in any exposed persons. Gender, body size and posture at the time of an accident are important resources to construct a human model. A mathematical model of MIRD-type phantom¹⁷⁾ can represent a human body with simple geometric shapes. In addition, not so large storage and memories are required to execute radiation transport calculation for dose assessment with the MIRD-type phantom in a computer. Two standard models of MIRD-type phantoms are therefore prepared for male and female in RADARAC_INPUT. The sizes of male and female models are 179.0 cm tall (73.2 kg weight) and 162.4 cm tall (57.7 kg weight), respectively. Especially, since RADARAC adapts modified MIRD-type phantoms with movable limbs,¹⁸⁾ an exposed person can be defined with a human model in any posture. The coordinate system for the standard model is same as the original MIRD-type phantom (x-axis; (+) left, (-) right, y-axis; (+) back, (-) front, z-axis; (+) upper, (-) lower). The organs in the trunk, however, are not defined in the human models for RADARAC_INPUT. A user can define necessary resources to make automatically the human model with interfaces, as depicted in Fig.3.



(a) Gender and Physique

(b) Posture (angles for limbs)

Fig.3 The interface to set up the human model in RADARAC_INPUT.

A user can define gender, height and weight, height for the human model in ‘Step 2’ with the interface in Fig.3 (a). The values given in ‘Step 2’ relate to parameters in the surface cards defining the sizes of human model, skeletal system and lung. Here, the sizes are not changed for the head and the neck. The density is also fixed for all tissues. The program changes the values in the parameters for the trunk and the four limbs, according to the defined height and weight. The equation (1) presents how to change parameters used for the shape in horizontal plane (x-y plane in MIRD-type phantom) from the parameters in the standard model. On the other hand, the parameters to define height direction (z-axis in MIRD-type phantom) are changed by the equation (2), according to the height.

$$MP_{X-Y} = SP_{X-Y} \times \frac{H}{SH} \times \left(W / (H^3 / SH^3 \times SW) \right)^{1/2} \quad (1),$$

$$MP_Z = SP_Z \times \frac{H}{SH} \quad (2)$$

MP_{X-Y}: Parameters for the horizontal (x-y) plane of the defined human model in any size,

MP_Z: Parameters for the height (z-axis) of the defined human model in any size,

SP_{X-Y}: Parameters for the horizontal (x-y) plane of the standard model,

SP_Z: Parameters for the height (z-axis) of the standard model,

H: Height defined in 'Step 2' (cm),

W: Weight defined in 'Step 2' (kg),

SH: The height of standard model (cm) (Male: 179.0cm, Female; 162.4cm),

SW: The weight of standard model (kg) (Male: 73.2kg, Female; 57.7kg)

The shapes of the head and the trunk have elliptical cylinders, as the original MIRD-type phantom. On the other hand, the limbs of the standard model have conical shapes and spherical joints.¹⁸⁾ The arms and the legs are divided into upper and lower parts with the planes, which across the center of the elbows and the knees. A user can set up the directions of the limbs with the interface of 'Step 3' in Fig.3 (b). Here, zenithal and azimuthal angles are given for the upper and the lower parts of the four limbs. The equations from (3) to (12) represent the upper arms, where the zenithal and azimuthal angles are defined as ' θ ' and ' ϕ '. The program automatically makes the surface cards to give the last three equations, according to the given resources in 'Step 3'. The equations of (10), (11) and (12) indicate the plane of boundary at the side of shoulder, the plane of boundary at the side of elbow and the curvature of the cone surrounding the arm, respectively.

$$l = \sin \theta \times \cos \phi \quad (3),$$

$$m = \sin \theta \times \sin \phi \quad (4),$$

$$n = \cos \phi \quad (5),$$

$$x_o = x_{sh} + l \times (R \times L / (R - r)) \quad (6),$$

$$y_o = y_{sh} + m \times (R \times L / (R - r)) \quad (7),$$

$$z_o = z_{sh} + n \times (R \times L / (R - r)) \quad (8),$$

$$k = R / (R \times L / (R - r)) \quad (9),$$

$$l + m + n - (l \times x_{sh} + m \times y_{sh} + n \times z_{sh}) \quad (10),$$

$$l + m + n - (l \times (x_{sh} + l \times L) + m \times (y_{sh} + m \times L) + n \times (z_{sh} + n \times L)) \quad (11),$$

$$(x - x_o)^2 + (y - y_o)^2 + (z - z_o)^2 - (l \times (x - x_o) + m \times (y - y_o) + n \times (z - z_o))^2 \leq k^2 \times (l \times (x - x_o) + m \times (y - y_o) + n \times (z - z_o)) \quad (12)$$

(x_{sh}, y_{sh}, z_{sh}): Coordinate of the shoulder center (fixed)

θ : Zenithal angle of upper arm,

ϕ : Azimuthal angle of upper arm,

L: Distance between the center of shoulder and the center of elbow,

R: Radius of upper arm at the side of shoulder (skin tissue),

r: Radius of upper arm at the side of elbow (skin tissue)

The center of elbow, (x_{el}, y_{el}, z_{el}) , can be defined by the three equations in below, based upon the direction of the upper arm and the shoulder position. The equations for lower arms also can be given with the same way, as the upper arms.

$$x_{el} = x_{sh} + l \times L \quad (13),$$

$$y_{el} = y_{sh} + m \times L \quad (14),$$

$$z_{el} = z_{sh} + n \times L \quad (15)$$

The source model and the human model are given with independent coordinate systems. The radiation transport calculation for dose assessments adapts the coordinate system for the source model. Then, the human model should be transferred to the coordinate system of the source model by the operation of ‘Step 4’.

3.2.2 Physical Quantities of Interest

‘Step 5’ is used to select the physical quantities of interest in a dose assessment. A user can select one of the three calculation types in Table 2. The calculation type mainly referred to the previous analysis by JAERI.⁷⁾ Some functions are added to apply RADARAC to any accident types. The tally cards are automatically prepared in the input file to derive quantities concerning neutrons and photons. Although the transport of electrons can be declared in the source model, a user should define the tally cards to derive quantities concerning electrons without RADARAC. In addition, the physical quantities of electrons should be derived in other radiation transport calculations, because RADARAC_DOSE can be executed for output files with only quantities concerning neutrons and photons.

Table 2 Calculation types to be selected in RADARAC_INPUT

Types (Quantity of interest)	Physical quantities to be calculated	Radiation type
1) Degree of exposure	Averaged dose over a whole body, Dose to head, trunk and each limb, Dosimeter reading, Dose to teeth, (only neutrons) Specific activity of activated foils, elements of ^{24}Na and ^{32}P in body tissues	Neutrons and Photons
2) Skin dose *	Default: Skin dose distribution over a whole body Options : Skin dose distribution in a part of trunk	Neutrons and Photons
3) Dose in a trunk	Radiation doses in all regions divided with 28,000 mesh tallies covering a trunk	Neutrons and Photons

*: Table 2 lists the method to divide the skin region.

The tally cards relate to the radiation type. RADARAC_INPUT prepares the track length tallies (‘f4-tally’) and the dose function (‘de’-‘df’) cards with kerma coefficients¹⁹⁾ for body tissues to calculate neutron doses. On the other hand, energy deposition tallies (‘f6-tally’) are prepared to calculate deposited energy per a unit volume in body tissues by photons. In addition, the mesh tally option is applied to

assess dose distribution in a trunk. The option is required to derive energy deposition per volume for the mesh tallies here, because RADARAC_DOSE can automatically give radiation doses from the quantities with unit of MeV/cm³. Since the MCNPX code can calculate energy deposition per a unit volume of mesh tally by the Meshtal option,¹¹⁾ this code is preferable. The MCNP code, however, can be applied to the calculation types of ‘degree of exposure’ and ‘skin dose’ in Table 2.

The size of human model can be changed in dose assessment using RADARAC. Then, all of the derived physical quantities are normalized over the region of interest by setting the ‘sd’-card of the tally as ‘1.0’ in a radiation transport calculation for dose assessment (‘dose calculation’ in Fig.1). Thus, RADARAC_INPUT is developed to make input files, which can derive volume (or weight) of each region of interest in a dose assessment by the other calculation (‘volume calculation’ in Fig.1).

1) Assessment of degree of exposure

The main purpose of RADARAC is to clarify dose distribution over a human body in detail. On the other hand, the degree of exposure may be assessed following the accident⁵⁾ by readings of dosimeter, activated elements of foils in badges (in a case of criticality accident) and so on. It may be recommended to verify the constructed models with these measurements, if possible. Biological dosimetry approach can be applied even to the case, where no useful assessment can be carried out with any instruments. For example, quantification of induced ²⁴Na, ³²P in human body tissue^{6), 20)} can be applied to neutron exposure and EPR dosimetry can be made with tooth enamel for photon exposure.²¹⁾

2) Skin dose distribution

The damage of skin is one of the most significant health effects due to an acute radiation exposure and the appeared effects on skins can be correlated to the degree of radiation doses.²²⁾ In addition, the damage on skin can be visible from outside of the body. Thus, the dose distribution in skin is very useful for both of the medical treatment and verification of the constructed human model. Table 3 summarizes the divisions of skin in the head, the trunk and the limbs.

Table 3 Division of skin in dose assessment with RADARAC_INPUT

Selection of option	Division of skin area	Regions in dose assessment
1) Default	Head: (around) every 45 degree , (height) 3 Trunk: (around) every 22.5 degree, (height) 14 Limbs: (around) every 45 degree , (height) 10	Whole body (divided into about 600 regions)
2) ‘Half’ – option	Side and height length: 1/2 of Default model (One cell in default model is divided into 4 cells in this option.)	A part of trunk (divided in to 96 regions)
3) ‘Quarter’ – option	Side and height length: 1/4 of Default model (One cell in default model is divided into 16 cells in this option.)	A part of trunk (divided in to 96 regions)

Skin dose distribution over a whole body may be useful information for medical treatments in a case, where a large source, as a fissile material in a criticality accident, causes a radiation accident. The

number of divided regions refers to the previous analysis by JAERI⁷⁾ in ‘default’. The newly developed program can automatically make the cell and the surface cards to divide skin tissue of the human model. Among them, the cell and the surface cards for the limbs are automatically changed, according to the definition in the interface of Fig. 3 (b) in ‘Step 2’.

A serious radiation accident also can occur, if a person keeps a small radioactive material near his or her body for a long time. In such a case, only a part of skin can receive extremely larger doses than any other parts. Thus, two options of ‘half’ and ‘quarter’ are incorporated to divide a part of trunk skin in more detail for dose assessment in an extremely un-uniform exposure case, as listed in Table 3. The names of ‘half’ and ‘quarter’ relate to side lengths of the divided skin region. A user should set up the interested region with the center in height and the minimum azimuthal degree for circumference on the trunk surface in the two options. Appendix E presents the correlation between the trunk position and the azimuthal angle. The trunk skin area is then divided into 96 regions for these options.

3) Dose distribution over a trunk

A trunk contains many radiation sensitive organs and tissues, such as gastro-intestinal (GI) tract, active bone marrow and respiration tract. The dose distribution in the trunk can be effectively assessed in detail with RADARAC_INPUT. The scoring mesh method is adapted here. Forty, twenty and thirty-five arrays are set to divide the scoring mesh area for right-left (‘side’), front-back (‘depth’) and top-bottom (‘height’) directions. Thus, the total number of meshes covering the trunk is 28,000 ($=40 \times 35 \times 20$). The size of mesh tally is automatically changed, according to the body size. In addition, the dose averaged over a trunk is calculated with the ‘f4-tally’ and the ‘f6-tally’. The trunk doses derived by these tallies are compared with the doses averaged over all of the mesh tallies. The volume of legs in the mesh tally regions can be changed with the posture of the human model. Thus, the input-files are automatically made to calculate the volume of legs in each mesh tally at the lower trunk here.

3.3 Making Input Files of Radiation Transport Calculation

The third program has four steps to combine the source and the human models, which are independently defined with the former two programs (in sections 3.1 and 3.2). The file names of the source and the human models are given at the first step (‘Step 1’) in this program. The input files for radiation transport calculations are saved in the last step (‘Step 4’).

The weight of particles in transport calculation is set to ‘1.0’ for each cell in default by the ‘importance’ card of the MCNPX or MCNP code in utilization of RADARAC. The number of cells for human model is fixed for each of the three dose calculation types in Table 1. On the contrary, the number of cells can be changed in a source model, according to the accident condition. In the second step (‘Step 2’), a user should set up the number of cells in source model to allocate the importance to all cells. The cell card describing the outermost shape of the source model is automatically incorporated to the cell card describing the exterior region of the human model here. The inner configurations for the source model and the human model can be independently defined with the cell cards and the surface cards each other. The emission of radiations and the dose quantities of interest relate only to the source model and the human model. Thus, these cards are automatically lined up in one file without any modifications.

The size of human model can be changed, according to the exposed person in a radiation accident. Thus, RADARAC is constructed to perform two kinds of radiation transport calculations, as depicted in Fig.1. In the volume calculation, the volumes of interested regions are derived by the ‘ray-tracing’ method. In ‘Step 2’, the size of plane source should be set up for the volume calculation. The input file for the volume calculation is automatically made with the human model and the defined plane source. The input files to obtain volumes of leg regions in the mesh tally, however, are made with the program for making a human model (see, Appendixes A and C). The operation in ‘Step 3’ is made to transform the human model into the coordinate system of the source model. The operation is same as ‘Step 4’ in the program making a human model. The final transformation card for the dose calculation refers to the value defined here. Appendix E gives correlations the two polar angles for transforming and the directions of the human model.

Table 4 summarizes correlation between the resources given in each program and the cards in the input file, which is made by the three programs.

Table 4 Correlation between the resources given in each program of RADARAC_INPUT and the cards of the input files

Programs	Giving resource in each step	The type of card
1) Making a source model	Step 2: Geometry component of configuration	Surface
	Step 3: Material of configuration	Material
	Step 4: Constructing configuration based upon resources given in Steps 2 and 3	Cell
	Steps 5-7: Characteristic of emitted radiations	Sdef (Kcode) and Mode ^{*1}
2) Making a human model	Step 2: Gender and Physique	Surface and Cell
	Step 3: Posture	Surface and Cell
	Step 4: Relative position of the human body to the source	(Not utilized)
	Step 5: Physical quantities of interest	Tally, Surface and Cell
3) Making input files	Step 2: Number of cells in a source model	Importance
	Size of surface source in volume calculation	Sdef ^{*2}
	Step 3: Relative position of the human body to the source	Transformation

*1: Dose calculation, *2: Volume calculation

4. Overview of RADARAC_DOSE

4.1 Calculating radiation doses with RADARAC_DOSE

RADARAC_DOSE was developed to indicate effectively and visibly information concerning radiation doses. Most of the functions in the indication of the results can be executed with the software of the Microsoft-Excel. The Micro AVS is required only to indicate the graphics for the skin dose distribution over a human body.

Figure 4 depicts the interface to start RADARAC_DOSE and the parts of the interface. As the number of cell is different between male and female models, the gender should be selected at the top of

left side. A user also sets up the size of surface source for the volume calculation at the box in (A), in Fig.4 (b). The scaling factors at the two lowest boxes show the correction factors from the standard model to the defined human model (see, the equations of (1) and (2) in Chapter 3).

Male Female

Height(cm) 173.9

Weight(kg) 72.1

Surface (vol. calculation)

Width 60

Height 200

Size 12000

Std_model

Height

Whole Body(cm) 178.60

Head(Fixed) 20.00

Weight

Whole Body(kg) 73.20

Head(Fixed) 4.90

Other

below neck Height(cm) 158.6

below neck Weight(kg) 68.3

Weight for Height(kg) 62.406

Scaling factor(z) 0.97

Shaping factor(x-y) 1.038

Trunk Dose | Skin Dose | Whole Body

Source Intensity 5E+17

Data File

Dose CrMWh.mct Search

Volume CrMvoln.mct Search

Inputs for Whole Body. Execute Exit

(a) Overview of the interface

Male Female

Height(cm) 173.9

Weight(kg) 72.1

(A) Surface (vol. calculation)

Width 60

Height 200

Size 12000

Std_model

Height

Whole Body(cm) 178.60

Head(Fixed) 20.00

Weight

Whole Body(kg) 73.20

Head(Fixed) 4.90

Other

below neck Height(cm) 158.6

below neck Weight(kg) 68.3

Weight for Height(kg) 62.406

Scaling factor(z) 0.97

Shaping factor(x-y) 1.038

(b) Left side

Trunk Dose | Skin Dose | Whole Body

(B) Source Intensity 5E+17

Data File

Dose CrMWh.mct Search

Volume CrMvoln.mct Search

(C)

(c) Right side

Fig.4 Interface to start RADARAC_DOSE.

Figure 4 (c) is located at the right side of Fig.4 (b). Indicating the final result closely relates to the selected calculation type from Table 1. A user should select the calculation type by pushing one of the three tabs ('Trunk dose', 'Skin dose' and 'Whole body') on the top, according to the selected calculation type in 'Step 5' of the program making a human model. All of the calculation types require the total number of radiations emitted in an accident, which should be given at the box in (B). The most important resources are the output files of the radiation transport calculation; 'dose calculation' and 'volume calculation'. It should be mentioned here that the 'output file' in Fig.1 can be regarded as 'input files' for RADARAC_DOSE. A 'tally-output' table can be made by using 'print' option in the two codes. The names of output files with the tally-output tables are given in the boxes of 'Dose' and 'Volume' at 'Data file' in (C) for the assessments of the degree of exposure and the skin dose distribution in Table 1.

The 'dose distribution in a trunk' in Table 1 is calculated by the mesh scoring method, which is set up to derive deposited energy per unit volume (unit:MeV/cm³). The results by the mesh scoring method are contained in a binary file, which is made after the radiation transport calculation. For example, the 'gridconv' program can transfer the binary file into an ascii file in the MCNPX code.

RADARAC_DOSE utilizes the ascii file as the input file. The density is not changed for all mesh tallies, because the size of mesh tally is automatically expanded or reduced, according to the defined size for the human model. RADARAC_DOSE involves the value of density (unit: g/cm^3) in each cell as a database, which were derived with the two standard models. The radiation doses, deposited energy per weight (unit: MeV/g), in 28,000 regions can be automatically calculated with the database of densities and the ascii file involving the information of the mesh scoring. As more than 10 files are necessary for the volume calculations in this calculation type, only the ascii file is set up with the interface. The other files should be named, according to a rule, as expressed in Appendixes B and D.

4.2 Indication of dose distribution

All of the derived data are summarized in numerical tables with the software of Microsoft-Excel. The neutron, photon and total (sum of neutron and photon) doses are separately indicated for all regions as numerical table. The maximum dose and its position are also shown besides the table about the assessment of the skin dose distribution over a whole body or the dose distribution in a trunk.

The user can confirm dose distributions in skin over a whole body or in a trunk about at interested regions with graphs in the Microsoft-Excel file. The skin dose distributions around the head, trunk and each limb can be indicated with two-dimensional graphs at the interested position in height. The dose distributions in a trunk are indicated as one-dimensional graphs at the interested position. Identification (ID) number should be set up for the three axes of 'side' ('x'), depth ('y') and height ('z'). These graphs are depicted in the same file with the numerical table.

RADARAC_DOSE also has a function to indicate dose distribution by graphics coloring regions of interest, corresponding to the dose range. The dose distribution in a trunk is indicated as a two-dimensional graphic indication about any interested regions. The two-dimensional graphics can be depicted on the other sheet of the same file with the numerical tables and the simple graphs. Three graphics are automatically made to indicate the dose distributions about i) the plane of side-height at any depths from view of the front, ii) the plane of depth-height at any positions from view of the right side and iii) the horizontal plane at any height from view of the bottom. A user can set up the position and the maximum dose for the graphical indication. Trunk parts with higher doses and lower doses are painted with warmer color (red) and colder color (blue), respectively.

The software of the MicroAVS is needed to depict three-dimensional picture for skin dose distribution over a whole body. The input file for the MicroAVS is automatically made based upon the information given with the interface of Fig.4. In the picture, skin regions with higher doses and lower doses are also painted with warmer color (red) and colder color (blue), respectively.

5. Availability of RADARAC

A criticality accident was hypothesized²³⁾ to confirm applicability of RADARAC_INPUT to dosimetry following radiation accidents. In the accident, a worker stands beside the tank containing fissile material. Input files could be made to assess dose distributions in a trunk and skin, soon after the necessary resources were given with the interfaces in the three programs of RADARAC_INPUT. Table 5

summarizes the numbers of lines in the input files made with RADARAC_INPUT. Since the input file for skin dose calculation needs the cards to divide skin regions and dose function cards for neutrons, the number of lines is different between the two calculation types. It could be confirmed, however, that using RADARAC_INPUT would easily make the input file with about a few thousand lines. Figure 5 depicts the overview of the hypothesized situation, which is depicted based upon the input file by RADARAC_INPUT.

Table 5 The sizes of the input files for dose calculations in the hypothesized criticality accident

Cards in the input file	A) Skin dose distribution	B) Dose distribution in a trunk
1) Cell cards		
Human model ^{*1}	443	257
Source model	18	same as in A)
2) Surface cards		
Human model ^{*1}	473	322
Source model	37	same as in A)
3) Transformation card	12	same as in A)
4) Material cards	79	same as in A)
5) Sdef card (Kcode option), Mode and Importance	21	same value as in A)
6) Tally cards	1481	208
7) Others (Print option)	2	2
Total ^{*2}	2621	1017

*1: Human model includes lines for inner and outer voids. *2: Lines for comments are included.

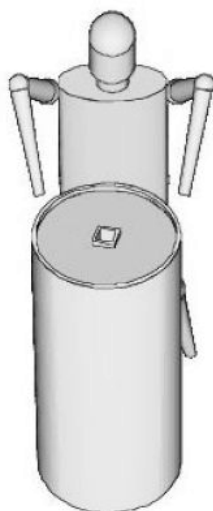


Fig.5 Overview of a hypothesized criticality accident (A worker besides the fissile material).²³⁾

RADARAC_DOSE was also applied to the post-processor for the dosimetry of the hypothesized accident. Among them, Fig.6 depicts the one-dimensional simple graph, which is presented with the Microsoft-Excel by RADARAC_DOSE. This graph plots data of the calculated radiation doses

in the regions of interest, which includes the position with the maximum dose in the region near the trunk surface. The dose distribution is depicted for the vertical direction along the height direction of human body. The height of 0 cm is the trunk bottom here. Increase of dose at lower trunk can be visibly and effectively confirmed with this graph. Numerical values are also presented besides the simple graph (see, Appendixes B and D). The file with the graph in Fig.6 could be made within a few minutes after the necessary resources were given with the interface of RADARAC_DOSE in Fig.4.

Thus, it was confirmed that RADARAC enabled us to carry out the preparation of input files for radiation transport calculation and giving dose information from output files of the radiation transport calculation within a few minutes.

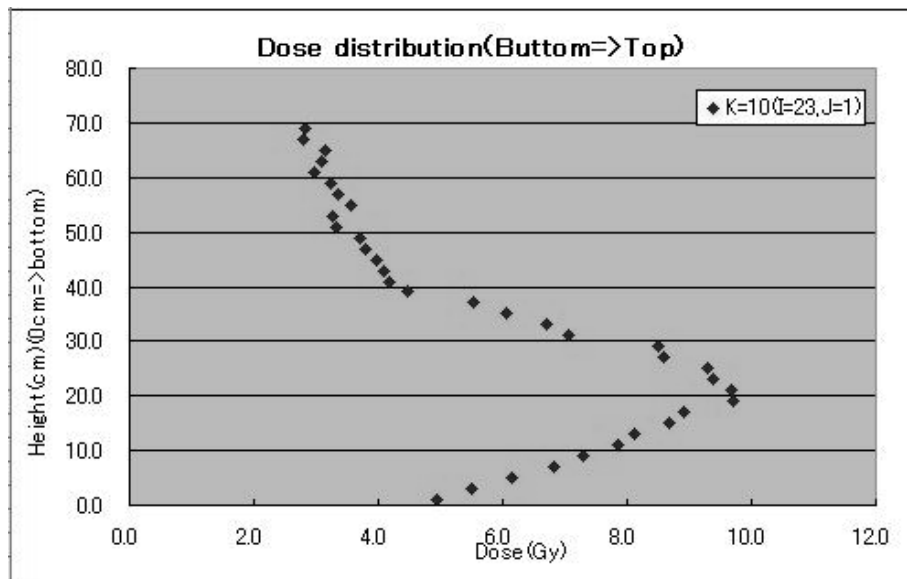


Fig.6 A graph indicating one-dimensional dose distribution in the trunk along the vertical direction of the worker in Fig.5.

6. Conclusion

RADARAC was developed to assess the received dose for an external exposure in a radiation accident by utilizing the MCNPX or the MCNP code. For the execution of these codes, input files should be made with considerations of the accident situation, especially the radiation source and the exposed person. RADARAC_INPUT enables us to make the input file by a dialogue method with graphical user interfaces. Input files with about a few thousand lines can be automatically made soon after the necessary resources are set up in RADARAC_INPUT. In addition, RADARAC_DOSE can effectively indicate radiation dose information as numerical tables, simple graph and graphics. Necessary programs and data are incorporated to RADARAC_DOSE. For example, 28,000 numerical data can be automatically derived and summarized in a numerical table to give dose distribution in a trunk with in a few minutes after the necessary resources are given. The dose distribution inside or on the human body can be also visibly confirmed with simple graphs and graphical figures. Numerical tables and simple graphs can be indicated by using the software of Microsoft-Excel with RADARAC_DOSE. Only the three-dimensional graphics is depicted to show skin dose distribution over a whole body with the software of Micro AVS.

From these considerations, it can be concluded that RADARAC is very useful to give information of radiation doses for medical procedures of the exposed person in a radiation accident.

References

- 1) International Atomic Energy Agency (IAEA): “The Criticality Accident in Sarov”, International Atomic Energy Agency, Vienna, STI/PUB/1106 (2001).
- 2) K. Fujimoto *ed.*: “Final report on dose estimation for three victims of JCO accident”, National Institute of Radiation Science, Chiba, NIRS-R-47 (2002).
- 3) International Atomic Energy Agency (IAEA): “The Radiation Accident in Goiania”, International Atomic Energy Agency, Vienna, STI/PUB/815 (1988).
- 4) International Atomic Energy Agency (IAEA): “The Radiation Accident in Samut Prakarn”, International Atomic Energy Agency, Vienna, STI/PUB/1124 (2002).
- 5) International Atomic Energy Agency (IAEA): “Generic procedures for medical response during a nuclear or Radiation emergency”, International Atomic Energy Agency, Vienna, EPR-Medical 2005 (2005).
- 6) F. Takahashi: “Program for Rapid Dose Assessment in Criticality Accident, RADAPAS”, Japan Atomic Energy Agency, JAEA-Data/ Code 2006-019 (2006).
- 7) A. Endo and Y. Yamaguchi: “Analysis of dose distribution for heavily exposed persons in the first criticality accident in Japan”, *Radiat. Res.* 159, pp. 535-542, (2003).
- 8) A. Lemosquet, I. Clairand, L. Carlan, D. Franck, I. Aubineau-Laniece, and J. F. Bottollier-Depois: “A computational tool based on voxel geometry for dose reconstruction of a radiological accident due to external exposure”, *Radiat. Prot. Dosim.* 110, pp. 449-454 (2004).
- 9) Takahashi, F and Endo: “A. Numerical system utilizing a Monte Carlo calculation method for precise dose assessment in radiation accidents”, *Radiat. Prot. Dosim.* 126, pp. 595-599 (2007).
- 10) C. Huet, A. Lemosquet, I. Clairand, J. B. Rioual, D. Franck, L. Carlan, I. Aubineau-Laniece, and J. F. Bottollier-Depois: “SESAME, A software tool for the numerical dosimetric reconstruction of radiological accidents involving external sources and its application to the accident in Chile in December 2005”, *Health Phys.*, 96, pp. 76-83 (2009).
- 11) L. S. Waters *ed.*: “MCNPX user’s manual, version 2.3.0”, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, Report LA-UR-02-2607, (2003).
- 12) Briesmeister J. F. *ed.*: “MCNP - A General Monte Carlo N-P Particle Transport Code Version 4B”, Los Alamos Laboratory Report LA-12625-M. (Los Alamos National Laboratory) (1997).
- 13) X-5 Monte Carlo Team: “MCNP - A general Monte Carlo n-p particle transport code version 5”, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, Report LA-UR-03-1987 (2003).
- 14) K.G.T. Cooperation: “MicroAVS user manual” (2008). [in Japanese]
- 15) K. Matsuo, K. Kato, E. Kume and M. Fujii: “AVS User’s Guide on the Basis of Practice”, Japan Atomic Energy Research Institute, JAERI-Tech 97-028 (1997). [in Japanese]
- 16) J. T. West and M. B. Emmett: “A Multiple Array System using Combinatorial Geometry”, NUREG/CR-0299 3 Sec. M9 (1984).

- 17) M. Cristy: “Mathematical Phantom Representing Children of Various Ages for Use in Estimates of Internal Doses”, NUREG/CR-1159 (1980).
- 18) Y. Yamaguchi: “FANTOME-90: A computer code to calculate photon external doses for a phantom with movable arms and legs”, Hoken-butsuri, 24, pp. 143-148 (1992). [in Japanese]
- 19) International Commission on Radiation Units and Measurements: “Photon, electron, proton and neutron interaction data for body tissues”, ICRU Report 46 (1992).
- 20) International Atomic Energy Agency (IAEA): “Dosimetry for Criticality Accidents – A Manual”, International Atomic Energy Agency, Vienna, IAEA Technical Reports Series No. 211 (1982).
- 21) International Atomic Energy Agency (IAEA): “Use of Electron Paramagnetic Resonance Dosimetry with Tooth Enamel for Retrospective Dose Assessment”, International Atomic Energy Agency, Vienna, IAEA-TECDOC-1331 (2002).
- 22) International Atomic Energy Agency (IAEA) and World Health Organization (WHO): “Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries”, Safety Reports Series No.2, International Atomic Energy Agency, Vienna (1998).
- 23) F. Takahashi, Y. Shigemori and A. Seki: “Dose Assessment System for a Heavily Exposed Person in Radiation Facility”, Hozen-gaku.

Appendix A Users' Manual of RADARAC_INPUT

RADARAC_INPUT enables us to make input files for radiation transport calculations by the MCNPX or the MCNP code without complicate procedures. This Appendix describes users' manual of RADARAC_INPUT.

A-1 Overview of RADARAC_INPUT

Figure A-1 depicts a flowchart to make input files for the MCNPX or the MCNP code by RADARAC_INPUT, which includes three programs in below.

- i) Program for making a source model
- ii) Program for making a human model
- iii) Program for making input files for the codes (Combining the source and human models)

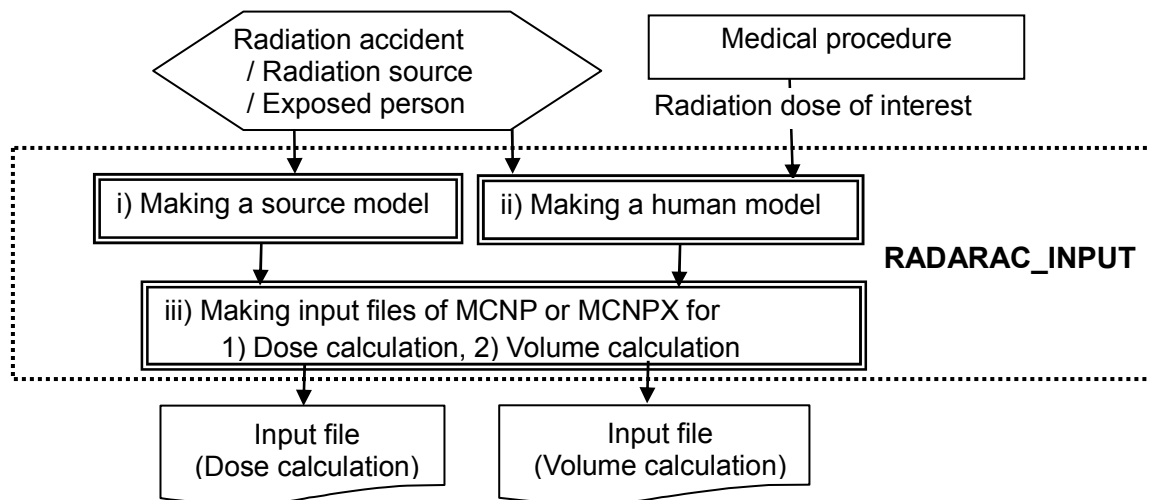


Fig. A-1 Flowchart of making input files of the MCNPX or the MCNP code by RADARAC_INPUT.

A-2 Recommended environment for executing RADARAC_INPUT

RADARAC_INPUT is available in a generally used personal computer operated under Windows-XP system. Environments of hardware and software are recommended as below.

- a) Hardware
 - / CPU Pentium more than 1GHz processor
 - / HDD Hardware set available for Windows operating system
- b) Software
 - / Operation System Windows XP
 - / Other software Microsoft. NET Framework 2.0

A-3 Users' manual of the program for making a source model

A-3-1 Installing and the structure of the program

The program for making a source model can be installed to a personal computer as below. Before installing, the software of NET Framework should be equipped in the same hardware system.

- i) Insert a media with the program for making a source model into a drive in a personal computer.

- ii) Open the drive of the media by “My Computer” (or “Explore”) in Windows OS. And then double-click on “Setup.exe”.
- iii) Operate the GUI (Graphical User Interface), according to the indication.

Here, this program is recommended to be saved under the folder, which includes the program for making a human model and the program for making an input file.

Folder and files are incorporated in the main folder of this program as below.

- / ‘Main program.exe’ This is an execution file to execute this program
- / [Folder] ‘dat’ There are 2 files, ‘Repmat.dat’ and ‘Source.def’ in this folder. The ‘Repmat. Dat’ includes data for prepared materials. ‘Source.def’ is read as an initial value in operation of the program. In addition, a template is prepared with the input file form as ‘Source. tpl’.
- / [Folder] ‘inp’ This folder is used to save the file with the defined source model.

A-3-2 Flowchart of the program for making a source model

There are 8 steps to complete making a source model by the program, as depicted in Fig.A-2. The program mainly consists of two parts, except steps for reading and saving the file. The three steps of ‘Step 2’ to ‘Step 4’ relate to construct a radiation source configuration. On the other hand, the three steps of ‘Step 5’ to ‘Step 7’ relate to define emission of radiations in a calculation.

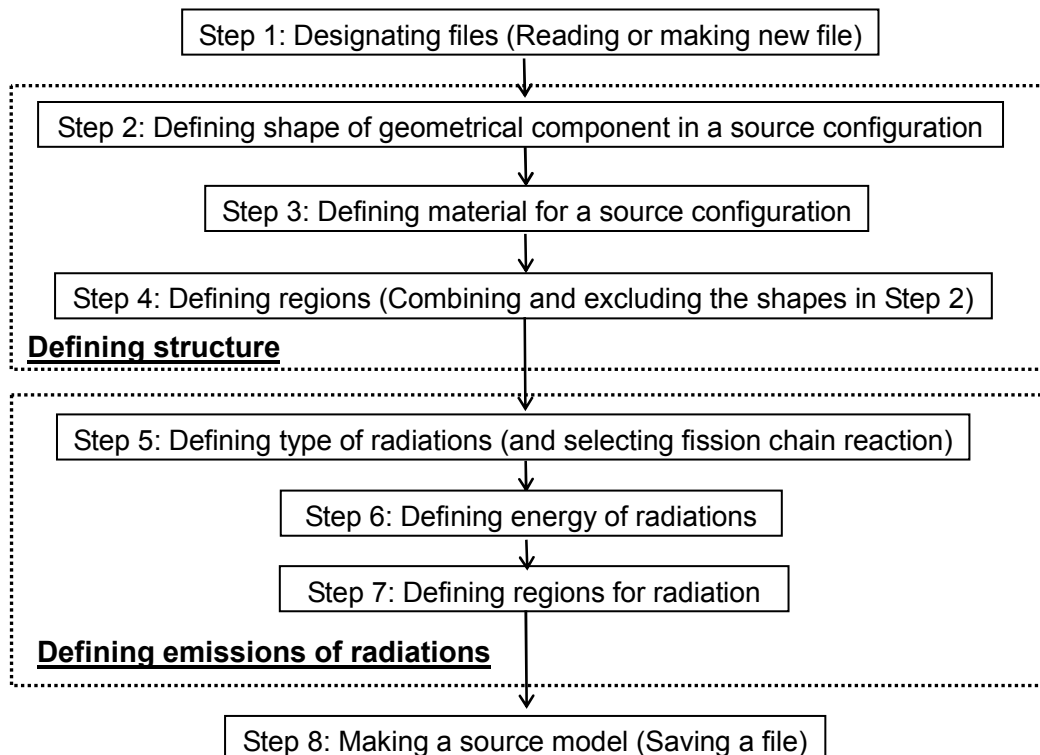


Fig.A-2 Flowchart of the program for making a source model.

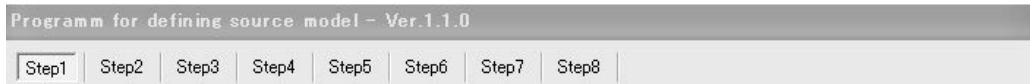
A-3-3 Operation of the program for making a source model in RADARAC_INPUT

All of the interfaces in the 8 steps include tab buttons on the top and three buttons at the bottom, as depicted in Fig.A-3.

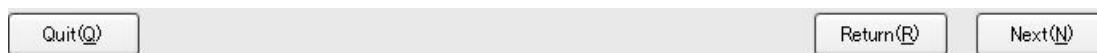
/ A user can move to an arbitrary step by pushing tabs of 'Step 1' to 'Step 8' on the top (Fig.A-3 (a)).

The buttons of "Next" and "Return" at the bottom are used to go to the next and the former steps, respectively (Fig.A-3 (b)).

/ The "Quit" is available for all steps during operating this program (Fig.A-3 (b)). **All of the given resources, however, are not saved by pushing "Quit", if 'Step 8' is not completed.**



(a) Tabs for selection of step for operation



(b) Buttons to move step or quit

Fig.A-3 Tabs on the top and buttons at the bottom of interfaces for all steps.

1) Starting the program ('Step 1')

The interface in Fig.A-4 is indicated at starting the program for making a source model.

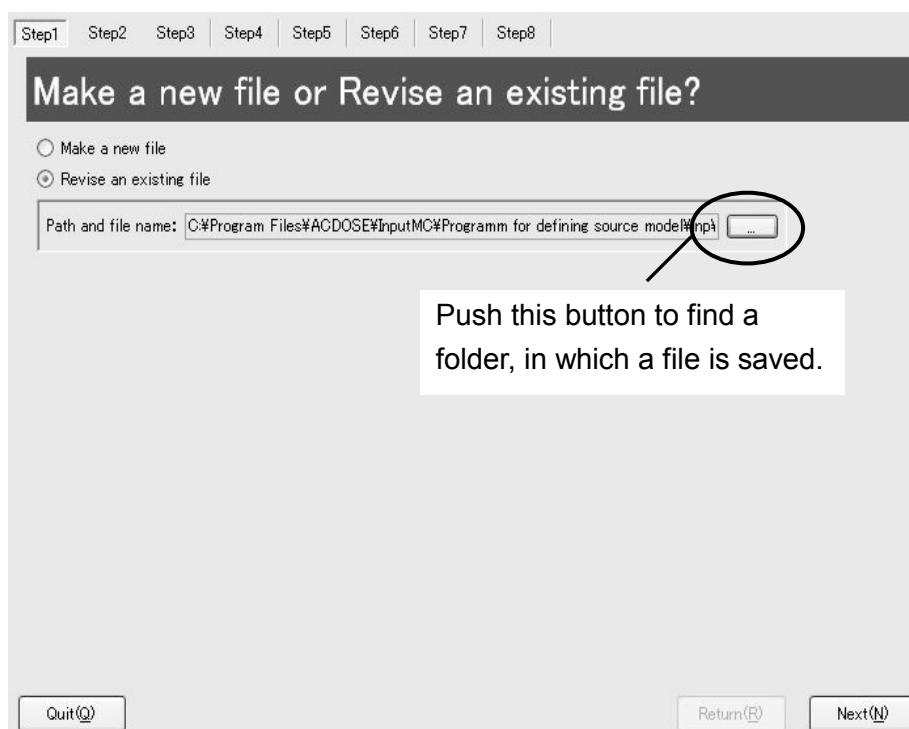


Fig.A-4 Interface of 'Step 1' (Indicated at starting of the program).

/ In 'Step 1', "Make a new file" or "Revise an existing file" should be selected.

/ If "Revise an existing file" is selected, a user should push the button besides the blank of "Path and file name" to find the file in any folder.

2) Constructing a source configuration ('Step 2' to 'Step 4')

In most cases, radioactive material is included in any surroundings, such as a capsule, a tank, a frame and so on. In RADARAC_INPUT, a source configuration is interactively constructed by using three interfaces through 'Step 2' to 'Step 4'.

2-1) Defining geometry components of a source configuration ('Step 2')

Figure A-5 is the interface of 'Step 2' to set up geometry component of each part in the configuration. Appendix E describes two examples for the operation in this step.

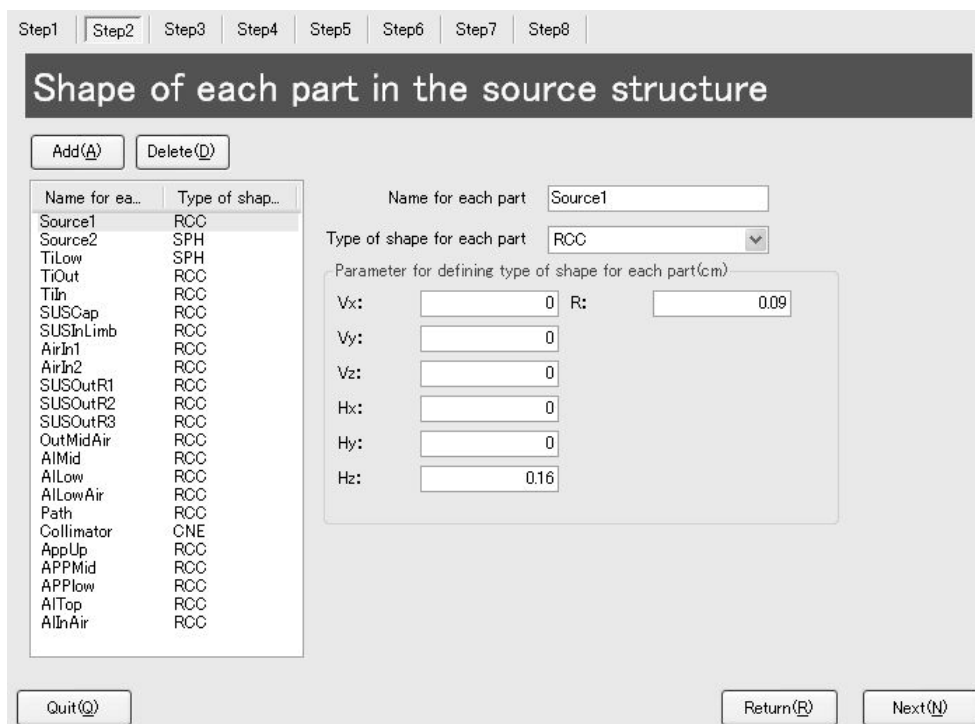


Fig.A-5 Interface of 'Step 2' (Geometry component of each part in the source).

/ At first, a user should push the button of "Add" to give resources for geometry component of a part in the configuration.

/ It is recommended to give a name for each component in the blank at right of "Name for each part". If the name is not given, each component is identified by a number, such as 'Geometry 1'.

The region for radiation emissions is referred to the origin of source model in 'Step 7'. Thus, the origin in the next two procedures should be carefully determined.

/ A user can set up geometry of the source configuration by the 'macrobody' or 'Combinatorial-Geometry (CG)' format. The geometry type of the part, such as 'SPH' (sphere), is selected at the box of "Type of shape for each part" from the shapes in Table A.1.

/ The blanks below "Parameter for defining type of shape for each part" are automatically changed, according to the selected geometry type.

/ Table-A.1 summarizes the necessary parameters for each geometry type. **Correlation between the parameters and the geometry type are to be described in Appendix E.**

Table-A.1 Parameters for each geometry shape

	RPP, RPP_C	LAT2,	SPH	RCC	CNE	TRC	BOX
Parameter 1	X_{\min}	V_x	V_x	V_x	V_x	V_x	V_x
Parameter 2	X_{\max}	V_y	V_y	V_y	V_y	V_y	V_y
Parameter 3	Y_{\min}	V_z	V_z	V_z	V_z	V_z	V_z
Parameter 4	Y_{\max}	I	R	H_x	H_x	H_x	$H1_x$
Parameter 5	Z_{\min}	H_z		H_y	H_y	H_y	$H1_y$
Parameter 6	Z_{\max}			H_z	H_z	H_z	$H1_z$
Parameter 7				R	Rl	Rl	$H2_x$
Parameter 8						Rs	$H2_y$
Parameter 9							$H2_z$
Parameter 10							$H3_x$
Parameter 11							$H3_y$
Parameter 12							$H3_z$

RPP: Rectangular parallelepiped,

RPP_C: Square Pyramid,

LAT2: Hexagonal pillar (used in Lattice 2),

SPH: Sphere,

RCC: Right Circular Cylinder,

CNE: Cone (Right Circular),

TRC: Truncated Right-angle Cone,

BOX: Box

/ In this system, the geometrical description is automatically transferred to plural surface cards of the MCNPX or the MCNP code in the input file format (only SPH; a single card). **If the figure of ten is same in the number of surface cards (e.g, 6011, 6012, 6013...), these surface cards are used to the same geometry component.**

/ A user can delete the geometry component by pushing the button of “Delete” and selecting the name of the source part. **The selected part, however, cannot be deleted, if it is used in ‘Step 4’.**

2-2) Defining material of a source configuration (‘Step 3’)

A user can give material data for the source configuration with the interface in Fig.A-6 in ‘Step 3’. The defined resources in this step relates to the material card of the input file.

Fig. A-6 Interface of ‘Step 3’ (Material data).

- / At first, a user should push the button of “Add” in the left side to give material data.
- / After that, it is recommended that a name of material is given in the blank at left of “Material of each part in the source structure” on the top of right side. If the name is not specified here, each material is identified by the number, such as ‘Material 1’, ‘Material 2’.
- / A user can select two materials of water and stainless-steel, by pushing “Using the prepared material” at the box of “Method for defining the material”. Otherwise, any material can be set up by pushing “Defining the Material”.
- / A user should give mass density (g/cm^3) at the blank below “Method for defining the material”, if composition of material is to be defined with mass fraction of each element. On the other hand, a user should give atomic number density ($1\text{E}+24 \text{ atoms}/\text{cm}^3$) at the blank, if the material data is defined with atomic fraction of each element.
- / The buttons of “Add” in the right side are used to set up nuclides in a material. Then, the “ID number of nuclide” is automatically changed to “Nuclide 1”. A user should replace the “Nuclide 1” with ID number in the cross section data of the radiation transport calculation (e.g., *****.**c).
- / In the blank below “Composition ratio of each element”, mass or atom fraction is given with a plus number. **(Although a mass fraction is to be set up with a minus number in the MCNPX or the MCNP code, mass fraction can be given with plus, here.)**
- / The last box of “Notice” is used for the comment of each nuclide, such as atom symbol.
- / If a user intends to exclude an unnecessary nuclide in a material, the nuclide is selected and then the button of “Delete” in the right side should be pushed.
- / A user also can delete material by pushing the button of “Delete” in left side. **The selected material, however, cannot be deleted, if it is used in ‘Step 4’.**

2-3) Constructing a source configuration ('Step 4')

The interface in Fig.A-7 is used to construct the source configuration in 'Step 4', based upon the resources given in 'Step 2' and 'Step 3'. **One row in the interface corresponds to one cell in the input file. If a user intends to delete unnecessary information in 'Step 2' and 'Step 3', the description in 'Step 4' should be deleted at first.**

Combining defined parts in Step 2

Add(A) Delete(R)

	Material	imp	Name	I/O	*/+	Name	I/O	*/+	Name	I/O	*/+
1	VOID	1	Source1	I	+	Source2	I	*	Source1	O	
2	Titanium	1	TiLow	I	*	TiOut	O	*	Source2	O	
3	Titanium	1	TiOut	I	*	TiIn	O	*	Source1	O	
4	Titanium	1	TiIn	I							
5	VOID	1	AirIn2	I	*	TiLow	O	*	TiOut	O	*
6	SUS316	1	SUSCap	I	*	SUSInLimb	O	*	AirIn2	O	
7	SUS316	1	SUSInLimb	I	*	AirIn1	O				
8	VOID	1	AirIn1	I							
9	SUS316	1	SUSOutR1	I	+	SUSOutR2	I	+	SUSOutR3	I	
10	Aluminium	1	AlMid	I	*	AlInAir	O				
11	VOID	1	OutMidAir	I	*	AlMid	O				
12	Aluminium	1	AlLow	I	*	AlLowAir	O				
13	VOID	1	AlLowAir	I							
14	Aluminium	1	AlTop	I	*	AlTopAir	O	*	SUSCap	O	

I: Inner of the part in left column / O: Outer of the part in left column; *: and / +: or Imp: importance in MCNP

Quit(Q) Return(R) Next(N)

Fig. A-7 Interface of 'Step 4' (Constructing a source configuration).

- / The first and the second ranks are used to set up material and importance for each combined geometry components, respectively. The materials defined in 'Step 3' and 'void' can be selected with the given names in the first ranks below "Material". The importance can be set up in the second ranks below "imp" except the last combined geometry. The value of '1.0' is recommended, here.
- / The combination of geometry component in 'Step 2' can be performed as the method of 'macrobody' (or 'CG-format'). At first, a user should select the geometry component in 'Step 2' below "Name".
- / If the selected component is inside of the geometry to be combined, a user should select "I" at the box below "I/O". If a user selects "O" at the same box, the region at the row excludes the selected component.
- / At boxes below "*/+", the symbol "+" should be selected in the case, where the adjacent components are to be joined (in the case using 'or' in 'macrobody' (or 'CG-format')). Otherwise, a user should select "*" and then common region of the adjacent components is to be specified (in the case not using 'or' in 'macrobody' (or 'CG-format')).
- / **The combination of geometry component can be freely defined except the last row, which should be used for the outermost shape of the source configuration.** It is recommended that the material and the importance are set as 'void' and '0.0' at the last row, respectively.

3) Defining emissions of radiations ('Step 5' to 'Step 7')

In RADARAC_INPUT, the characteristics of emitted radiations are interactively defined by using three interfaces through 'Step 5' to 'Step 7'.

3-1) Type of emitted radiations ('Step 5')

The type of radiations can be set up with one of the interfaces of Fig.A-8 and Fig.A-9 in 'Step 5'.

Fig. A-8 Interface of 'Step 5' (1)
(The 'kcode' option is not used.).

Fig. A-9 Interface of 'Step 5' (2)
(The 'kcode' option is used.).

/ If fission reaction is not required for the source model, "no" is to be selected at the "Using the kcode" with the interface of 'Step 5' in Fig.A-8. A user should give a number of particles in the calculation and computational time at the blanks below "Particle number" and "Time".

/ It is preferable to define the termination of radiation transport calculation with particle number. The computational time is recommended to be set as short time (e.g., less than 1 minute) here for confirming the input file before dose calculation. Appendix F describes the guideline for this step.

/ The type of radiation emission from the source is automatically indicated below "Radiation type". The radiation type in left is emitted in the dose calculation. Radiation transports are simulated for other types in right, if these radiations are generated as secondary particles due to interactions.

/ Here, it should be cautioned that a user can set up the radiation transport of electrons but tally cards for electrons are not prepared in a human model. A user should prepare tally cards. RADARAC_DOSE is also unavailable for physical quantities concerning electrons in the post-processor of the radiation transport calculation.

/ On the other hand, if a fissile material causes an accident, a user should select “yes” at the “Using the kcode”. The interface is automatically changed as Fig.A-9 to set up particle number per a cycle and a cycle size. The ‘kcode’ card is to be prepared for the source model in the format of an input file for the MCNPX or the MCNP code by this operation.

3-2) Energy of emitted radiations (‘Step 6’)

The energy of radiations can be set up with one of the interfaces of Fig.A-10, Fig.A-11 and Fig.A-12 in ‘Step 6’.

Step1 Step2 Step3 Step4 Step5 **Step6** Step7 Step8

Energy of radiations

☒ Single-Energy
☐ Multi-Energy
☐ Fission Energy

Energy(Mev):

Fig. A-10 Interface of ‘Step 6’ (1)
(Energy of radiations; Single-energy).

Step1 Step2 Step3 Step4 Step5 **Step6** Step7 Step8

Energy of radiations

☐ Single-Energy
☒ Multi-Energy
☐ Fission Energy

Distribution type

☐ Continuous
☒ Discrete

Add(A) Delete(R)

Energy(Mev)	Emission rat..
1.172	0.5
1.332	0.5

Energy(Mev)

Emission rate for each energy bin

Fig. A-11 Interface of ‘Step 6’ (2)
(Energy of radiations; Multi-energy).

Fig. A-12 Interface of ‘Step 6’ (3)
(Energy of radiations; Fission-energy).

/ **The energy is set up for the radiation type in left at “Radiation type” in the interface of ‘Step 5’.**

/ If the “Single-Energy” is selected, Fig.A-10 is indicated. A user should give the energy of radiations at the blank.

/ If the “Multi-Energy” is selected, Fig.A-11 is indicated. The buttons of “Add” and “Delete” are used to set up energy bins. The energy can be given with “Continuous” or “Discrete” distribution. For the continuous energy distribution, lower energy of each bin should be set at the blank of “Energy”. The fraction of radiations for each bin should be given at the blank of “Emission rate for each bin”.

/ If a neutron source with fission reactions causes an accident, it is recommended to select “Fission Energy”. In this case, Fig.A-12 is indicated. A user can select the ‘Maxell’ type or the ‘Watt’ type at “Fission spectrum type”. Necessary parameters should be given at the blanks in below to determine energy spectrum of fission neutrons.

3-3) Regions for radiation emissions (‘Step 7’)

The source shape can be set up with one of the interfaces of Fig.A-13 and Fig.A-14 in ‘Step 7’.

Fig. A-13 Interface of ‘Step 7’ (1)
(Source shape; Point source).

Step1 Step2 Step3 Step4 Step5 Step6 Step7 Step8

Shape of the source

☐ Point Source
☒ Volume Source

Shape of Volume: RCC

Parameter for volume(cm)

Vx: 0 R: 5
 Vy: 0
 Vz: -10
 Hx: 0
 Hy: 0
 Hz: 10

☒ Region for radiation emission (Volume source)
 Region: Region3

Fig. A-14 Interface of ‘Step 7’ (2)
(Source shape; Volume source).

/ Figure A-13 depicts the interface for a point source. **A position of source should be set up at “Point source position” with the coordinate system, which is used in ‘Step 2’.**

/ In addition, a radiation source with a volume region can be set up with the interface of Fig.A-14. Here, “Shape of Volume” can be selected from ‘RPP’ (rectangular parallelepiped), ‘SPH’ (sphere) and ‘RCC’ (cylinder).

/ “Parameters for volume” is automatically changed, according to the selected shape. In Fig.A-14, a cylindrical area is to be considered. **Parameters are set up at the blanks, according to Table A-2. The coordinate system should be same between the operations in ‘Step 2’ and in ‘Step 7’. The dose calculation also adapts the coordinate system.**

/ If emission region is restricted within one region in ‘Step 4’, a user should select the region number. Then, radiations are to be emitted from ‘one cell’ in the radiation transport calculations.

Table-A.2 Parameters for each geometry shape

	RPP, RPP_C	SPH	RCC
Parameter 1	X_{\min}	V_x	V_x
Parameter 2	X_{\max}	V_y	V_y
Parameter 3	Y_{\min}	V_z	V_z
Parameter 4	Y_{\max}	R	H_x
Parameter 5	Z_{\min}		H_y
Parameter 6	Z_{\max}		H_z
Parameter 7			R

4) Completing the program (‘Step 8’)

Fig.A-15 is the interface to make a file of the defined source model.

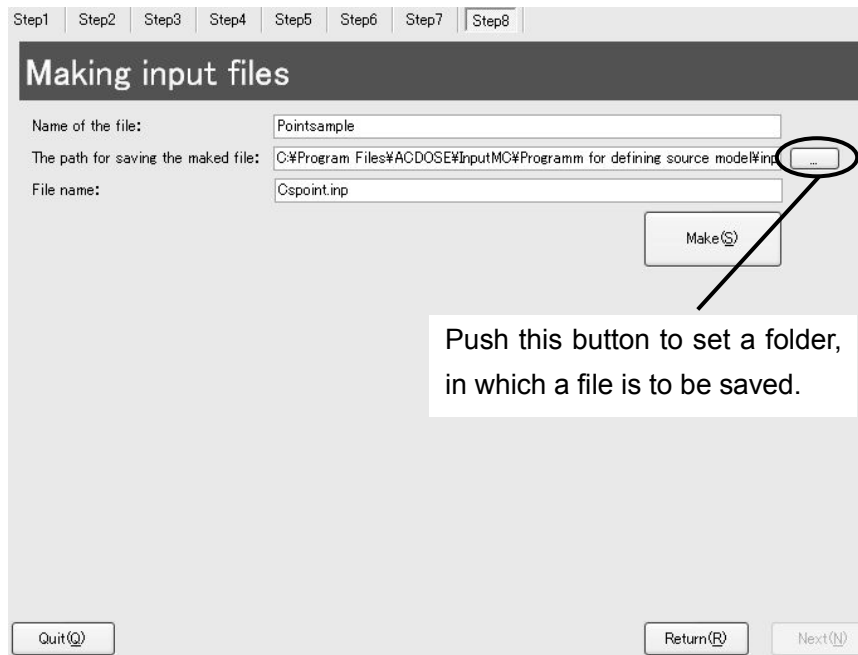


Fig. A-15 Interface of ‘Step 8’ (Making a file of source model).

- / A user can move to any steps by pushing tabs on the top, if any revisions are needed.
- / The first blank at “Name of the file” is used to give the title for the file to be saved. **This is not a file name for the source model.**
- / “The path for saving the making file” is used to set up the folder name, in which the file is to be saved. The folder can be selected to push the button besides the second blank. **The folder of ‘inp’ is recommended here.**
- / A file name can be given for the source model in the last blank of “File name”.
- / If all of the resources are set up, a user pushes the button of “Make” to convert all the given resources into the file with an input file format.
- / After that, the operation of this program is completed by pushing the button of “Quite” at the left side in bottom. **All resources up to ‘Step 7’ are cancelled, if saving a file is not completed in this step.**

A-4 Users’ manual for the program for making a human model

A-4.1 Installing and the structure of the program

The program for making a human model can be installed to a personal computer as below. Before installing, the software of NET Framework should be equipped in the same hardware system.

- i) Insert a media with the the program for making a source model into a drive in a personal computer.
- ii) Click the “Setup1.msi” in the human model making program.
- iii) Operate the GUI (Graphical User Interface), according to the indication.

Here, this program is recommended to be saved under the folder, which includes the program for making a source model and the program for making an input file.

Folders and files are incorporated in the main folder of this program as below.

- / [Folder] 'bin': This folder includes a module of 'Main_MvPhantom.exe', which makes a file of a human model based upon the given parameters in HumanModel.exe.
 - / [Folder] 'dat': There are 2 templates of 'MVPANTOM.tpl' and 'PHANTOM.TPL' in this folder. The former is a template file of parameters and the latter is a template file of a human model. 'PHANTOM.def' is read as an initial value for the operation.
 - / [Folder] 'inp': This folder is used to save the file with the defined human model.
 - / [Folder] 'lib': This folder includes a file of 'Stdphantom.Lib', which describes the sizes of the male and the female standard models in this program.
And there are 5 sub-folders in the [Folder] 'lib'. ('evmesh', 'evskin', 'evwholebody', 'female' and 'male'.)
 - / [Sub-folder] 'evmesh': There are library files to be utilized in making a human model to assess dose distribution in a trunk.
 - / [Sub-folder] 'evskin': There are library files to be utilized in making a human model to assess dose distribution in skin tissue.
 - / [Sub-folder] 'evwholebody': There are library files to be utilized in making a human model to assess dose averaged over a whole body.
 - / [Sub-folder] 'male': This folder includes a libraries file of the standard male phantom.
 - / [Sub-folder] 'female': This folder includes a libraries file of the standard female phantom.
- The two programs in below are to be executed in the main folder.
- / MV.bat: This batch file executes the module of 'Main_MvPhantom.exe' in [Folder] 'bin'.
 - / HumanModel.exe: This is a module to set up parameters of a human model.
(e.g., A posture of human model is set up with an interface.)

This program consists of two modules. One is 'Human Model.exe' and the other is 'Main_MvPhantom.exe'. Necessary parameters for a human model and quantities of interest in it are set up by using interfaces in 'Human Model.exe'. Then, an input file is produced for the module of 'Main_MvPhantom.exe', which is automatically started. A human model by this module is combined with parameter files. After that, a human model is saved with the format of an input file. The operation in 'HumanModel.exe' is performed with interfaces by a user.

A-4.2 Flowchart of the program for making a human model

There are 6 steps to complete making a human model by the program, as depicted in Fig.A-16. The program mainly consists of two parts, except steps for reading and saving the file. The three steps of 'Step 2' to 'Step 4' relate to construct a human body. This program automatically makes a human model in any gender, size and posture, based upon the given resources and the prepared file in the folders of 'dat' and 'lib'. On the other hand, 'Step 5' relates to physical quantities of interest in a radiation transport calculation.

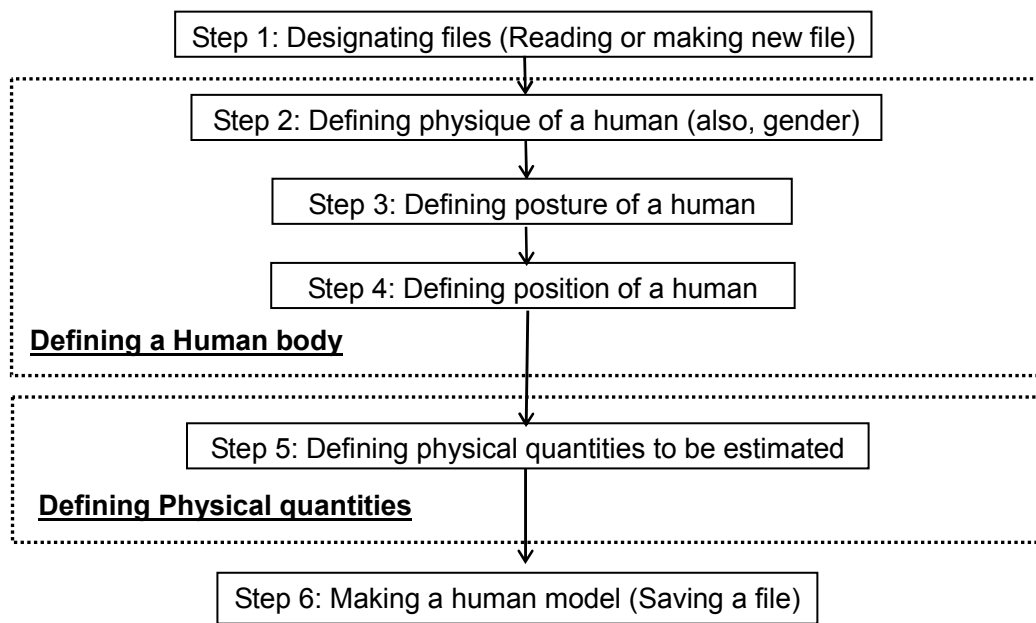


Fig.A-16 Flowchart of making a human model by the program.

A-4.3 Operation of the program for making a human model in RADARAC_INPUT

All of the interfaces in the 6 steps include tab buttons on the top and three buttons at the bottom, as depicted in Fig.A-17.

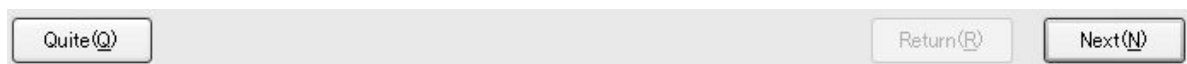
/ A user can move to an arbitrary step by pushing tabs of ‘Step 1’ to ‘Step 6’ on the top (Fig.A-17 (a)).

The buttons of “Next” and “Return” at the bottom are used to go to the next and the former steps, respectively (Fig.A-17 (b)). The “Next” and the “Return” are unavailable for ‘Step 6’ and ‘Step 1’, respectively.

/ The “Quit” is available for all steps during operating this program (Fig.A-17 (b)). **All of the given resources, however, are not saved by pushing “Quit”, if ‘Step 6’ is not completed.**



(a) Tabs for selection of step for operation



(b) Buttons to move step or quit

Fig.A-17 Tabs on the top and buttons at the bottom of interfaces for all steps.

1) Starting the program (‘Step 1’)

The interface in Fig.A-18 is indicated at starting the program for making a human model.

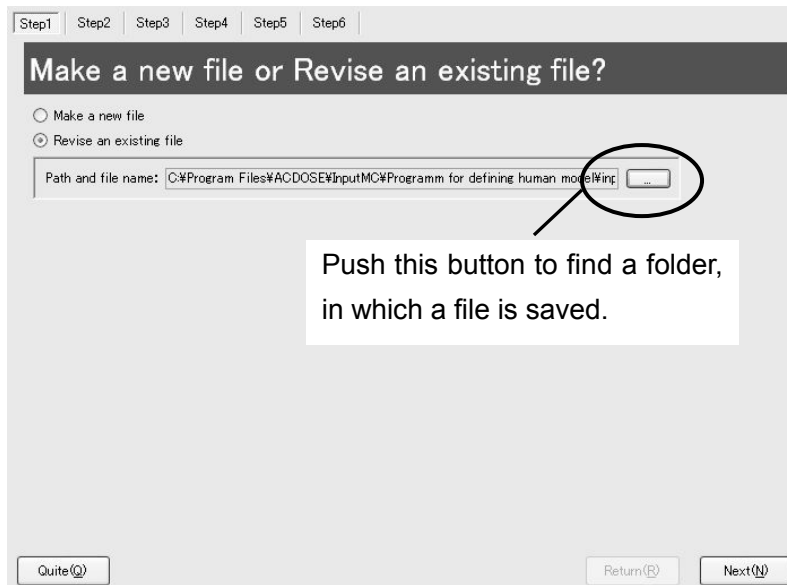


Fig.A-18 Interface of 'Step 1' (Indicated at starting of the program).

/ In 'Step 1', "Make a new file" or "Revise an existing file" should be selected.

/ If "Revise an existing file" is selected, a user should push the button besides the blank of "Path and file name" to find the file in any folder.

2) Constructing a human body ('Step 2' to 'Step 4')

2-1) Defining gender and physique ('Step 2')

Figure A-19 depicts the interface to select gender and physique of the human model in 'Step 2'.

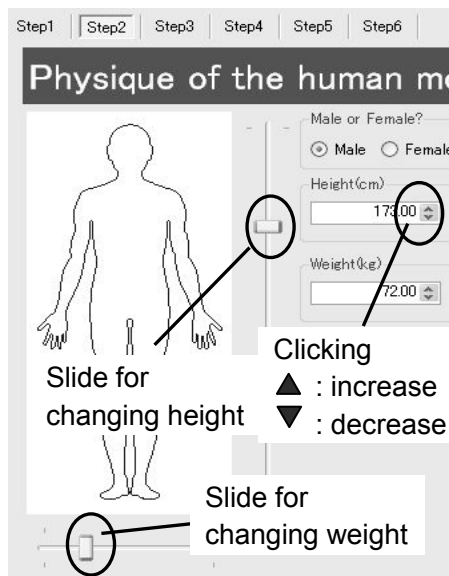


Fig.A-19 Interface of 'Step 2'
(Gender and physique for a human model).

/ At first, a user should select gender of the phantom at "Male or Female". If a male phantom is selected, the figure for the human in the left is colored with black. About a female phantom, the figure is colored with red.

- / And then, the “Height” and the “Weight” can be set up with the lower two boxes. The triangle marks besides the two boxes are used to change the height and the weight. In addition, if a user moves slides on the vertical axis, the height in the box is automatically changed by the position of the slide. On the other hand, the slide below the figure is used to change the weight.
- / The parameters in the surface cards are automatically changed from the parameters in the standard model with the equations of (1) and (2) in section 3.2 of the text, according to the defined size.

2-2) Defining posture (‘Step 3’)

Next, a user should set up the posture of the human model by the interface of Fig.A-20 in ‘Step 3’.

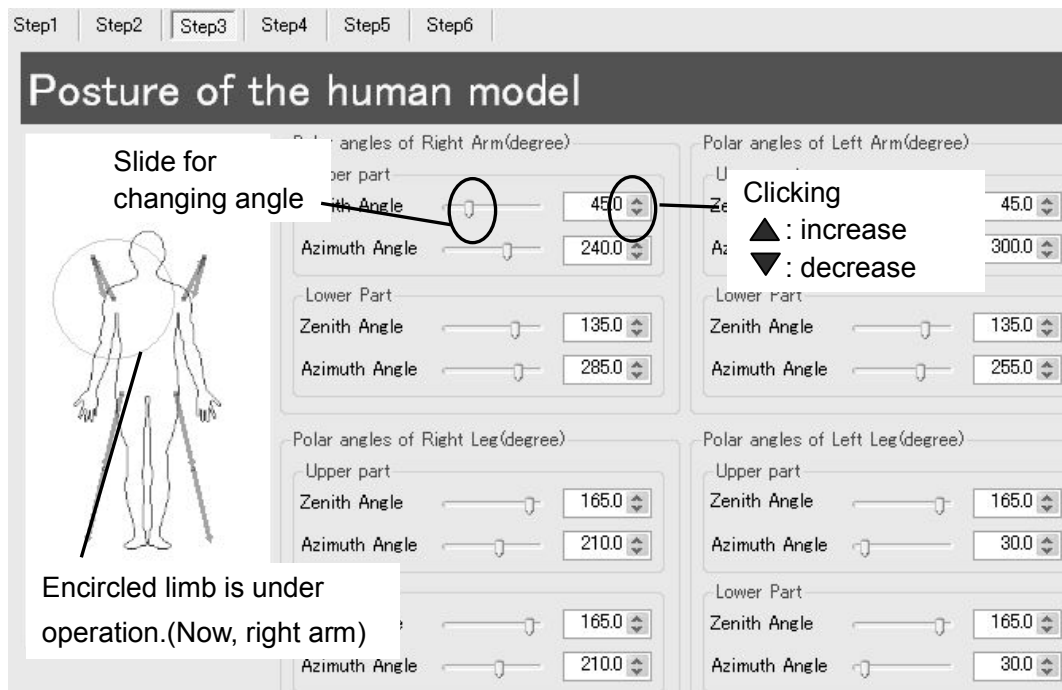


Fig.A-20 Interface of ‘Step 3’ (Posture for a human model).

- / The directions of all limbs should be given with the polar angles (zenith and azimuth angles). All of the limbs are divided into the upper and lower part at the joint (elbows and knees). Then, a user should give 16 angles to set up the posture.
- / If a user intends to move the position one of the limbs, a circle surrounds the limb under the operation. The encircled limb is automatically moved, according to the defined angles. The triangle marks besides the boxes are used to change the angles. In addition, if a user moves the slide besides the box, the angle is automatically changed by the slide’s position.

2-3) Defining a position of a human model (‘Step 4’)

The human model and the source model are independently set up with the different coordinate system. The radiation transport calculation uses the coordinate system for the source model. A user should set up the position of the human model with the interface of Fig.A-21 in ‘Step 4’.

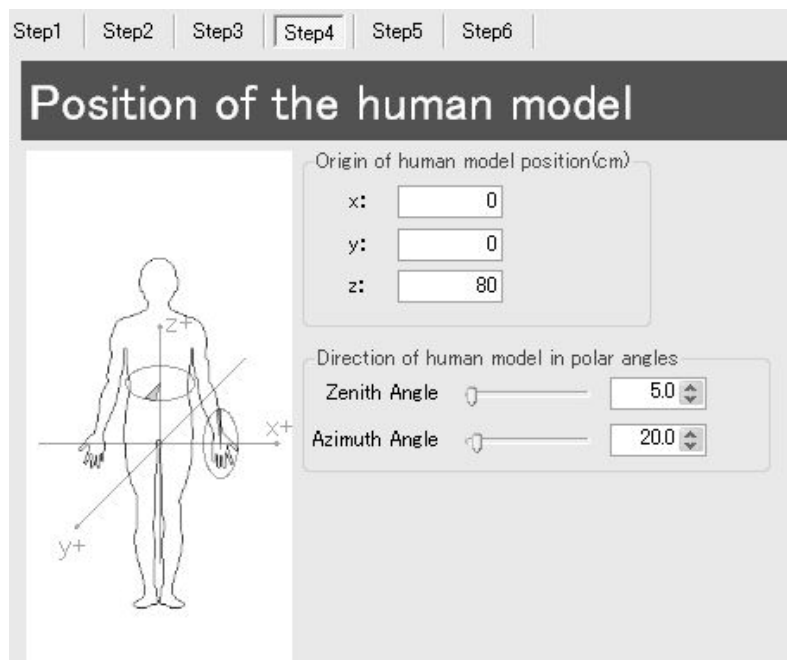


Fig.A-21 Interface of 'Step 4' (Position of a human model).

- / The origin of the human model is the center of the trunk bottom. Thus, a user should set up the position of the origin for the human model in the coordinate system of the source model at the blanks in "Origin of human model position".
- / The direction of human model toward to the source model should be given with polar angles at "Direction of human model in polar angles". Appendix E gives correlations between the two angles and the directions of human model.

A same procedure is to be performed in the program for making input files. The input file of the dose calculation refers to the resources given in the program for making input files.

3) Selecting physical quantities to be estimated ('Step 5')

Physical quantities of interest should be selected at "Quantities to be estimated" in the interface of 'Step 5' in Fig.A-22. According to the selection, the interface is automatically changed.

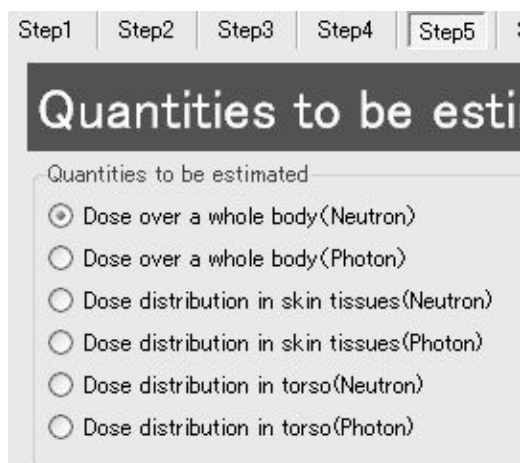


Fig.A-22 A part of interface of 'Step 5' (1)
(Selection of physical quantities).

/ Figure A-23 depicts the selection of the doses averaged over a whole body, dosimeter readings and so on. In this figure, an input file is made for neutron exposure. A user should give the position of dosimeter on the trunk surface and the height of activated detector for a neutron exposure.

The interface shows a tabbed menu at the top with 'Step1' through 'Step6'. The 'Step5' tab is active. Below the tabs is a dark header bar with the text 'Quantities to be estimated'. The main area is divided into three sections. The left section, titled 'Quantities to be estimated', contains a list of radio buttons: 'Dose over a whole body(Neutron)' (selected), 'Dose over a whole body(Photon)', 'Dose distribution in skin tissues(Neutron)', 'Dose distribution in skin tissues(Photon)', 'Dose distribution in torso(Neutron)', and 'Dose distribution in torso(Photon)'. The middle section, also titled 'Quantities to be estimated', contains two radio buttons: 'Dose (Induced activity)' (selected) and 'Fluence in each region'. The right section, titled 'Dosimeter position', contains two input fields: 'DX: -10' and 'DZ: 25'. Below these is a section titled 'Activated detector position (Neutron)' with an input field 'BZ: 22'.

Fig.A-23 Interface of ‘Step 5’ (2) (Physical quantities of interest; Averaged dose over a whole body).

/ Figure A-24 depicts the interface to make an input file for a calculation of skin dose distribution over a whole body. The skin region of interest in dose assessment should be selected at “Quantities to be estimated”. The item of “whole body” is selected here.

The interface is similar to Figure A-23, with the 'Step5' tab active. The 'Quantities to be estimated' header is present. The left section, titled 'Quantities to be estimated', contains the same list of radio buttons as in Figure A-23, but 'Dose over a whole body(Neutron)' is selected. The middle section, also titled 'Quantities to be estimated', contains two radio buttons: 'Whole Body' (selected), 'Half', and 'Quarter'.

Fig.A-24 Interface of ‘Step 5’ (3) (Physical quantities of interest; Skin dose distribution of whole body).

/ If the options of “half” and “quarter” are selected at “Quantities to be estimated”, the interface is automatically changed as Fig.A-25.

The interface is similar to Figure A-24, with the 'Step5' tab active. The 'Quantities to be estimated' header is present. The left section, titled 'Quantities to be estimated', contains the same list of radio buttons as in Figure A-24, but 'Dose distribution in skin tissues(Neutron)' is selected. The middle section, also titled 'Quantities to be estimated', contains three radio buttons: 'Whole Body', 'Half', and 'Quarter' (selected). The right section contains two input fields: 'Height-Center (on z-axis) of area for detail analysis (cm)' with a value of '30', and 'Divided region(Min)' with a value of '0°' selected from a list of angles: '0°', '45°', '90°', '135°', '180°', '225°', '270°', and '315°'.

Fig.A-25 Interface of ‘Step 5’ (4) (Physical quantities of interest; Skin dose distribution at a trunk part).

/ The center in height is given at the blank of “Height-center (on z-axis) of area for detail analysis”. A user also gives the minimum value of azimuth angle around the trunk at “Divided region”. **Appendix E presents correlation between the azimuth angle and the position on the trunk (see, Fig.E-4). The angles of ‘0’, ‘90’, ‘180’ and ‘270’ degrees are the directions toward ‘left’, ‘back’, ‘right’ and ‘front’ of the human body, respectively.**

/ Figure A-26 is the interface to make input files for a calculation of dose distribution in a trunk.

Fig.A-26 Interface of ‘Step 5’ (5) (Physical quantities of interest; Dose distribution in a trunk).

/ Input files for volume calculations are to be selected in “Quantities to be estimated”. **Both of ‘Volume of torso tissue’ and ‘Volume of legs in mesh tallies’ should be selected for this calculation. At first, a user should select “Volume of legs in mesh tallies” and then perform the operation in ‘Step 6’.**

/ **After that, a user goes back to ‘Step 5’ and selects “Volume of trunk tissue”. Then, the operation in ‘Step 6’ is performed again.**

4) Completing the program (‘Step 6’)

Figure A-27 is the interface to make a file with the defined source model.

Fig. A-27 Interface of ‘Step 6’ (Making a file of human model).

/ A user can move to an arbitrary step by pushing tabs of ‘Step 1’ to ‘Step 5’ on the top.

/ A user also can go back to ‘Step 5’ by pushing the button of “Return”. **Especially, this operation is essential in the case, where ‘dose distribution in torso’ is selected in ‘Step 5’.**

/ The first blank at “Name of the file” is used to give the title for the file to be saved. **This is not a file name for the human model.**

- / “The path for saving the making file” is used to set up the folder name, in which the file is to be saved. The folder can be selected to push the button besides the second blank. **The folder of ‘inp’ is recommended here.**
- / **A file name can be given for the human model in the last box at “File name”.**
- / After all of the resources are set up, a user pushes the button of “Make” to convert all the given resources to the file with an input file style. **As described in above, this operation should be performed two times, if ‘calculation of dose distribution in a trunk’ is selected in ‘Step 5’. A user should go back to ‘Step 5’, after the first operation is performed in ‘Step 6’. In ‘Step 5’, the selection of “Quantities to be estimated” is changed to “volume of trunk” and then a user should operate ‘Step 6’ again without changing any other resources.**
- / In all cases, the program automatically makes human models for a dose calculation and a volume calculation. The name of the former file is same as the name given in the last box in ‘Step 6’. The name for volume calculation is assigned to the given name plus ‘vol’. **These files should not be separately moved to different folders.**
- / **Only the files for calculation of legs in mesh tallies are assigned to the given name plus ‘volTissue***’ and ‘volBone***’. In the position of ‘***’, numbers of 1 through 5 are assigned. Thus, 10 files are automatically made.**

A-5 Users’ manual of the program for making an input file

A-5.1 Installing and the structure of the program

The program for making an input file can be installed to a personal computer as below. Before installing, the software of NET Framework should be equipped in the same hardware system.

- i) Insert a media with the the program for making a source model into a drive in a personal computer.
- ii) Click the “Setup1.msi” in the human model making program.
- iii) Operate the GUI (Graphical User Interface), according to the indication.

Here, this program is recommended to be saved under the folder, which includes the program for making a source model and the program for making a human model.

Folders and files are incorporated in the main folder of this program as below.

- / [Folder] ‘bin’ This folder includes a module of ‘MakeInputFile.exe’, which makes an input file based upon the given parameters in MakingInputFile.exe.
- / [Folder] ‘dat’ There are 2 templates of ‘MIF_INP.tpl’ and ‘MIF_OUT.TPL’ in this folder. The former is a template file of parameters and the latter is a template file of an input file for the MCNPX or the MCNP code. ‘MIF.def’ includes initial values for the operation.
- / [Folder] ‘inp’ This folder is used to save the files for an operation. (=A source model and a human model to be used for making an input file.) In addition, this folder includes volume calculation files.
- / [Folder] ‘out’ This folder is used to save the files, which are made in the operation of this program. These files are to be utilized as input files of the MCNPX or the MCNP

code for dose and volume calculations.)

The two programs in below are to be executed in the main folder.

/ MIF.bat This file executes the module of ‘MakeInputFile.exe’ in [Folder] ‘bin’.

/ MakingInputFile.exe This file is a module to set up parameters.

(e.g., Reading files of a source model and a human model.)

This program consists of two modules. One is ‘MakeInputFile.exe’ and the other is ‘MakingInputFile.exe’. Necessary parameters for input files are set up by using interfaces in ‘MakingInputFile.exe’. Then, input files are produced for the module of ‘MakeInputFile.exe’, which is started. The operation in ‘MakingInputFile.exe’ should be performed with interfaces by a user.

A-5.2 Flowchart of the program for making an input file

There are 4 steps to make input files (to combine the source and the human models) for a dose assessment, as depicted in Fig.A-28. The input files for the volume calculation are also made.

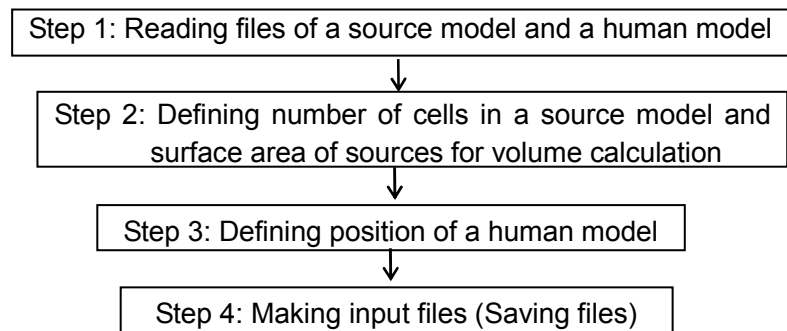


Fig.A-28 Flowchart of the program for making an input file.

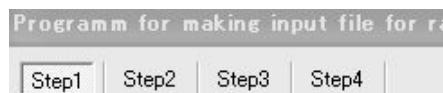
A-5.3 Operation of making an input file in RADARAC_INPUT

All of the interfaces in 4 steps include tab buttons on the top and three buttons at the bottom, as depicted in Fig.A-29.

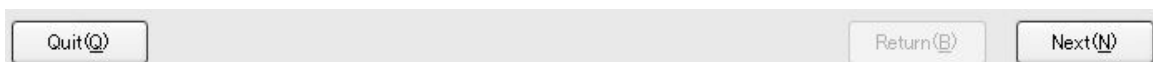
/ A user can move to an arbitrary step by pushing tabs of ‘Step 1’ to ‘Step 4’ on the top (Fig.A-29 (a)).

The buttons of “Next” and “Return” at the bottom are used to go to the next and the former steps, respectively (Fig.A-29 (b)).

/ The “Quit” is available for all steps during operating this program (Fig.A-29 (b)). **All of the given resources, however, are not saved by pushing “Quit”, if ‘Step 4’ is not completed.**



(a) Tabs for selection of step for operation



(b) Buttons to move step or quit

Fig.A-29 Tabs on the top and buttons at the bottom of interfaces for all steps.

1) Selecting a source model and a human model to be used in a radiation transport calculation ('Step 1')

The interface of Fig.A-30 is indicated at starting the program for making input files.

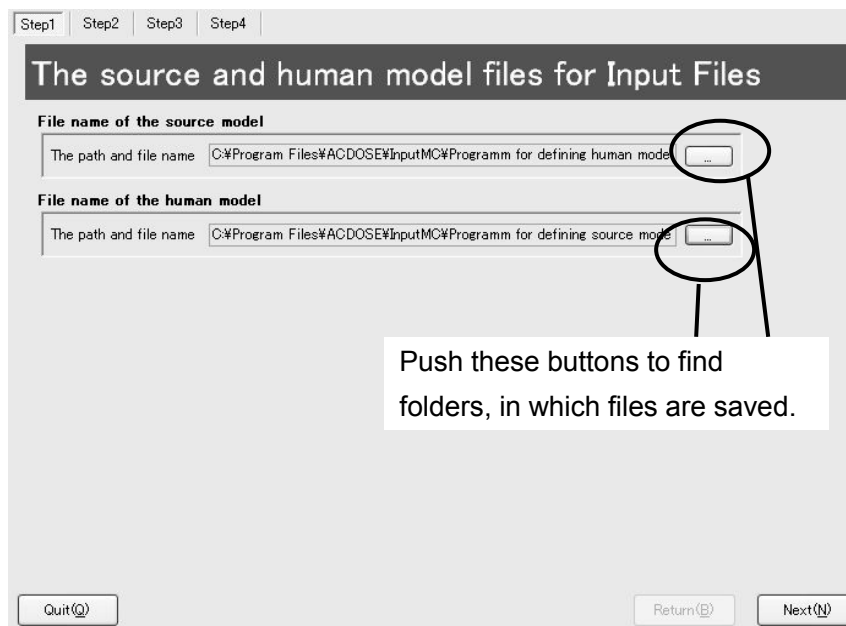


Fig.A-30 Interface of 'Step 1' (Indicated at starting of the program).

/ In 'Step 1', a user should designate file names of a source model and a human model at "File name of the source model" and "File name of the human model", respectively.

/ **If the files of human model for dose and volume calculations are saved in different folders, the operation of this program is to be failed.**

/ The selected file at 'File name of the source model' is copied as a file of 'generator.inp' in the [Folder] 'inp'. On the other hand, files of 'phantom.inp' and 'phantomvol.inp' are copied from the designated file at 'File name of the human model' into the [Folder] 'inp'. **A user can confirm the original source and human models, after the operations of this program are completed in 'Step 4'.**

2) Defining parameters to make input files for a dose calculation and a volume calculation ('Step 2')

Figure A-31 depicts the interface of 'Step 2'.

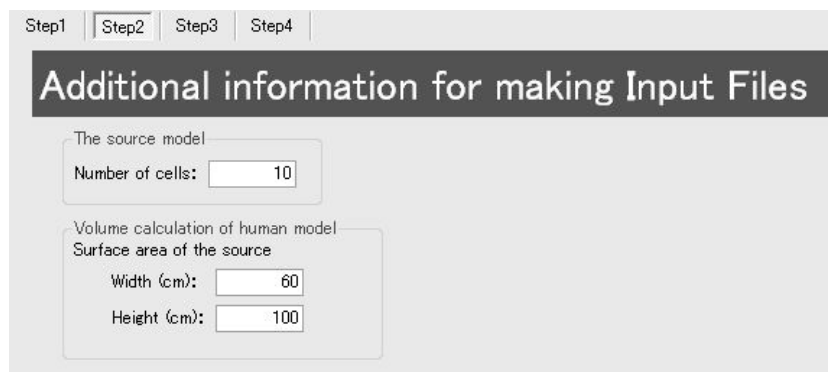


Fig.A-31 Interface of 'Step 2' (Defining information to make input files).

/ A user should give the number of cells for source model at the blank of “Number pf cells”.

/ The two blanks in “Volume calculation of human model” are used to set up the size of surface source for a volume calculation. **Here, a user should give the width and the height for the source of the right-angle square, which can cover over a whole body in the ‘ray-tracing’ method. However, if the option of ‘half’ or ‘quarter’ is selected to assess dose in skin at a part of trunk, the other specific method is preferred to perform effectively volume calculation (see, Appendix F).**

3) Defining position of a human model (‘Step 3’)

The operation of ‘Step 3’ is same as that of ‘Step 4’ in the program for making a human model. Thus, the interface in Fig.A-32 is also same as Fig.A-21.

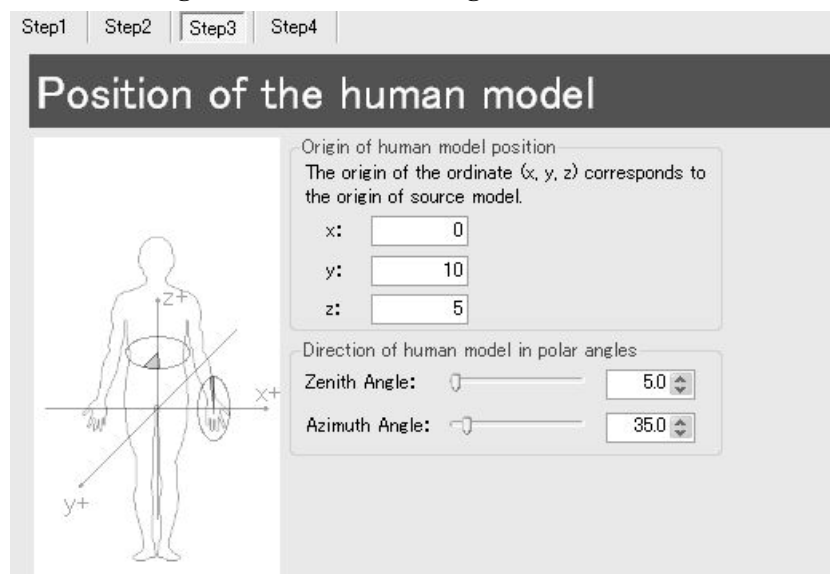


Fig.A-32 Interface of ‘Step 3’ (Position of a human model).

/ A user should set up the position of the origin for the human model in the coordinate system of the source model at the boxes in “Origin of human model position”.

/ The direction of human model toward to the source model should be given with polar angles at “Direction of human model in polar angles”. **Appendix E gives correlations between the two angles and the directions of human model.**

The input file used for a dose calculation refers to the resources given in this step, (not ‘Step 4’ in the program for making a human model). If any operations are not performed in this step, the human model and source model are to be overlapped. Then, the radiation transport is to be failed in the execution of the MCNPX or the MCNP code.

4) Completing the program for making input files (‘Step 4’)

Figure A-33 is the interface to make input files for the codes based upon the given resources.

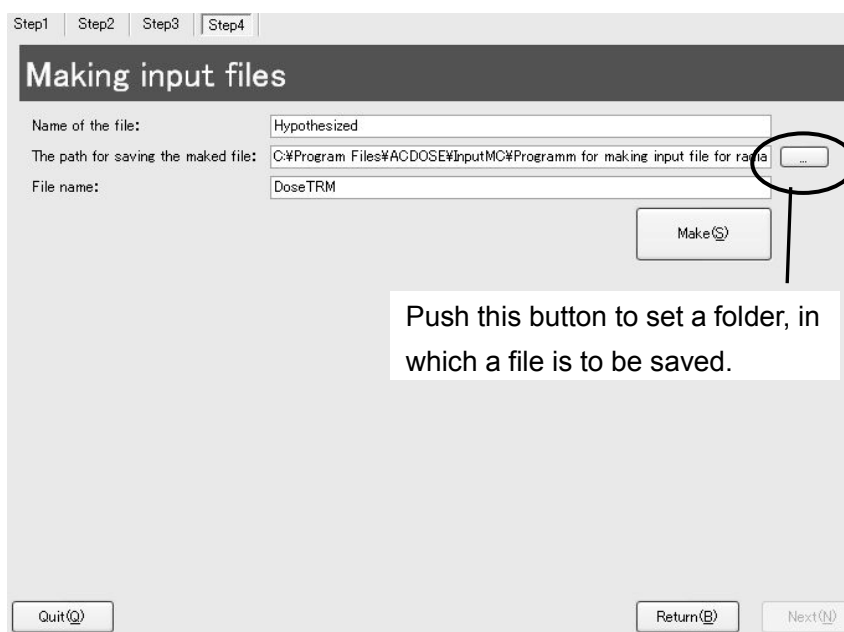


Fig. A-33 Interface of 'Step 4' (Making an input file made by this program).

- / A user can move to an arbitrary step by pushing tabs of 'Step 1' to 'Step 3' on the top.
- / The first blank of "Name of the file" is used to give the title for the file to be saved. **This is not file name for the source model.**
- / The folder, in which the file is to be saved, is set at "The path for saving the making file". The folder can be selected to push the button besides the second blank. **The folder of "out" is recommended here.**
- / **A file name can be given for the input file in the last blank of "File name".**
- / If all of the resources are set up, a user pushes the button of "Make" to convert all the given resources to the file with an input file style.
- / **In all cases, the program automatically makes input files for a dose calculation and a volume calculation. The name of the file for dose calculation is same as the name given in the last box in 'Step 4'. The name of the file for volume calculation is assigned to the given name plus 'vol'.** Only the files for calculation of legs in mesh tallies are made with the program for making a human model. (The file names of 'volTissue**' and 'volBone**')
- / **As described in above, it is recommended to confirm files of 'generator.inp' and 'phantom.inp' in the [Folder] "inp". These files are combined to make input files in the operations.**

5) Naming for input files made with RADARAC_INPUT

Input files for the MCNPX or the MCNP code are automatically made with operations up to now. The name of file, however, can be longer than the restricted value in the two codes. For such a case, a user should change the file name by confirming the correspondences of the renamed file to the original file in RADARAC_INPUT.

Appendix B Users' Manual of RADARAC_DOSE

RADARAC_DOSE is utilized to indicate the analyzed results of radiation doses effectively and visibly based upon outputs of the MCNPX or the MCNP code. This Appendix describes users' manual of RADARAC_DOSE.

B-1 Overview of RADARAC_DOSE

RADARAC_DOSE mainly consists of two parts, as described in below.

- i) A main part in a user form of the Microsoft-Excel (GUI)
- ii) Template files to indicate final results with the Microsoft-Excel

The execution of GUI, which is main part of RADARAC_DOSE, utilizes the Visual Basic for Applications (VBA) to indicate the results as numerical tables, graphs and so on. Thus, RADARAC_DOSE can be executed with a generally used personal computer, in which VBA is available in the Microsoft-Excel.

Figure B-1 depicts a flowchart of process to indicate the final results of radiation doses from the output files of the MCNPX or the MCNP code by using RADARAC_DOSE. A user should perform two operations in the left side (surrounded by the dashed line). One of the operations is to give necessary resources (e.g., output files of MCNPX or the MCNP code). The other operation relates to indicate final radiation dose in effective (e.g., depicting a graph) with a file of Microsoft-Excel.

It should be cautioned here that 'outputs' of the MCNPX or the MCNP code are 'inputs' in an operation of RADARAC_DOSE (see, Fig.1 in the text).

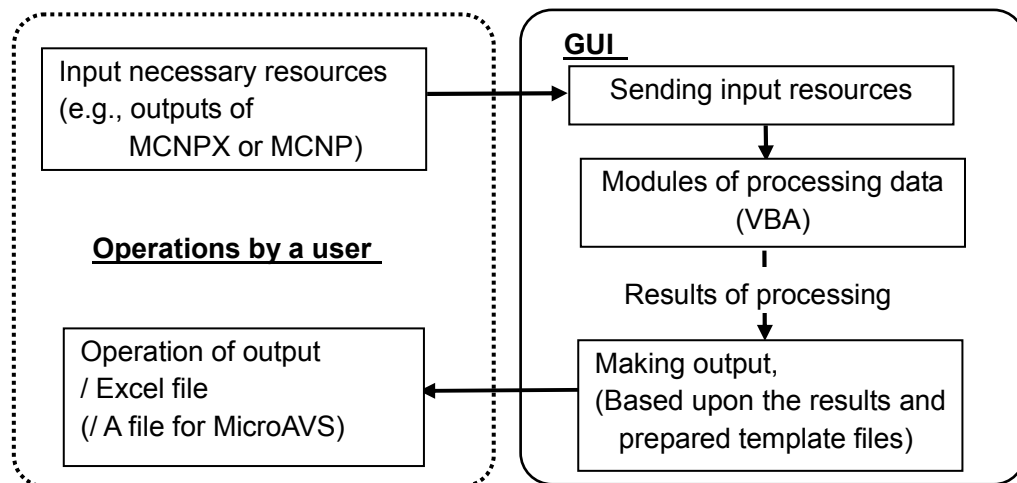


Fig. B-1 Flowchart of operation and processing data in RADARAC_DOSE.

In GUI, numerical values of physical quantities are extracted from the input for this program (=outputs of the MCNPX or the MCNP code) in modules of processing data (VBA). The outputs of Excel file are made based upon the results of the processing and the prepared template files.

A user can modify descriptions in VBA, which is the module of processing data. Final results, however, can be correctly obtained by the instruction in this Appendix only for the case, where VBA is in the original.

B-2 Recommended environment for executing RADARAC_DOSE

RADARAC_DOSE is available in a generally used personnel computer with the Microsoft-Excel in below. **RADARAC_DOSE cannot be correctly operated in older versions of the Microsoft-Excel.**

/ Microsoft Excel 2000

/ Microsoft Excel XP

/ Microsoft Excel 2003

In addition, software of ‘MicroAVS’ is required to depict three-dimensional graphics about skin dose distribution over a whole body.

B-3 Installing and the structure of RADARAC_DOSE

- i) Insert a media with RADARAC_DOSE into a drive in a personal computer.
- ii) Open the drive of the media by “My Computer” (or “Explore”) in Windows OS. And then double-click on “Setup.exe”.
- iii) Operate the GUI (Graphical User Interface), according to the indication.

A folder of GUI is to be created. A file and a folder are incorporated in [Folder]‘GUI’ as below.

/ Dose_assess.xls This is a main file to execute this program. A user should start this program to perform Fig.F-1.

/ [Folder] ‘DATA’ This folder includes blow materials.

/ A file of ‘GUI.ini’ is in this folder. The file saves the condition at completing GUI

/ There are 3 sub-folders, ‘Trunk’, ‘Skin’ and ‘Whole’, in this folder. Each folder relates to the selected quantities in ‘Step 5’ of the program for making a human model. The 16 files of Microsoft-Excel (4 files in ‘Trunk’, 8 files in ‘Skin’ and 4 files in ‘Whole’) are template files to make an output file with the form of the Microsoft-Excel. Each file also includes VBA to show the graph, according to the instructions by a user.

/ In addition, 2 files with the extension of ‘csv’ involve density of each mesh tally, which is used in the calculation of dose distribution in a trunk. The data are read to derive radiation dose (unit: J/kg, MeV/g) from the data in outputs of scoring mesh method by the MCNPX code (unit: MeV/cm³).

B-4 Preparing input files for RADARAC_DOSE

A dose assessment with RADARAC requires two types of radiation transport calculations; ‘dose calculation’ and ‘volume calculation’. RADARAC_DOSE can be correctly executed, only if a user can prepare necessary inputs for RADARAC_DOSE (=outputs of radiation transport calculations). In GUI, a user should give names for input files of RADARAC_DOSE based upon the outputs of the two codes.

Giving name is ruled for each of the physical quantities, which is selected in ‘Step 5’ of the program for making a human model. The name of a Microsoft-Excel file (output) is automatically given, according to the instruction in the input process of RADARAC_DOSE. If the name is not correctly given, RADARAC_DOSE cannot make a Microsoft-Excel file.

RADARAC_DOSE uses the file with the ‘tally-output’ tables; this is usually assigned to input-file name plus ‘m’ in the MCNPX or the MCNP code. The VBA in GUI extracts necessary data concerning radiation doses from the ‘tally-output’ tables, as depicted in Fig.B-1. Only the results by the mesh tallies are contained in a different binary file, which can be transferred into an ascii file with the incorporated program in the radiation transport calculation codes. RADARAC_DOSE utilizes the ascii file

B-4.1 Preparing input files to indicate dose distribution in a trunk

In RADARAC, one dose calculation and 11 volume calculations should be performed with the MCNPX code (not the MCNP code) to derive dose distribution in a trunk. Table B-1 summarizes the files made by RADARAC_INPUT. Two output files are made in the calculation of dose distribution in a trunk, because the results by mesh tallies are not contained in the file with the ‘tally-output’ tables. Thus, 13 files are necessary to indicate the dose distribution in a trunk with RADARAC_DOSE. A user should give names for the files, by referring to Table B-1. The part of ‘YYY’ is common for all of the files.

After that, the files by the dose calculation and the volume calculation should be saved in two different folders placed under the same folder, as depicted in Fig.B-2. A user inputs only ‘YYYmsntl’ or ‘YYYmsptl’ in executing RADARAC_DOSE, as described in Appendix B-5.

Table B-1 A rule of giving name for input files of RADARAC_DOSE (1) (Dose distribution in a trunk)

Calculation	Name of file by RADARAC_INPUT	Outputs of MCNPX*	Name for input of RADARAC_DOSE
Dose calculation	XXX.inp	=>Ascii file (Mesh scoring)	=>YYYmsntl (Neutron) YYYmsptl (Photon)
		=> File with tally-output table	=>YYYmsnm (Neutron) YYYmspm (Photon)
Volume calculation	XXXvol.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmstr0.mct
	XXXvolTissue01.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmsls1.mct
	XXXvolTissue02.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmsls2.mct
	XXXvolTissue03.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmsls3.mct
	XXXvolTissue04.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmsls4.mct
	XXXvolTissue05.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmsls5.mct
	XXXvolBone01.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmslb1.mct
	XXXvolBone02.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmslb2.mct
	XXXvolBone03.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmslb3.mct
	XXXvolBone04.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmslb4.mct
	XXXvolBone05.inp	=>File with tally-output table	=>YYYmslb5.mct

*: The name can be different from the name of the file by RADARAC_INPUT because of their lengths (see, Appendix A-5.3)

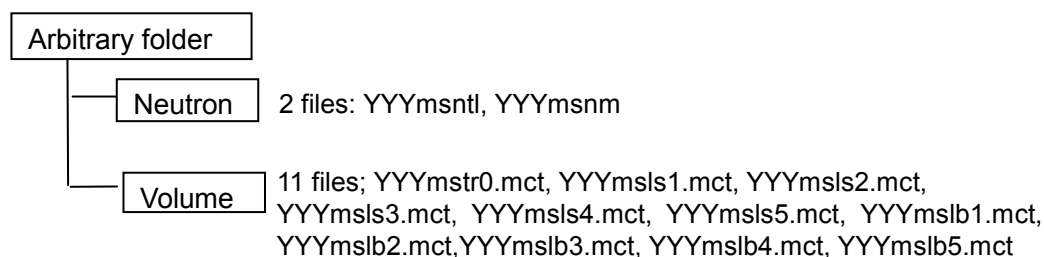


Fig. B-2 Preparing input files of RADARAC_DOSE (1) (Dose distribution in a trunk, Neutron).

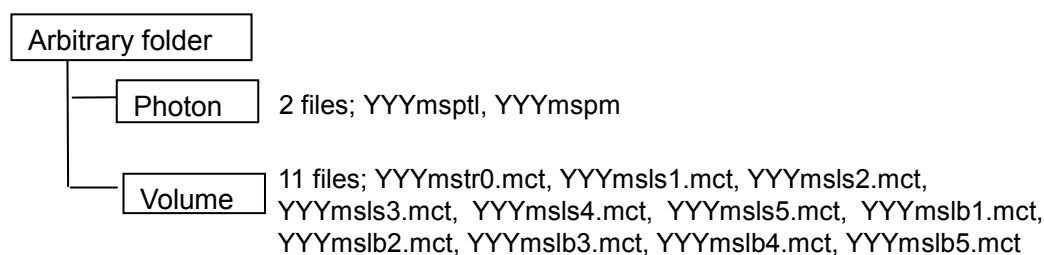


Fig. B-3 Preparing input files of RADARAC_DOSE (2) (Dose distribution in a trunk, Photon).

B-4.2 Preparing input files to indicate dose distribution in skin and whole body dose

Table B-2 summarizes the rule of giving name for the input files to indicate skin dose distribution with RADARAC_DOSE. The files of a dose calculation and a volume calculation should be saved in the same folder.

Table B-2 A rule of giving name for input files of RADARAC_DOSE (2) (Dose distribution in skin)

Region	Name of file by RADARAC_INPUT	Input of RADARAC_DOSE
Whole Body	XXXskn.inp (neutron-dose)	=>YYYskn.mct
	XXXsknvol.inp(neutron-volume)	=> YYYskvol.mct
	XXXskp.inp (photon-dose)	=>YYYskp.mct
	XXXskpvol.inp(photon-volume)	=> YYYskvol.mct
Trunk (1) 'Half'-option	XXXhkn.inp (neutron-dose)	=>YYYhkn.mct
	XXXhknvol.inp(neutron-volume)	=> YYYhkvol.mct
	XXXhkp.inp (photon-dose)	=>YYYhkp.mct
	XXXhkpvol.inp(photon-volume)	=> YYYhkvol.mct
Trunk (2) 'Quarter'-option	XXXqkn.inp (neutron-dose)	=>YYYqkn.mct
	XXXqknvol.inp(neutron-volume)	=> YYYqkvol.mct
	XXXqkp.inp (photon-dose)	=>YYYqkp.mct
	XXXqkpvol.inp(photon-volume)	=> YYYqkvol.mct

Table B-3 summarizes the rule for giving name of the input files to indicate whole body dose distribution with RADARAC_DOSE. The files of a dose calculation and a volume calculation should be saved in the same folder.

Table B-3 A rule of giving name for input files of RADARAC_DOSE (3) (Dose in a whole body)

Radiation type	Name of file by RADARAC_INPUT	Input of RADARAC_DOSE
Neutron	XXXWn.inp (neutron-dose)	=>YYYWn.mct
	XXXWnvol.inp(neutron-volume)	=> YYYvoln.mct
Photon	XXXWp.inp (photon-dose)	=>YYYWp.mct
	XXXWpvol.inp(photon-volume)	=> YYYvol.mct

B-5 Setting up necessary resources to indicate the final results of radiation dose

When a user starts “Dose_assess.xls” in the [Folder]“GUI”, the interface in Fig.B-4 is indicated. All of necessary resources are given with this interface.

☒ Male ☐ Female
 Height(cm) 173.9
 Weight(kg) 72.1
Surface (vol. calculation)
 Width 60
 Height 200
 Size 12000
Std_model
Height
 Whole Body(cm) 178.60
 Head(Fixed) 20.00
Weight
 Whole Body(kg) 73.20
 Head(Fixed) 4.90
Other
 below neck Height(cm) 158.6
 below neck Weight(kg) 68.3
 Weight for Height(kg) 62.406
 Scaling factor(z) 0.97
 Shapeing factor(x-y) 1.038

Trunk Dose | Skin Dose | Whole Body |
 Input | Mesh |
Source Intensity
 Neutron 1E+17
 Photon 1E+17
Data File
 Dose Crmsntl Search

Inputs for Trunk Dose. Execute Exit

Fig.B-4 Interface to give necessary resources for RADARAC_DOSE (1), Trunk dose.

B-5.1 Setting up necessary resources to derive the volume of interest in dose calculation

The left side relates to derive volume of interest in a dose calculation.

- / As the template of Excel-file is different between genders in the calculation, “Male” or “Female” should be selected at the top.
- / At “Height” and “Weight”, a user should give the same values in ‘Step 2’ of the program for making a human model.
- / The boxes in “Surface (vol.calculation)” are used to set up the size of surface source in the volume calculation. The “Width” and “Height” should be given here. In default, a user gives the twice of value in ‘Step 2’ of the program for making an input file. The last box of “Size” is to be automatically calculated based upon the values in “Width” and “Height”.

The four boxes in “Std_model” indicate size of the standard model, which is prepared in the program for making a human model. The two boxes at the bottom automatically show scaling factor for the modified model (see, equations (1) and (2) in the text, Section 3.2).

B-5.2 Setting up necessary resources to indicate the final results of radiation dose

At the right side, resources are given to derive and to indicate the final results of radiation doses. The tabs of Fig.5 can be seen in the top side of the interface in Fig.4. A user should push one of the tabs, according to the physical quantities selected in ‘Step 5’ of the program for making a human model.

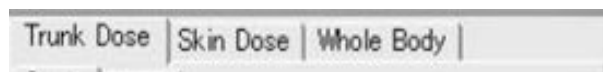


Fig.B-5 Tabs to select physical quantities.

1) Trunk dose

“Trunk dose” should be selected in the case, where a user intends to indicate dose distribution in a trunk based upon the outputs of the MCNPX code. Here, the interface of Fig.B-4 is to be indicated.

/ A user should push the tab of “Input”. (The sheet with tab of “Mesh” shows size of mesh tally, but any operations are unavailable.)

/ “Source intensity” is common for the “Trunk dose”, “Skin dose” and “Whole body”. The box is used to give the number of emitted radiations during an exposure in an accident. For example, a person is exposed to a radioactive source, which emits 1×10^9 radiations per second, for 10 seconds. The value of ‘ 1×10^{10} ’ should be given here. The number of emitted neutrons should be given in the case of using ‘kcode’-option.

/ “Neutron” and “Photons” are indicated only in “Trunk dose”. If a user generates neutrons in the radiation transport calculation, the value in “Photon” should be set to zero.

/ The file of ‘YYYmsntf’ or ‘YYYmsptf’ in Table B-1 should be given in “Dose” at the box of “Data file”.

2) Skin dose

2-1) Skin of whole body

“Skin dose” should be selected in Fig.B-5 for the case, where a user intends to indicate skin dose distribution. In addition, one of the tabs, “Input(1)” or “Input(2)”, should be selected. In Fig.B-6, “Input(1)” is selected. This interface is used to indicate dose distribution of skin over a whole body.

The screenshot shows the RADARAC_DOSE (2) interface for Skin dose distribution over a whole body. The interface is divided into several sections:

- Gender Selection:** Male (selected) and Female.
- Height and Weight:** Height (cm) is 178.6, Weight (kg) is 73.2.
- Surface (vol. calculation):** Width is 60, Height is 200, Size is 12000.
- Std. model:** Height is 178.60, Head (Fixed) is 20.00.
- Weight:** Whole Body (kg) is 73.20, Head (Fixed) is 4.90.
- Other:** below neck Height (cm) is 158.6, below neck Weight (kg) is 68.3, Weight for Height (kg) is 68.3, Scaling factor (z) is 1, Shapeing factor (x-y) is 1.
- Source Intensity:** 2.8E+15.
- Body Part Angles:** Zenith Angl. and Azimuth Angl. for Right_Upper_Arm, Right_Lower_Arm, Left_Upper_Arm, Left_Lower_Arm, Right_Upper_Leg, Right_Lower_Leg, Left_Upper_Leg, and Left_Lower_Leg. All angles are set to 180 and 0 respectively.
- Data File:** Dose is RaCoskp.mct, Volume is RaCoskvol.mct. Search buttons are present for both.
- Buttons:** Inputs for *skn.mct and *skp.mct, Execute, and Exit.

Fig.B-6 Interface to give necessary resources for RADARAC_DOSE (2), Skin over a whole body.

/ In “Source intensity”, a user should give the number of emitted radiations during an exposure in an accident. For example, a person is exposed to a radioactive source, which emits 1×10^9 radiations per

second, for 10 seconds. The value of ' 1×10^{10} ' should be given here. The number of emitted neutrons should be given in the case of using 'kcode'-option.

/ In "Body Part Angles", the direction of all limbs should be given, according to the defined posture in 'step 3' for making a human model. **The inputs relate to show three-dimensional graphics with MicroAVS.**

/ **A user should give the file relating to 'dose calculation' ('YYYskn.mct' or 'YYYskp.mct' in Table B-2) in "Dose" and the file relating to 'volume calculation' ('YYYskvol.mct' in Table B-2) in "Volume" at the box of "Data file", respectively.**

2-2) Skin of a part in a trunk

This interface is showed as in Fig.B-7 by pushing the tab of "Input(2)". The interface is used to indicate dose distribution at a part in trunk.

Fig.B-7 Interface to give necessary resources for RADARAC_DOSE (3), A part of trunk skin.

/ In "Source intensity", a user should give the number of emitted radiations during an exposure in an accident. For example, a person is exposed to a radioactive source, which emits 1×10^9 radiations per second, for 10 seconds. The value of ' 1×10^{10} ' should be given here. The number of emitted neutrons should be given in the case of using 'kcode'-option.

/ In "Trunk Skin Segmentation Definition", the region of interest in dose assessment should be given with "Center-Height", "Region (kind of option)" and "Azimuth Angl. Min", according to the definition in 'Step 5' in the program for making a human model. The boxes of "Azimuth Angl.Max" and "Vertical segment" are automatically changed.

/ **A user should give the file relating to 'dose calculation' ('YYYhkn.mct', 'YYYhkp.mct', 'YYYqkn.mct' or 'YYYqkp.mct' in Table B-2) in "Dose" and the file relating to 'volume**

calculation' ('YYYhkvol.mct' or 'YYYqkv.mct' in Table B-2) in "Volume" at the box of "Data file", respectively.

3) Whole body dose

"Whole body" should be selected in Fig.B-5 for the case, where a user intends to indicate averaged dose over a whole body. Here, the interface of Fig.B-8 is to be indicated.

The screenshot shows the 'Whole Body' tab of the RADARAC_DOSE (4) interface. It contains several input sections:

- Gender:** Radio buttons for 'Male' (selected) and 'Female'.
- Personal Data:**
 - Height(cm): 178.6
 - Weight(kg): 73.2
 - Surface (vol. calculation):
 - Width: 60
 - Height: 200
 - Size: 12000
- Std_model:**
 - Height:**
 - Whole Body(cm): 178.60
 - Head(Fixed): 20.00
 - Weight:**
 - Whole Body(kg): 73.20
 - Head(Fixed): 4.90
- Other:**
 - below neck Height(cm): 158.6
 - below neck Weight(kg): 68.3
 - Weight for Height(kg): 68.3
 - Scaling factor(z): 1
 - Shaping factor(x-y): 1
- Source Intensity:** A text box containing '5E+17'.
- Data File:**
 - Dose: CrMWh.mct (with a Search button)
 - Volume: CrMvoln.mct (with a Search button)
- Bottom Bar:** 'Inputs for Whole Body.', 'Execute', and 'Exit' buttons.

Fig.B-8 Interface to give necessary resources for RADARAC_DOSE (4), Whole body dose.

/ In "Source intensity", a user should give the number of emitted radiations during an exposure in an accident. For example, a person is exposed to a radioactive source, which emits 1×10^9 radiations per second, for 10 seconds. The value of ' 1×10^{10} ' should be given here. The number of emitted neutrons should be given in the case of using 'kcode'-option.

/ There are two boxes of "Dose" and "Volume" in "Data file". A user should give the files relating to 'dose calculation' ('YYYWn.mct' or 'YYYWp.mct' in Table B-3) in "Dose" and the files relating to 'volume calculation' ('YYYvoln.mct' or 'YYYvol.mct' in Table B-3) in "Volume" at the box of "Data file", respectively.

B-6 Indications of the final results of radiation dose

A file of the Microsoft-Excel is created, soon after necessary resources are given to RADARAC_DOSE. The type of file relates to the selection with the tabs in Fig.B-5. Only "skin dose", the selection of "Input (1)" or "Input (2)" also relates to the type of the produced file. All of the files involve numerical tables with the final results of radiation doses. Dose distribution can be visibly indicated for the selection of "Trunk dose" and "Skin dose" with Fig.B-5. Although the numerical tables are fixed, a user can define any position in the human body of interest to indicate visibly dose distribution.

B-6.1 Indications of the final results of dose distribution in a trunk

If a user gives necessary resources with the interface of Fig.B-4, the produced file is named as ‘YYYNeutron.xls’ or ‘YYYPhoton.xls’, according to the name of inputs for RADARAC_DOSE in Table B-1. The file of ‘YYYNeutron.xls’ includes all of the sheets summarized in Table B-4. The file of ‘YYYPhoton.xls’ does not include the sheets with name of ‘Neutron***’ and ‘Total***’ in below.

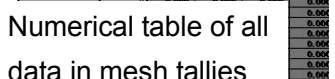
Table B-4 Sheets included in the Microsoft-Excel file with final results of dose distribution in a trunk

Name of sheet	Information included in each sheet
Start	/ Physique of human model and intensity of source (Given resources in Fig.B-4) / Size of mesh tally in the radiation transport calculation
Total Table*	/ Numerical table including total dose (Neutron+Photon) in all mesh tallies / Maximum total dose and its position / 3 graphs for indicating one-dimensional distribution of total dose
Neutron Table*	/ Numerical table including neutron dose in all mesh tallies / Maximum neutron dose and its position / 3 graphs for indicating one-dimensional distribution of neutron dose
Photon Table	/ Numerical table including photon dose in all mesh tallies / Maximum photon dose and its position / 3 graphs for indicating one-dimensional distribution of photon dose
Total Graph*	/ 3 graphics for indicating two-dimensional distribution of total dose / Maximum total dose and its position / 3 graphs for indicating one-dimensional distribution of total dose
Neutron Graph*	/ 3 graphics for indicating two-dimensional distribution of neutron dose / Maximum neutron dose and its position / 3 graphs for indicating one-dimensional distribution of neutron dose
Photon Graph	/ 3 graphics for indicating two-dimensional distribution of photon dose / Maximum photon dose and its position / 3 graphs for indicating one-dimensional distribution of photon dose
Trunk tissue	/ Radiation dose averaged over a trunk (Compared with doses averaged over all mesh tallies)

*: ‘YYYPhoton.xls’ does not include these sheets.

The ‘graph’ and ‘graphics’ in Table B-4 can visibly show dose distribution. The ‘graph’ indicates the dose distribution by plotted data on the graph. On the other hand, the ‘graphic’ indicates dose distribution by coloring the each region of interest. The color is automatically given, according to the dose to each region.

The sheets of ‘Neutron Table’, ‘Photon Table’ and ‘Total table’, include numerical tables with the radiation doses from neutrons, the radiation doses from photons and the sum of radiation dose from neutron and photon in all mesh tallies, respectively. The format and the operation are same in these three sheets. Figure B-9 depicts the overview of ‘Photon Table’, which is commonly included in the both files of ‘YYYNeutron.xls’ and ‘YYYPhoton.xls’. The right table contains the numerical data of radiation doses in all mesh tallies. No operation is to be performed for the numerical table.



17	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000

	20	0.000	0.000	0.000	0.000
X	1	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	0.000	0.000	0.000	0.000

3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000

7	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000

10	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000

13	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.001	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000

The sheets of ‘TotalGraph’, ‘NeutronGraph’ and ‘PhotonGraph’ include graphical indications, in which dose distribution is visibly confirmed with two-dimensions. The form and the operation are same in these three sheets. Figure B-10 depicts the overview of ‘PhotonGraph’, which is included in the both files of ‘YYYNeutron.xls’ and ‘YYYPhoton.xls’. The graph and the tables in the left side are same as those in ‘PhotonTable’, which is depicted in Fig.B-9.

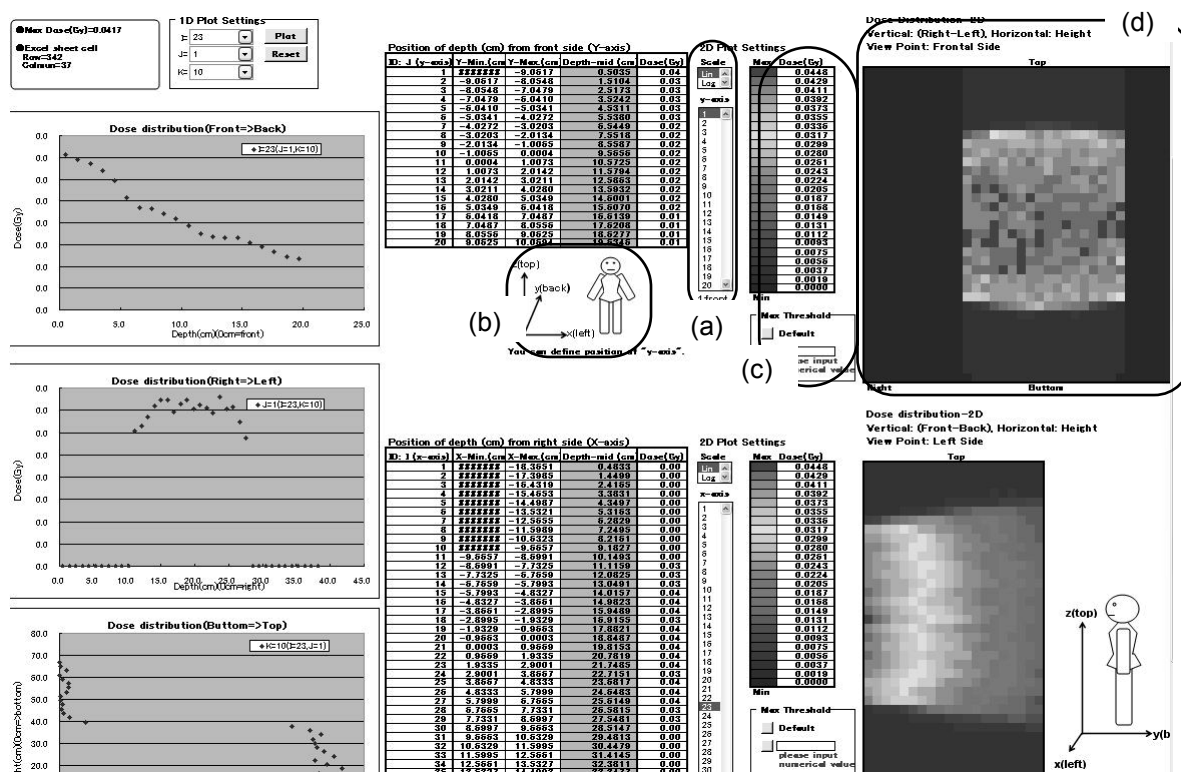


Fig.B-10 Overview of the ‘Photon Graph’ sheet. ((a): Enlargement in Fig.B-11, (b): Enlargement in Fig.B-12, (c): Enlargement in Fig.B-13, (d): Enlargement in Fig.B-14)

This sheet can visibly give two-dimensional dose distribution at an arbitrary position in the trunk as a graphics with the operations in below. Three graphics can be used to indicate dose distribution i) the view from the front (side-height), ii) the view from the left (depth-height) and iii) the view from the top (side-depth).

/ The position for indication can be determined with the slides beside the numerical tables in Fig.B-11. A user can confirm the setting of the slide position, by referring to the figure in Fig.B-12.

Figure B-13 depicts the tables with dose information about the graphics. In the graphics, the area with a higher dose and a lower dose are painted with warmer color (red) and colder color (blue), respectively.

/ The interval of coloring can be set with twenty five stages by linear or logarithm scale. The table shows relation the color and dose range. In default, the maximum dose is set to that in all mesh tallies. A user can set arbitrary value as the maximum value at the box below “Default”. The coloring is automatically changed, according to the given value in this box.

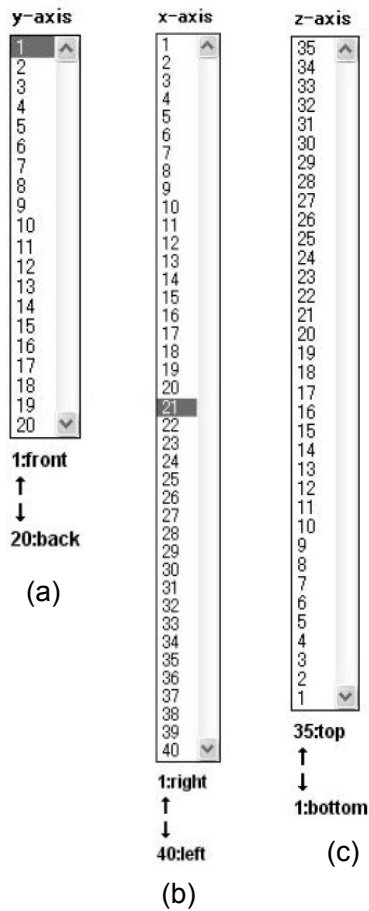


Fig. B-11 The slides to determine the position for indicating graphics of two-dimensional dose distribution.
((a): Determination of depth, (b): Determination of side, (c): Determination of height)

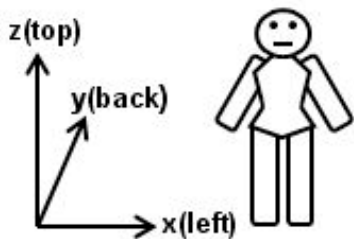


Fig.B-12 Figure of human body to instruct of moving the slides in Fig.B-11.

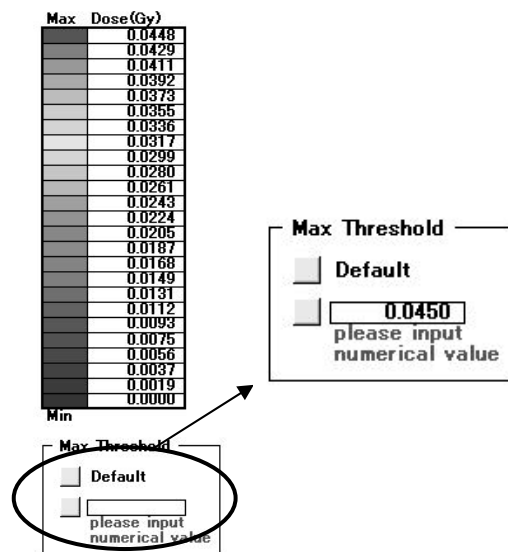
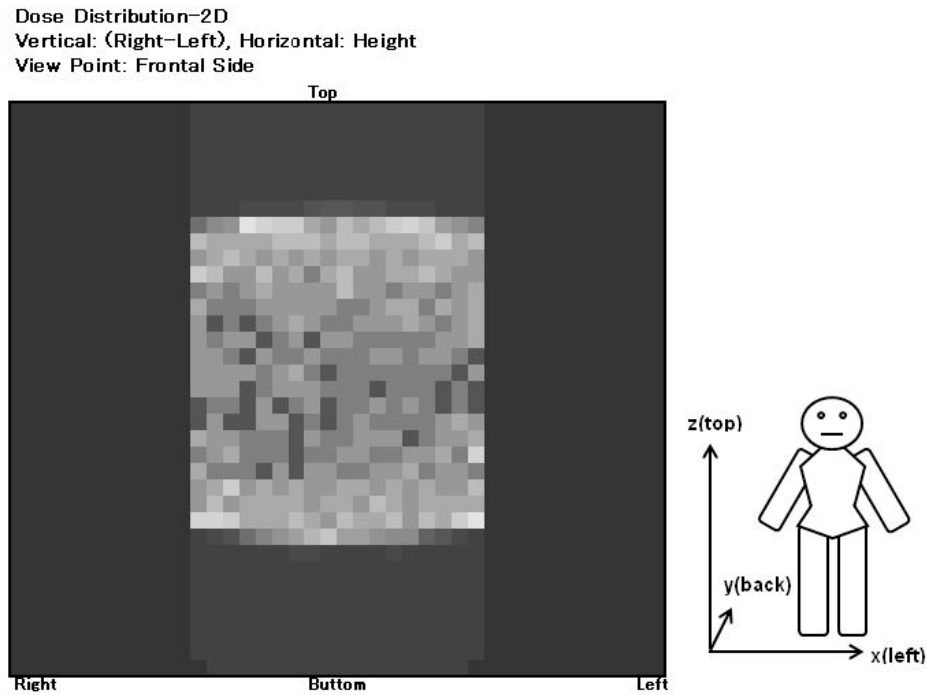
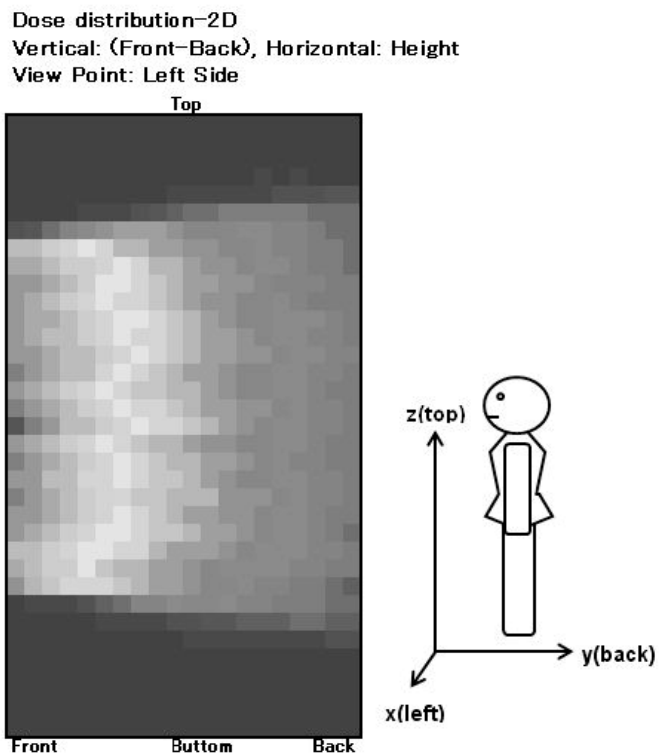


Fig.B-13 The tables showing correlation between the color and dose range (setting up the maximum dose at the box below table (enlargement in right of this figure)).

The graphics of two-dimensional dose distributions are indicated, as shown in Fig.B-14. A user can confirm how to show the dose distribution in the trunk by the figure of human besides the graphics. The position of Fig.B-14 (a), Fig.B-14 (b) and Fig.B-14(c) can be changed with the slides of Fig.B-11 (a), Fig.B-11 (b) and Fig.B-11 (c), respectively.



(a) Dose distribution on the plane for side and height (View from the front)

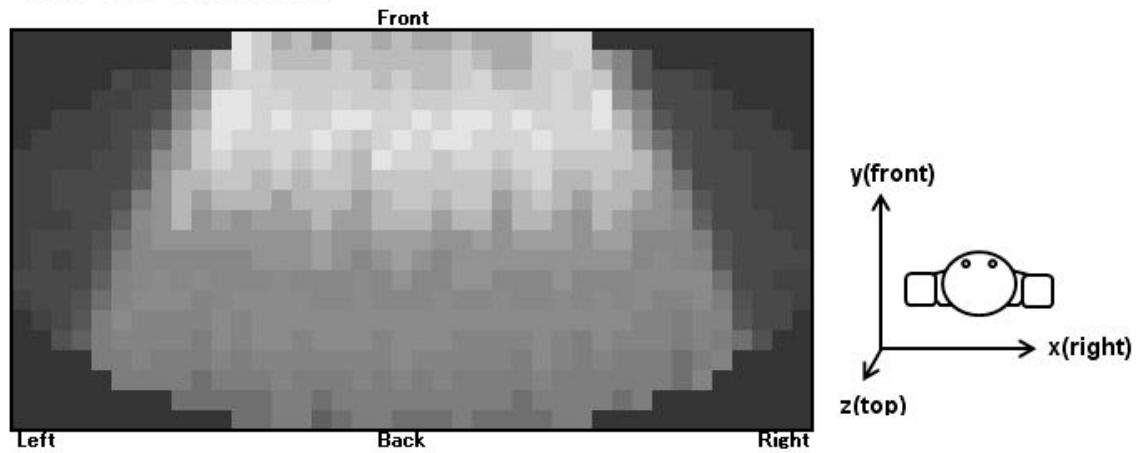


(b) Dose distribution on the plane for depth and height (View from the left)

Dose distribution-2D

Vertical: (Right-Left), Horizontal: (Front-Back)

View Point: Top of Trunk



(c) Dose distribution on the horizontal plane (View from the top)

Fig.B-14 The graphics for indicating two-dimensional dose distribution in a trunk.

((a): View from the front, (b): View from the left and (c) View from the top)

The sheet of 'Trunk tissue' involves the tables in Fig.B-15. The table in 'msRlpm_Tally' summarizes the radiation doses, which are calculated with the f-4 tally (neutron) and f-6 tally (photon) covering whole of the trunk region. The values in the boxes at 'Averaged dose in Mesh-Tallies' are averaged doses over all mesh tallies.

msRlpm

Input	Width	Height	Surface			
Source Size:	60.0	200.0	12000.0			
	Trunk				Leg	
	Tally value	Density	Volume (cm3)	Weight(g)	Volume (cm3)	Weight(g)
Soft-tissue	2.99416E+00	0.9869	35929.92	35459.24	125.13	123.49
Lung-tissue	2.76517E-01	0.2958	3318.20	981.52	0.00	0.00
Skeletal-tissue	1.88772E-01	1.4682	2265.26	3325.86	0.00	0.00
			Total	39766.62	Total	123.49
			Total (mesh area)		39890.11	

msRlpm Tally

Source Intensity:	3.672E+14	Mev/g to J/kg	1.602E-10	
1) Photon				
	Tally values	Volume(cm3)	Weight(g)	Gy
Trunk-soft	8.17506E-03	35929.92	35459.24	0.01
Trunk-lung	3.15834E-04	3318.20	981.52	0.02
Trunk-skeletal	6.37404E-04	2265.26	3325.86	0.01
		Trunk	39766.62	
		Trunk average	0.01	

Averaged Dose in Mesh-Tallies

msRlpm Photon	0.0135
---------------	--------

Fig.B-15 Tables summarizing radiation doses in the trunk obtained by the different type tallies in the sheet of 'Trunk tissue'.

B-6.2 Indications of the final results of dose distribution in skin

1) Whole body skin

If a user gives necessary resources with the interface of Fig.B-6, a Microsoft-Excel file is produced with name of 'YYYskn.xls' or 'YYYpkn.xls', according to the name of inputs for RADARAC_DOSE in Table B-2. The files of 'YYYskn.xls' and 'YYYskp.xls' include the sheets summarized in Table B-6 and Table B-7, respectively. The sheets with extension of 'inp' involve the data, which are same as the input file of MicroAVS in Table B-9.

Table B-6 Sheets included in the Microsoft-Excel file with final results of dose distribution in skin over a whole body (neutron)

Name of sheet	Information included in each sheet
skn	/ Physique of human model and intensity of source (Given resources in Fig.B-5) / Angles of all limbs (Given resources in Fig.B-5) / Numerical table including skin doses in all tallies (Neutron, Photon and Total) / Maximum dose and its position (Head + Trunk and each limb)
skvol	/ Volume and weight for all tallies
Total Graph	/ 3 graphs for indicating horizontal distribution of total dose / 1 graph for indicating vertical distribution of total dose (Trunk)
Neutron Graph	/ 3 graphs for indicating horizontal distribution of neutron dose / 1 graph for indicating vertical distribution of total dose (Trunk)
Photon Graph	/ 3 graphs for indicating horizontal distribution of photon dose / 1 graph for indicating vertical distribution of photon dose (Trunk)
Total.inp	/ Data sheet with same information of 'YYYsknTotal.inp' in Table B-9
Neutron.inp	/ Data sheet with same information of 'YYYsknNeutron.inp' in Table B-9
Photon.inp	/ Data sheet with same information of 'YYYsknPhoton.inp' in Table B-9

Table B-7 Sheets included in the Microsoft-Excel file with final results of dose distribution in skin over a whole body (photon)

Name of sheet	Information included in each sheet
skp	/ Physique of human model and intensity of source (Given resources in Fig.B-5) / Angles of all limbs (Given resources in Fig.B-5) / Numerical table including skin doses in all tallies (Photon) / Maximum dose and its position (Head + Trunk and each limb)
Skvol	/ Volume and weight for all tallies
Photon Graph	/ 3 graphs for indicating horizontal distribution of photon dose / 1 graph for indicating vertical distribution of photon dose (Trunk)
Photon.inp	/ Data sheet with same information of 'YYYskpPhoton.inp' in Table B-8

The 'graph' in Table B-6 and Table B-7 indicate the dose distribution by plotted data on the graph and the 'graphic' indicates dose distribution by coloring the each region of interest.

Overview of the 'skn' sheet is depicted in Fig.B-16. Enlargement of the part encircled in (a) is also shown. The given resources with Fig.B-6, the physique and the directions of limbs, are presented here. No operation can be applied to all of the numerical tables in the right of Fig.B-16.

A		D		U		E		F		I		V		N		L							
1 Weight (cm)		178.6		Std. mod. Height (cm)		1-1 Neutron Dose in Head & Torso (vertical)		Cell		Tally value		Region		Angle-min.		Angle-max.		Angle(mid)		Height-low(cm)		Height-high(cm)	
2 Weight		73.2		Whole Body		178.6		3 111		3.74943E-17		Head1		90		135		112.5		91.45		91.45	
3 (Std. mod. Height (cm))		158.6		Head (Fixed)		20		2 312		5.80166E-17		Head2		135		180		157.5		91.45		91.45	
4 (Std. mod. Height (kg))		68.3		Weight(kg)		73.2		3 313		2.11061E-16		Head3		180		225		202.5		91.45		91.45	
5 (Std. mod. Height (kg))		68.3		Whole Body		73.2		4 314		4.99792E-16		Head4		225		270		247.5		91.45		91.45	
6 Scaling factor (z)		1		Head (Fixed)		4.9		5 315		5.66715E-16		Head5		270		315		292.5		91.45		91.45	
7 Shaping factor (x-y)		1						6 316		2.06892E-16		Head6		315		360		322.5		91.45		91.45	
8 Source Intensity		1E+16						7 317		6.87734E-17		Head7		0		45		22.5		91.45		91.45	
9 NeV/c to J/kg		1.602E-10						8 318		2.10409E-17		Head8		45		90		67.5		91.45		91.45	
10 Segment		Standard		Modified				9 321		7.95223E-17		Face1_1		90		135		112.5		78.4		78.4	
11 Hair-face		91.45		91.45				10 322		5.62003E-17		Face1_2		90		135		112.5		84.925		84.925	
12 Face-Neck		78.4		78.4				11 323		2.77967E-16		Face2_1		135		180		157.5		78.4		78.4	
13 Neck-Trunk		70		70				12 324		1.41582E-16		Face2_2		135		180		157.5		84.925		84.925	
14 Trunk-Leg		0		0				13 325		7.14392E-16		Face3_1		180		225		202.5		78.4		78.4	
15 Front-Back		0		0				14 326		5.11537E-16		Face3_2		180		225		202.5		84.925		84.925	
16 Dose(0.1)		0.1		0.1				15 327		1.83255E-15		Face4_1		225		270		247.5		78.4		78.4	
17 Direction		0		0				16 328		1.03139E-15		Face4_2		225		270		247.5		84.925		84.925	
18 Angle=0		0		0				17 329		1.705E-15		Face5_1		270		315		292.5		78.4		78.4	
19 Angle=90		90		90				18 330		9.22438E-16		Face5_2		270		315		292.5		84.925		84.925	
20 Angle=180		180		180				19 331		7.99599E-16		Face6_1		315		360		337.5		78.4		78.4	
21 Height=0		0		0				20 332		5.70258E-16		Face6_2		315		360		337.5		84.925		84.925	
22 Origin of MIRD-type phantom								21 333		2.73655E-16		Face7_1		0		45		22.5		78.4		78.4	
23 Right Upper Arm								22 334		1.25082E-16		Face7_2		0		45		22.5		84.925		84.925	
24 Zenith Angl.(0)		45		45				23 335		1.03832E-16		Face8_1		45		90		67.5		78.4		78.4	
25 Azimuth Angl.(0)		240		240				24 336		2.36684E-17		Face8_2		45		90		67.5		84.925		84.925	
26 Left Upper Arm								25 337		5.75278E-17		Neck1		90		135		112.5		70		70	
27 Zenith Angl.(0)		45		45				26 338		1.03161E-16		Neck2		135		180		157.5		70		70	
28 Azimuth Angl.(0)		240		240				27 339		2.10392E-16		Neck3		180		225		202.5		70		70	
29 Left Lower Arm								28 340		4.97614E-16		Neck4		225		270		247.5		70		70	
30 Zenith Angl.(0)		135		135				29 341		5.2968E-16		Neck5		270		315		292.5		70		70	
31 Azimuth Angl.(0)		285		285				30 342		2.67811E-16		Neck6		315		360		337.5		70		70	
32 Left Upper Leg								31 343		9.99041E-17		Neck7		0		45		22.5		70		70	
33 Zenith Angl.(0)		45		45				32 344		4.03149E-17		Neck8		45		90		67.5		70		70	
34 Azimuth Angl.(0)		300		300				33 345		3.76458E-17		Trunk1_1		90		112.5		101.25		0		0	
35 Left Lower Leg								34 346		2.69714E-17		Trunk1_2		90		112.5		101.25		5		5	
36 Zenith Angl.(0)		135		135				35 347		4.45932E-17		Trunk1_3		90		112.5		101.25		10		10	
37 Azimuth Angl.(0)		255		255				36 348		4.1792E-17		Trunk1_4		90		112.5		101.25		15		15	
38 Right Upper Leg								37 349		4.65081E-17		Trunk1_5		90		112.5		101.25		20		20	
39 Zenith Angl.(0)		165		165				38 350		4.72533E-17		Trunk1_6		90		112.5		101.25		25		25	
40 Azimuth Angl.(0)		210		210				39 351		4.57647E-17		Trunk1_7		90		112.5		101.25		30		30	
41 Left Upper Leg								40 352		3.39462E-17		Trunk1_8		90		112.5		101.25		35		35	
42 Zenith Angl.(0)		165		165				41 353		1.28495E-17		Trunk1_9		90		112.5		101.25		40		40	
43 Azimuth Angl.(0)		210		210				42 354		2.10078E-17		Trunk1_10		90		112.5		101.25		45		45	
44 Left Lower Leg								43 355		1.65797E-17		Trunk1_11		90		112.5		101.25		50		50	
45 Zenith Angl.(0)		165		165				44 356		2.03423E-17		Trunk1_12		90		112.5		101.25		55		55	
46 Azimuth Angl.(0)		210		210				45 357		2.59839E-17		Trunk1_13		90		112.5		101.25		60		60	
47 Right Upper Leg								46 358		2.03662E-17		Trunk1_14		90		112.5		101.25		65		65	
48 Zenith Angl.(0)		165		165				47 359		2.98812E-17		Trunk2_1		112.5		135		123.75		0		0	
49 Azimuth Angl.(0)		30		30				48 360		3.87521E-17		Trunk2_2		112.5		135		123.75		5		5	
50 Left Lower Leg								49 361		5.86554E-17		Trunk2_3		112.5		135		123.75		10		10	

Height(Cm)	178.6	Std.model	Height(Cm)
Weight	73.2	Whole Body	178.6
Std.model Height (cm)	158.6	Head (Fixed)	20
Std.model Height (kg)	68.3		
Std Weight for Height (kg)	68.3	Whole Body	73.2
Scaling factor (z)	1	Head (Fixed)	4.9
Shaping factor (x-y)	1		
Source Intensity	1E+16		
MeV/gs to J/kg	1.602E-10		
Segment	Standard	Modified	
Hair-face	91.45	91.45	
Face-Neck	78.4	78.4	
Neck-Trunk	70	70	
Trunk-Leg	0	0	
Front-Back	0	0	
Caution!! Head & Trunk Regions			
Angle=0: To left side direction on the x-axis			
Angle90, 180, 270: To back, right, front			
Height=0: Bottom of Trunk center			
(Origin of MIRD-type phantom)			
Right_Upper_Arm			
Zenith Angl(θ)	45		
Azimuth Angl(φ)	240		
Right_Lower_Arm			
Zenith Angl(θ)	135		
Azimuth Angl(φ)	285		
Left_Upper_Arm			
Zenith Angl(θ)	45		
Azimuth Angl(φ)	300		
Left_Lower_Arm			
Zenith Angl(θ)	135		
Azimuth Angl(φ)	255		
Right_Upper_Leg			
Zenith Angl(θ)	165		
Azimuth Angl(φ)	210		
Right_Lower_Leg			
Zenith Angl(θ)	165		
Azimuth Angl(φ)	210		
Left_Upper_Leg			
Zenith Angl(θ)	165		
Azimuth Angl(φ)	30		
Left_Lower_Leg			
Zenith Angl(θ)	165		
Azimuth Angl(φ)	30		

Fig.B-16 Overview of the sheet of ‘skn’.

In this sheet, dose distributions are summarized for vertical and horizontal directions. In one table, doses are summarized in one group for the same position around the head, trunk and limbs. A user can confirm skin dose distribution along the vertical directions of the head, trunk and limbs. The other table summarizes dose distribution for horizontal distribution, as depicted in Fig.B-17. Doses in the same height are summarized in one group and then a user can confirm skin dose distribution around the head, trunk and limbs at each height. The sheet of 'skn' gives neutron, photon and total doses. Thus, there are 6 numerical tables in this sheet. The format of the 'skp' sheet in Table B-7 is same as that of the 'skn' sheet. There are only 2 numerical tables in the sheet of 'skp' in Table B-7, because the sheet relates to only radiation dose from photon exposure.

1-2) Neutron Dose in Head & Torso (horizontal)							
Region	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Dose(Gy)
Head1	91.45			90	135	112.5	0.0327
Head2	91.45			135	180	157.5	0.0633
Head3	91.45			180	225	202.5	0.2303
Head4	91.45			225	270	247.5	0.4361
Head5	91.45			270	315	292.5	0.4917
Head6	91.45			315	360	337.5	0.2194
Head7	91.45			0	45	22.5	0.0723
Head8	91.45			45	90	67.5	0.0183
Face1_1	78.4	84.925	81.6625	90	135	112.5	0.0552
Face2_1	78.4	84.925	81.6625	135	180	157.5	0.2363
Face3_1	78.4	84.925	81.6625	180	225	202.5	0.6072
Face4_1	78.4	84.925	81.6625	225	270	247.5	1.2731
Face5_1	78.4	84.925	81.6625	270	315	292.5	1.2402
Face6_1	78.4	84.925	81.6625	315	360	337.5	0.725
Face7_1	78.4	84.925	81.6625	0	45	22.5	0.2481
Face8_1	78.4	84.925	81.6625	45	90	67.5	0.0755
Face1_2	84.925	91.45	88.1875	90	135	112.5	0.0575
Face2_2	84.925	91.45	88.1875	135	180	157.5	0.1674
Face3_2	84.925	91.45	88.1875	180	225	202.5	0.605
Face4_2	84.925	91.45	88.1875	225	270	247.5	1.0565
Face5_2	84.925	91.45	88.1875	270	315	292.5	0.9379
Face6_2	84.925	91.45	88.1875	315	360	337.5	0.6713
Face7_2	84.925	91.45	88.1875	0	45	22.5	0.1472
Face8_2	84.925	91.45	88.1875	45	90	67.5	0.0241
Neck1	70	78.4	74.2	90	135	112.5	0.0793
Neck2	70	78.4	74.2	135	180	157.5	0.1406
Neck3	70	78.4	74.2	180	225	202.5	0.4229
Neck4	70	78.4	74.2	225	270	247.5	0.686
Neck5	70	78.4	74.2	270	315	292.5	0.7289
Neck6	70	78.4	74.2	315	360	337.5	0.3699
Neck7	70	78.4	74.2	0	45	22.5	0.138
Neck8	70	78.4	74.2	45	90	67.5	0.0555
Trunk1_1	0	5	2.5	90	112.5	101.25	0.0988
Trunk2_1	0	5	2.5	112.5	135	123.75	0.0649
Trunk3_1	0	5	2.5	135	157.5	146.25	0.1115
Trunk4_1	0	5	2.5	157.5	180	168.75	0.4177
Trunk5_1	0	5	2.5	180	202.5	191.25	1.5643
Trunk6_1	0	5	2.5	202.5	225	213.75	2.3921
Trunk7_1	0	5	2.5	225	247.5	236.25	2.9548
Trunk8_1	0	5	2.5	247.5	270	258.75	2.9908

Fig.B-17 Numerical tables for indicating skin dose distribution over a whole body (horizontal).

The tables in Fig.B-17 are sub-divided with the part of trunk, arms and legs skin. The tables in Fig.B-18 summarize the maximum doses and their positions at the parts. The maximum doses in upper and lower parts are given for arms and legs. The position corresponds to that in the coordinate system of the human model. Then, the zero in these tables means trunk bottom (top of legs) and tips of arms (arms). Skin dose distribution can be depicted around and vertical directions in the trunk with the graph in Fig.B-19.

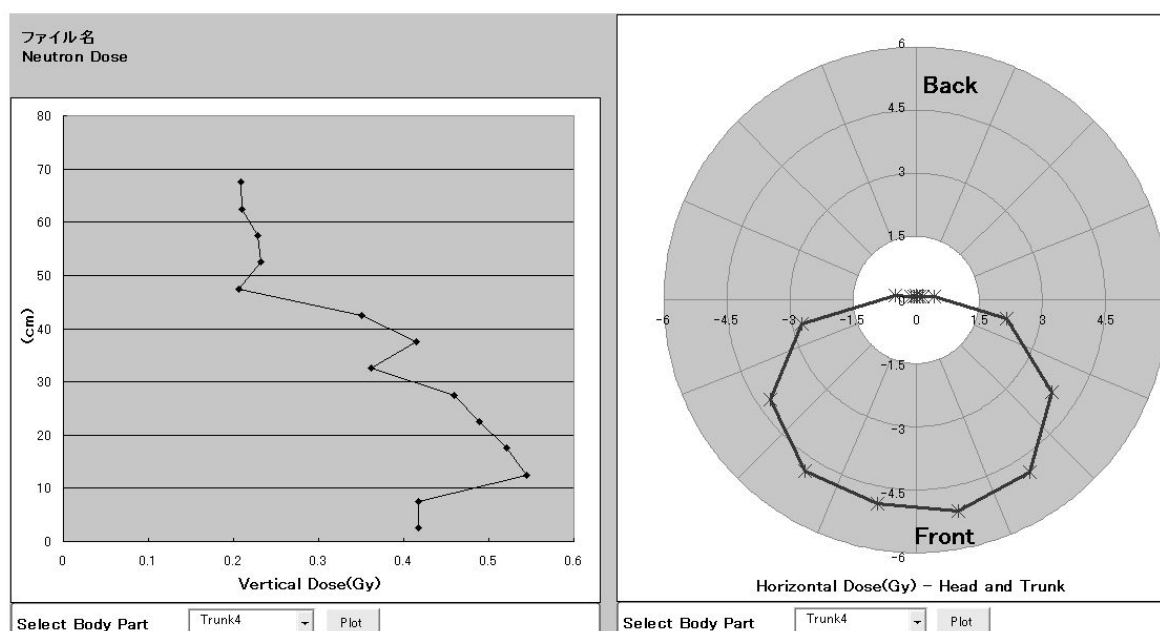
Maximum Neutron Dose position in trunk skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
Trunk9_4	270	292.5	281.25	15	20	17.5	5.0283

(a) Table for maximum dose in trunk skin

Maximum Neutron Dose position in upper right leg skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
R_UpLeg1_5	0	45	22.5	-9.2	-1.5	-5.35	1.8693
Maximum Neutron Dose position in lower right leg skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
R_LowLeg1_5	0	45	22.5	-48.04	-40	-44.02	0.595
Maximum Neutron Dose position in upper left leg skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
L_UpLeg4_1	135	180	157.5	-1.5	-9.2	-5.35	1.5948
Maximum Neutron Dose position in lower left leg skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
L_LowLeg5_2	180	225	202.5	-48.04	-56.08	-52.06	0.5427

(b) Table for maximum doses in arm skin

Fig.B-18 Tables for maximum dose in skin at each part of a human body.



(a) Vertical distribution along the height direction (b) Horizontal distribution around the trunk

Fig.B-19 Graphs indicating skin dose distribution in trunk.

- / A user should give the position of interest to draw the graph. For the graph of (a), the position of around the trunk should be set up with the ID number at the box below the graph. Figure B-20 gives correlation between the ID number and the trunk position. For the graph of (b), the height of the trunk should be set up with the ID number in Table B-8 at the box below the graph.
- / Skin dose distribution around each limb can be also depicted with the same operation. A user should set up the height, according to Table B-8.

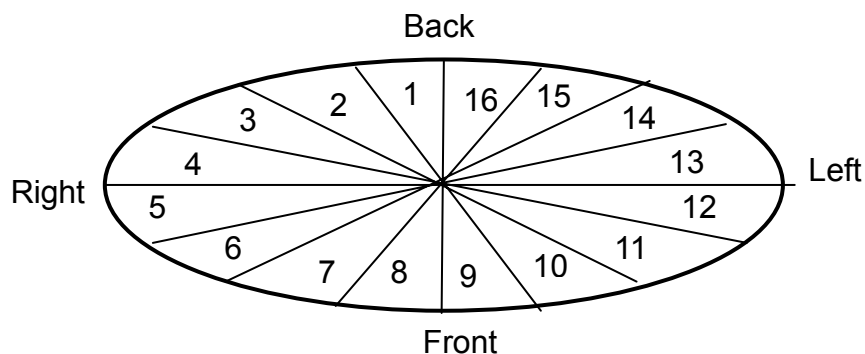


Fig. B-20 Correlation between ID number and trunk position for Fig.B-18 (a) (View from the top).

Table B-8 Correlation between ID number and position for the graph

Body part	ID number	Position in each part
Trunk	1 => 14	Lower => Upper
Upper arm	1 => 4	Elbow => Shoulder
Lower arm	1 => 6	Tip => Shoulder
Upper leg	1 => 5	Knee => Trunk (bottom)
Lower leg	1 => 5	Tip => Knee

In addition, RADARAC_DOSE automatically makes input files for MicroAVS, as summarized in Table B-9. The files in Table B-9 are necessary to indicate dose distribution over a skin with three-dimension by using MicroAVS. While the above three files are simultaneously made with the files of 'YYYskn.xls', only the last file of 'YYYskpPhoton.inp' is simultaneously made with the files of 'YYYskp.xls'. Figure B-23 shows an example of three-dimensional graphics.

Table B-9 Input files for indicating three-dimensional graphics with MicroAVS

Name of file	Information included in each file
YYYsknTotal.inp	Dose distribution of total dose from neutron exposure condition
YYYsknNeutron.inp	Dose distribution of neutron dose from neutron exposure condition
YYYsknPhoton.inp	Dose distribution of photon dose from neutron exposure condition
YYYskpPhoton.inp	Dose distribution of photon dose from photon exposure condition



Fig.B-21 An example of three-dimensional graphics indicating skin dose distribution over a whole body.

2) A part in trunk skin

If a user gives necessary resources with the interface of Fig.B-7, a Microsoft-Excel file is produced. The file is named as the same of the input file (dose calculation) in Table B-2, as summarized in TableB-10. Each file includes three sheets (two sheets are available). The names of the above two sheet in Table B-11 are referred to the name of Excel file. For example, 'YYYhkn.xls' includes sheets of 'hkn' and 'hkvol'. Among them, the sheet in the top row (e.g., hkn) includes radiation dose data and simple graphics indicating dose distribution in the area of interest.

Table B-10 The name of Microsoft-Excel file of dose distribution in skin at a part of trunk

Name of input file (dose calculation)*	Microsoft-Excel file (output of RADARAC DOSE)
YYYhkn.mct =>	YYYhkn.xls
YYYhkp.mct =>	YYYhkp.xls
YYYqkn.mct =>	YYYqkn.xls
YYYqkp.mct =>	YYYqkp.xls

Table B-11 Sheets included in the Microsoft-Excel file with dose distribution in skin of a part in trunk

Name of sheet	Information included in each sheet
hkn, hkp, qkn, qkp *	/ Physique of human model and Intensity of source (Given resources in Fig.B-6) / Area of interest (Given resources in Fig.B-6) / Numerical table including skin doses in all tallies
hkvol or qkvol*	/ Volume and weight for all tallies
Graph	(not available)

*: One sheet is included by referring to the file name in Table B-10

Overview of the 'hkp' sheet is depicted in Fig.B-22. The format of the sheet is almost same for the sheets of 'hkn', 'qkn' and 'qkp'. Number of included table, however, is different between 'hkn' (or 'qkn') and 'hkp' (or 'qkp') because information regarding neutron dose (and total dose) is only included in 'hkn' (or 'qkn'). The format of Fig.B-22 is similar to that of Fig.B-16. The given resources with Fig.B-6 are presented in the tables encircled in (a). No operation can be applied to all tables in the right.

In the sheet, dose distributions are summarized for vertical and horizontal directions. In the former table, dose in same position around the trunk is summarized in one group as the format in Fig.B-23 (a). A user can confirm skin dose distribution along the vertical directions of the trunk. The other table summarizes dose distribution. Doses in the same height are summarized in one group and then a user can confirm skin dose distribution around the trunk at each height. The sheet of 'hkp(qkp)' includes 2 numerical tables. As the sheets of 'hkn' and 'qkn' give neutron, photon and total doses, there are 6 numerical tables in these sheets. The maximum doses and its position are summarized below the table for the vertical distribution, as depicted in Fig.B-23 (b).

Height(cm)	173.9	Std.model	Height(cm)	178.6
Weight(kg)	72.1	Whole Body	Weight(kg)	73.2
(Std.model Height below neck(cm))	158.6	Head (Fixed)		20
(Std.model Height (kg) below neck (kg))	68.3			
(Std Weight for Height (kg))	62.406	Whole Body		
Scaling factor (z)	0.97	Head (Fixed)		4.9
Shaping factor (x-y)	1.038			
Source Intensity	7.358E+13			
MeV/g to J/kg	1.602E-10			
Segment	Standard	Modified		
Hair-face	91.45	89.098		
Face-Neck	78.4	76.048		
Neck-Trunk	70	67.9		
Trunk-Leg	0	0		
Front-Back	0	0		
Caution!! Head & Trunk Regions Angle=0: To left side direction on the x-axis Angle90, 180, 270: (to back, right, front) Height=0: Bottom of trunk center (Origin of MIRD-type phantom)				
Trunk Skin Segmentation Definition Center-Height (cm) 17 Cell: B26 Region Quarter Default:D Azimuth Ang. Min.(°) 270 HalfH Azimuth Ang. Max.(°) 315 Quarter:Q Vertical segment 1.2125				

(a)

Fig.B-22 Overview of the sheet of 'hkp'.

1-1) Photon dose (vertical)									
Cell	Tally value	Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
341	1.51467E-07	Trunk1_1	270	275.625	272.8125	9.7	10.9125	10.30625	0.0075
	1.51102E-07	Trunk1_2	270	275.625	272.8125	10.9125	12.125	11.51875	0.0075
	1.59798E-07	Trunk1_3	270	275.625	272.8125	12.125	13.3375	12.73125	0.0084
	1.54006E-07	Trunk1_4	270	275.625	272.8125	13.3375	14.55	13.94375	0.0082
	1.56749E-07	Trunk1_5	270	275.625	272.8125	14.55	15.7625	15.15625	0.0079
	1.57503E-07	Trunk1_6	270	275.625	272.8125	15.7625	16.975	16.36875	0.0079
	1.56988E-07	Trunk1_7	270	275.625	272.8125	16.975	18.1875	17.58125	0.0078
	1.64163E-07	Trunk1_8	270	275.625	272.8125	18.1875	19.4	18.79375	0.0083
	1.43321E-07	Trunk1_9	270	275.625	272.8125	19.4	20.6125	20.00625	0.0072
	1.52296E-07	Trunk1_10	270	275.625	272.8125	20.6125	21.825	21.21875	0.0076
	1.47395E-07	Trunk1_11	270	275.625	272.8125	21.825	23.0375	22.43125	0.0073
	1.4967E-07	Trunk1_12	270	275.625	272.8125	23.0375	24.25	23.64375	0.0075
342	1.63768E-07	Trunk2_1	275.625	281.25	278.4375	9.7	10.9125	10.30625	0.008
	1.48682E-07	Trunk2_2	275.625	281.25	278.4375	10.9125	12.125	11.51875	0.0073
	1.63819E-07	Trunk2_3	275.625	281.25	278.4375	12.125	13.3375	12.73125	0.0081
	1.60728E-07	Trunk2_4	275.625	281.25	278.4375	13.3375	14.55	13.94375	0.0079
	1.80874E-07	Trunk2_5	275.625	281.25	278.4375	14.55	15.7625	15.15625	0.009
	1.67954E-07	Trunk2_6	275.625	281.25	278.4375	15.7625	16.975	16.36875	0.0082
	1.38166E-07	Trunk2_7	275.625	281.25	278.4375	16.975	18.1875	17.58125	0.0067
	1.59995E-07	Trunk2_8	275.625	281.25	278.4375	18.1875	19.4	18.79375	0.0079
	1.62501E-07	Trunk2_9	275.625	281.25	278.4375	19.4	20.6125	20.00625	0.008
	1.63115E-07	Trunk2_10	275.625	281.25	278.4375	20.6125	21.825	21.21875	0.008
	1.62422E-07	Trunk2_11	275.625	281.25	278.4375	21.825	23.0375	22.43125	0.0081
	1.65345E-07	Trunk2_12	275.625	281.25	278.4375	23.0375	24.25	23.64375	0.0082
343	1.6239E-07	Trunk3_1	281.25	286.875	284.0625	9.7	10.9125	10.30625	0.0078
	1.65708E-07	Trunk3_2	281.25	286.875	284.0625	10.9125	12.125	11.51875	0.0079
	1.55948E-07	Trunk3_3	281.25	286.875	284.0625	12.125	13.3375	12.73125	0.0074
	1.5051E-07	Trunk3_4	281.25	286.875	284.0625	13.3375	14.55	13.94375	0.0072
	1.7823E-07	Trunk3_5	281.25	286.875	284.0625	14.55	15.7625	15.15625	0.0086
	1.68947E-07	Trunk3_6	281.25	286.875	284.0625	15.7625	16.975	16.36875	0.0082
	1.41052E-07	Trunk3_7	281.25	286.875	284.0625	16.975	18.1875	17.58125	0.0068
	1.66615E-07	Trunk3_8	281.25	286.875	284.0625	18.1875	19.4	18.79375	0.008
	1.6252E-07	Trunk3_9	281.25	286.875	284.0625	19.4	20.6125	20.00625	0.0078
	1.62026E-07	Trunk3_10	281.25	286.875	284.0625	20.6125	21.825	21.21875	0.0076
	1.66825E-07	Trunk3_11	281.25	286.875	284.0625	21.825	23.0375	22.43125	0.0081
	1.5509E-07	Trunk3_12	281.25	286.875	284.0625	23.0375	24.25	23.64375	0.0075
344	1.6776E-07	Trunk4_1	286.875	292.5	289.6875	9.7	10.9125	10.30625	0.0079

(a) Table for skin dose distribution for vertical

Maximum Photon Dose position in trunk skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
Trunk2_5	275.625	281.25	278.4375	14.55	15.7625	15.15625	0.009

(b) Tables for maximum dose in a part of trunk skin of interested region

Fig.B-23 Numerical tables for indicating skin dose distribution in part of a trunk.

The graphics in Fig.B-24 is indicated at the right of numerical table. The position of interest in trunk is identified by the height and the azimuth angle surrounding the trunk. The zero in height is at the position of trunk bottom. A user can confirm the position around the trunk with the angle in the figure encircled with (a) in Fig.B-24. As seen in this figure, the angles of 0, 90, 180 and 270 degrees are defined at left, back, right and front of the trunk, respectively. **Appendix F presents the correlation between the angle and the position on the trunk.** In the graphics, the area with a higher dose and a lower dose are painted with warmer color (red) and colder color (blue), respectively. But, arbitrary value cannot be given for the maximum dose here.

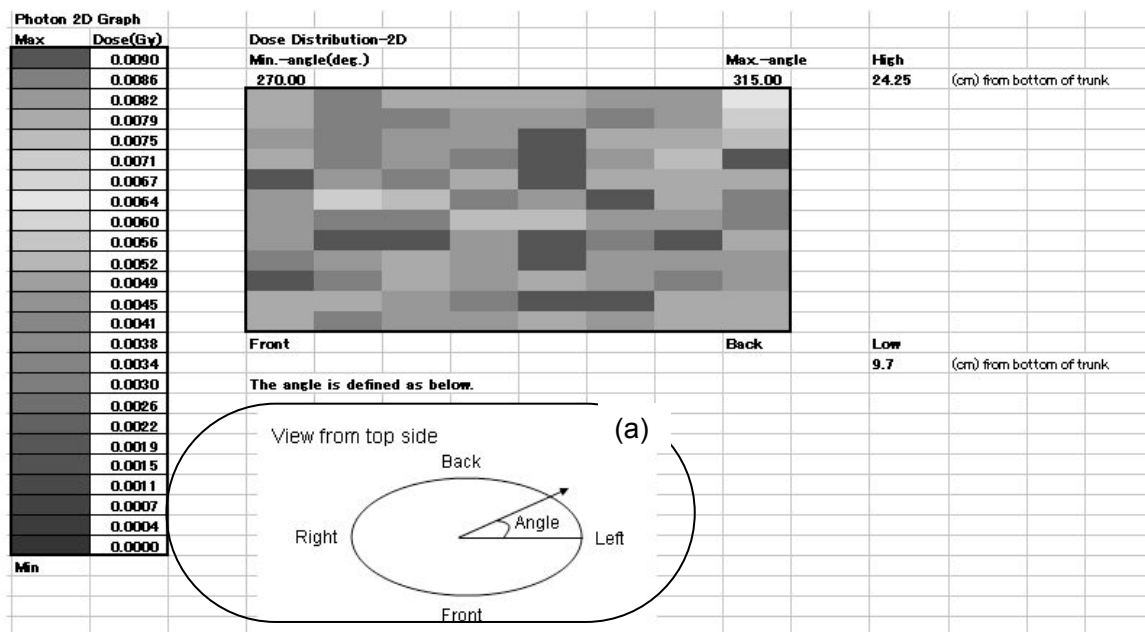


Fig.B-24 Graphics indicating dose distribution in a part of trunk skin of interest.

B-6.3 Indications of the final results of dose over a whole body

If a user gives necessary resources with the interface of Fig.B-8, a Microsoft-Excel file is produced with name of 'YYYWn.xls' or 'YYYWp.xls', according to the name of inputs for RADARAC_DOSE in Table B-3. The files of 'YYYWn.xls' and 'YYYWp.xls' include only one sheet. The names of sheets are 'Wn' and 'Wp'. **No operation is to be performed for any information in these sheets.** Differences between the sheets of 'Wn' and 'Wp' are the indicated physical quantities. This is because 'Wp' does not include the quantities regarding neutron exposure, such as neutron dose, quantity of activated elements.

Figure B-25 depicts over view of the upper part in the sheet of 'Wn'. The table at the top of left side (encircled in (a)) shows the given source intensity with the interface of Fig.B-8. Neutron doses at each part (e.g., head, trunk) are indicated in a table (encircled in (b)). For neutron exposure, the sheet also includes the specific activity of initially induced sodium-24 in each part of human body (encircled in (c)).

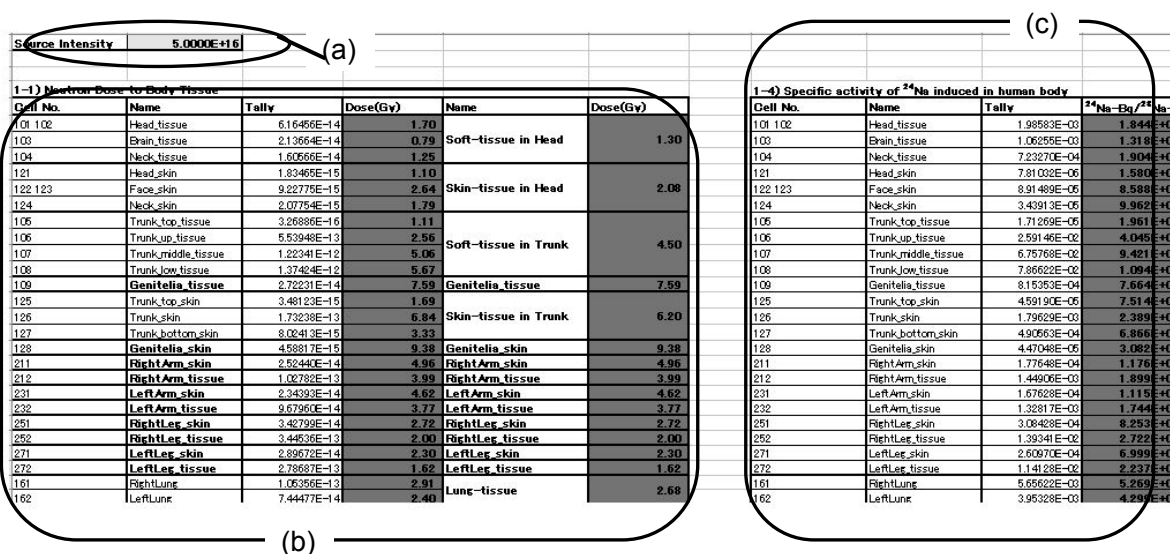


Fig.B-25 Table and graphics for dose distribution over a whole body.

The quantities averaged over a whole body are shown in the table in Fig.B-26. This table is indicated below the table in Fig.B-25. Dose distribution over a whole body can be confirmed with the figure beside the table. The parts with a higher dose and a lower dose are painted with warmer color (red) and colder color (blue), respectively. A user, however, cannot change the maximum value and the threshold for coloring.

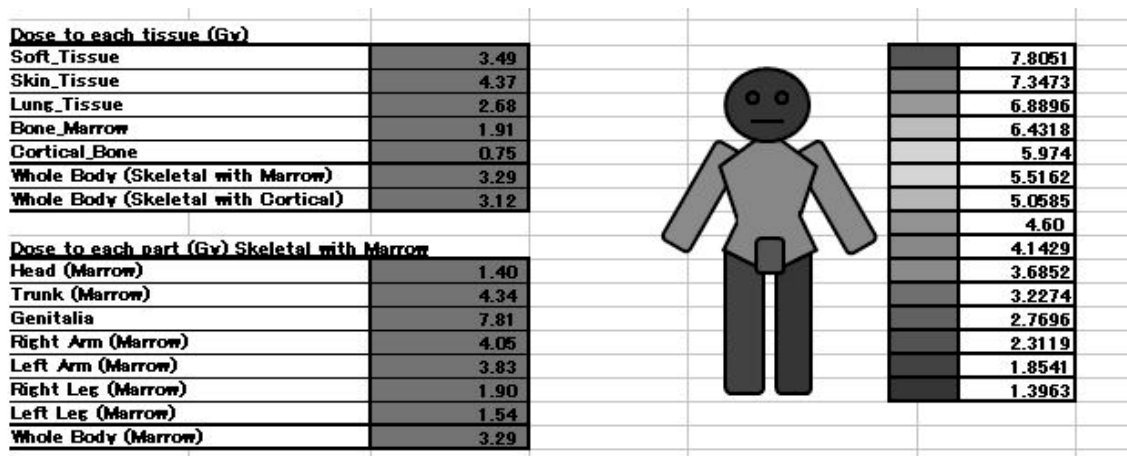


Fig.B-26 Table and graphics for dose distribution over a whole body.

In addition to the physical quantities, volume and weight are presented as a table at right side in this sheet, as Fig.B-27. The total weight of human body is indicated in the table of Fig.B-28. **Only this table can present the total weight of the human model.**

D) Volume and Weight for each region							
Cell No.	Name	Tally	Volume (cm3)	Weight(g)	Name	Volume (cm3)	Weight(g)
101 102	Head_tissue	7.56477E-02	1815.54	1791.76	Soft-tissue in Head	3814.91	3764.94
103	Brain_tissue	5.66239E-02	1358.97	1341.17			
104	Neck_tissue	2.56830E-02	640.39	632.00			
121	Head_skin	3.47180E-03	83.32	82.23	Skin-tissue in Head	316.50	312.35
122 123	Face_skin	7.29082E-03	174.98	172.69			
124	Neck_skin	2.42471E-03	58.19	57.43			
105	Trunk_top_tissue	6.13350E-04	14.72	14.53	Soft-tissue in Trunk	35023.40	34564.59
106	Trunk_up_tissue	4.49936E-01	10798.46	10657.00			
107	Trunk_mid_tissue	5.03816E-01	12091.58	11933.18			
108	Trunk_low_tissue	5.04943E-01	12118.63	11959.88			
109	Genitalia_tissue	7.47227E-03	179.33	176.99	Genitalia_tissue	179.33	176.99
125	Trunk_top_skin	4.29206E-03	103.01	101.66	Skin-tissue in Trunk	1490.72	1471.19
126	Trunk_skin	5.28028E-02	1267.27	1250.67			
127	Trunk_bottom_skin	5.01843E-03	120.44	118.86			
128	Genitalia_skin	1.01869E-03	24.45	24.13	Genitalia_skin	24.45	24.13
211	RightArm_skin	1.06100E-02	254.64	251.30	RightArm_skin	254.64	251.30
212	RightArm_tissue	5.36025E-02	1286.46	1269.61	RightArm_tissue	1286.46	1269.61
231	LeftArm_skin	1.06626E-02	253.50	250.18	LeftArm_skin	253.50	250.18
232	LeftArm_tissue	5.34951E-02	1283.88	1267.06	LeftArm_tissue	1283.88	1267.06
251	RightLeg_skin	2.62482E-02	629.96	621.70	RightLeg_skin	629.96	621.70
252	RightLeg_tissue	3.59560E-01	8629.44	8516.39	RightLeg_tissue	8629.44	8516.39
271	LeftLeg_skin	2.61866E-02	628.48	620.25	LeftLeg_skin	628.48	620.25
272	LeftLeg_tissue	3.58368E-01	8600.83	8488.16	LeftLeg_tissue	8600.83	8488.16
161	RightLung	7.53960E-02	1809.50	535.25	Lung-tissue	3359.66	993.79
162	LeftLung	6.45897E-02	1550.15	458.54			
131	Skull	2.57432E-02	617.84	907.11	Skeletal in Head	1114.55	1636.38
132	Facial Bone	1.09623E-02	263.10	386.28			
133	Spine_Head	4.16667E-03	100.00	146.82			
134	Spine_Neck	5.56737E-03	133.62	196.18			
135	Spine_Trunkup	1.72341E-02	413.62	607.27			
136	Spine_Trunkmid	1.40153E-02	336.37	493.85			
137	RightClavicle	1.13729E-03	27.30	40.07			
138	LeftClavicle	1.14203E-03	27.41	40.24			
139	RightScapulae	4.18993E-03	100.56	147.64			
140	LeftScapulae	4.20755E-03	100.98	148.26			
141	1st_Rib	2.44448E-03	58.67	86.14			

Fig.B-27 Over view of the sheet of 'Wn' (2), Weight and volume in each part of a human body.

	Volume (cm ³)	Weight(g)	Weight(kg)
Soft Tissue	58818.26	58047.74	58.048
Skin Tissue	3598.24	3551.10	3.551
Lung Tissue	3359.66	993.79	0.994
Skeletal Tissue	7182.27	10545.01	10.545
Total Weight (kg)	72958.43	73137.64	73.1

Fig.B-28 Table indicating total weight of human model.

Appendix-C RADARAC_INPUT の操作マニュアル（日本語版）

RADARAC_INPUT は、煩雑な手順はなくても、MCNPX もしくは MCNP コードによる放射線輸送計算の入力ファイルを作成することを可能とする。本付録は、RADARAC_INPUT の操作マニュアルを記す。

C-1 RADARAC_INPUT の概要

Fig.C-1 は、以下の 3 つのプログラムを含む RADARAC_INPUT による MCNPX もしくは MCNP コードの入力ファイル作成のフローチャートを記している。

- i) 線源モデル作成プログラム
- ii) 人体モデル作成プログラム
- iii) 計算コードの入力ファイル準備プログラム（線源及び人体モデルの統合）

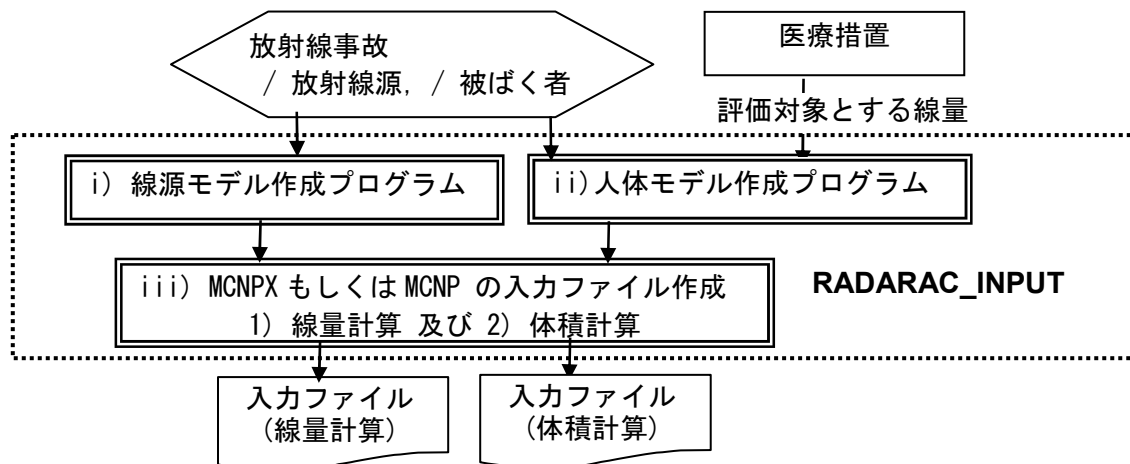


Fig.C-1 RADARAC_INPUT での MCNPX, MCNP コードの入力ファイル準備のフローチャート

C-2 RADARAC_INPUT 実行のための推奨環境

RADARAC_INPUT は、Windows-XP システムで動作する汎用のパーソナルコンピュータで利用できる。以下のハードウェア及びソフトウェア環境が推奨される。

- a) ハードウェア
 - ・ CPU 1GHz 以上の Pentium プロセッサ
 - ・ HDD Windows システムが利用可能なハードウェア
- b) ソフトウェア
 - ・ 動作システム Windows XP
 - ・ 他のソフトウェア Microsoft. NET Framework 2.0

C-3 線源作成プログラムの操作マニュアル

C-3.1 プログラムのインストール及び構成

線源モデル作成プログラムは、以下の手順で PC にインストールされる。インストール前に、ソフトウェア NET Framework が同じハードウェア環境に装備されておく必要がある。

- i) 線源作成プログラムを含むメディアを PC のドライブに挿入する。

ii) Windows の“マイコンピュータ”（もしくは“エクスプローラ”）でメディアのドライブを開く。その後，“Setup.exe”をダブルクリックする。

iii) 指示に従い，GUI 画面を操作する。

ここで，本プログラムは人体モデル作成プログラム及び入力ファイル作成プログラムを含むフォルダに保存することが，推奨される。

本プログラムの主フォルダに含まれるフォルダ及びファイルは，以下のとおりである。

- ・ ‘Main program.exe’: 本プログラムの起動ファイル
- ・ [フォルダ] ‘dat’: ‘Repmat.dat’及び‘Source.def’の2つのファイルが本フォルダにある。
‘Repmat. Dat’は，予め準備した物質データを含む。‘Source.def’が，プログラム操作の初期値として読み込まれる。加えて，‘Source. tpl’として，入力ファイル形式でテンプレートが準備されている。
- ・ [フォルダ] ‘inp’: このフォルダは，定義された線源モデルの保存に使用される。

C-3.2 線源モデル作成プログラムのフローチャート

本プログラムで，線源モデルを完成させるためには，Fig.C-2 のように8つのステップを経る必要がある。本プログラムは，ファイルの読み取り，保存のステップを除いて，大きく2つの部分から構成される。‘Step 2’から‘Step 4’までは放射線源の体系の構築に関する。一方，‘Step 5’から‘Step 7’までは計算における放射線放出の定義に関する。

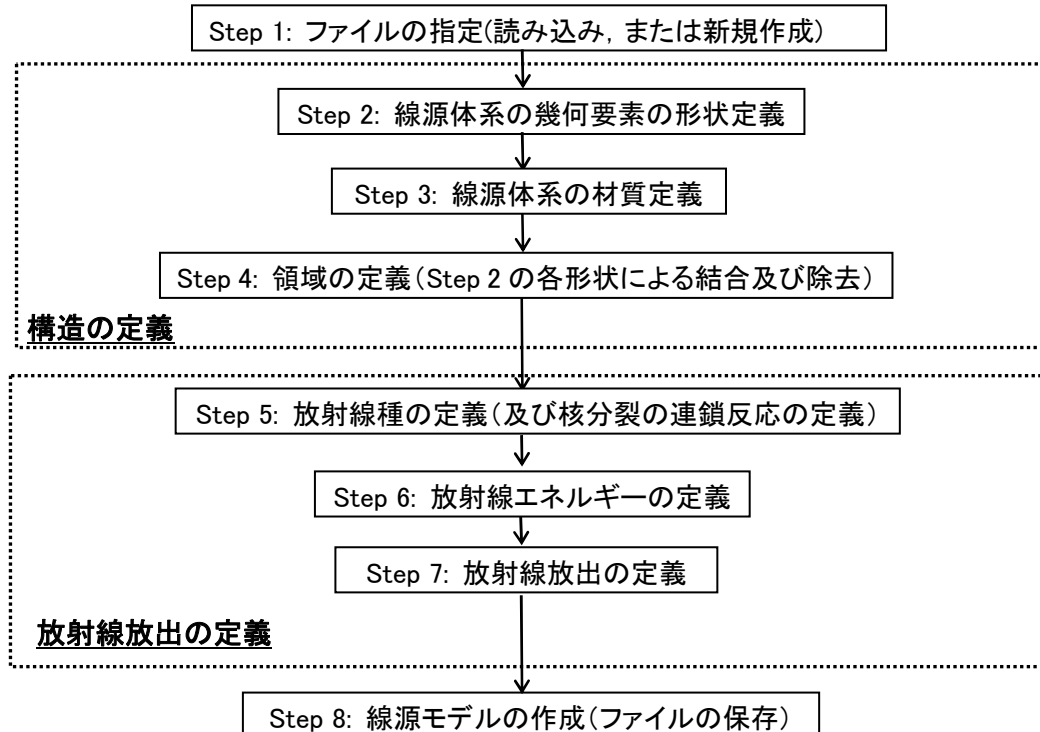


Fig.C-2 プログラムによる線源モデル作成のフローチャート

C-3.3 RADARAC_INPUT における線源モデル作成プログラムの操作

全 8 ステップの画面は、Fig.C-3 にあるタブボタンを上部に、3つのボタンを下部に持つ。

- ・ ユーザーは上部の‘Step 1’から‘Step 8’のタブを押すことにより、任意のステップへ移動できる(Fig.C-3(a))。下部の“Next”及び“Return”は、それぞれ直前、直後のステップへ移動する際に使用する(Fig.C-3(b))。
- ・ “Quit”は、プログラムの操作中、全ステップで動作する(Fig.C-3(b))。ただし、‘Step 8’が完了していない場合、“Quit”を押すと設定された全情報は保存されない。

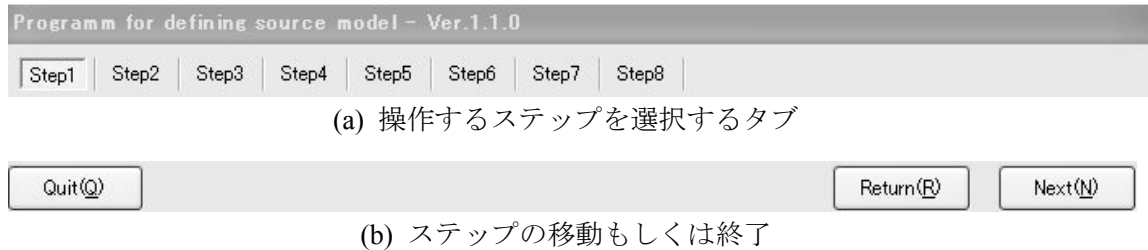


Fig.C-3 全ステップのインターフェイス上部及び下部にあるタブ及びボタン

1) プログラムの起動（‘Step 1’）

Fig.C-4 は、線源モデル作成プログラムを起動時に表示されるインターフェイスである。



Fig.C-4 ‘Step 1’のインターフェイス（プログラム起動時の表示画面）

- ・ ‘Step 1’では、“Make a new file（新規作成）”もしくは“Revise an existing file（既存ファイルの修正）”が選択される。
- ・ “Revise an existing file”が選択された場合、ユーザーは任意のフォルダにあるファイルを探すために、“Path and file name”の空欄の横にあるボタンを押さなければならない。

2) 線源体系の構築（‘Step 2’ から‘Step 4’）

多くの場合、放射性物質はカプセル、タンク、フレームのような周辺構造物に含まれている。RADARAC_INPUT では、‘Step 2’ から‘Step 4’までの3つのインターフェイスで、線源体系を対話形式で構築する。

2-1) 線源体系の幾何要素の形状定義(‘Step 2’)

Fig.C-5 は、線源体系の各部位における幾何要素を設定するインターフェイスである。Appendix E は、本ステップにおける操作について、2つの例示を記述する（英語）。

Fig.C-5 ‘Step 2’のインターフェイス（線源の各部位における幾何要素）

- ・ 最初に、線源体系の各部位の幾何要素に必要な情報を与えるため、ユーザーは“Add”を押さねばならない。
- ・ “Name for each part” 右側の空欄に、各部位の名称を指定することが推奨される。名称が特定されない場合、各部位は‘Geometry 1’のように番号で認識される。

‘Step 7’での放射線の放出領域は、線源モデルの原点を参照する。そのため、以下の2つの手順における原点を注意して、決定しなくてはならない。

- ・ ユーザーは、‘macrobody’もしくは‘Combinatorial-Geometry (CG)’形式により、線源体系の幾何条件を設定できる。各部位の幾何形状のタイプは、“Type of shape for each part（各部位の形状タイプ）”の欄で、‘SPH’（球）のように Table C.1 にある形状から選択される。
- ・ “Parameter for defining type of shape for each part（各部位の形状タイプを定義するパラメータ）”の下空欄は、選択された幾何形状により自動的に変更される。

- Table-C.1 は各形状に必要なパラメータを取りまとめている。パラメータ及び幾何形状の関係は、Appendix E（英語）でも説明される。

Table C-1. 各幾何形状のパラメータ

	RPP, RPP_C	LAT2, LAT2C	SPH	RCC	CNE	TRC	BOX
パラメータ 1	X_{\min}	V_x	V_x	V_x	V_x	V_x	V_x
パラメータ 2	X_{\max}	V_y	V_y	V_y	V_y	V_y	V_y
パラメータ 3	Y_{\min}	V_z	V_z	V_z	V_z	V_z	V_z
パラメータ 4	Y_{\max}	I	R	H_x	H_x	H_x	$H1_x$
パラメータ 5	Z_{\min}	H_z		H_y	H_y	H_y	$H1_y$
パラメータ 6	Z_{\max}			H_z	H_z	H_z	$H1_z$
パラメータ 7				R	Rl	Rl	$H2_x$
パラメータ 8						Rs	$H2_y$
パラメータ 9							$H2_z$
パラメータ 10							$H3_x$
パラメータ 11							$H3_y$
パラメータ 12							$H3_z$

RPP: 直方体

RPP_C: 直方錐体

LAT2: 六角柱（Lattice 2 に使用）

SPH: 球

RCC: 正円柱

CNE: 円錐（正円錐）

TRC: 正円柱台

BOX: 箱体

- 本システムでは、幾何形状の記述は、自動的に MCNPX または MCNP コードの入力ファイル形式の複数の表面カードに変換される（SPH のみ、1つのカード）。表面カードの10の位の数字が同じ場合（例、6011, 6012, 6013）、これらのカードは同じ幾何要素に用いられる。
- ユーザーは、左側の“Delete”ボタンを押して、線源部位の名前を選択して、幾何要素を削除することが出来る。ただし、選択された要素が‘Step 4’にある場合、削除はできない。

2-2) 線源体系の材質定義(‘Step 3’)

ユーザーは、Fig.C-6 にある‘Step 3’のインターフェイスで、線源体系の材質データを与えることができる。本ステップにおいて定義された情報は、入力ファイルの物質カードに関係する。

Fig.C-6 ‘Step 3’のインターフェイス（材質データ）

- ・ 最初、ユーザーは材質データを与えるため、左側の“Add”を押さなくてはならない。
- ・ その後、右側の 1 番上にある“Material of each part in the source structure（線源構造の各部位の材質）”の空欄に材質名を入力することが推奨される。名前が特定されない場合、各材質は‘Material 1’、‘Material 2’のように数字で認識される。
- ・ ユーザーは、“Method for defining the material（材質の定義方法）”で“Using the prepared material（装備されている材質）”を押して、水もしくはステンレス鋼(SUS-304L)を選択することができる。それ以外の場合、“Defining the Material（材質の定義）”を押すことにより、任意の材質が設定される。
- ・ もし、材質の構成が各元素の質量比で定義される場合、ユーザーは“Method for defining the material（材質の定義法）”の下空欄に密度(g/cm³)を与えなくてはならない。一方、材質の構成が各元素の元素個数比で定義される場合、ユーザーはその空欄に原子個数密度 (1E+24 atoms /cm³) を与えなくてはならない。
- ・ 右側の“Add”は材質の核種のセットアップに使用する。そして、“ID number of nuclide（核種の ID 番号）”は自動的に“Nuclide 1”に変換される。ユーザーは、“Nuclide1”を放射線輸送計算の断面積データの ID 番号（例、***.**c）に置き換えなくてはならない。
- ・ “Composition ratio of each element（各元素の構成比）”の下空欄には、質量もしくは原子個数比を正の数で与えなくてはならない。（MCNPX, MCNP コードで質量比は負の数で与えられるが、ここでは質量比は正の数で与えることができる。）
- ・ 最後の“Notice”欄には、原子記号のような、コメントが入力できる。
- ・ ユーザーが材質中の不要な核種を削除する場合、核種を選択し右側の“Delete”を押さねばならない。
- ・ 左側の“Delete”を押すことにより、ユーザーは材質を削除することも出来る。ただし、選択された材質が‘Step 4’にある場合、削除はできない。

2-3) 線源体系の構築(‘Step 4’)

Fig.C-7 のインターフェイスは、‘Step 2’及び‘Step 3’で設定された条件に基づき、‘Step 4’で線源体系を構築する際に使用される。インターフェイスの1列が、入力ファイルの1つのセルに対応する。ユーザーが‘Step 2’及び‘Step 3’にある不要な情報の削除を意図する場合、‘Step 4’にある記述を最初に削除しなくてはならない。

Combining defined parts in Step 2

Add(A) Delete(R)

	Material	imp	Name	I/O	*/+	Name	I/O	*/+	Name	I/O	*/+
▶ 1	VOID	1	Source1	I	+	Source2	I	*	Source1	O	
2	Titanium	1	TiLow	I	*	TiOut	O	*	Source2	O	
3	Titanium	1	TiOut	I	*	TiIn	O	*	Source1	O	
4	Titanium	1	TiIn	I							
5	VOID	1	AirIn2	I	*	TiLow	O	*	TiOut	O	*
6	SUS316	1	SUSCap	I	*	SUSInLimb	O	*	AirIn2	O	
7	SUS316	1	SUSInLimb	I	*	AirIn1	O				
8	VOID	1	AirIn1	I							
9	SUS316	1	SUSOutR1	I	+	SUSOutR2	I	+	SUSOutR3	I	
10	Aluminium	1	AlMid	I	*	AlInAir	O				
11	VOID	1	OutMidAir	I	*	AlMid	O				
12	Aluminium	1	AlLow	I	*	AlLowAir	O				
13	VOID	1	AlLowAir	I							
14	Aluminium	1	AlInAir	I	*	AlInAir	O	*	SUSCap	O	

I: Inner of the part in left column / O: Outer of the part in left column; *: and / +: or Imp: importance in MCNP

Quit(Q) Return(R) Next(N)

Fig.C-7 ‘Step 4’のインターフェイス（線源体系の構築）

- ・ 最初と2番目の列は、結合された幾何形状の材質、インポートランスを設定するのに使用される。‘Step 3’で定義された材質及び‘void’が、“Material”下の列で名称を与えることにより選択される。インポートランスは、最後の結合された幾何条件を除いて、“imp”の列で設定される。ここで、“1.0”の指定が推奨される。
- ・ ‘Step 2’にある幾何要素の結合は、‘macrobody’方式（‘CG 形式’）で実行される。最初に、ユーザーは“Name”下の列で、‘Step 2’にある幾何要素を選択しなくてはならない。
- ・ 選択された要素が、その列の幾何形状の内側にある場合、ユーザーは“I/O”の下で“I”を選択しなくてはならない。ユーザーが同じ欄で“O”を選択した場合、その列の幾何形状は、その要素を除外する。
- ・ “*/+”の下にあるボックスでは、“+”が隣接する要素を結び合わせる場合に選択されなく多はならない。（‘macrobody’もしくは‘CG’形式で‘or’を使用する条件）それ以外の場合、ユーザーは“*”を選択しなくてはならず、隣接する要素の共通部分が特定される。（‘macrobody’もしくは‘CG’形式で‘or’を使用しない条件）
- ・ 幾何要素の組み合わせは、線源体系の最も外側の領域に使用する最後の行を除いて自由に操作できる。最後の行では、材質及びインポートランスは、それぞれ‘void’及び‘0.0’で設定することが推奨される。

3) 放射線放出の定義（‘Step 5’から‘Step 7’）

RADARAC_INPUT では、‘Step 5’ から‘Step 7’までの 3 つのインターフェイスで、放出放射線の特性が対話形式で定義される。

3-1) 放出放射線の種類(‘Step 5’)

‘Step 5’で、放射線種が、Fig. C-8, Fig.C-9 の 1 つのインターフェイスで選択される。

The screenshot shows a dialog box titled "Emission of radiations from the source" with a progress bar at the top indicating Step 5 is active. On the left, under "Radiation type", radio buttons are listed: N (selected), N+P, N+P+E, P, P+E, and E. Below this, "Source: N" is displayed. On the right, under "Using the Kcode", the "No" radio button is selected. Below this, there are two input fields: "Particle number:" with the value "1E+05" and "Time(min):" with the value "60". At the bottom, there are three buttons: "Quit(Q)", "Return(R)", and "Next(N)".

Fig.C-8 ‘Step 5’のインターフェイス(1)
（‘kcode’オプションを使用しない）

The screenshot shows the same dialog box as Fig.C-8, but with the "Yes" radio button selected under "Using the Kcode". Below this, there are three input fields: "Particle number per a cycle:" with the value "10000", "Initial value (default=1.0):" with the value "1", and "Number of cycles:" with the value "60". Below these, there are two more input fields: "Skip:" with the value "60" and "Total:" with the value "260". The "Quit(Q)", "Return(R)", and "Next(N)" buttons are at the bottom.

Fig.C-9 ‘Step 5’のインターフェイス(2)
（‘kcode’オプションを使用）

- もし、線源モデルで核分裂反応が不要な場合、Fig.C-8 にある‘Step 5’のインターフェイスにある“Using the kcode (kcode の使用)”では“no”が選択される。ユーザーは、“Particle number” 及び“Time(min)”下の空欄に発生粒子数及び計算時間を設定しなくてはならない。
- 計算の終了は、粒子数で定義することが好ましい。ここでは、線量計算の前に、入力ファイルの妥当性を確認するため、計算時間は短時間（1 分以下）で設定することが推奨される。付録 F に本ステップのガイダンスが記述する。
- 線源からの放出放射線は、“Radiation type（放射線種）”の下欄の選択により自動的に指定される。左側の放射線種が線量計算で放出される。右側にある放射線種の輸送計算は、これらが相互作用で二次荷電粒子として生成した場合に模擬される。

- ここで、電子輸送は設定できるが、電子のためのタリーカードは用意されない点に注意する必要がある。ユーザーは、自身でタリーカードを準備しなくてはならない。また、放射線輸送計算のポストプロセッサでは、電子に関する物理量について、**RADARAC_DOSE**は無効である。
- 一方、核燃料物質が事故原因となった場合、ユーザーは“Using the kcode”では“yes”を選択せねばならない。インターフェイスは、Fig.C-9 のように 1 サイクル当りの粒子数、全サイクル数を与えるよう変化する。この操作により、MCNPX もしくは MCNP コードの入力ファイル形式の線源モデルには、‘kcode’カードが用意される。

3-2) 放出放射線のエネルギー(‘Step 6’)

放射線エネルギーは、‘Step 6’にある Fig.C-10, Fig.C-11, Fig.C-12 のインターフェイスのうち 1 つで設定される。

Step1 Step2 Step3 Step4 Step5 **Step6** Step7 Step8

Energy of radiations

☒ Single-Energy
☐ Multi-Energy
☐ Fission Energy

Energy (Mev):

Fig.C-10 ‘Step 6’のインターフェイス (1)
(放射線のエネルギー；単一エネルギー)

Step1 Step2 Step3 Step4 Step5 **Step6** Step7 Step8

Energy of radiations

☐ Single-Energy
☒ Multi-Energy
☐ Fission Energy

Distribution type

☐ Continuous
☒ Discrete

Energy (Mev)	Emission rat...
1.172	0.5
1.332	0.5

Energy (Mev)

Emission rate for each energy bin

Fig.C-11 ‘Step 6’のインターフェイス (2)
(放射線のエネルギー；複数エネルギー)

Step1 Step2 Step3 Step4 Step5 Step6 Step7 Step8

Energy of radiations

☐ Single-Energy
☐ Multi-Energy
☒ Fission Energy

Fission spectrum type

☐ Maxwell fission spectrum
☒ Watt fission spectrum

$C \exp(-E/a) / \sinh(bE)^{1/2}$

a:

b:

Fig.C-12 ‘Step 6’のインターフェイス (3)
(放射線のエネルギー；核分裂エネルギー)

- ・ ‘Step 5’のインターフェイス中の“Radiation type”の左側にある放射線種について、エネルギーが設定される。
- ・ “Single-Energy（単一エネルギー）”が選択された場合、Fig.C-10 が表示される。ユーザーは、空欄にエネルギーを与えてはいけない。
- ・ “Multi-Energy（複数エネルギー）”が選択された場合、Fig.C-11 が表示される。“Add”及び“Delete”ボタンが、エネルギービンの設定に使用される。エネルギーは、“Continuous（連続）”，または“Discrete（離散）”分布で与えられる。連続分布の場合、各ビンの下限エネルギーが Fig.C-11 にある“Energy”の空欄に設定されなくてはならない。各ビンの放射線の割合が、“Emission rate for each bin（各ビンの放出率）”の空欄に与えられなくてはならない。
- ・ 核分裂反応の中性子線源が事故原因となった場合、“Fission Energy（核分裂エネルギー）”の選択が推奨される。ここで、Fig.C-12 のインターフェイスが表示される。ユーザーは‘Maxel’もしくは‘Watt’形式で、“Fission Energy Spectrum（核分裂エネルギースペクトル）”が選択できる。核分裂中性子のエネルギースペクトルを決定するため、必要なパラメータが下の空欄に与えられなくてはならない。

3-3) 放射線の放出領域(‘Step 7’)

線源形状は、Fig.C-13、Fig.C-14 の‘Step 7’のインターフェイスの1つで設定される。

Step1 Step2 Step3 Step4 Step5 Step6 Step7 Step8

Shape of the source

☒ Point Source
☐ Volume Source

Point source position

x:

y:

z:

Fig.C-13 ‘Step 7’のインターフェイス(1)
(線源形状；点線源)

Fig.C-14 ‘Step 7’のインターフェイス(2)
(線源形状；体積線源)

- Fig.C-13 は点線源に使用するインターフェイスを示す。‘Step 2’の幾何要素のパラメータに使用した座標系に従って、線源位置が設定されなくてはならない。
- また、Fig.C-14 のインターフェイスを使用して、体積領域を持つ線源が定義される。“Shape of Volume（体積形状）”では、‘RPP’（直方体），‘SPH’（球）及び‘RCC’（円柱）の形状が選択できる。
- “Parameters for volume（体積のパラメータ）”は、選択された幾何形状の種類により、自動的に変更される。パラメータが空欄で、TableC-2 を参照して設定される。‘Step 2’及び‘Step 7’では同じ座標系としなくてはならない。また、この座標系は、線量計算でも使用する。
- 放出領域は‘Step 4’にある 1 つに制限される場合、ユーザーは領域番号を指定しなくてはならない。そして、放射線は輸送計算で‘1つのセル’より放出されることになる。

Table C-2. 各幾何形状のパラメータ

	RPP, RPP_C	SPH	RCC
パラメータ 1	X_{\min}	V_x	V_x
パラメータ 2	X_{\max}	V_y	V_y
パラメータ 3	Y_{\min}	V_z	V_z
パラメータ 4	Y_{\max}	R	H_x
パラメータ 5	Z_{\min}		H_y
パラメータ 6	Z_{\max}		H_z
パラメータ 7			R

3-4) プログラムの完了(‘Step 8’)

Fig.C-15 は、定義された線源モデルのファイルを作成するために使用する。

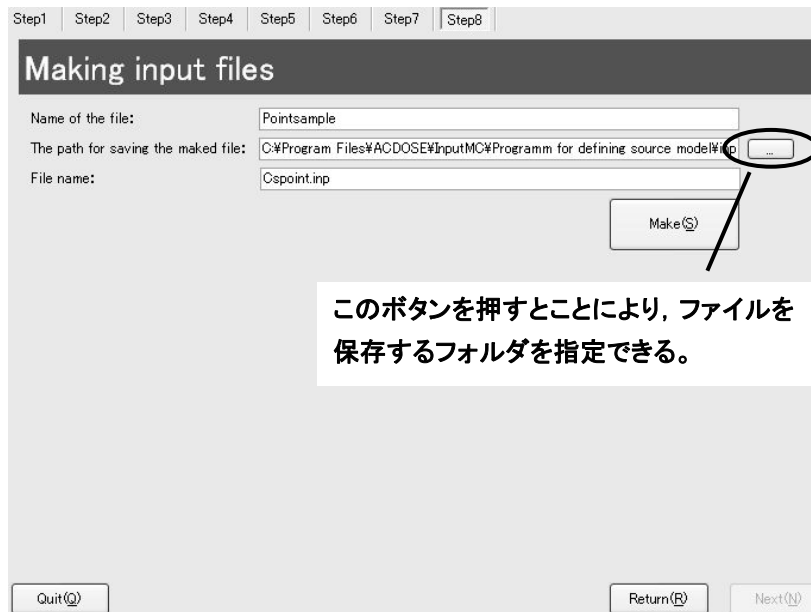


Fig.C-15 ‘Step 8’のインターフェイス（線源モデルのファイルの作成）

- ・ ユーザーは修正が必要な場合、画面上部のタブを押して任意のステップに移動できる。
- ・ 最初の空欄である“Name of the file（ファイルの名前）”は、保存される線源モデルのタイトルを定義するために使用される。これは、線源モデルのファイル名とはならない。
- ・ “The path for saving the made file（作成されたファイルの保存のパス）”は、ファイルを保存するフォルダ名の設定に使用する。フォルダは、2番目の空欄横にあるボタンで選択できる。ここでは、‘inp’フォルダが推奨される。
- ・ 線源モデルのファイル名は、最後の空欄“File name”で設定できる。
- ・ 全ての情報が設定された場合、ユーザーは全ての情報を入力ファイル形式に転換するため、“Make”を押す。
- ・ その後、本プログラムの操作が、画面下の左側の“Quit”ボタンを押して完了する。本ステップでファイル保存が完了していない場合、‘Step 7’までの全情報は削除される。

C-4 人体モデル作成プログラムの操作マニュアル

C-4.1 プログラムのインストール及び構成

人体モデル作成プログラムは、以下の手順でPCにインストールされる。インストール前に、ソフトウェア NET Framework が同じハードウェア環境に装備されておく必要がある。

- i) 線源作成プログラムを含むメディアをPCのドライブに挿入する。
- ii) Windows の“マイコンピュータ”（もしくは“エクスプローラ”）でメディアのドライブを開く。その後、“Setup.msi”をダブルクリックする。
- iii) 指示に従い、GUI画面を操作する。

ここで、本プログラムは線源モデル作成プログラム及び入力ファイル作成プログラムを含むフォルダに保存することが、推奨される。

以下のように、本プログラムのメインフォルダには、フォルダ及びファイルが含まれる。

- ・ [フォルダ] ‘bin’: このフォルダは、‘HumanModel.exe’を与えられたパラメータに基づき、人体モデルのファイルを作成するモジュール‘Main_MvPhantom.exe’を含む。
- ・ [フォルダ] ‘dat’: 2つのテンプレート‘MVPANTOM.tpl’及び‘PHANTOM.TPL’が本フォルダにある。前者はパラメータのテンプレート、後者は人体モデルの点プレートのファイルである。‘PHANTOM.def’が、操作の初期値として読み込まれる。
- ・ [フォルダ] ‘inp’: このフォルダは、定義された人体モデルの保存に使用される。
- ・ [フォルダ] ‘lib’: このフォルダは、プログラムでの標準男女モデルのサイズを記述する‘Stdphantom.Lib’ファイルを含む。また、5つのサブフォルダ（‘evmesh’, ‘evskin’, ‘evwholebody’, ‘female’及び‘male’）がこのフォルダには含まれる。
 - [サブフォルダ] ‘evmesh’: 胴体内の線量分布を評価するために人体モデルの作成に使用するライブラリファイルが存在する。
 - [サブフォルダ] ‘evskin’: 皮膚組織内の線量分布を評価するために人体モデルの作成に使用するライブラリファイルが存在する。
 - [サブフォルダ] ‘evwholebody’: 全身の平均線量を評価するために人体モデルの作成に使用するライブラリファイルが存在する。
 - [サブフォルダ] ‘male’: 標準男性ファントムのライブラリファイルを含む。
 - [サブフォルダ] ‘female’: 標準女性ファントムのライブラリファイルを含む。

以下の2つのプログラムは、メインフォルダで実行される。

- ・ MV.bat: [フォルダ] ‘bin’のモジュール‘Main_MvPhantom.exe’を実行するバッチファイル。
- ・ HumanModel.exe: 人体モデルのパラメータを設定するモジュール。
(例, インターフェイスを用いて人体モデルの姿勢を定義)

本プログラムは、主に2つのモジュールからなる。その1つが‘Human Model.exe’であり、もう1つは‘Main_MvPhantom.exe’である。人体モデルに必要なパラメータ及び評価対象とする量は、‘Human Model.exe’のインターフェイス画面を用いて設定される。その後、自動的に起動される‘Main_MvPhantom.exe’のモジュールについて、入力ファイルが生成される。人体モデルは、入力ファイルフォーマットと結合される。その後、人体モデルは入力ファイル形式で保存される。‘HumanModel.exe’の操作は、インターフェイスを用いてユーザーにより実行される。

C-4.2 人体モデル作成プログラムのフローチャート

このプログラムで人体モデルの作成を完了するためには、Fig.C-16のように6つのステップを経る必要がある。本プログラムは、ファイルの読み取り、保存のステップを除いて、大きく2つの部分から構成される。‘Step 2’から‘Step 4’までの3つのステップは人体の構築に関係する。本プログラムでは、与えられた情報及び‘dat’, ‘lib’フォルダにあるファイルに基づき、任意の性、寸法及び姿勢の人体モデルを自動的に作成する。一方、‘Step 5’は輸送計算における評価対象とする物理量に関係する。

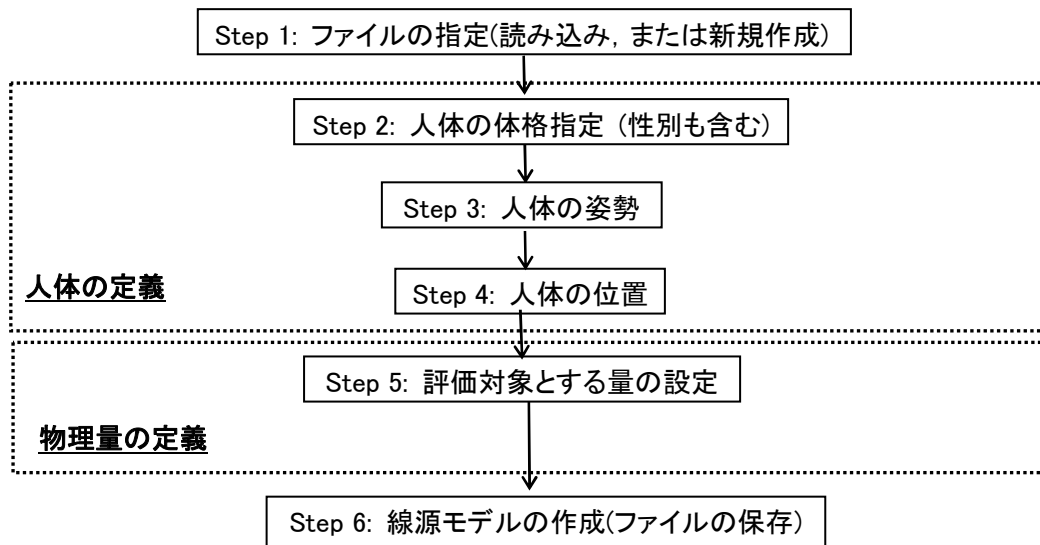


Fig.C-16 プログラムによる人体モデル作成のフローチャート

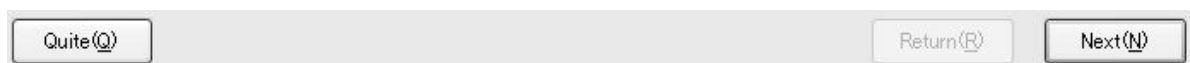
C-4.3 RADARAC_INPUT における人体モデル作成プログラムの操作

全6ステップの画面は、Fig.C-17にあるタブボタンを上部に、3つのボタンを下部に持つ。

- ・ ユーザーは画面上部の‘Step 1’から‘Step 6’の任意のタブを押すことにより、任意のステップへ移動できる(Fig.C-17(a))。画面下部の“Next”及び“Return”は、それぞれ直前、直後のステップへ移動する際に使用する(Fig.C-17(b))。
- ・ “Quit”ボタンは、本プログラムの操作中、全ステップで動作する(Fig.C-17(b))。ただし、‘Step 6’が完了していない場合、“Quit”を押すと定義された全情報は保存されない。



(a) 操作するステップを選択するタブ



(b) ステップの移動もしくは終了

Fig.C-17 全ステップのインターフェイス上部及び下部にあるタブ及びボタン

1) プログラムの起動 (‘Step 1’)

Fig.C-18にあるインターフェイスは、線源モデル作成プログラムの起動時に表示される。

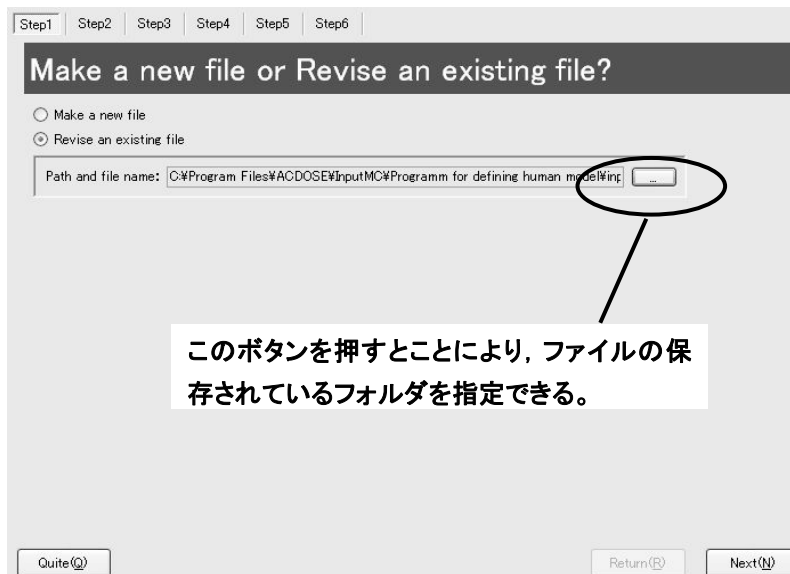


Fig.C-18 ‘Step 1’のインターフェイス（プログラム起動時の表示画面）

- ・ ‘Step 1’では、“Make a new file（新規作成）” or “Revise an existing file（既存ファイルの修正）” が選択される。
- ・ “Revise an existing file”が選択された場合、ユーザーは任意のフォルダにあるファイルを探すために、“Path and file name”の空欄の横にあるボタンを押さなければならない。

2) 人体の構築（‘Step 2’ から ‘Step 4’）

2-1) 性別及び体格の定義（‘Step 2’）

Fig.C-19 は、人体モデルの性別及び寸法を定義するインターフェイスである。

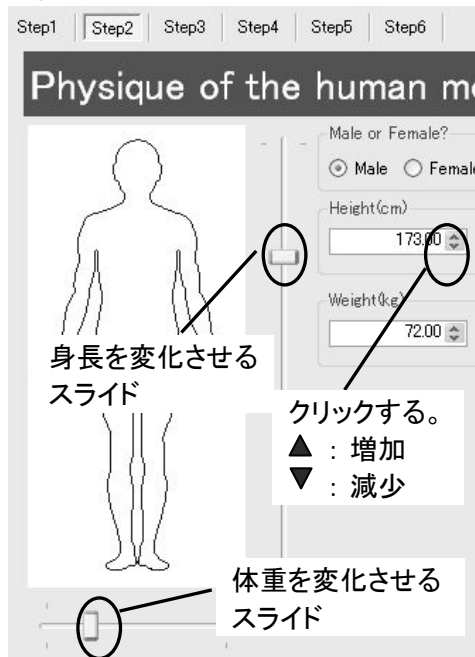


Fig.C-19 ‘Step 2’のインターフェイス（人体モデルの性別、体格）

- ・ 最初に、ユーザーは“Male or female（男性もしくは女性）”で性別を選択しなくてはならない。男性モデルの選択では、人体の絵は黒くなる。女性モデルの場合、絵は赤くなる。

- その後、下の2つの欄で“Height（身長）”及び“Weight（体重）”が定義される。2つの欄の横にある三角形は、身長及び体重の定義に使用する。また、ユーザーが垂直方向のスライド位置を動かすことにより、身長が自動的に変更される。一方、絵の下にあるスライドは体重の変更に使用される。
- この定義された寸法に従い、本文中の3.2節の(1)及び(2)式を用いて、標準モデルのパラメータから表面カードのパラメータに自動的に変更される。

2-2) 姿勢の定義(‘Step 3’)

続いて、ユーザーは Fig.C-20 の‘Step 3’のインターフェイスで姿勢を設定しなくてはならない。

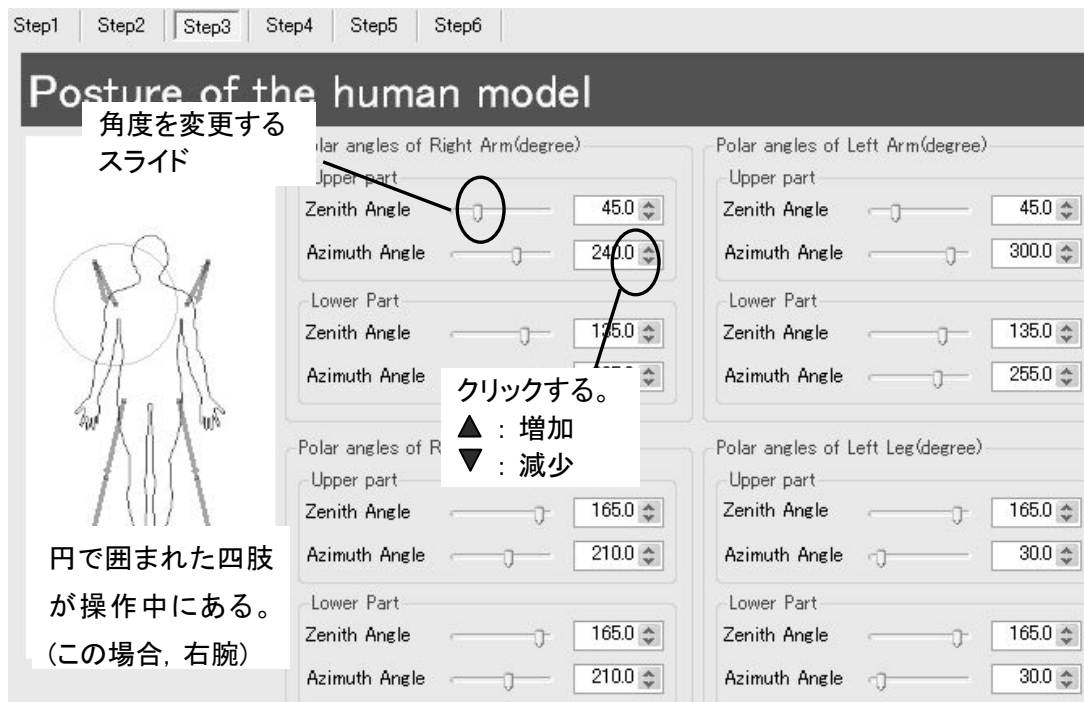


Fig.C-20 ‘Step 3’のインターフェイス（人体モデルの姿勢）

- 全四肢の方向は、極座標系の角度（天頂角，方位角）で定義されなくてはならない。全四肢が、関節（肘及び膝）で上部及び下部に分割されている。そこで、ユーザーは姿勢を定義するために、16の角度を定義しなくてはならない。
- ユーザーが、四肢の1つの位置を動かそうとした場合、その四肢は円で囲まれる。欄の横にある三角形は角度の変更に使用される。また、欄の横にあるスライドをユーザーが動かすことにより、角度がスライド位置により自動的に変更される。

2-3) 人体モデルの位置の定義(‘Step 4’)

人体モデルと線源モデルは、異なる座標系で独立して定義される。放射線輸送計算は、線源モデルの座標系を使用する。そこで、ユーザーは Fig.C-21 にある‘Step 4’のインターフェイスで、人体モデルの位置を設定しなくてはならない。

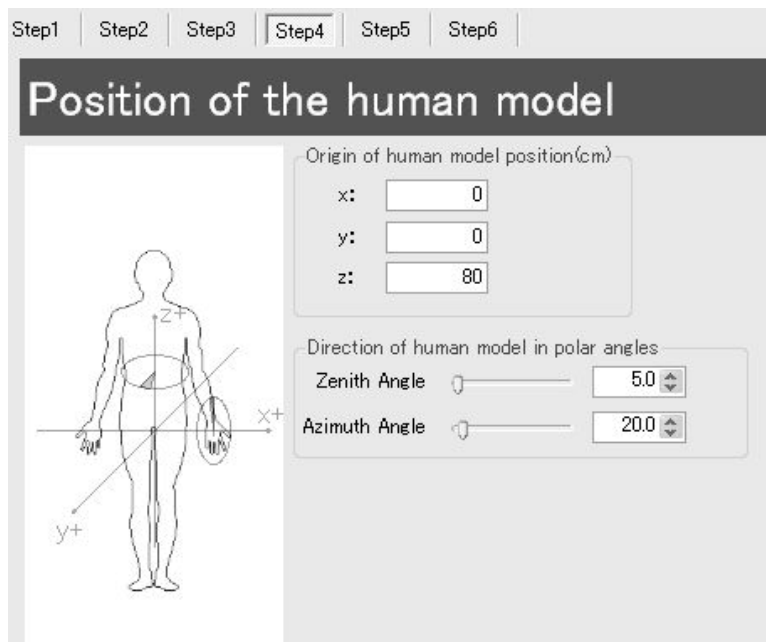


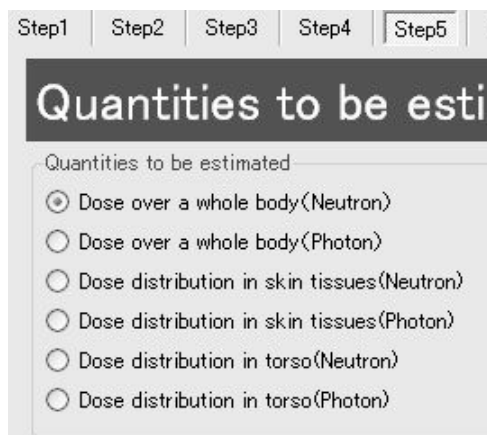
Fig.C-21 ‘Step 4’のインターフェイス（人体モデルの位置）

- ・ 人体モデルの原点は、胴体底面の中央である。そこで、ユーザーは“Origin of human model position”（人体モデルの原点）の欄に線源モデルの座標系での人体モデルの原点位置を定義する必要がある。
- ・ 線源モデルへの人体モデルの方向は、“Direction of human model in polar angles（極座標での人体モデルの方向）”で極座標で与えられる。Appendix E に2つの角度と人体モデルの向きを示す。

入力ファイル作成プログラムでも、同様の操作が実行される。放射線輸送計算の入力ファイルは、入力ファイル作成プログラムで与えられた情報を参照する。

3) 評価対象とする物理量の選択(‘Step 5’)

評価対象とする線量は、Fig.C-22 の‘Step 5’にあるインターフェイスの“Quantities to be estimated（評価される量）”で選択される。この選択により、インターフェイスは自動的に変化する。

Fig.C-22 ‘Step 5’のインターフェイス(1)
(物理量の選択)

- Fig.C-23 は、全身平均線量、線量計の読み値などの選択を示している。この図では、中性子照射の入力ファイルが準備される。ユーザーは、胴体での線量計の位置、放射化検出器の高さ位置を与えなくてはならない。

Fig.C-23 ‘Step 5’のインターフェイス(2) (評価対象の物理量；全身の平均線量)

- Fig.C-24 は、全身の皮膚における線量分布を計算する入力ファイルを準備するためのインターフェイスである。“whole body (全身)”が、Fig.C-22 の“Quantities to be estimated”で選択されている。

Fig.C-24 ‘Step 5’のインターフェイス(3) (評価対象の物理量；全身皮膚の線量分布)

- もし、“Quantities to be estimated”で“half”及び“quarter”が選択された場合、インターフェイスは自動的に Fig.C-25 のように変更される。

Fig.C-25 ‘Step 5’のインターフェイス(4) (評価対象の物理量；胴体一部の皮膚線量)

- 高さ中心が、“Height-center (on z-axis) of area for detail analysis (詳細解析の領域の高さ中心)”の空欄に与えられなくてはならない。周方向の対象範囲は、“Divided region (分割領域)”で設定される。ユーザーは胴体周りの方位角の最小値も与えなくてはならない。**Appendix-E** は、方位角と胴体の周方向位置の関係を記す (図 E-4 参照)。0 度、90 度、180 度及び 270 度は、それぞれ人体の左、後、右及び前方向である。

- Fig.C-26 は、胴体内における線量分布を計算する入力ファイルを準備するためのインターフェイスである。

Fig.C-26 ‘Step 5’のインターフェイス(5) (評価対象の物理量；胴体の線量分布)

- 体積計算の入力ファイルが，“Quantities to be estimated”で選択される。この計算では，‘Volume of torso tissue（胴体組織の体積）’ and ‘Volume of legs in mesh tallies（メッシュタリー中の脚の体積）’が2つともに，選択される必要がある。最初に，ユーザーは“Volume of legs in mesh tallies”を選択する必要がある，続いて‘Step 6’の操作を実行する。
- その後，ユーザーは‘Step 5’に戻り，“Volume of torso tissue”を選択する。そして，再び‘Step 6’の操作が実行される。

3-4) プログラムの完了(‘Step 6’)

Fig.C-27 は，定義された線源モデルのファイルを保存するために使用する。

Fig.C-27 ‘Step 6’のインターフェイス（人体モデルのファイルの保存）

- ユーザーは画面上部のタブを押して，‘Step 1’から‘Step 5’の任意のステップに移動できる。
- “Return”ボタンを押して，‘Step 5’に戻ることもできる。特に，この操作は，‘Step 5’で“dose distribution in torso”を選択した場合は不可欠である。
- 最初の空欄である“Name of the file（ファイルの名前）”は，保存される人体モデルのタイトルを定義するために使用される。これは，人体モデルのファイル名とはならない。

- “The path for saving the making file（作成ファイルの保存パス）” は、ファイルを保存するフォルダ名の設定に使用する。フォルダは、2 番目の空欄横にあるボタンで選択できる。ここでは、‘inp’フォルダが推奨される。
- 人体モデルのファイル名は、最後の“File name”の空欄で与えられる。
- 全ての情報が設定された場合、ユーザーは全ての情報を入力ファイル形式に転換するため、“Make”を押す。前述したとおり、以上の操作は‘Step 5’で“dose distribution in torso”が選択されている場合、2 度、実行されなければならない。ユーザーは、最初の‘Step 6’の操作後に、‘Step 5’に戻らなくてはならない。‘Step 5’で、“Quantities to be estimated”の選択を“volume of torso”に変更し、その後、ユーザーは他の情報を変更することなく‘Step 6’の操作をしなくてはならない。
- 全ての場合、プログラムは線量計算及び体積計算の入力ファイルを自動的に作成する。前者のファイル名は‘Step 6’の最後の欄で与えられたものと同じとなる。体積計算のファイル名は、与えられた名前に ‘vol’を付したものとなる。これらのファイルは、異なるフォルダへ別々に移動されてはいけない。
- メッシュタリー領域の脚の体積を計算するファイルだけは、与えられた名前に ‘volTissue***’ 及び‘volBone***’が付される。ここで、‘***’の場所には、1 から 5 までの番号が与えられる。すなわち、10 のファイルが自動的に作成される。

C-5 入力ファイル作成プログラムの操作マニュアル

C-5.1 プログラムのインストール及び構成

入力ファイル作成プログラムは、以下の手順で PC にインストールされる。インストール前に、ソフトウェア NET Framework が同じハードウェア環境に装備されておく必要がある。

- i) 線源作成プログラムを含むメディアを PC のドライブに挿入する。
- ii) Windows の“マイコンピュータ”（もしくは“エクスプローラ”）でメディアのドライブを開く。その後、“Setup.msi”をダブルクリックする。
- iii) 指示に従い、GUI 画面を操作する。

ここで、本プログラムは線源モデル作成プログラム及び入力ファイル作成プログラムを含むフォルダに保存することが、推奨される。

以下のように、本プログラムのメインフォルダには、フォルダ及びファイルが含まれる。

- [フォルダ] ‘bin’: このフォルダは、‘MakingInputFile.exe’で与えられたパラメータに基づき、入力ファイルを作成するモジュール‘MakeInputFile.exe’を含む。
- [フォルダ] ‘dat’: 2つのテンプレート‘MIF_INP.tpl’及び‘MIF_OUT.TPL’が本フォルダにある。前者はパラメータのテンプレート、後者は MCNPX もしくは MCNP コードの入力ファイルのテンプレートである。‘MIF.def’が、操作の初期値として読み込まれる。
- [フォルダ] ‘inp’: このフォルダは、操作のためのファイル（入力ファイルを作成する線源及び人体モデル）の保存に使用される。また、体積計算のファイルもこのフォルダは含む。
- [フォルダ] ‘out’: このフォルダには、本プログラムの操作で作成される放射線輸送計算に使用する入力ファイルを保存する。これらのファイルが、線量及び体積計算のための MCNPX もしくは MCNP コードの入力ファイルとして使用されることになる。

以下の2つのプログラムは、メインフォルダで実行される。

- MIF.bat: [フォルダ] 'bin'のモジュール'MakeInputFile.exe'を実行するバッチファイル。
- MakingInputFile.exe: 入力ファイルのパラメータを設定するモジュール。

本プログラムは、主に2つのモジュールからなる。その1つが'MakeInputFile.exe'であり、もう1つは'MakingInputFile.exe'である。入力ファイルに必要なパラメータは、'MakingInputFile.exe'のインターフェイス画面を用いて設定される。その後、入力ファイルが自動的に起動される'Main_MvPhantom.exe'のモジュールで生成される。'MakingInputFile.exe'の操作は、インターフェイスを用いてユーザーにより実行される。

C-5.2 線源モデル作成プログラムのフローチャート

本プログラムで入力ファイルの作成（線源及び人体モデルの結合）までには、Fig.C-28 のように4つのステップが必要である。体積計算の入力ファイルも作成される。

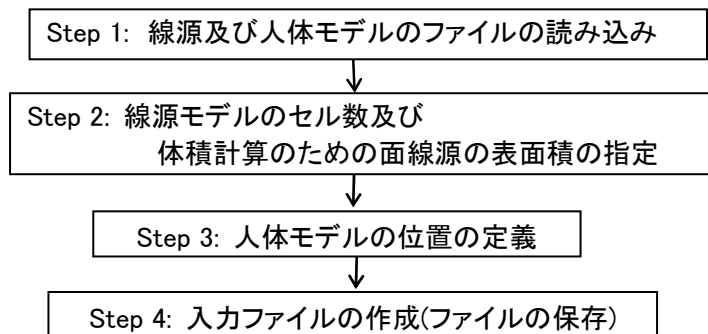
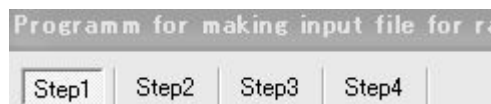


Fig.C-28 本プログラムによる入力ファイル作成のフローチャート

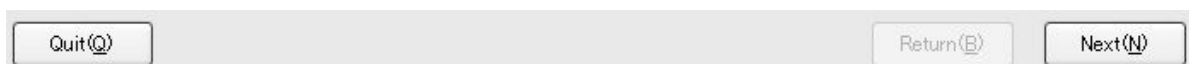
C-5.3 RADARAC_INPUT における入力ファイル作成のための操作

全4ステップの画面は、Fig.C-29にあるタブボタンを上部に、3つのボタンを下部に持つ。

- ユーザーは上部の'Step 1' から'Step 4'の任意のタブを押すことにより、任意のステップへ移動できる(Fig.C-29(a))。画面下部の "Next"及び"Return"は、それぞれ直前、直後のステップへ移動する際に使用する(Fig.C-29(b))。
- "Quit"ボタンは、本プログラムの操作中、全ステップで動作する(Fig.C-29(b))。ただし、'Step 4'が完了していない場合、"Quit"を押すと定義された全情報は保存されない。



(a) 操作するステップを選択するタブ



(b) ステップの移動もしくは終了

Fig.C-29 全ステップのインターフェイス上部及び下部にあるタブ及びボタン

1) 放射線輸送計算に使用する線源及び人体モデルの選択(‘Step 1’)

Fig.C-30 は、入力ファイル作成プログラムの起動時に表示されるインターフェイスである。

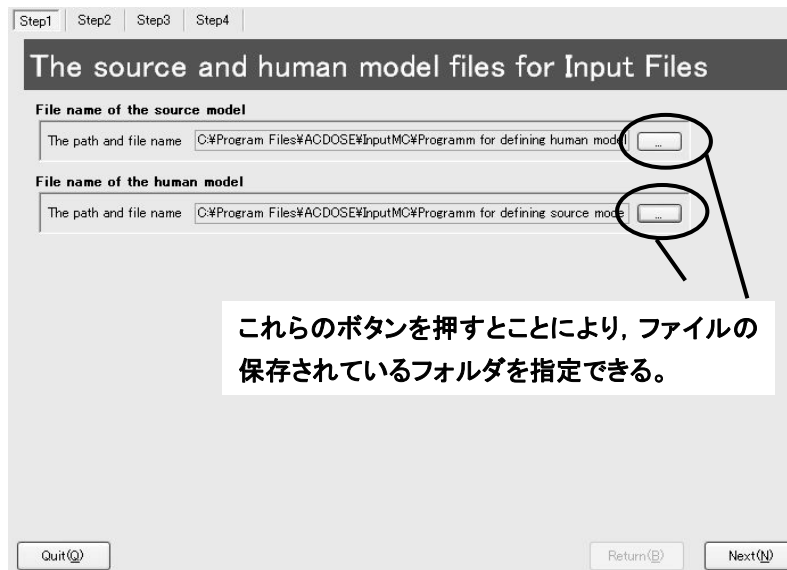


Fig.C-30 ‘Step 1’のインターフェイス（プログラムの起動時の表示画面）

- ・ ‘Step 1’で、ユーザーは、線源モデル及び人体モデルのファイル名を、“File name of the source model（線源モデルのファイル名）”及び“File name of the human model（人体モデルのファイル名）”に指定しなくてはならない。
- ・ 人体モデルの線量計算、体積計算のファイルが別のフォルダに保存されている場合、このプログラムの操作は失敗する。
- ・ “File name of the source model” で指定された線源モデルのファイルは、[フォルダ]‘inp’の‘generator.inp’に複製される。一方、‘phantom.inp’及び‘phantomvol.inp’ が[フォルダ]‘inp’へ、“File name of the human model”で指定されたファイルより複製される。ユーザーは‘Step 4’でプログラムの操作終了後に、元の線源及び人体モデルを確認することが可能となる。

2) 線量計算及び体積計算の入力ファイル作成のためのパラメータ定義(‘Step 2’)

Fig.C-31 は、‘Step 2’のインターフェイスを示す。

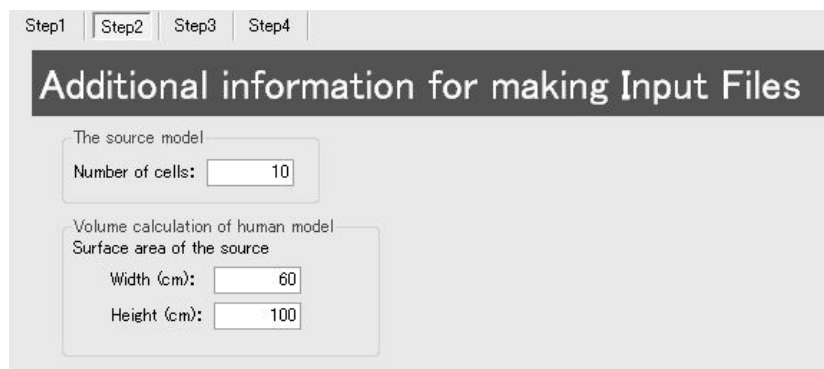


Fig.C-31 ‘Step 2’のインターフェイス（入力ファイル作成のための情報）

- ・ 最初に、ユーザーは空欄“Number of cells (セル数)”に線源モデルのセル数を入力しなくてはならない。
- ・ “Volume calculation of human model (人体モデルの体積計算)”の2つの空欄は、体積計算の面線源のサイズの設定に使用される。ここで、ユーザーは‘ray-tracing’法で全身を覆うことの可能な長方形の線源について、幅及び高さを与えなくてはならない。ただし、胴体の一部における皮膚線量を評価するために‘half’もしくは‘quarter’オプションが選択された場合、効率的な体積計算を実行するため、特別な手法が望まれる（付録 F 参照）。

3) 人体モデルの位置の定義 (‘Step 3’)

‘Step 3’の操作は、人体モデル作成プログラムの‘Step 4’の操作と同様である。つまり、Fig.C-32のインターフェイスは、Fig.C-21のインターフェイスと同一となる。

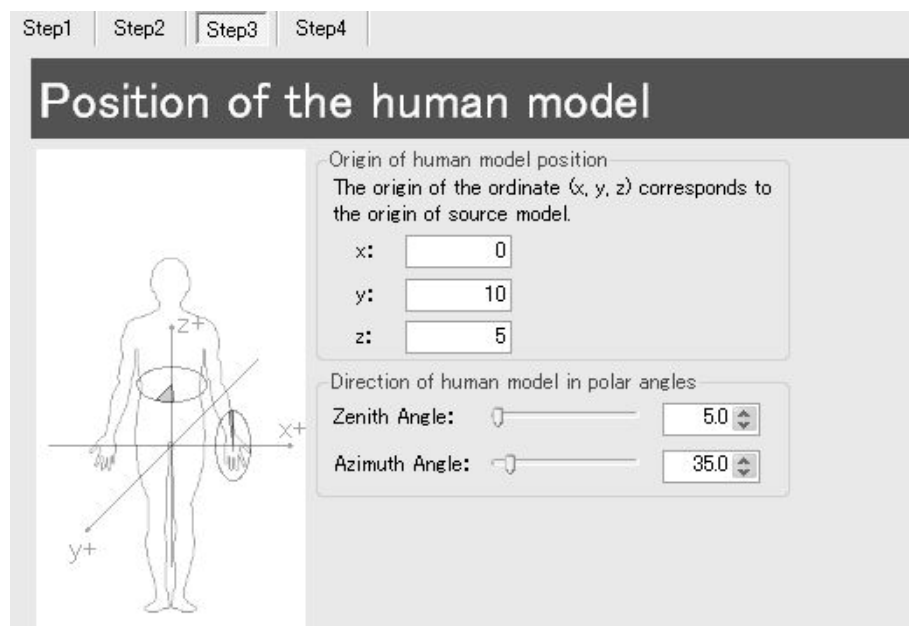


Fig.C-32 ‘Step 3’のインターフェイス（人体モデルの位置の定義）

- ・ 人体モデルの原点は、胴体底面の中央である。そこで、ユーザーは“Origin of human model position”の欄に線源モデルの座標系での人体モデルの原点位置を定義する必要がある。
- ・ 線源モデルへの人体モデルの方向は、“Direction of human model in polar angles”で極座標で与えられる。Appendix-E に 2つの角度と人体モデルの向きを示す。

放射線輸送計算の入力ファイルでは、線源モデルの座標系を使用する（人体モデル作成プログラムの‘Step 4’ではない。）。このステップで操作がなされない場合、人体及び線源モデルは重なり合う。そのため、MCNPX, MCNP コードの実行において、放射線輸送は失敗に終るだろう。

4) プログラムの完了(‘Step 4’)

Fig.C-33 は、作成された入力ファイルを保存するインターフェイスである。

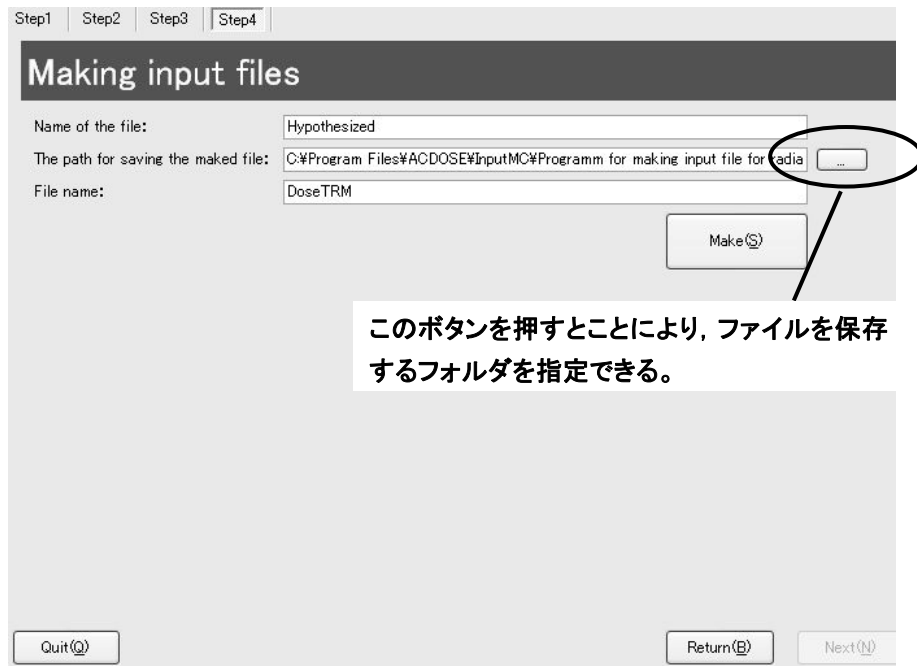


Fig.C-33 ‘Step 4’のインターフェイス（プログラムで生成された入力ファイルの保存）

- ・ユーザーは修正が必要な場合、画面上部のタブを押して、‘Step 1’から‘Step 3’の任意のステップに移動できる。
- ・最初の空欄である“Name of the file”は、保存される入力ファイルのタイトルを定義するために使用される。これは、入力ファイルのファイル名とはならない。
- ・“The path for saving the making file”で、ファイルを保存するフォルダを設定する。フォルダは、2番目の空欄横にあるボタンで選択できる。ここで、‘out’フォルダが推奨される。
- ・入力ファイルの名前は、最後の“File name”の空欄で与えられる。
- ・全ての情報が設定された場合、ユーザーは全ての情報を入力ファイル形式に転換するため、“Make”を押す。
- ・全ての場合において、プログラムは線量計算、体積計算の入力ファイルを自動的に作成する。前者のファイル名は、‘Step 4’の最後の欄で与えられた名前となる。体積計算のファイル名は与えられた名前に‘vol’が付される。メッシュタリー領域の脚の体積を計算するためのファイルのみ、人体モデル作成プログラムで作成される（ファイル名‘volTissue**’及び‘volBone**’）。
- ・上述のように、[フォルダ] “inp”にある‘generator.inp’及び‘phantom.inp’を確認することが推奨される。これらのファイルが、操作で入力ファイルを作成する際に結合された。

5) 放射線輸送計算の入力ファイルの準備

MCNPX または MCNP コードの入力ファイルは、以上の操作で作成される。ただし、ファイル名が、2つのコードの制限よりも長い可能性もある。このような場合、ユーザーは RADARAC_INPUT の元のファイルについて、対応を確認しながら改名しなくてはならない。

Appendix D RADARAC_DOSE の操作マニュアル（日本語版）

RADARAC_DOSE は、MCNPX もしくは MCNP コードの出力に基づき、線量の解析結果の効率的、可視的な表示をするために使用する。本付録は、RADARAC_DOSE の操作マニュアルを記す。

D-1 RADARAC_DOSE の概要

RADARAC_DOSE は、以下のように主として2つの部分から構成される。

- i) Microsoft-Excel のユーザーフォームにある主要部(GUI)
- ii) Microsoft-Excel により最終結果を表示するテンプレートファイル

RADARAC_DOSE の主要部の GUI の実行には、数表、グラフなどを表示するために、Visual Basic for Applications (VBA)を利用する。すなわち、RADARAC_DOSE は、Microsoft-Excel で VBA が有効な汎用のパーソナルコンピュータで動作できる。

Fig.D-1 は、RADARAC_DOSE を用いて、MCNPX もしくは MCNP コードの出力ファイルから、線量の最終結果を表示するプロセスのフローチャートを示している。ユーザーは、左側（点線囲み部分）の2つの操作を実行しなくてはならない。そのうちの1つは、必要な情報（例、MCNPX もしくは MCNP の出力）の提供である。もう1つの操作は、Microsoft-Excel ファイルでの効率的な線量表示（例、グラフ表示）に関する。

ここで、MCNPX もしくは MCNP の‘出力’は、RADARAC_DOSE の操作では‘入力’になることを注意する必要がある（本文、Fig.1 参照）。

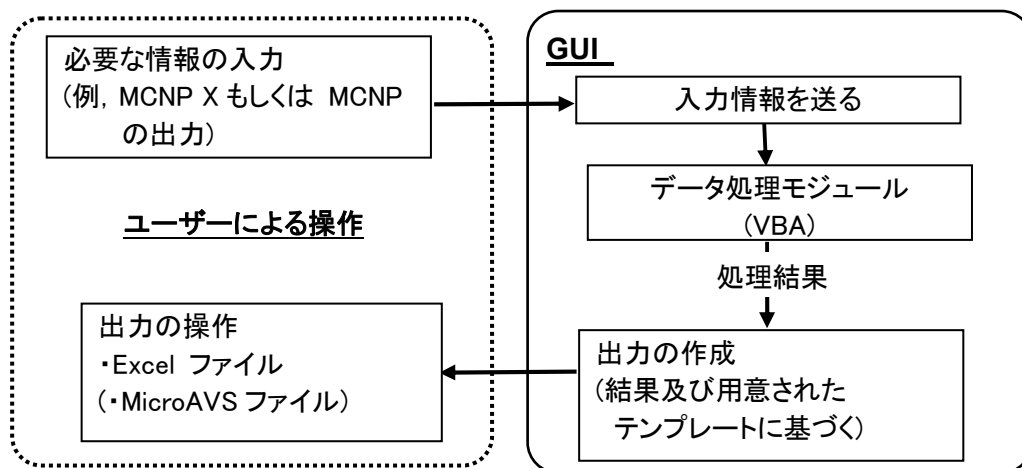


Fig.D-1 RADARAC_DOSE での操作及びデータ処理のフローチャート

GUI では、放射線輸送計算で得られた物理量の数値が、本プログラムの入力（=MCNPX もしくは MCNP コードの出力）にあるデータ処理モジュール(VBA)から抽出される。出力（Excel ファイル）は、処理結果及び用意されたテンプレートファイルに基づき作成される。

ユーザーは、データ処理モジュールである VBA の記述を変更できる。しかし、最終結果は VBA がオリジナルの場合についてのみ、本付録にある操作により正しく表示される。

D-2 RADARAC_DOSE の実行についての推奨環境

RADARAC_DOSE は、以下のように Microsoft-Excel を搭載したパーソナルコンピュータで動作できる。RADARAC_DOSE は、Excel の古いバージョンで正しく動作しない可能性もある。

- ・ Microsoft Excel 2000
- ・ Microsoft Excel XP
- ・ Microsoft Excel 2003

また、‘MicroAVS’ソフトウェアが、全身の皮膚線量の分布を三次元グラフィック表示する際に必要となる。

D-3 RADARAC_DOSE のインストール及び構成

- i) RADARAC_DOSE を含むメディアを PC のドライブに挿入する。
- ii) Windows の“マイコンピュータ”（もしくは“エクスプローラ”）でメディアのドライブを開く。その後、“Setup.exe”をダブルクリックする。
- iii) 指示に従い、GUI 画面を操作する。

GUI フォルダが生成される。[フォルダ]‘GUI’には、以下のように 1 つのファイル及び 1 つのフォルダが含まれる。

- ・ Dose_assess.xls 本プログラムの実行のメインプログラムとなる。ユーザーは、Fig.D-1 を実行するためには、このプログラムを起動しなくてはならない。
- ・ [フォルダ] ‘DATA’ 以下の内容を含む。
 - ・ ‘GUI.ini’ ファイルがこのフォルダに存在する。このファイルは、GUI 完了時の状況を保存する。（入力パラメータ及び入力ファイルのパス）
 - ・ 3つのサブフォルダ‘Trunk’、‘Skin’ 及び‘Whole’が存在する。各フォルダは、人体モデル作成プログラムの Step5 で選択された量に関係する。16 の Microsoft-Excel ファイル（‘Trunk’にある 4 つのファイル、‘Skin’にある 8 つのファイル及び‘Whole’にある 4 つのファイル）は、Microsoft-Excel 形式で出力を作成するテンプレートである。各ファイルは、ユーザーの指定によりグラフを描画する VBA も含む。
 - ・ また、拡張子 ‘csv’を持つ 2 つのファイルは、胴体内の線量分布を計算する際に用いる各メッシュの密度を含む。データは、MCNPX コードのメッシュスコアリング法による出力（単位: MeV/cm³）から線量（単位: J/kg, MeV/g）を算出する際に使用する。

D-4 RADARAC_DOSE の入力準備

RADARAC での線量解析では、‘線量計算’及び‘体積計算’の 2 種類の放射線輸送計算を必要とする。ユーザーが必要な RADARAC_DOSE の入力（＝放射線輸送計算の出力）を準備できた場合にのみ、RADARAC_DOSE は正常に動作する。GUI では、ユーザーは 2 つのコードの出力に基づき、RADARAC_DOSE の入力ファイル名の与えなくてはならない。

人体モデル作成プログラムの‘Step 5’で選択された各物理量について、命名のルール化がされている。Microsoft-Excel ファイル（出力）の名前は、RADARAC_DOSE の入力処理の設定により、自動的に与えられる。名前が正しく与えられない場合、RADARAC_DOSE は正しく Microsoft-Excel ファイルを作成できない。

RADARAC_DOSE は, MCNPX, MCNP コードで入力ファイルに‘m’が付されて指定される ‘タリー出力’ テーブルを含むファイルを利用する。GUI の VBA は, Fig.D-1 で示したように, ‘タリー出力’ テーブルから線量に関する必要な情報を抽出する。メッシュスコアリング法の結果のみ, 輸送計算コードに内蔵されたプログラムでアスキー形式のファイルに変換される, バイナリ形式のファイルに含まれる。RADARAC_DOSE は, アスキー形式のファイルを利用する。

D-4.1 胴体内の線量分布を表示するための入力ファイル準備

RADARAC では, 胴体内の線量分布を算出するため, 1 つの線量計算及び 11 の体積計算を MCNPX コード (MCNP コードでない) で実行する必要がある。Table D-1 は RADARAC_INPUT で作成されるファイル名をまとめている。メッシュタリーの結果がタリー出力テーブルに含まれないため, 線量計算により 2 つのファイルが作成される。そのため, 13 のファイルが, RADARAC_DOSE で胴体内の線量分布を表示するために必要となる。ユーザーは, Table D-1 を参照して, ファイルを命名しなくてはならない。‘YYY’の部分 は, 全ファイルで共通となる。

その後, 線量計算及び体積計算のファイルは, Fig.D-2 に示すように, 同一フォルダの下にある 2 つの異なるフォルダに保存されなくてはならない。ユーザーは, D-5 に記述するように, RADARAC_DOSE の実行では, ‘YYYmsntl’もしくは ‘YYYmsptl’のみ入力する。

Table D-1 RADARAC_DOSE の入力ファイル名の付与ルール (1) (胴体内の線量分布)

計算	RADARAC_INPUT に よるファイルの名前	MCNPX の出力*	RADARAC_DOSE の入 力ファイルの名前
線量計算	XXX.inp	=>アスキーファイル (メッシュスコアリング) =>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmsntl (中性子) YYYmsptl (光子) =>YYYmsnm (中性子) YYYmspm (光子)
体積計算	XXXvol.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmstr0.mct
	XXXvolTissue01.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmsls1.mct
	XXXvolTissue02.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmsls2.mct
	XXXvolTissue03.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmsls3.mct
	XXXvolTissue04.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmsls4.mct
	XXXvolTissue05.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmsls5.mct
	XXXvolBone01.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmslb1.mct
	XXXvolBone02.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmslb2.mct
	XXXvolBone03.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmslb3.mct
	XXXvolBone04.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmslb4.mct
	XXXvolBone05.inp	=>タリー出力表を持つファイル	=>YYYmslb5.mct

*: 名前はその長さの理由から, RADARAC_INPUT でファイル名と異なる可能性がある。
(付録 C-5.3 参照)

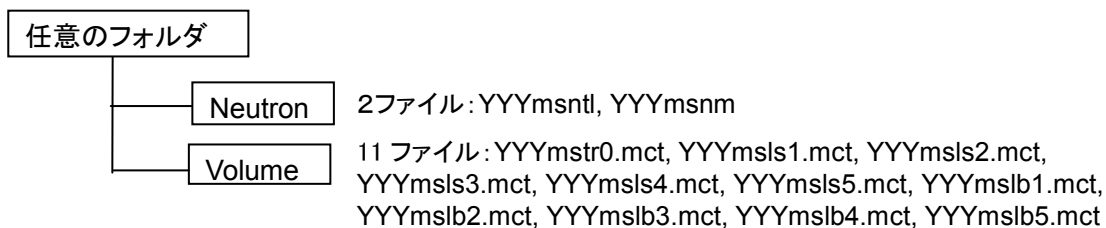


Fig.D-2 RADARAC_DOSE の入力ファイル準備(1) (胴体内の線量分布, 中性子)



Fig.D-3 RADARAC_DOSE の入力ファイル準備(2) (胴体内の線量分布, 光子)

D-4.2 皮膚の線量分布及び全身線量を表示するための入力ファイル準備

Table D-2 は, RADARAC_DOSE での皮膚線量の分布を表示するための入力ファイルの命名のルールをまとめている。線量計算及び体積計算のファイルは, 同一フォルダに保存されなくてはならない。

Table D-2 RADARAC_DOSE の入力ファイル名の付与ルール(2) (皮膚の線量分布)

領域	RADARAC_INPUT による ファイルの名前	RADARAC_DOSE の入力
全身	XXXskn.inp (中性子－線量)	=>YYYskn.mct
	XXXsknvol.inp (中性子－体積)	=> YYYskvol.mct
	XXXskp.inp (光子－線量)	=>YYYskp.mct
	XXXskpvol.inp (光子－体積)	=> YYYskvol.mct
胴体(1) ‘Half’オプション	XXXhkn.inp (中性子－線量)	=>YYYhkn.mct
	XXXhknvol.inp (中性子－体積)	=> YYYhkvol.mct
	XXXhkp.inp (光子－線量)	=>YYYhkp.mct
	XXXhkpvol.inp (光子－体積)	=> YYYhkvol.mct
胴体(2) ‘Quarter’オプション	XXXqkn.inp (中性子－線量)	=>YYYqkn.mct
	XXXqknvol.inp (中性子－体積)	=> YYYqkvol.mct
	XXXqkp.inp (光子－線量)	=>YYYqkp.mct
	XXXqkpvol.inp (光子－体積)	=> YYYqkvol.mct

Table D-3 は, RADARAC_DOSE での全身線量を表示するための入力ファイルの命名のルールをまとめている。線量計算及び体積計算のファイルは, 同一フォルダに保存されなくてはならない。

Table D-3 RADARAC_DOSE の入力ファイル名の付与ルール(3) (全身線量)

放射線の種類	RADARAC_INPUT によるファイル名	RADARAC_DOSE の入力
中性子	XXXWn.inp (中性子－線量)	=>YYYWn.mct
	XXXWnvol.inp (中性子－体積)	=> YYYvoln.mct
光子	XXXWp.inp (光子－線量)	=>YYYWp.mct
	XXXWpvol.inp (光子－体積)	=> YYYvol.mct

D-5 線量の最終結果を表示するために必要な情報の設定

ユーザーが, [フォルダ]‘GUI’の‘Dose_assess.xls’を起動した場合, Fig.D-4 のインターフェイスが表示される。全ての必要な情報は, このインターフェイスで与えられる。

Fig.D-4 RADARAC_DOSE で必要な情報を与えるインターフェイス(1), 胴体線量

D-5.1 線量計算の対象とした体積の算出に必要な情報の設定

左側は、線量計算の対象とした体積の算出に関係する。

- Excel ファイルのテンプレートは、性差間で異なるため、1 番上部で、“Male（男性）”もしくは“Female（女性）”を選択しなくてはならない。
- “Height（身長）”及び“Weight（体重）”には、ユーザーは、人体モデル作成プログラムの‘Step 2’と同じ値を設定しなくてはならない。
- “Surface (vol.calculation)（表面，体積計算）”の欄は、体積計算に用いた面線源の寸法の設定に使用される。“Width（幅）”及び“Height（高さ）”が、ここで与えられなくてはならない。デフォルトでは、ユーザーは入力ファイル作成プログラムの‘Step 2’で定義した値の2倍を与える。最終欄の“Size（寸法）”は、“Width”及び“Height”の値から自動的に計算される。

“Std_model”の4つの欄は、人体モデル作成プログラムに用意されている標準モデルの寸法が提示されている。最下段にある2つの欄は、作成されたモデルのスケーリングファクタを自動的に表示する（本文 3.2 項の(1)及び(2)式，参照）。

D-5.2 線量の最終結果を表示するために必要な情報の設定

右側には、線量の最終結果を算出，表示するための情報が与えられる。Fig.D-5 のタブが、Fig.D-4 のインターフェイスの最上部に確認される。ユーザーは、人体モデル作成プログラムの‘Step 5’で選択された物理量に従い、そのうちの1つのタブを押さなくてはならない。

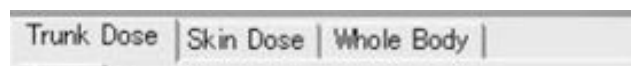


Fig.D-5 物理量を選択するタブ

1) Trunk dose (胴体線量)

“Trunk dose (胴体線量)”は、ユーザーが MCNPX コードの出力に基づき、胴体内の線量分布を表示する場合に、選択される必要がある。ここで、Fig.D-4 のインターフェイスが表示される。

- ・ ユーザーは、“Input”タブを押さなくてはならない。(“Mesh”タブのシートはメッシュタリサイズを表示するが、いかなる操作も無効である。)
- ・ “Source intensity (線源強度)”は、“Trunk dose”、“Skin dose”及び“Whole body”で共通である。この欄は、事故時の被ばく中に放出された放射線の数を与えるのに使用する。例えば、被ばく者が 1 秒当たり 1×10^9 の放射線を放出する線源に 10 秒間被ばくしたとする。ここでは、 1×10^{10} という値が与えられなくてはならない。‘kcode オプション’の使用では、放出された中性子数を与えなくてはならない。
- ・ “Neutron” 及び “Photons”は、“Trunk dose”の場合のみ表示される。ユーザーが、輸送計算で中性子を発生させた場合、“Photon” の値はゼロと設定されなくてはならない。
- ・ Table D-1 中の‘YYmsnt1’ または ‘YYmspt1’が、“Data file”の“Dose”欄で与えられなくてはならない。

2) Skin dose (皮膚線量)

2-1) 全身の皮膚

“Skin dose (皮膚線量)”は、皮膚の線量分布を表示する場合、Fig.D-5 で選択されなくてはならない。また、“Input(1)” もしくは “Input(2)”が選択されなくてはならない。Fig.D-6 では、“Input(1)” が選択されている。インターフェイスは、全身皮膚の線量分布を表示する際に使用される。

Male		Female	
Height(cm)	178.6		
Weight(kg)	73.2		
Surface (vol. calculation)			
Width	60		
Height	200		
Size	12000		
Std_model			
Height			
Whole Body(cm)	178.60		
Head(Fixed)	20.00		
Weight			
Whole Body(kg)	73.20		
Head(Fixed)	4.90		
Other			
below neck Height(cm)	158.6		
below neck Weight(kg)	68.3		
Weight for Height(kg)	68.3		
Scaling factor(z)	1		
Shaping factor(x-y)	1		

Trunk Dose			Skin Dose			Whole Body		
Input(1)			Input(2)			Segment		
Source Intensity								
2.8E+15								
Body Part Angles								
	Zenith Angl.	Azimuth Angl.						
Right_Upper_Arm	180	0						
Right_Lower_Arm	180	0						
Left_Upper_Arm	180	0						
Left_Lower_Arm	180	0						
Right_Upper_Leg	180	0						
Right_Lower_Leg	180	0						
Left_Upper_Leg	180	0						
Left_Lower_Leg	180	0						
Data File								
Dose	RaCoskp.mct	Search						
Volume	RaCoskvol.mct	Search						

Inputs for *skn.mct and *skp.mct. Execute Exit

Fig.D-6 RADARAC_DOSE で必要な情報を与えるインターフェイス(2), 全身皮膚

- ・ “Source intensity (線源強度)”では、事故時の被ばく中に放出された放射線の数を与えるのに使用する。例えば、被ばく者が 1 秒当たり 1×10^9 の放射線を放出する線源に 10 秒間

被ばくしたとする。ここでは、 1×10^{10} という値が与えられなくてはならない。‘kcode オプション’の使用では、放出された中性子数を与えなくてはならない。

- “Body Part Angles”では、人体モデル作成プログラムの‘Step 3’で指定した角度に従い、全ての四肢の角度が与えられなくてはならない。これらの入力、MicroAVS を用いた三次元のグラフィック表示に関係する。
- ユーザーは、“Data file”の“Dose”の欄には‘線量計算’に関係するファイル（Table D-2 の‘YYYskn.mct’もしくは‘YYYskp.mct’）、“Volume”の欄には‘体積計算’に関係するファイル（Table D-2 の‘YYYskvol’）を、それぞれ与えなくてはならない。

2-2) 胴体一部の皮膚

タブ“Input(2)”を押すことにより、Fig.D-7 が提示される。このインターフェイスは、胴体の一部における皮膚線量の分布を表示する場合、使用される。

The screenshot shows the 'RADARAC_DOSE' software interface. It has a tabbed structure with 'Trunk Dose', 'Skin Dose', and 'Whole Body'. The 'Skin Dose' tab is active, showing 'Input(1)' and 'Input(2)' sections. The 'Input(2)' section is further divided into 'Source Intensity' (6.3E+15) and 'Trunk Skin Segmentation Definition'. The 'Trunk Skin Segmentation Definition' section includes fields for 'Center-Height (cm)' (35), 'Region' (Quarter), 'Azimuth Angl. Min.' (270), 'Azimuth Angl. Max.' (315), and 'Vertical segment' (1.25). Below this is the 'Data File' section with 'Dose' (M2Co1qkp.mct) and 'Volume' (M2Co1qkv.mct) fields, each with a 'Search' button. The left side of the interface contains various input fields for 'Male' and 'Female' parameters, including 'Height (cm)', 'Weight (kg)', 'Surface (vol. calculation)' (Width, Height, Size), 'Std_model' (Height, Weight), and 'Other' (below neck Height/Weight, Weight for Height, Scaling factor, Shapeing factor). At the bottom, there are 'Execute' and 'Exit' buttons.

Fig.D-7 RADARAC_DOSE で必要な情報を与えるインターフェイス(3), 胴体一部の皮膚

- “Source intensity（線源強度）”へは、ユーザーは事故時の被ばく中に放出された放射線の数を与えなくてはならない。例えば、被ばく者が1秒当たり 1×10^9 の放射線を放出する線源に10秒間被ばくしたとする。ここでは、 1×10^{10} という値が与えられなくてはならない。‘kcode オプション’の使用では、放出された中性子数を与えなくてはならない。
- “Trunk Skin Segmentation Definition”には“Center-Height（高さ中心）”，“Region（オプションの種類）” and “Azimuth Angl. Min（方位角最小値）”により、人体モデル作成プログラムの Step5 での設定に従い、線量評価の対象領域が与えられなくてはならない。“Azimuth Angl.Max（方位角の最大値）”及び“Vertical segment”は、自動的に変更される。
- ユーザーは、“Data file”の“Dose”には、‘線量計算’に関係あるファイル（Table D-2 の‘YYYhkn.mct’，‘YYYhkp.mct’，‘YYYqkn.mct’もしくは‘YYYqkp.mct’）を，“Volume”

には、‘体積計算’に関係あるファイル（Table D-2 にある‘YYYhkvol.mct’もしくは‘YYYqkvol.mct’）を、それぞれ与えなくてはならない。

3) Whole body dose（全身線量）

“Whole body（全身線量）”は、ユーザーが MCNPX, MCNP コードの出力に基づき、全身線量を表示する場合に、選択される必要がある。ここで、Fig.D-8 のインターフェイスが表示される。

The screenshot shows the 'Whole Body' tab of the RADARAC_DOSE interface. It contains several input sections:

- Gender:** Male (selected) and Female.
- Height(cm):** 178.6
- Weight(kg):** 73.2
- Surface (vol. calculation):** Width (60), Height (200), Size (12000).
- Std. model:**
 - Height:** Whole Body(cm) 178.60, Head(Fixed) 20.00.
 - Weight:** Whole Body(kg) 73.20, Head(Fixed) 4.90.
- Other:** below neck Height(cm) 158.6, below neck Weight(kg) 68.3, Weight for Height(kg) 68.3, Scaling factor(z) 1, Shapeing factor(x-y) 1.
- Source Intensity:** 5E+17
- Data File:** Dose (CrMWh.mct) and Volume (CrMvoln.mct) with Search buttons.
- Buttons:** Execute and Exit.

Fig.D-8 RADARAC_DOSE で必要な情報を与えるインターフェイス(4), 全身線量

- ・ “Source intensity（線源強度）”へは、ユーザーは事故時の被ばく中に放出された放射線の数を与えなくてはならない。例えば、被ばく者が 1 秒当たり 1×10^9 の放射線を放出する線源に 10 秒間被ばくしたとする。ここでは、 1×10^{10} という値が与えられなくてはならない。‘kcode オプション’の使用では、放出された中性子数を与えなくてはならない。
- ・ ユーザーは、“Data file”の“Dose”には、‘線量計算’に関係あるファイル（Table D-3 の‘YYYWn.mct’もしくは‘YYYWp.mct’）を、“Volume”は‘体積計算’に関係あるファイル（Table D-3 の‘YYYvoln.mct’もしくは‘YYYvol.mct’）を与えなくてはならない。

D-6 線量の最終結果の表示

RADRAC_DOSE へ必要な情報が与えられた直後に、Microsoft-Excel ファイルが生成される。ファイルの形式は、Fig.D-5 のタブにおける選択に関係する。“skin dose”だけは、“Input (1)”もしくは“Input (2)”の選択も、生成されるファイルの形式に関係する。全ファイルは、線量の最終結果に関する数値表を含む。また、Fig.D-5 における“Trunk dose”及び“Skin dose”の選択では、線量分布が可視的に表示される。数表は固定されるが、ユーザーは線量分布を可視的に表示するため、人体内の興味対象とする場所を設定できる。

D-6.1 胴体内の線量分布の最終結果表示

ユーザーが Fig.D-4 のインターフェイスで必要な情報を与えた場合、Table D-1 にある RADARAC_DOSE の入力に従って、生成ファイルは ‘YYYNeutron.xls’ もしくは ‘YYYPhoton.xls’ と名前が与えられる。‘YYYNeutron.xls’ というファイルは、Table D-4 にまとめられた全シートを含む。‘YYYPhoton.xls’ というファイルは、以下のうち ‘Neutron***’ 及び ‘Total***’ という名前を持つシートは含まない。

Table D-4 胴体内の線量分布の最終結果を持つ Microsoft-Excel ファイルに含まれるシート

シート名	各シートに含まれる情報
Start	<ul style="list-style-type: none"> 人体モデルのサイズ及び線源強度 (Fig.D-4 で与えられる情報) 放射線輸送計算におけるメッシュタリーサイズ
Total Table*	<ul style="list-style-type: none"> 全メッシュタリーのトータル線量 (中性子+光子) の数表 トータル線量の最大値及びその場所 トータル線量の一次元分布を示す 3 つのグラフ
Neutron Table*	<ul style="list-style-type: none"> 全メッシュタリーの中性子線量の数表 中性子線量の最大値及びその場所 中性子線量の一次元分布を示す 3 つのグラフ
Photon Table	<ul style="list-style-type: none"> 全メッシュタリーの光子線量の数表 光子線量の最大値及びその場所 光子線量の一次元分布を示す 3 つのグラフ
Total Graph*	<ul style="list-style-type: none"> トータル線量の二次元分布を示す 3 つのグラフィック表示 トータル線量の最大値及びその場所 トータル線量の一次元分布を示す 3 つのグラフ
Neutron Graph*	<ul style="list-style-type: none"> 中性子線量の二次元分布を示す 3 つのグラフィック表示 中性子線量の最大値及びその場所 中性子線量の一次元分布を示す 3 つのグラフ
Photon Graph	<ul style="list-style-type: none"> 光子線量の二次元分布を示す 3 つのグラフィック表示 光子線量の最大値及びその場所 光子線量の一次元分布を示す 3 つのグラフ
Trunk tissue	<ul style="list-style-type: none"> 胴体の平均線量 メッシュタリーの平均線量値との比較

*: ‘YYYPhoton.xls’ は、これらのシートを含まない。

Table B-4 にある ‘graph’ 及び ‘graphics’ は、線量分布を可視的に示す。‘graph’ では、線量分布をグラフ上のプロットデータで示す。一方、‘graphics’ は、興味対象の各領域を色付けして線量分布を示す。その色は、各領域の線量により、自動的に与えられる。

‘Neutron Table’、‘Photon Table’ 及び ‘Total table’ のシートは、それぞれ、中性子による線量、光子による線量及び中性子、光子による線量の合計値の数値表を含む。これら 3 つのシートで、形式、操作法は共通である。Fig.D-9 は、‘YYYNeutron.xls’ 及び ‘YYYPhoton.xls’ の双方のファイルに、共通して含まれる ‘Photon Table’ の概観図を示している。右側の表は、全メッシュタリーの線量の数値データを含む。この数表については、操作は実行されない

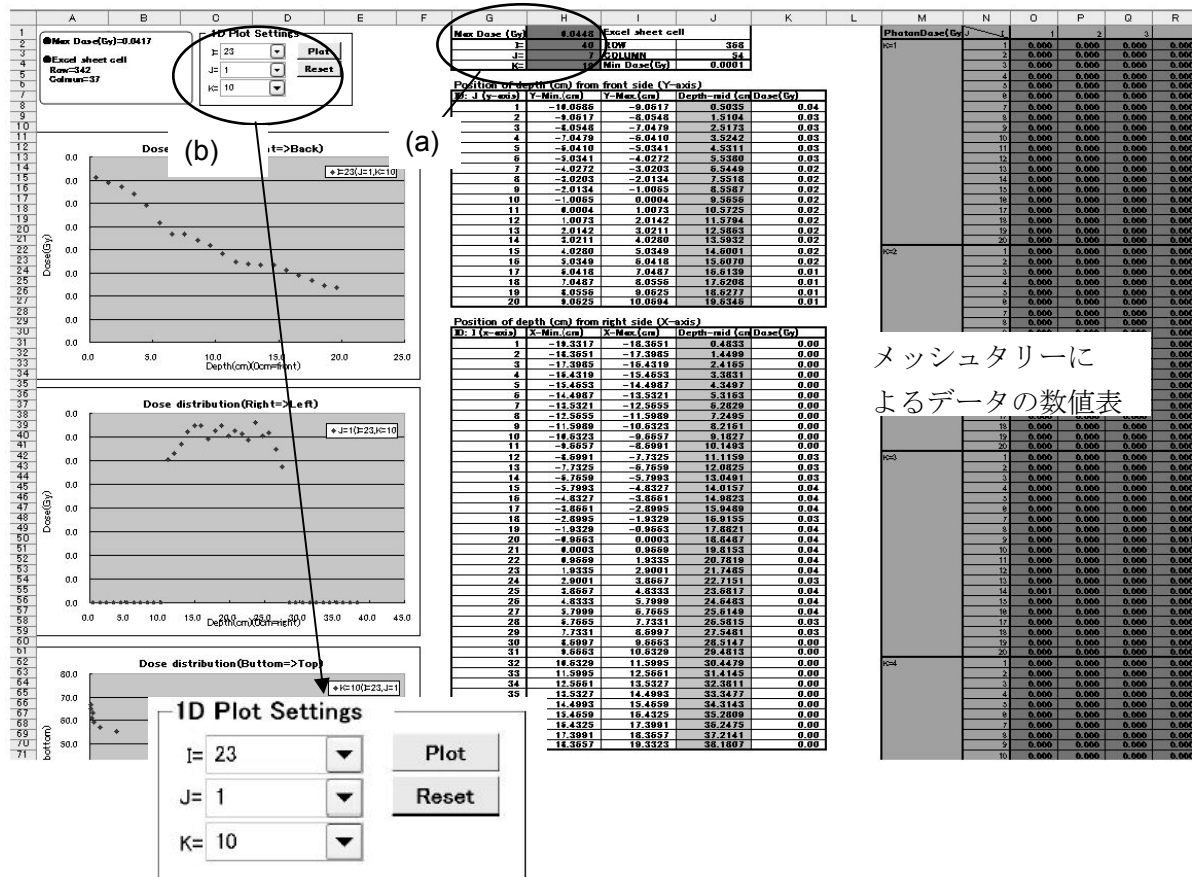


Fig.D-9 ‘Photon Table’ シートの概観図

最大線量を含む位置は、(a)で囲まれた表に表示される。グラフは、(b)で囲まれ、拡大されている“1D plot setting”表の操作により、表示される。

- 対象とする位置について、3つの認識番号 (ID 番号) で与えられる。ID 番号と胴体中の位置の関係は、Table D-5 を取りまとめられている。

Table D-5 胴体中の一次元もしくは二次元の線量分布を表示するために指定する位置の ID 番号

ID	方向	位置と ID 番号の関係
I	人体の側方向	1: 右 ⇔40: 左 (最大値), 人体モデルの X 軸
J	人体の深さ方向	1: 前 ⇔20: 後 (最大値), 人体モデルの Y 軸
K	人体の高さ方向	1: 下 ⇔35: 上 (最大値), 人体モデルの Z 軸

ここで、(b)欄で指定された位置を含む、一次元の線量分布の3つのグラフ、深さ方向 (前→後)、横方向 (右→左) 及び高さ方向 (下→上) が、表示される。(b)の欄にある位置も Table D-5 にある ID 番号で与えられる。グラフのプロットは、与えられた位置により自動的に変化する。グラフの右側の表は、プロットされている数値データを表示する。メッシュタリー位置も、ここに含まれる。これらの値も、(b)欄で与えられた位置に従い、自動的に変化する。

‘TotalGraph’、‘NeutronGraph’及び‘PhotonGraph’のシートは、二次元で線量分布を可視的に確認できるグラフィックスを含む。これら3つのシートで形式及び操作は同じである。Fig.D-10は、‘YYYNeutron.xls’及び‘YYYPhoton.xls’のファイルに、共通して含まれる‘PhotonGraph’の概観を示している。左側のグラフ及び数表は、Fig.D-9に示す‘PhotonTable’と同じである。

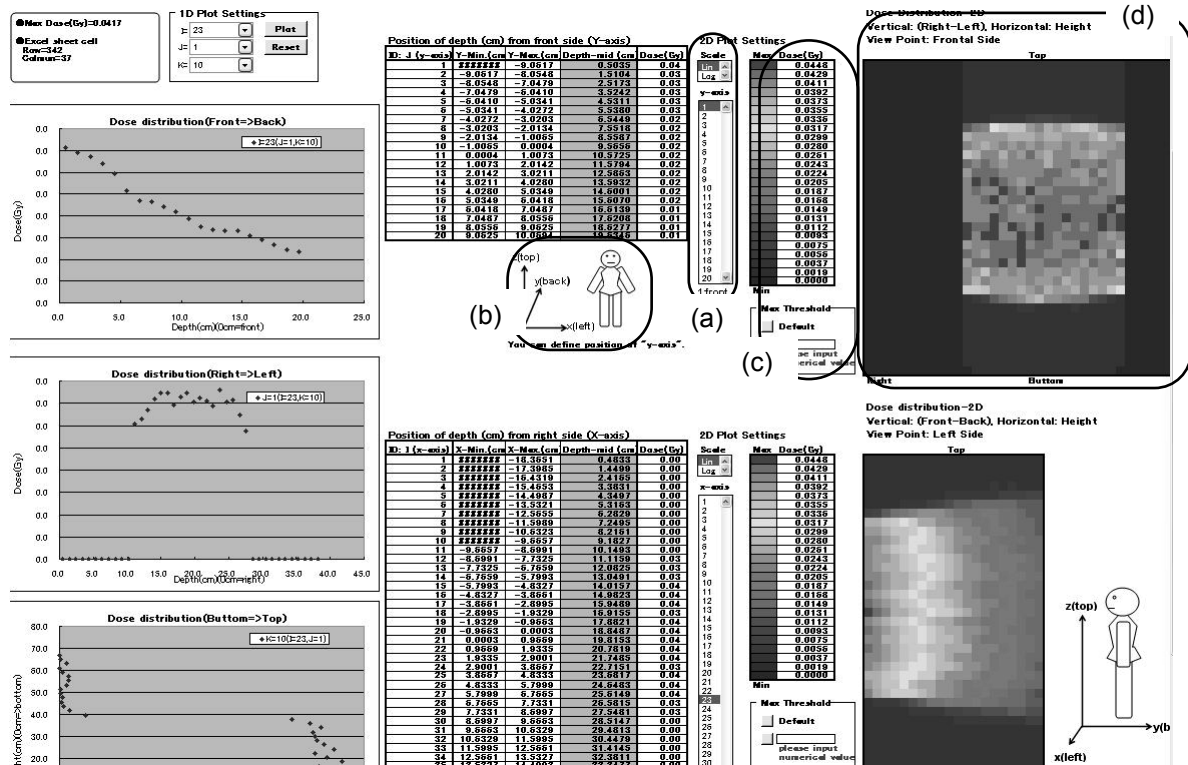


Fig.D-10 ‘Photon Graph’シートの概観図

((a) : 拡大図 Fig.D-11, (b) : 拡大図 Fig.D-12, (c) : 拡大図 Fig.D-13, (d) : 拡大図 Fig.D-14)

このシートは、胴体中の任意の位置における二次元の線量分布をグラフィックス表示で可視的に与えることができる。3つのグラフィックスは、i) 前面からの視点（横－高さ方向）、ii) 左側面からの視点（深さ－高さ方向）及び iii) 上面からの視点（横－深さ方向）の線量分布を表示する際に使用される。

- 表示する位置が、Fig.D-11に示す数値表の横のスライドで決定される。ユーザーはFig.D-12にある図を参照して、スライドの設定位置を確認できる。

Fig.D-13は、グラフィックス中の線量情報を含む表を示している。グラフィックスで、高線量及び低線量の領域は、それぞれ暖色（赤）、寒色（青）で色付けされる。

- 色付けのインターバルは、線形または対数スケールで25分割にセットすることができる。上の表は、色付けと線量範囲の関係を示す。メッシュタリーの最大値が、デフォルトでの最大値として設定される。ユーザーは、“Default”の下欄に最大値を任意の値で与えることができる。色付けは、この欄に与えられた値に従い、自動的に変更される。

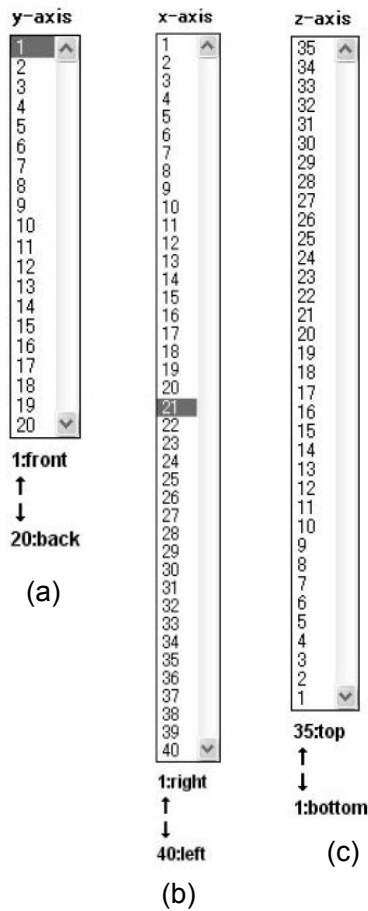


Fig.D-11 二次元の線量分布を表示するための位置を決定するスライド
(a): 深さ位置の決定, (b): 横方向位置の決定, (c): 高さ位置の決定)

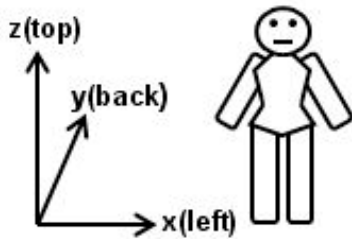


Fig.D-12 Fig.D-11 にあるスライドの動作を示す人体の絵

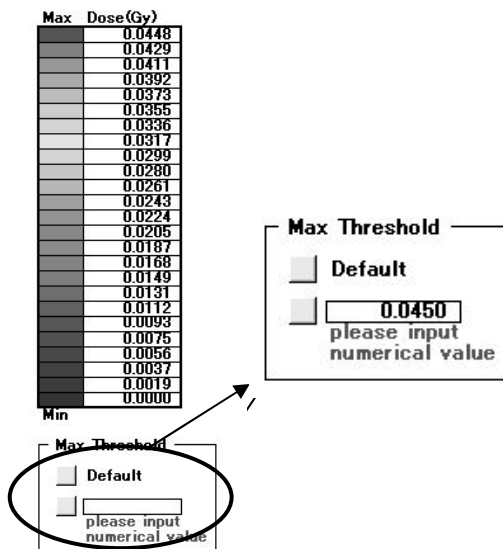
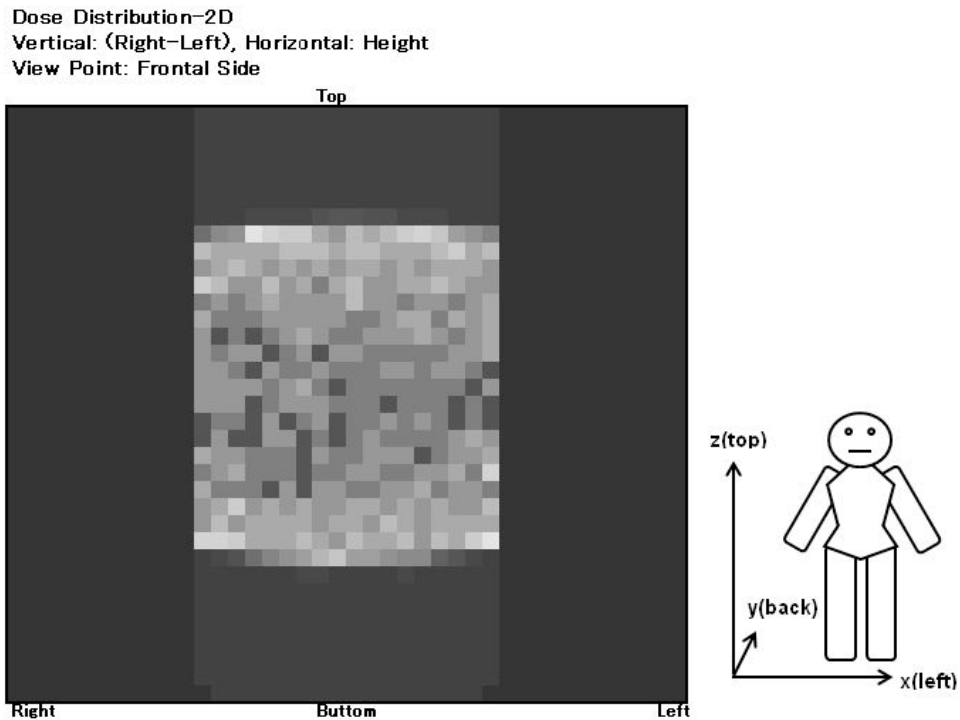
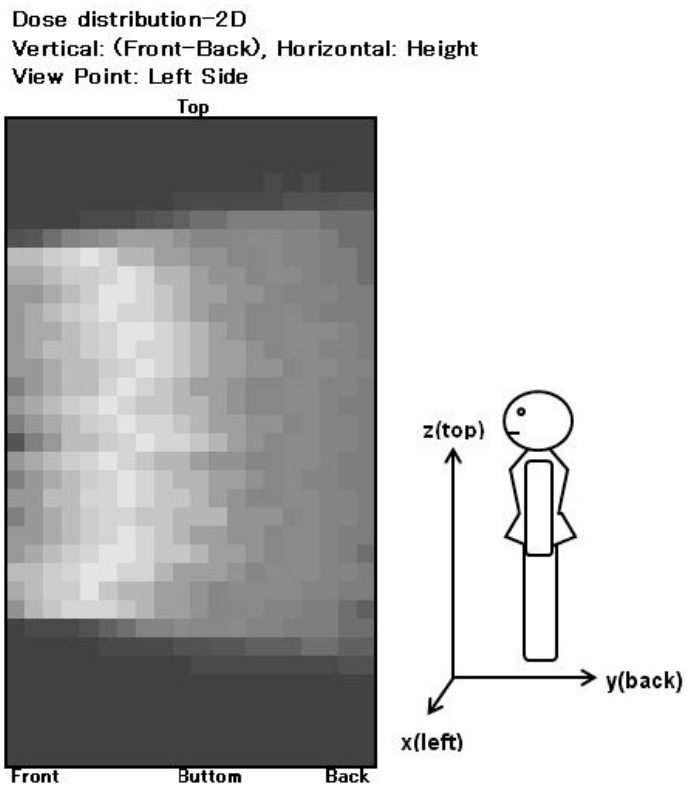


Fig.D-13 色付けと線量範囲の関係を示す表 (下の欄 (右に拡大図) は, グラフィックスの最大線量を決定するために使用)

二次元線量分布のグラフィックスは、Fig.D-14 のように描画される。ユーザーは、グラフィックスの横にある絵により胴体中の線量分布の表示法を確認することができる。Fig.D-14(a), Fig.D-14(b)及び Fig.D-14(c)の位置は、それぞれ Fig.D-11 (a), Fig.D-11(b)及び Fig.D-11(c)のスライドで確認される。



(a) 側方－高さ面の線量分布（前面からの視点）

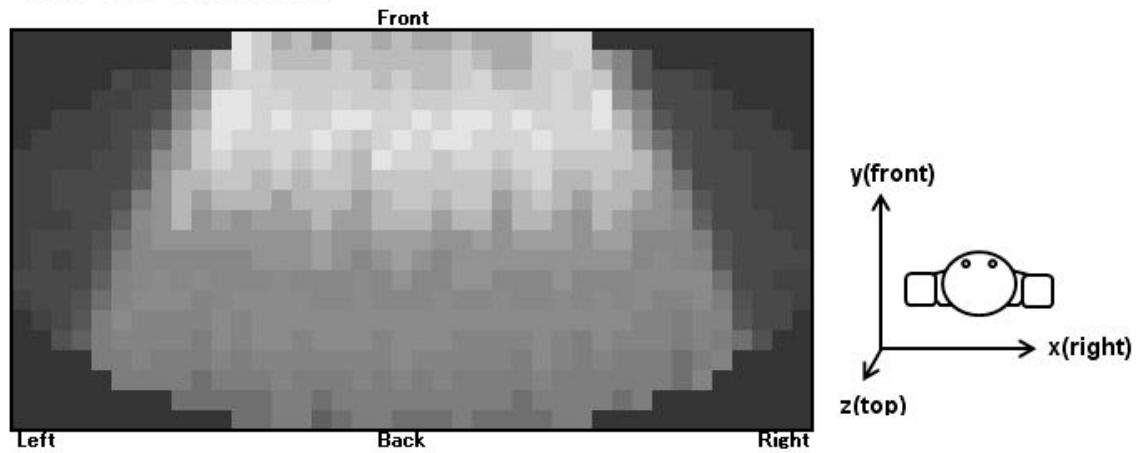


(b) 深さ－高さ方向の線量分布
（左側からの視点）

Dose distribution-2D

Vertical: (Right-Left), Horizontal: (Front-Back)

View Point: Top of Trunk



(c) 水平面の線量分布（上面からの視点）

Fig.D-14 胴体内の二次元線量分布を表示するグラフィックス

((a): 前面からの視点, (b): 左側からの視点及び(c) 上面からの視点)

‘Trunk tissue’ シートは、Fig.D-15 にある表を含む。‘msRlpm_Tally’の表は、胴体全体を覆う f-4 タリー（中性子）及び f-6 タリー（光子）で計算された 線量をまとめている。‘Averaged dose in Mesh-Tallies’の欄にある値は、全メッシュタリーで平均した線量である。

mstr0

Input	Width	Height	Surface
Source Size:	60.0	200.0	12000.0

	Trunk				Leg	
	Tally value	Density:	Volume (cm3)	Weight(g)	Volume (cm3)	Weight(g)
Soft-tissue	2.99416E+00	0.9869	35929.92	35459.24	125.13	123.49
Lung-tissue	2.76517E-01	0.2958	3318.20	981.52	0.00	0.00
Skeletal-tissue	1.88772E-01	1.4682	2265.26	3325.86	0.00	0.00
Total				39766.62	Total	123.49
				Total (mesh area)	39890.11	

msRlpm Tally

Source Intensity:	3.672E+14	Mev/g to J/kg	1.602E-10
-------------------	-----------	---------------	-----------

1) Photon

	Tally values	Volume(cm3)	Weight(g)	Gy
Trunk-soft	8.17505E-03	35929.92	35459.24	0.01
Trunk-lung	3.15834E-04	3318.20	981.52	0.02
Trunk-skeletal	6.37404E-04	2265.26	3325.86	0.01
		Trunk	39766.62	
		Trunk average	0.01	

Averaged Dose in Mesh-Tallies

msRlpm Photon	0.0135
---------------	--------

Fig.D-15 ‘Trunk tissue’中の異なるタリーにより得た胴体線量をまとめた表

D-6.2 皮膚の線量分布の最終結果表示

1) 全身の皮膚

ユーザーが、Fig.D-6 のインターフェイスで必要な情報を与えた場合、Table D-2 にある RADARAC_DOSE の入力に従って、‘YYYskn.xls’ もしくは ‘YYYpkn.xls’ と名づけられた Microsoft-Excel ファイルが生成される。‘YYYskn.xls’ 及び ‘YYYskp.xls’ のファイルは、それぞれ Table D-6 及び Table D-7 にあるシートを含む。拡張子 ‘inp’ を含むシートは、Table D-9 にある MicroAVS の入力ファイルと同じデータを含む。

Table D-6 全身の皮膚線量分布の最終結果を示す Microsoft-Excel ファイルに含まれるシート
(中性子)

シート名	各シートに含まれる情報
skn	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人体モデルの体格及び線源強度 (Fig.D-5 で与えられる情報) ・ 全ての四肢の方向 (Fig.D-5 で与えられる情報) ・ 全タリーでの皮膚線量を含む数値表 (中性子, 光子及び全線量) ・ 最大線量及びその場所 (頭+胴体, 各四肢)
skvol	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全てのタリーの体積, 質量
Total Graph	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全線量の水平方向の線量分布を示す 3 つのグラフ ・ 全線量の高さ方向の線量分布を示す 1 つのグラフ (胴体)
Neutron Graph	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中性子線量の水平方向の線量分布を示す 3 つのグラフ ・ 中性子線量の高さ方向の線量分布を示す 1 つのグラフ (胴体)
Photon Graph	<ul style="list-style-type: none"> ・ 光子線量の水平方向の線量分布を示す 3 つのグラフ ・ 光子線量の高さ方向の線量分布を示す 1 つのグラフ (胴体)
Total.inp	・ Table D-9 の ‘YYYsknTotal.inp’ と同一の情報を含むデータシート
Neutron.inp	・ Table D-9 の ‘YYYsknNeutron.inp’ と同一の情報を含むデータシート
Photon.inp	・ Table D-9 の ‘YYYsknPhoton.inp’ と同一の情報を含むデータシート

Table D-7 全身の皮膚線量分布の最終結果を示す Microsoft-Excel ファイルに含まれるシート
(光子)

シート名	各シートに含まれる情報
skp	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人体モデルの体格及び線源強度 (Fig.D-5 で与えられる情報) ・ 全ての四肢の方向 (Fig.D-5 で与えられる情報) ・ 全タリーでの皮膚線量を含む数値表 (中性子, 光子及び全線量) ・ 最大線量及びその場所 (頭+胴体, 各四肢)
skvol	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全てのタリーの体積, 質量
Photon Graph	<ul style="list-style-type: none"> ・ 光子線量の水平方向の線量分布を示す 3 つのグラフ ・ 光子線量の高さ方向の線量分布を示す 1 つのグラフ (胴体)
Photon.inp	・ Table D-9 の ‘YYYskpPhoton.inp’ と同一の情報を含むデータシート

Table D-6 及び Table D-7 にある ‘graph’ は、線量分布をグラフ上のプロットデータで示す。一方、‘graphics’ は、興味対象の各領域を色付けして線量分布を示す。

‘skn’ シートの概観図を Fig.D-16 に示す。(a) で囲まれた部分の拡大図も示す。Fig.D-6 のインターフェイスで与えられた情報、体格及び四肢の方向がここに表示される。Fig.D-16 の右側にある数表については、いかなる操作も有効とならない。

A			B		C		D						E			F			G			H			I		J		K		L	
1 Height (cm)			178.6		Std. mod.		Height (cm)		1-1) Neutron Dose in Head & Torso (vertical)																							
2 Weight			73.2		Whole Body		178.6		Cell			Tally value			Region			Angle-min.			Angle-max.			Angle(mid)			Height-low(cm)			Height		
3 (Std. mod. Height (cm))			158.6		Head (Fixed)		20		1			3.74943E-17			Head1			90			135			112.5			91.45					
4 (Std. mod. Weight (kg))			68.2				Weight(kg)		2			5.80166E-17			Head2			135			180			157.5			91.45					
5 Scaling factor (x)			68.3		Whole Body		73.2		3			2.11061E-16			Head3			90			180			202.5			91.45					
6 Scaling factor (x)			1		Head (Fixed)		4.9		4			4.99792E-16			Head4			225			270			247.5			91.45					
7 Shaping factor (x-y)			1						5			5.66715E-16			Head5			270			315			292.5			91.45					
8 Source Intensity			1E+16						6			2.08682E-16			Head6			315			360			337.5			91.45					
9 MeV/s to J/kg			1.602E-10						7			6.87734E-17			Head7			0			45			22.5			91.45					
10 Segment			Standard		Modified				8			2.10409E-17			Head8			45			90			67.5			91.45					
11 Hair-face			91.45		91.45				9			7.95223E-17			Face1_1			90			135			112.5			78.4					
12 Face-Neck			78.4		78.4				10			5.62003E-17			Face1_2			90			135			112.5			84.925					
13 Neck-Trunk			70		70				11			2.77967E-16			Face2_1			135			180			157.5			78.4					
14 Trunk-Leg			0		0				12			1.41582E-16			Face2_2			135			180			157.5			84.925					
15 Neck-Trunk			70		70				13			7.14392E-16			Face3_1			180			225			202.5			78.4					
16 Trunk-Leg			0		0				14			5.11153E-16			Face3_2			180			225			202.5			84.925					
17 Front-Back			0		0				15			1.83255E-15			Face4_1			225			270			247.5			78.4					
18 Front-Back			0		0				16			1.03189E-15			Face4_2			225			270			247.5			84.925					
19 Caution!! Head & Trunk Regions									17			1.705E-15			Face5_1			270			315			292.5			78.4					
20 Angle=0: To left side direction on the x-axs									18			9.22438E-16			Face5_2			270			315			292.5			84.925					
21 Angle90, 180, 270: (to back, right, front)									19			7.99599E-16			Face6_1			315			360			337.5			78.4					
22 Height=0: Bottom of Trunk center									20			5.70258E-16			Face6_2			315			360			337.5			84.925					
23 (Origin of MIRD-type phantom)									21			2.73655E-16			Face7_1			0			45			22.5			78.4					
24 Right Upper Arm									22			1.26083E-16			Face7_2			0			45			22.5			84.925					
25 Zenith Ang.(θ)			45						23			1.03932E-16			Face8_1			45			90			67.5			78.4					
26 Azimuth Ang.(φ)			240						24			2.36564E-17			Face8_2			45			90			67.5			84.925					
27 Right Lower Arm									25			5.75278E-17			Neck1			90			135			112.5			70					
28 Zenith Ang.(θ)			135						26			1.03166E-16			Neck2			135			180			157.5			70					
29 Azimuth Ang.(φ)			285						27			3.10322E-16			Neck3			180			225			202.5			70					
30 Left Upper Arm									28			4.97614E-16			Neck4			225			270			247.5			70					
31 Zenith Ang.(θ)			135						29			5.2968E-16			Neck5			270			315			292.5			70					
32 Azimuth Ang.(φ)			300						30			2.67811E-16			Neck6			315			360			337.5			70					
33 Left Lower Arm									31			9.99041E-17			Neck7			0			45			22.5			70					
34 Zenith Ang.(θ)			45						32			4.03149E-17			Neck8			45			90			67.5			70					
35 Azimuth Ang.(φ)			300						33			3.76458E-17			Trunk1_1			90			112.5			101.25			0					
36 Right Upper Leg									34			2.69714E-17			Trunk1_2			90			112.5			101.25			5					
37 Zenith Ang.(θ)			135						35			4.45932E-17			Trunk1_3			90			112.5			101.25			0					
38 Azimuth Ang.(φ)			255						36			4.1972E-17			Trunk1_4			90			112.5			101.25			15					
39 Left Lower Leg									37			4.65081E-17			Trunk1_5			90			112.5			101.25			25					
40 Zenith Ang.(θ)			165						38			4.72533E-17			Trunk1_6			90			112.5			101.25			20					
41 Azimuth Ang.(φ)			210						39			4.51647E-17			Trunk1_7			90			112.5			101.25			30					
42 Right Upper Arm									40			3.39462E-17			Trunk1_8			90			112.5			101.25			35					
43 Zenith Ang.(θ)			165						41			1.28495E-17			Trunk1_9			90			112.5			101.25			40					
44 Azimuth Ang.(φ)			210						42			2.10078E-17			Trunk1_10			90			112.5			101.25			45					
45 Right Lower Leg									43			1.65797E-17			Trunk1_11			90			112.5			101.25			50					
46 Zenith Ang.(θ)			165						44			2.03462E-17			Trunk1_12			90			112.5			101.25			55					
47 Azimuth Ang.(φ)			210						45			2.59839E-17			Trunk1_13			90			112.5			101.25			60					
48 Left Upper Leg									46			2.03562E-17			Trunk1_14			90			112.5			101.25			65					
49 Zenith Ang.(θ)			165						47			2.98812E-17			Trunk2_1			112.5			135			123.75			70					
50 Azimuth Ang.(φ)			30						48			3.87521E-17			Trunk2_2			112.5			135			123.75			75					
51 Right Lower Leg									49			5.86554E-17			Trunk2_3			112.5			135			123.75			80					

Height(cm)	178.6	Std_model	Height(cm)
Weight	73.2	Whole Body	178.6
(Std model Height (cm))	158.6	Head (Fixed)	20
(Std model Height (kg))	68.3	Weight(kg)	73.2
(Std Weight for Height (kg))	68.3	Whole Body	4.9
Scaling factor (z)	1	Head (Fixed)	
Shaping factor (x-y)	1		
Source Intensity	1E+16		
MeV/g to J/kg	1.602E-10		
Segment	Standard	Modified	
Hair-face	91.45	91.45	
Face-Neck	78.4	78.4	
Neck-Trunk	70	70	
Trunk-Leg	0	0	
Front-Back	0	0	
Caution!! Head & Trunk Regions			
Angle=0: To left side direction on the x-axis			
Angle90, 180, 270: (to back, right, front)			
Height=0: Bottom of trunk center			
(Origin of MIRD-type phantom)			
Right_Upper_Arm			
Zenith Angl.($^{\circ}$)	45		
Azimuth Angl.($^{\circ}$)	240		
Right_Lower_Arm			
Zenith Angl.($^{\circ}$)	135		
Azimuth Angl.($^{\circ}$)	285		
Left_Upper_Arm			
Zenith Angl.($^{\circ}$)	45		
Azimuth Angl.($^{\circ}$)	300		
Left_Lower_Arm			
Zenith Angl.($^{\circ}$)	135		
Azimuth Angl.($^{\circ}$)	255		
Right_Upper_Leg			
Zenith Angl.($^{\circ}$)	165		
Azimuth Angl.($^{\circ}$)	210		
Right_Lower_Leg			
Zenith Angl.($^{\circ}$)	165		
Azimuth Angl.($^{\circ}$)	210		
Left_Upper_Leg			
Zenith Angl.($^{\circ}$)	165		
Azimuth Angl.($^{\circ}$)	30		
Left_Lower_Leg			
Zenith Angl.($^{\circ}$)	165		
Azimuth Angl.($^{\circ}$)	30		

Fig.D-16 ‘skn’シートの概観図

本シートでは、線量分布は高さ及び水平方向にまとめられる。前者の表では、頭部、胴体及び四肢の周方向について同じ位置の線量が、1つのグループに取りまとめられる。ユーザーは、頭部、胴体及び四肢の高さ方向に沿った皮膚線量分布を確認できる。もう一方の表は、Fig.D-17にある形式で、線量分布をまとめる。同じ高さの線量が1つのグループに取りまとめられ、ユーザーは頭部、胴体及び四肢の各高さにおける線量分布を確認できる。‘skn’シートは、中性子、光子及び全線量（中性子+光子）を与える。そのため、このシートには6つの表がある。Table D-7の‘skp’シートは‘skn’シートと同じ形式である。ただし、‘skp’シートは光子線量にのみ関係するので、2つの数表のみが存在する。

1-2) Neutron Dose in Head & Torso (horizontal)							
Region	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Dose(Gy)
Head1	91.45			90	135	112.5	0.0327
Head2	91.45			135	180	157.5	0.0633
Head3	91.45			180	225	202.5	0.2303
Head4	91.45			225	270	247.5	0.4361
Head5	91.45			270	315	292.5	0.4917
Head6	91.45			315	360	337.5	0.2194
Head7	91.45			0	45	22.5	0.0723
Head8	91.45			45	90	67.5	0.0183
Face1_1	78.4	84.925	81.6625	90	135	112.5	0.0552
Face2_1	78.4	84.925	81.6625	135	180	157.5	0.2363
Face3_1	78.4	84.925	81.6625	180	225	202.5	0.6072
Face4_1	78.4	84.925	81.6625	225	270	247.5	1.2731
Face5_1	78.4	84.925	81.6625	270	315	292.5	1.2402
Face6_1	78.4	84.925	81.6625	315	360	337.5	0.725
Face7_1	78.4	84.925	81.6625	0	45	22.5	0.2481
Face8_1	78.4	84.925	81.6625	45	90	67.5	0.0755
Face1_2	84.925	91.45	88.1875	90	135	112.5	0.0575
Face2_2	84.925	91.45	88.1875	135	180	157.5	0.1674
Face3_2	84.925	91.45	88.1875	180	225	202.5	0.605
Face4_2	84.925	91.45	88.1875	225	270	247.5	1.0565
Face5_2	84.925	91.45	88.1875	270	315	292.5	0.9379
Face6_2	84.925	91.45	88.1875	315	360	337.5	0.6713
Face7_2	84.925	91.45	88.1875	0	45	22.5	0.1472
Face8_2	84.925	91.45	88.1875	45	90	67.5	0.0241
Neck1	70	78.4	74.2	90	135	112.5	0.0793
Neck2	70	78.4	74.2	135	180	157.5	0.1406
Neck3	70	78.4	74.2	180	225	202.5	0.4229
Neck4	70	78.4	74.2	225	270	247.5	0.686
Neck5	70	78.4	74.2	270	315	292.5	0.7289
Neck6	70	78.4	74.2	315	360	337.5	0.3699
Neck7	70	78.4	74.2	0	45	22.5	0.138
Neck8	70	78.4	74.2	45	90	67.5	0.0555
Trunk1_1	0	5	2.5	90	112.5	101.25	0.0988
Trunk2_1	0	5	2.5	112.5	135	123.75	0.0649
Trunk3_1	0	5	2.5	135	157.5	146.25	0.1115
Trunk4_1	0	5	2.5	157.5	180	168.75	0.4177
Trunk5_1	0	5	2.5	180	202.5	191.25	1.5643
Trunk6_1	0	5	2.5	202.5	225	213.75	2.3921
Trunk7_1	0	5	2.5	225	247.5	236.25	2.9548
Trunk8_1	0	5	2.5	247.5	270	258.75	2.9908

Fig.D-17 全身の皮膚線量分布を表示する数表（水平方向）

Fig.D-17の数表は、胴体、腕及び脚の各部で分割されている。Fig.D-18の表は、各部分の最大線量及びその位置を示す。四肢の上下部における最大線量を与えられる。ゼロの位置は、人体モデルの座標系のそれと一致する。すなわち、この表でのゼロは、胴体の底面（脚の最上部）及び腕の先端（腕）となる。胴体の周及び高さ方向の皮膚線量の分布が Fig.D-19 のグラフでも描画できる。

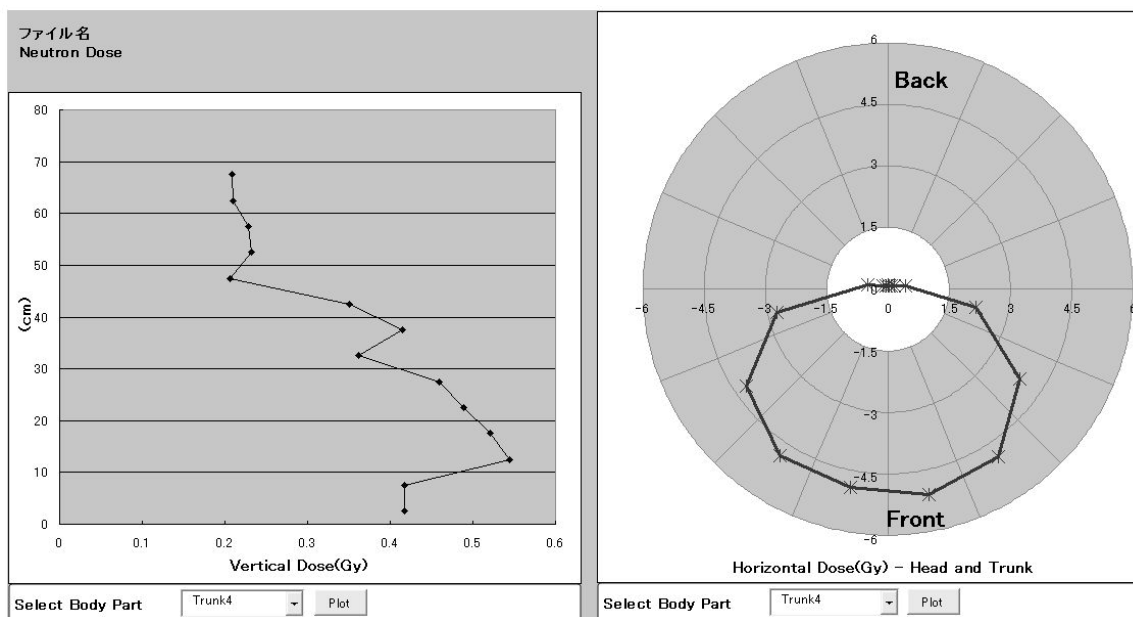
Maximum Neutron Dose position in trunk skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
Trunk9_4	270	292.5	281.25	15	20	17.5	5.0283

(a) 胴体皮膚の最大値の表

Maximum Neutron Dose position in upper right leg skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
RUpLeg1_5	0	45	22.5	-9.2	-1.5	-5.35	1.8693
Maximum Neutron Dose position in lower right leg skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
RLowLeg1_5	0	45	22.5	-48.04	-40	-44.02	0.595
Maximum Neutron Dose position in upper left leg skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
LUpLeg4_1	135	180	157.5	-1.5	-9.2	-5.35	1.5948
Maximum Neutron Dose position in lower left leg skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
LLowLeg5_2	180	225	202.5	-48.04	-56.08	-52.06	0.5427

(b) 腕皮膚の最大値の表

Fig.D-18 人体の各部の皮膚における最大値の表



(a) 胴体高さ方向の垂直分布

(b) 胴体周方向の水平分布

Fig.D-19 胴体の皮膚線量の分布を表示するグラフ

- ・ ユーザーは、グラフの表示対象とする場所を設定しなくてはならない。(a)のグラフでは、グラフの下欄で、認識番号により胴体位置が設定されなくてはならない。Fig.D-20 は、ID 番号及び胴体の位置の関係を示している。(b)のグラフでは、グラフの下欄で Table D-9 にある ID 番号で、胴体の高さが設定されなくてはならない。
- ・ 腕及び脚の皮膚の線量分布についても同様の操作により描画される。ユーザーは Table D-8 に従って、高さを設定しなくてはならない。

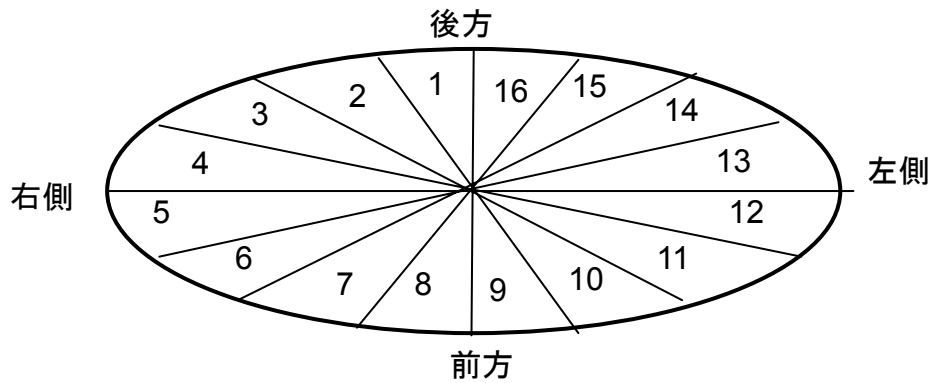


Fig.D-20 Fig.D-18 (a)のグラフにおける ID 番号と胴体位置の関係（上からの視点）

Table D-8 Fig.D-20 (a)のグラフにおける ID 番号と胴体位置の関係

人体の部位	ID 番号	各部位の場所
胴体	1 => 14 (胴体)	下部 => 上部
腕上部	1 => 4	肘 => 肩
腕下部	1 => 6	先端 => 肘
脚上部	1 => 5	膝 => 胴体 (底面)
脚下部	1 => 5	先端 => 膝

また、RADARAC_DOSE は Table D-9 にあるとおり、自動的に MicroAVS の入力ファイルを作成する。Table D-9 にあるファイルが、MicroAVS を使用して三次元で皮膚の線量分布を表示する際に必要となる。上の3つのファイルが‘YYYskn.xls’と同時に作成される一方で、最後の1つのファイル‘YYYskpPhoton.inp’のみが‘YYYskp.xls’ファイルと同時に作成される。Fig.D-21 は、全身の皮膚線量分布を可視的に表示する三次元グラフィックの例を示す。

Table D-9 MicroAVS で三次元の線量分布を表示するために自動的に作成されるファイル

ファイル名	各ファイルに含まれる情報
YYYsknTotal.inp	中性子被ばくによる全線量の分布
YYYsknNeutron.inp	中性子被ばくによる中性子線量の分布
YYYsknPhoton.inp	中性子被ばくによる光子線量の分布
YYYskpPhoton.inp	光子被ばくによる光子線量の分布



Fig.D-21 全身における皮膚線量の分布を表示する三次元グラフィックの例

2) 胴体皮膚の一部

ユーザーが‘Skin dose’及び‘Input(2)’を選択して、必要な情報を Fig.D-7 のインターフェイスで与えた場合、Microsoft-Excel ファイルが生成される。ファイルは、Table D-10 にまとめたように、Table D-2 にある入力ファイル（線量計算）と同じ名前が与えられる。各ファイルは、3つのシートを含む（2つのシートが有効）。Table D-11 で上の2つのシート名は、Excel ファイルの名前を参照する。例えば、‘YYYhkn.xls’は‘hkn’及び‘hkvolt’のシートを含む。その中で、上の列に含まれるシート（例、hkn）は線量のデータ及び対象とした領域の線量分布を単純に表示するグラフィックスを含む。

Table D-10 胴体の一部の皮膚の線量分布を表示する Microsoft-Excel ファイル

入力ファイル名（線量計算）*	Microsoft-Excel ファイル（RADARAC DOSE の出力）
YYYhkn.mct =>	YYYhkn.xls
YYYhkp.mct =>	YYYhkp.xls
YYYqkn.mct =>	YYYqkn.xls
YYYqkp.mct =>	YYYqkp.xls

Table D-11 胴体一部の皮膚線量分布を示す Microsoft-Excel ファイルに含まれるシート

シート名	各シートに含まれる情報
hkn, hkp, qkn, qkp*	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人体モデルの体格及び線源強度（Fig.D-7 で与えられる情報） ・ 評価対象の領域（Fig.D-7 で与えられる情報） ・ 全タリーでの皮膚線量を含む数値表
hkvolt or qkvolt*	・ 全タリー領域の体積及び質量
Graph	（有効でない）

*: Table D-10 のファイル名に従い、1つのシートが含まれる。

‘hkp’シートの概観を Fig.D-22 に示す。シートの形式は、‘hkn’、‘qkn’及び‘qkp’シートと概ね同じである。ただし、含まれる数表の数は、中性子線量（及び全線量）に関する情報が‘hkn’（または‘qkn’）にのみ含まれるため、‘hkn’（または‘qkn’）と‘hkp’（または‘qkp’）との間で異なる。Fig.D-22 の形式は、Fig.D-16 とほぼ同じである。(a)で囲まれた部分に Fig.D-6 のインターフェイスで与えられた情報が表示される。右側にある数表については、いかなる操作も有効とならない。

本シートでは、線量分布は高さ及び水平方向にまとめられる。前者の表では、胴体の周方向について同じ位置の線量が、Fig.D-23(a)に示したように1つのグループに取りまとめられる。ユーザーは、胴体の高さ方向に沿った皮膚線量分布を確認できる。もう一方の表は、同じ高さの線量が1つのグループに取りまとめられるので、ユーザーは胴体の各高さにおける線量分布を確認できる。‘hkp(qkp)’シートは2つの数表を含む。‘hkn’及‘qkn’シートは、中性子、光子及び全線量を与えるため、6つの表が存在する。最大線量及びその位置は、Fig.D-23(b)に示すように高さ方向の分布を与える表の下でまとめられる。

Height(cm)	173.9	Std_model	Height(cm)
Weight(kg)	72.1	Whole Body	178.6
(Std model Height below neck(cm))	158.6	Head (Fixed)	20
(Std model Height (kg) below neck trunk)	68.3		Weight(kg)
(Std Weight for Height (kg))	62.406	Whole Body	73.2
Scaling factor (z)	0.97	Head (Fixed)	4.9
Shaping factor (x-y)	1.038		
Source Intensity	7.358E+13		
MeV/g to J/kg	1.602E-10		
Segment	Standard	Modified	
Hair-face	91.45	89.098	
Face-Neck	78.4	76.048	
Neck-Trunk	70	67.9	
Trunk-Leg	0	0	
Front-Back	0	0	
Caution!! Head & Trunk Regions			
Angle=0: To left side direction on the x-axis			
Angle 90, 180, 270: (to back, right, front)			
Height=0: Bottom of trunk center			
(Origin of MIRD-type phantom)			
Trunk Skin Segmentation Definition			
Center-Height (cm)	17	Cell: B26	
Region	Quarter	Default:D	
Azimuth Ang. Min.(°)	270	HalfH	
Azimuth Ang. Max.(°)	315	Quarter:Q	
Vertical segment	1.2125		

1-1) Photon dose (vertical)				
Cell	Tally value	Region	Angle-min.	Angle-max.
341	1.51467E-07	Trunk1_1	270	275.625
	1.51102E-07	Trunk1_2	270	275.625
	1.69798E-07	Trunk1_3	270	275.625
	1.64006E-07	Trunk1_4	270	275.625
	1.56749E-07	Trunk1_5	270	275.625
	1.57503E-07	Trunk1_6	270	275.625
	1.56988E-07	Trunk1_7	270	275.625
	1.64163E-07	Trunk1_8	270	275.625
	1.43321E-07	Trunk1_9	270	275.625
	1.52296E-07	Trunk1_10	270	275.625
	1.47395E-07	Trunk1_11	270	275.625
	1.4967E-07	Trunk1_12	270	275.625
342	1.63768E-07	Trunk2_1	275.625	281.25
	1.48682E-07	Trunk2_2	275.625	281.25
	1.63819E-07	Trunk2_3	275.625	281.25
	1.60728E-07	Trunk2_4	275.625	281.25
	1.80874E-07	Trunk2_5	275.625	281.25
	1.67954E-07	Trunk2_6	275.625	281.25
	1.38166E-07	Trunk2_7	275.625	281.25
	1.59995E-07	Trunk2_8	275.625	281.25
	1.62501E-07	Trunk2_9	275.625	281.25
	1.63115E-07	Trunk2_10	275.625	281.25
	1.62422E-07	Trunk2_11	275.625	281.25
	1.65345E-07	Trunk2_12	275.625	281.25
343	1.6239E-07	Trunk3_1	281.25	286.875
	1.65708E-07	Trunk3_2	281.25	286.875
	1.55948E-07	Trunk3_3	281.25	286.875
	1.5051E-07	Trunk3_4	281.25	286.875
	1.7823E-07	Trunk3_5	281.25	286.875
	1.68947E-07	Trunk3_6	281.25	286.875
	1.41052E-07	Trunk3_7	281.25	286.875
	1.66615E-07	Trunk3_8	281.25	286.875
	1.6252E-07	Trunk3_9	281.25	286.875
	1.62026E-07	Trunk3_10	281.25	286.875
	1.66825E-07	Trunk3_11	281.25	286.875
	1.5509E-07	Trunk3_12	281.25	286.875
344	1.6776E-07	Trunk4_1	286.875	286.875

Fig.D-22 ‘hkp’シートの概観図

1-1) Photon dose (vertical)									
Cell	Tally value	Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
341	1.51467E-07	Trunk1_1	270	275.625	272.8125	9.7	10.9125	10.30625	0.0075
	1.51102E-07	Trunk1_2	270	275.625	272.8125	10.9125	12.125	11.51875	0.0075
	1.69798E-07	Trunk1_3	270	275.625	272.8125	12.125	13.3375	12.73125	0.0084
	1.64006E-07	Trunk1_4	270	275.625	272.8125	13.3375	14.55	13.94375	0.0082
	1.56749E-07	Trunk1_5	270	275.625	272.8125	14.55	15.7625	15.15625	0.0079
	1.57503E-07	Trunk1_6	270	275.625	272.8125	15.7625	16.975	16.36875	0.0079
	1.56988E-07	Trunk1_7	270	275.625	272.8125	16.975	18.1875	17.58125	0.0078
	1.64163E-07	Trunk1_8	270	275.625	272.8125	18.1875	19.4	18.79375	0.0083
	1.43321E-07	Trunk1_9	270	275.625	272.8125	19.4	20.6125	20.00625	0.0072
	1.52296E-07	Trunk1_10	270	275.625	272.8125	20.6125	21.825	21.21875	0.0076
	1.47395E-07	Trunk1_11	270	275.625	272.8125	21.825	23.0375	22.43125	0.0073
	1.4967E-07	Trunk1_12	270	275.625	272.8125	23.0375	24.25	23.64375	0.0075
342	1.63768E-07	Trunk2_1	275.625	281.25	278.4375	9.7	10.9125	10.30625	0.008
	1.48682E-07	Trunk2_2	275.625	281.25	278.4375	10.9125	12.125	11.51875	0.0073
	1.63819E-07	Trunk2_3	275.625	281.25	278.4375	12.125	13.3375	12.73125	0.0081
	1.60728E-07	Trunk2_4	275.625	281.25	278.4375	13.3375	14.55	13.94375	0.0079
	1.80874E-07	Trunk2_5	275.625	281.25	278.4375	14.55	15.7625	15.15625	0.009
	1.67954E-07	Trunk2_6	275.625	281.25	278.4375	15.7625	16.975	16.36875	0.0082
	1.38166E-07	Trunk2_7	275.625	281.25	278.4375	16.975	18.1875	17.58125	0.0067
	1.59995E-07	Trunk2_8	275.625	281.25	278.4375	18.1875	19.4	18.79375	0.0079
	1.62501E-07	Trunk2_9	275.625	281.25	278.4375	19.4	20.6125	20.00625	0.008
	1.63115E-07	Trunk2_10	275.625	281.25	278.4375	20.6125	21.825	21.21875	0.008
	1.62422E-07	Trunk2_11	275.625	281.25	278.4375	21.825	23.0375	22.43125	0.0081
	1.65345E-07	Trunk2_12	275.625	281.25	278.4375	23.0375	24.25	23.64375	0.0082
343	1.6239E-07	Trunk3_1	281.25	286.875	284.0625	9.7	10.9125	10.30625	0.0078
	1.65708E-07	Trunk3_2	281.25	286.875	284.0625	10.9125	12.125	11.51875	0.0079
	1.55948E-07	Trunk3_3	281.25	286.875	284.0625	12.125	13.3375	12.73125	0.0074
	1.5051E-07	Trunk3_4	281.25	286.875	284.0625	13.3375	14.55	13.94375	0.0072
	1.7823E-07	Trunk3_5	281.25	286.875	284.0625	14.55	15.7625	15.15625	0.0086
	1.68947E-07	Trunk3_6	281.25	286.875	284.0625	15.7625	16.975	16.36875	0.0082
	1.41052E-07	Trunk3_7	281.25	286.875	284.0625	16.975	18.1875	17.58125	0.0068
	1.66615E-07	Trunk3_8	281.25	286.875	284.0625	18.1875	19.4	18.79375	0.008
	1.6252E-07	Trunk3_9	281.25	286.875	284.0625	19.4	20.6125	20.00625	0.0078
	1.62026E-07	Trunk3_10	281.25	286.875	284.0625	20.6125	21.825	21.21875	0.0076
	1.66825E-07	Trunk3_11	281.25	286.875	284.0625	21.825	23.0375	22.43125	0.0081
	1.5509E-07	Trunk3_12	281.25	286.875	284.0625	23.0375	24.25	23.64375	0.0075
344	1.6776E-07	Trunk4_1	286.875	292.5	289.6875	9.7	10.9125	10.30625	0.0079

(a) 垂直方向の皮膚線量分布の表

Maximum Photon Dose position in trunk skin							
Region	Angle-min.	Angle-max.	Angle(mid)	Height-low(cm)	Height-up(cm)	Height-mid(cm)	Dose(Gy)
Trunk2_5	275.625	281.25	278.4375	14.55	15.7625	15.15625	0.009

(b) 評価対象とした胴体皮膚の領域における最大線量の表

Fig.D-23 胴体一部の皮膚線量分布を示す数表

Fig.D-24 のグラフィックスが、数表の右側に示される。胴体内の対象位置が、高さ及び方向で認識される。高さ方向のゼロは胴体底面の位置である。ユーザーは、Fig.D-24 の(a)で囲まれた図にある角度より、胴体の周方向の位置を確認することができる。この図から確認されるように、0、90、180 及び 270 度は、それぞれ胴体の左側、後方、右側及び前方で定義される。Appendix-E は、角度と胴体周方向の位置の関係を記述する。グラフィックスでは、高線量及び低線量の領域は、それぞれ暖色（赤）、寒色（青）で色付けされる。ただし、最大値として、任意の値を与えることはできない。

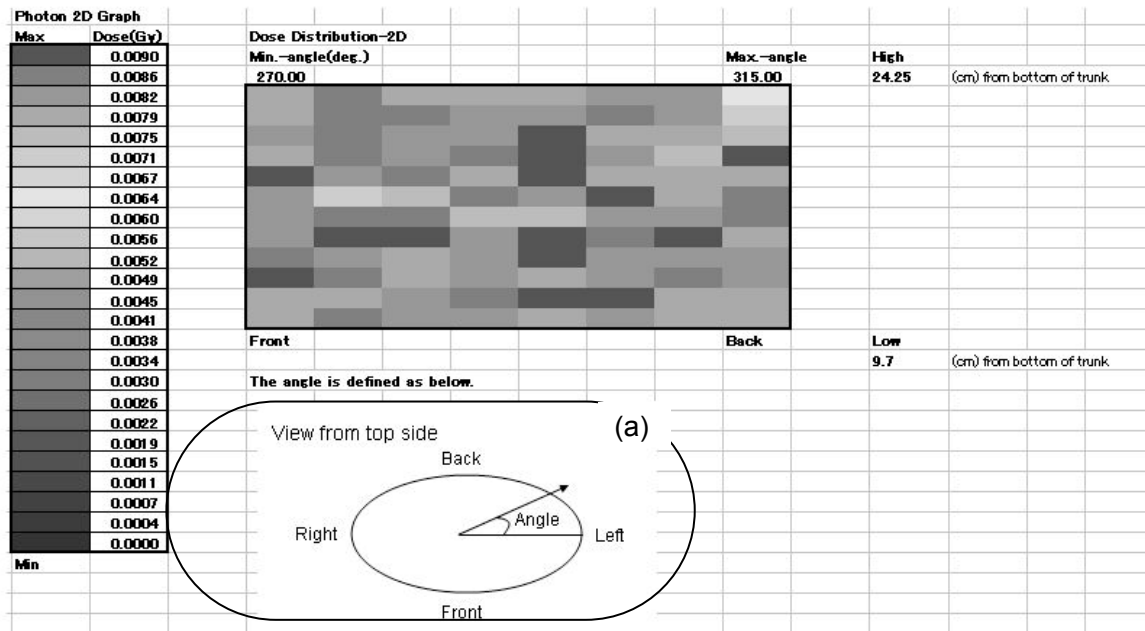


Fig.D-24 評価対象とした胴体皮膚の領域における線量分布を表示するグラフィックス

D-6.3 全身の線量の最終結果表示

ユーザーが Fig.D-8 のインターフェイスに必要な情報を与えた場合、Table D-3 の RADARAC_DOSE の入力に従って、‘YYYWn.xls’ または ‘YYYWp.xls’ と名前の付けられた Microsoft-Excel ファイルが生成される。‘YYYWn.xls’ 及び ‘YYYWp.xls’ ファイルは、1つのシートのみ含む。シート名は、‘Wn’ 及び ‘Wp’ である。これらのシートでは、いかなる操作も有効ではない。‘Wn’ 及び ‘Wp’ の相違点は、表示される物理量である。これは、‘Wp’ は中性子線量、放射化元素の量といった中性子被ばくに関連する量を含まない理由による。

Fig.D-25 は、‘Wn’シートの上部の概観図を示している。左側の最上部の表 ((a)の囲い部分) は、Fig.D-8 のインターフェイスで与えられた線源強度を示す。各部位の中性子線量 (例、頭、胴体) は、その下の表に示される ((b)の囲い部分)。中性子被ばくについては、本シートは、人体各部で初期に生成されたナトリウム 24 の比放射能を含む ((c)の囲い部分)。

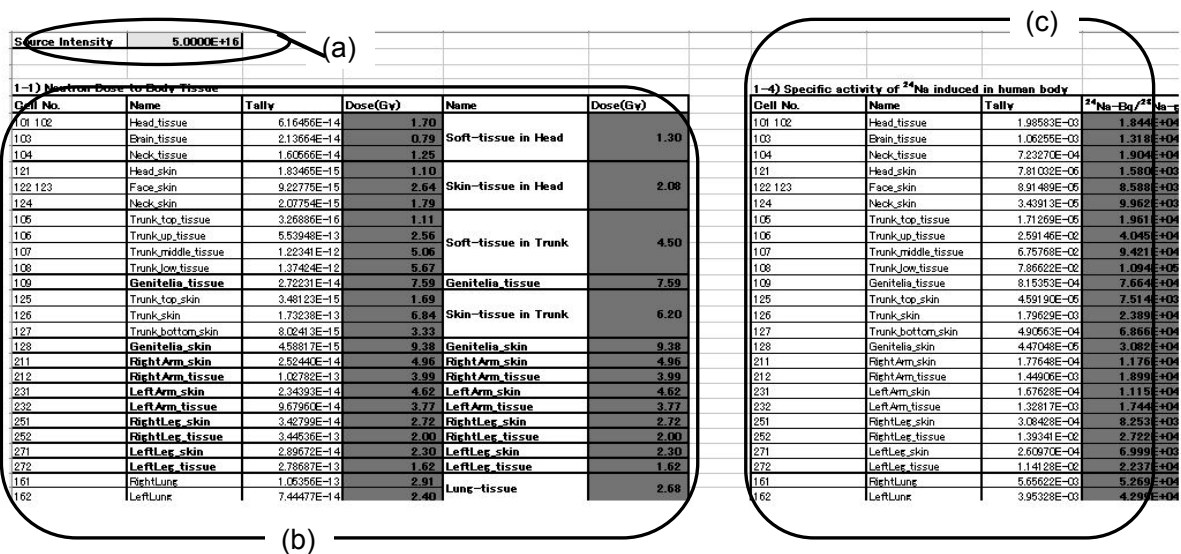


Fig.D-25 'Wn'シートの概観図

全身で平均された物理量は、Fig.D-26.の表で示される。この表は、Fig.D-25 の表の下に表示される。全身の線量分布は、表の横の図で確認される。グラフィックスでは、高線量及び低線量の領域は、それぞれ暖色（赤）、寒色（青）で色付けされる。ただし、最大値として、任意の値を与えることはできない。

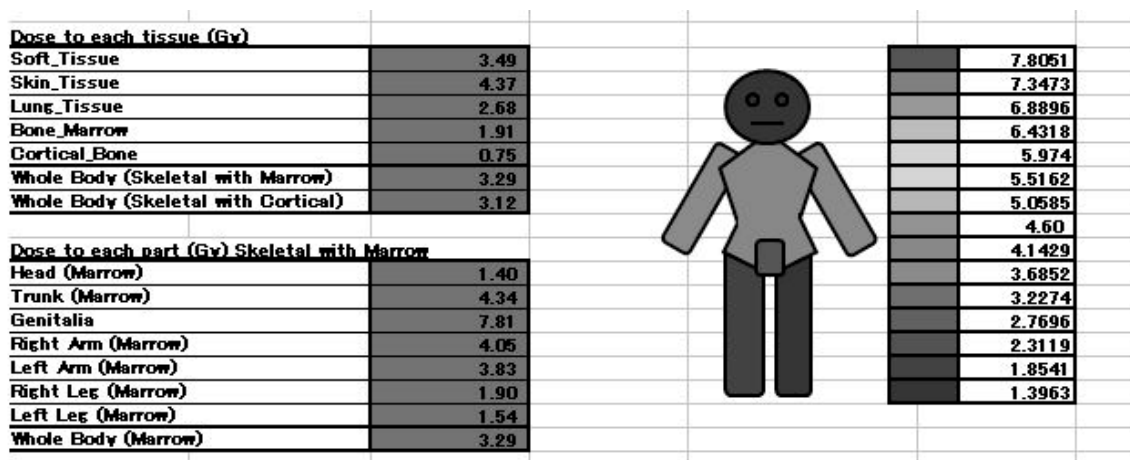


Fig.D-26 全身の線量分布の表及びグラフィックス

物理量に加えて、Fig.D-27 のように、シートの右側に体積及び質量が表として提示される。人体モデルの全重量は、Fig.D-28 の表で提示される。この表のみが、人体モデルの全重量を表示できる。

O) Volume and Weight for each region							
Cell No.	Name	Tally	Volume (cm3)	Weight(g)	Name	Volume (cm3)	Weight(g)
101 102	Head_tissue	7.56477E-02	1815.54	1791.76	Soft-tissue in Head	3814.91	3764.94
103	Brain_tissue	5.66239E-02	1358.97	1341.17			
104	Neck_tissue	2.66830E-02	640.39	632.00			
121	Head_skin	3.47180E-03	83.32	82.23	Skin-tissue in Head	316.50	312.35
122 123	Face_skin	7.29082E-03	174.98	172.69			
124	Neck_skin	2.42471E-03	58.19	57.43			
106	Trunk_top_tissue	6.13350E-04	14.72	14.53	Soft-tissue in Trunk	35023.40	34564.59
106	Trunk_up_tissue	4.49936E-01	10798.46	10657.00			
107	Trunk_mid_tissue	5.03816E-01	12091.58	11933.18			
108	Trunk_low_tissue	5.04943E-01	12118.63	11959.88			
109	Genitalia_tissue	7.47227E-03	179.33	176.99	Genitalia_tissue	179.33	176.99
125	Trunk_top_skin	4.29205E-03	103.01	101.66	Skin-tissue in Trunk	1490.72	1471.19
126	Trunk_skin	5.28028E-02	1267.27	1250.67			
127	Trunk_bottom_skin	5.01843E-03	120.44	118.86			
128	Genitalia_skin	1.01869E-02	24.45	24.13	Genitalia_skin	24.45	24.13
211	RightArm_skin	1.06100E-02	254.64	251.30	RightArm_skin	254.64	251.30
212	RightArm_tissue	5.36025E-02	1286.46	1269.61	RightArm_tissue	1286.46	1269.61
231	LeftArm_skin	1.05626E-02	253.50	250.18	LeftArm_skin	253.50	250.18
232	LeftArm_tissue	5.34951E-02	1283.88	1267.06	LeftArm_tissue	1283.88	1267.06
251	RightLeg_skin	2.62482E-02	629.96	621.70	RightLeg_skin	629.96	621.70
252	RightLeg_tissue	3.59560E-01	8629.44	8516.39	RightLeg_tissue	8629.44	8516.39
271	LeftLeg_skin	2.61866E-02	628.48	620.25	LeftLeg_skin	628.48	620.25
272	LeftLeg_tissue	3.58368E-01	8600.83	8488.16	LeftLeg_tissue	8600.83	8488.16
161	RightLung	7.53960E-02	1809.50	535.25	Lung-tissue	3359.66	993.79
162	LeftLung	6.45897E-02	1550.15	458.54			
131	Skull	2.57432E-02	617.84	907.11	Skeletal in Head	1114.55	1636.38
132	Facial Bone	1.09623E-02	263.10	386.28			
133	Spine_Head	4.16667E-03	100.00	146.82			
134	Spine_Neck	5.56737E-03	133.62	196.18			
135	Spine_Trunkup	1.72341E-02	413.62	607.27			
136	Spine_Trunkmid	1.40153E-02	336.37	493.85			
137	RightClavicle	1.13729E-03	27.30	40.07			
138	LeftClavicle	1.14203E-03	27.41	40.24			
139	RightScapulae	4.18993E-03	100.56	147.64			
140	LeftScapulae	4.20755E-03	100.98	148.26			
141	1st_Rib	2.44448E-03	58.67	86.14			

Fig.D-27 ‘Wn’シートの概観図(2), 人体各部位の体積及び重量

	Volume (cm ³)	Weight(g)	Weight(kg)
Soft Tissue	58818.26	58047.74	58.048
Skin Tissue	3598.24	3551.10	3.551
Lung Tissue	3359.66	993.79	0.994
Skeletal Tissue	7182.27	10545.01	10.545
Total Weight (kg)	72958.43	73137.64	73.1

Fig.D-28 人体モデルの全質量を示す表

Appendix E Guidance for making input files with RADARAC_INPUT

RADARAC_INPUT enables us to make input files for the MCNPX or the MCNP code by a dialog method using interfaces. The definition of geometry, however, should be explained in more detail. Appendix-E gives guidance concerning geometry for making input files.

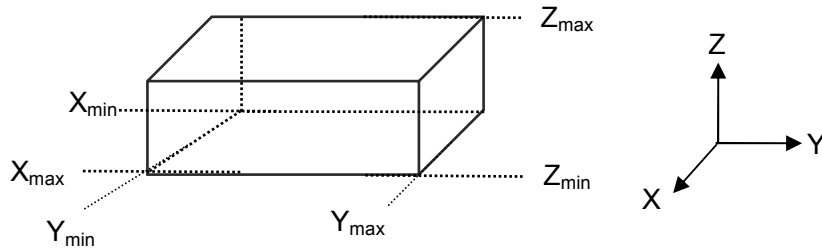
E-1 Geometry for making source model

E-1.1 Parameters for each shape

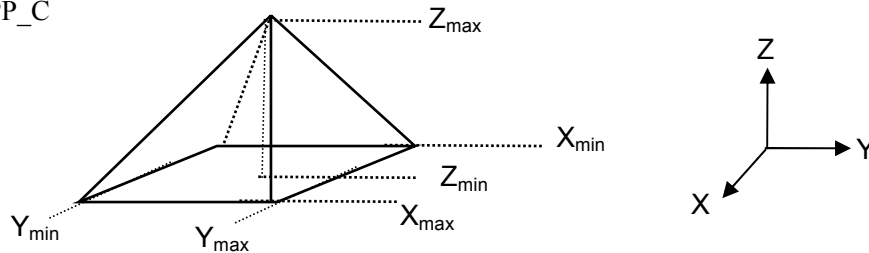
RADARAC_INPUT adapts the ‘macrobody’ (or Combinatorial-Geometry, CG)) format to describe geometry of a source model. The shape of body can be described by referring to Fig.E-1.

1) RPP (Rectangular parallelepiped) and RPP_C (Square Pyramid)

1-1) RPP

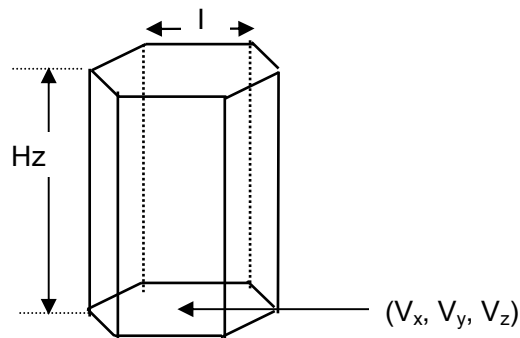


1-2) RPP_C



A user should give minimum and maximum values for the x, y and z axes. The shape can be selected at “Type of shape for each part” in ‘Step2’ of a program for making a source model.

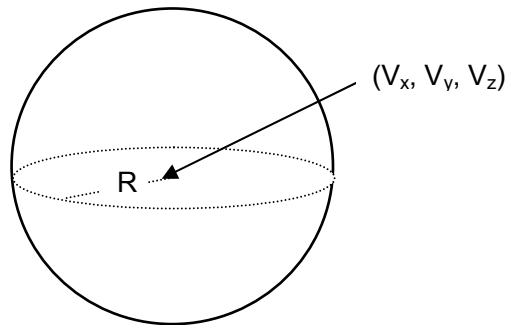
2) LAT: Hexagonal pillar (used in Lattice 2)



A user should give the center position of bottom surface (V_x, V_y, V_z), the length of one side (I) and the height (H_z).

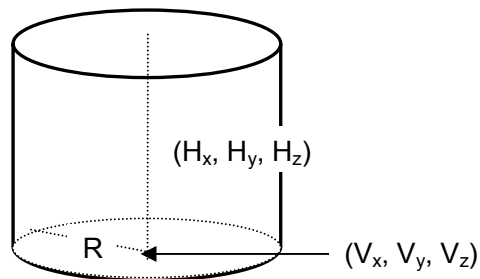
Fig.E-1 Parameters for each shape (1/3)

3) SPH (Sphere)



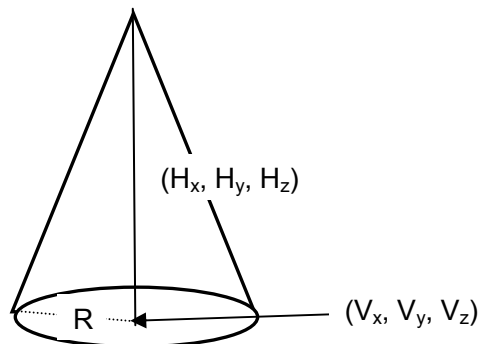
A user should give the center position (V_x, V_y, V_z) and the radius (R).

4) RCC (Right Circular Cylinder)



A user should give the center position of bottom surface (V_x, V_y, V_z) , the radius (R) and the center axis (H_x, H_y, H_z) .

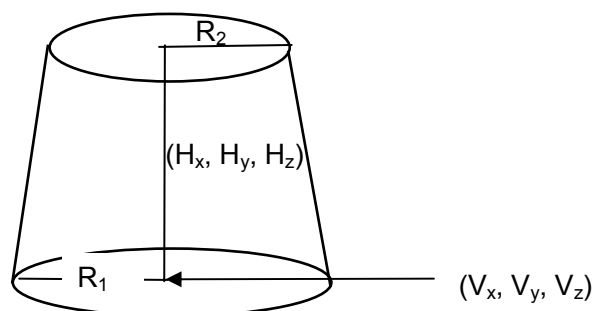
5) CNE: Cone (Right Circular)



A user should give the center position of bottom surface (V_x, V_y, V_z) , the radius (R) and the center axis (H_x, H_y, H_z) .

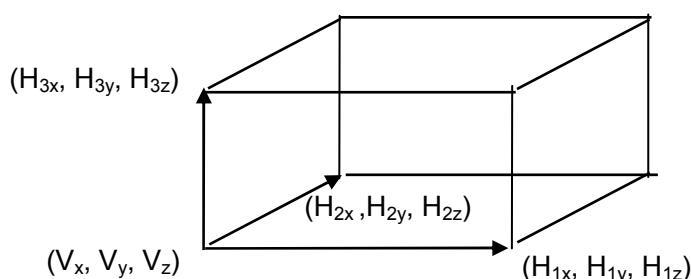
Fig.E-1 Parameters for each shape (2/3)

6) TRC (Truncated Right-angle Cone)



A user should give the center position of bottom surface (V_x, V_y, V_z), the radius (R_1) in the bottom surface, the radius (R_2) in the upper surface and the center axis (H_x, H_y, H_z).

7) BOX (Box)



A user should give the starting position (V_x, V_y, V_z) and three sides; (H_{1x}, H_{1y}, H_{1z}), (H_{2x}, H_{2y}, H_{2z}) and (H_{3x}, H_{3y}, H_{3z}). The three sides cross at right angles at the position of (V_x, V_y, V_z).

Fig.E-1 Parameters for each shape (3/3)

E-1.2 Surface cards for each shape

RADARAC_INPUT automatically converts all of the geometry components into surface cards in the MCNPX or the MCNP code for a radiation transport calculation of a dose assessment. Here, the shapes of geometry can be categorized into three groups; i) RPP, RPP_C, LAT and BOX, ii) RCC, CNE and TRC and iii) SPH. The shapes in the first group need plural planes to close within one region. The shapes in the second group can be described with a surrounding curved surface and two planes defining the upper and the lower limits. The sphere surface can close one region.

Table E-1 summarizes the number of surface cards, which are used to define each shape. In RADARAC_INPUT, if the figure of ten is same in the number of surface cards (e.g, 6011, 6012, 6013...), these surface cards are used to the same geometry component.

Table E-1 Number of surface cards in each shape

Shape	Number of surface cards	Items
RPP	6	6 Surroundings
RPP_C	6	4 Surroundings, upper and bottom
LAT	8	6 Surroundings, upper and bottom
SPH	1	1 (closed surface)
RCC	3	Surrounding (curved), upper and bottom
CNE	3	Surrounding (curved), upper and bottom
TRC	3	Surrounding (curved), upper and bottom
BOX	6	6 Surroundings

E-1.3 Examples of constructing source configurations

1) A source with a large volume (Fissile material)

The first example is the large volume configuration, which is depicted in Fig.6 in the text. It is hypothesized here that large amount of fissile material is poured into the upper part of the cylindrical stainless-steel container (r: 26cm x h: 115cm). The lower part of the container has cylindrical vacant. There is a rectangular parallelepiped shaped hole in the upper part.

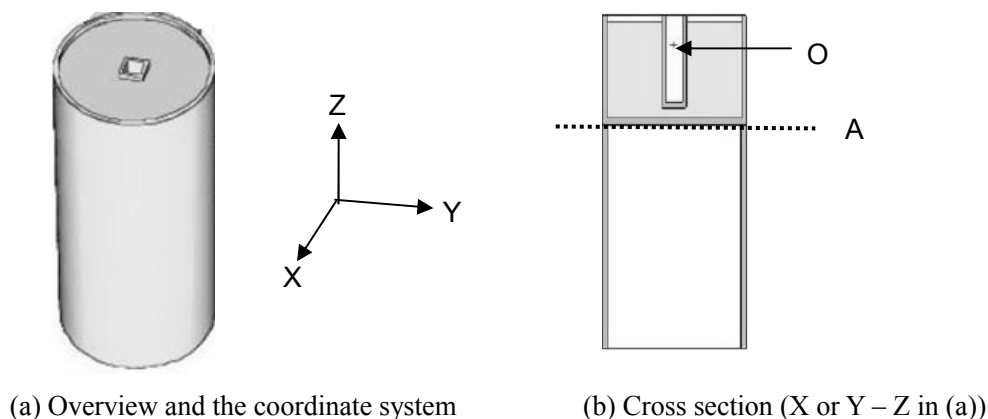


Fig.E-2 A hypothesized source configuration with fissile material.

(O in (b) is set as the origin of the coordinate system for the configuration)

1-1) Operation in ‘Step 2’

/ The horizontal plane and the height are set to the x-y axes and the z-axis, as depicted in Fig.E-2 (a). The origin is set at the position of ‘O’ in Fig.E-2 (b). The configuration is divided into the upper and lower parts at the bottom of the horizontal stainless-steel (at the line of ‘A’ in Fig.E-2 (b)).

/ For the upper part, five geometry components are defined to cover the regions in below (Ge1 – Ge5).

All of these components have parameters, which are summarized in Table E-2.

Ge1: Vacant in upper (RPP)

Ge2: SUS surrounding the upper vacant (RPP)

Ge3: Fissile uranium (RCC)

Ge4: Vacant above the fissile uranium (RCC)

Ge5: SUS in outside (RCC)

/ For the lower part, two geometry components are defined to cover the regions in below (Ge 6 and Ge 7). All of these components have parameters, which are summarized in Table E-2.

Ge6: Inside vacant_BASE (RCC)

Ge7: SUS in outside_BASE (RCC)

Table E-2 Definition of ‘Step 2’ to construct the configuration in Fig.E-2

Component	Shape	Parameters (in cm)
Ge1	RPP	X_{\min} : -3, X_{\max} : 3, Y_{\min} : -3, Y_{\max} : 3, Z_{\min} : -20, Z_{\max} : 10
Ge2	RPP	X_{\min} : -4, X_{\max} : 4, Y_{\min} : -4, Y_{\max} : 4, Z_{\min} : -22, Z_{\max} : 10
Ge3	RCC	V_x : 0, V_y : 0, V_z : -25, H_x : 0, H_y : 0, H_z : 33, R: 24.5
Ge4	RCC	V_x : 0, V_y : 0, V_z : 8, H_x : 0, H_y : 0, H_z : 2, R: 24.5
Ge5	RCC	V_x : 0, V_y : 0, V_z : -28, H_x : 0, H_y : 0, H_z : 38, R: 26
Ge6	RCC	V_x : 0, V_y : 0, V_z : -105, H_x : 0, H_y : 0, H_z : 77, R: 24
Ge7	RCC	V_x : 0, V_y : 0, V_z : -105, H_x : 0, H_y : 0, H_z : 77, R: 26

1-2) Operation in ‘Step 4’

/ The source configuration can be constructed by combining the seven geometry components in ‘Step 2’ with the definitions in Table E-2. The last region, “Outermost shape” is to be combined with the cell of the outer shape of human model.

/ The definition of geometry is explained in detail here. Resources about materials, which are set up in ‘Step 3’, should be given for the regions in Table E-3. The importance (‘imp’) of particle in radiation transport also should be given in ‘Step 4’. The ‘imp’ for the last region should be set to ‘0.0’. (It is recommended to give ‘1.0’ for the importance to the other seven regions.)

Table E-3 Definition of ‘Step 4’ to construct the configuration in Fig.E-2

Region	Combination of Geometry component in Table E-2*
Vacant in upper	(Ge1, I)
SUS surrounding vacant in upper	(Ge1, O) * (Ge2, I)
Fissile material	(Ge2, O) * (Ge3, I)
Vacant above fissile material	(Ge2, O) * (Ge4, O)
SUS outside of upper	(Ge3, O) * (Ge4, O) * (Ge5, I) * (Ge2, O) * (Ge5, O)
Vacant in lower part	(Ge6, I)
SUS in lower part	(Ge6, O) * (Ge7, I)
Outermost shape	(Ge5, O) * (Ge7, I)

1-3) Operation in ‘Step 7’

/ If a user sets up the geometry for source emission as the definition of ‘Ge3’ in Table E-2 and defines cell number, radiations are to be emitted from the region of ‘Fissile material’ in Table E-3.

2) A small source in a capsule

The second example is a small volume configuration in Fig.E-3, which has a capsule containing a γ -ray source (the plaid in Fig. E-3 (b)). The area of stainless-steel capsule is within a small cylindrical region (r: 0.37cm x h: 2.1cm). The capsule has holes and constrictions.

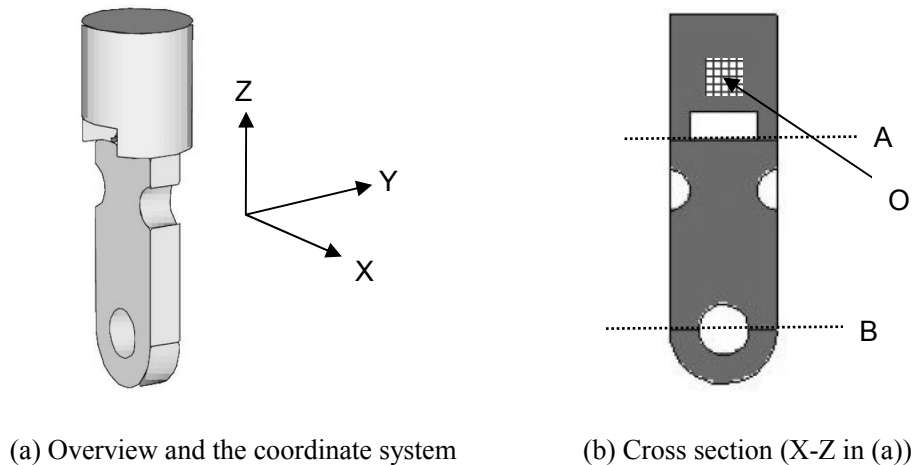


Fig.E-3 A hypothesized configuration with a source and a capsule.
(O in (b) is set as the origin of the coordinate system for the configuration)

2-1) Operation in 'Step 2'

/ The horizontal plane and the height are set to the x-y axes and the z-axis, as depicted in Fig.E-3 (a). The origin is set at the position of 'O' in Fig.E-3 (b). The configuration is divided into the upper, middle and lower parts at the lines of 'A' and 'B' in Fig.E-3 (b).

/ For the upper part, three geometry components are defined to cover the regions in below (Ge1 – Ge3). All of these components have parameters, which are summarized in Table E-4.

Ge1: Source (RCC)

Ge2: SUS capsule_upper (RCC)

Ge3: Hole_upper (RPP)

/ For the middle part, four geometry components are defined to cover the regions in below (Ge4 – Ge7). All of these components have parameters, which are summarized in Table E-4.

Ge4: SUS capsule_middle (RPP)

Ge5: Hole middle (RCC)

Ge6: Constriction 1_left (RCC)

Ge7: Constriction 2_right (RCC)

/ For the lower part, one geometry component is defined to cover the region in below (Ge8). This component has parameters, which are summarized in Table E-4. (The component of 'Ge5' in above is included in the lower part but no definition is necessary here.)

Ge8: SUS capsule_lower (RCC)

Table E-4 Definition of ‘Step 2’ to construct the configuration in Fig.E-3

Component	Shape	Parameters (in cm)
Ge1	RCC	$V_x: 0, V_y: 0, V_z: -0.1, H_x: 0, H_y: 0, H_z: 0.2, R: 0.1$
Ge2	RCC	$V_x: 0, V_y: 0, V_z: -0.37, H_x: 0, H_y: 0, H_z: 0.74, R: 0.32$
Ge3	RPP	$X_{\min}: -0.2, X_{\max}: 0.2, Y_{\min}: -0.35, Y_{\max}: 0.35, Z_{\min}: -0.37, Z_{\max}: -0.2$
Ge4	RPP	$X_{\min}: -0.32, X_{\max}: 0.32, Y_{\min}: -0.1, Y_{\max}: 0.1, Z_{\min}: -1.5, Z_{\max}: -0.37$
Ge5	RCC	$V_x: 0, V_y: -0.1, V_z: -1.5, H_x: 0, H_y: 0.2, H_z: 0, R: 0.15$
Ge6	RCC	$V_x: -0.32, V_y: -0.1, V_z: -0.67, H_x: 0, H_y: 0.2, H_z: 0, R: 0.12$
Ge7	RCC	$V_x: 0.32, V_y: -0.1, V_z: -0.67, H_x: 0, H_y: 0.2, H_z: 0, R: 0.12$
Ge8	RCC	$V_x: 0, V_y: -0.1, V_z: -1.5, H_x: 0, H_y: 0.2, H_z: 0, R: 0.32$

2-2) Operation in ‘Step 4’

/ The source configuration can be constructed by combining the seven geometry components in ‘Step 2’ with the definitions in Table E-4. The last region, “Outermost shape” is to be combined with the cell of the outer shape of human model.

/ The definition of geometry is explained in detail here. Resources about materials, which are set up in ‘Step 3’, should be given for the regions in Table E-5. The importance (‘imp’) of particle in radiation transport also should be given in ‘Step 4’. The ‘imp’ for the last region should be set to ‘0.0’. (It is recommended to give ‘1.0’ for the importance to the other seven regions.)

Table E-5 Definition of ‘Step 4’ to construct the configuration in Fig.E-3

Region	Combination of Geometry component in Table E-2
Source	(Ge1, I)
SUS in upper	(Ge1, O) * (Ge3, O) * (Ge2, I)
Fissile material	(Ge2, I) * (Ge3, I)
SUS in middle	(Ge4, I) * (Ge5, O) * (Ge6, O) * (Ge7, O)
SUS in lower	(Ge8, I) * (Ge4, O) * (Ge5, O)
Hole in SUS	(Ge5, I)
Constriction (left)	(Ge6, O) * (Ge4, I)
Constriction (right)	(Ge7, O) * (Ge4, I)
Outermost shape	(Ge2, O) * (Ge4, I) * (Ge8, O)

2-3) Operation in ‘Step 7’

/ If a user sets up the geometry for source emission as the definition of ‘Ge1’ in Table E-4 and defines cell number, radiations are to be emitted from the region of ‘Source’ in Table E-5. (However, the source region corresponds to the one geometry component (‘Ge1’). Then, the definition of cell is not essential for this case.))

E-2 Geometry in a human model

E-2.1 Coordinate system in human model

The radiation transport calculation utilizing RADARAC adapts the coordinate system in making a source model. The posture of human body (=directions of limbs), however, should be set up with the coordinate system for the human model in RADARAC_INPUT. (See, Appendix-A, instruction of ‘Step2’ in the program for making a human model.)

The human model prepared in RADARAC_INPUT has the same coordinate system of the MIRD-type phantom, as depicted in Fig.E-4 (a). The origin of human body is positioned at the center of the trunk bottom. The axes of ‘x’, ‘y’ and ‘z’ are the directions toward left, back and upper of the human model, respectively. (-x; right, -x; left, -y; front, +y; back, -z; lower, +z; upper) The zenithal angle for the human body starts at the direction toward upper (the ‘z’-axis). Then, the model in upright posture has limbs, which are set up with the zenithal angles of 180 degrees (here, azimuthal angle is unavailable), as depicted in Fig.E-4(a).

Figure E-4 (b) depicts the azimuthal angle for the human model, viewing from the top. The direction towards left and back have the azimuthal angles of 0 degree and 90 degrees, respectively. The azimuthal angle is essential information to confirm skin dose distribution at a part of trunk with the sheet in Fig.B-24 (See, Appendix-B.6.2).

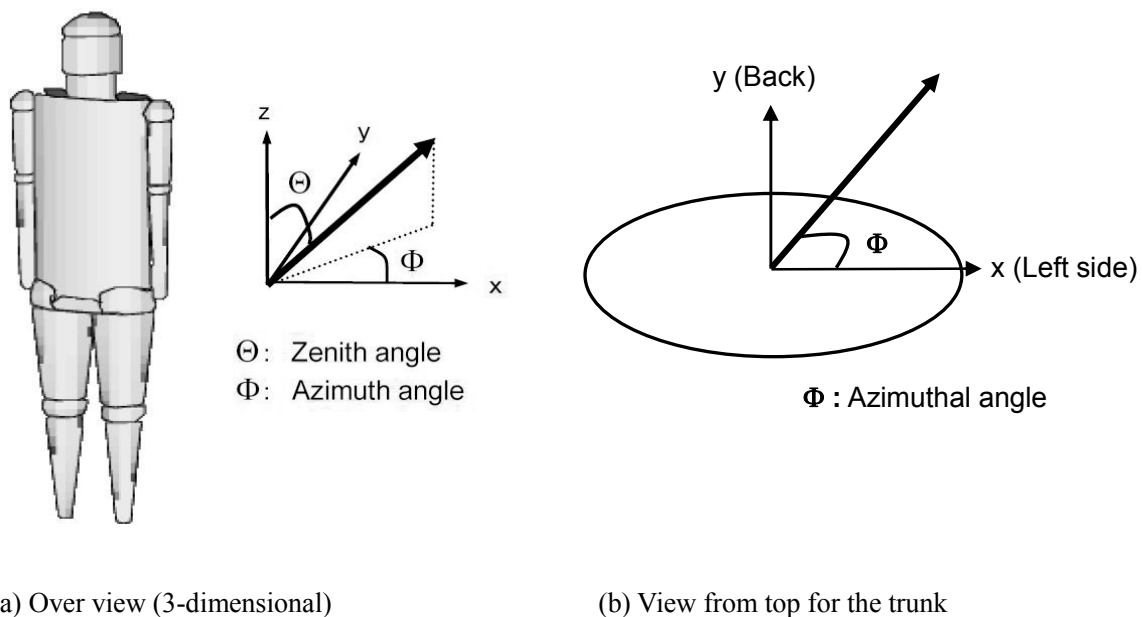


Fig.E-4 Polar angles defining the human model in RADARAC.

((a) Over view, and (b) view from top for the trunk)

Figure E-5 shows the human model, which stands beside the tank in Fig.6 of the text. Figures E-5(a) and E-5 (b) are viewed from front and left side, respectively. Table E-6 summarizes the angles for all limbs in the human model in Fig.E-5.

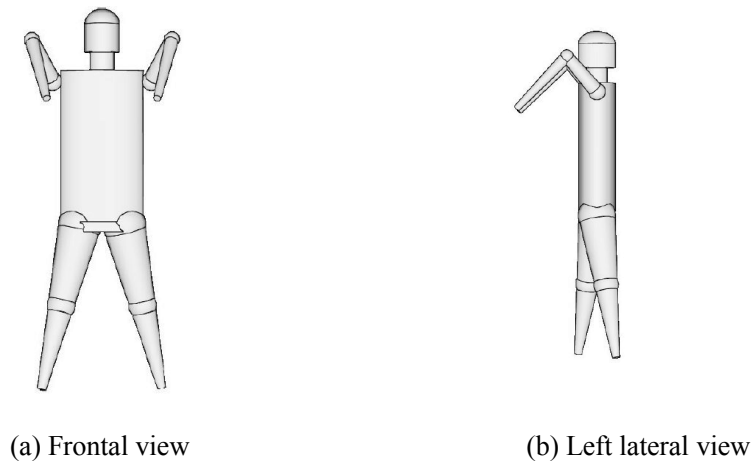


Fig. E-5 A hypothesized human model (same as Fig.6 in the text).

Table E-6 Direction limbs of the human model in Fig.E-5 (in degree)

Part of limb		Zenithal angle (Θ)	Azimuthal angle (F)
Right arm	upper	45.0	240.0
	lower	135.0	285.0
Left arm	upper	45.0	300.0
	lower	135.0	255.0
Right leg	upper	165.0	210.0
	lower	165.0	210.0
Left leg	upper	165.0	30.0
	lower	165.0	30.0

E-2.2 Transform of human model into the coordinate system of the source model

The transformation of human model needs two resources; i) Position and ii) Direction of human model toward the source. The position should be referred the correlation between the origins of source and human model. The origin of human model can be confirmed with Fig.E-4. The direction of human model toward the source is defined by setting up the two polar angles of the zenithal and the azimuthal angles. Figure E-6 depicts correlations between the azimuthal angle and the direction of human body. In this figure, the zenithal angle is fixed to 0 degree. On the other hand, Figs.E-7 and E-8 depict correlations between the zenithal angle and the direction of human body. The azimuthal angle is fixed at 0 degree in these figures. The coordinate systems in Figs E-6, E-7 and E-8 are used in the dose calculation. **It should be also mentioned here that these polar angles should be referred to the direction of the ‘trunk’ of the human body toward the source.** If the both angles are set to zero, the coordinate system is to be common for the human and source models. Only the positions of origins are different between the two models.

The procedures in below may be recommend.

- / At first, a user sets up the position of the origin for the human model in the coordinate system for a radiation transport calculation (a source model).
- / The polar angles are set up to define the direction of human body (trunk) toward the source model.

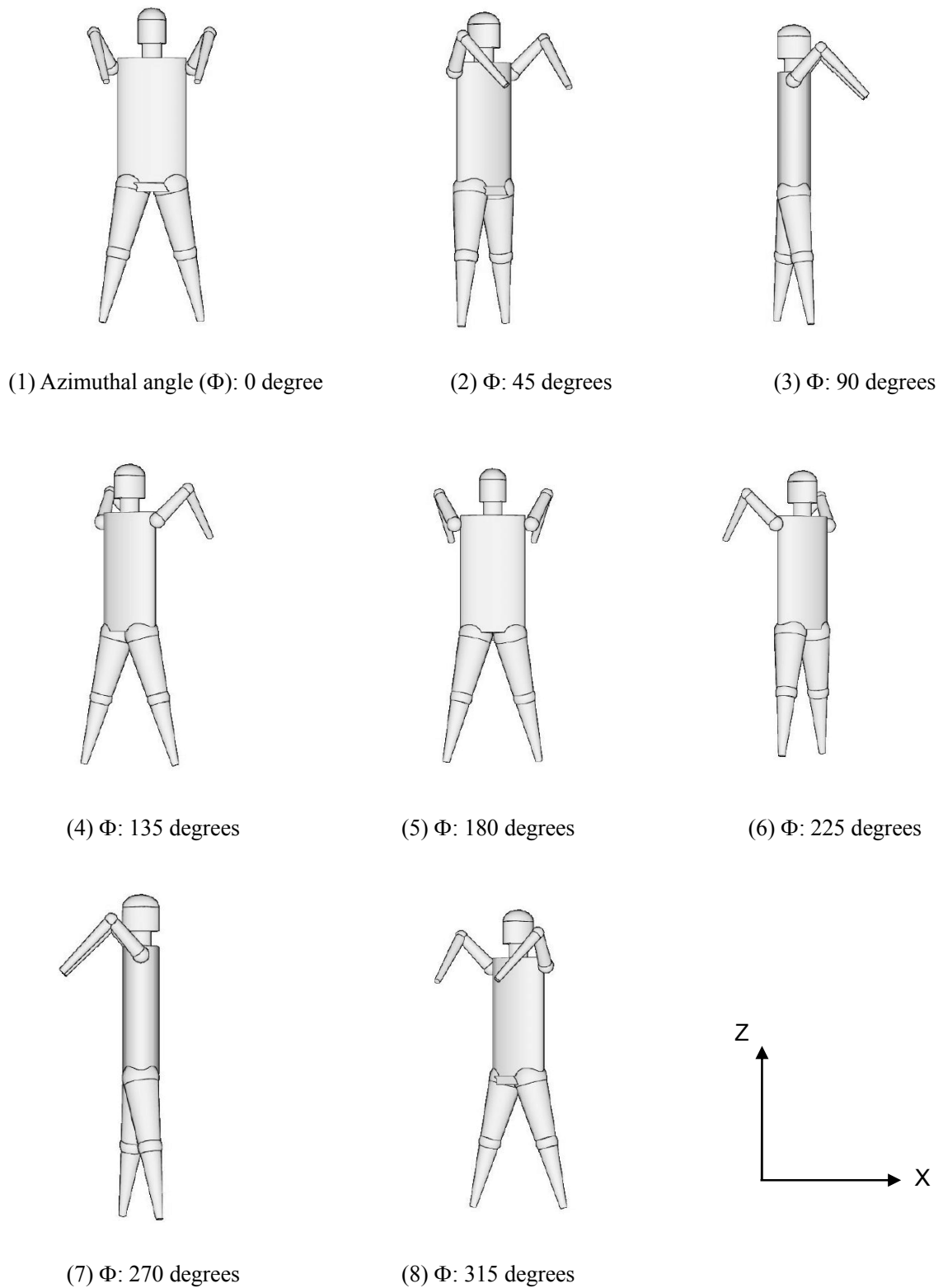


Fig.E-6 Correlation between the azimuthal angle in transform and the direction of human model in the coordinate system (x-z plane) for a radiation transport calculation.
(Zenithal angle is fixed to 0 degree. View from the frontal side, the minus(-) y axis)

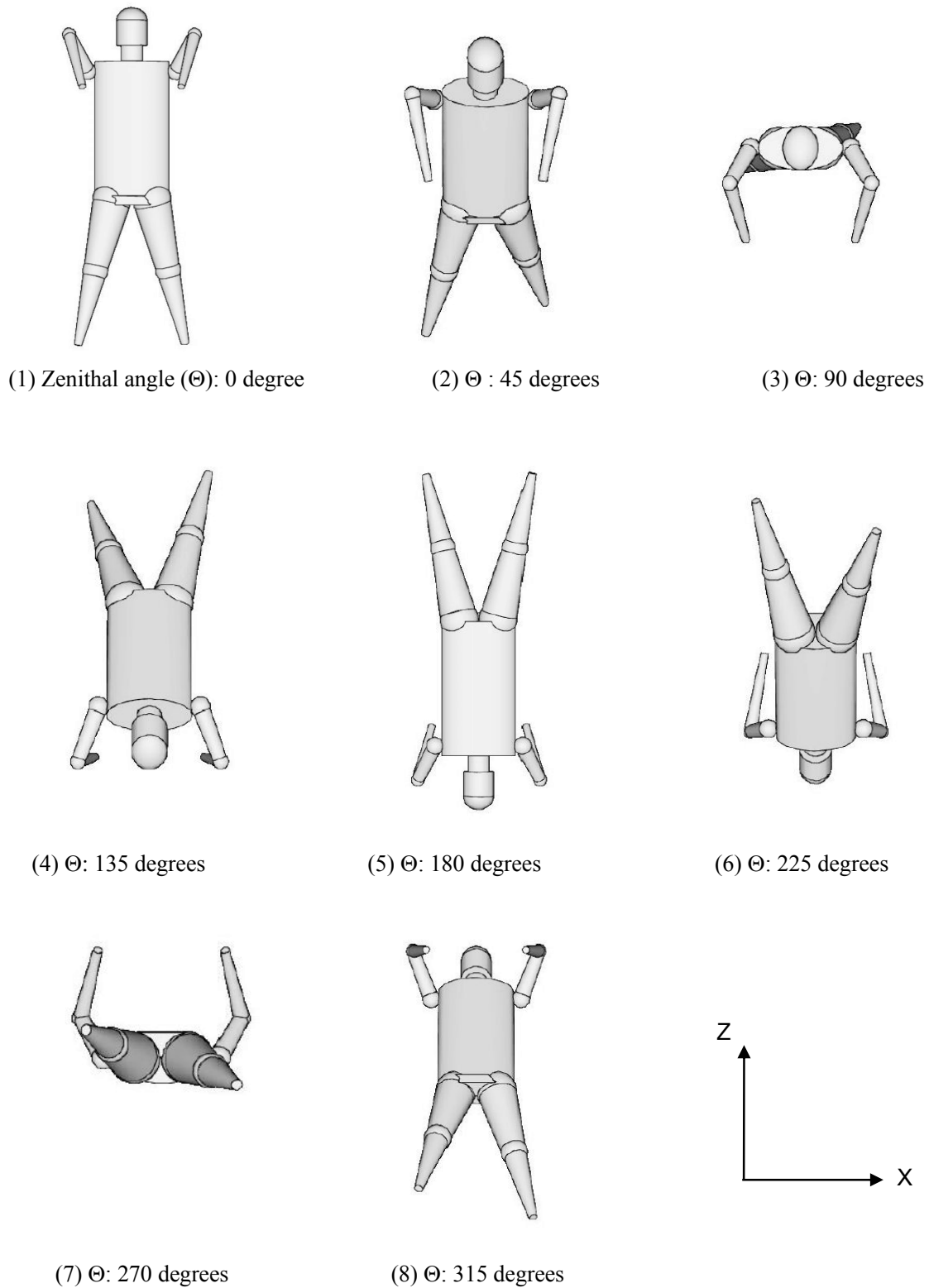


Fig.E-7 Correlation between the zenithal angle in transform and the direction of human model in the coordinate system (x-z plane) for a radiation transport calculation.
(Azimuthal angle is fixed to 0 degree. View from the frontal side, the minus(-) y axis)

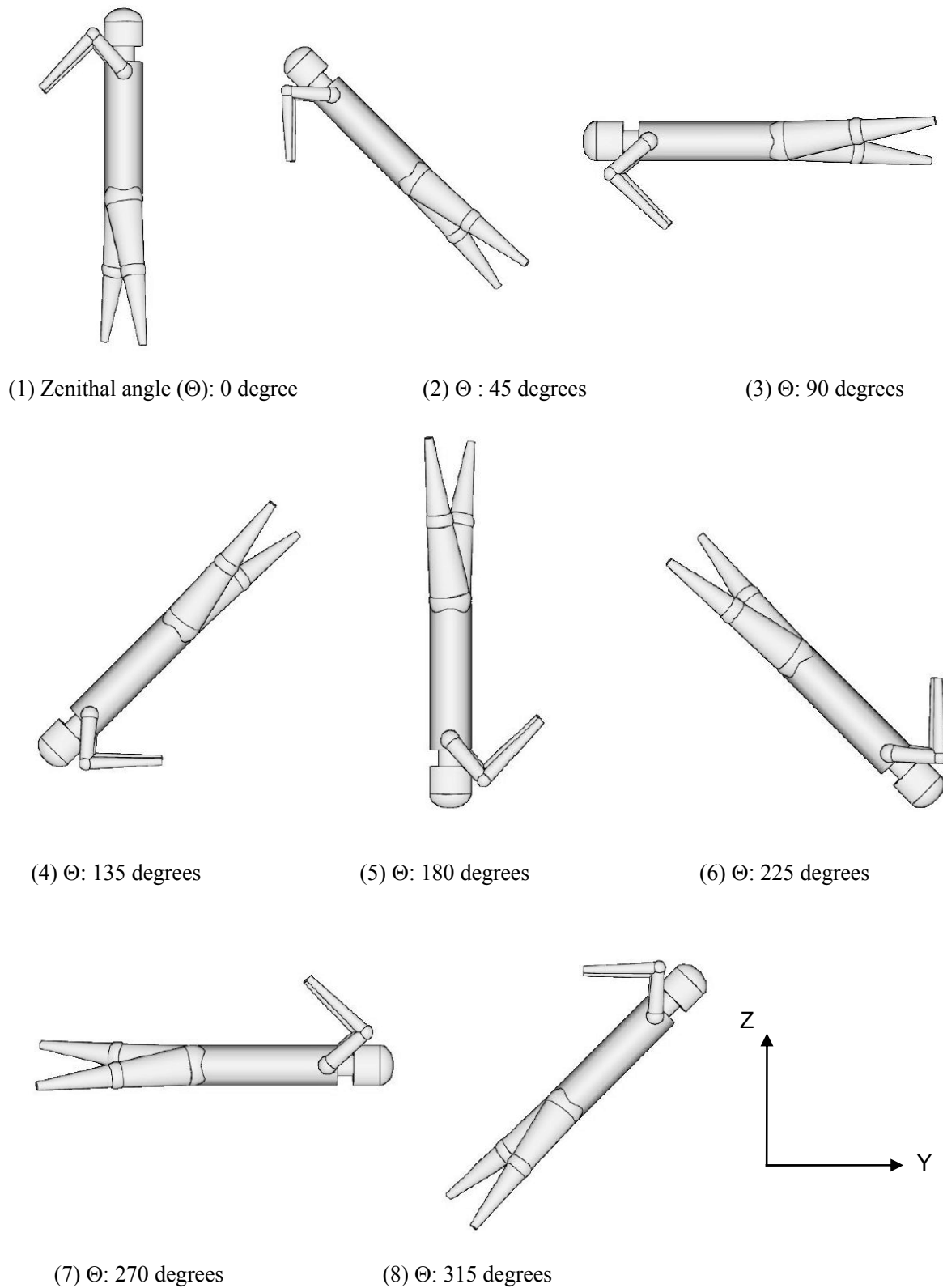


Fig.E-8 Correlation between the zenithal angle in transform and the direction of human model in the coordinate system (y-z plane) for a radiation transport calculation.
(Zenithal angle is fixed to 0 degree. View from the left, the plus(+) x axis)

Appendix F Guidance of utilizing RADARAC for executing radiation transport calculations

A user can automatically make necessary input files to derive dose assessment by using RADARAC_INPUT. It is preferable, however, to revise a few descriptions in the input files for effective radiation transport calculations.

F-1 Number of generated particles

In the MCNPX or the MCNP code, a number of generated particles should be given with the ‘sdef’ card or ‘kcode’ card. The radiation dose to be obtained has usually higher accuracy with larger number of generated particles in radiation transport calculations. On the other hand, it takes longer time to execute radiation transport calculation with larger number of generated particles. Thus, it is preferable to confirm the availability of the files made by RADARAC_INPUT to radiation transport calculations with a small number of generated particles as a ‘test run’, before the dose and volume calculations.

If dose assessment is performed for a radiation source without fission reaction, the ‘ctme’ (computing time) is set to be short in ‘Step 5’ of the program for making a source model with the interface of Fig.A-8 (see, Appendix A). Then, the ‘sdef’ card is made in the input file, as described in Fig.F-1 (a). If a source with fission reactions is considered in a dose assessment, the first, the third and the fourth value of the ‘kcode’ card are set to a smaller number with the interface of Fig.A-9. Then, the ‘kcode’ card is made in the input file, as described in Fig.F-1 (b). Here, the first number means generated particles per a cycle. The third and the fourth number mean the numbers of the skipped and the total cycles.

```

c *****
c      GENERATOR SOURCE & MODE
c *****
NPS 1E+06
SDEF ERG=D1
    CEL=2010
    RAD .....
    .....
    MODE P
    CTME 0.5

```

(a) No fission reaction (not using kcode card).

```

c *****
c      GENERATOR SOURCE & MODE
c *****
KCODE 1000 1 5 25
SDEF ERG=D1 .....

```

(b) With fission reaction (using kcode card).

Fig.F-1 A part of the card for source emission

After the validity of the input file can be confirmed, the appropriate values should be set in ‘ctme’ and ‘kcode’ card. Especially, the value for ‘ctme’ should be set up not to terminate a radiation transport

calculation before all of the particles are generated. The necessary computing time can be assumed by referring to the number of generated particles in the ‘test run’.

F-2 Radiation transport calculation

F-2.1 Dose over a whole body

As described in Appendix B, the total weight of a human model can be confirmed only with the human model, which is used to calculate the whole body dose. In addition, the defined geometry condition should be verified with any other dosimetry methods, if possible. The dose assessment soon after an outbreak of an accident may give the degree of exposure. Thus, it is recommended to confirm the verification of the human model by executing an assessment of dose over a whole body (See, Fig.A-23). Since RADARAC_DOSE requires the input files (=output files of the radiation transport calculation) of the dose and the volume calculations, the both calculations should be performed.

F-2.2 Volume calculation for a part of trunk in skin

The interested region is only a part of skin on a trunk, if the option ‘half’ or ‘quarter’ is set in the assessment of skin dose (See, Fig.A-25). In this case, the surface cards are included to segment the skin on the trunk, as depicted in Fig.F-2.

```

c ++++++
c      Skin segmentation
c ++++++
c      Trunk
c *****
c quarter Azimuth 270(min.)-315(max.)
c *****
301 1  PX      0.000000E+00
302 1  P      1.000000E+00      9.849140E-02      0.000000E+00      0.000000E+00
303 1  P      1.000000E+00      1.989124E-01      0.000000E+00      0.000000E+00
304 1  P      1.000000E+00      3.033467E-01      0.000000E+00      0.000000E+00
305 1  P      1.000000E+00      4.142136E-01      0.000000E+00      0.000000E+00
306 1  P      1.000000E+00      5.345111E-01      0.000000E+00      0.000000E+00
307 1  P      1.000000E+00      6.681786E-01      0.000000E+00      0.000000E+00
308 1  P      1.000000E+00      8.206788E-01      0.000000E+00      0.000000E+00
309 1  P      1.000000E+00      1.000000E+00      0.000000E+00      0.000000E+00
310 1  PY      0.000000E+00
c
341 1  PZ      2.910000E+01
342 1  PZ      3.031250E+01
343 1  PZ      3.152500E+01
344 1  PZ      3.273750E+01
345 1  PZ      3.395000E+01
346 1  PZ      3.516250E+01
347 1  PZ      3.637500E+01
348 1  PZ      3.758751E+01
349 1  PZ      3.880001E+01
350 1  PZ      4.001251E+01
351 1  PZ      4.122501E+01
352 1  PZ      4.243751E+01
353 1  PZ      4.365001E+01

```

Fig.F-2 A part of the surface card for divisions trunk skin in the ‘quarter’ option.

The plane source is set to irradiate over a whole body with the interface of Fig.A-31 in ‘Step 2’ of the program for making an input file. The ‘sdef’ card in Fig.F-3 defines the plane source in the case, where the ‘Width’ and the ‘Height’ are set to ‘30.0’ and ‘100.0’, respectively. The descriptions of ‘x=d1’ and ‘z=d2’ in Fig.F-3 mean that the values in ‘si1’ and ‘si2’ define the region for x-axis and the region for z-axis for the plane source in the ‘sdef’ card. The values for x-axis and z-axis set the region for the width and the height for the plane source, respectively. Now, the ‘sdef’ card in Fig.F-3 defines the plane source with surface area of 12,000cm² (= 60 cm x 200 cm). In this case, most particles do not relate to calculate the volume of interest. Thus, the descriptions in ‘si1’ and ‘si2’ are to be replaced with appropriate values, according to Fig.F-2.

```

c *****
c Source for volume calculation
c *****
sdef  erg=0.1  x=d1 y=-100.00  z=d2
      dir=1.0  vec= 0 1 0
si1   -30.0    30.0
sp1      0      1
si2   -100.0   100.0
sp2      0      1
c

```

Fig.F-3 A part of the card for source emission in the volume calculation (default).

Here, as the left of the trunk is interested in dose assessment, the value in minus is recommended to be replaced with zero about ‘si1’ (see also, Fig.E-4 (b)). (If the right of the trunk is interested in dose assessment, the value in plus is replaced with zero.) In addition, it is preferable to set up other values in ‘si2’ to cover the regions of interest, according to the parameters in lines of 341 (minimum) and 353 (maximum) in Fig.F-2. The values in ‘si2’ can be set to 29.0 and 44.0 in this example. Figure F-4 shows the modified ‘sdef’ card for the ‘volume calculation’. The surface area of the plane source is changed to 450cm² (= 30 cm x 15 cm).

```

c *****
c Source for volume calculation
c *****
sdef  erg=0.1  x=d1 y=-100.00  z=d2
      dir=1.0  vec= 0 1 0
si1      0.0    30.0
sp1      0      1
si2     29.0    44.0
sp2      0      1
c

```

Fig.F-4 A part of the card for source emission in the volume calculation (modified).

This is a blank page.

国際単位系 (SI)

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質モル	mol	
光度	カンデラ	cd

表 2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立法メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比誘電率 ^(b)	(数字の) 1	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。

(b) これらは無次元量あるいは次元 1 をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の 1 は通常は表記しない。

表 3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光束流	ルーメン	lm		cd
照射度	ルクス	lx		m ⁻² cd
放射活性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, ビエエネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。

(b) ラジアンとステラジアンは数字の 1 に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の 1 は明示されない。

(c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。

(d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。

(e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。

(f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。

(g) 単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表 4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
比エンタルピー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エンタルピー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ⁻³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエンタルピー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ³ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表 5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表 6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表 7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表 8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ⁻¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI 単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表 9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
フオトリ	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe = (10 ³ /4π) A m ⁻¹

(c) 3 元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 \cdot 」は対応関係を示すものである。

表 10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15°C」カロリー), 4.1868 J (「IT」カロリー) 4.184 J (「熱化学」カロリー)
マイクロン	μ	1 μ=1 μm=10 ⁻⁶ m

