

JAERI-Data/Code



JP0550504

2005-008



断層モデルによる地震動予測手法を
用いた地震ハザード評価コード
SHEAT-FMの使用手引き

2005年9月

杉野 英治・鬼沢 邦雄・鈴木 雅秀

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 2005

編集兼発行 日本原子力研究所

断層モデルによる地震動予測手法を用いた地震ハザード評価コード SHEAT-FM の使用手引き

日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センター原子炉安全工学部

杉野 英治*・鬼沢 邦雄・鈴木 雅秀

(2005年8月5日受理)

経年変化を考慮した機器の地震時構造信頼性評価手法を確立するため、プラントサイトの地震動発生確率及び、その発生確率レベルに応じた地震動波形を得ることを目的に、断層モデルによる地震動予測手法を用いた地震ハザード評価コード SHEAT-FM (Seismic Hazard Evaluation for Assessing the Threat to a facility site - Fault Model) を開発した。本評価コードでは、断層モデルによる地震動予測手法に加え、中小地震の観測記録から得られたサイト固有の位相特性や、活断層の活動間隔や最新活動からの経過時間を考慮した地震発生過程モデルなどの、地震工学分野における最新知見を導入することで、地震ハザード評価の精度向上を図っている。

本報告書は、SHEAT-FM コードの使用法などをまとめた使用手引きである。主な内容として、SHEAT-FM コードによる地震ハザード評価の概要、入力データの仕様、モデルサイトを対象とした使用例、システム情報及び実行方法についてそれぞれ示す。

User's Manual of a Computer Code for Seismic Hazard Evaluation for Assessing the Threat
to a Facility by Fault Model: SHEAT-FM

Hideharu SUGINO*, Kunio ONIZAWA and Masahide SUZUKI

Department of Reactor Safety Research
Nuclear Safety Research Center
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received August 5, 2005)

To establish the reliability evaluation method for aged structural component, we developed a probabilistic seismic hazard evaluation code SHEAT-FM (Seismic Hazard Evaluation for Assessing the Threat to a facility site - Fault Model) using a seismic motion prediction method based on fault model. In order to improve the seismic hazard evaluation, this code takes the latest knowledge in the field of earthquake engineering into account. For example, the code involves a group delay time of observed records and an update process model of active fault.

This report describes the user's guide of SHEAT-FM, including the outline of the seismic hazard evaluation, specification of input data, sample problem for a model site, system information and execution method.

Keywords : Seismic Hazard, Fault Model, Active Fault, Historical Earthquake, Group Delay Time, Update Process Model

* Cooperative Staff

目次

1. はじめに	1
2. 評価手法	2
2.1. 地震ハザード評価の手順	2
2.2. 地震活動のモデル化	3
2.2.1. データベース	3
2.2.2. 地震活動域の設定	5
2.2.3. 地震発生過程モデル	6
2.2.4. 地震の規模別発生頻度のモデル化	7
2.3. 評価サイトにおける地震動の推定	12
2.3.1. 断層モデルによる地震動予測手法	12
2.3.2. 中小地震記録の群遅延時間を用いた地震動予測手法	14
2.3.3. 断層パラメータの設定	15
2.3.4. 従来型の距離減衰式による地震動予測	16
2.4. 地震ハザード曲線の算出	26
3. 入力マニュアル	28
3.1. 入力データフォーマット	28
3.2. 入力データ一覧	29
3.3. 入力データ仕様	31
3.4. エラーメッセージの一覧	73
4. SHEAT-FM の使用例	75
4.1. 計算条件	75
4.2. 入力データ	81
4.3. 出力結果	85
5. 操作マニュアル	89
5.1. 使用環境	89
5.2. システムのフォルダ構成とインストール	89
5.3. 実行方法	91
6. おわりに	92
謝辞	92
参考文献	93

Contents

1. Introduction	1
2. Evaluation Method.....	2
2.1. Procedure to Calculate Seismic Hazard	2
2.2. Models of Earthquake Source Regions and Active Faults	3
2.2.1. Database of Earthquakes.....	3
2.2.2. Determination of Earthquake Source Region	5
2.2.3. Renewal Process Model	6
2.2.4. Model of Earthquake Occurrence Frequency According to Magnitude	7
2.3. Estimation of Seismic Ground Motion.....	12
2.3.1. Ground Motion Prediction Using Fault Model.....	12
2.3.2. Ground Motion Prediction Using Group Delay Time of Observed Records	14
2.3.3. Determination of Parameters for Fault Model.....	15
2.3.4. Ground Motion Prediction Using Attenuation Relationships	16
2.4. Calculation of Seismic Hazard Curves	26
3. Guidance of Input Data	28
3.1. Format of Input Data	28
3.2. Table of Input Data	29
3.3. Specifications of Input Data	31
3.4. Table of Error Message	73
4. Sample Problem	75
4.1. Analysis Conditions.....	75
4.2. Sample Input Data.....	81
4.3. Sample Output Data.....	85
5. Operation Manual.....	89
5.1. System Requirements	89
5.2. Folder Constitution and Installation.....	89
5.3. Execution	91
6. Conclusions.....	92
Acknowledgment.....	92
References.....	93

1. はじめに

国内の軽水型原子力プラントの一部では、30年を越える運転が行われている。運転年数が長期化したプラント、いわゆる高経年化プラントでは、疲労き裂進展や応力腐食割れ、減肉などの経年劣化に起因する構造信頼性の低下が懸念される。実際、これまでに、複数のプラントの配管などで応力腐食割れが原因とみられるひび割れの存在が確認されている。加えて、近年では国内外で大地震が発生するなど、高経年化プラントに対する地震時の安全性・信頼性評価の高度化が重要な課題となっている。高経年化プラントの安全性を評価する上では、プラントを構成する機器の経年劣化に係る不確かさや、機器に生じる地震時応力の不確かさを合理的に考慮できる、確率論的手法による構造信頼性評価手法の確立が重要である。

日本原子力研究所では、原子力安全委員会が策定した安全研究年次計画（平成13年度～平成17年度）の「確率論的手法による構造機器の地震時の信頼性評価に関する研究」の一環として、経年変化を考慮した機器の地震時構造信頼性評価手法の開発を進めている^{1)~7)}。本評価手法では、確率論的破壊力学（PFM）解析手法に基づいて経年変化を考慮した機器の地震時応力に対する破損確率を算出するとともに、地震ハザード評価手法によりプラントサイトの地震動発生確率を算出し、これらを掛け合わせることで機器の地震時構造信頼性を定量的に評価するものである。

プラントサイトの地震動発生確率を算出するための解析コードとしては、既に地震ハザード評価コード SHEAT (Seismic Hazard Evaluation for Assessing the Threat to a facility site) を開発している^{8)~9)}。SHEAT コードでは、対象サイトにおける地震動強さの推定に、過去の地震記録から経験的に求めた距離減衰式が用いられている。距離減衰式は、最大加速度などの地震動強さ指標を推定できる簡便な評価式ではあるが、地震動の波形そのものを予測する手法ではないため、機器に生じる地震時応力波形の算出を必要とする地震時構造信頼性評価手法には適用できない。近年では、地震動の波形そのものを予測する手法として、断層の破壊過程や地盤内の伝播特性を考慮した断層モデルによる地震動予測手法が知られており、これをまとめた強震動レシビ¹⁰⁾が広く利用されている。

著者らは、経年変化を考慮した機器の地震時構造信頼性評価手法を確立するため、プラントサイトの地震動発生確率、及びその発生確率レベルに応じた地震動波形を得ることを目的に、断層モデルによる地震動予測手法を用いた地震ハザード評価コード SHEAT-FM (Fault Model) を開発した。本コードでは、断層モデルによる地震動予測手法に加え、中小地震の観測記録から得られたサイト固有の位相特性モデル¹¹⁾や、活断層の活動間隔や最新活動からの経過時間を考慮した地震発生過程モデル¹²⁾など、地震工学分野における最新知見を導入することで、地震ハザード評価の精度向上を図っている。

本報告書は、SHEAT-FM コードの使用手引きである。主な内容として、第2章では SHEAT-FM コードによる地震ハザード評価の概要を示し、第3章では入力データの仕様、第4章ではモデルサイトを対象とした使用例、第5章ではシステムの構成や実行方法などについてそれぞれ示す。

2. 評価手法

2.1. 地震ハザード評価の手順

SHEAT-FM コードによる地震ハザード評価の手順を図 2.1-1に示す。評価サイト、評価領域、評価期間などを設定し、歴史地震データや活断層データを元に対象サイト周辺で将来発生が予想される地震（評価対象地震）の震源位置や地震規模、発生確率など、地震活動のモデル化を行う。次に、地震が発生した場合に、対象サイトに生じる地震動強さ（最大加速度など）を予測する。そして、予測された値のまわりにばらつきを仮定し、全ての地震について計算された地震動レベル毎の発生確率を足し合わせて地震ハザード曲線を算出する。地震ハザード曲線は、評価期間にある大きさを超える地震動が発生する確率（超過発生確率）で表される。SHEAT-FM コードでは、地震動強さを予測する手法として、従来の距離減衰式に加えて、断層の破壊過程や地震動の伝播特性を考慮した断層モデルによる地震動予測式を新たに導入している。ユーザーは、地震活動域に応じて距離減衰式あるいは断層モデルによる地震動予測式を使い分けることが可能である。以下、地震活動のモデル化、評価サイトにおける地震動の推定、地震ハザード曲線の算出についてそれぞれ、2.2項、2.3項、2.4項に示す。

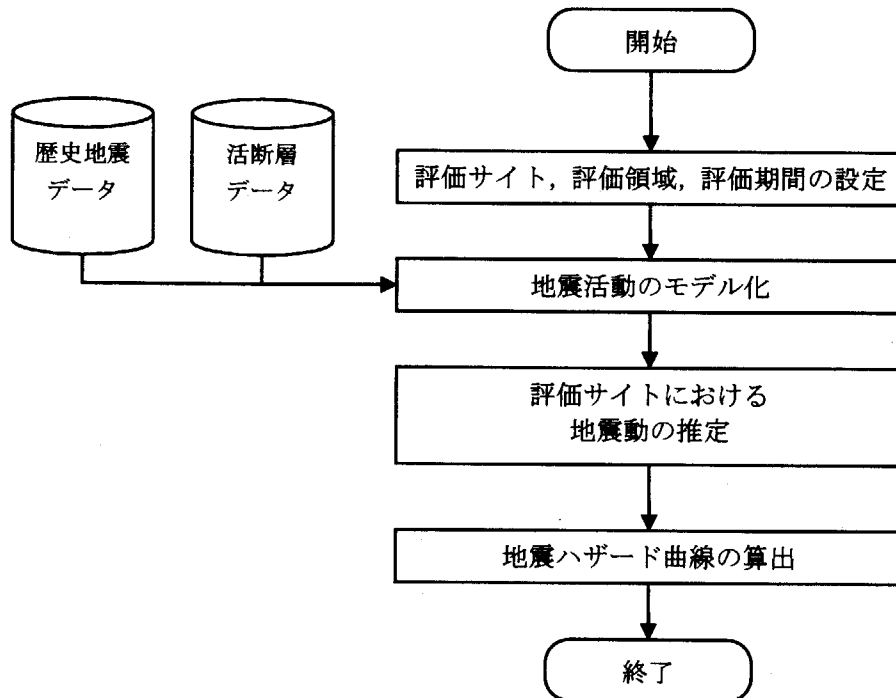


図 2.1-1 地震ハザード評価の手順

2.2. 地震活動のモデル化

対象サイトの周辺で将来発生すると考えられる地震の規模や震源位置、発生確率（頻度）など、地震活動に関する確率モデルを作成する。モデル作成には、過去に発生した地震やサイト周辺の活断層や、サイト周辺の地震地体構造などの情報が用いられる。

以下では、SHEAT-FM コードにおける地震活動のモデル化に関して、使用するデータベースや地震活動域の設定方法、地震発生過程のモデル化、地震規模のモデル化について、それぞれ示す。

2.2.1. データベース

(1) 歴史地震データ

SHEAT-FM コードでは、過去に発生した地震の記録（歴史地震データ）として、以下の3つの地震カタログを用いる。

- ・ 宇佐美カタログ（収録期間：679年～1884年）¹³⁾
- ・ 宇津カタログ（収録期間：1885年～1980年）¹⁴⁾
- ・ 気象庁カタログ（収録期間：1926年～2002年）¹⁵⁾

いずれのカタログも地震の発生時期や発生位置を表す経度・緯度・深さ（気象庁カタログのみ）、規模などが記されており、地震の発生順に整理されている。宇佐美、宇津の両カタログには、震源の深さが記されていないので、SHEAT-FM コードでは、震源深さは飯田の余震体積半径の $1/2^{16)}$ の値として各カタログを整備している。

SHEAT-FM コードでは、宇佐美カタログを FORT.11 に、宇津カタログを FORT.12 に、気象庁カタログを FORT.130 にそれぞれ格納している。ただし、気象庁カタログは、(財)気象業務支援センターより地震年報（CD-ROM 版）を購入し、SHEAT-FM 用に整備したものである。SHEAT-FM 公開版には FORT.130 を収録することができないため、ユーザーは原研と同様に、地震年報を購入し、別途用意した気象庁カタログ整備プログラム（JMAcata.exe）を用いて FORT.130 を作成する必要がある。

(2) 活断層データ

活断層データは、Web 上で公開されている「建物構造的評価」システム¹⁷⁾の地震ハザード評価に用いられているデータの設定手順を参考に、原研で整備したものである。これは、松田らの陸域の起震断層（263 断層）¹⁸⁾⁻¹⁹⁾をベースとし、地震調査研究推進本部地震調査委員会による活断層調査²⁰⁾⁻²¹⁾の結果を反映したものとなっている。地震調査研究推進本部は、陸域の主要な活断層と海域のプレート境界で発生する大地震を対象に、これらの発生間隔や最新活動時期などを用いて、その長期的な発生確率を順次算出しており、2005年1月12日現在で、主要 98 断層帯のうち 77 断層帯、プレート境界地震のうち南海トラフの地震（東南海・南海地震）、三陸沖から房総沖にかけての地震、千島海溝沿いの地震、日本海東縁部の地震、日向灘及び南西諸島海溝周辺の地震、相模トラフ沿いの地震についてそれぞれ評価結果が公表されている。SHEAT-FM コードには、活断層データ(nairiku_danso.dat)及びプレート境界地震デ

ータ(kaiko_danso.dat)にこれらの最新情報を反映している。以下に設定手順を示す。

- a) 松田らの起震断層により各断層の長さやマグニチュードを設定する。断層の幅は長さの1/2 (20kmを上限とする)、傾斜角は90度とする。また、活動度とマグニチュードをもとに平均活動間隔を設定する。

$$Te = 1000D/s \quad \text{式 2-1}$$

$$\log_{10} D = 0.6M - 4.0 \quad \text{式 2-2}$$

ここに、 Te : 平均活動間隔 (年)

D : 1回の地震で生じるすべり量(m)

s : 平均変位速度 (m/千年)。表 2.2-1の活動度により設定する。

M : 活断層で生じる地震のマグニチュード

- b) 新編日本の活断層を参照し、位置(基準点と走向角)を決める。基準線深さは0とする。
c) 地震調査研究推進本部地震調査委員会の活断層調査の結果に基づきデータを修正する。

なお、

- ・ 活動間隔が得られている場合にはその値を用いる。
- ・ 最新活動年が得られている場合には、後述の地震発生過程モデルに従うものとする。
- ・ 最新活動年が得られていない場合には、定常ポアソン過程による地震発生過程モデルに従うものとする。

以上の手順に従い設定した活断層の分布を図 2.2-1に、活断層一覧を表 2.2-2に示す。表中の断層長さ、マグニチュード、活動間隔において、()内が松田らによる値で、()外が活断層調査結果に基づき設定し直した値である。なお、确实度4としている断層は、地震調査委員会の活断層調査により断層でないと判断されたもので、評価の対象から除外している。

SHEAT-FM コードでは、これらのデータを nairiku_danso.dat ファイルに格納している。

(3) プレート境界地震データ

プレート境界地震データは、プレートの沈み込みに伴う大地震(海溝型地震)を対象とした長期評価に関する地震調査委員会の報告書²¹⁾を基に作成している。プレート境界地震の分布を図 2.2-2に、各地震の一覧を表 2.2-3に示す。なお、表中の断層長さや幅、断層位置などの情報は、過去に発生した地震の巨視的断層モデルを整理した「断層パラメーター・ハンドブック」²²⁾を参考にしている。

SHEAT-FM コードでは、プレート境界地震データを kaiko_danso.dat ファイルに格納している。

2.2.2. 地震活動域の設定

(1) 地震活動域の分類

一般に、対象サイト周辺の地震活動は一様ではなく、場所ごとに特徴を持っている。したがって、対象サイト周辺の地震活動をモデル化するには、地震活動の特徴や得られている情報量などに応じて複数に分類することが必要となる。SHEAT-FM コードでは、分類された1つ1つを地震活動域とし、地震の発生過程や規模、場所に関して得られている情報に応じて以下のように分類する。

- ・ 場所や規模がある程度推定できるもの : 活断層地震とプレート境界地震
- ・ それ以外のもの : ランダム地震域

地震の発生する場所や規模が事前に推定可能なものとしては、活断層とプレート境界の大規模地震が挙げられる。これらの地震は、ほぼ同程度の間隔で繰り返し発生すると考えられるものが多く、場所や規模と同時に地震の発生確率を評価する上でも特別の扱いが可能である。一方、活断層とプレート境界の大規模地震だけでは、対象サイト周辺で発生する全ての地震を表現することはできない。そのため、どこで発生するかを事前に予測することが不可能な地震を表すものとして、ランダム地震域を設定することとする。

(2) 活断層地震とプレート境界地震のモデル化

活断層地震及びプレート境界地震をモデル化するには、2.2.1 項で示した活断層データ (nairiku_danso.dat) 及びプレート境界地震データ (kaiko_danso.dat) が参照される。各断層は、ひとつの矩形断層に単純化され、データベースに示された固有の地震規模 (マグニチュード) と活動間隔で活動するものとする。各断層の活動間隔や最新活動年の情報がデータベースに示されている場合には、地震の発生過程モデルとして、最新活動時期からの経過時間を考慮したモデルを採用する。その場合には、最新活動からの経過年と活動間隔の変動係数、活動間隔のばらつきの分布形状がパラメータとなる。分布形状としては、後述する BPT 分布、対数正規分布あるいは Weibull 分布の3つから選択する。断層が活動する確率の算定は、2.2.3 項に示す。

(3) ランダム地震域のモデル化

ランダム地震域は、先の活断層地震やプレート境界地震ではモデル化されない地震を表すものである。これらの地震については、個々の地震の発生場所や規模を予め推定することが困難であると考えられ、地震活動がほぼ一様と見なせる複数の地震域に区分し、各地震域内で規模別の地震発生頻度は同一であり、地震の発生場所はランダムであるとする。

ランダム地震域の区分は、地震地体構造区分や震源分布、プレートの沈み込みなどを参考に地震活動が似ている領域に分類することが必要となる。例えば、太平洋プレートの沈み込み帯で発生する地震、フィリピン海プレートの沈み込み帯で発生する地震、北米・ユーラシアプレート内 (地殻内) で発生する浅い地震などに分類した上で、複数のランダム地震域に分割することにより、現実の地震活動との対応が明確になる。SHEAT-FM コードでは、区分されたランダム地震域の特徴を反映するために、各ランダム地震域の地震の発生タイプを、地殻内型とプレート境界型 (海溝型) に分類することとし、各地震域に応じて設定する。

ランダム地震域をモデル化するには、2.2.1項に示した歴史地震データが参照され、2.2.4項で述べる Gutenberg-Richter の式や歴史地震データを統計処理して得られるマグニチュードのヒストグラム（マグニチュード分布）から地震規模や発生頻度が設定される。また、地震の発生過程モデルには定常ポアソン過程が適用される。

2.2.3. 地震発生過程モデル

地震の発生が、蓄積されたひずみエネルギーの解放であるとし、そのひずみがほぼ定常なプレート運動によるものであると考えるならば、個々の活断層やプレート境界における大規模地震の発生は、時間軸上でランダムではなく、ほぼ一定の間隔で発生すると考えられる。このような考えに基づいて、地震調査研究推進本部では、主要な活断層とプレート境界で発生する大地震を対象に、これらの発生間隔や最新活動時期などを考慮したモデル（更新過程モデル）を適用し、その長期的な発生確率が評価されている^{12), 20), 21)}。一方、ある程度の揺らぎを持った領域で発生する地震を対象とした場合には、地震の発生をポアソン過程でモデル化するのが一般的である。

先に示した地震活動域の分類に対応して、活断層地震とプレート境界地震のうちモデル化に必要な情報が得られているものについては最新活動時期からの経過時間を考慮した更新過程によりモデル化し、ランダム地震域として考慮する地震や最新活動時期が不明な活断層についてはポアソン過程でモデル化する。これにより、全てをポアソン過程とする従来の地震ハザード評価に比べてより精度の高い評価を行うことができる。

なお、SHEAT-FM コードに整備した活断層データ及びプレート境界地震データには、2005年1月12日までの地震調査研究推進本部の調査結果^{20), 21)}を反映している。

最新活動時期からの経過時間を考慮したモデルの地震発生確率は以下の式で評価する。その際、地震発生間隔のばらつきが BPT 分布、対数正規分布、または Weibull 分布のいずれかに従うものとする。今後 T 年間で活動する確率 P_n は、

$$P_n(T_p, T) = 1 - \phi(T_p + T) / \phi(T_p) \quad \text{式 2-3}$$

で評価される。活動間隔のばらつきの分布形状（信頼度関数） $\phi(t)$ は、各分布に対応して以下の式で表される。

- ・ BPT 分布の場合：

$$\phi(t) = 1 - \left\{ \Phi(u_1(t)) + e^{2/\alpha^2} \Phi(-u_2(t)) \right\} \quad \text{式 2-4}$$

$$u_1(t) = \alpha^{-1} (t^{1/2} T e^{-1/2} - t^{-1/2} T e^{1/2}) \quad \text{式 2-5}$$

$$u_2(t) = \alpha^{-1} (t^{1/2} T e^{-1/2} + t^{-1/2} T e^{1/2}) \quad \text{式 2-6}$$

- ・ 対数正規分布の場合：

$$\phi(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln(t) - \lambda}{\zeta}\right) \quad \text{式 2-7}$$

$$\zeta = \sqrt{\ln(1 + \alpha^2)} \quad \text{式 2-8}$$

$$\lambda = \ln(Te) - \frac{1}{2}\zeta^2 \quad \text{式 2-9}$$

・ Weibull 分布の場合 :

$$\phi(t) = \exp\left(- (t/\beta)^{\alpha'}\right) \quad \text{式 2-10}$$

$$\alpha' = \alpha^{-1.0691} \quad \text{式 2-11}$$

$$\beta = \frac{Te}{0.4524(\alpha - 0.5)^2 + 0.8869} \quad \text{式 2-12}$$

ここに、 Te は平均活動間隔、 α は活動間隔ばらつきの変動係数、 Tp は最新活動からの経過時間である。また、 Φ は標準正規分布の累積確率分布関数である。

2.2.4. 地震の規模別発生頻度のモデル化

活断層地震とプレート境界地震については、固有の規模（マグニチュード）で繰り返し発生するものとする。また、ランダム地震域の地震については、各地震域内で過去に発生した地震のデータから算出した規模別の発生頻度をそのまま適用する方法と、Gutenberg-Richter の式でモデル化する方法を選択することができる。

Gutenberg-Richter の式は b 値モデルとも呼ばれる。ある期間内にある広がりを持った領域内で発生する地震の規模と発生個数の関係には、規模が小さい地震は多く、規模が大きくなるに従い発生個数が少なくなる傾向が見られる。この関係を表したものが以下の Gutenberg-Richter の式である。

$$\log_{10} N(M) = a - bM \quad \text{式 2-13}$$

ここに、 M はマグニチュード、 $N(M)$ はマグニチュード M 以上の地震の年平均発生頻度、 a 及び b は定数である。これより各地震域内における地震のマグニチュードの確率密度関数は次式で表される。

$$f_M(m) = \frac{b \ln 10 \cdot 10^{-b(m-M_L)}}{1 - 10^{-b(M_U - M_L)}} \quad \text{式 2-14}$$

ここに、 M_L はハザード評価において考慮する最小マグニチュードであり、 M_U は地震域内の限界マグニチュードで地震域ごとに過去の記録が参照される。

ランダム地震域では、各地震域をメッシュ分割し、メッシュ中央に震源を仮定する。メッシュ分割された地震域内の平均発生頻度 ve は、上述の b 値モデルを採用した場合には、次式で表される。

$$ve = 10^{a-bM_L} (Ae/Aa) \quad \text{式 2-15}$$

ここに、 Aa は地震域の面積、 Ae は地震域を分割した各メッシュの面積である。

表 2.2-1 活動度と平均変位速度設定値

活動度	s (m/千年)
A	3.2
AB	1.0
B	0.32
BC	0.1
C	0.032
D	0.0032

表 2.2-2 活断層一覧

経度	緯度	長さ	走向角	傾斜角	レイク角	長さ	幅	マグニチュード	平均変位速度/活動度	活動期間	最新活動	BPT α	観測度	No	断層名
(°)	(°)	km	(°)	(°)	(°)	(km)	(km)		(m/千年)	min	(個)				
44.08	145.11	0	38	90	90	(12.0)	6	(6.6)	(3.200(A))					1	1 羅臼断層帯
43.75	144.83	0	42	90	90	(20.0)	10	(7.0)	(.3200(B))					2	2 羅臼北断層帯
44.01	144.01	0	27	90	90	(11.0)	5.5	(6.6)	(.3200(B))					2	3 帯呂川東岸断層
43.86	144.77	0	30	90	90	(14.0)	7	(6.7)	(3.200(A))					1	4 網走断層帯
43.58	144.74	0	73	90	90	(18.0)	9	(6.9)	(.3200(B))					2	5 網走西断層帯
43.87	144.18	0	14	90	90	(15.0)	7.5	(6.8)	(.3200(B))					1	6 網走南断層帯
42.56	143.24	0	6	90	90	(82.0)	20	(8.0)	(.3200(B))					1	7 十勝平野東断層帯
42.33	143.29	0	330	90	90	(22.0)	11	(7.1)	(.3200(B))					1	8 光地断層
44.87	142.04	0	17	90	90	(19.0)	9.5	(7.0)	(.3200(B))					1	9 網走断層帯
43.63	142.22	0	321	90	90	(12.0)	6	(6.8)	(.3200(B))					2	10 網走断層
43.19	142.39	0	1	90	90	(26.0)	13	(7.2)	(.3200(B))					1	11 富良野断層帯
42.19	142.73	0	298	90	90	(13.0)	6.5	(6.7)	(.3200(B))					2	12 三ツ石一浦河断層帯
45.19	141.93	0	347	90	90	(24.0)	12	(7.1)	(.0320(C))					2	13 網走断層
43.37	141.78	0	12	90	90	(53.0)	20	7.8	(7.7) (.3200(B))	5000				1	14 樽山山地東断層帯
43.22	141.59	0	1	90	90	(28.0)	10	7.0	(7.2) (.3200(B))	7500	-8995	0.24		1	15 当別断層帯
42.67	141.78	0	358	90	90	(56.0)	20	7.9	(7.7) (.3200(B))	3300	-3195	0.24		1	16 石狩低地東断層帯
42.00	141.98	0	335	90	90	(13.0)	6.5	(6.7)	(.0320(C))					2	17 網走断層帯
42.52	140.34	0	348	90	90	(24.0)	12	(7.1)	(.3200(B))					1	18 網走内断層帯
41.74	140.60	0	8	90	90	(22.0)	12	7.3	(7.1) (.3200(B))	13000	-11995	0.24		1	19 函館平野西断層帯
40.69	141.12	0	349	90	90	(30.0)	6	6.6	(7.3) (.3200(B))					2	20 野辺断層帯
40.83	140.66	0	349	90	90	(17.0)	15.5	7.3	(6.9) (.3200(B))	3000				2	21 青森西断層帯
40.69	140.56	0	342	90	90	(31.0)	11.5	7.1	(7.3) (.3200(B))		1766	0.24		1	22 津軽山地西断層帯(北部)
40.08	141.45	0	348	90	90	(40.0)	20	7.6	(7.5) (.3200(B))					2	23 折爪断層
40.11	140.79	0	9	90	90	(19.0)	9.5	(7.0)	(.3200(B))					1	24 花輪盆地断層帯
40.81	140.25	0	87	90	90	(12.0)	6	(6.8)	(.3200(B))					1	25 岩木山南断層帯
40.03	140.00	0	10	90	90	(32.0)	16	7.3	(1.000(AB))					3	26 龍代断層帯
39.10	140.89	0	10	90	90	(79.0)	20	7.8	(6.0) (.3200(B))	16000	-2495	0.24		1	27 北上低地西断層帯
39.83	140.93	0	3	90	90	(20.0)	10	(7.0)	(.3200(B))					1	28 幸石盆地西断層帯
39.87	140.73	0	7	90	90	(10.0)	5	(6.5)	(.3200(B))					1	29 田沢東断層帯
39.15	140.56	0	9	90	90	(58.0)	20	7.8	(.3200(B))					1	30 糠手盆地東断層帯
39.27	140.72	0	358	90	90	(17.0)	8.5	(6.9)	(.3200(B))					2	31 網走山断層
39.86	140.18	0	19	90	90	(16.0)	8	(6.8)	(.3200(B))					2	32 北口断層帯
39.14	140.18	0	358	90	90	(44.0)	20	7.6	(.3200(B))					2	33 島田目断層帯
39.41	140.06	0	5	90	90	(29.0)	14.5	(7.3)	(.3200(B))					3	34 北由利断層
39.17	140.36	0	3	90	90	(21.0)	10.5	(7.0)	(.0320(C))					2	35 糠手盆地西南断層
39.18	140.04	0	351	90	90	(10.0)	5	(6.5)	(.3200(B))					2	36 釜ヶ崎断層帯
38.69	140.32	0	336	90	90	(30.0)	11.5	7.0	(7.3) (.3200(B))	2000				1	37 新庄盆地断層帯
39.15	139.95	0	356	90	90	(13.0)	6.5	(6.7)	(1.000(AB))					1	38 象潟東断層帯
38.77	139.88	0	354	90	90	(39.0)	19.5	(7.5)	(.3200(B))		-800	0.24		1	39 庄内平野東断層帯
38.41	141.18	0	1	90	90	(10.0)	5	(6.5)	(1.000(BC))					2	40 旭山断層
38.22	140.26	0	11	90	90	(47.0)	20	7.8	(7.6) (.3200(B))	3000	-3995	0.24		1	41 山形盆地西断層帯
38.13	140.71	0	46	90	90	(38.0)	20	7.5	(7.5) (.3200(B))	3000				1	42 長町一利断層帯
38.02	139.87	0	16	90	90	(20.0)	10	(7.0)	(.3200(B))					1	43 長井盆地西断層帯
38.01	139.39	0	53	90	90	(15.0)	8	6.8	(6.8) (.3200(B))	3000	-4595	0.24		1	44 鶴形山断層帯
38.15	138.31	0	43	90	90	(14.0)	7	(6.7)	(.3200(B))					1	45 大佐津西断層帯
37.19	141.00	0	351	90	90	(84.0)	20	(8.0)	(.3200(B))					1	46 双葉断層帯
37.28	140.87	0	358	90	90	(21.0)	10.5	(7.0)	(.3200(B))					2	47 三郷断層帯
37.71	140.33	0	42	90	90	(47.0)	20	(7.6)	(.3200(B))					1	48 福島盆地西断層帯
37.88	139.98	0	58	90	90	(11.0)	5.5	(6.8)	(.3200(B))					1	49 小幡川断層
37.42	140.18	0	354	90	90	(19.0)	9.5	(7.0)	(.3200(B))					2	50 川折山断層
37.42	139.78	0	10	90	90	(38.0)	19	(7.5)	(.3200(B))					0	51 会津盆地西断層帯
37.65	139.29	0	25	90	90	(16.0)	8	(6.8)	(.3200(B))					2	52 沼津断層
37.74	139.28	0	18	90	90	(19.0)	15	7.3	(6.9) (.3200(B))	7500	-4495	0.24		1	53 月岡断層
37.63	139.15	0	35	90	90	(10.0)	5	(6.5)	(.3200(B))					1	54 村松断層
37.93	138.32	0	52	90	90	(15.0)	7.5	(6.8)	(.3200(B))					1	55 國中平野南断層帯
37.39	138.86	0	32	90	90	(15.0)	7.5	(6.8)	(.3200(B))					1	56 悠久山断層帯
37.32	138.77	0	352	90	90	(28.0)	20	8.0	(7.2) (.3200(A))	1200	1200	0.24		1	57 長岡平野西断層帯
37.15	140.95	0	11	90	90	(15.0)	7.5	(6.8)	(1.000(BC))					2	58 大阪一足断層帯
37.13	140.92	0	304	90	270	(11.0)	5.5	(6.8)	(.3200(B))					2	59 ニッ楯断層
36.87	140.74	0	348	90	90	(18.0)	9	(6.9)	(.0032(C))					2	60 井沢断層
37.13	140.04	0	39	90	90	(17.0)	8.5	(6.9)	(.0032(C))					2	61 白河西方断層帯
35.60	140.14	0	311	90	90	(21.0)	10.5	(7.0)	(.3200(B))					4	62 東京湾北断層帯
35.10	139.81	0	86	90	90	(29.0)	12.5	7.2	(7.3) (1.000(AB))					4	63 鴨川低地断層帯
37.25	139.84	0	8	90	90	(10.0)	5	(6.5)	(.1000(BC))					1	64 大内一倉断層
36.81	139.87	0	12	90	90	(38.0)	19	7.5	(7.5) (.3200(A))	2600	1300	0.24		1	65 網谷断層帯
37.01	139.36	0	22	90	90	(15.0)	7.5	(6.8)	(.0320(C))					2	66 樽枝西断層
36.61	139.45	0	29	90	180	(12.0)	6	(6.8)	(.1000(BC))					2	67 内ノ電断層
36.15	139.33	0	309	90	90	(10.0)	5	(6.5)	(.3200(B))					1	68 深谷断層
36.18	139.20	0	291	90	90	(20.0)	10	(7.0)	(.3200(B))					1	69 平井一巻断層帯
35.83	139.64	0	322	90	90	(20.0)	10	(7.0)	(.3200(B))					4	70 荒川断層
35.89	139.32	0	335	90	90	(13.0)	6.5	(6.7)	(.0320(C))					2	71 越生断層
35.68	139.46	0	316	90	90	(33.0)	16.5	7.4	(7.3) (.3200(B))	10000	-17995	0.24		1	72 立川断層帯
35.49	139.35	0	308	90	90	(58.0)	20	(7.8)	(.0320(C))					2	73 鶴川断層
35.47	139.06	0	45	90	90	(11.0)	5.5	(6.8)	(.3200(B))					1	74 長者会断層
35.39	139.31	0	342	90	90	(24.0)	10.5	7.0	(7.1) (.3200(B))	4000	400	0.24		1	75 伊勢原断層
35.34	138.97	0	51	90	0	(18.0)	9	(6.9)	(3.200(A))					1	76 玉置一塩断層帯
35.53	140.05	0	313	90	90	(16.0)	8	(6.8)	(.3200(B))					2	77 東京湾北断層
35.67	139.77	0	317	90	90	(25.0)	12.5	(7.2)	(.3200(B))					2	78 駿河川断層
35.20	139.73	0	296	90	180	(16.0)	7	6.7	(6.6) (.3200(A))	1600	-295	0.24		1	79 北武一武山断層帯
35.27	139.24	0	312	90	90	(25.0)	12.5	8.0	(7.2) (.3200(A))	3000	-995	0.24		1	80 神崎-園府東-松田断層帯



図 2.2-1 活断層の設定位置

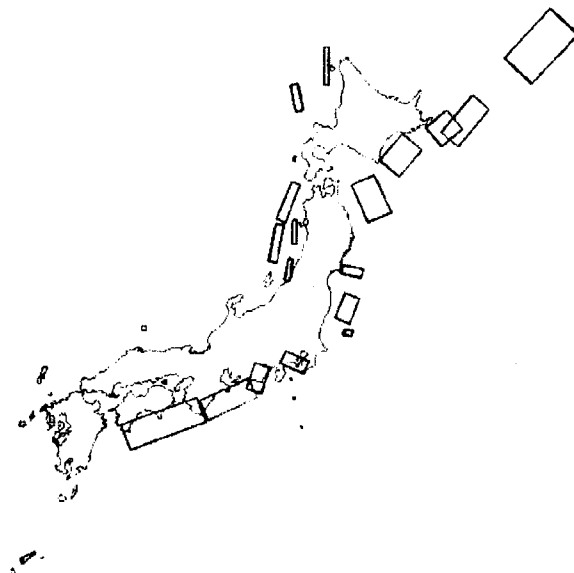


図 2.2-2 プレート境界断層の設定位置

2.3. 評価サイトにおける地震動の推定

評価サイトにおける地震動強さの推定には、従来の距離減衰式に加えて、断層の破壊過程や地盤内の伝播特性を考慮した、いわゆる断層モデルによる地震動予測手法を用いる。距離減衰式の多くは、マグニチュードや震源距離を変数として、最大加速度などの地震動強さ指標を推定できる簡便な評価式である。一方、断層モデルによる地震動予測手法では、中小地震動から大地震動まで時刻歴波形として予測することができ、地盤、建屋、機器などの地震応答解析への応用が期待できる。また、時刻歴波形からは種々の地震動強さ指標を抽出することができるので、建屋や機器の地震による破損を説明するのに適した指標を選択できるなど利点が多い。

以下、断層モデルによる地震動予測手法の概要を示すとともに、予測手法の高精度化を目的とした地震動の位相特性の設定法について示す。また、地震ハザード評価手法では、きわめて多くの震源を仮定し地震動を評価する必要性から、効率的な断層パラメータの設定法について示す。さらに、SHEAT-FM コードに実装されている従来型の距離減衰式による地震動評価についても簡単に述べる。

2.3.1. 断層モデルによる地震動予測手法

SHEAT-FM コードでは、断層モデルによる地震動予測手法として統計的波形合成法²³⁾を採用している。これは、断層の面的な広がりを持つ破壊過程を考慮して、小地震動観測記録を空間的・時間的に重ね合わせるにより大地震による強震動を合成するという考えに基づいた経験的グリーン関数法²⁴⁾を基本としている。経験的グリーン関数法では、適当な小地震観測記録をグリーン関数としているのに対して、統計的波形合成法では、 ω^{-2} 則に基づく震源スペクトルと位相特性を組み合わせた Boore の小地震波形²⁵⁾をグリーン関数としている。

ω^{-2} 則を満たす小地震波形の加速度フーリエスペクトル $S_A(f)$ は、次式で与えられる。

$$S_A(f) = FS \cdot R_{\omega} \cdot \frac{\pi M_0}{\rho V^3} \cdot \frac{f^2}{1 + (f/f_c)^2} \cdot \frac{1}{1 + f/f_{\max}} \quad \text{式 2-16}$$

ここに、 FS : 地震基盤面の境界条件 (地中基盤=1, 解放基盤=2)

R_{ω} : 放射特性係数 (周波数依存型)²⁶⁾

M_0 : 地震モーメント

ρ : 地震基盤の媒質の密度

V : P 波及び S 波の地震波速度

f_c : コーナー周波数

f_{\max} : 高周波数限界

f_c, f_{\max} は次式で与えられる。

$$f_c = 4.9 \times 10^6 V \left(\frac{\Delta \sigma}{M_0} \right)^{1/3} \quad \text{式 2-17}$$

$$f_{\max} = 7.31 \times 10^3 M_0^{-0.12} \quad \text{式 2-18}$$

f_c はコーナー周波数と呼ばれ応力降下量 $\Delta \sigma$ と連動して設定されるもので、地震規模に依存し

た特徴的な周波数を表す。すなわち、変位に関する震源スペクトルは、この f_c より低周波側ではフラットであり、 f_c より高周波側では ω^{-2} に比例して減少する。また、震源スペクトルの振幅は f_{max} より高周波数で小さくなることが知られており、式 2-16 にはその効果を取り入れている²⁷⁾。

小地震波形は、一様であると仮定した地震発生層内を伝播してサイト下の地震基盤に至る。震源距離 R の小地震による地震基盤における加速度フーリエスペクトル $u(f)$ は、震源スペクトル $S_A(f)$ に伝播経路特性を加味して、式 2-19 で表される。このフーリエスペクトルと、ホワイトノイズに Boore の波形包絡形²⁵⁾を施した位相情報を用いて小地震波形を生成する。

$$u(f) = S_A(f) \cdot \frac{1}{R} \cdot \exp\left(\frac{-\pi f R}{Q(f) \cdot V}\right) \quad \text{式 2-19}$$

ここで、 R は震源距離、 $Q(f)$ は周波数毎に定義された内部減衰を表す係数 (Q 値) である。 Q 値は周波数に依存した形で次式のようにモデル化される。

$$Q(f) = \alpha \times f^\beta \quad \text{式 2-20}$$

Q 値の係数 α と β は、評価サイトの地震観測記録を用いたインバージョン解析などによって評価した値を用いる。

対象断層を分割した小断層のそれぞれについて計算した小地震波形をグリーン関数とし、入倉ら²⁸⁾の波形合成法を用いて断層破壊の進展に応じて重ね合わせる。入倉らの波形合成法を次式に示すが、ここでは、香川²⁹⁾の周波数領域による表現を用いる。統計的波形合成法の概念を図 2.3-1 に示す。式 2-21 及び式 2-22 の係数は、図 2.3-1 の表記と対応している。

$$U(\omega) = \sum_{m=1}^{NL} \sum_{n=1}^{NW} \frac{R}{r_{mn}} e^{-i\alpha r_{mn}} \left\{ 1 + \frac{1}{n'(1-e^{-1})} \sum_{k=1}^{(ND-1)n'} e^{-\frac{k-1}{(ND-1)n'}} e^{-i\omega \frac{(k-1)r}{(ND-1)n'}} \right\} \cdot u_{mn}(\omega) \quad \text{式 2-21}$$

$$t_{mn} = \frac{r_{mn}}{V} + \frac{\epsilon_{mn}}{V_R} \quad \text{式 2-22}$$

ここに、

- $U(\omega)$: 大地震波の加速度フーリエスペクトル
- $u_{mn}(\omega)$: 小断層に起因する小地震波の加速度フーリエスペクトル
- t_{mn} : 小断層の小地震波が破壊開始時刻から評価サイトに到達するまでの時間
- r_{mn} : 小断層の中心からサイトまでの距離
- R : 小地震の震源距離 ($= r_{mn}$)
- ϵ_{mn} : 破壊開始点から当該小断層の中心までの距離
- V : P 波及び S 波の地震波速度
- V_R : 断層上の破壊伝播速度
- τ : 小断層における断層すべりの継続時間 (立ち上がり時間)

上記の統計的波形合成法により、対象サイト下の地震基盤面における地震動が得られる。得られた地震動は SH 波、SV 波、P 波の 3 成分で表されており、SHEAT-FM コードでは、これらを NS、EW、UD の 3 成分に射影する。さらに重複反射理論による 1 次元波動伝播解析³⁰⁾を行い、工学的基盤面における地震動を予測する。これまでに示した統計的波形合成法による工学的基盤

面における地震動の作成手順を図 2.3-2に示す。

2.3.2. 中小地震記録の群遅延時間を用いた地震動予測手法

2.3.1 項に示した統計的波形合成法²³⁾では、グリーン関数となる小地震動の波形を作成する際、地震動の震動継続時間を与え包絡形状を決定して、位相ランダム²⁴⁾の仮定を用いている。しかし、この方法では、伝播経路や表層構造による震動継続時間の増加などが考慮されないなどの問題点が指摘されている³¹⁾。

地震動の位相特性のモデル化に関する研究としては、佐藤・室野・西村らの研究³²⁾がある。この研究で彼らは、フーリエ位相スペクトルの角振動数領域での傾きとして定義される群遅延時間の平均値と標準偏差が、時間領域における地震動の重心位置と広がり（継続時間）を表現できることに着目し、観測記録から抽出した群遅延時間の平均値と標準偏差をマグニチュードと震央距離で表した回帰モデルの作成手法が提案されており、鉄道構造物の設計³²⁾などで利用されている。

原研においても、この手法を用い、原研大洗研究所の鉛直アレー観測により得られた中小地震の観測記録から群遅延時間の回帰モデルを作成している。このモデルには、中小地震に関する大洗サイト固有の震源特性や伝播特性が含まれているものと考えられ、統計的波形合成法におけるグリーン関数の作成にこのモデルを導入することで、先に示した問題点が改善され、地震動の予測精度の向上、さらには地震ハザード評価精度の向上を期待できる。

SHEAT-FM コードでは、統計的波形合成法におけるグリーン関数作成に際し、位相ランダム²⁴⁾の仮定に加えて、中小地震の観測記録から得られた群遅延時間の回帰モデルにより位相特性を設定することができる。群遅延時間の回帰モデルによる位相特性を用いたグリーン関数の作成手順を以下に示す。作成手順のフローを図 2.3-3に示す。

- ① 回帰モデルにマグニチュード M と震央距離 Δ を代入して群遅延時間の平均値 $\mu_{igr}^{(j)}$ 及び標準偏差 $\sigma_{igr}^{(j)}$ をスケールファクター $j=7 \sim j=16$ について算定する。

$$\mu_{igr}^{(j)} = \alpha_1^{(j)} \times 10^{\beta_1^{(j)} M} \times \Delta^{\gamma_1^{(j)}} \quad \text{式 2-23}$$

$$\sigma_{igr}^{(j)} = \alpha_2^{(j)} \times 10^{\beta_2^{(j)} M} \times \Delta^{\gamma_2^{(j)}} \quad \text{式 2-24}$$

ここに、 $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$: 重回帰係数

- ② j ごとに①の統計量に準拠したホワイトノイズの乱数列を発生させる。乱数の発生個数は $2^{16} + 1$ 個とする。その乱数列を $t_{gr}^{(j)}(\omega_i)$ ($i=1 \sim 2^{16} + 1$) とする。
- ③ $j=7 \sim 16$ のスケールファクターにおける乱数列を用いて以下の式でフーリエ位相を算定する。

$$\phi(\omega_i) = \phi(\omega_{i-1}) - t_{gr}(\omega_i) \times \Delta\omega \quad (i=2 \sim 2^{16} + 1) \quad \text{式 2-25}$$

ここに、 $\Delta\omega = 2\pi/T_d$, $\phi(\omega_1) = 0.0$

- ④ ③のフーリエ位相と設定されたフーリエ振幅を合わせて複素数に変換し、共役複素数を付け加え、フーリエ逆変換により時刻歴データ (j 次の成分波) に変換する。

①の回帰モデルはウェーブレット変換により求めているため、 j 次のサポート区間は、表 2.3-1に示すように、 $2^j/3T_d \leq f \leq 2^{j+2}/3T_d$ の範囲となる。よって、1つの振動数 f には両

端以外では2つの j が対応し、フーリエ振幅スペクトルも多くの範囲でお互いのサポート振動数が重なることになる。そこで、SHEAT-FM コードでは、参考文献11)と同様に、各レベルが分担する範囲は概ね $2^{j-1}/T_d \leq f \leq 2^j/T_d$ となることをふまえ、フーリエ振幅については、表 2.3-2に示すように $2^{j-1}/T_d \leq f \leq 2^j/T_d$ の範囲に対してのみ与え、それ以外の範囲については、0.0としている。

- ⑤ ④で求めた各 j 次の成分波を重ね合わせてグリーン関数を作成する。

参考文献11)の手法を用い、原研大洗研究所サイトを対象とした群遅延時間の回帰モデル(重回帰係数)を表 2.3-3と表 2.3-4に示す。

2.3.3. 断層パラメータの設定

統計的波形合成法を用いて地震動を予測する場合、断層の大きさや方向など、震源特性に関わるパラメータ(以下、断層パラメータ)の設定が必要となる。断層パラメータのうち幾何学的形状を表すパラメータを図 2.3-4に示す。これらのパラメータは、不確定な要素を多く含んでおり、予測結果にもたらす影響が大きいと考えられる。また、地震ハザード評価では、これまでに活動記録のない断層についてもその存在を仮定し、多数の地震動を予測する必要がある。そのため、断層モデル地震動予測式を SHEAT-FM コードに組み込むにあたり、これら断層パラメータの不確定性を確率的に扱い、効率的に設定する必要がある。

SHEAT-FM コードにおける断層パラメータの設定手順を以下に示す。

- ① 対象地震の気象庁マグニチュード M_J を参照する。
 ② M_J から以下の関係式を用いて地震モーメント M_0 ($\text{dyne} \cdot \text{cm}$) を算出する。地殻内地震に対しては武村³³⁾による式 2-26 を、プレート境界地震に対しては佐藤²²⁾による式 2-27 をそれぞれ適用する。

$$\text{地殻内} \quad : \log M_0 = 1.17M_J + 17.72 \quad \text{式 2-26}$$

$$\text{プレート境界} \quad : \log M_0 = 1.5M_J + 16.2 \quad \text{式 2-27}$$

- ③ Somerville ら³⁴⁾の関係式を用いて地震モーメント M_0 から断層面積 $S(\text{km}^2)$ 、アスペリティ総面積 $S_a(\text{km}^2)$ 、小断層における断層すべり継続時間(立上がり時間) $\tau(\text{sec})$ をそれぞれ算出する。

$$\left. \begin{aligned} S &= 2.23 \times 10^{-15} \times M_0^{2/3} \quad (M_0 < 10^{26} \text{ dyne} \cdot \text{cm}) \\ S &= 4.24 \times 10^{-11} \times M_0^{1/2} \quad (M_0 \geq 10^{26} \text{ dyne} \cdot \text{cm}) \end{aligned} \right\} \quad \text{式 2-28}$$

$$S_a = 0.215 \times S \quad \text{式 2-29}$$

$$\tau = 2.03 \times 10^{-9} \times M_0^{1/3} \quad \text{式 2-30}$$

断層は、面内のすべり量が一様ではないとするアスペリティモデル²⁸⁾を採用し、1つのアスペリティが断層中央に位置するものと仮定する。アスペリティのすべり量は断層全体の平均すべり量の約2倍であることが知られており³⁴⁾、これよりアスペリティの応力降下量は平均応力降下量 $\Delta \sigma$ の2倍を仮定する。また、断層の破壊開始点は断層中央とする。

- ④ 断層面が矩形であると仮定すれば、断層の長さ $L(\text{km})$ と幅 $W(\text{km})$ から断層面積 S は式 2-31 で

表される。 L と W の間に式 2-32 の関係式を仮定して、これら 2 つの式から L, W を算出する。

$$S = L \cdot W \quad \text{式 2-31}$$

$$W/L = 0.5 \quad \text{式 2-32}$$

ただし、地殻内地震を対象とする場合には、 W は 20km を上限とする¹⁰⁾。

- ⑤ 断層を小断層に分割する。分割後の小断層がマグニチュード 5.0 から 5.5 程度の大きさになるように、 L と W の分割数を決定する。具体的には、上記のマグニチュードの範囲内で 0.1 刻みの正方小断層を仮定し、大断層に敷き詰める。正方小断層を配置した断層の各辺の長さと対象断層の長さ L 及び幅 W との差を求め、アスペリティについても同様に差を求め、これらの和が最も小さくなるように正方小断層を見つける。そのときの正方小断層の割付数を各辺の分割数とする。概念図を図 2.3-5 に示す。
- ⑥ 図 2.3-4 に示した走行角 θ 、傾斜角 δ 、滑り角 λ については、自然現象としての不確かさが大きいので、図 2.3-6 に示すようなロジックツリーを導入し、確率変数として扱う。

2.3.4. 従来型の距離減衰式による地震動予測

SHEAT-FM コードには、国内外で発表された最大加速度や最大速度、応答スペクトルに関する距離減衰式を多数組み込んでいる。最新の知見として、最近発表された断層近傍での適用を考慮したもの^{35),36)}や断層タイプを考慮したもの³⁷⁾も取り入れている。表 2.3-5 に最大加速度の距離減衰式を、表 2.3-6 に最大速度の距離減衰式を、表 2.3-7 に応答スペクトルの距離減衰式をそれぞれ一覧に示す。ユーザーは、先に示した断層モデルによる地震動予測手法以外に、これらの距離減衰式の中から対象サイトに適したものを選択することが可能である。また、対象とする地震のうちサイトに大きな影響を及ぼすものについては断層モデルによる地震動予測手法を用いて評価し、それ以外の地震については距離減衰式で評価するなど、両者を混合した地震ハザード評価にも応用できる。

表 2.3-1 ウェーブレット変換における振動数区間

J	ウェーブレット変換
7	0.033 ~ 0.130 Hz
8	0.065 ~ 0.260 Hz
9	0.130 ~ 0.521 Hz
10	0.260 ~ 1.042 Hz
11	0.521 ~ 2.083 Hz
12	1.042 ~ 4.167 Hz
13	2.083 ~ 8.333 Hz
14	4.167 ~ 16.667 Hz
15	8.333 ~ 33.333 Hz
16	16.667 ~ 66.667 Hz

表 2.3-2 フーリエ逆変換における振動数区間

J	フーリエ振幅
7	0.049 ~ 0.098 Hz
8	0.098 ~ 0.195 Hz
9	0.195 ~ 0.391 Hz
10	0.391 ~ 0.781 Hz
11	0.781 ~ 1.563 Hz
12	1.563 ~ 3.125 Hz
13	3.125 ~ 6.250 Hz
14	6.250 ~ 12.500 Hz
15	12.500 ~ 25.000 Hz
16	25.000 ~ 50.000 Hz

表 2.3-3 大洗サイトの群遅延時間モデルの重回帰係数 (水平成分)

j	$\alpha_1^{(j)}$	$\alpha_2^{(j)}$	$\beta_1^{(j)}$	$\beta_2^{(j)}$	$\gamma_1^{(j)}$	$\gamma_2^{(j)}$
7	2.063	2.210	0.159	0.164	0.236	0.037
8	3.218	2.184	0.105	0.107	0.255	0.159
9	2.700	0.793	0.108	0.153	0.284	0.237
10	2.919	0.625	0.123	0.159	0.239	0.252
11	2.603	0.652	0.119	0.139	0.217	0.229
12	2.857	0.408	0.110	0.134	0.203	0.307
13	2.732	0.260	0.115	0.152	0.173	0.310
14	2.562	0.148	0.115	0.175	0.173	0.346
15	2.782	0.175	0.117	0.171	0.147	0.356
16	1.962	0.097	0.136	0.240	0.223	0.415

表 2.3-4 大洗サイトの群遅延時間モデルの重回帰係数 (上下成分)

j	$\alpha_1^{(j)}$	$\alpha_2^{(j)}$	$\beta_1^{(j)}$	$\beta_2^{(j)}$	$\gamma_1^{(j)}$	$\gamma_2^{(j)}$
7	2.310	2.062	0.153	0.170	0.244	0.060
8	1.403	0.740	0.169	0.232	0.310	0.105
9	3.583	1.672	0.126	0.153	0.193	0.112
10	2.861	0.621	0.106	0.196	0.285	0.176
11	3.469	1.056	0.125	0.168	0.165	0.104
12	4.399	1.187	0.111	0.126	0.117	0.121
13	3.220	0.656	0.118	0.156	0.119	0.137
14	2.406	0.452	0.126	0.174	0.145	0.160
15	2.618	0.395	0.125	0.184	0.113	0.172
16	1.828	0.243	0.138	0.243	0.217	0.206

表 2.3-5 最大加速度の距離減衰式一覧

IATN	式名	距離減衰式
0	ユーザー入力	$\alpha = 10^{aa-bb\log R+ccM}$
1	金井式	$\alpha = (2\pi/T_G) * 10^{0.61M-(1.66+3.6/R)\log R-(0.631+1.83/R)}$ $T_G = (0.000512M - 0.00143) * (\Delta + 100) + 0.02$ (40 ≤ Δ)
2	片山式	$\log \alpha = 2.308 - 1.637\log(R+30) + 0.411M$
3	Mc Guire式	$\alpha = 472.3 * 10^{0.278M} * (R+25)^{-1.301}$
4	Oliveira式	$\alpha = 1230 * e^{0.8M} (R+25)^{-2.0}$
5	Esteva and Villaverde式	$\alpha = 5600 * e^{0.8M} (R+40)^{-2.0}$
6	亀田式	$\alpha = 349 * 10^{0.232M} / (\Delta + 30)^{0.959}$ =330 (Δ ≥ Δ ₀) ※1 (Δ < Δ ₀)
7	岡本式	$\alpha = 640 * 10^{(\Delta+40) * (-7.604+1.7244M-0.1036M)/100+2}$ (粗粒凝灰岩)
8	篠・片山式	$\alpha = 6.85 * 10^{0.372M} * \Delta^{-0.866}$ (1種地盤)
9	新耐震設計方式	$\alpha = 46 * 10^{0.208M} * (\Delta + 10)^{-0.686}$ (1種地盤)
10	渡部・藤堂式	$\alpha = 10^{0.440M - 1.38\log R + 1.04}$ (岩盤上)
11	土木研究所式	$\alpha = 1073 * 10^{0.221M} * (\Delta + 30)^{-1.251}$ (1種地盤)
12	大崎式	$\alpha = 1.363 * 10^{0.549M} * \Delta^{-1.285}$ (1種地盤)
13	電共研式	$\alpha = 10^{0.502M - (\log R + 0.00493R) + 0.0165}$
14	安中式	$\alpha = 10^{0.614M + 0.00501H - 2.033\log R + 1.377}$ $R = (\Delta^2 + 0.45H^2) + 0.22e^{0.699M}$
15	表式 & 土木研究所式	飽和領域: $\alpha = 9 * M^2$ 震央域: $\alpha = 1073 * 10^{0.221M} * (\Delta + 30)^{-1.251}$
16	表式 & 大崎式	飽和領域: $\alpha = 9 * M^2$ 震央域: $\alpha = 1.363 * 10^{0.549M} * \Delta^{-1.285}$
17	表式 & 土木研究所式	飽和領域: $\alpha = 6 * M^2$ 震央域: $\alpha = 1073 * 10^{0.221M} * (\Delta + 30)^{-1.251}$
18	表式 & 大崎式	飽和領域: $\alpha = 6 * M^2$ 震央域: $\alpha = 1.363 * 10^{0.549M} * \Delta^{-1.285}$
19	金井式の適用限界距離の考慮 & 金井式	飽和領域: $\Delta_{lim} = 0.624 * 10^{0.353M - 1.134}$ での下式による α 震央域: $\alpha = (2\pi/T_G) * 10^{0.61M-(1.66+3.6/R)\log R-(0.631+1.83/R)}$ $T_G = (0.000512M - 0.00143) * (\Delta + 100) + 0.02$ (40 ≤ Δ : Δ=40)
31	福島式	$\alpha = 10^{0.51M - \log(R+0.006*10^{**}(0.51*M)) - 0.0033*R + 0.59} * 0.6$ (硬質地盤)
32	Boore式	$\alpha = 10^{-1.02+0.249*M - \log(\Delta^{**2+7.3**2})^{**0.5} - 0.00255*(\Delta^{**2+7.3**2})^{**0.5} + 0.26}$
33	安中式(1997) 断層最短距離	$\alpha = 10^{0.606M + 0.00459H - 2.136\log(RS + 0.334\exp(0.653M)) + 1.730}$
34	安中式(1997) 等価震源距離	$\alpha = 10^{0.573M + 0.00429H - \log RX - 0.00207RX - 0.243}$
35	司・翠川式 *2 断層最短距離	$\alpha = 10^{b - \log(RS+c) - k*RS}$, $b = aM_w + hH + \sum d_i S_i + e$, $c = c_1 * 10^{c2M_w}$
36	司・翠川式 *2 等価震源距離	$\alpha = 10^{b - \log RX - k*RX}$, $b = aM_w + hH + \sum d_i S_i + e$

表 2.3-6 最大速度の距離減衰式一覧

IATN	式名	距離減衰式
20	ユーザー入力	$\alpha = 10^{a - b \log R + cM}$
21	金井式	$\log v = 0.61M - (1.66 + 3.6/R) \log R - (0.631 + 1.83/R)$
22	Mc Guire式 $\sigma = 0.63$	$v = 5.64 * 10^{0.401M} * (R + 25)^{-1.202}$
23	Esteva and Villaverde式	$v = 32 * e^M * (R + 25)^{-1.7}$
24	亀田式	$v = 2.65 * 10^{0.360M} / (\Delta + 30)^{0.893}$ ($\Delta \geq \Delta_0$) *1 $= 2.52 * 10^{0.144M}$ ($\Delta < \Delta_0$)
25	安中式(1997) 断層最短距離	$\alpha = 10^{0.725M + 0.00318H - 1.918 \log(RS + 0.334 \exp(0.653M)) - 0.519}$
26	安中式(1997) 等価震源距離	$\alpha = 10^{0.697M + 0.00293H - \log RX - 0.00163RX - 2.116}$
27	司・翠川式 *3 断層最短距離	$\alpha = 10^{b - \log(RS + c) - k * RS}$, $b = aM_w + hH + \sum d_i S_i + e$, $c = c_1 \cdot 10^{c_2 M_w}$
28	司・翠川式 *3 等価震源距離	$\alpha = 10^{b - \log RX - k * RX}$, $b = aM_w + hH + \sum d_i S_i + e$

ただし、表中の記号は以下に示す通りである。

*1: $\Delta_0 = 1.06 * 10^{0.242M - 30}$ $M \geq 6.0$
 $= 0$ $M < 6.0$

M: マグニチュード H: 震源深さ(km) α : 最大加速度(Gal)

R: 震源距離(km) Δ : 震央距離(km) v: 最大速度 (Kine)

RS: 断層最短距離(km) RX: 等価震源距離

T_0 : 岩盤における最大加速度の卓越周期(sec)

Δ_{lim} : 金井式の適用限界震央距離(km)

a, b, c: ユーザ入力の係数

*2 最大加速度に対する司・翠川式の係数

	a	h	d		e	c1	c2
			地殻内	プレート間			
最短距離	0.50	0.0043	0.00	0.01	0.61	0.0055	0.50
等価震源距離	0.50	0.0036	0.00	0.09	0.60		

*3 最大速度に対する司・翠川式の係数

	a	h	d		e	c1	c2
			地殻内	プレート間			
最短距離	0.58	0.0038	0.00	-0.02	-1.29	0.0028	0.50
等価震源距離	0.58	0.0031	0.00	0.06	-1.25		

なお、司・翠川式中の M_w はモーメントマグニチュードであり、SHEAT-FM においては、以下の kanamori(1977)の関係式を用いて、地震モーメント M_0 から算出する。

$\log M_0 = 1.5M_w + 16.1$

表 2.3-7 応答スペクトルの距離減衰式一覧

NISP	式名	距離減衰式
11	渡部・藤堂 速度応答 SP	$\log_{10}S_V(T)=0.607M-1.19\log_{10}R-1.15+g_1-g_2+g_3$ $g_1 = a_1 \left(1 - T \frac{a_2}{a_3} \right) \{ 1 + T \exp(1 - a_4 T) \}$ $g_2 = 0.25R^{0.1} \left(\frac{1}{\sqrt{T}} - 1 \right)$ $g_3 = \frac{1}{2} \log_{10} \left\{ \left[\ln 2.72 \left(\frac{4\pi h}{1.78} + 1 \right) \right] \cdot \frac{1 - \exp(4\pi h)}{4\pi h} \right\}$ $a_1 = \frac{0.015}{(0.125M)^{14}} + 0.055$ $a_2 = 0.045 \times 1.6^M$ $a_3 = \frac{1.8 \times (0.125M)^{13}}{(0.125M)^{13} + 0.15}$ $a_4 = \frac{0.1}{(0.125M)^{15}} + 0.9$ $n = \frac{T_{ed}}{T} = \frac{10^{0.31M-1.20}}{T}$
21	安中式 1997 速度応答 SP 最短距離	$\log_{10}S_V(T)=C_{m1V}M+C_{h1V}H-C_{d1V} \log_{10}(R + C_1 \exp(C_2M)) + C_{o1V}$ <p>ここに, C1=0.334, C2=0.653</p> <p>$C_{m1V}, C_{h1V}, C_{d1V}, C_{o1V}$ は周期毎の回帰係数(内蔵)</p>
22	安中式 1997 加速度応答 SP 最短距離	$\log_{10}S_A(T)=C_{m1A}M+C_{h1A}H-C_{d1A} \log_{10}(R + C_1 \exp(C_2M)) + C_{o1A}$ <p>ここに, C1=0.334, C2=0.653</p> <p>$C_{m1A}, C_{h1A}, C_{d1A}, C_{o1A}$ は周期毎の回帰係数</p>
23	安中式 1997 速度応答 SP 等価震源距離	$\log_{10}S_V(T)=C_{m2V}M+C_{h2V}H-\log_{10}R-C_{d2V}R+C_{o2V}$ <p>ここに, $C_{m2V}, C_{h2V}, C_{d2V}, C_{o2V}$ は周期毎の回帰係数</p>
24	安中式 1997 加速度応答 SP 等価震源距離	$\log_{10}S_A(T)=C_{m2A}M+C_{h2A}H-\log_{10}R-C_{d2A}R+C_{o2A}$ <p>ここに, $C_{m2A}, C_{h2A}, C_{d2A}, C_{o2A}$ は周期毎の回帰係数</p>

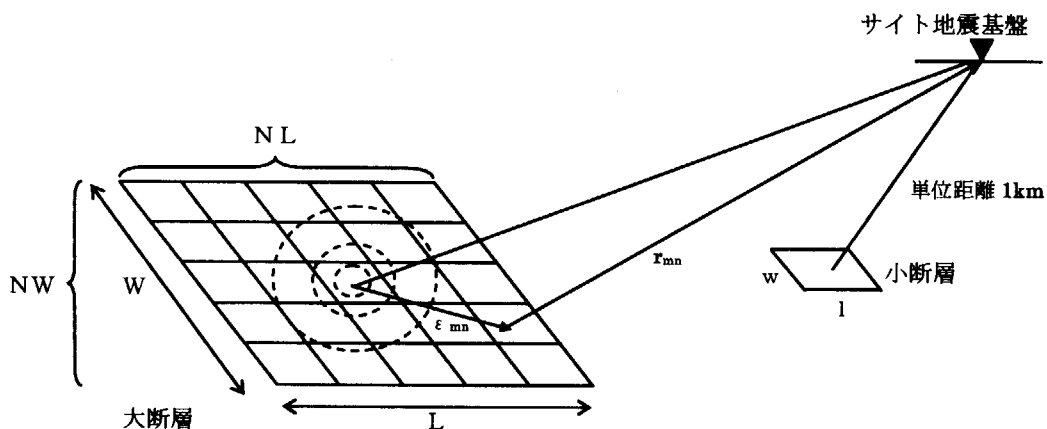


図 2.3-1 統計的波形合成法の概念図

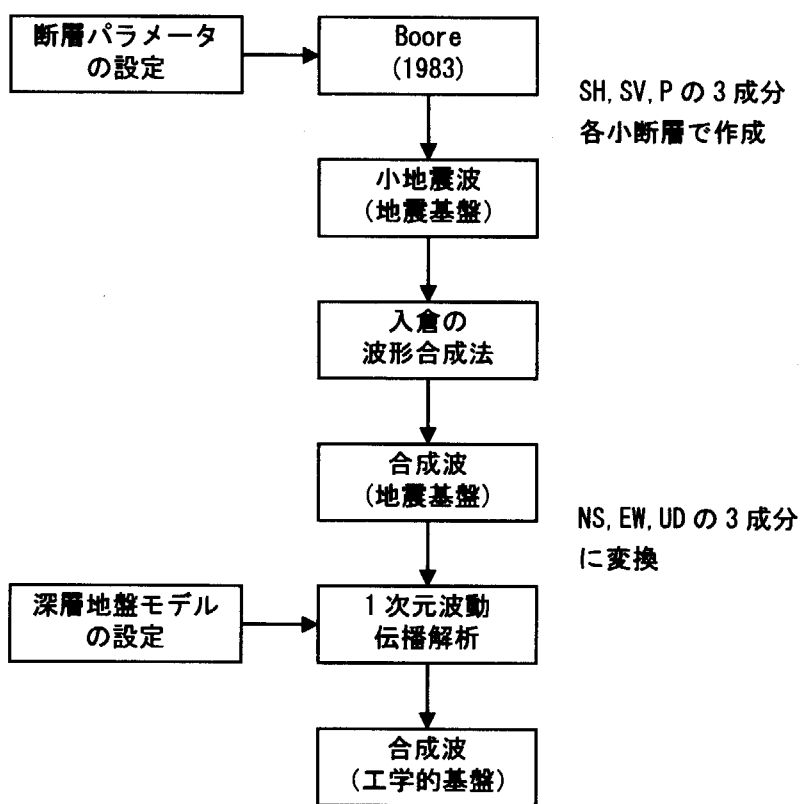


図 2.3-2 統計的波形合成法による工学的基盤波作成手順

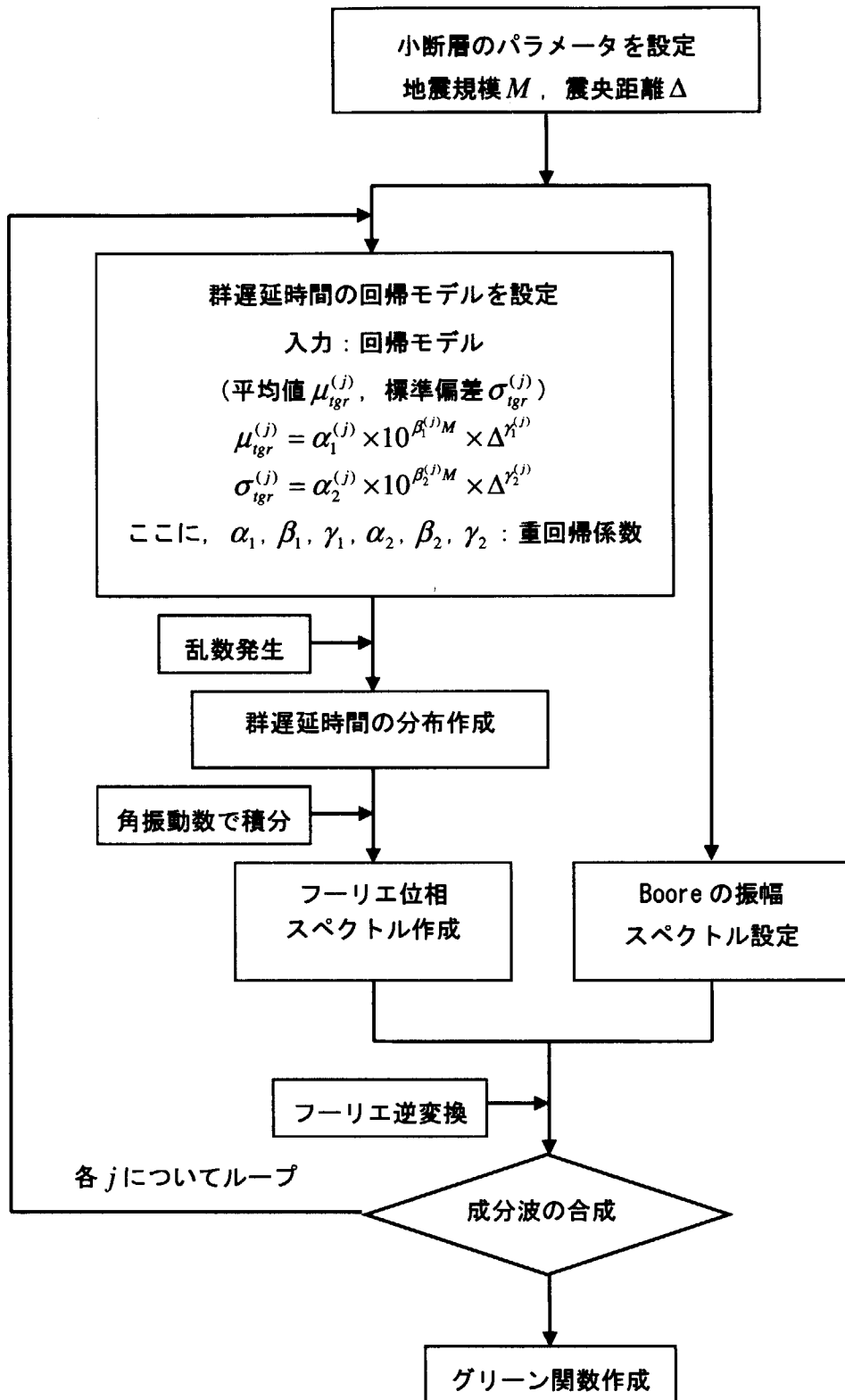


図 2.3-3 群遅延時間の回帰モデルによる位相特性を用いたグリーン関数作成手順

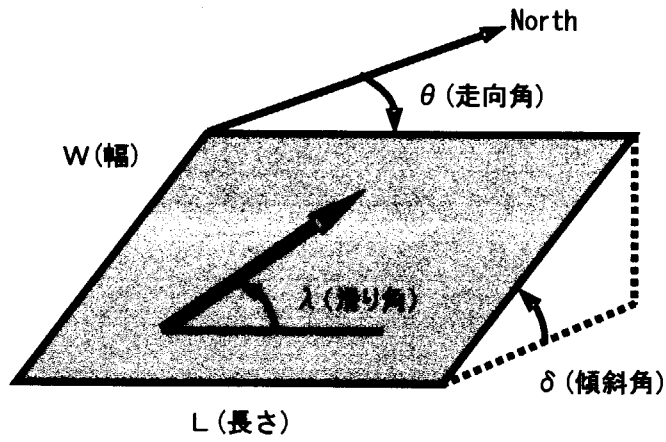


図 2.3-4 断層モデルの幾何学的パラメータ

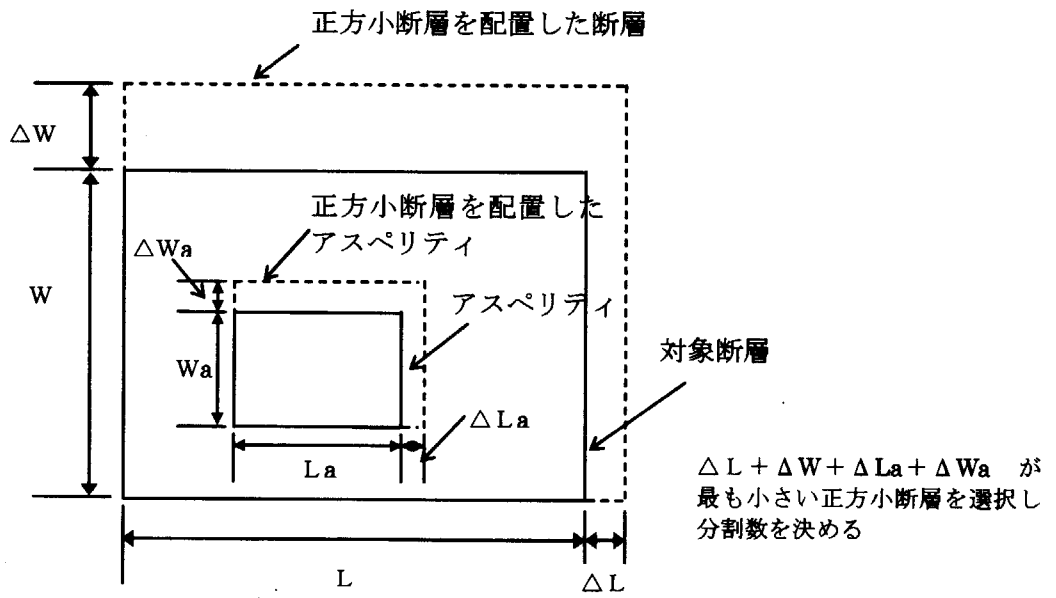


図 2.3-5 大断層の分割方法の概念図

Magnitude M	Strike angle θ (degree)	Dip angle δ (degree)	Slip angle λ (degree)
$6.0(W_{M1})$	$15(W_{\theta 1})$	$15(W_{\delta 1})$	$80(W_{\lambda 1})$
$7.0(W_{M2})$	$0(W_{\theta 2})$	$30(W_{\delta 2})$	$90(W_{\lambda 2})$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$M_i(W_{Mi})$	$\theta_j(W_{\theta j})$	$\delta_k(W_{\delta k})$	$\lambda_l(W_{\lambda l})$

$$F_{ijkl} = F_{ann} \times W_{ijkl}$$

F_{ijkl} : Frequency of seismic occurrence

F_{ann} : Annual frequency of seismic occurrence in the area

W_{ijkl} : Weight coefficient of seismic occurrence

$$W_{ijkl} = W_{Mi} \times W_{\theta j} \times W_{\delta k} \times W_{\lambda l}$$

図 2.3-6 ロジックツリーによるパラメータ設定

2.4. 地震ハザード曲線の算出

SHEAT-FM コードにおける地震ハザード評価は、ユーザーが指定する時点を起点とし、その時点からある期間内に地震動の発生する確率を算出するものである。SHEAT-FM コードは、経年変化を考慮した構造機器の地震時信頼性評価手法の開発の一環で整備したものであり、それゆえ、運転年数の経過に伴う地震動発生確率の変化を定量的に評価できることが必要となる。

地震活動としては、前節までに示したように、活断層地震とプレート境界地震、ランダム地震域を対象とし、活断層地震及びプレート境界地震には、平均活動間隔と最新活動からの経過時間を考慮した地震発生過程モデルを適用することとし、ランダム地震域については、定常ポアソン過程を適用する。

評価期間 T 年におけるハザード指標 a の確率密度関数 $f_{he}(a)$ 、及び超過確率 $P_{he}(a)$ は次式で算出される¹⁷⁾。

$$f_{he}(a) = -\frac{dP_{he}(a)}{da} \quad \text{式 2-33}$$

$$P_{he}(a) = 1 - \{1 - P_f(a)\} \{1 - P_z(a)\} \quad \text{式 2-34}$$

$$P_f(a) = 1 - \exp\left\{-T \sum_i Pe_{f,i}(a) / Te_{f,i}\right\} \prod_i \{1 - Pe_{f,i}(a) Pn_i(T)\} \quad \text{式 2-35}$$

$$P_z(a) = 1 - \exp\left\{-T \sum_i Pe_{z,i}(a) ve_{z,i}\right\} \quad \text{式 2-36}$$

$$Pe_f(a) = \int_a^\infty f_A(a') da' \quad \text{式 2-37}$$

$$Pe_z(a) = \int_a^\infty \int_a^\infty f_M(m) f_{AM}(a') da' dm \quad \text{式 2-38}$$

- ここに、
- $P_{he}(a)$: 建物位置における T 年超過確率
 - $P_f(a)$: 活断層及びプレート境界地震による建物位置での T 年超過確率
 - $P_z(a)$: ランダム地震域の地震による建物位置での T 年超過確率
 - $Te_f(a)$: 各活断層及びプレート境界地震の平均活動間隔年
 - $Pn(T)$: 最新活動時期からの経過時間を考慮する活断層またはプレート境界が今後 T 年以内に活動する確率
 - ve_z : 各地震域内における地震の年平均発生頻度
 - $Pe(a)$: 各活断層またはプレート境界、ランダム地震域で地震が生じた場合の建物位置での a の超過確率
 - $f_A(a)$: 地震動評価式による建物位置での a の確率密度関数

$f_M(m)$: ランダム地震域のマグニチュードの確率密度関数

また、添え字 i は、各活断層、プレート境界あるいはランダム地震域のメッシュ分割による各活動域を示す。地震動評価式のばらつきを表す確率密度関数 $f_A(a)$ は、対数正規分布、上限打ち切りを考慮した対数正規分布、 β 分布の中から選択することができる。

従来の距離減衰式を用いた地震ハザード評価では、距離減衰式そのものが地震動の最大加速度や最大速度などの最大地動で表されているために、ハザード指標は限られたものであった。最近では、建築物の損傷の程度を表すものとして地震動の入力エネルギーに着目した研究が行われている。SHEAT-FM コードでは、断層モデルによる地震動予測手法を取り入れて地震動の時刻歴波形が求められているため、さまざまなハザード指標を抽出することが可能である。一例として、地震動のエネルギー入力の厳しさを定量的に評価した、瞬間最大入力エネルギー³⁸⁾をハザード指標として取り入れている。ユーザーは、入力データの指定により最大加速度や最大速度、応答スペクトルに加え、瞬間最大入力エネルギーの中から選択することができる。

3. 入カマニユアル

3.1. 入カデータフォーマット

- 1) 入カデータはフィールドと呼ばれる単位で定義する。フィールドは基本的には8カラムからなり、カード1枚は10フィールドで構成される。
- 2) 第1フィールドはデータ認識のための英文字を定義し、データIDとする。
- 3) 第2フィールドからはデータを入力する。整数は右詰め、文字は左詰めを基本入力とする。
- 4) 第1フィールドの1カラム目が*の場合、その行はコメント行とする。

表 3.1-1 入カデータフォーマットの例

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAGNIT	6.0	8.0	0.1	1					

3.2. 入力データ一覧

以下に入力データの一覧を示す。

NO	データID	要 旨
1	MAGNIT	評価対象地震の範囲の設定
2	CNTLPR	出力コントロール
3	MTHD	解析種類の選択
4	FPINT	点震源モデルと断層モデルを用いる境界のマグニチュードの設定
5	NFAULT	活断層データの抽出
6	NFPARA	活断層及びプレート境界地震の地震動計算手法と応力降下量の設定
7	NFTIME	地震発生確率の評価期間及び地震発生過程モデルの設定
8	CRHIST	歴史地震標準カタログの作成
9	RDHIST	歴史地震データの抽出と地震群データへの変換
10	RQUAKE	地震データの直接入力と地震群データへの変換
11	SAVE	評価用地震ファイルへの評価対象地震の保存
12	OPEN	評価対象地震ファイルの使用開始宣言
13	DELETE	地震群データの削除
14	COPY	地震群データの複写
15	RENAME	地震群データの名称変更
16	CHECK	地震群データのチェックプリント
17	EXTRU	マグニチュード範囲による評価対象地震の抽出
18	EXTRL	緯度、経度、深さによる評価対象地震の抽出
19	EXTRR	中心座標、半径、深さによる評価対象地震の抽出
20	EXTRM	地震域番号による評価対象地震の抽出
21	COMBIN	地震群データの統合
22	MULTI	評価対象地震の発生頻度の変更
23	MAGCH	マグニチュード分布の入力による変更

NO	データ ID	要 旨
24	MAGAV	b 値モデルに基づくマグニチュード分布の作成変更
25	MESHXY	ランダム地震域のメッシュ分割の設定
26	ZONENO	メッシュへの地震域番号の付与
27	ZGROUP	地震域の作成
28	FLTM	断層パラメータの設定
29	PLOGIC	断層パラメータの設定 (応力降下量と断層タイプ)
30	PSTRK	ロジックツリーによる断層パラメータの設定 (走向角)
31	PDIP	ロジックツリーによる断層パラメータの設定 (傾斜角)
32	PSLIP	ロジックツリーによる断層パラメータの設定 (滑り角)
33	GDELAY	群遅延時間による位相特性のパラメータの設定
34	NHAZARD	断層モデルを用いた地震ハザード表示パラメータの設定
35	NHAZARD2	地震ハザード評価, 寄与度計算及び地震波抽出のためのリスタート (活断層データを使用しない場合)
36	NHAZARD3	地震ハザード評価及び地震波抽出のためのリスタート (活断層データを使用する場合)
37	ACRNG	サイトの位置及び最大地震動の計算範囲の設定
38	ATTEN	距離減衰式, 分布関数, 標準偏差の設定
39	PFREQ	地震ハザード評価の対象となる周波数の設定
40	NASPEC	速度応答スペクトル, 加速度応答スペクトルの計算する周期, 減衰, 距離減衰式の種類の設定
41	FRSD	周波数毎の分布関数及び標準偏差の設定
42	PESD	周期毎の分布関数及び標準偏差の設定
43	GEOMAT	工学的基盤におけるハザード曲線を計算するための深層地盤モデルの設定
44	ENERGY	瞬間最大入力エネルギーを計算する等価周期及び減衰の設定
45	ENSD	瞬間最大入力エネルギーの等価周期毎の分布関数及び標準偏差の設定

3.3. 入力データ仕様

3.2に示した入力データの詳細を以下に示す。説明の中で、()はデータのフォーマットを、[]は入力がない場合にプログラム内で設定される規定値(デフォルト値)を示す。

1. 評価対象地震のマグニチュードの範囲の設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAGNIT	UBMIN	UBMAX	DU	IPSW					

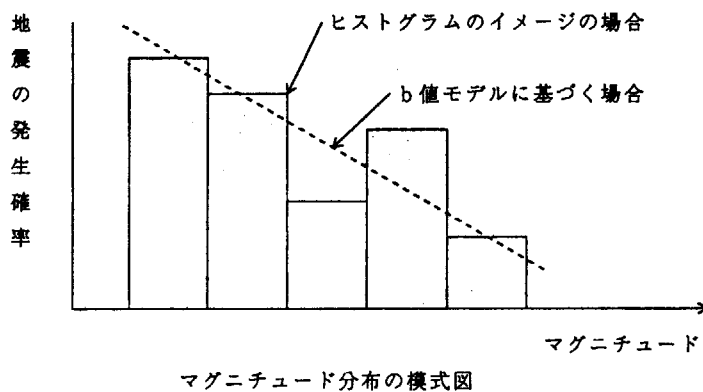
<フォーマット>

- ・UBMIN (F8.0): 評価上考慮に入れる最小マグニチュード [6.0]
 - ・UBMAX (F8.0): 評価上考慮に入れる最大マグニチュード [8.0]
 - ・DU (F8.0): UBMIN ~ UBMAX の間の刻み値 [0.1]
 - ・IPSW (F8.0): チェックプリントスイッチ [0]
- = 0: 出力しない = 1: 出力する

<機能>

SHEAT-FMでは、歴史地震データと活断層データのいずれを用いる場合でも、b値モデルでマグニチュードレベル毎の地震の発生確率分布(これを「マグニチュード分布」と呼ぶ)を計算できる機能を有している。MAGNITは、b値モデルのマグニチュード分布を計算する場合に備えて、最小及び最大マグニチュードと、その間でのマグニチュードのきざみ幅を設定する。

このプログラムで設定された最大マグニチュードと、後述の歴史地震データを用いて抽出した歴史地震やカードイメージで入力した地震の最大マグニチュードとが異なる場合には、後者の値が優先される。同様に、このプログラムで設定された最大マグニチュードと、後述の活断層データを用いて計算された最大マグニチュードとが異なる場合にも、後者の値が優先される。



<使用例>

MAGNIT 5.5 7.5 0.2 1

2. 出力コントロール

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CNTLPR	IPRI								

<フォーマット>

・IPRI (I8): プリントの出力を制御する [0]
 = 0 : 出力を行う
 = 1 : 出力を行わない

<機能>

印刷の無駄を防止するために、印刷量をコントロールする。このカードはデータの中で何回も使用でき、出力したいカードの前に入れ、その後再び出力を停止させることができる。このカードは評価地震モデルの作成及び地震ハザードの計算の両方に適用できる。

<使用例>

```

CNTLPR      0
NHAZARD sample      11      9      120      1
Z101      1Z202      1Z303      1Z404      1Z505      1
Z606      1Z707      1Z808      1Z909      1
    
```

3. 解析種類の選択

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MTHD	Key1	Key2	Key3						

<フォーマット>

- ・ key1 (A4,4X): 位相特性の選択
 = " GRDE " : 群遅延時間による位相モデルを用いる
 = " " : ランダムな位相を用いる
- ・ key2 (A4,4X): 点震源モデルの選択
 = " FPNT " : 小さな地震は点震源モデルを用いて地震動を作成する
 = " " : すべての地震は断層モデルを用いて作成する
- ・ key3 (A4,4X): 地震ハザード評価の選択
 = " FAUL " : 活断層データと地震域から評価期間の超過確率を計算する
 = " " : 地震域から年超過発生頻度を計算する

<機能>

解析の種類を設定する。

key3 で " FAUL " を設定した場合、宇佐美カタログ、宇津カタログ、気象庁カタログから活断層データ (nairiku_danso.dat, kaiko_danso.dat) に含まれる歴史地震を自動的に削除するため、MTHD カードは必ず RDHIST カード、CDHIST カードより前に設定する。

Key1 では、地震動を断層モデルで作成する際の小地震の位相特性を、群遅延時間による位相モデルを用いるか、ランダム位相を用いるかを選択する。key1 で " GRDE " と設定した場合、GDELAY カードと共に用いる必要がある。

Key2 では、地震動を断層モデルで作成する場合、FPINT カードで設定するマグニチュードより小さな地震は点震源モデルを用いて作成するか、すべての地震を断層モデルを用いて作成するかを選択する。key2 で " FPNT " と設定した場合、FPINT カードを共に用いる必要がある。

Key3 では、地震ハザードの評価について、活断層データと地震域データから NFTIME カードで設定した評価期間の超過確率を計算するか、地震域データから年超過発生頻度を計算するかを選択する。key3 で " FAUL " と設定した場合、NFAULT カード、NFPARA カード、NFTIME カードを共に用いる必要がある。

<使用例>

MTHD GRDE FPNT FAUL

4. 点震源モデルと断層モデルを用いる境界のマグニチュードの設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FPINT	TEMAG								

<フォーマット>

・TEMAG (F8.0): マグニチュード [-]

<機能>

点震源モデルと断層モデルを併用する場合、その境界のマグニチュードを設定する。ここで設定されたマグニチュードより小さな地震は点震源モデルで地震動を作成する。

MTHD カード, NHAZARD カードなどと共に用いる。

<使用例>

FPINT 6.0

5. 活断層データの抽出

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NFAULT	FAXMIN	FAXMAX	FAYMIN	FAYMAX					

<フォーマット>

・FTXMIN,FTXMAX(F8.0): 抽出する経度 (度) の下限値と上限値 [-]

・FTYMIN,FTYMAX(F8.0): 抽出する緯度 (度) の下限値と上限値 [-]

<機能>

地震ハザードを計算する活断層のデータを活断層データ (nairiku_danso.dat, kaiko_danso.dat) から抽出する。MTHD カード, NFPARA カード, NFTIME カード, NHAZARD カード, NHAZARD3 カードと共に用いる必要がある。なお、入力が無い場合は、エラーメッセージを出力して計算を終了する。

<使用例>

NFAULT 139.10 142.00 35.09 37.43

6. 活断層及びプレート境界地震の地震動計算手法と応力降下量の設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NFPARA	LGSS	DNSTD	DKSTD						

<フォーマット>

- ・LGSS (I8): 活断層データの地震動を計算する手法の選択スイッチ
 = 1: 断層モデル
 = 2: 距離減衰式
- ・DNSTD (F8.0): 陸域の活断層の応力降下量 (bar)
- ・DKSTD (F8.0): プレート境界地震の応力降下量 (bar)

<機能>

活断層データの地震動を計算するスイッチ（断層モデルまたは距離減衰式）と応力降下量を設定する。
 MTHD カード, NFAULT カード, NFTIME カード, NHAZARD カード, NHAZARD3 カードと共に用いる必要がある。

<使用例>

NFPARA 1 23.0 50.0

7. 地震発生確率の評価期間及び地震発生過程モデルの設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NFTIME	NTF	PRESE	IDB						
TF (1)	TF (2)	TF (3)	TF (4)	TF (5)	TF (6)	TF (7)	TF (8)	TF (9)	TF (10)

<フォーマット>

- ・ NTF (I8): 計算する評価期間の個数 (最大 10 個) [-]
- ・ PRESE (F8.0): 現在の西暦 (年) [-]
- ・ IDB (I8): 分布形状のスイッチ [-]
 - = 1 : BPT 分布
 - = 2 : 対数正規分布
 - = 3 : Weibull 分布
- ・ TF0 (F8.0): 計算する評価期間 (年) [-]

<機能>

地震発生確率の評価期間, 最新活動からの経過時間を計算するための現在の西暦, 地震発生過程モデルにおける分布形状を設定する. 分布形状により, 最新活動からの経過時間と平均活動間隔の関係による適用限界があるので注意する. MTHD カード, NFAULT カード, NFTIME カード, NHAZARD カード, NHAZARD3 カードと共に用いる必要がある. なお, 入力が無い場合は, エラーメッセージを出力して計算を終了する.

<使用例>

```
NFTIME      5 2005.0      1
            10.0  20.0  30.0  40.0  50.0
```

8. 歴史地震標準カタログの作成

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CRHIST		ISW	IPSW						
	LT	LTMIN	LTMAX						
	X	XMIN	XMAX						
	Y	YMIN	YMAX						
	Z	ZMIN	ZMAX						
	U	UMIN	UMAX						

<フォーマット>

- ISW (I8): 歴史地震カタログスイッチ [-]
= 1: 宇佐見カタログ 2: 宇津カタログ 3: 気象庁カタログ
- IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
= 0: チェックプリント無し
= 1: 作成した地震群データのチェックプリントを行う
- LTMIN,LTMAX(I8): 時間の範囲の指定 (年4桁, 月・日各2桁) [-]
- XMIN ,XMAX(F8.0): 経度の範囲の指定 (度) [-]
- YMIN ,YMAX(F8.0): 緯度の範囲の指定 (度) [-]
- ZMIN ,ZMAX(F8.0): 深さの範囲の指定 (km) [-]
- UMIN ,UMAX(F8.0): マグニチュードの範囲の指定 [-]

<機能>

歴史地震カタログ (特に気象庁カタログ) は大量のデータを有するファイルで, 毎回このファイルからデータ入力を行うのは非効率的である. そこで, この歴史地震カタログから対象範囲やマグニチュード等に注目してデータを抽出し, 評価サイトに適した標準ファイルを作成する. 標準ファイルはそれぞれ以下の名称で作成される.

FORT.9 : 宇佐見カタログ FORT.8 : 宇津カタログ FORT.10 : 気象庁カタログ

<使用例>

```

CDHIST          1      1
LT              679 1 118841231
X               134.91 137.13
Y               34.845 36.645
Z                0.0 100.0
U                5.5 7.1
    
```

9. 歴史地震データの抽出と地震群データへの変換

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RDHIST	NAMEG	ISW	IPSW	ISW2					
	LT	LTMIN	LTMAX						
	X	XMIN	XMAX						
	Y	YMIN	YMAX						
	Z	ZMIN	ZMAX						
	U	UMIN	UMAX						

<フォーマット>

- ・NAMEG (A4) :地震群名称 (4文字以内) [-]
- ・ISW (I8) :歴史地震カタログスイッチ [-]
 - = 1: 宇佐見カタログ 2: 宇津カタログ
 - = 3: 気象庁カタログ (原研) 4: 気象庁カタログ
- ・IPSW (I8) :チェックプリントスイッチチェックプリントスイッチ [0]
 - = 0: チェックプリント無し
 - = 1: 作成した地震群データのチェックプリントを行う
- ・ISW2 (I8) :カタログスイッチ [0]
 - = 0: 通常の歴史地震カタログ = 1: 標準カタログ
- ・LTMIN,LTMAX(I8): 時間の範囲の指定 (年4桁, 月・日各2桁) [-]
- ・XMIN,XMAX(F8.0): 経度の範囲の指定 (度) [-]
- ・YMIN,YMAX(F8.0): 緯度の範囲の指定 (度) [-]
- ・ZMIN,ZMAX(F8.0): 深さの範囲の指定 (km) [-]
- ・UMIN,UMAX:(F8.0): マグニチュードの範囲の指定 [-]

<機能>

歴史地震カタログから指定した条件に合致する歴史地震を抽出し、「地震群データ」に変換する。抽出に当たっては、用いる歴史地震カタログを指定すると共に、抽出する期間や経度・緯度・深さの範囲、対象とするマグニチュードの範囲を設定する。入力データが不完全 (たとえばマグニチュード値が入っていない) で、残りが抽出条件を満足する場合は、その内容とメッセージをプリントする。

<使用例>

```
RDHIST USA1      1      1
      LT      679 1 118841231
      X      134.91 137.13
      Y      34.845 36.645
      Z      0.0 100.0
      U      5.5 7.1
```

10. 地震データの直接入力と地震群データへの変換

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RQUAKE	NAMEG	TIME	IPSW						
	1	X	Y	Z	U	D			
	2								
			
			
			
	999								

<フォーマット>

- ・ NAMEG (A4): 地震群名称 (4文字以内) [-]
- ・ TIME (F8.0): 地震の再来期間 (年) [-]
- ・ IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
 = 0: チェックプリント無し
 = 1: 作成した地震群データのチェックプリントを行う
- ・ X (F8.0): 緯度 (度) [-]
- ・ Y (F8.0): 緯度 (度) [-]
- ・ Z (F8.0): 深さ (km) [-]
- ・ U (F8.0): マグニチュード [-]
- ・ D (F8.0): 応力降下量 (bar) [-]

注) データの最後に必ず999のデータ終了フラッグを入力する

<機能>

ユーザーが直接入力で与える地震データを読み込み、「地震群データ」に変換する。

入力で与える情報は、地震の再来期間、震源の位置(経度・緯度・深さ)、マグニチュードからなる。

X, Y, Uのいずれかに0があれば、データは欠測扱いとし、その内容とメッセージをプリントする。

<使用例>

```

RQUAKE A001      1100.0      1
      1 136.60  35.60   1.00   8.0  500.0
      2 136.40  35.40   1.00   7.0  350.0
      3 136.20  35.20   1.00   6.0  140.0
      999
    
```

1 1. 評価対象地震ファイルへの評価対象地震の保存

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SAVE	IPSW								

<フォーマット>

・IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
 =0: 出力しない =1: 出力する

<機能>

地震群データを評価対象地震ファイル (FORT.20) に保存する。
 格納された評価対象地震ファイル (FORT.20) は OPEN カードで読み込みを行う。

<使用例>

SAVE 1

1 2. 評価対象地震ファイルの使用開始宣言

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OPEN	IPSW								

<フォーマット>

・IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
 =0: 出力しない =1: 出力する

<機能>

地震群データが格納されている評価対象ファイル (FORT.20) を読み込む。

<使用例>

OPEN 1

13. 地震データの削除

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DELETE	NAMEG	IPSW							
DELETE	n	IPSW							
	NAM(1)	~	NAM(n)						

<フォーマット>

- ・ NAMEG (A4): 削除する地震群名称 [-]
- ・ IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
= 0: 出力しない = 1: 出力する
- ・ n (7X,I1): 削除する地震群名称の個数 [-]
- ・ NAM() (A4): 削除する地震群名称 [-]

<機能>

- ・ 入力で指定する地震群の名称を検索し、該当する地震群名称を削除する。
- ・ 地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

```
DELETE A001      1
DELETE          3      1
           A001  A002  A003
```

14. 地震データの複写

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COPY	NAMOLD	NAMNEW	IPSW						

<フォーマット>

- ・ NAMOLD (A4): 複写される地震群名称 [-]
- ・ NAMNEW (A4): 複写後の地震群名称 [-]
- ・ IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
= 0: 出力しない = 1: 出力する

<機能>

指定する地震データを読み込み、複写を行い、新たな地震群名称を登録する。

<使用例>

```
COPY  A001  A002      1
```

15. 地震群データの名称変更

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RENAME	NAMOLD	NAMNEW	IPSW						

<フォーマット>

- ・ NAMOLD (A4): 変更前地震群名称 [-]
- ・ NAMNEW (A4): 変更後地震群名称 [-]
- ・ IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
 =0: 出力しない =1: 出力する

<機能>

入力で指定する地震データの名称を検索し、変更前の地震群データの名称を指定する新たな地震群データの名称に変更する。変更後は、変更前の地震群データの名称は削除される。

<使用例>

RENAME A001 A002 1

16. 地震データのチェックプリント

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CHECK	NAMOLD	ICSW							

<フォーマット>

- ・ NAMOLD (A4): チェックプリントを出す地震群名称 [-]
 (以下の ICSW が =1, or 2 のときのみ有効)
- ・ ICSW (I8): プリントスイッチ [-]
 =1: 地震群全体に係わるデータ (名称がブランクの時はすべて出力)
 =2: 地震群全体に係わるデータ (名称がブランクの時はすべて出力)
 =3: マグニチュード分布に係わるデータ
 =4: 作業域にセットされた地震群データ

<機能>

入力で指定する地震群データについて、チェックプリント・スイッチの内容をプリントする。地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

CHECK A001 1

17. マグニチュード範囲による評価対象地震の抽出

---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EXTRU	NAMOLD	NAMNEW	NAMCOM	UMIN	UMAX				

<フォーマット>

- ・ NAMOLD (A4): 抽出対象の地震群名称 [-]
- ・ NAMNEW (A4): 抽出後の地震群名称 [-]
- ・ NAMCOM (A4): 抽出後の補集合の地震群名称 [-]
- ・ UMIN, UMAX (F8.0): 抽出するマグニチュードの範囲 [-]

<機能>

指定する地震群内の地震から、指定するマグニチュードの範囲を満足する地震を抽出する。抽出した地震を新たな地震群とし、残りの補集合も必要に応じて別の地震群とする。抽出対象の地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

EXTRU A001 A002 A003 6.0 8.0

18. 経度、緯度、深さによる評価対象地震の抽出

---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EXTRL	NAMOLD	NAMNEW	NAMCOM	XMIN	XMAX	YMIN	YMAX	ZMIN	ZMAX

<フォーマット>

- ・ NAMOLD (A4): 抽出対象の地震群名称 [-]
- ・ NAMNEW (A4): 抽出後の地震群名称 [-]
- ・ NAMCOM (A4): 抽出後の補集合の地震群名称 [-]
- ・ XMIN, XMAX (F8.0): 対象領域の経度の範囲 (度) [-]
- ・ YMIN, YMAX (F8.0): 対象領域の緯度の範囲 (度) [-]
- ・ ZMIN, ZMAX (F8.0): 対象領域の深さの範囲 (km) [-]

<機能>

指定する地震群内の地震から、指定する経度・緯度・深さの範囲を満足する地震を抽出する。抽出した地震を新たな地震群とし、残りの補集合も、必要に応じて別の地震群とする。抽出対象の地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

EXTRL A001 A002 A003 139.5 141.75 35.5 37.417 0.0 10.0

19. 中心座標・半径・深さによる評価対象地震の抽出

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EXTRR	NAMOLD	NAMNEW	NAMCOM	XCEN	YCEN	RMIN	RMAX	ZMIN	ZMAX

<フォーマット>

- ・NAMOLD (A4): 抽出対象の地震群名称 [-]
- ・NAMNEW (A4): 抽出後の地震群名称 [-]
- ・NAMCOM (A4): 抽出後の補集合の地震群名称 [-]
- ・XCEN, YCEN (F8.0): 中心座標の緯度, 経度 (度) [-]
- ・RMIN, RMAX (F8.0): 中心座標からの半径の範囲 (km) [-]
- ・ZMIN, ZMAX (F8.0): 対象領域の深さの範囲 (km) [-]

<機能>

指定する地震群内の地震から、指定する中心座標・半径・深さの範囲を満足する地震を抽出する。抽出した地震を新たな地震群とし、残りの補集合も、必要に応じて別の地震群とする。抽出対象の地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

EXTRR A001 A002 A003 140.467 36.383 10.0 50.0 0.0 10.0

20. 地震域番号による評価対象地震の抽出

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EXTRM	NAMOLD	NAMNEW	NAMCOM	NZONE					

<フォーマット>

- ・NAMOLD (A4): 抽出対象の地震群名称 [-]
- ・NAMNEW (A4): 抽出後の地震群名称 [-]
- ・NAMCOM (A4): 抽出後の補集合の地震群名称 [-]
- ・NZONE (I8): 地震域番号 (ZONENO で指定した地震域番号が対象となる) [-]

<機能>

指定する地震群内の地震から、指定する地震域番号に対応する対象領域内の地震を抽出する。抽出した地震を新たな地震群とし、残りの補集合も、必要に応じて別の地震群とする。抽出対象の地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

EXTRM A001 A002 A003 1

2 1. 地震群データの統合

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COMBIN	NAMOLD1	NAMOLD2	NAMNEW						
COMBIN	n		NAMNEW						
	NAM(1)	~	NAM(n)						

<フォーマット>

- ・ NAMOLD1, NAMOLD2 (A4): 統合する地震群名称 [-]
- ・ NAMNEW (A4): 統合後の地震群に付ける名称 [-]
- ・ n (7X,I1): 統合する地震群の個数 [-]
- ・ NAM() (A4): 統合する地震群名称 [-]

<機能>

入力で指定する異なる地震群内の地震を統合し、新たな地震群を作成する。
地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

```
COMBIN A001 A002 S001
COMBIN      3 S001
      A001 A002 A003
```

2 2. 評価対象地震の発生頻度の変更

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MULTI	NAMOLD	NAMNEW	FACTOR						

<フォーマット>

- ・ MAMOLD (A4): 変更前の地震群名称 [-]
- ・ NAMNEW (A4): 変更後の地震群名称 [-]
- ・ FACTOR (F8.0): 発生頻度の倍率 [-]

<機能>

入力で指定する地震群内の各震源の発生頻度に、入力で与える倍率を乗じる。
地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

```
MULTI A001 A002 0.8
```

2.3. マグニチュード分布の入力による変更

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAGCH	NAMOLD	NAMNEW	NMAG						

<フォーマット>

- ・MAMOLD (A4): 変更を行う地震群名称 [-]
- ・NAMNEW (A4): 指定するマグニチュード分布番号を持つ地震群名称 [-]
- ・NMAG (I8): マグニチュード分布番号 [-]

<機能>

変更を行う地震群のマグニチュードはすべて0となり、入力で指定するマグニチュード分布番号が付いた新しい地震群が作成される。ユーザーはマグニチュード分布番号とその内容を把握した上で変更を行うものとする。指定したマグニチュード分布番号が存在しない場合はエラーメッセージが出力される。地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

MAGCH A001 A002 5

2.4. b値モデルに基づくマグニチュード分布の作成変更

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAGAV	NAMOLD	NAMNEW							

<フォーマット>

- ・NAMOLD (A4): 変更前の地震群名称 [-]
- ・NAMNEW (A4): 変更後の地震群名称 [-]

<機能>

入力で指定する地震群内の地震を用いて、b値モデルに従うマグニチュード分布を計算し、このマグニチュード分布を持つ地震群を作成する。

①地震群 NAMOLD に属する地震群のマグニチュードと発生個数を用いて、マグニチュードの各微小領域における地震の発生する確率 $PU_2(MU)$ ($MU=1 \sim MUMAX$) を次式で求める。

$$MUMAX$$

$$\sum PU_2(MU) = 1.0$$

$$MU=1$$

②求めたマグニチュード分布に対して、実際に発生したマグニチュードの最小レベル番号 MUMN と最大レベル番号 MUMX を求めると共に、マグニチュードレベル毎の超過確率 $Q(MU)$ を次式で表す。

$$\log_{10} Q(MU) = a - b \cdot UR(MU)$$

∴ $UR(MU)$ はレベル MU でのマグニチュード

係数 b は、推定式として宇津の式を用いて決定する。

$$MUMX$$

$$b = \log_{10} e / [\sum \{ UR(MU) \cdot PU_2(MU) \} \cdot UB(MUMN)]$$

$$MU = MUMN$$

ここで、 $UB(MUMN)$ はレベル $MUMN$ での下限マグニチュードを表し、この場合のレベル $MUMN$ での超過確率は 1.0 であるから a は次式となる。

$$a = b \cdot UR(MUMN)$$

③マグニチュードレベル毎の超過確率が、次式の形で表されると仮定する。

$$\log_{10} Q(MU) = a - b \cdot UR(MU)$$

$Q(MU)$ を $MU = MUMN \sim MUMX$ の範囲でマグニチュード分布の形にしてマグニチュード分布の格納エリアである $PU(MU, NMAG)$ にセットする。 $PU(MU, NMAG)$ は、次式となる。

$$MUMAX$$

$$\sum PU(MU, NMAX) = 1.0$$

$$MU=1$$

④地震群 NAMOLD のマグニチュード分布番号を NMAG に変更し、地震群 NAMNEW として登録する。

・地震群名称が存在しない場合は、エラーメッセージを出力する。

<使用例>

MAGAV A001 A002

25. ランダム地震域のメッシュ分割の設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MESHXY	XMIN	XMAX	YMIN	YMAX	IMAX	JMAX	IPSW		

<フォーマット>

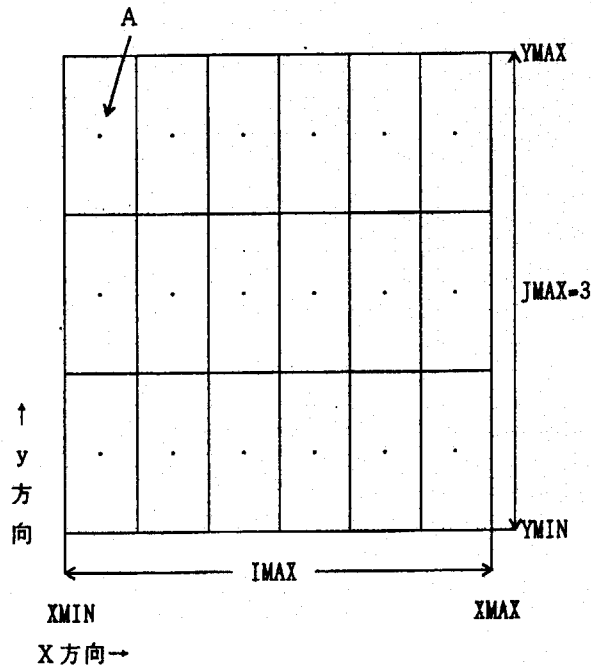
- ・ XMIN, XMAX (F8.0): ランダム地震域の経度の範囲 (度) [-]
 - ・ YMIN, YMAX (F8.0): ランダム地震域の緯度の範囲 (度) [-]
 - ・ IMIN, JMAX (I8): X, Y 方向の分割数 (最大 50 個) [-]
 - ・ IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
- = 0: 出力しない = 1: 出力する

<機能>

サイト周辺にランダム地震域を設定し、領域を微細なメッシュに分割する。分割方法としては、対象とするランダム地震域の経度・緯度を入力で与えると共に、経度方向と緯度方向の分割数を与える。

このカードは、後述のメッシュへの地震域番号の付与に関する ZONENOカードと共に用いられる。

入力で指定する経度・緯度の範囲及びそれらの分割数により、網目の中心座標（震央）XC及びYCが求められる。



<使用例>

MESHXY 136.00 141.00 35.00 39.00 6 3 1

26. メッシュへの地震域番号の付与

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ZONENO	IPSW	AA	BB	CC	DD					
NZ(I, J)	I=1, IMAX									
	J=1, JMAX									
NZ(I, J)										

<フォーマット>

- IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
=0: 出力しない =1: 出力する
- AA (F8.0): 房総半島沖の太平洋プレートの係数 [30.0]
- BB (F8.0): 房総半島沖の太平洋プレートの係数 [0.0]
- CC (F8.0): 房総半島沖の太平洋プレートの係数 [1.0]
- DD (F8.0): 房総半島沖の太平洋プレートの係数 [4270.0]
- NZ(I,J) (F8.0): 地震域番号
I = 1, IMIN: X方向の分割数 (最大 50 個)
J = 1, JMAX: Y方向の分割数 (最大 50 個)

<機能>

MESHXY を用いて設定したランダム地震域内のメッシュの全個数 (経度方向の網目の数・緯度方向の網目の数) に対し、入力で地震域番号を与えてランダム地震域を分類する。このカードでは、震源位置がある平面上にあるとして、メッシュの中心に設定した震源の深さも指定できる。指定方法としては、次の平面の方程式の係数 AA, BB, CC, DD を入力で与える。

$$AA \cdot X + BB \cdot Y + CC \cdot Z = DD$$

ここで、Xは経度 (度)、Yは緯度 (度)、Zは深さ (km) を表す。

AA=BB=CC=DD=0. 0を入力すると深さZ=15. 0(km)がセットされる。

房総半島沖の太平洋プレートは以下の値で近似できる。

$$AA = 30.0, \quad BB = 0.0, \quad CC = 1.0, \quad DD = 4270.0$$

<使用例>

```

MESHXY 136.00 141.00 35.00 40.00 5 4 1
ZONENO 1
00456
12455
12335
12333
    
```

2.7. 地震域の作成

—+—1	—+—2	—+—3	—+—4	—+—5	—+—6	—+—7	—+—8	—+—9	—+—10
ZGROUP	NAMOLD	NAMSUF	IFLAGZ	IPSW					

<フォーマット>

- ・ NAMOLD (A4): 震源位置を変更する前の地震群名称 [-]
- ・ NAMSUF (A2): 変更後の地震群名称の接頭語 (2文字) [-]
 NAMSUF で指定した 2 文字と地震域番号で新たな名称をつける
 例) NAMSUF = 'BB',地震域番号 1 ~ 3 の範囲では
 BB01
 BB02 の名称で 3 例の地震群が作成される
 BB03
- ・ IFLAGZ (I8): マグニチュード分布の種類を選択をする [0]
 = 0: 地震群内のマグニチュードから b 値モデルに基づくマグニ
 チュード分布を計算し, このマグニチュード分布を用いる
 = 1: 地震群内のマグニチュードのヒストグラム分布を用いる
- ・ IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [0]
 = 0: 出力しない = 1: 出力する

<機能>

MESHXY, ZONENO で設定した地震域を対象として, 入力で指定する地震群がどの地震域に属するかを判別し, 地震域を作成する.

判別された地震域毎の地震データを用いて, マグニチュード分布を地震域毎に計算する.

各地震域に属する震源のマグニチュード分布は, このマグニチュード分布に従うとする. 但し, 発生頻度は, 地震域毎の地震の発生頻度を地震域内の震源の個数で除した値とする. 震源の位置は地震域内で一様に分布させる.

<使用例>

ZGROUP	A001	CC	0	1
ZGROUP	A002	DD	0	1
ZGROUP	A002	FF	1	1
ZGROUP	A003	EE	0	1

28. 断層パラメータの設定

—+—1	—+—2	—+—3	—+—4	—+—5	—+—6	—+—7	—+—8	—+—9	—+—10
FLTM	PRM01	PRM02	PRM03	PRM04	PRM05	PRM06	PRM07	PRM08	PRM09
	PRM10	PRM11	PRM12	PRM13	PRM14	PRM15	PRM16	PRM17	

<フォーマット>

- ・ PRM01 (I8): 地震波データ数 [2048]
- ・ PRM02 (F8.0): 地震波データ刻み[秒] [0.01]
- ・ PRM03 (I8): 地震波データチャンネル成分数 [3]
- ・ PRM04 (F8.0): 地震波のVSH波速度[km/秒] [3.5]
- ・ PRM05 (F8.0): 地震波のVSV波速度[km/秒] [3.5]
- ・ PRM06 (F8.0): 地震波のVP波速度[km/秒] [6.0]
- ・ PRM07 (F8.0): 断層の破壊速度[km/秒] [2.8]
- ・ PRM08 (F8.0): 地震波作成時のゼロデータの付加 0 ; 付加無 1 ; 付加有 [0]
- ・ PRM09 (F8.0): 自由地表面の増幅係数 [2.0]
- ・ PRM10 (F8.0): ラディエーションパターン係数 [1.0]
- ・ PRM11 (F8.0): 水平2成分にエネルギーを分配する係数 [1.0]
- ・ PRM12 (F8.0): 媒質 (岩石) の密度[t/m³] [2.8]
- ・ PRM13 (F8.0): 高周波成分の感度係数 [1.0]
- ・ PRM14 (F8.0): Q値の算出に用いるパラメータ α [130.0]
- ・ PRM15 (F8.0): Q値の算出に用いるパラメータ β [0.77]
- ・ PRM16 (F8.0): アスペリティの重み係数 [2.0]
- ・ PRM17 (I8): 小地震動作成 (Boore の方法) における収束回数 [2.0]

<機能>

断層モデル地震動予測式を用いて地震動を評価するためのパラメータを設定する。全ての入力パラメータにデフォルト値が用意されているので、以下の使用例の場合はデフォルト値が入力データとしてセットされる。本データはNHAZARD, NHAZARD2 及びNHAZARD3 データよりも前に設定する。

<使用例>

FLTM

29. 断層パラメータの設定 (応力降下量と断層タイプ)

-----1	-----2	-----3	-----4	-----5	-----6	-----7	-----8	-----9	-----10
PLOGIC	SEISA	STDROP	ITYPE						

<フォーマット>

- ・SEISA (A8): 計算する地震群名称 [-]
- ・STDROP (F8.0): 地震群 SEISA の応力降下量 [-]
- ・ITYPE (I8): 地震群 SEISA の識別番号 1;地殻内地震 2;プレート境界地震 [-]

<機能>

地震群名称に対応して、応力降下量及び断層タイプ (地殻内地震またはプレート境界地震) を設定する。
本データは NHAZARD, NHAZARD2 及び NHAZARD3 データよりも前に設定する。

<使用例>

PLOGIC Z101 75.0 1

30. ロジックツリーによる断層パラメータの設定 (走向角)

-----1	-----2	-----3	-----4	-----5	-----6	-----7	-----8	-----9	-----10
PSTRK	SEISA	STRKN	STRKP	STRKN	STRKP	STRKN	STRKP	STRKN	STRKP

<フォーマット>

- ・SEISA (A8): 計算する地震群名称 [-]
- ・STRKN (F8.0): 地震群 SEISA の走向角 [-]
- ・STRKP (F8.0): 地震群 SEISA の走向角発生確率 [-]

<機能>

断層パラメータに関してロジックツリーによる走向角及び走向角発生確率を設定する。
本データは NHAZARD, NHAZARD2 及び NHAZARD3 データよりも前に設定する。

<使用例>

PSTRK Z101 0.0 0.33 60.0 0.33 90.0 0.33

3 1. ロジックツリーによる断層パラメータの設定 (傾斜角)

—+—1	—+—2	—+—3	—+—4	—+—5	—+—6	—+—7	—+—8	—+—9	—+—10
PDIP	SEISA	DIPN	DIPP	DIPN	DIPP	DIPN	DIPP	DIPN	DIPP

<フォーマット>

- ・SEISA (A8): 計算する地震群名称 [-]
- ・DIPN (F8.0): 地震群 SEISA の傾斜角 [-]
- ・DIPP (F8.0): 地震群 SEISA の傾斜角発生確率 [-]

<機能>

断層パラメータに関してロジックツリーによる傾斜角及び傾斜角発生確率を設定する。
本データは NHAZARD, NHAZARD2 及び NHAZARD3 データよりも前に設定する。

<使用例>

PDIP Z101 30.0 0.33 60.0 0.33 90.0 0.33

3 2. ロジックツリーによる断層パラメータの設定 (滑り角)

—+—1	—+—2	—+—3	—+—4	—+—5	—+—6	—+—7	—+—8	—+—9	—+—10
PSLIP	SEISA	SLIPN	SLIPP	SLIPN	SLIPP	SLIPN	SLIPP	SLIPN	SLIPP

<フォーマット>

- ・SEISA (A8): 計算する地震群名称 [-]
- ・SLIPN (F8.0): 地震域の滑り角 [-]
- ・SLIPP (F8.0): 地震域の滑り角発生確率 [-]

<機能>

断層パラメータに関してロジックツリーによる滑り角及び滑り角発生確率を設定する。
本データは NHAZARD, NHAZARD2 及び NHAZARD3 データよりも前に設定する。

<使用例>

PSLIP Z101 0.0 0.5 90.0 0.5

3.3. 群遅延時間による位相特性のパラメータの設定

←1	←2	←3	←4	←5	←6	←7	←8	←9	←10
GDELAY	IXX								
IDSSH	IDESH								
SHAL1 (1)	SHAL1 (2)	SHAL1 (3)	SHAL1 (4)	SHAL1 (5)	SHAL1 (6)	SHAL1 (7)	SHAL1 (8)	SHAL1 (9)	SHAL1 (10)
SHAL1 (11)	SHAL1 (12)	SHAL1 (13)	SHAL1 (14)	SHAL1 (15)	SHAL1 (16)	SHAL1 (17)			
SHAL2 (1)	SHAL2 (2)	SHAL2 (3)	SHAL2 (4)	SHAL2 (5)	SHAL2 (6)	SHAL2 (7)	SHAL2 (8)	SHAL2 (9)	SHAL2 (10)
SHAL2 (11)	SHAL2 (12)	SHAL2 (13)	SHAL2 (14)	SHAL2 (15)	SHAL2 (16)	SHAL2 (17)			
SHBE1 (1)	SHBE1 (2)	SHBE1 (3)	SHBE1 (4)	SHBE1 (5)	SHBE1 (6)	SHBE1 (7)	SHBE1 (8)	SHBE1 (9)	SHBE1 (10)
SHBE1 (11)	SHBE1 (12)	SHBE1 (13)	SHBE1 (14)	SHBE1 (15)	SHBE1 (16)	SHBE1 (17)			
SHBE2 (1)	SHBE2 (2)	SHBE2 (3)	SHBE2 (4)	SHBE2 (5)	SHBE2 (6)	SHBE2 (7)	SHBE2 (8)	SHBE2 (9)	SHBE2 (10)
SHBE2 (11)	SHBE2 (12)	SHBE2 (13)	SHBE2 (14)	SHBE2 (15)	SHBE2 (16)	SHBE2 (17)			
SHGA1 (1)	SHGA1 (2)	SHGA1 (3)	SHGA1 (4)	SHGA1 (5)	SHGA1 (6)	SHGA1 (7)	SHGA1 (8)	SHGA1 (9)	SHGA1 (10)
SHGA1 (11)	SHGA1 (12)	SHGA1 (13)	SHGA1 (14)	SHGA1 (15)	SHGA1 (16)	SHGA1 (17)			
SHGA2 (1)	SHGA2 (2)	SHGA2 (3)	SHGA2 (4)	SHGA2 (5)	SHGA2 (6)	SHGA2 (7)	SHGA2 (8)	SHGA2 (9)	SHGA2 (10)
SHGA2 (11)	SHGA2 (12)	SHGA2 (13)	SHGA2 (14)	SHGA2 (15)	SHGA2 (16)	SHGA2 (17)			
IDSSV	IDESV								
SVAL1 (1)	SVAL1 (2)	SVAL1 (3)	SVAL1 (4)	SVAL1 (5)	SVAL1 (6)	SVAL1 (7)	SVAL1 (8)	SVAL1 (9)	SVAL1 (10)
SVAL1 (11)	SVAL1 (12)	SVAL1 (13)	SVAL1 (14)	SVAL1 (15)	SVAL1 (16)	SVAL1 (17)			
SVAL2 (1)	SVAL2 (2)	SVAL2 (3)	SVAL2 (4)	SVAL2 (5)	SVAL2 (6)	SVAL2 (7)	SVAL2 (8)	SVAL2 (9)	SVAL2 (10)
SVAL2 (11)	SVAL2 (12)	SVAL2 (13)	SVAL2 (14)	SVAL2 (15)	SVAL2 (16)	SVAL2 (17)			
SVBE1 (1)	SVBE1 (2)	SVBE1 (3)	SVBE1 (4)	SVBE1 (5)	SVBE1 (6)	SVBE1 (7)	SVBE1 (8)	SVBE1 (9)	SVBE1 (10)
SVBE1 (11)	SVBE1 (12)	SVBE1 (13)	SVBE1 (14)	SVBE1 (15)	SVBE1 (16)	SVBE1 (17)			
SVBE2 (1)	SVBE2 (2)	SVBE2 (3)	SVBE2 (4)	SVBE2 (5)	SVBE2 (6)	SVBE2 (7)	SVBE2 (8)	SVBE2 (9)	SVBE2 (10)
SVBE2 (11)	SVBE2 (12)	SVBE2 (13)	SVBE2 (14)	SVBE2 (15)	SVBE2 (16)	SVBE2 (17)			
SVGA1 (1)	SVGA1 (2)	SVGA1 (3)	SVGA1 (4)	SVGA1 (5)	SVGA1 (6)	SVGA1 (7)	SVGA1 (8)	SVGA1 (9)	SVGA1 (10)
SVGA1 (11)	SVGA1 (12)	SVGA1 (13)	SVGA1 (14)	SVGA1 (15)	SVGA1 (16)	SVGA1 (17)			
SVGA2 (1)	SVGA2 (2)	SVGA2 (3)	SVGA2 (4)	SVGA2 (5)	SVGA2 (6)	SVGA2 (7)	SVGA2 (8)	SVGA2 (9)	SVGA2 (10)
SVGA2 (11)	SVGA2 (12)	SVGA2 (13)	SVGA2 (14)	SVGA2 (15)	SVGA2 (16)	SVGA2 (17)			

(前ページからの続き)

IDSP	IDEP								
PAL1 (1)	PAL1 (2)	PAL1 (3)	PAL1 (4)	PAL1 (5)	PAL1 (6)	PAL1 (7)	PAL1 (8)	PAL1 (9)	PAL1 (10)
PAL1 (11)	PAL1 (12)	PAL1 (13)	PAL1 (14)	PAL1 (15)	PAL1 (16)	PAL1 (17)			
PAL2 (1)	PAL2 (2)	PAL2 (3)	PAL2 (4)	PAL2 (5)	PAL2 (6)	PAL2 (7)	PAL2 (8)	PAL2 (9)	PAL2 (10)
PAL2 (11)	PAL2 (12)	PAL2 (13)	PAL2 (14)	PAL2 (15)	PAL2 (16)	PAL2 (17)			
PBE1 (1)	PBE1 (2)	PBE1 (3)	PBE1 (4)	PBE1 (5)	PBE1 (6)	PBE1 (7)	PBE1 (8)	PBE1 (9)	PBE1 (10)
PBE1 (11)	PBE1 (12)	PBE1 (13)	PBE1 (14)	PBE1 (15)	PBE1 (16)	PBE1 (17)			
PBE2 (1)	PBE2 (2)	PBE2 (3)	PBE2 (4)	PBE2 (5)	PBE2 (6)	PBE2 (7)	PBE2 (8)	PBE2 (9)	PBE2 (10)
PBE2 (11)	PBE2 (12)	PBE2 (13)	PBE2 (14)	PBE2 (15)	PBE2 (16)	PBE2 (17)			
PGA1 (1)	PGA1 (2)	PGA1 (3)	PGA1 (4)	PGA1 (5)	PGA1 (6)	PGA1 (7)	PGA1 (8)	PGA1 (9)	PGA1 (10)
PGA1 (11)	PGA1 (12)	PGA1 (13)	PGA1 (14)	PGA1 (15)	PGA1 (16)	PGA1 (17)			
PGA2 (1)	PGA2 (2)	PGA2 (3)	PGA2 (4)	PGA2 (5)	PGA2 (6)	PGA2 (7)	PGA2 (8)	PGA2 (9)	PGA2 (10)
PGA2 (11)	PGA2 (12)	PGA2 (13)	PGA2 (14)	PGA2 (15)	PGA2 (16)	PGA2 (17)			

<フォーマット>

- ・ IXX (I8): 乱数の初期値 [-]
- ・ IDSSH (I8): SH 波のスケールファクターj のスタート番号 []
- ・ IDESH (I8): SH 波のスケールファクターj のエンド番号 []
- ・ SHAL1(1)~SHAL1(17) (F8.0): SH 波の重回帰係数 $\alpha 1(j)$ []
- ・ SHAL2(1)~SHAL2(17) (F8.0): SH 波の重回帰係数 $\alpha 2(j)$ []
- ・ SHBE1(1)~SHBE1(17) (F8.0): SH 波の重回帰係数 $\beta 1(j)$ []
- ・ SHBE2(1)~SHBE2(17) (F8.0): SH 波の重回帰係数 $\beta 2(j)$ []
- ・ SHGA1(1)~SHGA1(17) (F8.0): SH 波の重回帰係数 $\gamma 1(j)$ []
- ・ SHGA2(1)~SHGA2(17) (F8.0): SH 波の重回帰係数 $\gamma 2(j)$ []
- ・ IDSSV (I8): SV 波のスケールファクターj のスタート番号 []
- ・ IDESV (I8): SV 波のスケールファクターj のエンド番号 []
- ・ SVAL1(1)~SVAL1(17) (F8.0): SV 波の重回帰係数 $\alpha 1(j)$ []
- ・ SVAL2(1)~SVAL2(17) (F8.0): SV 波の重回帰係数 $\alpha 2(j)$ []
- ・ SVBE1(1)~SVBE1(17) (F8.0): SV 波の重回帰係数 $\beta 1(j)$ []
- ・ SVBE2(1)~SVBE2(17) (F8.0): SV 波の重回帰係数 $\beta 2(j)$ []
- ・ SVGA1(1)~SVGA1(17) (F8.0): SV 波の重回帰係数 $\gamma 1(j)$ []
- ・ SVGA2(1)~SVGA2(17) (F8.0): SV 波の重回帰係数 $\gamma 2(j)$ []
- ・ IDSP (I8): P 波のスケールファクターj のスタート番号 []
- ・ IDEP (I8): P 波のスケールファクターj のエンド番号 []
- ・ PAL1(1)~PAL1(17) (F8.0): P 波の重回帰係数 $\alpha 1(j)$ []

• PAL2(1)~PAL2(17)	(F8.0): P波の重回帰係数	$\alpha 2(j)$	[]
• PBE1(1)~PBE1(17)	(F8.0): P波の重回帰係数	$\beta 1(j)$	[]
• PBE2(1)~PBE2(17)	(F8.0): P波の重回帰係数	$\beta 2(j)$	[]
• PGA1(1)~PGA1(17)	(F8.0): P波の重回帰係数	$\gamma 1(j)$	[]
• PGA2(1)~PGA2(17)	(F8.0): P波の重回帰係数	$\gamma 2(j)$	[]

<機能>

小地震波の位相特性を群遅延時間による位相モデルを用いる場合、そのパラメータを設定する。
MTHDカード、NHAZARDカードなどと共に用いる。

NHAZARDカード、NHAZARD2カード及びNHAZARD3カードの前に設定する。

<使用例>

GDELAY	35782								
7	16								
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.063	3.218	2.700	2.919
2.603	2.857	2.732	2.562	2.782	1.962	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.210	2.184	0.793	0.625
0.652	0.408	0.260	0.148	0.175	0.097	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.159	0.105	0.108	0.123
0.119	0.110	0.115	0.115	0.117	0.136	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.164	0.107	0.153	0.159
0.139	0.134	0.152	0.175	0.171	0.240	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.236	0.255	0.284	0.239
0.217	0.203	0.173	0.173	0.147	0.223	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.159	0.237	0.252
0.229	0.307	0.310	0.346	0.356	0.415	0.000			
7	16								
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.310	1.403	3.583	2.861
3.469	4.399	3.220	2.406	2.618	1.828	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.062	0.740	1.672	0.621
1.056	1.187	0.656	0.452	0.395	0.243	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.153	0.169	0.126	0.106
0.125	0.111	0.118	0.126	0.125	0.138	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170	0.232	0.153	0.196
0.168	0.126	0.156	0.174	0.184	0.243	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.244	0.310	0.193	0.285
0.165	0.117	0.119	0.145	0.113	0.217	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.105	0.112	0.176
0.104	0.121	0.137	0.160	0.172	0.206	0.000			
7	16								
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.063	3.218	2.700	2.919
2.603	2.857	2.732	2.562	2.782	1.962	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.210	2.184	0.793	0.625
0.652	0.408	0.260	0.148	0.175	0.097	0.000			

0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.159	0.105	0.108	0.123
0.119	0.110	0.115	0.115	0.117	0.136	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.164	0.107	0.153	0.159
0.139	0.134	0.152	0.175	0.171	0.240	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.236	0.255	0.284	0.239
0.217	0.203	0.173	0.173	0.147	0.223	0.000			
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.159	0.237	0.252
0.229	0.307	0.310	0.346	0.356	0.415	0.000			

3 4. 断層モデルを用いた地震ハザード表示パラメータの設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NHAZARD	NAMEG	IDATA	NGH	IHP		FRPE		IPSW	
LGH(1)	LGS(1)	~	LGH(NGH)	LGS(NGH)					

<フォーマット>

- NAMEG (A4,4X): 地震ハザードの名称 [-]
- IDATA (I8): 計算する地震動スイッチ [-]
= 11: 断層モデルによる地震ハザード評価を行い, 評価対象地震の寄与度を計算する
また, 断層モデルと距離減衰式を混合した地震ハザード評価を行う
- NGH (I8): 計算する地震群の個数 (最大200個) [-]
- IHP (I8): 断層モデルによる地震動パラメータスイッチ [-]
加速度フーリエスペクトルの場合, 地震基盤 = 1, 工学的基盤 = 110
最大加速度の場合, 地震基盤 = 2, 工学的基盤 = 120
最大速度の場合, 地震基盤 = 3, 工学的基盤 = 130
加速度応答スペクトルの場合, 地震基盤 = 4, 工学的基盤 = 140
速度応答スペクトルの場合, 地震基盤 = 5, 工学的基盤 = 150
瞬間最大入力エネルギーの場合, 地震基盤 = 6, 工学的基盤 = 160
- FRPE (F8.0): 地震ハザード評価における加速度フーリエスペクトルの周波数, [-]
または, 加速度応答スペクトル, 速度応答スペクトルの周期,
または, 瞬間最大入力エネルギーの等価周期
(断層モデルによる地震動パラメータが最大加速度や最大速度の場合は不要)
- IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [-]
= 0: 出力しない = 1: 出力する
- LGH() (A4,4X): 計算する地震群名称 [-]
- LGS() (I8): 地震群 LGH () の地震動スイッチ [-]
= 1: 断層モデル
= 2: 距離減衰式

<機能>

地震ハザードを断層モデルにより評価する場合のパラメータを設定する。

後述の ACRNG カードと共に用いる。

断層モデルによる地震動のばらつきを考慮するためのパラメータは ATTEN カード, FRSD カード, PESD カードまたは ENSD カードで設定する。

最大加速度, 最大速度の距離減衰式のパラメータは ATTEN カード, 加速度応答スペクトル, 速度応答スペクトルのパラメータは NASPEC カードで設定する。

瞬間最大入力エネルギーのパラメータは ENERGY カードで設定する。

地震ハザード評価における加速度フーリエスペクトルの周波数, または, 加速度応答スペクトル, 速度応答スペクトルの周期, または, 瞬間最大入力エネルギーの等価周期は PFREQ カードまたは NASPEC カードまたは ENERGY カードで設定した値のどれか1つを設定する。

<使用例>

NHAZARD	Case2	11	9	5	0.504	1	
Z101		1Z202		1Z303		2Z404	1Z505 2
Z606		1Z707		1Z808		2Z909	1
ACRNG	140.57	36.28	0.0	1000.0	50		
NASPEC	2	0.05	21				
	0.504	0.126					
PESD	2						
	0.504	1	0.5				
	0.126	1	0.5				
ENERGY	2	0.10					
	0.500	1.000					
ENSD	2						
	0.500	1	0.5				
	1.000	1	0.5				

35. 地震ハザード評価, 寄与度計算及び地震波抽出のためのリスタート (活断層データを使用しない場合)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NHAZARD2	NAMEG	IDATA	NGH	IHP	ICMP	FRPE	XJIK	IPSW	
LGH(1)	LGS(1)	~	LGH(NGH)	LGS(NGH)					
IFRM	ITO								

<フォーマット>

- NAMEG (A4,4X):地震ハザードの名称 [-]
- IDATA (I8): 計算する地震動スイッチ [-]
= 11: 断層モデルによる地震ハザード評価を行い, 評価対象地震の寄与度を計算する
また, 断層モデルと距離減衰式を混合した地震ハザード評価を行う
- NGH (I8): 計算する地震群の個数 (最大200個) [-]
- IHP (I8): 断層モデルによる地震動パラメータスイッチ [-]
加速度フーリエスペクトルの場合, 地震基盤 = 1, 工学的基盤 = 110
最大加速度の場合, 地震基盤 = 2, 工学的基盤 = 120
最大速度の場合, 地震基盤 = 3, 工学的基盤 = 130
加速度応答スペクトルの場合, 地震基盤 = 4, 工学的基盤 = 140
速度応答スペクトルの場合, 地震基盤 = 5, 工学的基盤 = 150
瞬間最大入力エネルギーの場合, 地震基盤 = 6, 工学的基盤 = 160
- ICMP (A4,4X):断層モデルによる地震ハザード評価における地震波の成分の
スイッチ (NS, EW, または, UD) [-]
- FRPE (F8.0):地震ハザード評価における加速度フーリエスペクトルの周波数, [-]
または, 加速度応答スペクトル, 速度応答スペクトルの周期
または, 瞬間最大入力エネルギーの等価周期
(断層モデルによる地震動パラメータが最大加速度や最大速度の場合は不要)
- XJIK (F8.0):寄与度計算対象となるハザード曲線横軸の値 [-]
- IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [-]
= 0: 出力しない = 1: 出力する
- LGH() (A4,4X): 計算する地震群名称 [-]
- LGS() (I8): 地震群 LGH () の地震動スイッチ [-]
= 1: 断層モデル
= 2: 距離減衰式
- IFRM (I8): 抽出対象となる地震動の寄与度番号 (設定番号以上) [-]
- ITO (I8): 抽出対象となる地震動の寄与度番号 (設定番号以下) [-]

<機能>

NHAZARD データを用いて計算した後, 異なるハザード指標の結果を得る場合に用いる. ハザード指標として, 加速度フーリエスペクトル, 応答スペクトル, 瞬間最大入力エネルギーを指標とする場合には, 予め NHAZARD カードと共にこれらの入力カードを用いて計算しておく必要がある. NHAZARD カードを指定した計算時に出力されるファイル 0 を参照するので, 計算時間を大幅に短縮することができる.

計算する地震群の個数(NGH), 名称(LGH), 地震動スイッチ(LGS)は NHAZARD カードと同じにする.

<使用例>

NHAZARD2	Case2	11	9	5	0.504	1
Z101	1Z202		1Z303		2Z404	1Z505 2
Z606	1Z707		1Z808		2Z909	1
	1	12				
ACRNG	140.57	36.28	0.0	1000.0	50	
NASPEC	2	0.05	21			
	0.504	0.126				
PESD	2					
	0.504	1	0.5			
	0.126	1	0.5			
ENERGY	2	0.10				
	0.500	1.000				
ENSD	2					
	0.500	1	0.5			
	1.000	1	0.5			

36. 地震ハザード評価及び地震波抽出のためのリスタート（活断層データを使用する場合）

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NHAZARD3	NAMEG	IDATA	NGH	IHP		FRPE		IPSW	IPSE
LGH(1)	LGS(1)	~	LGH(NGH)	LGS(NGH)					
NID									
LID(1)	~	LID(NID)							

<フォーマット>

- NAMEG (A4): 地震ハザードの名称 [-]
- IDATA (I8): 計算する地震動スイッチ [-]
 = 11: 断層モデルによる地震ハザード評価を行い, 評価対象地震の寄与度を計算する
 また, 断層モデルと距離減衰式を混合した地震ハザード評価を行う
- NGH (I8): 計算する地震群の個数 (最大200個) [-]
- IHP (I8): 断層モデルによる地震動パラメータスイッチ [-]
 加速度フーリエスペクトルの場合, 地震基盤 = 1, 工学的基盤 = 110
 最大加速度の場合, 地震基盤 = 2, 工学的基盤 = 120
 最大速度の場合, 地震基盤 = 3, 工学的基盤 = 130
 加速度応答スペクトルの場合, 地震基盤 = 4, 工学的基盤 = 140
 速度応答スペクトルの場合, 地震基盤 = 5, 工学的基盤 = 150
 瞬間最大入力エネルギーの場合, 地震基盤 = 6, 工学的基盤 = 160
- FRPE (F8.0): 地震ハザード評価における加速度フーリエスペクトルの周波数, [-]
 または, 加速度応答スペクトル, 速度応答スペクトルの周期
 または, 瞬間最大入力エネルギーの等価周期
 (断層モデルによる地震動パラメータが最大加速度や最大速度の場合は不要)
- IPSW (I8): チェックプリントスイッチ [-]
 = 0: 出力しない = 1: 出力する
- IPSE (I8): 地震動抽出スイッチ [-]
 = 0: 出力しない
 = 1: ランダム地震域の地震動を抽出する
 = 2: 活断層データの地震動を抽出する
 = 3: プレート境界地震データの地震動を抽出する
- LGH() (A4,4X): 計算する地震群名称 [-]
- LGS() (I8): 地震群 LGH () の地震動スイッチ [-]
 = 1: 断層モデル
 = 2: 距離減衰式
- NID (I8): 抽出対象となる地震動 ID 番号の個数 [-]
 (IPSE=0 の場合は設定しない.)
- LID() (I8): 抽出対象となる地震動 ID 番号 [-]
 (IPSE=0 の場合は設定しない.)

<機能>

NHAZARD データを用いて計算した後、異なるハザード指標の結果を得る場合に用いる。ハザード指標として、加速度フーリエスペクトル、応答スペクトル、瞬間最大入力エネルギーを指標とする場合には、予め NHAZARD カードと共にこれらの入力カードを用いて計算しておく必要がある。NHAZARD カードを指定した計算時に出力されるファイル () を参照するので、計算時間を大幅に短縮することができる。

計算する地震群の個数(NGH)、名称(LGH)、地震動スイッチ(LGS)は NHAZARD カードと同じにする。

<使用例>

NHAZARD3	Case2	11	9	5	0.504	1
Z101	1Z202		1Z303		2Z404	1Z505 2
Z606	1Z707		1Z808		2Z909	1
	1					
	6					
ACRNG	140.57	36.28	0.0	1000.0	50	
NASPEC	2	0.05	21			
	0.504	0.126				
PESD	2					
	0.504	1	0.5			
	0.126	1	0.5			
ENERGY	2	0.10				
	0.500	1.000				
ENSD	2					
	0.500	1	0.5			
	1.000	1	0.5			

37. サイトの位置及び最大地震動の計算範囲の設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACRNG	XSITE	YSITE	AMIN	AMAX	NAMAX				

<フォーマット>

- ・ XSITE,YSITE (F8.0): サイトの経度, 緯度 (度) [-]
- ・ AMIN,AMAX (F8.0): 計算する最大加速度 (Gal) または最大速度 (kine) の
下限值と上限値 [-]
- ・ NAMAX (F8.0): AMIN ~ AMAX の範囲を分割数 (最大100個) [-]

<機能>

対象とするサイトの位置を表す経度・緯度と, 最大地震動の計算範囲を表す上下限值を設定する.

NHAZARD データ, NHAZARD2 データ及び NHAZARD3 データよりも後に設定する. なお, 入力が無い場合, エラーメッセージを出力し計算を終了する.

<使用例>

```

NHAZARD samp      11      9      120      1
Z101      1Z202      1Z303      1Z404      1Z505      1
Z606      1Z707      1Z808      1Z909      1
ACRNG      140.57  36.28      0.0 1000.0  100
ATTN      31      1      0.3
    
```


39. 地震ハザード評価の対象となる周波数の設定

—+—1	—+—2	—+—3	—+—4	—+—5	—+—6	—+—7	—+—8	—+—9	—+—10
PFREQ	FREQ	FREQ	FREQ	FREQ	FREQ				

<フォーマット>

・FREQ (F8.0): 地震ハザード評価の対象となる加速度フーリエスペクトルの周波数 [-]
 (1~5種類の周波数を設定できる)

<機能>

地震ハザード評価と計算する加速度フーリエスペクトルの周波数を設定する。
 本データは NHAZARD, NHAZARD2 及び NHAZARD3 データより後に設定する。

<使用例>

PFREQ 1.0 2.0 5.0 10.0

40. 速度, 加速度応答スペクトルの計算する周期, 減衰, 距離減衰式の種類の設定

—1	—2	—3	—4	—5	—6	—7	—8	—9	—10
NASPEC	NNTMAX	HDAT	NISPN						
T(1)	T(2)	T(3)	T(4)	T(5)					

<フォーマット>

- ・ NNTMAX (I8): 計算する周期の個数 (最大5) [-]
- ・ HDAT (F8.0): 減衰定数 (%) (渡部・藤堂式のみ)
安中式を用いる場合は入力する必要はなく5%となる
- ・ NISPN (I8): 距離減衰式のスイッチ
=11: 渡部・藤堂が提案した速度応答スペクトルを用いる
=21: 安中が提案した速度応答スペクトル (最短距離) を用いる
=22: 安中が提案した加速度応答スペクトル (最短距離) を用いる
=23: 安中が提案した速度応答スペクトル (等価震源距離) を用いる
=24: 安中が提案した加速度応答スペクトル (等価震源距離) を用いる
- ・ T() (F8.0): 計算する周期 (秒)
ただし, 安中式では0.04秒~4.0秒の周期のみ計算できる

<機能>

加速度応答スペクトル, 速度応答スペクトルの計算式の種類, 計算する周期, 減衰定数を設定する.
 NHAZARD カード, ACRNG カード及び PESD カードと共に用いる必要がある.
 NHAZARD カード, NHAZARD2 カード及び NHAZARD3 カードの後に設定する.

<使用例>

NASPEC 3 21
 0.5 1.0 5.0

4.1. 周波数毎の分布関数及び標準偏差の設定

-----1	-----2	-----3	-----4	-----5	-----6	-----7	-----8	-----9	-----10
FRSD	NFR								
FFRQ0	IOP0	FPSIG0	PARAM0	ACUT0					

<フォーマット>

- NFR (I8):周波数出力個数 (最大5個) [-]
- FFRQ0 (F8.0): 出力周波数[Hz] [-]
- IOP0 (I8): 分布関数のスイッチ
 - = 1: 対数正規分布 =-1: 正規分布
 - = 2: 上限打ち切り対数正規分布 =-2: 上限打ち切り正規分布
 - = 3: β 分布 (対数) =-3: β 分布 (線形)
- FPSIG0 (F8.0):標準偏差の設定 [-]
 - IOP = 1, 2 の時の対数標準偏差
 - IOP = -1, -2 の時の標準偏差
- PARAM0 (F8.0): β 分布のP値の設定 (IOP = 3, -3 の時のP値) [-]
- ACUT0 (F8.0): IOP = 2, -2 の時の上限打ち切りの値 [-]

<機能>

断層モデルによる地震ハザード評価における周波数毎の分布関数, 標準偏差を設定する.
 NHAZARD カード, NHAZARD2 カード及び NHAZARD3 カードの後に設定する.

<使用例>

```
FRSD      3
0.50     1    0.3
1.50     1    0.3
2.50     1    0.3
```

4.2. 周期毎の分布関数及び標準偏差の設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PESD	NPE								
PERI 0	IOP 0	PESIG 0	PARAM 0	ACUT 0					

<フォーマット>

- ・ NPE (I8):周期出力個数 (最大5個) [-]
- ・ PERI0 (F8.0): 出力周期[sec] [-]
- ・ IOP0 (I8): 分布関数のスイッチ
 - = 1: 対数正規分布 =-1: 正規分布
 - = 2: 上限打ち切り対数正規分布 =-2: 上限打ち切り正規分布
 - = 3: β 分布 (対数) =-3: β 分布 (線形)
- ・ PESIG0 (F8.0)標準偏差の設定 [-]
 - IOP = 1, 2 の時の対数標準偏差
 - IOP = -1, -2 の時の標準偏差
- ・ PARAM0 (F8.0): β 分布のP値の設定 (IOP = 3, -3 の時のP値) [-]
- ・ ACUT0 (F8.0): IOP = 2, -2 の時の上限打ち切りの値 [-]

<機能>

断層モデルまたは応答スペクトルの距離減衰式による地震ハザード評価における周期毎の分布関数, 標準偏差を設定する.

NHAZARD カード, NHAZARD2 カード及び NHAZARD3 カードの後に設定する.

<使用例>

```

PESD      3
  0.50    1  0.3
  1.50    1  0.3
  2.50    1  0.3
    
```

4.3. 工学的基盤におけるハザード曲線を計算するための深層地盤モデルの設定

—+—1	—+—2	—+—3	—+—4	—+—5	—+—6	—+—7	—+—8	—+—9	—+—10
GEOMAT	NGE								
HLE(1)	VSS(1)	VPP(1)	GAMA(1)	HGEN(1)					

<フォーマット>

- ・ NGE (I8): 地盤定数を設定する層の数 (最大 100) [-]
- ・ HLE() (F8.0): 層厚 (m)
- ・ VSS() (F8.0): S 波速度 (m/sec)
- ・ VPP() (F8.0): P 波速度 (m/sec)
- ・ GAMA() (F8.0): 単位体積重量 (kN/m³)
- ・ HGEN() (F8.0): 減衰定数 (無次元)

・ HLE () ~HGEN () のデータを層の数だけ次の行以降に設定する。

<機能>

工学的基盤におけるハザード曲線を計算するための地盤定数を設定する。

入力の単位系に注意。

基盤層 (最下層) の層厚は不要である。

NHAZARD カード, NHAZARD2 カード及び NHAZARD3 カードの後に設定する。

<使用例>

```

GEOMAT      3
435.0 1200.0 2600.0 20.0 0.0063
900.0 2100.0 4200.0 20.0 0.0036
3000.0 5500.0 20.0 0.0025
    
```

4.4. 瞬間最大入力エネルギーの計算する等価周期及び減衰の設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENERGY	NENE	HEN							
TE(1)	TE(2)	TE(3)	TE(4)	TE(5)					

<フォーマット>

- NENE (I8): 計算する等価周期の個数 (最大5) [-]
- HEN (F8.0): 減衰定数 (無次元)
- TE() (F8.0): 計算する等価周期 (秒)

<機能>

瞬間最大入力エネルギーの計算する等価周期, 減衰を設定する.

NHAZARD カード, ACRNG カード及び ENSD カードと共に用いる.

NHAZARD カード, NHAZARD2 カード及び NHAZARD3 カードの後に設定する.

<使用例>

```
ENERGY      2    0.10
            0.500  1.000
```

4.5. 瞬間最大入力エネルギーの等価周期毎の分布関数及び標準偏差の設定

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENSD	NTE								
ENR()	IOPE()	ENSIG()	EPARAM()	EACUT()					

<フォーマット>

- NTE (I8): 等価周期出力個数 (最大 5 個) [-]
- ENR() (F8.0): 出力等価周期[sec] [-]
- IOPE() (I8): 分布関数のスイッチ [-]
 - = 1: 対数正規分布 =1: 正規分布
 - = 2: 上限打ち切り対数正規分布 =2: 上限打ち切り正規分布
 - = 3: β 分布 (対数) =3: β 分布 (線形)
- ENSIG() (F8.0): 標準偏差の設定 [-]
 - IOP = 1, 2 の時の対数標準偏差
 - IOP = -1, -2 の時の標準偏差
- EPARAM() (F8.0): β 分布の P 値の設定 (IOP = 3, -3 の時の P 値) [-]
- EACUT() (F8.0): IOP = 2, -2 の時の上限打ち切りの値 [-]

<機能>

瞬間最大入力エネルギーによる地震ハザード評価における等価周期毎の分布関数, 標準偏差を設定する.
 NHAZARD カード, NHAZARD2 カード及び NHAZARD3 カードの後に設定する.

<使用例>

```

ENSD      2
  0.500    1    0.5
  1.000    1    0.5
    
```

3.4. エラーメッセージの一覧

入力データ識別IDに誤りがあれば、エラーメッセージが出力されてプログラムの実行は終了する。この他、スイッチの入力や制限値を越えた値の入力のように、基本的な誤りがある場合にもエラーメッセージを出力してプログラムは終了する。エラーメッセージの一覧を表に示す。

エラーメッセージの一覧 (1/2)

NO	出力メッセージと説明	関連する入力カード
E - 0001	INPUT DATA ERROR ' INPUT CARD GA SYUTURYOKU SARERU' 入力データにエラーがある	
E - 0002	JISHIN NAME NOT FOUND ' INPUT CARD GA SYUTURYOKU SARERU' 入力で指定した地震群名称が評価ファイルにない	CHECH, COPY, DELETE, RENAME
E - 0003	NO SPACE IN COMMON 地震群データが多すぎてコモンエリアに入らない	
E - 0004	HAZARD NAME NOT FOUND ' INPUT CARD GA SYUTURYOKU SARERU' 地震危険度の名称がない	RENAME
E - 0005	GAL + KINE ' INPUT CARD GA SYUTURYOKU SARERU' 加速度と速度の結果を足し合わせようとしている	RENAME
E - 0007	NMAG > 10 MAGCH カードで10以上の番号を入力している	MAIN
E - 0008	NUMBER OF JISHIN = 0 地震危険度の計算に対し評価地震データがない	MAIN
E - 0009	MAGNITUDE NUMBER = 0 OF **** SO NOT CHENGE ' INPUT CARD GA SYUTURYOKU SARERU' マグニチュード番号が0で変更できない	MAGCH

エラーメッセージの一覧 (2/2)

NO	出力メッセージと説明	出力ルーチン
E - 0012	MU BUNPU NUMBER > 40 マグニチュード分布番号が40を越える	MAGAV
E - 0013	MAMAX IS NOT SAME 計算する地震動（最大加速度，最大速度）の個数が，それまで格納してある個数と異なる場合	
E - 0014	IDATA IS NOT SAME 計算する地震動（最大加速度，最大速度）がそれまで格納してある地震動と異なる場合	
E - 0015	NAME WA SONZAI SIMASU 格納する地震危険度の名称が即存在している場合	

4. SHEAT-FM の使用例

茨城県大洗町の原研大洗研究所敷地（以下、大洗サイト）を対象に、SHEAT-FM コードの使用例を示す。

4.1. 計算条件

大洗サイト（東経 140.57°，北緯 36.28°）が位置する東北沿岸部では、日本列島に対して太平洋プレートが西進し、北米プレートの下に沈み込む構造になっているため、以下の地震活動の影響を考慮する必要がある。

- ① 北米プレート内の地殻内地震
- ② 太平洋プレートと北米プレートとのプレート境界地震

これら地震活動のモデル化に際し、場所や規模がある程度限定できるものについては、2.2.1 項に示した活断層データ及びプレート境界地震データを参照することとし、それ以外の地震活動については、歴史地震データを用いてランダム地震域の設定により行う。歴史地震データとしては、宇佐美カタログ、宇津カタログ、気象庁カタログがあるが、データの収録期間や特徴などを考慮して各カタログから表 4.1-1 のように抽出する。ランダム地震域は、サイト周辺の地震地体構造や過去の震源分布を考慮して、評価対象領域を地震活動がほぼ一様と見なせる領域に分割する。各ランダム地震域内では、規模別の地震発生頻度は同一であり、地震の発生場所はランダムであるとしてモデル化する。対象サイト及び評価対象領域を図 4.1-1 に示す。図中には、過去に発生したマグニチュード 5.5 以上の地震の震源位置を合わせて示す。サイトを中心に約 250km 四方を対象とする。図 4.1-2 に本例題で設定したランダム地震域を示す。深さ 15km を境にして、浅い方では、北米プレート内の地殻内地震をモデル化するものとして 5 つの地震域を設定し、深い方では、太平洋プレートと北米プレートとのプレート境界地震をモデル化するものとして 4 つの地震域を設定している。それぞれのランダム地震域をメッシュ分割し、全てのメッシュ中央に震源を仮定する。各地震域における規模、及び規模別の地震発生頻度は、歴史地震データに基づいたマグニチュードのヒストグラム（マグニチュード分布）に従うものとする。図 4.1-3 に各ランダム地震域のマグニチュード分布を示す。横軸はマグニチュード、縦軸は年平均発生頻度をそれぞれ表す。

次に、断層パラメータの設定について記す。断層パラメータの設定は、地震活動域毎に行う。すなわち、場所や規模がある程度特定できる地震については、活断層データ及びプレート境界地震データを参照することとし、ランダム地震域については、以下の通りとする。

断層の大きさに関わるパラメータについては、気象庁マグニチュードを基に、式 2-26～式 2-32 を用いて算出する。走向角、傾斜角、及び滑り角については、それぞれの地震域内の代表的な断層を参考とし、ロジックツリーを用いて不確かさを考慮する。表 4.1-2 に地震域毎に設定したロジックツリーを示す。なお、平均応力降下量は強震動レシビ¹⁰⁾に従い、全ての地震活動域におい

て、地殻内地震は $23\text{bar}^{10)}$ 、プレート境界地震は $50\text{bar}^{22)}$ とする。蛭沢ら^{40)~43)}によると、大洗サイトにおける中小地震観測記録を用いたインバージョン解析の結果、地震動の伝播経路特性 (Q 値) は式 4-1 のように求められている。

$$Q(f) = 100 \times f^{0.85}$$

式 4-1

断層モデル地震動予測式に必要なその他のパラメータは、表 4.1-3 に示すとおりである。

断層モデル地震動予測式により予測された地震動は、大洗サイト下の地震基盤によるものであるが、必要に応じて地震基盤から工学的基盤までの地盤増幅を考慮した地震ハザード評価が可能である。SHEAT-FM コードでは、地震ハザードを評価する地盤は、地震基盤か工学的基盤かを、入力カードにより選択することができる。本例題では、工学的基盤における最大加速度を指標とし、評価期間を 10 年から 50 年まで 10 年毎に評価するものとする。表 4.1-4 に大洗サイトの深層地盤モデルを示す。

表 4.1-1 歴史地震データの抽出範囲

A. D.	1603	1884	1926	1980	2002
M6.0 以上	宇佐美 カタログ	宇津カタログ		気象庁 カタログ	
M5.5~6.0			気象庁カタログ		

表 4.1-2 ロジックツリーによるランダム地震域の断層パラメータ

地震域 の番号	地震活動 の型	走向角 θ (°)	傾斜角 δ (°)	滑り角 λ (°)
①	地殻内	E 15 (0.25) 0 (0.50) 345 (0.25)	E 15 (0.25) 30 (0.50) 45 (0.25)	— 90 (1.00)
②	地殻内	— 0 (1.00)	— 30 (1.00)	— 90 (1.00)
③	地殻内	E 15 (0.25) 0 (0.50) 345 (0.25)	E 75 (0.25) 90 (0.50) 105 (0.25)	— 0 (1.00)
④	地殻内	— 0 (1.00)	— 90 (1.00)	— 0 (1.00)
⑤	地殻内	— 300 (1.00)	— 30 (1.00)	— 160 (1.00)
⑥	プレート境界	— 0 (1.00)	— 30 (1.00)	— 90 (1.00)
⑦	プレート境界	— 345 (1.00)	— 70 (1.00)	— 160 (1.00)
⑧	プレート境界	— 0 (1.00)	— 90 (1.00)	— 0 (1.00)
⑨	プレート境界	— 300 (1.00)	— 30 (1.00)	— 160 (1.00)

表 4.1-3 断層パラメータ

V_s	S (SH, SV) 波速度	3.6 (km/sec)
V_p	P 波速度	6.2 (km/sec)
V_R	破壊伝播速度	2.8 (km/sec)
ρ	地震基盤の密度	2.7 (tf/m ³)

表 4.1-4 大洗サイトの深層地盤モデル

層番号	層厚 (m)	S波速度 (km/s)	P波速度 (km/s)	単位体積 重量 (tf/m ³)	減衰定数* ²
1	435	1.2	2.6* ³	2.0	0.0063
2	900	2.1	4.2* ³	2.0	0.0036
3	半無限地盤	3.0	5.5* ⁴	2.0	0.0025

*1 解放基盤表面の位置は GL-175m とする。

*2 $h=1/2Q$ ($Q=V_s/15$)による。

*3 実験式 ($V_s/V_p = 0.576-0.139/V_s$) より算出

*4 ポアソン比を 0.3 と仮定して算出

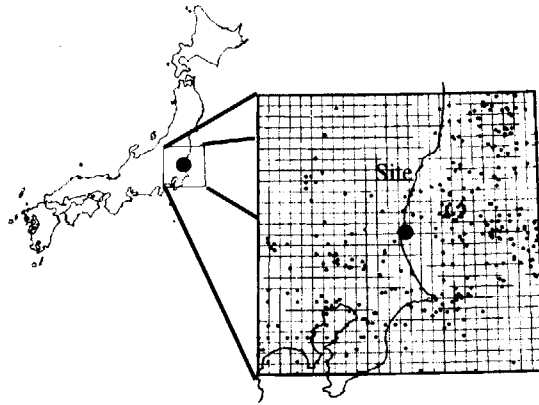


図 4.1-1 評価サイト及び評価対象領域
(マグニチュード 5.5 以上の過去の震源)

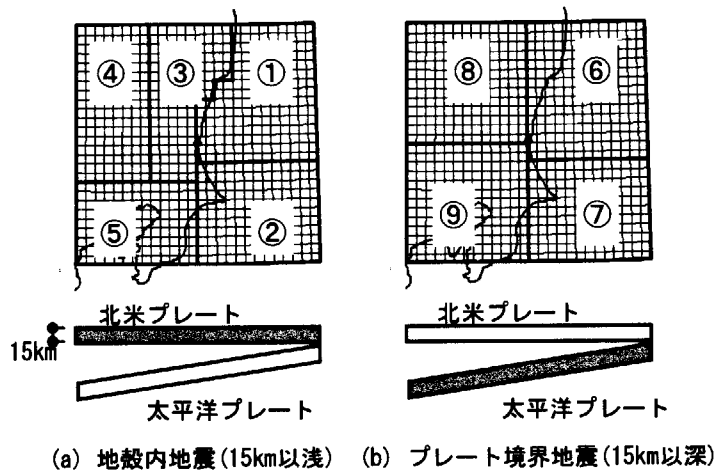


図 4.1-2 ランダム地震域の設定

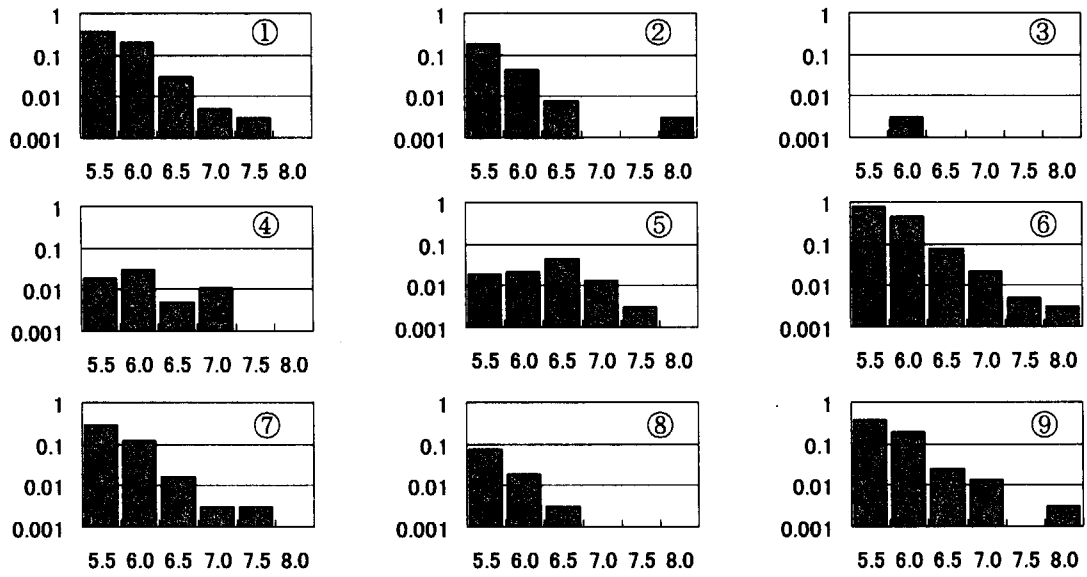


図 4.1-3 各ランダム地震域のマグニチュード分布

4.2. 入力データ

4.1 節の計算条件に基づき、SHEATFM コードの入力データを作成する。作成した入力データ sample.dat のエコープリントを以下に示し、データの右側に簡単な説明を加えた。

LINE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	MAGNIT	5.25	8.25	0.5						
2	CNTLPR	1								
3	MTHD		FPNT	FAUL						
4	FPINT	6.0								
5	NFAULT	139.10	142.00	35.09	37.43					
6	NFPARA	1	23.0	50.0						
7	NFTIME	5	2005.0	1						
8		10.0	20.0	30.0	40.0	50.0				
9	RDHIST	USA1		1	1					
10		LT	1603	1	119801231					
11		X	139.10	142.00						
12		Y	35.09	37.43						
13		Z	0.0	100.0						
14		U	7.0	8.5						
15	RDHIST	USA2		1	1					
16		LT	1603	1	119801231					
17		X	139.10	142.00						
18		Y	35.09	37.43						
19		Z	0.0	100.0						
20		U	6.0	6.9						
21	RDHIST	UZU1		2	1					
22		LT	1603	1	119801231					
23		X	139.10	142.00						
24		Y	35.09	37.43						
25		Z	0.0	100.0						
26		U	7.0	8.5						
27	RDHIST	UZU2		2	1					
28		LT	1603	1	119801231					
29		X	139.10	142.00						
30		Y	35.09	37.43						
31		Z	0.0	100.0						
32		U	6.0	6.9						
33	RDHIST	KIS1		3	1					
34		LT	1926	1	120021231					
35		X	139.10	142.00						
36		Y	35.09	37.43						
37		Z	0.0	100.0						
38		U	5.5	5.9						
39	RDHIST	KIS2		3	1					
40		LT	1981	1	120021231					
41		X	139.10	142.00						
42		Y	35.09	37.43						
43		Z	0.0	100.0						
44		U	6.0	8.5						
45	COMBIN	USA1	UZU1	M785						
46	COMBIN	USA2	UZU2	M669						
47	COMBIN	KIS1	M669	DUM1						
48	COMBIN	DUM1	M785	DUM2						
49	COMBIN	DUM2	KIS2	HIAL						
50	EXTRL	HIAL	EOKS	EOKD	139.1	142.00	35.09	37.43	0.0	15.0
51	DELETE	M785								
52	DELETE	M669								
53	DELETE	USA1								
54	DELETE	USA2								
55	DELETE	UZU1								
56	DELETE	UZU2								
57	DELETE	KIS1								
58	DELETE	KIS2								
59	DELETE	DUM1								
60	DELETE	DUM2								
61	DELETE	HIAL								
62	MESHXY		139.1	142.0	35.09	37.43	26	26	0	

← マグニチュードの範囲を設定

← 解析種別の選択 (位相ランダム他)

← M6 より小さい地震は点震源とする

← 活断層データから対象地震を抽出

← 平均応力降下量を指定

← 評価期間の指定

← 歴史地震データから対象地震を抽出

← 期間を指定

← 経度の範囲を指定

← 緯度の範囲を指定

← 深さの範囲を指定

← 地震規模の範囲を指定

← 抽出された地震は各地震群として登録

← 地震群データの統合

← 統合を繰返して、HIAL に集約する

← HIAL を深さで分割

← 作業用の地震群を全て削除

↓ 評価対象領域の範囲及び分割数を指定

63	ZONENO	1	0.0	0.0	0.0	0.0			
64		444444443333333311111111					←	各メッシュに地震域 No を付与	
65		444444443333333311111111						北米プレートの地殻内に対応する地震域	
66		444444443333333311111111							
67		444444443333333311111111							
68		444444443333333311111111							
69		444444443333333311111111							
70		444444443333333311111111							
71		444444443333333311111111							
72		44444444333333111111111111							
73		44444444333331111111111111							
74		44444444333331111111111111							
75		44444444333331111111111111							
76		44444444333331111111111111							
77		44444444333331111111111111							
78		44444444333331111111111111							
79		444444443333222222222222							
80		444444443333222222222222							
81		555555555555222222222222							
82		555555555555222222222222							
83		555555555555222222222222							
84		555555555555222222222222							
85		555555555555222222222222							
86		555555555555222222222222							
87		555555555555222222222222							
88		555555555555222222222222							
89		555555555555222222222222							
90	EXTRM	EQKS	EQK1				1	←	EQKS から地震域 1 の範囲の地震を抽出
91	EXTRM	EQKS	EQK2				2		
92	EXTRM	EQKS	EQK3				3		
93	EXTRM	EQKS	EQK4				4		
94	EXTRM	EQKS	EQK5				5		
95	ZGROUP	EQK1	Z1		1		1	←	地震域のマグニチュード分布作成
96	ZGROUP	EQK2	Z2		1		1		
97	ZGROUP	EQK3	Z3		1		1		
98	ZGROUP	EQK4	Z4		1		1		
99	ZGROUP	EQK5	Z5		1		1		
100	MESHXY	139.1	142.0	35.09		37.43	26	26	0
101	ZONENO	1	30.0	0.0		1.0	4270.0		
102		888888888888666666666666					←	各メッシュに地震域 No を付与	
103		888888888888666666666666						プレート境界地震に対応する地震域	
104		888888888888666666666666							
105		888888888888666666666666							
106		888888888888666666666666							
107		888888888888666666666666							
108		888888888888666666666666							
109		888888888888666666666666							
110		888888888888666666666666							
111		888888888888666666666666							
112		888888888888666666666666							
113		888888888888666666666666							
114		888888888888666666666666							
115		999999999999666666666666							
116		999999999999666666666666							
117		999999999999777777777777							
118		999999999999777777777777							
119		999999999999777777777777							
120		999999999999777777777777							
121		999999999999777777777777							
122		999999999999777777777777							
123		999999999999777777777777							
124		999999999999777777777777							
125		999999999999777777777777							
126		999999999999777777777777							
127		999999999999777777777777							
128	EXTRM	EQKD	EQK6				6	←	EQKD から地震域 6 の範囲の地震を抽出
129	EXTRM	EQKD	EQK7				7		
130	EXTRM	EQKD	EQK8				8		
131	EXTRM	EQKD	EQK9				9		
132	ZGROUP	EQK6	Z6		1		1	←	地震域のマグニチュード分布作成
133	ZGROUP	EQK7	Z7		1		1		

134	ZGROUP	EQK8	Z8	1	1					
135	ZGROUP	EQK9	Z9	1	1	↓	断層パラメータの指定			
136	FLTM	8192		2.7	3.6	3.6	6.2		2.0	
137						100.0	0.85		2	
138	PLOGIC	Z101	23.0	1	←	平均応力降下量と断層タイプを指定				
139	PLOGIC	Z202	23.0	1						
140	PLOGIC	Z303	23.0	1						
141	PLOGIC	Z404	23.0	1						
142	PLOGIC	Z505	23.0	1						
143	PLOGIC	Z606	50.0	2						
144	PLOGIC	Z707	50.0	2						
145	PLOGIC	Z808	50.0	2						
146	PLOGIC	Z909	50.0	2	↓	ロジックツリー 走向角の指定				
147	PSTRK	Z101	15.0	0.25	0.0	0.50	345.0	0.25		
148	PSTRK	Z202	0.0	1.00						
149	PSTRK	Z303	345.0	0.25	0.0	0.50	15.0	0.25		
150	PSTRK	Z404	0.0	1.00						
151	PSTRK	Z505	300.0	1.00						
152	PSTRK	Z606	0.0	1.00						
153	PSTRK	Z707	345.0	1.00						
154	PSTRK	Z808	0.0	1.00						
155	PSTRK	Z909	300.0	1.00	↓	ロジックツリー 傾斜角の指定				
156	PDIP	Z101	15.0	0.25	30.0	0.50	45.0	0.25		
157	PDIP	Z202	30.0	1.00						
158	PDIP	Z303	75.0	0.25	90.0	0.50	105.0	0.25		
159	PDIP	Z404	90.0	1.00						
160	PDIP	Z505	30.0	1.00						
161	PDIP	Z606	30.0	1.00						
162	PDIP	Z707	70.0	1.00						
163	PDIP	Z808	90.0	1.00						
164	PDIP	Z909	30.0	1.00						
165	PSLIP	Z101	90.0	1.00	←	ロジックツリー 滑り角の指定				
166	PSLIP	Z202	90.0	1.00						
167	PSLIP	Z303	0.0	1.00						
168	PSLIP	Z404	0.0	1.00						
169	PSLIP	Z505	160.0	1.00						
170	PSLIP	Z606	90.0	1.00						
171	PSLIP	Z707	160.0	1.00						
172	PSLIP	Z808	0.0	1.00						
173	PSLIP	Z909	160.0	1.00	↙	ハザード指標の設定 (最大加速度, 工学的基盤)				
174	CNTLPR	0								
175	NHAZARD	sample	11	9	120				1	
176	Z101	1Z202		1Z303		1Z404	1Z505		1	
177	Z606	1Z707		1Z808		1Z909	1			
178	ACRNG	140.57	36.28	0.0	1000.0	100	←	サイト位置とハザード指標の範囲		
179	ATTEN	31				1	0.3	←	地震動予測式のばらつき	
180	PFREQ	2.0	7.0	15.0	21.0	←	加速度フーリエスペクトルの周波数			
181	FRSD	4								
182		2.0	1	0.3						←
183		7.0	1	0.3						←
184		15.0	1	0.3						←
185		21.0	1	0.3						←
186	NASPEC	4		21		←	安中式を指定			
187		0.5	0.143	0.0667	0.0476					
188	PESD	4								
189		0.5	1	0.3		←	各周期での予測値のばらつき			
190		0.143	1	0.3						
191		0.0667	1	0.3						
192		0.0476	1	0.3						
193	ENERGY	4		0.1		←	瞬間最大入力エネルギーの等価周期			
194		0.5	1.0	1.5	2.0					
195	ENSD	4								
196		0.5	1	0.3		←	各周期での予測値のばらつき			
197		1.0	1	0.3						
198		1.5	1	0.3						
199		2.0	1	0.3						
200	GEOMAT	3				←	深層地盤モデルの指定			
201		435.0	1200.0	2600.0	20.0	0.0063				
202		900.0	2100.0	4200.0	20.0	0.0036				
203		3000.0	5500.0	20.0	0.0025					

(注) 180~199行は, 入力カード NHAZARD2 及び NHAZARD3 によるリスタートのための入力を示す.

地震波抽出のためのリスタートの例として、NHAZARD3 カードを用いた入力データ sample2.dat の一部を以下に示す。先に示した入力データの NHAZARD カードを NHAZARD3 カードに置き換え、必要な入力カードを追加したものとなっている。

175	NHAZARD3smp2		11	9	120			1	3
176	Z101		1Z202		1Z303		1Z404		1Z505
177	Z606		1Z707		1Z808		1Z909		1
178		1	← 抽出する地震波の数						
179		6	← 抽出する地震波の断層番号 (プレート境界地震データの番号)						
180	ACRNG	140.57	36.28	0.0	1000.0	100	← サイト位置とハザード指標の範囲		
181	ATTEN	31				1	0.3	← 地震動予測式のばらつき	
180	PFREQ	2.0	7.0	15.0	21.0	← 加速度フーリエスペクトルの周波数			
181	FRSD	4				← 各周波数での予測値のばらつき			
182		2.0	1	0.3					
183		7.0	1	0.3					
184		15.0	1	0.3					
185		21.0	1	0.3					
186	NASPEC	4			21	← 安中式を指定			
187		0.5	0.143	0.0667	0.0476				
188	PESD	4				← 各周期での予測値のばらつき			
189		0.5	1	0.3					
190		0.143	1	0.3					
191		0.0667	1	0.3					
192		0.0476	1	0.3					
193	ENERGY	4	0.1			← 瞬間最大入力エネルギーの等価周期			
194		0.5	1.0	1.5	2.0				
195	ENSD	4				← 各周期での予測値のばらつき			
196		0.5	1	0.3					
197		1.0	1	0.3					
198		1.5	1	0.3					
199		2.0	1	0.3					
200	GEOMAT	3				← 深層地盤モデルの指定			
201		435.0	1200.0	2600.0	20.0	0.0063			
202		900.0	2100.0	4200.0	20.0	0.0036			
203			3000.0	5500.0	20.0	0.0025			

4.3. 出力結果

4.2 に示した入力データ sample.dat を用いて解析した結果の一部を例として示す。工学基盤における最大加速度を評価指標とし、評価期間 10 年の超過確率の結果である。各評価項目は以下の通りである。なお、ここに示した結果は HALIST.TXT ファイルに出力されるものである。また、評価期間 50 年までの結果を図 4.3-1 に示す。

- NS 方向 : NS 方向の結果
- EW 方向 : EW 方向の結果
- UD 方向 : UD 方向の結果
- NSEW1 : NS 方向, EW 方向の各最大値のうち大きい方の値
- NSEW2 : NS 方向, EW 方向の各最大値の 2 乗和平方根の値
- NSEW3 : NS 方向, EW 方向の各時刻における値を 2 乗和平方根した値の最大値

評価期間 10.0 年

地震動 パラメータ	超過確率 NS 方向	超過確率 EW 方向	超過確率 UD 方向	超過確率 NSEW1	超過確率 NSEW2	超過確率 NSEW3
0.000	0.1000000E+01	0.1000000E+01	0.1000000E+01	0.1000000E+01	0.1000000E+01	0.1000000E+01
10.000	0.9998946E+00	0.9998024E+00	0.999563E+00	0.9999857E+00	0.9999983E+00	0.9999952E+00
20.000	0.9785077E+00	0.9762048E+00	0.9833400E+00	0.9922205E+00	0.9979044E+00	0.9958892E+00
30.000	0.8515581E+00	0.8597414E+00	0.8649592E+00	0.9190514E+00	0.9685297E+00	0.9462226E+00
40.000	0.6421095E+00	0.6689420E+00	0.6468403E+00	0.7622215E+00	0.8851473E+00	0.8182914E+00
50.000	0.4366510E+00	0.4754600E+00	0.4095073E+00	0.5731062E+00	0.7549453E+00	0.6427494E+00
60.000	0.2801701E+00	0.3190327E+00	0.2282858E+00	0.4013341E+00	0.6047719E+00	0.4688351E+00
70.000	0.1750647E+00	0.2071073E+00	0.1201255E+00	0.2686025E+00	0.4614052E+00	0.3259409E+00
80.000	0.1085602E+00	0.1325216E+00	0.6331508E-01	0.1753111E+00	0.3400486E+00	0.2204078E+00
90.000	0.6759407E-01	0.8485329E-01	0.3458106E-01	0.1133668E+00	0.2450037E+00	0.1471763E+00
100.000	0.4259289E-01	0.5503089E-01	0.1980549E-01	0.7356199E-01	0.1742718E+00	0.9817423E-01
110.000	0.2730928E-01	0.3646839E-01	0.1187468E-01	0.4836843E-01	0.1233595E+00	0.6599978E-01
120.000	0.1787633E-01	0.2482152E-01	0.7396969E-02	0.3244614E-01	0.8746321E-01	0.4500443E-01
130.000	0.1196382E-01	0.1737967E-01	0.4745991E-02	0.2229045E-01	0.6243375E-01	0.3125788E-01
140.000	0.8185036E-02	0.1250296E-01	0.3113060E-02	0.1570073E-01	0.4504584E-01	0.2216310E-01
150.000	0.5716676E-02	0.9212451E-02	0.2075545E-02	0.1132697E-01	0.3293996E-01	0.1605152E-01
160.000	0.4067618E-02	0.6924340E-02	0.1400734E-02	0.8348713E-02	0.2445363E-01	0.1186564E-01
170.000	0.2941548E-02	0.5287223E-02	0.9540920E-03	0.6266630E-02	0.1844147E-01	0.8937512E-02
180.000	0.2156857E-02	0.4085995E-02	0.6545772E-03	0.4774099E-02	0.1412482E-01	0.6843993E-02
190.000	0.1600072E-02	0.3185887E-02	0.4517164E-03	0.3679864E-02	0.1097776E-01	0.5314820E-02
200.000	0.1198740E-02	0.2500046E-02	0.3132487E-03	0.2862120E-02	0.8645499E-02	0.4175279E-02

中略

800.000	0.1019125E-07	0.6478072E-08	0.7781109E-11	0.1625824E-07	0.2250565E-06	0.4077020E-07
810.000	0.8723008E-08	0.5364471E-08	0.6140199E-11	0.1375376E-07	0.1921459E-06	0.3441809E-07
820.000	0.7470443E-08	0.4446105E-08	0.4852008E-11	0.1164535E-07	0.1641443E-06	0.2907692E-07
830.000	0.6401244E-08	0.3688082E-08	0.3839262E-11	0.9868714E-08	0.1403054E-06	0.2458242E-07
840.000	0.5488021E-08	0.3061857E-08	0.3041900E-11	0.8370236E-08	0.1199985E-06	0.2079752E-07
850.000	0.4707588E-08	0.2544081E-08	0.2413403E-11	0.7105243E-08	0.1026903E-06	0.1760792E-07
860.000	0.4040293E-08	0.2115626E-08	0.1917244E-11	0.6036449E-08	0.8793011E-07	0.1491812E-07
870.000	0.3469388E-08	0.1760767E-08	0.1525002E-11	0.5132583E-08	0.7533490E-07	0.1264807E-07
880.000	0.2980702E-08	0.1466625E-08	0.1214584E-11	0.4367562E-08	0.6458116E-07	0.1073093E-07
890.000	0.2562170E-08	0.1222611E-08	0.9685586E-12	0.3719510E-08	0.5539447E-07	0.9110711E-08
900.000	0.2203531E-08	0.1020016E-08	0.7733814E-12	0.3170085E-08	0.4754199E-07	0.7740454E-08
910.000	0.1896055E-08	0.8516710E-09	0.6182832E-12	0.2703896E-08	0.4082606E-07	0.6580783E-08
920.000	0.1632299E-08	0.7116706E-09	0.4948264E-12	0.2308002E-08	0.3507880E-07	0.5598634E-08
930.000	0.1405936E-08	0.5951510E-09	0.3965717E-12	0.1971544E-08	0.3015780E-07	0.4766278E-08
940.000	0.1211561E-08	0.4980949E-09	0.3181899E-12	0.1685368E-08	0.2594176E-07	0.4060362E-08
950.000	0.1044576E-08	0.4171897E-09	0.2555733E-12	0.1441780E-08	0.2232780E-07	0.3461306E-08
960.000	0.9010440E-09	0.3496927E-09	0.2055023E-12	0.1234276E-08	0.1922806E-07	0.2952562E-08
970.000	0.7776140E-09	0.2933395E-09	0.1654232E-12	0.1057383E-08	0.1656796E-07	0.2520244E-08
980.000	0.6714117E-09	0.2462512E-09	0.1333378E-12	0.9064663E-09	0.1428373E-07	0.2152603E-08
990.000	0.5799943E-09	0.2068773E-09	0.1075806E-12	0.7776252E-09	0.1232131E-07	0.1839780E-08
1000.000	0.5012626E-09	0.1739279E-09	0.8693046E-13	0.6675479E-09	0.1063436E-07	0.1573419E-08

入力データ sample2.dat を用いた工学的基盤波の抽出例を示す。NHAZARD3 カードで指定した基盤の加速度波形が、SEISMIC.wve ファイルに出力される。(NHAZARD2 カードを用いた場合には、KIYODO.wve ファイルに出力される。)

SEISMIC.wve ファイルの一部を以下に示し、簡単な説明を加える。また、図 4.3-2 に抽出された地震波形を示す。

```

*** KAIKO ID = 6
1 8192(6E12.5) 0.0100
1 1.01140E-01 -1.11341E+00 1.01768E+00
2 2.06618E-01 -1.02692E+00 1.03681E+00
3 3.43837E-01 -8.46545E-01 9.73293E-01
4 4.39260E-01 -6.95941E-01 8.59586E-01
5 4.77521E-01 -6.07021E-01 7.22073E-01
6 5.03549E-01 -4.96765E-01 5.81427E-01
7 5.58710E-01 -3.04310E-01 4.57777E-01
8 6.29972E-01 -1.05720E-01 3.71127E-01
9 6.66342E-01 -4.83464E-02 3.34151E-01
10 6.36330E-01 -1.77511E-01 3.39726E-01
11 5.58959E-01 -3.70587E-01 3.51011E-01
12 4.78067E-01 -4.65233E-01 3.09084E-01
13 4.14108E-01 -4.30653E-01 1.68655E-01
14 3.46214E-01 -3.80459E-01 -5.53427E-02
15 2.37517E-01 -4.20479E-01 -2.76389E-01
16 7.10816E-02 -5.19017E-01 -3.91679E-01
17 -1.38166E-01 -5.47147E-01 -3.69914E-01
18 -3.56121E-01 -4.27031E-01 -2.85004E-01
19 -5.43806E-01 -2.10130E-01 -2.45167E-01
20 -6.62060E-01 -1.10503E-02 -2.75924E-01

      中略

8179 -1.37465E-01 -8.13049E-02 -2.05286E-01
8180 -1.82665E-01 -2.08583E-01 -2.52377E-01
8181 -1.01998E-01 -2.70312E-01 -3.67956E-01
8182 1.12233E-01 -2.30613E-01 -5.22889E-01
8183 3.56058E-01 -1.02815E-01 -6.57600E-01
8184 4.71448E-01 6.88638E-03 -7.21278E-01
8185 3.81169E-01 -4.01514E-02 -6.97615E-01
8186 1.65519E-01 -2.80058E-01 -5.98920E-01
8187 -7.15350E-03 -5.88716E-01 -4.40805E-01
8188 -3.18870E-02 -7.92095E-01 -2.26066E-01
8189 5.17276E-02 -8.38345E-01 4.59091E-02
8190 1.24560E-01 -8.35694E-01 3.56195E-01
8191 1.20105E-01 -9.09012E-01 6.57141E-01
8192 8.25341E-02 -1.04539E+00 8.90435E-01

```

← 断層 ID
← データ数, 時間刻み
← 番号, NS 方向, EW 方向, UD 方向

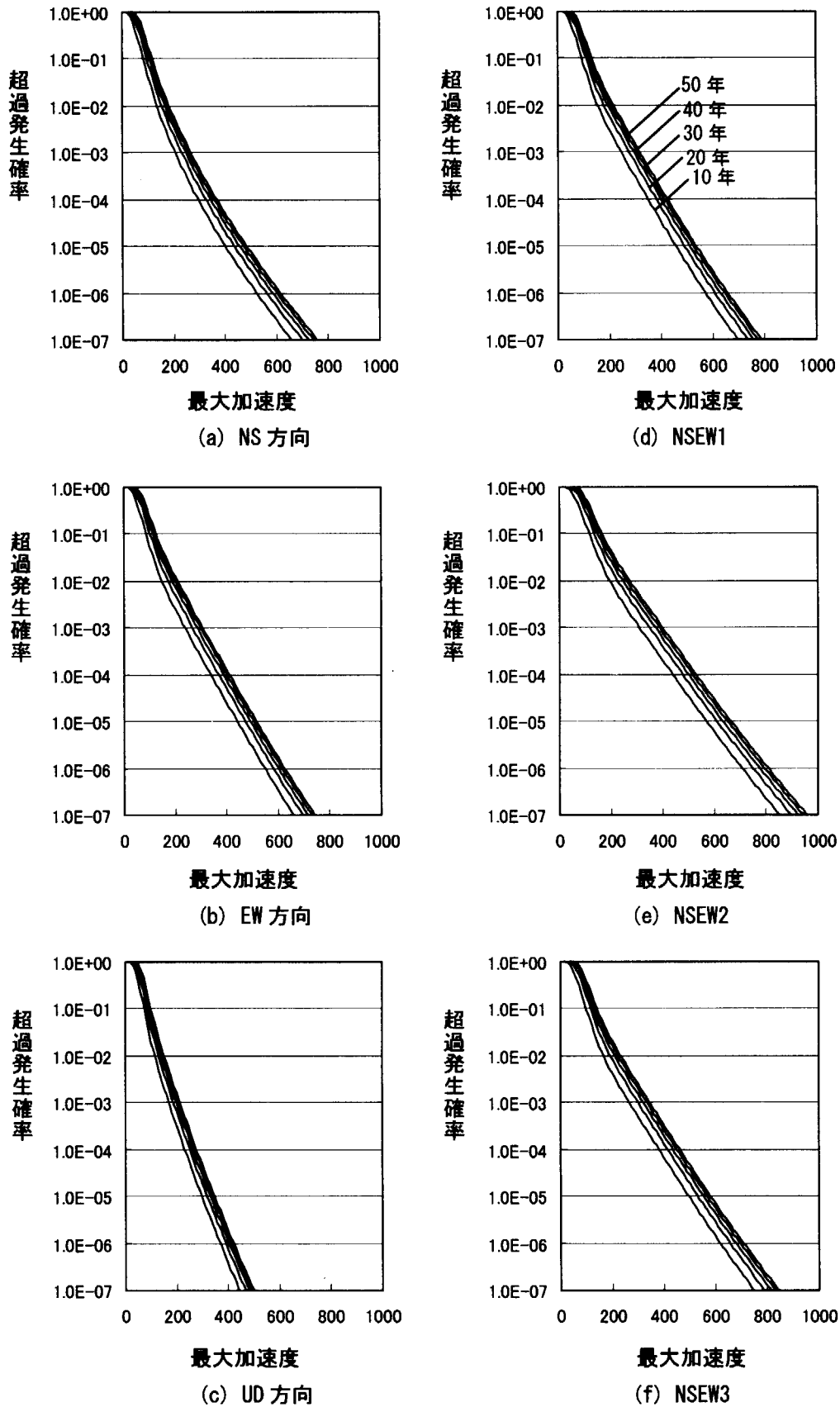
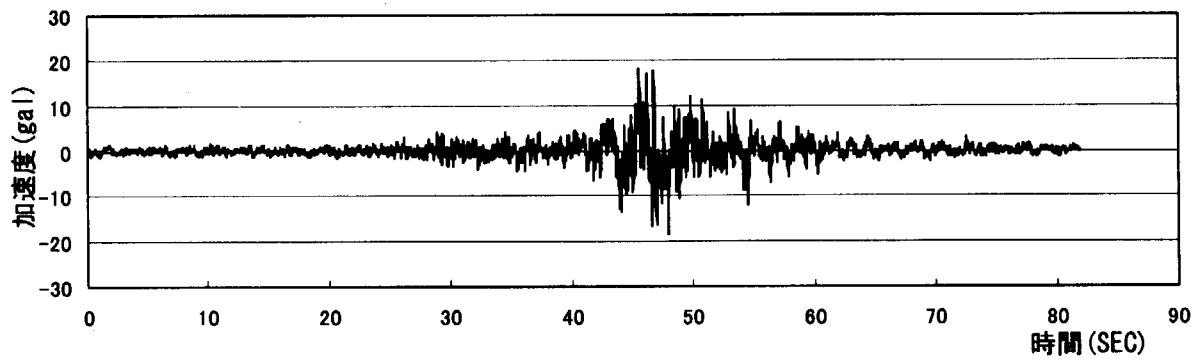
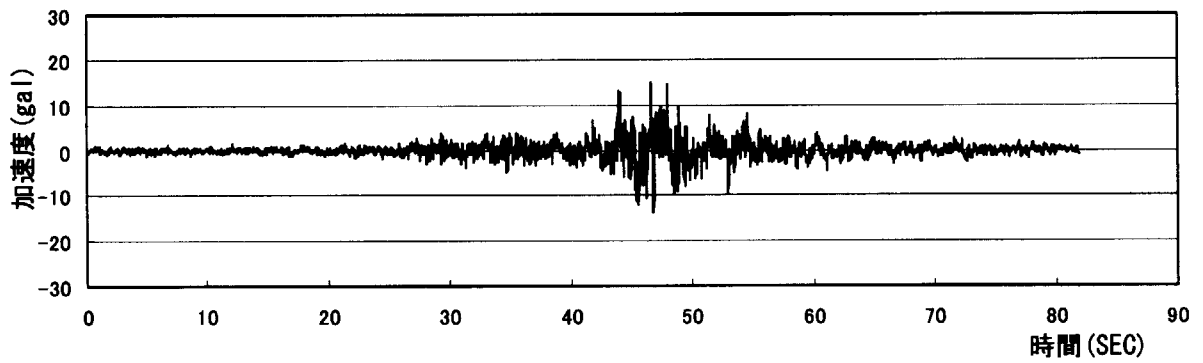


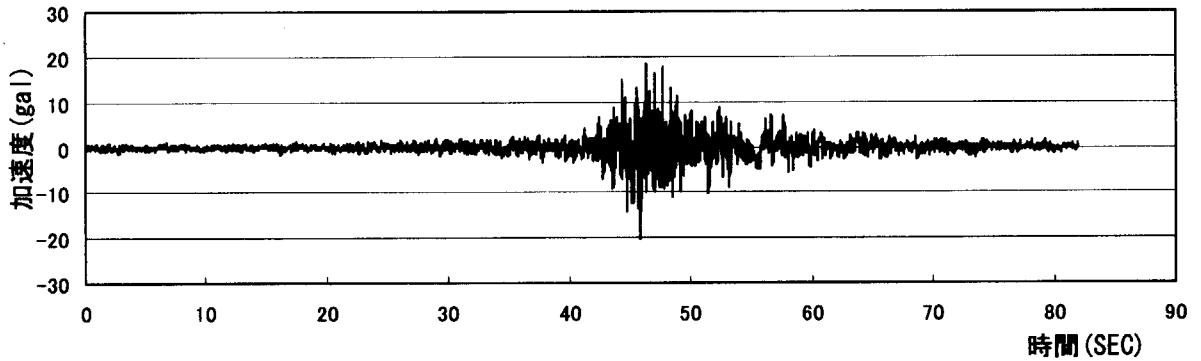
図 4.3-1 大洗サイトにおける地震ハザード評価結果 (工学基盤, 最大加速度)



(a) NS 方向の加速度波形 (工学基盤)



(b) EW 方向の加速度波形 (工学基盤)



(c) UD 方向の加速度波形 (工学基盤)

図 4.3-2 抽出した地震動の加速度波形

5. 操作マニュアル

5.1. 使用環境

本システムは以下の環境で使用できる。

- (1) コンピュータ本体
日本語 MS-Windows98 以降の動作を保証している機種
- (2) 対応 OS
日本語 MS-WindowsXP
- (3) ハードディスク
少なくとも 10MB の空き容量が必要
- (4) メモリ
16MB 以上のプロテクトメモリーが必要

5.2. システムのフォルダ構成とインストール

SHEAT-FM コードのフォルダ構成を図 5.2-1に示す。各フォルダの概要を以下に示す。

サンプルデータ・フォルダ：

本使用手引きに示した例題及び実行用バッチファイルを収録。

ソースファイル・フォルダ：

SHEAT-FM コードのソースファイル一式を収録。

データベース・フォルダ：

SHEAT-FM コードの実行に必要なデータベースを収録。ただし、気象庁カタログ (FORT.130) は収録されていないので、ユーザーが(財)気象業務支援センターから地震年報を購入の上、別途気象庁カタログ整備プログラムにて FORT.130 を作成するものとする。これらのファイルをインプットデータ及び実行用バッチファイルと同じフォルダにコピーして使用する。

ロードモジュール・フォルダ：

SHEAT-FM コードのロードモジュールを収録。

宇津カタログ整備プログラム・フォルダ：

宇津カタログ (FORT.12) から、余震データを削除するための実行モジュール及びソースファイルを収録。

気象庁カタログ整備プログラム・フォルダ：

(財)気象業務支援センターの地震年報 CD-ROM に収録された震源データから、SHEAT-FM コード用の気象庁カタログ FORT.130 を作成するための実行モジュール及びソースファイルを収録。

強震動作成プログラム・フォルダ：

SHEAT-FM コードの実行中に作成した地震動の時刻歴波形を得るための実行モジュール及びソースファイル一式を収録。インプットデータは、SHEAT-FM コードの実行により得られる。

使用手引き・フォルダ：

本使用手引きを収録。

SHEAT-FM コードのインストールは、上記のフォルダ及びファイルを全て、ハードディスク上の任意のフォルダにコピーするのみである。

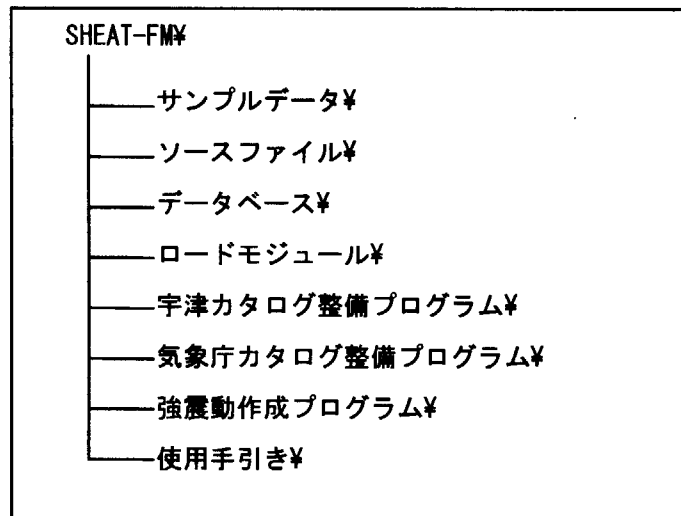


図 5.2-1 SHEAT-FM コードのフォルダ構成

5.3. 実行方法

サンプルデータを用いた解析を例として、SHEAT-FM コードの実行手順を以下に示す。なお、SHEAT-FM コードの実行フォルダはサンプルデータ・フォルダとして説明を行うが、ユーザーの指定する任意のフォルダ名に置き換えるものとする。

① 気象庁カタログの作成

SHEAT-FM コード用の気象庁カタログ (FORT.130) を作成する。(財)気象業務支援センターの地震年報 CD-ROM の震源データから、1926 年以降のデータを全て 1 つの JMA.data ファイルにまとめ、気象庁カタログ整備プログラム・フォルダにコピーする。次に、同フォルダにある JMAcata.exe をダブルクリックして実行する。

② データベースコピー

データベース・フォルダのファイル一式と、気象庁カタログ FORT.130 をサンプルデータ・フォルダにコピーする。

③ インプットデータ作成

インプットデータを作成し、サンプルデータ・フォルダにコピーする。(インプットデータとして、本使用手引きの例題 sample.dat を収録)

④ 計算実行

サンプルデータ・フォルダに、計算実行用のバッチファイルを作成し、これをダブルクリックして実行する。(バッチファイル sample.bat を収録)

解析結果は、HALIST.TXT ファイルとしてサンプルデータ・フォルダ内に出力される。バッチファイル sample.bat では解析終了後、HALIST.TXT を sample.lst としてコピーするようになっている。

6. おわりに

本報告書は、断層モデル地震動予測手法を用いた地震ハザード評価コード SHEAT-FM の使用方法及び解析方法などをまとめた使用手引きである。

本評価コードは、原研が実施している安全研究年次計画（平成 13 年度～平成 17 年度）の「確率論的手法による構造機器の地震時の信頼性評価に関する研究」の一環として開発したものである。例題として示したように、これまでに、原研大洗研究所敷地をモデルサイトとした地震ハザード解析を行い、地震動発生確率並びにその発生確率レベルに応じた地震動波形を評価することができた。また、本評価コードの出力結果と、別途開発した配管信頼性評価コード PASCAL-SC 等を組合せることで、経年化機器の地震時の構造信頼性を評価することができる。

謝辞

中小地震の観測記録から求めた群遅延時間の回帰モデルを統計的グリーン関数法に応用するにあたり佐藤忠信京都大学名誉教授より有益な助言を頂きました。東電設計(株)の安中正氏らが提案する距離減衰式を SHEAT-FM コードに導入するにあたり安中氏より回帰係数をご提供頂きました。(株)CRC ソリューションズの亀岡裕行氏及び小森義久氏には SHEAT-FM コードの開発にご協力頂きました。本報告書をまとめるにあたり日本原子力研究所の平野雅司氏、柴田勝之氏より有益な助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。また、原研在籍時に SHEAT-FM コードの開発に携わっておられた、(独)防災科学技術研究所の山田博幸氏、(独)原子力安全基盤機構の蛸沢勝三氏及び堤英明氏に敬意を表します。

参考文献

- 1) 堤英明・鬼沢邦雄・伊藤裕人・鈴木雅秀：確率論的手法を用いた構造機器健全性評価手法に関する研究 (1) 評価手法の概要及びモデルプラントによる試評価, 日本原子力学会 2003 年春の年会要旨集, II-L6, 2003.
- 2) 鬼沢邦雄・堤英明・伊藤裕人・鈴木雅秀：確率論的手法を用いた構造機器健全性評価手法に関する研究 (2) 確率論的破壊力学に基づく機器破損確率評価, 日本原子力学会 2003 年春の年会要旨集, II-L7, 2003.
- 3) 杉野英治・伊藤裕人・鬼沢邦雄・鈴木雅秀：確率論的手法を用いた構造機器健全性評価手法に関する研究 (3) モデルプラントによる再循環系配管の破損確率評価, 日本原子力学会 2004 年春の年会要旨集, II-M49, 2004.
- 4) 伊藤裕人・杉野英治・鬼沢邦雄・鈴木雅秀：確率論的手法を用いた構造機器健全性評価手法に関する研究 (4) 再循環系配管の破損確率に及ぼす溶接残留応力分布の影響, 日本原子力学会 2004 年春の年会要旨集, II-M50, 2004.
- 5) 鬼沢邦雄・柴田勝之・伊藤裕人・鈴木雅秀：確率論的手法を用いた構造機器健全性評価手法に関する研究 (5) 減肉炭素鋼配管の破損確率解析コードの開発, 日本原子力学会 2004 年春の年会要旨集, II-M51, 2004.
- 6) 杉野英治・鬼沢邦雄・鈴木雅秀：原子力機器の構造信頼性評価のための地震動評価コードの開発, 日本原子力学会和文論文誌 (投稿準備中)
- 7) 杉野英治・伊藤裕人・鬼沢邦雄・鈴木雅秀：地震動の不確かさを考慮した経年配管の構造信頼性評価手法の開発, 日本原子力学会和文論文誌 (投稿準備中)
- 8) 蛭沢勝三・田中歳明・高荷道雄・近藤雅明・阿部清治：JAERI-Data/Code 94-009, 地震ハザード評価コード SHEAT の使用手引き, 1994.
- 9) 山田博幸・堤英明・蛭沢勝三・鈴木雅秀：JAERI-Data/Code 2002-001, 地震ハザード評価コード SHEAT(PC 版) の使用手引き, 2002.
- 10) 入倉孝次郎：強震動予測レシピ - 大地震による強震動の予測手法 -, 京都大学防災研究所年報, 第 47 号 A, 2004.
- 11) 佐藤忠信・室野剛隆・西村昭彦：観測波に基づく地震動の位相スペクトルのモデル化, 土木学会論文集, No.640/I-50, 119-130, 2000.
- 12) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：長期的な地震発生確率の評価手法について, 2001.
- 13) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧 [増補改訂版], 東京大学出版会, 1996.
- 14) 宇津徳治：日本付近の M6.0 以上の地震及び被害地震の表：1885～1980 年, 地震研究所彙報, Vol. 57, 401-463, 1982.
- 15) 気象庁：地震年報平成 14 年 (CD-ROM 版), 気象業務支援センター, 2002.
- 16) 日本電気協会：原子力発電所における設計地震の策定に関する研究成果報告書, 1973.

- 17) 神田順：建築構造性能評価・地震，神田研ホームページ (<http://133.11.212.25>)
- 18) 松田時彦・塚崎朋美・萩谷まり：日本陸域の主な起震断層と地震の表 - 断層と地震の地方別分布関係 - ，活断層研究，19，33-54，2000.
- 19) 松田時彦・吉川真季：陸域の $M \geq 5$ 地震と活断層の分布関係 - 断層と地震の分布関係 - その2，活断層研究，20，1-22，2001.
- 20) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：活断層の評価，2005年1月まで.
- 21) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：海溝型地震の発生可能性の長期評価，2005年1月まで.
- 22) 佐藤良輔 編著：日本の地震断層パラメーター・ハンドブック，鹿島出版会，1989.
- 23) 釜江克宏，入倉孝次郎，福知保長：地震のスケーリング則に基づいた大地震時の強震動予測 - 統計的波形合成法による予測，日本建築学会構造系論文集，第430号，1-9，1991.
- 24) 釜江克宏，入倉孝次郎，福知保長：地域的な震源スケーリング則を用いた大地震（M7級）のための設計用地震動予測，日本建築学会構造系論文集，第416号，57-70，1990.
- 25) D.M.Boore：Stochastic simulation of high - frequency ground motions based on seismological models of the radiation spectra, Bull. Seism. Soc. Am. , Vol.73, No.6, 1865-1894, 1983.
- 26) K.Kamae and K.Irikura：Prediction of site specific strong ground motion using semi-empirical methods, Proc. 10thWCEE, 801-806, 1992.
- 27) E.Faccioli, "A study of strong motions from Italy and Yugoslavia in terms of gross source properties," Geophys. Monograph, 37, Maurice Ewing, AGU, 6, 297-309, (1986)
- 28) 入倉孝次郎，香川敬生，関口春子，“経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良，”日本地震学会講演予稿集，1997年度秋季大会，B25，(1997)
- 29) 香川敬生：ハイブリッド合成法に用いる統計的グリーン関数法の長周期帯域への拡張，日本地震工学論文集，第4巻，第2号，2004.
- 30) 吉田望，末富岩雄，“DYNEQ：等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム，”佐藤工業技術研究所報 No.22，(1996)
- 31) 古和田明・田居優・岩崎好規・入倉孝次郎：経験的サイト増幅・位相特性を用いた水平動及び上下動の強震動評価，日本建築学会構造系論文集，第514号，97-104，1998.
- 32) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，丸善，2001.
- 33) 武村雅之，“日本列島及びその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係，”地震2，43，257-265，(1990)
- 34) P.G.Somerville, K.Irikura, R.Graves et al., "Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion," *Seism. Res. Let.*, 70, 59-80, (1999)
- 35) 福島美光・田中貞二：新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂，地震学会1992年秋季大会講演予稿集，116，1992.

- 36) 安中正・山崎文雄・片平冬樹：気象庁 87 型強震計記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案，第 24 回地震工学研究発表会講演論文集，78-81，1997.
- 37) 司宏俊・翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式，日本建築学会構造系論文集，第 523 号，63-70，1999.
- 38) 中村孝也・堀則男・井上範夫：瞬間入力エネルギーによる地震動の破壊特性評価と応答変形の推定，日本建築学会構造系論文集，第 513 号，65-72，1998.
- 39) 宇津徳治，“地震の事典，”朝倉書店，(1988)
- 40) 蛭沢勝三，中村晋，田居優 他，“断層モデルによる地震動予測式の作成法；概要，”土木学会第 51 回年次学術講演会概要集（第 I 部門），420-421，(1996)
- 41) 香川敬生，田居優，中村晋 他，“断層モデルによる地震動予測式の作成法；断層パラメータの定量評価及び地震動のばらつき，”土木学会第 51 回年次学術講演会概要集（第 I 部門），422-423，(1996)
- 42) 田居優，香川敬生，中村晋 他，“断層モデルによる地震動予測式の作成法；インバージョン解析，”土木学会第 51 回年次学術講演会概要集（第 I 部門），424-425，(1996)
- 43) 中村晋，香川敬生，田居優 他，“断層モデルによる地震動予測式の作成法；表層地盤特性のはざとり，”土木学会第 51 回年次学術講演会概要集（第 I 部門），426-427，(1996)

This is a blank page.

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	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
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u
1 eV=1.60218×10 ⁻¹⁹ J	
1 u=1.66054×10 ⁻²⁷ kg	

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	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
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
上半, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束密度	ウェーバ	Wb	V·s
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量等量	シーベルト	Sv	J/kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バーン	b
バル	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å=0.1nm=10⁻¹⁰m
 1 b=100fm²=10⁻²⁸m²
 1 bar=0.1MPa=10⁵Pa
 1 Gal=1cm/s²=10⁻²m/s²
 1 Ci=3.7×10¹⁰Bq
 1 R=2.58×10⁻⁴C/kg
 1 rad=1cGy=10⁻²Gy
 1 rem=1cSv=10⁻²Sv

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版, 国際度量衡局 1985年刊行による。ただし, 1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里, ノット, アール, ヘクトールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは, JISでは流体の圧力を表す場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令では bar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

力	N(=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘度 1 Pa·s(N·s/m²)=10 P(ポアズ)(g/(cm·s))
 動粘度 1 m²/s=10⁴St(ストークス)(cm²/s)

圧	MPa(=10bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062×10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322×10 ⁻⁴	1.35951×10 ⁻³	1.31579×10 ⁻³	1	1.93368×10 ⁻²
	6.89476×10 ⁻³	7.03070×10 ⁻²	6.80460×10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778×10 ⁻⁷	0.238889	9.47813×10 ⁻⁴	0.737562	6.24150×10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407×10 ⁻⁶	2.34270	9.29487×10 ⁻³	7.23301	6.12082×10 ¹⁹
	3.6×10 ⁶	3.67098×10 ⁵	1	8.59999×10 ⁵	3412.13	2.65522×10 ⁶	2.24694×10 ²⁵
	4.18605	0.426858	1.16279×10 ⁻⁶	1	3.96759×10 ⁻³	3.08747	2.61272×10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072×10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515×10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616×10 ⁻⁷	0.323890	1.28506×10 ⁻³	1	8.46233×10 ¹⁸
	1.60218×10 ⁻¹⁹	1.63377×10 ⁻²⁰	4.45050×10 ⁻²⁶	3.82743×10 ⁻²⁰	1.51857×10 ⁻²²	1.18171×10 ⁻¹⁹	1

1 cal= 4.18605J (計量法)
 = 4.184J (熱化学)
 = 4.1855J (15°C)
 = 4.1868J (国際蒸気表)
 仕事率 1 PS(仏馬力)
 = 75 kgf·m/s
 = 735.499W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270×10 ⁻¹¹
	3.7×10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58×10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

断層モデルによる地震動予測手法を用いた地震ハザード評価コードSEATONの使用手引き

R100

古紙配合率100%再生紙を使用しています