

JAERI-Review

99-021



JP9950528



計算科学技術専門部会評価結果報告書

1999年8月

研究評価委員会

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）で複写による実費領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, Ibarakiken 319-1195, Japan.

## 計算科学技術専門部会評価結果報告書

日本原子力研究所  
研究評価委員会

(1999年8月5日受理)

研究評価委員会の下に設置された「計算科学技術専門部会」は平成11年4月26日に開催された。7名の専門家から構成される同専門部会は、計算科学技術推進センターの研究開発課題について、平成12年度からの5年間の計画の事前評価を実施した。評価は、事前に提出された評価用資料及び専門部会開催時における被評価者の説明に基づき、研究評価委員会によって定められた評価項目、評価の視点、評価の基準に従って行われた。同専門部会が取りまとめた評価結果は研究評価委員会で審議された。本報告書はその評価結果である。

Report of the Review Committee of the R&D Subjects  
on Computational Science and Engineering

The Research Evaluation Committee

Japan Atomic Energy Research Institute  
Uchisaiwai-cho, Chiyoda-ku, Tokyo

(Received August 5, 1999)

The Ad Hoc Review Committee composed of seven experts was set up under the Research Evaluation Committee of JAERI in order to review the R&D subjects to be implemented for five years starting in a 2000 fiscal year at the Center for promotion of Computational Science and Engineering. The review meeting took place on April 26, 1999. According to the review methods consisting of review items, points of review and review criteria given by the Research Evaluation Committee, the review was conducted based on the materials submitted in advance and presentations of CCSE. The Research Evaluation Committee received the review report and its explanations from the Review Committee on July 5. The Research Evaluation Committee has acknowledged appropriateness of the review results. This report describes the review results.

Keywords: Research Evaluation, Computational Science and Engineering

## 評価の経緯について

研究評価委員会は、「日本原子力研究所における研究開発評価の基本指針」（平成10年4月策定）及び「研究所評価委員会及び研究評価委員会規程」（平成10年4月制定、平成11年4月改正）に基づき、計算科学技術推進センターにおける平成12年度からの5年間の研究開発課題の事前評価を実施するため、「計算科学技術専門部会」を平成11年3月12日に設置した。同専門部会は、平成11年4月26日に開催された。

平成11年7月5日における研究評価委員会において、計算科学技術専門部会の矢川元基部会長より報告のあった「計算科学技術専門部会評価結果報告書」について審議を行った。審議の結果、本専門部会評価結果は妥当なものと判断し、研究評価委員会委員長は同報告書を日本原子力研究所理事長に答申した。

## 平成11年度研究評価委員会委員（13名）

- 西澤 潤一 岩手県立大学長  
(委員長) (財) 半導体研究振興会半導体研究所長  
(半導体工学)
- 秋山 守 (財) エネルギー総合工学研究所理事長  
(委員長代理) 日本原子力学会会長  
(原子炉熱設計、熱流体工学、安全工学、エネルギー変換)
- 秋元 勇巳 三菱マテリアル(株)取締役社長  
(物理化学、核化学)
- 石樽 顕吉 東京大学大学院工学系研究科教授  
(原子炉化学、放射線化学)
- 井上 信 京都大学原子炉実験所長  
(加速器科学、原子核物理学)
- 岡田 雅年 金属材料技術研究所長  
(金属材料・工学、金属科学、原子炉材料)
- 菊田 惺志 (財) 高輝度光科学研究センター理事、放射光研究所副所長  
(X線光学、X線量子光学)
- 草間 朋子 大分県立看護科学大学長  
(放射線防護、胎児の放射線影響)
- 友野 勝也 東京電力株式会社副社長  
(原子力発電)
- 藤原 正巳 核融合科学研究所長  
(プラズマ物理、核融合)
- 宮 健三 東京大学大学院工学系研究科教授  
(核融合工学、電磁現象工学)
- 矢川 元基 東京大学大学院工学系研究科教授  
(計算科学、原子力工学 (構造設計))
- 山崎 敏光 日本学術振興会監事  
(原子核物理学、素粒子ビーム科学)

計算科学技術専門部会  
評価結果報告書

平成 11 年 7 月

日本原子力研究所  
研究評価委員会  
計算科学技術専門部会

This is a blank page.



## はじめに

世界は情報化社会へ急速に進化している。今や計算科学技術研究は、“理論研究”、“実験研究”に次ぐ“第3の科学”としての地位をほぼ確立している。急速に発展中の計算機技術に支えられ、計算科学技術研究は新たな知を創造し、新たな価値と効果を生み出すことが今後ますます期待される。

原研の計算科学技術推進センターもこうした時代の要請に応えるべく、科学技術庁傘下の機関にとどまらず我が国の計算科学技術推進の中核的役割を果たすべく設立されたと理解している。並列計算機利用の推進業務と応用研究業務を同一組織体で協調して実施する体制は我が国としての極めてユニークな存在である。

ここで、本専門部会の関心は、計算科学技術推進センターの使命・目的のために、どのように特徴を発揮した研究運営が計画されているかにある。今回の平成12年度からの5カ年計画の事前評価に当たって、昨年研究評価委員会が実施した総括的な研究評価において、大筋において計算科学技術推進センターの研究開発の方向性は評価されたと言えよう。しかしながら、実施計画上の方策については、原研内他部門及び外部の大学等との協力・連携のあり方、原研としての特徴を生かす応用研究の進め方など、個別的には幾つかの提言が述べられている。

本専門部会には計算科学技術研究の分野の広い専門研究者にご参加いただき、研究計画の綿密な事前評価を行った。各委員からは積極的かつ率直なコメントもいただいた。評価用説明資料や部会での短時間の説明や質疑によって十分には把握できなかった面もあるかとも思われるが、本報告書には、寄せられたコメントを集約して、主要な意見、提言をまんべんなくまとめたつもりである。

原研において、このような評価結果と提言等を十分に検討され、次年度からの研究実施運営に効果的に反映されることを望む。合わせて、ご多忙の中で当専門部会において慎重かつ積極的な討議の中で、率直かつ貴重なご意見等をいただいた各委員の方々に感謝申し上げます。

平成11年6月  
計算科学技術専門部会  
部会長 矢川 元基

## 総合所見

高度計算科学の重要性に鑑み、計算科学技術推進センターが科学技術庁全体の高度計算科学研究の推進において中核的な役割を果たすという基本的考え方は当然のこととして受け入れられるが、本専門部会としては、むしろ、我が国全体の計算科学技術の推進の中核となることを指向することを期待したい。また、その性格から開かれたセンターという特徴づけも重要である。なお、第一期においての並列処理共通基盤技術の開発と応用計算科学研究における成果は高く評価し得るものであり、これに基づく第二期計画の方向性は適切なものと判断する。

本センターの研究開発課題は、ネットワーク上の協調分散処理を含めた広い意味での並列処理を前提とした「科学シミュレーションのための統合環境の開発」(「基盤技術の開発」)、「多原理統合型のシミュレーション技術の開発」(「応用研究」)、「地球シミュレータ用ソフトウェアの開発」(国の共同プロジェクト)を目的としている。更に、研究開発の最終目標を単なる学術的成果にとどめず、明確にソフトウェアの普及(デファクトスタンダードを目指す)に置いていることは重要であり、高く評価する。

評価結果を評価点数の視点から総括すると、まず、いずれの研究課題についても、その基本的方向性、意義については、“優れている”と考えられる。一方、それらの進め方、達成目標については、“もう少しあるいはかなりの努力”が求められている。このことは、研究資源の配分の計画が依然として欧米の有力研究機関との比較において著しく劣っているとの認識に基づく評価結果である。

そこで、上記の研究開発課題の方向を了解した上で、二つの所見を述べる。まず、“本センターが科学技術庁のみならず、我が国全体の計算科学技術に関して中核的研究機関として確立する”ことへの期待を明確にしたい。第一期において他機関との共同研究の推進においてそれなりの成果を上げてきたことは認める。今後は、さらに我が国の分散した計算科学技術の人的資源を結集し有効な研究開発を推進し、調整する役割を担う索引者として、真に中核的な機関となるよう期待する。特に、文部省との統合をも考慮に入れ、文部省傘下の大学、研究所、民間研究機関とも共同研究や共同プロジェクトを進めて行くこと、言い換えると、計算科学技術研究開発における道場的役割、を期待する。

次に、“限られた人的資源の範囲で本センターが何を指すか”について具体的に提言したい。本センター単独でできることは限定されている。これまでの第一期の研究開発の経験をどう反省し、評価し、これを次期計画にどう生かして行くか、どのような点で世界と競争して優位に立てるか、基本技術として身につけておく必要のある分野はどれか、などを判断し、達成目標をもう少し絞った計画にすべきではないか。例えば、「基盤技術の開発」、「応用研究」とともに、特色を生かせるテーマに的を絞り、その中でも優先度の高いごく少数のものに限ることにより、研究の効率化を図る必要があると思われる。守備範囲の拡大は、原研外からの強力な指導者を受け入れるなど、流動的な人材の活用を進め、本センターの機構、人員の充実を図りながらを行うことが有効と考える。

## 目次

1. 専門部会の設置	1
2. 評価方法	1
2. 1 専門部会の構成	1
2. 2 事前評価対象研究開発課題	1
2. 3 専門部会開催	1
2. 4 評価の具体的方法	2
3. 事前評価対象研究開発課題の評価結果	3
3. 1 計算科学技術推進センターの研究計画の概要	3
3. 2 評価結果	5
3. 2. 1 項目別評価	5
3. 2. 2 総合評価	11

## Contents

1. Establishment of the Review Committee	1
2. Review Methods	1
2.1 Members of the Review Committee	1
2.2 Research and Development Subjects for Review	1
2.3 Agenda of the Review Committee Meeting	1
2.4 Points of Review	2
3. Reviews of R&D Subjects	3
3.1 Overview of the R&D Planning of the Center for Promotion of Computational Science and Engineering	3
3.2 Review Results	5
3.2.1 Review of Individual Items	5
3.2.2 Overall Review	11

This is a blank page.

## 1. 専門部会の設置

「日本原子力研究所における研究開発評価の基本指針」及び「研究所評価委員会及び研究評価委員会規程」に基づき、計算科学技術推進センターの研究(業務)テーマについて、平成 12 年度からの 5 年間の研究開発計画の事前評価のため、平成 11 年 3 月 12 日、研究評価委員会の下に計算科学技術専門部会が設置された。

## 2. 評価方法

### 2. 1 専門部会の構成

部会長：矢川 元基 東京大学大学院工学系研究科教授  
 専門委員：岩崎 洋一 筑波大学 副学長  
           小柳 義夫 東京大学大学院理学系研究科教授  
           笠原 博徳 早稲田大学理工学部電気電子情報工学科教授  
           小池 秀耀 (株)富士総合研究所研究主幹  
           島崎 真昭 京都大学大学院工学研究科教授  
           土居 範久 慶応義塾大学理工学部教授

### 2. 2 事前評価対象研究開発課題

事前評価対象研究開発課題は計算科学技術推進センターの全ての研究開発課題である。この研究開発は以下の 4 つの主要課題領域から成る。

- 1) 並列処理基盤技術の研究開発
  - ・並列処理基本システムの研究開発 (並列処理基本システム開発グループ)
  - ・並列処理支援技術の開発 (並列処理支援技術開発グループ)
  - ・並列処理技術推進計画の管理 (並列処理計画管理室)
- 2) 応用分野における並列計算手法の研究開発
  - ・並列計算法の研究開発 (並列計算法開発グループ)
  - ・原子力分野における計算科学の研究 (数値実験技術開発グループ)
- 3) 地球シミュレータ用ソフトウェアの開発 (地球シミュレータ用ソフトウェア開発グループ)
- 4) 情報システムの運用・管理とOA化の推進
  - ・情報システムの運用 (情報システム管理室)
  - ・計算機システムの技術開発 (同上)
  - ・OAシステムの整備・開発と運用 (OA化推進室)

### 2. 3 専門部会開催

- (1)開催月日 : 平成 11 年 4 月 26 日(月)
- (2)開催場所 : 富国生命ビル 28 階 中会議室
- (3)議事次第 : 1)部会長挨拶、事務局説明

2)計算科学技術推進センターの研究開発課題

(説明者：秋元計算科学技術推進センター長と質疑応答)

3)専門部会内の打合わせ

2. 4 評価の具体的方法

事前に提出された評価用資料及び専門部会における説明に基づき、下記の評価項目、評価の視点、評価の基準に従って、評価を実施した。また、関連して所見、提言等を述べる。

(1) 項目別評価

1) 評価項目及び評価の視点(「 」は評価の視点)

(a)センターの基本的考え方(「研究開発課題の選定・方向性・目的・目標等の正当性」)

(b)主要課題領域(主要課題領域毎に(i)～(ii)を評価する。)

(i)目的・意義

(ii)研究展望及び達成目標

(iii)進め方(含むテーマ構成と各テーマの位置付け)

(「研究スケジュール・研究手法の妥当性、」)

(iv)予想される成果の波及効果(或いは予想される貢献及び波及効果)

(c)資源配分(「①研究開発資源(資金、人員)の配分の妥当性、及び②主要課題領域、テーマに対する予算・人員等の効率的配分の妥当性」)

(d)原研他部門との協力・連携(「協力・連携の妥当性」)

(e)外部機関との協力・連携(「協力・連携の妥当性」)

(f)人材養成の施策(「施策の妥当性」)

(g)その他の評価項目

研究支援業務については、業務の方向性・目的・目標等の妥当性、業務に係る人員、予算の配分の適切性、業務スケジュールの妥当性を考慮する。

2) 評価の基準

1)「項目別評価」に対して、5段階評価(5：最高、3：普通、1：最低)を行う。

(2)総合評価

総合的な観点から所見(所感、問題点、提言等)を記す。

### 3. 事前評価対象研究開発課題の評価結果

#### 3.1 計算科学技術推進センターの研究計画の概要

##### 1) 目的

第一期計画（平成7～11年度）に引き続き、科学技術庁の重要施策である高度計算科学技術開発計画を推進するため、当センターは科学技術庁全体の高度計算科学研究に対し中核的な役割を果たすことが第一の使命である。

第一期計画で開発整備してきた並列処理の共通基盤ソフトの利用・普及を図ると同時に、これら基盤ソフトをさらに発展させ、ネットワーク上での計算機群の効率的利用を可能にするのみならず、今後の科学シミュレーションの中心となる多原理統合型のシミュレーションを容易にするメタ・コンピューティングの実現を目指す。さらに、今後のネットワーク技術の進展を視野にいたれたデータベース、ソルバー、ツール、可視化ソフト、ユーザインターフェースを統合した科学技術シミュレーションのための統合環境を開発し、ユーザのあらゆる要求に対するシームレスケアを実現してゆく。これは科学技術会議における提言の中で重要とされた高速大容量の研究情報ネットワーク上でのシームレス・コンピューティング関連技術の開発に対応するものである。

また上記の統合環境を使用し、これまで実績のあるいくつかの応用分野で多原理統合型のシミュレーション技術の開発を行い科学技術分野での成果につなげる。また科学技術庁の計算科学の中核として外部機関との協力、連携を積極的に行い、開かれたセンターとして機能するよう努める。

##### 2) 達成目標

並列処理共通基盤ソフトをさらに発展させ、ネットワークで結合された並列計算機群をその所在地やアーキテクチャの違いを意識することなく自由自在に駆使できる環境の構築を目指す。またこの環境でのツール群の拡大及び高度化を実施し、各応用分野でのシミュレーションの利便性を高める。

次に第一期計画で実績をあげつつある多原理統合型のシミュレーション手法の開発をいくつかの特定分野（材料物性、熱流動、環境など）において実施する。また、原研での様々な分野の研究の中で、共通に重要な量子技術の研究開発に適した量子計算専用機概念検討を実施する。

また地球シミュレータ用ソフトウェアの開発をハード開発にあわせて完成させる。また原研内の計算科学研究を支えるために原研全体の計算機システムやネットワークシステムの効率的運用・管理を実施し、事務処理を支援するためのOA化の推進を行う。

##### 3) 進め方

第一期計画における成果を踏まえて、基盤技術と応用分野における研究開発を外部との密接な協力のもとで推進するとともに、成果の普及と人材の育成に努める。基盤技術は開発段階の各過程で外部のユーザの要望や意見を取り入れつつ、試用と改良のサイクルによりユーザ数の拡大を図り、デファクト・スタンダードを目指す。

応用分野における研究開発は原子力分野の研究をはじめ原研に基盤をもつ分野の研究開発に重点を置き、原研各部と協力し、科学技術上の具体的成果を目指す。特に材料、物性、環境、核融合、光量子に重点を置く。また、コード普及という面に関しては各分野でのコミュニティで使用される汎用性をもったコード群を開発する。

地球シミュレータ開発に関しては特別チームとの連携を常に保ち、ソフトウェア調整会議において他機関との調整を図りつつ研究開発を推進する。

成果の普及と人材育成に関しては、WWW 利用、共同研究、協力研究などの手段で外部とのコミュニケーションを推進するとともに博士研究員や流動研究員の採用やソフト公募における若手研究者や大学院生部門の強化を積極的に行う。

計算機の運用・管理についても常にユーザの便宜を図り、創意工夫や効率的な運営を行う。OA 化推進では事務処理の効率化に努める。

#### 4) 主要課題領域

##### (イ) 並列処理基盤技術の研究開発 (主要課題領域 1)

複数の並列計算機群を多数のユーザが快適にかつ効率的に使用するための基盤技術の開発を行う。即ち、STA (Seamless Thinking Aid) 基本ソフトの核となる部分はそのまま使用し、更にメタ・コンピューティング、メタ・スケジューリング機能、大容量データ処理機能などを開発することにより、ネットワーク上の仮想大規模科学計算専用機 (または環境) を構築する。またこれまで開発してきた並列処理用ツールを更に高度化させ、上記環境に適した機能を追加することにより、科学計算の前処理、実行処理、後処理などの作業を格段に向上させる。また同時に今後の科学計算の中で重要な量子力学等の第一原理計算を高速に処理できる計算機概念検討を実施する。

##### (ロ) 応用分野における並列計算手法の研究開発 (主要課題領域 2)

多原理統合型シミュレーション手法開発を行なう具体的な応用分野を、物質、材料、生体分野及び熱、流動、構造分野に分けて、研究を進める。特に物質、材料、生体分野で多用される分子動力学法によるシミュレーションでは、スーパーコンピュータの限界性能を狙った大規模並列計算を行なう。そのため小規模から大規模まで、色々な規模の数値実験を容易に行なえるように、分子動力学法の標準的な並列計算プログラム (並列分子動力学ステンシル) を開発し、材料及び生体シミュレーションに適用する。

##### (ハ) 地球シミュレータ用ソフトウェアの開発 (主要課題領域 3)

地球シミュレータ完成予定にあわせ、平成 12 及び 13 年度の 2 年間でのソフト完成を目指す。応用ソフトウェアの開発では原研に実績のある放射能大気拡散コード SPEEDI (環境安全研究部開発) をもとに環境科学研究部と協力し、大気力学や化学反応を加え、さらに海洋汚染モデルと結合したコードの開発を目指す。支援技術の開発ではこれまで当センター開発の基盤ソフトを地球シミュレータ用に開発整備する。

##### (ニ) 情報システムの運用・管理と OA 化の推進 (主要課題領域 4)

情報システムの運用・管理においては原研全体の計算機群及びネットワークシステムの効率的運用と適切な管理を実施しつつ、技術の最新化を図り、原研全体の研究開発を支援することが目的である。OA 化の推進では所内 OA 化推進委員会に諮りつつ所内 OA 化推進に



係わる各種計画を企画、立案するとともに所内 OA システムの整備・開発及び運用・保守を行うことにより所内の効率的事務処理の推進に寄与する。

### 5) 所内外の協力・連携

#### (イ) 所内での協力・連携

原研各部の応用分野の研究者とは常に交流や研究協力を通じて密接な連携の上で基盤ソフト開発を実施してきた。那珂研とは数値トカマク研究開発でハイブリッド計算手法の開発を行ってきた。また関西研とは金属腐食、内殻励起などに取り組もうとしている。東海研の材料研究部門とも原子炉の高経年化対策に関する協力を行うとともに中性子科学に関するプロジェクト(実験)との連携を行ない、材料の健全性評価、混相流動の高精度予測、システムの流体・構造連成相互作用の解析を行なう。

#### (ロ) 所外との協力・連携

現在、26の外部研究機関と研究協力を行っている。また中目黒計算機群は約280名のユーザのうち外部が約7割を占めている。当センターは科学技術庁の計算科学の中核として、開かれたセンターを目指し積極的に外部との交流を図ってきた。外部からの客員研究員3名の指導を仰ぎ、博士及び流動研究員等9名を受け入れている。その他、外部機関、大学、企業からの参加による研究委員会で6つの専門部会、2つのワーキンググループを運営し、外部の委員の方々の助言や議論によって基盤ソフトの改良と試用を実施し、より良いソフトの開発を進めている。また、国際協力として3年間の予定でドイツ情報処理研究所(GMD)と並列処理用基盤ソフトのベンチマークテストに関する研究協力を実施中である。これらは今後とも積極的に推進していく予定である。またマサチューセッツ工科大学と材料物性予測手法の研究協力を実施する計画を調整中である。

## 3. 2 評価結果

### 3. 2. 1 項目別評価

#### (a) センターの基本的考え方は適切か(評価点:4.3. 5点満点、以下同様)

高度計算科学の重要性に鑑み、本センターが科学技術庁全体の高度計算科学研究の推進において中核的な役割を果たすという基本的考え方は賛成である。これまでの第一期において果たした成果は高く評価しうるものであり、これに基づく第二期計画の基本的方向性は適切なものと判断する。科学技術庁の中核的組織としての性格から開かれたセンターという特徴づけも重要である。

本センターの研究開発課題は、ネットワーク上の協調分散処理を含めた広い意味での並列処理を前提とした「科学シミュレーションのための統合環境の開発」(「基盤技術の開発」)、「多原理統合型のシミュレーション技術の開発」(「応用研究」)及び「地球シミュレータ用ソフトウェアの開発」(国の共同プロジェクト)を目的としている。これらはこれからの計算科学技術の最大の基盤的研究目標である。その研究構想は本センターおよび原子力研究所における従来の研究実績を踏まえたものであり、研究の実現可能性という点でも適切である。更に、研究の最終目標を単なる学術的成果にとどめず、明確にソフトウェアの普及(デ

ファクトスタンダードを目指す)に置いていることは重要であり、高く評価されるべきである。

以上の大枠の方向を認めるとして、各論的な観点から問題点と課題を指摘したい。問題点は大きく二つある。一つは、“本センターが科学技術庁全体の計算科学技術に関して中核的役割を果たす”という課題、二つには、“限られた人員資源の範囲で本センターが何を目指すか”、という課題である。

先ず、“科学技術庁全体の計算科学技術に関して中核的役割を果たす”ことへの期待を明確にしたい。何故なら、今日、我が国の計算科学技術の推進に関して中核的研究機関の確立が最大の課題であることは、各方面から指摘されているからである。

第一期において、確かに、科学技術庁傘下の研究所等の共同研究において多くの成果を上げているが、個々のテーマの共同研究の推進に止まっただけではないか。今後は、これらの研究機関の計算科学技術研究の方向性をリードし、調整の役割を担う（計算科学技術の推進の索引者）という、真に中核的な役割を果たすよう期待する。更に、文部省との統合をも考慮に入れ、文部省傘下の大学、研究所とも共同研究や共同プロジェクト（他の研究機関との連携する仕組み作り）を進めて行くことが期待されている。このような情勢において、原研全体の基本構想と本センターの基本構想との関連を明確にすべき事態（「原子力」との関係はどうする）に至っていると考えるべきではないか。

次に、“限られた人員資源の範囲で本センターが何を目指すか”について提言したい。計算科学技術研究センター単独でできることは限定されている。これまでの主要成果、特にSTA基本ソフトは高く評価できるが、第一期の開発の経験をどう反省し、評価し、これを次期計画にどう生かして行くか、どのような点で世界と競争して優位に立てるか、基本技術として身につけておく必要のある分野はどれか、もう少し焦点を絞って明確な計画にすべきではないか。例えば、「基盤技術の開発」、「応用研究」とともに、日本原子力研究所の特色を生かせるテーマに的を絞り、その中でも優先度の高いごく少数のものに限ることにより、研究の効率化を図る必要があると思われる。守備範囲の拡大は、流動的な研究員制度を積極的に活用し、センターの機構、人員の充実を図りながらを行うことが有効である。

#### (b-1) 並列処理基盤技術の開発（主要課題領域1）

##### (1) 目的・意義は適切か（4.3）

ネットワークコンピューティング、可視化技術、並列支援、オブジェクト指向などを軸とした並列処理基盤技術は、今後の計算科学技術の重要な研究課題であり、目的、意義は極めて適切である。但し、国内外で類似の研究が行われている中、限られた人的資源で多くの流行のものを取り上げるのではなく、センターとして、他と異なる何を目的としているのか、あるいは他を上回るどのような技術開発を目的とするのか明確にできれば、研究の意義をより高く評価できる。

例えば、並列処理基盤技術については、センターとして独自のSTA基本ソフトの開発に焦点を絞り、オブジェクト指向関連技術の開発などは他に任せてしまうことも考えられる

のではない。量子計算専用機概念検討の目的については、次項の達成目標との関係において考える必要がある。

#### (d) 研究展望及び達成目標は適切か (3.9)

STA やライブラリ開発等において研究展望が開かれていると評価される。一方、いわゆる専用計算機で成功したのは GRAPE のように特定の演算に特化したもののみであり、NWT にしても CP-PACS にしても ASCI にしても、専用機というより特定目的を念頭に開発した汎用機という性格が強い。従って、他の同様の研究の状況を確認しつつ、量子計算専用機概念検討を実施する必要がある。また、専用ハードウェアを設計製作する場合、ライフサイクルが長くなりやすいので、概念設計時の目標が2～10倍ならば、完成した時点ですぐに時代遅れにならないか懸念される。

上記の繰り返しとなるが、これまでの成果に基づいて、センターとしてどのような特徴を出すか、もうすこし具体的なプランを必要とする。すなわち、今後5年間の達成目標として世界との競争の中、十分な優位性が得られるのかを慎重に判断することが必要である。

#### (h) 進め方(含むテーマ構成と各テーマの位置付け)は適切か (3.7)

並列処理計画管理室を設置し外部との協力関係を積極的に推進することは、研究成果の普及、我が国の計算科学技術分野の人材および技術力の強化という点で重要であるのみならず、我が国の計算科学技術分野の有能な人材を結集するという意味でも重要である。しかし、テーマ数が多すぎ、パワーが分散するのではないかと懸念する。重点の置き方に強弱をつけた方がよい。本来、本センターの研究計画で取り上げられているテーマは、我が国の計算科学技術分野の研究者が結集して取り組むべき課題であり、外部との協力関係、共同研究等を積極的に推進して行くことが重要である。

#### (二) 予想される成果の波及効果は (4.2)

ネットワークで結合された計算機群を計算負荷の最適配分を含めて、仮想的な並列計算機として利用できる STA/SPP 環境が実現するならば、計算機の稼働効率は飛躍的に向上し、大きな波及効果が期待できる。更に STA/SPP には並列処理ツール、大容量データ処理システム等も用意されており、このようなシステムは現時点では実用化されていないことを考えると、早期に実用的システムをリリースし、世界に公開し普及を図ることが望まれる。

しかし、STA/SSP 環境がどの程度の可搬性を持ちうるかは課題である。また、可視化、メッシュ生成、並列性能解析などとツール類が、他の環境でどれだけ多用性を持つかも大きな課題であることに留意して欲しい。

### (b-2) 応用分野における並列計算手法の開発 (主要課題領域2)

#### (i) 目的・意義は適切か (4.3)

多原理統合型シミュレーション手法の研究開発は、計算科学技術の直面する最大の課題の一つである。このようなシミュレーション手法は並列処理技術等の情報技術と応用分野の技術との融合により初めて実現するものである。両方の技術的背景を有する計算科学技

術研究センターが取り組むにふさわしいテーマである。

しかし、世界の研究動向の中で（例えば、アメリカの ASCI 計画の規模を考慮して）、本研究でどう特徴を出していくか、どのように意義を設定するのか、もっと正確な説明があると良い。数年後に成果を確実なものとする必要性が大きいならば、少し焦点を絞った目標の設定も有効と考えられる。

#### (ロ) 研究展望及び達成目標は適切か (3.7)

中性子脆化などの照射による材料強度特性への影響および健全性を、第一原理計算、分子動力学、詳細連続体モデル、連続体モデルを用いて、材料分野におけるマルチスケーリング手法を開発しようという研究目標は極めて適切である。この分野は、世界中で多くの研究者が研究の取り組んでおり、競争が激しい。世界に先駆けてマルチスケーリング手法を確立することを期待する。

熱、流動、構造分野の混相流の計算は極めて野心的な研究であるが、これまでの研究である程度の見通しが得られているようであり、数値実験相関式、新しい混相熱流動解析モデルの確立は混相流解析に新しい発展段階をもたらすものとして期待される。

並列分子動力学ステンシルの開発は、実用上重要であり、開発とともにできるだけ早急に公開し、広く普及することを期待したい。

しかし、本センターにとって得意分野での達成目標は適切であるが、少々欲張り過ぎている面がある。これまでの成果はおおむね一つのレベルにおけるモデル化であり、異なるレベルの間の連成モデルは殆ど成果が出ていない。今後、どのように、ミクロ・メソ・マクロをつないでモデル化していくかが問題である。達成目標は、例えば、1000 プロセッサで並列効率を〇〇%まで高めるなど、数値目標をはっきりさせるべきである。

#### (ハ) 進め方(含むテーマ構成と各テーマの位置付け)は適切か (3.7)

多くのテーマが計画されているが、これらを有機的に発展させることは大きな課題である。従って、科学技術庁もしくは文部科学省傘下の研究機関との共同研究・共同開発の可能性を追求すべきであろう。

また、具体的応用分野を想定し研究を進めることが、実用的な研究結果を得る上で重要である。この意味で「中性子科学研究および原子炉の高経年化の研究における実験研究と協力して」研究を進めるという計画は適切である。密接な情報交換が望まれる。分子動力学法の大規模並列計算手法の研究開発と量子計算専用計算機との関連性を明確に示しておくのが良いと考えられる。

また、5年計画において、途中で幾つかの中間のマイルストーンがあると良い。

#### (ニ) 予想される成果の波及効果は (4.5)

本研究の成果は多原理統合型シミュレーション手法を確立するものであり、これにより、実験できない分野、実験に多くの費用・時間のかかる問題が、計算科学技術により解決できるとすれば、数値シミュレーションに新たな時代を切り開くと評価できる。混相流の研究目標が達成されたなら、混相流解析技術は質的に飛躍する。また材料分野におけるマルチスケール解析が、有機的かつシームレスな結合において実現し、その有効性が実際の実験により確認されたなら、材料シミュレーション技術は大きく飛躍する。波及効果は極めて

大きく、この研究成果を公開、普及することが期待される。

### (b-3) 地球シミュレータ用ソフトウェアの開発 (主要課題領域 3)

#### (イ) 目的・意義は適切か (4.3)

地球シミュレータは原研が参画している計算科学技術に関する国家プロジェクトであり、これに当センターが、これまでの種々の成果を生かし、地球シミュレータ用支援ソフト及び応用ソフトを開発する意義は大きい。世界に類を見ない独自の研究・開発を進めることができると共に、世界のトップを行く成果を生み出すことができる絶好の機会でもある。強いて注文を付けるとしたら、原子力の安全性に関する視点がもう少し含まれていても良いのではないか。

#### (ロ) 研究展望及び達成目標は適切か (3.9)

環境評価モデルの精密化ももちろん重要であるが、並列化支援技術の方に重点を置き、これまで並列基盤技術を研究開発してきたグループとして地球シミュレータのプロジェクトに寄与すべきである。地球シミュレータの大規模性を考えると支援技術に期待される所は大きい。ハードウェア完成以前からソフトウェア設計開発が行われていると考えられるが、実際には種々の問題が発生すると予測される。開発主体、メーカーとの緊密な連携が望まれる。

平成 12 年度に終了する予定になっているが、短期間での開発は目標が明確で良い。しかし、人的資源がいかにも少な過ぎる。また、地球シミュレータ完成後もソフトウェアの開発は重要なテーマとして残ると思える。

#### (ハ) 進め方(含むテーマ構成と各テーマの位置付け)は適切か (3.5)

地球シミュレータのソフトウェアの他の部分の開発と、センターが科学技術庁全体の中核的役割を果たすという命題との関係が不明確である。また、支援ソフトウェアの中にメッシュ生成とともに、メッシュレスは大きな流れであるのでメッシュレス法の開発を始めるべきではないか。2年後にマシンが完成した後も、性能評価の改良が必要であり、継続することが必要であろう。このためには、地球シミュレータの一部を共同研究のために使用できるよう協議を行うことが望ましい。

#### (ニ) 予想される成果の波及効果は (4.3)

地球シミュレータの目標が達成されるだけでも、気象、環境を始め 21 世紀に向けて人類が抱えている大きな問題の解決に多大なる貢献ができるものと期待している。さらに、そこで開発されるソフトウェア類は計算科学の多くの分野で活用できると考えられるだけでなく、その開発過程で生まれてくる概念や技法の計算機科学および計算科学に対する多大なる貢献も期待できる。

### (b-4) 情報システムの運用・管理と O A 化の推進 (主要課題領域 4)

#### (イ) 目的・意義は適切か (4.0)

原研の各研究所は地域的にも分散し、かつ多様な計算機資源の運用管理、(今後の)更新作業は多大の人手を要するものであり、その効率的な管理方針は高く評価できる。

原子力研究全体のために計算機群およびネットワークを整備し利用に供すること、及びこれに関連した技術開発は重要な任務である。これを通じて、各分野のユーザに新しい技術を普及し、研究所全体のレベルを高めることが期待される。

情報システムの運用面での技術の最新化とは、センターとしてどのような特色を出すことを目指していくのかコンセプトを明確にする必要がある。

#### (ロ)研究展望及び達成目標は適切か (4.0)

現状では日本各地に分散している計算機群は、今後ある程度集約せざるを得ないものと考えられる。これにより開発やシステム管理を効率化し、ユーザへの対応がきめ細かく実現できるようになることが期待される。このためには高速なネットワークの整備が不可欠である。

新型スーパーコンピュータ調達においては、国産スーパーコンピュータを使いたい海外の研究者にネットワークを通じ、国産のスーパーコンピュータの計算パワーを提供し世界の計算科学の発展に貢献するというファクタも考えていただきたい。

#### (ハ)進め方(含むテーマ構成と各テーマの位置付け)は適切か (4.0)

科学技術庁の他の研究機関との関係、特にネットワークの構築の進め方が不明である。また、OA システムの整備には、事務処理そのものの合理化が不可欠であることを前提に進めるべきである。

#### (ニ)予想される成果の波及効果は (4.2)

何よりも重要な成果は、原研そのものの研究活動を支援することであり、さらに研究活動のための計算処理技術を高度化することである。現在の並列化技術のもとでは、ユーザの知識の助けなしには高度な並列化は実現できないので、そのための体制の整備が重要である。

世界に類を見ない多種のスーパーコンピュータの運用管理の経験を外部に公表する、あるいは外部にアドバイスしやすい仕組みができるとより波及効果が高まることになろう。

#### (c)資源(予算、人員、等)配分は適切か (3.7)

これだけの研究プロジェクトを推進し、合わせて所内の計算需要へサービスするためには、従事者が不足している。集約化によって効率的な体制を取るとともに、何らかの形でマンパワーを増強することが急務である。また、研究陣容(各研究者のポテンシャルなど)についての具体的説明が無く、判断が難しい面もある。

計算機の急速な進展を考えると、現有の設備は急激に陳腐化しつつあり、最新の機器に更新すべきであると考えられる。近年の動向に対応して共有メモリ計算機の設置が必要であろう。この際、世界の中でのセンターとしての戦略を考え、適切なシステムを導入することで目指していただきたい。

#### (d)原研他部門との協力・連携は適切か (3.4)

これまで種々の協力や共同研究を行ってきたことは特筆に値するが、今後ともより一層の協力が望まれる。各分野の研究者はとかく計算科学技術を軽視しがちであるが、存在感

を示すことにより所内での位置づけをより確立すべきである。他部門での需要を喚起し支援する姿勢は評価できる。

計算科学の専門家と応用の専門家の間で十分な協力体制が出来ていない面も見られる。バックグラウンドの異なる研究者が共に協力して一つの定量的目標を設定目標別プロジェクトチーム的实施体制を考えるのも一手段と思われる。

#### (e) 外部機関との協力・連携は適切か (3.4)

外部機関との協力、連携に関しては、積極的な努力は高く評価するが、テーマを絞ったプロジェクトをもう少し積極的に行うことが望まれる。また、計算機の外部ユーザーが70%とあるが、その研究内容の分析などが不十分であり、開発されたソフトがこの業界で市民権を持つまでには至っていないと言う問題もある。

今後は科学技術庁全体の中核的研究機関として、我が国の計算科学技術全体を牽引するという視点での外部機関との協力、連携が望まれる。計算科学技術の戦略的プロジェクトのプロモーション、あるいは、科学技術庁傘下の計算科学技術関連の研究所、研究者間の情報交換のコーディネート等を通じて、中核的研究機関としての役割を確立することを期待する。更に、2001年からは文部科学省となるわけであるから、大学や文部省関係の研究所とも連携を深め、この分野の全体的な発展を図るべきである。

国際的知名度向上のため、国際共同研究は大変有効と考えられる。

もう一つの課題は、研究者の人事交流の推進である。併任制度をもっと活用して外部からリーダー格を採用すべきである。

#### (f) 人材養成の施策は適切か (3.8)

本センターは、これまで博士研究員や流動研究員を多く受け入れ、また関連企業からも人員を受け入れることにより人材の養成に努めてきた。人材育成、特に並列計算科学分野の養成は、今後ますます重要な課題となるであろう。

若手研究者へのソフト開発の公募制度は計算科学技術の底上げのために十分機能していると思われる。が、限られた予算の中で行なうわけであるので、センターとして伸ばすことが必要と思われる分野、あるいはそのような研究をしている研究機関に研究委託のような形で支援を行い、その分野の研究をしている博士課程学生を増やす工夫をするのも一手法と思う。また、もう少し枠をひろげたらどうか、外部の意見を聞いて施策を作って欲しい。

### 3.2.2 総合評価

計算科学技術推進センターは科学技術庁全体の計算科学技術研究に対し中核的な役割を果たすという任務を負っている。本センターが平成12年度からの第二期において、これまでの並列処理基盤技術開発中心のあり方から、応用分野をも中心とした方向に向かうことは評価できるが、前者の技術分野も決して完成の状態になったわけではなく、諸分野からのフィードバックを受けて、より高度化する必要がある。また、後者についても、どの

分野に力を入れるべきかは、これまでの経緯、世界の状況、所内での必要性などを考えて総合的に判断すべきであり、単に総花的、羅列的であってはならない。このようなことから研究計画は全体的には適切であるが、幾つかの課題がある。

まず、計算科学技術推進センターが我が国の計算科学技術の推進としての中核的研究機関の重要性と意義について確認したい。

計算科学技術の研究者はその性質上応用分野の研究と密接にコンタクトを取る必要があり、その結果、多くの研究所に分散して少数グループを形成しているのが我が国の現状である。このような現状では大規模な計算科学技術の研究を推進することは困難である。ここに中核的研究機関が必要不可欠な理由の一つがある。本センターは科学技術庁傘下の研究機関との共同研究等を通じて、科学技術庁の計算科学技術の牽引に努力しているが、中核的研究機関としての役割の最大の課題の一つは我が国の計算科学技術を牽引し、方向性を与えることであり、これを飛躍的に強化することと考えられる。

しかしながら、「計算科学技術研究開発の推進母体」としての人的資源、予算面では、欧米の有力研究機関との比較において著しく劣っている現状がある。この現状を打開するために、当専門部会からの具体的提案と提言を以下に記す。

計算科学研究の「組織的研究環境の構築＝支援」と「先導的な研究の推進」とを区別して考えた方が良いと思える。

我が国の分散した計算科学技術の人的資源を結集し有効な研究を推進するために、ネットワークで科学技術庁傘下の計算科学技術グループを連結する仕組みを作り、そのプロモーション、コーディネートを本センターが担うことを提言したい。この仕組みは、情報交換、共同研究の推進等緩やかな結合であるべきであるが、恒常的な活動を行い、各研究機関が共通の認識のものに効率的に研究を推進することを支援すること、更には、民間研究機関や大学等もパートナーとして参加し、我が国の計算科学技術の研究者を結集できる仕組み（仮称「計算科学技術仮想研究所」）を本センターを中心に構築することなどはどうであろうか。

「先導的な研究の推進」に関しては、限られた人員と資源の中でできることをもう少し明確にした方がよい。センターが中心となり世界と競争できるテーマを厳選することと、科学技術庁の他の研究機関が中心となるテーマとを区別して、後者に対してセンターとしてどのような役割を果たすのか明確にした方がよい。

上記の2点に関連して、是非とも期待したいことは、大学、民間、他研究所など外部との人材交流を更に積極的に進めることであり、このことによって大きな効果がもたらされると確信する。

もう一つ、本センターの役割として期待することがある。それは、計算科学技術のPRやキャンペーンを大学などと共同してやるべきではないか。この点の重要性が理解されていないように思う。大学側はこれまであちこちで微力ながらPRに努めている。例えば、原子力学会等に「計算科学技術部会」を設置するなど、方法は沢山あると考えられる。合わせて、小中高生への計算科学技術教育なども本センターの役割と思う。

なお、2001年には文部科学省が発足する。本センターの役割がどうなるのか、今後の方



針策定が待たれる。

本事前評価における各評価項目別の評価点数（全委員の平均）を下表に示す。

表 計算科学技術推進センターの研究開発課題の事前評価結果

評価項目	評価結果 (5点満点)
(a) センターの基本的考え方は適切か	4.3
(b)-1 並列処理基盤技術の開発（主要課題領域1）	4.3
(i) 目的・意義は適切か	
(ii) 研究展望及び達成目標は適切か	3.9
(iii) 進め方(含むテーマ構成と各テーマの位置付け)は適切か	3.7
(iv) 予想される成果の波及効果は	4.2
(b)-2 応用分野における並列計算手法の開発（主要課題領域2）	4.3
(i) 目的・意義は適切か	
(ii) 研究展望及び達成目標は適切か	3.7
(iii) 進め方(含むテーマ構成と各テーマの位置付け)は適切か	3.7
(iv) 予想される成果の波及効果は	4.5
(b)-3 地球シミュレータ用ソフトウェアの開発（主要課題領域3）	4.3
(i) 目的・意義は適切か	
(ii) 研究展望及び達成目標は適切か	3.9
(iii) 進め方(含むテーマ構成と各テーマの位置付け)は適切か	3.5
(iv) 予想される成果の波及効果は	4.3
(b)-4 情報システムの運用・管理とOA化の推進(主要課題領域4)	4.0
(i) 目的・意義は適切か	
(ii) 研究展望及び達成目標は適切か	4.0
(iii) 進め方(含むテーマ構成と各テーマの位置付け)は適切か	4.0
(iv) 予想される成果の波及効果は	4.2
(c) 資源(予算、人員等)配分は適切か	3.7
(d) 原研他部門との協力・連携は適切か	3.4
(e) 外部機関との協力・連携は適切か	3.4
(f) 人材養成の施策は適切か	3.8

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 <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N	m·kg/s <sup>2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 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	ジーメンズ	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>
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
照度	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>
放射能	ベクレル	Bq	s <sup>-1</sup>
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

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<sup>-19</sup> J

1 u = 1.66054 × 10<sup>-27</sup> 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	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 = 0.1 nm = 10<sup>-10</sup> m

1 b = 100 fm<sup>2</sup> = 10<sup>-28</sup> m<sup>2</sup>

1 bar = 0.1 MPa = 10<sup>5</sup> Pa

1 Gal = 1 cm/s<sup>2</sup> = 10<sup>-2</sup> m/s<sup>2</sup>

1 Ci = 3.7 × 10<sup>10</sup> Bq

1 R = 2.58 × 10<sup>-4</sup> C/kg

1 rad = 1 cGy = 10<sup>-2</sup> Gy

1 rem = 1 cSv = 10<sup>-2</sup> Sv

表5 SI接頭語

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

(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, 1 eV および 1 u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わす場合に限り表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ない。

## 換算表

力	N (=10 <sup>5</sup> 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/m<sup>2</sup>) = 10 P (ポアズ) (g/(cm·s))

動粘度 1 m<sup>2</sup>/s = 10<sup>4</sup> St (ストークス) (cm<sup>2</sup>/s)

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

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

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

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 <sup>-11</sup>
	3.7 × 10 <sup>10</sup>	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 <sup>-4</sup>	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

計算科学技術専門部会評価結果報告書