

# 日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)

## 第4次評価報告書

2004年1月

文部科学省 高エネルギー加速器研究機構

# 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）

## 第4次評価報告書

## 総括と提言

### [ 総括 ]

高エネルギー物理学分野における日米科学技術協力事業は 1979 年に始まった。当時、発展途上にあった我が国の高エネルギー物理学の実力は、四半世紀を経た今日世界のトップレベルに達した。米国の研究所では、日本のチームが本協力事業の下に大きな貢献を果たしている。FNAL-TEVATRON におけるトップクォークや、タウニュートリノの発見、BNL-RHIC におけるクォーク・グルーオン・プラズマ状態の探索、SLAC におけるリニアコライダー開発はその例である。国内では、B ファクトリー計画が加速器・実験の両面で世界最高の成果を挙げ、スーパーカミオカンデによる実験がニュートリノ物理の新時代を開いた。これらの成果に対して直接、あるいは間接に、本協力事業が果たした役割は計り知れない。本協力事業の中で鍛えられ育てられた数多くの研究者が今日における我が国の大型高エネルギー実験プログラムのリーダーとして活躍していることは特筆すべきである。

このように、四半世紀を経た本協力事業を振り返るならば、これほどの成果を挙げたことは比類なきものとして高く評価される。本協力事業の成功の背景には米国の研究所並びに関連する研究者の理解に満ちた協力と力強い支援があったことを見落とすことはできない。この歴史が築いた日米研究者の強い絆を将来に活かすことを期待する。

一方、最近 5 年間の個別評価に限ると、米国側の研究計画の変更、日米研究者間の連携の不足、日本グループの物理における主導性の不足などに不安な要素が感じられる場合もあるが、総体として、本協力事業は健全な発展を継続し、物理に関する業績と次世代のリーダーとなる若い人材を生み出している。

本委員会は評価作業の総括として、成功を重ねる日米科学技術協力事業の継続を強く訴える。さらに、近年における我が国の高エネルギー物理研究の実力とより広範な物理の新展開に対応して、これまでに培ってきた友好的関係を発展させ、日米の対等なパートナーシップに基づく協力関係を追求すべきであると考えます。

この点に関し委員会は次の 6 つの提言を行う。

### [ 提言 ]

- A. 高エネルギー物理学における日米科学技術協力事業はその成功に鑑み、日米関係機関の一層強い支持の下に継続されるべきである。
- B. 今後の事業は、日米科学者が強い信頼と対等なパートナーシップのもとに協力して、高エネルギー物理学を推進するという基本精神に立つべきである。
- C. 今日における日本の高エネルギー物理研究の実力を考えるならば、活動の場を日米両国において双方向性を活かした協力を推進すべきである。
- D. 近年の宇宙物理と高エネルギー物理の接近に対応して、非加速器実験プログラムにも十分配慮すべきである。
- E. 日米高エネルギー物理学研究者の重要研究課題の一つにリニアコライダー計画が挙げられるが、本協力事業においてもリニアコライダーの研究開発計画を再構成して推進すべきである。
- F. 国際的事業を推進するためには、日本側研究者が強いリーダーシップの下に力を発揮できる態勢が必要である。国際的共同研究を支える大学・研究所間の連携体制を築く努力を求めます。

# Executive Summary and Recommendations

## [Summary]

The Japan/US Cooperation Program in the Field of High Energy Physics was started in 1979. The Japanese high-energy physics research, which was in the developing stage in early years, has matured to the world-class level in the past quarter century since the inception of this Program. The Japanese research teams working in the US laboratories made important contributions under the auspice of this Program. The outstanding examples of Japanese contributions include the discoveries of the top quark and the tau neutrino at FNAL-TEVATRON, the search for quark-gluon plasma at BNL-RHIC, and the Linear Collider R&D at SLAC. In the Japanese laboratories during the same period, the B-Factory project made the world's best achievement in both accelerator and physics experiments, and the super-Kamiokande opened a new era in neutrino physics. The Japan/US Cooperation Program played an extremely important role, directly and indirectly, in enabling these achievements. We note that many leaders of major high-energy physics programs in Japan have been trained in this Program. This Program made significant contributions toward providing trained physicists in high-energy physics in Japan.

A careful review of the Japan/US Cooperation Program in the past quarter century led us to conclude that the success of the Program is outstanding and should be highly appreciated. It should be emphasized that the Japanese researchers owe the success greatly to the US institutions and scientists for their generous cooperation and strong support. We expect that the strong tie between the Japanese and US scientists formed through this history of cooperation will lead to further fruitful cooperation in the future.

In the five-year review of individual projects within the Program, we found several issues of concern including the recent midcourse change of scientific projects on the US side, some cases of lack of communication between the US and Japanese teams, and lack of Japanese initiative in terms of physics contents. However, overall the Program has been healthy and successful in accomplishing good physics and producing young scientists who will become leaders of the next generation.

Summarizing the review, the Committee strongly recommends extending the successful Program of Japan/US Cooperation. In view of the improved Japanese capabilities in recent years and in response to the current new developments in high-energy physics, we further recommend that new projects be explored on the equal partnership basis among the Japanese and US scientists.

Based on the result of review the Committee makes the following six recommendations.

## [Recommendations]

- A. The Japan/US Cooperation Program in High-energy Physics has been so successful that it should be extended with more support by funding agencies both in Japan and US.
- B. The extended program should be focused on promoting high energy physics based on mutual trust and equal partnership between the Japanese and US scientists.
- C. In view of the present level of high-energy physics research in Japan, the Cooperation Program should support experiments both in Japanese and US laboratories.
- D. Reflecting the recent close connection between cosmology and high-energy physics, non-accelerator physics projects should be further encouraged.
- E. Since the Linear Collider Project is one of the important research project of high-energy physicists both in Japan and US, the R&D projects in the Program should be reorganized and promoted.
- F. For the promotion of international programs, Japanese scientists need to be organized under a strengthened leadership. The Committee recommends that efforts be made to set up an inter-university cooperative system to better facilitate international collaborations.

#### 第4次評価委員会 委員

	井上 信	立命館大学 研究部 COE 推進機構
	潮田 資勝	東北大学 電気通信研究所
	小林 富雄	東京大学 素粒子物理国際研究センター
(委員長)	中井 浩二	東京理科大学 大学院理工学研究科
	吉村 太彦	東京大学 宇宙線研究所
	渡邊 靖志	東京工業大学 大学院理工学研究科
(事務局)	岩田 正義	高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所
	高崎 史彦	高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所

# 日米科学技術協力事業

## 高エネルギー物理学 第4次評価委員会 報告書

### 総括と提言

#### Executive Summary and Recommendations

### 報告書本文

1. はじめに
  - 1-1 第4次日米科学技術協力事業評価委員会
  - 1-2 評価に関するデータ
2. 全体評価
  - 2-1 日米科学技術協力事業の四半世紀
  - 2-2 日米科学技術協力事業をとりまく環境の変化と対応
  - 2-3 将来のための指摘
  - 2-4 日米科学技術協力事業の運営
3. 個別評価
  - 3-1 各研究課題の予算規模と成果発表の実績
  - 3-2 各研究課題
    - A 大型コライダー実験
    - B 陽子加速器による素粒子実験
    - C 測定器の開発
    - D 加速器技術の開発
    - E その他
4. まとめ
5. 謝辞

### 付録 A

- 表 A-1 日米科学協力事業(高エネルギー物理学)による学位取得者一覧  
表 A-2 日米科学協力事業(高エネルギー物理学)の成果公表一覧  
表 A-3 引用回数が100回を超える発表論文

### 付録 B

日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)第4次評価委員会の活動状況

### 付録 C

本評価報告書で使用されている英文略称について

---

### 参考資料

日米科学技術協力事業 高エネルギー物理学 研究成果報告書 V(1998? 2002)

Recommendations : by Japan/US Working Group on Non-accelerator Experiments  
in High-Energy Physics, January 10 2000

## 1. はじめに

本報告書は日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)の第4次評価委員会が6ヶ月にわたって調査・検討の後、十分な討論を踏まえてまとめたものである。日本における高エネルギー物理学の発展に大きく寄与した日米科学技術協力事業の過去を振り返り、今後の道を探る6ヶ月間であった。その結果、本協力事業の成功を確認し、今後も一層発展的に継続されることを強く期待する。

### 1-1. 第4次日米科学技術協力事業評価委員会

1998年より2002年の5年間ににおける日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)の活動を評価することを目的として、素粒子原子核研究所所長の下に第4次評価委員会が平成15年8月8日に設置された。委員会は、研究成果報告書の精査、日本側責任者のヒアリング、米国における現地調査を進めた。さらに補足的資料の収集、関係者の個別の意見聴取などを行い、委員会の討議を経てその総意に基づく報告書をまとめた。

今回の評価作業を取り巻く環境は、以下のように急速に大きく変動しつつあり、従来よりも一層広い視点のもとに、詳細にわたって評価することが求められる状況にあった。

第1に、事業推進の日本側の主体である高エネルギー加速器研究機構が法人化されることが挙げられる。本協力事業にとっても、その予算確保や運営システムの十分な評価と検討が必要である。

第2は、世界の高エネルギー物理学研究者が期待するリニアコライダー計画の技術面での準備が進んだことである。これまで日米の協力によって進めてきたリニアコライダーのR&Dプログラムの強化を図ることが望まれる。

第3の要素としては、日本国内においてBファクトリー実験、ニュートリノ実験、J-PARC建設、などの事業が活発になって多極化が進んだ結果、実験・建設に携わる研究者の量的不足が心配されるようになってきたことが挙げられる。

近年、日米両国において顕著になってきた基礎研究に対する厳しい視線の下に、巨大な資源の投入を要する高エネルギー物理学推進の意義について説明責任が厳しく問われている。

本評価委員会は、過去5年間の研究プロジェクトの評価を行うとともに、過去四半世紀にわたって進められた日米科学技術協力事業について評価し、問題点を指摘することによって前向きに改良・改革が進められる道筋を示唆したいと考えた。

### 1-2 評価に関するデータ

評価に当たっては、関係者の協力を得ていくつかの評価に関するデータをまとめた。

- 1 日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)による学位取得者数一覧
- 2 日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)の成果公表数一覧
- 3 引用回数が100回を超える発表論文

これらは付録Aとして巻末に記録する。

## 2. 全体評価

### 2-1 日米科学技術協力事業の四半世紀

日米科学技術協力事業は、文部科学省高エネルギー加速器研究機構が主宰し、素粒子原子核研究所の責任において運営されている。事業開始当初は、開発途上にあった我が国の高エネルギー物理学を推進するために、米国の施設に人材を送り、加速器実験や技術開発に参加して、国際舞台で活躍できる研究者・技術者を育てることに意義があった。

以来、四半世紀を経た今日、我が国の実力は米国に肩を並べ世界のトップレベルに達した。国内ではBファクトリープロジェクトが、加速器・実験の両面で世界最高の成果を挙げ、非加速器実験の分野ではスーパーカミオカンデが他者の追従を許さぬ成果を挙げて、さらにそれに続くカムランド実験も注目を集めている。また、米国の研究所では、日本のチームが本協力事業の下に大きな貢献を果たしている。FNAL-TEVATRONにおけるトップクォークや、タウニュートリノの発見、BNL-RHICにおけるクォーク・グルーオン・プラズマ状態の探索、SLACにおけるリニアコライダーのための技術開発はその例である。

これらの成果に対して直接、あるいは間接に、本協力事業が果たした役割は計り知れないほど大きい。今日の我が国の高エネルギー物理学を背負っている数多くの若手のリーダーが本協力事業の中で鍛えられ育てられた。例えば、50名を超える日米協力実験参加者が教授として我が国の大型高エネルギー実験のリーダーを務めている。加速器開発についても同様である。四半世紀というスパンをもって本協力事業を振り返るならば、これほどの成果を挙げた例は他に見られないものとして高く評価される。事業の成功には、米国の研究所並びに関連する研究者の理解に満ちた協力と力強い支援があったことを忘れることはできない。

本委員会が評価の対象とする過去5年間の研究活動についても、個々の研究の評価は次の章で詳しく論じるが、上記の全体的評価を支持する成果が報告されている。すなわち、日本の高エネルギー研究者は今や完全に自立し、主体性をもって研究実験に参加している。「競争と協力」に基づく研究プログラムが展開し、本協力事業開始当時とは大きく異なっており、日本の後進性は微塵も感じられない。

総体として本協力事業は、健全な発展を遂げて物理に関する数多くの業績を挙げ、人材の養成に大きな貢献をした。本評価委員会は、日米の協力により世界の知的活動をリードする日米科学技術協力事業の継続を強く要請する。

### 2-2 日米科学技術協力事業を取り巻く環境の変化と対応

四半世紀の歴史を経た本協力事業は、その輝かしい成果を背景に次の時代に向けた「変化」を必要としている。事業の学術的内容や進め方の向上は、日本の実力の向上と高エネルギー物理学の新しい潮流に対応するために必要である。

事業開始当初は、米国の加速器利用と加速器技術開発への参加に重点があったが、日米欧の3極構造の下に展開する今日の高エネルギー物理研究の状況を考えると、今後の本協力事業では、日米の研究者が肩を並べて高エネルギー物理学の次期計画を目指す双方向の努力が求められる。また、高エネルギー物理学の研究手法の進展に対応し、宇宙線物理など非加速器物理の発展にも注目すべきであろう。



本協力事業を構成している研究プロジェクトは、3つのカテゴリーに分類できる。

- (1) 日本では得られない米国の施設を利用した高エネルギー実験
- (2) 日米研究者・技術者の協力による技術開発(R&D)
- (3) 日米研究者の対等なパートナーシップによる高エネルギー物理学の展開

このうち、(1)が事業開始時の本来の趣旨に基づくものである。今日、日本の環境が整ってきたと言えども、TEVATRON や RHIC は日本にないビームを提供している。BNL-AGS も世界最強の陽子ビーム源であり、日本の J-PARC への橋渡しとして重要な役割を果たしている。これらのビーム利用については、米国側の全面的支援の下に日本側は測定器の建設と実験に専念することができた。おかげで、優れた資質を有する若手研究者が育ち、帰国後は日本の高エネルギー物理学研究のリーダーとなっている。

(2)本協力事業の成熟に伴って加速器技術・測定技術のR&Dプロジェクトが重きをなしてきた。リニアコライダー、SSC計画、Bファクトリー実験のためのR&D等は大型の例である。また、小型のプロジェクトの中にも優れた例が数多い。人的交流を通じた日米の交流は技術的内容の成果に加えて、優秀な人材に活躍の場を与え、若い人材の養成に大きく寄与している。

(3)日米研究者の対等なパートナーシップによる高エネルギー物理学の展開は、日米研究者が求める究極の目標である。日本が十分に力をつけた今、日米欧の3軸で展開する高エネルギー物理学の世界で本協力事業の将来の展開を考えると、この精神が最も重要である。日米研究者の協力が重要なのであって、協力研究の舞台は米国に限らず日本であってもあるいは宇宙であっても良いという考えが望まれる。特に、非加速器物理実験の取扱いについては、ワーキンググループが形成されて検討の後、2000年1月に提言がまとめられた。その結果始まったGLAST実験における協力事業では、日本チームが独自の技術を携えて参加し強力にこれを支えている。

こうして3つのカテゴリーに分けて考えると、(1)から始まり次第に(2)、(3)と重心が移ってきた姿が見える。その背景には日本の実力の向上があり、これは健全な発展の結果である。殊に、(3)の課題は、今後追求すべき道である。ただし、本協力事業が高エネルギー物理学の発展を目指すという基本精神で進められていることを忘れてはならない。

### 2-3 将来のための指摘

評価作業にとって現地調査は非常に有効であった。その中で、個別評価を進めるうちにいくつかの共通した指摘があり、将来に向けた課題が浮かび上がってきた。

#### 米国側研究計画変更への対応

日米科学技術協力事業はUS/DOEの強い支持によって成功してきた。特にDOEの施設利用が主要な事業では、それは不可欠の条件であった。しかし、近年のDOEの決定は従来の精神に基づく本協力事業に影を落としている。具体的にはFNAL/CDF RUNの計画変更(3節A-1参照)、とBNL/AGSの陽子ビームの停止(3節B-1,2,3参照)で、これらは日米共同実験を困難にしている。このことは、一方でこれまでの実績を背景にした実験の継続を訴え、米国側に対して再考を求める努力が必要であるが、他方で、日本人研究者に対しても、日米が対等の立場で、両国内における優先度を考慮した研究を推進する観点から、成熟した協力研究に取り組むと言う姿勢が求められる。

## 日本の大学の体制

BNL の PHENIX 実験、FNAL の CDF 実験について、米国側は大型測定器の建設における日本の貢献を強調した。実際、日本チームの若手が良くやっていることは実感した。しかし、物理的内容に対する貢献についての高い評価は聞けなかった。このことに関連して、日本側研究者との懇談の中で評価委員が気付いたことは、グループリーダーの存在感であった。とりわけ、グループリーダーの現地滞在期間が短いことである。物理の解析におけるリーダーシップが欠けているのではなかろうか。

前項で論じた US/DOE の計画変更や方針決定についても、日本側共同研究者への事前説明が十分でなかったとする研究者の声も聞こえてくるが、グループリーダーが常駐し米国側に溶け込んでいれば、日本側研究者への連絡が唐突と感じられるような事態は避けられたと思われる。

グループリーダーの参加を強化するには、日本の大学の構造的問題を解決しなければならない。海外の大学ではサバティカル制度があるので長期に大学を離れることができるが日本では困難である。この問題の解決には、大学の制度を変えるまでもなく、研究者が智恵を働かし工夫すればできることがいくつも考えられる。例えば、大学間で連携をとって講義等の教育業務をお互いにカバーし合うこともあろう。

## 実施計画における日米の連携

R&D 型のプロジェクトは、Belle、KamLAND、GLAST などの実験を支えるほか、加速器の基礎技術の開発にもそれぞれ優れた成果を挙げている。また、日米の研究者と技術者の交流による相互理解を深めた。しかし、日本でも可能な技術開発をなぜ米国の企業に頼るのかという疑問が出された場合もあった。日本企業との接点にも注目が必要である。本協力事業の展開する場所を米国に置くとしたのは、米国の施設利用を重視した当初の姿勢によるところが大きいと考えられる。技術の面においても日米が対等の立場に立てる実力を持った日本としては、双方向性をもった日米科学技術協力事業の精神をもって計画を推進すべきである。

今後、特にリニアコライダーの技術開発など大型のプロジェクトが本協力事業の重要研究課題となっていくことが期待されるが、プロジェクトの企画から実施段階に至る日米双方の相互理解と連携努力に重点を置いたシステムを考える必要がある。

## 2-4 日米科学技術協力事業の運営

本協力事業は前述のように高エネルギー加速器研究機構の責任のもとに運営されている。エネルギーとその関連分野の研究開発のための協力をうたった日米二国間協定に基づく事業であるので、科学研究費補助金等による研究とは異なった運営形態をとっている。

個々の事業計画の提案から採択までの過程は、国内の共同利用実験や科学研究費補助金による研究の場合のような公募形式ではなく、素粒子原子核研究所の中に設けられた研究計画委員会において行われ、日米合同の高エネルギー物理学委員会に提案し、実施の取決めを結ぶことになっている。研究計画は毎年開かれる上記の委員会で1年毎にチェックを受け、延長の可否が判定される。その上で5年毎に実施される評価委員会による評価がある。

高エネルギー加速器研究機構が法人化された後も、素粒子原子核研究所の責任の下にこの体制が維持されることを強く勧める。

### 3. 個別評価

本節では、1998年より2002年に実施された日米科学技術協力事業の各研究課題についての個別評価をまとめる。評価対象は以下の課題であった。各課題の予算規模と成果発表の実績を次ページの表に示す。

(発表論文数は成果報告書に記載された論文を数え、引用回数は文献データベース SPIRES に依って調べた。引用回数 50 回以上の論文タイトルを付録 A に示す。)

(研究代表者)

- A. 大型コライダー実験
- |                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| A1. 陽子・反陽子衝突による重い粒子の検出の実験 (CDF)       | 金 信弘 |
| A2. 重イオン加速器による高エネルギー重イオン衝突実験 (PHENIX) | 浜垣秀樹 |
| A3. SLAC/SLD における電子・陽電子衝突実験 (SLD)     | 阿部浩也 |
- B. 陽子加速器による素粒子実験
- |   |       |
|---|-------|
| B1. K 中間子の稀崩壊の実験 (Rare Decay)                 | 杉本章二郎 |
| B2. $K_L^0 \rightarrow e^+e^-$ 他稀崩壊の研究 (KTeV) | 山中 卓  |
| B3. $K^0 \rightarrow \pi^0$ 崩壊の探索 (KOPIO)     | 笹尾 登  |
| B4. タウニュートリノの検出 ( $\tau$ -Neutrino)           | 丹羽公雄  |
- C. 測定器開発
- |  |      |
|--|------|
| C1. 電子・陽電子衝突実験のための測定器開発研究 (Detector R&D)                           | 山内正則 |
| C2. $^7\text{Be}$ 太陽ニュートリノ検出のための測定器 ( $^7\text{Be}$ -Detector R&D) | 鈴木厚人 |
| C3. 多層シリコン電磁カロリメーターの開発 (Multilayer Si Calorimeter)                 | 大杉 節 |
| * データ収集システムの研究開発 (Data Acquisition System R&D)                     |      |
| * ピクセル検出器開発 (Pixel Detector R&D)                                   |      |
| * ガンマ線検出器の開発 (Gamma Detector)                                      |      |
- D. 加速器技術の開発
- |  |      |
|--|------|
| D1. リニアコライダー (Linear Collider)   | 峠 暢一 |
| D2. 超高性能蓄積リングの研究 (High Luminosity Storage Ring)                                | 黒川眞一 |
| D3. 大強度陽子加速器の開発 (High Intensity Proton Facility R&D)                           | 森 義治 |
| D4. 加速器用超伝導磁石の開発 (SC Magnet R&D)   | 新富孝和 |
| D5. リニアコライダーにおける偏極陽電子ビーム生成のためのピコ秒 $\text{CO}_2$ レーザーの開発 ( $\text{CO}_2$ Laser) | 広瀬立成 |
| D6. 位相空間回転とミュオン冷却による大強度高輝度ミュオン源の開発 (Muon Sources R&D)                          | 久野良孝 |
| * プラズマレンズ (Plasma Lens)  |      |
- E. その他
- |   |      |
|---|------|
| E1. 素粒子データ情報に関する研究 (PDG), 他 (事務経費・予備費等) | 日笠健一 |
|---|------|

( \* の課題は個別評価を行わなかった。 )

### 3-1 各研究課題の予算規模と成果発表の実績

	代表者	評価期間内校費配分額(単位百万円)						全期間 総配分額	事業 期間	論文数	引用回数			
		1998	1999	2000	2001	2002	合計				平均	50以上	50? 20	
<b>A. 大型コライダー実験</b>														
A1	陽子・反陽子衝突による重い粒子の検出の実験 (CDF)	金 信弘	160	190	190	189	170	899	6,505	1979-2003	124	17.2	8	30
A2	重イオン加速器による高エネルギー重イオン衝突実験 (PHENIX)	浜垣秀樹	230	230	230	228	175	1,063	3,280	1984-2003	37	29.5	7	13
A3	SLAC/SLD における電子・陽電子衝突実験 (SLD)	阿部浩也	50	30	15	-	-	95	1,036	1988-2000	49	30.0	7	14
<b>B. 陽子加速器による素粒子実験</b>														
B1	K中間子の稀崩壊の実験 (Rare Decay)	杉本章二郎	36	50	50	50	45	231	487	1992-2003	12	16.8	2	0
B2	$K_L \rightarrow 0e^+e^-$ 他稀崩壊の研究 (KTeV)	山中 卓	40	40	30	25	15	150	501	1992-2003	32	20.7	3	6
B3	$K^0 \rightarrow 0$ 崩壊の探索 (KOPIO)	笹尾 登	-	-	-	5	10	15	20	2001-2003	0	0	0	0
B4	タウニュートリノの検出 ( $\tau$ -Neutrino)	丹羽公雄	26	10	10	10	0	56	190	1995-2003	4	9.3	0	1
<b>C. 測定器開発</b>														
C1	電子・陽電子衝突実験のための測定器開発研究 (Detector R/D)	山内正則	100	104	100	118	110	532	1,467	1982-2003	6	1.7	0	0
C2	$^7\text{Be}$ 太陽ニュートリノ検出のための測定器 ( $\nu$ -Detector R/D)	鈴木厚人	-	-	17	20	27	64	74	2000-2003	1	253	1	0
C3	多層シリコン電磁カロリメータの開発 (Multilayer Si Calorimeter)	大杉 節	10	30	45	50	42	180	210	1998-2003	8	0.6	0	0
C4	データ収集システムの研究開発 (Data Acquisition System R&D)	能町正治	5	-	-	-	-	5	64	1994-1998	4	0.5	0	0
C5	ピクセル検出器開発 (Pixel Detector R&D)	相原博昭	25	25	18	-	-	68	127	1996-2000	3	0	0	0
C6	ガンマ線検出器の開発 (Gamma Detector)	笹尾 登	4	-	-	-	-	4	4	1998	0	0	0	0
<b>D. 加速器技術の開発</b>														
D1	リニアコライダー (Linear Collider)	峠 暢一	290	270	270	267	250	1,347	4,952	1986-2003	14	1.7	0	0
D2	超高性能蓄積リングの研究 (High Luminosity Storage Ring)	黒川眞一	10	4	-	-	-	14	129	1993-1999	0	0	0	0
D3	大強度陽子加速器の開発 (High Intensity Proton Facility R/D)	森 義治	20	25	25	25	25	120	160	1997-2003	2	0	0	0
D4	加速器用超伝導磁石の開発 (SC Magnet R/D)	新富孝和	10	5	-	-	-	15	540	1993-1999	0	0	0	0
D6	リニアコライダーにおける偏極陽電子ビーム生成のためのピコ秒 $\text{CO}_2$ レーザの開発 ( $\text{CO}_2$ Laser)	広瀬立成	5	7	10	12	18	52	67	1998-2003	5	0	0	0
D5	位相空間回転とミュオン冷却による大強度高輝度ミュオン源の開発 (Muon Sources R/D)	久野良孝	-	-	10	20	25	55	75	2000-2003	6	51.5	1	0
D6	プラズマレンズ (Plasma Lens)	小方 厚	1	1	1	-	-	3	3	1998-2000	2	1.5	0	0
<b>E. その他</b>														
	素粒子データ情報に関する研究 (PDG), 他(事務経費・予備費等)	日笠健一	99	100	100	102	94	495	2,212	1979-2003	32,262	3	0	0

\* 注：論文数・引用回数に関する調査は、研究成果報告書 V(参考資料)に記載された論文を対象とした。

## 3-2 各研究課題

### A. 大型コライダー実験

#### A1. 陽子・反陽子衝突による重い粒子の検出 (CDF)

(研究代表者：金 信弘)

Tevatron は、CERN の LEP が終了し、LHC が開始されるまでの数年の間、世界最高エネルギーの素粒子物理研究を行うことのできる唯一の施設となった。質量起源 (ヒッグス機構) の解明や標準理論を超える新粒子の探索などを主目的として、Tevatron を用いた国際共同実験 CDF に日本グループが参加している意義は非常に大きい。最近 5 年間の研究活動のうち、RunI (1996 年に終了) のデータを用いた解析結果 (Bc 粒子の発見、トップクォーク及び W ボソンの質量の精密測定) や RunII (2001 年にスタート) のための検出器増強 (プラグ電磁カロリメーター、SVXII シリコン・バーテックス検出器など) については高く評価されてよい。

しかしながら、最近発表された RunII の予想ルミノシティの下方修正により、日本グループが進めていた耐放射線性に優れた RunIIb 用シリコン検出器 (SVXIIb) が、建設半ばで中止決定となった。このような重要な意思決定に際して日本を含む当該研究者の意見を十分聴取することなく、FNAL の PAC の助言がなされてから数ヵ月後に計画中止が決定されたことは、米国側のみならず日本側 (特にグループリーダー) にも反省すべき点が多々あり、しっかりとした今後の対応が望まれる。

また、この計画変更により当初の研究目的の大きな柱の一つであった標準モデルヒッグス粒子探索については LEP 実験で棄却された領域を大きく超えるのは困難となり、超対称性粒子探索領域も著しく制限されてしまうこととなった。しかしながら、LHC 実験が開始されるまでの間は最大限の物理成果を出すよう努力すべきである。現在、測定器運転やデータ収集、物理解析などを行うため、約 10 名の学生と若手研究者 2 名が FNAL に長期滞在しているが、今後、物理解析で主導権をとっていくためには、もっと多くのシニアスタッフの長期滞在が必須である。これまでの測定器建設・アップグレードに対する寄与の大きさから言っても、今後、物理解析におけるしっかりとした体制作りが急務である。

#### A2. 重イオン加速器による高エネルギー重イオン衝突の実験 (PHENIX 実験)

(研究代表者：浜垣秀樹)

世界的にもユニークなこの実験の最大の主眼は QGP (Quark-Gluon Plasma) 現象の実証である。QGP の存在はただ一つの証拠で証明できるものではなく、多数の傍証を積み上げる必要がある。そこで測定器も多種多様な信号を捉えられるよう設計されなければならない。

日本グループは、その設計の当初から主導的役割を果たし、測定器建設にも大きな貢献を果たした。現在はデータ収集と解析に主力が移っていて成果も挙がりつつある。また、エアロジェルを用いた粒子識別装置の建設なども進んでいる。日米協力事業が有効に働き、成果を挙げている好例と言えよう。

考慮すべき点としては、グループリーダークラスの研究者の現地での滞在期間が短く、学生等への指導や、物理解析でのリーダーシップに難があることが挙げられる。KEK や大学での支持体制、グループ内でのよりよい協力体制の確立等が必要であろう。

#### A3. SLAC/SLD における電子・陽電子衝突実験 (SLD)

(研究代表者：阿部浩也)

本実験への日米科学技術協力事業からのサポートは 2000 年をもって終了したが、日本の TRISTAN 加速器では到達不可能だった  $Z^0$  ボソン共鳴領域で実験ができることに大きな特徴があった。しかし、同様な加速器である CERN の LEP との熾烈な競争では、当初、思うようにルミノシティが上がらず大変な苦戦を強いられた。物理の成果も、LEP の後塵を拝することが多かった。

しかし、直線加速器の特徴を生かした縦偏極ビームの加速、将来のリニアコライダーへ

の R&D という面で大きな足跡を残したことも確かである。日本の実験グループの貢献は、小さなビームサイズ(1.6 $\mu$ m? 0.7 $\mu$ m)を生かしたピクセル型バーテックス検出器、中央ドリフトチェンバー(CDC)、粒子識別装置(CRID)の建設、較正、性能向上などへの寄与の他、物理解析でも貢献した。特に名古屋大学グループによる高偏極電子源の技術協力により、22%程度だった偏極度が約 80%まで向上したことは画期的であり、本質的に重要な貢献であった。

しかしながら、現地での実験遂行体制は十分とは言えなかった。リーダー格の研究者の現地での長期滞在の体制は取られず、大学院生や PD のみが長期滞在した。大学での雑務などやむを得ない面もあるが、日本グループ内で協力し合えばリーダーの長期滞在は不可能ではなかったはずである。今後の日米科学技術協力事業の問題点の一つとして指摘しておきたい。

## B. 陽子加速器による素粒子実験

### B1. K 中間子の稀崩壊の実験 : $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ (Rare Decay)

(研究代表者：杉本章二郎)

BNL は、高エネルギー重イオン衝突(RHIC)実験と並んで、世界最高強度を誇る大強度陽子シンクロトロンを用いた実験を推進している。この実験は後者の実験の一つで、 $10^{-10}$  レベルの分岐比に迫るべく測定器の改良、バックグラウンドの低減、感度の向上に努めてきた。その結果、これまでに目的の稀崩壊を 2 例発見することに成功した。

日本グループは、主要検出器やトリガーシステムのアップグレードに責任を持ち、大きく貢献した。また、解析にも主体的に取り組んだ。日米科学技術協力事業の趣旨は十分生かされていると評価できる。

ところが、日米科学技術協力事業のアメリカ側の責任部局である DOE が、この実験のサポートを打ち切る決定を下した。この危機に実験グループは、BNL の強い支持を得て、NSF からのサポートを得るべく努力中である。本評価委員会としても、せっかく測定器のアップグレードが成ったのであるから、実験グループが、標準理論の予言の検証が可能なレベルまでデータを取得でき、J-PARC 等の実験にスムーズに展開できるよう願うものである。

人材育成の面からは、このような比較的小規模な実験からは、オールラウンド的な人材が育つことが期待できる。これまで、この実験による博士号取得者はわずか 1 名であるが、現在、博士後期課程に学生 5 名が在学中であり、その順調な学位取得を期待する。

### B2. $K^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$ (KOPIO)

(研究代表者：笹尾 登)

このプロジェクトは日本グループの優れた着想により K 中間子の稀崩壊  $K^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$  の探索を、超高感度に行うための開発研究である。日本グループの主体性が発揮でき、J-PARC へもつながる実験として期待が高い。実験はまだ開発研究の段階であり、問題は見えていない。しかし、2~3 年後に実験が始まったとき、日本グループがリーダーシップを発揮し続ける体制が取れるかどうか心配である。せっかくの優れたアイデアも実験を成功させてこそ意味がある。十分な体制を整えるよう勧告したい。

なお、本実験は、前項の実験と同様に BNL/AGS の陽子ビームを利用するので、DOE の姿勢が変わらぬ限り、NSF のサポートを得ることが必須条件である。

### B3. $K_L \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ 他稀崩壊の研究(FNAL KTeV)

(研究代表者：山中 卓)

本稀崩壊モードでは  $10^{-10}$  レベルの感度に迫り、また、直接的 CP の破れ( $\epsilon'/\epsilon$ )を確立してスーパー弱理論否定に成功するなど、ユニークで顕著な成果を挙げている。日本グループの貢献も主体的で大きく、日米科学技術協力事業の予算も有効に使われたと評価できる。人材育成の面では、初期の頃には優れた人材を育てたが、2000 年以降博士号取得者がゼロであることは寂しい。

本実験で日本グループが主体的役割を演じることができた背景には、研究代表者の長年の FNAL での実績の蓄積と、実験立上げ時期の FNAL での長期滞在(1.5 年)がある。後者は、大学に残ったスタッフの理解と協力のおかげである。所属研究機関でのこのようなサポートは、主体的な成果を挙げてヴィジビリティを高め、また人材を育成する上でも本質的に重要である。

#### B4. タウニュートリノの検出 ( $\tau$ -Neutrino)

(研究代表者：丹羽公雄)

本実験は、米国にはない日本のエマルジョン技術と、米国 (FNAL) にある世界最高エネルギー加速器との組合せで成立した共同研究であり、日米科学技術協力のよい見本とも言える。DONUT 実験は、世界で初めてタウニュートリノ事象 7 例を観測し、素粒子の 3 世代の中で唯一未発見であったタウニュートリノの存在を確定した。特にこれらの成功には、名古屋大学を中心とする日本グループが開発した高速の飛跡自動読み取り装置と解析方法の確立が大きく貢献している。残るデータのいち早い解析が望まれる。

唯一残念な点は、ニュートリノビーム照射量が当初計画の 25% で実験が打切りとなってしまったことである。計画どおりのデータが取れていれば、タウニュートリノのかなり正確な反応断面積が得られたはずである。米国研究所とのコミュニケーション、連携がもっとよくとれていればと悔やまれる。また、実験グループ内の意志疎通も万全であったかどうかも疑問である。日本のエマルジョングループは世界的に見てもユニークな実験技術を持っているのであるから、これらの反省を活かし、また同時にその実験技術の普及にも力を入れて、今後研究を大きく発展させていってほしい。

### C. 測定器の開発

#### C1. 電子・陽電子衝突実験のための測定器開発 (Detector R&D)

(研究代表者：山内正則)

この研究は、事実上 B ファクトリー実験 Belle と BaBar のための測定器開発研究である。カバーした研究内容は、シリコン検出器、RPC、高速ガスドリフトチェンバー、パイプラインエレクトロニクス、将来のアップグレードのための粒子識別装置など、広範囲にわたっている。現在の Belle と BaBar 実験の成功をもたらした要因には、これらの開発研究の成果に導かれたものが多くあり、本協力事業が果たした役割は極めて大きい。

#### C2. ${}^7\text{Be}$ 太陽ニュートリノ検出のための測定器開発研究 ( ${}^7\text{Be}$ -Detector R&D)

(研究代表者：鈴木厚人)

この開発研究の目的は、 ${}^7\text{Be}$  太陽ニュートリノの検出を可能にすべく、KamLAND 実験で用いている液体シンチレーターの放射性バックグラウンド ( ${}^{238}\text{U}+{}^{222}\text{Rn}$ 、 ${}^{232}\text{Th}$ 、 ${}^{40}\text{K}$  等) を  $10^{-1}$   ${}^{\circ}\text{g/g}$  レベルまで低減すること、及びその極微レベルの放射性物質の測定法を開発することである。

本協力事業による開発研究は 2000 年度から開始された。2002 年 12 月には原子炉からのニュートリノの振動の初の観測に成功し、太陽ニュートリノの大混合解を確認して世界の注目を集めた。このことは、放射性バックグラウンド低減の開発研究が順調に進んでいることを強く印象付ける。中性子放射化分析法による極微レベルの放射性物質測定方法の感度も、目的のレベルには 1~2 桁足りないものの世界有数の高感度 ( $10^{-15}\text{g/g}$  レベル) を達成することに成功した。ウラン、トリウム の混合量に関しては、それぞれ  $10^{-18}\text{g/g}$ 、 $10^{-17}\text{g/g}$  のレベルを達成し、初期の目標を充分達成した。その意味で日米科学技術協力事業は十分有効に働いたと言える。ただし、 ${}^7\text{Be}$  太陽ニュートリノの検出のためには、新たに発見された放射性バックグラウンド  ${}^{210}\text{Pb}$  と  ${}^{85}\text{Kr}$  を 6 桁ほど低減する必要があり、現在その開発研究が行われているところである。

### C3 . 多層シリコン電磁カロリメーターの開発 / GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡の開発 (Multilayer Si Calorimeter)

(研究代表者：大杉 節)

高エネルギー物理の推進を目指す本協力事業に非加速器実験プロジェクトも含めるかどうかについて、日米高エネルギー物理学委員会は 2000 年にガイドラインを作り、これを認めることにした。GeV 領域の宇宙ガンマ線観測を目指す GLAST プロジェクトはその最初の例である。広い視野と優れた角度分解能を有するガンマ線検出器を衛星に搭載して、全天の調査を行うことにより、天文・宇宙・素粒子物理にまたがる多くの成果が期待できる。

2006 年の衛星打ち上げを目指して、現在検出器を製作中であるが、本協力事業が関与する部分は検出器の主要部である電磁カロリメーターのトラック部を構成するシリコンマイクロストリップ検出器であり、これはガンマ線の方向を精度よく測定する上で本質的に重要な役割を果たす。広島大学を中心とする日本グループは、これまで高エネルギー実験において培ってきたシリコン検出器に関する豊富な経験と実績をもとに、信頼性の高い大面積のシリコンマイクロストリップ検出器を開発し、その量産にも成功した。従って、日本グループは、その責任分担を全うしていると言え、高い評価が与えられるべきである。しかしながら、今後、検出器の組立て・試験、ソフトウェア開発、観測、解析へと進んでいく中で、日本グループがどこまで主導権を発揮できるか、見通しははっきりしない。広い意味では、米国で雇われている日本人研究者の活躍を含めれば、GLAST 計画全体に対する日本の寄与は非常に高いと言えるが、本協力事業に限定した場合、これまでの寄与に見合う貢献を行っていくためには、最低限、日本からスタッフ・学生が米国に長期滞在できる体制を作り、日本の存在を示すことが必要で、さらにその上で何ができるかが問われている。

#### D. 加速器技術の開発

##### D1. リニアコライダー (Linear Collider)

(研究代表者：峠 暢一)

リニアコライダーは、将来の高エネルギー物理にとって世界的に重要な将来計画であるとの認識のもと、世界各国の研究者間で研究が進められていることから、日米双方で行われている開発研究のうちで日米科学技術協力事業の部分だけを区別して評価し難い。しかし、この協力事業が果たしてきた役割は重要であるといえる。今後ともこのリニアコライダーに関する研究開発は日米科学技術協力事業の主要な部分として推進されるべきものと考えられる。

この 5 年間にビーム技術に関しては、例えばレーザーフォトカソードを使った RF 電子銃でマルチバンチビームを作り、それを蓄積リングに入射できたこと、ビームのエミッタンスを非常に小さくすることに成功し、レーザーワイヤを使った新開発のモニターで精度良く測定すること、ビーム引出系でのジッターを低減するダブルキッカーシステムなど、優れた成果が挙げられている。これらの開発には KEK の ATF が重要な役割を果たした。今後さらに KEK-ATF の機能を充実してさらなる開発に役立つようにすることが望ましい。

本体の X バンドの加速管と高周波源の開発では日米双方の協力が良い結果を導いている。加速管については双方で様々な構造のものを試作評価し、高電界試験が進んでいる。クライストロンに関しても双方で開発し SLAC において大電力による評価試験を行っている。日本には SLAC のような強力な施設がないので、日本側が開発したものについて評価試験を SLAC に依存してきたが、この段階に達したものについては、依存体質を脱却して日本国内に独自の施設を持つべきである。

将来のリニアコライダー計画の基本的な概念設計についても、加速管のセル構造に関しては RDDS(Rounded Damped Detuned Structure)を採用することにしたこと、高周波電力供給系には SLED(SLAC Energy Doubler)-II を採用することにしたことなど、いくつかの進歩があった。このリニアコライダー計画が将来、真に国際的な計画として推進されることを望みたい。



## D2. 超高性能蓄積リングの研究 (High Luminosity Storage Ring)

(研究代表者：黒川眞一)

KEK-B および PEP-II のルミノシティを上げるために、フィードバックシステムを用いて結合バンチ不安定性を克服すること、ビームダクトにソレノイドを巻いて光電子を取り除くことにより安定性をよくすることなど、本協力事業の中で開発した技術の交換が、ルミノシティの向上にとって、有意義であった。双方の B ファクトリーにおけるこのような競争と協力が実りある物理の成果をもたらすと思われる。

## D3. 大強度陽子加速器 (High Intensity Proton Facility R&D)

(研究代表者：森 義治)

本協力事業において日本側ではファインメットという広い周波数範囲にわたって高い透磁率を保つ磁性体合金をコアに用いて特徴のある高周波空洞を開発した。これにより RF 電場のバリアバケットを作ることが容易になり、さらにリングへのビーム入射時に繰り返し入射が可能になることで大強度ビームを得ることができる。BNL の AGS ではビームの蓄積、再バンチ、加速が可能なることを示した。この金属磁性体をコアにする、広い周波数範囲で高勾配の高周波空洞はビームの分布形状を自由に変えられる。FNAL ではこの空洞を使って7個のビームバンチを1個に集めることができることを示した。そのほかビーム負荷による変化を補償することや空間電荷効果を低減することにも有効であることを示した。

現在 FNAL では Tevatron のビーム強度増強が優先度の高い課題となっている。したがってこの日米科学技術協力事業は加速器の R&D だけではなく、高エネルギー物理の実験に直接貢献するという意味でも非常に有益であると思われる。

## D4. 超伝導磁石 (SC Magnet)

(研究代表者：新富孝和)

リング型の加速器では、高エネルギーになると高磁場が得られる超伝導磁石の採用が不可欠である。通常の合金超伝導体よりも Nb<sub>3</sub>Sn のような化合物超伝導体の方が高磁場を得ることができるがもろい性質がある。本協力事業では、化合物超伝導体を素材とする線材の開発及びその巻き線技術の開発を行ったが、これを必要とする新しい加速器計画が決まらないまま事業は終了した。しかし BNL や FNAL では LHC アップグレード用の磁石の開発を引き受けるなどしており、この成果は世界の超伝導磁石製作工場としての役割を果たすことに貢献したといえよう。

## D5. リニアコライダーにおける偏極陽電子ビーム生成のためのピコ秒 CO<sub>2</sub> レーザーの開発 (CO<sub>2</sub> Laser)

(研究代表者：広瀬立成)

リニアコライダーの研究開発の中で、偏極陽電子ビームを加速できれば有用であるので、新しい原理での偏極陽電子源の開発を目指している。これは円偏光レーザービームを高エネルギーの電子ビームに衝突させて、コンプトン散乱された偏極光子ビームをターゲットに当て、電子対創成により偏極した陽電子を得ようとするものである。このために必要な大強度のピコ秒 CO<sub>2</sub> レーザーの開発とともに、それを用いて電子ビームとの衝突技術の高度化を図ることが目的である。

KEK-ATF で YAG レーザーを使って、高効率のコンプトン散乱を得ること及び磁化した鉄を通過させてその光子ビームの偏極度を測定する技術を開発した。一方、BNL では、CO<sub>2</sub> レーザーと 60MeV の電子線形加速器で大強度の X 線を得た。さらに BNL では強度を上げるために有効であると思われるプラズマチャネルを試験中である。

この共同チームは他の加速器開発チームに比べて、レフリードジャーナルへの投稿を心がけている点が評価できる。大型装置は米国側が作り、日本側はこれを利用して実験するような関係にある。日本側の強力なリーダーのおかげでビーム物理学の研究としては、その実験はおもしろいが、大強度のレーザーの開発ということに関しては、日本の他の強力なレーザ

－研究所との協力なども検討されてよいのではないかと考えられる。

#### D6. 位相空間回転とミュオン冷却による大強度高輝度ミュオン源の開発 ( Muon Sources R&D)

(研究代表者：久野良孝)

ミュオンビームは二次ビームなので、これを集めてエネルギー幅やエミッタンスを小さくできれば、非常に有用な研究手段となる。本協力事業では、パルス的に発生したミュオンを位相空間回転法で時間幅を延ばす代わりにエネルギー幅を狭くすることが一つの考えである。また、ターゲットを通過させてイオン化により散らばった方向への運動量を減衰させておいて一方向へ加速することでエミッタンスを減らす、いわゆるビーム冷却をすることがもう一つの考えである。

このために、まず、必要な高周波加速空洞の開発に日米双方で取り組んだ。日本側はフェライトコアを用いた高周波空洞をテストした。米国側はセラミック誘電体を用いるものを検討した。しかし、位相空間回転法に関しては、その後日本側で他の財政的支援が得られたので、日米科学技術協力事業としては、イオン化によるビーム冷却法の開発に焦点を絞ることにした。資源の効率的利用の観点からこの判断は適当であろう。

現在、イオン化冷却法研究用の液体水素ターゲットの製作が終わり、FNAL においてテスト用の陽子ビームラインに設置されつつある。製作に関する日本側の寄与は高く評価されており、ビーム冷却テストの準備も順調である。この開発研究の継続を強く期待する。

#### **E. その他**

##### E1. 素粒子データ情報

(研究代表者：日笠健一)

このプロジェクトの目的は、国際的な研究者グループ (Particle Data Group) の一員としてその一翼を担い、素粒子に関する実験データや関連する理論等の最新情報を収集し、出版物や電子情報の形で世界中の高エネルギー物理研究者等に提供することである。群を抜く引用回数が示すように、これらの文献は、世界の関連研究者に活用され必須の基礎文献となっている。なかでも日本チームによる学術的貢献 (論文評価、レビューの執筆、セクションの再構成等) は参加人数に比して著しいものがある。また、国内の研究者は、出版物 (Review of Particle Physics や Booklet) の無償配布やサイトからの最新情報のダウンロードという形でも恩恵を受けており、大変有益である。本協力事業は今後もこのプロジェクトを安定してサポートしていくべきである。現在は米欧が人的、資金的に中心的な役割を果たしているが、高エネルギー物理実験において日本は世界の3極の一つである以上、応分の貢献をなすべきである。出版は、Physical Review (米) と European Physical Journal (欧) が交互に担当してきたが、日本の Journal of Physical Society of Japan もこれに加わることを検討すべきである。

## 4. まとめ

日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)は新時代を迎え、日米研究者が協力して高エネルギー物理学の発展に努めるという基本精神を確認し、実行計画の基礎とすべきと考える。本協力事業の展開は、日米研究者の協力が基本であって実施の舞台は米国に限ることなく日米双方向でなされるべきであり、また宇宙にも広がる自由な発想が望まれる。重要なことは、本協力事業の趣旨が日米研究者の協力による高エネルギー物理学の推進であって、その発展を第一に考えることを忘れてはならない。

世界の高エネルギー物理学研究者が期待する次の研究課題の一つはリニアコライダー計画であり、米国も目指している計画であることから、本協力事業においてもリニアコライダーのR&Dに十分配慮して、今後の展開を図るべきである。

日米科学技術協力事業の評価作業のまとめを、以下に列記する。

1. 高エネルギー物理学における日米科学技術協力事業は、日米科学者の間の太い絆となって日米双方の努力により学術の研鑽、技術の向上に大きな貢献をしてきた。当初、日本は米国に学ぶことが多かったが、今や対等の立場で高エネルギー物理学の発展に寄与している。ここまで日本の高エネルギー物理学が高い水準に成長する基礎を築いた本協力事業の意義は歴史に残るものである。今後もこの事業は発展的に継続され、日米の絆が守られることを強く希望する。
2. 四半世紀にわたって展開してきた日米科学技術協力事業の成功を振り返ると、この事業が共同利用研究機関である高エネルギー加速器研究機構(当初は高エネルギー物理学研究所)の責任の下で推進・運営されてきたことに注目することが必要である。この国際的事業の運営には、各大学の個別の努力を超えて大学間の連携に基づく共同研究体制が必要であり、科学研究費補助金やその他の競争的資金で本協力事業を進めることは不可能である。高エネルギー加速器研究機構が法人化された後も、全国の大学の連携を強め、共同事業として新法人の機構が引き続き日米科学技術協力事業を中心とした国際協力事業推進の母体を務めることを強く勧告する。
3. 総体として日米協力実験の成果は挙がっているが、大型実験に関しては、Belle 実験やニュートリノ実験など日本国内の活気のある実験とマンパワーが分かれるため、強力なリーダーシップを発揮できる高エネルギー実験研究者が集まっていた、かつての日米協力実験の迫力は薄れた印象がある。他方、小型の実験や、加速器・測定器のR&Dでは、日本のユニークな技術が光っている。
4. FNAL のCDF 実験は、予算規模と内容の大きさにおいて、日米科学技術協力事業の中で群を抜いて大きい荷重を占めていたが、建設の段階を過ぎて解析に重点を置くべき段階に入った。BNL のPHENIX 実験も、なお測定器の改良が必要であるとしても、限られたマンパワーを解析に集中し、物理の主導権を握ることが大切であろう。いずれのプロジェクトにおいてもグループリーダー等が、より多く現地に滞在して戦略を練り、状況を把握して直接指揮をとる体制に近づけることが必要である。
5. 日米協力における重要な研究課題の一つとして、リニアコライダーが挙げられる。日本の研究者グループはロードマップを設定し、US/DOE も最近発表したプライオリティ設定においてリニアコライダー計画を中期計画のトッププライオリティとした。このため、今後の日米協力の重要研究課題という位置付けをして、新規に建て直し、推進すべきである。その際、日米間の意思疎通に留意しながら研究協力を効果的に行うことが求められる。当初の予算配分ばかりでなく、予算の執行・計画の実施にも日米研究者間の十分な連携がとれるシステムの構築が望まれる。

6. 最近の素粒子物理学の展開は必ずしも加速器ばかりでなく、非加速器物理実験、特に宇宙線研究にも重点が移っている。本協力事業においては、2000年1月のワーキンググループの提言に基づいて GLAST 実験が取り上げられ日本の技術が活かされた R&D が進行している。今後も、本事業の趣旨が高エネルギー物理学の推進にあることに留意しつつ、引き続き、日米研究者の協力による非加速器プロジェクトにも充分配慮すべきである。

## 5. 謝辞

本評価委員会の活動は、多くの関係者の協力によって支えられた。各位に謝意を表わしたい。現地調査に対しては米国の3研究所において所長から現場の研究者まで多くの関係者に丁寧な扱いをいただき感謝申し上げます。日本学術振興会ワシントン研究連絡センター所長をはじめ日本側の関係者にも大変お世話になった。各研究代表者にはヒアリング資料の作成等に多くの時間を費やしてもらった。また、評価データの作成には鈴木慶子さんに御協力いただいたことを記して謝意を表わす。最後に評価作業の事務的支援を担当した高エネルギー加速器研究機構 国際交流課の皆さんに御礼を申し上げます。

## 付 録

### 付録 A

表 A-1 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）による学位取得者数一覧

表 A-2 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）の成果公表数一覧

表 A-3 引用回数が 100 回を超える発表論文

### 付録 B

日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）第 4 次評価委員会の活動状況

日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）第 4 次評価委員会

委員会の開催状況

現地視察

### 付録 C

本評価報告書で使用されている英文略称について

付録A

表A-1 日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)による学位取得者数一覧

事業発足(1979年度)~2002年度

区分	研究課題名	教官	ポスト	民間	計
評価対象	SLAC/SLDにおける電子・陽電子衝突実験	5	2	1	8 ( 2 )
	陽子・反陽子衝突による重い粒子の検出(CDF)	18	7	13	38 ( 9 )
	タウニュートリノの検出	0	2	0	2 ( 2 )
	重イオン加速器による高エネルギー重イオン衝突実験(PHENIX)	7	2	1	10 ( 2 )
	BNLにおけるK中間子の稀崩壊の研究	0	0	1	1 ( 1 )
	$K_L \rightarrow 0e^+e^-$ 他稀崩壊の研究	1	3	1	5 ( 3 )
	リニアコライダー	13	8	5	26 ( 14 )
	超高性能蓄積リングの研究	0	1	0	1 ( 0 )
	加速器用超伝導磁石の開発	2	0	2	4 ( 0 )
	大強度陽子加速器の開発	1	3	1	5 ( 5 )
	リニアコライダーにおける偏極陽電子ビーム生成のためのピコ秒CO2レーザーの開発	1	5	7	13 ( 13 )
	プラズマレンズ	0	0	0	0 ( 0 )
	位相空間回転とミュオン冷却による大強度高輝度ミュオン源の研究	0	0	0	0 ( 0 )
	電子・陽電子衝突実験のための測定器開発	9	0	1	10 ( 10 )
	データ収集システムの開発研究	0	0	1	1 ( 0 )
	ピクセル検出器の開発	4	0	0	4 ( 0 )
	多層シリコン電磁カロリメーターの開発	0	0	0	0 ( 0 )
	ガンマ線検出器の開発	0	0	0	0 ( 0 )
	$^7\text{Be}$ 太陽ニュートリノ検出のための測定器開発研究	0	2	0	2 ( 2 )
	KOPIO: $K^0 \rightarrow 0$ 崩壊の研究	0	0	0	0 ( 0 )
素粒子データ情報	0	0	0	0 ( 0 )	
小計		61	35	34	130 ( 63 )
今回の評価対象外	物理実験	22	7	11	40 ( - )
	加速器開発	0	0	0	0 ( - )
	測定器開発	0	0	1	1 ( - )
	小計	22	7	12	41 ( - )
合計		83	42	46	171 ( 63 )

評価対象外は1997年度までに終了した課題を指す

括弧書の数字は今回の評価対象期間における学位取得者を内数で示した

付録A

表A-2 日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)による成果公表数一覧

事業発足(1979年度)~2002年度

区分	研究課題名	発表論文	国際会議発表
評価対象	SLAC/SLDにおける電子・陽電子衝突実験	64 ( 22 )	5 ( 2 )
	陽子・反陽子衝突による重い粒子の検出(CDF)	307 ( 115 )	52 ( 13 )
	タウニュートリノの検出	4 ( 4 )	7 ( 7 )
	重イオン加速器による高エネルギー重イオン衝突実験(PHENIX)	94 ( 36 )	38 ( 14 )
	BNLにおけるK中間子の稀崩壊の研究	26 ( 17 )	21 ( 12 )
	$K_L \rightarrow e^+ e^-$ 他稀崩壊の研究	48 ( 27 )	10 ( 5 )
	リニアコライダー	55 ( 18 )	255 ( 86 )
	超高性能蓄積リングの研究	4 ( 1 )	48 ( 0 )
	加速器用超伝導磁石の開発	41 ( 11 )	27 ( 3 )
	大強度陽子加速器の開発	6 ( 2 )	8 ( 2 )
	リニアコライダーにおける偏極陽電子ビーム生成のためのピコ秒CO2レーザーの開発	15 ( 15 )	6 ( 6 )
	プラズマレンズ	2 ( 2 )	3 ( 3 )
	位相空間回転とミュオン冷却による大強度高輝度ミュオン源の研究	5 ( 5 )	1 ( 1 )
	電子・陽電子衝突実験のための測定器開発	30 ( 10 )	10 ( 10 )
	データ収集システムの開発研究	13 ( 3 )	14 ( 1 )
	ピクセル検出器の開発	7 ( 7 )	2 ( 0 )
	多層シリコン電磁カロリメーターの開発	11 ( 11 )	0 ( 0 )
	ガンマ線検出器の開発	0 ( 0 )	1 ( 1 )
	$^7\text{Be}$ 太陽ニュートリノ検出のための測定器開発研究	2 ( 2 )	20 ( 20 )
	KOPIO: $K^0 \rightarrow 0$ 崩壊の研究	0 ( 0 )	0 ( 0 )
素粒子データ情報	20 ( 3 )	0 ( 0 )	
小計	754 ( 311 )	528 ( 186 )	
今回の 評価対象外	物理実験	198 ( - )	53 ( - )
	加速器開発	3 ( - )	36 ( - )
	測定器開発	46 ( - )	37 ( - )
	小計	247 ( 0 )	126 ( - )
合計		1,001 ( 311 )	654 ( 186 )

評価対象外は1997年度までに終了した課題を指す  
括弧書の数字は評価対象期間内に公表された論文、国際会議での発表数内数で示した

**付録 A**

**表 A-3 引用回数が 100 回を超える発表論文**

回	
2904	日笠 健一 (particle data group) C. Caso et al., European Physics Journal C3 (1996) 1 “Review of Particle Physics”
2679	日笠 健一 (particle data group) D.E. Groom et al., European Physics Journal C15 (2000) 1 “Review of Particle Physics”
1205	日笠 健一 (particle data group) K. Hagiwara et al., Phys. Rev. D66 (2002) 10001 “Review of Particle Physics”
285	山中 卓 (KTeV Collaboration) G. Alavi-Harati et al., Phys. Rev. Lett. 83 (1999) 22 “Observation of Direct CP Violation in $K_{S,L}$ Decays”
253	鈴木 厚人 (KamLAND Collaboration) K. Eguchi et al., Phys. Rev. Lett. 90 (2003) 21802 “First Result from KamLAND; Evidence for Reactor Antineutrino Disappearance”
231	久野 良孝 (Muon Sources R&D ) C.M. Ankenbrandt et al., Phys. Rev. ST, Accel. Beams 2 (1999) 81001 “Status of Muon Collider Research and Development and Future Plan”
179	阿部 浩也 (SLD Collaboration) K. Abe et al., Phys. Rev. D73 (1994) 5580 “Measurement of $\sigma_s$ from Energy-Energy Correlation in the $Z^0$ Resonance”
176	金 信弘 (CDF Collaboration) T. Affolder et al., Phys. Rev. D61 (2000) 32001 “Measurement of bb rapidity correlations in pp collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ TeV”
133	浜垣 秀樹 ( PHENIX Collaboration) K. Adcox et al., Phys. Rev. Lett. 88 (2002) 22301 “Suppression of Hadrons with Large Transverse Momentum in Central Au+Au Collisions at $\sqrt{s} = 130$ GeV”
119	浜垣 秀樹 (PHENIX Collaboration) K. Adcox et al., Phys. Rev. Lett. 86 (2001) 3500 “Centrality Dependence of charged Particle Multiplicity in Au+Au collisions at $\sqrt{s} = 130$ GeV”



回

- 108 阿部 浩也 (SLD Collaboration)  
K. Abe et al., Phys. Rev. D51 (1995) 962  
“Measurement of  $\sigma_s(M_Z^2)$  from Hadronic Event Observation at the  $Z^0$  Resonance”
- 107 阿部 浩也 (SLD Collaboration)  
K. Abe et al., Phys. Rev. D53 (1996) 1023  
“Measurement of  $R_b$  with Impact Parameter and Displaced Vertices”
- 101 金 信弘 (CDF Collaboration)  
F. Abe et al., Phys. Rev. Lett. 81 (1998) 2432  
“Observation of the  $B_c$  mesons in pp collisions at  $\sqrt{s} = 1.8$  TeV”
- 100 金 信弘 (CDF Collaboration)  
F. Abe et al., Phys. Rev. D58 (1998) 112004  
“Observation of  $B_c$  mesons In pp collisions at  $\sqrt{s} = 1.8$  TeV”

## 付録 B

### 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）評価委員会の活動状況

#### 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）第4次評価委員会

##### 日米科学技術協力事業(高エネルギー物理)第4次評価委員会

委員	井上 信	立命館大学 研究部 COE 推進機構・客員教授
	潮田資勝	東北大学 電気通信研究所・教授
	小林富雄	東京大学 素粒子物理国際研究センター・教授
	中井浩二(委員長)	東京理科大学 大学院理工学研究科・教授
	吉村太彦	東京大学 宇宙線研究所・所長
	渡邊靖志	東京工業大学 大学院理工学研究科 教授
事務局	岩田正義	高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所・教授
	高崎史彦	高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所・副所長

##### 委員会の開催状況

回	日時	場所	議事内容
1	2003.8.8(金) 14:00～16:00	学士会館	小林所長からの挨拶の後、委員長(中井浩二)を選出した。引き続き、高崎副所長から事業の概要説明があり、本委員会の目的、今後の進め方並びに評価報告書の執筆分担について議論を行った。
2	2003.9.19(金) 9:50～17:20	高エネルギー 加速器研究機構	各研究課題別にそれぞれのグループ代表者から活動状況を聴取し、懇談を行った。
3	2003.11.10(月) 10:00～13:00	高エネルギー 加速器研究機構	選択された研究課題について追加の意見聴取を行った。
4	2003.12.12(金) 13:30～17:30	学士会館	事業評価の取りまとめについて意見交換を行った。
5	2004.1.23(金) 13:00～18:00	如水会館	事業評価の取りまとめを行った。

##### 現地調査

###### 第1組：

訪問日 BNL(10月27日)、FNAL(10月29日)、SLAC(10月31日)

訪問者 中井浩二、井上 信、潮田資勝、小林富雄、渡邊靖志、小林 誠、高崎史彦

###### 第2組：

訪問日 BNL(12月1日)、FNAL(12月3日)、SLAC(12月5日)

訪問者 吉村太彦

## 付録C

### 本評価報告書で使用されている英文略称について

AGS	BNLにおける陽子加速器
BaBar	SLACにおいて実施されているB中間子崩壊実験グループ
Belle	KEKBにおいて実施されているB中間子崩壊実験グループ
BNL	ブルックヘブン国立研究所
CDF	テバトロンにおいて実施されている実験グループ
CERN	欧州合同原子核研究機関
DONUT	FNALにおけるタウニュートリノ直接検出実験グループ
FNAL	フェルミ国立加速器研究所
GLAST	米国におけるガンマ線天文衛星実験グループ
J-PARC	KEKにおいて建設が進行中の大強度陽子加速器施設
KamLAND	神岡における原子炉・太陽地殻ニュートリノ検出実験グループ
KEK	高エネルギー加速器研究機構
KEK/ATF	KEKにおける加速器試験施設
KEKB	KEKにおけるBelle実験に供される電子・陽電子ビーム衝突型加速器
LEP	CERNにおける大型電子・陽電子ビーム衝突型加速器
LHC	CERNにおいて建設が進められている大型陽子・陽子衝突型加速器
NSF	米国科学財団
PAC	共同利用実験諮問委員会
PEP-	SLACにおけるBaBar実験に供される電子・陽電子ビーム衝突型加速器
PHENIX	RHICにおいて実施されている実験グループ
RHIC	BNLにおける相対論的重イオン衝突型加速器
RPC	高抵抗板粒子検出器
Run	Tevatronにおける第1期実験
Run	Tevatronにおける第2期実験
SLAC	スタンフォード線形加速器センター
SLC	SLACにおける電子・陽電子ビーム線形衝突型加速器
SSC	米国において計画された超伝導超大型陽子・陽子ビーム衝突型加速器
Tevatron	FNALにおける陽子・反陽子ビーム衝突型加速器
TRISTAN	旧高エネルギー物理学研究所（現高エネルギー加速器研究機構）における電子・陽電子ビーム衝突型加
US/DOE	米国エネルギー省