

日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)

第5次評価報告書

2009年2月

要 旨

日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)は 1979 年に発足して以来、過去に4度評価が行われた。今回の直接の評価対象は 2003-2007 年度における5年間の研究活動であるが、事業発足後 30 年を経過し当初と環境が変わったこと、特に大型実験である CDF と PHENIX 実験が終了もしくは転換期を迎えたことを踏まえ、過去の総括とこれからの事業のあり方についても検討した。個々の研究活動については、前回に現地視察を含む詳細な調査がなされていることを考慮して、今回は当事者からのヒヤリングを重視することにし、3回に亘る調査・検討・討論を経てまとめたものが本報告書である。

本協力事業は、日本の高エネルギー物理学の揺籃期から現在に至るまで、日本の研究者に世界のフロンティアに接する機会を与えるとともに、学術分野における国際化を主導した。高エネルギー加速器研究機構(以下、「KEK」)が高エネルギー物理学分野における世界の3大拠点に成長し、また巨大科学である高エネルギー物理学が大学の基礎研究課題として定着する過程で、本協力事業が果たした重要な触媒としての役割を評価委員会は高く評価する。本協力事業が 30 年もの長期間、成果を挙げ続けることができたのは、事業の持つ性格が高エネルギー物理学分野に良くマッチし、また KEK という事業主体により効果的に運営されたことと関係がある。事業の持つ特徴を将来にわたって活用することは、高エネルギー物理学研究分野の先端性と大学の活力を維持する上で欠かせない要素と考えられる。評価委員会は、最近の国際的研究活動の多様化・学際化の実情に合わせて運用方法を改善した上で、今後も日米科学技術協力事業を継続する事を薦める。

1. はじめに

日米科学技術協力事業のもっとも大きな意義は、日本の高エネルギー物理学が未熟で一線の研究が国内では不可能であった時期、そして日本の研究レベルが上がった後は、加速器の大型化に伴う国際的な住み分けによって世界の最先端研究が必ずしも国内施設のみではまかないきれなくなった状況にあって、常に日本の研究者に最先端のフロンティア物理を追究する機会を与えてくれたことである。しかし、発足後 30 年を経て日本が実力を付け、最先端研究環境で日本が米国と肩を並べる水準に近づき、戦略的に日米欧のバランスを見極める必要性が出てきたこと、また加速器使用以外の素粒子物理の展開に対処する必要性が出てきたこともあり、本協力事業の今後のあり方を議論することが、過去5年間の事業成果評価と並ぶ本評価委員会の課題である。

長期にわたる事業を総括し将来の検討を行うにあたっては、過去 30 年間における本協力事業の変遷と背景環境の変化を理解しておく必要があり以下に概要を述べる。

事業発足(1979)当時、日本の素粒子物理学は、理論面では湯川・朝永を頂点として層が厚く世界の一線にあったが、実験面(高エネルギー物理学)では揺籃期にあった。KEK/12GeV 陽子加速器が稼働始めたばかりで、研究者のレベルも海外研究経験者数人を除く他は、他分野からの転入研究者か全くの新人であった。この事業の目的は日本人研究者を米国の第一線の加速器実験に参加させることにより研究レベルを向上させることにあった。事業発足後 10 年を過ぎた段階から、トリスタン発足(1986)によるエネルギーフロンティア進出とあいまって、日本の研究レベルは世界の一線級に追いついたと言えよう。事業は学習から対等な研究協力へと進化し、事業内容も稼働中の加速器実験の他に SSC 実験計画やBファクトリー建設に備えた R&D、リニアコライダーR&D など、将来を見据えた内容を採り入れるようになった。1990 年代後半からは、Bファクトリーや J-PARC 建設により国際協力の場として、海外での研究と共に国内での研究も重要になった。科学的には非加速器実験が加速器実験と並ぶ重要性を占める様になったことを踏まえ、非加速器実験研究が一部事業に採り入れられるようになった。2004 年には日本側事業主体の高エネルギー加速器研究機構の法人化が行われた。

以上の変化は第4次評価委員会報告(2004 年1月)にも反映されており、幾つかの問題点も指摘された。今回、事業の将来を検討するにあたって考慮しなければならないさらなる重要な環境変化は、LHC 稼働開始(2008)とそれに伴うフェルミ国立加速器研究所の旗艦研究 CDF・D0 のシャットダウンおよび連動する米国における高エネルギー物理学研究環境の変化である。

以下では最初に、2、3節で過去5年間の事業成果の評価を行う。4節では本協力事業を 30 年も持続させかつ成功に導いた要因を事業費の運用面から分析し、5節においては今後の事業のあり方を議論する。6、7節はサマリーと提言に当てる。

2. 全体評価:

30 年の総括: 1979 年に発足した親協定*の下に開始された数々の日米科学技術協力事業のうち、高エネルギー物理学関連の協力事業が 30 年に亘って継続したこと自体が、事業の成功を雄弁に物語る。日本の研究レベルの向上と国際情勢という環境変化に合わせ、当初は発展途上国レベルであった日本の高エネルギー物理学研究分野を日米という国際協力の場をもっとも有効に使い、世界の一線級レベルに育て、一部では米国をリードするレベルまで引き上げた大きな原動力の一つとなった。

* 「エネルギーおよびこれに関する関連分野における研究開発のための協力に関する日本国政府とアメリカ合衆国政府との協定」は当初 10 年協定として結ばれ、その後延長を重ねて 2005 年 9 月 30 日に満期終了した。現在米国エネルギー省と文部科学省との間で、日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)を現存する政府間協定「科学技術における研究開発のための協力に関する日本国政府とアメリカ合衆国政府との間の協定」の下の活動として位置づけ、実施取り決めについては交渉中である。

30年の長きに亘りかつ国際情勢の変化に対応した一線の研究活動を続けて来られたのは、相手国の全面的な協力が得られたことが大きい。事業資金の持つ性格が高エネルギー物理学という研究分野の特殊性にマッチし、かつ運用が研究者の能力を引き出すために効果的に行われたことも特筆したい。特に本協力事業では各大学が自主性を持って参加できる仕組みが効を奏し、国際交流を一部のエリート大学・個人にとどめずコミュニティ全体に広げたことが、研究成果を挙げる上で、そして国際交流の輪を広げ高エネルギー物理学界が日本の学術研究国際化の牽引役に成長する上で、効果的に作用したと言って良いであろう。

過去5年間の実施課題評価

- 過去5年に限った成果で第一に評価すべきは、世界最高エネルギーフロンティア・テヴァトロン実験でのトップ物理、原子核分野における最先端加速器 RHIC でのクォーク・グルーオン・プラズマ相の探索、GLAST による宇宙ガンマ線観測、K 稀崩壊実験など、選択課題が全て最先端のテーマでありかつ成果を挙げていること。
 - 加速器 R&D においてはリニアコライダーを含む種々の開発、測定器 R&D においてはニュートリノ、K の稀崩壊、ミュオン電子転換など将来を見据えた最先端のテーマが選択されかつ成果を挙げていること。
 - 協力実験では日本の特技(例えば企業と提携した測定器の開発など)を活かした分担テーマが選択されており、協力の実施が効果的に行われていること。
 - 若手研究者を学生段階から最先端テーマ、国際的な環境で鍛え、国際的に通用する研究者を多数養成したこと。
- などが評価される。

一方、問題点としては対等性の問題がある。これには研究者レベルと協定レベルの二つの側面がある。

研究者レベルでは、各実験の準備段階およびハードウェアやソフトウェアの立ち上げ段階においては、日本グループは概ね大活躍ができるが、実験が動き出し解析段階に入ると力負け・位負けすることがあることは、特に大グループで顕著である。この理由は研究者の圧倒的な層の厚さの違い(例えば CDF では米国側参加者～350 人に対し日本側は最盛期でも常駐～10 人)に加えて、シニアレベルスタッフが常駐してグループを率いることができないという事情が大きな原因と考えられる。この差がグループにおける発言力と存在感に影響を与えるのはある意味でやむを得ないことである。このことはこれまでたびたび指摘されており、グループ間やグループ周辺の努力(例えば講義義務の肩代わりなど)を促すような提言もなされた。これらの努力は当然のことであるが、それだけでは解決しない。スタッフの長期不在が困難な日本の大学における構造的な問題、および現地要員を研究費で雇えないなど制度の不備などに帰すべき要因もあり、効果的体制の構築に向けて地道な努力を続ける必要がある。

他方、協定レベルでは、米国側は加速器施設及びその運転資金を提供し、日本側は協同実験における実験分担金を別枠として提供するという形になっている。実験費に関しては、米国側は協同実験遂行自体を協力の実体とみなしており、日本側と同額の実験資金を別枠とし

て提供する形とはなっていない。本協力事業が2国間協定に基づくため、研究費配分は米国側の合意を得た上で行っているが、日本側の実験費が議論の対象になるに反して米国側の実験費配分は対象外であることが、当事者に不公平感が生じる原因であろう。前回の評価委員会で指摘されたような日米の連携不足問題や今回指摘された BNL 実験の停止などは、協定内容の非対称性に原因があると考えられ、いわゆる対等性とは質の異なる議論となる。他方では研究費配分の議論に米国の有力研究所長が参加する重みがあり、協同実験採択に際しては日本側の協力態勢が重点的に考慮される上、研究費配分も 90%日本側の意向が通るなどの利点がある。米国での資金運用にともなうオーバーヘッドなど、必要ではあっても参加者のコントロールできない運用資金もあり、形式的な平等性は実際の運用では両刃の刃となり得る。事業協定内容と両国の運用体制の違いを良く理解した上で実質的に判断すべき問題であろう。

3. 研究課題の個別評価

本節では、2003 年より2007 年に実施された日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）の研究課題について個別評価をまとめる。評価対象課題及び各研究課題の予算規模については添付資料3の表を参照されたい。

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)

(責任者;受川史彦)

この実験はおそらく本協力事業のエッセンスが良い点も悪い点も含めて凝縮しているところと言って良い。日本側グループは、CDF グループ形成の初期段階から関与し、実験を軌道に乗せる上で種々の実質的寄与を行い、軌道に乗ってからはCDFの維持改良に予算を含めた多くの貢献も行った。そしてハドロン・エネルギーフロンティアとして追求するテーマは、常に時代の先端を切っていた。最新のテーマである質量の低いヒッグス粒子発見のチャンスは、Run-II のルミノシティ不足により実現できなかったが、それでもトップクォークの発見に代表される重い粒子の探索、トップとW質量の精密決定とヒッグス質量の予言、Bs 中間子振動の観測、QCD ジェットの解明など最先端テーマは数多く、D0 実験と共に世界のもっとも注目するグループであり多くの成果を挙げた。十分な投資効果はあったと見て良い。

他方においては、このグループには日本としては長年例外的に大きな予算を割いてきたことから、対等性の観点からは過去の評価で厳しい点をあたえられたこともある。この実験は米国の旗艦研究であり 350 人を越える米国研究者数に比べれば、日本側の参加者は最盛期でも45人(うち常駐~10人)であった。さらにシニアスタッフが長期滞在しての研究活動を行えなかったことも大きな原因としてあげられる。若手研究者の質が良くかつ努力してもその発言力・存在感を対等にすることには本質的な限界がある。研究者層の厚さを考慮すれば、日本側コミュニティの総力を挙げない限り真の意味での対等性実現は困難である。グループを大きくす

る努力の不足に対する批判はあるものの、少人数でよく健闘したと見なすべきであろう。

A2. RHICにおける高エネルギー重イオン衝突実験(PHENIX)

(責任者;小沢恭一郎)

この実験の最大の主眼は、QCDの予言する物質の新しい相、クォーク・グルーオン・プラズマの検証にある。ただし、新しい相実現の指標である決まった温度もしくは密度での相転移発生や新しい秩序パラメータの呈示などの現象的に明快な信号は得にくい。その理由は高温高密度状態で実現する“相”の持続時間が短く、衝突後一瞬にして消え去り、観測する粒子の示す信号が本当にクォーク・グルーオン・プラズマ起因であることの見極めが難しいからである。そのため数々の状況証拠を積みあげる必要がある。例えば軽イオン同士では見られないが、金・金などの重イオン同士の衝突ではジェットが消滅するジェットクエンチング現象、衝突直後の高温高密度状態が完全流体であることの証拠などは新しい相の実現を示唆する成果であり、原子核研究に新しい局面を開いた。PHENIX 日本グループは、装置の建設から解析を経て成果を上げる各段階で実質的に貢献したと云え、高く評価できる。

B. 陽子加速器による素粒子実験

FNALおよびBNLの陽子加速器を用いた固定標的実験が日米科学技術協力事業のもとで行われてきた。このうち、FNALで行われたKTeV実験は無事完了し、当初の目的を達成したといえる。しかし、BNLにおける二つのK稀崩壊実験が、アメリカ側部局(DOE/NSF)による決定で、実験途中あるいは準備段階で中止となってしまったのは遺憾である。

B1. K中間子の稀崩壊の実験

(責任者;杉本章二郎)

BNLは高エネルギー重イオン衝突実験と並んで、世界最高強度を誇る大強度陽子シンクロトロン(AGS)を用いた実験を推進していた。このプロジェクトはE787実験(1995-1999)とE949実験(2001-2002)で、目的の $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ 稀崩壊事象を7例検出し、その崩壊分岐比について、 $(1.73^{+1.15}_{-1.05}) \times 10^{-10}$ という有限値を得ることに成功した。しかし、統計が不十分で、標準理論の予測($(0.85 \pm 0.07) \times 10^{-10}$)を検証するには至っていない。これは、本協力事業のアメリカ側部局のDOEが2002年にE949実験のサポートを打ち切ったためである。その後もデータ解析を行いながらNSFのサポートによる実験再開を望んでいたが、結局NSFはAGSにおけるRSVP(Rare Symmetry Violation Processes)実験の打ち切りを2005年に決定し、本プロジェクトも終了せざるを得なかった。

本プロジェクトにおいて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、解析にも主体的に取り組むことで大きく貢献した。本協力事業の2003年以降に4名の博士号取得者をだしており、人材養成の点からも評価できる。後継

となる実験がJ-PARCで計画されており、期待したい。

B2. $K_L \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ 他稀崩壊の研究 (KTeV)

(責任者；山中卓)

本稀崩壊実験では、 K 中間子の直接的なCPの破れを確立して小林・益川理論の正しさの証明に寄与するだけでなく、 KL 中間子の崩壊分岐比の測定や小林益川行列の $|V_{us}|$ の測定、LFV崩壊の上限の設定など、ユニークな成果を出すことに成功した。ただし、今回評価の対象となった期間(2003–2004)は実験が終了に向かう時期であったため日本からの参加人数も少なく、2003年以降の学位取得者は1名であった。

KTeV実験で日米事業のもと製作されたCsIカロリメータは、J-PARCのE14実験で再利用される。KTeV実験で得られた経験とともに、実際の測定器が本協力事業の財産となって次の実験に生かされるのは非常に喜ばしい。

B3. $K^0 \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ 崩壊の探索 (KOPIO)

(責任者；笹尾登)

本実験の測定器のうち、日本側はビームキャッチャーと荷電粒子ベトーカーを担当し、R&Dを進めていたが、2005年のNSFによるRSVP実験中止の決定により、実験そのものが打ち切りとなってしまった。当事者の受けた衝撃は想像に余りある。博士学位取得者がいなかったのは、仕方のないことであるが、残念である。KOPIO実験のR&Dによる遺産が、J-PARCでのE14実験に受け継がれ、成功することを期待する。

C. 測定器の開発

本委員会は測定器開発関係は、C1. 電子・陽電子衝突測定器の開発と C3. GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡の開発の 2 課題について研究代表者からヒヤリングをし、レビューを行った。従って、この報告も主にこの 2 課題についてのものとし、他の課題については短いコメントにとどめる。

C1. 電子・陽電子衝突測定器の開発

(責任者：幅 淳二)

この研究課題においては、2004 年度から 2006 年度までの間に、チェレンコフ測定による粒子識別、シリコン測定器、ASIC 技術をもちいた電子回路、高速データ収集システムなどの開発を行ってきた。日米双方でそれぞれ得意分野を中心にほぼ同等の役割分担を行い、効率的な測定器開発を行ってきたと評価する。

電子・陽電子衝突測定器の開発との課題名ではあるが、開発された技術の多くは関連分野に波及するはずである。結論として本委員会は標記研究課題について高く評価する。

C3. GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡の開発

(責任者：大杉 節)

本研究課題は、ガンマ線観測衛星 GLAST (打ち上げ後の名前は Fermi) の主要測定器 LAT (Large Area Telescope) の測定器開発である。日本グループは LAT で用いられた 70 平方メートルに及ぶシリコン・マイクロストリップ測定器の開発を成功させ、2008 年 6 月に打ち上げに成功し、測定器も軌道上で非常にうまく機能していることが確認された。

本委員会は、まず日本グループを含めた全 GLAST チームに開発、打ち上げ、観測開始の成功を祝福する。また、今後の科学成果に大いなる期待を寄せていることを表明する。

宇宙における観測機器は、不具合があった場合に交換ができないことから、確立した技術をもちいることが通例であるなか、技術要素決定段階では前例のない大面積のシリコン・マイクロストリップ測定器の選択をし、慎重な開発研究の結果それを完成させたことは真に賞賛に値する。

なお、本課題のように、もともと高エネルギー物理で開発された技術を他の近隣分野に応用するという点でも、この課題は日米科学技術協力事業の成功例として高く評価する。

C1, C3 以外の測定器開発課題

課題 C1, C3 以外については各測定器開発課題の報告をもとにした判断であるが、本委員会は各課題とも日米科学技術協力事業によって効率良く測定器開発を進めてきたことがうかがえる。

最後に近年の競争的資金では、資金獲得の際に具体的な科学的成果を要求されるため、測定器開発の分野では不利になる場合が多いと危惧される。このようななか、日米科学技術協力事業においてはコミュニティが真に必要なとする計画であれば、研究資金が測定器開発にも与えられてきた。今後ますます各研究分野で測定器開発の重要性が増すと考えられるので、日米科学技術協力事業における測定器開発などの開発研究の有効性などについて、より広く発信して行く必要があると考えられる。

D. 加速器技術の開発

D1. 線型衝突型加速器の開発

(責任者：峠 陽一)

本研究課題は、衝突エネルギー 500 GeV またはそれ以上をめざす、電子・陽電子衝突型加速器 (リニアコライダー) に関する加速器技術開発であり、1986 年に研究開発を開始し 2005 年までの長期にわたり継続的に実施された。主に KEK と SLAC 国立加速器センターと共同で行った X バンド (11.4 GHz) の高電界加速器技術開発と、日本側 KEK に設置された ATF ダンピングリングに関する技術開発である。本委員会は両方の技

術開発ともにすばらしい成果を挙げることが出来たことを賞賛したい。

Xバンド周波数を採用することにより、従来のSバンド周波数の線型加速器よりも数倍も高い加速電界を得ることが可能となるとの理論的な予想に基づいて、その基本要素である加速管、クライストロン、パルスコンプレッサーの技術開発を行った。特筆すべきは高加速勾配の加速管と75 MWの大出力パルスクライストロンの技術を大きく進展させたことである。

しかし残念なことであるが、International Technology Recommendation Panelによる2004年8月の採択は国際リニアコライダーとしてXバンドを採用せず超伝導技術を推薦し、この一連の技術開発に幕が下りた。その理由の一つは主に超伝導加速器技術を用いた場合の方がルミノシティが高くできる可能性が高いためである。本協力事業にて開発されたXバンド加速器技術は、その後、小型加速器の先端技術として最近注目を浴びており、投資された研究費は産業応用に無駄なく活かされつつある。

一方、KEK-ATFダンピングリングは、初期の目的である低エミッタンスビーム(4 pm@1.3 GeV)の生成に成功したばかりでなく、優れた計測技術を数々実現し、これらは他の加速器へ応用されており、総合的な研究開発が成功裏に行われた。

この一連のSLAC-KEK間で行われた研究開発は、双方が互いの優れたところを学ぶ機会を与えた点で大変に実りの多いものであった。ただし日本側が行う研究開発が日本の優れたメーカーの力によって底上げされているのと対照的に、米国側は担当研究所自身が持つ工作工場を使うかまたは周辺の研究所との連携によって大変によく練り上げられた技術を開発するという手法の違い(あるいは文化の違い)があり、技術開発方針の建て方や評価の仕方については、常に両者に微妙な意識のずれが存在したようである。

日米協力事業の資金的な援助は大変に貴重であり、稀有の存在であったが、それを受ける日本側研究者が真に米国の優れた手法を学ぶには、学術への取り組み方という姿勢の見直しが必要かもしれない。日本の大学の理学部関係の学科では伝統的にアカデミズム指向で、いわゆる手を汚す仕事は避ける傾向があり、ともすれば技術開発を軽視する傾向がある。しかし数々のノーベル賞を冷静に見ればわかるように、優れた発見には技術開発の過程で偶然に見出され、その後学術的に意味づけされた事例が数多くある。雑音の小さい電波望遠鏡を開発する過程で発見された宇宙背景放射はその典型である。大学での学術教育における基礎的な技術開発の位置づけを高める努力も必要であろう。

D2. 先端ビーム制御に関する研究

D3. 先端加速器のビーム制御に関する開発

(責任者：浦川順治)

この一連の研究課題において、将来のリニアコライダーおよびその他の先端加速器において必須となるビーム診断技術、制御技術が研究開発された。その中で、電子ビー

ムの位置を高精度で計測するための空洞型 BPM が、素晴らしい成果をあげ、KEK-ATF において位置分解能 9 nm という世界最高の性能を達成した。この技術はリニアコライダーにおいて、衝突点近傍での電子ビームの位置計測し、これを電子軌道にフィードバックを行い、数ナノメートルという極めて微小な電子ビーム同士を衝突点において効率よく衝突させる技術として十分な性能である。

また、その軌道フィードバックに必要なキッカーが開発された。これは真空中に設置した並行伝送線路に高速パルス流して、電場と磁場によって電子軌道を曲げる技術であり、いかに高速のパルスを反射のないように伝送させるかが技術的課題である。開発に当たった KEK 内藤氏を中心に、詳しい電磁波解析がなされ、立ち上がり時間 3 nsec という驚くほど高速なキッカーが開発されたことは評価に値する。

その他、遷移放射を用いた電子ビームの形状診断手法という興味深い研究も行われており、その実用性は別として電磁放射の基礎理論を駆使して、理論と実験からバランスよく着実にアプローチしている姿勢は共感に値する。

なおこれら開発は一朝一夕に得られたものではなく、SLAC、FNAL など米国の研究所との協力と競争という均衡の中で行われ、数々のトライアルアンドエラーを繰り返した結果に得られたものである。KEK-ATF がその試験の場を提供できたことは、従来日本の研究者が米国の加速器を借りて実験を行ってきたのと逆の現象であり大変に意義が大きい。

なお浦川氏がコメントに書いているように、米国からの研究者が日本に滞在する旅費を支出できるようになることが、日本が研究の場を提供する場合に強く望まれる。

D4. 高加速勾配線形加速器に関する開発

(責任者：早野仁司)

本研究課題は、衝突エネルギーが 0.5 ~ 1 TeV を目指すリニアコライダーの主加速部に関するものであり、2004 年 8 月の International Technology Recommendation Panel による採択に基づき、1.3 GHz の超伝導加速器技術を確立するため、ニオブ製超伝導空洞の製造プロセス、表面処理、コスト削減のための技術検討を行い、またこれを評価するためのテストスタンドの立ち上げを行った。9セルのニオブ製空洞を製作し、KEK にて開発された技術である EP 処理を行った。1セルでは 40 MV/m 以上の加速電界が得られており、これを9セルの現実的な加速空洞において、如何に安定に実現するかが今後の課題である。

早野氏がコメントに述べているように、この種の加速器技術の研究開発には長期と多額の予算を必要とするので、別枠の研究費で製作した機器の改造にかかわる経費を本協力事業の予算で支出可能なように柔軟な対応が望ましい。また大掛かりな設備を要することがあり、建物に付帯した設備について本協力事業の予算が支出できることが望まれる。

D5. 先端加速器技術の開発

(責任者：山口誠哉)

本研究課題は、超伝導空洞に関する開発、および高精度電子ビームの軌道制御技術の開発を行った。まず特筆すべきは、ニオブ製の空洞内面を観察するための、高性能ボアスコープを開発したことであり、これによって、空洞内面を直接観測して高電界性能に影響する不純物の析出物を確認できるようになり、性能評価が格段に進歩したことがある。また空洞型位置モニターの量産に適した検出回路を FNAL との協力によって開発しており、本協力事業の資金によって着実に技術開発が進んでいることに、委員会として評価する。

しかし、本研究課題に見られるように、予算を多種の関連性の比較的薄い開発に細分化して執行することは本協力事業本来の趣旨とは必ずしもそぐわない側面がある。このような課題の場合には、今後は積極的に競争的な資金への移行を薦めるのが適当であろう。

D6. 大強度陽子加速器の開発

(責任者：佐藤康太郎)

本研究課題は、H⁻ビームからレーザー光との相互作用により電子を剥ぎ取り、プロトンビームを生成する手法の高効率化をめざした実験を BNL にて実施したが、初回のビーム試験では、ビーム調整が不十分であったため、結論が得られなかった。予定されていたその後のビーム試験は、BNL の予算削減で中止となり、本研究課題は継続されず、不成功のままに終わっている。代表者である佐藤氏のコメントを見ると、この種の実験はトライアルアンドエラーが必要であり、少なくとも3回程度のマシンタイムを BNL に保証させるとともに、実施するだけの予算を継続して欲しかったとのことである。

課題審査委員会は、課題の実施に当たり、課題の妥当性、実施グループの許容量を慎重に評価し、ひとたび実施に至った場合には、正しい状況把握が望まれる。

D7. リニアコライダーにおける偏極陽電子生成のためのピコ秒 CO₂ レーザーの開発

(責任者：広瀬立成)

本研究課題では、レーザー光と高エネルギー電子のコンプトン散乱を利用して、偏極陽電子を効率よく生成する研究を行った。日本側研究機関では、計画通りに偏極陽電子の生成と偏極度の測定に成功。一方、米国側研究機関においては、短パルス・高エネルギー CO₂ レーザーの開発とコンプトン散乱の測定に成功した。また実験の副産物としてプラズマ航跡場による電子ビーム加速実験やコンプトン散乱の非線形効果観測にも成功し、実り多い研究成果となっている。

D8. 位相空間回転とミュオン冷却における大強度高輝度ミュオン源の開発

(責任者：石元 茂)

ニュートリノ・ファクトリーやミュオンコライダの実現を目指した加速器技術の研究開発のひとつであり、ミュオン冷却の技術開発を行い所定の結果が得られた。

D9. 複合機能超伝導磁石の開発

(責任者：山本 明)

J-PARC ニュートリノビームライン向けの複合（二極・四極）機能超伝導磁石を開発した。このため KEK の開発した超伝導 Q 磁石と BNL の開発した補正偏向磁石を組み合わせてビームライン用磁石システムを構築した。これらを重ね合わせ、検証実験を行い所定の性能を達成した。山本氏が述べているように、KEK と BNL が双方とも良い面を出し合って、新型の磁石を開発できたことは本協力事業のサポートによるところが大きい。

D10. 次世代高ルミノシティコライダの研究

(責任者：生出勝宣)

本研究課題では、KEK-B ファクトリーと SLAC PEP-II の衝突型蓄積リングの性能向上に関する研究を行った。この加速器では極めて高いルミノシティを得るために大電流の二つのリングを電子・陽電子の衝突を維持しながら同時に安定に運転するために、挑戦的な加速器の設計と繊細な運転技術を要する。ここで行われた研究は、ひとえにルミノシティを高める研究であり真空チェンバの材料評価、光電子雲による不安定性研究、デジタルフィードバック技術、ビームビーム効果のシミュレーション技術など幅広く、極めて実践的に行われた。周知のとおり、両加速器ともに運転開始から継続的な機器開発と運転技術の集積によって、ルミノシティが継続的に向上した背景には、本協力事業の予算に基づく継続的な資金が存在したことは意義が大きい。本委員会は、生出氏を中心に高い知性と強い熱意で B ファクトリープロジェクトを成功に導かれたことを賞賛したい。

D11. 大強度第2次ビーム標的材料の開発

(責任者：野海博之)

この研究課題は、目立たないテーマながら加速器に用いる材料の耐放射線性の研究という極めて重要なテーマである。特に J-PARC などメガワット級のビームが入射するターゲット材料のデータは今後ますます重要となる。BNL のビームラインを用いて、チタンなど基本材料の実験データ取得を系統的に行っている。

E. その他

E1. Particle Data Group

Particle Data Group の活動は1957年に始まり、その歴史はすでに50年を越えた。本プロジェクトによって2年ごとに更新・出版される **Review of Particle Physics** はほとんどの素粒子・原子核研究者にとって座右に備えるべき不可欠な資料になっている。日本からも20年以上にわたって何名かの研究者が参加し、重要な目に見える貢献を行っている。日米協力事業はParticle Data Group の活動を支えるための安定した財源として役立っており、今後も支援を続けていくべきである。

4. 日米科学技術協力事業費の特徴と課題

長期的に日米科学技術協力事業が成果を挙げることができた要因の一つとして事業資金の運営が効果的に行われたことがあり、本協力事業の将来を議論するに当たってその特徴を整理しておく。端的に言えば、高エネルギー物理学研究分野に特有な体質に事業費自体の持つ性格が適合すると共に、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)の責任の下で効果的に推進運営されてきたことが事業成功の大きな要因と考えられる。まずは事業費の持つ特徴を考察し、次に高エネルギー物理学分野に特に有効であった理由と残された課題について考察する。

事業費の特徴:

- 1) 国際性: 事業趣旨からいって当然のことであるが、予算・マンパワーとも発足当時としては最大級の国際事業であった。当時の高エネルギー物理学コミュニティの総力を挙げての国際共同研究の本格的な取り組みは、それ以降の大型国際協力研究の良きモデルとなり国際研究の輪を広げた。
- 2) 自主性: 事業参加研究者が自主的に資金を運用できたこと。事業資金そのものは KEK に配分されたが、課題採用後の資金運用はグループ責任者に任された。放漫にならないように毎年、レビューは行われたが、運用面では KEK は事務業務の裏方に徹したので自主性が保たれた。これは大学研究者の参入を促した大きな要因であり、分野の裾野を広げるために効果的であった。
- 3) 安定性: 安定な予算基盤を提供するため、中・長期的な研究の立案・実行が可能なこと。科研費では最長でも5年であり、本協力事業費における長期支援(大型研究に限らない)の重要性が認識された。特に大型の国際共同研究に当たっては通常役割分担が行われるため長期的なサポートは不可欠である。この特徴は日本側研究者のみならず米国側研究者にとっても魅力的で、協力したい優秀な研究者の参入に対する心理的障壁を低くしている。
- 4) 先行性: R&D 段階から資金投与が可能であり、研究の主導権を握る上で大きな効果が

あること。R&Dに必要な一般資金として科研費があるが、他分野にまたがる審査であるため潜在的な将来性や発展性を見極めることが困難であり、通常は実績を見た上で初めて認められることが多く、早期参入を困難にしている。

5) 機動性： 海外での行動力を高める大きな要因として研究資金と旅費が連動していること。研究資金に海外旅費が付与されることは通常困難である。特にグループ活動で研究の重要な担い手である若手スタッフや大学院生を派遣することは容易ではない。日本学術振興会主催の国際交流資金は、人の交流に主眼がおかれ研究資金を伴わないし選考基準も異なる。他の国際共同研究が助教・院生の旅費捻出に苦勞し、その困難が効果的研究活動の大きな阻害要因であったこととの大きな違いの一つである。

6) 開放性： R&D や実験課題のプロポーザルを大学やその他の研究機関に在籍する共同利用研究者から公募できること。地方大学にとって国際研究参入の障壁が小さく入り易かった。この裾野を広くしたことが大学参入を促し大型国際研究を可能にして、今日 KEK を世界の3大拠点にするにあたっての促進効果として現れたと思われる。

7) 柔軟性： 資金運用決定プロセスが柔軟であったこと。実務レベルでは、例えば米国の役務を執行できたことで米国側の人材・技術力を有効に活用できたことなどが挙げられるが、柔軟性はむしろ事業全体の戦略的立案において発揮されたと言える。ピアレビューによる審査および採択には、毎年日米双方の研究所所長も参加して行われたため、専門的かつ広い視野からの採択が行われ、長期課題であっても既得権化せず緊張感が保たれたこと、また国際情勢の変化に応じた柔軟な対応が可能であった。例えば最初の10年を過ぎて日本側が実力を付けるに従い、既存の実験に参加するだけでなく、SSC 実験、リニアコライダーに備えた加速器や測定器を含む R&D 等、広く将来を見据えた内容を取り入れるようになったこと、Bファクトリー建設、J-PARC でのニュートリノ実験準備など国内有力実験をも部分的には含めることができるようになったこと、素粒子物理における非加速器・宇宙実験の比重が増すに連れてその方面への進出も可能であったことが挙げられる。

他方では問題点も幾つか浮上した。

1) 人件費： 日本の大学事情ではシニアスタッフの常駐がほとんど不可能である。これは事業費の問題ではないが、補完手段として事業資金で現場責任者となり得る人(ポストドク以上)が雇えれば(現地採用を含む)、研究能力の底上げ、機動性が大幅に改良できる。

2) 国内執行： 日本が力を付けて、日本国内に基盤をおく研究に米国研究者が参加する形態の日米共同研究が増えてきたが、米国に基盤をおく研究が事業の対象であるため、日米協力実験であっても国内で行う実験のために使うことはできない。このため、国内での執行には制約があり、必ずしも実状に合わなくなってきた。同じことは旅費についても言える。本協力事業を効率的に推進するには、国内協力グループ間の研究打ち合わせなど国内旅費が必要不可欠な場合もあるが、事業費では執行できない。他の競争的な資金はその趣旨からしてこのような打ち合わせには使用できず、運営費交付金などでまかなうことになるが余裕のある研究

機関以外は困難である。

3) 研究者招聘：米国研究者を日本に短期または長期に招聘することが現地で執行に伴って効率的に作用することも多いが、招聘費用が事業費ではまかなえない。

4) 会計年度：米国側の会計年度と日本の会計年度が異なるため生じる執行の困難な事項もあり柔軟な対応が求められる。また単年度予算であるため海外での執行可能期間が実質的に半年くらいで短いことも不自由であることが指摘された。

高エネルギー物理学の特殊性

高エネルギー物理学の特殊性は基礎科学の一分野でありながら巨大科学であることに原因がある。基礎科学であるが故に研究を担う主体は大学であり、巨大科学であるが故に大型施設の共同利用研究所の存在および効率的運用が欠かせない。同じ巨大科学でも小規模研究の集合として巨大なのではなく、施設・実験装置ともにそれ自身が巨大であり、大グループの共同作業による研究が主体である点は他に類を見ない。それに伴って生じる研究形態に顕著な特徴を幾つか挙げる。

1) 国際性：加速器建設コストが大きく、LHC、ILC などのエネルギーフロンティア加速器は既に一国の財政規模を越えており、国際共同建設が必要である。第 2 のフロンティアであるフレーバー物理学を追求する加速器(ニュートリノ・ミューオン・B ファクトリーなど)はフェルミ国立加速器研究所・KEK・CERN 規模の研究所ならば単独で建設可能であるが、世界的な住み分けの結果、実験レベルではやはり国際共同研究となる。すなわち最先端の高エネルギー物理学実験はほとんど全てが国際協同実験であり、国際協力事業費は欠かせない。

2) 長期性： 加速器・実験装置の大型化により長期的な R&D、建設準備を経た上で、建設、実験遂行、解析の全ての段階で国際協同・協同実験が必須である。長期的な資金の安定性は長期実験に欠かせない。例えば、ほぼ同等の施設を建設しながら 1960 年代までは米国に比較し劣勢であった欧州が、80 年頃から優位に立ったのは安定した資金による長期戦略が可能であったことによる事が大きいと考えられる。

3) 先行性： 実験装置は分担して製作が行われ、各国グループの得意な技術を活かして行われるが、デザイン段階では R&D が平行して競争的に行われる結果、先行投資して結果を速く出したグループの提案が採用される確率が高い。普段から先端技術を先取りし R&D を行ってノウハウを蓄積しておくことは、最先端実験を他に先駆けて提案し、また共同実験グループ内での指導権を握る上で不可欠である。これは全ての研究分野に共通することであるが、長期にわたる高エネルギー物理学実験では特に重要である。

加速器においても、大型化により付随する細部技術が多岐にわたり、一国で多様な加速器機種のを網羅してノウハウを蓄積することは不可能になってきた。最近では各国の得意技が顕著に見えるようになり、R&D や先端加速器技術ノウハウ獲得に国際協力は欠かせない。

4) 長期現地活動： 準備・建設・実験各段階での相当数まとまった研究者グループの長期常駐が欠かせない。さらに大グループの協同作業であるため、各段階で分担部分と全体との

整合性の調節が必要であり、そのための連絡や方針決定のため頻繁に打ち合わせが行われる。高度な研究内容の議論や方針決定にあつてはシニアメンバーの常駐が不可欠である。

以上に述べた特徴は日本の伝統的な大学研究、ホームグラウンドでの小規模研究とは異質な体質である。特に講座制廃止に伴う研究の個人化とは相容れない形態であり、大学における高エネルギー物理学の普及が遅れている大きな原因である。列挙した特殊事情のうち、本協力事業費は国際性・長期性・先行性などのニーズを満たし、長期現地活動の必要性もまた、旅費を連動させて機動力を高めることによりある程度の効果はあげることができた。事業費の性格が高エネルギー物理学の持つ特殊ニーズに良くマッチしたことが、効率的運用を可能とし成果をあげることができた大きな要因である。

残された課題：しかし、事業評価の中で指摘された対等性の問題、提供資金に見合うヴィジビリティの欠如の問題は、まさに長期現地活動の必要性を十分に満たしきれなかったことに大きな原因があると考えられる。特にシニアメンバーの長期常駐が不可能であることが致命的である。これはシニアスタッフの長期不在を許さない日本の大学の事情に原因があり、日米事業費に関わる直接の問題ではないが、背景問題として常に意識する必要はあり解決の努力を怠ってはならない。解決策として次のような方策が考えられる。

まず、外国や日本の一部大学で実施されているサバティカル制度を各大学で実現し有効に利用することである。サバティカルが可能なのは、その結果生じる教育要員の不足を分散もしくは補完する体制が整っていることを意味し、アウェーでの研究活動を行いやすくする環境であるので広く奨励すべき制度と考える。

より効果を上げるには、中心機関である **KEK** に加えて、各大学に事業に特化した施設もしくはセンターを設けることが望ましい。大型グループ研究には同じ領域の研究者をある程度ストックすることが必要であるし、長期不在者の教育補完活動も有効に行えるからである。そのためにも、もし事業資金で現場責任者となり得る人（ポストドク以上）が雇えるようになれば、その人材を活用し、また少し以前までは関連研究分野の組織として運用されてきた大学の施設等を転換して、新たに大学内の研究科などに属する組織をつくる可能性なども考えて、アウェーでの研究活動基地として活用することが考えられる。

上記対応策の実現には、確固とした科学政策方針と当事者の不断の努力が必要であり、早急に実現できる性質のものではない。しかし、上にあげた高エネルギー物理学の特徴は現時点でこそ特異な面があるが、基礎科学研究形態の将来像の一端を高エネルギー物理学が先取りしているとも考えられる。共同利用という研究形態が過去にそうであったように、これらの特異性は研究活動のグローバル化に伴い、いずれは他の分野に波及してゆく運命にあらう。高エネルギー物理学研究を大学の研究として定着させることは、巨大科学を大学の研究に組み込むための試金石ととらえるべきである。

そのモデルを東大の原子核科学研究センターや素粒子物理国際研究センターに見る事ができる。本協力事業の中の **PHENIX** という大型国際共同実験で非常に重要な貢献ができた

要因として原子核科学研究センターの存在は大きい。素粒子物理国際研究センターは小柴教授が始めた国際共同研究(当初日露、後に日独・日欧)を発展させる段階で、前線基地として立ち上げた施設が発展したものであり、他の施設を転換させたものではないが、やはり一つのあるべき姿を示している。LHC 参加にあっては、ハードウェア提供者の KEK とソフトウェアが主体の東大素粒子物理国際研究センターが前線基地としての役割を果たして大学連合のコアとなり、なおかつ MEG 実験など東大主体の国際実験を主導している。LHC ほど巨大ではなくも各種国際協同実験において地域センターがあり、近傍大学が連合し独自の研究を推進できる体制になれば、高エネルギー物理学のような巨大科学でも大学における研究活動として定着し、コミュニティの健全なる発展に寄与できよう。本協力事業は東大の始めた先駆的な国際共同研究を全国レベルに広めた画期的な試みである。巨大科学を基礎科学として大学に定着させる文脈で見れば、開設当初にはその意図が薄かったとしても、事業はその流れを加速するための適切な内容と形態を持ち、既に大学での研究遂行における一つの選択肢として定着している。事業を縮小することは流れに逆行することになる。すでに本協力事業の R&D テーマの中には地域センターレベルに発展させても良い芽が芽生えており、流れを止めないためには中断せずに継続発展させることが必要である。また事業の柔軟性が長期にわたる成功の要因であったことに留意すれば、事業対象を大型研究・加速器実験に限らず積極的にテーマを募集して裾野を広くする事も肝要である。

当面の策として、日米協力事業の枠内で長期現地活動を向上させる可能性としては、次のような方策が考えられる。シニアスタッフの常駐は現状ではほとんど不可能であるが、補完手段として事業資金で現地の研究活動に責任を負える研究者が雇えれば(現地採用を含む)、研究能力の底上げ、機動力が大幅に改良できる。現地に出先機関を設立して直接雇用を可能にする方策も考えられる。大学グループの強化策には直接つながらないかも知れないが、共同研究グループの強化策にはなるので考慮すべき選択肢の一つであろう。

5. 国際資金の必要性

日米科学技術協力事業費もしくは類似の国際事業費の必要性は今後もますます高くなると思われ、そのニーズを幾つか考察する。

1) **実験のグローバル化:** 素粒子物理の将来計画の中で、次期国際大型計画の LHC に期待されているのはヒッグス粒子発見を踏まえての質量発生機構解明や SUSY 粒子発見などによる標準理論を越える物理に関する手掛かりを得ることにある。LHC で何らかのヒントが得られれば次の大型国際施設としてリニアコライダーが浮上するであろう。一方、上記エネルギーフロンティアに物理内容と実験手法の両観点から相補的でありかつ相乗効果を期待できる研究分野がフレーバー物理であり、ニュートリノやミューオンの計画、そして B を含むクォークフレーバー物理に関する将来計画が幾つか浮上している。こちらは全世界的な国際協力に頼らずとも大型加速器研究所が独自に追求できる程度の規模であり、日本における J-PARC 建設、B

ファクトリーの高度化、米国フェルミ国立加速器研究所のプロジェクトXなどがある。CERN でも LHC が軌道に乗る 2012 年には次期将来計画が策定される予定であるが、フレーバー物理は重要なオプションと考えられる。これら第2のフロンティア実験は大型研究所が単独で計画し得るものではあっても、世界的には住み分けが行われる結果、多国籍研究者の国際共同研究になる運命にある。実際、フレーバー物理で世界の最先端に行く日本で、J-PARC における T2K ニュートリノ実験、B ファクトリー実験や神岡実験に代表される非加速器地下実験は全て大型の国際協力実験となっており、これからの素粒子物理学実験は国内国外を問わず、また加速器・非加速器実験を問わず国際協力抜きには考えられない。

こうした情勢のもとで、LHC 実験については幸いに大型の実験費が手当てされ展望が開けたが、その他の実施中の国際実験や模索段階にある実験プロジェクトについて、アンテナを高く張り世界の情勢を敏感に掴み、最先端のR&Dを先行投資して参加する共同実験で主導権をにぎるためには、国際社会での機動力を持つ必要がある。本協力事業費にはこれら先行投資・機動力発揮にふさわしい運用の実績があり、また将来の大型研究に発展し得るテーマも幾つか芽生えている。これらの芽を育て国際研究活動のさらなる展開を計ることがこれからの本協力事業にふさわしいプロジェクトとなろう。

2) 国際貢献: 科学技術立国を国是とする日本にふさわしい国際貢献の一環として、将来的にはアジアにおける研究センターを目指すべきと考えられる。KEK は既にアジアからも多くの研究者を招き寄せるセンターとなっているが、CERN のように組織的に整備されておらず、個々のアジア研究グループは一様に苦勞している。米国の研究者が日本に行った貢献を今度は日本が引き継ぎアジアの研究レベルの底上げに使う姿勢が肝要と考えられる。日米協力の最初の 10 年間の日本側研究者の経験はこれらアジア諸国との国際研究活動を発展させる上で大いなる参考となろう。

3) 日米関係の変化: 日本の研究者は長年にわたって本協力事業を通じてアメリカの施設を利用することによって世界レベルの研究を進めることができた。しかし現在ではアメリカと日本の相対的地位が変化してきており、日本側がそれに見合った対応をすることが必要である。具体的には、最近の日本国内の大型実験施設へ多くのアメリカからの研究者が参加しているという事実を踏まえ、日本で行う日米協力実験もサポートすること、アメリカ側の資金調達が不調なときには日本側から支援できるような柔軟性を持たせること、米国側研究者を日本の資金で常駐できるようにすること、米国研究者への旅費支弁を可能にするなど状況に対応した日米科学技術協力事業の制度の改善が望まれる。

4) 加速器研究: 加速器研究開発など高エネルギー研究を基礎から支える技術の開発には長期を要する。またその開発される技術単独では、科学分野への直接的な目立った成果と見なされない場合が多く、個別の成果を評価の対象として次期の予算へフィードバックする形式の予算になじまない場合が多い。すなわち R&D の要素の多い基礎研究と見なすべきテーマが多い。加速器技術は、学術的な基礎理論の進歩と技術的、工業的な進歩が相互に刺激しあって進んできた。米国から出てくる基礎理論を日本が技術的に実現する場合が多かったが、

最近では日本発の基礎理論の上に米国が加速器を実現するケースも出ている。加速器の大型化多様化により各国がそれぞれ独自の得意技を発達させたため、日本単独では、バランスの良い進歩が期待できず、海外との相互の刺激・技術交換が必須になった。

残念なことであるが、日本の学生の理科離れのために、物理、工学分野の学力の低下が著しい。加速器そのものは技術分野であるが、その原理の理解には深い基礎物理の知識が不可欠である。日本の工業水準は極めて高く、加速器コンポーネントの製造には有利であるが、基本に立ち返った最先端の技術開発を行ってゆく力が上記の理由により消失しつつある。この状況は、加速器研究が大学の研究テーマから研究所の占有事項に移行したことの影響が大きいと考えられる。加速器が、発祥の地原子核・素粒子分野を超えて、原子分子や物性物理・生物学研究まで応用範囲を広げつつある状況に照らしこれは逆行現象と言える。この理由は現状では加速器研究が最先端加速器の存在する研究所以外では、人的・財政的資源の点から極めて困難な状況にあるためであるが、後継者養成の立場からは憂慮すべき事態である。当面の対応策は研究所での教育活動、R&D の強化であるが、加速器開発研究において長期 R&D をサポートする国際資金の需要は非常に大きい。

5) 若手養成の場として： 日本の若い研究者が国際環境においてリーダーシップを発揮できるような教育、訓練を施すことがこれからますます重要になる。日本学術振興会の支援などこれまでの他の国際奨学資金は、外国での滞在費(状況によっては幾ばくかの研究資金を伴うこともあるが)を支給する武者修行費のような性格が強かった。本協力事業では数多くの国際的に通用する研究者が養成されたが、それは国際的な先端研究グループ組織の一員として、かつ責任あるメンバーとして研究実績の積み上げが可能な、単なる学習を越えた実戦の場が提供されたことに大いに関係がある。事業の趣旨は研究支援であっても、本格的な国際共同研究には、若手研究者や院生が研究の中核を担う場が自然に提供される事実は、教育的な見地から十分に考慮すべき側面である。

6. サマリー

日米科学技術協力事業(高エネルギー物理学)は日本の高エネルギー実験の発展に非常に大きい貢献を果たした。当初はアメリカの進んだ研究を取り入れて日本の研究の急速な発展に貢献し、近年では対等なパートナーとしての研究スタイルが確立したことにより、両国の研究の発展に大きく寄与した。このシステムがうまく機能した理由として、厳しいピアレビューによる採択、評価に支えられてきたこと、本協力事業費の持つ特徴である長期的安定性、柔軟性が事業の成功を大きく促進し、日米の研究者の信頼関係の構築に非常に大きく貢献したことが挙げられる。

科学における相対的地位向上に合わせ、日本国には世界をリードし支援する責任が生じたことを自覚すべきである。特にアジアの研究レベルの底上げ、日本国内の実験に参加する米国を始めとする海外研究者への支援など、過去の本協力事業費で受けた恩恵に報いるべく、今後は海外研究者を支援するという姿勢を持つべきである。これらの国際貢献は科学技術立

国を国是とする日本の義務であるとも言えよう。

これまでの考察から明らかなように、高エネルギー物理学、特に加速器に関係した実験は、アイデアの段階から準備期間を経て実際の実験、そしてその解析という非常に長期的なプロジェクトになる場合が多く、そのため科学研究費補助金のような短期的に成果を求める研究費にはなじまない側面も多い。また加速器そのものの開発というような地味で時間のかかる研究にも、科研費とは異なる性格の資金が必須となる。本協力事業は、このような高エネルギー物理学の特性に非常にマッチした事業であり、事実過去の30年間にわたりアメリカからの知識と経験の吸収とその消化の期間を経て、最近に見られるように日本のレベルが一部ではアメリカのレベルを凌駕するという段階にまで我が国の高エネルギー物理学のレベルを引き上げる過程で大きな役割を果たし、非常に有効な投資となった。現在においても、さらに将来を見据えた高エネルギー物理学の発展を考えれば、リニアコライダーを含む先端加速器の技術開発研究を含めて本協力事業への期待が研究者の間で非常に強い。

このように、本協力事業の継続にはその学問的なメリットという観点から研究者の間で一致した強い要望があり、近年の高エネルギー物理学のグローバル化を考えれば、この効果的に機能している枠組みと同様なものをヨーロッパ・アジアなどの他の国・地域に広げて更なる研究の発展をはかることも有用と考えられ、その方向での努力を始める時期である。また日本国内での国際共同研究が増加しつつある実情に合わせ執行形態も柔軟に対処すべきと考える。

7. 提言

- 高エネルギー物理の実験は本質的に長期にわたる実験が多く、本協力事業のように長期的に安定なサポートの可能な資金のニーズは高い。ぜひとも継続すべきである。
- 本協力事業の対象を日本国内での日米国際実験にも拡張すべきである。
- 長期的に開放的かつ公正な運用を維持するために、今後も引き続き事業の運営にはコミュニティに開かれた透明なプロセスで行う努力を尽くすべきである。

添付資料

1. 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）第5次評価委員会委員名簿

委員	潮田資勝	物質・材料研究機構・フェロー
	梶田隆章	東京大学宇宙線研究所・所長
	川越清以	神戸大学大学院理学研究科・教授
	新竹 積	理化学研究所播磨研究所・主任研究員
	長島順清（委員長）	大阪大学・名誉教授
	藤川和男	日本大学理工学部・教授
事務局	野崎光昭	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

2. 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学）第5次評価委員会の開催状況

回	日時	場所	議事内容
1	2008.10.2(木) 14:00～15:50	八重洲富士屋ホテル	高崎所長からの挨拶の後、委員長(長島順清)を選出した。引き続き、野崎副所長から事業の概要説明があり、本委員会の目的、今後の進め方について議論を行った。
2	2008.11.17(月) 10:00～18:30	高エネルギー加速器研究機構	各研究課題別に各研究課題代表者から活動状況を聴取、並びに評価報告書の執筆分担について議論を行った。
3	2008.12.22(月) 13:00～16:30	高エネルギー加速器研究機構	事業評価の取りまとめについて意見交換を行った。

3-1 評価対象及び各研究課題の予算規模

	代表者	事業 期間	評価期間運営費交付金配分額(単位百万円)						全期間 総記分額 (2008 込)	
			2003	2004	2005	2006	2007	合計		
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-Collider Detector at Fermilab)	受川史彦	1979-2008	120	115	89	70	65	459	6,904
A2.	RHIC における高エネルギー重イオン衝突実験 (PHENIX)	小沢恭一郎	1984-2008	140	126	80	50	50	446	3,626
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	1992-2005	30	8	7	—	—	45	502
B2.	KL→π ⁰ e+e-他 稀崩壊の研究 (KTeV)	山中 卓	1992-2004	10	10	—	—	—	20	511
B3.	KOPIO:K0→πO ν ν 崩壊の検索 (KOPIO)	笹尾 登	2001-2005	5	5	2	—	—	12	27
*B4.	タウニュートリノの検出 (τ-Neutrino)	丹羽公雄	1995-2004	0	0	—	—	—	0	190
C.測定器開発										
C1.	電子・陽電子衝突測定器の開発 (Detector R&D:LBL)	幅 淳二	1982-2006	100	68	45	20	—	233	1,600
C2.	⁷ Be 太陽ニュートリノ検出を目指すカムランド検出器高感度のため の開発研究 (R&D for improvement of KamLAND Sensitivity)	白井淳平	2000-2005	10	14	0	—	—	24	98
C3.	GLAST ガンマ線宇宙望遠鏡の開発 (GLAST)	大杉 節	1998-2008	30	63	19	10	10	132	322
C4.	長基線ニュートリノ実験のための基礎データ収集及び測定器開発 (SciBooNE)	中家 剛	2006-2008	—	—	—	30	18	48	58
C5.	KL→πO ν ν 実験のための測定器及びビームライン開発研究 (Detector and Beamline R&D for the KL→πO ν ν Experiment)	小松原健	2006-2008	—	—	—	10	10	20	30
C6.	ミュオン電子転換探索実験実現のための新展開 (A New Initiative for Realization of Muon-Electron Conversion Experiment)	青木正治	2007-2008	—	—	—	—	13	13	18
D.加速器技術の開発										
D1.	線形衝突型加速器の研究 (Linear Collider)	峠 暢一	1986-2005	329	342	519	—	—	1,190	5,813
D2.	先端ビーム制御に関する研究 (Advanced beam control)	浦川順治	2006	—	—	—	184	—	184	184
D3.	先端加速器のビーム制御に関する開発 (Development of Beam Control for Advanced Accelerators)	浦川順治	2007-2008	—	—	—	—	30	30	60
D4.	高加速勾配線形加速器に関する開発 (High gradient Linac)	早野仁司	2006	—	—	—	371	—	371	371
D5.	先端加速器技術の開発 (Advanced Accelerator Technology)	山口誠哉	2007-2008	—	—	—	—	157	157	296
D6.	大強度陽子加速器の開発 (High Intensity Proton Facility R&D)	佐藤康太郎	1997-2006	20	15	4	4	—	43	183
D7.	ピコ秒 CO2 レーザーの開発 (Pico-second CO2 Laser)	広瀬立成	1998-2004	15	5	—	—	—	20	72
D8.	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)	石元 茂	2000-2006	23	16	9	0	—	48	103
D9.	複合機能超伝導磁石の開発 (Superconducting Combined Function Magnets)	山本 明	2003-2005	20	10	0	—	—	30	30
D10.	次世代高ルミノシティコライダーの研究 (R&D for Next Generation High Lumi. Colliders)	生出勝宣	2003-2008	10	29	39	35	31	144	174
D11.	大強度第2次ビーム標的材の開発 (R&D for Material Property for High Power Targetry)	野海博之	2004-2005	—	5	0	—	—	5	5
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	1979-2008	93	52	68	63	59	335	2,538

(* の課題は個別評価を行わなかった。)