

2005年8月31日

日本学術会議 物理学研究連絡委員会委員長

北原 和夫 殿

高エネルギー委員会

委員長 野崎光昭

国際リニアコライダー計画への取り組みについて

要望

国際リニアコライダー (International Linear Collider, ILC) は、超伝導リニアックを用いた次世代の革新的な電子・陽電子コライダー (衝突エネルギー: 0.5~1 TeV) である。最高エネルギーでの電子・陽電子衝突により、素粒子物理の未踏の領域を切り拓き、宇宙創成の謎に迫る新たな物理原理・自然観を構築することを目的としている。その学術的重要性・緊急性により、素粒子物理における次世代最重要プロジェクトとして、世界中の素粒子物理学研究者が協力してその早期実現を目指している。我が国の素粒子物理学研究者は、世界に先駆けて ILC の重要性を認識して¹ その研究開発を主導的に推進しており、世界規模で展開されている加速器開発・測定器開発の両面に於いて重要な一翼を担っている。また、加速器先進国である欧米だけでなく、アジア諸国との共同研究を積極的に展開し、ILC 国際共同設計活動におけるアジアの拠点としての役割を果たしている。

我が国の高エネルギー物理学研究者は、ILC を早期に実現し、エネルギーフロンティアにおける未踏の領域を自らの手で切り拓きたいと切望している²。研究者コミュニティの意志を代表する高エネルギー委員会は、ILC における素粒子研究、加速器研究の学術的重要性に鑑み、日本学術会議が ILC の早期実現と研究者コミュニティの積極的な参画を支援するよう要望する。

ILC の意義

20世紀、高エネルギー加速器により次々と発見された数々の「素粒子」は、6種類のクォークと6種類のレプトンという基本粒子に帰着された。基本粒子間に働く相互作用については、ゲージ対称性に基づくゲージ粒子 (W/Z, グルーオン) の存在が加速器によって検証され、素粒子の「標準理論」という形に総括された。基本粒子間の混合については、日本が主導する B ファクトリーやニュートリノ実験によってその全貌が次第に明らかになりつつある。

しかし、本来の対称性からは質量をもつことのできないゲージ粒子や物質粒子が何故質量をもっているのか、言い換えればゲージ対称性が如何に破れているのかについては、未だ実験的に検証されていない。

¹ 高エネルギー委員会、将来計画検討小委員会答申 (1997年5月)

² 高エネルギー委員会声明 (2004年11月)

ゲージ対称性を破るヒッグス粒子は、2007年に運転開始予定のLHC (Large Hadron Collider)³で発見されると期待されている。対称性の破れ、ひいては真空の構造を理解するためには、ILCにおいて、ヒッグス粒子の性質を極めて高い精度で測定することが必須である。これによって初めて、ヒッグス場による対称性の破れが標準理論の枠内であるか、またはどのような新たな理論的枠組みを必要とするかが明らかになり、今後の素粒子物理学の進むべき方向を決定する。

さらに、ILCでは標準理論のエネルギースケールを超えるため、そのような未知のエネルギースケールで成り立つとされる超対称性や余剰次元等の理論が予言する数々の新粒子を発見する可能性が高い。なかでも、天文観測により存在が明らかになった宇宙のダークマター（暗黒物質）を構成する新しい素粒子の発見が大きく期待されている。そうなればILCによるダークマター粒子の直接生成とその精密測定によって、現在の宇宙の全エネルギーの約1/4を占め、宇宙の誕生と進化を支配するダークマターの正体を特定することができるだろう。

ILCにおける研究課題を網羅することは他所に譲るが⁴、最高エネルギーの電子・陽電子コライダーは、新現象、新粒子の発見だけでなく、それらを比類ない精度で測定することにより、新たな原理、新たな自然観の構築を可能にする加速器である。

ILC 開発の国際状況

電子・陽電子コライダーは素粒子同士を衝突させるため、始状態が確定してバックグラウンド反応が少なく、非常に高い精度での物理研究が可能となっている。その一方、放射損失を避けるために線形加速器を用いるILCでは、一回きりの加速、一回きりの衝突で十分なエネルギーとルミノシティを達成しなければならず、加速器として技術的なハードルはとても高い。ここでは、新しい加速器技術の開発、特に高電界加速と超低エミッタンスビームの実現が鍵を握っている。

我が国においては、高エネルギー加速器研究機構（KEK）に先端加速器試験施設（ATF）を建設し、超低エミッタンスビームの生成・制御・診断技術を開発する一方、より高い加速勾配を実現可能な主リニアックの開発を進めてきた。これらの成果は、2003年初頭に物理や測定器の研究と合わせて、アジア将来加速器委員会（ACFA）主催の研究会で発表され、報告書にまとめられている（脚注4参照）。

世界的にも、欧米の主要加速器研究所（CERN, DESY, FNAL, SLAC）において並行してILCの開発が行われてきたが、LHCとの同時期運転という素粒子物理研究の緊急性が高いこと、一国では実現が難しい大規模プロジェクトになること等から、世界が一致協力して開発を進め、早期建設を目指すことが合意された。そこで、ILCに用いる加速技術を統一すべく、国際将来加速器委員会（ICFA）の下に国際技術推奨委員会（ITRP）が設置され、その答申に基づいて2004年8月に、超伝導加速方式を用いることが決定された。この直後の11月にはKEKが第1回ILCワークショップを主催し、世界的な国際協力による新たな研究開発体制が発足

³ 衝突エネルギー14 TeVの陽子・陽子コライダー、欧州原子核研究機構（CERN）で建設中

⁴ “GLC Project” KEK-Report 2003-7, 日本物理学会誌解説記事（2005年掲載予定）等
GLC: Global Linear Collider (ILC以前の日本での呼称)

した。ICFA では ILC 推進の国際的な総合調整を行う ILC 運営委員会 (ILCSC, 議長は黒川真一 KEK 教授) を設けているが, そこに新たに GDE (Global Design Effort) という組織が設置され, B.Barish 氏 (前カリフォルニア工科大学教授) を総括リーダーとして, 2005 年初頭から ILC の共同設計活動が開始された。GDE は, 欧州・北米・アジアの三地域センターから構成され, KEK がアジア地域センター (センター長: 高崎史彦 KEK 教授) の研究開発拠点となった。

2004 年 11 月, ACFA は ILC に関する 3 度目の声明を発表し⁵, 国際協調の精神を評価するとともに, 我が国が ILC 建設に於いて中心的な役割を担うことを強く求めている。また KEK はアジア各国の加速器研究所と協力関係を強化し⁶, KEK に建設する ATF-2 や STF (Superconducting RF Test Facility) 等を舞台に国際共同研究を推進していく。

加速器開発と並行して ILC での素粒子物理研究, 測定器開発も世界各国で進められており, その国際組織委員会の共同議長を山本均東北大学教授が務めている。現在は複数の測定器デザインが提案されており, 我が国からも多数の大学・研究所の研究者がそれぞれのデザインに沿った開発研究を活発に行っている。

GDE では, 2005 年 8 月に米国で開催される第 2 回 ILC ワークショップで加速器の基本仕様を絞り込んだ後, 2006 年末までには基本設計を完了させ, 2008 年に工学設計書を完成させることを目標に活動を行っている。

結び

我が国の高エネルギー物理学研究者は, 今後とも ILC 計画に積極的に参画し, その早期実現に全力を尽くす所存である。そこで, ILC の学術的意義, 我が国の研究者の ILC への取り組み, アジアの研究開発拠点としての役割を鑑み, 日本学術会議が ILC の早期実現と研究者コミュニティの積極的な参画を支援するよう強く希望する。

⁵ The 3rd ACFA Statement on International Linear Collider (2004 年 11 月)

⁶ MOU 締結機関: Institute of High Energy Physics (China), The Center for High Energy Physics (Kyungpook National University, Korea), Pohang Accelerator laboratory (Korea), Center for Advanced Technology (India), Tata Institute of Fundamental Research (India)