

## 会議報告

## 実現に向けて次の段階へ進む ILC 計画 (北京 GDE 会議報告)

久保 浄\*

### ILC Project is going to the Next Step (Report of GDE meeting in Beijing)

Kiyoshi KUBO\*

#### Abstract

A meeting of GDE (Global Design Effort) for ILC (International Linear Collider) was held at IHEP in Beijing from February 4 to 7, 2007. A draft of RDR (Reference Design Report) including cost estimation of the machine construction was released. There have been several important changes in the machine configuration in this half year. After the conceptual design phase, the activities are going to the next step, the engineering design. Toward completion of the engineering design, GDE is going to be strengthened and re-organized.

2月4日から7日までの4日間、北京のIHEP (Institute of High Energy Physics)において、ILC (International Linear Collider)-GDE (Global Design Effort) 会議と、ACFAのILC物理・測定器ワークショップが合同で開催され、世界中から200人以上の研究者が参加した。筆者はKEK加速器のILCグループの一員として、また、GDEのメンバー、GDEの加速器物理グループ (Accelerator Physics Technical System Group) の共同責任者の一人として参加した。ここでは加速器の設計に関して、今回のGDE meetingまでの最近の進展を中心に報告をさせていただく。

この会議のハイライトは、ILCの建設コストの試算を含む基準設計報告書 (RDR) のドラフトが発表されたことであろう。この報告書はICFAに提出され、GDE会議終了の翌日には記者会見が開かれ一般向けにも公開された。また、RDRにくわえて、一般向けにILCの物理と加速器の要点を紹介したCompanion Documentのドラフトも公表された。これらは<http://www.linearcollider.org/cms/>もしくは<http://lcdev.kek.jp/RDR/>からダウンロードすることができる。

これまで、BCD (Baseline Configuration Document) と呼ばれる加速器の基本的な設計を決める文書が存在したが、一般に公開されたとはいえ、実際に

は設計に参加する研究者のための資料という性格が強かった。また、これとRDRの大きな違いはコスト評価が入っているかどうかということになる。すなわち、RDRではコストの評価ができる程度に十分詳細な設計が行われているということである。

重心エネルギー500 GeVの段階までの加速器建設に要するコストは、以下のように試算された。誤差は30%程度あり得ると言われている。

“Shared” 48.7億 ILC 単位  
+ “Site Specific” 17.8億 ILC 単位  
+ “Explicit Labor” 1.3万人年 (2200万人時間)

“Shared”とは参加国が負担を分担すると見込まれる部分で主に加速器の本体、“Site Specific”とはホストする国・地域が負担する可能性が高い部分で、土木関係などの項目が含まれる。“Explicit Labor”とは研究所職員あるいは契約雇用などの直接の労働を意味する。換算レート、1 ILC 単位 = 1米ドル (2007年) = 117円 = 0.833ユーロ、を使っている。

ただし上記の評価ではインフレ、税金、間接経費等は数えていない。また人件費の計算の習慣も国によって異なる。これらのことを考慮した各国の会計規則に従った見積もりへの換算は個別に行う必要がある。さらに、最終設計に至るまでの開発予算、建設後のシステム立ち上げ試験経費、運転経費、物理実験用の測定

\* 高エネルギー加速器研究機構, 加速器研究施設  
High Energy Research Organization, Accelerator Laboratory  
(E-mail: kiyoshi.kubo@kek.jp)

器のための建設費用も別枠になっている。

加速器の基本的な設計は昨年3月にインドのバンガロールで開催された GDE 会議を区切りにひとまず固定され、それに基づいたコストの評価が加速器各部に責任を持つグループ毎に行われた。そして昨年7月のカナダのバンクーバーでの GDE 会議までに集計された。今回の発表までの間、コストの数字を知り得る人は極力限定され、バンクーバー会議での数字の全体、合計を知り得たのは GDE ディレクターと3人の「Cost Engineer」のみであったが、合計コストが大きすぎるとの GDE ディレクターの判断により、基本的な設計の変更を含めてのコスト削減を検討すべしとの号令が下った。これ以後、技術的な進歩によるコスト減も当然追求されてきたが、装置の予備や仕様の余裕を減らすなど加速器の性能をある程度犠牲にしても合計コストを減らすことが検討されてきた。又、物理からの加速器のパラメーターに対する要求は2003年に発表された ILCSC (ILC Steering Committee) のパラメーター小委員会の報告によって規定され、GDE はこれに基づいて設計を進めてきたが、加速器の設計変更検討に合わせる形でこの小委員会が再度パラメーターの見直しを行った。

このような動きの中、昨年11月のバレンシア (スペイン) での GED 会議を経て、この約半年の間に基本設計に以下のような大きな変更がなされた。

- (1) 衝突点、実験ホールを2つから1つに減らし、2つの測定器の入れ替え (push-pull と呼ばれる方式による) により2つの異なる測定器による実験を確保する。
- (2) 陽電子のダンピングリングを2つから1つに減らす。
- (3) ダンピングリングのトンネルを2つ (電子と陽電子で独立。敷地の両端に配置) から1つに減らし、敷地の中央に配置する。
- (4) 主ライナックの一部が故障したときのための予備の加速ステーションを省略し、ビームエネルギーの余裕をなくす (ただし、後で必要になったときのため、予備を入れるためのトンネルの長さは確保しておく)。

この他、主ライナックのトンネルを2つから1つにする (クライストロン等の高周波源とビームが通る加速器本体を同じトンネルに入れる) 案、陽電子源を「アンジュレーター方式」から「コンベンショナル方式」にする案が検討されたが、これらは見送られた。

これらの変更の結果2~3割のコスト減となり、試算されたのが先に述べた数字である。

なお、RDR はまだ部内向けドラフトの段階で不完全な部分があり、最終ドラフトが4月に公表され、外部からの評価検討を経て、夏までに出版される予定である。

ILC-GDE の活動は、概念設計の段階から、今後約3年間を予定した実際の建設に向けた「engineering design」の段階に進むことになる。ただし、この過程で基本的な設計の変更もありうる。RDR に述べられるのは最良と思われる設計の現時点での「snapshot」であり、今後の R&D の進展 (あるいは予測どおり進展しないこと) によって変更されるものである、ということが今回の会議でも再確認されている。加速器の基本的な設計 (configuration) は「CCB (Configuration Control Board)」と呼ばれる委員会で管理され、今後も全ての変更はこの委員会での議論を通して行われる事になっている。

巨大な測定器の「push-pull」方式による入れ替えが本当にうまくいくのか、陽電子ダンピングリングでの電子雲による不安定性の問題、アンジュレーター方式による陽電子源の信頼性、などは懸念されるであろう。これらの問題は、今後再度の大きな設計変更につながる可能性がある。また、加速空洞の開発の進展によっては加速勾配の設計値を変更する可能性もでてくるであろう。主ライナックでの平均加速勾配は現在 31.5 MV/m と設定されているが、これを上げることができれば全体の長さの短縮と加速ユニット数の減少につながり、コストも削減することができる。逆に、この加速勾配を安定的に実現するめどが立たなくなるようなら、要求されるビームエネルギーを実現するためのコストの増大を招いてしまうことになる。実際、加速空洞の性能歩留まりの向上は現在最優先の技術課題の一つであり、後述の今後の開発「Work Package」のなかでも大きな比重を占めることになるとされる。この点で、日本が主導的な役割を担っている高電界空洞の開発は非常に重要なものとなっている。

4日間の会期のうち1日はグループに分かれて今後の R&D の具体的な内容等について各分野での議論が行われた。残りは全体会議であったが、RDR 後の GDE 内の組織、運営をどうするか、という議論にも多くの時間があてられた。GDE ディレクター、あるいは Executive Committee からの主な提案を上げるならば、以下のようなになる (筆者個人の勝手な解釈を含んでいるかもしれない)。

(1a) GDE メンバーの拡大。とくに、engineer を増やす。(これまでの概念設計の段階では「physicist

dominant」であったが、engineeringを強化.)

(1b) プロジェクトを統括する「Project Manager (PM)」を新設し、GDE ディレクターの下に置く。(人選は進行中。適任者の推薦が求められている。詳細な役割は検討中.)

(2a) 世界中の ILC のための R&D は、限られた資源(人、財源)を有効に活用するため GDE がコーディネートする。

(2b) 今後の R&D は「Work Package」と呼ばれる課題毎に、担当組織と目標を決めて進める。担当組織は目標の達成に責任を持ち進行状況は適宜チェックされる。

これらの提案はまだあいまいな点もあり、今後の議論、提案が求められている。これまでの GDE は、アジア-ヨーロッパ-アメリカの 3 地域でのバランスにかなり配慮して進められてきたが、これを今後どうして行くかということも必ずしも明確になっていない。財源と人的資源が分散している今の段階で全体の R&D をどう舵取りしていくのか、難しい問題であろう。

GDE の組織に関係したもう一つの話は、GDE と ILCSC, FALC (Funding Agencies for Linear Collider

から Funding Agencies of Large Colliders に昨年改称された) などに対する関係であろうと思われるが、今のところ筆者の理解が及ばないので省略させていただく。

今回の会議では「技術的に可能なスケジュール」として、2010 年に EDR (Engineering Design Report) 出版、2012 年に建設開始、建設に 7 年を要する、というプログラムが GDE ディレクターから示された。実際のスケジュールがこの通りに行くかどうかは「技術的でない」事柄で決まると思われるが、我々研究者が先ずやらねばならないことは、これが「技術的に可能」であることを実証することであろうか。

次回の GDE 会議は 5 月末にハンブルグ(ドイツ)で開催される予定である。このときまでに、RDR の内容の最終確認だけでなく、ILC の実際の建設に向けた R&D の段取りや組織の多くが決められていくものと思う。大小の研究所や大学などの研究者、技術者の力が効果的に発揮され、ILC 実現に向けて進んでいくことを期待する。

最後に、本稿執筆にあたり助言をいただいた、横谷馨、峠暢一、設楽哲夫、道園真一郎の各氏(所属は全て KEK 加速器)に謝意を表します。