

## 特集 国際リニアコライダー (ILC) 計画と新しい科学プロジェクトのあり方

## 大型科学プロジェクトの社会的なインパクト

高橋 徹\*

## A Social Aspect of Large Scientific Projects

Tohru TAKAHASHI\*

## Abstract

We discuss social impacts of large scientific projects such as the International Linear Collider (ILC). Since the subject covers a wide range of issues and it is difficult to cover all of them, we discuss a part economic and cultural aspect in this article. Even though the ILC have not gotten “go” signal from funding agencies, it already has years of history in collaborative works in academia, industry and public. The impacts are not the issues in the future, but are on-going issues to be discussed. It is also to be kept in mind that the impacts are not one way issues from the projects to the societies and mutual communications are a key to successful realization of the project.

## 1. はじめに

本稿では、国際リニアコライダー (ILC) のような、大型科学研究プロジェクトが社会へ与える影響について考えてみたい。非常に広範にわたる題目であり、この小文ですべてを網羅することは困難である。いくつかの観点から述べてみたい。

大型科学プロジェクトというのはそもそもどのようなものだろうか。一言で大型といってもいくつかの側面があるが、下記のようなことが浮かぶだろう。

- 施設が大型である。
- 広い分野の科学技術からなる。
- 必要な経費が大きい。
- 計画から実施にいたる時間スケールが長い。
- 関わる人員の数が多。

ILC はこれらの項目にすべて当てはまるが、さらにいくつかの特徴がある。

- 素粒子物理学という基礎科学のプロジェクトである。
- 計画段階から世界の研究者が協力して推進するグローバルプロジェクトである。
- 計画段階から研究者の枠をこえた政産学官の連携によって検討・推進されている。

それぞれの項目を見ると前例のないプロジェクトではない。予算的規模においても、国際宇宙ステーション、国際熱核融合実験炉 (ITER) などの事例はある。しかしこれらすべての項目を網羅するプロジェクトは、これまでなかったのではないだろうか (世界を欧州と読み変えれば CERN はこれに近い)。

これらの大型科学プロジェクトに共通の事項と ILC に特有と考えられる事項を踏まえて、その社会に与えるインパクトとして、

- 加速器技術の波及効果
- 経済的なインパクト
- 社会的・文化的なインパクト

を中心に考察したい。ILC 自体は計画中のプロジェクトだが、すでに研究者コミュニティーを超えた活動が行われていることも留意すべき事柄である。

## 2. ILC の技術の波及効果

素粒子物理学、加速器科学から生まれた技術が現代社会に深く浸透しているのはよく知られている。加速器が最も多く利用されているのは医療分野であり、インターネットの代名詞ともいえる WWW (World Wide Web) が CERN で生まれ

\* 広島大学大学院先端物質科学研究科 Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University (E-mail: tohru-takahashi@hiroshima-u.ac.jp)

たことはよく知られている。素粒子実験の測定器は、基本的に高精度の放射線測定器と大規模なデータの高速処理システムである。ILCにおける加速器や測定器技術も同様の技術移転が期待される。具体的には、ILC 加速器で開発される超伝導加速技術、ナノメートルのビーム制御と診断、測定器の高精度光センサー、荷電粒子検出器、データ収集処理システム等は、輸送、エネルギー、情報、材料・バイオ、環境、医療などの各分野への技術移転が可能である（図 1）。後述するように、ILC に参画する企業はこれらの技術移転を通じてそのビジネスの拡大が期待できる。

### 3. ILC の経済的なインパクト

#### 3.1 経済的波及効果

大型科学プロジェクトへの投資は、関連する企業に対する発注やプロジェクトに関わる人員の活動を通じて経済波及効果を生じる。ILC における経済波及効果に関しては、(株)野村総合研究所による推計がある<sup>1)</sup>。そこでは、ILC 計画が実施された場合に ILC の「建設」と、ILC 国際研究所(仮称)の運用に伴う研究者・職員、工事関係者の「活動」による需要、およびそれによって誘発される国内生産額について、発注される機器や工事の内容、人口動勢の推計をもとに、直接、間接的なものも含めた経済効果を推定している。その結果、ILC 建設期間(10年)と運用期間(10年)において、経済波及効果によって誘発される国内生産額は、同期間の投資金額の 2.17 倍と試算さ

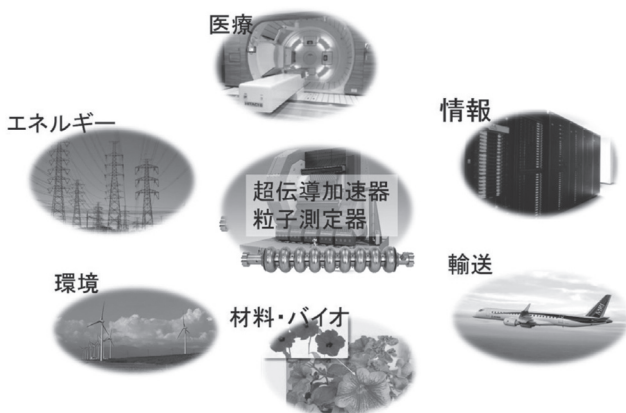


図 1 ILC に利用される技術波及効果のイメージ。超伝導加速器や粒子測定器の技術はエネルギー、情報、医療、環境、輸送など広い分野の作業への移転が期待できる。

れている。

#### 3.2 ILC に関連する企業による付加ビジネスの発生と産学連携

2章で述べたように、ILC においても、そこで開発される技術は広範囲の産業分野に移転が可能と考えられる。それに伴い、ILC に参画した企業は、研究所から企業への技術移転などによる売り上げの増加やコスト削減の効果などによる、付加ビジネスが発生すると期待できる。この技術移転による付加的効果についての調査が 2011 年に CERN で行われている<sup>2)</sup>。それによると、CERN から企業に対して支払われた 1 ユーロに対して、3 ユーロの付加ビジネスが発生したとされている。また増加した売り上げの 75% は、太陽エネルギー、電子、鉄道、通信、情報産業など、素粒子物理以外の分野と報告されている。即ち CERN では企業への技術移転の効果として、投資額の 3 倍のビジネス拡大があったということである。文献 1) では、ILC において CERN と同様の拡大係数 3 を達成する可能性や条件について CERN の事例を参考に議論している。具体的には必要な条件として、

- ・研究所に技術移転を行う体制が整っている。
- ・参画企業、技術的企業が多く含まれる。
- ・企業にとって価値の高い技術移転とそれを伴う発注が多く発生する。
- ・技術開発からビジネスへの橋渡しをする体制が整っている。
- ・技術移転には特許がなく企業が自由に活用できる。

などが挙げられている。

これらの条件を達成するためには、産学の協力による方法の確立が重要である。我が国では産学連携推進を目的として、2008 年に先端加速器科学技術推進協議会(AAA)を設立し、産学連携による加速器科学の進展に取り組んでいる。AAA は ILC を先端加速器のモデルケースとし、技術、大型プロジェクト、CIVIL、広報の各分野で大型加速器科学プロジェクトの産学連携による推進活動を行っている。特にここ数年は、国際的な産学連携に向けた進展が見られる。2016 年には AAA とスペインの産学連携団体である、INEUSTAR との共催によって、加速器核融合分野における産学連携ワークショップを開催し、

AAA と INEUSTAR との協力に関する協定を締結した (図 2). その後も産学連携に関する情報交換を続けている. また 2016 年の欧州線形加速器研究会 (ECFA LC workshop Santander, Spain), 国際線形加速器研究会 (LCWS 2011, 盛岡市), 2017 年の国際線形加速器研究会 (LCWS 2017, Strasbourg, France) では企業セッションを設け, 産学連携の実例や展望について議論を行った. LCWS 2017 では, XFEL や LHC における産学連携の経験について研究者と企業の両者から話題提供があり, 拡大係数「3」の実態を聞くことができた. ILC のような大型国際プロジェクトでは, 世界の地域毎の特徴や分野毎に異なる企業の特徴を考慮して, いかに効率的技術移転を行うシステムを構築するかが重要な課題であり, 議論を続けている.

次回アジア線形加速器研究会は 2018 年 5 月に福岡市で開催される予定である. 産学連携による波及効果を考える場合, 企業にとっては ILC のような加速器関連科学だけが対象ではないことは留意する必要がある. 核融合のような我々にとっては他分野のプロジェクトも企業側にとっては同じビジネスチャンスである. プロジェクト側も決して ILC や加速器科学に拘泥することなく, 広い視野で基礎科学発の経済効果誘発を考えたい. 次回の線形加速器研究会では, これを踏まえた産業セッションを AAA が中心となって企画することを計画している.



図 2 2016 年 5 月, AAA—スペイン産業協会の協力に関する協定調印の様子.

## 4. 社会・文化的なインパクト

### 4.1 ILC 関連地域へのインパクト

図 3 は ILC 関連地域における人口推移の予想である. ILC に関連する研究者, 技術者, 事務従事者, 工事や運用関係者とその家族の推移予想を示している. 建設期には最大で 7,700 人程度, 建設終了後は工事関係者の減少により総人口も一時的に減少するがその後漸増すると考えられる. ILC 国際研究所 (仮称) を中心とした学術研究圏が形成されるといえる. そこに居住または滞在する関係者とその家族の住居, 生活, 教育環境の整備には, 研究所立地場所周辺を中心とした, 自治体, 地域住民の方々の大きな協力が必須である. さらに新たな住人と地元の方々の交流, 国際研究会の頻繁な開催, 短期訪問者の増加など, 研究都市に特有の状況が生まれる. これまでも, つくば研究学園都市の建設, 大学の移転など, 研究施設の立地に伴う都市の建設の事例はあるが, ILC の特徴は外国からの来訪, 居住者の多さである. 図 3 にも示されている, 研究関連の人員の約半数が外国人と推定されている. 国内では沖縄科学技術大学院大学 (OIST) やカブリ数物連携宇宙研究機構 (IPMU) が外国人と日本人の割合という意味では参考になる. しかし, ILC 国際研究所 (仮称) は人口が OIST の 3 倍, IPMU の 5 倍超と予想されており, 規模が異なる<sup>4, 5)</sup>. 外国からの訪問者, 居住者の居住, 医療, 家族の教育や就労など多方面にわたるサポート体制の整備が必要であ

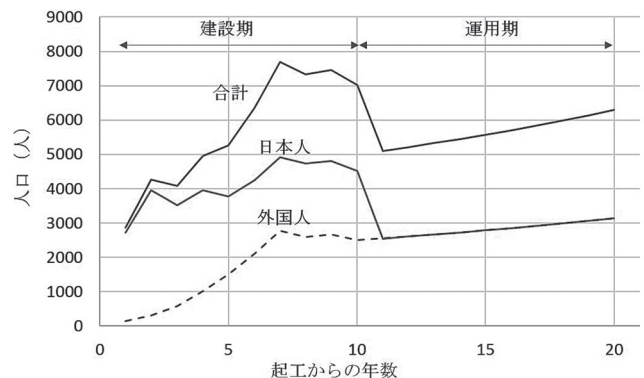


図 3 ILC 関連地域における人口の推移の推定. 文献<sup>3)</sup>をもとに筆者作成. 起工 10 年後の人口減少は工事関係者の撤収による.



り、これも地元の自治体や民間の協力なしでは成し得ない。大型研究プロジェクトのインパクトとして大きな項目となる。公的機関と民間の良いところを取り入れ、時間的な推移も考慮した街作りの検討が必要とされる。

#### 4.2 次世代の若者へ

経済的、社会的なインパクトに加えて、ある意味最も重要なのは次世代を担う若者へのインパクトである。加速器科学が広範な範囲を網羅する総合科学であることは、広範囲の多様な人材の育成に寄与できることに他ならない。加速器科学、素粒子実験が基礎科学であり且つ広範な科学・技術分野の技術の上に成り立っていることが大きな意味を持っている。ILCが切り開く宇宙創成の謎の探求が若い世代に夢を与え、その分野の発展を担う人材が生まれることはもちろん、基礎科学の探究で養った知見を元に応用分野の発展に寄与することも大きな期待である。基礎科学を学んだものが応用科学へ進むことは、その逆に比べてハードルが低いことは多くの会員諸氏が経験しているのではないだろうか？

ILCでも国際会議などの機会に地元の中高校生や高校生との研究者の交流の機会を持ち、科学研究の様子を知ってもらい、若い世代に興味を持ってもらう努力を続けている(図4)。地元団体も積極的にILC計画についての啓蒙活動を行っている。CERNには年間12万人以上の訪問者があるが、ILC国際研究所(仮称)でも同様に一般の方々への科学の普及という形でインパクトをもたらすことが期待される。



図4 盛岡市で開催されたLCWS 2016における、研究者と地元の中高校生との交流の様子。

## 5. 負のインパクトを軽減するために

インパクトには正のインパクトだけでなく負のインパクトの可能性も考えられる。巨大科学プロジェクトが社会に負のインパクトを与える可能性とそれを最小限に抑えることも重要な検討事項であろう。

筆者が現在所属する大学に赴任したのは、大学移転の最盛期であった。当時学生向けのアパートの不足が生じ、地元の方々の協力を得て短期間で建設がなされ、必要数を補うことができた。しかし後に街が発展するにつれて初期に作られたアパートに空き部屋がでるなど問題が生じたことを記憶している。急ピッチで行われた開発のひずみの例だろう。また、短期間に作られた人工的な街は結果として住みづらいことがあるともいわれる。人が住んで生活を行うためには、人の生活とともに自然発生した、いわばごみごみした場所が必要ということだろう。ILC国際研究所圏の建設に際してはこのような過去の事例に学んだ街作りが必要と考えられる。前述のアパート問題に関しても、後に別の場所で行われた大学移転に際しては、その事例を参考にして計画的な建設が行われたと聞いている。ILC国際研究所圏の建設は新たな挑戦だが、国内外の多くの事例から学ぶことができるのは幸運である。

## 6. まとめ

ILCのような巨大科学プロジェクトの社会への影響についていくつか考察を行った。その社会的なインパクトは大きく分けて、

- プロジェクトで開発される技術の波及効果
- プロジェクトに必要な投資の直接、間接的な経済波及効果
- 技術移転による新たなビジネスの展開による経済効果
- 基礎科学を目的とした国際研究所の設立による社会的、文化的影響

などが考えられる。

大型科学プロジェクトの実行には大きな投資が必要だが、それに対する経済波及効果や技術移転を通じたビジネスの拡大という形のリターンは具体的に見積もられている。科学研究による知の追求や国際学術研究地域の構築などの文化的な側面

を具体的に金額換算することはできないが、それが人類の発展の原動力であり、技術革新の原動力となってきたことは歴史が語っている。最近見たTEDトークの言葉に「Necessity isn't always the mother of invention.」という言葉があった<sup>6)</sup>。「必要」だけでなく、「喜びや興味」も発明や技術革新の大きな原動力になっているという意味である。それも含めて、ILCは投資に見合うリターンを伴うと考えているがいかがだろうか。

ILC計画はまだ正式に認可されたものではない。しかしその社会へのインパクトは未来の話ではない。技術開発のみならず、プロジェクト推進全般にわたって多くの関係者による共同作業は10年以上にわたって行われており、また国際的な活動に広がっている。このような産業界、地域社会と連携したプロジェクトは素粒子・加速器科学の中で育まれてきたものであるが、ILCという国際的な大型計画はその大きな発展形である。

これが途絶えることなく持続的な発展を続け、

ILC国際研究所（仮称）が現実のものとなるように、関係者は不断の努力を続けている。

### 参考文献

- 1) 株式会社 野村総合研究所, “国際リニアコライダー (ILC) 計画に関する技術的・経済的波及効果及び世界各国における素粒子・原子核物理学分野における技術面を含む研究動向に関する調査分析報告書” 平成27年3月.
- 2) “Particle physics, a key driver for innovation Facing Europe’s socio-economic challenges”, CERN 2011, <https://cds.cern.ch/record/1431474/files/ParticlePhysicsEurope-New.pdf>
- 3) 山本明, 宮原正信, 他編, “国際リニアコライダープロジェクト立地に係る調査検討報告書” KEK Report 2013-5 (2014).
- 4) <https://www.oist.jp/oist-nutshell> より筆者による推計.
- 5) <http://www.ipmu.jp/ja/place-and-people/scientific-staff> より筆者による推計.
- 6) [https://www.ted.com/talks/steven\\_johnson\\_how\\_play\\_leads\\_to\\_great\\_inventions](https://www.ted.com/talks/steven_johnson_how_play_leads_to_great_inventions)

### 日本加速器学会誌では、広告掲載の募集をしています。

1回の掲載料金は、以下の通りです。年間契約の場合は10%引き、賛助会員になっていただくとさらに20%引きとなります。掲載料は原価から割引金額（▲）を引いた額です。

掲載場所	カラー（4色）			白黒		
	掲載料原価	賛助会員割引 （20%）	年間契約割引 （10%）	掲載料原価	賛助会員割引 （20%）	年間契約割引 （10%）
表4（裏表紙）	120,000円	▲24,000	▲12,000	100,000円	▲20,000	▲10,000
表2（表紙裏） 表3（裏表紙裏）	110,000円	▲20,000	▲10,000	80,000円	▲16,000	▲8,000
表2対向、表3対向、 目次対向	×	×	×	70,000円	▲14,000	▲7,000
前付普通頁	×	×	×	60,000円	▲12,000	▲6,000
後付普通頁	×	×	×	50,000円	▲10,000	▲5,000

### お申し込み・問い合わせ先

日本加速器学会事務局 学会誌担当

〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-9-8 三美印刷(株)内

TEL : 03-3805-7819 FAX : 03-3805-7688

E-mail : gakkai@kasokuki.com