

国際リニアコライダー計画の現状と東北での推進活動

岩手大学理工学部教授 成田 晋也



2017年11月、国際将来加速器委員会において、国際リニアコライダー（ILC）の基本計画として、全長約20kmの加速器を建設し、素粒子物理学の枠組みにおいて特別な役割を持つヒッグス粒子について詳細に検証するということが、正式に承認された。

これにより、当初の加速器延長約30kmでの計画に比べ、建設コストが約40%削減される見込みとなり、ILCは実現に向けて大きく前進した。

今後は、建設候補地である東北の産官学連携による推進活動の一層の強化とともに、建設における地域課題の具体的な検討がさらに重要となる。

本稿では、国際リニアコライダーの最近の状況とともに東北地域の推進活動の概要、さらには筆者の所属する岩手大学のILC関連活動について紹介する。

ILCを取り巻く国内外の情勢

2016年12月に盛岡市で開催されたInternational Workshop on Future Linear Collider (LCWS2016)はILC実現に向けて大きな契機となる会議であった。

従来の全長約30km、衝突エネルギー500 GeV（ギガ電子ボルト）という基本計画に対して、まずは、ヒッグス粒子の精密測定を第一の目標として、全長約20km、衝突エネルギー250 GeVで開始することにより（ILC250）、コストの削減を図り、その後、そこでもたらされる物理成果を踏まえて段階的に加速器を延長しエネルギーを増強するというシナリオ（ステージング）について提案がなされた。これは、距離の延伸により衝突エネルギーを大きくすることができ、さらに、新たな技術開発により加速勾配を大きくし、より効率的にエネルギー増強を

図ることができるという線形加速器の利点を最大限生かした戦略である。

そこから、研究者はILC250の物理的成果の意義を検証し、その結果、ヒッグス粒子の振る舞いを多角的かつ精密に調べることで宇宙の成り立ちや進化の解明が大きく進み、さらには、現在まだ解明されていない暗黒物質の発見にもつながる成果がもたらされることが示された。また、建設コストも、従来計画より最大約40%削減できることが示された。2017年11月には、世界の素粒子物理学分野を統括する国際将来加速器委員会（ICFA）において、この計画が正式に承認され、世界の素粒子物理学コミュニティの総意として、ILC250を推進することとなった。

国内では、これまで文部科学省が設置した有識者会議において、ILC建設の課題等を継続的に審議してきたが、今回の計画見直しに対し

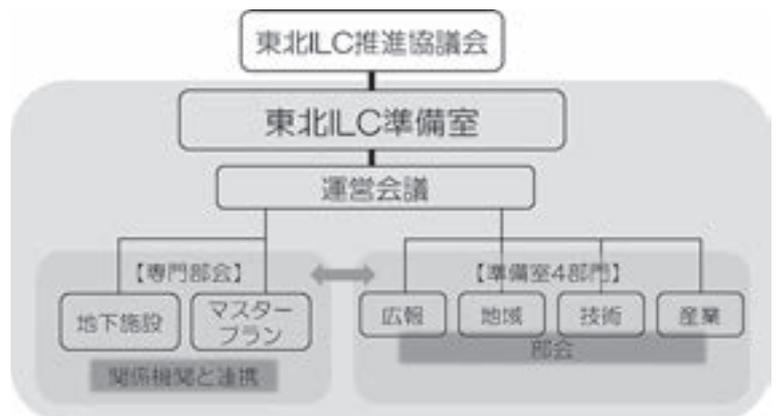
て、あらためて検討が行われることになる。一方、海外では、日本のILC誘致の正式表明を長く待たされている状況が続いており、新規国際プロジェクト立ち上げの動きなども相まって、ILC誘致決断の時間的猶予が限られてきている。特に欧州では、素粒子物理学の次期計画についての検討が今夏よりなされるため、ILCが欧州の今後の重要な科学プロジェクトとして位置づけられ、ILC実現のためのリソースが確保されるためには、そこまでの時間でILC計画実現に対する日本側の明確な見通しを示されることが必須の状況である。

このような状況の中、海外との連携強化や国内への理解増進など、政官民それぞれからILC実現の支援をいただいているところである。そして、建設候補地の岩手・東北においても、ここを正念場として、関係者が一体となり、ILC実現に向けたより一層の活動を進めている。

東北におけるILC推進活動

2016年6月に東北ILC推進協議会の下に、地域の産官学が連携した「東北ILC準備室」（室長：鈴木厚人岩手県立大学長）が設置

表：東北ILC準備室



され、東北地域におけるILCの推進活動やILC建設の様々な現地課題についての検討を統括的に進めている。

東北ILC準備室には「広報」「地域」「技術」「産業」の各部門が置かれ、他に2つの専門部会（地下施設およびマスタープラン）がある。それぞれの部門には、定められたミッションごとに部会が設けられ具体的な活動を行っている。ここでは主に筆者が担当している広報部門の代表的な活動やこれまでの成果と、その他の部門の概要について紹介する。

《広報部門の主な活動》
広報部門では、以下の3つの部会を設けて活動を行っている。

○ILCに関する地域の準備状況の国外への情報発信

ここでは、国際会議等で地元でのILC推進活動を紹介するとともに、岩手・東北の認知度向上を目指した活動を行っている。

2016年11月にフランス・ストラスブールで開催された^{*} I E E E Nuclear Science Symposium-Medical Imaging Conference では、東北紹介ブースを出展し、そこにILCの加速器関連技術を持つ東北7県11社がパネル展示を行い、特色のある技術力を世界に発信した。

2016年12月に盛岡市で開催されたLC WS2016では、ILC候補地地元開催ということもあり、地元産官学・推進団体が一体となり、国際組織委員会とも協力して、様々なイベントを企画し会議を盛り上げるとともに、東北へのILC誘致への強い思いを世界の研究者に示した。

※I E E E (アイ・トリプル・イー) 日本では「米国電気電子学会」と訳される場合が多いが、会員は世界に及びこの種の団体では世界最大である。

会場施設内の特設展示場では、国内企業54社がブースを設け、加速器関連技術の紹介を行った。また、ワークショップのプログラムにも企業セッションの時間を設けるなどして研究者と企業の技術者との交流を図った。そこでは、岩手・東北の企業も出展・プレゼンテーションを行い、地元企業独自の高い技術力を世界へと発信した。他にも、地元中学生と海外の研究者との交流会や岩手の食・文化紹介など様々なイベントを実施し、単に研究者への情報発信にとどまらず、岩手県内のILC関係者の交流の場や広く一般の方にILCを理解いただく場としても意義のあるものとなった。

最近では、2017年10月にフランス・ストラスブールで開催されたLCWS2017において東北のILC誘致活動を紹介するブースを出展するとともに、企業セッションでは東北の企業2社がILC関連技術の紹介を行った。また、高橋宏明東北ILC推進協議会代表が協議会の取り組みや東北地域の加速器関連技術を持つ企業の集積度の高さをPRし、鈴木厚人東北ILC準備室長が準備室の活動を紹介した。これら情報発信を通して、あらためて、地元のILC誘致にかける熱意や、ILC実現のための高いアクティビティを世界の研究者に示すこと



LCWS2017@ストラスブールでの東北ILC推進協議会高橋宏明代表のプレゼンテーション

ができた。

このような、世界の研究者への建設候補地におけるILC誘致の熱意と推進のための取り組みを伝えることは、ILC実現への国際的な機運向上にきわめて重要である。今後もこのような取り組みを継続していく予定である。

○ILCの意義、社会・地域・国内・国際貢献のまとめと広報活動

東北ILC準備室では、高エネルギー加速器研究機構(KEK)や先端加速器科学協議会(AAA)とも連携しながら、講演会の実施や市民



東北ILC準備室およびAAA関係者、LCWS現地実行委員による集合写真

向けイベントでのILC紹介を継続的に行っている。また、ILCの意義や波及効果などを広く伝えるための広報冊子を作成するなど、様々な方法、切り口によってILCへの理解増進を図っている。他にも、東北ILC準備室の活動成果をまとめた「ILCガイドラインシリーズ」も随時発行している。

○多文化共生社会の実現に向けての準備状況

ILCが実現した際の外国人来訪者の生活環境整備は重要な地域課題の一つである。そこで、広報部門の活動として、現在、地域に在住してい



ILCガイドラインシリーズ

る外国人とのILCに関する情報共有を図るとともに、国際化対応の現状課題を整理し、その解決に向けた方策を検討している。ここでは、IC Tを活用した生活支援型コミュニティづくりや、研究者・家族の生活全般を支援するようなシステム構築といった具体的な議論が進められている。

《産業・技術・地域部門の概要》

つぎに、他の部門の取り組みについて概要を紹介する。

「産業部門」では、ILCの準備や運用の際に必要な技術・産業と地域企業の技術力とのマッチングを図るべく、ILC技術セミナーや技術実習を定期的に行っている。また地域企業の海外展開への支援を行っている。

「技術部門」では、加速器や測定器における製造、輸送、試験といった一連の流れで必要となる施設・設備の検討を行っている。また、建設候補地に特化した電力、空調、給排水、冷却水設備等の具体的な設計も進められている。他にも、ILCの運用にあたっての多様なエネルギー源の活用、加速器のエネルギー効率の改善や、排熱利用などGreen・ILCの実現に向けた取り組みも行っており、岩手・東北の特色を利用したGreen化モデルを提案している。また、「地下施設専門部会」と連携し、地下施設の土木・建設に必要な調査、設計準備も行っている。

「地域部門」では、周辺環境の整備など地域主導で取り組むべき課題について検討するとともに、そこでの地方創生事業の活用を検討、さらにはILCの運用や地域への産業集積を踏まえた

特区構想の検討などを行っている。また、「マスタープラン専門部会」と連携しながら、ILCがもたらす波及効果を最大限発揮できる東北・日本のデザインづくりや、民間が投資するまちづくりや制度作りについての検討も行っている。

岩手大学の活動

岩手大学では、「岩手大学ILC推進会議」および「岩手大学理工学部ソフトパス理工学総合研究センター（SPERC）・加速器科学研究グループ」が中心となって、地域の学術拠点として、ILCや東北放射光計画といった大型加速器プロジェクトの推進や加速器科学分野での教育・研究体制の整備に取り組んでいる。ここでは、「地域ネットワークの構築・強化」「加速器科学分野における人材育成」「ILCをはじめとする加速器科学の理解増進・情報発信」など様々な活動を展開している。

また、岩手大学とKEKとは、平成26年度に連携・協力に関する協定を締結しており、また同年度から現在まで継続して、KEKの「大学等連携支援事業」の枠組みにおける強固な連携の下、加速器科学分野の教育・人材育成に取り組んでいる。

《学内外連携体制の構築》

岩手大学では、ILC推進／加速器科学研究のための学内外ネットワーク構築・強化を目的に平成26年度より「加速器科学連続セミナー」を行っており、これまで12回のセミナーを開催した。毎回、学内教職員・学生のみならず、県内外企業関係者や自治体関係者など数多くの参加があり、非常に有意義な情報交換の場となっている。今後も、様々なテーマを設けて引き続き開催していく予定である。

また、海外の大学との学術交流の機会を活用し、ILCに関する情報発信や加速器関連研究における協力の可能性について検討している。平成29年6月に岩手大学理工学部で開催されたタイ・キングモンクット工科大学とのジョイントシンポジウムでは、基調講演としてILCの概要を紹介し、その後のポスターセッションでは、岩手大学が進めているILC推進活動についても発表した。キングモンクット工科大学からの参加者は、宇宙の始まりを解き明かす壮大なILC計画を始めて知り大きな興味を持ったようであり、様々な質問も出ていた。

《加速器科学分野の研究および人材育成》

現在、岩手大学ではILC加速器・測定器開

これまでに開催された「加速器科学連続セミナー」

第1回	オープニングシンポジウム	H26.4.23
第2回	工学・生命科学分野での放射光科学の応用	H26.5.30
第3回	加速器科学による新産業創成	H26.6.23
第4回	加速器科学の医療応用	H26.10.29
第5回	ILCと表面技術	H26.11.21
第6回	東北放射光の実現に向けて	H27.6.23
第7回	ILCの最近の状況と地域資源の活用	H27.7.22
第8回	中性子科学と小型加速器	H28.1.21
第9回	ビームラインを作る	H28.7.22
第10回	加速器の多分野応用	H29.2.9
第11回	先端加速器技術の諸課題と解説	H29.7.19
第12回	超伝導・加速器技術の先端医療への貢献	H29.11.11

発や加速器科学関連の研究が、KEKはじめ国内外の研究機関と共同で行われている。

ILC加速器関連では、加速器の中心部分である超伝導加速空洞の高性能化に必須となる空洞表面処理技術の研究が理工学部化学コース材料基礎化学研究室において進められている。また、ILCの電子・陽電子衝突点に設置された、そこでの反応を精密に調べるための測定器（ILD）に含まれる粒子飛跡測定器の開発研究を筆者の研究グループが国内外の研究者と共同で行っている。



第11回加速器科学連続セミナー

他に、筆者の研究グループは、ILCおよび欧州CERNでのLHC実験と並ぶ素粒子物理学における大規模国際共同実験プロジェクト「大深度地下ニュートリノ実験」(Deep Underground Neutrino Experiment: DUNE)に参加しており、そこで用いる巨大ニュートリノ検出装置(液体アルゴン飛跡測定器)の開発に携わっている。DUNEは、米国・シカゴのフェルミ研究所でつくられた素粒子ニュートリノビームを、1300 km離れたサウスダコタ州の地下で検出する実験で、2020年代前半に開始予定



Joint International Symposium on Science and Technology
Organized by Iwate University, Japan, and King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
2017.6.15(Thu) @Iwate University (Ginga hall)



タイ・キングモンクット工科大学とのジョイントシンポジウム
(上・下)

である。これにより、ニュートリノの性質、物質・反物質非平衡の謎を解明し、宇宙の成り立ちを明らかにしようという計画である。

このように、岩手大学ではI L Cや素粒子物理学の研究が活発に行われており、それぞれのプロジェクトの推進に大きく貢献している。また、そこには何人もが活躍しており、研究開発を通じたI L C関連・素粒子物理学分野の人材育成も着実に図られている。

岩手大学では、平成28年度に全学的な改組が行われ、従来の工学部が理工学部となり、新た

けられ、世界で活躍できる研究者養成に大学として力を入れて取り組んでいる。今後、岩手大学で教育・研究経験を積んだ人材が、I L Cなど素粒子物理学分野や加速器関連分野で活躍することを期待している。

《加速器科学の理解増進・情報発信》

岩手大学では、地域の産官自治体と連携を図りながら、I L Cや加速器関連研究について、意義や内容に対する理解促進を目的とした一般・小中高生向けの講演会や出前講義を継続的

に基礎物理の教育研究を行う学科(物理・材料理工学)が設置され、I L Cや素粒子物理学に興味を持った学生が入学してきている。また、この改組では、理工系の学修に高い志を持ち、将来研究者を目指す学生を選抜し、特別なカリキュラムを提供する「先端理工学特別プログラム」(<http://www.se.iwate-u.ac.jp/sentanrikou>)も新たに設

に実施している。また、スーパーグローバルハイスクール事業におけるI L C調査研究の指導(盛岡第一高等学校)、アカデミックインターンシップ事業における粒子測定実習、オープンキャンパスでのI L C関連技術の紹介(パネル展示や粒子測定器展示)など、大学ならではの若い人材との交流機会を通じた情報発信を行っている。

おわりに

これまで述べたように、現在、I L C誘致判断のまさに重要な局面に来ている中、これまで以上に意識を高く持ち、I L C実現のためにできる限りのことをする必要があり。同時に、誘致が正式に決定した後は、建設に向けた現地の環境整備など、あらゆる事が一気に動き出すことになるため、その準備も怠ることができない。引き続き多くの方のご支援、ご協力をお願いしたい。