

日本学術会議
国際リニアコライダー計画に関する検討委員会（第6回）
議事要旨

1. 日時 平成25年8月12日（月）10:00～12:00
2. 会場 日本学術会議5階 5-C（1）（2）会議室
3. 出席者：家委員長、今田副委員長、中野幹事、相原幹事、米倉委員、永原委員、
岩澤委員、永宮委員 8名
欠席者：野家委員、荒川委員 2名
参考人：村山斉東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構長
事務局：盛田参事官、辻上席学術調査員ほか
4. 配布資料
資料1 国際リニアコライダー計画に関する論点メモ
資料2 文部科学省からの審議依頼
参考資料
参考1 委員名簿
参考2 今後の委員会開催の予定

5. 議事

1) 説明者からの報告と質疑応答

村山斉東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構長より、「ILCのサイエンス」と題して次のような説明があった。

・ILCで実施する「ヒッグス粒子」の精密測定は、素粒子物理学の「標準理論」の完成に寄与する。また、ヒッグス粒子それ自身大きな謎であり、この正体を明らかし、宇宙にこの物質が存在する理由を探ることが、「新しい理論」の窓口ともなる。

・望遠鏡ではビッグバンから38万年より以降しか見えず、それより前の宇宙を理解するには、加速器を使った分析しか方法がない。それは、38万年より以前の宇宙は、温度が高くプラズマ状態になっていて（熱い素粒子のスープ、太陽の内部と同じ）、光が散乱されてしまい見通すことができないためである。

・加速器実験では、例えばビッグバン元素合成を再現することができ、宇宙が誕生から3分後の姿を調べることができる。

・最近存在が確認されたヒッグス粒子は、宇宙が始まって1兆分の1秒後に起こったとされる真空の相転移に関係しており、ヒッグス粒子の性質を詳しく調べることによって宇宙の成り立ちを分析していく、というのが素粒子物理学の大きな目標の一つである。

・LHCでの陽子・陽子衝突で生成された、ヒッグス粒子が二つの光子に崩壊する反応を観測することによって確認された。ヒッグス粒子の発見により、素粒子物理学の「標準理論（標準模型）」が完成したと言える。

・標準理論が完成したと言っても、暗黒物質や消えた反物質、インフレーション等解明すべきテーマは山積しており、それらの鍵が「ヒッグス粒子」であると考えられている。

・ヒッグス粒子は、「弱い力（弱い相互作用）」を理解するために必要なものである。太陽の中で生じている核融合反応は、「弱い力（弱い相互作用）」がないと生じない。それ（「弱い力」）は、「電磁気力」と同じ種類のように思われ、二つの力はよく似ている。

しかし、弱い力は短距離力、電磁気力は長距離力という違いが存在している。このことから、もともと同じ（対称的な）力の対称性が破れて分かれたのではないかという考え方が導き出される。

- ・宇宙が4000兆度という非常に高温だったものが、冷えてくるにしたがって、無秩序な状態から秩序のある状態に相転移が起こる宇宙が冷える過程で、そこに充満していたヒッグス場の相転移が起こり、これが宇宙に秩序を作ったと考えられる。

ヒッグス粒子は、光子以外のすべての素粒子を光速よりも遅い速度にするものである。これがないと物質は存在できないことになる。とはいえ、ヒッグス粒子は見つかったばかりであり、まだ調べ始めたばかりといえる。

- ・この点を調べる一つの例としては「スピン」がある。すべての素粒子（電子、光子、クォーク等）は自転に相当するスピンという自由度を持っている。しかしながら、ヒッグスだけがスピンゼロである。これを「のっぺらぼう」の状態であると称することもできる。ヒッグス粒子がスピンゼロであるのは、非常に奇妙な特徴であり、正体不明の粒子であると言われるゆえんでもある。

- ・ヒッグスが本当にスピンしていないのか（もしかして異次元・6次元を回っているのか）、素粒子ではなく複合粒子なのか、兄弟・親戚にあたる物質はないのか、加えて、そもそもヒッグスがなぜこの宇宙に凍り付いたのといったことを解明することが重要となっている。

- ・こうしたヒッグス粒子にまつわる諸課題を解明することが、未知の物質（暗黒物質など）を見つける「窓口」であるといえる。次に重要なエネルギースケールがあるのか特定することにも大きく寄与すると考えられる。

- ・このためヒッグスを分析できるILCは、将来の素粒子物理における研究の方向性を決定する、重要な実験装置である。

- ・LHCとILCの大きな違いは、LHCは複合物質である陽電子（クォーク、グルーオン等）をぶつけるので言ってみれば大福餅をぶつけ合うような実験で多くの情報から必要な情報を見つけることが非常に困難なもの、一方のILCは電子と陽電子（素粒子）をぶつけるので言ってみれば小豆をぶつけ合うような実験ですべての情報が使える、ということである。つまり、ILCのヒッグスの精密測定ではLHCでは見えない現象（カラーのない粒子の現象）を見ることができる。LHCでは1個の反応のために、同時に100億個の雑音が発生する。これに対してILCでは1個の反応のために雑音が数桁程度であり、邪魔な信号が遙かに少ない。

- ・また、将来のコライダー検討グループの分析によれば、仮にLHCで強度が増強されたとしても（HI-LHC）、ILCで行われる測定精度は1桁以上も上回る精度の高い実験が行われるとされている。

- ・一般論として精度が上がるほど高いエネルギー領域についてわかり（精度の平方根の逆数）、精度が高い分析装置であるILCでは、1TeVを越えるヒッグスの仲間の存在の兆候を発見する可能性が出てくる（バーチャルの効果を検証することができる）。LHCでは見つけられなかった新しい物質の発見をILCでできる可能性にもつながる。またヒッグスが複合粒子である可能性もあるが、ヒッグス粒子の複合が起きているエネルギー領域が100TeVまでならその証拠を見ることができる。

- ・ILCは、発見されたヒッグス粒子の性質を詳しく調べるだけでなく、「ヒッグス粒子が暗黒物質に壊れる可能性を探索」「異次元や力と物質の統一を探察」「トップクォークの精密測定」など新しい理論の検証を行うことができる。

- ・ILCで見つかることが、今後の素粒子物理学の方向性を決めるといえる。

- ・ILCに対する世界的な動きについてレビューすると次の通りである。まず、欧州将来加速器委員会会長のManfred Krammerは、「ドイツハンブルグで最近行われたヨーロッパの

リニアコライダーのワークショップには、330人もの参加者があって大変盛り上がった。日本でILCが開発された暁には、こうしたワークショップの参加者などは日本のILCにも参加するだろう」と発言している。また、CERNの所長であるRolf Heuerは、ILCを決定的なツールでありTDRもデザイン的に成熟していると評価した上で、「日本が提案を持って行けば、CERNはついて行く」と前述のワークショップで発言している。Snowmass会議において加速器技術検討グループのリーダーのMITのWilliam Barlettaは、「日本がILCのイニシアティブをとることは大歓迎であり、アメリカの加速器の技術者・物理学者はそれに貢献したいしその力がある」と発言をしている。

- ・本日の発表をまとめると、次の通り。素粒子物理学は大きな節目である。ヒッグス粒子はそれ自身大きな謎であり、次のエネルギーを決める鍵もヒッグスと考えられる。ILCはこの大事な研究に最適・無敵の装置である。さらに新粒子の発見の可能性も大きい。

- ・素粒子物理学は、根源的な謎に挑んでいる。ILCを用いるような大規模基礎化学の最大のスピノフは、若い頭脳を刺激して、日本の次世代の人材に寄与するものである点は、個人的に強調したいことである。

- ・委員から、ヨーロッパやアメリカにおける資金と人材のコントリビューションの可能性について質問があった。これに対して、個々の研究者（CERNの所長等）からの前向き見通しについて説明があった。

- ・委員から、ヨーロッパやアメリカのFundへのコントリビューションはどういう見込みか質問があった。これに対しては、不明であるが、CERNの所長の意見として、CERN予算(1000億円)の10分の1程度をILCに提供することはあり得るというのがあった。アメリカはじり貧であるが、その理由はコミュニティの方向性が明らかになっていないのでこれが明らかになると政府も予算を付け易くなるのではないかという説明があった。

- ・委員から、ILCが10年後もBESTマシンでいられるのか質問があった。これに対して、LHCがバージョンアップしたとしても、ILCの方が、ヒッグス粒子の精密測定に関してはるかに優れているという説明があった。

- ・委員から、ニュートリノのコミュニティ、将来計画との調整はあるのか質問があった。これに対して、ニュートリノもILCも重要な計画であるが、なお、ヨーロッパはこれを進めるつもりはない・アメリカはやりたいとはっきり言っているという説明があった。うまく三極で分担していくという相談が行われるのではないかという説明があった。

- ・委員から、例えば500GeVまでで新しい物質が見つかる可能性があるのか、拡張可能性が低い場合の質問があった。これに対して、確実なことはいえないが、直感的に言うときちんと探索すると何か出てくると個人的には信じているという説明があった。

- ・委員から、ILCを建設する時期が数年遅くなったときに問題がないか質問があった。これに対して、素粒子理論の検証としては問題はないが、現実には今CERNなどに集まっている加速器の技術者が散り散りになってからだと技術者を確保しにくいという問題があるという説明があった。

2) 論点メモに基づく議論：「総合的所見」について

- ・「総合的所見」「要旨」とするか意見があったが、「総合的所見」とすることとなった。

- ・ILC計画そのものと、ILC計画の日本への誘致に関しては、はっきり分けて書くことにするとした。

- ・「総合的所見」には、(1)から(4)までの個別回答の要約的側面と、そこで書き切れなかったこと・総合的結論という側面が、混じっており、書きぶりに揺れがあるという意見があった。

- ・「総合的所見」の冒頭では、「高エネルギー素粒子・・・(中略)・・・認められる」と

いう学術的意義が認められる旨の文章については、文部科学省からの審議依頼の最も重要な点であるという理由によりこれ単体で独立して一つのパラグラフとして完結することとなった。また、その場合、それに続く「一方、必要な予算や人的資源の規模からして・・・」については「・大震災からの復興や・・・」の後ろに持ってきてはどうかという意見があった。

- ・「ILCの全体計画に対して現時点において本格実施のゴーサインを出すことは時期尚早と判断せざるを得ない」という文章を現在の位置ではなく、原案の「・現時点における現実的施策として・・・」のところにおいた方が良いのではないかという意見があった。もしくは、総合所見の最後においてはどうかとい意見もあった。

- ・「ILC計画が目指す純粋基礎科学の・・・と意義は多くの国民が認める場所と思われるが」の国民に関する証拠は特にないので、削除するべきであるという意見があった。

- ・「総合的所見」において、文科省依頼の(2)「学術全体における位置づけ」(他分野への影響)と(3)「国及び社会に対する意義」(財政問題)が一つのパラグラフに入っているが、分けるべきとの意見があった。

- ・(2)「学術全体における位置づけ」(他分野への影響)については、予算にかかわる前提条件が決まらなないと判断は難しいことである意見があった。

- ・「総合的所見」において、文科省依頼の(2)「学術全体における位置づけ」に関連して次の点を追加するべきであるとの意見があった。「この研究が既存の科学技術研究の枠組みを超えた人類・人間の価値に関わる、ビッグプロジェクトである。そしてその推進においては、日本のみではなく国際共同で進めることこそが、費用、人材の面からも必要である。こうした点からこのプロジェクトを位置付けて、取り扱うべきである。」

- ・「総合的所見」において、ハドロンとレプトンコライダーの相補性についての明確化が必要な点について記載が必要ではないかという意見があった。ただそれについては、セカンダリーな問題で必要はなく、LHCについて考慮に入れずともILCには十分意義があるという意見もあった。

- ・この委員会として、2-3年かけて調査・検討することを推奨することについて、合意があった。

- ・今後2～3年をかけて、資金、人材に関する課題について、国際的な協力に関する見通しをもつことを、ILCを実施する条件として、明確に述べるべきかどうか意見があった(「例えば2-3年」とするか、「2-3年」とするか)。これに対して、非常に大きな金額のプロジェクトであるから、あらかじめ明確に述べておいた方が今後2～3年の準備を進めやすいのではという意見があった。加えて、ここに挙げたような見通しが得られないならば、その時はやめるという選択となるのではないかという意見もあった。「明確な形での見通し」の解釈について、どの程度の物かによって(国としての分担の証拠・国際協定といったもの)、書きぶりは異なるのではという意見があった。形容詞を削除するという案もあった。さらに、こうした書きぶりについては、文系の委員に任せてはという意見があった。

- ・骨子がきちんと伝われば良いのではという意見があった。その内容について「学術的な意義がある。青少年・市民の期待に応える物である。そしてこの計画を進めるためには、人的・資金面等諸般の問題を数年かけて一層整えて、将来に期すべきである」という理解で良いか、問いかけがあった。これに対して、これでは推進に関してポジティブ過ぎて、もっとニュートラルな議論が行われていたという意見があった。それよりは、「国際的な協力がとれない限り、日本では実施できないので、それが2-3年かけてできるかどうか検討しなさい」というメッセージではないかという意見があった。

- ・この回答の結論は、「YES」「NO」ではない。P.2の総合的所見の最後の・が結論である。

- ・準備不足であるということは言うのか、という問いかけがあり、これに対しては言う

ということが確認された。コミュニティは準備させてくれと言っているので、準備してもらって今一度検討するという、今の案が良いという意見があった。

- ・最終判断に至る仕組みそのものの構築が、議論し準備しなくてはならない点であるから、そのために国を挙げて議論する場の提供まで踏み込んで言う必要があるのではないかという意見があった。

- ・これに対して、再び学術会議での審議・判断というスキームがあるという意見があった。

- ・準備を進めなさいというときに、資金面、人的問題について整えなさいということを行うことは、よほどのことがないと国内では資金が調達できないだろうからやめなさいというメッセージになるのではないかという意見があった。これに対して、必ずしもそうではなく、ILCは、国際的な協力の下に行う計画であり、国内だけではなく国際的に人や資金を調べていくというめどを立てることが準備であるという意見があった。

- ・国際交渉を行う上でも、資金面を含めたクリアすべき課題を明確にして回答することが、実際の交渉を含めた準備において推進する役割を果たすことになるのではないかという意見があった。

- ・現状の論点メモの分析については、重要なことは十分網羅しているという意見が多くあった。

- ・国際的なリーダーシップをとれるような人材が国内にいるのかという意見があった。これに対して、政府間の交渉が始まって、検討が行われるようになれば人が集まってくるのではないかという意見があった。

- ・総合所見の結論の最後のパラグラフの書きぶりについては、合意が必要であるという意見があった。これについては、「最終的に判断するのは政府である」というのは自明のことであるという意見があった。また入れた方が良いという意見があった。

- ・次の段階として政府間交渉に入らないとだめであるという結論であるが、今後文部科学省が動いてEU諸国アメリカと段取り交渉をせざるを得ないと言うことかという質問があった。これについては、その通りであって、研究者はやりたいたいと思っても政府の許可がないと動けないという現状があるという説明があった。加えて、準備というのは、「政府の行う準備」と「研究者が行う準備」があるのではないかという意見があった。

- ・政府関係者が入った予備交渉が必要であることはもちろんであるが、どの段階で文部科学省が入るのかについては、考えないとならないだろう（天文のTMTプロジェクトも国際的ビッグプロジェクトの一例）。また「政府の交渉や参加」といってもいろいろなレベルがあり、準備段階の参加もあれば、最終決定というものもあり書きぶりが難しい、という意見があった。

3) 今後の審議の進め方について

次回は8月29日（木）17：00～19：00の予定。

次回は、「回答（案）」に関する議論を行う。これまでの議論で主要なことは、すでに論点メモに網羅されている。今後は、日本学術会議の回答のフォーマットに落とし込んで、8月29日には、当委員会としての文部科学省への「回答（案）」を取りまとめたい。そのため、次回の研究会より前に、あらかじめメールによる意見交換を行うこととした。

また、次回については特に意見がなければ公開審議とすることとした。

次回日程：

【第7回】8月29日（木）17：00～19：00