

(2013年1月21日)

I. ILC における物理と測定器についての Detailed Baseline Design (DBD)ドラフトの提出

素核研 ILC グループが主要メンバーとして参加している ILD 測定器(コンセプト)グループでは、ILC 計画の Technical Design Report (TDR)の一部となる測定器の詳細基本設計書 (Detailed Baseline Design report- DBD)の ILD 測定器部分のドラフトを2012年11月末に ILC Research Director (RD)に提出した。このドラフトは ILC 物理グループ、測定器 R&D グループや SiD 測定器(コンセプト)グループ等から提出されたドラフトとともに DBD として編集され、GDE から提出された TDR と共に、2012年12月に KEK で開催された ILC Project Advisory Committee (PAC) のレビューを受けた。PAC の翌日には、Global Design Effort(GDE)ディレクターの Barry Barish 氏と RD の山田作衛氏から ILCSC 議長の Jonathan Bagger 氏へ TDR ドラフトを提出する式典が国内産業界やマスコミ関係者を招いて東京で開催された(右写真)。DBD を含む TDR は2013年1月末には印刷に回せるような最終版とすべく、現在なお推敲を行っている。



II. LCWS12 の開催

上記の TDR 及び DBD ドラフトの提出に先立ち、LCWS12 がアメリカに於いて開催された。
(<http://ilcagenda.linearcollider.org/conferenceOtherViews.py?view=standard&confId=5468>)

今年の LCWS12 は以下の3点で特別な会議であったと言える。すなわち

- (1) ILCSC のもとで ILC 加速器及び測定器のための R&D と設計を進めてきた GDE と RD の組織が TDR と DBD を完成して解散し、来年 2 月に ICFA 下部機関として発足する新組織リニアコライダーコラボレーション(LCC)が、加速器と物理測定器の R&D を統括し ILC と CLIC の両方を総覧する形で LC プロジェクト推進の任務を引き継ぐこと、
- (2) LHC における ATLAS と CMS の両実験グループが Higgs 粒子と考えられる 125GeV 新粒子発見(並びに SUSY 等新粒子の未発見)を報告し(2012 年 7 月 4 日)、LC プロジェクトへの大きなインパクトとなったこと、及び
- (3) 2012 年 9 月にクラコフ(ポーランド)で開催された“素粒子物理学におけるヨーロッパ戦略”

会議(European Strategy for Particle Physics:ESPP2012)において、日本の高エネルギー物理学コミュニティによる ILC 日本誘致の意思表示に端を発した、いわゆる“日本のイニシアティブ(Japanese Initiative)”が大きな影響を与え、国際的にも期待が高まっていること、であった。

LCWS12のGDE会議では、ILCとCLICの共同で4つの特別ワーキンググループと7つの加速器ワーキンググループによるセッションが設けられた。今後とも、共通課題ごとに1つのチームとして共同研究と設計を進める将来的な展望が得られた。GDE会議でILCのコストとスケジュールが公に議論されたのも、また、上記“Higgs粒子”の発見を受けて、ILCとCLICのステージングシナリオの可能性が公に議論されたのも初めてであった。最終日の合同プレナリーセッションの加速器のサマリートークではLCCディレクターとなるLyn Evans氏が“日本のイニシアティブ”に強い支持を表明する一方、CERNでの将来の高エネルギーニアコライダーの計画としてCLICを準備すること、また、ILCとCLICの間での更なる協力推進を提言した。

LCWS12におけるLC物理のプレナリーセッションでは、CMSグループ責任者及びATLASグループメンバーによってそれぞれ“Higgs粒子”発見とSUSY粒子などの新粒子探索についての報告が行われ、その後、LCにおけるHiggs粒子の詳細研究と未発見のSUSY粒子探索のシナリオがそれぞれ藤井恵介氏(KEK)とJenny List氏(DESY)によって議論された。藤井氏は物理の観点から500GeVまでのステージング案についても議論した。二つのLCプロジェクトのスケジュールについては初日のプレナリーセッションの報告でCLICプロジェクト責任者のStainer Stapnes氏(CERN)が、500GeV CLICの場合でも建設開始は2022-23年を想定している、と述べたは注目を引いた。CERNの次期計画はLHCの14TeV運転やミノシティーアップグレードの結果を見て決めたいとのヨーロッパの高エネルギーコミュニティとCERNの意向を聞いたように思う。

III. IEEE/NSS2012におけるLC特別イベントの開催

”LCWS12の次週に開催された今年のIEEE/NSS会議では一日半のスケジュールでLC特別イベント(<https://indico.desy.de/conferenceDisplay.py?confId=6537>)が企画された。その開催趣旨は次のように記されている。すなわち、(1)次期LCはHiggs粒子の精密測定を通じて次のエネルギースケールの物理に迫るが、この物理を直接的な対象とする研究は将来の大型加速器を待たねばならないであろう、(2)ILCとCLICはいずれもグローバルな計画であるが、その技術、可能な到達エネルギー及びスケジュールは異なる、(3)LC特別イベントでは学界、産業界、及び加速器及び測定器とその応用の研究を進める研究者が一堂に会してLCにおける最先端技術をレビューし、併せて社会における加速器の応用と測定器技術の他分野へのスピノフを議論する、とされた。高エネルギー物理学のヨーロッパ戦略(European Strategy)の正

式提言と来年に予定される米国の次期ロードマップの議論(Community Summer Study 2013)に先行して、これほど明確に文章として記されたことは注目に値する。なお、イベントを締めくくる Forum Discussion(約1時間)には CERN 所長、KEK 機構長、CLIC 計画責任者、FNAL 副所長、DESY の HEP 担当ディレクター、村山斉氏、山本明氏(KEK)がパネラーとして参加し、パネラーの事前協議によると思われる議論の方向付けのイントロダクション(CERN 所長)と KEK 機構長による”ILC Proposal from Japan”のトークの後、パネラーがそれぞれの立場からコメントを行い、その後聴衆との質疑応答が行われた。ここでも Japanese Initiative が議論されて LC コミュニティーの期待が感じられた。なお、この LC 特別イベントでは日本から山本均氏、村山斉氏と松田武が報告を行った。

IV 特別推進研究「ILC のための最先端測定器の国際的新展開」2012 年度年会の開催

今年で 5 年計画の 2 年目にあたる科研費特別推進研究「ILC のための最先端測定器の国際的新展開」の年会が昨年 12 月 20-21 日に開催された。今年の年会では DBD 印刷最終版の 2012 年 1 月末完成を念頭において、ILC プロジェクトの進行状況、ILC のための測定器 R&D と、若い研究者による物理シミュレーションの成果が議論された他、CALICE や LC TPC Collaboration 等のいわゆる測定器 R&D のための Horizontal Collaboration の外国人共同研究者に講演を依頼し全般的な R&D 状況も議論した。また、年会初日の夕刻には村山斉氏(IPMU)による一般公演「宇宙の果ての向こう」を企画し小林ホールを埋めた聴衆を楽しませた(右写真)。



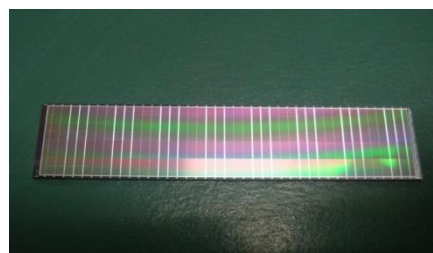
(<https://ilcagenda.linearcollider.org/conferenceOtherViews.py?view=standard&confId=5907>)

V ILC 測定器 R&D のいくつかのトピックス

本項では ILC 測定器 R&D の最近のトピックスを簡単に紹介する。なお、多くの若手研究者と大学院生を実働部隊とし、検討会を重ねて精力的に進められている ILC の物理シミュレーションの成果は DBD への重要な寄与となっているが、この活動の報告は DBD が完成するタイミングの次回報告で総括的に報告したい。

(1) Fine Pixel CCD の実機大センサー(全ページ写真):

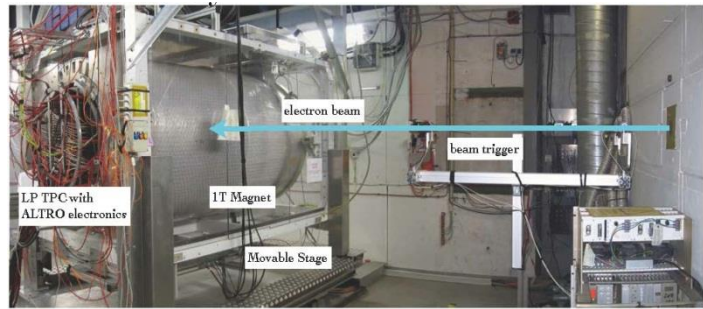
ILD 測定器のバーテックス検出器の有力な候補



の一つとして、本グループが開発を進めている Fine Pixel CCD (FPCCD)がある。この CCD センサーの開発は最も重要な開発要素であるが、2012年末までにバーテックス検出器の実機最内層のセンサーの寸法と略同じ寸法(12mm×64mm)の6マイクロピクセルのセンサーの制作に成功した。

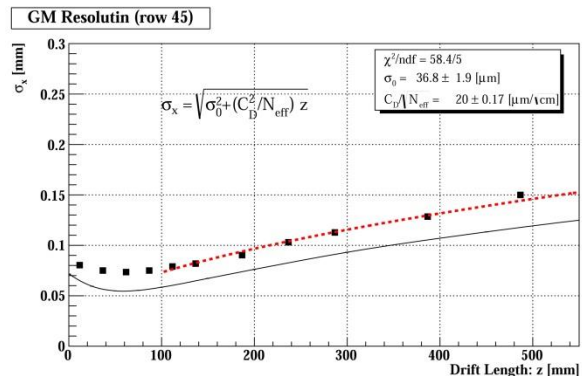
(2) Asian GEM モジュールのDESYでのビーム試験、S-ALTR016 エレクトロニクスと次期モジュール:

TPC グループでは、2012年11月末より12月中旬まで、TPC の大型プロトタイプ(LP)用 GEM モジュール 3 台のビーム試験を DESY で実施した。TPC 大型プロトタイプ(LP)ビーム試験設備(右写真)は薄肉超伝導ソレノイド PCMAG (KEK) 内に軽量 TPC フィールドケージ (DESY) を設置し、これに搭載する TPC 端部プレート (Cornell 大学) には最大7台の LP 用 MPGD モジュールを設置可能である。AIDA プロジェクト、DESY と KEK の共同によって、2011年度夏から半年をかけて、従来の液体 He 冷却をクライオクーラー2台による冷却に切り替える PCMAG の改造を行った。IPNS 低温グループや東芝の全面的な協力を得て、安全で容易な PCMAG 運転が実現できた。



今回のビーム試験は2011年の6月に行う予定であったが、東北大地震の影響のため延期したものである。試験に先立って、GEN 電極を4分割として GEM 放電によるエレクトロニクスの損傷を防止し、また、KEK において GEM モジュール組立方法を改良してモジュール仕上がり精度を上げ、延期期間を利用して、新しい多チャンネル高圧電源やレーザービームを使用して十分な準備試験を行い、国産の100マイクロ厚 GEM の特性と限界を理解した。その結果、ビーム試験では従来は問題であった GEM 放電を十分に制御して大量のデータを取得することが出来た。右プロットの位置分解能のドリフト距離(z)依存性は予備的な結果の一例である。(赤の点線は図中の公式によるデータへのフィットの結果である。実線はモンテカルロ計算

今回のビーム試験は2011年の6月に行う予定であったが、東北大地震の影響のため延期したものである。試験に先立って、GEN 電極を4分割として GEM 放電によるエレクトロニクスの損傷を防止し、また、KEK において GEM モジュール組立方法を改良してモジュール仕上がり精度を上げ、延期期間を利用して、新しい多チャンネル高圧電源やレーザービームを使用して十分な準備試験を行い、国産の100マイクロ厚 GEM の特性と限界を理解した。その結果、ビーム試験では従来は問題であった GEM 放電を十分に制御して大量のデータを取得することが出来た。右プロットの位置分解能のドリフト距離(z)依存性は予備的な結果の一例である。(赤の点線は図中の公式によるデータへのフィットの結果である。実線はモンテカルロ計算



の結果であるが、ドリフト距離依存性を比較するためだけに掲載したもので、データに合わせるための Neff やビーム角度等のパラメータ調整を行う前の結果である。))

従来はモジュール近辺の電場歪みに起因する“TPC における歪み(distortion)”と理解されていたものかなりの部分がモジュールの調整電極(フィールドシェーパー)の電圧設定の問題と読み出しパッドの位置情報の(累積的)誤差等によるものであることが確認された。歪み問題を正しく理解して今後これを改善あるいは解消する手がかりとなる。(同様の歪みは昨年の Saclay グループの Micromegas モジュールビーム試験でも認められて、現在その原因を究明中である。恐らくは同様の問題が含まれるものと理解している。) 実機 TPC において TPC 全領域で100ミクロン以下の位置精度を実現するためには、なおおまざまの考慮と試験が必要である。

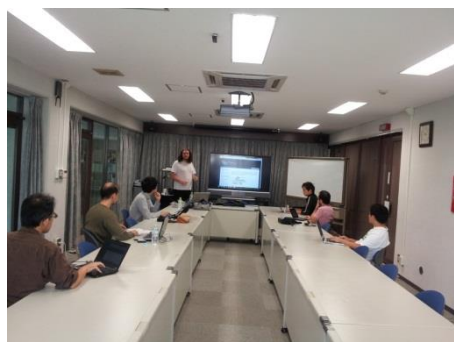
今回の試験では Lund 大学や CERN との協力によって準備した約8,000ch の外付け ALTRO エレクトロニクス(前ページ写真参照)を使用した。2012年にプレアンブ(PCAI6)チップと ALTRO チップを合体したアナログーデジタル混在型チップ(CERN)が完成し、今後はこのチップを搭載する S-ALTRO16 エレクトロニクス(Lund 大学他)を使用する。(Micromegasモジュールが使用している T2K エレクトロニクスの AFTER チップは ILD TPC では使用できないので、こちらも S-ALTRO16エレクトロニクスに移行する。なお、64ch の S-ALTRO チップを制作する予算がなかったことは残念である。) S-ALTRO16 エレクトロニクスは GEM モジュールのパッドプレーン背面に直接搭載する準表面実装のエレクトロニクスとなる。このため、2013年はこの新エレクトロニクスに対応する次期 GEM モジュールの設計と試作を始めるが、従来の GEM モジュールでの諸経験を取り入れて、実機 TPC でも使用できる構造的にシンプルで信頼性の高い GEM モジュールを目指す。またエレクトロニクスの2相CO₂冷却を組み込む予定で、当グループにおいて2相CO₂循環システムを調達し DESY に設置して来年度には使用可能な状態としたい。

今回のビーム試験ではポストドク(相当)の若い研究者3名(カメラマンとして写真中に不在の与那嶺氏を含めて KEK2名と佐賀大学1名)が4名の大学院生を率いて、熟年組と協力競合してビーム試験を先導したのは TPC グループとしては特記に値する。今後はこのような体制を更に充実して ILC の R&D が進められることを希望する。



(3) DBD のための ILD 測定器モデルの最適化、ソフトウェアの更新及び GRID

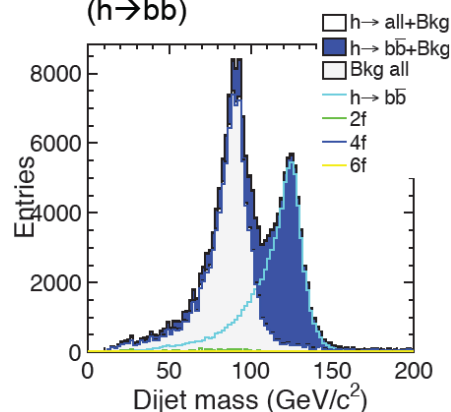
ILC DBD の測定器ベンチマーク研究のため、2009 年以来、“現実的な”測定器モデルに基づくシミュレーションコードとデータ解析コードの開発が進めてきたが、2012年夏から秋にかけてこの改定が一段落した。2012年 9 月には新しいトラッキングコード開発した Steve Aplin 氏 (DESY) が来訪し最終調整を行った。新しいフレーバー同定コード (東大) や Particle Flow コード (Cambridge 大学) もインストールされて 2009 年の LOI の際の結果を凌駕する性能を達成することができた。作成されたデータは日欧の GRID データサーバ上に置かれ、国内でも KEK や大学の ILD メンバーの解析に使われている。GRID 利用を促進するために、CERN から Stephane Poss 氏を招いて講習会が行った。講習会は KEKCC 計算科学センターや Belle2 メンバーも参加して行われた、有意義なものであった。(右上写真)



DBD のベンチマーク研究として、KEK では Higgs の崩壊分岐比

($h \rightarrow b\bar{b}, c\bar{c}, gg, WW^*, \mu\bar{\mu}, h\bar{h}$) や Higgs 湯川結合測定 of シミュレーション研究が進められている。重心系エネルギー 1TeV で $e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}h$ の反応で Higgs が 2 ジェットに崩壊した場合の 2 ジェットの不変質量分布の Preliminary な結果を右図に示す。このシミュレーションではビーム衝突ごとに平均約 4.1 イベント発生する低エネルギーハドロン粒子も重ね合わせて解析しているが、その除去アルゴリズムが有効に働き、ヒッグスの信号がバックグラウンドの信号から十分分離して測定できることがわかる。Preliminary な結果によるとヒッグスが $b\bar{b}$ に崩壊する場合には、測定量 断面積 x 崩壊分岐比を 0.5% 以下測定することができる。

Higgs mass with B-tagging ($h \rightarrow b\bar{b}$)



(以上)