

# 第一回 ATLAS+Belle II 研究会の報告

KEK 素粒子原子核研究所

伊藤 領介

東京大学 ICEPP

田中 純一

2014 年 (平成 26 年) 12 月 1 日

## 1 なぜ ATLAS+Belle II 研究会なのか

ATLAS 実験と Belle(II) 実験はそれぞれ異なる方向性で独立に新物理探索を進めています。しかし現在までどちらの実験も確固たる新物理の証拠を捉えられずにいます。もちろん 2015 年には LHC は Run II が始まりこれまでの約 2 倍のエネルギー領域での新物理探査が可能となり、ATLAS の結果には期待が集まっています。また Belle II も 2017 年から物理 Run が予定されていて、新物理の兆候を捉えるための準備が進んでいます。しかし新物理がどのエネルギースケールに現れるのかまったく予測のつかないのが現状です。

高エネルギー物理の歴史をひも解くと、この様な状況下では低エネルギーでの間接的な新しい兆候の発見が後に高エネルギーでの新物理の直接的な発見に結びつくことが繰り返されています。例えばテバトロンでのトップクォークの発見は ARGUS での  $B^0 - \bar{B}^0$  mixing の発見が先駆けになりました。しかし、もし新物理の間接的な探索と直接的な探索を最初から同時に連携して進めることが出来るなら、より効率的に新物理を発見しその解明を進めることが可能なはずで、これから数年の間に ATLAS と Belle II が同時にデータ収集を行ない新物理探索を行うという状況が始まります。これはまさに前述の「最初から同時に連携」というアイデアにマッチしており、High Energy Frontier と High Luminosity Frontier の実験がお互いに連携して、直接、間接両面から新物理の探索を進めることができる絶好の機会です。それでは実際にどのような連携ができるのか、その可能性を探るために本研究会を立ち上げました。

この研究会には物理研究の連携という目的のみならず、別の側面の目的もあります。近年の高エネルギー実験業界を見回すと、いろいろな実験がある一方、実験間の交流が非常に少なくなっています。学会の分科会を見ると、それぞれのグループミーティングになってしまっ

ているケースも散見され、高エネルギー業界全体としての活力がなくなっているように見受けられます。そこで ATLAS と Belle II という二つの大きなグループが手を取り合って新物理探索に乗り出すことで、日本の高エネルギーの新たなコアを形成することで業界を活性化し、ILC への道筋を開いていこうという意図もあります。

このような目論見のもと、まったく異なる 2 つの実験の「異種格闘技戦」から生まれる「ケミストリー」を期待して研究会が企画されました。

## 2 研究会の企画と経緯

この研究会の企画は 2013 年秋まで遡ります。Belle II 実験の周辺で、現在の Belle (II) 実験内の日本の物理解析の現状や、高エネルギー実験全体の状況に危機感を感じていた人々が集まり、どのようにしたら状況が改善できるのかを話し合いました。その際に ATLAS 実験と共同で研究会を持つのはどうかというアイデアが提出され、その可能性を議論してきました。確固たる物理の「シナジー」のシナリオがないと研究会は成り立たないであろうという意見が多数でした。

そこで 2014 年 1 月に ATLAS 日本グループに話をもちかけ、共同の研究会が成立するのか数回のテレビ会議を通して議論しました。とにかくやってみようという意見が大勢を占めたので、実際の研究会の企画を始めたのが春頃です。測定器の話題も研究会に含めるかどうか議論されましたが、まずは物理ということで企画が進みました。ATLAS, Belle II それぞれの物理ネタを持ち寄り、それらをシナジーできるシナリオを考えながら進みましたが、TeV 以上のスケールの物理の直接探索と間接探索の研究の融合は想定していた以上に難しく、最終的にはたまたま勝負というプログラムになりました。

この企画を考えてくださった世話人の方々を改めて以下に紹介します (\*は世話人代表)。

ATLAS : 田中 純一\*(ICEPP), 花垣 和則 (阪大), 戸本



図 1: 研究会の出席者一同。

誠 (名大), 金谷奈央子 (ICEPP), 山中 隆志 (ICEPP), 寺師 弘二 (ICEPP), 増渕 達也 (ICEPP), 斎藤 智之 (ICEPP), 江成 祐二 (ICEPP), 津野 総司 (KEK), 中村 浩二 (KEK)

Belle II : 伊藤 領介\*(KEK), 堺井 義秀 (KEK), 後田 裕 (KEK), 西田 昌平 (KEK), 原 康二 (KEK), 石川 明正 (東北大), 樋口 岳雄 (IPMU), 早坂 圭司 (名大), 佐藤 優太郎 (名大)

理論 : 野尻 美保子 (KEK), 橋本 省二 (KEK), 後藤 亨 (KEK)

### 3 研究会の内容

研究会は 2014 年 11 月 25 日に東大小柴ホールにて行われました。参加者は総計 57 人, そのうち ATLAS 関係者は 25 人, Belle 関係者は 20 人程度で, 理論の方々にも多数ご参加いただき, 大変盛況でした (図 1)。

研究会のプログラムは 4 つのセッションで構成しました。詳細なプログラムは研究会の Web <http://kds.kek.jp/conferenceDisplay.py?confId=16636> をご覧ください。

最初の導入のセッションでは ATLAS (神戸大・山崎さん), Belle II (KEK・後田さん) それぞれの実験の現状とプランが示され, また新物理理論の概括 (東大・遠藤さん) が行われました。続くヒッグスセッションでは, LHC における SM ヒッグス発見後のヒッグス研究に関して (ICEPP・田中), Belle における  $B \rightarrow \tau\nu$  や  $B \rightarrow D^{(*)}\tau\nu$  崩壊を用いた荷電ヒッグスの探査 (KEK・原康二さん) が報告され, 工学院大・進藤さんがこれまでのヒッグス研究からの新物理モデルに対する制限を議論しました。荷電ヒッグス等の重いヒッグスに対する結果は従来どおり MSSM の特定のシナリオでそのパラメータ空間 ( $m_A/m_{H^\pm} - \tan\beta$  平面) で制限をつけることでお互いの結果を比較することが出来ます。

### Synergy with Belle?

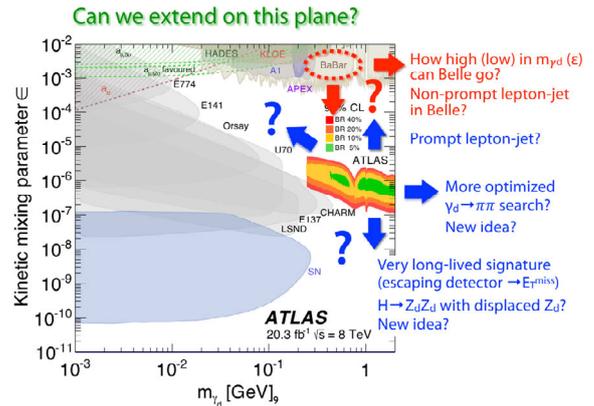


図 2: ATLAS と Belle II による Dark Photon の協調探索の可能性。(ICEPP・寺師さん)

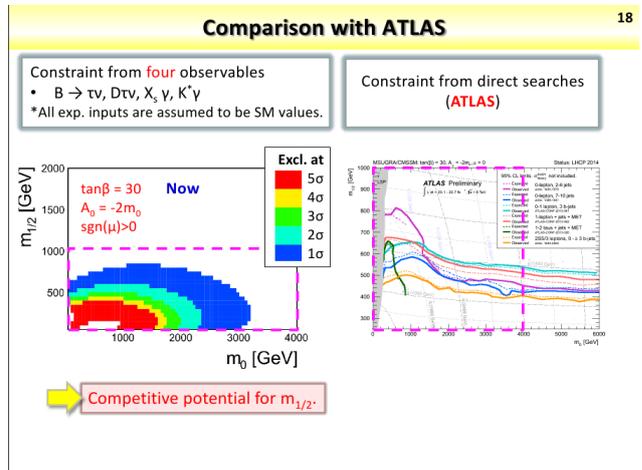


図 3: Belle II による種々の B 中間子崩壊の測定をグローバルフィットして得た SUSY 粒子の質量の制限と ATLAS による直接探索の結果との比較。(名大・佐藤さん)

昼食後の BSM セッションにおいては ATLAS, Belle II 双方における SUSY 探索 (東工大・陣内さん, KEK・西田さん) と他の BSM 探索 (ICEPP・寺師さん, 東北大・石川さん) の現状の報告がなされました。ATLAS と Belle II の連携の可能性の一つとして寺師さんの示した Dark Photon の探索の図を図 2 に示します。そのあと ICRR・金田さんと新潟大・山本さんによる 2 つの公募トークがあり, ATLAS と Belle II の連携による新物理探索の可能性が議論されました。

ブレイクのあと最後にシナジーのセッションが持たれました。グローバルフィットの概説 (KEK・伊藤) のあと, アトラス, Belle II それぞれでのグローバルフィット解析のアプローチが議論されました (ICEPP・金谷さん, 名大・佐藤さん)。佐藤さんの示した複数の B 崩壊の結果を組み合わせて得られた SUSY 粒子の質量の制限のプロットを図 3 に示します。

そして最後に KEK・野尻さんによる ATLAS と Belle II の新物理探索の統合に関するまとめがありました。結論として、残念ながらまだはっきりとした全体の道筋は見えていないのですが、たとえば、

1. 荷電ヒッグスなどの探索からの  $m_A/m_{H^\pm}-\tan\beta$  平面の制限,
2. Dark Photon 等の探索から  $m_\gamma-\epsilon$  平面の制限,
3. モデルを共有した上での SUSY 粒子の質量制限,
4. LHC の結果を反映した Lagrangian を Belle II のエネルギースケールまで落とし込んで有効理論化し、モンテカルロに組み込んで種々の測定値の比較を行う,
5. 物理モデルのコンピュータコードやパラメータの共有 (SusyFit, SuperIso 等),

などがこれからの議論の対象となり得るでしょう。

## 4 感想と今後

研究会のあとに懇親会がもたれましたが、その席で小林富雄先生がおっしゃったように、最初はお見合いのように固い雰囲気でしたが、後半は質問が飛び交い研究会らしくなりました。今回は一回目ということもあり、「ケミストリー」までは踏み込めませんでしたが、ATLAS と Belle II がお互いにどのようなアプローチで新物理に迫っていくのかを理解し合う良い機会になったと思います。何人かの参加者に聞いた所、大変良かったのでぜひ次回もやりましょうという意見が多かったです。

次回を企画するならば、やはりよりはっきりした ATLAS と Belle II での新物理探索の分業と協業に関するシナリオを考えて行く必要があると思います。そのためには実験家だけではなく理論家も広くまきこんで進める必要があります。MSSM のみならず様々な BSM のモデルで LHC 物理の結果からフレーバーセクターの物理を予言できるようになれば、またその逆ができれば、ATLAS と Belle II の連携は一層進むと考えられます。この研究会を機会に ATLAS と Belle II が共同で研究を進めることができるような環境を構築し、日本独自の新物理探索を発信していけたらと考えています。というわけで、次回開催の折には皆様の積極的なご参加をお願いしたいと思います。

最後にこの研究会を東大小柴ホールで開催するにあたり、ICEPP の皆様には大変お世話になりました。この場を借りて改めてお礼を申し上げます。また会場費等のサポートをくださったカブリ IPMU の樋口岳雄さんにも謝意を表します。