

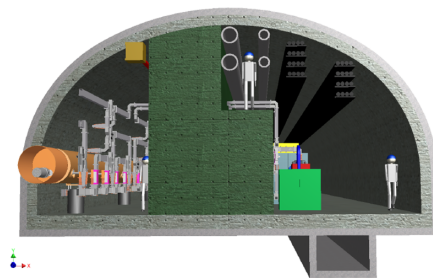
I

**研究室別 2012年度 研究活動報告**



# 1 年次報告原稿執筆の 手引 (原案)

## 2 分野 A



### 2.1 駒宮研究室

われわれは、素粒子物理の本質的な問題を実験的なアプローチで解明することを目指している。これにはエネルギーフロンティア（最高エネルギー）における粒子衝突型加速器（コライダー）実験がもっとも有効な手段であることは実験的な事実として認められている。

2012年7月に、世界最高エネルギーの陽子・陽子相互衝突型加速器 LHC でヒッグス粒子が発見された。これを「7月革命」と呼んでいる。ヒッグス粒子は真空と同じ量子数を持つのでヒッグス場が真空に凝縮し、素粒子はこれと相互作用する事で質量を得る。発見されたヒッグス粒子の質量は 125 GeV と軽く、ヒッグス粒子が、恐らく複合粒子ではなく素粒子である。しかし、その質量自身は量子補正で不安定であり、これを安定化する何らかのメカニズムが必要であり、超対称性が有望である。ヒッグス粒子は標準理論で予言された最後の未発見粒子であったが、それ以上に、この粒子の性質の詳細を研究することで標準理論を越える新たな方向を決定できる。即ち、ヒッグス粒子は、標準理論を越えて見通す窓である。7月革命はさらなる大革命の前哨戦に過ぎない。将来は LHC に続く電子・陽電子衝突のリニアコライダー ILC(図 2.1.1) を建設し、精密実験によってヒッグス粒子の粒子の詳細を研究し物理の原理に高めていくことになる。

ILC 関連の技術開発では、特に、衝突点でのナノスケールのビームのサイズを測定する「新竹ビームサイズモニター」の開発研究を行ない、KEK の ATF2 において実証実験を行なっている。さらに ILC での実験の検討においては、ILC 実験で主要な電磁カロリメータの開発研究を、2012 年秋から新たに研究室に参加したイギリス人の研究者が中心となって本格的に始めた。また、CERN の LHC における ATLAS 実験のデータ解析にはヒッグス粒子や超対称性の探索に大学院学生が参加している。

エネルギーフロンティアにおける加速器実験に加えて、中小規模の実験で本質的な素粒子物理研究を行なう為に、小規模実験や粒子検出器の開発研究をおこなっている。超冷中性子の地球の重力場中での束縛量子状態の測定の測定においては、2012 年には大きなブレイクスルーがあり、束縛量子状態の証拠である超冷中性子の鉛直分布の凹凸が明確に観測でき、それらを量子力学で説明することができた。

図 2.1.1: 陽電子・電子衝突のリニアコライダー、ILC

#### 2.1.1 電子・陽電子リニアコライダー ILC 計画

電子と陽電子 ( $e^+$  と  $e^-$ ) は、素粒子とみなすことができるので、それらの衝突は素過程である。また、 $e^+$  と  $e^-$  は粒子と反粒子の関係にあるので、衝突によって対消滅が起こり、その全ての衝突エネルギーは新たな粒子の生成に使われる。従って、エネルギーフロンティア（世界最高エネルギー）での  $e^+e^-$  衝突反応の実験研究は、素粒子の消滅生成の素過程反応そのものを直接、詳細に観測できるという本質的利点を有する。しかし、LEP のような円形  $e^+e^-$  コライダーではシンクロトロン放射によって電子や陽電子のエネルギーが急速に失われる。従って、電子・陽電子を向かい合わせて直線的に加速して正面衝突させるシンクロトロン放射の出ないリニアコライダーの方が経済的である。日本はいち早く  $e^+e^-$  リニアコライダーを高エネルギー物理の次期基幹計画として取り上げ、主加速器の技術開発と極細ビームを作り衝突点で衝突させる技術の開発を進めてきた。7年前から ICFA (International Committee for Future Accelerators) では、各国でバラバラに行なってきた加速器開発を統合し、超電導主加速器を主体としたリニアコライダーを国際的に推進する体制を整えた。2012年7月にはヒッグス粒子が発見され、ILCの初期に行なう物理学が明確になり、12月には技術設計書が完成しプロジェクトは国際的に大きく進展した。2013年からは ILC は新たな国際組織 LCC (Linear Collider Collaboration) で運営される。LCC を監督するのが LCB(Linear Collider Board) であり、駒宮はその議長を務める。2012年3月には我が国の素粒子実験分野の「将来計画検討小委員会」が答申を出し、ILCの早期建設を提唱し、10月には、高エネルギー物理学研究者会議（研究コミュニティ）は、ILCを早期に我が国に建設して、ヒッグス粒子の詳細研究から初めて徐々に加速器を足してゆき、エネルギーを段階的に増強して、トップクォーク、暗黒物質を担う粒子、ヒッグス粒子の自己結合と順次研究していくという段階的実施案についての合意の文書を発表した。本研究室は、わが国に ILC を誘致すべく、物理学教室の相原研究室、浅井研究室とも連携し、全国の研究者と共に努力を重ねている。

## ATF2 仮想衝突点ビームサイズモニター (新竹モニター) の開発研究

ATF2の仮想衝突点において縦方向に37nmに収束した極小のビームを測定するビームサイズモニターとして、新竹モニターと呼ばれるモニターを研究開発している。

新竹モニターは、電子ビームに直交する平面上にレーザー干渉縞を作り、干渉縞プローブとしてビームをスキャンすることでビームサイズを測定するビームサイズモニターである。干渉縞上で磁場強度の山の位置に電子ビームがある時、モニター後方に置いた $\gamma$ 線検出器で測定されるコンプトン信号量は多くなり、谷の位置では少なくなる。ビーム位置に応じたコンプトン信号量の変調から、ビームサイズを算出することが可能である。このようなビームサイズ測定方式は新竹積氏によって提唱され、FFTBプロジェクトでは波長1064nmのレーザーを用いてビームサイズ65nmの測定に成功した。

ATF2で測定する上での改良点は、より小さい37nmのビームサイズを測定するために二倍高調波を使い波長532nmのレーザーを生成する、ビームを固定したままでのサイズ測定を可能にする光学遅延の導入、水平方向のビームサイズ測定にも対応する様にレーザーワイヤーとして使うことも可能にした点、シグナルに比較して高エネルギーのバックグラウンドに対応するための多層構造の $\gamma$ 線検出器の導入などである。

新竹モニターはレーザー干渉を用いる革新的な手法により、100 nm以下の $\sigma_y$ (電子ビームの仮想衝突点における垂直方向ビームサイズ)を測れる唯一の手段であり、ATF2の目標達成と、ILCの実現にとって不可欠である。精密測定した $\sigma_y$ を加速器にフィードバックすることによりビームチューニングに常時安定に貢献している。2012春までには約150 nmの $\sigma_y$ を安定に測定できた。2012夏の間、光路アライメントの精度向上を目指してレーザー光学系、及びDAQモニター類が大幅に改良された。秋からの運転再開以降、新竹モニターの安定性と性能の向上が明確に確認された。12月中の連続稼働ではビームサイズ収束やwakefield効果などのstudyなど、様々な場面で活躍し続け、年末の最終週にこれまでに世界で測られたほぼ最小の $\sigma_y$  70 nmを再現性を以って連続測定できた。その後も様々なレーザー由来の系統誤差要因の細かい分析が続けられてきた。2013年春のビームタイム再開に伴い、更なる $\sigma_y$ の収束とモニターの誤差要因の解明のためのdedicated studyが盛んに実施されている。長時間の間に $\sigma_y \sim 65$  nmを安定に測定でき、一番小さくて55 nm程度の測定まで達成してある。これらはまだモニター自身の系統誤差が込みの結果であるので、残留の誤差は精密に評価し、 $\sigma_y$ の測定値を補正し「真」のビームサイズの導出を目指していく。

今後、新竹モニターと電子ビーム調整が期待性能を満たせば、最終目標である $\sigma_y = 37$  nmの安定測定は後一步のところと思われる。

## ILD カロリメーター

ILCでは、ヒッグス粒子やトップクォークの精密測定、新物理の探索などが行われる。これらの実験の多くは、複数のジェットを含むイベントの測定が鍵となる。ILD検出器では、Particle Flow Algorithm (PFA)という解析手法を用い、50GeVのエネルギーを持ったジェットに対して3-4%程度の分解能となることを目標としている。これはZボゾンとWボゾンのクォークへの崩壊を十分に区別できる水準である。PFAでは、飛跡検出器からの情報を用いることで、荷電粒子の寄与を推定するなど、粒子の種類に適した方法でエネルギーの測定を行う。これによって、高いエネルギー分解能が達成できる。このPFAが有効に働くためには、十分な細密度を有する電磁カロリメーターを必要とする。また、シャワー半径を小さくし電磁シャワーとハドロンシャワーを区別しやすいようにタングステンの吸収体を使ったサンドイッチカロリメーターにしている。検出器層には、5mm四方のピクセルに分けられたシリコンPINダイオードを用いる案(SiECAL)、格子状に並べられた5mm幅のストリップシンチレーターとMPPCを用いる案(ScECAL)がある。前者は分解能が良いが製作コストが高く、後者は分解能が劣るがコストは低く抑えることができる。この二つを組み合わせたハイブリッドカロリメーターも検討されている。

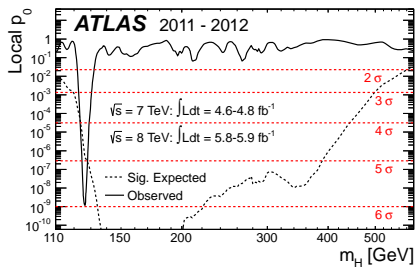
シミュレーションを用いて、SiECALにおけるジェットエネルギー分解能の最適化を行った。一つ目はシリコン検出器の不感領域となるガードリングの厚みの影響を調べたところ、0mmから2mmではほぼ線形に分解能が悪化することがわかった。二つ目は信号のシリアライズのためにECALの各層に入れるPCBの厚みの影響で、0.8mmから2.0mmではとくに分解能の悪化はみられていない。三つ目はデッドピクセルがある場合の影響で、ランダムに分布している場合については15%デッドピクセルになっても大きな分解能の変化はなく、それ以上では分解能が悪化していく。

ハイブリッドカロリメーターのシミュレーションでは、ストリップ状のシンチレーターでのエネルギー損失を、上下の層のエネルギー損失の分布を元にして5mm四方の仮想ピクセルに振りわけするstrip split algorithm (SSA)を使うことで、位置分解能を向上させることができる。このような解析手法の最適化を進めた。

PINダイオードのI-V、C-V特性から基本特性の評価をしている。また、中性子暴露による放射性耐性試験を設計し、準備を進めている。

### 2.1.2 LHC 実験

CERNの誇る世界最大の陽子・陽子衝突加速器LHCは、2012年にヒッグス粒子を発見し、アップグレードのための2年間の休止期間にはいった。軽いヒッグス粒子に発見によって、超対称性が有利となったが、まだその兆候は見えていない。今後に期待したい。国際的な超大規模実験であるATLASに、

図 2.1.2: 測定されたヒッグス粒子の  $p_0$ -value

十分に訓練を積んだ博士課程の大学院生を送り込み、他国の研究者や学生と切磋琢磨させることで、真に国際的な実力を持った研究者を育てている。国際競争は特に厳しいが、素粒子物理国際研究センターの有能な研究者と協力して様々な成果を上げてきた。

### ヒッグス粒子の発見

2012年の運転で ATLAS 検出器は、衝突エネルギー 8 TeV の p-p 衝突データを、積算ルミノシティ  $21\text{fb}^{-1}$  記録した。2011、2012年のデータと用いて、ヒッグス粒子発見に対して最も感度の高い二光子に崩壊するモードでの探索を行い、ヒッグス粒子を発見した [1]。

図 2.1.2 は背景事象のみで測定結果を説明できる確率 ( $p_0$ -value) を、仮定するヒッグス粒子の質量でスキャンしたプロットである。発見された新粒子の質量である 126 GeV 付近に、 $6\sigma$  という大きな excess が存在しており、ここから新粒子の存在が実証された。なお図 2.1.2 は各崩壊モードでの解析結果を統合したプロットである。発見後のさらなる解析の結果、新粒子はスピンが 0 のスカラー粒子であることが実証され、新粒子はヒッグス粒子であると結論付けられた。結合定数や質量などの各性質測定も進めており、発見されたヒッグス粒子の性質は、現在標準理論の予言と無矛盾である。

### 2.1.3 小規模実験

#### UCN 実験

低速な中性子は、長い波長を持つため、原子核ポテンシャルを直接感じることは出来ず、平均化した実効的なフェルミポテンシャルのみを感じるようになる。フェルミポテンシャルよりも小さい運動エネルギーを持つ中性子は、超冷中性子 (UCN) と呼ばれ、あらゆる入射角に対して物質表面で全反射する性質を持つ。

重力ポテンシャルと粒子を反射する床からなる系にある粒子は、古典力学においてはバウンドを繰り返すことになる。このポテンシャルをシュレディン

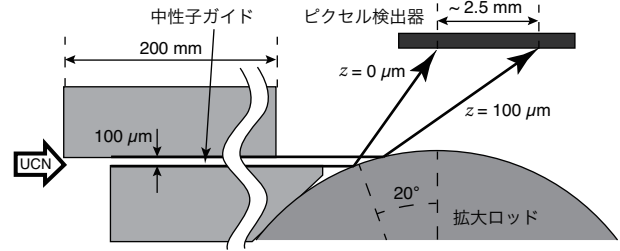


図 2.1.3: 測定器システムの主要部分。

ガー方程式に代入し、量子力学で扱えば、束縛状態の波動関数は Airy 関数を用いて表すことが出来る。存在確率分布は、周期が粒子質量の  $-1/3$  乗に比例した特徴的な濃淡を持つ。超冷中性子は、物質表面で全反射し、電荷を持たず、寿命が長く、質量が小さいため、この束縛状態の存在確率分布を測定するために非常に適している。

2002年、Nesvizhevsky らのグループによって、超冷中性子の重力による束縛状態は、初めて観測された。しかし、これまでの重力による束縛状態の存在確率分布の測定は、現在の中性子検出器の分解能 (数  $\mu\text{m}$ ) によって制限されていた。 $\mu\text{m}$  オーダーの距離での重力相互作用には、実験的に検証する余地がある。また、到達距離が  $\mu\text{m}$  の未知短距離力の存在も予言されており、加速器を用いた実験とは独立な、このようなユニークなシステムでの新物理探索は重要な意味を持っている。

これまでの位置分解能の制限を超えるため、ニッケル円筒面を凸面鏡のように用いて、超冷中性子の分布を拡大して観測する検出器システムを開発した (図 2.1.3)。超冷中性子は、ガラス製中性子ガイドの中を通り、床の上で重力による量子状態に遷移する。主量子数の高い中性子は、 $100\mu\text{m}$  の高さにある粗さを持つ天井で反射すると、鉛直方向に大きいエネルギーを得て、床と天井との衝突回数を増やし、取り除かれる。ガイドを通ってきた超冷中性子は、ニッケル円筒面 (拡大ロッド) で全反射し、高さ方向の分布が 25 倍程度に拡大される。円柱面は、大阪大学超精密科学センターで、中性子の波長と比べて十分なめらかに研磨された。拡大された分布を、CCD ベースのピクセル検出器によって測定する。CCD 受光面の上に、中性子を荷電粒子に変換するボロン 10 コンバーターを蒸着することで、位置分解能を損なうことなく、中性子検出を可能にした。以上の装置を組み合わせた検出器システムで、サブミクロンの精度を達成する。

2011年、フランス、ラウエ-ランジュバン研究所において、物理測定を行った。得られた実験データと、計算による中性子分布を比較した (図 2.1.4)。超冷中性子分布の拡大過程については、位相空間上の量子状態を記述するウィグナー関数を用いて計算を行った。実験データと計算の分布は一致し、特にはじめの数個の分布の濃淡が一致していることが確かめられた。検出器システムの位置分解能は、 $0.7\mu\text{m}$  と見積もられた。超冷中性子の重力による束縛状態を

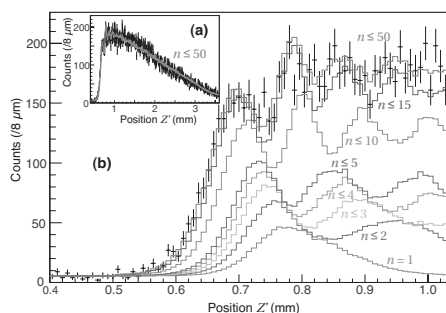


図 2.1.4: 実験結果と計算による分布（第 50 単位まで）の比較。(a) 全体と (b) 分布の立ち上がり部分。

サブミクロンの精度で観測したことは、世界初の結果である。

### 新しい近接力の探索

中性子と原子ガスの散乱角分布を精密に測定し、既知の散乱過程による分布からのずれを評価することで、新しい近接力の探索実験を進めている。国内外において、古くから、結合強度の弱い、新しい近接力の探索が行われてきているが、その探索対象として、電弱スケールでの新粒子や小さく置かれた余剰次元があった場合に予想される未知のゲージ粒子など、いくつか理論からの魅力的な提案がされている。実験の評価には湯川型で表現される結合ポテンシャルが使われる。有限の質量を持った単一スカラー粒子が媒介するとして最もシンプルな相互作用の描像で、モデル依存の少ないものである。新しい結合荷を質量数やバリオン数とすることで、探索する対象を、重力またはそれに準ずる力としている。

大韓民国の研究炉 (HANARO) にある波長が 5 Å の中性子ビームを用いることを予定する。Xe ガスを散乱原子とし解析方法の最適化を行った。また、現地で予備実験を行い環境バックグラウンドなどからくる系統誤差の評価を行った。その結果、既存の中性子ビームラインへ大幅な変更を行うことなく、数日間の実験で世界で最も高い感度まで到達できると見積ることができた。その結果を受け、実験の準備を進めている。

#### 2.1.4 EPR 相関測定とベル不等式検証

我々の世界は量子論でしか記述できないのか、あるいは拡張した古典論によって再現されるか。ベルの不等式はその問いに対する最も有用な実験的判別式として知られている。これまでにエンタングルした光子対を用いた光学実験などにより多数破れが確認されているが、質量を持った粒子系あるいはフェルミオン系での実験例は依然として少なく、破れの普遍性という観点で非常に興味深いセクターである。

我々は現在コライダーで生成される重い粒子の崩壊系を用いたベルの不等式の検証を計画している。特にスピン 0 を始状態とする  $\eta_c \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ ,  $\chi_{c0} \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$  は、 $\Lambda\bar{\Lambda}$  対のスピンが完全にエンタングルしており、統計量も豊富で有力な検証チャンネル候補である。 $\Lambda\bar{\Lambda}$  は直ちに弱崩壊  $\Lambda \rightarrow p\pi^-$ ,  $\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\pi^+$  を行うためスピンの直接測定は困難だが、弱崩壊のパリティ非対称性により終状態粒子  $p(\bar{p})$  の分布が  $\Lambda$  のスピンの方向 ( $\bar{\Lambda}$  のスピン逆方向) に偏る性質を利用し、 $p\bar{p}$  の運動量相関から  $\Lambda\bar{\Lambda}$  のスピン相関を逆算することが可能である。モンテカルロ・シミュレーションで  $\eta_c \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ ,  $\chi_{c0} \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$  チャンネルの実験感度を計算した結果、既存のコライダー実験の統計量で十分検証が可能であることを示した。また  $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ ,  $Z^0 \rightarrow \tau\tau$  のようなエンタングルが不完全な一般のチャンネルに関して、ベルの不等式の破れの有無および破れの大きさはこれまで解析的な計算法がなかったが、我々はその解析解を求めることに成功し、各チャンネルにおける実験感度などについて一般的な定式化を確立した。

<受賞>

<報文>

(原著論文)

- [1] The ATLAS Collaboration, "Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC", Phys. Lett. B 716 (2012) 1-29
- [2] The ATLAS Collaboration, "A Particle Consistent with the Higgs Boson Observed with the ATLAS Detector at the Large Hadron Collider", Science 338 (2013) 1576-1582
- [3] The ATLAS Collaboration, "Measurement of  $k_T$  splitting scales in  $W \rightarrow l\nu$  events at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector", arXiv:1302.1415
- [4] The ATLAS Collaboration, "Measurement with the ATLAS detector of multi-particle azimuthal correlations in p+Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV", arXiv:1303.2084
- [5] S. Chen, Y. Nakaguchi, S. Komamiya  
"Testing Bell's Inequality using Charmonium Decays"  
Progress of Theoretical and Experimental Physics (accepted)

(会議抄録)

- [6] Jacqueline Yan: "MEASUREMENT OF NANOMETER ELECTRON BEAM SIZES WITH LASER INTERFERENCE USING IPBMS", Proceedings for IBIC2012, International Beam Instrumentation Conference, Oct 1-4, 2012, KEK, Japan

(国内雑誌)

- [7] 駒宮幸男, 「-22 世紀の物理学を考える- 未来は霧の中」, パリティー Vol.27 No.11 (2012) 54



(学位論文)

- [8] 大録誠広 「レーザー干渉を用いた高精度ビームサイズモニターの研究」, 博士論文 (東京大学大学院理学系研究科), 2013 年 3 月
- [9] 市川豪 「ピクセル検出器を用いた超冷中性子の重力によって束縛された量子状態の観測」 博士論文 (東京大学大学院理学系研究科), 2013 年 3 月
- [10] 谷美慧 「低速中性子散乱実験による新しい近接力の探索」 修士論文 (東京大学大学院理学系研究科), 2013 年 3 月

< 学術講演 >

(国際会議)

一般講演

- [11] J. Yan : “IP-BSM: Beamtime Performance and Error Evaluations” 14th ATF2 Project Meeting, June, 2012, KEK, Japan
- [12] Y. Kamiya, M. Tani, S. Komamiya, G. N. Kim, K. S. Kim: Search for a weakly-coupled scalar boson using neutron-Xenon scattering, 6th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms, Sendai, Japan, 28-30 September 2012.
- [13] J. Yan : “Measurement of Nanometer Electron Beam Sizes with Laser Interference using IPBMS” : IBIC2012, International Beam Instrumentation Conference, Oct 1-4, 2012, KEK, Japan
- [14] J. Yan : “Measurement of Nanometer Electron Beam Sizes with Laser Interference using IPBMS” : LCWS2012, Joint CLIC/ILC Working Group Instrumentation and Technical Systems, Oct 25, 2012, Arlington, Texas
- [15] J. Yan : “IPBMS: Beam Size Measurement and Performance Evaluation” 15th ATF2 Project Meeting, Jan , 2013, KEK, Japan
- [16] J. Yan : “Beam Size Measurement using IPBMS: Newest Results and Performance Evaluation” , FJPPL - FKPPL on ATF2 Accelerator R&D, Feb, 2013, LAL, Orsay

招待講演

- [17] Sachio Komamiya, “History of Particle Physics and Linear Collider -Discovery of Higgs Boson and the ILC Project-”, ASIAA/CCMS/AMS/LeCosPa/NTU-Phys Joint Colloquium, 24 September 2012, National Taiwan University
- [18] Sachio Komamiya, “Community Proposal for Japanese Particle Physics Priorities”, CERN SPC Meeting, 27 November 2012, CERN Geneva
- [19] Sachio Komamiya, “Discovery of Higgs Boson and Impact on Particle Physics”, GCOE Seminar, 9 December 2012, The University of Tokyo

- [20] Sachio Komamiya, “Progress of Particle Physics and International Linear Collider”, ILC Symposium, 15 December 2012, Akihabara UDX Theater Tokyo
- [21] Sachio Komamiya, “Particle Physics Now and in the Future”, International Symposium Nanoscience and Quantum Physics, 19 December 2012, Tokyo Institute of Technology
- [22] Sachio Komamiya, “International Linear Collider”, ACFA Meeting, 26 February 2013, Butcher Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia (on-line talk)
- [23] Sachio Komamiya, “The Rising Sun of the Linear Collider”, Aspen Winter School, 10 March 2013, Aspen Colorado, USA

(国内会議)

一般講演

- [24] ジャクリン ヤン : 「新竹モニタによるレーザー干渉を用いた nm 電子ビームサイズ測定 : 最新結果と性能評価」, ILC 夏の学校 (2012 年 7 月), 佐賀
- [25] 山口洋平, “LHC-ATLAS 実験における二光子に崩壊するヒッグス粒子の探索”. 日本物理学会 (秋) 2012 年 9 月、京都産業大学
- [26] ジャクリン ヤン : 「新竹モニタによるレーザー干渉を用いたナノメートル電子ビームサイズ測定」、日本物理学会 (秋) 2012 年 9 月、京都産業大学
- [27] 谷美慧、神谷好郎、駒宮幸男: 「低速中性子散乱実験による弱結合スカラー粒子の探索」: 日本物理学会 (秋) 2012 年 9 月、京都産業大学
- [28] 陳詩遠、中口悠輝、駒宮幸男  
「チャーモニウム崩壊を用いた EPR 関連の測定とベル不等式の検証」  
日本物理学会第 68 回年次大会、広島大学、2013 年 3 月 27 日
- [29] 市川豪、駒宮幸男、神谷好郎、山村和也、永野幹典 : 「重力に束縛された超冷中性子の量子状態の観測およびそれを用いた未知短距離力の探索」, 日本物理学会 (2013 年 3 月), 広島大学, 広島
- [30] 神谷好郎、谷美慧、駒宮幸男、G. N. Kim, K. S. Kim: 中性子-キセノン散乱の精密測定による弱結合スカラー粒子の探索実験、日本物理学会第 68 回年次大会、広島大学、2013 年 3 月 28 日
- [31] 大録誠広 : 「新竹モニタによるレーザー干渉を用いたナノメートル電子ビームサイズ測定」, 日本物理学会 (2013 年 3 月), 広島大学, 広島
- [32] ジャクリン ヤン : 「新竹モニタによるレーザー干渉を用いた nm 電子ビームサイズ測定 : 最新結果と性能評価」, 日本物理学会 (春) 2013 年 3 月、広島大学
- [33] 小坂井千紘、陳詩遠、Daniel Jeans、駒宮幸男 : 「線形加速器のための電磁カロリメーターのシミュレーション研究」, 日本物理学会 (春) 2013 年 3 月、広島大学



- [34] 山口洋平, “LHC-ATLAS 実験における二光子への崩壊過程を用いた新粒子の研究”. 日本物理学会 (春) 2013 年 3 月、広島大学

## 招待講演

- [35] 駒宮幸男: 「ヒッグス粒子の発見」, 日韓シンポジウム, (2013 年 7 月 28 日) 松本大学
- [36] 駒宮幸男: 「巨大加速器が解明する素粒子と宇宙の謎」, 東京大学エグゼクティブ・マネージメント・プログラム (2012 年 9 月 1 日) 東京大学
- [37] 駒宮幸男: 「シンポジウム: ヒッグスとコライダー趣旨説明」, 日本物理学会 (2012 年 9 月 12 日) 京都産業大学
- [38] 駒宮幸男: 「素粒子物理最前線 2012」, 九州大学先端素粒子物理研究センター開所式記念講演 (2012 年 10 月 1 日) 九州大学
- [39] 駒宮幸男: 「素粒子と宇宙 -極微の世界と壮大な宇宙を結ぶ加速器-」, 楽しむ科学教室 (2012 年 11 月 11 日) 福岡
- [40] 駒宮幸男: 「巨大加速器が解明する素粒子と宇宙の謎」, 東京大学エグゼクティブ・マネージメント・プログラム (2012 年 12 月 22 日) 東京大学
- [41] 駒宮幸男: 「ヒッグス粒子発見 -素粒子物理学の一大革命-」, SSH 特別講義 (2013 年 1 月 12 日) 東京学芸大学附属高等学校
- [42] 駒宮幸男: 「ヒッグス粒子と見られる新粒子の発見」, 東京大学エグゼクティブ・マネージメント・プログラム (2013 年 1 月 25 日) 東京大学
- [43] 駒宮幸男: 「ビーム物理物理領域・素粒子実験領域合同シンポジウム: ILC 計画の展望」, 日本物理学会 (2013 年 3 月 27 日) 広島大学
- [44] 駒宮幸男: 「「ヒッグス粒子」の発見」, 朝日カルチャーセンター (2012 年 11 月 17 日) 横浜
- [45] 駒宮幸男: 「「ヒッグス粒子」の発見と素粒子物理学の発展」, 朝日カルチャーセンター (2012 年 12 月 1 日) 藤沢
- [46] Sachio Komamiya, “Discovery of Higgs Boson and Impact on Particle Physics”, GCOE Seminar, 9 December 2011, The University of Tokyo

## II

# Summary of group activities in 2012



## 1 Komamiya group

**Research Subjects:** (1) Preparation for an accelerator and an experiment for the International linear  $e^+e^-$  collider ILC; (2) Higgs boson and supersymmetric particle searches with the ATLAS detector at the LHC  $pp$  collider; (3) Experiment for studying gravitational quantum effects and searching for new medium range force using ultra-cold neutron beam; (4) Study on possibility to investigate the EPR paradox using charmonia decays.

**Member:** Sachio Komamiya, Yoshio Kamiya, Daniel Jeans, Go Ichikawa

We, particle physicists, are entering an exciting period in which new paradigm of the field will be opened on the TeV energy scale by the new discovery of a Higgs Boson at LHC. The details of the observed Higgs Boson and other new particles will be studied in a cleaner environment of  $e^+e^-$  collisions at the International Linear Collider ILC.

1) Preparation for the International  $e^+e^-$  Linear Collider ILC: ILC is the energy frontier machine for  $e^+e^-$  collisions in the near future. In 2004 August the main linac technology was internationally agreed to use superconducting accelerator structures. In 2007 March, the Reference Design Report was issued by the Global Design Effort (GDE) and hence the project has been accelerated as an international big-science project. The technical design was completed in the end of 2012. Since then, ILC design and hardware development are passed to the Linear Collider Collaboration (LCC) lead by Lyn Evans. The oversight body of LCC is called LCB (Linear Collider Board) whose chair is Komamiya. We are working on ILC accelerator related hardware development, especially on the final focus system. We are developing the Shintake beam size monitor at the ATF2, which is a test accelerator system for ILC located in KEK. The Shintake beam size monitor is able to measure  $O(10)[\text{nm}]$  beam size, by using a high power laser interferometer. Also we have been studying possible physics scenario and the large detector concept (ILD) for an experiment at ILC. Since 2012 autumn, a new postdoctoral fellow who is expert on the silicon electro-magnetic calorimeter joined from UK. We establish a group to work on calorimeters for ILC detector.

2) Experiment for studying quantum bound states due to the earth's gravitational potential to study the equivalent theorem in the quantum level and searching for new short-range force using ultra-cold neutron (UCN) beam: A detector to measure gravitational bound states of UCNs is developed. We decided to use CCD's for the position measurement of the UCN's. The CCD is going to be covered by a  $^{10}\text{B}$  layer to convert neutron to charged nuclear fragments. The UCNs are going through a neutron guide of 100  $[\mu]$  height and their density is modulated in height as forming bound states within the guide due to the earth's gravity. In 2008 we tested our neutron detector at ILL Grenoble. In 2009 we started the test experiment at ILL. We significantly improved our detector system and performed the experiment in 2011, and the analysis was completed in 2012. The observed modulations in the vertical distribution of UCNs due to the quantization is in good agreement with the prediction by quantum mechanism using the Wigner function. This is the first observation of gravitationally bound states of UCNs with submicron spacial resolution.

3) ATLAS experiment at LHC: The epoch of new paradigm for particle physics is going to open with the experiments at LHC. In July 2012, a Higgs Boson was discovered by the ATLAS and CMS experiments at LHC. We call this as "2012 July Revolution". Our students have been working on data analysis on search for a Higgs Boson in the very important decay mode of  $H \rightarrow \gamma\gamma$ . Also other student searched for supersymmetric partners of third generation quarks with the missing transverse energy and with b-quark signal. These results are already published in journals.

4) One of our graduate student was worked out on possibility to study the EPR paradox using decays  $J/\psi, \eta_c, \text{ or } \chi_{c0} \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda} \rightarrow p\pi^-\bar{p}\pi^+$ . The results was submitted in journal.