

I

研究室別 2014年度 研究活動報告

1 分野 A

1.1 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約 125 GeV と軽く、ヒッグス場が真空中に凝縮すると素粒子が質量を持つことは教科書に書いてあるが、なぜヒッグス場が真空に凝縮するかは、標準理論を越える問題である。従って、この粒子の性質の詳細を研究することで、標準理論を越える素粒子物理学の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 1.1.1) を建設し、新粒子の探索と同時に精密実験によってヒッグス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」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研究を行なっている。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においては、2014 年には我々の実験によって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 1.1.1: 電子・陽電子衝突のリニアコライダー、ILC

1.1.1 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い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。10 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。更に、2013年9月には日本学術会議が「国際リニアコライダー計画に関する所見」を発表し、2014年度にはILCの名前がついた準備予算が執行され、政府は我が国での建設を真剣に検討している。本研究室は、わが国にILCを誘致するべく、物理学教室の相原研究室と浅井研究室、素粒子物理国際研究センターとも連携し、国内外の研究者と共に努力を重ねている。

ATF2 レーザー干渉型電子ビームサイズモニタの開発研究

KEKにある加速器試験施設ATF2では、ILCのための最終収束系の実証試験が行われている。本研究室では、ATF2の仮想衝突点において垂直方向に37 nmに収束した極小の電子ビームサイズを測定するためのビームサイズモニタとして、新竹モニタを開発している。

新竹モニタは、レーザー干渉縞で電子ビームをスキャンし、この際に発生するコンプトン散乱光をガンマ線検出器を用いて測定する。干渉縞上で磁場強度の山の位置に電子ビームが衝突するとコンプトン信号量は大きくなり、谷の位置では小さくなる。このコンプトン信号量の変調の大きさは電子ビームサイズによって変化するため、この測定によって電子ビームサイズを算出することができる。この測定方式は新竹積氏によって提唱され、先行するFFTB実験では波長1064 nmのレーザーを用いてビームサイズ70 nmが測定された。ATF2における改良点は、より小さい37 nmのビームサイズを測定するために二倍高調波による波長532 nmのレーザーの使用、ビームを固定したまま測定できるように光学遅延の導入、水平方向のビームサイズ測定にも対応するレーザーワイヤー方式の導入などである。

新竹モニタはレーザー干渉を用いる革新的な手法により、100 nm以下の垂直方向電子ビームサイズを測れる唯一の手段としてATF2の目標達成とILCの実現にとって不可欠である。精密測定したビームサイズ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と収束手法の研究に常時安定に貢献している。2012年末に世界最小の電子ビームサイズ70 nmを測定し、2013年3月には65 nm、2014年4月に63 nm、2014年6月には世界記録である44 nmの測定を達成した。さらに、レーザーと電子ビームとの間の相対的な位置のジッターの評価と、様々なレーザー由来の系統誤差要因の詳細分析を行い、測定値に不確定性の考慮や補正を加えることで、極小ビームサイズを精密に評価する手法を確立した。

1つの電子ビームトレインに2つのバンチを含む2バンチビーム運転において、2つ目のバンチのビームサイズ測定を行うことを計画している。このために、現在使用しているガンマ線検出器より時間応答の早い、チェレンコフ検出器を用いたガンマ線検出器の開発研究を行っている。

ILD 電磁カロリメータ

測定器コンセプトの一つであるILD (International Large Detector) の、電磁カロリメータの開発を進めている。ILCでターゲットとする物理事象の多くは複数のジェットを伴うため、いかにしてそのエネルギー分解能を高めるかが鍵となる。これまでは、ジェットエネルギーの大部分をハドロンカロリメータで測定していたが、近年では、荷電粒子についてはより分解能の高いトラック情報を用いるなどの、粒子の種類別に適した方法で測定するアルゴリズムが提案されてきている。そのアルゴリズムの性能は、電磁カロリメータでのクラスタの分離能で大きく左右される。そのために、測定器に高い細密度を要請する。

本研究室では、5 mm四方のピクセルを持つ高密度シリコンPINフォトダイオードをセンサーとした、Si/W サンドイッチカロリメータの開発を中心に推し進めてきた [10]。世界各国の共同研究グループにおいて、実装に向けた細部の仕様決定と確認作業をしている中で、主に、電気的特性試験によるセンサー性能の担保、および、放射線損傷による性能劣化の物理過程の特定とセンサー寿命の測定を担当している [14][27][29][32]。2014年度に神戸大学海事科学研究科のタンデム静電加速器において中性子損傷によるセンサーの耐久試験を行ったところ、数値におよぶ暗電流量の悪化が確認された。また、損傷の程度は、バンドギャップエネルギーが実効的な減少で表現され得ることを確認した。センサーと同時に、読み出し電源で使われる大型コンデンサの耐性試験も行った [36]。2015年度には、追加の試験と導電性エポキシ接着剤の最適化試験を行う予定である。

電磁カロリメータのハードウェア開発の一方で、ILD検出器のシミュレーションコードの開発を進めている [5][9]。主に、電磁カロリメータにおける光子のクラスタリングアルゴリズム (GARLIC) の整備と検出器ノイズなどの効果の導入を行っている。また、ヒッグス粒子からタウ粒子へ崩壊する過程を用いて、ヒッグス粒子のCP混合度の測定アルゴリズムの開発を行っている。タウ粒子等の質量など、既知の物理量を用いた保存則による制限を解析過程に課すことで、より高精度な混合度測定が期待できる。

1.1.2 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、エネルギーを13 TeVに上げるための2年間の休止期間にはいった。130 GeV以下のヒッグス粒子の発見によって、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。13 TeVの運転に期待したい。国際的な超大規模実験であるATLASに、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。

LHCでの超対称性探索は現在岐路に立っている。125 GeVというヒッグス質量、ダークマター残存密

度の観測結果、2012年までの運転 (Run1) でおよそ 1TeV まで兆候がなかったことを受けて、Higgs の階層性解消のためこれまで軽いと考えられていたスカラートップをはじめとするクォークの超対称性パートナーが非常に重い可能性が高まってきた。重点はこれらからの制約が弱い超対称性ゲージ粒子 (ゲージノ) の探索にシフトしつつある。LHC は 2015 年から前人未達の重心系エネルギー 13-14TeV 運転 (Run2) が開始し、3 年間で 100fb^{-1} という大統計量を溜める予定であるが、重心系エネルギー増加による恩恵の大きいグルイーノ、断面積が小さいため統計量が必要な電弱ゲージノの探索は Run2 での猛攻が特に期待されている。本研究室では ATLAS 実験にてこれらの探索のための研究に携わり、2014 年度は Run2 に向けた解析の準備研究を行った。

グルイーノ探索

Run2 では重心系エネルギーの増加により生成断面積が 4-10 倍、また重いグルイーノにも感度を持つようになるのが大きな特徴である。本研究室では特にグルイーノの早期発見をターゲットとした解析の感度改善に取り組んだ。具体的にはまず、これまで使われてきたジェットの横運動量や消失運動量に加えて、事象の角度情報を取り込んだ新しい変数 "aplanarity" を導入し背景事象とのよりよい分離を可能にした [25]。また発見のためには精度の良い背景事象推定が必須である。これまでのグルイーノ探索では、モンテカルロシミュレーションを用いた背景事象推定法が用いられていたが、対象とする探索領域が標準模型過程が今まで実験で観測されたことのない未知の領域であるため、モデリングの不定性が必然的に大きくなる。そこで本研究室では他の領域で観測されたデータを、aplanarity の分布を用いて探索領域に外挿する新たな方法を開発し、背景事象推定の系統誤差を大幅に縮小することに成功した [33]。

電弱ゲージノ探索

ハドロニック背景事象を抑えるため終状態に 3 つのレプトンを持つチャージノ・ニュートラリーノ対生成事象に焦点を絞って、Run2 に向けた準備研究を行っている。最大の難題は信号事象と背景事象との分離であり、特に WZ 生成事象は終状態が同じでかつ運動量が酷似しているため、消失運動量などの変数を各々単体で用いた従来式のカットベースの解析では感度が非常に悪い。そこで本研究室では行列要素をベースとした尤度関数を構成し、複数の変数の間の相関も含めた同時に扱う手法を開発した [26][34]。電弱相互作用なので行列要素が理論から精度よく第一原理的に計算できること、また通常の機械学習ベースの多変量解析と違ってトレーニングを必要とせず、それに由来する不確実性がないことなどが強みである。まだ試験的な段階であるが、既に 20-50% の感度改善が確認されており、今後 Run2 の最初の結果に向けて最終調整を行っていく予定である。

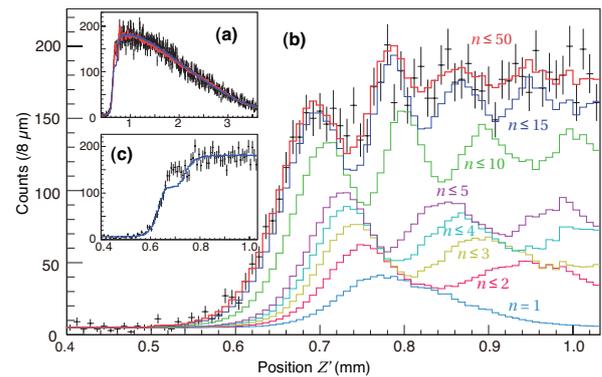


図 1.1.2: 地球重力に束縛された超冷中性子の存在確率分布。十字の測定点は、量子効果を取り入れた計算 (ヒストグラム) で良く再現されている。(a) 全体の分布の比較。(b) 分布の立ち上がり部分の比較。(c) 量子効果の無い場合の計算から得られる分布の比較。図は、G. Ichikawa (2014) より。

1.1.3 小規模実験

空間の余剰次元理論を内在するような素粒子標準理論を超えた理論体系の中には、微視的スケールにおいて、質量やバリオン数などを結合荷とした新しい相互作用を示唆するものがある。これらは、ニュートン重力の逆二乗則に従わない現象として表れ、場合によっては弱い等価原理を破る源となる可能性を持つ。

私たちは、これら重力または重力に準ずる相互作用の検証を目的に、地球重力に束縛された超冷中性子の量子効果の観測実験を進めてきた。2014 年の初めには、量子論的束縛状態を起因とした特徴的な存在確率分布を、位置分解能を持つ中性子測定器を用いて $0.7\ \mu\text{m}$ 以下の位置精度で捉えることに成功した。(図 1.1.2; G. Ichikawa, S. Komamiya, Y. Kamiya *et al.*, PRL 112, 071101 (2014), [2])

分布は $5\ \mu\text{m}$ 程度の構造を持つ。仮に、このスケールで上記の新しい重力的相互作用が存在するのであれば束縛ポテンシャルに変更を与え、中性子の存在確率分布に歪みが表れる。その歪みを高精度で評価することで、重力的相互作用の手掛かりを探ることができる。

これまでは、浜松ホトニクス製の CCD 検出器にコンバータとしてポロンを蒸着した中性子測定器を用いてきた。しかしながら、空間分解は $3\ \mu\text{m}$ 程度で、上記の束縛構造を見るためには、いくぶん性能が足りていない。そこで、円筒形の凸面ミラーによる拡大機構を併用し、約 20 倍に拡大する光学系を組んで測定を行った。凸面反射の光学計算は、位相空間上の量子効果を記述するウィグナー擬分布関数によって精度良く計算できたが、スケール因子の決定に不定性が残り、新しい相互作用の探索感度を持つ

までは至っていない。そこで、検出部設計の見直しを行い、改善の後に期待される到達感度の算定を進めている [13][28]。

また、冷中性子ビームとキセノンガスの散乱過程を詳細に調べることにより、ナノメートルのスケールにおける新しい重力的相互作用の探索を進めている。実験は、韓国原子力研究所にある物性研究用の小角中性子散乱ビームラインを用いた。測定された散乱角分布を既知の相互作用からなる分布と比較し、その整合性を評価する。

結果は、16 から 160 mrad. の散乱角領域において、1%程度の統計精度で既知の散乱角分布に一致し、これまでフランスのグループが決めていた制限を最大一桁程、更新することに成功した。(図 1.1.3) 論文は Physical Review Letters に受理され、2015 年 4 月に出版される。(Y. Kamiya, K. Itagaki, M. Tani, G. N. Kim, and S. Komamiya, PRL 114, 161101 (2015))

更に、より長い到達距離を持った力を探索対象として、中性子レンズを用いた実験構成の最適化と、同位体キセノンを用いることによる系統誤差の抑制について見積りを進めている。これらにより、もう一桁～二桁の感度改善が期待される [35]。

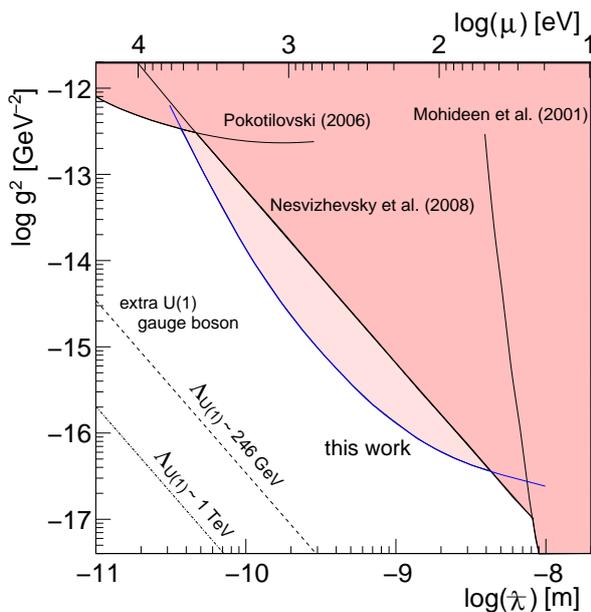


図 1.1.3: 更新した重力に準ずる新しい相互作用への制限。横軸を新しい力の到達距離または媒介粒子の質量とし、縦軸を結合の強さとした。0.04 から 4 nm の到達距離において、これまでの制限を最大で一桁ほど改善することに成功した。図は、Y. Kamiya (2015) より。

<受賞>

- [1] 山口洋平：第 9 回日本物理学会若手奨励賞（日本物理学会、2015 年 3 月）

<報文>

(原著論文)

- [2] Y. Kamiya, G. Ichikawa, and S. Komamiya, "Precision Measurement of the position-Space Wave Functions of Gravitationally Bound Ultracold Neutrons", *Advances in High Energy Physics Volume 2014*, 859241 (2014).
- [3] ATLAS Collaboration, "Measurement of the Higgs boson mass from the $H \rightarrow \gamma\gamma$ and $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ channels with the ATLAS detector at the LHC", *Phys. Rev. D.* 90, 052004 (2014).
- [4] ATLAS Collaboration, "Measurements of fiducial and differential cross sections for Higgs boson production in the diphoton decay channel at $\sqrt{s} = 8$ TeV with ATLAS", *JHEP09(2014)112*.
- [5] CALICE collaboration, "Performance of the first prototype of the CALICE scintillator strip electromagnetic calorimeter", *NIM A763* (2014), 278
- [6] ATLAS Collaboration, "Electron and photon energy calibration with the ATLAS detector using LHC Run 1 data", *Eur. Phys. J. C* (2014) 74: 3071.
- [7] ATLAS Collaboration, "Measurement of Higgs boson production in the diphoton decay channel in pp collisions at center-of-mass energies of 7 and 8 TeV with the ATLAS detector", *Phys. Rev. D.* 90, 112015 (2014).
- [8] ATLAS Collaboration, "Search for $H \rightarrow \gamma\gamma$ produced in association with top quarks and constraints on the Yukawa coupling between the top quark and the Higgs boson using data taken at 7 TeV and 8 TeV with the ATLAS detector", *Physics Letters B* 740 (2015) 222-242.
- [9] Katsushige Kotera, Daniel Jeans, Akiya Miyamoto, and Tohru Takeshita "A novel strip energy splitting algorithm for the fine granular readout of a scintillator strip electromagnetic calorimeter", in press, *NIM A* doi:10.1016/j.nima.2015.04.001.
- [10] M. S. Amjad, M. Anduze, J.-E Augstin *et al.*, "Beam test performance of the SKIROC2 ASIC", *Nucl. Instrum. Methods A778*, 78-84 (2015).

(会議抄録)

- [11] J. Yan, Y. Kamiya, S. Komamiya *et al.*, "Measurement of Nanometer Electron Beam Sizes Using Laser Interference by Sintake Monitor", *Proceedings of Science*, 127 (2014).

(学位論文)

- [12] ヤン ジャクリン, "Precise Measurement of Nanometer Scale Electron Beam Size Measurement Using Laser Interference by Shintake Monitor", 博士論文 (東京大学大学院理学系研究科) 2015 年 3 月

- [13] 荻野真由子, 「重力場による超冷中性子の量子状態測定のためのピクセル検出器の最適化」, 修士論文 (東京大学大学院理学系研究科) 2015 年 3 月
- <学術講演>
- (国際会議)
- 一般講演
- [14] C. Kozakai: Sensor measurements: status and plans, ILD ECAL meeting, The University of Tokyo, Japan, 10 September 2014
- [15] J. Yan: "ATF2 IP Beam Size Measurement Systematics", International Workshop on Linear Collider, 6 October 2014, Belgrade, Serbia
- [16] Y.Kano: "IPBSM stabilization and sensitivity to 20nm beam size", CLIC Workshop 2015, 28 January 2015, CERN, Switzerland
- [17] Y.Kano: "IP-BSM Two bunch operation", 18th ATF2 Project Meeting, 24 February 2015, LAPP, France
- 招待講演
- [18] Sachio Komamiya, "Report from Linear Collider Board", American Linear Colliders Workshop, 14 May 2014, Fermi National Lab. Batavia, IL USA
- [19] Sachio Komamiya, "Linear Collider Board (LCB) Report", International Workshop on Linear Collider, 6 October 2014, Belgrade, Serbia
- [20] Sachio Komamiya, "Report from Linear Collider Board", Meeting of Financial Agencies for Large Colliders, 30 October 2014, IHEP Beijing, China
- [21] Sachio Komamiya, "Particle Physics beyond the Standard Model and the ILC Project", XXI DAE-BRNS High Energy Physics Symposium, 11 December 2014, Guwahati Assam, India
- [22] Sachio Komamiya, "Project Advisory Committee for the Linear Collider Collaboration", International Committee for Future Accelerators / Linear Collider Board, 26 February 2015, Jefferson Lab. Richmond VA, USA
- (国内会議)
- 一般講演
- [23] ジャクリン ヤン, 駒宮幸男, 神谷好郎, 照沼信浩, 田内利明, 久保浄, 奥木敏行, 浦川順治: 「レーザー干渉型新竹モニターによる nm 電子ビームサイズ測定の性能評価」, 日本物理学会 秋季大会, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日, 佐賀大学
- [24] ジャクリン ヤン, Daniel Jeans, 田辺友彦, Junping Tian, 末原大幹: 「重心系エネルギー 350 GeV における ILC での Higgs Recoil Mass Study」, 日本物理学会 秋季大会, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日, 佐賀大学
- [25] 南雄人, 金谷奈央子, 浅井祥仁: 「LHC-ATLAS 実験 Run2 におけるグルイーン探索」, 日本物理学会 (秋), 2014 年 9 月 18 日 - 21 日, 佐賀大学
- [26] 陳 詩遠, 山本真平, 金谷奈央子, 山中隆志, 南雄人, 浅井祥仁, 駒宮幸男, 小林富雄 「LHC-ATLAS 実験 Run-2 における電弱ゲージノ生成事象探索」, 日本物理学会 2014 年秋季大会 佐賀大学 2014 年 9 月 18 日 - 21 日.
- [27] 小坂井千紘, 神谷好郎, Daniel Jeans, 駒宮幸男, 陳詩遠: 「ILD のためのシリコン検出器の性能測定と放射線耐性の評価」日本物理学会 秋季大会, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日, 佐賀大学
- [28] 荻野真由子, 駒宮幸男, 神谷好郎, 市川豪, 山村和也: 「超冷中性子を用いた重力場による量子状態観測実験と中性子用ピクセル検出器の最適化」日本物理学会 秋季大会, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日, 佐賀大学
- [29] 小坂井 千紘, Daniel Jeans, 神谷 好郎, 駒宮 幸男: 「ILD のためのシリコン電磁カロリメーターのシミュレーション研究」, ILC 夏の合宿, 鳥取, 2014 年 7 月
- [30] ジャクリン ヤン: 「Higgs Recoil Mass Study at 350 GeV」, ILC 夏の合宿, 鳥取, 2014 年 7 月
- [31] ジャクリン ヤン: 「レーザー干渉型新竹モニターを用いたナノメートル電子ビームサイズ測定」, ILC 夏の合宿, 鳥取, 2014 年 7 月
- [32] C. Kozakai, H. Nakanishi, D. Jeans, Y. Kamiya, S. Komamiya: "Si-sensor measurement status" 特別推進会議, KEK, 2014 年 12 月
- [33] 南雄人, 金谷奈央子, 山中隆志, 浅井祥仁: 「LHC-ATLAS 実験 Run2 におけるグルイーン事象の探索」, 日本物理学会 (春), 2015 年 3 月 21 日 - 24 日, 早稲田大学
- [34] 陳 詩遠, 山本真平, 山中隆志, 浅井祥仁 「LHC ATLAS 実験 Run2 における電弱ゲージノ生成事象探索」日本物理学会 第 70 回 年次大会 早稲田大学 2015 年 3 月 22 日
- [35] 笹山悦宏, 板垣景大, 神谷好郎, 駒宮幸男, Guinyun Kim, Kyungsook Kim: 「低速中性子散乱を用いた未知短距離力の探索実験」日本物理学会 第 70 回年次大会, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日, 早稲田大学
- [36] 小坂井千紘, 中西均, 神谷好郎, Daniel Jeans, 駒宮幸男: 「LD-ECAL のためのシリコン検出器の基礎特性の評価と中性子照射による損傷の効果」日本物理学会 第 70 回年次大会, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日, 早稲田大学
- [37] 加納勇也, 駒宮幸男, 神谷好郎, 照沼信浩, 田内利明, 奥木敏行: 「ATF2 におけるレーザー干渉型電子ビームサイズモニターによる測定の現状と課題」日本物理学会 第 70 回年次大会, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日, 早稲田大学
- [38] ジャクリン ヤン, 駒宮幸男, 神谷好郎, 照沼信浩, 田内利明, 久保浄, 奥木敏行, 浦川順治: 「レーザー干渉型新竹モニターによる極小電子ビームサイズ測定の精密測定」日本物理学会 第 70 回年次大会, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日, 早稲田大学

招待講演

- [39] 「ILC 計画推進の国際体制」、駒宮幸男 日本学術会議 学術フォーラム (2014 年 6 月 23 日) 東京
 - [40] 「国際リニアコライダーの概要」、駒宮幸男 文部科学省 素粒子原子核物理作業部会 (2014 年 6 月 24 日) 東京
 - [41] 「ILC の社会的役割」、駒宮幸男 東北経済連合会 (2014 年 6 月 26 日) 盛岡、岩手
 - [42] 「ILC での物理の概要」、駒宮幸男 ILC 夏の合宿 (2014 年 7 月 19 日) 関金温泉、鳥取
 - [43] 「ILC が目指すもの テラスケールからプランクスケールへ」、駒宮幸男 日本物理学会 2014 年秋季大会 (2014 年 9 月 19 日) 佐賀大学、佐賀
 - [44] 「宇宙の理解と素粒子物理学の発展」、駒宮幸男 三井住友 PreEMP (2014 年 10 月 23 日) 東京大学、東京
 - [45] 「国際リニアコライダー ILC と素粒子物理学の発展」、駒宮幸男 加速器科学研究会 (2014 年 11 月 7 日) キャピタル東急、東京
 - [46] 「エネルギーフロンティアでの ILC の重要性」、駒宮幸男 先端加速器科学技術推進協議会 (2014 年 12 月 3 日) アルカディア市ヶ谷、東京
 - [47] 「ILC の科学的・社会的意義と現実に向けた取り組み」、駒宮幸男 第 11 回未来エネルギーシンポジウム (2015 年 3 月 2 日) 早稲田大学理工学部、東京
- (セミナー)
- [48] 「ILC 計画の展望」、駒宮幸男 ILC セミナー (2014 年 5 月 21 日) 名古屋大学、愛知
 - [49] 「ヒッグス粒子の発見と素粒子物理学の発展」、駒宮幸男 東京大学オープンキャンパス、(2014 年 8 月 7 日) 東京大学、東京
 - [50] 「ヒッグス粒子の発見と素粒子物理学の発展」、駒宮幸男 サマーチャレンジ、(2014 年 8 月 18 日) 高エネルギー加速器研究機構、茨木
 - [51] 「国際リニアコライダー 物理と計画」、駒宮幸男 大阪大学 ILC セミナー、(2014 年 9 月 1 日) 大阪大学、大阪
 - [52] 「ILC の物理と計画の状況」、駒宮幸男 理化学研究所 仁科センター月例コロキウム、(2014 年 11 月 10 日) 理化学研究所 仁科ホール、埼玉
 - [53] 「国際リニアコライダー ILC 計画と素粒子物理学の発展」、駒宮幸男 日本大学理工学部素粒子論研究室 セミナー (2014 年 11 月 12 日) 日本大学、東京

II

Summary of group activities in 2014

1 Komamiya group

Research Subjects: (1) Preparation for the accelerator and an experiment for the International linear e^+e^- collider ILC, including the beam focus study at ATF2 of KEK using a nano-meter beam size monitor (Shintake Monitor), and research and development of the electromagnetic calorimeter for an ILC experiment; (2) Higgs boson and supersymmetric particle searches with the ATLAS detector at the LHC pp collider; (3) Experiments to study gravitational quantum effects and to search for new short range forces using ultra-cold and cold neutron beams.

Members: Sachio Komamiya, Yoshio Kamiya, Daniel Jeans

We particle physicists are entering an exciting period in which a new paradigm of the field will be opened at the TeV energy scale, triggered by the recent discovery of a Higgs Boson at LHC. The details of the observed Higgs Boson and other new particles will be studied in the 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 August 2004 it was internationally agreed to use a superconducting RF system as the main linac technology. The Technical Design Report was completed and published in 2013. Since then, ILC design and hardware development have been passed to the Linear Collider Collaboration (LCC) lead by Lyn Evans. The Linear Collider Board (LCB), chaired by Sachio Komamiya, is the oversight body of LCC. 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, a test accelerator system for ILC located at KEK. The Shintake beam size monitor recently measured the world record beam size of 44 nm. We are also studying possible physics scenarios and the large detector concept (ILD) for an experiment at ILC. Since autumn 2012 a staff scientist from UK who is an expert on the silicon electromagnetic calorimeter has joined our group. Since then hardware and simulation studies of silicon-tungsten sandwich electromagnetic calorimeters for ILC detector have been extensively performed.

2) ATLAS experiment at LHC: The epoch of the new paradigm for particle physics is being opened by the experiments at LHC. In July 2012, a Higgs Boson was discovered by the ATLAS and CMS experiments at LHC. We call this the “2012 July Revolution”. Our students have been analysing ATLAS data to elucidate the properties of the Higgs Boson. Other students are performing searches for supersymmetric partners of the gluon and partners of electroweak gauge bosons and Higgs bosons. Some of these results have already been published in journals.

3) 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 forces using beams of ultra-cold neutrons (UCN): A detector to measure gravitational bound states of UCNs has been developed. We decided to use CCDs to measure the position of UCNs. The CCD is covered by a layer of ^{10}B to convert neutrons into charged nuclear fragments. The UCNs pass through a neutron guide of height 100 μm in which they form bound states due to their interaction with the earth’s gravity, modulating their vertical distribution. In 2008 we tested our neutron detector at ILL Grenoble, where a first test experiment was subsequently performed in 2009. We significantly improved our detector system and performed a full experiment in 2011; the data analysis was completed in 2012. The observed modulations in the UCNs’ vertical distribution are in good agreement with the predictions of quantum mechanics, as calculated using the Wigner function. This is the first observation of gravitationally bound states of UCNs with sub-micron spatial resolution. This result was published in PRL. In 2013 we have started a new experiment to search for new short range forces using cold neutron beams scattered off Xe atoms. The experiment was performed in HANARO, KAERI, Korea in 2014. A new world record of the limit on short range forces was established by this experiment and will soon be published in PRL.

III

2014年度 物理学教室全般に関する報告

2 学部講義概要

1 4年生 夏学期

1.1 サブアトム物理学：駒宮幸男

1. 素粒子・原子核物理学の基礎

- 1.1 物質の構造
- 1.2 素粒子の種類と相互作用
- 1.3 自然単位
- 1.4 相対論的力学
- 1.5 相互作用とファインマンダイアグラム
- 1.6 ハドロンの種類
- 1.5 相互作用と寿命

2. 粒子の物質中での相互作用

- 2.1 荷電粒子
- 2.2 光子
- 2.3 電磁シャワー
- 2.4 原子核反応

3. 粒子検出器

- 3.1 ガスチェンバー
- 3.2 光学的検出器
- 3.3 半導体測定器
- 3.4 測定器のアセンブリ

4. 原子核の基礎

- 4.1 原子核の束縛エネルギー

4.2 シェルモデル

- 4.3 原子核の崩壊
- 4.4 宇宙初期の元素合成
- 4.5 星での元素合成

5. 内部量子数に対する変換

- 5.1 パリティ
- 5.2 荷電変換

6. 電磁相互作用

- 6.1 ゲージ変換

7. 弱い相互作用

- 7.1 電磁相互作用との類似点
- 7.2 パリティの破れ
- 7.3 ニュートリノ
- 7.4 素粒子の世代
- 7.5 小林・益川モデル

8. 対称性の自発的破れ

- 8.1 対称性の自発的破れと質量の起源
- 8.2 大局的ゲージ対称性
- 8.2 ヒッグス機構
- 8.2 LHCでのヒッグス粒子の発見