

I

研究室別 2010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

まさに、素粒子物理は革命前夜である。世界高エネルギーの陽子・陽子相互衝突型加速器 LHC が稼働を始め、TeV (10^{12} 電子ボルト) のエネルギースケールでの新粒子・新現象を直接実験できる時代がきた。将来はこれに続く電子・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 LHC での粒子の発見を物理の原理に高めていくことになる。

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である。前の実験である CERN の電子陽電子コライダー LEP-II での OPAL 実験では、素粒子の世代数を 3 と決定し、電弱相互作用と強い相互作用のゲージ原理をを決定的にするなどの成果を挙げた。これらの成果を踏まえて、LEP の次の世代の電子・陽電子コライダーである国際電子陽電子リニアコライダー ILC 計画の推進をその中心となつて行なっている。特にナノスケールの精度を持つビームサイズモニターやビーム位置モニターの開発研究を行ない、かつ ILC での実験の検討を行なっている。また、CERN の LHC における ATLAS 実験のデータ解析にも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、粒子検出器の開発研究をおこなっている。粒子検出器開発においては超冷中性子の重力での束縛量子状態の測定と新たな近接力の探索、中国北京の高能研において新たに建設された低いエネルギーの電子陽電子コライダー BEPC-II における BES-III 実験の TOF 測定器の開発を行ない、BES-II のデータ解析を行なっている。

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

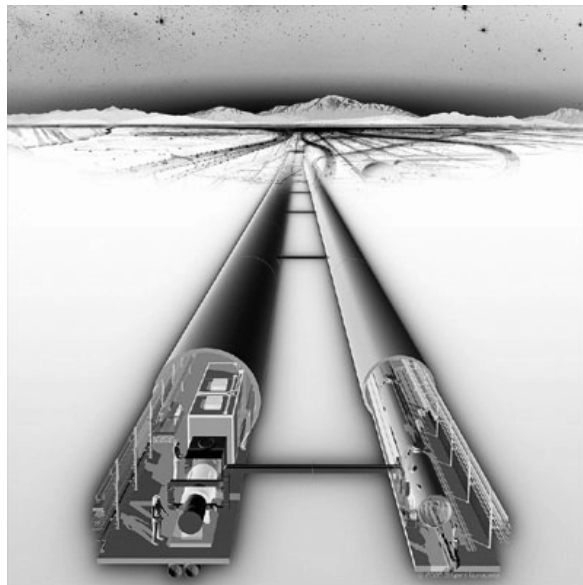


図 2.1.1: ILC 計画

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、技術開発を進めてきた。7年前から ICFA (International Committee for Future Accelerators) ではリニアコライダーを国際的に推進する体制を整えた。2004年8月には国際的に主線形加速器の加速技術を超電導加速空洞を用いることを決定し、2007年3月には ICFA に基礎設計書が提出されプロジェクトは国際的に大きく進展した。2012年末には技術設計書を作成することになっており、LHC での初期の物理結果によってはすぐに建設できるような体制を整え、わが国に国際リニアコライダー ILC を誘致するべく、全国の研究者と共に努力を重ねている。

一方、LEP のデータは電弱統一ゲージ理論の正しさを圧倒的な精度で検証したのみならず超対称性の正しさを示唆している。この理論では 130 GeV 以下の質量を持った軽いヒッグス粒子の存在を予言しており、また超対称性粒子が TeV 以下の質量領域で存在する可能性が高く、LHC での実験と相補い合う形でのリニアコライダーでの実験が極めて急務である。特に LHC でこれらの新粒子や新物理の兆候が見えれば ILC 計画には拍車がかかる。本研究室はリニアコライダーでの物理・測定器の研究を行なってきた。ILC での実験の測定器では荷電粒子と中性粒子をバランス良く測定し、ハドロンジェットのエネルギを正確に測定するためには、半径が大きい測定器が極めて有利である。このような測定器のコンセプトを国際的に詰めてきた。本研究室は更に、ILC の加速器自体の研究開発にも参加してきた。具体的には KEK

の ILC 開発テスト加速器 ATF2 において、レーザー干渉を用いた新竹ビームサイズモニターや、超高精度ビームポジションモニターの開発を行なっている。本研究室の駒宮は ICFA 及び ILCSC (International Linear Collider Steering Committee) において KEK の鈴木機構長とともにわが国の代表である。

ATF2

ILC の最終収束系には、(i) 主線形加速器で高いエネルギーに加速された電子・陽電子ビームを極めて細く絞り込むために、四極磁石等を組み合わせて構築する最終収束系システムの開発と、(ii) 電子ビームと陽電子ビームを確実に衝突させるためのビーム軌道制御技術の確立が必要である。

KEK の先進加速器試験装置 (ATF) を拡張し、最終収束系システムを実証するための研究施設 (ATF2) を建設してきた。ILC で採用される局所色収差補正を基礎とした収束原理の実証を初めて行なう実験で、ILC の Scaled down model として 2008 年の終りからビームコミショニングを進めている。プロジェクトでは目標を二段階に分けて設定している。初期の目標は、 10^{10} 個の電子を縦方向 37nm (1σ) の非常に狭い空間に閉じこめ、極微のビームサイズを実現することである。また、このビームの軌道を 2nm の精度で制御できることを実証するのが、次期の目標である。小さなビームサイズと、精密なビーム軌道制御が可能となれば、電子と陽電子を高い頻度で衝突させることを保証できる。現在は、このような非常に小さい電子ビームの大きさや軌道を正確に求めるためのモニタの開発や、軌道を一定に保つためのフィードバックシステムの研究を進めている。

ATF2 は日本が主導する計画だが、アメリカやアジア、ヨーロッパの多数の国々が参加した国際共同研究として進めている。

ATF2 仮想衝突点ビームサイズモニター (新竹モニタ) の開発研究

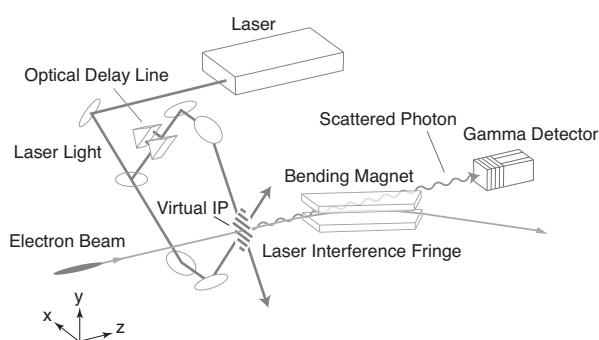


図 2.1.2: 新竹モニタの概念図

ATF2 の仮想衝突点において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、干渉縞を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 γ 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。

新竹氏の研究からの変更は、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点、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 γ 線検出器の導入などである。

現状と展望

2010 年 5 月のビーム試験では、新竹モニタのビームサイズ測定結果をビームチューニングにフィードバックして、ビームのサイズを徐々に絞る試みがなされた。このときのビームサイズの理論値は 100 nm であり、このサイズを目指してビームチューニングを行った。ビームサイズを下げていく過程で、このランで最終的に達成されたビームサイズは 310 ± 30 (stat.) $_{-70}^{+10}$ (sys.) nm である。ここで (stat.) は統計誤差を、(sys.) は系統誤差を表す。このランにより新竹モニタのビームサイズ測定性能が実証され、ビームチューニングデバイスとしての利用を開始した。

それと並行して、現在バックグラウンド (BG) を減らすハードウェアアップグレードを行っている。これは収束点でのビームサイズがより小さくなるにつれ、逆にサイズが大きくなる場所が出てきてしまい、その位置でビームとビームパイプの散乱が生じて BG が増大するためである。したがって BG に対するアップグレードはより小さいビームサイズの測定にとって重要である。他方今後ビームサイズが小さくなるにつれて無視できなくなってくる系統誤差要因に対する評価を進め、新竹氏の研究では考慮されなかったレーザーの偏光状態が、測定精度に影響してくることを見つけた。それを受けて新たに偏光制御システムを考案し、今年度インストール予定である。今年度はこれらアップグレードにより ATF2 の目標である 37 nm のビームサイズ達成を目指す。

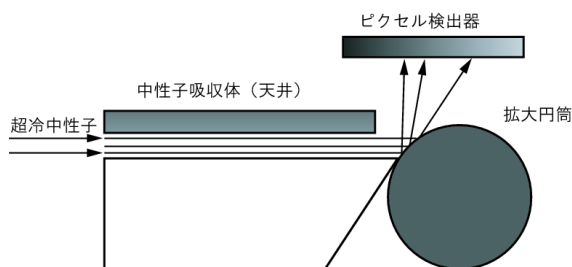


図 2.1.3: 超冷中性子実験セットアップ概念図

2.1.2 超冷中性子実験

超冷中性子の重力による量子状態を観測するための実験を遂行している。超冷中性子はその運動エネルギーが物質のフェルミポテンシャルよりも小さい時、物質表面で全反射する。そして、全反射する床と重力のポテンシャルによって束縛された超冷中性子は、高さ方向に量子化されて存在する。この存在確率は $10 \mu\text{m}$ オーダーの濃淡の分布を持つ。この分布を精密に観測することによって量子力学のレベルで等価原理を検証できる可能性があり、これがこの実験の第一の目標である。また、測定された分布が量子力学による予想と異なった場合、到達距離 $10 \mu\text{m}$ 程度の未知短距離力の探索も可能である。この実験装置は、三つの主要なコンポーネントから構成されている。

第一に、超冷中性子を平滑な床と吸収体の天井を持つガイドに通す。超冷中性子は床の上で重力による量子状態を作る。高いエネルギー準位の状態は観測の妨げになるため、天井に衝突するような主量子数の高い中性子を吸収体によって取り除く。天井は $0.3 \mu\text{m}$ の粗さを持つ。このため、天井に衝突した中性子の水平方向の速度を鉛直方向の速度に変えることにより、反射回数と吸収確率を飛躍的に増加させる。吸収体は、ガラス基板に中性子を吸収する合金を蒸着して作製した。この合金は中性子に対するポテンシャルが小さくなるようにしてある。

第二に、ガイドを通ってきた中性子を、超冷中性子が物質表面で全反射するという性質を利用して、円筒の曲面によって中性子の分布を 20 倍程度に拡大する。ランダムな反射を防ぐため、円筒面は中性子の波長以上に精密に研磨した。また、浅い角度で衝突させることでより速い中性子も全反射するようにした。

第三に、拡大された分布を測定するために、CCD をベースとし、リアルタイム測定可能なピクセル検出器を開発した。電荷を持たない中性子を CCD によって検出するために、コンバータとの核反応によって、中性子を荷電粒子に変換する必要がある。高い位置分解能を維持するために、 ^{10}B の中性子コンバータ膜を CCD 受光面に直接蒸着した。コンバータ膜の厚みは、検出効率と位置分解能に対して最適化されている。このピクセル検出器は超冷中性子に対して 40% の高い検出効率を持ち、位置分解能は約 $3 \mu\text{m}$ であることを測定した。

中性子ガイド、拡大機構、CCD 検出器を組み合わせることで、中性子の高さ分布をサブミクロンの精度で測定可能な装置を開発した。これらの装置によって $1 \mu\text{m}$ 以下の精度で、量子状態の分布を測定することを目指している。我々は 2009 年度に装置を完成させ測定準備を終えて、フランスの ILL (Institut Laue-Langevin) においてテスト実験を行った。このテスト実験を踏まえ、実験装置の様々な改良を行った。新たに、より広い範囲を測定でき数 μm オーダーの位置分解能を持つピクセル検出器を開発し、測定される統計を 2 倍に増やせるようにした。また、分布を明瞭に観測するため、拡大円筒への入射角を 45 度から 70 度に変更し、速い中性子も吸収される事なく全反射するように設計した。更に、大阪大学超精密科学研究センターと共同して円筒表面を更に研磨して円滑にし、乱反射を防いだ。これによって統計を実効的に 2.5 倍増やせるようにした。さらに、超冷中性子が空気中を走る区間をヘリウムで置換できるように改良中であり、これにより統計を 1.6 倍に増やすことができる。

2011 年度は改良された装置を用いて、ILL において新たに量子分布を測定することを目指している。測定時間も以前の 2 倍とし、全体として 15 倍に統計を増やし、より鮮明な量子効果の測定を行う。

2.1.3 LHC での物理解析

我々が長年探索し続けてきたヒッグス粒子や超対称性粒子を発見出来る時代が迫っている。LHC は CERN の世界最高エネルギーの陽子陽子衝突の加速器である。2010 年 3 月に重心系エネルギー 7TeV の実験が開始された。わが国は汎用測定器の ATLAS 実験に参加している。本来、 e^+e^- コライダーでの実験の方が LHC のようなハドロンコライダーでの実験よりも事象や実験環境がクリーンであり、バックグラウンドも非常に低いが、先にも述べた通り円形加速器ではシンクロトロン放射によるエネルギー欠損が大きく e^+e^- 衝突ではリニアコライダー以外の解はない。シンクロトロン放射によって円形加速器を粒子が一周する毎に失うエネルギーは、 $(E/m)^4$ (E と m はビーム粒子のエネルギーと質量) に比例するので、質量の重い陽子を用いればエネルギーを失う事無く高い衝突エネルギーが得られる。これが LHC の有効性であるが、実験はバックグラウンドが高く且つ放射線レベルも高いので難しい。ATLAS 実験はこのような困難を克服して TeV スケールの重要な物理を発見できるように設計され建設が進んでいる。本学の素粒子物理国際研究センターを中心として物理解析の準備を進めてきた。LHC での最も重要な物理は、素粒子の質量の起源とされるヒッグス粒子の発見と、重力も含めた相互作用の超統一にとって不可欠な超対称性の発見である。ヒッグス粒子は LEP での直接探索から 114GeV よりも重く、LEP などでの電弱相互作用の精密測定から約 200GeV よりも軽い事が分かっており、質量領域は絞られている。LHC ではバックグラウンドが低いヒッグスの生成・崩壊モードを見極めて探索が行なわれる。特にクォークから振りほどかれた W ボゾン同士が衝突してヒッグ

ス粒子を生成し、ヒッグス粒子が $\gamma\gamma$ か $\tau\tau$ の対に崩壊するモードが有望である。超対称性粒子に関しては、強い相互作用で生成されるグルーオンやクォークの超対称性パートナーが大量に生成されると期待されているが、これらは何段階かのカスケード崩壊を行ない最も軽い超対称性粒子を生成するが、これらの事象の特徴を捉えて探索する。LHCの実験開始から早い時期にこれらの発見を目指す。エネルギーフロンティアの実験では、従来の理論では全く予期されない発見がある可能性もあり期待できる。

ATLAS 検出器による超対称性粒子の解析

超対称性粒子が存在する場合の特徴的な信号は、大きな横消失エネルギーとジェットと呼ばれるクォーク、グルーオンから生じる粒子群が多数発生することである。これらを組み合わせることで、標準理論から来るバックグラウンドを少なく抑えることができる。

現在行っている解析は特にボトムクォークを含む終状態の探索である。超対称性理論ではボトム、トップクォークの超対称性パートナー粒子（スカラーボトム、スカラートップ）が軽いと予測されており、この場合、それらの粒子生成が多くなり、最終的に標準理論のボトムクォークを放出して崩壊する。2010年のLHCの運転では 35 pb^{-1} のデータが ATLAS 検出器で取得され、これを用いて超対称性理論のモデルの検証を行った。図 2.1.4 は、得られたデータに 1) レプトンがない、2) 3本以上のジェットを含む、3) 1本以上のボトムクォークジェットを含む、4) その他、標準理論のバックグラウンドを減らすための事象選択、を行った後の effective mass (ジェットの横運動量と横消失エネルギーのスカラー和) の分布である。データは標準理論からの予測に矛盾がなく、点線で示されるような超対称性理論から予測される信号は得られなかった。この結果、有力な超対称性理論モデルの一つ ($m\text{SUGRA } \tan\beta = 40, A_0 = 0, \mu > 0$) において、スカラーボトムに対しては $550 \text{ GeV}/c^2$ までが棄却された。

2.1.4 BES 実験

Beijing Spectrometer(BES) 実験は中国・北京の高エネルギー研究所 (IHEP) にある Beijing Electron-Positron Collider(BEPC) で行われている、高エネルギー電子・陽電子衝突実験である。1989年よりおよそ12年間続いた BES-I 実験の終了後、1996年から upgrade され、BES-II 実験 (図 2.1.5) が行われた。BEPC のビームエネルギーは 1.5 GeV から 2.8 GeV である。

BEPC は c -クォークと τ レプトンの物理に特化した加速器である。特に J/ψ 粒子は BES-I 実験にて 7.8×10^6 、BES-II 実験にて 5.77×10^7 事象得られており世界最大である。現在、加速器は BEPC-II に upgrade しつつあり、2008 年中には稼働し実験が始まる。ビームエネルギー 1.89 GeV でピーク luminositiy を $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ に増強する。加速器の upgrade

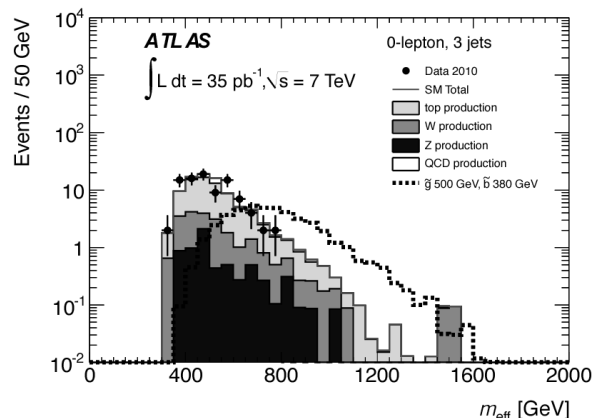


図 2.1.4: ボトムクォークを含む超対称性粒子探索のための事象選択後の effective mass 分布

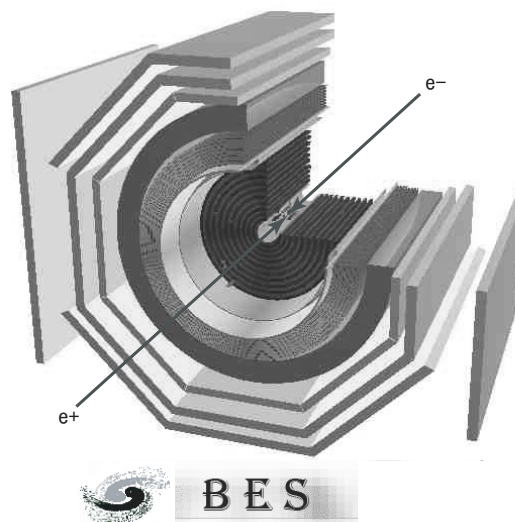


図 2.1.5: BES II detector

に伴い、実験装置の性能を更に向上させた BES-III 実験が現在行われている。BES-III 実験では1年間に 10^9 の J/ψ 粒子を得ることが計画され、これまでの実験結果よりさらに精度の高い結果が得られると期待される。

本研究室では、BES-III 実験に向け新たな TOF システムの構築を IHEP、USTC とともに担当してきた。BES-III では、 $\tau \rightarrow \mu\gamma$ 稀崩壊の探索などを行う予定である。当面は、BES-III 測定器の建設と BES-II での J/ψ からのバリオン対の生成を研究している。

<受賞>

- [1] J. Yan, 2010 Distinguished Performance Award, 5th International Accelerator School for Linear Colliders, Villars-sur-Ollon, Nov. 2010

<報文>

(原著論文)

- [2] OPAL Collaboration, G.Abbiendi et al. : Search for Invisibly Decaying Higgs Bosons in $e^+e^- \rightarrow Z0h0$ Production at $\sqrt{s} = 183\text{-}209$ GeV, Phys.Lett. B682 (2010) 381-390
- [3] BESIII Collaboration, M.Ablikim et al. : Design and Cosntruction of the BES-III Detector, Nucl.Instrum.Meth. A614 (2010) 345-399
- [4] BESIII Collaboration, M.Ablikim et al. : Branching Fraction Measurements of χ_{c0} and χ_{c2} to $\pi0\pi0$ and $\eta\eta$, Phys.Rev. D81 (2010) 052005
- [5] BESIII Collaboration, M.Ablikim et al. : Measurement of $h_c(^1P_1)$ in ψ' Decays, Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 132002
- [6] BESIII Collaboration, M.Ablikim et al. : Evidence for ψ' Decay into $\gamma\pi0$ and $\gamma\eta$, Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 261801
- [7] BESIII Collaboration, M.Ablikim et al. : First Observation of the Decay $\chi_{cJ} \rightarrow \pi0\pi0\pi0\pi0$, Phys.Rev. D83 (2011) 012006
- [8] ILD-Concept Group-Linear Collider Collaboration, T. Abe et al.: The International Large Detector: Letter of Intent, FERMILAB-LOI-2010-03
- [9] B. Bambade et al., Present Status and First Results of the Final Focus Beam Line at the KEK Accelerator Test Facility, Phys.Rev.ST Accel.Beams 13 (2010) 042801
- [10] T. Suehara et al., A Nanometer Beam Size Monitor for ATF Nucl.Instru.Meth.A616 (2010) 1-8
- [11] The ATLAS Collaboration : "Search for supersymmetry in pp collisions at $\sqrt{s} = 7\text{TeV}$ in final states with missing transverse momentum and b-jets", arXiv:1103.4344
- [12] J. Yan *et al.* : "Measurement of nanometer scale beam size by Shintake Monitor (IPBSM)" ICFA BD Newsletter No.54

(会議抄録)

- [13] Y. Kamiya, S. Komamiya, M. Oroku, S. Suehara, Y. Yagamuchi, T. Yamanaka, S. Araki, T. Okugi, T. Tauchi, N. Terunuma, J. Urakawa: Development of Shintake Beam Size Monitor for ATF2, Proceedings of the 1st International Particle Accelerator Conference, Kyoto, Japan (2010)
- [14] Y.Yamaguchi : "Evaluation of Expected Performance of Shintake Beam Size Monitor for ATF2" IPAC '10, Kyoto, Japan, 1014-1016, (2010)

- [15] M.Oroku : "The nanometer beam size monitor (Shintake monitor) at ATF2" IEEE proceeding, 2010 Nov

(学位論文)

- [16] 川崎真介「Development of a Pixel Detector for Ultra-Cold Neutrons and Measurement of Quantum States in the Earth Gravitational Field」博士論文(東京大学大学院理学系研究科), 2010年6月
- [17] 山口洋平: 「レーザー干渉型電子ビームサイズモニタの開発研究」修士論文(東京大学大学院理学系研究科), 2011年3月

(著書)

<学術講演>

(国際会議)

一般講演

- [18] Y.Yamaguchi : "Evaluation of Expected Performance of Shintake Beam Size Monitor for ATF2" IPAC '10 (May 2010), Kyoto, Japan
- [19] T. Yamanaka for the ATLAS Collaboration : "The ATLAS Fast Calorimeter Simulation FastCaloSim", CHEP 2010, (October 2010), Taipei, Taiwan
- [20] M.Oroku : "The nanometer beam size monitor (Shintake monitor) at ATF2" IEEE NSS, Knoxville, Tennessee, USA, 2010 Nov
- [21] M.Oroku : "IP-BSM status and plan: beamtime result in 2010 Nov & Dec", ATF project meeting, SLAC, California, USA, 2011 Jan
- [22] J. Yan : "IPBSM Status and Plan" 11th ATF2 Project Meeting, Jan 13-14 2011, SLAC

(国内会議)

一般講演

- [23] ジャクリン ヤン : "Emittance Measurement in the ATF2 Beamline", ILC 夏の合宿 (2010年8月), 白石蔵王, 宮城
- [24] 山中隆志 : 「LHC-ATLAS 実験における第三世代粒子(ボトムクォーク)への崩壊を用いた超対称性粒子の探索」, 日本物理学会 (2010年9月), 九州工業大学, 北九州
- [25] 山口洋平 : 「レーザー干渉縞を用いた極小電子ビームサイズ測定 1」, 日本物理学会 (2010年9月), 九州工業大学, 北九州
- [26] 大録誠広 : 「レーザー干渉縞を用いた極小電子ビームサイズ測定 2」日本物理学会 (2010年9月), 九州工業大学, 北九州
- [27] 南雄人 : 「重力場による超冷中性子の量子状態観測 - 実験装置の概要と改良点」日本物理学会 (2011年3月), 新潟大学, 新潟

- [28] 山中隆志：「LHC-ATLAS 実験におけるボトムクォークを含むマルチジェット事象を用いた超対称性粒子の探索」, 日本物理学会, (2011 年 3 月), 新潟大学, 新潟
- [29] 大録誠広：「レーザー干渉縞を用いた極小電子ビームサイズ測定：測定条件との関連」日本物理学会 (2011 年 3 月), 新潟大学, 新潟
- [30] 山口洋平：「レーザー干渉縞を用いた極小電子ビームサイズ測定：ハードウェアアップグレード」, 日本物理学会 (2011 年 3 月), 新潟大学, 新潟
- [31] ジャクリン ヤン：「新竹モニターの性能評価とビームチューニング」, 日本物理学会 (2011 年 3 月), 新潟大学, 新潟

招待講演

- [32] 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 (2010 年 5 月) 東京大学
- [33] 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 (2011 年 1 月) 東京大学

(セミナー)

- [34] 駒宮幸男：「巨大加速器で素粒子と宇宙の謎を解く」, 電力館・科学ゼミナール (2010 年 6 月) 東京電力館

II

Summary of group activities in 2010

1 Komamiya group

Research Subjects: (1) Preparation for an accelerator technology and an experiment for the International linear e^+e^- collider ILC; (2) Experiment for studying gravitational quantum effects and searching for new medium range force using ultra-cold neutron beam; (3) Physics analyses in the ATLAS experiment at the LHC pp collider; (4) Data analyses for the BES-II experiment at BEPC-I, and TOF detector construction for BES-III experiment at BEPC-II;

Member: Sachio Komamiya, Yoshio Kamiya

We, particle physicists, are entering an exciting period in which new paradigm of the field will be opened on the TeV energy scale by new discoveries expected in experiments at high-energy frontier colliders, LHC and 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 will be completed in the end of 2012. We are working on ILC accelerator related hardware development, especially on the beam delivery system. We are developing the Shintake beam size monitor for the ATF2, which is a test accelerator system for ILC located at KEK. The Shintake beam size monitor is able to measure $O(10)[\text{nm}]$ beam size, by using a high power laser interferometer. The electron beam is emitted to the interference fringe of the split laser beams. The total energy of photons, which are emitted from the inversed Compton scattering of beam electrons with the laser beam interference fringe, is measured by a multilayer CsI(Tl) detector in the down stream. The phase of the fringe is moved step-by-step, the total photon energy is measured in each step, and the beam size is extracted from a fitting of modulation pattern of the total photon energy as a function of the phase. Also we have been studying possible physics scenario and the large detector concept (ILD) for an experiment at ILC.

2) Experiment for studying quantum bound states due to the earth's gravitational potential and searching for new short-range force using ultra-cold neutron beam: A detector to measure gravitational bound states of ultra-cold neutrons 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}B layer to convert neutron to charged nuclear fragments. The UCNs are going through a neutron guide of 100 [μ] 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 are analyzing the data. We will improve our detector and measure the modulation of the neutron density distribution in 2011.

3) ATLAS experiment at LHC: The epoch of new paradigm for particle physics is going to open with the experiments at LHC. LHC started its operation in the end of 2009. The high energy collision at 7 TeV (CMS) has been started in the end of March 2010. The ATLAS detector is continuously recording data at high energies. Some of our students work on data analysis at LHC. Search for supersymmetric particles with the missing transverse energy and with b-quark signal.

4) BES-II/-III experiment at IHEP: The group has considered the BES-III experiment at the Beijing e^+e^- collider BEPC-II as the candidate for the middle term project before ILC. We have made a research and development for TOF detector for the BES-III experiment together with IHEP, USTC. We successfully completed a test of over 500 photomultipliers in 1[T] magnetic field and they are already installed to the BES-II detector. We have studied the data analysis of baryon-pair production in $J\psi$ decay using 5.8M BES-II J/ψ events. Now BEPC-II is operating smoothly and BES-III detector is taking large samples of ψ' and J/ψ data.

III

2010年度 物理学教室全般に関する報告

1 学部講義概要

1.1 4年生 冬学期

1.1.1 素粒子・原子核物理学 II : 駒宮幸男, 初田哲男

- | | |
|------------------|-------------------------|
| 1. 素粒子と物質との反応 I | 8. 原子核の崩壊 |
| 2. 素粒子と物質との反応 II | 9. 中間子交換による核力の導出 |
| 3. 強い相互作用 | 10. ハドロンガスとクォークグルオンプラズマ |
| 4. 核子の内部構造 | 11. 宇宙初期におけるクォークハドロン相転移 |
| 5. 標準理論 I | 12. 中性子星物理学 II |
| 6. 標準理論 II | キーワード: 素粒子、原子核、標準理論 |
| 7. 標準理論を越えて | 評価方法: レポート |
| | 教科書・参考書: 特に指定しない |
| | 履修上の注意: 学部4年以上対象 |