

I

# 研究室別 2009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利点を有する。しかし、LEP のような円形  $e^+e^-$  コラ

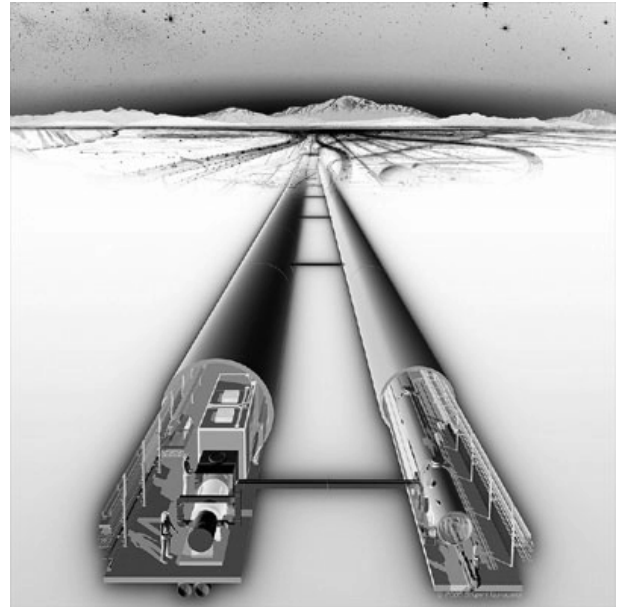


図 2.1.1: ILC 計画

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ー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 年の終わりからビームコミッ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 37 nm 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 2 nm 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

ATF2 の仮想衝突点において縦方向に 37 nm 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、新竹モニタと呼ばれる測定器を研究開発している。

新竹モニタは、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、米 SLAC の FFTB (Final Focus Test Beam) 実験では波長 1064 nm のレーザーを用いてビームサイズ 65 nm 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 37 nm 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 532 nm 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、FFTB のビームエネルギー 50 GeV に比べて、ATF2 のエネルギーは 1.3 GeV と低いので、シグナルに比較して高エネルギーのバックグラウンドが高く、これ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。

## 現状と展望

2009 年度の進捗状況としては、コンプトン信号がレーザーの干渉縞に応じて変調することを確認し、 $3 \mu\text{m}$  程度のビームを測定することに成功したことが第一に挙げられる。また、レーザーと電子ビームの衝突の条件を調べ、ソフトウェア、ハードウェア面を整備し、安定して衝突する実験系を構築した。

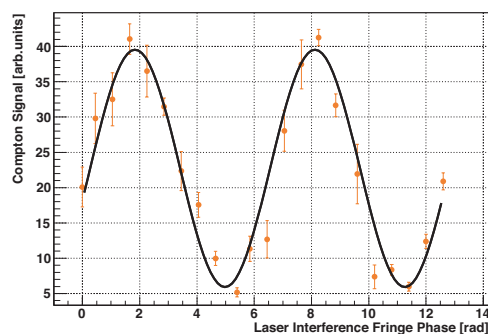


図 2.1.2:  $3 \mu\text{m}$  Beamsize measurement

$3 \mu\text{m}$  のビームサイズ測定の成功 (図 2.1.2) を受け、測定結果を元に新竹モニタの系統誤差の評価を行っている。系統誤差は 2009 年 12 月の段階では 50 %程度存在していたと見積もられている。光学系の組み直しと、ビームプロファイルの改善によって、2010 年 3 月には大幅な系統誤差の減少が確認された。これにより新竹モニタの性能として、ATF2 の目標の一つである 37 nm のビームサイズに対して、3%の系統誤差で測定を行うことが可能であると見積もられている。

2009 年度までの成果で、新竹モニタがビームサイズモニターとして正常に動作することが確認された。2010 年度は研究開発と並行して、新竹モニタのビームチューニング用デバイスとしての活用が望まれている。これは今後、ビームが新竹モニタでしか測定できない微小サイズ領域に入ってくるからである。したがってさらなる系統誤差の追いこみと、ビームチューニンググループとの協力のため、ユーザーインターフェースの改良を進めている。

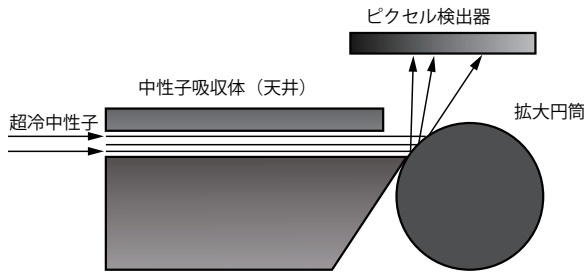


図 2.1.3: 実験セットアップ概念図

### 2.1.2 UCN 実験

超冷中性子は速度 10 m/s 程度の非常に遅い中性子で、物質表面のポテンシャルに阻まれて全反射する性質を持つ。そのため、重力のもとで平坦な床の上に超冷中性子を落とすと、古典的にはバウンドを繰り返すことになる。これを量子力学的に考えると、超冷中性子は重力ポテンシャルによって束縛されることになり、高さ方向の波動関数に従って、およそ 10  $\mu\text{m}$  周期の存在確率分布の濃淡を持つことになる。この分布を精密に観測することがこの実験の目標である。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を探索することも可能である。

この実験では、重力によって束縛された超冷中性子の位置を、サブミクロンの精度で測定する必要がある。このような前例のない位置分解能を達成するため、中性子分布を拡大する中性子光学系と、リアルタイム測定可能なピクセル検出器を組み合わせた装置を開発した。2009 年度までに装置は完成させ測定の準備を終え、フランス ILL においてテスト実験を行った。今年度はさらに装置を改良し、量子分布を測定することを目指している。

#### 測定器と実験の概略

超冷中性子の重力による量子状態を観測するための測定器を開発している (図 2.1.3)。

まず、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。

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、ガイドを通過してきた中性子の分布を円筒の曲面によって 20 倍程度に拡大する。

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、 $^{10}\text{B}$  の中性子コンバータ膜を CCD 受光面に直接蒸着した。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  $\mu\text{m}$  であることが確かめられている。

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 1  $\mu\text{m}$  以下の精度で測定可能な装置を開発した。この装置を用いて、重力による量子状態を克明に観測することを目指す。

### 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 7 TeV で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。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 114 GeV よりも重く、LEP などでの電弱相互作用の精密測定から約 200 GeV 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

LHC のような陽子衝突型の加速器では、大量のバックグラウンドの中から目的とする信号をいかにして見つけるかが解析の鍵となる。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、第3世代粒子を含む超対称性粒子の探索である。超対称性理論によると、フェルミオンの超対称性パートナーの質量は右巻きの方が Wino の質量を拾わない分、左巻きよりも軽くなる。また、湯川結合により右巻きと左巻きの質量の混合が起こり、質量の固有状態は右巻き粒子よりも更に軽くなる。この効果は質量の大きい第3世代粒子で顕著になるため、結果として他の超対称性粒子に比べて軽くなる。その大きさは、超対称性理論のパラメータにも依存するが、その値によっては、第3世代フェルミオンの超対称性パートナーへの崩壊分岐比が上昇するため、崩壊パターンには標準理論の第3世代フェルミオンが多く存在することになる。第3世代粒子の b クォーク、 $\tau$  レプトンにはそれぞれ特徴的な信号があるため、同定することが可能となっており、これを利用することで、パラメータによっては、バックグラウンドをより小さくすることが可能になる。

#### 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 2.1.4) 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。

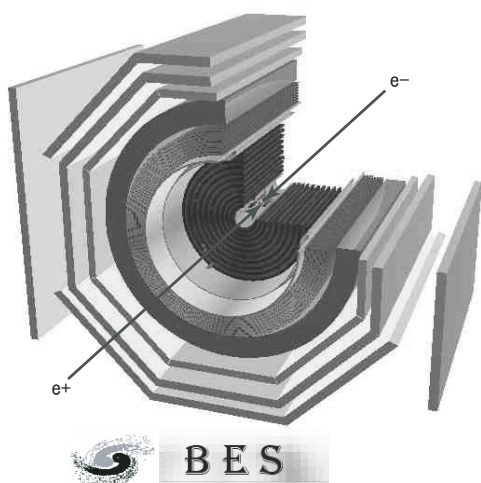


図 2.1.4: BES II detector

BEPC は  $c$ -クォークと  $\tau$  レプトンの物理に特化した加速器である。特に  $J/\psi$  粒子は BES-I 実験にて  $7.8 \times 10^6$ 、BES-II 実験にて  $5.77 \times 10^7$  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 に伴い、実験装置の性能を更に向上させた BES-III 実験が計画されている。BES-III 実験では 1 年間に  $10^9$  の  $J/\psi$  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  $J/\psi$  からのバリオン対の生成を研究している。

#### 解析

$\Lambda$  baryon は弱い相互作用によって、 $\Lambda \rightarrow p\pi^-$  と崩壊する。崩壊によって生成された粒子の放出される方向は  $\Lambda$  のスピンの方向に依存し、その角度分布は

$$\frac{d\Gamma}{\Gamma} = \frac{1}{2}(1 + m_a \alpha_\Lambda \cos\theta_a)$$

と表される。崩壊粒子の運動方向を測定することで、 $\Lambda$  のスピンの方向を測定することができる。

$J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$  event を用いて、 $\Lambda\bar{\Lambda}$  のスピン相関に対する Bell 不等式を検証する実験が DM2 Collaboration によって行われた。このとき検証に使用されたベル不等式は、

$$|\langle m_{1,a}m_{2,b} \rangle - \langle m_{1,a}m_{2,c} \rangle| \leq 1 + \langle m_{1,b}m_{2,c} \rangle$$

と表される。2008 年に S. P. Baranov によって、使用された不等式の座標系の取り方に不備があることが指摘された。この不等式ではスピンを射影するために 3 本の量子化軸 (a, b, c) をとり、 $\Lambda$  と  $\bar{\Lambda}$  のスピンを共通の量子化軸 b に射影することを仮定している。しかし、異なる座標系に属している粒子に対して共通の軸をとるという意味が明瞭ではない。また、測定で得られたイベント数が 1077 event と少なく、検証に十分な統計が得られていない。

本研究では、ベル不等式を一般化した不等式である CHSH 不等式の評価を行う。CHSH 不等式は以下の式で表される。

$$|\langle m_{1,a}m_{2,b} \rangle + \langle m_{1,c}m_{2,b} \rangle + \langle m_{1,a}m_{2,d} \rangle - \langle m_{1,c}m_{2,d} \rangle| \leq 2$$

この不等式では 4 本の量子化軸をとって、 $\Lambda\bar{\Lambda}$  の静止系にそれぞれ 2 本ずつ独立した量子化軸をとるので前述のような不明瞭さは無い。

物理解析に使用するデータは、BES-II 実験で得られた  $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$  event を用いる。BES-II 実験で得られた  $J/\psi$  の event 数は、 $5.7 \times 10^7$  event であり、DM2 で得られた event 数を大きく上回るため、DM2 より統計精度の高い検証を行うことが可能である。

## &lt;受賞&gt;

- [1] G. Ichikawa, 2009 IEEE Nuclear Science Symposium Student Paper Award, IEEE, Oct. 2009

## &lt;報文&gt;

## (原著論文)

- [2] OPAL Collaboration, G. Abbiendi *et al.*: “ $\Sigma^-$ -antihyperon correlations in  $Z^0$  decay and investigation of baryon production mechanism”, *Eur. Phys. J.* C64 (2009) 609-625
- [3] OPAL Collaboration, G. Abbiendi *et al.*: “Search for Invisibly Decaying Higgs Bosons in  $e^+e^- \rightarrow Z^0 h^0$  Production at  $\sqrt{s} = 183-209$  GeV”, *Phys. Lett.* B682 (2010) 381-390
- [4] N. Terunuma, A. Murata, M. Fukuda, K. Hirano, Y. Kamiya, T. Kii, M. Kuriki, R. Kuroda, H. Ohgaki, K. Sakaue, M. Takano, T. Takatomi, J. Urakawa, M. Washio, Y. Yamazaki, and J. Yang: “Improvement of an S-band RF gun with a Cs2Te photocathode for the KEK-ATF”, *Nucl. Instr. Meth.* A613 (2010) 1-8
- [5] BESIII Collaboration, M. Ablikim *et al.*: “Branching Fraction Measurements of  $\chi_{c0}$  and  $\chi_{c2}$  to  $\pi^0\pi^0$  and  $\eta\eta$ ”, *Phys. Rev.* D81 (2010) 052005
- [6] S. Kawasaki *et al.*: “Development of a pixel detector for ultra-cold neutrons”, *Nucl. Inst. And Meth.* A 615(2010) 42-47
- [7] The ATLAS Collaboration: “Readiness of the ATLAS Liquid Argon Calorimeter for LHC Collisions”, submitted to EPJC
- [8] The ATLAS Collaboration: “Charged-particle multiplicities in pp interactions at  $\sqrt{s} = 900$  GeV measured with the ATLAS detector at the LHC”, submitted to *Phys. Lett.* B

## (会議抄録)

- [9] A. Seryi *et al.* (ATF/ATF2 collaboration): “ATF2 Commissioning”, *Proceedings of Particle Accelerator Conference 09, Vancouver, Canada* (2009)
- [10] T. Kume, N. Terunuma, T. Tauchi, Y. Honda, S. Araki, T. Okugi, J. Urakawa, T. Yamanaka, M. Oroku, Y. Kamiya, S. Komamiya, T. Suehara, B. Bolzon, A. Jeremie, and N. Geffroy: “Nanometer Order of Stabilization for Precision Beam Size Monitor (Shintake Monitor)”, *Proceedings of Particle Accelerator Conference 09, Vancouver, Canada* (2009)
- [11] B. Bolzon, N. Geffroy, A. Jeremie, M. Oroku, T. Yamanaka, Y. Kamiya, and T. Kume: “Linear Collider Final Doublet Considerations: ATF2 Vibration Measurements”, *Proceedings of Particle Accelerator Conference 09, Vancouver, Canada* (2009)

- [12] S. Bai, J. Gao, X. Zhu, P. Bambade, Y. Kamiya, A. S. Aryshev, T. Okugi, D. McCormick, M. Woodley, M. Oroku, and T. Yamanaka: “Beam Waist Manipulations at the ATF2 Interaction Point”, *Proceedings of Particle Accelerator Conference 09, Vancouver, Canada* (2009)
- [13] T. Yamanaka *et al.*: “Status of the first commissioning of the Shintake Monitor for ATF2”, *Proceedings of Particle Accelerator Conference 09, Vancouver, Canada* (2009)
- [14] ATF/ATF2 collaboration, N. Terunuma *et al.*: “Status of ATF (ATF2: Test beamline for ILC Final Focus System)”, *Proceedings of the 6th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Toukai, Japan* (2009)
- [15] M. Oroku: “The current status of ATF2 IP-BSM (Shintake Monitor)”, *Proceedings of the 6th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Toukai, Japan* (2009)
- [16] Y. Yamaguchi: “Beam size measurement by Shintake monitor: Background separation using the Gamma ray detector”, *Proceedings of the 6th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Toukai, Japan* (2009)
- [17] G. Ichikawa *et al.*: “A CCD-based Pixel Detector with Micron Spatial Resolution for Ultra Cold Neutrons” *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record 2009*, pp.1619-1622 (2009)

## (学位論文)

- [18] 大川英希: 「Commissioning of the ATLAS Calorimeters at the Large Hadron Collider and Prospects towards New Physics Search」, 博士論文 (東京大学大学院理学系研究科)、2010年2月
- [19] 市川豪: 「重力場中における超冷中性子の量子状態の測定器開発と製作」, 修士論文 (東京大学大学院理学系研究科)、2010年3月

## &lt;学術講演&gt;

## (国際会議)

## 一般講演

- [20] T. Yamanaka: “Status of the first commissioning of the Shintake Monitor for ATF2”, *2009 Particle Accelerator Conference, Vancouver, Canada, May 2009*
- [21] Y. Kamiya, T. Yamanaka, M. Oroku, Y. Yamaguchi, T. Suehara, S. Komamiya, Y. Honda, T. Kume, T. Okugi, T. Tauchi, and N. Terunuma: “Current Status of Shintake Monitor for ATF2”, *Joint ACFA Physics and Detector Workshop and GDE Meeting on International Linear Collider (TILC09), Tsukuba, Japan, Apr. 2009*
- [22] T. Yamanaka: “Commissioning Status of Shintake Monitor (IP-BSM)”, *8th ATF2 project meeting, KEK, Tsukuba, Japan, June 2009*



- [23] H. Okawa (presented by the convenors): “Calorimeter Noise Measurement & Topocluster Performance”, ATLAS Hadronic Calibration Workshop, Lisbon, Portugal, June 2009
- [24] H. Okawa (presented by the convenors): “Commissioning of Jet/Etmiss with Cosmic Data & Their Clean-up”, ATLAS Hadronic Calibration Workshop, Lisbon, Portugal, June 2009
- [25] G. Ichikawa: “A CCD-based Pixel Detector with Micron Spatial Resolution for Ultra Cold Neutrons” 2009 IEEE Nuclear Science Symposium, Florida, USA, Oct. 2009
- [26] T. Yamanaka: “Status of IP-BSM”, 9th ATF2 project meeting, KEK, Tsukuba, Japan, Dec. 2009
- [27] T. Yamanaka: “Shintake Monitor in ATF2 : Present Status” LCWS10 and ILC10, Beijing, China, Mar. 2010
- [28] Y.Yamaguchi: “Shintake Monitor in ATF2: Performance Evaluation” International Linear Collider Workshop 2010, Beijing, China, Mar. 2010
- [38] 市川豪 : 「重力場による超冷中性子の量子状態観測 - 実験の概要とセットアップ」, 日本物理学会 (2010年3月)、岡山大学、岡山
- [39] 大録誠広 : 「レーザー干渉縞を使った ATF2 衝突点ビームサイズ測定: 現状と今後の予定」, 日本物理学会 (2010年3月)、岡山大学、岡山
- [40] 川崎真介 : 「重力場による超冷中性子の量子状態観測 - ILL/PF2 ビームラインでの実験データ解析」, 日本物理学会 (2010年3月)、岡山大学、岡山
- [41] 園田真也 : 「 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ event を用いた Bell 不等式の検証」, 日本物理学会 (2010年3月)、岡山大学、岡山
- [42] 山口洋平 : 「レーザー干渉縞を使った ATF2 衝突点ビームサイズ測定: ビームテストによるサイズ測定能の評価」, 日本物理学会 (2010年3月)、岡山大学、岡山

## 招待講演

## 招待講演

- [29] S. Komamiya : “Panel Discussions”, ILC Workshop, Albuquerque, New Mexico, USA, Sep. 2009
- [30] Y. Kamiya: “Precision measurement of quantum states of neutrons in the terrestrial gravity”, Third Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the American Physical Society and The Physical Society of Japan, Hilton Waikoloa Village, Hawaii, USA, Oct. 2009
- [43] 駒宮幸男 : 「素粒子物理の謎の扉を開く国際リニアコライダー」, 先端加速器科学推進協議会 (2009年4月)、アルカディア市ヶ谷、東京
- [44] 駒宮幸男 : 「素粒子物理の謎の扉を開く国際リニアコライダー」, 東北加速器基礎科学研究会 (2009年4月)、仙台
- [45] 駒宮幸男 : 「巨大加速器が解明する素粒子と宇宙の謎」, 東京大学エキゼクティブ・マネージメント・プログラム (2010年1月)、東京大学、東京

## (国内会議)

## 一般講演

- [31] 川崎真介 : 「ILL/PF2 での重力実験」, 中性子基礎物理研究会 (2009年7月)、KEK、茨城
- [32] M.Oroku: “The current status of ATF2 IP-BSM(Shintake Monitor)”, 日本加速器学会 (2009年8月)、J-Parc, 茨城
- [33] Y.Yamaguchi: “Beam size measurement by Shintake monitor: Background separation using the Gamma ray detector”, 日本加速器学会 (2009年8月)、J-Parc, 茨城
- [34] 市川豪 : 「重力場による超冷中性子の量子状態観測 - ILL/PF2 における実験結果 I」, 日本物理学会 (2009年9月)、甲南大学、兵庫
- [35] 川崎真介 : 「重力場による超冷中性子の量子状態観測 - ILL/PF2 における実験結果 -」, 日本物理学会 (2009年9月)、甲南大学、兵庫
- [36] 園田真也 : 「 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ event を用いた Bell 不等式の検証」, 日本物理学会 (2009年9月)、甲南大学、兵庫
- [37] 山中隆志 : 「新竹モニタによる ATF2 衝突点ビームサイズ測定 - 現状と次期ビームタイムに向けての改善 -」, 日本物理学会 (2009年9月)、甲南大学、兵庫

## II

# Summary of group activities in 2009



## 1 Komamiya group

**Research Subjects:** (1) Preparation for an accelerator technology and an experiment for the International linear  $e^+e^-$  collider ILC; (2) Detector development for studying gravitational quantum effects and searching for new medium range force using ultra-cold neutron beam; (3) Preparation for 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; (5) Data analyses for the OPAL experiment at the LEP  $e^+e^-$  collider;

**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) Detector development for studying gravitational quantum bound states and searching for new medium range force using ultra-cold neutron beam: A detector to measure gravitational bound states of ultra-cold neutrons (UCN) is under way. We decided to use CCD's for the position measurement of the UCN's. The CCD is going to be covered by a 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 gravity. In 2008 we tested our neutron detector at ILL Grenoble. In 2009 we started the first experiment at ILL. We are analyzing the data. We will improve our detector and measure the modulation of the neutron density distribution in the next years.

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 now recording events at high energies. Some of our students work on data analysis at LHC. Search for supersymmetric particles with the missing transverse energy, and detector related and physics background are under study.

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  $J/\psi$  events. Now BEPC-II is operating smoothly and BES-III detector is taking large samples of  $\psi'$  and  $J/\psi$  data.

5) OPAL experiment at LEP: It is the experiment at the highest energy  $e^+e^-$  collider LEP of CERN. The data taking with the OPAL detector was completed in the end of 2000. Important physics subjects

at LEP are (a) Higgs boson searches, (b) Supersymmetric particle searches and (c) establishment of gauge interactions. We have extensively searched for the Higgs boson which was driven to a narrow mass range of 114-160 GeV.

### III

## 2009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, 平野哲文

- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| 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        |