

## II . 素粒子実験グループ

教授	金 信弘, 受川 史彦
講師	原 和彦, 丸山 和純, 武内 勇司
助教	戸村 友宣
研究科特別研究員	倉田 正和
科研費研究員	三宅 秀樹
大学院生	14 名
研究生	2 名
学群 4 年次生	11 名

素粒子実験グループは高エネルギー粒子加速器を用いた素粒子物理学実験 CDF, ATLAS, および ILC に参加している。CDF は現在進行中, ATLAS はまもなく稼動, ILC は検討設計中の実験である。本年度もそれぞれにおいて様々な研究活動が行われた。また, 昨年度より, ニュートリノ崩壊の探索を目的とした高分解能光検出器の開発を開始した。

### 【1】 陽子・反陽子衝突実験 CDF

CDF 実験は, 米国フェルミ国立加速器研究所のテバトロン加速器を用いた陽子・反陽子衝突実験であり, 日本をはじめアジア, 北米, 欧州の研究機関・大学からなる計 11ヶ国の国際協力により行なわれている。1996 年の物理実験 Run I の終了後 CDF 検出器およびテバトロン加速器の増強を経て, 2001 年度より Run II 実験が開始された。

1996 年に前回の物理実験 Run I が終了した後, テバトロン加速器は, 大幅な増強が行われ, ビーム輝度およびエネルギーが増大した。これに伴い CDF も, 検出器の増強を行ってきたが, 新しい検出器の建設を終え, 2001 年 6 月より本格的に物理データの収集 Run IIa を開始した。テバトロン加速器の瞬間ルミノシティはこれまでに, 最高値  $\mathcal{L} = 3.15 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  が達成されており (2008 年 3 月記録更新), 設計値  $10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  を突破している。また, 週毎の積分ルミノシティも最大で  $50 \text{ pb}^{-1}$  程度, 全積分ルミノシティは  $4.1 \text{ fb}^{-1}$  に達している。CDF 検出器により記録されたデータ量は約  $3.3 \text{ fb}^{-1}$  である。Run II 実験は, 2009 年まで継続されることが決定しており, 最終的には  $6 - 7 \text{ fb}^{-1}$  相当の衝突事象の収集が見込まれている。また, テバトロン加速器の重心系エネルギーは  $1.8 \text{ TeV}$  から  $1.96 \text{ TeV}$  に増強され, 検出器も改良・増強の結果, 検出効率が向上した。このため, データ量の増大のみならず, 単位積分ルミノシティあたりの有効観測事象数の増加も得られている。

筑波大学グループでは, Run II 用 CDF 検出器に関してシリコン飛跡検出器, 端冠部カリリメータ, 飛行時間検出器, およびデータ収集システムの建設・調整・運転を行ってきた。これらの検出器は順調に稼働しており, 実データを用いた較正がなされて, 物理解析に使用されている。

以下には, Run II 実験でこれまでに得られた物理解析の結果および今後期待される成果について主なものを記す。

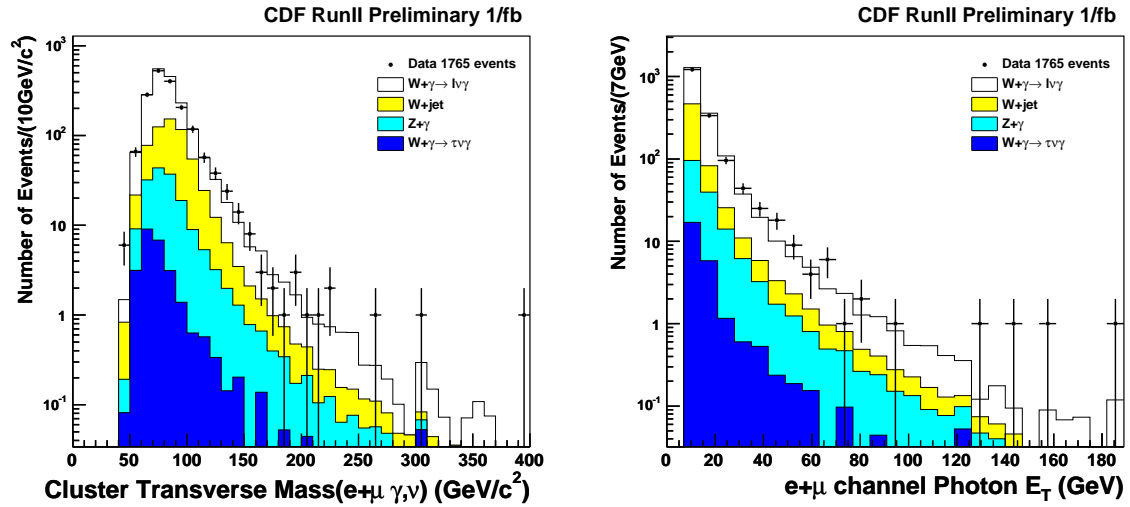


図 1:  $W^\pm$  ボソンと光子の随伴生成の測定．候補事象の (左) レプトン-ニュートリノ-光子 3 体系の横方向質量と (右) 光子の横運動量の分布．

### (1) 電弱相互作用の物理

電弱統一理論は非可換ゲージ理論であり，ゲージボソン同士の自己結合を含む．ゲージボソンの対生成を測定することにより，理論の詳細な検証が可能となる．CDF 実験では， $W^\pm$  ボソンと光子の随伴生成の研究を継続した． $W$  ボソンの電子への崩壊様式を新たに加え， $1 \text{ fb}^{-1}$  のデータを解析した結果，光子の横運動量  $7 \text{ GeV}/c$  以上の領域に 908 (857) の候補事象が  $W \rightarrow e\nu$  ( $\rightarrow \mu\nu$ ) チャンネルで観測された．図 1 にレプトン-ニュートリノ-光子 3 体系の横方向質量と光子の横運動量の分布を示す．いずれも期待されるものとよい一致を示している．生成断面積は  $\sigma(\bar{p}p \rightarrow W\gamma X) \cdot \mathcal{B}(W \rightarrow l\nu) = 18.03 \pm 0.65 \pm 2.55 \pm 1.05 \text{ pb}$  であり，理論値  $19.3 \pm 0.4 \text{ pb}$  とよく一致する．

### (2) トップクォークの物理

CDF 実験による 1995 年のトップクォーク発見後十年以上が経過し，Run II 実験においては高統計のトップクォーク事象を用いて，その様々な性質がより詳細に研究されている．テバトロンでのトップクォーク生成は，クォーク・反クォーク衝突を素過程とする対生成が主である．その生成断面積は多くの終状態を用いて測定されている．トップクォークの崩壊で生じた  $W$  ボソンが両方ともレプトン対に崩壊する dilepton チャンネルでは， $1.2 \text{ fb}^{-1}$  相当のデータを用いて

$\sigma_{t\bar{t}}(\text{dilepton}) = 6.2 \pm 1.1 \pm 0.7 \pm 0.4 \text{ pb}$  という新しい結果を得た． $W$  ボソンの一方がレプトン対に崩壊し，他方が  $q\bar{q}'$  対に崩壊する lepton+jets チャンネルでは， $\sigma_{t\bar{t}}(\text{dilepton}) = 8.2 \pm 0.5 \pm 0.8 \pm 0.5 \text{ pb}$  を得ている．測定結果は理論予想を良く支持している．

トップクォークの質量の測定では，lepton+jet チャンネルにおいて  $1.7 \text{ fb}^{-1}$  のデータに力学的最尤法 (Dynamical Likelihood Method) と呼ばれる方法を適用し  $M_{\text{top}} = 171.6 \pm 2.0 (\text{stat}) \pm 1.3 \text{ GeV}/c^2$  という精度の高い結果を得た．CDF 実験におけるトップクォーク質量の最新の測定結果をまとめたものを図 2 (右) に示す．他実験も含むすべての測定の平均値は  $M_{\text{top}} = 172.6 \pm 1.4 \text{ GeV}/c^2$  である．トップクォークの質量と  $W$  ボソンの質量を共に測定

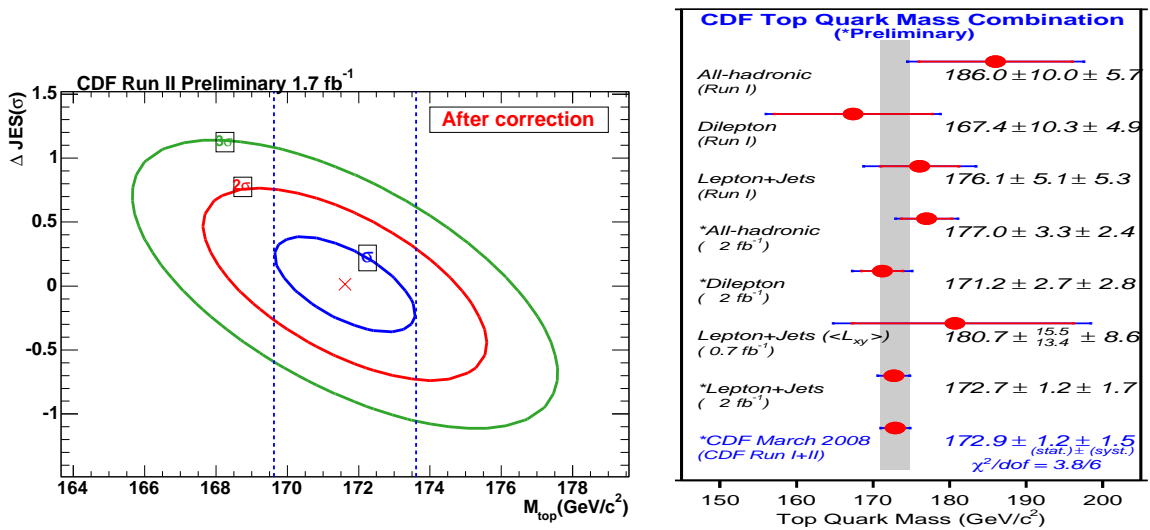


図 2: トップクォークの質量測定．左: Lepton+jets チャンネルでの力学的最尤法を用いた測定．トップクォーク質量とジェットのエネルギー尺度の 2 次元尤度分布．右: CDF 実験での測定一覧．

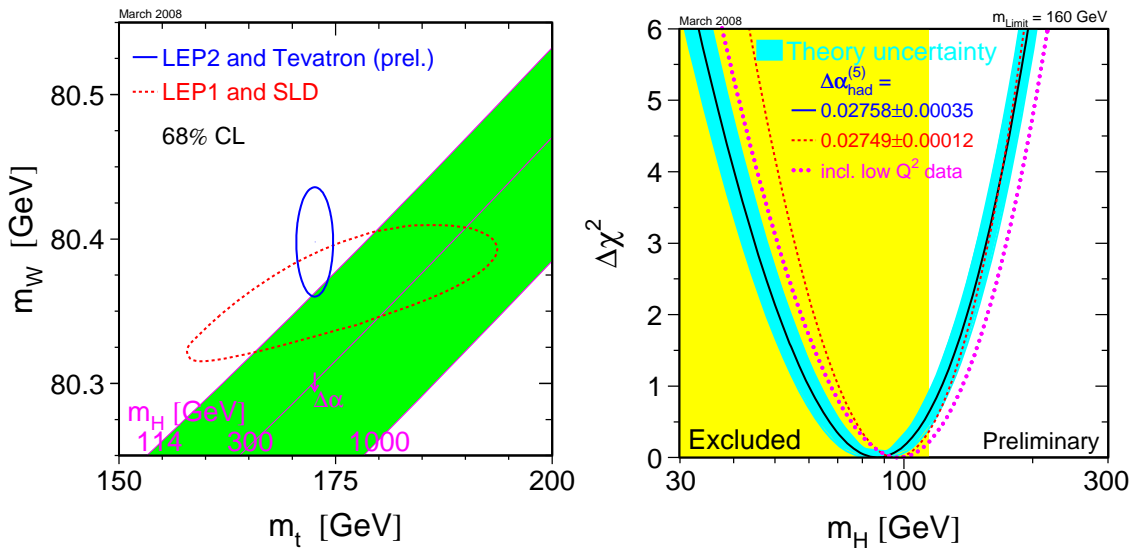


図 3: W ボソンとトップクォークの質量の測定とヒッグス粒子の質量に対する制限．

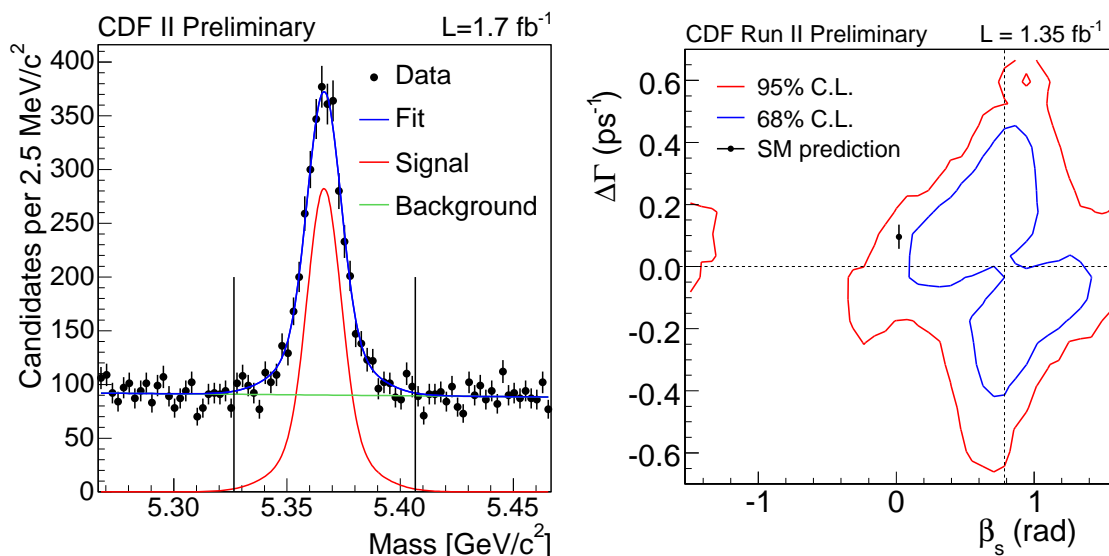


図 4:  $B_s^0 \bar{B}_s^0$  混合における CP 対称性の破れの探索 (左):  $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$  の信号 (右): 位相  $\beta_s$  と崩壊率の差  $\Delta\Gamma_s$  の 2 次元尤度分布 .

することにより, ヒッグス粒子の質量に対する制限を得る. 図 3 にこれを示す. ヒッグス粒子の質量について  $M_{\text{Higgs}} = 87^{+36}_{-27} \text{ GeV}/c^2$  (68%CL) および  $M_{\text{Higgs}} < 160 \text{ GeV}/c^2$  (95%CL) が与えられた .

その他, 現在進行中の解析に, dilepton チャンネルを用いたトップクォーク対生成機構の解明とスピン偏極度相関の測定, 電弱相互作用によるトップクォークの単一生成の観測などがある .

### (3) $B$ 粒子の物理

陽子・反陽子衝突では  $b$  クォークの生成率が高いため, その崩壊を効率よく収集することができれば, 精度の高い測定が可能となる. CDF Run-II 実験では, Silicon Vertex Trigger (SVT) と呼ばれる装置を導入した結果,  $B$  粒子やチャーム粒子などの長寿命粒子の崩壊物を選択的に効率よく収集することが可能となった .

CDF Run II 実験での  $B$  粒子の物理の目標のひとつは, ストレンジネスを持つ中性  $B$  中間子  $B_s^0$  の粒子・反粒子振動の観測にあった. 昨年度にはこれを達成し, 弱い相互作用における CP 対称性の破れを記述する小林・益川理論を高精度で検証することに成功した .

$B_s^0 \bar{B}_s^0$  振動の観測は, それに同期した CP 非対称度の測定の道を開いた.  $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$  崩壊における CP 非対称度測定が初めて行われ, CP 位相  $\beta_s$  に対する制限が与えられた (図 4). 近い将来には非対称度を  $\pm 0.2$  程度の精度で測定できると期待され, もし大きな CP の破れが観測されれば, 標準理論を超える新しい物理の存在を示す確たる証拠となる .

### (4) 新粒子の探索

ヒッグス粒子の探索が種々の過程を用いてなされた. テバトロンでのヒッグス粒子は, 素過程  $gg \rightarrow H$  による単一生成と弱ゲージボソン  $W^\pm, Z^0$  との随伴生成が主である. 質量が

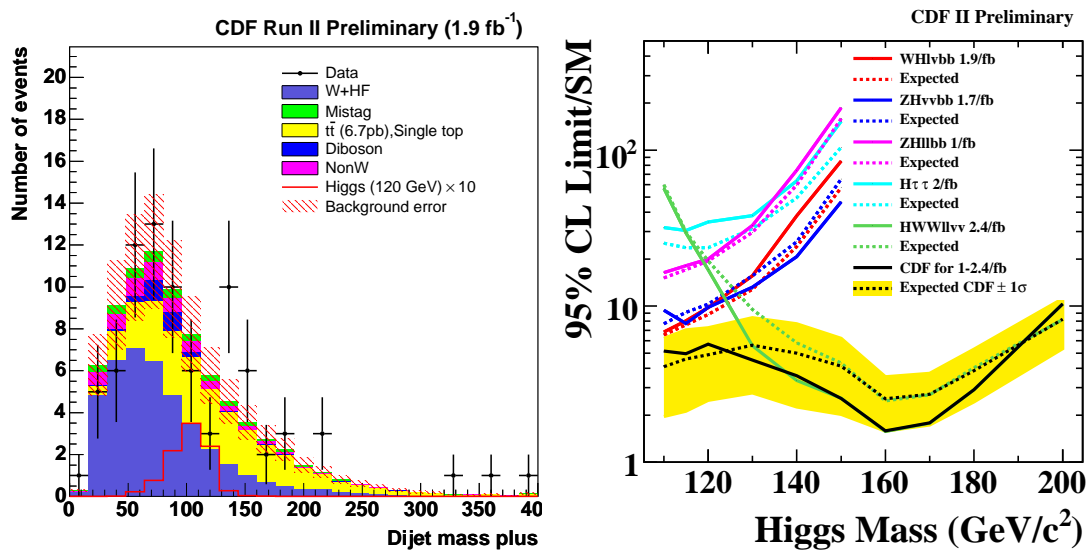


図 5: (左)  $p\bar{p} \rightarrow WHX \rightarrow \ell\nu b\bar{b}X$  過程によるヒッグス粒子の探索．二次崩壊点を用いて同定した  $b\bar{b}$  ジェット対の質量分布 (右) 標準模型ヒッグス粒子探索の結果．生成断面積の上限値の理論値に対する比を質量の関数として示したもの．

軽い場合 (およそ  $120 \text{ GeV}/c^2$  以下) は  $H \rightarrow b\bar{b}$  崩壊がほとんどであり, 重い場合には弱ゲージボソン対  $W^+W^-$  および  $Z^0Z^0$  への崩壊が主なものとなる．

生成率は, 単一生成が一番高いが, ヒッグス粒子が軽い場合には  $p\bar{p} \rightarrow b\bar{b}X$  過程によるバックグラウンド中に信号を見出すのはほぼ不可能である．よって, 弱ゲージボソン  $W^\pm$  (あるいは  $Z^0$ ) との随伴生成  $p\bar{p} \rightarrow HWX \rightarrow b\bar{b}\ell\nu X$  を用いる．終状態は, 高運動量のレプトンと消失運動量 (あるいはレプトン対) と  $b\bar{b}$  クォーク対となる． $b$  クォーク起源のジェットを, トップクォーク探索時と同様に, 二次崩壊点の存在を要求して同定する．主なバックグラウンドは, QCD 過程による  $W$  粒子と  $b\bar{b}$  対の随伴生成である．図 5 (左) に  $b\bar{b}$  候補対の質量分布を示す．

中間質量領域 ( $140 \text{ GeV}/c^2$  程度) では,  $H \rightarrow W^+W^{(*)-}$  崩壊が寄与し始める． $W$  ボソンとの随伴生成では, 終状態に  $W$  ボソンが 3 個存在し, そのうちの二つは必ず同電荷を持つ．それらがレプトンに崩壊すれば, 同符号のレプトン対という特徴的な信号となる．

高質量領域では,  $W^+W^-$  への崩壊が主になるが, この終状態はバックグラウンドが少なく, 単一生成  $p\bar{p} \rightarrow HX$  の探索が可能である．終状態は, 二つの高運動量レプトンと大きな損失運動量となる．

これらの過程を用いてヒッグス粒子による寄与を探索したが, いずれも既知のバックグラウンドによるものと矛盾しない．よって, ヒッグス粒子生成に対する上限を設定した．図 5 (右) にこれらの上限値を標準模型による予言値で規格化したものを示す．実験値は予言値の数倍であり, 質量  $160 \text{ GeV}/c^2$  近辺では 2008 年中にその存在が排除される可能性がある．

以上は CDF Run II 実験においてこれまでに得られた結果および今後期待される成果を述べたものであるが, CDF 実験は, LHC 加速器が本格稼働し物理の結果を生みだし始める 2010 年頃までは, エネルギー最先端の実験であり続ける．2009 年末までに  $6 - 7 \text{ fb}^{-1}$  相当のデータを蓄積する予定であり, さらに米国年度 2010 年の運転継続も検討されている．これは現在までに解析されたデータの数倍となり, 素粒子物理学の知見を深める多くの結果を

生み出すと期待される。

## 【2】 LHC ATLAS 実験

欧州セルン研究所の陽子・陽子衝突型加速器 LHC は、すべての加速器用電磁石の据え付けが終了し、8 分割したセクター毎に順次、冷却、励磁の試験が開始された。試験の結果、大きく 2 つの問題点が明らかになった。その内のひとつ、衝突点近くの四重極電磁石群の固定強度不足は補強により解決された。もうひとつの問題点は RF フィンガーと呼ばれる、電磁石システム間の接合部の配管である。液体ヘリウムにより 1.9 K まで冷却すると約 50 m 長の電磁石システムは約 4 cm 縮み、この RF フィンガーはその変形を調整するためのものである。目標温度までの冷却を達成するために管の内径形状も一様に保持しなくてはならない。試験冷却の段階で、いくつかの RF フィンガーが破損し、電磁石システム間の距離や角度への精度要求が厳しいことが判明した。この問題点を解決しながら 2007 年度中に半数のセクターの冷却を達成した。但し、一度冷却に成功したものを室温に戻して再び冷却したところ再度の不具合が発生し、2008 年度は、設計の 14 TeV を下回る衝突エネルギー 10 TeV での運転を検討している。

ATLAS 検出器のすべての実験装置は、衝突点である地下 100 m の実験室に据え付けられた。据え付け後、順次、調整運転を開始し、定期的にその時点で稼動している装置を統合したデータ収集システムの試験を繰り返している。

筑波大学のグループは、半導体を用いた中央部飛跡検出器 (SCT) の建設を担当してきた。2007 年度は、SCT の据え付けと調整を行った。また、再構成する飛跡の精度解析を開始した。継続して統計精度を向上させるために、加速器のビーム輝度を LHC の設計を超えた SuperLHC 実験が検討されているが、そのような高放射線環境でも稼動する新しいシリコン検出器の開発と、SOI ピクセル検出器の開発を継続した。

### (1) シリコン飛跡検出器 (SCT)

バレル部 SCT は、その外側に位置する TRT (遷移輻射型飛跡検出器) とともに 2007 年 2 月に地下の ATLAS 検出器本体に組み込まれた (図 6)。ケーブルや冷却パイプなどの敷設はすでに終了していたので、引き続いて結線や冷却試験を行った。膨大な数のケーブルは 2005 年にケーブル単体の試験を開始していたもので、2007 年 9 月に高電圧、低電圧、信号ラインすべての試験が完了した。冷却システムに関しては、約  $-20^{\circ}\text{C}$  の液体冷媒を常温ガスに加熱するヒータが、全 48 系統の中の 1 系統でショートする問題が発生した。X 線等も用いた徹底的な検査と設計の見直しを経て、最終的には 12 月になって全システムの冷却が可能となった。引き続いて宇宙線試験を行い、2008 年 2 月に宇宙線の飛跡を初めて観測した。

SCT モジュールの一部は、2006 年度の地上での試験の段階でバイアス電圧ラインが高抵抗になっていると判明した。再現試験を経て、センサー裏面との電気接触を担う銀ペースト入りの導電性エポキシがアルミ面との間に絶縁性薄膜を発生させていると判明した。これは 5 V も電圧を加えれば破壊されるので、実際の運転では問題がないと結論できる。

バレル部モジュールは、2 枚ずつのシリコンセンサーを基板の上下に張り合わせた形状をしているが、基板の加工精度のために完全な平面ではない。モジュールの製造時検査でこの形状を測定をしているので、飛跡再構成に実際に与える影響の評価を、モンテカルロ法を用



図 6: ATLAS 測定器に組み込まれる SCT + TRT .

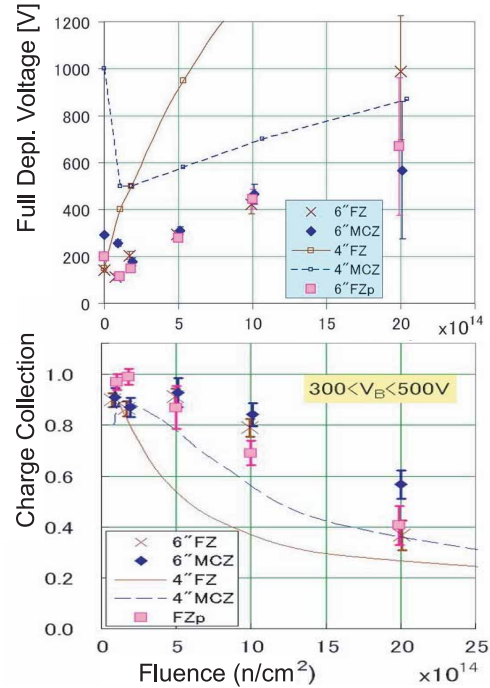


図 7: p 型シリコンセンサーの放射線耐性．全空乏化電圧と収集電荷の変化を様々なウェハ製造法に対して評価した．

いて開始した．衝突実験の初期では， $\psi$  粒子や  $Z$  粒子を観測して，運動量測定 of 較正を行う．今後，SCT の非平面度のこの較正への影響を見積もっていく．

## (2) SuperLHC のための高放射線耐性シリコンの開発

LHC は稼動 3 年で目標とする瞬間輝度  $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  に達する予定である．それ迄のデータ量で 1 TeV までのヒッグス粒子は発見できるはずであるが，さらに継続して測定精度を向上させ，ヒッグス粒子の自己結合も測定するために，2016 年以降に瞬間輝度を一桁上げる SuperLHC 実験が計画されている．

SuperLHC では，粒子数密度が増大し放射線環境が厳しくなるので，現行の飛跡検出器は，再設計しなくてはならない．ドリフト時間を測定する TRT は応答の速いシリコン検出器に交換し，現在の SCT 部は，電極長を短くしたものにすることで高粒子数密度でも飛跡検出できるようにする．

現 SCT は  $2 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2$  相当の放射線耐性がある．これは LHC 実験で 10 年分に相当するが SuperLHC では 1 年である．基板には n 型の高抵抗シリコンを用いているが，放射線を浴びると実効的に p 型不純物が増え，全空乏化に要する電圧は次第に増大する．n 型基板には p 型の電極が形成されているので，p 型に変換した後は全空乏化電圧がシステムの耐圧 (500 V) を超えると信号分離ができなくなる．そこで我々は，p 型基板に n 型電極を埋め込むセンサーを候補としてその評価を行っている．全空乏化電圧が上昇するのは同じであるが，pn 接合面が常に電極側にあるので，システムの耐圧を越えた場合に電圧を下げても信号分離が可能であるという特長がある．収集できる電荷量は減少するが，電極を短くすることでノイズが減り総合的な S/N は大きく劣化しないことが期待できる．p 型基板の場合は

電極間の電気的分離のための構造が別途必要で、そのために今まで p 型基板を用いた大規模なシリコン検出器は検討されてこなかった。電極分離の性質は用いるウェハによって異なるため、候補となるいくつかのものに対して分離構造の最適化や放射線耐性の測定を行った(図7)。設計の要点となる収集電荷量の測定をレーザーを用いて評価し、収集電荷の減少が少なく SuperLHC でも使用できる候補が得られた。

新たに p 型基板によるシリコンマイクロストリップ検出器を設計するにあたって、パンチスルー特性や耐圧構造などの基礎特性を測定した。また、放射線を浴びたセンサーのアンリング特性も評価した。

新しい SCT ではモジュール数が増えるので、電源供給を、従来のモジュール個別へ供給する方式から複数のモジュールに対する方式(直列電源供給方式)に変更する必要がある。ケーブル本数や消費電力量を現状から大きく増やせないからである。直列電源供給ではモジュール毎にグラウンドレベルがシフトするので、実際にレギュレータと LVDS 回路を用いて現行のモジュール 4 台を稼働させて、宇宙線を観測し、ノイズの状況を評価した。

### (3) SOI 技術を用いたピクセル検出器の開発

Silicon-on-Insulator (SOI) 技術による CMOS プロセスは、最先端のプロセッサ等に実用化されているが、トランジスタが個別に酸化膜により完全に囲まれているので、高速、低消費電力などの特徴がある。SOI のウェハ製造法のひとつに UNIBOND という張り合わせ法があるが、我々は SOI 基板部 (handle wafer) に高抵抗のシリコン、SOI 回路部に通常のシリコンを用いて荷電粒子を測定できる読み出し回路一体型ピクセル検出器の開発を、KEK の測定器開発室のプロジェクトの一つとして継続した。開発したピクセル検出器は、 $36 \times 36$  のピクセル信号を個別に増幅、保持し、外部からのアドレス信号に従いアナログ信号を出力するアクティブピクセルセンサー型のものである。テストパルスやレーザーを用いる試験により検出器性能を評価し、異常ピクセル率が当初の約 5% から 10 分の 1 以下になり、検出器あたり 2~3 ピクセルまで減少した。これらの異常は読み出し回路部の不良であり、既存技術にないため新たに開発した SOI 酸化膜 (BOX) を貫いて電極を形成する技術に関しては、この研究により確立できた。

高抵抗シリコンに逆バイアスを加えることで空乏層を広げ、荷電粒子を検出できるピクセル検出器を開発することが最終目標であり、そのためには高圧耐性のある設計が必要となる。2006 年度の試作品は 100 V で暗電流が急増した。赤外線カメラを用いて暗電流が発生する場所を特定することで、電極形状を変更し、電極インプラントのエネルギーを上げることで 2007 年度の試作品は約 130 V まで耐圧が向上した。

実際に高エネルギー実験に応用するには、放射線耐性が重要になる。SOI シリコンは薄い (50 nm) ので放射線による直接の損傷は小さいが、酸化膜の帯電による影響が顕著になる。また、裏面に電圧を加えると BOX 層を介して表面の回路動作に影響を与える。BOX の帯電により影響の程度が変わることも予見できる。そこで、回路部分の放射線損傷をコバルト線源を用い、回路と基板部両方への影響を 70 MeV の陽子線を照射することで評価した。照射はピクセル検出器と、トランジスタ単体を評価できる TrTEG の両方に対して行った。



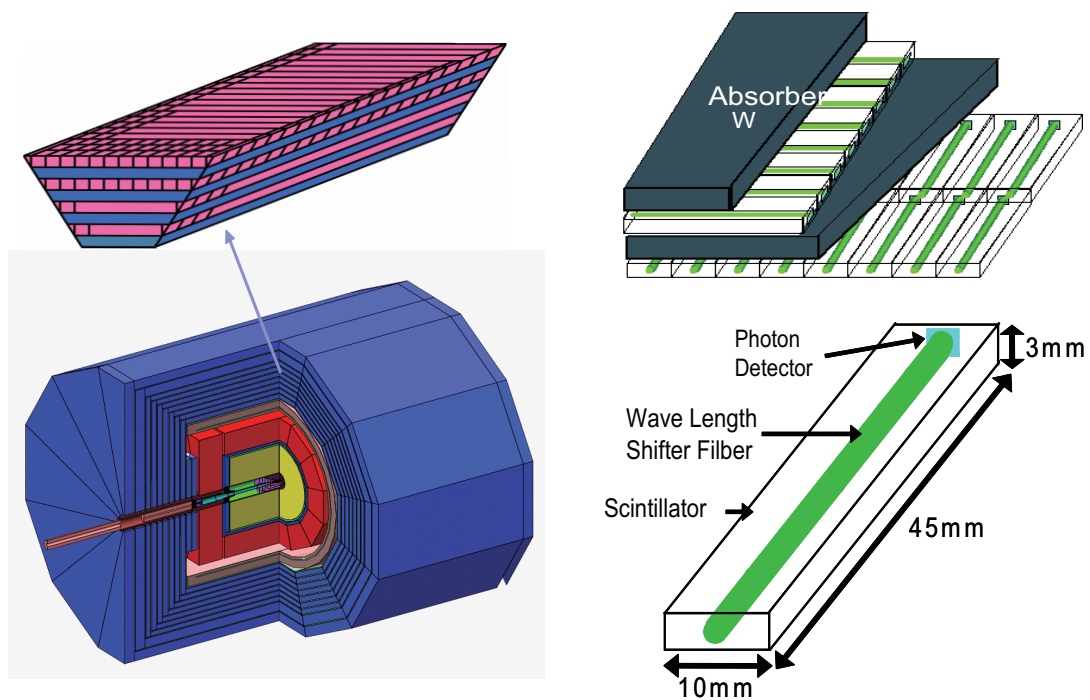


図 8: ILC (GLD) 検出器の構造, およびカロリメータのモジュールの拡大図 (左). カロリメータは, 吸収体と検出層をもつサンプリングカロリメータとなっており, 検出層は, ストリップシンチレータを横方向と縦方向を交差させ並べた構造になっている (右上). またストリップシンチレータには波長変換ファイバーが埋め込まれ, 光検出器によって読み出される (右下).

### 【3】 ILC 実験

次世代のエネルギーフロンティアにおける素粒子実験を遂行するため, 重心系エネルギー 0.5 TeV の電子・陽電子衝突型線形加速器を建設する計画が提案されている. 国際協力により進められているこの計画は ILC 計画と名付けられ, 精力的に加速器や測定器の研究・開発が行われている. ILC での実験では, 素粒子である電子を衝突に用いるので, 加速したエネルギーを効率良く衝突に使用することができ, またバックグラウンドの少ない環境での精密測定や新粒子探索が可能となる.

現在筑波大学グループでは, KEK, 神戸大, 信州大, 新潟大等と共同で, ILC 実験において使用される検出器 (図 8 左) のうち, カロリメータ (エネルギー測定器) の研究開発を行なっている. 現在計画されている ILC カロリメータでは, シンチレータとタングステン板を積層構造にしたサンプリングタイプと呼ばれるものが考えられている.

ILC 実験では, ゲージボソンやトップクォーク, ヒッグス粒子などの崩壊により発生する多数のジェットのエネギーを精密に測定することが非常に重要であり, そのために ILC 実験では, ジェットに対するエネルギー測定精度をより向上させるため, Particle Flow Algorithm と呼ばれるジェット再構成/エネルギー測定方法が提唱されている. この方法では, ジェット中の粒子をカロリメータ中で一つ一つ区別し, 中性粒子についてはカロリメータでエネルギーを測定し, 荷電粒子の運動量については, より優れた分解能を持つ飛跡検出器で測定す

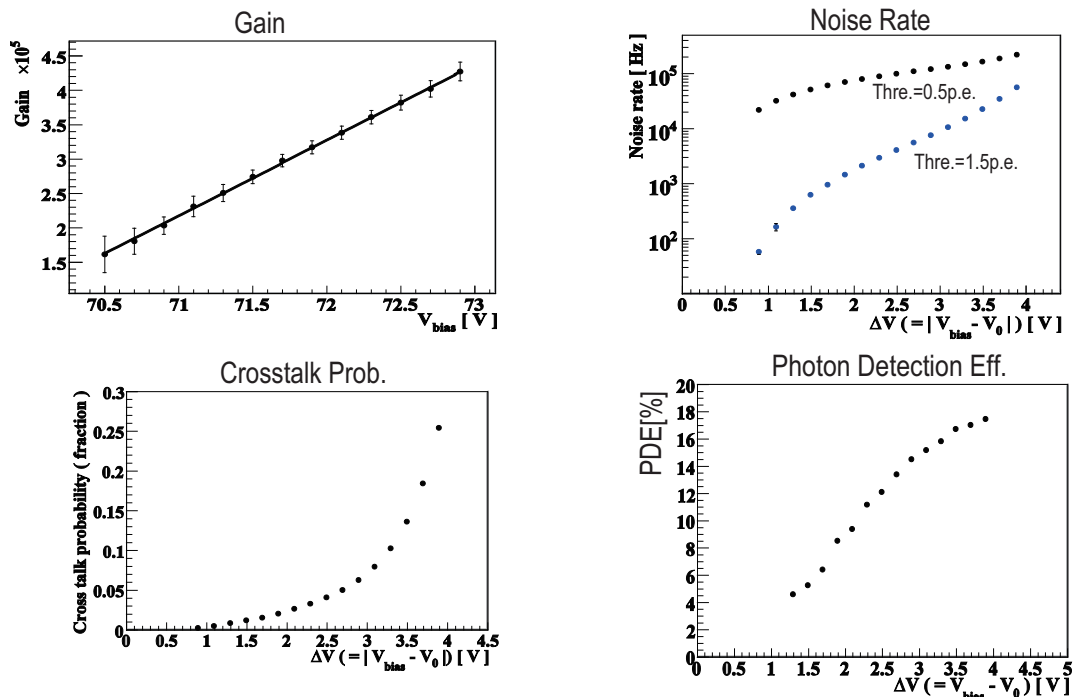


図 9: 1600-pixel MPPC の性能測定の結果．それぞれ，増幅率 (左上)，ノイズ頻度 (右上)，クロストーク (左下)，および光子検出効率 (右下) のバイアス電圧依存性を表す．

ることにより，ジェットに対するエネルギー分解能の向上を図るものである．このような方法を用いるには，カロリメータは単一の入射粒子に対する優れたエネルギー分解能に加え，非常に細かいセルに分割された構造を有することが要求される．我々は，このような細分割を実現するために，図 8(右下) のように，シンチレータを短冊 (ストリップ) 型にし，交差させて交互に積み重ねる方法を採用した．

我々は，これまで，このような構造を持ったカロリメータのテストモジュールを試作器を作成し，電子，パイ中間子等のビームによって得られたデータの解析を行ってきた．また，シミュレーションを用いて，カロリメータのセル (分割) サイズの最適化，その際の性能等の評価も行ってきた．そして，2007 年度においては，主にカロリメータの光信号読み出しのための，新型光センサーの研究開発を行った．

## (1) 光信号読み出し MPPC の開発

ILC カロリメータでは，非常に細かいセル構造が要求されるため，読み出しのために膨大な数の光センサーが必要となる．また，磁場中で使用されることもあり，これまで広く用いられてきた光センサーである光電子増倍管の使用は難しい．このため，ILC カロリメータでは，新しいタイプの半導体光センサーである MPPC (Multi Pixel Photon Counter) を採用する予定である．MPPC は，小さく低コストで磁場の影響を受けないため，ILC カロリメータの読み出しには最適である．我々は，MPPC の実用化を予定している浜松ホトニクス，また高エネルギー加速器研究機構を中心とした光センサーグループと共に，ILC カロリメータでの使用を目指して MPPC の研究開発を行ってきた．

今年度は 1600 ピクセルの  $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$  の MPPC のサンプルを用いて基本的な性能評

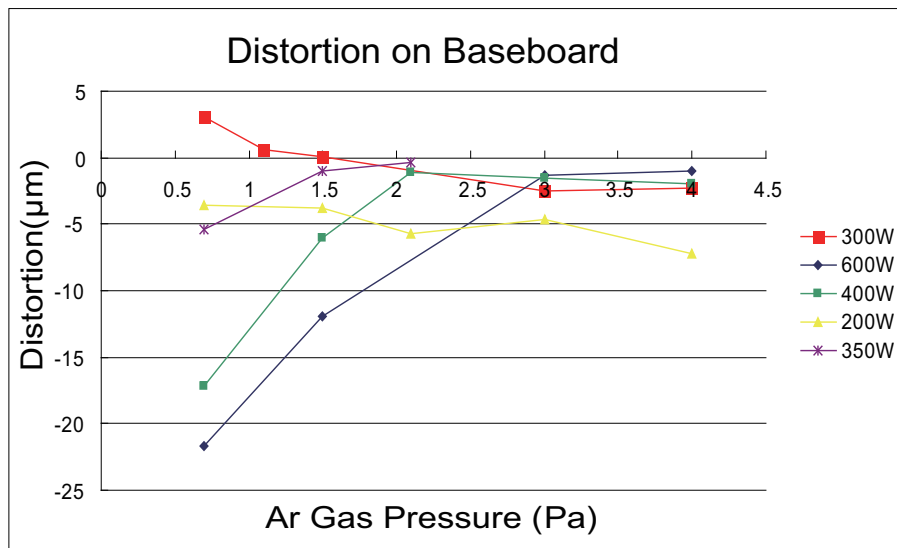


図 10: 最適 Hf 成膜条件探索．Hf 膜を成膜する際のスパッタリングガス圧力・放電パワーの条件を変えて Hf 成膜後の基板上での歪み，かつ，表面粗さを測定し，最適な Hf 成膜条件を探索した．

価を行った．光検出効率，応答線形性，増幅率，ノイズ頻度，クロストークの確率，放射線耐性，信号頻度依存性の測定を行い，それぞれ要求性能は，応答線形性を除きほぼ満たされていることが分かった(図 9)．応答線形性については，現在数百光電子数相当までの出力に対して線形性が保たれているが，我々の要求値は，およそ千光電子数相当までの出力に対する線形性であり，この点においてはまだ改良の余地があるということが分かった．今後，長期安定性，多数のサンプルにおける個体差の測定，磁場中での動作テストなどを行い，試作器を用いたビームテストを行う予定である．

#### 【4】 超伝導体赤外線検出器の開発

過去 10 年間に超伝導トンネル接合素子 STJ (Superconducting Tunnel Junction) を用いた光検出器の開発研究が世界で広く行われてきた．これは超伝導体が半導体と比較してはるかに小さいエネルギーバンドギャップを有することを利用して，半導体検出器などの既存の光検出器に比べてエネルギー分解能はるかに高い光検出器を原理的に実現できることが強い動機となっている．このことから，高エネルギー分解能の X 線検出器や赤外線検出器への応用を目指して開発が進められてきた．

本開発研究では，遠赤外線 ( $E_{\gamma} \sim$  数 10 meV) のエネルギーを一光子ごとに数%の精度で測定するために，従来用いられている Nb (3.1 meV), Al (0.34 meV) よりもさらにエネルギーバンドギャップの小さい Hf (0.051 meV,  $T_c = 0.165$  K) あるいは W (0.0049 meV,  $T_c = 0.016$  K) を超伝導素材として用いた超伝導体検出器の開発を目指し，これまで困難であった赤外線領域の一光子分光を目指した STJ を開発する．本研究では，Hf や W といった，より転移温度が低い超伝導体の使用を計画しているため，10 mK 程度の極低温での安定した運転を妨げる問題を解決しなければならない．

2007 年 1 月より KEK 測定器開発室のプログラムの一つとして筑波大学，KEK，理研の

共同研究によって、この STJ 開発が進められてきた。この開発研究では、これまでの超伝導体検出器の開発において問題となっていることを解決しつつ、新しい超伝導体素材である Hf あるいは W を用いた超伝導体検出器の開発を行っている。2007 年度は、Hf 成膜（スパッタリング）のためのガス圧力・放電パワー等の最適条件の探索（図 10）、および Hf 膜のパターン加工方法の確立を行った。特に Hf 膜の場合、これまでの Nb 膜や Al 膜において用いられてきた加工技術が使えないため、Hf 膜のパターン加工例は、世界初である。Hf-STJ 製作に向けた技術的問題は、ほぼクリアしたので、今後 3 年あまりの期間に 20 mm 角程度の Hf, W という超伝導素材を用いた超伝導体検出器実証モデルを開発する。

この検出器はニュートリノ崩壊探索実験に用いることを目的として開発されてきた。ニュートリノがディラック粒子であるならば、標準模型の枠内で重いニュートリノ ( $\nu_3$ ) は軽いニュートリノ ( $\nu_2$ ) と光子に寿命約  $10^{36}$  年で崩壊する。また右巻き weak boson  $W_R$  が存在する場合には、このニュートリノの寿命ははるかに短くなる。現在の  $W_R$  の質量下限および  $W_R$  と  $W_L$  の混合角の上限を用いるとニュートリノの寿命は最小で  $10^{17}$  年程度となる。我々はニュートリノの崩壊で生成する光子のエネルギースペクトルを測定することによってニュートリノ崩壊を観測することを目指す。このような長寿命のニュートリノの崩壊を観測するには、非常に多くのニュートリノが必要であるので、宇宙背景ニュートリノを用いる。その崩壊で生成される遠赤外線光子のエネルギースペクトルが高い端 ( $\sim 30$  meV) で急に落ちることが崩壊の信号となる。我々は、これまでに、この宇宙背景ニュートリノの輻射崩壊のシミュレーションを行い、検出器に要求される性能は、30 meV の光子に対して 2~3% のエネルギー分解能を有することであることがわかった。

今後、超伝導体検出器技術をさらに発展させて、遠赤外線領域で一光子ごとに数%の分解能でエネルギーを測定できる検出器の実現を目指す。この検出器はニュートリノ崩壊探索、宇宙赤外線背景輻射の観測などの素粒子実験、宇宙観測のみならずさまざまな分野における実用にも供する。

## 【5】 外部資金

1. 日米科学技術協力事業「陽子・反陽子衝突による重い粒子の検出 (CDF)」  
共同研究（日本側参加機関：筑波大物理，大阪市大理，早稲田大理工，岡山大理，近畿大理工，京都教育大理。日本側研究代表：金 信弘）  
校費：70,000 千円，旅費：18,000 千円
2. 科学研究費補助金「陽子反陽子衝突実験 CDF によるトップとボトム・フレーバーの物理」  
共同研究（研究代表者：金 信弘） 特定領域研究 35,800 千円
3. 科学研究費補助金「CDF 実験におけるトップクォークの質量の精密測定と対共鳴生成の探索」  
丸山 和純：若手研究 (B) 1,400 千円
4. 科学研究費補助金「中性 B 中間子の  $\eta/\eta'/K_S$  崩壊の探索と CP 非保存現象の研究」  
三宅 秀樹：若手研究 (B) 600 千円

## 【6】 研究発表

### (1) 学会誌等への発表論文

1. “Measurements of Inclusive  $W$  and  $Z$  Cross Sections in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], J. Phys. G **34**, 2457 (2007).
2. “Measurement of the ratios of branching fractions  $B(B_s^0 \rightarrow D_s^- \pi^+ \pi^+ \pi^-)/B(B^0 \rightarrow D^- \pi^+ \pi^+ \pi^-)$  and  $B(B_s^0 \rightarrow D_s^- \pi^+)/B(B^0 \rightarrow D^- \pi^+)$ ,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 061802 (2007).
3. “Search for  $V + A$  current in top quark decay in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 072001 (2007).
4. “Observation of exclusive electron positron production in hadron hadron collisions,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 112001 (2007).
5. “Measurement of the  $\Lambda_b^0$  lifetime in  $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi \Lambda^0$  in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 122001 (2007).
6. “Search for anomalous production of multi-lepton events in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 131804 (2007).
7. “Analysis of the quantum numbers  $J^{PC}$  of the  $X(3872)$ ,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 132002 (2007).
8. “Measurement of the top-quark mass in all-hadronic decays in  $p\bar{p}$  collisions at CDF II,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 142001 (2007).
9. “Observation of  $WZ$  Production,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 161801 (2007).
10. “Inclusive search for new physics with like-sign dilepton events in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 221803 (2007).
11. “Measurement of  $\sigma_{\chi_{c2}} \mathcal{B}(\chi_{c2} \rightarrow J/\psi \gamma)/\sigma_{\chi_{c1}} \mathcal{B}(\chi_{c1} \rightarrow J/\psi \gamma)$  in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 232001 (2007).
12. “First Measurement of the Ratio of Central-Electron to Forward-Electron  $W$  Partial Cross Sections in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **98**, 251801 (2007).
13. “Measurement of the  $B^+$  production cross section in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1960$  GeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 012010 (2007).

14. “Search for Exotic  $S = -2$  Baryons in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 032003 (2007).
15. “Precision measurement of the top quark mass from dilepton events at CDF II,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 031105 (2007).
16. “Measurement of the Helicity Fractions of  $W$  Bosons from Top Quark Decays using Fully Reconstructed  $t\bar{t}$  Events with CDF II,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 052001 (2007).
17. “Measurement of the Top Quark Mass in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV using the Decay Length Technique,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 071102 (2007).
18. “Search for  $W'$  boson decaying to electron-neutrino pairs in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 091101 (2007).
19. “Measurement of  $\sigma(p\bar{p} \rightarrow Z) \cdot \mathcal{B}(Z \rightarrow \tau\tau)$  in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 092004 (2007).
20. “Measurement of the Inclusive Jet Cross Section using the  $k_T$  algorithm in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV with the CDF II Detector,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 092006 (2007) [Erratum-  
ibid. D **75**, 119901 (2007)].
21. “Measurement of the top-quark mass using missing  $E_T$  + jets events with secondary vertex  $b$ -tagging at CDF II,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 111103 (2007).
22. “Search for new physics in lepton + photon +  $X$  events with  $929 \text{ pb}^{-1}$  of  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **75**, 112001 (2007).
23. “Observation and mass measurement of the baryon  $Xi_b^-$ ,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 052002 (2007).
24. “Search for heavy, long-lived particles that decay to photons at CDF II,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 121801 (2007).
25. “Polarization of  $J/\psi$  and  $\psi(2S)$  mesons produced in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 132001 (2007).
26. “First Measurement of the  $W$  Boson Mass in Run II of the Tevatron,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 151801 (2007).
27. “Search for a high-mass diphoton state and limits on Randall-Sundrum gravitons at CDF,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 171801 (2007).

28. “Search for new physics in high mass electron-positron events in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 171802 (2007).
29. “Precise measurement of the top quark mass in the lepton+jets topology at CDF II,”  
A. Abulencia *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 182002 (2007).  
[30]
30. “Search for chargino-neutralino production in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 191806 (2007).
31. “First observation of heavy baryons  $\Sigma_b$  and  $\Sigma_b^*$ ,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 202001 (2007).
32. “Search for exclusive  $\gamma\gamma$  production in hadron-hadron collisions,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **99**, 242002 (2007).
33. “Search for New Particles Leading to  $Z$ + jets Final States in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **76**, 072006 (2007).
34. “Measurement of the  $p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}$  production cross- section and the top quark mass at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV in the all-hadronic decay mode,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **76**, 072009 (2007).
35. “Search for Direct Pair Production of Supersymmetric Top and Supersymmetric Bottom Quarks in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **76**, 072010 (2007).
36. “Limits on Anomalous Triple Gauge Couplings in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$ -TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **76**, 111103 (2007).
37. “Search for Standard Model Higgs Bosons Produced in Association with W Bosons,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **100**, 041801 (2008).
38. “Cross-Section Constrained Top Quark Mass Measurement from Dilepton Events at the Tevatron,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **100**, 062005 (2008).
39. “A direct Measurement of the W Boson Width in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **100**, 071801 (2008).
40. “Observation of Orbitally Excited  $B_s$  Mesons,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **100**, 082001 (2008).
41. “First Measurement of the Production of a  $W$  Boson in Association with a Single Charm Quark in Proton Anti-proton Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **100**, 091803 (2008).

42. “Measurement of Inclusive Jet Cross Sections in  $Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-)+$  jets Production in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. Lett. **100**, 102001 (2008).
43. “Search for chargino-neutralino production in  $p\bar{p}$  collisions at 1.96 TeV with high- $p_T$  leptons,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], Phys. Rev. D **77**, 052002 (2008).
44. “Search for Third Generation Vector Leptoquarks in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], arXiv:0706.2832 [hep-ex]. (Submitted to Phys. Rev. Lett.)
45. “First Run II Measurement of the  $W$  Boson Mass,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], arXiv:0708.3642 [hep-ex]. (Submitted to Phys. Rev. D)
46. “Search for resonant  $t\bar{t}$  production in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], arXiv:0709.0705 [hep-ex]. (Submitted to Phys. Rev. Lett.)
47. “Observation of Exclusive Dijet Production at the Fermilab Tevatron  $p\bar{p}$  Collider,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Run II Collaboration], arXiv:0712.0604 [hep-ex]. (Submitted to Phys. Rev. D)
48. “First Flavor-Tagged Determination of Bounds on Mixing-Induced CP Violation in  $B_s \rightarrow J/\psi\phi$  Decays,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], arXiv:0712.2397 [hep-ex]. (Submitted to Phys. Rev. Lett.)
49. “Search for New Heavy Particles Decaying to  $Z^0Z^0 \rightarrow eeee$  in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], arXiv:0801.1129 [hep-ex]. (Submitted to Phys. Rev. D)
50. “Search for the Higgs boson in events with missing transverse energy and  $b$  quark jets produced in proton-antiproton collisions at  $\sqrt{S} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], arXiv:0802.0432 [hep-ex]. (Submitted to Phys. Rev. Lett.)
51. “Two-Particle Momentum Correlations in Jets Produced in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T. Aaltonen *et al.* [CDF Collaboration], arXiv:0802.3182 [hep-ex]. (Submitted to Phys. Rev. D)
52. “CDF Central Preshower and Crack Detector Upgrade,”  
A. Artikov, N. Kimura, K. Nakamura, K. Sato, F. Ukegawa, Y. Yamada *et al.*, arXiv:0706.3922 [physics.ins-det]. (Submitted to Nucl. Instrum. Methods)



53. “ $B_s^0$  中間子の粒子・反粒子振動の観測 ”,  
受川史彦, 魚住 聖, 金 信弘 : 日本物理学会誌 **62**, 249 (2007) .
54. “p-bulk silicon microstrip sensors and irradiation”,  
Y. Unno, K. Hara *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **A579**, 614-622 (2007).
55. “Evaluation of OKI SOI technology”,  
Y. Ikegami, K. Hara, H. Miyake *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **A579**, 706-711 (2007).
56. “Systematic study of micro-discharge characteristics of ATLAS barrel silicon modules”,  
T. Kuwano, K. Hara *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **A579**, 782-787 (2007).
57. “Hybrid and module designs for ATLAS silicon tracker upgrade for super LHC”,  
T. Kohriki, K. Hara *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **A579**, 806-811 (2007).
58. “Anomalous IV behavior of ATLAS SCT microstrip sensors”,  
Y. Nakamura, K. Hara *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **A579**, 812-816 (2007).
59. “R&D of a pixel sensor based on 0.15- $\mu\text{m}$  fully depleted SOI technology”,  
T. Tsuboyama, K. Hara, H. Miyake *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **A583**, 861-8865 (2007).
60. “The ATLAS semiconductor tracker end-cap module”,  
A. Abdesselam, K. Hara *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **A575**, 353-389 (2007).
61. “The ATLAS microstrip sensor of the ATLAS semiconductor tracker”,  
A. Ahmed, K. Hara *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **A578**, 98-118 (2007).
62. “Deep sub-micron FD-SOI for front-end application”,  
H. Ikeda, K. Hara, H. Miyake *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **A579**, 701-705 (2007).

## (2) 学会・研究会での講演（国内）

1. 目黒立真 : SuperLHC ATLAS 実験のための高放射線耐性シリコン検出器の開発 ,  
日本物理学会 第 62 回年次大会 ( 2007 年 9 月 21 - 24 日 ) , 北海道大学 .
2. 望月亜衣 : SOI 技術を用いた monolithic pixel 検出器の開発 ( 3 ) ( 陽子線照射実験 ) ,  
日本物理学会 第 62 回年次大会 ( 2007 年 9 月 21 - 24 日 ) , 北海道大学 .
3. 山崎 秀樹 : GLD カロリメータの読み出しに用いられる光検出器 MPPC の性能評価 ,  
日本物理学会 第 62 回年次大会 ( 2007 年 9 月 21 - 24 日 ) , 北海道大学 .
4. 須藤 裕司 : 1600-pixel MPPC の基礎特性の評価 ,  
日本物理学会 第 62 回年次大会 ( 2007 年 9 月 21 - 24 日 ) , 北海道大学 .
5. 武政 健一 : ニュートリノ崩壊光の観測に用いる超伝導接合素子 (STJ) の開発 ,  
日本物理学会 第 62 回年次大会 ( 2007 年 9 月 21 - 24 日 ) , 北海道大学 .

6. 増淵 達也：CDF 実験での WH チャンネルを用いたヒッグス粒子探索，  
科研費特定領域「フレーバー物理の新展開」第二回研究会（2008年2月21 - 22日），  
宮城県仙台市作並．
7. 戸村 友宣：CDF 実験でのトップ・フレーバーの物理，  
科研費特定領域「フレーバー物理の新展開」第二回研究会（2008年2月21 - 22日），  
宮城県仙台市作並．
8. 三宅 秀樹：CDF 実験でのボトム・フレーバーの物理，  
科研費特定領域「フレーバー物理の新展開」第二回研究会（2008年2月21 - 22日），  
宮城県仙台市作並．
9. 須藤 裕司：ILC のための MPPC の基礎特性の測定，  
日本物理学会 第 63 回年次大会（2008年3月22日-26日），近畿大学．
10. 生野 利典：ILC カロリメータに用いる光検出器 MPPC の放射線耐性の研究，  
日本物理学会 第 63 回年次大会（2008年3月22日-26日），近畿大学．
11. 大賀 珠実：CDF 実験 TOF 測定器に用いる光電子増倍管の LED 光源を用いた長期耐  
久性試験，  
日本物理学会 第 63 回年次大会（2008年3月22日-26日），近畿大学．
12. 増淵 達也：1.96 TeV 陽子反陽子衝突実験 CDF における W ボソン随伴生成のヒッグ  
ス粒子探索，  
日本物理学会 第 63 回年次大会（2008年3月22日-26日），近畿大学．
13. 久保 太一：CDF 実験におけるレプトン+ジェット事象を用いた力学的最尤法による  
トップクォークの質量測定，  
日本物理学会 第 63 回年次大会（2008年3月22日-26日），近畿大学．
14. 永野 あい：1.96 TeV の陽子・反陽子衝突における W ボソン・光子対生成の研究，  
日本物理学会 第 63 回年次大会（2008年3月22日-26日），近畿大学．
15. 望月 亜衣：SOI 技術を用いた monolithic pixel 検出器の開発（ $\gamma$  線照射実験），  
日本物理学会（2008年3月26日），近畿大学．
16. 秦野 博光：SLHC 用シリコンマイクロストリップ検出器の開発，  
日本物理学会（2008年3月26日），近畿大学．
17. 目黒 立真：ATLAS 実験シリコン飛跡検出器の飛跡再構成の精度解析，  
日本物理学会（2008年3月26日），近畿大学．

### (3) 国際会議・研究会での講演

1. Naoki Kimura, “Measurement of the Ratio  $q\bar{q}/g\bar{g}$  in the  $t\bar{t}$  Production Mechanism using the Dilepton Channel at CDF”,  
American Physical Society April Meeting, April 14 – 17, 2007, Jacksonville, Florida, USA.

2. Taichi Kubo, “Measurement of Top Quark Mass by Dynamical Likelihood Method in the Lepton+Jets Channel at CDF”,  
American Physical Society April Meeting, April 14 – 17, 2007, Jacksonville, Florida, USA.
3. Tatsuya Masubuchi, “Search for Higgs Boson Production in Association with a W Boson at CDF”,  
American Physical Society April Meeting, April 14 – 17, 2007, Jacksonville, Florida, USA.
4. Ai Nagano, “Study of  $W\gamma$  Production at the Tevatron”,  
American Physical Society April Meeting, April 14 – 17, 2007, Jacksonville, Florida, USA.
5. Kazuhiko Hara, “Highlights from the Tevatron”,  
KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology (KEKH0712), December 12 – 14, 2007, Tsukuba, Japan.
6. Tatsuya Masubuchi, “Search for SM Higgs in the  $WH \rightarrow \ell\nu b\bar{b}$  channel using  $2\text{ fb}^{-1}$  at CDF”,  
XLIII Recontres de Moriond, Electroweak Interactions and Unified Theories, March 1 – 8, 2008, La Thuile, Italy.

#### (4) 会議・研究会報告書

1. K. Hara *et al.*, “Development of Radiation Hard N-on-P Silicon Microstrip Sensors for Super LHC”,  
IEEE 2007 Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Conference Record N15-245, Oct. 27 – Nov. 3, 2007, Honolulu, Hawaii, USA.
2. S. Terada, K. Hara *et al.*, “Evaluation of Contact Resistance of Silver-Loaded Epoxy with Aluminized Backplane of Silicon Microstrip Sensors”,  
IEEE 2007 Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Conference Record N15-267, Oct. 27 – Nov. 3, 2007, Honolulu, Hawaii, USA.
3. Y. Arai, K. Hara, H. Miyake *et al.*, “SOI Pixel Developments in a  $0.15\ \mu\text{m}$  Technology”,  
IEEE 2007 Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Conference Record N20-2, Oct. 27 – Nov. 3, 2007, Honolulu, Hawaii, USA.
4. M. Hazumi, K. Hara, H. Miyake *et al.*, “TCAD Simulation for SOI Pixel Detector”,  
IEEE 2007 Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Conference Record N20-3, Oct. 27 – Nov. 3, 2007, Honolulu, Hawaii, USA.
5. E. Martin, K. Hara, H. Miyake *et al.*, “A Silicon-on-Insulator Implementation of a Fifth Generation Continuous Acquisition Pixel Detector”,  
IEEE 2007 Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Conference Record N20-5, Oct. 27 – Nov. 3, 2007, Honolulu, Hawaii, USA.

6. Y. Ikegami, K. Hara, H. Miyake *et al.*, “Total Dose Effects for 0.15 $\mu$ m FD-SOI CMOS Transistors”,  
IEEE 2007 Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Conference Record N44-6, Oct. 27 – Nov. 3, 2007, Honolulu, Hawaii.

## (5) 学位論文

### 博士論文

1. 久保 太一: Measurement of the Top Quark Mass with Dynamical Likelihood Method using Lepton+Jets Events with the Collider Detector at Fermilab. (CDF 実験におけるレプトン+ジェット事象を用いた力学的最尤法によるトップクォークの質量測定),  
筑波大学大学院数理物質科学研究科, 2008 年 2 月.
2. 永野 あい: Measurement of  $W + \text{Photon}$  Production in Proton-Antiproton Collisions at 1.96 TeV. (1.96 TeV の陽子・反陽子衝突における W ボソンと光子の対生成),  
筑波大学大学院数理物質科学研究科, 2008 年 2 月.
3. 増淵 達也: Search for Higgs Boson Production in Association with a  $W$  Boson in 1.96-TeV Proton-Antiproton Collisions. (1.96TeV 陽子反陽子衝突実験における W ボソン随伴生成のヒッグス粒子探索),  
筑波大学大学院数理物質科学研究科, 2008 年 2 月.

### 修士論文

筑波大学大学院数理物質科学研究科, 2008 年 2 月 .

1. 望月 亜衣: Silicon-On-Insulator 技術を用いた読み出し回路一体型シリコンピクセル検出器の開発
2. 山崎 秀樹: リニアコライダー実験用カロリメータの読み出しに用いられる光検出器 MPPC の放射線耐性の研究

## (6) 研究会の主催

1. CDF 実験日本グループ研究会  
筑波大学, 2007 年 12 月 22 – 23 日 .

## 【構成員の異動】

1. 2007 年 4 月に倉田正和が研究科特別研究員として着任 .