

II. 素粒子実験グループ

教授 近藤 都登, 滝川 紘治, 金 信弘
助教授 宮下 茂幸
講師 安岡 聖, 原 和彦, 清矢 良浩
準研究員 浅川 高史, 大石 竜太郎
大学院生 20 名

【1】陽子・反陽子衝突実験

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て重心系エネルギー $\sqrt{s} = 1.8 \text{ TeV}$ の陽子・反陽子衝突実験 (CDF) が 1991 年より 1996 年 2 月までに 3 回行なわれた。我々は収集した積分ルミノシティ 110 pb^{-1} のデータから様々な物理量の精密測定を継続的に行なった。

(1) トップクォークの物理

トップクォーク対生成事象を

- (a) $t\bar{t} \rightarrow W(\rightarrow l\nu)b + W(\rightarrow qq')b$ (レプトン + ジェットチャンネル),
- (b) $t\bar{t} \rightarrow W(\rightarrow l\nu)b + W(\rightarrow l\nu)b$ (2レプトンチャンネル),
- (c) $t\bar{t} \rightarrow W(\rightarrow qq')b + W(\rightarrow qq')b$ (全ジェットチャンネル),

の各崩壊過程ごとに観測し、生成断面積 $\sigma(t\bar{t}) = 7.6_{-1.5}^{+1.8} \text{ pb}$ を測定した。またレプトン (電子またはミュー粒子) + ジェット候補事象を用いてより高い精度のトップクォークの質量測定を行い、 $m_t = 175.9 \pm 4.8$ (統計誤差) ± 4.9 (系統誤差) $\text{ GeV}/c^2$ を得た (図 1)。トップクォークが W ボソンと b クォークに崩壊していることを確認するために、レプトン + ジェット候補事象の中から $W(\rightarrow qq')$ 粒子を 2 ジェットから再構成し、 $M_{2J} = 77.2 \pm 3.5$ (統計誤差) ± 2.9 (系統誤差) $\text{ GeV}/c^2$ が得られた。この測定値は W ボソン質量の世界平均値 $80.430 \pm 0.080 \text{ GeV}/c^2$ と一致している。またこの結果から、クォーク / グルーオン・ジェットの 4 元運動量を用いた質量測定が新粒子探索などの解析において可能であることも確認された。トップクォーク崩壊に関する研究では、キャビボ-小林-益川 行列要素のひとつ V_{tb} の測定が行なわれた。(a) と (b) の崩壊過程で観測した候補事象の中から b クォークジェットを 0, 1, または 2 個含む事象を選び出し、その事象数の比から $Br(t \rightarrow W + b)/Br(t \rightarrow W + X)$ を測定した。ここで b クォークジェットは、その二次崩壊点または b -ハドロンとのセミレプトニック崩壊で生成したレプトンの情報を用いて同定した。3 世代のユニタリ-行列を仮定して、 $|V_{tb}| = 0.99 \pm 0.15$, 下限値 $|V_{tb}| > 0.76$ (@ 95% C.L.) を得た。

(2) 電弱相互作用の物理

ウィークボソン $W \rightarrow e\nu$ (1993 年までのデータ) 事象及び $W \rightarrow \mu\nu$ 事象から W の質量、 $M_W = 80.375 \pm 0.120 \text{ GeV}/c^2$ を測定した。 W とトップクォークの質量測定値を標準理論の予測値と比較することによりヒッグス粒子の質量 (M_H) に制限を与えることができる。現在、CDF 実験の結果を他の実験 (D0, LEP, SLC) 結果とまとめて (図 2)、質量上限値 $M_H < 430 \text{ GeV}/c^2$ (@ 95% C.L.) と最適値 $M_H = 115_{-66}^{+116} \text{ GeV}/c^2$ が得られている。光子を伴った W ボソン事象を用いて非アーベル理論で予想される $WW\gamma$ 結合の研究を継続的に行った。標準理論では、 $WW\gamma$ 結合により光子の生成確率分布は $\cos\theta_\gamma \sim -0.3$ でゼロになることが期待されている。ここで θ_γ は、 $W\gamma$ 重心系において始状態クォークから計った光子の散乱角である。光子の測定領域を、擬ラビディティ $|\eta| < 1$ から $|\eta| < 2.4$ に増加し、その生成角度 $\cos\theta_\gamma$ の分布を測定した。また、ウィークボソンを伴った光子の横方向エネルギー分布を用いてウィークボソンと光子の異常結合定数について研究した。これらの観測結果は標準理論と一致している。

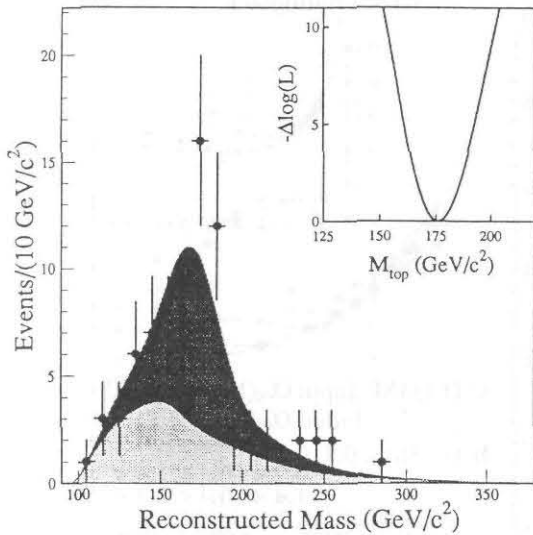


図 1: 再構成されたトップクォークの質量分布。データ (黒丸) は信号による寄与 (黒) とバックグラウンドによる寄与 (灰色) の組み合わせでフィットされた。また、内図は期待されるトップクォークの質量を変化させてフィットしたときの $-\log(\text{Likelihood})$ の変化である。

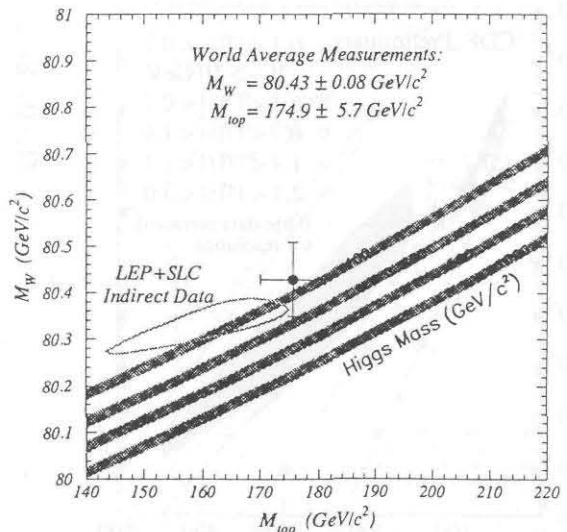


図 2: W 粒子とトップクォークの質量 (各世界平均値) の関係。曲線は様々なヒッグス粒子の質量における標準理論予測曲線を示す。

(3) 強い相互作用の物理

ジェット生成過程, 光子生成過程, ウィークボソン生成過程, 超前方回折散乱過程等を用いて強い相互作用 (QCD) の研究を行った。2 つ以上のジェットを含む事象から包括 2 ジェット生成断面積の観測をジェットの横方向エネルギー $E_T > 40 \text{ GeV}$ 領域で行った。その観測生成断面積を 3 次の摂動まで考慮した QCD 予測値 (NLO) と比較することにより強い相互作用の結合定数のエネルギー依存性 (running) を観測し, $50 < E_T < 150 \text{ GeV}$ の領域から $\alpha_s(Q = M_Z) = 0.117 \pm 0.001 (\text{統計誤差}) \pm 0.009 (\text{実験系統誤差})$ を得た (図 3)。陽子・反陽子ビーム軸のまわりに広いラビディティー間隔をもつ事象を用いて超前方回折過程の研究を行っている。今までジェットやウィークボソンを含む回折事象の生成断面積測定が行なわれてきたが, 新たに重いクォーク (チャーム/ボトムクォーク) を含む回折事象の生成断面積測定が行なわれた。重いクォークからセミレプトニック崩壊した電子を捕らえることにより, 重いクォークを含む回折事象と非回折事象の事象比 $R_{HQ} = 0.18 \pm 0.03 (\text{統計誤差のみ})$ を測定した。また回折散乱された反陽子を前回の実験後半に設置したファイバー飛跡検出器を用いて捕らえることにより, その運動量と散乱角度の測定が可能となった。これらの情報を用いてジェットを伴った回折事象の運動学的性質の研究を行っている。また回折された反陽子とその反対側 (陽子側) にラビディティー間隔を持つ事象の解析から単一回折散乱過程に対する二重回折散乱過程の生成比 $R = 0.260 \pm 0.052 (\text{統計誤差}) \pm 0.037 (\text{系統誤差})$ が得られている。現在, これらの事象の運動学的性質を統括的に調べることにより回折散乱事象の生成メカニズム解明などの研究が進行中である。

(4) ボトムクォークの物理

B メソンについて精密測定が継続的に行なわれた。その結果の 1 例とし $B^0 \bar{B}^0$ システムの混合振動数 (Δm_d) の測定結果を示す。包括レプトン (電子又はミュー粒子) トリガーで収集された事象の中から崩壊過程 $B^0 \rightarrow D^{*-} l^+ X$ を用いて B^0 メソンを選びだし, そのレプトンと D メソンの電荷から崩壊した B メソンのフレーバーを決定した。崩壊前のフレーバー決定は, (a) $B^0 \bar{B}^0$ が対生成されていると仮定して, \bar{B}^0 メソンが崩壊したレプトンの電荷 ($\bar{B}^0 \rightarrow l^- X$) から予想する方法, (b) ジェット電荷 (ジェットを形成する荷電粒子の電荷をその運動量で荷重平均したもの) を利用する方法, (c) 生成された B^0 メソンに付随した荷電粒子を利用

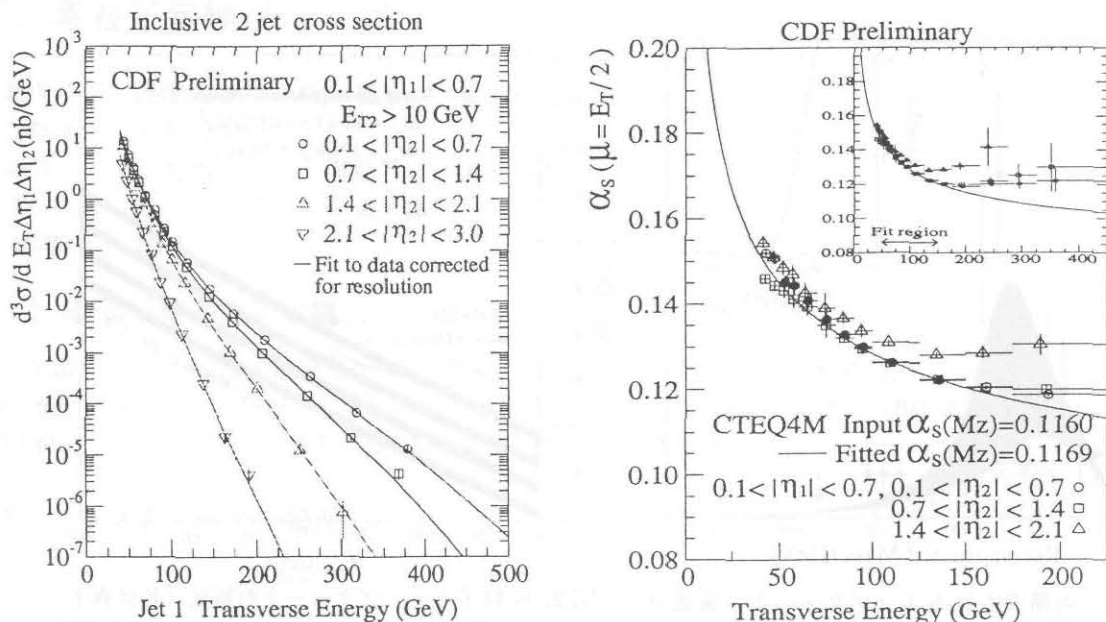


図 3: 左) 包括 2 ジェット微分断面積。右) 強い結合定数のエネルギー依存性, 各シンボルは測定点, 実線はデータを構造関数 CTEQ4M を用いて計算した理論曲線とフィットして得られたもの。

する方法等を用いた。図 4 に方法 (a) を用いてフレーバーを決定したときの B メソン混合の固有崩壊長に対する依存性を示す。崩壊前のフレーバーを間違っ予想する確率と崩壊点の位置分解能を考慮し, 混合振動数 $\Delta m_d = 0.471^{+0.078}_{-0.068}$ (統計誤差) ± 0.034 (系統誤差) ps^{-1} を得た。いまだ存在が確認されていなかったチャームフレーバーをもつ B メソン (B_c) の探索を $B_c \rightarrow \psi l (e \text{ or } \mu) X$ の崩壊過程を用いて行なった。2 個のミュー粒子を要求するトリガーで収集した事象から $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ を再構成した。さらにその事象の中から電子を含む事象を選び出し 3 つのレプトン系の不変質量分布および二次崩壊点と主反応点までの距離 (x) を測定した。信号を有意にするために $x > 60 \mu\text{m}$ を要求し, 信号領域 $4 < m(\mu^+ \mu^- e^\pm) < 6 \text{ GeV}/c^2$ に $19 J/\psi (\rightarrow \mu^+ \mu^-) e^\pm$ 事象を観測し, 期待されるバックグラウンドは (5.0 ± 1.1) 事象であった。 $J/\psi \mu^\pm$ の探索結果と合わせて, 観測した $J/\psi l (e/\mu)$ 系質量分布を B_c 信号と期待されるバックグラウンドの質量分布の組み合わせでフィットした結果, 観測した質量分布は $20.4^{+6.2}_{-5.5}$ 個の B_c 信号を必要としていることがわかった。バックグラウンド事象のみで観測質量分布を説明できる確率は 1.1×10^{-5} 以下である。また観測された B_c メソンの寿命と生成断面積比 $\tau = 0.55^{+0.21}_{-0.19} \pm 0.12 \text{ psec}$, $\sigma(B_c) \text{Br}(B_c \rightarrow J/\psi l X) / \sigma(B_u) (B_u \rightarrow J/\psi K) = 0.155^{+0.047}_{-0.043} \pm 0.027$, ここで最初の誤差はそれぞれ統計誤差二番目は系統誤差である。

(5) 新粒子探索

ヒッグス粒子などの新粒子探索が継続的に行なわれた。ウィークボソン W を伴って生成され, ボトム・反ボトムクォーク対 ($b\bar{b}$) に崩壊するヒッグス粒子探索を, 一つ以上の b ジェットと $W (\rightarrow l\nu)$ を含む事象を用いて行なった。 b ジェットを含む事象数と 2 ジェットの不变質量分布は, 標準理論でバックグラウンドとして期待される事象数および 2 ジェット系質量分布と一致した。この結果から, $70 \sim 80 \text{ GeV}/c^2$ の質量をもつヒッグス粒子に対して $W + H (\rightarrow b\bar{b})$ 生成断面積に上限値 $14 \sim 19 \text{ pb}$ (@ 95% C.L.) を与えた。

【2】 検出器の研究開発

2000 年より始まる CDF 実験 (RUN II) では, 加速器の増強によりビーム輝度が 10 倍に, また粒子の衝突間隔も $130 \sim 400 \text{ ns}$ 程度に短くなる。これに伴い検出器に対しより高い耐放射線性, より速い応答性が要求され, 検出器各部の増強が行なわれている。我々は端冠部タイル/ファイバー型電磁カロリメータ,

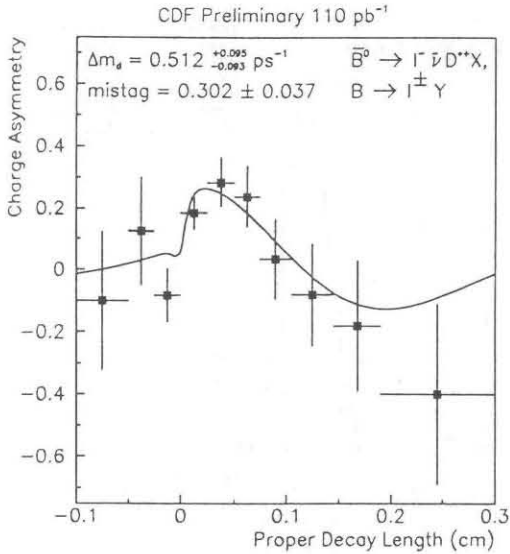


図 4: B メソン混合比の固有崩壊長に対する依存性。ただし崩壊前の B メソンのフレーバーはトリガーに用いなかったレプトンの電荷から予想した。

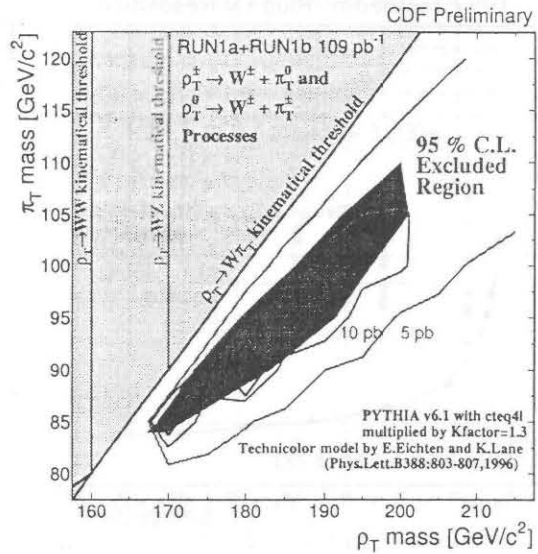


図 5: 95% C.L. で排除されたテクニ ρ_T とテクニ π_T 粒子の質量領域 (黒影領域)。曲線は生成断面積を示している。

同ブリシャワーカウンター、及びシリコン飛跡検出器 (ISL) の開発・製作を担当している。端冠部電磁カロリメータ及びブリシャワーカウンターの製作・品質検査は 1996 年 6 月までに終了した。検出器の最終テストとしてフェルミ研究所においてビームテスト (1996 年 12 月～1997 年 9 月) 及び宇宙線テスト (1997 年 7 月～) を行った。またブリシャワーカウンターの信号読み出しに用いられる多チャンネル光電子増倍管 (浜松ホトニクス製 R5900) 93 本の性能評価を行った。ヒッグス粒子の探索が主眼である次世代の高エネルギー加速器実験で用いられるカロリメータとして、GSO/PWO 結晶シンチレータおよびシンチレーティングタイル / ファイバー型カロリメータの開発を行なった。

(1) タイル / ファイバー型電磁カロリメータの最終テスト

タイル / ファイバー型電磁カロリメータは、シンチレータ板 (タイル) に信号読み出し用波長変換ファイバーをはめ込んだサンプリング部と鉛板を交互に 23 層重ねた構造をしている。衝突点に近い第一層目は、特に光子の同定能力を向上させるためにブリシャワーカウンターとして用いられ、他のサンプリング層とは独立な信号読み出し経路を持っている。カロリメータモジュールは二つ製作され、それぞれ CDF 検出器の東側・西側の端冠部に設置される。図 6 はフェルミ研究所におけるビームテストで得られたエネルギー分解能カーブ (点: 測定値, 線: 要求値) であり、この測定からエネルギー分解能として統計項: 14.5%, 定数項: 0.7% が得られた。またこの結果は、要求値であるそれぞれ 16% および 1% を満たしている。図 7 はフェルミ研究所で測定された宇宙線 μ 粒子に対するカロリメータモジュールの応答分布であり、そのばらつき 2% はエネルギー較正における精度 5% と比べて十分良い。これまでに東側のモジュールの組立とそのチェックを終了した。残りの西側モジュールの組立を完了し、現在宇宙線テストを行っている。

(2) プリシャワーカウンター読み出し用光電子増倍管

端冠部ブリシャワーカウンターの読み出し用光電子増倍管として浜松ホトニクス製多チャンネル光電子増倍管 R5900 が用いられる。全信号 960 チャンネルすべてを読み出すために 72 個の R5900 が必要とされる。現在所有する 93 個の R5900 について、その量子効率とゲインの安定性について測定を行った。ブリシャワーカウンターの設置は直接光子を二次的光子 ($\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ など) から統計的に十分分離することを目的と

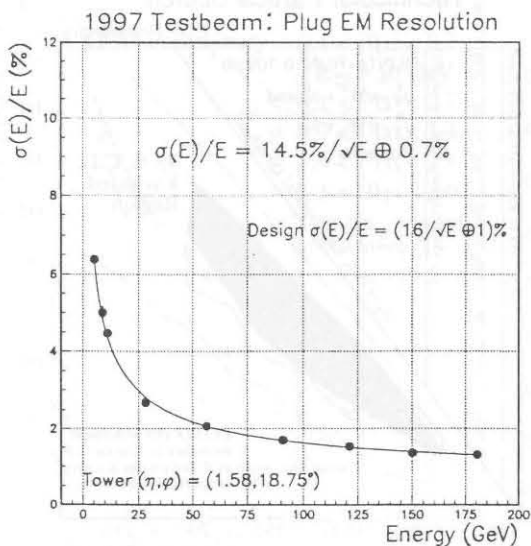


図 6: ビームテストで得られたエネルギー分解能カーブ。

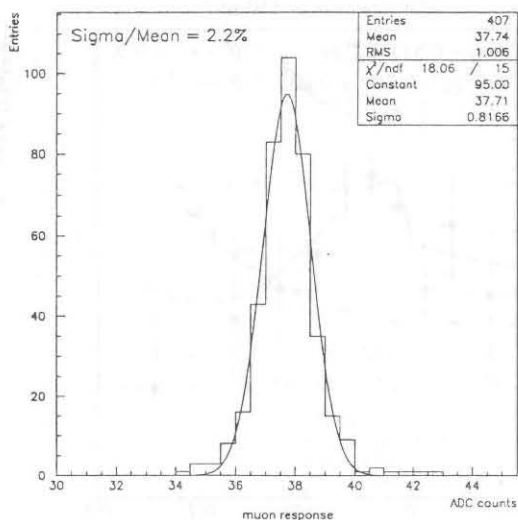


図 7: μ 粒子に対するカロリメータモジュールの応答分布。

している。そのため量子効率 (Q.E.) の分かっている比較用光電子増倍管 (H1161GS : Q.E.=18%) に対する相対量子効率が 25% 以上あることを要求している。我々は 93 個の R5900 の相対量子効率を測定し、そのうち 86 個が要求値 25% 以上を満たしていることを確認した。また 実際の実験状況下ではバックグラウンド粒子によって平均陽極電流数が $5\mu\text{A}$ 程度になると予想されている。このことから大きな陽極電流に対するゲインの安定性を LED パルス光を用いて調べた。その結果、我々の要求、陽極電流 $5\mu\text{A}$ までゲインが安定している (変化率 $< 2\%$)、を満たしている R5900 は 81 個であることが確認された。

(3) ISL シリコン飛跡検出器の開発

ISL は CDF の前後方領域での運動量測定を主目的として 4" ウエハーを用いたセンサーの設計を完了した。両面読みだしマイクロストリップ検出器とし、プロトタイプ検出器を製作した。暗電流、検出器容量、放射線耐性について特性評価を行った結果、仕様が満たされる事が分かった。

(4) 結晶シンチレータ GSO/PWO の開発

次世代の高放射線環境下で作動する高性能電磁カロリメータとして GSO:Ce と PWO の大型結晶の開発研究を KEK/ 湘南大のグループと共同で行った。PWO は CERN の LHC-CMS 実験で用いるために精力的に研究開発されているが、La を添加する事で放射線耐性や発光量が CMS 実験で使える水準まで改善される事を世界でいち早く示した。GSO:Ce は PWO よりもこれらの特性において優れている新しいシンチレータである。Ce の付活量 1.5mol% の大型結晶を育成し、26cm (19 放射長) のサンプルを用いてシンチレータ特性やカロリメータとしての特性をガンマ線源や KEK のテストビームを用いて評価した。(図 8)

(5) JLC 用補償型ハドロンカロリメータの開発

電子・陽電子衝突型直線加速器 JLC ではハドロンジェットのエネルギー分解能に優れたカロリメータが不可欠である。KEK/ 神戸大/ 信州大/ 甲南大のグループと共同で、2mm 厚のタイルファイバースチンチレータに対して鉛の厚さを 4-16mm まで系統的に変え、KEK のテストビームを用いてエネルギー分解能を測定した。この様な系統的な測定は今までなされた事はない。電子と π^- 粒子に対する応答比は鉛の厚さ 8mm で約 1 となり、 π^- 粒子のエネルギー分解能も目標の $40\%/\sqrt{E}$ が達成される事を示した。(図 9)

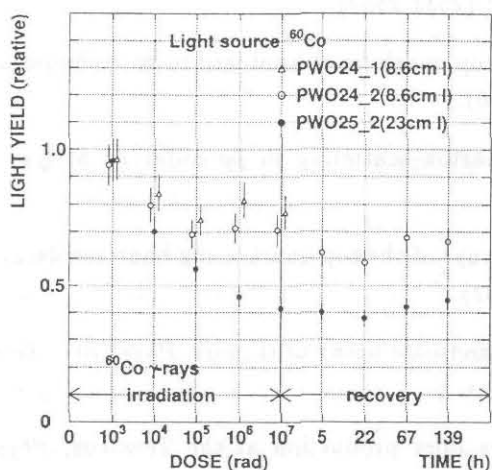


図 8: ガンマ線照射中および照射後の大型 PWO シンチレータの光量変化。

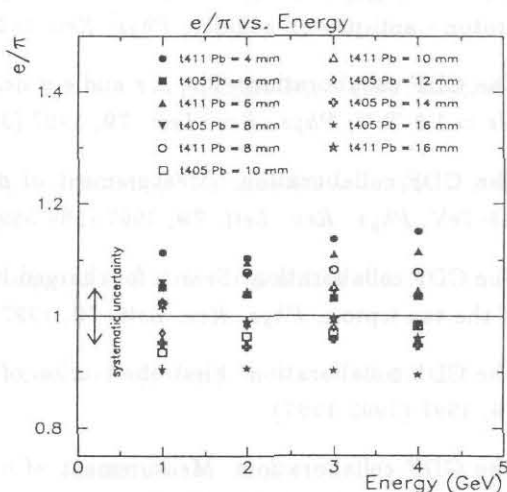


図 9: e/π 比を 1-4 GeV のエネルギー範囲で測定。シンチ / 鉛の厚さは 2 mm/4-16 mm。

【3】外部資金

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(日本側参加研究機関: 筑波大物理, KEK, 広島大物理, 大阪市大, 近畿大物理, 早稲田大理工。日本側研究代表者: 滝川紘治)

校費: 165,000 千円。

旅費: 11,000 千円。

〈論文〉

1. The CDF collaboration: Properties of jets in W boson events from 1.8-TeV $\bar{p}p$ collisions, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (4760-4765).
2. The CDF collaboration: Search for first generation leptoquark pair production in $\bar{p}p$ collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ -TeV, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (4327).
3. The CDF collaboration: Search for new particles decaying into $\bar{b}b$ produced in association with W bosons decaying into $e\nu_e$ or $\mu\nu_\mu$ at the Tevatron, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (3819-3824).
4. The CDF collaboration: Limits on quark - lepton compositeness scales from dileptons produced in 1.8-TeV $\bar{p}p$ collisions, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (2198-2203).
5. The CDF collaboration: Search for new gauge bosons decaying into dileptons in $\bar{p}p$ collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ -TeV, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (2192-2197).
6. The CDF collaboration: Properties of photon plus two jet events in $\bar{p}p$ collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ -TeV, *Phys. Rev. D* **57**, 1998 (67-77).
7. The CDF collaboration: Double parton scattering in $\bar{p}p$ collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ -TeV, *Phys. Rev. D* **56**, 1997 (1811-3832).

8. The CDF collaboration: Properties of six jet events with large six jet mass at the Fermilab proton - anti-proton collider, *Phys. Rev. D* **56**, 1997 (2532-2543).
9. The CDF collaboration: The $\mu \tau$ and $e \tau$ decays of top quark pairs produced in $\bar{p}p$ collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ -TeV, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (3585-3590).
10. The CDF collaboration: Measurement of double parton scattering in $\bar{p}p$ collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ -TeV, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (584-589).
11. The CDF collaboration: Search for charged Higgs decays of the top quark using hadronic decays of the tau lepton, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (357-362).
12. The CDF collaboration: First observation of the all hadronic decay of $t\bar{t}$ pairs, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (1992-1997).
13. The CDF collaboration: Measurement of diffractive dijet production at the Tevatron, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (2636-2641).
14. The CDF collaboration: Production of J/Ψ mesons from χ_c meson decays in $\bar{p}p$ collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ -TeV, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (578-583).
15. The CDF collaboration: Search for gluinos and squarks at the Fermilab Tevatron Collider, *Phys. Rev. D* **56**, 1997 (1357-1362).
16. The CDF collaboration: J/Ψ and $\Psi(2S)$ production in $\bar{p}p$ collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ -TeV, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (572-577).
17. The CDF collaboration: Observation of diffractive W boson production at the Tevatron, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1997 (2698-2703).
18. The CDF collaboration: Search for new particles decaying to dijets at CDF, *Phys. Rev. D* **55**, 1997 (5263-5268).
19. Masaaki Kobayashi (KEK, Tsukuba), Yoshiyuki Usuki (Furukawa, Yoshima), Mitsuru Ishii, Tatsuya Yazawa (Shonan Inst. Tech.), Kazuhiko Hara, Masashi Tanaka (Tsukuba U.), Martin Nikl, K. Nitsch (Prague, Inst. Phys.), Improvement in Transmittance and Decay Time of PbWO₄ Scintillating Crystals by La-Doping, *Nucl. Instrum. Methods A* **399**, 1997 (261).

〈講演〉

1. Makoto Shimojima: New CDF results on W boson properties, 12th International Conference on Hadron Collider Physics, State University of New York at Stony Brook, New York, U.S.A.
2. Hiroyuki Ikeda: Hard Pomeron Physics from CDF, 12th International Conference on Hadron Collider Physics, State University of New York at Stony Brook, New York, U.S.A.
3. Hosai Nakada: Kinematic Study of Diffractive Dijet Events in $\bar{p}p$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.8$ TeV, APS, Washington D.C., U.S.A.
4. Hiroyuki Ikeda: Diffractive Heavy Flavor Production at the Tevatron. APS, Washington D.C., U.S.A.
5. Tomoko Kuwabara: Measurement of Time-Dependent $B^0\bar{B}^0$ Mixing Using Dilepton Events with a D^{*+} at CDF, APS, Washington D.C., U.S.A.

6. 石崎智子: JLC ハドロンカロリメータタイル / ファイバー系の光学的特性, 日本物理学会 (1997 年秋の分科会), 東京都立大学
7. 鈴木 隆史: JLC 補償型ハドロンカロリメータのビームテスト (II), 日本物理学会 (1997 年秋の分科会), 東京都立大学
8. 岡部 正和: QCD でのジェット生成断面積と QCD 結合定数の測定, 日本物理学会 (1997 年秋の分科会), 東京都立大学
9. 高野 剛: 重心エネルギー 1.8-TeV 陽子・反陽子衝突実験における二光子生成断面積 の測定, 日本物理学会 (1997 年秋の分科会), 東京都立大学
10. 中田 方齋: 重心系 1.8-TeV での陽子・反陽子衝突実験における回折散乱 2 ジェット事象の研究, 日本物理学会 (1997 年秋の分科会), 東京都立大学
11. 原 和彦: CDF 実験の現状 - おもに top の物理, 日本物理学会 特別講演 (1997 年秋の分科会), 東京都立大学
12. 原 和彦: 電磁カロリメータ用 GSO クリスタルの特性 (4), 日本物理学会 (1997 年秋の分科会), 東京都立大学
13. Shinhong Kim: Recent Results on Top Quark Physics and B Physics at CDF, 12th International Workshop on Quantum Field Theory and High Energy Physics 1997(QFTHEP 97), Samara, Russia, 4-10 Sep 1997.
14. Koji Takikawa: Recent Results from CDF, International Symposium on QCD Corrections and New Physics, 27-29 October 1997, Hiroshima, Japan.
15. Takashi Asakawa: Recent QCD Results from CDF, The RIKEN Symposium on Quarks and Gluons in the Nucleon, RIKEN, Nov. 29, 1997.

〈学位論文〉

1. Tomoko Kuwabara: Measurement of Time Dependent $B^0\bar{B}^0$ Mixing Proton-Antiproton Collisions.
2. Takeshi Takano: Measurement of the Cross Section for Diphton Production in 1.8-TeV Proton-Antiproton Collisions.
3. Hiroyuki Sato: Measurement of W -Photon and Z -Photon Couplings in 1.8-TeV Proton-Antiproton Collisions.
4. Masakazu Okabe: Measurement of the Strong Coupling Constant from Two Jet Production Cross Section in 1.8-TeV Proton-Antiproton Collisions.
5. Jun-ichi Suzuki: Observation of the B_c Meson in 1.8-TeV Proton-Antiproton Collisions.

〈Proceedings〉

1. Shinhong Kim, S. Kuhlmann, and W.M. Yao: Improvement of signal significance in $WH \rightarrow l\nu b\bar{b}$ search at TeV33, Proceedings of Snowmass Workshop 96, Snowmass, U.S.A..
2. Asakawa Takashi: High-Mass Multijet Events at the Fermilab Proton-Antiproton Collider, Proceedings of the XI Topical Workshop on Proton-Antiproton Collider Physics, Padova, Italy.

3. Ryutaro Oishi: Photon Production at CDF, Proceedings of the XI Topical Workshop on Proton-Antiproton Collider Physics, Padova, Italy.
4. Shinhong Kim, Koji Takikawa, and Kazuhiko Hara: Expected performance of the CDF plug upgrade calorimeter at TeV33, Proceedings of the Snowmass Workshop, Aug 1996.
5. Shinhong Kim: Recent Results on Top Quark Physics and B Physics at CDF, Proceedings of 12th International Workshop on Quantum Field Theory and High Energy Physics 1997(QFTHEP 97), Samara, Russia.
6. Koji Takikawa: Recent Results from CDF, To appear in proceedings of International Symposium on QCD Corrections and New Physics, Hiroshima, Japan
7. Takashi Asakawa: Recent QCD Results from CDF, To appear in proceedings of The RIKEN Symposium on Quarks and Gluons in the Nucleon, RIKEN, Nov. 29, 1997.