

目次

| | | |
|----------|------------------------------------------|-----------|
| 1 | はじめに | 1 |
| 1.1 | トリスタン計画までの状況 | 1 |
| 1.2 | トリスタン計画の経緯 | 1 |
| 2 | トリスタン計画の概要 | 3 |
| 2.1 | トリスタン加速器 | 3 |
| 2.1.1 | コライダーとは? | 3 |
| 2.1.2 | トリスタン加速器の概要 | 5 |
| 2.1.3 | 加速器システムの動作 | 5 |
| 2.2 | 実験グループと測定器 | 8 |
| 2.3 | 研究体制・組織 | 14 |
| 2.4 | トリスタン実験プログラム | 17 |
| 3 | 研究成果 | 20 |
| 3.1 | 概略 | 20 |
| 3.2 | 標準理論の精密検証とその予言する新しい現象の発見 | 21 |
| 3.2.1 | Z^0 の質量の決定 | 22 |
| 3.2.2 | Z^0 と光子の干渉の測定とトップクォーク存在の間接的証明 | 23 |
| 3.2.3 | 電磁相互作用の結合定数 α の測定 | 25 |
| 3.2.4 | フェルミオンの世代数が3であることの証明 | 26 |
| 3.2.5 | 強い相互作用の結合定数 α_s の測定とそのエネルギー依存性の証明 | 26 |
| 3.2.6 | グルーオンの自己相互作用の証明 | 28 |
| 3.2.7 | クォークジェットとグルーオンジェットの比較 | 28 |
| 3.3 | 標準理論を越える新しい現象の探索 | 29 |
| 3.3.1 | 超対称性粒子の探索 | 29 |
| 3.3.2 | 磁気モノポールの探索 | 30 |
| 3.3.3 | クォーク、レプトンの複合性 | 30 |
| 3.3.4 | 第2の Z 粒子(Z') | 31 |
| 3.3.5 | エネルギー精査実験 | 32 |
| 3.4 | 光子・光子コライダーとして | 33 |
| 3.4.1 | 光子の構造関数 | 33 |
| 3.4.2 | 光子分解過程の実験的検証 | 34 |
| 3.4.3 | 2光子過程における共鳴状態の生成 | 36 |
| 3.5 | 実験技術の開発 | 38 |
| 3.5.1 | 薄肉超伝導ソレノイド電磁石 | 38 |
| 3.5.2 | 強磁場(3テスラ)超伝導ソレノイド電磁石 | 39 |
| 3.5.3 | 低温機器の自動・長期運転 | 40 |
| 3.5.4 | 高速・大量データ収集用ファーストバスシステム | 41 |
| 3.5.5 | 計算機とネットワーク | 43 |
| 4 | トリスタンと加速器科学 | 46 |
| 4.1 | トリスタン加速器の性能 | 46 |
| 4.1.1 | エネルギー | 46 |
| 4.1.2 | ルミノシティー | 46 |
| 4.2 | 加速器技術開発 | 50 |

| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.1 | 超伝導加速空洞 | 50 |
| 4.2.2 | APS 空洞 | 52 |
| 4.2.3 | 高周波電力源：クライストロン | 54 |
| 4.2.4 | 超伝導四極電磁石によるミニベータビーム衝突システム | 55 |
| 4.2.5 | 全アルミ合金超高真空システム | 58 |
| 4.2.6 | 加速器コントロールシステム | 59 |
| 4.3 | 加速器物理学に関する研究 | 61 |
| 4.3.1 | 電子ビームのスピン放射偏極 | 61 |
| 4.3.2 | 加速器ビーム設計用計算機コード SAD の開発 | 63 |
| 4.3.3 | Coherent Beam-Beam Oscillation | 64 |
| 4.3.4 | TRISTAN Main Ring における横方向モード結合ビーム不安定 | 65 |
| 4.3.5 | シンクロベータトロン共鳴 | 68 |
| 4.4 | 環境に対する影響 | 69 |
| 5 | 周辺分野との関わり | 70 |
| 6 | まとめ | 71 |
| 7 | 付録 | 72 |
| 7.1 | 物理関連の論文 (Publication List : Physics) | 72 |
| 7.2 | 測定器関連の論文 (Publication List : Instrumentation) | 83 |
| 7.3 | 国際会議等での実験結果に関する講演 (Conference Talks on Experimental Results) | 91 |
| 7.4 | 加速器関連の論文 (Publication List : Accelerator) | 101 |
| 7.5 | その他の報告・解説等 | 133 |
| 7.6 | 学位取得者 | 135 |

目次

| | | |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | トリスタン加速器システム | 6 |
| 2 | VENUS 測定器 | 8 |
| 3 | AMY 測定器 | 8 |
| 4 | TOPAZ 測定器 | 8 |
| 5 | SHIP 測定器 | 8 |
| 6 | 大規模な実験装置 | 9 |
| 7 | AMY 測定器による電子・陽電子弾性散乱事象 | 11 |
| 8 | TOPAZ 測定器によるクォーク対発生事象 | 11 |
| 9 | VENUS 測定器による b クォーク対発生事象 | 11 |
| 10 | AMY グループ構成 | 14 |
| 11 | TOPAZ グループ構成 | 14 |
| 12 | VENUS グループ構成 | 14 |
| 13 | 研究体制と組織 | 14 |
| 14 | AMY グループのアメリカ側研究者が常駐した延べ人数 | 16 |
| 15 | トリスタン施設の整備及び運営状況の推移 | 16 |
| 16 | トリスタン関係定員の整備状況 | 16 |
| 17 | ビームエネルギー増強の推移 | 18 |
| 18 | 各グループごとの積分ミノシティーの推移 | 18 |
| 19 | トリスタン実験での物理に関する論文数の推移 (1995 年 12 月現在) | 21 |
| 20 | トリスタン実験での実験技術に関する論文数の推移 (1995 年 12 月現在) | 21 |
| 21 | 標準理論によるクォークとレプトンの分類 | 22 |
| 22 | ハドロン比 (R-ratio) の測定値 | 23 |
| 23 | M_Z と $\sin^2 \theta_W$ に対する制限 | 23 |
| 24 | \bar{M}_Z と J_{had} のモデルに独立な 4 パラメーター解析結果 | 24 |
| 25 | $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-, \tau^+\tau^-, c\bar{c}, b\bar{b}$ 過程の前後方非対称度の実験値 | 24 |
| 26 | 電弱相互作用の結合定数 α の測定 | 25 |
| 27 | クォーク・反クォーク対生成 ($e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$) | 26 |
| 28 | クォーク・反クォーク・グルーオン対生成 ($e^+e^- \rightarrow q\bar{q}G$) | 27 |
| 29 | 電子・陽電子コライダーで測定された 3 ジェット比 | 28 |
| 30 | PTA 共同研究による α_s 測定 | 28 |
| 31 | 4 ジェット事象のファイマン図 | 29 |
| 32 | グルーオン自己相互作用の実験的検証 | 29 |
| 33 | 一光子放出を伴う $\tilde{\gamma}$ 対生成および ν 対生成の断面積 | 30 |
| 34 | $\tilde{\gamma}$ と \tilde{e} の質量に対する制限 | 31 |
| 35 | エネルギー精査実験の結果 (TOPAZ) | 32 |
| 36 | 深非弾性電子・光子散乱によるハドロン生成反応 | 33 |
| 37 | F_2^γ の x 依存性: TOPAZ の測定結果 | 34 |
| 38 | 光子構造関数 (F_2^γ/α) の Q^2 依存性 | 34 |
| 39 | TOPAZ で測定された 深非弾性電子・光子散乱による 1 ジェット事象 | 34 |
| 40 | 左図と同様の 2 ジェット事象 | 34 |
| 41 | 2 光子反応からハドロンが発生する過程 | 35 |
| 42 | P_T^{jet} が 3 GeV/c 以上の事象に対する Thrust 分布 | 35 |
| 43 | 2 光子反応におけるジェット生成断面積 | 36 |
| 44 | 2 ジェット事象の平均のエネルギーフロー | 36 |

| | | |
|----|---------------------------------------------------|----|
| 45 | 2光子過程による共鳴状態生成のダイアグラム | 36 |
| 46 | 2光子過程による荷電 π 中間子対生成の2光子重心系エネルギー依存性 | 37 |
| 47 | 2光子過程による荷電K中間子対生成の2光子重心系エネルギー依存性 | 37 |
| 48 | 高エネルギー実験・薄肉超伝導電磁石用アルミ安定化超伝導線の開発推移 | 39 |
| 49 | コイル内巻法による TOPAZ 薄肉超伝導電磁石断面図 | 40 |
| 50 | これまでに開発された超伝導電磁石の E/M 比の進展 | 40 |
| 51 | 測定器フロント・エンドからコンピュータまでのデータの流れ | 42 |
| 52 | 開発中の FASTBUS モジュール | 42 |
| 53 | エレクトロニクス・ハットの FASTBUS ラックの列盤 | 43 |
| 54 | FASTBUS 用電源盤 | 43 |
| 55 | トリスタン計算機システムの機器とネットワークの構成 | 44 |
| 56 | TOPAZ の生データ集積量と積算データ収集量の推移 | 45 |
| 57 | バッチオンライン系トリスタン計算機の CPU 稼働率の推移 | 45 |
| 58 | 富士と筑波衝突点でのビームサイズの垂直幅測定結果 | 48 |
| 59 | ビーム寿命; 実験値と Radiative Bhabha 散乱による計算値 | 49 |
| 60 | トリスタンの運転統計 | 49 |
| 61 | 超伝導空洞の構造 | 50 |
| 62 | 超伝導空洞の加速電圧の年推移 (1989~1995 年) | 51 |
| 63 | APS 空洞 | 53 |
| 64 | APS 空洞断面図 | 54 |
| 65 | 分散関係 | 54 |
| 66 | フィリップス 1 MW クライストロン | 56 |
| 67 | 東芝 1.2 MW クライストロン (E3786) | 56 |
| 68 | E3786 のカソード電圧と飽和出力、飽和効率、位相変化特性 | 56 |
| 69 | 富士衝突点に設置した最終収束用超伝導四極電磁石 (QCS) | 57 |
| 70 | 超伝導四極電磁石の実験室での冷却設備 | 57 |
| 71 | 各種の実用金属の残留放射能の減衰の測定値 | 58 |
| 72 | トリスタン 主コントロールシステム | 59 |
| 73 | トリスタン 加速器コントロールシステム・ネットワーク | 60 |
| 74 | ポーラリメータ | 62 |
| 75 | 消極共鳴法により測定されたビームエネルギー変動 | 62 |
| 76 | SAD コードの特徴 | 63 |
| 77 | Coherent チューン の変化とビーム縦横比との関係 | 64 |
| 78 | 水平方向チューン シフト | 65 |
| 79 | ルミノシティー vs. ビーム電流 | 65 |
| 80 | 位相空間でのシンクロトロン振動の軌道 | 66 |
| 81 | ベータートロン振動の半周期での 0 と -1 モード | 67 |
| 82 | 0 と -1 モードの周波数とビーム電流の関係 | 67 |
| 83 | トリスタン主リング内のオゾン濃度とビーム電流値の時間変化 | 69 |
| 84 | トリスタン主リング内の酸化窒素 (NO _x) 濃度とビーム電流値の時間変化 | 69 |

表目次

| | | |
|----|-----------------------------------|----|
| 1 | 歴史的経過 | 2 |
| 2 | 世界の高エネルギーコライダー | 4 |
| 3 | トリスタン加速器の主要諸元 | 7 |
| 4 | トリスタン測定器の性能・特徴 | 12 |
| 5 | トリスタン実験グループの参加機関及び主な役割分担 | 13 |
| 6 | トリスタン物理審査委員会 (TPAC) の推移 | 15 |
| 7 | トリスタン実験に関する年表 | 19 |
| 8 | トリスタン実験の研究成果発表 (1996 年 5 月現在) | 21 |
| 9 | トリスタン各グループで測定された α_s の値 | 27 |
| 10 | Z'の質量の下限値 | 31 |
| 11 | 高エネルギー実験用アルミ安定化薄肉超伝導電磁石 (トリスタン以降) | 38 |
| 12 | 実験用 He 液化・冷凍装置 | 41 |
| 13 | トリスタン加速器性能 | 46 |
| 14 | トリスタン主リングでの超伝導加速空洞運転の推移 | 52 |
| 15 | トリスタン APS 空洞パラメーター | 54 |