
会場 F

素粒子論, 素粒子実験, 理論核物理, 実験核物理, 宇宙線・宇宙物理領域

F-1 ILC 用 Gate 装置の電子透過率の評価

佐賀大学理工^A, 東北大多元研^B, 岩手大工^C, 広島大先端^D, 高工研^E, 工学院大^F, 近畿大理工^G, 総研大^H 山下淳平^A, 杉山晃^A, 房安貴弘^A, 長崎祥之^A, 成田晋也^C, 根岸健太郎^C, 池松克昌^B, 高橋徹^D, 松田武^E, 藤井恵介^E, 小林誠^E, 渡辺隆史^F, 加藤幸弘^G, 小川智久^H

ILC の測定器として ILD(International Large Detector) が計画されている。中央飛跡検出器として MPGD(Micro Pattern Gas Detector) を使用した TPC(Time Projection Chamber) を選択しており、その際、陽イオンのフィードバック問題が生じる。この時使用するゲート装置の電子透過率の評価を行う。

F-2 中性子寿命測定実験のための中性子捕獲ガンマ線の研究

九大理^A, 九大 RCAPP^B, 京大理^C, 東大理^D, 名大理^E, 名大 KMI^F, KEK^G, JAEA^H 古賀淳^A, 角直幸^A, 高田秀佐^A, 富田龍彦^A, 森下彩^A, 音野瑛俊^B, 吉岡瑞樹^B, 北原龍之介^C, 山田崇人^D, 家城斉^D, 長倉直樹^D, 清水裕彦^E, 奥平琢也^E, 北口雅暁^F, 三島賢二^G, 木村敦^H

中性子は平均寿命 880.2 ± 1.0 秒 (PDG2016) でベータ崩壊により崩壊する。中性子寿命はビッグバン元素合成論において重要なパラメータであり、これまで主に「ベータ崩壊陽子を数える方法」と「崩壊せずに残った中性子を数える方法」の2手法で測定されてきた。しかしながら、これらの手法の測定結果には約8秒の乖離があり、別の手法による測定実験が必要である。我々は J-PARC の物質・生物科学施設 (MLF)、BL05 で中性子寿命測定実験を行っており、その測定には Time Projection Chamber (TPC) と呼ばれる検出器を用いている。中性子は TPC に入射され、崩壊し電子を放出する。我々はその電子の数を数えることで寿命を導出する。中性子は TPC 内のガスによって散乱し、LiF-PTFE 製の TPC の内壁に衝突することがある。その衝突時に中性子捕獲反応によりガンマ線が放出され、そのガンマ線が内壁に衝突した際に電子が放出される。これにより放出された電子は背景事象になり得る。この背景事象を理解するために、我々は J-PARC/MLF/BL04 で LiF-PTFE 製の試料について中性子照射試験を行った。本講演では、その解析結果について報告する。

F-3 中性子寿命実験の高精度化に向けた検出器の改良および性能評価

九大理^A, 九大 RCAPP^B, 京大理^C, 京大化研^D, 東大理^E, 東大素セ^F, 名大理^G, 名大 KMI^H, CERN^I, 阪大 RCNP^J, 高工研^K, 東大原子力^L 森下彩^A, 古賀淳^A, 角直幸^A, 富田龍彦^A, 音野瑛俊^B, 吉岡瑞樹^B, 北原龍之介^C, 岩下芳久^D, 山田崇人^E, 家城斉^E, 長倉直樹^E, 山下了^F, 広田克也^G, 清水裕彦^G, 横橋麻美^G, 北口雅暁^H, 生出秀行^I, 嶋達志^J, 三島賢二^K, 竹谷薫^K, 猪野隆^K, 關義親^L

中性子寿命 $n=880.2 \pm 1.0$ sec (PDG2016) は、宇宙初期の軽元素合成比やクォークのミキシングを表す CKM 行列の行列要素 V_{ud} に影響するパラメータである。中性子寿命の値は主に2種類の先行実験においてそれぞれ値が求められているが、両者の間には3.8%のずれが存在している。この差を検証するため、これらの実験とは独立な手法を用いた0.1%精度での寿命測定が必要とされている。そこで我々は大強度陽子加速器施設 J-PARC の中性子源を利用して、冷中性子を用いた中性子寿命の精密測定を行っている。本実験では Time Projection Chamber (TPC) と呼ばれるガス検出器に中性子ビームパンチを導入し、内部での崩壊電子数と中性子フラックスの比から寿命を求める。この手法では、過去の手法で問題となっていた検出器壁面での中性子損失や検出器毎の検出効率に起因する系統誤差を抑えることができるため高精度での寿命測定が期待されている。2016年までの取得データを用いて O(1)% 精度での寿命導出が可能であることが示された。現在、より高精度での測定を目指した TPC の改良を検討している。TPC の改良点として、動作ガス圧の低減と追加検出器の導入の2点を検討している。一点目は、高精度での寿命導出において大きな課題となっている背景事象の数がガス圧に比例することを測定から確認し、動作ガス圧を下げることによる背景事象の絶対数低減を目的としている。この時、ガス圧の低下に伴い検出効率の悪化や温度勾配が生じるため新型アンプの開発が必要となる。二点目は、検出器を追加することにより TPC 内で起こった事象の3次元情報の取得を可能にするというものであり、事象識別能力の向上を目的とする。本講演では新型アンプの開発と性能評価、追加検出器による事象選別能力の向上についてのシミュレーションによる見積もりについて報告する。

F-4

COMET 実験における StrECAL 検出器性能評価用ファイバー検出器の開発

九大理^A, KEK 素核研^B, 阪大理^C, 九大 RCAPP^D 齊藤貴士^A, 上野一樹^B, 大石航^A, 川越清以^A, 久野良孝^C, 東城順治^A, 中居勇樹^A, 西口創^B, 野口恭平^A, 藤井祐樹^B, 三原智^B, 山口博史^A, 吉岡瑞樹^D

J-PARC で行う予定の COMET 実験は、レプトンフレーバー非保存過程の一つである μ 粒子が電子に転換する $\mu - e$ 転換過程を探索する。この過程で転換した電子は 105 MeV の単色エネルギーをもつ。標準模型では、この過程の崩壊分岐比は 10^{-54} 未満であり、現在の技術では到達できない。しかし、標準模型を超える物理 (Beyond the Standard Model : BSM) を仮定すると、分岐比は最大で 10^{-15} となり、検出可能なレベルになる。本実験では、転換後の電子の信号を検出することで、レプトンフレーバー非保存過程を世界に先駆けて発見することを目的としている。

COMET 実験では、複数のストローチューブで構成するストローチューブ飛跡検出器を用いて、電子の運動量を精確に測定することができる。このストローチューブ飛跡検出器の位置分解能を評価するために、ファイバー検出器 (Beam Defining Counter : BDC) を開発中である。

BDC は x, y 方向に配置したファイバーシンチレータで構成し、2 次元的な荷電粒子の通過位置を検出する。これをストローチューブ飛跡検出器の前後に配置することで、2 点の位置情報から粒子の飛跡を決定し、ストローチューブ飛跡検出器の性能評価を行う。さらに、先行実験では 105 MeV 電子の空気散乱による影響が無視できなかったため、真空環境下で動作させる。

本講演では、この真空に対応した BDC の開発状況と今後の展望について報告する。

F-5

時空 16 元数のクライン・ゴールドン方程式

宮嶋学術財団^A 那須俊一郎^A

1. 竹本義夫日本文理大学名誉教授は、「行列ベクトル」(4 元数によるベクトル表記)を使って、電磁場には「スカラー電場」が存在することを発見し、4 元マクスウェル方程式の完全形を導いた。同時にローレンツ条件は必要でないことを明らかにした。

2. 筆者は、この 4 元マクスウェル方程式を質量を持つ 4 元クライン・ゴールドン方程式に拡張することを考えていたが、ロシアの V. ミロノフが「時空 16 元数」を使ってすでに導いていることがわかった。しかし、その論文では式のベクトル部分に「虚数項」が出て来て、それを処理できていない。筆者は、「時空 16 元数」を「行列ベクトル」にはめ込んで計算をやり直すと、問題が解決することを明らかにした。

3. V. ミロノフは、従来のローレンツ条件を必要とするマクスウェル方程式とプロカ方程式に固執し、「スカラー電場の項」がその論文文中に出て来るにもかかわらず、それを認識できていない。

F-6 Remark on the dilaton mass relation

九州大学理学府^A 鈴木博^A, 奥村健一^A, 笠井彩^A

N_f フレーバー基本表現フェルミオンを物質場に持つ $SU(N_c)$ ゲージ理論の低エネルギーでの振る舞いを記述すると考えられる、ディラトンとパイオンの有効理論が近年 Golterman と Shamir らによって定式化された。我々はこの有効理論に基づきながらも、必要と考えられる重要な変更を施し、ディラトン質量 m_τ とパイオン質量 m_π の間に成り立つ関係式を $m_\pi^2 \ln m_\pi^2$ のリーディングオーダーで求めた。この関係式は松崎氏と山脇氏が別の低エネルギー有効理論を出発して求めた質量関係式と類似している。我々が導出した質量公式は $m_\tau^2 = m_\tau^2|_{m=0} + KN_f \hat{f}_\pi^2 m_\pi^2 / (2\hat{f}_\tau^2) + O(m_\pi^4 \ln m_\pi^2)$ であり、ここで $K = 9$ 、 m はフェルミオン質量、 \hat{f}_π と \hat{f}_τ はパイオンとディラトンの崩壊定数である。一方、松崎氏と山脇氏の導出した関係式では係数が $K = (3 - \gamma_m)(1 + \gamma_m)$ という相違がある。なお、 γ_m はフェルミオン質量の異常次元であり、彼らの関係式において省略されている高次補正は $O(m_\pi^2 \ln m_\pi^2)$ である。 $\gamma_m \sim 1$ であると考えれば、彼らの質量関係式から見積もられるディラトン崩壊定数 \hat{f}_τ に比べて 50% 程度大きな崩壊定数が我々の関係式から導かれる。

F-7 カイラル・オーバーラップ演算子を用いたフェルミオン数アノマリーのローレンツ対称性の破れ

九大理^A 牧野広樹^A, 森川億人^A

Grabowska と Kaplan により、カイラル・オーバーラップ演算子に基づいた 4 次元格子上的カイラルゲージ理論の定式化が提案された。我々はこの定式化におけるフェルミオン数アノマリーの古典連続極限を計算した。興味深いことに、この連続極限にはローレンツ対称性の破れた項が含まれることがわかった。しかし、この項はゲージアノマリー係数に比例しており、ゲージアノマリーが消えているときにはこの定式化でのフェルミオン数アノマリーは自動的にローレンツ不変性を回復する。このカイラルフェルミオンの新しい定式化とフェルミオン数アノマリーの計算について議論したい。

F-8 中性子星による暗黒物質捕獲

佐賀大学大学院工学系研究科^A 實松勇佑^A, 橘基^A

近年、暗黒物質の中性子星による捕獲の問題が論じられている。ここでは、捕獲された暗黒物質が、中性子星内部の核子との相互作用や暗黒物質同士の自己相互作用により、中性子星の熱的性質に影響を与えるプロセスを考察する。またそれにより、暗黒物質の物理量や中性子星の観測量に制限を与えることを試みる。

F-9 新しい近似ネットワークを用いた X 線バーストシミュレーション

九州大学^A, 久留米工業大学^B 松尾康秀^A, 橋本正章^A, 町田真美^A, 野田常雄^A

Type I X 線バーストとは中性子星を主星とする低質量 X 線連星で起こる X 線増光現象の一つである。これは伴星から中性子星表面に降着した物質が不安定核燃焼を起こして増光すると考えられている。X 線バーストは数時間程度の周期で繰り返し起っており、宇宙の中では非常にありふれた現象です。この現象の解明のため、様々な研究がなされており、シミュレーションによって、観測を再現できる multi-zone モデルも提案されている (Heger et al. 2007)。

先行研究によって、X 線バースト中では *rp*-process と呼ばれる元素合成過程が起こり、最大で質量数 $A \simeq 107$ 程度の元素が生成されることが明らかとなっている (Koike et al. 1999, Schatz et al. 2001)。そのため、X 線バーストシミュレーションには、少なくとも $A \leq 107$ までの 300 核種程度の核反応ネットワークを用いた元素合成計算が必要である (José et al. 2010)。しかしこの核反応ネットワークを解くための計算コストが比較的高いため、多くの研究で中性子星の質量は $1.4M_{\odot}$ で固定されている。しかし中性子星の質量は $1 - 2M_{\odot}$ の範囲で存在すると考えられているため、中性子星の質量をパラメータにしたシミュレーションが必要となる。しかし multi-zone モデルではそのような研究は難しい。

そこで我々は近似ネットワークを用いてより多くのモデルのシミュレーションを試みる。ところが従来の近似ネットワークでは、*rp*-process の到達点までの核種が考慮されておらず、さらに古い反応率に基づいた反応経路が仮定されていた。そこで我々はこのような問題を修正した新しい近似ネットワークを新たに構築した。この近似ネットワークを用いて計算コストの低い one-zone model によるシミュレーションを行い、近似しない 897 核種のネットワークの結果と比較した。その結果、バーストの周期が $\Delta t < 6 - 8$ hr 程度の場合までは新しい近似ネットワークから妥当な結果を得られることが分かった。さらにこのネットワークを用いた X 線バーストシミュレーションを行い、その結果についても発表する。

F-10 $f(R)$ 重力に対する局所重力実験からの厳しい制限

沖縄高専^A, 長岡技科大^B 森田正亮^A, 高橋弘毅^B

遠方の Ia 型超新星の観測から示唆されている「宇宙の加速的膨張」に対する理論として、重力をアインシュタインの一般相対論から変更する「修正重力理論」が非常によく研究されている。数ある修正重力理論の中で、ゴースト不安定性を持たない、最もシンプルな理論が $f(R)$ 重力である。

$f(R)$ 重力を含む修正重力理論が観測と整合的であるためには、その理論におけるスカラー自由度からくる場の実効質量が、宇宙論的スケールでは小さく、太陽系スケールでは大きくならなければならない。このように、太陽系スケールでのスカラー場の影響を小さくするメカニズムを「カメレオン機構」といい、 $f(R)$ 重力においてカメレオン機構が働くモデルのみが観測的に支持されることになる。

太陽系スケールにおける観測的制限は、「ポスト・ニュートニアン・パラメータ」と呼ばれる、弱い重力場での一般相対論からのずれを表すパラメータによって与えられる。 $f(R)$ 重力での、このパラメータについては昨年度の本支部例会で報告したが、今回はカメレオン機構が働く具体的な $f(R)$ 重力モデルにおいて、ポスト・ニュートニアン・パラメータを通じてどのような制限がつくのか、について報告する。

F-12 クォーク・ハドロンハイブリッド模型による格子 QCD 計算の解析 III

九大院理^A, 佐賀大院工^B 宮原昌久^A, 鳥越悠平^A, 河野宏明^B, 八尋正信^A

QCD 相図を解明することは、宇宙進化や中性子星の内部構造、原子核衝突実験などの物質の構造や起源を解明する上で重要な意味を持つ。QCD 相図解明に向けたアプローチの主な手段に格子 QCD 計算と有効模型がある。高温・低密度領域 ($\mu/T \ll 1$) においては QCD の第一原理計算である格子 QCD 計算による解析が可能である。それ以外の領域においては符号問題があるために格子 QCD 計算での解析は難しい。一方、有効模型は $T-\mu$ 面全域で計算可能であるが、その結果には模型のパラメータによる不定性がつきものである。我々は高温・低密度領域において格子 QCD 計算の結果を再現する有効模型を構築することで模型の不定性を抑え、 $T-\mu$ 面全域への正当性の高い解析を目指す。本研究では、クォーク相をクォーク間に直接的な相互作用がないクォーク模型で、ハドロン相をハドロンの自由ガスを記述する模型によって表し、その二つの模型どうしを滑らかに遷移することでハドロンからクォークへの転移を考えた。格子 QCD 計算の結果と整合するように模型を遷移させる因子の温度・バリオン数化学ポテンシャル依存性を決定することで、QCD 相図へアプローチする。

F-14 有限アイソスピン化学ポテンシャル領域から探るカイラル・閉じ込め転移間の相関

九大院理^A, 佐賀大院工^B 菅野淳平^A, 河野宏明^B, 八尋正信^A

クォークのダイナミクスを記述する量子色力学 (QCD) は非摂動性を有しており、その結果、我々の世界ではカイラル対称性の自発的破れおよびクォークの閉じ込めが起きている。一方、QCD がもつ漸近自由性を考慮すると、高温・高密度状態においてはカイラル対称性が回復した、さらには閉じ込めから解放された状態へ遷移することが予想される。これら 2 つの現象は相転移として捉えることができるが、2+1 フレーバー系においてカイラル相転移および閉じ込め相転移のあいだに相関があるか、ということに関心が集まっている。

現在までで、格子 QCD 計算により、低密度領域ではカイラル・閉じ込め相転移は両方ともクロスオーバー転移であることが明らかにされている。クロスオーバー転移においては 2 つの相を厳密に区別することはできないため、カイラル・閉じ込め相転移のあいだに相関があるかを議論することが難しく、いくつかの先行研究間でも議論が分かれている。

そこで本研究では、カイラル対称性の破れ・回復をパリティ対称性の破れ・回復、閉じ込め・非閉じ込め状態を荷電共役対称性の破れ・回復へと置き換えることにより 2 つの相転移の相関について議論することを目的としている。講演では、上記目的に向けた有効模型の定式化といくつかの数値計算の結果について発表する。

F-15 核子-核および核-核散乱におけるアイコナル近似の有効性

九大院理^A 堀ノ内亮^A, 豊川将一^A, 松本琢磨^A

1980 年代に中性子過剰領域でコア核のまわりを低密度の中性子が雲のようにとりまいている中性子ハロー核 (^{11}Li) が発見された。2007 年には理化学研究所の不安定核ビーム施設 RIBF が稼働し、より重い核に中性子ハロー核 (^{31}Ne , ^{37}Mg) が見つかるなど中性子過剰核の研究が盛んに行われており、中性子ハロー核の安定核では見られない特異な構造の研究が注目されている。

RIBF で行われるような高エネルギー入射核反応の解析には Glauber 模型がよく用いられる。Glauber 模型は原子核反応における入射核と標的核の密度分布を用いて断面積を計算する。そのため、Glauber 模型を用いると実験結果の断面積を再現するような密度分布を求めることができるとされるが、Glauber 模型で用いられている eikonal 近似と adiabatic 近似の有効性について検証する必要がある。

本研究では eikonal 近似に注目し、核子-核および核-核散乱における eikonal 近似のエネルギー依存性および標的核依存性について調べた。eikonal 近似を用いない量子力学的な計算結果と微分断面積、反応断面積の比較を行うことで eikonal 近似の有効性について議論する。

F-16

Ti-Cm, V-Cm の障壁分布の探索

九大院理^A, 理化学研究所^B 渡辺健友^A, 加治大哉^B, 庭瀬暁隆^A, 平野剛^A, 藤田訓裕^A, 山野裕貴^A, 光岡駿^A, 森本幸司^B

超重元素の融合反応実験において入射エネルギー決定に重要な情報となる、融合障壁の分布測定を理化学研究所の線形加速器施設で行った。気体充填型反跳核分離装置 GARIS と焦点面検出器系を用いて、 $51\text{V}+208\text{Pb}$, $50\text{Ti}+248\text{Cm}$, $51\text{V}+248\text{Cm}$ の3つの反応系で準弾性散乱を測定した。ビームエネルギーを変化させながら、 0° 方向に反跳する標的核を測定し、断面積の励起関数を求めた。励起関数のエネルギー微分から障壁分布は求められる。高い質量分解能を持つ GARIS を用いることで、バックグラウンド粒子だけでなく非弾性散乱のイベントも効率よく分離することができた。今回は実験から得られた結果やプログラム CCFULL を用いた理論計算との比較を発表する。

F-17

RI ビーム実験のための陽子シンチレーション検出器の開発

九大理^A 秋山陽平^A, 寺西高^A, 栄大輔^A, 福多貴大^A, 上野熊紀^A, 岡 祥平^A, 入部弘太郎^A, 吉田郭治^A, 綿部愛^A

我々は不安定核と陽子の共鳴散乱の為の反跳陽子検出器の開発を行っている。反跳陽子検出器は 15 MeV 程度までの陽子エネルギーを測る事、及び陽子と他の粒子との粒子識別が出来る事が要求されている。その為に通常はシリコン半導体検出器からなる E-E 検出器が使用される。E 検出器として半導体検出器より安価で取り扱いが容易な CsI(Tl) シンチレーターを使用する事を現在検討しており、実際に陽子を検出するテスト実験を行いつつある。第一段階として、タンデム加速器による陽子ビームを用いて、CsI(Tl) 検出器単体でのエネルギー分解能を調べるテストに着手した。講演ではテスト実験の現状を報告し、今後の計画についても述べる。

F-18

RI ビーム実験のための反跳粒子 E-E 検出器の開発

九大理^A 福多貴大^A, 寺西高^A, 秋山陽平^A, 栄大輔^A, 上野 熊紀^A, 岡 祥平^A, 入部 弘太郎^A, 吉田 郭治^A, 綿部 愛^A

我々は不安定核の構造の探求のため、RI ビームを用いた実験研究を進めており、RI ビーム実験のための反跳粒子 E-E 検出器の開発を行っている。想定している共鳴散乱実験では、粒子識別をしつつ最大 15 MeV 程度の陽子のエネルギーを測定する必要があるため、一層目 (E) には 60 μm 、二層目 (E) には 1500 μm のシリコン半導体検出器を使用する。この検出器の性能評価やエネルギー較正を行うには、線源だけでは不十分で、15 MeV 以下のエネルギーがよくわかっている陽子が必要である。そこで現在、九州大学のタンデム加速器による陽子ビームを金標的に照射し、そこで得られる散乱後の陽子線を用いて、E-E 検出器の粒子識別能力やエネルギー分解能の測定実験を行いつつある。またそれだけでなく、エネルギー較正や検出器に存在する不感層の評価などの試験法を開発するのが最終目標である。講演では、実験や性能評価の現状を報告する。