

科学研究費補助金「特定領域研究」

平成16年度発足特定領域申請書

ヒッグス粒子と超対称性の発見が切り拓く
21世紀の素粒子物理

申請代表者

東京大学 大学院理学系研究科

教授 駒宮幸男

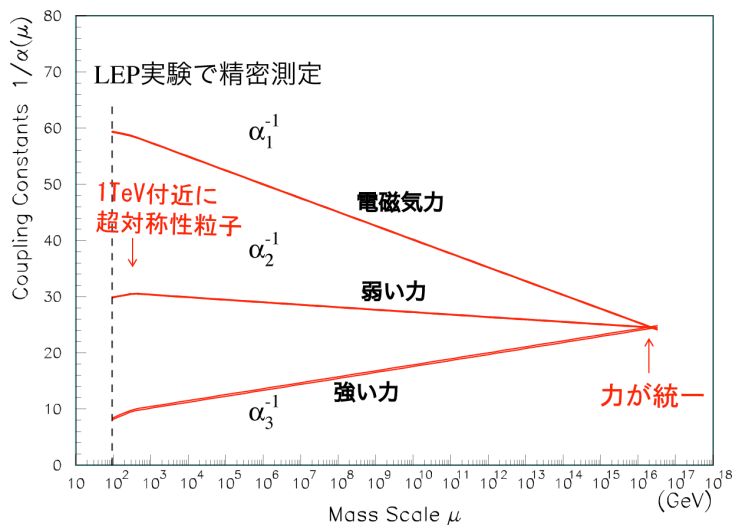
1. 申請領域の研究の必要性

1.1 研究の目的

20世紀後半、素粒子物理学に於いて、電弱統一理論と量子色力学を中心として、実験と理論があいまって著しい展開が起こり、クォークとレプトンが物質を構成する基本粒子であり、その間に働く3種類の力はゲージ原理に支配されるという「標準理論」が確立した。この標準理論は引き続き、数多くの実験により高い精度で検証され、著しい成功を収めてきた。

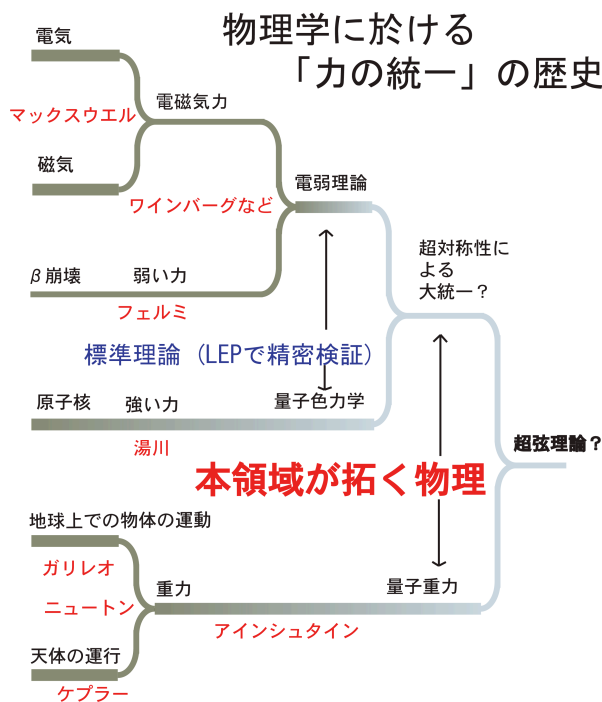
21世紀に入り、この標準理論を超える新粒子や新現象が、次世代最先端加速器実験で発見されるという期待が高まっている。質量の起源を担うヒッグス粒子の検出は、素粒子物理学の最重要かつ緊急の課題であるが、LEP (Large Electron Positron collider) 実験によってヒッグス粒子の質量は114~200GeVの範囲に絞り込まれてきており、実験的検出が今まさに手の届くところに来ている。さらに、強・弱・電磁の3種の力が超対称性のもとで超高エネルギーに於いて大統一される(右図)という理論的・実験的な証拠が数多く存在し、超対称性理論が预言する一群の新粒子(超対称性粒子)がTeV¹領域において発見されることが期待されている。

力の大一の可能性 (超対称性粒子の示唆)



これらの期待に応え、数年のうちに、将来の素粒子物理の根幹に関わる新粒子や新現象を確実に発見することのできる実験が、本特定領域研究が推進するアトラス実験と MEG 実験である。次世代最高エネルギー陽子衝突型加速器 LHC (Large Hadron Collider) を用いたアトラス実験は2007年に開始され、我々はヒッグス粒子と超対称性粒子を発見する。MEG (Mu-E-Gamma) 実験は、これに先立つ2006年初頭に、超対称性を通して生ずるミュオン粒子の稀な崩壊 $\mu \rightarrow e \gamma$ の探索を開始し、荷電レプトンの世代混合の発見を目指す。

本特定領域の目的はヒッグス粒子と超対称性の両方を発見し、その性質を詳し



¹ 1TeV=10¹²電子ボルト。長さのスケールにすると10⁻¹⁹mに対応するエネルギースケール

く研究することにより、標準理論を超えた新しい素粒子物理学の方向性を確立することである。ヒッグス粒子の発見は、宇宙がその初期から相転移を繰り返して現在の宇宙に至ったという宇宙論のシナリオを裏づけると共に、真空の構造がゲージ対称性の破れと質量の起源であることを実証する。また、超対称性は、ゲージ理論と重力理論との統一を目指す超弦理論の試みにおいても最も重要な役割を果たし、ゲージ原理と並ぶ素粒子論の基本原則と見なされている。超対称性は破れた形で自然界に存在し、TeV 領域に一群の未発見の超対称性粒子が存在すると考えられている。超対称性粒子の発見は、我々の自然に対する理解に決定的な影響を与えるもので、20 世紀前半における反粒子の発見にも匹敵する重要性を持つものである。

これらの超対称性粒子が存在する場合には、 $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊の分岐比が大きくなり、従来の実験よりも 2～3 桁感度の良い MEG 実験で発見することが可能になる。 $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊が実測されれば、標準理論を超えてレプトン・セクターの物理の構造を解明する重要な手がかりを与えることとなり、素粒子物理学に与えるインパクトは極めて大きい。従って MEG 実験は超対称性による大統一をアトラス実験とは別の切口で検証することになる。

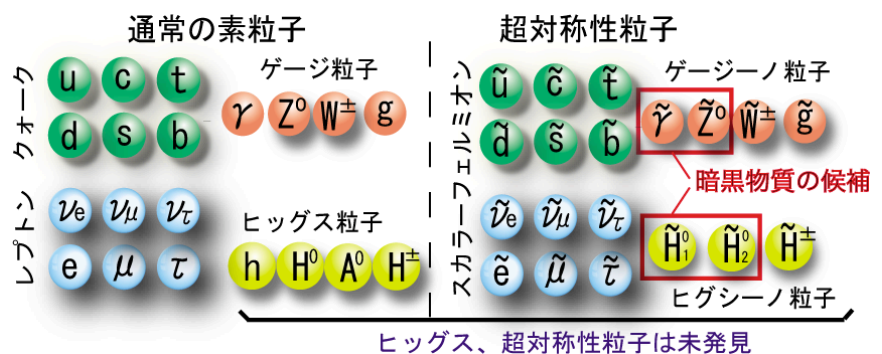
アトラスと MEG 実験での成果に基づき、本特定領域研究では、超対称性理論、大統一理論、さらに、超弦理論など超高エネルギー領域の理論の展開を図る。これら二つの実験から、超対称性が自然界に於いてどの様に実現されているかの知見が得られ、これは大統一理論や超弦理論などに著しいインパクトをあたえるものである。

この様に本領域は、標準理論を超える現象を確実に発見し、その本質を研究出来る実験と、これに深く関わる理論研究を総集したものであり、標準理論を超えて超高エネルギーでの物理の原理に総合的に迫る初めての試みである。

1.2 研究の意義

本研究は、標準理論を超えた新たな物理の方向性を決定づける。同時に宇宙の進化など、素粒子物理学のみならず、科学全般への計り知れない貢献をもたらすものである。

- ヒッグス粒子の発見は、真空にヒッグス粒子が凝縮することによりゲージ対称性が自発的に破れ、**質量の起源**となったことを示すものである。更にこの発見は、宇宙が対称性の破れによる相転移を繰り返して現在の宇宙に至ったという宇宙論の根幹シナリオを裏づける重要なものである。
- 自然界の基本粒子は、スピンの違いにより、ボーズ粒子とフェルミ粒子に大別されている。超対称性は、ボーズ粒子とフェルミ粒子とを交換する最も基本的な対称性である。アトラス実験では、この超対称性粒子の発見が可能であり、これは、科学史上「反粒子の発見」に匹敵する大きな成果である。
- 超対称性粒子は、宇宙の「暗黒物質 (ダークマター)」の最も有力な候補である。宇宙の



暗黒物質を理解することは、宇宙物理学の最も重要な課題である。アトラス実験での超対称性粒子の発見によって、**暗黒物質の正体を確定し、宇宙の進化を決定することが出来る。**更に暗黒物質の確定と言う直接的な成果ばかりでなく、超対称性が宇宙史に及ぼしてきた影響についても新しい知見が得られる。この様に**宇宙論と素粒子物理学のリンク**においてもアトラス実験は決定的な役割を果たす。

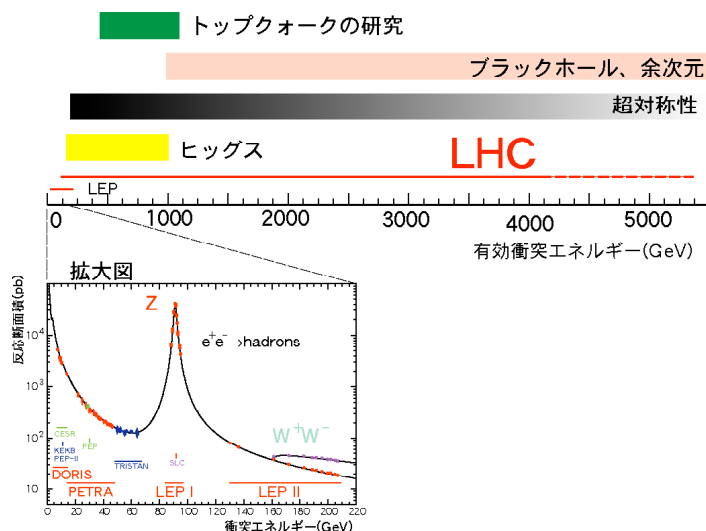
- 電磁気学は、電気と磁気の力を統一しただけでなく、電磁波の存在を予言した。次に、電弱統一理論は、電磁気力を弱い力と統一することにより、真空が構造を持つという画期的な概念を生み出した。ここでさらに、アトラス実験と MEG 実験により、電弱力と強い力とを大統一することが可能になれば、自然に対する全く新しい知見が得られることが期待される。
- MEG 実験による $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊の発見は、柳田らのシーソー理論を通して、極微のニュートリノ質量の起源である超高エネルギースケールの存在証拠ともなる。このエネルギースケールを理解することは、大統一のエネルギースケールとともに、超弦理論が支配する更に高いプランクスケールへ迫る一歩となる。
- 超対称性変換を2回繰り返すと、時空の並進となるため、超対称性は時空と密接に結びついている。超対称性の発見は、時空の概念を拡張するものであり、**量子力学と一般相対論を融合する上で不可欠のものである。**20世紀の物理学を代表する2つの概念の統合が可能になり、アインシュタインさえも予想しなかった、より高い統一へと物理学を導く。この統一が現段階で唯一可能な理論は超弦理論である。この理論では、我々の存在する空間3次元、時間1次元の時空のほかに、 10^{-33}cm (プランク長)程度に小さく丸まった隠れた空間次元が存在し、この空間の幾何学構造が全ての素粒子の内部自由度を決定するとされる。また、相互作用を支配するゲージ原理が、この隠れた次元の空間の幾何学から自然に導出される。この様に超対称性統一理論の発展は、物理学の理解を大きく進歩させ、新たな学問体系を築くものである。

1.3 研究の概要

アトラスや MEG 実験でのヒッグスや超対称性粒子などの発見を通して、新しい素粒子物理学への突破口を切り開き、実験、理論一丸となって、これを押しひろげ、統一理論やシーソー理論、超弦理論などの超高エネルギーでの物理を探り、21世紀の新しい素粒子物理学の方向性を決める。この為、以下の3つの研究項目を立て特定領域研究を構成する。

研究項目 A エネルギーフロンティア LHC 実験

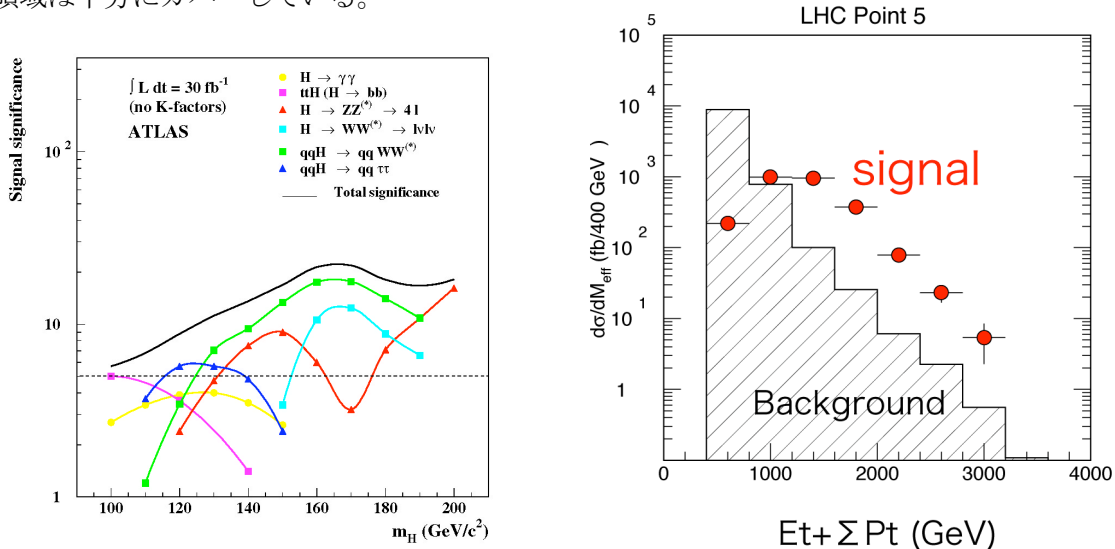
2007年に実験開始予定の世界最高エネルギー陽子・陽子コライダー(LHC)の衝突エネルギーは、右図に示す様に、これまでの実験にくらべて約10倍高い。LHC加速器を用いたアトラス実験は、実験開始後約1年でヒッグス粒子、超対称性粒子、またはその代わりとなる TeV 領域の新しい物理現象の確実な発見が可能である。更に、アトラス実験は未踏のエネルギーフロンティアであり、



予期しない新粒子や新現象を発見し、全く新しい素粒子物理学を拓く可能性もある。

左下図は、 30fb^{-1} のデータを蓄積した時、ヒッグス粒子が統計的にどれだけ有意に観測されるかをヒッグス粒子の質量の関数として示したものである。114GeV 以下の軽い領域はすでに棄却されている。仮に 200GeV より重い場合でも、 20σ 以上の有意な検出が可能である。図が示すように、 30fb^{-1} のデータを蓄積した時、 8σ 以上の有意さで発見能力があり、このことは、初年度分²のデータ 10fb^{-1} で 5σ 以上の有意さでの発見が可能であることを示している。

超対称性粒子は、大きな横方向の運動量をもったジェットと大きな消失エネルギーとして観測される。ジェットの横方向運動量と消失エネルギーの和の分布を右下図に示す。超対称性の信号はバックグラウンドから綺麗に分離される。積算ルミノシティー 10fb^{-1} で 2 TeV までのグルーオン、スカラークォーク³の発見が可能である。超対称性粒子があると期待されている領域は十分にカバーしている。



研究の枠組みは以下の通りである。(1)ヒッグス粒子の発見・研究を通して、質量の起源や真空がもつ構造を探る。(2)超対称性粒子の研究を通して、力の統一やプランクスケールなどの超高エネルギースケールでの物理を研究する。(3)トップ・クォークやゲージ粒子の精密測定を行う。量子重力や多次元空間の効果や、極小ブラックホール生成など、全く新しい物理現象の効果や、これらの精密測定から探ることが可能である。(4)現象論的な考察を通して、実験的研究に対して新しい解析方法、探索すべきシグナルの提案をおこない、研究の質を高める。

LHC 加速器は、世界で唯一 TeV 領域の実験を行うことが可能な設備であり、スイス・ジュネーブ郊外にある欧州素粒子物理学研究所(CERN)において建設が進んでいる。アトラス検出器の組み立ても現地において進められている。本領域申請を行っている研究者は、以下に挙げる3つの研究を主導的に行い、重要な物理成果に本質的な貢献をする。

- ①. 現地に赴いて、日本がこれまで製作してきた検出器を組み上げて、これを安定して運用し、較正作業を繰り返し行い、質の高いデータを速やかに提供する。これは実験全体に対する大きな貢献であると同時に責務でもある。

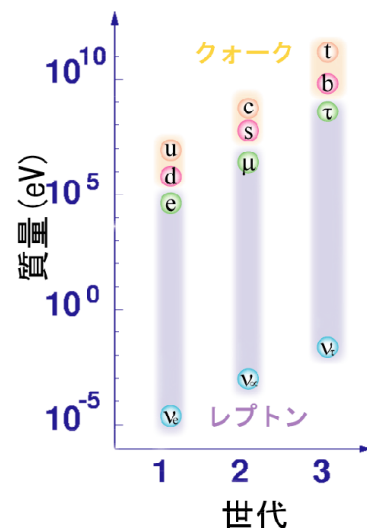
²ルミノシティーは $10^{33}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ とした。これは加速器の設計値の 1/10 の値であり、実験開始直後の値として妥当と考えられる。

³グルーオンとクォークの超対称性粒子

- ②. アトラス実験では、非常に大量の実験データが観測され、CERNの計算機だけでは処理出来ない。その為、最先端のIT関連技術であるGRID技術を駆使して、各国に分散設置した計算機を用いて解析を行う。これは新しい取り組みであり、この準備を含め、ソフトウェアの研究開発を行う。これは次の③につながる重要な研究である。
- ③. ヒッグス粒子や超対称性粒子などの研究は厳しい国際競争のもとで行われる。検出器の状態に関する情報や、最先端の物理解析に関する情報は、現地CERNに集中する。これらの研究を主導的に行う為に、研究者を現地に派遣し、諸外国の研究者と議論を重ね、研究を推進する。

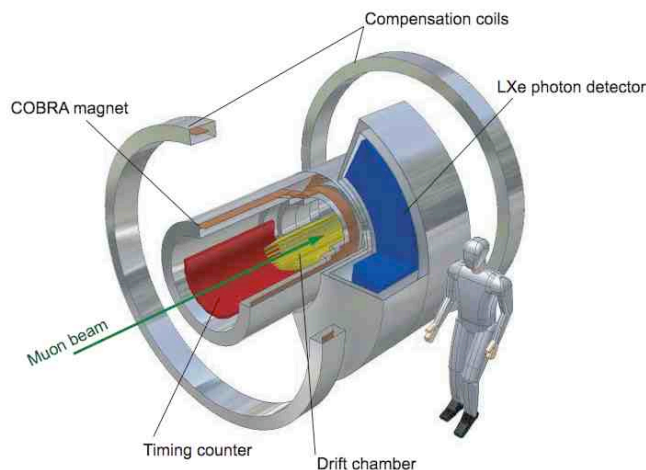
研究項目B レプトン世代混合で見通す超対称性から超高エネルギーの世界

ここでは、本領域研究者の主導によってスイスPSI研究所(Paul Scherrer Institut)においてMEG実験を実施し、ミュー粒子の電子とガンマ線への崩壊($\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊)を、力の大統一やニュートリノ振動から予想される極微の分岐比まで探索、測定する。ミュー粒子の稀崩壊反応 $\mu \rightarrow e \gamma$ は、標準理論では起こり得ず、力の大統一やニュートリノ振動現象の起源となる超高エネルギー($10^{12} \sim 10^{16} \text{GeV}$)の物理によって、超対称性を通して引き起こされる。特に、ニュートリノ振動現象により発見された、他の素粒子に比べて非常に小さなニュートリノの質量(右図)は、柳田らのシーソー理論によって超高エネルギーの物理に起源があるとされ、超対称性の存在により自然に $\mu \rightarrow e \gamma$ 反応を引き起こす。したがって、この研究で得られる結果をアトラス実験の結果と総合して解析することにより、超対称性の物理のみならず、超高エネルギーに存在する新しい物理について、実験的に迫ることが可能となる。



$\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊の探索は、最近では米国ロスアラモス研究所において行われたが、偶発的なバックグラウンドによって制限され、 10^{-11} の分岐比までの探索にとどまった。これを超える実験を行うためには、良質のミュー粒子ビームを得ることと、これまでにない巧妙で高性能な実験装置を考案して、更にバックグラウンドを抑える必要がある。

そこで、MEG実験(右図)では、ミュー粒子ビームとしてPSI研究所の世界最強のDCビームを改良して使い、これまで使われてきたパルスビームに比べて大幅に偶発バックグラウンドを抑えることにした。さらに、毎秒 10^8 ものミュー粒子が崩壊する中から目的の $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊を見つけ出すために、特殊な磁場勾配を持ったソレノイド電磁石による陽電子スペクトロメータCOBRAを考案した。一方、実験の鍵となるガンマ線の測定には、エネルギー・位置・



時間測定精度の優れた、これまでにない新しいタイプの液体キセノン検出器を提案して、目標である極微の分岐比の達成を目指してきた。

MEG 実験の提案は PSI の研究計画委員会によって 1999 年に認められ、その後実験の実施に向けて実験装置の開発が進められており、2003 年度終わりまでに、(1) 大強度 (毎秒 10^8 以上) で細い (直径およそ 2cm) DC ミュー粒子ビームを供給できるビームライン、(2) 設計どおりの勾配磁場を実現しガンマ線を 85%以上透過させる薄い COBRA スペクトロメータ、(3) 実験に必要な高分解能を達成する新しい液体キセノン検出器、の開発が完了する見込みとなった。

そこで本研究項目では、この国際共同実験を主導し、2004 年度より実験実施に向けて測定器の建設と設置を行い、2006 年初頭に実験を開始して、 $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊の発見と測定を目指す。また、これをアトラス実験による超対称性粒子の直接探索の結果と合わせて、超対称性の謎に挑み、さらには力の大統一やニュートリノの微小な質量の起源に迫る。

研究項目C 力の大統一と超対称性の理論的研究

アトラス実験や MEG 実験で期待されている成果を踏まえながら、統一理論と超対称性の理論的研究を行う。二つの実験の成果は、21 世紀の素粒子物理学の方向を決める重要なものであり、この発見が大きな起爆剤となって、統一理論を始めとする超高エネルギーでの物理研究は飛躍的な進歩をとげられると思われる。超対称性粒子の発見は、大統一理論から超弦理論とつづく統一理論を強く示唆する。またアトラス実験で余次元の効果は直接観測される可能性もある。標準理論を超える理論を探る立場から、次のような研究を行う。

- (1) 重力と超対称性を含む統一理論としての超弦理論の研究。
- (2) 標準理論を超える物理を低エネルギーに於ける精密測定から探る可能性の理論的検討。
- (3) 時空構造の概念の拡張を必要とする統一理論の構築。
- (4) エネルギーフロンティア及び対称性の破れの実験の超対称大統一理論にたいするインパクトの研究。

超弦理論は自然界のすべての素粒子と力を弦とその相互作用で記述する究極的な理論である。この理論の帰結として、時空構造、ゲージ対称性、素粒子の世代構造、超対称性とその破れなど、素粒子物理学の基本的な性質が決まると考えられている。超弦理論の研究の進展により、超対称大統一理論や隠れた次元構造を通じて、実験で検証可能な予言を与えることが期待される。逆にアトラスや MEG 実験で超対称粒子の質量スペクトルや世代混合が決まれば、超対称モデルの解析から究極的な統一理論への手がかりを得ることが出来る。この様に この研究項目は研究項目 A、B の研究に「トップダウン型」の示唆と方向性を与えるとともに、これらの研究の成果から統一的な素粒子描像を描き出すために必要である。

公募研究

アトラス、MEG 実験での発見、研究を更に大きく広げる為、関連する分野の実験、理論両面で研究を広く公募し、これを強力に推進する。これらは、本領域により拓かれる 21 世紀の素粒子物理学を更に発展させていくものである。本領域研究が対象としている研究分野は、素粒子物理学の最前線であり、国内の多くの研究者も精力的に関連する研究を行っている。この新しいアイデアや成果を取り入れ、領域研究を進めてゆく為にも公募研究は不可欠である。更に、この公募研究の中には、次世代の研究につながる萌芽研究も含む。エネルギーフロンティア加速器の将来計画に於いて、この領域研究の成果を更に発展させる物理研究や、

その為に必要となる次世代の高性能検出器の研究開発も推進する。

1.4 研究の特性及び緊急性

研究の特性

特定領域の特性① 「その領域全体の学術的水準が高く、研究の格段の発展が期待できる研究領域」

本領域が対象としている研究分野は、歴史的にも、湯川、朝永、小柴の三氏のノーベル物理学賞受賞に示されている様に、日本の学問的な水準は極めて高い。この分野は、アトラス実験の開始を迎え、大きな飛躍を遂げ研究の格段の発展が期待できる段階にある。

特定領域の特性④ 「その領域の研究の発展が他の研究領域の発展に大きな波及効果をもたらす等、学術研究における先導的又は基盤的意義を有する研究領域」

この領域の研究の成果は、宇宙の暗黒物質の同定や宇宙の進化の研究に大きな影響を与えるのみならず、真空のもつ意味や、時空の概念の拡張など科学全般に与える効果が極めて大きい。

研究の緊急性

- (1) TeV 領域の物理への扉が間もなく開かれる。この TeV 領域に多くの発見があることを、標準理論のこれまでの精密検証の結果が強く示唆している。この世界中から注目されている発見・研究を行う為の研究体制を至急組織する必要がある。
- (2) LHC 実験では、世界分散型解析センター構想など多くの最新 IT 関連技術を動員したシステムを構築する。この全く新しい解析システムは、**2004 年度から世界中で構築されてゆく**。これは、全てのソフトウェア開発がこのシステム上で行われる極めて重要なものである。この研究開発に参加、貢献を行うことは不可欠であり、今後の研究に大きな影響をあたえるものである。従って、2004 年に本領域が立ち上がる必要がある。
- (3) LHC は世界で唯一、TeV 領域の物理研究が可能な実験であり、素粒子物理の方向性を決定する重要な実験である。その為、実験参加者のみならず、理論まで含めた多くの研究者が、関連する研究の準備を行っている。**実験開始時に解析の指針となる物理解析計画を作成するワーキンググループが 2004 年度中に構成され、研究を開始する**。LEP などの国際協力実験の成果と経験を踏まえ、ヒッグス粒子や超対称性粒子の発見で世界をリードする為には、**現地 CERN に赴いて研究活動を展開し続ける必要がある**。
- (4) MEG 実験は、本領域の研究者が優れた実験装置を考案して、実験自体を提案したものであり、世界最強のミュオン粒子ビームを持つスイス PSI 研究所において承認され、スイス・イタリア・ロシアの研究者も加わって、国際共同実験として本領域研究者の主導で準備が進められている。**2006 年初頭の実験開始を目指して PSI 研究所でのビーム調整や参加各国での測定器開発が順調に進んでおり、実験を遂行するためには、2004 年度から実験装置の建設・設置の予算を確保することが必須となっている**。
- (5) 超弦理論の研究は 90 年代後半に著しい進展があり、我々の世界がブレーン上に存在するとするブレーン・ワールドや、ブレーン・反ブレーンの衝突による宇宙生成など素粒子論・宇宙論に全く新しい描像を提起している。現在、超弦理論の最大の問題点は超対称性の破れの機構の理解にあり、LHC の実験により超対称性粒子が発見されれば超対称性の破れについて決定的な情報が得られる。LHC や MEG の実験は理論に著しいインパクトを与える可能性が高く、これらの実験グループと密接な連携を持ちつつ理論研究を進めることは現在緊急の課題となっている。

2. 申請領域の国内外の研究状況

本領域が目的としている研究は、**素粒子物理学の最前線**であり、世界から最も注目が集まっている分野である。

(A) LHC 建設は 1994 年に CERN 理事会で正式承認され、その重要性に鑑み、わが国(当時の文部省)は加速器建設協力を表明し、1995 年より資金と技術の両面で LHC 加速器建設協力を行ってきた。これは、他の CERN 非加盟国にさきがけての貢献であり、これを契機に、米国、ロシア、カナダ、インド、イスラエルの建設協力が続いた。LHC は、**TeV 領域の物理研究を直接行うことが可能な唯一の加速器**であり、2007 年の稼働に向けて準備が行われている。アトラス実験は、この LHC 加速器を用いて行なわれる国際共同実験であり、日本の 15 の研究機関からの研究者が参加している。

平成 13 年度発足の特定領域(414)「質量の起源と超対称性物理の研究」は、トップクォーク、ボトムクォーク、タウレプトンや K 中間を大量に生成する現在稼働中の複数のファクトリーを用いて、これらの粒子の包括的な研究を行うものである。従って、新粒子・新現象の直接発見とそれを突破口に新しい素粒子物理の方向性を探る本申請領域とは、その性質が大きく異なるものである。

現在稼働中の実験のうち、ヒッグス粒子と超対称性粒子の探索に於いて競合しうる可能性のあるものは、Tevatron Run-2 実験(アメリカ フェルミ研究所)である。しかし、Tevatron 実験でヒッグス粒子を発見するには、ルミノシティが不足している。更に Tevatron 実験の重心系エネルギーは LHC に比べて 1 桁程低い為、超対称性粒子の発見能力も、LEP 実験で棄却した領域から高々数十 GeV 拡張されるだけである。

(B) 1995 年に R.Barbieri らが、超対称大統一理論において、トップクォークが重い為に、荷電レプトンにおける世代混合(レプトン・フレーバーの破れ)が非常に大きくなることを示して以来、 $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊の実験研究が世界的に注目されている。その後 1998 年に久野純治らが、ニュートリノ振動があると超対称性理論では自然に $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊が高い割合で起こることを示し、ニュートリノの質量の謎とも関係して、 $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊に関する様々な理論研究が現在世界中で活発に行われている。

$\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊の探索実験としては、1990 年代に米国ロスアラモス国立研究所において行われたものがあるが、崩壊分岐比の上限は 10^{-11} にとどまっている。これを超えるためには、強力なミュオン粒子ビームを供給する加速器と、優れた測定器が必要となるが、そのような実験計画は MEG 実験以外にない。

関連する研究としては、原子核での $\mu \rightarrow e$ 転換を探索する実験があり、PSI 研究所において 2001 年まで SINDRUM-II 実験が行われたが、その精度はロスアラモス研究所の実験と同程度である。次期 $\mu \rightarrow e$ 転換探索実験としては、米国ブルックヘブン国立研究所で計画されている MECO 実験があり、MEG 実験にほぼ匹敵する精度を目指している。しかしながらまだ実験の実施が承認されておらず、実際に実験を開始できるのは 2010 年以降とされている。その他にも様々な粒子(Z^0 , K, タウなど)を使って荷電レプトンの世代混合を探索しようとする試みが考えられているが、実験の感度はいずれも MEG 実験にはるかに及ばない。

(C) 超弦理論は、重力とゲージ理論を統一できる可能性があり、過去20年にわたって国内外で精力的に研究されてきた。近年は、双対性に基づく弦理論の非摂動的な側面の研究が進展した。そのなかで発見された、ブレーンやM理論などの新しい概念は素粒子統一モデルの構築にも大きな影響を与えて来た。その一例として、TeVスケールに余分な空間の効果があらわれる、ブレーンワールドシナリオがあげられる。

一方、超対称性理論は、LEP実験で力の大統一が超対称性を要求することが指摘されて以来、標準理論を越える物理の有力候補として国内外を問わず注目を集めて来た。超対称大統一理論は超弦理論に自然につながる統一理論と考えられている。さらにニュートリノ振動の発見以来、シーソー機構を含んだ超対称性理論の構築と、その素粒子物理や宇宙物理に対するインパクトが精力的に議論されている。

国内ではこれらの分野のさまざまな研究が行われて来ており、特に超弦理論や超対称性理論の現象論では本質的な貢献をしてきた。

平成13年度発足の特定領域(763)「超弦理論と場の理論のダイナミクス」では、素粒子理論の全般を広く研究することにより、いろいろな素粒子理論の各分野を進展させることを目指している。一方、本申請領域の計画研究では、アトラスやMEG実験で期待される発見を原動力に、新たに切り拓かれる素粒子物理の方向性に焦点を絞って、これを深く追究するものである。

3. 申請領域の準備研究・調査の状況等

これまで以下に挙げる4つの準備研究を進めてきた。

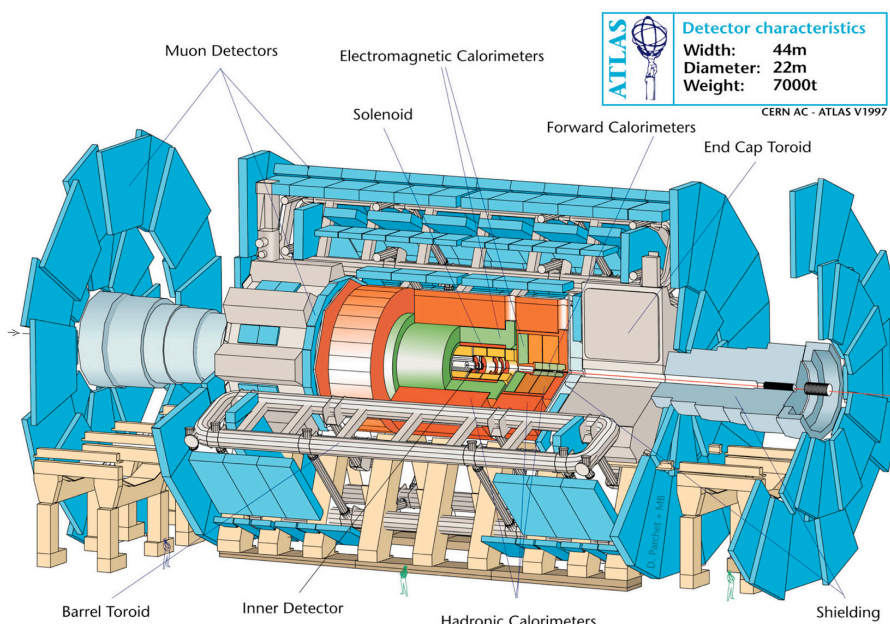
- (1) エネルギーフロンティア LEP 実験での研究
- (2) アトラス検出器のデザインと製作
- (3) $\mu \rightarrow e\gamma$ 探索実験 (MEG) の準備
- (4) ヒッグス粒子、超対称性、ゲージ原理に関する理論的な研究

(1)に関しては特定領域研究(711) (平成 11-15 年度) 「最高エネルギー電子衝突装置を用いた素粒子物理学の展開」で、国際共同実験 OPAL の中核として、ヒッグス粒子探索、超対称性粒子探索、統一ゲージ理論の精密検証などを主導的に展開してきた。これが現在の素粒子物理学のメインストリームを作り上げ、アトラス実験で物理解析を主導的に行う上で重要な礎となっている。この主要研究を行いつつ、アトラス実験のデータ解析の準備研究を行ってきた。

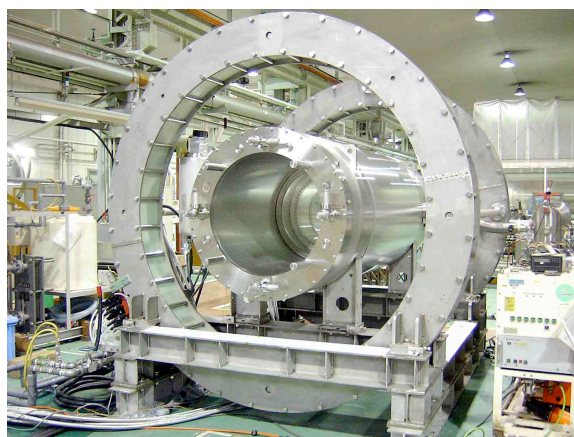
(2)に関しては、特定領域研究(716) (平成 11-16 年度) 「陽子・陽子衝突による TeV 領域の素粒子物理」において、ミューオントリガーチェンバーとトリガー電子回路、シリコン検出器などの測定器製作を行い、高い国際評価を得ている。この特定領域は、平成 16 年度末の終了時まで検出器の製作を行うものであり、製作は現在順調に進んでいる。申請中の本研究は、実験

が行われる現地 CERN に赴いて、製作した検出器を上図に示す様に組み立て、実験開始と同時に質の高いデータを収集する為の準備や運用を行い、物理解析を主導的に行う為のものである。従って、この二つの領域の研究目的は重複せず、研究費も重複していない。

(3) MEG 実験については、1997 年頃より、本領域研究者の働きかけによって、ヨーロッパの研究者と共同で研究会を開いて実験の検討を行ってきた。1998 年にはスイス PSI 研究所に実験の Letter of Intent を提出し、本領域研究者が考案したこれまでにない巧妙で高性能な実験装置が PSI の研究計画委員会から高く評価され、実験の提案に早急に進むよう推薦された。それを受けて 1999 年に本領域研究者が主導して実験を提案し、即座に承認された。その後、特定領域(408) 「ニュートリノ振動とその起源の解明」の計画研究「レプトンフレーバーを破るミュー粒子崩壊の研究」(平成 12-15 年)として、この実験の実施に必要な実験装置の開発を行った。高頻度の陽電子測定を可能とする磁場勾配を持った特殊な超伝導ソレノイド電磁石(次頁写真)と、エネルギー・位置および時間分解能に優れた新しいタイプの液体キセノンガンマ線検出器の開発を行っており、平成 15 年度中には必要とされる性能を達成して開発を終了する予定となっている。その他実験に必要な陽電子飛跡検出器、陽電子飛行時間測定カウン



ターなどは、スイスとイタリアの海外共同研究者により開発が進められており、2004年度からはPSI研究所において本実験の開始に向けてビームラインと測定器の調整のためのテスト実験が開始できる状況となっている。また、この特定領域での研究において、太陽ニュートリノ振動が確立し、振動パラメータが決定されて、超対称性が存在すればほぼ確実にMEG実験で測定が可能となる見込みとなった。そこで、超対称性を解明するため、超対称性粒子を直接測定できるLHC実験と共同で研究を推進すべきという機運が2003年初頭より非常に高まってきており、今回の申請につながった。



(4)の理論的な研究は 特定領域研究(707)(平成10-13年度)「超対称性と素粒子の統一理論」などにおいて、理論的な立場から研究をおこなってきた。本領域で期待されるヒッグス粒子と超対称性粒子の発見が新たな原動力となり、この分野の急激な発展が期待される。この21世紀の新しい素粒子物理学の方向性を探り、より深淵な原理の探求を速やかに展開するため、ヒッグス粒子や超対称性の現象論、ゲージ原理、統一理論、超弦理論を専門としてきた理論グループを本特定領域研究に結集した。

これらの研究を礎に、新たな特定領域研究を形成するための準備を2003年初頭から行ってきた。2003年9月には日本物理学会(宮崎)において、これらのグループの代表が一同に会して、素粒子物理学の根幹に関わる発見と、それらを統一的に理解するための研究を行うことを目的とした組織の構築を行なった。その後、東京大学に於いて4回、総括班メンバーと各計画研究代表者で会合をひらき申請準備を行ってきた。

学会、研究会活動などによる準備

- (1)平成15年9月 「近未来のエネルギーフロンティアと素粒子物理」日本物理学会 シンポジウム
- (2)平成15年3月 「素粒子・高エネルギーフロンティアでの物理」 京都大学・基礎物理学研究所
- (3)平成15年3月 「液体キセノン検出器と新しい応用」 日本物理学会シンポジウム
- (4)平成14年8月 「Fuji2003」、滞在型研究集会にて超対称性の理論研究をすすめた。裾野市、富士教育研修所
- (5)平成13年度 「ハドロン・コライダー研究会」(理論・実験共同 LHCで期待される物理をまとめた研究会)2ヶ月ごと合計6回、東京大学・素粒子物理国際研究センターにて開催
- (6)平成13年11月 「LEPシンポジウム2001 -Beyond the Electroweak Scale-」(LEPの成果をまとめて、今後の素粒子物理学の方向性の検討を国内の多くの研究者を招いて行った。) 東京大学にて開催
- (7)平成13年3月 「LEPの成果と今後のエネルギーフロンティア」日本物理学会シンポジウム
- (8)平成11,12,13年8月 「Summer Institute」、滞在型研究集会、富士吉田市、富士研修センター
- (9)平成11年3月 「 $\mu \rightarrow e \gamma$ Workshop」 スイスPSI研究所
- (10)平成10年10月 「Pisa Workshop on $\mu \rightarrow e \gamma$ 」 イタリア、ピサ大学
- (11)平成9年3月 「Workshop on a New $\mu \rightarrow e \gamma$ Experiment at PSI」 スイスPSI研究所

申請までの科研費による準備状況

- (1) 平成 11 年度-15 年度 特定領域研究(711) 「最高エネルギー電子衝突装置を用いた素粒子物理学の展開」
(代表 駒宮幸男)
- (2) 平成 11 年度-16 年度 特定領域研究(716) 「陽子・陽子衝突による TeV 領域の素粒子物理」
(代表 近藤敬比古)
- (3) 平成 10 年度-13 年度 特定領域研究(707) 「超対称性と素粒子の統一理論」(代表 江口徹)
- (4) 平成 12 年度-15 年度 特定領域研究(408) 「ニュートリノ振動とその起源の解明」
計画研究「レプトンフレーバーを破るミュオン崩壊の研究」(代表 森俊則)
- (5) 平成 12 年度-15 年度 特定領域研究(408) 「ニュートリノ振動とその起源の解明」
計画研究「フレーバー混合に関わる素粒子現象と標準模型を超える物理」
(代表 山口昌弘)
- (6) 平成 09 年度 研究基盤重点設備費「究極的物質のダイナミクスと自然の階層構造」
(代表 石川健三)
- (7) 平成 14 年度 研究推進交流経費「量子ホール効果の新展開」(代表 石川健三)
- (8) 平成 13 年度-14 年度 特別研究奨励費「素粒子の世代構造の起源と高次元統一理論」(代表 井上研三)
- (9) 平成 10 年度-11 年度 特別研究奨励費「超対称性理論の低エネルギー構造」(代表 井上研三)
- (10) 平成 11 年度-12 年度 基盤研究 A 「最高エネルギーの電子・陽電子衝突装置 LEP-II での OPAL 検出器による素粒子研究」(代表 森俊則)
- (11) 平成 15 年度-18 年度 基盤研究 B 「最高エネルギーの陽子・陽子衝突実験における超対称性の物理の研究」
(代表 川越清以)
- (12) 平成 14 年度-15 年度 基盤研究 B 「キセノンを用いた高精度放射線検出器の開発」(代表 森俊則)
- (13) 平成 10 年度-11 年度 基盤研究 B 「低次元場の理論とその応用」(代表 石川健三)
- (14) 平成 10 年度-11 年度 基盤研究 C 「オブジェクト指向・ネットワーク分散オンライン環境の開発」
(代表 坂本宏)
- (15) 平成 14 年度-17 年度 基盤研究 C 「暗黒物質の直接検証等精密実験の超対称模型へのインパクト」
(代表 野尻美保子)
- (16) 平成 09 年度-10 年度 基盤研究 C 「超対称性の破れの起源の現象論的・宇宙論的考察」(代表 山口昌弘)
- (17) 平成 11 年度-13 年度 基盤研究 C 「超弦理論および M 理論の現象論的研究」(代表 山口昌弘)
- (18) 平成 09 年度-12 年度 基盤研究 C 「超対称理論におけるレプトンフレーバー数非保存過程」(代表 岡田安弘)
- (19) 平成 13 年度-16 年度 基盤研究 C 「超対称模型におけるフレーバーの物理」(代表 岡田安弘)
- (20) 平成 11 年度-13 年度 基盤研究 C 「超対称大統一理論に基づく素粒子の世代の起源の研究」(代表 井上研三)
- (21) 平成 12 年度-13 年度 特定領域研究(408) 公募研究 「素粒子の階層性」(代表 野尻美保子)
- (22) 平成 11 年度-12 年度 特定領域研究(291) 公募研究 「量子場の相と CP の破れ」(代表 石川健三)

4. 特定領域を推進するにあたっての基本的な考え方

この領域は、これから**数年で確実に成果**が期待され、新たな素粒子像を探る上で極めて重要な実験と、その成果に直接結びつき、大きな飛躍が期待される理論研究で構成する。**研究期間は、LHC の運転開始時期を考慮して6年**とし、それぞれの分野を代表する最前線の研究者の集結を全国規模で計り、研究を強力に推進してゆく。

3つの研究項目を建て、これとは別に総括班を置く。それぞれの研究が成果を上げるだけでなく、ヒッグス粒子、超対称性などの発見を通して、領域全体が標準理論を超えた新しいパラダイムの構築と21世紀の新しい素粒子像を探る共通の目的を持つ必要がある。総括班は、この目的の為に、最新の研究成果の共有、相互の情報交換のみならず、研究の将来発展する方向を研究項目の枠を超えて議論し、領域全体の調整を行う。また、年1回程度の割合で、国内外の関係する研究者を招いて研究会を行い、研究の発展する方向を議論する。

- 研究項目 A：ヒッグス粒子や超対称性粒子の発見やその詳細な研究、並びに標準理論の精密検証を通してその破れを探る研究を、アトラス検出器を用いて行う。
- 研究項目 B：レプトンの世代混合 $\mu \rightarrow e \gamma$ の発見を通して、超対称性による統一理論やニュートリノの質量の関わるシーソー機構を探る。
- 研究項目 C：アトラス、MEG 実験が切り拓いた新しいパラダイムを展開し、新しい素粒子物理学の方向性を研究する。超弦理論、超対称性を通しての力の統一や時空構造の解明、ゲージ原理や世代の意味するものを探る。これら先駆的な理論研究が示唆するものをA,Bの実験に於いて検証を行う。この様に実験と理論は不可欠な相補的な関係にある。

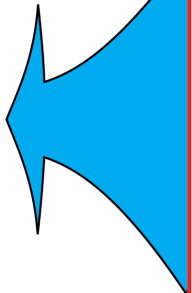
研究組織

- 研究項目 A：**エネルギーフロンティアLHC実験**
 - ◇ 計画研究 A01「アトラス検出器を用いたヒッグス粒子の発見」(代表：坂本 宏 他7名)
 - ◇ 計画研究 A02「アトラス検出器を用いた超対称性の発見」(代表：川越 清以 他7名)
 - ◇ 計画研究 A03「アトラス実験での精密測定と標準理論を超えた物理の研究」
(代表：岩崎 博行 他12名)
 - ◇ 計画研究 A04「素粒子モデル構築へのLHC実験のインパクト」(代表：野尻 美保子 他2名)
- 研究項目 B：**レプトン世代混合で見通す超対称性から超高エネルギーの世界**
 - ◇ 計画研究 B01「ミュオン粒子稀崩壊探索実験 MEG で迫る超対称性大統一理論」
(代表：森 俊則 他5名)
 - ◇ 計画研究 B02「超対称理論における世代構造とレプトン・フレーバーの破れの研究」
(代表：山口 昌弘 他2名)
- 研究項目 C：**力の統一と超対称性の理論研究**
 - ◇ 計画研究 C01「超弦理論のコンパクト化に基づく標準模型へのアプローチ」
(代表：江口 徹 他2名)
 - ◇ 計画研究 C02「超対称ゲージ理論と精密測定 of 物理」(代表：石川 健三 他2名)
 - ◇ 計画研究 C03「時空構造と統一理論」(代表：井上 研三 他1名)
 - ◇ 計画研究 C04「超対称モデルの現象論的研究」(代表：岡田 安弘 他1名)

この内、A04, B02 は実験に密接に結び付いた現象論的研究であり、アトラスや MEG 実験に直接理論的な助言を行う。同時に、A04, B02, C04 の現象論は、アトラス、MEG 実験の成果を研究項目 C に繋ぐ上で重要な役割を果たし、逆に C01-03 で得られた成果を実験に還元する。



標準理論を超えた21世紀の新しい素粒子像



領域全体の
舵取りと調整、及び評価

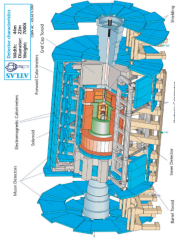
研究期間 平成16～21年度

総括班

ヒッグス粒子の発見
超対称性粒子の発見

LHC実験

A01 ヒッグス
A02 超対称性
A03 精密測定
A04 LHC現象論

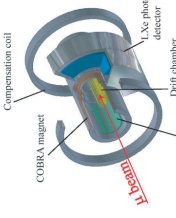


平成19年 実験開始

MEG実験

$\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊の発見

B01 MEG実験
B02 世代混合



平成18年 実験開始

統一理論

C01 超弦理論
C02 ゲージ理論
C03 時空構造
C04 超対称性現象論

- 公募研究
- 公募研究
- 公募研究
- 公募研究
- 公募研究
- 公募研究
- 公募研究
- 公募研究

5. 特定領域の内容

総括班

総括班	氏名	所属	職	専門	役割分担
研究代表	駒宮 幸男	東京大学・大学院理学系研究科	教授	素粒子実験	研究の統括
研究分担	坂本 宏	東京大学・素粒子物理国際研究センター	教授	素粒子実験	計画研究代表 広報担当
	岩崎 博行	高エネルギー加速器研究機構	助教授	素粒子実験	計画研究代表
	川越 清以	神戸大学・理学部	助教授	素粒子実験	計画研究代表
	野尻 美保子	京都大学・基礎物理学研究所	助教授	素粒子理論	計画研究代表
	森 俊則	東京大学・素粒子物理国際研究センター	教授	素粒子実験	計画研究代表
	山口 昌弘	東北大学・大学院理学研究科	教授	素粒子理論	計画研究代表
	江口 徹	東京大学・大学院理学系研究科	教授	素粒子理論	計画研究代表
	石川 健三	北海道大学・大学院理学系研究科	教授	素粒子理論	計画研究代表
	井上 研三	九州大学・大学院理学研究院	教授	素粒子理論	計画研究代表
	岡田 安弘	高エネルギー加速器研究機構	教授	素粒子理論	計画研究代表
	浅井 祥仁	東京大学・素粒子物理国際研究センター	助教授	素粒子実験	事務担当
研究協力	鈴木 厚人	東北大学大学院・理学研究科	教授	素粒子実験	評価担当
	柳田 勉	東京大学大学院・理学系研究科	教授	素粒子理論	評価担当

(活動内容) 総括班は、各計画研究の調整を行い、研究の最新の進展状況を把握しながら、必要に応じて各研究班の方向付けを行う。同時に、本領域にさらなる成果をもたらす萌芽的な研究を公募研究で組織する。また、成果をまとめる研究会を年1回程度行う。

研究項目 A 「エネルギーフロンティア LHC 実験」

計画研究 A01 「アトラス検出器を用いたヒッグス粒子の発見」			
研究代表者	坂本 宏	東京大学・素粒子物理国際研究センター	教授
研究分担者	小林 富雄	東京大学・素粒子物理国際研究センター	教授
	真下 哲郎	東京大学・素粒子物理国際研究センター	助教授
	浅井 祥仁	東京大学・素粒子物理国際研究センター	助教授
	上田 郁夫	東京大学・素粒子物理国際研究センター	助手
	松本 浩	東京大学・素粒子物理国際研究センター	助手
	吉田 肇	鳴戸教育大学・学校教育学部	教授
	田中 覚	立命館大学・理工学部	教授

(研究計画の概要) 本研究ではアトラス測定器を用いて、ヒッグス粒子を直接発見し、ゲージ対称性の破れや質量の起源が、真空の構造によるものであることを実証する。超対称性理論では最低4種類のヒッグス粒子が存在する。これらの発見・研究を通して、標準理論を超える物理を探る。この目的を達成するため、本研究グループは特に、アトラス実験で大量に収集されるデータを解析する環境づくりを行なう。アトラスで収集されるデータ量は年間約3ペタバイトにも達し、必要となる計算機資源量も膨大である為、従来の計算機システムはこれを効率的に処理できない。最先端のIT関連技術であるGRID技術を駆使して、世界中に分散した計算機を用いて、物理解析を効率よく行うことが可能な解析システムを構築する。

計画研究 A02 「アトラス検出器を用いた超対称性の発見」			
研究代表者	川越 清以	神戸大学・理学部	助教授
研究分担者	武田 廣	神戸大学・理学部	教授
	川本 辰男	東京大学・素粒子物理国際研究センター	助教授
	田中 秀治	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	助手
	藏重 久弥	神戸大学・自然科学研究科	助教授
	本間 康浩	神戸大学・工学部	助教授
	石井 恒次	神戸大学・自然科学研究科	助手
	越智 敦彦	神戸大学・理学部	助手

(研究計画の概要) 本研究では LHC に建設中のアトラス測定器を用いて、超対称性の物理の実験的研究を行う。超対称性理論は標準理論を越える理論としてもっとも有力であるが、いまだに直接的な検証はなされていない。LHC ではグルイーノやスカラークォークなどの超対称性粒子を大量に生成できると期待されており、本研究でそれらの新粒子の直接探索を行う。また、超対称性粒子の崩壊過程の測定によって超対称性のモデルの検証やパラメータの決定を行う。本研究グループはアトラス測定器の中でミュオントリガーチェンバーの組込み、運転、保守、較正を国際協力で行なう。ミュオン検出器は、超対称性のみならず、ほとんどすべての物理研究で重要な役割を果たすものであり、これは実験全体に対する極めて重大な貢献である。

計画研究 A03 「アトラス実験での精密測定と標準理論を超えた物理の研究」			
研究代表者	岩崎 博行	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	助教授
研究分担者	近藤 敬比古	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	教授
	尼子 勝哉	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	助教授
	佐々木 修	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	助教授
	新井 康夫	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	助手
	池上 陽一	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	助手
	寺田 進	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	助手
	中野 逸夫	岡山大学・理学部	教授
	高嶋 隆一	京都教育大学・教育学部	助教授
	原 和彦	筑波大学・物理学系	講師
	長谷川 庸司	信州大学・理学部	助手
	長坂 康史	広島工業大学・工学部	助教授
	下島 真	長崎総合科学大学・工学部・電気電子情報工学科	助教授

(研究計画の概要) 本研究では LHC に建設中のアトラス測定器を用いて、重心系エネルギー 14TeV における陽子・陽子衝突から発生する各種の反応を観測し、標準理論から予測される反応率等との比較を行なう。特に W, Z, γ などのゲージボゾンが関係する反応における理論とのずれを精密に測定することは、標準理論の破れを示唆し高いエネルギーでの新しい物理や対称性の研究に寄与する。またヒッグス粒子や超対称性粒子が発見された場合でも、これらの反応の精密測定は新しい統一的な物理像の基礎を理解するために必要不可欠である。この物理目的を達成するため、本研究グループは特に、アトラス実験装置の中央部シリコン半導体検出器部分の据付・組立を国際協力で行ない、試運転・較正を行う。また並行して、アトラス実験装置のデータ収集システムの構築に国際協力に参加する。これらのシリコン半導体検出器およびデータ収集システムは、発生するイベントの荷電粒子の運動量を測定し二次バーテックスの検出等に欠かせない実験装置である。

計画研究 A04 「素粒子模型構築への LHC 実験のインパクト」			
研究代表者	野尻 美保子	京都大学・基礎物理学研究所	助教授
研究分担者	小林 達夫	京都大学・理学部	助手
	前川 展祐	京都大学・理学部	助手

(研究計画の概要) この研究計画では、ゲージ対称性の破れの起源、大統一理論、超対称性の破れ、余剰次元の理論的研究をもとに、標準模型を超える理論の予言が LHC で確実に検証できるように、新しい解析方法、探索すべきシグナルの提案を行う。LHC 実験で得られるシグナルは、高いエネルギースケールの物理を探る上で、決定的な情報となるので、実験と協力して、可能なシグナルを網羅する。また、新しい素粒子は、暗黒物質の候補となるため、コライダーで発見される一番軽い超対称性粒子の性質の決定については特に注意をはらい、現在の宇宙に暗黒物質ができた過程にせまる。理論と実験が協力して LHC 実験データを解析するための準備として、研究会も行う。

研究項目 B 「レプトン世代混合で見通す超対称性から超高エネルギーの世界」

計画研究 B01 「ミュオン粒子稀崩壊探索実験 MEG で迫る超対称性大統一理論」			
研究代表者	森 俊則	東京大学・素粒子物理国際研究センター	教授
研究分担者	真木 晶弘	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	教授
	春山 富義	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	助教授
	山下 了	東京大学・素粒子物理国際研究センター	助手
	佐伯 学行	東京大学・素粒子物理国際研究センター	助手
	寺沢 和洋	早稲田大学・理工学総合研究センター	講師

(研究計画の概要) 本領域は、新しい発見が確実視される実験によって今後の素粒子物理研究の方向を決定付けようとするものであり、その二大柱の一つであるMEG実験を実施するのが本計画研究である。MEG実験で発見しようとするミュオン粒子の稀崩壊反応 $\mu \rightarrow e\gamma$ は、標準理論では起こり得ず、力の統一やニュートリノ振動現象の起源となる超高エネルギーでの物理によって、超対称性を通して引き起こされると考えられる。この研究によって超高エネルギーのエネルギースケールやその対称性について、また超対称性の破れの起源について、実験的証拠が得られることが期待される。本研究で提案している実験計画は既にスイスPSI研究所において承認され、スイス・イタリア・ロシアの共同研究者とともに準備中である。ここでは、この国際共同実験を日本の主導によって実施し、超高エネルギーの物理に迫る。

計画研究 B02 「超対称理論における世代構造とレプトン・フレーバーの破れの研究」			
研究代表者	山口 昌弘	東北大学・大学院理学研究科	教授
研究分担者	諸井 健夫	東北大学・大学院理学研究科	助教授
	山田 洋一	東北大学・大学院理学研究科	助手

(研究計画の概要) 標準理論においては、レプトン数は各世代毎に保存するが、これは偶数の産物と考えられており、それを越えるより基本的な理論では、レプトンフレーバーは保存しない。特に超対称性理論においては、大統一相互作用やシーソー機構に関わる右巻きニュートリノの相互作用等の影響で、レプトンフレーバーの破れが、MEG実験で到達可能な大きさで起こることが期待される。この研究では、超対称性理論におけるレプトンフレーバーの破れを、現在考えられる様々な模型で、徹底的に調べ尽くす。そして、MEG実験でレプトンフレーバーの

破れが発見された時に、LHCでの直接的な超対称性粒子の発見・研究からの情報と合わせて、レプトンフレーバーの破れの起源を同定する方法を確立する。さらに、クォークセクターの世代混合と組み合わせて、世代構造を統一的に理解する道を切り開く。

研究項目C「力の統一と超対称性の理論研究」

計画研究 C01「超弦理論のコンパクト化に基づく標準模型へのアプローチ」			
研究代表者	江口 徹	東京大学・大学院理学系研究科	教授
研究分担者	川野 輝彦	東京大学・大学院理学系研究科	助手
	伊藤 克司	東京工業大学・大学院理工学研究科	助教授

(研究計画の概要) 双対性を用いた弦理論の非摂動的力学の研究には過去数年間にわたって大きな進展があり、ブレーンとよばれる高次元に広がった媒質や、種々の弦理論の背後に存在すると考えられるより基本的な理論=M 理論など重要な発見が相次いだ。M 理論は11次元の理論のためコンパクト化する空間は7次元であるが、7次元多様体が特別な幾何学的性質を持つと現象論的に望ましい N=1 超対称性をもつ4次元理論が得られる。この研究では M 理論のコンパクト化を詳しく調べ、超対称統一模型など現象論的理論との融合を試みる。また、超弦理論においてラモン場のフラックスが存在するとディラトンやモジュライと呼ばれる質量ゼロの粒子を取り除くことが出来ることが知られており、こうして安定化した真空解の超対称性が破れると正の宇宙項を持つ理論が構成できる。このような「フラックス宇宙」の中に現実的な統一模型が存在する可能性を探求する。

計画研究 C02「超対称ゲージ理論と精密測定 of 物理」			
研究代表者	石川 健三	北海道大学・大学院理学研究科	教授
研究分担者	鈴木 久男	北海道大学・大学院理学研究科	助教授
	末廣 一彦	北海道大学・大学院理学研究科	講師

(研究計画の概要) 時空の内部構造や力の統一理論の探求は、高エネルギー実験による新自由度の直接生成と、低エネルギーにおける精密測定による新自由度の引き起こす特異な微少効果の検証との相補的な二つの方法を結び付けて有効になされる。本計画研究は後者についての理論的研究、特に物理定数等の精密測定に関する理論を展開し、超対称ゲージ理論、余剰次元等の新しい自由度による物理効果の理論的研究を展開する。具体的には、(1) 微細構造定数や時空の階層構造と量子ホール効果、粒子干渉、レーザー干渉等の精密測定 (2) 異常磁気能率やフレーバー変換稀崩壊と超対称場の理論 (3) 超対称性粒子と時空の階層構造と万有引力定数、カシミヤ効果、第5の力等の関連についての理論的研究を行う。

計画研究 C03「時空構造と統一理論」			
研究代表者	井上 研三	九州大学・大学院理学研究院	教授
研究分担者	吉岡 興一	九州大学・大学院理学研究院	助手

(研究計画の概要) 時空の構造は、対称性原理に代わる新しい魅力的なアイデアとして注目されている。標準模型を越える素粒子の統一理論は、高次元時空においてより自然に実現されると考えられる。時空構造の存在は、近い将来の実験において、様々な特徴をもって観測される可能性も秘めている。本研究に於いては、統一理論の研究を通じて、隠された時空の構造を

明らかにしたい。具体的には、素粒子物理（フレーバーの物理、大統一理論等）への時空構造に基づく新たなアプローチを模索する。そして、標準模型を越えた自然観の確立を目指す。

計画研究 C04 「超対称模型の現象論的研究」			
研究代表者	岡田 安弘	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	教授
研究分担者	岡田 宣親	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	助手

(研究計画の概要) 1990年代のLEP実験の成果により、超対称模型は標準模型を越える物理の有力な候補としてクローズアップされている。この研究計画では、超対称模型や超対称大統一理論の検証にLHC実験やレプトンフレーバーの破れの測定がどのようなインパクトを与えるか、LHCの成果を踏まえたうえで超対称模型の構造と探るためには将来どのようなエネルギーフロンティア実験やフレーバー実験が必要か、超対称模型の解明が宇宙の理解にどのような役割を果たすかを理論的研究により明らかにする。

公募研究

公募研究 (10件程度)

(研究計画の概要) 計画研究で得られた成果、知見を更に大きく広げる研究や、深く掘り下げる為に必要となる基礎研究を、実験、理論両面で広く公募する。さらに、エネルギーフロンティア加速器の将来計画に於いて、この領域研究の成果を更に発展させる物理研究や、その為に必要となる次世代の高性能検出器の研究開発も公募研究を通して推進する。公募の件数は、総数で10件ほどとし、公募研究に供する費用は、年間3000万円程度とする。

6. 研究期間及び研究経費

(単位：千円)

研究区分	16	17	18	19	20	21	合計
総括班	2,200	4,700	4,700	4,700	4,700	4,700	25,700
研究項目 A	55,375	142,100	154,350	165,225	166,225	167,025	850,300
計画研究 A01	48,875	55,400	56,650	57,525	57,525	57,625	333,600
計画研究 A02	2,000	31,600	31,600	36,600	36,600	36,800	175,200
計画研究 A03	2,000	50,600	61,600	66,600	67,600	68,100	316,500
計画研究 A04	2,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	25,000
研究項目 B	97,800	125,700	74,200	58,700	57,700	42,700	456,800
計画研究 B01	95,300	121,200	69,200	54,200	53,200	38,700	431,800
計画研究 B02	2,500	4,500	5,000	4,500	4,500	4,000	25,000
研究項目 C	13,020	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	113,020
計画研究 C01	2,520	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	25,020
計画研究 C02	4,000	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	31,500
計画研究 C03	4,000	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500	31,500
計画研究 C04	2,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	25,000
合計	168,395	322,500	283,250	278,625	278,625	264,425	1,595,820
計画研究 ※総括班・支援班・調整班含む	168,395	292,500	253,250	248,625	248,625	234,425	1,445,820
公募研究 (件数) 内訳 300万円程度	0	30,000 (10件程度)	30,000 (10件程度)	30,000 (10件程度)	30,000 (10件程度)	30,000 (10件程度)	150,000 (50件程度)
		10件 30,000	10件 30,000	10件 30,000	10件 30,000	10件 30,000	50件 150,000

平成 16, 17 年度は、アトラス解析システムの構築、物理解析計画書の作成準備、及び MEG 検出器の建設を行う為、計画研究 A01 と B01 が主要な経費を占めている。A02, A03 は、平成 17 年度より現地 CERN に赴き、アトラス検出器を組み立て、安定した運用を行い、物理解析を行う。A02, A03 の初年度は、検出器に関しては翌年度以降の組み立てと運用に関する準備研究だけにとどめるが、物理解析の準備は緊急性に鑑みこの年度から開始する。アトラス実験のデータ収集を平成 19 年より開始する。19, 20 年度に大きな発見が期待され、その詳細な解析は平成 21 年度まで続く。この為、研究期間は 6 年とする。

7. 計画研究における費目別内訳

(単位：千円)

費目	16	17	18	19	20	21	合計
設備備品費	40,500	19,180	12,680	12,100	11,180	4,800	100,440
消耗品費	44,120	84,020	40,120	25,200	24,120	18,850	236,430
国内旅費	9,700	14,450	14,350	14,500	15,000	14,900	82,900
外国旅費	64,125	144,650	155,900	166,525	168,525	164,825	864,550
謝金	3,850	5,700	5,700	5,800	5,800	5,650	32,500
その他	6,100	24,500	24,500	24,500	24,000	25,400	129,000
(うち研究支援者雇用費)	(5,500)	(19,800)	(19,800)	(19,800)	(19,800)	(19,800)	(104,500)
合計	168,395	292,500	253,250	248,625	248,625	234,425	1,445,820

設備備品費の主要な部分は、計画研究 B01 (MEG 実験) の液体キセノン検出器やそれに付随する備品が占めている。これらは実験が行われる PSI 研究所に設置される。消耗品費の主要なもの、B01 の液体キセノン検出器で用いられるキセノンと光電子増倍管である。平成 18 年度以降は、データを保存するために必要となる記憶メディアが主である。

実験が CERN (ジュネーブ) と PSI (チューリッヒ) で行われる為、海外旅費が大きな割合を占めている。主導的に物理解析を遂行するためにも、また検出器を質の高い状態で運転し続ける為にも、研究者が現地へ赴き、海外の研究協力者と議論を重ねながら研究活動を行うことが極めて重要である。

8. その他

8.1 理解に役立つ図表解説

既に上記の、研究の必要性、準備状況等に記載した。

8.2 研究代表者の主要業績

駒宮 幸男 (領域代表者)

1980年代初頭から、ドイツ DESY、米国 SLAC、スイス CERN において最高エネルギーでの素粒子実験をその中心となって牽引してきた。特にヒッグス粒子や超対称性粒子の探索を世界に先駆けて行なった。CERN の OPAL 実験では、日本グループを率いて国際協力実験の中核となし、また OPAL の物理解析統括責任者として電弱統一ゲージ理論、強い相互作用、フレーバー物理、新粒子探索に新しいアイデアに基づく研究論文を多数発表し、標準理論の確立に貢献した。本分野の我が国の代表である高エネルギー委員長を歴任し、現在、ICFA (International Committee for Future Accelerators) の日本代表として国際加速器実験計画を企画・推進する素粒子物理学の世界的リーダー。

1. Search for the Standard Higgs Boson with the OPAL Detector at LEP, G. Abbiendi, S. Komamiya et al., OPAL Collaboration, Eur. Phys. J. C26 (2003) 479.
2. Precise Measurement of the Z Resonance Parameters at LEP, Zedometry, G. Abbiendi, S. Komamiya et al., OPAL Collaboration, Eur. Phys. J. C19 (2001) 587.
3. Search for Chargino and Neutralino Production at $E_{cm}=181-184$ GeV at LEP, G. Abbiendi, S. Komamiya et al., OPAL Collaboration, Eur. Phys. J. C8 (1999) 255.
4. A Study of B Meson Oscillation Using Dilepton Events, R. Akers, S. Komamiya et al., OPAL Collaboration, Z. Phys. C67 (1995) 555.
5. Search for Non-minimal Higgs Bosons from Z Boson Decay, S. Komamiya et al., Phys. Rev. Lett. 64 (1990) 2881.
6. Determination of α_s from Differential Jet Multiplicity at SLC and PEP, S. Komamiya et al., Phys. Rev. Lett. 64 (1990) 987.

坂本 宏 (計画研究 A01 「アトラス検出器を用いたヒッグス粒子の発見」研究代表者)

これまで、KEK-TRISTAN 加速器 VENUS 実験、KEK-B 加速器 Belle 実験のレプトンコライダー実験、米国 SSC 加速器 SDC 実験、CERN LHC 加速器 ATLAS 実験というハドロンコライダー実験、さらには KEK の 12GeV PS での K 中間子希崩壊実験 E162 などに参加し、一貫してトリガー/DAQ システムの構築に従事し、つねに最新の電子回路技術を取り込み、その時点で達成可能なもっとも高性能のシステムを実現してきた。オンラインシステムの構築では最新のネットワーク技術・オブジェクト指向技術を取り入れた汎用システム開発プロジェクト KONOE を主宰し、日本の若手研究者のオンライン技術向上に貢献してきた。

1. Development of the central trigger system for the BELLE detector at the KEK B-factory, Y. Ushiroda, A. Mohapatra, H. Sakamoto, Y. Sakai, M. Nakao, Q. An and Y. F. Wang, Nuclear Instruments and Methods

- in Physics Research A438 (1999) 460.
2. Readout system for the ATLAS end cap muon trigger chamber, H. Sakamoto, C. Fukunaga, K. Hasuko, R. Ichimiya, M. Ikeno, H. Kano, T. Kobayashi, H. Kurashige, L. Levinson, N. Lupu, T. Niki, S. Nishida, T.K. Ohoka, O. Sasaki, T. Takeshita, D. Toya and B. Ye, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A453 (2000) 430.
 3. The BELLE event building system, S.Y. Suzuki, H. Matsuo, H. Fujii, O. Sasaki, Y. Igarashi, Y. Nagasaka, Y. Watase, H. Sakamoto and M. Tairadate, IEEE Trans. Nucl. Sci. 47 (2000) 61.
 4. KONOE: An Object-Oriented/Network-Distributed Online Environment, Y. Sakamoto, G. Iwai, K. Uchida, M. Asai, S. Enomoto, T. Hosoi, A. Izumoto, S. Kawabata, Y. Kouno, K. Mizouchi, Y. Nagasaka, I. Nakano, S. Nishida, H. Sakamoto, T. Sasaki, Y. Shimizu and N. Tamura, IEEE Transactions on Nuclear Science 49 (2002) 3254.

川越 清以 (計画研究 A02「アトラス検出器を用いた超対称性の発見」研究代表者)

最高エネルギーの電子陽電子コライダー実験 (PETRA での JADE 実験と LEP での OPAL 実験) に参加し、「素粒子の世代数の決定」、「素粒子の標準模型の検証」、「新粒子の探索」など重要な成果をあげてきた。これらの大規模な国際共同実験の中で中核的役割を果たしてきた。また、リニアコライダー実験計画のためにヒッグス粒子の発見とその性質の研究の見地から提言を行い、実験計画の方向性を決めた。リニアコライダー実験のための測定器開発研究でも主導的役割を果たしている。アトラス実験では、その計画初期から参加し、研究活動を続けている。ハドロンコライダー実験は初めての経験であるが、LHC における超対称性の物理研究において、すでに注目される成果をあげている。

1. Detailed study of gluino decay into third generation squarks at the CERN LHC, J. Hisano, K. Kawagoe, M.M. Nojiri, Phys. Rev. D68 (2003) 035007.
2. Search for the standard model Higgs boson with the OPAL detector at LEP, G. Abbiendi, K. Kawagoe et al., OPAL Collaboration, Eur. Phys. J. C26 (2003) 479.
3. Search for chargino and neutralino production at $\sqrt{s}=189$ GeV at LEP, G. Abbiendi, K. Kawagoe et al., OPAL Collaboration, Eur. Phys. J. C14 (2000) 187.
4. Search for excited leptons in e^+e^- collisions at $\sqrt{s}=161$ GeV, K. Ackerstaff, K. Kawagoe et al., OPAL Collaboration, Phys. Lett. B391 (1997) 197.

岩崎 博行 (計画研究 A03「アトラス実験での精密測定と標準理論を超えた物理の研究」研究代表者)

LHC 環境における耐放射線性シリコン検出器の開発研究。および アトラス実験用前後方部のミュオントリガー系の設計、特にトリガー検出器の開発研究と製作。平行して標準理論の精密測定である B 中間子における CP 非保存の研究。現在は TGC (Thin Gap Chamber) 日本グループの代表者であると同時に アトラス TGC グループ全体の責任者として開発と製作の任に当たっている。

1. Searching for the origin of masses, H. Iwasaki, AIP Conf. Proc. 634 (2002) 412.
2. Observation of large CP violation in the neutral B meson system, K. Abe, H. Iwasaki et al., Belle Collaboration, Phys. Rev. Lett. 87 (2001) 091802.
3. First-level endcap muon trigger system for ATLAS, K. Hasuko, H. Iwasaki et al., Cracow 2000, Electronics for LHC experiments, 328.
4. Studies on ageing effects and rate dependence of thin gap chambers, H. Fukui, H. Iwasaki et al., Nucl.

Instrum. Meth. A419 (1998) 497.

5. Performance of the ATLAS silicon strip detector modules, F. Albiol and H. Iwasaki et al., Nucl. Instrum. Meth. A403 (1998) 247.

野尻 美保子 (計画研究 A04 「素粒子模型構築への LHC 実験のインパクト」研究代表者)

超対称標準模型の現象論的研究を系統的に行っており、超対称暗黒物質、LC の物理、MSUGRA 模型では引用回数が多い研究論文を発表してきた。現在素粒子実験では、ハドロンコライダーの物理がもっとも重要な課題であり、測定器シミュレーションを含んだ研究グループを早くから構築している。国際的にもその成果がみとめられて、超対称性の研究会シリーズ (SUSY) において、コライダーセッションのプログラム委員となったり、Les Houches でハドロンコライダーの物理の専門家を集めた Workshop である Physics at the TEV Collider の世話人を行っている。また、将来計画に関する共同報告の著者、編集者となっている。

1. Detailed study of gluino decay into third generation squarks at the CERN LHC, J. Hisano, K. Kawagoe, M.M. Nojiri, Phys. Rev. D68 (2003) 035007.
2. Confronting the Minimal Supersymmetric Standard Model with the study of scalar leptons at future linear e^+e^- colliders, M.M. Nojiri, K. Fujii, T. Tsukamoto, Phys. Rev. D54 (1996) 6756.
3. The neutralino relic density in Minimal N=1 Supergravity, M. Drees and M.M. Nojiri, Phys. Rev. D47 (1993) 376.
4. Radiative symmetry breaking in Minimal N=1 Supergravity with large yukawa couplings, M. Drees, and M.M. Nojiri, Nucl. Phys. B369 (1992) 54.

森 俊則 (計画研究 B01 「ミュー粒子稀崩壊探索実験 MEG で迫る超対称性大統一理論」研究代表者)

主に最高エネルギーの電子・陽電子衝突型加速器 (KEK の TRISTAN、CERN の LEP) において電弱相互作用の研究および新粒子の探索を行ってきた。LEP 加速器の OPAL 実験では、電弱相互作用のゲージボゾンである Z^0 粒子のハドロン崩壊を精密測定して、素粒子の世代の数 (ニュートリノの種類) が3つであることや、トップクォークの質量の決定、電弱統一ゲージ理論の確立に中心となって貢献した。また、B 中間子の粒子・反粒子振動の測定など、クォーク・レプトンのフレーバー (世代) に関する研究や、 Z^0 の姉妹粒子である W ボゾンの精密測定も先導して行ってきた。最近では、ミュー粒子の稀崩壊から超対称性を探るため、新しい測定器を考案、その性能を実証した。MEG 実験代表者。

1. Development of a Liquid Xenon Scintillation Detector for a New Experiment to Search for $\mu \rightarrow e \gamma$ Decays, T. Doke, T. Mori, et al., Nucl. Instr. Meth. A505 (2003) 199.
2. Precise Determination of the Z Resonance Parameters at LEP: Zedometry, G. Abbiendi, T. Mori et al., OPAL Collaboration, Euro. Phys. J. C19 (2001) 587.
3. Search for $\mu \rightarrow e \gamma$ Down to 10^{-14} Branching Ratio, T. Mori et al, Research Proposal to Paul Scherrer Institut, PSI R-99-05.1 (1999).
4. Electroweak Parameters of the Z Resonance and the Standard Model, The LEP Collaborations: ALEPH, DELPHI, L3 and OPAL, Phys. Lett. B276 (1992) 247.
5. Mass Limits for a Standard Model Higgs Boson in e^+e^- Collisions at LEP, M.Z. Akrawy, T. Mori et al., OPAL Collaboration, Phys. Lett. B236 (1990) 224.
6. Measurement of the Z Mass and Width with the OPAL Detector at LEP, M.Z. Akrawy, T. Mori et al.,

山口 昌弘 (計画研究 B02「超対称理論における世代構造とレプトン・フレーバーの破れの研究」研究代表者)

超対称性理論や余剰次元理論など素粒子の標準理論を超える物理に関して世界をリードする研究をおこなってきている。特に、1990年に超対称性理論のヒッグス粒子が、重いトップクォークの量子補正による影響で、それまで考えられていた質量の上限を大幅に超えて130GeV程度にまで重くなることを世界で初めて指摘した。この結果は、世界のヒッグス探索実験計画に大きな影響を与え、特にLHC実験でヒッグス粒子を発見することが重要になった。この論文は既に680回以上引用されている。また、1995年から96年にかけて、超対称性理論におけるレプトンフレーバーの破れに関する一連の先駆的な研究を行った。特に、ニュートリノ質量の起源と考えられている右巻きニュートリノの相互作用の影響で、 $\mu \rightarrow e \gamma$ 等のレプトンフレーバーの破れが現われることを指摘し、MEG実験を含む将来の実験で到達できる分岐比が期待できることを世界で初めて示した。この一連の論文は合わせて400回以上引用され、世界的に非常に高い評価を受けている。

(受賞：1996 日本物理学会論文賞, 西宮湯川記念賞)

1. Upper bound of the lightest Higgs boson mass in the Minimal Supersymmetric Standard Model, Y. Okada, M. Yamaguchi and T. Yanagida, Prog. Theor. Phys. 85 (1991) 1.
2. Low-energy effective Lagrangian in unified theories with nonuniversal supersymmetry breaking terms, Y. Kawamura, H. Murayama and M. Yamaguchi, Phys. Rev. D51 (1995) 1337.
3. Lepton flavor violation via right-handed neutrino Yukawa couplings in Supersymmetric Standard Model, J. Hisano, T. Moroi, K. Tobe and M. Yamaguchi, Phys. Rev. D53 (1996) 2442.
4. Supersymmetry Breakdown at a Hidden Wall, H.P. Nilles, M. Olechowski and M. Yamaguchi, Nucl. Phys. B530 (1998) 43.
5. Effects of extra space-time dimensions on the Fermi constant, P. Nath and M. Yamaguchi, Phys. Rev. D60 (1999) 116004.
6. Democratic (S)fermions and Lepton Flavor Violation, K. Hamaguchi, M. Kakizaki and M. Yamaguchi, Phys. Rev. D68 (2003) 056007.

江口 徹 (計画研究 C01「超弦理論のコンパクト化に基づく標準模型へのアプローチ」研究代表者)

江口は日本の超弦理論の分野を代表する研究者で、今年度日本で開かれた超弦理論の年会strings2003では組織委員長を務めた。また、平成10-13年度にかけては、素粒子理論で初めての特定領域研究「超対称性と素粒子の統一理論」を主催しその代表者を務めた。

江口の主な仕事には、超弦理論の力学で基本的な役割を果たす江口-Hanson空間、ゲージ対称性が大きい極限のゲージ理論が行列模型で置き換えられることを示した江口-川合模型、量子コホモロジーに関するピラソロ予想などがある。

1. Quantum Cohomology and Virasoro Algebra, T. Eguchi, K. Hori and C.-S. Xiong, Phys. Lett. B402 (1997) 71.
2. Reduction of Dynamical Degrees of Freedom in the Large N Gauge Theory, T. Eguchi, and H. Kawai, Phys. Rev. Lett. 48(1982) 1063.
3. Gravitation, Gauge Theories and Differential Geometry, T. Eguchi, P.B. Gilkey, and A.J. Hanson, Phys. Rept. 66 (1980) 213.

4. Asymptotically Flat Self-dual Solutions to Euclidean Gravity, T. Eguchi and A. J.Hanson, Phys. Lett. B74 (1978) 249.

石川 健三 (計画研究 C02「超対称ゲージ理論と精密測定 of 物理」研究代表者)

(1) 強い相互作用を担うゲージ場グルーオンを構成要素とする粒子グルーボールの性質や質量を格子ゲージ理論により非摂動効果を取り込んで計算し、グルーボールの理論的予言を行った。
(2) ゲージ場の理論に基づき、量子ホール効果の特異性とホール伝導度が微細構造定数に比例する厳密に量子化された値をとることを証明した。これより、QED の微細構造定数が量子ホール効果で決められることが示された。また非等方的量子ホールガスの性質を解明した。

1. Is the $E(1420)$ in J/Ψ decay a gluonic bound state?, K. Ishikawa, Phys. Rev. Lett. 46 (1981) 978.
2. Glueballs, K. Ishikawa, Scientific American 247 (1982) 142.
3. Chiral anomaly and quantized Hall effect, K. Ishikawa, Phys. Rev. Lett. 53 (1984) 1615.
4. Field theory in a strong magnetic field and the quantum Hall effect, K. Ishikawa et al., Phys. Rev. B42 (1990) 10610.

井上 研三 (計画研究 C03「時空構造と統一理論」研究代表者)

井上はこれまで超対称統一理論の研究を最先端ですすめてきた。特に、超対称標準理論における軽い Higgs 粒子の出現の指摘は、その後の実験計画に大きなインパクトを与えた。また、超対称ゲージ理論におけるゲージ対称性の量子的破れはトックオークが重たい時「radiative breaking scenario」の機構が有効に機能することを指摘し、それらは現在のこの分野の研究の基礎となっている。

1. Low Energy Parameters and Particle Masses in a Supersymmetric Grand Unified Model, K. Inoue, A. Kakuto, H. Komatsu and S. Takeshita, Prog. Theor. Phys. 167 (1982) 1889.
2. Aspects of Grand Unified Models with Softly Broken Supersymmetry, K. Inoue, A. Kakuto, H. Komatsu and S. Takeshita, Prog. Theor. Phys. 168 (1982) 927.
3. Higgs as (Pseudo-)Goldstone Particles, K. Inoue, A. Kakuto and H. Takano, Prog. Theor. Phys. 75 (1986) 664.
4. Generations of Quarks and Leptons from Noncompact Horizontal Symmetry, K. Inoue, Prog. Theor. Phys. 93 (1995) 403.

岡田 安弘 (計画研究 C04「超対称模型の現象論的研究」研究代表者)

岡田安弘は1990年に超対称模型における軽いヒッグス粒子の質量の理論的制限に関する研究を発表した。この結果はLEP、LHC、将来の電子陽電子リニアコライダー実験におけるヒッグス粒子の物理に大きな影響を与えることとなり、1996年日本物理学会論文賞および西宮湯川記念賞の対象となった。以来様々な高エネルギー実験により標準模型を越える物理を探る立場から、リニアコライダー実験でのヒッグス粒子の物理、Bファクトリーの物理による超対称性の探求、レプトンフレーバーの破れの現象論的検討等の研究を行っている。リニアコライダーやBファクトリー実験の将来計画の推進では実験家と協力して、中心的な役割を果たしている。

1. New physics effect on the Higgs self-coupling, S. Kanemura, S. Kiyoura, Y. Okada, E. Senaha and C.P.

- Yuan, Phys. Lett. B558 (2003) 157.
2. Detailed calculation of lepton flavor violating muon electron conversion rate for various nuclei, R. Kitano, M. Koike and Y. Okada, Phys. Rev. D 66 (2002) 096002.
 3. Muon anomalous magnetic moment, lepton flavor violation, and flavor changing neutral current processes in SUSY GUT with right-handed neutrino, S. Baek, T. Goto, Y. Okada and K. Okumura, Phys. Rev. D 64 (2001) 095001.
 4. Muon decay and physics beyond the Standard Model, Y. Kuno and Y. Okada, Rev. Mod. Phys. 73 (2001) 151.
 5. Proposed $\mu \rightarrow e \gamma$ search with polarized muons, Y. Kuno and Y. Okada, Phys. Rev. Lett. 77 (1996) 434.
 6. Upper bound of the lightest Higgs boson mass in the minimal supersymmetric standard model, Y. Okada, M. Yamaguchi, and T. Yanagida, Prog. Theor. Phys. 85 (1991) 1.

8.3 領域代表者及び計画研究の計画代表者の既設又は終了した特定領域、重点領域への参加状況

この領域を形成するに至った4つの特定領域研究への参加状況は、P.12 に既に示した。その他の特定領域、重点領域への参加状況は以下の通りである。

- 岡田安弘 平成9-12年度 特定領域研究「CP非保存の物理」(代表 三田一郎)の分担者
 岡田安弘 平成14-18年度 特定領域研究「超弦理論と場の理論のダイナミクス」(代表 二宮正夫)
 計画研究「CPの破れと標準模型を越える物理」(代表 小林誠)の分担者
 野尻美保子 平成14-18年度 特定領域研究「超弦理論と場の理論のダイナミクス」(代表 二宮正夫)
 計画研究「超弦理論による素粒子の統一理論と時空構造」(代表 二宮正夫)の分担者
 山口昌弘 平成14-18年度 特定領域研究「超弦理論と場の理論のダイナミクス」(代表 二宮正夫)
 計画研究「電弱対称性の破れのダイナミクスとその宇宙論への応用」(代表 吉村太彦)の分担者

8.4 その他 参考になること

新聞報道並びに解説記事を以下にあげる。

- (1) 「電子・陽電子衝突装置 LEP での最新の素粒子研究」、学術月報、1995 年 4 月号
- (2) 「素粒子物理国際研究センター」、学術月報、1996 年 4 月号
- (3) 「LEP は素粒子物理をどう変えたか」、日本物理学会誌、1995 年 6 月号
- (4) 「大型陽子・陽子衝突型加速器(LHC)計画とその物理」、日本物理学会誌、1997 年 7 月号
- (5) 「レプトンフレーバーの保存の破れと超対称標準模型」、日本物理学会誌、1998 年 5 月号
- (6) 「ヒッグス粒子を探す大型加速器 LHC」、日経サイエンス、2000 年 11 月
- (7) 「質量の起源を求めて」、パリティ、1996 年 11 月号
- (8) 「ミューオンのレプトン数は保存するか」、パリティ、1997 年 6 月号
- (9) 「標準理論を超えて」、パリティ、2000 年 12 月号
- (10) 「ヒッグス粒子を求めて」、数理科学、2001 年 10 月号

- (11) 「ヒッグス粒子の探索 過去・現在・未来」、数理科学、2001年10月号
- (12) 「ヒッグス粒子」、ニュートン、2000年6月号
- (13) 「CERN-LHC への日本の協力」、低温工学、2001年10月号
- (14) 「世界最大の加速器 CERN の LHC」、岸田純之助が解説する世界の新技术「テクノカレント」1997年7月号
- (15) 「重さの正体をつかまえろ」、朝日新聞夕刊、2000年9月22日
- (16) 「素粒子物理学 ヒッグス粒子探しから革命」、朝日新聞夕刊、2000年11月22日
- (17) 「ミューオンが開く新世界」、神戸新聞夕刊、2001年9月25日

9. 科学研究費補助金以外からの研究費の受け入れ状況

該当なし

10. 領域代表者及び事務担当者

領域代表者

氏名	駒宮幸男
所属・職	東京大学・大学院理学系研究科・教授
勤務先の住所	〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学理学部1号館
電話番号	03-3815-8384
Fax 番号	03-3814-8806
メールアドレス	sachio@icepp.s.u-tokyo.ac.jp
自宅の電話番号	03-3280-4956

事務担当者

氏名	浅井祥仁
所属・職	東京大学・素粒子物理国際研究センター・助教授
勤務先の住所	〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学理学部1号館
電話番号	03-3815-8384
Fax 番号	03-3814-8806
メールアドレス	shoji.asai@cern.ch
自宅の電話番号	045-904-6647