

「将来計画の策定に向けた提言」

1. はじめに

現在日本の高エネルギー物理学研究者は、エネルギーフロンティアでは昨年より本格的に開始されたLHC実験、ニュートリノ物理ではT2K実験、フレーバー物理では建設の始まったSuperKEKBやKOTO実験、MEG実験などを、中心となり主導して推進している。また、ダークマターや二重ベータ崩壊を探索する地下素粒子実験や、ダークエネルギー・宇宙マイクロ波背景輻射などの宇宙観測においても、日本グループが主導する研究が行われており、今後宇宙線・宇宙物理・天文・原子核分野の研究者とも連携しつつ推進していくことが期待される。今後5年程度の間、これら世界最先端の実験研究で必ずしや発見があるであろうという大きな期待が世界的に高まってきている。

本小委員会の任務は、10年以上先の将来を俯瞰して我が国の高エネルギー物理学分野の将来計画を検討することである。しかしながら今後数年間にどのような発見があるかによって、将来の研究の方向は大きく変わってくる。そこでこのような早期発見の可能性を考慮して、様々な将来計画のシナリオを検討することが急務である。**小委員会ではここに、いくつか現在検討中の将来計画のシナリオを提示して、日本の高エネルギー物理学コミュニティにおける議論の基盤とするものである。**

2. 早期発見の可能性

図1に、今後数年間に期待される発見について大凡の時間軸に沿って年表にまとめた。以下では、この年表を念頭に、「エネルギーフロンティア」、「ニュートリノ物理」、「フレーバー物理」、「地下素粒子実験」、「宇宙観測」という5つのカテゴリに分けて将来計画のシナリオを簡潔にまとめる。

3. 将来計画のシナリオ

「エネルギーフロンティア」

LHCにおいて1TeV位までにヒッグスなどの新粒子の存在が確認された場合には、ILCによる詳細研究が大きく期待され、新しい物理の解明に最適化したILCの早期実現に尽力すべきである。特に軽い新粒子は比較的早期に発見される可能性があり、その場合低い衝突エネルギーでの研究が重要となる。今からその様な場合に適した加速器の設計研究を適宜進めていく必要がある。

一方ILCのエネルギー範囲に新粒子・新現象が全く期待できない場合には、LHCおよびそのアップグレード（HL-LHC）によって間断なく新しい物理の探究を続けると共に、必

要とされるエネルギーに素早く到達可能なレプトンコライダーを実現するための電子加速技術などの開発研究を日本として重点強化していく。

「ニュートリノ物理」

θ_{13} が発見された場合、ニュートリノにおける3世代間の混合が確立し、ニュートリノ振動を通じたCP対称性の研究と質量階層性の決定が重要なテーマとなる。発見初期は、T2K実験とDouble Choozなどの原子炉実験により θ_{13} を含むニュートリノ振動パラメータの測定精度を向上させ、CPの破れのヒントを掴むことを目指す。このために、J-PARC加速器の増強、反ニュートリノビームによる振動の測定、原子炉実験における系統誤差の更なる改善、等を行う。

更に、次世代ニュートリノ研究の中核となる大型ニュートリノ測定器（Hyper-Kamiokande、大型液体アルゴンTPCなど）実現のため、基幹技術の確立と全体設計を国際協力で推進し、測定器の建設開始を目指す。これらの計画は日米欧で競合、協力して進められると考えられるが、日本が主導することが期待される。

大型ニュートリノ測定器は、大統一理論の直接の証拠となる陽子崩壊探索に対し十分な探索感度を持つようにすべきである。陽子崩壊の探索は、LHC等での発見によっては大統一の機構解明のため、より緊要な課題となる可能性がある。

「フレーバー物理」

LHCでTeVスケールの物理の端緒が発見されようとする時期に、それと並行してSuperKEKBなどの実験によりフレーバーを通して新物理の知見を得ることが重要である。目標はTeVスケールの新物理を同定することであり、それには新物理に依存して現れ方の異なるフレーバー現象を多岐にわたって測定することが有効である。

SuperKEKBによる高統計を活かしたB/D中間子崩壊モードの精密測定は様々な新物理に感度があり、速やかな開始が必要である。最も早期発見の期待が高まっているものが、MEG実験での $\mu \rightarrow e \gamma$ 事象である。これが発見された場合には、SuperKEKBにおける τ のレプトンフレーバーを破る稀崩壊探索に加えて、J-PARCにおける $\mu \rightarrow e$ 転換探索実験を強く推進すべきである。ミューオンのg-2精密測定・EDM探索実験は、米国フェルミ研究所との競合が予想される中、競争と協力を考えながら主導的に推進することが望まれる。一方、KOTOを超えるK崩壊実験では、新しいK中間子ビームラインの整備や高性能検出器の開発が必要である。また、J-PARCのパルスビームの特徴を活かした中性子EDM探索などの実験を実現するための開発研究も望まれる。

「地下素粒子実験」

ダークマターの信号が直接探索により見つかった場合、更なる確証を得ると共に、LHCや宇宙観測などの結果と照合してその背後の新物理を探るべきである。そのため、数トンスケールでの季節変動観測や反跳スペクトルの高精度測定が必要である。また、スピン依存性や原子数が異なる原子核を用いた観測も重要となる。ダークマターの運動方向が観測可能な大型実験の実現も検討していく。

ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊が発見されたなら、ニュートリノ有効質量の精度向上のために、複数核種での寿命測定と行列要素測定による理論的不定性の低減が重要となる。同時に、背後にある物理を究明するために、個々の寿命測定の更なる高精度化と、角度分布が測定可能な大型実験を検討していく。

「宇宙観測」

ダークエネルギーの観測や、宇宙マイクロ波背景輻射（CMB）Bモード探索によるインフレーションの検証は、素粒子物理学としても重要な課題である。POLARBEARやQUIETなどのCMB Bモード地上観測がインフレーションの証拠となる原始重力波の存在を示唆した場合は、その決定的検証と背後にある量子重力理論の解明のため、人工衛星による全天超精密観測の実現を目指すべきである。ダークエネルギーに関しては、イメージングと分光を駆使して測定精度を高めていくことが重要である。

4. 将来計画の策定に向けた提言

将来計画を実現するためには、長期間に亘る膨大な準備が必要とされる。今後数年間に大きな発見や新しい知見が得られた場合には、物理の観点から将来の研究の方向性を正しく判断して、機動的に素早く将来計画を策定していく事が重要である。欧州がLHC - LHCアップグレードへ、また米国が大強度ハドロンビーム - ニュートリノファクトリ - ミューオンコライダーへの既定路線を敷く現状では、日本がリードして素粒子物理学研究の方向性を示し、物理成果を最大とする将来計画を提案していくべきである。そのために、**今後新たな発見に応じて機動的に議論を行って将来計画を策定していく核となる、若手研究者からなる委員会を常設して対応することを提案する。**

本小委員会は、春の物理学会において下記のタウンミーティング（学会シンポジウム）『10年先を俯瞰した高エネルギー物理学の将来展望』を主催して、ここに示した将来計画シナリオについて説明を行い、広くコミュニティの意見を聴いて、本年中に最終答申をまとめる予定である。なお必要に応じて同様のタウンミーティングを更に開催していくことを検討している。

2011年3月

高エネルギー物理学将来計画検討小委員会

高エネルギー物理学将来計画検討小委員会タウンミーティング

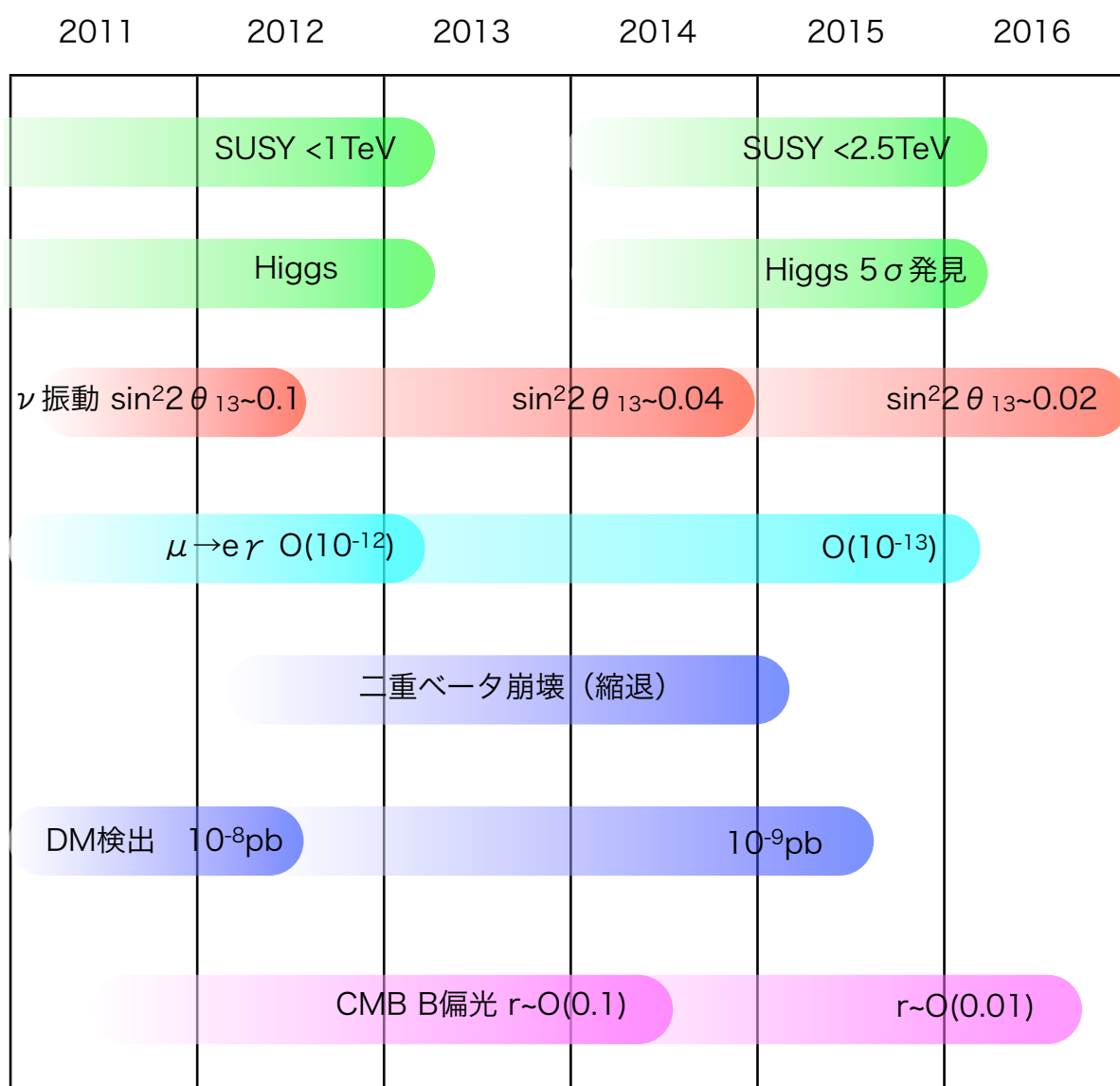
(物理学会シンポジウム)

3月26日(土) 13:30-17:30

『10年先を俯瞰した高エネルギー物理学の将来展望』

1. イントロダクション 20分 森
 2. エネルギーフロンティアの展望 40分 山下
 3. ニュートリノ物理の展望 30分 中家
 4. フレーバー物理の展望 30分 後田
 - ―― 休憩
 5. 地下における素粒子実験の展望 30分 井上
 6. 宇宙観測による素粒子物理の展望 20分 羽澄
 7. パネルディスカッション 50分 森ほか講演者全員
- (2～4は加速器ベース、5～6は非加速器)

図1 今後数年間に期待される発見 ($>3\sigma$)



*本小委員会が関係資料より作成した私的な予測であることに注意。