## 研究の目的

ゲージ原理に基づいて、電磁相互作用、弱い相互作用、強い相互作用を統一的に記述する素粒子の標準理論は、広いエネルギー領域にわたって予言能力をもち、これまでの実験データは全てこの理論で説明され、これを超える新しい物理の兆しはまだ見い出されていない。しかし、この理論が最も重要なメカニズムとして予言しているヒッグス粒子の存在は依然として謎のままである。また実験から決めるパラメーターを数多く含んでいることから、この理論は新しい理論が見い出されるまでの作業仮説であると考え、むしろ「標準模型」と呼ぶのが適切であろう。理論の枠組みからみても、それが高いエネルギー領域まで成り立つとすると極めて不自然なパラメーターの微調整が必要となり、「TeV 領域で新しい質の物理が生じなければならない」ことが強く示唆されている。

標準模型を超えた新しい物理を探求するには、 TeV 領域の衝突実験が最も確実な方法であり、この分野をあげて実現しなければならない現実的な課題である。中でも電子・陽電子コライダーは、「広がりをもたない素粒子」同志の衝突であり、新現象の探索について疑問をはさむ余地のない明快な結論を出すことができるため、新しい物理の展開にどうしても必要な実験データを得ることができる。

この研究は、建設の段階に応じて衝突エネルギーを大きくすることができるというリニアーコライダーの特長を生かして、それぞれのエネルギー域に相応しい研究テーマを選択し、その有用性を具体的に示すためのものである。一方、この型の加速器はビーム衝突の条件がこれまでと著しく異なるため、加速器の特性、実験装置および実験の条件については全て新しい挑戦であり、また莫大な費用を要する計画であることから、これまでの知識を総動員して徹底的に検討しなければならない。そのため、トリスタン、 LEP、 SLC における研究成果と実績を考慮して、将来のリニアーコライダーで展開する物理のシナリオを段階を追って検討し、いろいろな反応過程について標準模型および新しい理論から導かれる予言を具体的に示し、新しい物理を見いだす可能性を論じている。そしてこれらの実験を行うに当たって、現時点で最適とおもわれる実験装置を設計し、提案することを目的としている。

## 研究の推移

この研究は、物理から要求される加速器の性能を明らかにし、また衝突点回りの加速器と測定器のインターフェイスを考慮して、加速器開発研究と並行して進められた。

物理の検討は、二つの未発見粒子、トップクォーク、ヒッグス粒子 の探索と研究、 $W/Z$ ボソン の超精密測定を通した、標準模型の徹底的な検証の戦略をたてることに始まった。言うまでもなく、これらは JLC における最も重要な物理だからである。これらの検討を効率的に進めるため、散乱振幅の自動計算、数値積分、測定器シミュレーションの計算機プログラムの開発も同時に進み、調べたい反応のシミュレーション実験が即座に遂行できるようになった。これが、諸外国の物理検討に一歩先立つことが出来た一番大きな要因である。ちなみに、この報告に示した全ての反応の断面積計算およびシミュレーションは、これら自前のプログラムによるものである。これらのプログラムを武器に、理論研究者と実験研究者の親密な協力で、まず、 JLC における主要な標準模型の物理が明らかとなった。特に、トップクォークの開く今までのクォークにない全く新しい可能性、 $W/Z$ ボソン の超精密測定を通した ゲージ原理の徹底検証は、この検討で明らかになった JLC に約束された物理として、特筆される。

また後に見るように、軽いヒッグス粒子の存否は TeV 領域の物理のシナリオを左右する分岐点となるが、 JLC がこの問題に確実に決着を付けられる加速器であることも強調されるべきである。軽いヒッグス粒子が存在しない場合には、より高いエネルギーでゲージボソンの散乱を調べなくてはならないが、その検討も JLC のエネルギー増強を睨んで、並行して進められた。一方、軽いヒッグス粒子が存在する場合には、標準模型を越える理論として超対称性理論が有力な候補となる。超対称性を示唆する LEP 実験の結果も踏まえ、標準模型の物理の検討が一通り終ると、超対称性の枠組の中でヒッグス粒子探索と研究のシナリオを再検討した。と同時に、超対称性の探索と研究の戦略の確立に着手した。これは、プランクスケールの物理に迫る初めての可能性を開くものとして注目されている。

シミュレーション実験に基づくこれらの物理の検討は、測定器の検出性能に対する要請を明らかにし、諸外国に一歩先んずる測定器全体の概念設計を可能とした。 JLC の加速器の持つ能力を最大限に活用するため、具体的な測定器の開発研究も始まった。特に、バーテックス検出器、中央飛跡検出器、電磁・ハドロン一体型カロリメーターは、従来にない高分解能を必要とするので、開発研究の重点課題となっている。

これらの測定器要素と切り離せないのが、衝突点回りの加速器要素である。ナノメーター・レベルの安定性を要求される最終収束系の電磁石の保持、ビームモニター、ビーム偏極モニター等は、物理研究者と加速器研究者の双方に

関わる問題である。これらの開発は、第一期 5 カ年計画当初より、物理研究者、加速器研究者双方の親密な協力の基に進められて来ている。 100 % 近い偏極率を可能とした偏極電子ビーム源開発も、このような協力の大きな成果である。後に示すように、リニアコライダーに特長的なこの偏極電子ビームの効用は特筆に値する。

物理研究者、加速器研究者双方の親密な協力が必要なもう一つの課題は、ビームに起因するバックグラウンドの問題である。シンクロトロン放射、ミュー粒子等、既にこれまでの加速器で経験済みのバックグラウンドの他に、リニアコライダー特有のビーム・ビーム相互作用によるバックグラウンドが新たな問題となって来るのである。これは、マスク系の設計を含む衝突点回りの構造を決定するものとして、測定器の全体設計と切り離せない重要な問題であり、また、加速器のパラメーターにも密接に関係している。我々は、早くからこの問題に取り組み、可能な解決策を模索して来た。これらのバックグラウンドの検討結果とその解決策として提案された衝突点回りのデザインは国際的にも高く評価され、次世代リニアコライダーの衝突点回りの雛型となっている。

以上の経過を経て、物理、加速器、測定器、加速器・測定器のインターフェイスの検討を統合しシナリオとしてまとめた結果が、この報告書である。