

(別紙2)

審査の結果の要旨

氏名 渡部 貴宏

本論文は2本の柱から構成されている。1つはフェムト秒に至る極短電子パルスの計測手法の確立・評価に関わる研究（以下、計測研究）であり、もう1つは同極短電子パルスの制御（特にタイミング制御）技術の改善に関わる研究（以下、制御研究）である。両研究は、本研究科附属の原子力工学研究施設ライナックにおいて行われている様々な応用研究のための基礎技術の開発研究とみなすことができる。

計測研究では、フェムト秒ストリークカメラ、遠赤外マイケルソン干渉計、遠赤外ポリクロメータ、フラクチュエーション法の4手法を導入し、それらの性能等について詳細かつ網羅的な検討を行っていた。フェムト秒ストリークカメラに関する研究では、ストリークカメラの内部およびストリークカメラまでの結像に反射光学系を導入することで色収差を除去し、その効果について定量的に検討している点が評価できた。遠赤外マイケルソン干渉計および遠赤外ポリクロメータに関する研究では、サブピコ秒～ピコ秒のパルスに対して計測を行い、更にストリークカメラとの比較計測によって、信頼性・性能等を詳細に検討している点に新規性が見られた。またこの際に、詳細な誤差抑制によって20%以内の誤差でストリークカメラによる計測結果と良好な一致を示したことも研究成果として挙げられる。フラクチュエーション法の研究においては、3次元数値計算によって、電子パルスの横方向エミッタンスが本計測手法に与える影響について定量的に評価していた点に独自性が見られた。また、この定量的評価を通して当手法の適用範囲を示していた点も成果であった。以上に示すように各手法について詳細な検討を行い、最終的にはこれらを踏まえて4計測手法の性能について総括的な評価を与えていた。通常、電子パルス計測の分野では、各研究グループが多くとも2つの手法を導入して単独に性能を評価しており、4計測手法を総括的に評価した例は希有である。更に、評価に用いられたパルス幅はフェムト秒から数ピコ秒の範囲内であり、これは現在の極短電子パルス計測研究の中では十分に短い。また、各自独立に発展してきた計測理論を理論的に統合した点も特筆すべき本論文の成果である。以上を踏まえ、計測研究に関する結論として、フェムト秒に至る極短電子パルスを対象に4手法を総括的に評価し、このような極限測定には異なる物理に基づいた手法での相互比較検討の重要性を強調した点が本論文の特徴であり、当研究分野に重要な知見を与えられたと評価できる。また近い将来の10 fsレベルの極短パルス源であるレーザープラズマカソードの計測については、遷移放射を使ってまずはストリークカメラで概略を把握し、ポリクロメータ、干渉法、フラクチュエーション法を順次トライし、比較検討する戦略も示した。またフラクチュエーション法については、18MeV程度のライナックでの実測の可能性の数値解析が示されたが、実証はまだであった。これは将

来の計測科学への提言と捉えられる。

制御研究では、上記電子パルスとフェムト秒レーザーパルスを同期制御するシステムを構築し、その性能を評価していた。システム全体の同期精度を評価し、更に全体の同期精度に支配的に寄与する要因を抽出・改良することで、逐次的にシステムの改善も行っていった。本制御研究の開始時の同期精度が 3.7ps (rms) であったのに対し、最終的には 330fs (rms、ただしドリフトを含まず) あるいは 1.9ps (rms、ドリフト含) に改善されている。通常、同期制御研究の達成目標は使用されるパルス幅程度であることを考慮すると、330fs という値がその目標に達していることがわかる。現在、この制御システムが実際の応用研究に供されていることから、その成果が見て取れる。

本論文に示されている表現を引用すると、当加速器施設における3つの基礎研究「極短電子パルス発生」「同計測」「同制御」のうちの2テーマ「計測」および「制御」について、上記にまとめられるような理論体系を構築し、システムティックに4計測手法を定量的に性能評価を実施した意義は大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。