

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 超圧縮センシングによるミリ秒X線トモグラフィ法の開発

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

矢代 航（東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター 教授）

主たる共同研究か者

工藤 博幸（筑波大学システム情報系 教授）

小川 紘樹（京都大学化学研究所 准教授）

虻川 匡司（東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター 教授）

3. 事後評価結果

○評点：

| |
|------------|
| A+ 特に優れている |
|------------|

○総合評価コメント：

本研究課題では、放射光のマルチビーム化の実現と、従来の圧縮センシングの枠組みを超える超圧縮センシングの概念に基づく CT 再構成法の開発により、試料を回転することなく、ms オーダーの時間分解能、 $10\mu\text{m}$ の空間分解能の 4D(3D+時間)X線トモグラフィ(CT)を実現することを目的としている。

3年目の中間目標としての単結晶型マルチビーム光学素子の開発と、それを用いた 5ms 時間分解能、数 $10\mu\text{m}$ 空間分解能 CT（試料は回転可）の実現に対しては、 $\pm 70^\circ$ の投影方向（投影数：32）をカバーできる三段双曲柱型マルチビーム光学系を開発し、さらに非常に少数の不完全投影データからの CT 再構成を可能にする超圧縮センシング CT 再構成の基礎・応用研究の成果との融合により、中間目標を上回る時間分解能 1ms、空間分解能 $40\mu\text{m}$ 弱で、かつ、試料を回転することなく CT 再構成ができることを実証した。

中間評価後に応用研究グループを新設し、能動的な破壊現象の 4D 観察では世界最高の時間分解能（10ms）でタイヤゴムの破壊を初めて可視化し、さらに超圧縮センシングに基づくインテリア CT 再構成アルゴリズムも組み合わせることにより、時間分解能 8ms で引張破壊過程で生じたボイドを捉えることに成功した。

最終年度には、1ms 時間分解能、 $10\mu\text{m}$ 空間分解能で試料を回転することなく CT 再構成を実現するという最終目標を達成することに成功した。

また、当初計画の予想を超える展開として特記に値することは、「マルチビーム光学系では、各投影ビームのエネルギーが異なるという欠点があったが、そのことを逆に積極的に利用して、各エネルギーに対応する CT 再構成像が取得できるアルゴリズムを開発し、組成ごとの CT 再構成も可能であることを実証したこと」、である。

本成果は、計測技術（マルチビーム化技術）と情報科学（超圧縮センシングによるトモグラフィ画像再構成）を融合させることで得られたものであり、情報と計測の融合により従来の限界突破を目指す本研究領域「情報計測」の趣旨に合致するものである。

マルチビーム CT の開発は本チームが世界初であり、将来普及した暁には本成果の画像再構成法が必須でプロトタイプになる可能性もあり、物質・材料、資源・エネルギー、医療等、科学技術全般など、学術・産業界のイノベーション創出に様々な形で貢献していくことが期待される。