

最先端・次世代研究開発支援プログラム
事後評価書

| | |
|------------|--------------------------|
| 研究課題名 | フェムト秒4次元動画画像計測技術とその装置の開発 |
| 研究機関・部局・職名 | 京都工芸繊維大学・大学院工芸科学研究科・准教授 |
| 氏名 | 栗辻 安浩 |

【研究目的】

ものづくりの最先端の領域では、動く測定対象の3次元計測が求められている。本研究は、世界的に未だ達成されていない、高速に動く物体の3次元形状の時間変化とその物体を構成する物質の3次元分布の時間変化の情報の同時動画画像計測を可能にする最先端計測技術の開発を目的とする。

具体的な目標として、

- (1) ①物体の3次元形状の時間変化と物体から反射あるいは散乱される光の偏光分布の時間変化を同時に計測できる技術の実現形態を世界に先駆けて提案し、その技術に基づく装置を試作し、3次元位置情報に偏光情報を加えた4次元動画画像計測を世界で初めて実証する。
②性能としては、100万フレーム/秒で得られる装置を目指す。さらに、試作した装置を高速に動く物体に応用することで、検査技術の効率化を検討する。
③計測装置の時間分解能をフェムト秒オーダーまで向上させる。
- (2) 極限計測技術としてフェムト秒4次元動画画像計測技術を確立し、この技術に基づく世界最高性能の計測装置を試作し、実証する。
- (3) 試作装置をグリーンものづくり工業検査応用の可能性を試験する。

これらの技術の開発により、革新的な高度ものづくりに貢献すると共に、ものづくりにおける使用エネルギーの低減を可能とすることにより、グリーン・イノベーションに資することを目指している。

【総合評価】

| | |
|--------------------------|----------------|
| <input type="checkbox"/> | 特に優れた成果が得られている |
| <input type="radio"/> | 優れた成果が得られている |
| <input type="checkbox"/> | 一定の成果が得られている |
| <input type="checkbox"/> | 十分な成果が得られていない |

【所見】

① 総合所見

偏光情報を含む4次元動画計測装置を開発し、エンジン内の噴霧燃料の点火を模擬した物体の観測に応用することにより、毎秒100万コマで4次元計測することに

成功し、さらに 96 フェムト秒という時間分解能を達成し、従来技術では捉えられなかったプラグを模擬した物体の放電を捉えることに成功したことは、高く評価できる。しかし、開発した装置の応用に関しては、関連企業との技術連携することにより実現を目指しているが、研究期間内には達成されていない。

しかし、本研究で開発された装置は、エンジン内の高速な流れを初めとして、製品の高速度検査、放電・爆発、レーザー加工プロセスの観測など、広範な応用が期待され、その波及効果は大きく、間接的ではあるが、グリーン・イノベーションへの貢献も期待できる。

② 目的の達成状況

・所期の目的が

(全て達成された ・ 一部達成された ・ 達成されなかった)

本研究は、運動する物体の 3 次元構造+偏光情報を時系列でホログラム撮影し、再生する技術開発し、その適用によりグリーン・イノベーションに資することが目的である。フェムト秒レーザー発振器増幅器・ストリークカメラ・超高速高解像度コマドリ偏光デジタルカメラ等を組み合わせ、偏光 (P_{ol}) 情報を含めたホログラフィック時空間 (x, y, z, t) 計測システムを開発し、毎秒 100 万フレーム、96 フェムト秒という時間分解能を実現したことは高く評価できる。しかし、グリーン・イノベーションのための具体的応用にとおいて重要である被測定物理量 A (例えば分子密度) の定量結果データ $A(x, y, z, p_{ol}, t)$ が全変数同時情報関数として明らかに示されていないこと、また、その測定精度 $\Delta A \cdot \Delta x \cdot \dots \cdot \Delta p_{ol} \cdot \Delta t$ 、測定可能範囲 $A_{max} \cdot X \cdot Y \cdot Z \cdot T$ 、測定感度 A_{min} 、ダイナミックレンジなどが具体的に示されていない点には、不満が残る。また、本研究の最終課題であるグリーン・イノベーションに資するという点では、関連企業との連携により進行中ではあるが、研究期間内に達成できなかった点は少し残念であった。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が (ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (創出された ・ 創出されなかった)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

偏光情報を含めた 4 D 計測システムの基礎開発という点では先進性があり、ブレークスルーを実現したと判断できる。しかし、具体的な応用において重要となる装置の測定精度・測定可能範囲・測定感度・ダイナミックレンジ・全計測および表示必要時間・測定条件などの同時情報・基本動作定量特性が示されておらず、さらに、装置の応用によりグリーン・イノベーションに資するという目標に関しては、開発システムによる測定結果がどのような革新性を与えるかの実証には至っておらず、開発システムの明確な有用性は、十分に検証されたとは言いがたい。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(■見込まれる ・ □見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が
(□見込まれる ・ ■見込まれない)

偏光情報を含めた4D計測（それらの同時精度などの定量評価は不十分であるが）システムを具体的な応用目的にマッチさせ、更なる高性能に向かって開発する研究分野の進展には寄与すると考えられる。しかしながら、現在の装置の性能が、社会的・経済的に意義のあるグリーン・イノベーション応用への具体的貢献ができるか否かに関しては十分明らかになっていない。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（□行われた ・ ■行われなかった）

本開発システムの現状を定量的に理解した上で、具体的なグリーン・イノベーション応用を実現するためには、関連企業との連携は極めて有効と考えられるが、研究期間内に十分な成果に至らなかった点では、実施体制の整備に時間的な遅れがあったという印象がある。

一方、計測システムの開発については、世界的にレベルの高い適切な専門誌において多数公表発表されている点は特筆に値し、高く評価される。

また、国民との科学・技術対話については、適切に行われたと判断できる。なお、グリーン・イノベーションに直接寄与する結果を示す成果の積極的な広報活動が今後必要である。