

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	コンピュータショナルフォトグラフィによる安全な人体内部3次元構造の可視化
研究機関・部局・職名	奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授
氏名	向川 康博

【研究目的】

X線を用いたコンピュータ断層撮影(X線CT)は、鮮明な断層が可視化できることから広く利用されているが、

	X線CT	拡散光トモグラフィ	提案課題
	<ul style="list-style-type: none"> ■ X線 ■ 透過光 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 近赤外 ■ 散乱光 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 近赤外 ■ コンピュータショナルフォトグラフィ技術
安全性	被曝の恐れ	非侵襲	非侵襲
鮮明さ	透過性が高いため鮮明	散乱のため不鮮明	散乱光除去により鮮明

放射線による被曝が少なからず存在するため、気軽な計測とは言いがたい。一方、安全な近赤外光を用いた拡散光トモグラフィも実用化されているが、近赤外光は人体内部で強く散乱するため、鮮明な計測は難しい。つまり、人体のような散乱体内部の可視化において、安全性と鮮明さを両立することは難しかった。

近年、カメラによる画像撮影の過程に特殊な光学系や計算機を導入することで、カメラの撮影性能を飛躍的に向上させ、カメラだけでは撮影できない視覚情報を可視化できるコンピュータショナルフォトグラフィ技術の研究が盛んになってきている。本研究では、情報科学分野で発展してきた様々なコンピュータショナルフォトグラフィ技術を医療分野に応用し、安全に人体内部の3次元構造を可視化できる新しい医療機器開発のための要素技術を開発することを目指す。

本研究は、以下の3つのサブテーマに分けられる。

(1) 人体の可視化に適したコンピュータショナルフォトグラフィ技術の開発

半透明な性質を持つ媒体内部では、入射光が散乱する。透過光や、一度だけ反射する単一散乱光は内部を可視化するための大きな手がかりとなるが、何度も反射を繰り返す多重散乱は不鮮明な見えの原因となる。そこで、これらの反射・散乱成分を分解し、鮮明な見えを得るためのコンピュータショナルフォトグラフィ技術を開発する。具体的には、空間的に照明部分と非照明部分を細かく分けるような高周波パターンをプロジェクタから投影することで、物体表面での反射光や散乱光を効果的に分離する手法を開発する。

(2) 散乱光の空間分布解析

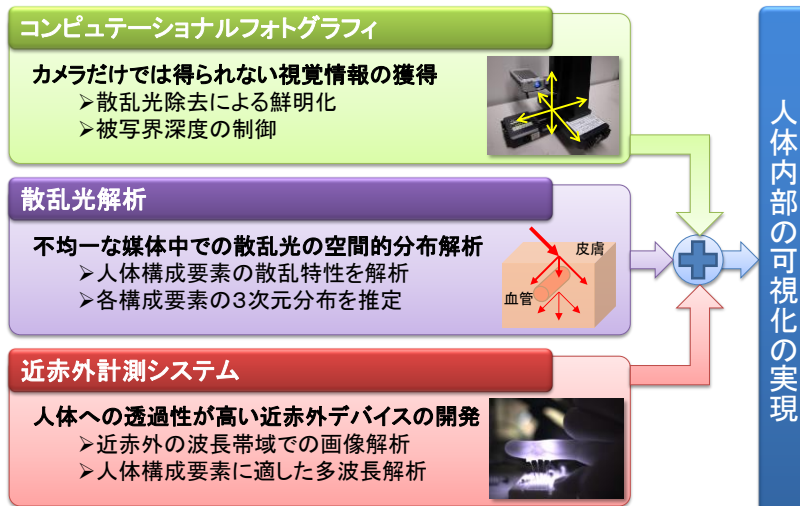
透過率や散乱特性が異なる媒体が混在すると、入射光は散乱を繰り返し、複雑な光線空間を形成する。この光線空間は、媒体の3次元的分布に強く依存する。逆に言えば、光線空間には、もとの媒体の3次元的分布を推定するための手がかりが含まれていると言える。そこで、光の伝播モデルに基づいて入射光が散乱を繰り返す過程を逆にたどることで、媒体の散乱に関する物理パラメータを推定し、異なる性質を持つ媒体の分布を解析する手法を明らかにする。

(3) 近赤外光学系の開発

近赤外光は可視光と比べて人体に対する透過性が高いことが知られており、皮膚の表面より内部にまで到達する。そこで、上記(1)(2)の技術を人体内部の可視化に適用するために、新たに近赤外光

を利用した計測システムを開発する。具体的には、提案課題での主要機器となる近赤外プロジェクタ・カメラシステムを設計し、近赤外の波長域で空間的に様々なパターンを投影する専用の機器を開発する。

このように、本研究課題は、様々な学術分野の技術を統合利用することで、近赤外光を用いた人体内部の鮮明な可視化という、単分野の技術だけでは難しい困難な問題を解決し、安全に人体内部を可視化するためのブレークスルー技術を開発することを目指す。



【総合評価】	
	特に優れた成果が得られている
	優れた成果が得られている
○	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

【所見】	
①	総合所見
<p>当初の目的である X 線 CT に代わるような安全な「人体内部 3 次元構造の可視化」に関しては研究代表者も認識しているように近赤外光を用いる方法では達成は困難である。本課題は X 線 CT にとって代わることができる安全な人体の 3 次元構造の可</p>	

視化の研究提案が評価されて採択に至ったものである。したがって、「近赤外光の透過力には限界がある」ことや「骨が近赤外光を吸収せず散乱させるので、光源のように振る舞う」ことにより、人体内部3次元構造の広範囲な可視化はほぼできないことが判明した中間評価の段階で、研究の継続の可否も検討された経緯がある。所期の目的は達成することはできないが、要素技術としては優れたものがあり、それを応用することで、ごく浅い生体内部構造の可視化も可能になるし、コンピューショナルフォトグラフィの分野での大きな貢献が認められることから、研究の継続を承認した。例えば、近赤外光を用いての人体内部構造の可視化は生体認証や農産物の被破壊検査などの応用も考えられる。研究代表者は、前述のように当初想定した目的の達成は困難にはなっているものの、研究自体は優れた発想で、要素技術レベルでは目を見張る成果が出ている。研究対象を本技術にふさわしい現象に広げれば、優れて有意義な研究になると思われる。

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)

総合所見で記載したように、当初はX線CTに代わるような人体構造の安全な可視化を目指したが、人体内部の特性から広範囲にわたる人体3次元構造の可視化は困難であることが判明した。しかしながら、ごく浅い内部構造に限られているとはいえ、他の方法では得られない生体内部の構造の詳細な可視化が可能であることが明らかになった。これによって、セキュリティや、他の農産物などへの応用の道が開かれた。この他本技術の応用分野も考えられるので、今後の発展を期待したい。

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)

着想そのものは優れており、要素技術の開発で得られた成果にはコンピューショナルフォトグラフィ分野での先進性・優位性が認められる。これは国際的なレベルで評価できる。ただし、所期の目的である人体内部の広範囲な3次元構造を可視化する画期的なコンピューショナルフォトグラフィは実現の見通しはない。これは生体組織が様々な物質により構成されたただその物性も様々であることから、近赤外光を用いる限界を表している。生体組織を対象とする場合、測定手段と測定対象の相性を考慮して、測定対象を選べば大いに活用の方は開けると考えられる。

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)

ライフィノベーションへの寄与は今のところ生体認証のセキュリティへの応用や農産物などの被破壊検査などが考えられている。コンピューテーショナルフォトグラフィ分野への貢献は大きいと思われることから、社会的には産業用の可視化技術としての展開が期待できる。なお、煙で視界が遮られる火災などの災害現場での応用も検討されると良いのではないと思われる。

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)

所期の目的を達成するための適切なマネジメントが行われているかという点に関しては、中間評価で研究継続の可否が検討されたこともあり、必ずしも適切であるとは言えない。しかし、研究対象を限定した生体の内部構造に絞り研究を行った結果、コンピューテーショナルフォトグラフィ分野に大いに貢献する成果が得られているので、適切なマネジメントが行われていると言える。今後の当技術の応用という点では、人体への応用に関する定量的な技術限界を踏まえた上で、本技術に適した生体組織・器官が選択できるであろうし、測定条件を改良することで応用の道が開けると思われる。

論文発表や学会発表などは活発に行われており、受賞も多く、特に国際学会での受賞数も大いに評価できる。