

非破壊で生体・複合材内深部を 観察できる光音響顕微鏡

理化学研究所
光量子工学研究センター
光量子制御技術開発チーム
研究員 丸山 真幸

超高齢化社会が抱える課題

- 病気や介護への不安
- 美容・健康への要求
- 生活の安全・安心の実現

<傷つけない><痛くない>新しい可視化技術で、安全・安心な生活を実現



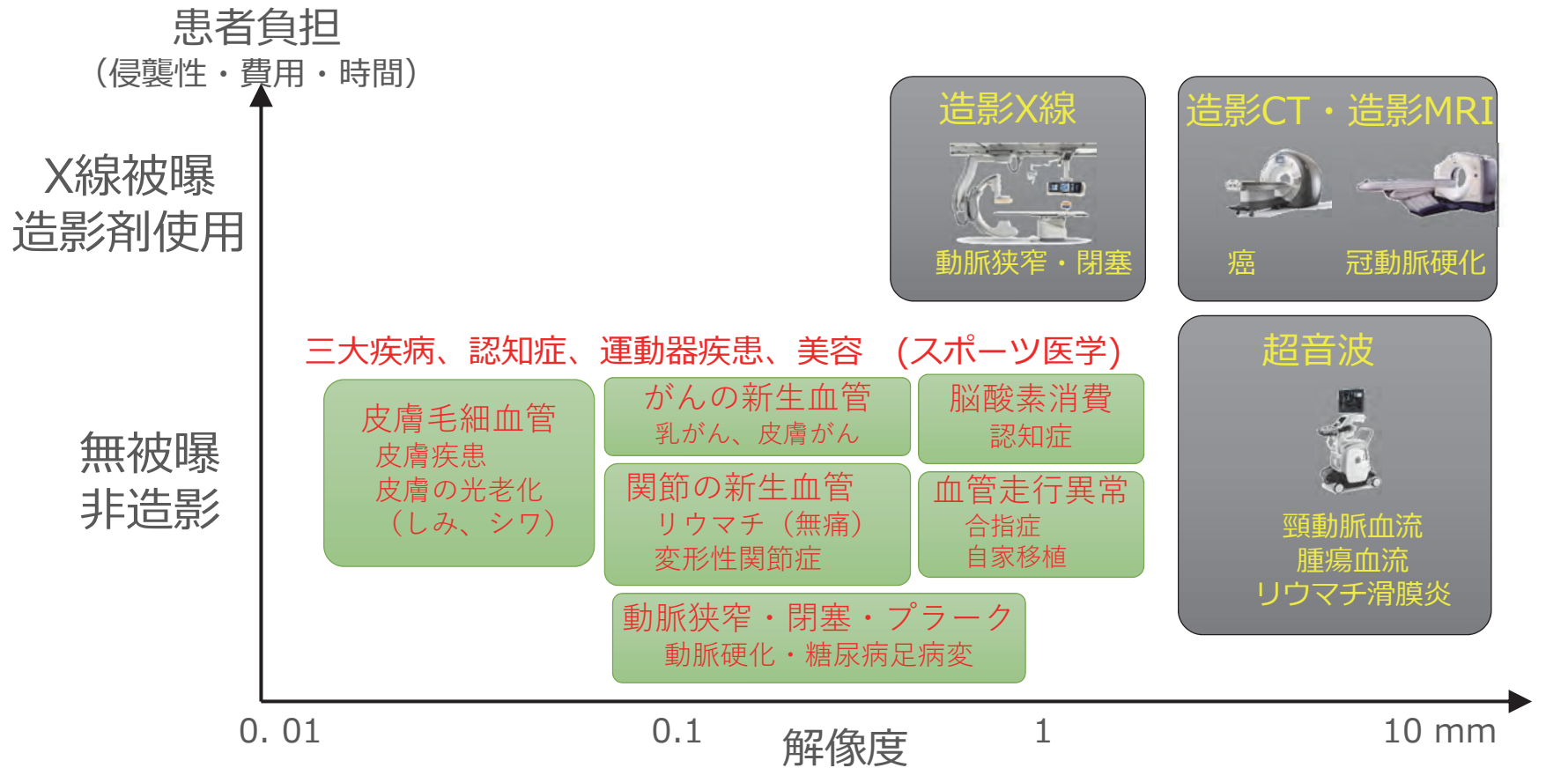
食品分野への応用

医療・健康への応用

工業分野への応用

非侵襲・無被曝での血管イメージング

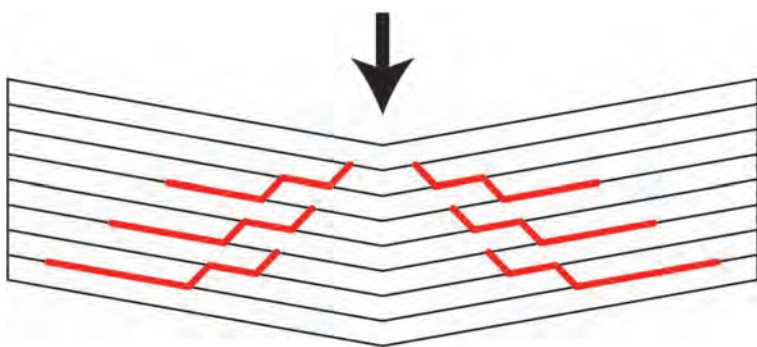
- あらゆる疾患の発症と病勢は血管と血液状態に表出する
 - 生命を維持する酸素・栄養・体温・水を供給
 - 血管系異常が三大疾病、関節症、身体機能低下に関与
- 現状は非侵襲・無被曝で、計測し可視化する技術は無い



JST ImPACTホームページより

複合材の内部非破壊検査

内部非破壊検査手法	放射線CT	超音波探傷	パルスサーモグラフィ
欠陥検出原理	健全部分と欠陥部分における透過線量の差により欠陥を検出する。	欠陥部分による超音波パルスの反射を計測することで欠陥を検出する。	健全部分と欠陥部分における熱伝導率の違いにより欠陥を検出する。
解像度	高解像度	低解像度	低解像度
計測範囲	局所	局所	広範囲
最大計測深度	深部	深部	浅部
撮像時間	長い	短い	短い

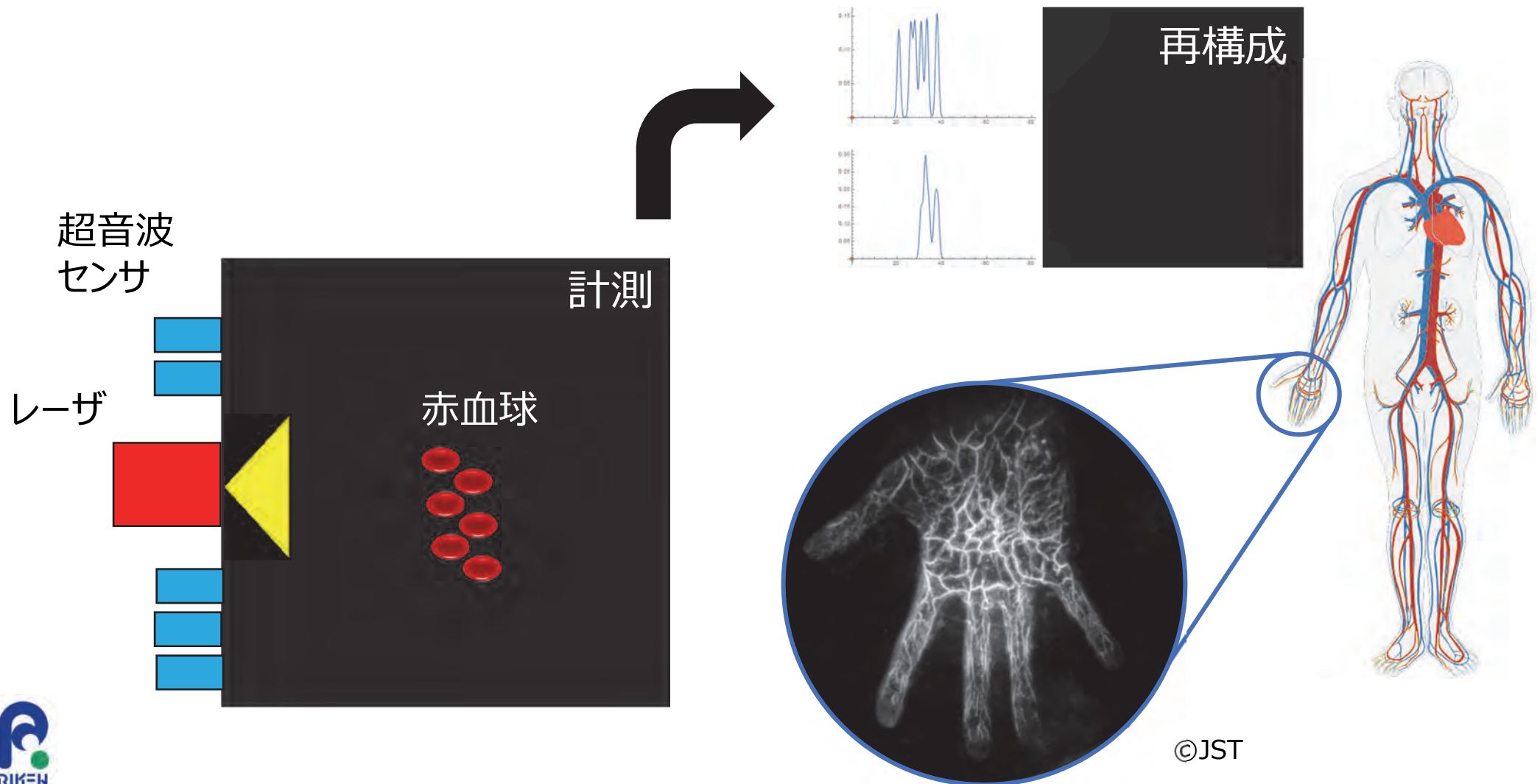


FRP欠陥の多数を占めていると言われている層間はく離を効率的に検出するには超音波探傷が有効。

しかし、表面反射が大きいため表面近傍の損傷は検出できない。また、繊維と欠陥を見分けることができない。

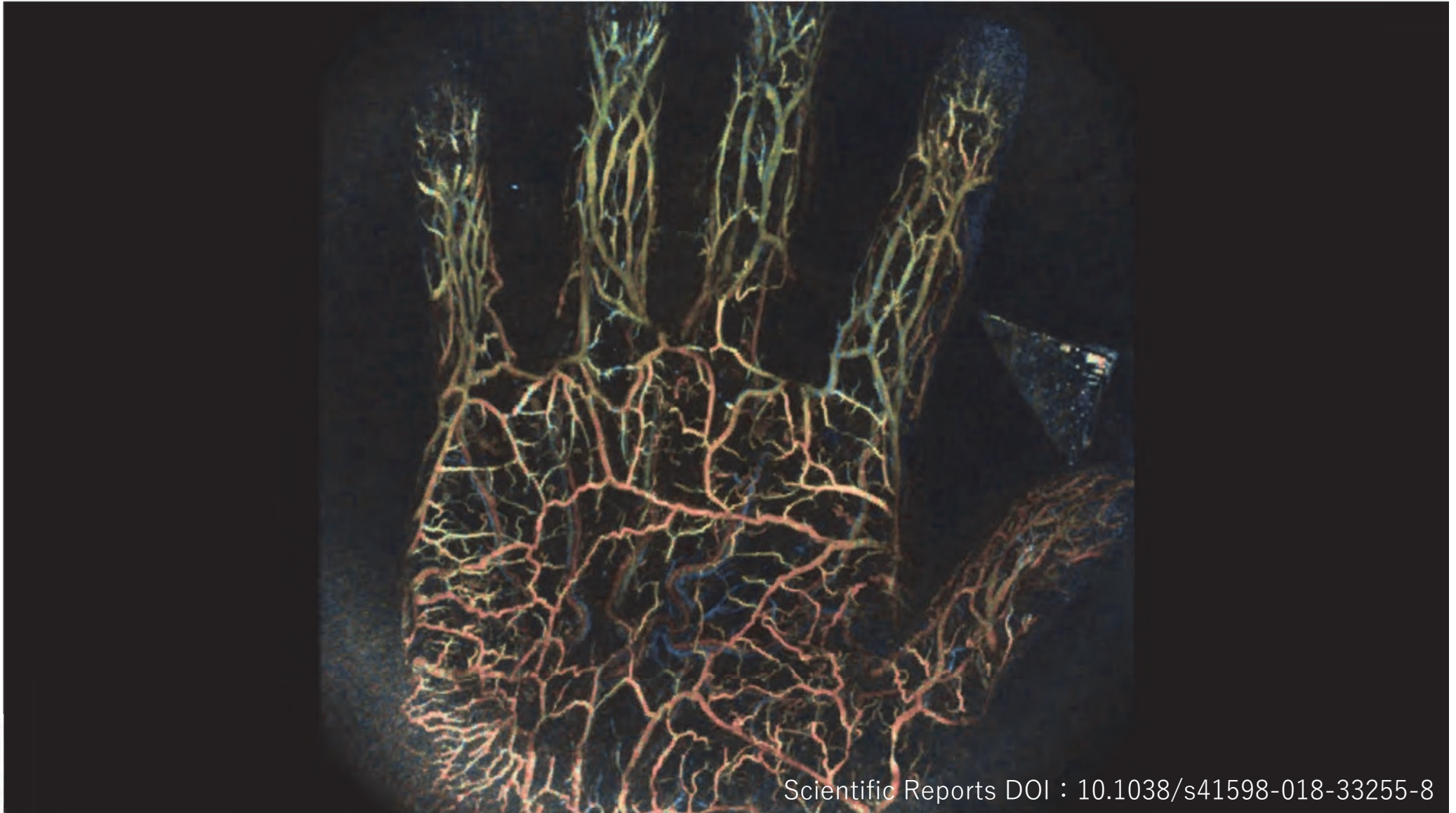
光音響イメージングの原理

光吸収による熱膨張により発生する超音波を検出・再構成

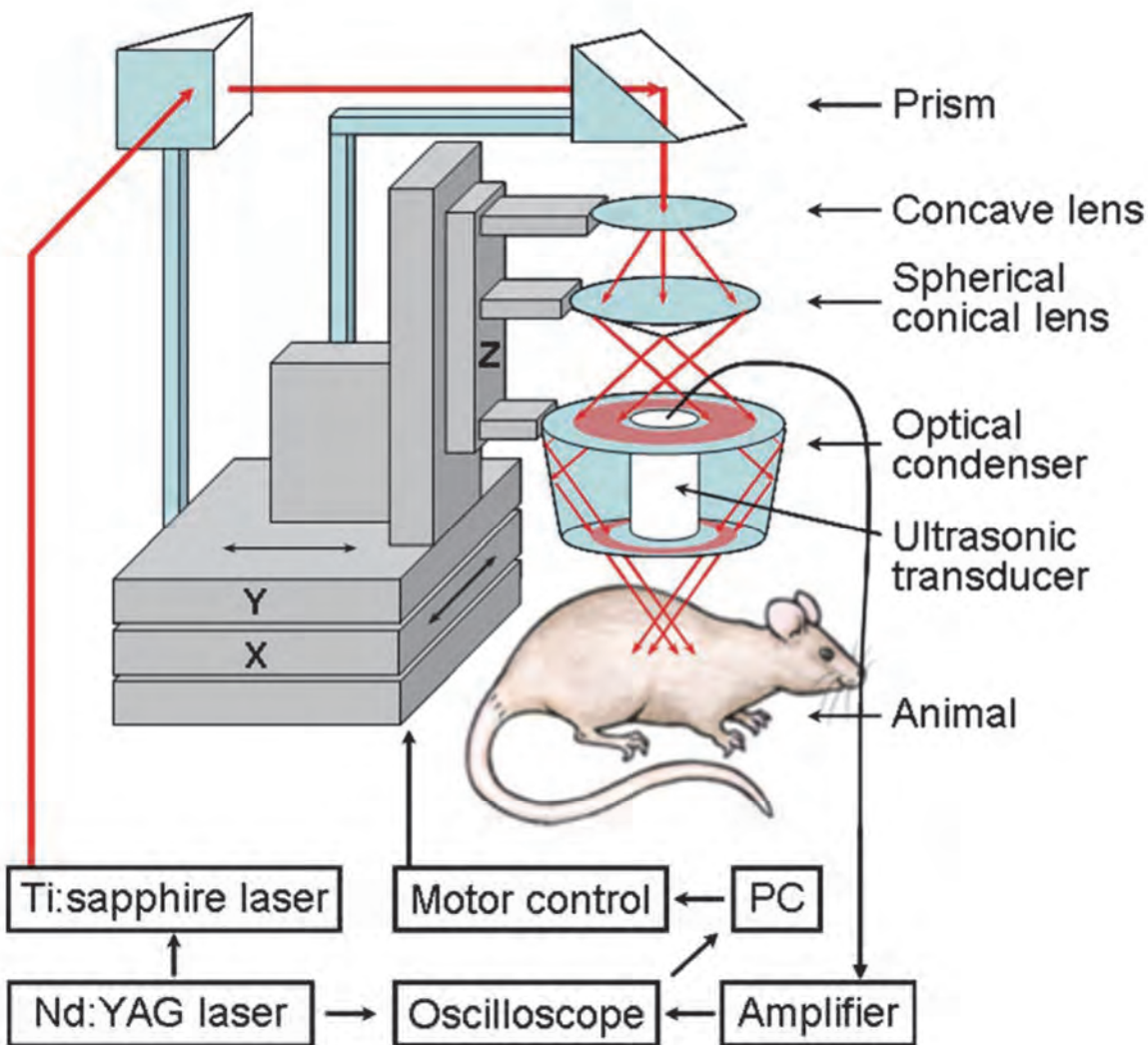


機能イメージング 報告例

複数波長レーザーを用いることで、形態だけでなく、機能（酸素飽和度や組成等）も見る事が可能。



Scientific Reports DOI : 10.1038/s41598-018-33255-8



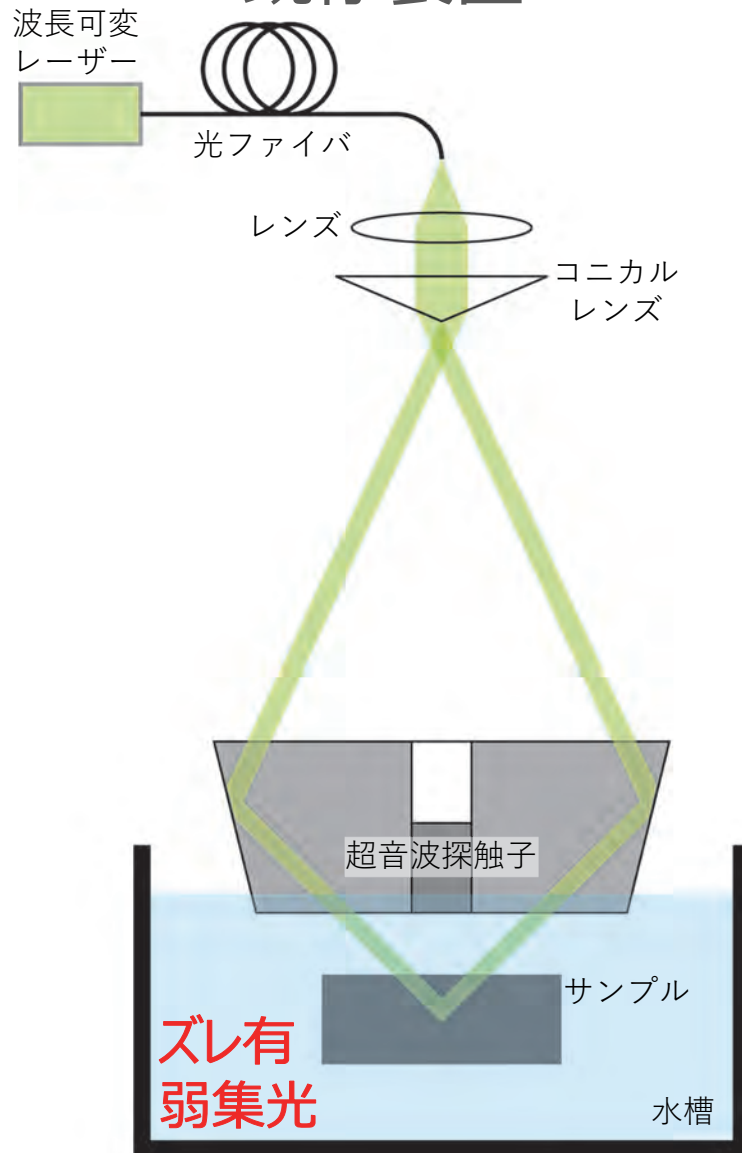
Med. Phys. 35(10), 4524-4529 (2008)

- 光技術
- 超音波技術
- 三次元像再構成技術

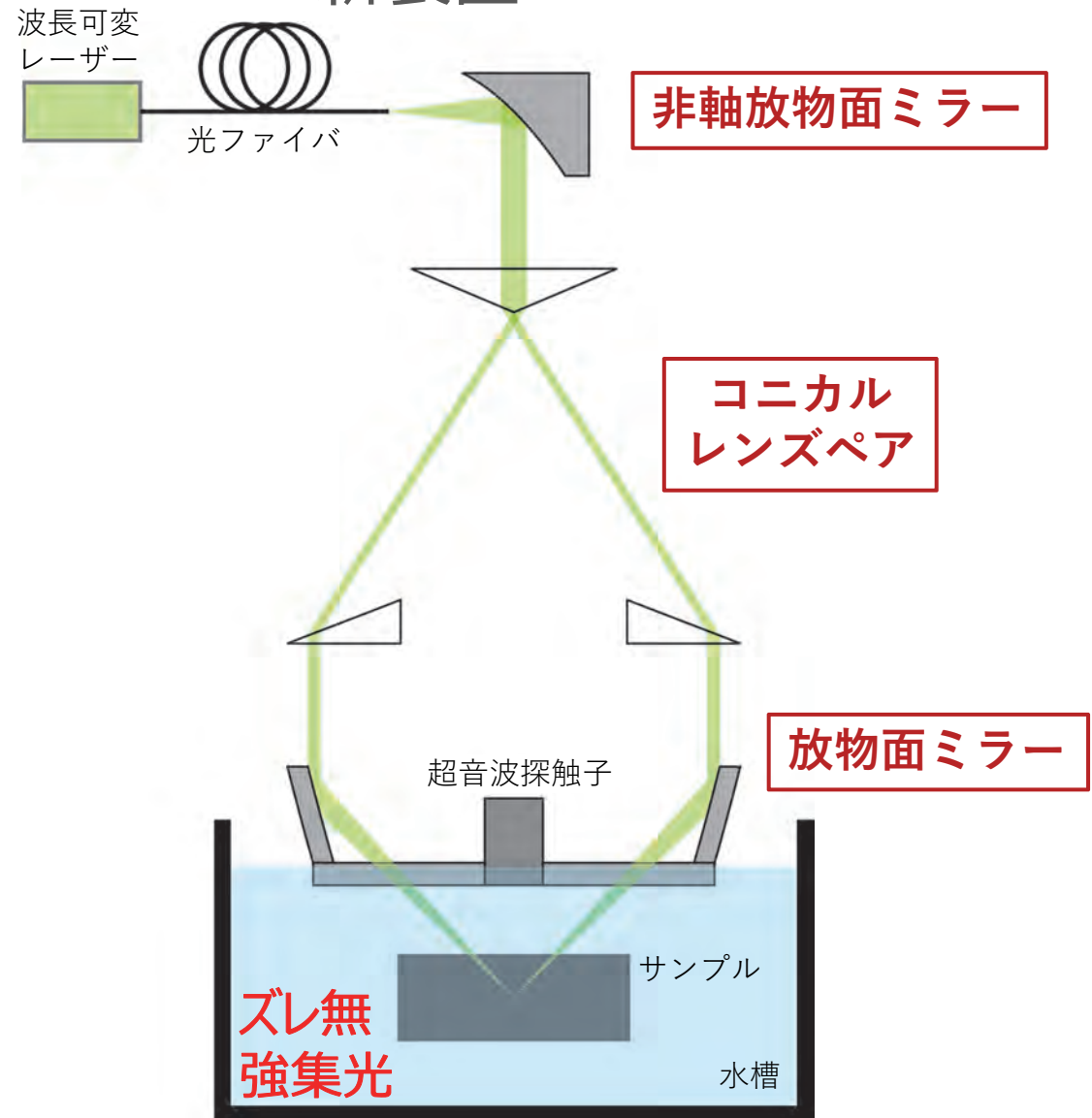
**超音波診断技術・
超音波探傷技術と親和性が高い**

新技術の特徴

既存装置

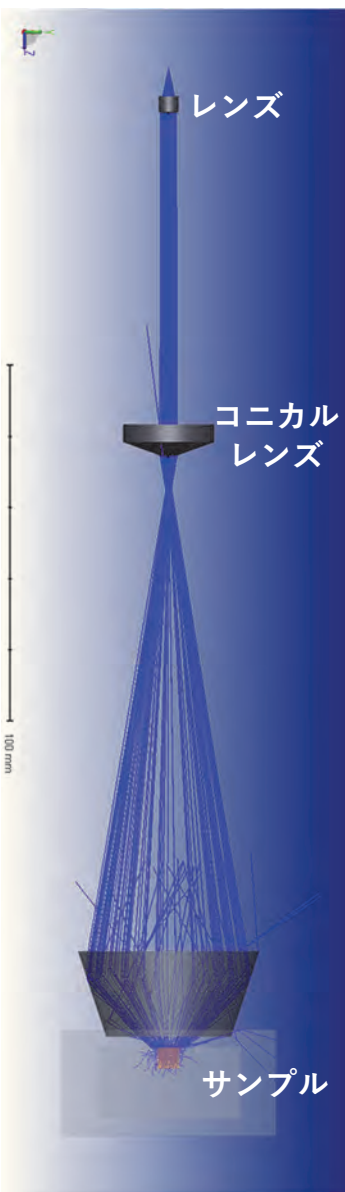


新装置



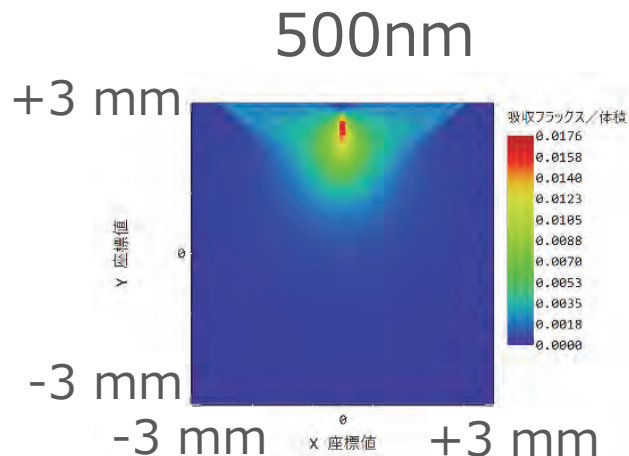
波長無依存 ⇒ 像ズレ無し
強集光 ⇒ 深部計測

既存装置 シミュレーション結果



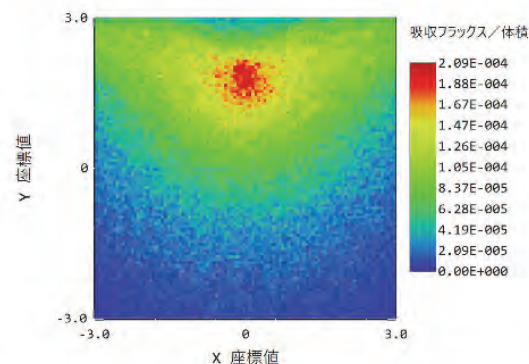
サンプル内光吸収シミュレーション

サンプル内散乱パラメータ
Henyeey-Greenstein位相関数により近似
平均自由行程: 0.1mm
asymmetry g: 0.97



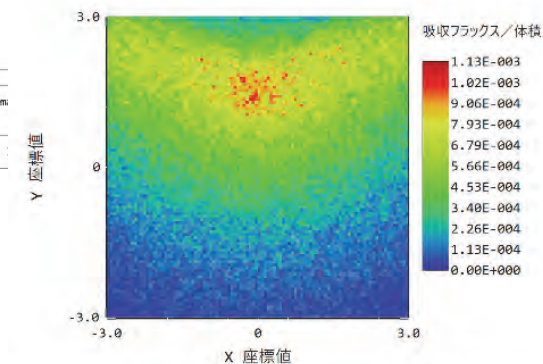
データタタ像		吸収フラックス/体積	Zem
2018/01/31	データタタ & NSCG 面 1:		
	サイズ 6.000 W X 6.000 H X 0.020 L Millimeters, ピクセル 100 W X 100 H X 1 L		
	ピーク吸収フラックス/体積: 1.7554E-02 Watts/Millimeters ³		
	Z 平面: 1 / 1, Z = 0.000000E+00		

750nm



データタタ像		吸収フラックス/体積	Zem
2018/01/31	データタタ & NSCG 面 1:		
	サイズ 6.000 W X 6.000 H X 0.020 L Millimeters, ピクセル 100 W X 100 H X 1 L		
	ピーク吸収フラックス/体積: 2.0931E-04 Watts/Millimeters ³		
	Z 平面: 1 / 1, Z = 0.000000E+00		

1000nm



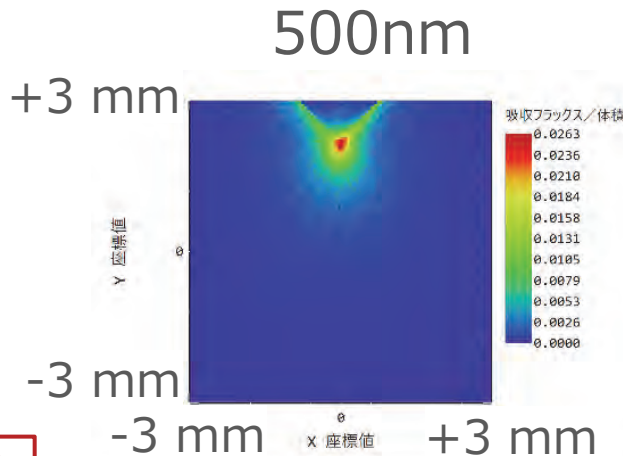
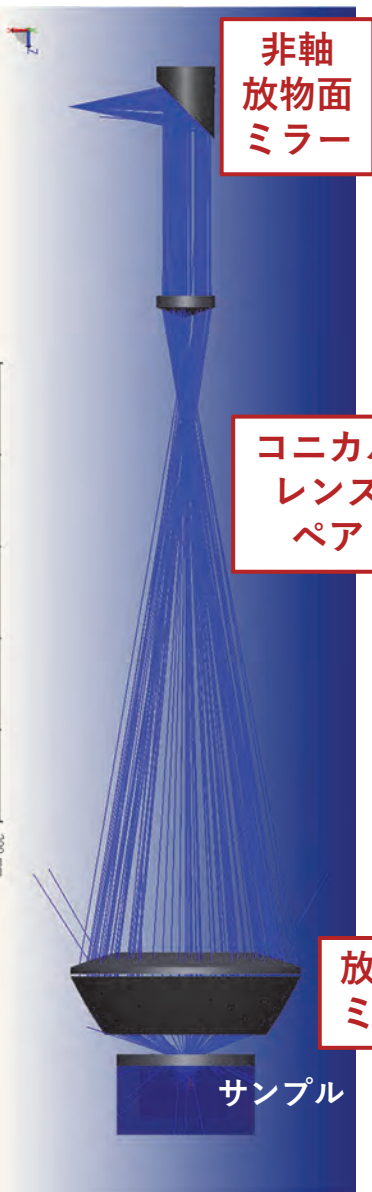
データタタ像		吸収フラックス/体積	Zemax
2018/01/31	データタタ & NSCG 面 1:		Zemax OpticStudio 17.5
	サイズ 6.000 W X 6.000 H X 0.020 L Millimeters, ピクセル 100 W X 100 H X 1 L		
	ピーク吸収フラックス/体積: 1.1324E-03 Watts/Millimeters ³		
	Z 平面: 1 / 1, Z = 0.000000E+00		KyotoARPAM.zmx コンフィグレーション 1 / 1

波長が変わると
集光深さが変わってしまう

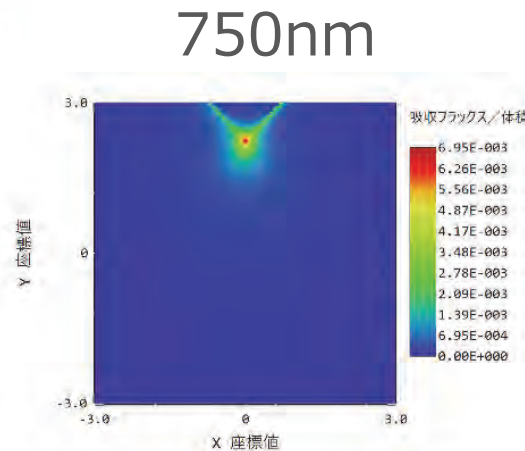
新装置 シミュレーション結果

サンプル内光吸収シミュレーション

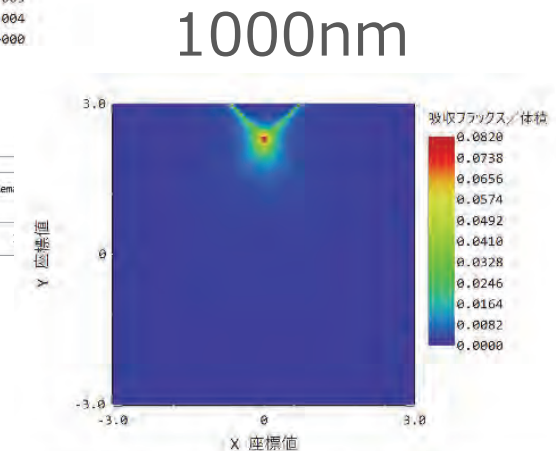
サンプル内散乱パラメータ
Henyeey-Greenstein位相関数により近似
平均自由行程:0.1mm
asymmetry g: 0.97



ディテータ像		吸収フラックス/体積	Zem
2018/01/31	ディテクタ 12, NSCG 面 1: tissue		
サイズ	6.000 W X 6.000 H X 0.020 L Millimeters, ピクセル 100 W X 100 H X 1 L		
ピーク吸収フラックス/体積	2.6272E-02 Watts/Millimeters ³		
Z 平面	1 / 1, Z = 0.000000E+00		



ディテータ像		吸収フラックス/体積	Zem
2018/01/31	ディテクタ 12, NSCG 面 1: tissue		
サイズ	6.000 W X 6.000 H X 0.020 L Millimeters, ピクセル 100 W X 100 H X 1 L		
ピーク吸収フラックス/体積	6.9505E-03 Watts/Millimeters ³		
Z 平面	1 / 1, Z = 0.000000E+00		



ディテータ像		吸収フラックス/体積	Zemax
2018/01/31	ディテクタ 12, NSCG 面 1: tissue		Zemax OpticStudio 17.5
サイズ	6.000 W X 6.000 H X 0.020 L Millimeters, ピクセル 100 W X 100 H X 1 L		
ピーク吸収フラックス/体積	8.2620E-02 Watts/Millimeters ³		
Z 平面	1 / 1, Z = 0.000000E+00		RefARPM_ZMX コンフィグレーション 1 / 1

- 波長が変わっても
集光深さはほぼ変化なし
- 既存装置より高強度
- 既存装置と同等コスト

想定される用途

超音波像と光音響像の重畳が可能
なことから、これまで超音波で計測
されてきた分野（医療診断機器や非
破壊検査機器）への展開が予想され
ます。

また、散乱による不透明な対象に
おいて、吸収特性に応じた波長を選
択することで、様々な物質を非破
壊・非侵襲で見分けることができる
ため、生体や食品、樹脂材料への適
用が期待できます。



JST ImPACTホームページより

実用化に向けた課題

- 現在、国内3拠点（理化学研究所、国立大学、国立研究機関）において、原理実証実験中。基本性能は確認された。
- 今後、模擬**生体**サンプルや工業向け**複合材**等を用いた非侵襲・非破壊計測データを取得し、応用に適用してゆく場合の条件設定を行う。
- 実用化に向けて、計測対象毎に適した波長を探索する必要もあり。

企業への期待

- 超音波医療診断機器もしくは超音波非破壊検査装置を開発・販売している企業様へのライセンス供与を希望しております。
- 今回ご紹介した形態とは異なる、様々な光音響イメージング装置も開発中であるため、光音響イメージング分野への展開をお考えの企業様はご相談に応じます。ご連絡ください。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 光学装置及び
光音響顕微鏡
- 出願番号 : 特願2018-090998
- 出願人 : 理化学研究所
- 発明者 : 丸山真幸, 加瀬究,
斎藤徳人, 和田智之

理化学研究所

イノベーション事業本部 ライセンス部

実用化コーディネーター 井門 孝治

TEL 048-467-9729

FAX 048-467-9962

e-mail koji.ikado@riken.jp