



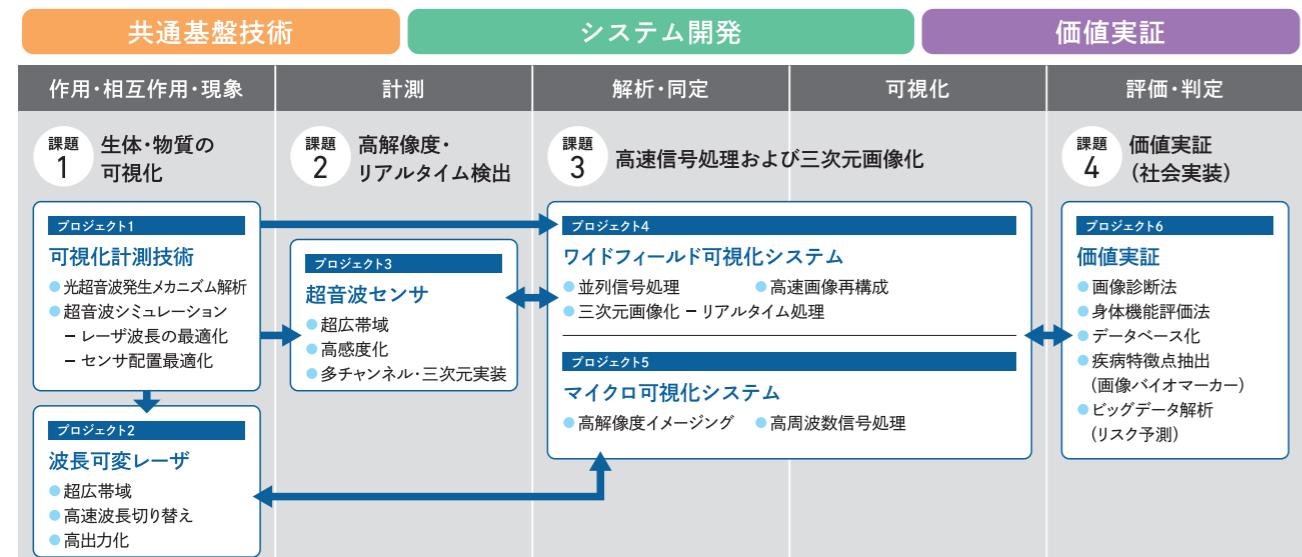
革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)

プログラム名 『イノベーティブな可視化技術による新成長産業の創出』

- 最先端のレーザと超音波を融合し、非侵襲かつ非破壊で、生体や物質の内部の形態・機能や構造変化をリアルタイムで三次元可視化する。
- がん、動脈硬化、糖尿病、関節症に関する血管網と血液状態のイメージングによる早期診断や健康状態の確認、複合材等の物体内部の欠陥状態の検査を可能にする。

本プログラムの実施体制図

八木 隆行 プログラム・マネージャー



参加機関

プロジェクト1 可視化計測技術	●京都大学 ●愛媛大学
プロジェクト2 波長可変レーザ	●理化学研究所 ●株式会社メガオプト
プロジェクト3 超音波センサ	●ジャパンプロープ株式会社
プロジェクト4 ワイドフィールド可視化システム	●キヤノン株式会社 ●株式会社日立製作所
プロジェクト5 マイクロ可視化システム	●東北大學 ●株式会社資生堂 ●株式会社アドバンテスト
プロジェクト6 価値実証	●京都大学 ●株式会社資生堂 ●國立情報學研究所 ●慶應義塾大學 ●九州大學 ●株式会社リコー

ImPACTは、非連続的なイノベーションの創出を目指して2014(平成26)年に創設された、内閣府総合科学技術・イノベーション会議主導のプログラム。「プログラム・マネージャー(PM)」に、企画・チーム編成・予算配分等の大きな権限を委ね、PMは総合プロデューサーとして、研究者や研究開発機関のキャスティングや、研究開発全体のマネジメントに取り組む。



「イノベーティブな可視化技術による新成長産業の創出」サイト
http://www.jst.go.jp/impact/hp_yagi/index.html

制度については、内閣府までお問い合わせ下さい。

内閣府革新的研究開発推進プログラム担当室



内閣府 政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付
革新的研究開発推進プログラム担当室

〒100-8914 東京都千代田区永田町1-6-1
TEL : 03-6257-1339
E-mail : g.sentan.pro@ao.go.jp

発行日:2018(平成30)年12月1日

プログラム・マネージャー及びプログラムについては、JSTまでお問い合わせ下さい。

JST革新的研究開発推進室

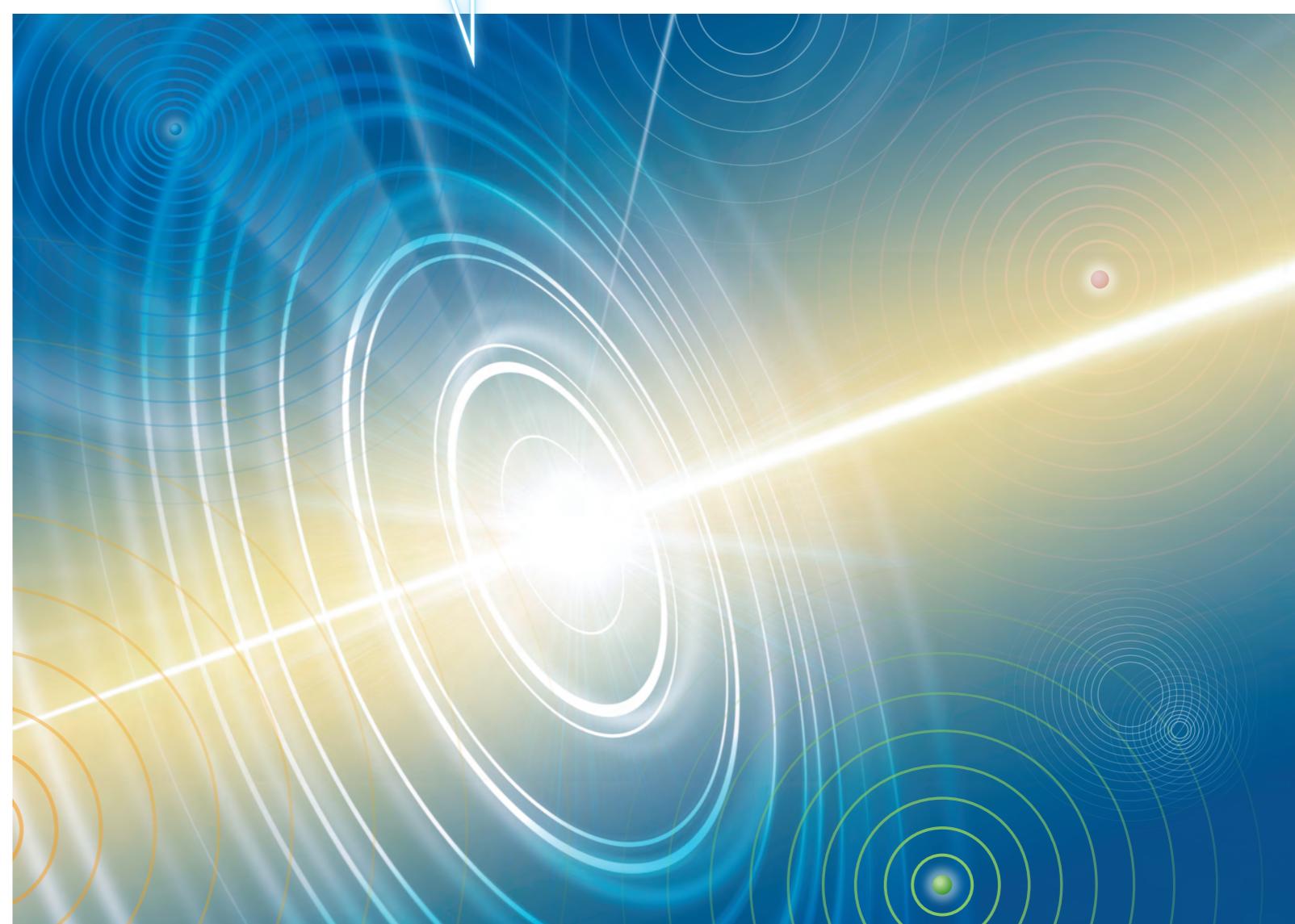


科学技術振興機構
革新的研究開発推進室

〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's五番町
TEL : 03-6380-9012
E-mail : impact@jst.go.jp URL : <http://www.jst.go.jp/impact/>

光超音波イメージングがひらく未来へ

イノベーティブな可視化技術による新成長産業の創出
Innovative Visualization Technology to Lead to Creation of New Growth Industry



光超音波イメージングが生み出す バスキュラ・ヘルスサイエンスの幕開け

超高齢化に向かう日本において健康寿命の延伸は緊急課題であり、疾患の早期発見・早期治療、予防医療への取り組みが重要になっています。高齢化による主要疾病には、がん、動脈硬化、糖尿病、関節疾患に起因する運動器障害によるロコモティブシンドロームなどがあり、それらの疾患は血管に異常が現れることが知られています。光と超音波が融合した光超音波イメージングは、非侵襲・無被ばくで、血管網と血液状態をイメージングできる技術です。この技術を利用することで、症状が重篤になる前に血管の異常を検知して様々な疾患の早期発見や予防につながる、新たな健康科学が生まれようとしています。

この新たな健康科学を「バスキュラ・ヘルスサイエンス（Vascular Health Science）」と呼ぶことにし、光超音波イメージングの応用可能性について描いていきます。

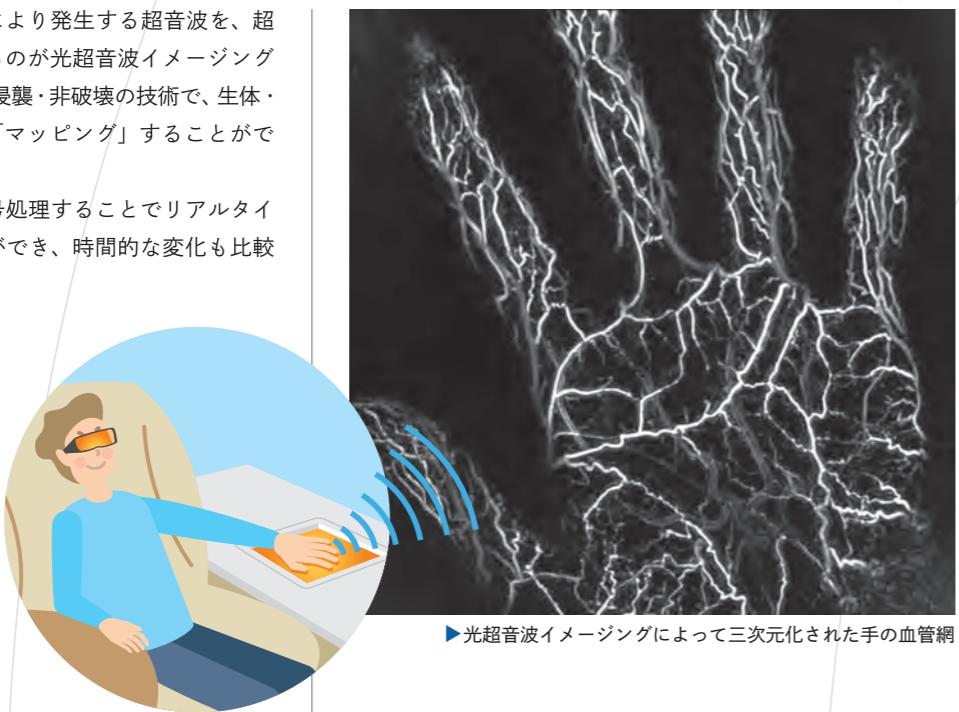
今まで、新しい計測技術によって、従来では捉えることができなかつた現象や計測できなかつた状態が把握できるようになります。新たな科学領域と産業が創出されてきました。例えば、核磁気共鳴分光法を基盤とするMRIは、1973年に画像化に成功してから40年以上にわたり、革新的な技術開発、臨床応用への開発が継続して行われ、一大科学領域と産業を生み出しました。「イノベーティブな可視化技術による新成長産業の創出」プログラム（以下、本プログラム）で開発する光超音波イメージングは、光音響現象により生体内部のヘモグロビンを検出し、非侵襲かつ無被ばくで血管網と血液状態を可視化する新しいイメージング技術です。この技術を利用し、身体の状態を捉える新たな指標として血管を三次元化します。そして血管の形態・機能情報により、疾病的発症から、治癒プロセス、病前・病後の健康状態を統合的に捉えることが可能になります。

光超音波イメージングの可能性

レーザ（パルスレーザ光）照射により発生する超音波を、超音波センサで検出し、画像化するのが光超音波イメージングです。光超音波イメージングは非侵襲・非破壊の技術で、生体・物体の「全体像」を画像として「マッピング」することができます。

膨大な量の超音波信号を並列信号処理することでリアルタイムに三次元画像を構成することができ、時間的な変化も比較できるようになります。

さらに、画像として解析だけでなく、特定成分の有無や変化も、その色の違いで見分けることができます。この技術により、現在の診断法では実現していない非侵襲・無被ばくでの微細な血管網と酸素飽和度などの血液状態のイメージングや、食品や製品の内部の傷・欠陥や劣化などのイメージングができるようになります。



バスキュラ・ヘルスサイエンスの創出へ



内閣府
革新的研究開発推進プログラム
プログラム・マネージャー

八木 隆行
Takayuki YAGI

超高齢化社会が到来する中で、疾病率の上昇や要介護者数が急増し、病気や介護への不安が広がっています。その一方で、健康や美しさを保ち、安心して働く生活が求められています。また、製品や食品の品質向上による、国民生活の安全・安心の実現も重要となっています。国民の多くが罹患するがん、動脈硬化、糖尿病や関節疾患などの発症と病勢は、血管網や血液状態に現れることが知られていますが、従来は造影剤を用いて血管をイメージングしていました。

非侵襲・無被ばくで血管をイメージングできれば、多くの疾患で、早期発見や病勢を診断することが可能になります。

これにより、小児から高齢者まで誰もが健康でありかつ体の負担が少ない医療やサービスを受けられるようになることが期待できます。

そこには、血管網と血液状態を可視化することで可能になる新たな医療や、健康の維持・管理の姿があります。

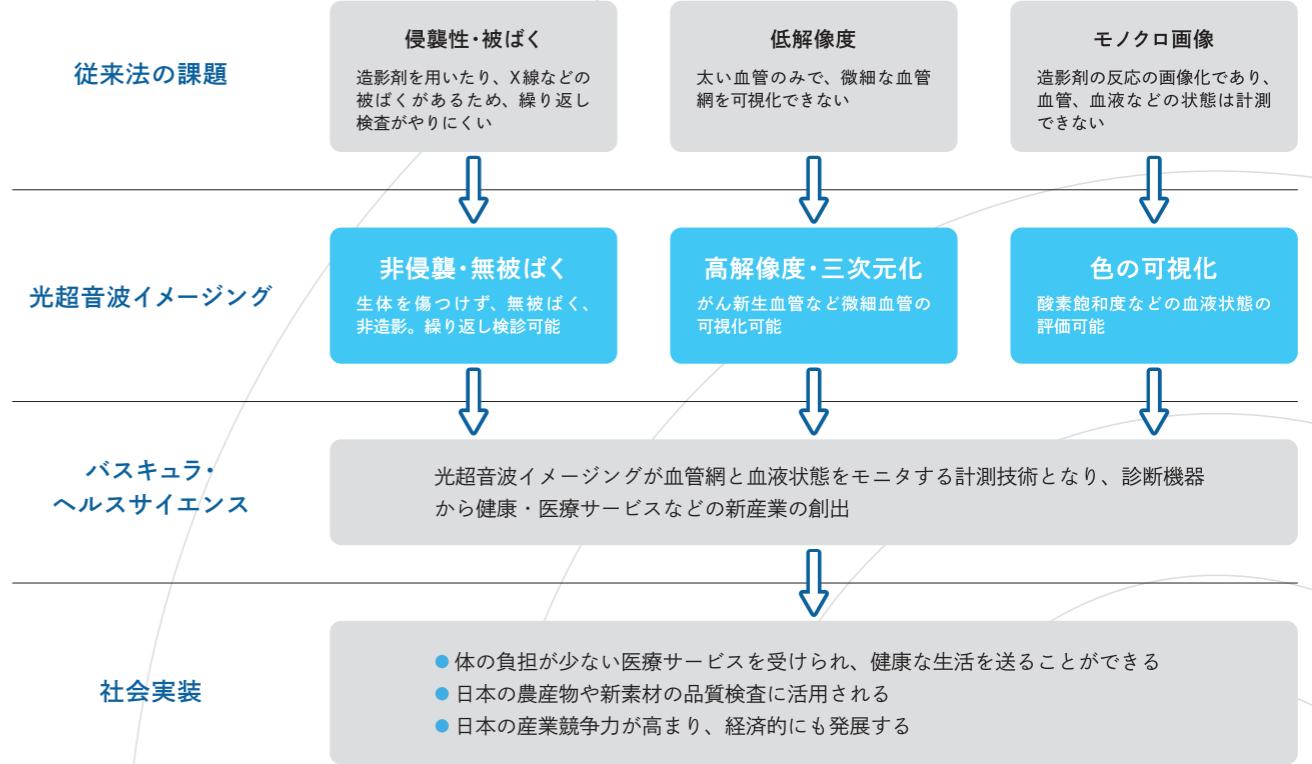
光超音波イメージングにより、様々な疾患を早期診断し、画像データベースを構築していくことで、ピッグデータ解析による疾患リスクの予測もできるようになるでしょう。

また、皮膚老化などの評価が可能になれば美容への展開もできるようになります。

さらには、光の特長を活かし構造・物性変化を簡便かつ高精細にイメージングすることで、製品の信頼性を高め、日本製品の品質の向上による競争力の強化に寄与することも期待できます。

本プログラムでは、血管イメージング技術による「バスキュラ・ヘルスサイエンス」を創出し、新たな産業創出への貢献を目指して、光超音波イメージングの開発を進めています。本誌により、本技術へのご理解を一層深めて頂ければ幸いです。

光超音波イメージングが生み出すバスキュラ・ヘルスサイエンスの社会実装図



光超音波イメージングの基本原理

光イメージングの光学的特性を捉える特長と超音波イメージングの深い所まで可視化できる特長とを併せ持つ、非侵襲・無被ばくの新しいイメージング方法——光超音波イメージング。対象物（生体または物体）に合わせて波長を組合わせ、超音波センサを配置することで、対象物の内部構造と内部組織の特性が可視化できます。非侵襲でX線などの被ばくもなく、放射線や磁気などを遮蔽する施設や制限区域が不要なため、いつでも、どこでも、誰にでも利用しやすい診断装置が実現できます。

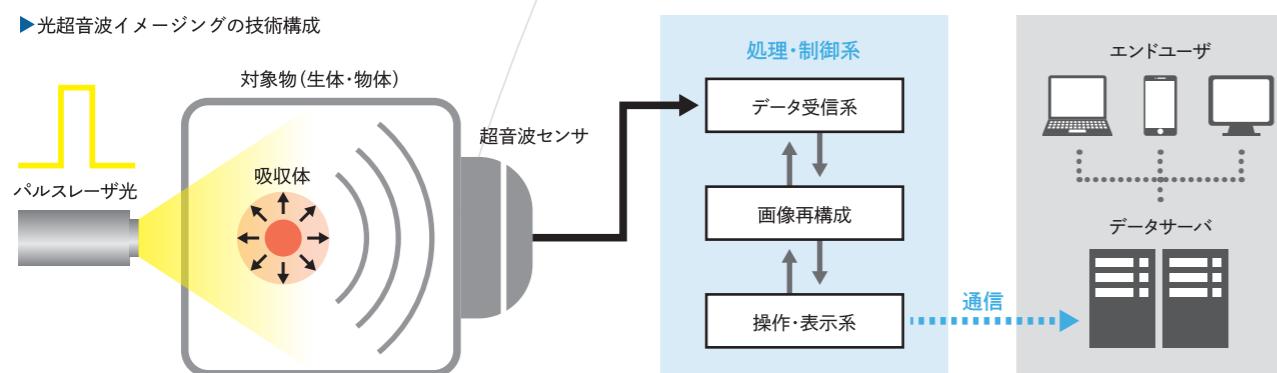
光超音波イメージングでは、可視化する吸収体に合わせた波長のパルスレーザ光を照射し、発生した超音波を超音波センサで受信、対象物内部の吸収体の三次元分布を画像化します。ここでは、光超音波イメージングの技術構成、イメージングの原理と、最大の特長である「色の可視化」を説明します。

光超音波イメージングの技術体系

光超音波イメージングは、対象物に光を照射する「波長可変レーザ」、対象物内部の吸収体から発生する超音波を受信する「超音波センサ」、超音波センサで検出した信号をデジタル信号に変換する「データ受信系」、吸収体の位置やサイズを算出する「画像再構成」、画像処理等により画像表示しシステム全体を制御する「操作・表示系」の技術から構成されます。また、処理・制御系とデータサーバを連結することで、多様な医療情報と併せてビッグデータ解析が可能となり、個別化

医療や自動診断、遠隔地からの診断もできるようになります。本プログラムでは、広範囲で可視化できる「ワイドフィールド可視化システム（トモグラフィ型）」と、ミクロンオーダーの解像度を有する「マイクロ可視化システム（マイクロスコープ型）」の開発を行っており、幅広い対象物に対応できるイメージング技術の確立を目指しています。より深く、より高精細なイメージングを目指し、高出力の波長可変レーザや、多チャンネル化された超音波センサもあわせて開発しています。

▶光超音波イメージングの技術構成

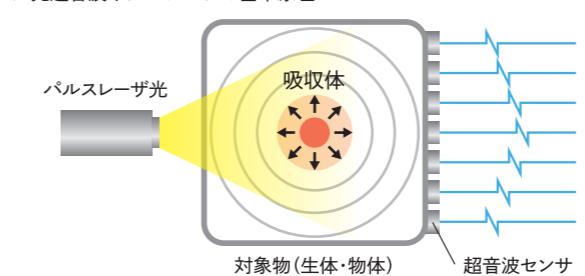


光超音波イメージングの原理 1 光と超音波の融合

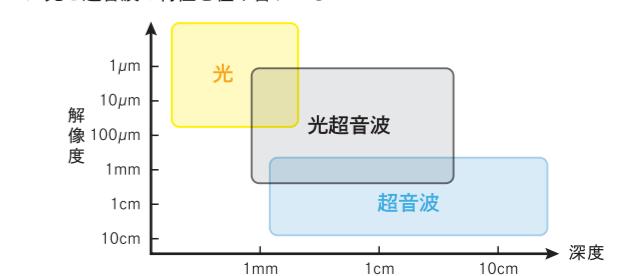
対象物に光を照射すると超音波を出すという光音響効果の原理をイメージングに応用したのが、光超音波イメージングです。波長可変レーザからのパルスレーザ光を対象物に照射し、対象物の内部にある吸収体が光エネルギーを吸収し、温度上昇により体積膨張して生じる超音波を多数の超音波センサで検出します。

光から超音波へと変わる過程では、光イメージングと同様に、吸収体の色の特徴（吸収特性）を画像情報として得ることができます。従来の光イメージングでは難しかった高深度での可視化を、生体を伝播できる超音波に変えることで、より深い部分でも高い空間分解能を保ち鮮明に可視化することができます。

▶光超音波イメージングの基本原理



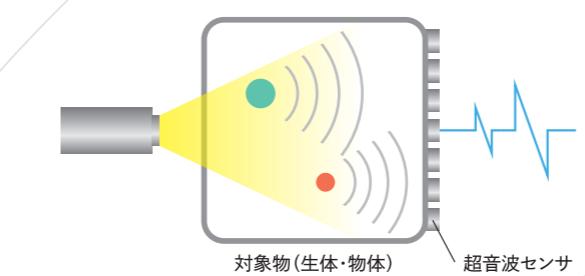
▶光と超音波の特性を組み合わせる



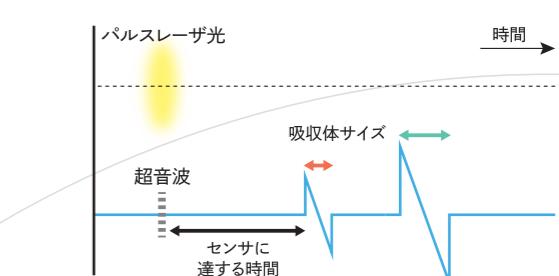
光超音波イメージングの原理 2 再構成・三次元化

三次元化のために波長可変レーザからのパルスレーザ光を吸収し発生した超音波を、吸収体に面して配置した多数のセンサで受信します。波長可変レーザの発光タイミングと、受信までの時間から、吸収体から発生した超音波の各センサへの到達時間を計算します。この到達時間・各超音波センサの位置情報・対象物の伝播速度から、逆投影法（画像再構成）による吸収体の三次元化が可能となります。

▶超音波をセンサで計測



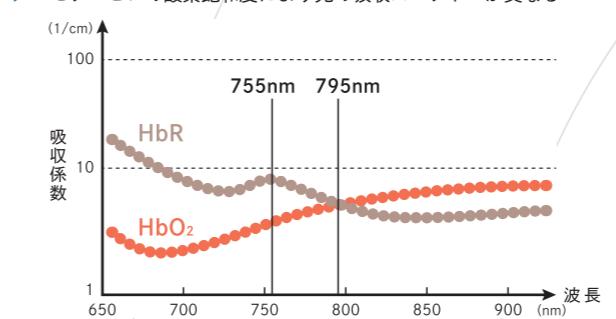
▶多数の超音波センサで超音波の時間軸幅を計測し三次元化



光超音波イメージングの原理 3 色の可視化

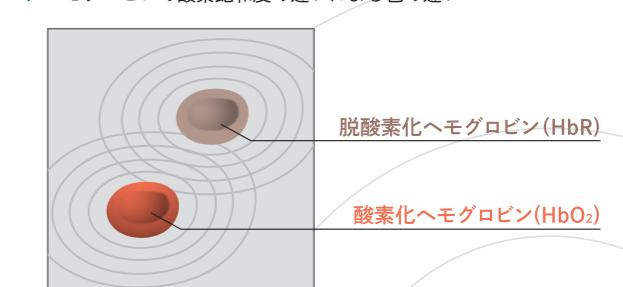
光超音波イメージングでは、吸収体の光学特性に対応した波長のパルスレーザ光を複数組み合わせて照射することで、吸収体の色の特徴（吸光特性の違い）を可視化できます。例えば、吸収体としてのヘモグロビンは、酸素飽和度の違いにより光の吸収スペクトルが異なります。その違いに着目し、

▶ヘモグロビンの酸素飽和度により光の吸収スペクトルが異なる



ヘモグロビンの酸素飽和度に合わせた2つの波長（例えば、755nmと795nm）のパルスレーザ光を照射すると、各波長で発生する超音波強度が異なります。この超音波強度比を画像化することで、ヘモグロビンの色の違い、つまり生体内の血液の酸素飽和度をイメージングすることができます。

▶ヘモグロビンの酸素飽和度の違いによる色の違い



光超音波イメージングの特長

光超音波イメージングの医療分野における特長と、生体で対象とする血管と関係する疾病について紹介します。また、現在、血管や血流の画像診断に使用されている画像検査装置（モダリティ）——超音波、造影MRI、造影CT、造影X線——と比較して、光超音波イメージングの技術の特長を紹介します。

本プログラムでは、体表から数ミリメートルまでの毛細血管や皮膚組織を高解像度で可視化できるマイクロスコープ型、数センチメートルまでのサブミリサイズの血管網を広範囲で可視化できるトモグラフィ型の装置の開発を進めており、これらの装置を用いた臨床研究において疾病領域での有効性を示すことを目指しています。

血管のイメージング技術の特性

非侵襲・無被ばく

光超音波イメージングでは造影剤を使用せずに、既存の造影剤を用いた超音波、MRI、CT、X線（血管造影法）よりも微細な血管のイメージングを実現します。皮膚への損傷などの影響を与えない強さの波長可変レーザを使用して計測するので、無侵襲です。光を照射して超音波を検出する手法なので、被ばくすることなく、何度も繰り返し測定することも可能です。そのため小児から高齢者まで、様々な人たちに利用することができます。さらに、MRIやCT等にある放射線や磁気を遮蔽するための施設や制限区域を必要としないので、装置導入のハードルが低くなります。

▶光超音波イメージングは非侵襲・無被ばく、高解像度、血液状態の可視化・三次元化

	光超音波 イメージング	超音波		造影MRI	造影CT	造影X線
		超音波ドプラ法	造影超音波法			
非侵襲・無被ばく	◎	◎	○	○	×	×
血管網の可視化	微細血管可	>1mm	微細血管可	>1mm	~1mm	微細血管可
非造影での血流の可視化	△	○	×	×	×	×
血液状態（酸素飽和度）	○	×	×	×	×	×
三次元イメージング	○	△	△	○	○	×
簡便性・即時性	○	○	×	×	×	×

光超音波イメージングの装置タイプ

マイクロスコープ型

マイクロスコープ型は、生体にパルスレーザ光を照射し、生体表面を走査しながら音響レンズの焦点近傍から発生した超音波を超音波センサで受信しイメージングする方式です。高

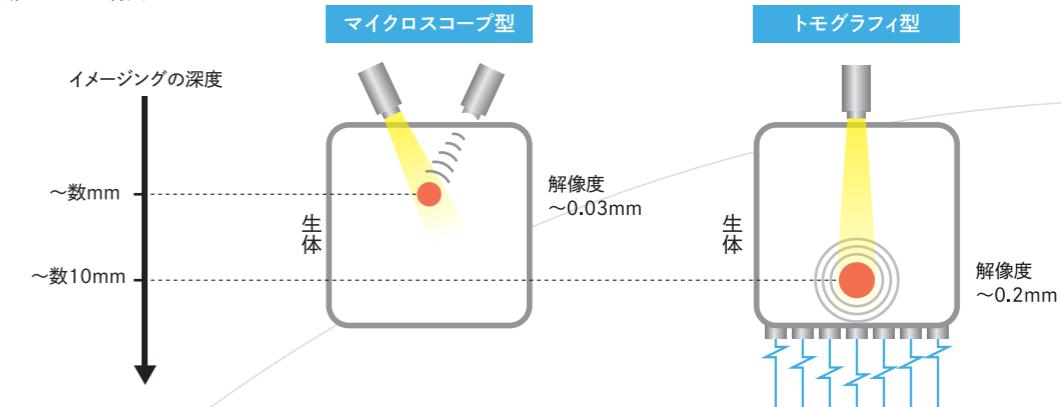
高解像度・血液状態の可視化・三次元化

この技術では、多数の超音波センサを配置し計測することで、センサを移動させる必要がなく、超音波診断で課題とされている術者依存の問題が解消されます。技術者の技量によって結果が左右されることなく、高い解像度の三次元血管画像を優れた再現性で提供できます。前項で紹介した、複数のレーザ波長を組み合わせることでヘモグロビンの酸素飽和度の画像を得られれば、これまで可視化できていない血管網と血液状態を詳細に見ることができます。超音波診断のようにリアルタイムで、さらに血管を三次元で見られる、そのような高精細なイメージングの実用化を目指しています。

トモグラフィ型

トモグラフィ型は、生体の計測部位を広く覆うように多数の超音波センサを配置し、パルスレーザ光を照射し生体内で発生した超音波を広い範囲で受信する方式です。多数の超音波センサを組み合わせて画像再構成を行うため非常に微弱な信号を検知し、イメージングの深度は数10mmとなります。解像度は～0.2mm程度になります。本プログラムでは乳がん、循環器疾患、関節疾患など血管イメージングにトモグラフィ型を用います。

▶2装置タイプの特長



光超音波イメージングが可視化する領域

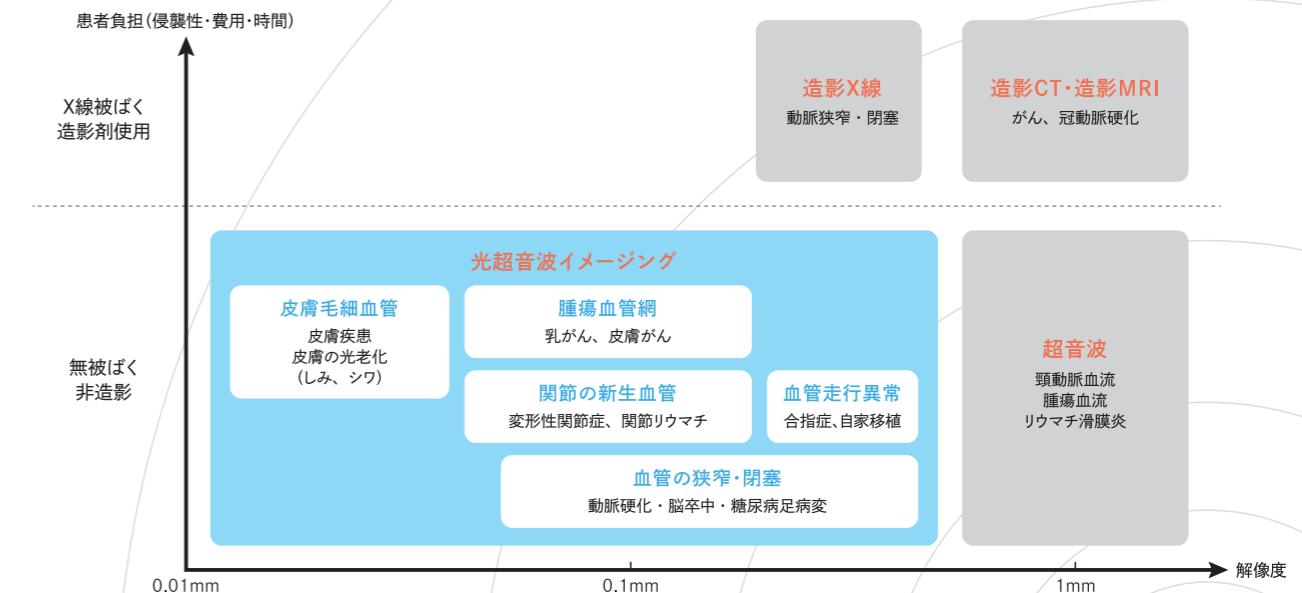
日本人の主要疾患であるがん、動脈硬化、糖尿病やロコモティブシンドロームなどの疾患の発症と病勢は血管網や血液状態に現れることが知られていますが、既存のモダリティでは、造影剤や被ばくが忌避され、血管網や血液状態の評価を早期診断や予防へ応用する研究が進んでいません。

がん細胞の成長にかかる血管網（腫瘍血管網）、変形性関節症や関節リウマチにかかる関節の新生血管、動脈硬化・脳卒中や糖尿病による足病変等にかかる血管の狭窄・閉塞、合指症や自家移植にかかる血管走行異常、皮膚疾患にかかわる皮膚毛細血管などを、光超音波イメージングを用いることで非侵襲・無被ばくで可視化できるようになります。

疾病的予兆ともいえる血管の異常を初期の段階で診断できれば、早期治療も可能になり、患者の生存率やQOLを高めることができますし、医療費の削減にもつながります。

また、皮膚疾患だけでなく、皮膚血管網の可視化は、皮膚の光老化によるシミ・しわなどの変化や、美容における施術効果の計測など美容・化粧品分野での開発に展開することができます。

▶光超音波イメージングが可視化する疾患に関する血管の状態



い周波数の超音波を計測することで高解像度が可能ですが、イメージングの深度が数mmと浅くなります。本プログラムでは、皮膚組織のイメージングにマイクロスコープ型を用います。

バスキュラ・ヘルスサイエンスの医療における可能性

「キュアからケアへ」…日本の人口は2035年には3人に1人が65歳以上、5人に1人が75歳以上になるといわれています。政府のビジョンにあるように、医療の質と効率を高め、医療資源の効率的な活用が求められています。従来のように重篤化してから治療（キュア）するのではなく、未病または早期段階で異状を発見し、個々人の健康意識を高め医療機関と連携して健康管理し、症状の改善を行う「ケア」型の医療とそれを支える社会基盤の整備が求められています。日本人に多いがん、動脈硬化、要介護に至りやすいロコモティブシンドロームなどは、発症前または発症の初期段階で治療を開始し、同時に生活改善をすることで、健康な生活を送ることのできる社会の実現はもちろん、社会保障費の大幅な削減も期待できます。非侵襲・無被ばくで小児から高齢者まで利用できる光超音波イメージングはバスキュラ・ヘルスサイエンスを具体化するイメージングツールとなります。

バスキュラ・ヘルスサイエンスの医療分野における応用可能性を描いてみましょう。

可能性 医療 1 がん（乳がん）

2015（平成27）年度の人口動態統計によれば、死因順位のトップはがんとなっています。全年齢のがん死亡者の統計で乳がんは女性では5位ですが、中高年となる40~50代の年齢層では、乳がんによる死亡数割合が1位です。

乳がんの死者数は2010（平成22）年で1万2,455人、2016（平成28）年の推計値で1万4,000人となり、罹患数も2010（平成22）年の6万8,071人から、2016（平成28）年の推計値で9万人と増加しています^{*1}。現在の主流であるマンモグラフィによる検査は、アジア人に多く見られるデンスプレスト（高濃度乳腺）のため、がんが検出しにくいといわれています。さらに乳房を圧迫するため苦痛を感じる人が多く、医療の現場ではより検出しやすく負担が少なく、X線被ばくのない検査方法が望まれています。

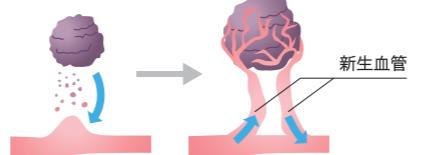
光超音波イメージングによる診断では、がん特有の血管網（新生血管）と血液状態を可視化し、これまで以上の早期発見を目指しています。また、圧迫されることなく短時間ですみ、X線被ばくも気にせずに何度も受診することができるようにな

腫瘍血管網

ります。光超音波イメージングでは、腫瘍およびその周辺の血管網と血液状態を把握することで、最小限の切除と投薬で治療を行えるようになり、例えば投与した抗がん剤の効果が見られなければ早期に別の薬に切り替えができるなど、個々人に最も効果のある治療法を選択することができます。その結果患者の体力の温存、ひいては患者のQOLを向上できます。また、患者自身も診察室の中で光超音波イメージングの三次元画像をリアルタイムでモニタ画面で見て確認できるなど、より信頼・安心できる治療を受けることができます。

*1：国立がん研究センター プレスリリース「2016年のがん統計予測公開」2016.7.15

▶がん細胞が成長すると新生血管が形成される



可能性 医療 2 動脈硬化・脳卒中・糖尿病

2015（平成27）年度の人口動態統計によれば、死因順位の2位は心疾患、4位は脳血管疾患、動脈硬化で、いずれも高血圧や高脂血症、糖尿病による血管の状態悪化が原因となる疾患有です。糖尿病に関しては、2012（平成24）年で予備軍と有

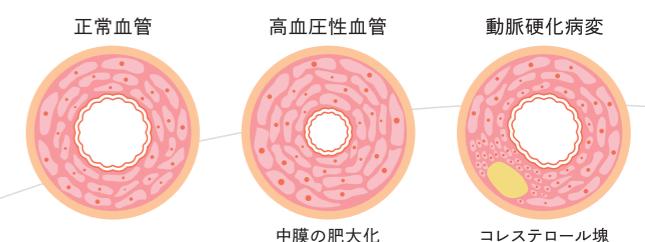
血管の狭窄・閉塞

病者合わせて約2,050万人といわれており^{*2}、世界的に見ても国際糖尿病連合の「Diabetes Atlas 2012 update」によると、2030年には糖尿病患者は中国とインド、それぞれで1億人を超えるといわれています。初期の動脈硬化は自覚症状が乏しく、

従来血圧値やコレステロール値、血糖値などの中間指標を手がかりに兆候を発見する方法がほとんどでした。光超音波イメージングでは、複数の異なる波長のパルスレーザー光を用いることで、動脈硬化の主因である血管壁中のplaques（斑塊）の「色」で、正常な血管壁と区別することができます。また、血管の形状を高解像度でイメージングできることから、動脈硬化を血管の形態異常として捉え、細動脈血管狭窄や閉塞を血管の「形」で判別することができるようになります。この技術は特に、糖尿病性腎症などで造影剤を使えない患者の診断に効果的です。光超音波により血管網と血液状態をマッピングし、微細な血管の狭窄する箇所や虚血の有無を計測し、無自覚の段階での診断や生活習慣などの改善ができるようになります。その結果、重篤化を回避するだけでなく、医療費の抑制も可能になります。重篤化した場合には足の切除などをせざるを得ない事もありますが、光超音波イメージングによって患部の動脈・静脈の状態を詳細に確認することで、必要最小限の切除で済むようになります。

*2：厚生労働省「2013年国民健康・栄養調査」2014.12.10

▶病状が進むと血管壁の変化やplaques性状が変わる



可能性 医療 3 ロコモティブシンドローム

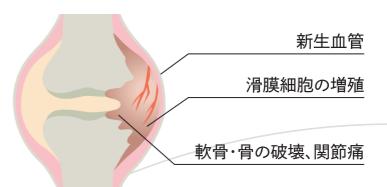
運動器に障害（ロコモティブシンドローム）を生じると日常生活を行うことが困難になるリスクが高くなります。原因となる疾患をみると、脳卒中、認知症、骨折、関節疾患が挙げられます。要介護度別に原因疾病をみると、要支援者では「関節疾患」が最も多く、中でも変形性関節症の患者数は国内で2,530万人、関節リウマチでは70万人といわれています^{*3*4}。関節疾患の診断では造影MRIが有効ですが、体への負担があり、検査費用も高く未病段階で何度も診断を受けられないのが現状です。変形性関節症や関節リウマチでは、炎症により関節破壊が生じます。関節リウマチは、免疫の異常による炎症で関節の腫れや痛みを生じ関節の変形が起こる病気です。関節リウマチでは、滑膜に発生する新生血管が関節破壊進行の予測因子と考えられており、現在では超音波ドプラ法で新生血管を発見し早期治療することが可能となっています。ところが、超音波ドプラ法による関節診断は、検査技師の技量によって診断結果が変わってしまう術者依存の問題や、全ての関節を一つひとつ診断するのに時間がかかるという課題があります。

光超音波イメージングでは、術者依存なく、手の全関節の滑膜に生じる新生血管をリアルタイムで可視化できるようになります。新生血管の三次元構造を可視化することで、関節変形・摩耗にいたる前に関節疾患の早期発見をもたらす診断法として期待できます。2025年以降の予防医療が普及する段階では、運動器の状態をモニタリングしながら、最適な生活指導や療法を選択することで、運動器障害を回避することも可能になるでしょう。

*3：平成25年度厚労省国民生活基礎調査

*4：吉村典子、科学研究費助成事業研究成果報告書「骨粗鬆症及び変形性関節症の発症要因の解明：長期観察住民コホートの統合と追跡」2014.06.07

▶滑膜細胞が増殖すると新生血管が発生する



可能性 医療 4 皮膚疾患

皮膚は、複雑な三次元構造を持つ全身を覆う臓器です。外気温が下がると色調がすぐに変わったり、少しの刺激で赤くなるなど、皮膚の血管は環境の変化に敏感に反応します。皮膚がんの発症は、強い日光（紫外線）を浴び続けること、また過去に負ったやけどやけがの傷跡が原因となることが知られており、日本でも高齢化に伴い発症リスクが高まり患者数が増加しています^{*5}。現在の皮膚の診断法は、皮膚を診る、あるいは痛みを伴う皮膚生検による組織診断となります。光超音波イメージングにより、皮膚がんであれば、皮膚の毛細血

管を非侵襲で可視化することで、皮膚がんの浸潤の状態を判断できるようになります。皮膚がん以外でも、原因が明らかな手や足の指先で冷感や皮膚の色調が変わるレイノー症や皮膚が硬くなる強皮症や熱傷、血管炎、血管腫などの多くの皮膚疾患が、血管と深い関わりを持っています。皮膚領域では、診断や治療効果を確認するために光超音波イメージングが新たな画像診断になることが期待されています。

*5：がん情報サービス「がん登録・統計」（～2015年）
http://ganjoho.jp/reg_stat/index.html

バスキュラ・ヘルスサイエンスの健康・美容における可能性

光超音波イメージングは、皮膚の光老化や身体の機能の低下などを、血管網や血液状態から可視化・定量化できる技術へ進化していきます。バスキュラ・ヘルスサイエンスの研究が進むことで、新しい美容のあり方や健康増進への展開が期待されます。

本プログラムでは、皮膚の光老化によるシミ・しわなどの皮膚機能の低下を、毛細血管や皮膚組織をイメージングすることで評価する技術を開発しています。マイクロスコープ型（マイクロ可視化システム）の装置は、直接、皮膚の毛細血管をイメージングできる装置です。肌のエイジング対策などのスキンケア領域にとどまらず、健康状態の評価も可能になります。

可能性 美容 ポジティブ・エイジング

皮膚は、光老化により「新生血管」が作られ、肌表面のしみやシワを増加させていることがわかっています。皮膚表面に近い真皮には無数の毛細血管があり、その数や皮膚表面における血流が、肌表面の透明感やツヤに影響しています。血流が少なすぎれば肌はツヤを失い、新陳代謝も低下します。栄養、水分、体温を供給する毛細血管は、肌を若々しく保つ上で重要な役割を果たしています。光超音波イメージングにより、皮膚の毛細血管の状態を把握できるようになると、肌の状態と血管の関係を明確にする皮膚計測が可能になります。それらの研究をもとに、血管の状態をよくすることで肌の美しさを創っていく「血管ビューティ」といった美容法が開発される可能性があります。肌表面の血管と血流のベストなコンディションを導き出し「健康な血管の状態を維持することで美しい肌になる」といったコンセプトの化粧品や施術が普及するかもしれません。化粧療法のように、自分の容姿に関心を持ちケアすることは、認知症の

予防にも効果があるといわれています。いずれ「アンチエイジング」から、生き生きと魅力的に年を重ねる「ポジティブ・エイジング」へのパラダイムシフトが生まれ、2035年には街中で光超音波イメージングによる肌診断が手軽に受けられ、血流を肌診断に応用したサービスが広がっていると予測しています。化粧品や美容機器メーカー、美容皮膚科、エステ、さらには食や睡眠などのポジティブ・エイジングのための様々な商品・サービスが提供されていることでしょう。

▶光超音波イメージングで皮膚の健康度を計測する



可能性 健康 スポーツ 故障予防・高効率トレーニング

トップアスリートたちは試合・競技会で酷使する体、特に筋肉や関節を様々な方法で調整し、維持しています。疲労具合に応じマッサージ等のケアをし、ケガの予防のために組まれたトレーニングを行い、日々の食事内容も調整し、常に最適な状態を維持しています。例えば、持久力の向上には酸素供給を行う血管が重要な役割を果たし、実際、持久運動を行うと毛細血管が増えることが分かっています。また、低酸素トレーニングの効果を、パルスオキシメータで動脈の酸素飽和度を計測したり、血中のグルコースから疲労を推定したりして、検証しています。体内の血管網や血液状態が可視化できるよう

になれば、より高度なトレーニング管理が可能となるでしょう。光超音波イメージングにより、筋肉・膝関節・皮膚血管などの様々な部位をリアルタイムでモニタリングできれば、新たなトレーニング方法の開発に活用されるでしょう。選手の能力の向上のみならず、新たなスポーツ産業創出も期待できます。

▶故障を予防しながら効果の高いトレーニングを続ける



光超音波イメージングのさらなる展開

従来の光イメージングでは物質表面の形状や物性変化を可視化することはできました。光超音波イメージングでは、光の特長を活かしたまま、物質内部の構造や物性変化を、非破壊で検査することが可能になります。高品質が求められる工業材料の微小なキズの検査や、果物などの抜き取り目視検査に代わる高い処理能力の検査にも利用できるイメージングを可能にします。

本プログラムでは、光超音波イメージングを自動車・飛行機等のパーツとなる炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastics、以下CFRPと略）や、セラミックス構造部材などの非破壊検査への展開を目指した研究も進めています。これらの研究が進展し、装置が小型で簡便に取り扱えるようになれば、工業用材料だけでなく、食品の安全検査への応用も可能になります。

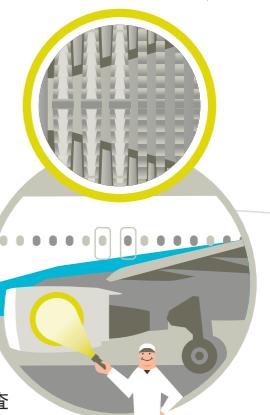
可能性 工業 新素材の品質検査

複合材料の一つであるCFRPは、丈夫で軽量なことから、航空機、ロケット、風力発電等の構造材として広く利用されています。燃料電池自動車の水素タンクなどの装備品、エンジン部品においても活用が進んでいます。

複合材料は、単一材料よりも優れた点を持ちますが、構造が複雑であり、より精密な検査が求められています。光超音波イメージングにより、炭素繊維の多層構造の亀裂を三次元イメージングできるようになれば、材料やプレスの製造ラインから飛行機や自動車の検査場での利用にまで展開することができる期待できます。

この技術により製品の信頼性を高め、コスト削減、製造技術の改良を進めることができます。

複合材料の分野では新しい素材の開発も進められており、その計測技術としても光超音波イメージングの利用が期待されます。



▶飛行機の翼のCFRPを検査

可能性 農業 食品検査

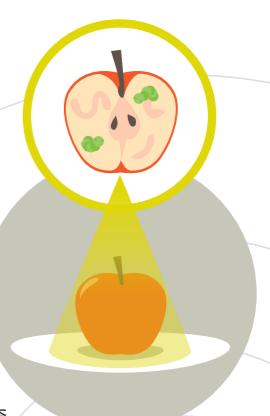
近年、日本食が世界的なブームとなり、日本の農林水産物・食品の輸出は増加傾向にあります。特に、りんごをはじめとした果実類は、中国、東南アジア向けの輸出が増えており、輸出増加に向けた政策が推進されています。果実類の輸出では、栽培地検査とともに輸出検査での検査員による目視検査が行われますが、検査処理能力に限界があり、輸出増加の阻害要因になりつつあります。一方、病気・害虫の自国への侵入を防ぐために輸出相手国・地域によっては禁輸措置がとられており、こちらも輸出の障害要因となっています。

光超音波イメージングでは、果物と害虫の吸光特性の違いを利用し、果実内に潜む害虫を可視化することができるようになります。装置のコンパクト化や低価格化が進めば、選果工程に組み入れ、全数の事前選果を実現し、より信頼性の高い検疫が可能となります。

また、食品加工工場では、作業者の体毛の加工食品への混入が、

長年の問題としてあり、様々な対応がなされています。しかし、現状の手法では、体毛を完全に検出することができず、加工食品への混入が防止できません。

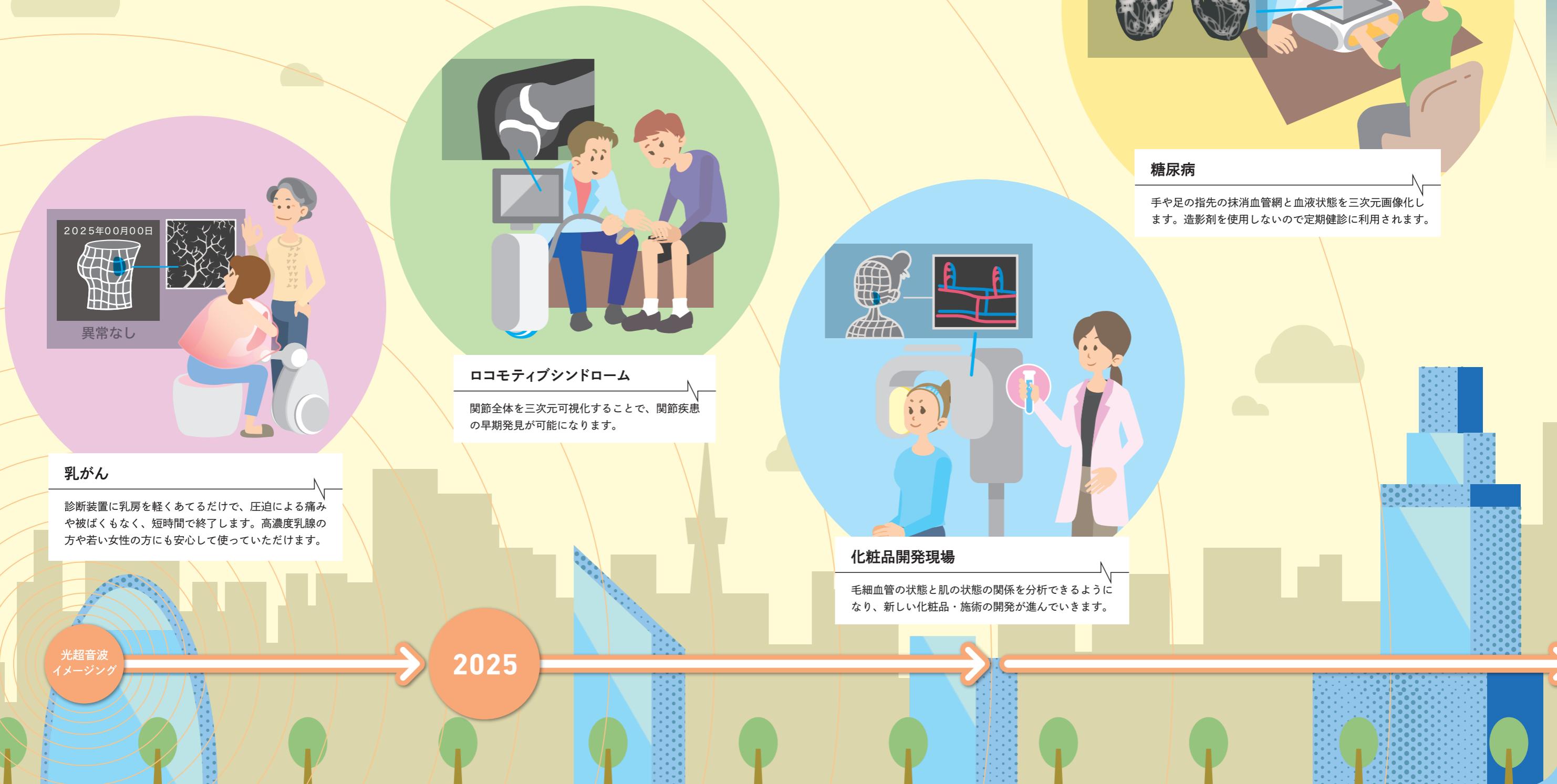
光超音波イメージングは、メラニン色素を多く含む体毛の吸光特性を利用し検出することができます。この技術を食品加工ラインに組み込むことで、体毛の形状に基づく体毛抽出の画像処理技術と組み合わせ、食品に混入した体毛の自動全数検査の実現が期待できます。



▶果実類の害虫を検査

光超音波イメージングから バスキュラ・ヘルスサイエンスが うまれる未来へ

小児から高齢者まで、健常者から疾患者まで、少ない負担で血管網と血液状態の三次元画像を作ることができるようになり、病変の発生前、発生後、そして治療による改善状況を確認できるようになります。早期診断による早期治療に加え、個々人に適した薬剤選定や処方といった個別化医療、そして新しい治療薬の開発が期待されます。



バスキュラ・ヘルスサイエンスが人々の健康と幸せを広げる2035年の未来像



ビューティエイジングドック

高齢になっても美しさを保つためのスキンケアからヘアケアまでのワンストップサービスとして、肌の毛細血管の状態や皮脂やメラニンなど解析し、美容や施術の効果評価などを行います。

非破壊検査

燃料電池タクシーの定期的車両検査。CFRPの車体の傷、燃料電池システムの装備品などをチェックします。

2035

スポーツジム

血管や関節のコンディションチェックを行い、ケガ・故障を未然に防ぎます。リハビリ中のアスリートも、リハビリ効果をモニタリングすることでモチベーションが高まります。

ポジティブ・エイジングビレッジ

日本の地方創生の1つとして、海外からのインバウンド獲得を狙った、ポジティブ・エイジングのツーリズム拠点が生まれます。東洋医学も含め様々な療法の効果を、血管網や血液状態を可視化し定量評価します。