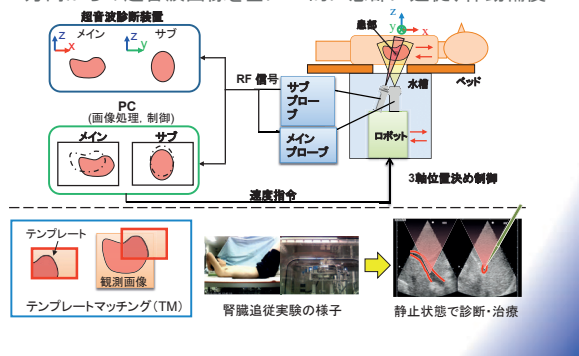
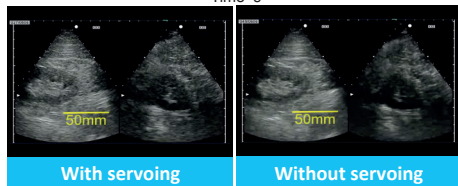
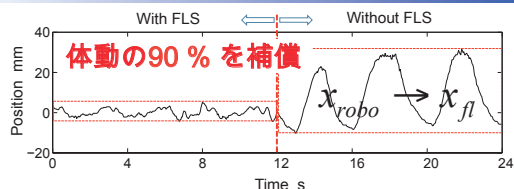


非侵襲超音波診断治療統合システム

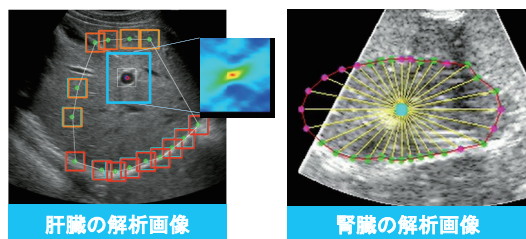
2方向からの超音波画像を基に3D的に患部に追従、体動補償



腎臓の体動補償能力



医師の世界観をロボットが再現



た。体動の約90%を補償しながら、患部の動きに追従してシステムを自動で動かすことで、既存の静止型の治療装置よりも、超音波を照射する際の位置合わせの精度を数倍に高められます。超音波を2方向から当てて、まず患部の位置をつかんだ上で、治療用の超音波を患部に当てる仕組みです。

超音波治療は昨今、前立腺がんや子宮筋腫の治療などに導入されていますが、現在使われている装置は海外製です。ただ、既存の装置では、呼吸によって臓器が動くのを抑えるために、患者に呼吸を

一時的に止めてもらって患部に超音波を当てる必要がありました。

これに対して、ロボットシステムによって患部を精度よく追従できれば、あたかも臓器が静止しているかのような状態で治療が行えます。正常な組織を傷つけることなく、また医師のスキルにもよらずに、誰がやっても一定水準の高度な治療が施せます。現在、肝臓がんや腎臓がんの患者を対象に、システムの機能を確かめるための臨床研究を進めています。近い将来、現行の医療体系に大きな革新がもたらされ、「器用な手」と「高

精細な目」を持つロボットが、高い水準で人を診断・治療する時代が到来する」と小泉准教授は予測しています。そうすれば、人がマニュアルで治療する現在の治療風景は一変してしまうかもしれません。

医療画像からAIで症状を把握

医療ロボットの構築には機械工学的な動作機構や制御技術の開発から、医療向けの画像処理、アルゴリズムといった多様な技術開発まで必要です。例えば、遠隔操作や患部の追従の手法、臓器の3次

元形状モデルを使ったモニタリングや画像中の生体組織の抽出など、それぞれが高度な技術であり、これらを融合することで医療ロボットとして機能します。

最新の研究では、人工知能(AI)技術の一つである機械学習を使って、肝臓を撮影した画像から、肝硬変の症状を定量的に把握できるようにしました。最終的な診断は医師が下しますが、医療画像をどのように解釈するかといった、まさに「医師の世界観をロボットが再現できれば、医師の負担が大きく軽減され、医療技能

の底上げにもつながります。

そのほか、小泉准教授は超音波を使って内臓脂肪の面積を測るシステムも開発しており、医療だけでなく、ヘルスケア市場での幅広い活用も見込めます。今後、様々な疾患や健康分野において、診断と治療を一体化した超音波ロボットシステムを適用していく予定です。

「医デジ化」が医療に革命を起す

医デジ化は、メディカル(医療)とデジタル技術(IT)の融合という意味で、英語では「Me-Digit(メディジット)」という造語で表現しています。世界三大発明の一つである「活版印刷術」が情報の複製(コピー)技術を生み出し、今日の情報革命につながったように、「医療技能をデジタル化し、それをコピーすることによって、知識が共有化され、医療における新たなイノベーションにつながるのではないかと小泉准教授は期待しています。

【取材：文＝藤木信穂】

ロボットを使った超音波診断・治療システムの開発と「医デジ化」の推進

小泉 研究室



小泉 憲裕
Norihiro KOIZUMI

「医デジ化」という言葉を聞いたことがあるでしょうか。小泉憲裕准教授が提唱した、「医療技能の技術化・デジタル化」という概念の略称です。医療やバイオ分野は現在、デジタル化によって大きな変革を遂げています。小泉准教授は、特にロボットを医療に導入すること、診断や治療を高度化する研究に取り組んでいます。

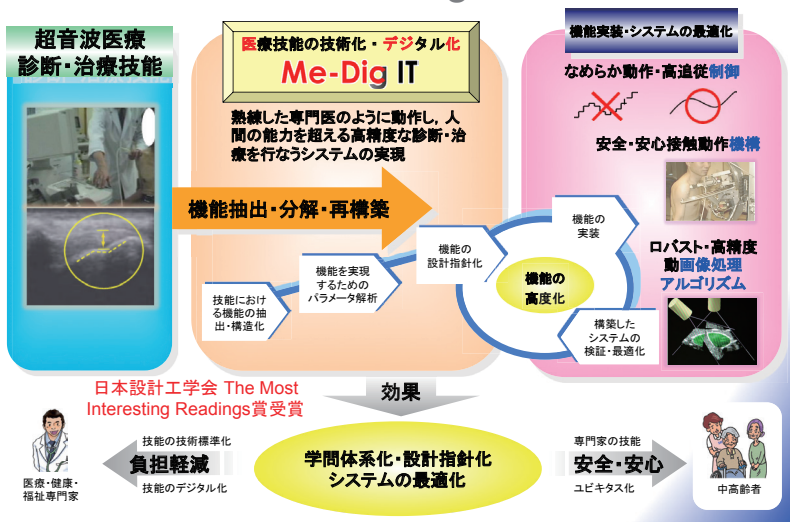
医デジ化の大きな目的は、「医師の世界観」をデジタル技術で再現し、全国どこにいても安全・安

心で質の高い医療を享受できるようにすること」だと小泉准教授はとらえています。医師の技能（スキル）を「機能」として抽出し、それをデジタル化してシステムに実装すれば、熟練医のように診断や治療が行える医療支援システムが実現できるという考え方です。

ロボット+超音波診断装置

小泉准教授が開発しているのが、ロボットを使った超音波診断・治療システムです。超音波診断装置は多くの病院にある一般的な医療機器ですが、近年では、エコーなどの画像診断だけでなく、超音波を一点に集めて患部に当て、開腹手術をせずにがんなどを破壊する治療法が普及しつつあり

医デジ化: Me-Dig ITalization



「医デジ化」の概念

キーワード

医デジ化 (Me-DigIT)、超音波診断／治療ロボット、非侵襲超音波医療診断・治療統合システム (NIUTS)、遠隔超音波診断システム (RUDS)、強力集束超音波 (HIFU)、患部 (病巣) 追従、体動補償

所 属	大学院情報理工学研究科 機械知能システム学専攻
メンバー	小泉 憲裕 准教授
所属学会	米国電気電子学会 (IEEE)、 アメリカ機械学会 (ASME)、 日本超音波医学会、日本ロボット 学会、日本機械学会、日本コン ピュータ外科学会、精密工学会、 日本音響学会
E-mail	nkoizumi@ieee.org

ます。生体を傷つけないため (非侵襲)、患者の負担が比較的軽く、放射線と違って被ばくしないことなどが特徴です。

小泉准教授は診断の分野において、約10キロメートル離れた場所にいる患者にロボットを使って遠隔で超音波診断を行うシステムを世界で初めて開発しました。現在、臨床評価を行っており、いずれこのシステムを自動化したいと考えているそうです。

機械が自動で人を診断・治療する時代に

一方、治療については、1ミリメートルの精度でがんなどの患部の位置を検出しながら、超音波を照射するシステムを開発しまし

医療・バイオはあたらしいデジタルだ。

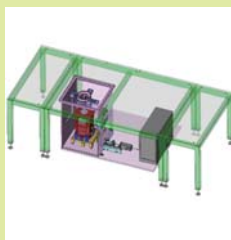
医デジ化による超高精度な診断・治療の実現



遠隔操作型診断・治療
ロボットの開発



簡単に扱えるハンディな
患部追従ロボットの開発



ベット型超音波診断・
治療ロボットの開発

専門医の医療技能を世界観を含めて機能として抽出、実装を考慮して分解・再構築（構造化）する。

次に再構築した機能をシステムの機構・制御・画像処理・アルゴリズム上にデジタル・機能関数としてひとつひとつ実装（医デジ化）し、システム上で機能の高度化・最適化を図ることで、熟練した専門医のように人体に対して安全・安心に接触／非接触動作するとともに人間の能力を超える高速・高精度な診断・治療を行なう医療支援システムの実現を図る。



医デジ化

医療ロボット機構

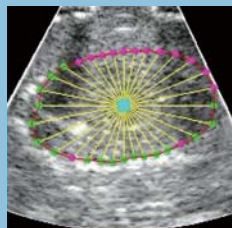
機械知能システム学専攻
先端ロボティクスプログラム

K O I Z U M I
L A B O R A T O R Y
小泉研究室

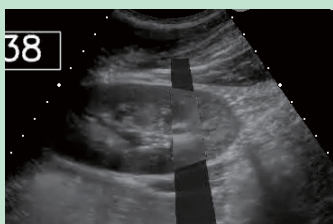
医療ロボット制御



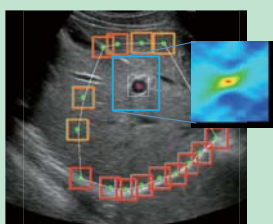
呼吸・拍動等により運動する
臓器内の患部を追従制御



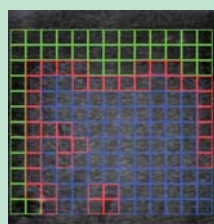
医用画像処理・アルゴリズム



臓器の合成画像モデル

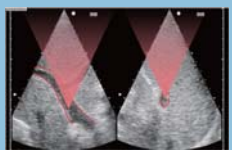


生体組織の抽出・
追従・モニタリング



テクスチャ解析と機械学習
を用いた肝硬変の評価

変形・回転する臓器内の疾患
を抽出・追従・モニタリング



静的な世界での診断・治療
（目標患部追従精度：1mm）



小泉研究室ではIoT・AI・ロボット技術を医療分野に展開して質の高い、革新的な医療機器を効率よく生み出すための方法論を医工融合の学術基盤として確立します。われわれの開発する医療機器は、専門分化され、偏在・複雑化した高度な医療診断・治療技能／技術を一般的な医療従事者であってもきわめて容易かつ安全・安心に扱えるスマートなものとしします。われわれの研究に興味をもたれた方はぜひご連絡ください。いつでも大歓迎です。 連絡先E-Mailアドレス：nkoizumi@uec.ac.jp

『医デジ化 (Me-DigIT)』を推進する 超音波生体モニタリング装置の開発

Me-Dig IT

現状と課題

1. 生体情報モニタ：数値のみでの経時的な管理
2. 超音波診断装置：検者間での知識と経験差で取得画像の質がバラツク

開発内容

『医デジ化 (Me-DigIT)』を推進する 超音波生体モニタリング装置の開発

小型化機構技術

医用画像処理技術

接触動作制御技術

独創性
新規性

- ① 誰が操作しても一定水準以上の情報が取れる
- ② 臓器の体動等を自動追従して患部を正確に捉える
- ③ 超音波画像の経時的变化（異常）を自動認識・警告

既存の超音波診断装置



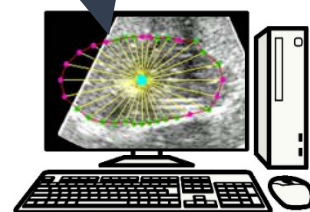
医師による任意の患部指定
(テンプレート画像指定)

患部に固定しモニタリング
(医師はプローブを操作しない)

設定・画像取得
(最初のみ)

追従装置に推定
座標を指示・追従

テンプレート画像に対し、変化
(異常)があればアラーム



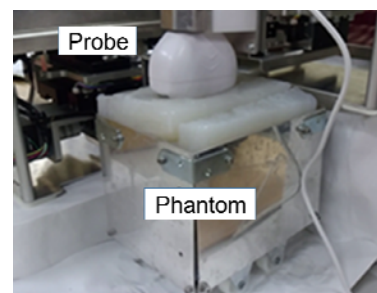
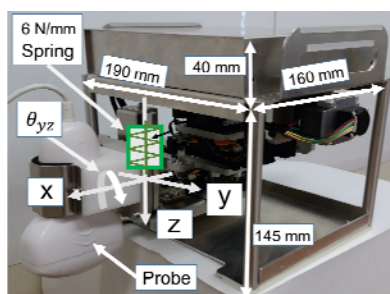
- ・任意の患部の体動補償
- ・初期テンプレートに対する監視
- ・推定座標の計算

患部画像の追従・モニタリング

- ・追従装置の現在位置を送信
- ・超音波画像を連続的/一定間隔で送信

超音波プローブに
取付けた追従装置

- ・追従装置が超音波プローブを駆動
- ・経時的に画像を出力



<http://www.medigit.mi.uec.ac.jp/>



Koizumi
Lab