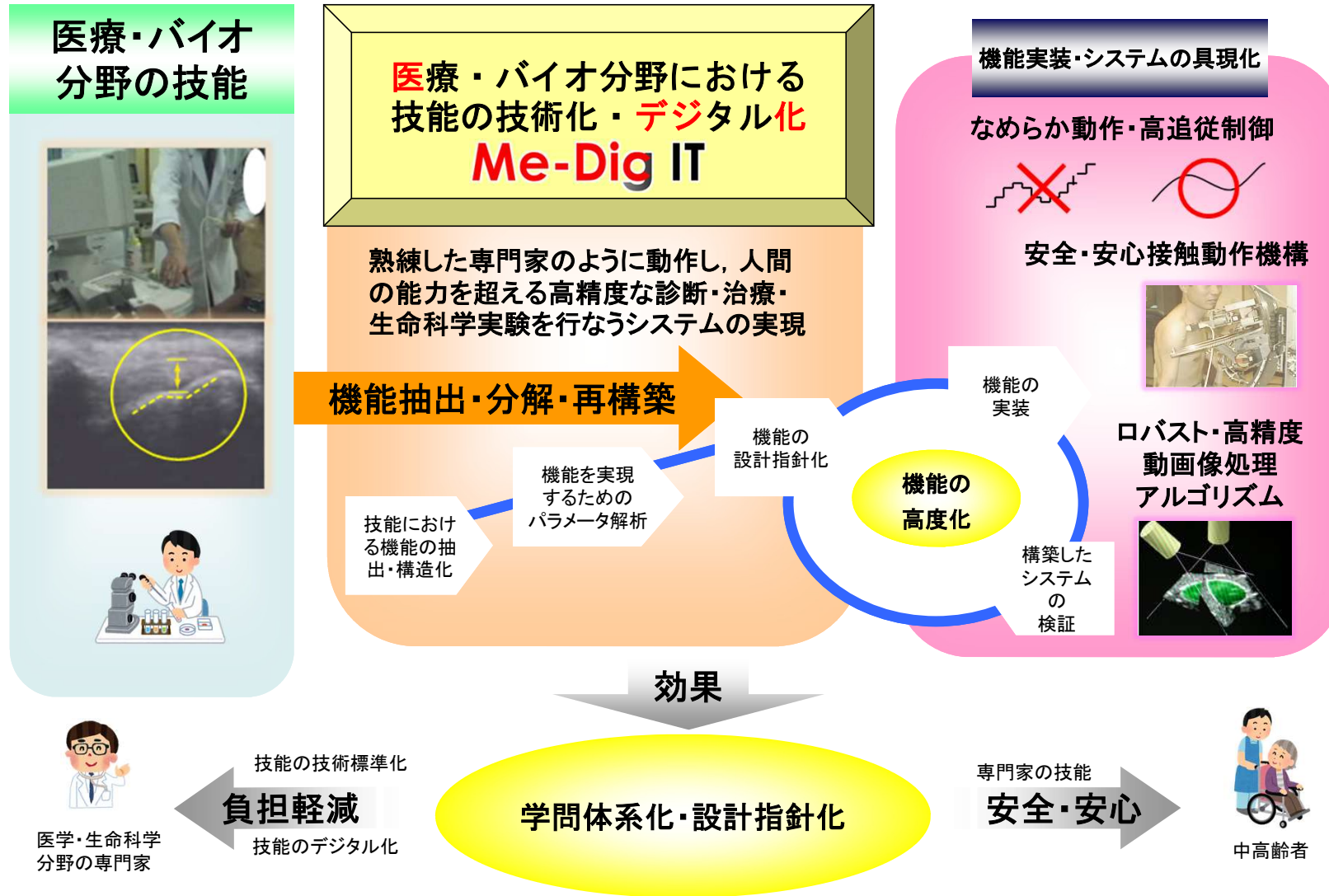


医療のデジタル化を加速する局在診断・ 局所治療支援システムに関する研究

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 機械知能システム学専攻
准教授 小泉 憲裕

2025年5月13日

医デジ化



医デジ化

医療・バイオ
分野の技能



医療・バイオ分野における
技能の技術化・デジタル化
Me-Dig IT

熟練した専門家のように動作し、人間の能力を超える高精度な診断・治療・生命科学実験を行なうシステムの実現

$$DF(t, x, h, H) \geq Lev$$

技能における機能の抽出・構造化

するためのパラメータ解析

機能の高度化

構築したシステムの検証

機能実装・システムの具現化

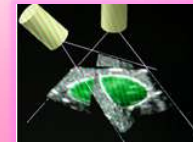
なめらか動作・高追従制御



安全・安心接触動作機構



高精度画像処理
アルゴリズム



効果

技能の技術標準化

負担軽減

技能のデジタル化

医学・生命科学
分野の専門家

学問体系化・設計指針化

専門家の技能

安全・安心



中高齢者

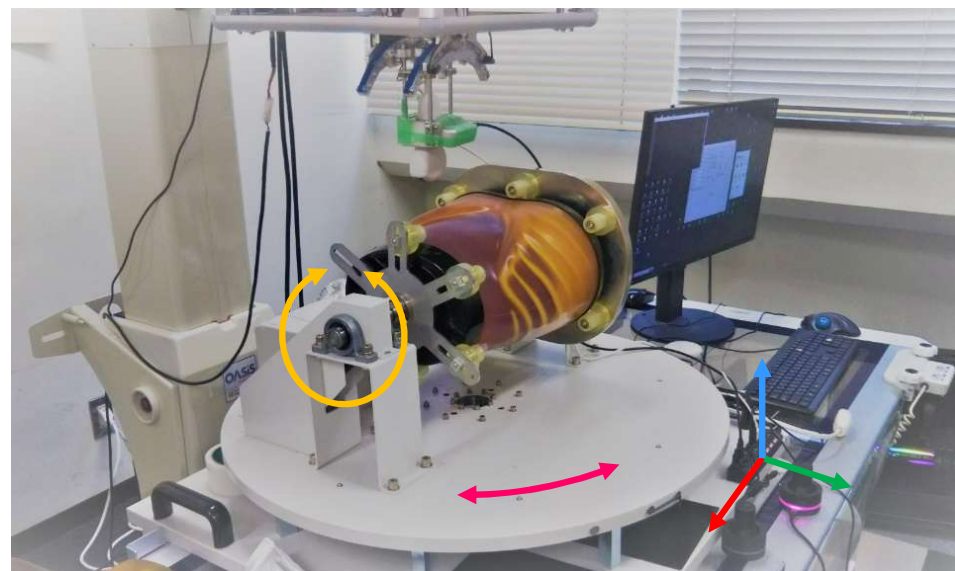
研究の経緯



N.Koizumi, et al., IEEE Trans. Robo., 2009

世界初の遠隔超音波臨 床診断実験

医師の動作を遠隔地にただ単に
伝達するというアプローチのみでは
通常診断と同等の診断が限界



超音波診断・治療ロボットと患者ロボット

今後さらなる医療の質の向上を図る
ためには近年、進展が目覚ましい人
工知能・IoT・ロボット技術を融合し
た医療支援システムの実現が必須



研究の基本構想(背景と目的)

背景

(ニーズ) 高速・高精度で安全・安心・おもいやりの医療診断・治療を安定的に実現・提供したい



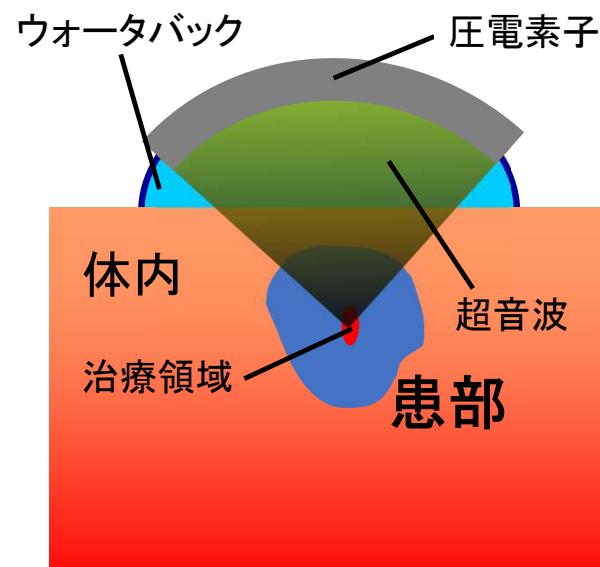
(課題) 周囲の**正常な組織**を傷つせず、患部のみを治療したい



目的

超音波診断・治療基盤システムの開発

- ・人工知能・IoT・ロボット技術を融合
- ・患部を抽出・追従・モニタリング（局在診断）
- ・患部のみへ過不足なく超音波照射（局所治療）

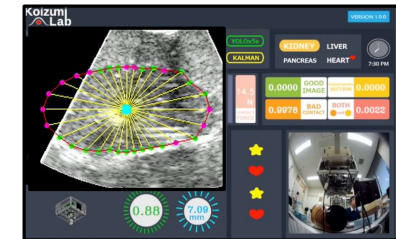
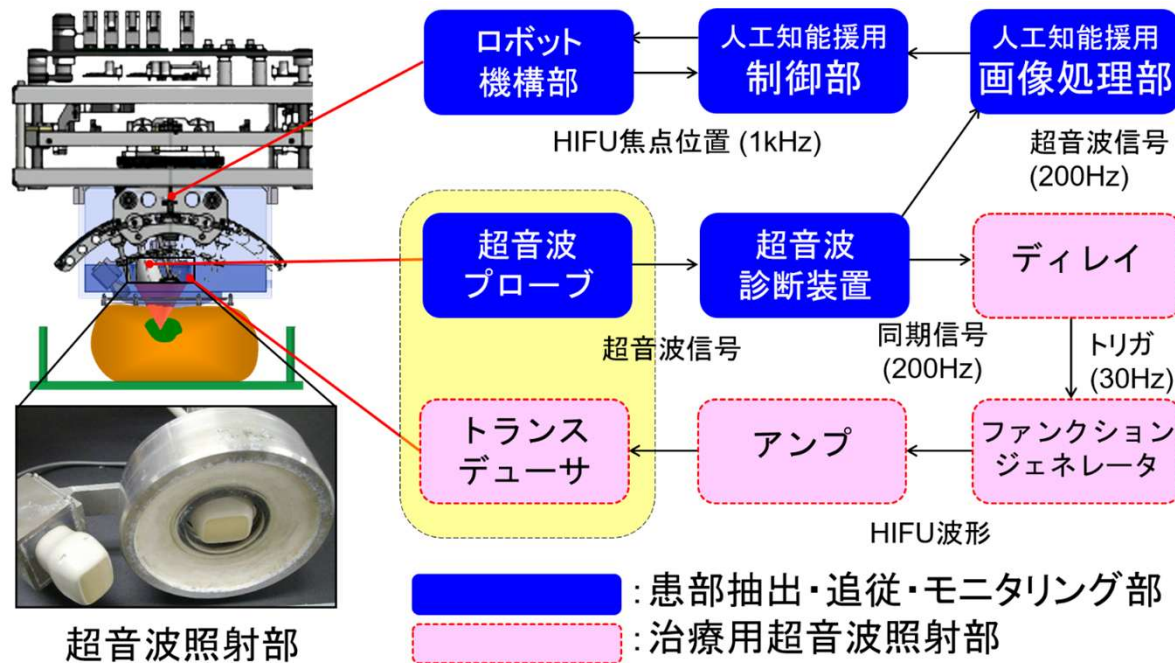


強力集束超音波治療
(**H**igh **I**ntensity
Focused **U**ltrasound)

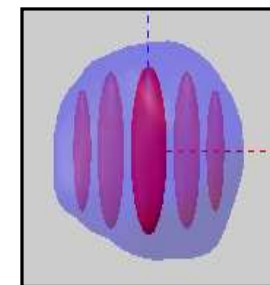
超音波局在診断・局所治療基盤システム

コンセプト：

呼吸等により能動的に変位・変形・回転をともなって運動する臓器内に埋め込まれたがんや結石の局所的な広がりを超高精度に特定（局在診断），抽出・追従・モニタリングするとともに超音波を集束させてピンポイントに患部のみへ過不足なく照射（局所治療）

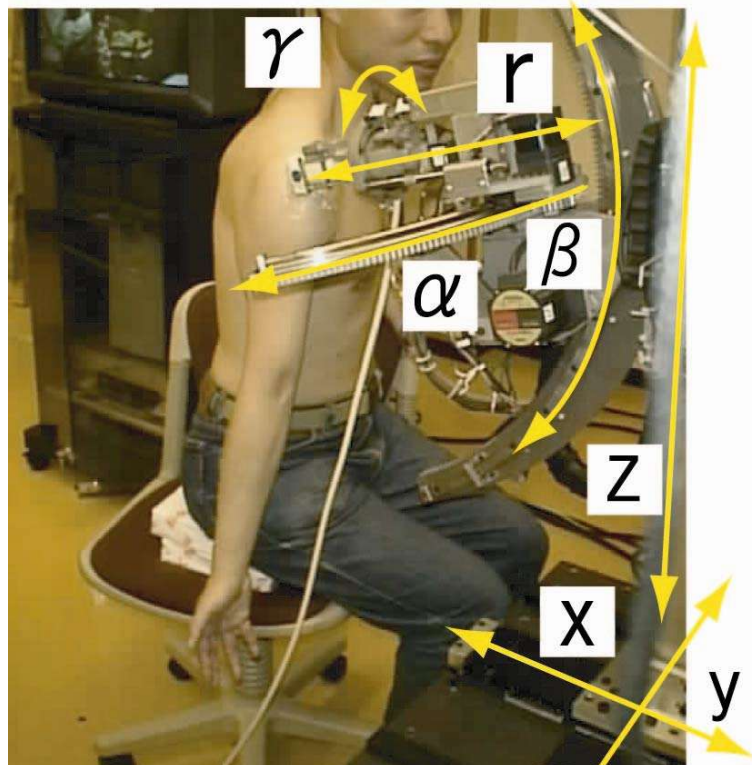


患部抽出インタフェース



治療計画インタフェース

医デジ化技術1(ロボット機構)



高剛性機構

TRO 2009

アフターダンスが重要！



高剛性防水機構

高速・高精度かつ
安全・安心な
高剛性機構、
だれもが容易に
扱える機構

医デジ化技術1(ロボット機構)

超音波医療診断・治療技能(機能構造論的に)とは何か？



AI診療
ロボティック診療

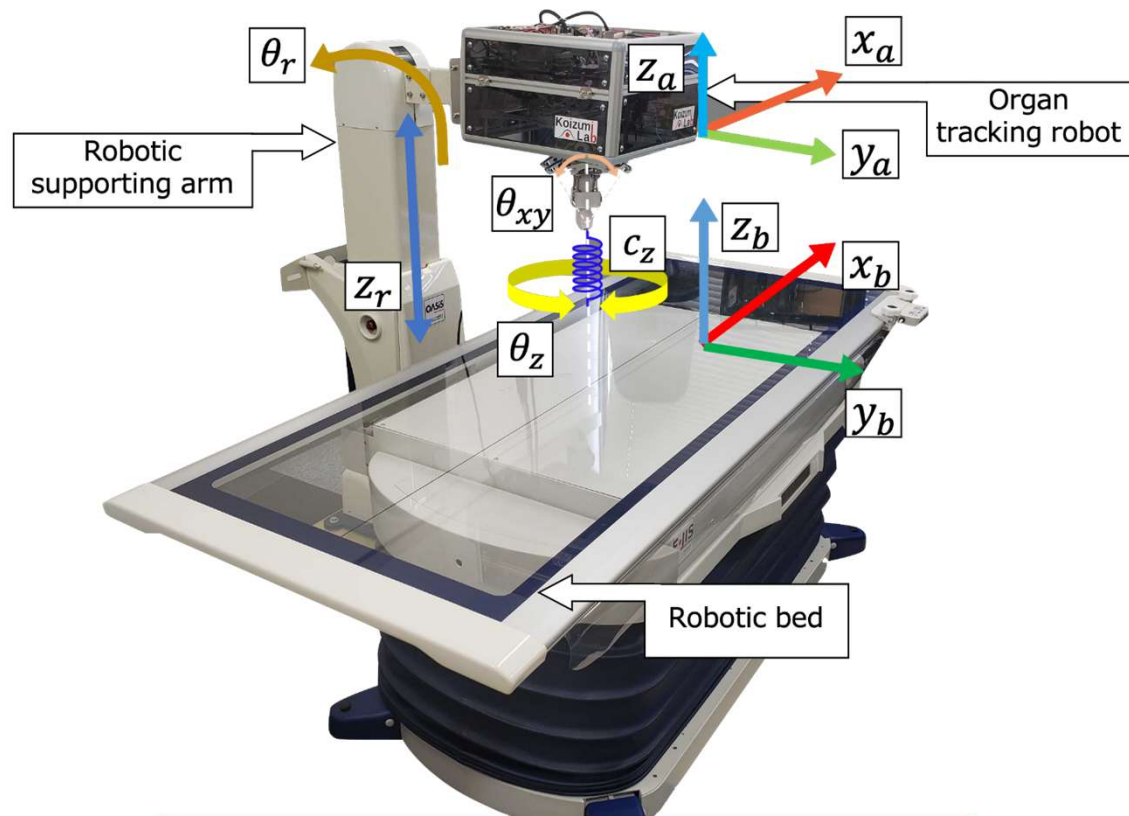
実業
オンライン診療

対面診療

虚業

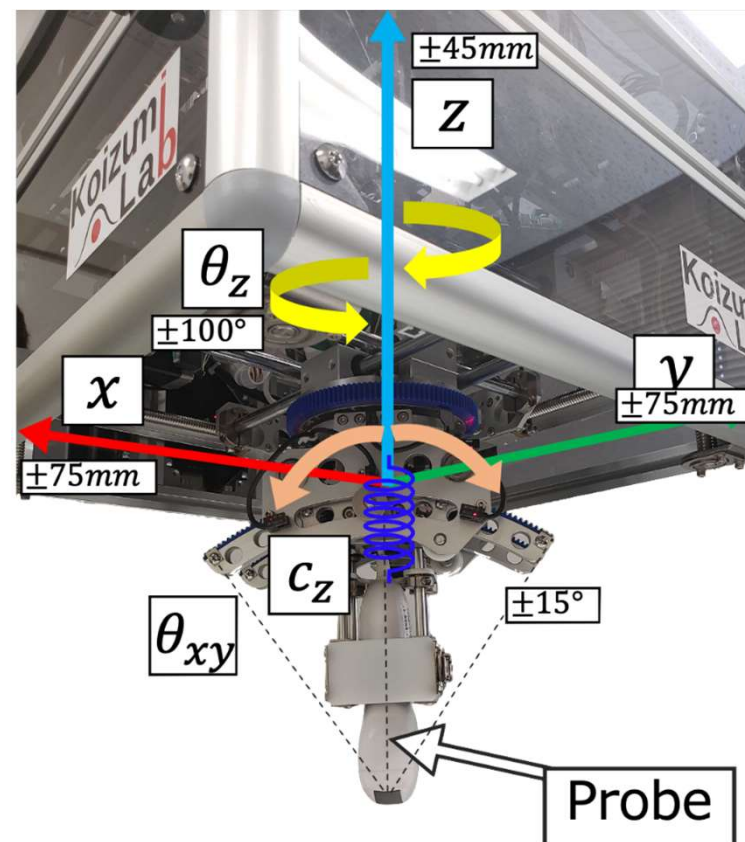


医デジ化技術1(ロボット機構)

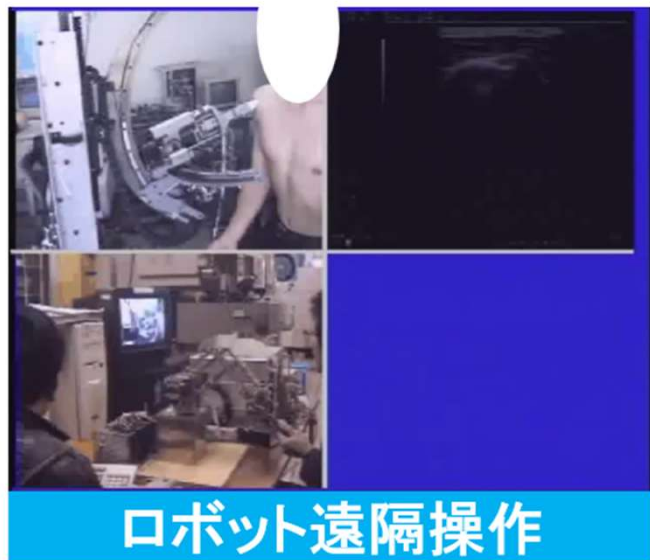


RUDES: Robotic ultrasound diagnostic system

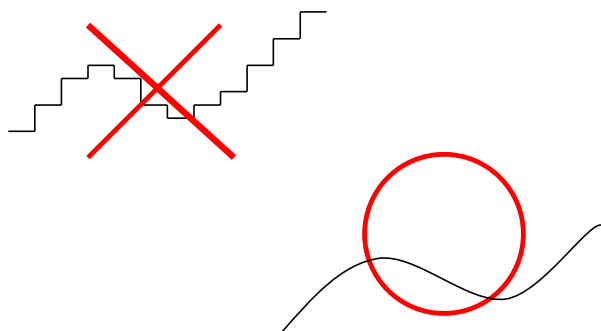
**K. Kobayashi, et al.,
JSUM20奨励賞受賞**



医デジ化技術2(ロボット制御)



TMECH 2008

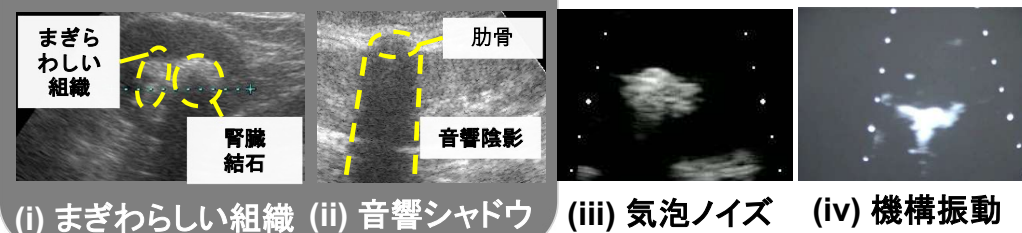


ICRA 2014

人体との安定接触,
なめらか・高速・高精度な
ロボット動作制御技術

本制御技術開発における最大の難所

生体における患部抽出・追従の問題点



追従誤差の増大

患部抽出・追従の
ための画像の質
(Image Quality)の劣化

何らかの方法で追従精度を向上することができれば、
劇的に患部画像精度が向上する可能性

2つのアプローチ

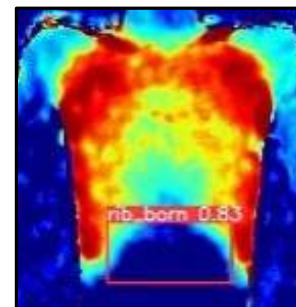
アプローチ1. 追従誤差の最小化

呼吸情報の周期性を利用した追従精度の向上
深層学習技術を援用した病変部位の特定精度向上

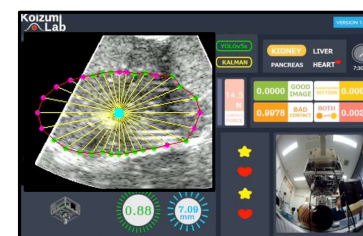
アプローチ2. 追従誤差発生時の影響の最小化

追従誤差に応じた超音波照射強度制御

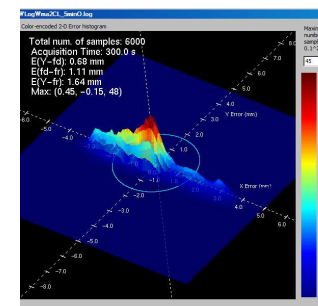
PCT/JP2024/015256



特願2022-029940

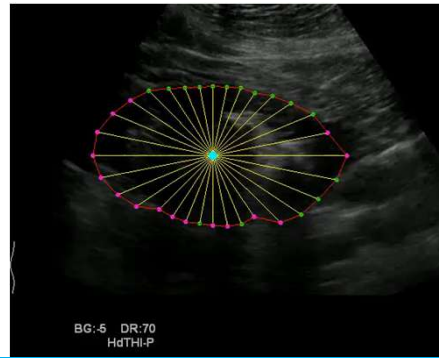
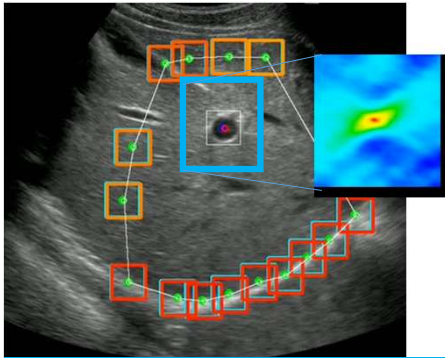


IJMRCAS 2016



医デジ化技術3(ロボットビジョン)

もし、『かしこい』眼鏡でプロの眼を再現、だれもが簡便に共有できるとしたら、、、



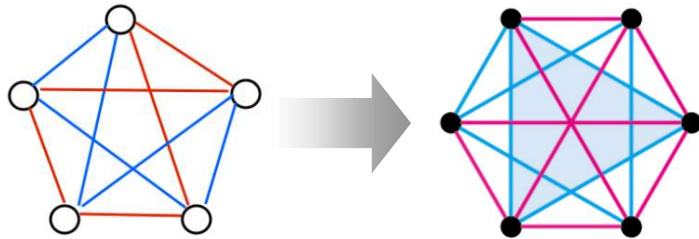
ロボットビジョン技術

R. Kondo, et al.,
US10,535,159

K. Tomita, et al.,
US10,573,009B2

M. Matsuyama, et
al., IJCARS, 2021.

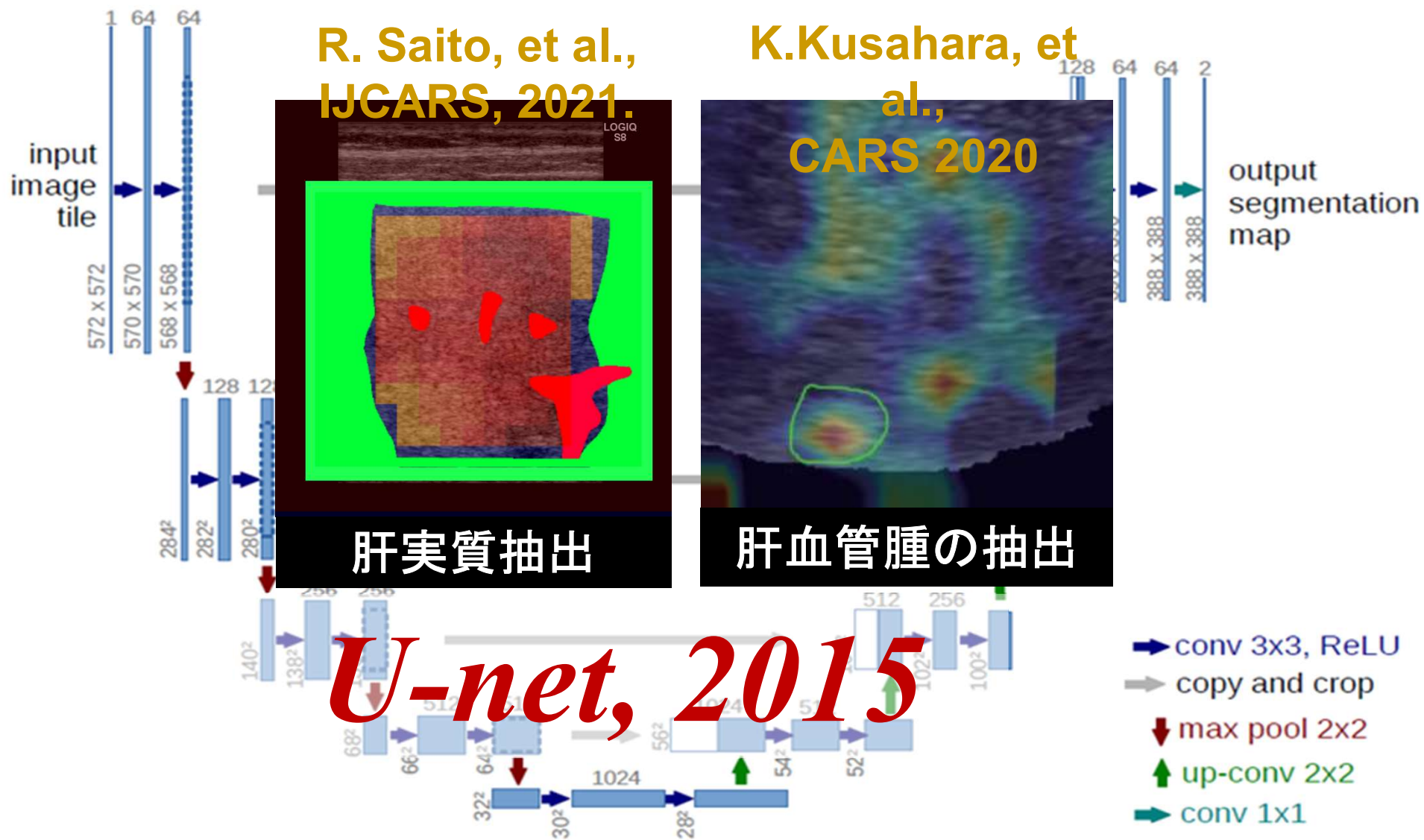
医療専門家(プロ)の世界観を共有



ロボットビジョン

**R. Saito, et al.,
IJCARS, 2021.**

K.Kusahara, et al.,
CARS 2020



医デジ化技術3(ロボットビジョン)

もし、『かしこい』眼鏡でプロの眼を再現、だれもが簡便に共有できるとしたら、、、



医デジ化技術3(ロボットビジョン)

もし、『かしこい』眼鏡でプロの眼を再現、だれもが簡便に共有できるとしたら、、、

AIが生成した
架空(嘘)の画像を
使ってよいのか！？

生成系モデルの活用

がん治療と機能温存の両立

学術系クラウドファンディングサイト「academist（アカデミスト）」 JP | EN

academist academist とは? 研究者の方へ 大学・研究機関の方へ 企業の方へ ログイン 新規登録

AIを活用し身体にやさしい革新的な前立腺がん治療を確立したい！

</> 埋め込み fシェア ツイート

NEXT GOAL SUCCESS

前立腺がん標的局所療法

がんの治療 排尿・性功能 温存

寄付型

小路直
東海大学、准教授

支援総額: 3,733,000 円
目標金額: 1,000,000 円
NEXT GOAL: 1,500,000 円

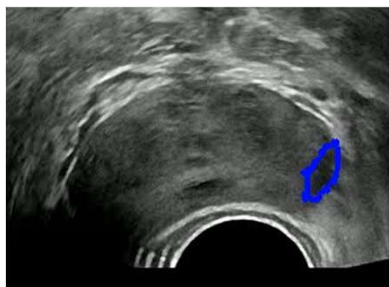
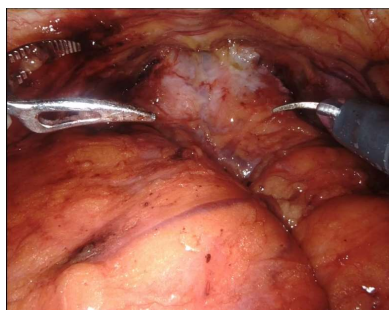
達成率 373 % サポーター 68 人 残り時間 終了

支援する

クラウドファンディングテーマ(東海大)に採択、
過去最高額の支援額を達成

がん治療と機能温存の両立

医療＋デジタル化技術 ➡ デジタル解析医学



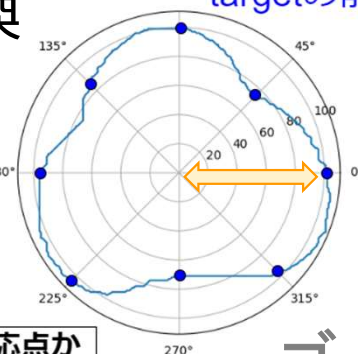
ゴム膜上に
輪郭を描いて

srcの前立腺輪郭



変換

targetの前立腺輪郭



角度ごとの対応点から
変換行列を算出

ゴムひもで
引っ張る

変位・変形・回転による
臓器内のがん局在の変化に対応

臨床現場に導入

術中モニタリング・システムの開発
東海大病院との共同研究

A.Mukasa, et al.,
CARS 2022
特願2024-042591号

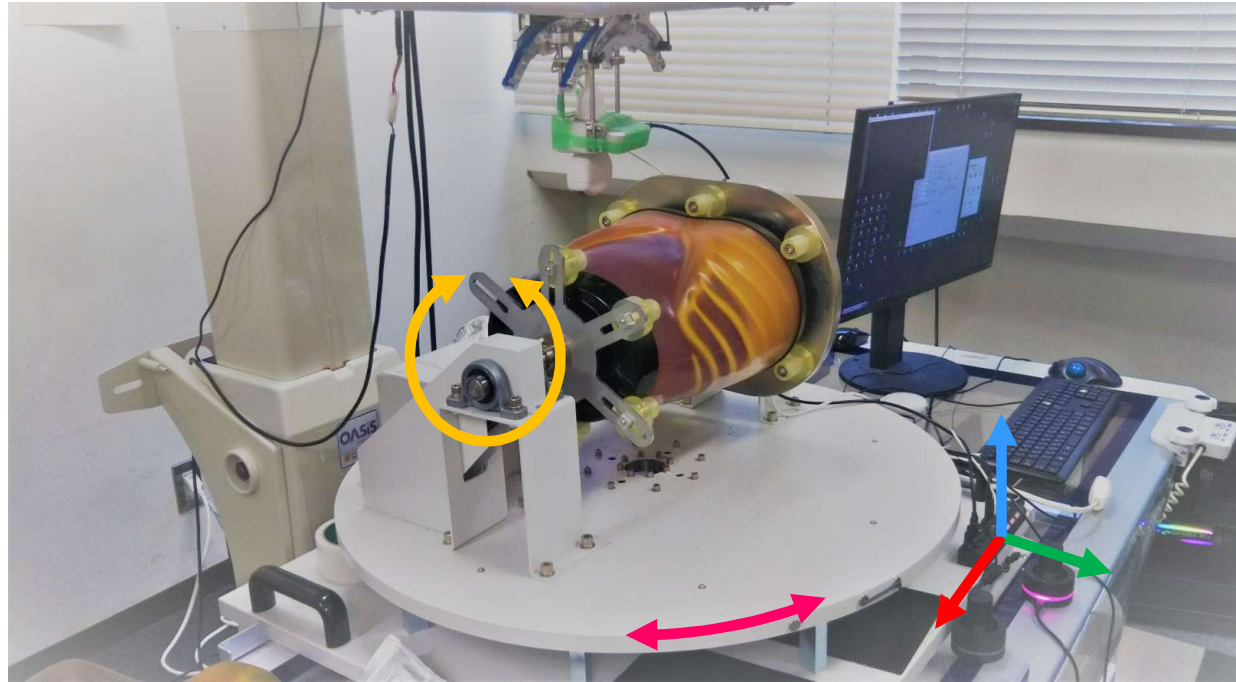
がん治療と機能温存の両立



東海大病院との共同研究

ロボティック・ファントムの導入

超音波医療診断・治療技能(機能構造論的に)とは何か？

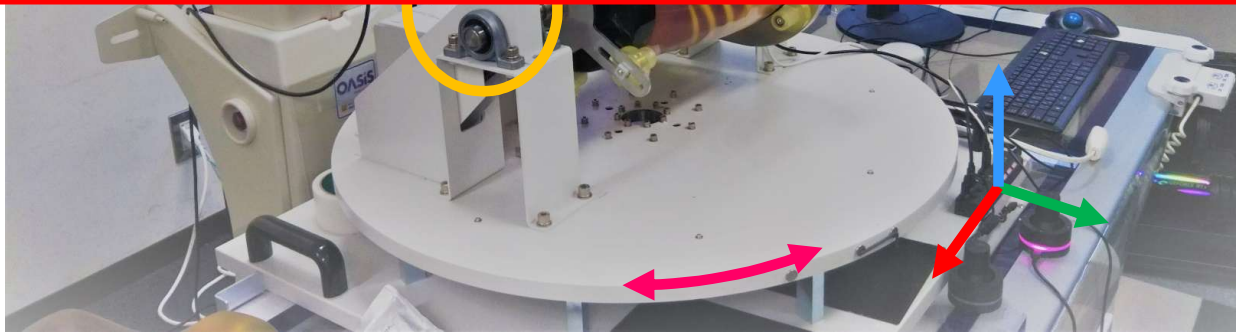


患者の体位、体動の再現用ロボット
胸腹部超音波検査をデジタルに再現

ロボティック・ファントムの導入

超音波医療診断・治療技能(機能構造論的に)とは何か？

あえてシステムから
人的要素を排除！？



患者の体位、体動の再現用ロボット
胸腹部超音波検査をデジタルに再現

肋間操作（音響シャドウの除去）

超音波医療診断・治療技能（機能構造論的に）とは何か？



横浜市大センター病院、日大病
院との共同研究

肋間操作（音響シャドウの除去）

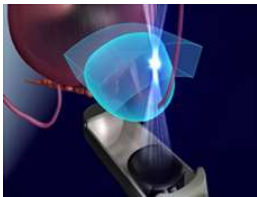
超音波医療診断・治療技能（機能構造論的に）とは何か？



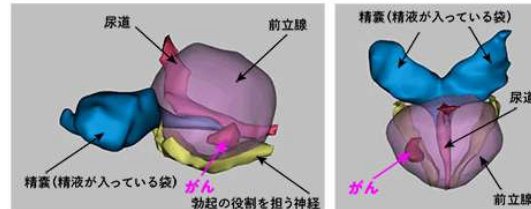
横浜市大センター病院、日大病
院との共同研究

従来技術とその問題点

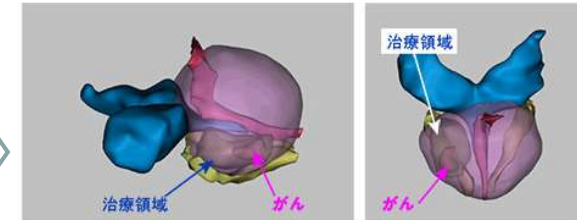
- 限局性前立腺癌に対する前立腺部分治療 (Focal Therapy) は、がんが一部に限局するタイプの患者さんを対象とした治療で、癌のみを治療する一方、正常な組織を可能な限り温存することで尿失禁、性機能の低下をできるだけ抑えることを目標としている。治療時間は30～60分程度で、多くは治療後24時間以内に、尿道カテーテルを抜いて、退院が可能。
- 前立腺内にとどまる前立腺がんに対して、核磁気共鳴画像 (MRI)-経直腸的超音波画像 (TRUS) 融合画像ガイド下前立腺生検によりがんの場所が診断された患者さんに対して、高密度焦点式超音波療法という超音波で前立腺内部のがんを選択的に治療可能な治療技術を持ちいて、Focal Therapyを行っている。



高密度焦点式超音波療法
MRI-
肛門に挿入された治療用プローブから
前立腺内部の標的のみを治療する様子



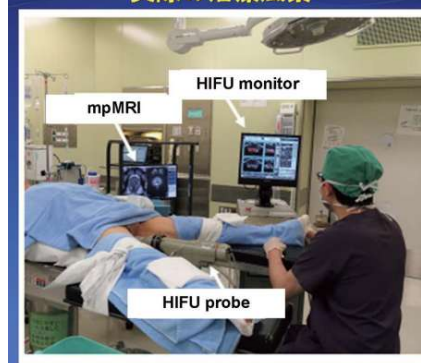
MRI-TRUS融合画像ガイド下生検により
診断された前立腺内部のがん局在



Focal Therapy後の前立腺:がん周囲のみが治療
され、尿道、勃起の役割を担う神経は温存された

- 治療領域の設定は、強力集束超音波治療法 (HIFU) 機器のワークステーションにおいて、リアルタイムで観察できる前立腺の横断面と縦断面の超音波画像 (経直腸超音波: TRUS) 画像を観察しながら、カーソルを用いて行われる。穿刺操作はなく、容易に可能である。

実際の治療風景



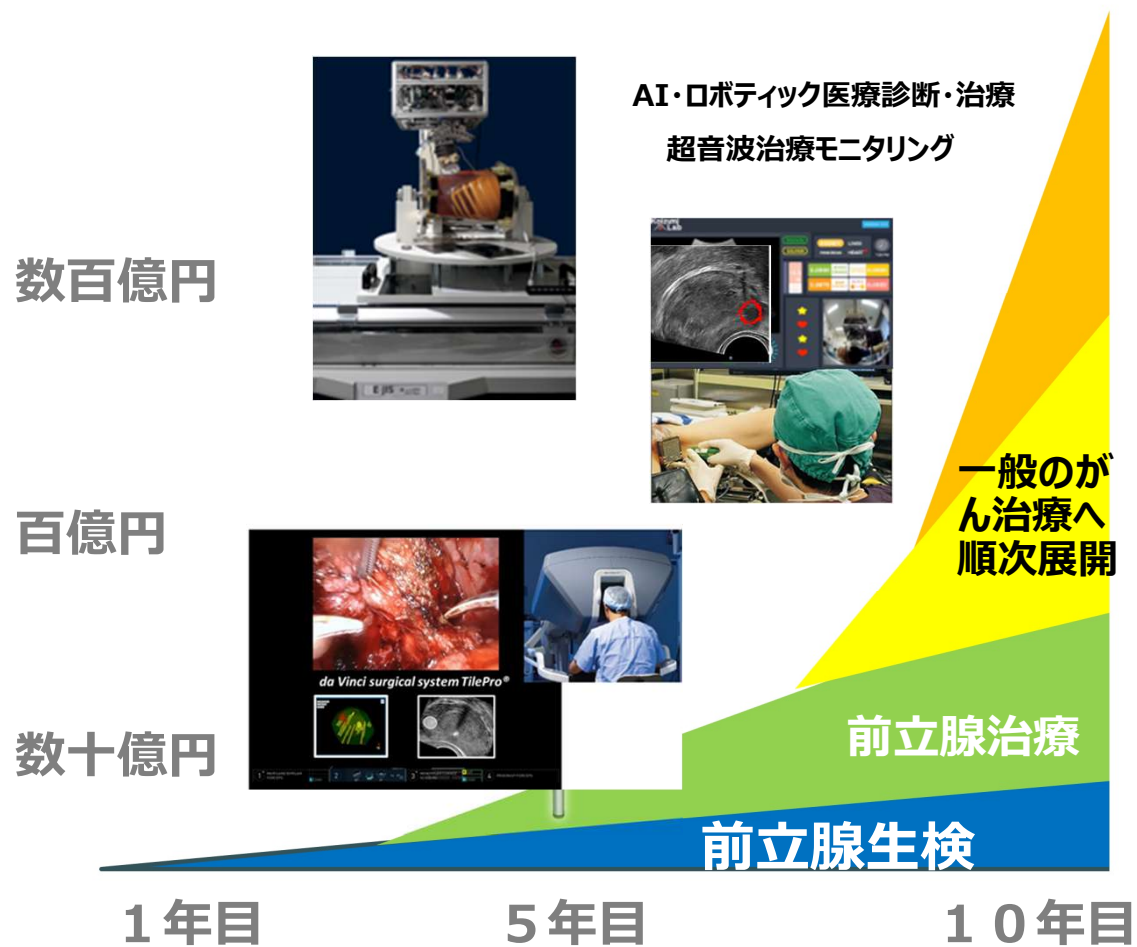
● 従来技術の課題

手術中の手技などにより標的 (前立腺など) が変形することがあり、MRIの情報をTRUS画像に融合する際、**リアルタイムな変形に対応することができない。**

新技術の特徴・従来技術との比較

	本発明	Biojet (タカイ医科)	Trinity (KOELIS社)
構成	- MRIの情報をTRUS画像と融合することにより、リアルタイムに表示されているTRUS断面画像上に、もっとも類似度の高いデータベース上のMRI断面画像を選択して重ねて表示できる(腫瘍領域もレジストレーション)。 - 手術中の手技等により前立腺が変形した場合、TRUS画像における前立腺の変形度合に応じて、MRI画像の腫瘍領域をリアルタイムで補正することができる。	- Elastic registration機能：リアルタイム超音波画像に合わせてマニュアル操作でMRIイメージの輪郭を調整することにより、ROI位置の自動調整が可能 (Elastic Fusion)。 - 生検ガイド機能：ソフト上で生検位置を指定すると、穿刺座標および穿刺ガイドラインが表示され、リアルタイムでガイドに合わせて穿刺が可能	穿刺を行うたびに前立腺を3Dスキャンし、3D超音波画像を取得する。それを最初にMRIとフュージョンさせた3D超音波画像と更にフュージョンさせることにより、実際の穿刺部位を3D画像上に反映させている。
得られる特性	手術中の手技により前立腺が変形すると、腫瘍領域も変形するが、本発明により、<u>その変形にリアルタイムに対応して高精度に重量表示させることができる。</u>例えば、腫瘍領域の重心位置や範囲を正確に合わせることができる。	MRIとリアルタイム超音波画像の“Fusion”により、標的生検が可能。	従来、PSA値が20ng/ml以下の早期病変ではMRI上は同定できても超音波では見えない事例に対して、がん病巣の検出率が向上し、かつ局在診断も可能。
適用分野	前立腺癌における生検・治療手術 (Biojetなどの既存機器にオプション等での導入も可能)	前立腺癌における生検・治療手術	
その他	発明者の小路先生は、医療現場で多数の臨床例を有し、本発明は、その実務における明確な課題から生まれたものであり、既存機器に対する優位性を実際に確認されている。	対象は、2014年10月から2016年8月までに、PSA値20ng/ml以下で、mpMRIにおいて、前立腺癌が存在する可能性が示唆された。 対象は、250症例。対象症例の年齢中央値は68歳、PSA中央値は6.7 ng/ml、前立腺体積中央値は34mlで、癌が疑われる領域に対する標的生検と、従来の系統的生検(全体に均等に穿刺)を同時に施行したところ、臨床的に意義のある癌の検出率は標的生検が55%、系統的生検が25%であった。(P<0.001) 出典：Int J Urol (2017)24(4):288-294.	2016年2月～2017年8月 11か月25施設の内 23施設で500例が登録 ・臨床的に意義のある癌の検出率 MRI標的生検群38%(95/252例) 標準的生検群は26%(64/248例) (p=0.005) 出典：the NEW ENGLAND JOURNAL OF MEDICIN MRI-Targeted or Standard Biopsy for Prostate-Cancer Diagnosis

想定される用途



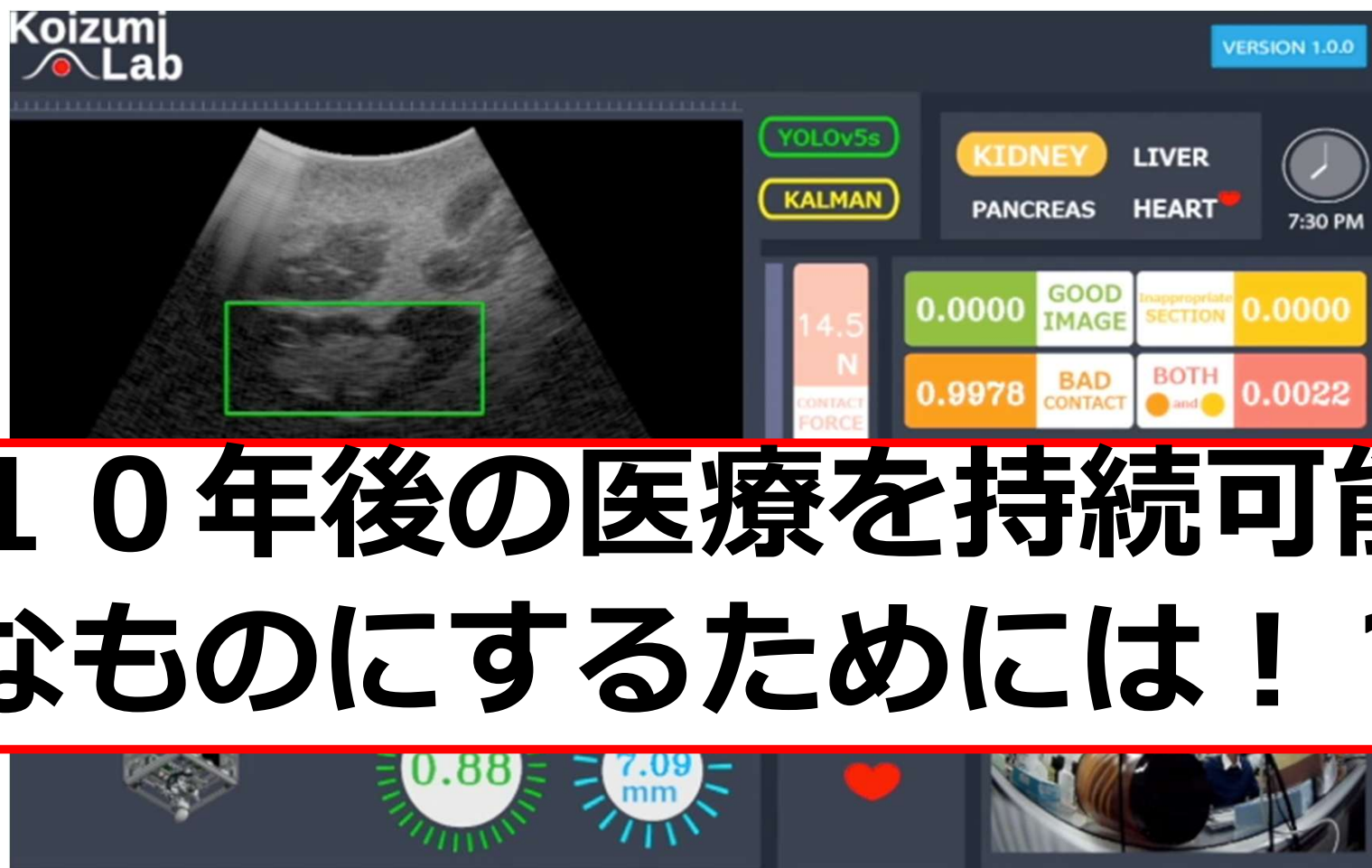
社会実装へ向けた課題とロードマップ



企業への期待

- 医療機器開発に積極的にチャレンジしようとしている企業との産学連携研究を希望
- 医療・介護・バイオ分野の生産性向上を考えている企業には、本技術の導入が有効
- 在宅での体内臓器の診断・モニタリングに応用展開・社会実装
- 時間（いつでも）・空間（どこでも）・人間（医療専門家や患者）によらず一定水準以上の医療を実現し、提供してゆければと期待

企業への貢献、PRポイント



10年後の医療を持続可能なものにするためには！？

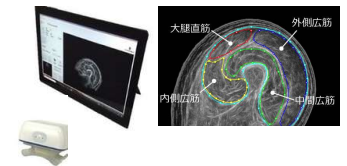
本技術に関する知的財産権

- **発明の名称** : 表示装置および表示方法
- **出願番号** : 特願2024-042591
- **出願人** : 電気通信大学, 東海大学
- **発明者** : 小泉憲裕, 西山 悠, 武笠杏樹, 小路 直

産学連携の経歴

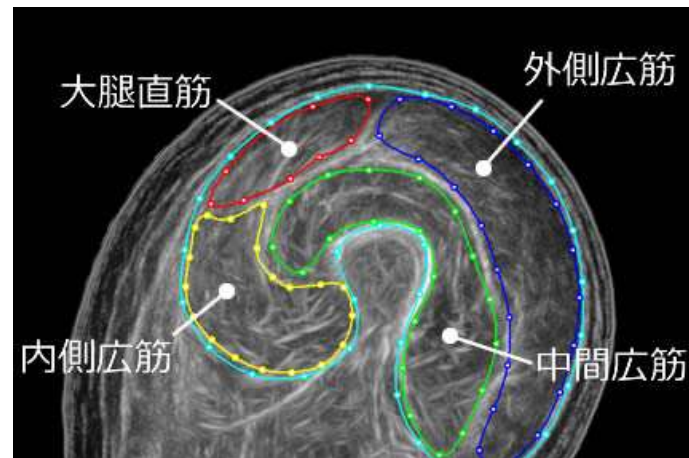
重要な業績

- ・ 世界初の遠隔超音波臨床診断実験を行ない、通常の診断と同等の診断が可能であることを臨床実験で示した。
- ・ 同研究を軸に学会研究専門委員会の立ち上げ。後続する研究開発プロジェクト（EUのFUTURAプロジェクト等）が国内外で立ち上げ、国内外における医療機器規格化の議論・助言
- ・ 産学連携研究で開発した携帯可能な筋肉専用超音波測定装置が医療機器認証取得。



産学連携の経歴

ポータブル型超音波ハンディスキャナで
簡単に筋肉断面を可視化



特許第7361818号



広範囲の筋肉が映し出される、携帯可能な
筋肉専用超音波測定装置が臨床使用可能に

医療機器認証取得 (2024.11)

お問い合わせ先

**国立大学法人電気通信大学
産学官連携センター
産学官連携ワンストップサービス**

TEL: 042-443-5871

FAX: 042-443-5725

E-mail:

onestop@sangaku.uec.ac.jp