

平成 2 4 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「CFRP 複合材による超音波診断・治療補助ロボットの開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 5 年 3 月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社エステック

目 次

第1章	研究開発の概要	
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	2
1-2	研究体制	2
1-2-1	研究組織（全体）	2
1-2-2	管理体制	3
1-2-3	管理員及び研究員	4
1-2-4	経理担当者及び業務管理者の所属、氏名	4
1-3	成果概要	5
1-4	当該研究開発の連絡窓口	5
第2章	研究開発の概要	
2-1	研究背景 - ロボットによる超音波診断・治療支援-	6
2-2	関連研究 - 超音波診断・治療支援ロボット-	7
2-3	プロジェクト全体の研究目的	8
2-4	超音波プローブ走査手技解析に基づいたロボットの設計	8
2-5	対象とする部位・体位	9
2-6	モーションキャプチャシステムを用いた手技解析	10
2-7	GigEカメラを用いた3次元計測	10
2-8	位置精度検証実験	11
2-9	角度精度検証実験	12
2-10	なぞり走査実験	13
2-11	超音波検査実験	13
2-12	プローブ走査軌跡計測	14
2-13	診断時のオクルージョン問題	14
2-14	リンク可変式シリアルリンク型ロボットの設計	16
2-15	ロボット設置位置の検討	16
2-16	ファジィ推論を用いたリンク長可変システム	17
2-17	各関節角、リンク長シミュレーション	17
2-18	ファジィ推論を用いたアーム描画シミュレーション	18
2-19	アーム重量の比較	19
2-20	冗長自由度アームの改良設計	19
2-21	ロボットの可動域シミュレーション	20
2-22	ロボットの強度解析	20
2-23	CFRP材を用いたロボット部品製作（初号機）	21
2-24	CFRP複合材を用いた6軸10自由度ロボットの開発	22
2-25	平成24年度まとめ・今後の課題	22
2-26	参考文献	23
最終章	全体総括	

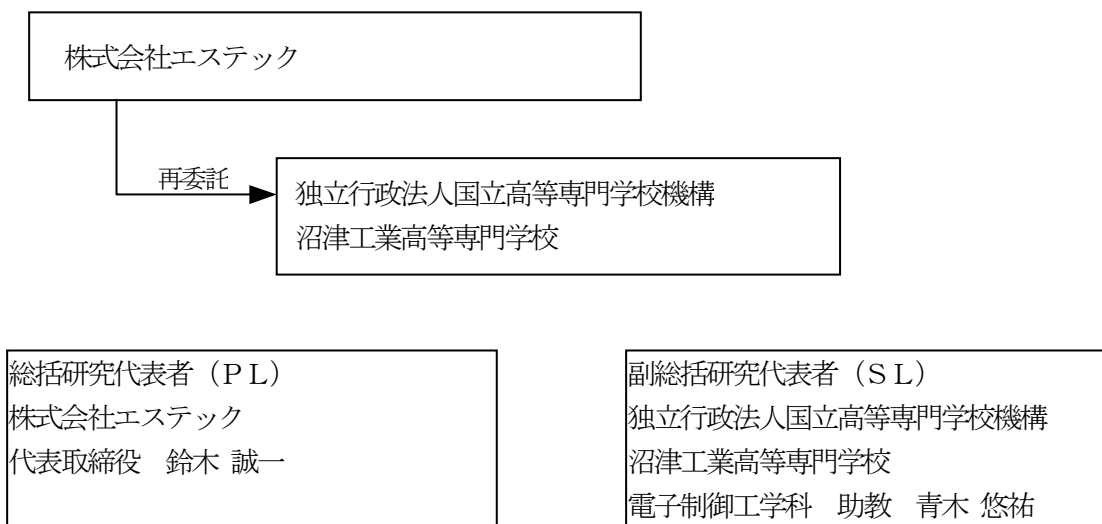
第1章 研究開発の概要

1-1. 研究開発の背景・研究目的及び目標

難削材である CFRP 複合材を用いて、超音波診断・治療時に医師が行うプローブ操作をロボットでサポートする、医療補助ロボットの開発を行う。本体には、複雑な形状への成形が可能な熱硬化性の高い CFRP 複合材を用いて実機に向けた部品製作を行う。試作機はアルミ材と CFRP 材の2種類で製作（23年度）。本年度で製作する初号機は、CFRP 材（90%）+アルミ材（10%）で構成されている。また、診断時における検査者の手業を解析するためにモーションキャプチャシステムを採用し、断層像描出時のプローブ位置・姿勢および検査者姿勢、患者体勢すべての位置関係を高精度に把握することを目指す。各リンクの直動機構には空気圧シリンダを採用する。また前年度に引き続き、ロボットアーム先端プローブ把持部の設計・製作を並行して進め、検査者とロボットが協調動作することによる超音波診断・治療補助システムを構築する。

1-2. 研究体制

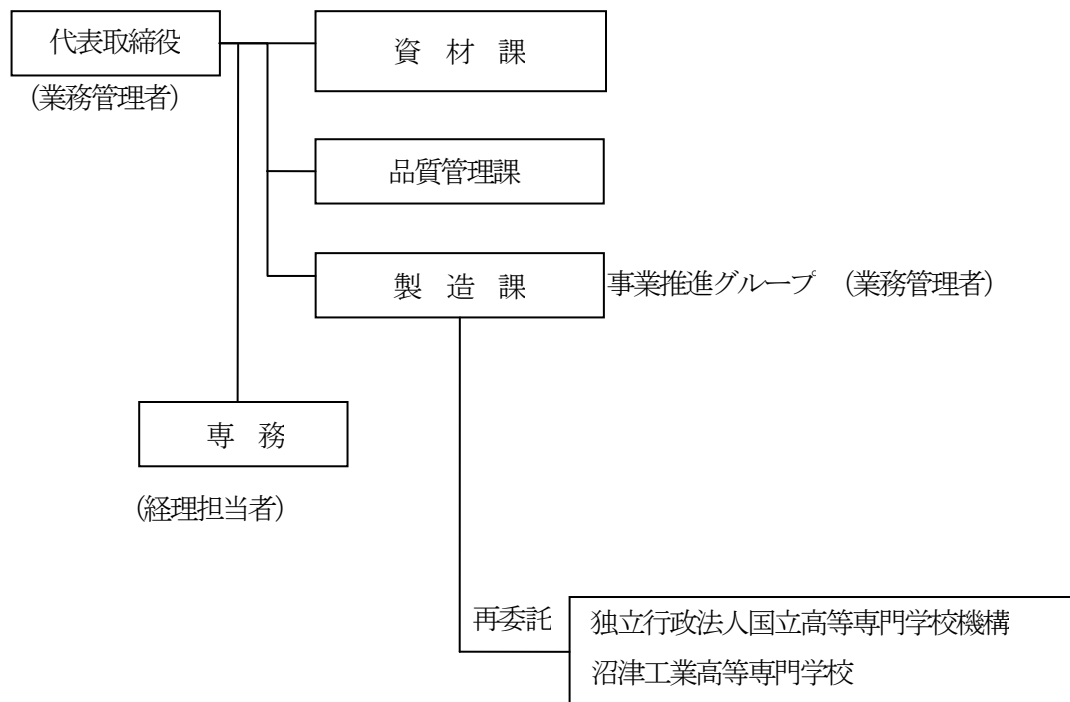
1-2-1) 研究組織（全体）



1-2-2) 管理体制

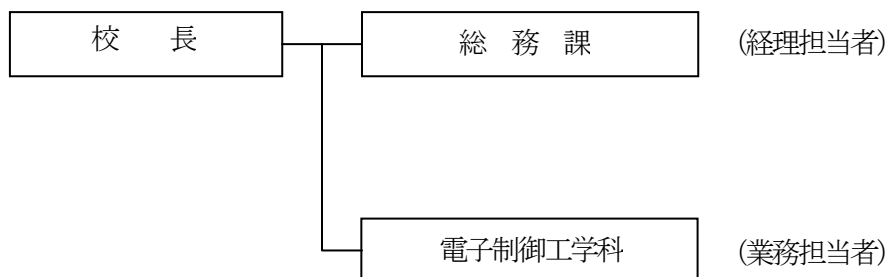
①事業管理機関

[株式会社エステック]



②再委託先

[独立行政法人国立高等専門学校機構沼津工業高等専門学校]



1-2-3) 管理員及び研究員

【事業管理機関】株式会社エステック

・管理員

氏名	所属・役職
鈴木 誠一	代表取締役
吉川 直之	製造課・事業推進グループリーダー

・研究員

氏名	所属・役職
鈴木 誠一 (再)	代表取締役
吉川 直之 (再)	製造課・事業推進グループリーダー
小嶋 将史	製造課・工場長
草薙 隆	品質管理課・主任
鈴木 浩人	製造課・グループリーダー
鈴木 一成	製造課・係長

【再委託先】独立行政法人国立高等専門学校機構沼津工業高等専門学校

・研究員

氏名	所属・役職
青木 悠祐	電子制御工学科 助教

1-2-4) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

【事業管理機関】

株式会社エステック

(経理担当者) 専務 鈴木 真津代

(業務管理者) 代表取締役 鈴木 誠一

製造課 事業推進グループリーダー 吉川 直之

【再委託先】

独立行政法人 国立高等専門学校機構 沼津工業高等専門学校

(経理担当者) 総務課 総務係 総務主任 大内 一徳

総務課 財務係 財務係長 鈴木 由美子

(業務管理者) 電子制御工学科 助教 青木 悠祐

1-3. 成果概要

- 1) 従来のアルミを筐体を用いた場合に比べて重量を 10%以上カット
→CFRP 複合材を用いることで、アルミ : CFRP の重量を 1.6 : 1 とし、軽量化に成功。CAE 解析の結果、強度も向上している結果が得られた。
- 2) 出力重量比を電動アクチュエータ単体の 3 倍にする 1[mm]/1[deg]以下の精度を実現
→位置精度 : ± 0.05 [deg], 時間遅れ : 2[ms]
出力重量比 : 9.9[Nm/Kg], (電動 : 3.63[Nm/Kg])
- 3) 1000[gf]以下の操作量を検出し、力を加えた際にその力を逃がす方向へ制御する。
→50[gf]の分解能で操作力を検出可能とするシステムを構築した。
- 4) プローブ走査時のプローブ位置・姿勢を 1[mm]/1[deg]の分解能で計測する。
→計測距離 1600[mm]に対して、位置精度→0.45[mm]、姿勢精度→0.53[deg]を実現。

*シリアルリンク型ロボット（プローブ把持部を含めた 6 軸 10 自由度ロボット）の初号機を製作。

*ロボット統合試験（パソコンからの指令に対し、ロボットが動作するかを試験）

*ロボットによる超音波検査試験（ロボットに取り付けたプローブを操作し、断層像を取得する実験）

1-4. 当該研究開発の連絡窓口

住所：〒410-0907 静岡県駿東郡清水町伏見385-2

名称：株式会社エステック

代表者役職・氏名：代表取締役 鈴木 誠一

Tel: 055-972-7003 Fax: 055-972-7320

E-mail: stec@navy.plala.or.jp

第2章 研究開発の概要

2-1. 研究背景 - ロボットによる超音波診断・治療支援-

- 超音波診断を対象とする診断支援 (図1)
 - ・ 低侵襲的な診断 → 患者への負担が小さい
 - ・ 診断装置が小型・安価 → 導入が容易
 - ・ 専門的な知識、経験的な探査手技が必要

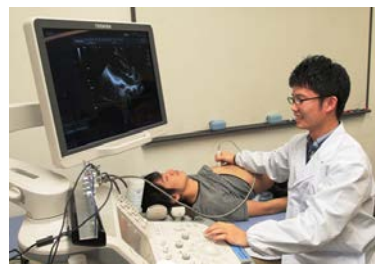


図1) 超音波診断風景

- プローブを体表に押し当てたまま所望の断層像を探索
- 検出後は一定時間ごとに断層像を維持し続けながら評価
- 造影超音波検査: 約30分-1時間 頸部血流計測: 約20分

*プローブ走査をロボットに代行させる研究

- 超音波診断・治療支援の種類
 - ・ 医師が遠隔地にいる状態を想定した
遠隔走査支援システム (図2)
ex) 離島・無医村・救急車
 - ・ 医師が不在の状況を想定した
自動走査支援システム
ex) 遠隔診断の前処理・健康診断
 - ・ 医師の手技支援を想定した
プローブ走査支援システム (図3)
ex) 造影超音波診断、血流計測、穿刺
 - ・ 従来の手技を超える
超音波治療支援システム
ex) HIFU、超音波 DDS



図2) 遠隔超音波診断

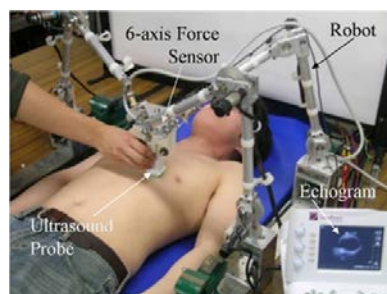


図3) 胸部・腹部を対象とした
パラレルリンク型超音
波検査ロボット

2-2. 関連研究 - 超音波診断・治療支援ロボット-

国内の研究

- HIFU 支援を目的としたシステム (N. Koizumi et al., 2011)
- 頸動脈の血圧と血流速を測定するシステム (中楯ら, 2011)
- 腹部スクリーニングシステム (高西ら, 2009)
- FAST を対象としたポータブルシステム (岩田ら, 2009)
- 人間ドックの腹部断層像取得を支援するシステム (小山ら, 2011)

* 国外で販売に至っている例

- Medirob (図 4) …スウェーデン
- Estele (図 5) …スイス



図 4) Medirob



図 5) Estele

国内外問わずこの 10 年で数多くの研究が報告されている

2-3. プロジェクト全体の研究目的



- ✓医師・検査技師の手技を解析
- ✓いずれの支援にも対応可能な
ロボットシステムの設計
- ✓軽量・高強度な材料による製作

- ・超音波プローブ走査手技解析に基づいたロボットの設計
- ・モーションキャプチャシステムを用いた手技解析(H23-)
- ・リンク可変式シリアルリンク型ロボットの設計(H23-)
- ・非磁性なCFRP 複合材を用いたロボットの開発(H24)
- ・診断・治療補助を可能とするロボット制御技術の確立(H24)

2-4. 超音波プローブ走査手技解析に基づいたロボットの設計

システム要求

- ロボットに取り付けたプローブを医師が持ち、
通常の診断同様に走査できる
- 患者の呼吸・体動に追従し、常に同じ断層像を取得し続ける

超音波診断におけるメリット

- ・手を離した状態で経過観察ができる
- ・ロボットが診断部位を自律的に探索できる



図6) 超音波診断風景

超音波治療（穿刺）におけるメリット

- ・プローブをロボットが把持，断層像維持
- ・医師は穿刺行為に集中可能



図7) 超音波治療（穿刺）風景

2-5. 対象とする部位・体位

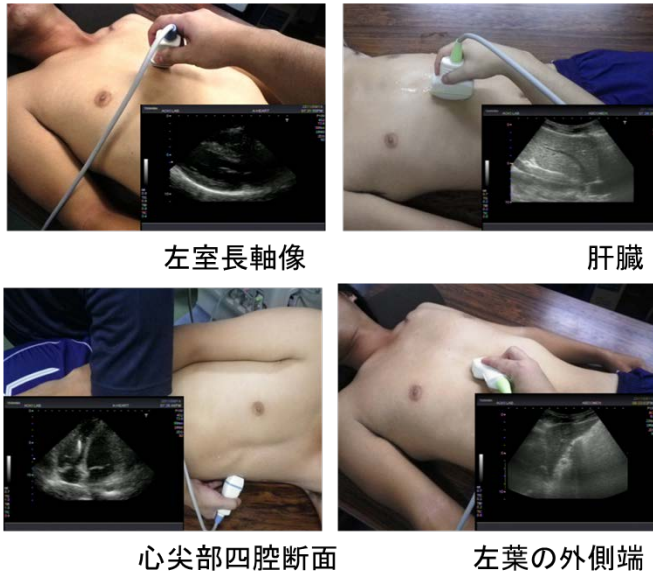
従来のロボットの対象部位

仰臥位（仰向け）の被験者に対してプローブを体表面に垂直に当てる部位



本研究で新たに対象とする部位

鮮明な断層像が取得できる側臥位（横向け）、プローブを大きく傾ける部位



実際の診断風景を見ると被験者の体位だけでなく検者の位置・姿勢も大きく異なる



ロボット形状・設置位置の検討



図8) 専門家による超音波診断姿勢-1



図9) 専門家による超音波診断姿勢-2

2-6. モーションキャプチャシステムを用いた手技解析

光学式センサによるプローブ位置・姿勢計測

計測精度向上のため従来のシステムを新しいシステムに変更

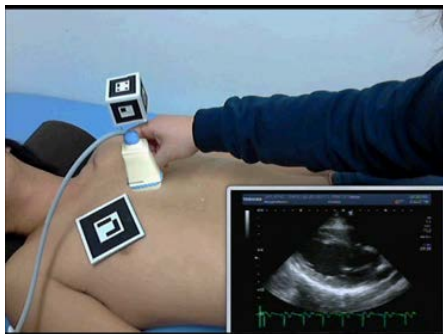
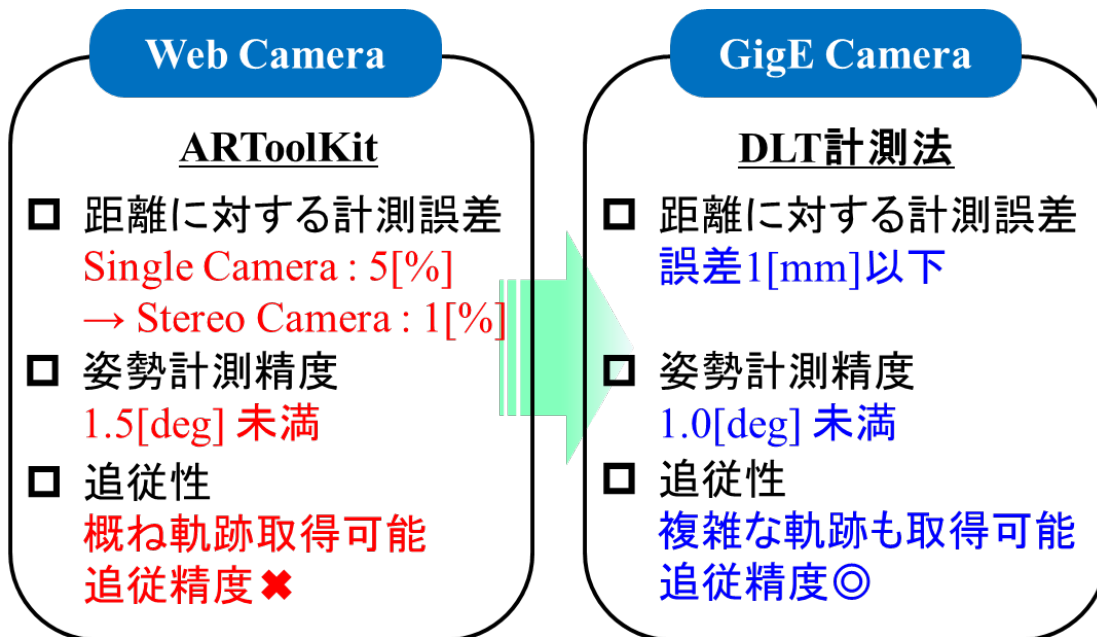


図 10) 左室長軸断面



図 11) 光学式センサによるプローブ位置・姿勢計測

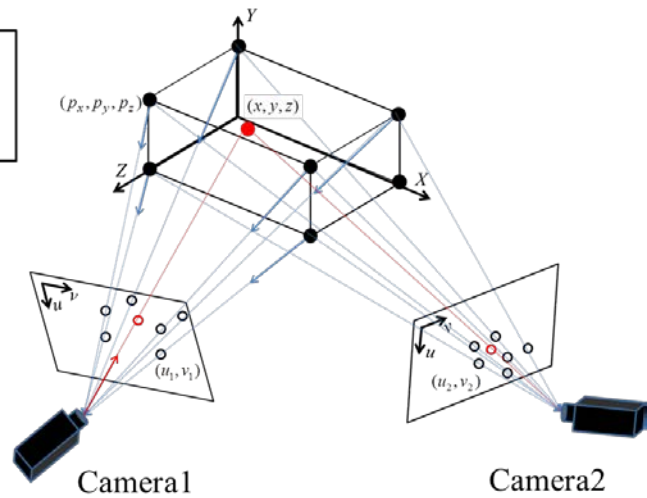
誤差 1[mm], 1[deg] 以下の精度で
測定可能な計測系を構築

2-7. GigE カメラを用いた 3 次元計測

DLT 法による計測

計測したい空間が写るように複数のカメラを任意に設置し、キャリブレーションポイントと、それを画面に映した 2 次元座標から逆算して計測点を求める方法

未知の3次元座標: (x, y, z)
 既知の3次元座標: (p_x, p_y, p_z)
 既知の2次元座標: $(u_1, v_1), (u_2, v_2)$



- カメラ設置への制約が少ない ⇒ 設置準備が容易
- 120fps の分解能を有する ⇒ ARToolKit (30fps) の4倍
- 計測に反射マーカを使用 ⇒ 様々な対象物への装着が容易

2-8. 位置精度検証実験

キャリブレーショングリッド内での位置精度検証実験を行った

- A) $300 \times 200 \times 450$ [mm] の範囲におけるキャリブレーション時の精度検証
 ⇒ カメラ - マーカー間距離, カメラ間距離を任意に変化

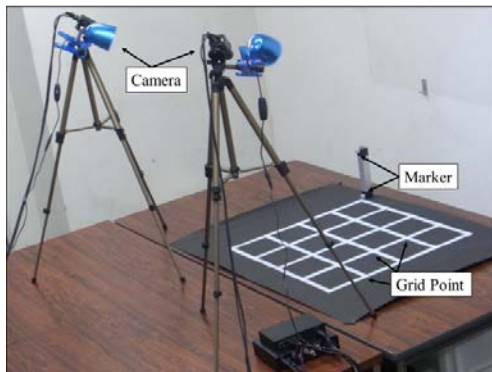


図 12) 計測系外観

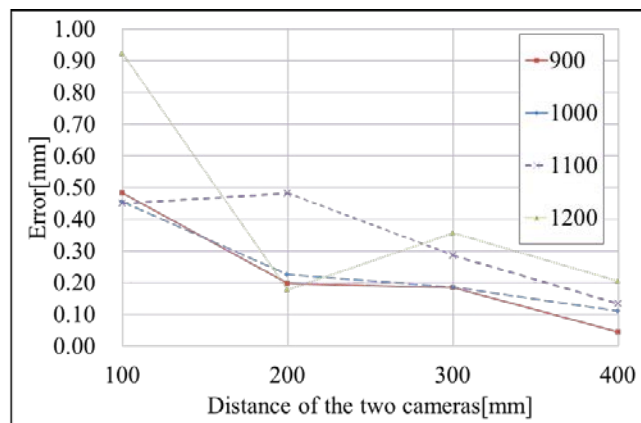


図 13) 各カメラ間距離による計測誤差

カメラ間距離が 400 [mm] の場合, 最も精度が良くなる



診断装置のモニタ幅が 400 [mm] であるため, 実装する際の親和性が高い

B) $300 \times 200 \times 450$ [mm] の範囲におけるキャリブレーション時の精度検証

⇒カメラ間距離を 400 [mm] に固定, カメラ - マーカー間距離を任意に変化

C) 同範囲格子点上でマーカー位置を変化させた時の計測精度検証

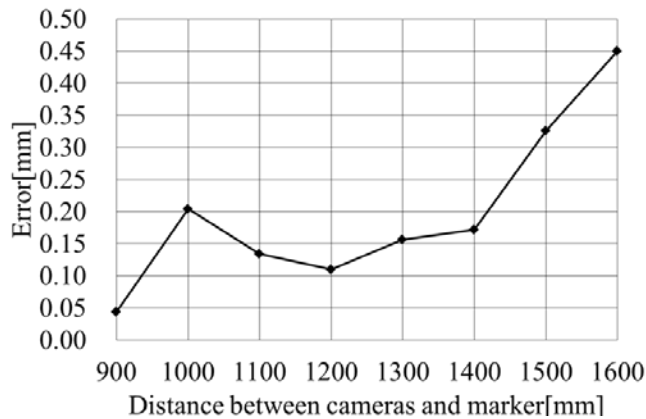


図 14) カメラとマーカーの距離による計測誤差

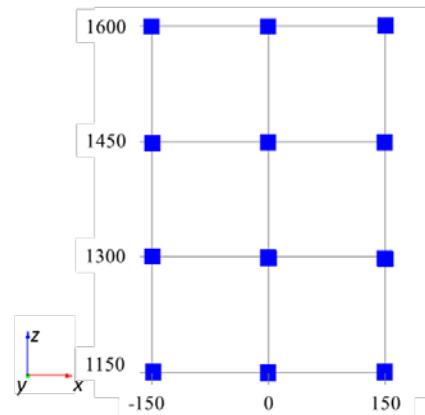


図 15) 格子点の計測結果

距離に対する計測誤差 1 [mm] 未満での測定が可能

2-9. 角度精度検証実験

計測点の姿勢に関する精度検証実験を行った

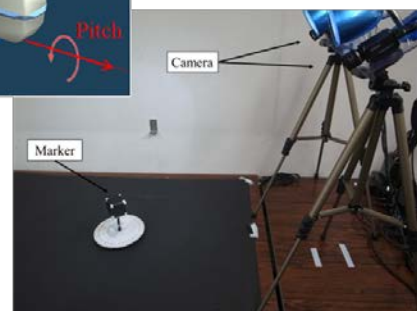
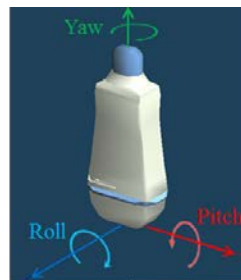
	<i>Yaw</i>
Max.error[deg]	0.84
Ave.error[deg]	0.53

□ 姿勢計測精度

1.0 [deg] 未満

□ 計測範囲

± 180 [deg]

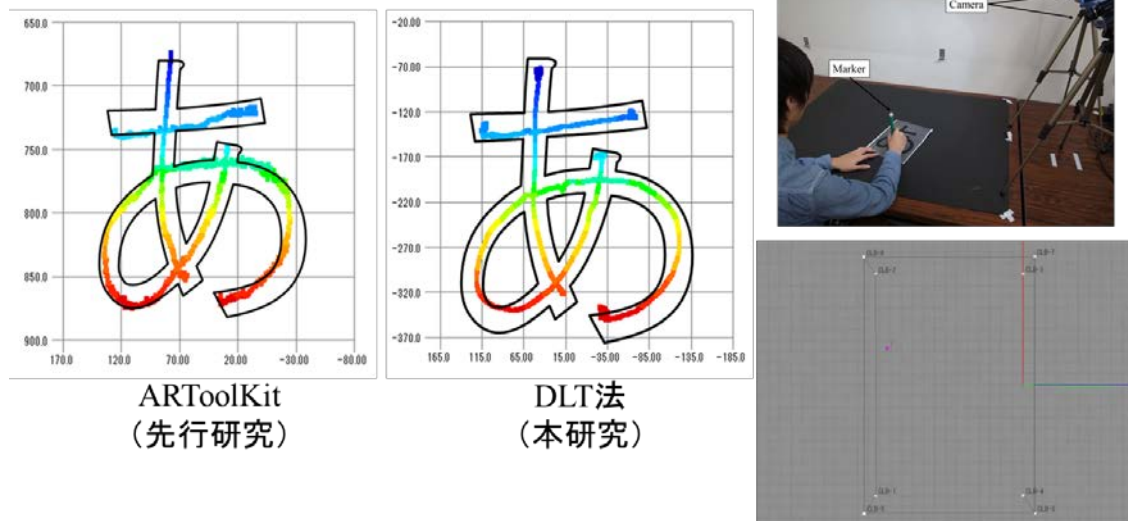


プローブ走査時の姿勢 3 軸について, 傍胸骨アプローチ時 (左心室長軸→左心室短軸) のプローブ走査に着目し, Y 軸周り角度の精度を検証した

姿勢計測精度 1 [deg] 未満での測定が可能

2-10. なぞり走査実験

構築した計測系を用いて複雑ななぞり走査の計測を行った



*DLT 法による計測では十分になぞり走査を計測することが明らかになった

ARToolKitと比較して精度の向上が確認できた

2-11. 超音波検査実験

胸部 傍胸骨アプローチ時の走査手技の計測を行った

新たに導入した計測系の有効性の検証のため手技を計測・比較

- ・未熟な検者と熟練検者の手技を計測
- ・男性健常者 1 名 (20 歳) に対し仰臥位で左心室長軸→短軸→心尖部四腔断面の順に取得

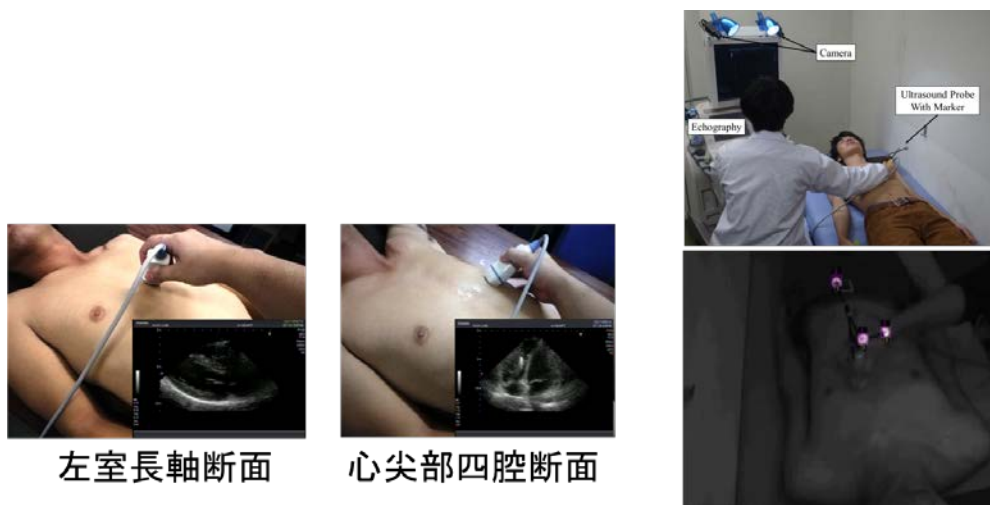
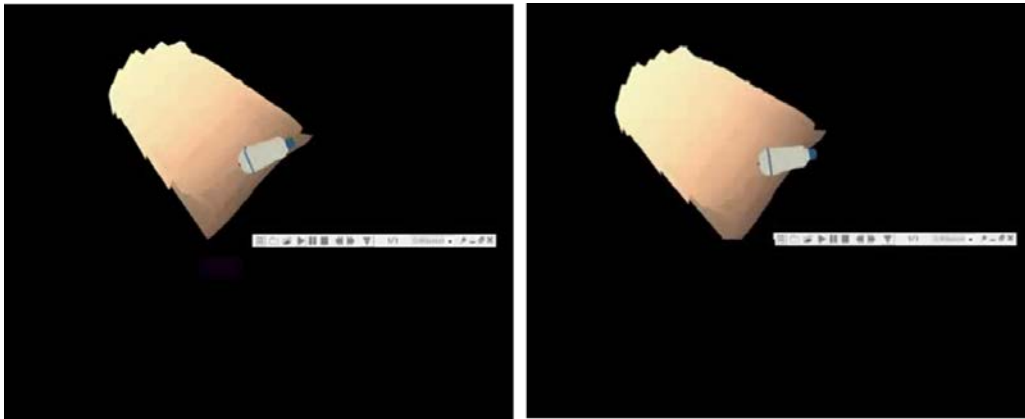


図 16) GigE カメラによるマーカー (3 点)

未熟な検者と熟練検者の走査手技を比較

2-12. プローブ走査軌跡計測

未熟な検者と熟練検者の手技を計測・比較



未熟な検者

熟練検者

- 1) 未熟な検者はプローブ可動域が広く、複雑な動きが多い
- 2) 熟練検者は未熟な検者と比較して無駄な動きが少ない

未熟な検者と熟練検者の手技の違いを確認できた

2-13. 診断時のオクルージョン問題

オクルージョン問題

DLT 法・・・カメラ 2 台以上、マーカー 3 つ以上

***診断時、プローブに取り付けた 3 つのマーカーが 2 台のカメラから見えなくなってしまう**

- ・各マーカーの配置の検討
- ・カメラ台数を増加 ⇒ カメラ台数を変化させた際の計測精度検証

	Number of Cameras		
	2	3	4
Error[mm]	0.57	0.63	0.51



図 17) 診断中のマーカー

カメラ台数は計測精度に大きな影響を与えない

→ オクルージョンを防げる最小限のカメラ台数で対応可

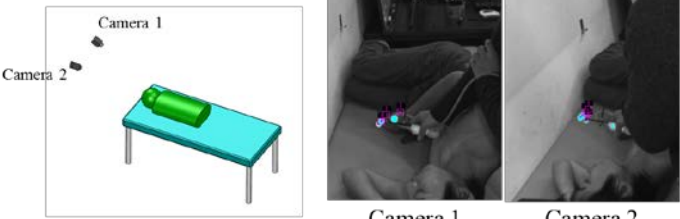
最適なカメラ設置位置と台数の検討

オクルージョンを考慮したカメラ設置の検討

実験条件：Case A：カメラ2台 Case B：カメラ3台 Case C：カメラ4台

CaseA(従来)：超音波診断装置のモニタ上にカメラを設置

Case A



✓ 診断装置のモニタ上に2台のカメラを設置するため省スペース
✓ 2台のカメラが同一のマーカを失うオクルージョン問題が発生

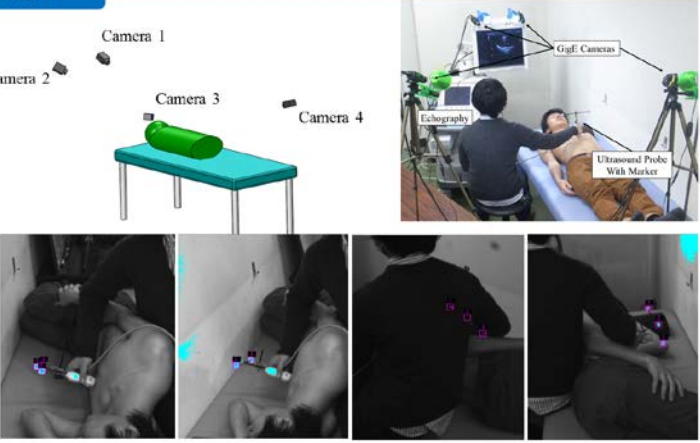
実験条件：Case A：カメラ2台 Case B：カメラ3台 Case C：カメラ4台

Case B



✓ 仰臥位診断時にはオクルージョンが発生しない
✓ 側臥位診断時で検者の体位によりオクルージョンが発生
✓ Camera 1,2でオクルージョンが発生した際に計測不可

Case C



✓ 側臥位・仰臥位診断時においてオクルージョンが発生しない
✓ 実際の診断支援を想定した際のカメラ設置位置の検討が必須

2-14. リンク可変式シリアルリンク型ロボットの設計

先行研究：従来：軽量化、高速動作を目的とした3脚パラレルリンク



本研究：利き腕一本で操作することを想定したシリアルリンク

ロボット設置位置

- ・遠隔走査支援
- ・自動走査支援
- ※独立したロボットが患者側において単体で動作することを想定



従来、検査者がいる位置

検査者のいるスペースを阻害しない
位置にロボットを設置する必要有

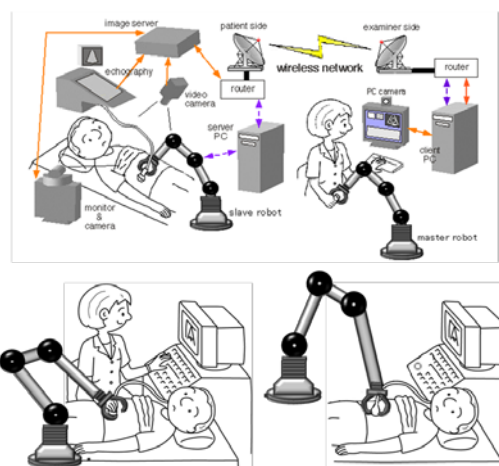


図 18) ロボット設置位置検討

2-15. ロボット設置位置の検討

超音波検査技師 2 名による知見

- ・腹部：仰臥位／胸部：側臥位にて診察を行うことが一般的
- ・診断装置はベッドの左側面に設置
- ・側臥位の場合には検査者がベッド面に乗り出して診察する
- ・ベッドの右側面にはスペースがないことが多い

右側面に設置 (右図(d))

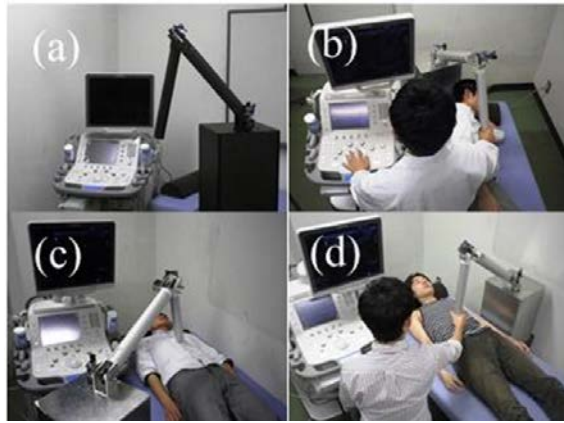
- ・ 所望可動域を確保可能
- ・ ベッド右側面への設置は非現実的

ベッド上面に設置 (右図(b))

- ・ 仰臥位, 側臥位ともに協調動作が可能
→ プローブ走査支援への展開

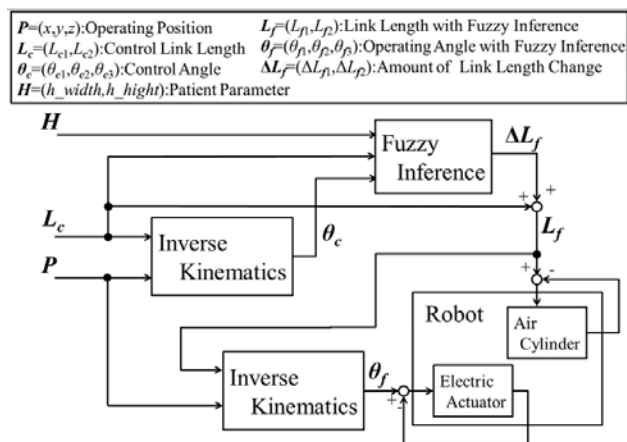
検査者の位置に設置 (右図(c))

- ・ 側臥位: 可動域不足
- ・ 仰臥位: 検査可能 → 遠隔/自動走査支援への展開



2-16. ファジィ推論を用いたリンク長可変システム

側臥位での診断に対応可能なシステム ⇒ 複数の条件を考慮可能なファジィ推論を用いる



✓ 推論方法

Min-Max重心法

Product-Sum重心法

$$\theta_c = I(L_c, P)$$

$$\Delta L_f = F(L_c, \theta_c, H)$$

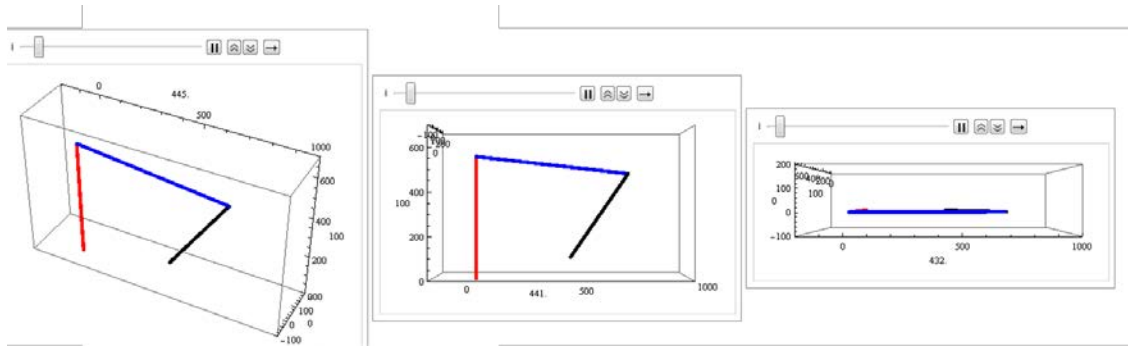
$$L_f = L_c + \Delta L_f$$

$$\theta_f = I(L_f, P) \quad \left. \vphantom{\theta_f = I(L_f, P)} \right\} \text{ 指令値}$$

*アーム先端位置、初期リンク長、患者パラメータから患者に接触しない、ロボットの関節に負荷のないリンク長を算出

2-17. 各関節角、リンク長シミュレーション

- ・ 側臥位における傍胸骨アプローチを想定
- ・ 対象部位: 胸部⇒体幅方向座標 x が 350~700[mm] で動作可能であること
- ・ アーム先端座標 (体長方向座標 y 、体高方向座標 z) = (120, 200) [mm]
 x を 200~700[mm] の幅で変化させた時の関節角、リンク長の推移

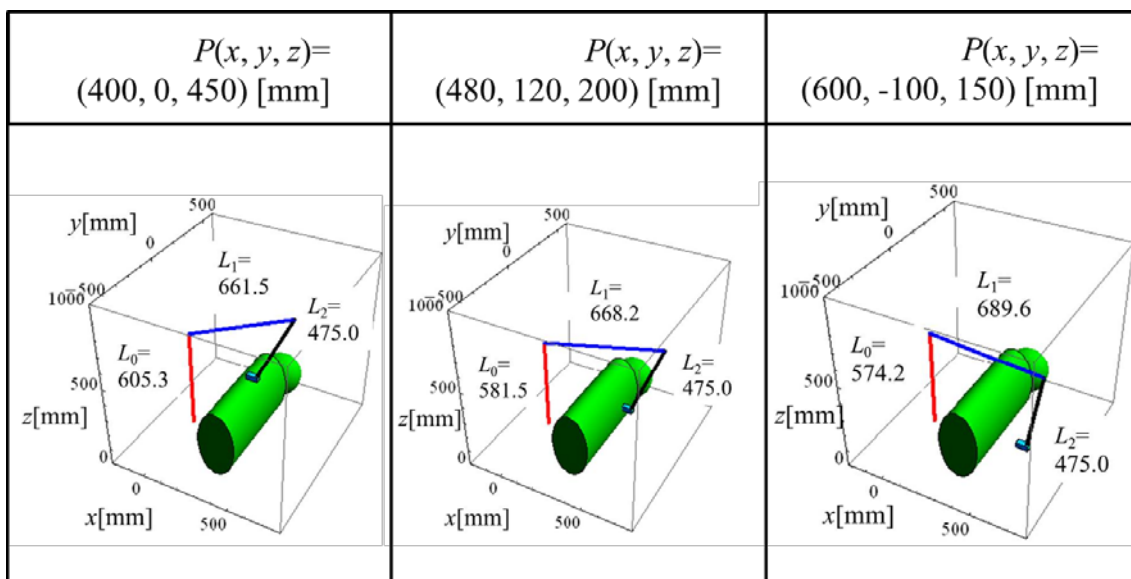


*リンク長さはL1において初期長から約150[mm]、動作中に約70[mm]の変化

*関節角 θ_2 、 θ_3 は20~40[deg]の変化であり、関節角変化量を抑えることができた

2-18. ファジィ推論を用いたアーム描画シミュレーション

アーム先端座標 $P(x, y, z)$ を変化させた場合のアーム姿勢を描画



*アームが患者に接触せずに所望の位置にアプローチ可能

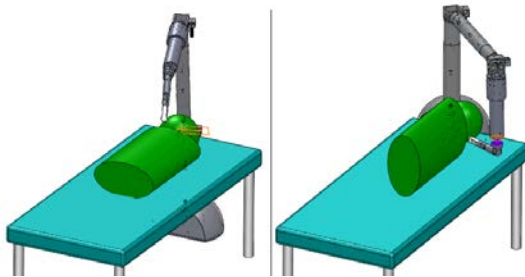
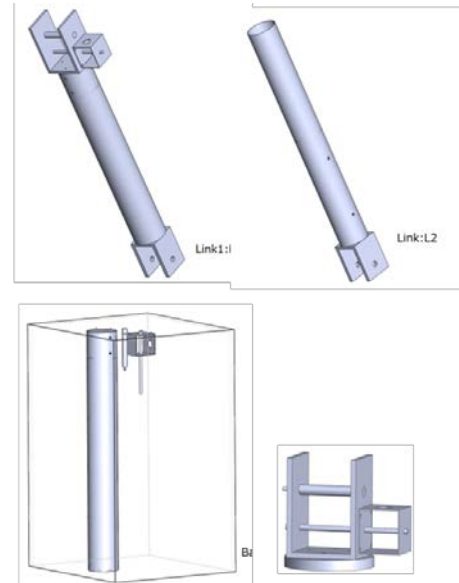
2-19. アーム重量の比較

*4 パーツをアルミ、CFRP で製作し、重量を比較

	Total [kg]	Base [kg]	Motor mount [kg]	Link1 [kg]	Link2 [kg]
Aluminum	12.06	10.12	0.28	1.26	0.40
CFRP	7.28	6.30	0.21	0.58	0.19

・アルミと CFRP の質量比はおよそ 1.6:1

・CFRP にすることで超音波診断の利点である可搬性に優れる点への影響が小さくなる



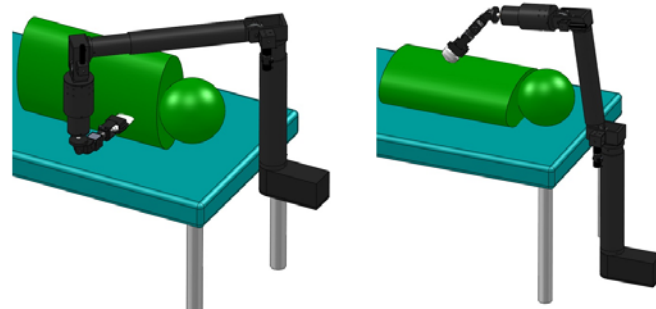
*機械的特性を計測・比較することでさらに二つの材質の違いを検討

*CAE 解析を行い、各関節にかかる負荷を定量的に解析

2-20. 冗長自由度アームの改良設計

- 改良した 5 軸ロボット先端にピボット、ユニバーサル、軸回転機構を搭載
⇒2 自由度のパッシブ機構を有する 6 軸 10 自由度ロボットアーム
- ロボットが仰臥位・側臥位の両体位に対応可能なシステム

仰臥位：原点をベッド面 / 側臥位：原点を体表面

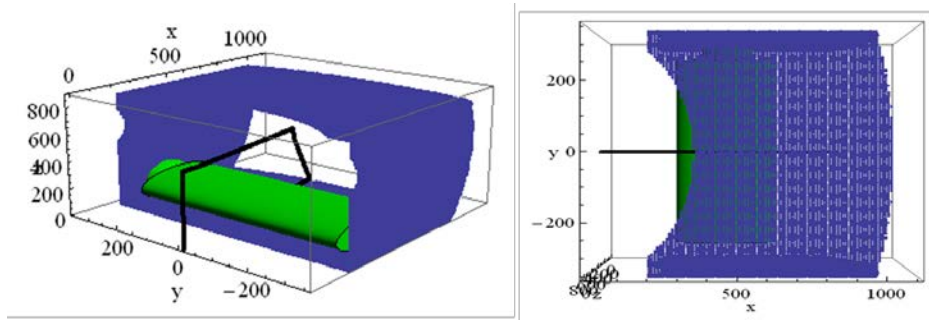


胸部を対象とした診断

腹部を対象とした診断

2-21. ロボットの可動域シミュレーション

遠隔/自動走査支援による診断を想定し仰臥位診断時におけるロボット可動域を検証



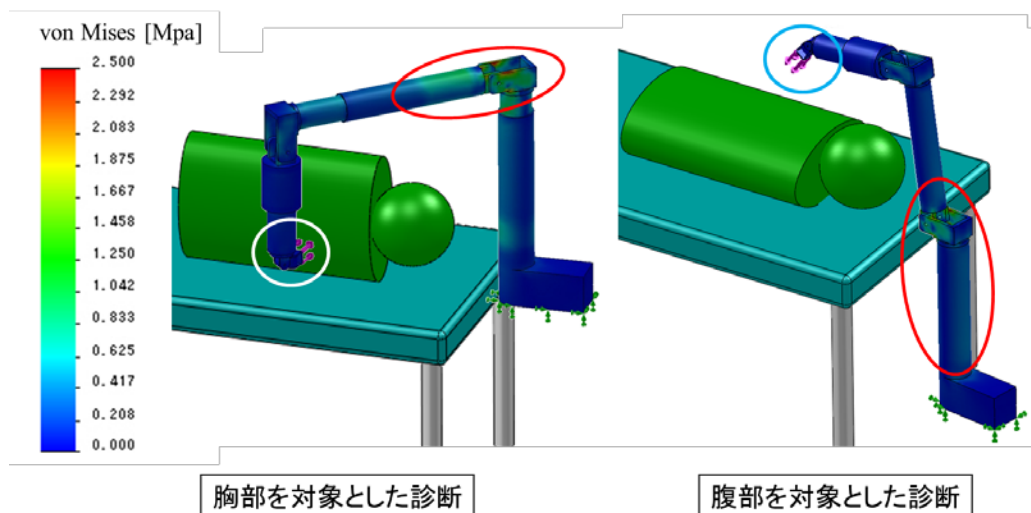
仰臥位において患者の胸部だけでなく腹部など様々な診断部位に対して十分な可動域を有している

プローブ先端位置が診断部位や患者体位によらず
所望の診断部位へ到達可能

2-22. ロボットの強度解析

解析条件及び結果

- ・ロボット先端に20[N]の引っ張り力 ⇒ 第1関節部, リンク部に応力が集中



- ・ロボット全体の重量比較
- ・アルミ，CFRP を使用した場合の強度比較 → 側臥位時の最大応力を比較

	Max stress [MPa]	Total weight [kg]
Al type	3.22	17.82
CFRP type	3.08	11.88

CFRP を用いたロボットアーム

- ・重量を約6[kg]軽量
- ・応力を約0.1[MPa]軽減

実機にCFRPを使用することで
アルミ以上の強度を維持したまま軽量化

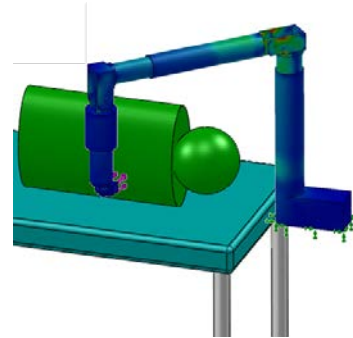


図 19) 胸部を対象とした診断

CFRPを使用することで軽量・高強度なロボット

2-23. CFRP 材を用いたロボット部品製作（初号機）

- ・本年度で開発するロボット（初号機）の部品点数は37点（CFRP 材）+6点（アルミ材）+その他シャフトなどの部品から構成されている。
- ・CFRP 材を切削加工する際に切粉（CFRP 粉）が加工機内部に浸入し、摩耗等の影響を著しく受ける。そのため、機械の粉塵対策及び人体に悪影響があるため、作業者の健康、安全のために集塵機を使用。また、CFRP 材は駆動部分品を内部に収納するためや、ロボットアーム自身の軽量化のためにも薄肉のCFRP 材を加工しなくてはならない。通常のチャックでは固定する場所がないような薄肉のCFRP でも加工出来るようにするためESチャックと呼ばれる製品を用いて、製品を凍結させて下の台座と固定させる手法を行う。CFRP 材がアルミよりも優れている点は高強度な点である。CFRP を薄肉で加工することにより、極限までの軽量化と高強度を同時に実現できる。また、加工中製品は熱を持つため凍結させた台座の氷が溶けて製品が外れてしまう可能性がある。この問題点を解決するため、製品を冷却するための冷風を当てるスポットクーラを使用する。スポットクーラーは工具自体の冷却にも効果があるため、工具寿命の向上も見られた。



初号機イメージ図
(CFRP製)

2-24. CFRP 複合材を用いた 6 軸 10 自由度ロボットの開発



リンク可変式シリアルリンク型ロボット-1



リンク可変式シリアルリンク型ロボット-2



超音波診断一体型・治療補助ロボット



超音波診断一体型・治療補助ロボットによる側臥位診断

2-25. 平成 24 年度まとめ・今後の課題

【まとめ】

- ・検査者が違和感なく操作でき、長時間の診断・治療手技をサポートする超音波診断・治療補助ロボットの開発
- ・モーションキャプチャシステムを用いた手技解析
- ・リンク可変式シリアルリンク型ロボットの設計
- ・非磁性な CFRP 複合材を用いたロボットの開発

【課題】

- ・診断・治療補助を可能とするロボット制御技術の確立
- ・ロボットを用いた検証実験
- ・医療機関との連携による実証実験
- ・販売に向けた展開

2-26. 参考文献

- Vilchis et al., Lecture Notes in Computer Science 2488, pp. 138-146, 2002.
- N. Koizumi et al., Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 16, No. 2, pp. 146-154, 2004.
- 中楯他, 日本ロボット学会誌, Vol. 29, No. 7, pp. 626-633, 2011.
- K. Masuda et al., Proc. of 3rd European Medical & Biological Engineering Conference (EMBEC' 05), pp. 1661-1664, 2005.
- Y. Aoki et al., Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 22, No. 3, pp. 273-279, 2010.
- 杉山他, ROBOMECH2011, DVD-ROM, 2011.
- 杉山他, 自動制御連合講演会講演論文集, DVD-ROM, 2011.

最終章 全体総括

[23 年度の研究達成状況]

- ・超音波診断・治療補助を可能とするロボットアーム設計のためにプローブ手技を解析するシステムを構築した
- ・ロボットパラメータを決定するためにシミュレーションを実施し、仰臥位、側臥位における診断時のアーム長を決定した
- ・電動/空気圧ハイブリッドアクチュエータの試作機を構築し、各アクチュエータ単体の場合と性能比較を行った
- ・CFRP 複合材を用いた超音波診断・治療補助ロボット（試作機）を設計し、部品加工、組付けまで完了。

[24 年度の研究達成状況]

- ・超音波プローブ走査手技解析のためのモーションキャプチャシステムを構築。
- ・検査技師によるプローブ走査計測実験を行い、ロボット可動域、設置位置を決定。
- ・CFRP 複合材を用いた超音波診断・治療補助ロボット（初号機）を設計し、部品加工、組付けまで完了。現在、動作確認作業中。

[研究開発後の課題・事業化展開]

・今現在、初号機の部品製作及び組み付け段階である。組み付け完成後、試験をしデータ収集を行い検証する。事業終了後、1 年目は、初号機の問題点を改良及び浜松医科大でのデモを行い、それを踏まえ実用化に向けた 2 号機の開発に着手する。川下ユーザーである東芝メディカルの協力のもと 3 年目から 5 年目からの販売を予定している。

・薬事法の製造許可申請は研究期間終了後一年目で行う予定。沼津高専と（株）エステックを主となり製品化まで研究を進めていく。部品製作にあたり費用と時間の問題があるが初号機を改良していき 2 号機を製品化できるよう医療現場での実績をつくる。引き続き、浜松医科大の協力のもと東芝メディカルへのサンプル出荷を目指す。

・超音波診断装置は内科、産婦人科には必ずといって良いほど導入されており、対象とする顧客が多いこと、また診断装置のオプションとして展開しやすいことが挙げられる。超音波診断装置の市場規模は今現在、年間 500 億円となっている。超音波診断装置の補助ロボットが実用化された実績はまだない。そのため、補助ロボット付き超音波診断装置のシェアは 0%である。研究開発終了後 3 年目から東芝メディカルシステムズ株式会社などの大手にサンプル出荷する予定。そこで、新たに超音波診断装置に操作性の向上や省スペース化等の改良を加えて、5 年後には超音波診断装置の市場規模の 0.5%のシェアを獲得し、2 億円の売り上げを予定している。オプションとして売り込むことで、0.5%のシェア獲得は可能であると考え。