J165053

超音波診断手技計測インターフェースを用いたプローブアプローチ実験飯谷 健太^{*1}, 濱村 功^{*2}, 青木 悠祐^{*3}**The Measurement Experiment of Ultrasound Probe Approach
using Procedures Measurement Interface for Echography**Kenta IITANI^{*1}, Isao HAMAMURA^{*2} and Yusuke AOKI^{*3}^{*1} Advanced Engineering Course, Numazu National College of Technology
Ooka 3600, Numazu-shi, Shizuoka, 410-8501 Japan^{*2} Graduate School of Industrial Technology and Innovation, Tokyo University of Agriculture and Technology
Nakacho 2-24-16, Koganei-shi, Tokyo, 184-8588 Japan^{*3} Department of Digital Engineering, Numazu National College of Technology
Ooka 3600, Numazu-shi, Shizuoka, 410-8501 Japan

One of the medical issues of our country is increase of the burden of doctors per capita by aging society and localization of the physician. Diagnosis and treatment support system is necessary to reduce the doctor's load. In this paper, we have experimented for analyzing an ultrasound probe scanning approach by the measurement interface. First, we got knowledge about echography from the ultrasonographer. Based on the knowledge, we decided target of the basic cross-sectional imaging. Next, we have developed the calibration method on body surface. Finally, we did comparison experiment with measuring the ultrasound probe approach to skillful person and unskilled person.

In the experiment, patient's body posture was changed to lateral position and supine position. As a result, skilled operator didn't change almost position and angle of the ultrasound probe. But, unskilled person's ultrasound probe variation width was large. We succeed in clarify difference of probe approach between skillful man and unskilled man.

Key Words : Echography, Motion-capture system, Trajectory Measurement, Probe scanning

1. 結 言

現在我が国が抱える医療問題には、超高齢化社会の到来による患者数の増大に伴う医師数の相対的減少や医師の局在化、患者の大病院集中などによる医師の負担増加が挙げられる。これらの解決法として医師の負担を軽減する診断支援システムの開発が求められている。また様々な画像診断の中でも超音波診断は低侵襲で、装置が小型・安価、画像取得の自由度が高く、リアルタイム性に優れるという利点がある。一方で所望の断層像取得方法が超音波検査者（以下検者）の主観に依存することから、超音波プローブ（以下プローブ）の走査手技は定量性が乏しく、適切な断層像の取得には経験的な探査手技が必要である。

これらの問題を踏まえ、超音波診断支援システムの1つとしてプローブをロボットによって把持・走査する診断支援システムの開発⁽¹⁾⁽²⁾が進められている。我々はこれまでに、検者の代わりにプローブを把持することにより超音波検査を補助するロボットアーム⁽³⁾を開発し、遠隔診断や自動検査の手段として検討を重ねてきた。これらのシステムはいずれもロボットが患者側において単体で動作することを想定したものであり、検者のプローブ走査を直接支援するものではない。それに対して、高地ら⁽⁴⁾により医師とロボットの協調動作によるプローブ走査

^{*1} 学生, 沼津工業高等専門学校 専攻科 制御・情報システム専攻 (〒410-8501 静岡県沼津市大岡 3600)

^{*2} 学生, 東京農工大学 大学院 工学府 産業技術専攻 (〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16)

^{*3} 正員, 沼津工業高等専門学校 電子制御工学科 (〒410-8501 静岡県沼津市大岡 3600)

E-mail: y.aoki@numazu-ct.ac.jp

支援システムが開発されているがロボットの形状や可動範囲に課題が残っていた。

一方、光学センサを用いた診断支援システムとして、吉永ら⁽⁵⁾は ARTToolKit⁽⁶⁾を用いて、臓器の位置を特定する研究を行ってきた。しかしこれらの診断支援システムは検者が一度適切な断層像を取得することを前提とした支援システムとなっており、未熟な検者に対して支援を行うことができないという問題があった。そのため診断時におけるプローブ走査手技を定量的に評価することへの意義が高まってきた。その他にも、熟練手技の定量化に関する研究としてモーションキャプチャを用いた木工技術等の定量化に関する研究も行われているが、本研究で対象とする超音波診断では、所望の断層像取得のためにプローブ位置・姿勢、押し込み力、押し込み量を微妙に変化させており、超音波診断手技そのものを定量的に解析する研究は行われていなかった。以上を踏まえ、本論文ではこれまでに構築した計測系⁽⁷⁾を用いて検者のプローブアプローチ実験を行ったので報告する。

2. 超音波診断における手技の定義

本研究では、胸部および腹部を対象とした超音波診断支援を行うことを目的としている。超音波診断では検査部位や検者の方針により同じ断層像を対象としても図1に示すように患者の姿勢が仰臥位・側臥位と変化することがある。一方文献⁽⁸⁾には「どこにプローブを当てると臓器の断面がどのように見えるか」という解剖学的な観点での記述がある。これらを踏まえて超音波診断における手技を以下に示すように3つに分類し、定義する。

I. プローブ位置をずらす，回転させる，傾斜させる II. 検者が体勢を変えてプローブを操作する III. 被検者の体表面上をなぞる，押し込む

Fig.1 Example of echogram with calibration line

3. 超音波検査技師による検査実験，診断アプローチ決定

次に、解析対象および支援対象とする診断アプローチについて検討を行った。今回は健康者7名(19歳～21歳)を対象に、超音波検査技師(以下検査技師)による検査実験、ヒアリングを実施し、その結果に基づいて診断アプローチの次のように決定した。まず、胸部においては左心室長軸像、左心室短軸像、心尖部四腔断面、五腔断面、二腔断面を撮像する傍胸骨アプローチを計測対象とし、四腔断面を撮像することが出来れば実用可能であるとして熟練度の基準とした。また、胸部においては側臥位、腹部においては仰臥位で検査を行うことが一般的かつ検者の負担が軽いことがわかった。これより、本研究では胸部では側臥位、腹部では仰臥位を被検者の基本姿勢とすることとした。

4. 超音波診断アプローチ計測実験

4.1 体表面上でのキャリブレーション手法

上記で決定したアプローチ計測を実施するにあたり、計測点のキャリブレーションを行った。今回は体表面上で特定箇所のプローブ走査をすることによって、プローブ座標系の原点を一致させる処理を施し、未熟な検者と熟練検者の走査手技の比較を行った。キャリブレーション方法の詳細を図1に示す。図に示すように鎖骨上窩から鳩尾を結ぶ直線に対してマーカを設置したプローブでなぞり走査を行うことにより直線を取得、その始点を原点とし、得た直線の傾きによって計測データの x - z 平面、 y - z 平面の補正を行った。計測結果を次節に示す。

4・2 未熟検者・熟練検者によるアプローチ比較

表 1, 図 2 および図 3 に計測結果を示す. 図 2,3 は未熟検者と熟練検者に対して, 被験者の姿勢を仰臥位・側臥位と変えた場合にキャリブレーションラインをスキャン後, 四腔断面取得までの傍胸骨アプローチを計測し, 長軸・短軸断面撮像時のプローブ先端位置・姿勢を抜き出した図である. 図 2 ではそれぞれの結果を x - z 平面上から俯瞰しキャリブレーションラインとの位置関係を, 図 3 では 3 次元的な位置から俯瞰することによりキャリブレーションラインに対するプローブ姿勢を可視化した. 各図において (*-1), (*-2) のように示されるグラフはそれぞれ未熟・熟練検者によるものである. また, 表 1 は基準断面取得時のプローブ先端位置を示している.

Table 1 Probe position for imaging the long axis and short axis

		Long axis			Short axis		
		X	y	Z	X	y	z
Skillful	Supine	-25.06	2.68	-93.94	-20.09	2.27	-100.48
	Lateral	-15.17	-2.2	-100.91	-16.8	-2.48	-105.01
Unskilled	Supine	-41.2	12.61	-90.82	-36.903	12.61	-98.23
	Lateral	-10.25	-1.36	-120.3	-22.15	-7.89	-130.98

Fig.2 Probe approach of x - z plane

まず, 図 2 より熟練検者が側臥位に対して行ったアプローチではキャリブレーションラインが他と比較して 50[mm]短く 200[mm]となっていることがわかる. ここでは鎖骨上窩から鳩尾を結ぶ直線のうち, ある程度の長さが確保されていれば補正可能であるとして鎖骨上窩からの長さが 150[mm]以上であることをキャリブレーションラインによる補正の成否の条件とした. また図 2 および表 1 より, 未熟な検者は仰臥位・側臥位と被検者の姿勢が変化すると同じ長軸・短軸断面を撮像する際でもプローブ先端位置が大きく変化するのに対して熟練検者はほとんど変化させていないことがわかる.

また, 図 3 より熟練検者は検者の体勢によらず長軸・短軸断面撮像時のプローブ姿勢がほぼ等しくなっているのに対して未熟な検者はプローブ姿勢の変化が大きいたことが得られた. このことから, 熟練検者は仰臥位・側臥位によらず, プローブをどこに押し当てるとどんな断面層像が得られるかがイメージできていることが確認された.

また, 一回の計測にかかる平均時間は熟練検者では 23.8[sec], 未熟な検者では 69.7[sec]と 45.9[sec]の差が生じているが, 熟練検者の走査手技をディスプレイに表示するなどして未熟な検者に対して指示を行うことによって一回の診断にかかる時間を短縮することができると考えられる. したがって, このインターフェースは熟練検者

よりも未熟な検者に対して診断支援の効果が大きいといえる。今後さらに手技を定量的に評価する指標を構築していくことで分析を進めていく。

Fig.3 Probe approach of 3D position

5. 結 語

本論文では、超音波検査技師へのヒアリングの結果をもとに決定したアプローチを計測し、未熟な検者と熟練検者の比較実験を行った。まず鎖骨上窩から鳩尾までを撮像、得られた直線を用いてキャリブレーションを行う手法を提案し、これまでに構築した計測系で体表面上キャリブレーションを行うことにより複数のデータにおける原点を一致させ、複数の検者の走査手技の比較を実現した。そこで、熟練検者と未熟な検者のそれぞれのアプローチにおける基準断面取得時のプローブ位置・姿勢の比較を行った。この実験結果より熟練検者と未熟な検者の走査手技の違いを明確にすることができた。今後は単一の被検者に対する複数の検者のアプローチ・複数の検者に対する単一の検者のアプローチを計測し超音波検査手技の解析をおこなっていく。

文 献

- (1) N.Koizumi et al., "Dynamic switching capability of the controller according to diagnostic tasks in the remote ultrasound diagnostic system," in *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.16, No.2, pp.146-154, 2004.
- (2) 中橋他, "頸部血流計測ロボットシステムの開発 -画像情報を用いた超音波プローブの自動位置決め・追従-", 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.7, pp.626-633, 2011.
- (3) Y.Aoki et al., "A study of scanning the ultrasound probe on body surface and construction of visual servo system based on echogram," in *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.22, No.3, pp.273-279, 2010.
- (4) 高地他, "ロボットの協調動作による超音波検査者の疲労軽減のためのプローブ操作支援システムの開発", 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.7, pp.634-642, 2011.
- (5) 吉永他, "在宅における遠隔超音波診断のための 3 次元空間共有 AR インターフェースの開発", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.14, No.3, pp.413-420, 2009.
- (6) 加藤他, "拡張現実感システム構築ツール ARToolKit の開発", 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU101(652), pp.79-86, 2002.
- (7) 飯谷他, "超音波診断手技解析を目的としたプローブアプローチ計測系の構築", ROBOMECH2012, DVD-ROM, 2012.
- (8) 谷口, 基本を抑える心エコー撮りかた, 見かた-, pp.38-42, 羊土社, 2006.