



心エコーシミュレータのための簡易型インタフェース開発

田村 莞爾^{*1} 広田 光一^{*1} 野嶋 琢也^{*1} 杉浦 清了^{*2} 久田 俊明^{*2}

Developing Simple Interface for Echocardiogram Simulator

Kanji Tamura^{*1} Koichi Hirota^{*1} Takuya Nojima^{*1} Seiryō Sugiura^{*2} Toshiaki Hisada^{*3}

Abstract - This paper describes development of simple system for echocardiography simulator. Most of existing systems are using ultrasonography or magnetic sensor. These systems focus to train manipulation device. We develop simple interface system for echocardiogram to improve efficiency of study many cases. Our system use Leap Motion and 3D mouse to manipulate the probe on 3D model. Leap Motion is a sensor for hand data. 3D mouse is a device to manipulate on 3D space. Upon we use these device, we limit motion of the probe. Because the probe is move in the body on 3D model. We think developed interface is simple and higher versatility. We plan to do an experiment for evaluation developed interface.

Keywords: echocardiography, simulator, interface, CG and Leap Motion

1. 背景・目的

心臓における超音波検査（心エコー検査）は、心臓の大きさ、形、心臓の壁の厚さや動き方、血流などを可視化する検査手法である。CTなどに比べて簡易であり、超音波は人体に無害とされ、痛みを生じることもない。このことから心臓の健康状態を確認するうえで最も一般的で、有用な検査法の一つといえる。しかし、心エコー検査による診断は、より高い症例などの知識と習熟度を要求される。

心エコー検査の学習において、学習者は検査器具の操作、疾患例の両側面を学習する必要がある。しかしながら、学習を行う際、実際の機器を用いる、疾患者に協力を仰いで行うのでは効率が悪く、また、十分な習熟を望めない。従って、より効率的な学習を支援するシミュレーションシステムが求められる。システムへの要求として、検査器具の操作の面では、より実際の検査に近いインタフェースが要求され、疾患例の学習においては多くの疾患例の画像やデータ、心臓における位置などを確認できる簡易的なインタフェースが要求される。よって、学習の目的に応じたインタフェースの開発の検討が必要といえる。

本研究では、心エコー検査技術学習における疾患例の学習に焦点を当て、より多くの疾患例を観察できるようなシステムを目的とし、心エコーシミュレータにおける簡易型インタフェースの開発を行う。

2. 関連研究

超音波検査技術学習支援を目的としたシステムの研究、開発は多く行われており、商品化されているものも存在する。しかしながら、その多くが超音波検査機と人体を

模したマネキンを用いたものや、超音波検査機を磁気センサーで代用したシステムである。また、学習の焦点を検査機器の操作に置いたものが多く、疾患例の学習に焦点を当てた簡易的なインタフェースのシステムの研究例は少ない。

広田ら^[1]または、Weidenbach^[2]らの研究では磁気センサーを用いた心エコーシミュレータの開発を行っている。どちらの研究においてもマネキンを対象として、検査器具の操作に焦点を置いた学習支援を目的としたものである。磁気センサーを用いたインタフェースの場合、比較的成本が高くなり、センサーの装置自体も大きく、操作感の実際の検査に似せる必要が薄い疾患例などの学習においては向かない。また、磁気センサーは周囲に金属製のものがある場合大きく影響を受けてしまう課題も存在する。

Sokolowski^{[3][4]}らの研究では Kinect を用いた心エコーシミュレータの開発を行っている。Kinect から得られる画像データと深度データからマネキン上にある手の位置を測定し、シミュレータのデータに反映している。この手法は磁気センサーを用いた手法と比較し、コストは低くなる。しかし、マネキンを使用し、使用者の手の動きをトラッキングしていることから、検査機器操作の習得に焦点が置かれていることは磁気センサーのものと同様である。また、Kinect を用いて、上からマネキン全体を写しているため、ある程度広い空間でないと使用できない問題もある。

本研究ではこれらの研究とは異なり、疾患例の学習に焦点を当て、実際の検査を再現するものではなく、簡易な操作で、より多くの疾患例を学習できるようなインタフェースの開発を行った。

3. 簡易型インタフェースの開発

簡易型インタフェースの開発にあたり、用いるデバイ

*1: 電気通信大学大学院

*2: 株式会社 UT-Heart 研究所

*3: 東京大学

スは、装着や準備が複雑なものではなく、可能な限り小型のものが良いと考えた。理由としては、疾患例の学習を行う場合、テキストや PC と共に手元で操作可能な環境の方が効率的な学習が見込めると考えたからである。開発は従来型シミュレータをもとに行った。磁気センサーを用いたインタフェースをハンドセンサーである Leap Motion (LM) や 3D 操作が可能なマウス SpaceNavigator SE (SN) を用いて磁気センサーを代替するシステムの開発を行った。擬似的な被検査体として用いていたマネキンも簡易型インタフェースにおいては不要と考える。

3.1 従来型シミュレータ

簡易型インタフェースは、図 1 示すような磁気センサーとマネキンを用いた従来シミュレータ^[1]をもとに開発を行った。このシミュレータは超音波検査におけるプローブの操作を磁気センサーによって実現したものである。ソフトウェアとしては、観察する対象を 3D モデル化し、心臓における観察部位の可視化と、そのモデルの断面を擬似的なエコー画像としてユーザに提供するものである。図 2 に 3D モデル表示モード時の表示画面を示し、図 3 にエコー画像表示モードの表示画面を示す。

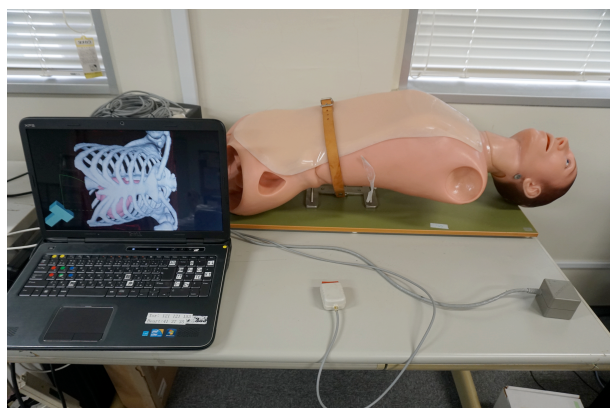


図 1 従来型シミュレータ

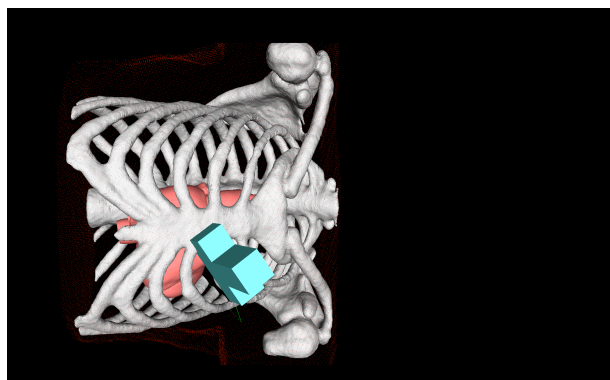


図 2 3D モデル表示モード

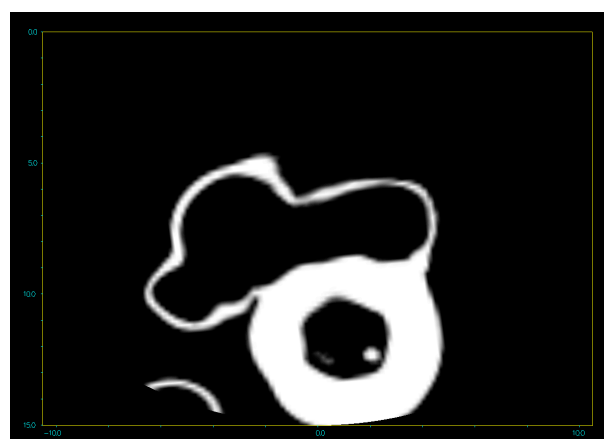


図 3 エコー画像

3.2 Leap Motion を用いたインタフェース

Leap Motion は赤外線領域カメラ 2 基と赤外線領域 LED から構成されたデバイスであり、2 基のカメラから取得した画像データを解析することで、手や指の位置のトラッキングが可能である^[7]。デバイスは安価であり、PC と USB で接続可能で、フリーハンドで自由度の高い操作が可能である。また、性能の面においても、トラッキング速度 120fps 以上でのデータ取得が蚊の如きものである (kinect によるカラー画像ならびに深度画像取得速度は 30fps^[9])。本研究では LM 機能を利用し、手の位置や回転角度を取得し、心エコーシミュレータ内のプローブの操作を行った。プローブの移動は手の移動を反映した。Leap Motion のデータ取得を行う空間上の XYZ 座標と、3D モデル表示時のディスプレイ上における XYZ 座標の対応を図 4 に示す。プローブの回転は手の Roll, Pitch, Yaw から、プローブの回転を行った。

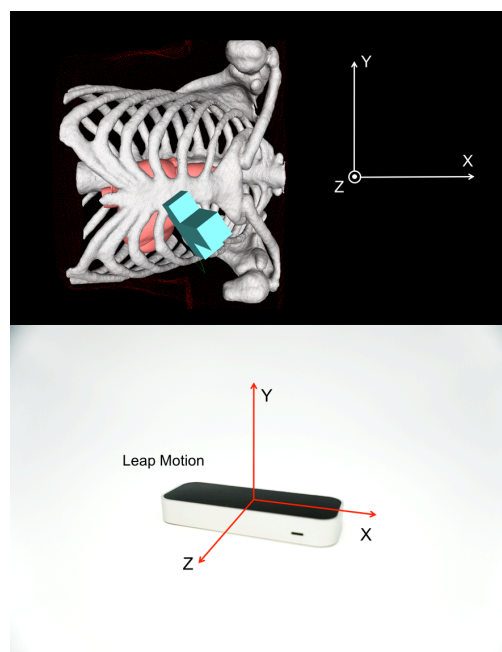


図 4 Leap Motion における XYZ 座標対応図

3.3 3D マウスを用いたインタフェース

SN は三次元的な操作が可能なデバイスである。操作の自由度は時期センサーや LM には劣るが、安定した操作が可能である。デバイスの可動部の傾きや捻りの方向と度合かを取得でき、その情報を移動では加速度、回転においては角速度として解釈し、プローブの移動を行う。SN の操作における移動方向を図 5 に示す。

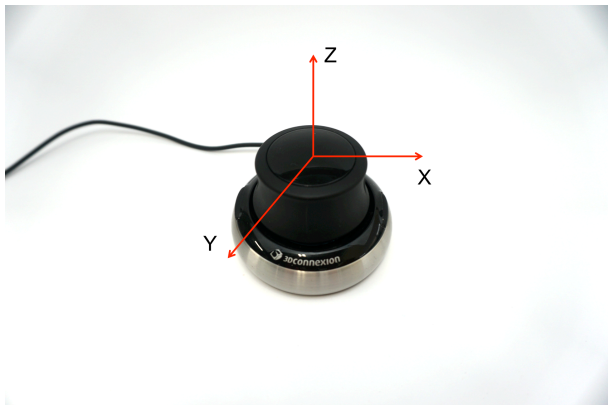


図 5 3D マウスの操作と移動方向

3.4 3D モデルにおけるプローブ動作の制限

シミュレータにおけるプローブの操作において従来型シミュレータのシステムにおいて磁気センサーから LM や SN への代替を行ったとき、図 6 に示す様な、シミュレータ内の人体上半身部の体内部にプローブが侵入してしまう問題が生じる。これは磁気センサーを用いたシミュレータでは、実際の心エコー検査により近いインタフェースを実装するため、マネキンを用いることを前提としているからである。マネキンを用いた場合、プローブの体内への侵入はマネキンの外装自体が防ぐため、考慮の必要性が薄いといえる。しかし、開発を行った簡易型のインタフェースに置いて、開発の方針に沿わないため、マネキンは使用しない。そのため、プローブが体内を移動してしまう。

この問題へのアプローチとして、モデルデータの体表面の点データとプローブの座標を用いてプローブ動作の制限を行った。図 7 に示す様に、プローブの座標周囲に球体を仮定、その球体内に含まれる体表面点データとの距離をベクトルとして算出し、その距離の総和が小さくなる。つまり、と方向から移動の制限を行った。

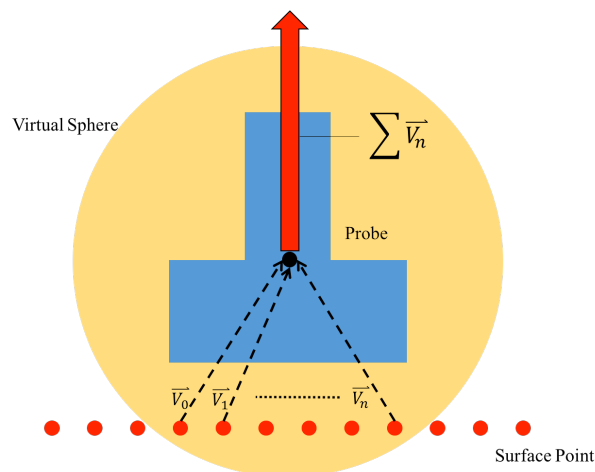


図 6 プローブ移動制限のイメージ

4. 結論・考察

本論文では、心エコーシミュレータにおける簡易型インタフェースの開発を行った。従来型シミュレータにおける磁気センサーによるインタフェース部を LM や SE を使用し代替することで、LM においては直感的な操作を、SN においては安定的な操作を実現しながら、よりコンパクトなシステムにすることができた。しかしながら、現状では、実際の使用感や操作性について評価実験は行っていない。そのため、今後、実際の学習者や医療関係者などを対象として、評価実験を行う必要がある。また、現状でも多くの課題が挙げられる。例として、LM を用いたインタフェースについては、手の認識精度の問題による操作性の課題。3D マウスを用いたインタフェースについては磁気センサーや LM を用いたものと比較し、直感的な操作に欠けるため、それを補填するような工夫が必要となる。よって今後もシステムの改善を行っていく必要がある。

5. 今後の展望

今後の方針としては、第 4 章でも述べた様に本論文で開発をおこなった簡易型インタフェースについての評価実験を行い、システムの有用性について評価を行う必要がある。

本論文で開発を行った簡易型インタフェースは心エコー検査において、肌の上からセンサーをあてて行う検査方式であり、この手法は手軽ではあるが、実際は肋骨などが障害となりデータにノイズが入りやすい。別の手法として、食道内部から超音波検査により心臓を観察する方法がある。この方法は肌にセンサーを当てる手法と比べ、障害が少なく、より鮮明な情報が取得可能である。よって、簡易型インタフェースのシミュレータにおいても食道内からの観察における操作の実装が必要であると考える。

参考文献

- [1] K. Hirota, J. Okada, T. Washio, T. Hisada, S. Sugiura
Graduate: Short Paper : Echocardiography Simulator
based on Computer-Simulated Heart; Joint Virtual
Reality Conference of EGVE - ICAT – EuroVR, pp
73-76(2009)
- [2] M. Weidenbach, H. Drachsler, F. Wild, S. Kreutter, V.
Razek, G. Grunst, J. Ender, T. Berlage and J. Janousek:
EchoComTEE – a simulator for transoesophageal
echocardiography; Anaesthesia, Vol.62, No.4,
pp311-314(2007)
- [3] John A. Sokolowski, Catherine M. Banks, William T.
Richards, Hector M. Garcia: Challenges with Simulator
Development for Ultrasonography Training: Developing
Hardware - Software Interface; Proceedings of the
Emerging M&S Applications in Industry & Academia /
Modeling and Humanities Symposium, pp4:1-
4:7(2013)
- [4] John A. Sokolowski, Catherine M. Banks, William T.
Richards, Hector M. Garcia: Developing a Low-Cost
Multi-Modal Simulator for Ultrasonography Training;
Proceedings of the Conference on Summer Computer
Simulation, pp1-5 (2015)
- [5] HEARTWORKS: Transesophageal echocardiography
simulator, <http://www.heartworks.me.uk/>.
- [6] MEDSIM: Ultrasim: Ultrasound training simulator,
<http://www.medsim.com/>
- [7] Leap Motion: <https://www.leapmotion.com/>
- [8] SpaceNavigator:
http://www.3dconnexion.jp/products/spacemouse/space_navigator.html
- [9] Kinect: 東京エレクトロン株式会社 ,
<http://esg.teldevice.co.jp/product/microsoft/kinect/>