

聴診器診断学習システムの研究開発

三浦奈都子（看護学部、講師）、遠藤良仁（看護学部、講師）

村田嘉利（ソフトウェア情報学部、教授）

<要旨>

患者を診察する際、呼吸や腹部の音を聴診する技術は大変重要である。しかし、現在その聴診技術を修得するための模型人形（シミュレータ）は非常に高価なものである。また、健康な学生や模擬患者を活用した演習では病気の音を聴取することができないため、シミュレータを併用した不自然なものとなっている。

本研究では、臨床現場を再現した聴診演習が可能で、安価かつ高機能な機器を開発した。特許出願済みである（「聴診システム」, 特願 2016-20021）。

1. 研究の概要

本研究では、臨床現場を再現した聴診演習が可能で、安価かつ高機能な機器を開発することを目的に、マイクロソフト社の Kinect（キネクト）を利用したシステムを構築した。

聴診は、身体内部で生じている事象について聴診器を用いて耳で聞いて診断することであり、フィジカル・アセスメントの一つである。フィジカル・アセスメントは、全身の状態を的確に系統的に把握するために、健康歴の聴取（問診）を含めて、視診・触診・打診・聴診のあらゆる技術を用いて看護師が行う身体査定である¹⁾。2007年の看護基礎教育カリキュラム改訂²⁾では、特に対象の理解としてコミュニケーション技術とともにフィジカル・アセスメント技術が、看護師には欠かせない能力として明記されており、その修得は必須となっている。中でも呼吸に関するフィジカル・アセスメントスキルは、教育の現場と看護実践の現場双方で求められている技術とされている³⁾。

呼吸音を聴診するためには、次のことが必要となる。

- ①対象者の身体の正しい位置に聴診器をあてること。
- ②吸気および呼気を聴取し、位置に応じた正常音や副雑音（異常な音）を聞き分けること。
- ③聞き分けた音を評価し、対象者の状況を判断すること。

呼吸の正常な音や異常な音（副雑音）の種類は、CDなどを繰り返し聞くことで判別可能であるが、対象者の身体に聴診器を当てて、その場所で聴取できるか否かを練習するためにはシミュレータが必要となる。しかし、現在市販されているシミュレータは1体約100万円から1,000万円と非常に高価であるため、大勢の学生が一度に使用可能な台数をそろえるのは困難である。

また近年、コミュニケーションスキルとともにフィジカル・アセスメントのスキルを学習するために、患者の特徴を模倣する訓練を受けた模擬患者を活用する演習が盛んに実施されている。しかし、模擬患者や学生は健康体であるため、身体内部の異常な音を再現することは不

可能である。そのため、問診などのコミュニケーションは模擬患者に対して行い、聴診する手段は傍らに設置したシミュレータに対して実施するハイブリット・シミュレーション演習が実施されているが、不自然な流れであることは否めない。

これらの課題を解決するために先行して開発されている機器がいくつかあるが、問題点も多い。一つは、模擬患者の皮膚に呼吸音などがあらかじめプログラムされたシールを貼付し、そこに専用の聴診器を接触させると聴診できるシステムである（Sim ScopeTM, Sim PatchTM, Cardionics.）。この機器の問題点は、模擬患者の呼吸に同期していないこと、シールを胸部に貼付するため、正しい聴診位置を示してしまうことである。

二つ目は、予め設定された呼吸タイミングを模擬患者に提示し、それに合わせて呼吸することで録音された呼吸音が聴診器で再生されるシステムである（特許第5754708号）。この機器の問題点は、模擬患者に負担がかかることに加えて、予め設定された呼吸タイミングと模擬患者の呼吸タイミングがずれる可能性があり、自然な流れの診察およびアセスメントを再現することが難しいことである。

これらの問題点を解決し、多数の学習者が、臨床現場をより良く再現した状況で演習を行うことができ、さらに安価なシステムが求められている。

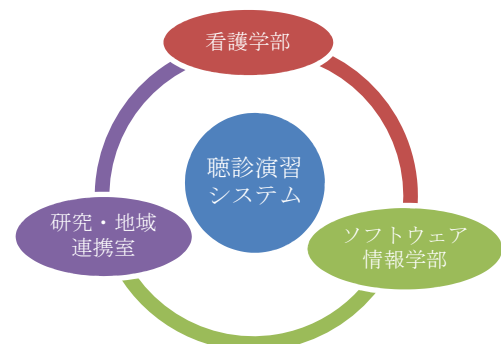


図1. 聴診演習システム開発における学際連携

今回、対象者の呼吸を感知し、それに同期させた呼吸音を流すことで自然な流れの中で聴診技術を演習できる機器を、本学看護学部とソフトウェア情報学部との連携により開発したので報告する。

2. 研究の内容と成果

前述の問題点を解決するために、対象者の骨格を検知し動きを読み取るモーションキャプチャー機能と色認識機能があるマイクロソフト社のKinect（キネクト）を活用したシステムを構築した。

1) 聴診器の追跡

呼吸音を聴取するためには、まず対象者の身体の正しい位置に聴診器をあてる必要があり、正しい位置に聴診器があつたかどうかは、両肩および両腰の関節の座標と聴診器を追跡しその座標を求めることにより判定する。聴診器の追跡方法として、型追跡と色追跡を検討したが、聴診器の持ち方によって聴診器付近の形状が常に変化するため、色追跡方法を利用した。

「赤」、「緑」、「空色」、「黄」、「黄緑」、「ピンク」、「オレンジ」の7色について追跡精度を実験的に調べた。そのうちの「黄」、「空色」および「黄緑」の3つについて、その抽出状況を図2に示す。その結果、最も効率的に追跡可能であった「黄緑」を選択した。

	Video image	Masked-out	Color-traced
Yellow green			
Light blue			
Yellow			

図2. 聴診器の色追跡結果

次に KINECT の座標計測機能を用いて色追跡した聴診器の位置および KINECT からの距離を求めた(図3, 4)。

本システムでは、聴診器にタッチセンサなどを付けるのではなく、両肩および両腰に対する KINECT からの最も近い距離(≒人体表面)から一定範囲内に聴診器が入り、一定時間のあいだ聴診器が移動しなければ、患者に聴診器があてられたと判定することとした。これらのシステムの精度を評価するために、男子学生5人、女子学生5人が模擬患者となり、図5のTシャツを着て各ポイント

に聴診器をあてた時にそれを検出できるかについて実験した。その結果を表1に示す。

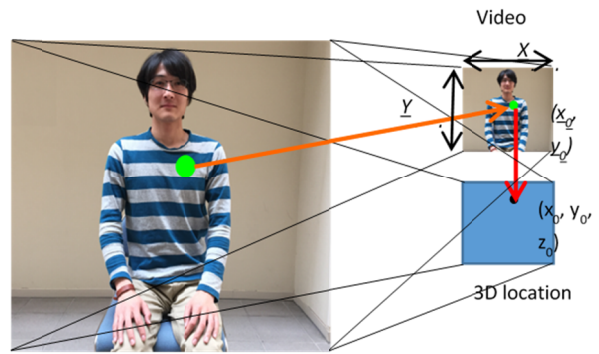


図3. KINECT の座標計測機能

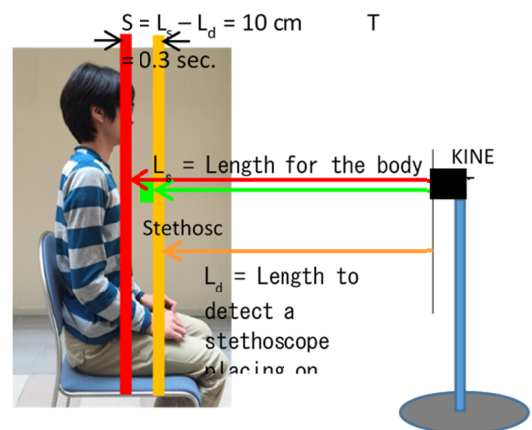


図4. KINECT の深度計測機能

8, 9, 10 番を除けば聴診器が身体にあてられたことを100%検出することができた。これらの位置における検出精度が低いのは、KINECT を模擬患者から見て右側に設置したため、聴診器につけた黄緑色のフェルトがTシャツに隠れて、KINECT から遮断しやすくなっていたためである。女子の場合は、乳房のふくらみがTシャツの弛みを大きくしたため、男子に比べて検出精度が低くなったと考えている。



図5. 聴診箇所を記したTシャツ

表1. 測定点ごとの聴診器が身体に接触したことを感知した人数

測定点	1	2	3	4	5
男子	5	5	5	5	5
女子	5	5	5	5	5

測定点	6	7	8	9	10
男子	5	5	5	5	3
女子	5	5	4	3	2

この問題に対しては、身体にフィットしたウェアを着用すること、聴診器につけた色を目立たせるために黄緑のグローブを装着するなどの対策が考えられる。

2) 呼吸の検出

次に、対象者の呼吸（吸ったことと吐いたこと）について、胸部と腹部の各3点での検出を行った。対象者が自己申告で呼吸に合わせてキーボードを押し、そのタイミングとシステムで検知したタイミングを評価した。

その結果、吸っているか吐いているかについてはほぼ検出できることが明らかとなった（表2）。しかし、聴診器が身体にあたったことを検出するタイミングにおいて、0.5秒から0.7秒の遅延がみられた。

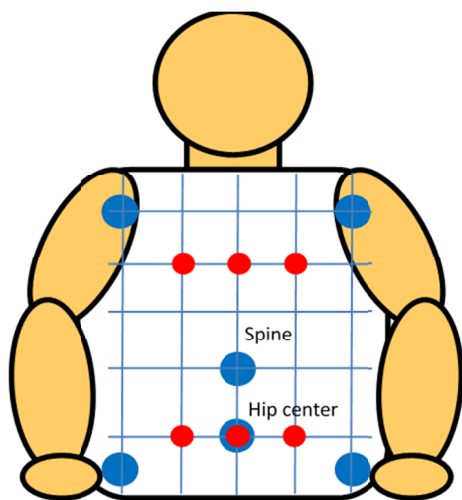


図6. 胸部と腹部の呼吸測定点

表2. 呼吸の誤検知率と遅延

		男子8名	女子4名
誤検知率	吸気	0.01	0.05
	呼気	0.01	0.05
検知遅延 (秒)	吸気	0.46	0.74
	呼気	0.67	0.62

3. 開発した機器に対する学生からの評価

開発したシステム（図6）を胸部のフィジカル・アセスメントに関する授業を履修後の看護学生6名に使用してもらい、機器の操作性、呼吸状態の再現性、現在の教育との比較などについて5段階のリッカート・スケールにて評価を行った。

その結果、「聞こえるべき聴診部位で呼吸音（正常音および副雑音）が聞こえた。」にあてはまると回答した学生が多く、「聞こえるべき聴診部位で呼吸音（正常音および副雑音）が聞こえなかった。」と回答した学生はいなかった。これにより、正しい位置に聴診器をあてれば設定した呼吸音を聴取できることが示唆された。

しかし、「聞こえてはいけない部位で呼吸音が聞こえた。」と回答した学生もおり、「聞こえてはいけない部位で呼吸音が聞こえなかった。」と回答した学生は少なかった。聞こえてはいけない部位とは腹部のことである。通常、腹部では腸蠕動音が聴取できるが呼吸音は聴取することができないはずである。

また、呼吸音が聞こえるタイミングについては、聴診器を身体にあてると聞こえ、外すと聞こえなくなることが必要であるが、そのタイミングがややずれる場合があることが指摘された。

これらのことから、胸腹部の境界の明確化と聴診音の対応、体側部や模擬患者が着用する衣類によって呼吸が感知しづらい場合の対策の必要性、などについて機能追加および判定パラメータの見直しを進めている。



図6. 開発したシステムの全体像

4. 今後の具体的な展開

今回、新たに開発したシステムは、学生に対して、複雑化・高度化した医療に対応できる実践能力を育成するために、大変有用であると考えられる。

近年、看護学や医学などの医療系教育機関および医療施設では、シミュレーション教育が盛んに行われている。

最近では患者の権利意識の向上や安全を優先するために、身体侵襲の程度の高い技術については、無資格の学生は実施しないことが増えてきているためである。

身体侵襲が必要な技術の実施前後の身体評価として、フィジカル・アセスメントは重要な手技となるため、模擬患者や学生同士の演習を、より臨床現場に近い状況で行うことが可能な本機器は大変有用である。

多くの看護大学や看護系の学部の演習に役立ち、市場的価値は高いと想定されることから、今後は事業化したと考えている。

但し、2015年度に計画・開発した内容では、聴診演習時に学ぶ接遇には対応していない。今後は、患者に接する態度や表情、かける言葉の学習機能を付加する予定である。さらに、単に聴診法を練習するだけでなく、聴診器を当てる部位や呼吸音聴取の正答率などを記録する、eラーニングシステムを構築することにより、学習支援および教育支援につながると考える。

5. 論文・学会発表等の実績

・プレス発表

1. 日経デジタルヘルス, [ITヘルスケア学会 第10回記念学術大会](http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/event/15/052400061/052600005/)「聴診器の正しい当て方、Kinectで学ぶ」, 2016/05/27 15:18 掲載, 記者 大下 淳一氏, <http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/event/15/052400061/052600005/>
2. キーマンズネット, クラウド活用最前線 学際的アプローチで次世代技術を開発する研究者たちを支えているのは, 2016年4月8日から6月14日まで掲載 <http://www.keyman.or.jp/pd/10028337/?open=yZAewXJd>

・学会・会議発表

1. 村田 嘉利, 吉田 和広, 三浦 奈都子, 遠藤 良仁: KINECT& Azure を利用した聴診演習システムの開発, 2016年7月6日~8日, 鳥羽シーサイドホテル, DICOM02016 シンポジウム.
2. 三浦奈都子, 遠藤良仁, 村田嘉利: 胸部の聴診法学習システムの開発, 7月2日~3日, 岩手県立大学アイーナキャンパス, 第13回次世代医療教育研究会.
3. 三浦奈都子, 遠藤良仁, 村田嘉利: フィジカルアセスメント(胸部の聴診)学習システムの開発, 6月25日~26日, 三重県立看護大学, 日本人間工学会第57回大会「看工連携によるものづくりプロジェクト創出ネットワーク」シンポジウム
4. 村田 嘉利, 吉田 和広, 三浦 奈都子, 遠藤 良仁: Azure & KINECT ベース聴診演習システムの提案, 5月21日(土), 国立病院機構本部, IHealthcare 第10回記念学術大会.

・国際学会・会議

1. Yoshitoshi Murata, Kazuhiro Yoshida, Natsuko Miura, Yoshihito Endo ” Proposal for A KINECT-Based Auscultation Practice System”, IARIA, eTELEMED 2016, April 24~28, 2016. Venice, Italy.

6. 受賞・特許

・特許申請

特許「聴診システム」, 特願 2016-20021

7. 参考文献

1. 小野田 千枝子監修: 実践! フィジカルアセスメント 改訂第3版看護者としての基礎技術, 金原出版, 2008.
2. 厚生労働省: 看護基礎教育の充実に関する検討会報告書, 2007. <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2007/04/dl/s0420-13.pdf>,
3. 篠崎恵美子 他: 看護基礎教育における呼吸に関するフィジカルアセスメント教育のミニマム・エッセンシャルズ, 日本看護科学会誌, Vol. 27, No. 3, pp. 21-29, 2007.