

KINECT& Azure を利用した聴診演習システムの開発

村田 嘉利¹, 吉田 和広¹, 三浦 奈都子², 遠藤 良仁²

概要: 看護系の大学や学部では、呼吸に関する聴診の演習が必須となっているところが多い。これまでの演習ではマネキンタイプのシミュレータが広く使われているが、機能により価格に違いはあるものの全般的に高価であり、履修学生数に対して十分な数量を揃えるのは難しい。また、聴診器が適切な位置に、決められた順序で、所定の時間患者に当てられたか、既存のシミュレータは認識できない。さらに、患者への接遇では、マネキンの横に講師等がいて受け答えすることから、不自然さは拭えない。本論文では、学生自身が患者の役を務め、マイクロソフトの KINECT を利用して聴診器の追跡位置と KINECT 標準搭載のスケルトン抽出機能で得た両肩と両腰の位置座標から聴診器が当てられた位置、順序そして当てられている時間を認識可能とする聴診演習システムを提案する。本システムは、マイクロソフトのクラウドサービス Azure が提供する Project Oxford の機能等を用いて、患者への接遇についても演習可能とする。

Development of KINECT & Azure-Based Auscultation Practice System

Yoshitoshi Murata¹, Kazuhiro Yoshida¹, Natsuko Miura², Yoshihito Endo²

1. はじめに

看護系の大学や学部では、呼吸に関する聴診の演習が重要となっている[1]。その演習においては、聴診器が適切な位置に、決められた順序で、所定の時間患者に当ててことを学習する。更に、患者とのコミュニケーション技術として、患者への挨拶や表情といった接遇の学習も重要となっている。

従来、聴診の演習ではマネキンタイプのシミュレータが広く利用されてきた[2][3][4][5]。これらのシミュレータでは、内部に複数のスピーカが内蔵されており、聴診器を当ててことで呼吸音を聞けるようになっている。機能によって価格は上下するが、いずれにしても高価で、履修学生数に対して十分な数量を揃えるのは難しいのが実情である。シミュレータによっては、聴診器を当てべき位置を記したクリアシートをオプションとして発売しているが、学生が聴診器を適切な位置に、決められた順序で、所定の時間患者に当てたかを認識することはできず、講師が目視でチェックするしかない。さらに受け答え機能を有しないため、接遇の演習では講師等がマネキンの横にいて受け答えしており、不自然さはぬぐえない。

本論文では、学生自身がマネキンの代わりに患者の役を務め、看護師役の学生が患者役の学生に聴診器を当てた事とその位置を検出し、疾患別にその位置に対応した疾患音を聞くことができる演習システムを提案する。聴診器を一呼吸以上当てていなければ、アラートを発する。ハードウ

ェアとしてマイクロソフトの KINECT[6]を利用し、ソフトウェアとして Open CV[7]の色追跡機能と KINECT 標準搭載のスケルトン抽出機能を組み合わせることで、聴診器が適切な位置に、決められた順序で、所定の時間患者役の学生に当てられたことを認識可能とする。更に、マイクロソフトのクラウドサービス Azure [8]が提供する Project Oxford [9]等による顔の表情認識機能および音声認識、音声合成機能を利用し、接遇の演習も可能とする。

学生自身が患者役を務めることでマネキンが不要となり、ゲームソフト用のモーションキャプチャツール MS-KINECT やクラウドサービスを利用することで低価格化を実現する。

第2章の関連システムに続き、第3章では呼吸に関する演習システムに要求される機能と演習システムの基本構成について述べる。第4章では新たに開発した聴診器が患者に当てられたことを認識する技術等について紹介する。第5章でまとめる。

2. 関連システム

聴診を含めた診断学習用のシミュレータとしては、大きくマネキンタイプの患者を模擬したシミュレータとタッチセンサを有する大型のディスプレイに模擬患者を映し出すタイプがある。

図1に示す京都科学の肺呼吸音シミュレータ”LSAT” [3]は、内部に複数のスピーカを内蔵しており、聴診器を当てた位置に対応した疾患音を含む呼吸音を聞くことができる。疾患音としては、肺呼吸音だけでなく、心音も提供している。

1 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

2 岩手県立大学 看護学部



図1. 京都科学, Lung Sound Auscultation Trainer (LSAT)

坂本モデルも同様にマネキンタイプのシミュレータを販売しており、オプションとして図2に示す聴診器を当てる位置を記したクリアシートカバーを提供している[4].



図2. 坂本モデル, 聴診シミュレータとクリアシートカバー

これらのシミュレータは、疾患音は再生されるが、呼吸に伴う胸の動きは再現されない。胸の動き、涙や血圧なども含めて高度に患者を模擬したシミュレータに Laerdal の SimMan® 3G [5]があるが、非常に高価である。

いずれにしても、これらのマネキンタイプのシミュレータでは、学生が聴診器を適切な位置に、決められた順序で所定の時間患者に当てたか否かを認識することはできない。

Zadow らは、図3に示す大型ディスプレイに模擬患者を表示する医療学習システム SimMed を開発した[10]。SimMed はタッチ操作機能を有し、多様な学習内容に対応可能となっている。肌の色の変化や表情の変化も表現可能である。



図3. SimMed システム

3. システム構想

3.1 実現機能

2007年の看護基礎教育カリキュラム改訂では、患者の状態理解としてコミュニケーション技術とともに視診や聴診といったフィジカルアセスメント技術[11]が看護師には欠かせない能力として明記され、基礎看護学の教育内容に含まれた[1]。その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[12].

以上のことから、本システムでは、履修学生や現場の看護師が学習できるよう以下のモードを実現する。

【講義モード】

教員が学生向けに行う講義に対応するための機能：

- (1) 聴診器を当てる場所に対して疾患音を含む呼吸音をセットする。
- (2) 患者役の学生に聴診器を当てた際にセットした音をスピーカから再生する。

【自己学習モード】

学生達自身で自主学习するための機能：以下の行うための誘導と出来ているか否かを認識し、出来ているか否かチェックする。出来ていなければ、適宜指導する。

- (1) 患者への挨拶：名前を名乗り、「お胸の音を聞かせていただきます。」と言っていたか、その際の表情が患者に対して優しい笑顔で接していたかを認識
- (2) 聴診器を当てる位置を順次示し、疾患別の音を発生させる。また、必要に応じ解説する。その際に、聴診器が当てられた位置と一呼吸以上聴診器が当てられていたかを認識し、適宜指導を行う。

【テストモード】

自己学習した後、学習した内容を身に付けたか否かを確認する。

- (1) ランダムに疾患を設定し、聴診器を当てた位置、順序、当てていた時間をチェックし、OK/NGを判定。
- (2) また、疾患の答えを選択させ、OK/NGを判定。

【進捗管理モード】

個々の学生の学習状況を集中管理する。管理項目としては、以下を想定している。

- (1) 自己学習日と回数、学習項目
- (2) 学習項目別のテスト結果

3.2 システム基本構成

本システムは、図4に示すように、主に学生が利用する端末装置、教員用のPC、そして Azure クラウドから構成する。上記機能の内の接遇における挨拶認識および顔の表情分析はマイクロソフトのクラウドサービス Azure[7]で提供している Project Oxford[8]の機能等を利用することとする。端末装置のPCに接続されたマイクと Web カメラを利用し、看護師役の学生の顔の画像と音声を Azure に送り、顔の表

情分析と挨拶の内容をチェックする。但し、Project Oxford である必然性はなく、他の同様のサービスを利用しても良い。

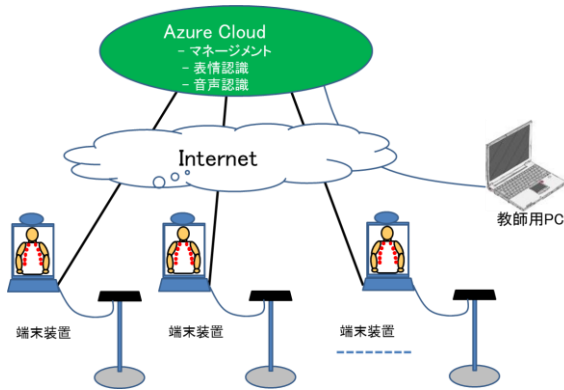


図4. 聴診演習システムの構成

聴診器が患者役の学生に当てられたか否か、当たられた位置、一呼吸以上当てられているかの判定は、ハードウェアとして KINECT と、ソフトウェアとして Open CV を利用した色追跡機能および KINECT 標準添付のスケルトン抽出機能を組み合わせて実現する。その実現方法については次章で紹介する。それ故、端末装置は、KINECT、接遇用の Web カメラとマイク、呼吸音を聞くイヤホン、モニター用ディスプレイ、それらが接続された PC から構成される。図5に示すように、KINECT は看護師役の学生の斜め後方から患者役の学生に向けて設置する。PC のディスプレイは、看護師の学生にとって聴診器を当てる位置を患者役の学生と対比させて見やすくするため、患者役の学生の横に看護師役の学生に向けて設置するのが良いと考えている。接遇チェック用の Web カメラとマイクはディスプレイの上に設置する。図5では、ノート PC の Web カメラとマイクを利用可能なため、別途 Web カメラおよびマイクを用意する必要はない。呼吸音は聴診器を利用せず、PC に接続したイヤホンを利用して聞く。

看護師役の学生が端末装置にログインし、患者役の学生と一緒に自己学習あるいはテストを行う。練習結果およびテスト結果は、Azure クラウド上のサーバに送られ、一元管理される。教師は、教師用 PC から Azure 上のサーバにアクセスし、履修学生の練習進捗やテスト結果を把握する。



図5. 端末装置類とそれぞれの設置位置

4. 基本技術

本章では、3章で示したシステムを実現するために開発・改良した技術である、聴診器の追跡技術、聴診器が身体に当たったことのセンシング技術、呼吸（吸気と呼気）のモニタリング技術の3つについて紹介する。

4.1 聴診器の追跡技術

聴診器の追跡方法としては色追跡と形状追跡の2つが考えられるが、聴診器の持ち方が人によって異なることから色追跡を採用することとする。色追跡の処理アルゴリズムを図6に示す。

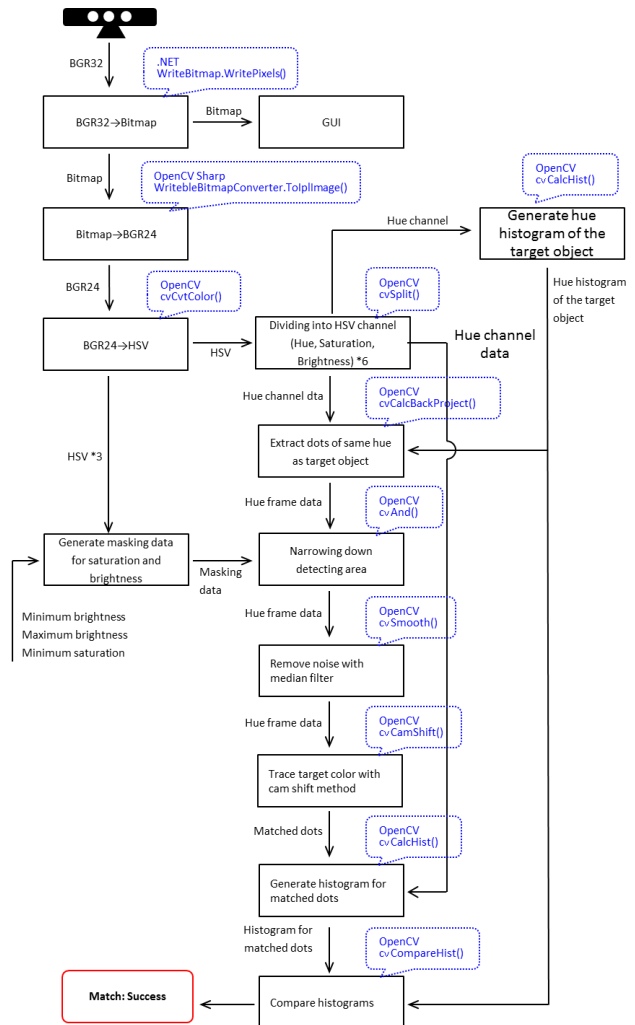


図6. 色追跡アルゴリズム

KINECT からの出力データを BGR32 フォーマットから HSV フォーマットに変換する。最初に追跡対象の色を写し、その色だけを抽出するマスクデータとヒストグラムデータを生成する。続いて聴診器の追跡処理に移行する。追跡対象の色のフェルトを貼り付けた聴診器を写し、先と同様に BGR32 から HSV にフォーマット変換した上で追跡対象と同じ色相(Hue)のドットだけを抽出する。続いて、マスクデータと照合し色相のフレームデータを作成する。メディアンフィルタによりちらつきノイズを除去した上で、Open

CV の cvCamShift により対象の色を追跡する．この段階では，若干追跡対象以外の色も含まれていることから，事前に取得しておいた追跡対象の色のヒストグラムデータと照合し，追跡対象の以外のドットを除去する．

追跡対象の色として「赤」，「緑」，「空色」，「黄」，「黄緑」，「ピンク」，「オレンジ」の7色のフェルトを聴診器に貼り付け，対象の色のみを追跡できているか評価した．その内の「黄緑」，「空色」そして「黄色」について処理結果を表1に示す．いずれの色においてもマスク処理だけでは，聴診器に貼り付けたマーカ以外も追跡しており，ヒストグラム照合が有効であることが分かる．「空色」は聴診器のチューブ部分が空色であったことから，それも追跡していることが分かる．聴診器のチューブの色を空色以外とすれば，「空色」も利用可能と考えられる．「黄」は左側にノイズが見られる．本評価では，「黄緑」が最も良い結果となった．



図8．実験に利用したTシャツ

S = 10cm, T = 0.3sec として，男子学生5人，女子学生5人が図8のTシャツを着て，Tシャツに記した10箇所のポイントに聴診器を当てた時にそれを検出できるか否か評価実験を行った．その結果を表2に示す．Tシャツの下部である#8, #9, #10で認識率が低い．これは，Tシャツの下部に行くほど，かつ KINECT から見て右側にいくほど，KINECT から遠くなり，Tシャツのたるみが KINECT に対して聴診器を遮蔽しやすくなるためである．男子より女子の方がその傾向が顕著になるのは，胸の下でTシャツのたるみが大きくなりやすいためである．この問題に対しては，以下のような対策を考えている．

- ・たるみが少なく，身体にフィットした衣類を着用する．
 - ・聴診器に着ける色マーカを突起の大きいものにする．
 - ・色マーカを聴診器に着けずく，黄緑の手袋をする．
- なお，本結果は KINECT v1 による結果である．

表1．色追跡に適した色の評価結果

	ビデオ画像	マスク処理後	トレース画像
黄緑			
空色			
黄			

表2．聴診器を当てたことの検出結果

Point #	1	2	3	4	5
男	5	5	5	5	5
女	5	5	5	5	5
Point #	6	7	8	9	10
男	5	5	5	5	3
女	5	5	4	3	2

4.2 聴診器が身体に当たったことのセンシング技術

本システムは演習システムであることから，学生が聴診器を身体表面からギリギリ触れない位置に意図的に置くと考えられない．そのため，図7に示すように，聴診器が体表面から S 距離内に入り，T 時間固定していた場合，聴診器が身体に当たったと判断する．

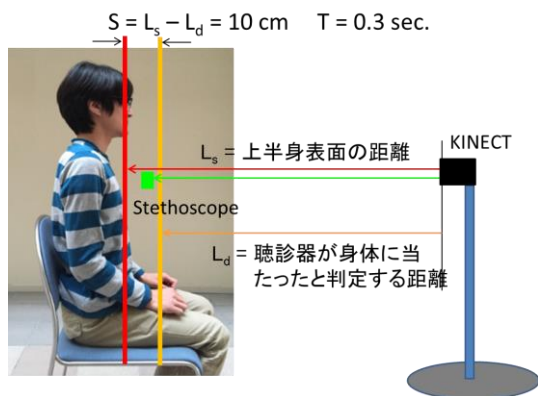


図7．聴診器が身体に当たったことの判定方法

4.3 呼吸のモニタリング技術

本システムでは，呼吸における呼気音と吸気音を患者役の学生の呼吸の呼気と吸気に同期させて再生することを目指している．そのため，呼気から吸気，吸気から呼気への切り替わりを出来る限り正確かつ短い遅延時間で検出することが望まれる．

Burba も KINECT を利用して呼吸数の計測を行っている．計測箇所は胸部の1カ所となっている[13]．呼吸には大きく，胸式呼吸と腹式呼吸があるが，Burba の研究ではそれによる影響についてはふれていない．

そのため，本研究では図9に示すように，胸部に3ポイント，腹部に3ポイントの合計6ポイントについて KINECT からの距離変化を計測する．サンプリングレートを 10ms とし，30 サンプルの移動平均をとった上で，増減

を計測する。6ポイントの計測点の内の4点以上において、3回続けて増加した場合を呼気、3回続けて減少した場合を吸気と判断する。

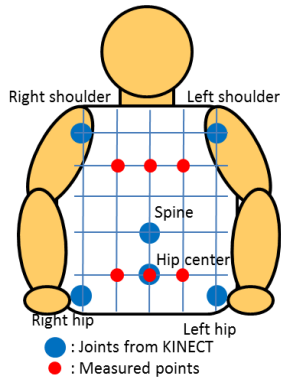


図9. 呼吸の状態を計測する測定ポイント

KINECT v1 を利用して評価実験した結果を表3に示す。呼気と吸気のタイミング情報と取得するため、被験者には吸気になる段階でUpの矢印キー、呼気になる段階でDownの矢印キーを押すように依頼した。2台のKINECT v1について計測した結果、いずれもキーによる呼吸判定と開発したモニタリングシステムによる推定結果の間が大きく乖離していた。また、KINECT 固体間、被験者間の違いも大きい結果となっている。

表3. KINECT v1 における吸気・呼気の検出状況

被験者	キー入力		システム判定		
	吸気	呼気	吸気	呼気	
K-1	A	12	12	16	16
	B	10	10	39	39
	C	14	14	15	15
K-2	C	11	11	11	11
	D	10	10	7	7
	E	15	15	15	15

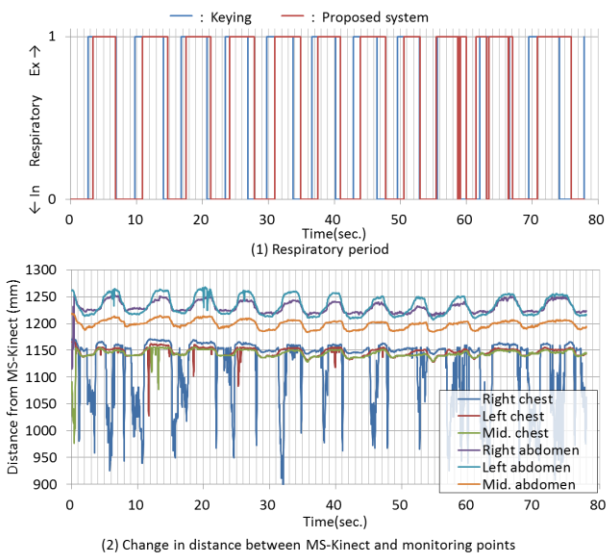


図10. KINECT v1 における呼気・吸気のタイミングと各ポイントの計測例

各測定ポイントの KINECT からの距離は、図10に示すように特定の計測ポイントにおいて、異常値となっている。原因としては、Tシャツのたるみ、KINECT v1 の深度計測方法と今回の利用条件の相性、などが考えられた。そこで、まず KINECT を v1 から v2 に変更した。男子5名、女子5名の計測結果を表4に示す。また、KINECT v2 からの距離の変化例を図11に示す。被験者Bについては、衣服のたるみの影響をみるため、Yシャツ、フィット感のあるTシャツそして上半身裸の3つの条件で計測した。その結果、被験者C, H, Jの3名でキー入力数とシステムでの推定値の間で1回の違いがあるが、概ね良好な推定結果となっている。検出遅延も呼気で0.55sec, 吸気で0.65secとなっている。概ね許容値と判断している。被験者Bの3つの条件間においても、吸呼気の回数、検出遅延時間ともに着衣の違いによる差異は見られない。

表4. KINECT v2 における吸気・呼気の検出状況

No.	被験者	性別	キー入力		システム判定		遅延時間(秒)		備考
			吸気回数	呼気回数	吸気回数	呼気回数	呼気	吸気	
1	A	男	9	9	9	9	0.31	0.70	撮影位置:正面 着衣:Yシャツ
2	B	男	10	10	10	10	0.36	0.41	撮影位置:左40度 着衣:Yシャツ
3	B	男	15	15	15	15	0.26	0.43	撮影位置:左40度 着衣:Tシャツ
4	B	男	21	21	21	21	0.36	0.40	撮影位置:左40度 着衣:上半身裸
5	C	女	9	9	10	10	0.17	0.37	撮影位置:左40度 着衣:Yシャツ
6	D	女	10	10	10	10	0.71	0.65	撮影位置:左40度 着衣:Yシャツ
7	E	女	10	10	10	10	0.62	0.95	撮影位置:左40度 着衣:Yシャツ
8	F	男	10	10	10	10	0.36	0.48	撮影位置:左40度 着衣:Tシャツ
9	G	男	10	10	10	10	0.28	0.77	撮影位置:左40度 着衣:Tシャツ
10	H	男	10	10	9	9	0.80	1.21	撮影位置:左40度 着衣:Tシャツ
11	I	男	10	10	10	10	0.95	0.95	撮影位置:左40度 着衣:Tシャツ
12	J	女	10	10	9	9	1.47	0.50	撮影位置:左40度 着衣:セーター

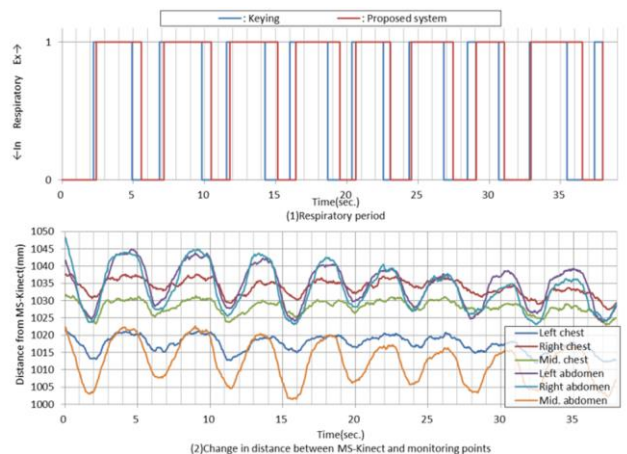


図11. KINECT v2 における呼気・吸気のタイミングと各ポイントの計測例

KINECT v1 は深度計測に Light coding と呼ばれるランダムなドットパターンの変化を利用しているのに対し、KINECT v2 では赤外線を照射した時の往復の時間を計測する TOF 方式を採用している。KINECT v1 では、ランダム

ムドットパターンの変化にTシャツのたるみが影響を与えたため、計測距離が異常になったり、大きく推定誤りを起こしたと考えられる。

5. まとめ

本論文では、看護系学生を対象に肺呼吸音に対する聴診の演習システムを提案した。本システムでは、聴診技術だけでなく、患者とのコミュニケーション技術としての接遇についても学習可能としている。演習における教師の講義での使用だけでなく、自己学習への対応も可能にしている。

その実現に必要な技術が確立していることを、評価試験結果を基に示した。

今後は、これらの技術を使用し、システム構想に示したシステムのプロトタイプを開発する。続いて、看護系学生からの評価を集めた上で、採取的な演習システムを開発する。

参考文献

- [1] 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> [retrieved: May, 2016]
- [2] Patient simulators for nurse & nursing care training, Kyoto Kagaku Co., Ltd., https://www.kyotokagaku.com/products/list02.html#cate_head01 [retrieved: May, 2016]
- [3] Lung Sound Auscultation Trainer "LSAT", Kyoto Kagaku Co., Ltd., <https://www.kyotokagaku.com/products/detail02/m81-s.html> [retrieved: May, 2016]
- [4] Sakamoto Model Corporation, Sakamoto auscultation simulator, <http://www.sakamoto-model.com/product/emergency/m164/> [retrieved: May, 2016]
- [5] Laerdal, SimMan 3, <http://www.laerdal.com/us/SimMan3G> [retrieved: May, 2016].
- [6] Meet Kinect for Windows, <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect>, [retrieved: May, 2016]
- [7] Open CV, <http://opencv.org/> [retrieved: May, 2016]
- [8] Azure, <https://azure.microsoft.com/ja-jp/> [retrieved: May, 2016]
- [9] Project Oxford, <https://www.microsoft.com/cognitive-services/> [retrieved: May, 2016]
- [10] Ulrich von Zadow, L and et al., "SimMed: Combining Simulation and Interactive Tabletops for Medical Education," CHI '13, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1409-1478, April 2013.
- [11] 小野田 千枝子監修：実践！フィジカルアセスメント看護師としての基礎技術 改訂第3版, 金原出版, 2008.
- [12] 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
- [13] Nathan Burba, Mark Bolas, David M. Krum, and Evan A. Suma, "Unobtrusive Measurement of Subtle Nonverbal Behaviors with the Microsoft Kinect," IEEE, Virtual Reality Short Papers and Posters (VRW), pp. 1-4, 2012.