

3D センサーの医療者教育への応用 —Kinect[®]センサーによる歯科診療時の姿勢解析—

岩下 洋一朗¹⁾ 松本 祐子²⁾ 田口 則宏^{1,2)}

抄録：歯科診療を生涯にわたって安全かつ正確に行うためには、無理の無い楽な姿勢を身につける必要がある。その教育のために診療姿勢の測定が必要になる。3D センサーである Kinect[®]センサーは、人体のセンサーからの距離を取得し、形状や運動を解析する事により人体の様々な情報をリアルタイムで得ることが出来る安価な装置である。Kinect センサーの測定による歯科診療時の姿勢の評価について基礎的検討を行った。その結果、口腔内診査中の研修歯科医の診療姿勢の傾斜角度とその変動は指導歯科医の評価と一致する傾向を示した。歯科診療時の診療姿勢トレーニングシステムへの応用の可能性が示された。

キーワード：診療姿勢 3D センサー Kinect センサー トレーニングシステム

緒 言

一般に歯科診療は、患者の体位、診療部位、診療内容、歯科用ユニット等の様々な要因により歯科医師の動作は制約を受けながら行われる。歯科医師が歯科診療を長期間にわたって効率的に安全かつ正確に行うためには、身体に無理の無い楽な姿勢で行う必要がある。診療姿勢に関する研究は従来から、筋電計による生理学的研究や¹⁾、血液検査²⁾による生化学的な領域から研究されている。また、人間工学的見地から検討されている³⁾。診療姿勢は歯科臨床教育の最初の指導内容の一つであるはずだが、診療姿勢への配慮は徹底されていないのが現状である。

3D センサーである Kinect[®]センサーは、図1に示すように、カラーカメラ、赤外線カメラ、赤外線発光器などのセンサーアレイから構成され⁴⁾、これにより人体のセンサーからの距離を取得し、さらにその形状や運動を解析する事により人体の様々な情報をリアルタイムで得ることが出来る安価な装置である⁵⁾。

Kinect センサーの主な認識情報はセンサーからの距離情報と図2に示す人体の関節相当部の位置からの骨格情報である⁶⁾。これを使用するソフトウェアはフリーで配布され、コンピュータプログラミングの基本能力があれば、比較的簡単に測定システムを開発可能なため、今後医療者教育分野への広い応用が期待できる。

また診療姿勢の計測に Kinect センサーを用いる利点として、被測定者に身体的な侵襲を与えず、意識さ

せずに診療姿勢を計測できることが挙げられる。本研究の目的は、本装置により、診療姿勢トレーニングシステムを開発することであり、① Kinect センサーを用いて歯科診療時の診療姿勢を測定するシステムを構築できるか、②測定された研修歯科医の姿勢の測定結果は指導歯科医による姿勢の評価と一致するか、③ Kinect センサーによる測定は歯科診療時の姿勢の評価・トレーニングシステムとして利用できるか、について基礎的検討を行ったので報告する。

対象および方法

対象は鹿児島大学医学部・歯学部附属病院勤務の平成24年度研修歯科医34名(男性18名、女性16名)である。平成25年3月に行われた臨床研修OSCE全16ステーション中の一つである口腔内診査課題を用いた。2台の歯科用ユニットに設置したマネキンの口腔内診査を行わせた。歯科用ユニットおよび術者用椅子の調節は自由にできるようにした。本研究は鹿児島大学医歯学総合研究科倫理審査委員会389号で承認を得ており、対象者は開始前に研究内容の掲示と説明を受け、拒否の機会を提供した。

方法として、口腔内診査中の研修歯科医の腰部、肩部の三次元的位置を Kinect センサーにより測定、骨格情報を抽出し、記録するシステムを開発した。表1に装置の条件を示す。ソフトウェア開発プラットフォームとして Microsoft Visual Studio、プログラム言語として C# を使用した。Microsoft により公開さ

¹⁾ 鹿児島大学学術研究院歯学域歯学系大学院医歯学総合研究科歯科医学教育実践学分野

²⁾ 鹿児島大学学術研究院歯学域医学部・歯学部附属病院歯科総合診療部

¹⁾ Department of Dental Education, Kagoshima University Research Field in Dentistry, Medical and Dental Sciences Area, Graduate School of Medical and Dental Sciences, 8-35-1 Sakuragaoka, Kagoshima 890-8544, Japan.

²⁾ Department of General Dental Practices, Kagoshima University Medical and Dental Hospital, Medical and Dental Sciences Area, Medical and Dental Hospital, Clinical Facilities

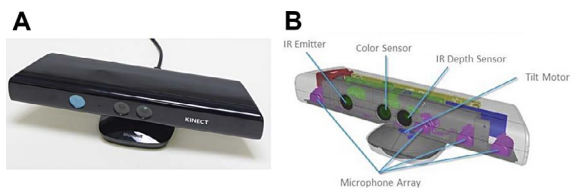


図 1 Kinect センサーの外観 (A) と構造 (B)⁴⁾

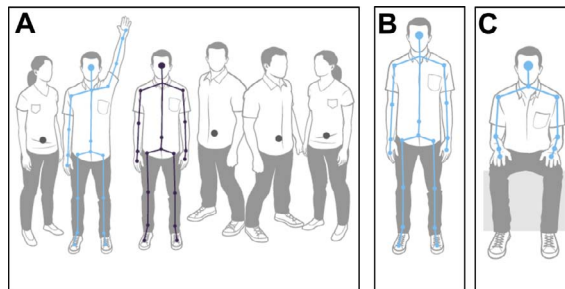


図 2 Kinect センサーが認識するもの

A : 6 人までの人の認識と 2 人までの骨格を認識。

B : 20 関節の骨格を認識。

C : シートモードでは上半身 10 関節の骨格を認識⁶⁾。

表 1 測定装置, 条件一覧

装置 :	Kinect for Windows (Microsoft Corp.) Ver. 1 センサー
データ取得用コンピュータ :	Dell Inspiron One 2330
CPU :	Intel Core-i5
OS :	Windows 8
Soft :	Microsoft Visual Studio 2010, Kinect for Windows SDK Ver. 1.8
データ解析用コンピュータ :	Applied SI-I737AS3
CPU :	Intel Core-i7
GPU :	NVIDIA GTX-650
OS :	Windows 7
Soft :	Microsoft Visual Studio 2012, Kinect for Windows SDK Ver. 1.8.
プログラム言語 :	C#

れている Kinect Ver. 1 用の開発ソフト, Kinect for Windows SDK v1.8 をダウンロードし, C# で記載されているサンプルプログラムの Skeleton Basics-WPF を参考に骨格位置情報および計算された姿勢の傾きを表示し, 表計算ソフト (Microsoft Excel) で解析可能な CSV 形式のファイルで記録するソフトを開発した。

Kinect センサーは術者用椅子の横約 1 m の位置に設置して撮影と計測を行い, 口腔内診査課題 5 分間中の研修歯科医の各関節部の三次元的位置を表示し記録するプログラムを実行させた。OSCE 課題終了後, 表計算ソフト上で人体の腰部の三次元的位置から術者用椅子に座り口腔内診査している状態のデータを抽出し, その状態での腰部から肩部への角度を診療姿勢の角度として計測するためのマクロプログラムを作成し実行させた。

同課題の評価項目における「適切な診療姿勢の確保」の評価基準は 0 から 5 の 6 段階とし, 0 : しない (動作をする意思がみられなかった), 1 : 模倣 (動作をしたがごちなかった), 2 : コントロール (一定の動作をしたが, 不正確だったり時間がかかった), 3 : 正確 (正確な動作を行ったが時間がかかった), 4 : 時

間内 (正確な動作を行い, かつ時間内に動作が完了した), 5 : 自動化 (正確かつ時間内に動作が完了し, 無駄な動作がなかった) と設定した。この評価が 3 (正確) 以上で, かつ, 指導歯科医による印象評価において, 特に無駄な動作が少なく床面に鉛直に背筋を伸ばし頭部から手元までの距離が一定の安定した姿勢で口腔内診査を行なっている時間が長く, 口腔内を覗き込んで背を丸めるような体勢を崩す時間が少ない場合, 「姿勢が良い」と評価した。これらの「姿勢が良い」研修歯科医は 5 名であった。この 5 名の角度データの平均値と標準偏差値をそれ以外の研修歯科医 (29 名) と比較した。統計処理は対応の無い *t* 検定を用いた。

結 果

Kinect センサーによる骨格情報の測定中の表示画面を図 3 に示す。Kinect センサーの機能により取得した骨格の三次元的位置のうち, 肩部中央相当部と腰椎骨相当部の位置を計測, 記録するプログラムを作成, 実行させることが出来た。

図 4 に試験中の研修歯科医の姿勢角度データの抽出過程を示す。Kinect センサーから得られる肩中心相当部, 腰椎骨相当部, および SCP と SPP が鉛直方

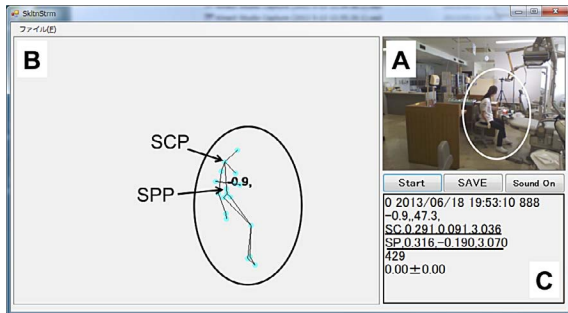


図 3 Kinect センサーによる骨格情報の検出

- A: Kinect センサーの機能により得られたカラー画像。
 B: 同機能により得られた骨格の位置画像。SCP: 肩中心相当部 (Shoulder Center Position)。SPP: 腰椎骨相当部 (Spine Position)。
 C: 同機能により得られた肩中心相当部 (SC) と腰椎骨相当部 (SP) の三次元的位置の数値 (単位: m)。

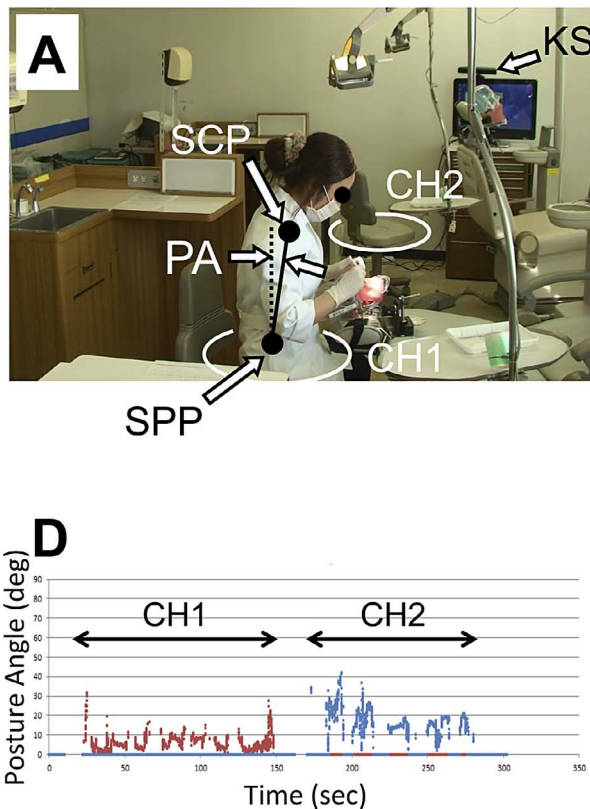


図 4 姿勢角度の抽出過程

- A: Kinect センサー, 歯科用ユニット, および研修歯科医の配置。KS: Kinect センサー。
 SCP: 肩中心相当部 (Shoulder Center Position)。SPP: 腰椎骨相当部 (Spine Position)。
 PA: SCP と SPP が鉛直方向と成す角度 (Posture Angle)。CH1, CH2: 術者用椅子位置。
 B: 研修歯科医の平面方向の移動図。
 C: 研修歯科医の垂直方向の移動図。PT1, PT2: 歯科用ユニット位置。
 D: 抽出したデータの時間変化。

向と成す角度を計測した (図 4A)。研修歯科医の移動を平面方向 (図 4B) と垂直方向 (図 4C) についてプロットし, 歯科用ユニットに設置された患者模型を口腔内診査するために術者用椅子に着席している時間 (図 4B, 図 4C 上で赤色部分) の角度データを抽出した。抽出したデータの時間変化をグラフ化し, その平均値と変動値 (標準偏差) を算出した (図 4D)。図 5 に指導歯科医により「良い姿勢」とされた研修歯科医の例とそれ以外の研修歯科医の例を示す。「姿勢が良い」とされた研修歯科医の姿勢角度は比較的鉛直方向に近い位置で推移し, その変動も小さめであった。それに対して, 「姿勢が良い」と評価されなかった研修歯科医の姿勢角度は鉛直方向から離れた角度で推移し, 変動も大きかった。

図 6 に指導歯科医により「姿勢が良い」と評価された研修歯科医群とそれ以外の群の姿勢角度の平均値と変動値の比較を示す。平均値と変動値は共に「姿勢が良い」と評価された研修歯科医において低い傾向を示し, 特に変動値においては有意に低い値を示した。

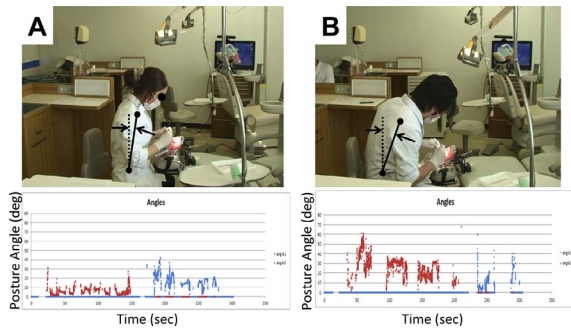


図 5 指導歯科医により良い姿勢とされた研修歯科医の例 (A) とそうでないとされた研修歯科医の例 (B)

考 察

歯科医師の診療姿勢について、人間工学的見地から、水平位診療に代表される科学的根拠に基づいた診療姿勢が検討されているが³⁾、一定の見解は得られていない。従来の患者椅座位・術者立位の無理な診療姿勢になりがちな診療体系から、水平位診療のような術者にとって無理の少ない安定した診療姿勢を保てる患者仰臥位・術者椅座位の診療体系が提案されてきた。しかしながらこのような姿勢を維持するには訓練が必要であることが分かってきた。臨床研修の第一歩として無理のない楽な姿勢で診療を行うことが求められる。この習得のためには臨床研修プログラムの初期段階でより効率的な訓練を行う教育システムが必要である。そのため、基本診療姿勢を常時測定しフィードバックする機器の開発が望まれる。最近の測定技術の進歩により、診療姿勢の測定のために、加速度センサーを体に取り付ける方法や⁷⁾、今回取り上げたセンサーのような 3D センサーによる方法が考案されつつある。その中で Kinect センサーはビデオカメラでの撮影と同程度の術者に接触せず負担を与えない方法であり、老化や疾病による運動機能の変化の解析や回復促進に応用されている^{8,9)}。非接触による負担軽減の利点はあるが、人体形状の測定に影響を与える撮影角度や、対象者の服装等を考慮する必要がある。Kinect センサーは 3D センサーで奥行き方向も計測するため、術者用椅子を移動して口腔内を観察する角度が変わっても原理的には測定角度に計測誤差は影響しないが、センサーの深さ方向の分解能と関節位置推定アルゴリズムに依存する。

本方法で測定している姿勢角度は床面に対して鉛直方向からの角度である。この角度が小さいほど姿勢を正したまっすぐな姿勢で口腔内を診察していると考えられる。この状態で正面以外の部位はデンタルミラーで観察するか、正面で観察できるように術者用椅子を移動して、姿勢を正した方が姿勢角度は小さくなる。従って、口腔内診察中の歯科用ユニットの高さ、術者

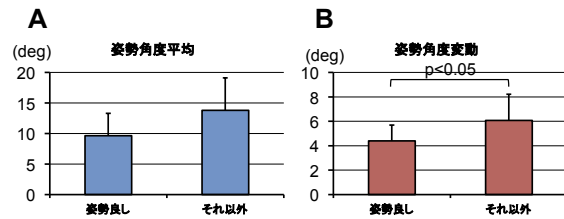


図 6 指導歯科医により姿勢が良いとされた研修歯科医群とそれ以外の研修歯科医群との比較
A：姿勢角度平均値の比較。
B：姿勢角度変動値の比較 ($p < 0.05$)。

用椅子の高さと、移動による患者との相対位置の調節やデンタルミラー使用の巧拙が影響すると考えられる。

本研究では Kinect センサーの医療者教育分野への応用の一例として、OSCE の口腔内診査試験での診療姿勢の計測を試みた。その結果、「姿勢が良い」と評価された群の研修歯科医の診療姿勢の角度の平均値と変動値は指導歯科医の評価と一致して小さくなる傾向を示し、変動値では「姿勢が良い」群とそれ以外の群の間に有意差を認めた。角度の測定においては体の大きさによる姿勢角度の影響は原理的には無い。今回の実測では姿勢角度の平均値に対する男女差はあったが、変動値に対する男女差は見られなかった。これらのことから指導歯科医による「姿勢が良い」項目の評価の補助として姿勢角度の変動値は応用可能であると考えられた。

本方法をさらに検討し、診療姿勢のリアルタイムフィードバックによる訓練システムの構築を目指す。計算された姿勢の傾きをリアルタイムで表示し、この値が指定された値より大きい場合はブザー音を発する様にソフトウェアの修正を行うことにより診療姿勢のリアルタイムフィードバックを行えるように検討中である。

結 論

① Kinect センサーを用いて歯科診療時の診療姿勢を測定するシステムを構築した。

② 臨床研修 OSCE における口腔内診査課題において、研修歯科医の姿勢角度を測定し、その結果、指導歯科医による「姿勢が良い」と評価された研修歯科医の姿勢角度の平均値はそれ以外と比較して小さい傾向を示し、変動値は有意に小さかった。

③ 以上の結果を基に、Kinect センサーを利用して歯科診療時の姿勢の評価・トレーニングシステムへ応用する可能性が認められた。

本論文に関して利益相反事項はありません。

Kinect[®]は、米国 Microsoft Corporation 及びまたはその関連会社の登録商標または商標です。

謝 辞

本研究に当って多大なご協力をいただきました鹿児島大学病院臨床研修歯科医, 指導歯科医, およびスタッフの方々に感謝申し上げます。

本研究の一部は平成 26 ~ 28 年度文部科学省科学研究補助金基盤研究 (C) 課題番号 26370486 の助成を受けた。

文 献

- 1) 横井宏彰. 歯科診療姿勢に関する研究 筋電図学的観察. 口腔衛生学会雑誌 1973 ; 23 : 127-152.
- 2) 荒井栄一, 小林甲一, 福井健次, 丸井正雄, 鈴木 寧, 他. 診療体位の全身に及ぼす影響とくに血液ガスおよび生化学的変動について. 城西歯科大学紀要 1978 ; 7 : 121-124.
- 3) 井上正義. 歯科診療時の基本姿勢. 人間工学 2009 ; 45 : 157-162.
- 4) Microsoft Developer Network. Kinect for Windows Sensor Components and Specifications. <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx> (最終アクセス日 2016. 3. 31).

- 5) Microsoft Developer Network. Kinect for Windows Architecture. <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131023.aspx> (最終アクセス日 2016. 3. 31).
- 6) Microsoft Developer Network. Skeletal Tracking. <https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/hh973074.aspx> (最終アクセス日 2016. 3. 31).
- 7) 齋藤米蔵, 平野秀利, 黒瀬雅之, 山田好秋. 電子式 Goniometer を用いた頭部屈曲・回転時の関節可動域の解析と運動軌跡の観察. 日顎口腔機能会誌 2006 ; 13 : 21-30.
- 8) Reeder B, Whitehouse K. Sensor-based detection of gait speed in older adults: an integrative review. Research in Gerontological Nursing 2015 ; 8 : 12-27.
- 9) Webster D, Celik O. Systematic review of Kinect applications in elderly care and stroke rehabilitation. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation 2014 ; 11 : 108.

著者への連絡先

岩下洋一朗
〒 890-8544 鹿児島市桜ヶ丘 8-35-1
鹿児島大学大学院医歯学総合研究科歯科医学教育実践学分野
TEL & FAX 099-275-6049
E-mail : yiwash@dent.kagoshima-u.ac.jp

Application to Health Profession's Education of 3D Sensor — Posture Analysis by Kinect[®] Sensor during Dental Treatment —

Yoichiro Iwashita¹⁾, Yuko Matsumoto²⁾ and Norihiro Taguchi^{1, 2)}

¹⁾Department of Dental Education, Kagoshima University Research Field in Dentistry, Medical and Dental Sciences Area, Graduate School of Medical and Dental Sciences

²⁾Department of General Dental Practices, Kagoshima University Medical and Dental Hospital, Medical and Dental Sciences Area, Medical and Dental Hospital, Clinical Facilities

Abstract : Long time, safe, and precise dental treatment requires good posture. Education of posture requires measurement of posture at dental treatment. Kinect[®] sensor, as 3D sensor, is a low cost device that gets distance between human body and sensor, and information about human form or movement. Basic study of posture measurement at dental treatment by Kinect sensor results good agreement between teaching dentists' evaluation and average or variance of inclination angle of dental trainee in dental treatment. Possibility of application of posture training system in dental treatment was shown.

Key words : posture at dental treatment, 3D sensor, Kinect sensor, training system