

[原著]

Kinect を用いた健常者における非侵襲・非接触型 嚥下機能評価法の研究

竹 谷 剛 生^{1,*} 古 閑 公 治² 久 保 高 明³
大 塚 裕 一⁴ 宮 本 恵 美⁴ 船 越 和 美⁵
本 木 実⁶

Evaluation of swallowing function using non-contact device of the Microsoft Kinect
in healthy subjects

Masao TAKETANI, Hiroharu KOGA, Takaaki KUBO, Yuuich OOTSUKA,
Megumi MIYAMOTO, Kazumi FUNAKOSHI, Minoru MOTOKI

【目的】 Microsoft 社製の Kinect を用いて、嚥下機能を客観的に評価するため、Kinect の最適条件下で健常若年群と健常高齢群を比較検討した。

【対象】 19歳から23歳までの健常若年群31名（ 21.5 ± 1.0 歳）と65歳から80歳までの健常高齢群9名（ 71.8 ± 5.3 歳）の計40名を対象とした。

【方法】 測定条件は、Kinect からの喉頭隆起までの距離設定、角度設定、測定範囲としてピクセル数を設定した。水5cc、プリン5g、軟飯5gの3種類の検査食をそれぞれ嚥下時に記録し、波形の振幅と持続時間（喉頭挙上時間＋喉頭下降時間）を求めた。

【結果】 水、プリン、軟飯の嚥下時に健常高齢群の持続時間が健常若年群と比べて有意に延長した。さらに、健常高齢群の喉頭挙上時間が健常若年群と比べて有意に延長した。食形態の相違による持続時間の有意差はなかった。

【考察】 健常高齢群の持続時間が健常若年群と比べて延長した理由として、健常高齢群の喉頭挙上時間が延長したためであると考えられた。さらに、食形態の違いにより持続時間に差を認めなかった理由として、検査食が至適嚥下量であったため、健常者における喉頭運動への影響が小さかったことが考えられた。以上より、Kinect が喉頭運動を捉えることが可能であり、嚥下機能の客観的な評価に有用であることが示唆された。

キーワード：Kinect, 非侵襲, 非接触, 嚥下機能評価

I. はじめに

ヒトの嚥下運動は関連する複数器官の協調運動であり、嚥下に伴って喉頭が前上方へ挙上するなど複

雑な運動過程である。嚥下とは、口腔内に取り込まれ、形成された食塊が咽頭腔を経て食道内に入り、消化管に導かれる動作をいう¹⁾。これらの過程は、視覚や嗅覚などの五感によって食物が認識される認

学科

¹熊本機能病院 総合リハビリテーション部 言語聴覚療法課

²熊本保健科学大学 医学検査学科

³熊本保健科学大学 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

⁴熊本保健科学大学 リハビリテーション学科 言語聴覚学専攻

⁵熊本保健科学大学 看護学科

⁶国立高等専門学校機構 熊本高等専門学校 情報通信エレクトロニクス工学科

*責任著者：m.taketani71@gmail.com

知期、口腔内に取り込まれた食物が咀嚼により飲み込みやすい食塊へ形成される準備期、舌を中心とした口腔器官の協調運動によって咽頭へと送り込まれる口腔期、喉頭挙上をはじめとする関連器官の協調運動による嚥下反射により食塊が食道へと送り込まれる咽頭期、食道の蠕動運動で胃へと移送される食道期に分類される。兵頭²⁾はこれらのうち最も複雑で緻密な運動が咽頭期であり、嚥下障害においては問題となることが最も多いと述べている。また、Oskar³⁾は喉頭侵入や気管内誤嚥の防止から咽頭期の重要性を指摘している。咽頭期における喉頭挙上は喉頭隆起の移動を体表から捉えることができ、正常の移動距離は約1横指分と言われている⁴⁾。各運動の結果、咽頭収縮によって食道へ食塊が押し込まれる。嚥下運動が終わると各器官が元の位置に戻り、呼吸が再開する。この嚥下運動は0.7~0.8秒間に遂行される反射運動(X線透視化で造影剤の先端が梨状陥凹底部に達してから、造影剤の後端が食道入口部を通過するまでの時間)といわれており、嚥下運動は1日約600回行われている。

嚥下障害とは、水分や食物を口に取り込み、形成した食塊を咽頭と食道を経て胃へ送り込む運動のいずれかに異常が起こることである⁵⁾。嚥下障害は、誤嚥など身体に重大な影響を引き起こし⁶⁾、栄養障害を伴う比率が高く⁷⁾、食べる楽しみの消失は人生のQOLを大きく低下させる⁸⁾。また、加齢に伴って嚥下機能が低下するといわれ⁹⁾、60歳代以下と比べて70歳以上で安静時の喉頭位置が下降し¹⁰⁾、嚥下時の喉頭挙上距離と喉頭挙上時間が増加する¹¹⁾。このことは、食塊の咽頭流入に対して喉頭閉鎖による防御反応を遅延させ、喉頭侵入を呈しやすい状態にする¹²⁾。

日本人の主な死因別にみた死亡率の年次推移¹³⁾によると、第3位は肺炎であり、その6割が誤嚥性肺炎であると報告されている。また、肺炎の9割が65歳以上の高齢者である。第4位である脳卒中は摂食嚥下障害の原疾患であり、急性期の9割が嚥下障害を合併している。摂食嚥下障害への対策は、食べる楽しみの継続、介護者の負担軽減を考える上で重要であり、高齢化率23%の超高齢社会となっている我が国においても摂食嚥下障害への対策はなされているが、十分とは言えない。

現在、日本において嚥下機能評価のゴールドスタンダードとされているのは嚥下造影検査

(videofluoroscopic examination of swallowing : VF検査)である¹⁴⁾。VF検査は、造影性のあるものを咀嚼及び嚥下することで、X線透視下にて観察し、ビデオに記録することが可能である¹⁵⁾。食塊の移動や嚥下関連器官の動き、誤嚥の有無を画像として観察できる。しかしながら、X線被爆があり、X線を用いるために専用の設備でなければ行えないなどの欠点がVF検査には存在する¹⁶⁾。一方、スクリーニング検査として代表的な頸部聴診法は、食塊を嚥下する際に咽頭部で生じる嚥下音と嚥下前後の呼吸音を頸部より聴診する方法である¹⁷⁾。この方法では、侵襲性がなく、検査環境はベッドサイドでも簡便に行える。しかしながら平野ら¹⁸⁾は、規格化された評価基準はなく、判定は検者の主観評価に頼っており、診断精度の検討が望まれていると指摘している。臨床場面では、侵襲性及び接触性がなく、客観的で検査環境に制限がないなど、より簡便な評価法が求められている。

本研究では、家庭用ゲーム機のために開発されたMicrosoft社製のモーションセンサーデバイスであるKinectを用いて咽頭期における喉頭隆起の移動を指標に喉頭の運動を測定することで、非侵襲及び非接触的に嚥下機能を評価できる可能性があると考えられた。また、Kinectは、頸部聴診法などのスクリーニング検査と比べて波形や数値での客観的な評価が可能であり、摂食嚥下に関する専門的知識や熟練が必要ではないと考えられる。よって、専門家がいらない医療機関や介護施設、在宅等での導入が期待できる。また、この測定法は喉頭の運動を評価するため、実際の水分や食事を用いた場合、あるいは、用いない場合の評価など、経口または非経口に関わらず同様の評価ができると推察される。

Kinectの主な機能は、映像を撮影するカラーカメラ、対象に赤外線パターンを投光し深度情報を測定するデプスカメラ、これらの搭載されたカメラが上下±27°の範囲で角度調整可能であるチルトモーターから構成されている。一般的な用途は、テレビゲームでのコントローラーである。被写体(ゲームのプレイヤー)に投影された赤外線のパターンをデプスカメラで測定し、得られた深度情報から最大20個の関節の動きを捉えて画面上に反映することができる。400mm~3000mmの距離範囲を測定でき、時間分解能は1フレーム当たり1/30秒、距離分解能は2~3mmである。このように、Kinectを使用

すれば、継時的な運動を距離として測定できる。さらに、専用プログラムの開発のために Microsoft から公開用ソフトが配信されていることや軽量小型で持ち運びに適していること、安価で入手しやすいことなどの特徴が挙げられる。

Kinect は、その簡便さから、医療現場での応用が試みられている。元来、体感型ゲームとしての用途では関節の動きを捉えるために使用されていたため、関節の位置をもとに立ち上がりや歩行など粗大な運動を捉える先行研究が複数ある^{19) 20)}。一方、上田²¹⁾は呼吸状態を捉えるために距離分解能の精度を 1 mm 以下に高めることができることを指摘しており、微細な運動を捉える研究も増えてきている。また、柳ら²²⁾は非接触で口腔外における舌の運動を計測するシステムを開発し、ダウン症児童に対する舌・口腔運動を促すコンピューターゲームへの応用を試みている。以上のように、様々な分野で応用が試みられているものの、これまで Kinect を用いた嚥下機能の評価法に関する報告はほとんどない。

そのような中で、作本ら²³⁾は喉頭隆起の微細な移動の正確な測定には距離分解能の精度を 1 mm 以下に高める必要があったため、物体を対象として距離分解能を 1 mm 以下にしたプログラムを開発し、熊川ら²⁴⁾はヒトの喉頭を対象として波形を記録した。ただ、この研究は嚥下機能評価の有用性検討には至っていない。

そこで、本研究の目的は、非侵襲及び非接触型測定装置である Kinect を用いて健常若年者と健常高齢者の喉頭の運動を比較し、嚥下機能の客観的評価法としての有用性を検討することである。

II. 対象

健常成人計40名を対象とし、健常若年群と健常高齢群の2群に分けた。健常若年群は19歳から23歳までの31名（男性18名、女性13名）で、年齢は 21.5 ± 1.0 歳とした。健常高齢群は65歳から80歳までの9名（男性5名、女性4名）で、年齢は 71.8 ± 5.3 歳とした。すべての被験者において、嚥下障害のスクリーニング検査である反復唾液飲みテストや、摂食嚥下に関する問診を行い、正常であった。

本研究において、熊本保健科学大学のライフサイエンス倫理委員会に申請し、承認を得た（承認番号：疫26-16）。全対象者に対して十分に書面にて説

明し、同意書を得た上で実施した。Kinect は赤外線を照射するが、クラス 1 レーザー製品に関する国際標準 IEC60825-1:2007-03 第 2 版に準拠するように設計されており、通常の操作条件下で目または皮膚に害を及ぼすことはないとされている。また、本研究は、健常人を対象としているが、検査食を誤って誤嚥する可能性が考えられる。万が一誤嚥した場合は吸引機を使用し、窒息した場合はハイムリッヒ法等による窒息物の喀出を行う体制とした。

III. 方法

3 種類の嚥下食形態として、水（日本コカ・コーラ株式会社：い・ろ・は・す）、プリン（江崎グリコ株式会社：プッチンプリン）、軟飯（キューピー株式会社：やわらかごはん）を用意し、物性は日本摂食嚥下リハビリテーション学会の基準に基づいて選定した（プリン：嚥下調整食1j、軟飯：嚥下調整食4）²⁵⁾。一口量は、成人の至適嚥下量とされている水 5 cc、プリン 5 g、軟飯 5 g とした²⁶⁾。検査食の温度はすべて室温で提供した。水はシリンジで 5 cc を計測した後に紙コップで提供し、プリン及び軟飯は量りでそれぞれ 5 g を計測した後にスプーンで提供した。

測定条件として、Kinect の設定角度は、床面を 0 度として上向きに 6 度とした。Kinect から喉頭隆起までの距離を 100 cm とした。測定肢位はヘッドレスト付きリクライニング式車椅子に、被験者を体幹正中位、頸部はフランクフルト平面が検査室床面と平行になる角度、股関節および膝関節は 90 度屈曲位の座位とし、ヘッドレストで頭頸部が動かないように安定させ、そして車椅子座面には滑り止めマットを敷き股部が前方にずれるのを予防した（図 1）。

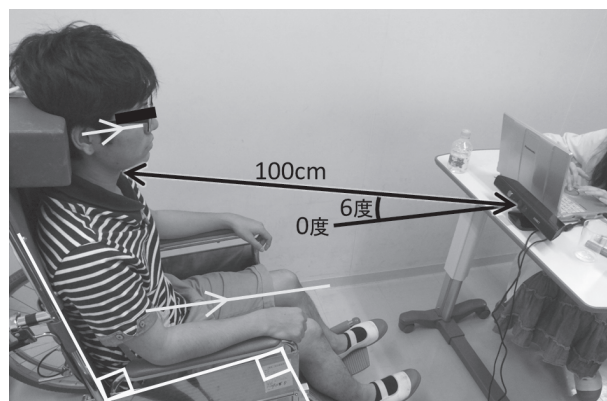


図 1 Kinect の設置角度と距離

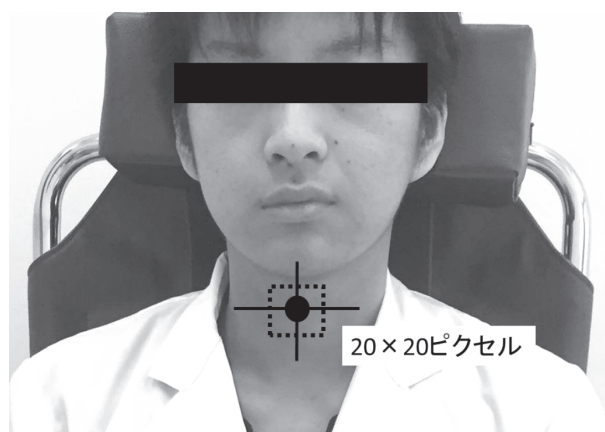


図2 Kinectの赤外線照射範囲

破線が20ピクセル×20ピクセルの照射範囲であり、黒点（●）が喉頭隆起の頂点を示す。

Kinectの赤外線照射範囲を20×20ピクセルに設定し、喉頭隆起の頂点を予め水性マジックにて直接皮膚上にマークしておき、被験者の座高に合わせてKinect機器の位置を上下に調整することで、喉頭隆起部上にあるマークに照射範囲の中心を合わせた（図2）。条件設定時間として約5分から10分間要した。

喉頭の運動を波形化するため、喉頭隆起付近に対してKinectを用いて赤外線を照射し、デプスセンサーで赤外線パターンを捉えた。グラフの縦軸にKinectから喉頭隆起までの距離を、横軸に時間を取り、波形化した（図3）。この場合の時間はカメラのフレーム数であり、1フレームは1/30秒であった。計測では、まず嚥下反射が起きる前の安静時におけるアーチファクト混入の少ない区間を基線とした。次に喉頭隆起が上方に移動し嚥下反射が起これると、Kinectから喉頭までの距離が延長するため、波形上では上向きを示した。嚥下反射が終わり、喉頭隆起が元の位置に戻ると、波形上では下向きを示し、基線に戻る（図4）。そのため、Kinect波形上では、縦軸の基線から波形の頂点までが喉頭隆起高となり、横軸の波形の立ち上がり潜時から立ち下り潜時までが喉頭運動の持続時間となる。さらに、持続時間を2つに分けて詳細に解析した。すなわち、波形の立ち上がり潜時から頂点潜時までの時間を喉頭挙上時間とし、頂点潜時から立ち下り潜時までの時間を喉頭下降時間とした（図5）。以上のようにして嚥下運動を非侵襲及び非接触的に喉頭の運動

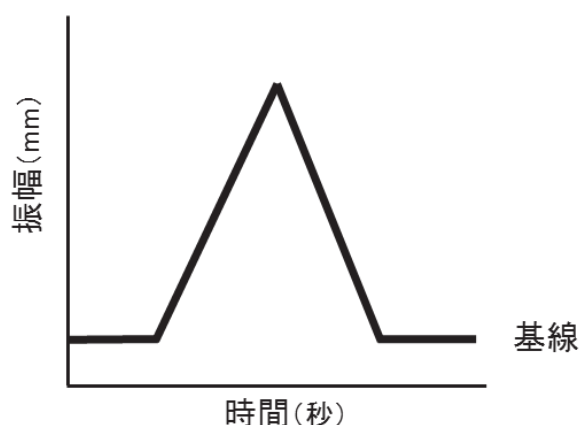


図3 嚥下によるKinect波形シエーマ

を波形化した。

検査手順として、被験者に対し3種類の検査食を嚥下させ、Kinectから喉頭隆起までの距離を継続的に記録した。水、プリン、軟飯の順番に測定した。水では指示嚥下、プリンと軟飯では自由嚥下とした。また、測定は検査食を口腔内に取り込んだ後、終了するまで頭頸部や視線などを静止させるよう教示し、肢位を保った。

Kinect測定には作本ら²¹⁾が開発した専用プログラムを使用し、Kinect波形の測定及び解析にはMicrosoft visual C++ 2010 Expressを用いた。

また、Kinect波形の振幅が喉頭隆起高を捉え、喉頭の運動を反映しているのかを検証するため、健常若年群31名のうち、19歳から22歳までの10名（男性7名、女性3名）に対し、側方からの写真画像を用いて検討した。喉頭隆起の高さが計測できるよう、スケールを頸部に置いて撮影した。最初に写真の甲状軟骨上縁から甲状軟骨下縁までを直線で結んだ。次に、喉頭隆起の頂点から甲状軟骨上縁・下縁を結んだ線への垂線との交点までの距離を喉頭隆起高として計測した（図6）。

統計学的解析として、正規性および等分散性の検定を確認の上、Kinect波形の振幅と喉頭隆起高の関係はピアソンの相関係数を用いた。健常若年群における水分嚥下時の男女振幅の比較に対応のないt検定を用いた。喉頭運動の持続時間における健常若年群と健常高齢群の2群間の比較、喉頭挙上時間及び喉頭下降時間における健常若年群と健常高齢群の2群を比較には対応のないt検定を用いた。また各検査食間の持続時間、喉頭挙上時間、喉頭下降時間の比較には一元配置分散分析を用いた。

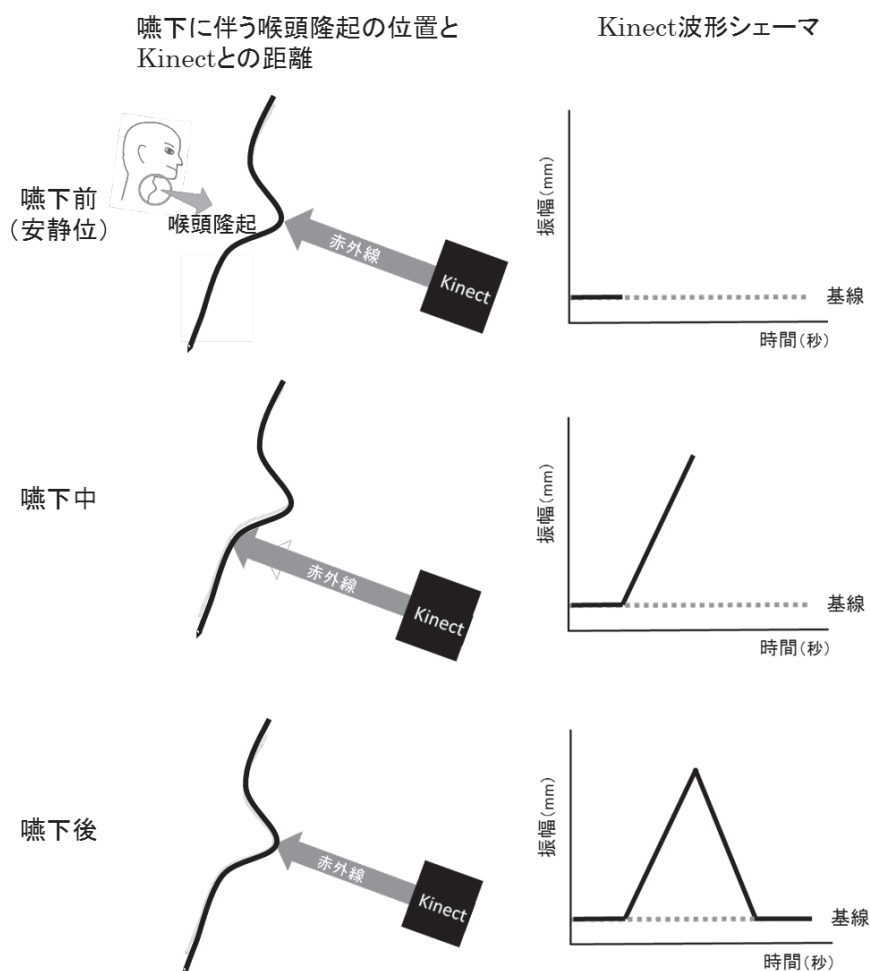


図4 嚥下による喉頭運動の波形化

最上段から下段へ嚥下に伴う時系列を示す。左側では嚥下に伴う喉頭隆起の位置変化と Kinect 距離の変化を示す。右側では嚥下に伴う Kinect 波形シエーマを示す。

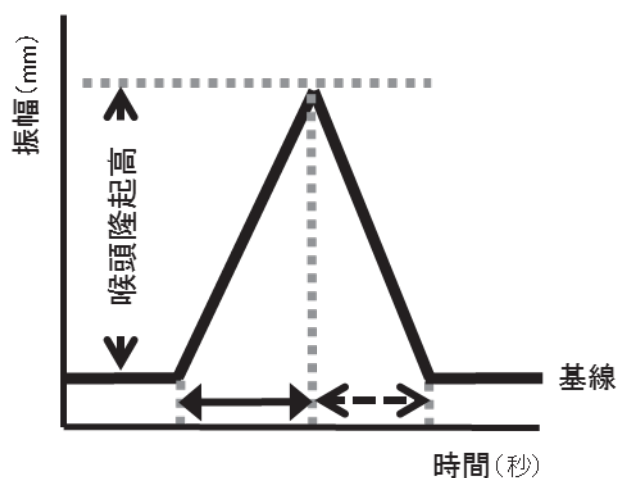


図5 喉頭挙上時間と喉頭下降時間の計測シエーマ

↔: 喉頭挙上時間 ←→: 喉頭下降時間

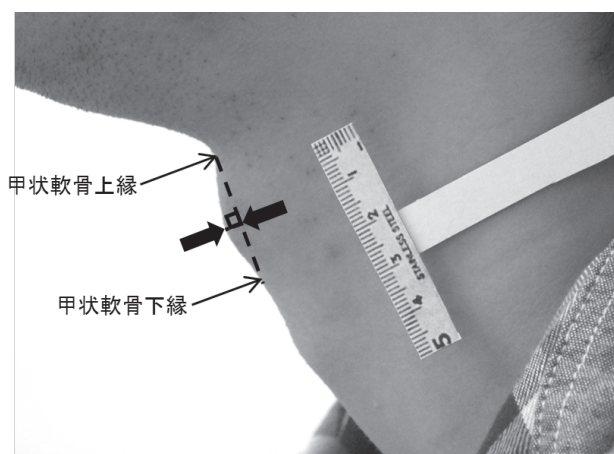


図6 写真を用いた喉頭隆起高の計測

↗ ↖: 喉頭隆起の高さ

Ⅳ. 結果

健常若年者に比べて健常高齢者では波形の立ち上がり潜時から立ち下がり潜時までの持続時間が長い

傾向にあった。また、健常若年者に比べて健常高齢者では波形の傾きが緩やかであり、波形の立ち上がり潜時から頂点までの喉頭挙上時間が長くなっていた（図7、図8）。男女の波形をみると、健常若年

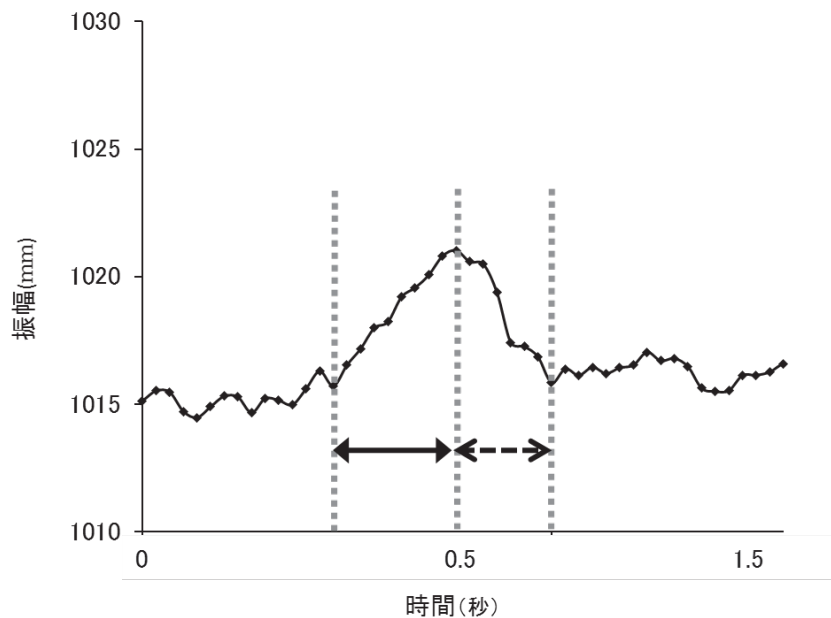


図7 健常若年者の Kinect 波形

時間：フレーム数を基に、1フレーム＝1/30秒で時間に換算した。

◄—►：喉頭挙上時間 ◄---►：喉頭下降時間

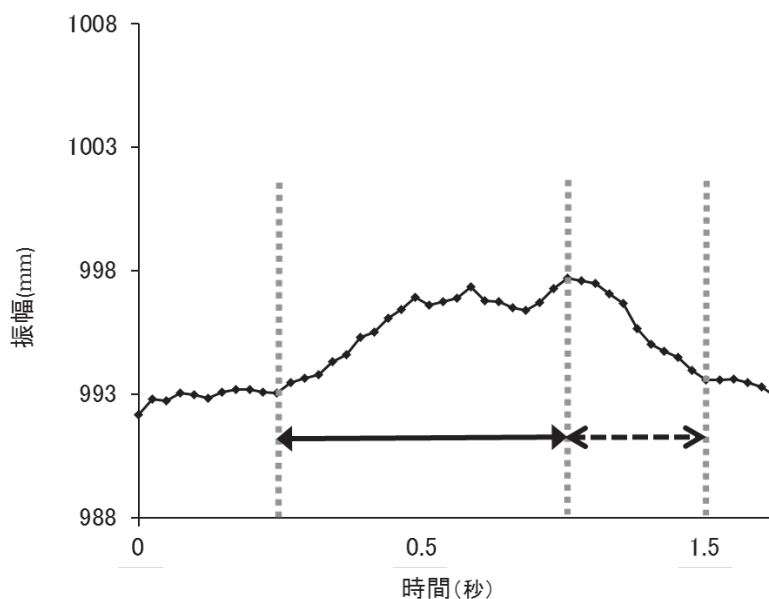


図8 健常高齢者の Kinect 波形

時間：フレーム数を基に、1フレーム＝1/30秒で時間に換算した。

◄—►：喉頭挙上時間 ◄---►：喉頭下降時間

者の水嚥下において、男性の振幅は女性と比べて高くなっていた。

健常若年群と健常高齢群における喉頭運動の持続時間は、水、プリン、軟飯のすべての食形態において健常高齢群が健常若年群と比べて有意に延長し ($p < 0.05$)、健常高齢者の嚥下時間が健常若年者よりも延長したことが示された (図9)。

さらに喉頭運動の持続時間について、喉頭挙上時間及び喉頭下降時間における健常若年群と健常高齢群の2群を比較した結果、健常若年群に比べ、健常高齢群ではすべての食形態で喉頭挙上時間が有意に延長した (水: $p < 0.01$, プリンと軟飯: $p < 0.05$)。

また、喉頭下降時間ではすべての検査食で2群に有意差を認めなかった (図10)。この結果から健常高齢者の特徴である喉頭挙上時間の延長が示された。

食形態が喉頭運動の持続時間に及ぼす影響について、食形態の違いによる健常若年群及び健常高齢群における喉頭運動の持続時間に有意差はなかった。

Kinect 波形の振幅と喉頭隆起高について、側方からの写真画像を用いて計測した喉頭隆起高を計測した結果、振幅が大きいほど喉頭隆起高が高値となった。振幅と喉頭隆起高についてピアソンの相関係数で、正の相関を認めた ($r=0.88$) (図11)。また、健常若年群における水嚥下時で男性の振幅が女性と

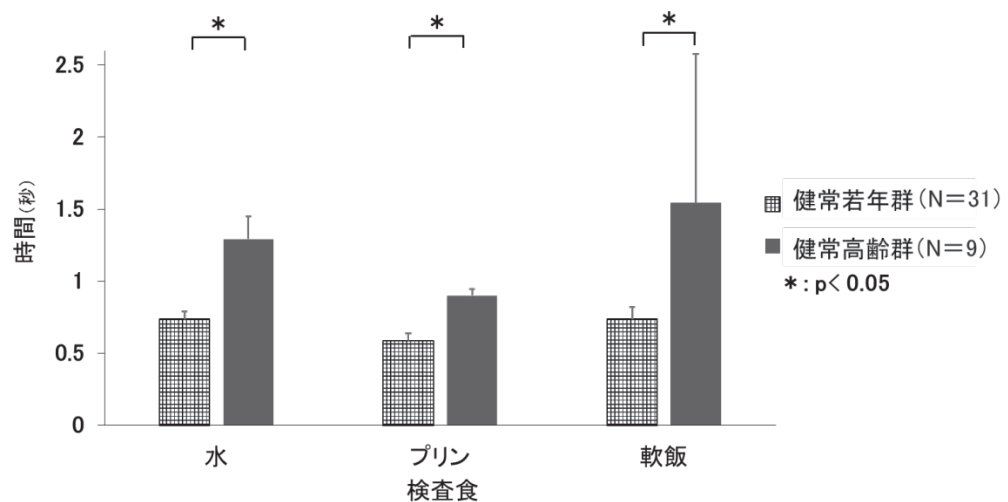


図9 健常若年群と健常高齢群における喉頭運動の持続時間

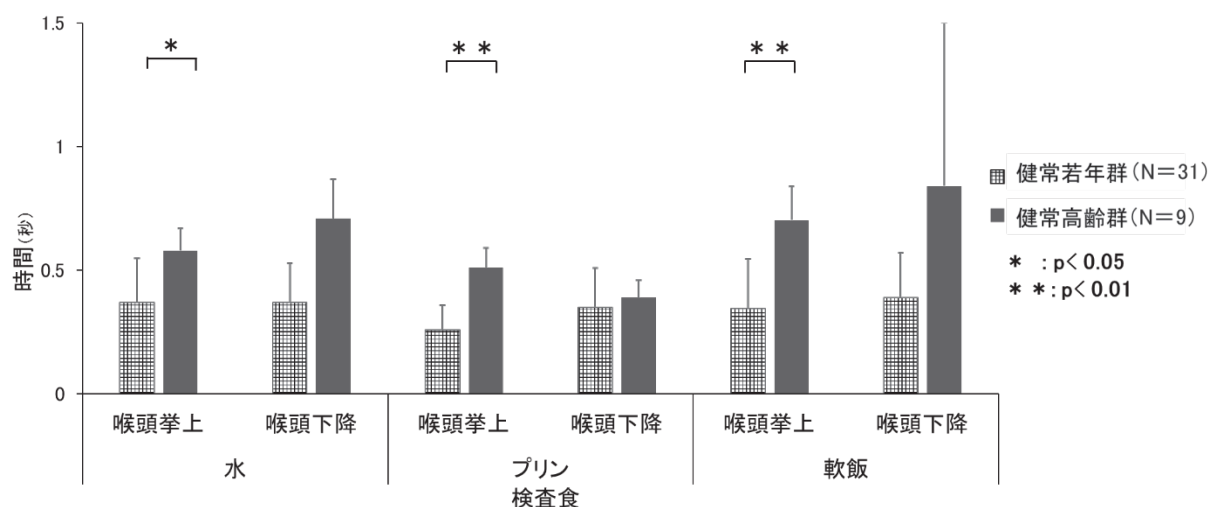


図10 健常若年群と健常高齢群の喉頭挙上及び喉頭下降時間

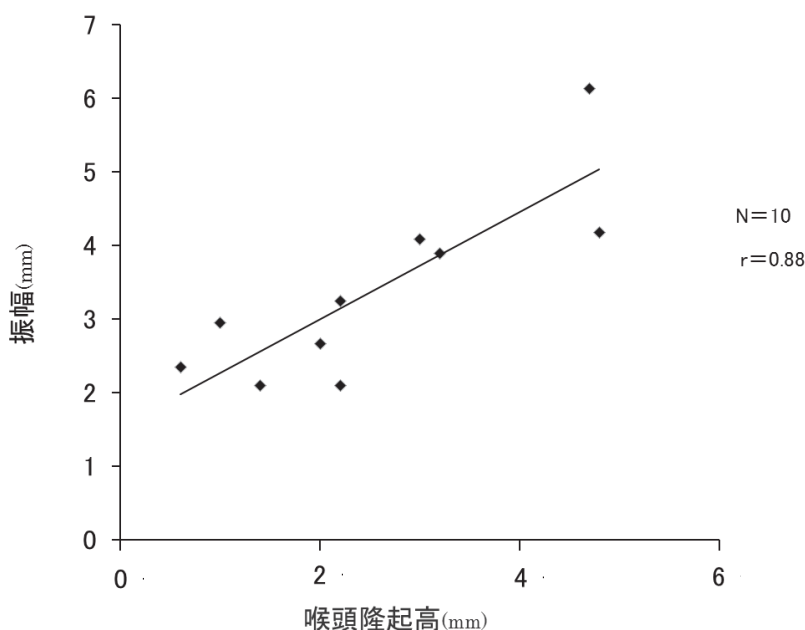


図11 Kinect 波形の振幅と喉頭隆起高の相関

比べて有意に増加した ($p=0.05$)。これらの結果から、喉頭隆起の解剖学的差異が振幅に影響を与えていることが示された。

V. 考察

健常高齢者における喉頭運動の持続時間は、全ての食形態で健常若年群と比べて有意に延長したことから、持続時間を喉頭挙上時間と喉頭下降時間に分けて詳しく分析した。その結果、持続時間に影響を与えた因子として、健常高齢群の喉頭挙上時間が延長したためであった。このことは、健常成人63名にVF検査を行った結果、喉頭挙上時間と年齢の間に有意な正の相関を認め、高齢者ほど喉頭挙上時間が延長していたという兵頭らの研究²⁷⁾と一致している。また、表面筋電図を用いて嚥下時の喉頭筋活動を測定した Vaiman ら²⁸⁾や古閑らの研究²⁹⁾では、いずれも健常若年群に比べて健常高齢群で筋活動の持続時間が有意に延長しており、本研究の結果と一致していた。

従って、嚥下運動の客観的評価法について、VFでは透視画像、表面筋電図では筋活動波形として評価できるのと同様に、健常若年者と健常高齢者において Kinect でも嚥下時の喉頭運動を波形として捉えることが可能であった。

食形態の違いによる健常若年群及び健常高齢群における喉頭運動の持続時間に有意差はなかった。古閑ら³⁰⁾によると、20歳代の健常若年者での表面筋電図を用いた筋活動の持続時間において、食形態（プリン及び水）を変えたところ、食形態による有意差を認めなかった。このことは、今回の一口量がすべての食形態で至適嚥下量（水 5 cc, プリン 5 g, 軟飯 5 g）であり、対象者が健常者であったことから、喉頭の運動への影響が小さかったことなどが考えられた。健常成人の一口量について、液体の嚥下時で 1 ml から 20 ml 程度であり、咀嚼を必要とする食物の嚥下時では 5 g から 9 g 程度とされている^{31), 32)}。Boiron ら³³⁾は、健常若年者92名の嚥下音をマイクで記録し、一口量と食形態（ヨーグルト、水）について検討した結果、100 ml 摂取時でヨーグルトの持続時間が水と比べて有意に長い結果となった。今後、本研究でも一口量をより多くして検討する必要がある。

Kinect は喉頭隆起へ赤外線を照射し、その深度情報から距離を測定することができる。適切に喉頭運動を捉えることができれば、得られた Kinect 波形の基線から頂点までの振幅が喉頭隆起の高さを反映すると考えられた。Kinect 波形の振幅と喉頭隆起の高さに強い正の相関がみられたことから、Kinect 波形の振幅は喉頭隆起の高さを示し、喉頭

の運動を反映していると考えられた。

健常若年群における水嚥下時で男性の振幅が女性に比べて有意に増加したことは、これは、男女の解剖的な喉頭隆起の高さの違いを表したと考えられた³⁴⁾。

Kinect の特徴として、他の嚥下運動評価法に比べて非侵襲的及び非接触的であり、患者の負担が少ないこと、専用の設備なしでベッドサイドにおいても評価ができること、データを数値化し、客観的であることなどの点については有用性が期待できる。本研究では、健常若年者と健常高齢者の喉頭運動について VF や表面筋電図と同様に客観的に捉えることが可能であった。ただし、臨床場面で実際に用いられている VF などの検査との同期実験を行っておらず、検査の精度については言及するに至らなかった。また、測定時に頭頸部位置の安定性が必要であり、嚥下時に頭頸部の体動を示す例では測定困難などの制約がある。

VI. 結語

Microsoft 社製の Kinect を用いて、嚥下機能を客観的評価するため、Kinect の最適条件下で健常若年群と健常高齢群を比較検討した。本研究により、Kinect が喉頭の運動を捉えることが可能であり、嚥下機能の客観的な評価に有用であることが示唆された。

今後は、嚥下障害患者を対象として、実験の追加検討が必要と考えられた。さらに、水分と食物が混ざった二相性食物やパンなど、より難易度の高い食形態についても検討が必要である。また、喉頭の運動速度解析やその他の嚥下検査との比較検討をすることで、嚥下障害の重症度判定として臨床で活用するために本研究を展開したい。

本研究は、平成26年度および27年度熊本保健科学大学学内研究費の助成を受けたものである。

本研究における利益相反は存在しない。

謝辞

本研究において、ご協力をいただきました国立高等専門学校機構熊本高等専門学校情報通信エレクトロニクス工学科の田代侑哉氏、濱洲賢斗氏に深謝いたします。

文献

- 1) 新見成二：嚥下の機構—嚥下運動の統御—。(清水充子 編著)。言語聴覚シリーズ15 摂食・嚥下障害, pp30-34, 東京, 建帛社, 2004.
- 2) 兵頭政光：高齢者の嚥下機能. 日気管食道会報, 65.5: 373-378, 2014.
- 3) Schindler, O : The European View on the Physiopathology of Swallowing. 音声言語医, 54.4: 268-271, 2013.
- 4) 藤島一郎：摂食・嚥下障害の診察と検査. 脳卒中中の摂食・嚥下障害 第2版, pp56-86, 東京, 医歯薬出版, 1998.
- 5) Leopold N, Kagel M : Swallowing, ingestion and dysphagia: a reappraisal. Arch Phys Med Rehabil, 64: 371-373, 1983.
- 6) 山脇正永：誤嚥性肺炎の疫学. 総合リハ, 37: 105-109, 2009.
- 7) 高山仁子, 竹谷剛生, 月足亜佐美, 他：脳卒中摂食嚥下障害患者の栄養評価 ～臨床にて確認できる栄養状態と評価項目～. ヒューマンニュートリション, 37: 40-45, 2015.
- 8) 小山珠美：口から食べるリハビリテーション. 日静脈経腸栄会誌, 30: 1113-1118, 2015.
- 9) 矢守麻奈：評価. (清水充子 編著)。言語聴覚シリーズ15 摂食・嚥下障害, pp54-62, 東京, 建帛社, 2004.
- 10) 古川浩三：老人の嚥下. 耳鼻咽喉科・頭頸部外科 MOOK, 12: 145-150, 1989.
- 11) 古川浩三：嚥下における喉頭運動の X 線学的解析 特に加齢変化について. 日耳鼻, 87: 169-181, 1984.
- 12) 大前由紀雄, 杉浦むつみ, 茂木立学：超高齢者の嚥下機能 加齢に伴う嚥下機能の変化. 日気管食道会報, 54: 1-7, 2003.
- 13) 厚生労働省大臣官房統計情報部：主な死因別にみた死亡率の年次推移. 厚生労働白書平成25年度人口動態統計月報年計（概数）の概況, 2-18, 2014.
- 14) 二藤隆春：嚥下造影検査～誤嚥と咽頭残留の評価について～. 嚥下医学, 1: 325-327, 2012.
- 15) 谷本啓二, 津田豪太：嚥下造影 (Videofluorographic Study for Swallowing) の意義と手法. 日獨医報, 46: 26-32, 2001.

- 16) 肥後隆三郎, 田山二郎, 二藤隆春, 他: これからの嚥下障害治療－新しい検査法－. 音声言語医, 43: 460-466, 2002.
- 17) 大宿茂: 頸部聴診法. 老年歯医, 28: 331-336, 2013.
- 18) 平野薫, 高橋浩二, 宇山理沙, 他: 嚥下障害判定のための頸部聴診法の診断精度の検討, 口外誌, 47 (2): 93-100, 2001.
- 19) 安達宏幸, 中山栄純, 菅生誠, 他: KINECTを用いた大関節三次元リアルタイム測定実験の報告. 電子情報通信学会技研報 ME とバイオサイバネティックス, 26-29, 2014.
- 20) 渡邊俊哉, 澁澤進: 福祉の現場から Kinect を用いた下肢の椅子体操支援システム, 地域ケアリング, 18: 92-95, 2016.
- 21) 上田智章: 研究! 非接触でヒトの息づかいを測る. Interface, 1: 98-106, 2013.
- 22) 柳青, 宮内将斗, 木村亮, 他: SITA: 非装着型舌運動計測システムの開発. 日本バーチャリアリティ学会論文誌, 21 (2): 235-241, 2016.
- 23) 作本匠: 非接触型センサーを用いた嚥下時間測定システムに関する研究. 熊本高等専門学校卒業研究報告書, 2014.
- 24) 熊川瑛至: 非接触型センサを用いた嚥下動作解析法の提案. 熊本高等専門学校卒業研究報告書, 2015.
- 25) 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会: 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類 2013. 日摂食嚥下リハ会誌, 17: 255-267, 2013.
- 26) Matsuo K, Kawase S, Wakimoto N, et al : Effect of Viscosity on Food Transport and Swallow Initiation during Eating of Two-Phase Food in Normal Young Adults a Pilot Study. Dysphagia, 28: 63-68, 2013.
- 27) 兵頭政光: 加齢に伴う嚥下機能の変化様式. 耳鼻展望, 52: 282-288, 2009.
- 28) Vaiman M, Eviatar E, Segal S: Evaluation of normal deglutition with the help of rectified surface electromyography records. Dysphagia, 19: 125-132, 2004.
- 29) 古閑公治, 村山伸樹, 中原智喜, 他: 表面筋電図によるヒト嚥下運動の加齢による影響の定量的評価. 臨神生, 34: 511-520, 2006.
- 30) 古閑公治, 村山伸樹, 永谷正巳, 他: 表面筋電図を用いた嚥下運動の解析－健常若年者の半固形物と水嚥下時について－. 医学検査, 54: 1388-1393, 2005.
- 31) Lazarus CL, Logemann JA, Rademaker AW, et al : Effects of bolus volume, viscosity, and repeated swallows in nonstroke subjects and stroke patients. Arch Phys Med Rehabil, 74: 1066-1070, 1993.
- 32) 宮岡里美, 宮岡洋三, 山田秋好: 食塊量の増減に伴う嚥下感覚の変化. 日摂食嚥下リハ会誌, 5: 25-31, 2001.
- 33) Boiron M, Rouleau P, Metman EH: Exploration of Pharyngeal Swallowing by Audiosignal Recording. Dysphagia, 12: 86-92, 1997.
- 34) 平本道昭: 喉頭機能外科の解剖学的基礎に関する研究. 耳鼻臨床, 70: 177-197, 1977.

(平成29年2月2日受理)

Evaluation of swallowing function using a non-contact device of the Microsoft Kinect in healthy human subjects

Masao TAKETANI, Hiroharu KOGA, Takaaki KUBO, Yuuich OTSUKA,
Megumi MIYAMOTO, Kazumi FUNAKOSHI, Minoru MOTOKI

Abstract

Objective: We used the Microsoft Kinect, one of commercial game devices to evaluate swallowing function of healthy human subjects objectively and we compared the data obtained from two groups of young and elderly subjects.

Subjects: Thirty one young subjects (21.5 ± 1.0 years) and 9 elderly subjects (71.8 ± 5.3 years) participated in this study.

Methods: The Kinect was set in front of each subject who is sitting on the chair. All subjects swallowed three kinds of meals, such as water, pudding and steamed rice. During the swallowing, the Kinect continuously monitored the movement of the laryngeal prominence. The movement was expressed as a waveform and we calculated both the distance of the elevation and the duration of rising and falling time periods of the laryngeal prominence.

Results: The duration of the rising period during the swallowing of all three meals was significantly longer in the elderly group than in the young group. However, there was no significant difference in the duration of the falling period between groups in all three meals. In addition, there was no significant difference of the period duration among the three meals in both groups.

Conclusion: These data suggest that the Kinect is a useful device for a non-invasive evaluation of swallowing function in humans.