

Kinect センサを用いた嚥下体操支援システム

中屋隆^{†1} 澁澤進^{†1}

あらまし 日本の高齢者の死因第3位は肺炎であり、その原因の80%以上が誤嚥である。誤嚥性肺炎は再発の可能性が高く、発症した高齢者が要介護状態に陥ることも珍しくない。口腔機能をもつことで誤嚥は予防可能で、口腔機能をもつ方法の1つとして嚥下体操がある。他方で Kinect は人の骨格追跡や音声の取得が可能なデバイスであり、嚥下体操の検出が可能である。そこで本研究では Kinect を用いて嚥下体操を支援するシステムを実装した。音声解析の分野では発音から舌の位置を推定する研究が行われている。本システムでは音声解析により舌の位置を推定し、体操を検出する機能を取り入れた。20代男性を対象に検出精度実験、有効性実験、また高齢者を対象に観察実験を行い、体操の検出精度と効果、ユーザビリティを評価した。

Swallow Exercise Support System with Kinect Sensor

TAKASHI NAKAYA^{†1} SUSUMU SHIBUSAWA^{†1}

Abstract Pneumonia is the third place of the cause of the elderly's death in Japan, and the aspiration often causes pneumonia. It is not unusual that the elderly who caused pneumonia falls into the health condition of needing long-term care. The aspiration can be prevented by improving the mouth function, and the swallow exercise is one of exercises to improve the mouth function. Meanwhile, Kinect sensor has become readily available for detecting human motion and voice without the need of special markers or putting a sensor on the body. The Kinect sensor was fully exploited in the development of a swallow exercise support system. This system estimates the human tongue position by voice analysis, and detects a swallow exercise from the tongue position. To verify the effectiveness of the prototype system, male subjects in twenties worked out on the system to assess the recognition accuracy. Elderly subjects also worked out on the system, and we gauged their response.

1. はじめに

日本の高齢者人口の割合は2013年10月1日現在、25.1%であり過去最高である[1]。2007年に世界に先駆け超高齢社会を迎えた日本は、高齢者が自立した生活を営むことを目指している。一方で高齢者が要介護状態になる原因の一つに肺炎がある。高齢者の肺炎の80%以上に誤嚥が関係しており、その多くは睡眠中に起こる誤嚥である不顕性誤嚥である[2]。不顕性誤嚥は発見が難しく、予防が重要である。誤嚥予防の一つに嚥下体操[3]がある。嚥下体操は口腔機能向上を目的に行う体操であり、口腔機能向上は不顕性誤嚥の予防となる。誤嚥予防は言語聴覚士[4]の指導の下で行うことが望ましいが、その人数は約2.4万人と十分ではない。そのため、誤嚥予防を言語聴覚士の指導なしで効果的に実行するシステムの必要性が高まっている。

嚥下体操では口や喉の筋肉のトレーニングを行う。また、病院や歯科医院では嚥下体操を食前に行うことを指導しており、食事ですう腕などの筋肉も動かす。大岡らの研究[5]では、嚥下体操と口腔ケアによって口腔機能の向上が得られる可能性を示している。

他方で高齢者の嚥下障害予防を目的としたシリアスゲームの研究[6]で井上らは声を出すことに注目し、システムを開発しているが、発音の内容は重要視されていない。嚥

下体操で行われるパタカラ体操は嚥下に用いる舌や唇の筋力向上を目的とし、「パ」「タ」「カ」「ラ」を発音する。そのため、パタカラ体操を含む、嚥下体操を支援するシステムを開発することで誤嚥予防を効果的に実行できると考える。

これまで、介護予防のためのシステムとして、深度センサを用いたリハビリテーションシステムなどが提案されている。深度センサの1つとして Microsoft 社の Kinect[7]が普及しつつある。Kinect はカラーセンサ、深度センサ、アレーマイクを搭載しており、人の位置や姿勢、音声の取得が可能である。また、非接触型であるため、利用者の装着の負担がない点も注目されている。

そこで本研究では、Kinect を用いて言語聴覚士の指導がない場合でも効果的に嚥下体操を行えるシステムを実装し、システムの評価及び考察を行う。本システムでは首体操、腕肩体操、頬体操、舌体操、パタカラ体操を行う。パタカラ体操では音声解析によってフォルマント周波数を求めることで舌位置を推定し、その時間変化をもとに体操を評価する。その他の体操は Kinect による顔の角度情報、深度情報、骨格情報をもとに体操の検出と評価が可能だと考えられる。本システムでは利用者の体操を支援する機能として、リアルタイム映像、手本画像、体操の評価を表示し、音声や文字による体操の案内を行う。また、音声解析による舌の位置推定をもとに体操者が効果的なパタカラ体操が行えるように指示を行う。

本システムを用いて20代男性に対し体操検出精度実験、

^{†1} 茨城大学工学部
College of Engineering, Ibaraki University

主観評価実験、有効性実験を行った。また、高齢者交流施設を訪問し、観察実験と聞き取り調査を行った。体操検出精度実験ではすべての体操において、検出率70%を上回った。また、有効性実験ではシステムを利用することで口腔機能が向上する可能性が示された。高齢者対象実験では本システムの指示によって、体操が行える可能性が示された。本システムに対して、体操を行うことの容易さや音声案内の聞き取りやすいという意見があった。また、体操が検出できずシステムからの反応がない場合に利用者から不安であるという意見があった。

本報告の構成は次のようである。2.で関連研究、3.でシステム設計、4.で体操システムの実装を述べる。5.で嚥下体操支援システムの実験と考察を述べ、6.でまとめる。

2. 関連研究

2.1 研究背景

2007年に超高齢社会を迎えた日本は高齢者の生活の質の向上を目的の1つとしている。高齢者の死因の第3位は肺炎であり、その80%以上に誤嚥が関係している。誤嚥性肺炎は不顕性誤嚥によって口腔内の細菌が肺に入ることが原因であり、嚥下能力の向上や口腔環境の改善により予防することが可能であると言われている。

日下らの研究[8]では他のいくつかの研究を引用し、質の高い口腔ケアを行うことは肺炎に関連する発熱の抑制及びおよそ40%の誤嚥性肺炎の予防効果、誤嚥性肺炎での死亡者の減少につながることを示した。また日下は歯科医療担当者による口腔清掃のみではなく口腔の持っている摂食、咀嚼、嚥下、構音、審美性、顔貌回復、唾液分泌機能等を健全に維持するためのケアの実践も不可欠であると考えている。虚弱高齢者の口唇閉鎖力の測定と認識機能スクリーニングを行った三浦らの研究[9]では、口唇閉鎖力の低下は口腔機能の低下にとどまらず、生活機能の低下と関連性を示した。また森崎らの研究[10]では、在宅要支援および要介護高齢者における摂食・嚥下機能は社会生活機能や心の健康などの精神面での健康関連 QOL の低下に関与する可能性が示唆されたと述べている。

口唇閉鎖力と口腔環境の関係を示した武藤らの研究[11]では、歯科用口唇筋力固定装置を用いた運動により口腔内が湿潤した状態に改善することが可能であると述べている。また滝沢らの研究[12]では健康な高齢者が口腔機能訓練として唇体操とタングエクササイズを4ヵ月間行うことで口腔機能が向上したことを示した。とくに平均1日3回以上の訓練により、よりよい効果が得られるという結果が報告されている。

また、高齢化により介護予防やリハビリテーションの重要性が高まってきているが、日本の介護分野では労働者不足が問題となっている。介護労働者不足に対する対策としてロボットやセンサ、カメラなどを用いて、労働の一部を

担うことやリハビリテーションを実践する研究が行われている。リハビリテーションの分野において、宮脇らの研究[13]では認知機能リハビリテーションとして行われる献立作成や調理が患者とリハビリ担当者の間に依存関係を生じさせる問題に着目し、患者の自立心の向上を目指した食生活行動遠隔認知リハビリテーション支援システムを開発した。高次脳機能障害者がシステムを利用することで認知機能の向上を示唆する結果が得られたと述べている。Chiangらの研究[14]では、車椅子の高齢者を対象に Kinect を用いた体感ゲームを行うことが身体にどのような影響を及ぼすかを調査し、視覚能力の向上や目と手の協調能力が有意に改善することを示した。

介護予防の分野においては、北越らの研究[15]ではコミュニケーションロボットとの対戦型ゲームを提案し、保健福祉センターの利用者を対象に実験を行い、主観評価実験を実施したところ、提案システムの基本的枠組みに好意的な評価を与え、ロボットへの親近感、ゲームへの興味が確認されたと述べている。

嚥下機能低下予防のシステムとして、井上らの研究[6]では音声入力ゲームを開発し、嚥下障害予防を目的に高齢者施設の入居者に適用した。しかし、認識可能な発声は音声認識組み込みモジュールの不特定話者認識機能にあらかじめ登録されている語のみに限定であった。井上らの研究では発音内容を考慮していなかったため、その考慮によって声出しの効果が高まることが考えられる。

2.2 関連技術

2.2.1 Kinect

KinectはMicrosoft社によって開発されたゲーム用コントローラーである。カラーセンサ、深度センサ、アレーマイクが搭載されており、人の動きや声を認識することが可能なデバイスである。安価であり、様々なセンサを搭載していることから、Chiangらの研究[14]など、シリアスゲーム、リハビリテーションと様々な分野で利用されている。Kinectが取得可能な顔角度を図1に示す。



図1 Kinectで取得可能な顔角度

図1のYAWは利用者を上方から写した画像であり、YAWが正值であれば利用者は左方向を向いている。

2.2.2 フォルマント周波数

フォルマント周波数とは声を解析した際に得られる共振周波数である。人間はフォルマント周波数の違いによって他人の言葉を区別している。また、フォルマント周波数は舌の位置と対応していると考えられている。そのため、声を解析しフォルマント周波数を求めることで、舌位置の推測が可能である。さらに、フォルマント周波数の半値幅をフォルマント周波数のバンド幅とした場合、声などの特徴的な音はバンド幅が小さく、フォルマント周波数は特徴的なピーク値となる。また、フォルマント周波数は低周波数から順に第1, 第2, 第3…フォルマント周波数と呼ばれる。本報告ではそれぞれを F1, F2…と表記する。

新田らの研究[16]では、音声解析によって、舌の位置など口腔に関する28次元の情報を抽出し、英語発音訓練ソフトなどの開発を行っている。

2.2.3 Praat

Praat[17]はオープンソースのソフトウェアで音声解析を行うことができるソフトとして、世界中で広く使われている。本システムではPraatによる音声解析によってフォルマント周波数を求める。

2.2.4 簡易口腔機能検査

介護施設など、口腔機能が低下していると考えられる高齢者が集まる場所では、口腔機能を簡便に計測する方法が望まれている。反復唾液嚥下テストやオーラルディアドコキネシスは簡易口腔機能検査の方法として提案され、これらの検査によって、嚥下機能低下者の発見が可能である[18]。

(A) 反復唾液嚥下テスト

30秒間に何回空嚥下が行えたかを測定する。被験者には「できるだけ何度も唾をゴクンと飲み込んでください」と指示をする。空嚥下は、中指と人差し指を揃え、喉仏に中指の腹を当てた状態から喉仏が人差し指より上部に挙上し、再び中指の腹に戻ることで1回とカウントする。

(B) オーラルディアドコキネシス

「パ」「タ」「カ」の単音をそれぞれ10秒間にできるだけ多く発音させ、1秒当たりの発音回数を測定する。本研究では、発音回数の測定はテスト時の音声を録音し、発音回数をカウントするIC法を用いてカウントした。

3. システム設計

3.1 システム概要

本研究ではKinectの深度情報、骨格情報、顔認識、アレマイクとPraatによる音声解析を用いて、嚥下体操支援システムを実装する。本システムは椅子に座った利用者の正面にKinectを設置し、Kinectによって得られた利用者の情報をもとに体操を検出し、評価を行う。本研究では

嚥下体操で広く行われている「首体操」「腕肩体操」「頬体操」「舌体操」「パタカラ体操」の5つの体操を支援する。システム概要図を図2に示す。



図2 システム概要図

図2のように利用者は椅子に座った状態で体操を行う。Kinectを用いて、利用者の映像、深度情報、声を取得する。Kinectが取得した情報をもとにPCで体操の検出や評価、解析を行い、結果や体操の案内を利用者にフィードバックする。

3.2 嚥下体操の検出

本システムで用いる5種類の体操を、Kinectにより取得した骨格情報や深度情報、Praatにより解析したフォルマント周波数とそのバンド幅を用いて検出する。

3.2.1 嚥下体操

嚥下体操は口や喉を動かす体操である。口周りの筋肉を鍛えることで口腔機能の向上が期待される。嚥下体操の体力のない高齢者への安全の配慮として、椅子に座ったまま行える体操が多い。本体操で支援する5種類の体操を以下で説明する。

A) 首体操

首体操では首に関する3つの運動を行う。

(A1) 首ひねり

首ひねりを図3に示す。首ひねりでは顔を左右に向けることで筋肉を動かす。



図3 首ひねり

(A2) 首伸ばし

首伸ばしを図4に示す。首伸ばしでは顔を左右に傾けることで筋肉を動かす。

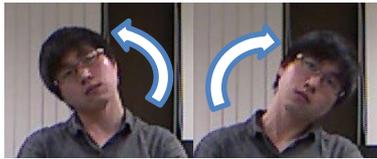


図4 首伸ばし

首ひねりと首伸ばしでは図1に示す顔角度情報をもとに体操の検出を行う。

(A3) 頭回転

頭回転を図5に示す。頭回転では頭を時計または反時計回りに回すことで筋肉を動かす。



図5 頭回転

頭回転では頭部の骨格位置 SH を用いて体操の検出を行う。検出に利用する骨格位置を図5に示す。

B) 腕肩体操

腕肩体操では腕や肩に関する2つの運動を行う。

(B1) 腕上げ

腕上げを図6に示す。腕上げは腕を大きく上に伸ばす動作で腕の筋肉をほぐす体操である。



図6 腕上げ

腕上げ運動では両手の骨格位置 SHr, SHl と両肩の骨格位置 SSr, SSi を用いて検出を行う。検出に用いる骨格位置を図6に示す。

(B2) 肩上げ

肩上げを図7に示す。肩上げは肩をゆっくりと上げてストンと落とす動作で、肩の筋肉をほぐす体操である。



図7 肩上げ

肩上げ運動では両手の骨格位置 SHr, SHl を用いて検出を行う。検出に用いる骨格位置を図7に示す。肩上げで意識して動かす部位は肩であるが、肩上げを行っても、肩の骨格情報の変化はあまり見られない。一方で、肩上げを行った際に両手の骨格情報に変化が見られるため、本研究で

は両手の骨格情報を用いて、肩上げ体操を検出する。

C) 頬体操

頬体操を図8に示す。頬体操では頬膨らませと頬へこませ運動を行う。膨らませでは唇を閉じる筋肉を鍛え、へこませでは食べ物を口内で移動させるための筋肉を鍛える。

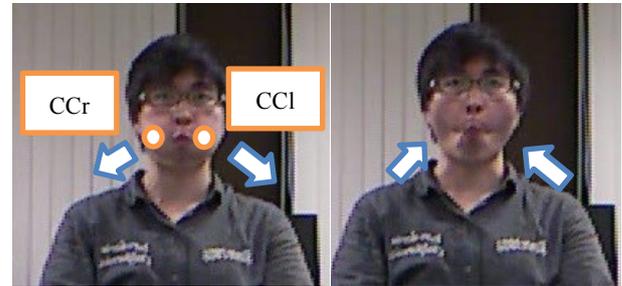


図8 頬体操

頬膨らませと頬へこませでは顔認識情報によって得られる顔の特徴点のうち、唇の端と輪郭上の点の midpoint を頬の位置として、目の位置の深度と頬の位置の深度情報の位置変化によって体操を検出する。推測した頬の位置 CCr, CCl を図8に示す。また、頬膨らませの際に計測される頬の深度変化を図9に示す。

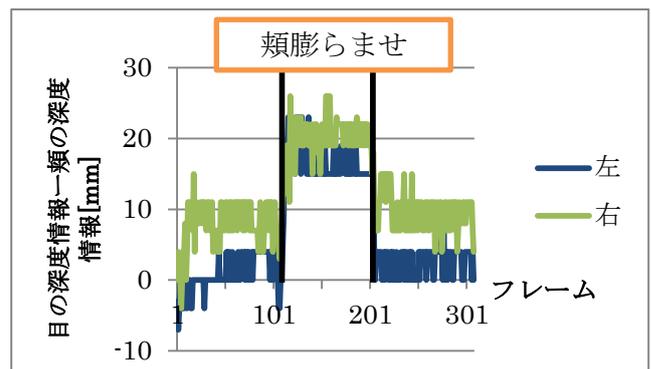


図9 頬膨らませの際の頬の深度変化

図9のように、頬膨らませの際には、頬を膨らませていない場合に比べて、頬の深度情報の上昇がある。

D) 舌体操

舌体操を図10に示す。舌体操では舌出し動作を行い、舌の筋肉を鍛える。



図10 舌体操

舌出しでは、顔認識情報によって得られた唇の端の深度情報をもとに、口周辺でその深度より 10mm 以上低いものを舌として検出し、体操を検出する。舌検出の概要図を図11に示す。

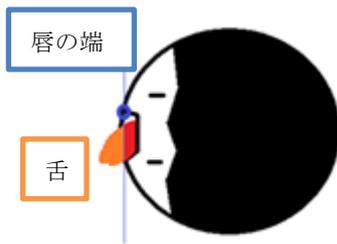


図 11 舌体操の検出方法概要図

E) パタカラ体操

パタカラ体操では「パ」「タ」「カ」「ラ」を発音する。体操検出のため、体操者の発音を検出する。人間はフォルマント周波数によって、他人の言葉を区別している。そのため、単音はそれぞれが特徴的なフォルマント周波数を示し、さらにそのピークが特徴的であると考えられる。本システムではフォルマント周波数のバンド幅を用いて、その特徴の大きさを推測し、声と周囲の雑音を区別する。図 12 に「ラ」を発音した際のフォルマント周波数とそのバンド幅を示す。

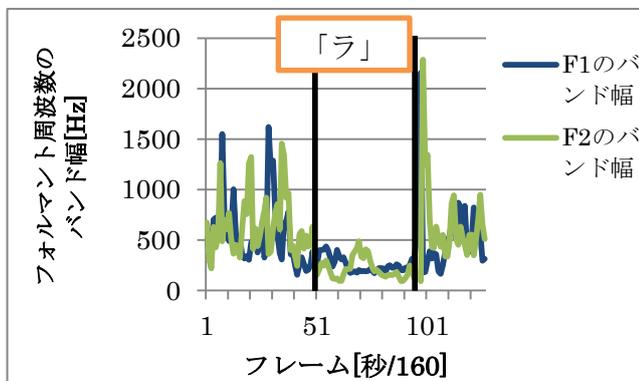
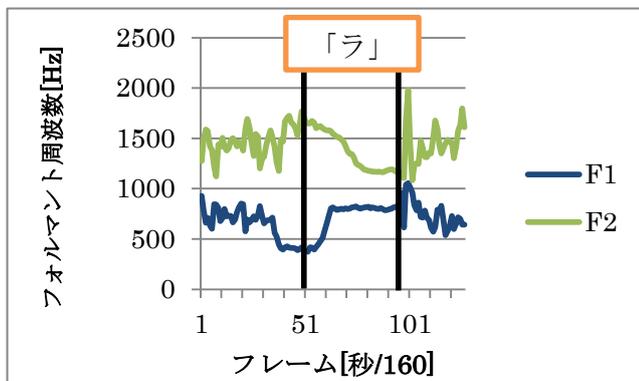


図 12 「ラ」を発音した際のフォルマント周波数とそのバンド幅

図 12 のように「ラ」を発音したフレームでは、バンド幅が周囲と比べ低い値を示している。これによって、発音の検出が可能だと考えられる。また、F1 の上昇から舌が前方から後方に移動していることが推測され、F2 の下降から舌が上方から下方に移動していることが推測される。

4. 体操システムの実装

本システムでは VisualC++, OpenCV, Kinect for Windows SDK, Praat を用いて嚙下体操支援システムを実装した。体操者は図 13 に示すリアルタイム映像や体操手本画像、文字

や音声案内をもとに体操を行う。また、本システムは体操者が行った体操に対して「優」「良」「可」の3段階評価を提示する。

リアルタイム映像は体操者を鏡写しに表示している。そのため、体操者は鏡を見るように自身の状態を確認しながら体操が行える。また、Kinect で取得可能な骨格情報を映像に重畳表示している。体操手本画像では、行う体操を画像で示している。頭回転、肩上げの2つの動作については数枚の画像を切り替えながら表示することで、体操の方法を提示している。文字や音声は次に行う体操を指示する。さらに、体操者の体操をもとに改善点を提示する。



図 13 システム画面

本システムではシステム起動後、表 1 に示す体操を順に行う。

表 1 本システムで行う体操一覧

体操名	動作	体操時間/体操回数
首体操	首ひねり(左)	3秒
	首ひねり(右)	3秒
	首伸ばし(左)	3秒
	首伸ばし(右)	3秒
	頭回転(時計)	1回
	頭回転(反時計)	1回
腕肩体操	腕上げ	5秒
	肩上げ	3回
頬体操	頬膨らませ	5秒
	頬へこませ	5秒
舌体操	舌出し(左)	5秒
	舌出し(右)	5秒
パタカラ体操	「パ」を発音	5回
	「タ」を発音	5回
	「カ」を発音	5回
	「ラ」を発音	5回

5. 嚙下体操支援システムの実験と考察

本システムにおける嚙下体操の検出手法と口腔機能向上の有効性を調査するため、若者を対象に検出精度実験と有効性実験を行った。また高齢者を対象に、本システムを利用した場合の観察実験と聞き取り調査を行った。

5.1 若者対象実験

本システムにおける嚙下体操の検出手法と口腔機能向上の有効性を調べるため、被験者 20 代男性 6 名を対象に実験を行った。実験では 3 名をグループ I、残りの 3 名をグループ II に分け、グループ I は 9 日間嚙下体操や本システムの利用は行わず、グループ II は 9 日間に 7 回本システムを利用して体操を行う。実験 1 日目と 9 日目に口腔機能を検査し、グループ II の体操検出率を調査した。実験環境を図 14 に示す。Kinect は床から 0.7m の高さ、被験者から 1.8m 離して設置した。

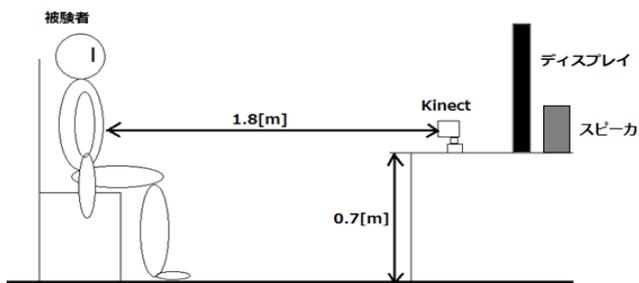


図 14 若者対象実験の環境

5.1.1 検出精度実験結果と考察

体操の検出率は以下の式のように定義する。試行回数とはシステム利用中に被験者が体操を行った回数である。検出回数はシステムが被験者の体操に対し、正しく検出できた回数である。

$$\text{検出率} = \frac{\text{検出回数}}{\text{試行回数}} \times 100 [\%]$$

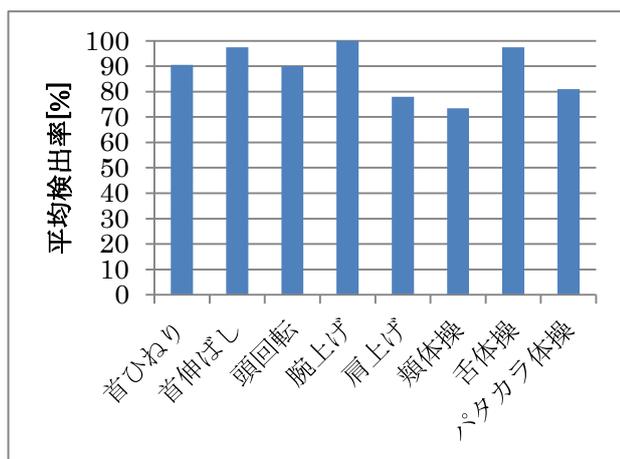


図 15 体操検出率

図 15 よりすべての体操で検出率 70%以上という結果が得られた。肩上げと頬体操は検出率 80%以下であった。肩上げでは両手の骨格位置をもとに体操の検出を行う。その

際、体操中に両手とふとももが近づくことで、Kinect はふとももを手だと誤って検出してしまふ。これにより、体操検出に失敗して、検出率が低くなった。このため、Kinect の骨格情報に頼らず、両手の位置検出を行う手法の考案が必要である。また、Kinect の骨格情報に頼らない場合、肩の動きで肩上げ動作を検出することも可能になる。

頬体操では目と頬の深度の差によって頬の動きを計測している。体操検出率が低くなった原因として、Kinect の深度情報の精度があげられる。深度情報には実験環境下で約 ±5mm ほどの揺れ幅がみられた。頬体操は体操開始前に基準となる目と頬の位置関係を記憶するが、その際に深度情報が揺れるため、体操者が静止した状態でも最大で 10mm の差が出る。頬体操では頬の膨らみやへこみは 10mm を閾値として設定しており、この基準点設定時に起こる誤差によって、体操者が体操を行っても体操が検出されない場合や、体操を行っていないのに体操が検出される原因となる。また、目と頬を深度情報のみで位置比較した際には、頬の膨らみなどの動作以外に顔の角度変化によって位置関係が変化する。このため、体操中に顔が上下方向に傾いた場合、頬を動かしていないが、目と頬の位置関係が変化し、体操の誤検出や体操が検出されない原因となる。このため、顔の角度に因らずに頬の動きを検出する手法の考案が必要である。

首体操の首ひねりと首伸ばし動作では実験が進むにつれて体操検出率が下がる被験者がみられた。その被験者は、実験 1 日目ではシステムからの指示を聞き終えたのちに体操を開始し、ゆっくりと動く様子がみられたが、実験後半では行う動作が素早くなった。首体操の首ひねりと首伸ばし動作では Kinect の顔認識の結果から体操の検出を行うが、顔が素早く動く顔認識に失敗し、体操の検出率が低下した。このため、体操支援システムではシステム利用の期間や習熟度によって体操者が行う体操の特徴が変化し、それに対応可能な検出方法を実装する必要があると考えられる。

一方で、腕上げ動作のような体が大きく動く体操では、骨格情報の多少の誤差では体操検出に影響は少なく、体操を 100%検出した。

5.1.2 有効性実験結果と考察

簡易口腔機能検査をグループ I は実験 1 日目と 9 日目にを行った。グループ II も同様に実験 1 日目と 9 日目に検査を行った。ただし、1 日目は検査後にシステムの利用を開始し、9 日目はシステムの利用後に検査を行った。

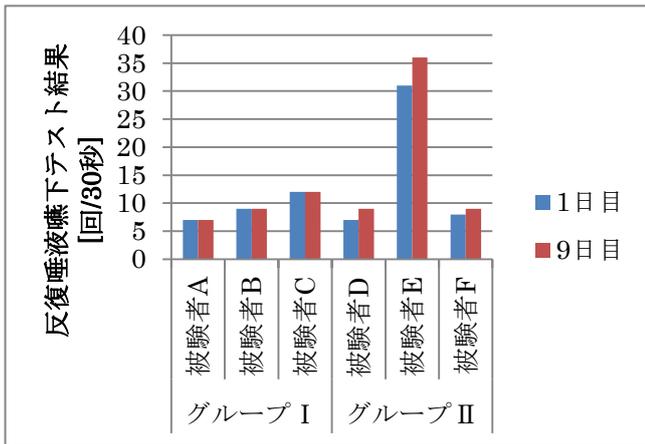


図 16 反復唾液嚥下テスト結果

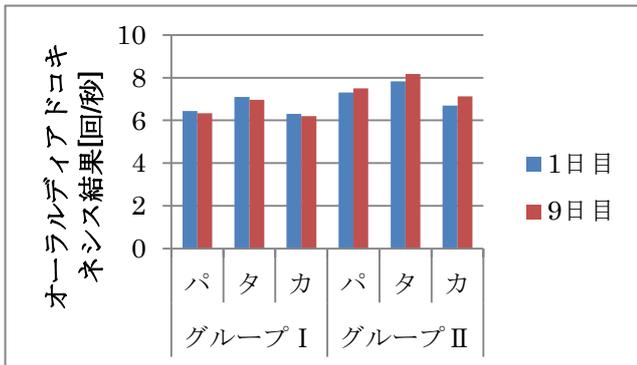


図 17 オーラルディアドコキネシス結果

図 17 はオーラルディアドコキネシスの発音する単音ごとにグループ内平均を示している。図 16 よりグループ I では 9 日間の間に反復唾液嚥下テストの結果に変化はなかった。一方、グループ II では結果の向上があった。図 17 よりグループ I では「パ」「タ」「カ」のすべてで結果の低下があった。一方、グループ II ではすべてで結果の向上があった。これらより、本システムの利用によって、口腔機能が向上する可能性が示された。

本実験では口腔機能検査をシステム利用直後に行った。そのため、本システムの効果が睡眠中などに起こる不顕性誤嚥に対してどの程度の効果があるかは不明である。今後、口腔機能の向上により肺炎を減少することに成功した研究の結果をもとに、どの程度の口腔機能の向上によって誤嚥、または肺炎が予防できるのかを調査する必要がある。また、本実験では 9 日間と期間が短かったため、1 か月以上のシステム利用による口腔機能の変化についても調査する必要がある。

5.2 高齢者対象実験

本システムの利用時の様子を観察するため、70 代から 90 代の男性 1 名、女性 9 名の被験者を対象に観察実験を行い、同時にシステム利用に対し、聞き取り調査を行った。実験環境を図 18 に示す。Kinect は床から 0.7m の高さ、被験者から 1.3m 離して設置した。実験では頬体操、舌体操、パタカラ体操のみを行う簡易システムを用いた。

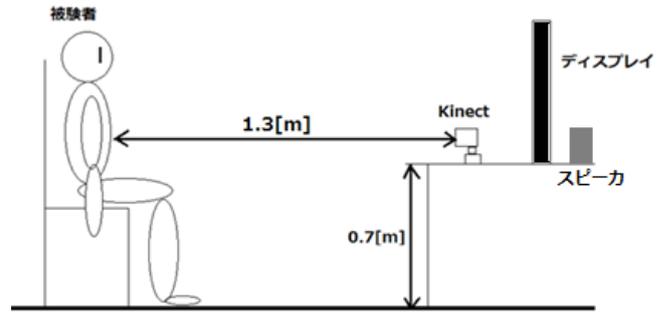


図 18 高齢者対象実験の環境

5.2.1 観察実験結果と考察

実験の結果、高齢者は言語聴覚士の指導がない場合でも体操を行う様子を観察した。このことから、本システムの指示によって言語聴覚士の指導がない場合でも体操が可能である可能性が示された。ただし、頬体操では深度情報をもとに体操開始前を基準として、10mm 以上頬が動くことで体操を検出するが、10mm という設定が若者向けが高かったため、体操が検出されずシステムからの反応がない場合があった。システムからの反応がない場合、体操方法が間違っているのではないかとシステム管理者に質問する被験者もいた。このため、システムは体操を検出できない場合でも体操者に反応を返す必要があると考えられる。一方で、体操の評価結果が「優」だった場合に、拍手や体操者を褒める他の被験者がいた。このことから、体操の評価はコミュニケーションのきっかけとなる可能性があり、体操者の体操の検出と評価は可能な限り行うのがよいと考える。

舌体操に注目すると、体操中には文字や音声案内によって舌を左前に出し、動かすことを指示したが、被験者は舌を動かさず左方向に大きく舌を突き出したまま静止させる場合があった。動かすことに気づいていた他の被験者から、「お皿を舐めるように舌を動かすんだよ」と声をかけられた体操者もいた。これは、体操手本画像が静止画であったため、舌を動かさなければいけないことが伝わらなかったことが原因だと考えられる。そのため、体操方法の提示は動画がよいと考えられる。一方で、舌を動かすことを理解している被験者もいたため、文字や音声による指示で体操を理解する被験者と手本画像をもとに体操を理解する被験者の双方がいると考えられる。

その他にシステムの動作では、パタカラ体操中に周囲の雑音によって体操検出が困難な場合があった。雑音とは、体操者から 2~3m 離れた位置に待機している被験者の話声や、薄い仕切りを隔てて隣の部屋で実施していた別の実験の音などである。

体操評価に関して、頬体操で「可」が出た場合、やっぱりという反応や「頬が全然膨らまない」という意見があった。その他、「こんなに頑張って膨らませたのに可？」などの意見もあった。また、パタカラ体操では、体操検出が困難であったため、体操評価が正常に動作していなかったが、

体操結果が「優」と示された場合、拍手や体操者をほめる他の被験者の様子が見られた。

聞き取り調査では本システムを用いて体操を行うことが容易であるという意見があった。これは、採用している体操に単純な動作が多いことや、映像、手本画像、文字や音声による案内が利用者の体操理解の手助けになった結果であることが考えられる。また、パタカラ体操でよい評価を出すことが難しく、何を基準にして体操を評価しているかという質問があった。これは雑音によってパタカラ体操の評価が正常に行われていないことが原因の1つだと考えられる。そのため、雑音の影響が少ない場所を選んだり、音声検出方法を改善によって、雑音の影響を少なくしたのちに再実験を行う必要がある。

6. まとめ

本研究では、利用者が言語聴覚士の指導がない場合でも効果的に体操が可能で嚥下体操支援システムを実装し、若者を対象に体操検出精度実験と有効性実験、高齢者を対象に観察実験と聞き取り調査を行った。支援機能として利用者自身のリアルタイム映像と体操手本画像や文字、音声によるガイドを提供し、利用者の体操を評価する機能を実装した。Kinectにより取得した骨格情報と深度情報、顔認識情報を用いて首体操、腕肩体操、頬体操、舌体操の検出と評価を行った。また、Praatを用いてフォルマント周波数を求めることで、舌位置の推測を行い、パタカラ体操の検出と評価を行った。

本システムを評価するため20代男性6名を対象に体操検出精度実験と有効性実験を行った。体操検出精度実験ではすべての体操で検出率70%以上であったが、Kinectの骨格誤認識や、深度情報の精度に起因する検出率の低下があった。また、有効性実験では本システムを利用することで簡易口腔機能検査の結果の向上があった。このことから、本システムの利用によって、口腔機能が向上する可能性があると考えられる。

高齢者を対象に行った観察実験と聞き取り調査では、本システムを利用することで言語聴覚士の指導がない場合でも、体操を行える可能性が示された。また、体操評価が被験者間のコミュニケーションを引き起こした。そのため、体操の検出と評価は可能な限り行うのがよいと考える。その他に、手本画像によって体操を理解する被験者と、音声や文字案内によって体操を理解する被験者の双方がいた。

今後の課題として、体操検出率の向上が挙げられる。一方で、体操が検出できない場合でも、システムから利用者への反応を返すことが必要である。また、有効性実験は期間が9日間と短く、対象も若者のみのため、実験期間を2週間から数か月に伸ばし、どの程度の口腔機能の向上があるかを若者と高齢者の双方について調査する必要がある。

参考文献

- 1) 内閣府: 高齢社会白書 平成26年版, 第1章 第1節, <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2014/zenbun/index.html>(参照2014-12-27).
- 2) 寺本信嗣: 誤嚥性肺炎: オーバービュー, 日本胸部臨床, Vol.68, No.9, pp.795-808(2009).
- 3) 武原格, 山本弘子, 高橋浩二, 弘中祥司, 勝又明敏, 二藤隆春, 小山珠美, 藤原百合, 藤島一郎: 訓練法のまとめ(2014年版), 日摂食嚥下リハ会誌, Vol.18, No.1, pp.55-89(2014).
- 4) 日本言語聴覚士協会: 言語聴覚士, 日本言語聴覚士協会, <https://www.jaslht.or.jp/work.html>(参照2015-01-08).
- 5) 大岡貴史, 拝野俊之, 弘中祥司, 向井美恵: 日常的に行う口腔機能訓練による高齢者の口腔機能向上への効果, 口腔衛生会誌, Vol.58, No.2, pp.88-94(2008).
- 6) 井上翼, 大須賀美恵子: 高齢者の嚥下障害予防を目的としたシリアスゲームの開発と評価, 人間工学, 第50巻 特別号, pp.166-167(2014).
- 7) Microsoft: Kinect, Microsoft, <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>(参照2014-07-31).
- 8) 日下和代, 麻生智子: 高齢者肺炎の予防について 一誤嚥性肺炎と口腔ケアの関連一, 千葉県立衛生短期大学紀要, Vol.25, No.2, pp.79-83(2007).
- 9) 三浦宏子, 荻安誠, 角保徳, 山崎きよ子: 虚弱高齢者における口唇閉鎖力と日常生活機能ならびに認知機能との関連性, 日老医師, Vol.45, No.5, pp.520-525(2008).
- 10) 森崎直子, 三浦宏子, 守屋信吾, 原修一: 在宅要介護高齢者の摂食・嚥下機能と健康関連 QOL との関連性, 日老医師, Vol.51, No.3, pp.259-263(2014).
- 11) 武藤昭紀, 窪川恵太, 海瀬聖仁, 三木学, 田口明, 増田祐次, 角保徳, 吉成伸夫: 高齢歯周病患者の口唇筋力強化による口腔環境改善効果の検討, 日本歯科保存学雑誌, Vol.57, No.2, pp.180-187(2014).
- 12) 滝沢彩美: くちびる体操とタングエクササイズによる高齢者の口腔機能と意識の変化, 東京歯科大学学術機関リポジトリ, http://ir.tdc.ac.jp/irucal/bitstream/10130/1130/1/59_24.pdf(参照2015-02-04).
- 13) 宮脇健三郎, 佐野睦夫, 光森洋美, 松井元子, 大谷貴美子, 米村俊一, 氏田亮, 大出道子, 廣畑史子: 食生活行動遠隔認知リハビリテーション支援システムに基づく高次脳機能障害者の自立に向けた介入, 電子情報通信学会論文誌(D), Vol.J97-D, No.1, pp.95-107(2014).
- 14) C. Chang, C. Chen, C. Chen, B. Lin: Kinect-based powered wheelchair control system, *ISMS*, pp.186-189(2013).
- 15) 北越大輔, 岡野卓矢, 鈴木雅人: コミュニケーションロボットとの対戦型ゲームにもとづく介護予防システムの提案, 電子情報通信学会論文誌(A), Vol.J97-A No.6, pp.406-410(2012).
- 16) 新田恒雄, 入部百合絵: 音声認識技術の発音学習への応用, *Journal of Multimedia Education Research* 2012, Vol.9, No.1, pp.S19-S28(2012).
- 17) Praat: Praat, <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>(参照2015-02-04)
- 18) 高柳篤史, 遠藤真美, 竹蓋道子, 西澤英三, 辰野隆, 杉原直樹, 野本たかと: 一般成人のRSST(反復唾液嚥下テスト)陽性率と自覚症状, *ヘルスサイエンス・ヘルスケア*, Vol.13, No.1, pp.31-36(2013).