

スカッチュ:口腔筋トレーニング支援を目的とする シリアスゲームの開発

正木 絢乃 柳 青 宮内 将斗 木村 堯 野嶋 琢也

Squachu: Development of the Serious Game for Helping Oral Muscle Training

Ayano MASAKI Qing LIU Masato MIYAUCHI Takashi KIMURA and Takuya NOJIMA

Abstract --- The oral muscle weakness gives a bad influence to the usual life activities such as swallowing and utterance. However, the conventional training methods in use to ease these problems are monotone and therefore result in the discontinuity of training. This research adds a new function - mouth shape recognition - to SITA (a Simple Interface for Tongue motion Acquisition) and uses it to develop “Squachu” application. Squachu is a sports game using player's mouth not only for seniors but also for everyone regardless of their gender and age. This paper performed the experiment that 4 seniors played Squachu for approximately 1 week. As a result, almost participant's evaluated values of RSST and oral diadochokinesis tends to improve. Also it appeared that participants had positive attitude towards playing Squachu. These results suggest that Squachu can be one of the training for helping oral muscle. This paper describes the system configuration and presents the evaluation results of Squachu training effects on seniors.

Keywords: Sports game, Serious game, Oral shape recognition, Dysphagia

1 はじめに

口腔は話す、食物を摂取するという生きることに直接関与する器官であり、人間らしさを表す代表的な器官として重要な役割を担っている[1]。それ以外にも、舌打ちや口をとがらせることによる感情表現、唾液分泌による消化と免疫への関与などの役割がある。その役割を果たすため、口輪筋・咀嚼筋・内舌筋・外舌筋・咽頭筋といった筋肉が使用されている。

しかし、これらの筋肉は、加齢、あるいはダウン症のような特定の疾患により、筋力が低下し、例えば摂食・嚥下機能低下や、構音障害等のさまざまな問題を引き起こす[2]。特に、嚥下機能の低下は、誤嚥性肺炎の原因のひとつとなり、注目されている。これは、日本人の死亡原因の3位である肺炎で死亡する人の75%が70歳以上であり、70歳以上の高齢者の肺炎の80.1%以上が誤嚥に関係しているといわれている[3]。ためである。

その対策としては、舌や口周りの筋力を鍛えることで口腔機能を維持・向上させることが求められる。そのような方法としては、Myofunctional Therapy (MFT) [4]、口腔体操[5] [6] など、舌や口のトレーニングセットがある。

介護福祉施設や、肢体不自由児(重度ダウン症児)の通う特別支援学校では、摂食・嚥下機能の改善や、咬み合いの矯正、構音障害の改善などのため、歯科医師をはじめとする専門職者の指導の下で、これらの舌や口のトレーニングが実際に利用されている。

しかしながら、介護施設に入居していない在宅高齢者などの場合、舌や口のトレーニングをする機会、動機に乏しくなりがちである。また、この種のトレーニングは、一般的には、専門職者による定期的な指導のみならず、日常的にトレーニングすることが理想的である。しかしトレーニング動作は、単調で退屈を感じることもあり、指導者不在の状態では継続が困難となることも多くある。また、トレーニングで小道具を使用する場合[7]、サポート時の衛生環境の維持が問題となりやすい。

著者らはこれまで、SITA (a Simple Interface for Tongue motion Acquisition)と呼ばれる非装着口腔外舌運動計測システムを開発し、それによるダウン症児童のための舌・口腔筋トレーニングゲームを開発してきた[8]。本研究では健常者を含めた幅広い年齢層の人を対象として、そのような人々が一人で、かつ衛生的な環境で継続的に舌や口のトレーニングを可能とする、口腔筋トレーニング支援シリアスゲーム開発を目指す。本論文では、まず SITA システムを拡張し、口腔体操中の複数の運動認識を可能とした。そしてそれにより開発され

た口腔筋トレーニング支援ゲーム、「スカッチュ」の詳細について報告する。また高齢者施設における評価実験にて、スカッチュのプレイによる口腔機能改善効果が示唆されたので、その詳細についても報告する。

2 関連研究

2.1 舌認識システムに関する研究

舌認識システムに関しては、身体に何らかの計測装置を装着するか否かで二つに分けることが出来る。そして従来研究のほとんどは装着型のシステムであり、非装着で舌認識可能なシステムは極めて少ない。

Huo らは、磁石を利用して連続的に舌運動検出を可能とするシステムを提案した[9]。Huo らのシステムでは、まず舌先に小型の磁石を装着する。ついで口の外、左右両側に磁力センサを配置している。この磁力センサの値から磁力の中心を推定し、舌先の位置としている。この手法では舌先の磁石の 3 次元位置座標を連続的に取得できるため、舌による入力操作の表現の幅は広いと言える。しかし、口腔内に小型の磁石を配置しているため、衛生面への悪影響、誤飲の危険性について無視することはできない。また Goel らは、口を閉じた状態で、口の内側から舌を頬におしつけたり、頬をふくらませたり、顎を動かすことにより変形した頬の形状を、センサーにより非接触に認識するシステムを開発した[10]。舌運動を含めた口周辺の形状を検出し、入出力として利用することが特長である。しかしながら認識可能な動作は 8 通りに限られてしまっている。加えて認識のために、ヘッドフォン型の装置を装着しなければならないという問題がある。これは衛生面や安全性の観点では問題とはならないが、毎日・手軽に利用するという点を念頭におくならば、身体装着する装置は少ないか、無いことが望ましい。

一方 Liu らは、コンピュータに接続された RGB カメラで撮影したリアルタイムのビデオストリームを用い、画像を処理することで、舌のジェスチャを認識するシステムを開発した[11]。この舌インタフェースは、カメラ画像を使った舌の認識手法であるため、デバイス装着型の認識手法使用時に問題になる衛生面での危険性や、機器を誤飲してしまうような危険もない。しかしながらこのシステムで実現できる舌の動きは、口を閉じたとき、舌を出さずに口を開いたとき、そして舌を上下左右に出したときの合計 6 通りまでに限られてしまっている。

2.2 口腔訓練法に関する研究

大岡らは、在宅高齢者が機能減退に伴う摂食・嚥下機能および構音機能の低下に対して、高齢者自身が行える、器具を用いない「口腔体操」を提案した[5]。特定高齢者を対象とする自宅にての 3 ヶ月間の訓練を実施した結果、口唇閉鎖力の増加・構音機能の改善・唾液

嚥下時間の短縮といった口腔機能改善効果が認められた。口腔体操は、簡単で効果が期待されるという優れた特長を有するものの、継続のための動機付けという観点では課題が残る。

3 認識システム

口腔外の舌運動の認識のために、著者らがこれまで開発してきた、SITA システムとよばれる非装着口腔外舌運動計測システムを使用した[8]。これは RGB/深度画像カメラを使用し、非接触・非装着で口腔外の舌運動を計測可能とするシステムである。システムのユーザは図 1 にあるように、ディスプレイの前に設置したセンサの前に着座し、舌を口腔外に突き出す。この突き出しおよび舌先の左右・上下運動をシステムが認識し、一切のデバイスを身体に装着することなく、ゲームの操作を行うというものである。このシステムでは「口腔体操」中の「舌の体操」動作の認識が十分可能であるが、「口の開閉」、「くちびるの体操」といった、口唇形状にまつわる動作認識機能は実装されていない。本章ではまず、従来の SITA システムに対して簡単な口腔形状認識を付与し、口腔体操中の複数の運動認識を可能とする改良を行った。

3.1 簡易型口腔形状認識機能

口腔体操中の口唇形状に関する運動セットの中から、口の周りの後輪筋筋肉を鍛えて口から食べ物がこぼれ落ちないようにする、/wu/と、/yi/を発音する時の口の形状と、あごの関節の動きをよくして嚥下力を強化し、咬筋筋肉を鍛える、口の開閉動作の二つを認識対象として選定した。口腔形状の認識で使用する唇の情報は、Facetracker[12] により得られる顔の特徴点から算出される。口唇形状認識に使用される変数定義を図 2 に示す。唇輪郭に外接する矩形の横幅を $mouthW$ とし、縦幅を $mouthH$ とする。また、縦横比率である $mouthH / mouthW$ を $mouthR$ とする。さらに、上唇と下唇の中心点の深度値の平均値を $mouthD$ とする。

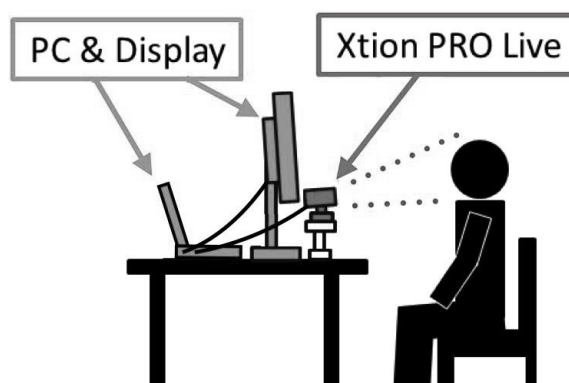


図1 ゲームプレイ環境[8]

Fig.1 Setup for playing the prototype game[8]

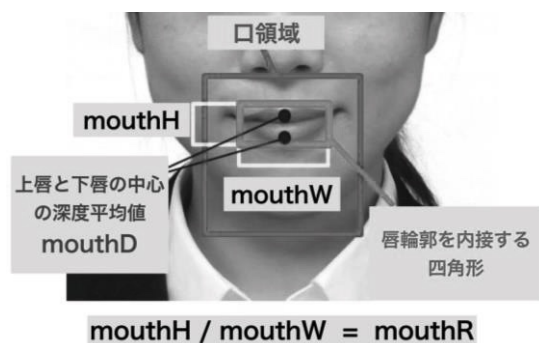


図2 簡易口唇形状認識用パラメータ

Fig.2 Parameter definition for the simplified mouth shape recognition

- /wu/形状認識

/wu/を発音時、口を前に尖らせるため、口の形状はまるくなり、唇は突出する。そのため、mouthRは無表情時より大きく、同時にmouthDが無表情時より小さくなる(高く突き出る)。このとき「/wu/形状をしている」とみなす。

- /yi/形状

/yi/を発音するときは、口角を横に引くため、口の形が細長くなる。そのため、mouthRが基準値より小さく、かつWは無表情時より大きくなる。このとき「/yi/形状をしている」とみなす。

- 口の開閉

上唇と下唇の距離が所定の基準値よりも大きく、かつmouthRとmouthWが無表情時より大きい場合、「口を開いている」とみなす。逆に上唇と下唇の距離が基準値未満の場合、「口を閉じている」とみなす。

3.2 口腔形状認識精度評価

提案した簡易型口腔形状認識手法の認識精度について評価実験を行った。評価する動作項目は、「開口」、「/wu/形状」、「/yi/形状」の3つの動作に加えて、舌を口腔外に出した時の舌尖位置の「左」、「右」を含む5つである。これらはスカッチュ操作上の基本動作として位置づけられている。実験参加者は、計7名(男性4名、女性3名)で、年齢は全員20代である。参加者は全員、自己申告により健常者であることが認められている。

実験開始時に、まず実験参加者の無表情時のデータを記録し、識別基準値を計算する。そしてランダムに評価対象動作を実験参加者に指示する。各動作を10回評価するまで繰り返す。それぞれの動作について、正しく認識されたかどうかを記録する。以上の手順により実験は実施された。開口、「/yi/形状」は正しく認識された回数が 10 ± 0 回となり、ほぼ問題なく認識可能であることが確認できた。「/wu/形状」については 8.9 ± 0.98 回となり、やや誤認識が目立つが、9割近い成功率を納めた。ゲームプレイならびに今後の評価実験に致命的な影響を与える恐れは少ないと判断される。舌の位置

認識については左方向が 8.7 ± 2.53 回、右方向が 8.7 ± 1.67 回となり、概ね良好ではあるものの、プレイヤー毎に認識成功率にばらつきが見られた。この結果を考慮して、第5章における実験では、舌の左右運動認識は使用せず、舌の口腔外突きだしを操作入力として採用した。なお、舌の左右運動認識の問題については、継続して原因調査が行われている。この調査の過程で、利用者に対する簡単なインストラクションが、舌運動認識性能の改善に効果を発揮することを確認した。これは本問題の本質的原因探求の手がかりであると同時に、本問題がゲームプレイに悪影響を及ぼす可能性を、最低限に抑えることに繋がることと期待される。

4 スカッチュの開発

4.1 スカッチュの概要

改良版のSITAの応用として、高齢者を含めた多様な人々が楽しめる口腔トレーニングゲームの開発を行う。このゲームは、スカッシュという球技を改良版のSITAで操作可能なゲームとしてアレンジしたものである。操作時の特徴的な口唇形状である/wu/形状からの連想で、このゲームは「スカッチュ」と命名された。なお本ゲームは世界ゆるスポーツ協会[13]の協力で開発・命名されたものである。スカッチュのメイン画面を図3に示す。画面中央にプレイヤーであるラケット、プレイヤーが打ち返すハート型のボール、右上にスコア、制限時間が表示される。プレイヤーが打球に成功した際は時間的に変化するハート型と「ブチュ」という文字のエフェクトがラケット周辺に表示される。制限時間は1分であり、1回ボールを打ち返すごとに10点が加算される。

スカッチュは舌・口腔運動認識部とゲームエンジン部の2つのプログラムから構成されている。舌・口腔運動認識部は第3章で紹介したシステムであり、これにより認識された口腔形状・舌尖位置情報は、UDP通信を利用して、ゲームエンジン部に送信される。ゲームエンジンはUnity[14]を用いて開発され、受信した操作入力に応じたゲームの操作、進行管理、ポイント管理を行っている。

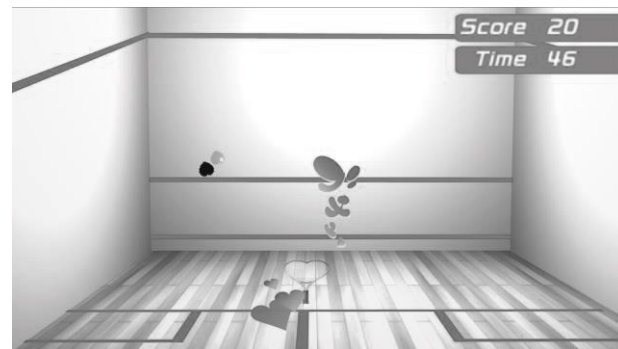


図3 スカッチュメイン画面

Fig.3 Squachu main scene

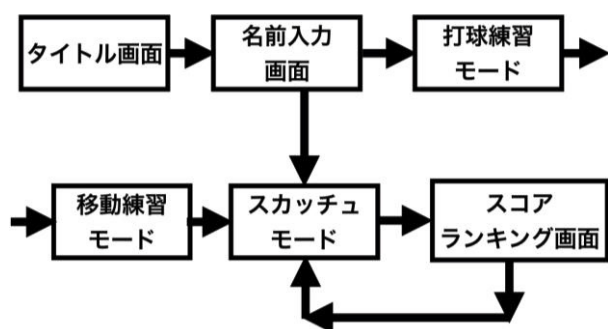


図4 スカッチュの流れ

Fig.4 Squachu flow

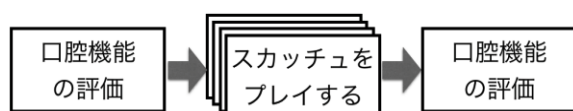


図5 トレーニング効果を評価する流れ

Fig.5 The flow of estimation of training effect

4.2 スカッチュのプレイ方法

スカッチュのプレイ方法について説明する。まず、実際のスカッシュを分析し、プレイに必要な動作を走る動作と打つ動作の2つにまで単純化した。スカッシュプレイヤーはまず、ボールを打つために、またはスカッシュコート内で優位なポジションに立つために走る。走ってボールに追いついたプレイヤーは自分の打ちたい方向に、ラケットをスイングする。スカッシュはこれらの動作の繰り返しによりプレイされる。

これらから、スカッチュの操作方法を次のように決定した。まずスカッシュの「走る」動作については、舌尖位置によってラケット移動方向を指定することとした。そして「打つ」という動作については、比較的素早く表情を作ることのできる「/wu/形状」を採用した。これはその見た目から、「キス顔」と呼称している。また、ボールを打ち返せなかった場合にリトライする操作に「/yi/形状」を採用した。これはいわば「笑顔」に相当する表情であり、トレーニング回数を増やすだけでなく、ともすれば無表情になりがちなプレイヤーに対して、笑顔を強制する副次的効果も狙っている。これらは、発声の必要はなく口腔形状を作るだけで操作できる。これらの操作によって、トレーニングとして、スポーツとして、ゲームとして、スカッチュが成立できると期待される。

4.3 スカッチュの流れ

流れを図4に示す。まず、タイトル画面から、ユーザ名登録画面に移行し、キャリブレーションを行う。次に、メインステージに移行する。メインステージは、プレイヤーがスカッチュをより楽しくプレイできるようにすること、口腔のトレーニング動きを増加するため、打球練習、移動練習、本番のスカッチュとモード分けする。プレイヤー

は練習モードで練習をするか、本番モードに進むか選択することができる。各モードは疲労も考慮し約1分のゲームとし、始める前に簡単なルール説明を行う。各練習モードが終了したら、今回の練習で得たスコアが表示され、リプレイするか次のモードに進むかが選択できる。最後に、本番のゲームが終了すると得たスコアがランキングとなって表示される。ここでスカッチュをリプレイするかどうかを選択できる。続いて主要なモードについて詳細に説明する。

4.3.1 打球練習モード

打球練習モードではタイミングよくキス顔をして打つだけで、得点していく。満点は230点である。ボールは壁に跳ね返りながら同じ軌道を自動的に動き続ける。ラケットは移動できない。

4.3.2 移動練習モード

移動練習モードでは、ボールを舌尖位置の移動によって追いかけるだけで、得点していく。満点は150点である。ボールは3種類の軌道をランダムに動き続ける。

4.3.3 スカッチュモード

スカッチュモードでは、移動と打球どちらも操作して得点する。満点は150点である。ボールの軌道は移動練習モードと同様であるが、移動後に打球操作もすることを構え、前回のボール軌道と隣接している軌道からランダムに選択される。

5 トレーニング効果評価

スカッチュのプレイの口腔機能を維持・向上への効果検証のため、老人福祉施設に入居している高齢者の協力を得てトレーニング効果を評価する実験を行った。実験参加者は4名の後期高齢者であり、うち3名は軽度の認知症を患っている。実験参加者には、1日1回、10~15分間のプレイを各自通算で1週間ほど(4~6日)の期間実施してもらった。実験は実験参加者の体調、その他個人的事情に十分配慮しつつ実施された。

5.1 評価実験手順

トレーニング効果については、図5のように、トレーニングを導入する前と、トレーニング終了した後の口腔機能の評価を行い、差分を見ることで評価を行う。なお、操作内容については、実験参加者が高齢者であることを考え、打球練習モードのみとし、ボールの速度を下げ満点を110点とした。打球は/wu/を発音する口動作か、舌を口腔外に露出する舌動作で打球操作できるようにした。これは、口腔外に舌を露出する動作がトレーニングにおいて効果が見込まれる動作であったにもかかわらず、参加者全員がスカッチュ本来の操作方法である舌尖でのラケット移動が困難であったためである。それゆえ、ラケットを動かさない打球練習モードにおいても

舌を露出する動作を取り入れた。打球失敗時のリトライ動作は本来のスカッチュのまま/yi/発音とした。具体的な実験手順は以下の通りである。

1. 実験開始時に実験者が実験の目的、内容、評価方法について説明を行い、参加者の同意を得る。実験の説明を含めて、本実験は常に施設責任者の立ち会いの下で実験を実施する。
2. 実験前に、実験者が参加者の口腔機能について評価を行う。口腔機能評価については次の節で詳しく説明する。
3. 実験者が参加者にゲームの操作方法について口頭で説明する(ゲームのプレイ時間は同一で、1分である)。
4. 実験者が参加者の名前(ニックネーム)をゲームに入力する。
5. 実験者が参加者のコンディションに合わせて操作方法を選択した後、参加者はゲームをプレイする。
6. 参加者はゲーム終了後、スコアランキング画面を確認する。
7. 5~6を実験参加者の意志や疲労度により、任意回繰り返す。一日10~15分トレーニングする。
8. 実験者が、ゲーム内で自動的に記録された参加者のゲームプレイ回数とスコアを確認する。
9. 3~8を1日1回、約1週間行う。
10. 実験者が実験参加者の口腔機能について2と同様に評価を行う。

5.2 口腔筋機能評価方法

口腔筋機能を評価するために、嚥下機能を測定する方法の1つである反復唾液嚥下テスト(RSST: the Repetitive Saliva Swallowing Test) [15] と、発話明瞭度などを検査する時に使用される音節交互反復運動[16]を用いた。4-6日の実験期間で十分な評価結果が得られ、かつ特別な器具を使わない評価方法としてこの2つを採用した。

5.2.1 RSST 法

嚥下は外から観察困難な運動であるため、嚥下障害評価には嚥下ビデオレントゲン造影法が使用されることが多い。しかしこのような方法は、設備や被験者の安全管理の観点から、容易に使用しづらい。そのため本実験では、より安全で簡単に嚥下障害のスクリーニングが可能である反復唾液嚥下テスト法(RSST)を用いることとした。RSSTは一定時間内に唾液を飲み込む回数から機能を評価するものであり、自身の唾液を飲み込むため、他のスクリーニング方法に比べて極めて安全性の高い評価方法である。RSSTは以下の手順で実施される。

1. 実験参加者を椅子に座らせ、30秒間のあいだで可能な限り繰り返して唾液を飲み込むように

指示する。

2. 検査者が実験参加者の喉頭隆起と舌骨相当部に指を当てる。
3. 30秒間時間を計り、舌骨の挙上が明確に認められた嚥下回数を測定する。

なお、嚥下回数が3回未満の場合は、嚥下機能の低下が疑われる。また、嚥下開始指示の後、最初の嚥下が発生するまでの時間についても評価する。

5.2.2 音節交互反復運動評価法

音節交互反復運動評価法は、単語および会話のいづれの明瞭度レベルを評価する評価方法として有意であるとされているため、本実験でもちいて発話明瞭度について評価を行う。音節交互反復運動評価は以下の手順にて実施される。

- 1 実験参加者に一息で可能な限り速く、提示する音節を交互反復することを指示する。
- 2 5秒間の間に、指定の音節を可能な限り多数回連続発音してもらい。発音した回数を記録する。
- 3 30秒間休憩をする。
- 4 手順2-3を用意した音節数分だけ繰り返す。

本実験では発音してもらい音節として「/pa/」、「/ta/」、および「/ka/」の3つを用意した。

5.3 結果

RSSTによる評価結果を表1に、関連する初回嚥下所要時間結果を表2に示す。また音節交互反復運動の評価結果を図6~図8にそれぞれ示す。

表1 RSST 嚥下回数(単位:回)

Table 1 RSST number of swallowings

実験参加者	事前	事後
A	2	3
B	2	3
C	3	3
D	2	3

表2 RSST 初回嚥下所要時間(単位:秒)

Table 2 RSST time of the first swallowing

実験参加者	事前	事後
A	---	14
B	11	7
C	8	6
D	12	6

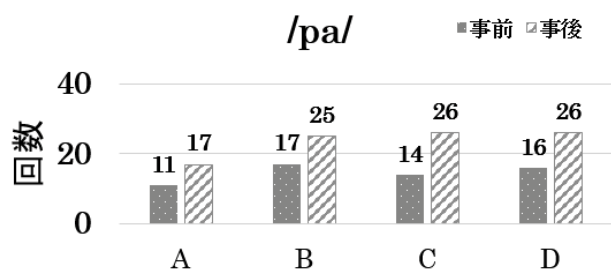


図6 音節交互反復運動評価結果の/pa/音節
Fig.6 The result of oral diadochokinesis /pa/

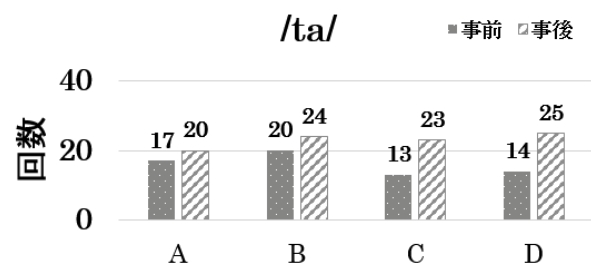


図7 音節交互反復運動評価結果の/ta/音節
Fig.7 The result of oral diadochokinesis /ta/

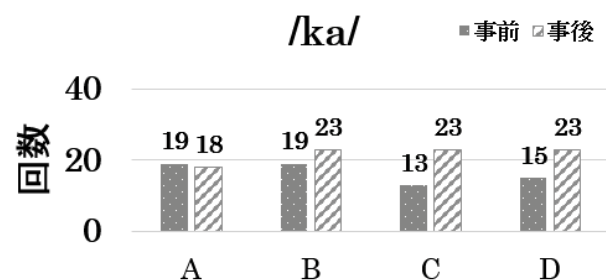


図8 音節交互反復運動評価結果の/ka/音節
Fig.8 The result of oral diadochokinesis /ka/

各実験参加者のプレイの様子は以下の通りである。

- 実験参加者 A (85 歳, 女性, 認知症)
A は認知症で記憶力が低下して毎回操作方法について説明をする必要があった。しかし, 実験には積極的に参加し, 毎回プレイ時間が長かった。また, 次にプレイする実験参加者には, 操作方法を説明したり, コツを教えてあげたりした。3 日目からは, A より高いスコアをランキング画面で見ると, 何回もプレイして点数を超えようとした。ゲームのスコアは, 口操作モードでは 5 日目には満点を取ることができた。実験参加者の中で, 口操作モードプレイ時に口を/wu/形状にする度に「うー」と発声した唯一の人である。
- 実験参加者 B (87 歳, 女性, 認知症)
B は認知症のため, 毎回プレイする前に操作方法を説明する必要があった。ゲームスコアは, 口操作モードでは 40 点から最終日には 90 点をとることができ

た。舌操作モードでは B は口形状を形作るよりも舌を口腔外に露出する方が容易に行えていたため, 初日から満点の 110 点を取った。

- 5 実験参加者 C (86 歳, 女性, 認知症)
C は認知症で最終日までスカッチュを前回プレイしたことを思い出すことができなかった。しかし, 性格が明るくて前向きであり, 毎回積極的にプレイした。ゲームの操作方法を理解して得点ができると, 「面白い」と何回も言った。ゲームスコアは, 口操作モードでは初日から満点 110 点を取ることができた。舌操作モードでは, 舌操作で苦勞をし, 最高点が 50 点でとどまっていた。

- 6 実験参加者 D (87 歳, 女性)
D は, 自分の意思をはっきり表現することができる性格で, ゲームに対する意見やアドバイスを聞くことができた。ゲームスコアは, 口操作モードは最高点が 70 点, 舌操作モードの最高点が 100 点である。
なお全員に共通する傾向として, 実験最終日に近くなると, ゲーム終了後, 表示されたランキング画面を見て, 誰が高い点数を取れたか, またその理由などについて参加者同士で討論する様子を見ることができた。

5.4 考察

まず, 音節交互反復運動の結果について見てみる。実験参加者は概ね 5 秒間に 20-30 回ほど発声できており, かつ A の/ka/発音回数以外は全て, スカッチュのプレイ後に発声回数が増加していることがわかる。健常な成人における音節交互反復運動回数は, 5 秒間で「/pa/」は 31.5 回(6.3 回/秒), 「/ta/」は 31 回(6.2 回/秒), 「/ka/」は 29 回(5.8 回/秒)とされており[17], 実験開始前はこの値と比較して著しく低い結果となっている。実験終了後においても健常な成人と同程度とまでは言えないが, 改善傾向がうかがわれる。/pa/は両唇の破裂音であるため, スカッチュの口操作モードによる訓練効果があったと考えられる。/ta/と/ka/については, 舌や喉を動かす発音のため, 舌操作モードによって舌の筋力や舌を支える喉もとの筋肉に対して訓練効果があったと考えられる。

つづいてトレーニングの事前事後の RSST の結果について考察する。嚙下回数について, 嚙下障害が疑われる 2 回から正常値とされる 3 回へと改善が見られた(表 1)。また同時に計測された初回嚙下までの時間(表 2)を見ると, B~D についてはいずれも短縮されている。これらの結果は, 幅としては大きくはないが, 口腔機能の改善を示唆するものであると考えられる。なお A の嚙下所要時間(事前)については, 計測の不備からデータが存在しないため, 参考として事後のデータのみ掲載している。まとめると, 本実験結果は口腔機能の改善をうかがわせるものであり, ひいてはスカッチュのプレイが口腔

機能の改善に貢献しうる可能性を示唆するものであると考えられる。ただし本結果はあくまで改善傾向を示唆するものにとどまっており、今後より詳細な検証実験が求められる。

続いて発音の有無の実験結果への影響について考察する。A については、/wu/と発音しながらスカッチュをプレイしていた。これは実験の際に、参加者が慣れるまで実験者が参加者とともに発音しながら操作を教えた影響と考えられる。ただしRSSTや音節交互反復運動での評価の上では、唾液嚥下は発音に関与せず、更に音節交互反復運動でも/wu/と異なるため、/wu/の発音の有無に有意な影響はない。

本実験のスカッチュのプレイは1日1回、かつ1週間程度の実施期間であった。本来の口腔体操が1日3回を想定していることを考慮するならば、短期間・少数回の実施であると言える。しかしながらRSSTならびに音節交互反復運動など全ての結果が、口腔機能改善効果を伺わせるものとなっており、スカッチュのプレイは、軽度認知症などの高齢者にも使用可能で、口腔機能のトレーニング支援方法の1つとして活用できる可能性が示唆された。

また、実験参加者の実験中の様子から、口腔機能維持・改善とは別の効果の存在を読み取ることが出来る。実験参加者4名の中、3名が認知症であるため、毎回スカッチュをプレイする前に操作方法について説明する必要があった。しかし全員、高齢者に対する舌や口の筋力トレーニングの必要性を説明すると、納得してゲームをプレイしていた。各実験参加者が初めてスカッチュをプレイする時は、ボールを打ち返すタイミングを実験者側が指示しプレイをサポートする必要があった。しかし何回もプレイ回数を重ねると、実験参加者は全員、タイミングを指示しなくてもゲーム内容を理解しプレイすることができるようになっていた。

また、各実験参加者のプレイ中の発言や、何回もプレイをして点数を超えようとしたといった行動からは、得点できなかったときの「惜しい」という気持ち、他のプレイヤーに勝ちたいという意志が読み取れた。これはゲームスコアがプレイへの動機付けに貢献していたことを意味するものと考えられる。また、プレイ方法や戦略について、参加者同士で討論するなど、参加者同士のコミュニケーションの活発化といった好影響も観察された。このような行動は、スカッチュというゲームが、デザインやコンテンツ、操作方法ふくめて、参加者にとって受け入れられたことを示すものと考えられる。一方で参加者同士のコミュニケーションは、実験参加者毎のプレイ回数・プレイ時間の偏りという状況の発生に繋がっている。そのため、本実験結果について参加者間での比較は困難であり、参加者毎の傾向観察にとどめる必要があることを付記する。

これらの様子から、スカッチュは操作が簡単であり、高齢者であってもプレイできること、ゲームスコアを通じた対戦の要素が高齢者のモチベーションを刺激していることが考えられる。この2点は高齢化社会においてより高齢者自身が楽しみ、モチベーションも維持できるトレーニングを設計する上で重要な要素となっていると考察できる。

6 おわりに

本研究では、これまで開発した舌運動計測システムSITAに口腔形状認識機能を付与し、それによる舌や口の筋力トレーニングを目的とするシリアスゲーム、スカッチュを作成した。スカッチュの作成にあたっては、口腔運動トレーニングへの効果を期待して、ゲームプレイのための操作入力動作を「口腔体操」の中から採用した。本研究の実験では、統計的な有意差を検証するにまでは至らなかったが、RSST、初回嚥下までの所要時間、音節交互反復運動実験の結果は、概ねスカッチュのプレイが口腔機能向上に貢献しうることを示すものとなっていた。また、実験参加者同士でプレイ戦略を議論するなど、ゲームプレイに対する積極性を観察することが出来たことから、トレーニングの継続に関してもポジティブな効果が期待される。

今後はより精密な検証実験の実施、他のトレーニング手法との比較を通じて、スカッチュプレイによる口腔機能改善効果についてさらなる詳細な評価を行う。また、スカッチュによる実験参加者同士のコミュニケーション促進に関して、高齢者の行動変化やゲームプレイへのモチベーションなど、総合的観点から評価を実施する。そのうえで各プレイヤーの口腔機能状態にあわせたレベル設定、操作入力をデザインし、継続的かつ自発的にプレイ可能で、かつより高い口腔機能改善を可能とするシステム開発を目指す。

また、本ゲームは、口腔運動トレーニングのためのみならず、健常者を含めたより多くの人が楽しんでプレイできることを念頭にデザインされている。そこで今後は遠隔対戦機能を実装し、高齢者の方と孫など、離れた家族間、恋人同士でも楽しんでプレイできるような環境の整備にも着手する。また口腔運動トレーニングの促進という観点から見た場合、スカッチュをモチーフとする必然性は低く、多様な形で、「楽しみながら口腔運動トレーニングを可能とするゲーム」の開発が可能と考えられる。今後はこの点についても開発をすすめていく予定である。

謝辞

本研究は世界ゆるスポーツ協会、ならびに明海大学大岡貴史准教授の協力の下実施された。また、高齢者施設における実験は電気通信大学倫理委員会の承認

を得て行われた(管理番号:15007号).

[著者紹介]

参考文献

- [1] 日本歯科医師会:EBM に基づいた口腔ケアのために, 必読文献集, 医歯薬出版, 第1版, 2002年
- [2] 新庄文明, 福田英輝:介護予防における口腔機能向上の意義. 公衆衛生 69:705-708, 2005.
- [3] 山脇正永, M Ymawaki:誤嚥性肺炎の疫学, 総合リハビリテーション, 2009
- [4] Profitt, W.R. Mason, R.M.: Myofunctional therapy for tongue-thrusting: background and recommendations; The Journal of the American Dental Association, Vol. 90, No.2, pp. 403-411, 1975
- [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, J Dent Hlth 58: 88-94, (2008)
- [6] 居林晴久, 矢野純子, Pham Truong Minh ほか:高齢者の口腔清掃指導および口腔体操実施による口腔機能状態の変化, 産業医大誌, 28:411-420, 2006.
- [7] Robbins J, Gangnon RE, Theis SM, et al: The effects of lingual exercise on swallowing in older adults. J Am Geriatr Soc, 53: 1483-1489, 2005.
- [8] 柳 青, 宮内将斗, 木村 堯, 野嶋琢也: SITA:非装着型舌運動計測システムの開発;日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21, No.2, 2016. (掲載予定)
- [9] Xueliang Huo, Wang, Jia, Ghovanloo, M., "A Magneto-Inductive Sensor Based Wireless Tongue-Computer Interface," Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on, vol.16, no.5, pp. 497-504, 2008.
- [10] Mayank, G, Chen, Z, Ruth, V. and Shwetak, N., P., Tongue-in-Cheek: Using Wireless Signals to Enable non-intrusive and Flexible Facial Gestures Detection, Proceedings of the 33rd Annual ACM CHI, 255-258, 2015.
- [11] Liu, L., Niu, S., Ren, J. and Zhang, J. Tongible: a non-contact tongue-based interaction technique. In Proc. ASSETS 2012, 233-234
- [12] Saragih, J., Lucey, S. and Cohn, J. Deformable Model Fitting by Regularized Landmark Mean-Shift, International Journal of Computer Vision 91, 200-215, 2, 2011.
- [13] 世界ゆるスポーツ協会: <http://yurusports.com/>
- [14] Unity Technologies, Unity-Game Engine <http://unity3d.com/>, [accessed 2015/12/2]
- [15] 才藤栄一:摂食機能減退の診断法の開発. 平成 8 年度厚生省・健康政策調査研究事業分担研究報告書(主任研究者:金子芳洋)個人の摂食能力に応じた味わいのある食事内容・指導等に関する研究, 37-58,1997.
- [16] 西尾正輝, 新美成二: Dysarthria における音節の交互反復運動. 音声言語医学 43:9-20, 2002.
- [17] Kent RD, Kent JF, Rosenbek JC: Maximum performance tests of speech production. J Speech Hear Disord 52: 367-387, 1987.

(2015年12月3日受付)

正木 絢乃 (学生会員)



2015年山口大学工学部知能情報工学科卒業. 2015年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程. エンタテインメントおよびヒューマンインタフェースに関する研究に従事.

柳 青 (学生会員)



2015年電気通信大学大学院情報システム学研究科修士課程修了. エンタテインメントおよびヒューマンインタフェースに関する研究に従事.

宮内 将斗



2014年電気通信大学大学院情報システム学研究科修士課程修了. エンタテインメントおよびヒューマンインタフェースに関する研究に従事.

木村 堯 (学生会員)



2013年電気通信大学大学院情報システム学研究科修士課程修了. エンタテインメントおよびヒューマンインタフェースに関する研究に従事.

野嶋 琢也 (正会員)



2003年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了. 博士(工学). 同年航空宇宙技術研究所入所. 宇宙航空研究開発機構を経て, 2008年12月電気通信大学大学院情報システム学研究科准教授. 超人スポーツ協会理事. 触覚インタラクション, 超人スポーツ/オーグメンテッドスポーツ, エンタテインメントの研究に従事. バーチャルリアリティ学会, ヒューマンインタフェース学会, ロボット学会, 情報処理学会, IEEE, ACM 会員. 博士(工学).