



スカッチュ : SITA システムを利用した スポーツゲームの開発

柳 青, 正木 絢乃, 宮内 将斗, 野嶋 琢也

電気通信大学大学院 情報システム学研究所

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, { ryusei, ayanomasaki, m_miyauchi }@vogue.is.uec.ac.jp, tnojima@nojilab.org)

概要 : 高齢化等による口腔筋力の低下は、嚥下や発話など、日常生活上の基本的な活動に大きな影響を与える。そのような問題を抑制するための口腔筋のトレーニングも提案されているが、その多くは単調であり、継続性に問題がある。この問題に対して本研究では、これまで開発してきた SITA (非装着口腔外舌運動計測システム) に口腔形状認識機能を付与し、口で操作するスポーツゲーム、スカッチュを開発した。本発表ではシステムの概要と、ユーザ評価の結果について報告する。

キーワード : スポーツゲーム, 口腔形状認識, 嚥下障害

1. はじめに

口腔機能は、摂食・嚥下や発話といった日常生活をおくるうえで必要不可欠な活動に深く関わっている。この機能の低下は、例えば摂食・嚥下機能低下や、それによる誤嚥性肺炎・誤嚥性気管支炎、構音障害等の様々な問題の要因となる。しかしながら老化現象や、あるいはダウン症のような特定の疾患では舌の運動機能が低下し、これらの問題が発生しやすいことが知られている。その対策としては、舌や口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、口腔筋機能療法(Myofunctional Therapy : MFT)[1] や「口腔体操」[2] など、舌や口などのトレーニングセットがある。しかしこの種のトレーニング動作は一般に単調で退屈なものであり、継続には多大な努力を要する。また、例えば特にダウン症のような疾患を有する患者を対象とする場合には、トレーニングをサポートする人が必要であり、人手の確保やサポート時の衛生環境の維持といった点が問題となりやすい。そのため、高齢者、あるいはダウン症のような疾患を有する患者が、一人で、かつ衛生的な環境で舌や口のトレーニングを継続的に実施できるような支援システムの開発が重要であると考えられる。

本研究ではそのアプローチとして、これまで SITA (a Simple Interface for Tongue motion Acquisition) [3] と呼ばれる非装着口腔外舌運動計測システムを開発してきた。従来は口腔外の舌運動を操作インタフェースとした、ダウン症児童のための口腔トレーニングゲームを開発してきた[4]。本発表では、健常者を含めたより多くの人が口腔運動のト

レーニングを楽しみながら実施できることを念頭に、改良版の SITA をもちいたスポーツゲームを開発した。SITA の改良に当たっては、まず SITA に口腔形状認識機能を付与し、「口腔体操」にあるいくつかの動作の認識を可能にしている。そのうえでこれらの機能を応用したスポーツゲーム、「スカッチュ」を開発した。本発表では、SITA に付与した口腔形状認識機能の概要と認識率の評価結果、スカッチュの概要とユーザ評価の結果について報告する。

2. 口腔形状認識システム

SITA は、RGB 画像と深度画像を利用することで、一切のデバイスを身体に装着することなく、口腔外における舌先の動きを計測することができる。この特徴により SITA は「口腔体操」にある、「舌の体操」動作の認識が可能となっている。しかしながら口腔形状運動、具体的には「口の開閉」、「くちびるの体操」の動作認識はできない。それゆえ本研究では、「口腔体操」中のより多い動作を検出できるように、SITA に付与する、口腔形状を認識する手法を提案する。

本章では、追加した認識手法について説明する。また、認識率を評価する実験を行ったのでその結果を報告する。

2.1 口腔形状認識手法

追加した認識形状には、口の周りの筋肉を鍛えて口から食べ物がか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する、口の開閉形状がある。口腔形状の認識で使用する唇の情報は、センサから得られる RGB 画像を SITA が使用した Saragih[5]らによる Facetracker によって認識された

顔の特徴点の位置情報から算出する。使用する情報は図1にあるように、唇輪郭を内接する四角形の横: $mouthW$, 唇輪郭を内接する四角形の縦横比率 H/W : $mouthR$, 口領域の平均深度値から突き出している上唇と下唇の中心点の深度値の平均値: $mouthD$ である。認識はまず、無表情時の、 $mouthW$, $mouthR$, $mouthD$ を、100フレーム(約4秒間)記録して平均値を計算し、識別の基準値とする。そして、フレーム毎の唇情報と基準値を比較することで形状を認識する。/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、 $mouthR$ が基準値より大きいと同時に $mouthD$ が基準値より大きい場合に「/wu/を発音する動作をしている」とみなすこととした。/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、 $mouthR$ が基準値より小さいと同時に $mouthW$ は基準値より大きい場合「/yi/を発音する動作をしている」とみなすこととした。そして、上唇と下唇の距離が一定値をこえ、 $mouthR$ と $mouthW$ が各基準値より大きい場合、「口を開く動作をしている」とみなすこととした。

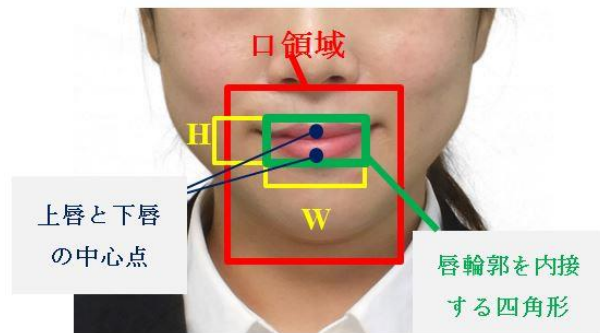


図1：認識に使用する情報

2.2 認識精度評価

提案した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。評価する項目は、「開口」、「/wu/形状」、「/yi/形状」と舌を口腔外に出した時の舌尖位置の「左」、「右」判定を含む5項目であり、後程説明するスカッチュを操作するとき使用する動作である。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。

実験は、以下の流れで行う。

- ① 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。
- ② 評価を行う項目中、認識が10回行われていない項目から、ランダムで一つの項目を抽出する。
- ③ 実験参加者に抽出された項目の動作をするように指示する。
- ④ 認識が正しく認識されたかどうかを記録する。
- ⑤ ②~④を全項目の認識回数が10回になるまで繰り返す。

実験結果を表1に示す。

2.3 考察

表1の結果から、全体的に87%以上の精度で認識されていることがわかった。「スカッチュ」のためのインタフェースとして考えた場合、十分な精度で口腔の形状を認識していると考えられる。しかし、使用するセンサが光の影響を受けやすいため、口腔形状認識にも影響を及ぼす。今後は、認識に最適な光環境条件を明らかにする必要があると考えられる。

表1：認識率の評価結果(単位:%)

	開口	/wu/	/yi/	左	右
A	100	100	100	80	80
B	100	80	100	50	70
C	100	80	100	90	80
D	100	80	100	100	100
E	100	100	100	90	70
F	100	100	100	90	100
G	100	80	100	100	100
平均	100	89	100	87	87

3. スカッチュの概要

3.1 スカッチュの目的

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、スカッチュという球技を、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/の形状からの連想で、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との協力で開発・命名されたものである。スカッチュのメイン画面を図2に示す。

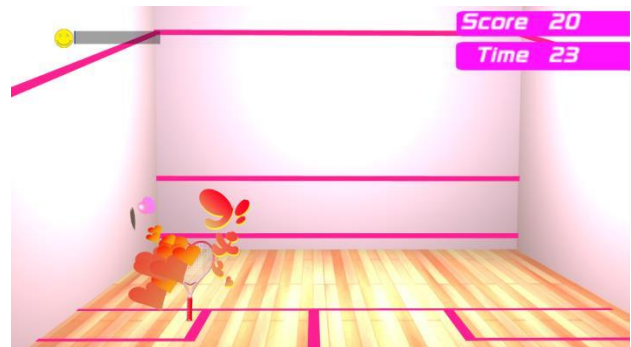


図2：スカッチュのメインステージ画面

3.2 システム構成

スカッチュの実装部分の概要について述べる。スカッチュは物理演算ゲームエンジンUnity[6]を開発環境としている。SITA、Unity、プレイヤーの関係を図3に示す。SITAで得た認識情報を毎フレームUDP通信で送り、Unityで受信しながらゲームを変化させ、表示する。

3.3 スカッチュの操作

スカッチュの操作方法について説明する。まず、実際

のスカッシュを分析し、そのプレイに必要なとされる動作を大きく2つに分類した。2つの動作の関係を図4に示す。1つ目は、走る動作である。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。2つ目は、打つ動作である。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、打ちたい速度（パワー）でラケットをスイングする。スカッシュはこの2つの動作の繰り返しでプレイされる。

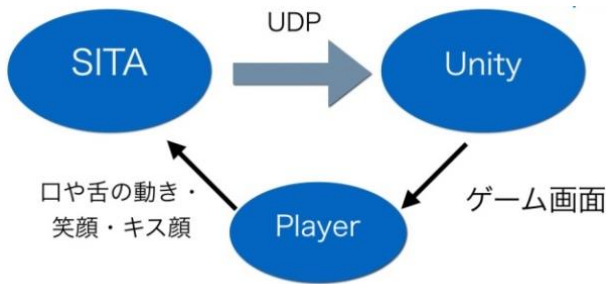


図3：スカッシュのシステム構成



図4：スカッシュの基本動作

これらから、スカッシュの操作方法を次に述べるように決定した。まずスカッシュの「走る」動作については、「舌先の位置」で移動先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、打ち返しの強さとタイミングという2つのパラメータの実現を検討した。打ち返しの強さ、つまり「パワーをためる」という操作入力については、「/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、と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。打ち返しのタイミングについては、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。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、スカッシュが成立できると期待される。

3.4 スカッシュの流れ

スカッシュのゲームとしての流れを説明する。流れを図5に示す。まず、タイトル画面から、ユーザ登録およびプレイヤーの唇の大きさを測定する。これは、笑顔やキス顔を判定するときに個人差のある唇の横幅や縦幅を取得しているためである。次に、スカッシュのメインステージに移行する。メインステージは、プレイヤー自身の上達を促すために、Easy, Normal, Hard とレベル分けする。各レベルは疲労も考慮し約30秒のゲームとして、

間には休憩を挟む。メインステージが一通り終了したら、最後にゲームで得たスコアがランキングとなって表示される。ここでスカッシュをリプレイするかどうかを選択できる。

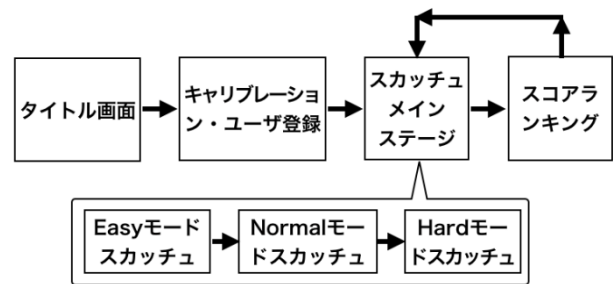


図5：スカッシュの流れ

3.5 スカッシュのルール

スカッシュは、スカッシュを1人で練習するときの方法を参考とし、1人専用のゲームとしている。スカッシュは制限時間以内にスコアを得点するゲームであり、レベルごとにルールが少し異なる。

・Easyモード

壁に跳ね返りながら同じ軌道を自動的に動き続けるボールがラケット（プレイヤー）に近づいたときにタイミングよくキス顔をして打つことで、得点していく。ラケットは移動できない。打球に成功した際は、成功エフェクトを加える。

・Normalモード

Normalでは3種類の軌道をボールが動き続ける。舌先の位置を動かすことによってラケットの左右移動を行える。3種類の軌道は、プレイヤーがためたパワーの大きさによって段階的に切り替わる。パワーがたまればたまるほど成功したときの得点は高得点になる。

・Hardモード

ボールは決まった動きをせず、物理的な自由な動きをし、プレイヤーも好きな方向に動くことができる。スカッシュのルールにしたがって、床に2バウンドする前に前方の壁にボールを跳ね返すことができると得点とする。

3.6 ゲームオブジェクトごとの設計

スカッシュのメインステージにおける各ゲームオブジェクトについて説明する。各オブジェクトの配置図を図6に示す。

・ラケット（プレイヤー）

キス顔をすることで、0.3秒間のみ打球フラグが立ち、ラケットがスイングするモーションを再生する。Normalモードでは、ラケットを舌先の位置によって左右に動かすことができる。画面を半分に分割し、舌先の位置が左側であれば左方向へ、右側にあれば右方向へラケットを一定速度で MovePosition 関数を用いて動かす。Hardモードでは、キーボードを用いて左右方向と奥行き方向に自由に動か

することができる。

・スカッチュボール

animation コンポーネントによって一定の軌道をループするようなアニメーションをボールにつける。ボールがラケットに当たると、ボールは0.5秒ほど停止するが、この間にラケットの打球フラグが立っていれば、打球成功として **Particle** エフェクトを出し、得点が増算され、アニメーションが実行される。逆に、1秒以内に打球フラグが立たなければアニメーションが中断され、失敗となる。Easyモードではアニメーションの種類は1種類、Normalモードでは3種類、HardモードではUnityの物理演算機能によって重力にしたがった物理法則によってコート内を自在に動きまわる。

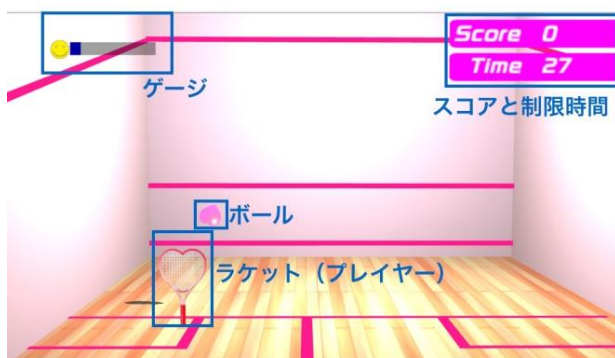


図6：ゲームオブジェクトの配置

・ゲージ

毎フレーム持続して笑顔になることでスマイルゲージの値は増算されていき、そうでなければ毎フレーム少しずつ減っていく。Normalモードでは、ゲージの値に応じてボールのアニメーションが変化し、打球できる場所が変化する。スマイルゲージの値が大きいと高い得点となる。

3.7 ユーザ評価

研究室公開の際に、23名（女性：4名、男性：19名）のユーザにスカッチュのEasyモードとNormalモードを体験してもらった。この時のコメントをいくつか以下に記す。

- 高度な操作が要求されないEasyモードでも、ラリーが持続したときに達成感が得られた。
- 笑顔やキス顔を繰り返すうちに、口周辺の筋肉の疲労を感じた。
- コート手前から奥方向へのカメラワークのため、ボールがコートのどこにあるのか把握しづらい。
- SITAの認識ミスから思うように操作がいかないとゲーム自体が成立せず、ストレスを強く感じる。

3.8 考察

スカッチュがモデルとしているスカッチュは、2人で対戦するスポーツである。それに対してスカッチュは、現在

1人専用のゲームとして構成されている。将来的にはオンライン・オフラインを問わず、2人での対戦を可能とし、実際のスカッチュのイメージに近づけることが必要になると考えられる。

スカッチュは口腔筋肉への負荷が比較的高いゲームである。そこで「舌休め」として、試合と試合の間に口腔筋の緊張をほぐすようなミニゲームを挟むことを検討している。

4. おわりに

本論文では、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スポーツゲーム、スカッチュを作成した。現在の課題は、SITAの認識精度を向上すること、前章で述べたスカッチュの課題を解決することである。また、実際に幅広い年齢層の人にシステムを使用してもらい、フィードバックを得て改良を加える。今後の課題としては、提案システムによる口腔機能のトレーニング効果の評価であり、加齢とともに嚥下障害や構音困難などの悩みを抱えている高齢者を対象とする長期的なユーザ評価を行う予定である。

謝辞

本研究にあたり、ご協力いただきました 世界ゆるスポーツ協会 のみなさまに、この場をお借りし、心より深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Proffit, 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)
- [2] 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)
- [3] 木村 堯, 野嶋 琢也: SITA: 深度情報を利用した舌運動検出手法; 情報処理学会インタラクション 2012 予稿集, 641-646(2012.3)
- [4] Masato Miyauchi, Takashi Kimura, Takuya Nojima, "A Tongue Training System for Children with Down Syndrome", Procs of the 26th UIST, pp.373-376, 2013.
- [5] Saragih, J., Lucey, S. and Cohn, J. Deformable Model Fitting by Regularized Landmark Mean-Shift, International Journal of Computer Vision 91, 2 (2011), 200-215.
- [6] Unity Technologies, Unity-Game Engine <http://unity3d.com/>, 2015