

ゲームを取り入れた協調的な訓練を可能にするチューブ発声支援システム*

☆村井武人（甲南大院），北村達也（甲南大），川村直子（姫獨大）

1 はじめに

チューブ発声とは，ストローを口にくわえ 5～10 秒間の発声を反復する訓練法であり，Semi-Occluded Vocal Tract Exercise の 1 種である [1]。チューブ発声において，訓練の効果が表れるには 1500 回以上の発声が必要であること等から，発声訓練を安定して継続できる方策が求められている。

そこで，著者らは川村・北村 [2] を参考に，シリアスゲームを連携した発声訓練支援システムを開発した [3]。シリアスゲームとは，教育や治療目的で開発されたゲームを指す。開発したシステムは，スロットマシンとチューブ発声を連携し，1 人で操作を行うシステムである。本研究ではスロットマシンの開発を踏まえ，新たに最大 2 人で同時操作可能なシリアスゲームを開発した。複数人で操作を行うシリアスゲームに着目した理由としては，集団リハビリテーションによる社会的・心理的効果が期待できるためである。

複数人参加型ゲームにより，ゲームを遊ぶ感覚を周囲と共有しながら発声訓練を行うことが可能となった。本研究では音声リハビリテーションにて問題となっている患者の高齢化 [4] に対応するべく，高齢者を対象に提案システムのチューブ発声に対する有効性を調査した。また，訓練前後の参加者の音声を録音し，システムを利用した際の即時的効果を調べた。

2 発声訓練支援システム

本研究で提案するシステムは，Fig. 1 のセンサーユニットと Fig. 2 のゲームアプリから成る。利用者の発声を計測するセンサーユニットは，M5Stack Core2，加速度センサー，ストローで構成される。ゲームアプリは Windows 環境の PC で起動する。センサーユニットとゲームアプリは USB ケーブルによりシリアル通信で接続される。

開発したゲームは，チューブ発声を通して画面上の風船を操作するゲームシステムである。チューブ発声で 100 Hz 以上かつ 90 dB 以上の加速度波形を発声すると，風船が画面下から上に向かって徐々に上昇する。発声を止めると風船は下降し，画面下のスタートラインまで戻る。チューブ発声と風船の上昇が連動しており，利用者は直感的にゲームを操作できる。

画面上部からは，点数が付与されたアイテムが水平方向の赤い線に沿って流れてくる。チューブ発声で

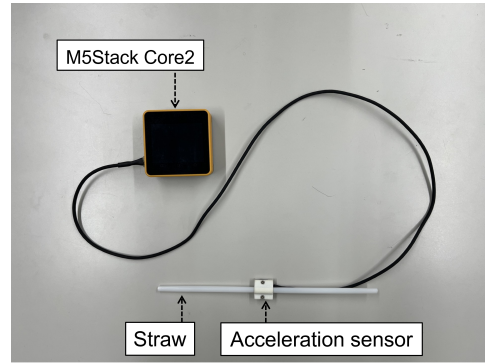


Fig. 1 Sensor unit

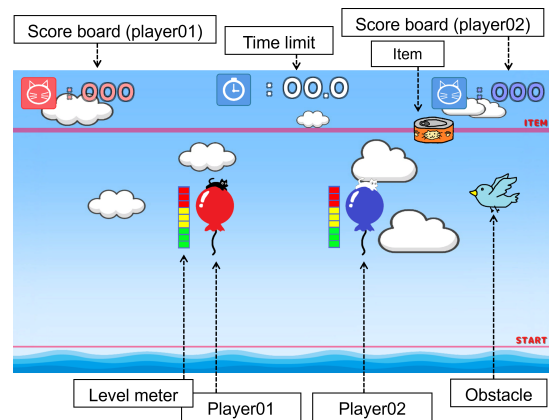


Fig. 2 Multiplayer serious game

風船を操作し，アイテムを取得すると画面端のスコア欄に点数が追加される。プレイヤー 1 が赤い風船をプレイヤー 2 が青い風船をそれぞれ操作する。各風船の左側にはレベルメータが表示され，チューブ発声時の振動振幅を緑・黄・赤のカラーコードでリアルタイムにフィードバックする。風船の操作に必要な加速度波形は，レベルメータの第 4 レベルに相当する。

画面上部の中央にはタイマーが表示され，数値が 0 になるとスコア画面が表示される。タイマーの数値は設定画面から変更できる。画面端から出現する障害物に風船が衝突すると，タイマーが減少する。障害物の出現頻度も設定画面から変更できる。これらの変更可能な設定は，スロットマシンの実験 [3] で参加者から得られた意見をもとに追加した要素である。

3 評価実験

実験には 60 歳から 70 歳（平均年齢：63.3 歳）の日本人母語話者 12 名（男性 6 名，女性 6 名）が参加

*Tube phonation support system enabling collaborative training through game-based activities. by MURAI, Taketo, KITAMURA, Tatsuya (Konan Univ.), KAWAMURA, Naoko (Himeji Dokkyou Univ.)

Table 1 Results of questionnaire

問	実験群	統制群	p 値
	中央値 (四分位範囲)	中央値 (四分位範囲)	
1. 訓練を楽しく行えましたか	4 (5-5)	5 (4.75-5)	0.140
2. 訓練中にチューブ発声を正しく行えましたか	4.5 (4-5)	5 (4.25-5)	0.465
3. 訓練中のチューブ発声時に自身の声が響いている感覚はありましたか	5 (5-5)	5 (4.25-5)	0.523
4. 訓練中のチューブ発声時に口の周りに振動を感じましたか	4.5 (4-5)	5 (4.25-5)	0.784
5. 訓練開始前と比べて声が出しやすくなりましたか	5 (4.25-5)	4.5 (4-5)	0.652
6. 今回利用した機材が自宅にある場合、ご自身で同様に訓練を行えますか	5 (4.25-5)	5 (4.25-5)	0.847
7. 今日のシステムを用いて訓練を1か月間続けたいと思いますか	4 (4-4.75)	3.5 (3-4.75)	0.679
8. 利用したシステムは、チューブ発声訓練を継続する意欲に繋がりますか	5 (5-5)	4 (4-4.75)	0.021
9. ゲームは楽しめましたか	5 (5-5)	4.5 (4-5)	0.058
10. システムを利用した後に満足感がありましたか	4.5 (4-5)	4.5 (4-5)	0.789
11. ゲームを通して自身のチューブ発声を客観的に把握できましたか	5 (4.25-5)	5 (4.25-5)	0.924
12. 一緒に訓練している相手の存在が訓練中のモチベーションに繋がりましたか	4.5 (4-5)	-	-

した。参加者には甲南大学（神戸市）にて、シリアスゲームを連携した発声訓練支援システムを用いてチューブ発声を行わせた。

実験は実験群と統制群に分けて行った。実験群では、複数人参加型ゲームを連携したシステムを用いて2人1組でチューブ発声を行い、統制群では、前回開発したスロットマシンを連携したシステムを用いて1人でチューブ発声を行う。また、訓練前後で参加者に5母音を各1回3秒ずつ発声させ録音した。各群5分間の発声訓練を実施し、訓練が終了した後にアンケートに回答させた。アンケートの回答は5段階評価尺度（1. 全く同意しない、2. やや同意しない、3. どちらともいえない、4. やや同意する、5. 強く同意する）を間隔尺度として扱った。

4 実験結果

4.1 アンケート結果

アンケートの結果を Table 1 に示す。アンケート結果は有意水準 5% でマンホイットニーの U 検定を行い両群のスコアの有意差を検定した。

分析の結果、問 8 に有意差が見られたが、他の質問では有意差は見られなかった。問 1 はシステムを用いて行った発声訓練の楽しさについてであり、中央値は実験群が 4、統制群が 5 であった。問 2、問 3、問 4、問 5、問 6 においては両群のスコアに大きな差は見られなかった。問 7 は 1 か月を想定した際の訓練継続の難易度についてであり、実験群の中央値が 4、統制群が 3.5 であった。問 9、問 10、問 11 においても、両群のスコアの差は確認できなかった。問 12 は実験群のみに行い、発声訓練における他者の存在の影響に関する質問であり、中央値は 4.5 であった。

4.2 訓練前後の音声変化

訓練前後に録音した音声に対して、声質分析を行い各参加者の Jitter, Shimmer, HNR を調査した。し

かし、Jitter, Shimmer に関しては両群でわずかな違いが見られたのみであった。HNR についても、両群において数値に差異は見られなかった。

4.3 考察

アンケート結果より、実験群は統制群よりも発声訓練に対して意欲的に取り組んだことが確認できた。加えて、実験群の参加者の多くが訓練中の相手の存在が、チューブ発声のモチベーションに繋がると回答した。これは、複数人参加型による周囲との感覚の共有により、連帯感が生まれた影響だと考える。訓練前後の音声に対する声質分析では両群で大きな差は確認されなかった。これは、参加者が健常者であり、正常な発声状態であったことが要因と考えられる。今後、音声障害患者を対象に実験を行う必要がある。

5 おわりに

本研究では、複数人参加型シリアスゲームを取り入れた発声訓練支援システムを評価した。高齢者を対象とした実験より、提案システムは楽しい訓練の実現や、自主訓練を継続する意欲に繋がることが明らかになった。また、訓練中の相手の存在は発声訓練のモチベーションの維持に寄与する可能性が示された。以上より、本研究で提案する複数人参加型シリアスゲームはチューブ発声の継続性に有効であると期待できる。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 (No. 24K00067) および甲南デジタルツイン研究所の支援を受けた。

参考文献

- [1] Titze, *JSLHR*, 49(2), 448–459, 2006.
- [2] 川村, 北村, *リハビリテーションエンジニアリング*, 38(2), 93–102, 2023.
- [3] Murai, et al., *J. Voice* (in press).
- [4] 山内, *喉頭*, 33(2), 135–140, 2021.