

ギター演奏支援装置“F-Ready”の開発

西ノ平 志子^{1,2,a)} 松井 博和² 大島 千佳¹ 中山 功一¹

受付日 2021年5月6日, 採録日 2021年11月2日

概要: 本論文では, 上肢に障害がある人でも, すぐにギターを演奏したい気持ちを叶える支援装置 “F-Ready” を提案した. 対象者は, 脳梗塞や脳性まひなどの脳神経系疾患による上肢の動作に困難がある重度障害者である. 対象者のギターを演奏したいというモチベーションを維持するために, 「すぐに演奏できる」「演奏している実感がある」に通ずる演奏動作に着目した. その演奏動作を実現するために鍵となる動きは, 片方の手でギターネックに沿い手を動かし弦を押す動作と, もう片方の手で弦を弾く動作の協調動作である. 対象者の上肢機能を考慮して, F-Ready はギターネックに沿い手を動かし弦を押す動作を支援する. 本論文では, 11 人の対象者が F-Ready を搭載したギターを弾くことに挑戦した. 9 人の対象者はすぐにギターを演奏できた. さらに「ギターを演奏している実感がある」との回答を得た. 次に別の対象者 1 人が, F-Ready を搭載したギターで 1 年間練習した. 練習開始から 5 週間後には約 1 分間の曲を演奏できるようになった. 続けて 1 年後には, 4 分以上の曲を演奏できるようになった. 理学療法士は, 対象者が楽器の練習により両上肢を運動する機会が得られ, 通常のリハビリテーション以外で持久力と上肢の制御が改善されることを認めた.

キーワード: 支援装置, 障害者, ギター演奏, 身体機能, 上肢

Development of the Support Device “F-Ready” for Playing the Guitar

YUKIKO NISHINOHIRA^{1,2,a)} HIROKAZU MATSUI² CHIKA OSHIMA¹ KOICHI NAKAYAMA¹

Received: May 6, 2021, Accepted: November 2, 2021

Abstract: This paper proposed a support device, “F-Ready,” that allows people with upper limb disabilities to play the guitar immediately. The subjects are severely disabled persons who had difficulty with upper limb movement due to cranial nerve system diseases, such as cerebral infarction or cerebral palsy. To maintain subjects’ motivation to play the guitar, we focused on performance behaviors that communicated “the subjects can play the guitar immediately” and “the subjects obtain the actual feeling of playing the guitar.” The key movement to realize these behaviors is the coordinated movement of one hand along the guitar neck that depresses strings as the other hand strums the strings. In consideration of the subjects’ upper limb function, F-Ready supports the movement of the hand along the guitar neck and the depressing of strings. In this paper, 11 subjects tried to play a guitar equipped with F-Ready. Nine subjects could play the guitar immediately. In addition, they reported the actual feeling of playing the guitar. One of the other two subjects practiced for one year using a guitar equipped with F-Ready. After the first five weeks, he could play a one-minute musical piece using the F-Ready-equipped guitar. A year later, he could play a musical piece for more than four minutes. Moreover, a physiotherapist acknowledged that practicing the musical instrument provided an opportunity for subjects to exercise both upper limbs, leading to improved endurance and control of the upper limbs outside of rehabilitation.

Keywords: support device, people with disabilities, playing the guitar, physical function, upper limbs

¹ 佐賀大学
Saga University, Saga 840–8502, Japan

² 三重大学
Mie University, Mie 514–8507, Japan
a) yukiko@robot.mach.mie-u.ac.jp

1. はじめに

本研究の目的は、障害者がアコースティックギターを演奏したいという気持ちを叶えることである。

障害者が楽器を演奏することは、単に演奏を楽しむだけでなく、音楽が脳内の複雑で認知的、感情的、感覚的プロセスを刺激することが示されており [1], [2], 神経学音楽療法の分野でも注目されている [3]. Darrow は、障害者の身体機能や認知機能を考慮し、「ひとりで演奏することができる楽器」を選択することで、音楽体験を高めることができると提唱している [4]. 本研究でも、同じように「ひとりで演奏することができる楽器」に着目しているが、「できる楽器」を与えるのではなく、対象とする障害者が弾きたい楽器であるアコースティックギターに対して、支援装置を用いて「ひとりで演奏できる楽器」に変えている。

対象の障害者は、手先の位置を動かすことができず、ギターの弦を押さえるのが難しい人である。すなわち、脳性まひや脳梗塞、脊髄損傷などの症状があり、手や腕は少し動かせるが、指の分離運動はできない人である。日本国内では、身体障害者（肢体不自由）約 193 万人が該当し、障害認定基準第 1 章第 7 節第 1 「上肢の障害」で示される障害の程度が、1, 2 級に相当する人の一部に該当する [5].

本研究では、障害者がアコースティックギターを演奏したいという気持ち（モチベーション）を維持するには、支援装置を用いることですぐに演奏でき、支援装置を用いてもギターを演奏しているように感じる事が重要であると考へ以下の方針で開発する。ただし本論文では、「すぐに演奏できる」を、押弦して 2 コード以上鳴らすことができることと定義する。

- 対象者の現状の身体機能によって、少しでもギター演奏できる支援装置にする。
- ギターそのものは改造せずに組み込み、元の演奏動作と支援装置を用いる演奏動作がほとんど同じになる支援装置にする。

ここで、アコースティックギターの演奏動作について、対象者が演奏していると感じる動作と対象者ができる演奏動作について考える。一般的に健常者によるアコースティックギター演奏の動作は、(a) ギターを身体で保持する動作、(b) 弦を弾く動作、(c) 手で弦を押さえる動作、(d) ギターネックに沿って、手を動かす動作、(e) は (b), (c), (d) の動作を組み合わせ、片方の手で弦を押さえた状態でもう片方の手で弦を弾く協調動作のことである。初めてギター演奏をする場合でも、(e) の動作ができなければ、ギター演奏はできない。

本研究の対象者は、特に (a), (c), (d) の動作をすることが難しい (図 1)。 (a) は、ギターを手で持ったり、体でかかえて固定したりすることが難しい。 (c) は、弦を押すのに必要な力が、手先にないため難しい。 (d) は、日常生

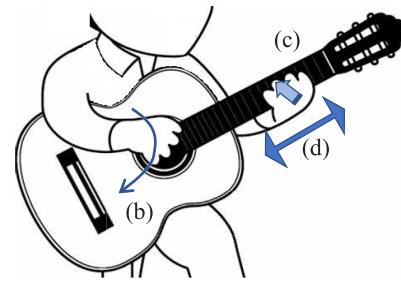


図 1 ギター演奏動作

Fig. 1 Movement of playing the guitar.

活動作以外の動作をすることができないため難しい。本研究で提案する装置は、対象者がすぐに (e) ギターの演奏動作ができるように、(c), (d) を支援する。演奏動作 (a) は、膝の上や机の上にギター本体を置いて演奏し、装置による支援はしない。 (b) は、弦に触れるだけで音を出すことができるため支援しない。 (c) は、手で弦を押さえる代わりに手でスイッチを押し、装置で弦を押さえる。押さえる弦の真上でスイッチを押すことで、演奏動作と同じ姿勢で演奏することができ、演奏している実感を得ることができる。 (d) は、わずかな力でも手をギターネックに沿って動かすことができるように、装置に手を置いたまま操作できる機構とする。演奏者が弦を押さえるべき位置へ、自分で手を動かすことで、演奏動作と同じ動作になるため、演奏している実感を得ることができる。提案する支援装置を使って演奏動作をすることにより、障害があってもすぐに演奏でき、すぐに演奏したいという気持ちを叶えることができる。また、対象者は、自分の手や腕を支える支援があることで、手先の運動をコントロールしやすくなることを考慮した支援装置の構造にする必要がある。 (e) は、(b), (c), (d) の動作の組合せであり、支援により (c), (d) ができれば、演奏できる。

本論文では、対象者が、すぐに一般的なアコースティックギターの演奏動作ができるための支援装置 (F-Ready) を提案する。F-Ready は、手先の力が弱い障害者がギターの弦を押さえることを支援する押圧装置と、ギターネックに沿って手を動かす動作を支援するスライド装置によって構成される。ギター演奏をすぐにしたいと思っている対象者が F-Ready を使って演奏をし、すぐにギター演奏できたかをアンケートによって確認する。以下、2 章で関連研究について説明し、3 章で装置の仕様・実装を述べる。4 章で試用実験をし、5 章で長期試用実験をする。最後に 6 章で本研究のまとめを述べる。

2. 関連研究

本研究では、対象者が自分の身体を使ってギター演奏することを目指している。本研究は、障害者がギターを弾くことを実現するために、演奏動作に必要な、対象者には不足している身体機能を支援装置で補う方法で実現してい

る。この章では、障害者が自分の身体を使ってギター演奏をすることを目指している関連研究について述べる。それらの関連研究を演奏動作に着目して、以下の3つに分類して紹介する。1つ目は、障害のため不足している身体機能を回復しギター演奏する方法（身体機能回復）、2つ目は、不足している身体機能を支援装置によって補いギター演奏動作を支援する方法（インタフェース）、3つ目は、今ある身体機能で演奏できるように、楽器そのものを改良または開発する方法（新規楽器の開発）である。本提案装置のF-Readyは、対象者がすぐにギターの演奏動作ができるように(c)手で弦を押さえる動作、(d)ギターネックに沿って、手を動かす動作を支援する装置であり、インタフェース（演奏動作支援）に該当する。

2.1 身体機能回復

一般的には、リハビリテーションなどで予備訓練をして、演奏動作ができることを目指す方法がある。また、身体欠損により楽器演奏動作ができない場合は、義肢装具で補い身体機能回復をする方法がある[6], [7]。身体機能が回復し、ギター演奏をする目的を達成すれば、高い満足感を得ることができる。しかし、身体機能が回復するまで、楽器演奏をすることができない。すぐに弾くことができず、演奏へのモチベーションを維持することが難しいと考えられる。

2.2 簡単演奏楽器の開発

楽器そのものを改良して少ない力で弦を弾くものや、弦を押さえる力が必要な楽器、電子楽器などの開発も進んでいる[8], [9], [10], [11], [12], [13]。楽器演奏に必要な身体機能を少なくし、重度の障害者にも演奏できるという利点があり、長期にわたって演奏練習を継続している報告もある[14]。しかし、ギターを弾きたい人にとっては、楽器そのものへの演奏モチベーションが高まらないと考えられる。

2.3 インタフェース

弾きたい楽器に取り付けて支援する方法で、演奏へのモチベーションを維持しやすいと考えられる。本来の演奏スタイルとは異なる演奏手段によって支援する場合を「代替支援」、本来の演奏スタイルを支援する場合を「演奏動作支援」と分類して説明する。

「代替支援」とは、本来の演奏動作をまったく違う動作で代替することである[15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22]。LeeらによるFoot-Action Guitar Strummer[15]は、脳卒中中の障害のために、ギター弦を弾く手の力がない人が、足でペダルを踏むことにより、ギター弦を弾くことができる装置である。本来の演奏スタイルとは異なるが、残存する身体機能を使い、1人で演奏する達成感を味わうことができる。

「演奏動作支援」とは、楽器に取り付けたインタフェースによって、演奏動作に必要な腕や手指などの、不足している身体機能を補い、被験者が演奏練習をすることを指す。笠井ら[22]は、脳出血で片麻痺になった男性に、ギター弦を弾く支援をするため、上肢装具を開発した。その装具は、男性の上肢の症状に合わせて身体機能を限定したものである。腕の振り下ろしによって弦を弾く動作を実現している。作業療法での訓練の結果、初めはまったくギターを弾くことができなくなっていたが、ゆっくりとしたリズムで伴奏ができるまで回復した事例である。

ギター弦を押下する支援[24], [25], [26]や、他の楽器演奏でも演奏に必要な動作を支援する研究がされている[27]。Hanadaらによるギター演奏支援具[28]は、麻痺などにより手先に力が入らない人のために、ギター弦を1本ずつ指で押さえるための力を支援している。押弦位置でスイッチを押し、足ペダルで弦を押下する。

代替支援と演奏動作支援は、どちらも弾きたい楽器を使って演奏することができるため、他の2つの方法と比較して演奏へのモチベーションが続きやすいと考えられる。特に、演奏支援動作は本来の演奏動作で演奏できるため、笠井らが示唆しているように、身体機能回復を期待できるという点で、モチベーションが続きやすいと考えられる。本研究で提案するF-Readyは、演奏動作支援に分類され、さらに、重度障害者である対象者が、複雑な操作であるギター弦の押弦を支援し、ギター演奏を1人でできることを目指す点に特徴がある。

3. 提案装置

本研究では、障害者がアコースティックギターを演奏したいという気持ち（モチベーション）を叶えるために、1章で述べた(e)ギターの演奏動作がすぐにできるように、(c)、(d)を支援する装置F-Ready (Free Ready)を提案する。この支援装置は、一般的なアコースティックギターに取り付けて使用するものである。この要求を満たすために、下記のシステムを提案する。

3.1 システム構成

F-Readyは、図2に示すとおり、押圧装置と、スライド装置の2つの装置から構成される。1章で述べた(c)手で

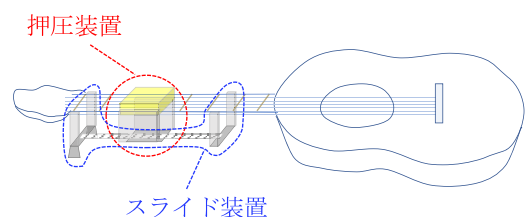


図2 装置の構成

Fig. 2 System of a support device “F-Ready”.

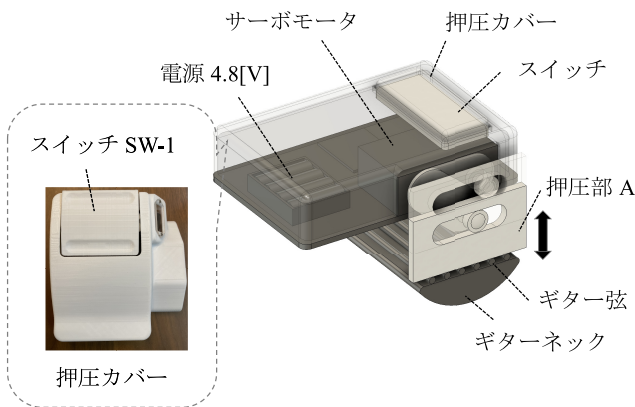


図 3 押圧装置

Fig. 3 Device for pushing the strings.



図 4 スライド装置

Fig. 4 Device for slide.

弦を押さえる動作を支援する押圧装置，(d) ギターネックに沿って手を動かす動作を支援するスライド装置である。対象者は，座って膝の上にギター本体をのせ，スライド装置の片側を台の上に置く。演奏者は，片方の手でスイッチを押下したまま弦の押圧した状態を保ち，もう片方の手で弦を弾く。

3.1.1 押圧装置

押圧装置は，弦を押さえる支援をする装置である。押圧装置を図 3 に示す。スイッチを押下すると，弦を押さえる部分 A が下降し，6 弦を同時に押さえる。事前実験により，音高を変化させるために必要な弦を押下する力は，15 [N] 以上であった。本研究では，最大バネ力 18.44 [N] のバネを配置し，ラジコンサーボモータ (GM996R) でバネを押下し，バネで A を押下する機構とした。スイッチを押下している間は弦を押さえた状態が続く。1 分間に 90 回以上を弦の押圧ができる。直接手にふれる部分は，対象者の障害に対応したカバーを使用し，取り外し可能とする。カバーの形状は，障害の内容に対応したものを使用する。スイッチは独立しており取替え可能とする。図 3 のスイッチの形状を SW-1 とする。押圧装置のカバーは手が置ける大きさにする。

3.1.2 スライド装置

スライド装置を図 4 に示す。スライド装置は，押圧装置に横方向の力を加えると，スムーズに横移動させるスライド部分と，ギターネックへの取り付け部分からなる。スライド部分は，ギターネックに沿って手を直線的に動かす動

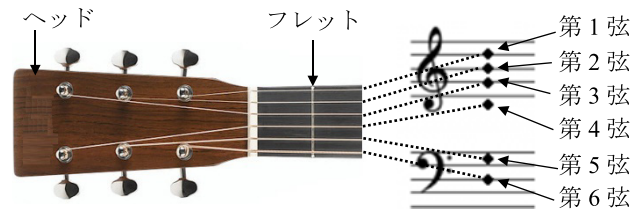


図 5 ギター調弦

Fig. 5 Tuning of strings.

作を支援する。対象者のわずかな手先の力でもスライド移動できるように，スライドレールを使用する。簡単に取り外しができる機構とする。対象者は，日常生活で使わない動作をすることで，意思とは無関係に起こる様々な身体の運動（以下，不随意運動と呼ぶ）を誘発する可能性がある。そのため手先のわずかな力でも押圧装置を移動させることができるように，スライドレールを使用する。

3.1.3 調弦

ギターの調弦は，開放弦をすべて鳴らした音が和音（コード）となる「オープンチューニング」になるように調弦をし，スイッチ入力により 6 弦を同時に押さえる。図 5 に示すように，調性は G メジャーとする。

3.2 装置の特徴

本提案装置の F-Ready は，以下の特徴を持つ。

- 弾きたい楽器であるギターそのものに取り付けるインタフェースである。
- 「演奏している実感が得られる」，「対象者が持っている身体機能でできる」，「将来的に支援装置なしで演奏する場合と同じ演奏動作になる」，これらを満たすことを目指す演奏動作 (c) 手で弦を押さえる動作，(d) ギターネックに沿い手を動かす動作を支援する装置である。

4. 実験

本章では，対象者が初めて F-Ready を使い，すぐに演奏できるかどうかを次の 2 点について確認する。

確認 1：F-Ready を使うことで，対象者はギター演奏動作 (c)，(d)，(e) ができるか。

確認 2：F-Ready を使い，1～11 フレットの弦をそれぞれ押下して音を出すことができるか。

確認 1 では，提案装置がないと 1 章で述べた (c) 手で弦を押さえる動作，(d) ギターネックに沿い手を動かす動作ができない被験者が，本装置により (c)，(d) 両方の操作ができるようになることを確認する。(d) の動作は，肩の回転角度が一番小さい 11 フレットから確認し，1 フレットまでスライドさせる。拘縮などで難しい場合は，できたところまでを記録する。さらに，任意のフレットで (e) 弦を押下した状態でもう片方の手で弦を弾く動作ができるかを確認する。確認 2 では，F-Ready の可動域である 1～11 フ

レット間で1フレットずつ弦を押下して弦を弾いて音を出せることを確認する。さらに、確認1と確認2が終了した後に、① F-Readyがあればギター演奏ができると感じられるか、② F-Readyを使った感想について口頭試問した。被験者が上肢に障害があるため試問形式とした。

4.1 倫理的配慮

本研究は、三重大学の倫理委員会の承認（受付番号 No. 47）を得て、ヘルシンキ宣言の倫理綱領に沿って行われた。また掲載に関しては、該当する個人の許可を得た。

4.2 被験者

障害者通所施設2カ所で、支援員の方に対象者の特徴を伝えて該当すると思われる被験者を8人（B~I）推薦してもらった。障害者の音楽イベントで、装置を展示し「脳神経系の疾患による障害があり、ギター演奏してみたい人」を募り、3人（A, J, K）が自薦してもらい、計11人の被験者の協力を得た。どの被験者も、障害により手先が不自由で、支援装置 F-Ready がなければ、1人でギター演奏をすることができない人である。

被験者の障害の内容の内訳は、A~H が脳性まひ、I が脳出血による左半身まひ、J が頸椎損傷、K が頸髄損傷である。A~H を、障害の程度が軽い人から順に並べて表 1 に示す。H は言葉での意思疎通が困難であり、介助士や作業療法士、理学療法士（以後、理学療法士 PT-1 と記載する）のほかに、H の母親と特別支援学校に通っていた当時の担当教諭も実験に立ち会い、都度意思確認をしながら進めた。I は不自由な右手で F-Ready を使って押弦を、左手で弦を弾く。

4.3 実験環境

F-Ready を取り付けしたアコースティックギターの胴体部分はサウンドホールを上にして膝や机の上に置き、ギターヘッドは高さ調整が可能な台の上に設置して演奏する（図 6）。押圧カバーのスイッチは SW-1 を使用した。被験者にとって無理な姿勢や動作にならないように、作業療法士や介助士、理学療法士 PT-1 も実験に立ち会った。

4.4 実験手順

以下の手順に従って実験をする。②~⑥は5分以内でできるかどうかを確認する。

- ① 第1筆者が、F-Ready の操作方法を被験者へ説明する。
- ② 演奏動作 (b) ギター弦を弾くことができるか。
- ③ F-Ready を使って (c) スイッチを押して弦を押下する動作ができるか。
- ④ F-Ready を使って (d) ギターネックに沿って、11 フレットから1フレットまで押圧装置を動かすことができるか。

表 1 使用実験に参加した被験者

Table 1 Subject information.

	年齢 性別	障害の内容 障害者等級	手指分離運動 ギター演奏経験
A	30 男	脳性まひ 3級	できない なし
B	23 女	脳性まひ 1級	できない なし
C	21 男	脳性まひ 1級	できない なし
D	26 男	脳性まひ 1級	できない なし
E	60 男	脳性まひ 1級	できない なし
F	50 男	脳性まひ 1級	できない なし
G	22 男	脳性まひ 1級	できない なし
H	19 男	脳性まひ 脳室周囲白質軟化症 1級	できない なし
I	47 男	脳出血桜井 右半身まひ 四肢全廃程度区分4	左手指できる 右手指できない なし
J	42 男	頸椎損傷 C7 1級	できない 数回
K	32 男	頸髄損傷 損傷部位 C3-C4 1級	できない あり

障害等級による上肢動作の目安[29]

- 1 級：両上肢の機能を全廃したもの
- 2 級：両上肢の機能の著しい障害
- 3 級：両上肢のおや指及び人差し指の機能を全廃したもの
- 四肢全廃程度区分 4：おや指又はひとさし指を含めて一上肢の三指の機能を全廃したもの

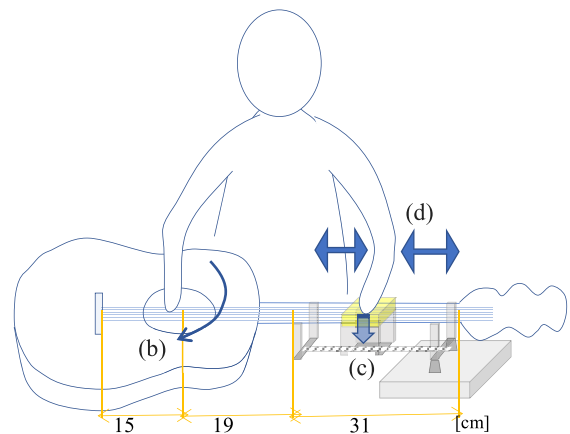


図 6 ギター演奏スタイル

Fig. 6 Style of playing the guitar.

- ⑤ (e) 片方の手で F-Ready を使って弦を押さえながら、もう片方の手で弦を弾くことができるか。
- ⑥ 11~1 フレットの順番で、(e) の動作をして音を出す。
- ⑦ F-Ready についての口頭試問をする。

4.5 実験結果

それぞれの被験者の結果を表 2 に示す。ギター演奏動作

表 2 実験結果

Table 2 Results of the experiment.

被験者	確認事項 1			確認事項 2
	(c)	(d)	(e)	
A	○	○	○	○
B	○	○	○	○
C	○	○	○	○
D	○	○	○	○
E	○	○	○	○
F	○	○	○	○
G	○	○	○	○
H	○	△	×	×
I	○	○	○	○
J	○	○	○	○
K	△	○	×	×

確認項目 1 (c)スイッチを押す
 (d)11~1フレットまで押圧装置をスライドさせる
 (e)スイッチを押しながら弦を弾く

確認項目 2
 押弦して 11 フレットから順番に 1 フレットまで音を鳴らすことができるか

(c)(d)(e) を 5 分以内にできた場合は ○, 20 分以内にできた場合を △, 20 分以上経ってもできなかった場合は × とした. 実験手順の②「ギター弦を弾くことができるか」は被験者全員ができたため記載を省略する.

4.5.1 確認事項 1

(c) の動作

A~G, I~K の 9 人は, 1 回目ですぐにできた. H は重度の脳性まひがあり, 上肢の拘縮が強く, F-Ready に手を置く動作の段階で不随意運動がみられた. 理学療法士 PT-1 が不随意運動を誘発しないように援助し, 少しずつ動作に慣れながら進めた結果, 5 分以内にできた. K は, 初めはスイッチを押下できなかったが, 10 分ほどでできた. 障害により, 肩関節から手先の動作はできない. そのため, スイッチ入力, 肩で腕を引き上げて下ろすことによる手先の移動を利用して, スイッチに手をひっかけて押下した. 押下できるようになるまで 5 分以上かかったが 20 分以内にはできたので, 実験結果は「△」とした.

(d) の動作

A~G, I~K の 10 人は, 1 回目ですぐにできた. H はギターネックに沿って手を動かそうとすると, すぐに押圧装置から手が外れてしまうためできなかった. 少しずつ動作に慣れながら 20 分以内にはできるようになった.

4.5.2 確認事項 2

A~G, I, J の 9 人は, 1 回目ですべてのフレットで音を出すことができた. H, K の被験者は, できなかった.

表 3 被験者の感想

Table 3 Impressions of the subjects.

回答	回答者
おもしろい, もっとやってみたい.	A, C, D, E, G
自分でギターを弾くことができるかもしれないということを知って, ぜひ練習して弾けるようになりたい.	F, I
ギターを弾いて楽しんでた昔に戻ったようで嬉しい, 自分の好きな曲を弾いてみたい. 一人でハーモニカと一緒にギター演奏をしたい.	K
ギターという楽器は知っていたが, 初めてギターを弾いてみて不思議な感じがした. もう少しやってみたい.	B
すごいね, ギターが弾けるね, と思った	J
ニコニコしながら取り組む様子や, 背筋を伸ばして取り組んでいる様子から, 本人がとても興味を持って喜んでギター演奏をしていると感じる. 今後も F-Ready を使ってギター演奏の練習を続けてほしい.	H の母親

4.5.3 口頭試問 F-Ready について

確認 1 と確認 2 が終わった後に, 以下の質問を口頭でした. H への口頭質問は, 発語が難しいため①への質問はせず, ②の質問は同席した母親に回答をお願いした.

① F-Ready があればギター演奏ができると感じられるか.

A~G, I~K の 10 人が, F-Ready があればギター演奏ができると感じられると答えた.

② F-Ready を使った感想

実験後の感想を表 3 に示す. F-Ready に興味を示し演奏に意欲を示した回答が多数であった.

4.6 考察

確認事項 1 と 2 より, A~G, I, J の 9 人は, (c), (d), (e) の動作, F-Ready を使って押弦して 11 フレットすべての音を出すことができ, すぐに演奏ができた. そのため, 1 人でギター演奏ができない人が, F-Ready を使うことにより演奏できたので, F-Ready の有効性が示された. また, 実験後の感想からも F-Ready を使ってギター演奏をすることへの期待が示された. 各確認事項についての考察を述べる.

4.6.1 確認事項 1

(c) の動作について

A~G, I, J の 9 人は, 少しでも自分で指先を動かすことができ, 押圧装置のスイッチを押して弦を押下することができた. 実験を進める中で, 押圧装置のスイッチを押すための手の位置や使う部位が被験者によって違うことが分かった. 手の拘縮の程度や麻痺, 動作しやすさはそれぞれ

違うため、押圧装置のスイッチを真上から押すことができた被験者 (A, B, C, D, I, J) と、真上から押すことができず、押圧装置の端を握ることでスイッチを押下する被験者 (E, F, H) に分かれた。各々が力の出しやすい手の位置や姿勢を調整してスイッチを押そうとした結果であると考えられる。押圧装置に手先の固定をしない仕様としたことで、操作方法に自由度を持たせる結果となり、9人の被験者がすぐにスイッチを押すことができたと考えられる。A~G, I, Jの9人が今ある身体機能でF-Readyを操作し、結果的に(c)の動作ができたと考えられる。

Gは重度の脳性まひがあり、上肢の拘縮が強く、F-Readyに手を置く動作の段階で不随意運動がみられた。ふだんから両上肢を屈曲させて生活しており、他の被験者と比較すると、装置を使う姿勢に慣れるまでに時間が必要であったと考えられる。理学療法士PT-1が不随意運動を誘発しないように援助し、少しずつ動作に慣れながら進めた結果、20分以内には(c)の動作ができた。

Hは頸髄損傷のため、指先でスイッチを真上から押下することができない。手は前後に動かすことができるので、その動きによりスイッチを押下しようとした。しかし、押圧カバーのスイッチの形状は突起がないため、手が押圧装置からずれて押下することができなかった。HがF-Readyを使って演奏するには、今ある身体機能が不足しているが、スイッチの形状を改良することで、不足分を補うことができると考えられる。今回の実験でKは5分以内に(c)の動作ができなかった。Kは、肩下からの感覚がないが、自分で動かすことができる肩を上下させて手を少しずつらすことにより、車いすのスイッチや、スマートフォン、パソコンなどの操作をしている。このような頸髄損傷の被験者には、ずらした手がスイッチに引っかかるような押圧カバーに変更することで(c)の動作ができるようになる可能性が高いと考えられる。対象者の今ある身体機能に合わせて押圧カバーを変更することもF-Readyの特徴である。以上のことをまとめると、9人の被験者に対してF-Readyを使用することで、(c)の動作ができた。それぞれの被験者の今ある身体機能で操作できる装置であることが示された。できなかった2人の被験者に対して、押圧装置のカバーを改良するなどして操作できる装置であると考えられる。

(d)の動作について

A~G, I~Kの10人は簡単に移動させることができた。スライドレールにより、少しの力で移動することができるため、押圧装置から手が外れずに操作できたと考えられる。さらに、押圧装置に手を置いた状態で操作するため、自分で手の重量を保つ必要がないため位置制御がしやすいと考えられる。よってF-Readyはギターネックに沿ってスムーズに手を移動させることを支援できているといえる。Hは、前述したとおり、押圧装置から手が外れてしまうことが多く、日常生活ではまったく使わない動作であったた

めに不随意運動が何度かあり、押圧装置が思わぬ方向へスライドしてしまうなど注意を要した。次第に動作に慣れ、不随意運動もみられなくなり、20分以内には動作できるようになった。以上のことをまとめると、F-Readyは、A~Kの11人が(d)の動作ができる支援装置となっていると考えられる。

(e)の動作について

A~G, I, Jの9人は、1回目ですぐにできた。F-Readyで演奏できる11フレットまで、すべてのフレットで音を出すことができた。H, Kの被験者が(e)の動作ができなかった要因として、どちらの被験者も、(c)のスイッチを押す動作はできるが、反対側の手で弦を弾くまでの間、スイッチを押下し続けることが難しかった。Hは手先に力を入れた状態を保つことが難しく、すぐにスイッチから手が離れてしまった。演奏動作に慣れ、押下した状態を保つ練習をすることで、(e)の動作ができる可能性が高いと考えられる。Kは、肩を上下することにより手先を動かしているの、スイッチを押下したまま保つことができなかった。スイッチの形状が平らであったため、指をひっかけた状態に保つことができるよう凹凸のあるスイッチにすることと、押下した状態を保つ練習をすることで、すぐに(e)の動作ができる可能性が高いと考えられる。以上のことをまとめると、A~G, I, Jの9人がF-Readyを使ってすぐに(e)の動作ができた。すぐにできなかった2人に対しても、スイッチを押下した状態を保つことができるようになれば(e)の動作ができると考えられることから、F-Readyは、対象者が今ある身体機能でギター演奏のための演奏動作を支援する装置であるといえる。確認1では、1人ではギター演奏することができない被験者11人に対して、F-Readyを使うことで、ギター演奏に必要な演奏動作である、(c)手で弦を押さえる動作、(d)ギターネックに沿い手を動かす動作、(e)弦を押下した状態でもう片方の手で弦を弾く動作ができるかを確認した。その結果、9人がすぐに3つの動作をすることができ、2人は装置の改良などでできるようになる可能性があることが分かった。F-Readyが、ギター演奏動作を支援する装置として有効であることが示された。

4.6.2 確認事項2

A~G, I, Jの9人は、すべてのフレットで音を出すことができた。B~Hの被験者は上肢の拘縮が顕著であり、体の中心から最も距離がある1フレット目の位置で押圧装置を左手で押下しながら右手で弦を弾く動作は難しいのではないかと予想していた。実際は、F-Readyのスライド装置により、少しの力で押圧装置をスライドでき、手を押圧装置に置くことで上肢の荷重負担が少ないため、スムーズに移動できたと考えられる。加えて、神経学的音楽療法の観点からも、楽器演奏をする、楽器の音を出したいという被験者の目的を達成するために、演奏動作そのものが被験者にとって無意識的な動作となり、スムーズに動作できたの

ではないかと考えられる [21], [22]. 11 フレットから開始し、数フレット進むと「できるできる」、「曲を演奏してみたい」と感想をいいながら音を出す被験者が多かったことからもうかがえる. 以上のことから、F-Ready は、連続してギターを音を出すことを支援する装置として有効であることが示された. また、F-Ready を使って連続して (e) の動作をすることで、リハビリテーション効果を期待できる可能性が示唆された.

4.6.3 口頭試問 F-Ready について

A~G, I, J の 9 人は、ギター演奏がすぐにでき、ギター演奏ができたと感じており、ギター練習への意欲を示した. K は、結果的にはギター演奏動作 (e) ができなかったが、F-Ready を使いギター演奏練習がしたいと意欲を示した. F-Ready の演奏動作支援があることで、弾きたい楽器を自分の身体ですぐに音を出す体験ができる. これは健常者が初めて楽器の音を出して演奏練習をする体験と同じである. 自分ですぐに音を出すことができる体験は演奏練習のモチベーションにもつながる. よって F-Ready は、障害者がアコースティックギターを演奏したいという気持ち (モチベーション) を維持することに有効な装置であると考えられる.

確認 1, 確認 2, 口頭試問の結果よりまとめると、

- F-Ready を使うことで、11 人中 9 人の被験者はギター演奏動作 (c), (d), (e) ができた.
- F-Ready を使うことで、1~11 フレットの弦をそれぞれ押下して弦を弾いて音を出すことができた.

4.6.4 考察まとめ

これらの確認により、F-Ready を使うことで、すぐにギター演奏ができ、提案装置 F-Ready の有効性が示された. また、F-Ready の演奏動作支援があることで、弾きたい楽器を自分の身体ですぐに音を出す体験ができ、アコースティックギターを演奏したいという気持ち (モチベーション) を維持することに有効な装置であると考えられる.

5. 長期使用による調査

本章では、アコースティックギターの演奏をしたいと強い気持ちを持ちながらも、障害のためにギター演奏を諦めていた人が、演奏支援装置 F-Ready を使って長期間ギター演奏練習をし、アコースティックギターの演奏ができた事例について述べる.

5.1 被験者

被験者は 4 章の実験に参加した K である. K は、高校生のときに、ギターとハーモニカ演奏をしていた経験がある. 20 歳のときに交通事故により頸髄を損傷し、胸部以下、上肢に麻痺が残った. C3-C4 の頸髄損傷で、上肢は肩から下の感覚がない. 急性期は肺機能の低下により、呼吸器を使用していた. 慢性期に入り、自発呼吸のリハビリテーショ

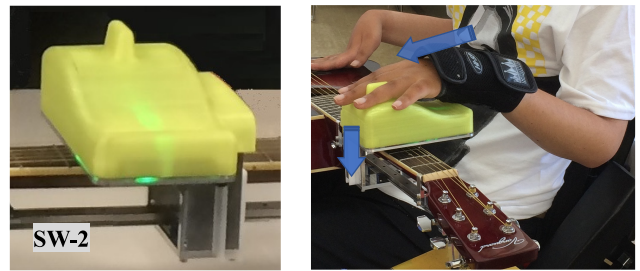


図 7 改良した押圧カバーのスイッチ SW-2

Fig. 7 Improved cover type push switch.

ンも兼ねてハーモニカ演奏練習を始めた. 徐々にハーモニカ演奏の感覚が戻ると同時に、アコースティックギターを演奏したいと思うようになった. しかし、障害のため、握力はまったくなく、手先はわずかに動く程度である. そのため、ギター演奏を諦めていた. ギター演奏支援装置 F-Ready を知り、障害があってもギター演奏ができるのではないかと思い、被験者として協力することを申し出た.

5.2 事前準備

4 章の実験で K は (c) 弦を押下する動作, (d) ギターネックに沿い手を動かす動作, (e) 弦を押下しながら弦を弾く動作がすぐにできなかった. そのため、K が日常動作でスイッチを押下する機器を参考に、押圧カバーのスイッチを改良した. 掌を前にずらすと、スイッチの上部にある突起に手指が引っかかり、スイッチを押下することができる. 改良した押圧カバーとスイッチ SW-2 を図 7 に示す. 演奏練習の初日に、(c), (d), (e) の演奏動作がすぐにできるかどうかを確認した. 押圧カバーの改良により、(c) 弦を押下する動作ができ、スイッチを押下した状態を保つこともできたため、(e) の動作もできた. (d) ネックに沿って手をスライドする動作もスムーズにできるようになった. 日常生活動作と (c) の動作が同じになったことで装置を使うための練習も必要なくなり、F-Ready がすぐにギター演奏動作ができる装置であることが示された. 押圧カバーのスイッチ部分は取替え可能であるため、練習を進める中で改良が必要な場合は対応する.

5.3 実施環境

被験者の演奏練習の実施環境を以下に示す. 実施期間は 1 年間とした.

使用機材

- ギター演奏支援装置 F-Ready
- アコースティックギター
- ギターヘッドを置く台
- 動画記録用カメラ一式

演奏練習

- 練習の日時, 頻度, 練習時間, 場所, 曲は、被験者が決める.

- 練習の姿勢や機材の配置は、4章での実験環境と同じとする。
- 演奏姿勢の調整，身体のメンテナンスのため，演奏練習には介助士が立ち会う。
- ハーモニカ演奏は，ハーモニカホルダー [32] を使用する。
- 曲のメロディに合わせて，最大で3種類のコード (I, IV, V) を弾き分けることを目指す。演奏練習では，Kが弾きたい曲に第1筆者が3種類のコードで弾けるように伴奏コードをアレンジした譜面を使った。

記録

- 練習開始から終了まで動画記録をし，途中に身体のメンテナンスなどのために中断する場合も，動画記録を続ける。
- 記録動画を介助士や第1筆者や理学療法士 PT-1 と共有し，1週間に1回の頻度でオンライン会議を開催し，被験者へのアドバイスをした。

生活習慣

24時間完全介護により，介助士が生活支援をしている。1カ月に1度通院し，通院先から派遣された理学療法士（以後，理学療法士 PT-2 と記載）により，訪問リハビリテーションを週に1度受けている。リハビリテーションは上肢下肢の筋緊張の緩和を目的としたものである。日常生活では，パソコンをマウススティック [33] で操作し，車いす移動は，左手側に設置された操作レバーを使って自分でする。これらの動作は軽微なため，上肢の機能回復のリハビリテーションには相当しない。受傷後にリハビリテーションとして練習していたハーモニカ演奏は，少し吹くことができるようになったが，数カ月で演奏練習をやめてしまった。受傷後，急性期を経て維持期に移行したために退院した。5年前から自立生活を送るようになり，ハーモニカの演奏練習を再開した。音楽教室へ通い，レッスンを受けながら練習を重ねた。年に1度，沖縄で開催される音楽コンテストにハーモニカ演奏で出場するようになり受賞経験もある。1週間に1，2度，自宅から車いす移動で30分ほどの場所にある公民館の1室を借りて，練習を続けている。

5.4 1年間のギター演奏練習実施結果

演奏支援装置 F-Ready なしではギター演奏できない人が，1年間の練習でギター演奏ができるようになった。演奏練習開始時，5週間後，1年後についての変化を表4に示す。

Kは1年間を通して，74回の練習をした。開始から5週間で26回練習をし，アクセシビリティ研究会でギター演奏を発表した。その後の約11カ月間も練習を続け，最終月まで1カ月に平均3~5回練習を続けた。練習開始直後から，肩や首の痛みが現れた。練習の途中で休憩をし，その間に介助士が肩や首のマッサージ，ストレッチをした。

表4 長期使用による調査結果

Table 4 Results of the long term experiment.

	初期	5週間後	1年後
押弦状態 持続可能時間[sec]	1秒以下	4秒以上	60秒以上
両上肢による 演奏動作時間[sec]	30秒以上	4秒以下	2秒以下
手位置制御 左上肢(押弦)	視覚・聴覚	視覚・聴覚	体性感覚
手位置制御 右上肢(打弦)	視覚・聴覚	体性感覚	体性感覚
連続打弦間隔[sec]	5[min]	約4[sec]	約2[sec]
連続打弦回数[回]	2	30	75以上
練習日数[日]	0	26	74

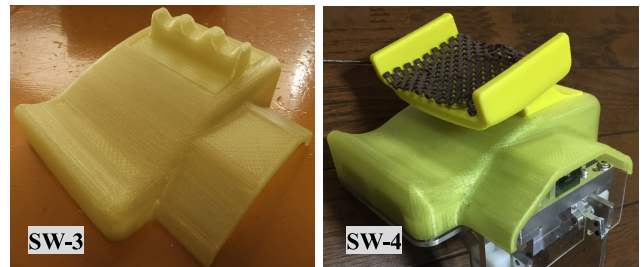


図8 押圧カバーのスイッチ SW-3, SW-4

Fig. 8 Improved cover type push switch.

かかりつけ医へ確認し，演奏練習による筋肉痛であるとの診断があった。本人の意志により，その後も休憩をとりながら慎重に練習を続けた。調査開始直後から3カ月間は押圧カバーのスイッチ SW-2 を使用し，4カ月~8カ月の間は，スイッチ SW-3 を使用し，9カ月後からはスイッチ SW-4 を使用した。押圧カバーのスイッチ SW-3 とスイッチ SW-4 を図8に示す。

押弦状態持続可能時間

押圧装置のスイッチを押下した状態を保つことができる時間である。ギター演奏は，弦を弾くときに，押下状態を保つ必要がある。そのため指先でスイッチを押し続ける力が必要である。初期では1秒以下であったが，1年後には60秒以上押弦状態を保つことができるようになった。

両上肢による演奏動作時間

(e)の動作を1度するために必要な時間を指す。この時間が短くなれば，連続して音を出す間隔を短くすることができる。1年後には2秒以下で1音を出すことができるようになった。

手位置制御 (左上肢・右上肢)

手の位置を制御するために使っている感覚であり，初期は視覚と聴覚により位置を確認していたが，1年後には視覚聴覚に頼らず押弦したい位置へ押圧装置を移動し，弦を弾くようになった。そのため，1音ずつ視覚で確認する必

要がないので、スムーズに連続して演奏することができるようになった。

連続打弦間隔

(e)の動作を連続してする場合に必要な時間である。初期は1回動作をすると5分以上時間を空けなければ演奏できなかったのが、5週間後には4秒後には次の音を出すことができるようになった。

連続打弦回数

(e)の動作を連続してできる回数である。初期は1回動作をすると肩や首に負担がかかり、2回しか連続して動作できなかった。5週間後には連続して30回動作できるようになり、1分ほどの短い曲に合わせて伴奏できるようになった。1年後には、4分以上の曲に合わせて連続で動作できるようになった。

生活習慣の変化

ギター演奏開始前と比較して、生活習慣は変化しなかった。通院や、訪問リハビリテーションの頻度も変化しなかった。ギター演奏練習により、肩などの痛みがあるときは、介助士が痛む部分を温めたりマッサージをしたりして対処した。練習12カ月目は、体調不良な日が続き、痙性発作や発熱の日が多く、外出せず自宅で安静にしていることが多かった。

インタビュー

Kへの聞き取り内容を以下に示す。

【初期】ギター演奏は上肢の使い方が難しい。音楽を「ツール」として社会参加できることを期待している。練習後は心身ともに疲れるが、その疲れは嫌なものではなく、運動した後の心地良い疲れに似ている。

【5週間後】腕の疲れが出る。スイッチを押すタイミングと、弦を弾くタイミングにずれが生じるところに難しさを感じる。ギターとハーモニカの演奏では、ギターが遅れる。これは音楽を練習する過程の悩みだから、練習したい。

【1年後】ハーモニカ演奏練習に加えて、初めて鼻歌に合わせて、ギター演奏練習をしてみた。オリジナルの曲を作りたいと思った。右手のストロークが以前よりも長く弾けるように感じた。

理学療法士PT-1コメント：練習2カ月後のインタビューでKの話の内容が、身体の痛みや動きに関することから、音楽的な内容に変化している印象がある。具体的には、音楽の構成や、「～のように弾きたい」など、自分の音楽のイメージについて話すようになっていく。練習により意識せず身体が動く、「演奏」という運動学習ができているためだと考えられる。

理学療法士PT-2のコメント：ギターとハーモニカ演奏練習により、リハビリテーション時以外での両上肢の運動をする機会が増え、持久性やコントロールの向上につながった。QOLの向上やモチベーション向上につながり、良かつ



図9 演奏の様子

Fig. 9 Playing the guitar with F-Ready.

たと感じる。半面、練習による負担増があるため、ケアに関して注意する必要があると感じた。Kハーモニカ演奏方法では、頸部の動きが主で上肢の動きは少ないため、ハーモニカ演奏が上肢の機能回復に寄与したとは考えられない。ギター演奏練習は上肢を動かしたり、持ち上げたりする状態で保持することが多く、耐久性やコントロールの向上に寄与すると考えられる。

5.5 考察

演奏練習へのモチベーションについて

1年間、Kは自主的に演奏練習をし続けたため、演奏へのモチベーションを保つことができたといえる。モチベーションを保つことができた理由として、練習によって表4の指標が向上し続けたからだと考えられる。F-Readyは最も簡単な演奏ができるまでの支援はするが、演奏技術の向上への支援をしない装置であるため、自分で演奏している実感があり、練習の成果も感じられるからであると考えられる。

Kへのインタビューでは、ギター演奏技術の向上を望み、自らの演奏に対しての改善点を見つけながら努力する様子がみられた。「弾きたい」楽器を弾くことができる満足感を得ながら、思うように動かない上肢で、イメージした演奏ができるように試行錯誤を重ねながら演奏練習を続けた。この過程は、健常者が楽器演奏練習をする過程と同等であり、F-Readyによって、障害者が楽器演奏練習をする過程を経験できることを示している。2人の理学療法士（理学療法士PT-1, PT-2）は、Kがギター演奏への興味関心を高め、上肢の痛みを訴えながらもギター演奏を続けたことや、日常生活での充実感を得ていることから、ギター演奏練習がQOLの向上への貢献をしたと述べた。

これらのことから、F-Readyを使ったギター演奏練習により、練習の過程や演奏技術の向上を実感することがモチベーション維持に貢献したと考えられ、F-Readyの有効性を示していると考えられる。Kのギター演奏練習の様子を図9に示す。

上肢の操作性の向上について

ギター演奏練習を始める前から練習終了後までの1年間で、生活習慣やリハビリテーションの増減などの変化はみられなかった。また、ギター演奏練習を始める前から取り組んでいたハーモニカ演奏に関しては、以前からコンテストに出場するなど、演奏に必要な上肢機能があらかじめ備わっていたと考えられる。さらに、ハーモニカ演奏動作に必要な主な筋力とギター演奏動作に必要な主な筋力が異なるため、ハーモニカの演奏動作が、今回の調査における上肢機能の変化に与える影響は少ないと考えられる。

1年間を通して、肩の筋力が上がったこと、上肢の位置制御の精度が向上したことによって、演奏技術が向上したと考えられる。肩の筋力が上がり、上肢の位置制御の精度が上がったことによって、手の動作範囲や細かな動きができるようになったためであると考えられる。初期から5週間までは、肩の筋力が弱いためそれぞれの演奏動作に時間がかかっていたが、少しずつ筋力も向上し、出したいタイミングで音を出せない状態から、出せる状態へと上肢の操作性が向上していった。

5週間以降は、被験者の意識が「タイミング良く音を出す」ことから、「出したい音色や音高、音符の長さの音を出す」ことへと変化していった。演奏練習の中で、(e)ギター弦を弾く速度を調節したり、(c)弦を押圧するタイミングや押圧を保つ時間を調節したりするなど、より細かな上肢の操作性向上を目指すようになった。

その結果、1年後には、(c)、(e)の動作で、肩の力を使うだけでなく、前傾姿勢にすることで素早く右上肢を前へ押し出す演奏技法を自ら身につけるなど、上半身全体を使い演奏し、上肢の運動だけにとどまらず、身体全体の動きへと広がっていった。これらのことは、ギター演奏が上達したいと取り組んだ結果、上肢の筋力や操作性が向上し、上肢のリハビリテーション訓練の効果をもたらす可能性も示唆された。これらのことから、F-Readyは、障害者の不足している身体機能を補い、すぐに演奏練習を始められる演奏支援装置であることが示された。さらに、演奏技術向上への支援はしない仕様であることで、演奏練習をすると同時に、演奏技術に必要な身体機能の向上が期待されると考えられる。

演奏練習による筋肉痛などのトラブルは、健常者が楽器演奏練習をする場合にでも起こりうることであるが、Kは日常生活で、車いすのレバー操作などの軽微な操作しかしていなかったため演奏動作の影響が顕著であったと考えられる。肩の筋力が向上し、体への負担が減り、ギターを演奏するために必要な力を調節できるようになった。

このような身体機能の改善が見られたため、ギターに設置した装置を外し、装置を使わずに演奏できるかを確認した。図10にF-Ready使用時と未使用時の押弦の様子を表す。その段階ではギター弦を完全に押さえることはできな



図10 F-Ready使用時と未使用時の押弦の様子

Fig. 10 Pushing the strings with and without F-Ready.

かったが、試行錯誤する中で、練習を重ねることで装置を使わなくても演奏できる可能性がみられた。このことは、1章で述べた「ギターそのものは改造せずに組み込み、元の演奏動作と支援装置を用いる演奏動作がほとんど同じになる支援装置にする」というコンセプトに合致している。被験者にとって、支援装置なしで演奏できるようになる可能性があるということは、演奏練習へのモチベーションに大きく貢献すると考えられる。今回の長期使用による調査の後も、F-Readyを使って、今後も装置を使用しながらの練習、同時に装置を使用しない練習にも取り組み、いずれは装置を使用せずに演奏することを目指す。

6. おわりに

ギター演奏動作支援装置F-Readyを使うことで、11人中9人の被験者がすぐにギター演奏動作ができ、ギター演奏をすることができた。すぐに演奏動作ができなかった2人についても、少しの改良ですぐに演奏動作ができた。また、弾きたい楽器を自分の身体ですぐに音を出す体験ができ、アコースティックギターを演奏したいという気持ち(モチベーション)を維持することに有効な装置であることも示唆された。

さらに、頸髄損傷により重度障害がある被験者1人が、自主的に1年間演奏練習を続けた結果、ギター演奏ができるようになった。手先を目視しなくても連続して音を出せるようになる体性感覚の向上や、余分な体の力を抜いて演奏動作ができるようになる身体巧緻性の向上も認められた。あわせて、腕や手を同じ位置で保つための肩の力が向上し、連続して演奏できる時間も1曲演奏できる程度まで向上した。これらは被験者が1年間モチベーションを保ちながら練習を続けてきた成果である。Kへのインタビューや2人の理学療法士(理学療法士PT-1, PT-2)からも、K本人がギター演奏技術の向上を望み、自らの演奏に対しての改善点を見つけながら努力を続けたことにより、K自身の音楽への知見が深まったと考えられる。さらに、「弾きたい」楽器を弾くことができる満足感を得ながらも、思うように動かない上肢で、イメージした演奏ができるように試行錯誤を重ねながら演奏練習を続けたことにより、上肢を持ち上げたまま維持できる時間が長くなるなどの上肢機能の回

復がみられたと考えられる。以上の結果は、今ある上肢機能を使って、既存楽器を使用することがモチベーション維持に寄与するという Larsen らの考えとも一致する [34]。

F-Ready が被験者の身体機能を必要以上に補ってしまうと、このような身体機能の向上は望むことができない。F-Ready は、演奏できる必要最低限の身体機能の支援をすることで、演奏練習をしながら身体機能向上を実感できる装置であるといえる。長期使用による調査では、身体機能の向上により、F-Ready がなくても演奏できる可能性があったため、引き続き調査を継続したい。また、他の被験者に対しても同様の調査を実施し有効性を確認したい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 18K18642 の助成を受けた。F-Ready は N-Robotics 中山貴弘氏が製作した。理学療法士池田麻衣氏、あんしん介護株式会社（三重県亀山市）、特定非営利活動法人ぼしぶる（兵庫県三田市）、兵庫頸損損傷者連絡会宮野秀樹氏、一般社団法人 LiC-Gio おといるアイランドなどの協力を得た。ご協力いただいた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] Hamdy, S., Rothwell, J.C., Aziz, Q., Singh, K.D. and Thompson, D.G.: Long-term reorganization of human motor cortex driven by short-term sensory stimulation, *Nat. Neurosci.*, Vol.1, pp.64-68 (1998).
- [2] Karni, A., Meyer, G., Rey-Hipolito, C., Jezzard, P., Adams, M.M., Turner, R. and Ungerleider, L.G.: The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, Vol.95, No.3, pp.861-868 (1998).
- [3] 呉 東進：医学的音楽療法の基礎と臨床，音楽医療研究，Vol.2, No.1, p.1-8 (2009).
- [4] Darrow, A.A.: Adaptive instruments for students with physical disabilities, *General Music Today*, Vol.25, No.2, pp.44-46 (2012).
- [5] 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部：平成 28 年生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）：結果の概要，入手先（https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/seikatsu_chousa_b_h28.html）（参照 2021-05-06）。
- [6] 呉 東進（著），日本音楽医療研究会（監修）：音楽療法カンファレンス，pp.23-36，北大路書房（2015）。
- [7] 陳 隆明：義手の可能性—従来の義手と筋電義手，*Jpn. J. Rehabil. Med.*, Vol.47, No.1, pp.33-41 (2010).
- [8] Bennett, J. and George, L.V.: Guitar Strummer, available from (<https://sites.duke.edu/atdesign/2012/10/11/guitar-strummer/>) (accessed 2021-05-06).
- [9] YAMAHA: EZ-EG, available from (<https://www.yamaha.com/ja/about/innovation/collection/detail/0051/>) (accessed 2021-05-06).
- [10] ブンネ・ミュージック：ブンネ楽器，スウィングバー・ギター，入手先（<http://www.bunnemusic.jp/instruments/>）（参照 2021-05-06）。
- [11] My Breath My Music: Magic Flute, available from (<https://sites.google.com/site/windcontroller/>) (accessed 2021-05-06).
- [12] 金箱淳一，楠 房子，稲垣成哲，生田目美紀：KIKIVIBE：音を振動で感じる共遊楽器，デザイン学研究作品集，Vol.21, No.1, pp.1.14-1.17 (2015).
- [13] 島山海人，中村 開，金箱淳一，南澤孝太：義手のエンターテインメント性の拡張を目指した義手楽器「Musiarms」の開発，研究報告アクセシビリティ，Vol.2018-AAC-6, No.25 (2018).
- [14] 赤澤堅造，奥野竜平，西ノ平志子，一ノ瀬智子，松本佳久子，竹原直美，益子 務：運動機能の障害を考慮した電子楽器サイミスの演奏法の開発とアクセシビリティの評価，日本音楽療法学会誌，Vol.20, No.1, pp.50-61 (2020).
- [15] Lee, J., Leung, J. and Topel, M.: Foot-action guitar strummer, *RESNA Annual Conference 2008*, available from (<https://www.resna.org/sites/default/files/legacy/conference/proceedings/2007/StudentDesign/Other/Lee.html>) (accessed 2021-05-06).
- [16] Kidwell, R.: Mechanical fingering and picking device for electric bass guitar, US3443468A ed. (1966), available from (<https://patents.google.com/patent/US3443468A/en?q=US3443468A>) (accessed 2021-05-06).
- [17] 宮川成門：弦楽器演奏用自助具の開発，岐阜県生活技術研究所研究報告，Vol.14, pp.44-46 (2012).
- [18] ルミナスジャパン：ギター演奏支援自助具 響楽，入手先（<http://www.luminous.co.jp/kyouraku.html>）（参照 2021-05-06）。
- [19] Vickers, S., Istance, H. and Smalley, M.: EyeGuitar: making rhythm based music video games accessible using only eye movements, *Proc. 7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp.36-39 (2010).
- [20] 片麻痺のある人に向けたギター補助具，入手先（<http://n-i-f.jp/works2015/12/>）。
- [21] Vamvakousis, Z.: Digital musical instruments for people with physical disabilities (Doctoral dissertation, Universitat Pompeu Fabra) (2016).
- [22] 笠井史人，水間正澄，佐藤新介，渡辺英靖，和田真一，飯島伸介，國吉 泉，吉澤則幸：上肢装具装着ギター演奏による片麻痺上肢機能訓練，日本義肢装具学会，Vol.26, No.3, pp.206-209 (2010).
- [23] Larsen, J.V., Overholt, D. and Moeslund, T.B.: The Actuated Guitar: A platform enabling alternative interaction methods, *Proc. Sound and Music Computing Conference 2013 (SMC 2013)*, pp.235-238 (2013).
- [24] Chord Buddy: Chord Buddy, available from (<https://www.chordbuddy.com/>) (accessed 2021-05-06).
- [25] Q-sai@楽器挫折者救済合宿 × 株式会社ユニ研：Qactus, 入手先（<http://www.qactus.jp/jp/qactus/>）（参照 2021-05-06）。
- [26] Taheri, H., Rowe, J.B., Gardner, D., Chan, V., Reinkensmeyer, D.J. and Wolbrecht, E.T.: Robot-assisted guitar hero for finger rehabilitation after stroke, *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pp.3911-3917 (2012).
- [27] 吉村友彦，高島 俊：障害者のためのサクソフォン演奏補助システム：唇と口顎部を使わない演奏装置（アミューズメント・エンタティナーロボット），ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2008, pp.2P1-I21.1, 日本機械学会 (2008).
- [28] Hanada, A., Itami, T. and Kato, N.: Guitar playing support device with caliper brake mechanism for upper limb disabled people, *Proc. AROB 25th 2020*, pp.238-243 (2020), available from (<http://www.luminous.co.jp/kyouraku.html>) (accessed 2021-05-06).
- [29] 厚生労働省：身体障害者障害程度等級表（身体障害者福祉法施行規則別表第 5 号），入手先（<https://www.mhlw.go.jp/bunya/shougaihoken/shougaiashatechou/dl/toukyu.pdf>）（参照 2021-05-06）。

- [30] 上田和夫：神経学的音楽療法：神経リハビリテーションにおける音楽演奏の好ましい効果，日本音響学会誌，Vol.69, No.1, pp.28-37 (2013).
- [31] 辻下守弘，鶴見隆正，川村博文：神経疾患患者の運動機能向上を目的とした音楽運動療法用楽器の開発，日本リハビリテーション医学会誌，Vol.40, No.3, p.221 (2003).
- [32] ハーモニカホルダー，入手先 (<https://www.hohner.de/en/instruments/harmonicas/accessories/flexrack>) (参照 2021-05-06).
- [33] Toor, I.K., Tabiat-Pour, S. and Critchlow, S.B.: Mouth sticks: Their past, present and future, *British Dental Journal*, Vol.219, No.5, pp.209-215 (2015).
- [34] Larsen, J.V., Overholt, D. and Moeslund, T.B.: The Prospects of Musical Instruments For People with Physical Disabilities, *NIME*, Vol.16, pp.327-331 (2016).



中山 功一 (正会員)

2005年京都大学大学院博士後期課程修了。博士(情報学)。(株)ATR, (独)NICTの研究員を経て，現在，佐賀大学大学院工学系研究科准教授。日本人工知能学会，ヒューマンインタフェース学会等会員。



西ノ平 志子 (正会員)

2001年三重大学大学院工学研究科博士前期課程機械工学修了。2001年(株)オムロンヘルスケア入社。2017年名古屋音楽大学大学院音楽研究科器楽専攻修了。現在，佐賀大学大学院工学系研究科博士後期課程。音楽療法士。

2015年より三重大学大学院工学研究科リサーチフェロー。日本ジャック・ダルクロワ協会会員，音楽療法学会，日本リハビリテーション工学協会各会員。



松井 博和

1992年名古屋工業大学工学部電気情報工学科卒業。1994年名古屋大学大学院工学研究科博士前期課程情報工学修了。1997年神鋼電機株式会社入社。1998年三重大学工学部助手。2000年名古屋大学(工学博士)。コミュニケー

ション，自律移動や学習支援に関する知能ロボットの研究に従事。現在，三重大学大学院工学研究科助教。電子情報通信学会。日本ロボット学会各会員。



大島 千佳 (正会員)

2004年北陸先端科学技術大学院大学博士後期課程修了(博士，知識科学)。(株)ATR, (独)NICTの研究員を経て，現在，佐賀大学客員研究員。ACM MM04 Best Paper Award, 山下記念研究賞等受賞。