

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：34428

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01596

研究課題名(和文) 軽度認知障害の認知リハビリテーションのための電子楽器演奏システムの開発

研究課題名(英文) Development of electronic musical instrument for Cognitive rehabilitation of mild cognitive impairment

研究代表者

奥野 竜平 (Okuno, Ryuhei)

摂南大学・理工学部・教授

研究者番号：90294199

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本申請では、楽器演奏経験がほとんどない高齢者を対象にした新しい電子楽器演奏システムを開発し、認知症予防への有用性と限界を示すことを目的とし研究を遂行した。具体的には、既存の管楽器、弦楽器の演奏法を取り入れた楽器演奏の実感を得られるような演奏デバイスを試作した。健康男子5名を用いた楽曲演奏実験を行い、合奏が可能であることを示した。また、予備実験として中重度の認知症患者30名を対象とした楽曲演奏実験を行い、単独ないし音楽療法士の補助により演奏可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義としては、高齢者の楽曲演奏と運動・認知機能のトレーニングを可能とする点にある。すなわち、種々の演奏デバイスを用いることで、演奏者の興味、個別の運動機能に合わせることができ、楽器演奏初心者でも継続的に音楽活動を行うことが可能である。また、合奏は認知機能のトレーニングになるとともに、高齢者のコミュニケーションの機会を創出することになることで、高齢者施設等での普及が期待できる点において社会的な意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a new electronic musical instrument playing system for elderly people who have little experience in playing musical instruments for prevention of dementia. We developed two type of prototype devices for our developed electronic musical instrument, Cyber Musical Instrument with Score (Cymis). One was a device that controls the sounding time by the expiratory pressure. The other was a device that controls the sounding time by the movement of the mouse and gripping force. We performed a music performance experiment with five healthy subjects and showed usefulness of the developed musical instrument. As a preliminary experiment, a music performance experiment was conducted on 30 patients with moderate dementia, and it was suggested that Cymis could be performed alone or with the assistance of music therapists.

研究分野：生体医工学

キーワード：音楽療法 電子楽器 認知症 合奏 呼吸

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

国内の認知症患者数は約 462 万人、認知症の前段階とされる軽度認知障害は約 400 万人であり、65 歳以上の高齢者のうち約 4 人に 1 人が認知症あるいはその予備群と推計されている。認知症への対応は今や世界共通の課題である。認知症の病態解明は未だ不十分であり、決定打となるような根本的治療薬や治療法は確立されていない。そのため、治療法の確立とともに、認知症予防の重要性が唱えられている。認知症予防法としてはウォーキングなどの有酸素運動 [1]、いわゆる「脳トレ」に代表される簡単な計算問題 [2]などが提唱されている。しかし、それらを継続的に行う努力が高齢者に求められるため、途中で断念することが多い。そのため、予防法には対象者が楽しみながら実行できることが望ましい。音楽は多くの人に好まれるため介護施設や老人ホーム等で音楽を用いた日中活動や音楽療法が継続的に行われている。認知症予防に対して音楽の効果としては、健常人を対象にした楽器演奏やダンスなどによる認知症予防の効果 [3]が報告されている。Balbag らは双子を対象とした研究により、楽器演奏をする人は演奏をしない人に対して認知症リスクが 64%低いと報告している[4]。これらのことから、認知症予防のために、楽器演奏への期待は非常に大きい。

しかし、楽器演奏経験がほとんどない高齢者は既存の楽器を演奏すること自体が困難である。これまでにヤマハのミュージックテーブルやスウェーデンの音楽療法士 Bunne による楽器等が開発されてきた。これらは障害者を対象としたものであるため操作が簡単であり、一般の高齢者は直ぐに飽きてしまい、認知症予防のために継続した使用には不向きである。現在まで楽器演奏経験がほとんどない高齢者でも楽曲演奏可能な楽器やそれらを用いた認知症機能維持、向上のための音楽療法プログラムで確立されたものはない。中高年者を対象とした楽器教室が開講されているが、ピアノやバイオリン等の楽器演奏は演奏未経験者にとってハードルが高く、途中で断念することが多い。これを一般の高齢者にそのまま適用するのは難しい。そのために楽器演奏初心者でも難しい楽曲が演奏可能な「新しい電子楽器とその演奏法の開発」とそれらを用いた「認知症予防のための音楽療法プログラム」が必要であると考えた。我々はこれまでに電子福祉楽器サイミス (Cymis; Cyber Musical Instrument of Score) を試作し、障害者支援施設や高齢者介護施設において日中活動の充実に有用であることを示した[5]。本電子楽器の特徴の一つとして、利用者の好みや特性に合わせた種々の演奏デバイスの使用が可能であることが挙げられる。このサイミスを用いることで高齢者が継続的に演奏可能になるのではないかと考えた。

### 2. 研究の目的

本研究では楽器演奏経験がほとんどない高齢者のための新しい電子楽器システム演奏法を開発し、認知症予防への有用性と限界を示すことを目的とする。まずは健常高齢者が継続して演奏可能な電子楽器を試作する。そして、健常成人を用いた楽曲演奏実験を行い、その有用性と限界を明らかにする。本研究では下記の項目について研究を行う。

#### (1) 楽器演奏を模倣した演奏デバイスの開発

これまでに障害者への適用を目的とし、僅かしか動かない手指の動きや力でも演奏できるような演奏デバイスを試作した。しかし、一般の高齢者による演奏では操作が容易すぎるため、すぐに飽き楽器演奏の充実感を得ることができない。そのため、本研究では既存の管楽器、弦楽器の演奏法を取り入れた楽器演奏の実感を得られるような演奏デバイスを開発する。

#### (2) 合奏支援システムの開発

複数人でサイミスを演奏することが音楽療法の場では重要である。他者の演奏を聞きながら自身の演奏を行うデュアルタスクは認知症予防への効果が期待される。そこで、本研究では全てのサイミスで合奏できるような合奏支援システムを開発する。合奏はサイミスだけでなく、演奏形態は支援者（音楽療法士）によるピアノ等の楽器を含むものである。

#### (3) サイミスによる楽曲演奏実験

サイミスによる楽曲演奏の合奏を行う。健常者成人を用いて合奏による楽曲演奏実験を実施し、本研究で試作したシステムを用いて合奏が可能であることを示す。

### 3. 研究の方法

#### (1) 楽器演奏を模倣した演奏デバイスの開発

本申請では 2 種類の演奏デバイスを試作した。一つは呼吸気圧を用いた演奏デバイスであり、管楽器の演奏を模したものである。もう一つはマウスを用いた演奏デバイスであり、弦楽器（撥弦楽器）を模したものである。以下に試作した演奏デバイスの構成について述べる。

##### ① 呼吸気圧を用いた演奏デバイスの試作

演奏者の呼気により楽曲の演奏を可能としているものである。図 1 に本研究で試作した呼吸演奏デバイスの構成を示す。本デバイスは吹き口部と信号処理を行う電子回路から構成されている。吹き口部ではヒトの呼吸気圧を計測する。その際に求められる条件として、①呼気による水分に対して防水等に対応されていること、②感染症防止のためヒトや唾液等が接触する部分を消毒ないし、使い捨てにすることが可能であること、そして、③安価、簡便であることが求められる。そこで、本研究では吹き口部のペットボトルの容器の中にゴム風船を置き、ゴム風船の口にピアノ用の唄口を取り付けた構造とした。また、ペットボトルの底面にはシリコン製のチューブを取り付け、その先端は空気圧センサと接続した。唄口から吹き込まれた呼気により風船

が膨らむことで、ペットボトル内の体積が減少し、圧力が上昇する。この圧力を計測することで、呼気圧の計測が可能となる。また、この風船を予めある程度膨らませることで、息を吸った時に風船が萎み、ペットボトル内の圧力が減少することで吸気圧の計測も可能となる。また、使用者から出された息や唾液は風船の内部のみに触れるため、この風船を使い捨てにすることで感染症の防止がなされる。電子回路では空気圧センサの出力をマイコンボード (Arduino UNO) を用いて零点調整および増幅を行い、ジョイスティック準拠の信号としてサイミスへ転送した。これにより楽音の発音時刻と音量を制御した。

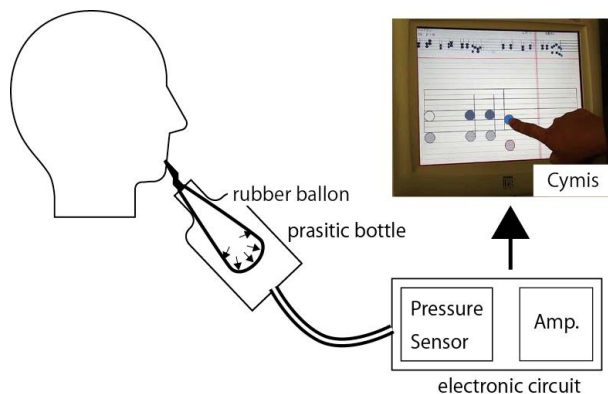


図 1 呼気圧を用いた演奏デバイスの構成

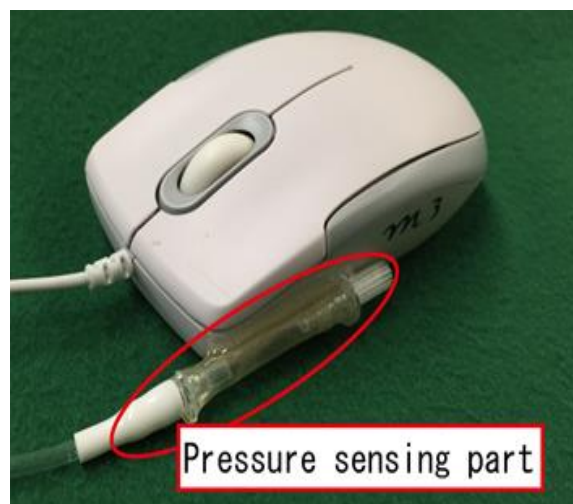
試作した演奏デバイスの速応性を調べ

るためステップ応答を測定した。被験者は 22 歳の健常男子 1 名とした。実験では呼気的目標値と呼気圧をオシロスコープ上に輝線で表示した。被験者にはできる限り早く目標値に呼気圧が一致するように息を吹き込むように指示した。その時の呼気圧を計測した。同様の実験を吸気に対しても行った。本実験では呼気圧の目標値を 3.75 [kPa], 吸気圧の目標値を -3.75 [kPa] とした。呼気圧および吸気圧の立ち上がり時間は約 400 [ms] であった。このことから、テンポの速い曲の演奏は困難であるが、60 [BPM] 程度のゆったりとしたテンポの楽曲においては、四分音符の音価ならば演奏可能であることが示された。

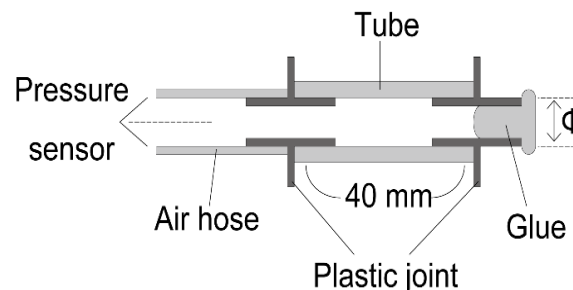
## ② マウスを用いた演奏デバイスの試作

擦弦楽器の演奏を体感するには、左手で行う音高指定動作と、右手の弓で行う擦弦動作が再現されているべきである。現在市販されている電子楽器では、ヤマハのサイレントシリーズのように本物と同程度の難易度のものか、タカトミーの evio のように擦弦動作しか持たないものが多い。そこで、擦弦楽器の演奏の特徴を取り入れた演奏デバイスを試作した。音高はタッチパネル上に表示された楽譜の音符をポインティングすることで指定し、擦弦動作はマウス型デバイスを用いることで実現した。

図 2 に試作したマウス型デバイスを示す。市販されている USB マウスの側面に感圧部を取り付けしている (図 2(a) 参照)。使用者はこの感圧部を指で押さえながらマウスをスライドさせることで擦弦動作の模擬を行う。感圧部では作製が簡単であること、把持力をアナログ的に調節できること、現在の把持力を反発力や凹み具合などから利用者にフィードバックできる点からチューブ型とした。図 2 (b) に感圧部の構成を示す。40mm に切り取ったチューブの両端にはプラスチック製のジョイントを接続し、片方は接着剤で密閉し、もう片方はエアホースを介して圧センサに接続した。チューブの材質にはポリオレフィン (熱可塑性チューブ 内径  $\phi$  4.5mm) を用いた。また、マウスからの信号と感圧部の圧変化をジョイスティックの X, Y, Z 軸に変換する処理回路を Arduino UNO と USB Host Shield を用いて試作した。



(a) マウスを用いた演奏デバイスの構成



(b) 感圧部の構造

## (2) 合奏システムの構成

本研究では呼気圧を用いた演奏デバイスを用いた合奏システムを構築した。本システムは 2 台のサイミス本体 (パソコン)、演奏デバイス、arduino を用いたトリガー信号発生回路から構成される。サイミスでは楽曲演奏時の各音符の発音時刻、消音時刻の記録が可能である。しかし、2 台のサイミスにおいて時刻を同期させる必要がある。そのため、演奏開始時にトリガー信号発生回路のタクトスイッチを押すことでキー

図 2 マウスを用いた演奏デバイス

イベントサイミス本体に送信する。この時刻を 0 として各音符の発音時刻、消音時刻を記録した。指揮者の指揮で演奏する場合は指揮者がタクトスイッチを押し、指揮者がいない場合は演奏者のうちの一人がタクトスイッチを押すこととした。

### (3) 合奏による楽曲演奏実験

試作した合奏システムを用いた楽曲演奏実験を行った。使用した演奏デバイスは呼吸気圧を用いたものである。被験者は健常男子 5 名 (21~22 歳) である。被験者には実験内容を説明し、インフォームドコンセントを得た。本実験は摂南大学人を対象とした研究倫理委員会の承認を得た。楽曲は「きらきら星」(音符数: 88) である。演奏難易度を高めるため編曲を行った。実験は演奏者 2 台のサイミスを用いた。1 台では 60 BPM のテンポで自動演奏させた。もう一台において被験者は試作した呼吸気圧演奏デバイスを用いて楽曲演奏を行った。実験は以下の手順で行った。

- ① 被験者には演奏前に演奏する曲を聴いてもらい 60 BPM のテンポを理解してもらった。また、10 分間程自由に演奏してもらい、演奏方法に慣れてもらった。
- ② 被験者には自動演奏に合わせて演奏をするように指示をした。この時の演奏者の発音時刻、消音時刻を記録した。
- ③ 一日に 1 回ないし 2 回の実験を行い、二週間で計 6 回の実験を行った。
- ④ 演奏中の音符の理想発音時刻(自動演奏の発音時刻)と実際の発音時刻との時間差を算出した。

## 4. 研究成果

図 3 に合奏による楽曲演奏実験の結果の一例を示す。1 回目の演奏では理想発音時刻と実際の発音時刻の差が 2 秒以上あり、合奏として成立していなかった。これに対して 6 回目の演奏では発音時刻の差が 0.4 秒以下であり、演奏者が自動演奏に追従していた。すなわち、呼吸気圧を用いた演奏デバイスを用いても、ほぼ一定テンポにおいて演奏が可能であり、ゆったりした曲ならば本演奏デバイスで楽曲演奏が可能であることが示された。これにより、今後、健常高齢者および認知症患者への適用可能性が示唆された。

また、中重度の認知症患者(CL)に対する音楽療法では楽器演奏に関する報告は極めて少ない。そこで、サイミスを用いて CL が楽器演奏できるか否か、そして楽器演奏のために重要な認知機能と演奏時の感情を明らかにすることを目的としたパイロットスタディを老健施設にて実施した。被験者は認知症患者 30 名(女性 20 名、平均年齢 91.1 歳±3.9, MMSE14.1±5.0)とした。タッチパネル、スイッチを使った 5 種類の演奏法を適用した。演奏可能群 A と演奏不可能群 N が存在した。A 群は個人演奏から介入開始が可能であることが示された。一方、N 群は音楽療法士と共に楽器演奏を行うことで「楽しさ」の維持をできることが示唆された。演奏を音楽療法士と共に、段階的に個人演奏する介入へと移行することで、認知症予防としての介入ができるか、今後の臨床研究で明らかにする必要がある。

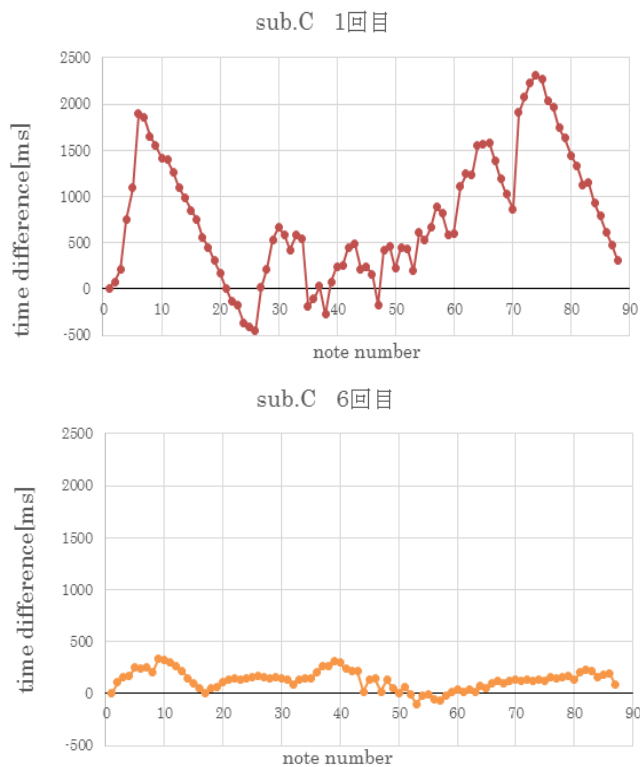


図 3 楽曲演奏実験結果の一例

### <引用文献>

- [1] A. F. Kramer et al., Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function: Trends in Cognitive Sciences, Vol .11, pp. 342-348, (2005)
- [2] R. Nouchi et al.: Brain training game improves executive functions and processing speed in the elderly: a randomized controlled trial, PLoS One, Vol17, No.1, (2012)
- [3] Veghese et al.: Leisure activities and the risk of dementia in the elderly, The New England Journal of Medicine, Vol.348, pp.2508-2516, (2003)
- [4] M. A. Balbag et al.: Playing a Musical Instrument as a Protective Factor against Dementia and Cognitive Impairment: A Population-Based Twin Study, International Journal of Alzheimer's Disease, Vol.2014, (2014)

[5] K. Akazawa et al.: Novel Electronic Musical Instrument with Pre-Programmed Score for the Disabled to Enjoy Playing Music, *Advanced Biomedical Engineering*, Vol.6, pp.1-7, (2017)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 赤澤堅造, 奥野竜平, 西ノ平志子, 一ノ瀬智子, 益子務
2. 発表標題 脳性麻痺などの重度の障害のある方が演奏し, 楽しむアクセシブル電子楽器サイミス
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野直人, 亀岡孝平, 奥野竜平, 赤澤堅造
2. 発表標題 認知症予防を目指した呼吸気圧による電子楽器演奏デバイスの試作
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野直人, 亀岡孝平, 奥野竜平, 赤澤堅造
2. 発表標題 呼吸気圧電子楽器演奏デバイスを用いた一定テンポ演奏の基礎的検討
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤澤堅造, 奥野竜平, 一ノ瀬智子, 竹原直美
2. 発表標題 楽器演奏・音楽療法の認知症予防効果に関する文献レビュー、第2報
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥野竜平, 一ノ瀬智子, 竹原直美, 松本佳久子, 赤澤堅造
2. 発表標題 発達障害音楽療法支援を目指したKinect を用いた電子楽器Cymis 演奏システムの構築
3. 学会等名 情報処理学会アクセシビリティ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤澤堅造
2. 発表標題 運動障害のある方が演奏できる電子楽器 ~ 研究開発における苦労話と楽しい話
3. 学会等名 情報処理学会アクセシビリティ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤澤堅造, 一ノ瀬智子, 竹原直美, 奥野竜平, 前田義信
2. 発表標題 軽度認知症・軽度認知障害・認知健常者に対する楽器演奏・音楽療法の介入効果に関する文献レビュー 第2報
3. 学会等名 第9回日本認知症予防学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤瑛佑, 田部井賢一, 奥野竜平, 赤澤堅造
2. 発表標題 電子楽器サイミスを利用した中重度認知症患者の音楽療法の準備的研究
3. 学会等名 第9回日本認知症予防学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuhei Okuno, Tomoko Ichinose, Kakuko Matsumoto, Masayoshi Ichie, Tsutomu Masuko, Kenzo Akazawa
2. 発表標題 Evaluating usefulness of new accessible electronic musical instrument for the disabled persons
3. 学会等名 the world congress on medical physics and biomedical engineering (WC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naomi Takehara, Tomoko Ichinose, Kakuko Matsumoto, Tsutomu Masuko, Tomomi Aoki, Yui Morooka, Ryuhei Okuno, Kenzo Akazawa
2. 発表標題 Pilot study of music therapy using Cymis, a barrier-free electronic musical instrument: A Case report of three severely disabled children
3. 学会等名 5th International Conference of the International Association for Music and Medicine (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤澤堅造
2. 発表標題 音楽療法の認知症予防エビデンス認定
3. 学会等名 第8回日本認知症予防学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤澤堅造, 一ノ瀬智子, 松本佳久子, 竹原直美, 益子務, 西ノ平志子, 中山功一, 奥野竜平
2. 発表標題 初心者が容易に合奏できる認知症予防のための電子楽器サイミスの開発
3. 学会等名 第8回日本認知症予防学会学術集会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 赤澤堅造, 奥野竜平
2. 発表標題 楽器演奏・音楽療法の認知症予防効果に関する文献レビュー ～効果量に着目～
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤澤堅造
2. 発表標題 アクセシブル楽器サイミスのためのユーザインタフェースの検討 ～タッチパネルの活用～
3. 学会等名 第16回日本音楽療法学会近畿学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenzo Akazawa, Tomoko Ichinose, Kakuko Matsumoto, Naomi Takehara, Tsutomu Masuko, Mototsugu Horai, Ryuhei Okuno
2. 発表標題 Novel musical instrument for severely disabled and healthy elderly people
3. 学会等名 15th World Congres of Music Therapy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yui Ando, Tomomi Aoki, Naomi Takehara, Masaki Wada, Tomoko Ichinose, Toko Yoshizato, Kakuko Matsumoto, Ryuhei Okuno, Kenzo Akazawa
2. 発表標題 Electronic Musical Instruments to Help Beginners Play Music Ensembles and Discover Errors
3. 学会等名 15th World Congres of Music Therapy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naomi Takehara, Tomomi Aoki, Takanobu Higuchi, Mio Nakayama, Toko Yoshizato, Kakuko Matsumoto, Tomoko Ichinose, Ryuhei Okuno, Kenzo Akazawa
2. 発表標題 Physiological and Cognitive Investigation of Playing Instruments that Serves Effective Cognitive Stimulus
3. 学会等名 15th World Congres of Music Therapy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naomi Takehara, Tomoko Ichinose, Kakuko Matsumot, Ryuhei Okuno, Shinichi Watabe, Katsumi Sato, Tsutomu Masuko, Kenzo Akazawa
2. 発表標題 A Novel System for the Elderly to Learn Playing Electronic Musical Instrument in Ensemble
3. 学会等名 Culture and Computing 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 赤澤堅造, 奥野竜平, 竹原直美, 一ノ瀬智子, 松本佳久子
2. 発表標題 音楽療法・楽器演奏の認知症予防効果
3. 学会等名 第7回日本認知症予防学会学術集会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	一ノ瀬 智子  (Ichinose Tomoko)  (80388800)	武庫川女子大学・音楽学部・教授    (34517)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	赤澤 堅造  (Akazawa Kenzo)		
連携 研究者	松本 佳久子  (Mathumoto Kakuko)  (90550765)	武庫川女子大学・音楽学部・教授   (34517)	
連携 研究者	竹原 直美  (Takehara Naomi)  (90707324)	武庫川女子大学・音楽学部・助教   (34517)	