

早稲田大学審査学位論文
博士（人間科学）

ICT を利用した身体動作を伴う実技の遠隔学習に関する
実践研究

A Pragmatic Study on Distance Learning of Practical
Skills by Using ICTs Through Body Movement

2020年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

古井 秀法

FURUI, Hidenori

研究指導担当教員： 西村 昭治 教授

目次

第1章 はじめに	1
1.1 本論文の構成	1
1.2 研究の背景	1
1.3 研究の目的と位置づけ	4
1.4 ヴァイオリンと坐禅の遠隔学習に関する社会背景	5
1.4.1 ヴァイオリンについて	5
1.4.2 坐禅について	6
第2章 ヴァイオリンの遠隔学習研究	8
2.1 先行研究	8
2.2 研究方法	9
2.3 実験結果と評価	11
2.4 ヴァイオリンの遠隔学習評価の考察	19

第3章 坐禅の遠隔指導研究	22
3.1 坐禅の遠隔指導研究I	22
3.1.1 先行研究	22
3.1.2 研究方法	23
3.1.3 実験結果	33
3.1.4 心拍数を指標とした坐禅の遠隔指導実験結果の考察	36
3.1.5 研究II への応用	38
3.2 坐禅の遠隔指導研究II	39
3.2.1 先行研究	39
3.2.2 研究方法	42
3.2.3 実験結果	45
3.2.4 心拍変動と脳波を指標とした坐禅の遠隔指導実験結果の考察	51
第4章 本研究の総括と今後の展望	54
4.1 本研究におけるまとめと今後の展望	54
4.2 予定している今後の研究について	56
引用・参考文献	59
謝辞	68

第1章 はじめに

1.1 本論文の構成

第一章では、本研究の目的と研究背景について述べる。本研究は、「ヴァイオリンの遠隔学習」と「坐禅の遠隔指導」についての研究であるので、各々の研究に関する社会的背景について示した。

第二章では、本研究で提案するヴァイオリンの遠隔学習について、まず先行研究と実験方法について示し、その結果と考察について述べる。

第三章では、坐禅の遠隔指導に関する研究について、その先行研究と実験方法について示し、実践した結果について検証し、その有用性について述べる。

第四章では、本研究の総括を行い、得られた知見による今後の展望についてまとめることとする。また、ヴァイオリンの遠隔指導に関する今後の展望についても述べる。さらに、坐禅の遠隔指導研究に関する今後の展望について述べ、加えて、今後実験を予定している研究についても述べる。

1.2 研究の背景

身体動作を伴う実技、特に小学校・中学校の義務教育で学習する科目としては、「体育」「音楽」「技術・家庭科」などがあげられる。これらは、副教科として扱われ、座学として代表的な5教科、つまり、「国語」「英語」「数学・算数」「理科」「社会」では学ぶことができない社会性を涵養するために必要とされる教育である。

これらの教科は、短期的に知識を身につけるものではなく、学校を卒業後、社会の一員としての自覚を育てていくために重要なものである。社会生活における個々人の自立に必要な知識や技能といったものは、座学のみでは得ることができない。

スペンサー（1963）によれば、知育・体育・徳育は人間形成において欠かすことができない重要な要素である。しかしながら、これら身体動作を伴う実技は、座学と同様の教授法を用いる学習は通用しづらい。また、教授者によって質の偏りが少なからずとも存在する。さらに、教授者を安定して確保することは、身体技能を伴う学習の分野において容易くない。（NHK 2017）

近年、ICT(Information and Communication Technology) を利用したeラーニングが

様々な領域で活用されている。西村（2014）は、インターネットを活用し、遠隔による高等教育（学士学位取得が可能な）について、実践的な研究によって、その有効性を明らかにした。

さらに、杉浦（2005）は、高等教育の遠隔学習研究として、大学院におけるゼミの授業を、同期型双方向システムを用いて実際の運用を行った。その研究の中で、従来の衛星放送を利用した授業のように一方通行になりがちな方式と違い、双方向であるがゆえに、リアルタイムで意思疎通ができる利点について報告している。

また、大手の英会話学校においても、インターネットを利用したオンラインレッスンを開講しているところが増加し、座学によるeラーニング教育に関しては、数多くの成果が上がってきていることもあり、従来の対面教育と共に一般的な教育スタイルとして捉えられるようになった。

一方、ICTを利用した身体技能の習得に関するeラーニングの黎明期としては、鈴木（2001）のピアノ指導に関する研究があげられる。また、深見ほか（2010）は、児童学科の学生にピアノの模範演奏映像が収録されているeラーニング教材を提供し、歌唱の際のアドバイスについても、その教材内で動画や文章によって提供した。視聴前後の演奏を比較分析し、履修学生の実技向上にeラーニング教材が有効であったことが報告されている。加えて、レッスンの時間を補うことについてもeラーニング教材が利点となったことが報告されている。しかしながら、この研究は質的な研究であり、量的な研究の必要性についても言及されている。

次に、大野・赤井（2019）は、短期大学保育学科の学生に対して、ピアノ学習にeラーニングを利用した。学生は、それまでにピアノ実技の経験がない学生が大半であった。ピアノのトレーニングに関する映像をYouTubeにアップロードし、学生が活用できるようにした。結果として、eラーニングを活用することによって、学生がその有効性を認識し、さらに学習意欲を高めたことが報告されている。

ダンスや武道に関しても、ICTを活用し、タブレット端末を用いて自分自身や他の生徒の技の動作を撮影し、その映像を視聴することによって、改善点について学習する事例が挙げられている。（愛媛新聞 2015s）

ダンスに関するICTの活用事例として、松本（2016）は、Microsoft社のジェスチャー・音声認識デバイス「Kinect for Xbox360」を利用して、中学校のリズムダンスの動

作をデジタルコンテンツ化した。また、松本(2017)は、中学生72名に対し、リズムダンスの学習の際に、Kinectに加え、タブレット端末を導入した。結果として、デジタルコンテンツを用いることによって、ダンスの動作を振り返ることができ、効果的であったと生徒が感じていることが報告されている。

次に、梶ほか(2018)は、体育系大学のダンス授業において、ICTを活用し、ダンスの映像を撮影したものを視聴し、評価活動を行った。さらに、独自のeラーニングシステムも活用し、授業内容の整理にも役立てた。結果として、ICTを活用することによって、運動技能の改善や評価の理解について有効であることが示唆された。

小学校の体育授業におけるマット運動に関しても、ICTを利用することによって、生徒の動作に関する、できばえ、つまずき、そして対応策に活用でき、認識の違いを明らかにする報告がされている。(賀川 2006)

また、武道においても、田中ほか(2016)は、柔道の授業において、ICTを活用した授業展開の有効性について検討を行った。結果として、ICT教材を活用した授業では、活用しない授業より柔道の受け身動作の習得がうまくいくことがわかった。ICT教材を用いることによって、柔道の授業を安全に行う際の一助となることが報告されている。

体育の授業に関する研究として、松坂(2014)は、体育教師を志望する学生に対して、ICTを活用した授業の実践を行った。タブレット端末で模範となる鉄棒運動の動作を撮影し、動作の比較を生徒に把握させた。映像を撮影することによって、何度もフィードバックが可能となる利点があげられており、また、技能のイメージ作りにも役立つことが報告されている。

これらの研究のように、ICT技術を用いることによって、撮影した映像を繰り返し視聴することが可能となることが利点としてあげられている研究は他にもある。山崎(2017)は、バドミントンのストローク技能を習得させるために、ICT教材を取り入れた。結果として、撮影された映像の視聴が繰り返し可能となることによって、技能の習得に役立つことが示唆された。次に、山室(2016)は、マット運動とハードル走の映像について、ICTを活用して自分自身の動作を撮影し、それを模範映像と比較して技の改善点や高まりを見つけることが可能になると報告している。さらに、廣田(2002)は、Webサイトを利用した映像配信を利用して体育やスポーツの指導現場において、比較的運動内容の単純なものであれば、十分に指導の対応が可能であると報告している。加えて、水泳指導において渡

辺・井上（2017）は、水泳のフォームについてICT機器を活用し実践的な研究を行い、その有効性を検証した。

伝統舞踊の動作についても、ICTの活用が報告されている。菊池・松田（2017）は、地域伝統舞踊の動作に関して、動きの要が腰部にあると考えた。そこで、舞踊の熟練者4名に、加速度センサーを用いて、踊りの質の違いについて可視化を試み、分析を行った。結果として、舞踊の質の違いは、踊りの緩急やタイミングに関わりがある可能性が示唆された。同様に、板垣ほか（2017）は、かな掛け動作を支援する学習システムを開発しスマートフォンと連携させることで、練習動作の向上が見られたと報告している。また、柳原（2012）は、TV電話システムを利用してeラーニングによる茶道の稽古を行い、師弟関係の維持にも有効であることを報告している。

伝統技術におけるICTを活用した動作を伴う学習に関して、黒川（2005）は、人間国宝レベルの職人の動作を3次元によって動作解析を行った。また、安藤・佳川（2012）は、鋸を引く動作を、モーションキャプチャ装置を利用して教材を作成し、学校の授業において活用することによって、生徒の知識や理解に役立てることが可能かについて検証を行った。

1.3 研究の目的と研究の位置づけ

上記の研究は、身体動作を伴う学習において、その映像記録を残すことができ、必要な際にいつでも復習が可能であるというICTを活用したeラーニングの研究の長所について示してはいるが、これらの研究は、オンディマンド型の「非同期的コミュニケーション」による学習である。技能の習得など身体的動作を伴うeラーニングにおいては、双方向で同時にフィードバックが可能な「同期的コミュニケーション」のeラーニングであることが望ましい。なぜなら、それらは、教授者、学習者、双方ともに動作を必要とするからである。

ところが、同期的コミュニケーションの学習スタイルを用いてICTを活用したeラーニングに関する研究は、ほとんど見受けられない。そこで、本研究の目的は、これまでICTが介入することがなかった座学と異なる「身体動作」を伴った実技の習得に関するeラーニングに対して、ICTを活用した双方向通信による同期的な遠隔学習を提案することであり、そして、その学習スタイルが有効に機能するかを検討することとした。

技能の習得というものは、初めに「模倣」から始まり、「繰り返し」を続け、そして「習

熟」に至る、とされている（生田1987）。本研究における同期的な遠隔学習を用いることは、リアルタイムにフィードバックが可能となるので、実技における身体動作についても、「模倣」「繰り返し」、そして、「習熟」に至るプロセスを踏むことが可能であると考える。

本研究において、具体例として着目したのは、「ヴァイオリン」と「坐禅」の遠隔指導についてのeラーニングである。双方とも、これまで対面学習を主体とする学習スタイルがとられてきた。なぜこれらヴァイオリンと坐禅の指導にICTの導入が必要であるかについては、次節において、社会的背景を個々に示し、第2章にて、各々の先行研究を述べることとする。

ICTを活用した同期的な遠隔学習が有効に機能すれば、先の問題を解決できるのではと考える。つまり、身体動作を伴う実技の教授者の安定的な確保と、それに伴う教授者の質の偏りを減少させることである。

1.4 ヴァイオリンと坐禅の遠隔学習に関する社会背景

本研究における「ヴァイオリン」と「坐禅」の遠隔学習に関する社会的背景について、各々述べることとする。

1.4.1 ヴァイオリンについて

インターネットが普及することにより、Webページによって情報が拡散されるようになった。これまでは、ヴァイオリンを学習しようとする、町のヴァイオリンの先生を個人的に探す必要があった。ところが、インターネットの普及によってピアノの先生を探すようにWebページで付近のヴァイオリン講師を探すことが可能となった。また、大手の音楽教室がヴァイオリン講師を募集しやすくなり、ヴァイオリンレッスンを開講する教室も増加した。これらは、潜在的なヴァイオリン学習を希望する人々の増加を後押しすることとなった。

さらに、「葉加瀬アカデミー」のように、オンラインのヴァイオリンスクールを開校する教室も現れ、ヴァイオリンレッスンを受講する際のハードルが少し下がり、年齢だけでなく、多様な世代のヴァイオリン学習者に対応できるようになってきた。そこで、本研究

では、日本に居住するヴァイオリン学習者と海外に居住するヴァイオリン教授者におけるビデオ通話システムを利用したレッスンを実際に行った。実験には、ビデオ通話システムとして無料で利用でき、汎用性のあるSkypeを用いた。

そして、その録画した相互通信映像の分析結果から、Skypeを利用したヴァイオリン教育の有効性について検討を行なった。

1.4.2 坐禅について

近年、坐禅や瞑想に興味を持ち、実際に坐禅を行う人が増加している。マインドフルネスという言葉が、メディアで盛んに取り上げられるようになり、ストレスの多い現代社会において坐禅や瞑想に対する関心が高まってきている。また、国内の企業においても、厚生労働省により各企業に対して「ストレスチェック制度」が2016年から義務付けられた。

さらに、海外の企業においても、Google社、Intel社、そしてFacebook社などの米国IT企業などが坐禅や瞑想を取り入れ、社員のストレス解消に役立てている。(Pickert 2014)

学校においても、坐禅を授業に活用する取り組みが盛んに行われるようになってきた。(気比高等学校附属中学校 2019)、(市川高等学校 2019) 坐禅を体験しようとする、適切な指導者に指導を仰がなければいけない。しかしながら、坐禅を実践する際、適切に指導できる指導者を探すことが、一般的に困難である。したがって、潜在的な坐禅体験希望者に対応できていないのが現状である。全国の禅宗寺院(臨済宗・曹洞宗・黄檗宗)の数が、20732軒あり、そのうち坐禅会を行っている寺院は990軒である。これは、割合として、4.7%である。また、地域別に比較すると、西日本における坐禅会実施寺院は、東日本の坐禅会実施寺院より地域人口に対して比率が高い傾向がある。(図1)

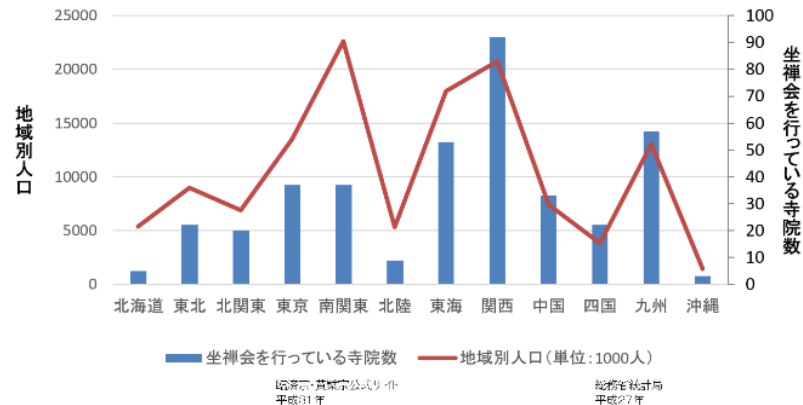


図1 地域別人口と坐禅会を行っている寺院数

[全国の禅宗寺院数は臨済禅・黄檗禅 公式サイトおよび曹洞禅ネットより取得]

そこで、本研究では、坐禅の指導者が遠く離れた場所においても、インターネットを利用したビデオ通話システムを用いることによって、地理的・時間的制約にとらわれることなく坐禅の指導を受けることができる手段について検討した。

本研究において提案する遠隔学習スタイルが有効に機能することが確認できれば、この偏りを解消し、地域に依存せず、まんべんなく坐禅指導が可能になると考える。

第2章 ヴァイオリンの遠隔学習研究

2.1 先行研究

ここで、先行研究と本研究との比較について述べる。

ヴァイオリンの学習にICTを利用したオンライン学習教室として、前述の「葉加瀬アカデミー」があるが、これは、Webサイトにおいて映像を一方通行で流すタイプのオンデマンド方式である。ヴァイオリンの学習のような、実践で技術を磨く学習において、リアルタイム且つ、双方向の指導が行われる学習スタイルの方が望ましい。

北村ほか（2007）は、ヴァイオリン学習者がいかにパフォーマンスを高めるかについて検討するために、指導者についての「質的分析」を行った。技術習得、指向性の形成、そして、支援的環境の構築という3つの要因によって指導者のメンタルモデルが構成されているという点が明らかとなった。これは指導に携わる人々に対してインタビューを行い、そこから得られた発話データを分析した「質的分析」による研究である。

また、鈴木・斎藤（2012）は、量的分析として、ヴァイオリン演奏の音声を録音し量的分析を行った。手法として、演奏の録音データを「音程：Musical Interval」「音量：Musical Volume」「テンポ：Tempo」「音色：Tone」の4つ評価要因でカテゴリに分けて分析した。

しかしながら、指導者から学習者がレッスンを受け、その模様を教授者、学習者双方同時に（2人同時に）リアルタイムで記録して、そのデータを「量的分析」した研究は未だにない。実際の音楽コンクールでは、「Tone」「Musical Interval」「Bowing」「姿勢」「音楽性」という5つの評価要因によって講評される（Sakura Music Office 不明）。

本研究においては、映像と音楽から如何に楽譜を正確に演奏しているのかという評価を行うため、評価要因を「音色：Tone」「音程：Musical Interval」「強さ：Strength」「音価：Phonetic Value」「リズム：Rhythm」という5つカテゴリに分類し、これらの評価要因によって量的分析を行う。ヴァイオリンレッスンの映像と音楽を分析し、上達度を定量化することによって、ヴァイオリンの遠隔教育が有効に機能するかを検討する。情報通信技術が、映像・音声の双方向通信を可能にし、ヴァイオリンのレッスンに耐えうるレベル

となった今、これまでになかった新しいヴァイオリン教育のあり方を本研究において提案する。

2.2 研究方法

日本国内に居住する学習者が、フィンランドのヘルシンキ在住の教授者に、Skypeを利用したヴァイオリンレッスンを受講している双方向映像を研究題材として採用した。動画内で使用している言語は英語である。



図2 実際の遠隔指導ビデオ映像

学習者は、2008年から現在まで11年間に渡り、月に1度の頻度でSkypeを使ったヴァイオリンのレッスンを続けており、その双方向通信映像を録画したものから4種類の楽曲を選択した。（図2）比較対象の為に、それぞれ特徴のある4曲を選択したものを表1に示す。

表1 研究題材として選択した楽曲

Musical piece	Level	Characteristics	Time	Date
Corelli : Allegro	Intermediate	Etude	1:23:57	2012.12.15
Eccles : violin sonata in G-minor 2 nd movement	Intermediate	Expression centered	1:16:26	2013.01.26
J.S.BACH: concerto for Violin, Strings and Basso Continuo in E-major	Advanced	Expression centered	0:33:55	2014.05.24
Kreisler: Praeludium and Allegro	Advanced	Technique centered	1:08:13	2014.11.01

伊藤（2007）が報告しているように、国内外で評価されている「スズキ・メソッド」を楽譜として使用した。

楽曲を「中級曲」「上級曲」で分類し、それぞれの特徴として、「練習曲」「表現重視」「テクニク重視」と分類し、各々の曲に対するレッスンの上達度を比較検討することができるように選曲した。

レッスン内容としては、学習者がレッスン初めに題目を演奏し、教授者がそれを聴きながらアドバイスを与える。その後、再度、学習者が演奏をし、上達度の度合いについて検証した。

評価者は、ヴァイオリン教室にて10年間以上インストラクターをしているヴァイオリニストに依頼した。また、評価者から得た講評及びデータを、評価者の意見を伺いながら著者と共に分析を行った。

第2章の先行研究で示したように、実際の音楽コンクールでは、「Tone」、Musical Interval」、Bowling」、姿勢” “音楽性という5つの評価要因によって講評される

（Sakura Music Office 不明）。本研究においては、映像と音楽から如何に楽譜を正確に演奏しているのかという評価を行うため、評価要因を「音色：Tone」「音程：Musical Interval」「強さ：Strength」「音価：Phonetic Value」「リズム：Rhythm」という5つ

カテゴリに分類し、これらの評価要因によって量的分析を行い、これら5種類の評価要因を（1:不適切、2:改善の余地がある、3:適切）3段階尺度によって評価を行った。

2.3 実験結果と評価

評価者から得た結果を楽曲ごとに示す。図3は、評価者が1度目の演奏と2度目の演奏それぞれにおいて、学習者の改善点を書き込んだ実際の楽譜である。

これらのデータから、演奏前後の改善点の推移、つまり上達度を定量化した。

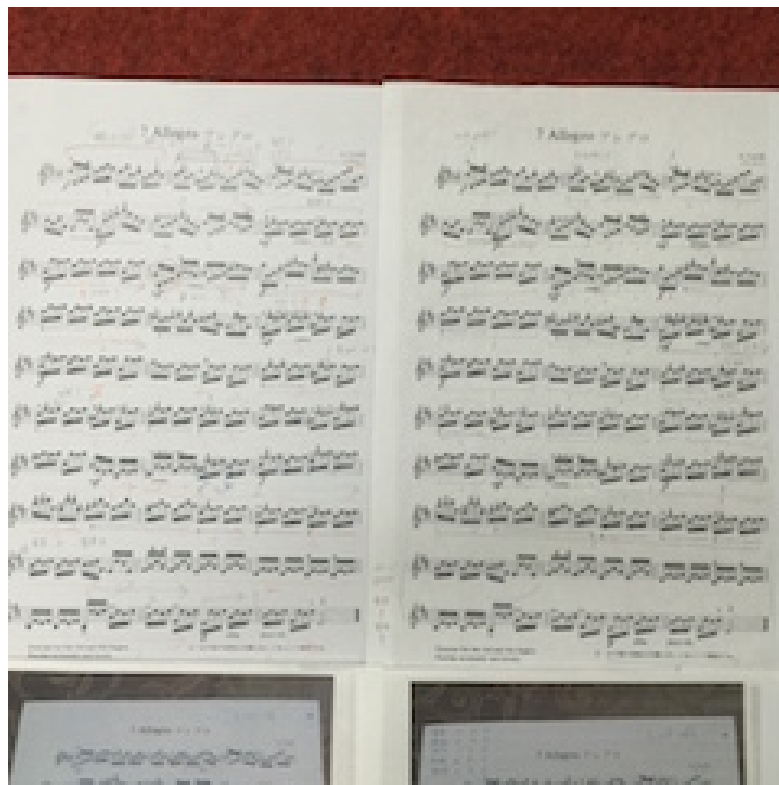


図3 演奏前・演奏後の楽譜

アレグロ [Corelli : Allegro]

1度目の演奏と2度目の演奏における誤りの部分を数値化し（表2）、比較できるようにレーダーチャートで表した。（図4）

（2012年12月15日映像記録 レッスン時間：約40分）

〔評価者による講評 2015年12月2日〕〔分析を行った日 2015年12月9日〕

<開始後10分>

リズム…規則的すぎる。

曲想…機械的に練習曲みたいではなく、曲の中に大きな広がり、フレーズを感じながら演奏するように。スタッカートで音を切るのではなく、レガートで演奏すること。

→ これに関しては、すぐに理解をして直すことが出来た。

<開始後20分>

ボウイング

- ・弓が弦に対して直角になるように。まっすぐ弾くこと。
- ・弓のコントロール…弓が暴れている。使う弓幅、弓の毛をしっかりと弦につけるなど、コントロール出来るように。

- ・移弦…弦から他の弦に移るときの角度が大きすぎる。

他の弦へ移るときのスピードを速くするように。

→ これらボウイングについては、理解して直すことはできたが、少々時間はかかっている。

表2 教授者からのアドバイスを受ける前後の誤りの比較表

	Tone	Phonetic Value	Rhythm	Musical interval	Strength
First performance	34	15	8	7	8
Second performance	4	3	1	1	2

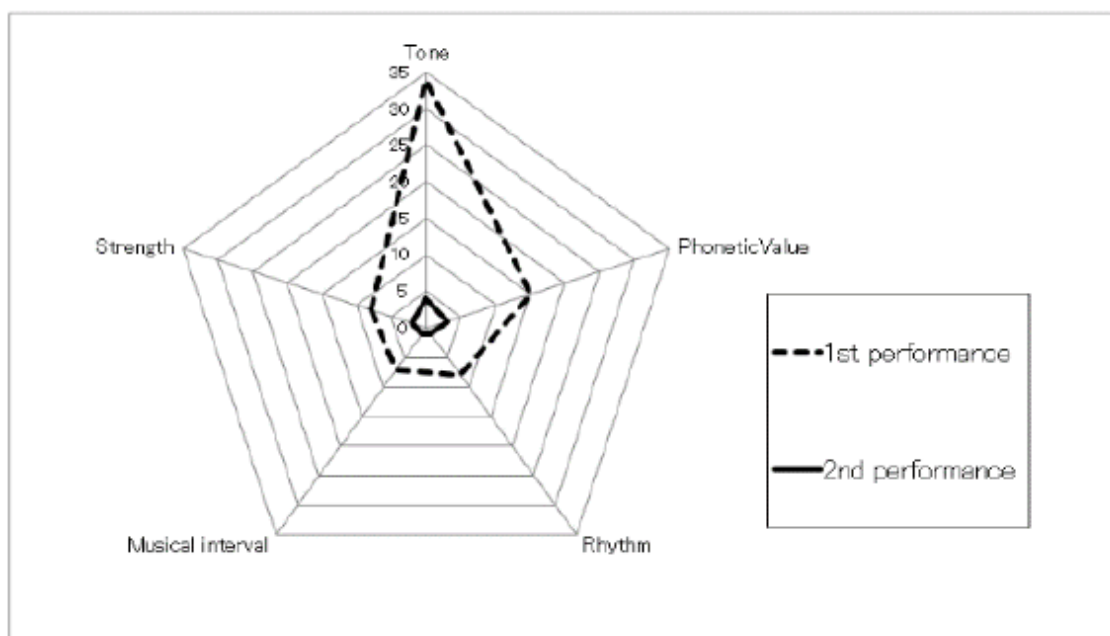


図4 Corelli : Allegro 演奏におけるチャート図

中級レベルの練習曲である『Corelli : Allegro 』(以下Allegro)の演奏において、音色 : Toneの改善点が特徴的であった。(図4)

1度目の改善点を表す面積と2度目の面積を見ても、明らかに改善された結果となった。

エックレスのソナタ [Sonata]

Allegro と同様に、 “Eccles: violin sonata G-minor 2movement ” (以下Sonata) の演奏における上達度を図5に示す。

(2013年1月26日映像記録 レッスン時間 30分弱)

[評価者による講評 2015年12月2日] [分析を行った日 2015年12月11日]

<開始後5分>

テンポ

- ・全体的にテンポが速すぎる。急いでいる。
- テンポを落とすことで、落ち着いた演奏になり改善された

<開始後15分>

ボウイング

- ・機械のように弾いている。肩に力が入ってロボットの動きみたいになっている。川が流れているようなイメージで右肩の力を抜いて、弓を動かすように。
- 肩の力を抜いて弾くというのが、なかなか出来なかった。肩に力が入っているかどうかは自分ではわかりにくい。先生が、息を吸って吐くようにアドバイスをし、実行したところ改善された。川の流れのイメージというのも先生が歌う、弾くことによってイメージを理解することができて改善された。

<開始後20分>

曲想

- ・最初から最後までリズムもテンポも同じで機械的すぎる。曲の終わりになってくると、徐々にテンポを落として終わっていくように。
- 先生のジェスチャーもあってか、すぐにイメージを掴めたようで直すことができた。

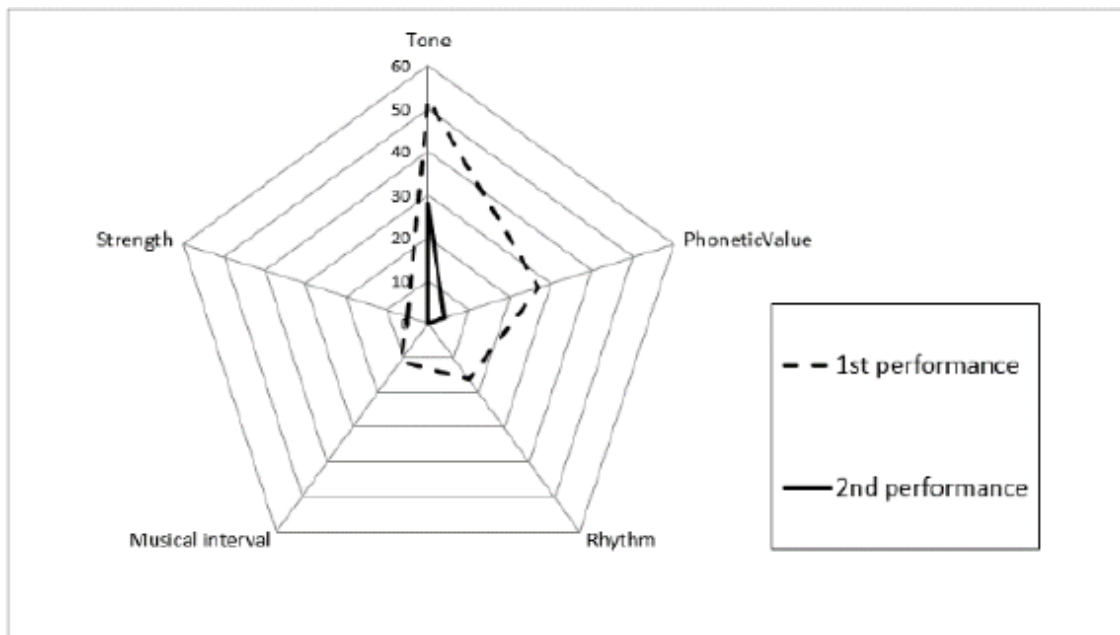


図5 Sonata演奏におけるチャート図

中級レベルの曲だが、表現を重視した曲である。Allegro 同様、音色:Toneに改善点が見られるが、レッスン後の2度目の演奏においても、上達度はAllegro より上達度が劣る結果となった。

バッハ 協奏曲 ホ長調

[J.S.BACH: Concert for Violin, strings and Basso Continuo E-major]

“J.S.BACH: Concert for Violin, strings and Basso Continuo E-major ” (以下 Concert) も同様に結果を図6に示す。

(2014年5月24日映像記録 レッスン時間約60分)

[評価者による講評 2015年12月12日] [分析を行った日 2015年12月21日]

<開始後 5分>

セカンドポジションでの音階、

→ 自分の音をよく聴きながら、正確な音程で弾けるようになった。

<開始後 15分>

ハイポジションでのボウイング

・ハイポジションでの音色を明るく弾くために、楽器を上げるように。

(ハイポジションとは、ヴァイオリンのサードポジション以降のポジションのことで音色がこもりやすくなる。明るいクリアな音色にするためには、より弓と弦の接触のバランスが重要になってくる。上からの圧力だけでなく、楽器を上げて下からも圧力を受けに行く。)

→なかなかすぐには出来なかったが、先生の見本を見ては真似て注意され、を繰り返しながら、改善されていった。

<開始後30分>

ボウイング (ロングトーン)

・肩の力を抜いて、右腕の重みを右人差し指にのせる(重みをのせることで不自然な力みを不要とし、響きのあるやわらかい音色になる。)弓を、駒と平行に運弓させてたくさん使うように。

(細かい部分ですが…ロングトーンの指導→弓先のほうでは右人差し指に重みをのせて弓元になると右小指に重みをのせるように。…細かいので省いても良いかと思います。)

→時間はかかってはいたが、指導者のジェスチャー(息を吐いて力をぬく、腕をオープンにして脇を固めないなど)を見て真似て、改善されていった。ただ、ボウイングはすぐに良くなるほど簡単ではないので同じような指導はどの曲においてもされていた。

<開始後40分>

ハイポジションでの音階

・移弦の時に音量、発音(イントネーション)が変わらないように

・ハイポジションではしっかり音を出すために、駒の近くに弓を置いて弾くこと。

(駒よりで弾くと音量は大きくなり、指板近くで弾くと音量は小さくなります。)

・音程に気を付けて

→何度か練習しながら、改善されていった。学習者は、耳がよく自分の音をしっかり聴いているため音階は得意な様だった。

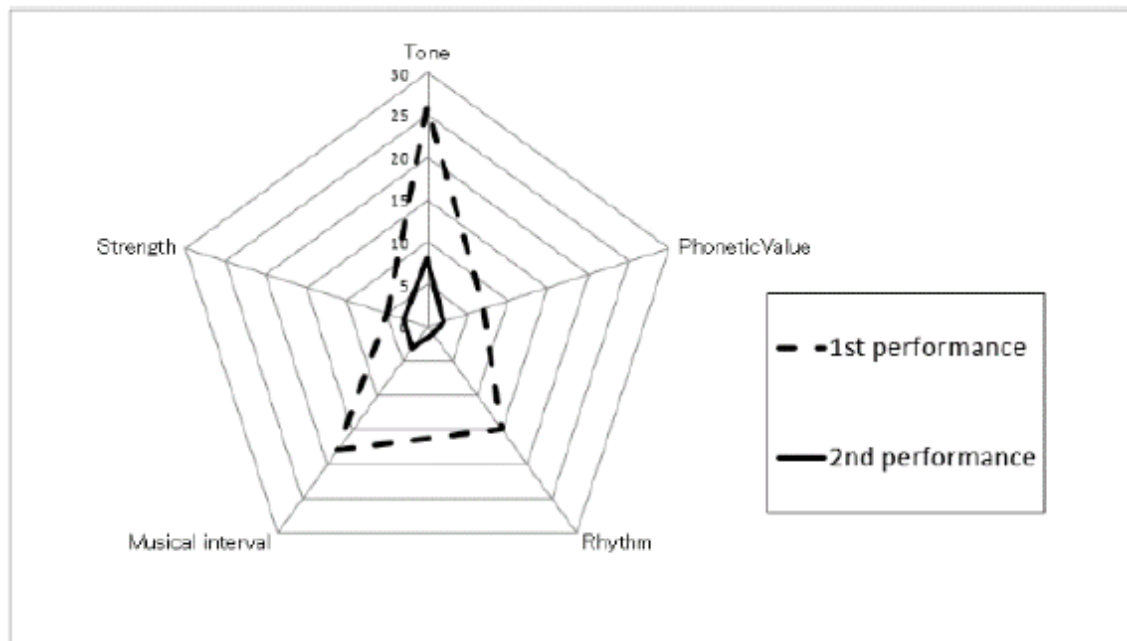


図6 Concert 演奏におけるチャート図

上級レベルの曲で、ソナタ同様に表現重視の曲である。中級レベルの曲と比較して、やや難易度が高いため、音色:Tone・音程:Musical interval・リズム:Rhythmにおいて改善点が指摘されている。しかしながら、レッスン後の2度目の演奏で大幅に改善されている。

プレリュードとアレグロ [Kreisler: Praeludium and Allegro]

Kreisler: Praeludium and Allegro (以下Praeludium) も、Concert同様に上級レベルの曲である。しかし、Concertとの違いは、テクニック重視の曲である。Praeludiumの結果を図7に示す。

(2014年11月1日映像記録 レッスン時間約60分)

[評価者による講評 2015年12月2日] [分析を行った日 2015年12月14日]

<開始後5分>

曲想について…特になし

<開始後10分>

ボウイング

- ・ G線の弾き方…G線を弾くときの楽器の構え方、楽器を上げて構える

しっかり弓に重みを伸せて、弦を擦る

- ・ レガート奏法…音を切らないよう注意すること
- ・ 重音奏法…肩の力を抜いて、弦へかける弓圧をコントロールすること。楽器を上げる。

<開始後15分>

速弾きの部分の練習の仕方…符点練習

→ ボウイングに関しては少し戸惑ったものの、どの分野もすんなり理解して修正ができた

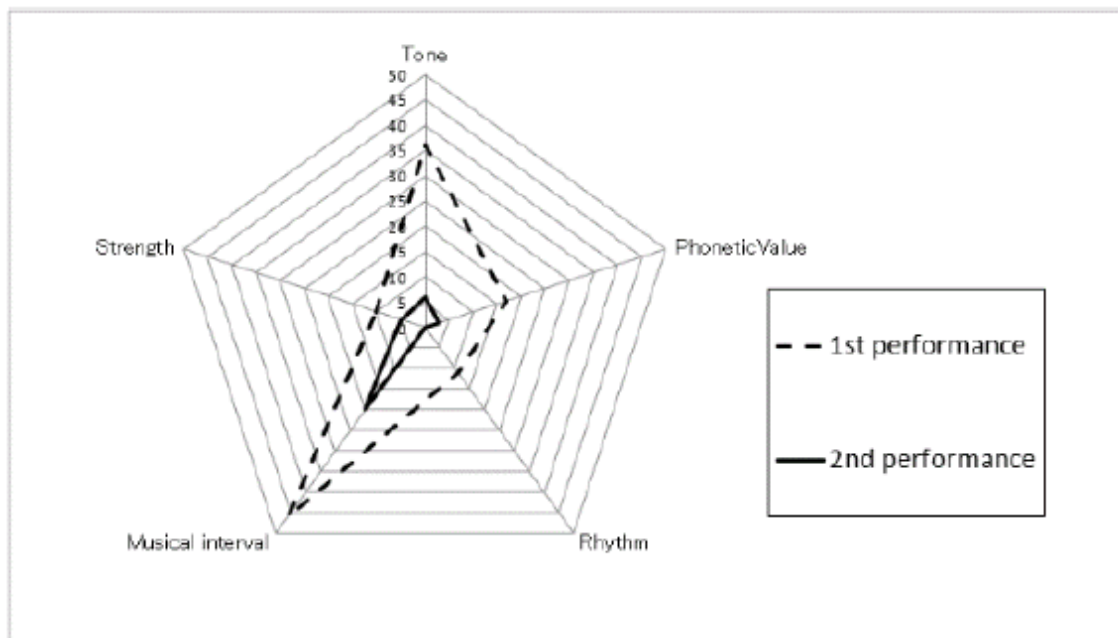


図7 Praeludium 演奏におけるチャート図

同じ上級曲であるが、表現を重視したConcertと違い、音色:Tone・音程:Musical interval・音価:Phonetic Value についての改善点が指摘されている。Praeludium の演奏についても、他の3曲と同様に2度目の演奏で大幅に改善がみられる結果となった。

本研究における4曲すべての楽曲演奏において、大幅な改善点がみられる結果となった。

2.4 ヴァイオリンの遠隔学習評価の考察

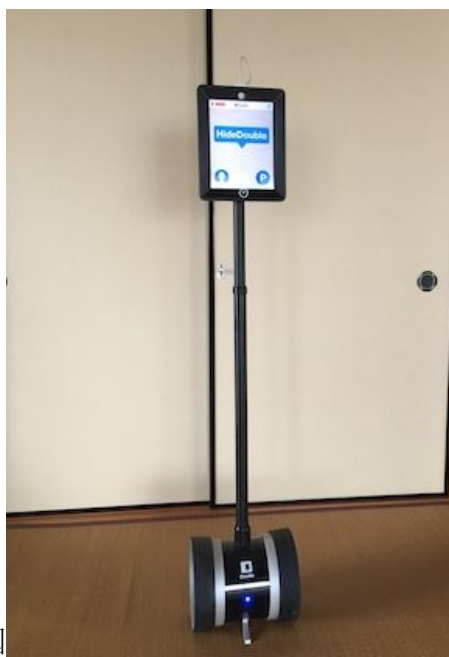
上達度を定量化して客観視することによって、様々な特徴を持つ楽曲に対して上達の度合いを測定することができた。実験の結果として、1時間ほどの遠隔レッスンを経ることによって、上達度が明らかに上がることを示唆された。このことは、Skypeを利用したヴァイオリンの遠隔教育が有効に機能することを示している。

Nakaiほか（2003）は、ヴァイオリン指導者の表現指導観と指導行動を分析した。そして、その分析を通じてヴァイオリン指導者が音楽の表現についてどのように考えているかを明らかにした。その中で、指導者が学習者に比喩的な表現や身振り手振りをを用いることにより、学習者に自分のイメージに基づいたアドバイスを与えることが可能であると示唆されている。

「バッハ 協奏曲 ホ長調: J.S.BACH: Concert for Violin, strings and Basso Continuo E-major」に関し評価者が講評内で言及しているように、教授者もレッスン映像の中で、身振り手振りを駆使して学習者にわかりやすくイメージを与えていることがわかる。これは、リアルタイムでインタラクティブ(同期的)なレッスンが可能となるSkypeを利用している利点であり、あたかも同室内でレッスンを受けているような遠隔教育の有効性が認められる結果となった。

双方向映像内で、教授者はカメラに自分自身がどう映っているかをよく理解しているので、場合に応じて適宜、姿勢や楽器の見える位置を変えていることがわかる。これにより、学習者に対して適切な映像を見せることが可能となり、より効果的な教育スタイルが確立されている。この効果を、さらに活用するには、教授者と学習者にウェアラブルカメラを追加装着して指導にあたると、より指導方法の選択肢が広がるのではないかと考える。

また、近年、インターネットを利用した双方向ビデオ通信を活用して、テレコミュニケーションロボットが様々な分野で活躍している。(図8) 代表的なテレコミュニケーションロボットとして、米国DoubleRobotics社の”Double”などは、ホワイトハウスを始め、世界中のグローバル企業において、文字通り企業役員の“二役Double”として地理的な制約なく活躍している。(LAPOWSKY 2015)



図

自走式のテレコミュニケーションロボットは、Skypeのように遠隔地をインターネットで繋ぎ双方向のビデオ通信を行えるだけでなく、遠隔地から、ロボット本体を自由自在に移動させることができ、さらに相手に対する視線を変えることもできる。

このようなテレコミュニケーションロボットをヴァイオリンの遠隔教育に利用することによって、より多様な教育方法を採用することが可能である。

Skypeを利用可能な整った環境、つまり高速通信インターネットを活用できる恩恵により、従来のレッスンに加えて、画期的な教育方法が提案できるようになったのである。

越後（2009）は、従来のレッスンでは、時間的な制約などによって、1人の生徒につき一度きりのレッスンしか見ることができないという点を指摘している。本研究で用いたSkypeによる遠隔レッスンを指導に利用することによって、双方の映像を同時に記録することが可能となるので、復習のために何度も自身の動作や指導者のアドバイスを振り返ることができる、これは、対面指導にはない遠隔指導におけるアドヴァンテージとなる。

また、越後（2009）は、ヴァイオリン教授法の問題点についても言及している。それは、教授者と学習者の信頼関係である。今回の実験における学習者は教授者から、フィンランドにおいて1年間ほどの対面指導を受けている。そのため、信頼関係が既に構築されており遠隔教育におけるレッスンもより上達度が上がった結果となったと考える。

対面指導で基本的なレッスンを経た学習者にとって遠隔指導によるレッスンが有効に機能すると考えれば、本研究で提案するヴァイオリンの遠隔指導が、従来のレッスンにはない新しい試みと捉えることができる。つまり、インターネットを利用した遠隔指導方法は、従来からの対面レッスンに加え、それを補完するスタイルとして新しい組み合わせの指導方法としても期待できる。

映像と音声を使った遠隔教育となると、ヴァイオリンを弾く姿勢補正の問題についての意見がしばしばあがってくる。対面教育と違い、教授者が、演奏中に学習者の姿勢を矯正することができないからである。しかしながら、現在の大手の音楽教室に於いて、ヴァイオリンレッスン中の指導の際に学習者の身体に触れることは禁じられており、対面指導だから直接相手の姿勢を補正することができるわけではないのである。つまり、遠隔教育と対面教育を比較した際に、目の前に実際に学習者がいるから対面教育の方が指導しやすいという理論は、この点において成り立たないのである。

この姿勢補正についての問題点に関する解決策は、第4章における今後の展望において述べることとする。

第3章 坐禅の遠隔指導研究

本研究の目的は、先行研究をふまえて、インターネットを活用した坐禅の指導方法について対面指導の場合と比較し、その有効性を確認することである。

3.1 坐禅の遠隔指導研究

3.1.1 先行研究

樋口ほか（1999）は、坐禅時におけるナチュラルキラー（NK）細胞活性やCD4/CD8を指標として免疫能についての検討を行なった。実験結果として、CD4/CD8がわずかに増加傾向を示し、免疫能が刺激されたことを報告している。被験者は、坐禅の接心会に集まった禅宗の修行僧13名である。

また、河野・王（1994）は、坐禅中の脳の内的な意識変化を調べ、脳と心の変化が身体に及ぼす生理学的影響を解明するために、坐禅瞑想中の被験者に対して、脳波実験を行った。また、心拍数と呼吸数にも注目し、実験を行っている。結果として、心拍数は気功師が安定し、僧侶の被験者に関しては多少の増減があった。被験者は日本人男性の禅の僧侶2名と中国人気功師2名の計4名である。

禅の僧侶以外の例として、河野・櫛田（1996）は、坐禅における瞑想、気功などを行っている被験者に対して、脳波を中心に呼吸、心電図を計測した。坐禅で瞑想を行うのと、気功における意識の差が脳波測定ではっきり示される結果となった。実験において、被験者は坐禅経験が20年以上ある経験者1名である。

また、木戸・櫛田（1996）は、同一個人による坐禅を行なった際の生体変化を単一矩形パルス法（SSVP）と近赤外線分光で計測を行なった。実験において、脾経や胃経の経絡で副交感神経支配が強くなり、AP（分極後電流）減少が著しく現れた。坐禅中、瞑想に入っていく過程とその深さを示す結果となった。この実験において被験者は1名で、坐禅の経験が20年以上ある男性であった。

同じく、木戸・櫛田（1997）は、前述の河野・櫛田（1996）の脳波測定の結果に加え、さらなる坐禅における生体計測を実験として取り上げている。結果として坐禅中、APの減衰が見られ、これは、心が安定した鎮静状態を表すことを示唆している。実験の被験者は坐禅歴が22年の経験者1人であり、さらなる複数被験者における研究結果が望まれる。

さらに、足達・鈴木（2011）は、坐禅中の心拍数、心電図を測定し、坐禅がリラックス

を誘引するものであると示唆している。実験方法は、男子大学生6名を被験者としている。

そこで、本研究における坐禅の遠隔指導実験Iについては、心拍数のデータを坐禅中の落ち着き度合いを表す指標とした。それは以下の理由によるものである。

岡田（1999）は、心拍と脈波伝播速度の時系列データから、交感神経と副交感神経それぞれの機能の指標を定量的に評価できることを報告している。心拍数が低下し、副交感神経が優位になり、リラックス状態が続くことにより、坐禅法が活かされてくると考えられるからである。

また、本研究Iと先行研究の違いは、坐禅に精通している修行僧ではなく一般の坐禅希望者に対して、提案する指導方法がいかに有効に機能するかを検討するため、被験者は坐禅経験の浅い、または初めて坐禅に触れる者とした。さらに、実験は、複数の被験者に対して行った。

3.1.2 研究方法

実験計画を述べる前に、本研究で採用したICT技術と装置について述べ、さらに、それぞれの機器を採用した理由について述べる。

[Skype]

Skypeは、米Microsoft社が無料で提供するインターネット通話システムであり、比較的低速な通信環境においても、安定した通話ができる。また、ビデオ通話機能があり、高画質・高音質の通話が可能である。本研究の主旨は、あらゆる環境においても坐禅の指導が行えることを目指すため、ビデオ通話システムとして、高速通信が確保されない環境にも対応できるSkypeを実験に採用した。（図9）加えて、実験に使用したSkypeについての仕様を表3に示す。



図9 Skype による遠隔映像

表3 Skype 仕様

Skype 仕様	
ハードウェア	Logicool TV Cam HD
ソフトウェア	Skype Ver.7.18.0.109
有効画素数	300万画素
フレームレート	30fps

[テレプレゼンスロボット]

前述したように、近年、インターネットを使った双方向ビデオ通信を利用して、テレプレゼンスロボットが様々な分野で活躍している。(図10) 代表的なテレプレゼンスロボットとして、前述した米国DoubleRobotics社の「Double」などが実際の現場で活躍している。

自走式のテレプレゼンスロボットは、Skypeのように遠隔地をインターネットで繋ぎ双方向のビデオ通信を行えるだけでなく、遠隔地から、ロボット本体を自由自在に移動させることができ、さらに相手に対する視線を変えることもできる。今回の実験において、テレプレゼンスロボット「Double」を坐禅の遠隔指導に使用したのは、より多様な指導手段について検討するためである。

また、テレプレゼンスロボットが坐禅の遠隔指導において有効に機能することがわかれば、本研究で懸案となっている問題、つまり坐禅を行う際の指導者不足を解決できるのではなかろうかと考える。テレプレゼンスロボット “Double ”は、本体に格納されたiPadとSkypeのアプリを利用してリアルタイムで双方向映像と音声を通信するシステムであるが、前述のSkypeとハードウェアについて差異があるので、同様に表4で仕様を示す。



図10 テレプレゼンスロボット

表4 テレプレゼンスロボット “Double ” 仕様

Double 仕様	
ハードウェア	Apple iPad 2
ソフトウェア	Skype Ver.7.18.0.109
有効画素数	300万画素
フレームレート	30fps

[モーショントキャプチャ]

古川（2009）は、身体動作の把握のための計測手段について、モーショントキャプチャによる手法を報告している。

モーショントキャプチャは、現実の人物や物体の動きをデジタル的に記録する技術であり、記録したデータからバーチャルなキャラクターを再現しPCで表現することができる。

平井（1993）は、坐禅における姿勢の測定を行った。実験の中で、被験者が重心位置を7年間に渡り、試行錯誤を続けて、最終的に自身にベストな姿勢が体得されたと報告している。しかしながら、モーショントキャプチャ装置を利用すれば、被験者の主観ではなく正しい姿勢を客観的に表現することが可能である。本研究では、モーショントキャプチャ装置とPCの間をWi-Fiルータを介して接続し、正確なデータをリアルタイムでデータ化することができるバッテリー駆動式の装置を採用した。これにより、無線接続で場所を選ばず坐禅の実験を行うことができた(図11,12)

また、モーショントキャプチャ装置と使用したPCの仕様を表5に示す。



図11 モーショントキャプチャ装置



図12 実際にPERCEPTION NEURON を装着して坐禅を行った様子

表5 モーションキャプチャ装置と使用したPCの仕様

PERCEPTION NEURON + ラップトップPC仕様	
NEURON本体フレームレート	125fps
ラップトップPC:CPU	Intel Core i5-6200U
OS	Windows 8.1
ディスプレイ	17.3インチ
Software	AXIS NEURON
Wi-Fi speed	Download7.75Mbps Upload1.48Mbps

実験計画として、坐禅を対面で指導する場合と、遠隔で指導する場合を比較するため、表6で示したように4種類の実験を行った。さらに、Skypeの音声のみとモーションキャプチャ装置を用いて坐禅時の姿勢補正を遠隔で行う実験を追加した。被験者がいずれも坐禅の初心者のため、坐禅時間を3分間とし、計測後約5分の休憩を入れて実験を繰り返した。

表6 実験比較表 (4+1 種類)

実験名	被験者と指導者の環境	利用したデバイス
A	同じ場所における対面コミュニケーション	無し
B	映像+音声によるコミュニケーション	Skype+プロジェクタスクリーン
C	音声によるコミュニケーション	Skype(映像無し・音声のみ)
D	ロボットによる遠隔コミュニケーション	テレプレゼンスロボット
E	モーションキャプチャ装置を装着した音声によるコミュニケーション	Skype+モーションキャプチャ

【実験A】 坐禅指導者と被験者が同一の場所における対面コミュニケーション

従来の坐禅指導方法である指導者と被験者、1対1の対面指導である。

【実験B】 映像+音声によるコミュニケーション

ビデオ通話システムとしてSkypeを用いて遠隔地から映像と音声による指導を行った。兵庫県の寺院と岐阜県の寺院を、Skypeで繋ぎ、兵庫県の寺院に被験者、岐阜県の寺院に坐禅の指導者を配置した。

被験者は、30代と40代の男性計4名である。被験者には、心拍数を計測するために、フィンランドPOLAR社製の心拍計（PolarH7）を胸部につけてもらい、Bluetooth 接続により、スマートフォンと連携させ心拍数を計測した。(図13) リアルタイムで計測が可能のため、心拍数のデータを1秒刻みで測定し6秒毎に定量化した。(図14)



図13 POLAR 社製心拍計(PolarH7)

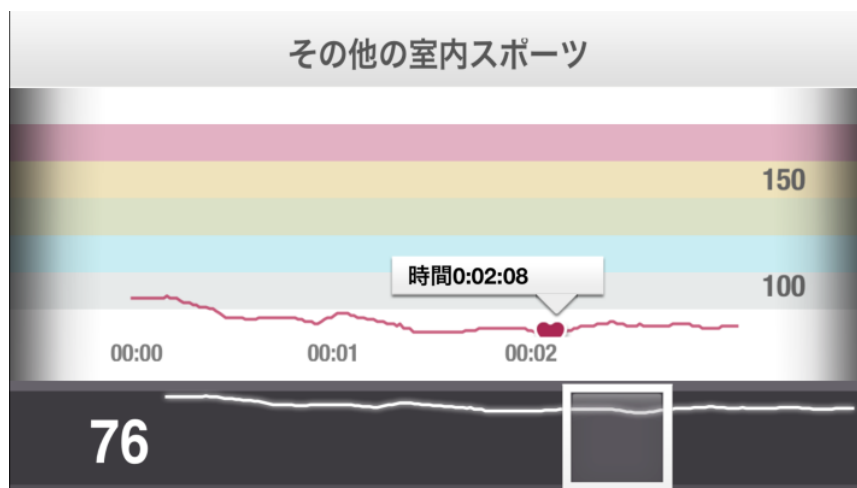


図14 Bluetooth 接続による心拍数計測

【実験C】Skypeを用いて遠隔地から音声のみによる指導

実験Bで行なったSkypeを用いた実験から、映像を使わず音声のみで指導を行なった。指導者が映るプロジェクターの映像を排し、被験者に気配を感じさせないようにした。指導者側からはSkypeの映像を用いて、被験者の座相(坐禅の姿勢)を確認することができるようにした。

【実験D】テレプレゼンスロボットを利用した遠隔指導

坐禅の指導者の代わりとして、DoubleRobotics 社のテレプレゼンスロボット“Double”を使用し遠隔指導を試みた。(図15,16)



図15 Double を使った遠隔坐禅指導現場



図16 テレプレゼンスロボット「Double」を利用した実際の遠隔坐禅指導

【実験E】 Skypeの音声に加えモーションキャプチャ装置による遠隔指導

実験Cで行ったSkypeの音声のみを使った実験では座相を確認できない為、モーションキャプチャ装置を被験者に装着してもらい、同様に坐禅指導を行った。本研究では、米国製のモーションキャプチャ装置「PERCEPTION NEURON」(図11)を実験に採用し、Skypeの画面共有機能を利用し、遠隔で坐禅中の被験者の姿勢をリアルタイムで確認・補正し、指導を行った。(図17,18)

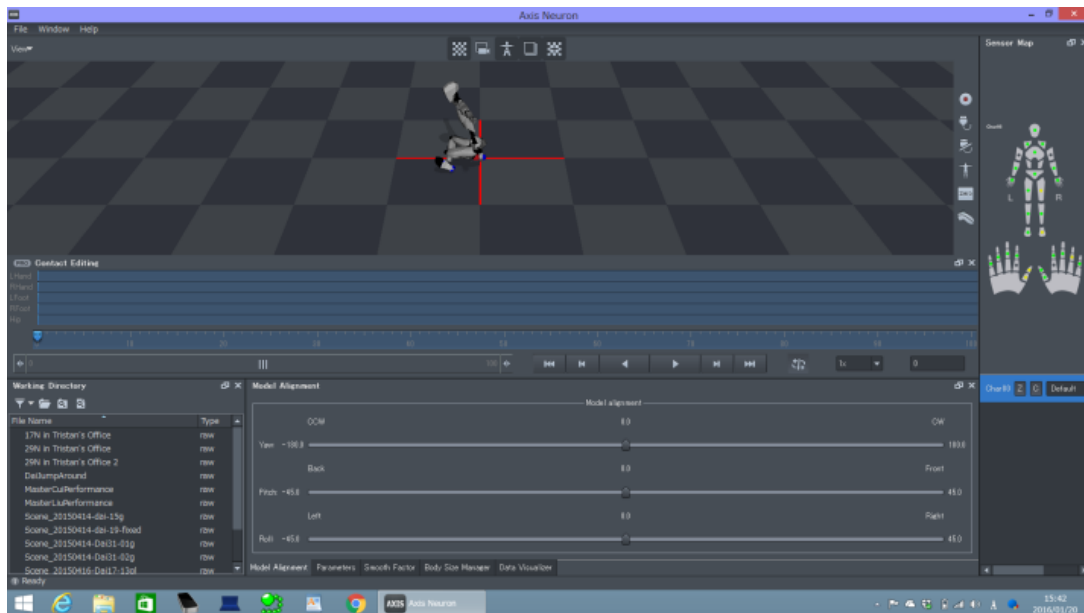


図17 モーションキャプチャ機能によるリアルタイムな姿勢補正画面



図18 モーションキャプチャを利用して背筋の姿勢を補正

3.1.3 実験結果

4名の被験者に対する5種類の実験結果を以下に示す。

【被験者A】

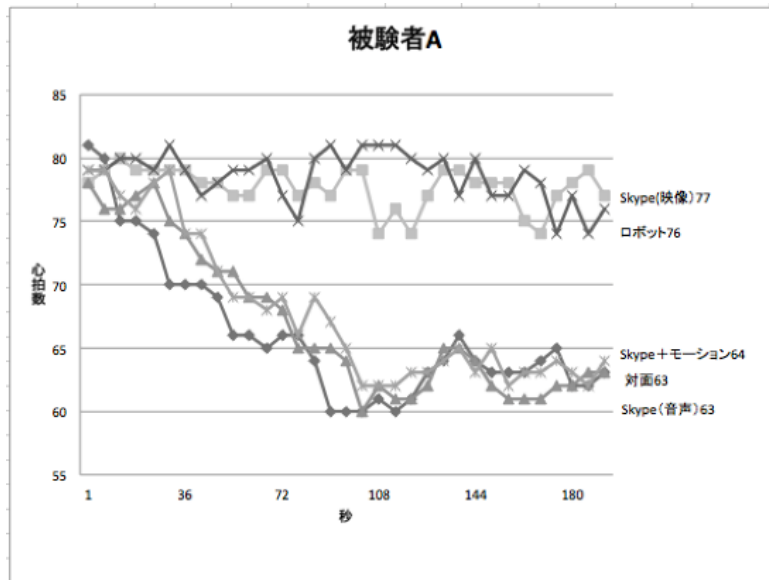


図19 被験者Aの坐禅中の心拍数の変化 (2015.12.22)

被験者Aは、30代の男性で坐禅経験が無く、今回が初めての坐禅経験である。結果として、指導者を目の前にした対面指導の際の心拍数と、Skypeの音声のみを利用した遠隔指導、及び、Skypeの音声のみによる指導とモーションキャプチャデバイスの組み合わせ遠隔指導の心拍数の推移が同様となった。

【被験者B】

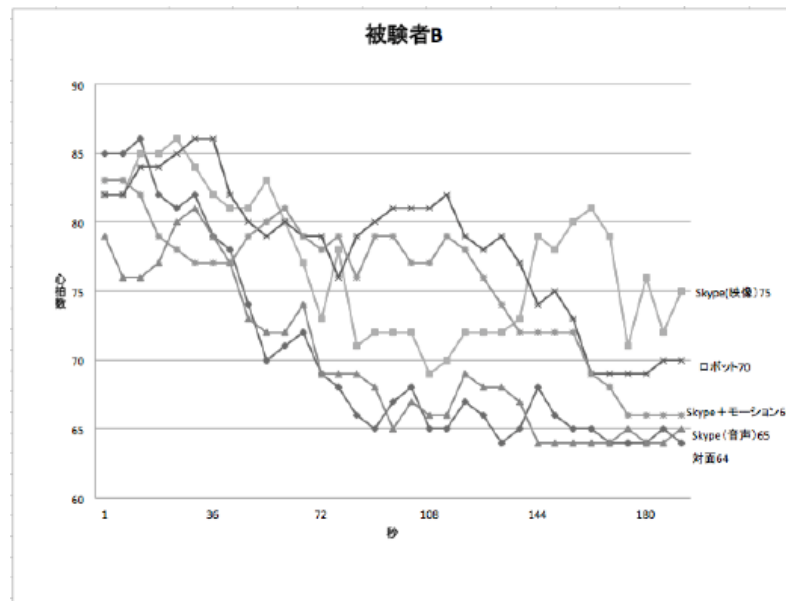


図20 被験者Bの坐禅中の心拍数の変化 (2015.12.22)

被験者Bは、40代の男性で坐禅経験が無く、今回が初めての坐禅経験である。結果として、指導者を目の前にした対面指導の際の心拍数と、Skypeの音声のみを利用した遠隔指導の心拍数の推移が同様となった。

【被験者C】

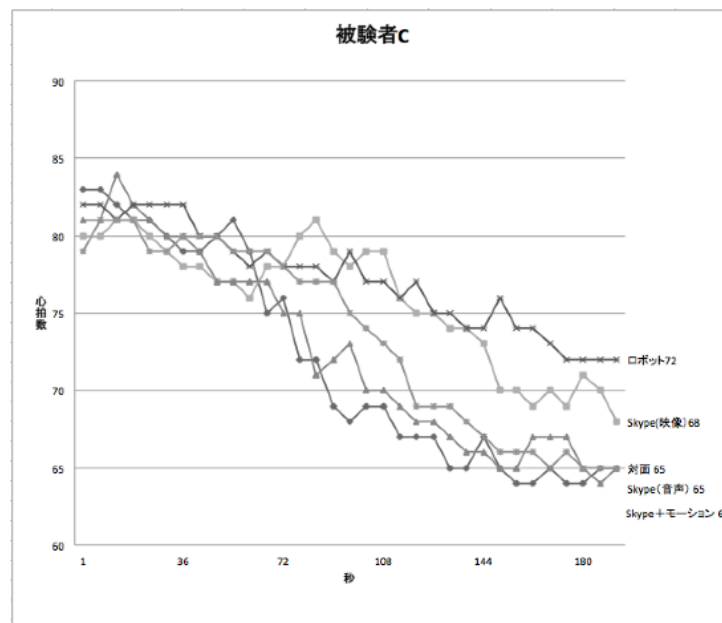


図21 被験者Cの坐禅中の心拍数の変化 (2015.12.28)

被験者Cは、30代の男性で坐禅経験が無く、今回が初めての坐禅経験である。結果として、被験者Aと同様に指導者を目の前にした対面指導の際の心拍数と、Skypeの音声のみを利用した遠隔指導、及び、Skypeの音声のみによる指導とモーションキャプチャデバイスの組み合わせ遠隔指導の心拍数の推移が同様となった。

【被験者D】

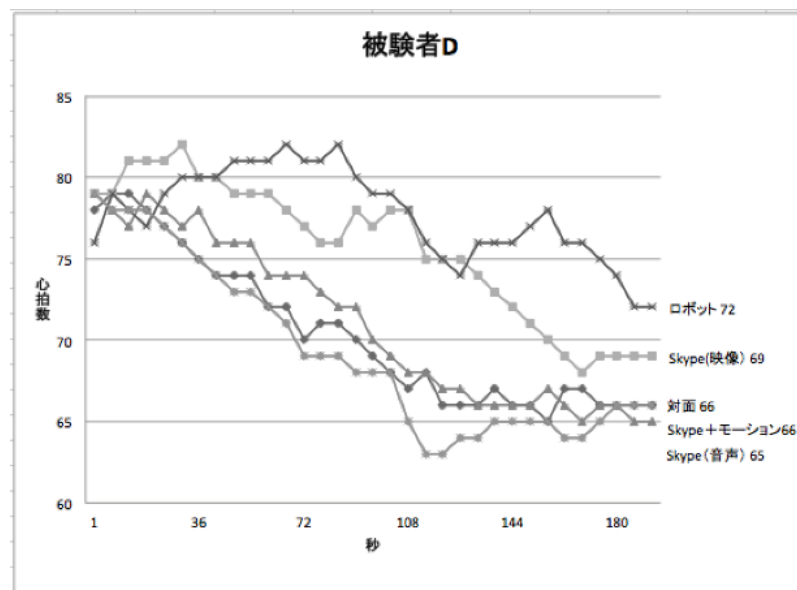


図22 被験者Dの坐禅中の心拍数の変化 (2015.12.28)

被験者Dは、40代の男性で前者3名と同様に坐禅経験が無く、今回が初めての坐禅経験である。結果として、指導者を目の前にした対面指導の際の心拍数と、Skypeの音声のみを利用した遠隔指導、及び、Skypeの音声のみによる指導とモーションキャプチャデバイスの組み合わせ遠隔指導の心拍数の推移が同様となった。

3.1.4 心拍数を指標とした坐禅の遠隔指導実験結果の考察

まず、被験者4名から得た感想に共通することとして、以下の4点が挙げられる。

- 1) ロボットを利用した実験においてモーターの音が気になる。
- 2) Skypeを利用した実験において、遠隔地から見られている感じがして落ち着かない。
- 3) Skypeの音声通信のみを利用した実験では、人の視線が気にならなかった。
- 4) モーションキャプチャ装置を使うことによって、姿勢を補正される自分の背筋が如何に曲がっているかがわかった。自分の姿勢を客観的に見ることができるのは大変良いと思った。気になるのは、モーションキャプチャ装置を装着していると少し違和感があり、つけていなければもう少しリラックスできたかも知れない。

坐禅において、最も重要なのは、「調身：姿勢を整える」「調息：呼吸を整える」、そして「調心：心を整える」である。呼吸を整えるには、「数息観」という坐禅中に自分の呼吸、主に息を吐き出す際の数数を数える修養方法が知られている。実験中、指導者から、先ず呼吸の方法を学び、そして姿勢を正す方法が教示される。これは、対面指導と遠隔指導において同じ内容の教示がなされているので比較すべき点は、その指導の与えられ方である。

本実験において、「同じ場所における対面コミュニケーション」「映像＋音声によるコミュニケーション」「音声によるコミュニケーション」、そして「ロボットによる遠隔コミュニケーション」を比較した。

実験の結果から、図19,20,21,22 に共通して見られるように、一般的に行われる坐禅の対面指導（以下、対面コミュニケーション）とSkypeを利用した音声のみの遠隔指導（以下、音声によるコミュニケーション）における坐禅中の心拍数変化において、ほぼ同様の結果が得られた。

しかしながら、Skypeを利用した映像＋音声によるコミュニケーションでは、対面コミュニケーションと同様の結果を得ることができなかった。さらに、テレプレゼンスロボットを利用した遠隔コミュニケーションにおいても、前述の被験者の感想から伺えるように「静かに落ち着いて坐禅ができる状況でない」という問題があり、対面

コミュニケーションと同様の心拍数変化の結果を得ることができなかった。

坐禅を法規として明らかにし、人々に勧める書として知られる『坐禅儀』には、以下のようにある。（平田 1982）

「坐禅せんと欲するとき、閑静処において、厚く坐物を敷き、ゆるく衣帯をかけ、威儀をして斉整ならしめ、しかるのち結跏趺坐す」

閑静処、つまり静かな環境が坐禅を行う際に必須であり、今回の実験で使用されたロボットが発するモーター音等は、被験者が坐禅を静かに行うのを妨げたと考えられる。

さらに、対面指導で指導者に見られていることに対しては、気にはならないが、無機質なカメラの向こう側から人に観察されている状態では、落ち着かないということがわかった。これは、Skypeの音声通信のみを利用し、指導者の気配を消した状態の実験において、心拍数が安定していたという結果に現れている。

坐禅指導を行う指導者を簡単に見つけることは困難である。そこで、これまで対面で指導を行ってきた坐禅の指導を、インターネットを利用したビデオ通信などを使って遠隔指導を行うことができれば、地理的な制約にとらわれることなく、坐禅指導を受けることができる。

本研究における実験によって、坐禅の対面指導と様々な種類の遠隔指導を比較した。その中で、対面指導と同様に、一部の遠隔指導が有効に機能することが明らかとなった。

これにより、旧来の対面による坐禅指導に加えて、遠隔による指導方法を取り入れることが期待できるようになったのである。

3.1.5 研究II への応用

今回の実験Iにおいて、坐禅の対面指導と遠隔指導を比較し、Skypeを利用した遠隔指導が有効に機能することが明らかになった。今後は、さらに多様、且つ、複数の学習者に対して、学習者と指導者を遠隔で繋ぎ、それが有効に機能するかどうかを検討する余地がある。また、今回の実験で指標とした心拍数のみではなく、心拍数測定から得られる心拍変動データや脳波による生体反応実験も加え、より多様な指標に基づく実験を行う必要がある。さらに、モーションキャプチャ装置を対面指導にも用いて、教授者の模範となる坐禅中の姿勢の変化を録画、もしくはデータ化し客観的に教授者の姿勢を確認する等、様々な活用方法も期待できると考える。

これらの検討については、次章の「坐禅の研究II」へと繋ぐこととする。本研究Iにおける結果から、坐禅の遠隔指導に最も適した方法は、Skypeを利用し指導者の姿の映像を排し、音声のみでの指導方法であることが明らかとなった。

次章「坐禅の遠隔指導研究II」においては、「研究I」より得られた知見から、前述の指導実験方法を踏襲することとする。つまり、遠隔地にいる坐禅指導者がインターネットを利用したSkypeの音声のみを利用し、より多くの坐禅学習者に対してさらに客観的な評価基準を設定し、実験を行う。

3.2 坐禅の遠隔指導研究II

3.2.1 先行研究

[坐禅や瞑想中の心拍変動および脳波についての研究]

峯岸ほか（2000）は、禅僧を被験者として、坐禅中の心電図を測定・記録し、R-R波間隔変動の周波数解析によって、自律神経活動の評価を行った。その結果、安静時より坐禅中の方が、副交感神経活動がより優位であった。

安東（1978）は、禅僧7名において、坐禅中の心拍、呼吸および脳波の変化を測定し、坐禅中の心身の状態を明らかにした。その結果、坐禅中は副交感神経系活動が優位となるが、交感神経系の活動も一定水準を持続しており、心身がリラックスしながらも、脳の活動が活発な状態が示された。

[心拍変動（HRV）と脳波（EEG）を指標とした研究]

心拍変動とは、心拍間の周期的な変動のことであり、生体のフィードバック機構と深く関係している。特に自律神経の機能と密接に関わっており、心拍変動の間隔（R-R間隔）の時系列データからパワースペクトル密度を計算し、高周波成分（HF: High Frequency）と低周波成分（LF: Low Frequency）の強度を積分化した値が使われる。HF成分の領域は、0.15Hzから0.40Hzであり、LF成分の領域は、0.05Hzから0.15Hzである。これにより、自律神経系において交感神経、副交感神経のどちらが優位であるかを知ることができる。

心拍変動を周波数分析によってLF成分とHF成分に分類し、交感神経活動の影響を受けるLF成分を副交感神経活動と関係するHF成分で割った値、つまりLF/HF値がストレス指標として知られている。岡田（1999）は、心拍変動のR-R間隔の時系列データから、交感神経と副交感神経の機能を定量的に評価できるとしている。

また、山口（2010）は、精神負荷ストレスの分析を心拍変動のLF/HF値を用いて検討した結果、LF/HF値がストレス研究に極めて有効であることを明らかにした。さらに、小山内・大石（2012）は、心拍変動の測定結果から、LF/HF値が自律神経活動の評価指標として客観的に有効であることを示した。本研究においても、坐禅中の心拍変動の測定から得られたデータを分析し、LF/HF値をストレス指標として扱う。

さらに、杉下（1993）によると、脳波を坐禅や瞑想の研究の指標として扱ったものは多く、 α 波（周波数8～13Hz）は、リラックスしている場合に出現し、逆にイライラしている状態や落ち着かないときは、 β 波（周波数13～30Hz））が出現するとしている。

本研究では、この α 波と β 波の比率をリラックス度合いの指標とする。

[民生用の心電図と脳波計を利用した研究]

従来、心電図による実験には、大型で高価な心電図計が用いられてきた。最近では、技術の飛躍的な向上により、民生用のポータブルデバイスで心電図の測定が可能になった。

坂本ほか（2012）は、簡易脳波計を用いて、学生の学習行為中の思考が判別可能であるかどうかについて分析している。また、平井ほか（2012）は、簡易脳波計を利用して、脳波の α 波成分と β 波成分のパワースペクトルを記録し、 β/α 平均の比率を用いて、リラックス度の指標とした。さらに、石田ほか（2016）は、簡易脳波計を用いて、被験者に難しい課題が与えられると、 β/α 波の比率が高くなることを確認した。

フィンランドのPOLAR社製 POLAR V800-2 は、リストバンド型の心拍モニターで、胸部センサーとPCおよび本体を互いにBluetooth 接続することにより心拍変動データをリアルタイムで取得することが可能である。非侵襲的であり、一般的な心電図計による測定よりも簡便に心拍数データを測定可能である。また、こうしたリストバンド型の心拍モニターを従来の心電図計と共に用いた心拍変動データ測定の研究が行われ、心拍変動データを測定する際の当該技術の妥当性が報告されている。

さらに、近年、低コストの民生用脳波記録システムが増えている。従来、脳波データの連続的な記録には、高価で大規模なシステムが利用されてきたが、IT技術の発達により、低コストで軽量のウェアラブル脳波計を利用した脳波の記録が可能となり、脳波研究において有効であることが報告されている。Surangsirat（2015）、Abujelala（2016）、Krigolson（2017）

本研究では、心拍変動のデータを記録するために、フィンランドPOLAR社製のリストバンド型心拍計（POLAR V800-2）と胸部センサー（H10）を使用し（図23）、脳

波のデータを記録するために、カナダInteraxon 社製のウェアラブル脳波計Museを使用する。(図24)



図23 POLAR V800-2 とH10 胸部センサー



図24 Muse ヘッドバンド

本研究II と先行研究の違いは、禅僧のみの被験者ではなく、坐禅経験や性別を問わないことにより、より多様な被験者を採用したことである。本研究の目的は、より多くの人々に坐禅を体験することが可能であるかを検証することだからである。また、先行研究のように、本格的な機材を利用せずに、情報通信技術が発達した現在であるからこそ利用可能な優れた簡易的デバイスを利用した。これにより、坐禅の学習者に対してストレスを可能な限り与えない配慮を行うことが可能となった。坐禅の最中に装着自体がストレスとなつては、坐禅本来の目的であるリラックス状態を保つことができないからである。

3.2.2 研究方法

前述の、坐禅の遠隔指導研究I における結果を受け、研究II の実験について述べる前に、本研究II の意義について述べ、本実験における被験者、使用機器、実験方法について示す。

著者は、前研究I において、インターネットを利用したビデオ通信システムを用い、坐禅の遠隔指導を試みた。(古井2016) しかしながら、実験において計測を試みたのは心拍数の測定のみであり、実験に参加した被験者4名は全員坐禅の初心者のみであった。本研究II においては、坐禅の初心者のみでなく、経験者についても実験を行い、より多様な被験者構成とした。また、心拍数の測定のみではなく、心拍数測定から得られた心拍変動のデータ、さらに脳波を計測したデータを指標とし、前回の実験より詳細且つ客観的な実験を行った。

本研究II の目的は、先行研究を踏まえ、また、著者の前研究の短所と問題点を補いながらICTを利用した新しい坐禅の指導方法が有効に機能するかどうかを検討することである。

《 被験者 》

20代から50代の男女で、坐禅経験の全くない者8名、対面指導を受けた経験はあるが遠隔指導を受けた経験はない者5名、および坐禅の熟達者(禅宗の僧侶) 2名の合計15名を幅広く被験者として採用した。また、本実験における15名のうち4名は、前述の実験I における被験者4名と同じ被験者である。実施期間は2017年9月から11月である。

《 使用機器 》

本研究で採用したICT技術と装置について、それぞれの機器を採用した理由と共に述べる。

[心拍計POLAR V800-2 と胸部センサーH10]

フィンランドPOLAR社製のデバイスで、胸部センサーH10とBluetooth 接続することにより心拍変動データをリアルタイムで取得することが可能である。(図23) 前述したように非侵襲的であり、コンパクトなデバイスであるので、被験者が坐禅中に装

着を続けても違和感がないことから、実験に採用した。

[通信手段Skype]

本研究は、あらゆる環境下においても坐禅の遠隔指導を行えることを目指しているため、指導者と被験者との間で高速通信が確保されていない環境においても安定した通話が可能であるSkypeを実験に採用した。

また、今回の実験の通信機器として、モバイル仕様のWi-Fiルータを使用した。本研究の目的は、誰にでも何処においても坐禅の遠隔指導が可能かどうかを検討することが目的だからである。そのため、高速通信が確保されている光通信環境等を使用せずに、より汎用性が高く、手軽に確保できる機器を採用した。

[脳波計 Muse ヘッドバンド]

脳波(EEG)の測定には、InteraXon社のMuseヘッドバンドを使用した。(図24) Museは、ヘッドバンド本体とスマートフォンをBluetooth接続することにより、リアルタイムで脳波の電気的活動を記録することができる民生用の脳波計である。左右に各々2つの電極チャンネルを持ち、4チャンネルの220Hzでサンプリングされ、帯域幅は1~60Hzで非球非対称性を探索することができる。転送されたデータをスマートフォンのアプリ側で解析し、被験者のリラックス状態を時系列で定量化し、表示・記録することができる。前章で述べたように、脳波の研究装置としての利用で有効に機能することが報告されており、60cm×52cmで重さ61gと、坐禅中に違和感を抱かせないほど軽量コンパクトな設計のため、本研究において採用した。

《 実験方法 》

坐禅の基本は、前述したように「調身」「調息」「調心」である。身体の姿勢を整え、呼吸を整えれば、おのずと心が整うという考え方である。

筆者は、前研究(古井2016)において、Skypeを利用した坐禅の遠隔指導の実験を行い、坐禅指導者のSkype映像を用いた指導と、Skypeの音声のみでの指導を比較した。その結果、指導者がSkypeを使い音声のみによって指導した方が、坐禅指導において良い結果を得られた。それを踏まえて、本研究では、従来の対面指導に対して、遠

隔指導を行う際に、指導者がSkypeの音声のみを使って指導を行った。つまり、指導者の映像を消し、気配を失くした状態で行った。

また、遠隔地にいる指導者が実際に被験者の姿勢を確認できるようにするため、Skypeのカメラで坐禅中の被験者を指導者が観察できるようにした。

「調心」について、リラックス度を調べるために、心拍変動と脳波を計測し、記録データの解析を行った。また、前に受けた指導による影響を受けないように、対面指導と遠隔指導を行う順番を被験者ごとにランダムに試行した。また、各々の指導の間に被験者には十分な休憩を取らせた。

実験方法として、坐禅における従来の対面指導と遠隔による指導を比較するため、指導環境として、兵庫県の寺院と岐阜県の寺院をSkypeで繋ぎ、兵庫県の被験者グループと対面指導の指導者、岐阜県に遠隔指導の指導者を配置した。

一般的に禅の修行僧が専門道場で坐禅する場合、一炷（線香1本が燃え尽きるまでの時間を表す）、つまり約30分間座り続ける。しかしながら、本研究においては、より幅広い坐禅の体験者を対象とし、さらに初心者も参加しているため、15分間の坐禅試行時間とした。指導者は遠隔地からSkypeによって目視ができるので、被験者の坐相や呼吸を行う肩の動きなどをリアルタイムで確認し、遠隔による音声で坐禅の指導を続けた。坐禅中の心拍変動と脳波は、兵庫県の寺院に設置されているPCとスマートフォンに記録された。ICTを利用することによって、対面指導同様に被験者に口頭で伝えることができ、加えて、坐禅指導の結果を記録することができるようになった。これにより、「調心」については、心拍変動と脳波という生体反応を定量化・記録することによって、坐禅が適正に行われているかどうかを観察・比較することができる。従来の対面指導と音声のみによる遠隔指導では、共に言葉による指導が行われる点では同一であり、同様の指導効果が期待できると考える。

坐禅の実験手順を以下に示す。（対面指導と遠隔指導の手順は同様である）

- a. 坐禅開始前・・・座布団のどの部分に腰を安置させるかを伝え、緊張せずに、且つ、だらしない姿勢にならないように注意させる
- b. 坐禅開始(初期5分間)・・・姿勢の整え方を伝える（身体を前後左右に僅かに傾けながら重心を本人に決めさせる）
- c. 開始後中期5分間・・・呼吸の整え方を伝える（坐禅中に数を数えさせる方法を伝え

る)

d. さらに5分間(後期)・・・数を数えながら、自身をよりリラックスさせた状態にもっていきように伝える

e. 坐禅終了

(実験期間：2017年8月1日より9月30日)

《 倫理的配慮 》

本研究は、早稲田大学倫理審査委員会の承認を得た後に着手した。

(早稲田大学倫理審査委員会承認番号 2017-040)

3.2.3 実験結果

《 瞑想安定期に入るまでの時間の差の比較 》

対面指導と遠隔指導を被験者に対してランダムに行い、心拍変動と脳波について、分析を行った。

[心拍変動について]

坐禅試行後にリラックス状態になる、つまり心拍変動のLF/HF 値が下がり始める時点までの時間を記録した。スペクトル分析については、心拍可変性解析ソフト「kubios HRV」を使用した。(図25) (<http://www.kubios.com>)

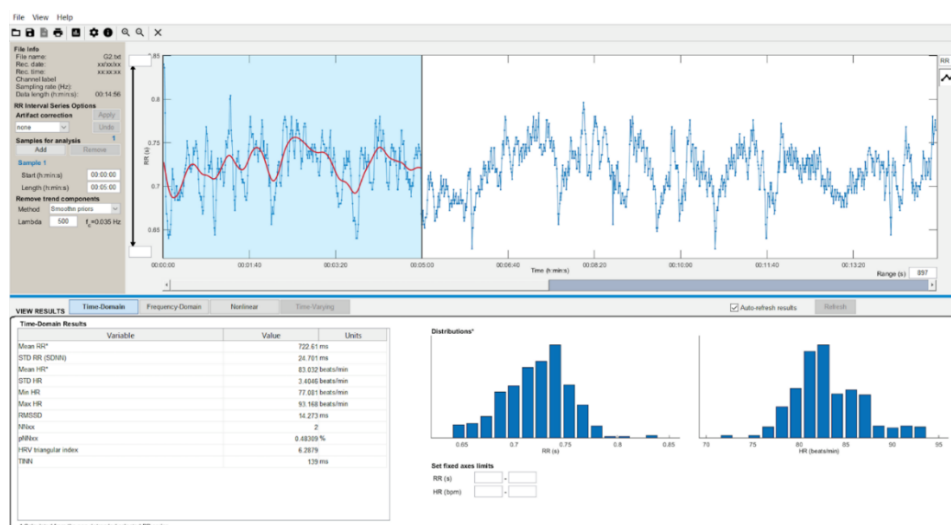


図25 Kubios HRV による心拍変動解析

[脳波について]

心拍変動の測定結果と同様に、リラックス状態になる、つまり β 波と比較して α 波が優位となる時点を分析し、坐禅試行後からその時点までの時間を記録した。脳波の測定・解析については、脳波解析ソフト「musemonitor」を使用した。(図26)
(<http://www.musemonitor.com>)

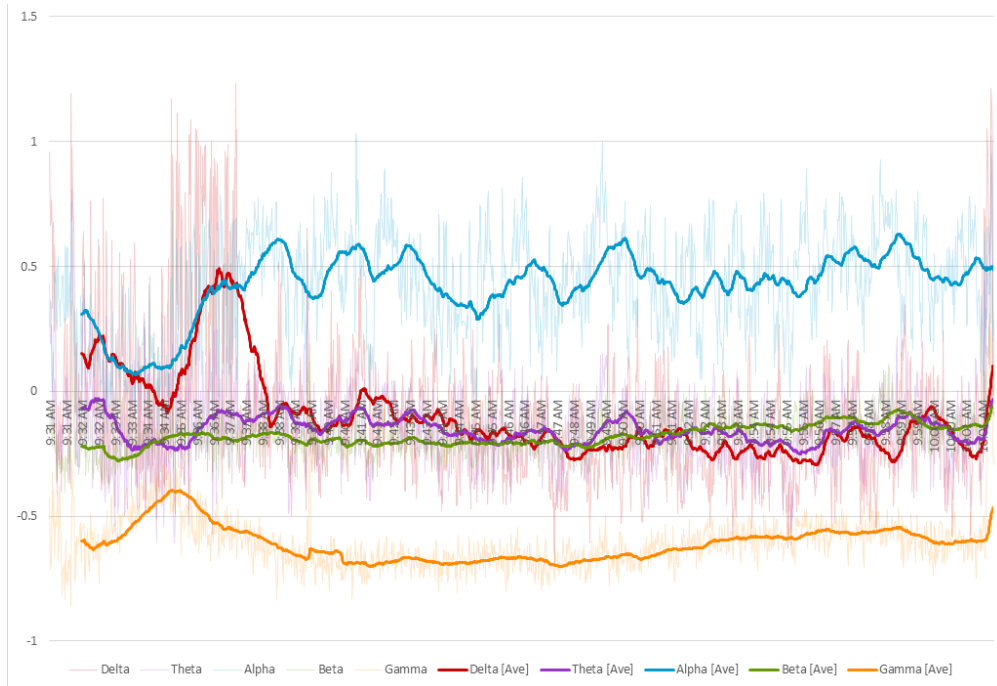


図26 musemonitor による脳波解析

[心拍変動および脳波の解析結果比較]

心拍変動、脳波、それぞれの解析結果を定量化したものを表7に示す。

表7 坐禅試行後からリラックス状態になるまでにかかった時間(秒)

被験者	対面HRV	遠隔HRV	対面EEG	遠隔EEG
a	340	400	501	521
b	430	420	433	421
c	370	410	397	421
d	510	470	521	421
e	375	395	481	526
f	425	470	494	541
g	335	365	463	487
h	390	345	476	442
i	485	435	369	343
j	480	495	358	392
k	345	315	521	477
l	540	515	523	481
m	455	415	505	495
n	385	410	415	433
o	485	525	439	460

「心拍変動:HRV」について、対面指導と遠隔指導による結果の値を、対応のあるt検定により検証したが、有意差は認められなかった。[$t(14) = -0.237, p=0.816$, 対面 avg.=423.333 遠隔avg.=425.666]

また、「脳波:EEG」についても同様に、対面指導と遠隔指導による結果の値を、対応のあるt検定により検証したが、有意差は認められなかった。[$t(14) = 0.221, p=0.828$, 対面avg.=459.733 遠隔avg.=457.400]

《 坐禅試行後の時系列による瞑想度合いの比較 》

心拍変動、脳波のリラックス度合いの変化を、坐禅試行後より「初期群」「中期群」「後期群」に分類し、データの比較を行った。坐禅試行中の段階として、「初期」「中期」「後期」と段階に分けた理由であるが、各々の段階ごとに教授者から指示が与えられることから、3つの段階がそれぞれ異なるフェーズを持つと考えたからである。

[心拍変動について]

坐禅試行後の「初期」「中期」「後期」におけるLF/HF値を表8に示す。対面指導と遠隔指導について、群間で違いがあるのかを確認するため、対応のあるt検定を行い検証した。

表8 初期・中期・後期に分類したLF/HF

被験者	initial(対面)	MID(対面)	LATE(対面)	initial(遠隔)	MID(遠隔)	LATE(遠隔)
a	3.88	3.83	1.76	7.35	3.75	1.81
b	3.08	2.19	1.62	2.99	0.99	0.87
c	5.64	4.04	2.41	12.41	4.8	2.83
d	6.01	5.71	2.51	8.16	2.71	2.41
e	6.43	3.85	3.04	2.38	2.08	1.08
f	7.09	3.53	2.19	7.18	3.58	1.85
g	8.38	6.92	3.27	9.75	7.4	5.56
h	6.14	5.4	3.44	5.67	4.81	3.31
i	3.67	3.11	1.56	3.92	2.99	1.34
j	7.02	1.97	1.19	4.24	2.75	0.99
k	3.37	2.92	2.3	4.1	1.91	1.47
l	3.39	2.3	0.9	2.25	2.03	1.31
m	11.54	5.91	5.09	8.14	4.49	2.82
n	3.67	2.97	0.81	3.99	2.87	0.99
o	3.91	2.22	1.01	3.89	1.99	0.95
	対面			遠隔		

「心拍変動:HRV」について、対面指導と遠隔指導による結果の値を、対応のあるt検定により検証したが、「初期群」「中期群」「後期群」における有意差は認められなかった。

t(14) = -0.306, p=0.763, 対面avg.=5.548 遠隔avg.=5.761 : HRV INITIAL

t(14) = 1.955, p=0.071, 対面avg.=3.791 遠隔avg.=3.277 : HRV MID

t(14) = 1.128, p=0.2784, 対面avg.=2.273 遠隔avg.=1.973 : HRV LATE

[脳波について]

リラクセス度を表すβ波/α波成分のスペクトル平均について、坐禅試行後の「初期」「中期」「後期」に分類し、表9に示す。対面指導と遠隔指導について、群間で違いがあるのかを確認するため、対応のあるt検定を行い検証した。

表9 初期・中期・後期に分類した β/α 波平均の推移

被験者	initial	mid	late	initial	mid	late
a	1.4218	0.7631	0.4221	1.2383	0.4930	0.3405
b	1.0402	0.4305	0.4427	0.7753	0.3246	0.2395
c	0.9888	0.2561	0.3362	0.9071	0.2514	0.2540
d	1.3000	0.3804	0.4042	0.7575	0.6741	0.4678
e	0.8128	0.2924	0.3873	1.1066	0.4996	0.4502
f	0.8651	0.5490	0.2885	1.1346	0.5137	0.3642
g	1.0052	0.3621	0.4219	1.3613	0.4807	0.3810
h	1.1069	0.3517	0.4676	0.9317	0.4285	0.4355
i	1.0428	0.6876	0.4810	1.0719	0.6698	0.4629
j	1.1152	0.4441	0.5511	1.1281	0.5146	0.4967
k	0.7666	0.4704	0.4486	0.7590	0.5241	0.4805
l	1.1359	0.4496	0.3607	0.7831	0.5296	0.5636
m	0.7568	0.4210	0.4049	0.9588	0.4891	0.4418
n	0.6001	0.4428	0.5255	0.8319	0.4881	0.5152
o	0.6682	0.4922	0.4952	0.8596	0.5986	0.5066
	対面			遠隔		

「 β 波/ α 波平均:EEG」について、対面指導と遠隔指導による結果の値を対応のあるt検定により検証したが、「初期群」「中期群」「後期群」における有意差は認められなかった。

t(14) = 0.019, p=0.985, 対面avg.=0.975 遠隔avg.=0.974 : EEG INITIAL

t(14) = -1.022, p=0.316, 対面avg.=0.453 遠隔avg.=0.499 : EEG MID

t(14) = 0.083, p=0.935, 対面avg.=0.429 遠隔avg.=0.427 EEG LATE

《 被験者の属性による比較 》

心拍変動、脳波、それぞれの結果について、被験者の属性で分類・比較した。心拍変動については、初期から後期にかけてストレス指標であるLF/HF値がどれだけ下がったかに着目し、脳波については「中期群」「後期群」のデータに着目した。脳波に関して「中期群」「後期群」に着目した理由は、前章の実験手順で述べたように、坐禅開始から5分後に呼吸の整え方を伝えることにより、坐禅中、最も安定している状態が、この10分間であると考えられるからである。

[心拍変動について]

坐禅の試行後、LF/HF 値が初期に対して後期の値が70%以上下がった者をクラスAとした。同様に69%から50%をクラスB、50%未満をクラスCとした。例えば、対面と遠隔の結果が両方70%以上の場合は、表10で示したように、クラスA-Aとなる。さらに、被験者の坐禅の熟達度（未経験・初心者・熟達者）も加えた。

表10 LF/HF 値の変化から見た被験者の属性

被験者	initial(対面)	MID(対面)	LATE(対面)	クラス	initial(遠隔)	MID(遠隔)	LATE(遠隔)	クラス	対面・遠隔の対応	degree of skill
a	3.88	3.83	1.76	B	7.35	3.75	1.81	A	B A	初
b	3.08	2.19	1.62	C	2.99	0.99	0.87	A	C A	未
c	5.64	4.04	2.41	B	12.41	4.8	2.83	A	B A	未
d	6.01	5.71	2.51	B	8.16	2.71	2.41	A	B A	未
e	6.43	3.85	3.04	B	2.38	2.08	1.08	B	B B	未
f	7.09	3.53	2.19	B	7.18	3.58	1.85	A	B A	未
g	8.38	6.92	3.27	C	9.75	7.4	5.56	C	C C	初
h	6.14	5.4	3.44	C	5.67	4.81	3.31	C	C C	未
i	3.67	3.11	1.56	B	3.92	2.99	1.34	B	B B	初
j	7.02	1.97	1.19	A	4.24	2.75	0.99	A	A A	初
k	3.37	2.92	2.3	C	4.1	1.91	1.47	B	C B	未
l	3.39	2.3	0.9	A	2.25	2.03	1.31	C	A C	初
m	11.54	5.91	5.09	B	8.14	4.49	2.82	B	B B	未
n	3.67	2.97	0.81	A	3.99	2.87	0.99	A	A A	熟
o	3.91	2.22	1.01	A	3.89	1.99	0.95	A	A A	熟

対面・遠隔を通じてクラスA-Aの被験者は、3名であった。そのうち、熟達者が2名、初心者が1名という結果となった。

[脳波について]

心拍変動同様に、脳波についても結果を被験者ごとに属性で分類した。脳波については、中期・後期におけるβ波/α波成分のスペクトル平均で被験者を分類した。(表11)

表11 脳波の変化から見た被験者の属性

被験者	initial	mid	late	クラス	initial	mid	late	クラス	対面・遠隔の対応	degree of skill
a	1.4218	0.7631	0.4221	A	1.2383	0.4930	0.3405	A	A A	初
b	1.0402	0.4305	0.4427	B	0.7753	0.3246	0.2395	B	B B	未
c	0.9888	0.2561	0.3362	B	0.9071	0.2514	0.2540	B	B B	未
d	1.3000	0.3804	0.4042	B	0.7575	0.6741	0.4678	C	B C	未
e	0.8128	0.2924	0.3873	B	1.1066	0.4996	0.4502	B	B B	未
f	0.8651	0.5490	0.2885	B	1.1346	0.5137	0.3642	B	B B	未
g	1.0052	0.3621	0.4219	C	1.3613	0.4807	0.3810	A	C A	初
h	1.1069	0.3517	0.4676	C	0.9317	0.4285	0.4355	C	C C	未
i	1.0428	0.6876	0.4810	C	1.0719	0.6698	0.4629	B	C B	初
j	1.1152	0.4441	0.5511	B	1.1281	0.5146	0.4967	B	B B	初
k	0.7666	0.4704	0.4486	B	0.7590	0.5241	0.4805	C	B C	未
l	1.1359	0.4496	0.3607	B	0.7831	0.5296	0.5636	C	B C	初
m	0.7568	0.4210	0.4049	B	0.9588	0.4891	0.4418	B	B B	未
n	0.6001	0.4428	0.5255	C	0.8319	0.4881	0.5152	C	C C	熟
o	0.6682	0.4922	0.4952	C	0.8596	0.5986	0.5066	C	C C	熟
	対面				遠隔					

脳波に関して、クラスA-Aとなる被験者が1名という結果となり、前述の心拍変動の結果からクラスA-Aとなった2名の坐禅熟達者の結果がクラスC-Cとなり、顕著な違いを表す結果となった。

3.2.4 心拍変動と脳波を指標とした坐禅の遠隔指導実験結果の考察

本研究では、ICTを活用した坐禅の遠隔指導法を提案することにより、坐禅の指導を受ける際の指導者不足の解決に貢献することを目指している。そのため、1400年以上に渡って行われてきた（関口 2003）従来の対面による坐禅指導と、ICTを利用した遠隔指導を、実験により比較した。

先行研究において、坐禅中の心拍変動と脳波を同時に測定し、それぞれのデータを比較・検証した研究は未だ行われていない。そこで、本研究では、心拍変動(HRV)と脳波(EEG)を指標とし、両指導方法による生体反応の結果を比較・分析した。

15分間における対面指導と、遠隔指導による心拍変動と脳波の生体反応結果をリラックス度の指標とした。その結果、両指導方法の結果に有意な差は認められなかった。(心拍変動 : $p=0.816$, 脳波 : $p=0.828$)

心拍変動、脳波とも、対面指導と遠隔指導での平均値の差は、2.333秒であり、15分間(900秒)の坐禅試行時間に対する比率は約0.26%となるので、仮に差があったとしても微々たるものであると言える。加えて、被験者がリラックス状態になるまでにかかった時間について考察すると、前述の表7の結果より、それぞれ約7分前後と確認できる。[対面 avg.=423.333 秒 遠隔 avg.=425.666 秒 : HRV] [対面

avg.=459.733 秒遠隔 avg.=457.400 秒 : EEG] これは、心拍変動と脳波による生体反応の指標が同じ傾向を示しているだけでなく、対面指導と遠隔指導における計測結果も同様に同じ傾向を示していることを表している。このことは、坐禅を従来の対面指導と同様に、遠隔によって指導することが可能であることを示している。

また、被験者のリラックス度を、坐禅試行後から5分毎に「初期群」「中期群」「後期群」に分類し分析を試みた。この場合も、両指導方法における結果に有意な差は認められなかった。

さらに、被験者の結果から坐禅中にリラックス状態をうまく保つことができている被験者と、そうでない被験者を属性で分類した。

表4における心拍変動の結果から、リラックス状態を保つことができている被験者3名(クラスAA)のうち、被験者nとoに着目した。この2名は、臨濟禅の禅僧であり、坐禅歴30年以上の熟達者である。心拍変動の結果からリラックスしている状態を示しているが、一方、脳波の結果からは、活動的な状態を示している。これは、先行研究における安東の実験結果の考察と一致する。(安東1978)

一般的に、臨濟禅の坐禅の熟達者は、「拈提」を行う。拈提とは、坐禅中に心身をリラックス状態に保ちながら、頭の中では禅問答に対する答えを探る状態である。先の結果は、この「拈提状態」を示していると考えられる。今回の実験において、拈提状態を心拍変動と脳波の両方から示すことができたことは興味深い。

著者は、前研究(古井2016)において、フィンランドと日本におけるインターネットを利用したヴァイオリンの遠隔指導研究を行った。その際に、指導者と学習者が予め面識がある場合、遠隔指導によるレッスンの結果に良い影響を与えることが確認できた。また、越後(2009)による研究は、ヴァイオリン指導者と学習者の信頼関係がレッスンに良い影響を与えることを示している本研究において、被験者jは、初心者であるが、対面指導者および遠隔指導者と予め面識があった。実験結果において、この被験者は、心拍変動についての属性として、クラスA-Aという結果が出ている。一方、脳波についての属性はクラスB-Bであった。このことから、指導者との面識の有無が、脳波の結果について良い影響を与えることはなかったものの、心拍変動については良い影響を与えたと考えられる。

実際に遠隔指導を企業やグループにおいて行う際、指導者と被験者に全く面識がな

いことの方が多いはずである。今後の課題として、全ての被験者が指導者と面識のない環境下における実験も必要であると考ええる。

本研究では、坐禅の指導者不足を解消するため、ICTを利用した遠隔指導によっても、従来の対面指導と同様に坐禅の指導が可能であることを確認した。これにより、近年脚光を浴びているマインドフルネス瞑想同様に、坐禅を通して人々の健康・社会福祉に貢献が期待できると考える。

また、坐禅の熟達者と初心者において、心拍変動と脳波という生体反応の現れ方の違いも明らかとなった。

第4章 本研究の総括と今後の展望

4.1 本研究におけるまとめと今後の展望

本研究では、身体動作を伴う実技に関する教育について、ICTを活用した同期的な遠隔学習を提案し、実践的な研究を行った。具体的には、近年、潜在的な学習希望者が増えつつあるヴァイオリンと坐禅の指導に関する遠隔学習実験を従来の対面学習と比較し試行した。結果として、ヴァイオリン、坐禅ともに、ICTを利用することによって、本研究で提案した同期的な遠隔学習が従来の対面学習と同様に、有効に機能することが示唆された。

身体動作のスキル獲得について、ベルンシュタイン(1996)の4段階スキルプロセスがあるが、その最後のプロセスは認知プロセスと関わっており、ヒト(人間)にのみ可能なプロセスとされている。それは、言葉を話すヒトのみに与えられているものであり、身体動作を伴う実技を巧みに獲得可能にする重要な要素となっている。インターネットを利用したビデオ通信を活用することによって、学習者の問いに対して教授者がその場で繰り返しフィードバックを与えることができることもICTを活用したことによるアドヴァンテージとなることが確認された。前述の古川(2009)が言及しているように、言葉による認知プロセスは、身体動作を伴う実技のスキルを獲得する際に重要であり、本研究で提案したICTを活用したヴァイオリンと坐禅の同期的な遠隔学習においても、有効に機能することとなった一つの要因であり、その重要性が確認されたと考える。

また、古川(2009)は、身体動作のスキル獲得と理解が困難な理由を4点、あげている。まず、熟達者の技を見ただけで、その秘密がわからないということである。次に、コーチの言うことがよくわからない。さらに、自分の思ったように体が動かない。そして最後に、上達するのに時間がかかる、ということである。これらを解決するために様々なアプローチが取られている。その中に、ICTを利用した「モーションキャプチャ」や「運動データの解析」が含まれており、本研究においても、身体動作を伴う実技に関してこれらのICTを活用し検討を試みた。

ICTを活用することにより、教授者と学習者、双方の指導内容のデータが客観的に記録されることが、学習の振り返りの際にも役立ち、且つ、何度も繰り返し学習が可能となる。これらの点がアドヴァンテージとなることも確認された。

今後の展望として、まず、ヴァイオリンの遠隔学習について、ここに示すこととする。ヴァイオリンの遠隔学習における今後の実験として、複数名の学習者に対して「対面教育」と「遠隔教育」の実験を行い、比較・分析をする必要がある。また、学習者のレベルに多様性をもたせ、さらに難易度を変えた曲の演奏についても比較

し、遠隔教育が有効に機能するかを検討する余地がある。

さらに、全くの初心者が対面指導を経ずにヴァイオリンレッスンを始める際に、遠隔指導が有効に機能するかを検討する必要性もある。伊藤（2010）は、ヴァイオリンの技法の中で、ヴァイオリンの構え方（支え方）について述べている。ヴァイオリン演奏の際に、弓の持ち方や弓の動かし方（引き方：ボウイング）はもちろん重要であるが、演奏中の姿勢も重要である。教授者が、モーションキャプチャ装置を利用し遠隔によって姿勢を確認することができれば（図27）、レッスン中にリアルタイムで学習者の姿勢を的確に補正することができる。遠隔教育によるヴァイオリンレッスンにおいて、姿勢補正の問題を解決する方法として、モーションキャプチャ装置を利用する手法も提案し、検討していく必要がある。

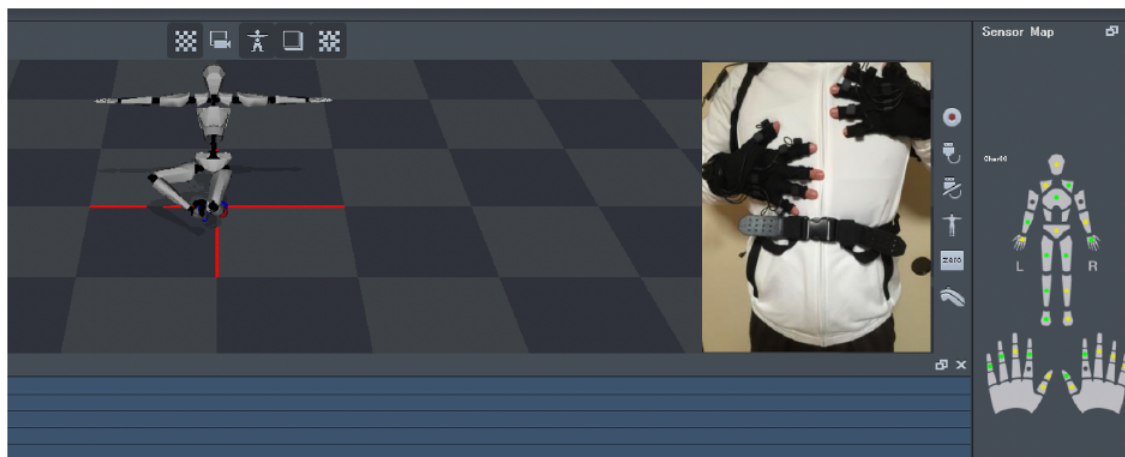


図27 モーションキャプチャデバイス Perception Neuron ”

次に、坐禅の遠隔学習について今後の展望を示す。

今後の研究として、坐禅の熟達者と非熟達者(初心者)の違いを明らかにし、遠隔指導によって非熟達者が熟達者のような生体反応を示すように訓練できるかどうかについて、研究を試みる必要がある。また、今回得られた知見を、さらに幅広く活用するためにも、より多くの坐禅希望者に周知する必要があるが、これについても、ICTを利用したソーシャルネットワークを活用することを検討したい。

4.2 予定している今後の研究について

次に、今後、予定している研究に関する実験計画について述べる。坐禅の遠隔指導研究I、及びIIにおいて、複数の多様な坐禅経験を持つ坐禅学習者に対して、「心拍数」、「心拍変動」、そして「脳波」について計測し、検討を行った。

本実験については、心拍変動の計測に簡易的なデバイスを利用したが、今後の実験においては、医療用のデバイスを用いる。これにより、さらに正確な生体信号計測が期待できると考える。実験において、キッセイコムテック社のシャツ型生体信号収録機器「Hexoskin」を利用する。（図28）

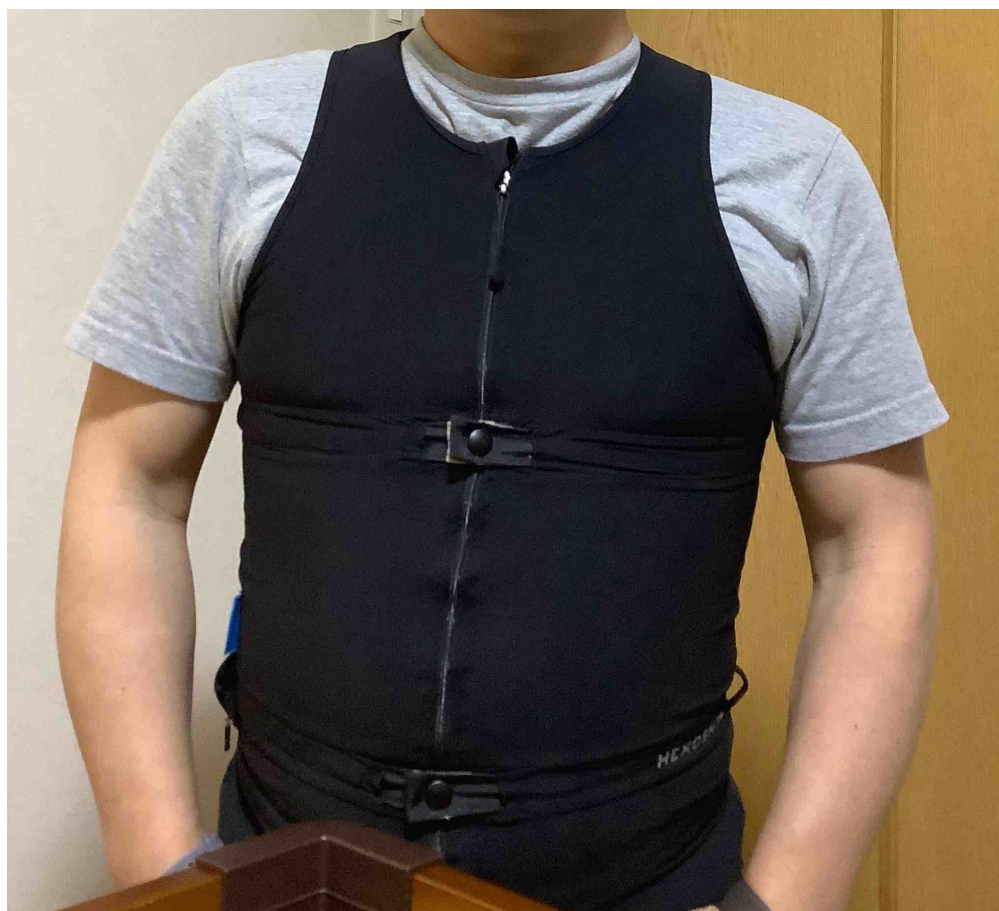


図28 Hexoskin を実際に装着した被験者

Hexoskin は、ウェアラブルタイプのデバイスで、PCとBluetooth 接続しリアルタイムで生体信号を取得することができ、且つ、Web上にデータをアップロードし、結果を振り返ることが可能である。

取得可能なデータは、「心拍変動の値」、「呼吸数」、そして「加速度センサーに

よる被験者の身体の不れを可視化したもの」である。坐禅を行う際に重要となるのは、前述したように、「調身」「調息」「調心」である。

調身については、加速度センサーを用いて計測し、調息については、デバイスによる計測で被験者の呼吸数を取得することが可能である。さらに、調心については、心拍変動の値をデバイスにより取得し、リラクセス度合いを測ることが可能となる。

Hexoskinのようなデバイスを用いることによって、坐禅を行う際に重要な3つの要素について可視化を行うことができ、本論文の研究IIで得られた結果と比較をすることができる。つまり、簡易的なデバイスを用いた研究結果と、医療用のデバイスを用いた研究結果を比較することにより、坐禅の遠隔指導が有効に機能するかをより客観的に検証が可能となると考える。

表12 今後行う予定の実験とこれまでの比較

	調身	調息	調心
これまでの実験	skype (目視)	X	簡易デバイス (心拍変動)
今後予定の実験	Hexoskin (身体の動き)	Hexoskin (呼吸数)	Hexoskin (心拍変動)

[倫理的配慮として]

上記の研究は、2019年8月に早稲田大学倫理審査委員会の承認を取得済みであるので、速やかに実験に着手する予定である。

(早稲田大学倫理審査委員会承認番号 2019-067)

さらに加えて、米国FLIR Systems社のサーマルイメージングカメラ「FLIR」(図29)を利用し、坐禅中の筋肉の弛緩について可視化することにより、瞑想中の筋肉の弛緩の具合を比較し、分析を行う予定である。(図30)



図29 サーマルイメージングカメラFLIR

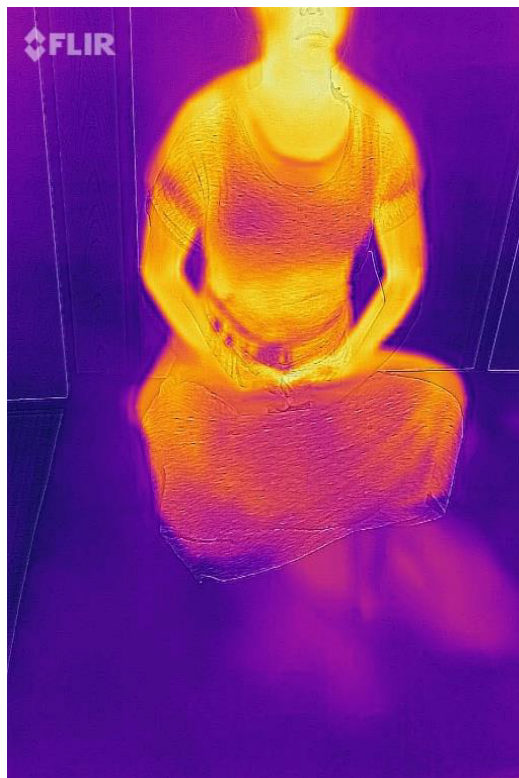


図30 FLIRを実際に使用したサーモグラフィ画面

引用・参考文献

Abujelala, M., Abellanoza, C., Sharma, A., & Makedon, F. (2016). Brain-EE: Brain Enjoyment Evaluation using Commercial EEG Headband. *Proceedings of the 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA) 2016*

足達義則, 鈴木昭二 (2011) 各種刺激に起因する生体反応のカオス解析. 情報科学リサーチジャーナル, 18: 41-52

安久津太一 (2014) 日本のヴァイオリンレッスンの文脈における子どもの創造性の認識. 東京学芸大学 学校教育学研究論集, 29: 73-86

安藤明伸, 佳川泰希 (2012) モーションキャプチャと仮想空間を利用した鋸引き動作観察教材の開発と機能評価. 日本教育工学会論文誌, 36: 103-110

安東末広 (1978) 坐禅に関する心理生理学的研究. 駒沢社会学研究, 10: 77-105

Casolo, G.C., Stroder, P., Signorini, C., Calzolari, F., Zucchini, M., Balli, E., Sulla, A., & Lazzerini, S. (1992) Heart rate variability during the acute phase of myocardial infarction. *Circulation*, 85(6): 2073-2079

ドクタートラスト (不明) ストレスチェックの義務化とその内容. <http://doctor-trust.co.jp/law/law-2606.html> (accessed 2016.01.12)

越後真里 (2009) 演奏家育成のためのヴァイオリン教授法: 学習者と教師の観点から. 滋賀大学大学院教育学研究科論文集, 12: 33-44

愛媛新聞 (2015) 武道・ダンス授業、ICT活用学ぶ. (10/08/2015) <http://www.ehime-np.co.jp/news/local/20151008/news20151008679.html>
(accessed 2019.09.07)

FLIR システムズ (不明) <https://prod.flir.jp> (accessed 2019.09.07)

深見友紀子 (2010) ピアノ弾き歌い学習におけるeラーニング教材の効果. 京都女子大学発達教育学部紀要, 6: 35-46

古井秀法 (2016) ビデオ通話システムを利用した座禅の遠隔指導についての研究. 人体科学, 第25巻 63-70

古井秀法, 西村明子, NAKAI, Noa, 西村昭治 (2016) Feasibility study on distance violin lessons using the Internet video communication. 音楽学習研究. 12: 65-74

古川康一 (2009) スキルサイエンス入門：身体知の解明へのアプローチ. オーム社, 東京

Gamelin, FX., Berthoin, S., & Bosquet, L. (2006) Validity of the Polar S810 Heart Rate Monitor to Measure R-R Intervals at Rest. *Med Sci Sports Exerc*, 38(5): 887-893

Giles, D., Draper, N., & Neil, W. (2015) Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3): 563-571

葉加瀬アカデミー (不明) <https://www.hakase-ac.jp/player/> (accessed 2019.09.21)

樋口雄三, 小谷泰則, 樋口博信, 峯岸由紀子, 百瀬 真一郎 (1999) 坐禅時における免疫動態. 人体科学, 8(2): 27-31

平井章康, 吉田幸二, 宮地功 (2012) 簡易脳波計による学習時の思考と記憶の比較分析. 情報処理学会 マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム論文集, 1441-1446

平井仁 (1993) 坐位姿勢における臍下丹田と重心位置の関係. 人体科学 2-(1) 49-60

平井富雄 (1982) 座禅の科学—脳波からみたそのメカニズム. 講談社ブルーバックス, 東京

平井富雄 (1990) 禅と精神医学. 講談社学術文庫, 東京

平田精耕 (1982) 坐禅のすすめ. 禅文化研究所, 4

廣田誠一 (2002) マルチメディア技術を利用した体育・スポーツにおける遠隔指導の-実践について. 日本科学教育学会研究報告, 16: 47-52

市川高等学校 (2019) <http://www.ichikawa.ed.jp/schoollife/zen.html> (accessed 2019.09.21)

生田久美子 (1987) 「わざ」から知る. 東京大学出版会, 東京

石田崇, 梅澤克之, 齋藤友彦, 中澤真, 平澤茂一 (2016) プログラミング学習時における簡易脳波計による脳波計測とその分析. コンピュータ利用教育学会 (CIEC) 九州PCカンファレンス2016 予稿集, 8-9

板垣翔大, 安藤明伸, 安孫子啓, 堀田龍也 (2017) かなな掛け動作の学習を支援するための授業用システムの開発と評価. 日本教育工学会論文誌 41: 65-75

伊藤誠 (2007) 『鈴木鎮一バイオリン指導曲集』成立の背景-Maia Bang と Elizabeth FyffeによるViolin Method の分析を通して. 埼玉大学総合研究機構研究プロジェクト研究成果報告書, 5: 355-356

伊藤誠 (2010) 教員養成大学・学部におけるヴァイオリン指導の原理: 「弦楽器演習」の実践記録を手がかりに. 埼玉大学教育学部紀要(Journal of Saitama University, Faculty of Education), 59(1): 29

Jha, AP. (2013) Mindfulness Can Improve Your Attention and Health. *Scientific American* <https://www.scientificamerican.com/article/mindfulness-can-improve-your-attention-health/> (accessed 2019.04.27)

賀川昌明 (2006) 小学校体育授業におけるマット運動学習支援ソフト使用に対する児童の評価: 授業に対する態度変容類型からみた認識の違い. 体育科教育学研究, 22: 15-23

貝谷久宣, 熊野宏昭 (2008) マインドフルネス・瞑想・坐禅の脳科学と精神療法. 心身医学, 48(5): 366

梶ちか子, 松元隆秀, 佐藤豊, 金高宏文 (2018) 体育系大学のダンス授業におけるICT活用によるダンス映像視聴・評価活動の実践. 大学体育学, 15: 31-45

木戸真美, 櫛田浩平 (1996) 坐禅の生体計測. Journal of International Society of Life Information Science, 14(2): 176-184

木戸真美, 櫛田浩平 (1997) 同一被験者における坐禅と気功の生体計測. Journal of International Society of Life Information Science, 15(1): 191-199

菊池直樹, 松田浩一 (2017) 腰部の加速度に着目した地域伝統舞踊の質の違いに関する分析法. 人工知能学会全国大会論文集, 31: 1-4

キッセイコムテック株式会社 (不明) Hexoskin <https://www.kicnet.co.jp/solutions/biosignal/biosignal-2/hexoskin/> (accessed 2019.09.07)

北村勝朗, 永山貴洋, 齋藤茂 (2007) 優れた指導者のもつメンタルモデルの質的分析～音楽指導場面における教育情報の作用力に焦点をあてて～. 東北大学大学院教育情報学研究部・教育部 教育情報学研究, 6: 7-16

河野貴美子, 王鳳桐 (1994) 坐禅と静功の人体科学的計測：脳波解析の結果から. 人体科学, 3(1): 99-104

河野貴美子, 櫛田 浩平 (1996) 同一個人による坐禅、気功、弓道の脳波の比較. 人体科学, 5(1): 39-45

厚生労働省 (不明) ストレスチェック等の職場におけるメンタルヘルス対策・過重労働対策等 <http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/> (accessed 2016.02.05)

Krigolson, OE., Williams, CC., Norton, A., Hassall, CD., & Colino, FL. (2017) Choosing MUSE : Validation of a Low-Cost, Portable EEG System for ERP Research. *Frontiers in Neuroscience*, 11: 109

熊野宏昭 (2012) マインドフルネスはなぜ効果をもつのか（押さえておきたい!心身医学の臨床の知45）. 心身医学, 52(11): 1047-1052

黒川隆夫 (2005) 日本文化と伝統技術・政府・自治体の施策と科研費研究「伝統技術アーカイブ」の狙い. ヒューマンインタフェース学会第9回ナンバーバルインタフェース研究会講演予稿集, 11-22

LAPOWSKY, I (2015) Obama telescope robot. Retrieved from <http://wired.jp/2015/07/24/obama-telepresence-robot/>(accessed 2017.09.07)

真島英信 (1990) 生理学. 文光堂, p.117 東京

松本奈緒 (2016) 学習資料を工夫したリズムダンスの授業における学習者の認知:動きのカードとキネクトによる動きの提示から. 秋田大学教育文化学部研究紀要, 71: 59-69

松本奈緒 (2017) 中学校段階のリズムダンスの授業における学習者の形成概念. 秋田大学教育文化学部研究紀要, 72: 111-122

松坂仁美 (2014) 体育におけるICT活用に関する一考察：教職志望の学生を対象としたiPad3活用事例の検討. 美作大学・美作大学短期大学部紀要, 59: 97-104

峯岸由紀子, 渡辺剛, 樋口雄三 (2000) 坐禅時の心電図R-R波間変動周波数解析. Journal of International Society of Life Information Science, 18(2): 379-382

本島阿佐子, 中西千春, 蔭山真美子, 進藤郁子 (2015) 音楽大学で思考力はどのように育成されているか. 日本教育工学会第31回大会講演論文集, 513-514

永松美保 (2015) スカイプを用いた英語個別指導の学習効果と学生の反応. 九州共立大学研究紀要(Study journal of Kyushu Kyoritsu University), 6(1): 87-93

永見信久 (2013) 初期段階におけるバイオリン指導法に関する考察. 島根大学教育臨床総合研究, 12: 117-130

中井未生, 北村勝朗 (2003) フィギュア・スケートコーチとヴァイオリン指導者を対象としたコーチング・メンタルモデルの比較研究. 東北大学教育情報学研究, 1: 105-108

NHK (2017) けさのクローズアップ 小中学校で先生が足りない理由. 07/04/2017 <https://www.nhk.or.jp/ohayou/digest/2017/07/0704.html> (accessed 2019.09.07)

西村昭治 (2014) インターネットを活用した遠隔高等教育に関する実践研究. 博士論文, 大阪大学

岡田正彦 (1999) 心電図, 脈波伝播速度と自律神経機能の診断(自律神経機能を巡って). 心身医学, 39(1): 61-66

大野恵美, 赤井裕美 (2019) e ラーニングを活用したピアノ学習について. 湖北紀要, 40: 61-71

小山内弘和, 大石健二 (2012) 24 時間心拍変動と主観的健康観に関する研究. 川口短大紀要, 26: 95-103

Pickert, K. (2014) The Mindful Revolution. TIME Magazine(Feb. 03,2014), 42-26

臨濟禅 黄檗禅 公式サイト <http://www.rinnou.net/> (accessed 2019.06.03)

Ruggeri, A. (2006) 禅の教育と体験の重要性(1): 公案の修行を通して. 京都外国語大学研究論叢, 67: 185-200

坂本佑太, 吉田幸二, 宮地功 (2012) 簡易脳波計による学習状態の脳波の分析比較(教育工学). 電気情報通信学会研究報告信学技報, 112(224): 37-42

SAKURA MUSIC Office. (不明) Retrieved from <http://www.sakuramusic.jp/new1069.html> (accessed 2018.09.07)

佐々木純一, 中尾喜久子, 鍋島雄一, 本部正樹, 目崎登 (1993) 妊娠時の水中座禅が母児に及ぼす生理学的影響. 体力科学, 42(6): 786

関口真大 (2003) 摩訶止観 上一禅の思想原理. 岩波書店, 東京

清水義彦 (2015) 若者の国際競争力の素地を培うアプローチ - スカイプで高校生の英語発話を引き出す. 日本教育工学会第31回大会講演論文集, 445-446

総務省統計局(2019) 日本の統計 2019 - 第2章 人口・世帯. <https://www.stat.go.jp/data/nihon/02.html> (accessed 2019.06.03)

曹洞禅ネット <https://www.sotozen-net.or.jp/> (accessed 2019.06.03)

スペンサー, ハーバード (1963) 教育論. 玉川大学出版部 東京

杉下守男 (1993) 坐禅に関する心理生理学的研究(2):脳波の分析を中心として. 愛知学院大学教養部紀要, 41(2): 69-81

杉浦克己 (2005) 遠隔研究指導の具体的方途の模索. 情報管理, 48: 226-229

杉山裕子, 堅田明義 (2014) iPad と学内SNSを活用したピアノ学習者の自律的学習に関する研究. 日本教育工学会第30回大会講演論文集, 255-256

Surangsrirat, D., and Intarapanich, A. (2015) Analysis of the meditation brainwave from consumer EEG. *IEEE Proceedings of the IEEE SoutheastCon 2015*, 1-6

鈴木寛 (2001) ピアノ指導におけるe-ラーニング. 実技教育研究, 19: 11-22

鈴木和音, 斎藤隆文 (2012) ヴァイオリンの録音演奏情報の可視化. 情報処理学会全国大会講演論文集 2012(1), 347-349

鈴木鎮一 (1966) 愛に生きる 才能は生まれつきではない. 講談社現代新書, 東京

徳弘太郎 (2014) eLearning による余暇学習における学習継続要因に関する調査研究. 日本テレワーク学会研究発表大会予稿集, 16: 59-62

敦賀気比高等学校附属中学校 (2019) <http://tsurugakehi.ed.jp/post-759/> (accessed 2019.09.21)

上杉裕子 (2015) スカイプを利用した英語・日本語遠隔タンドム教育：最も効果的なスカイプ活用法を探して. 日本教育工学会研究報告集, 15(2): 67-74

上杉裕子 (2017) スカイプを活用した英語習得と異文化理解教育の実践 (ICTを活用した学習支援システムの開発と実践/一般). 日本教育工学会研究報告集, 17(2): 55-59

上杉裕子, 川崎由花, 尾川茂 (2014) 自己啓発のためのスカイプ交流授業. 日本教育工学会第30回大会講演論文集, 477-478

Vanderlei, LCM., Silva, RA., Pastre, CM., Azevedo, FM., & Godoy, MF. (2008)
Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of the heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Biol Res*, 41(10): 854-859

渡辺峻大, 井上久祥 (2017) ICT を活用したアクティブラーニングによる水泳指導の開発と評価：水泳フォームのアノテーションが主体的,協働的な学びに与える効果. 日本教育工学会研究報告集, 17(1): 375-381

山口勝機 (2010) 心拍変動による精神負荷ストレスの分析. 志學館大学人間関係学部研究紀要, 31(1): 1-10

山室勇二 (2016) 保健体育科におけるタブレットパソコンを用いた授業実践：映像比較による主体的な課題解決学習の試み. 福岡教育大学年報, 6: 87-94

山崎将幸 (2017) ICT 教材を用いた課題達成型大学体育が及ぼす効果について：初年次体育授業の主観的恩恵評価尺度(PBS-FYPE)の変容からの検討. 東亜大学紀要, 25: 1-10

柳原佐智子 (2012) 家元制組織における「Web 稽古」を用いた顧客関係管理と信頼関係維持（テレワークを支援するICT ツール）. 日本テレワーク学会誌, 10: 23-30

謝辞

本研究をまとめるにあたり、数多くの方々のご協力、ご指導を賜りました。

はじめに、主査であり研究指導教員の早稲田大学人間科学学術院 西村昭治教授にただならぬ感謝の意を表し致します。西村先生とは、学部のゼミの頃から大学院修士課程時代を経て、約10年以上に渡りご指導を賜りました。

修士課程修了後、eスクールの教育コーチを拝命し、約8年間、ゼミや専門科目に参加させていただきました。その間、私自身も履修生同様に多くのことを学び、これからも知見を共有していきたいと努力していく所存です。

次に、副査をお引き受け頂きました、金群先生、尾澤重知先生には、本研究において多くの有益なご助言を頂きました。先生方からいただきましたご助言がなければ、本研究をこれほど順調に進めることができなかつたと思われまふ。誠に有難うございます。

また、本研究におけるヴァイオリンの遠隔学習実験に関して、数多くの助言、並びに講評をいただきましたヴァイオリニストの西村明子さんにおかれましては、お仕事の合間をぬって実験のお手伝いをしてくださり、感謝いたしております。

坐禅の遠隔学習研究において、構想の段階から共にご協力をいただきました岐阜県下呂市慈雲院住職 齋藤秀道師には、公私ともにお世話になり、また、坐禅の心得についての助言等をいただきました。誠に有難うございます。

また、お忙しい中、実験にご協力をいただきました方々に改めて感謝の意を表いたします。特に、長男の名付け親でもあり、今回の実験に何度も足を運んでくださった柏原大二先生に感謝いたします。

最後に、自身も法科大学院生であり、主婦、子育て、そして興禅寺の寺庭として努めながらも、私が本研究を進めていく上で、自身の時間を惜しまず常に協力してくれた妻に感謝いたします。