JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	リズムによる指タッピング課題トレーニングが 視覚空間ワーキングメモリに及ぼす影響
Author(s)	王，萌飛
Citation	
Issue Date	2017-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/14098
Rights	
Description	Supervisor:藤波　努，知識科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修　士　論　文

リズムによる指タッピング課題トレーニングが視覚空間ワーキングメモリに及ぼす影響

1550009　王萌飛

指導教員 藤波 努
審査委員主査 藤波 努
審査委員 西本 一志
由井薗　隆也
金井 秀明

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科

平成 29 年 2 月

The influence that fingers tapping with different rhythm has in Visual-Spatial working memory

Mengfei WANG
School of Knowledge Science,
Japan Advanced Institute of Science and Technology
March 2017

Keywords: working memory, visual-Spatial working memory, finger tapping, rhythm

In this study, we aimed at verifying a hypothesis that short-term memory and visual spatial working memory can be influenced and improved when the brain is stimulated by multiple rhythm patterns in two-handed tapping task training. As a branch of short-term memory, the working memory has been drawing lots of attention in recent years since the 1960's. Previous research found that the capacity of working memory is greatly related to dementia in the elderly and developmental disorders.

The lack of working memory causes various inconvenience and obstacles in daily life. Also, it has shown that by training in some way, the working memory capacity can be increased by training. There are various training methods proposed, such as music, or game software.

Various training methods have an effect in some way, however concretely how much effect you can get is not ensured. Also, it is easy to give up because there are restrictions on the training environment or age. So we also expected to find a easy way for training in this study.

Copyright © 2017 by Mengfei Wang

First, a preliminary experiment was carried out to try the method of this study. It has been said that there is a relation between Visual-Spacial working memory and age. Nevertheless, no conclusive data has been given to corroborate this ideas. This issue has been addressed in this preliminary experiment. The data from two groups of six subjects was analyzed. The first group consisted of people between 20 and 30 years old with an average of 27, and the second with subjects of a range of 30 to 60 with an average of 40 years. They were asked to take a Visual-Spatial working memory capacity test through the N-back problem. The test consists on a series of pictures shown continuously. Subjects were asked to point out when a picture is repeated with an N lag between showings. The data showed that subjects after 40 presented a decrease in their working memory capacity, but before that age, they had no significant differences in their tests.

Considering this result, 12 graduate students with an average age of 27 were selected to conduct the main experiment. Some of these subjects also participated in the preliminary experiment. They were asked to participate in sessions that were divided in three steps: an initial Visual-Spatial working memory test, a finger tapping training, and the same Visual-Spatial working memory test one more time. They were asked to participate in four sessions, in which the first and last step remained the same but the finger tapping training pattern was different each time. An electric drum was used to train the short span and Visual-Spatial working memory at the same time. According to the data, and in line with the proposed hypothesis, there was a positive effect of the training sessions in the Visual-Spatial working memory capacity. Out of all the training patterns, the 2:1 time lag has the best results. Therefore, it can be said that tapping fingers with a 2:1 time lag tempo in daily life situations can benefit the Visual-Spatial working memory capacity.

In the future work, we think that there are several challenges. We would like to increase the number of subjects and incorporate people of every age group in order to conduct a quantitative analysis and obtain data that are more reliable. We would also like to increase the number of sessions with each subject in order to increase his or her experience with

Copyright © 2017 by Mengfei Wang

all the trainings because we would like to address the durability of the effect each training has on the Visual-Spatial working memory capacity.

Copyright © 2017 by Mengfei Wang

目次

第　1　章　は じ め に 1
1.1 研究背景 1
1.2 研究目的 2
1.3 本論文の構成 3
第　2　章　ワーキングメモリ 4
2.1 記憶 4
2.2 ワーキングメモリ 5
2.3 視覚空間ワーキングメモリ 7
2.4 ワーキングメモリ・トレーニング 9
2.4.1　N-back 課題 11
2.4.2　専門家によるトレーニング 12
第　3　章指タッピングにおける関連研究 13
3.1　指タッピング 13
3.2　脳と運動 13
3.3　ワーキングメモリと指タッピング 14
第　4　章　リズム―記憶研究 16
4.1 リズム 16
4.2 リズムと短期記憶 20
第　5　章　予備実験 22
5.1 方法 22
5. 1.1　被験者 22
5.1.2 実験環境 22
5.1.3 実験手続 23
5.2 結果 25
5.2.1　正答率の結果 25
5.3 考察 29
5.3.1　統計から 29
5.3.2　分散分析から 30
5.4　まとめ 31
第　6　章　本実験 32
6.1　方法 32

6.1.1　被験者 32
6.1.2　実験装置 33
6.1.3　条件 33
6.1.4　実験続き 34
6.2　結果 39
6.2.1　統計 39
6.2.3　SPSS による各パターンの分散分析 49
6.3　考察 56
6.3.1　統計平均値から 56
6.3.2　t-検定 58
6.3.3 相関係数から 59
6.3.4　分散分析から 60
6.4 まとめ 61
第　7　章　おわりに 63
参考文献 66
謝辞 68

図目次

図 1　ワーキングメモリに関連する脳の部位［6］ 6
図 2　ワーキングメモリ・モデル　Baddeley（2000） 7
図 3　ワーキングメモリにおける情報の入出力..... 9
図 4　生涯にわたるワーキングメモリの変化（Swanson, 1999 より） ... 10
図 5　ものすごく脳を鍛える 5 分間の鬼トレーニング[14]..... 11
図 6　楽器の習得と脳の関係..... 14
図 7　指先が脳の部位に対する影響..... 15
図 8　パルス..... 17
図 9　アクセント..... 18
図 10　2 拍子 19
図 11　3　拍子..... 19
図 12　2 対 1 リズム 20
図 13　3 対 1 リズム 21
図 14　実験に使われたタブレット..... 23
図 15　2back 課題手順のデモ 24
図 16　視覚空間ワーキングメモリテストの開始画面..... 25
図 17　実験②に使用した電子ドラム..... 33
図 18　視覚空間ワーキングメモリテスト..... 35
図 19　視覚空間ワーキングメモリテスト..... 36
図 20　指タッピングの環境..... 37
図 21　2 対 1 の視覚刺激 37
図 22　3 対 1 の視覚刺激 38
図 23　各パターンの散布図..... 64

表目次

表 1 表 5.2.11　ワーキングメモリ容量.....26
表 2 表 5.2.12　各 back 課題のワーキングメモリ容量の比較.....26
表 3 表 5.2.21　N back 課題の t-検定.....27
表 4 表 5.2.22　N back 課題の t-検定.....28
表 5 表 5.2.23　N back 課題の分散分析.....29
表 6 表 6.2.11　ワーキングメモリの容量の変化.....39
表 7 表 6.2.12　MIDI データ 2 対 1 リズム.....40
表 8 表 6.2.12　MIDI データ 3 対 1 リズム.....40
表 9 表 6.2.21　4 パターン相互の対応サンプルの統計量.....41
表 10 表 6.2.22　対応サンプルの検定.....42
表 11 表 6.2.23　対応サンプルの相関係数.....43
表 12 表 6.2.24　トレーニング前の 4 パターン相関変量の記述統計.....44
表 13 表 6.2.25　トレーニング前の 4 パターン相関係数.....45
表 14 表 6.2.26　トレーニング後の 4 パターン相関変量の記述統計.....47
表 15 表 6.2.27　トレーニング後の 4 パターン相関係数.....48
表 16 表 6.2.31　刺激なし一元配置記述統計.....49
表 17 表 6.2.32　刺激なしの一元配置分散分析.....50
表 18 表 6.2.33　リズムなしの一元配置記述統計.....51
表 19 表 6.2.34　リズムなしの一元配置分散分析.....52
表 20 表 6.2.35　2 対 1 リズムの一元配置分散分析.....53
表 21 表 6.2.36　2 対 1 リズムの一元配置分散分析.....54
表 22 表 6.2.37　3 対 1 リズムの一元配置記述統計.....55
表 23 表 6.2.38　3 対 1 リズムの一元配置分散分析.....56

第　1　章
は じ め に

記憶は人間の重要な機能として私たちの日常生活と密接な関係があると認められている．本稿は、認知科学において記憶の一種であるワーキングメモリと、そのワーキングメモリ容量を鍛える方法を検討、記述する．

1.1 研究背景

認知心理学において記憶には以下の二つの概念がある

1、過去の経験の内容を保持し、後でそれを思い出すこと［1］

2、将来に必要な情報をその時まで保持すること［1］

また、記憶は長期記憶及び短期記憶に大別される．また、短期記憶の概念からワーキングメモリという概念が 1950 年代に発展した．ワーキングメモリとは、一時的に情報を脳内に保ちながらその情報を操作・利用することを含む一連の記憶動作のことである［2］．近年では、ADHD などの発達障害との関連、認知症や高次脳機能障害との関連について研究が盛んである．ワーキングメモリ容量の不足が発達障害に深い関係があることが明らかになっている．また、高齢化とともにワーキングメモリも衰退してゆくことがわかった．ワーキングメモリ容量の減少や不足に伴って、物忘れや認知症などが発生すると認められていた．

ワーキングメモリを鍛えることによって容量を増加させられるという仮説に基づいた研究が近年行われた．最近の研究ではトレーニングによりワーキングメモリ容量が増加することが示唆されている．［3］

ワーキングメモリ容量を増やすいくつかのトレーニング方法が提唱されてい

る．例えば、N back 課題によるトレーニングがある．これは繰り返し記憶することによって、脳を刺激に与え、ワーキングメモリの機能を高める．また、専門家によるトレーニング、定期的に専用ソフトウェアを使って行う訓練及び専門的な技師の指導の下行われるトレーニング方法がある．最近、インタネットが普及したことで、記憶トレーニングゲームやアプリも開発された．ジョギングや音楽を聴くなどのトレーニング方法もある．上に挙げたように多くのトレーニング方法があるが、各トレーニング方法の効果は明白ではない．

いっぽう、指先の運動（指タップ）が記憶とワーキングメモリと密接に関係すると認められた．さらに、音楽演奏や習得から、両手合わせ演奏することで記憶が高められるということが検証された．[4] 先行研究では、音楽を聴いているときだけでなく、楽器を演奏しているときに、全身運動しているときと同じように脳が活動するとされている．両手の演奏の指運動の刺激及び楽譜読みの視覚からの刺激が視覚空間ワーキングメモリに大きく影響する．一定のリズムのパターンで両手を合わせて演奏することなど視覚と空間両方に関わる複雑な課題が視覚ワーキングメモリに影響するので、指タッピング課題トレーニングも視覚空間性ワーキングメモリに好影響を与えると推測されている．

1.2 研究目的

本研究では、リズムによる両手指タッピング課題トレーニングにより、複数の課題によって脳が刺激を受け、短期記憶および視覚空間性ワーキングメモリに好影響があるという仮設を検証する．リズムには構造の違いにより多くの種類がある．その中でどのようなリズムがワーキングメモリに一番影響するのかを検証する．

近年、ワーキングメモリ・トレーニングについて研究が進められているが、複数のトレーニング方法で構成されたプログラムのため(N－back 課題，鬼のトレーニング、専門家によるトレーニング)、各トレーニング方法がそれぞれど

のような効果をもたらしているのか、またどの程度効果が持続するのか明らかになっていない．そこで日常生活でトレーニングを行う環境も検討する．

1.3 本論文の構成

この論文は、次のように構成されている．第 2 章ではワーキングメモリとトレーニング方法について述べる．第 3 章では指タッピングと関連研究について述べる．第 4 章では予備実験について、第 5 章では本実験について説明する．最後に第 6 章において、得られた知見を整理するとともに今後の課題を述べる．

第　2　章
ワーキングメモリ

2.1 記憶

心理学及び認知心理学において私たちの記憶は多種多様に分類されている．記憶は人々にとって重要な機能や作用の１つである．代表的なものは短期記憶（short－term memory）と長期記憶　（long－term memory）に分けられている．また、記憶の過程は記銘（符号化)、保持（貯蔵)、想起（検索）の 3 段階に分けることができる.

短期記憶は字義通り，短期間保持される記憶である．短期記憶の容量に関しては、実際にいろいろな方法で測定されてきたが,平均７±２チャンク保持時間とジョージで提唱された［7]．さらに、リハーサルされないと忘却される特徴があり、消失する時間は 15～30 秒とされている。また、短期記憶から発展させたワーキングメモリという記憶の概念が提唱されている.ワーキングメモリは短期的な情報の保存だけでなく、認知的な情報処理も含めた概念である.長期記憶は長い時間的経過の中で保持される記憶である．さらに細かい下位分類が考えられている Squire（1987)．大まかに、長期記憶は潜在記憶、顕在記憶、エピソード記憶や意味記憶に分類される．潜在記憶は私たちの意識に持ち込んで、意識的な想起を伴わない記憶である．顕在記憶は意識的に情報を記憶したり思い出したりときに活用している．さらに、Endel・Tulving によればエピソード記憶や意味記憶二つに分けられる．エピソード記憶は時間的に定位された特定的自己の経験あるいは事象に関する記憶である．意味記憶は抽象的概念の記憶や辞書的な知識の記憶である.

このように、心理学において記憶は長期記憶と短期記憶に分けられるだけで

はく、多種多様な分類を持っている．これらは別々の記憶が存在すると考えられる．例えば、機能や目的によって，心理学的な記憶の分類は異なってくるといえよう．本稿では，これらの記憶分類の中から，ワーキングメモリに絞って検討を行なう．

2.2 ワーキングメモリ

ワーキングメモリ（working memory）とは，現在進行中の課題に一時的に必要な情報を脳の中に保ちながら，その情報を操作・利用することを含む一連の記憶動作のことである［2］.また、ワーキングメモリの保持時間に対して、普通数秒といわれる限られた時間の中で情報を脳内に保持する．短期記憶と同じく短時間で情報を頭に収集し、保存するが、まったく違う概念である．短期記憶は短時間だけ覚えることである．例えば、飛行機に出会った初対面の人の名前、出身などの情報、数秒間だけに覚えることにし、翌日には相手の名前や情報を思い出せないかもしれない．いっぽう、ワーキングメモリがその情報を短時間覚えているだけではなく、その情報で何らかの作業ができるようにする．

例えば，短い時間で暗証番号あるいは電話番号を覚えながら、ケーキに必要な素材をレシピ通りに用意したり，楽器を弾いている楽譜や写真を見て、その楽器の音を思い浮かべたり，いくつもの料理を同時に作りながら、家族から推薦された映画や観光スポットの情報を覚えている。このように視覚、言語、聴覚の情報をいったん保存し、その相互作用を処理する動作がワーキングメモリの働きである．私たちにとって、ワーキングメモリは必要不可欠的な機能である．日常生活のさまざまな場面でも使われている．

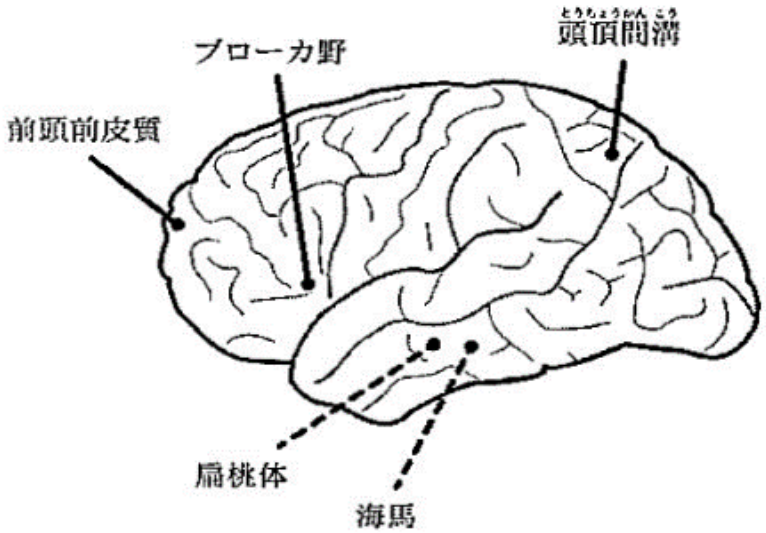
実際に私がさまざまな記憶を蓄積するには、ワーキングメモリ（作動記憶）の働きが必要である.その中、具体的なワーキングメモリの作動は［5］によれば、主にふたつの機能を果たす.

1. 優先順位をつけてから、情報を処理する．関係のないものは無視し、必要

な情報から処理できるようにする.

2. 情報を利用して作業できるよう、保管する.

さらに、ワーキングメモリの活用には、脳のさまざまな部位が関わっていることが明らかになった. 図 2.1.1 のようである. 前頭前皮脂は、ワーキングメモリの基盤にあり、ほかの部位から電気信号を受け取り、その情報を活用し、協調しながら機能する. 海馬は、これまでに得た膨大な量の知識を長期的に蓄積するための処理場である.



ワーキングメモリに関連する脳のおもな部位

図 1 ワーキングメモリに関連する脳の部位［6］

また、Alan・Baddelely が 1970 年代初期に一般的な意味を定義し、三つのマルチコンポーネントを想定した.［8］このモデルでは，ワーキングメモリは，中央実行系，視空間スケッチパッド（視空間的短期記憶），音韻ループ(言語的短期記憶)の 3 つのコンポーネントから構成されるシステムとして捉えられる. その後 2000 年に、Baddelely が別のワーキングメモリの保持機能をもつエ

ピソード・バッファーをコンポーネントに加えた(図 2.2.1)．その中、記憶を保持する言語的短期記憶は音声で表現される情報（数，単語，文章など）を保持し，視覚空間的短期記憶は視空間情報（イメージ，絵，位置情報など)を保持する．そして，中央実行系は，注意の制御や，処理資源の配分といった高次の認知活動を務める．言語的短期記憶と中央実行系の機能を合わせて，言語性ワーキングメモリと呼び，視空間的短期記憶と中央実行系の機能を合わせて，視覚空間ワーキングメモリと呼ぶ.

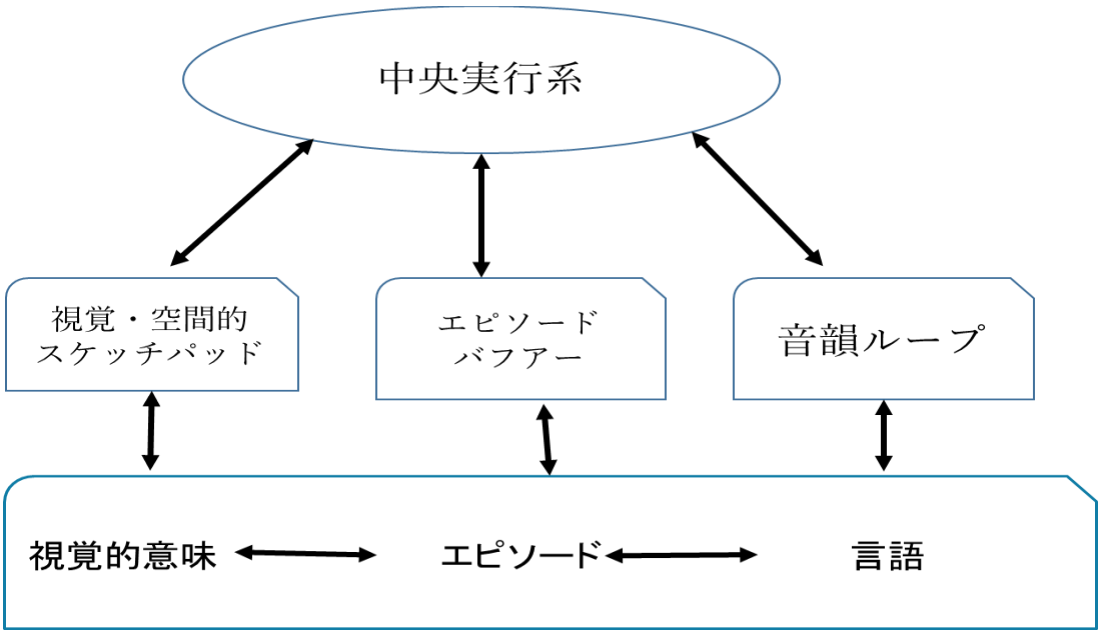


図 2 ワーキングメモリ・モデル　Baddeley（2000）

2.3 視覚空間ワーキングメモリ

上記の 2.1 章に述べているように視空間スケッチパッド（Visuo-spatial sketch pad）は視覚的および空間的情報を保持し、それを操作する機能を持っている．その機能は視覚空間ワーキングメモリと呼ぶ．例えば、絵を描く時、心の中でイメージを作り上げて操作したり、全体的なイメージを表現したりする.また、視覚空間性ワーキングメモリは視覚（形、色、質感などを扱う）と空間（位置を扱う）に分けられる．例えば、混雑している都会での運転は、ワーキングメモリ容量の中にほとんど、視空間性ワーキングメモリの視覚(形、

色の確定)や空間(位置の確定)が使われると理解されている.

多種多様な情報は言語化できず、視覚的イメージとして短時間に保持、作動される．頭の中に映像、画面やイメージで思い浮かべ、思考を展開させている状態がこの視空間スケッチパッドの機能である．視覚的空間スケッチパッドは、視覚的、空間的情報の維持と操作に関連すると考えられている．これには、空間情報と視覚情報を扱う独立した２つの部分が存在すると考えられている．これらは、それぞれ独立した貯蔵部と維持・操作機能をもつとみられている.

さらに、音韻ループが言語的リハーサルや内なる声の機能を持っている．視覚的空間スケッチパッドはリハーサルや内なる目の機能をする．視空間スケッチパッドにも、visual cache と呼ばれる受動的視覚貯蔵部と、inner scribe と呼ばれる動的空間リハーサル部が存在すると考えられている．[9] 視覚ワーキングメモリは、通常３つから４つの特徴を扱えるが、場合によっては 16 以上の特徴を扱うことも可能であることから、それらの特徴が統合された対象（object）のかたちで情報を保持されていると考えられる．単純な課題ではより多くの特徴を扱うことができるが、複雑な課題になると扱いうる特徴の数は減少する．また特徴結合そのものは概ね自動的に行われるが、後続の処理によって容易に妨害されてしまう Repovs・Baddeley（2006）.
私たち視覚的世界は比較的安定しているが、これは視覚空間ワーキングメモリによって支えられていると考えられる．図４に示しているように、入力情報の視覚ワーキングメモリへの転送は、経験などに基づくトップダウン的処理の影響を受ける．また、認知に関わる障害において、視知覚成立に向けたトップダウン的処理とボトムアップ的特徴の影響のあらわれかたに差異が生じうる［10]．そして、視覚ワーキングメモリは、知覚のみならず視覚的イメージにも密接に関連している.

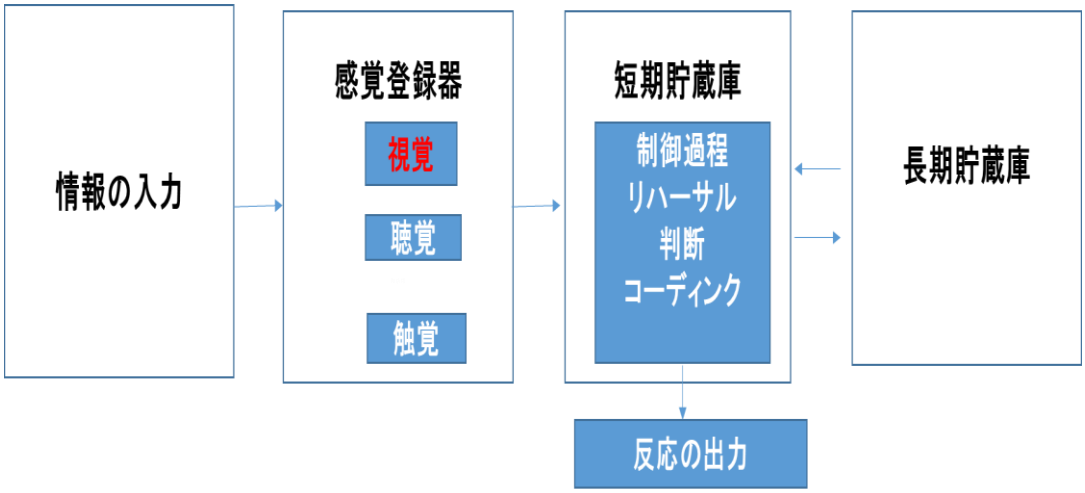


図 3 ワーキングメモリにおける情報の入出力

2.4 ワーキングメモリ・トレーニング

図 2.4.1 Swanson（1999）に呈示しているように、ワーキングメモリ容量が児童期から青年期にかけて増加し、25 歳程度で最大に達することが知られている．しかし、この能力が大人になってからは、徐々に低下してゆくのである．また、研究によると、55 歳くらいになるとその能力は 20 歳くらいのレベルに後戻りとする[6]．それは、高齢になると、記憶したり、対処したりできる情報の数が少なくなる．ワーキングメモリが処理できる情報量の減少は、物忘れや覚えにくいなどの現象をもたらす．そういった物忘れの状況や認知障害が記憶に関わる脳の部位である海馬と大きな影響があると検証された．健康な脳と比べてシナプスが少なくなると見られている．

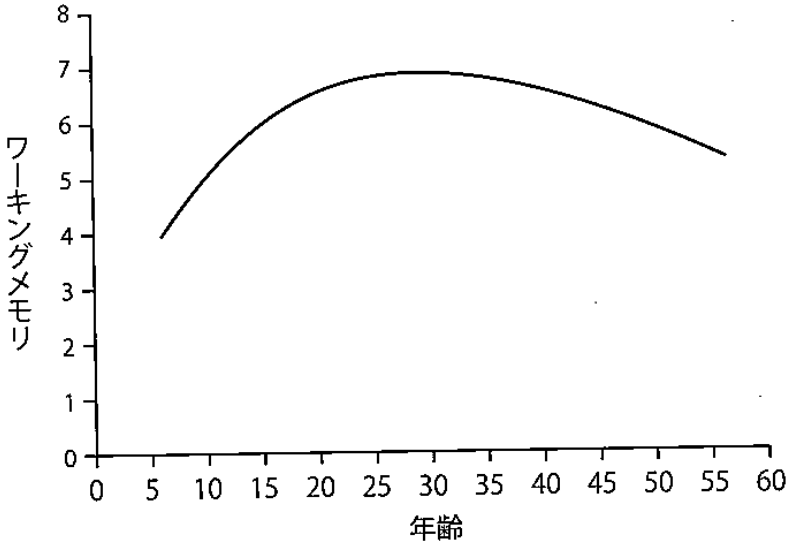


図 4 生涯にわたるワーキングメモリの変化（Swanson, 1999 より）
出典　[6]

基本的には、ワーキングメモリ容量は制限があると多くの研究から考えられている．最も具体化に示されている定量的なワーキングメモリ容量の測定はマジカル・ナンバーセブンと呼ばれる実験があり、数字の復唱実験から人間の即時的に記憶保持できる容量は平均 7±２チャンク程度であると提案した.Miller(1956) [11]

さらに、ワーキングメモリの容量は、一般的に限界もあるとも考えられている．　人によっても、容量の大きさも差異がある．ワーキングメモリ容量が高い人、例えば、スパーパフォーマンスが物事に成功する見込みが高いと考えられている．例えば、自己コントロールが強い、ものごとを素早く考え、対応することできる、新たな環境に適応するなどがある．逆に、ワーキングメモリ容量が不足したり衰弱したりすると、生活のさまざまな場面でトラブルが起こりうる.

継続的なトレーニングによりワーキングメモリを担う前頭皮質を中心に脳活動量が増加することが明らかになった.[12]ワーキングメモリ容量はトレーニ

ングで増大することは側面的に検証された．近年，ワーキングメモリ容量のトレーニング効果がその他の課題パフォーマンスにも影響を与えることが報告されている.[3]よって、ワーキングメモリ容量のトレーニング方法に関する研究もブームになり、さまざまなトレーニング方法が提唱されている．以下は一般に使用され、体表的なトレーニング方法を紹介する.

2.4.1　N-back 課題

Ｎバック課題（n-back task）は 1958 年にキルヒナーによって紹介されている．ワーキングメモリー脳の一時記憶に関する能力の実験、調査、測定に用いられる課題である[13]．数字や文字など簡単に覚えておけるものをＮ個覚えた状態からスタートし、1 つ覚えては 1 つ忘れを繰り返しながら簡単なテストを続け、その成績でワーキングメモリの能力を測れる.

例　Ｔ Ｌ Ｈ Ｃ Ｈ Ｓ **Ｃ** Ｃ Ｑ Ｌ **Ｃ** Ｋ **Ｌ** Ｈ Ｃ Ｑ Ｔ Ｒ Ｒ

また、Ｎバック課題を日々継続して行うことによって、ワーキングメモリをトレーニングすることもできる.近年では、脳トレとしてアプリやゲームなどで広まりつつあるとみられている．図 5 は体表的な N-back 課題による脳トレーニングゲームである.

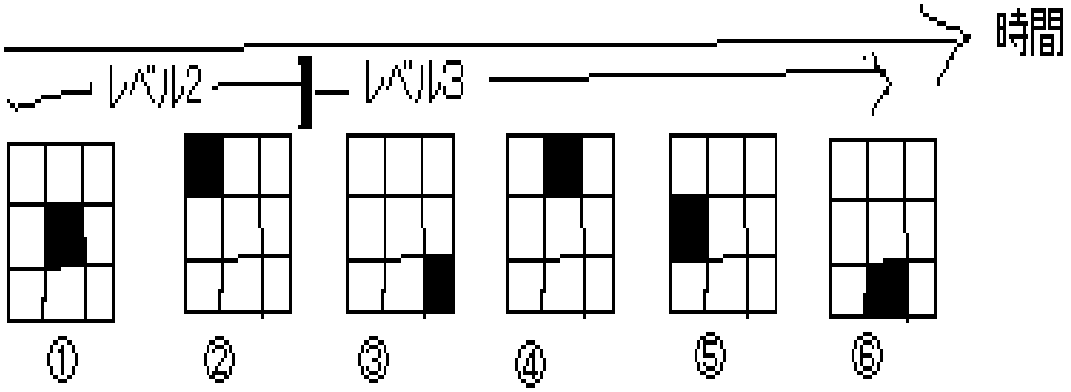


図 5 ものすごく脳を鍛える 5 分間の鬼トレーニング[14]

2.4.2　専門家によるトレーニング

会社や施設によるコンピュータベースのワーキングメモリ容量のトレーニングである．年齢や状況によって多様なトレーニングコースが設置している．
技術を持ち専門家によるワーキングメモリの改善が高い確率トレーニングが完了させる．ワーキングメモリ容量を改善する効果が十分に高い．また、人と対面的にトレーニングすることにより、一定の期間内に、一定の日数、適切なワーキングメモリの改善に必要なことが知られる．

以下のステップにワーキングメモリの容量をトレーニングに増大させる方法を概説する：

1、インタビュー

2、スタートアップ　セッション

3、トレーニング（5 週間）

4、終了まとめセッション

5、フォローアップ

第　3　章
指タッピングにおける関連研究

3.1　指タッピング

指タッピング（finger tapping）は指先でタップする運動であり、楽器の奏法でも同様に呼ばれる．指タッピングは多様な実験で使われている．例えば、指タッピング運動において脳電位を計測すること[15]、両手での親指及び人差し指によるタッピング運動パターンからアルツハイマー型認知症を早期に発見するなどの研究がある．[16]

3.2　脳と運動

手や指先の動きは、言語や思考といった脳の高次機能を担う大脳の前頭前野に影響を与えている．
外部からの情報及び脳内に長期記憶として蓄積している情報が、ある目的のために動作するとき、外部環境の信号（手係り刺激）により行動が触発されると同時に、必要とされる環境情報や長期記憶がワーキングメモリ・エリアに読み込まれる．船橋（1995）また、松波（1986）のワーキングメモリと運動の研究で、前頭前野の中の部位である上膨隆部が運動感覚に関するところとされてきた．前頭前野でも手の運動という単純な運動で活動するニューロンもあることが知られている．脳と手先は密接に関係があることと認められる．これを利用して、逆に手先の運動により脳を活性化(ワーキングメモリの容量と機能を強化)することを目的にした方法も提唱された．

例えば、両手の指先を使用する楽器の演奏が脳の活性化及び記憶に影響するという研究がある．[17]楽器を弾くときには、十本の指を合わせて動かせながら同時に楽譜や楽器を見たりしている．脳が指先の運動及び視覚の両方から刺

激を受けているといえる．脳が多くの情報を同時に処理するほか、脳全体が同時に活性化している．その中でも、視覚・聴覚・空間・筋肉運動に関する脳領域が特に活発になることが明らかになった．特に若いときから楽器の演奏方法を習得すると、脳の聴覚と運動を司る領域が通常より発達するという報告もある［19］．また他の研究によると、学習塾、英会話、習字、スポーツ系など、ほとんどの習い事によって記憶及び知能は変わらないが、楽器の演奏だけ突出して高いと検証された．［20］

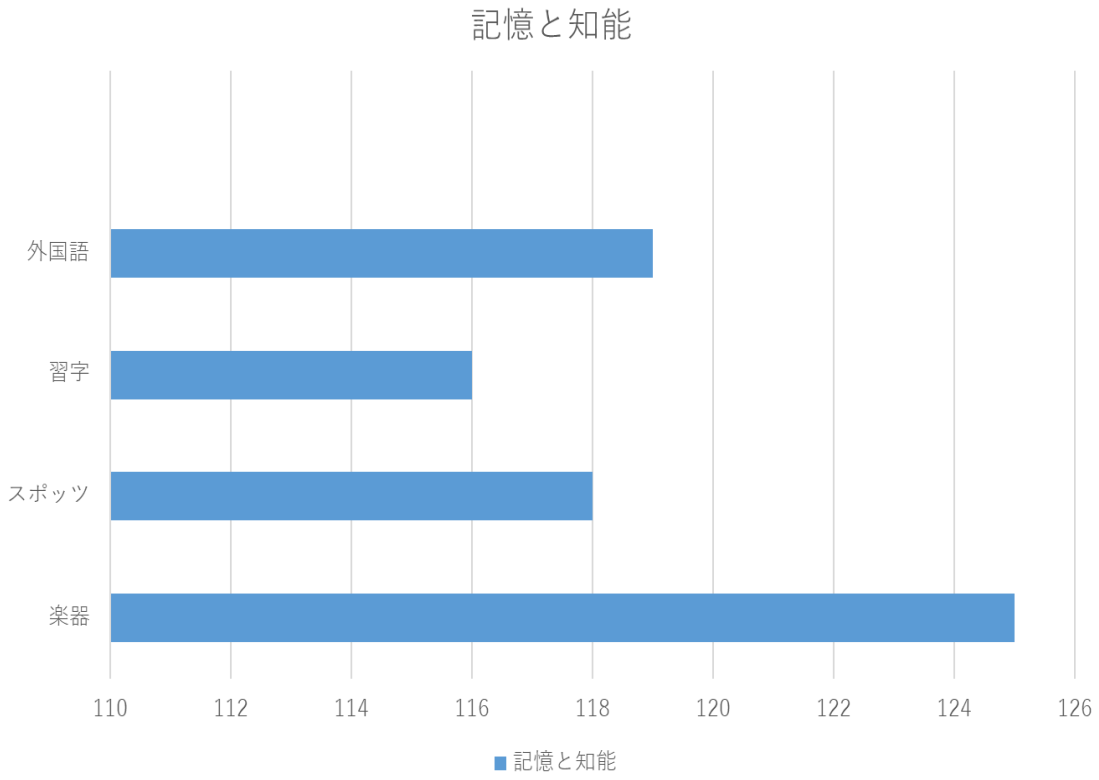


図 6 図 3.21 楽器の習得と脳の関係

3.3　ワーキングメモリと指タッピング

上記の 3.2 章の中で、記憶と指先の運動の間に関係があり、指の動きが脳の活性化に寄与すると紹介した．以下では脳の重要機能であるワーキングメモリ

に指先の運動がどのように作用し、どの部分に関連しているのかを説明する．

ワーキングメモリと関連のある脳の重要な機能を担う前頭葉は、得た情報から行動を決定し実行に移す司令塔となる器官である．字を書き、物をつまむなどの微細な指先の運動を精密かつ確実にコントロールするには高度で細かな指令を必要とする為、前頭葉をより活性化させる効果がある．指先を使い前頭葉に細かい指令を出させることで、前頭葉と連動した海馬が活性化し、記憶に働きかけるという仕組みである．前頭葉と海馬を刺激することによって、記憶及びワーキングメモリの容量も高められると認められている．このことから見ると、楽器の演奏や取得がワーキングメモリの増加に大きな影響がある．

ワーキングメモリによって多くの情報を保管できるようになるだけでなく、周囲からの刺激を受け流し、注意量と覚える能力を保てるようになるのである．下記の図 7 は指先の運動がワーキングメモリに対する影響を表示している．

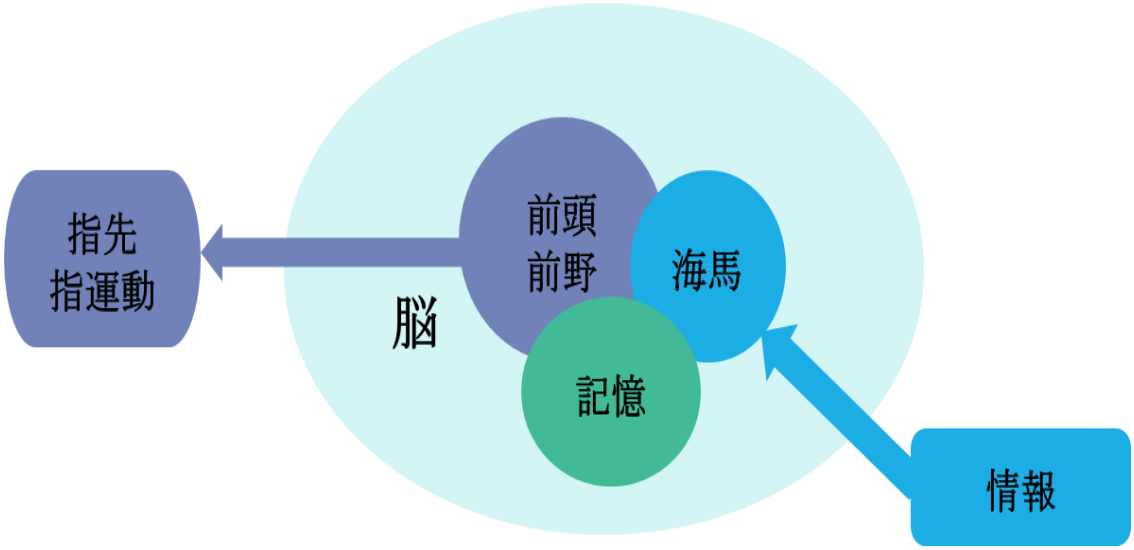


図 7　指先が脳の部位に対する影響

第　4　章
リズム―記憶研究

リズム（rhythm）とは、「流れる」という意味の動詞 rhein を語源とするギリシア語 rhythmos に由来する［21］．以下のように細かい概念に分けられている．

①生体が周期的に反復・循環する動きことである．律動ともいう．

②物事運動・音楽・文章などの進行の調子のことである．

③詩などの韻文を作る韻律のことである．

④音楽の最も基本的な要素で、音の時間的進行の構造のことである．時代や民族によって違いがみられる．一定の時間量を規則的に下位分割する拍節リズム、異なる拍子を組み合わせてより大きな構造を作る付加リズム、音の長さに単位のない自由リズムなどがある．

さらに、音または楽音という用語を音響的環境における近く可能な変化を表すものとして使用してきた．ふたつ以上の音が短期記憶の長さの範囲で起こった時、「リズム」と呼ぶことにする．［21］

4.1 リズム

リズムが音楽の構成する 3 大要素であり、ほかにもリズムと関連あり、役に立ついくつかの概念がある．例えば、パルス、拍、アクセント、拍子、テンプなどである．その中には、短期記憶に影響及び関連するとも言われる用語もある。

パルス

パルスとは、時間的に均等に分割され、 同じ刺激が時間的に等間隔で同一の拍の連続を指しものである．音楽においては時間的に同じ距離の音が発生したときに感じ取られる．具体的に例えると、メトロノームを鳴らしたときに、

クリックが鳴る一定のタイミングの単位がパルスといえる．　パルスを正確に意識することができれば、タイミングの面で安定したリズムを刻むことが可能である．以下の図 8 のように示している．

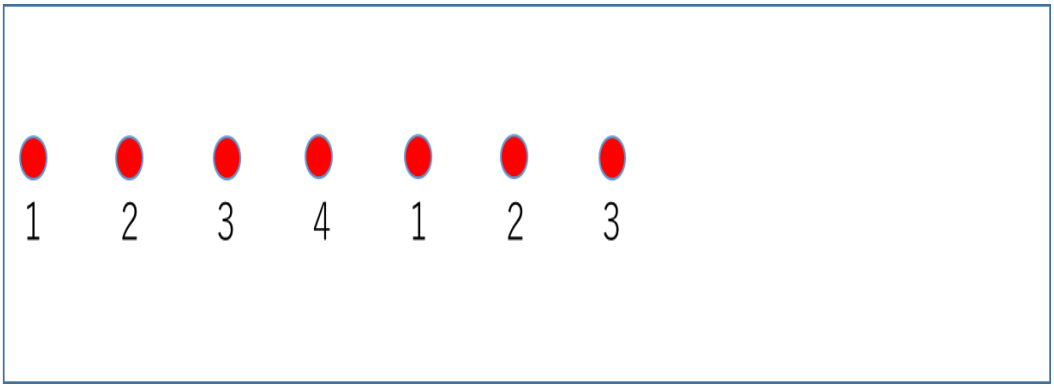


図 8 パルス

拍(ビート)

拍とは、リズムを構成し、音楽を動きの一つ一つ単位を指していることである．時間上では、一つ一つの点に表示している．また、拍とは、パルスによって構成された事象でもあり、パルスとパルスとの間に区別があるものである．リズムを捉える時、そこに含まれる動きの最小単位として意識されることが多い．

アクセント

アクセントは強調された音と呼ばれ、心理的に強いパルスともいわれる．一般的に音楽において、いくつかの音がほかの音より強調される．この強調は、音の大きさの増加や要因として特定の音を立たせることによって実現される．また、アクセントは単純的言うと拍の「重複」のことである．いっぽう、アクセントは必ずしも音が強いことを表すのではなく、人の心理にとって強く感じる、目立っていると意識されるということもある．以下の図 9 に示しているようである．

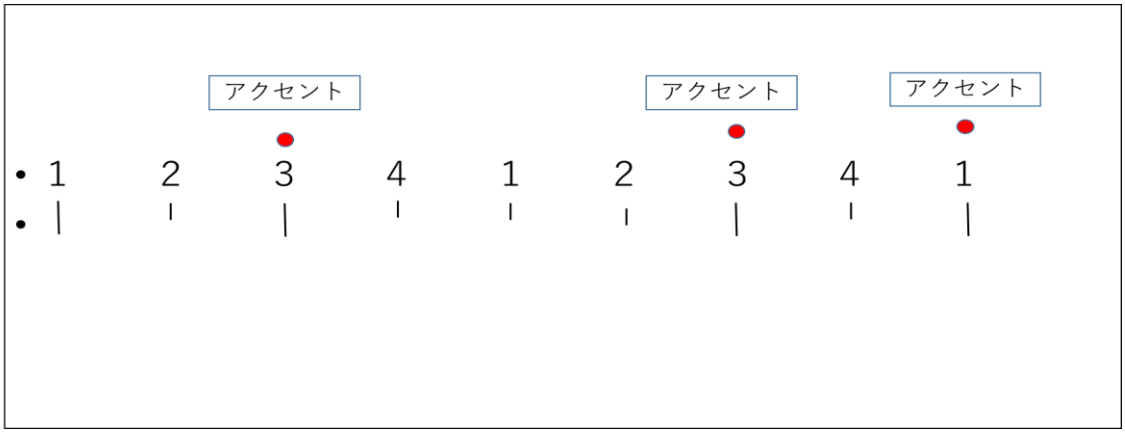


図 9　　アクセント

拍子（タイム）

拍子とは、パルスを構成する拍を体制化した、周期的に反復するアクセントのパターンである［22］．拍子の構造は、音楽における時間的基準点を設定する基本的方法である．アクセントのある拍が周期的に繰り返されると拍子が生まれる。強い拍に連続する拍の数によって、2 拍子、3 拍子、4 拍子などの拍子がある．また、拍子も 1 つのアクセントの拍と 1 つのアクセントではない拍に合わせて形成される．

たとえば 2 拍子は 1 つのアクセントが 1 つの非アクセントを従えた合計 2 つの拍からなる拍子であり、3 拍子は 1 つのアクセントが 2 つの非アクセントを従えた合計 3 つの拍からなる拍子である。以下の図 4.1.13 及び図 4.1.13 のように示している．

2　拍子

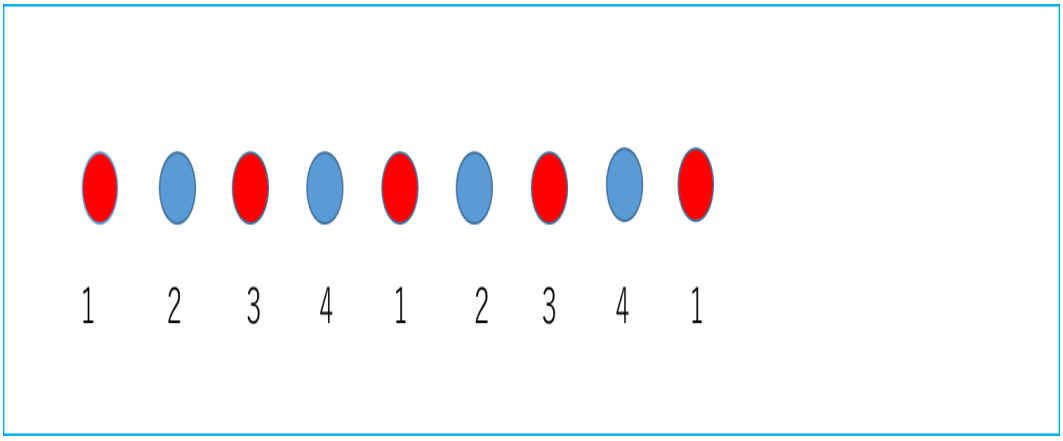


図 10　2 拍子

3 拍子

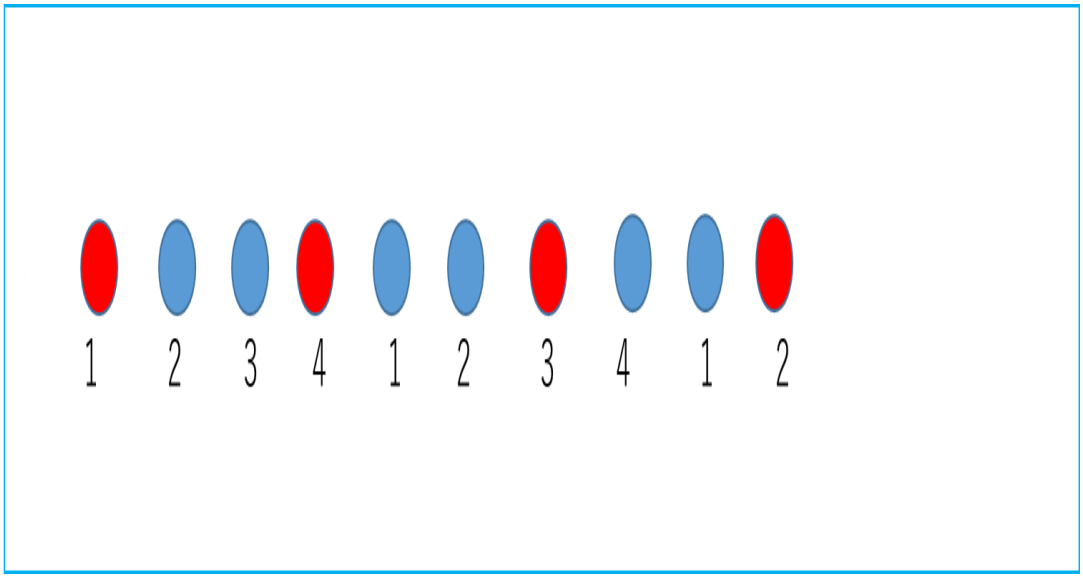


図 11　3　拍子

テンポ

テンポとは、一定時間内に規則的に反復する拍の数であり、パルスの速度である．拍の速さとも言われる．西洋音楽においてテンポを計測する標準的方法はメトロノームによるもので、表示は毎分の拍の数で表される．[22] 拍を速く打てば 1 拍の長さは短くなり、拍をゆっくり打てば 1 拍の長さは長くなる．例えば、メトロノームや軽音楽系のスコアなどでは、四分音符が 1 分間あたり

何回打たれるかを数値で表現することが多い.

4.2 リズムと短期記憶

音楽的リズムが短期記憶に影響すると認められている．ふたつ以上の音が 7 ±2 秒（短期記憶の長さ）以内なら潜在記憶として保たれる可能性が高い．リズムとは短期記憶の範囲の時間軸上にある音だけを説明する．さらに長い時間の中で起きる音は、本質的に音楽的な形式の領域に属するものとみなす［22]．また、短期記憶の長さは、リズムを定義する上で重要である．なぜならば、パターンを形式するためにはリズムの構成する楽音が直接的につながっている必要があると思われるからである．[22]

リズムの時間間隔は、２対１、３対１といったように、小さな整数で構成された比率として表記されるときに最も覚えやすくなるようである．特別な地位を持っているらしい時間間隔の比率は，２:1 という比率である．リズムの関係を記憶する能力に関する多くの実験は、記憶する際に、パルスがないときにはとくに、実際には、複雑な時間の比率を２対１の比率に単純化する傾向があることがわかっている［22].

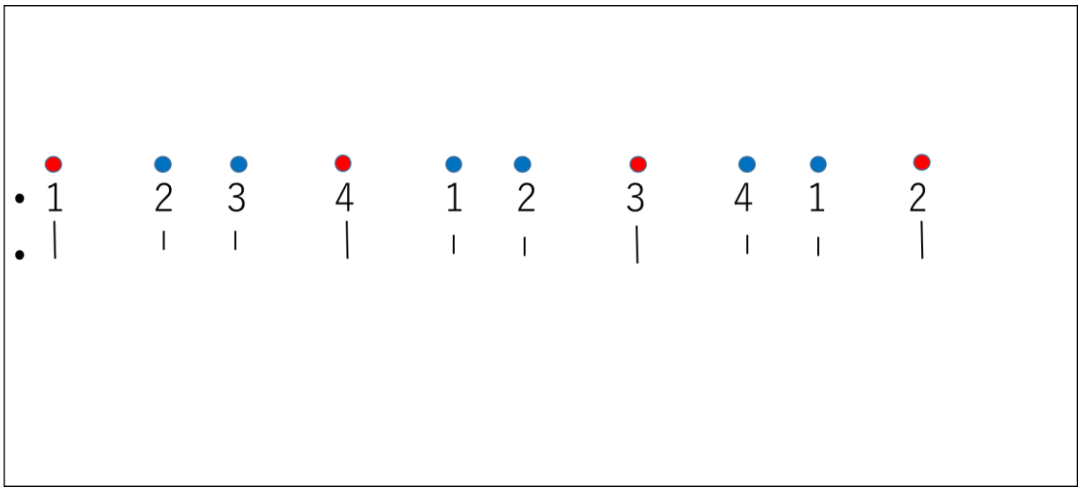


図 12 2 対 1 リズム

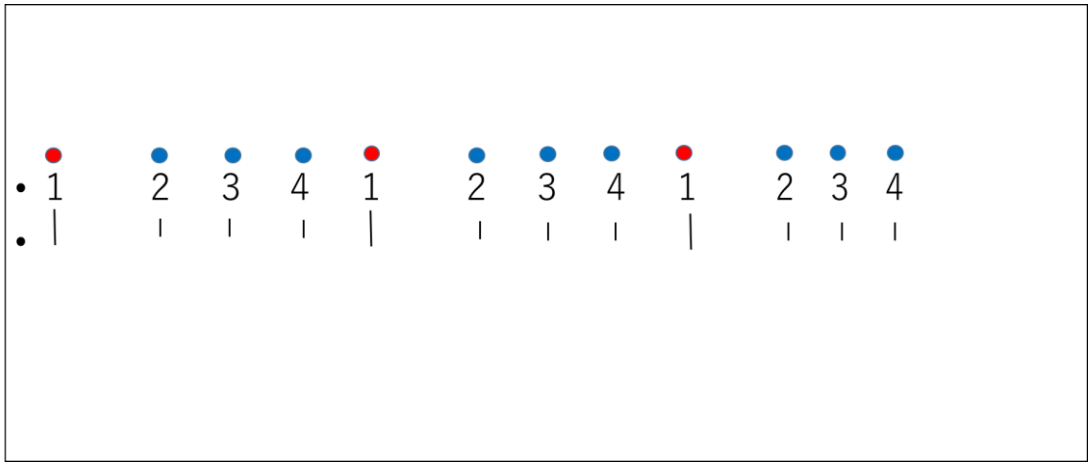


図 13　3 対 1 リズム

第　5　章　予備実験

第 2 章で説明した視覚空間ワーキングメモリ容量の測定実験を行った．前章 2.1 に視覚空間的ワーキングメモリの容量には年齢差があり、個人ごとに限界があり，容量が大きいほどワーキングメモリ容量が高くで、年齢と直接な関係があると言われた．また、具体的ワーキングメモリに影響する外的要因や条件を実験によって明らかにした．

ワーキングメモリを測定するテストに reading-span-test や N-back 課題などがある．実験に使用したワーキングメモリテストは N-back 課題に用いられる視覚空間ワーキングメモリ容量テストである．被験者に視覚的な刺激を与えながら、ワーキングメモリ容量を測定する．本来の N-back 課題によるワーキングメモリ容量を調べられ、ワーキングメモリのトレーニングに多く使われている．

本章では、実験設定と結果を報告する．

5.1 方法

5. 1.1　被験者

被験者は 20 代から 30 代まで平均年齢 27 歳が 6 人、30 代から 60 代まで平均年齢 40 歳が 6 人である．すべての被験者の視力が正常である．

5.1.2 実験環境

実験装置としては、図 5.1.21 に示しているように、Windows 系のタッチパネルを使用した．

実験に使用した視覚空間ワーキングメモリテストはＮバック課題に基づいて「Cognitive tests: Working memory test 」と呼ばれる視覚空間ワーキングメモリテストである．通常の単語、数字やアルファベットに表示されるＮバック課題ではなく、多様な形状の図形を用いて実験を行った．例えば、1バックであれば、一回目に出た形状を記憶しつつ、2回目の形状も覚え、2回目の形状の後に、3問目の形状を一回目と同じかどうかを答えるといった手順で一時記憶能力を測定する．3問目の回答の後には、2問目の回答を答える．

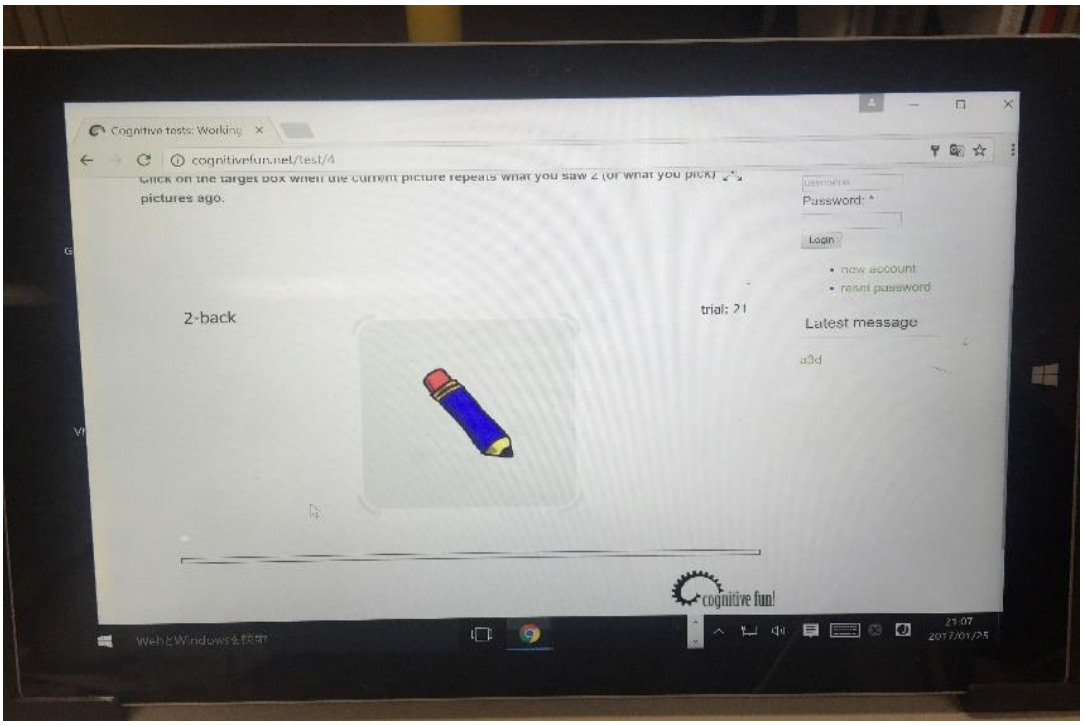


図 14　実験に使われたタブレット

5.1.3 実験手続

まず被験者に実験手順を提示しながら、デモを行った．図 6.1 に示しているタブレット画面に現在提示された画像を見ながら記憶し、見たものあるいは選

んだものを前に繰り返すときに、ターゲットボックスをクリックさせた.

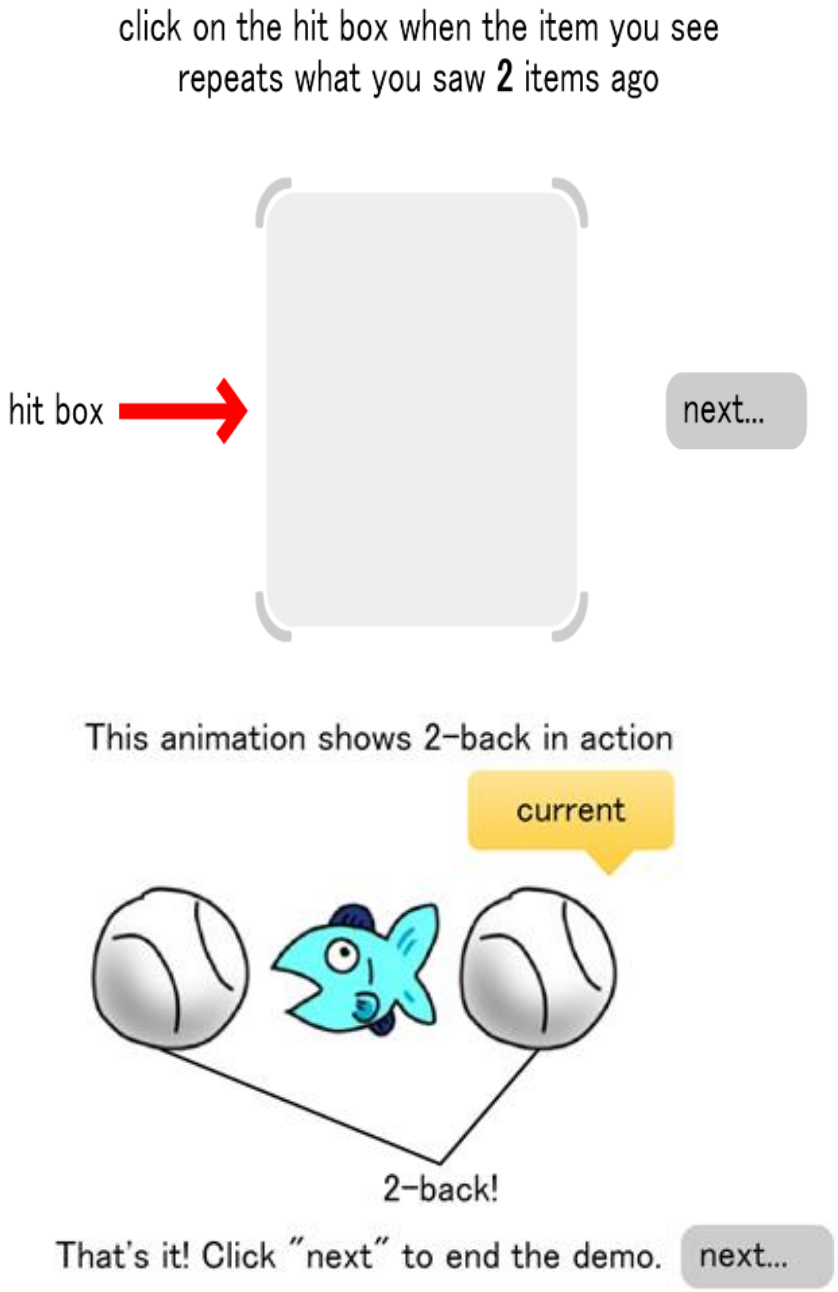


図 15　2back 課題手順のデモ

最初、被験者に一回デモ（図 5.1.2 に示している手順）を行われ、練習を含めて解説した．2back 課題オプションからはじめ、徐々にレベルアップし、7back 課題まで高度にしていく．1back 課題の時間が 30-40 秒であり、2back 課

題から 7back 課題まで通して約 5 分間かかった.

デモが完了した後、本番の実験を開始する．画面下方の青い背景のボタンをクリックし、始める．図 16 のように示している.

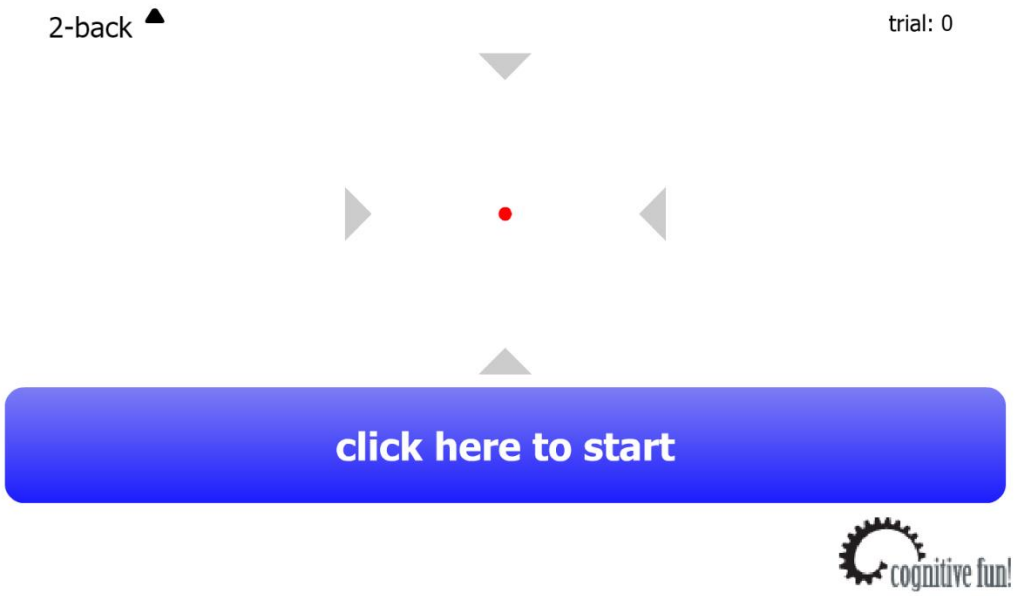


図 16　視覚空間ワーキングメモリテストの開始画面

また、「2back」と書いているところにはクリックすると、N-back 課題の項目数（back）を変換することができる.

5.2 結果

5.2.1　正答率の結果

正答率の平均値の結果を表 5.2.2 に示す.

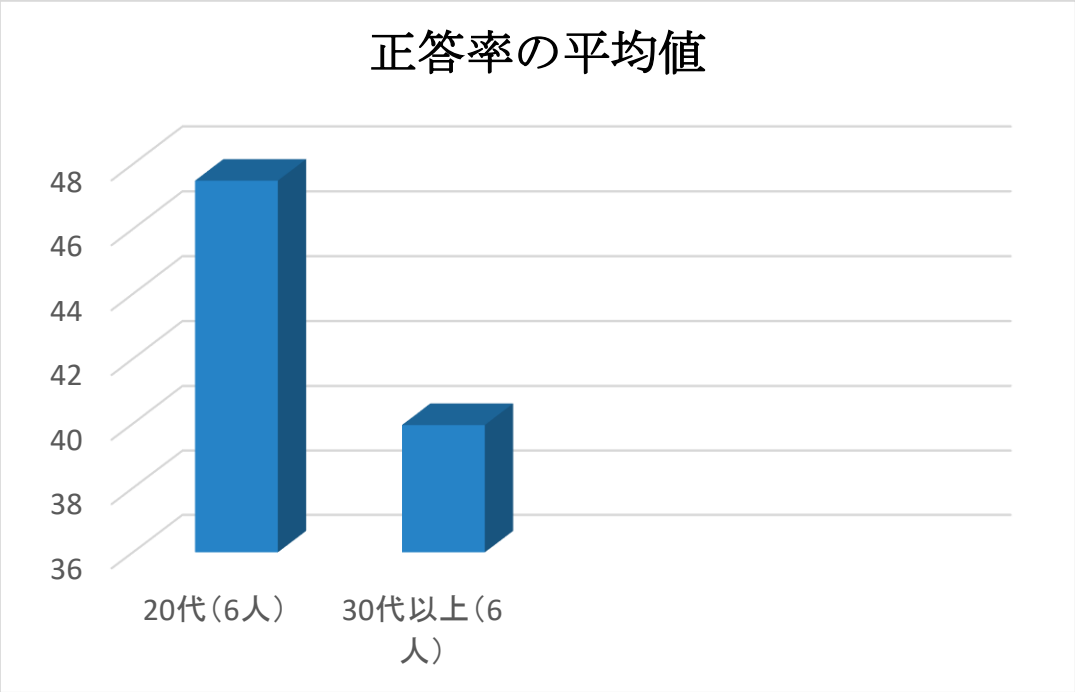


表 1 表 5.2.11　ワーキングメモリ容量

2back 課題から 7back 課題までのワーキングメモリ容量の比較.

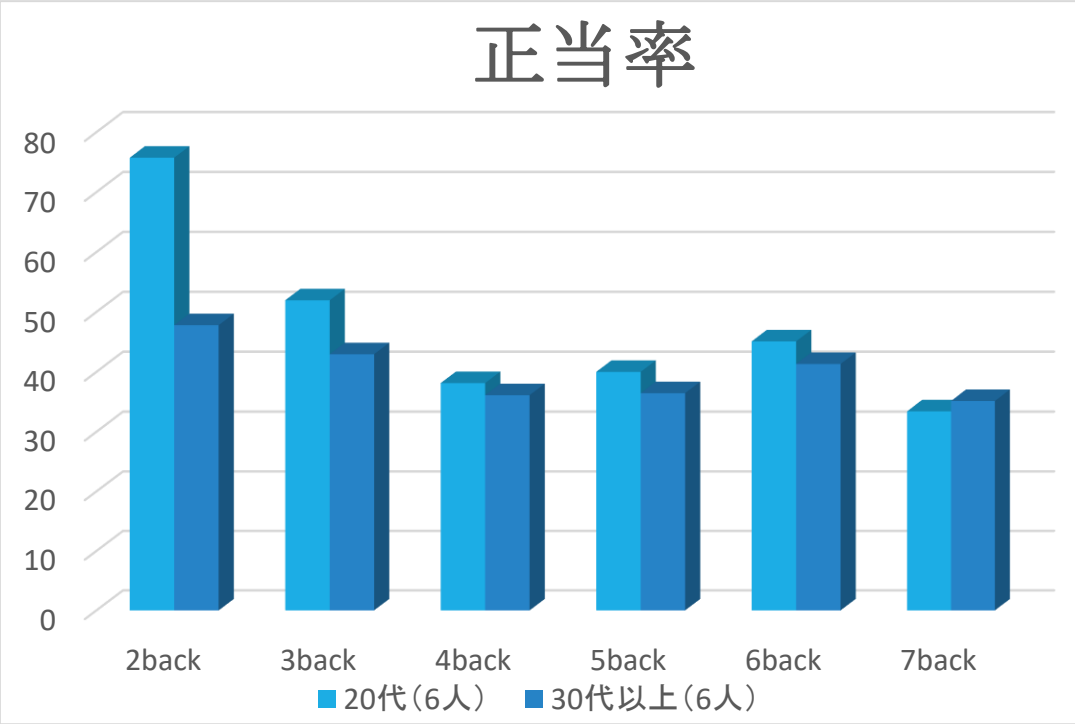


表 2 表 5.2.12　各 back 課題のワーキングメモリ容量の比較

上記表 5.2.2 から表示している結果を見ると、20 代―30 代の視覚空間ワーキングメモリ容量は 2back 課題から 7back 課題まですべて back 課題の平均値は 47.489 点、30 代以上の視覚空間ワーキングメモリ容量の平均値は 39.956 点である．20 代から 30 代までの視覚空間ワーキングメモリ容量が 30 代以上のより 7.533 点が高いと認められている．

5.2.2　t-検定及び分散分析

20 代及び 30 代以上の 2back 課題から 7back 課題に至るワーキングメモリ容量の統計の有効なデータを入力して SPSS を用いて t-検定を行った結果を表 5.2.21 と 5.2.22 に示す．

また、20 代―30 代及び 30 代以上の 2back 課題から 7back 課題にいたる各 back 課題の分散分析及び探索的分析の結果を表 5.2.23 に示す．

グループ統計量

	グループ	度数	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差
Nback	1	36	39.9550	13.62147	2.27024
	2	36	47.4894	18.85339	3.14223

表 3 表 5.2.21　N back 課題の t-検定

独立サンプルの検定

		等分散性のための Levene の検定		2 つの母平均の差の検定						
									差の 95% 信頼区間	
		F 値	有意確率	t 値	自由度	有意確率 (両側)	平均値の差	差の標準誤差	下限	上限
Nback	等分散を仮定する	4.807	.032	-1.944	70	.056	-7.53444	3.87655	-15.26598	.19709
	等分散を仮定しない			-1.944	63.715	.056	-7.53444	3.87655	-15.27941	.21052

表 4 表 5.2.22　N back 課題の t-検定

表 5.2.21 は 2back-7back の統計的な平均値が 30 代以上に比べて 20 代のほうが高いことを呈示している．平均値の標準誤差が 2.270-3.142 である．すなわち、20 代から 30 代までのワーキングメモリ容量が 30 代以上のワーキングメモリ容量より高いと認められる．

また、2back-7back 視覚空間ワーキングメモリ容量の t-検定から、有意確率は 0.056 に示されている．

分散分析

Nback

		平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
グループ間(組合せ)		1021.821	1	1021.821	3.778	.056
	1 次の項 対比	1021.821	1	1021.821	3.778	.056
グループ内		18934.809	70	270.497		
合計		19956.631	71			

表 5 表 5.2.23　N back 課題の分散分析

表 5.2.23 N-back 課題の分散分析の結果からみると、F 値は 3.778 ので、その有意確率が 0.056 とする.

5.3 考察

5.3.1　統計から

まず、統計分析による正答率の平均値の結果を見ると、20 代－30 代の視覚空間ワーキングメモリ容量は 2back 課題から 7back 課題まですべて back 課題の平均値は 47.489 点、30 代以上の視覚空間ワーキングメモリ容量の平均値は 39.956 点である．20 代―30 代の視覚空間ワーキングメモリ容量が 30 代以上の被験者群より 7.533 点が高いと認められている．予測通りで、20 代―30 代の方がワーキングメモリ容量は高い．また、20 代―30 代の方が高いと示しているが、わずか 7.533 点の差である．ここで平均値の誤差も含まれていないことである．こういった結果から、第 2 章の図 2.3.1 ワーキングメモリ容量と年齢

の変化図に示している通りに、40 代のワーキングメモリ容量が 20 代—30 代とほぼ同じレベルのワーキングメモリ容量に至ることが明らかなった.

一方、表 5.2.12 の各 back 課題のワーキングメモリ容量の比較結果により、2back 課題から 7back 課題まで各課題のワーキングメモリ容量の平均値が徐々に下がり、4back 課題のところでほぼ同じレベルになった．しかし、2back 課題だけが 20 代—30 代と 30 代以上のワーキングメモリ容量の差 27.945 という大きな差がある．こういった結果からみると、ワーキングメモリと大きな影響ある流動性知能が 20 代—30 代で高いと想定される.それは、20 代—30 代と 30 代以上 2back 課題から実施しはじめ、20 代—30 代が新しいものに対する認知や掌握が早いため、2back 課題の方が遥かに高いと認められる.

さらに、最後の 7back 課題に 20 代—30 代より、30 代以上の方が高いとみられる．こういった結果から、30 代以上がワーキングメモリ以外、長年に蓄積した知識、経験、直感などが 20 代—30 代より豊富という要因が考えられる.
7back 課題に至っては、繰り返す練習がなくて、同時に 7 つの項目を記憶するが難ありということである．また、ほかにも、ワーキングメモリの容量の高低が年齢以外の要素に影響されると考えられる．例えば、情緒注意力が外部刺激により分散された状況があって、実験中に被験者が注意力散漫となり、テストで正常な能力を発揮できなかったことがあった.

5.3.2　分散分析から

表 5.2.21 の分散分析の結果により、30 代以上と 20 代－30 代有意確率 0.56 ＞有意水準 0.05 よって、年齢がワーキングメモリ容量に影響あるいは関係がないと認められている．というのは、年齢以外にもいろいろな要素が影響している.

また、2back 課題から 7back 課題まで各課題の平均値が徐々に同じレベルになり、7back 課題に 20 代—30 代より、30 代以上のほうが高い．20 代—30 代と 30 代以上のワーキングメモリの容量の高低が年齢以外に、それぞれ違う要因に影響される．

5.4　まとめ

N-back 課題による視覚空間ワーキングメモリ容量を測定した．結果は多くの研究と同じく、年齢を増加することにより、ワーキングメモリの容量が下がってゆくとわかった．また平均年齢 27 歳と平均年齢 40 歳のワーキングメモリ容量のレベルに大きな差異がないと認められた．ワーキングメモリ以外に、20 代の方が流動性知能の影響が強くみられ、40 代の方が経験、知識、直感などの影響があると見られる．[26]

2back 課題から 7back 課題まで各課題のワーキングメモリ容量の平均値が下がり、7back 課題のところでほぼ同じレベルであった．20－30 代と 30 代以上の被験者に再びワーキングメモリテストを実験すれば、2back や 3back の平均の差が小さくなるではないかと予想する．

第　6　章
本実験

5 章の予備実験では、被験者が 20 代と 40 代のワーキングメモリ容量に大きな差異がないと明らかにした．よって、本実験に各年齢層の参加者を募集することが可能になった．また、予備実験に使用された N-back 課題に用いる視覚空間ワーキングメモリ容量テストが被験者に一定の視覚及び空間的な刺激を与えた．今回の本実験にも視覚及び空間的な刺激を与えながら、指先の刺激も被験者に与えると本実験に追加した．

今回の実験が両手指タッピング課題トレーニングにより、視覚刺激の課題により脳に刺激を受け、短期記憶および視覚空間性ワーキングメモリに対する影響を解明することを目的としている．

本実験は３種類の実験に分けて実施した．以下では，これらを実験①，実験②，実験③と呼ぶ．また、実験③と実験①は同じ視覚空間ワーキングメモリテストになった．

本章では、実験設定と結果について報告する．

6.1　方法

6.1.1　被験者

被験者は大学院生 12 名である．平均年齢は 27 歳である．すべての被験者の視力が 1－1.5 である．また、被験者は両手の指の運動が正常で健康である．
本実験は 3 つの実験に分けられた．

6.1.2　実験装置

本実験に使用した実験措置は、実験①と実験③では、予備実験で使用したものと同じである．Windows 系のタッチパネルを使用した．また、実験②の指タッピングトレーニングでは Roland が販売していた電子ドラムの HPD-15 を使用した．以下の図 6.1.21 に示す．

図 17 実験②に使用した電子ドラム

6.1.3　条件

本実験には、以下の示すように 3 つの実験（ステップ）に分けられる．

実験①　視覚空間ワーキングメモリテスト（Visuo-Spatial Memory Task）

実験②　指タッピングトレーニング

実験③　視覚空間ワーキングメモリテスト（Visuo-Spatial Memory Task）

被験者に実験①、②及び③それぞれ、一人 4 回を実施した.
実験①及び実験③視覚空間ワーキングメモリテストの条件が以下の 3 通りである.

ⅰ. 両手の指先によってタッチパネルにタッピングする.

ⅱ. 記憶する時間 7 秒以内にする.

ⅲ. テスト回数実験②に前 3 回及び実験②の後に 3 回計 6 回である.

実験②指タッピング課題によるトレーニングが以下の 6 通りである.

ⅰ. トレーニングのパターンが 4 パターンに分けられている. 4 回に分けて、実施した. それぞれは、以下のようになる.

1. 刺激なし（一切の刺激を受けない、指タッピング課題によるトレーニングなし、視覚空間ワーキングメモリテストだけ実施）
2. リズムなし（指タッピング課題によるトレーニングがあり、リズム及び視覚からの刺激が受けない、ランダムに指タッピングする）
3. 2 対 1 リズム（指タッピング課題によるトレーニングがあり、リズムは 2 対 1 のテンポによる指タッピング課題、視覚からの刺激もある）
4. 3 対 1 リズム（指タッピング課題によるトレーニングがあり、リズムは 3 対 1 のテンポによる指タッピング課題、視覚からの刺激もある）

ⅱ. 視覚からの刺激が 1 試行 1 分、全部で 7 試行計 7 分である.

ⅲ. 両手の指先によってタッチパネルにタッピングする.

ⅳ. 10 個の指を重複でタッピングし、ずっと同一の指を使わないことである.

ⅴ. タッピングの強弱を要注意ある.

ⅵ. 12 人の被験者の 4 パターンの実験順番がそれぞれ違いに実施する.

6.1.4　実験続き

実験①　視覚空間ワーキングメモリテスト（Visuo-Spatial Memory Task）

実験に使用されたテストは心理物理学的測定法のひとつである階段法（極限

法の変形で上下法とも呼ばれる）であり、画面にばらまかれた数字項目に対する記憶容量を測る．[20]

まず，被験者には、タブレットの画面に現れる数字項目（図 18）の場所位置、順番を記憶させた．（1 から順番に）記憶した後，数字項目を順番に両手の指でクリックしてもらった．

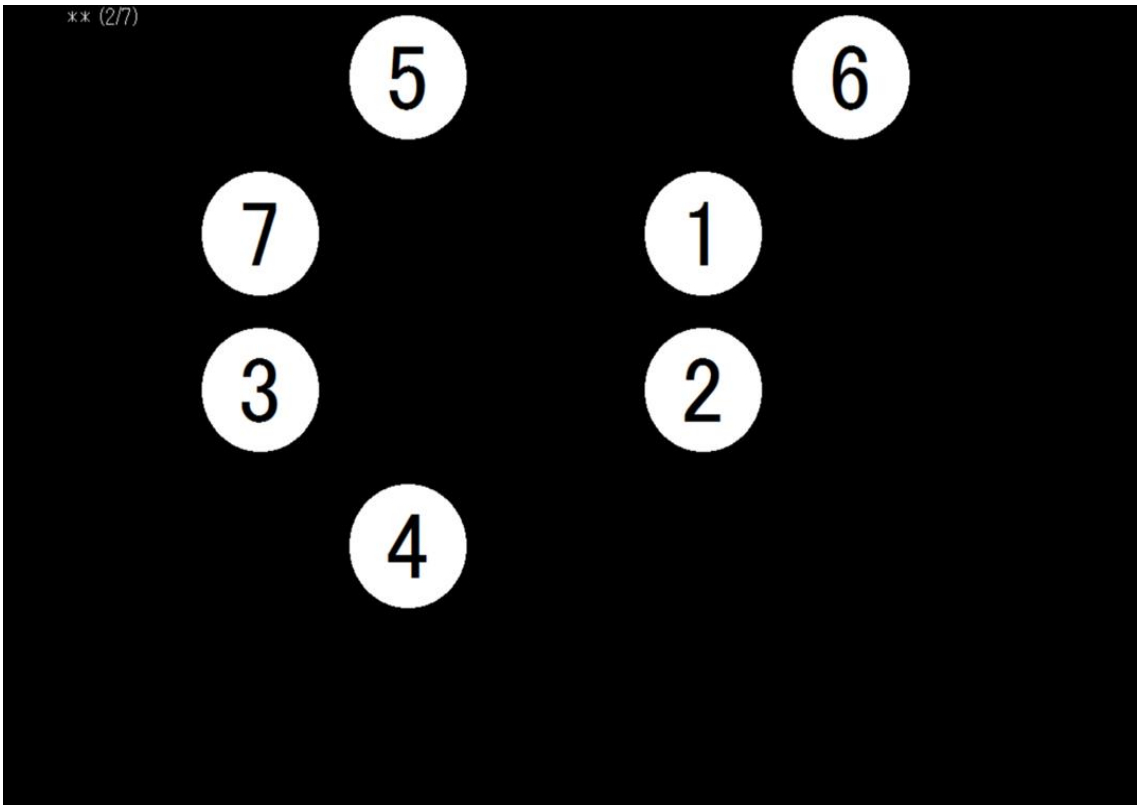


図 18　視覚空間ワーキングメモリテスト

最初の数字（丸 1）がクリックされると，他の項目は数字が隠されるので（図 19)，被験者は記憶を頼りに残りの項目の数字を順番に指でクリックし課題を完成させた．また、記憶する時間が 7 秒である．

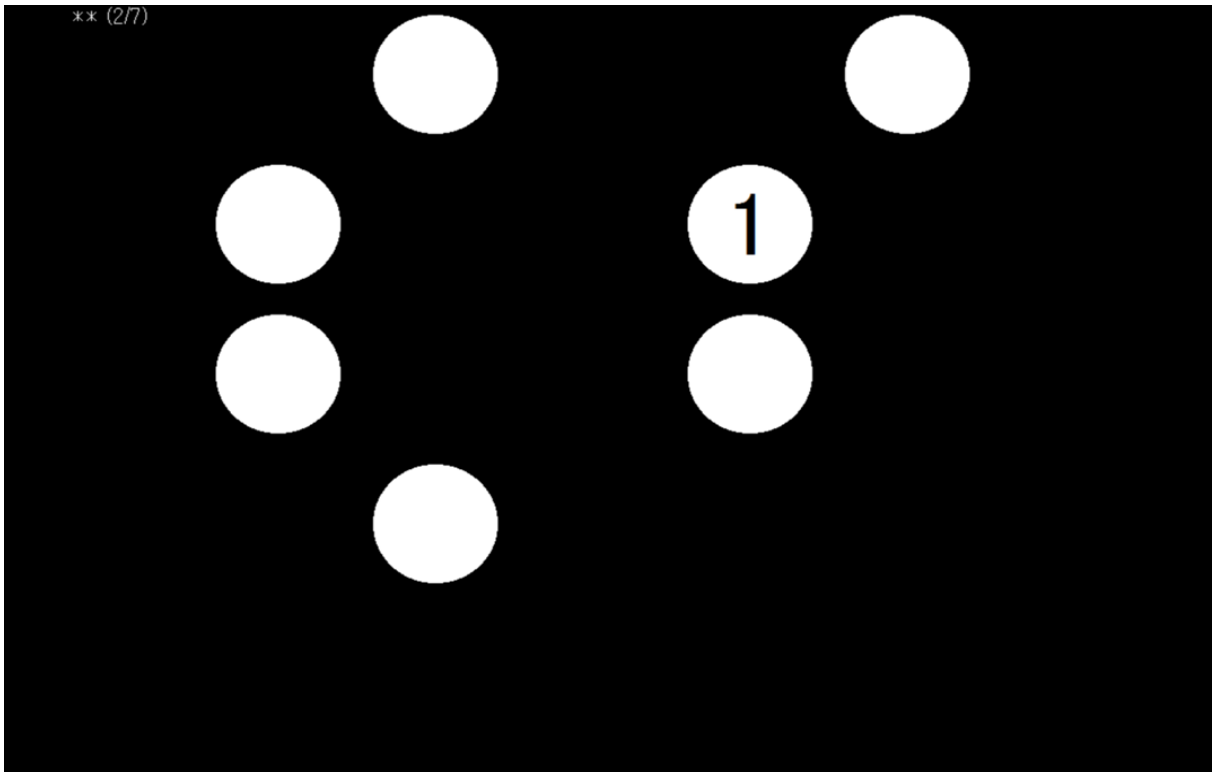


図 19 視覚空間ワーキングメモリテスト

クリックされた項目の数字が正確なら数字が現れるが，間違ったら白い丸の背景が赤になりとチャイムで知らせるようになっている．被験者が記憶した順番や位置を思い出しながら正しい項目の数字を探し出せる．

一度も間違わずにすべての項目をクリックすることができたら，やるたびに項目数が増えていく．逆に、もし間違ってしまうと，次は刺激項目の数字が 1 つ減り、前試行より簡単になる.その次、再び正しければ、課題として表示される数字も増加してゆく．

最後に、事前に設定されていた系列反転数（7 reversals に設定）になったら，自動的に終了し，7 までの系列反転時の項目数をもとに得点を計算する．

実験②　指タッピングトレーニング

被験者が上記の実験①は完了した後、実験②の指タッピングに実施する．

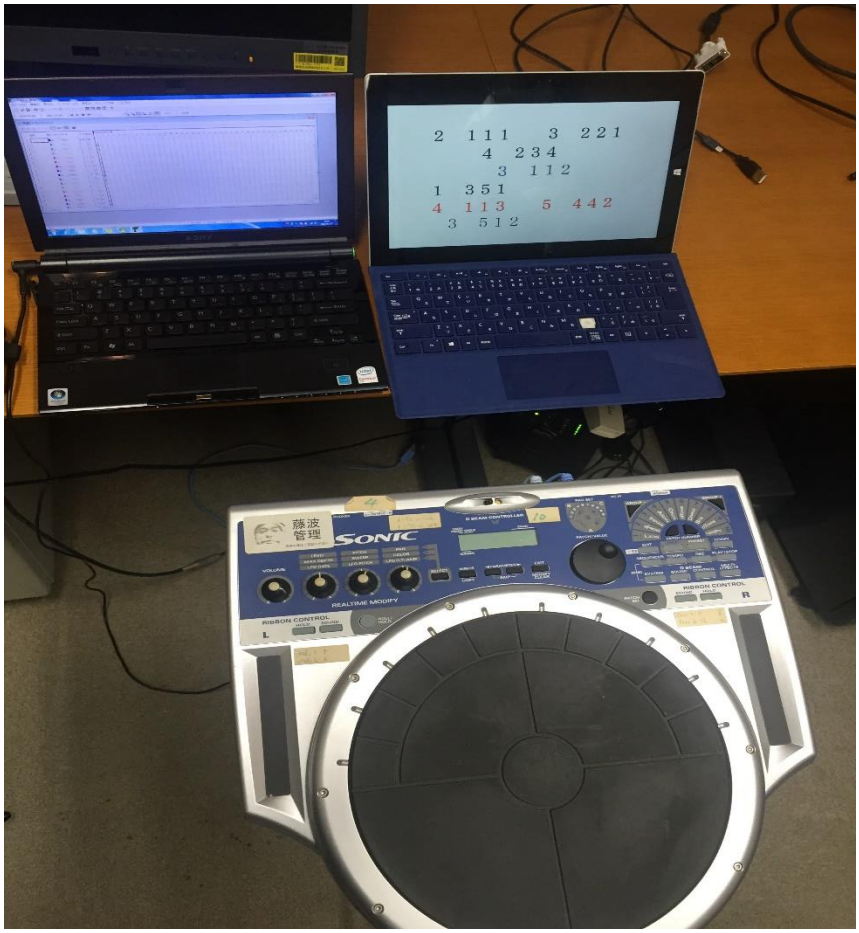


図 20 図　指タッピングの環境

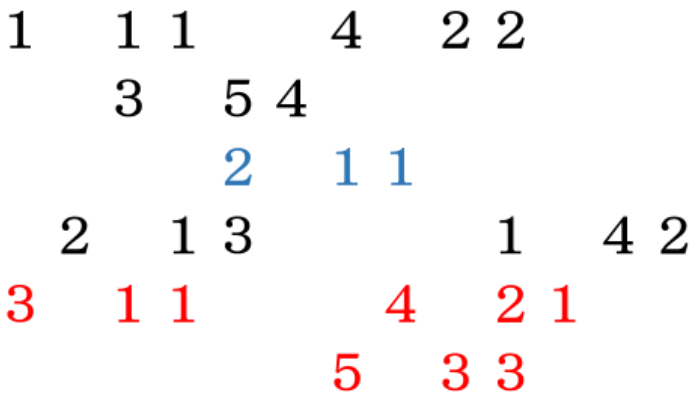


図 21　2 対 1 の視覚刺激

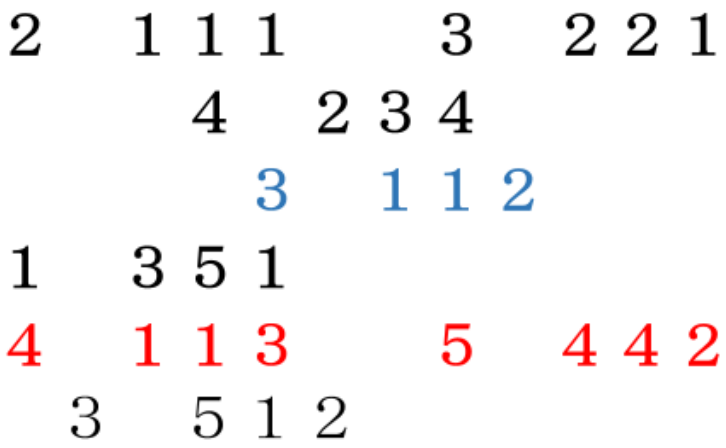


図 22　3 対 1 の視覚刺激

被験者 4 回に分けて実施した．電子ドラムに視覚刺激を受けながら、指タッピングトレーニングをさせた．図 20 に示している．被験者が電子ドラムの数字を表示する区域にタッピングする．また、タッピングするときには、視覚刺激に呈示している数字を合わせて、タッピングする．例えば、「2」の数字が電子ドラムの 2 に書いてあるところでタッピングする．

視覚的な刺激は、リズムなし、2 対 1 リズム、3 対 1 リズムに分けられた．図 21 及び図 6.1.45 に示しているようである．例えば、図 6.1.45 の「２　１１１」が一つの組であり、3 対 1 リズムでタッピングする．途中でリズムあるいは、数字を間違いたら、そのまま、次のリズム組にタッピングしてゆく．

実験③　視覚空間ワーキングメモリテスト（Visuo-Spatial Memory Task）

指タッピングトレーニングが完了した後、再び視覚空間ワーキングメモリテストを実施し、容量を測定する．

実験③に使用した措置は実験①と同じくタブレットのタッチパネルに使われた．実験の手順も同じく、被験者は視覚空間ワーキングメモリテスト 3 回をし

た.

6.2　結果

6.2.1　統計

指タッピングトレーニングによるワーキングメモリの変化の結果を表 6.2.1 に示す.

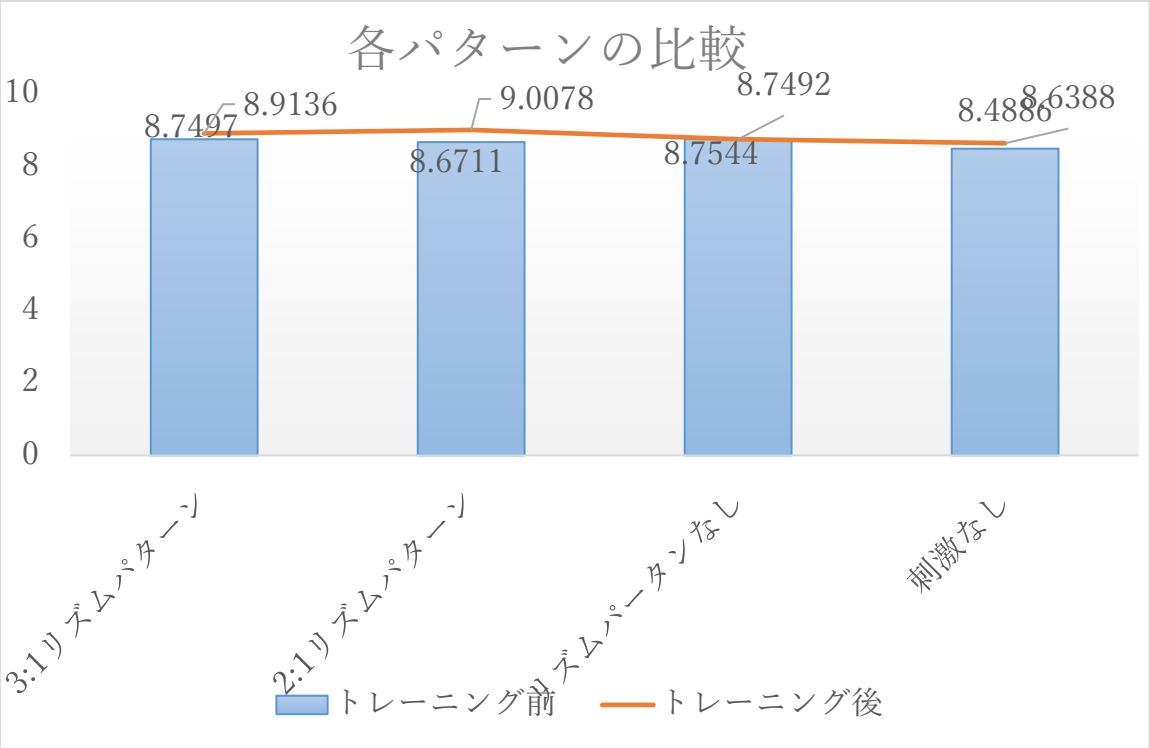


表 6 表 6.2.11　ワーキングメモリの容量の変化

表 6.2.11 指タッピング刺激なし、リズムなし、2 対 1 リズムのパターン及び 3 対 1 リズムのパターン統計的に視覚空間ワーキングメモリ容量の平均値の比較を示している．トレーニング前後の各パターンのワーキングメモリ容量変化の数字は、それぞれ、刺激なし（0.1502）リズムなし（-0.0052）2 対 1 リズム（0.3367）3 対 1 リズム（0.2236）である．2 対 1 リズムによる指タッピングトレーニングが視覚空間ワーキングメモリ容量の増加に一番高いと見られ、仮

設の通りに、一番有効と認められる.

　また、2 対 1 リズムと 3 対 1 リズムのタッピングの錯誤率が MIDI データにより計算した。それぞれ割合率は 2 対 1 リズム 0.053、3 対 1 リズム 0.046 である. 2 対 1 リズムと 3 対 1 リズム両方とも割合率が大体同じであり、両方のパターンとも、正確にタッピングされたと推測できる.

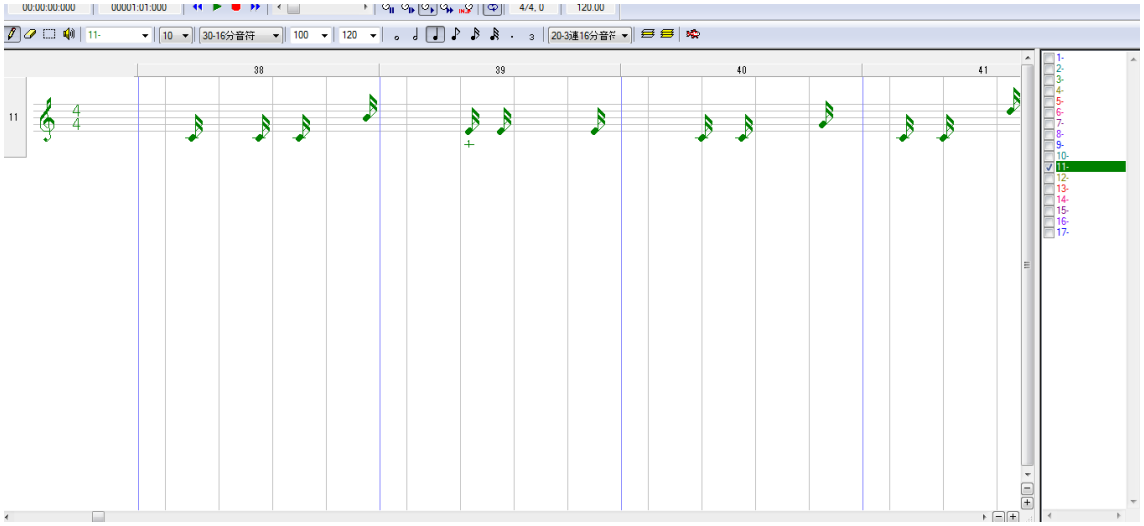


表 7 表 6.2.12　MIDI データ 2 対 1 リズム

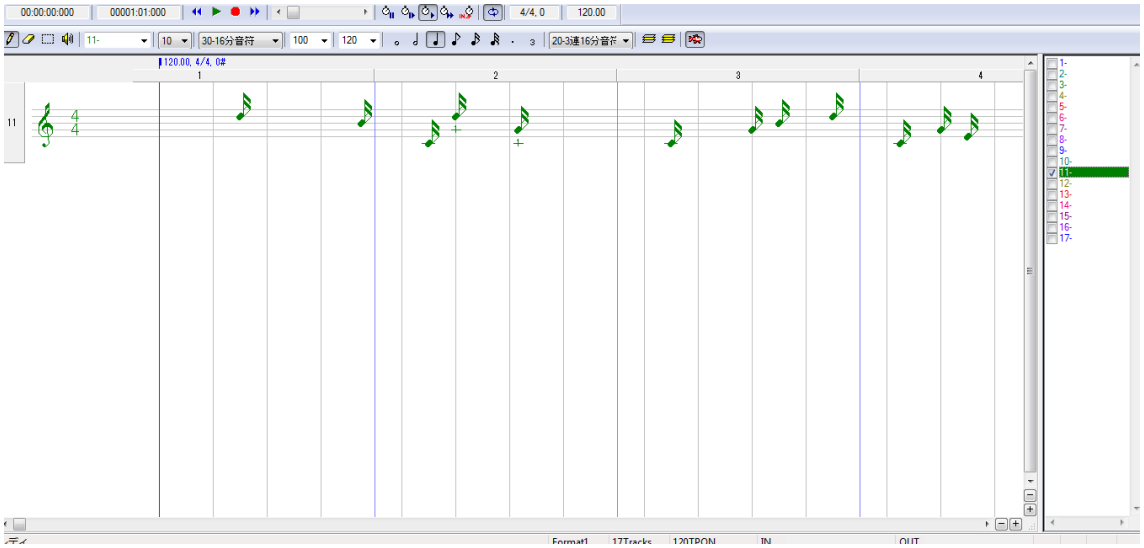


表 8 表 6.2.12　MIDI データ 3 対 1 リズム

6.2.2　SPSS による 4 パターンの総計値分析

4パターンの対応のあるサンプルのt-検定分析以下の表6.2.21、表6.2.22、　表6.2.23に示している.

対応サンプルの統計量

		平均値	度数	標準偏差	平均値の標準誤差
ペア 1	刺激なし	8.5637	72	.96430	.11364
	リズムパタンーなし	8.7518	72	1.02498	.12080
ペア 2	刺激なし	8.5637	72	.96430	.11364
	2対1リズム	8.8394	72	1.04616	.12329
ペア 3	刺激なし	8.5637	72	.96430	.11364
	3対1リズム	8.8317	72	.98418	.11599
ペア 4	リズムパタンーなし	8.7518	72	1.02498	.12080
	2対1リズム	8.8394	72	1.04616	.12329
ペア 5	リズムパタンーなし	8.7518	72	1.02498	.12080
	3対1リズム	8.8317	72	.98418	.11599
ペア 6	2対1リズム	8.8394	72	1.04616	.12329
	3対1リズム	8.8317	72	.98418	.11599

表 9表6.2.21　4パターン相互の対応サンプルの統計量

4つパターンの統計的な分析表6.2.21から見ると、平均値の標準誤差がペア1（0.00761)、ペア2（0.00965）ペア3（0.00235)、ペア4（0.00249)、ペア5（0.00481）ペア6（0.0073）である.

対応サンプルの検定

		対応サンプルの差					t 値	自由度	有意確率(両側)
				平均値の標準誤差	差の 95% 信頼区間				
		平均値	標準偏差		下限	上限			
ペア 1	刺激なし・リズムパターンなし	-.18806	1.41913	.16725	-.52154	.14542	-1.124	71	.265
ペア 2	刺激なし・2対1リズム	-.27569	1.43857	.16954	-.61374	.06235	-1.626	71	.108
ペア 3	刺激なし・3対1リズム	-.26792	1.53317	.18069	-.62819	.09236	-1.483	71	.143
ペア 4	リズムパターンなし・2対1リズム	-.08764	1.36061	.16035	-.40737	.23209	-.547	71	.586
ペア 5	リズムパターンなし・3対1リズム	-.07986	1.43390	.16899	-.41681	.25709	-.473	71	.638
ペア 6	2対1リズム・3対1リズム	.00778	1.39309	.16418	-.31958	.33514	.047	71	.962

表 10 表 6.2.22　対応サンプルの検定

検定統計量対応サンプル検定表 6.2.22 からみると、4 つのパターン 6 つのペアの t-値がそれぞれペア 1（-1.124）、ペア 2（-1.626）、ペア 3（-1.483）、ペア 4（-0.547）、ペア 5（-0.473）、ペア 6（0. 047）である．その中には、ペア 6（2 対 1 リズム・3 対 1 リズム）t-値 0.047 が正の相関になっている．
また、そのときの有意確率（両側）がペア 1（0. 265）、ペア 2（0.108）、ペア 3（0.143）、ペア 4（0.586）、ペア 5（0.638）、ペア 6（0.962）である．

いっぽう、各ペア差の 95%信頼空間はそれぞれのペアは、ペア 1 刺激なし・リズムなしが-0.52154 から 0.14542 まで、ペア 2 刺激なし・2 対 1 リズムが-0.6173 から 0. 06275 まで、ペア 3 が-0. 62819 から 0. 09236 まで、ペア 4 が-

0．40737 から 0.23209 まで、ペア 5 が-41681 から 0.25709 まで、ペア 6 は-0.31985 から 0．33514 まで．したがっては、すべてのペアの区間の中に 0 が含まれているとみられる．

また、4 パターンの相関係数の表示は以下の図 6.2.22 である．

対応サンプルの相関係数

		度数	相関係数	有意確率
ペア 1	刺激なし ＆ リズムパタンーなし	72	-.017	.888
ペア 2	刺激なし ＆2 対 1 リズム	72	-.022	.852
ペア 3	刺激なし ＆3 対 1 リズム	7	-.238	.044
ペア 4	リズムパタンーなし ＆2 対 1 リズム	72	.137	.251
ペア 5	リズムパタンーなし ＆3 対 1 リズム	72	-.018	.879
ペア 6	2 対 1 リズム ＆3 対 1 リズム	72	.059	.620

表 11 表 6.2.23　対応サンプルの相関係数

相関係数は 4 つのパターンお互いの相互影響があるかどうかの相関係数である．4 つのパターンの間に 6 つペアが組み合わせて 6 通りになり、それぞれの有意確立は表 6.2.22 ように示している．それぞれは、ペア 1（0.888）ペア 2（0.852）ペア 3（0.044）ペア 4（0.251）ペア 5（0.879）ペア 6（0.620）である．また、その中に、ペア 3（刺激なし・3 対 1 リズム）が 0.05 いかになる

ことと示している.

以下の表 6.2.24 と表 4 つのパターンのトレーニング前のデータとトレーニング後のデータ分けて相関関係を比較している．表 6.2.24、表 6.2.25 に示している.

トレーニング前の相関変量分析

記述統計			
	平均	標準偏差	度数
刺激なし	8.6389	.98590	36
リズムパタンーなし	8.7492	1.09678	36
2 対 1 リズム	9.0078	.99944	36
3 対 1 リズム	8.9136	.96093	36

表 12 表 6.2.24　　トレーニング前の 4 パターン相関変量の記述統計

表 6.2.24 の見ると、トレーニング前に各パターンお互いにの標準偏差は刺激なし（0.98590)、リズムなし（1.09678)、2 対 1 リズム（0.99944)、3 対 1 リズム（0.96093）である．その中には、リズムなし（1.09678）が一番大きい.

相関

		刺激なし	リズムパターンなし	2 対 1 リズム	3対1リズム
刺激なし	Pearson の相関係数	1	.004	-.259	-.373*
	有意確率（両側）		.982	.128	.025
	度数	36	36	36	36
リズムパターンなし	Pearson の相関係数	.004	1	.135	-.115
	有意確率（両側）	.982		.433	.503
	度数	36	36	36	36
2 対 1 リズム	Pearson の相関係数	-.259	.135	1	.126
	有意確率（両側）	.128	.433		.464
	度数	36	36	36	36
3 対 1 リズム	Pearson の相関係数	-.373*	-.115	.126	1
	有意確率（両側）	.025	.503	.464	
	度数	36	36	36	36

表 13 表 6.2.25　　トレーニング前の 4 パターン相関係数

表 6.2.25 に示していることからみると、4 つのパターンの中にそれぞれ対する有意確率が、「刺激なし」：「リズムなし」は 0.982 である.［刺激なし］：「2 対 1 リズム」は、0.128 である.「リズムなし」：「3 対 1 リズム」は 0.025 である.「リズムなし」：「2 対 1 リズム」は 0.433 である.「リズムなし」：「3 対 1 リズム］は 0.503 である.「2 対 1 リズム」：「3 対 1 リズム」は 0.464 である．その中に、「刺激なし」：「3 対 1 リズム」だけの有意確率が 0.025 になる.

また、相関係数に見ると、「刺激なし」：「リズムなし」は 0.004 である.［刺激なし］：「2 対 1 リズム」は、−0.259 である.「リズムなし」：「3 対 1 リ

ズム」は-.373*である.「リズムなし」:「2 対 1 リズム」は 0.135 である.「リズムなし」:「3 対 1 リズム］は-0.115 である.「2 対 1 リズム」:「3 対 1 リズム」は 0.126 である．そういったデータの中には、「刺激なし」:「リズムなし」の 0.004、「リズムなし」:「2 対 1 リズム」の 0.135、「「2 対 1 リズム」:「3 対 1 リズム」の 0.126 だけは正の関数である.「刺激なし」:「リズムなし」、「リズムなし」:「2 対 1 リズム」、「2 対 1 リズム」:「3 対 1 リズム」の中には、それぞれ何らかの強い関係があるということである.

トレーング後の相関係数変量分析

下記の表 6.2.26 及び表 6.2.27 は、指タッピングトレーング後の相関係数の分析である.

記述統計

	平均	標準偏差	度数
刺激なし	8.4886	.95010	36
リズムパタンーなし	8.7544	.96346	36
2 対 1 リズム	8.6711	1.07842	36
3 対 1 リズム	8.7497	1.01375	36

表 14 表 6.2.26　　トレーニング後の 4 パターン相関変量の記述統計

表 6.2.26 の見ると、トレーニング前に各パターンお互いにの標準偏差は刺激なし（0.95010)、リズムなし（0.96346)、2 対 1 リズム（1.07842)、3 対 1 リズム（1.01375）である．その中には、2 対 1 リズム及び 3 対 1 リズムの値が一番大きい.

相関

		刺激なし	リズムパターンなし	2 対 1 リズム	3 対 1 リズム
刺激なし	Pearson の相関係数	1	-.041	.179	-.122
	有意確率（両側）		.811	.297	.477
	度数	36	36	36	36
リズムパターンなし	Pearson の相関係数	-.041	1	.145	.087
	有意確率（両側）	.811		.398	.615
	度数	36	36	36	36
2 対 1 リズム	Pearson の相関係数	.179	.145	1	-.023
	有意確率（両側）	.297	.398		.893
	度数	36	36	36	36
3 対 1 リズム	Pearson の相関係数	-.122	.087	-.023	1
	有意確率（両側）	.477	.615	.893	
	度数	36	36	36	36

表 15 表 6.2.27　　トレーニング後の 4 パターン相関係数

表 6.2.25 に示していることからみると、4 つのパターンの中にそれぞれ対する有意確率が有意水準以下のようである.「刺激なし」:「リズムなし」は 0.811 である.［刺激なし］:「2 対 1 リズム」は、0.179 である.「リズムなし」:「3 対 1 リズム」は 0.477 である.「リズムなし」:「2 対 1 リズム」は 0.398 である.「リズムなし」:「3 対 1 リズム］は 0.615 である.「2 対 1 リズム」:「3 対 1 リズム」は 0.893 である.

また、相関係数に見ると、刺激なし」:「リズムなし」は-0.041 である.［刺激なし］:「2 対 1 リズム」は、0.297 である.「リズムなし」:「3 対 1 リズム」は-0.122 である.「リズムなし」:「2 対 1 リズム」は 0.145 である.「リズムな

し」：「3 対 1 リズム」は 0.087 である.「2 対 1 リズム」：「3 対 1 リズム」は-0.023 である.「刺激なし」：「2 対 1 リズム」の 0.029、「リズムなし」：「2 対 1 リズム」の 0.0145、「リズムなし」：「3 対 1 リズム」の 0.087 だけは正の関数である.

6.2.3　SPSS による各パターンの分散分析

パターン１　刺激なし

表 6.2.31 及び表 6.2.32 は刺激なしの一元配置分散分析である

記述統計

刺激なし

	度数	平均値	標準偏差	標準誤差	平均値の 95% 信頼区間		最小値	最大値
					下限	上限		
1	36	8.6389	.98590	.16432	8.3053	8.9725	6.29	10.29
2	36	8.4886	.95010	.15835	8.1671	8.8101	6.86	10.29
合計	72	8.5638	.96430	.11364	8.3372	8.7903	6.29	10.29

表 16 表 6.2.31　刺激なし一元配置記述統計

分散分析

刺激なし

	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
グループ間	.407	1	.407	.434	.512
グループ内	65.614	70	.937		
合計	66.021	71			

表 17 表 6.2.32　刺激なしの一元配置分散分析

パターン 1 刺激なし分析の結果としては、まず、表 6.2.31 記述統計からみると、各グループの母平均の 95%の信頼空間が求められる．グループ 1（トレーング前）視覚空間ワーキングメモリ容量の平均値の信頼空間は確率の 95%で 8.3053 から 8.9725 の間にあることがわかる．グループ 2（トレーニング後）視覚空間ワーキングメモリ容量の信頼空間は確率の 95%で 8.1617 から 8.8101 の間にあることがわかる．

また、表 6.2.32 をからみると、検定統計量Ｆ 値は 0.434 で、そのときの有意確率が 0.512 になっている．

パターン２　リズムなし

表 6.2.33 及び表 6.2.34 はリズムなしの一元配置分散分析である.

記述統計

リズムパターンなし

		度数	平均値	標準偏差	標準誤差	平均値の 95% 信頼区間		最小値	最大値	グループ間変動
						下限	上限			
1		36	8.7492	1.09678	.18280	8.3781	9.1203	7.43	11.14	
2		36	8.7544	.96346	.16058	8.4285	9.0804	6.86	11.29	
合計		72	8.7518	1.02498	.12080	8.5109	8.9927	6.86	11.29	
モデル	固定効果			1.03227	.12165	8.5092	8.9944			
	変量効果				.12165[a]	7.2060[a]	10.2976[a]			-.02959

表 18 表 6.2.33　リズムなしの一元配置記述統計

分散分析

リズムパタンーなし

	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
グループ間	.001	1	.001	.000	.983
グループ内	74.591	70	1.066		
合計	74.592	71			

表 19 表 6.2.34　リズムなしの一元配置分散分析

パターン 2 リズムなし一元配置分析の結果としては、まず、表 6.2.33 記述統計からみると、各グループの母平均の 95%の信頼空間が求められる．グループ 1（トレーング前）視覚空間ワーキングメモリ容量の平均値の信頼空間は確率の 95%で 8.3781 から 9.1203 の間にあることがわかる．グループ 2（トレーニング後）視覚空間ワーキングメモリ容量の信頼空間は確率の 95%で 8.4285 から 9.0804 の間にあることがわかる．

また、表 6.2.34 をからみると、検定統計量Ｆ値は 0.000 で、そのときの有意確率が 0.983 になっている．

パターン３　２対１リズム

表 6.2.35 及び表 6.2.36 はリズムなしの一元配置分散分析である.

記述統計

2対1リズム

		度数	平均値	標準偏差	標準誤差	平均値の 95% 信頼区間		最小値	最大値	グループ間変動
						下限	上限			
1		36	9.0078	.99944	.16657	8.6696	9.3459	6.57	11.71	
2		36	8.6711	1.07842	.17974	8.3062	9.0360	6.43	10.57	
合計		72	8.8394	1.04616	.12329	8.5936	9.0853	6.43	11.71	
モデル	固定効果			1.03968	.12253	8.5951	9.0838			
	変量効果				.16833	6.7006	10.9783			.02665

表 20 表 6.2.35　2 対 1 リズムの一元配置分散分析

2対1リズム

	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
グループ間	2.040	1	2.040	1.887	.174
グループ内	75.666	70	1.081		
合計	77.706	71			

表 21 表 6.2.36　2 対 1 リズムの一元配置分散分析

パターン3　2対1リズム分析の結果としては、まず、表6.2.35記述統計からみると、各グループの母平均の95%の信頼空間が求められる．グループ1（トレーング前）視覚空間ワーキングメモリ容量の平均値の信頼空間は確率の95%で8.6696から9.3459の間にあることがわかる．グループ2（トレーニング後）視覚空間ワーキングメモリ容量の信頼空間は確率の95%で8.3062から8.0360の間にあることがわかる．

また、表6.2.36をからみると、検定統計量Ｆ　値は1.887で、そのときの有意確率が0.174になっている．

パターン４　３対１リズム

表 6.2.37 及び表 6.2.38 はリズムなしの一元配置分散分析である.

記述統計

3対1リズム

		度数	平均値	標準偏差	標準誤差	平均値の 95% 信頼区間		最小値	最大値	グループ間変動
						下限	上限			
1		36	8.9136	.96093	.16015	8.5885	9.2387	7.14	11.43	
2		36	8.7497	1.01375	.16896	8.4067	9.0927	6.57	10.86	
合計		72	8.8317	.98418	.11599	8.6004	9.0629	6.57	11.43	
モデル	固定効果			.98769	.11640	8.5995	9.0638			
	変量効果				.11640[a]	7.3527[a]	10.3107[a]			-.01367

表 22 表 6.2.37　3 対 1 リズムの一元配置記述統計

分散分析

3対1リズム

	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
グループ間	.483	1	.483	.496	.484
グループ内	68.288	70	.976		
合計	68.771	71			

表 23 表 6.2.38　3 対 1 リズムの一元配置分散分析

パターン 4　3 対 1 リズム一元配置分析の結果としては、まず、表 6.2.37 記述統計からみると、各グループの母平均の 95%の信頼空間が求められる．グループ 1（トレーング前）視覚空間ワーキングメモリ容量の平均値の信頼空間は確率の 95%で 8.5885 から 9.2387 の間にあることがわかる．グループ 2（トレーニング後）視覚空間ワーキングメモリ容量の信頼空間は確率の 95%で 8.4067 から 8.0927 の間にあることがわかる．

また、表 6.2.38 をからみると、検定統計量F　値は 0.496 で、そのときの有意確率が 0.484 になっている．

6.3　考察

6.3.1　統計平均値から

各平均値からみると、仮設している通りに、2 対 1 リズム（0.3367）が刺激なし（0.1502）より、0.1865 が高いとみられ、2 対 1 リズムによる指タッピングトレーニングが視覚空間ワーキングメモリ容量の増加に一番効果が高い．常に、時間間隔は 2 対 1 のリズムで両手の指先運動をすることが視覚区間ワーキングメモリ容量の向上に大きな影響があると考えられる．こういった結果から、第 4 章に述べている脳が 2 対 1 時間間隔のリズムが一番覚えやすいことが検証された.

また、視覚呈示刺激及び指タッピングトレーニングどちらも受けていない刺激なしパターン（0.1502）が視覚空間ワーキングメモリ容量を増やしたと見られる．視覚空間ワーキングメモリテスト自身もワーキングメモリをトレーニングする効果があると考えられる．実験中には、数字項目の位置や順番の記憶すること及び指にクリックすることで、脳を刺激し、海馬や前頭葉を活性化にし、一定程度に視覚区間ワーキングメモリをトレーニングできたと認められる．また、テストをするときに、最初がテストに対する情報を理解するレベル点数が低く、回数に徐々に増えると、テストに熟知し、上達する原因となったと考えられる.

一方、指タッピングトレーニングを受けていた 3 つのパターンの中で、リズムなし（-0.0052）2 対 1 リズム（0.3367）3 対 1 リズム（0.2236)、リズムなし（-0.0052）だけ、指タッピングのトレーニングを受けても、刺激なし（0.1502）なんの刺激やトレーニング受けていない方より、0.1552 が低いとみられる．4 つのパターンの中に、リズムなし一番時間が長く、集中力が分散しやく、疲れやすいと被験者へのインタビューからコメントを得た．意識せずに、単なるランダムに指タッピングするとき、脳が情報収集する必要がなく、処理することもなくなり、動かない状態になってしまう．指を運動しても、脳に指令が出してない、脳とワーキングメモリを活性化することもできない．例えば、無規則な騒音を聞かれ、集中力や注意力よくできない状況である．これは指トレーニングしても視覚空間ワーキングメモリ容量が下がった要因ではな

いかと考えられる．

最後、4 つのパターンの中で、3 対 1 リズムのパターン（0.2236）が刺激なしパターン（0.1502)、わずか 0.0734 点高いとみられる．また、2 対 1 リズムのパターン（0.3367）より、-1131 点低いである．3 対 1 リズムにおいては、リズムの時間間隔は 2 対 1 リズムより複雑になると、そのトレーニングの効果が下がった．第 4 章に、リズムと記憶の関係には、複雑なリズムが記憶しにくく、脳が自動でより簡単なリズムを優先的に記憶すると述べた．今回の結果はその知見を検証し、3 対 1 リズムより 2 対 1 のリズムで一番脳が活性化すると認められる．また、刺激なしと比べると高いとみられるので、指タッピングトレーニングも一定の効果があると認められている．

6.3.2　t-検定

まず有意確立からみると、表 6.2.22 ように示している．それぞれは、ペア 1（刺激なし・リズムなし）(0.888)、ペア 2（刺激なし・2 対 1 リズム）(0.852)、ペア 3 刺激なし・3 対 1 リズム）(0.044)、ペア 4（リズムなし・2 対 1 リズム）(0.251）ペア 5（リズムなし・3 対 1 リズム）(0.879）ペア 6（2 対 1 リズム・3 対 1 リズム）(0.620）である．また、その中に、ペア 3（刺激なし・3 対 1 リズム）が 0.05 いかになること示している．ここで、仮設を設立し、各ペアが相関していないとする．各ペアの有意確率は上記からみると、ペア 3 以外、有意確率が有意水準より高いとみられる．よって、刺激なし・リズムなし、刺激なし・2 対 1 リズム、リズムなし・2 対 1 リズム、リズムなし・3 対 1 リズム、2 対 1 リズム・3 対 1 リズ）がお互いに、相関がないことがわかる．というのはそれぞれの指タッピングトレーニング効果がお互いに影響がないとわかる．いっぽう、ペア 3（刺激なし・3 対 1 リズム）が有意水準より低く、相関があるとわかる．両方の統計平均値からみると差がわずかなので、刺激なしと 3 対 1 リズムの指タッピングトレーニング効果がほぼ同じレベルにな

ると考えられる.

4 つパターンの統計的な分析表 6.2.21 から見ると、平均値の標準誤差がペア 1（0.00761)、ペア 2（0.00965）ペア 3（0.00235)、ペア 4（0.00249)、ペア 5（0.00481）ペア 6（0.0073）となっているが、実際の各ペアの平均値の標準誤差の検定が以下のようになる.

表 6.2.22 から対応サンプル検定みると、4 つのパターン 6 つのペアの t-値がそれぞれペア 1（-1.124)、ペア 2（-1.626)、ペア 3（-1.483)、ペア 4（-0.547)、ペア 5（-0.473)、ペア 6（0. 047）である．また、そのときの有意確率（両側）がペア 1（0. 265)、ペア 2（0.108)、ペア 3（0.143)、ペア 4（0.586)、ペア 5（0.638)、ペア 6（0.962）である．ここで、各ペアの有意確率が有意水準より高いとみられ、対応するペア中の 2 つの項目の平均の差がないとわかる.

いっぽう、各ペア差の 95%信頼空間はそれぞれのペアは、区間の中に 0 が含まれていないとみられる．ふたつのグループ間に差がないこともわかる.

6.3.3 相関係数から

トレーニング前の各パターンの間の関係は以下のようにわかる．表 6.2.25 に示していることからみると、有意確率が、「刺激なし」:「リズムなし」0.982、[刺激なし]:「2 対 1 リズム」0.128「リズムなし」:「3 対 1 リズム」0.025、「リズムなし」:「2 対 1 リズム」0.433、「リズムなし」:「3 対 1 リズム]0.503、「2 対 1 リズム」:「3 対 1 リズム」0.464.　その中に、「刺激なし」:「3 対 1 リズム」だけの有意確率が 0.025 になる．6.3.2 に検証された結果と同じに、刺激なしと 3 対 1 リズムの間に相関があるとわかる.

トレーニング後の結果から以下のようにわかる．表 6.2.25 に示しているこ

とからみると、有意確率が以下のようである.「刺激なし」:「リズムなし」は0.811である.［刺激なし］:「2対1リズム」は、0.297である.「リズムなし」:「3対1リズム」は0.477である.「リズムなし」:「2対1リズム」は0.398である.「リズムなし」:「3対1リズム］は0.615である.「2対1リズム」:「3対1リズム」は0.893である. すべての組も有意確率が有意水準0.05以上になり、相関がないとみられる. こういった結果から、指タッピングトレーニング後に各パターンの間に相関がないとわかる.

また、相関係数に見ると、「刺激なし」:「2対1リズム」、「リズムなし」:「2対1リズム」、「リズムなし」:「3対1リズム」だけは正の関数である.
したがって、以上の組には、関連が弱いと考えられる.

6.3.4　分散分析から

各パターン分けて、それぞれのトレーニング前と後の一元配置分散分析の結果からみると、以下のようである.

パターン1刺激なし分析の結果としては、各グループの母平均の95%の信頼空間が求められる. グループ1（トレーング前）平均値の信頼空間は確率の95%で8.3053から8.9725の間にあることがわかる. グループ2（トレーニング後）8.1617から8.8101の間にあることがわかる. それぞれの平均値が信頼空間にあるとみられる. また、表6.2.32をからみると、検定統計量F 値は0.434で、そのときの有意確率が0.512になっている. したがって、有意水準の0.005以下になり、トレーニング前と後には、関係と影響がないとわかる.

パターン2リズムなし一の結果としては、95%の信頼空間が、グループ1（トレーング前）平均値の信頼空間は確率の95%で8.3781から9.1203の間にあることがわかる. グループ2（トレーニング後）確率の95%で8.4285から9.0804の間にあることがわかる. それぞれの平均値が信頼空間にあるとみられ

る．それぞれの平均値が信頼空間にあるとみられる．また、表 6.2.34 をからみると、検定統計量Ｆ値は 0.000 で、そのときの有意確率が 0.983 になっている．ここで、有意水準の 0.005 以下になり、トレーニング前と後には、関係と影響がないと明らにする．

パターン３　2 対 1 リズム分析の母平均の 95%の信頼空間が求められる．グループ 1（トレーング前）視覚空間ワーキングメモリ容量の平均値の信頼空間は確率の 95%で 8.6696 から 9.3459 の間にあることがわかる．グループ 2（トレーニング後）信頼空間は確率の 95%で 8.3062 から 8.0360 の間にあることがわかる．それぞれの平均値が信頼空間にあるとみられる．また、表 6.2.36 をからみると、検定統計量Ｆ値は 1.887 で、そのときの有意確率が 0.174 になっている．よっては、有意水準の 0.005 以下になり、トレーニング前と後には、関係と影響がないと認められる．

パターン４　3 対 1 リズム一元配置分析の結果としては、まず、表 6.2.37 記述統計からみると、各グループの母平均の 95%の信頼空間が求められる．グループ 1（トレーング前）確率の 95%で 8.5885 から 9.2387 の間にあることがわかる．グループ 2（トレーニング後）確率の 95%で 8.4067 から 8.0927 の間にあることがわかる．それぞれの平均値が信頼空間にあるとみられる．いっぽう表 6.2.38 をからみると、検定統計量Ｆ値は 0.496 で、そのときの有意確率が 0.484 になっている．有意水準の 0.005 以下になり、トレーニング前と後には、関係と影響がないとみられる．

6.4 まとめ

以上の結果や考察からみると、4 つの実験のパターンお互いに相関や影響がないと思われる．すると、この結果に基づいて、4 つのパターンの中には、指タッピングが視覚区間ワーキングメモリに効果があると思われる．リズムによるトレーニングの中に、2 対 1 リズムのトレーニングが一番視覚空間ワーキン

グ容量の増加に影響あるとわかった．したがっては、どういった環境でも、常に 2 対 1 の時間間隔のテンポで指先運動する方法が、ワーキングメモリのトレーニングにより良い方法ではないかと考えられる．また、単なる指タッピングをするのがワーキングメモリ容量に良い効果をもたらさない一方、脳を疲れさせる影響があると考えられる．ランダムに指タッピングすると、脳が意識をなくしやすく、視覚空間ワーキングメモリのトレーニングにマイナス効果をもたらすと考えられる．一方、指タッピングトレーニングや視覚刺激がなくて、単なる視覚空間ワーキングメモリのテストをすることでも、脳が刺激されて、一定程度に視覚空間ワーキングメモリの容量の増加に効果があると考えられる．

第　7　章
おわりに

本研究では、指タッピング運動が視覚空間ワーキングメモリ容量のトレーニングの方法として、ワーキングメモリの容量の増加に効果があるかどうか、どの程度効果があるかを検証した．また、指タッピング課題を実施すると同時に、いくつかのリズムのパターン及び視覚から刺激に受けており、異なったリズムのパターンが視覚区間ワーキングメモリ容量に与える影響も検証した．

年齢が視覚区間ワーキングメモリに対する影響の程度及びワーキングメモリに影響するほかの要因を確認するため、20 代及び 40 代の方を対象として、予備実験を実施した．データ分析からみると 20 代と 40 代のワーキングメモリの差異があまりないとわかった．また、分散分析からみると、20 代と 40 代のワーキングメモリ容量関係がないとみられる．したがって、年齢が 20 代から 40 代までには、影響が小さいと考えられる．さらに、実験結果からみると、ワーキングメモリを測る課題の複雑さにより、20 代と 40 代のワーキングメモリ容量変動があるとも見られる．こういった結果から、ワーキングメモリ容量に影響する要因が 20 代と 40 代にあると考えられる．よっては、本実験には、20 代の若年者を対象にした．

リズムによる指タッピング運動が視覚空間ワーキングメモリ容量に対するトレーニング手段として有効であると本実験で検証した．リズムが時間間隔の複雑さより、3 つのパターン（2 対 1、3 対 1、ランダム）に分けて、視覚区間ワーキングメモリに及ぼす影響や効果を比較した．また、複雑なものを記憶するとき、複雑さを簡略化してから記憶する傾向があるとわかっている．リズムのパターンの中には、2 対 1 リズムが一番単純なパターンと検証されている．2 対 1 時間間隔のリズムが比較的記憶しやすいこと［22］から、2 対 1 のリズム

が視覚空間ワーキングメモリのトレーニングに一番効果があると仮定した．分析の結果からみると、予測した通りに、2 対 1 リズムが視覚空間ワーキングメモリ容量の増加に一番効果があるとみられる．それに対して、リズムなしでランダムに指タッピングトレーニングが視覚空間ワーキングメモリ容量の増加に効果がなく、逆効果であったとみられる．また、指タッピングトレーニングの効果があるかどうかを検証するためには、指タッピング訓練を受けない、視覚区間ワーキングメモリテストだけを受けるパターンも実施した．結果、視覚区間ワーキングメモリテスト自身も一定程度にワーキングメモリの増加に効果があると考えられる．以下の図 7.1 から示しているように、トレーニング後の視覚空間ワーキングメモリ容量がトレーニング前の容量が高い．したがって、2 対 1 のリズムトレーニング方法が視覚空間ワーキングメモリ容量のトレーニング方法として有効と思われる．また、トレーニングが実施するときに、装置が使用する必要がなく、複雑な計算なども行わず、日常動作のみで訓練できるので、子供や高齢者でも年齢層の対象でもトレーニングしやすいと考えられる．

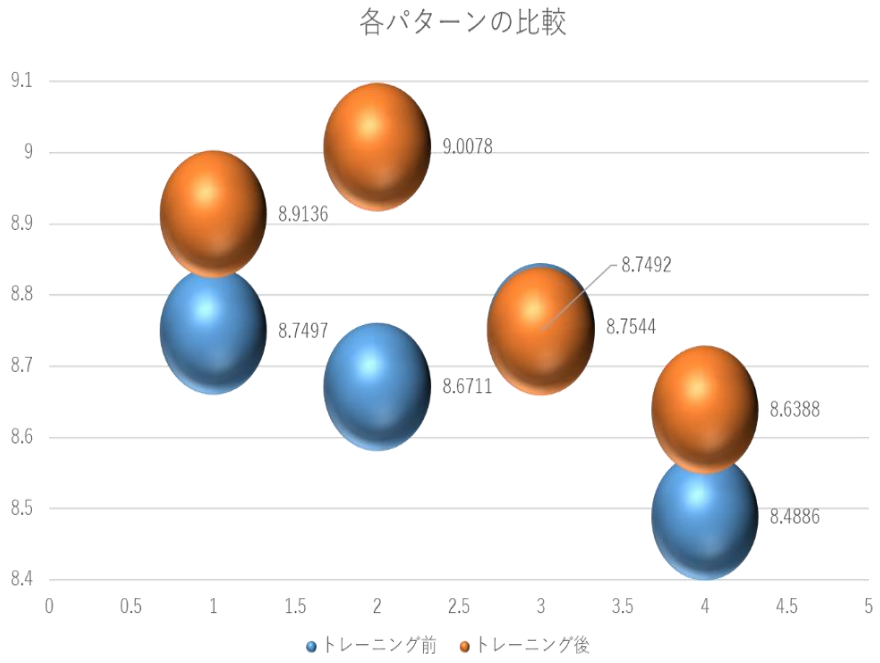


図 23　各パターンの散布図

いくつかの課題があると考えている．まずは、実験者数が少ないので、 今後増やして実験する必要がある．今回の実験では、20 代若年者だけを対象をしていて、年齢層人数が偏っていると思われる．今後、年齢層を広げ、多人数の実験を実施すれば、信頼性の高いデータや結果が出ると考えている．また、今回の実験には、各パターンのトレーニングを各被験者に一回ずつしか実施しなかった．リズムによる指タッピングが視覚空間ワーキングメモリの増加に有効と認められたが、その効果の持続性が確実に検証されていない．被験者に多くの回数を行ったら、持続性が検証できると考えられる．多数の実験回数を行い、他のトレーニング方法の効果の持続性との差異を明確にしたら、信頼性が高まっていくではないか．これらについて、今後さらに厳密かつ系統的に研究する．

参考文献

［1］広辞苑第五版 p. 626
［2］Baddeley, A. D. (1986). Working memory. New York: Oxford University Press
［3］Klingberg (2005)Computerized Training of Working Memory in Children With ADHD—A Randomized, Controlled Trial
［4］大澤知恵（2007）鍵盤楽器演奏技能の習得．現代社会文化研究 No. 38
［5］トレーシー・アロウェイロス（2013）脳のワーキングメモリを鍛える
［6］クリングバーグ（2007）オーバーフローする脳
［7］Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processininformation .Psychological Review, 63, 81-97
［8］ Baddeley, A.D. Hitch, G.J. (1974). Working Memory, In G.A. Bower (Ed.), Recent advances in learning and motivation (Vol. 8, pp. 47-90), New York: Academic Press
［9］室橋，春光(2009）読みとワーキングメモリ ：「学習障害」研究と認知科学
［10］Cattell, R. B. (1971). Abilities: Their structure, growth, and action. Holmes,G. (1917).The symptoms of acute cerebellar injuries due to gunshot injuries,40(4),461-535,
［11］Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 63, 81-97
［12］渡邉，船橋(2015）二重課題の神経生物学：二重課題干渉効果と前頭連合野の役割，霊長類研究 Vol. 31No. 2, p. 87-100
［13］Kirchner, W. K. (1958), Age differences in short-term retention of rapidly changing information. Journal of Experimental Psychology, 55(4), 352-358
［14］ 川島（2012）「ものすごく脳を鍛える 5 分間の鬼トレーニング」
［15］福田, 小田(2008）両手指の連打タッピング運動における高密度脳電位計測生体医工学 Vol. 46, No. 6P 684-68
［16］国立長寿医療研究センター(2016）Assessment of finger motor skills in individuals with mild cognitive impairment and patients with Alzheimer's disease: Relationship between finger-to-thumb tapping and cognitive function.

［17］Gigazine（2014）. 音楽を演奏することは脳にどのような影響を与える
［18］松波謙一・内藤栄一（2000）運動と脳
［19］COURRIER　JAPAN（2011）「楽器の演奏を練習すれば脳の構造まで発達する」
［20］今こそ音楽を！第 3 章 脳科学観点から～澤口俊之先生インタビュー（1）
［21］ブリタニカ*国際大百科事典 小項目事典*
［22］ボブ・スナイダー（2003）　音楽と記憶
［23］クーパーとマイヤー　（1960）「音楽のリズム構造」
［24］Maki, Y.,Yoshida, H., & Yamaguchi, H. (2010). Computerized visuo-spatial memory test as a supplementary screening test for dementia. Psychogeriatrics, 10, 77-82.
［25］Jaeggi, Susanne M.; Buschkuehl, Martin; Jonides, John; Perrig, Walter J. (2008). "Improving fluid intelligence with training on working memory"Some limits on our capacity for processininformation .Psychological Review, 63, 81-97
［26］Schaie,K.W.,（1958）知的機能の変化と適応　東京大学高齢社会総合研究機構

謝辞

本研究を進めるにあたりまして、多様な方々のご指導，ご支援いただきまして、この場をおかりしてお礼を申し上げます.

特に、最高の研究環境を提供していただいた指導教員の藤波教授には、深く感謝いたします．研究や実験に取り組みいつも親切なご指導，ご助言をいただきました．研究方向や問題点に対するアドバイス，論文の執筆まで、事細かにご指導してくださいました．また、藤波教授のご指導のおかけで、入学したときから、まじめなに研究する習慣を身に着け、この習慣は一生役に立つと思います．ここで、再び心より感謝の言葉を述べます.

また、忙しい中，論文の審査を担当していただいた副テーマ指導教員でもある，小坂満隆や宮田一乗教授には研究に関する様々の助言をいただき心より感謝の意を表したいと存じます.

最後に貴重な時間を取られていて、実験に参加していただいた被験者の皆さまに感謝を申し上げます.