

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

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

王 萌飛 藤波 努

Mengfei Wang, Tsutomu Fujinami

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科

Japan Advanced Institute of Science and Technology
School of Knowledge Science

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

1. 背景と目的

ワーキングメモリという概念が 1950 年代に短期記憶から発展した。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 [1]。Baddeley が 1970 年代にワーキングメモリ三つのマルチコンポーネントを想定した [2]。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。その中に、視覚的ワーキングメモリは視覚情報の短期的保持と処理などの機能を持っている。また、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いる。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。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方法では、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、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、インター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。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確ではない。

一方、指先の運動（指タップ）が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、音楽演奏の研究から、両手で演奏すると記憶力が高まることが検証された [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。指タッピングは両側前頭・頭頂葉、両側補足前頭野、前帯状皮質に対する刺激を与える [7]。両手の演奏の指運動から来る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る。

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説を検証する。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、ワーキングメモリの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ているため、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。

2. 方法

両手の指先を使いタッピング運動及び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。

実験参加者 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 1.0-1.5 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。

実験計画 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)

その中、実験② 指タッピングトレーニングはさらにパターン刺激なし、リズムなし、2 対 1 リズム、3 対 1 リズムの 4 つに分けられた。

実験装置 実験①と実験③には、Windows 系のタッチパネルを使用し、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。

手続き まず実験①視覚空間ワーキングメモリテストを行った。タブレットの画面に現れる数字項目 (figure1) 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。最初の数字 (1) がクリックされると、他の項目は数字が隠されるので (figure2),

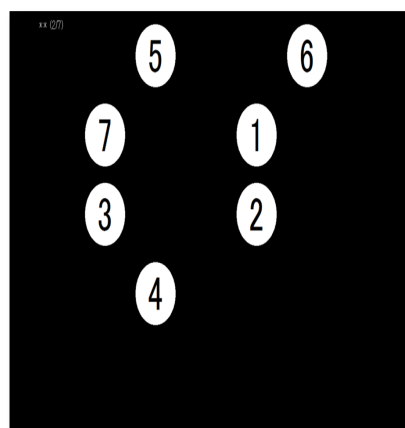


figure 1 ワーキングメモリのテスト [5]

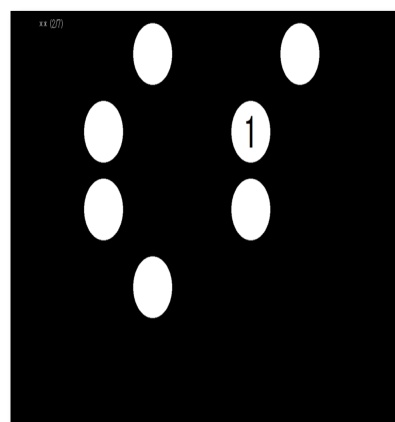


figure 2 ワーキングメモリテスト

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。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。7試行が終了した後、結果が表示する。

被験者が上記の実験①は完了した後、実験②の指タッピングトレーニングを実施する。トレーニングは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。電子ドラムに1から5までの数字を書かれている紙を張り、呈示されるリズムの数字を見ながら、対応する電子ドラムのパッドを両手でタッピングする。例えば、「2」の数字が書いてあれば電子ドラムのパッド2をタッピングする。

視覚的な刺激は、リズムなし、2対1リズム[6]、3対1リズムに分けた。Figure3及びfigure4に示しているようである。

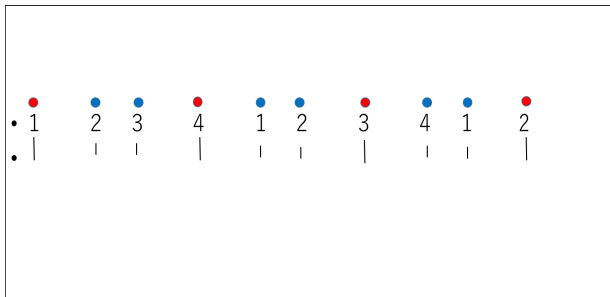


figure 3 2対1リズム

2 2 2
 4 5 2
 1 5 5
 3 3 3 2 1 5
 1 3 4
 5 1 1
 3 4 5

figure 4 2対1リズム刺激

例えば、figure4の「2 1 1 1」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、数字を間違えてもやり直さず、そのまま、次のリズム組をタッピングしてゆく。

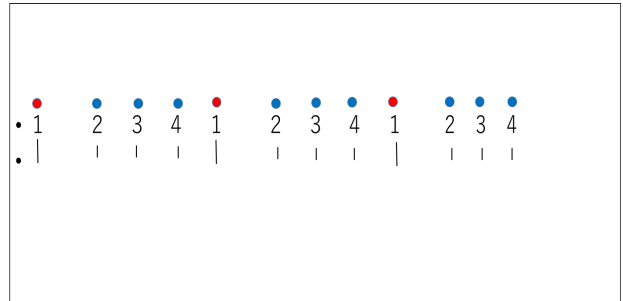


figure 5 3対1リズム

5 2 2 1
 2 3 3 5
 4 3 3 2
 3 1 1 5 4 5 5 1
 5 4 5 5
 4 2 2 5 2 1 1 5

figure 6 3対1リズム刺激

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を使った。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を3回受けた。

3. 結果

指タッピングリズムの錯誤率は、figure7のデータにより、計算した。錯誤率は2対1リズムで0.053、3対1リズムで0.046である。割合が大体同じであり、両方のパターンとも、ほぼ正確にタッピングされたとわかる。

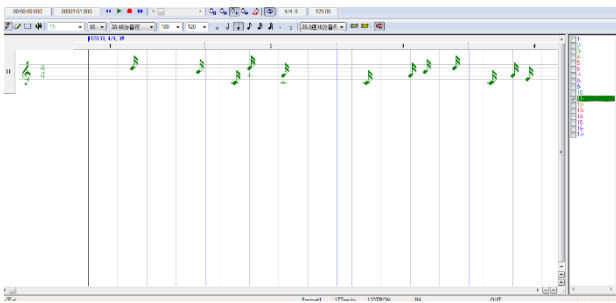


figure 7 タッピングによる MIDI データ

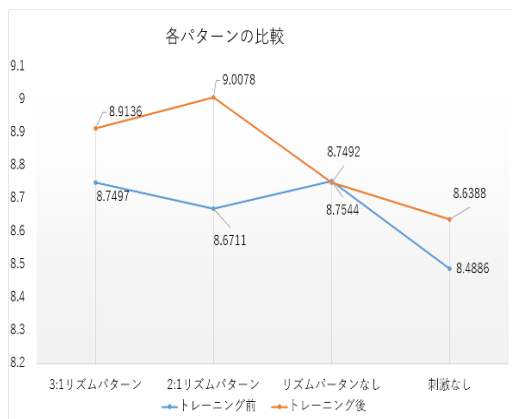


figure 8 視覚空間ワーキングメモリテストの平均値

figure8 に実験①(トレーニング前)、実験③(トレーニング後)の指タッピングの得点平均値を示す。刺激なし、リズムなし、2対1リズムパターン及び3対1リズムパターンの得点平均値を比較している。四パターントレーニング前後ワーキングメモリ容量の変化は、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。リズムなしパターン以外のパターンはトレーニング後ワーキングメモリ容量が増加したとわかる。また、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。

さらに、トレーニングの順番をランダム化することで、各パターントレーニングの影響が次回に及ぶどうか、相関係数により、分析した。結果として、4つのパターンそれぞれに対する有意確率が有意水準 ($P < 0.05$) 以下である。「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。

4. 考察

各平均値からみると、予想通り、2対1リズム (0.3367) が刺激なし (0.1502) より、0.1865 が高く、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。時間間隔が2対1のリズムで両手の指先運動をすることが視覚空間ワーキングメモリ容量の向上に好影響があると考えられる。この結果から、2対1時間間隔のリズムが一番覚えやすいと結論づける。

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。視覚空間ワーキングメモリ自体に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し、一定程度、視覚空間ワーキングメモリをトレーニングできた。また、テストするとき、最初のうちはテストに対する理解が十分でないため点数が低く、徐々に回数が増えると、テストに慣れ、上達したと考えられる。

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：リズムなし (-0.0052) 2対1リズム (0.3367) 3対1リズム (0.2236) の中に、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ない刺激なし (0.1502) 方より、0.1552 点が低いとみられる。被験者へのインタビューから、4つのパターン中、リズムなしの時間が一番長く、集中力が散漫になりやすく、疲れやすいとのコメントを得た。意識せずに、単に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、働かない状態になってしまう。指を運動しても、脳が指令を出してない、脳とワーキングメモリを活性化することができない。例えば、不規則な騒音を聞かされ、集中できない状況である。これが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。

最後に、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)より、わずか0.0734点高い。また、2対1リズムのパターン(0.3367)より、-0.1131点低い。3対1リズムにおいては、リズムの時間間隔は2対1リズムより複雑で、トレーニング効果が下がった。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。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ことを明らかにした。また、刺激なしと比べると高いので、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る。

5. 今後の課題

実験者数が少ないので、増やして実験する必要がある。また、20代若年者だけを対象をしていて、年齢層が偏っている。今後、年齢層を広げ、多人数の実験を実施すれば、信頼性の高い結果が得られると考える。また、今回の実験では、各被験者は各パターンについてトレーニングを一回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検証されていない。被験者が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、信頼性が高まるのではないかと。さらに厳密かつ系統的に研究する。

謝辞

この研究を進んで行き、多くの方々のご支援ご協

力を賜りまして、謹んで御礼申し上げます。特に実験を協力いただいた方々に心より感謝の意を述べます。

参考文献

- [1] Baddeley, A. D.: Working memory. New York: Oxford University Press, (1986).
- [2] Baddeley, A.D. Hitch, G.J.: Working Memory, In G.A. Bower (Ed.), Recent advances in learning and motivation (Vol. 8, p. 47-90), New York: Academic Press, (1974).
- [3] Klingberg.: Computerized Training of Working Memory in Children With ADHD—A Randomized, Controlled Trial, (2005)
- [4] 大澤知恵: 鍵盤楽器演奏技能の習得, 現代社会文化研究, No.38, (2007)
- [5] Maki, Y.,Yoshida, H.,Yamaguchi, H. Computerized visuo-spatial memory test as a supplementary screening test for dementia. Psychogeriatrics, 10, 77-82, (2010)
- [6] ボブ・スナイダー:音楽と記憶, (2003)
- [7] 宮地: リズム制御の神経基盤の解明,リズムパターン学習による脳活動の変化, (2014)
- [8] Jäncke L: 音楽を演奏することは脳にどのような影響を与えるのか, (2009)
- [9] 渡邊, 船橋: 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.31, No. 2, pp. 87-100, (2015)