

Mixed Reality 技術を用いた数字抹消課題の即時的効果

Immediate effects of the cancellation task using mixed reality technology for
cognitive functions

Key word : Mixed Reality、Mild Cognitive Impairment、超高齢社会、認知機能訓練

田口 周^{a*} (Meguru Taguchi) 医師

橋本 晋吾^a (Shingo Hashimoto) 作業療法士

中田 瑞季^a (Mizuki Nakata) 医師

阿部 真弓^a (Mayumi Abe) 医師

沖塩 尚孝^a (Naotaka Okishio) 医師

長谷 公隆^a (Kimitaka Hase) 医師

*筆頭著者

^a関西医科大学リハビリテーション医学講座

573-1010 大阪府枚方市新町 2-5-1

Phone. 072-804-2780、Fax. 072-843-3364

Email: taguchmg@hirakata.kmu.ac.jp

1. はじめに

現在、我が国は超高齢社会に直面しており、その進展に伴う問題点の1つとして認知症患者の増加が挙げられる。また、我が国の介護保険法において、要支援または要介護と認定された者の原因として、2016年に認知症が脳血管疾患を抜き去り第1位となった¹⁾。認知症患者の増加は介護者の負担増加を招き、社会保障費のさらなる膨大をきたす。このように、今後、認知症患者の増加がもたらす社会的影響はさらに増加するであろう。

軽度の認知機能低下を認めるが、日常生活に大きな支障はなく、認知症の診断基準を満たさない状態のことを軽度認知障害 (Mild Cognitive Impairment : 以下、MCI) と呼ぶ。MCI に用いられるスクリーニング検査としては Japanese version of the Montreal Cognitive Assessment (以下、MoCA-J) がその1つとして挙げられる^{2,3)}。MCI の高齢者は同世代の健常者と比較して認知機能が低下しやすいと言われており⁴⁾、MoCA-J のようなスクリーニング検査を用いた MCI の早期発見は認知症対策において重要と考えられる。しかし、このような机上での神経心理学的検査は、課題への興味の低さや検査に対する嫌悪から被検者が拒否感を示し、検査の完遂が困難となるケースがある。MCI の早期発見のために、課題に対する興味が被検者に抱かせることによって、円滑に検査の遂行ができる新たな認知機能課題の開発が望まれる。

現在、様々な分野において Virtual Reality (以下、VR) および Augmented Reality (以下、AR) と呼ばれる技術が応用されている。VR では現実空間の映像もしくはコンピューターが作り出した人工映像をヘッドマウントディスプレイに展開することによって、ユーザーがその仮想現実中存在するかのように没入させる。AR ではデジタルコンテンツが AR デバイスの画面上に重ね合わされて表示されることによって現実世界を拡張する。近年、これら

に加えて、現実世界と仮想世界を融合させる技術である Mixed Reality（以下、MR）も新たに様々な分野で応用されつつある。MR では基本的にヘッドマウントディスプレイに備えられたセンサーが現実世界を把握し、デジタルコンテンツを映し出す透過型ディスプレイによって、現実世界に組み込まれたようにデジタルコンテンツが展開される。VR と大きく異なる点として、MR では現実空間の視覚情報が透過型ディスプレイを通して直接保たれるが、VR で見える視覚情報は全てデジタルであることが挙げられる。また、AR ではデジタルコンテンツは画面上に重複して表示されるに過ぎないが、MR ではヘッドマウントディスプレイのセンサーによってデジタルコンテンツが空間上のタッチなどにも反応するため、ユーザーや現実世界の物体が直接干渉することが可能である。今回、我々はこの MR デバイスである Microsoft 社の HoloLens[®]を用いて MR 数字抹消課題を開発し、その即時的効果について検討した。

2. 対象と方法

対象は脳損傷・脳卒中の既往がなく、当院整形外科で全身麻酔による手術を受けた入院患者 20 名である。この 20 名を無作為に MR による数字抹消課題を行う群（以下、MR 群）と、標準注意検査法（Clinical Assessment for Attention : CAT）で用いられる机上での視覚性抹消課題（文字、数字、記号）を行う群（以下、机上群）に割り付けた。課題の施行時間はそれぞれ 10 分間とした。

全ての被験者に MoCA-J、Trail Making Test partA（以下、TMT-A）、Trail Making Test partB（以下、TMT-B）、Span テストを実施し、次に MR もしくは机上における課題を 10 分間行い、その後に TMT-A、TMT-B、Span テストを再度実施した。TMT 実施時には、視覚探索過

程における眼球運動の指標として、跳躍性眼球運動(saccadic eye movement : 以下、SEM)を EyeTracker で計測し、単位時間当たりの SEM の回数を算出した。

MR 数字抹消課題における被験者からの視点を図 1 に示す。MR 数字抹消課題では、1 から 10 までの数字が記された赤い玉が透過型ディスプレイを介して左右への視野 90°、上下への視野 20° に渡り空間上に展開される。頸部体幹を動かすことによってレンズ上中央にある固定カーソルを標的とする赤い玉まで導き、手元のボタンを押すことによって数字の順番に消去していく。なお、固定カーソルの位置はセンサーによって把握される。

解析に関しては、Shapiro-Wilk 検定で正規性について検討し、2 群間比較に対して Mann-Whitney の U 検定、介入前後の比較に対しては Wilcoxon の符号付順位検定を用いて検討した。統計解析には SPSS (ver. 20) を用い、有意水準は 5%未満とした。

本研究は関西医科附属病院研究倫理審査委員会の承諾を得て、被験者へ本研究の目的、方法、倫理的配慮などを説明し、書面で同意を得た。

[図 1]

3. 結果

1) 対象者 (表 1)

被験者特性は 2 群間で明らかな差を認めなかった。MR 群では男性 2 人、女性 8 人であり、机上群では男性 4 人、女性 6 人であった。また、MoCA-J において認知機能が MCI 相当と判定された被験者は MR 群で 7 人、机上群で 6 人であった。

2) 介入結果 (表 2)

MR 群では TMT-B ($p < 0.01$)、Digit Span forward ($p < 0.05$)、Tapping Span backward (p

<0.05) が課題後で有意に改善していた。また、TMT-B における単位時間当たりの SEM の有意な増加を認めた ($p < 0.05$)。机上群では TMT-B ($p < 0.05$) と Digit Span backward ($p < 0.05$) が有意に改善しており、TMT-B における効果量は MR 群で $r = 0.85$ 、机上群で $r = 0.76$ であった。介入前後の変化量における 2 群間比較では、机上群に比べて MR 群で TMT-B における単位時間当たりの SEM の有意な増加を認めた ($p < 0.05$)。一方、MR 群と比較して机上群で有意な改善を認めた項目はなかった。Eye Tracker で計測した MR 群被験者 1 例の TMT-B における SEM の軌跡を図 2 で示す。課題前と比較し課題後で SEM が増加していることを確認できる。また、MR 数字抹消課題に対する否定的な感想は聞かれず、気分不良を訴えた被験者も認めなかった。

[表 1]

[表 2]

[図 2]

4. 考察

我が国において 65 歳以上の高齢者の約 28% が認知症もしくは MCI と言われているが⁵⁾、本研究では MoCA-J で MCI に相当すると判定された被験者は 65% に達した。手術を受けた高齢者では認知機能障害をきたしやすいと言われており⁶⁾、本研究においても同様の傾向となった。認知症予防対策として、急性期病院で侵襲的治療を受けた患者に対する認知機能評価および介入の重要性が示唆される。一方で、従来の机上での神経心理学的検査は、課題への興味の低さや検査に対する嫌悪から被験者が拒否感を示し、検査の完遂が困難となるケースがある。しかし、今回の MR 数字抹消課題では被験者から課題に対する肯定的な感想が多

く、否定的な意見は聞かれなかった。これは、新たな技術を応用した MR 数字抹消課題がゲーム感覚で認知課題を実施できることにより、課題に対する興味を被験者に持たせることができたためと考えられた。

MR 数字抹消課題もしくは机上での視覚性抹消課題による介入前後の変化量に関しては、視覚性ワーキングメモリを反映する検査である Tapping Span backward が MR 群で有意に改善していた⁷⁾。課題の展開範囲が紙面上に限られる机上での視覚性抹消課題と比べて、MR 数字抹消課題では多様な視覚刺激を有する広範囲な現実空間で、目標物以外の視覚情報を抑制しながら課題を展開することができる。このような環境下で、探索中に発見した数字の位置を記憶に留めながらターゲットを数字の順に抹消していくことによって、視覚性ワーキングメモリの即時的賦活が得られ、Tapping Span backward の改善につながったと考えられた。また、2 群間比較では MR 群で TMT-B における単位時間当たりの SEM 増加を認めたが、SEM は注意機能と相関があり、加齢とともに減少することが確認されている⁸⁾。さらに、TMT-A は主に視覚性探索機能を反映する検査であるが、それに比べて TMT-B は分配性注意や視覚性ワーキングメモリをより反映する検査である⁹⁾。TMT-B では次に抹消すべき目標物が数字あるいは文字のどちらかであるかなど、単純に視覚性探索を進めるだけではなく思考を伴いながら課題を遂行するため、思考の際に視覚性探索が停留し SEM は減少すると考えられる。本研究では両群ともに TMT-B のスコアが有意に改善していたが、その効果量は MR 群でより大きかったことから、MR 群では分配性注意や視覚性ワーキングメモリの賦活がより得られたと考えられる。その結果、MR 群では TMT-B の遂行における思考時間がより減少し、次の探索への切り替えが円滑となったことから SEM の有意な増加がみられたと考えられた。

机上群では課題後に TMT-B だけでなく Digit Span backward が有意に改善していたが、

これは CAT で用いられる文字および数字の視覚性抹消課題を遂行する際に、対象とする言語（文字もしくは数字）を保持しつつ抹消するという言語の二重課題を行うことで言語性ワーキングメモリの即時的賦活が得られたことによると推察された。

認知機能へのアプローチに新たな技術を応用する点では、他に VR が挙げられる^{10,11)}。VR では視覚的に現実世界から離れて仮想現実へ入り込むため、優れた没入感を提供できるが、視覚と前庭覚の不一致を引き起こし、気分不良をきたす場合がある。一方、MR では現実世界の視覚情報が維持されるため、視覚と前庭覚の不一致を引き起こしにくく、気分不良をきたしにくいと考えられる。今回の検討においても、MR 数字抹消課題において気分不良を訴えた被験者は認めなかった。

本研究の限界として、即時的効果の評価に留まっており、サンプルサイズが小さいこと、1 回の介入による即時的効果についての検討であることが挙げられる。MR 認知機能課題の評価としての妥当性および訓練としての有用性について検討を加えていく必要がある。

5. おわりに

MR を用いた数字抹消課題は、従来の机上における視覚性抹消課題と異なる注意機能の即時的賦活効果をもたらし、認知機能課題の実施をより円滑にすることが示唆された。

6. 文献

- 1) 厚生労働省：平成 28 年国民生活基礎調査の概況、2017。
- 2) Nasreddine ZS, et al. : The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. J Am Geriatr Soc 53(4): 695-699:

- 2005.
- 3) Fujiwara Y, et al. : Brief screening tool for mild cognitive impairment in older Japanese: validation of the Japanese version of the Montreal Cognitive Assessment. *Geriatr Gerontol Int* 10(3):225-232. 2010.
 - 4) Petersen R, et al. : Current concepts in mild cognitive impairment. *Arch Neurol* 58(12):1985-1992. 2001.
 - 5) 厚生労働省 : 都市部における認知症有病率と認知症の生活機能障害への対応、2013。
 - 6) Moller JT, et al. : Long-term postoperative cognitive dysfunction in the elderly ISPOCD1 study. ISPOCD investigators. International Study of Post-Operative Cognitive Dysfunction. *Lancet* 351(9106):857-861. 1998.
 - 7) Dehn. MJ. : Short-Term and Working Memory Testing Paradigms. *Working Memory and Academic Learning: Assessment and Intervention*, 1st ed, John Wiley & Sons, NewYork, 2008, pp136-137.
 - 8) Chen PL, Machado L: Age-related deficits in voluntary control over saccadic eye movements: consideration of electrical brain stimulation as a therapeutic strategy. *Neurobiol Aging* 41:53-63. 2016.
 - 9) 石合純夫 : Trail Making Test (TMT)。高次脳機能障害学(石合純夫)、第2版、医歯薬出版、2012、pp224-225。
 - 10) Faria AL, et al. : Benefits of virtual reality based cognitive rehabilitation through simulated activities of daily living: a randomized controlled trial with stroke patients. *J Neuroeng Rehabil* 13(1):96. 2016.

- 11) Shin H, Kim K. Virtual reality for cognitive rehabilitation after brain injury: a systematic review. *J Phys Ther Sci* 27(9):2999-3002. 2015.

表 1 被験者特性 平均値(最小値-最大値)

	MR 群	机上群	<i>p</i>
年齢	70.5(58 - 84)	72.1(54 - 83)	>0.05
術後日数	25.5(8 - 89)	18.1(5 - 67)	>0.05
MoCA-J	23.0(18 - 28)	22.5(14 - 27)	>0.05
TMT-A	73.1(36 - 134)	51.5(30 - 98)	>0.05
TMT-A SEM 数/sec	2.68(2.1 - 3.8)	2.77(2.1 - 3.6)	>0.05
TMT-B	224.3(80 - 408)	193.3(75 - 396)	>0.05
TMT-B SEM 数/sec	2.61(1.4 - 3.5)	2.54(2.0 - 3.4)	>0.05
Digit Span forward	4.8(4 - 6)	4.9(4 - 6)	>0.05
Digit Span backward	3.4(3 - 4)	3.1(2 - 4)	>0.05
Tapping Span forward	5.1(3 - 6)	5.0(4 - 6)	>0.05
Tapping Span backward	3.7(3 - 5)	4.1(3 - 6)	>0.05

解析方法：Mann-Whitney の U 検定

MR：mixed reality、MoCA-J：Japanese version of the Montreal Cognitive Assessment

TMT：Trail Making Test、SEM：saccadic eye movement

表2 介入前後の各評価項目の平均値(最小値-最大値)と前後比較

	MR 群			机上群		
	介入前	介入後	<i>p</i>	介入前	介入後	<i>p</i>
TMT-A	73.1(36 - 134)	54.4(28 - 78)	>0.05	51.5(30 - 98)	45.6(25 - 80)	>0.05
TMT-A SEM 数/sec	2.68(2.1 - 3.8)	2.66(1.9 - 3.7)	>0.05	2.77(2.1 - 3.6)	2.75(2.2 - 3.6)	>0.05
TMT-B	224.3(80 - 408)	172.4(81 - 330)	<0.01	193.3(75 - 396)	154.6(62 - 390)	<0.05
TMT-B SEM 数/sec	2.61(1.4 - 3.5)	2.85(2.0 - 4.1)	<0.05	2.54(2.0 - 3.4)	2.53(1.8 - 3.2)	>0.05
Digit Span forward	4.8(4 - 6)	5.3(4 - 6)	<0.05	4.9(4 - 6)	5.0(4 - 6)	>0.05
Digit Span backward	3.4(3 - 4)	3.7(3 - 5)	>0.05	3.1(2 - 4)	3.9(3 - 5)	<0.05
Tapping Span forward	5.1(3 - 6)	5.4(4 - 6)	>0.05	5.0(4 - 6)	5.3(4 - 6)	>0.05
Tapping Span backward	3.7(3 - 5)	4.3(3 - 6)	<0.05	4.1(3 - 6)	4.3(2 - 6)	>0.05

解析方法：Wilcoxon の符号付順位検定

MR : mixed reality、TMT : Trail Making Test、SEM : saccadic eye movement



図1 被験者から見たMR数字抹消課題の風景

数字が記された赤いボールが空間上に展開される。頸部体幹を動かすことによってレンズ上中央の固定カーソルを標的とする赤いボールまで導き、数字の順に抹消していく。

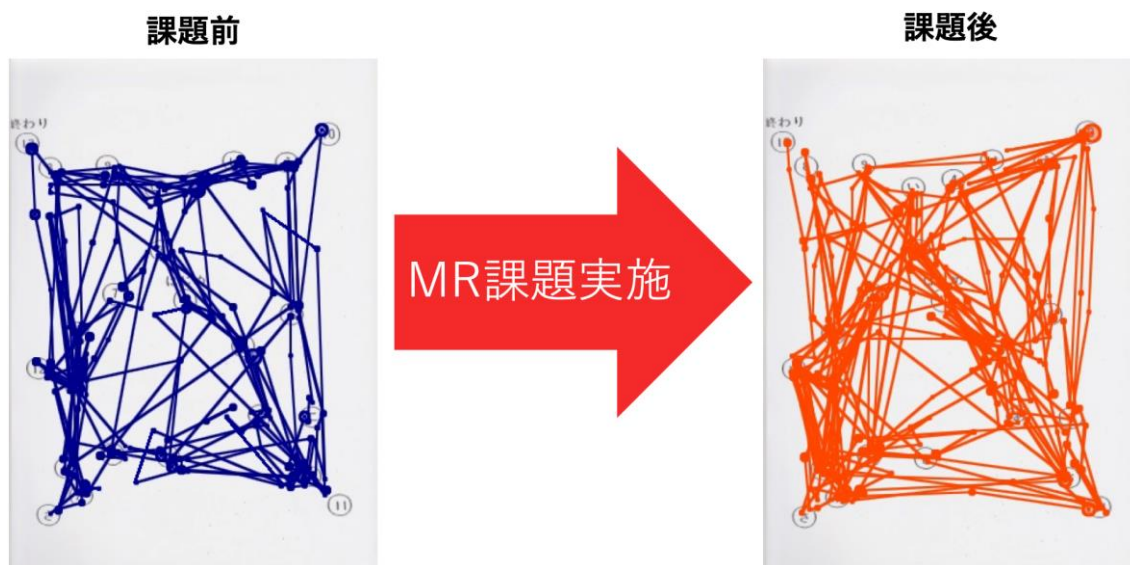


図2 Eye Tracker で計測したMR 群被験者 1 例の TMT-B における SEM の軌跡
課題前と比較して課題後で SEM の増加が確認できる。