

# Mixed Reality を用いた高次脳機能障害の評価と治療介入 Assessment and intervention for higher brain dysfunction using Mixed Reality

神戸大学大学院 生命・医学系保健学域 ○橋本晋吾, 種村留美

株式会社テクリコ ヘルステック事業部 坂本憲太

関西医科大学 リハビリテーション医学講座 田口周, 長谷公隆

Life and Medical Sciences Area, Kobe University Graduate School ○S. Hashimoto and R. Tanemura

Healthtech Business Division, Techlico Inc. K. Sakamoto

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Kansai Medical University M. Taguchi and K. Hase

**Abstract** The assessments and interventions for higher cerebral dysfunction using paper, which results in departures from daily life and negative reactions from patients. Therefore, we developed an assessment and intervention for higher brain dysfunction using Mixed Reality (MR). MR is a useful tool in the field of rehabilitation because it has the advantage of setting an environment close to the real space with a low risk of ill feeling. As a result of using MR as an assessment of higher brain dysfunction, correlation with conventional neuropsychological tests was recognized. Furthermore, a treatment effect was obtained for the unilateral spatial neglect that was not possible with the conventional intervention.

## 1. はじめに

脳卒中や頭部外傷、脳腫瘍などにより脳を損傷することによって運動麻痺や感覚障害など身体に現れる症状のほかに、言語・記憶・注意・視知覚などに関する脳機能が障害されることを高次脳機能障害という。2008年に東京都で実施された調査によると、東京都内の高次脳機能障害者数は49,508人とされ、そこから全国の高次脳機能障害者数は約50万人と推定されている[1]。

高次脳機能障害に対する評価や治療介入の方法は多種多様であるが、古くは1930年代に開発されたものであり、その古典的な方法が現在も当時のまま使用されているため改定の余地は多分にあるだろう。また、従来から用いられている評価・治療介入の多くが紙面を用いた内容であるため、日常生活や現実空間から乖離した結果となることが報告されており[2]、さらに、患者からは「テストみたい」、「勉強させられているみたい」と拒否的な反応を受けることも珍しくない。患者が受け身として評価を受け、モチベーションが低い状態であると、本来の能力が十分に反映されずに評価としての妥当性が乏しくなる。また、同様の理由から、治療介入として継続して実施することが困難になる問題が臨床において発生している。

それらの問題点を解決する手段として、我々はMixed Reality (以下、MR)を用いた高次脳機能障害の評価および治療介入の開発を試みた。評価・治療介入に映像技術を用いることによって、紙面検査よりも現実空間により近い状況における能力を評価することができ、さらに、紙面検査よりも患者の嫌悪感を軽減することができるのではないかと考えた。映像技術として、昨今はVirtual Reality (以下、VR)の発展が目覚ましい。しかし今回我々はVRではなくMRを使用

した。その理由として、VRには視覚と前庭覚の不一致によるVR酔いと呼ばれる症状が生じるリスクが報告されており、VRでは視界がすべて仮想空間になるがMRでは現実空間の視界を保つことが可能となるからである。言い換えれば、MRはVRよりも気分不良を生じさせにくく、なおかつ現実空間に近い環境を設定することができるという利点がある。そのためMRは、対象者の多くが高齢者であり、日常生活能力の向上を目的とする高次脳機能障害のリハビリテーションにおいて有効な手段となり得ると考えられる。

本稿では、高次脳機能障害を持つ患者に対してMRを用いた高次脳機能障害の評価・治療介入を実施した結果、その有用性を認めたため報告する。

## 2. Mixed Reality

### 2.1 使用機器

MRを実施するための機器としてMicrosoft社製のHololens (図1-A)を用いた。Hololensとはヘッドマウントディスプレイ方式のウェアラブルコンピュータである。眼前の位置に半透明でシースルーの液晶画面が設置されるため、視野を保った状態で液晶に投影されたオブジェクトを視認することが可能となる。つまり、現実空間の視界を残しつつ、任意の位置にコンピュータグラフィックスを設置することが可能となる。液晶画面の中央にカーソルが固定されているため、頸部や体幹の運動、または歩行によってカーソルを移動させ、適当な位置にカーソルを合わせた状態でクリッカー (図1-B)を押すことによって対象を選択することができる。

## 2.2 ソフトウェア

本研究では、株式会社テクリコが開発した MR 用ソフトウェア「リハまる」を使用した。パソコン内のコントローラソフトを操作することによって Hololens にてアプリケーションが開始され、過程と結果が自動的に記録される。高次脳機能であるワーキングメモリや遂行機能などに対するアプリケーションの種類が複数あり、対象とする高次脳機能障害によってアプリケーションを使い分けることができる。なお本ソフトウェアは株式会社テクリコにより特許出願中である。

本研究では Partington (1938) により考案された Trail Making Test part A (以下、TMT) に類似した課題を Hololens 上で施行する「数字抹消課題」を使用した。TMT とは持続性注意と選択性注意、および視覚的探索運動などを評価する目的で行われる神経心理学的検査である。すでに妥当性や信頼性が担保されている検査を MR に転用することによって、高次脳機能障害に対する評価・治療介入としての効果を検証できるのではないかと考えた。



図 1 Hololens

MR 課題 2 条件における差を Wilcoxon 符号付順位検定、MR 課題と神経心理学的検査の相関を Spearman の順位相関係数にて統計的に検討した。統計には SPSS ver.20 を使用し、有意水準は 5% とした。

## 3.2 結果

MR 課題を白い壁面を背景として実施した平均所要時間は  $56.2 \pm 22.9$  秒、リハビリテーション室内で実施した平均所要時間は  $94.7 \pm 62.4$  秒であり、2 条件の所要時間に有意差を認めた ( $p=0.02$ )。神経心理学的との相関において、白い壁面条件は Digit Span Backward ( $r=-0.71, p=0.04$ ) および Tapping Span Forward ( $r=-0.75, p=0.03$ ) と強い負の相関を認めた。リハビリテーション室内条件は MMSE ( $r=-0.75, p=0.02$ )、Digit Span Backward ( $r=-0.75, p=0.03$ ) および Tapping Span Backward ( $r=-0.91, p=0.00$ ) と強い負の相関を認めた。一方、MR 課題と TMT の間には相関を認めなかった (表 1)。

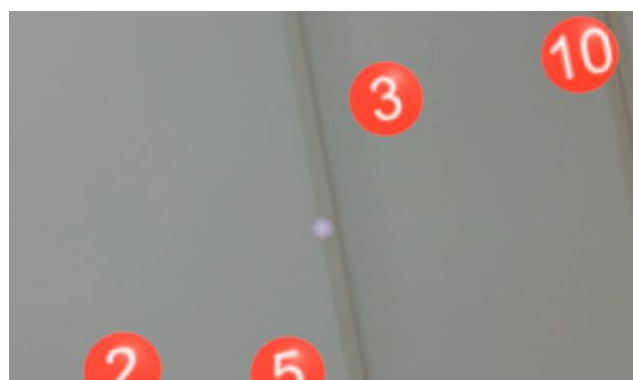


図 2 白い壁面での MR 数字抹消課題

## 3. 高次脳機能評価としての MR

### 3.1 方法

関西医科大学附属病院に入院中の脳損傷患者のうち、言語理解良好で明らかな認知機能低下がなく、本研究に同意を得られた 8 名 (女性 2 名、男性 6 名、年齢  $63.8 \pm 9.2$  歳) を対象に実施した。

MR 数字抹消課題 (数字 10 個、視野角 90 度) を白い壁面 (図 2)、およびリハビリテーション室内 (図 3) を背景とした 2 条件で実施し、すべて選択し終えるまでの所要時間を計測した。課題に慣れるまで複数回の練習を実施した後、①白い壁面、②リハビリテーション室内の順で計測を行った。同日に神経心理学的検査として TMT、Mini-Mental State Examination (以下、MMSE)、Digit Span、Tapping Span を実施した。

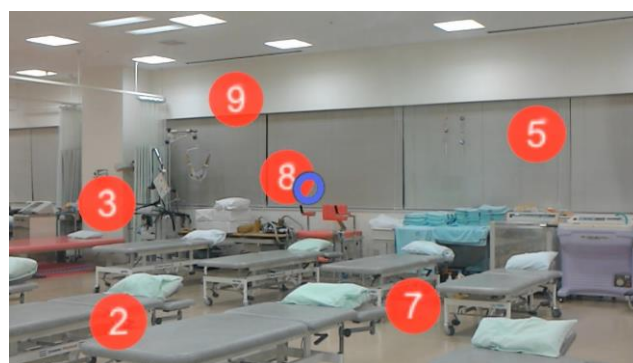


図 3 リハビリテーション室内での MR 数字抹消課題

表 1 MR と神経心理学的検査との相関

	MR 白い壁面	MR リハビリ室内
MMSE	-.361	-.759*
Digit Span Backward	-.715*	-.753*
Tapping Span Forward	-.751*	-.651
Tapping Span Backward	-.568	-.914**
TMT	.405	.531

Spearman の順位相関係数(\* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$ )



図 4 写真認識中の注視点の推移

## 4. 治療介入としての MR

### 4.1 方法

本研究に同意を得られた右皮質下出血発症 4 週目の 70 歳代女性を対象として治療介入を行った。高次脳機能障害として左半側空間無視（左空間の認識が困難になる症状）を認めていた。介入前の神経心理学的検査は MMSE 28/30 点と良好な認知機能を示すスコアであったが、Behavioural inattention test（以下、BIT）77/146 点であり、半側空間無視と判断されるカットオフ点の 131 点を下回っていた。

通常のリハビリテーションに加えて、MR 数字抹消課題 20 分間を 5 日間、その後 2 日間の wash out 期間を空け、MR に替わってボードトレナー（もぐらたたき式に光るボタンを押す課題）20 分間を 5 日間実施した。介入前の初期、MR 介入後、ボードトレナー介入後に、評価として BIT および写真認識時の注視点を測定した。注視点解析には SensoMotoric 社製の Eye Tracking Glasses 2.0 を使用し、課題中の頭頸部は固定せずに計測を実施した。

### 4.2 結果

BIT は、初期（77/146 点）から MR 介入後（112/146 点）、ボードトレナー介入後（120/146 点）にかけて経時的に改善した。一方、写真認識時の注視点は、初期に右偏位しており、MR 後に不十分ながら左側まで注視するように変化した。ボードトレナー後には再度右側に偏位するように戻った（図 4）。

## 5. 考察

MR 数字抹消課題と、類似した紙面検査である TMT の間には相関を認めなかった。これには MR と TMT の持つ特徴の違いが影響したと考える。TMT は 2 次元の紙面という枠組みが存在するために探索範囲が

限定できるが、MR は 3 次元空間上で実施するため枠組みがなく探索範囲が限定できない。また、TMT は紙面で実施するため鉛筆の軌跡が残るが、MR は数字が消滅していくために直前に消した数字を記憶しておく必要がある。これらの特徴から、MR 数字抹消課題は紙面検査に比較して日常生活や現実空間により近い条件であると考えられ、紙面検査と日常生活の乖離を埋める評価になりうる可能性があると考えられる。

また、MR 実施時の背景を白い壁面とリハビリテーション室内とに切替えることによって結果に有意差が生じ、さらに相関する神経心理学的検査にも差異を認めた。中でも特徴的であったのは、リハビリテーション室内条件と空間性ワーキングメモリの評価である Tapping Span Backward にかかなり強い相関を認めたことである。これは直前の数字を記憶しながらターゲットを探索するという課題と、さらにそれに加えて、ターゲットを探索しながら干渉刺激となる室内背景を抑制するという同時処理を要する課題へと内容が変化したためと考えられる。つまり、視界を保ちながら実施する MR は、実施時の背景を変更することによって対象とする高次脳機能を容易に変えることが可能であり、言い換えれば、実施場所によって課題を簡便に切り替えることができる汎用性の高い課題であることが示唆された。

また、MR 数字抹消課題を左半側空間無視に対する治療介入として用いた結果、従来の探索課題と同様の改善効果に加えて、注視範囲の拡大という MR の独自効果を認めた。これはカーソルを移動するために頸部体幹を左側へ回旋させることによる左半側空間無視の改善[3]、そして 3 次元空間における視覚探索を促したことによる眼球運動の範囲拡大および右偏位の軽減が寄与した結果と考える。これらは従来の机上課題では得られにくい要素であるため、MR が新しい高次脳機能障害の治療介入となりうる可能性が示唆された。

## 6. おわりに

本研究の結果から、従来の神経心理学的検査や古典的机上課題をMRに転用して3次元的に実施することによって、注意や認知機能に関する評価や、干渉刺激抑制下での同時課題 (dual task) が可能となることがわかった。MRの実用化により、神経心理学的検査や机上での認知療法に対して拒否感を示す患者への評価・治療介入を容易にすることが期待できる。今後は高次脳機能障害だけでなく、軽度認知障害 (MCI: Mild Cognitive Impairment) を対象とした認知症予防や、MRの特性を活かした歩行・バランス障害に対するリハビリテーション戦略の検討を進めていきたい。

## 参考文献

- [1] 渡邊修, 山口武兼, 橋本圭司, 猪口雄二, 菅原誠: 東京都における高次脳機能障害者総数の推計. 日本リハビリテーション医学会誌 46(2), 118-125, 2009.
- [2] Azouvi P, Olivier S, de Montety G, Samuel C, Louis-Dreyfus A, Tesio L. Behavioral assessment of unilateral neglect: study of the psychometric properties of the Catherine Bergego Scale. Arch Phys Med Rehabil. 84(1), 51-7, 2003.
- [3] de Sèze M, Wiart L, Bon-Saint-Côme A, Debelleix X, de Sèze M, Joseph PA, Mazaux JM, Barat M. Rehabilitation of postural disturbances of hemiplegic patients by using trunk control retraining during exploratory exercises. Arch Phys Med Rehabil. 82(6), 793-800, 2001.