

ゲームがつくる患者の未来 —リハビリにおけるVRゲーム技術の応用—

原 正彦^{*1,2}

[要旨] 近年、高齢化に伴う医療需要の増加に、医療を支える若い世代の人口減少も相まって医療従事者の負担が激増しており、デジタル技術による医療の効率化が喫緊の課題となっている。われわれは治療効率向上の観点から大阪大学における産学連携活動を通して仮想現実(virtual reality: VR)技術を活用したリハビリテーション用医療機器「mediVRカグラ」を開発した。本機器は運動失調や、歩行・上肢・認知機能障害、および疼痛の治療に応用が進んでおり、業務の効率化に加えて、その高い治療効果に期待が集まっている。本稿ではゲーム分野におけるさまざまな知見が、医療機器にどう応用され臨床効果につながっているのかについて概説したい。

キーワード: アフォーダンス, 仮想現実(VR), 脳皮質の再編成, 非言語コミュニケーション, mediVRカグラ

はじめに

近年、医療分野においてもデジタル技術革新が進み、デジタルトランスフォーメーション(Digital Transformation: DX)という言葉をよく耳にするようになってきた。高齢化に伴う医療需要の増加に対して、医療を支える若い世代の人口減少によって現場の医療者の負担が大きくなっており、デジタル技術による医療の効率化が喫緊の課題となっている。DXの1例として、救急・麻酔科領域においては医療者、患者を問わず医療現場の疑似体験を通じた教育コンテンツとして、仮想現実(virtual reality: VR)技術やその類似技術としての拡張現実(augmented reality: AR)、混合現実(mixed reality: MR)技術がよく用いられている^{1)~3)}。

われわれはこのようなデジタル技術による医療の

効率化という観点から、大阪大学における産学連携活動を通してVR技術を活用したリハビリテーション用医療機器「mediVRカグラ」を開発し、2019年より販売を開始している^{4)~7)}。本医療機器は運動失調や、歩行・上肢・認知機能障害、および疼痛の治療に応用が進んでおり、座位で安全にトレーニングできるという特徴に加えて、その高い治療効果に期待が集まっている^{8)~10)}。これらの効果は、脳内における各種機能統合、あるいは脳皮質の再編成(cortical reorganization)を通して得られていると考えると一元的に説明可能である^{8)~10)}。本稿ではゲームにおけるさまざまな知見が、これらの治療効果にどのように反映されているのかについて概説する。

I mediVRカグラの概要

mediVRカグラは市販の高性能ゲーム用VR機器

*1 島根大学地域包括ケア教育研究センター

*2 株式会社 mediVR

著者連絡先 原 正彦
〒561-0872 大阪府豊中市寺内2-4-1
緑地駅ビル3階
株式会社 mediVR 本部オフィス



図1 mediVR カグラ使用中のイメージ画像(右下は操作用パソコンに表示される画面)

表1 mediVR カグラの対象症候および対象疾患群

診療科	疾患/症候	診療科	疾患/症候
麻酔科(ペイン)	慢性疼痛	整形外科	大腿骨頸部・転子部骨折術後
	線維筋痛症		人工膝関節置換術後
	複合性局所疼痛症候群		サルコペニア/フレイル
	神経因性疼痛		肩関節周囲炎
脳神経内科/外科	脳梗塞/脳出血(運動失調や麻痺症状)	腫瘍内科	脊髄疾患(梗塞や損傷)
	パーキンソン病		胸腰椎圧迫骨折
	認知症		抗がん剤関連廃用症候群
	高次脳機能障害	ケモブレイン	
	多系統萎縮症	末しょう神経障害	
	水頭症	ステロイドミオパチー	
	半側空間無視	小児科	脳性麻痺
精神科	うつ病		注意欠陥多動性障害
	統合失調症	呼吸器	慢性閉塞性肺疾患

便宜上疾患と症候名を混在させた表記となっている。太字は特に応用事例が多い。

であるHTC社製のHTC VIVE, およびカグラシステムをインストールしたノートパソコンによって構成されている(図1)^{6)~9)}。患者はヘッドマウントディスプレイを頭に装着し、コントローラーを保持してVR空間上に出現するさまざまな種類の標的に触れるようリーチ動作を行う。リーチ動作は原則として座位で行われる。mediVRカグラは脳の運動学習を促進するための複数の特許技術によって構成され

ており、その結果として麻酔科領域における疼痛緩和をはじめ表1に示すさまざまな分野での応用が進んでいる^{8)~10)}。リハビリテーション分野において、重度認知症や高次脳機能障害患者、あるいは小児患者に対してある特定の動作を促すことは極めて困難であったが、mediVRカグラではゲーミフィケーション(gamification)と呼ばれるゲーム分野の仕掛けを応用してこれらの課題を解決した。以下で具体的

なアプローチ方法に関して説明する。

II 非言語コミュニケーション

任天堂のスーパーマリオブラザーズは日本が世界に誇る知名度の高い代表的なゲームの1つであり、世界中でプレイされているため読者の多くも一度は見たことがあるのではないかとと思われる。このスーパーマリオブラザーズでは、テキストでの説明を行わずにプレイヤーにルールを理解させるための非言語的な仕掛けがいくつも取り入れられていると筆者は考えている。例えば、マリオを右に歩かせるとゲーム画面がスクロールする一方で、マリオを左に歩かせてもゲーム画面はスクロールせず、そのまま画面の端でそれ以上移動できなくなる。これは、マリオを右に歩かせることでゲームが進むというルールであることを説明なしにプレイヤーに伝えるための仕掛けであると考えられる。あるいは最近のデジタル技術革新の象徴的プロダクトであるiPhoneは直感的に操作可能であり、使い方の説明書のようなものが同封されていないため、かなり意図的にこのようなゲーミフィケーション要素を取り入れているのではないかと推察している。われわれはこのような仕掛けを非言語コミュニケーション的要素と呼んでおり、mediVRカグラでも患者に言語的な説明をせずとも、どのような動作をすべきなのか直感的に理解できるような構成を意識して開発を行った。

III アフォーダンスと報酬系の刺激による熱中性

エレベーターなどで子供がスイッチを押したがるように、子供が親に制止されても抑制が効かずに衝動的になんらかの行動を起こしてしまう場面は多い。このような衝動性を惹起する要素はアフォーダンス(affordance)という概念で説明することができる。アフォーダンスとは、環境が人に対して与える「意味」として説明され、ゲームデザイン分野では人のある行為に誘導するための仕掛けといった切り口で語られる。例えばスーパーマリオブラザーズで

はレンガ様のブロックにジャンプしてぶつかるブロックがレンガ毎に散らばって壊れるが、一方で明らかに見た目の異なる「？」と表示されたブロックを点滅させて配置することにより、「？」のブロックに「何か起きるのではないかと」思わせて、ジャンプしてぶつかるように誘導しているとも考えられる。そして、「？」のブロックにぶつかる、キノコやコイン等のアイテムが貰えるといった報酬・情動系に刺激が与えられ、加えて周波数の高いBGM音が出ることによって成功体験の強化が行われる。このような報酬・情動系の刺激を受けた成功体験の強化によってユーザーはゲームに熱中してしまう。このように、ゲームのルールを伝えるための非言語コミュニケーション的要素、アフォーダンスの高い見せ方や、報酬・情動系の刺激による成功体験の強化は、例えば「テトリス」や「ぷよぷよ」といった、いわゆる「落ち物ゲーム(落ちゲー)」等の世界的に流行したゲームに共通して見られる要素だと筆者は考えている。

IV mediVRカグラでの応用と臨床効果

例えば図1に示すとおり、mediVRカグラで三次元空間に表示される目標物は二重丸様の見た目をしており、実際に触れるべき中心の白い標的部分の周辺に青い色の付いた視認補助画像を配置することで、認知機能障害のある患者でも中央部分にリーチ動作を誘導できるようなアフォーダンスの高い非言語的な工夫を採用した。あるいはリーチ動作が成功した際には周波数の高いBGM音や、視覚的变化、コントローラーの振動による触覚刺激を介して報酬系の刺激を強力に行うなどしている。このような非言語コミュニケーション的要素や、アフォーダンスの高い見せ方、報酬・情動系への刺激による成功体験の強化を利用した構成によって、患者にまったく治療を受けていると感じさせることなく、まるでゲームをしているような感覚での治療が提供可能となった。その結果、実臨床において従来のリハビリテ

ーション治療をはるかに上回る治療効果を引き出すことに成功している^{5)~7)}。一例として、通常のリハビリテーションの実施が困難であったくも膜下出血後の重度注意機能障害患者でmediVRカグラの使用によって各種注意指標が著明に改善した症例が日本リハビリテーション医学会の和文誌で報告されている⁶⁾。麻酔科領域では、慢性疼痛患者を中心に利用が進んでおり(表1)、その治療効果に関する医学的根拠は日本運動器疼痛学会誌において詳述している¹⁰⁾。なお、本稿はゲーミフィケーションという切り口からの説明を中心に行ったが、mediVRカグラによる治療効果の理解には情報処理の考え方を基礎とする認知心理学的視点も欠かせず、mediVRカグラの仕組みは認知(Awareness)を誘発し、行動変容を惹起すると理解してもよい。

結 語

VR技術のリハビリテーション医学での応用の歴史は30年以上に上るものの、これまでのVR機器の効果は極めて限定的であると解釈するのが一般的であった^{11), 12)}。われわれはゲーミフィケーションの知見を取り入れつつ、医師と企業との産学連携により通常の治療を超える改善を慢性期でも発揮できる医療機器を実用化した^{8), 9)}。日本発のデジタル技術革新でリハビリテーション医療の新たな道が切り開かれ、より多くの患者が救われることを期待したい。

利益相反開示

筆者は株式会社mediVRの代表取締役であり会社株式を保有している。

参考文献

- 1) 板宮朋基：VR/ARによるシミュレーション結果の可視化から体験化、経験化へ：防災教育等への応用。日本臨床麻酔学会誌 41：109-114, 2021
- 2) Bernardo A：Virtual Reality and Simulation in Neurosurgical Training. World Neurosurg 106：1015-1029, 2017
- 3) Izard SG, Juanes JA, García Peñalvo FJ, et al.：Virtual Reality as an Educational and Training Tool for Medicine. J Med Syst 42：50, 2018
- 4) Hara M, Kitamura T, Murakawa Y, et al.：Safety and feasibility of dual-task rehabilitation program for body trunk balance using virtual reality and three-dimensional tracking technologies. Prog Rehabil Med 3：20180016, 2018
- 5) Omon K, Hara M, Ishikawa H：Virtual reality-guided, dual-task, body trunk balance training in the sitting position improved walking ability without improving leg strength. Prog Rehabil Med 4：20190011, 2019
- 6) 濱嶋真弘, 村川雄一郎, 大門恭平ほか：注意障害を伴うくも膜下出血患者に対して仮想現実技術を用いた介入により注意機能が改善した1例。The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine 58：450-457, 2021
- 7) Takimoto K, Omon K, Murakawa Y, et al.：Case of cerebellar ataxia successfully treated by virtual reality-guided rehabilitation. BMJ Case Rep 14：e242287, 2021
- 8) 原正彦：VRを活用したリハビリテーション。Medicina 58：864-867, 2021
- 9) 原正彦：VR技術のリハビリテーション医療への応用。Journal of Clinical Rehabilitation 30：877-880, 2021
- 10) 原正彦：仮想現実(VR)技術を用いたリハビリテーションは慢性疼痛患者の福音となるか？日本運動器疼痛学会誌 12：90-93, 2020
- 11) Laver KE, Lange B, George S, et al.：Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database Syst Rev 11：CD008349, 2017
- 12) Bahar-Fuchs A, Martyr A, Goh AM, et al.：Cognitive training for people with mild to moderate dementia. Cochrane Database Syst Rev 3：CD013069, 2019

The Future of Patient Care Created by Application of Virtual Reality and Gaming Technology in Rehabilitation Medicine

Masahiko HARA^{*1,2}

^{*1}Center for Community-based Healthcare Research and Education, Shimane University Faculty of Medicine

^{*2}Department of Medical Device Development, mediVR, Inc.

An aging population and declining birth rate have resulted in a significant increase in demand for healthcare and put additional burdens on healthcare professionals. Therefore, providing efficient healthcare through digital technology has become a priority. With the aim of improving treatment efficacy, we have developed the medical device, mediVR KAGURA, for rehabilitation by means of virtual reality (VR) technology through industry-academia collaboration activities at Osaka University. This device is being utilized to manage ataxia, walking and upper limb disabilities, cognitive dysfunction, and chronic pain. The safety of the training, which is performed in the sitting position, and its high therapeutic efficacy are appealing features to physicians. These effects can be explained centrally by functional integration or what is also known as cortical reorganization in the brain. This section reviews how gamification concepts are reflected in therapeutic effects, focusing on the following three concepts : (1) non-verbal communication ; (2) affordance to induce awareness and behavioral changes ; and (3) reinforcing successful experiences by stimulating rewards and emotions during rehabilitation. Although the use of VR technology in rehabilitation medicine has produced disappointing results in recent decades, we believe that mediVR KAGURA will open up new avenues and help more patients worldwide.

Key Words : Affordance, Cortical reorganization, Virtual reality, Non-verbal communication, mediVR

The Journal of Japan Society for Clinical Anesthesia Vol.42 No.1, 2022