

[研究助成 (A)]

没入型 VR による半側空間無視に対する
リハビリテーション支援機器の開発

Development of rehabilitation assistive device for unilateral spacial neglect using immersive VR

2181033



研究代表者

早稲田大学
理工学術院総合研究所

研究院講師

安田 和 弘

[研究の目的]

半側空間無視 (Unilateral Spatial Neglect : USN) とは、大脳半球病巣と反対側の刺激を発見し、報告・反応または刺激方向を向いたりすることが障害される病態である。USN は日常生活活動の自立を阻害する要因となるため、リハビリテーションの対象として頻繁に扱われることが多い。

この USN の病態は、空間領域からサブタイプに分類される。身体を中心とした空間表象は、自己身体空間 (personal space)、身体表面から手をリーチングした数十 cm の範囲で身体を取り巻く近位空間 (peripersonal space)、そして手の届く範囲より外の遠位空間 (extrapersonal space) の 3 つに区分される (図 1)。これらの空間領域の無視は患者により様相が異なり、各々の空間領域で無視症状が解離して生じることが知られている。したがって、患者ごとの多様な病態を前提として、評価や介入手法を



図 1 空間領域の分類

構築する必要性が極めて高い。そこで、本研究では没入型 VR の利点を活用することで、近位空間および遠位空間において USN 症状の評価を可能とするシステムを開発することを目的とした。

[研究の内容, 成果]

(1) システム設計・開発

目的で述べた問題の解決のため、我々は没入型 VR の利点を活用することで、近位空間および遠位空間において USN 症状の評価を可能とするシステムを開発した。本装置はヘッドマウントディスプレイ (Oculus Rift, OculusVR, LLC., United States), PC から構成され、VR 空間は Unity (Unity, Unity Technologies, United States) を用いて構築される。(図 2A)。VR 内では、評価システムに用いる仮想空間が提示され、患者は一人称視点から仮想空間内を観察する (図 2B)。本評価システムでは、患者の近位空間および遠位空間における無視領域の変化を記述するため、患者を中心に 7 距離の同心円を設け、それぞれの同心円上にオブジェクトが出現するように設定した (図 3A)。患者の回答結果に応じて、各オブジェクトの座標位置が記録できる。

近位と遠位空間の双方の領域における無視を計測するため、患者の眼球を原点として、手の

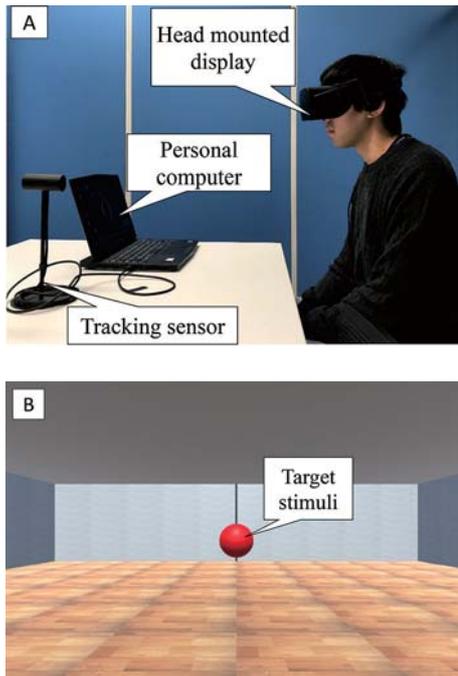


図2 USN 評価システム・VR 空間

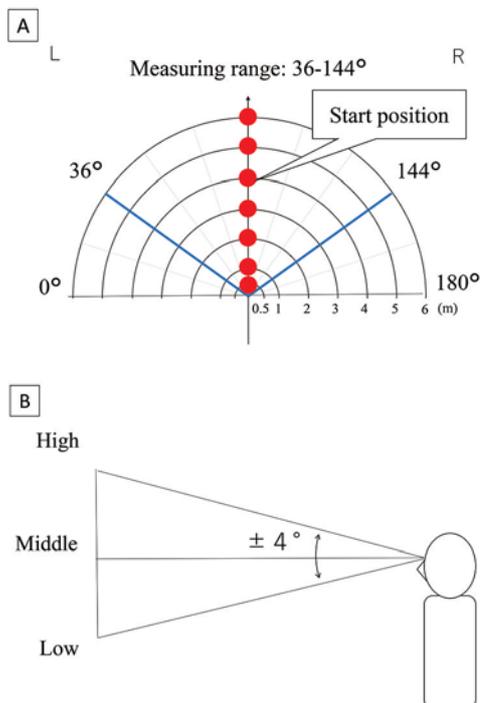


図3 物体表示位置・高さ設定

届く距離（近位空間）を 0.5, 1.0[m] に設定し、届かない距離（遠位空間）を 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0[m] に設定した。また、患者の身体正中位を 0° とし、 -90° から $+90^\circ$ の 11 段階で偏角を測定できるようにした。さらに視線高さを

基準に -4° , 0° , $+4^\circ$ の 3 段階の高さによる測定を設定した（図 3B）。本システムでは、口頭による回答方式と低認知負荷で済むように赤色の無機質なオブジェクトが見えたかどうかを判定させる。

VR による評価システムの主な機能的要求は以下の通りであった。

1) 球座標系の用意

患者の眼球位置を原点として、近位空間と遠位空間の両方における無視を測定するため、手の届く距離として 0.5, 1.0[m] を設定し、届かない距離として 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0[m] を設定した。また、患者の身体正中位を 0° とし、 -90° から $+90^\circ$ の 11 段階で偏角を測定できるようにした。さらに視線高さを基準に -4° , 0° , $+4^\circ$ の 3 段階の高さによる測定を可能とした。

2) オブジェクトのランダム表示

物体の移動による視覚誘導が症状改善に繋がることが分かっている。そこで本システムは視覚誘導を起こさないために、物体の出現順序をランダムとした。

3) 測定時間の短縮化

脳卒中患者は体力が著しく低下している場合がある。USN の性質上、身体中心線を基準に左側を無視することが多いため、初期出現位置を偏角 $\theta=0^\circ$ とし、各半径距離における回答に応じて次の出現位置を無視側、あるいは非無視側に移動するようにアルゴリズムを設定した。

4) 運動機能に依らない測定手法

脳卒中患者は運動麻痺を有している場合や認知障害を併発している場合があり、従来の BIT では測定が不可能な患者が存在した。そこで本システムでは口頭による回答方式と低認知負荷で済むように赤色の無機質なオブジェクトが見えたかどうかを測定した。なお、虚偽の回答に備えて、見えた場合にはどこにあるのかヒアリングを都度行なった。

(2) 患者を対象とした実行可能性検証

実行可能性検証として、左 USN を呈した患者 2 名を対象として評価を実施した。試験では、患者ごとの無視特性を捉えることを目的とするため、実験者によって患者の頭部を固定し、視野角内における無視範囲を測定した。ここで得られる座標データには距離と角度の情報が記録されており、これにより認識できている空間および無視空間を特定した。回答に応じて 2 つの領域に区分し、それぞれ認識できた範囲を認識可能領域として薄いグレー、認識できなかった範囲を無視領域として濃いグレーでマップ化した。図 4 に示すダイアグラムは高さごとに分け、右から低い空間 (Low)、目線高さの空間 (Middle)、高い空間 (High) における認識可能領域および無視範囲を表している。患者 A では、近位空間で無視が確認できないが、遠位

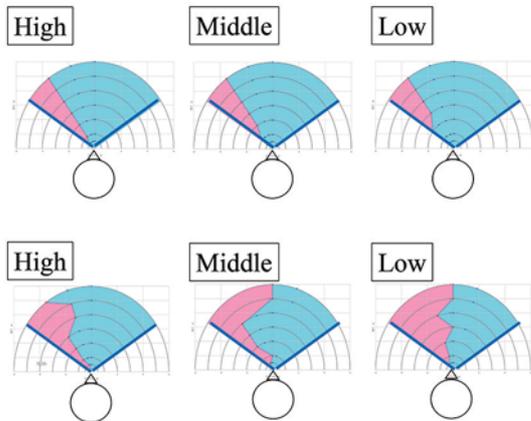


図 4 USN 患者 2 名の空間無視領域

空間になると無視症状が出現した。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究では、USN を呈する患者の症状を没入型 VR を利用して 3 次的に評価するシステムについて開発および実行可能性試験を実施した。開発したシステムは従来の評価手法では困難であった遠位、近位空間領域の無視症状の定量化を可能とし、さらに患者ごとの特性を描写することを実現した。今後は、システムの信頼性・妥当性を検証するとともに、USN 患者の個別の無視特性を明らかにしなければならない。

[成果の発表, 論文等]

- A. Hagiwara, K. Yasuda, K. Saichi, D. Muroi, S. Kawaguchi, M. Ohira, T. Matsuda, H. Iwata, "Development of a visual cueing system using immersive virtual reality for object-centered neglect in stroke patients", Proceeding of The 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2018).
- 佐武陸史, 安田和弘, 加藤遼一, 川口俊太郎, 岩田浩康, 「三次元空間内の探索性評価に基づいた半側空間無視症状鑑別システム」, 日本機械学会福祉工学シンポジウム 2019 (LIFE2019), OS04-2, 慶応義塾大学日吉キャンパス, 2019 年 9 月.
- K. Yasuda, R. Kato, R. Sabu, S. Kawaguchi, H. Iwata, Development and proof of concept of immersive virtual reality system to evaluate near and far space neglect in individuals after stroke: A brief report, Neuro Rehabilitation, 2020 (in press).