

## 【学位論文審査の要旨】

提出された論文「Immediate effects of the head-mounted display adaptation in cases of unilateral spatial neglect: a study on straight-ahead pointing (半側空間無視症例の正中認知に与えるヘッドマウントディスプレイアダプテーションの即時効果)」に関して、論文審査および最終試験を実施した。

本論文は、急性期病院と回復期病院に入院中の USN 患者 17 名を対象として、Virtual Reality 技術を使った三軸の視野偏俯が空間認知におよぼす影響を明らかにすることを目的としている。従来の USN の治療には Rossetti らが考案したプリズムアダプテーション (prism adaptation, 以下 PA) 課題が報告されており、これは「右側へ 10 度偏倍した」プリズム眼鏡を装着し、上肢を伸ばして標的に繰り返し触れる方法である。しかし、PA はプリズムによる光の屈折を利用する為、視界をずらすことはできるが、前額面内で回転させることはできない。一方で Head Mounted Display (以下 HMD) と web カメラを使用することで、視野を水平面 (Yaw 角) と前額面 (Roll 角) の三次元上で変位させることが可能となっている。HMD をリハビリテーションへ適用した例は多くあるが、カメラを使って視野を偏倍させる研究はこれまで報告されていない。前額面の垂直認知にも変化がおこる USN の効率的な治療のためには、水平面 (Yaw 角) だけでなく、前額面 (Roll 角)、矢状面 (Pitch 角) も偏倍させた視野が重要であることを指摘している。

研究デザインはランダム化クロスオーバーデザインであり、アウトカムは前方タッチパネルの体幹正中、剣状突起の高さを人差し指で指差す課題を 10 回ずつ行わせるものであった (Frontal straight ahead pointing: 以下 FSAP)。介入前後での指差し位置のずれを計測し、その他に、BIT 下位項目である、線分抹消試験、星状抹消試験を行った。結果として実験条件では介入前後を比較すると、介入前の FSAP 位置は X 軸の右に  $2.3 \pm 3.8^\circ$  であり、左に  $1.1 \pm 3.8^\circ$  傾いていたが介入後 Y 軸で上に  $4.9 \pm 4.9^\circ$ 、下に  $3.8 \pm 6.30^\circ$  傾いていた。したがって、左下方向に大きな偏差があった一方コントロール条件下での介入前後の FSAP 位置を比較すると、介入前の位置は X 軸の右に  $3.6 \pm 5.3^\circ$  であり、介入後は左に  $0.7 \pm 6.5^\circ$  に大幅にバイアスされ、Y 軸方向では、上部に対して  $2.3 \pm 8.7^\circ$  であり、介入後は  $2.8 \pm 7.5^\circ$  下向きに傾斜していたが有意ではなかった。このことから Yaw 角を偏倍させたカメラによってプリズム同様水平面上での効果が得られるだけでなく、Roll 角も変化させることによって、前額面も含めた三次元でのアダプテーション効果が得られることが示された。臨床的に重要な徴候である USN 症例に対する新しい治療アプローチを提示できたことは博士学位論文として価値を有すると考えられる。

副論文 1 「Exam ination and treatment of unilateral spatial neglect using virtual reality in three-dimensional space」では、上記の方法を 1 症例に適用してその経過を検討したものである。

症例は軽症の USN を示しており能動的課題では徴候は明らかではなかったが、刺激誘発性注意機能が低下しており、VR トレーニングによって改善が示された。この研究は臨

床例に対して、3 軸偏倍での VR トレーニングを実施した最初の研究であり新規性を有すると考えられる。

副論文 2「Leftward optical shift induces bias in line bisection: A study with healthy subjects using a head-mounted display」では、40 名の健常者を対象として、近位空間と遠位空間における線分二等分課題をアウトカムとして HMD と web カメラによる視覚偏倚の影響を分析したものである。この論文は上述の主論文、副論文 1 の基盤をなすものである。アダプテーション課題は試行していないが、健常者における USN モデル作成という新たな知見を提供した。

副査 1 からは、バーチャルリアリティ技術を活用し水平面だけでなく、前額面、矢状面も偏倍させた三軸の視野偏倍を生じさせ、それが左半側空間無視を伴った片麻痺患者の空間認知がどのように変化するのかを明らかにした研究であり、三軸の視野偏倍を作り出す技術も、それを片麻痺患者の空間認知に対する介入として用いる技術も新規性、独創性が高く、この分野の進展に大きく貢献する研究であるとして「合格」との判断をいただいている。

副査 2 からは、介入回数や設定や、介入効果の評価方法等、検討の余地があるものの左半側空間無視に対する治療だけでなく評価としても活用できる可能性があり、今後さらに展開可能性のある研究であるとして、「合格」の判断をいただいている。

最終試験において、この治療法の適応となる条件、従来の治療との組み合わせの可否、評価方法の詳細説明、介入方法の空間と評価の空間が異なっていることの意味、などが質問されたが適切な回答が得られた。これまで述べてきたように、主論文および副論文は一連の構想の下に構築されており全体として博士学位論文に相当すると考えられる。

以上のことから、論文審査及び最終試験は合格と判断する。