

Virtual Reality Systems for Tests and Rehabilitation of Patients with Higher Brain Dysfunction

著者	Baheux Kenji Bernard Yves
号	51
学位授与番号	3659
URL	http://hdl.handle.net/10097/37327

氏名	バウ ケンジ ベルナール イヴ Baheux Kenji Bernard Yves
授与学位	博士(工学)
学位授与年月日	平成18年9月13日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第1項
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科(博士課程)電気・通信工学専攻
学位論文題目	Virtual Reality Systems for Tests and Rehabilitation of Patients with Higher Brain Dysfunction(バーチャルリアリティを用いた高次脳機能障害検査・リハビリテーションに関する研究)
指導教員	東北大学教授 吉澤 誠
論文審査委員	主査 東北大学教授 吉澤 誠 東北大学教授 石黒 章夫 東北大学教授 塩入 諭 (電気通信研究所)

論文内容要旨

Abstract

The problem of aging society has hastened the need for more efficient rehabilitation programs as more and more governments struggle to reduce the burden of national health insurances. The use of virtual reality for the rehabilitation of stroke patients has a lot of potential as it is safe, entertaining, adapted and allows new rehabilitation techniques. However, most of these systems were designed solely for patients with motor handicap. We propose a system that combines virtual reality, haptics and an eye-gaze tracking device for the patients with higher brain dysfunction. In particular, we chose to focus our research on unilateral neglect, a common disorder defined as an attention deficit to stimuli emanating from the side of the space contra-lateral to the brain lesion. In this thesis we present the results of experiment conducted with unilateral neglect and hemiparetic patients to assess their impairment and evaluate a new kind of rehabilitation techniques.

Chapter One

The first part presents detailed information regarding higher brain dysfunction and in particular hemispacial neglect. The motivation for this research is also explained.

Chapter Two

The second part explains the advantages of using virtual reality for the diagnosis and the rehabilitation of stroke patients and patients with higher brain dysfunction. Also, relevant projects in this particular field are presented.

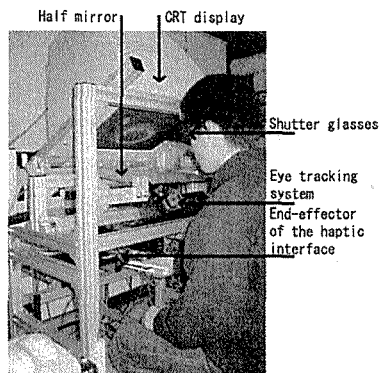


Fig. 1 Stand alone unit

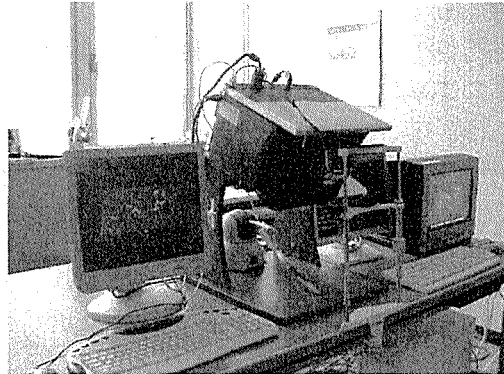


Fig. 2 Desktop Unit

Chapter Three

The third part introduces the virtual reality systems and software that we built represented here in Fig 1 and 2. The purpose of the two systems and their specificities are discussed. Concerning the software, we have limited ourselves to the most interesting subset of the different tasks that we designed: virtual revolving sushi bar (Fig. 3), virtual paper and pencil tests (Fig. 4), and the scoop-a-fish game. The framework and the different techniques that give the advantage to this system are also explained.

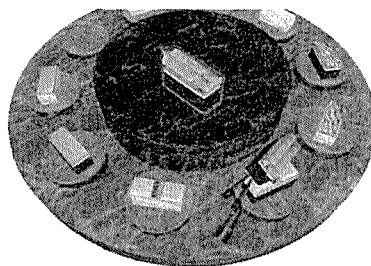


Fig. 3 Virtual revolving sushi bar

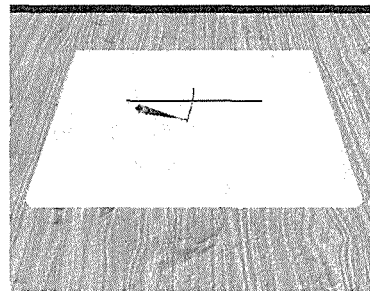


Fig. 4 Virtual line bisection test

Chapter Four

In part four, we discuss the experiments we did with stroke patients who had upper limbs handicap. We demonstrate that the system is precise enough to evaluate the motor handicap of the patients. We also compare our system to related works and discuss what a good evaluation criterion is in this particular context. The results

of evaluations based on spectrum analysis and the quality of the trajectories are detailed and the relevancy of both methods is evaluated.

Chapter Five

Part five focus on the experiments we conducted with hemispatial neglect patients by using a virtual counterpart of the traditional pencil and paper tests. We wanted to evaluate the benefits of the limb activation and a reduction of the visual field on the neglect. The first experiment was conducted to determine the difficulty of the tasks. We observed that the limb activation technique was not sufficiently adapted for the patients and therefore made some improvements. The second experiment was conducted with healthy subjects and two patients. Given the low number of patients, we introduced the idea of simulating the neglect with the virtual reality system. This feature can also be used to study the potential of rehabilitation technique beforehand or as an educational tool for the relatives of a patient. The results obtained in this experiment were not in favor of the reduction of the visual field and a discussion about the causes follows. We did a third experiment to verify our hypothesis and to determine how to maximize the efficiency of the technique. The results indicated that a neglect occurring in the imaginary space was the cause of the initial failure. A method to minimize the problem was successfully tested. The performance on the paper and pencil test before and after the experiment are presented and discussed.

Chapter Six

The last part is the conclusion of the thesis. It summarizes our results and mentions possible future developments.

Conclusion

This thesis presents a novel use of virtual reality and haptics technologies combined with an eye-gaze tracking device to provide new rehabilitation methods and better evaluation criteria for stroke patients and patients with higher brain dysfunction in particular. The potential of the system has been evaluated and discussed through experiments with healthy subjects, simulated patients, hemiparetic and hemispatial neglect patients.

論文審査結果の要旨

高次脳機能障害は、脳血管障害や脳外傷を原因とする脳の認知機能に関するさまざまな障害である。社会の超高齢化に伴い、高次脳機能障害者の治療や社会復帰が重要な課題となっており、それには適切な検査・診断と効率的なリハビリテーション（リハビリ）が必要である。一方、近年の情報技術の進展によりもたらされたバーチャルリアリティ（VR）技術は、運動計測と人工的な感覚提示を容易に実現できるため、高次脳機能障害者の検査とリハビリに応用できる可能性がある。本論文は、臨床神経学的検査とリハビリへのVR技術の応用に関する研究をまとめたものであり、全編6章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、高次脳機能障害のうち身体の片側の空間に対する認知が困難となる障害である半側空間無視に関する従来の検査方法およびリハビリの現状と問題点を述べ、これがVR技術の特質を生かすことによって改善できる可能性があることを示し、その設計方針を明らかにしている。

第3章では、本研究で構築したVRシステムのハードウェアとソフトウェアを紹介している。まず、システムを鏡映型ディスプレイ・力感覚提示装置・視線追跡装置で構成したことにより、視空間と体性感覚空間の融合および患者の視線情報の実時間取得が可能となったことを述べている。これらにより、従来実現されなかった視線情報に連動した仮想空間の構成が自由にできるようになった。次に本装置に基づき、従来の線分2等分線試験や線分抹消試験の欠点である定性的評価と解析の困難さを克服するシステムとして「仮想的紙・鉛筆試験」を構成した。また、日常生活への復帰にとって重要な無視空間への注意喚起を図るとともに、意欲向上のための娯楽性を導入した、検査とリハビリを同時に実行できる「仮想回転寿司」および「仮想金魚すくい」を紹介している。

第4章では、本システムの半側空間無視患者に対する臨床試験の結果を述べている。まず、「仮想的紙・鉛筆試験」の結果では、従来の試験と同等な検査が実行でき、かつ、その定量的記録と解析が即座にできることを実証した。また、「仮想回転寿司」では、重症度に応じて患者の運動軌跡が大幅に変わることが明らかとなり、この分析方法の有効性を確認している。さらに、「仮想金魚すくい」によるリハビリでは、視線に応じた仮想空間を提示したときの効果が明らかとなり、無視側への注意喚起が実際に可能であることを実証している。これらは、新しい知見であり、将来の広範な応用が期待される。

第5章では、「仮想的紙・鉛筆試験」を、視線に依存した視野制限下で行う新しい検査方法について述べている。その結果、半側空間無視患者の症状が単なる記憶障害によるものではなく、視空間内のイメージ上の認知障害であることを改めて検証することが可能となった。これは半側空間無視障害の基本的解明に結びつく重要な知見である。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、VR技術を応用した視線依存型仮想空間提示システムを構築することにより、高次脳機能障害に対する定量的な検査と効率的なリハビリが実現可能であることを明らかにしたものであり、医用生体工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。