



Assessment of Higher Brain Functions in Everyday Life Using Virtual Reality Technology

Okahashi, Sayaka

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2014-09-25

(Date of Publication)

2015-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6224号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006224>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式 3)

(氏名： 岡橋 さやか NO. 1)

論文内容の要旨

氏 名 _____ 岡橋 さやか

専 攻 _____ 計算科学専攻

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

Assessment of Higher Brain Functions in Everyday Life

Using Virtual Reality Technology

VR技術を用いた日常生活における高次脳機能評価に関する
研究

指導教員 _____ 羅 志偉 教授

Recently, the percentage of elderly people with various physical and mental diseases is increasing in many developed countries. Higher brain dysfunctions related to memory, attention, and language, due to brain damage and aging lead to many difficulties in daily life. The patients have difficulties in not only the basic activities of daily living (e.g. clothing, bathing etc.) but also expanded instrumental activities of daily living (e.g. shopping, housework, medication management etc.). While, it is reported that results of conventional assessment methods with a paper and pencil sometimes disagree with the cognitive level in their real life. So, the development of more effective assessment methods is absolutely required in cognitive rehabilitation. In this case, the environment which is similar to everyday life is important to observe and understand their real problem caused by the functional impairment.

As a consequence, VR techniques have been focused since the 1990's. Previous studies show assessment of higher brain dysfunctions using VR technology has significant possibility in future clinical rehabilitation. However, there were various problems when we applied these systems for patients with brain damage in Japan. 1) Some systems required the use a joystick which was difficult to operate for people who were unfamiliar with using a personal computer. 2) The virtual environment and language used in these systems were foreign to the Japanese subjects. It was especially difficult for elderly people as they also needed to overcome a cultural gap in addition to understanding unfamiliar scenery. 3) It seems that the tasks were too complex. They required the subject to buy several items and to respond to three targets in one test session.

In this dissertation, we propose a new approach to evaluate the people's higher brain functions using virtual reality (VR) technology so as to overcome the limitation of conventional types of assessments and previous studies. We have developed a Virtual Shopping Test (VST) that is introduced shopping tasks in a virtual shopping mall in order to assess the cognitive ability in daily routine.

Firstly, as an introduction, higher brain dysfunctions and their assessment methods are

briefly explained. Secondly, we illustrate our original VST system. In this program, visual environment was made up of a Japanese shopping mall with 20 shops and a train station. An audio environment of natural sound of the shopping mall was also provided. Users could move in the virtual shopping mall freely, enter a shop and buy an item by touching a button or a picture of the screen. A log file is also recorded automatically. In VST, subjects were required to memorize specific items to buy, to look for the shops on a street, to choose the items in each shop, and to perform the whole tasks smoothly. The scores for evaluation included the number of items bought correctly, the number of times to refer to hints, the number of movements, and the total time spent to complete the shopping.

Thirdly, we describe four evaluation experiments on the clinical usefulness of VST. The objectives were to investigate 1) the significance of VST by comparing with other conventional tests, 2) the applicability of VST in brain-damaged patients, 3) the performance of VST in relation to age differences, and 4) the reliability of two parallel forms of VST. The participants included ten patients with brain damage, ten age-matched healthy subjects for controls, ten young healthy subjects, and ten old healthy subjects. VST and neuropsychological tests/questionnaires about attention, memory and executive function were conducted to the patients, while VST and the Mini-Mental State Examination (MMSE) were conducted to the healthy subjects. As results, some variables on VST correlated with the scores of conventional assessment about attention and everyday memory. The mean number of times referring to hints and the mean number of movements were significantly larger for the patients, and the mean total time was significantly longer for the patients than for control subjects. In addition, the mean total time was significantly longer for old adults than for young adults, and there were no significant group differences on basic variables between the two parallel tests. These results suggest that VST is able to evaluate the ability of attention and everyday memory in brain-damaged patients. The time of VST is increased by age. The two parallel tests are almost equal difficult level.

In cognitive rehabilitation, exercises with an appropriate difficulty level for each individual may increase his/her motivation and produce good results. Rehabilitation therapists clinically evaluate each patient's ability and try to provide him/her with a specific appropriate task. However, difficulties have been associated with establishing an appropriate task level because of the lack of evidence on its effectiveness. Although various VR techniques have been proposed for cognitive rehabilitation, the task difficulty level and related brain activation have not been sufficiently considered. In the following study, the VST was modified to a revised version (VST-R) that had three different task difficulty levels. The system could also output event signals that were synchronized with users' PC operation. We used these signals to assess event-related brain activation. We used our VST-R with functional near-infrared spectroscopy (fNIRS), non-invasive and non-restrictive technique that allows blood oxygenation changes related to cerebral activation to be measured, to evaluate prefrontal cortex activity while subjects performed the test.

Fourthly, we describe VST-R system and a clinical experiment in convalescent brain-damaged patients. In VST-R, subjects were asked to buy two specific items in Task 1, four items in Task 2, and six items in Task 3 at a virtual mall. The tasks and questionnaires were conducted by six healthy young adults and ten patients. Hemodynamic changes in the prefrontal cortex (PFC) during activation due to the tasks were examined using fNIRS. The results obtained showed that the mean total time was significantly longer for the patients than for the healthy subjects. PFC responses to the shopping and moving phase in the patients were greater in Task 2 than in Task 1. Although task performance as well as PFC responses was not significantly changed in the healthy adults, they could subjectively evaluate differences between the three task levels, whereas the patients could not. These results suggest that the difficulty of the 4-item shopping task may have been sufficient to cause brain activation in the brain-damaged patients.

Finally, we make some general discussion on cognitive rehabilitation using VR technology and conclude the whole dissertation. In conclusion, we developed VR system for realistic higher

(氏名： 岡橋 さやか NO.4)

brain functions' assessment in brain-damaged patients in virtual shopping situation. We adopted an easy operation system for both users and testers. The results of the experiments showed the VST's clinical usefulness in brain-damaged patients. We consider rehabilitation therapists should pay attention to not only the above VST's performance variables but also brain activation and psychological variables in the progress of patients' condition. We propose a practical use of VST and VST-R to understand the patients' problems in everyday life related to various kinds of higher brain functions, with detailed assessments of each function by conventional assessment methods in near future.

氏名	岡橋 さやか		
論文 題目	Assessment of Higher Brain Functions in Everyday Life Using Virtual Reality Technology (和訳：VR 技術を用いた日常生活における高次脳機能評価に関する研究)		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	上原 邦昭
	副 査	教 授	羅 志偉
	副 査	教 授	有木 康雄
	副 査		
	副 査		印
要 旨			
<p>高次脳機能障害は、脳卒中や頭部外傷等の脳損傷によって生じる失語、失行、失認や記憶障害、注意障害、遂行機能障害と社会的行動障害の総称であり、社会における急速な高齢化でこうした患者の数が増大する一方となってきた。高次脳機能障害によって患者本人の自立した日常生活を妨げるだけでなく、社会的にも大きな問題となっている。</p> <p>現状における高次脳機能障害の評価方式では、主に机上検査によって上記の個々の機能を側面的に捉えるようにしているが、複雑な環境における日常生活上の問題を総合的に把握することは困難であった。</p> <p>近年、Virtual Reality (VR) 技術を用いた各種高次脳機能評価方法が開発され、実際の生活場面を模した状況で対象者の機能評価を行えるようになってきている。ただし、今まで海外で開発された VR 技術を用いた先行研究をそのまま日本へ導入するにあたり、生活文化の差異や、操作の煩雑さ、そして課題の難易度設定など、数多くの問題があった。</p> <p>これらの問題を解決するために、本研究では、VR 技術を用いた独自の日本式仮想商店街 (Virtual Shopping) を開発した。そして、三つのアプローチから開発したシステムの臨床における高次脳機能評価の有用性を検証した。具体的には、商店街での買い物課題を想定し、買い物の内容を暗記してもらい、関連する商店を回る道順を計画して効率よく目的の商品を購入できるかという課題に着目し、被験者に簡単なタッチパネルによる操作で課題遂行を行わせた。その際、ヒントとなるメモや鞆の参照回数や、商店街での移動を行うためのボタン操作回数及び各種行動にかかる時間などを自動で記録され、分析時に利用できるように設計されている。以下、開発された仮想商店街 (Virtual Shopping) を用いたテストを VST と略称する。</p> <p>一番目の研究は、1) VST の成績と既存の高次脳機能検査手法で得られた結果との関連、2) 高次脳機能障害者へ適用について検討を行った。ここでは、検査対象として高次脳機能障害者 10 名、年齢をマッチさせた対照群 10 名に対して検査を実施した。患者群には VST と注意・記憶・遂行機能についての検査・質問紙検査、また対照群には VST を実施した。結果として、VST におけるリスト参照回数、所要時間、正答数は全般的に注意、日常記憶に関する検査・質問紙による検査結果との間に相関を認めた。また、群間比較においては、患者群では対照群よりリスト参照回数、前進回数、所要時間の値が有意に大きかったことも判明した。以上より、VST 検査結果は注意・記憶機能と深く関わり、日常生活におけるこのような課題遂行の所要時間の増大は、患者群の関連機能の低下を捉える上で重要な手掛かりとなることが示唆された。以上の研究成果は、学術論文にまとめて日本高次脳機能障害学会の「高次脳機能研究」論文誌に掲載されている。</p> <p>二番目の研究は、1) 加齢による高次脳機能の変化、2) VST の恒常性について検討を行った。ここでは検査対象者は高齢者 10 名と若年者 10 名であった。高齢者には同等の難易度として作成した並行検査 (VST-1, VST-2) も 2 週間間隔でランダムな順で実施し、若年群には VST-1 のみを実施した。群間、並行検査間で比較した結果、高齢者では購買行動に所要時間が有意に長く、2 つ並行検査では所要時間、前進・反転ボタン操作数に関して同等であることが明らかとなった。この研究の成果も、国際学術論文誌「Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation」に掲載された。</p> <p>三番目の研究は、VST 課題の難易度が課題遂行の成績、脳血流変化と本人の主観評価に与える影響について検討した。対象者は回復期病棟入院中の脳損傷者 10 名と若年健康者 6 名であった。ここでは、まず、3 段階の難易度を有する Virtual Shopping Test-Revised (VST-R) へと改良し、脳血流を測定する近赤外分光法 (fNIRS) のデータに VST 操作に関わるイベント信号を同期して記録可能とした。</p>			

氏名	岡橋 さやか
<p>また、指定する買い物数を2個、4個、6個として課題の難易度を設定し、主観的評価では、課題の難しさ、精神負荷について5件法で回答させた。その結果、脳血流は課題難易度によって健常群では差がなかったが、患者群では買い物4個を遂行時に増加した。また、健常群では難易度に応じた適切な主観判断が可能であったが、患者群では健常者群より主観的精神負荷が高く、難易度に対応した回答が困難であった。本研究の成果も、国際学術論文誌「Journal of Behavioral and Brain Science」に掲載決定されている。</p> <p>本論文の構成として、第1章は序論で、本研究の背景と本論文の目的およびその構成について説明している。高次脳機能と各種傷害について紹介され、従来用いられてきた評価方式について分析している。</p> <p>第2章では、本研究で開発した仮想商店街システムとそれを用いた買い物課題の遂行方法について詳しく説明している。</p> <p>第3～5章では、VSTを用いた上述した三つの研究と実験結果について説明し、考察している。</p> <p>最後に第6章は、本論文のまとめと今後の課題について述べている。</p> <p>以上で、本論文はVR技術を用いて仮想商店街による日常生活に現れる高次脳機能の評価システムを開発され、斬新なVSTを用いた高次脳機能評価を行い、数多くの重要な知見を得たものとして価値ある集積である。提出された論文はシステム情報学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の岡橋さやかは、博士（学術）の学位を得る資格があると認める。</p>	