

バーチャルリアリティ技術を用いた道具に関する 身体性評価 —脳内血流変化からの評価—

谷田 公二^{*1} 舟橋 健司^{*2} 近江 政雄^{*3} 楠見 昌司^{*1}

Embodiment Evaluation for Tools of Virtual Reality Technology
-A Trial Evaluation by Measuring Hemodynamic Change in the Brain-
Koji Tanida^{*1} Kenji Funahashi^{*2} Masao Ohmi^{*3} Masashi Kusumi^{*1}

Abstract – We investigated how hemodynamics in the brain behave using NIRS (Near Infrared Spectroscopy) while man using tool. The tools in our experiment were a pair of real scissors and virtual reality scissors. Such a virtual reality technology allows amount of feedback information to change. We tested with five male-subjects, right-handed. The results showed that when amount of feedback information, which was generated during cutting, was richer, the hemodynamics change of oxygenated hemoglobin was greater in prefrontal area of left hemisphere. This observation means that it is necessary to process integration of motor and sensory information during operation with tool in order to feel “reality”.

Keywords: Embodiment, Near Infrared Spectroscopy, Brain activation, Scissor, Sensori-motor

1 はじめに

道具の使用は野生の類人猿でも観察される[1]行為であり、ある目的をもって道具使用に至るものとされる[2]。さらに Activity Theory で唱えられている[3]ように、ヒトは道具を用いることで、その道具の背景にある文化や習慣を伝承し自身を社会の枠組みにはめ込んでいると考えられ、すなわち道具は心理活動に作用するものと考えられている。近年では一部の作業においては、省力化など道具の改良が進み、さらには道具を用いなくとも済む自動化の検討も行なわれていることは明らかであるが、道具に対する身体性の研究が脳科学の分野で進み[4]、道具使用が脳活動にどのような影響を与えているかも検討されている。

ここで身体性とは道具が自身の手足の延長となることを意味する。

他方、バーチャルリアリティ（以下 VR）技術の分野では、人工現実感をその使用者へ与えるために、ヒトの様々な感覚を刺激するディスプレイが開発されてきている[例えば、5, 6]。これまでの VR 技術の使用感は、様々な方法による評価が試みられているが、心理学分野の利便性、そして信頼性の高い官能評価によってなされていることが多い[例えば、7]。しかしながら、官能評価は、「官能評価しなければならない」という意識活動の下で作業課題をせねばならないので、あるいは課題終了後に内省という形で自身の行為を省みるので、課題設定や評価の同時記録が困難である。したがって、より客観的な評価手法の開発も望まれると考えられる。

本研究では、これらを鑑み、VR 技術使用時の使用者の脳内血流に着目し、VR 使用時に感覚情報を変化させると脳内血流がどのように変化するかを計測し、この生理計測が官能評価に置き代わりうるかを検討した。また、それらの結果から、VR 技術の高い身体性実現に必要な要素を提案した。ここで本研究では、VR 技術

*1 (株)本田技術研究所

*2 名古屋工業大学

*3 金沢工業大学

*1 Honda R&D Co., Ltd.

*2 Nagoya Institute of Technology

*3 Kanazawa Institute of Technology

使用時の高い身体性の獲得とは、自分自身の動きでないような、まるで使用時に他の媒体が介入したような道具使用感でなく、VR 技術そのものが使用者の手とあたかも一体化した作業感覚を得ることとし、操作「実感」に焦点を絞る。

2 実験

2.1 被験者

被験者は実験についてインフォームドコンセントを書面で得た成人男性 5 名であり、全員 22 歳であった。利き手はどの被験者も右手であり、過去において脳に損傷歴や疾病歴を持っていない健常者である。人種はモンゴロイドである。

2.2 実験ツールとしての VR ハサミ

実験に用いた道具には、次に述べる理由からハサミを選んだ。1. 身近な道具であり誰もが使用した経験があるため、2. 操作中にフィードバックが持続するため（ハンマー打撃のように瞬間的でない）、3. 予測と結果の比較の操作であるため、4. 途中結果は最終目標の過程であるため(goal-orientedな作業は一般的である)、そして、5. 多くの道具のように作業—one道具—外界のダブルインタラクションを形成するためである。

作業課題は、作業中に生じる感覚情報のみは変化させるが作業内容は質的に等価とするために、以下のように 4 水準設定した。すなわち、現実のハサミで紙を切断する課題、VR ハサミで VR 紙を切断する課題、またその課題に切断音と振動触覚信号を加えた課題、4 つ目は切断作業を見るだけの課題である（図 1）。

現実ハサミ課題——着座した被験者の前に、ロール紙（幅 210mm、全長 200m）が置かれ、被験者は左手でロール紙を手繰って紙を引き出し、右手に持ったハサミ（Zwilling J. A. Henckels 社製 Cool -Cut -Series, 日本）で中央部を切断し続ける課題である。

VR ハサミ課題[8]——着座した被験者の前に 19inch モニターが置かれ、スタイラス（Polhemus 社製 StyLus, USA）を持った左手で CG（computer graphics）の紙を引き寄せ、センサーグローブ（Immersion 社製 CyberTouch, USA）をはめた右手を開閉させることで、CG の紙を CG のハサミで切断する課題である。現実の両手の動きは磁気センサ（Polhemus 社製 3SPACE FASTRAK,



図 1 実験課題：左) 現実ハサミ課題、中央) 両 VR ハサミ課題、右) VTR 監視課題

Fig. 1 Experimental task configuration: (left) real scissor cutting-task, (mid.) both VR scissor cutting-tasks, (right) VTR observational task

USA) によって検出され、それらのデータはコンピュータ処理によって手、ハサミ、紙の動きの CG として描画される。手の動きに合わせた環境変化の演算速度と描画速度は計 20fps であった（実測値）。モニターに映し出された CG のスケールは、予め別の被験者群における予備実験で印象上、現実ハサミと違和感の生じない大きさに調整した。

聴触覚付加（multimodal）VR ハサミ課題[9]——前述の VR ハサミ作業中に、予め録音しておいた現実切断作業での切断音をセンサーグローブの開閉に合わせて再生し、かつセンサーグローブの指部背面に備えられた振動子が切断中に振動し擬似的な切断感覚となる。これら付加的な聴覚、触覚情報は予め別の被験者群における実験で行なった官能評価試験で最適な実感を模擬できた信号強度、種類に調整した。具体的には、刃の長さ、材質の異なる 7 種類のハサミに対して評価を行い、最も評価の高かった刃のやや長いステンレス製ハサミの切断音を使用した。また、振動を与える部位および強さのパターンを複数設定し評価を行い、親指と人差し指に十分感じられる強さの振動を、手の平にやや弱い振動を与えることとした。

VTR 監視課題——他人が現実環境で切断作業をしているのを録画した VTR 再生画面を監視する課題である。その映像は実際の切断作業をしている最中の作業者の視点に近い位置から撮影したものである。

なお練習も兼ねた先行実験として、同じ被験

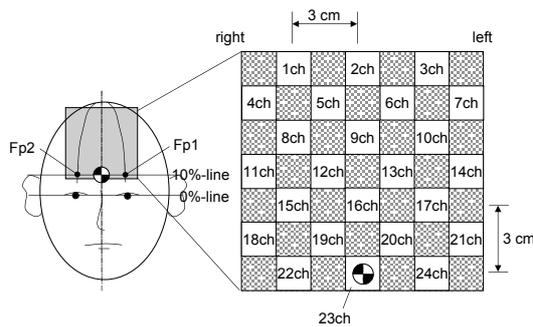


図2 国際10-20法に基づいたNIRSプローブ配置

Fig. 2 Measuring probe arrangement of NIRS based on the International 10-20 system

者5名に対して各課題を試行してもらい、各被験者に「実感」の順序を官能評価してもらったところ、全ての被験者が示した「実感」の順はVTR 監視課題<VR ハサミ<聴触覚付加 VR ハサミ<現実ハサミであった。

2.3 NIRS (Near Infrared Spectroscopy)での計測

NIRSは光学的原理を用いるので非侵襲的な脳機能計測に用いられている[10]。脳組織が活動するには酸素と糖が必要であるので、活動部位に動脈血が供給され組織の血液量が増加する。すなわち、その組織では局所的に酸化ヘモグロビンが増加する。酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンは光吸光度が異なるので、脳の外部から光を照射し脳からの散乱光を検出すると、脳内のそれぞれの血行動態を観測することができる[11]。本実験で用いたNIRSは24チャンネルを有し、サンプリング周波数は10Hzである(日立メディコ社製ETG-100, 日本)。

一般に後頭部は視覚を、側頭部は聴覚を、頭頂は運動を、そして前頭部は高次脳機能を司ると考えられているので、ここでは計測部位を前頭部とした。脳波電極の配置基準である国際10-20法[12]を参照して、24チャンネル分の計測ポイントを配置した(図2)。

2.4 実験手順

4つの課題それぞれについて、一試行あたり、

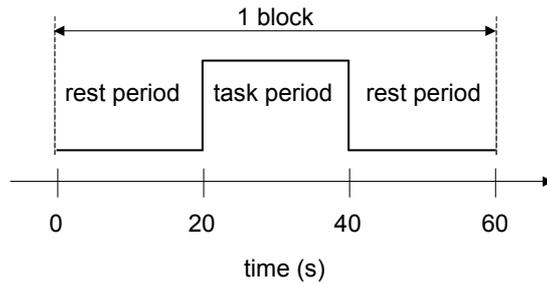


図3 実験プロトコル：1課題あたり10回繰り返される。各開始は口頭で被験者に伝えられる。ブロック間隔は2-3minである。

Fig. 3 Experimental protocol : this block was replicated 10 times. Each onset was informed to the subject orally. The intervals of blocks were 2-3 min.

20s間の閉眼安静の後、続けて課題を20s間行ない、その後続けて閉眼安静を20s間行なう実験ブロックを10試行繰り返した(図3)。試行と試行の間は2~3min設けた。別の課題提示は日を変えて行なったが、実験開始時刻は被験者ごとに同時刻とした。これは概日リズム[13]による影響を除くためである。課題提示順は被験者ごとに異なり、ランダムである。なお、NIRS計測において、日を変えても同一課題、同一被験者についてデータは再現されている[14]。また、現実ハサミ実験、両VRハサミ実験ともに、被験者が十分にその作業に慣れたという印象を得た後で行なわれた。

3 実験結果

3.1 解析方法

NIRSから得られる血行動態の変化データには原因不明のドリフト成分が生じる。このドリフト成分を除去するために、NIRS研究における先行研究を参考とした[15]。すなわち、試行開始10~20s間と50~60s間の酸化ヘモグロビン変化と還元ヘモグロビン変化それぞれを平均し、これらの平均値を新たに時系列上15sならびに55sの値とみなす。そしてヘモグロビン変化軸と時間軸からなる2次元座標系で上記の2点を結ぶ直線を引き、その基線に対するヘモグ

ロビン変化量の差分を新たなヘモグロビン変化量とした。また、変化量の数値化については、0~20s 間のそれぞれのヘモグロビン変化量の平均値を安静区間の変化量とし、20~40s までのそれぞれのヘモグロビン変化量の平均値を作業区間の変化量と定義した。この安静値と作業値は一実験水準あたり 10 組算出される。これらの値を用いて、作業中の両ヘモグロビン変化が安静中に対して有意に変化したかどうかを対応ある両側 t 検定で判定した。また、還元ヘモグロビン変化、負の酸化ヘモグロビン変化については未だその解釈が論争中であるので、近年の研究[16-18] にならない、ここでは正の酸化ヘモグロビン変化 (ΔC_{oxy}) のみに着目する。

3.2 現実ハサミでの脳活性

図 4 は現実ハサミ課題時で得られたデータの被験者 1 名の一例である (10 試行分の平均)。太線は酸化ヘモグロビンの変化量を示し、細線は還元ヘモグロビンの変化量を示す。図中の上下の矢印は安静区間に対して作業課題区間の血流変化が有意であったことを示す。チャンネル配置中の下段 2 列に属する ch18~ch24 の下では、前頭筋、眼輪筋、皺眉筋などの筋群の緊張によって皮膚の厚み変化が生じ、その結果、皮膚下組織内の血行動態が変化しデータにはノイズが含まれていると考えられる。したがって、ここでは ch1~ch17 までの計 17 チャンネルに着目する。

被験者全員に共通して正の酸化ヘモグロビン変化傾向を見せたのは ch14 と ch17 の 2 チャンネルのみであった。NIRS はその計測の性質上、空間分解能が低いので ch14 部と ch17 部の脳が活性化しているとは断定できないが、この 2 チャンネル近郊に活性化部位があると思われる。この部位は左半球の前頭前野であり、このことは感覚入力や運動出力は対側の脳半球が関与するという、これまでの知見と一致する [例えば、19, 20]。すなわち、被験者は右手で作業をしていたので、その反対側である左半球で活性化が見られた。また、作業中はハサミ開閉の運動出力とフィードバック情報の受容器からの感覚入力が生じているので、運動と感覚情報の統合化を司る前頭前野の活性化が観測された。このことは従来の神経科学的な知見と一致する [例えば、21]。一方、VTR 監視課題では全被験者

に共通した活性化部位は観測されなかった。すなわち、現実ハサミ課題で活性化した ch14 部と ch17 部は、作業に関する運動も感覚も生じない VTR 監視課題では活性化しなかった。

このように神経科学的な知見と合わせて、前被験者を総じて ch14 部と ch17 部でのばらつきの大きさを比較した結果、ch17 部がより活性化している部位に確率上近いと本研究では判断した。この活性化した部位をさらに特定するには新たにプローブ配置をこの部位に周辺に設定すれば同定できると思われるが、以降この ch17 部の振る舞いに着目した。

3.3 VR ハサミでの脳活性

全被験者に関して、各 VR ハサミ使用時に共通した活性化部位は観測されなかった。現実ハサミ課題で活性化を示した ch17 部の血行動態を調べることとした。この ch17 での作業中の酸化ヘモグロビン変化量を全被験者に渡って算術平均を行なった。それらの大きさの差は課題違いによることが示唆された ($F(3,12)=6.712$, $p<0.01$, ANOVA による)。その結果を図 5 に示す。

図 5 から、現実ハサミで活性化した脳部位で、VR ハサミ使用時は VTR 監視課題と比較して大きな血流変化を示していることから、脳内活動が盛んであることが示されている。さらに聴触覚付加 VR ハサミの方が、視覚のみにたよる VR ハサミよりも血流変化が大きく、脳内活動がより盛んであることが示されている。なお、ch14 部でも同様の結果が見られたが、他の部位では共通性を見いだすことはできなかった。

この血流変化の順序は小さいものから、VTR 監視<VR ハサミ<聴触覚付加 VR ハサミ<現実ハサミであり、この順序は先行実験での官能評価が示した「実感」の順である。血流量の大きさは、脳内の情報処理活動度合いを表わすと考えられている。一方、本実験では、同じく VTR 監視<VR ハサミ<聴触覚付加 VR ハサミ<現実ハサミの順に作業時のフィードバック情報が増していることも明白である。したがって、本結果は、「実感」を得るには豊富な作業フィードバック情報と運動感覚を統合化させる脳内情報処理が必要であることを示唆している。なお、全被験者を通して現実ハサミ課題で ch17 部が共通して活性化した部位であるという統計

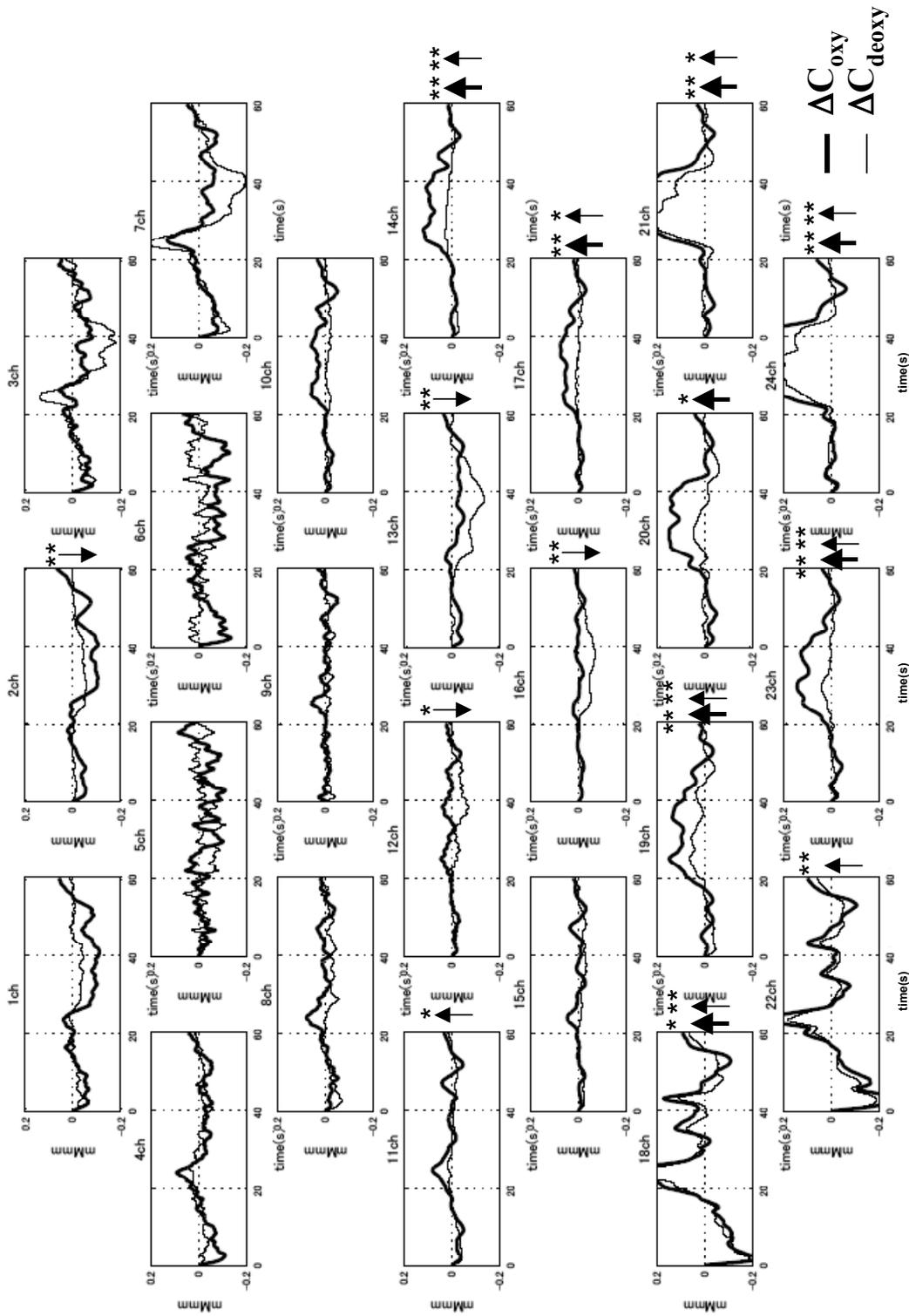


図4 計測結果の一例(現実ハサミ課題)： ΔC_{oxy} 、 ΔC_{deoxy} はそれぞれ酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの変化量。縦軸は両ヘモグロビン変化量、横軸は時間軸。*、**は有意水準5%、1%。

ここでは血行動態を理解しやすくするために0.3Hzのローパスフィルタを施している。
 Fig. 4 Result (real scissor cutting-task) : ΔC_{oxy} , ΔC_{deoxy} mean oxygenated hemoglobin change, deoxygenated hemoglobin change respectively. Vertical axis means both hemoglobin changes, horizontal is time axis. * and ** mean significant level of 5% and 1% respectively. Here, these data were 0.3Hz low-pass filtered to better understanding hemodynamics.

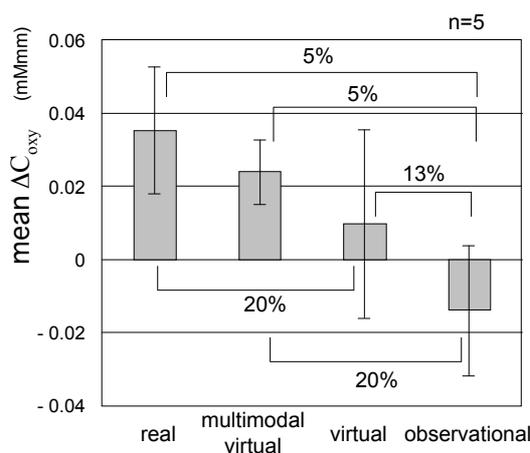


図5 ch17での課題比較：全被験者の課題実行時の酸化ヘモグロビン変化量 (ΔC_{oxy})の平均値。図中の%数値は有意水準を示す(分散分析, Ryan 法多重比較による)。フィードバック情報が豊富なほど血流変化が大きい。この大小関係は官能評価「実感」の順に相当する。

Fig. 5 Comparison between tasks at ch17 : mean oxygenated change (ΔC_{oxy}) of all subjects while executing tasks. The numbers with % mean significant level (by ANOVA, multiple comparisons, Ryan's method). More rich feedback information. greater hemodynamic change. This order corresponds to subjective feeling 'reality'.

であり 5%有意ではなかったが、この原因は、ばらつきの多さや統計検定量の低さが、被験者数が5名で少ないかもしれなかったということと、解剖学的に頭蓋骨の形状が被験者間で同一でないということであろう[22]と思われる。

4 考察

パプロフの古典的条件付けとして、同時条件付け、あるいは遅延条件付けでは刺激に対する学習が強化される[23]ことが知られる。また、運動プログラムや認知過程のような一まとまりの意識活動の持続時間の上限はおよそ3秒であり、3秒以内に起こる事象を1つの心理的ユニットとして神経系は捉えている[24, 25]ことが知られている。

本実験におけるVRハサミ使用時の聴触覚VR情報(フィードバック感覚)は作業課題とほぼ同時に、実際のはさみ使用時とは異なる部位(指の甲, スピーカ音源)から提示されるが、被験者の脳神経は作業とこれらの情報との関連付けを自動的に模索, 形成しているものと思われる[26, 27].

このことは次のことを示唆している。すなわち、脳への情報入力と運動出力は自動的に学習強化される。そこで操作している道具が身体の延長となり身体性を向上させるためには、あるいは身体性を維持するためには、作業に適切な感覚情報が必要であるということである。この脳内の情報処理の結果は、“実感”または“現実感”という高いリアリティの感覚を生み出す。またこの実感度合いは、運動出力と統合化される感覚情報入力の豊富さと相関がある。このことは実感という主観的評価が脳内血流なる生理量で表記できる可能性を示唆している。

本研究結果はさらに、本来の現実作業とは異なる感覚情報でもってしても、運動とほぼ同時に感覚情報が生じればリアリティを感じる要素につながると示している。これはVRはもちろんのこと、複合現実感(mixed reality)や拡張現実感(augmented reality)という現実世界への付加情報[例えば, 28]によって新しいヒューマンマシンインタフェースを構築することが可能であることを裏付けていよう。もちろんこの場合、どのような感覚情報を呈示するかは、脳は一定時間内に生じる情報を自動的に統合化してしまう性質があるので、また、脳はあいまいな情報を嫌う[29]ので、運動と同時に呈示する感覚情報は作業目的に応じて、例えば作業成績に着目するなど十分に考慮する必要があると思われる。

5 まとめ

作業中に生じるフィードバック情報量を操作するためにVR技術を用いて同質作業環境を作成し、右手作業中の作業者の脳内血流をNIRSを用いて計測した。その結果、運動と感覚情報の統合を司る前頭前野の左半球の活性化が確認され、また感覚情報の量とその活性化度合いが相関を示し、主観評価なる「実感」の順に対応することを観測した。

参考文献

- [1] J. Goodall : In the shadow of man, revised edition, Houghton Mifflin, Boston, 1988.
- [2] D. A. Norman : Cognitive engineering. In: D. A. Norman, S. W. Draper, (Eds.), User Centered System Design. Lawrence Erlbaum, New Jersey, pp.31-61, 1986.
- [3] A. N. Leontyev : Activity, consciousness, and personality. Prentice Hall, New Jersey, 1978.
- [4] A. Iriki, M. Tanaka, Y. Iwamura : Coding of Modified Body Schema during Tool Use by Macaque Postcentral Neurons, *Neuroreport*, pp.2325-2330, 1996.
- [5] 篠田裕之, 高橋秀智:「触・力覚情報の処理と呈示」特集, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.1, 2006.
- [6] 橋本悠希, 大瀧順一郎, 小島稔, 永谷直久, 三谷知靖, 宮島悟, 山本暁夫, 稲見昌彦: Straw-like User Interface: 吸飲感覚提示装置, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.2, pp.339-346, 2006.
- [7] 舘 日章 監修・編: バーチャルリアリティの基礎 1~4, 培風館, 2000.
- [8] 久保谷太亮, 舟橋健司, 伊藤英則, 岩堀祐之: 仮想はさみを用いた手による紙の切断システム, 日本バーチャルリアリティ学会第 9 回大会講演論文集, pp.165-168, 2004.
- [9] 久保谷太亮, 舟橋健司, 伊藤英則, 岩堀祐之: 仮想はさみシステムにおける切断効果音による臨場感に関する実験, 日本バーチャルリアリティ学会第 10 回大会講演論文集, pp.137-138, 2005.
- [10] H. Eda, I. Sase, A. Seiyama, H. C. Tanabe, I. Imaruoka, Y. Tsunazawa, T. Yanagida : Optical Topography system for multi-purpose measurements, *Proceedings of Inter-Institute Workshop on In Vivo Optical Imaging at the National Institute of Health*, pp.26-27, 1999.
- [11] 佐藤大樹, 牧敦: 光による脳機能イメージング: 光トポグラフィ, *認知科学*, Vol.12, No.3, pp.296-307, 2005.
- [12] G. H. Klem, H. O. Luders, H. H. Jasper, C. Elger : The ten-twenty electrode system of the International Federation, *The International Federation of Clinical Neurophysiology. Electroencephalogr Clin. Neurophysiol, Suppl.* 52, pp.3-6, 1999.
- [13] J. Aschoff : Circadian rhythms in man, *Science*, 148, pp.1427-1432, 1965.
- [14] H. Sato, M. Kiguchi, A. Maki, Y. Fuchino, A. Obata, T. Yoro, H. Koizumi : Within-subject reproducibility of near-infrared spectroscopy signals in sensorimotor activation after 6 months, *Journal of Biomedical Optics*, 11(1), pp.14021-1-14021-8, 2006.
- [15] M. Okamoto, H. Dan, K. Shimizu, K. Takeo, T. Amita, I. Oda, I. Konishi, K. Sakamoto, S. Isobe, T. Suzuki, K. Kohyama, I. Dan : Multimodal assessment of cortical activation during apple peeling by NIRS and fMRI, *NeuroImage*, 21, pp.1275-1288, 2004.
- [16] H. Sato, Y. Fuchino, M. Kiguchi, T. Katura, A. Maki, T. Yoro, H. Koizumi : Intersubject variability of near-infrared spectroscopy signals during sensorimotor cortex activation, *Journal of Biomedical Optics*, 10(4), pp.044001-1-044001-10, 2005.
- [17] S. Tsujimoto, T. Yamamoto, H. Kawaguchi, H. Koizumi, T. Sawaguchi ; Prefrontal Cortical Activation Associated with Working Memory in Adults and Preschool Children: An Event-related Optical Topography Study, *Cerebral Cortex* 14, pp.703-712, 2004.
- [18] F. Homae, H. Watanabe, T. Nakano, K. Asakawa, G. Taga : The right hemisphere of sleeping infant perceives sentential prosody, *Neuroscience Research*, 54, pp.276-280, 2006.
- [19] H. Distel, W. Fries : Contralateral Cortical Projections to the Superior Colliculus in the Macaque Monkey, *Experimental Brain Research*, 48, pp.157-162, 1982.
- [20] A. P. Shimamura : The role of the prefrontal cortex in dynamic filtering, *Psychobiology*, 28, pp.207-218, 2000.
- [21] 澤口俊之: 脳科学シリーズ 20. 前頭葉の機能, *脳床科学*, 34(3), pp.390-401, 1998.
- [22] M. Okamoto, H. Dan, K. Sakamoto, K. Takeo, K. Shimizu, S. Kohno, I. Oda, S. Isobe, T. Suzuki, K. Kohyama, I. Dan : Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10-20 system oriented for transcranial functional brain mapping, *NeuroImage*, 21, pp.99-111, 2004.
- [23] 板野登: 心理学研究法 3 実験 II, 荻坂良二(編), 東京大学出版, pp.181-208, 1973.
- [24] E. Pöppel : A Hierarchical Model of Temporal Perception, *TRENDS in Cognitive Sciences* 1, pp.56-61, 1997.
- [25] E. Pöppel : Lost in Time: A Historical Frame, Elementary Processing Units and the 3-Second Window, *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 64:, pp.295-301, 2004.

[26] E. von Holst, H. Mittelstaedt : Das Reafferenzprinzip. (Wechselwirkungen zwischen Zentralnervensystem und Peripherie), Naturwissenschaften, 37, pp.464-476, 1950.

[27] H.-L. Teuber : Perception.. In: J. Field, H. W. Magain, V. E. Hall (Eds.) Handbook of Physiology – Neurophysiology III. American Physiological Society, Washington, pp.1595-1668, 1960.

[28] 横矢直和, 竹村治雄 : 「複合現実感3」特集, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.3, 2006.

[29] M. Hsu, M. Bhatt, R. Adolphs, D. Tranel, C. F. Camerer : Neural systems responding to degrees of uncertainty in human decision-making, Science, Vol.310, pp.1680-1683, 2005.

(2006年8月15日受付)

[著者紹介]

谷田 公二 (非会員)



1992年同志社大学大学院工学研究科修了, 同年(株)本田技術研究所入社, 現在に至る. 自動車開発に関する研究に従事. 博士(工学).

舟橋 健司 (正会員)



1998年名古屋大学大学院情報工学専攻修了, 同年名古屋工業大学助手. 同大講師を経て, 2005年助教授, 現在に至る. バーチャルリアリティ, コンピュータグラフィックスに関する研究に従事. バーチャルリアリティ学会, 電子情報通信学会, 日本生体医工学会, IEEE各会員. 博士(工学).

近江 政雄 (非会員)



大阪大学基礎工学部生物工学科卒業. 東京工業大学工学部像情報工学研究施設助手, カナダ・オンタリオ州宇宙地球科学研究所研究員, ヨーク大学(トロント)心理学科助教授等を経て, 1994年金沢工業大学教授, 現在に至る. 人間の空間情報処理メカニズム, 人間の感性情報メカニズム, 作業中の人間の認知行動負荷に関する研究に従事. 工学博士.

楠見 昌司 (非会員)



1983年関西大学工学部機械工学科卒業, 同年(株)本田技術研究所入社, 現在に至る. 自動車開発に関する研究に従事.