

高齢者のストレスレス・ネットワークアクセスを実現する 感覚運動オーグメンテーション技術の研究開発 (061307006)

Sensory-motor augmentation to realize stress-less network access for aged people

研究代表者

大須 理英子 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

Rieko Osu Advanced Telecommunications Research Institute International (ATR)

研究分担者

井ノ上 直己[†] 里宇 明元^{††} 辻 哲也^{††} 藤原 俊之^{††}

松本 真以子^{††} 石川 愛子^{††} 黒川 真希子^{††} 長田 麻衣子^{††}

Naomi Inoue[†] Meigen Liu^{††} Tetsuya Tsuji^{††} Toshiyuki Fujiwara^{††}

Maiko Matsumoto^{††} Aiko Ishikawa^{††} Makiko Kurokawa^{††} Maiko Osada^{††}

[†]株式会社国際電気通信基礎技術研究所

^{††}学校法人慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室

[†]Advanced Telecommunications Research Institute International (ATR)

^{††}Department of Rehabilitation Medicine, Keio University

研究期間 平成 18 年度～平成 20 年度

概要

高齢者にとってインターネットアクセスはストレスであり、デジタルデバイドを誘発する。主因は感覚器と運動器の衰え（老眼、振戦）である。ユーザの意図をくみ、「見たいところがよく見え、思った通り操作できる」感覚運動オーグメンテーションが望まれる。そこで、運動軌道、視線、脳活動、生理指標などを利用し、注意を向けた部分を拡大表示するコンテンツ側からの支援と、カーソルの動きを意図通りに変換する運動器の支援を、ストレスレベルなどを誤差信号に適切に学習するインターフェースの基礎技術を研究する。これにより感覚運動障害を患っても快適でアクティブなインターネットアクセスを実現し活力ある高齢化社会に貢献する。

Abstract

Stressful access to internet induces digital divide for aged people. The primary reason of the stress is the deterioration of sensory and motor system with age and disorder. The system is required that catch the intention of an aged user and augment the user's sensory input and motor output. This research explores the interface that support sensory input by magnifying the visual contents on which the user pays attention, and support the motor output by filtering device movements using the information such as movement trajectory, gaze direction, brain activity, physiological signals etc. This would realize aged people's easy access to internet, and contribute to the aging society full of vitality.

1. まえがき

本研究課題では、高齢障害者の感覚運動オーグメンテーション技術のための要素技術を研究し、プロトタイプを提案することを目的とした。要素技術としては、「非侵襲脳機能計測装置を用いてユーザの意図を推定すること」、「脳活動からのストレスレベル推定の可能性を検討すること」、「意図の実現をサポートする手法を提案すること」について実験的研究開発を実施し、プロトタイプとしては、脳活動によりテレビ番組表からみたい番組を選択するシステムを提案した。

2. 研究内容及び成果

脳活動からユーザの意図を推定する一例として、NIRS（近赤外分光法）信号において、一次運動野を中心とした複数のチャンネルを組み合わせることで、一試行ごとに手指の把持力を予測することを試みた。推定には酸化ヘモグロビン濃度を使用し、時間方向についてはチャンネルを固定とし線形回帰をおこなった。計測した 24 チャンネルの組み合わせの全探索を行うことは計算時間が膨大にかかるため（25 年）、現実的ではない。そこで、得られた組み合わせ候補の回帰の決定係数により組み合わせを選別する Brute force 法と、スパース推定法によるチャンネル選

択を試みた。Brute force 法では、全探索よりははやいものの、10 時間程度の計算時間がかかった。スパース推定法では、変分ベイズ法を用いてパラメータを自動選択するものを使用し、計算時間は 1 時間程度であった。スパース推定法で選ばれたチャンネル数は 3～6 程度で、Brute force 法の 6～10 程度より少なく、より効率よく再構成される。これらは力を発生した手の対側半球に分布しており、生理学的にも妥当な位置が選択されている。交差検定におけるテストデータの決定係数を比較すると、スパース推定法は、Brute force 法および全チャンネル使用時より有意に高かった。スパース推定では、もっとも良い場合で決定係数が 0.73 であり、計算時間だけでなく、推定精度においても他の手法より勝ることが判明した。

意思決定をする際に、必要な情報が十分に得られないと、ストレスを感じるが、情報が多すぎても無駄である。脳活動から情報ストレスの度合いを推定する可能性を探るため、運転操作という比較的限定された場面で、視覚情報が十分である場合とそうでない場合の脳活動を検討した。交差点での右折時、対向車で視界がさえぎられている場合と、同じ状況だが補助カメラでさえぎられた部分の情報が与えられる場合を比較した。その結果、不安感に関わる島及

び扁桃体の活動が、支援画像により抑制される一方、見通しのよい場合は、抑制は観察されなかった。支援画像がある場合は、視覚野がより多く活動し、視覚情報処理に負荷がかかることが示された。これらの結果は、島や扁桃体の活動をモニターすることで、十分な情報があり安心して判断しているのか、不安なまま判断しているかを評価できることを示す。しかし、島や扁桃体は脳の奥深くにあるため、脳波や NIRS で活動を直接的にモニターすることは難しい。今後は島や扁桃体の活動を反映し、脳波や NIRS、もしくは生体信号で検出可能な指標を検討する必要がある。

脳からの指令の最終形態である筋電図を読み取り、増幅することで、意図通りの運動をサポートすることを試みた。筋を電気刺激することで筋を収縮させ、動きを生成することが可能であり、麻痺手の筋電図を増幅する電気刺激を筋に与えることで、自発的な運動をサポートすることが可能となる。筋電導出電極と電気刺激電極が一体となった装置を、手を開く筋（指伸筋）に装着した。障害があると、手を開くことが困難となる場合が多いが、本装置により、つかんだものを放す動作が可能となった。さらに、麻痺手の筋電図が観察されないような場合にも適用できるように、非麻痺側の筋電図を読み取り、それに比例した電気刺激を麻痺側に与える装置を開発した。これにより、重度片麻痺でも、両手動作をサポートすることが可能となる。脳卒中片麻痺患者の指伸筋に対して実施した結果、手指の自発運動の発現向上といった機能回復の傾向も観察された。入力を筋電図から NIRS や脳波に切り替えることで、脳活動から運動をサポートすることが可能である。

高齢運動障害者の手先軌道から意図した成分を抽出するため、脳卒中片麻痺患者の麻痺上肢の運動軌道を計測した（図 1）。麻痺上肢を動かす際、6 から 10Hz の成分が健常者より大きかった。振戦に起因すると思われる成分は軌道にカットオフ周波数 8Hz のローパスフィルタをかけることで低下するが、麻痺肢特有の軌道の動揺成分はとりきれられていない。カットオフ周波数を 2Hz にすると、健常者に近い滑らかな軌道になる。この軌道が、実際に患者が意図していた動き（計画軌道）に近いと予測される。障害が比較的軽度な患者においては、カットオフ周波数の低いフィルタでは随意的な動きの成分も取り除いてしまう可能性があるで、症状や動きにあわせた設定が必要である。

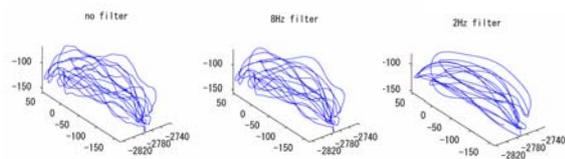


図 1 高齢運動障害者の運動軌道。

左は、脳卒中片麻痺患者が、麻痺上肢でペグを持ち、身体の前で左右に動かしたときのペグの軌道を示す（単位 mm）。中、右は、その軌道にそれぞれカットオフ 8Hz、2Hz のローパスフィルタをかけたもの。

プロトタイプの一例として、脳波を用いて被験者の意図を推定し、テレビ番組表から見たい番組を選択するシステムを設計した（図 2）。被験者は、画面上のテレビ番組表のうちで見たい番組に注意を向けるようにする。まず、番組表のうち各放送局の色がランダムに強調表示される。そのときの脳波から見たい番組の放送局が選択される。その後、選択された放送局の中で各番組が反転し、番組が選択される。見たい番組の反転に時間的に対応し、事象関連電位が発生するため、そのときの脳波の特徴を検出することで、注目していた番組を推定することが可能となる。推定にあたっては、事前に被験者ごとに正解を与えたトレーニング

データセットを取得し、判別器を学習する。判別器の学習には、ベイズ線形判別解析を使用した。4つの番組を正解としたトレーニングデータセットで本システムを評価した。信号の精度が良くないチャンネルを除いた 63 チャンネルで推定を行った結果、85%の精度で見たい放送局および番組を検出することができた。チャンネル数を 16 に絞った場合は 82.5%、8 に絞った場合は 80%、4 に絞った場合は 75%の正答率であった。

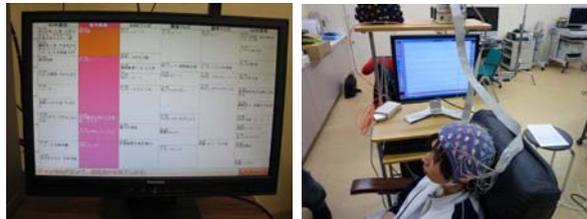


図 2 脳波によるテレビ番組選択システム。

被験者は画面の番組表のうちのひとつの番組に注目し、その番組が強調表示される回数を数える。1 ランは連続する 6 ブロックからなり、各ブロックで各放送局または番組が 1 回ずつ 250 ミリ秒間ランダムに強調反転する。

3. むすび

ICT 社会の発展は著しいが、すべての人がそのメリットを享受しているわけではない。逆に、情報にアクセスできる人とそうでない人との間の格差が生じ、デジタルデバイドは今後ますます深刻な問題となると予測される。本研究開発を通じて、脳活動を利用して高齢者や障害者の情報アクセスをサポートするという、新しいサービス、次世代インターフェースの可能性が開かれることを期待する。

【誌上发表リスト】

- [1] Fujiwara T, Kasashima Y, Honaga K, Muraoka Y, Tsuji T, Osu R, Hase K, Masakado Y, Liu M, “Motor improvement and corticospinal modulation induced by hybrid assistive neuromuscular dynamic stimulation (HANDS) therapy in patients with chronic stroke”, *Neurorehabilitation and Neural Repair* Vol.23 No.2 pp125-132 (2009/2)
- [2] Callan A, Osu R, Yamagishi Y, Callan D, Inoue N, “Neural correlates of resolving uncertainty in driver's decision making”, *Human Brain Mapping*, (in press)
- [3] Nambu I, Osu R, Ando S, Sato M, Kawato M, Naito E, “Single-trial reconstruction of finger-pinch forces from human motor-cortical activations measured by near-infrared spectroscopy (NIRS)”, *NeuroImage* (in press)

【申請特許リスト】

- [1] 大須理英子、藤原俊之、牛場潤一、大高洋平、リハビリテーション支援装置、日本、2007/10/16
- [2] 大須理英子、荒牧勇、大高洋平、歩行支援装置、日本、2007/11/15
- [3] 大須理英子、大高洋平、藤原俊之、太田加寿子、運動機能評価装置、運動機能評価方法、およびプログラム、日本、2008/6/2

【受賞リスト】

- [1] Franklin D, So U, Osu R, Kawato M, Best Paper Award, 14th International Conference on Neural Information "Conflicting Visual and Proprioceptive Reflex Responses during Reaching Movements", (2007/11/15)

【報道発表リスト】

- [1] NHK 総合テレビ「スタジオパーク」にて発話の復号化実験の紹介(2006/7/26)