

脳卒中片麻痺患者の移乗支援を目的とした

瞬目情報応用に関する基礎的検討

A Basic Study of Usability of Eyeblink Information in Transfer Assistive Technology
for Hemiplegic Stroke Patient

○中島佐和子（東大） 山近友里恵（慶大月が瀬リハ） 黒木美百（慶大月が瀬リハ）

山田卓也（慶大月が瀬リハ） 伊海友雪（慶大月が瀬リハ） 佐藤満（昭和大）

泉隆（東海大） 小山博史（東大）

Sawako NAKAJIMA, Intelligent Modeling Laboratory, The University of Tokyo

Yurie YAMACHIKA, Tsukigase Rehabilitation Center, Keio University

Miho KUROKI, Tsukigase Rehabilitation Center, Keio University

Takuya YAMADA, Tsukigase Rehabilitation Center, Keio University

Tomoyukis IKAI, Tsukigase Rehabilitation Center, Keio University

Mitsuru SATO, Dept. of Physical Therapeutics, School of Nursing and Rehabilitation, Showa University

Takashi IZUMI, Dept of Human Science and Information, School of Biological Science and Engineering, Tokai University

Hiroshi OYAMA, Graduate School of Medicine and Faculty of Medicine, The University of Tokyo

Key Words: Stroke, Higher Brain Dysfunction, Eyeblink, Transfer, Rehabilitation

1. はじめに

近年、高次脳機能障害患者を有する脳血管障害患者の数は急増しており、リハビリなどの臨床現場においては、予後や ADL（日常生活動作）自立に影響を与えることから、患者のリハビリに対するモチベーションや高次脳機能障害の状態に配慮した訓練方法の開発や日常生活支援機器の設計が求められている。一方で、瞬目に関する先行研究より、覚醒度や認知課題遂行と相関して瞬目率の増減やパターン変化が生じると報告されている⁽¹⁻³⁾。そこで当研究グループでは、これまでに、リハビリ中や日常動作中の患者の集中度や注意状態を簡易な生体計測によってモニタリングする方法を検討することを目的に、瞬目パターンを利用したペグ操作中の集中度の評価に関する予備実験や、臨床現場において計測可能な瞬目パターンと身体動作パターンの評価システムの構築を行ってきた⁽⁴⁾。本研究では、患者が自立した日常生活を送る上で必要不可欠であると同時に転倒リスクの高まる動作でもある車椅子移乗動作に着目し、これまでに構築した評価システムを用いて、身体麻痺を有する脳卒中患者の車椅子移乗動作中の瞬目パターンの計測を行った。

2. 方法

2-2 実験システム

実験システムの外観を図 1 に示す。本研究では、2 つの CCD カメラ（SNK-41D）を搭載した小型で軽量な眼球画像計測装置を試作し、加速度センサ 3 つと組み合わせた計測システムを構築した。試作した小型軽量瞬目パターン計測装置の外観を図 2 に示す。粉塵防止用メガネを改良し、こめかみ位置と右眼下方位置に CCD カメラを固定した。別途、実験タスク中の研究対象者の動作モニタリングするために、評価システム全景を撮影できる位置にビデオカメラ（Everio/ Victor 社製）を設置した。眼球画像計測装置から得られる 2 つの画像と対象者動作モニタリング用ビデオカ

メラから得られる画像はそれぞれ NTSC 形式で 30 fps とし、出力先を 4 チャンネル同時計測用画像ボード（DFG/MC4/PCIe）のうちの 3 チャンネルに接続し、Labview8.2 上の NI Vision 8.2 から読み出した。画像収録と同時に、3 チャンネル分の無線加速度センサからのデータは Bluetooth を介して取得し、画像データとの同期を得るために Labview8.2 上で計測した。無線の加速度センサ（ATR-Promotions: WAA001 と WAA006）は身体の頭部位置と胸部上部と腸骨稜の上縁部（臍位置）の 3 か所に取り付けた。伸縮素材のバンドに加速度センサを固定し、衣服の上から身体に装着した。

なお、本報告では、上記の評価システムのうち、小型軽



Fig. 1 Experimental setup for evaluating eyeblink and body movement during transfer from wheelchair to bed.

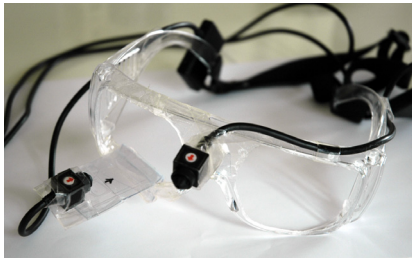


Fig. 4 Experimental apparatus for evaluating eyeblink.

量瞬目パターン計測装置に設置した右眼下方位置の CCD カメラから得られたデータを用いる。

2-3 対象者

高次脳機能障害を有する脳卒中片麻痺患者 2 名（男性，左麻痺，65 と 67 歳）を対象とした。本研究は，慶應義塾大学月が瀬リハビリテーションセンター倫理委員会にて承認された課題であり，対象者には事前実験内容に関する説明を行い同意を得た上で実験を実施した。

2-4 実験手順

対象者ごとに車椅子からベッドへの移乗操作及び移乗動作中の瞬目パターンを計測した。対象者は実験室の入り口付近から車椅子を操作して約 5 m 離れた位置に設置されたベッドまで移動する。その後，ベッドから車椅子への乗り降り準備を行いベッドへ移動する。その後，実験者からの指示に従い，再びベッドから車椅子へ乗り降り，実験室の入り口まで移動して戻る。以上の実験タスクを，適宜休憩時間を設けながら 1 人につき 5 から 6 回実施した。また，コントロール条件として，3 分間の安静状態での計測も行った。

2-5 解析方法

瞬目パターンの評価は以下の手順により行った。はじめに，一連の移乗動作タスク中に計測した右眼の RGB のカラー画像データをオフライン処理により 8 ビットのグレースケール画像に変換した。眼球領域と瞼領域を 2 値化により識別するために，画像の輝度やコントラストを調整し，閾値上を眼球領域とし閾値下を瞼領域となるような閾値（画素値）を設定した。眼球と瞼を含む画像解析領域を顔の垂直方向に設け，その範囲内の各画素値の時間変化を解析した。解析領域内で閾値を越えた画素数（2 値化後に白となった画素の数）を算出することで，瞬目の時間変化を数値化した。

3. 結果と考察

図 4 に実験結果の一例を示す。図は，対象者 A（男性，左麻痺，67 歳）の安静状態（上図）と車椅子移乗動作中（下図）に発生した瞬目波形をまとめたものである。各条件下での眼球画像データから 2.5 の解析方法により瞬目パターンを算出した上で瞬目発生領域を切り出し，対象データの中で標準化（Z スコア化）した波形として示した。図の縦軸は，切り出した各瞬目波形に対し，瞬目開始点での振幅（閾値上の画素数）を基準とした瞬目振幅の変化量である。負の変化が瞬目時の閉瞼方向を示している。

図より，安静状態と移乗動作中の瞬目波形の全般的な特徴を比較すると，安静状態時に比べ移乗動作中では特に瞬目終了時点での振幅のばらつきがやや大きい傾向がある

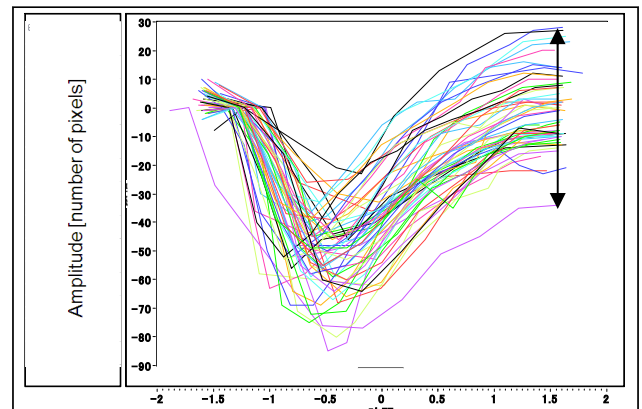
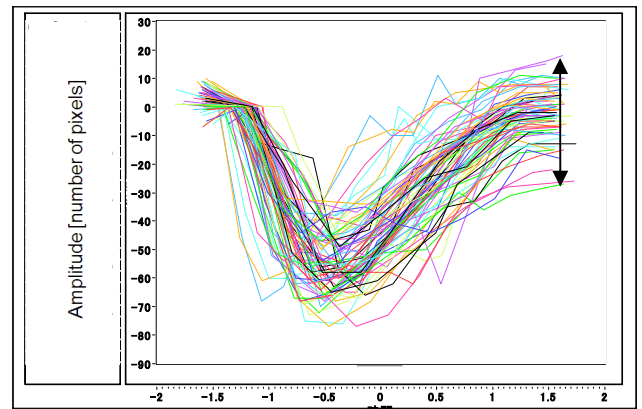


Fig. 4 Patterns of eyeblink evaluated during rest (top) and during transfer from wheel chair to bed (bottom) of subject A.

(図の矢印). 移乗動作という一連の動作を達成するためには，ブレーキ操作やフットレスト操作や乗り降り動作といったいくつかの個別の動作を上手く繋げて完了する必要があることから，ある動作から連続する次の動作に移る過程において，身体の動かし方を変更したり車椅子操作を行うための視覚的な探索が併発し，このことが瞬目波形の違いに影響を与えているのではないかと考えられる。先行研究より，認知課題の終了後に瞬目が生じるなど認知機能への注意や集中度と瞬目発生タイミングの関係性が議論されている⁽³⁾。同様にして，身体麻痺を有する脳卒中患者にとっての車椅子移乗動作においても，麻痺のある身体を動かすという負担の高い個々の動作の完了時と瞬目発生タイミングとの間に何らかの相関が見られれば，視覚的な探索による視線運動が瞬目終了付近の波形に影響を与えることを考察することができる。

4. おわりに

本研究では，脳卒中患者の車椅子移乗動作時の瞬目パターンを計測し，安静状態時の瞬目波形と比較した。その結果，特に瞬目終了付近の波形に安静状態と異なる特徴が見られた。

本報告は，高次脳機能障害を有する身体麻痺患者のリハビリ訓練効果の向上や日常生活動作の支援を目的に，集中度や注意の状態を簡便にモニタリングできる方法を検討するために行った予備実験である。得られた瞬目データを基に解析した瞬目波形の結果は移乗動作中に得られる瞬目情報の一部にすぎないが，身体動作パターンと瞬目波形の関

係や瞬目発生分布などのより詳細な分析を行うことにより、患者の集中度を見極める指標としての有用性を見出すことができれば、臨床現場でも有益な指標になると考えられる。特に、代表的な紙面回答に基づく認知機能評価法や二重課題法などと比較して画像モニタリング等により得られる瞬目情報は、リハビリ訓練と併用し易い認知機能評価法であるという点での実用性が期待できる。例えば、リハビリ訓練中の患者にとって心理的・身体的に負荷の高い状態や臨床的に危険な動作を察知する手段として用いることができれば、患者の心理状態に適した安全で効果的なリハビリ訓練の提供にも繋がるのではないかと考えられる。

今後は、対象とする脳卒中患者の麻痺の程度や高次脳機能障害の程度を分類し、瞬目特性との関係を確認していくことで、臨床現場において有用性の高い指標を構築していくことができればと考えている。

参考文献

- (1) 保坂良資，渡辺瞭，まばたき発生パターンを指標とした覚醒水準評価の一方法，人間工学，Vol.9，No.4，pp.227-236，1993.
- (2) 鎌倉快之，大須賀美恵子，井上裕美子，野口洋宏，ドライバの覚醒水準評価をめざした瞬目の分類について，自動車技術会論文集，Vol.38，No.4，pp.173-178，2007.
- (3) 田多英興，山田富美雄，福田恭介，まばたきの心理学－瞬目行動の研究を総括する－，北大路書房，1991.
- (4) 中島佐和子，山近友里恵，山田卓也，黒木美百，伊海友雪，田中智子，寺林大史，井野秀一，泉隆，山田深，大田哲生，木村彰男，高次脳機能障害を有する脳卒中患者の移乗支援に関する基礎的検討，ヒューマンインターフェースシンポジウム 2009 論文集 (DVD-ROM)

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金の若手研究 (B) (21700143) によって実施した。記して感謝する。