

## 階層メニュー探索時の瞬目

The blinks during searching the hierarchical menus

松尾 太加志(北九州市立大学文学部)

序

コンピュータ操作をはじめとして、最近の機器操作では、階層的なメニュー構造の中から必要な項目を選択する操作を強いられ、このような場面では、認知負荷がかかると考えられる。

認知負荷の測定 認知負荷は、ユーザビリティの観点からいろいろな測度で評価がなされている。質問紙などによって主観的な評価を求めるやり方から、より客観的な測度として 課題遂行時間 課題成績、生理的指標などがある。

たとえば、階層メニューの認知負荷を少なくするために、階層の深さや項目数についての検討がなされている。MacGregor & Lee(1987)は、ビデオテックスのメニュー階層に関して、読みの速度、操作の速度、コンピュータの応答時間などの要因を総合して、探索時間が最小になるのは、項目数が4～8項目程度であると報告している。また、小松原(1991)は、単層メニューにおけるグループ化について、探索時間が短くなるのは、グループ数とグループ内の項目数の積の平方根に近い値になるように両者を設定した場合だと述べている。これらのユーザビリティの評価には、探索時間が判断基準となっている。

しかし、必ずしも、認知負荷が低いことが時間が短いことにつながらない。ある作業手順で行うほうが時間が短いことがわかっていても、注意の資源が必要であったり、記憶負荷がかかったりすることがある。

また、作業課題の成績によって認知負荷の程度を検討することによっても可能であるが、必ずしも、負荷が高いと成績が低下するという単純なものではないため、課題成績だけでは認知負荷の評価は難しい。

ユーザビリティの指標として、単に作業時間が短いとか課題成績がよいといったアウトカムの指標ではなく、より直接的に認知負荷を検討することが重要である。そこで、本研究では、認知負荷の生理的指標として瞬目を利用する。

瞬目と認知過程 瞬目は、眼の保護や防衛といった生理的な反射だけではなく、認知的処理過程と関連があることが知られている。Stern, Walrath &

Golodstein(1984)は、認知的事象と関連のある瞬目を、反射や自律性の瞬目と区別して、"endogenous blink"と呼んでいる。これは、内的な認知過程に伴うもので、Stern らは認知活動を表わす有効な指標となると指摘している。とくに、分離試行課題と呼ばれる課題(福田・山田・田多, 1990)を行なった場合、与えられた課題に対する処理が終了した時点で瞬目が頻発し、処理を行なっている最中には、瞬目が抑制されることが知られている。

Fukuda & Matsunaga(1983)は、聴覚弁別課題を行なわせたときの瞬目の発生を次のように報告している。予告刺激が提示された直後から瞬目発生が徐々に抑制され、刺激提示中まで抑制が続き、刺激提示直後に瞬目が多発する。さらに、反応が終了した後に多発を示した。つまり、刺激の予期や処理の最中は瞬目が抑制され、処理が終了した時点で抑制が解除され、瞬目が多発している。これは、認知的過程に瞬目が深く関与していることを示している。

Ohira(1996)は、視覚刺激を用いた実験で、課題の困難度によって、瞬目の発生が異なることを報告している。課題は、プライミング効果を利用した単語読み上げ課題で、プライム刺激とその直後に与えられるターゲット刺激の単語を読み上げることが被験者の課題である。プライム刺激にターゲット刺激と関連のないものを提示したり、ターゲット刺激を回転文字で表示することによって、課題の困難度を操作している。その結果によると、課題の困難度が高い場合、ターゲット刺激提示直後の瞬目率が低下している。そして、低下後また瞬目率は高くなっている。つまり、与えられた課題の認知負荷が高いほど瞬目の抑制が発生している。

これらの知見は、与えられた作業課題が作業者にどの程度の認知負荷がかかっているか瞬目を通して知ることができることを示唆している。そして、分離試行パラダイムの実験によって、どの時点で認知負荷が高いかを知ることができ、階層メニュー探索時の認知負荷を知るには有効な方法である。

目的 そこで、本研究では、試行に分離して分析が可能な作業課題として、WWW ブラウザによるホームページ閲覧課題を用い、階層メニュー探索時の

どこで認知負荷が生じるのかを瞬目を指標として検討する。ホームページ閲覧は、自分の得たい情報をブラウザ画面の中から探し出し、そこをクリックするという定まったプロセスの課題となっている。そのため、探し出してクリックするという作業が一つの試行だとみなすことが可能である。このとき、特定の項目を自分で探さなければならない場合（探索条件）と常に定められた同じ項目を選択するだけでよい条件（非探索条件）を設け、瞬目の発生を観察することによって、階層メニュー探索時の認知負荷を検討する。

## 方法

### 被験者

学部大学生 10 名（男性 3 名，女性 7 名）

### 刺激・装置

**WWW ブラウザ利用環境** WWW ブラウザを利用するが、その利用環境は次のようであった。コンピュータは Macintosh IIvi (Apple 社) を利用し、モニタとしては、13 インチの専用モニタ (Apple 社製) を用いた。マウスは純正の 1 ボタンマウスを用いた。OS は、漢字 Talk7.1 で、WWW ブラウザは Netscape Ver.2.01 を用いた。Web サーバは立ち上げずに、ローカルなハードディスクに保存してある HTML ファイルを開くことで、ホームページを見る環境とした。

**ホームページの内容** ホームページは練習用と実験用を用意した。実験に用いたホームページは、北

海道の観光案内の内容で、今回の実験のために作成したものである。3 階層の構造をしており、第 1 階層には、地名メニューで北海道の 4 箇所の地名（小樽、札幌、函館、富良野）が表示されている。第 2 階層は 4 つの土地の各地の名所メニューで、それぞれ 3 箇所の名所が表示されている。第 3 階層にはその各名所の説明文が 80 字程度で掲載されている。したがって、1 ページ - 4 ページ - 12 ページという 3 階層となる（図 1 参照）。下階層のページへの移動や上の階層に戻るには、マウスクリックで行う。したがって、ブラウザのメニューやアイコンを使わずにページを移動する。練習用は、内容を映画情報とし、同じ 3 層構造で 1 - 2 - 4 という構造で作成したものをを用いた。

**瞬目検出装置** 瞬目の検出は、松尾・福田(1996)の装置とほぼ同じ装置を構築した。眼は、小型 CCD カメラ (Toshiba IK-SM43H レンズ JK-L04S 焦点距離 4mm) を用いて撮影した。カメラと眼球の位置がずれないように、防塵用の透明ビニール製ゴーグルを装着し、その右枠部分に金属製の細長の板を取り付け、その先端にカメラを取り付け、被験者の眼を撮影することとした。なお、照明光の反射を避けるため、ゴーグルの透明パネルははずして行なった。

WWW ブラウザ利用時のページの切り替えを検出するために、ホームページの上部に横長のバーを提示するようにした。このバーは、第 1, 3 階層では黒に、第 2 階層では白とし、ページが変わるたびに、白黒の反転が生じるようにした。コンピュータ

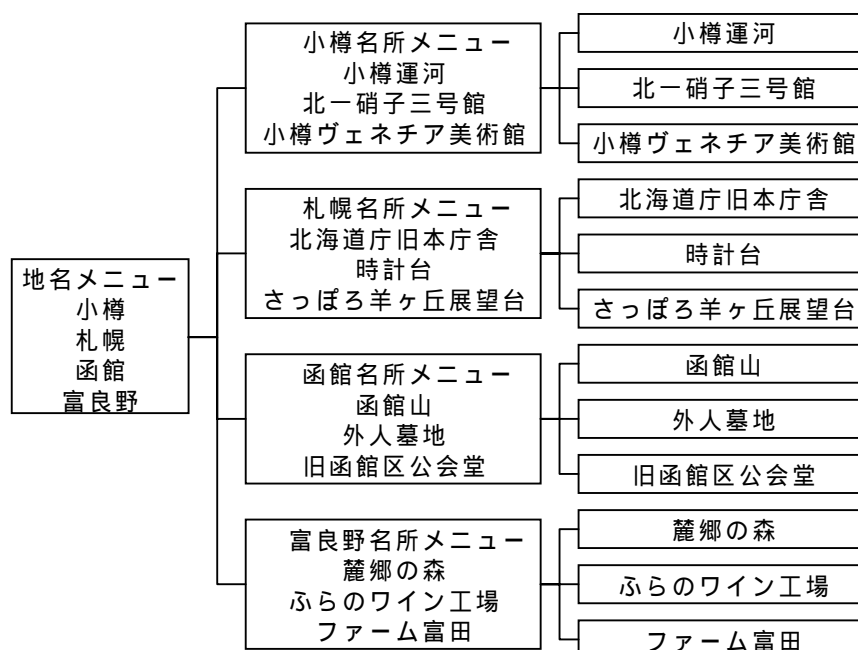


図 1 実験に用いたホームページの階層構造

の画面はビデオカメラ(SONY CCDTRV20PK)で撮影した。このコンピュータ画面の上下反転映像と被験者の眼の映像をビデオミキサ(Futek Videonics MX-1)によって合成し、ビデオデッキ(Victor SR-S365)に録画した。録画した映像は、計測ユニット(浜松ホトニクス Percept scope C3160)を利用して、映像を2値化した。2値化されたデータから、ページの切替えの部分と、被験者の眼の上瞼の変位データを検出させた。このデータをコンピュータ(NEC PC9821Xn)に取り込んだ。データ取り込みのソフトウェアは、松尾・福田(1996)が利用したものを用いた。

#### 実験条件

下階層のページに移動する場合、地名や名所を被験者が探してクリックする条件(探索条件)とページの最下部に常時表示した「NEXT」というアイコンをクリックする条件(非探索条件)の2つを設けた。前者は、自分で次の項目を探す必要があるが、後者ではどの段階においても、常に同じ「NEXT」アイコンをクリックすればよい条件である。上階層に戻る場合、探索条件では、「戻る」という項目をクリックし、非探索条件では「NEXT」アイコンをクリックする。

#### 手続き

被験者は、実験の概要の説明を受けたあと、ゴーグルとカメラを装着された。被験者には、ホームページの構造とそれを順番にたどりながら音読してい

く課題であると教示した。まず、練習用のホームページで練習を行なった後、実験用のホームページを操作した。被験者の課題は、ホームページの全内容を口に出して読んでもらうことである。ページをたどる順序は、各メニューの項目を上から順番に3階層のホームページを入れ子式にたどっていく(図2参照)。そのため、操作するページは、地名メニュー4、名所メニュー16、説明文ページ12となり、合計32ページの操作を行なう。

被験者には、ページ上に表示された全内容を音読させた。メニューの場合、探索条件では、選択する項目のみを読ませたが、非探索条件では、最初のメニュー提示のときのみ音読をさせた。ただし、最初のメニューではメニューの表題も読むよう教示した。教示と装置装着を含めてすべての実験を終了するのに、約10分要した。探索条件では女性4名、非探索条件では男性3名と女性3名が実験に参加した。

#### 結果

瞬目の同定は、松尾・福田(1996)で利用したプログラムを一部改良して行なった。

各操作終了時の瞬目の発生の様子を調べるために、各ページに発生した瞬目をページ操作開始時の2秒間とその後の期間に分けて瞬目率を計算した。各ページ操作開始時の2秒間は、その前の操作の処理終了後の期間であるとみなした。ここでは、32ページの操作が8ページずつの4つのブロックによって構

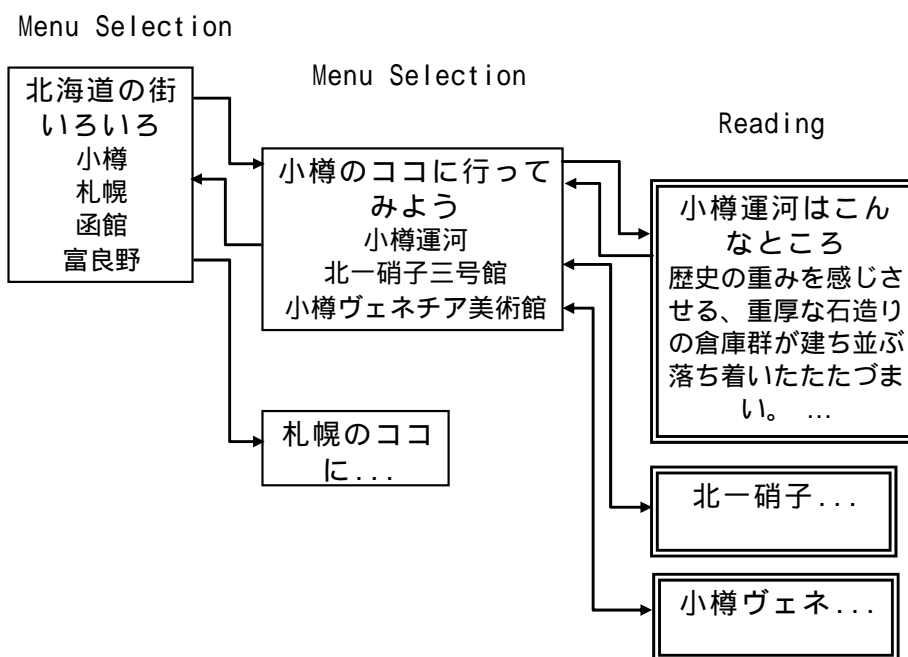


図2 ホームページの閲覧の順序

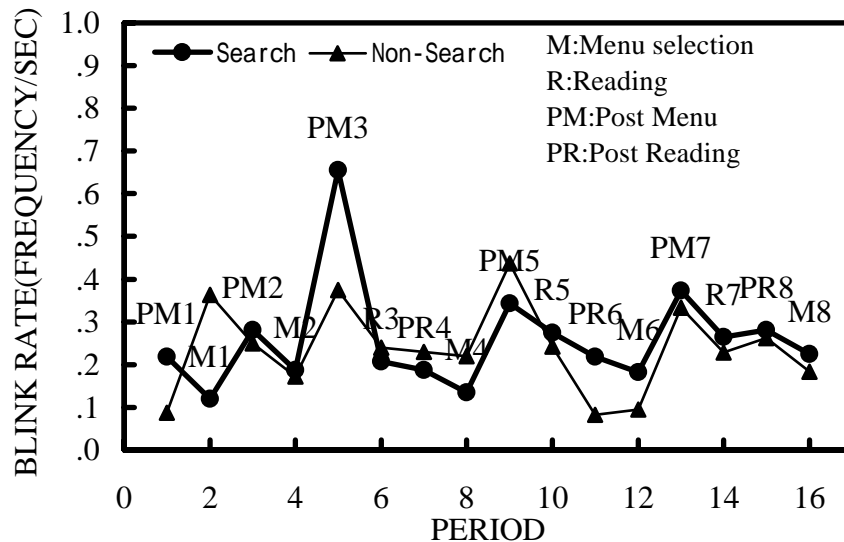


図3 操作時とポスト操作時(2秒間)を分けた場合の瞬目率の時系列分布

成されているものとして分析した。8ページが1つのブロックを構成しており、1ブロック内での操作の流れを見るために、ページごとに4つのブロックでの平均値を算出した。そして、各ページは、前述のように、最初の2秒とそれ以降の期間に分かれるため、都合、16の期間に分けられる。これを実験条件別に図示したのが、図3である。

図3では、メニュー操作(M)後の次の2秒間を「PM(Post Menu)」, 説明文音読(R)後の次の2秒間を「PR(Post Reading)」と表記した。この図を見ると、メニュー選択操作時(M)にもっとも瞬目率が低く、メニュー選択操作後(PM)にもっとも瞬目率が高くなり、以降、音読時(R)、音読終了時(PR)と瞬目率が低くなっている。そこで、これらのデータをメニュー操作(M)、メニュー操作後(PM)、音読時(R)、音読終了時(PR)の4つの期間にまとめた(図4)。ここで、期間(被験者内要

因) × 実験条件(被験者間要因)の2要因の分散分析を行ったところ、期間の間に有意な差がみられたが( $F=3.27, df=3/24, p<.005$ ), 実験条件及び交互作用には有意な差はみられなかった。また、LSD法による多重比較では、メニュー操作後(PM)とメニュー操作時(M)の間及びメニュー操作後(PM)と音読終了時(PR)に5%水準で有意な差が認められた。

#### 考察

本実験で被験者が行う作業は、必要な項目を探索する、マウスクリックを行う、音読するという3つの作業である。それぞれの作業において、瞬目がどのような影響を受けるのかは、次のように考えることができる。

音読時の瞬目 発声という作業が瞬目の頻度を増すことは知られており(たとえば、von Cramon &

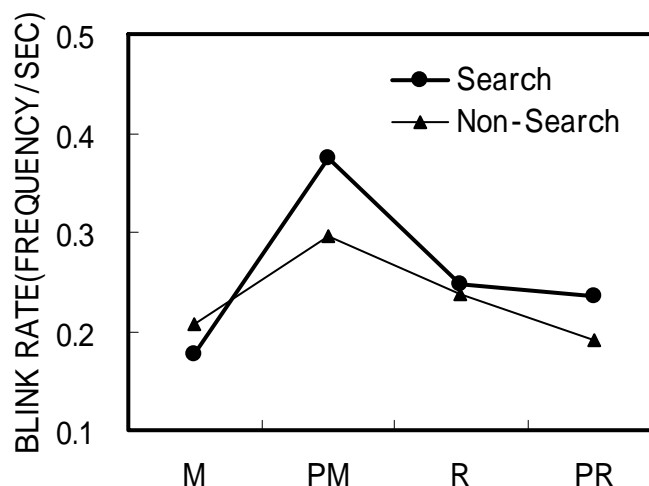


図4 4つの期間に分類した場合の瞬目率

Schuri, 1980), 今回の実験のように音読させることによって, 瞬目率が増加したことは予測される。また, 説明文は2~3行に渡っているため, 次の行に移るときや文節の後などにおいて, 瞬目が誘発される可能性が考えられる。Hall(1945)は, 紙に書かれた文書を読む際に, このような事実が生じることを報告している。また, Orchard & Stern(1991)は, VDT 提示においてもそのような事実があることを報告している。

ただし, 実験の結果では, 説明文音読時の瞬目率は他の期間に比較して高くなることはなかった。それは, 次のマウス操作に伴う瞬目の抑制と関連がある。

マウス操作に伴う瞬目抑制 マウスクリックでは目と手の協応動作が要求され, 視覚的注意が求められ, 瞬目が抑制される可能性がある。メニュー選択時に瞬目率が低下したのは, この要因によるものと考えられる。また, 説明文音読を終了したときにもマウスクリックの操作は必要であり, 同様の抑制が生じたことが考えられる。しかし, 音読による瞬目の発生も生じているため, データ上では相殺され, 瞬目率は相対的には高くも低くもなっていない。

探索に伴う瞬目の変化 この作業はマウスクリックとの一連の作業として行われるが, 以下のように実験条件によって異なる。

メニュー選択時は, 地名や名所を定められた順番で選択しなければならない。その順番は上から順番であると教示されているが, 説明文を読み終わってメニュー選択画面に戻ったときに, 次に選択すべき項目がどれであるかについて, 画面上には何も手掛りがない。次がどの項目であるかは, 覚えておかなければならない。したがって, 探索条件では, メニュー選択時(M)の負荷が高く, 瞬目は抑制され, 負荷解除後のポストメニュー(PM)での瞬目率が高くなることが予測される。実験の結果は, その予測を支持する結果となっている。

一方, 非探索条件では, 次にどの項目を選択すべきか探索する必要はなく, 「NEXT」アイコンをクリックするだけでよい。したがって, メニュー選択時(M)の負荷による瞬目の抑制は, マウスクリックに伴うものだけで, 負荷解除後のポストメニュー(PM)での瞬目率もそれほど高くないことが予測される。図4を見る限り, 探索条件に比較すると, 相対的に低い傾向がうかがえるが, 統計的には, 探索条

件との違いは見出されなかった。

行動制御の違い 探索条件と非探索条件での違いが統計的に見出されなかったことは, 探索作業に伴う瞬目の抑制は生じておらず, マウスクリックという視覚運動的な課題によるものという解釈も成り立つ。しかし, そうであるならば, 説明文音読後のマウスクリックに伴う瞬目への影響が説明できない。非探索条件では, 説明文音読後も「NEXT」アイコンをクリックするだけでよく, この作業の負荷が瞬目の抑制をもたらしたのであれば, その直後の負荷解除に伴う瞬目が発生してもよいはずである。しかし, 説明文音読後(PR)の瞬目はメニュー選択後(PM)よりも統計的に瞬目率は低くなっており, 負荷解除が生じているとはいえない。

説明文音読の場合, 主たる課題は文章を読むという課題で, マウスクリックは文章を読んだ後に付加的に行なうだけにすぎない。課題終了後, 元に戻るために行う作業である。一方, メニュー選択時のマウスクリックは, この後行うべき作業を選択する作業であり, 認知負荷の程度が異なることが考えられる。非探索条件の場合, 同じ「NEXT」アイコンをクリックするという作業であるにもかかわらず, メニュー選択時の場合は認知負荷が高く, 説明文音読時の場合は認知負荷が低いと考えられる。

Fukuda & Matsunaga(1983)の実験では, 反応をせず, 刺激を見るだけの条件で, 刺激の意味を知っていると, 刺激呈示直後にピークらしきものが観察されている。本実験においても, 被験者は, 定められた順番で探索していくことを知っており, メニュー画面を見せられることによって, 認知負荷がかかっていると考えられる。

このような違いが生じるのは, 行動の制御の違いであろう。このような行動制御の違いは, Rasmussen(1986)のKRSモデルで説明できよう。画面上に次にどの項目をクリックすればよいかの手掛りがある場合, その手掛りは, シグナルとして利用され, スキルベースの処理でマウスをクリックするだけでよい。説明文音読終了後にメニューに戻るときに行なうマウスクリックは, このスキルベースの処理ではないかと考えられる。そのため, それほどの認知負荷はかかってない。一方, メニュー選択時には, 画面上の地名メニューや名所メニューが単なるシグナルではなく, サインとして入力され, それがルールベースでの処理となる。したがって, 相

対的に高次の認知的処理過程が要求される。それが、瞬目への変化という形で現れたのではないかと考えられる。

まとめ 本研究は、WWW ブラウザ利用時の瞬目を観察したが、ホームページ閲覧におけるインタフェースの問題は、階層化の適切さやナビゲーションの問題として議論されることがある（黒須・伊東・時津，1999）。自分がホームページ上のどこに位置するのかわからなくなってしまうことがあったり、目的のページにたどりつくにはどこをクリックすればよいのかわからないことがある。今回の実験では、実際にメニュー選択時に認知負荷がかかっており、目的のページ（今回は名所説明文のページ）にたどりつくると、負荷が低減したということが、瞬目抑制とその解除による多発ということで明らかにされた。実験的に作成したホームページの閲覧という限定された場面ではあるが、階層メニュー探索時における認知的処理過程を瞬目が反映しており、ユーザビリティの指標としても活用できることが明らかになった。

#### 謝辞

本論文の実験は、梅村瞳さんの卒業論文（北九州大学文学部人間関係学科 1999 年度）、山内麻子さんの卒業論文（同 2000 年度）として行なわれたものです。ここに、記して感謝いたします。

#### 参考文献

- Fukuda, K., & Matsunaga, K. 1983 Changes in blink rate during signal discrimination tasks. *Japanese Psychological Research*, **25**, 140-146.
- 福田恭介・山田富美雄・田多英興 1990 分離試行パラダイムに基いた自発性瞬目研究の動向, 8, 47-54.
- Hall, A. 1945 The origin and purpose of blinking. *British Journal of Ophthalmology*, **29**, 445-467.
- 小松原明哲 1991 単層階層メニュー選択システムにおけるグループサイズ的设计方法について, 人間工学, **27**, 73-82.
- 黒須正明・伊東昌子・時津倫子 1999 ユーザ工学入門 共立出版
- MacGregor, J. N. & Lee, E. S. 1987 Performance

and preference in videotex menu retrieval: A review of the empirical literature, *Behaviour and Information Technology*, 6(1), 43-68.

- 松尾太加志・福田恭介 1996 ビデオ画像記録による瞬目自動解析システムの開発 生理心理学と精神生理学, **14**, 17-21.
- Ohira, H. 1996 Eyeblink activity in a word-naming task as a function of semantic priming and cognitive load. *Perceptual Motor Skills*, **82**, 835-842.
- Orchard, L.N., & Stern, J.A. 1991 Blinks as an index of cognitive activity during reading. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, **26**, 108-116.
- Rasmussen, J. 1986 *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach To Cognitive Engineering*. Elsevier Science Publishing. (海保博之・加藤隆・赤井真喜・田辺文也訳 1990 インタフェースの認知工学 - 人と機械の知的かかわりの科学 - . 啓学出版)
- Stern, J.A., Walrath, L.C., & Goldstein, R. 1984 The endogenous eyeblink. *Psychophysiology*, **21**, 22-32.
- von Cramon, D., & Schuri, U. 1980 Blink frequency and speed motor activity. *Neuropsychologia*, **18**, 603-606.