

近似的刺激提示手法を用いた
定常状態視覚誘発電位に基づく非同期型高速
ブレインコンピュータインタフェース

2014年度

中西正樹

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	中西 正樹
主 論 文 題 目 :			
<p style="text-align: center;">近似的刺激提示手法を用いた定常状態視覚誘発電位に基づく 非同期型高速ブレインコンピュータインタフェース</p>			
(内容の要旨)			
<p>脳波を用いたブレインコンピュータインタフェース (BCI; Brain-computer interface) の研究は、近年盛んに行われており、筋萎縮側索硬化症や筋ジストロフィーなどを原因とする肢体不自由者に対するコミュニケーション支援を目的として BCI の実用化が期待されている。特に、周期的に点滅する視覚刺激を視野に照射することにより誘発される定常状態視覚誘発電位 (SSVEP; Steady-state visual evoked potential) に基づく BCI は、高い情報伝達率 (ITR; Information transfer rate) を実現できることから注目を集めている。</p> <p>BCI は 1990 年代以降の研究により飛躍的に発展したが、性能や利便性の向上が課題となり、未だ実用化には至っていない。ITR を指標とした性能を向上させるためには、選択肢数の増加や精度向上、通信速度向上のいずれかが必要であり、ITR が高い BCI は高速 BCI と呼ばれる。一方、利便性の向上を目的とした研究には様々な方針があり、携帯端末を用いた小型システムの構築や、電極装着による負担軽減のための乾式または非接触電極の研究などが行われている。また、システムの稼働状態と休止状態を切り替えることが可能な非同期 BCI の研究も利便性の向上に不可欠である。本研究では、眼電図を用いたスイッチ型インタフェースによる BCI の非同期化、および選択肢数の増加による ITR の向上を図り、非同期型高速 BCI システムの要素技術の提案を目的とする。</p> <p>第 1 章では本研究の背景と位置づけを概説し、本研究の目的を述べた。</p> <p>第 2, 3 章では、BCI について理解する上で必要となる基礎理論として、脳波と眼電図の測定原理および信号処理手法について述べた。</p> <p>第 4 章では、無意識的な瞬目と区別して意図的な瞬目 (随意性瞬目) のみを眼電図を用いて検出し、非同期 BCI を実現するためのスイッチ型インタフェースへ応用する手法について述べた。従来の瞬目検出では眼電図の振幅値が特微量として用いられていたが、振幅値には個人差があるため新規ユーザは利用不可能であった。本章では、眼電図の波形特徴を用いた随意性瞬目検出手法を提案し、個人差に対して頑健な検出が可能であることを示した。</p> <p>第 5 章では、周波数近似を用いた視覚刺激の変調方法について述べた。従来の変調方法では提示可能な周波数は限られていたが、可変周期を用いた周波数近似により刺激周波数の解像度を向上することができ、選択肢数を大幅に増加させることが可能であることを示した。また、誘発された SSVEP の特性を解析した結果、従来手法の場合とほぼ同等の振幅値、信号対雑音比、潜時、周波数検出精度を示し、選択肢数を増加させることによる ITR の向上に成功した。</p> <p>第 6 章では、周波数-位相近似を用いた刺激提示手法と周波数-位相検出手法について述べた。周波数近似により実現可能な周波数の増加に成功したが、位相情報を付加することで更なる選択肢数の増加が期待される。SSVEP の位相を解析した結果、視覚刺激の点滅する位相と SSVEP の位相が一致し、周波数-位相検出手法を用いることで高精度な分類が可能であることが示された。疑似オンライン BCI 実験の結果、多選択肢かつ高精度な検出が可能な高速 BCI の実現可能性を確認した。最後に第 7 章では本研究で得られた成果を要約し、結論を述べた。</p>			

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Integrated Design Engineering	Student Identification Number	SURNAME, First name NAKANISHI, Masaki
<p>Title</p> <p>A High-Speed and Asynchronous Brain-Computer Interface Based on Steady-State Visual Evoked Potentials Elicited by Approximative Stimulation Approach</p>		
<p>Abstract</p> <p>An electroencephalogram (EEG)-based brain-computer interface (BCI) can realize a direct communication channel by translating human intentions into control signals. It allows individuals with motor disabilities to have effective way to communicate with external devices. A BCI based on steady-state visual evoked potential (SSVEP), which is the brain's electrical response to repetitive visual stimulation, has attracted attention for its advantage of performance.</p> <p>Although EEG-based BCIs have already been studied for several decades, there are still challenges to move them from a laboratory demonstration to a practical environment. A practical BCI system requires an asynchronous system design, which can discriminate the resting and working state of the system automatically, and high information transfer rate (ITR), which can be increased by increasing the number of commands, accuracy or communication speed. This study aims to implement an asynchronous BCI system using an electrooculogram (EOG)-based interface, and to increase the ITR by increasing the number of commands.</p> <p>Chapter 1 describes the background and objective of this study. Chapters 2 and 3 describe the measurement principle of biological signals and basic signal processing theories.</p> <p>Chapter 4 presents the voluntary eye blink detection method using EOG and switch-based interface using the proposed method. Although the amplitude of EOG has individual difference, the proposed method can detect voluntary eye blinks with robustness against the individual difference by employing a waveform feature of EOG during eye blinking.</p> <p>Chapter 5 presents an approximation approach for rendering visual flickers. Although the number of flickering frequencies that can be presented is limited in the conventional approach, the proposed approach can solve this problem by approximating frequencies. As the result of analysis, the approximation approach can elicit SSVEPs as robust as the conventional approach.</p> <p>Chapter 6 presents a frequency and phase approximation approach for rendering visual flickers and frequency-phase detection method. In addition to the frequency approximation, integrating frequency and phase information can further increase the number of commands. In the simulated online experiment, the system obtained the highest ITR ever reported in EEG-based BCIs.</p> <p>Finally, conclusion is given in Chapter 7.</p>		