

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	中西 正樹
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学 准教授	博士（工学）満倉 靖恵
	副査	慶應義塾大学 教授	博士（工学）村上 俊之
		慶應義塾大学 教授	博士（工学）滑川 徹
		慶應義塾大学 准教授	博士（工学）高橋 正樹
		慶應義塾大学 准教授	博士（工学）牛場 潤一
(論文審査の要旨)			
<p>学士（工学）修士（工学）中西正樹君提出の学位論文は「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」と題され、7章から構成されている。</p> <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。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を指標とするBCIの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している。</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ている。</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ている。</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に応用する手法について述べている。とくに本章では、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、個人差を有する随意性瞬目を頑健に検出することが可能であることを示している。</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ている。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ている。</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ている。周波数近似により刺激として用いる事が可能な周波数を増加させることに成功したが、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ている。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で高速BCIの実現可能性を確認できている。</p> <p>最後に第7章では本研究で得られた成果を要約し、結論を述べている。</p> <p>以上要するに、本研究は実環境応用のための視覚誘発電位に基づく非同期型高速BCIを実現するための高速・高精度なアルゴリズムの実現を行っているものであり、これらの成果は工学上、工業上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（システム統合工学専修）科目担当者で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>		