

平成22年 5月14日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19500474

研究課題名（和文） 骨伝導聴覚刺激による脳波応用意思伝達システムの基礎的研究

研究課題名（英文） Fundamental study on EEGs application communication system by bone-conduction auditory stimulation

研究代表者

千島 亮（CHISHIMA MAKOTO）

信州大学・医学部・准教授

研究者番号：80252112

研究成果の概要：重症な神経筋疾患・上位頸随損傷者の新たな意思伝達支援システムの構築を最終目標とし、支援技術領域での脳波応用（BCI）ではこれまで用いられていない骨伝導音刺激による事象関連電位 P300 成分に注目した。骨伝導音の弁別選択で得られる P300 成分を導出し、最適な刺激条件の検討から新たな支援システム開発の可能性について検討した。日常生活音を阻害することなく骨伝導音呈示による脳波応用支援システム構築の可能性が確認できた。

研究成果の概要（英文）：The objective of this multi-disciplinary research is to develop Brain-Computer Interface (BCI) for cognitive P300 event-related potentials (ERPs) in a bone-conducted (BC) auditory oddball paradigm. Results show that it is possible to deduce P300 ERPs by the BC auditory stimulation with the potential to utilize it as a command signal in the healthy subjects. However, the optimal strength of the BC auditory stimulation is yet to be determined. The utilization of BCI for the severe physical limitation persons will assist them in their communication and enable them to interact with the outside world, which is our final research goal.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：脳波・骨伝導・事象関連電位・P300・生活支援技術・BCI・意思伝達支援技術

1. 研究開始当初の背景

リハビリテーション医療の実践においては、筋萎縮性側索硬化症（amyotrophic lateral sclerosis: ALS）をはじめとする重

度神経筋疾患、上位頸随損傷、橋底部病変による閉じ込め症候群（locked-in syndrome）など、意思伝達能力が甚だ制限される疾病・障害に対する支援技術（AT）領域での、身体運動に依存しない新たなヒューマン・インタ

フェース構築への期待は極めて大きい。1973年に Vidal らは、手指でのキーボード操作の代替え方法として、点滅する光刺激に同期した恒常状態の視覚誘発電位 (SSVEP) でコンピュータ (PC) 制御する新たな手法を提案した。以降、脳波 (EEG) 応用による生活支援を目的としたシステムは「brain-computer interface: BCI」として様々な研究分野で注目されている。今日こうした取り組みは、極めて重症な神経筋疾患患者の意思伝達支援だけでなく、EEG による楽曲演奏や、独自に開発した BCI システムと描画ソフトウェアを用いた絵画活動など、自立的な様々な生活支援へと応用が進められている。

本研究では、極めて重症な神経筋疾患患者・上位頸髄損傷者の意思伝達支援を主目的とし、これまでの BCI 研究では応用されていない骨伝導聴覚刺激に注目した。呈示聴覚刺激音の弁別選択で P300 成分を導出して支援システムに応用するための基礎的実験を実施し、骨伝導聴覚刺激による BCI 構築の可能性について検討した。

2. 研究の目的

注目した骨伝導音 (BCt) の弁別選択による BCI システムにおいては、気導からの日常生活に伴う気導音 (Act) を阻害することが少なく、刺激音による精神・心理的な負荷を出来るだけ軽減した状態で活用できるものと考えられる。今日までの明確となっているヒトの伝音系と感音系からなる受聴機構をもとに、BCt による P300 成分応用 BCI システム構築のための基礎的実験を実施した。

本機構の BCI システムで生活支援システムを効率的に制御する上では、安定した P300 の特徴抽出をオンライン波形処理上で実現することが極めて重要となる。これは、目的とする P300 成分の頂点振幅 (amplitude) が十分に大きく、波形導出の再現性と潜時揺らぎの少ない導出を実現することにある。こうした目的とする P300 成分の安定導出は、課題となる聴覚刺激音の音圧レベル (SPL)、刺激周波数 (frequency)、持続時間 (duration) などのパラメータを BCt と Act で変化させた導出実験を行い、相互の最適刺激条件を P300 成分の頂点振幅値から明らかにする必要がある。

3. 研究の方法

目的とする P300 導出は図 1 に示すように、頭皮に装着した Ag-AgCl 小型皿電極 (NE-121B, 日本光電) から脳波計 (MEB-5508, 日本光電) と誘発電位計測装置 (MEB-550, 日本光電) にそれぞれ取り込んだ。導出電極は国際 10-20 法に準拠して配置し、探査電極

は正中前頭部 (Fz), 正中中心部 (Cz), 正中頭頂部 (Pz) の 3 極とした。基準電極は耳朶部の A1 と A2 を短絡して 3 チャンネルで単極誘導した。ボディーアース (E) は正中前頭葉部 (Fpz) とした。波形導出の外乱となる眼球電図 (EOG) や外眼筋の筋電図 (sEMG) 混入などを監視のため同時記録し、 $\pm 50 \mu V$ を超える電位が観察された試行は波形分析の対象から除外した。外乱除去の帯域フィルタは低域 0.5 Hz, 高域 50 Hz のカット・オフ周波数で設定した。脳波計に取り込んだデータはアナログ出力し、A/D 変換データ収録ボード (DAQPad-6016, NI) によりサンプリング周波数 1 kHz, 量子化 16 bit で PC に取り込んで記録した。刺激前 160 msec から刺激後 640 msec 区間を P300 波形情報の処理区間とし、信号計測・解析ソフト (LabVIEW, National Instruments) を用いて処理した。P300 成分は標的刺激と非標的刺激の 20 回試行を加算平均して記録した。BCt と Act による聴覚刺激は周波数 1000 Hz, 2000 Hz の純音を 50 dB SPL とし、両耳側 Act 聴覚刺激の呈示は気導ヘッドホン (DR-531B, エレガアスコ) を用い、両耳側 BCt 刺激は超磁歪型骨伝導ヘッドホン (BCHS-FT002, FREY) でそれぞれ被験者に呈示した。被験者は、同意の得られた 20 代の健常男性 4 名, 女性 2 名 (信州大学医学部保健学科倫理規定 H19/20/21 年度の各審査にて承認) とした。被験者は安静椅子座位で、指定した標的刺激音が呈示された場合に出来るだけ早く手元のボタンを押すよう事前に説明して実施した。

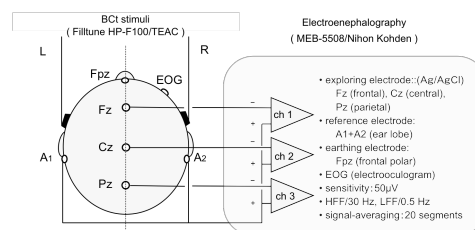


図1 骨伝導刺激方法及P300導出設定・電極配置

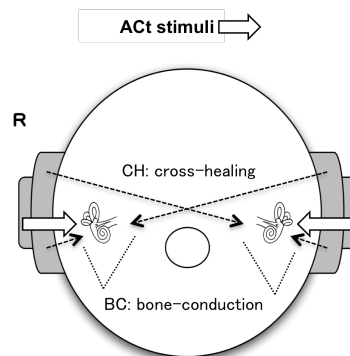


図2 気導ヘッドホンによる各聴覚刺激音の呈示とActとBCtの伝導特性を示した模式図

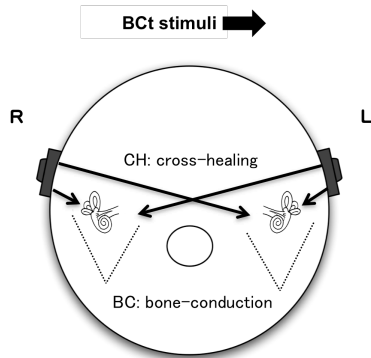


図3 骨伝導ヘッドホンによる各聴覚刺激音の呈示とACtとBCtの伝導特性を示した模式図

今日までに明らかにされている ACt の伝達機構は図 2 に示すように、外界音の受聴は耳介、外耳道、鼓膜、ツチ骨、キヌタ骨、アブミ骨、基底膜、内耳液が関与する伝音系が知られる。また、本系において呈示音波は、耳介から内耳液に伝達するまでに約 25 から 30 dB 増幅されることが知られている。内耳液までの伝音系で効率的に増幅された物理的な音情報は、蝸牛 (cochlear) を構成するらせん器感覚細胞、蝸牛神経からの末梢・中枢聴覚伝導路への投射で皮質聴覚野に音波情報が伝えられる。これらの伝音系と感覚系で構成される ACt の受聴機構の特性は詳しく解明が進められているところである。しかし、ヒトの BCt の受聴機構については、現時点でも必ずしも統一された理論で理解されている現状にない。この課題に対し、研究代表者は Békésy が提唱した BCt の聴覚理論に基づいた刺激音呈示条件を検討することとした。実験で用いた両側骨伝導刺激時の伝達特性について図 3 に示した。BCt の伝達機構の特徴は ACt とは異なり、蝸牛を納める側頭骨への直接的な振動が音情報の知覚を惹起させる点にある。先駆的な研究成果より、BCt の受聴機構には 2 種の伝音系が提案されている。一つは圧縮骨伝導であり、頭蓋骨の振動が側頭骨内にある蝸牛骨抱を全方向に圧縮と拡張を引き起こすことで、アブミ骨底板と正円窓との位相が基底膜の擦れを誘引して感覚系へ伝達する経路である。また、もう一つは慣性骨伝導である。側頭骨を含めた頭蓋骨の BCt 振動は、内耳骨包部に位置する蝸牛の卵円窓と中耳腔に開口する正円窓の部分で上骨部を欠いた状態にある。この構造的特徴が、連動したアブミ骨、内耳液、基底膜に慣性としての振動を生み出し、内耳骨包との間で擦れて振動を伝達することになる。この内耳骨包との擦れによる振動が蝸牛内の基底膜を振動させ、先の圧縮骨伝導とは別の独立した伝音系を成立させるとの理論である。以上のヒトでの BCt の伝達特性を十分に加味して本研究の基礎的実験を進めた。

4. 研究成果

新たな BCI システムの構築において、従来からの ACt 刺激ではなく、BCt 刺激を用いた場合の P300 成分の安定導出に関わる要因を検討した。

ヒトの聴覚機能に働きかける音は、その波形やスペクトルの物理的特性など、気導や骨伝導で聴取する側での心理的性質によって様々に分類されている。本研究では、臨床聴力検査で広く用いられる単一スペクトルをもつ正弦波の純音を用いることとした。刺激音をパラメータごとに变化させた導出実験に先駆け、気導からの聴覚刺激で一般的に用いられる単音の最適条件を基礎的実験より確認して実施した。急激な立ち上がり・立ち下がりのないクリック刺激、立ち上がり・立ち下がりのみでプラト (plateau) 時間のないトーンピップ刺激、立ち上がり・立ち下がりとプラト時間のあるトーンバースト刺激の 3 種類について、実験に用いる最適な純音について検討した。結果、立ち上がり・立ち下がり共に 10 msec で、プラト時間を 100 msec にしたトーンバーストが 3 条件の中では最も純音に類似した物理的特性をもち、聴取する側の心理的負荷が小さく最適であると判断された。以上の予備実験により確認した BCt と ACt 刺激ごとの Fz, Cz, Fz からの同時計測結果から、十分な頂点振幅値が得られた正中頭頂部 (Pz-A1+A2) で単極誘導したデータを解析対象とした。目的とする P300 成分の特徴となる頂点振幅と潜時の解析は、基線をベースライン法に準じ、聴覚刺激開始前 100 msec の平均振幅値を $0 \mu V$ とすることで基線を定義して解析することとした。

刺激音の特徴パラメータを様々に变化させた場合の BCt と ACt の実験結果をそれぞれ図 4 (BCt による) と図 5 (ACt による) に示した。

(1) 周波数を変えた 2 種類の弁別選択においては、立ち上がり・立ち下がり 10 msec を設け、持続時間 100 msec 程度にしたトーンバーストが最適であった。この条件で導出実験を実施した。被験者の受聴時においてもクリック感覚が少なく、頻回の呈示による主観としての違和感が少ない受聴が可能であろうと考えられた。

(2) 最適な音圧レベルについて、BCt 両耳側呈示では 60 dB 以上で P300 成分の頂点振幅値が減少する傾向が認められた。BCt で両側頭骨部から両耳側に刺激音を呈示した場合には、頭蓋骨を経て反対側に CH され、ほとんど減衰することがない。それに比べ両耳側 ACt の音圧レベルは、両耳間減衰量 (IA) 約 50 dB によって対耳側へ伝達されることがない。こうした伝達特性の違いから、ACt に

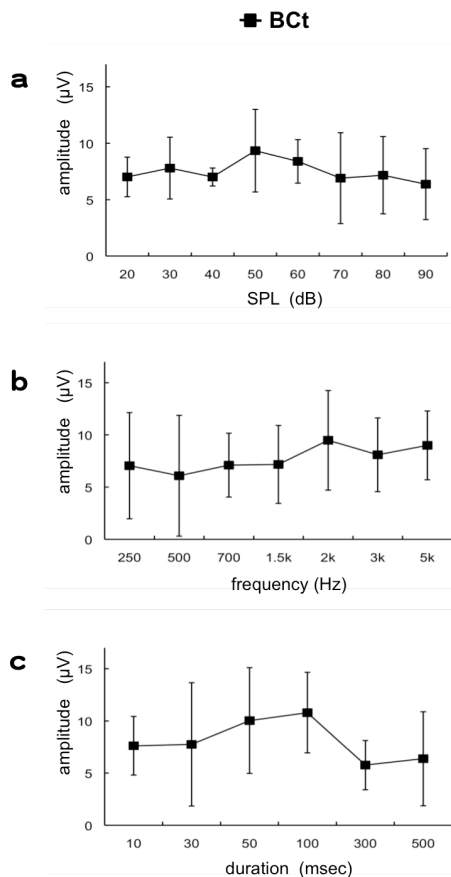


図4 BCt刺激呈示によるPzで得られたP300頂点振幅値のまとめ (被験者6名の平均)

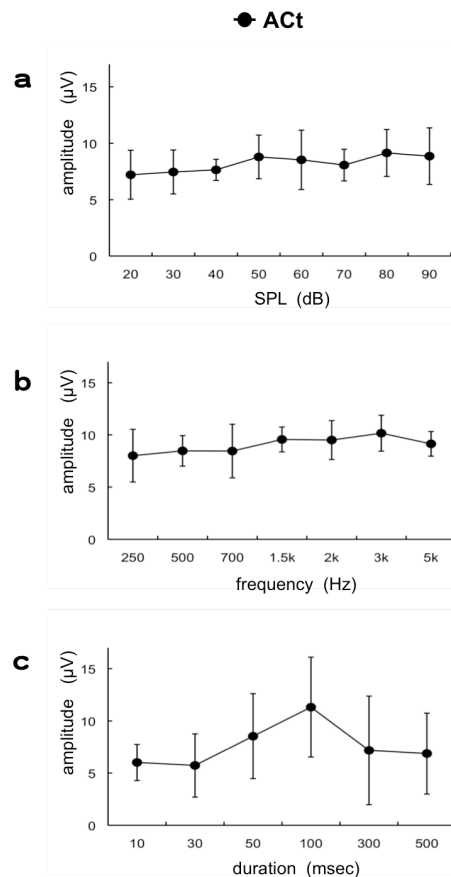


図5 ACt刺激呈示によるPzで得られたP300頂点振幅値のまとめ (被験者6名の平均)

比してBCtの60 dB以上では、両耳側に過度の刺激音圧が伝達されることとなり、安定導出を目的とした弁別選択課題としては適切でない可能性が示唆された。これらのことからBCtの両耳側呈示では、約50 dB程度の呈示条件が目的とするP300導出に適しているものと考えられた。

(3) 非標的の刺激を1000 Hzに固定し、標的の刺激周波数を変化させた場合の最適条件について、BCt呈示では標的の刺激周波数が2000 Hzの場合で頂点振幅値が増大する傾向にあった。また、7段階の組み合わせ条件の全てで、BCtよりもACtで頂点振幅値が僅かに増大する傾向を認めた。非標的の刺激1000 Hzに対する明確な周波数の違いをもつ条件において、より優位な振幅が得られるものと想定して実施した。しかし、本条件に限った2種類の弁別選択課題では明らかな差は認めなかった。P300導出にあたって、被験者における2種類の違いの主観的な知覚は極めて多様であり、課題解決への注意と集中の持続など、心理的状态を更に考慮した弁別課題条件を検討することが必要であろうと考えられた。トーンバースト音の持続時間を、10から500

msecの6段階に変化させた条件では、BCtとACtともに100 msecに調音したトーンバースト音でより頂点振幅値の大きいP300導出が可能であった。ランダム呈示される2種類の音刺激を弁別選択する上で、両者の違いを知覚し易い傾向として100 msec程度の持続時間が適しているものと考えられた。

(4) 非侵襲に導出可能なP300成分は、刺激呈示後に頭頂部でより優位に潜時と頂点振幅の特徴パラメータが得られる。しかし、これまでの基礎的研究からP300波形は単一成分ではなく、少なくとも2種類以上の成分から構成されることが知られる。このことは、様々な刺激課題ごとに下位成分の潜時や頂点振幅値が容易に変動することが示唆され、ERPに関わるP300よりも遅い潜時をもつEEG成分や、より潜時の短い外因性成分などを含めた種々のパラメータについても注目していく必要があるものと考えられる。

(5) BCtの伝達特性を加味した弁別課題でBCI応用に有用なP300成分の導出が可能であった。P300の安定導出を実現する呈示刺激音の最適条件を明らかにするために、BCtとACtによる聴覚刺激音の音圧レベル、刺激周波数、

持続時間の特徴パラメータをそれぞれ変化させ、得られる P300 成分の頂点振幅値からその有用性を検討した。結果、超磁歪型ヘッドホンをを用いた両側頭骨部からの BCt 弁別選択課題では、音圧レベルの条件で約 50 dB 程度の呈示が良好な P300 導出に適しているものと考えられた。また、刺激周波数条件では、標的刺激 2000 Hz で頂点振幅値が増大する傾向にあつが、他の標的刺激周波数の変化では、いずれの条件でも明確な頂点振幅値の差は認めなかった。トーンバースト音の持続時間の検討では、100 msec 程度の持続時間が最適であると考えられた。以上の検討から、ACt による日常生活音を阻害することなく、BCt 呈示で P300 導出が可能であることが確認できた。また、従来から実用開発されている視覚刺激による P300 型 BCI システムは、視覚による頻繁な課題処理と、スクリーンへの注視が常時必要であり、利用者への負担は大きいものと推察される。今回提案した BCt 刺激により導出される P300 成分の応用では、こうした過度の負荷を出来る限り軽減した極めて簡易なシステムが構築可能であると考えられる。また、本システムの実践的な活用においては、リハビリテーション実践におけるシステムの調整整備の点においても即時的な導入が期待できるものと考えられる。従来からの P300 型 BCI システムに活用されていない BCt による BCI 構築が可能であると考えられた。

(6) BCt 刺激に特化した聴覚刺激による P300 導出の先行研究は、伝音難聴者(児)の埋め込み型人工内耳に関わるもの以外には極めて少なく、基礎的なヒトにおける BCt の伝音系と感音系を明らかにした受聴機構についても必ずしも明確となっていない。今後の課題として、ヒトでの BCt の伝達特性を十分に加味し、課題遂行時の精神的耐久性や心理的状态で変動が認められる P300 導出について、聴覚刺激に注目した BCI 開発の可能性を更に検証したい。また、目的とする P300 を効率的に特徴抽出できる算出アルゴリズム設計を検討し、BCt による P300 型 BCI システムの基本構築を更に進める考えである。今日、先進的な EEG 応用による生活支援に関わる AT 領域は、従来からの支援提案では極めて困難であった重度神経疾患患者のコンピュータ・アクセシビリティを実現できるまでに至っている。一方で、こうした技術応用を臨床実践するリハビリテーション実践領域においても、十分な世論との協調と、脳科学をめぐる脳神経倫理を含めた検証のもとに研究を進めていくことが極めて重要であると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① 千島 亮, 重度神経筋疾患患者の意思伝達支援に向けた脳波応用技術の動向, 教育システム情報学会誌, 24 巻 4 号, 367-376, 2010, 査読有
- ② 小口弘貴, 千島 亮, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 伊東一典, 荒井善昭, BCI に用いる目的 P300ERPs 成分導出のための気導・骨導聴覚刺激の検討, 信学技報 MBE2009-49, 61-66, 2009, 査読無
- ③ 小坂将吾, 両角俊亮, 橋本昌巳, 千島 亮, 香山瑞恵, 伊東一典, 荒井善昭, 視覚・聴覚同時呈示刺激に誘発される ERP 成分 P300 に関する基礎的研究, 信学技報 MBE2009-49, 51-56, 2009, 査読無
- ④ 千島 亮, 奈良篤史, 橋本昌巳, 伊東一典, 筋萎縮性側索硬化症 (ALS) 者における意思伝達支援の現況と脳波応用の可能性, 生体医工学, 47 巻 2 号, 190-198, 2009, 査読有
- ⑤ 舟橋靖貴, 千島 亮, 小坂将吾, 小口弘貴, 為末隆弘, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 伊東一典, BCI に用いる P300 導出のための聴覚刺激の検討, 信学技報 MBE2008-27, 1-6, 2008, 査読無
- ⑥ 千島 亮, 宮田真以, 奈良篤史, 伊東一典, 脳波応用意思伝達システムに用いる運動関連脳電位 (MRCP) の検討, 信学技報 MBE2008-31, 25-30, 2008, 査読無
- ⑦ 千島 亮, 重度障害者・児の意思伝達支援に関わる脳波応用技術 (BCI) と支援技術 (AT), 産学交流ネットワーク 2007 講演集, 76-79, 2007, 査読無
- ⑧ 千島 亮, 矢崎秀一, 澤田みちよ, 原朋子, 奈良篤史, 事象関連電位応用による意思伝達支援技術についての基礎研究, 長野県作業療法士会学術誌, 25 巻, 90-97, 2007, 査読有

[学会発表] (計 20 件)

- ① 小口弘貴, 千島 亮, 岩松康太, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 伊東一典, 荒井善昭, BCI に用いる P300 導出のための合成音像を用いた音刺激の検討, 第 8 回日本生体医工学学会甲信越支部 長野地区シンポジウム, 2010. 3. 8, 松本
- ② 小口弘貴, 千島 亮, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 伊東一典, 荒井善昭, BCI に用いる目的 P300ERPs 成分導出のための気導・骨導聴覚刺激の検討, ME とサイバネティクス研究会 (EBM), 2009. 9. 26, 長岡
- ③ 小坂将吾, 両角俊亮, 橋本昌巳, 千島 亮, 香山瑞恵, 伊東一典, 荒井善昭, 視覚・

- 聴覚同時呈示刺激に誘発されるERP成分P300に関する基礎的研究, ME とサイバネティクス研究会 (EBM), 2009. 9. 26, 長岡
- ④ Makoto Chishima, Atsushi Nara, Masami Hashimoto, Kazunori Itoh, Communication-assisted technology using P300 event-related potentials selective attention task by bone-conduction auditory stimulation, Berlin BCI Workshop 2009, 2009. 7. 9, Berlin
- ⑤ 千島 亮, 奈良篤史, 伊東一典, 選択的聴取課題による P300 応用意思伝達支援システムの開発 - 骨伝導音呈示による目的 P300 導出と臨床活用へ向けた有用性の検討 -, 第 43 回日本作業療法学会, 2009. 6. 20, 郡山
- ⑥ 小坂将悟, 小口弘貴, 舟橋靖貴, 千島 亮, 為末隆弘, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 伊東一典, 荒井善昭, BCI のための視覚, 聴覚複合刺激による P300 に関する基礎的検討, 第 7 回 日本生体医工学会甲信越支部 長野地区シンポジウム, 2009. 3. 4, 長野
- ⑦ 小口弘貴, 舟橋靖貴, 千島 亮, 小坂将悟, 為末隆弘, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 伊東一典, 荒井善昭, BCI に用いる P300 導出のための骨導聴覚刺激の検討, 第 7 回 日本生体医工学会甲信越支部 長野地区シンポジウム, 2009. 3. 4, 長野
- ⑧ 千島 亮, 意思伝達支援における臨床実践の再考と脳波応用技術の可能性について, 第 7 回 日本生体医工学会甲信越支部 長野地区シンポジウム, 2009. 3. 4, 長野
- ⑨ 舟橋 靖貴, 千島 亮, 小坂 将悟, 小口 弘貴, 為末 隆弘, 香山 瑞恵, 橋本 昌巳, 伊東 一典, 荒井 善昭, 事象関連電位 P300 導出のための聴覚刺激の検討, 第 28 回日本生体医工学甲信越支部大会, 2008. 10. 18, 甲府
- ⑩ 千島 亮, 櫻井 聡, 山鹿 隆義, 宮田 真以, 伊東 一典, 運動関連脳電位 (MRCP) 応用によるコミュニケーション支援技術の基礎的検討, 第 28 回日本生体医工学甲信越支部大会, 2008. 10. 18, 甲府
- ⑪ 舟橋靖貴, 千島 亮, 小坂将吾, 小口弘貴, 為末隆弘, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 伊東一典, BCI に用いる P300 導出のための聴覚刺激の検討, ME とサイバネティクス研究会 (EBM), 2008. 9. 25, 長野
- ⑫ 千島 亮, 宮田真以, 奈良篤史, 伊東一典, 脳波応用意思伝達システムに用いる運動関連脳電位 (MRCP) の検討, ME とサイバネティクス研究会 (EBM), 2008. 9. 25, 長野
- ⑬ Makoto Chishima, Atsushi Nara, Masami Hashimoto, Kazunori Itoh, Communication-assistive technology using P300 event-related potentials selective attention task by air-conduction and bone-conduction auditory stimulation, BMES2008, 2008. 9. 19, Osaka
- ⑭ 千島 亮, 宮田真以, 原 朋子, 奈良篤史, 伊東一典, 骨伝導聴覚刺激による P300 応用意思伝達支援システムの開発と基礎的検討, 第 42 回日本作業療法学会, 2008. 6. 21, 長崎
- ⑮ 宮田真以, 奈良篤史, 千島 亮, 伊東一典, 意思伝達支援システムに応用する運動関連脳電位の導出条件に関する基礎的研究, 第 42 回日本作業療法学会, 2008. 6. 21, 長崎
- ⑯ 舟橋靖貴, 小坂将悟, 千島 亮, 荒井善昭, 為末隆弘, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 伊東一典, 事象関連電位 P300 の導出のための気導・骨導聴覚刺激の検討, 第 6 回日本生体医工学会甲信越支部長野地区シンポジウム, 2008. 3. 4, 長野
- ⑰ 千島 亮, 舟橋靖貴, 小坂将悟, 宮田真以, 荒井善昭, 為末隆弘, 香山瑞恵, 橋本昌巳, 伊東一典, 意思伝達システムに用いる導出脳波の基礎的検討, 計測自動制御学会中部支部シンポジウム 2007, 2007. 11. 2, 上田
- ⑱ 千島 亮, 舟橋靖貴, 小坂将悟, 荒井善昭, 為末隆弘, 橋本昌巳, 伊東一典, 聴覚刺激による脳波応用意思伝達システムに関する基礎的研究, 第 27 回日本生体医工学甲信越支部大会, 2007. 9. 8, 長野
- ⑲ 宮田真以, 千島 亮, 伊東一典, 意思伝達支援に応用する運動関連皮質電位導出条件の検討, 第 27 回日本生体医工学甲信越支部大会, 2007. 9. 8, 長野
- ⑳ Makoto Chishima, Atsushi Nara, Communication-Assisted Technology Using Event-Related Potentials: Possibility of Using Brain-Computer Interface (BCI) Approach for Patients with Severe Physical Limitations, 4th Asia Pacific Occupational Therapy Congress (APOTC), 2007. 6. 24, Hong Kong

6. 研究組織

(1) 研究代表者

千島 亮 (CHISHIMA MAKOTO)
 信州大学・医学部・准教授
 研究者番号：80252112