HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	名称想起時における脳波を用いた脳活動部位の時空間的推定 ： 形状の異なる視覚刺激に対する比較
著者	杉本，幸司; Sugimoto，Koji
引用	
発行日	2018-03-21

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

氏名（本籍地）	杉本（すぎもと）　幸司（こうじ）　（北海道）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	博（工）甲第 14 号
学位授与の日付	平成 30 年 3 月 21 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	名称想起時における脳波を用いた脳活動部位の時空間的推定 ―形状の異なる視覚刺激に対する比較―
論文審査委員	主査教授　山ノ井　髙洋 副査教授　魚住　純 副査教授　大西　真一 副査教授　髙橋　考太

論文内容の要旨

近年ヒト脳が地球上最後の秘境と言われている．しかしながら，この分野の研究はいまだに複雑で地道なマクロ的あるいはミクロ的研究が行われているのが現状である．本研究は，2 つのカテゴリーのモノクロ画像を被験者に提示し，その際の脳波（EEG）を計測し，計算機シミュレーションの 1 つである等価電流双極子推定（ECDL）法を用いて，EEG を解析し，詳細に検討を行い，脳科学に新たな知見を得たものである．

本論文は全 8 章で構成される．各章の内容は次のとおりである．第 1 章は序論である．第 2 章では，本研究で必要となるヒト脳の構造や機能と高次脳機能に関する従来からの知見について述べられている．第 3 章は，従来から，当該研究室で行われてきた脳活動の計測，次章で行う EEG 計測実験手順，および実験で得られたデータから EEG 源を推定するための解析方法についての記述である．第 4 章は，本論文の目的を遂行するために行った果物ならびに四足動物名称想起時における脳内活動についての実験について述べられている．第 5 章では，第 4 章における実験の中で，特に果物名称想起時おける EEG 計測実験で得られたデータに関して著者が行った脳内活動部位の推定結果について述べている．第 6 章では，特に四足動物名称想起時における脳内活動部位の推定結果などについて述べている．第 7 章は，得られた脳内部位推定結果に関して著者が試みた詳細な検討と考察である．第 8 章は，今後のこの研究の展望について述べられている．さらに本論文に関連するその他の事柄は付録 A,B,C,D としてまとめられている．

特に，第 5 章の果物名称想起実験ならびに第 6 章の四足動物名称想起実験では，4 人の被験者に視覚刺激として果物または四足動物のモノクローム線画画像を提示した．被験者は提示画像を認知し記憶したのち，その画像として描かれていた果物または四足動物の名称を想起し，その名称を強く意識（黙読）した．その際，名称想起時の EEG を計測した．その後，得られた EEG に対して ECDL 法を用いて被験者の脳内活動部位および脳内活動経路の時空間的推定を行った．第 5 章では果物，第 6 章では四足動物の名称想起実験から実験結果を検討し，考察を行った．著者は，最初に Broca 野に等価電流双極子（ECD）が推

定されるまでを便宜上，前半経路，その後に Broca 野での ECD が推定されるまでを後半経路と名付けた．

前半経路においては，初期視覚認知に関わる部位として知られる下側頭回や，単語や色，形状の認知などに関わる部位として知られている紡錘状回において，4 人のいずれの被験者においても等価電流双極子（ECD）が推定されたことから，著者は，提示された視覚刺激に対する初期視覚認知が行われ，視覚刺激によって得られた色，形状の認知が行われていると考えた．

果物画像の場合，前半経路においては，受容性言語野である Wernicke 野での活動の前に，紡錘状回において ECD が推定されているものと，そうでないものを見つけた．スイカ，リンゴ，カキの場合は紡錘状回において ECD が推定されてはいないが，サクランボ，バナナおよびイチゴの場合は紡錘状回において ECD が推定された．これは，スイカ，リンゴ，カキの場合は形状が特徴的で，明らかに視覚刺激が何であるか識別できるが，サクランボ，バナナ，イチゴの場合は他の果物と似たところがあるためか，記憶の探索・整理・保持が繰り返されたものであると著者は考えた．

また，四足動物画像の場合，前半経路においては，キリン，イヌ，クマ，ライオンいずれの場合においても最終的に Wernicke 野での活動に至る前に，紡錘状回において ECD が推定されていることを見出した．

一方，記憶処理に関わる部位として知られている海馬旁回においては，脳の右半球では主に非言語記憶を，左半球では主に言語記憶を司っているといわれているが，4 人のいずれの被験者においても ECD が右半球の海馬旁回において複数回にわたり推定されたことから，著者は，初期視覚認知が終了した後に，名称想起において非言語記憶における何らかの処理が優先的に行われ，名称を直接想起するというよりは，画像を想起した後，その名称の想起を行っていると考えた．しかもそれが複数回にわたって推定されたことから，繰り返し，記憶の探索，整理，保持が行われていると結論した．

果物画像の場合，後半経路においては，500ms 前後で，左島皮質にて ECD が推定された．島皮質は，食物における味覚に関係するといわれており，いずれの場合も刺激として提示された果物における味覚の意識的な欲望などと関連があることから反応があったと考えられた．このことは先行研究における結果も同様であることを確認した．一方で，四足動物画像の場合には島皮質にて ECD の推定がされなかったことから，著者は，日本人である被験者にとっては，提示された四足動物を食物として捉えることはなく，味覚の意識的な欲望が感じられないからであろうと結論した．

特記すべきは，次の結果である．後半経路について，四足動物のキリンの場合においては，言語や認知などに関連する多数の処理に関わっているとされている角回や，Broca 野，Wernicke 野など言語野とされる部位での活動が確認された．角回で推定された ECD は，その後 Wernicke 野で推定された．この際に入力された情報の統合が行われたと考えられる．

他方，四足動物のイヌ，クマ，ライオンの場合においては，角回における活動があまり見られないままに，その後 Broca 野，Wernicke 野で ECD が推定されていた．これは，イヌ，クマ，ライオンには共通するが，キリンはこれらとは異なるなにがしかの要因があるためとも考えられた．著者は，それがもし視覚的な要素によるものに起因するのであれば，「細長い動物」と「丸い動物」の違いであるとまずは考えた．

さらに，著者は，果物の場合についても確認を行った．果物のサクランボの場合におい

ては被験者Y.K.およびK.S.両者ともにECDがWernicke野で推定される前に角回で推定されている．著者は，サクランボは果実については丸みを帯びてはいるが，軸があるため全体的に見れば細長い果物と見ることができると考えた．また，先行研究における果物のバナナの場合においてもECDがWernicke野で推定される前に角回で推定されていた結果がある．バナナもそれぞれの房が細長い果物である．しかしながら，一方で，果物のリンゴの場合においてはECDが角回では推定されていない．このことは先行研究におけるカキでも同様である．そして，リンゴ，カキともに丸い果物である．これらの果物については先ほどの傾向と一致していることを確認した．

次に，スイカの場合であるが，ECDがWernicke野で推定される前に角回で推定されている．スイカは丸い果物であるにもかかわらずECDが角回にも推定されていた．スイカについても前述の傾向とは一致していない．

さらに，最後に，イチゴの場合の解析を試みたところ，被験者H.T.およびY.K.いずれの場合においてもECDがWernicke野で推定される前に角回で推定されていた．イチゴは細長いというよりはむしろ丸い果物である．丸い形状でありながらECDが角回にも推定されている．イチゴについても前述の傾向とは一致していない．

これらをまとめて，上記の例外傾向から，著者は，果物のスイカとイチゴの場合の結果から仮説を立てた．スイカは果実自体については丸い形状をしている．しかしながら，スイカの画像を提示された場合，被験者の多くはその丸い形状にスイカの特徴を見るのではなく，果実の外観の縦じまにスイカの特徴を見出すことが多いのではないかと考えた．縦じまは当然細長いので，先の傾向とは必ずしも矛盾するとは言えない．果物のイチゴの場合についての説明をつけるために，著者は，前述の傾向を次のように仮説として修正した．これらの仮説はさらに今後の検証が必要であると考えられる．

角回での活動が見られる場合は，視覚刺激の形状が細長いまたは尖っているなど，比較的特異的な形状のものである．

角回での活動が見られない場合は，視覚刺激の形状が丸いまたはなめらかであるなど，比較的単純で普通の形状のものである．

解析結果と合わせて，著者は，所属研究室の共同研究者である，北海道大学の大槻美佳准教授の実験結果と比較を行った．大槻は，本研究とは独立に，語の想起障害を示す患者に対して，丸い形状と丸くない形状の対象のモノクローム線画に対してその画像の名称を答える課題（以下「呼称課題」とよぶ）を課し，そのときの呼称課題の成績について考察している．これによると，大槻は，果物カテゴリーにおける呼称課題の結果として，丸い形のものを誤答し，さらに果物に限らず丸い形状の対象は丸くない形状の対象よりも有意に成績が低下していることを確認している．このことと著者の今回の推定結果との間の関係を明らかにした．

大槻の果物カテゴリーに関して，本研究の名称想起実験で用いた視覚刺激と同一のものに関しては，形状が細長いあるいは尖った部分があるものについては正答している．正答した対象の中にはスイカとイチゴが含まれていた．この形状における例外も名称想起実験の実験結果に対して，本研究で試みた解析結果の角回での活動の有無と，呼称課題の正誤が完全に一致していた．

さらに，動物カテゴリーに関しては，名称想起実験で用いた視覚刺激と同一のものは少ないため，その視覚刺激の場合における角回での活動の有無は完全には確認できないなが

ら，果物カテゴリーの場合と同様に，形状が丸いものは誤答しているが，形状が細長いあるいは尖った部分があるものは正答していることが明らかになった．

論文審査結果の要旨

１　審査の経過

本論文は工学研究科電子情報工学専攻副主任，指導教授および審査委員候補者による事前審査を経て，平成２９年１２月５日に必要書類を添えて提出された．平成２９年１２月８日に工学研究科委員会において受理され，主査・山ノ井髙洋教授，副査・魚住純教授，副査・大西真一教授および副査・髙橋考太教授からなる審査委員会が構成された．平成３０年１月１１日に最終試験を兼ねた一般公開発表会が開催され，　論文の内容について審査委員ならびに出席者から質問があり，それぞれについて適切な回答があった．発表会終了後には審査委員会による審査が行われ，全員一致で合格の判断が下された．その後，電子情報工学専攻博士（後期）課程担当教授の会が開催され，審査委員会の判断についての賛否が投票によって確認された．その結果，出席者全員の賛同が得られ，論文および最終試験について，合格の結論が得られた．一方，平成３０年１月１２日～平成３０年１月２５日の期間，審査委員会は論文提出者との間で論文内容に関する専門的な質疑応答を行いながら論文の微修正を進め，平成３０年２月２日に最終的な論文が提出された．審査委員会はその内容を確認し，平成３０年２月１５日に「論文審査の結果の要旨」および「最終試験の結果の要旨」をとりまとめた．

２　評価

これを要するに，申請者は，提示画像想起処理においての脳内において角回が大きな役割を演じていて，失語症患者の呼称課題と矛盾しない新知識を得たものであり，脳科学における工学的解析方法によって失語症の要因の解明に貢献するところ大なるものがある．よって，申請者杉本幸司氏は，北海学園大学博士（工学）の学位を授与されるに十分な資格があるものと認める．

３　学内の手続

提出された論文の審査ならびに文書および公開発表会における最終試験の結果は，本学学位規則（以下，規則という）第７条に基づき，平成３０年２月１３日～１７日の博士論文の公開（同規則第７条２項）を経て，平成３０年２月２３日の工学研究科委員会において専攻副主任より報告され，審議の結果，合格と決定した（同規則第８条１項）．さらに同日，同研究科委員会は博士（後期）課程修了の単位認定を行い，これを終了したものと認定した（同規則第２条３項）．その後，平成３０年３月２日の北海学園大学大学院委員会において，同論文に関する工学研究会員会の審査経過ならびに論文要旨が報告されて承認され（同規則第１０条２項），同年３月２１日，博士（工学）の学位が授与された．