

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：33908

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26640006

研究課題名（和文）ヒトにおける磁気感覚の検討

研究課題名（英文）Investigation on Magnetoreception in Human

研究代表者

高橋 康介（Takahashi, Kohske）

中京大学・心理学部・准教授

研究者番号：80606682

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：ヒト網膜上に発現しているhCRYという磁気センサーに注目し、ヒトが主観的に磁気刺激を知覚できるかどうかについて、音と磁気の同期に対する順応という認知心理学的な手法を応用して、複数の種類の実験により検証した。その結果、いずれの実験においても磁気知覚能力を支持する有力な結果は得られず、少なくとも本研究で用いた磁気呈示手法の刺激については、ヒトは主観的に知覚で出来ていないという結論に至った。

研究成果の概要（英文）：We focus on the magnetic sensor, human cryptochrome 2 protein (hCRY), which are expressed in the human retina, and apply a cognitive-psychological approach, that is, the adaptation to the synchronization of the sound and the magnetic stimulation, to investigate if human can subjectively perceive and report the presence or absence of the magnetic stimulus. The results of the various experiments showed that no strong evidence was obtained to support the magnetic perception ability in any of the experiments; and at least, human are not able to subjectively perceive the stimulus of the magnetic presentation method used in this study.

研究分野：認知心理学

キーワード：認知科学 感覚知覚 磁気

1. 研究開始当初の背景

多くの動物は地磁気を感じナビゲーションなどに利用しているとされる。しかしヒトが磁気感覚(磁覚)を有しているかどうかについては、結論は出ていない。

動物の磁覚はフラボタンパク質であるクリプトクロム(CRY)により受容されていることが示されているが、ヒトも例外ではなくhCRY2 タンパク質を持っており、その発現は網膜に集中している。2011年、遺伝子操作実験によりヒト網膜に発現するhCRY2タンパク質は磁気受容可能であることが発見され、ヒトの磁覚が決して夢物語ではないことが示された(Foley 2011 Nat. Commun.)。

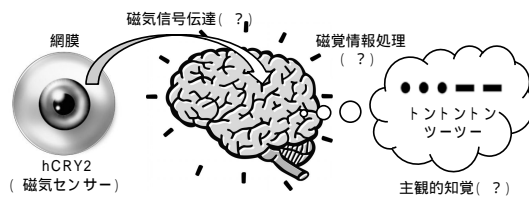


図1: 磁気センサーと磁気知覚

しかしセンサーを持つことと、センサーが受容するモダリティの情報を主観的に知覚できることは等価ではない。センサーが受容した信号の脳への伝達、及びその信号が持つ情報についての脳内の知覚・認知処理を経て初めて、主観的・意識的な知覚経験が可能となる(図1)。たとえ網膜に磁気受容器があったとしても、経験的には我々自身は磁気を知覚しているようには感じていない。これには、磁気由来の信号が網膜から脳に到達していない可能性、或いは磁気信号は脳に到達しているが脳が磁気由来情報をノイズとして処理している可能性、の二通りが考えられる。

本研究では認知心理学分野で使われる長期順応手法を用いることで磁覚発見の可能性を最大化する。これまでの磁覚研究では磁覚がヒトに先天的に備わるものであることを仮定していた(Baker 1980, 1987; Thoss2007)。しかし経験的には我々自身が磁覚を有していないことは明らかであり、仮に磁覚が進化の過程で失われたものであれば、脳の可塑的再学習なしには磁覚は機能しないだろう。これに対し本研究では多感覚同期刺激に対する長期順応手法を用いることで、磁気信号に対するヒト脳内の知覚処理の促進を試みる。そもそも磁気信号にかぎらず、ヒトの発達過程では多感覚の同期・非同期入力が初期感覚野の再配線を促す(Sur1990)。磁気信号が脳に伝達されるがノイズとして処理されていると仮定すると、閾上の光・音刺激と磁気刺激の同時呈示によるヘップ則様の可塑的学習により磁気知覚メカニズムが脳内に発現することが期待できる。

2. 研究の目的

脳が磁気由来情報をノイズとして処理していると仮定すると、何らかの手法でこれをシグナルとして処理させる必要がある。本研究では多感覚情報の同期入力によるヘップ学習様の相互増強を用いて磁気情報の知覚シグナル化を目指す。先行研究では、閾下の聴覚刺激(音)と閾上の視覚刺激(視覚的多義図形)を時間的に同期させて呈示するという状況に順応した後に、閾下の聴覚刺激が主観的な視知覚を変容させるに至ることを示している(Takahashi 2010 J. Vis.)。この手法を応用し、磁気刺激・光刺激・音刺激のパルス系列の時間同期呈示に長時間順応することで脳の可塑的学習を促す。順応後に磁気信号単独で呈示し、磁気情報に対する主観的知覚が生じて磁気信号の有無を判断できるか明らかにする。磁気知覚が確認された際には、磁気信号が情報伝達メディアとしてどの程度使えるのか明らかにするために、可変時間長の1ビット磁気信号によりモルス信号と同程度の情報を伝達することを目指す。

磁覚が確認された際の問題点として、磁気刺激が磁気受容器(hCRY2)経由ではなく脳神経細胞に直接作用している可能性がある。例えば経頭蓋磁気刺激(TMS)は脳活動にモジュレーションを与える。磁覚が神経細胞に対する直接作用である場合には、磁覚を視覚や聴覚などの感覚と同等なモダリティとして扱うことはできないかもしれない。この点については、磁覚が確認された後に継続研究として脳内機序の解明を進める予定である。例えばhCRY2は光依存性を持ち、青色光除去環境では磁気受容作用を失う。多感覚順応により磁覚を獲得した後に、青色光除去環境で磁覚が抑制されれば、獲得された磁覚はhCRY2経由であると言える。しかし本研究は挑戦的萌芽研究の性格を踏まえ、あくまでヒトが磁覚を持ち得るか、磁気を情報伝達可能な信号として利用できるかどうか焦点を当てるものである。

3. 研究の方法

2014年度は磁気刺激呈示デバイスの作成及び予備実験を行った。この中で、研究倫理の観点からまずは当初の長期順応実験に先立ち、短期順応の予備実験を行うように一部計画を変更した。これは磁気知覚の有無を確かめるとともに、継続磁気刺激呈示の安全性確認のためである。磁気刺激装置では、当初予定していたモバイル型装置の作成に先立ち、PCからUSB接続したArduinoを經由して外部電源AC100VをDC12Vに減圧・整流して電磁石をON/OFFするという手法を採用した(図2)。上半期のうちに、メガネフレームに電磁石を取り付け、眼球網膜から近距離で磁気刺激を発生させる刺激呈示を行える装置の作成が完了し、倫理委員会の承認を得た。

以上の実験装置を用いて順応による予備実験を行った。予備実験では1日30分程度の磁気刺激順応(磁気刺激のON/OFFを0.5~2Hzで繰り返し、受動的に刺激を受けるという順応)を行い、その前後に磁気刺激検出実験を行った。ヒト網膜のタンパクにおける磁気刺激の検出を示唆するデータは今のところ得られていない。予備実験の結果を受けて実験計画について再検討し、予定通り(1)モバイル型デバイスを作成して移動中など常に磁気刺激を呈示できるようにして順応時間を長期化する、また(2)順応時に報酬を得られるような能動的課題を実施する(例えば磁気刺激が伴って呈示された刺激を選択した場合には報酬が得られるなど)、という二通りの実験準備を進めた。



図2：作成した音と磁気の刺激装置

2015年度は磁気及び音実験刺激提示装置を利用して、磁気知覚の存在を示唆する証拠を得るための実験を複数行った。第一に、前年度に引き続き1日30分程度の磁気刺激順応として、磁気刺激の提示・非提示と音刺激の提示・非提示を同期させた0.5Hzから2Hzの刺激提示を経験し、定期的に磁気刺激のみの提示有無の弁別が可能かどうか検査するというものである。この実験は少数の被験者に対して実施した。第二に、そもそもの磁気知覚有無の個人差が考えられたため、比較的多数の被験者に対して1分程度、磁気刺激と音刺激を同時に提示して、音の提示中に磁気から発せられる信号を検出できるかどうか検査した。

2016年度には、当初2年間の研究計画であったが、1年間研究期間を延長して、磁気知覚の発見に向けた更なる工夫により研究をすすめることとした。前年度までに作成した磁気及び音実験刺激提示装置を利用して、磁気知覚の存在を示唆する証拠を得るための実験を複数行った。前年度までの結果から、少人数への長時間順のよりも大規模サンプルに対する磁気知覚能力者の発見を第一の目的とした。大規模サンプル用の磁気知覚実験として、短時間順応の前後に4度の磁気知覚テストを含むプロトコルを開発し、70名程

度の実験参加者に対して実験を実施した。実験においては、2肢強制選択法により、バイアスを取り除き、磁気を検出できるかどうかを客観的に定量化する指標を用いた。

4. 研究成果

本研究を通して、(1)少規模サンプルの中期間磁気順応実験、(2)中規模サンプルの磁気検出実験、(3)大規模サンプルの短期間磁気順応実験、の3種類の実験研究を実施した。

その結果、いずれの実験研究においても磁気検出能力を示すポジティブな証拠は得られなかった。むしろ、(3)の大規模サンプルの実験では8000試行以上のテストに対して正答率が50%から統計的に有意に逸脱しないという、(少なくとも本研究で用いたプロトコルにおける)磁気知覚の顕在化の不可能性を強く示す結果が得られた。申請段階で磁気知覚の発見に成功する可能性を5%程度と見積もっており、発見していない現状は予想外の状況ではない。本研究の結果は、これまで度々検証されてきた磁気知覚の可能性について、少なくとも単純な磁気刺激では不可能である、ということを示唆するものであり、Null Resultとして研究報告を行う予定である。

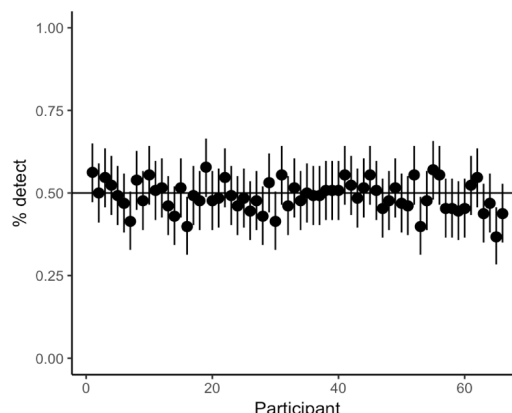


図3：大規模サンプル実験の結果

肝心の磁気知覚能力を有するのか、という点については、当然ながら科学において「無い」ことの証明は良いではなく、結論付けることは不可能である。ヒトの網膜に磁気センサーが発言していることを考えれば、何らかの磁気刺激(例えばある周波数、ある方位、ある強度など)が、神経情報処理の主体である脳に到達し得る可能性は否定できない。しかしながら、現状ではヒト磁気知覚能力が仮に合ったとしても、容易に使うことは難しいと言わざるを得ないだろう。今後、生理学的知見を入念に考慮した上で、磁気知覚の可能性を最大化するような磁気刺激提示を行った上で、さらにヒト磁気知覚の可能性を検証することが求められる。

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 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

1. 高橋康介 (2016/9/5-8) ヒト磁気知覚の可能性と現状. 第40回日本磁気学会学術講演会, 金沢大学角間キャンパス

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 康介 (TAKAHASHI, Kohske)
中京大学・心理学部・准教授
研究者番号: 80606682

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()