

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：32657

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650254

研究課題名(和文)福祉分野における磁気刺激システムの開発

研究課題名(英文)Development of magnetic stimulation system using alternating magnetic field for disabled person

研究代表者

土肥 健純(Dohi, Takeyoshi)

東京電機大学・工学部・教授

研究者番号：40130299

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、低周波磁気刺激技術の福祉機器分野への応用を探ることを目的とし、磁気刺激により最も効果が期待される高齢者の排便促進、難聴者の聴覚支援のための福祉機器開発をめざし研究を行った。(1)弱い磁場で磁気刺激を行うための効果的な磁場発生用コイルの配置、(2)ラットを対象とした生体への磁気刺激の可能性、(3)ヘルムホルツコイルで発生したような磁場中に磁性体を置くことによる局所的な磁場増強の可能性を確認し、交流磁気刺激の福祉分野へ応用可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to confirm the feasibility of magnetic stimulation using alternating magnetic field for disabled person. We applied the magnetic stimulation to two situations, improvement of the bowel movement of the elderly and support of hearing for deaf and hard-of-hearing people, where the magnetic stimulation is expected to be an effective application. We confirmed (1) the relative position of the coil for generating the magnetic field to the stimulation target for effective stimulation, (2) the effect of the magnetic stimulation for the bowel movement using rats, and (3) the capability of the local increase of the magnetic field using magnetic substances in a uniform magnetic field generated by a Helmholtz coil.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・生体医工学・生体材料学

キーワード：磁気刺激 福祉機器 渦電流

1. 研究開始当初の背景

わが国の少子高齢社会において、障害児や高齢者に対する支援機器の開発は多くの分野で行われ、かなり成果が上げられている。しかし、さまざまな工学技術により開発が進められているものの、未だ多くの分野で支援機器が必要とされている。実現が期待されている支援機器の中には、磁気刺激技術に適したものがあつた。しかし、磁気刺激技術を本格的に福祉分野に応用する試みはほとんど見られていない。そこで本研究では、福祉機器への磁気刺激技術応用に関して、実現可能性の高い対象に焦点を絞り、研究を行なう。磁気刺激の医療応用として、神経生理学的分析や評価、および臨床応用として脊髄神経や末梢神経への磁気刺激による機能検査などがある。一方で、福祉応用の研究としては、わが国の榎本博之らによる排尿障害へ応用がある。磁気刺激による聴覚支援としては、人工内耳への信号伝達としての磁気応用があるが人工内耳埋め込みが前提となる。そこで本研究では、磁気刺激の福祉機器への応用を目的に、磁気刺激により最も効果が期待される分野として 高齢者の排便促進、聴覚支援の 2 テーマに関して研究開発を行う。排便を目的とした腸管磁気刺激の研究は未だ見当たらず、聴覚支援に関しても、外部磁場による耳鳴り現象をどのように抑制するかの研究は多くあるが、それを反対に音声伝達に利用する研究は未だ試みられていない。

2. 研究の目的

本研究では、未だほとんど研究されていない磁気刺激技術の福祉機器分野への応用を探る。その際、良く知られている磁気閃光と同様なレベルの交流磁気刺激により渦電流を誘導させて刺激する。刺激対象は、最も実現可能性の高い支援技術として、下記の 2 点を取り上げる。なお、高電圧によるパルス磁気刺激は連続刺激には適さないので除外する。

高齢者の排便促進：便秘しがちな高齢者に対して、磁気刺激により腸の蠕動運動を促進する。

聴覚支援：高度難聴者に対して脳の聴覚野に磁気閃光と同様な磁気刺激を行い、それに対応した聴覚反応を試みる。

3. 研究の方法

磁気刺激とは、変動磁場によって生じる渦電流により生体内に電位差を発生させ、生体を刺激する方法である。現在、コンデンサに蓄積した電荷を瞬時に放出し、4000 A 程度の大電流を流すことでパルス磁場を発生させるパルス磁気刺激装置が市販され、うつ病を始めとする精神・神経疾患などを改善しようとする試みがなされている。しかし、パルス磁気刺激は、大電流を流すため漏れると危険である。そのため本研究では、磁気閃光という生体刺激現象が低周波低磁場の交流磁場

環境下で発生することに着目し、低周波低磁場の交流磁場による生体刺激法の研究を行う。低周波低磁場の交流磁場はパルス磁場に比べ、流す電流は小さいものの生体刺激にかかわる磁場の変化率が小さいという問題がある。本研究では、弱い磁場でも効果的に刺激を行うための磁場発生方法について、研究を行う。方法としては、刺激対象となる領域に限って磁気刺激が行えるよう、シミュレーション計算により、磁気刺激コイルの形状、刺激位置等について検討する。また、ラットによる動物実験により、生体における交流磁気刺激の効果を検証する。

4. 研究成果

(1) 刺激用コイルの配置の検討

高齢者の排便促進においては仙骨周辺部の神経、聴覚支援においては蝸牛周辺の神経を刺激対象と設定し、刺激対象を単純にモデル化したうえで、モデル周辺部の渦電流を計測し、モデルに対して効果的に刺激を行うための磁場の印加方法について検討を行った。

高齢者の排便促進においては、仙骨を直径 1、5、10 mm の穴をあけたアクリル板でモデル化し、穴の径と渦電流密度の関係および穴の軸方向と磁場の印加方向がなす角と渦電流密度の関係を計測した。ここでは、磁場発生用のコイルとして、もっとも単純な構成である単一のソレノイドコイルが発生する磁場において、効果的な条件の検討を行った。その結果、穴の径は小さいほど渦電流密度が大きくなった。また、穴の軸方向と磁場の印加方向が一致した時渦電流密度が大きくなった。このことから、仙骨刺激を行う際には仙骨の仙骨孔の軸と磁場の印加方向をそろえることで効果的に磁場を印加できることが示唆された。

聴覚支援においては、蝸牛内の鼓室階およびらせん神経節を太さの異なる 2 本のアクリルパイプでモデル化し、さらにこれらのパイプの軸を平行に外接させたものを刺激対象モデルとして、交流磁場印加時の鼓室階モデル内の電位差を測定した。ここでは、二つのソレノイドコイルを利用し、刺激対象領域の磁場の方向・強度 (0.85 mT) が一樣となるようにして実験を行った。その結果二つのパイプの断面内で、それぞれの断面の中心を通る方向に磁場を印加した場合に電位差が最大となった。このことから蝸牛中心部の蝸牛軸に向けてコイルを設置することで刺激対象付近に効果的に磁場を印加できると考えられる。

(2) ラットの排便量評価

交流磁気刺激の生体への影響を検証した研究は過去になく、どの程度の磁場で刺激が行われるかわかっていない。そこで、交流磁場による排便促進にむけ、ラット (雄性、200g ~ 230g) に対して交流磁気刺激を行い、刺激

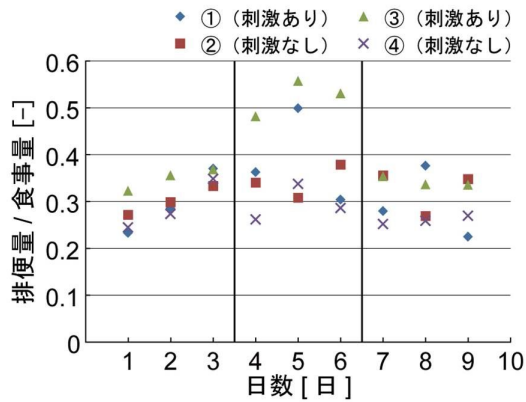


図1 一日当たりの食事量に対する排便量の比較

の有無による排便量の比較を行った。使用したコイルはソレノイドコイルでコイル付近の磁場は 6.9 mT であった。

実験では、3 日間ずつの刺激前区間、刺激区間、刺激後区間の計 9 日間の一日当たりの食事量に対する排便量の比を算出した(図 1)。計測は磁気刺激を行うラット 2 匹と磁気刺激を行わないラット 2 匹の計 4 匹に対して行った。一日当たりの食事量に対する排便量の比の各区間における平均値を各ラットの刺激前区間の平均値で正規化すると、磁気刺激を行っていない区間では 0.9~1.1 だった値が、磁気刺激を行ったラットの刺激区間ではそれぞれ 1.3、1.5 と大きな値を取り、磁気刺激により排便量が増加することが観察された。また、磁気刺激を行ったラットの刺激区間の便は刺激していない区間と比べ、水分量が多く外観上の違いも観察された。これらの結果から磁気刺激が便秘治療に効果がある可能性が示された。

なお、本実験は、動物実験実施機関である国立成育医療研究センターの承認を受けて行った。(動物実験承認番号: A2013-009-C01)

(3)磁性体を用いた局所的な磁場増強

一般的に磁場はコイルから離れるにつれ、発散していく。一方で、磁気刺激においては刺激したい領域のみ強い磁場が求められる。そこで本研究では磁性体を用いることで、磁場を集め、刺激対象となる領域に限定して磁場を強くする方法について検討した。

有限要素解析ソフトウェア ANSYS により、磁性体の大きさ・配置を変化させ、刺激対象付近の磁束密度の空間変化率のシミュレーションを行った。まず、最も単純な単一のソレノイドコイルが発生する磁場において、磁性体の効果を検討した。排便促進のための仙骨周辺部の刺激を想定したモデル化(図 2)を行い、長さ 10-50 mm、直径 20-100 mm の円柱磁性体が磁束密度の空間変化率に与える効果について考察した。これらの結果から、磁性体を生体に近づけ、磁性体長を長くし、刺激対象の大きさより小さな磁性体直径をとることで刺激対象近傍の磁束密度を局所

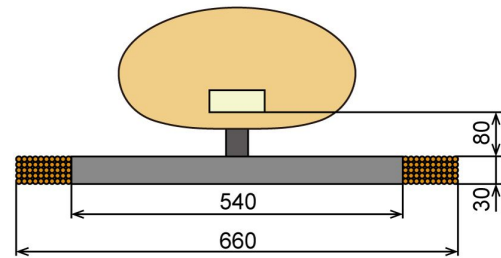


図2 仙骨周辺のシミュレーションモデル

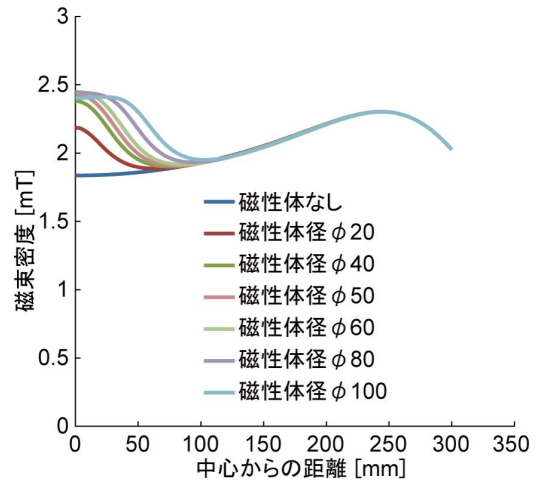


図3 ソレノイドコイルにおける磁束密度シミュレーション(モデル右半分)

的に大きくできることが分かった。

一方で、単一のソレノイドコイルにおいては、図 3 のシミュレーションに示すように刺激対象領域となる 0 mm 付近だけでなく、コイルの巻線付近である 250 mm 付近の磁場が強くなっており、思わぬところで刺激が起きてしまう可能性がある。そこで、2 個のソレノイドコイルを用いてヘルムホルツコイルを構成し、刺激対象付近に一樣な磁場を発生させ、その上で刺激したい部分の磁場を磁性体で増強する方法を提案した。ヘルムホルツコイルにおけるシミュレーションモデルを図 4、シミュレーション結果を図 5 に示す。図 5 を見ると、1 個のソレノイドコイルの場合に見られた 250 mm 付近のピークがなくなり、刺激対象領域の磁場のみが強くなっていることがわかる。したがって、刺激対象付近の磁場を一樣にし、刺激したい部分に磁性体を配置することで限定的に対象を刺激できることが示唆された。また、磁性体径および磁性体長を変えてシミュレーションを行った結果、磁性体径によって、磁場増強可能な領域の幅を、磁性体長によって、磁場強度を制御できることが確認できた。この結果をもとに、高齢者の排便促進における仙骨、聴覚支援領域における蝸牛など、刺激対象のサイズ・位置に応じて磁性体形状を設計することで様々な分野への応用が期待できる。

以上により、交流磁気刺激の福祉分野へ応用可能性が示された。

今後の展望として、まずはラット等を用い

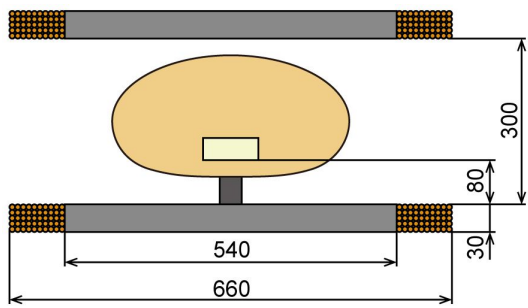


図4 ヘルムホルツコイルでのシミュレーションモデル

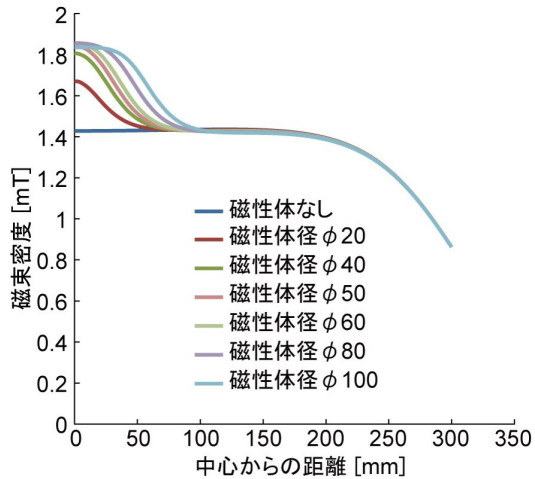


図5 ヘルムホルツコイルにおける磁束密度シミュレーション(モデル右半分)

た実験により刺激効果が得られる磁場の閾値を求める。その結果と本研究で行ったシミュレーション結果をもとに交流磁気刺激装置の開発につなげる。さらに、高齢者の排便促進、聴覚支援をはじめとした様々な福祉分野において、各分野に適した刺激対象の選定・装置開発を行っていく。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 1 件)

山岡 賢悟, 桑名 健太, 太田 裕治, 小谷 誠, 正宗 賢, 土肥 健純, “交流磁気刺激による便秘治療のための刺激対象周辺の磁束密度シミュレーション,” 第1回看護理工学会学術集会, p.49, 東京, Oct. 5, 2013.

6. 研究組織

(1)研究代表者

土肥 健純 (DOHI, Takeyoshi)
東京電機大学・工学部・教授
研究者番号: 40130299

(2)研究分担者

太田 裕治 (OHTA, Yuji)
お茶の水女子大学・人間文化創成科学研究科・教授
研究者番号: 50203807

正宗 賢 (MASAMUNE, Ken)
東京大学・情報理工学系研究科・准教授
研究者番号: 00280933

桑名 健太 (KUWANA, Kenta)
東京電機大学・工学部・助教
研究者番号: 00593055