

局所磁気刺激に向けた磁性体形状の違いによる磁場増強効果の評価

Evaluation of the magnetic field enhancement

depending on the shape of the magnetic materials for the local magnetic stimulation

○ 山岡賢悟(東電大) 制野晃志(東電大) 桑名健太(東電大)

太田裕治(お茶女) 小谷誠(東電大) 土肥健純(東電大)

Kengo YAMAOKA, Tokyo Denki University, Koushi SEINO, Tokyo Denki University

Kenta KUWANA, Tokyo Denki University, Yuji OHTA, Ochanomizu University

Makoto KOTANI, Tokyo Denki University, Takeyoshi DOHI, Tokyo Denki University

Abstract: This paper reports a generating method of a locally-enhanced magnetic field by a magnetic material in a uniform magnetic field for controlling stimulus area in alternating magnetic stimulation. Though magnetic stimulation is less chronic and invasive than medicine or electrical stimulation, large area stimulation is a problem because of the magnetic flux divergence. Therefore, locally-enhanced magnetic field is required. The purpose of this study is to measure the magnetic field localization induced by several size of the magnetic material in a uniform magnetic field generated by a Helmholtz coil. The results show that the length of magnetic material determines the strength of the magnetic flux density and the diameter determines the range of the locally-enhanced magnetic field. In addition, the maximum value of the magnetic flux density is not changed even by changing the position of the magnetic material.

Key Words: Locally-enhanced magnetic field, Magnetic material, Helmholtz coil

1. 背景

現在, 便秘治療として薬剤治療と電気刺激による治療がある。薬剤治療では, 即効性という利点があるが, 慢性化や依存性という欠点がある。電気刺激による治療では, 慢性的な便秘の治療が可能であるが, 電流を流す事による痛みがあるため侵襲性が高いという欠点がある。そこで, 依存性や侵襲性が低く, 着衣のまま治療可能な磁気刺激による治療が注目されている。これまでに, 排便を司る仙骨神経周辺をパルス磁気刺激することで, 直腸内圧の上昇が確認され, 磁気刺激による便秘治療の可能性が示されている⁽¹⁾。しかし, パルス磁気刺激では刺激コイルに数千 A 程度の大電流を流すため危険が伴う。そこで, 我々は安全性の高い交流磁気刺激による便秘治療について研究を行っている⁽²⁾。交流磁気刺激では, パルス磁気刺激と比べ小さい電流のため, 安全性が高いと考えられる。しかし, いずれの磁気刺激手法においても, コイルにより磁場を発生させる性質上, 広範囲に磁場が分布し, 刺激部位のみならず周辺の領域も同時に刺激される可能性がある。必要領域に限った刺激のためには, 局所的に増強した磁場を発生させることが求められる。

2. 目的

本研究では, 必要領域に限った磁気刺激の実現のために, 一様磁場中に磁性体を配置することで局所的に磁場の増強が可能な磁場発生方法を提案し, 様々な大きさの磁性体をヘルムホルツコイルにより発生させた一様磁場中に配置した際の磁束密度分布を計測することを目的とする。

3. 一様磁場下における磁性体による局所的な磁場増強

Fig. 1 に提案手法である一様磁場下に磁性体を配置することによる局所的磁場増強の概念図を示す。本法では磁束を集め磁場増強効果がある磁性体を一様な磁場中に配置することで, 局所的に磁場を大きくする方法である。発生させる一様磁場は刺激可能閾値よりも小さく設定し, 磁性体により局所的に増強された磁場の範囲でのみ刺激可能閾値

を超えることができれば刺激範囲を限定した刺激が可能となる。本研究では, 一様磁場を発生させるためにヘルムホルツコイルを使用する。ヘルムホルツコイルは2つの同寸法の円形コイルを半径の長さだけ離して配置した際に両コイル間に一様磁場を発生させるコイルである。

4. 磁束密度分布計測

4-1 磁性体形状の磁場増強効果

磁性体による磁束密度の局所的な増大, および, 磁性体サイズによる磁場増強効果の違い, を確認するため, 一様磁場中に直径と長さを変えた円柱磁性体を配置し, 磁束密度分布を計測した。磁性体とヘルムホルツコイルの配置とサイズ, 計測位置を示す模式図を Fig. 2 に示す。ヘルムホルツコイルに流す交流電流は 20 Hz, 4 A とし, 6.3 mT の一様磁場を発生させた。ヘルムホルツコイルは軸対象なので, 中心軸から外周に向かって一方向のみ磁束密度計測を行った。磁束密度計測にはガウスメータ(ハンディガウスメータ 410 型, 東洋テクニカ)を用いた。仙骨から体表までの距離が 30 mm, また刺激装置設計の際, 体表から磁性体までの距離が最低でも 10 mm 程度離れることを考慮し, 磁性体からの距離が 40 mm の位置で計測を行った。磁性体は上側コイルの内側に配置し, 長さを変更する場合にはコイル下端と磁性体の下面が一致するよう配置した。計測は, 磁性体なし, 磁性体径 10 mm・長さ 10 mm, 径 50 mm・長さ 10 mm, 径 100 mm・長さ 10 mm, 径 50 mm・長さ 30 mm,

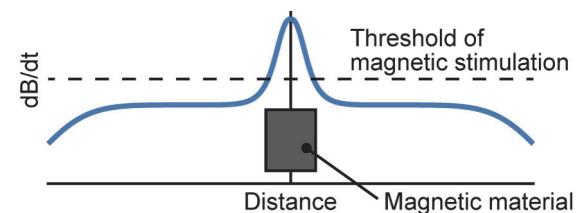


Fig.1 Local enhancement of the magnetic flux density by a magnetic material

径 50 mm・長さ 50 mm の計 6 条件で行った. Fig. 3 に計測した磁束密度分布を示す. 磁性体使用時の磁束密度分布は, 磁性体なしに対し, 中心付近で磁束密度が増強されたことが確認された. また, コイル中心からの距離が 70 mm 以上離れると磁性体の有無により, 磁束密度の値に差がないことが示された. これらの結果より, 磁性体近傍でのみ磁性体による磁束密度の増強効果が生じることが分かった. 磁性体の使用効果について評価を行うため, 磁性体なしと磁性体を使用したときの値の差分をとり, 磁性体による磁束密度増加量を算出した. Fig. 4 に磁性体による磁束密度増加量の分布を示す. 磁性体長が長いほど磁束密度が大きくなっているのが分かる. また, 磁束密度の増強範囲は計測誤差を考慮して 0.1 mT 以上の範囲として, 磁性体長 10 mm では 30 mm, 同 30 mm では 40 mm, 同 50 mm では 50 mm と長さの増加に伴い, 拡大することが分かる. 次に磁性体径に着目すると, 磁束密度増加量は $\phi 50$ mm と $\phi 100$ mm の中心付近であまり変わらないが, $\phi 10$ mm では減少している. 磁束密度増加範囲は, $\phi 10$ mm では 10 mm, $\phi 50$ mm では 30 mm, $\phi 100$ mm では 60 mm と磁性体径が増加するほど拡大することが分かる. 以上の結果より, 磁性体サイズにより磁束密度分布が調整可能であることがわかった.

4-2 磁性体の位置による磁束密度増強効果

磁性体の位置による磁束密度増強効果の違いを確認するため, 一樣磁場中で磁性体位置を変化させたときの磁束密度分布の計測を行った. ヘルムホルツコイルの寸法や発生させる磁束密度, 計測位置, 計測装置は 4-1 と同様とし, Fig. 2 の磁性体位置をコイル中心軸から計測方向と同じ方向に 10 mm 間隔で 50 mm まで変更し計測した. 磁性体は径 50 mm 長さ 50 mm を使用した. Fig. 5 に磁性体位置を変更したときの磁束密度増加量の分布を示す. 磁性体位置がコイル中心から 50 mm までの範囲では, 磁束密度の最大値は変化せず, 最大値をとる位置が磁性体の位置に合わせて変化することが確認できた. また, 今回の計測では径 50 mm 長さ 50 mm の磁性体を用いて行ったが, 理論上他のサイズの磁性体を使用しても同様の結果が得られることが予想される.

5. 結言

本研究では, 必要な領域に限った局所磁気刺激に向け, ヘルムホルツコイルにより発生させた一樣磁場下に様々な大きさの磁性体を配置した際の磁束密度分布を計測した. 計測の結果, 磁性体長により磁束密度の最大値を磁性体なしと比べ 53%増加させることができた. また, 磁性体径により磁束密度増加範囲を半径 10 mm から半径 60 mm の範囲で調整できることを確認した. 以上の結果から, 磁性体長により刺激強度の制御が, また, 磁性体径により刺激範囲の制御が可能と考えられる. また, コイル中心から半径 50 mm の間で磁性体を移動させても磁束密度最大値は変化せず磁束密度のピーク位置のみ変化させ得ることを確認した. これらの結果より, 一樣磁場下に磁性体を配置することによる局所的磁気刺激の可能性が示唆された.

参考文献

(1) Masayuki Kubota, Naoki Okuyama, Yutaka Hirayama, Kumiko Kobayashi, Kanako Satoh, "Effect of sacral magnetic stimulation on the anorectal manometric activity: a new modality for examining sacro-rectoanal interaction," Pediatric surgery international, vol. 23, pp. 741-745, 2007.

(2) 山岡 賢悟, 桑名 健太, 太田 裕治, 小谷 誠, 土肥 健純, "交流磁気刺激における刺激領域制御のためのヘルムホルツコイルと磁性体を用いた局所的な磁場増強", 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2014, GS8-4, Sep.24-26, 2014.

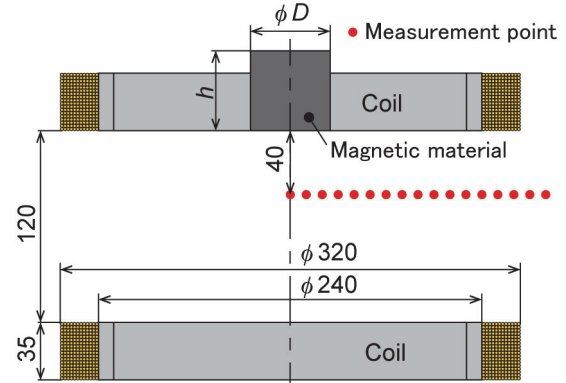


Fig.2 Schematic image of the experimental system

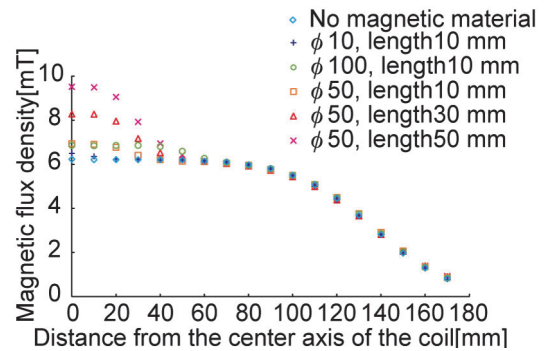


Fig.3 Distribution of the magnetic flux density according to the size of the magnetic material

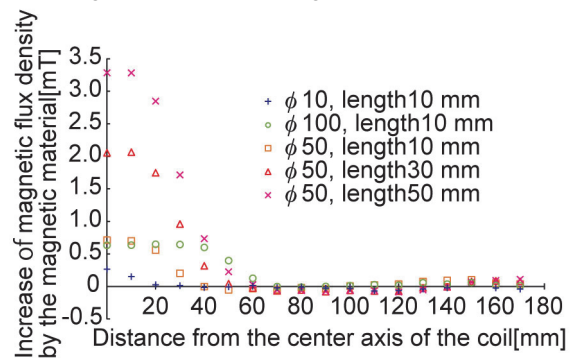


Fig.4 Distribution of the increase of the magnetic flux density according to the size of the magnetic material

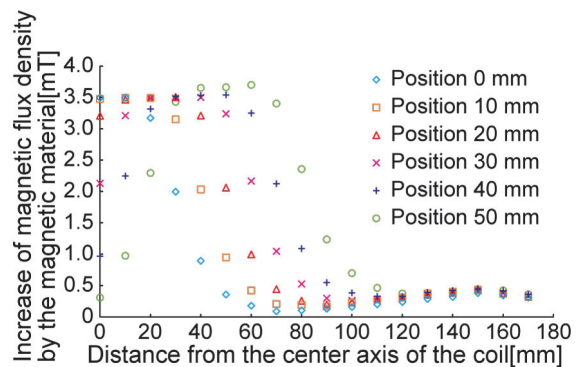


Fig.5 Distribution of the increase of the magnetic flux density according to the position of the magnetic material