

# 経鼻胃管の誤挿入防止のための管先端位置確認用電気通信システムの開発

代表研究者

後藤 雄治

大分大学 工学部 准教授

## 1 概要

嚥下障害の患者は、経鼻胃管を用いて直接胃へ栄養を注入する必要がある。この鼻から胃までの経鼻胃管の挿入では、気管への誤挿入など、正しく胃に入らない場合がある。この状態で栄養が注入されると呼吸不全や肺炎などの致命的な事態を引き起こすため、誤挿入のチェックは大変重要である。そこで本研究では、経鼻胃管先端部に3軸検出コイルを設置し、体外に10個の交流励磁コイルを非接触で配置し、交流磁界を印加させ、交流磁界の強さから管先端部の位置(検出コイル位置)を推定する手法を提案した。

## 2 交流磁界を使用した経鼻胃管先端部の位置推定法

### 2-1 位置推定原理

ここでは、経鼻胃管先端部に3軸検出コイル(空芯コイル)を設置し、患者の体外に設置した交流励磁コイル(空芯コイル)が発生させる交流磁界を測定することで経鼻胃管先端部の位置を推定する手法を提案した。図1に示すような経鼻胃管の先端部にx,y,z方向にそれぞれ20ターンずつ巻かれている3軸検出コイルを設置し、図2のように体外の腹部上10箇所に交流磁界発生用の励磁コイルを設置する。図2(a)は人体の鼻から胃まで、先端部に3軸検出コイルを配置した経鼻胃管を挿入した状態を示す。図は検出コイルのリード線をマイクロコンピュータを通し、ノートパソコンに接続し、検出コイルの軌跡をノートパソコン上に表示させている概念図を示している。図2(b)は10個の励磁コイルの構成を示し、患者のみぞおちを基点として胃を検査するために三角形に配置している。みぞおち部分にある剣状突起は、触診により位置の把握が簡単に行え、胃は剣状突起よりも大部分が人体の足側にあるため、この剣状突起の部分をも基点(励磁コイル⑥)とした。本研究では、人体外の腹部に配置した10個の各励磁コイルを磁気双極子モーメントと仮定し、交流電流を流して磁界を発生させる。この交流磁界を人体内に挿入した経鼻胃管先端部の3軸検出コイルで測定し、逆問題計算法である進化戦略法を使用して人体内の検出コイルの位置を推定する計算方法を採用した。

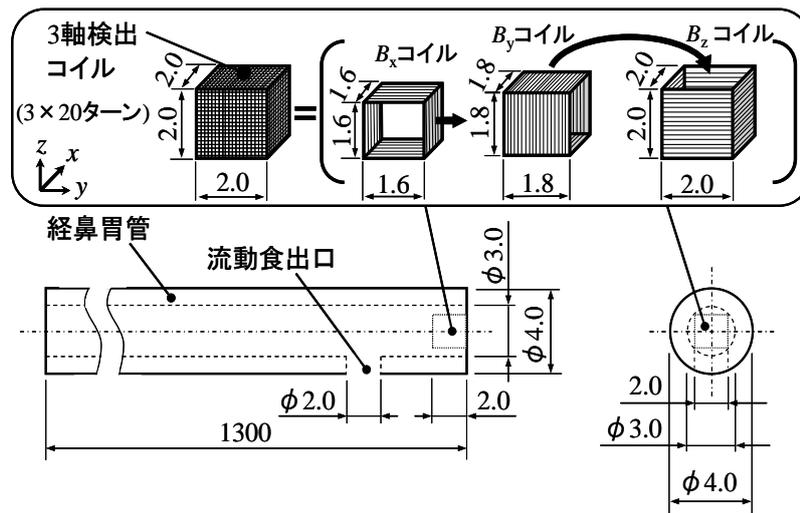
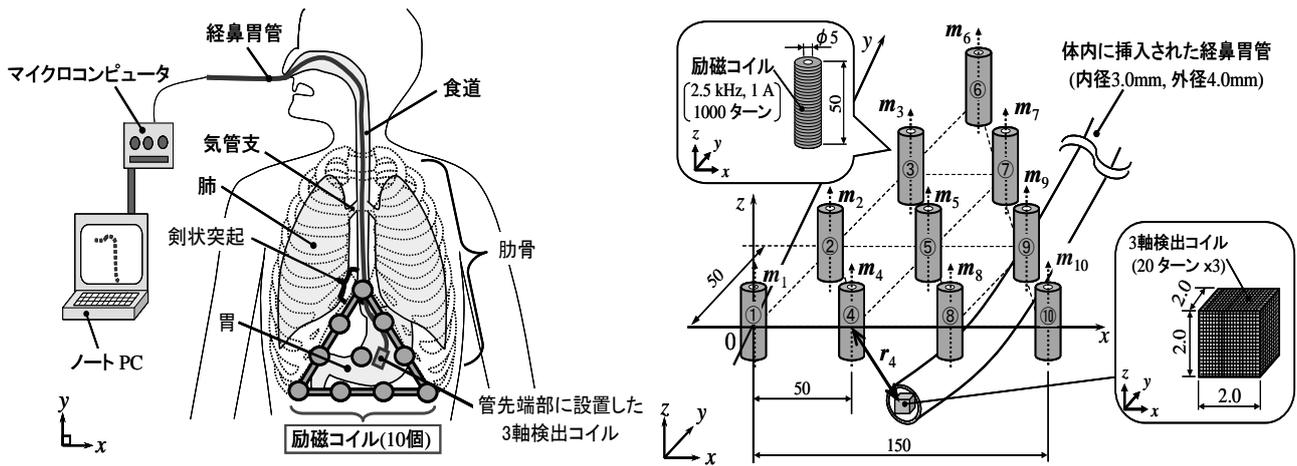


図1 経鼻胃管先端部の3軸検出コイル



(a) 本提案の検査モデル図 (b) 励磁コイル部の詳細図 (単位 : mm)  
 図 2 経鼻胃管先端部の位置推定モデル

### 2-2 検証実験と臨床試験

ここでは X 線 CT スキャン検査装置(東芝メディカルシステムズ Aquilion64)を使用して、本提案検査手法の有用性を、人体模型を用いた検証実験と人体における臨床試験により確かめた。図 1 に示した経鼻胃管の先端部に 3 軸検出コイルを設置し、人体模型や人体に経鼻胃管を挿入した状態で本提案検査装置と、CT を使用して管先端部の位置を同時に測定し、両者で検出コイルの位置の比較を行った。なお、人体模型は京都科学社製マーゲンシミュレータ MS-1 形を使用し、臨床試験は健康な 50 歳男性による実験を実施した。検証実験、臨床試験の様子を図 3、図 4 にそれぞれ示す。図 3、図 4 のように人体模型や、人体の胃の中に、先端部に 3 軸検出コイルを搭載した経鼻胃管を挿入し、腹部上に 10 個の励磁コイルを配置した。本提案検査装置で測定した検出コイルの位置と、CT 撮影で測定した検出コイルの位置を比較し、本提案手法の測定精度を確かめた。表 1 にそれぞれ検証実験と臨床試験の結果をまとめて示す。ケース a、b が検証実験、ケース c が臨床試験の結果を示しており、CT で測定された結果と本提案検査装置での位置推定結果の誤差は、検証実験、臨床試験共に誤差 10 mm 以内で推定出来ていることがわかる。ケース c の臨床試験においては誤差 3.6 mm と精度良く推定出来ており、本提案手法の有用性を示すことができた。



図 3 人体模型を使用した検証実験

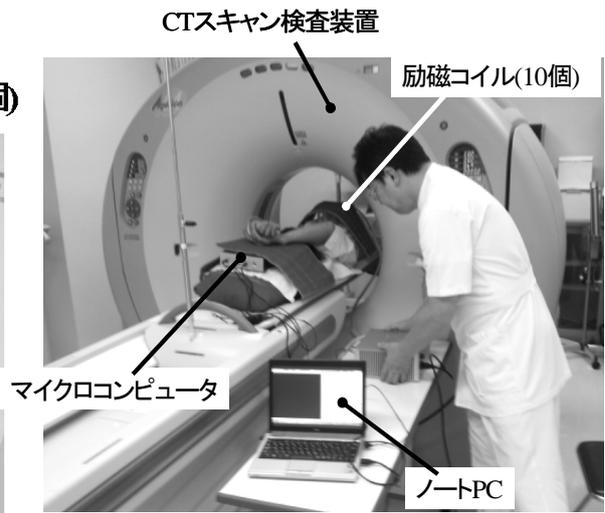


図 4 臨床試験 (50 代男性)

表 1 CT と本提案手法の比較

ケース	CT (mm)			本提案手法 (mm)			誤差 (mm)
	x	y	z	x	y	z	
a	106	64	-73	101	56	-71	9.6
b	65	68	-101	68	60	-105	9.4
c	89.2	36.2	-112.7	92.6	36.1	-113.9	3.6

### 3 まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめて示す。

- (1)人体外の腹部に設置した 10 個の励磁コイルそれぞれから発生する交流磁界の強さを、経鼻胃管先端部に設置した 3 軸検出コイルで測定することにより管先端の位置を、推定できる可能性を示した。
- (2)人体模型及び人体における CT スキャン検査装置との比較検証実験で、誤差 10 mm 以内で管先端位置を推定することが出来た。実際の臨床において経鼻胃管先端部の位置推定に求められる精度は誤差 10 mm 程度であるため、本提案手法が使用できる可能性がある。

今後は、実用化に向けて位置精度の向上や装置全体の小型化、コストの改善等の検討を行うと共に、臨床試験において、実用性を検討する予定である。

#### 【参考文献】

- 1.松岡綾, 館雄也, 森元雄大, 後藤雄治, 宮崎吉孝, 高橋則雄:電磁気を用いた経鼻胃管先端部の非接触位置推定法の提案. 日本非破壊検査協会第 14 回表面探傷シンポジウム講演論文集. pp.108-111, 2011.
- 2.中村敦司, 古川寛人, 後藤雄治, 宮崎吉孝, 高橋則雄: 交流磁界を用いた経鼻胃管先端部の非接触位置推定法の提案. 日本非破壊検査協会第 15 回表面探傷シンポジウム講演論文集. pp.59-64, 2012.
- 3.粉川昌巳: 電磁気学の基礎マスター. 電気書院, 2006.
- 4.高橋則雄: 磁界系有限要素法を用いた最適化. 森北出版, 2001.
- 5.R.R.Saldanha,R.H.C.Takahashi,J.A.Vasconcelos: Adaptive Deep-cut Method in Ellipsoidal Optimization for Electromagnetic Design. IEEE Transactions on Magnetics. 35(3), pp.1746-1749, 1999.
6. 太田昭男: 新しい電磁気学. 培風館, 1994.
7. 坂和正敏, 田中雅博: 遺伝的アルゴリズム. 朝倉書店, 1995.

#### 〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Application of Minimum Variance Beamformer for Estimation of Tip Position of a Nasogastric Tube	IEEE Transactions on Magnetics,, vol. 50 , no.11 , 5101404, 2014	平成 26 年 11 月 掲載
Application of minimum variance beamformer for estimation of tip position of a nasogastric tube	IEEE International Magnetics Conferece (INTERMAG2014), EW-1, 2014	平成 26 年 5 月 7 日 発表
電磁界を利用した経鼻胃管先端部の非接触位置推定法の提案	センシングフォーラム、計測自動制御学会、IC3-3、2014	平成 26 年 9 月 25 日 発表
立方体 3 軸検出コイルを使用した経鼻胃管先端位置確認法	第 18 回表面探傷シンポジウム、日本非破壊検査協会、pp. 71-76、2015	平成 27 年 3 月 10 日 発表