

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 5 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21591697

研究課題名（和文）内視鏡外科手術における空気超音波走査を用いた情報支援

研究課題名（英文）Navigation with air-ultrasonic-scanning system for laparoscopic surgery

研究代表者

藤原 道隆 (FUJIWARA MICHITAKA)

名古屋大学・大学院医学系研究科・特任准教授

研究者番号：70378222

研究成果の概要（和文）：触覚を使用できない腹腔鏡下手術では、さまざまな画像処理技術を用いた手術支援が行われている。術前検査画像を処理して、術前シミュレーションや術中ナビゲーションが行われているが、消化管内の病変の位置をナビゲーションしたり、術前シミュレーションと位置合わせするには、術中の画像支援が必要である。従来、位置センサーや MRI が用いられていたが、簡便な超音波走査で可能となるかの基礎的な研究を行った。最大の問題は、気腹ガスや消化管内ガスのような気体層が介在する状況での超音波走査が可能かどうかで、長波長、高増幅のシステムを試作し、実験臓器での走査が可能であった。本技術を発展させることで、磁場や被爆の影響なしに術中にリアルタイム検索が可能になり、術前シミュレーション、ナビゲーションと補完しあう手術支援が可能となる。

研究成果の概要（英文）：

Image-assist is important during laparoscopic surgery because haptic sense is not available. Scanning intraluminal lesion or marking clip in the operation is necessary for surgical navigation and augmentation on the preoperative simulation. For this purpose, we developed the ultrasonic imaging system for intraluminal lesion through gaseous, liquid, and solid layers. Metal clip was imaged by long wavelength incident waves and higher amplified receiver. This technique could be applied to more useful navigation system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学

キーワード：内視鏡下手術、腹腔鏡下手術、画像情報支援、手術ナビゲーション、シミュレーション、超音波診断、空気超音波

1. 研究開始当初の背景

腹腔鏡下手術では、手の触覚を使用できないた

め、これを補う意味を含めてさまざまな画像処理技術を用いた手術支援が行われている。術前検

査画像を処理して、術前シミュレーションや術中ナビゲーションの試みが行われているが、消化管内の病変の位置を実際にナビゲーションしたり、術前シミュレーションと位置合わせするには、術中の内視鏡画像以外の画像支援が必要である。

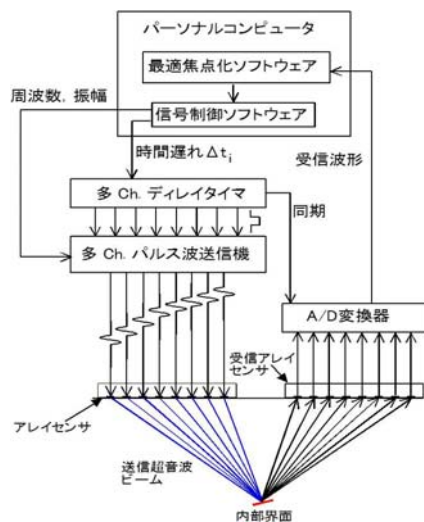
2. 研究の目的

消化管の腹腔鏡下手術において漿膜面からの腹腔鏡視野のみで病変位置を確認することは不可能である。早期癌の場合は、あらかじめ術前検査で病変の位置や境界を示す標識クリップが打たれることが多い。手術中に使用できる現在の超音波プローブでは、病変自体の描出はほとんど不可能で、標識クリップの描出も困難なことが少なくない。金属クリップすら描出できない大きな原因は、やわらかく、粘膜ヒダのために均一でない消化管壁ごしに走査するため、気腹ガスや消化管内ガスのような気体層が介在するためである。超音波検査は被爆がなく術中でもリアルタイムに検索できる利点があり、術前シミュレーション、ナビゲーションと補完しあう手術支援が可能となる。本研究において気体層があっても臨床的に有用な精度で超音波走査ができるかどうか、そして術者の触覚を補う実用的な手術支援となるかどうかについて検討する。

3. 研究の方法

(1) 空気超音波アレイセンサの製作

腹腔鏡下手術用トロッカー内に挿入できるように、10mm径の、10素子、周波数600kHz、アレイ構造とした空気超音波アレイセンサを企画した。

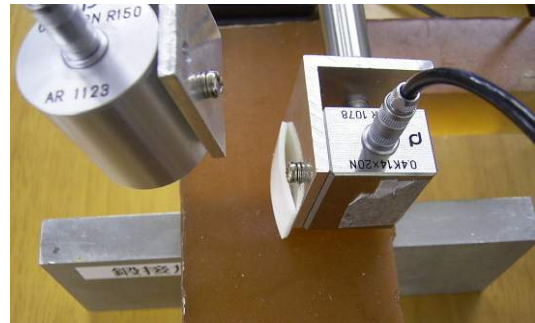


(2) 空気層を介した金属小片検出実験

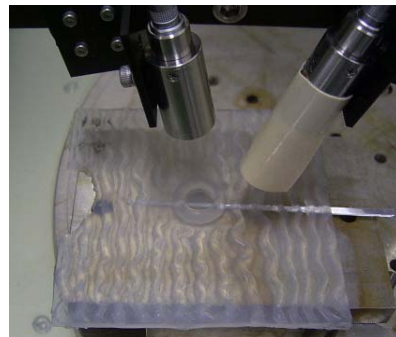
試作した600kHz 10mm径アレイセンサを用い、

空気層を介して金属クリップの検出と二次元画像化を試みた。

- (3) 空気層に加え、臓器の壁にあたる固体層も介した超音波走査の実験をおこなった。これは、400kHz空気超音波探触子を用いたピッチ(平面)・キャッチ(点集束)法を用い、腸管壁にみたてたエラストマー(軟性樹脂)と空気層を介してエラストマー下の金属の描出実験を行った。



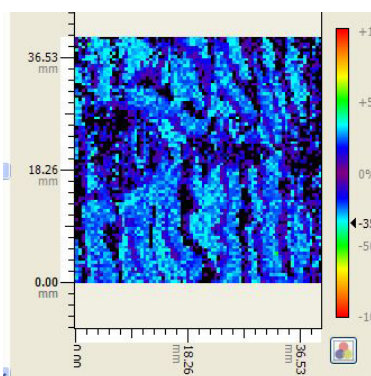
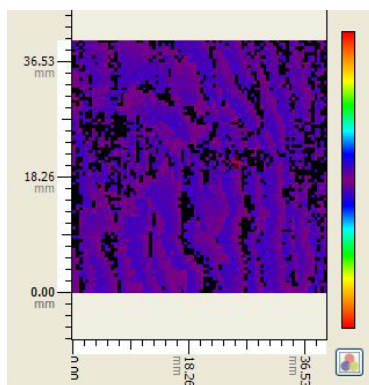
- (4) 解像度を上げるために、送受信の周波数をいろいろ変えて(研究結果参照)実験し、
- (5) 分解能の向上をはかるために新たな受信センサを作成した。
- (6) 疑似病変付き胃壁(ファントム)を製作し、その内腔側に実際の臨床に用いる内視鏡クリップを打ち込んで、描出実験を行った。



4. 研究成果

- (1) 600kHz 10mm径10素子、アレイセンサを製作した。
- (2) 上記アレイセンサでを用いた走査で空気層を介しての金属クリップの画像化は可能であった。平面を走査し、位置を表示させることも可能であった。
- (3) 固体と気体の2層を介しての超音波走査のため、より増幅可能な測定システムとして、400kHz 空気超音波探触子を用いたピッチ・キャッチ法で腸管壁にみたてたエラストマーと空気層を介してエラストマー下の金属の描出が可能であった。

- (4) 昨年度までの実験成果をふまえて、送受信の周波数を異なるものにして、送信 800kHz、受信 1.6MHz の組み合わせで 2 次高調波測定システムを製作し実験を行ったが、分解能が不良であった。
- (5) 上記の結果を受けて、新たな受信センサを作成した。
- (6) 新システムで疑似胃壁 (ファントム) の中に存在するクリップの検出 (軟性組織と空気の両者が介在) を行ったが、画像分解能が不良であった。これは送信、受信探触子のビーム径中心が離れているため、インピーダンス不整合のため受信ピーク周波数が低下するという問題と考えられた。そこで、送信 2MHz、受信 3MHz の新システムでは、最終的に、ファントムの漿膜面からすこし離れたセンサ配置 (気体層介在) の走査で、金属クリップ、および疑似 fold や II c 様の疑似病変も画像化できた。



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 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 藤原道隆, 川嶋紘一郎, 田中千恵, 大橋紀文, 藤井努, 中山吾郎, 小池聖彦, 小寺泰弘. 腹腔鏡下手術中における消化管内検索のための気体介在条件下の超音波走査法の基礎技術開発 (第 3 報). 第 67 回日本消化器外科学会総会, 2012/7/18-20 (発表確定)、富山国際会議場 (富山県)
- ② 藤原道隆, 川嶋紘一郎, 大橋紀文, 中山吾郎, 小池聖彦, 小寺泰弘, 中尾昭公. 腹腔鏡下手術中における消化管内検索のための気体介在条件下の超音波走査法の基礎技術の開発. 第 66 回日本消化器外科学会総会. 2011/7/15 名古屋国際会議場 (愛知県)
- ③ 藤原道隆, 川嶋紘一郎, 大橋紀文, 中山吾郎, 小池聖彦, 小寺泰弘, 中尾昭公. 腹腔鏡下手術中における超音波 (空気超音波法) による消化管内標識クリップ検索法の開発. 第 72 回日本臨床外科学会総会, 2010/11/21, パシフィコ横浜 (神奈川県)
- ④ 三澤一成, 伊藤誠二, 伊藤友一, 中村一郎, 金光幸秀, 森健策, 蔣振剛, 藤原道隆, 小寺泰弘, 中尾昭公. 腹腔鏡下手術における術中ナビゲーションシステムの開発. 第 65 回日本消化器外科学会総会. 2010/7/14, 海峡メッセ下関 (山口県)

- ⑤ 田中千恵, 藤原道隆, 岩田直樹, 中山吾郎, 小池聖彦, 小寺泰弘, 中尾昭公. 3次元仮想腹腔内画像を利用したシミュレーションによる左側結腸癌手術. 第 110 回日本外科学会定期学術集会. 2010/4/8-10, 名古屋国際会議場(愛知県)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 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

藤原 道隆 (FUJIWARA MICHITAKA)

名古屋大学・大学院医学系研究科・特任准教授

研究者番号: 70378222

(2) 研究分担者

川嶋 紘一郎 (KAWASHIMA KOICHIRO)

名古屋産業科学研究所・研究員

研究者番号: 50023239

中山 吾郎 (NAKAYAMA GORO)

名古屋大学・医学部附属病院・助教

研究者番号: 90422782

小寺 泰弘 (KODERA YASUHIRO)

名古屋大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号: 10345879

中尾 昭公 (NAKAO AKIMASA)

名古屋大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号: 70167542

(平成 21 年度~22 年度)

(3) 連携研究者 なし