

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：32651

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24592581

研究課題名(和文) 鼻副鼻腔手術における重畳表示型ナビゲーションシステムの研究

研究課題名(英文) Development of a superimposed-image guided navigation system for stereo endoscopic sinus surgery

研究代表者

飯村 慈朗(iimura, jiro)

東京慈恵会医科大学・医学部・講師

研究者番号：60317930

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：我々が開発した重畳表示型ナビゲーションを改良し精度を約1mmまで向上させた。レジストレーション方法をタッチ式とし、不適切なレジストレーション点は自動的に削除されるように改良した。1回/2ヶ月の頻度で臨床実験を施行し、重畳表示型ナビゲーションのデータを多く蓄積した。斜視硬性内視鏡における手術では、単眼ではあるが位置情報取得のための弯曲したプローベを使用し、上顎洞や前頭洞内における多くの臨床実験データを蓄積した。しかしながら斜視鏡に複眼のCCDを組み込むことは難しく、複眼の斜視硬性内視鏡の開発は困難であった。今後も複眼の斜視硬性内視鏡の開発を継続していく予定である。

研究成果の概要(英文)：We have developed a superimposed image-guided surgery system which extends the conventional system by a function that enables three-dimensional instant and subjective recognition of the patient's nose and sinus cavities. We have operated several cases with this system. The superimposed image guidance helped to subjectively recognize location of pathological lesions together with surrounding anatomical hazardous areas. We improved the precision of the superimposed-image guided navigation system up to about 1 mm. The registration way was made the touch system. It was improved so that an improper registration point might be eliminated automatically. It was difficult to have an in-built dual-CCD camera for the 70-degree endoscope. Therefore it was difficult to develop of the 70-degree stereoscopic endoscope. We're planning to be continuing developing a 70-degree stereoscopic endoscope.

研究分野：鼻科学

キーワード：内視鏡下鼻内手術 立体内視鏡 重畳表示型ナビゲーション

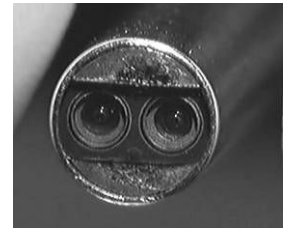
1. 研究開始当初の背景

硬性内視鏡が鼻副鼻腔手術に導入され、術野が拡大明視下に観察できるようになり、従来行われていた裸眼下での手術に比べ手術操作の的確さや安全性は飛躍的に向上した。しかしそれでもなお、頭蓋損傷・視器損傷といった重大な手術時副損傷の報告があとを絶たない。この原因として、元来鼻副鼻腔は、眼窩や頭蓋などの解剖学的危険部位に囲まれた狭い空間であり、またその形態は個体差が大きい事、硬性内視鏡が表示する画像は平面的であり奥行きや左右への広がりなど立体感に乏しい事、などがあげられる。

このような状況の中、術野の位置情報を表示するナビゲーションが開発され、鼻副鼻腔の内視鏡手術でも応用されるようになった。ナビゲーションは、術中に鼻副鼻腔に挿入したポインターの位置を患者の副鼻腔CT画像上にリアルタイムに表示する。しかし、画面表示は、CT上における二次元的な座標表示である。これらの二次元的な位置情報をもとに、術者は頭の中で術野のオリエンテーションを三次元的・立体的に構築しイメージし直す必要があるが、この作業は熟練を必要とする。そこで我々は、術野内で直観的にナビゲーション情報が理解できる重畳表示型ナビゲーションシステムを開発した。重畳表示型ナビゲーションにて手術を施行する場合には、術野を立体的に理解できるようにするため内視鏡は複眼となり(図1)、立体内視鏡となる。立体内視鏡が表示する三次元画像に、術野の危

険部位や病変部位が立体グラフィックモデルとして三次元で重ね合わせて表示(図2)され、より安全かつ的確に高度な手術操作がで

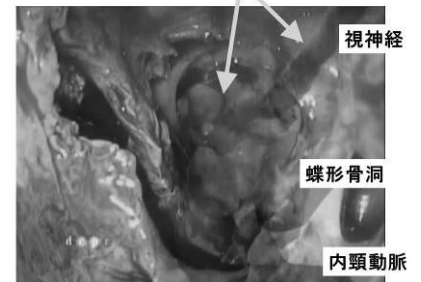
図1



きるようになった。本システムの最大の利点は、立体的な術野内で隔壁の奥の構造が透過表示され、病変・危険部位の位置が直感的に把握でき

図2

重畳表示されている立体グラフィックモデル



るようになったことである。

しかし現在の重畳表示型ナビゲーションが対応しているのは直視硬性内視鏡のみであり、斜視硬性内視鏡を必要とする前頭洞病変や上顎洞病変に対する手術では使用できない。全副鼻腔に対して安全な内視鏡手術を施行するために、複眼の斜視硬性内視鏡を開発し、さらに重畳表示型ナビゲーションを使用可能とすることが求められている。

2. 研究の目的

本研究は、我々が開発した重畳表示型ナビゲーションシステムを発展させ、斜視硬性鏡においても内視鏡下鼻副鼻腔手術をより安全に施行できるようにすることを目的とする。重畳表示型ナビゲーションは、隔壁の奥の構造が透過表示され、病変・危険部位の位置が直感的に把握できるようになっている。本研究成果により、内視鏡

下鼻副鼻腔手術における手術操作の的確さを飛躍的にあげ、手術時副損傷を減少させることが期待できる。

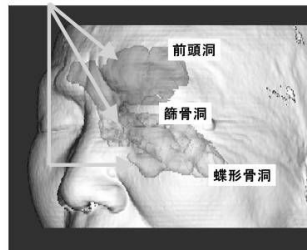
3. 研究の方法

1) 現在の重畳表示型ナビゲーションをより良いシステムに改良する

現在の重畳表示型ナビゲーションには、難点として準備に時間を要することがある。術前準備として立体グラフィックモデル作成(図3)に1~2時間ほどの時間を要しており、緊急手術

図3

作成された立体グラフィックモデル

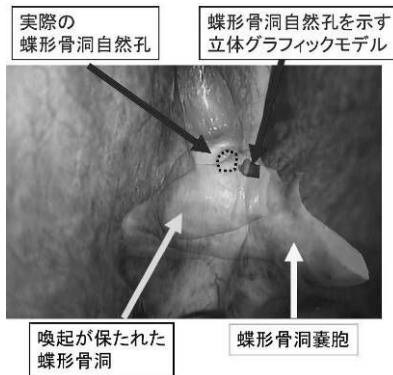


には対応できない。そのため可能な限り作成の簡素化、自動化と

するよう、改良が必要である。さらにナビゲーションとしての精度が、従来のナビゲーションが誤差1mm以下としているのに対し、誤差が3mmとまだまだ大きい難点がある。重畳表示型ナビゲーションでは術野内で構造物とのズレが認識されるため(図4)、ナビゲーションと

図4

しての誤差は瞬時に理解され補正することが可



能であるが、補正を要することはナビゲ

ーションとしての信頼度が低くなる。誤差が生じている原因は、リファレンスポイントが顔表面の9点と少ないことがあげられる。今後は、リファレンスポイントを増やし、顔表面の点だけではなく深部方向の鼻内点を追加し、精度を向上させるようにする。

2) 複眼の斜視硬性内視鏡を開発する

これまでは内視鏡先端に CCD のような撮像素子を対物レンズとともに装着することは、素子の大きさからいって不可能とされてきた。また自然な立体視ができる輻輳角は2~3度といわれ、高画質で輻輳角を抑えた立体内視鏡をつくることもできないでいた。しかし近年においては半導体技術の進歩によって CCD が小型になり、複眼の直視硬性内視鏡が開発された。1/6 インチの CCD を2個内視鏡に組み入れることで、左右一対の撮像系を有する2眼2カメラ式立体内視鏡となる。輻輳角は2.6~3.4度に抑えられ、内視鏡の外径は5.4mmに抑えられている。この技術を用いて、複眼の斜視硬性内視鏡を開発する。

3) 重畳表示型ナビゲーションを複眼斜視

硬性内視鏡においても使用可能とする
現段階で単眼での斜視硬性内視鏡における重畳表示型ナビゲーションは、可能となっている。これを複眼斜視硬性内視鏡にするとコンピュータにおける処理データは倍となり、実際の手術操作とモニター内でタイムラグが生じてしまう。そのためコン

コンピュータ処理速度をあげ、手術操作に影響しないようタイムラグを減少させる。

(ア) 手術対象症例の選定：年齢、性別に関係なく、斜視硬性内視鏡を必要とする内視鏡下鼻副鼻腔手術の適応である慢性副鼻腔炎、副鼻腔嚢胞、副鼻腔腫瘍の患者に対し、本研究の目的と有用性また危険性について説明し同意が得られた患者のみを対象とする。

(イ) 術前 CT 画像の解析：術前に撮影された副鼻腔 CT 画像を慈恵医大高次元医用画像工學研究所にて解析する。CT 画像の中から各副鼻腔とくに前後篩骨蜂巢、蝶形骨洞、そして嚢胞、腫瘍などの副鼻腔内の構造物、さらに眼窩壁、頭蓋底、視神経、内頸動脈などの解剖学的危険部位をセグメンテーションし、立体グラフィックモデルを作成する。

(ウ) 重畳表示型ナビゲーションの準備：慈恵医大学附属第三病院ハイテクナビゲーション手術室に設置する。重畳表示型ナビゲーションは、立体内視鏡、三次元的位置を常時計測するための三次元位置計測装置、立体内視鏡の画像をキャプチャし、その画像上に立体グラフィックモデルを重畳表示する Graphic Workstation から構成される。術者は偏光メガネを着けることにより、立体視が可能となる（図 5）。 図 5

三次元位置計測装置は、術野に挿入した鉗子な



どから発生する電磁波の影響を受けない光学式を用いる。

(エ) 手術施行およびその評価：実際に重畳表示型ナビゲーションを用いた手術を行う。術者は適宜、立体視画像に重畳表示を重ねたり、通常の内視鏡画像に切り替えたりしながら術野のオリエンテーションを確認し手術操作をすすめる。症例ごとに臨床データを解析し、問題点を抽出、検討する

(オ) 術前画像の解析は慈恵 図 6

医大高次元医用画像工學研究所にて施行する。また臨床実験である手術施行は、慈恵医大学附属第三病院ハイテクナビゲーション手術室(図 6)で行う。



4. 研究成果

1)現在の重畳表示型ナビゲーションをより良いシステムに改良

術中の難点として立体グラフィックモデルの遠近立体感が乏しいことがあったため、立体グラフィックモデルに格子線を入れ、以前より遠近立体感の向上を試みた。しかしながら実際の遠近立体感は、向上しなかった。ナビゲーションとしての精度が、誤差が 3mm とまだまだ大きい難点があった。そのため誤差が生じている原因と考えられるリファレンスポイントを削除することにより誤差の減少を試みた。さらにレジストレーション方法を、顔表面をなぞるタッチ式に変更した。こ

れにより誤差が減少され誤差 1mm まで改善した。

2) 斜視鏡下手術における位置情報取得のためのプローブを作成

サブモニターにて手術操作部位の位置情報が得られるナビゲーションも併用しているが、今までは直のプローブしかないため上顎洞や前頭洞内における手術操作部位の位置情報は得られないでいた。そのため弯曲したプローブ(弱弯および強弯の2種類)を作成することにより、上顎洞や前頭洞内の手術操作部位の位置情報が得られるようになった。

3) 複眼の斜視硬性内視鏡を開発

斜視鏡に複眼のCCDを組み込むことはまだ困難であり、複眼の斜視硬性内視鏡の開発をすることはできなかった。そのため最終目標である斜視硬性内視鏡による重畳表示型ナビゲーションの臨床実験は施行できないでいる。1回/2ヶ月の頻度で臨床実験を施行し、重畳表示型ナビゲーションのデータを多く蓄積している。斜視硬性内視鏡における手術では、単眼ではあるが位置情報取得のための弯曲したプローブを使用し、上顎洞や前頭洞内における多くの臨床実験データを蓄積し、複眼の斜視硬性内視鏡が開発できればすぐに重畳表示型ナビゲーションを導入できる状況となっている。今後も複眼の斜視硬性内視鏡の開発を継続していく予定である。

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 1 件)

飯村慈朗、千葉伸太郎、渡邊統星、山本耕司、新井千昭、宇野匡祐、太田史一、鴻信義、鼻科領域における Short endoscope (Semi-rigid 型)の使用経験、耳鼻咽喉科展望、55(5)、2012、p119-121.

[学会発表](計 8 件)

飯村慈朗、内視鏡下鼻副鼻腔手術の現状、川崎 ENT 懇親会、神奈川、2012、9月。
飯村慈朗、難治性副鼻腔炎に対する内視鏡下鼻内手術、川崎市耳鼻咽喉科医会講演会、溝ノ口、2012、2月。

飯村慈朗、その他 6 名、当科における蝶形骨洞内反性乳頭腫への対応、第 53 回日本鼻科学会総会・学術講演会、大阪、2014、9月。

飯村慈朗、前篩骨洞・前頭洞に対する手術、第 26 回神奈川県耳鼻咽喉科・頭頸部外科手術手技研究会、横浜、2013、7月。

Jiro Iimura、Surgical strategy of resection for inverted papilloma in the maxillary sinus、The Cambodian society of Otolaryngology Head and Neck Surgery, CAMBODIA、2015、3月。

飯村慈朗、その他 8 名、当科における前頭洞内反性乳頭腫への対応、第 54 回日本鼻科学会総会・学術講演会、広島、2015、10月。

[図書](計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

6 . 研究組織

(1)研究代表者

飯村慈朗（jiro, iimura）

東京慈恵会医科大学耳鼻咽喉科・講師

研究者番号：60317930