

平成 22 年 5 月 06 日現在

研究種目： 若手研究 (A)
 研究期間： 2008～2009
 課題番号： 20689031
 研究課題名 (和文)
 医工学連携による 1 ミリ以下の要求精度に応える耳科ナビゲーション手術の開発
 研究課題名 (英文)
 Development of accurate navigation system for otologic surgery
 研究代表者
 松本 希 (MATSUMOTO NOZOMU)
 九州大学・大学病院・助教
 研究者番号：60419596

研究成果の概要 (和文)：

研究期間中以下のように研究成果をあげそれぞれ英文論文として発表、または投稿中である。

1. 研究代表者はナビゲーション手術の精度を維持しつつ患者侵襲を著明に減少させる手法を考案し模擬手術にて検証した。本手法は従来の侵襲的手法と遜色ない精度を保つことがわかった。
2. 研究代表者は耳科手術中のナビゲーション画面をその場だけのものにせず、ドリルによる手術操作を記憶するシステムとして発展させた。この技術を用い手術中にどこまで側頭骨を削ったかが疑似画面上で作成できる疑似 CT 技術として英文論文を発表した。
3. 研究代表者は耳科ナビゲーション手術の位置合わせを低侵襲的に行う手法を考案し本研究の主要テーマとしていた。初年度はこの技術を完成させ側頭骨浅部の実手術に使えるレベルにまで発展させ、英文論文を発表した。本年度はより深部の手術でも誤差を減らすための手法を考案し、模擬手術を繰り返して精度向上に効果があることを確認した。

研究成果の概要 (英文)：

The following major progresses were either published or submitted for publication.

1. We developed a new minimally invasive method for image-guided surgery.
2. We developed a system that acquires location log of surgical drill during the image-guided surgery. This data could be used to produce a virtual intraoperative CT.
3. We developed a refined method of our method described above to improve registration accuracy in deep region in the temporal bone.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	9400000	2800000	
2009 年度	6000000	1800000	
年度			
年度			
年度			
総計	15400000	4600000	20000000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学 耳科学

キーワード：側頭骨外科学 ナビゲーション医学 コンピュータ外科

1. 研究開始当初の背景

手術器具の現在位置を患者画像に重ねて表示し、重要臓器の損傷を防ぎつつ手術の根治性を高めるナビゲーション外科（図1）は近年大きく進歩し様々な領域で応用されている。一方、耳科領域、頭蓋底外科領域のナビゲーション手術は要求精度が高く、市販製品の2-5mmの精度ではまだ不十分で1mm以下の精度が必要である¹⁾。ナビゲーション用画像と患者との位置あわせ作業（レジストレーション）の成否が全体の精度を左右し、一般に皮膚よりも骨面に位置合わせマーカーを設置するほうが高精度とされる^{2,3)}。このため術前に頭蓋骨にマーカーネジを打ち精度向上を図る手法もあるが、侵襲的ゆえ頭蓋底外科領域以外では普及していない⁴⁾。すなわち、耳科領域でニーズが高いにも関わらずナビゲーション手術が普及しない理由は高精度が求められること、そして高精度を達成するための手法が侵襲的なことである。

申請者は顕微鏡画像とコンピュータ画像処理の研究に携わってきた経験を元にナビゲーションの高精度化に有効なマーカー骨面設置を非侵襲的に行えると考えた（図2）。すなわち、従来は先にマーカーを設置しそれからナビゲーション用画像を再撮影していた作業をコンピュータ上で疑似的に行う（図3）

こと
で、
マ
ー
カ
ー
設
置
作
業
が
術
前
で
は
な
く
術
中
に
な
る

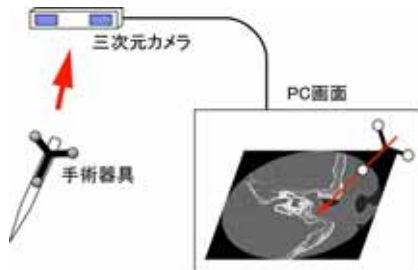


図1 ナビゲーション手術概要
手術器具の位置を三次元的にカメラで検知し、患者画像（多くはCTまたはMRI）と重ねて表示することで器具先端の現在位置を表示する。

（図2）すると頭蓋骨面など侵襲的な部位にマーカーを設定した場合でも患者への負担ははるかに軽い。この手法のポイントは患者への疑似マーカー転写の部分で、精度良く転写する技術がなければこの案は使えない。近年CTデータを直接編集するソフトの登場と三次元画像処理の技術向上により実患者と疑似画像がよく一致するようになったため、この点をクリアできる可能性が出てきた。申請者はCT画像編集ソフト会社（マテリアライズジャパン社）とCTから原寸大骨模型を作成する企業（大野興業）に協力を依頼し、疑似マーカー転写用のプレートを試作し患

者骨面への一致度を数例試験した。患者骨面とプレートは極めて良好に一致し、従って図2の一連の作業を確立すれば、患者に侵襲を加えることなく高精度化に必要な骨面マーカーを設定できると考えた。

2. 研究の目的

本研究の最終目的はコンピュータによる疑似画像技術を駆使して低侵襲高精度のナビゲーション技術を確立し、患者侵襲を増すことなく耳科手術の安全性を向上させる手段



図2 耳科レジストレーション手法の改善案

マーカーのついた患者とそのCT画像でレジストレーションを行う。従来はマーカー貼付け→画像撮影の順であったが申請者はその順序を逆転させた。申請者の手法はCT再撮影が不要、手術中に転写するため侵襲的な部位でもマーカー設定可能などの利点がある。

を提供することである。その初段階として本研究期間内に上述の疑似骨面マーカーによるレジストレーションを用いて側頭骨模型の模擬手術を繰り返し、精度管理、誤差計測を行い実際の手術に応用するための基礎データ収集を完了させる。

3. 研究の方法

平成20年度

初年度はナビゲーション手術に必要な各種機器を揃え、側頭骨模型を用いた模擬手術を

施行可能にする。
正常側頭骨模型を用い誤差の基礎データを収集し、患者データを用いた模擬手術に備える。



図3 疑似マーカー付きのCT再構成画像

CTデータを編集し疑似マーカーを仮想的に側頭骨に打ち込んだ。実際に患者の側頭骨にマーキングするのは手術中である。

【研究予定】

1. ストライカー製手術ドリルを元に耳科ナビゲーション専用ドリルを作成する（図4、業績1-3）。三次元動体計測機、ドリルを設定

する。疑似マーカー打ち込み用ソフトとしてマテリアライズ社の Mimics が必要である。

2. 疑似骨面マーカーを患者骨面に転写する技術を試行する(図2、3)。複数のレジストレーション手法を同一模型で施行し模擬手術を行う(図5)。

3. レジストレーション時の誤差(レジストレーションエラー)と到達目標からの誤差(ターゲットエラー)を計算する(表1)。到達目標点(ターゲット)は3つ設定する。側頭骨模型15個に対する模擬手術で上記エラーを集計し精度を数値化する(表1)。

【実験により解明する項目】

- 1 設定マーカーの最適な位置と数。
- 2 骨面マーカーの転写だけで良いか、従来の手法と組み合わせるハイブリッド法が良いか。

【考え得る問題点と対処法】

この時点で避けるべきは、模擬手術の時だけうまく機能する手術システムを作り上げてしまうことである。申請者は日常的に耳科手術に携わっているため、器具の大きさ、器材の手術室内の配置など患者に直接触れないものに関しては初年度から実用化を念頭におき試作、手術室での検証を繰り返す。

平成 21 年度

次年度はさらに現実に即した条件を設定する。具体的には実患者データを用いた模擬手術、手術時の頭部移動への対応、執刀医がナビゲーション情報にアクセスする手段などの試行を行う。この年度までに高額な三次元位置計測機を含め全ての手術器具を揃え、手術室に持ち込み可能な状態でシステムを完成させる。

【研究予定】

1. 手術予定患者データのうち手術が比較的困難で術前シミュレーションが適当と思われる症例を5例を目標に選び、側頭骨模型を各3個、転写用プレートを各1個作成する。3人の耳科医によりそれぞれ模擬手術を行う(図5)。

2. 到達目標点は手術内容をもとに一つ設定しレジストレーションエラーとターゲットエラーを集計する。目標点到達までの時間も計測する。執刀した医師からのフィードバックを元にシステムを検証する。

3. 実際の手術では頭部を固定できないため頭部移動を同時に検知し補正する上顎固定器具、ナビゲーションソフト上の設定を行い、検証する(図6)。常時複数の目標を検知し補正できるシステムに使用可能な三次元位置計測器を選定し購入する。NDI社製Polaris Vicra、Spectra、またはそれらの後

継機種になると思われる。

4. 重要臓器位置データなどを顕微鏡視野内に入れ、常時目視できるようにするための技術を施行する。手術用顕微鏡の側枝鏡から液晶プロジェクタで投影する方法や対物レンズ上にアタッチメントを挟むなどの手法を協力企業とともに試作し検証する。側枝鏡用アタッチメント数種の試作が必要である。

【実験により解明する項目】

1. 執刀医により誤差のばらつきがあるか。ばらつきの原因は何か。
2. ナビゲーション使用により手術時間短縮や重要臓器保存などの利点は証明できるか。
3. ナビゲーション画面を執刀医の視野(顕微鏡付近または顕微鏡内)に流し込むことは可能か。

4. 研究成果

平成 20 年度

研究代表者は九州大学先端医工学診療部、および九州大学レドックス・ナビ研究拠点と連携し耳科手術に使用可能な機器を揃えナビゲーション手術に必要なコンピュータ環境を整備した。耳科手術特有の視野の狭さ、顕微鏡との干渉、手術中の頭部の移動などに対応するいくつかの機器は自作した。これらを用い以下のように大きく2つの研究成果をあげそれぞれ英文論文として発表した(業績参照)。

1. 研究代表者は耳科手術中のナビゲーション画面をその場だけのものにせず、ドリルによる手術操作を記憶するシステムとして発展させた。この技術を用い手術中にどこまで側頭骨を削ったかが疑似画面上で作成できる疑似CT技術として発表した。

2. 研究代表者は耳科手術のレジストレーションをコンピュータによる疑似画像技術を利用し低侵襲的に行う手法を考案し本研究の主要テーマとしていた。この技術を完成させ実手術に使えるレベルにまで発展させた。その誤差を計測したところ従来のナビゲーション手術と遜色ない精度であることが判明した。

平成 21 年度

研究代表者は以上の研究成果をふまえ上記技術の更なる発展を目指している。具体的には手術初期の高精度を手術終了まで維持するための方策の開発や、実際の手術に応用した際の問題点の洗い出しを続けている。

研究代表者は九州大学先端医工学診療部、および九州大学レドックス・ナビ研究拠点と連携し耳科手術に使用可能な機器を揃えナビ

ゲーション手術に必要なコンピュータ環境を整備した。研究初年度(昨年度)は考案中のナビゲーション手術精度向上のアイデアが成功し2本の原著論文として発表した。本年度は以下のように大きく2つの研究成果をあげそれぞれ英文論文として投稿中または投稿準備中である。

1. 研究代表者は耳科手術中のナビゲーション画面をその場だけのものにせず、ドリルによる手術操作を記憶するシステムとして発展させた。初年度はこの技術を用い手術中にどこまで側頭骨を削ったかが疑似画面上で作成できる疑似CT技術として英文論文を発表した。本年度はこの技術を側頭骨手術の技術評価としてもちいるための解析を行った。また、本技術をロボットによる手術に応用できる可能性も検討しており、試作ロボットによる模擬手術で基礎的な精度を確認した。成果は英文論文として執筆中である。

2. 研究代表者は耳科ナビゲーション手術の位置合わせを低侵襲的に行う手法を考案し本研究の主要テーマとしていた。初年度はこの技術を完成させ側頭骨浅部の実手術に使えるレベルにまで発展させ、英文論文を発表した。本年度はより深部の手術でも誤差を減らすための手法を考案し、模擬手術を繰り返して精度向上に効果があることを確認した。成果は英文論文として投稿中である。

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6件)

Nozomu Matsumoto, Jaesung Hong, Makoto Hashizume, and Shizuo Komune.

A minimally invasive registration method using surface template-assisted marker positioning (STAMP) for image-guided otologic surgery.

Otolaryngol Head Neck Surg. 2009 Jan;140:96-102.

Jaesung Hong, Nozomu Matsumoto, Riichi Ouchida, Shizuo Komune, and Makoto Hashizume.

Medical navigation system for otologic surgery based on hybrid registration and virtual intraoperative computed tomography.

IEEE Trans. Biomed. Eng. 2009 Feb; 56:426-32.

洪 在成, 松本 希, 小宗 静男, 橋爪 誠.
耳科領域でのコンピュータ外科手術の応用

と展望

Otol Jpn, vol.18(3): 165-169, 2008

洪 在成, 松本 希, 大内田 理一, 小宗 静男, 橋爪 誠.

3次元リアルタイム画像更新が可能な耳鼻咽喉科ナビゲーションシステムの開発

IEEJ Trans. SM, vol.128(10): 383-388, 2008

松本 希, 洪 在成, 大野 秀則, 杉山 久幸, 橋爪 誠, 小宗 静男

Stamp registration手法による耳科ナビゲーション手術

耳鼻咽喉科展望, 51(5): 70-74, 2008.

松本 希, 洪 在成, 橋爪 誠, 小宗 静男
リアルタイム型術中ナビゲーション支援の

耳科手術におけるメリット

耳鼻咽喉科展望, 52(5): 78-81, 2009.

〔学会発表〕(計17件)

CARS 2008 Computer Assisted Radiology and Surgery 22nd International Congress and Exhibition (6月25-28日、スペインバルセロナ市、ポスター)

Jaesung Hong, Nozomu Matsumoto, Riichi Ouchida, Shizuo Komune, Makoto Hashizume,
An optimally designed surgical navigation system for otologic surgery

AAO-HNSF Annual Meeting (9月21-24日、米国シカゴ市、ポスター)

Nozomu Matsumoto, Jaesung Hong, Makoto Hashizume, Shizuo Komune

The STAMP Registration Method for Image-Guided Otologic Surgery

The 5th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI 2008) (11月20-22日、韓国ソウル市、口演)

Jaesung Hong, Nozomu Matsumoto, Shizuo Komune, Makoto Hashizume

Comparison of Registration Methods for Ear-Nose-Throat Surgical Navigation

The 31st annual mid winter research meeting of the Association for Research in Otolaryngology (2月14-19日、米国ボルチモア市、ポスター)

Nozomu Matsumoto, Kazuyuki Ishizu, Akihiro Tamae, Tetsuro Yasui, Shizuo Komune

Laser-Doppler Inertial Vibrometry for Non-Contact Elasticity Analysis of Stapes Foot Plate

12th International Symposium on Cochlear Implants in Children (6月17-20日、米国シアトル市、口演)

Nozomu Matsumoto, Jaesung Hong, Masamichi Oka, Makoto Hashizume, Shizuo Komune
Image-guided Cochlear Implant Insertion For Children With Cochlear Anomalies

The 5th Asian Conference on Computer Aided Surgery (7月3-5日、台湾 台中市、口演)
Masamichi Oka, Nozomu Matsumoto, Jaesung Hong, Makoto Hashizume, Shizuo Komune,
Hybrid STAMP registration for image guided otologic surgery

The 7th Asia Pacific Symposium on Cochlear Implants and Related Sciences (APSCI 2009)
(12月1-4日、シンガポール、口演)

Nozomu Matsumoto, Masamichi Oka, Jaesung Hong, Makoto Hashizume, Shizuo Komune
Image-Guided Surgery For Children's Cochlear Implant

第18回日本頭頸部外科学会(1月31日・2月1日、京都)

松本 希、賀数康弘、君付 隆、小宗静男
解剖指標に乏しい症例に対する画像支援下人工内耳挿入術

第109回日本耳鼻咽喉科学会(5月15日・17日、大阪)

松本 希、洪 在成、橋爪 誠、小宗静男
ターゲット付き側頭骨レプリカを用いたナビゲーション手術の精度管理

第53回日本聴覚医学会学術講演会(10月2-3日、東京)

松本 希、堀切一葉、野口敦子、高岩一貴、賀数康弘、君付 隆、小宗静男
人工内耳挿入術前のプロモントリー検査と術後聴力

第18回日本耳科学会総会(10月16-18日、神戸)

松本 希、高岩一貴、賀数康弘、君付 隆、小宗静男
リアルタイム型術中ナビゲーション支援の耳科手術におけるメリット

第10回耳鼻咽喉科ナビゲーション研究会(11月8日、東京)

松本 希、洪 在成、橋爪 誠、小宗静男
リアルタイム型術中ナビゲーション支援下の耳科手術におけるメリット

第110回日本耳鼻咽喉科学会(5月14日・16

日、東京)

松本 希、洪 在成、橋爪 誠、小宗静男
ターゲット付き側頭骨レプリカを用いたナビゲーション手術の精度管理

第9回日本脳神経外科術中画像研究会術中画像研究会(6月6日、東京)

松本 希、岡 正倫、洪 在成、橋爪 誠、小宗 静男
内耳奇形症例へのナビゲーション下人工内耳埋込み術

第21回日本頭蓋底外科学会(7月2-3日、福岡)

松本 希、洪 在成、岡 正倫、橋爪 誠、小宗静男
仮想 CT 作成機能を有する側頭骨手術用ナビゲーションシステムの開発

第19回日本耳科学会総会・学術講演会(10月8-10日、東京)

松本 希、小宗静男
小児症例へのナビゲーション下人工内耳埋込み術適用の試み

〔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：
番号：
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

松本 希 (MATSUMOTO NOZOMU)

研究者番号 : 60419596

(2)研究分担者

()

研究者番号 :

(3)連携研究者

()

研究者番号 :