

平成 22 年 6 月 11 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20700411

研究課題名 (和文) 脳腫瘍患者 MRI データからの脳溝同定システムの開発

研究課題名 (英文) Development of computer-aided system for identifying the cerebral sulci in patients with brain tumors using MRI data

研究代表者

上野 育子 (UWANO IKUKO)

岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・客員教員

研究者番号：20468317

研究成果の概要 (和文)： 脳神経外科において最適な手術方法を検討するためには、脳のどの場所に何の機能があるのかを把握する必要がある、それは脳溝の位置関係から理解が可能である。そこで、本研究では、脳腫瘍患者の MRI データからの脳領域抽出、及び、運動野 (前頭葉) と感覚野 (頭頂葉) の境界に位置し、脳溝の中でも最も重要な指標である中心溝の位置同定を行った。また、脳内における脳溝と腫瘍との位置関係の分かりやすい表示手法の提案や、簡単に操作可能なユーザインターフェースの検討も行った。

研究成果の概要 (英文)： Understanding of the relationship between the structures and function of a surrounding brain tumor from magnetic resonance (MR) images is especially important procedure for determining the surgical trajectory in neurosurgery. Therefore, this study proposed the novel computer-based approaches that extract the 3D brain area, and determine the position of central sulcus that is located at the boundary between the frontal lobe (motor areas) and the parietal lobe (somesthetic areas) and is one of the most important anatomical landmarks, from MR images in patients with brain tumor. Moreover, this study developed the three-dimensional visualization system for supporting the neurosurgical planning.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：医用画像処理

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：医用画像処理, MRI, 中心溝, 脳溝, 脳神経外科

1. 研究開始当初の背景

脳外科医は、最適な手術方法を検討するために、MRI で撮影した画像データ (複数枚の

頭部の断面画像) から脳の構造や病変部の位置、病変部周辺の脳機能の場所を、立体的に読み取る能力 (2次元画像から3次元物体を

イメージすること)が必要とされるが、これは非常に熟練を要し、また時間がかかるため医師には負担の多い作業である。

この作業支援として、画像データから抽出した脳や病変部の3次元表示、脳溝の自動分類などの、コンピュータ処理を利用した研究が行われている。これらの研究は、健常者のデータを対象としており、教育支援や被験者間での構造比較などに役立てられている。

一方で手術対象となるのは、腫瘍や出血を伴った患者であり、特に腫瘍に押されて変形した脳構造の把握は、より一層難しいものとなる。これに対し従来研究は、健常者に対する成果に限られているため、手術方法を検討するには不十分である。

2. 研究の目的

そこで本研究では、脳腫瘍患者データからの脳領域抽出や、運動野(前頭葉)と感覚野(頭頂葉)の境界に位置し、脳溝の中でも最も重要な指標である中心溝の位置の検出に取り組んだ。また、患者へのリスクの回避や後遺症を最小限に抑える手術方法を考える上で、腫瘍周辺に何の脳溝が存在するのかを提示することは、とても重要であることから、脳内における脳溝と腫瘍との位置関係の分かりやすい表示方法や、簡単に操作可能なシステムの開発を目指した。

3. 研究の方法

研究は、以下の流れで行った。

(1) 脳領域抽出の精度改善

これまでの研究では、健常者データからの高精度な脳領域抽出が可能となっているが、脳変形を伴う脳腫瘍症例では、脳に隣接する硬膜を誤抽出するケースがあった。これに対し本研究では、誤抽出した領域の輝度特性を利用したフィルタ処理と膨張・収縮処理の併用手法による誤抽出領域を除去することにより、抽出精度の改善を行った。

(2) 中心溝の位置同定

この方法では最初に、(1)の手法で抽出した3次元脳領域をCPR(Curved Planer Reformation)法で平面へ変換した画像から脳溝抽出し、次に、中心溝が比較的長く分岐が少ないという特徴に注目し、各脳溝の特徴適合率を算出し判定を行った。具体的には以下の通りである。

- ① CPR画像の生成：3次元脳領域を2次元画像に変換する。CPR法とは、3次元物体を任意の曲面で切断し、その断面を平面に再構成する手法であり、3次元構造を1枚の画像上で表現することが可能である。本手法では、脳表に沿って切断した曲面を平面に展開したものであ

り、脳溝の3次元構造と同じ形状パターンを持った2次元画像を得ることができる。

- ② 脳溝抽出：次に、CPR画像データから脳溝の抽出を行う。本研究で使用するT1強調のMR画像では、脳溝(脳脊髄液の領域)は、白質や灰白質などの他の組織に比べて輝度値が低いことから、画像内の極小値を算出することにより脳溝抽出が可能となる。
- ③ 中心溝の判定：中心溝であるかの判定には、抽出した脳溝が、「中心溝が長く、分岐が少ない」という特徴とどの程度一致したかを点数化し、その合計点数がもっとも高い脳溝を中心溝の最有力候補とする。

(3) 中心溝の位置同定の改善

前述の手法(2)においては、高い確率で中心溝の位置を推定し、手法の有効性を確認したが、以下の課題が残ったため、本研究ではさらなる改善を行った。

- ① 先行手法では、脳溝よりも輝度値の高い血管領域が脳溝内に存在する場合は、極小値を算出できないため、脳溝の一部が欠落するという問題があった。そこで本研究では、脳溝の間にある血管領域の輝度特性に注目した脳溝抽出手法し、脳溝抽出の改善を試みた。
- ② 先行手法では、中心溝の特徴に適合する脳溝が複数判定されるケースがあった。そこで本研究では、中心溝が一定の角度範囲に存在する脳溝である点に注目し、判定条件に角度情報を加えることで位置推定率の改善を行った。

(4) 効果的な3次元可視化手法の提案

本研究では、脳溝の明瞭な3次元表示を行うために、脳溝とそれ以外の領域とのコントラストを高くする手法を提案した。

(5) ユーザインターフェースの検討

利用する医師にとって利便性が高いシステム構築に取り組んだ。具体的には、これまでの研究で得られた脳外科医の意見から、「脳のみを表示」や「脳に脳溝を重ねて表示」、「脳の断面表示」などを切り替えて表示する機能を希望する医師が多かったことから、マウスやキーボードで簡単に操作できるシステム開発を行った。

4. 研究成果

- (1) 脳の立体構造を把握するための研究では、3TeslaのMR画像から自動で脳領域を抽出する手法を提案し、正解脳領域(手動抽出した脳領域)との一致率が、95%以上と非常

に高く、高精度な抽出結果が得られている。また脳外科医からも臨床に十分適用できるレベルの精度であるとの評価を得た。

図1と図2は、提案手法によって抽出した脳領域の一例である。図内の矢印は、腫瘍の位置を示す。

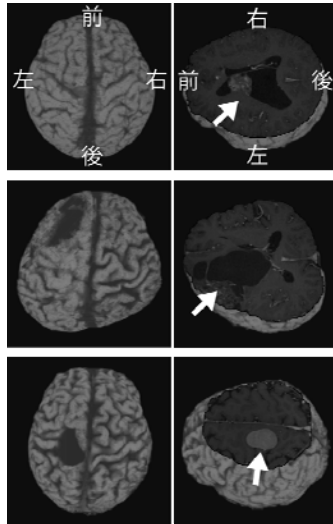


図1 脳領域抽出の結果と断面の可視化の例

(2) 中心溝の位置推定においては、各脳溝が中心溝の「長くて分岐が少ない」という解剖学的な特徴にどの程度適合しているかを点数化し、高得点の脳溝を中心溝の最有力候補とする手法を提案した。これを30症例（左右の脳半球60データ）に対して適用した結果、本手法で中心溝である確率が最も高いと判定された（判定順位が1位となった）脳溝の90%（54データ）が中心溝の正解位置と一致した。さらに、得点の上位3位以内に含まれる脳溝は、そのいずれかが中心溝の正解位置と一致するという結果が得られ、提案手法の有効性が示された。

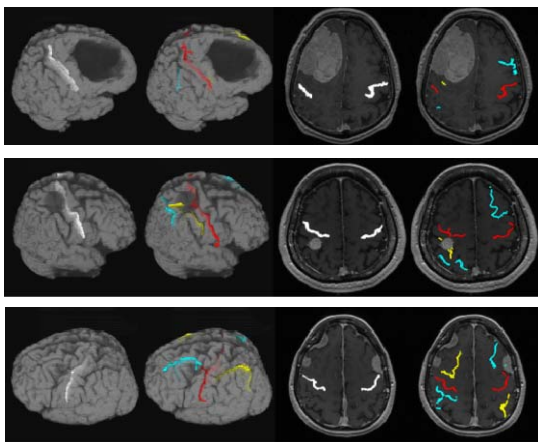


図2 中心溝の同定結果の例

図2は、提案手法によって中心溝を同定した結果である。図では、中心溝の判定点数の順位が1位の脳溝を赤、2位は黄色、3位は水色で表示している。判定は、医師が行い、中心溝と判断可能であれば正解とした。

(3) 上述の(2)で中心溝が判定順位で1位とならなかった主な理由は、中心溝の特徴に適合する脳溝が複数存在した点にあり、このような脳溝と中心溝を判別するためには、新たな条件が必要であるといえる。そこで本研究では、中心溝の走行方向（角度）に注目し、これまでの判定条件に角度情報を付加することで、さらなる中心溝の位置推定率の向上を目指した。この手法では、(2)で判定点数の順位が1位以外の脳溝が中心溝であった6症例（左右の脳半球12データ）に対して適用した結果、6症例とも判定順位が1位となった脳溝が中心溝の正解位置と一致した。このことから、(2)及び(3)の手法の併用により、中心溝を高い確率で同定可能である。

図3の(a1)と(b1)は(2)の手法、(a2)と(b2)は(2)の手法によって判定された中心溝候補の位置と、(a3)と(b3)は脳外科医によって書き込まれた中心溝の正解位置を示している。なお、表示方法及び判定基準は手法の(2)と同じである。

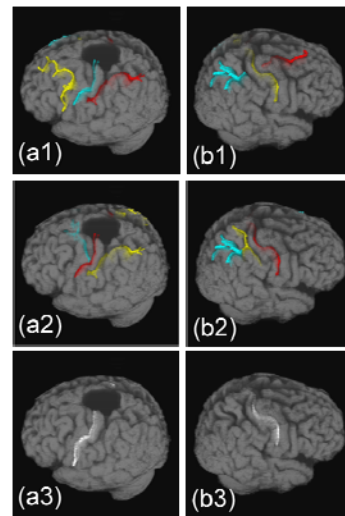


図3 中心溝の同定の改善結果の例

(4) 3次元可視化では、抽出した脳領域に対して、脳溝部分を強調（より暗く）、それ以外をより明るくすることで、構造把握しやすい表示を行った。図1～図3で表示した脳領域も提案手法によるものである。

(5) ユーザーインターフェースについては、図4のようなアプリケーションを作成し、ボタンやキーボードの簡単な操作のみで、抽出処理や断面表示、3次元可視化などを行うこと

ができるようになった。これについては、今後も医師と連携し、より操作性の高いアプリケーションの開発に取り組む予定である。

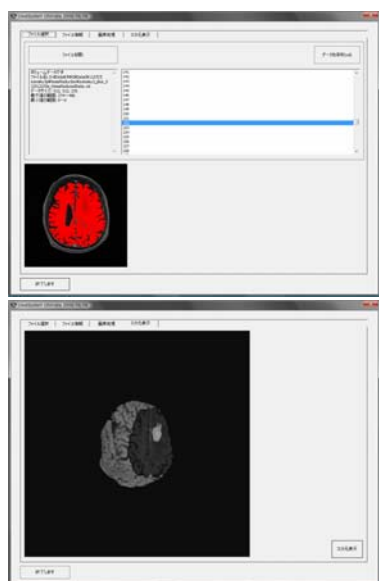


図4 アプリケーションの例

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3件)

- ① 上野育子, 亀田昌志, 井上敬, 西本英明, 小笠原邦昭, 小川彰, CPR画像における角度情報を利用した脳腫瘍症例の中心溝位置推定, Medical Imaging Technology, 査読あり, Vol. 27, 2009, pp. 332-340
- ② 亀田昌志, 上野育子, 脳腫瘍患者MR画像からの脳溝抽出と3次元可視化, 画像ラボ, 査読なし, 9月号, 2008, 49-52
- ③ Ikuko Uwano, Masashi Kameda, Takashi Inoue, Hideaki Nishimoto, Shunrou Fujiwara, Ryonoshin Hirooka, Akira Ogawa, Computer-Assisted Identification of the Central Sulcus in Patients with Brain Tumors Using Magnetic Resonance Imaging, Journal of Magnetic Resonance Imaging, 査読あり, Vol. 27, 2008, pp. 1242-1249

[学会発表] (計7件)

- ① 大内優子, 超低磁場MRIにおける位相画像の構造的特徴を用いた脳疾患検出, 電子情報通信学会(画像工学研究会), 2010年2月16日, 北海道大学大学院情報科学研究科
- ② Fumihito Ito, A fast rigid-registration method of inferior limb X-ray image and 3D CT images for TKA surgery, SPIE Medical Imaging, 2010年2月13~18日, San Diego Convention Center
- ③ 吉田忠, 患者脳MR画像からの脳表面構造の抽出と可視化, 情報処理学会第71回全国大会, 2009年3月10日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス
- ④ 大内優子, 超低磁場脳MR画像における構造的対称性を用いた疾患検出, 画像電子学会研究会, 2009年3月5日, 鹿児島大学情報工学科
- ⑤ 上野育子, CPR画像からの血管領域を考慮した脳溝抽出, 電子情報通信学会(画像工学研究会), 2009年2月5日, 北海道大学大学院 情報科学研究科
- ⑥ 大内優子, 超低磁場MR画像の輝度勾配とスライス間の位置情報に注目した脳疾患検出, 映像メディア処理シンポジウム(IMPS2008), 2008年10月31日, ラフォーレ修善寺(静岡県)
- ⑦ 上野育子, 角度情報を利用した脳腫瘍患者MR画像からの中心溝の位置推定, 第28回日本医用画像工学会大会, 2008年8月5日, 法政大学小金井キャンパス

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上野 育子 (UWANO IKUKO)

岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・客員教員

研究者番号: 20468317

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: