

各種 MRI 画像の特徴に基づく多発性硬化症のための病変部分自動検出

高橋一稀† 亀田昌志†

岩手県立大学†

1. はじめに

多発性硬化症(MS)とは、何らかの原因で軸索に異常が生じ、脳内の情報伝達に支障をきたす病気である。^[1]MSは、現状完治させるための治療法が確立されておらず、発病の原因もはっきりしないことから難病に指定されている。現在において、この病気への研究は進められており、投薬時の臨床試験や診断の際にはMR画像が用いられる。この時、経過観察における病変部分のセグメンテーションが必要となるが、現状は医師によって手動での作業が行われている。この作業は、医師にとって負担となるほか、熟練度によって結果に個人差が生じることも考えられる。そのため、セグメンテーション支援のための病変部分の自動検出に関する研究が活発に行われている。自動検出を試みるにあたり、専門家に相談したところ、9割以上のほぼ完璧な精度が望ましいとの助言をいただいた。しかし、現状存在する自動検出手法では、精度が6~7割程度と、提示された目標精度には及んでいない。精度が低い原因として、検出に用いたMR画像の種類が不相当であることや、検出のために必要な特徴が得られていないという点が考えられる。そこで本稿では、自動検出に必要なMR画像の種類について再考察し、MR画像から得られる病変部分の特徴について調査した結果について述べる。

2. 使用するデータについて

データには、リュブリャナ大学が公開しているCIS, RRMS, SPMSのデータが合計で30症例が含まれている”3D MR image database of Multiple Sclerosis patients with white matter lesion segmentations”^[2]を用いる。各症例は、240x154サイズのスライス計238スライスで構成されている。それぞれについてFLAIR像, T1強調像, T1強調像(造影剤投与), T2強調像の画像と、病変マスクが含まれており、病変マスクは専門家によって作成された正解データに相当する。

3. 既存手法の問題と提案手法

本研究では、精度比較のための既存手法としてLPA^[3]を用いる。これはPaul Schmidt氏が発表したFLAIR像のみを用いてセグメンテーションを行うアルゴリズムで、同氏が過去に発表したアルゴリズムよりも精度が高いとされている。2.に述べたにデータに対しLPAを適用し、病変マスクと

Automatic detection method for lesions of multiple sclerosis based on complex feature in MRI images

† Kazuki Takahashi, † Masashi Kameda

† Iwate Prefectural University

の一致率をDice係数により計算したところ、検出精度は平均で約57.8%であった。精度が専門家の求める精度に対して十分でない原因として、FLAIR画像のみを用いることに問題があるのではないかと考えた。そこで、この問題を改善するため、複数種類のMR画像を病変部分の検出に用いる方法を提案する。MR画像にはFLAIR像, T1強調像, T2強調像の3種類を用いることとして、脳領域抽出, 病変部分検出の作業について以下に示す。

脳領域抽出

T1強調像：脳領域抽出に適しているFLAIR像とT1強調像を比べた時、T1強調像の方が脳の構造的特徴がはっきりと検出できているためT1強調像の方がより適切と判断した。

病変部分抽出

T2強調像, FLAIR像：病変部分が高輝度で強調されるため、これら2種のMR画像を併用して病変部分の抽出を行うのが最適と判断した。

上記を踏まえ、本研究ではT1強調像で脳マスクを作成し、作成したマスクをT2強調像, FLAIR像に適用して病変部分検出に用いる脳領域を作成した。なお、作成した脳領域に対しては、ノイズ除去のためにアパチャーサイズ3の中央値フィルタを適用した。

4. 特徴抽出

4.1 信号分布の比較

T2強調像, FLAIR像それぞれにおける画素値の分布とその傾向について確認するため、FLAIR像とT2強調像の病変部分における画素値の分布をヒストグラムにしたものを図1に示す。なお、ヒストグラム作成にあたり、背景色にあたる輝度値0の領域は除外した。

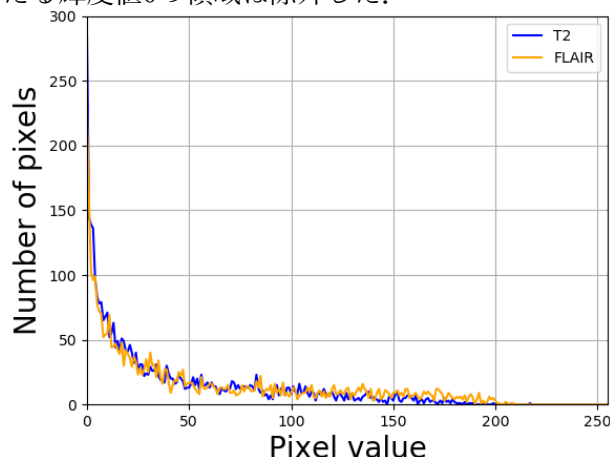


図1. FLAIR像とT1強調像における病変部分のヒストグラム

図1より、2種類のMR画像における、画素値の分布の傾向はかなり近いことが明らかになった。この結果から、病変部分の輝度はその他の領域とは独立しており、かつT2強調像もFLAIR像も同じ位置に病変部分が出現しているはずである。両方のMR画像の病変部分において、共通して現れる特徴点を検出に用いることで病変マスクの作成が可能ではないかと考えた。そこで、2種類のMR画像の特徴点を用いた病変部分の検出を試みる。

4. 2 特徴点に注目した病変部分検出

4. 2. 1 MR画像における特徴点抽出

T2強調像とFLAIR像における病変部分の共通点に基づいた病変部分の検出を試みるため、病変部分の特徴点抽出を試みた。実装はOpenCV 3.4.2で行い、特徴点抽出にはSIFTを用いた。他にもAKAZEとBFMatcherを用いた検出も試みたが、SIFTが最も脳における特徴点の抽出が行えていたため、これを採用することとする。

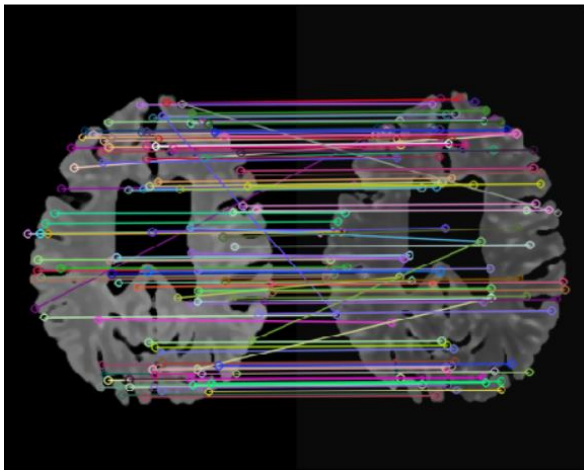


図2. SIFTによる特徴点マッチング結果

結果として、脳における特徴点において、共通する特徴点の抽出が複数個所で抽出できていることが確認された。

4. 2. 2 特徴点に基づく病変部分検出

次に、この特徴点に基づいて病変部分の検出を行う。検出をするにあたり共通点として検出できていない(FLAIR像とT2強調像で一致していない)特徴点については削除した。また、病変部分以外の構造的特徴(脳溝、脳回等)を検出している部分についても輝度値に基づいて病変から外した。病変マスクとDice係数によって精度を比較した結果、LPAによって作成された病変マスクは検出精度57%なのに対し、特徴量に基づいて作成した病変マスクでは精度が10%程度にとどまった。

5. 考察と今後の展望

提案手法の結果は、既存手法には及ばなかった。原因として、SIFT特徴量を用いて特徴を検出すると、病変部分よりも脳溝、脳回といった脳の構造的特徴を強く認識してしまい、病変部分の検出が十分に行われなかったということが考えられる。しかし、作成された病変マスクを見比べると、LPAでは検出できなかった病変部分で検出されている部分があること(図3の丸部分)から、病変部分の検出において特徴量を用いることの有用性が示唆された。

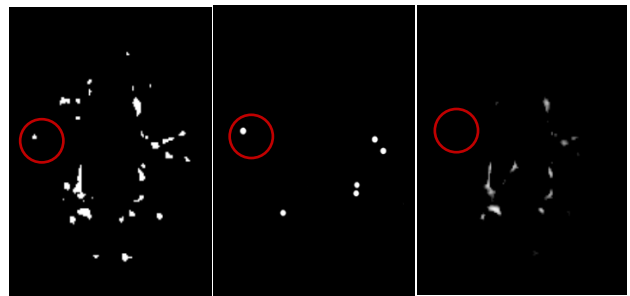


図3. 各病変マスク
(左から正解データ, 提案手法, 先行手法)

今後、特徴量を用いた検出を行う場合、脳の構造的な特徴が検出されることをいかにして抑え、病変部分の特徴を捉えさせるかという点を改善すれば、有効な病変部分検出手法になりうると考える。

6. 謝辞

本稿を作成するにあたり、岩手医科大学医歯薬総合研究所 超高磁場MR診断・病態研究部門の山下典生様、上野育子様には、専門的な知識、医学的な視点からのアドバイスをいただきました。心より感謝いたします。

7. 参考

- [1] 日本神経学会, "多発性硬化症", <https://www.neurology-jp.org/guidelinem/msgl/koukasyo_onm_2017_09.pdf>, 2017.
- [2] University of Ljubljana laboratory of Imaging Technologies, "Tools", <<http://lit.fe.unilj.si/tools.php?lang=eng>>, 2017.
- [3] Paul Schmidt, "An automated tool for detection of FLAIR hyperintense white-matter lesions in Multiple Sclerosis", NeuroImage Vol.59 Issue4, pp.3774-3783, 2012.