

修士論文

DICOM タグを用いた  
ユーザへの通知機能を有する  
医用画像管理システム

同志社大学大学院 生命医科学研究科  
医工学・医情報学専攻 医情報学コース  
博士前期課程 2013年度 1025番

西村 祐二

指導教授 廣安 知之教授

2015年1月23日

## Abstract

Recently, the early detection of disease is important due to the progress of treatment techniques. Currently, a cancer can be treated by an early detection. However, it is difficult to find a disease in its early stage. Therefore, many attempts have been done in order to perform early detection. Image analysis has been conducted as a method for finding the early disease. In the image analysis, doctors conduct image processing which is to take the difference between the past image and the current image. However, there are problems. Doctors overlook when disease occurs in the part that has not been observed before. And doctor's burden is heavy when processing a large amount of images. Then, we propose medical image management system with automatic image feature tag adding functions. The proposed system uses DICOM image. In order to check the usefulness of a proposed system, the evaluation experiment using four kinds of DICOM images with cerebral MRI data was conducted. Then, I have implemented the proposed system as a web application. It was suggested that the proposed system could support the early detection of disease by notifying a user of the unobserved information from the result of an evaluation experiment.

# 目次

1	序論	1
2	画像診断と医用画像	2
2.1	画像診断	2
2.2	医用画像	2
3	提案システム: DICOM タグを用いた通知機能を有する医用画像管理システム	5
3.1	概要	5
3.2	クラウド上での画像解析	5
3.3	DICOM タグの追加	6
4	提案システムの実装	7
4.1	システム構成	7
4.2	ユーザインターフェース	7
5	提案システムの利用場面 - 脳の MRI データの管理 -	9
5.1	概要	9
5.2	実装システムの設定	9
5.3	脳の MRI データ適用時のシナリオ	11
6	結論と今後の展望	12

# 1 序論

近年、癌治療や診断技術の進歩による長寿命化、また、食生活の変化による生活習慣の悪化に伴い、複数の臓器に癌が発生する重複癌が問題となっている<sup>1-6)</sup>。重複癌の中では、それぞれの癌が1年以内に発生する同時性重複癌、1年以上経過してから発生する異時性重複癌など、人により様々である。そのため、癌の早期発見が非常に重要となっている<sup>7-10)</sup>。

現在、病気を見つけるための診断方法として画像診断が行われている。診断に使用される医用画像は、患者情報などを含んだ X 線 CT (Computed Tomography) や MRI (Magnetic Resonance Imaging) などの画像診断装置から出力される DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 規格の医用画像が利用されている。しかし、通常、撮像されるのは注目している臓器のみである。これでは、併発しそうな癌情報など得ることができない。そのため、初期段階の病気が見落とされ、末期の状態まで発見されないということが発生する。そこで、初期の癌などの病気の見落としを防ぐために医師による複雑な画像解析が行われる<sup>11-14)</sup>。しかし、画像解析には専門知識が必要であり、それをもった医師の減少により一人にかかる負担増加が考えられる。これらのことより、自動的に画像解析を行い、注目していない臓器の情報取得を可能にするシステムが求められている<sup>15) 16)</sup>。本研究では、それを実現するための基盤となるシステムの構築を行う。本稿では、患者情報などデータの格納が可能な DICOM 画像に注目し、その DICOM 画像が持つメタデータにシステムの裏側で行った解析結果を付加するシステムを提案する。

ユーザは画像を提案システムにアップロードするだけで、システムの裏側にて自動的に画像解析が行われる。ユーザは処理が終了するまで待つ必要がない。これにより、ユーザは画像解析の専門知識が不要となり負担の軽減が可能となる。さらに、その解析結果を画像の持つメタデータへ追加することで、注目していない他の部位の解析結果を得ることができ、病気の早期発見を支援する。この提案システムを実環境で利用できるように web アプリケーションとして実装し、ユーザとシステムをつなぐユーザインターフェイスを作成した。提案システムを実装するにあたり、提案システムに画像を送信する機能、システム裏側で画像解析を行う機能、システム裏側で実行される解析結果を通知する機能、画像のメタデータにタグを追加する機能、メタデータに追加したタグから検索できる機能を実装した。

そして、提案システムを有効に利用できる場面を想定し、システムの流れを説明した。その場面として、脳の画像を管理し、認知症などの早期発見を支援する場面を想定した。早期発見を実現するためにシステムの設定を行った。画像解析を行うアルゴリズムとして、脳の部位の体積を計測する処理を設定し、MRI の撮像手法の一つである拡散テンソル画像法より得られる画像を使用した。そして、その画像のメタデータに脳部位の体積のタグを追加し、脳の萎縮が見られる病気の早期発見に利用可能であるか確認する。

本論文では、第 2 章では画像診断と医用画像について、第 3 章では提案システムについて、第 4 章では構築したシステムの実装方法について、第 5 章では構築システムの利用想定場面について述べる。

## 2 画像診断と医用画像

本章では、現在、画像診断の際に行われる画像解析とその画像に用いられる画像規格について述べる。

### 2.1 画像診断

#### 2.1.1 経時差分による画像解析

近年、治療技術の発展に伴い、今まで治療が困難であった病気も根治が可能となってきた。癌であっても1~2センチ程度の初期段階の大きさであれば完治すると言われている。そのため、病気の早期発見が重要となってきている。しかし、初期の癌などの病気は患者に症状がないということや、目視による画像診断においても正常部位との違いが僅かで発見するために医師は多大な集中力と読影時間を必要とするという問題点があげられる。

そこで、画像処理を用いて病変部位を強調する画像解析が行われている。例えば、胸部X線画像であれば主に肺癌を発見するために撮像される。しかし、初期の肺癌は病変部位と正常部位の区別が難しく目視による発見は困難である。そのため、肺癌が見落され患者が死亡するといった案件が報告されている。そこで、見落しを防止するため、現在の画像から正常であった過去の画像との差分をとり病変部位を強調する経時差分処理という画像解析が行われている。その画像解析の概念図を Fig. 1 に示す。このように、過去からどのように変化したかという経時差分の情報を取得することが病気の見落とし防止や早期発見のために重要となる。

画像解析を行うことにより病気の早期発見が可能となるが、いくつか問題がある。それは、画像解析を行う医師の負担増加と、注目している部位にしか対応できないということである。画像解析は専門知識をもった医師により行われている。その医師の減少や医用画像診断装置の発展による生成画像枚数の増加により、医師一人ひとりの負担が増加すると考えられる。また、画像診断は検査する部位をあらかじめ決め、臓器の画像を撮像し、画像解析が行われる。それでは、注目している部位にしか対応できず、多重癌のような複数箇所での癌が発生する際に癌の見落としが発生すると考えられる。そこで、システムにより様々な画像解析を行い、集める仕組みと異常値が検出された場合に医師へ通知するシステムが求められる。これらのことより、医師には自動的に画像解析を行い、病気の早期発見を支援するシステムが必要だと考えられる。

### 2.2 医用画像

#### 2.2.1 DICOM：医用画像規格

現在、医療機関でMRI (Magnetic Resonance Imaging) やCT (Computed Tomography) などで撮影された画像ファイルは全てDICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) という形式で保存されている。DICOMは、医用画像のデータ形式と通信仕様に関する世界標準規格である。米国放射線学会 (ACR：American College of Radiology) と

北米電子機器工業会 (NEMA : National Electrical Manufacturers Association) によって制定された。DICOM 規格の前身は ACR-NEMA 規格というものであり、DICOM は 1992 年に正式に制定された。DICOM の規格書は、現在は 16 のパートから成り、総ページ数は 1000 枚を超える膨大な規格書である。DICOM 規格は追加、拡張、修正が継続的に行われており、DICOM を医療情報システムの中でどのように標準的に使用するかのガイドラインが作成され、その標準化が進んでいる<sup>17)</sup>。DICOM は CT や MRI の撮影画像だけでなく、内視鏡や超音波などで作成された動画データや音声データなど、医療診療に関わるデータを包括することができる。DICOM 規格の目的は、病院内外で異なった製造業者 (マルチベンダー) の異なった種類 (マルチモダリティ) のデジタル画像機器を、ネットワークあるいは画像保存媒体で、相互に接続して患者の画像検査情報のやり取りや画像データの伝送を可能とすることである。DICOM 画像規格は画像を主とする様々なデータを内包できるコンテナフォーマットであり、内包物のフォーマットやデータ長を記載するタグ情報を保持している。医用画像規格としては、ISO TC-215 では国際標準化が議論されている現在唯一の規格である。医用画像フォーマットとしての DICOM では、画像そのものに加えて、データサイズや画像サイズなどの画像情報、患者の氏名や住所などの個人情報、撮影機器や造影剤などの検査情報がタグとしてメタデータに付加される。メタデータは 3000 項目以上が規定されており、患者の検索や診断に大きく寄与している<sup>18)</sup>。Fig. 2 に DICOM 画像の概念図を示す。DICOM は画像データとメタデータを同一のファイル内に持つ医用画像規格である。

### 2.2.2 拡散テンソル画像法

DICOM 画像の代表的なものとして人体の内部を撮像する MRI 装置から出力される画像がある。特に脳内部の画像は認知症や脳梗塞、脳腫瘍の診断に用いられている。その脳内部の神経線維を撮像する手法として、拡散テンソル画像法<sup>19,20)</sup>がある。拡散テンソル画像法とは、拡散強調画像 (Diffusion Weighted Image: DWI) とよばれる水分子の非常に遅い拡散を検出する撮像方法で得られた画像から、神経線維の走行状態をテンソル<sup>1)</sup>として算出した画像を用いた解析手法である。拡散とは、自発的な分子の熱運動によって物質が一樣に散らばり広がる物理現象である。脳室にある脳脊髄液の水分子のように、神経線維のない部位の水分子は動きに制限がない。そのため水分子は特異的な方向を持たずに拡散する。一方で、神経線維の周囲では、水分子は神経線維と平行な方向以外の動きが制限される。そのため水分子はある方向に対して特異的に大きく拡散する。したがって、神経線維周辺の水分子は拡散異方性が強くなる。この拡散異方性を表現するためには、神経線維方向、神経線維と直交する 2 方向の拡散の大きさ、そして神経線維の方向ベクトルを記述する必要がある。これを表現するために、テンソルが用いられる。拡散テンソル  $\mathbf{D}$  は次の式で与えられる。

<sup>1)</sup>スカラー・ベクトル・行列、さらにそれより高次階の代数的構造を包括する概念のこと

$$\mathbf{D} = \begin{pmatrix} D_{xx} & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{yx} & D_{yy} & D_{yz} \\ D_{zx} & D_{zy} & D_{zz} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

拡散強調画像において、 $D_{xx}$  が1対の等しい大きさの傾斜磁場 (Motion Probing Gradient: MPG) を  $x$  軸方向に印加した時の拡散係数となる。MPG を斜めに方向に印加した時の拡散係数は  $D_{xx}$ ,  $D_{yy}$ ,  $D_{zz}$ ,  $D_{xy}$ ,  $D_{xz}$ ,  $D_{yz}$  の一次式で表される。

拡散テンソル  $\mathbf{D}$  を対角化することで、固有値  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  と、これらに対応する固有ベクトル  $\mathbf{v}_1$ ,  $\mathbf{v}_2$ ,  $\mathbf{v}_3$  が求められる。この時、 $\mathbf{v}_1$  は神経線維の方向、 $\mathbf{v}_2$ ,  $\mathbf{v}_3$  は神経線維と直交する方向を表す。これらの値を用いて、様々な画像の取得が可能となる。

### 2.2.3 医用画像管理システム

現在、医用画像を管理するシステムとして、医用画像管理システム (PACS: Picture Archiving and Communication Systems) と呼ばれるシステムが医療機関で数多く稼働している。その理由として、医療の高度化や撮像装置の性能向上により、画像検査の件数や検査ごとの画像枚数が増加しているからである。フィルムを用いていると、その保管スペースと運搬、管理などの手間が膨大なものになってしまう。その解決策として、医用画像を電子化させたものを管理する PACS である。PACS は医療現場の画像診断に使用されており、CT や MRI, レントゲンなどの各種画像診断用の撮像装置 (モダリティー) で撮影された画像を電子化してデータベースに保存し、必要なときに参照可能なように管理するシステムである。病院への導入コストやサーバなどの管理コストを削減するために Web ベースの PACS も登場している。しかし、自動的に画像解析を行う機能や病気をユーザに通知する機能はなく、画像を管理するだけの役割にとどまっている。

## 3 提案システム: DICOM タグを用いた通知機能を有する医用画像管理システム

### 3.1 概要

前章より、多くの画像を処理する際に医師の負担が大きい、注目していない部位で病気が発生する際に病気を見落とすという問題点がある。これらを解決するために、自動的に画像解析を行い、注目していない臓器の情報取得を可能にするシステムが求められている。このようなシステムを実現するために必要な要件として、大きく分けて3つ挙げられる。

- アルゴリズムの確立  
早期発見を支援するための医師の診断に利用される特徴量を画像から抽出するアルゴリズムが必要。
- 処理の自動化  
確立したアルゴリズムをシステムによって自動化し、膨大な画像を処理することで医師の負担を軽減させるような機能が必要。
- 画像への情報追加  
抽出した特徴量を画像に保持させることにより、医師が一枚の画像から様々な情報の取得をできるような機能が必要。

本研究では、3つ目の画像へ情報を追加するという要件に注力し、基盤となるシステムを構築する。そこで本研究では、DICOM タグを用いたユーザへの通知機能を有する医用画像管理システムを提案する。Fig. 3 に提案システムの概念図を示す。提案システムはクラウド上で画像解析を行い、その解析結果を DICOM 画像のメタデータにタグとして追加し、ユーザに通知する医用画像管理システムである。DICOM 画像を利用する理由として、DICOM に格納されるタグが解析結果の格納や注目していない部位の情報などをユーザへ通知する用途に適していると考えたためである。提案システムについては次節に述べる。

このシステムは画像を入力するだけでシステム裏側で自動的に画像解析が行われる。これにより、画像解析の専門知識が不要となり負担の軽減が可能となる。また、解析した結果や他の部位の情報を画像に付加することで、ユーザは注目している部位以外の情報の取得が可能となる。そして、もし、解析結果などが病気の可能性が考えられる一定の値を越えた場合、ユーザに通知することで、病気の見落とし防止すや、初期段階の病気の発見に貢献することができると考えられる。

### 3.2 クラウド上での画像解析

自動的に画像解析を行う方法として、外部のサーバを用意し、そこで様々な処理を行う方法のクラウド上での処理が考えられる。これにより、膨大な枚数の画像解析にも耐えることができ、システム裏側で自動的に解析を行うことが可能である。

### 3.3 DICOM タグの追加

前章で述べたように、DICOM 画像に検査情報や患者情報など様々な情報がメタデータにタグとして格納されている。これは主に医用画像管理システムが画像検索を行う際に利用される。本研究では、この DICOM タグに注目し、システム裏側で実行した処理の解析結果を DICOM 画像のメタデータにタグ情報として追加を行うシステムを提案している。タグに追加することの利点として解析結果を時系列で保存できることができ、昔の結果と現在の結果を比較し、経時差分を得ることが可能である。これにより、これから起こる病気の予測・傾向を知ることができ、ユーザに通知することで病気の見落としを防止し、早期発見を支援することが可能となる。

#### 3.3.1 タグ構造

DICOM タグは一つのタグにつき 4 桁のグループ番号と 4 桁のエレメント番号が割り振られている。グループ番号には患者情報や検査情報などの大枠の設定が行われる。そして、エレメント番号により、グループ番号に従った詳細な設定が行われる。例えば、グループ番号が患者情報ならば、そのエレメント番号の一つは患者名が設定がされている。この番号を用いることにより画像の検索や患者の分類が可能となる。タグのグループ番号、エレメント番号は 16 進数で表現される。そのため、グループ番号、エレメント番号それぞれ、0x0000 から 0xFFFF の範囲を利用することが可能である。DICOM タグには規格で設定されているもの以外の情報を追加が可能である。その可能なエリアをプライベートタグ領域という。

#### 3.3.2 プライベートタグ領域

DICOM タグの追加が可能なプライベートタグ領域はグループ番号の奇数番号である必要がある。提案システムでは画像解析を行った結果をこのプライベートタグ領域に追加する。

## 4 提案システムの実装

実環境において提案システムを利用するため、web アプリケーションとして提案システムを実装した。web アプリケーションはインストールの必要がなく、ユーザはブラウザから提案システムにアクセス可能となる。また、外部サーバとの連携を行うことが可能であるため、クラウド上での画像解析が容易となる。この章では実装した提案システムについて述べる。

### 4.1 システム構成

提案システムは簡易的な医用画像管理システムであるため、画像の保管を行うファイルサーバ、提案システムとユーザをつなげるための web サーバ、システム裏側で画像データの解析やメタデータへ情報の付加を行う解析サーバ、病気の早期発見を支援するために解析結果やメタデータから検索・通知を可能にするデータベースサーバから構成される。システムの構成図を Fig. 4 に示す。また、今回使用したマシンのスペックを Table 1 に示す。実装した提案システムの一連の流れを下記の示す。

- (1) インターフェースは提案システムと TCP/IP によって接続されている。ユーザはブラウザよりインターフェースにアクセスする。
- (2) ユーザはインターフェースを通して、対象画像をファイルサーバへ送信する。
- (3) 対象画像を解析サーバで画像解析を行い、解析結果を画像のメタデータにタグとして追加する。
- (4) ユーザへの通知や検索を可能にするため、データベースサーバで入力された画像や追加したタグの情報を管理する。
- (5) ユーザが画像検索を行う場合はインターフェースを通して、データベースサーバに検索クエリが送られる。
- (6) 検索はデータベースサーバで行われ、その結果を Web サーバに送信する。
- (7) データベースサーバから送られた検索結果を元に、一致する画像をファイルサーバから呼び出す。そして、インターフェースに表示される。

### 4.2 ユーザインターフェース

ユーザは web サーバ上に実装されたインターフェースを通して、提案システムへ画像のアップロードなどを行う。実装したインターフェースは簡易的な DICOM Web Viewer である。インターフェースの画面を Fig. 5 に示す。インターフェースに実装した機能については次項に述べる。

#### 4.2.1 実装機能

- DICOM 画像の表示

ユーザがローカルに持つ DICOM 画像を選択することでインターフェースに画像を表示することが可能である。DICOM 画像は一般的なビューアでは閲覧することができず、専用ソフトのインストールが必要である。しかし、本システムではその必要なく閲覧できる。それは DICOM ファイルの画像部分のバイナリデータを読み込んでいるからである。DICOM ファイルは PDI (Portable Data for Imaging) 形式で記述されており、ヘッダ部分と画像データ部分が 16 進数のバイナリデータとして存在している。ヘッダ部分は 7FE00010 までと定義されており、これを目印に画像のバイナリデータを読み込んでいる。

- DICOM タグの表示

DICOM 画像には患者情報や検査情報などがメタデータにタグとして格納されている。そのタグを DICOM 画像と一緒に表示可能である。システム裏側にて自動的に追加されたタグも表示可能である。DICOM タグはメタデータに「タグ番号 (4bit), VR<sup>1</sup>(2bit), データの長さ (2bit), 実データ」を 1 つのかたまりとして連続的に記述されている。それをシステムでは読み込み、解析する処理を行っている。DICOM タグの表示画面を Fig. 6 に示す。

- DICOM 画像の一覧

ユーザが提案システムに送信した画像を一覧表示する。一覧には送信した日付時間や、設定している処理の内容であったり、追加するタグの設定を一緒に閲覧することができる。これにより、ユーザは今までにどのような画像をどのような設定を行い送信したのかが見れる機能となっている。

- DICOM 画像の送信

ユーザが保持している DICOM 画像をインターフェースを通して、提案システムに送信することが可能である。これにより、画像解析サーバで送信された画像の解析が行われる。

- DICOM 画像のウィンドウレベルの調整

ユーザは選択した DICOM 画像のウィンドウレベルをリアルタイムで調整することが可能である。ウィンドウレベルとは画像の明るさであり、画像を見やすくできるものである。

---

<sup>1</sup>Value Representation, データ要素の領域中に含まれる値のデータタイプおよび形式を明記

## 5 提案システムの利用場面 -脳のMRIデータの管理-

本章では提案システムが有効に利用可能となる場面について述べる。

### 5.1 概要

前章より、提案システムを web アプリケーションとして実装した。本想定場面は、この実装したシステムを用いて提案システムが有効に利用可能か確認する。システムに適用する画像として、脳の MRI データの DICOM 画像を適用する。この画像を用いる理由は早期発見が難しい認知症などの診断に利用され、その際に、画像解析を行うからである。認知症は脳に萎縮が見られる病気であり、初期症状として記憶障害が起こる。この症状は徐々に進行するため、老化による物忘れと勘違いし早期発見が遅れることが発生する。初期の認知症は目視による画像診断は難しく、脳の画像から脳の部位の体積を算出し診断している。しかし、認知症にも多くの種類があり、種類により治療方法や萎縮する部位が異なる。例えば、アルツハイマー型認知症は頭頂葉や側頭葉・海馬周辺の萎縮が起こるのに対して、前頭側頭葉変性症は前頭葉や側頭葉に萎縮が現れる。

そこで、実装システムに脳の部位の体積を計測する設定を行い、脳の MRI データを適用すれば認知症の早期発見、早期治療につながると考えられる。本想定場面では、実際の脳の DICOM 画像をシステムに適用し、どのように認知症の早期発見を支援するか述べる。

### 5.2 実装システムの設定

脳の MRI データの管理を行うにあたり、使用する画像、画像解析、メタデータに追加するタグについて定義する必要がある。

#### 5.2.1 使用画像：拡散テンソル画像法より取得可能な画像

本想定場面で使用する脳の MRI データは脳内部の脳神経繊維をみる事が可能な拡散テンソル画像法より取得できる 4 種類の画像を用いた。取得した 4 種類は DWI (Diffusion Weighted Image), FA (Fractional Anisotropy), TRACE, RD (Radical Diffusion) 画像である。Table 2 にそれぞれの画像のファイルサイズを示す。また、本想定場面で使用する画像を Fig. 7 に示し、それぞれの画像の特徴を下記に述べる。

- DWI 画像：水分子の拡散運動を平均した画像
- FA 画像：神経線維を強調した画像
- TRACE 画像：組織の密度や粗さを強調した画像
- RD 画像：TRACE 画像から密度の情報を引いた画像

#### 5.2.2 画像解析：脳部位の体積計測処理

実装システムの解析サーバに脳部位の体積を計測するアルゴリズムを設定し、システムに入力された画像を自動的に処理する。その体積を計測するアルゴリズムについて述べる。

脳は複数の部位に分かれており、その部位の体積を計測するためには部位ごとに領域分割を行う必要がある。そこで前項で述べた DWI 画像と FA 画像を足しあわせた画像をベース画像とする。そのベース画像に 4 種類の画像から抽出した領域分割情報を付加し、ベース画像の脳内部の構造を強調する。そして、体積を計測する際に不要なノイズを除去し、領域拡張処理によって脳部位の抽出を行い体積を計測する。本想定場面では、この一連の流れのアルゴリズムを解析サーバに設定する。それぞれの工程の説明を次項で述べる。

#### (1) ベース画像の作成

初めに DWI 画像と FA 画像を足しあわせた画像をベースとする。理由として、DWI 画像は脳の輪郭の情報を持っており、そして、FA 画像は脳内の神経線維構造の情報を持っている。脳の部位を抽出するために行う領域分割には上記の情報が必要不可欠だと考えられるため、2つを足しあわせた画像をベースとする。その画像を Fig. 8 に示す。

#### (2) 領域分割情報の抽出

ベース画像のみの状態では脳部位の体積の計測は難しく、脳内部の構造を強調する必要がある。そのため、使用する 4 種類の画像から領域分割の情報を抽出し、その情報をベース画像に付加することにより脳内部の構造を強調する。領域分割の情報を抽出するために、中央値フィルタを用いてノイズを除去し、ソーベルフィルタにてエッジ抽出を行う。中央値フィルタとは注目画素と縦横斜めの近傍 8 画素の計 9 画素の画素値の中央値を注目画素に与えていくことで画像の平滑化を行うフィルタの一つである。ソーベルフィルタとは縦線検出と横線検出の 2 つのオペレータを用いて輪郭を強調するフィルタの一つである。領域分割情報の抽出を行った画像を Fig. 9 に示す。

#### (3) 領域分割情報をベース画像に付加

抽出した領域分割情報をベース画像に付加することにより脳内部の構造を強調される。その画像を Fig. 10 に示す。しかし、まだノイズがあるためオープニング処理を行いノイズを除去する。オープニング処理とは、対象画像を数回収縮処理した後、同じ数だけ膨張処理を行う処理のことである。縮小処理とは注目画素の近傍処理にひとつでも黒（輝度値：0）があるならば注目画素の輝度値を 0 とする処理で、膨張処理とは、注目画素の近傍画素にひとつでも白（輝度値：255）があるならば注目画素の輝度値を 255 とする処理である。

#### (4) 部位の抽出と体積の計測

領域拡張処理を行い、部位の抽出と体積の計測を行う。領域拡張処理はあらかじめ画素値に閾値の設定をし、その範囲内だと画素値を設定した値に変換する処理である。概念図を Fig. 11 に示す。これを平面の 8 近傍だけでなく上下の領域も含めた 26 近傍に拡張することで空間的に連続する領域をひとつかたまりの領域として認識することが可能である。また、画素値を変更した数をカウントすることで領域の体積を求める事ができる。

### 5.2.3 追加するタグ

本想定場面では5つのタグをDICOMのメタデータに追加する。追加するタグとして、アルツハイマー型認知症は海馬付近の萎縮が見られるので、海馬を含む5つの部位の体積を計測し、タグに追加する。5つの部位は海馬 (HIPPOCAMPUS:Hippo)、小脳 (CEREBELLUM)、皮質脊髄路 (Corticospinal tract:CST)、下小脳脚 (Inferior cerebellar peduncle:ICP)、内側毛帯 (Medial lemniscus:ML) である。追加するタグの番号はグループ番号が0x0009、エレメント番号が0x0001から0x0005と設定した。

## 5.3 脳のMRIデータ適用時のシナリオ

本想定場面では、上記で述べた実装システムの設定のもと、脳のDICOM画像を適用する。使用方法はユーザインターフェースを通して画像を入力し、次に萎縮した画像を入力する。その際にシステムが認知症の可能性を検出し、その旨をユーザへ通知する。それにより、提案システムはユーザによる病気の早期発見を支援する。次項でシナリオの流れを詳しく述べる。

### 5.3.1 シナリオの流れ

実装システムにおける病気の早期発見は以下の流れで行われる事を想定している。

#### Step1:脳の画像を送信

ユーザはインターフェースを通して、撮像した患者の脳の画像をシステムへ送信する。送信された画像はまずファイルサーバに保存される。その後、解析サーバへ送られる。

#### Step2:脳部位の体積の自動計測

解析サーバでは脳部位の体積を計測する処理が設定されているため、自動的に体積を計測する。

#### Step3:DICOM タグの追加

計測された脳部位の体積をDICOMのメタデータへタグとして追加する。

#### Step4:脳の萎縮が見られる画像を送信

次の検査で撮像した画像を送信する。その際に、脳の海馬付近の萎縮が発生したと想定し、萎縮が見られる画像を送信する。

#### Step5:脳部位の体積の自動計測

解析サーバでは脳部位の体積を計測する処理が設定されているため、自動的に体積を計測する。

#### Step6:追加したタグの自動更新

前回追加したタグを今回計測された値に更新する。

### Step7:異常値の検出

追加したタグの更新を行った際に、海馬の体積は前回から減少している検知する。

### Step8:ユーザに通知

インターフェースを通して、ユーザに患者の海馬の体積が減少しているためアルツハイマー型認知症の可能性があるとアラートが表示される。

このような流れを通して、ユーザは注目していない情報を得ることが可能であり、病気の早期発見、見落とし防止を実現する。

Fig. 12 は実装システムによって DICOM 画像のメタデータに追加されたタグの画面である。Fig. 12 より脳部位のタグの追加が確認できた。また、これは海馬 (HIPPOCAMPUS: Hippo) の体積が  $26 \text{ mm}^3$ 、小脳 (CEREBELLUM) の体積が  $14 \text{ mm}^3$ 、皮質脊髄路 (Corticospinal tract: CST) の体積が  $20 \text{ mm}^3$ 、下小脳脚 (Inferior cerebellar peduncle: ICP) の体積が  $19 \text{ mm}^3$ 、内側毛帯 (Medial lemniscus: ML) の体積が  $22 \text{ mm}^3$ であることを示している。Fig. 13 は脳の海馬付近の萎縮が発生したと想定し、萎縮が見られる画像を送信した後の DICOM タグの画面である。Fig. 13 より脳部位の体積が更新され、海馬の体積が  $20 \text{ mm}^3$  へ減少していることがわかる。Fig. 14 はシステムが海馬の体積の減少を検知した後に、ユーザへ通知を行った際のインターフェースの画面である。Fig. 14 より、インターフェースにはアラートが表示され、ユーザにアルツハイマー型認知症の可能性あることを通知し、病気の早期発見を支援したことが確認できた。

本システムを用いることで、病気の早期発見、見落とし防止を支援することが可能であると考えられる。

## 6 結論と今後の展望

本論文では DICOM 画像のメタデータに解析結果などをタグとして追加し、ある値に達するとユーザに通知する医用画像管理システムを提案した。提案システムを実環境にて利用するために web アプリケーションとして実装した。その際に、ユーザとシステムを繋ぐインターフェースの作成を行った。このインターフェースを通して、ユーザは画像の送信などを行う。本稿では、提案システムの有用性を確認するために、脳の MRI データを持つ 4 種類の DICOM 画像を用いた評価実験を行った。評価実験の結果から本システムを用いることで、ユーザにアルツハイマー型認知症の可能性あることを通知し、病気の早期発見を支援したことが確認できた。これより、提案システムは注目していない情報をユーザに通知することで病気の早期発見、見落とし防止を支援することが可能であると考えられる。また、タグを利用することで、過去からどのように推移してきたかの情報である経時差分を得ることが可能となる。そのため、病気を予測したり、傾向を知ることが可能となると考えられる。また、提案システムは実験で想定した場面以外でも有効であると考えられる。様々な場面を想定し、設定するアルゴリズムや追加するタグにはどのようなものが有効か考え、評価実験を行う必要がある。

## 謝辞

私が本研究室に配属されてからの3年間、同志社大学生命医科学部の廣安知之教授には多大なる御指導、そしてご協力を頂き、心より御礼を申し上げます。また、本研究に関してご指導ご鞭撻を頂きました山本詩子助教授に心より感謝致します。

そして、同じ医療システム班である松浦秀行さん、井上楓彩さん、三島康平さん、岡村達也さん、林沼勝利さん、滝謙一さん、埴賢哉さん、竹中誠さん、伊藤悟さん、堀真弓さんには日頃から研究について多く議論して頂きました。また本論文を作成するにあたり松浦秀行さん、將積彩芽さんに校正して頂きました。皆様にはこの場をお借りして感謝を申し上げます。

最後に、医療情報システム研究室の皆様には私の研究に関して数多くの議論や助言をして頂きました。皆様のおかげで、3年間すばらしい研究生活を送ることができました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) T. Kosak and K. Miwa and Y. Yonemura et al, “A clinicopathologic study on multiple gastric cancers with special reference to distal gastrectomy Cancer,” *Cancer*, Vol.65, pp.2602–2605, 1990.
- 2) C.G. Moertel, J.A. Gargen and E.D. Soule, “Multiple gastric cancers; review of the literature and study of 42 cases,” *Gastroenterology*, Vol.32, pp.1095–1103, 1957.
- 3) H. Yamagiwa, H. Yoshimura, O. Matsuzaki and A. Ishihara, “Pathological study of multiple gastric carcinoma,” *Acta Pathol Jpn*, Vol.30, pp.421–426, 1980.
- 4) H. Kurita, “A study of clinico-epidemiology on multiple gastric cancer,” *Nagoya Med J*, Vol.22, pp.239–249, 1977.
- 5) Y. Noguchi and H. Ohta and K. Takagi et al, “Synchronous multiple early gastric carcinoma: A study of 178 cases,” *World J Surg*, Vol.9, pp.786–793, 1985.
- 6) Y. Esaki, K. Hirokawa and M. Yamashiro, “Multiple gastric cancers in the aged with special reference to intramucosal cancers,” *Cancer*, Vol.59, pp.560–565, 1987.
- 7) M.S. Pepe, R. Etzioni and Z. Feng et al, “Phases of Biomarker Development for Early Detection of Cancer,” *Journal of The National Cancer Institute*, Vol.93, pp.1054–1061, 2013.
- 8) D.E. Henson, S. Srivastava, B.S. Kramer, “Molecular and genetic targets in early detection,” *Curr Opin Oncol*, Vol.11, pp.419–425, 1999.
- 9) S. Srivastava, B.S. Kramer, “Early detection cancer research network,” *Lab Invest*, Vol.80, pp.1147–1148, 2000.
- 10) P. Greenwald, “New directions in cancer control,” *Johns Hopkins Med J*, Vol.151, pp.209–213, 1982.
- 11) K.S. Fu and J.K. Mui, “A survey on image segmentation,” *Pattern Recognition*, Vol.13, pp.3–16, 1981.
- 12) J. Strom and P.C. Cosman, “Medical image compression with lossless regions of interest,” *Signal Processing*, Vol.59, pp.155–172, 1997.
- 13) K. Mori, A. Urano and J. Hasegawa et al, “Virtualized endoscope system—an application of virtual reality technology to diagnostic aid,” *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E79-D, pp.809–819, 1996.

- 14) K. Mori, D. Deguchi, J. Sugiyama et al, "Tracking of a bronchoscope using epipolar geometry analysis and intensity-based image registration of real and virtual endoscopic images," *Special Issue on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2001*, Vol.6, pp.321–336, 2002.
- 15) T. Hiroyasu, K. Uehori, U. Yamamoto and M. Tanaka, "Construction of an Interactive System Aims to Extract Expert Knowledge about the Condition Cultured Corneal Endothelial Cells," *2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, Vol.65, pp.1805–1810, 2013.
- 16) J. Choobineh, R.J. Vokurka and L. Vadi, "A prototype expert system for the evaluation and selection of potential suppliers," *International Journal of Operations and Production Management*, Vol.16, pp.106–127, 1980.
- 17) 近藤博史, "電子カルテとの統合 画像システムの組み込みと SBC の導入," 医療機器システム白書 2008~2009, pp.358–360, 2008.
- 18) H. Oosterwojk, *DICOM Basics Third Edition* edition, OTech Inc, 2005.
- 19) P. Basser and C. Pierpaoli, "Microstructural and physiological features of tissues elucidated by quantitative-diffusion-tensor MRI," *Journal of Magnetic Resonance*, Vol.111, pp.209–219, 1996.
- 20) M. Moseley, "Diffusion tensor imaging and aging - a review," *NMR in Biomedicine*, Vol.15, pp.553–560, 2002.

## 付 図

1	病変部位強調のための経時差分処理 . . . . .	1
2	DICOM . . . . .	1
3	提案システム . . . . .	2
4	システムの構成 . . . . .	2
5	インターフェース . . . . .	2
6	DICOM タグの表示画面 . . . . .	3
7	拡散テンソル画像法より得られる画像 . . . . .	3
8	ベース画像 . . . . .	3
9	領域分割情報の抽出画像 . . . . .	4
10	領域分割情報の抽出画像 . . . . .	4
11	領域拡張処理 . . . . .	4
12	追加された脳部位のタグ . . . . .	5
13	更新された脳部位のタグ . . . . .	5
14	システムによるユーザへの通知 . . . . .	6

## 付 表

1	マシン 1 台のスペック . . . . .	6
2	画像のファイルサイズ . . . . .	6

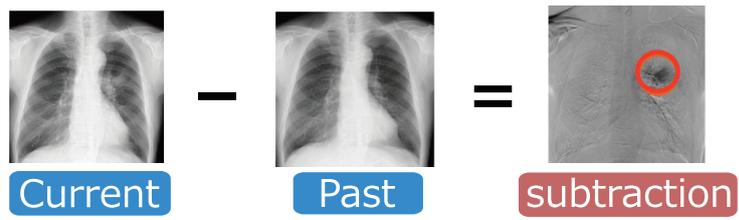


Fig. 1 病変部位強調のための経時差分処理

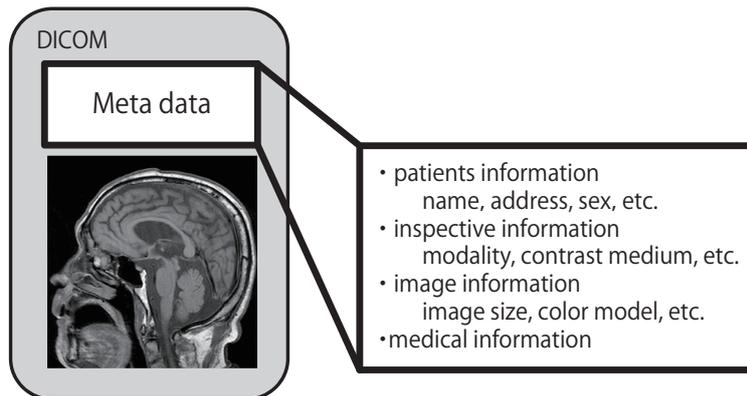


Fig. 2 DICOM

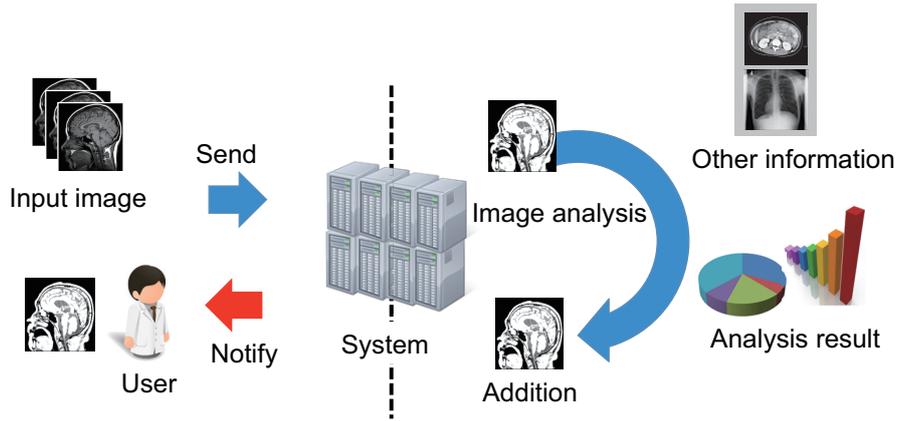


Fig. 3 提案システム

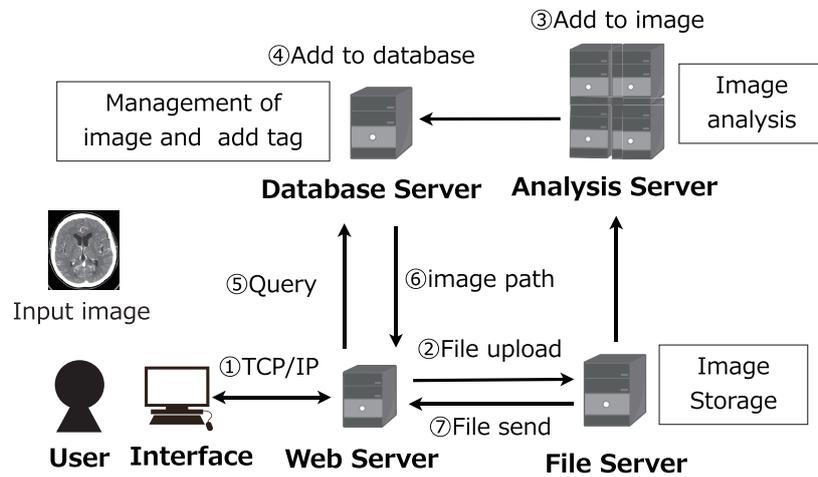


Fig. 4 システムの構成

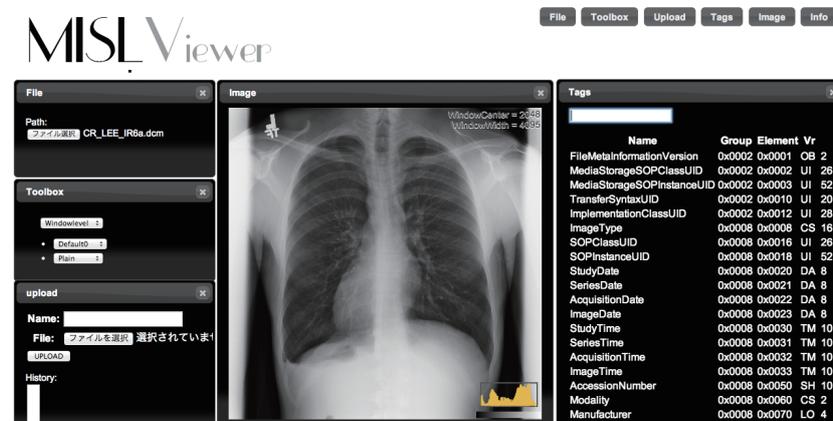


Fig. 5 インターフェース

Tags			
InstanceCreationTime	0x0008	0x0013	TM 4 1100
InstanceCreatorUID	0x0008	0x0014	UI 28 1.2.276.0.7230010.3.0.3.5.2
SOPClassUID	0x0008	0x0016	UI 28 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.6.1
SOPInstanceUID	0x0008	0x0018	UI 52 1.2.276.0.7230010.3.1.4.1787205428.2357.1071048148.1
StudyDate	0x0008	0x0020	DA 8 20031208
StudyTime	0x0008	0x0030	TM 6 063649
AccessionNumber	0x0008	0x0050	SH 0
Modality	0x0008	0x0060	CS 2 US
Manufacturer	0x0008	0x0070	LO 20 G.E. Medical Systems
InstitutionName	0x0008	0x0080	LO 16 BAPTIST MED CTR
ReferringPhysicianName	0x0008	0x0090	PN 0
TimezoneOffsetFromUTC	0x0008	0x0201	SH 6 -0500
StationName	0x0008	0x1010	SH 6 mvme22
ManufacturerModelName	0x0008	0x1090	LO 10 LOGIQ 700
DerivationDescription	0x0008	0x2111	ST 50 Lossless RLE compression, compression ratio 2.159
SourceImageSequence	0x0008	0x2112	SQ 98 pyaZPUI1.2.840.10008.5.1.4.1.1.6.1UUI.1.3.6.1.4.1.5962.1.1.13.1.1.2003
StageNumber	0x0008	0x2122	IS 2 0
NumberOfStages	0x0008	0x2124	IS 2 1
ViewNumber	0x0008	0x2128	IS 2 0
NumberOfViewsInStage	0x0008	0x212A	IS 2 1
PatientName	0x0010	0x0010	PN 22 CompressedSamplesAUS1

Fig. 6 DICOM タグの表示画面

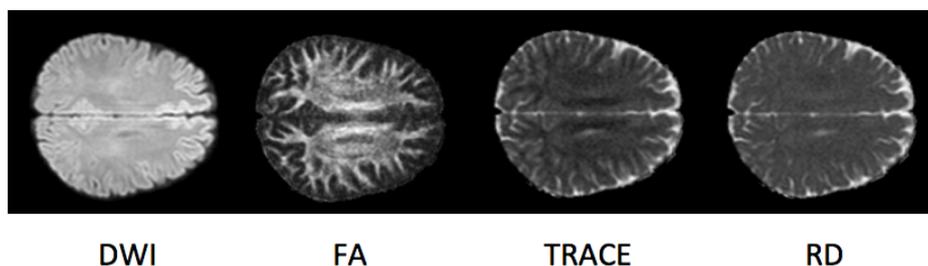


Fig. 7 拡散テンソル画像法より得られる画像

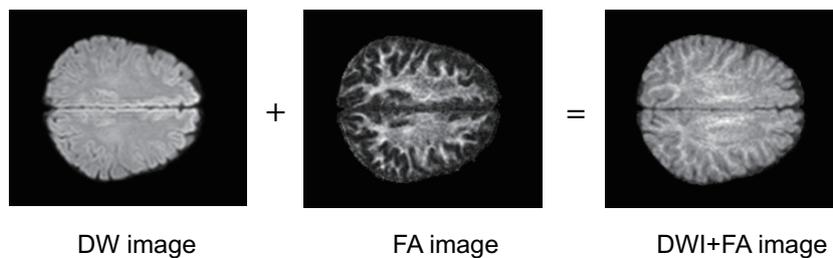


Fig. 8 ベース画像

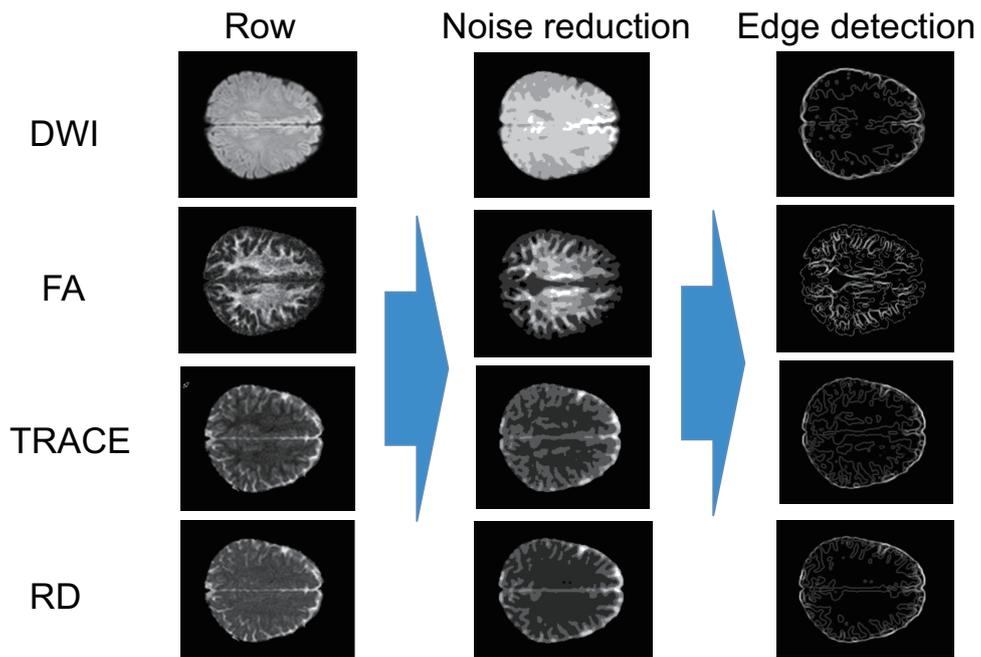


Fig. 9 領域分割情報の抽出画像

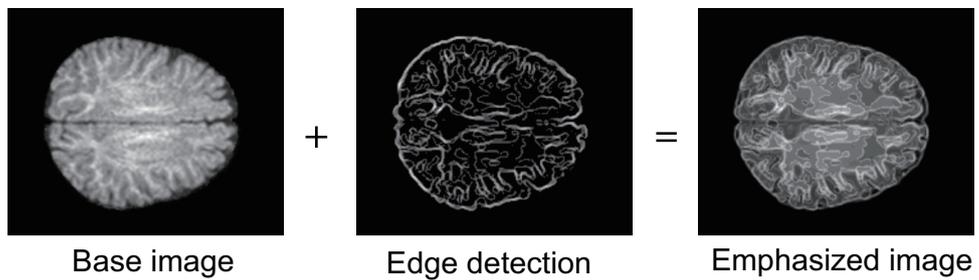


Fig. 10 領域分割情報の抽出画像

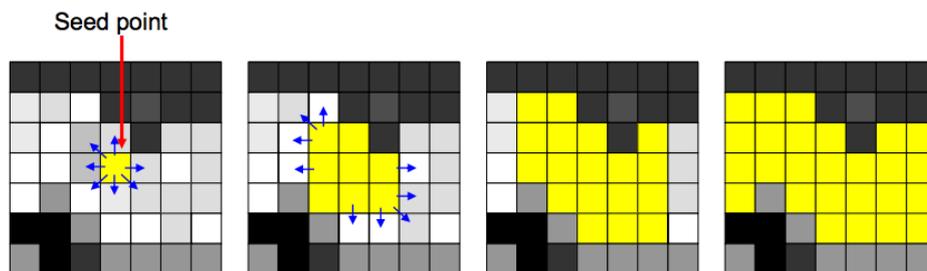


Fig. 11 領域拡張処理

# MISL Viewer

File    Toolbox    Upload    Tags    Image    Info

Tags				
MediaStorageSOPClassUID	0x0002	0x0002	UI 28	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.7
MediaStorageSOPInstanceUID	0x0002	0x0003	UI 64	1.3.6.1.4.1.9590.100.1.2.4108249392125335870201837
TransferSyntaxUID	0x0002	0x0010	UI 18	1.2.840.10008.1.2
ImplementationClassUID	0x0002	0x0012	UI 28	1.2.276.0.7238010.5.0.3.5.4
ImplementationVersionName	0x0002	0x0013	SH 6	OSIRIX
SOPClassUID	0x0008	0x0016	UI 28	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.7
SOPInstanceUID	0x0008	0x0018	UI 64	1.3.6.1.4.1.9590.100.1.2.4108249392125335870201837
StudyDate	0x0008	0x0020	DA 0	
ImageDate	0x0008	0x0023	DA 8	20141007
StudyTime	0x0008	0x0030	TM 0	
ImageTime	0x0008	0x0033	TM 14	205739.017000
AccessionNumber	0x0008	0x0050	SH 0	
Modality	0x0008	0x0060	CS 2	OT
ConversionType	0x0008	0x0064	CS 4	WSD
ReferringPhysicianName	0x0008	0x0090	PN 0	
SeriesDescription	0x0008	0x103E	LO 2	fa
Private tags	0x0009	0x0001	UN 8	Hippo:26
Private tags1	0x0009	0x0002	UN 14	cerebrellum:14
Private tags2	0x0009	0x0003	UN 6	CST:20
Private tags3	0x0009	0x0004	UN 6	ICP:19
Private tags4	0x0009	0x0005	UN 6	ML:22
PatientName	0x0010	0x0010	PN 8	sub1_fa
PatientID	0x0010	0x0020	LO 0	

Fig. 12 追加された脳部位のタグ

# MISL Viewer

File    Toolbox    Upload    Tags    Image    Info

Tags				
StudyDate	0x0008	0x0020	DA 0	
ImageDate	0x0008	0x0023	DA 8	20141007
StudyTime	0x0008	0x0030	TM 0	
ImageTime	0x0008	0x0033	TM 14	205739.017000
AccessionNumber	0x0008	0x0050	SH 0	
Modality	0x0008	0x0060	CS 2	OT
ConversionType	0x0008	0x0064	CS 4	WSD
ReferringPhysicianName	0x0008	0x0090	PN 0	
SeriesDescription	0x0008	0x103E	LO 2	fa
Private tags	0x0009	0x0001	UN 8	Hippo:20
Private tags1	0x0009	0x0002	UN 14	cerebrellum:14
Private tags2	0x0009	0x0003	UN 6	CST:20
Private tags3	0x0009	0x0004	UN 6	ICP:19
Private tags4	0x0009	0x0005	UN 6	ML:22
PatientName	0x0010	0x0010	PN 8	sub1_fa
PatientID	0x0010	0x0020	LO 0	
PatientBirthDate	0x0010	0x0030	DA 0	
PatientSex	0x0010	0x0040	CS 0	
Private tags5	0x0011	0x0011	UN 14	anther section
Private tags6	0x0012	0x0000	UN 4	

Fig. 13 更新された脳部位のタグ



Fig. 14 システムによるユーザへの通知

Table 1 マシン1台のスペック

OS	debian7.5 64bit
Kernel	3.2.0-4-amd64
CPU	Quad-Core AMD Opteron(tm) Processor 2356 1.2GHz
Core	4
Memory	8GB

Table 2 画像のファイルサイズ

File	Size	Number	Sum size
DWI	79KB	181	14MB
FA	79KB	181	14MB
TRACE	79KB	181	14MB
RD	79KB	181	14MB