

# 読影医が画像認知をすること

有限会社 夢見堂 石川浩太

## はじめに

診療報酬改定など外部環境の変化を受け、フィルムレス読影環境の整備を加速させている病院は多いことと思う。多くの画像診断医は旧来のシャウカステンを用いた読影スタイルを離れ、PACS(Picture Archiving and Communication System)を用いたモニタ診断に移行し、読影の効率化、高精度化のためのノウハウを蓄積しつつある。一方、PACSと平行して、HIS(Hospital Information System)、RIS(Radiology Information System)、電子カルテなどの全病院規模のシステムの導入も進み、これらのシステムとの連携によって診療データの集約化が図られ、より高次元の医療の提供をめざし努力を重ねている。

このような状況のなかで、われわれ画像診断医が「読影」をすることとはどのような活動であるのか、いま一度整理を行い、今後のシステムのあり方を考える上で参考になればと考えている。

## 読影すること

「読影」という言葉をインターネット上で検索し、定義を探してみたが、適切な情報は少ない。そこで、筆者が経験に基づき定義を考えた。「読影」とは、「医師が、画像診断装置にて撮影された画像を観察し、診療上有意な情報を認知し、認知された情報を医学的知見に基づき集約し、最も確からしい推論、あるいは結果を導き出すこと」とした。

この定義中で、ここ数年の変化が顕著であるものを挙げてみると、実態が浮き彫りになり実に面白い。「医師」は、医療崩壊などと叫ばれるなか、従事環境の変化、待遇の悪化や世間の評価などの影響で、疲弊している感が否めない。「画像診断装置にて撮影された画像」は、新たなモダリティの発明こそないものの、さまざまな撮影方法が開発され複雑化した。さらに、空間分解能の向上には目をみはるものがあり、2次元画像に換算した場合の画像数の増大には閉口する。「観察」の手段は前述のとおり、シャウカステンからモニタに移行した。このような変化に伴い、われわれ画像診断医が「診療上有意な情報を認知」する業務も大きく変化した。あまりに膨大な画像情報のなかから「診療上有意な情報を認知」する作業を支援するため、筆者らは10年来、PACSビューアソフトウェアに新機能を提供してきた<sup>1)2)</sup>。詳細は後述する。

この読影医の「認知」を支援する近縁の技術には、さまざまなものが開発されている。たとえば、放射線レポート上のフレーズにキー画像情報を貼り付けることで、素早く「診療上有意な情報」に到達可能な「ハイパーリンクレポート」が実用化されている<sup>3)</sup>。さらに、高精細な3次元データを基に閾値処理などの画像処理を行い、「診療上有意な情報」を計算により抽出する「3次元、4次元ビューア」が、心脳血管領域などで活用されている。画像重ね合わせ技術である「フュージョン」は、「診療上有意な情報」であるポジトロンの高集積部位の同定を高精度化している。また、AI(Artificial Intelligence)技術や高度な画像処理技術を用い、「診療上有意な情報」を計算上抽出する試みもなされている。

「認知された情報を医学的知見に基づき集約」することは、読影医が日々研鑽を行うことで体得するものであるが、これを支援する技術も存在する。過去の膨大な臨床データを体系的に保存し、検索可能とするティーチングファイルシステム<sup>4)</sup>や、従前には出版印刷物であったアトラスの電子版の刊行も試みられている<sup>5)</sup>。「最も確からしい推論、あるいは結果を導き出すこと」も読影医の能力によるところが大きいですが、近年のインターネット上の検索技術は目をみはるものがあり、膨大な電子情報のなかから検索エンジンを用い推論を自動抽出することも容易になりつつある<sup>6)</sup>。

## 診療上有意である情報の認知

---

肥大化する画像情報のなかから有用な情報を抽出することは、とても骨の折れる作業である。業務量が増えるなか、見落としの可能性を可能な限り排除しつつ、効率的に所見を抽出することが求められている。フィルムからモニタに観察手段が切り替わり、情報認知のマンマシンインタフェイスをPACSビューアが担うようになった。

PACSビューアが医師の認知を支援するための、有用な機能および性能を列記する。ただし、画像表示形態はMPR(Multiplanar Reformation)を含む断面表示を基本とするが、3次元および4次元表示にも多くの項目が当てはまるため、読者がそれぞれに解釈してほしい。

列記した要件の補足説明を追加する。

### 1) 機能要件

- ① 時間軸の有効活用
- ② 多段に階層化されたウィンドウシステム
- ③ 三次元的な位置関係の表示
- ④ 比較対象となるシリーズ群の活用
- ⑤ 複数のシリーズの同期表示
- ⑥ 画像表示状態や画像表示履歴の保存および再現
- ⑦ 放射線レポート等の文字情報との有機的な連携
- ⑧ 画像処理機能

### 2) 性能要件

- ① 画像表示速度
- ② システムの安定性
- ③ ビューアの操作性

## 時間軸の有効活用

---

モニタの高解像度化や多面化により、フィルム環境に近い情報量を同時に表示することは可能である。しかしながら、読影医が注視できる面積は限られ、視線移動やモニタ面積の増加に伴う疲労度の増大を考慮しなければならない。「時間軸の有効活用」の目的は、限られた面積、解像度のなかで、より多くの画像情報を表示し、読影医の認知に貢献することである。このため、画像表示を動的に遷移させ、画面を有効に活用することが重要になる。ここでいう動的遷移とは、単にページング、動画再生、ウィンドウ/レベルの変更、拡大縮小などをリアルタイムで行うだけではない。もちろん画像ビューそのものが動的である必要があるが、それ以外のコマ割り(タイル表示)やシリーズウィンドウの配置などの外部要素も動的に変化させることができ、しかも操作に際し制約がないことが求められる。



図1 多段に階層化されたウィンドウシステム

画像ビュー、シリーズウィンドウ、マイセレクトを示す。図全体がビューアウィンドウである。それぞれ独立したコンポーネントであり、階層構造を成し表示される。

### 多段に階層化されたウィンドウシステム

コンポーネント指向のビューア開発により、画像ビュー、複数の画像ビューからなるシリーズウィンドウ、複数のシリーズウィンドウからなるマイセレクト、複数のマイセレクトからなるビューアウィンドウを部品として設計する(図1)。本稿ではこの部品の入れ子状態を「多段に階層化されたウィンドウシステム」という。「マイセレクト」とは、比較読影に必要な関連する複数シリーズウィンドウを集めたもので、例として「前回と今回の肺野条件のシリーズ群」「今回検査のうちT1強調像、T2強調像と造影後のT1強調像の横断像のシリーズ群」などを示す。

それぞれの部品は個別に設計されるため、ビューアソフトウェアは見通しよく実装されメンテナンス性が向上する。しかも個々の部品の入れ子状態が動的に変化することで、ビューアとして多様な表示形態をとることができ、実に豊かな表現力を有することになる。一方、読影医から見た場合、階層概念を理解し工夫を加えることで、自分の読影スタイルを創造することさえ容易となる。読影医の思考過程と連動した画像表示により、主に多数のシリーズを同時に表示する場合において、効率的な画像認知を支援することが期待される。



図2 3次元的な位置関係の表示

右のシリーズは他シリーズと交差するため、その接線がスライスラインとして表示される。左の2つのシリーズは互いに平行であるため、画像位置が連動したページングが行われる。

### 3次元的な位置関係の表示

読影医が画像認知を行う上で、3次元的な位置関係を把握することは欠かせない。多断面やボリュームデータを用いて読影を行う場合にはなおさらである。連続断面より構成されるシリーズの場合、比較対象のシリーズとの位置関係は、平行であるか接線で交差するかになる。交差する場合は、その接線を表示する(図2)。読影医は比較対象のシリーズ上の接線(スライスライン)を見て断面が異なることを認知し、現在観察している断面の位置を認識するこ

とができる。平行な位置関係にあるシリーズでは、同一位置の断面画像までページングされる（図2）。読影医は画像位置が連動したページングにより同一断面の画像比較が容易になる。また、スライス厚やスライス間隔が異なっている場合にも、画像位置を連動させページング可能である。3次元的位置に関連のない過去検査や別モダリティの検査の場合、座標を補正させるツールを併用することで同期可能となる。例えば、3軸に沿って平行移動させる単純な位置合わせの場合、解剖学的指標となる基準点を異なる2検査においてクリックすることで、3次元的な位置関係を合わせることが可能である。



図3 比較対象となるシリーズ群の活用

下段には計算により自動生成された各断面のマイセレクトが表示される。現在表示中のマイセレクトは破線で囲まれ、現在の画像表示状態が保存されている。

## 比較対象となるシリーズ群の活用

モダリティにて撮影される画像数が増加するに伴い、ある1検査を読影する際にも、「同じ断面での比較」「過去検査との比較」など、さまざまな比較をする必要が生じてきた。読影過程において、あるシリーズ画像は、いくつかの比較のためのグループに存在することになる。複数のシリーズ画像をグループ化した「マイセレクト」というコンポーネントを導入することで、この役割を担う。マイセレクトは最大化された表示状態と収納された状態の2つの状態をもち、2つの状態は制約なく入れ替えが可能である。また、サムネイル表示されたシリーズや現存するマイセレクトを編集することで、新たなマイセレクトを生成できる。さらに、ビューアが自動生成するマイセレクトを活用することもできる。例えば、「今回と前回検査の同一撮影条件のシリーズのペアで構成されるマイセレクト」や「今回検査の横断像のシリーズのみ集めたマイセレクト」などである（図3）。

マイセレクトの活用により、複数のシリーズをあらかじめ整理し、順序立てて読影することが可能になる。たとえば、今回検査と前回検査の比較は単純撮影と造影撮影で行い、これとは別に今回検査の肺野条件と骨条件の観察も行いたいとプランした場合、該当するマイセレクトをあらかじめ生成しておけばよい。そして、読影が進んだ後にもう一度過去検査との比較に戻りたい場合は、生成済みのマイセレクトをワンクリックするだけでよい。このように、1検査の読影過程が可視化・整理され、簡単な操作での比較読影群の切り替えが可能となり、結果として読影医の認知作業を効率よく行える。

## 複数のシリーズの同期表示

---

ここでは、複数のシリーズを同時に表示させた場合のシリーズ間の連動方法を記す。読影作業は複数のシリーズ画像の比較なしには成立しない。効率的な比較読影を実現するために、シリーズを個別のウィンドウとして表示する。ウィンドウにはそれぞれ連動の有無を示すアイコンを設け、ウィンドウごとに連動状態を設定可能とする。連動状態においては、あるウィンドウの操作が他のウィンドウにも波及することとし、特にページングやサイズ合わせの際には読影に適した動作をする。ページングには単純にめくるページ数を同期させるモードと、撮影位置に連動しておおむね同位置となるようにページングを行うモードを設ける。サイズ合わせには、ライフサイズで画像を表示する場合と、複数のウィンドウ間で実体サイズを連動させる場合がある。これらの機能で、同一位置の画像をサイドバイサイドで並べることや、目視による病変の大きさの比較が可能となる。

## 画像表示状態や画像表示履歴の保存および再現

---

画像表示履歴の保存と再現ができれば、過去に行われた検査の読影過程が容易に理解できる。さらに2次読影者の場合は、1次読影者の思考過程を理解することも可能である。前述のマイセレクトの機能を拡張することでこれを実現する。

現在表示されているウィンドウ群の表示形態（ウィンドウ／レベル、拡大率やコマ割りなどの状態）をマイセレクトに保存する（図3）。状態は何回も保存可能とし、これを履歴とする。マイセレクトに格納された履歴はサーバにも保存する。履歴が格納されたマイセレクトを切り替えて表示し、再利用することで、読影中に視点を変えて別の画像を観察しても、いつでも元の読影に戻り得ることが保証される。次の読影の際には、保存済みのマイセレクトがサーバから読み込まれ、マイセレクトに保存された履歴を画像表示領域に再現することが可能となる。

## 放射線レポートなどの文字情報との有機的な連携

---

放射線レポートの文章をリッチテキスト形式とし、複数のフレーズにURI(Uniform Resource Identifier)を内包させる。フレーズに内包されているURIはWebブラウザに送信することで、キー画像として展開できる。URIには画像の識別番号(SOP Instance UID)、ウィンドウ／レベル、拡大率などのほか、ROI(Region of Interest)計測やアノテーションなどをシリアル化したデータを保存する。ウェブブラウザ上のDICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)ビューアで画像が再現されるため、表示された後にウィンドウ／レベルの変更、再計測などの後処理も可能である。過去の放射線レポートを参照する際、フレーズごとにキー画像がリンクされており、読影の根拠が容易に把握できる。本機能は放射線レポートのみならず、電子カルテ上やカンファレンスシステムなどにも採用し、応用することが可能である。

## 画像処理機能

---

ここでは画像ビューに必要な機能を列記する。線形変換処理（ウィンドウ / レベル変更）、画像補間処理、フュージョン、サブトラクション、クロップ、カット、周波数処理、ガンマ処理、カラー LUT (Lookup Table) 処理、MIP (Maximum Intensity Projection) 処理、MPR 処理、ボリュームデータ作成、レンダリング、各種計測、所見の自動抽出などさまざまな機能の実装がある。いずれの機能も工学的な画像処理技術であるが、画像診断医の認知を助け得るために工夫がなされている。

## まとめ

---

性能要件に関する記述は省略したが、機会があれば改めて執筆したい。PACS ビューアの選定に際し、われわれ画像診断医は、必要要件の整理、問題点の抽出やベンダへの説明などを求められる。その際の参考になるように、機能要件のうち重要と思われる点を抽出し、わかりやすく分類し整理するよう心がけた。本稿が、画像診断医の日々の業務の効率化や診断精度の向上にお役に立てれば幸いに思う。

## 参考文献

- 1) 石川浩太：効率的な画像読影のための DICOM 画像表示ソフトウェアの開発および読影業務に必要な分散サーバの評価．日本医学放射線学会誌, 60:856-862, 2000
- 2) 石川浩太：モニタ画像表示のノウハウ．映像情報メディカル 37(4):394-398, 2005
- 3) Fukatsu H et al: Hyperlinked Diagnostic Report: Drag and Drop-based User-friendly Interface to Create Links Among Phrases on the Report and Images on the DICOM Viewer. RSNA2004 Scientific Program, infoRAD, 2004.
- 4) Boonn W et al: Using RSNA's Teaching File Software and the RSNA My MIRC Files Service: A Hands On Course. RSNA2007 Scientific Program, Informatics, 2007.
- 5) 河上 聡：デジタル症例アトラスシステム ウェブと書籍の共存．第 67 回日本医学放射線学会, CyberRAD. 2008
- 6) Siddiqui K et al: Yottalook: Demonstration of a Radiology-centric Semantic Web Search Engine. RSNA2007 Scientific Program, Informatics, 2007
- 7) 石川浩太：読影過程の記録、再現のできる報告書システムの試作．第 1 回画像診断レポート研究会抄録集 . 2002