

人工知能を用いた放射線画像診断支援技術

株式会社 日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット
診断システム事業部 ソリューションビジネス本部
永尾 朋洋

1. はじめに

診療報酬改定の重点方針は、2018年「地域包括ケアシステムの推進」から2020年「医療従事者の負担を軽減し、医師等の働き方改革を推進」することによって代わった。これは、超高齢社会を迎えた日本で団塊世代が後期高齢者（75歳以上）となり、介護コストや医療コストが激増する「2025年問題」に直面する医師の、時間外労働時間の上限規制が適用される2024年4月を見据えたものである。すなわち、勤務医を抱える病院に対し、医師の労働時間管理の徹底と労働時間短縮への計画的な取り組みが今後一層強く求められることを意味する。また、地域医療構想の仕上げの年である2025年に病院の機能分化と集約化を実現し、社会保障費の圧縮・削減をしつつ、2040年の展望である総合的な医療提供体制改革の実施が求められている。

第三次AI（Artificial Intelligence：人工知能）ブームと言われる現在、社会における様々な課題解決のためのソリューションにAIが活用され始めているが、眼前の医療現場においては例えば、これまで多くの属人的作業に支えられてきた「ビッグデータである医療データの取り扱いや活用」「医療ワークフロー」「医療行為や診断の質」といった課題に対して、AIによる多くの働き方改革支援が期待されている。

2. AIの医療応用

人間とは異なり、AIは精度と効率を24時間365日保った状態での処理、深層学習などの技術を利用した効率の良い精度向上が期待されている。医療分野において求められるAIの役割として、例えば以下が期待されている。

① コグニティブ（認知）システムによる支援

医療分野には、例えば論文や患者データといったビッグデータが存在するが、医療従事者が、その全てに常に目を行き届かせ、活用することは困難である。世界中の論文を認識し、求められる疾患に対する治療の成功例を検索することや知見を集約することは、医療の質を高めるための医療従事者の判断を支援する。また、患者データを管理・追跡・分析することで、疾病の予測や予防による患者のQOL（Quality of Life）向上のための判断を支援できると考えられる。

さらには、医療費の計算や薬剤の管理など、患者データとの連携が必要な複雑な医療業務に精度の高いアドバイスを常時提供可能な、AIを活用して医療事務を支援するコグニティブシステムの導入が期待される。

② 操作支援・撮影支援

被検者の安全に配慮し、疾患を診断可能な画像を撮影する診療放射線技師の役割は重要である。たとえば、1日に多くの被検者の撮影が必要となる健診や夜間救急などの緊急時でも、診断可能な画像の的確かつ早急な撮影を求められる。特に、放射線を用いる画像診断装置は被ばくの問題もあり、画像の撮り直しは極力避けねばならない。撮影部位や方法、撮影条件を適切に支援することで、診療放射線技師の負担を軽減し、品質（画質）の安定と向上に寄与できるAI技術の導入が期待される。

X線CT（Computed Tomography：コンピューター断層撮影）装置においては、被検者の体格に対する撮影線量や、検査部位における撮影範囲を適切に設定し、被ばく線量をできるだけ抑制すること

が期待されるが、放射線画像診断における被ばく線量を減らす命題は、得られる画質とトレードオフの関係にある。

MRI (Magnetic Resonance Imaging: 磁気共鳴画像) 装置における撮影時間は、例えば頭部で15～25分を要し、被検者の負担は小さくない。胸腹部撮影では息止めが要求されることもあるが、幼児や高齢の被検者には難しいため、撮影時間の短縮も重要な課題の1つである。しかし、撮影時間を短くする命題もまた、画質とトレードオフの関係にある。従来よりも低品質・少数の計測データから高画質な画像を再構成する超解像技術としてのAI技術の導入も期待されている¹⁾。

③ 読影・診断支援

近年の画像診断装置は高機能化・高性能化が著しく、短時間で大量の画像を撮影することが可能である。また、多様な装置による多様な撮影方法が可能となり、それらの画像の読影にはそれぞれに専門的な技量を必要とする。

その一方で、医師による読影の経験にはばらつきが存在し、また激務である読影医が常に最大のパフォーマンスを発揮することは難しい課題であるといえる。読影医の、読影における経験値を均一化し、作業量や心理的負担を軽減し、安定した読影能力と精度の維持・支援を可能とするAI技術の導入が期待される²⁾。

④ 手術支援

医学の進歩に伴い、画像診断装置だけでなく治療技術も著しい進歩を遂げている。手術においては、従来の開腹手術よりも患者負担の少ない腹腔鏡手術や、より細かな、複雑な、質の高い手技が可能となる外科ロボットによる手術も実用化され、患者のQOL向上に貢献している。これら患者のQOLを向上するための進歩は、外科医が患者や患部に直接接触されない制約、視野や器具動作の制限、多くの経験と高度な知識に基づいたリスクヘッジ(リスクの予知や手術計画)、高い(手術、

操作) 技術を要求する。日常業務をこなす外科医に対し、経験、知識、技術をより高めるための質の高いトレーニングを施すにも限界がある。

多くの患者が質の高い治療を分け隔てなく受けられるためにも、医師不足の緩和に寄与でき、外科医の知識レベル、技術レベルを支援しながら経験値を共有し、制約・制限を和らげる、あるいは手技の一部自動化を実現し、判断(精神的)や時間(体力的)の負担を軽減するAI技術の導入が期待される²⁾。

3. AIを活用した日立の画像診断支援

日立ではDI x AI (Diagnostic Imaging with Artificial Intelligence) というコンセプトに基づいた、放射線科ワークフローの効率化、撮影画像の質の向上や均質化、読影における病変検出支援や読影支援、診断支援に関するソリューションの開発を進めている(図1)。

AIに含まれる機械学習などの技術は、上記の特定の用途に対して一定の効果が見込まれる一方、ロジックがブラックボックスであることにより性能説明の困難性を伴う。この課題に対して、日立は医用画像診断装置の開発で培った医学知識と産業分野で蓄積した画像処理技術、深層学習や機械学習などのAI技術を融合した「ハイブリッドラーニング」技術の開発を進めている(図2)。以下、画像診断に関する支援技術について記載する。

3.1 操作支援・撮影支援

日立は、ルールベースの画像処理と機械学習を融合したハイブリッドラーニングのコンセプトに基づき、撮影位置と断面を自動設定する技術を開発している(図3)。これは、スキヤノグラム画像(撮影の位置決め画像)を撮影するだけで自動的に撮影の位置と断面の設定を可能とする技術であるが、従来の検査フローを変える必要は無く、手動操作による撮影の位置と断面の設定に比べて、操作時間の短縮が見込まれる。また、経過観

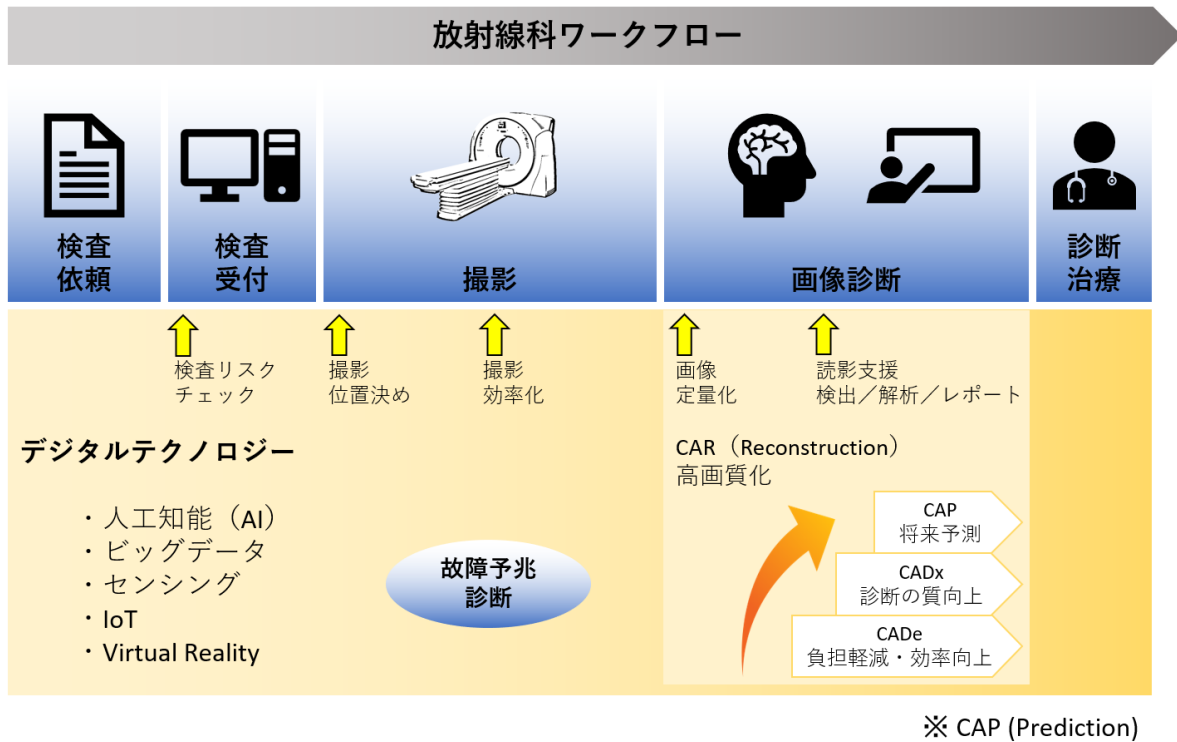


図1 日立の支援ソリューション

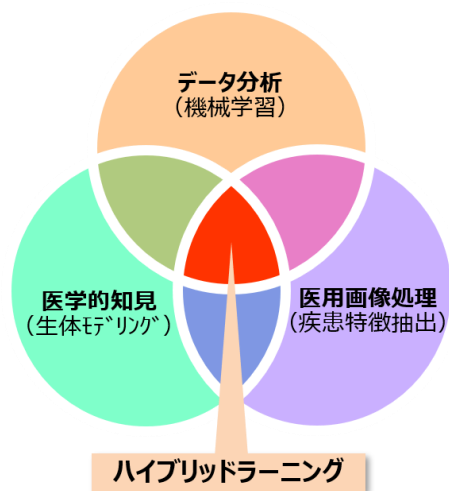


図2 ハイブリッドラーニング

察中の被検者に対しては、過去画像と撮影の位置と断面の再現性が高くなること、体格の異なる被検者や異なる操作者においても均一な条件設定による撮影を実現することで、観察・診断精度が向上するメリットが考えられる。

MRI 検査は、被検者のセッティング後にスキャンプログラム撮影、本撮影の位置と断面の三次元的な設定を短時間で完了する必要がある。クリニック

や病院では、複数の操作者がローテーションを組んで撮影検査に対応することが一般的であり、撮影の位置と断面の設定は操作者の知識や経験に依存することが否めない。検査の効率化と、再現性や質の向上という観点からも画像診断装置における操作支援・撮影支援は重要である。本技術は頭部と脊椎の撮影への適用を想定しているが、血管の観察を目的とした頭部 MRA (MR Angiography: 血管造影) 画像の撮影においては、MIP (Maximum Intensity Projection: 最大輝度値投影) 画像の血管以外の信号領域 (たとえば皮下脂肪など) を自動で削除する自動クリッピングや画像の自動表示、自動保存、自動転送などと組み合わせた撮影から操作の自動化ソリューションの実現にも注力している¹⁾

3.2 画像診断の定量化

装置や操作者に依存せずに従来の画像情報を利用して定量化した画像を提供することは、診断支援のめざす「画像診断の定量化を実現すること」

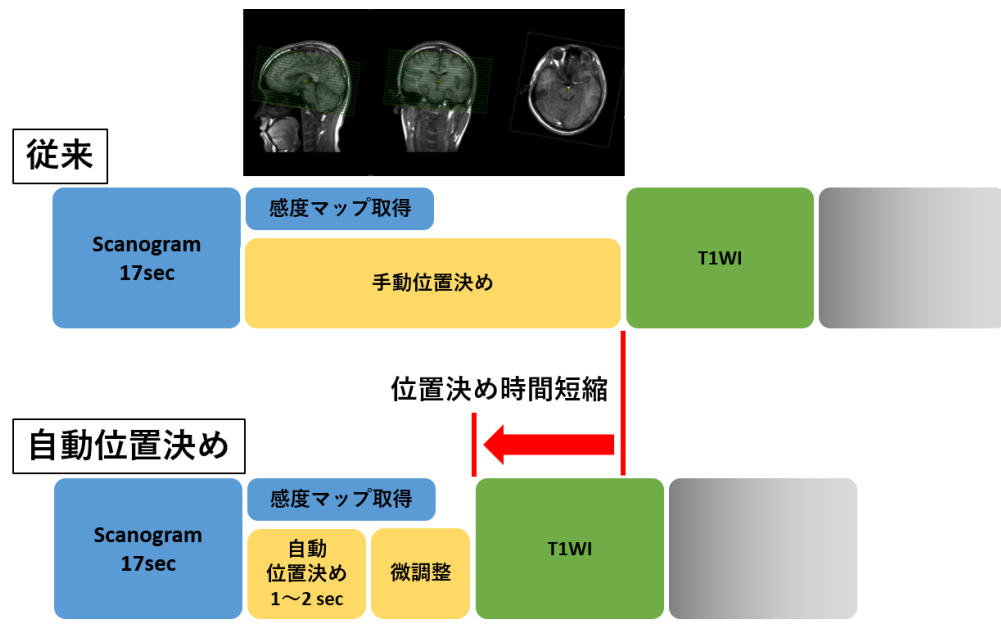


図3 自動位置決め

に繋がる。

MRI では微小出血や鉄の沈着の診断に T2*W 画像や磁化率強調画像 (Susceptibility Weighted Imaging:SWI, Blood Sensitive Imaging:BSI など) が用いられるが、日立ではこれらの T2*コントラストの物理的根拠の一つである“磁化率差”を定量的に反映した QSM (Quantitative Susceptibility Mapping: 定量的磁化率マッピング) 画像の実用化のための研究を推進している^{3,4)}。

一般的に、QSM 画像には T2*W 画像や磁化率強調画像では区別できなかった石灰化と出血を画像コントラストとして明瞭に識別できるメリットがあると言われている⁵⁾。また、T2*W 画像や磁化率強調画像で磁化率差により原理的に生じる局所画像歪みを除去でき、明確な構造描出が可能である。

また、AD (Alzheimer’s Disease:アルツハイマー病) や PD (Parkinson’s Disease:パーキンソン病) などの神経変性疾患は、生体組織への鉄沈着や神経細胞を取り巻く髄鞘の脱落などの変化を伴う。磁化率変化を定量解析した QSM 画像は画像統計解析と組み合わせることでこれらの経時的变化の評価が可能となる可能性があり、神経変性疾患の早期診断や定期的検査に寄与できるこ

とが期待されている⁵⁾。

3.3 病変検出・読影支援

画像診断装置は近年の著しい性能向上により、高分解能・高精細な画像を短時間で大量に撮影・出力することができるようになった。医師の診断精度向上に大きく貢献できるようになった代償として、日常的に医師に高度かつ大量の読影を要求することとなり、読影・診断に対する負担が急激に増大する状況を招いた。その課題解決の方法の一つとして、コンピューター支援検出/診断 (Computer Aided Detection/Diagnosis:CAD) の実現が望まれている。CAD は病変の検出、存在診断を目的としたコンピューター支援検出 (Computer Aided Detection:CADE) と、病変の良悪性鑑別や確定診断を目的としたコンピューター診断支援 (Computer Aided Diagnosis:CADx) の2つに分類される。

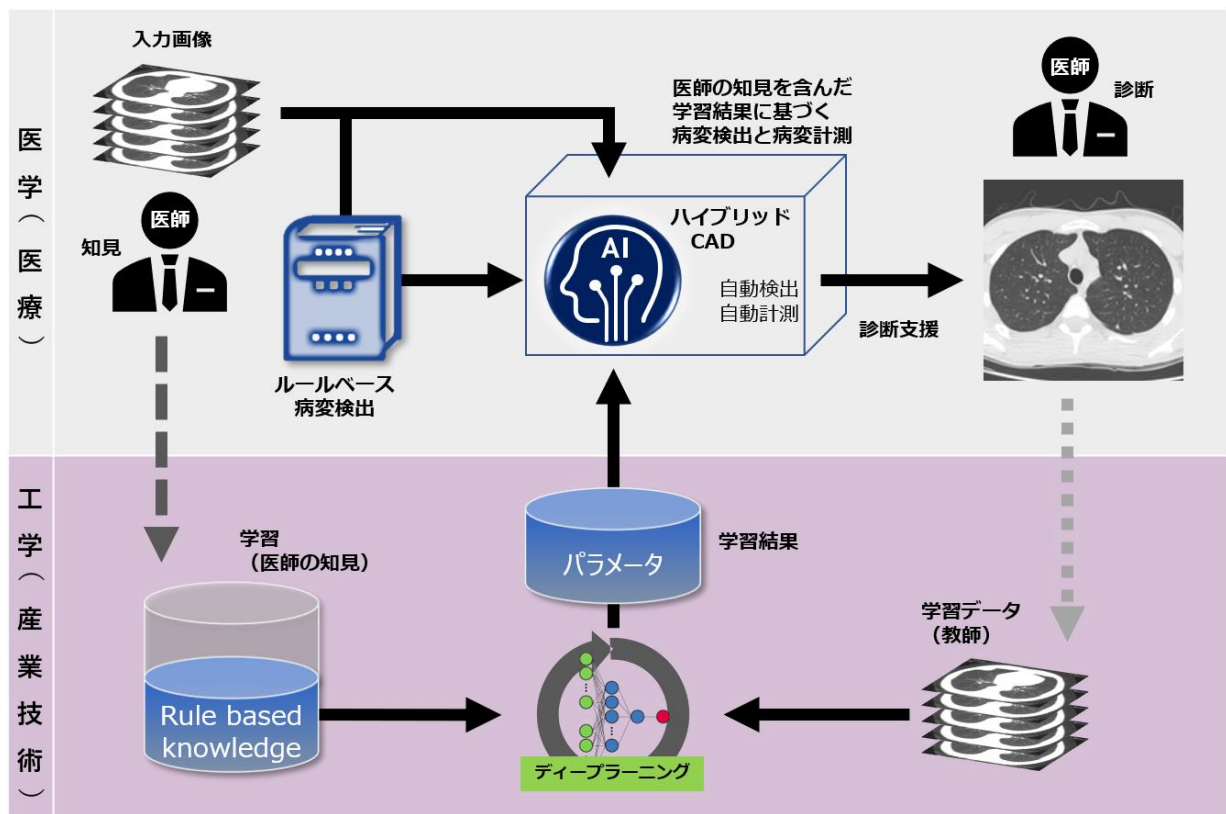
日立では、1990年代後半から CAD の研究を継続しているが、現在は AI 技術 (医師の知見に基づいたルールベースの病変検出技術とデータドリブデータドリブによるディープラーニング等の学習技術を組み合わせたハイブリッドラーニング技術) を用いた支援検出性能の向上に取り組ん

でいる。

肺がん CT 検診（胸部低線量 CT 検診）は、1 受診者あたり 100 枚以上の画像を医師が読影することが日常的にあり、また、読影の質を担保するために二人の医師による二重読影が推奨されている。読影・診断に対する身体的・心理的負担やコストの軽減、ワークフローの効率化など、CT 検診には多くの課題があり、日立はハイブリッドラーニング技術を用いた肺がん CT 検診向け CADe の研究を進めている（図 4）。ハイブリッドラーニング技術は、通常のディープラーニングを利用した病変部位の学習に比べ、収束性の高い学習が可能である。また、既存の特徴量に基づく病変検出処理が含まれているため、症例数の少ない病変にも対応でき、AI の問題とされる検出された領域の理由（特徴）を示すことも可能となる。医師が読影を始める前

時読影）方式は、病変の見落とし低減による読影精度向上と身体的・心理的負担の軽減だけでなく、画像観察からレポート作成までの読影ワークフローの効率化も期待できる（図 5）。

未破裂脳動脈瘤は高血圧、血流分布異常による血管壁へのストレス、喫煙などによる動脈壁脆弱性に関連して発生すると考えられおり、そのスクリーニング検査には MRA が利用される。未破裂脳動脈瘤の破裂リスクは約 1%/年と言われるが、破裂した場合の予後は一般的に悪い。そのため、定期的な検査により医師は MRA の MIP 画像や元の二次元画像を観察して脳動脈瘤の存在診断を実施し、存在する場合はその位置・形・大きさといった特徴量を把握する必要がある。脳動脈瘤は個人差のある、複雑な走行をする細い脳動脈をあらゆる角度から観察して診断することが必要であり、



ハイブリッドCAD
ルールベースの病変検出アルゴリズムとディープラーニングを融合したハイブリッドCADにより、医師の知見を含んだ学習結果に基づく病変検出を実現。

図 4 ハイブリッドCAD

に CADe 処理を実施し、医師の読影時に病変候補として提示を行う CADe の Concurrent Reader（同



図 5 読影ワークフローの効率化

AI 技術を用いた脳動脈瘤の自動検出や、診断に最適な角度の MIP 画像の提示など、医師の読影負担の軽減が求められている。

大脳白質病変は MRI 検査で発見される無症候性もしくは潜在性の虚血性変化であり、脳卒中や認知機能低下の高リスクである。高血圧が最大の危険因子とされ、長期間の不十分な高血圧管理は白質に張り巡らされた脳細動脈に動脈硬化をきたす。経過とともに進行する場合は多い病変、改善しない不可逆的な病変と定義されるため、脳卒中や認知症の発症予防には早期発見による血圧管理が重要と考えられ、AI 技術による早期発見支援も期待されている。

MRI 装置では撮影断面を 3 次元で自由に設定することができるため、その分適切な断面設定を行うには熟練が必要となる。撮影ワークフローを自動化することにより、操作者の技量によらず一定の質を保った画像を撮影することが可能となる。前述の脳動脈瘤や大脳白質病変(高血圧群)、AD や PD (痴呆群) を想定した、脳診断パッケージとしての撮影ワークフローの自動化と CADe を組み合

わせた使用を AI によりアシストすることによって、一定の質を保った画像による CADe 処理の効率化が可能となるため、診断精度の安定に繋がると考えられる⁶⁾ (図 6)。

4. 最後に

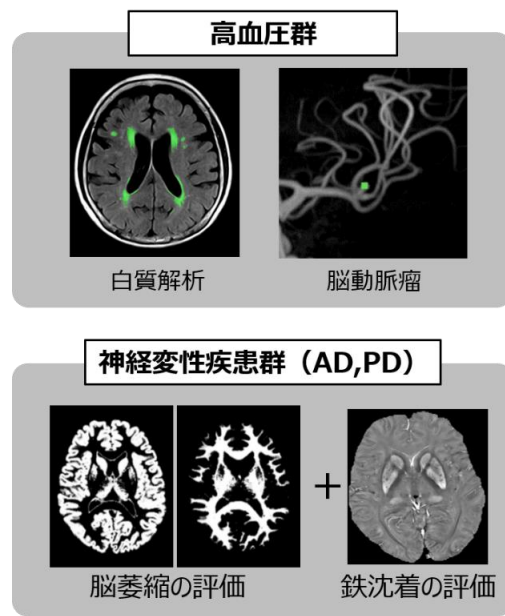


図 6 脳診断支援

医療分野において期待される AI 活用と日立の

取り組みを紹介した。超高齢社会における限られた社会保障費を有効に活用するためには、従来の死亡率を下げることを目的とした対策型検診ではなく、「未病の維持」「発病の予防」「発病時期の予知」といった無症状の時点から管理する任意型検診へのシフトが必要である。これは、診療・治療に移行する患者を少しでも減らし、コントロールすることで最適な社会保障費の活用を支援するだけでなく、健全な身体機能維持を支援することによる人々のQOL向上にも寄与する。AIによる「未病」「予防」「予知」の支援を実現するためには、活用可能かつ、長期的連続性の確保された質の高い「データの蓄積」が必要であり、現在国策として環境整備および活動が始まっている⁷⁾。疾病の発症を未然に防ぎ、疾病への移行が予知できれば人々の「疾病リスクの層別化」が可能となり、最適な社会保障費の活用を促す「被検者のトリアージ」が可能となるだけでなく、計画的な診療と治療、医療従事者の質の高い業務遂行が期待でき、医療従事者の負担軽減、医師等の働き方改革に貢献できる。日立では、今後も患者や医療従事者、すべての人々のライフサイクルに寄り添いQOL向上に貢献する支援技術の研究開発を推進する。

参考文献

- 1) Hybrid Learning による画像診断支援。
<http://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/contents/medix/pdf/vol69/p44-48.pdf>
- 2) 厚生労働省：厚生労働省のAI関連施策について。
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/kenko_iryu_joho/pdf/005_04_00.pdf
- 3) Sato R, Kudo K, Kawata Y, Udo N, Matsushima M, Yabe I, Yamaguchi A, Shirai T, Bito Y, Ochi H. Hybrid sequence and analysis of T1-weighted imaging and quantitative susceptibility mapping for early diagnosis of Alzheimer's disease.

Alzheimer's Association International Conference 2018; P2-384.

- 4) Yamaguchi A, Kudo K, Sato R, Kawata Y, Udo N, Matsushima M, Yabe I, Shirai T, Ochi H. Detection of increased magnetic susceptibilities in the cerebral cortex in patients with Alzheimer's disease: comparison of quantitative susceptibility mapping between conventional and brain surface correction method. Alzheimer's Association International Conference 2018; P2-388.

5) 工藤與亮：QSM解析で広がる新しい診断の世界。

<https://www.innervision.co.jp/sp/ad/suite/hitachi/sup201904/seminar2-1>

6) 白旗崇、ほか：AIを活用した放射線画像診断支援。

<http://www.hitachi.co.jp/products/healthcare/products-support/contents/medix/pdf/vol168/p55-58.pdf>

7) AMED：平成31年度「臨床研究等ICT基盤構築・人工知能実装研究事業」。
https://www.amed.go.jp/koubo/05/01/0501C_00087.html