# 1. AGI（汎用人工知能）時代の脳血管撮影と血管内治療

田中美千裕 亀田総合病院脳神経センター脳神経外科・脳血管内治療科

**動画対応digital radiography（DR）システムは，flat panel detector（FPD）の高精細化と画像処理技術の進歩により，脳血管内治療の適応拡大と安全性の向上を支えてきた。一方，人工知能（AI）は，単一の課題を解く特化型AIから，大規模言語モデル（large language model：LLM）に代表される基盤モデル，さらに，自ら計画を立ててツールを操作するAIエージェントへと急速に移行している。その延長線上で議論されているのが，汎用人工知能（artificial general intelligence：AGI）である。AGIの定義は定まっていないが，Morrisらは，「性能」と「汎用性」の2軸による段階分類を提唱し，提唱時のLLMを萌芽的（emerging）AGIと位置づけた[1]。本稿では，脳血管撮影と血管内治療におけるAIの役割を「見る」「読む」「考える」「動かす」の4つに整理し（表1，図1），AGI時代の血管撮影室と術者の姿を展望する。**

## 「見る」を拡張するAI：画像処理と高解像度化

近年の血管撮影装置では，深層学習（ディープラーニング：DL）によるリアルタイムノイズ低減が透視やdigital subtraction angiography（DSA）の画像処理に実装されはじめ，線量と画質のトレードオフそのものが変わりつつある。脳血管内治療では，マイクロカテーテルやコイルなど，微細で低コントラストの対象を，長時間の透視下で視認し続けなければならない。DLによるノイズ低減は，同一線量での視認性向上と，同一画質での線量低減のいずれにも振り向けることができる。Uedaらは，マスク画像を用いずに，ライブ画像から直接DSA様画像を生成するDLモデルを開発し，体動によるミスレジストレーションアーチファクトのない画像が得られることを示した[2]。Langらは，1回の造影回転撮影（3D-RA）のみから3D-DSA様画像を再構成するAI-based 3D angiographyを評価し，主幹動脈と穿通枝の描出が，マスク撮影を要する従来法と同等であったと報告している[3]。マスク撮影の省略は，被ばく低減に直結する。

血管撮影室で撮影するフラットパネルCT（FPCT）も，術中の意思決定を支える情報源として定着しつつある。血栓回収療法周術期のFPCTに関する40研究4139例のメタ解析では，実質内高吸収域が49%に認められて，頭蓋内出血と関連し（オッズ比10.4），血管内高吸収は遠位閉塞の残存に対して特異度93%を示した[4]。こうした所見の検出と定量化は，AIが得意とする課題である。

AIの性能は，入力される画像データの質に規定される。われわれは，高解像度コーンビームCT（HR-CBCT）を硬膜動静脈瘻83例に適用し，シャント部位を，96%を超える感度で同定できることを報告した[5]。また，中脳周囲非動脈瘤性クモ膜下出血では，良質なHR-CBCTが得られた13例中8例（61%）に，脳底動脈穿通枝の破綻部と考えられる限局性の膨隆が同定された[6]。脳内出血で発症したもやもや病の自験例では，CBCTにより，出血源である動脈瘤と，そこに至る穿通枝の関係を詳細に描出できた。さらに，生成AIによる画像化で，周辺組織との関係がより明瞭となり，マイクロカテーテルの誘導と塞栓術に有用な情報が得られた（図2）。ただし，生成画像は原画像にない構造を描きうるため，原画像との照合が欠かせない。従来は描出できなかった微小血管構築の可視化は，診断と治療戦略を変えるだけでなく，AIが学習すべき解剖学的知識の基盤となる。

## 「読む」AI：DSAの自動解析と術中リアルタイム支援

DSAの読影は術者の経験に依存してきたが，自動解析の研究が進んでいる。Jinらは，DSAの時系列情報を利用する時空間DLモデルにより，354個の脳動脈瘤の89.3%を自動検出した[7]。血栓回収療法後の再開通評価では，Suらのautotici（thrombolysis in cerebral infarction）が再灌流領域の割合を定量化し[8]，Folcherらは2群分類で特異度0.97，感度0.86を得たが，TICI 2bを分離する3群分類の精度は不十分であった[9]。perfDSAは，DSAから脳血流量（CBF）や関心領域への造影剤の到達時間などの灌流パラメータ画像を全自動で算出する枠組みであり，1006例で検証されている[10]。

自動解析は，術後評価にとどまらず，術中のリアルタイム支援へと広がっている。透視画像上でデバイスや液体塞栓


〈0913-8919/26/￥300/論文/JCOPY〉