4. Beyond imaging
── AI×DRで拓く心血管インターベンションのNext Stage

岩城 龍平 岩手医科大学附属病院中央放射線部

心血管インターベンションにおける動画対応digital radiography（DR）システムは，flat panel detector（FPD）の登場以降，高画質化と低被ばく化を軸として大きく進歩してきた。高い空間分解能を有するFPDにより微細な冠動脈やデバイスの視認性が向上するとともに，画像処理技術の進歩によって，より少ないX線量で臨床的に必要な画質を確保することが可能となった。

2024年の本特集でも，心臓領域における動画対応DRシステムについて，透視保存，ステント強調表示などの技術が紹介され，デジタル化された画像情報が機能的評価などの新たな技術へ展開されていることが示された[1]。また，functional coronary angiography（FCA）など，冠動脈造影そのものを，単なる形態情報としてではなく，生理学的情報を得るためのデータとして活用する技術も臨床応用が進んでいる[2]。

一方，現在の心血管インターベンションを取り巻く環境は，さらに大きく変化している。医療従事者の働き方改革や生産年齢人口の減少に伴う人材不足を背景として，限られた人的資源の中で，より安全かつ効率的に高度な医療を提供することが求められている。本稿においても，artificial intelligence（AI）を含むdigital transformation（DX）を動画対応DRシステムに取り込み，高精度，高効率の検査・治療につなげることをnext stageとして位置づけている[3]。

心血管インターベンションにおける次の進化は，単に「少ない被ばくでよりきれいな画像を得る」ことではない。AIや高度な画像処理を用いて，画像から必要な情報を抽出し，治療中の判断を支援し，さらに，被ばくや造影剤使用量を含めた治療全体を最適化することである。また，治療中は冠動脈造影，透視，intravascular imaging（IVI）など，さまざまなモダリティから大量の画像情報が得られる。しかし，これらの画像情報をリアルタイムに処理し，病変の形態，機能，デバイス位置，血管径，プラーク性状などを総合的に評価することは，術者に大きな認知的負荷を与える。そこでAIは，画像認識，セグメンテーション，定量化，トラッキング，画像間の位置合わせなどを自動化し，術者が必要とする情報を提示する役割を担うことが期待される。すなわち，AI×DRの本質は，画像情報を構造化・定量化し，臨床的に意味のある情報として提示することで，医療者の意思決定を支援することにあると考える。

本稿では，心血管インターベンションにおけるAI×DRの現在地と将来展望について，画像情報の高度利用，被ばく・造影剤使用量の最適化，さらに，教育と標準化への展開という観点から考察する。

FCAにおけるAIの活用
―形態情報から機能情報へ

心血管インターベンションにおける最新のAI活用例として，FCAが挙げられる。

従来，冠動脈病変の機能的評価にはワイヤを用いたfractional flow reserve（FFR）が広く利用されてきた。しかし，ワイヤの挿入や薬剤負荷を要することから，手技的負担や侵襲性といった制約が一定の課題となっていた[4]。

FCAは，冠動脈造影から得られる形態情報を基盤とし，computational fluid dynamics（CFD）などを用いて冠動脈狭窄による圧損失を推定することで，ワイヤを使用せずに機能的評価を可能とする技術である。

FCAの進化において昨今特に注目されるのが，AIの導入である。従来のFCAでは，血管抽出や解析範囲の設定などに一定の手動操作が必要であった。これに対し，2025年に保険償還が承認された「AutocathFFR」（MedHub-AI社開発，テルモ社販売）は，CFDのような複雑な流体解析を用いず，1万3000件以上の冠動脈造影と1500本以上のFFRデータを教師データとしたAIベースの完全自動FCAである（**図1**）。7fps以上の冠動脈造影2方向で解析可能であり，25％以上の狭窄を病変として検出し，複数方向から追跡する。全構成要素から約150種類の特徴量を抽出し，多方向の情報を統合することでFFR値を算出する。解析時間は約37秒と高速であり，従来FCAで課題となっていた追加撮影の要否判断や病変分離の適否を，手技中に即時に行うことができる。これにより，不要な追加撮影の減少，造影剤量や被ばく線量の低減が期待される。さらに，解析時間の短縮のみならず，術者や施設間で生じていた解析結果のバラツキを抑制し，再現性を向上させる

〈0913-8919/26/￥300/論文/JCOPY〉