

心臓 CT 画像処理へ AI 技術を搭載した心臓 CT 画像解析ソフトウェア 「Careverse™ CoronaryDoc」

中西哲也 （クレアボ・テクノロジーズ株式会社 営業企画部）

日本における心疾患は悪性新生物<腫瘍>に次ぐ第二の主な死因であり^{*1}、高齢化や生活習慣の変化に伴い、心不全患者数は現在の 120 万人から更に増加する^{*2}と推定される。また、迅速な治療が必要となる急性心筋梗塞の患者数も約 80,000 人^{*3}に達しており、疾患の早期発見と治療が重要である。2022 年 3 月に発行された「JCS ガイドライン フォーカスアップデート版 安定冠動脈疾患の診断と治療」において「複数の画像検査が施行可能な施設では、冠動脈 CT (CCTA) は CAD の存在を除外するためには望ましい検査である^{*4}」と記載され、心臓 CT 検査の更なる活用が想定される。国内においては多列 CT 装置の普及により、冠動脈疾患の的確な診断が行える環境は広がっているが、CT 撮像データの増大とその解析には人手を介したマニュアル処理が求められるために、医療施設における人的負担が増大する課題が顕在化している。これら課題に対して AI 技術開発が進められており、対象領域のセグメンテーションをはじめ、様々な技術が臨床使用できるようになっている。

クレアボ・テクノロジーズが発売開始した「Careverse™ CoronaryDoc」では、CT 装置の撮像データを、人手を介さずに画像解析が可能となり、約 3 分以内で心臓 CT の画像処理をシステム側で実施し、診断に必要な画像や構造化レポートを保存することができる^{*5}。また、AI アルゴリズムは冠動脈領域の描出から、狭窄が疑われる部位の識別、プラーク解析などを行い、それらの情報は構造化レポートとして作成するものである^{*5}。



図 1. Careverse™ CoronaryDoc

「Careverse™ CoronaryDoc」の主な特長は次の通りである。

1. 作業効率に優れたワークフローを提供

冠動脈 CT の撮像データから医療画像処理技術と人工知能（AI）アルゴリズムによって冠動脈を抽出し、虚血性心疾患の診療のために必要な 3 次元画像、CPR 画像、Stretch 画像を作成する。人手を介さずに画像作成が可能となり、心臓 CT 画像処理に必要な時間を短縮し、ワークフローを改善する。本ソフトウェアでは約 3 分以内にすべての処理を完了することができ、これまで必要とされた処理時間を大きく短縮する。

解析が終了すると画像リスト上に解析結果が表示され、血管の状態として完全閉塞から重度狭窄等のラベル表示が付加される。検査解析後に画像を開く前に血管情報が把握できる利便性を備える。また、PACS へ送信する画像を予め設定しておくことで、診断に必要な画像を迅速に送信することが可能となっている。

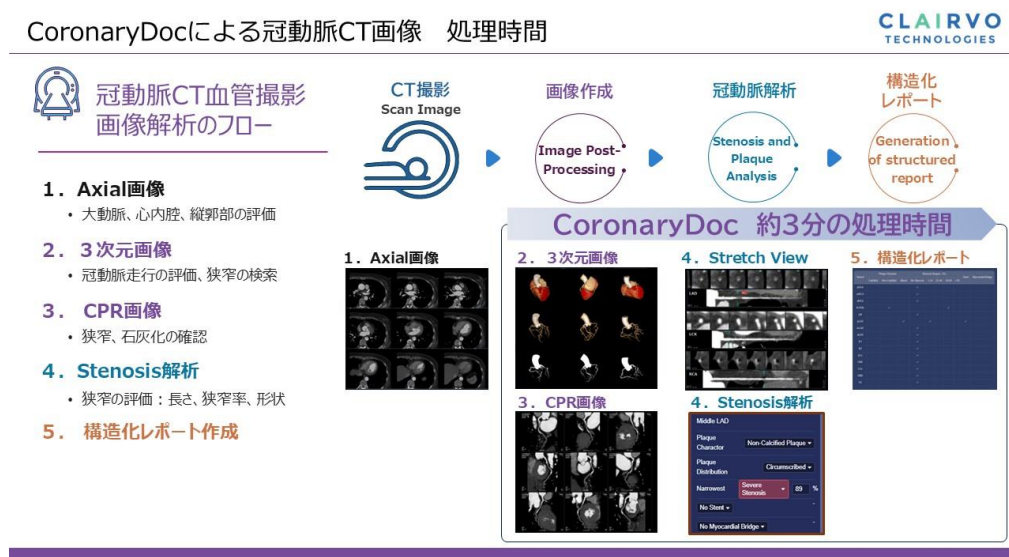


図 2. CoronaryDoc による画像処理と処理時間

2. ディープラーニング技術による心筋、冠動脈、狭窄（ステント、プラーク）の識別

本ソフトウェアは AI アルゴリズムによって冠動脈ラベリング、狭窄度、プラーク性状、ステントの有無などを識別し、構造化レポートを作成する。ディープラーニングに基づく自動血管セグメンテーションおよび再構成、冠動脈枝アノテーション、ディープラーニングに基づく冠動脈狭窄解析の主要機能を備えている。

a) ディープラーニングに基づく自動血管セグメンテーションおよび再構成機能の処理は心筋セグ

メンテーションおよび血管セグメンテーションから処理される。

心臓 CT 画像は畳み込みニューラルネットワークを經由して心筋領域を自動取得の後、セマンティクスセグメンテーションを行い、3D冠動脈全体をフェッチして取り出す。後処理画像再構成により、3D/2D 画像レンダリングを行い表示する。血管内の造影剤の連続性をベースとした冠動脈検出法と異なり、血管セグメンテーション結果に基づいて 3D 再構成を実施する。

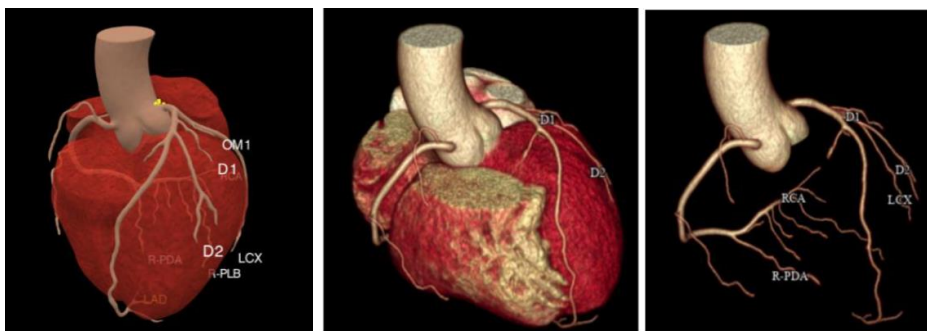


図 3. インタラクティブ 3D モデルとボリューム再構成画像 (VR)

- b) 冠動脈枝アノテーション機能は、冠動脈中心線抽出およびラベリングを行い、抽出された中心線に基づいて CT データから冠動脈診断に求められる一連の再構成画像を生成する。冠動脈枝のラベリングでは、LAD、RCA、LCX、LM から R-PDA、R-PLB、L-PDA、L-PLB まで設定する。各血管及び名称は、「冠動脈 CT 画像読影および報告のためのガイドライン：2014 年 SCCT ガイドライン^{*6)}」に準拠する。

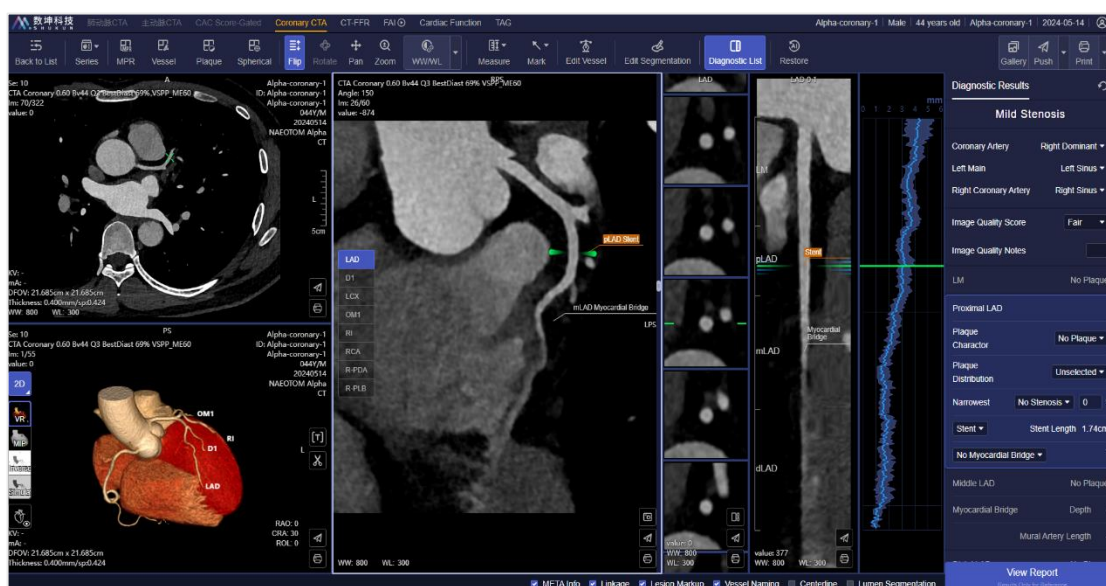


図 4. 画像表示例と冠動脈枝ラベリング

セグメントを選択することで選択した部位が表示される

- c) 冠動脈狭窄解析機能には、血管狭窄の検出および他血管の解析を行う。血管狭窄の検出は、ディープラーニングによるプラークセグメンテーション結果に基づいて計算が行われ、プラーク種類として、「石灰化プラーク」、「非石灰化プラーク」および「混合プラーク」を識別する。なお、同一セグメントで複数の種類のプラークが認められる場合には、すべてのプラークの種類が描出される。さらに、血管内のステントが検知された場合には、その長さを表示し、心筋ブリッジが確認された場合には心筋ブリッジの厚さ及び壁内冠動脈の長さも識別される。血管解析では冠動脈起始および冠動脈優位型の識別も行われ、冠動脈血管セグメンテーション結果に基づいて左冠動脈と右冠動脈を区分した上で、心筋セグメンテーション結果を踏まえた識別を行う。これらの情報は構造化レポートとして PDF 又は DICOM スクリーンキャプチャとして取扱い可能である。

Coronary CTA Structured Report										
Name: sk_calcifiedplaque1			Sex: Male			Age: 73 years old				
Study Id: sk_calcifiedplaque1			Study Time: 2023-02-02							
Vessel	Plaque Charater			Stenosis Degree (%)					Stent	Myocardial Bridge
	Calcified	Non-Calcified	Mixed	No Stenosis	1-24	25-49	50-69	≥70		
pRCA				✓						
mRCA	✓				✓					
dRCA				✓						
R-PDA				✓						
LM	✓				✓					
pLAD	✓							✓		
mLAD				✓						
dLAD				✓						
D1				✓						
pCx	✓				✓					
OM1				✓						
LCx	✓				✓					
RI				✓						

図 5. 構造化レポート例 (PDF 保存時)

- d) プラーク解析^{*7}では各冠動脈枝に分布するプラークを解析し、データ表示される。CPR 画像上には識別されたプラーク種類とその分布量を位置と共に表示するので、血管枝全体の評価

を容易に行う事ができる。また、CTのHU値に応じて閾値を設定することで、低吸収域、非石灰化域、石灰化域のヒストグラム解析、セグメンテーションによるボリューム計測が行われ、結果は画面右の情報欄に表示される。さらに、情報欄にはプラークのリモデリングタイプの入力欄があるので、診断医がリモデリングのタイプ、リスクファクタ等を選択してデータ分類ができる。これらの情報はプラークレポートとして詳細を保存することができ、前述の構造化レポートと同様に取扱いできる。

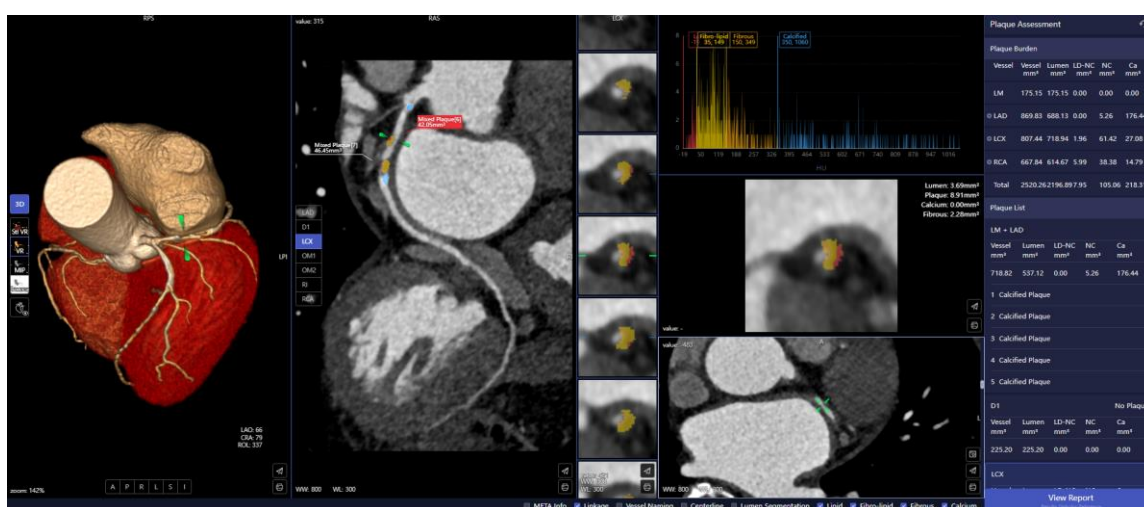


図6. プラーク解析画面例

3. マルチユーザーの使用環境

ソフトウェアは院内ネットワーク上端末のWEBブラウザから、最大20端末の同時ログイン操作に対応し、医師の画像参照ツールとしても運用可能となる。画像作成等の解析処理時にも、放射線科医、循環器内科医も同時にデータの閲覧、処理・解析を行うことができる利点を備える。また、冠動脈インターベンション治療時の参照画像としても活用でき、心臓CTデータのターミナルとしての運用が可能である。

製品においては新バージョン（V2）がリリースされ、対象疾患の拡大による幅広い対応が可能となり、今後も最新のAI技術開発が進められる。

高齢化に伴い心疾患患者は今後さらに増加する事が見込まれるが、その医療課題への対応やCTによる正確な診断が求められる環境に向け、「Careverse™ CoronaryDoc」によるワークフローの改善とデータ解析ツールとしての更なる活用が期待される。

Careverse™ CoronaryDoc

クラス分類： 管理医療機器

一般的名称： 汎用画像診断装置ワークステーション用プログラム

販売名： 心臓 CT 画像解析ソフトウェア CoronaryDoc

認証番号： 306ADBZX00046000

*1 厚生労働省、令和 5 年（2023）人口動態統計（確定数）の概況

*2 Y. Okura, et al., Impending epidemic: future projection of heart failure in Japan to the year 2055, *Circ. J.* 72 (2008) 489–491, <https://doi.org/10.1253/circj.72.489>

*3 一般社団法人日本循環器学会 IT/Database 部会、2023 年実施「循環器疾患診療実態調査（JROAD）報告書」

*4 2022 年 JCS ガイドライン フォーカスアップデート版 安定冠動脈疾患の診断と治療

*5 製品解析結果は必ず医師による確認を行い、必要に応じて修正が必要となる

*6 Leipsic J, et al., SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary CT angiography: a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2014 Sep-Oct;8(5):342-58. doi: 10.1016/j.jcct.2014.07.003

*7 プラーク解析は CoronaryDoc のオプション機能である