

3Dマッピングの概論：基本から 応用までに必要な心臓解剖の知識

東邦大学大学院医学研究科 循環器内科学分野 | 藤野紀之

3Dマッピングシステムは、不整脈の根治治療であるカテーテルアブレーションを行う際に欠かせない医療機器である。個々の患者の解剖（心腔内外、弁、血管、刺激伝導系などの形状、大きさ、位置関係）を把握するだけでなく、リエントリー不整脈の巡回回路や期外収縮などの最早期の心筋興奮部位を可視化できるツールであり、透視時間と手技時間の削減に寄与する。コモン疾患の心房細動に最も使用されているが、異常電位を有する器質的心疾患にともなう心室性不整脈にも重要な役割を果たすアイテムである。国内で主に使用されている3つのマッピングシステムである、CARTO[®]、EnSite[™] NavX、RHYTHMIA[™]の特徴と活用方法についてそれぞれ概説する。

A three-dimensional (3-D) mapping system is an indispensable medical device for catheter ablation procedure, which is a first-line therapy for symptomatic tachyarrhythmias. It is a tool that can visualize arrhythmia reentry circuits and the earliest myocardial excitation sites such as premature ventricular contraction, contributing to reduction of fluoroscopy time and procedure time. Therefore, it is an essential item for the cure of many tachyarrhythmias, including atrial fibrillation (AF). Each feature and utilization method of CARTO[®] system (Biosense Webster), EnSite[™] NavX system (Abbott), and RHYTHMIA[™] system (Boston), which are the 3-D mapping systems mainly used in Japan, are outlined.

各マッピングシステムの特徴と活用

表1に示すように、たいていの頻脈性不整脈疾患は3次元 (three dimensions; 3D) マッピングシステムが有用である。各社の技術の進歩と高密度 (High density) マッピング用多極電極カテーテルの出現により (図1)、短時間で効率的に多くの電位情報を取得できるようになり、リエントリー性頻拍回路や最早期興奮部位の同定が可能となった。さらに、カテーテル先端の接触圧 (コンタクトフォース) をリアルタイムに表示することで、過焼灼や無効通電、心タンポナーデなどの心臓損傷のリスクを削減するため、安全性と有効性が向上し、診断および治療には欠かせな

いシステムとなった^{1,2)}。とくに、カテーテルアブレーションの70%を占める心房細動 (atrial fibrillation; AF) に対しては必要不可欠なシステムである。この3Dマッピングシステムには^{3,4)}、ジョンソ

ン・エンド・ジョンソン社のCARTO[®]、アボット社のEnSite[™] X EP、ボストン・サイエンティフィック社のRHYTHMIA[™]の3つがあり、各マッピングシステムにはそれぞれの特徴があり表2に統括した。

表1 3Dマッピングシステムが有用な疾患

	疾患
上室性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 心房細動 ✓ (開心術後を含む)心房頻拍 ✓ 房室結節リエントリー性頻拍 ✓ ヒス束近傍または中位中隔、右側自由壁に副伝導路を有するWPW症候群
心室性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 単形性心室期外収縮 ✓ 器質的疾患を伴う心室頻拍 ✓ ペラパミル感受性特発性左室心室頻拍 ✓ 脚間もしくは脚枝間リエントリー性心室頻拍
心外膜側	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 拡張型心筋症 ✓ 心サルコイドーシス ✓ 不整脈原性(右室)心筋症 ✓ Brugada症候群 ✓ 早期再分極症候群

表2 各3Dマッピングシステムの特徴

	CARTO 3	EnSite X EP	RHYTHMIA
原理	カテーテル台に設置した機器から発生させた磁場と、専用の磁気センサを内蔵したカテーテルを使用してカテーテルの位置を認識する	体表面に貼った6枚のパッチから微弱な電流を流してカテーテル側でこの微弱な電流を受信し、カテーテル先端電極で抵抗を測定し、その減衰度から位置情報を割り出している	Rhythmia™マッピングシステムでは、インピーダンスによる方法と磁気による方法を組み合わせたハイブリッドローカライゼーションテクノロジーを使用する
利点	・位置情報をもっとも正確である ・呼吸の影響を受けにくい	<ul style="list-style-type: none"> NavXモード(従来) メーカー問わず、すべての電極カテーテルが表示可能かつマッピングが可能 Voxelモード 正確な位置情報と解剖を抽出する 	<ul style="list-style-type: none"> 0.01mVの低電位までマッピングが可能 操作性が容易
欠点	体動によるずれを生じやすい	呼吸の影響を受けやすい(NavXモード)	可変シースが必要となる場合がある
特徴	CTだけでなく、心腔内エコーとのマージ(融合)も可能である	<ul style="list-style-type: none"> 迅速なマッピング 複数の不整脈を同時にマッピング可能 	迅速かつ正確なマッピング
得意疾患	心房、心室性不整脈全般	<ul style="list-style-type: none"> 持続しない心房頻拍 心室頻拍 	<ul style="list-style-type: none"> 回路の複雑な心房頻拍 難治性、re-do症例
その他	<ul style="list-style-type: none"> UNIVUにより透視をさらに削減できる 焼灼した部位をタグで可視化でき、焼灼の安定性を色で示す アブレーションカテーテルの3次的に方向(ベクトル)が可視化 イリゲーションの流量が少ない 専用シース(8.5Fr)が可視化できる 	<ul style="list-style-type: none"> 精度の高いEnSite X EPシステムが、2022年2月より導入された オムニポーラテクノロジーにより、電位波高と伝導速度をより正確に評価できる 高密度マッピングカテーテル(HD-Grid™)により、迅速かつ多点にマッピングができる アブレーションの方向(2次元)が可視化 	<ul style="list-style-type: none"> Lumipoint™(特別な操作不要で fragmented potentialやdouble potentialを自動解析)により、独自の解析が可能である 全ての電極カテーテルでマッピングが可能である FarfieldやNoise(鑑別が可能)を取りにくい

CARTO3®システム

最も古くから使用されているマッピングシステムであり、かつ今日でも多くの施設で多用されている。カテーテル検査台の下に磁場発生装置である三角形のロケーション・パッドを固定し、その3頂点から異なる周波数の磁場を発生させることで三次元磁場座標を構築し、カテーテルの正確な位置を描出する。最新のCARTO®3では、体に6枚のパッチを貼り付け、そのインピーダンスから構築した三次元電場座標も併用し(図2)、より精密なカテーテル位置の把握が可能となった。CARTO®3の特徴として、心腔内エコーを用いて3次元のジオメトリの作成ができ(CARTOSOUND®機能)、アブレーションカテーテルのベクトルが3次的に表示されるため、内腔が複雑な形状をしている心室性不整脈や左房拡大した非発作性心房細動などには有効な通電が期待される。最近では、患者の呼吸パターンをCARTOに学習させ、呼吸時の位置に自動でタグ付けを行うVISITAG®機能や1つの画面に必要な透視情報を取り込むCARTOUNIVU®機能は、従来に比べ透視時間が削減でき、1つの画面に集中できるため効率的でかつ被爆をより低減することが可能である(図3)⁵⁾。最新のアブレーションカテーテル(THERMOCOOL SMARTTOUCH STSF)は、先端チップのイリゲーション孔が6穴から56穴に増加した結果、従来のSTよりも効率的に冷却することが可能となり、リゲーション総流量が減るため⁶⁾、心不全のリスクを伴う低心機能症例や時間を要する難治性症例には最も適している。その他、焼灼程度の指標となるAblation Index(AI)は、コンタクトフォース、通電時間、出力を数式に当てはめて数値化したもの

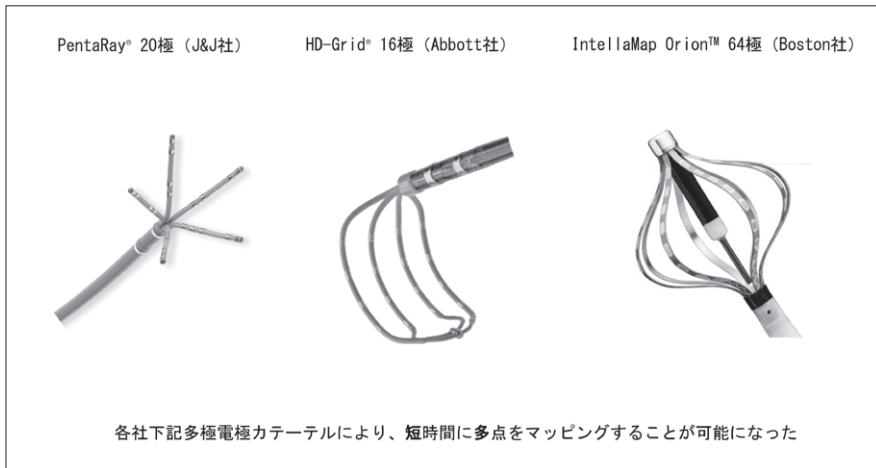


図1 High densityマッピング用多極電極カテーテル

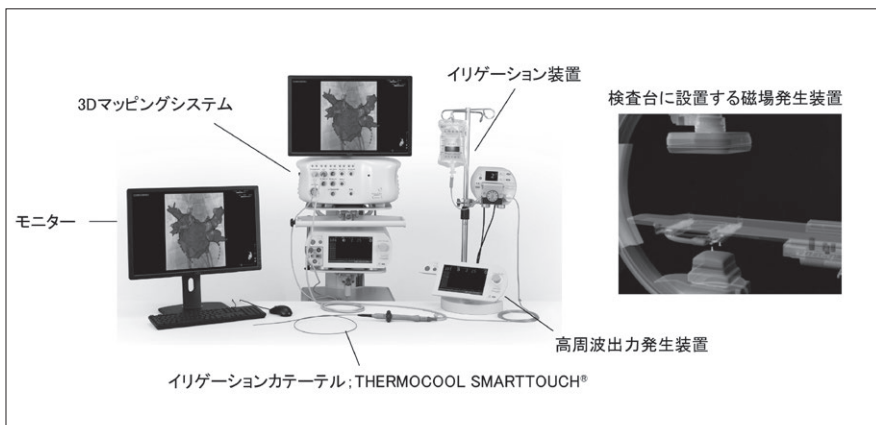


図2 CARTO3®システムの全体像