

# 最新のモジュール構造による ハイブリッド手術室設計の概要と今後への期待

独立行政法人労働者健康安全機構 関西労災病院  
心臓血管外科  
吉龍正雄



要旨…カテーテルインターベンション治療の目覚ましい発展に伴い、高度な機能を有したハイブリッド手術室の需要はますます高まっている。当院では2015年度にハイブリッド手術室導入を立案、16年1月より運用を開始した。

近年カテーテルインターベンション治療（IVR）と従来の手術を併用するハイブリッド手術の発展は目覚ましく、ハイリスキの症例に、より低侵襲な治療を提供できるようになってきている。ハイブリッド手術をより高精度、安全に完遂するために誕生したのがハイブリッド手術室である。従来の手術室に高性能の据え置き型血管造影装置を設置し、さらに周辺機器を統合することで、より高度な手技を行えるような設計になっている。

当院では、従来より手術室にモバイルCアームを搬入して胸部・腹部レントグラフィト治療を行ってきたが、より高度な手技を行うには、ハイブリッド手術室は大変望ましい環境である。また、ハイリスキ大動脈弁狭窄症を対象とした経カテーテル大動脈弁留置術（Transcatheter Aortic Valve Implantation : TAVI）は、2013年保険償還されて以来増加傾向にあるが、TAVIを行うための施設基準には一定の条件を満たしたハイブリッド手術室を有することが掲げられている。また、脳外科、整形外科、救急領域でもハイブリッド手術室は広く活用されている。このようなことを背景に、当院では15年度にハイブリッド手術室導入を立案し、16年1月完成、運用を開始した（図1）。

## ハイブリッド手術室設計の概要

心臓血管外科、循環器内科、脳外科、麻酔科、放射線科などの関連科および看護部、放射線科、臨床工学科、事務局など複数職種からなるワーキンググループを結成し、設計事務所と協議を重ねた。TAVIの施設基準として、手術室面積が60㎡以上が推奨されるという項目がある。心臓血管外科が使用していた手術室を改築し、約70㎡（7×10m）の面積を確保した。設計事務所の作成した図面をもとに、手術台の中心の位置、透視装置の選定、Cアームレールの設置、モニタや无影灯の数や配置、それを装着するシーリングペンダントの位置等を詳細に決めていく作業が続いた。

TAVIについては、院内に経験者がいなかったため、TAVI実施施設である大阪大学心臓血管外科から外部委員を招聘し、意見を仰いだ。TAVI実施中、緊急で開心術に移行する場合、より速やかにCアームを退避させる必要がある。また、血管内治療以外の手術時には、Cアームが邪魔にならない位置にパーキングできる方が快適に手術を行うことができる。このため、まずCアームの自由度の大きさが優先された。

また、当然のことながら、モニタの画質、透視台の操作性のよさなども優先項目であった。ハイブリッド手術室を有する他施設への見学を行い、モニタの画質、手術台の操作性などを確認させてもらった。また、モニタなどの周辺機器がCアームの可動を妨げないように配慮した。2次元の図面では3次元の位



図1 ハイブリッド手術室 2016年1月完成

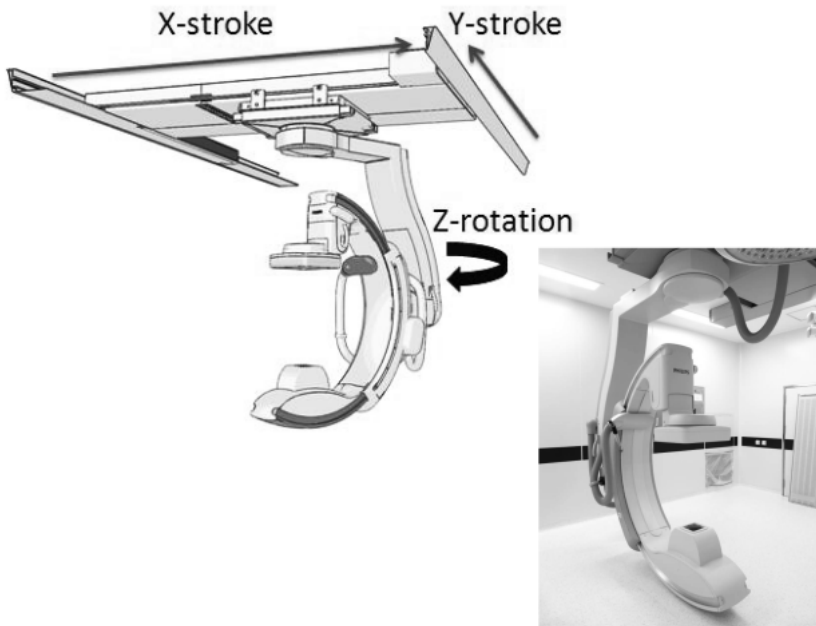


図2 Cアーム FlexMove



図3 通常手術時のCアームの位置 ①Cアーム ②麻酔科医 ③第一助手

置関係が分かりにくく、時に3Dソフトでシミュレーションを行った。手術室の設計という慣れない作業であったが、幸い当院は11年に手術室の改修工事を経験し、その時のスタッフがメンバーに加わっていたこともあり、比較的スムーズに議論が進んだ。

TAVI、大動脈ステントグラフト挿入術以外にも、脳血管をはじめとする全身のIVRに加え、人工心肺を用いた心臓血管外科手術を含めた通常の手術にも幅広く対応できることを目的とした。新しい手術室を作るとい

うcreativeな作業は、困難もあったが、スタッフの距離感も縮まり、有意義な時間であった。

**血管撮影装置およびCアーム (図2)**

血管撮影装置は、フィリップス社製 AlluraClarity FD20Cを導入した。

AlluraClarity FD20Cは、38cm×30cmの16bitのFPDを搭載し、高い濃度分解能を有し、微小血管を明瞭に描出して治療をサポートする。FPDの性能を最大限に引き出し、

低X線出力で高画質を実現する最先端かつ最新の技術であるClarityIQテクノロジーを搭載しており、患者、術者、医療スタッフの被ばくを大幅に低減し、かつ従来以上の高画質を取得することが可能である。ステントグラフト挿入術においても61%のX線照射を低減できることが示されている<sup>1)</sup>。

この装置のCアームはFlexMoveと称し、可動域が広いという長所がある。天井走行レールをCアームの長手方向へ5400mm、横方向へ2600mm移動幅を大きく広げ、C



図4 ハイブリッド手術時のCアームスタンバイポジション



図5 専用テーブルと大型モニタ（2面）

### 血管撮影装置と専用手術テーブルのインテグレート（図5）

血管撮影装置には専用のカテーテルテーブルが存在するが、今回の導入では、手術テーブルのマッケ社 Magnus テーブルとの組み合わせを選択した。Magnus テーブルはX線照射で使用する際にカテーテルテーブル同様なフラットな天板形状であるカーボンテーブルトップを装着して使用に加え、テーブルトップを万能テーブルトップに代えることにより、通常の手術台と同じ役割を果たすことが可能である。

血管撮影装置とはインテグレーション設計が施されており、血管撮影装置の操作卓から手術台の操作が可能である。安全機構に関しても非接触式衝突安全機構ボディーガードを採用しており、血管撮影装置と同等の安全性を確保している。組み合わせるアプリケーションにも制限はなく、3D血管撮影機能やCTライクイメージが可能である。

### 大型スクリーンモニタ（図5、6）

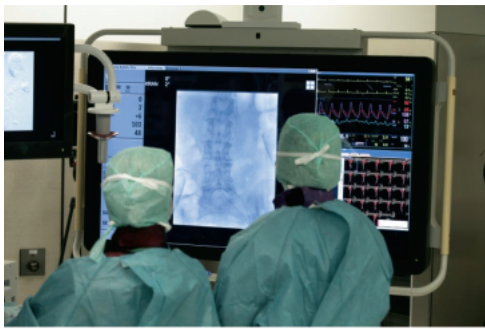
将来TAVIの導入を想定し、さまざまなアプローチに対応できるように、58インチの大型カラー高精細デジタルLCDモニタ FlexVisionを2台を対とした独立懸垂タイプを採用した。FlexVisionは、画面レイアウトをリアルタイムに自由に変更できる。

直観的なタッチパネル操作で、レイアウト変更、表示信号の選択、切り替えが可能である。

アームの稼働域を患者の頭尾方向のみならず、左右方向へ大幅に拡張している。これにより、あらゆる方向からの患者アプローチや、術野からの完全回避等、必要に応じてCアームを自在に配置することが可能である。手技中にも迅速に安全にCアームの挿入、回避が行える。パーキング位置の有効範囲が大きいので、通常の手術時には手術テーブルからの回避距離を十分確保できる（図3）。

IVRに先行して観血手術を併用する場合にも、必要なスタンバイポジションを実現できる（図4）。広範囲の稼働を実現するために長いケーブルが必要であるが、ケーブルは天井に格納されながら移動を行えるため、完全に清潔に移動が行える。また、レールの間に術野の清潔を確保するためのHEPAフィルターを搭載し、高い清潔度を維持することができる。





FlexVision



セグメンテーション  
・ CT/MRIデータ

プランニング

レジストレーション

透視画像とのフュージョン

図6 Vessel Navigator 透視画像上に3DCT画像をフュージョン

るため、手技中に必要な情報を必要な大きさで、必要とされる見やすい位置へ表示することが可能となっている。また、そのプリ設定表示はカスタマイズ可能で、各手技、術者ごとへ対応も可能である。

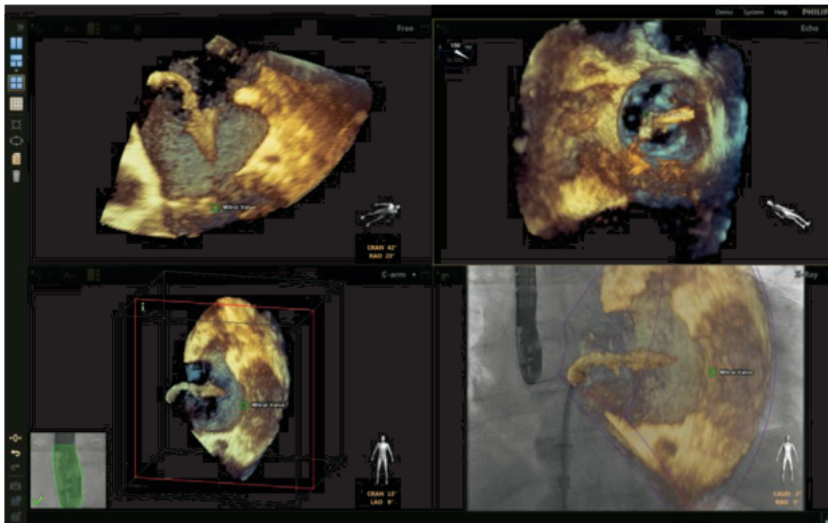


図7 Echo Navigator 透視画像上にエコー画像をフュージョン

3Dライブイメージガイダンス(図6) 「Vessel Navigator」は、ライブX線透視画像と術前のCT画像やMRI画像をフュージョンさせる機能を持つ3Dライブイメージガイダンスツールである。一度フュージョンさせると、Cアームやテーブルの動きにも同期して展開でき、複雑な血管の分枝も容易に把握できる。術前の画像を使用することにより、造影剤を使用する際の撮影回数を減らすこ

とができ、複雑な血管走行に沿ったカテーテル操作も、よりスムーズに実施することが可能になる。

「Vessel Navigator」により造影剤使用量を70%<sup>2</sup>、処置時間を18%<sup>3</sup>低減するとの研究発表もあり、これまでに以上に低侵襲な治療に寄与することが実現する。

血管撮影装置と3DTEEシステムを融合する Echo Navigator (図7)

高機能3D超音波装置としてファイリップス社製EPIQ<sup>7</sup>も導入した。現在は、主に経食道エコーとして使用している。まだ、当院では使用していないが「Echo Navigator」というシステムに対応している。

これは、1つのモニタ上にライブ透視画像と経食道エコー画像を統合させたライブイメージガイダンス機能である。透視画像で経食道エコーのプロープの先端を画像認識し、エコーの照射方向を透視画像とシンクロナイズして、透視画像上で術者の見たい方向に超音波プロープを操作できる。

TAVIをはじめとして、将来的に本邦でも使用が期待されているMitraClipを用いた僧帽弁修復術や経皮的左心耳閉鎖術等、新たなデバイスを使用したStructure Heart Diseaseの手法で威力を発揮するツールであるといわれている。

手術室内装(図1、8)

内装はマック社VARiOPシステムを採用



図8 壁面植え込み型モニター



図9 LED内蔵HEPAフィルター

した。壁面植え込み型モニターなどを活用し、壁面の凸凹を可能な限りなくすことにより、非常に衛生的な手術室環境を実現した。電気、医療ガス供給および無影灯などはシーリングペンダントにて必要な場所に供給した。映像の配置、録画、カメラ撮影など、煩雑になりがちな映像コントロールを手術室統合システム TEGRS にて集約し、手術室内の外回り導線の整理とワークフローの改善を行い、すっきりとした環境になっている。また、WHOサージカルセーフティチェックリストの機能も搭載しており、医療安全対策の面でも工夫もされている。Cアームレール間のHEPAフィルターにはLED内蔵のものを採用した。

これにより手術台直上からの照明が可能となり、術野のみならず器械出しナースの手元を明るくすることが可能となった(図9)。ワーキンググループの協議を重ねていくうちに、チームの結束力が高まり、いつしか最高のハイブリッド手術室を作りたいという目標を共有するようになった。そのため内装のカラーデザインや床面なども、十分話し合った。

### ハイブリッド手術室導入後の効果

ハイブリッド手術室使用開始から5ヵ月が過ぎた。完成した手術室は、想像以上に素晴らしいものであった。白と青を基調とし、壁面の凹凸をなくした室内は、明るい清潔感のある空間を生み出し、スタッフの motivation を高めている。IVRは週2〜3例のペースで行われており、血管内治療の手術時間は短

縮され、難易度の高い手術も、より安全に行えるようになった。通常の手術も、より快適に行われている。最新の手術室を生かせるよう、今後も高度な手術により安全に取り組んでいきたい。

\*

以上、当院のハイブリッド手術室について、立案から完成、現在までの短期間での使用経験に基づいた私見を披露した。ただ、言うまでもなく、当院の採用したメーカーが他のメーカーに比べ有意に優れているという主旨のものではなく、他社の製品にもそれぞれの利点があり、優れた製品も数多くあることを末尾ながら付け加えさせていただきたい。

参考文献

- 1 Quirina M. B. de Ruiter, Frans L. Moll, Crystel M. Gijssberts, et al.: AlluraClarity Radiation Dose-Reduction Technology in the Hybrid Operating Room During Endovascular Aneurysm Repair. (2016) Journal of Endovascular Therapy. 23 (1) : 130-138.
- 2 Pubmed: Tacher et al.: J Vasc Interv Radiol. 2013 Nov;24 (11) :1698-706
- 3 Pubmed: Sailer et al.: Eur J Vasc Endovasc Surg. 2014 Apr;47 (4) :349-56

※

※

吉龍正雄（よしたつ・まさお）●65年大阪府生まれ。92年阪大医卒。同年同大医学部附属病院第一外科・小児外科、93年大阪警察病院外科、95年大阪市立総合医療センター小児心臓血管外科。00年阪大大学院医学系研究科修了。同年桜橋渡辺病院心臓血管外科、02年国立呉医療センター心臓血管外科、05年桜橋渡辺病院心臓血管外科。06年阪大心臓血管外科助手、07年大阪府立急性期総合医療センター心臓血管外科副部長。09年獨協医科大心臓血管外科講師、10年同准教授。11年桜橋渡辺病院心臓血管外科医長、13年同部長。14年関西労災病院心臓血管外科部長。