

# 術中の迅速な判断・意思決定を実現する スマート治療室SCOTのさらなる展開

Further Development of Smart Treatment Room SCOT to Realize Intraoperative Quick Judgment and Decision Making in the Operation

正宗 賢 Ken Masamune

南部恭二郎 Kyojiro Nambu

小西 良幸 Yoshiyuki Konishi

楠田 佳織 Kaori Kusuda

生田 聡子 Soko Ikuta

村垣 善浩 Yoshihiro Muragaki

岡本 淳 Jun Okamoto

田村 学 Manabu Tamura

堀瀬 友貴 Yuki Horise

丸山 隆志 Takashi Maruyama

伊関 洋 Hiroshi Iseki

東京女子医科大学 先端生命医科学研究所 先端工学外科学分野

MEDIXでは東京女子医科大学 先端生命医科学研究所 先端工学外科学分野 村垣 善浩 教授にご監修いただき、MRI装置をはじめとしたインテリジェント手術室から、最新のSCOT(Smart Cyber Operating Theater)まで、開発経緯・過程から将来展望まで、三回に分けて掲載いただいております。

第三回である今号では次世代手術室SCOTのめざす将来展望についてご紹介いただきます。

MEDIX 編集事務局

医療の高度化は日々進歩するが、その一つの目標は確固たる根拠に基づいた医療(Evidence Based Medicine)の実現であり、その先にある未来予測による医療(Future prediction therapy)の実現である。すなわち、過去に蓄積されてきた患者情報や医師の経験、手術記録、そのほかさまざまな情報をもとに術者に最適なデータを提示することで、より質の高い医療をめざすものである。これまでにインテリジェント手術室、スマート治療室SCOT(Smart Cyber Operating Theater)について述べてきたが、本論文では、開発した次世代手術室のめざす未来予測手術に向けた取り組みおよび展望について述べる。

Advancement of medical treatment progresses on day by day. One of the final goal is to establish the evidence based medicine and the future prediction therapy based on reliable/concrete medical information. For realizing the future prediction therapy, the most appropriate data based on accumulated patients' medical information, the surgery records, medical doctors' experiences and other various information, will be displayed to the surgeon. In previous paper in this magazine, the intelligent operating room and the concept of smart cyber operating theater (SCOT) were described. In this paper, we introduce the research activities on new system toward future prediction surgery including C.I.A. (Clinical Information Analyzer).

**Key Words:** Smart Cyber Operating Theater, Clinical Information Analyzer, Artificial Intelligence, Big Data, Future Prediction Surgery

## 1. はじめに

手術室内にオープンMRIを導入し成果を挙げた「インテリジェント手術室」による高度情報誘導手術の展開や、術中のさまざまな患者情報を時刻同期されたデータとして取得・蓄積し表示するなどを可能とした「スマート治療室SCOT

(Smart Cyber Operating Theater)」について、その経緯から開発の現状までをこの連載にて述べてきた<sup>1)2)</sup>。インテリジェント手術室は2000年から臨床が始まり、その中で特に悪性脳腫瘍手術の症例数は2017年7月現在1,760件を超えてお

り、着実に経験および実績が積み重ねられてきている。

スマート治療室とは治療室が単なる部屋としての存在ではなく、明確な機能を持つシステム化された一つの「医療機器」としてインテグレーションされることを目指した新しい治療室である。これにより、リスクが少なく高い治療効果が得られる精密医療が実現できる空間となるが、さらなる大きな目標は、確固たる根拠に基づいた医療(Evidence Based Medicine)の実現であり、また未来予測による医療(Future prediction therapy)の実現である。未来予測医療とは、これまで蓄積されてきた患者情報や医師の経験、手術記録、そのほかさまざまな情報をもとに術者に最適なデータを術中に提示することで、より安全かつ質の高い医療をめざすものである<sup>3)4)</sup>。

SCOTプロジェクトは現時点では開発途中であり、全ての機器が繋がっているわけではないが、術中MRI、手術ナビゲーションシステム、手術顕微鏡などの主要な機器から出力される情報がOPeLiNK<sup>※1</sup>により接続され、手術戦略デスクに表示することが可能となっている。連載の第二回<sup>2)</sup>でも述べたように、すでに広島大学では医療機器がパッケージされたBasic SCOTが導入され、また2017年度には信州大学にネットワークが繋がれたStandard SCOT、2018年度には東京女子医科大学に最終形態である未来予測の技術が取り込まれたHyper SCOT(図1)が導入される段階にきており、実臨床による検証が始まろうとしている。

このように多施設で始まるスマート治療室SCOTであるが、SCOTの重要なコンセプトは、医療機器のパッケージ化・ネットワーク化のみならず、その基盤整備されたシステムに基づいた「インフォ化」である。本稿では、インフォ化を中心に話を展開し、将来的に基盤整備されたHyperSCOTにおいて実現する未来予測手術の展望を述べる。



図1：Hyper SCOTのデモ手術室概観<sup>※2 ※3</sup>

## 2. 未来予測手術のイメージ

手術の未来予測とは、患者の治療後の生存予後の予測や機能予後の予測、術中の危険予測やハザード提示、熟練医の臨床知のモデル化、手術効率向上のアドバイスなどを術中もしくは術前に把握することである。未来予測のためには、予測

モデルの精緻化、解析手法の高度化、データの蓄積・質の担保、それらの情報処理の高速処理が求められる。類似例として近年の天気予報の予報誤差の縮小が著しいが、これはデータ観測から解析・予測技術の全体的な精緻化・品質管理技術が向上しているからである<sup>5)</sup>。これと同様に、手術室内の情報がより精緻化されることによって、術後の患者の状況を把握しながら治療の低侵襲化の遂行や、予後の予測などが可能となるものと考えられる。また情報が精緻化されると同時に、構造化データとして蓄積されることで、精度の高い機械学習を適用することができる。構造化データとはすなわち、単なる生体信号や計測値といった情報のみならず、時間軸、空間軸、過去の症例が蓄積された情報などが共通の形式で記録されたデータのことであり、手術室内の機器のデータの集積は通常は行うことができないが、スマート治療室SCOTの導入によって、構造化データを得ることができる<sup>2)</sup>。

SCOTの主目的は、医療機器の(1)カテゴライズ・パッケージ化、(2)ネットワーク化、(3)インフォ化、の三つである。(1)、(2)については文献<sup>2)</sup>に示しており、ここではインフォ化について述べる。手術室内の患者から得られる4段階の情報のレベルを図2に示す。i)医療機器により計測された生体情報(RAWデータ)、ii)デジタル化されたデータ、iii)統計解析され、臨床上で意味がある閾値が設定されたデータ、iv)それらのデータに基づき術者の意思決定に用いるための多種・多源に得られる情報からなる。ここで術中のRAWデータをiii)、iv)といった意思決定に資する状態のデータにすることを「インフォ化」と呼ぶ。SCOTのめざすところは、術中リアルタイムに得られる大量のデータや過去の蓄積されたデータ、すなわちビッグデータを、統計処理や機械学習により臨床判断に用いるための情報とし、術者に提示することである。これにより、未来予測を可能とした治療支援ができるものと考えている。

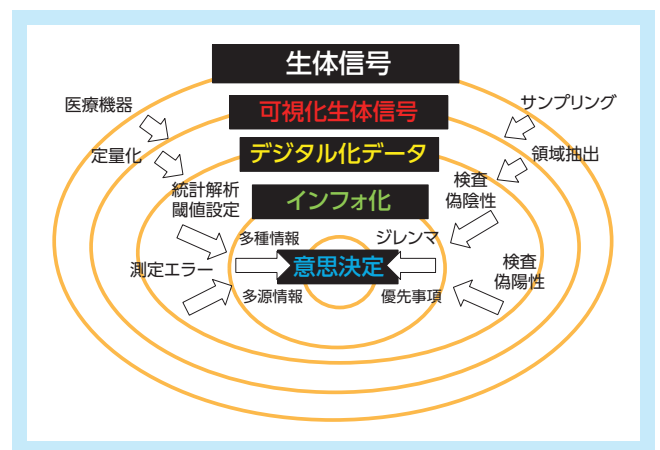


図2：術中情報の構造データ化とインフォ化の概念

## 3. 臨床情報解析システム(C.I.A.:Clinical Information Analyzer)の構想と未来予測手術への展開

われわれは脳腫瘍摘出術における未来予測手術の開発をフラッグシップモデルとして推進している。SCOTによる構造化データの蓄積を行うシステム開発を進めているが、未来予測を術中迅速に参照するためには、術中の情報のみならず術

前情報や過去の症例のデータベースを適切に抽出・処理して術者に提示する必要がある。そのために、電子カルテや臨床科ごとに蓄積された個別のデータベースなどにアクセスしなければならず、アクセスの際には院内ネットワークのルールやセキュリティの確保、個人情報の保護などさまざまな制約を考慮する必要がある。

そこでわれわれは、図3に示す臨床研究支援データベースの提案および構築を進めている。臨床研究支援データベースは、電子カルテからSS-MIX2(Standardized Structured

Medical Information eXchange)2を介して共通コードへ変換し治療情報データマートに格納する機能、SCOTのデータを変換しデータマートに格納する機能、データマートから必要なデータをパッケージ化し、AI(Artificial Intelligence)解析やBI(Business Intelligence)解析をするためのデータクレンジング機能を有する。また、それらデータから類似症例分析、有害事象分析などを術前・術中に行うAI・BIツールを介して予測し、意思決定に資する情報群を手術戦略デスク等に提示する。術者もしくは指導医は術中に図4に示すような画

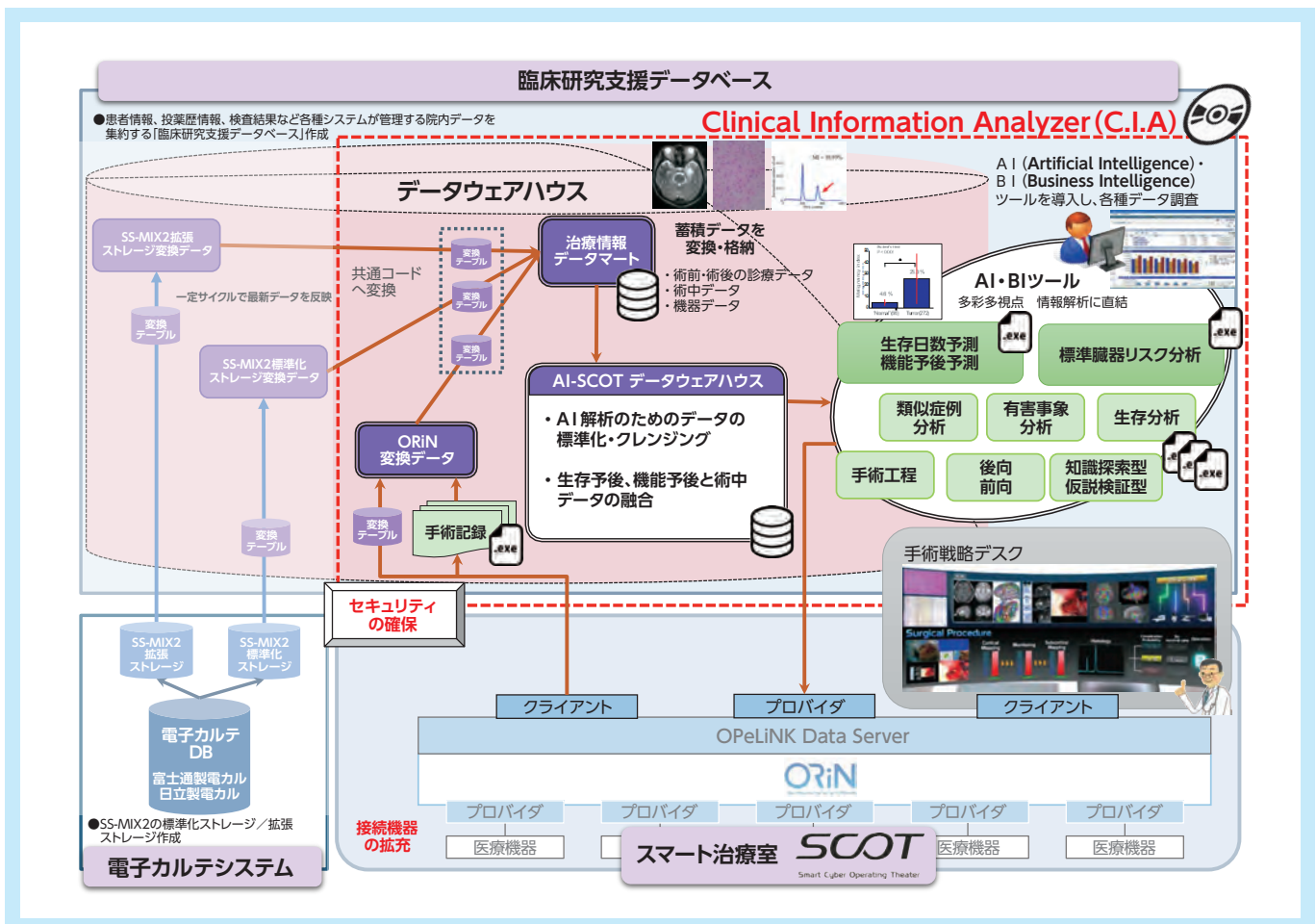


図3：臨床情報解析システム(C.I.A.)の構想図<sup>\*4</sup>

電子カルテや過去症例データベースおよび、スマート治療室SCOTから得られる情報をデータウェアハウスに蓄積し、適宜AI/BIツールにより分析・解析し未来予測結果を提示する構想である。



図4：脳腫瘍摘出における未来予測手術のイメージ

術中統合モニタ上に表示される術中情報と予測表示の例：統合モニタ下段にて、術中の情報(覚醒下手術の提示課題・刺激位置・強度・腫瘍悪性度)と過去のデータから得られる学習データから、術後合併症と5年生存率予測を三通り提示する。上記デモではオペレーションBを選択したイメージを示している。



面を見ることで手術の意思決定を行うことを想定している。

われわれは、以上に述べた臨床研究支援データベースおよび術中情報とのリンク機能を持つシステムをC.I.A.(Clinical Informatino Analyzer)と名付け、プロトタイプの開発を始めている。脳神経外科における悪性脳腫瘍手術でのC.I.A.の利用例として、術後合併症と術中の操作の相関関係の分析や、高次脳機能領域の標準脳への蓄積およびナビゲーション手術への利活用のほか、手術のワークフローを統括するエンジンアプリケーションを組み合わせることで、手術の作業の各段階において必要となる意思決定に必要な情報を、適切なタイミングで術者・術者周囲に提示するシステム等を開発していく<sup>4)~7)</sup>。

これにより、熟練医師が近くにいなくても、熟練医師が着目する情報や過去の判断パターン、その判断による術後統計をデータベースから参照することができる。術後統計はあくまで参考であり、それらも含めた情報により手術を進めることができる。

#### 4. 結言

本稿では、術中MRIによるインテリジェント手術室から始まり、医療情報のインフォ化等の開発が進んでいるスマート治療室SCOTの将来像として、C.I.A.を有する臨床研究支援データベースの構想と未来予測手術の概要について述べた。本年度からSCOTの臨床での応用が始まろうとしているが、ここで述べた意思決定を支援するシステムが2年以内に本格的に組み込まれるであろう。システム開発にあたり課題となるのは、SCOTの標準化の実現、セキュリティ確保のほか、手術の標準手順書の実装や、AI・BIツールの評価手法や製品化のための開発戦略などが挙げられ、順に取り組んでいく。

あらゆる機器類がつながるスマート治療室は、プロジェクト研究であるために脳神経外科での応用から始まっているが、消化器外科、整形外科、産婦人科などを含め、他科への展開を検討している。今後は、SCOTによりさまざまな機器の情報が新しく組み合わせられ、その中で新たな知見が見いだされるであろう。治療室が単なる部屋としての存在ではなく明確な機能を持つシステム化された「医療機器」としてインテグレーションされることを示していきたい。また、未来予測に基づく術中の迅速な判断・意思決定による、リスクが少なく高い治療効果の得られる精密医療が実現できるものと考えており、臨床による評価を含めた今後の展開に期待されたい。

※1 OPeLiNK、※2 iArmsは株式会社アンソアの登録商標です。

※3 SKYLUXは山田医療照明株式会社の登録商標です。

※4 ORiNは社団法人日本ロボット工業会の登録商標です。

#### 参考文献

- 1) 吉光喜太郎, ほか: 術中MRIを軸とした情報誘導下精密手術をめざしたインテリジェント手術室が歩んだ15年間, MEDIX, 65: 4-9, 2016.
- 2) 岡本 淳, ほか: 次世代手術室SCOT(Smart Cyber Operating Theater)の開発, MEDIX, 66: 4-8, 2017.
- 3) 村垣善浩, ほか: 手術支援機器による術中判断と行動, 脳神経外科ジャーナル, 25(7), 555-565, 2016.
- 4) 村垣善浩, ほか: 可視化情報を統合する意思決定学, 脳神経外科ジャーナル, 23(11), 876-886, 2014.
- 5) 国土交通省気象庁「数値予報とは」: <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-1.html>(2017年7月アクセス)
- 6) Noguchi T, et al.: A surgical navigation system using an integrated image of preoperative and intraoperative MR images with sulci recognition for neurosurgery, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery(IJCARS), vol.11(suppl.1), SS84-85, 2016.
- 7) 長尾淳史, ほか: 手術工程管理システムのための作業フェーズ認識に関する研究, 第24回日本コンピュータ外科学会大会(東京), JJSCAS, 17(3), 235, 2015.