

SDNを用いた先進脳外科手術環境と 診断支援環境の構築

2017/10/13

藤野雄一¹⁾, 佐藤生馬¹⁾, 永井智大²⁾,
伊関洋³⁾, 村垣善浩⁴⁾, 正宗賢⁴⁾

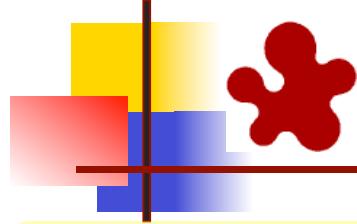
1)公立はこだて未来大学 情報アーキテクチャ学科

2)公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科

3) 3早稲田大学 理工学術院先進理工学研究科

4)東京女子医科大学 先端生命医科学研究所

ADVNET2017 2017/10/13



本日のお話



- SCOPE研究
- 先進脳外科手術の現状
- IORとSCOT
- SDNベース情報共有システム
- 未来予測手術に向けて
 - 手術工程解析
 - 標準脳統合
 - 未来医予測手術
- 最後に



SCOPE若手 研究開発の概要

研究代表者: 佐藤生馬(公立はこだて未来大学)

参画研究機関名: 東京女子医科大学, 株式会社ID

研究期間: Step1:平成28年度 Step2:平成29~30年度

目的

- ・脳外科手術ナビゲーション機能と未来予測型手術支援技術による5年生存率向上と術後合併症の低減を目指した新規な高度脳外科手術支援システムを実現
- ・SDNIによる脳外科手術情報のネットワーク化

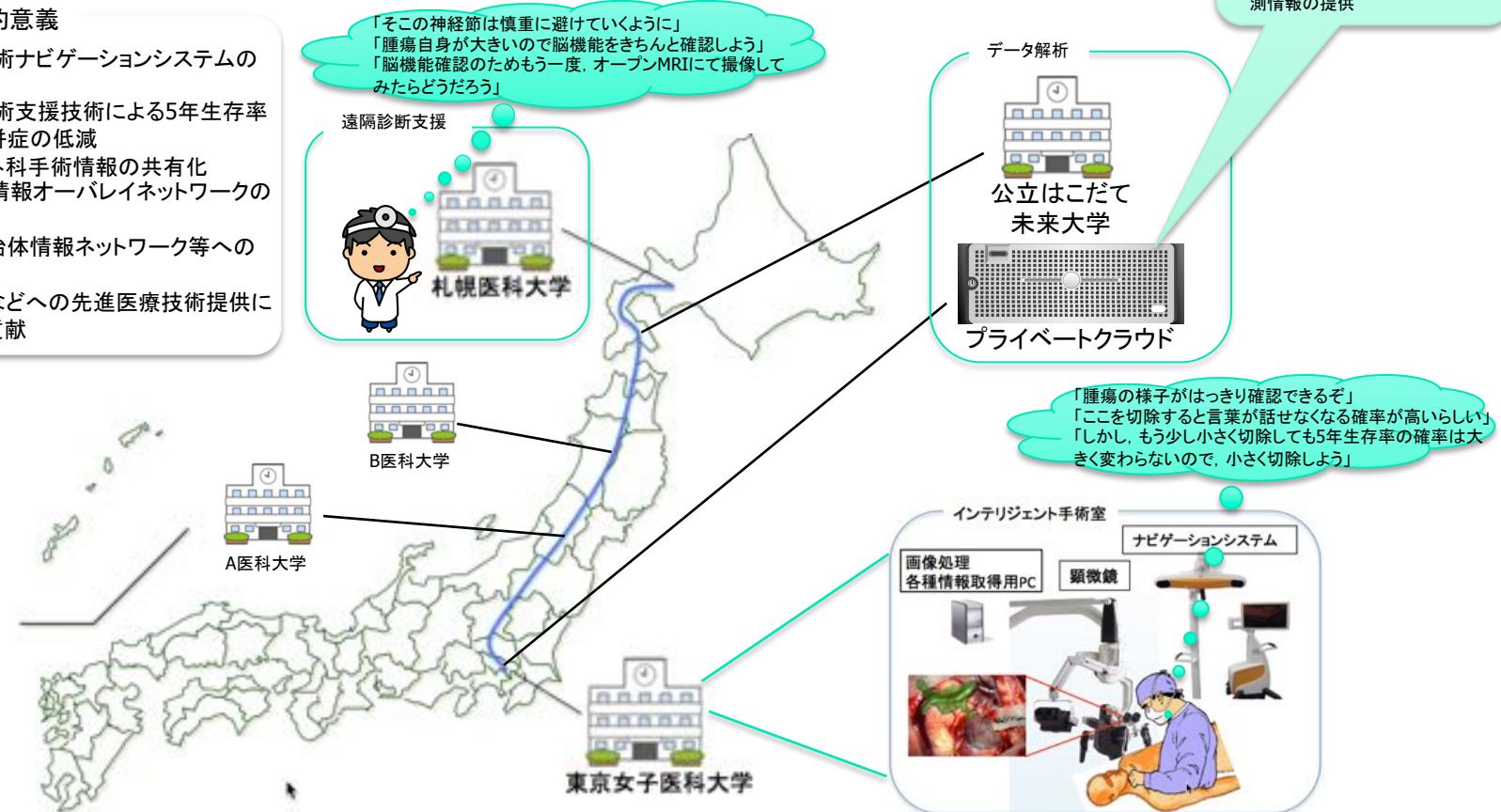
研究開発技術概要

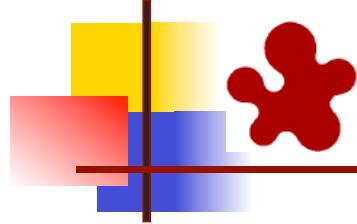
- ・事前に取得したMRIから脳腫瘍の大きさ、位置などの形態情報を、運動野や言語野などの脳機能情報を手術中の顕微鏡画像上に重畠して現場の術者に提示する手術支援技術
- ・安全な医療ネットワークにより共有し、手術中にベテラン医師等が手技に対してコメント可能な遠隔脳外科手術支援技術
- ・機械学習などにより解析されて得られた術後の患者の術後合併症を予測し、腫瘍摘出率と術後合併症の存在をリアルタイムに術者に提供する未来予測型手術支援技術

成果と社会的意義

- ・高度脳外科手術ナビゲーションシステムの実現
- ・未来予測型手術支援技術による5年生存率向上と術後合併症の低減
- ・SDNIによる脳外科手術情報の共有化
- ・SDNでの医療情報オーバーレイネットワークの実現
- ・健康情報、自治体情報ネットワーク等への適用
- ・欧米やアジアなどへの先進医療技術提供による世界的な貢献

- ・各医療機関からの脳腫瘍摘出手術情報の蓄積
- ・統計情報の抽出
- ・機械学習処理による摘出率と合併症の予測
- ・患者情報に基づくリアルタイム予測情報の提供





本日のお話



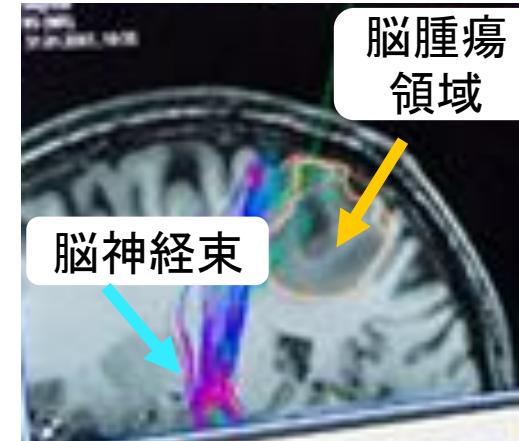
- SCOPE研究
- 先進脳外科手術の現状
- IORとSCOT
- SDNベース情報共有システム
- 未来予測手術に向けて
 - 手術工程解析
 - 標準脳統合
 - 未来医予測手術
- 最後に

脳腫瘍摘出術

- 5年生存率と術後合併症を考慮した摘出
 - 腫瘍摘出率と5年生存率は相関関係
 - 悪性度の高い腫瘍→正常組織に浸潤
 - 腫瘍と脳神経束が近接している場合
→ 神経を傷付けることにより術後合併症発生のリスク

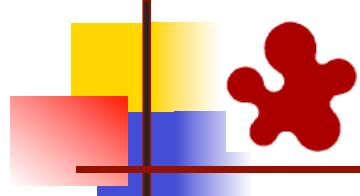


グレード4の脳腫瘍



拡散強調テンソル画像

熟練医の繊細な手技と知識と経験に基づく
判断プロセスが必要



熟練医による脳腫瘍摘出術



- 繊細な手技と知識と経験に基づく判断プロセス
 - 患者ごとに脳構造と脳機能位置が異なる
 - 言語野の機能部位
 - 繊細な手技
 - 血管や神経を避けた摘出
 - 知識と経験に基づく判断
 - 術者の知識と過去の経験による摘出

最適化に向け、手術状況や
熟練医の手技・判断プロセスの可視化が必要

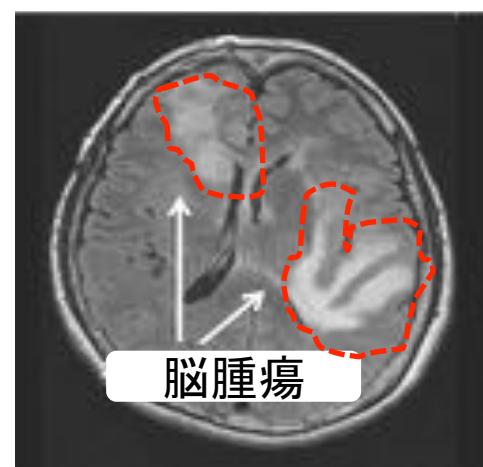
手術工程の可視化に向けた研究

脳腫瘍摘出手術の現状 ～悪性腫瘍摘出の困難性～

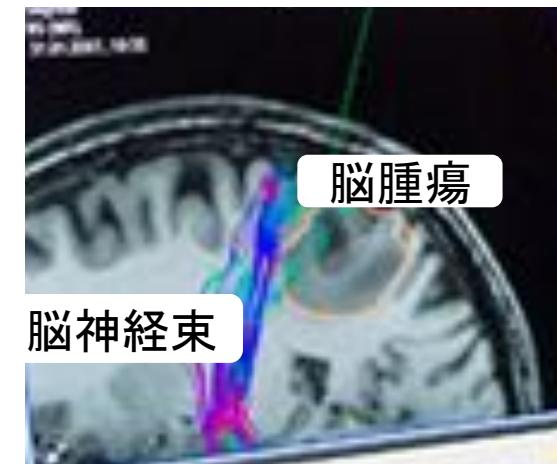
- 悪性度の高い腫瘍は形状が複雑であり、脳神経と複雑に絡み合っている
- 運動野や言語野などの機能野を傷つけることで術後合併症が発生



グレード2の脳腫瘍



グレード4の脳腫瘍



拡散強調テンソル画像

脳腫瘍摘出時の正常脳の損傷は術後合併症の危険性



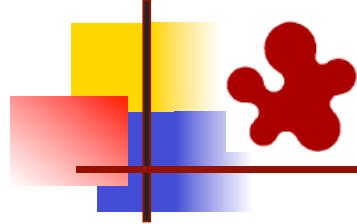
脳腫瘍摘出率向上の必要性

- 手術状況の正確な可視化により、腫瘍摘出率が向上し、術後生存率が向上

| 脳腫瘍の悪性度 | 5年生存率 (全国平均) | 5年生存率 (インテリジェント手術室) |
|---------|-----------------|------------------------|
| グレード2 | 69% | 90% |
| グレード3 | 25% | 78% |
| グレード4 | 7% | 13% |

- 悪性度の高い腫瘍の術後生存率は十分ではない
 - 脳腫瘍摘出率と術後生存率に相関

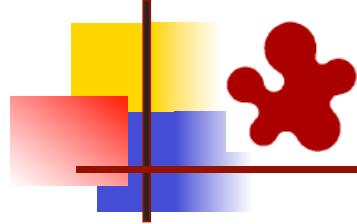
術後生存率向上のためには悪性腫瘍の全摘出が望ましい



本日のお話



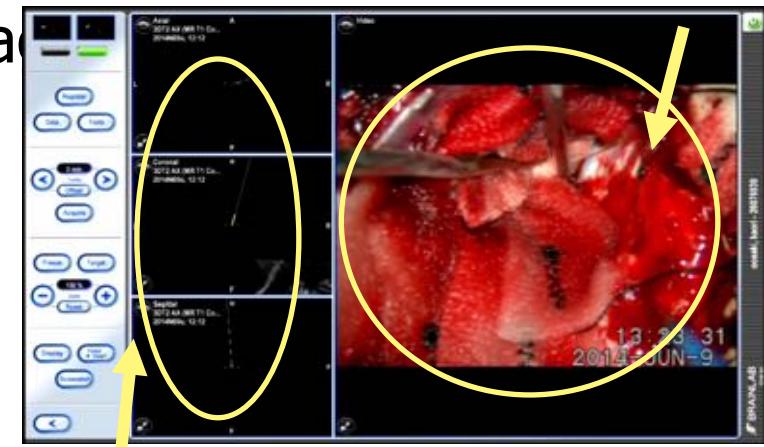
- SCOPE研究
- 先進脳外科手術の現状
- IORとSCOT
- SDNベース情報共有システム
- 未来予測手術に向けて
 - 手術工程解析
 - 標準脳統合
 - 未来医予測手術
- 最後に



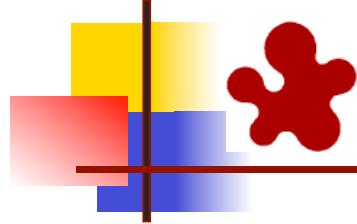
Intelligent Operating Room (IOR)



- Open MRI
 - Brain structure confirmation after brain-shift
 - Conform residual glioma
- Real-time update navigation system
 - Visualization of position surgical instruments on intra-MR image
 - It is also possible to acquire the surgical log
- Microscope, etc.



Visualization of intra-operative information provided by devices is possible



スマート治療室

Smart Cyber Operating Theater

SCOT

1. パッケージ化
2. ネットワーク化
3. インフォ化

多品種多年代機器が雑多にひしめき合う従来手術室



同じ機能を持つ医療機器が多品種存在する

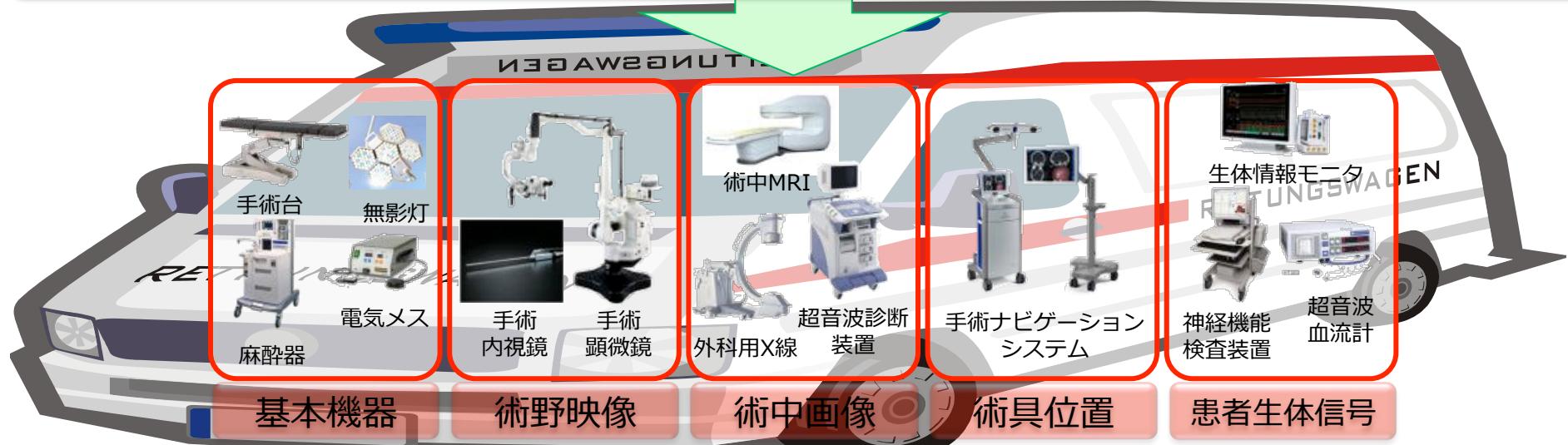
ネットワーク化がほとんどなされていない

主目的 1 : SCOTによる手術室のパッケージ化

空間を提供するだけの手術室から単体医療機器としての治療室へ-



選定 (基本手術機器 + 術中画像診断機器 + 各科各疾患特有機器) = パッケージ化



パッケージ化による单一医療機器としての治療室を開発



基本機器データ

術野ビデオデータ

術中画像装置

術具位置データ

患者生体データ

共通オンラインインターフェースを開発・異種術中データをネットワーク化

時間同期されたスタンドアロン機器

保有データを出入力できる

SCOT = パッケージ化手術機器 + ネットワーク化機器保有術中データ

異種情報統合
ナビゲーション

手術の
相関関係
解析
データベース

手術室情報
統合表示・
工程管理

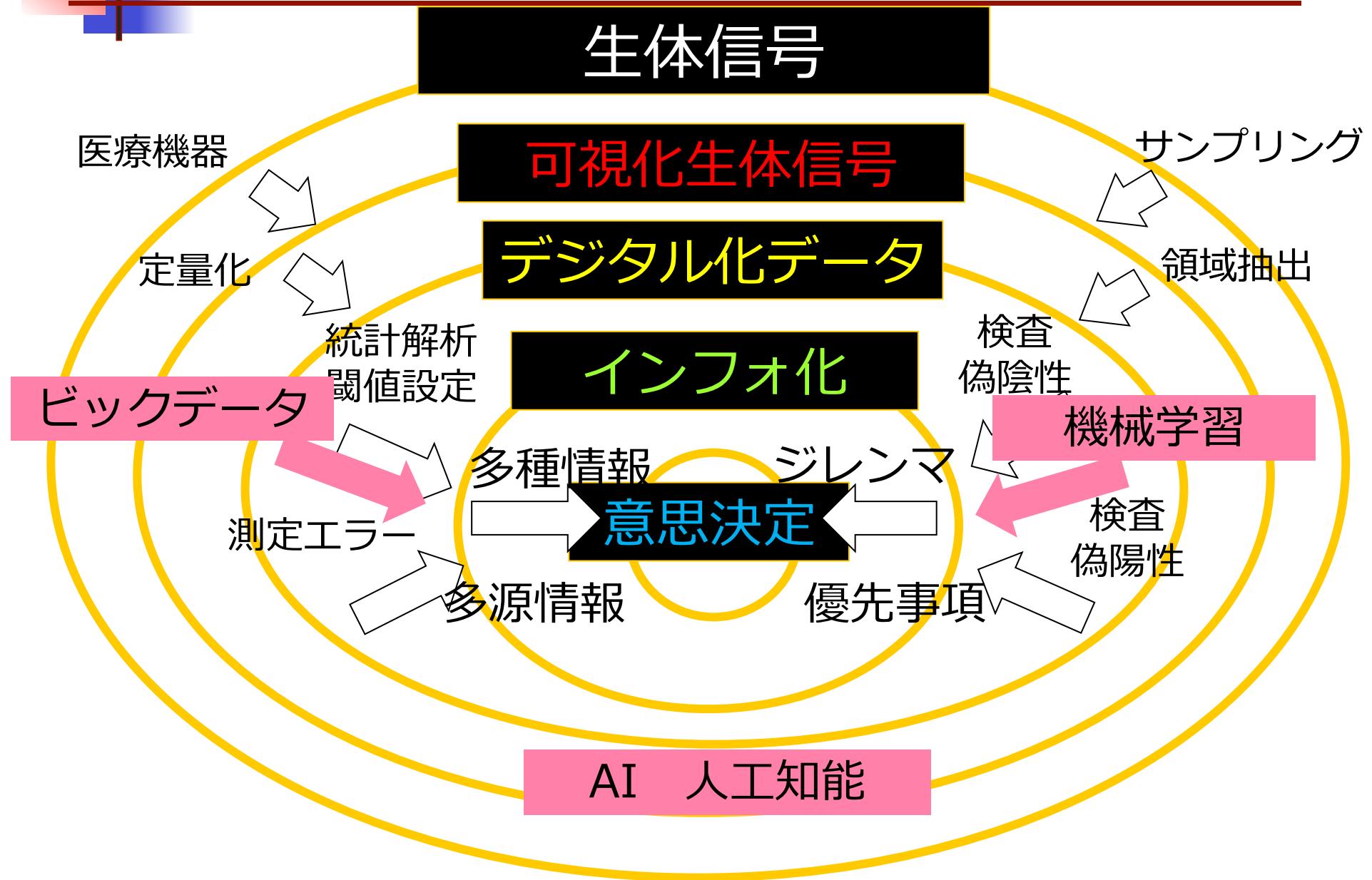
デバイス
稼働監視・
不具合解析

手術支援ロボット
誘導システム

麻醉器や治療機器の動作制御を可能とする将来性をもつシステム！



主目的3: SCOTが目指すインフォ化





神経機能検査装置

術中迅速
フローサイトメータ

BRAINLAB
手術ナビゲーション

DICOM

fun medical ICT



NIHON KOHDEN

生体情報モニタ



神経検査
プロバイダ

生体モニタ
プロバイダ

FSM
プロバイダ

電気メス
プロバイダ

手術ナビ
プロバイダ

HDSDI
プロバイダ

DICOM画像
プロバイダ

無影灯
プロバイダ



MIZUHO
Medical Innovation

電気メス



HD SDI
プロバイダ

手術ナビ
プロバイダ

HDSDI
プロバイダ

DICOM画像
プロバイダ

無影灯
プロバイダ



SKYLUX

www.skylux.com.br

無影灯

通信プロトコルに依存しない

ORiN

機種・ベンダーに依存しない

OPeLiNK Data Server

統合表示

時刻同期

データ保存

工程解析

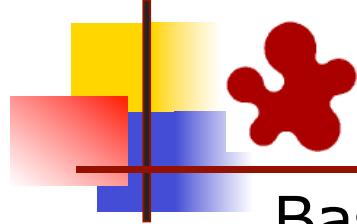
意思決定

デバイス
監視

ロボット
制御

クラウド
接続

アプリケーション層



2015年度末に具現化した2種の スマート治療室



Basic SCOT



デモ版Hyper SCOT



広島大学病院に導入した基本モデル

- ・術中MRIを中心に機器をパッケージ化
- ・機器のネットワーク化（予定）
- ・時間同期された情報の統合を目指す
- ・麻酔モニタリングワイヤレス通信
- ・臨床5例　トラブルなく施行

女子医大TWInSに設置した最終モデル
のプロトタイプ「Hyper SCOT」

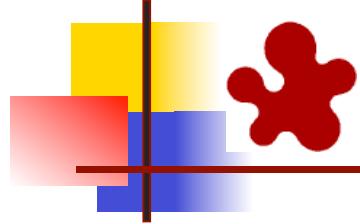
- ・Standard SCOTの機能はそのまま導入
- ・ロボット化された新規開発中機器を追加
- ・手術データベースとの連動（予定）
- ・情報統合と空間のコントロールを目指す



開発した手術戦略デスク



- ・ 機器の使用状況を「時刻同期」して表示・保存
- ・ メーカーの違う装置からのデータを「融合」して表示する



本日のお話



- SCOPE研究
- 先進脳外科手術の現状
- IORとSCOT
- SDNベース情報共有システム
- 未来予測手術に向けて
 - 手術工程解析
 - 標準脳統合
 - 未来医予測手術
- 最後に

合併症予測型脳神経外科手術用ナビゲーションシステムと 術中情報共有システムに関する研究開発の概要



- SDN対応広域ネットワークを用いた高信頼で安全な脳外科手術用情報共有システムを開発
- 5年生存率向上と術後合併症の低減を目指した新規な高度脳外科手術支援システムの実現

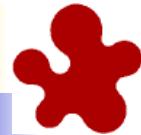


手術データ解析 / AI・ビッグデータの活用

- 各医療機関からの手術情報の蓄積
- 統計情報の抽出
- 機械学習による摘出率と合併症の予測
- 患者情報に基づくリアルタイム予測情報の提供

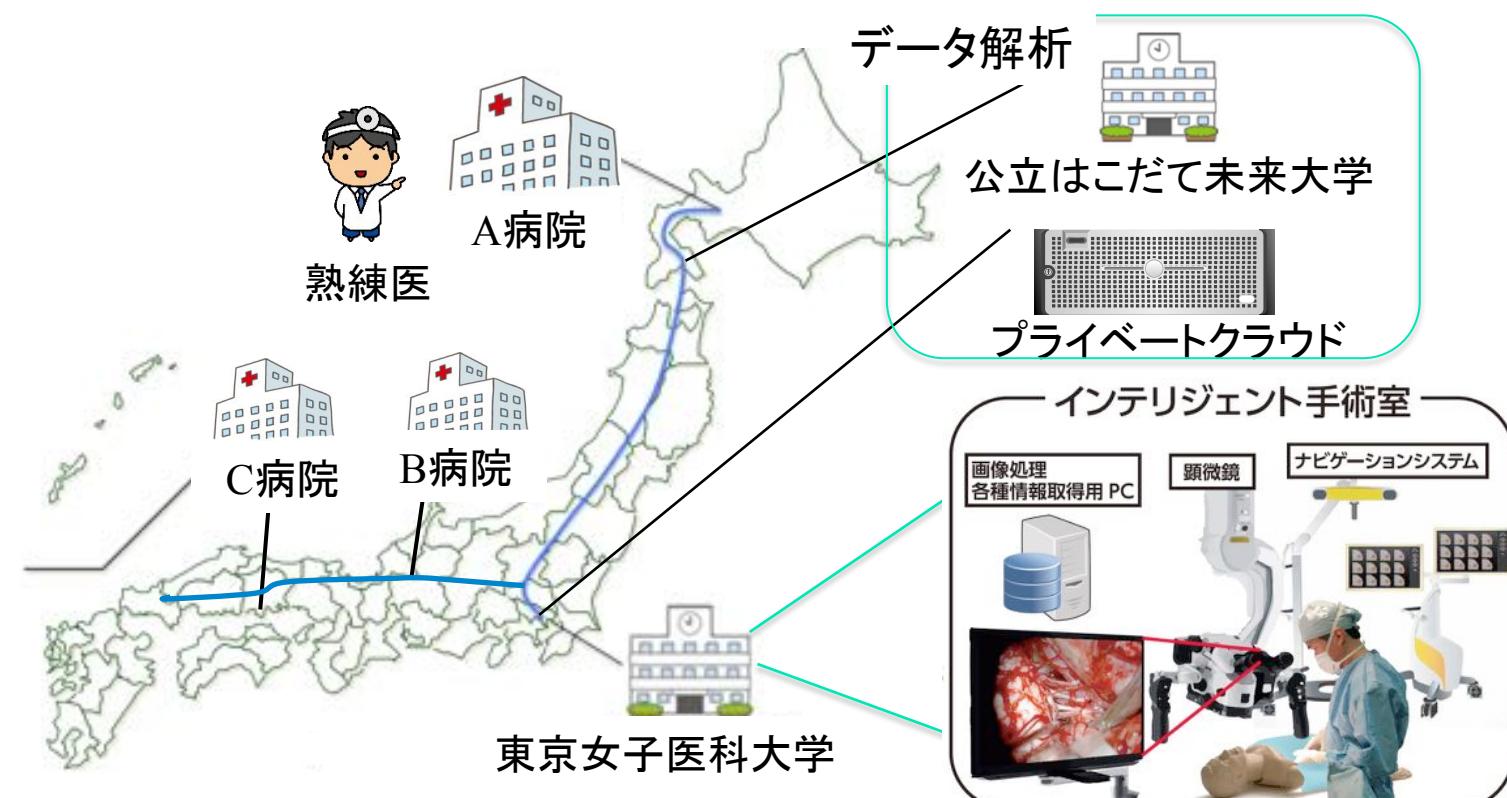
研究目標

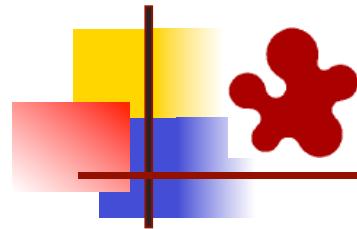
- 未来予測型手術支援技術による5年生存率向上と術後合併症の低減
- SDNによる脳外科手術情報の共有化/医療情報オーバーレイネットワークの実現
- SDNでの健康情報、自治体情報等への適用可能性検証
- 欧米やアジアなどへの先進医療技術提供による貢献



SDNを用いた情報共有システムの提案

- セキュアなネットワークによる手術室からのリアルタイムな術中情報共有およびデータベースへのアクセス
 - WAN上でのフレキシブルなVPN構築・オンデマンドQoS制御が可能なネットワークを構築し、高信頼なデータ共有を実現
 - 熟練医がどこからでも配信される手術室の情報を確認可能

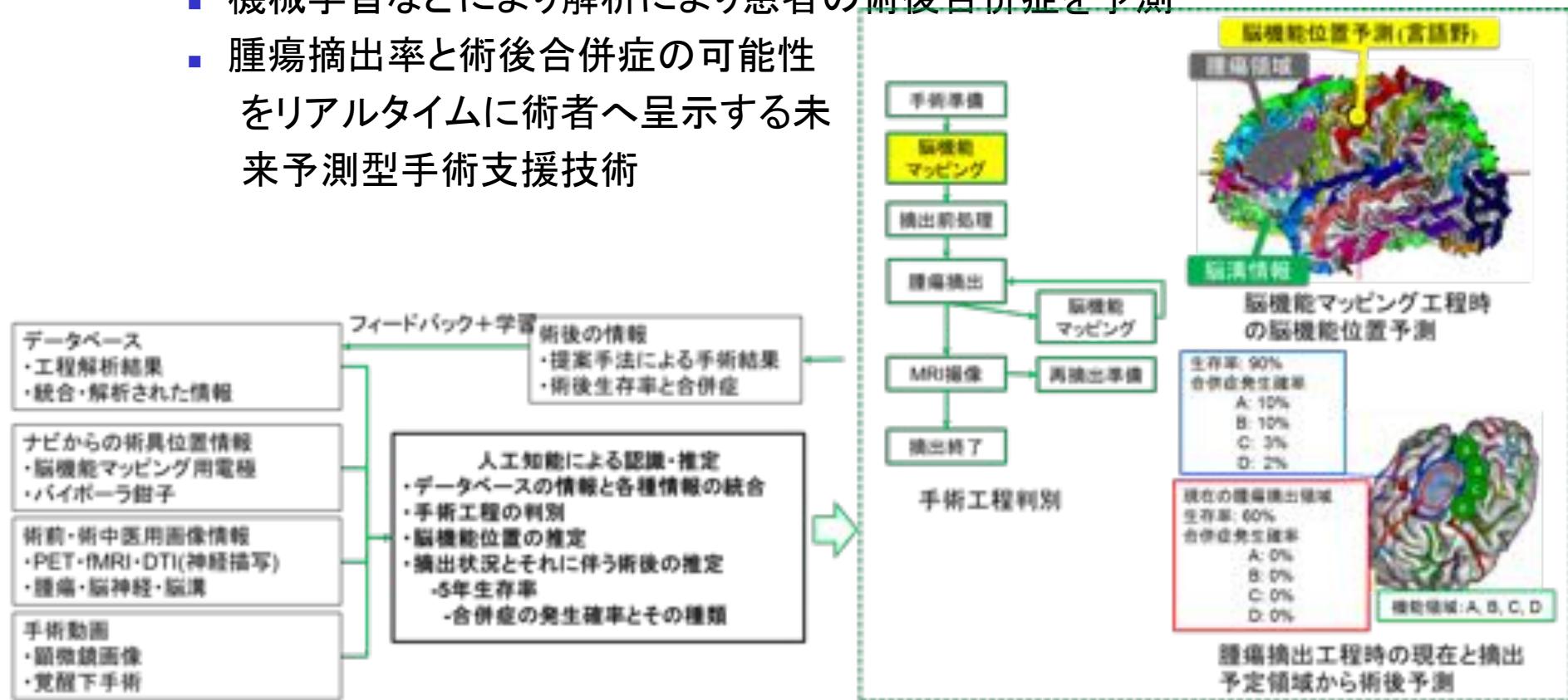




合併症予測型脳神経外科手術用 ナビゲーションシステムの提案

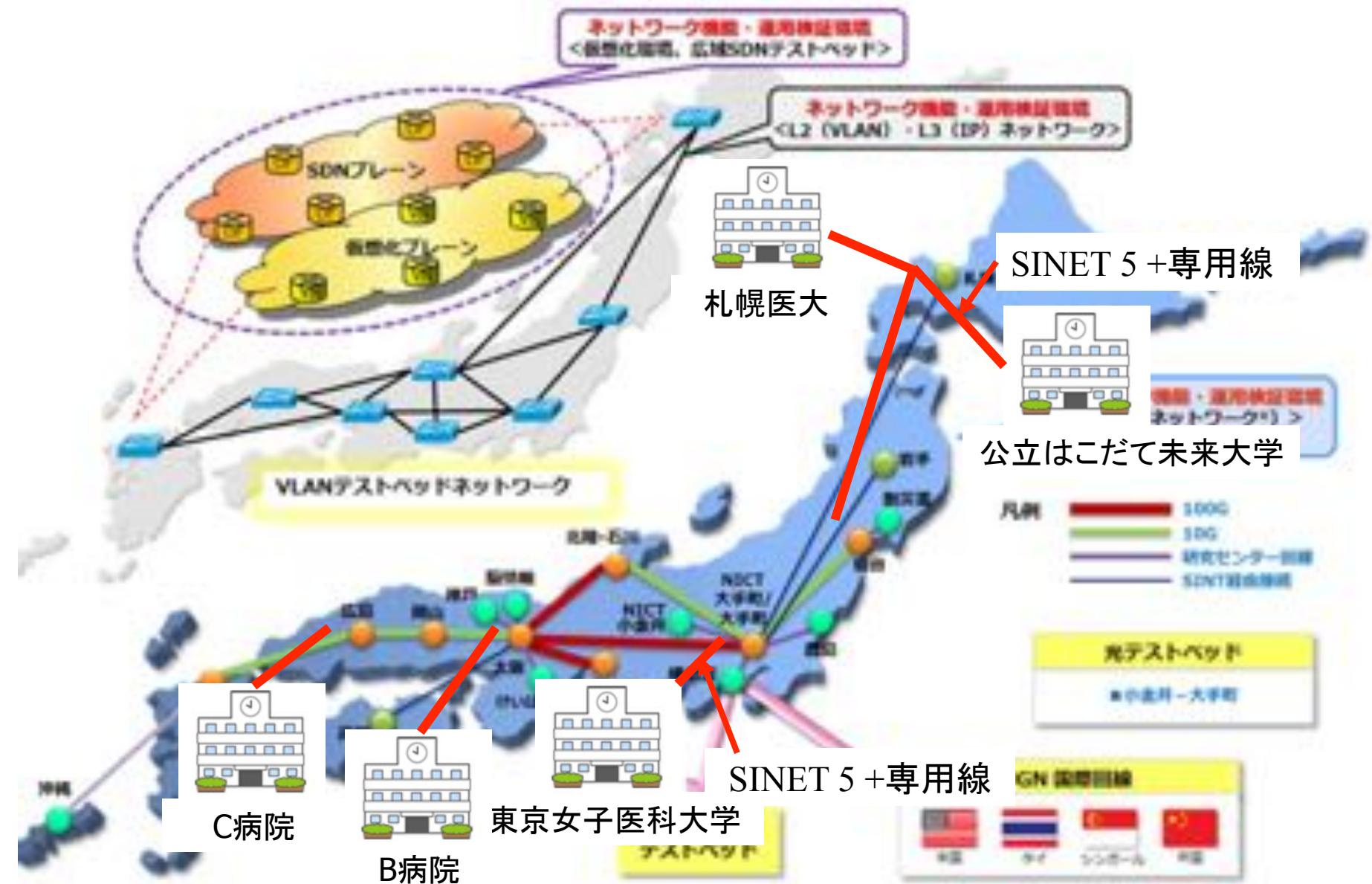


- 5年生存率向上と術後合併症の低減を目指した新規な高度脳外科手術支援システム
 - 脳外科手術ナビゲーション機能と未来予測型手術支援技術
 - 機械学習などにより解析により患者の術後合併症を予測
 - 腫瘍摘出率と術後合併症の可能性をリアルタイムに術者へ呈示する未来予測型手術支援技術



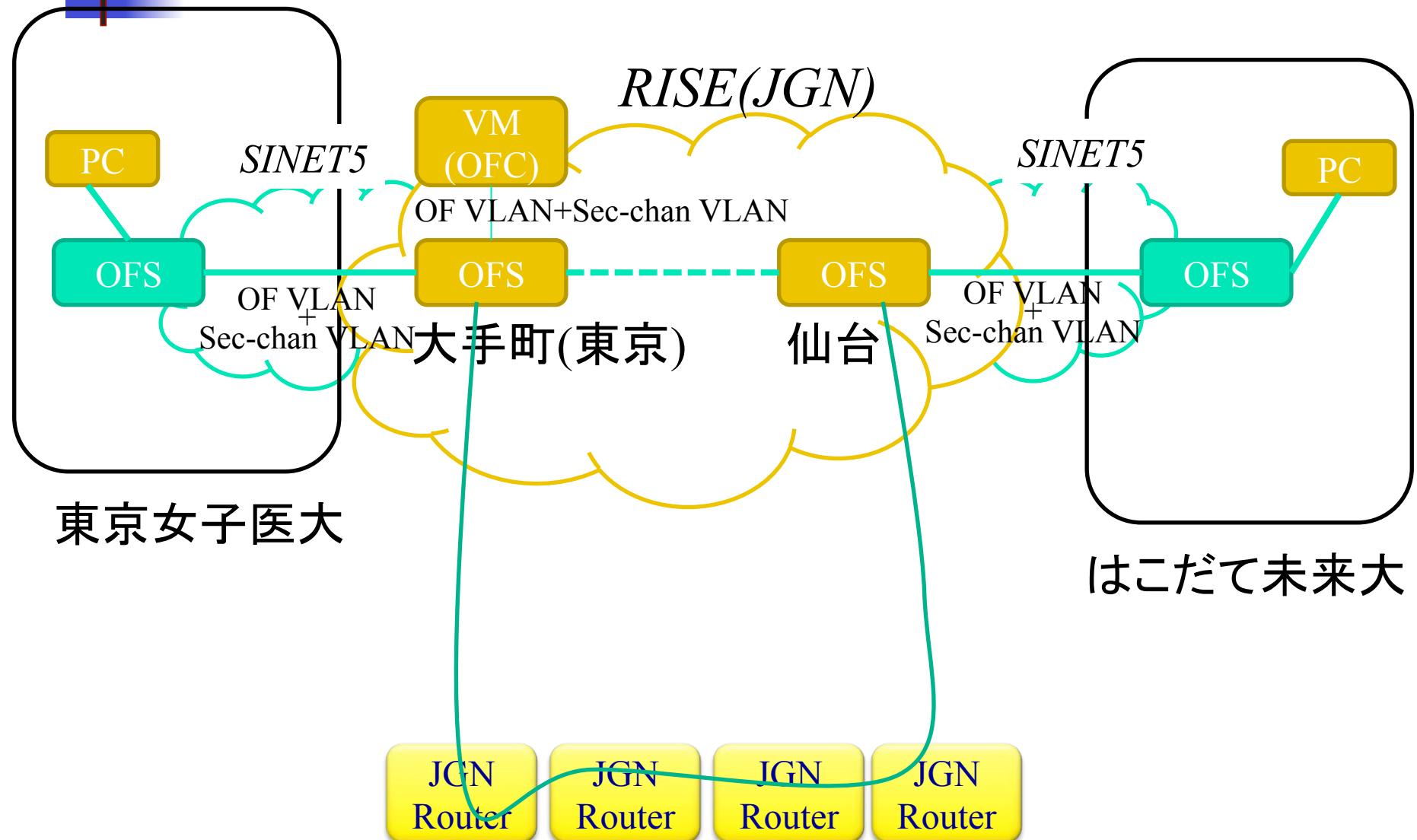


JGNとSINET5を用いた FATSと未来大の接続



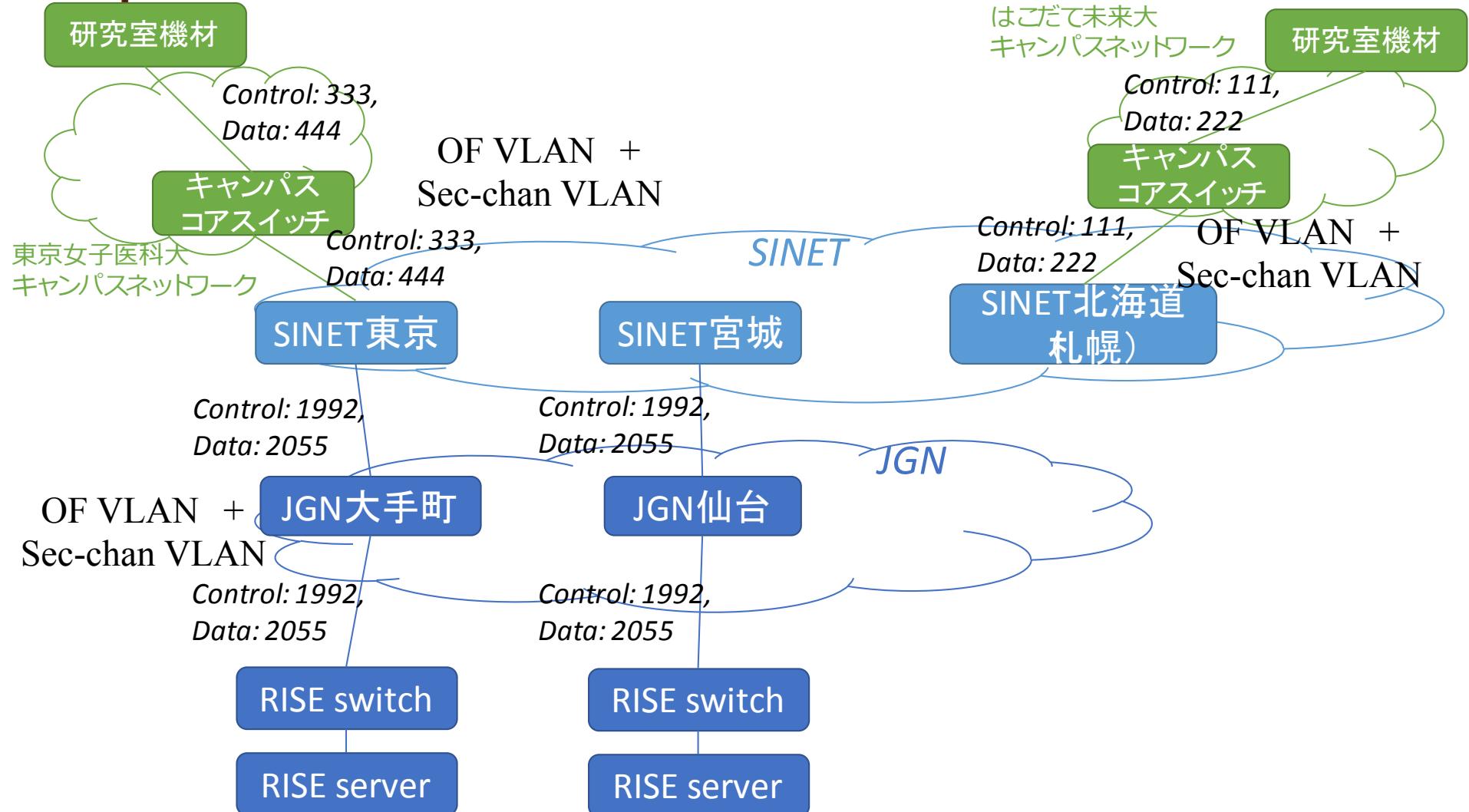


H28年度ネットワークトポロジー

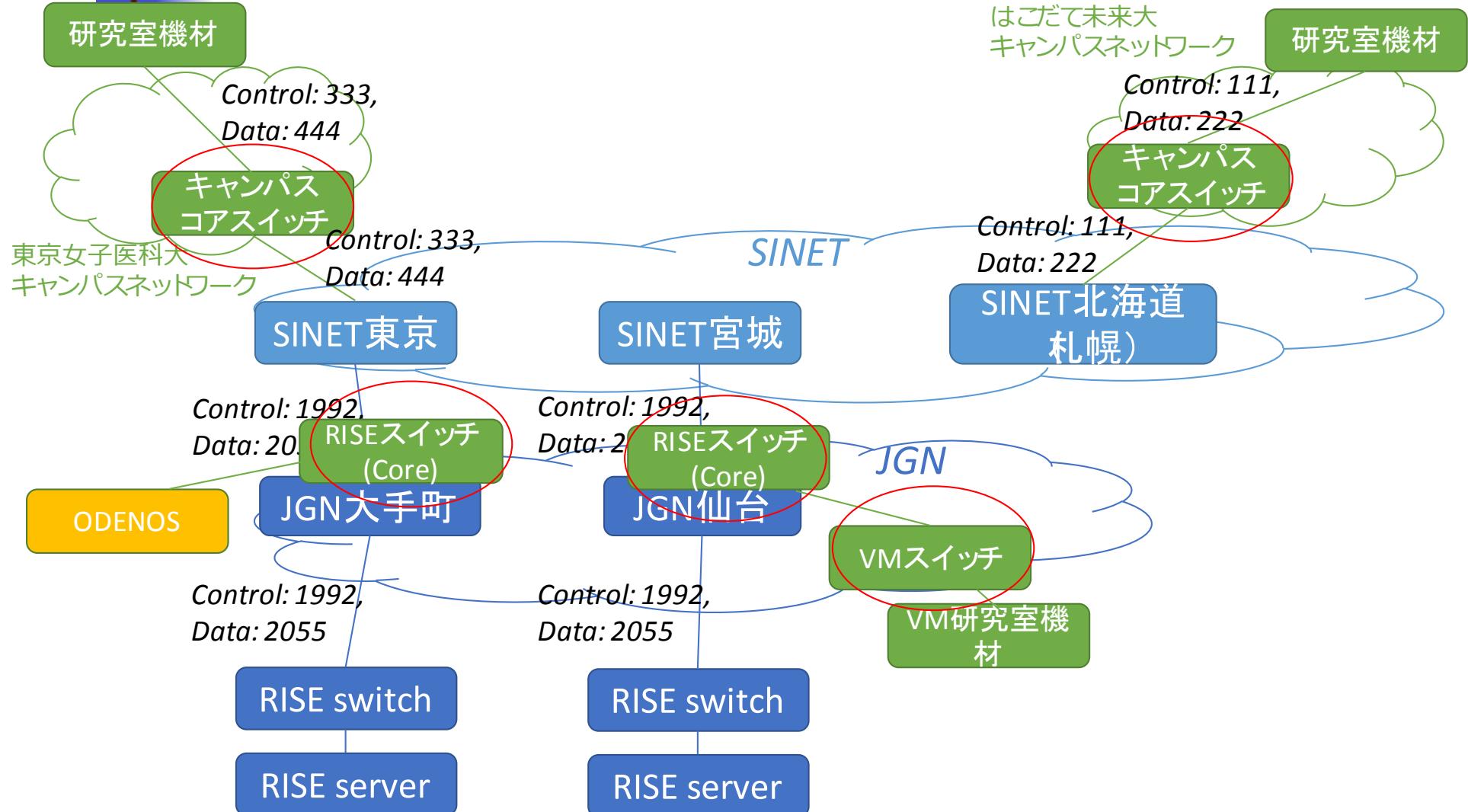




H28年度ネットワークトポロジー



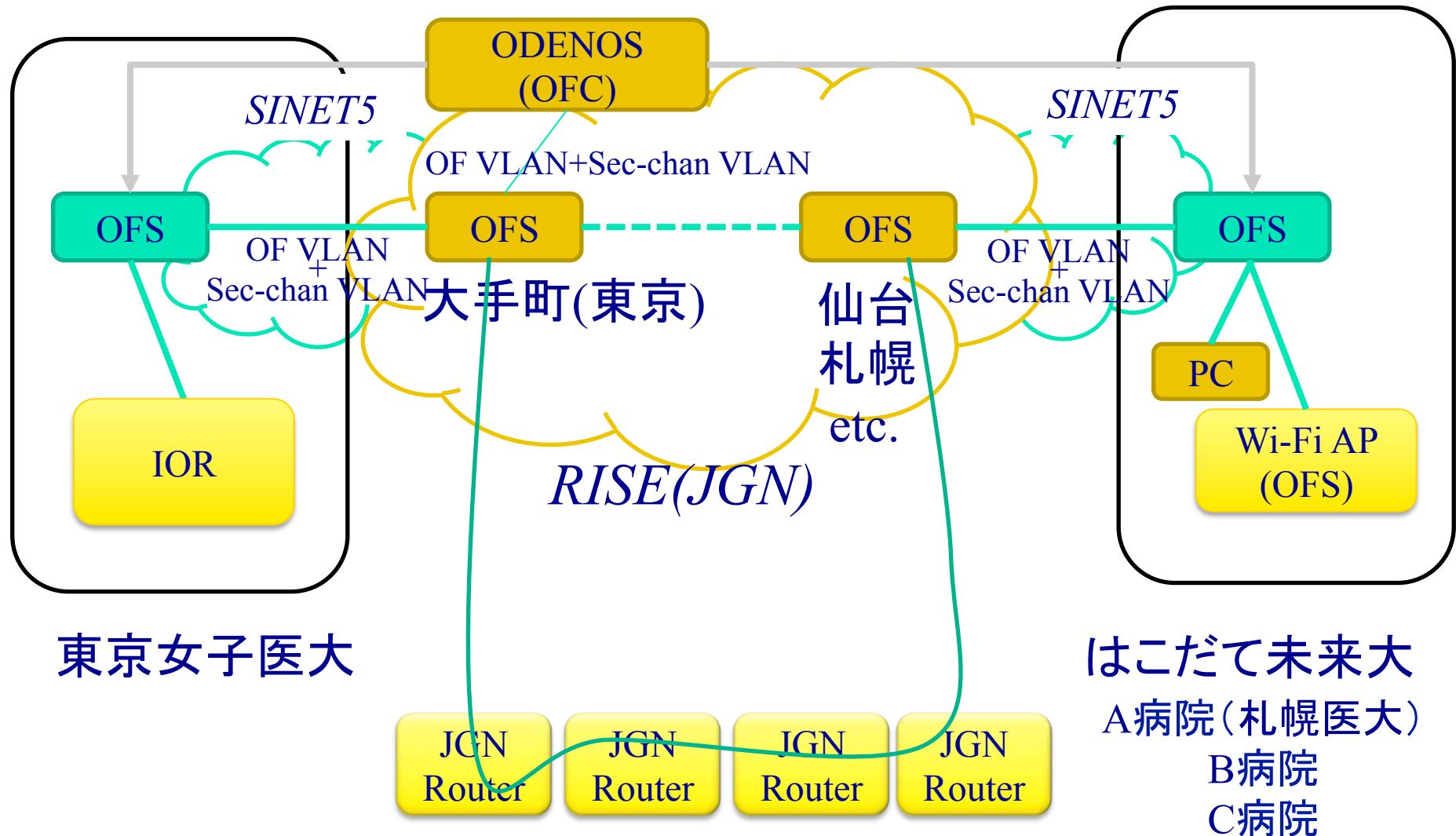
最終ネットワーク環境の制御

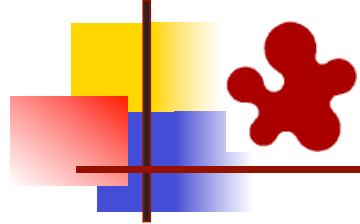


- ODENOSは大手町に配置
- ODENOSから制御対象スイッチにはC-Plane通信可能であること
- OpenFlow Controllerは、ODENOSのTremaDriverを利用



最終ネットワークトポロジー

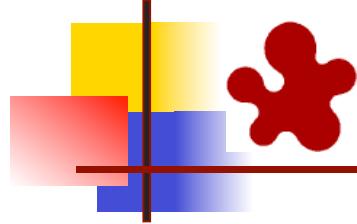




本日のお話



- SCOPE研究
- 先進脳外科手術の現状
- IORとSCOT
- SDNベース情報共有システム
- 未来予測手術に向けて
 - 手術工程解析
 - 標準脳統合
 - 未来医予測手術
- 最後に



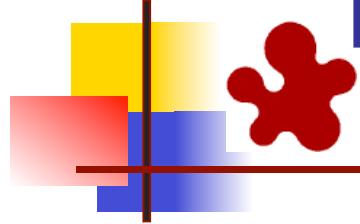
Issues and solutions of awake surgery in IOR



| Issues | Solutions |
|---|-------------------------------------|
| Increase of risk factors caused by parallel medical devices | Incident detection |
| Difficult to recognition of surgical process for staff | Visualization of surgical process |
| The implicit knowledge of skill of an expert surgeon | Visualization of implicit knowledge |

Focus point

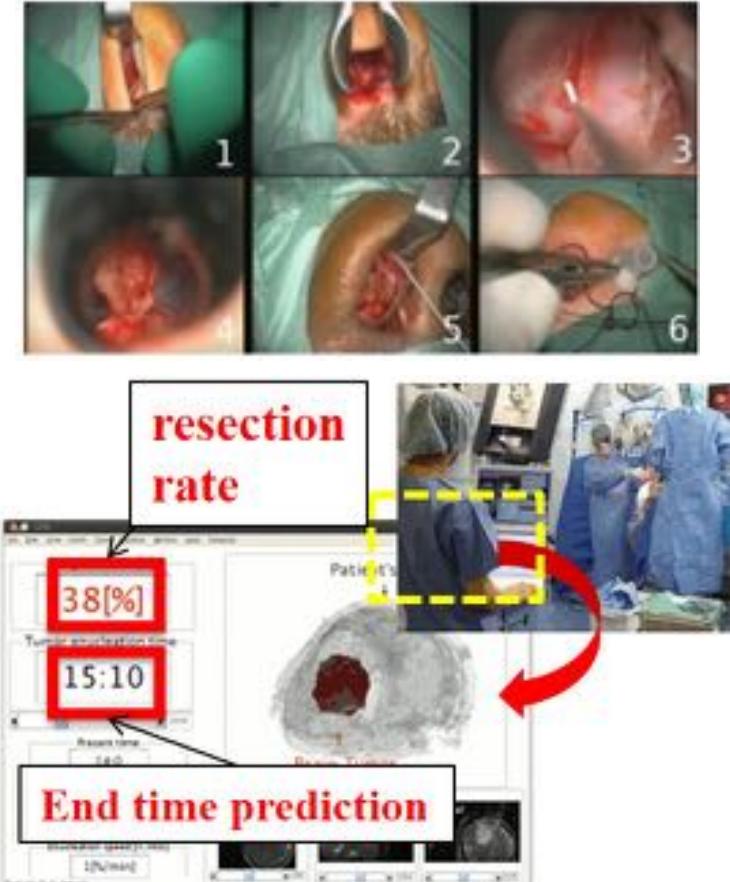
For the recognition of surgical process is necessary, and thus, surgical process analysis and modeling research are employed



Previous study recognition of surgical process in neurosurgery

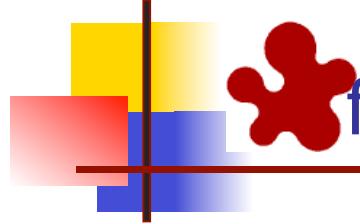


- Surgical process analysis and modeling
 - Surgical Phases Detection from Microscope Videos by Combining SVM and HMM (F. Lalys, 2011 [1])
 - Intraoperative Analysis of Task Progress and Performance of Glioma Surgery using Navigation Information(Nakamura, 2010 [2])



[1] Lalys F, Riffaud L, morandi X, Jannin P (2010) Surgical Phases Detection from Microscope Videos by Combining SVM and HMM. International MICCAI Workshop, 6533: 54-62.

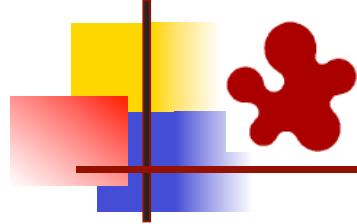
[2] Nakamura R, Aizawa T, Muragaki Y, Maruyama T, Tanaka M, Iseki H (2010) Intraoperative analysis of task progress and performance of glioma surgery using navigation information. International Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS2010), 5(1): S405-S406.



Recognition of surgical process for visualization of implicit knowledge



- Recognizing and analyzing of surgical process aim to visualize implicit knowledge
 - Analyzing of surgical process including implicit knowledge
 - In particular, the awake surgery for glioma includes implicit knowledge
→ Target case: awake surgery for glioma
 - Issues: Recognition of surgical process for surgical process analysis
 - Need to extraction of information to identify the surgical process
→ kinds of instruments, position of instruments, position of tumor and brain structure



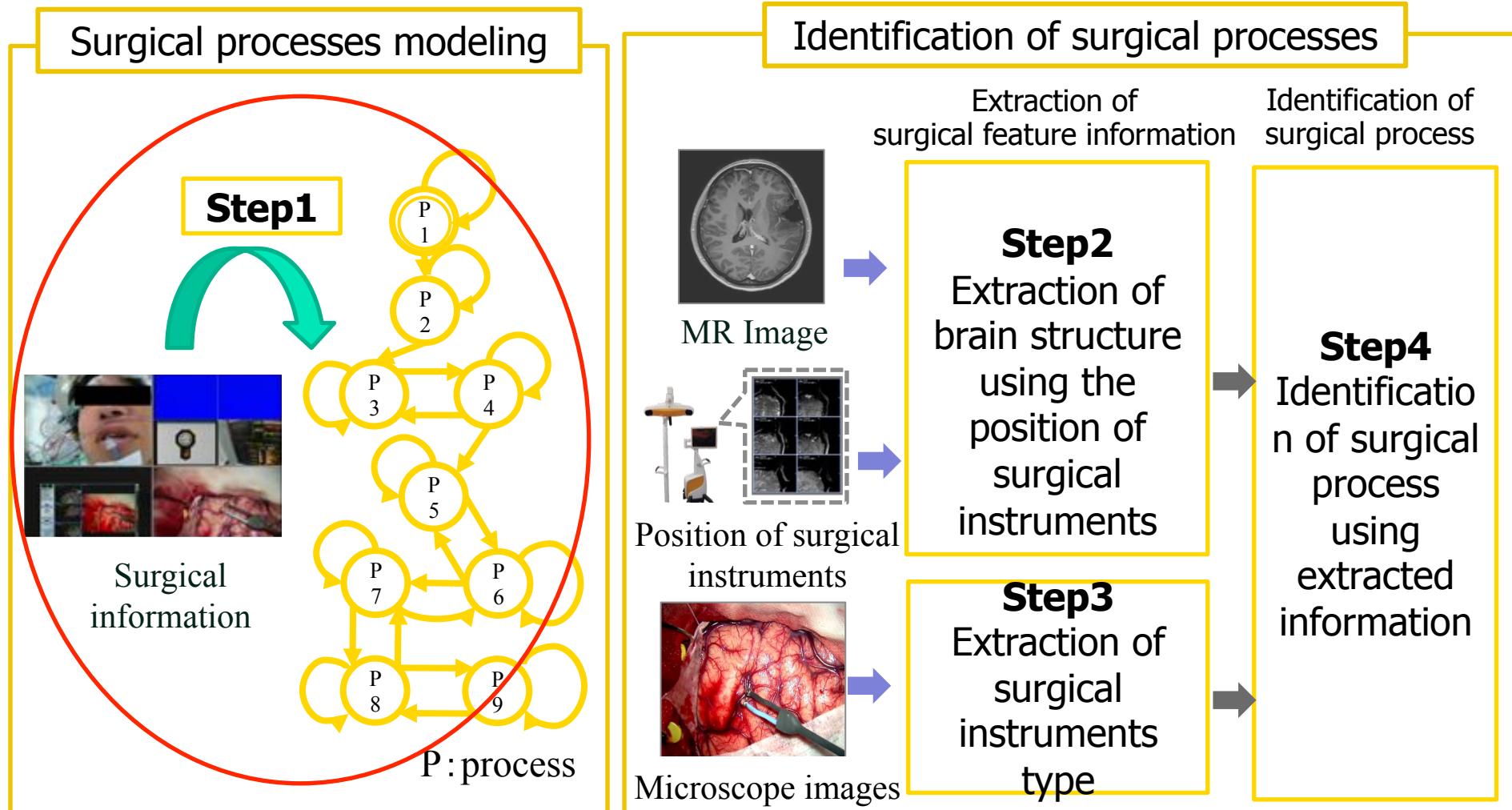
Purpose

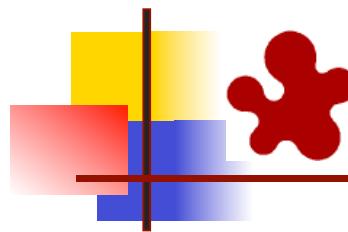


- Proposal for identification and modeling of surgical processes using pre-operative and intra-operative information in awake surgery for glioma
 - Create surgical process modeling
 - Step1. Definition of surgical processes and creation of modeling
 - Identification of surgical process
 - Step2. Extraction of brain structure to position of surgical instruments
 - Step3. Extraction of surgical instruments type
 - Step4. Identification of surgical process using extracted information
 - Experimentation and evaluation of the surgical process identification



An outline of surgical process identification method for awake surgery of glioma

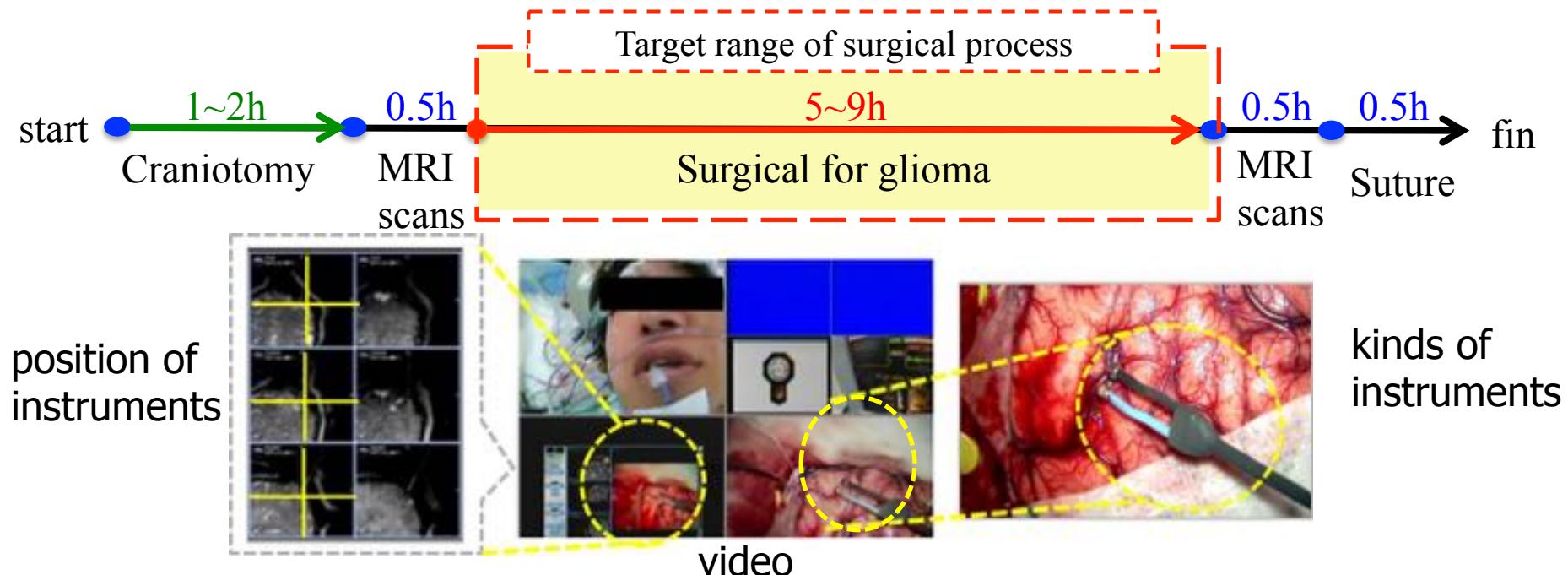


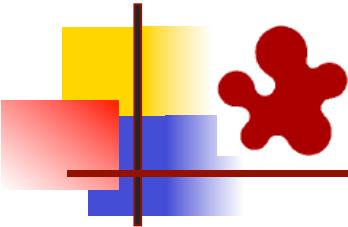


Step1. Definition of surgical process



- Manually extracted feature of surgical process using intra-operative information
 - kinds of surgical instruments
 - Position of surgical instruments and anatomical information





Step1. Definition of surgical process

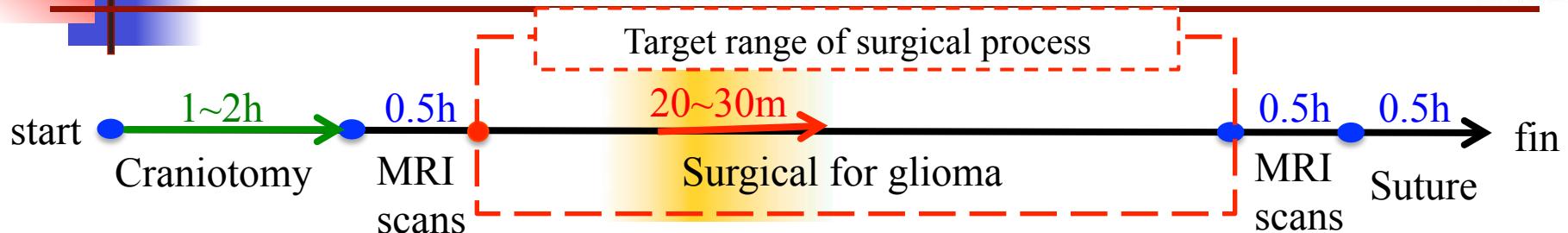


- Definition of 9 surgical processes with expert clinicians using intra-operative information

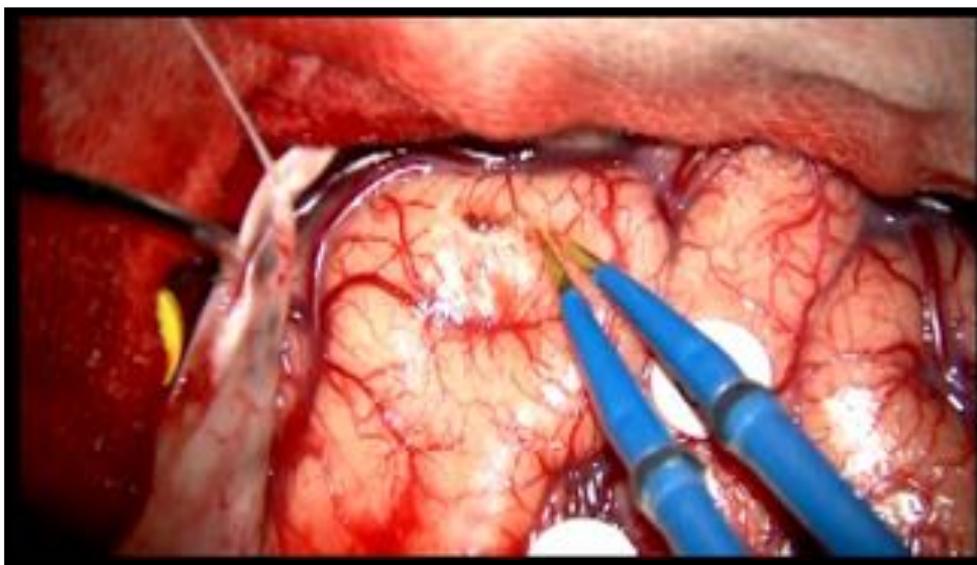
| instruments | Phase | A kind of surgical processes |
|-------------------------|----------------|---|
| bipolar forceps | P1 | Next process preparations |
| bipolar probe | P2 | Verification of tip position of the instruments |
| dura scissors | P3 | Cortical mapping |
| none | P4 | Evaluating brain function on cortical mapping |
| Position of instruments | Sulcus | |
| brain surface | Near the sulci | P5 |
| In the brain | | Coagulation and approach to the tumor |
| In the tumor | Gyrus | P6 |
| Outside the brain | none | Meninges incision |
| | | P7 |
| | | Resection of glioma |
| | | P8 |
| | | White matter mapping |
| | | P9 |
| | | Evaluating brain function on white mapping |



Step1. Definition of surgical process



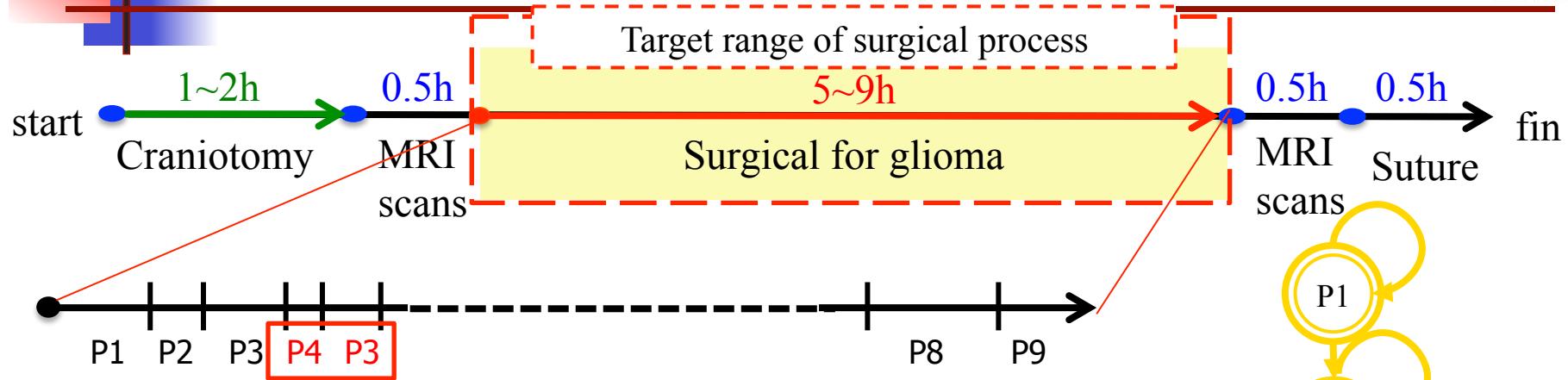
■ P5: Coagulation and approach to the tumor



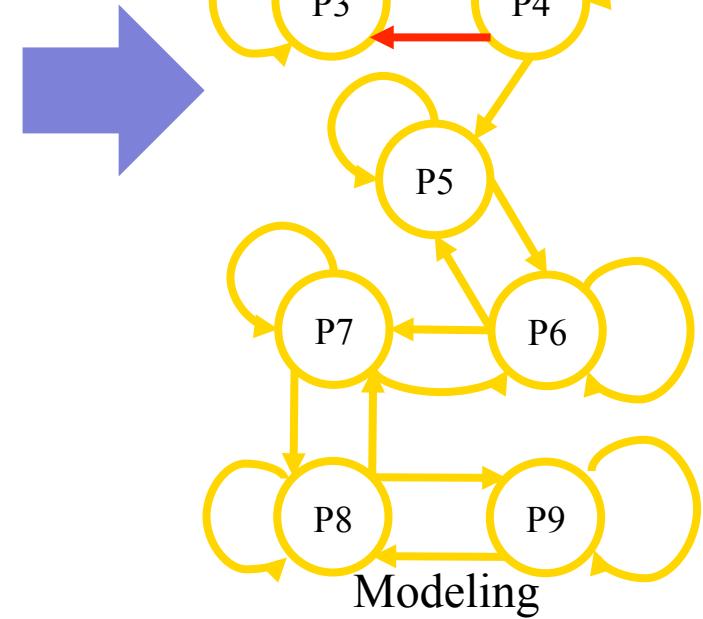
| Surgical instruments | Position of surgical instruments |
|----------------------|----------------------------------|
| bipolar forceps | brain surface |
| bipolar probe | In the brain |
| dura scissors | In the tumor |
| none | Outside the brain |
| Sulcus | |
| Near the sulci | |
| Gyrus | |
| none | |



Step1. Create of surgical process



| A kind of surgical processes | |
|------------------------------|---|
| P1 | Next process preparations |
| P2 | Verification of tip position of the instruments |
| P3 | Cortical mapping |
| P4 | Evaluating brain function on cortical mapping |
| P5 | Coagulation and approach to the tumor |
| P6 | Meninges incision |
| P7 | Resection of glioma |
| P8 | White matter mapping |
| P9 | Evaluating brain function on white mapping |





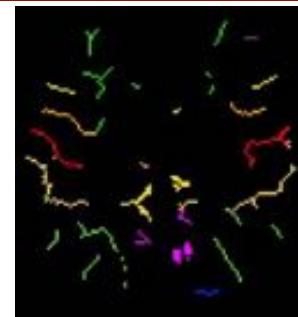
Step2. Extraction of position of surgical instruments on MR image



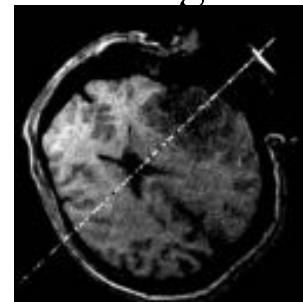
Pre-operative image



Deformation
using Brain
VISA[3],[4]



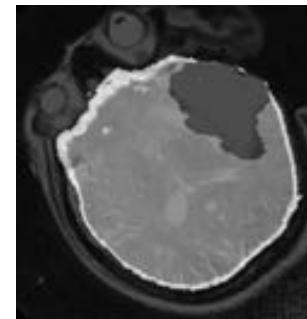
Deformed
sulci image



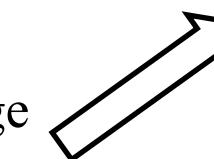
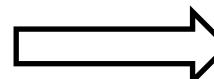
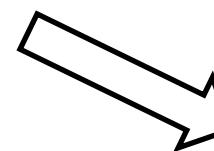
Intra-operative image



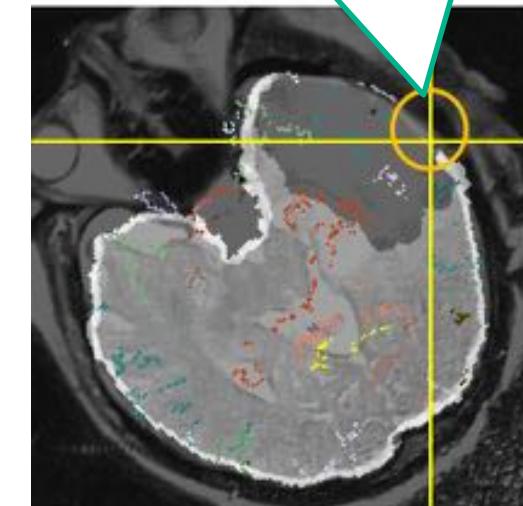
Segmentation



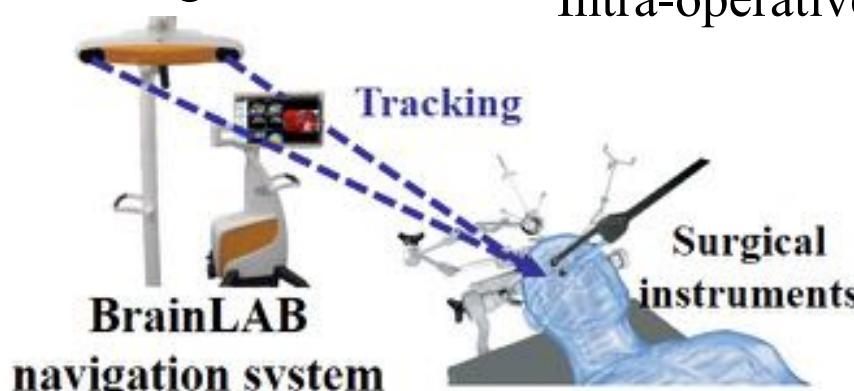
Segmentation of
Intra-operative image



- Position of surgical instruments
- Kind of sulci
- Kind of surgical instruments



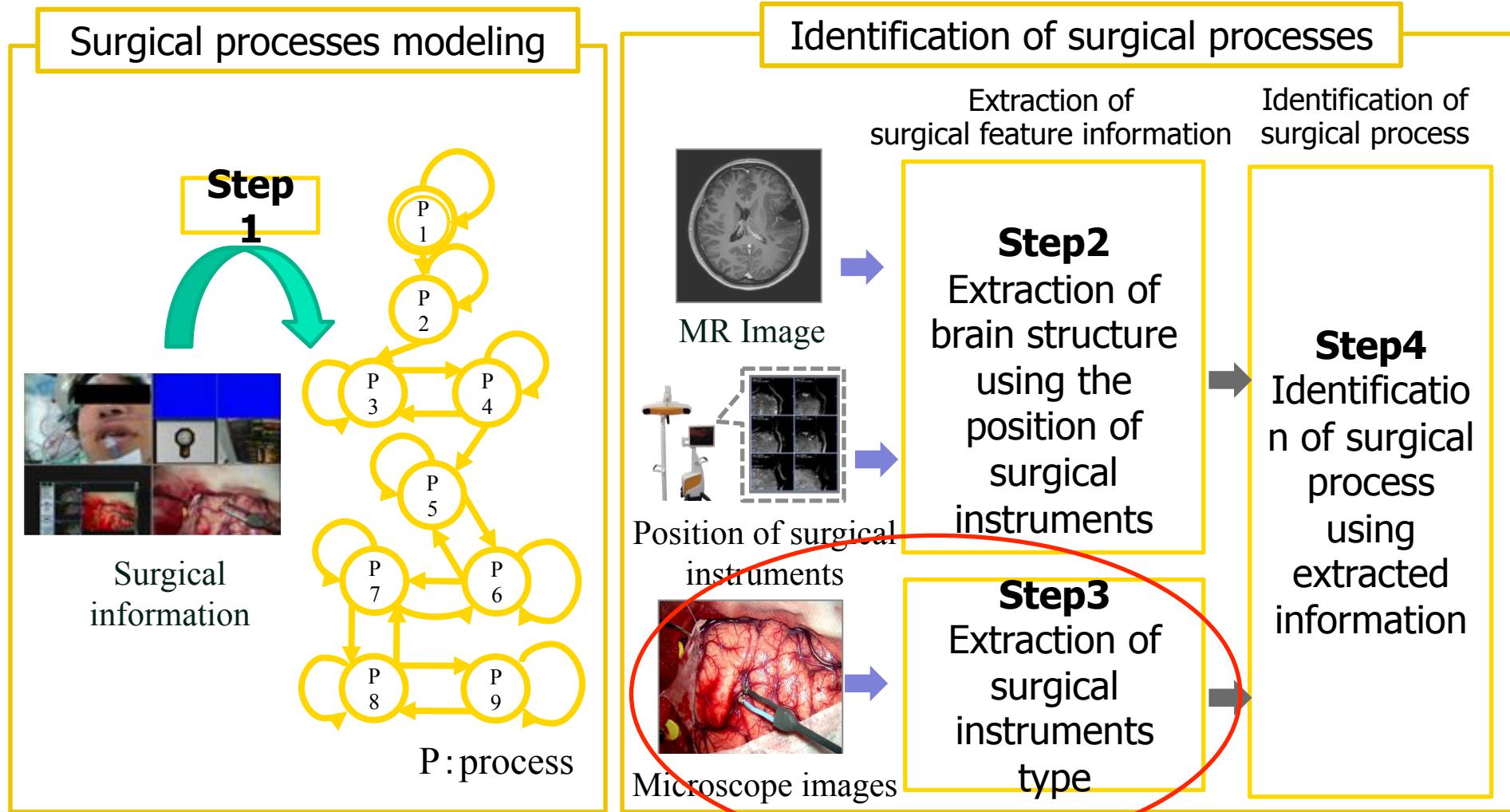
Positional relationships
of surgical instruments
and sulci on MR image

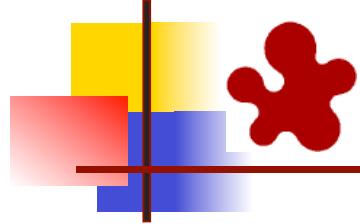


[3] Liu Y, et al., (2014) An ITK implementation of a physics-based non-rigid registration method for brain deformation in image-guided neurosurgery. *Frontiers in Neuroinformatics*, 8(33): 1-10. D. Riviere, J. F. Mangin, D. Papadopoulos-Orfanos, J. Ma.

[4] T. Nonguchi et.al.,(2015) A surgical navigation system guided by intraoperative cerebral sulci recognition in neurosurgery J CARS, vol. 10 (Suppl 1): S277-278, 2015.

An outline of surgical process identification method for awake surgery of glioma





Step3. Extraction of surgical instruments type



Input Images

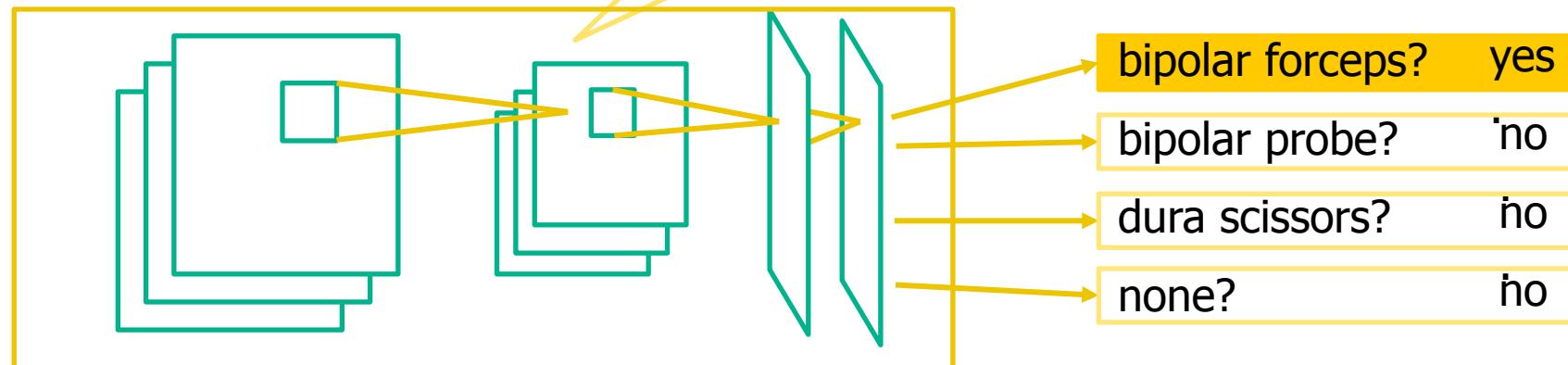
teaching images (250*4)



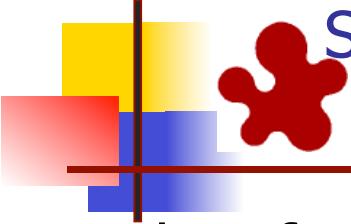
bipolar forceps bipolar probe



dura scissors none



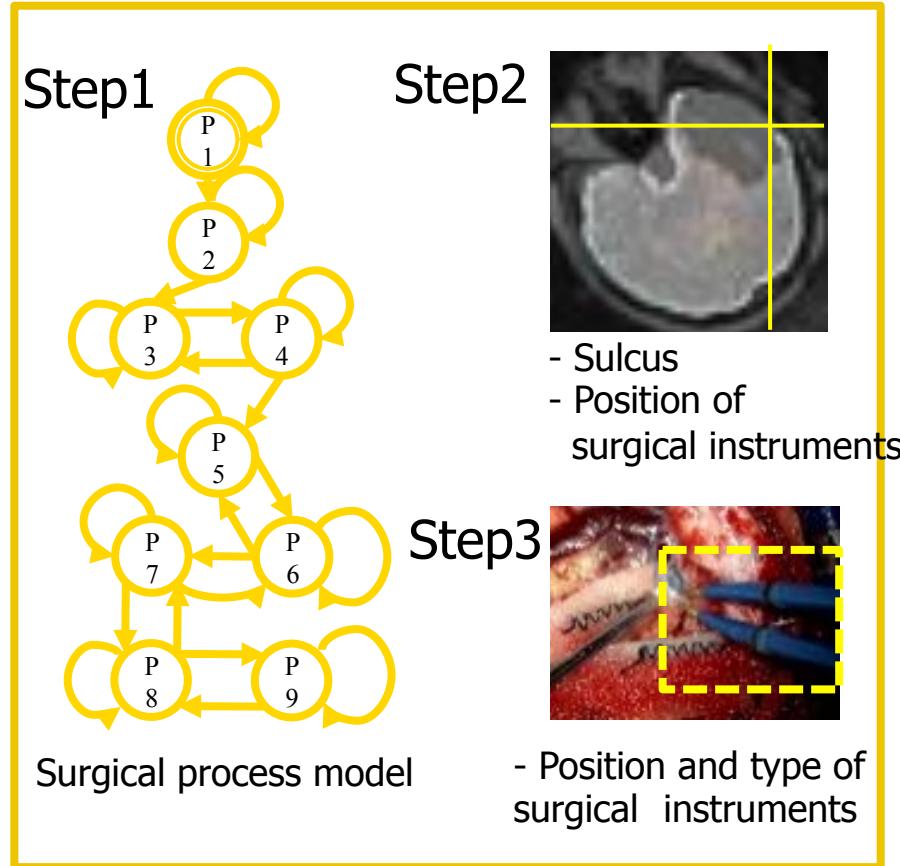
Convolutional Neural Network(CNN)
+
Support Vector Machine (SVM)



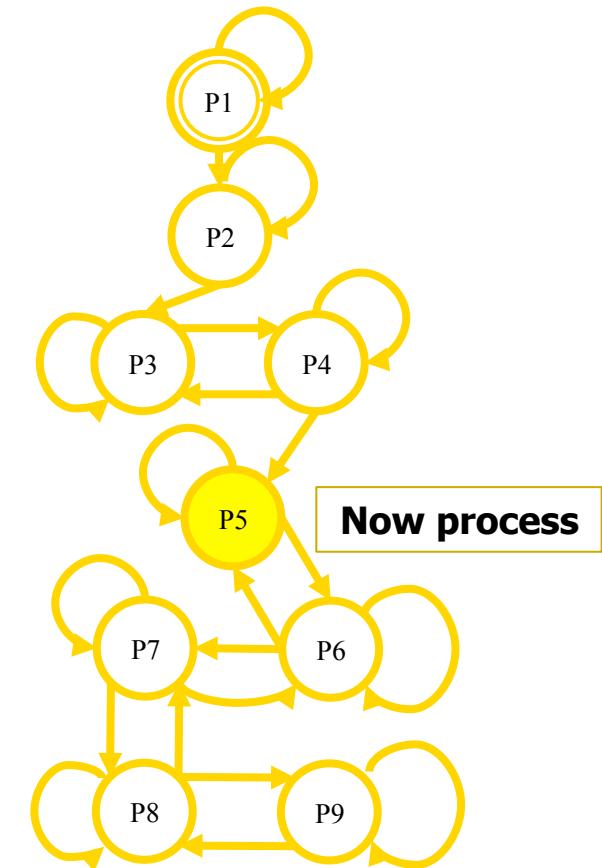
Step4. Identification of a surgical process and creation of a surgical model

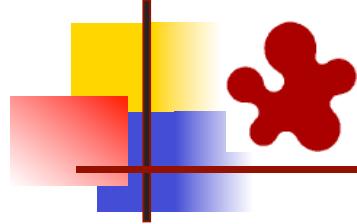


- Identification of surgical process using HMM (Hidden Markov Model)
 - Input data : step1~step3 data



Hidden Markov
Model
(HMM)

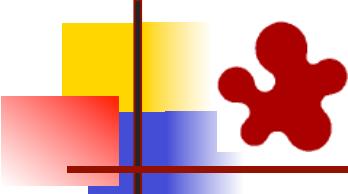




Experiment and Evaluation of the Identification of surgical process



- Input data (1case 120minutes)
 - Intra- and Pre- operative MR Images ($512 \times 512 \times 200$ [voxels])
 - Microscope Images ($1920 \times 1080 \times 3$ [pixel])
 - Positional information of surgical instruments (22 fps)
- Methods
 - Identification of surgical process, proposed
 - Check the true surgical process by manual operation
 - We compared the identified surgical processes with the true surgical processes

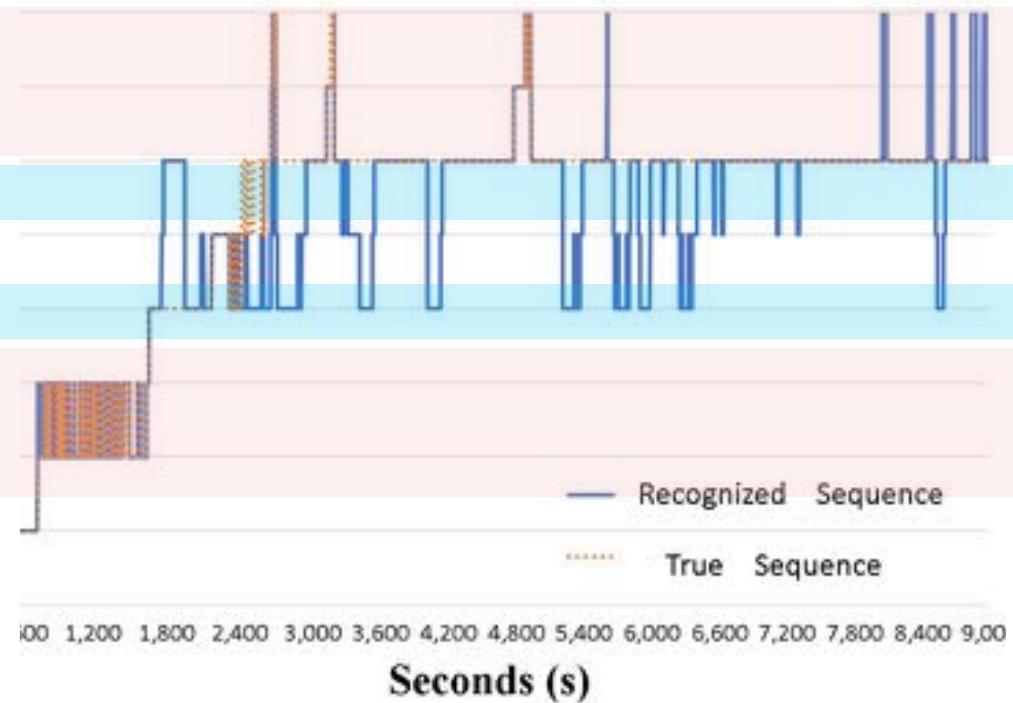


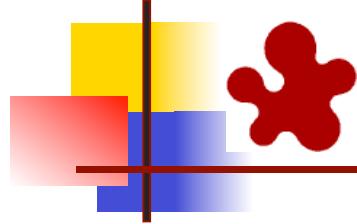
Experimental Evaluation



- Result: Rate of surgical process identification
(120 minutes) 77%
 - Identification of surgical process using bipolar prove: 94% (P3,P4,P8,P9)
 - Identification of surgical process using bipolar forceps: 63%(P5,P7)

- P9 Evaluating brain function on white mapping
- P8 White matter mapping
- P7 Resection of glioma
- P6 Meninges incision
- P5 Coagulation and approach to the tumor
- P4 Evaluating brain function on cortical mapping
- P3 Cortical mapping
- P2 Verification of tip position of the instruments
- P1 Next process preparations

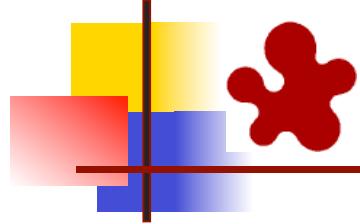




本日のお話



- SCOPE研究
- 先進脳外科手術の現状
- IORとSCOT
- SDNベース情報共有システム
- 未来予測手術に向けて
 - 手術工程解析
 - 標準脳統合
 - 未来医予測手術
- 最後に



標準脳への統合目的

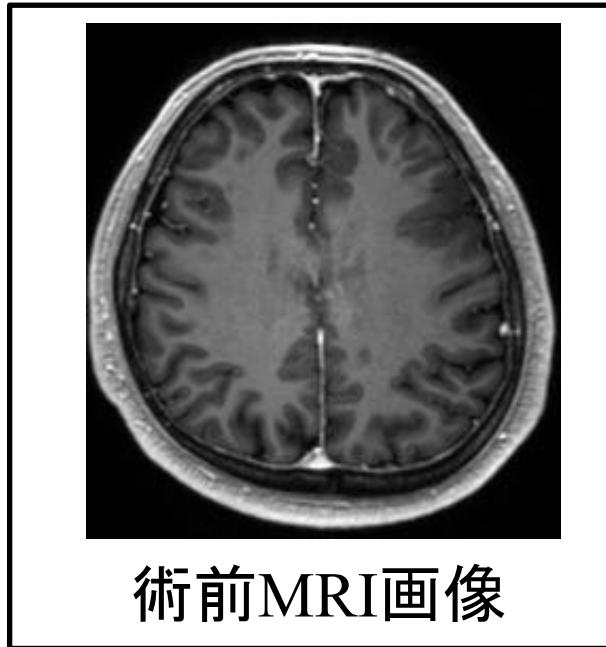


- 未来予測手術のため、個人差のある脳機能情報を一意な座標系へ統合し、統計的に解析可能とする手法を提案
 - 術中電気刺激位置の標準脳画像への統合手法の検討
 - 術中MRI画像から術前MRI画像への非線形変形による統合
 - 術前MRI画像から標準脳画像への非線形変形による統合
 - 統合手法の精度評価
 - 術中MRI画像から術前MRI画像への非線形変形精度評価
 - 術前MRI画像から標準脳画像への非線形変形精度評価

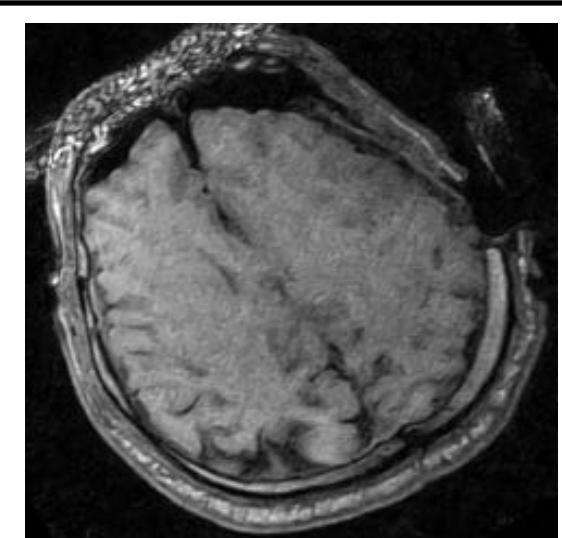


術中情報と手術記録

1. 電気刺激位置の
プロット



術前MRI画像

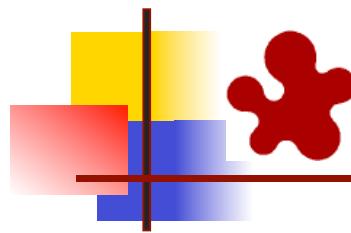


術中MRI画像

2. 標準脳座標系への剛体変換

3. 術中から術前への非線形変形による統合

4. 術前から標準脳への非線形変形による統合



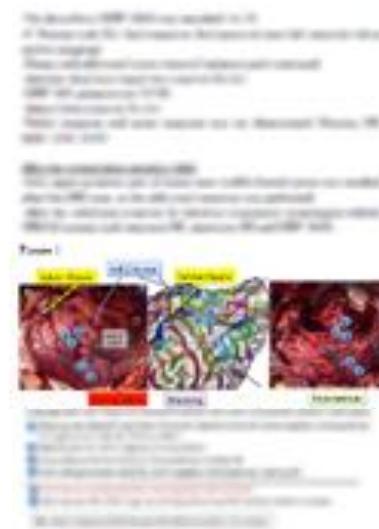
1. 術中画像上への電気刺激位置のプロット



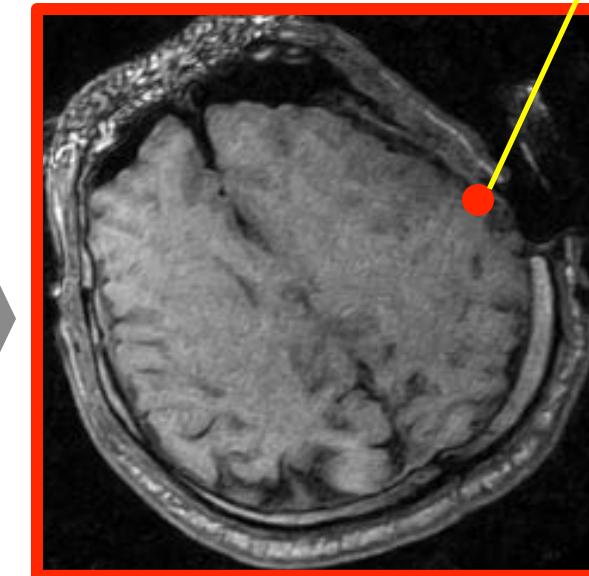
- 術中情報と手術記録より電極先端位置を取得
 - 皮質マッピング時に有意な反応が見られた電気刺激位置の抽出
- 電気刺激位置のプロット
 - 電気刺激位置を示す直径9mm球体のプロット
 - 電気刺激強度とタスク毎に色を指定



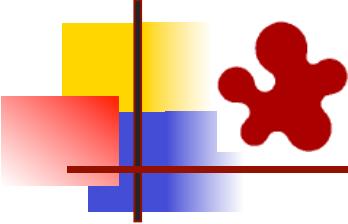
術中情報



手術記録



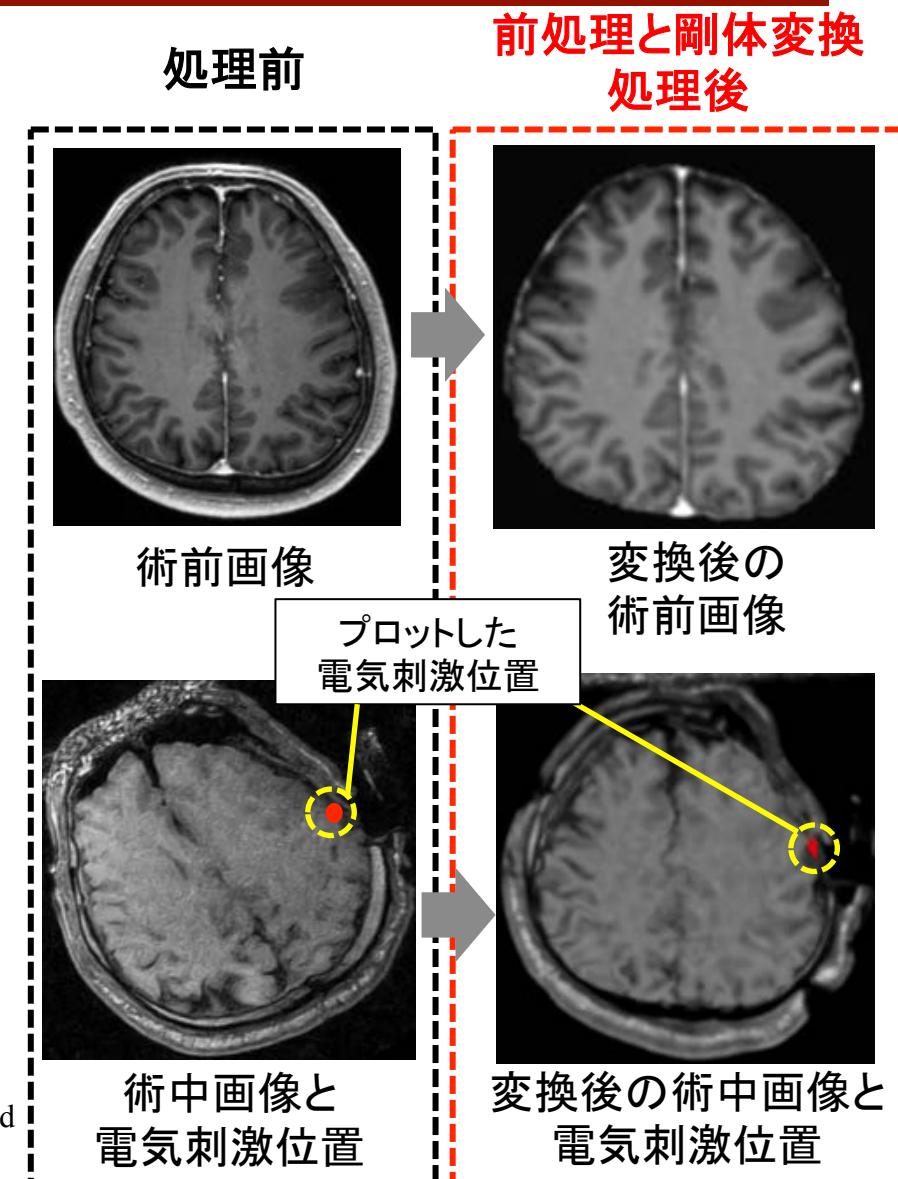
術中MRI画像と
プロットした電気刺激位置



2. 標準脳座標系への剛体変換



- 術前・術中MRI画像の前処理
 - 輝度値の線形変換
 - バイアス補正[*]
 - ノイズ除去[**]
- 標準脳座標系へ剛体変換
 - 術前MRI画像
 - 術中MRI画像
 - プロットした電気刺激位置

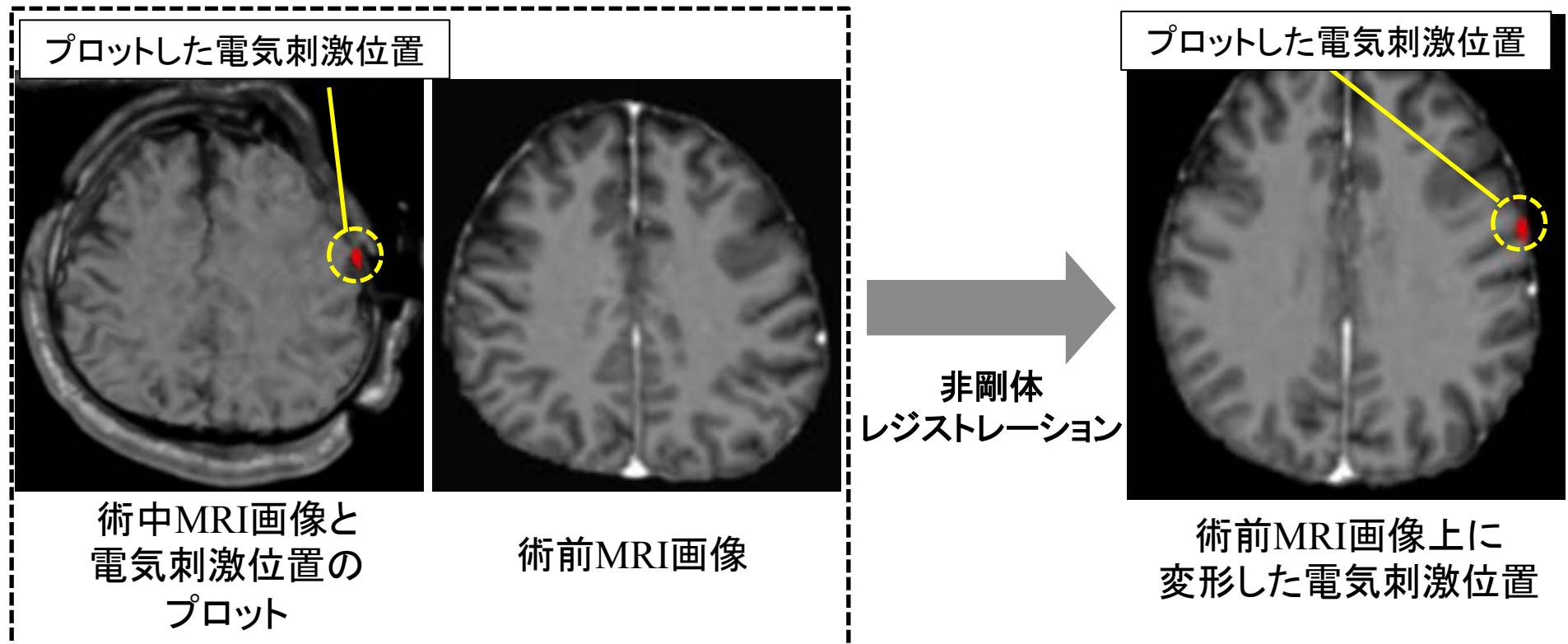


[*] Entropy minimization for automatic correction of intensity non uniformity, J.-F. Mangin, MMBIA (Math. Methods in Biomed. Image Analysis), Hilton Head Island, South Carolina, IEEE Press 162-169, 2000

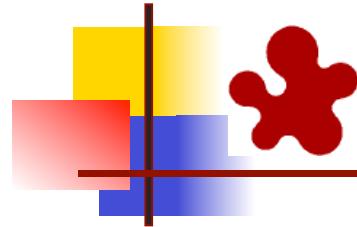
[**] A. Tristan-Vega, V. Garcia Perez, S. Aja-Fernandez, and C.-F. Westin, "Efficient and Robust Nonlocal Means Denoising of MR Data Based on Salient Features Matching", Computer Methods and Programs in Biomedicine. (Accepted for publication) 2011.

3. 術中から術前への非線形変形

- 術中画像から術前画像への変位を算出し変形
 - Liuらによる非剛体レジストレーション手法[*]を採用
 - 事前に脳のセグメンテーションとメッシュ作成



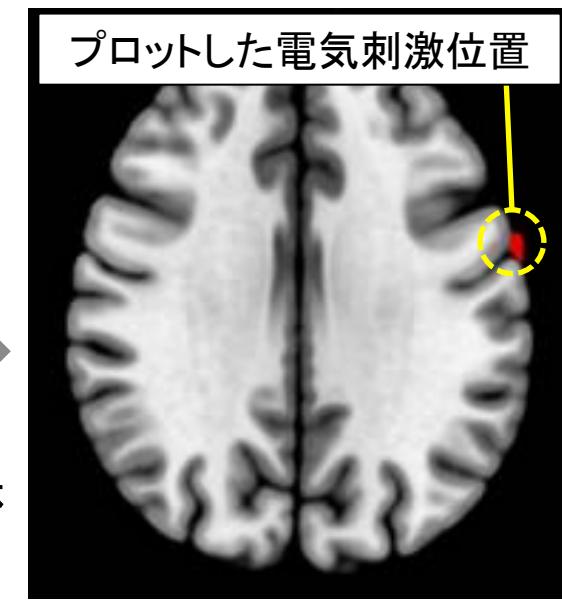
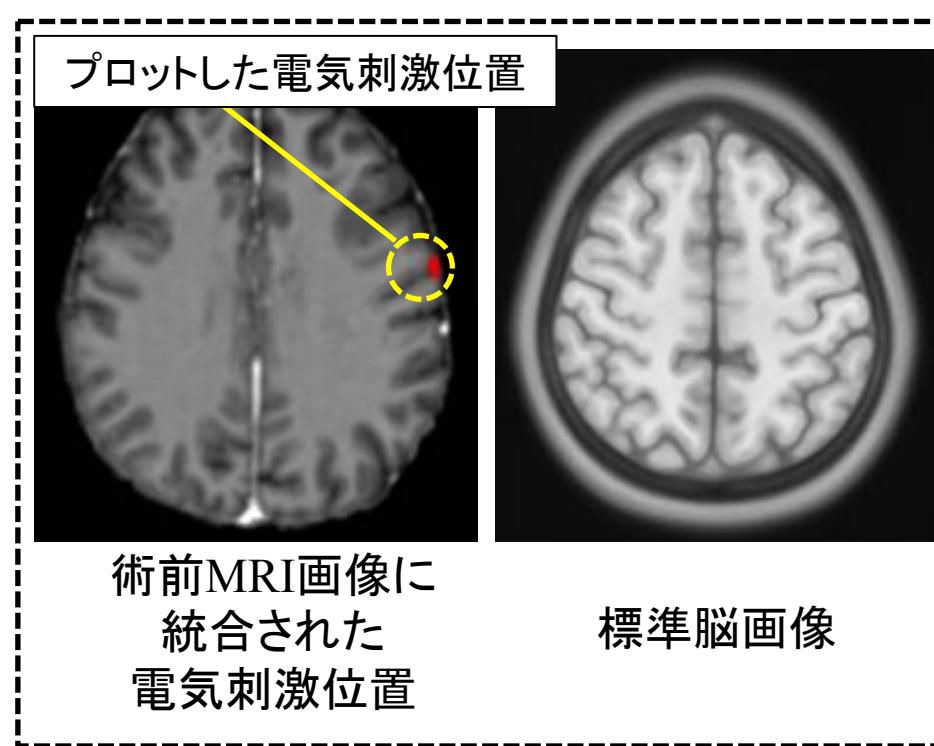
[*] Y. Liu, et al., “An ITK implementation of a physics-based non-rigid registration method for brain deformation in image-guided neurosurgery”, Frontiers in neuroinformatics, vol.8, no.33, pp.1-10, 2014.



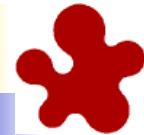
4. 術前から標準脳への非線形変形



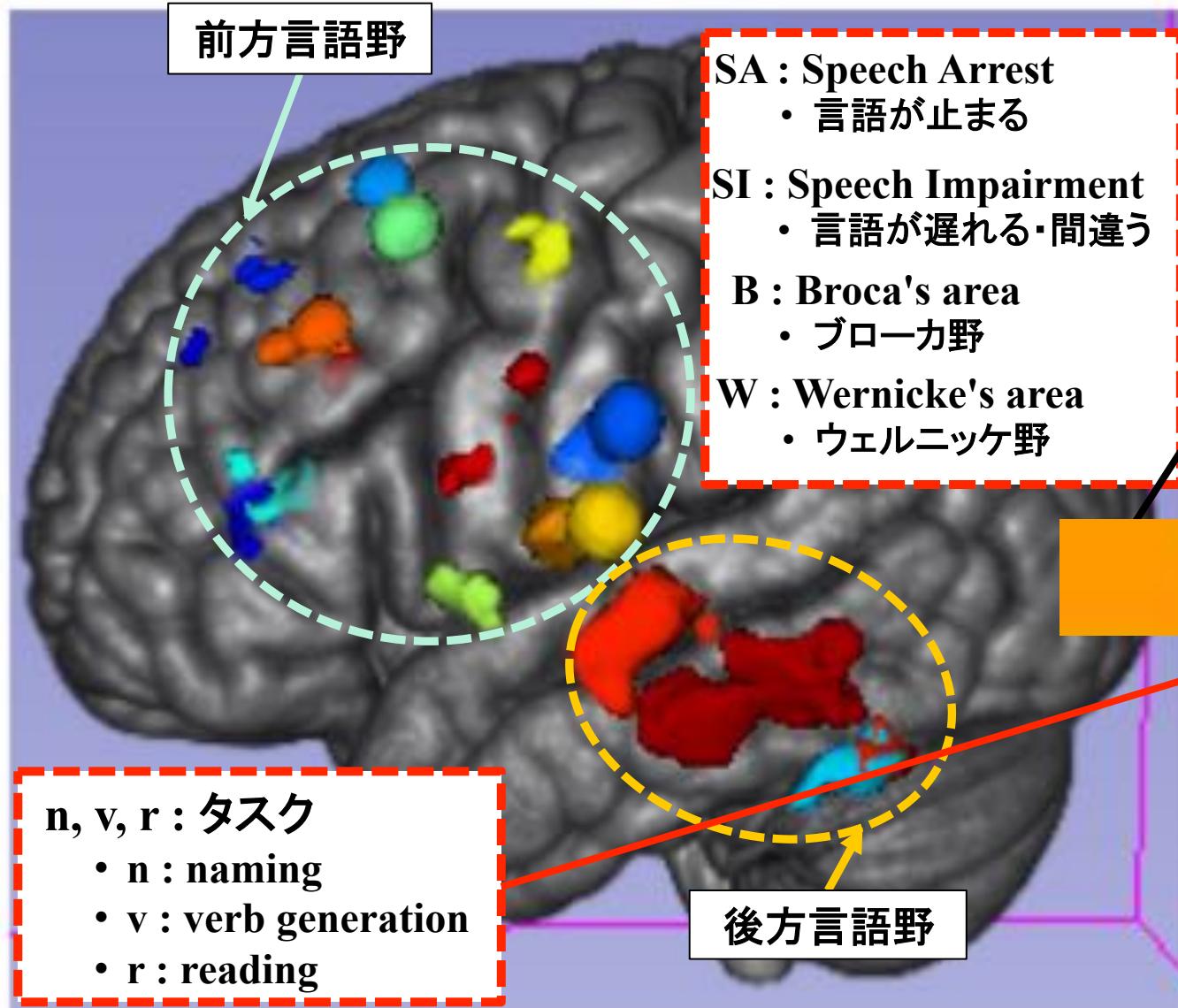
- 術前MR画像から標準脳への変位を算出し変形
 - Statistical Parametric Mapping (SPM)[*]による非剛体レジストレーション手法を採用
 - 術前MRI画像の灰白質をセグメンテーション
 - 術前MRI画像の灰白質と標準脳の灰白質の変位を算出し変形



[*] SPM: Statistical Parametric Mapping, <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>. (last accessed at 2016/08/30)



標準脳へ統合した電気刺激位置



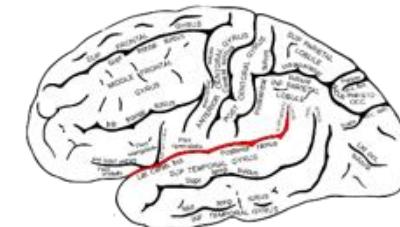
| |
|---------------|
| SA-Wn (2mA) |
| SA-Bn (3mA) |
| SA-Wr (2mA) |
| SA-Bv (3mA) |
| SA-Wnvr (3mA) |
| SA-Bnv (4mA) |
| SA-Bv (6mA) |

| |
|---------------|
| SA-Wnvr (3mA) |
| SI-Bv (3mA) |
| SI-Wnr (3mA) |
| SI-Bv (4mA) |
| SI-Bn (6mA) |

統合手法の精度評価

- 目的
 - 術中電気刺激位置の術中MRI画像上から標準脳への統合手法の精度を評価
- 方法
 - 各解剖学的特徴点における変形誤差と腫瘍付近の脳表の誤差の評価 (6症例)
 1. 術中MRI画像から術前MRI画像の統合精度評価
 2. 術前MRI画像から標準脳の統合精度評価
 - 解剖学的特徴点 (4~5点)
 - 脳溝: シルヴィウス溝, 中心溝, 上側頭溝
 - 腫瘍付近の特徴点

解剖学的特徴点



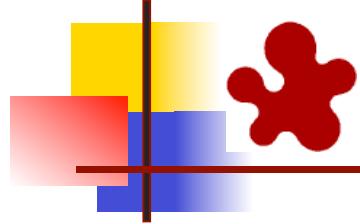
シルヴィウス溝



中心溝



上側頭溝



統合手法の精度評価結果



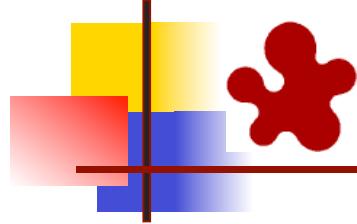
1. 術中MRI画像から術前MRI画像の統合精度評価結果

- 全体の統合誤差: 3.1 ± 1.5 [mm]
 - 脳溝の統合誤差: 3.0 ± 1.4 [mm]
 - 腫瘍付近誤差: 3.3 ± 2.0 [mm]

2. 術前MR画像から標準脳の統合精度評価結果

- 全体の統合誤差: 5.2 ± 3.3 [mm]
 - 脳溝の統合誤差: 5.2 ± 3.5 [mm]

変形対象の画像と標準脳間での腫瘍の有無や大きさの違いなどを考慮していなかったため、統合誤差が大きくなつたと考えられる



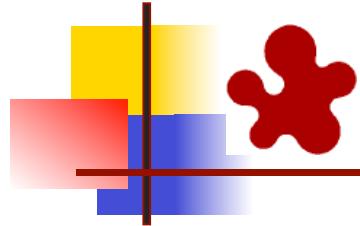
本日のお話



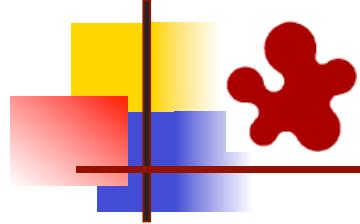
- SCOPE研究
- 先進脳外科手術の現状
- IORとSCOT
- SDNベース情報共有システム
- 未来予測手術に向けて
 - 手術工程解析
 - 標準脳統合
 - 未来医予測手術
- 最後に



未来予測手術への挑戦



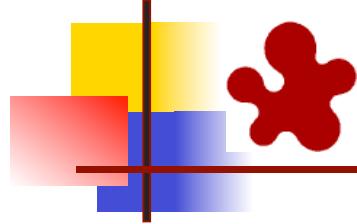
- 未来予測手術
 - 十分な科学的根拠に基づき、医師の意思決定を支援
 - 手術中もしくは術前の段階で、術後の状態を予測
 - 工程解析、標準脳作成により、高度な手術解析が可能
 - ネットワーク化により手術情報を集約
- 各地のSCOTをネットワーク化
 - 情報共有、リアルタイム指導が可能
 - 情報共有DBから手術の暗黙知を可視化
- 未来予測手術に向けて
 - 解析、分析法の明確化



本日のお話



- SCOPE研究
- 先進脳外科手術の現状
- IORとSCOT
- SDNベース情報共有システム
- 未来予測手術に向けて
 - 手術工程解析
 - 標準脳統合
 - 未来医予測手術
- 最後に



さいごに



- 先進脳外科手術の現状
 - Medicine 4.0が始まっている
- SCOT全国展開開始
 - 広島大, 信州大
- SCOTと遠隔医療
 - 情報共有, リアルタイム指導が稼働し, 未来予測型脳外科手術が可能な状況に
 - SDNにより容易にオーバレイNWの構築が可能に
←しかし, ユーザにNW制御権は渡されるのか?
- 今後の課題
 - SCOTデータのリアルタイム転送
 - Industry 4.0, Society 5.0の医療版としての浸透
 - 国際標準を満たして日本の先進医療を世界に

