

ATR脳情報研究所
ATR脳情報解析研究所
慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室
東京湾岸リハビリテーション病院

リハビリテーションに応用可能な 脳ダイナミクス推定技術の開発

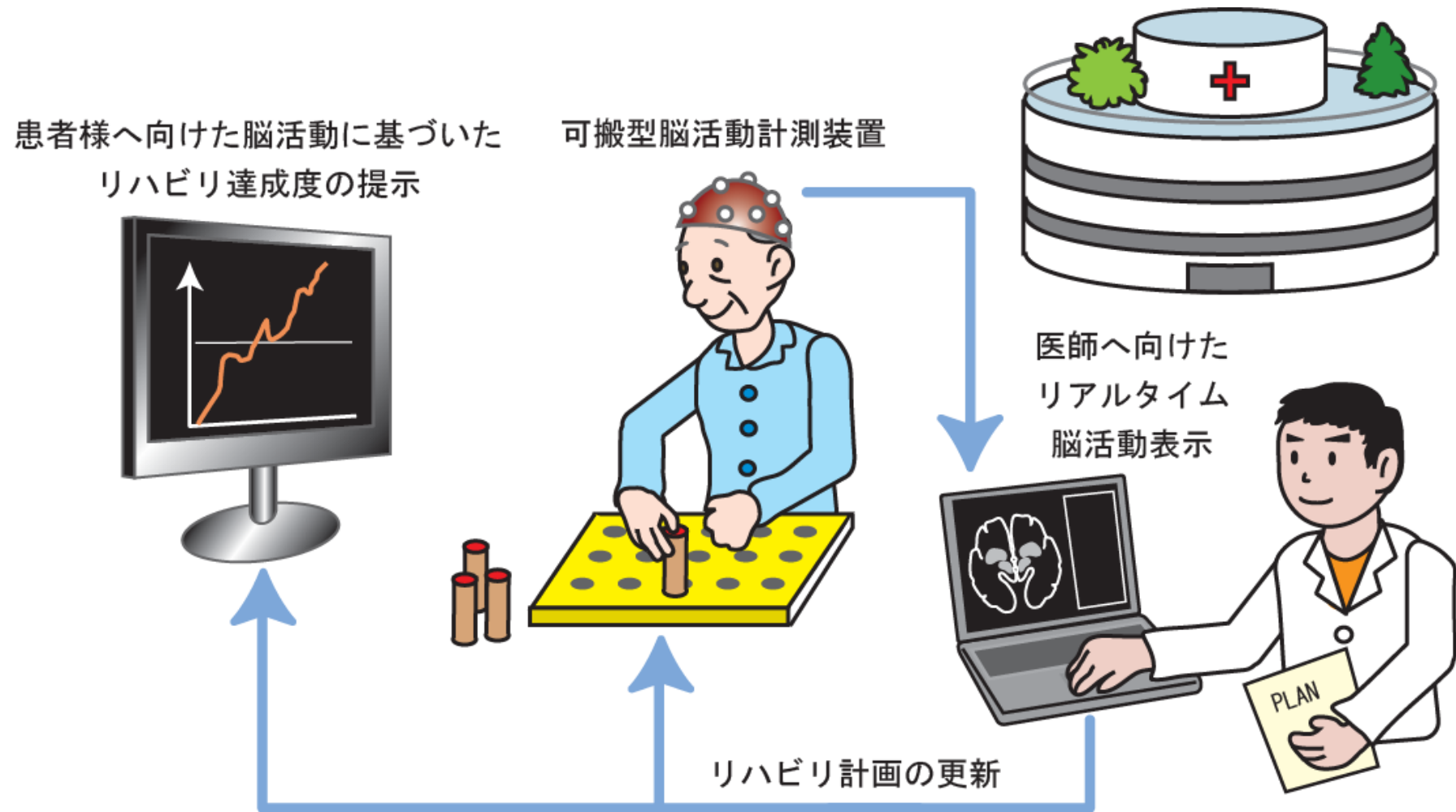
ATR脳情報研究所
運動制御・機能回復研究室



もしあなたが脳卒中になったら

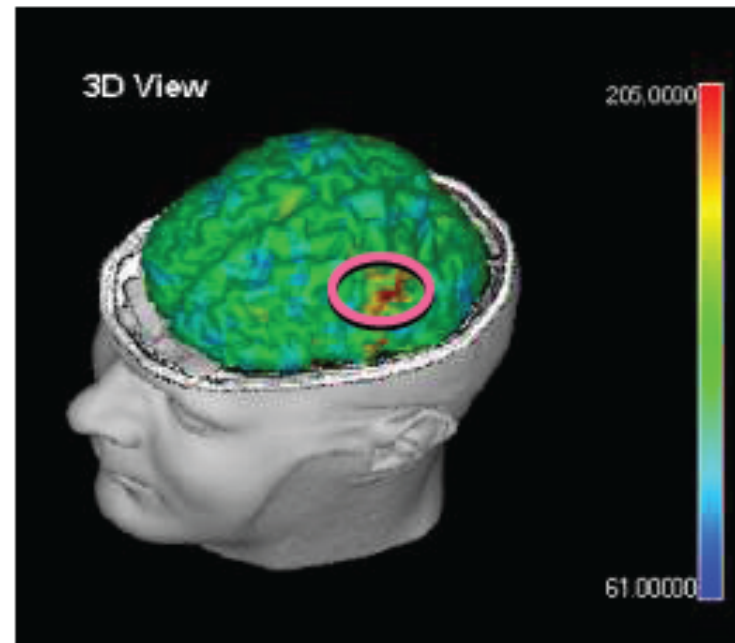
- 10年後には脳卒中患者300万人
- うち半数が運動・コミュニケーションに障害
- リハビリテーションが必要になる
- 最初に元には戻りませんよと言われる
- 努力しても麻痺した身体が動かない ➡ 諦め
- がんばりすぎると脳全体が活動 ➡ がちがち
- リハビリテーション中に脳活動が正確に、簡単に測れたら、諦めやがちがちを避けれるかも
- 脳活動で、リハビリテーションの方向性を教示 

ATRの描く未来のリハビリテーション



従来の神経科学手法にもとづく リハビリテーションの考え方

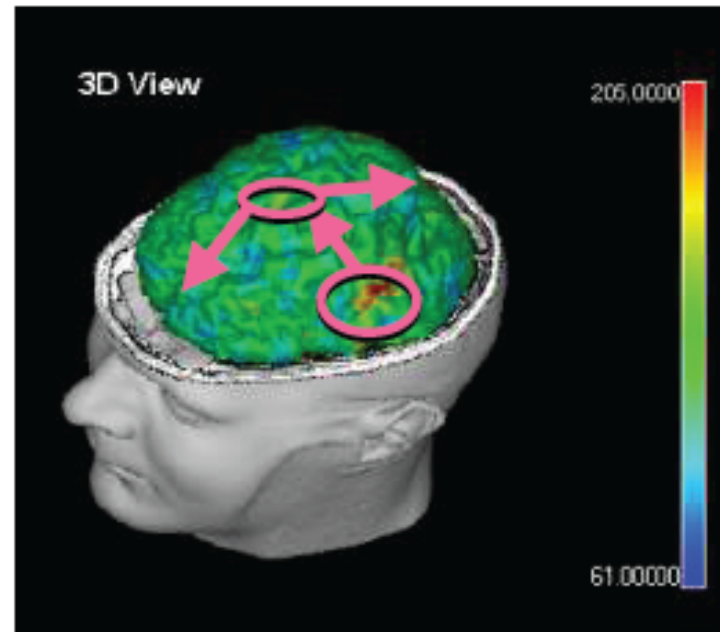
脳機能マッピング



脳活動部位を明らかにし、ニューロフィードバックで
特定部位の活動強度を制御する

新しいパラダイムにもとづく 未来のリハビリテーションの考え方

脳機能ダイナミクス



脳活動の動的パターンを計測し、デコーデッド
ニューロフィードバックでダイナミクスを制御する

BMIに利用される 様々な脳活動の計測方式

従来のアプローチ

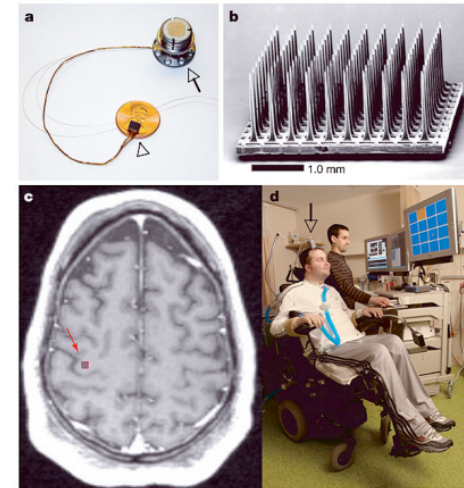
侵襲型

神経細胞から精度の高い情報

感染リスク

電極の生体拒否反応による劣化

長期繰り返し安定性に欠ける



非侵襲・重厚長大型

脳活動を高い精度で計測

頭部及び全身を拘束

高価



非侵襲の4種類の計測法

血流変化に関連
高空間分解能

電磁場の変化
高時間分解能

大型装置
身体固定
高価
用途限定



fMRI



脳磁計

小型携帯
自由行動
安価
一般用途



近赤外光計測(NIRS) © 森之宮病院
島津製作所

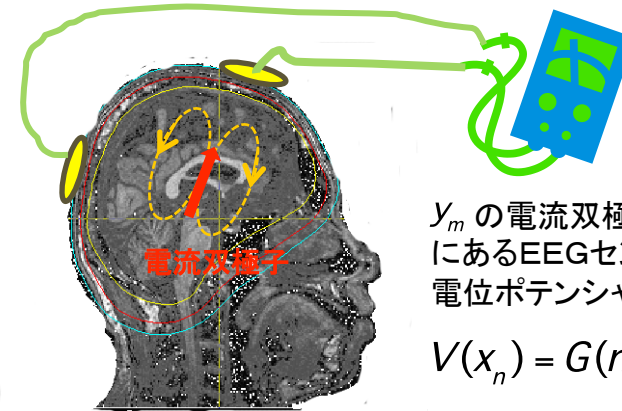
同時計測



脳波(EEG)

非侵襲・可搬携帯型の脳機能計測装置

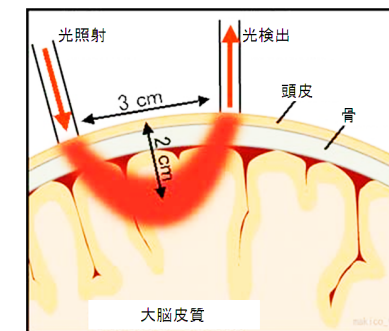
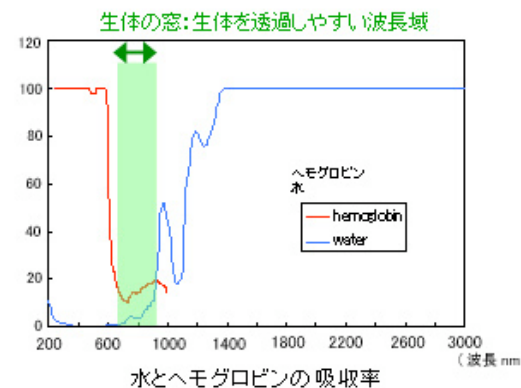
脳波 (EEG) 計測装置



y_m の電流双極子 J_m が x_n にある EEG センサ上に作る
電位ポテンシャル

$$V(x_n) = G(n, m) \cdot J_m$$

NIRS 計測装置



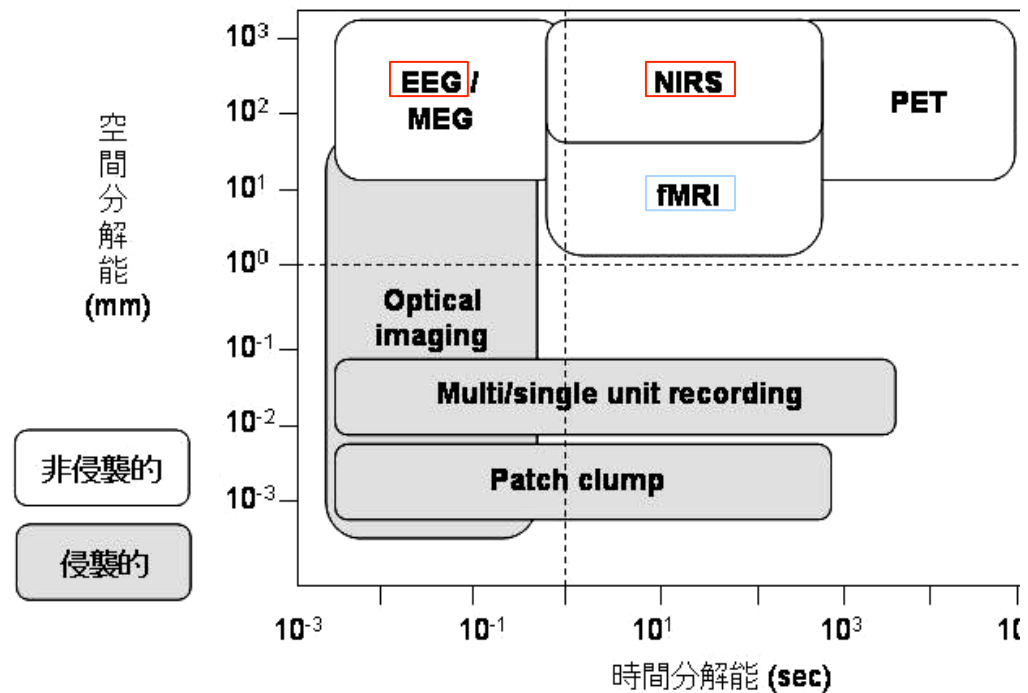
島津製作所ホームページより抜粋

非侵襲可搬携帯型の脳機能計測装置

脳波 (EEG) 計測装置



NIRS 計測装置



NIRS: 高空間分解能/低時間分解能

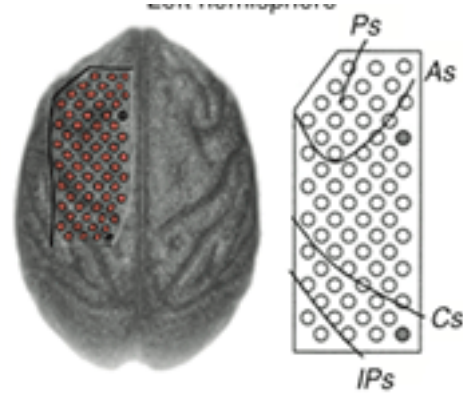
EEG: 低空間分解能/高時間分解能

侵襲型は非侵襲型よりも精度が高い(？)

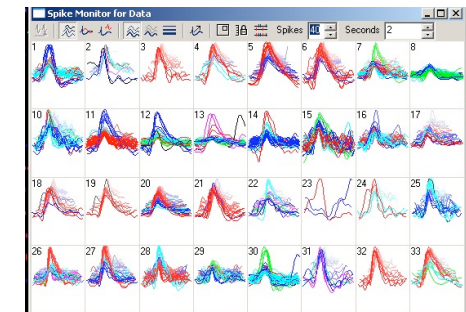
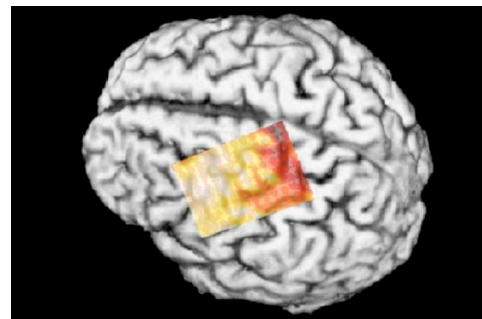
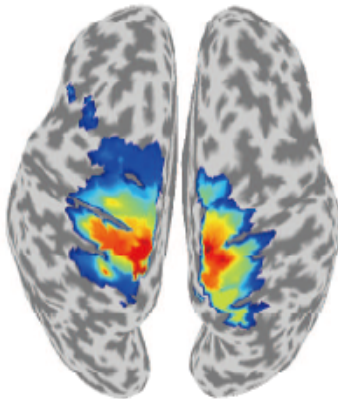
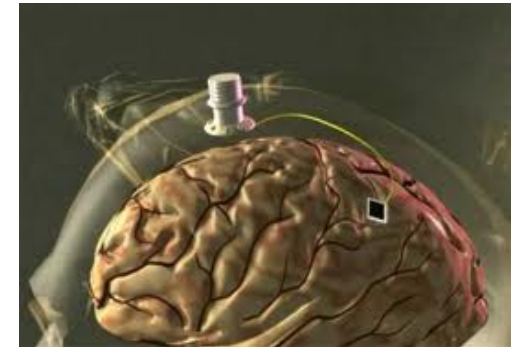
非侵襲型計測装置
(NIRS, EEG)



低侵襲型計測装置
(ECoG)



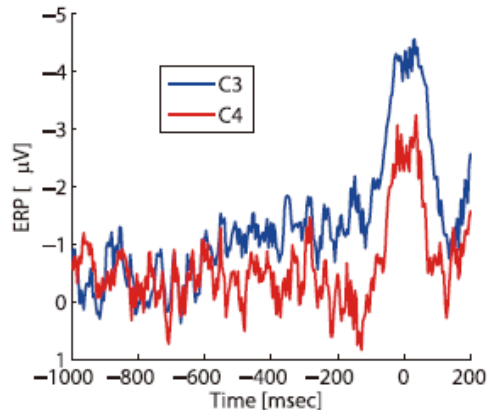
侵襲型計測装置
(剣山型電極)



非侵襲型でも侵襲型と等しい精度で脳活動を観測できないだろうか？

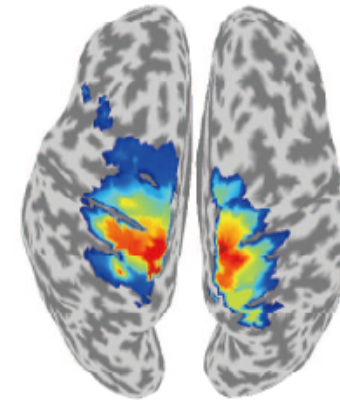
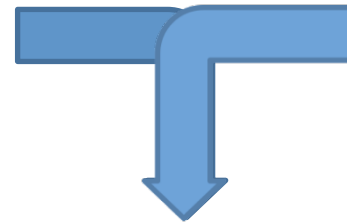
ATRの10年間のアプローチ (VBMEG)

脳活動に関する時間情報を
脳波 (EEG) から

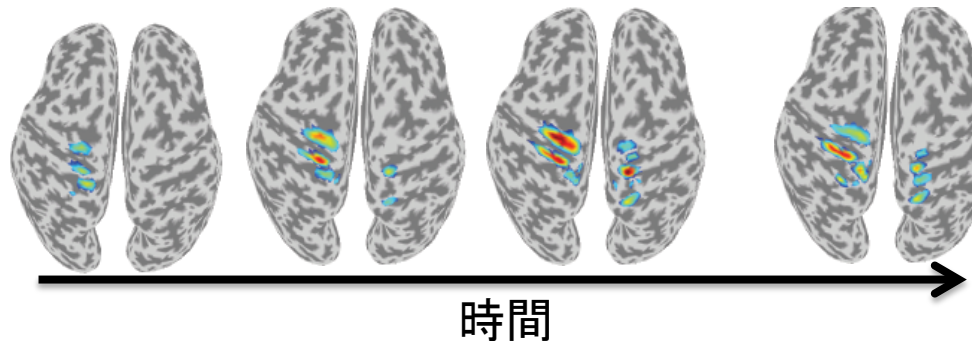


脳活動に関する空間情報を
fNIRS (機能的NIRS) から

統合



時空間ダイナミクス

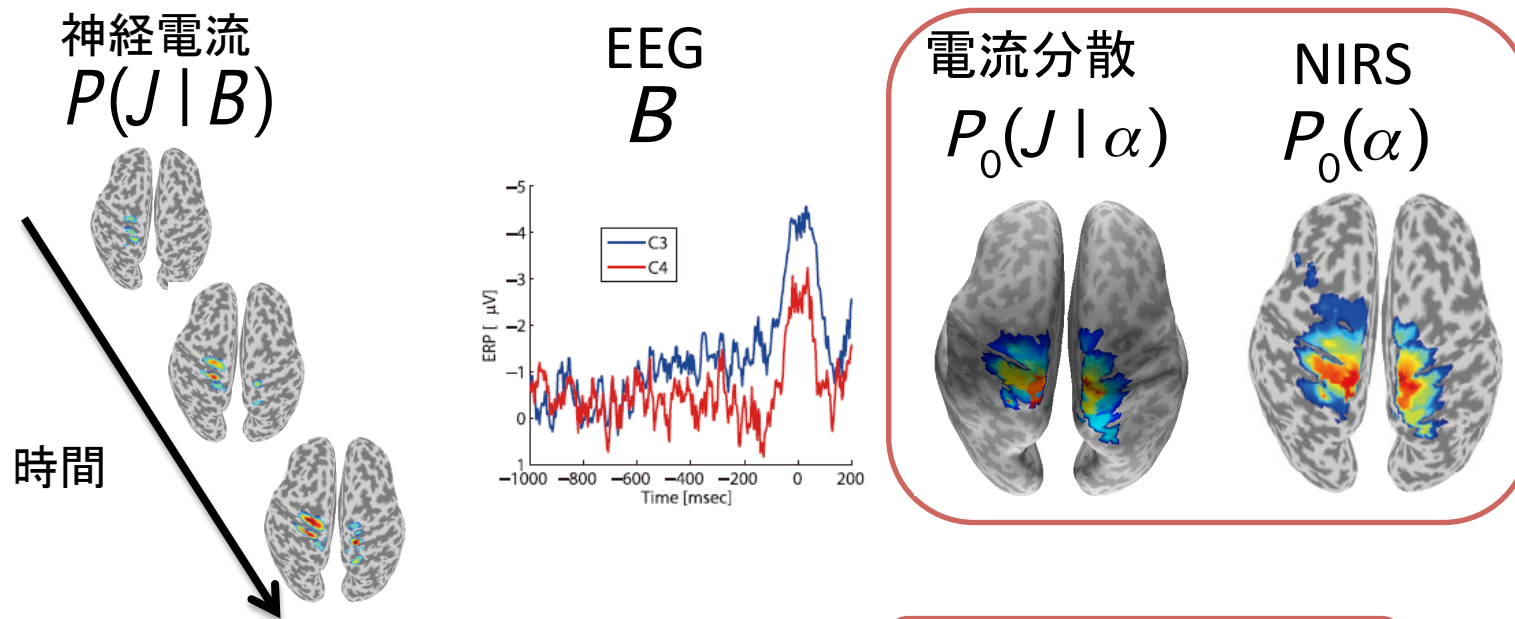


VBMEG

- ATR脳情報解析研究所によって開発された二つの異なる情報を統合して脳活動を高精度に可視化するソフトウェア (2011年6月15日プレスリリース)
- ソフトは一般公開されていてダウンロードすることが出来る (<http://vbmeg.atr.jp>)

VBMEG

最適な事前確率分布を推定しながら事後確率分布を求める-

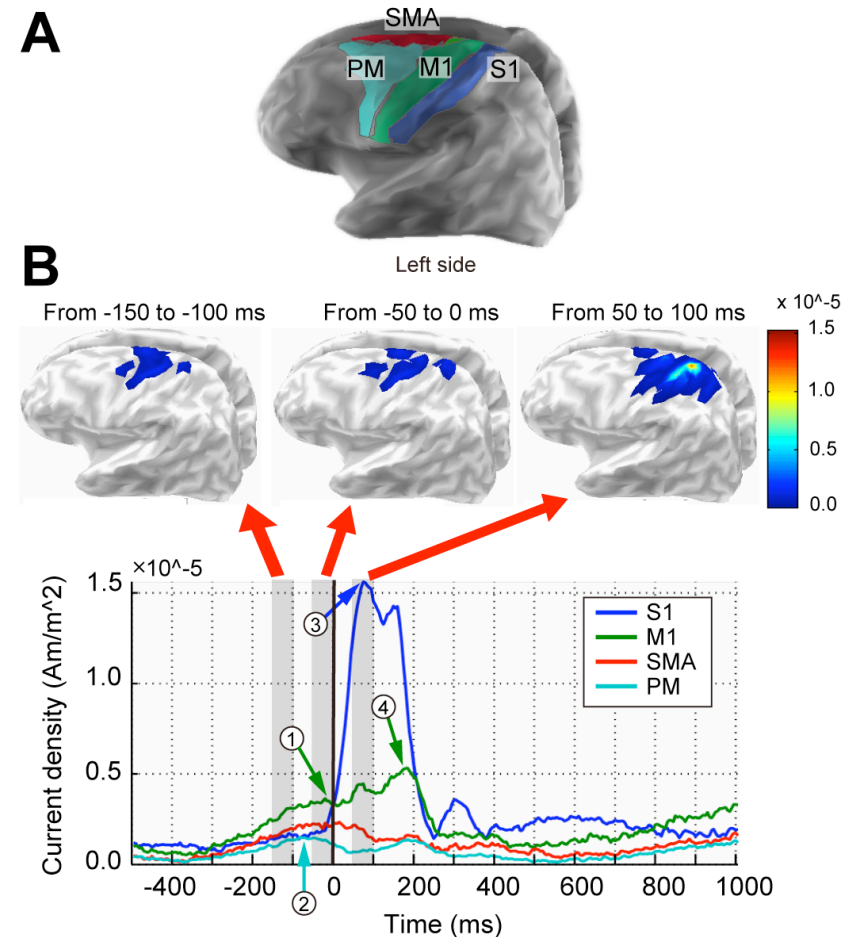


$$P(J | B) = \frac{P(B | J) P_0(J | \alpha) P_0(\alpha)}{P(B)}$$

重厚長大型VBMEG(従来の成果)

非侵襲・重厚長大型計測装置による高精度脳活動推定の結果

- 腕運動に関する脳の動的活動を高精度で再現
- 補足運動野SMA、運動前野PMA、一次運動野M1、一次体性感覚野S1の活動の時系列を再現
- この技術を携帯型の計測装置で実現できないだろうか？



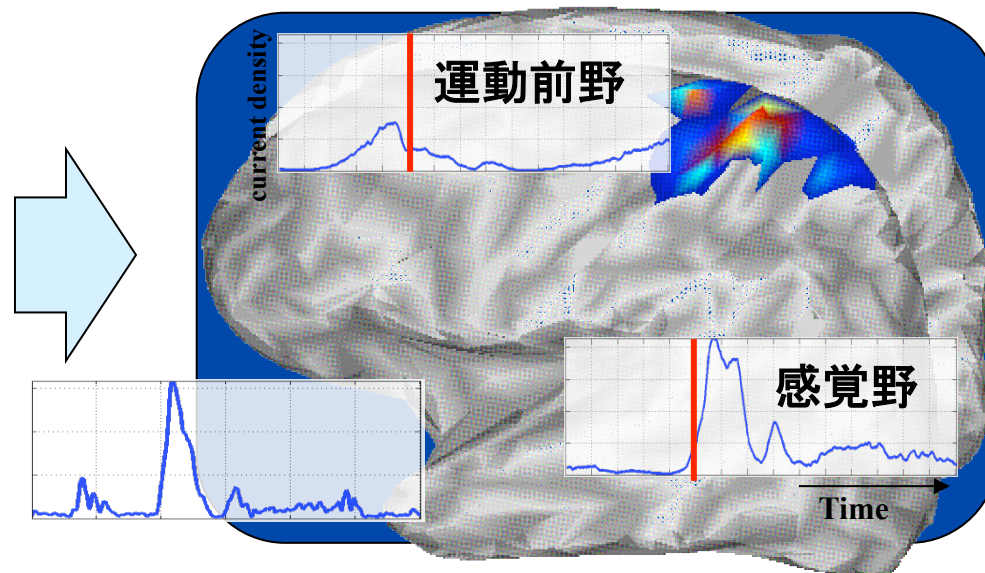
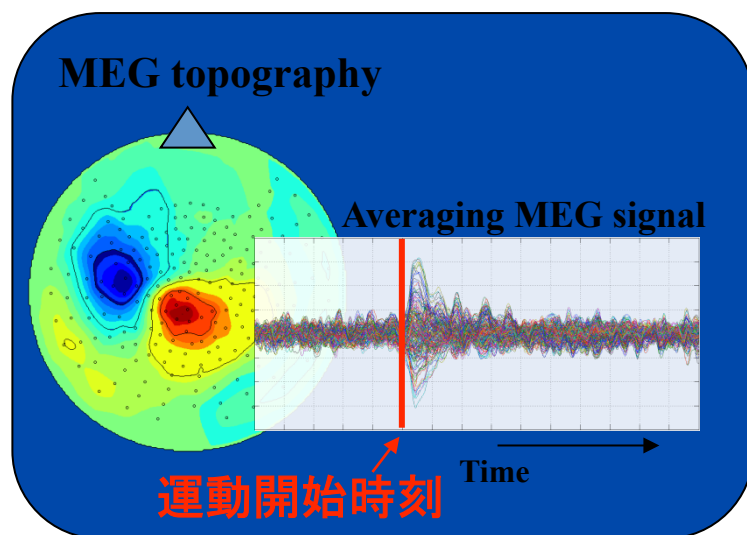
A. Toda, H. Imamizu, M. Kawato, and M. Sato, "Reconstruction of two-dimensional movement trajectories from selected magnetoencephalography cortical currents by combined sparse Bayesian methods," *NeuroImage*, vol. 54, pp. 892–905, 2011.

手先運動のVBMEGによる再構成

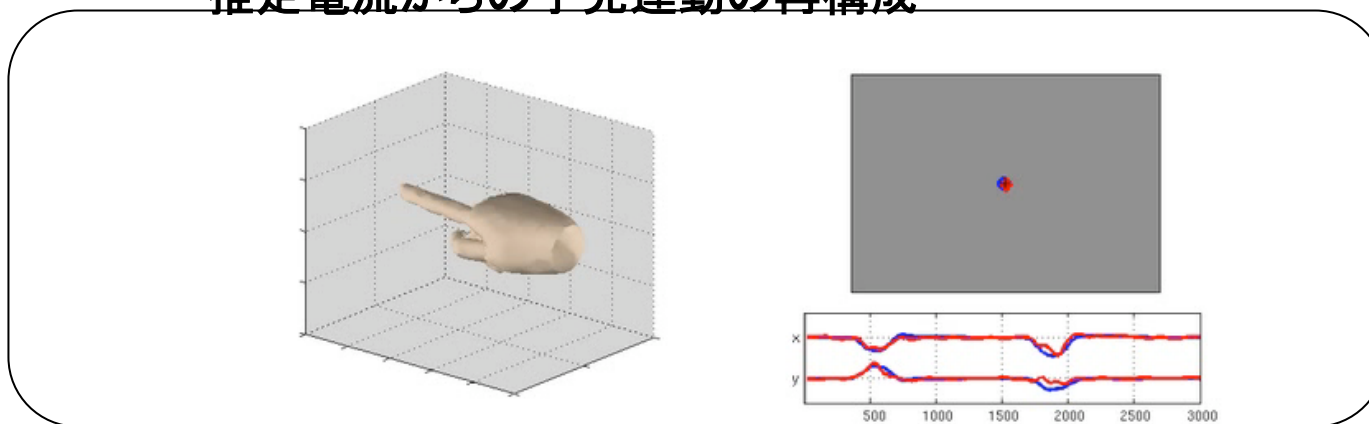
戸田、今水、佐藤、和田、川人

ヒト運動中の脳活動計測

階層ベイズによる電流源推定

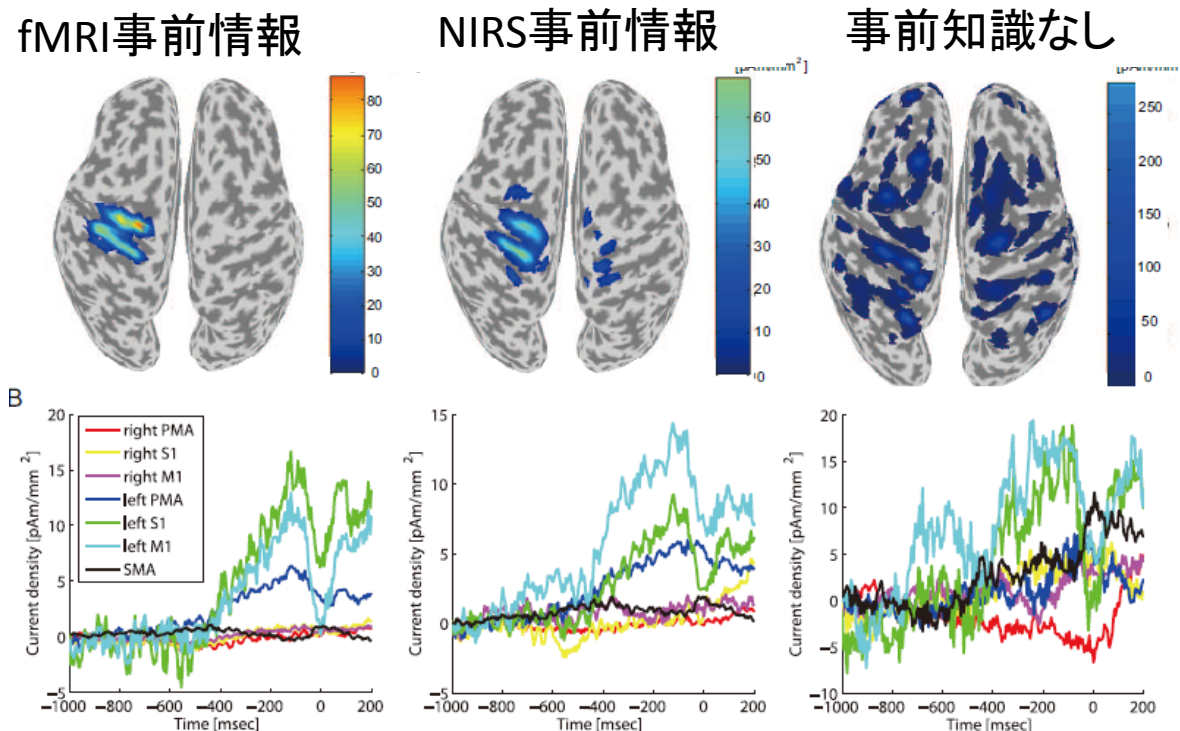


推定電流からの手先運動の再構成



今回の成果：携帯型VBMEG

NIRSと脳波を組み合わせた方式の精度の検証



- NIRS と脳波を組み合わせた方式はfMRIと脳波を組み合わせた方式と同精度で皮質電流が推定された。
- NIRSによる事前知識を使った場合は使わない場合と比較し、空間精度が5.6倍、時空間精度が5.7倍上昇した。1msec, 1cm 程度の精度を達成。

Takatsugu Aihara, Yusuke Takeda, Kotaro Takeda, Wataru Yasuda, Takanori Satoa, Yohei Otaka, Takashi Hanakawa, Manabu Honda Meigen Liu, Mitsuo Kawato, Masa-aki Sato, Rieko Osu, "Cortical current source estimation from electroencephalography in combination with nar-infrared spectroscopy as a hierarchical prior", *NeuroImage*, in press, 2011

携帯型VBMEG

NIRSと脳波で高精度脳活動推定を実現

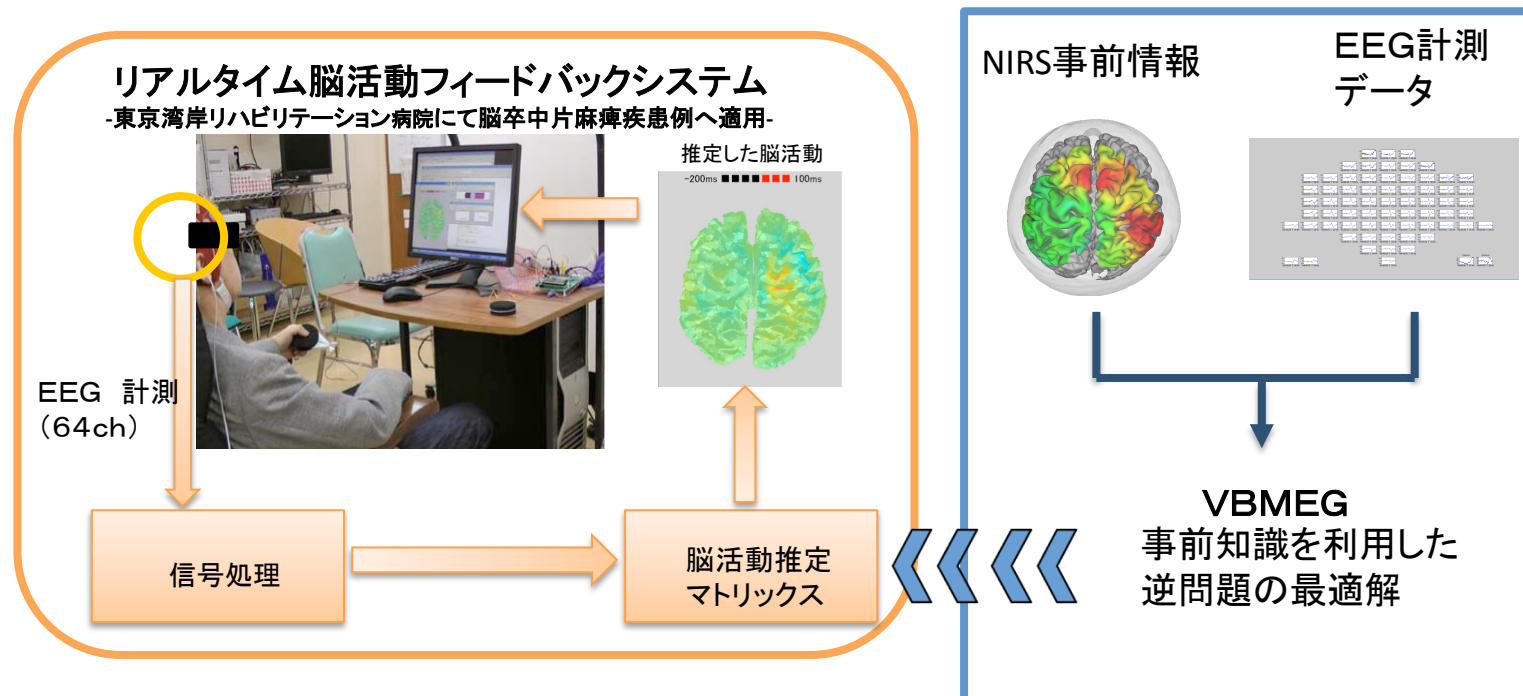
- BMIによる脳活動計測は侵襲型、低侵襲型、非侵襲型の三つに大別される。一般に、侵襲型が最も高い精度で脳活動を計測でき、低侵襲、非侵襲と安全性が高まるにつれて計測精度が下がると信じられてきた。BMIが広く一般に普及し、脳科学が我々の生活の質を高めることを目標に据えれば、持ち運びすることができる、非侵襲・携帯型BMIの開発が必要不可欠である。

- ATR脳情報解析研究所はこれまでに異なる二つの非侵襲・重厚長大型脳活動計測装置(fMRIとMEG)から観測される情報を統合し、侵襲型BMIと同等もしくはそれ以上の時空間精度で脳活動ダイナミクスを推定した(Toda, 2011)。この技術を用いて、ATR脳情報研究所は、二つの非侵襲・携帯型(NIRSと脳波)から観測される情報を統合し、fMRIを用いた場合と迫る精度で脳活動を推定することに成功した(Aihara 2011)。

- この技術を応用すれば、これまで計測することが難しかった、日常生活やリハビリテーション中の脳活動を視覚化することが出来るため、“視覚化による医療の発展”を考えるとノーベル賞が授与されたCTの発明(1972年)や同じくノーベル賞が授与されたMRIの発明(1973年)と同等の重要性を持つ。

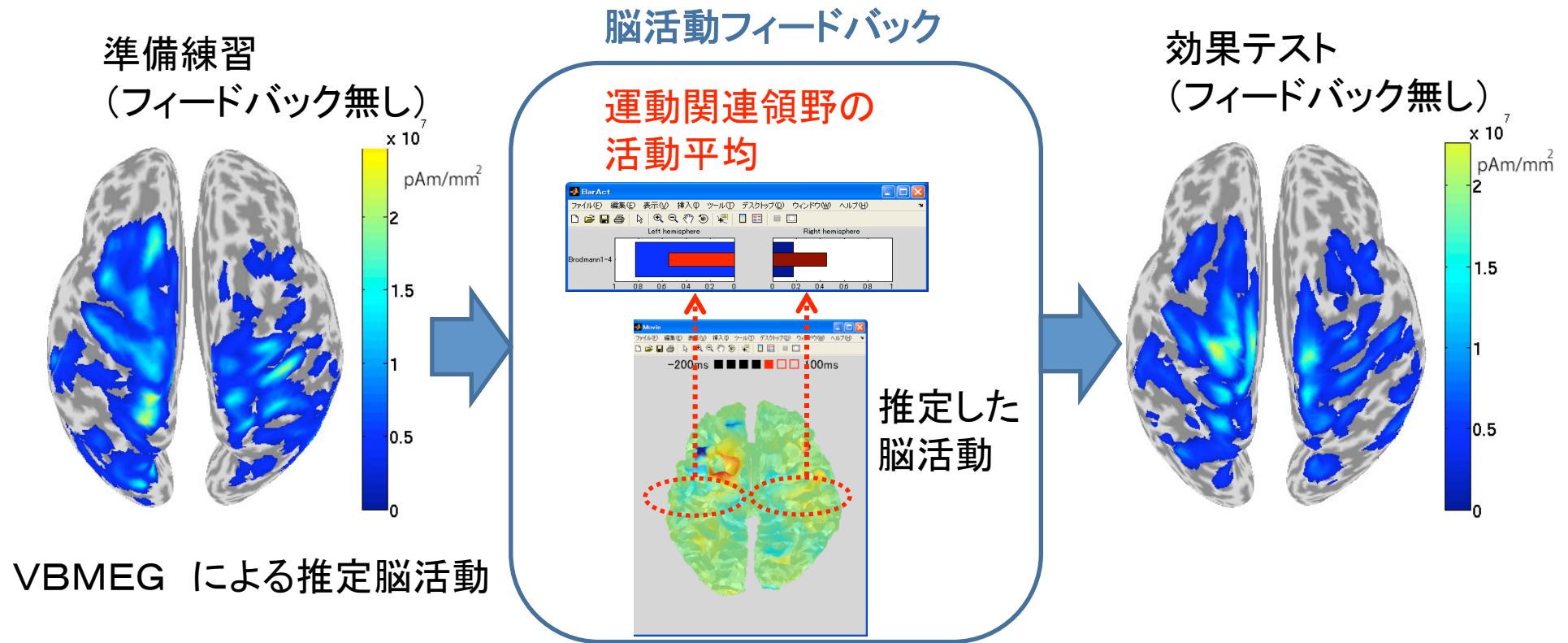
BMIリハへ向けたNIRS-EEG高精度 脳活動フィードバックシステムの適用

これまでもリハビリテーションの過程で脳活動が変化すると推測はされていたが、実際に訓練中に脳活動を観測することはできなかった。新しく開発したNIRS-EEG高精度脳活動フィードバックシステムは、可搬携帯型の脳機能計測装置を使って、実際の訓練中に、ほぼリアルタイムで脳活動を推定・視覚化することが可能である。



脳活動電流源推定に基づいたBMIリハ

- 脳活動フィードバックシステムの脳卒中片麻痺疾患例(62歳 男性 脳卒中右片麻痺発症後19カ月)への適用。
- 毎試行ごとの右手把持動作直後に推定した脳活動の運動関連領野の平均値を提示
- 準備練習(120試行)後、脳活動フィードバック訓練(40試行)と効果テスト(40試行)のペアを3回反復



脳活動の変化(活動がシャープになった)が観測されたが効果の詳細は検証中¹⁸

今後の展開

- 1 リハビリテーションBMIとしての運用と検証
- 2 疾患例の蓄積
- 3 脳機能ダイナミクス観測・制御技術の開発

謝辞

本研究は、文部科学省脳科学研究戦略推進プログラムの一環として実施されました。また、一部はNICT委託研究、最先端・次世代研究開発支援プログラムの支援を受けました。

脳活動ダイナミクス推定 プロジェクトメンバー

相原 孝次 ATR・脳情報研究所

武田祐輔 ATR・脳情報解析研究所

武田 湖太郎 (独)国立病院機構 村山医療センター

安田 恒 ATR・脳情報研究所

佐藤 貴紀 長岡技術科学大学

大高 洋平 東京湾岸リハビリテーション病院

花川隆 国立精神・神経医療研究センター 神経研究所

本田学 国立精神・神経医療研究センター 神経研究所

里宇明元 慶應義塾大学 医学部 リハビリテーション医学教室

川人光男 ATR・脳情報研究所

佐藤雅昭 ATR・脳情報解析研究所

大須理英子 ATR・脳情報研究所

リアルタイム脳活動フィードバックシステム開発 プロジェクトメンバー

大須理英子 ATR・脳情報研究所

安田 恒 ATR・脳情報研究所

井澤 淳 ATR・脳情報研究所

相原 孝次 ATR・脳情報研究所

大高 洋平 東京湾岸リハビリテーション病院

デモンストレーションのご案内

リアルタイム脳活動フィードバックシステムを使ったリハビリテーションへの取り組みの様子の公開を以下の日時で開催します。ご希望の場合には、以下のお申し込み先まで事前にお申し込みをお願いします。

日時: 2011年12月1日(木) 15:00～16:30

場所: 東京湾岸リハビリテーション病院 (千葉県習志野市谷津4-1-1)

1F リハビリテーション研究室 【受付にお越し下さい。】

<http://www.wanreha.net/traffic.htm>

報道関連問い合わせ先・デモンストレーションお申し込み先

(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)経営統括部 広報担当 野間・福森

〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台2-2-2

電話: 0774-95-1172, FAX: 0774-95-1178

http://www.atr.jp/index_j.html

本データのダウンロード先

URL: http://www.atr.jp/html/topics/press_111124_j.html

研究内容問い合わせ先

(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)脳情報通信総合研究所 脳情報研究所

相原孝次

〒160-8582 東京都新宿区信濃町35番地 慶應義塾大学内

電話: 03-5363-3840

email: mcr-inq@atr.jp