

脳情報の可視化と制御による 活力溢れる生活の実現 ～脳ロボティクス領域～

内閣府 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)
プログラム・マネージャー 山川 義徳

目次

項目	ページ
脳ロボティクス領域の全体概要 (統括技術責任者 大阪大学石黒浩教授(特別教授))	P3～P13
運動対話活性化ロボットグループの取り組み (グループ責任者 NICT山本知幸主任研究員)	P14～P23
情動制御ロボティクスグループの取り組み (グループ責任者 ATR住岡英信グループリーダー)	P24～P39
アンドロイドフィードバックグループの取り組み (グループ責任者 ATR西尾修一主幹研究員)	P40～P50

ImPACT 脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現
2015年2月4日キックオフシンポジウム講演資料より

脳ロボティクス

石黒 浩



大阪大学教授(特別教授)基礎工学研究科システム創成専攻
ATR石黒浩特別研究室室長(ATRフェロー)

ishiguro@sys.es.osaka-u.ac.jp

www.is.sys.es.osaka-u.ac.jp



ロボットや
アンドロイドを開発する

センサネットワークで
人の行動を認識する

人と人、人とロボットの
関わりを調べる



ロボット社会



なぜ人間型ロボットを使うようになるか？

- 人は人を認識する脳を持つ
- 人にとって最も理想的なインターフェースは人
- 人間型ロボットは人間の脳活動とも結び付けやすい。



人と関わる人間型ロボットに支援される ロボット社会の実現

身振り手振り，表情，視線等
人間のように多様な
モダリティを用いて
対話する人間型ロボット



高齢者介護



病院待合室・公共施設



学習・言語教育



デパート・小売店



駅・交通機関

研究体制

* 領域の
統括技術
責任者



運動・対話活性化ロボット

NICT山本, ATR森本, 山崎

脳活動情報に基づいて制御できる, 運動能力を活性化する外骨格型ロボット, 会話を活性化する対話型ロボットを開発して実用化する.



情動制御ロボティクス

ATR住岡, 阪大中江

脳活動計測とホルモン検査による情動評価に基づき, 簡易ロボットと環境制御を組み合わせてたシステムで, 学習を支援.



アンドロイドフィードバック

ATR西尾, 阪大平田, NICT鈴木

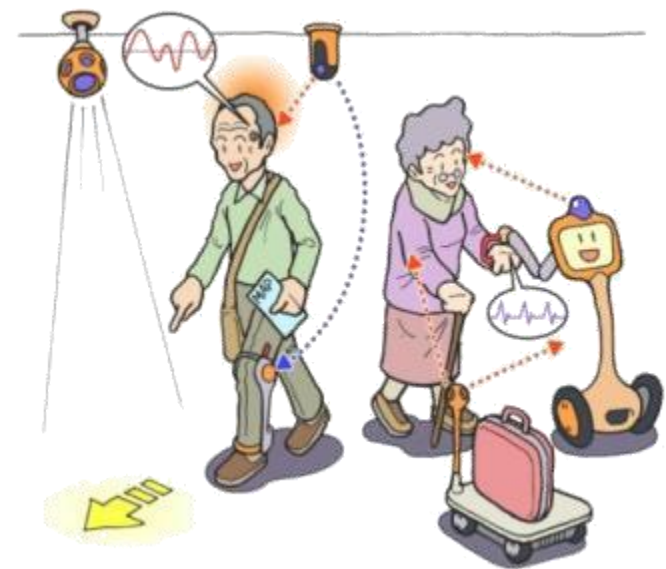
BMIでアンドロイドやロボットアームの操作を実現した実績を基に, BMIにより思い通りに動かせるようになるアンドロイドや人間の身体機能を拡張するロボットを実現する.



期待される成果

Before ImPACT		脳ビッグデータ	携帯型BMI	脳ロボティクス	After ImPACT	
情報社会 サービス経済 高齢化	情報の洪水 	脳サーチエンジン 	高密度脳情報計測 	アンドロイドフィードバック 	膨大な情報や 新たな機器に も対応できる 脳機能の拡張	情報サービス
	難しいコトづくり ストレス 	脳エデュケーション 	時空間脳情報解析 	情動制御ロボティクス 	モノづくり中心 からコトづくりへ の経済転換に 対応した人材 育成の実現	教育サービス
	労働年齢 	脳アンチエイジング 	機械学習脳情報推定 	運動対話活性化ロボット 	中高年の脳の 健康維持によ る労働人口の 維持・拡大	健康サービス

脳・ロボット社会の実現



運動・対話活性化ロボット

NICT CiNet

山本知幸（グループ責任者）

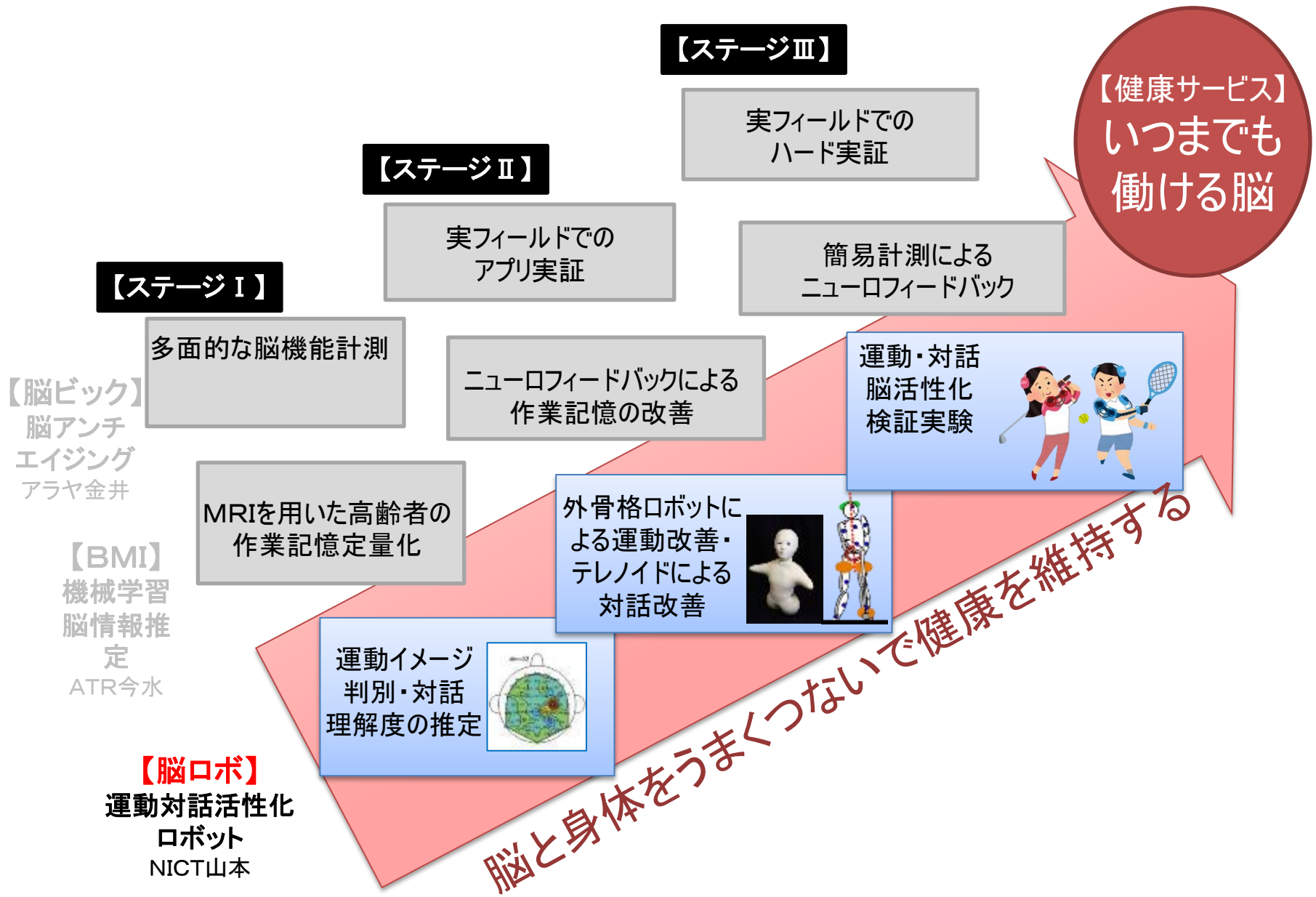
ATR 脳情報研究所 ブレインロボットインタフェース研究室

森本 淳

ATR 石黒浩特別研究所

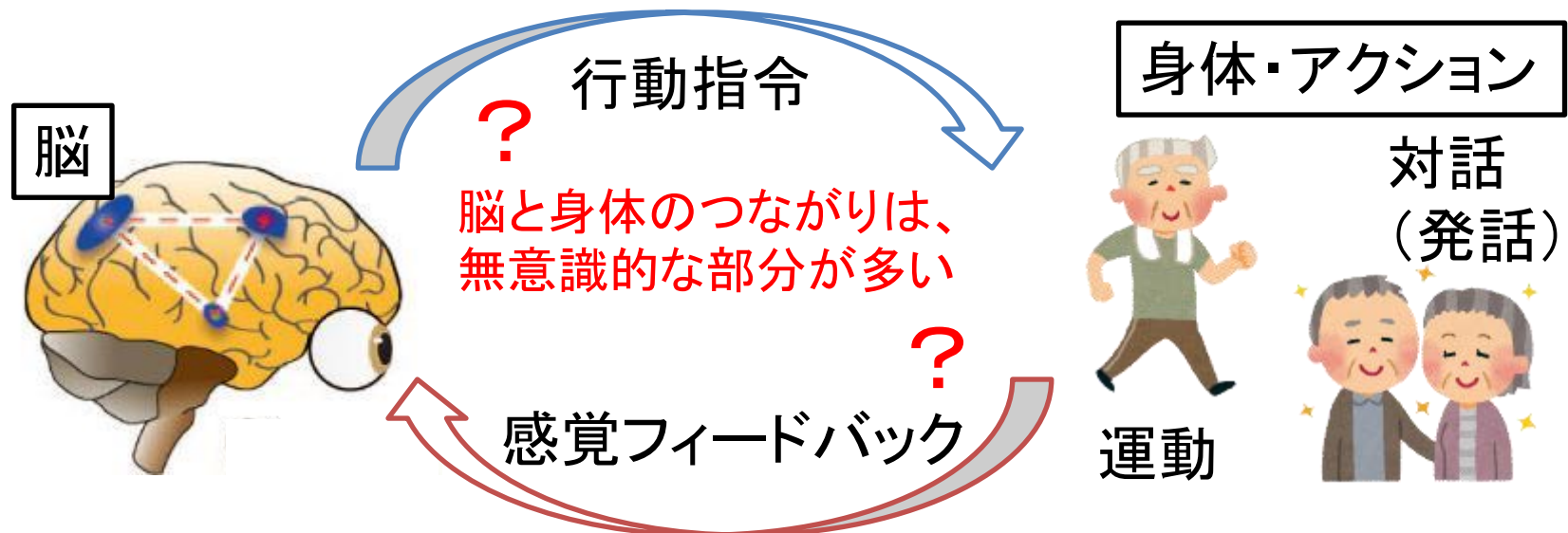
山崎 竜二

運動対話活性化ロボットプロジェクト



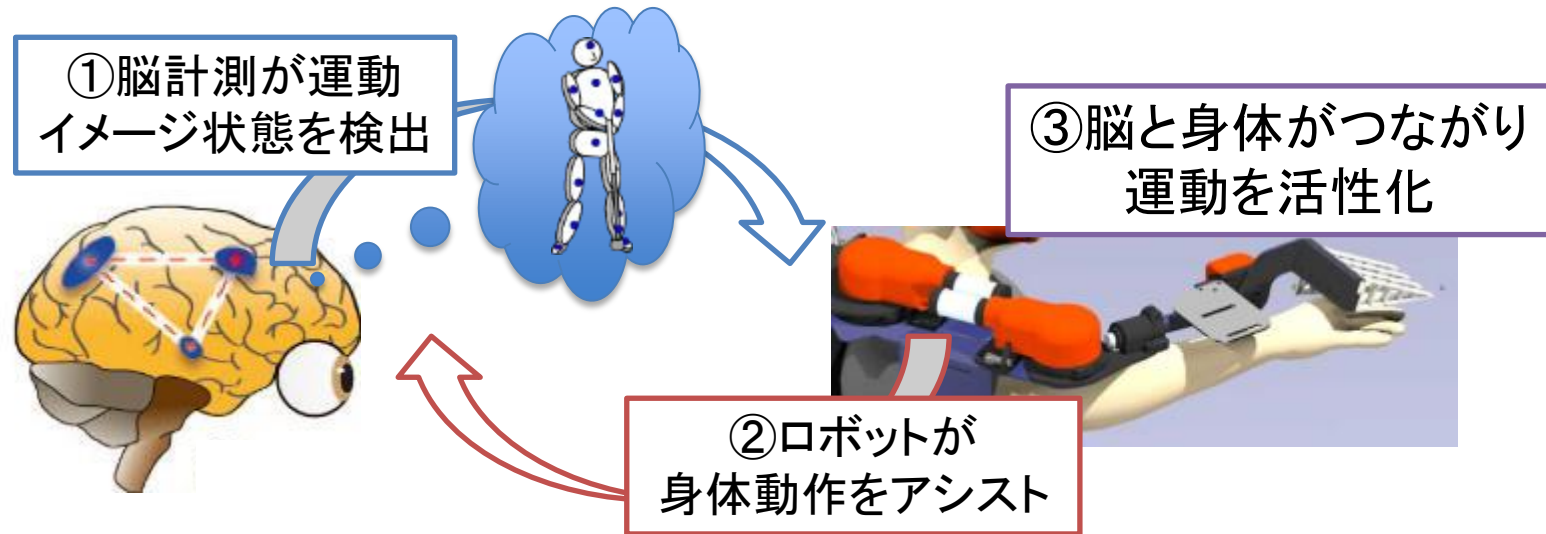
目的: 運動・対話の活性化

年齢を重ねると共に、
身体は、自分が考えた通りには動かず、
対話は、深く考えない繰り返しが増える、
→ 脳と身体の間がスムーズでなくなる



脳と身体をうまくつないで健康を維持

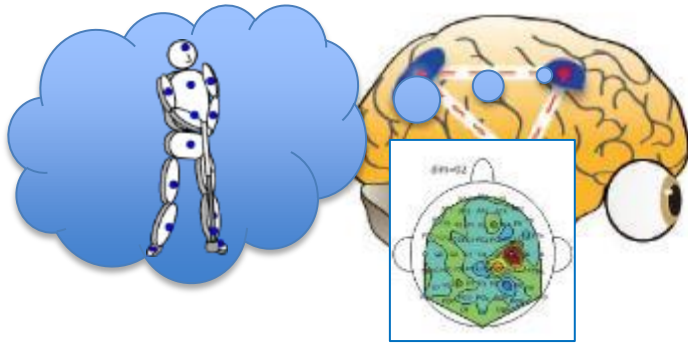
脳内の運動イメージ通りに動かない身体



- 脳内イメージと運動のつながりを改善する脳ロボット技術
 - 運動をイメージしている時に、身体を外から動かす
 - 脳内イメージと運動パターンの相関が学習され、両者が連動

イメージ通りの運動が実現: 運動習慣・健康維持

運動イメージ判別・評価



脳波からの運動イメージ判別
切り替えタイミングの評価

判別: 運動イメージをしているか

- 運動イメージ中の脳活動は脳波で検出可能.
- 脳波での外骨格ロボット制御で実績.

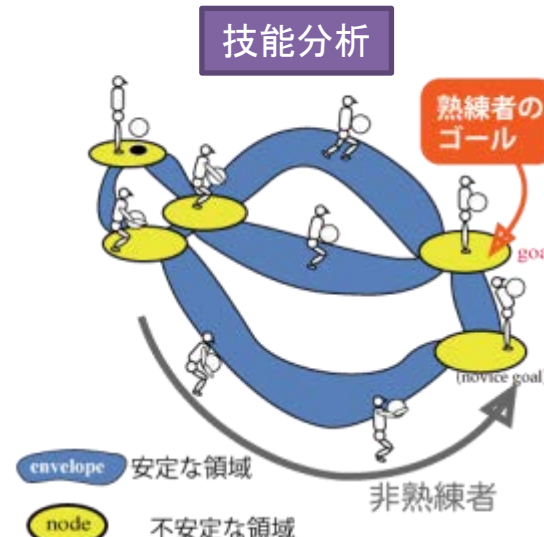
評価: どんな運動イメージをしているか

- スポーツなどの高度な技能は、精緻な運動パターン・タイミングが必要
- 運動分析から正しいパターン・タイミングを推定
- 脳計測・心理物理実験からイメージの質を評価



©ATR-CNS

[Noda et al., IEEE Humanoids, 2012]



抱え上げの運動
パターンから
上級者と初心者を
分類可能

[Yamamoto et al., IEEE Humanoids, 2008]

ロボットで運動改善

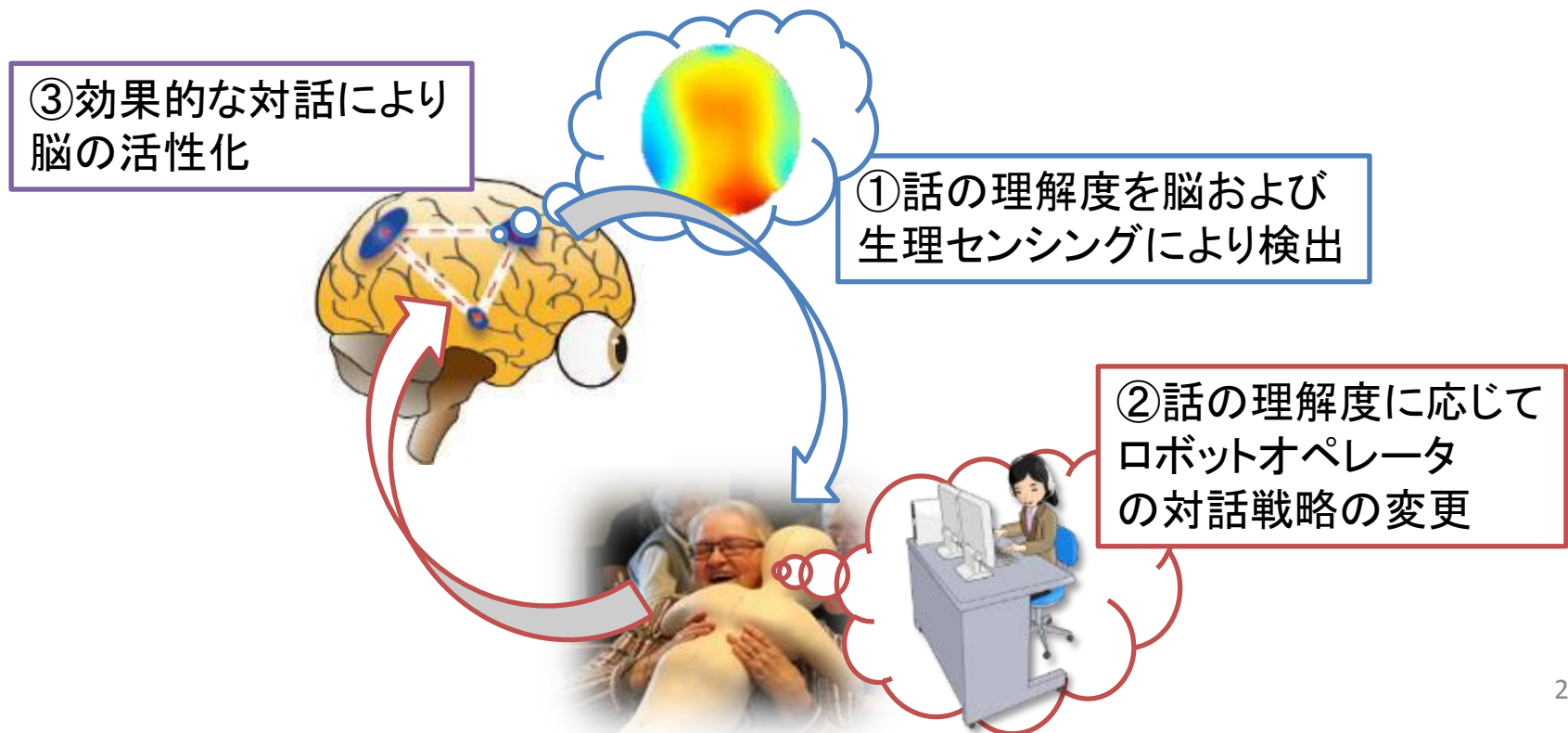
- 運動イメージ検出時に正しい運動パターンを教える
- **ロボット、力覚提示で外から働きかける**
 - 外骨格ロボット: 運動の概形を教える
 - 力覚提示: 運動の細部の差を改善するヒント
- 応用: ゴルフのパッティング
 - プロの技能を教示
 - ドライバーショット、テニス等への応用も可能



対話活性化ロボット

(担当: 山崎)

- 利用者の脳活動を活性化し、脳機能向上を目指す。
- 加齢にともない相手の話を理解せず、繰り返しの多い会話。脳を活用しなくなる傾向。
- 「脳活動を刺激する対話」により記憶、文章構成・理解などの脳活動を活発化する。



遠隔対話ロボットテレノイド

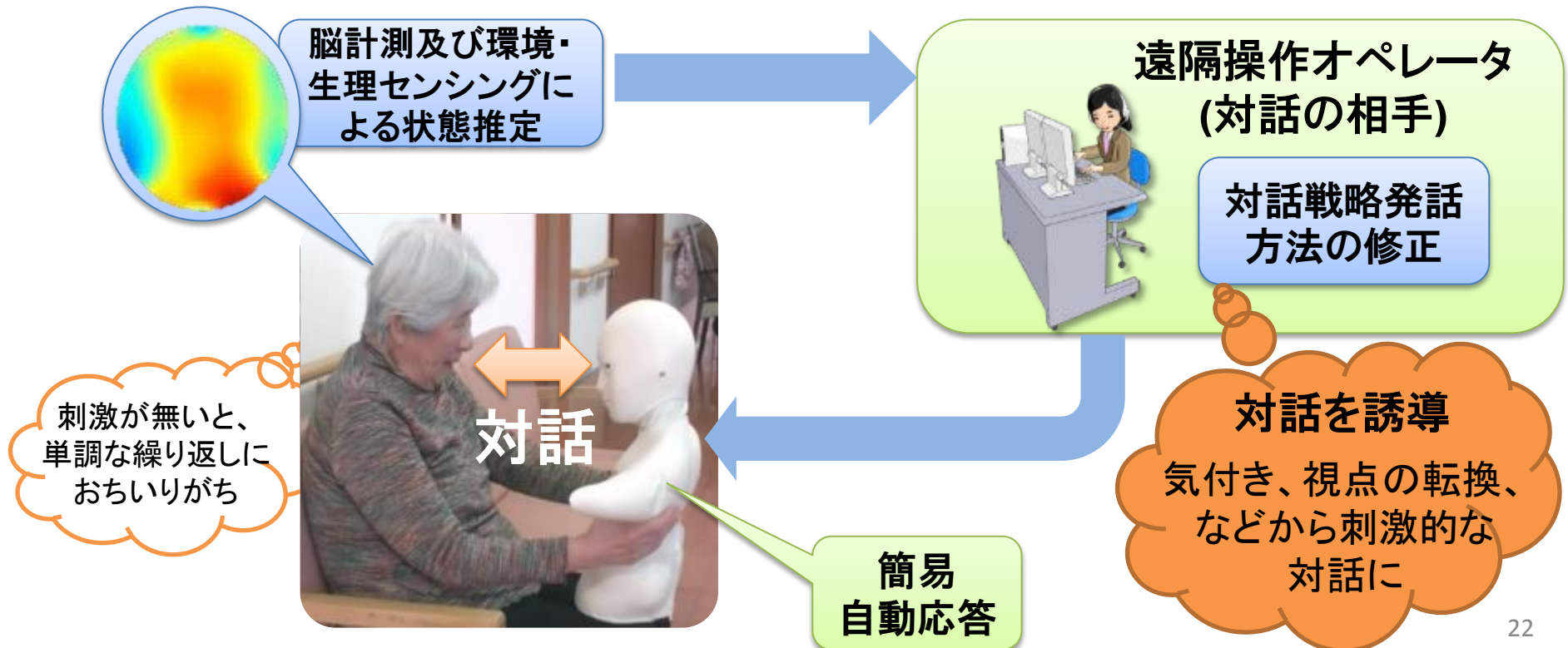
- 利用者のポジティブな想像を引き出し、対話意欲を増大.
- 日本, デンマーク, ドイツ, イタリアなどで実証実験の実績.



- ただし、その効果はこれまではオペレータの技量に依存.

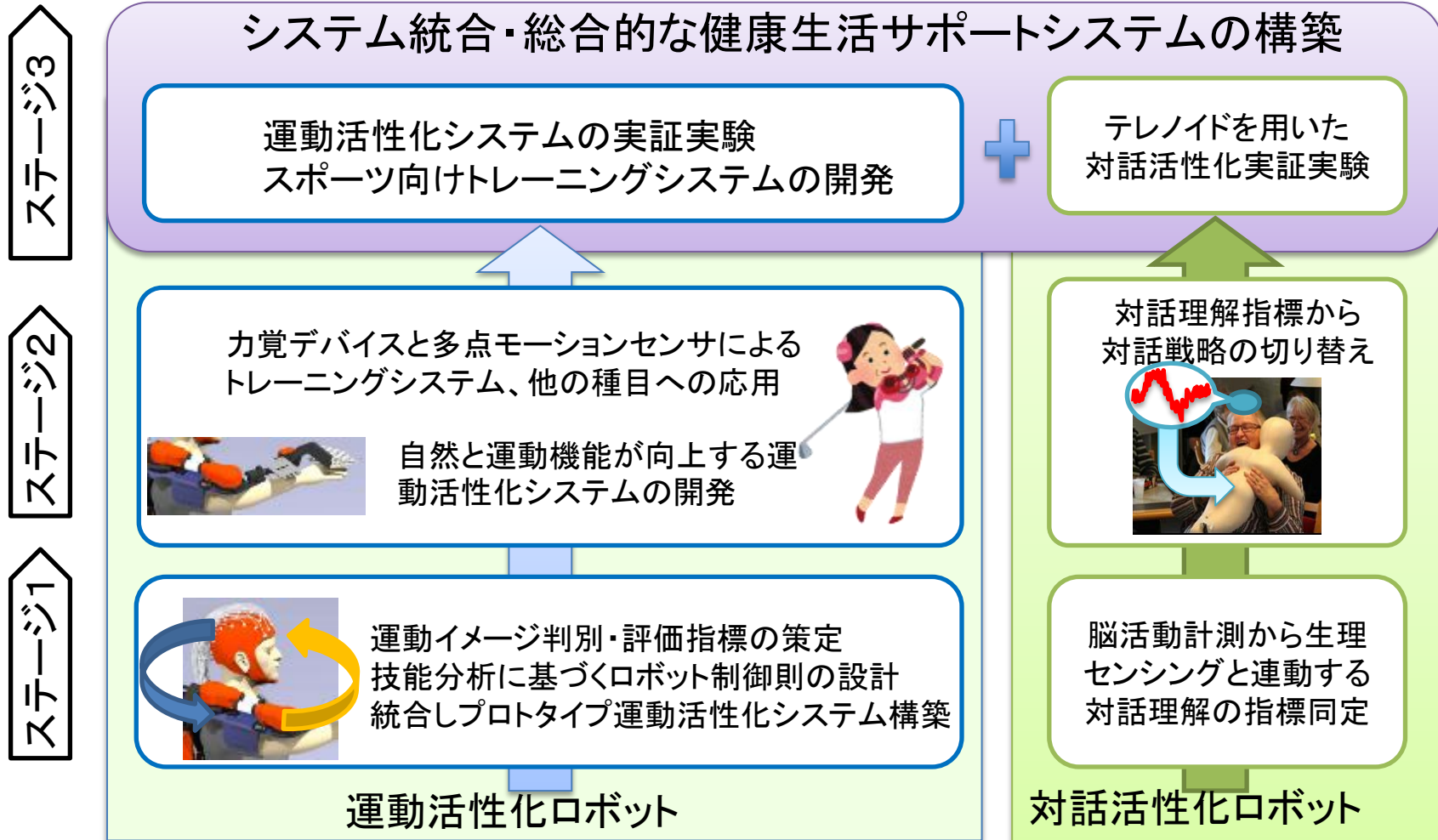
テレノイドで対話改善

- 脳活動計測を応用したモニタリング
 - センシングと脳活動計測を応用した指標を策定
 - 対象者が内容を理解しているか、ついていけているか、などの評価
- 対象者の状態に応じて戦略を変更
 - テレノイドの応答や遠隔操作オペレータの対話戦略を変更



まとめ：今後の研究開発計画

運動・対話継続を促進し、脳-身体関係の健全性を維持するロボット技術の提供



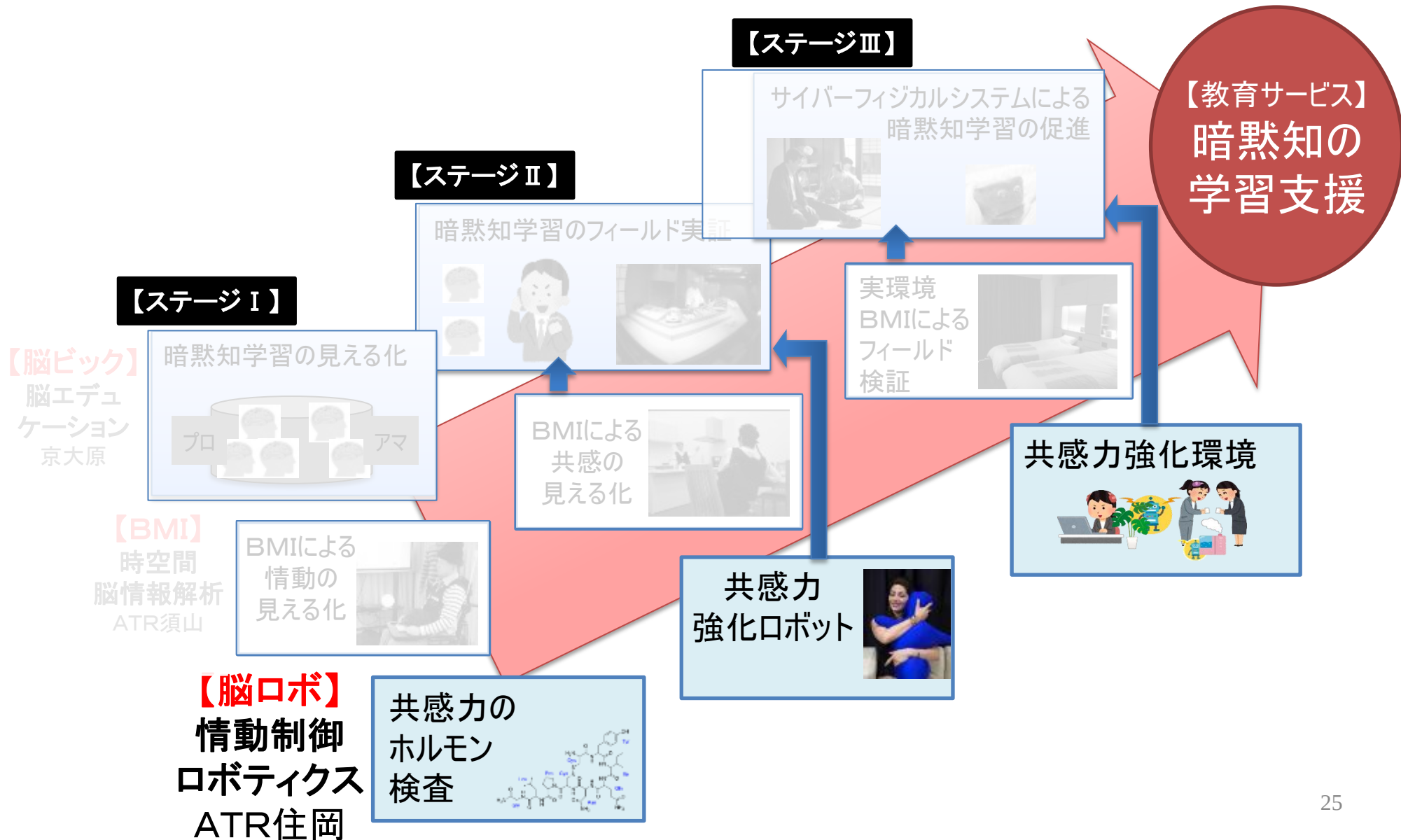
【NICT 山本・ATR 森本】

【ATR 山崎】

革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)
脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現
脳ロボティクス
「情動制御ロボティクス」
研究課題概要

国際電気通信基礎技術研究所(ATR) 住岡 英信
大阪大学大阪大学大学院医学系研究科 中江 文

【教育サービス】 暗黙知の学習を目指して

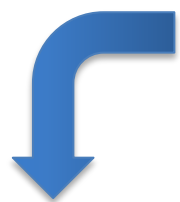


背景：優れた人材とは？

- **集中**して業務を進めるエンジニア
- **モチベーション**の高い新入社員
- 顧客から**信頼**を得やすい営業マン
- 患者さんを笑わせて**健康**にする看護師
- **快適**なおもてなしをするホテルマン



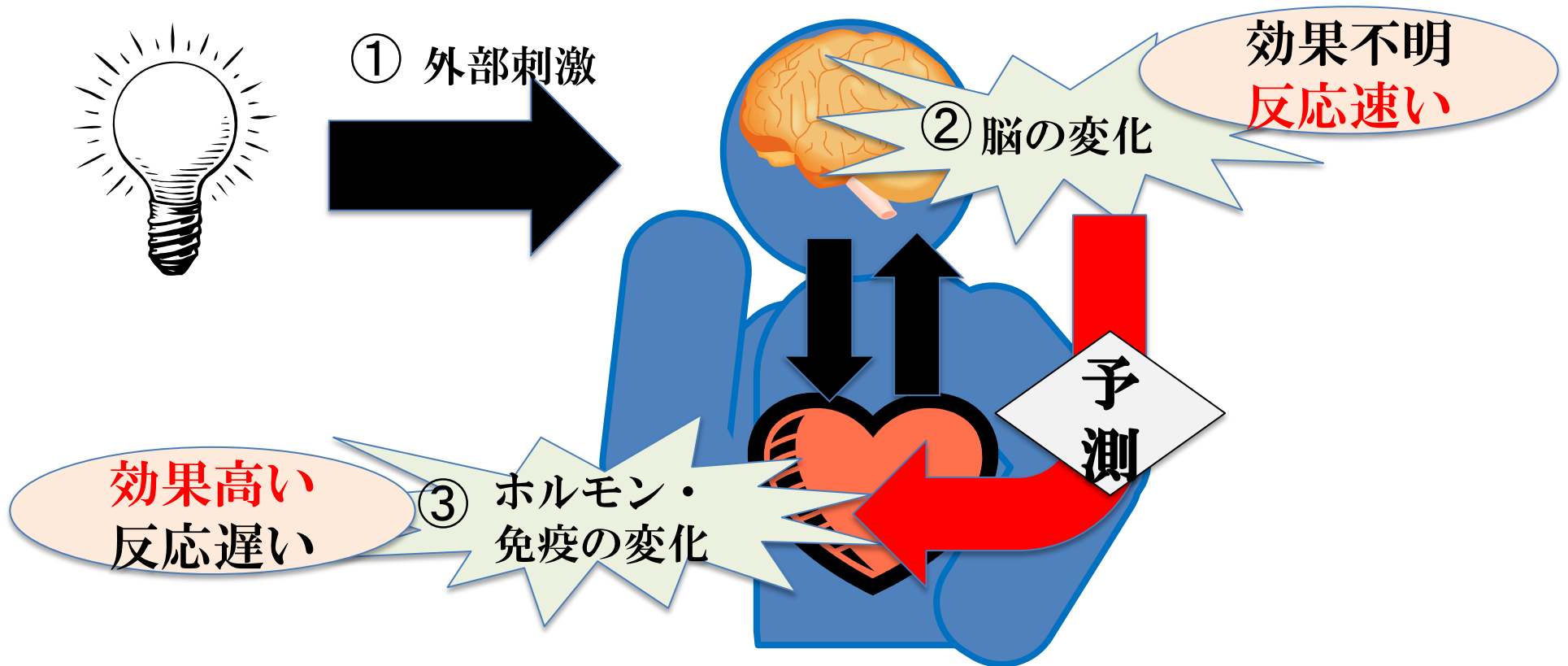
集中や信頼など目に見えない効果



身体にまで影響するような強い情動の変化が
自分／相手に起こっているはず

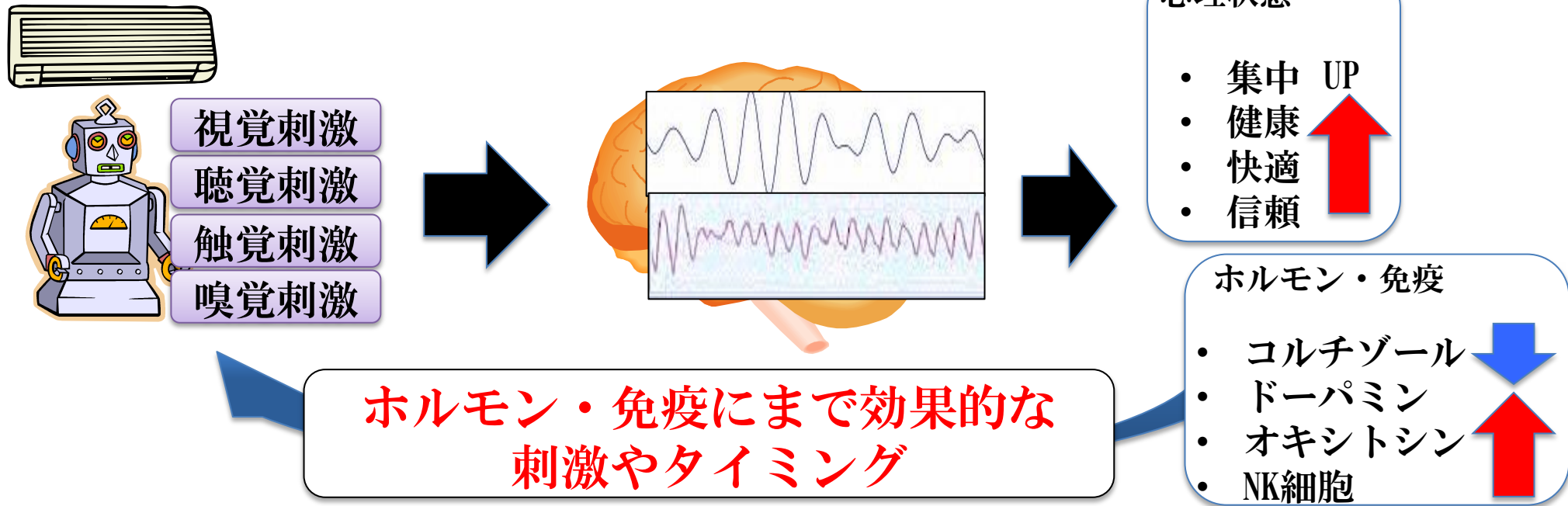
脳波やホルモン、免疫ならばその効果を評価できる

脳波によるホルモン・免疫系の予測



脳波から後のホルモン・免疫状態を予測できれば
効果的な人材育成サービスを提供できる

ロボットや環境による情動制御

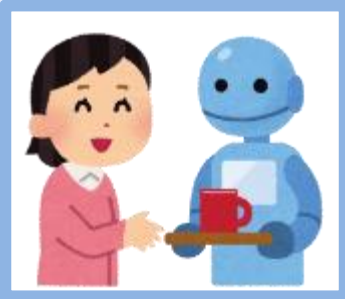


ロボットや環境からの刺激を制御することで
ホルモン・免疫に効果のある良い脳活動を維持する

ロボットや環境システムによる情動制御の研究を通して
他の製品・サービスにも応用可能な
様々な心理状態を向上させる
コミュニケーション支援や訓練方法を探索

情動制御ロボティクスGの研究開発全体イメージ

新たな人材育成サービスの付加価値を向上させるロボティクス技術の提供



ロボット制御



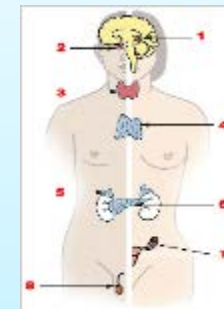
環境制御

脳波による
実時間情動制御

情動制御ロボット及び
環境制御システムの開発
【ATR住岡／阪大基礎工】

知見の提供
効果検証

システム開発

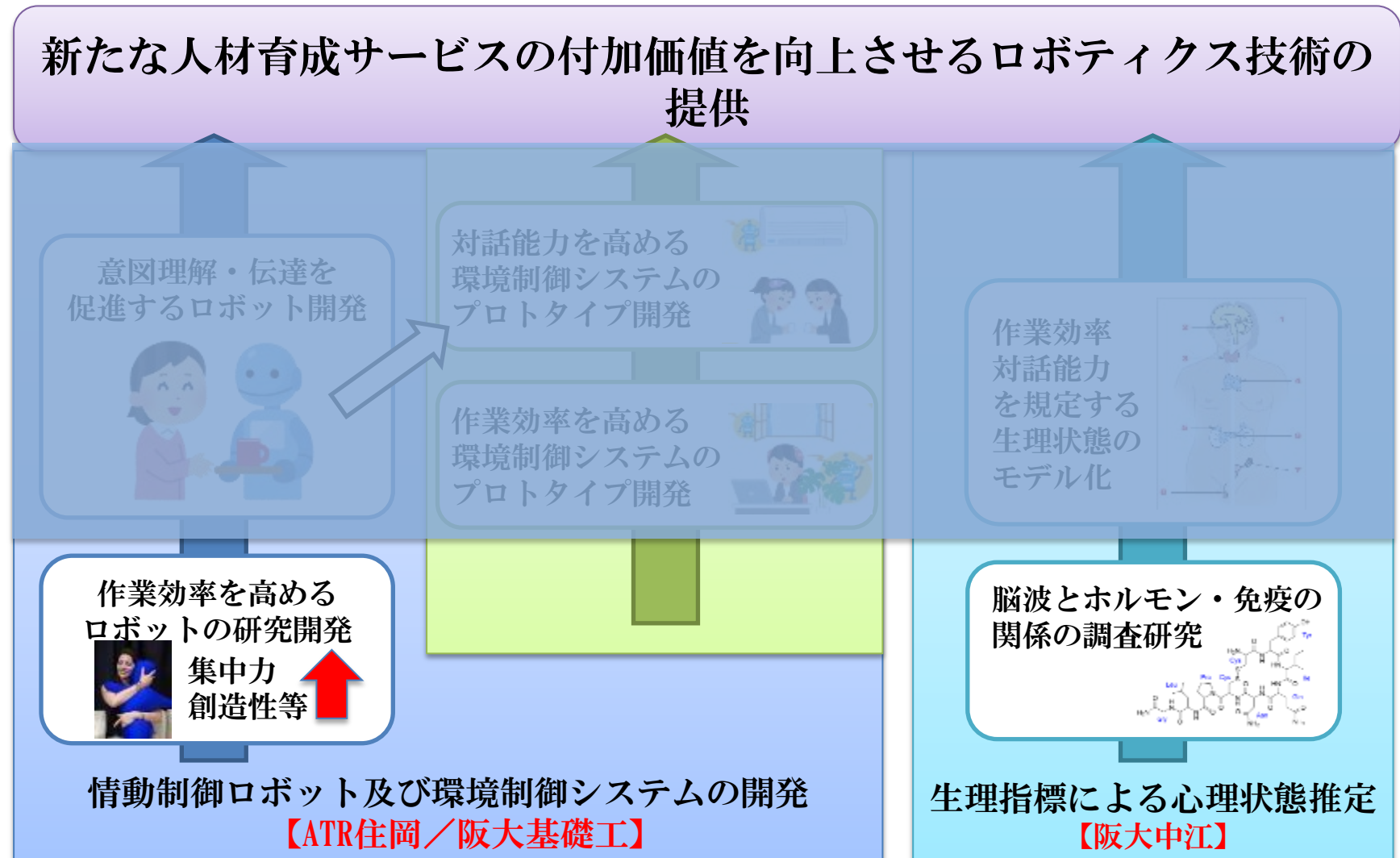


脳波による
ホルモン・免疫の
予測モデル構築

生理指標による
心理状態推定
【阪大中江】

情動制御ロボティクスGの研究開発全体イメージ

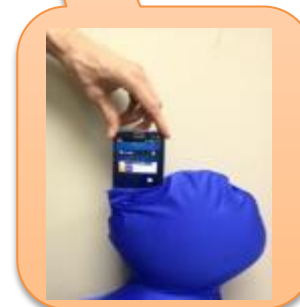
ステージ3
ステージ2
ステージ1
ステージ0



存在感伝達メディア「Hugvie（ハグビー）」



触覚（抱いている感覚）が
声による存在感を強化

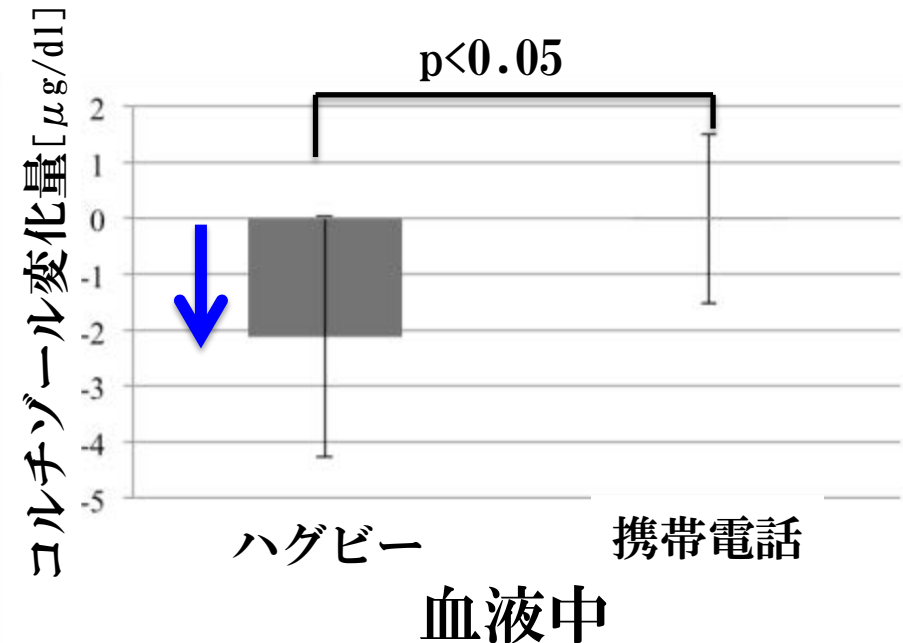
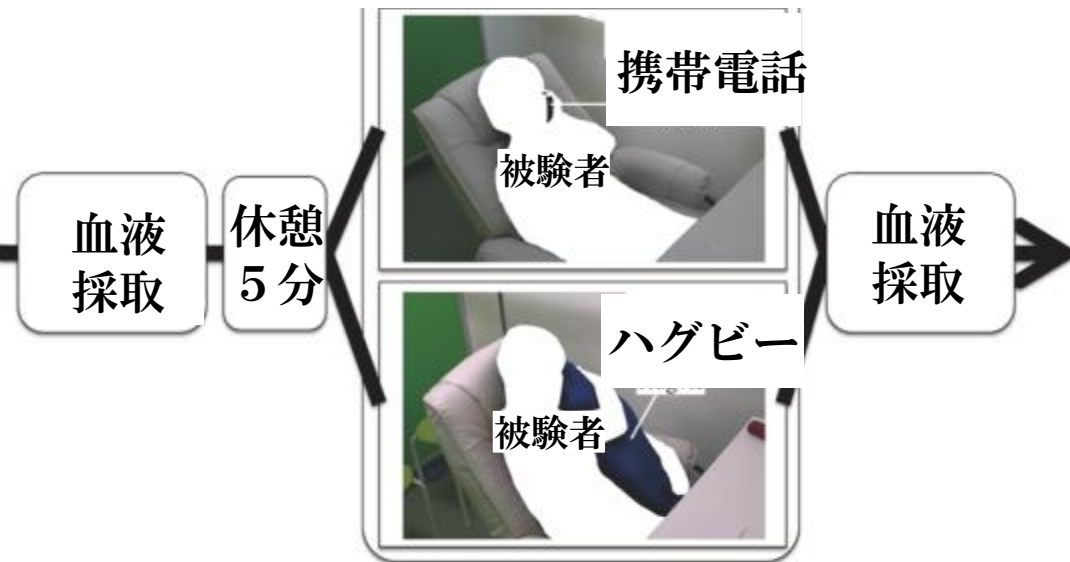


頭部ポケットに
携帯電話を入れて
使用

現状：ハグビーによるストレス軽減効果 (ATR-阪大共同研究)

ハグビーはホルモンの変化を引き起こす

見知らぬ異性と15分間会話



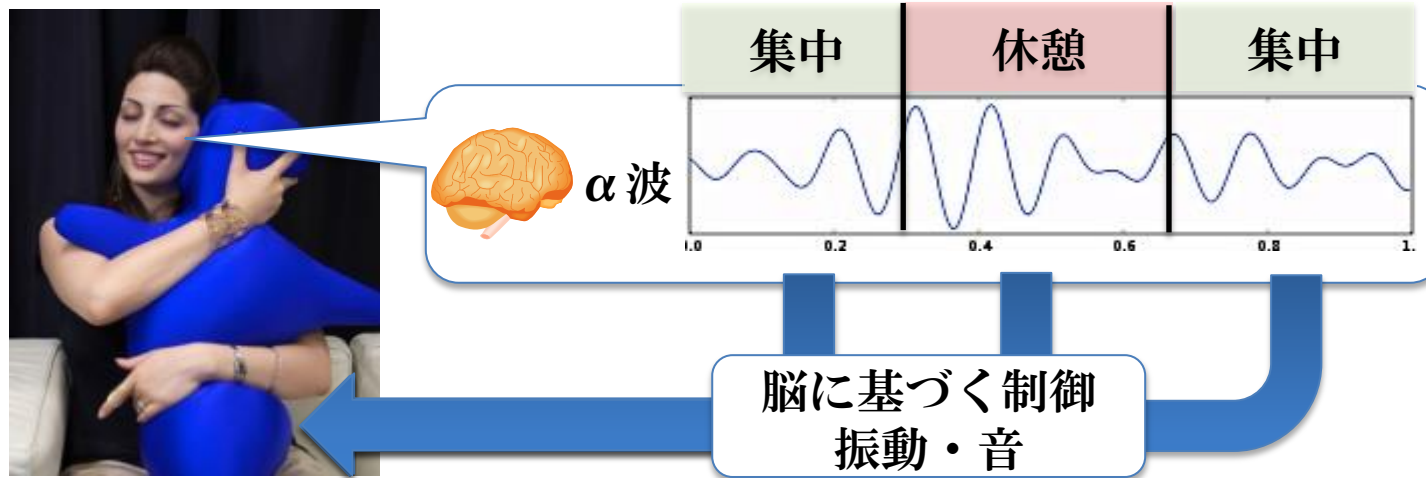
- 血液からメディアを通じた会話前後の生理的反応を検査
- ハグビーを使用すると会話後に血中コルチゾールが減少
→ ストレスが軽減

現状：ハグビーによる集中力維持



ハグビーにより集中力を強化することができる
➡ より集中力を強化・維持する方法の探索

ステージ1目標： 集中力を強化・維持するロボットの研究開発

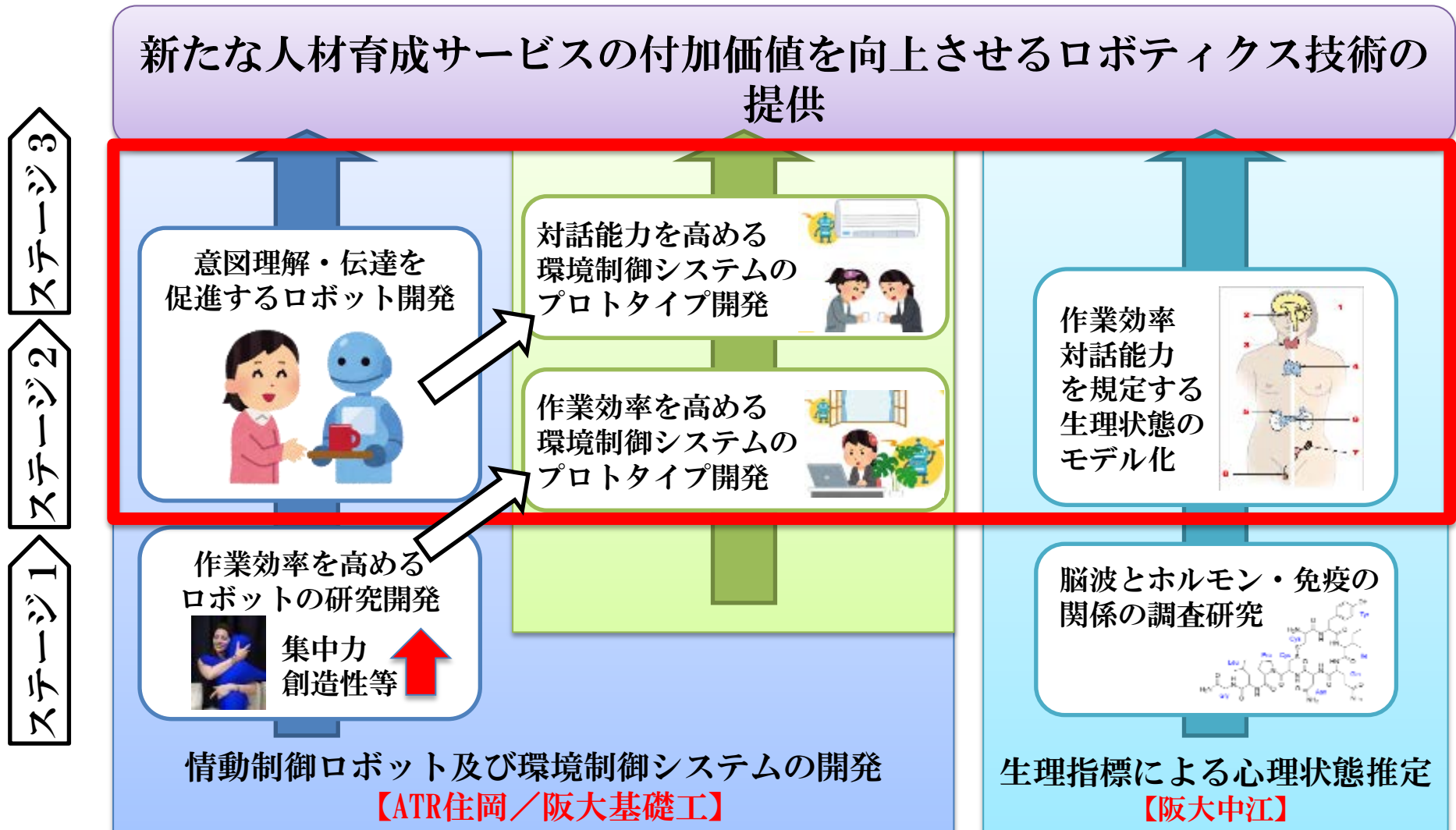


- 集中状態はこういったホルモン・免疫状態として評価できるか
- どういう刺激なら集中力が維持されるか・短い休憩で回復するか
- どういう話し方・内容なら集中力が維持されやすいか
- どういうタイミングで話をするとう記憶に残りやすいか

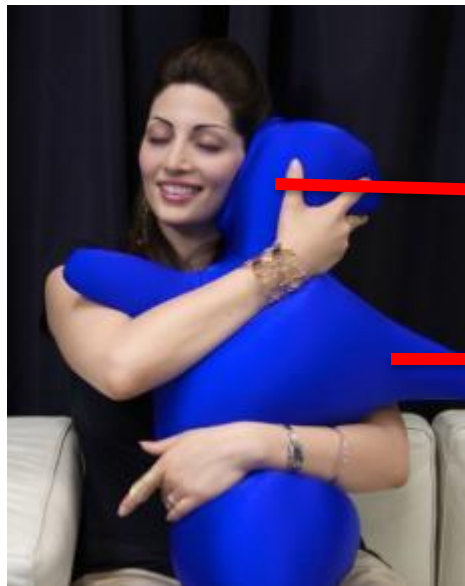
将来的な応用

- 英語会話が上達するシステム
 - 集中力を高め、高まっている時だけ単語やフレーズを記憶させたり、発音しにくい単語を学習させる。

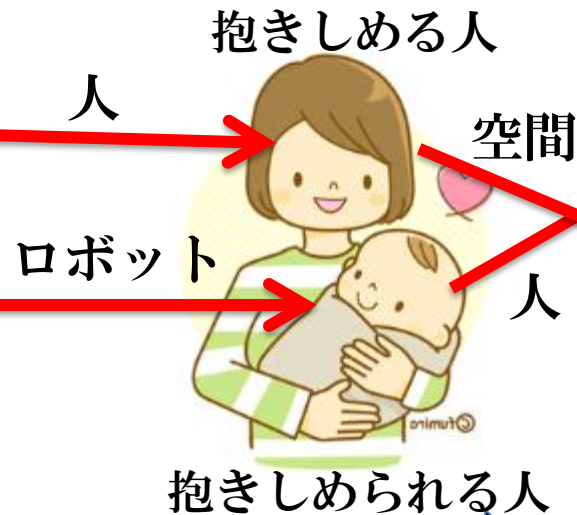
情動制御ロボティクスGの研究開発全体イメージ



作業効率を高める環境制御システムのプロトタイプ開発： 集中力・安心感を強化・維持する空間



人を抱きしめる感覚
(聴覚×触覚)



人に抱きしめられる感覚
(?×?)

将来的な応用

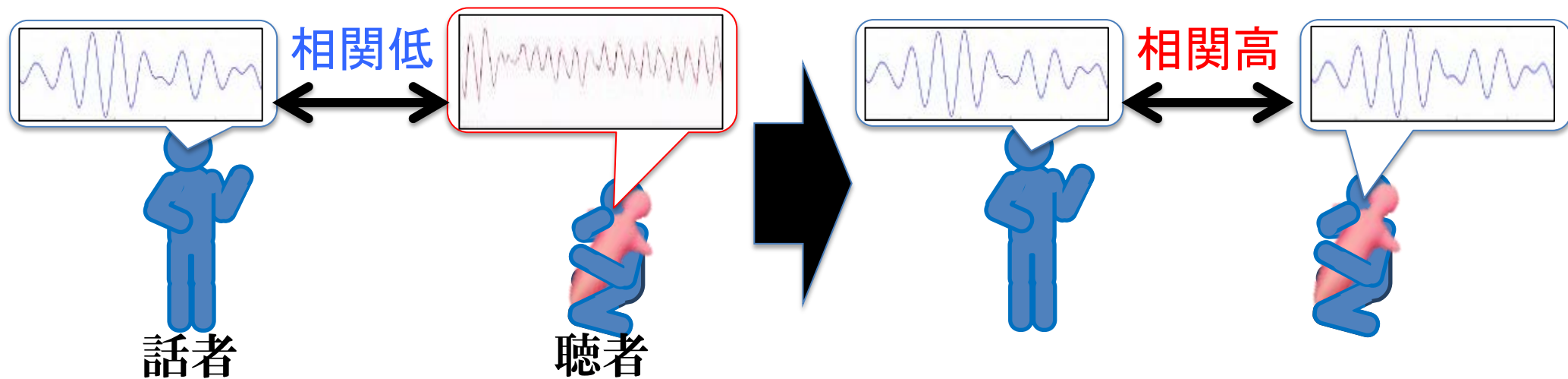
- ・ 集中力が高まるオフィス
- ・ 会話を弾ませる会議室



学校や住宅の設計への
広がりも

意図理解・伝達を促進するロボット開発： 脳波の相関による聞き手への意志伝達の促進

- 話を聞いている時には話者と聴者で脳活動に相関
(Kuhlen et al., 2012)
 - 相関が高くなるように話者に話し方を変化させたり聴者へロボットからの刺激（例えば振動）を与え話を聞くことを促進
 - 共感や信頼感が上がるか？関与するホルモンは？

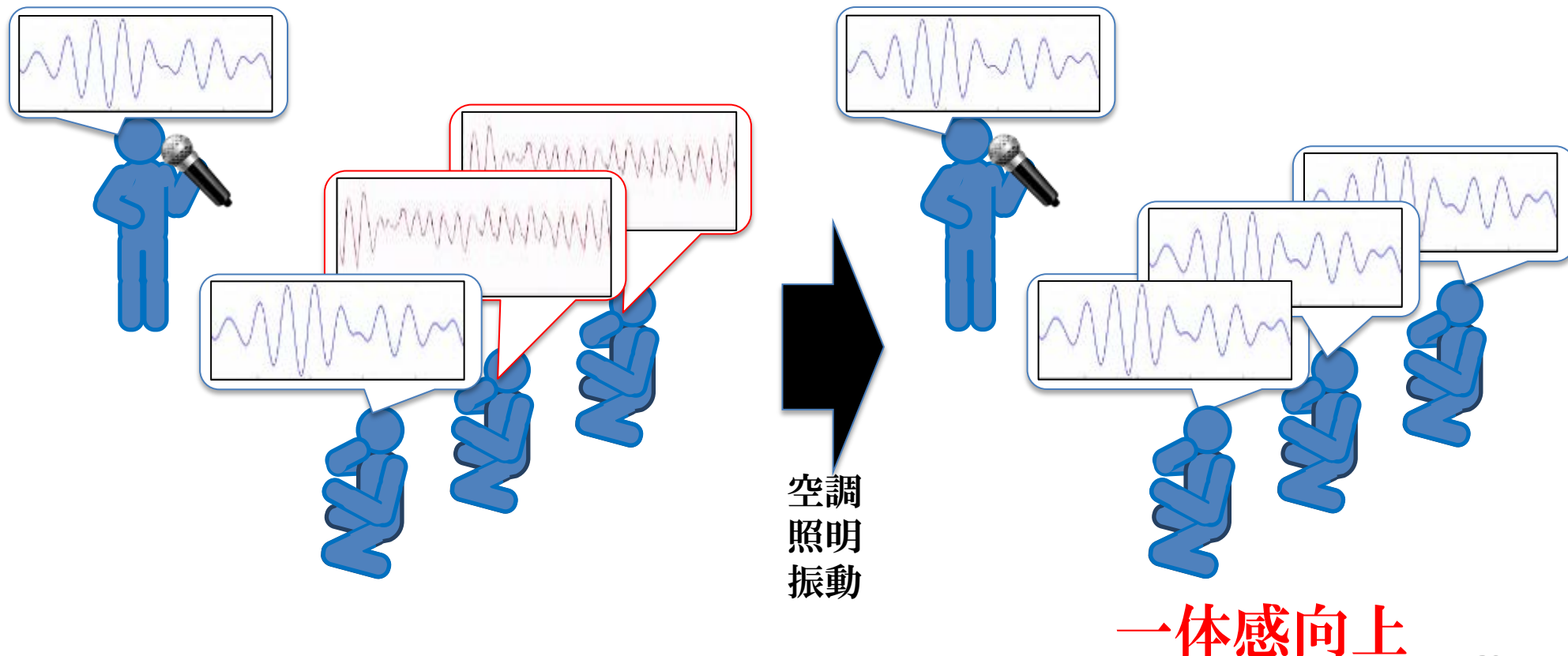


将来的な応用

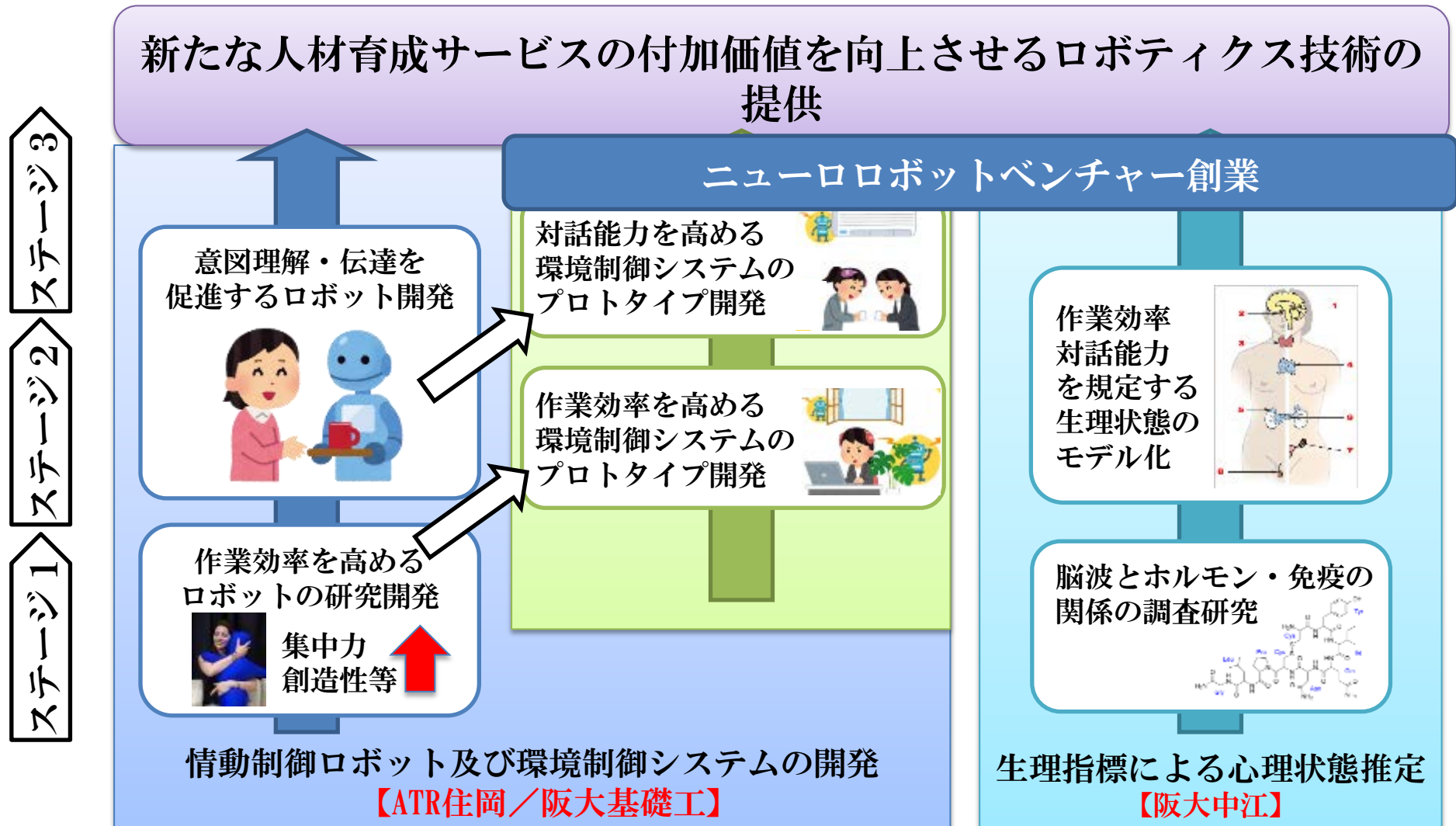
- 脳活動の相関度に基づく話の分かりやすさ評価システム

対話能力を高める環境制御システムのプロトタイプ開発： 一体感を高めるコンサート会場

- できるだけ多くの聴衆の脳活動が話者と相関があるようにすることで一体感を高める



情動制御ロボティクスGの研究開発全体イメージ



革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)
脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現
脳ロボティクス
「アンドロイドフィードバック」
研究課題概要

国際電気通信基礎技術研究所
大阪大学大学院 医学系研究科
情報通信研究機構

西尾修一
平田雅之
鈴木隆文

【情報サービス】 脳機能の拡張を目指して

【ステージⅢ】

言葉にできないイメージの共有



【ステージⅡ】

ニューロマーケティング事業化



脳状態の
機器への
伝達



【情報サービス】
脳機能の
拡張

【ステージⅠ】

心的情報の脳DB



脳状態の
簡易計測



安静時MRI

マルチタスク
能力の拡張



【BMI】
高密度
脳情報計測
ATR山下

脳状態
DB化

NIRS

fMRI



BMIによる
身体機能拡張



【脳ロボ】
アンドロイド
フィードバック
ATR西尾

アンドロイドによる
脳活動制御



背景

- インターネット、スマートフォンなどにより、人がアクセスできる情報は飛躍的に増大した
 - いつでもどこでも
 - 大量の情報にアクセスできる
- しかし、多すぎて使うのが難しくなっている
 - 情報フィルタリング（「情報大航海」など）
 - 人工知能によるアプローチ（Watsonなど）

ツールはよくなったが、
人間の能力は変わっていないことが問題

人間のマルチタスク

- 「グリッド」のような厳密な意味の並列実行は人間にはおそらく不可能

- 注意を一箇所以上に向けられない

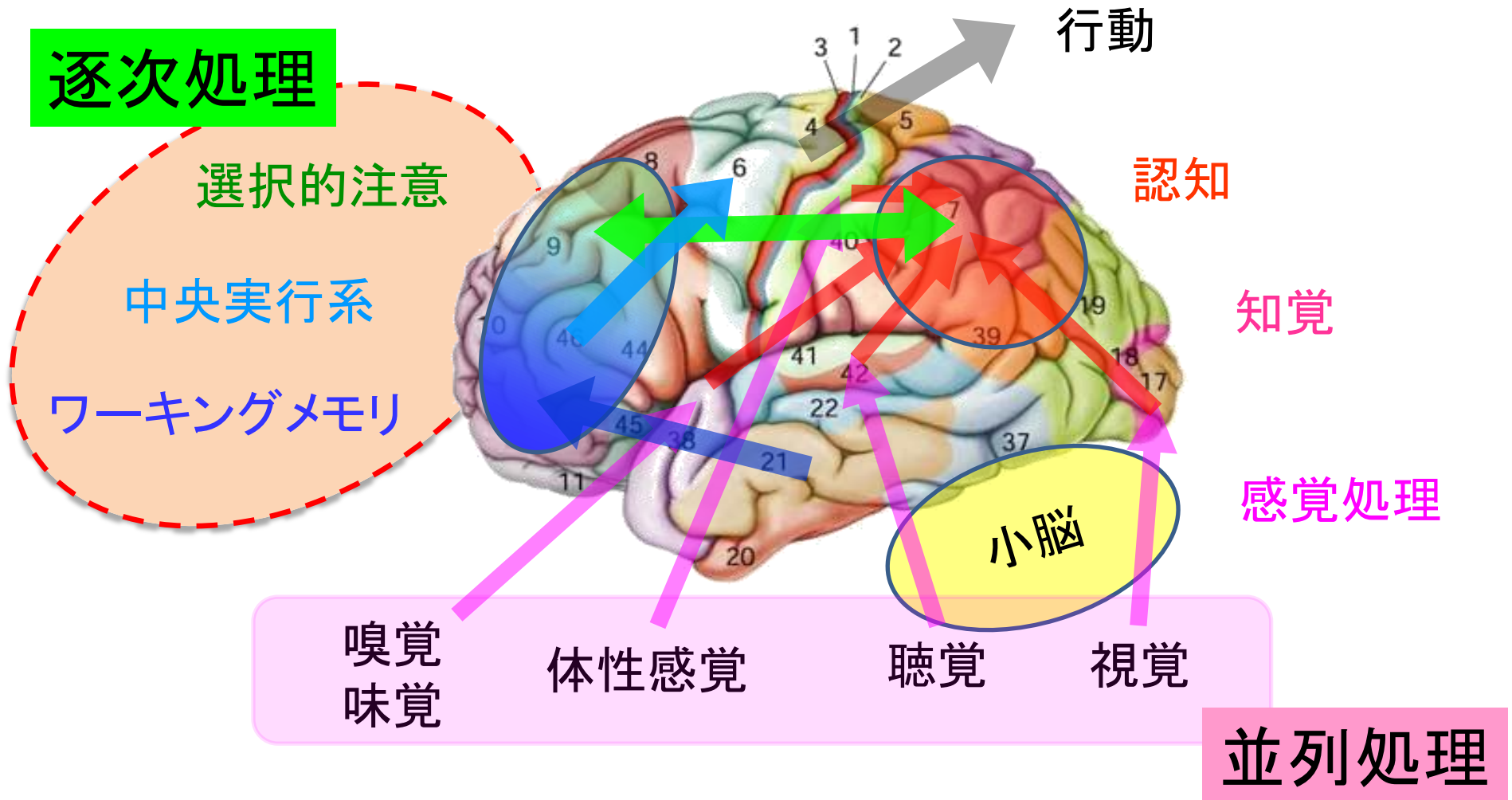
(前頭連合野外側部を取りあう：Nat Neurosci, 2014)

→適切な**タイムシェアリング・注意切替**が必要



タイムシェアリング・注意切替を
すばやく行えるよう、脳を拡張できるか？

タスク実行・注意に伴う脳活動



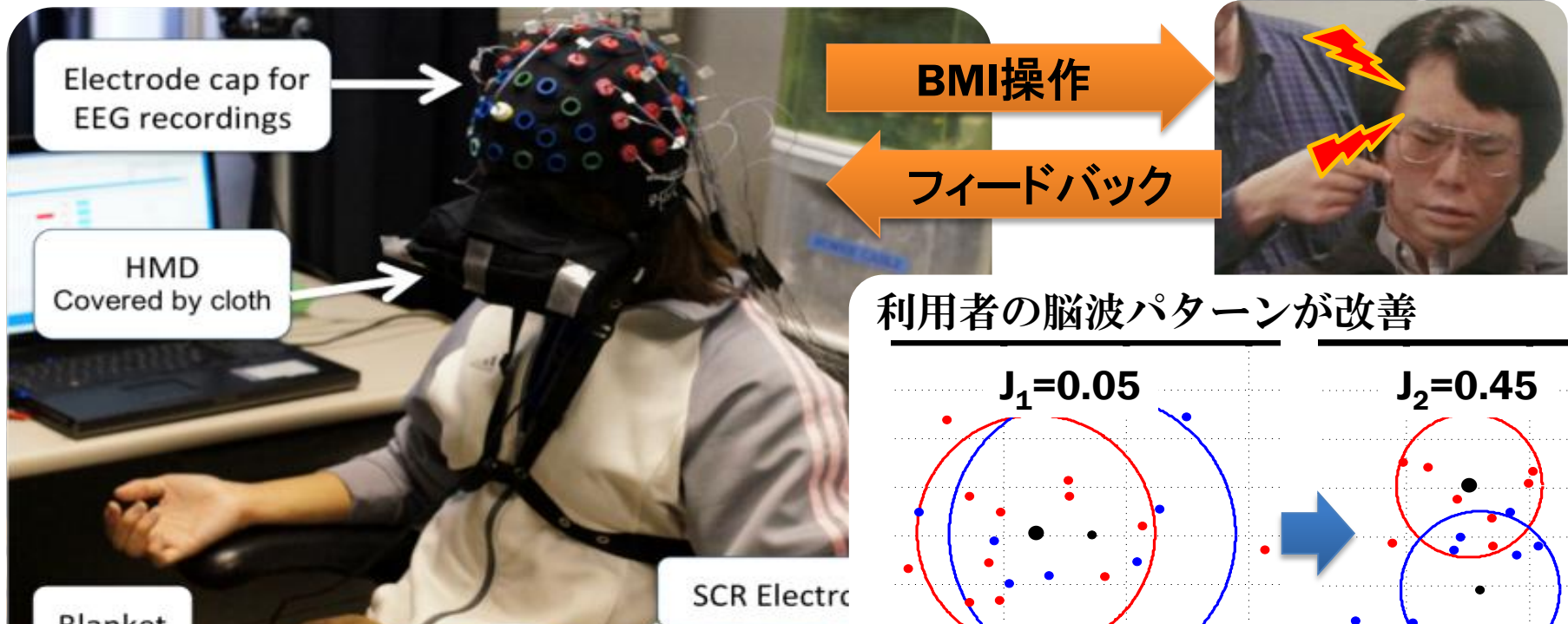
アプローチ

＜運動＞を通じ、神経系の変化を促進する

- 複数課題の並行実行だけでは効果は薄い
→ 「2本以上の腕の制御」によって、運動を通じて**注意分散制御に慣れさせる**
- 人間の身体拡張の研究は始まっているが、**運動野の変化の誘導**や、身体拡張の後、**どう使えばよいのか**、という点は取り組まれていない。
- アンドロイド遠隔操作による**フィードバック効果**を利用して、効果的な訓練を行う

フィードバック訓練を通じて（**学習・定着**）
複数肢を制御できるようにし、（**運動**）
運動を通じて**マルチタスク能力**を拡張する

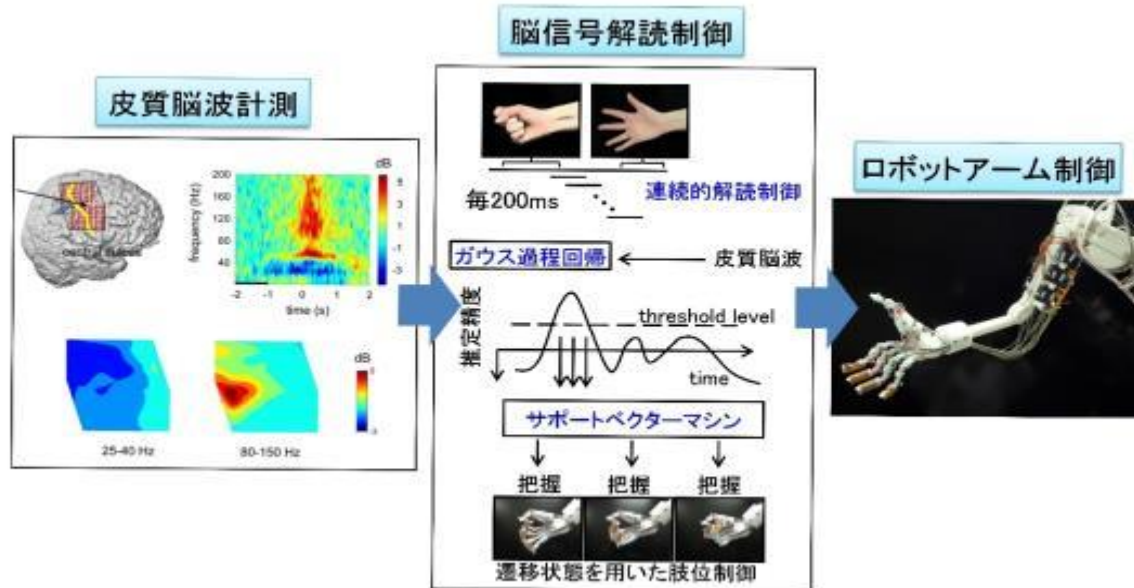
これまでの業績：ATR西尾 アンドロイドニューロフィードバック



- アンドロイドをBMI制御すると、フィードバックにより脳活動が**BMI性能向上方向に変化** (Frontiers Sys NeuroSci, 2014)
- **短時間**で効果、EEGで実現可能 (fMRIなど大型装置不要)
- アンドロイドのみで発現 (ロボットでは生じない)

これまでの業績：阪大平田

頭蓋内脳波によるリアルタイムロボットアーム制御



・手術により人の脳表面に置いた電極によりガンマ活動という高周波の脳波を計測・解釈してロボットアームのリアルタイム制御に成功。(Neuroimage 2009, J Neurosurg 2011, Ann Neurol 2012)

・脳磁図という非侵襲検査装置を用いて人の脳磁界強度を計測・解釈してロボットアームのリアルタイム制御に成功。(Brain Res 2012, Front Hum Neurosci 2014)

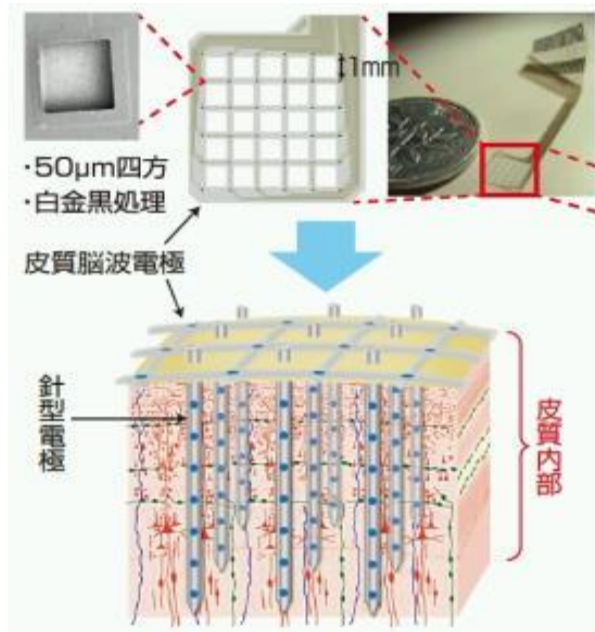
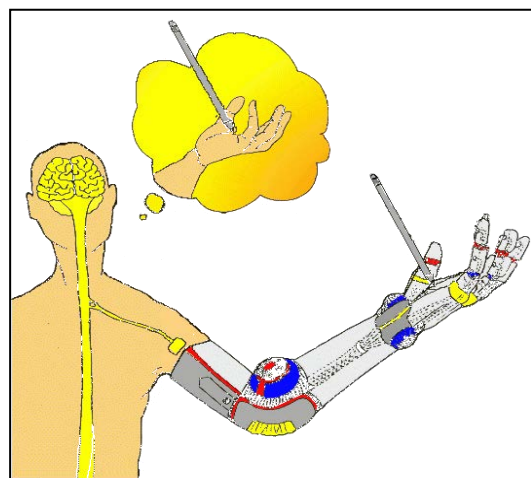


(Ann Neurol, 2012)

これまでの業績：NICT鈴木

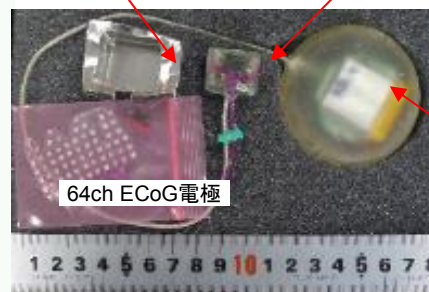
神経インタフェース：デバイスからシステムまで

- ・末梢運動神経信号・針筋電信号による義手制御（東大満洲Gにて）
- ・末梢感覚神経電気刺激による人工触圧覚生成（東大満洲Gにて）
- ・柔軟神経電極の開発（末梢・中枢用）
- ・皮質脳波BMI用無線計測システムの開発（臨床用128chシステム、次世代4096chUWBシステム）（阪大脳外科Gと連携）



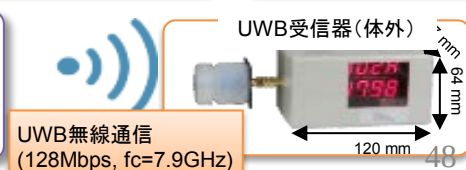
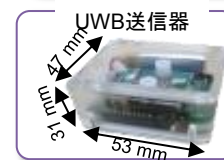
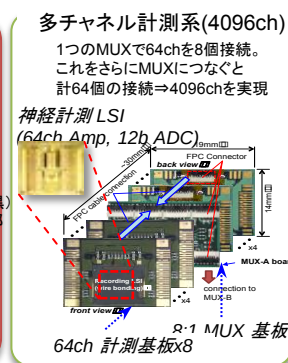
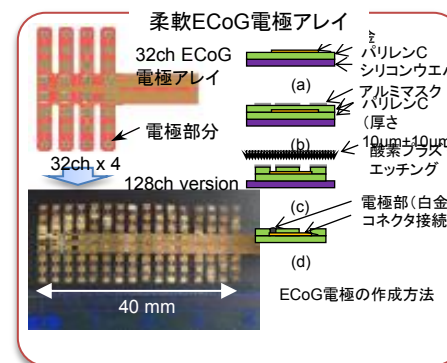
チタンヘッドケーシング
(LSIを閉じ込める)

64ch神経信号計測LSI
(エポキシで包埋)



Wi-Fi送受信機、非接触
給電装置、
リチウムポリマー2次電池
(エポキシ包埋)

128ch BMIシステム

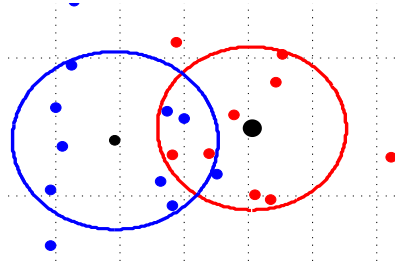
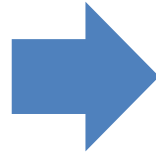


4096ch BMIシステム

ステージ 1 の目標



アンドロイド操作



BMI性能向上

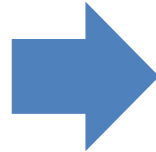
従来：遅延**5秒**程度、
正解率**40-70%**程度

目標：遅延を半分～**1/3**程
度に減少

ポイント：アンドロイド
フィードバック訓練



MEG-BMI

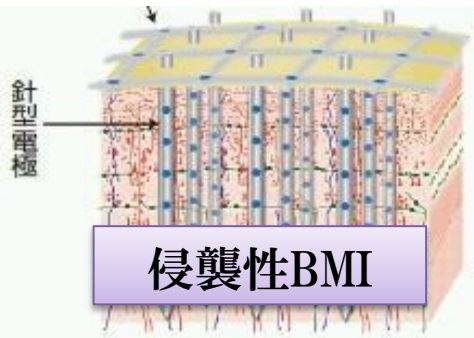


アンドロイド制御

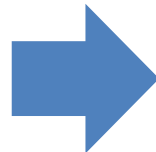
従来：ロボットアーム**1本のみ**を制御

目標：アンドロイドの**複数の腕を同時制御**

ポイント：高精度測定と
デコーディング



侵襲性BMI



複数肢の制御

従来：BMI制御中、**自分の腕**も同様に動く

目標：ロボットと自分の
腕の両方を制御

ポイント：
脳内身体表現の変化

アンドロイドフィードバックGの研究開発全体イメージ

マルチタスク能力の拡張



ステージ3

複数肢制御を通じた
マルチタスク訓練

ステージ2

アンドロイドフィードバック
による複数肢の
制御トレーニング

ステージ1

アンドロイドフィードバック
によるBMI高速化



1. アンドロイドフィードバック
によるトレーニング
【ATR 西尾】

MEGによる人の
複数肢制御と
脳機能変化の解明

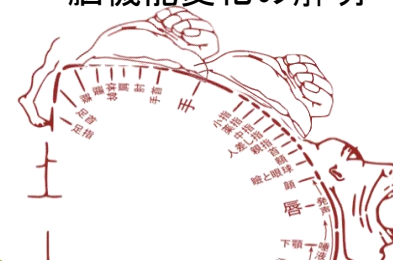


MEGリアルタイム
フィードバックによる
高精度BMI制御



2. MEG(非侵襲)による
高精度アンドロイド制御
【阪大 平田】

複数肢のBMI制御・
マルチタスクによる
脳機能変化の解明



侵襲型BMIによる
複数肢の同時制御



3. 侵襲性BMIによる
身体機能拡張
【NICT 鈴木】