

脳活動・自律神経活動の融合解析に
よるハイブリッド型BCIの研究開発
(112103010)

東京大学
小谷 潔

研究開発期間：平成23年度～平成25年度

BCI (Brain-Computer Interface) :

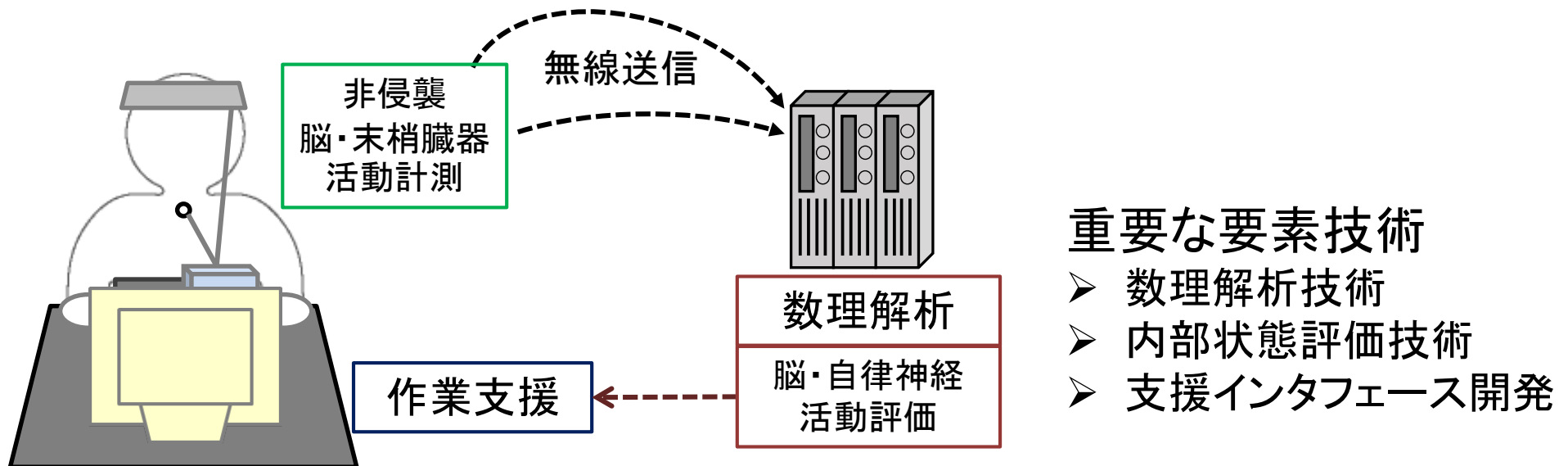
利用者の脳活動から情報を抽出し、支援する技術

幅広い実用化に向け、多くの情報量を精度高く抽出する必要性
→末梢臓器の非侵襲計測により、自律神経活動を評価

脳活動と自律神経活動との融合解析によるハイブリッド型
BCIの構築

→BCIの支援範囲を拡張

=安全管理, 知的作業支援応用

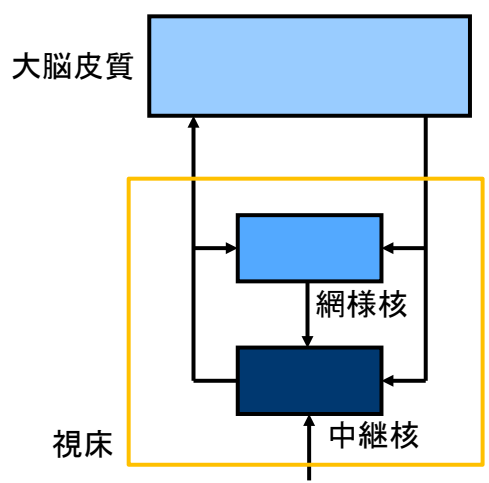


研究開発の成果①：神経系伝達遅れに対する数理解析理論

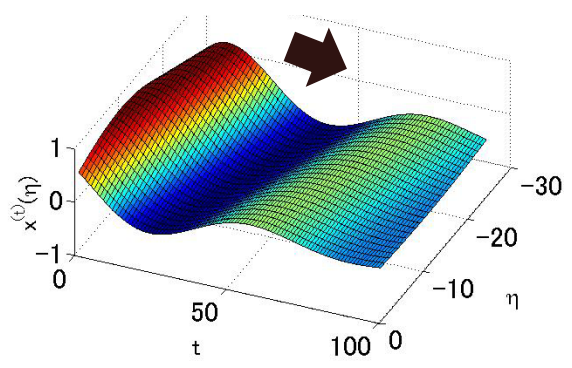
時間遅れ力学系の縮約理論の発展

→ 神経系の伝達遅れを含む数理モデルの解析解・近似解導出

視床-皮質数理モデル



関数微分方程式



$$\dot{X}(t) = F(X(t), X(t-\tau)) \quad X \in \mathbb{R}^N$$

関数微分方程式

$$X^{(t)}(\eta) = X(t+\eta) \quad (-\tau \leq \eta \leq 0)$$

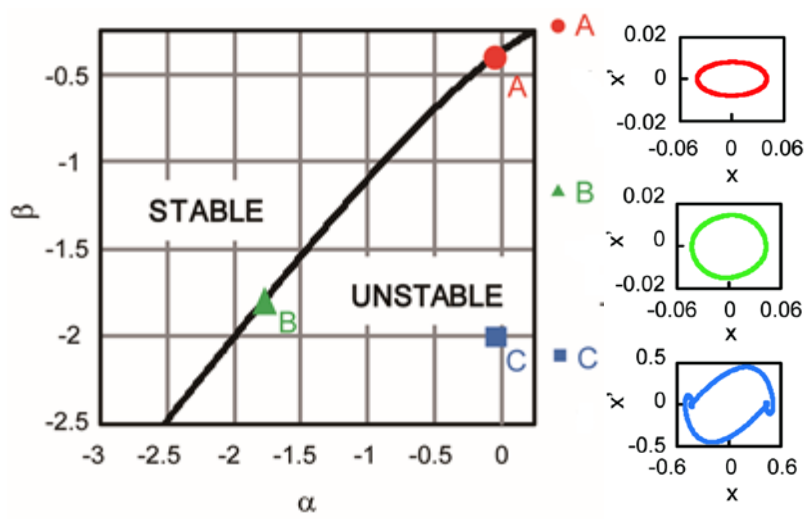
$$X^{(t)} \in C_0 \quad C_0 = C([- \tau, 0] \rightarrow \mathbb{R}^N)$$

縮約方程式

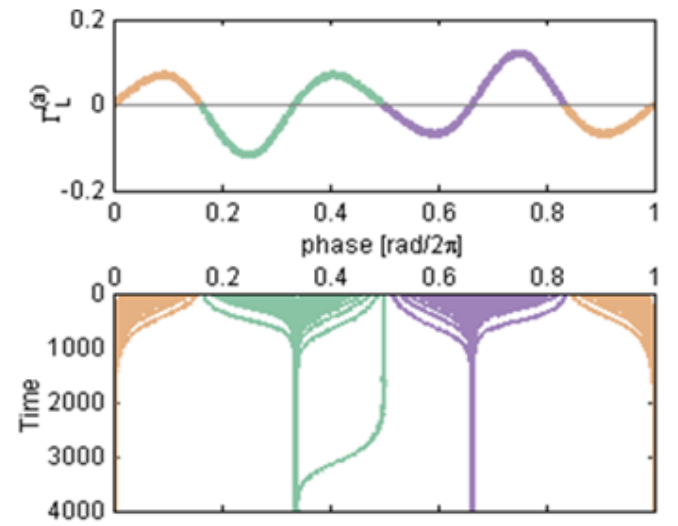
$$\dot{\theta} = \omega + Z(\theta)p(t)$$

$$\dot{W} = \lambda W - g|W|^2 W$$

相図と不安定領域の振動解

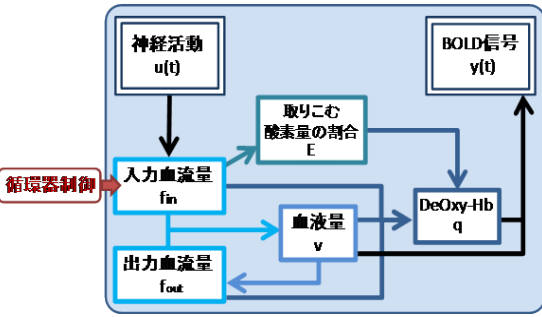


同期現象の理論解析

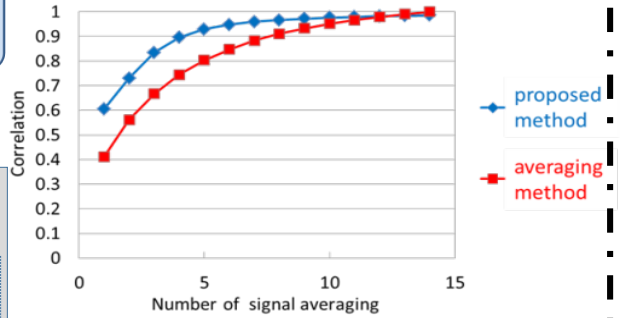


研究開発の成果②：生体内部状態の評価手法

- 数理モデルを用いて生体計測信号（脳・循環器）から内部状態を推定
 - 睡眠ステージに応じた皮質興奮性-抑制性バランス変化の抽出
 - NIRSによる神経活動の高精度評価
- 自律神経活動評価→ひやりはっと状態を85%の識別率で同定
- 記憶パフォーマンスの違いによる神経活動変化を評価（ $P < 0.05$ ）
- 匂い刺激により暗算・短期記憶課題の正答率を統計的有意に上昇



数理解析による記憶タスク時神経活動の高精度評価

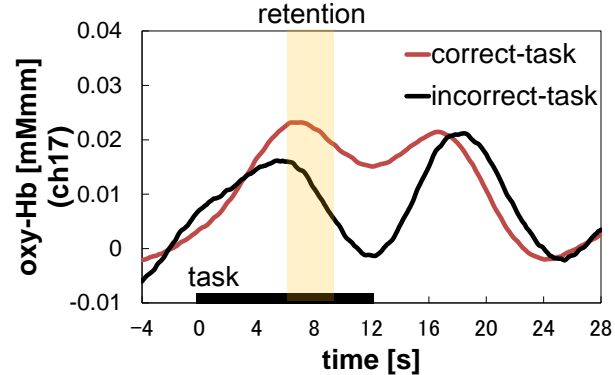
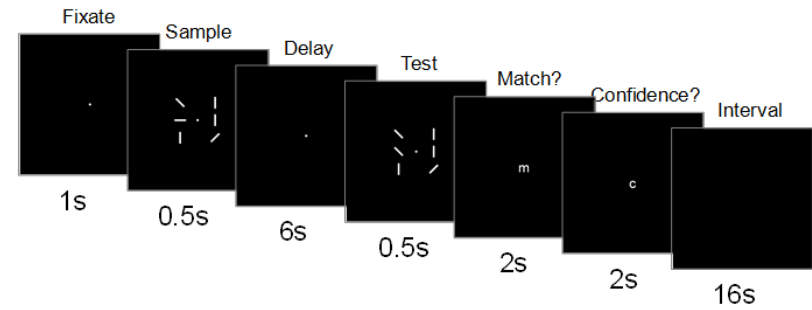


NIRS Time series y

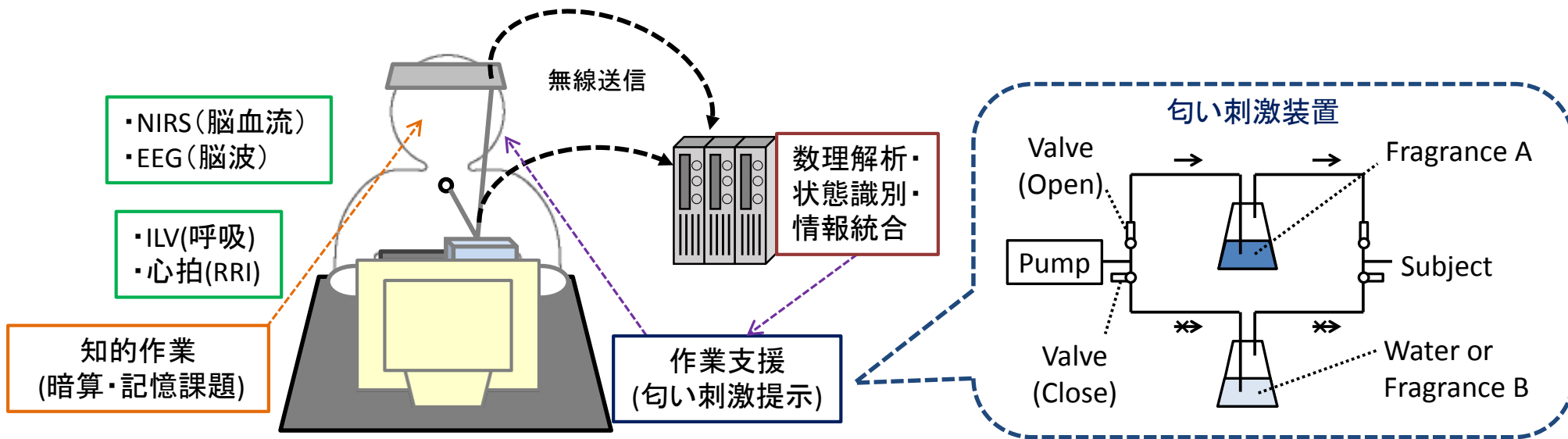
$$= \begin{matrix} \text{Neural Activity} \\ + \\ \text{MWSA} \\ + \\ \text{RSA} \end{matrix} \times \begin{matrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{matrix} + \text{Error Term } \epsilon$$

X β

記憶タスクに伴う脳血流変化



研究開発の成果③：ハイブリッドBCIプラットフォームの構築



システム概観



解析・外部刺激制御部



生理指標に基づいた刺激
作業パフォーマンス上昇 + 生理指標の回復

今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

- より装着が容易かつ軽量の生体計測・解析システムに発展させ、簡便に利用可能なシステムの構築。
- 多人数同時使用を想定した無線通信・大規模データ解析ネットワークの構築。
- オフィスワークおよび学習現場への導入・有効性評価。

