

数理工学的研究

数理工学とは: 数理的な手法により, 工学の様々な問題を理解し解決する.
対象分野: 通信理論, 符号理論, 信号処理, 音声処理, 脳の情報処理の理解, データ解析

用いる方法: 情報幾何学, 統計学, 最適化 など

以下ではこれまで行なってきたいくつかの例について説明する.

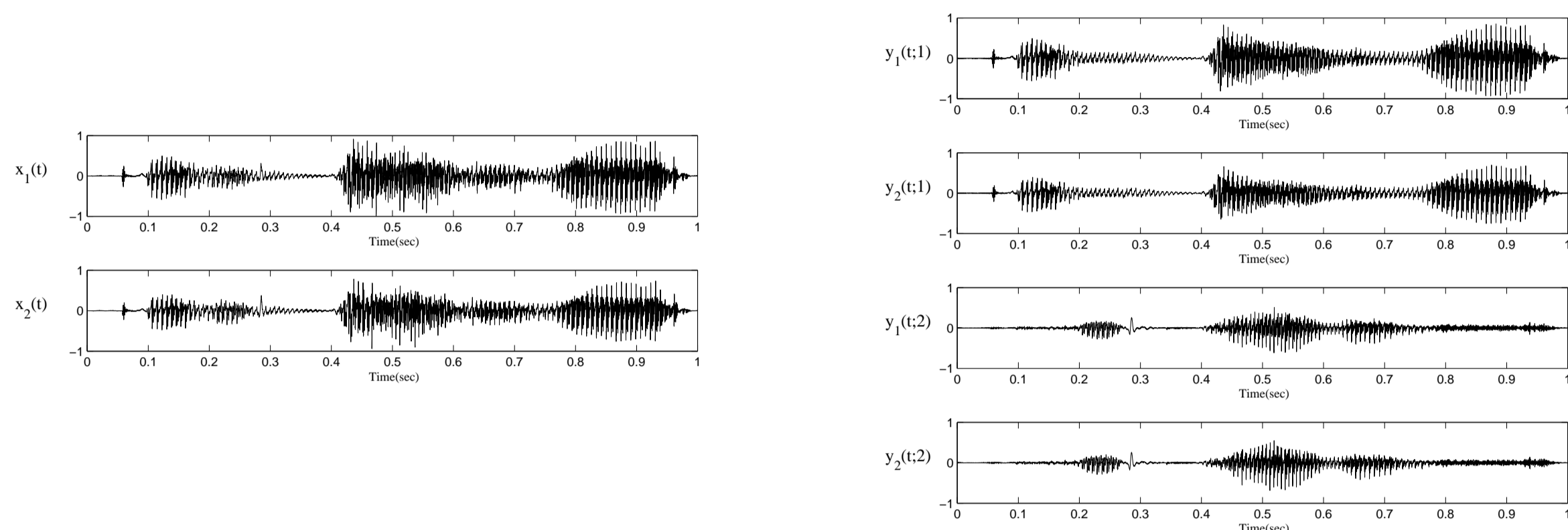
音声分離

観測音

$$\begin{pmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11}(t) & A_{12}(t) \\ A_{21}(t) & A_{22}(t) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} S_1(t) \\ S_2(t) \end{pmatrix}$$

目的: 分離

$$\begin{pmatrix} Y_1(t) \\ Y_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W_{11}(t) & W_{12}(t) \\ W_{21}(t) & W_{22}(t) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{pmatrix}$$

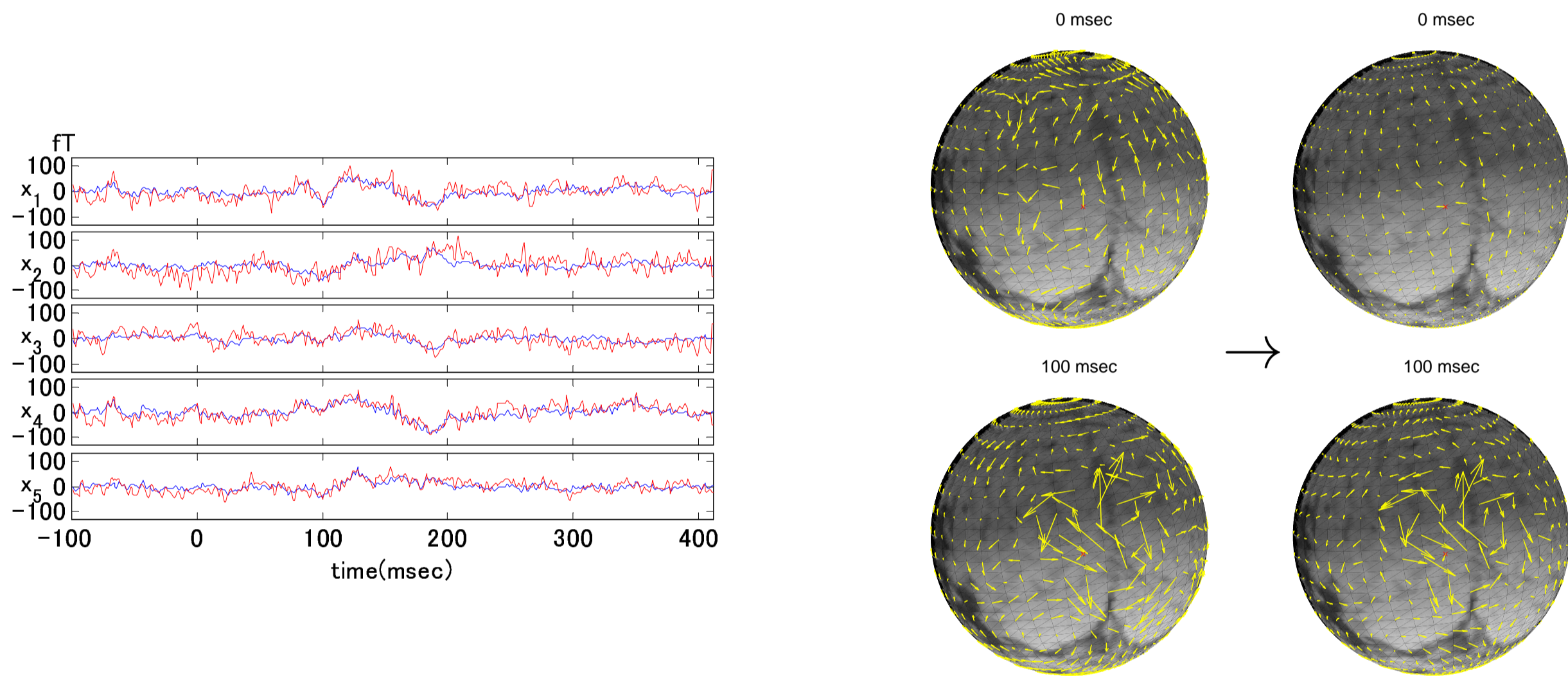


MEG データの解析

観測

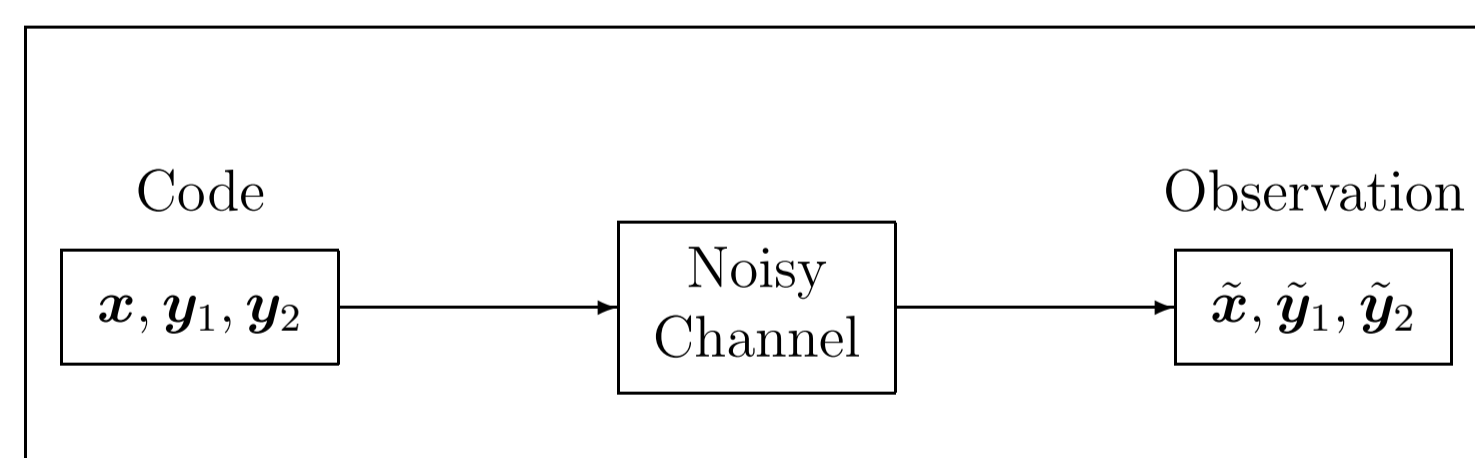
$$x(t) = As(t) + n(t)$$

目的: ノイズの低減



ターボ符号と LDPC 符号の情報幾何学的理解

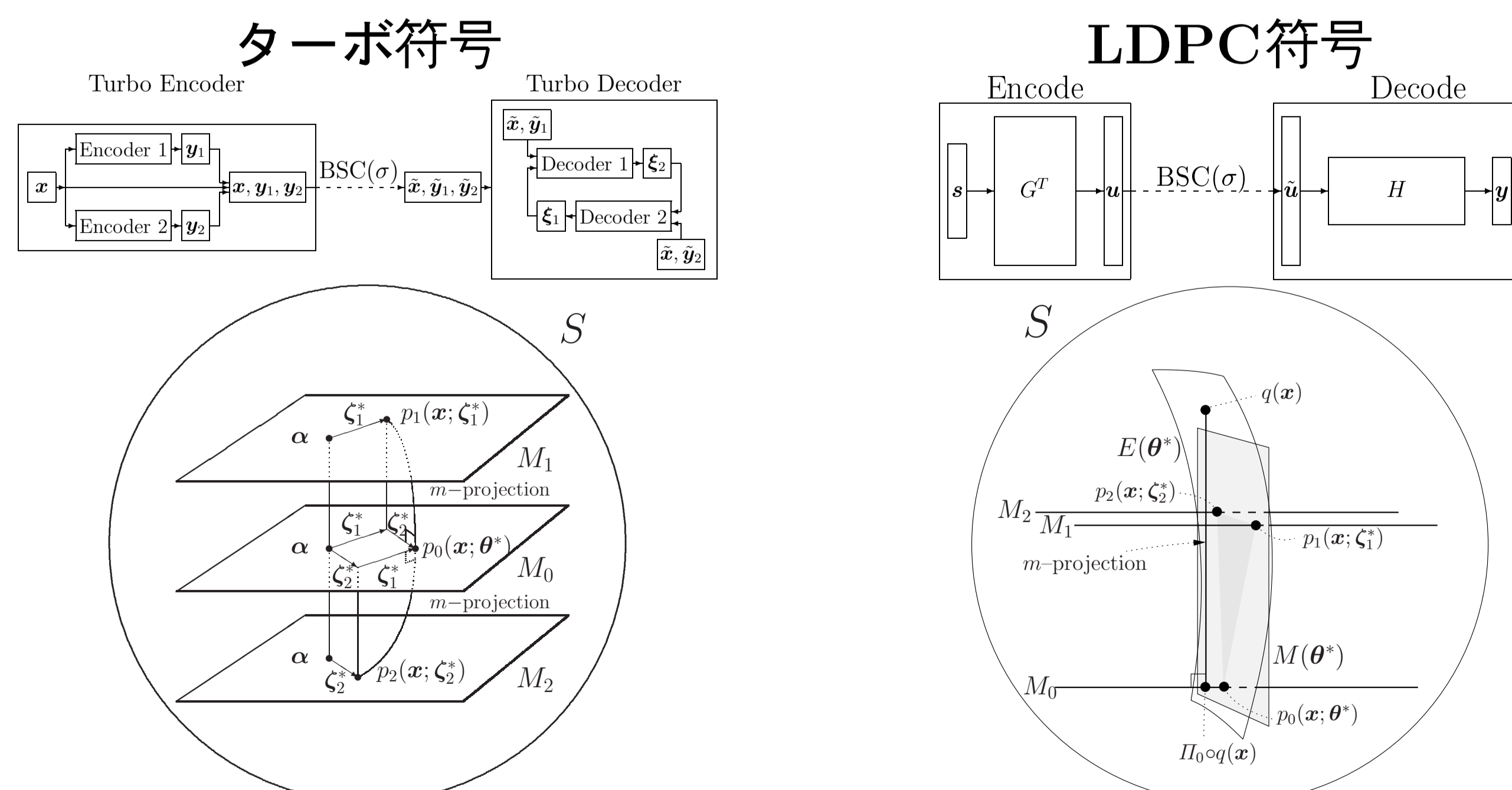
誤り訂正符号: 雑音の混ざる通信において正しく情報を送るための技術.



ターボ符号: 最新の携帯電話でも用いられている誤り訂正符号.

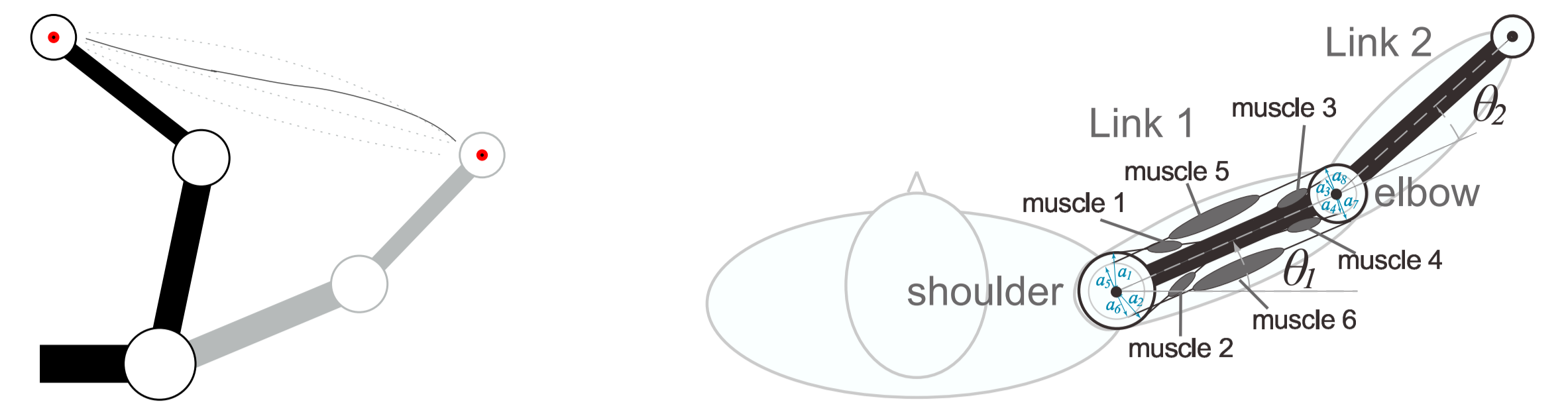
LDPC 符号: 同等の能力を持つ固定長の誤り訂正符号

ターボ符号やLDPC符号は復号に関して近似法となり, 繰り返しアルゴリズムとなる. しかし, 収束性や近似精度が明らかではない. 情報幾何学的手法を用いて, 収束性や近似精度を議論した.



脳における運動指令生成の方法について

腕をある点から別の点へ移動させるとき, どのような軌道を作るか. また, 脳が腕を動かす運動指令をどのように生成するか.



脳からの信号は基底関数の線形和で書けるとする

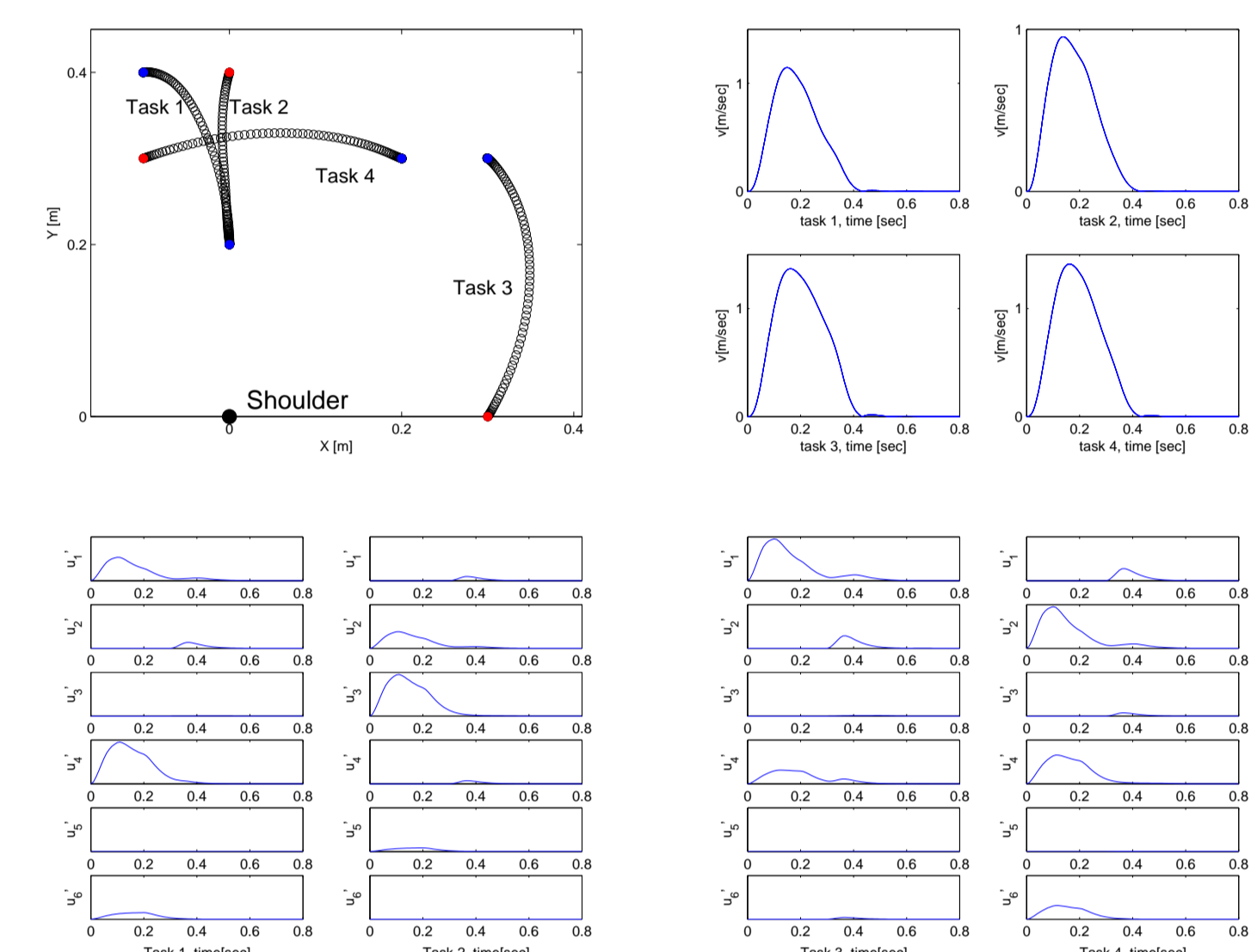
$$u_i(t) = \sum_j w_{ij} \phi_j(t), \quad w_{ij} \geq 0,$$

脳はできるだけ簡単な指令を生成すべく計算をすると仮定する

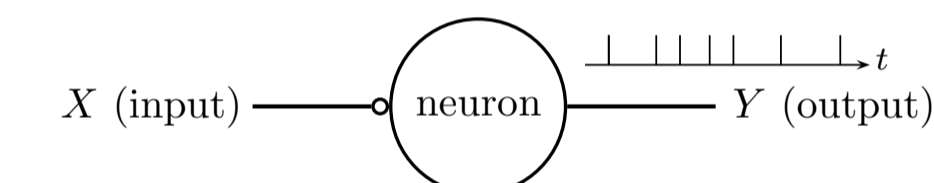
$$\text{Cost}(\mathbf{w}) = \text{Error}(\mathbf{w}) + \text{Preference}(\mathbf{w}; \lambda_1, \lambda_2)$$

$$= \frac{1}{T_s L} \sum_{l=0}^L |\theta(t_l; \mathbf{w}) - \theta_T|^2 + \lambda_1 \sum_{ijk} w_{ijk} + \lambda_2 \sum_{ijk} w_{ijk}^2$$

$$\hat{\mathbf{w}} = \underset{\mathbf{w}}{\text{argmin}} \text{Cost}(\mathbf{w}).$$



単一神経細胞が伝達できる通信路容量

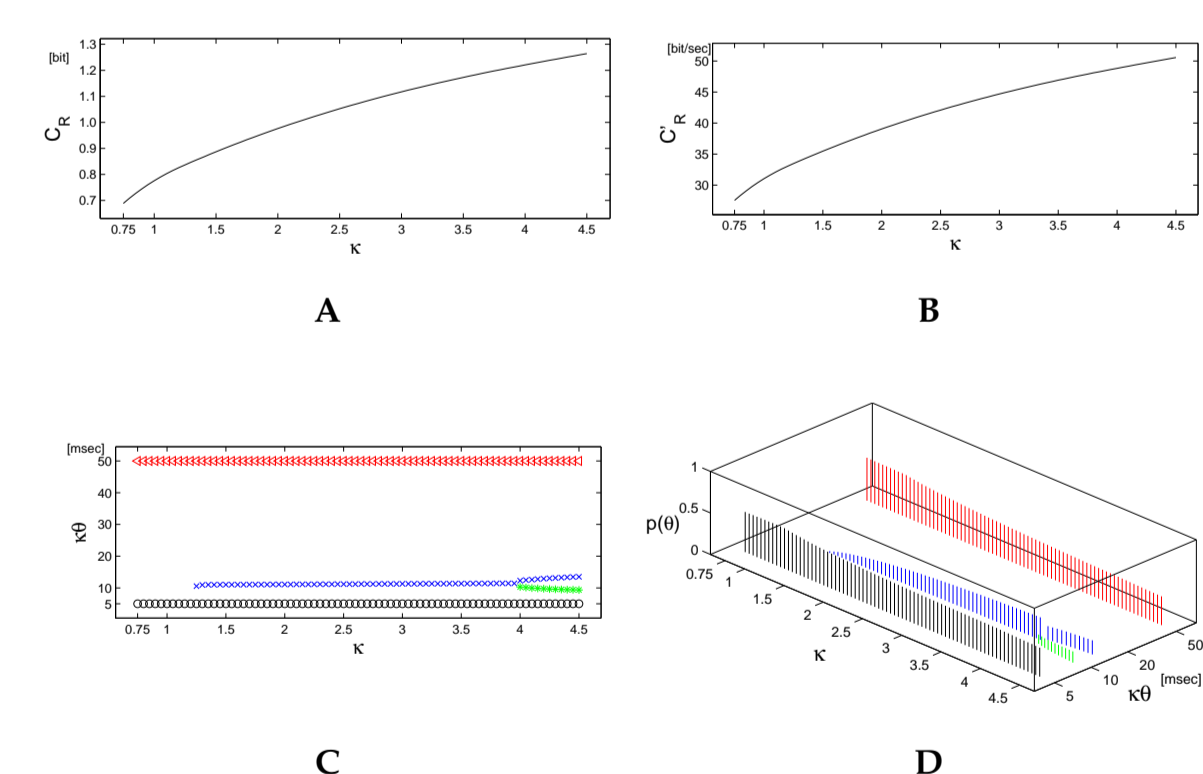
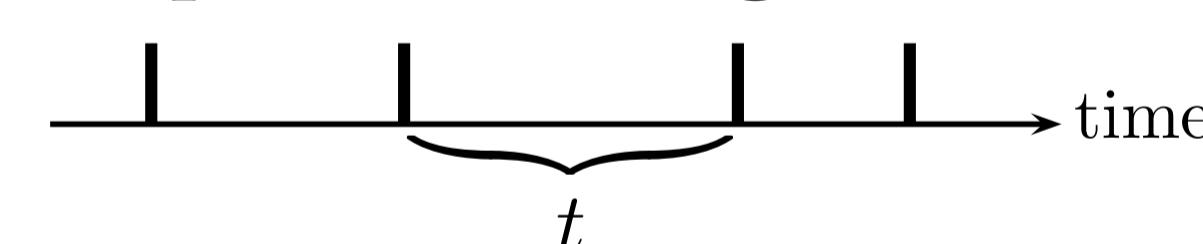


神経はスパイクというパルスで情報を伝達する. スパイクの間隔が情報を符号化しているが確率的に振舞う. したがって単位時間の伝達できる情報量には限界がある. 通信路容量

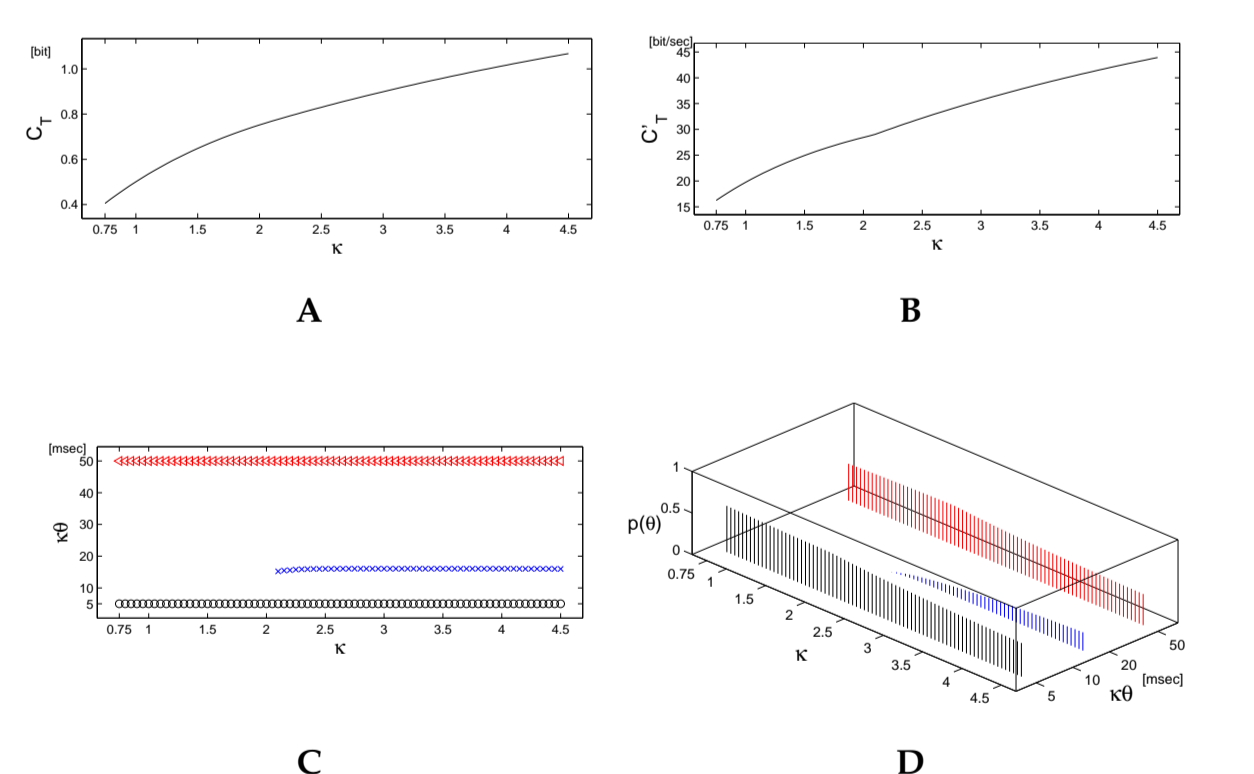
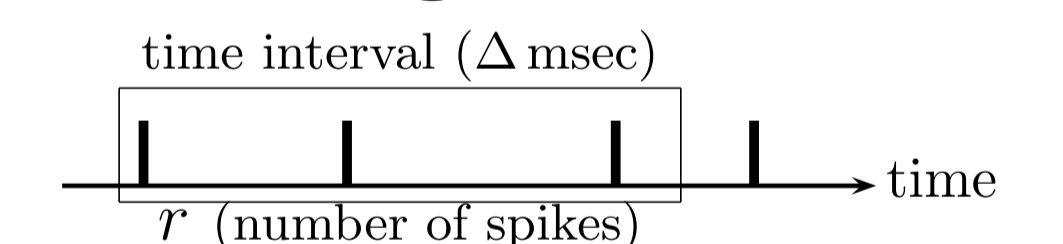


$$C = \sup_{p(x) \in \mathcal{P}} I(X; Y), \quad I(X; Y) = H(X) - H(X|Y) \text{ [bit].}$$

Temporal Coding



Rate Coding



Rate coding に対する数値実験の結果 **A**: 通信路容量 C_T (bit per channel use). **B**: 通信路容量 C'_T (bit per sec). **C** と **D** はそれぞれの κ に対して通信路容量を達成する分布を示している.

Temporal coding に対する数値実験の結果 **A**: 通信路容量 C_T (bit per channel use). **B**: 通信路容量 C'_T (bit per sec). **C** と **D** はそれぞれの κ に対して通信路容量を達成する分布を示している.

その他の話題

- 衛星デジタル通信の移動体における受信システムの構築
- 多クラス判別の方法
- 単一タンパクの構造推定