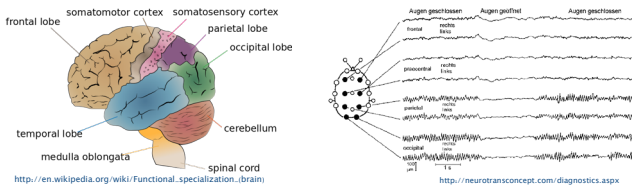


# 粒子フィルタによるダイポール推定のためのモデル選択規準

日野 英逸 モデリング研究系 准教授

## 研究背景

- 生体信号から脳内の活性化位置を特定する手段が求められている。(脳のしくみの解明, てんかん等の脳の疾患の診断や治療)
- 非侵襲的かつ臨床応用に適したEEG(脳波)から脳内の活性化位置規模を推定したい
- 神経細胞が発火すると周囲に局所電流が発生する
- EEGは局所電流から生じた頭皮上の電位を電極で観測したもの

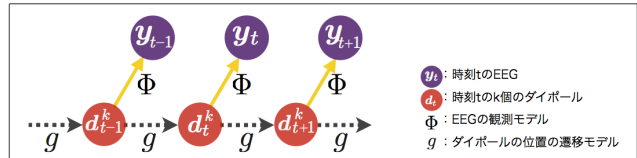


## 問題設定

- 局所電流の束を電流ダイポールに置き換える(位置とモーメントを持つ6次元の物理量)

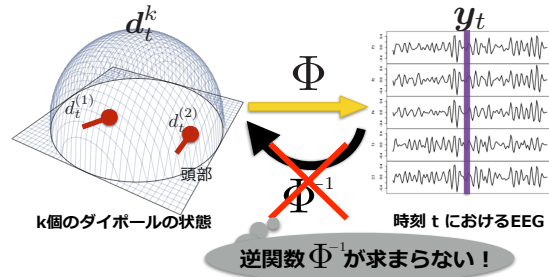
### 仮定

- EEGは脳内のダイポールから生成された信号である
- 時刻 $t$ のダイポールの位置は時刻 $t-1$ のダイポールの位置から連続的に変化する
- EEG測定中に脳内のダイポールの個数, 位置, モーメントは変化する



### 脳波の生成モデル

頭部(頭皮, 頭蓋, 脳)の誘電率を考慮し, 頭皮上に脳波を形成する伝達関数(3層モデル)を利用



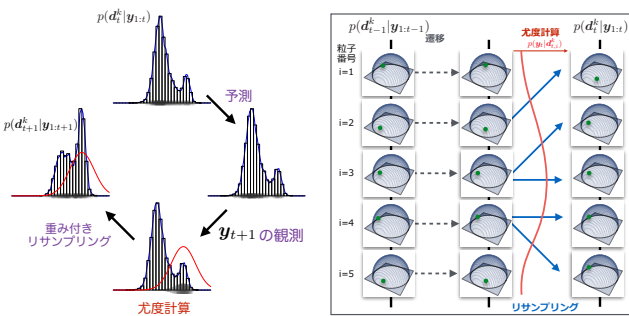
### 取り組む問題:

各時刻において, 観測できない内部状態であるダイポールの個数・位置・モーメントを推定する

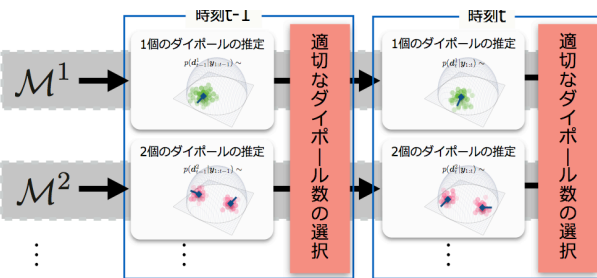
## 手法

### ■ 粒子フィルタ

- K個のダイポール分布を多数の粒子の集まりで近似



### ■ モデル選択



- 粒子フィルタによる予測分布の期待尤度最大化に基づき情報量基準を導出: Information Criterion for Multiple Particle Filter

$$MPIC(k) := 2 \times (\mathbb{E}_{\hat{p}}[-\log f(y_t^n | r_t^k, \hat{q}^k(r_t^k, y_t^n))] + 3k \log(\sqrt{2e}))$$

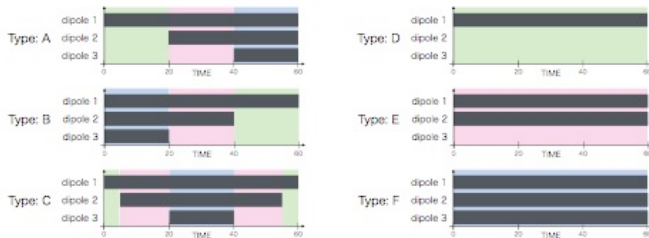
$$\hat{k} := \arg \min_k MPIC(k)$$

$$\frac{1}{2} MPIC(k) \xrightarrow{d} \mathbb{E}_{\pi^*}[-\log \pi_k(\mathbf{Y}_{new}^n | \mathbf{y}^{nt})]$$

$$AIC(k) := 2 \times (\min_{r_t^k} [-\log f(y_t^n | r_t^k, \hat{q}^k(r_t^k, y_t^n))] + 3k)$$

$$BIC(k) := 2 \times (\min_{r_t^k} [-\log f(y_t^n | r_t^k, \hat{q}^k(r_t^k, y_t^n))] + \frac{3k}{2} \log n)$$

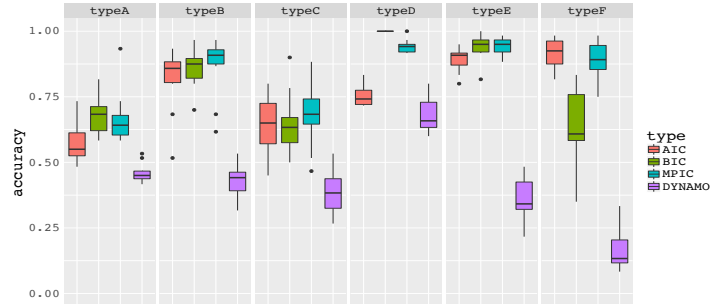
## 実験結果



- ダイポール数が様々なパターンで切り替わる人工データを作成し, 提案手法でダイポール個数・位置・モーメントを推定. ダイポール位置はマルコフモデルに従い, モーメントはランダムに遷移.

本発表は, 金田有紀, 中村圭太, 村田昇(早稲田大学), 園田翔(理研), 赤穂昭太郎(産総研), 川崎真弘, 宮内英里(筑波大)との共同研究に基づいたものです

- 10セットのデータに対してダイポール数を推定した際の時間平均精度
- ←提案手法が多くの場合他手法と同等以上の精度を達成した



- 両耳への聴覚刺激に対する実EEGデータ(62ch)を解析し, 提案手法により神経生理学的な知見と整合性の取れる位置にダイポールを推定できた.