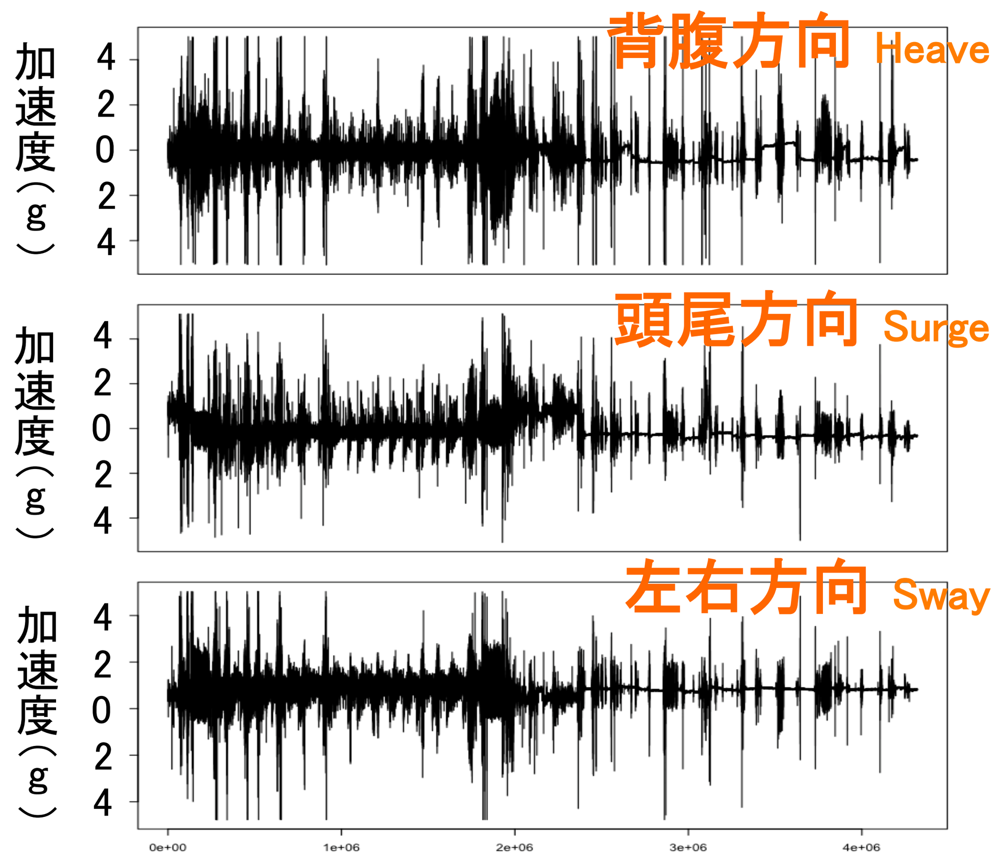
統計手法を用いた動物の行動分類の試み

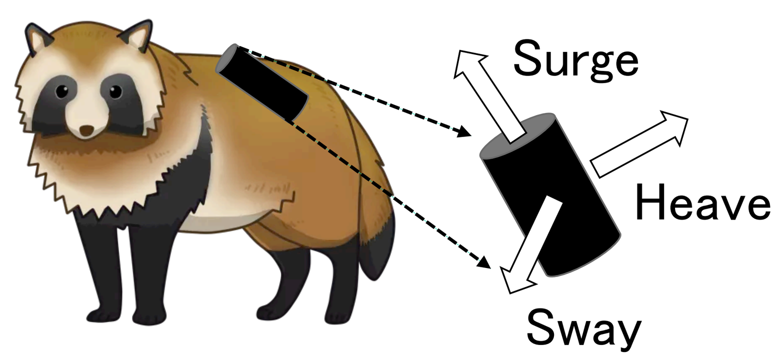
山本　誉士　　モデリング研究系　特任助教

波形から行動を特定する



加速度データロガーを装着した海鳥

3軸方向の加速度を計測



「動き」とは物体が速度や加速度を有している状態
→加速度を記録すれば動物の行動を調べることできる

動物の研究の基本は観察だが、自由に移動する彼らを追跡して行動を調べるのは難しい. そこで、小型データロガーを動物に装着して加速度を記録し、行動を調べる手法が増えつつある. 一方、得られた波形データから各行動を特定する必要があるが、既存手法(eg.決定木)では**行動の連続性を考慮できていない**.

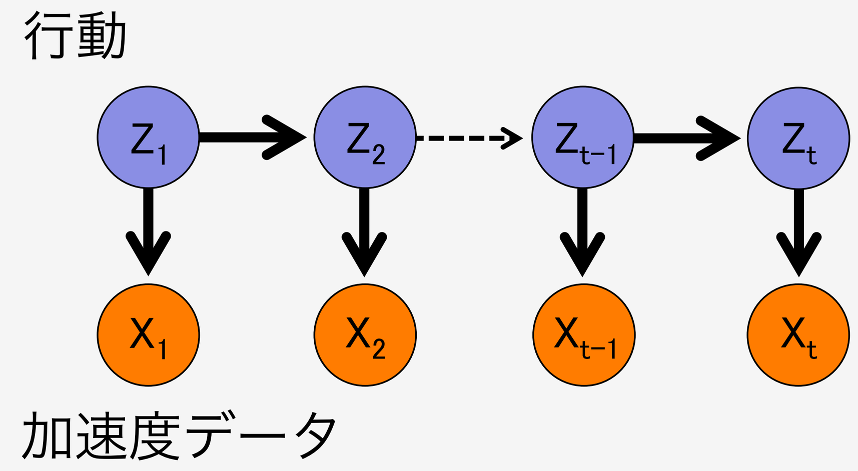
そこで、本研究では連続性を考慮した行動分類手法を確立するため、

隠れマルコフモデルを用いた行動分類を試みた

隠れマルコフモデル（Hidden Markov Model）

- 観測変数x_tは潜在変数z_tに影響を受けて生成
- 潜在変数z_tは一次マルコフ連鎖に従いz_{t-1}の影響を受けて生成
- 観測変数x_n同士は独立である

$$x_t \sim p(x_t \mid z_t) \quad z_t \sim p(z_t \mid z_{t-1}, A) \quad \Gamma = p(z_{t+1} = j \mid z_t = i)$$
$$i, j = 1, \ldots\ldots, N$$



非観測変数

$$\{Z_t\}_{t=1}^{T} \quad (z_n, n \in \{1, \ldots\ldots, N\})$$

観測変数

$$\{X_t\}_{t=1}^{T}$$

観測変数の条件付き分布

$$x_t \sim p(x_t \mid z_t, \mu)$$

$$f(Param_1, Param_2 \cdots \mid \omega) = \prod_{t=1}^{T} \left[f(Param_n \mid \omega, z_t) \cdot f(z_t \mid z_{t-1}, \Gamma) \right]$$

where ω denotes the set of all parameters

キバナウ(海鳥)の加速度データから以下の行動を分類

（分類数 Z_n = 4：繁殖地: Colony，潜水: Diving，飛翔: Fly，遊泳: Swim）

分類パラメータと確率分布

- 羽ばたき周波数：WBF = Log normal (μ, σ, kappa)
- 体軸角度：pitch = Normal (μ, σ)
- 全体活動量：SD_{ODBA} = Exponential (λ)
- 潜水：depth = Bernoulli (p) (x = 0, 1)

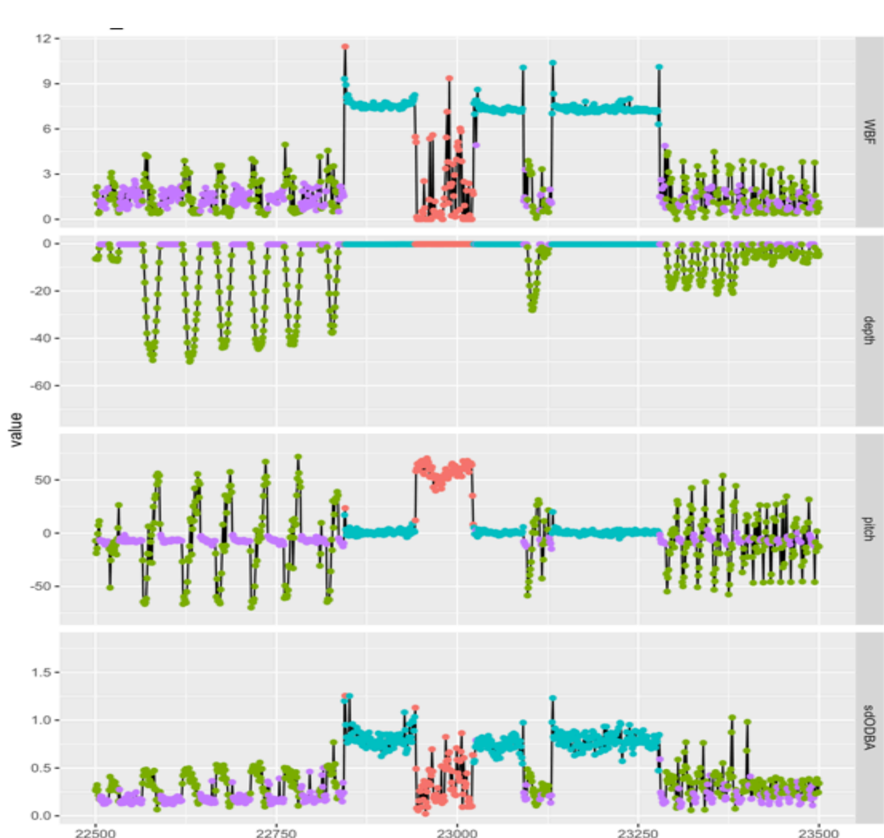
行動遷移確率　Γ：各行動間の遷移確率の初期値

※ ありえない行動遷移は小さな値を与える

$$p(x, z) = \prod_i p(x_i \mid z_i)\ p(z_i \mid z_{i-1})$$
$$L(\theta \mid x) = p(x \mid \theta) = \sum_z p(x, z \mid \theta)$$
$$\theta = (A, \pi, \mu)$$

Viterbiアルゴリズムでパラメータの最尤推定

HMMを用いた行動分類の結果



Colony　Diving　Fly　Swim

行動分類の正誤率は約98%

推定された行動遷移確率

	Colony	Dive	Fly	Swim
Colony	0.996	0	0.004	0
Dive	0	0.913	0	0.087
Fly	0.004	0	0.974	0.021
Swim	0	0.066	0.008	0.926

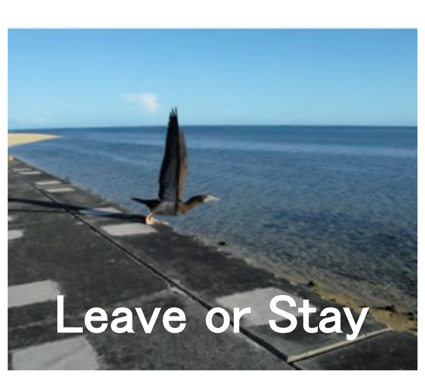
【 他の手法との比較 】

Colony　Diving　Fly　Swim

HMM　k-Means　Histogram segregation

- その他の手法では、Colony → Swim などありえない行動遷移が散見される
- 決定木手法では一度分類されると修正不能（パラメータ設定が重要）

応用：環境要因をモデルに組み込む



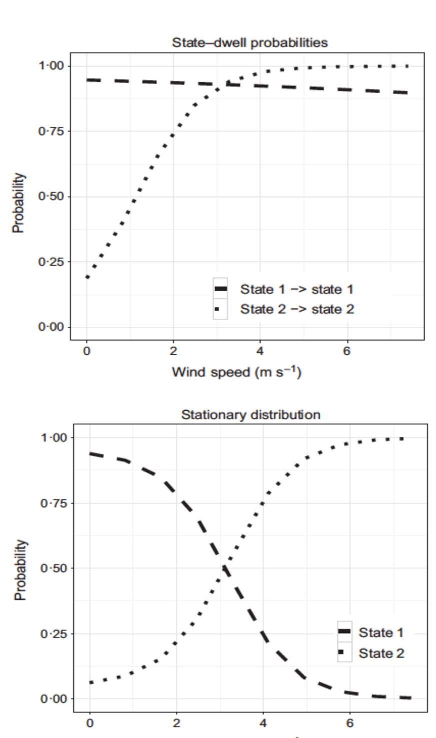
e.g.) カツオドリ幼鳥

風が強くなると海に出掛けなくなる傾向

$$\Gamma^{(t)} = (\gamma_{ij}^{(t)})$$
$$\gamma_{ij}^{(t)} = \Pr(Z_{t+1} = j \mid Z_t = i)$$

共変数（環境要因）$\left(\omega_1^{(t)}, \ldots\ldots, \omega_p^{(t)}\right)$

$$\gamma_{ij}^{(t)} = \frac{\exp(\eta_{ij})}{\sum_{k=1}^{N} \exp(\eta_{ik})}$$
$$\eta_{ij} = \begin{cases} \beta_0^{(ij)} + \sum_{l=1}^{p} \beta_l^{(ij)} \omega_l^{(t)} & if\ i \neq j; \\ 0 & otherwise. \end{cases}$$



動物の行動を特定することで、人為的開発を含む環境変化の影響評価、また飼育動物や家畜の健康管理・異常行動検出などが可能になる