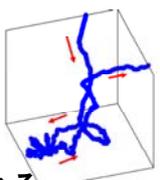


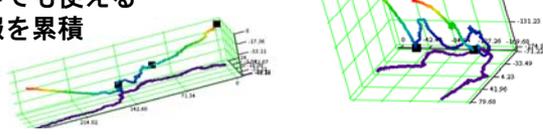
3次元軌跡データの基本モデルとその限界

島谷健一郎 (データ科学研究系)



3次元動物軌跡データは大量に収集されている

- GPS: 高度の精度に問題あり
- 地磁気ロガー: 水中でも使える
- ジャイロ: 回転情報を累積
- 音響: コウモリ

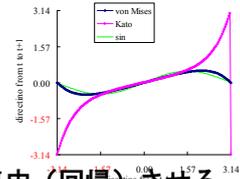


2次元を3次元に拡張 heading pitch

極座標表示 (r, θ) を (r, θ, ϕ) に変える

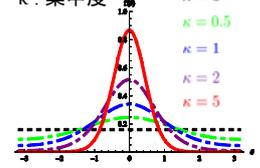
2次元のモデル

- $\theta_t = \alpha + 2 \tan^{-1}(w \tan(\theta_{t-1} - \alpha)/2) + e_t$
- $\theta_t = \arg(\cos(\theta_{t-1}) + w \cos(\alpha), \sin(\theta_{t-1}) + w \sin(\alpha)) + e_t$
- $\theta_t = \alpha + \sin(\theta_{t-1} - \alpha) / w + e_t$



今進んでいる方向を特定の方向へ集中 (復帰) させる

μ : 平均方向
 κ : 集中度



角度(円周上)の確率分布

von Mises分布 $vM(\mu, \kappa)$

$$f_{vM}(y; \mu, \kappa) = \exp(\kappa \cos(y - \mu)) / 2\pi I_0(\kappa)$$

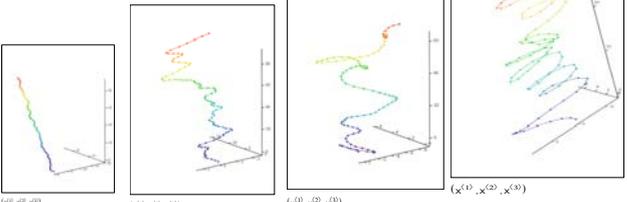
$$\theta_t \sim vM^3(\overrightarrow{x_{t-1}x_t} + w\vec{\alpha}, \kappa)$$

単位ベクトル化

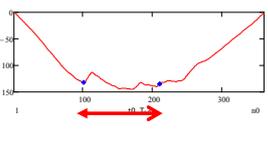
$$\text{データ}\{\vec{y}_t\} \text{に対して尤度 } \prod_t f_{vM}^3(\vec{y}_t; \vec{\alpha}, w, \kappa)$$

が最大となるパラメータ値を数値計算可。

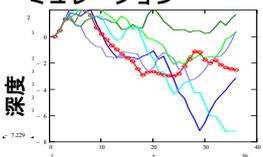
様々な軌跡を描ける



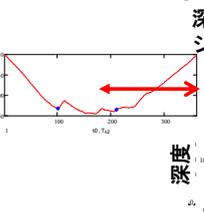
海底での徘徊



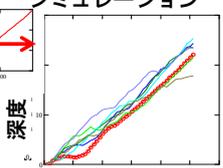
深度変化の実測とシミュレーション



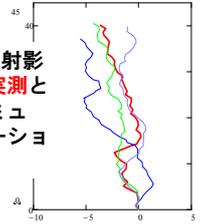
ペンギンの浮上



深度変化の実測とシミュレーション



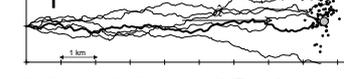
x-y 射影の実測とシミュレーション



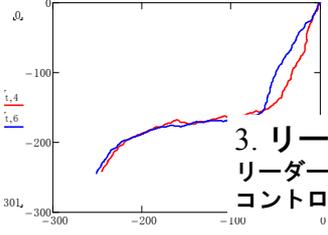
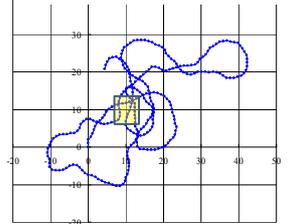
2次元: 多様なパターンを描けるモデルが既にあり、かつ動物の諸々をデータから推定できる

2. 餌場での徘徊
餌場の魅力度, 餌場の位置, コントロール能力: 推定可

1. 目標方向に向かう軌跡



目標方向, 目標へ向かう意志の強さ, 飛翔のコントロール能力: 推定可



3. リーダーを追いかける follower
リーダーのマネをしたい, 自分の目標もある, コントロール能力: 推定可

これを3次元に拡張するために最初に必要なのが

円周上の確率分布の3次元版(球面上の確率分布)

von Mises分布を

$$f_{vM}(y; \mu, \kappa) = \exp(\kappa(\cos y \cos \mu + \sin y \sin \mu)) / 2\pi I_0(\kappa)$$

$$= \exp(\kappa(\vec{y} \cdot \vec{\mu})) / 2\pi I_0(\kappa) \quad \text{と書けば, 容易に球面上に拡張できる}$$

球面上の確率分布

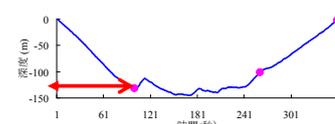
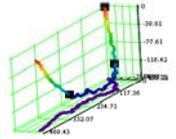
$$f_{vM}^3(\vec{y}; \vec{\mu}, \kappa) = \kappa \exp(\kappa(\vec{y} \cdot \vec{\mu})) / \sinh(\kappa)$$

2を $\theta_t \sim vM(\arg(\cos(\theta_{t-1}) + w \cos(\alpha), \sin(\theta_{t-1}) + w \sin(\alpha)), \kappa)$

$$= vM(\overrightarrow{x_{t-1}x_t} + w\vec{\alpha}, \kappa)$$

と書けば容易に3次元に拡張できる

南極のペンギンの潜水

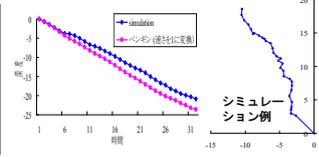
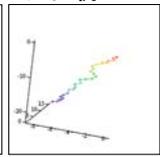
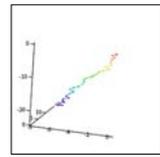


似たような軌跡を描けるパラメータが得られた

実際の潜水軌跡

シミュレーション例

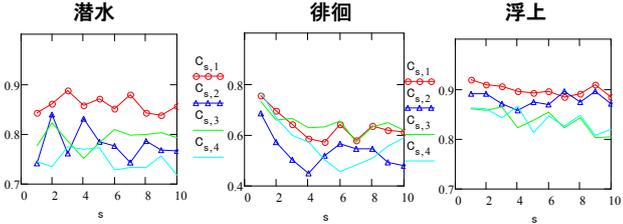
x-y, z への射影も似ている



いかにモデルは外れているか

$$\text{方向の自己相関 } C_s = \sum_{i=1}^n \vec{v}_i \cdot \vec{v}_{i-s} / (n-s)$$

シミュレーションで作った軌跡の自己相関と比較



海底での徘徊以外、モデルは軌跡の特徴を捉えて切れていない...
イメージは似ていても異なる性質を有する?