

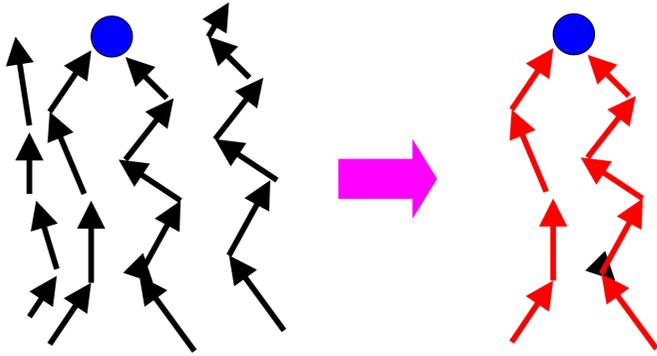
時間逆転シミュレーション — 確率をどう補正するか

伊庭 幸人

モデリング研究系 教授

(データ同化研究開発センター, 統計思考院 兼任)

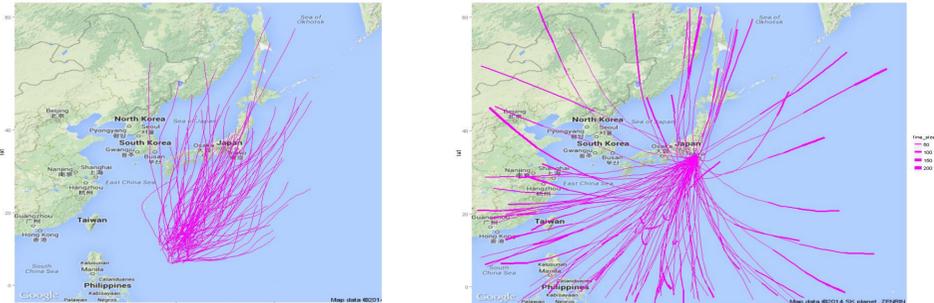
レアイベントのサンプリング



さまざまなシナリオからターゲット事象●を引き起こす経路を複数選び出す

時間逆転シミュレーション

レアイベント「台風が東京にヒットする」
→東京から逆に解いていったらどうか？



[中野慎也さんの確率台風モデルに適用した結果]

逆方向にシミュレーションして、確率の値をバイアスなく計算するのは簡単でない！

戻るのに方程式を解くのは大変

$$x(t+1) = x(t) + f[x(t)]\Delta t + \eta_t$$



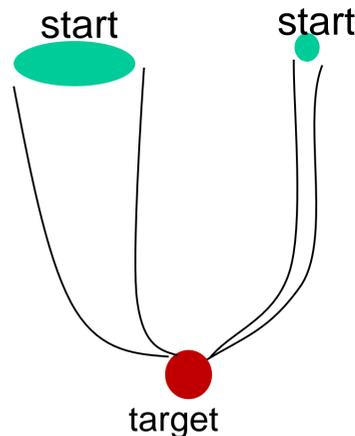
$$x(t) = x(t+1) - f[x(t)]\Delta t - \eta_t$$

近似

$$x(t) = x(t+1) - f[x(t+1)]\Delta t - \eta_t$$

近似すると確率がずれる

パスに沿っての状態空間の体積変化



連続時間極限では

$$dx = f[x]dt + \eta_t$$

$$W = \exp\left(-\int \text{div} f[x(t)]dt\right)$$

(逆に膨張する場合もある)

解決策：多数（並列に）計算して重みをつける

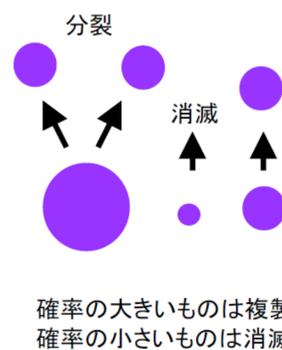
$q(x_{i+1} \rightarrow x_i)$ サンプリングが簡単なように選ぶ

$$W_i = \frac{p(x_{i+1}|x_i)}{q(x_{i+1} \rightarrow x_i)} \quad \text{重み 積} \rightarrow \text{経路の重み}$$

$$\left[\prod_{i=N-1}^{i=1} W_i \right] \left[\prod_{i=N-1}^{i=1} q(x_{i+1} \rightarrow x_i) \right] = \prod_{i=1}^{i=N-1} p(x_{i+1}|x_i)$$

重みだけ → SIS
高次元では不十分
分裂も入れる → SMC

逐次モンテカルロ (SMC)



確率の大きいものは複製
確率の小さいものは消滅

→ 総研大博士課程
高柳慎一さん
のポスターに続く

【実装例】

- 確率台風モデル
- Lorentz96 モデル

総研大大学院生募集 他大学の院生も在籍のまま受け入れ可能（1～2年：特別共同利用研究員制度）

— 具体的な問題を扱いながら、統計モデリングやモンテカルロ法の使い方が学べます —

医学・疫学データの時空間階層ベイズ解析

外部の保健・医学研究者と組んで具体的なデータを解析

気象変動リスク創生プロジェクト

気象研究所・防災科学研究所・国立大学等が参加する大規模プロジェクト
[気候変動リスクの評価の基盤となる確率予測情報の創出]

政党支持率データの状態空間モデル解析

メディアによる違いや時間変動を統一的に扱う手法を開発

レアイベントサンプリングで解ける問題各種

組み合わせの数の計算などさまざまな応用