

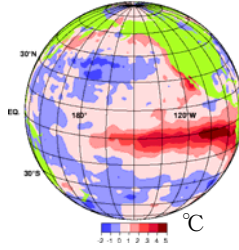
アンサンブルフィルタにおける観測誤差共分散行列の反復推定法

上野 玄太 モデリング研究系 准教授

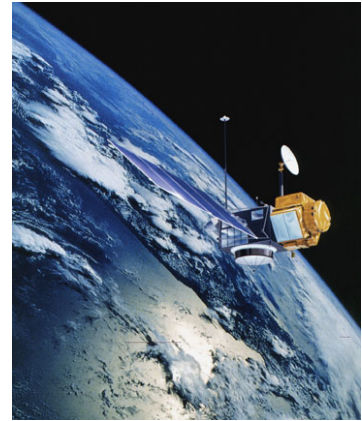
エルニーニョ

エルニーニョとは、太平洋赤道域の中央部からペルー沿岸にかけて、海面水温が平年に比べて高くなり、その状態が1年程度続く現象をいいます。語源はスペイン語の el niño (男の子、英語で the boy) ですが、この現象を表すときは大文字 El Niño とします。大文字にすると単なる男の子ではなくイエス=キリストの意味になり、クリスマスの時期に見られる現象として名づけられました。ちなみに、反対に水温が低くなる場合もあり、それは女の子を意味するラニーニャ (la niña = the girl) と呼ばれます。エルニーニョはほぼ4年おきに起こることが知られていますが、これを正確に予測することが目標です。

1997年11月の月平均海面水温偏差

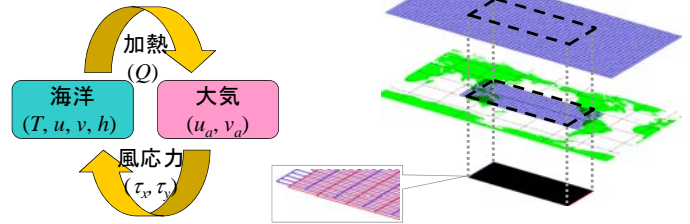


<http://www.data.kishu.go.jp/climate/elnino/mikata/whatselnino.html>



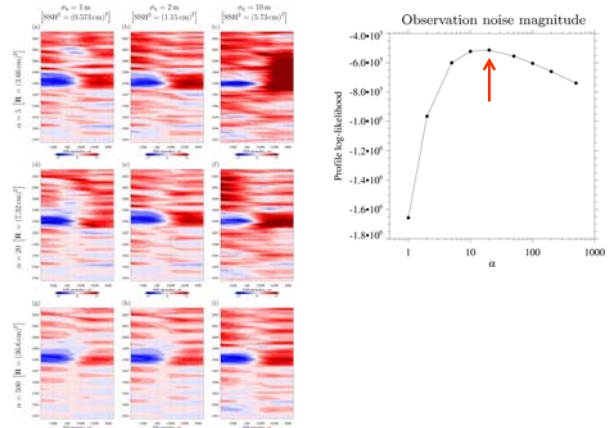
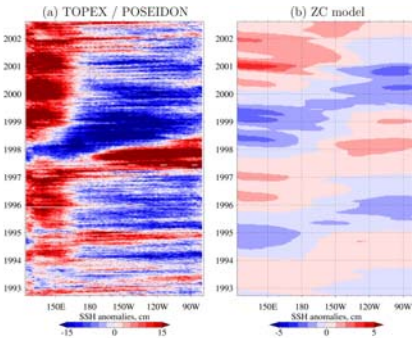
大気・海洋シミュレーション

エルニーニョとは海水温の現象ですが、その実体は海だけでなくその上にある大気との相互作用によって起こることが分かっています。実際、大気と海洋の運動を組み合わせたシミュレーションを行うと、エルニーニョらしき周期的な海水温の上昇が再現できます。ところが、このシミュレーションはそのままエルニーニョ予測モデルとして使えるほどは正確ではありません。



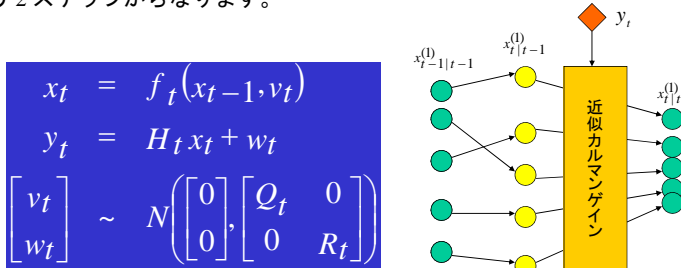
海面水位データの同化

予報の精度を上げるにはどうしたらよいか？ ここでは、人工衛星トペクス・ポセイドンが観測している海面水位のデータを使ってシミュレーションによる計算結果を修正し、より正確な状態から予報の計算をやり直すというアプローチをとります。この方法を、シミュレーションにデータを埋め込むという意味で、データ同化といいます。



状態空間モデル、アンサンブル・カルマンフィルタ

データ同化の手法は、統計科学の手法です。時系列解析の分野で用いられる状態空間モデルがそれにあたり、本研究所で精力的に研究が進められている課題のひとつです。ここでのエルニーニョ予測では、アンサンブル・カルマンフィルタという手法を使いました。アンサンブル・カルマンフィルタは、少しずつ異なった状態を多数(これをアンサンブルといいます)計算し、それらをデータを参照してよりもっともらしいアンサンブルへと修正するという2ステップからなります。



誤差共分散行列の選び方

さて、データとシミュレーションを混ぜるわけですが、問題となるのはそれらの配分です。配分を与える Q_t と R_t 次第でいろいろな結果が得られるのですが、どんな配分がよいのでしょうか？ 予測尤度の値を比べるのも一つの方法です。ここでは、 R_t に含まれるパラメータを推定する、反復アルゴリズムを考案しました。

$$\frac{\partial \ell_t(R_t)}{\partial R_t} = 0 \Rightarrow R_t = \sum_{n=1}^N z_n \left(y_t - H_t x_{t|t-1}^{(n)} \right) \left(y_t - H_t x_{t|t-1}^{(n)} \right)',$$

$$\text{但し } z_n = \frac{\exp \left[-\frac{1}{2} \left(y_t - H_t x_{t|t-1}^{(n)} \right)' R_t^{-1} \left(y_t - H_t x_{t|t-1}^{(n)} \right) \right]}{\sum_{n=1}^N \exp \left[-\frac{1}{2} \left(y_t - H_t x_{t|t-1}^{(n)} \right)' R_t^{-1} \left(y_t - H_t x_{t|t-1}^{(n)} \right) \right]}$$

