

ダウンスケーリングの基礎

稲津 將

(北海道大学大学院理学研究院)

目次

1. はじめに
2. 力学的ダウンスケーリング
3. 統計的ダウンスケーリング
4. まとめ

1. はじめに

ダウンスケーリングとは

- **統計的・物理的**手法を用いたデータの空間詳細化である。
- **気候モデル**の出力と**アプリケーション分野**の要請のギャップを埋める手段である。
- ただし、**不確定性**の低減することはない。

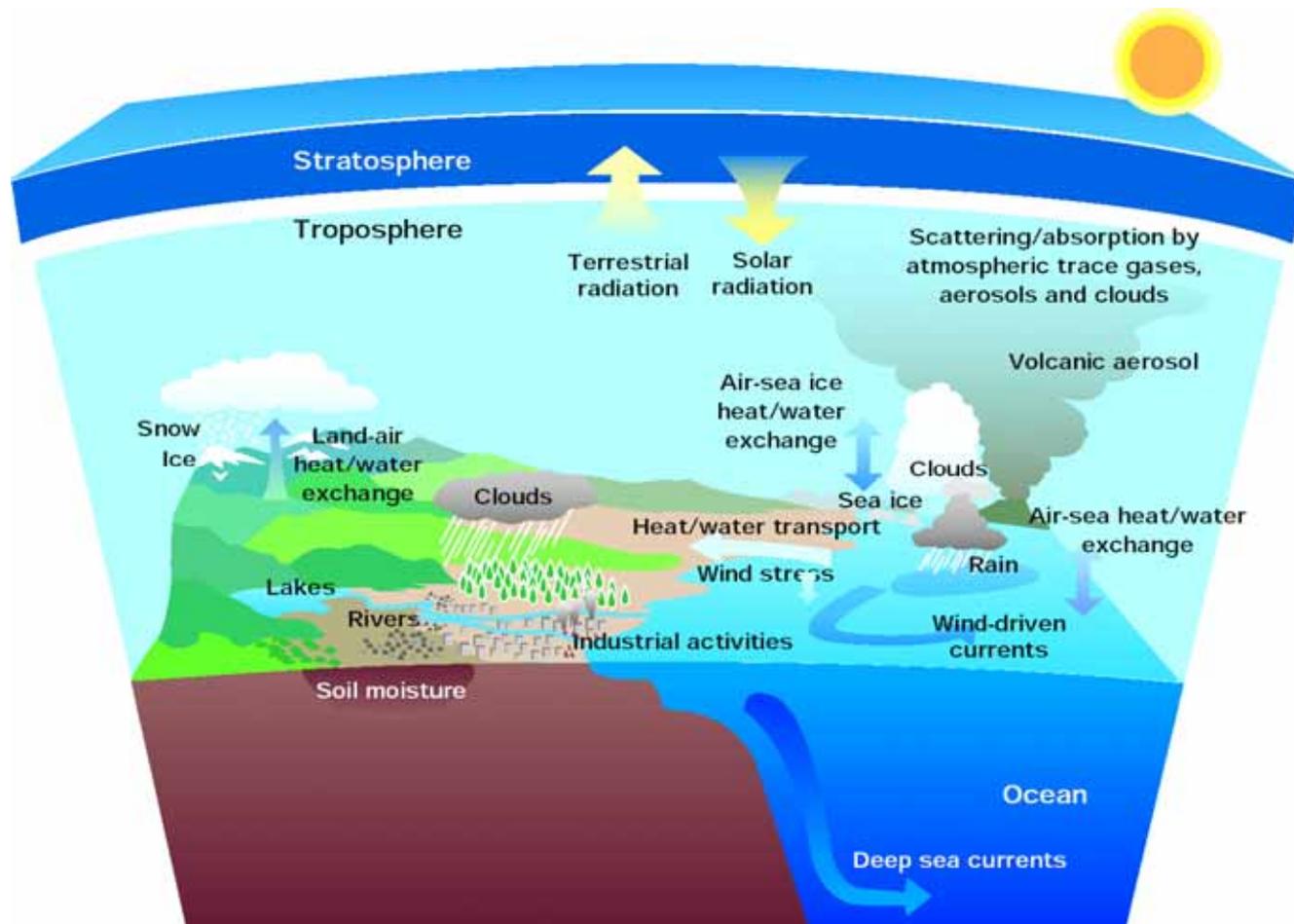
気候モデルとは

全球の気候状態をシミュレートするシステム

- 気象現象は基本的に物理法則は方程式で記述される(静力学的)。
- 計算機の性能に依存した格子間隔(通常は250km程度)、時間間隔ごとに計算される。
- 格子内の現象は経験式(パラメタリゼーション)を使って記述される。

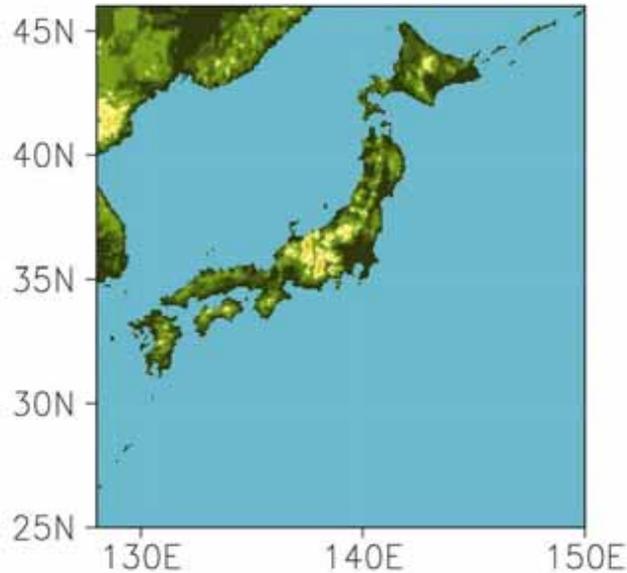
パラメタリゼーションは気候モデルシミュレーションの不確実性の主な要因になる。

気候モデルが計算する世界

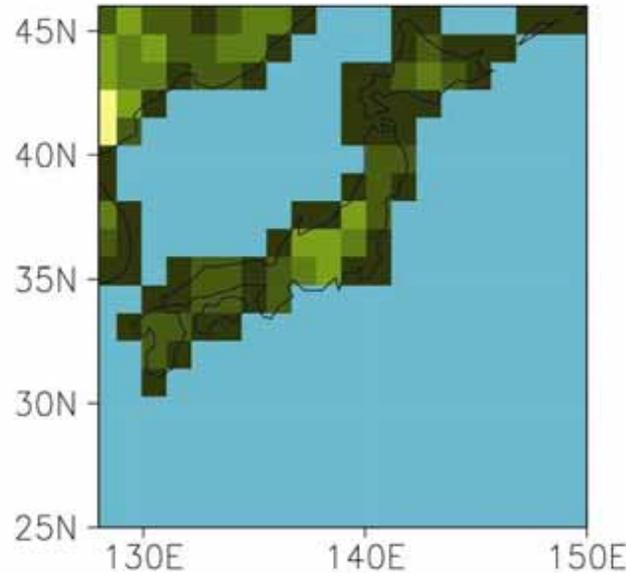


気候モデルが計算しない世界

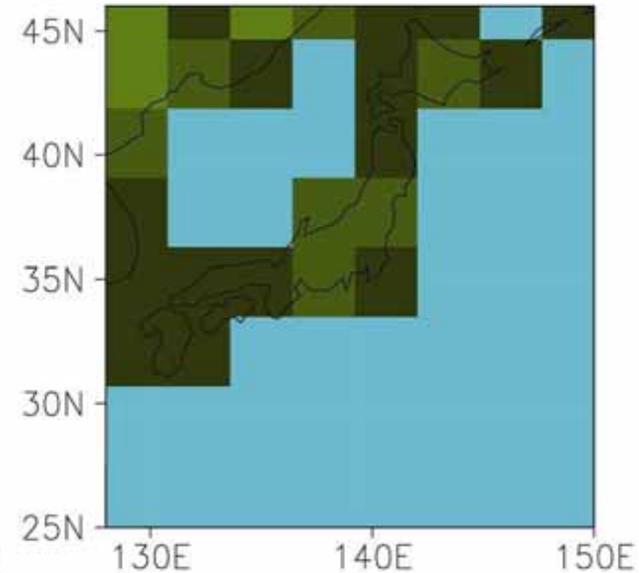
ETOPO5



T106



T42



- 気候モデルではアプリケーション研究に必要な地域気候を十分に表現できない。

ダウンスケーリングの種類

- **力学的ダウンスケーリング**(DD; Dynamical Downscaling)

気候モデルの出力を境界条件にして**領域モデル**を計算して空間詳細化を行う。

- **統計的ダウンスケーリング**(SD; Statistical Downscaling)

既存の観測値と気候モデルとの間の**統計的関係式**を仮定して空間詳細化を行う。

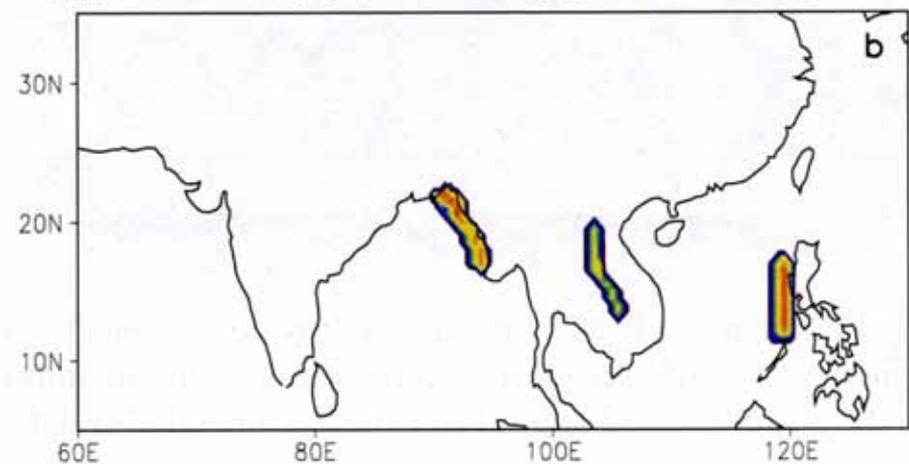
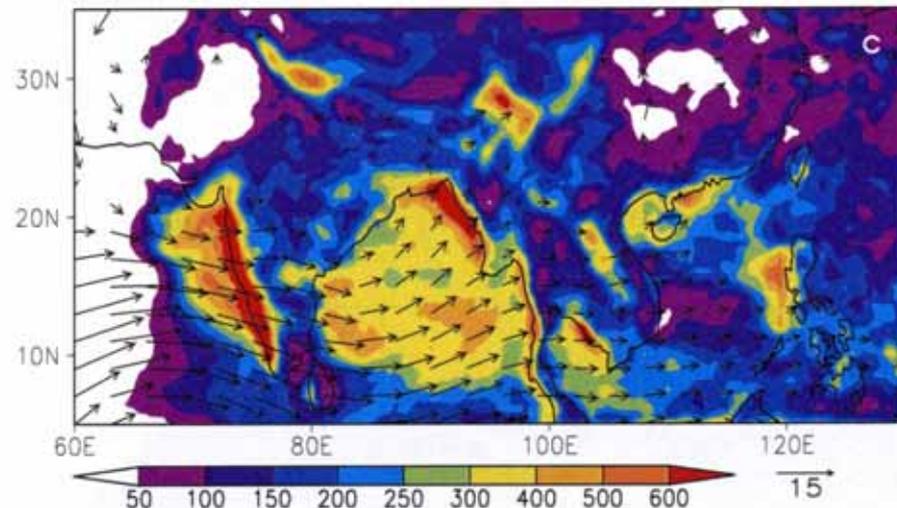
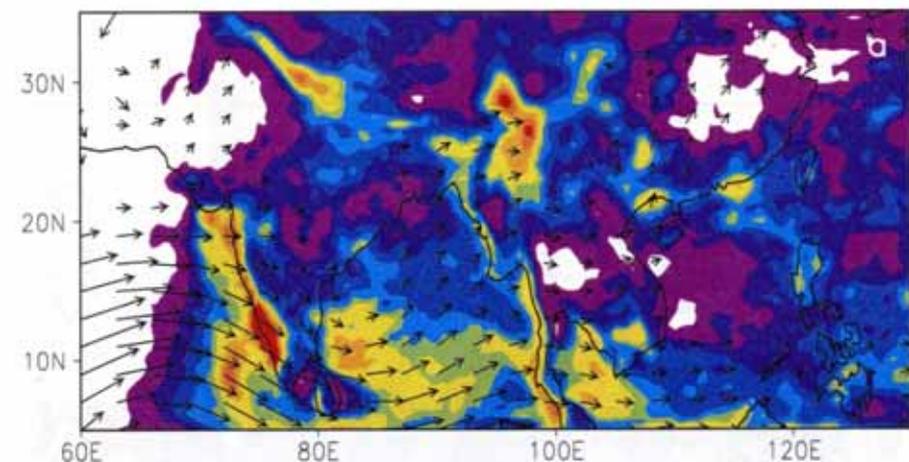
2. 力学的ダウンスケーリング

領域モデルとは

領域の気象状態をシミュレートするシステム

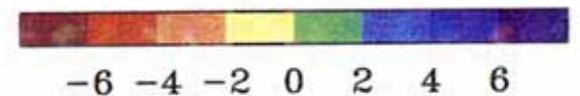
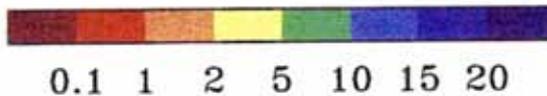
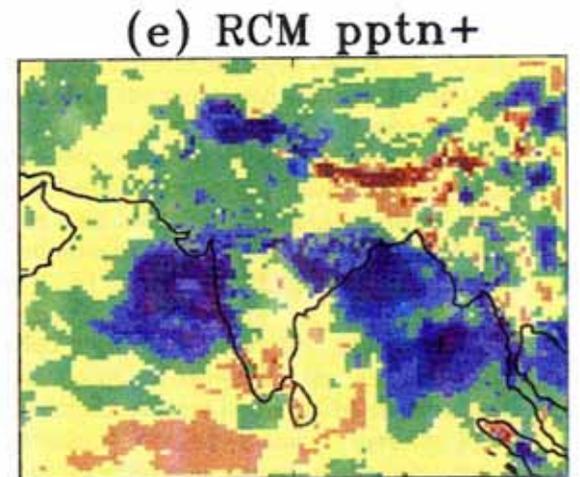
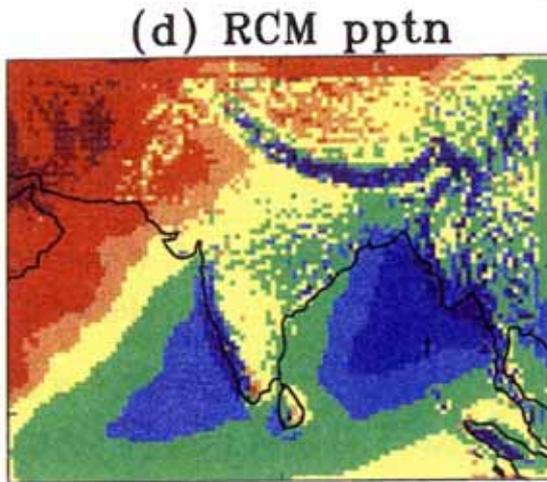
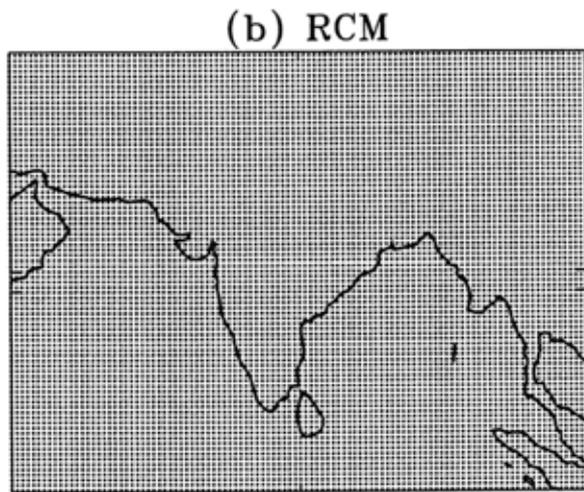
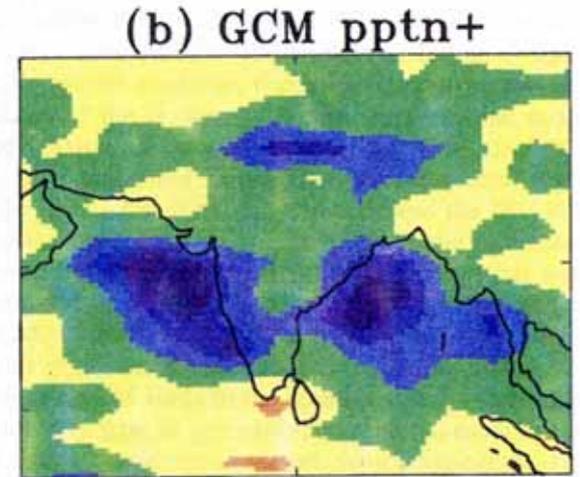
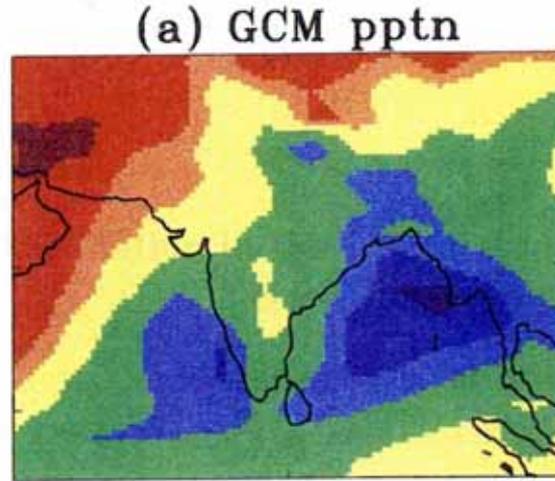
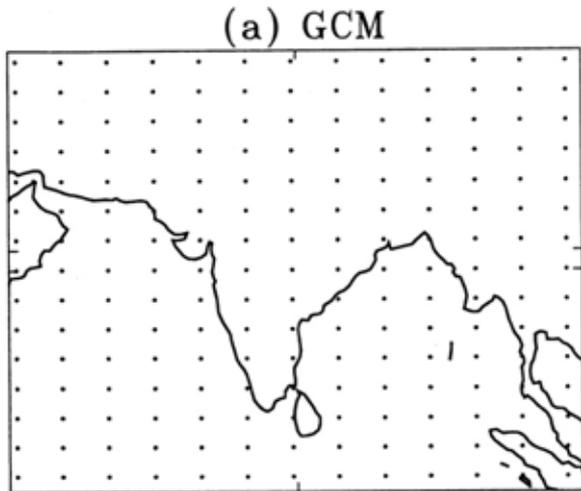
- 気象現象は**基本的に物理法則**は方程式で記述される (**非静力学的**)。
- 計算機の性能に依存した**格子間隔** (通常は **20km**程度)、**時間間隔**ごとに計算される。
- 格子内の現象は**パラメタリゼーション**により記述される。
- 領域の**側面境界条件**に気候モデルの値を与える (**物理的に不自然、数学的に非適切**)。

ベンガル湾の降水(観測 領域モデル)



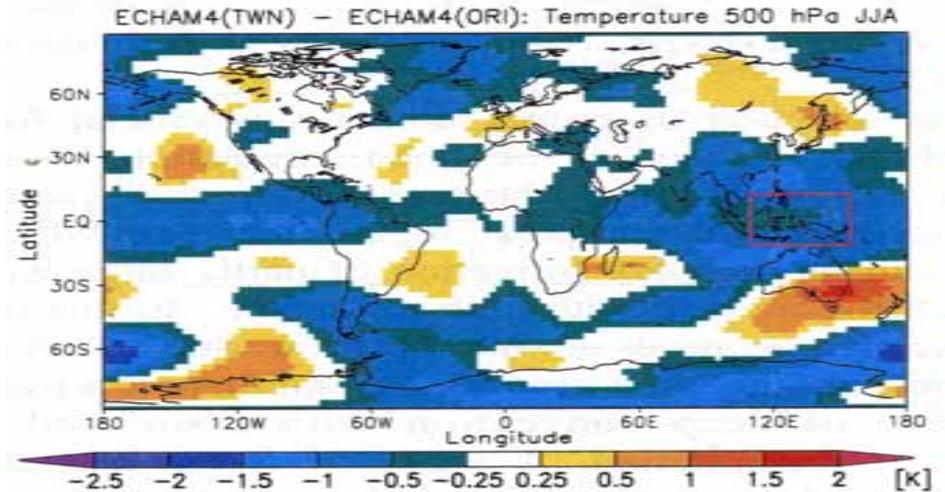
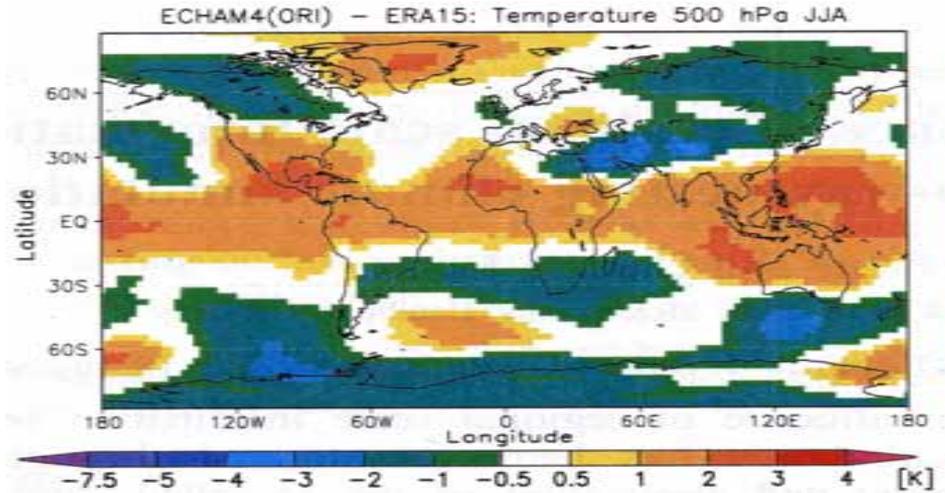
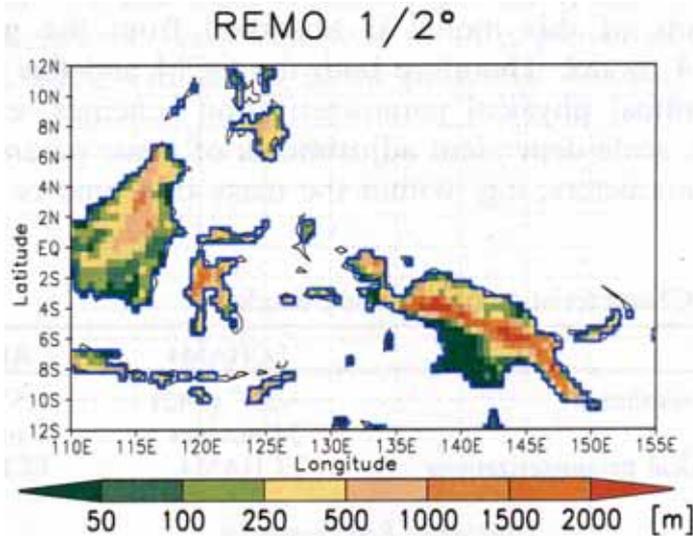
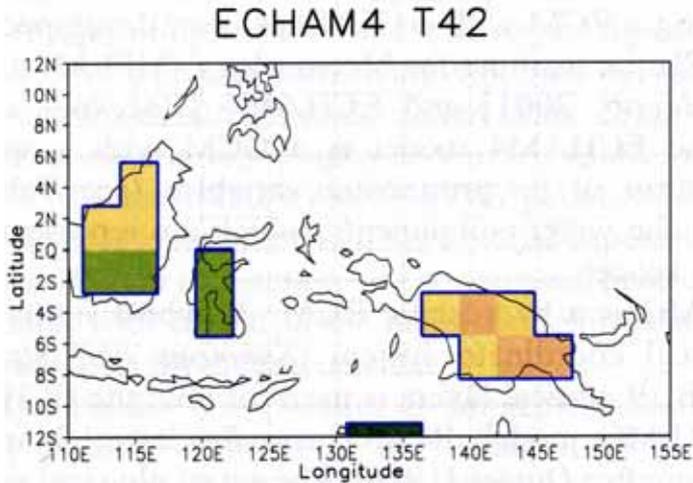
Xie et al. (2005, JC)

夏季インドの季節内振動(GCM 領域モデル)



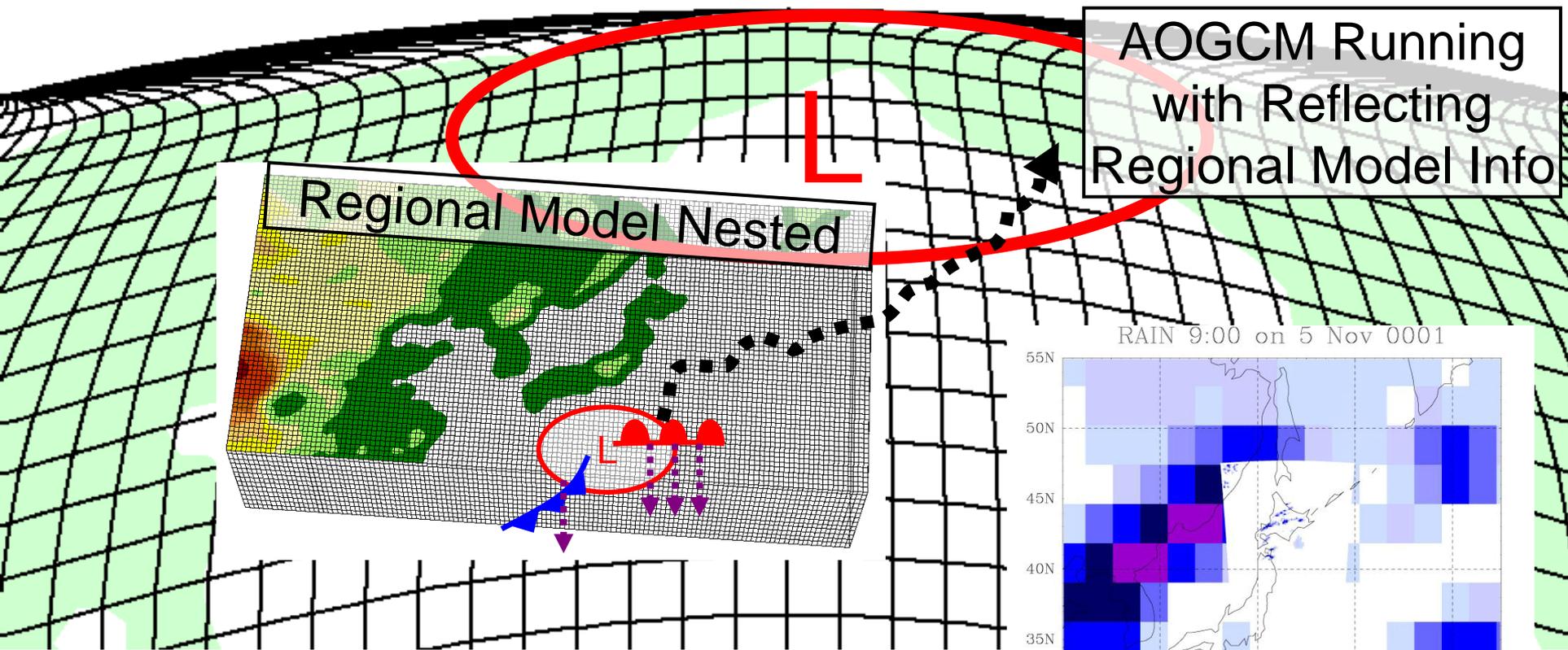
Bhaskaran et al. (1998, MWR)

全球気温のバイアス(GCM 領域モデル)



Lorenz and Jacob (2005, GRL)

INCL=Interactive Nesting CLimate Model



A newly developed system
to **challenge scale-to-scale interaction problems**
in meteorology and climatology.

Inatsu and Kimoto (2009; MWR)

3. 統計的ダウンスケーリング

統計的ダウンスケーリング

説明変数 (独立変数)
Predictors

気候モデル研究より提供される全球的な大規模データ

「面のデータ」

- 等圧面高度
- 海面更生気圧
- 気温
- 風向、風速
- 湿度

目的変数 (従属変数)
Predictands

アプリケーション研究側が必要とする詳細なデータ

「点のデータ」

- 降水量
- 地表面気温
- 日最高最低気温
- 日照量

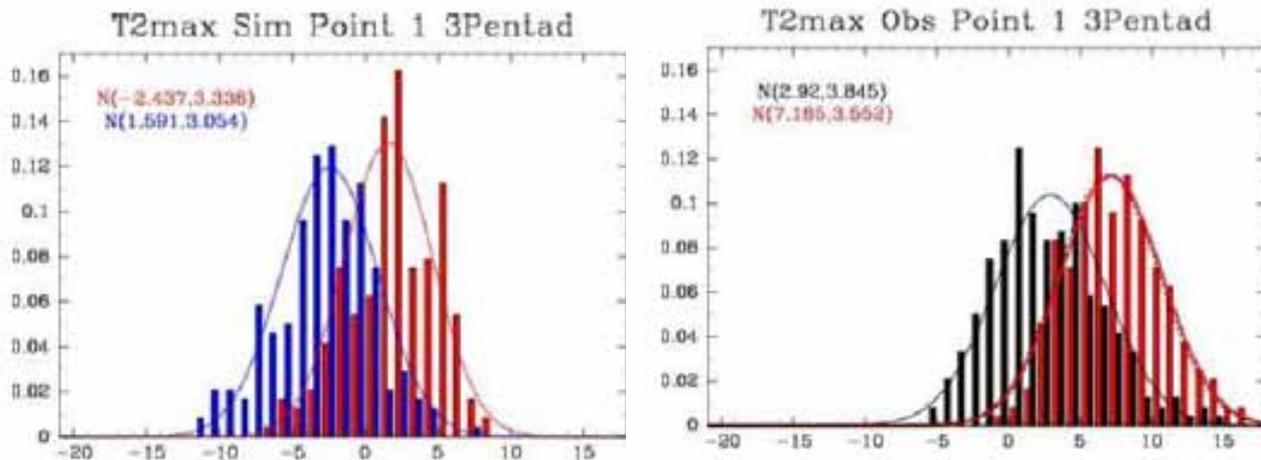
統計的ダウンスケーリングの種類

- 「**もっとも単純な方法**」(SDSと呼べない?)
- **回帰式**
正準相関分析、**ニューラルネットワーク**
- **ウェザージェネレータ**
- **天気図分類法**

“Unintelligent Downscaling” (Wilby et al. 2004)

- 気候モデル格子の値を観測の平均と分散を合わせるように補正する。

$$T = \frac{\sigma(T_o)}{\sigma(T_s)} (T_s - \langle T_s \rangle) + \langle T_o \rangle$$



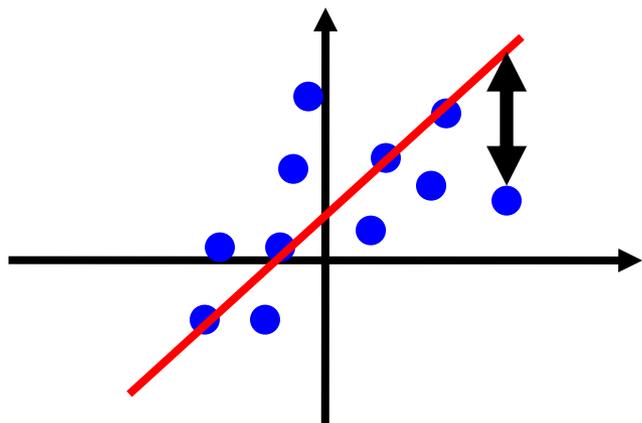
Yang et al. (2009)

回帰式(1)多変量分析

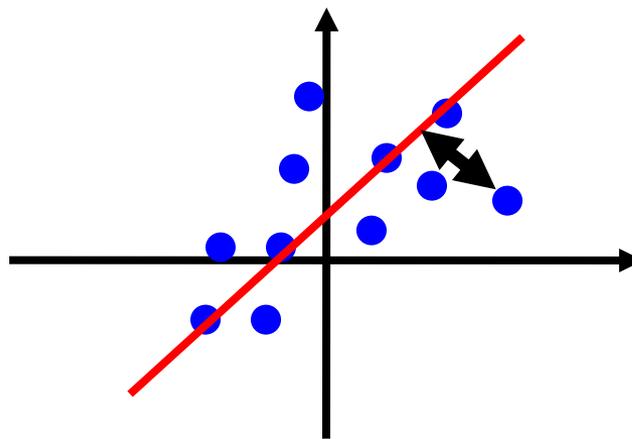
- **単回帰分析**(説明変数1と目的変数1)
- **重回帰分析**(説明変数Nと目的変数1)
- **正準相関分析**(CCA; 説明変数Nと目的変数M)

[cf 主成分分析(説明変数間で変動の大きい組み合わせ)]

正準相関分析

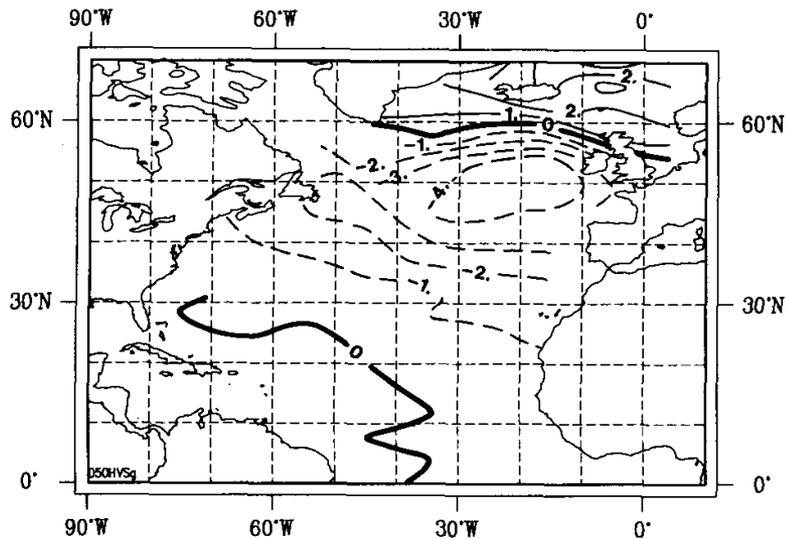


主成分分析

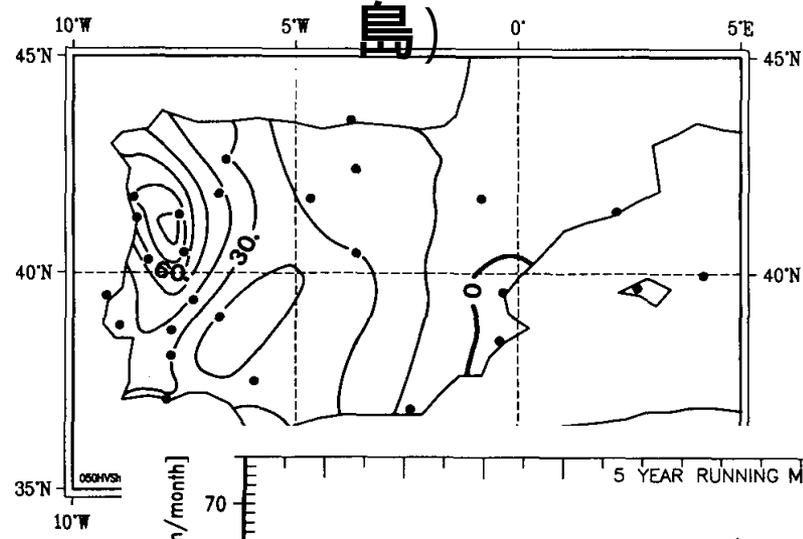


回帰式(2) CCA統計関係

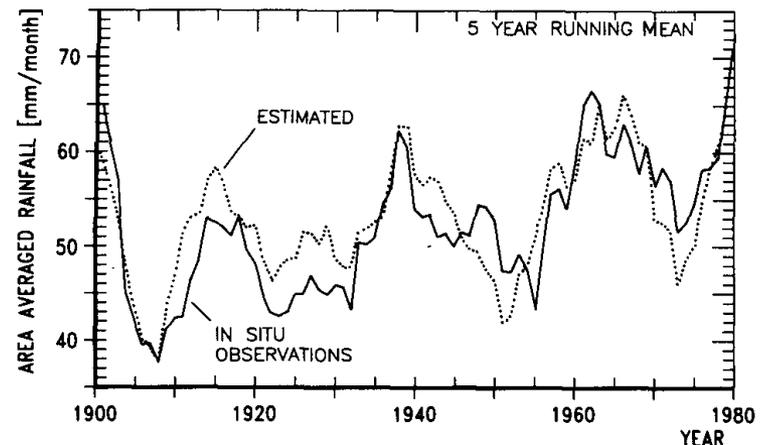
海面気圧(北大西洋)



降水量(イベリア半島)

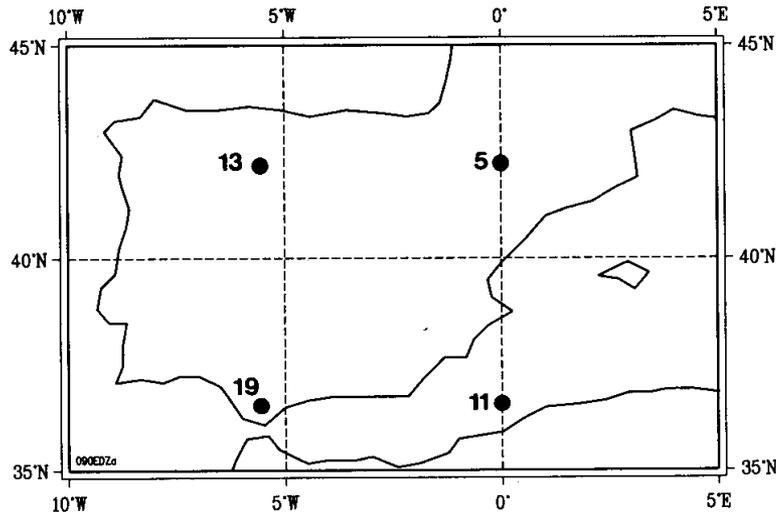


CCA統計関係式により、大規模気候場からある地点の気象場をよく推定できる。



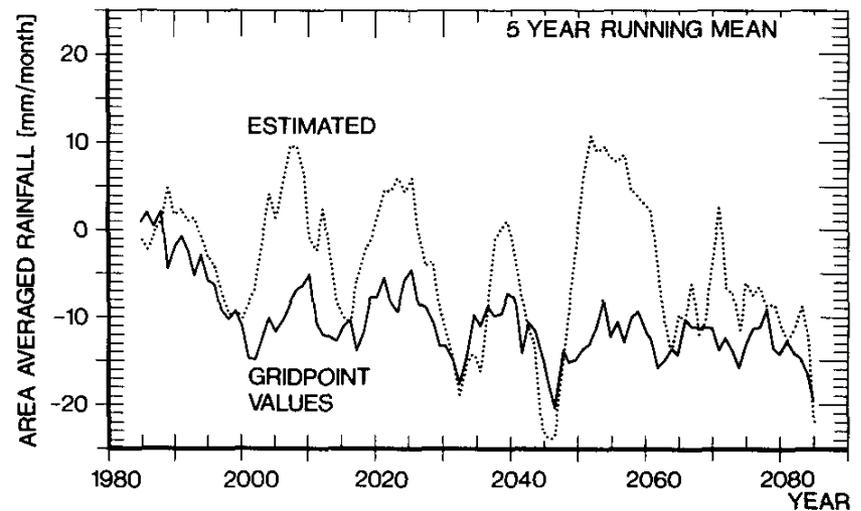
von Storch et al. (1993)

回帰式(3) CCA統計関係



気候モデルは、イベリア半島を4格子点でしか計算しない。
= 降水のような**地域性の大きな要素は「ぼやける」**。

CCA統計関係式を気候モデルの**温暖化によるSLP変化に適用する**。
= CCA統計関係式が温暖化気候でも成立すると仮定。



von Storch et al. (1993)

まとめ

1. **ダウンスケーリング**とはデータの(時間)空間詳細化である。
2. ダウンスケーリングには、**力学的D**と**統計的D**に大別される。
3. 力学的Dは**領域モデル**を用いて全球領域を実現。パラメタリゼーション、側面境界、長期積分、計算時間に困難。
4. 統計的Dは**統計関係式**を用いて全球点を実現。説明変数データ密度、物理的整合性に困難。