

## S-5-3 温暖化影響評価のための マルチモデルアンサンブルとダウンスケーリングの研究

発行日 2008年3月31日

### 目次

	ページ番号
S5-3 H19年度 第7回勉強会 金光正郎先生ご講演	2
これまでの日程/今後の予定	6



日時：2008年2月5日（火） 15：00－16：30

場所：気象研一階第一共用室

講演者：アメリカスクリプス海洋研究所 金光 正郎先生

題目：Dynamical Downscaling

大気モデル：Global と Regional （一緒にならない…）

Regional ModelにはGCMに比べるとおかしな所がいろいろある。数学的におかしな部分がたくさんあるが、それらをきちんと解こうとする努力が行われていない。（難しいからではなく、やる人がいない）

	メリット	デメリット
Statistical Downscaling (SDS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・簡単</li> <li>・過去のデータさえあればできる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・やり方自身に物理的意味がない。</li> <li>・データがそろっていないければ（統計がとれなければ）できない。</li> <li>・小さなスケールを見ようとする と、SDSは力学を理解する役には立たない：小さいスケールの物理量は互いに関係しているはずであるがそれを考慮していない</li> </ul>
Dynamical Downscaling (DDS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・物理的な基礎がある。</li> <li>・すべての物理量が一度に得られて、かつそれらが全てConsistent</li> <li>・小さなスケールの現象の理解にも利用可。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SDSほど正確でない。</li> <li>・システムティックなバイアスがある。</li> <li>・計算時間がかかる。</li> </ul>

### DDSの歴史

Charney (1949) のNWPはRCMではなくLAM (Limited Area Model) であった。

→予報精度に何が必要なかが分かってきて、予報がregional からglobalへ発展していった。

Giorgi (1989、1990)

→regional なclimatology

⇒Giorgiに対するcritique(批判)

- DS手法における基本的な仮定が不明瞭。
- RCMを用いたDSと短期予報について混乱。
- 混乱 (confusion) は継続している。

DDSはInitial valueの問題か, Boundaryの問題か?

	メリット	デメリット
Continuous Downscaling (境界値問題)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 時間的に連続</li> <li>・ tendency residualがない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 境界値の効果が重要</li> <li>・ 長時間やるとエラーがたまってきて悪さをする.</li> <li>・ 領域の大きさに依存</li> </ul>
Intermittent re-initialization (初期値問題: たくさんのi.c. から実験を行う)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 積分時間が短いために, システムティックなエラーがない.</li> <li>・ 領域の大きさや境界値によらない.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ time discontinuity</li> <li>・ Spin up/Spin downの問題</li> <li>・ 技術的に複雑</li> </ul>

SSBC (Scale Selective Bias Correction)の提案

外側のLarge-scaleは正しいと仮定して, タイムステップごとにエラーが0になるようにforcing(ナッジング)

(木田さんのSBCはintermittentのやり方で, 種類は異なる)

★SSBCでGlobal warming (GW) 時はできるのか?

⇒できる. DSの定義はlarge-scaleは正しいという仮定の基に成り立っており, 小さなスケールからlarge-scaleをよくしようというのは間違っている (miss conception).

large-scaleの場から, それに伴うregional scaleを取り出すのがDS.

SSBCはcontinuous data assimilationとも類似 (どちらもタイムステップごとにforcing) .

SSBCのメリット

・ Large-scaleの場は解析 (外側の場) とほとんど同じになる.

Domainのサイズによらない.

(金光先生からのコメント) SSBCは領域の中での親の解析の長期トレンドや長周期の変動を維持するのに大切. (2008/2/7追記)

最近のSSBC

雨 (Q) のナッジングはやらない方がいいということが分かってきた.

半球~全球でダウンスケーリング

熱帯のナッジングは, 再解析自体に成層圏のエラーがあるので, 再解析を良くする必要.

Regional Re-analysisとの比較

10km DDSの方が観測と合う。

ダウンスケーリングで, 結果を左右するもの

- 境界値
  - 境界の厚さ
  - ナッジングの強さ
  - 領域の大きさ
  - 解像度
  - Horizontal diffusion
  - Spectral nudging (強さ, かける変数)
  - 境界のところの山
- …など, 経験的に決められているものが多い.

## Regional Model is an ill-posed problem

Elliptic (境界値問題) vs. Hyperbolic (初期値問題)

Advection ⇒ upstream and downstream

## 境界値の扱い (←ほとんど経験的)

Davies (1983) … いちばん一般的に使われている。

波はいろいろあるのですべてを満たす境界条件を見付けるのは難しい。ここではかなり厳密に評価しているが、実際に使っている研究者はあまり頓着していない(無視している)。これ以後、この分野はほとんど進んでいない。下記論文がほんの少しmodifyしている。

Marbaix et al. (2003) … Daviesの拡張(波が境界で反射しない,あるいは反射する量を少なくするような波の速さと反射する量の関係を調べるなど)

↑

他にもvertical normal modeや, reflective wave をフィルターするとかtwo-way nestingなどで波の反射問題に取り組む方法がある。

\*鉛直ノーマルモードで方程式を展開して解く方法も考えられる(全く新しい気象モデル) ⇒ 金光先生のところのスタッフでは出来ないが、魅力的な問題である。

## Simulationで他に問題になるのは

- ・外力の鉛直方向の内挿(たとえば再解析17層から50層)  
⇒ ひとつの解決方法として, Incremental interpolation  
(解析値からguessを作って, guessと観測の差を加える)
- ・温暖化時のシミュレーションには, rotation nudging(風のrotation成分のみでnudgingする)がよいのでは。

## Some Preliminary research using Dynamical Downscaling analysis

- Weatherとclimateの関係(AMSがらみ)
- 雨の高度依存性
- メソスケール気象のclimatology

年々変動は,非常に小さなスケールで起こっている(カリフォルニアの例でも地形に沿った細かい現象が見られる)

日変化成分が運ぶ熱の量を計算すると,カリフォルニアの例ではそれだけで100度にも及ぶ熱量が運ばれる(他のものに相殺されるが,寄与としては10%)。

ロッキー山脈など,山の効果が熱を運ぶ上で大きな役割を果たしている。こういったことは,DSを通してわかるようになったこと。

### Santa Anaの例

Santa Anaの頻度は10%程度なのに,それを取り除くと明らかに平均場が異なる。たった10%でも,平均場に大きな影響を与えている。

⇒ weatherの集まりでclimatologyができています。

## DSのFuture

- ・ Coupled downscaling (海や氷, wave model, より複雑なhydrology model, Fire danger model, …)
- ・ トレース (ガスやエアロゾル)

◆ DSの際にlarge-scaleのエラーが起こるということであったが,それはモデルの誤差が原因なのか?  
⇒ たたとえば物理がおかしくて起こっている可能性がある。

- ◆ナッジングする場合は外が6hのときに、その間はどのようにしているのか。  
⇒線形内挿で行っている。
- ◆粗いものと細かいものとの差が、物理過程がおかしいという話だったが、細かい物の方が粗いものよりも高解像度で物理を扱っているのでどっちが悪いということではないと思う。  
⇒Large scaleのエラーの理由の一つが物理過程のinconsistencyかもしれないし、他にも境界条件に問題があることもある。High resolutionがすべて悪いというわけではないが、いいというわけでもない。
- ◆月ごとの変化も大きかったように思うが。  
⇒one-way nestも物理的に問題がある。
- ◆ではtwo-wayの可能性は？  
⇒two-way nestingであれば、ふつうのGCMと同じ。  
  
⇒原因がboundaryなのか物理なのかは、dryモデルで実験することも可能。  
これも含めていろいろな問題があるので、取り組んでくれるような人材が求められている。

## これまでの日程

- 2008/01/23 : S-5-3 H19年度第3回運営委員会
- 2008/02/04 : 金光先生を交えてのS-5-3 H19年度第3回打ち合わせ会
- 2008/02/05 : S-5-3 H19年度第7回勉強会 スクリップス海洋研究所 金光先生 講演  
(Dynamical Downscaling)
- 2008/02/12-13 : 気候モデルと予測の不確実性に関するワークショップ (@JAMSTEC)  
(大楽がS-5-3について紹介)
- 2008/02/18-22 : カナダ環境省Prof. Gachon短期招聘
- 2008/02/21 : International Mini Workshop on Downscaling  
(スピーカー : Prof. Gachon、木村、原、川瀬、佐藤、石崎N)
- 2008/03/10 : S-5-3 H19年度第4回打ち合わせ会
- 2008/03/18-19 : S-5-3 H19年度第2回アドバイザーリーボード会合+成果報告会

## 今後の予定

H20年度短期招聘予定: スウェーデン気象水文研究所Prof. Rummukainen

(2008/3/31)