気候変動リスク情報創生プログラム(単一課題) 領域テーマA:「直面する地球環境変動の予測と診断」 「直面する気候変動に関する要因の特定とメカニズムの解明」サブ課題

気候感度に関する不確実性の低減化に向けた 「雲」の予測精度の向上



佐藤正樹:海洋研究開発機構地球環境変動領域 チームリーダ 気候変動リスク情報創生プログラム 平成24年度成果報告会 2013年2月28日 国連大学 ウ・タント国際会議場



- 全球非静力学モデルNICAMを用いて、気候感度の不確実性の最大の要因である雲変化を、物理的に解釈
- 雲微物理スキーム自体の不確実性の低減
- 降水システムの雲特性の評価、その変化



Soden and Held, 2006

課題内容

気候感度の不確実性の最大の要因である「雲」の変化を、全球 非静力学モデルNICAMで予測計算

- 全球非静力学モデルNICAMによる将来の雲の変化
 - 雲微物理スキームによる計算、積雲パラメタリゼーションを回避
 - シングルモーメント(NSW6)からダブルモーメント(NDW6)へ
 - エアロゾルの間接効果
- <u>雲微物理スキームの不確定性の低減</u>
 - Bin modelとの比較、 scheme間比較
 - KiD or 理想実験
- 人工衛星データを用いた雲特性の検証
 - 衛星データ、マルチセンサー A-Train
 - Joint-Simulator、新しい人工衛星 EarthCARE 2015年打ち上げ
- <u>雲降水システム現象の雲特性、およびその変化</u>
 - 積雲クラスター、積雲対流の日変化、MJO, 台風
 - 中緯度 storm track、極域の雲、南極ブリザード

NICAMによる雲の将来変化計算



FIG. 2. Latitudinal distribution of ISCCP upper-cloud fraction for (top) the control experiments, CTL, and (bottom) the differences between the results of the control experiments and the +2Kexperiments (SST+2K - CTL).



FIG. 3. Latitudinal distribution of (top) the IWP and (bottom) the difference between the results of the control experiments and the +2K experiments (kg m⁻²).

NICAMにより計算された温暖化に伴う上層 雲の変化(%)(Satoh et al., 2012)

通常のGCMによる予測と違い、上層雲が増 え、IWP が減る結果。 =>正のフィードバックの可能性





20

10

0

-10

-20

-30

Global Mean = $0.75 \% \text{ K}^{-1}$



Global Mean = 4.01 % K⁻¹

CFMIP1: Zelinka et al.(2012, JCLI)

内容

<u>雲降水システム現象の雲特性、およびその</u> 変化

上層雲のサイズ解析および変化 中緯度低気圧の雲特性解析・将来変化 台風の雲解析・変化

ダブルモーメントスキームの開発と検証

現象の雲特性解析・検証・変化

MTSAT-1R 00 UTC 26 Dec 2006



積雲クラスターのサイズの比較(Inoue et al., 2008)

上層雲のサイズ分布

JJA2004 小さい雲(0-50km)は増加 中程度の雲(50-500kmは減少) 大きい雲(500km-)は増加 大きなスケールでは雲は組織化しやすくなる?

Present

Global IR

Present (14-km mesh)

Warmer (14-km mesh)

Present(7-km mesh)

Warmer-Present(14km-mesh)

30N-30S



雲放射強制力の雲サイズ依存性

「中程度の雲の減少」と「大きな雲の増加」とコンジステント 正味では小さい雲ほど寄与は大きい。 しかし、将来変化については中程度~大きな雲の変化が重要。

____ present



雲サイズ分布に対する熱帯低気圧の寄与

単位スナップショット辺りの平均アンビル数 (<u>Σ</u>P(r)=個) コラム積算雲氷量 IWP(kg/m2) (ʃP(r)dr=平均IWP)



熱帯全体(30N-30S)

熱帯低気圧域 (中心から500km以内の雲)



ストームトラック雲の温暖化応答: NICAM水惑星実験

<u>水惑星(全球海洋)、水平14km、90日積分</u>

データをDIASで公開 (IPCC AR5向け)



右図:温帯低気圧密度(2.5度格子毎の通過数)の東西平均。

✓ GCMと同様の力学的変化。
 ●トラックの極方向への移動、数の減少。

ストームトラック雲の温暖化応答: NICAM水惑星実験

<u>水惑星(全球海洋)、水平14km、90日積分</u>



コントロール

SST+4K変化

温帯低気圧中心・最大発達時に対するコンポジット。

✓ 現実的なストームトラック構造を再現。
 ✓ 温暖化によって液水・氷水が増加。
 ●氷水の増加が特徴的。上層雲の変化と対応。

熱帯低気圧の頻度分布の将来変化: 雲微物理依存性



<u>実験条件</u>

- G98実験:2004年6-10月、データは90分平均
- NSW6実験:2004年4-8月、データはスナップショット
- 両実験が重複する6-8月(JJA)で比較

	. / .	\
「公子」		
	. \ J.	JA /
	•	/

		NI	NWP	NEP	NA	SI	SP	SA	NH	SH	GL
IBTrACS		0	15	7	8	0	0	0	30	0	30
G98	CTL	6	12	1	4	3	0	0	23	3	26
	GW	2	14	2	0	1	1	0	18	2	20
NSW6	CTL	0	14	18	3	0	0	0	35	0	35
	GW	0	13	4	0	0	0	0	17	0	17



G98・NSW6ともに全球(GL)の発生数は減少

- NSW6 の場合は減少率が大きい
 - 特に北東太平洋(NEP)
- TCの減少と熱帯IWPの変化はG98・NSW6と
 もに整合的
- TCの減少と熱帯LWPの変化G98は整合的、 NSW6は反対
- TC減少数(NSW6>G98)と減少率(NSW6<G98) は反対
 - → TC寄与と環境場のIWPとLWPをわける

氷相(水色)と水相(青)の水物質の比較



- G98・NSW6ともに温暖化条件で熱帯低気圧が含む水物質は増加
 - 凝固点・圏界面の上昇
 - 水物質が存在する範囲・値が大きく→TCあたりのIWP・LWP大きく
- NSW6は G98 のケースよりも水物質が少ない傾向(特に氷相(あられ))

G98の氷相の定義:雲氷と雪の和; NSW6の氷相の定義:雲氷と雪とあられの和

台風構造変化



CTL : 57 GW : 38

極大はIWPがLWPの外側に 温暖化時には量は多く → 熱帯低気圧が影響を及ぼす範囲が最大風速半径より遠 方に拡がる

Yamada and Satoh (2012)



雲放射強制力(CRF)の不確定性の原因

> 雲微物理の不確定性

✓ 個数を予報する事で経験式を省いて理論に基づく定式化

▶ 雲放射特性の表現の不確定性

✓ 雲粒の成長(半径)に応じた雲放射特性を計算可能

雲の成長過程を改善しつつ雲の放射特性を正確に見積もれる

⇒湿潤力学・気候変動をよりよく再現

⇔雲放射特性のメトリクスから湿潤力学・気候変動の予測スキルを評価可能

新雲微物理スキーム(NDW6)の検証

東西平均した気温(4月)

観測







✓ 熱帯対流圏上部における高温バイアスが改善
 ✓ i.e. 熱帯の安定度・中緯度ジェット改善、気候の再現性向上

衛星データ(CloudSat)との比較: 94GHz radar cloud fraction



NDW6:

OBS

- Cloud fraction more than NSW6.
- Upper level bias is even larger.
- CP and HP: virtually the same.
- HM and HP: also similar, but tropics shows some

difference.



まとめ

- 雲特性解析、およびその変化
 - 上層雲、ストームトラック、台風
- 雲微物理依存性
- ダブルモーメントスキームNSW6の開発、衛星データを用いた検証
- ビン法(久芳スキーム)の導入による下層雲の特性解析(進行中)
- エアロゾル輸送スキームSPRINTARSと雲微物理スキームとの結合(進行中)

研究1年目計画:

- 標準物理スキーム(雲微物理スキームシングルモーメントバルクスキームNSW6)の設定で、 全球非静力学モデルNICAMによる数値積分を行う。水平メッシュ間隔14km、7km、3.5kmの 異なる解像度の実験を行う。14kmメッシュモデルで数か月にわたる実験を実験し、その積 分期間の中で7km、3.5kmの10日から1ヶ月程度の高解像度実験を行う。
- 得られたNICAM数値実験のデータを解析する。

 雲特性および積雲クラスター等の大気擾乱

 の時間空間変動について観測データと比較し、解析する。

 衛星データ等の観測データと比

 較する。

 衛星シミュレータを利用した解析を行い、NICAMの雲特性を衛星データと比較検証

 する。
- モデルの物理過程、特に、雲微物理スキームの改良をはかる。ダブルモーメントバルクス キームNDW6を用いたNICAMによる予備的な数値実験を行い、観測データによる検証に よってスキームの改良点を明らかにする。NICAMとエアロゾル輸送スキームSPRINTARSとを 結合し(NICAM-SPRINTARS)、エアロゾルによる雲核形成過程を導入する。