



A④課題 (A④_04)

全球雲解像モデルによる 雲降水システムの気候予測精度向上

サブ課題4代表

佐藤正樹(海洋研究開発機構)

2010年度成果発表会

一橋記念講堂(千代田区)

2011年2月21日



全球雲解像モデルとは

■モデル名: NICAM 非静力正20面体格子大気モデル

- ◆ 全球を数kmメッシュで覆い、地球全体の「雲」を解像する
- ◆ 地球シミュレータを有する日本が世界に先駆けて開発

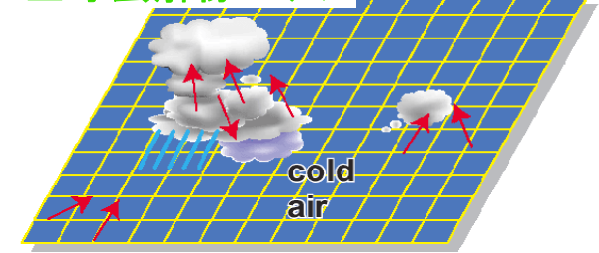
■期待される成果

- ◆ 現在気候における再現性の向上
熱帯擾乱のマルチスケール構造、季節内変動(MJO)、熱帯低気圧の再現性の向上
- ◆ 熱帯低気圧の強度や数の変化
- ◆ 将来、雲が増えるか減るか

従来型気候予測モデル

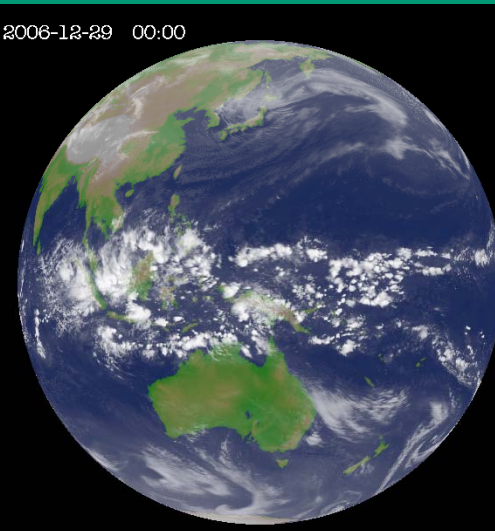
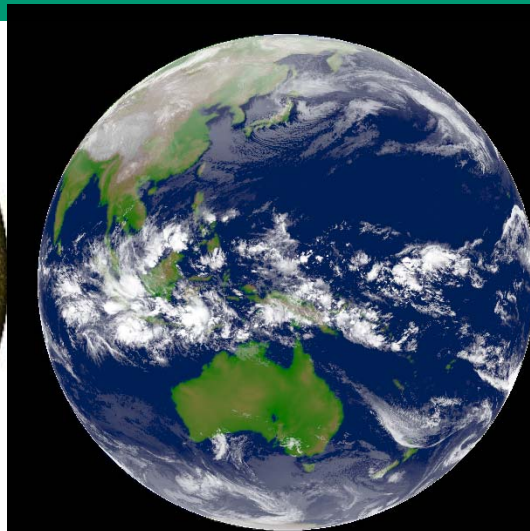


全球雲解像モデル



静止気象衛星

NICAMによる計算結果



Model



平成22年度の計画

全球雲解像モデルの実験・解析:

新物理過程を組み込んだ全球雲解像モデルを用いて、3か月以上の現在気候実験および温暖化時を想定した実験を行い、雲量の変化、雲降水システムの特性の変化、モンスーンや台風の挙動の変化について結果を得る。

物理過程の改良:

引き続き物理過程の改良を行い、モデルのバイアスを低減するための感度実験を行う。境界層過程についてレベル2.5スキームのテスト、雲微物理過程についてsingle-momentスキームによる降水および上層雲の改善のための改良、two-momentスキームの実用化に向けた検討、陸面・海面過程についてMATSIRO、slab-oceanモデルの導入の効果について解析を行う。サブグリッド対流の導入について引き続き検討する。

衛星観測データによる検証:

得られた全球雲解像データを解析し、衛星データ等と比較する。衛星センサーシミュレータを利用し、モデルの出力結果をオフラインで全球にわたって解析する。オンライン出力を可能にするための開発を行う。

- 8年分の夏季実験の解析: ISV/MJO & Tropical cyclones (The Athena Project)
- 温暖化による台風の変化: ダウンスケールモデルとの比較
- 上層雲変化のメカニズム



8年分の夏季実験(JJA) 台風経路

Black line: BEST TRACK from IBTrACs

Red line: NICAM simulation

Blue line: IFS simulation

Solid line: Wind speed ≥ 17.5 [m s^{-1}]

Dotted line: Wind speed < 17.5 [m s^{-1}]

2001

2006

2002

2007

2004

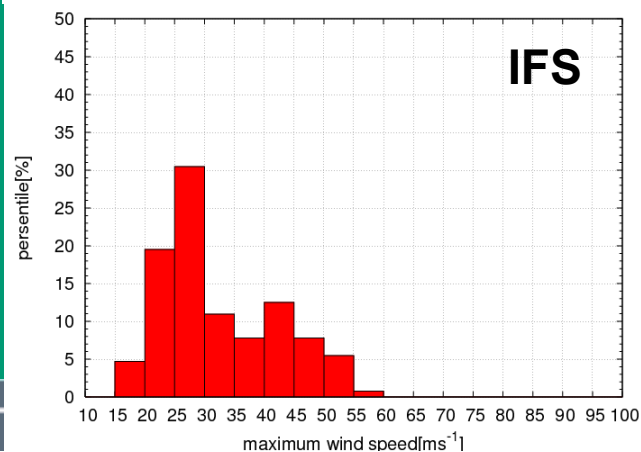
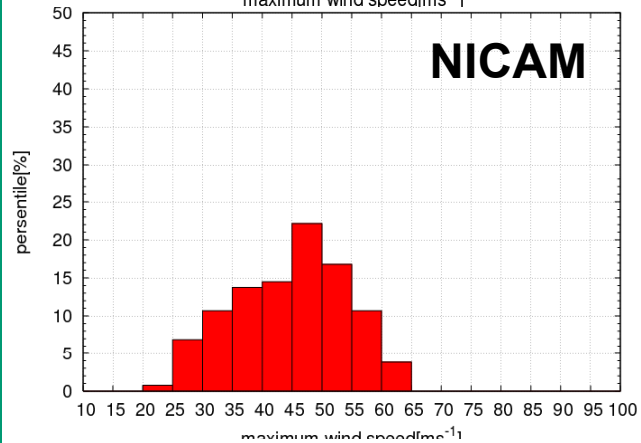
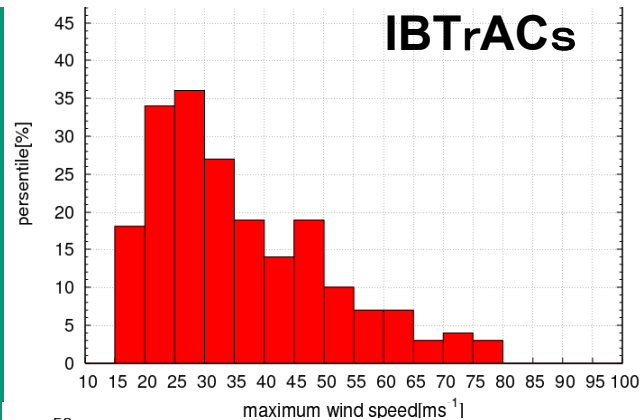
2008

2005

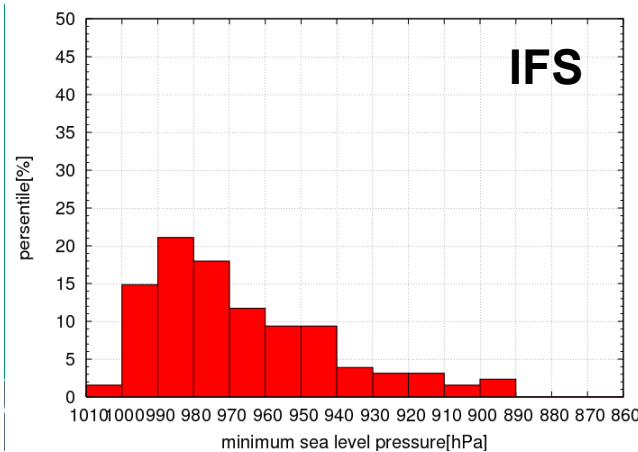
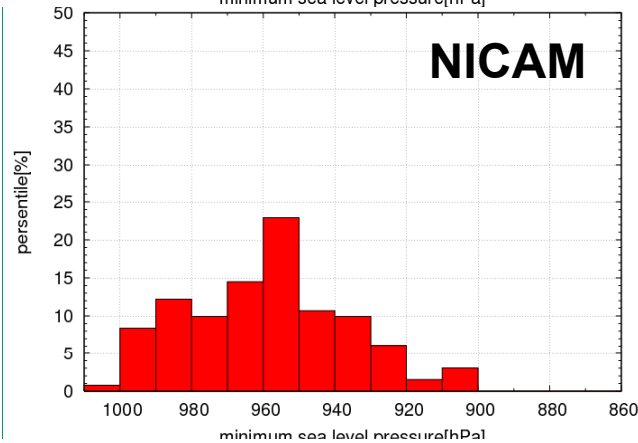
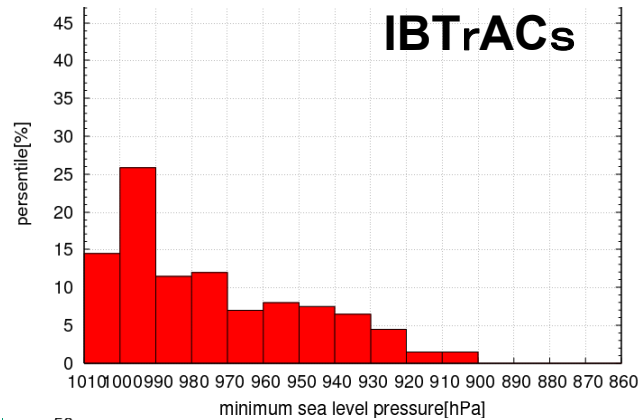
2009

Next Generation Climate Model

Maximum attained wind speed(MWS) ↓



Minimum sea level pressure(SLP) ↓



観測データ
(IBTrACs)

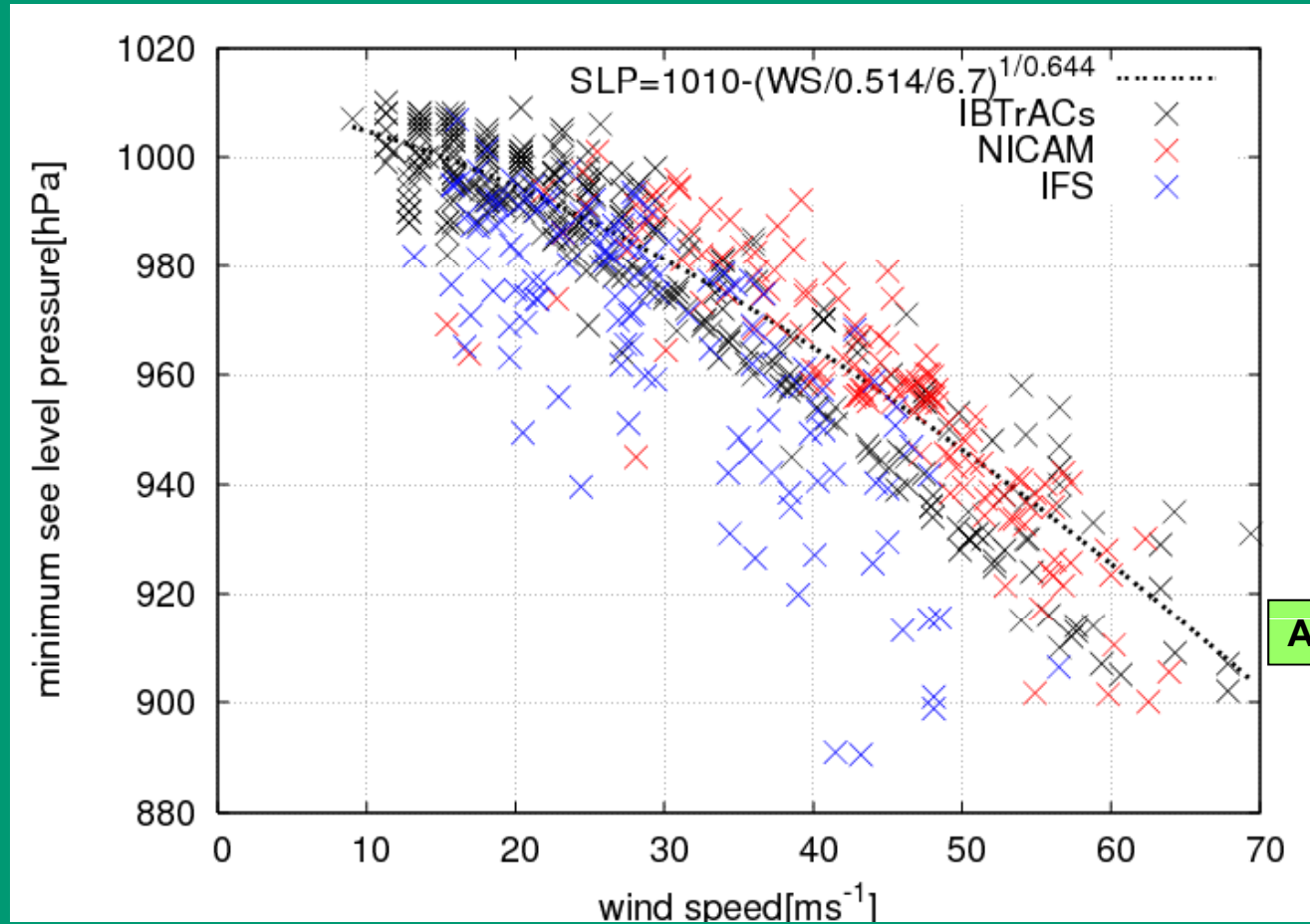
NICAM
7km mesh

ECMWF IFS
T2047 (10km mesh)



generation Climate Model

最低気圧(SLP)と最大風速(MWS)との関係



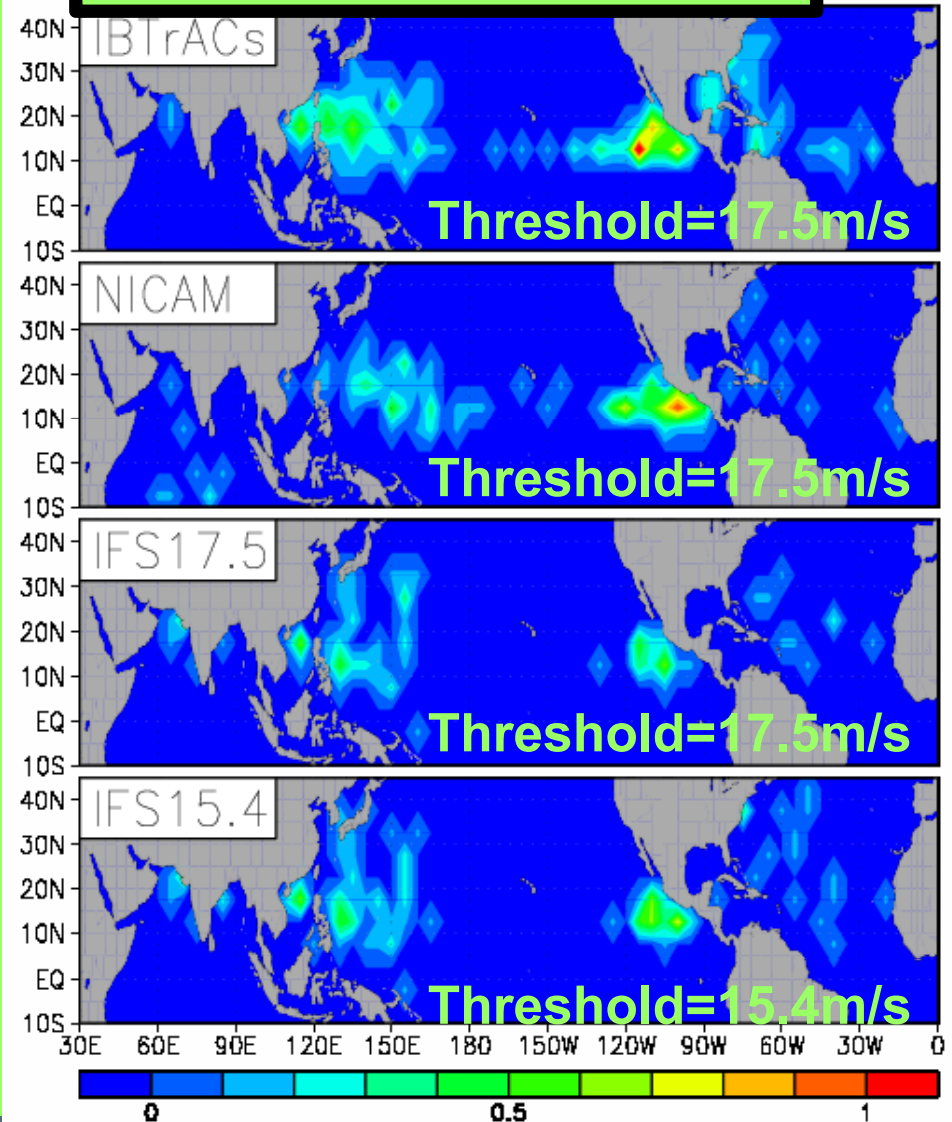
Atkinson & Holliday 1977



海域ごとの台風発生数

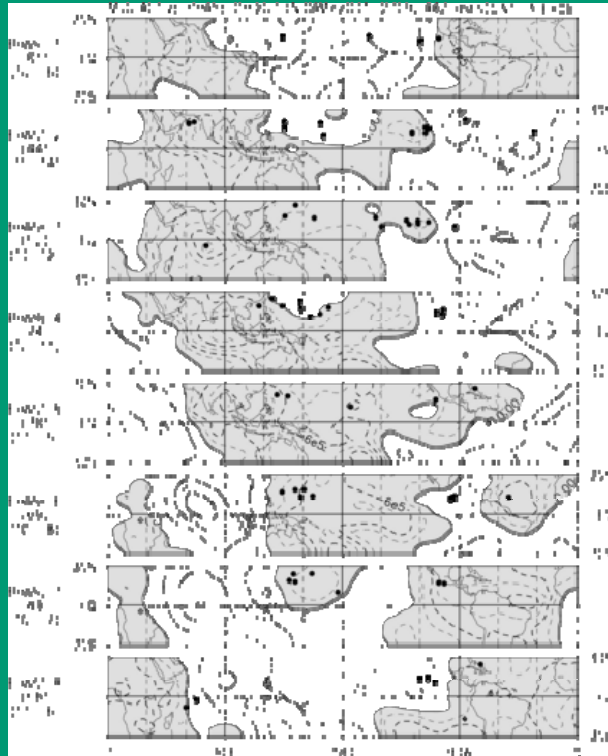
CASE	In.	W.P.	E.P.	At.	Gl.
IBTrACs / JJA	3	76	60	38	177
JUNE	3	15	8	3	29
JULY	0	24	22	9	55
AUGUST	0	37	30	26	93
NICAM / JJA	9	40	62	18	129
JUNE	3	11	8	4	26
JULY	5	20	24	4	53
AUGUST	1	9	30	10	50
IFS 17.5 / JJA	7	42	25	12	86
JUNE	6	8	6	1	21
JULY	1	15	10	5	31
AUGUST	0	19	9	6	34
IFS 15.4 / JJA	9	52	44	23	128
JUNE	8	10	13	6	37
JULY	1	21	17	10	49
AUGUST	0	21	14	7	42

Cyclogenesis / Year in JJA

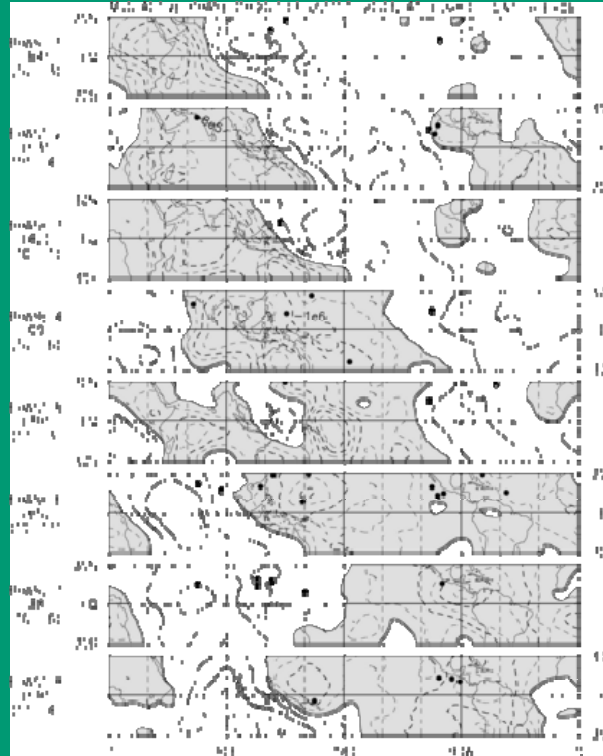


MJOと台風発生場所との関係

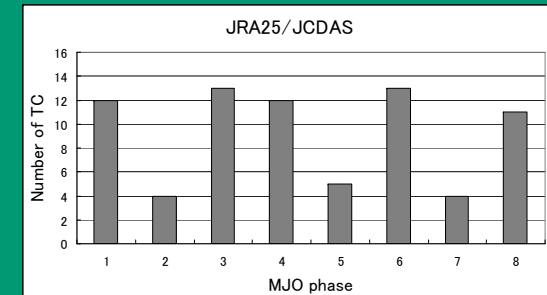
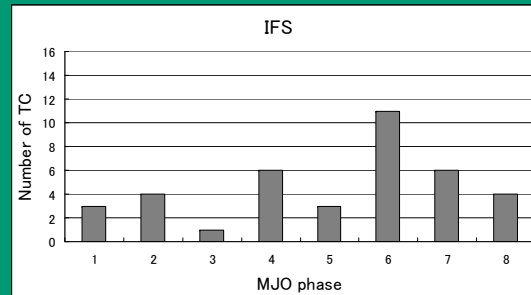
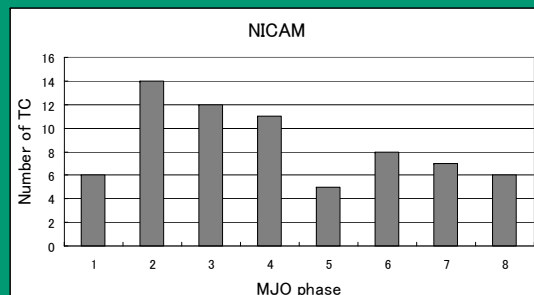
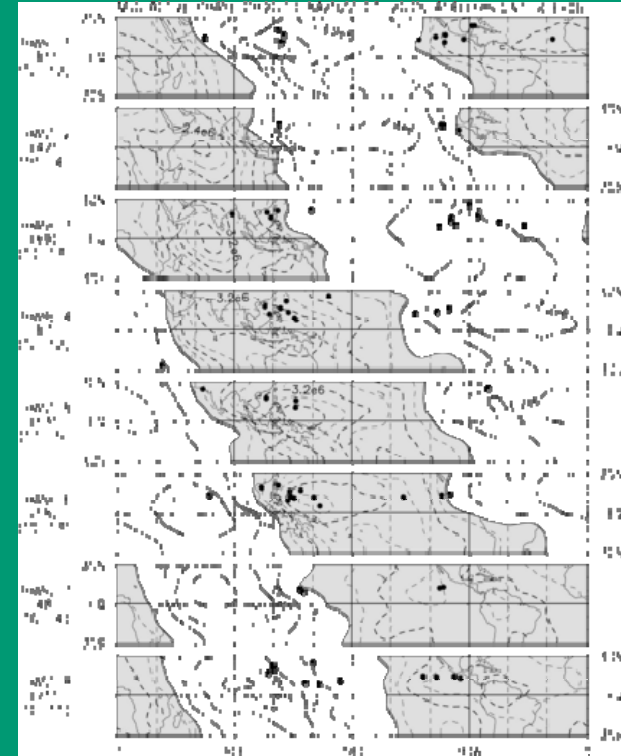
NICAM



IFS



JRA25



2001-2009 30-day lowpass filtered VP200 MJO phase vs. TC genesis

Next Generation Climate Model

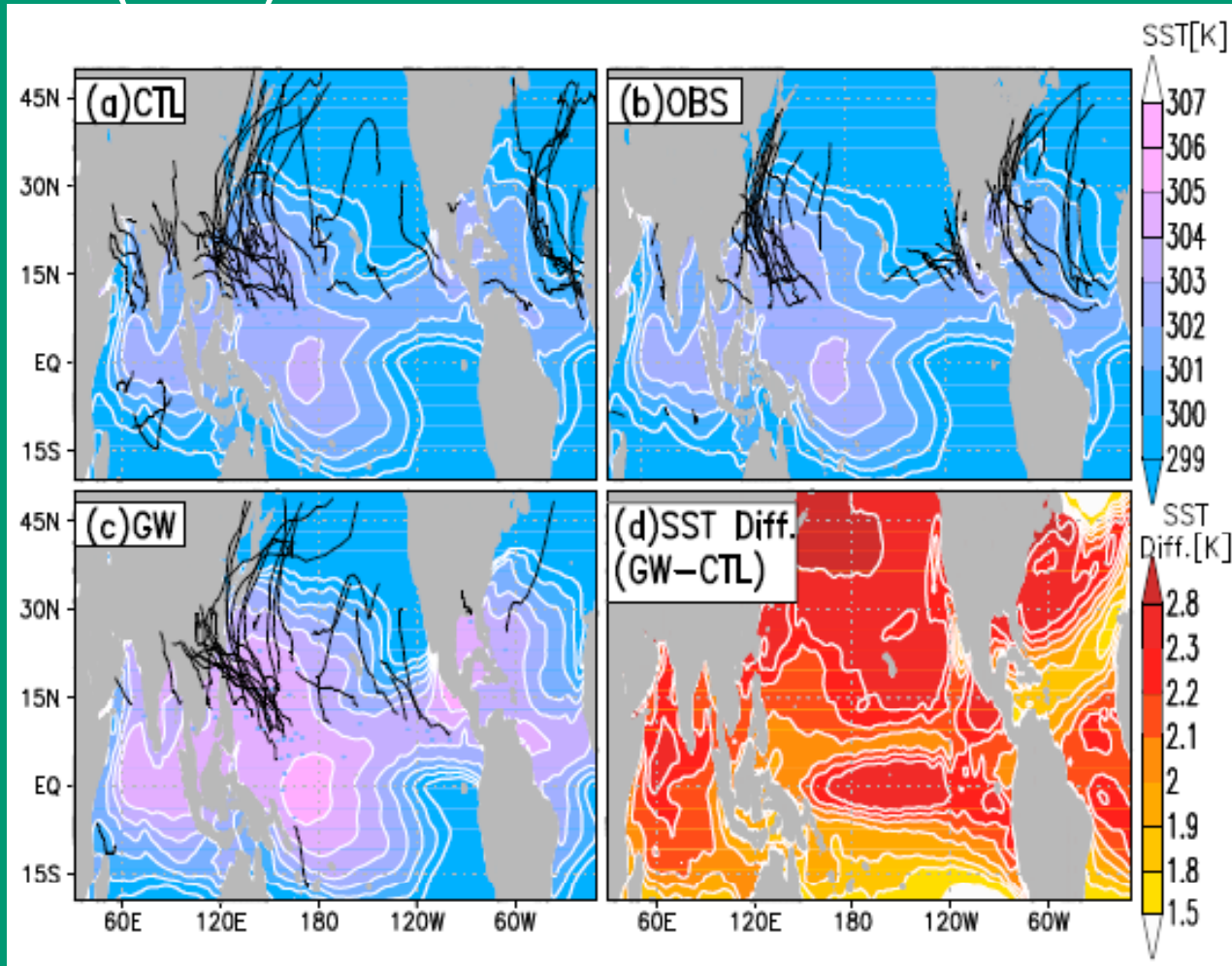


NICAMによる台風の将来変化予測

現在気候: 2004年6-10月

将来気候: 20xx年(2070-99の平均気候値) 5-10月

GI9 (14km)



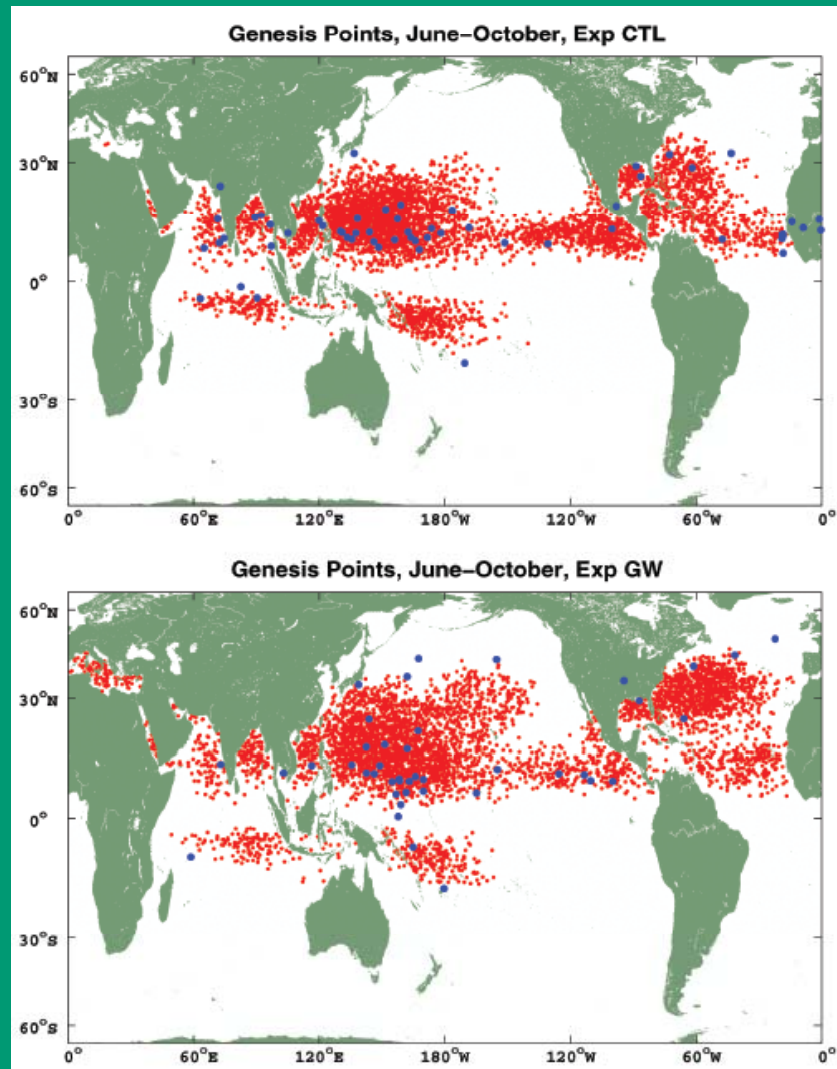
Fewer, taller, fiercer
(Nature highlight, 2010)

NICAMのメリット

台風の閾値に人為的な調整をしなくとも現実的な個数を得る(17.5 m/s)

西太平洋で観測に対応する台風トラックを得ている

温暖化による熱帯低気圧の発生位置の変化



Emanuel, Oouchi, Satoh, Tomita and Yamada, 2010: Comparison of Explicitly Simulated and Downscaled Tropical Cyclone Activity in a High-Resolution Global Climate Model. J. Adv. Model. Earth Syst., Vol. 2, Art. #9, 9 pp.

Blue: 全球非静力学モデルNICAMで計算された現在気候、および100年後の発生位置

Red: ダウンスケールモデルで計算された位置



雲特性の検証と雲の将来変化

- 雲の検証: 上層雲
- 現在気候実験での上層雲と雲氷の関係
- 将来変化
- NICAM実験
 - Dx=14km, 7km
 - 7月固定実験
 - Grabowski(1998)雲微物理スキーム
 - パラメータ実験
 - CTL (Cs=4, L=100m, dx=14km)
 - CS4L200: 混合距離Lを増大
 - CS3L200: 雪の落下速度係数を減少
 - CS3L200, dx=7km: 高解像度
 - CS4MYNN: 混合スキームの変更

Iga et al. (2007, Geophys. Res. Lett.)

Iga et al. (2010, JCLI, in review)

Satoh et al. (2011, to be submitted)

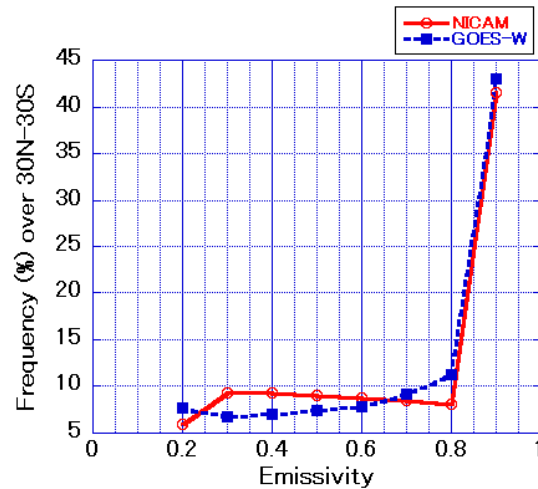
Collins and Satoh (2008)

Tsushima et al. (2011, in prep.)

Next Generation Climate Model



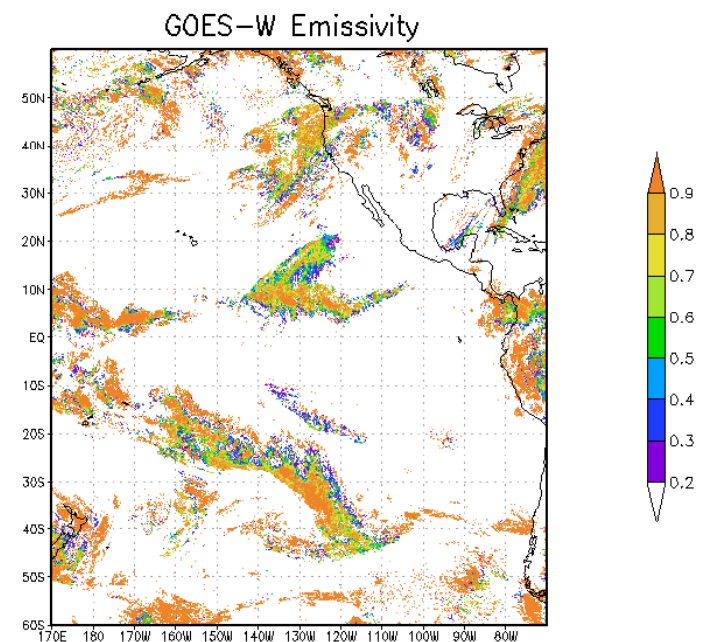
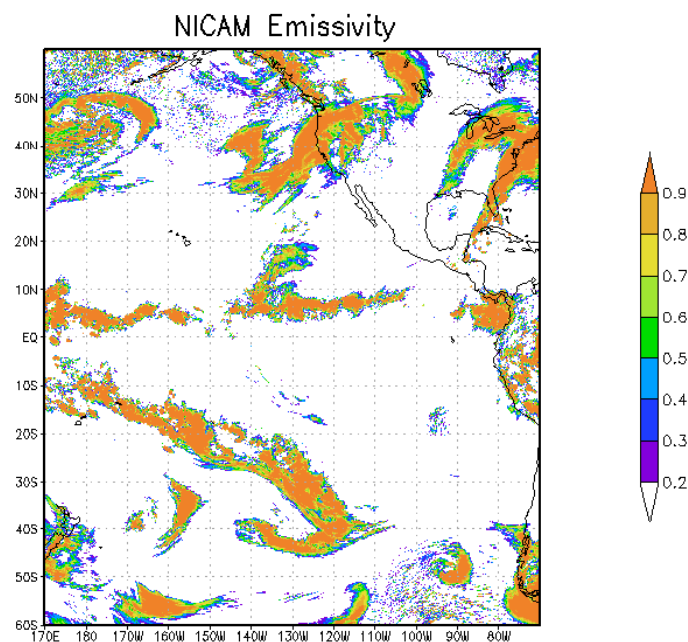
上層雲



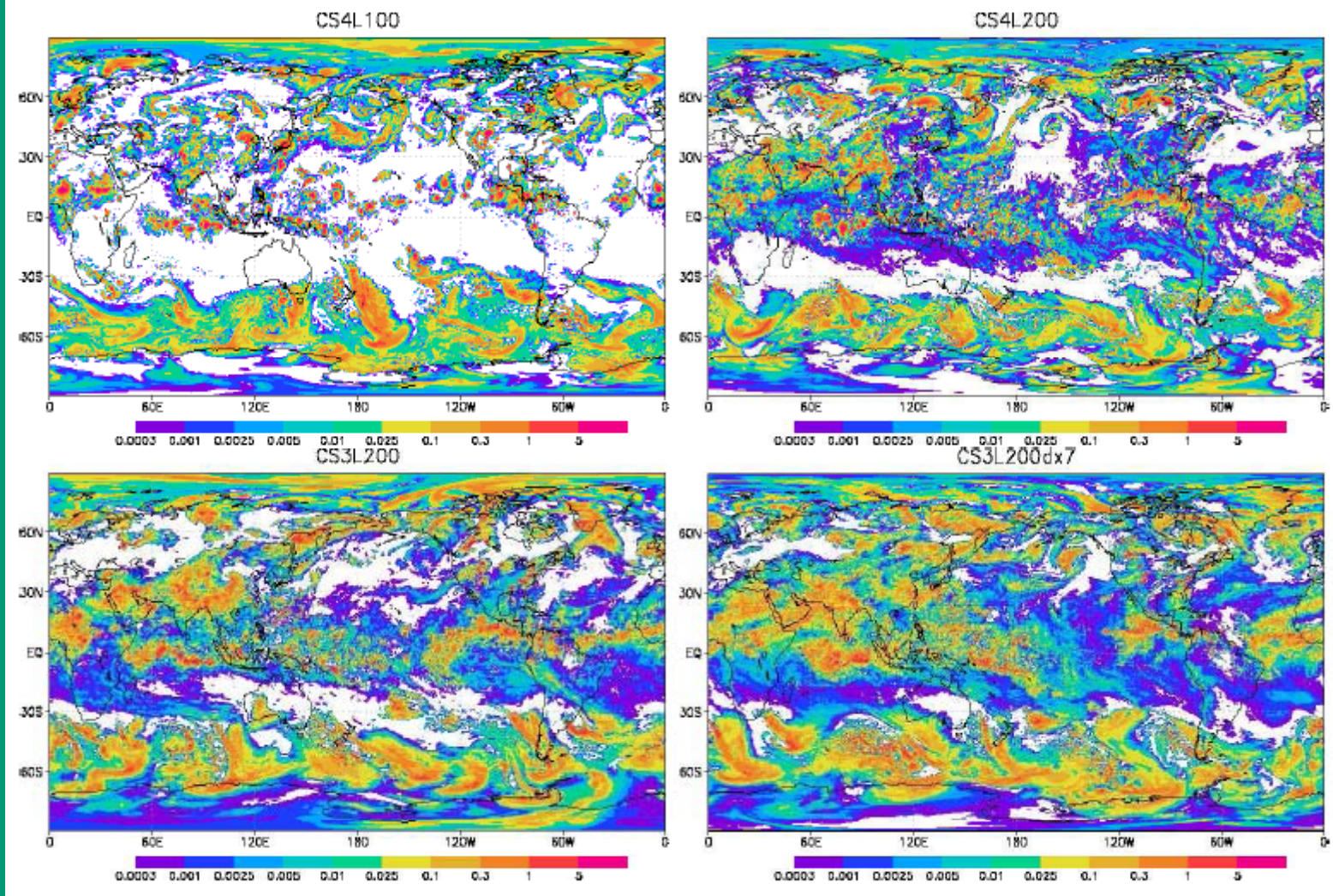
BROADBAND Emissivity
$$= (\text{OBS} - \text{CLR}) / (\text{CI} - \text{CLR})$$

WV-IR法で巻雲の温度を算定(CI)
晴天時のTBBを6日間から算定(CLR)
(Fu and Liou 1993)

IWPから求めたNICAMのEmissivity **GOESから算定したEmissivity (11 μ m)**



現在気候：パラメータ感度実験、雲氷(IWP)の分布



IWPが大きいほど、雲量が小さい

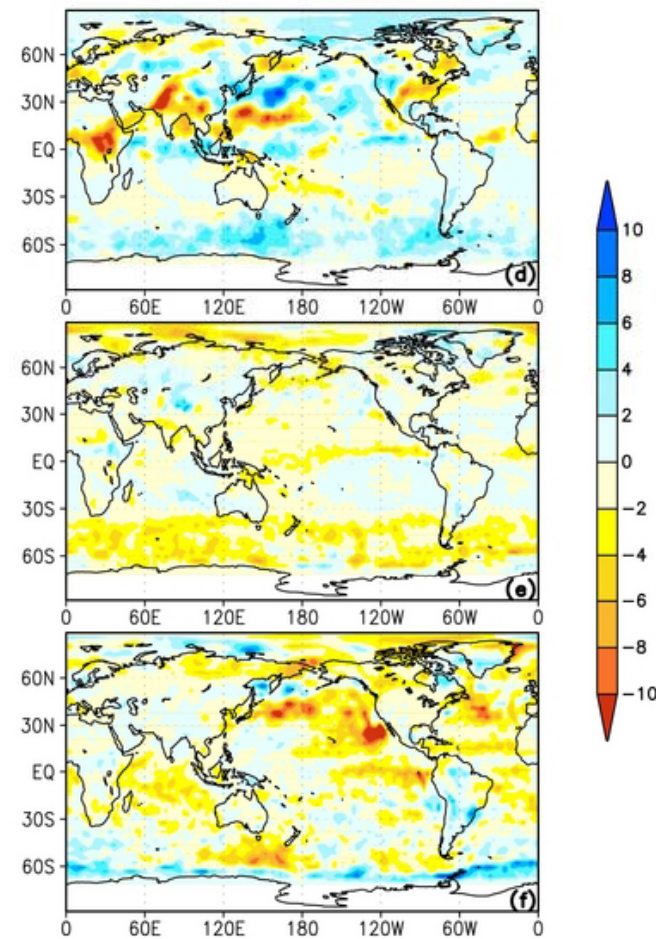
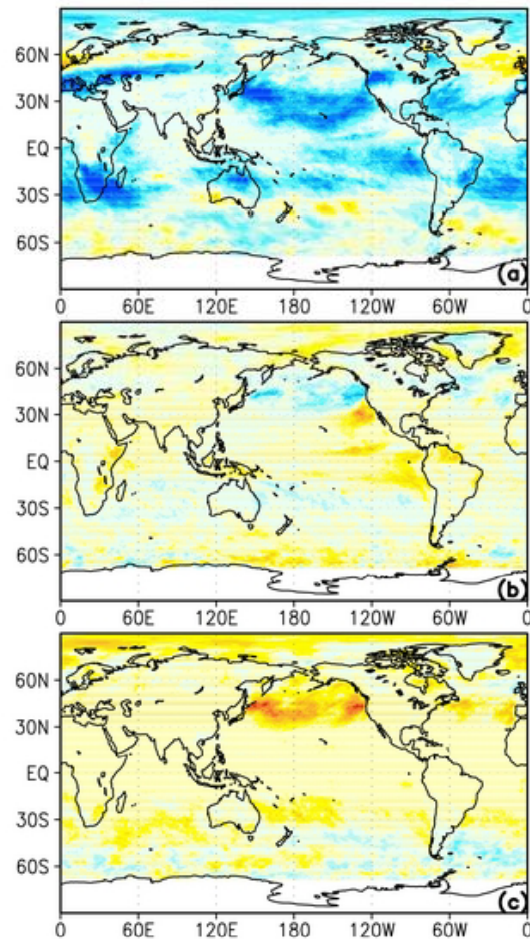
重いカテゴリーの氷が増えるほど、雲量が小さい Satoh and Matsuda (2009, JAS)



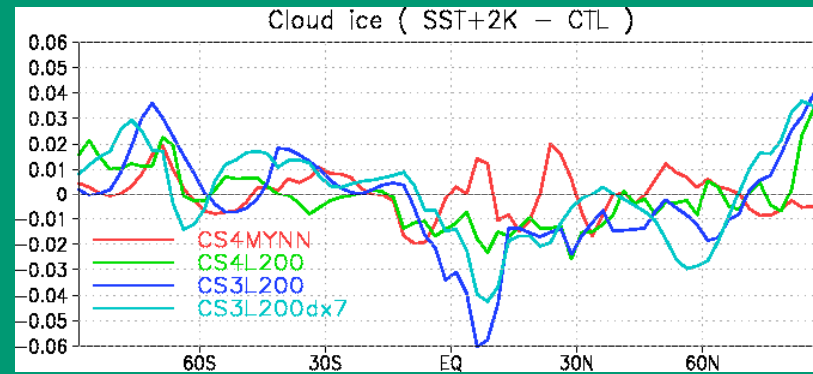
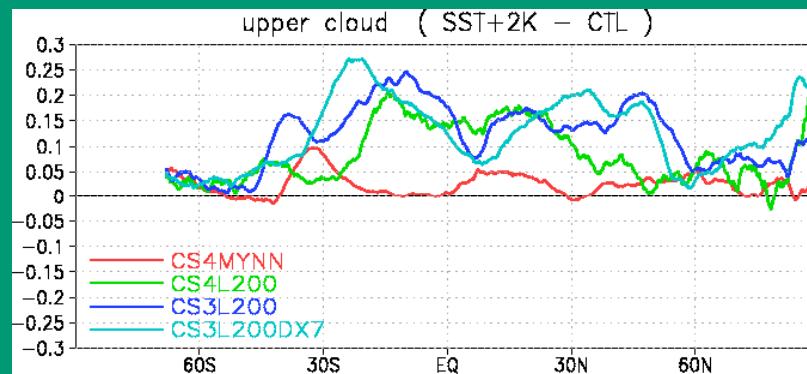
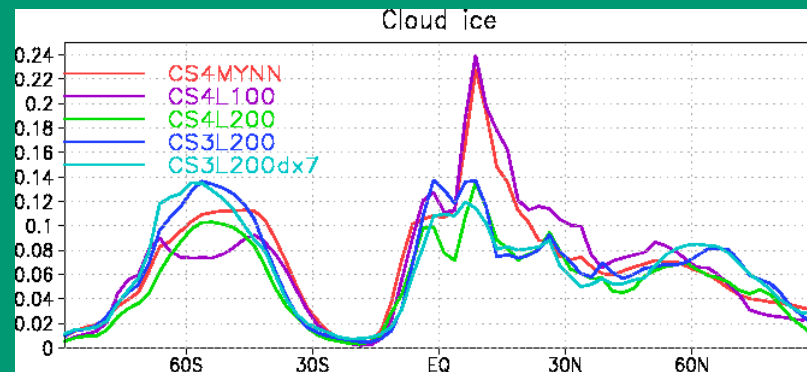
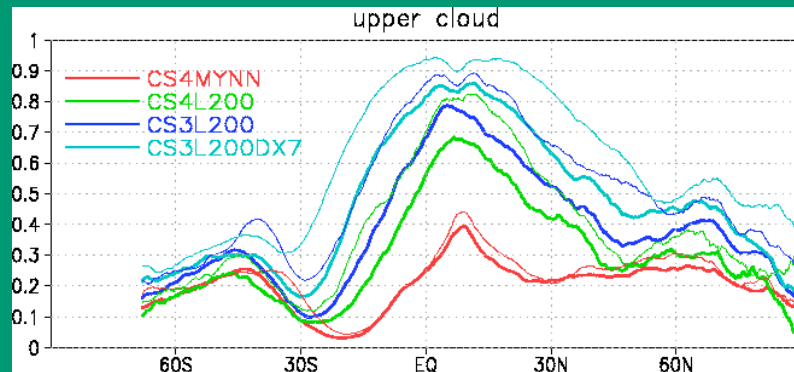
温暖化実験(SST+2K実験-CTL実験):雲の変化

NICAM 7km

MIROC T42



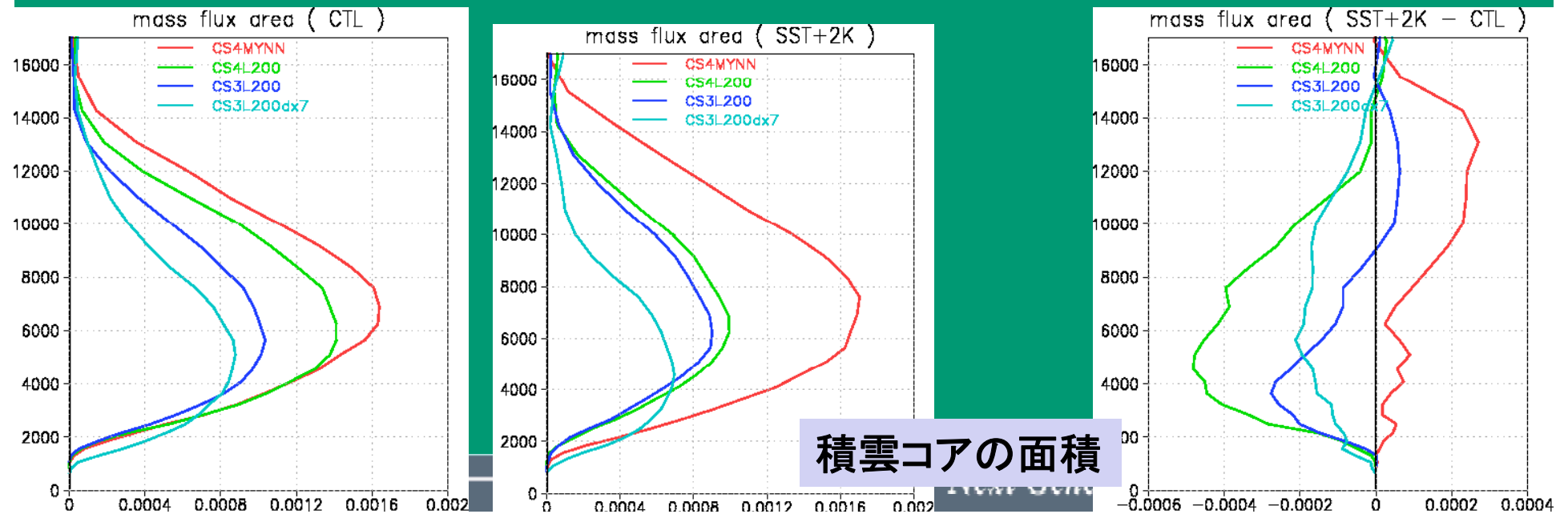
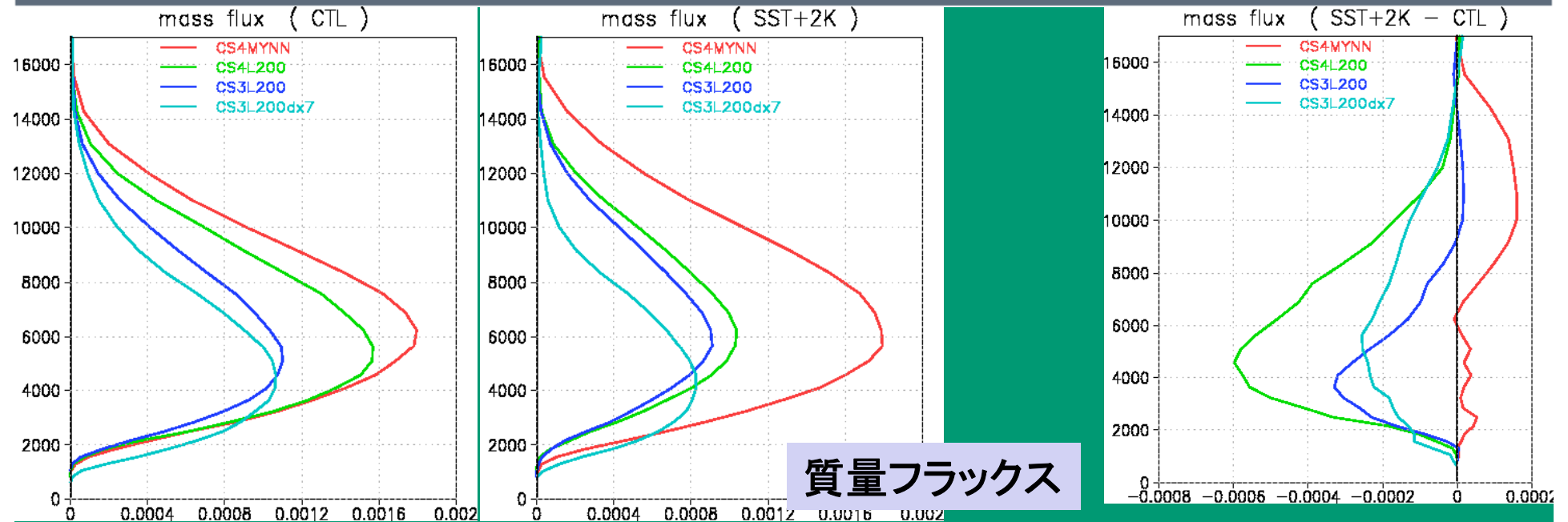
温暖化実験(SST+2K) による上層雲、雲氷の変化



温暖化条件では、上層雲が増加し、熱帯のIWPが減少する



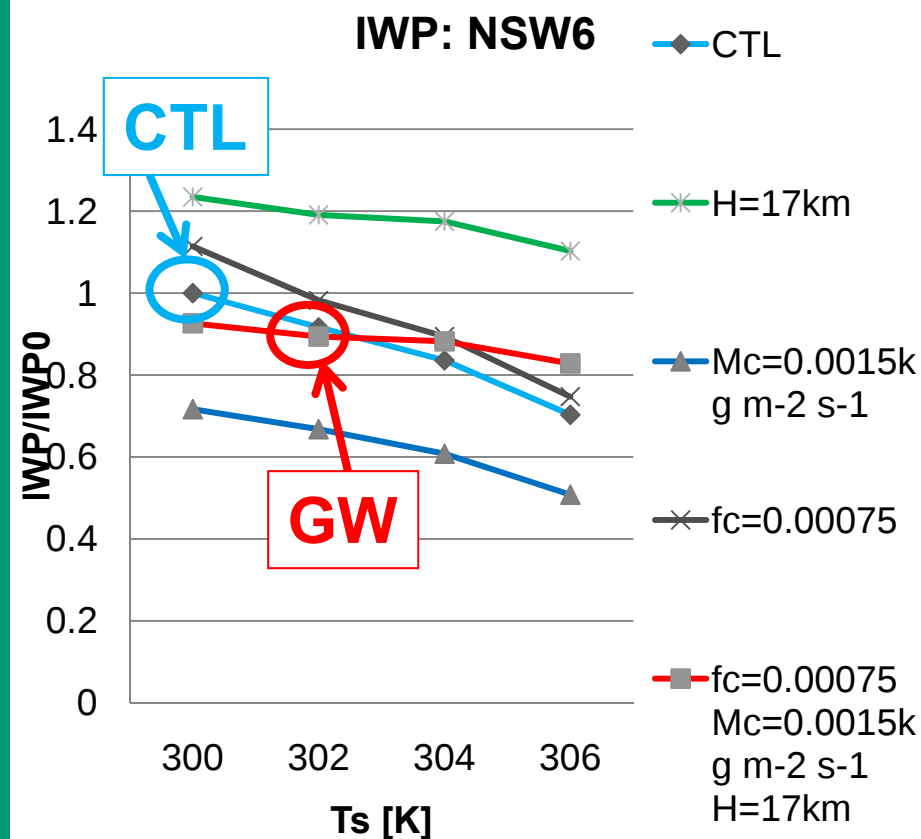
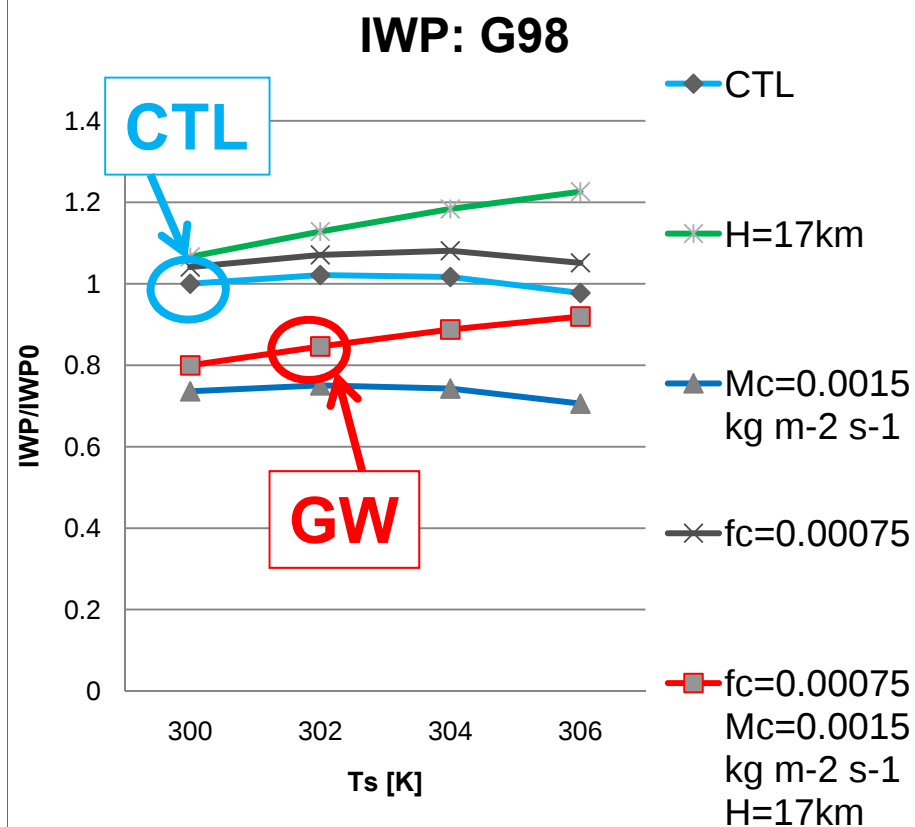
質量フラックス、積雲コアの面積変化：閾値 $w=1\text{ m/s}$ (30S-30N)



雲氷量の地表面温度依存性

CTL: 圏界面高度15km, 質量フラックス0.002kg/m²s, 雲面積0.001, Ts=300K

GW: 圏界面高度17km, 質量フラックス0.0015kg/m²s, 雲面積0.00075, Ts=302K



まとめと課題

■ MJO & 熱帯低気圧

- ◆ MJO & TC: IFS 10kmモデルと同程度のperformance
- ◆ 熱帯低気圧
 - ・ 7km 実験で現実的な数
 - ・ 圧力-風速関係: 定義の見直しにより改善, 物理過程依存性
- ◆ 季節内変動と熱帯低気圧の関係: reasonable

■ 雲と降水

- ◆ IWPが減るほど、上層雲量が増える
- ◆ 温暖化条件では、IWPが減って、上層雲が増える
- ◆ 上層雲増大のメカニズム
 - ・ 質量フラックスの減少効果がIWPの減少にきく
 - ・ 雲微物理過程によらずrobust

■ 降水分布

- ◆ バイアスの改善が課題
- ◆ 大気海洋相互作用、陸面過程、サブグリッド対流
- ◆ 初期値依存

