

A④_05 (チーム4:雲解像モデリング)
「雲解像モデルの高度化と
その全球モデル高精度化への利用」

研究代表者：坪木和久(名古屋大学 地球水循環研究センター)

参画研究者：増永浩彦(名古屋大学 地球水循環研究センター)

篠田太郎(名古屋大学 地球水循環研究センター)

渡部雅浩(東京大学気候システム研究センター)

青木尊之(東京工業大学 学術国際情報センター)

榎本 剛(海洋研究開発機構)

研究員：吉岡真由美・前島康光(名大 地球水循環研究センター)

研究目的

雲を精度よくシミュレーションできるように雲解像モデルを高度化し、その利用、及び全球モデルとの結合により全球モデルの高精度化に寄与すること。

➤ **雲解像モデル高度化**: 雲解像モデルの改良と高度化。

- 雲物理過程の改良 (完全2モーメント化、雹、氷晶生成)
- 力学過程の改良 (セミラグランジュ化)

➤ **パラメータ改良**: 雲解像モデルの計算から得られるデータを利用して、全球モデルの雲についてのパラメータを改良する。

➤ **非斉一モデル結合**: 非静力学雲解像モデルと静力学全球モデルを結合し、全球モデルの高精度化を図る。

- 1格子埋め込み (スーパーパラメタリゼーション)
- 領域埋め込み結合 (双方向通信)

➤ **比較検証実験**: 現在気候と温暖化気候における全球モデル出力値を用いて、主に台風の雲解像実験を行いGCMの検証を行う。

雲解像モデル “CReSS”

Cloud Resolving Storm Simulator

雲スケールからストームスケールの現象のシミュレーションを地球シミュレーターなどの大規模並列計算機で行うことを目的とした、非静力学・圧縮方程式系の雲解像モデル。

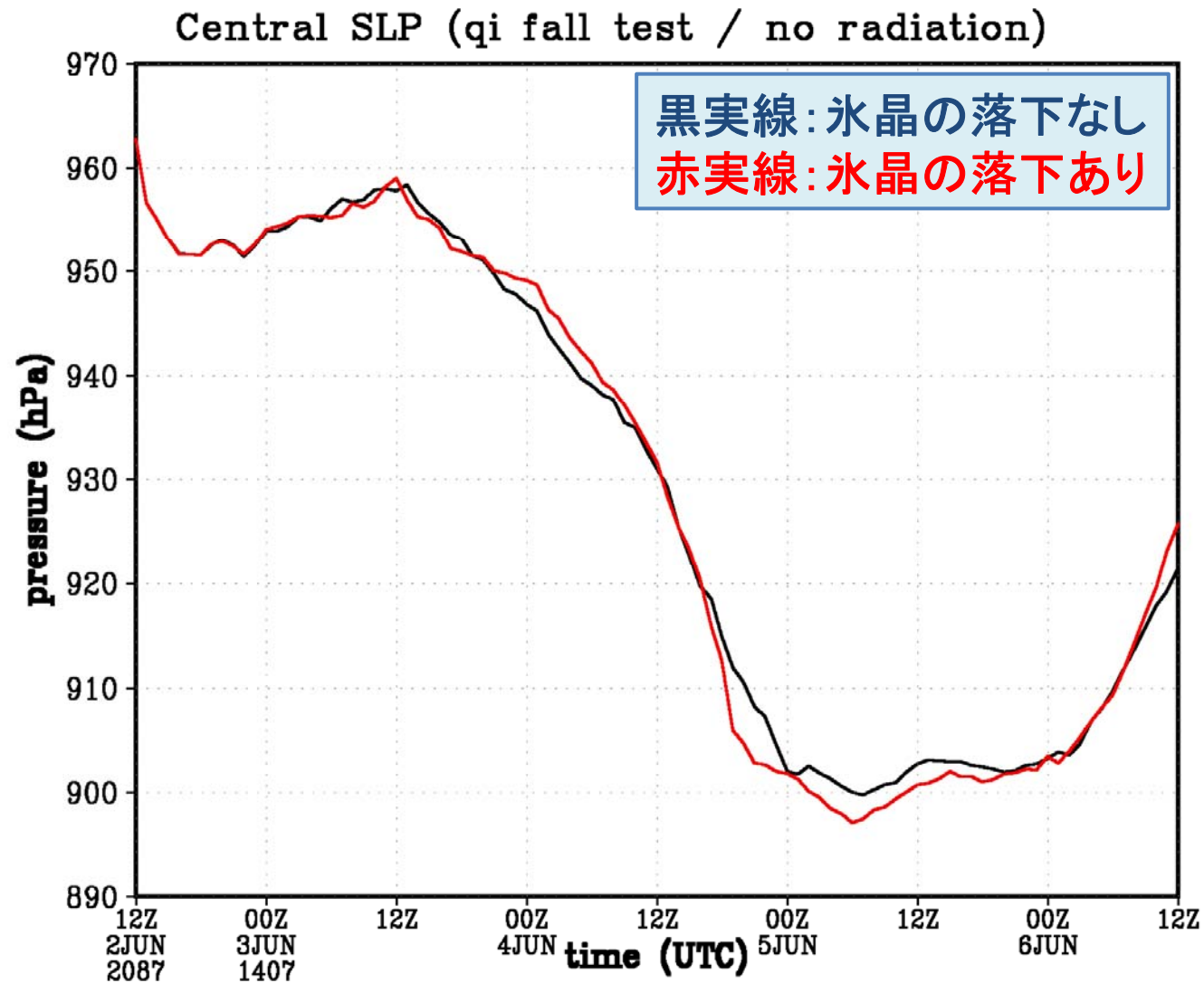
地球シミュレータに最適化した純国産の雲解像領域モデルを開発することを目標として、1998年より雲解像モデルの開発を行なってきた。（一からの開発）

- 詳細な雲物理過程の導入。
- 地球シミュレータでの実績。高精度で高効率の並列化。
- 多様なシミュレーション：台風、集中豪雨、雪雲、竜巻など。
- 毎日の気象予報実験。国内外での利用。

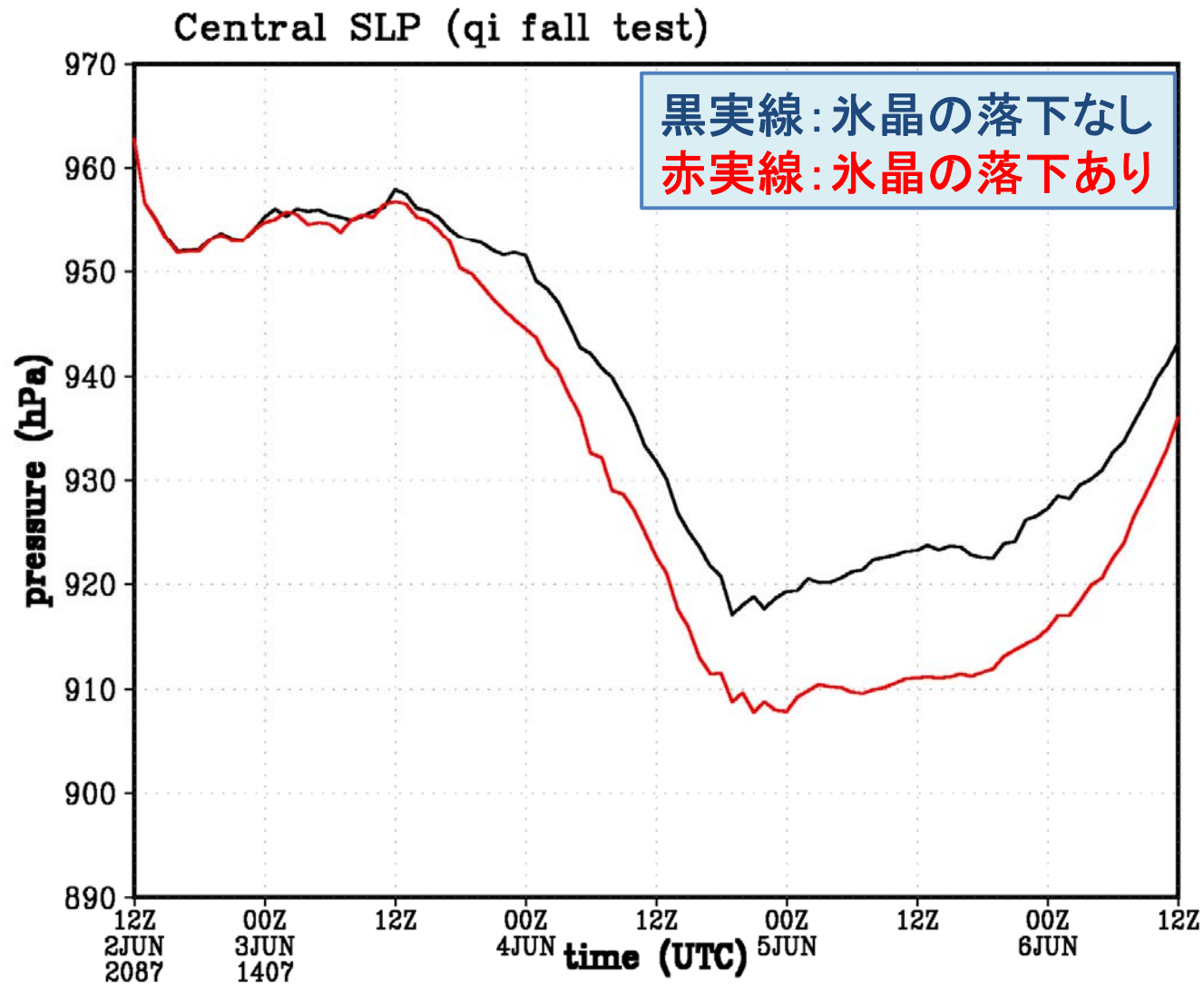
計画の概要

	雲解像モデル改良	パラメータ改良	非斉一モデル結合	比較検証実験
H19年度 (2007)	●雲物理の2モーメント化(雲水・雨水) ●セミラグ法導入	●広領域予報実験、パラメータ抽出 ●衛星による検証	●雲解像モデルの重並列化 ●双方向通信の方法の検討	●観測された台風の実験と検証(衛星・地上による検証)
H20年度 (2008)	●1次氷晶改良、2次氷晶導入 ●セミラグ法のパラメータ調整	●高解像度の予報実験、パラメータ抽出 ●衛星による検証	●雲解像モデルのGCMとの1格子点結合 ●領域結合のためのモデル改良	●観測された台風と現在気候の台風の実験(衛星・地上による検証)
H21年度 (2009)	●雹のカテゴリーの導入と豪雨や降雹へのインパクト検証	●予報実験継続 ●パラメータの解像度依存性検討	●1格子点結合による長期積分 ●領域結合による東アジア域の実験	●現在気候と温暖化気候の台風の実験
H22年度 (2010)	●雲物理の検証実験 ●放射過程の導入	●予報実験の継続 ●GCMの雲表現パラメータ改良	●1格子点結合の実験の継続と検証 ●領域結合による熱帯擾乱や台風の実験	●現在気候と温暖化気候および近未来気候の台風の実験
H23年度 (2011)	●雲物理の検証実験	●GCMの雲表現改良のインパクト検証	●1格子点結合によるGCM改善の検証 ●任意領域の領域結合による実験	●現在気候と温暖化気候の台風発生と熱帯の雲の高解像度実験

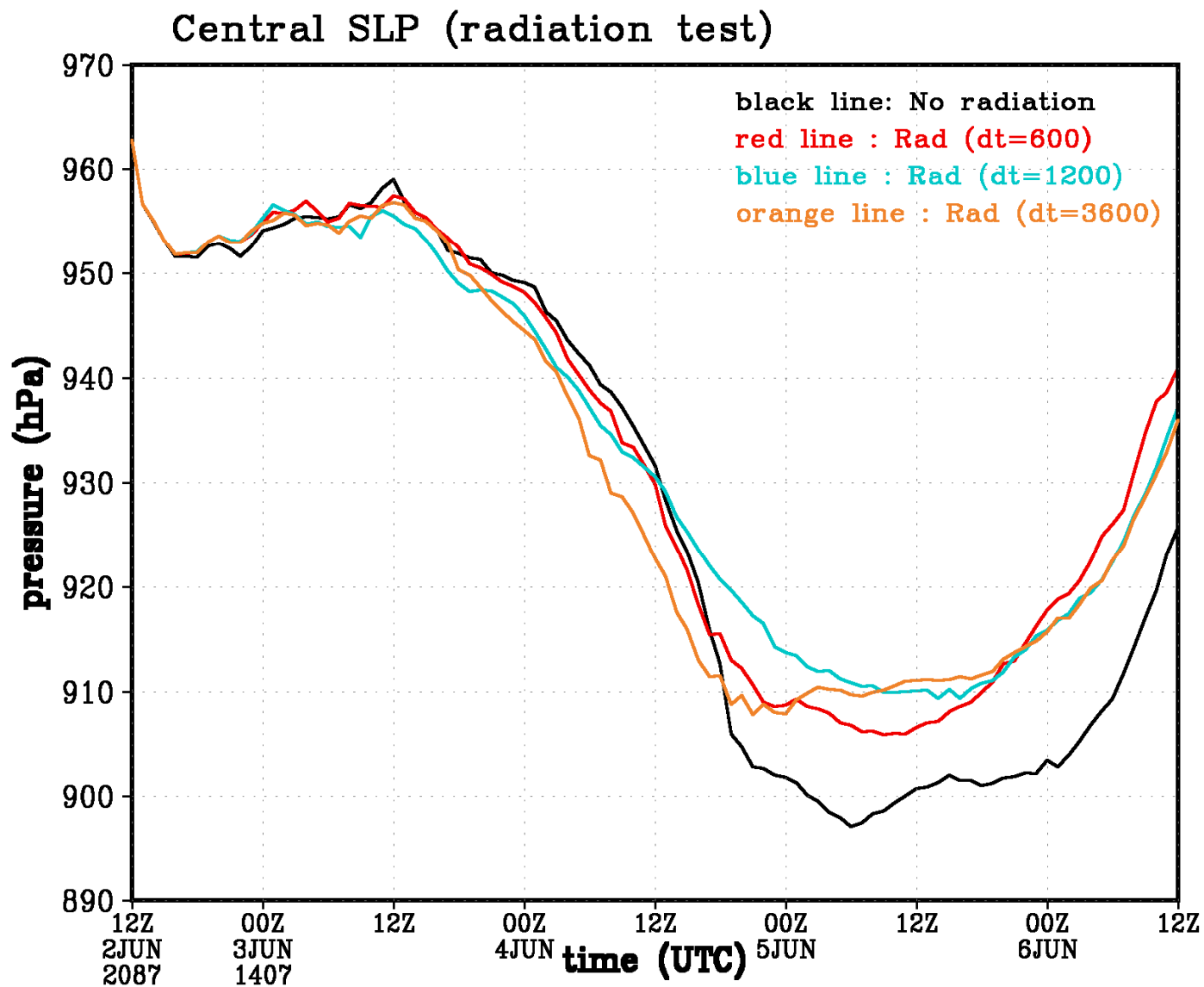
氷晶の落下の台風を中心気圧に対する影響 (放射のない場合)



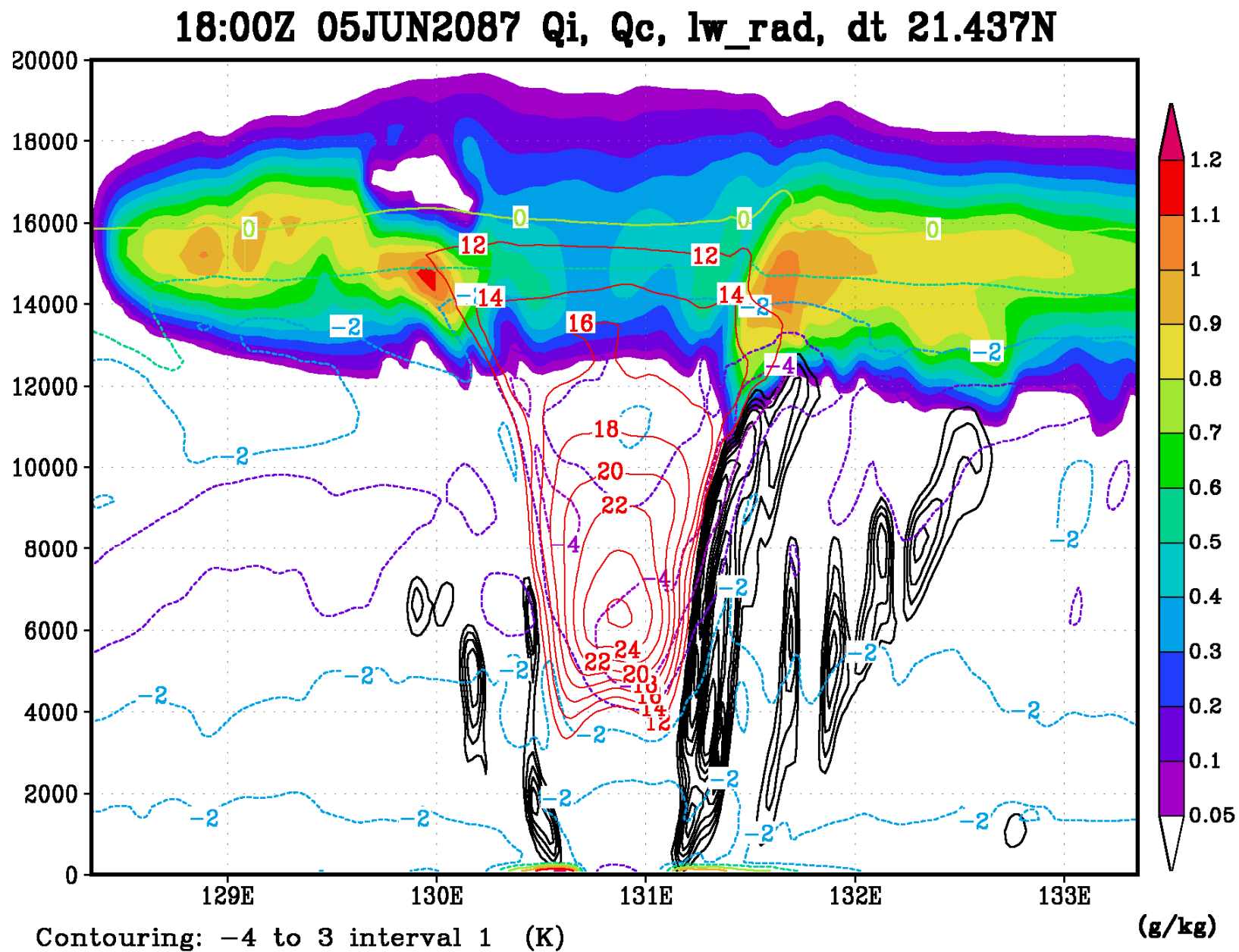
氷晶の落下の台風を中心気圧に対する影響 (放射のある場合)



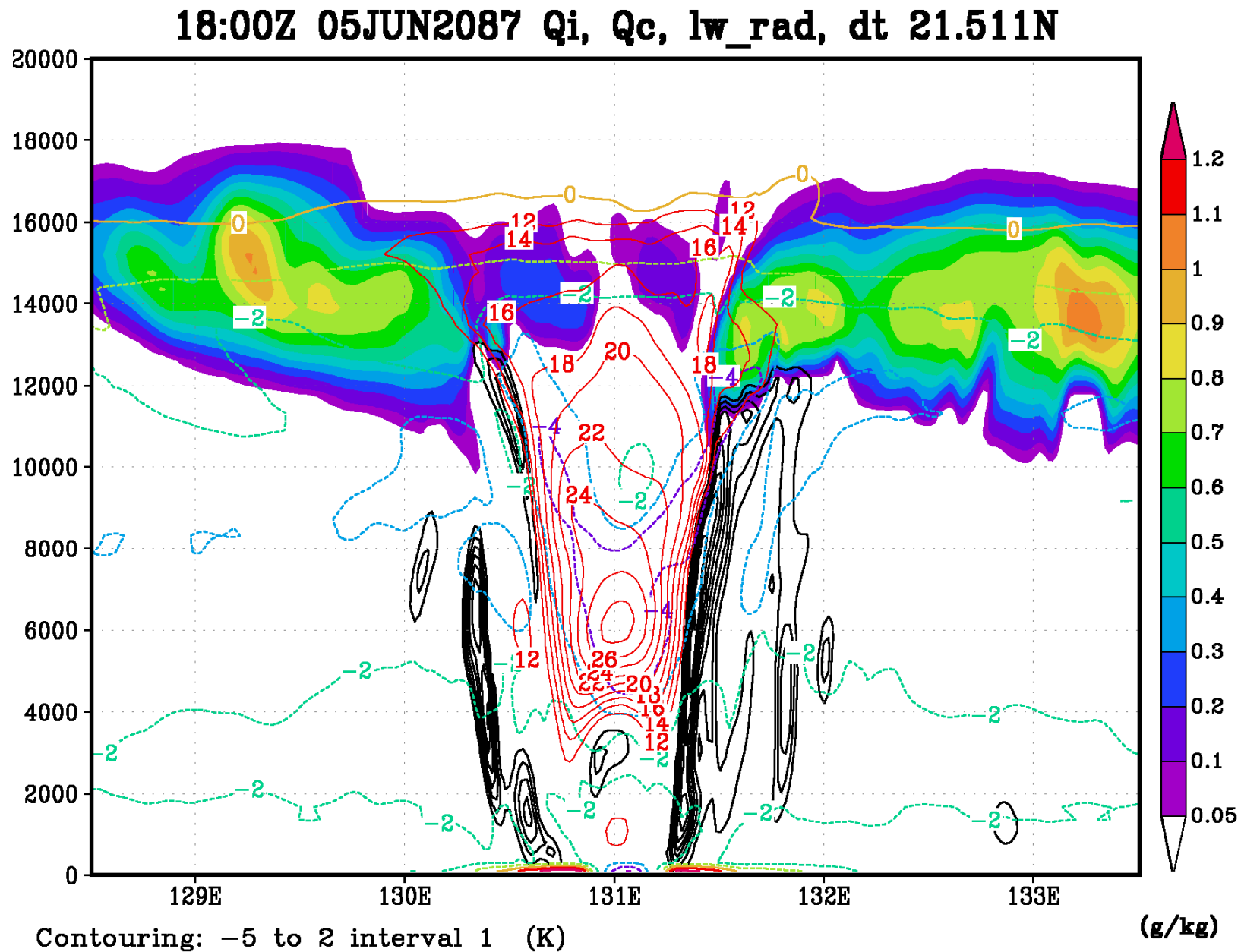
台風を中心気圧に対する放射の影響 (氷晶の落下のある場合)



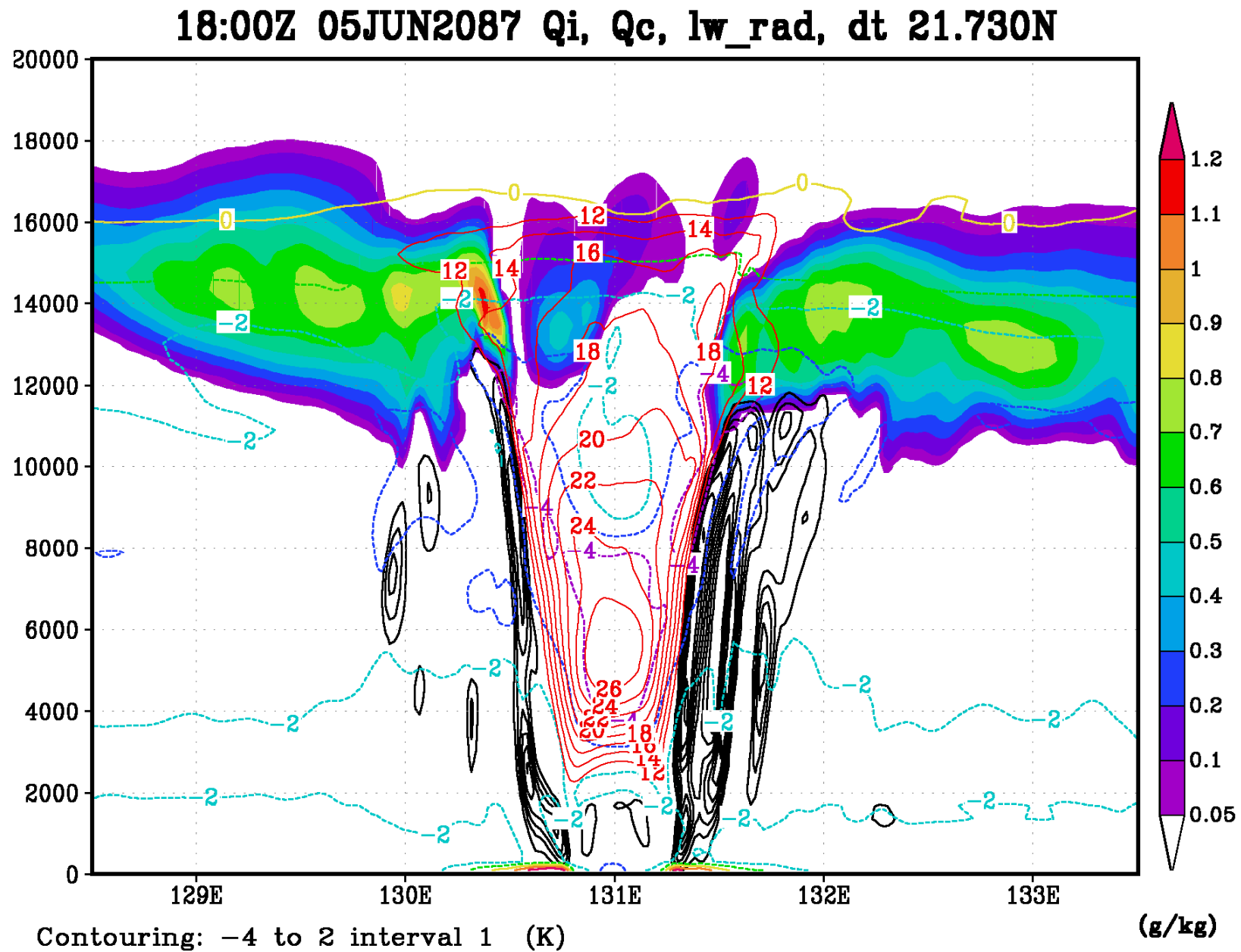
放射を3600秒ごとに計算した場合。(氷晶の落下なし)



放射を3600秒ごとに計算した場合。(氷晶の落下あり)

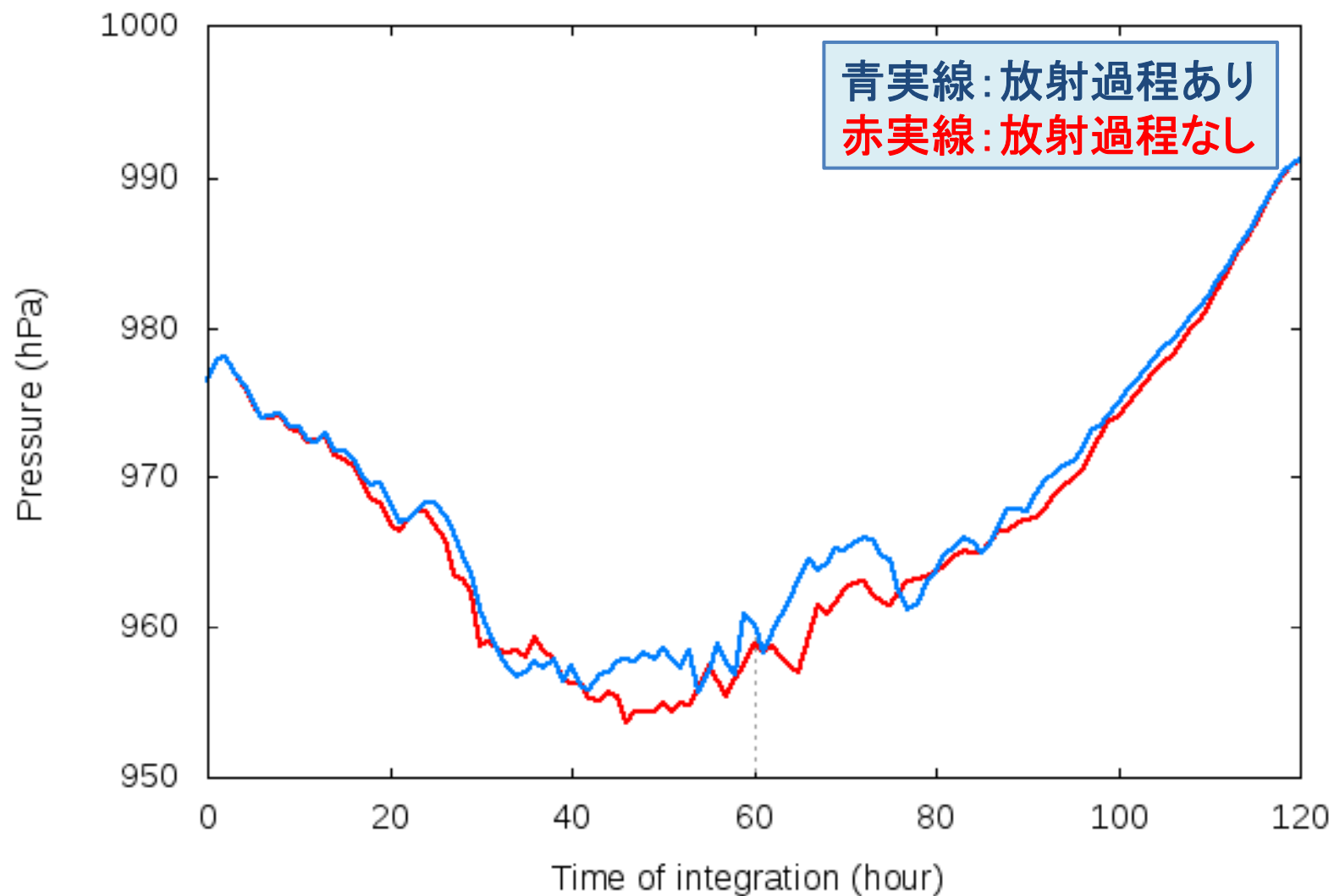


放射を600秒ごとに計算した場合。(氷晶の落下あり)



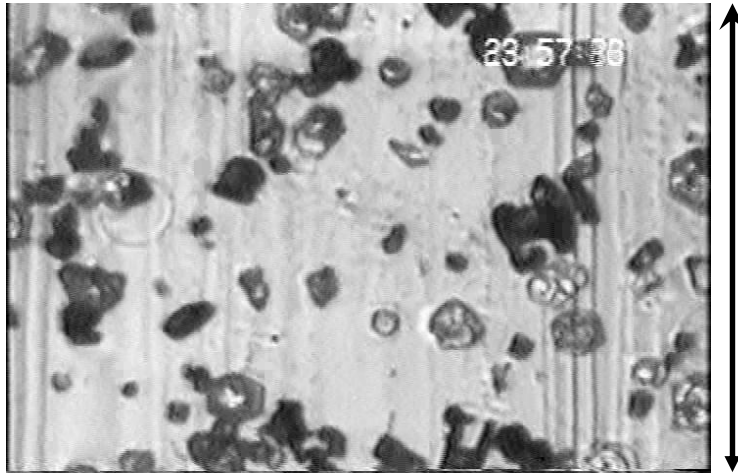
台風の中気圧に対する放射の影響 (実台風の場合: 2009年8号台風)

T0908, Time variation of central minimum pressure
NO-RAD/with RAD (MGDSST)

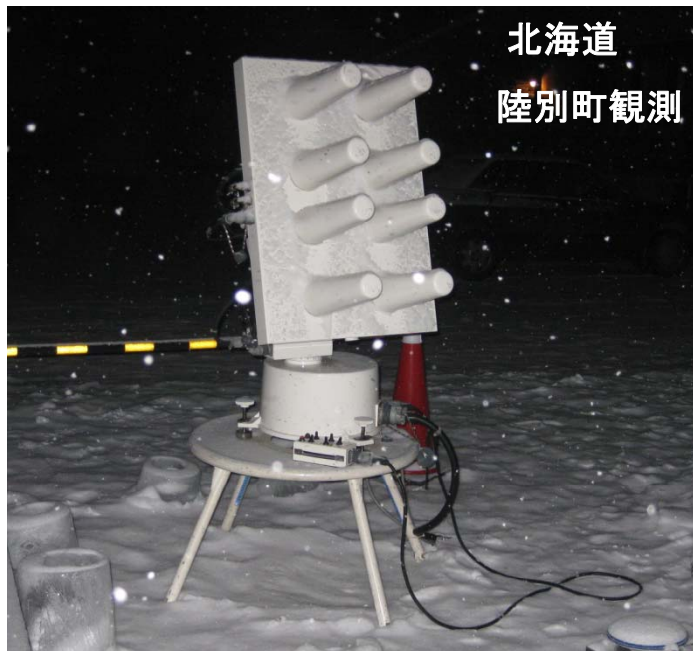


雲粒子ゾンデによる氷晶の粒径分布の観測

顕微鏡カメラ画面

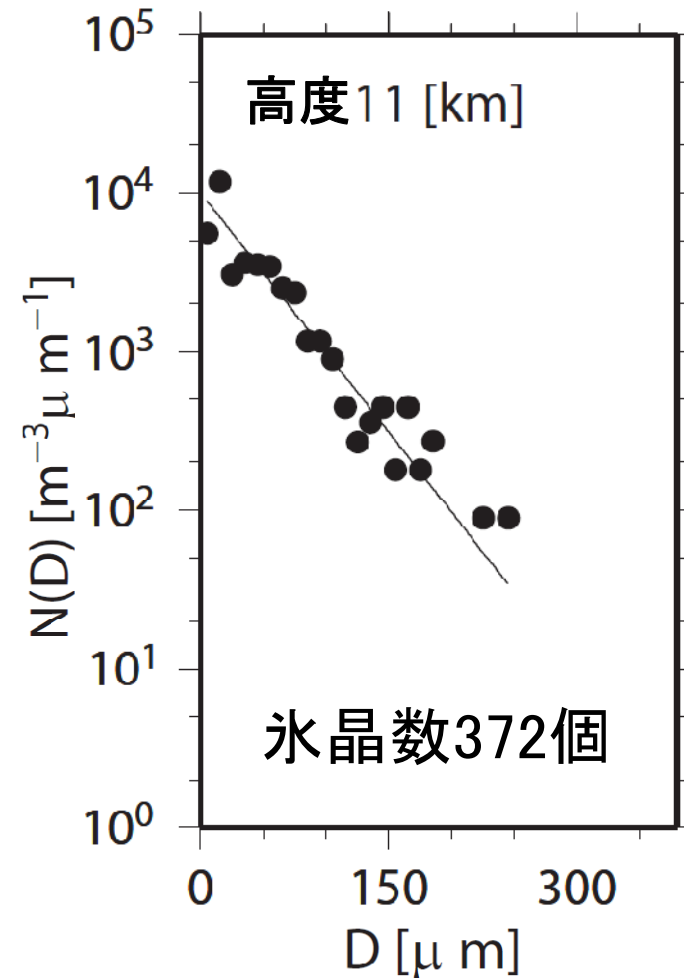


1.4mm



Marshall-Palmar分布 (Marshall and Palmar, 1948) によるフィッティング

$$N(D) = N_0 \exp(-\Lambda D)$$



全球-雲解像結合モデルを用いた台風の再現実験

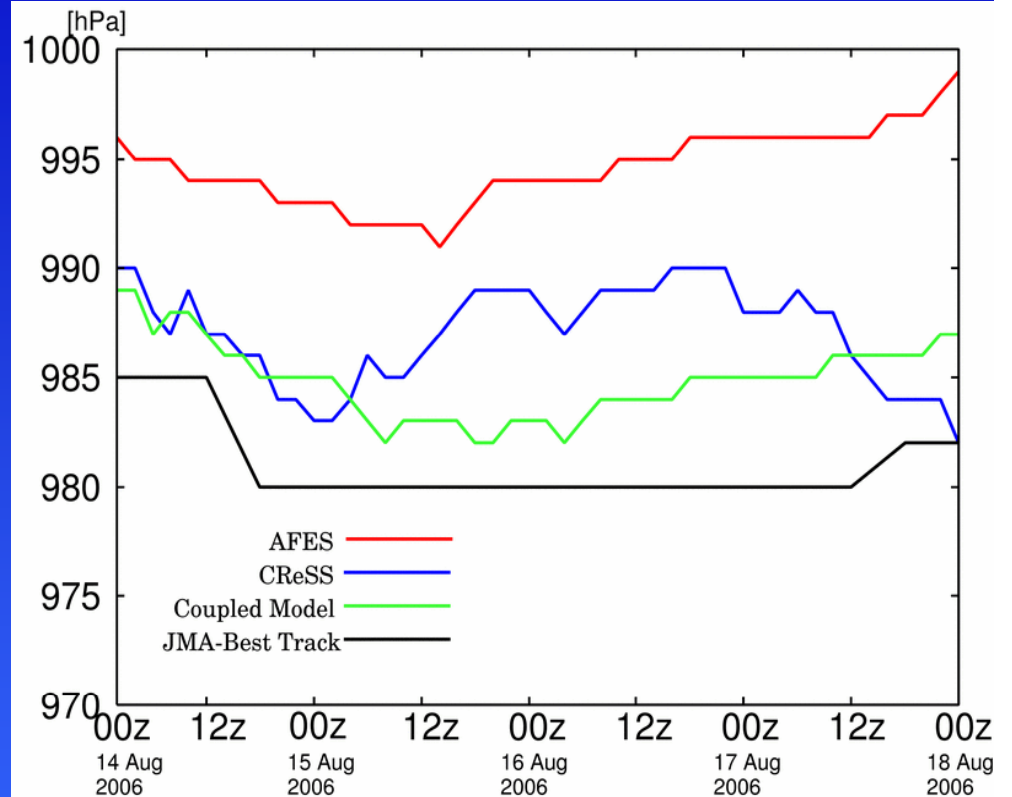
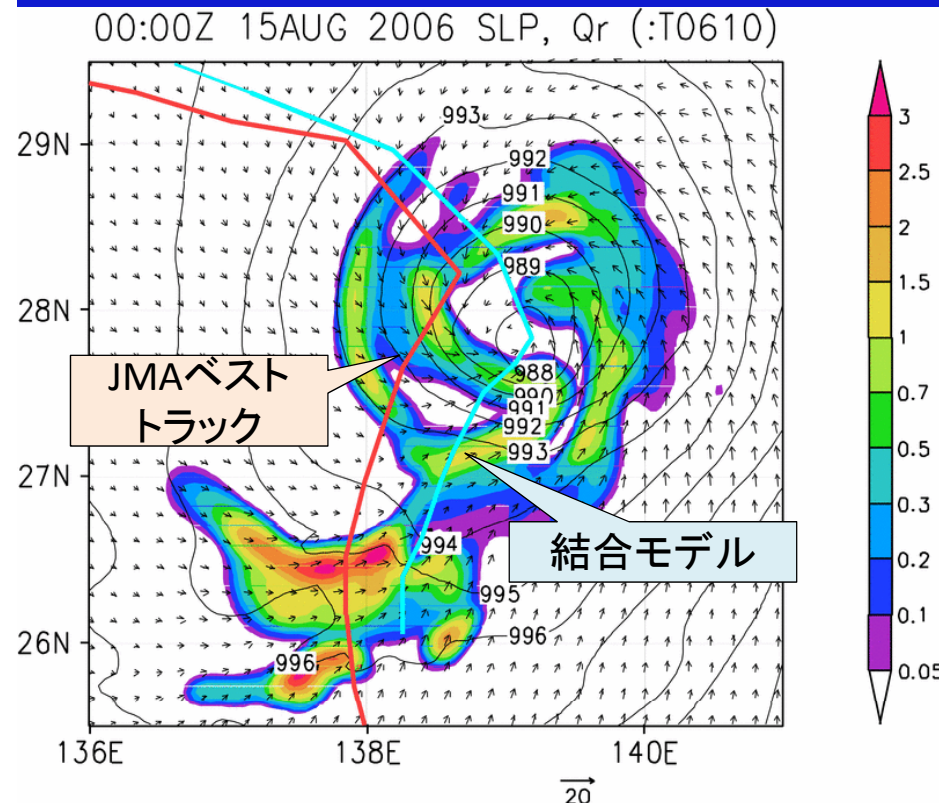
対象とした事例

	台風番号	発生日時(UTC)	消滅日時(UTC)	最低気圧(hPa)
1	T0418	2004/08/28 00:00	2004/09/08 00:00	925
2	T0610	2006/08/13 00:00	2006/08/19 12:00	980
3	T0613	2006/09/10 12:00	2006/09/18 12:00	919
4	T0704	2007/07/09 00:00	2007/07/16 00:00	930
5	T0705	2007/07/29 06:00	2007/08/04 06:00	945
6	T0711	2007/09/13 00:00	2007/09/17 00:00	935
7	T1007	2010/08/29 12:00	2010/09/02 18:00	960
8	T1013	2010/10/13 12:00	2010/10/23 18:00	885

主な実施内容

- 事例数を8事例に増やした。
- 全球モデルを高解像度化(T106 → T159, T239)
- 全球モデルのデータ補間法の改良(線形補間 → 双3次補間)
- 熱帯海洋上で、1週間程度の積分の試み(T1013の事例)

複雑な進路をとった台風事例(T0610)



- ・ 東西に複雑に変化する台風の進路が再現された。
- ・ 中心気圧も、ベストトラックのデータの増減と良く対応した。

気象研究所GSM 20km 前期実験と後期実験における台風の数

前期実験

	台風検討期間	台風の数	年平均の台風の数	最低中心気圧	最大地上風速
現在気候	1979-1993年 (15年間)	266個	17.7個	929.2 hPa	54.4 m/s
将来気候	2074-2087年 (14年間)	176個	12.6個	902.3 hPa	67.3 m/s

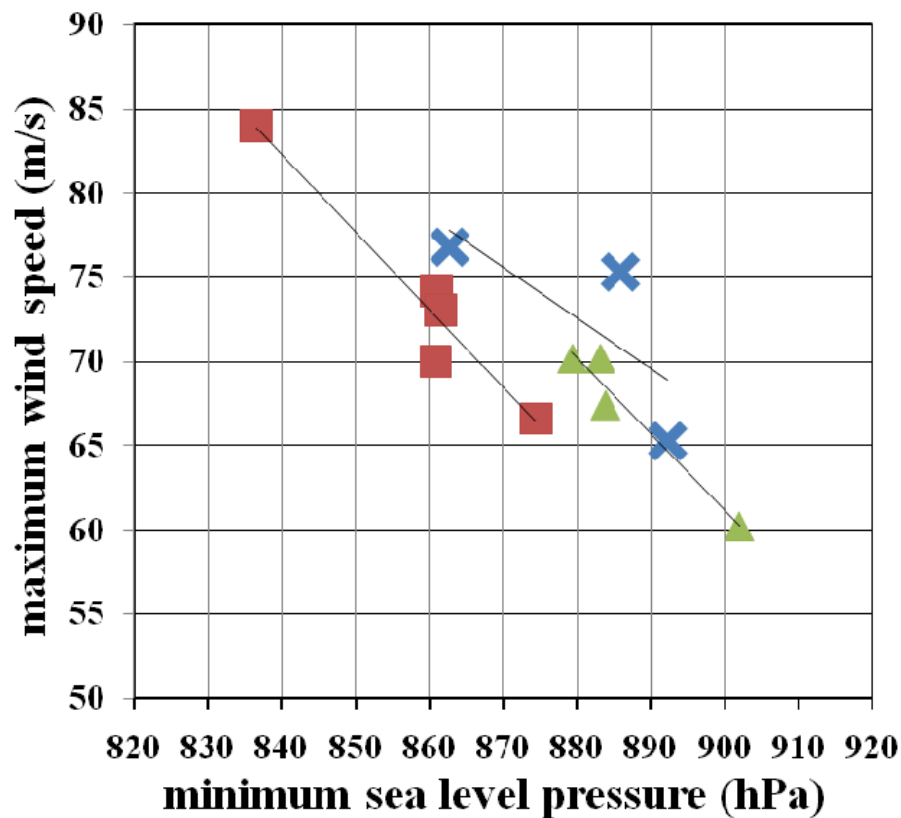
後期実験

	台風検討期間	台風の数	年平均の台風の数	最低中心気圧	最大地上風速
現在気候	1979-2003年 (25年間)	593個	23.7個	865.9 hPa	86.2 m/s
将来気候	2075-2099年 (25年間)	471個	18.8個	845.4 hPa	88.9 m/s
近未来気候	2015-2039年 (25年間)	541個	21.6個	861.5 hPa	85.6 m/s

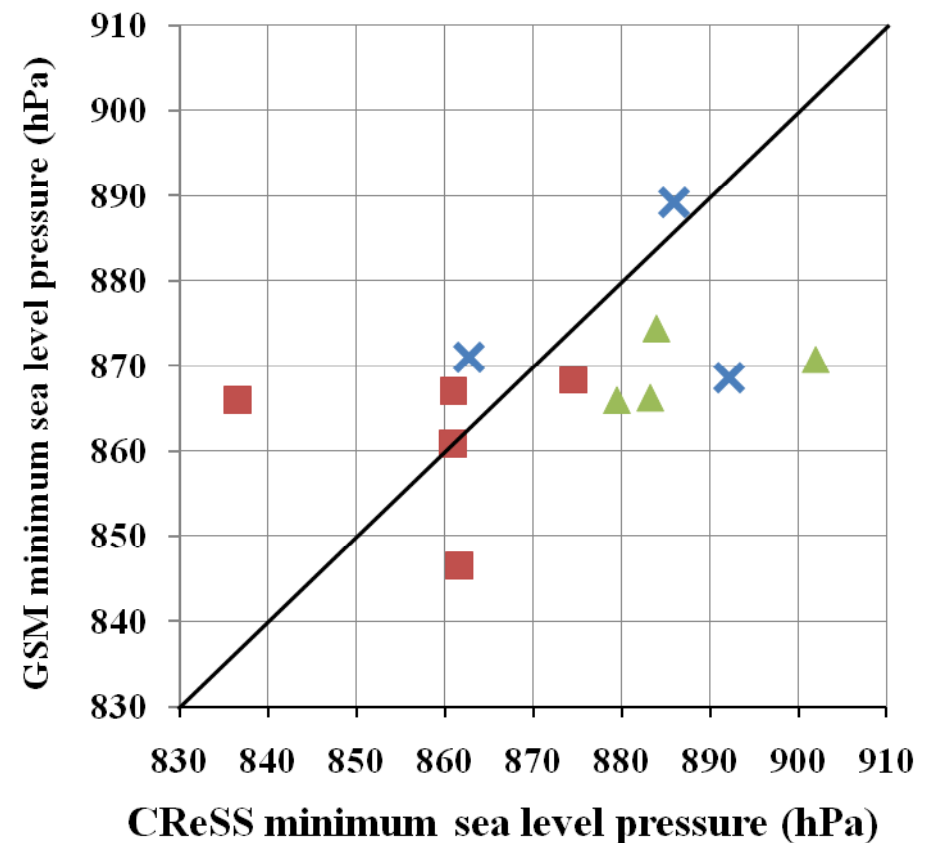
雲解像モデルを用いた現在・将来・近未来気候の台風実験

- ◆計算領域：移動する台風を十分おおおう領域。
- ◆水平格子解像度：2 km
- ◆鉛直格子数：67
- ◆鉛直格子間隔：200 ～450 m
- ◆積分期間：GCMで最低気圧になる時刻から3日前または970hPa到達前から、1～2日後まで積分。
- ◆地形とSST：実地形。GCMの出力SST。
- ◆初期値・境界値：MRI GSM 20km 前期・後期実験。
- ◆雲物理過程：冷たい雨
- ◆海洋モデル：1次元拡散モデル (60 layers, 30m)
- ◆陸面モデル：1次元熱伝導モデル (60 layers, 9m)
- ◆計算機：地球シミュレータ (ES2:16 nodes)

気象研究所GSM20km後期実験の台風についてのくも解像モデルを用いた実験の結果：現在気候（緑三角）、近未来気候（青十字）、温暖化気候（赤四角）。



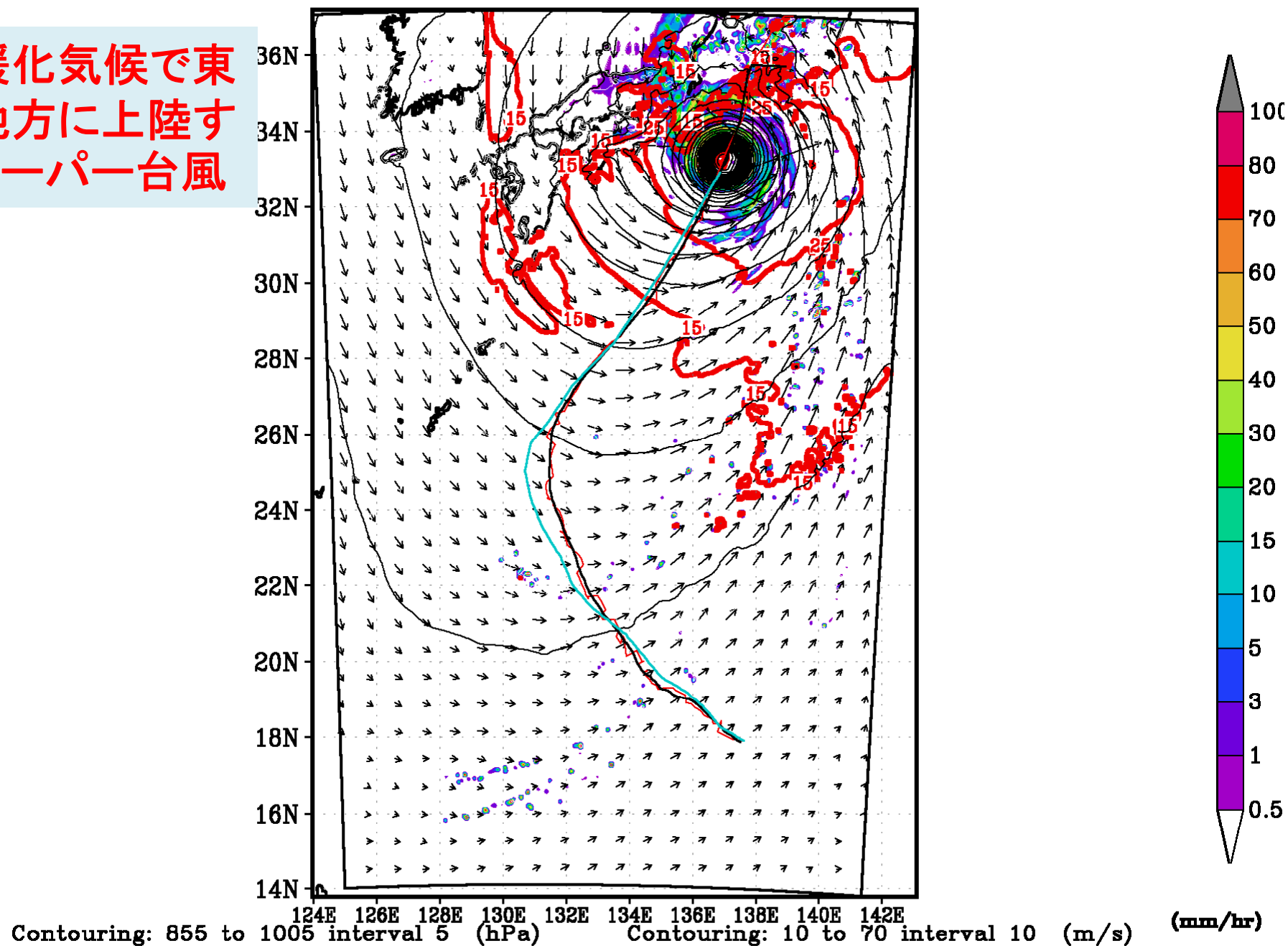
雲解像モデル：
最低気圧 — 最大風速



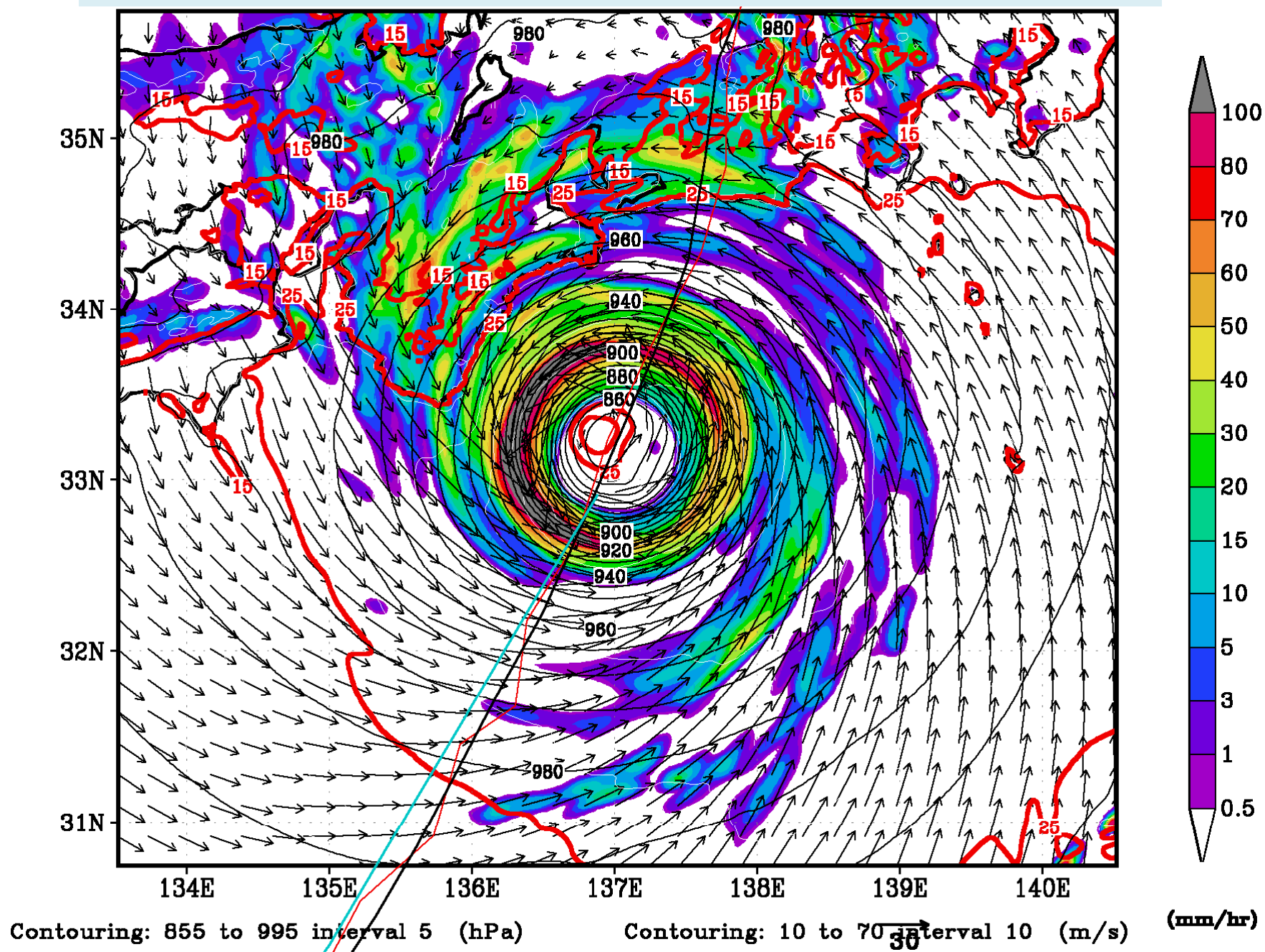
最低中心気圧：雲解像モデル
— GSM20km

08:00Z 16SEP2076 RR, SLP (nsfa0457_2076sep_2km)

温暖化気候で東
海地方に上陸す
るスーパー台風



温暖化気候で東海地方に上陸するスーパー台風の例



- ◆要素モデル開発として、雲解像モデルの開発を行っている。今年度は**雲氷の落下と放射過程**を導入した。
- ◆放射過程は台風の最低中心気圧をやや高くする方向に働き、暖気核のところで長波放射による冷却の極大がある。
- ◆静力学全球モデルー非静力学雲解像モデルの結合を進めた。
- ◆日々の気象シミュレーションとして、解像度2.5kmを実施している。
- ◆衛星シミュレータを用いた雲解像モデルの評価方法を開発。
- ◆MRI-GSMの現在気候・温暖化気候で現れる台風について雲解像モデルを用いた実験を行った(それぞれ約30事例ずつ)。
- ◆雲解像モデルを用いた実験で、**温暖化気候ではスーパー台風(風速67m/s以上)が発生した**。32事例のうち6事例がスーパー台風となった。その雨域の大きさは小さい(200km程度)。
- ◆後期実験の**現在気候、温暖化気候および近未来実験の台風**について、雲解像モデルを用いた実験を実施している。