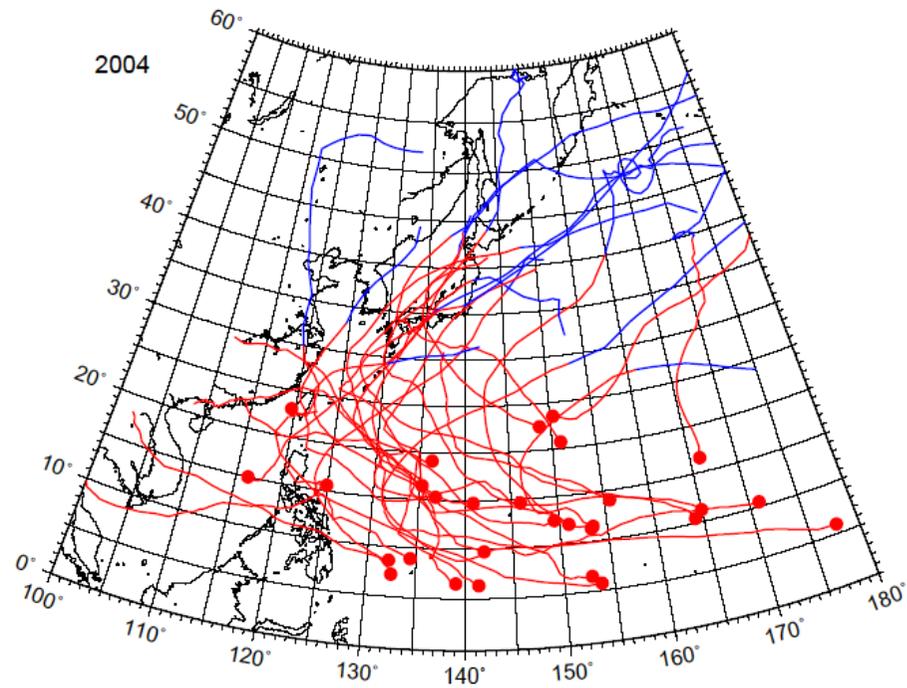
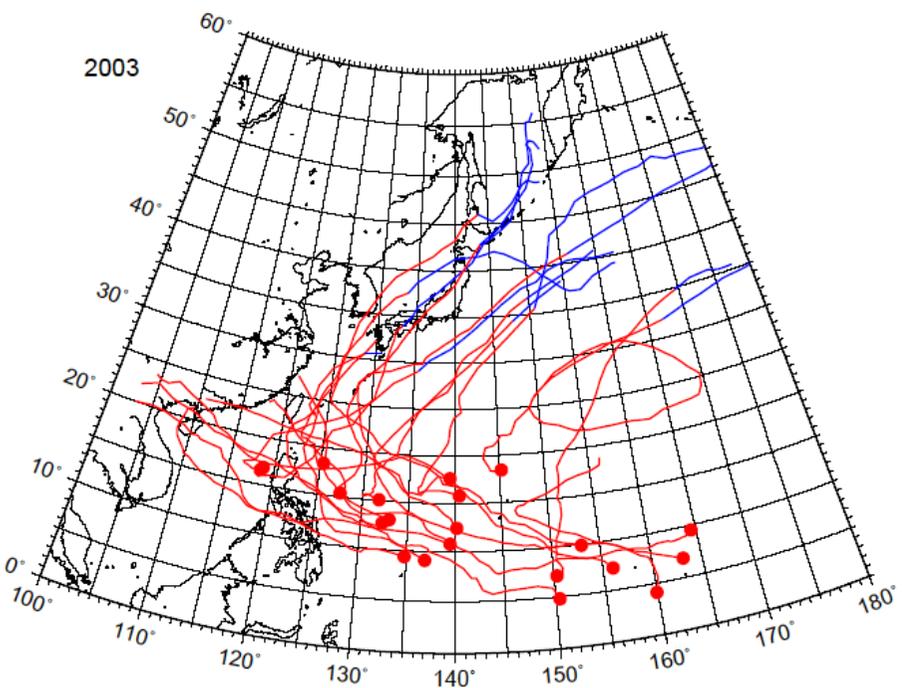
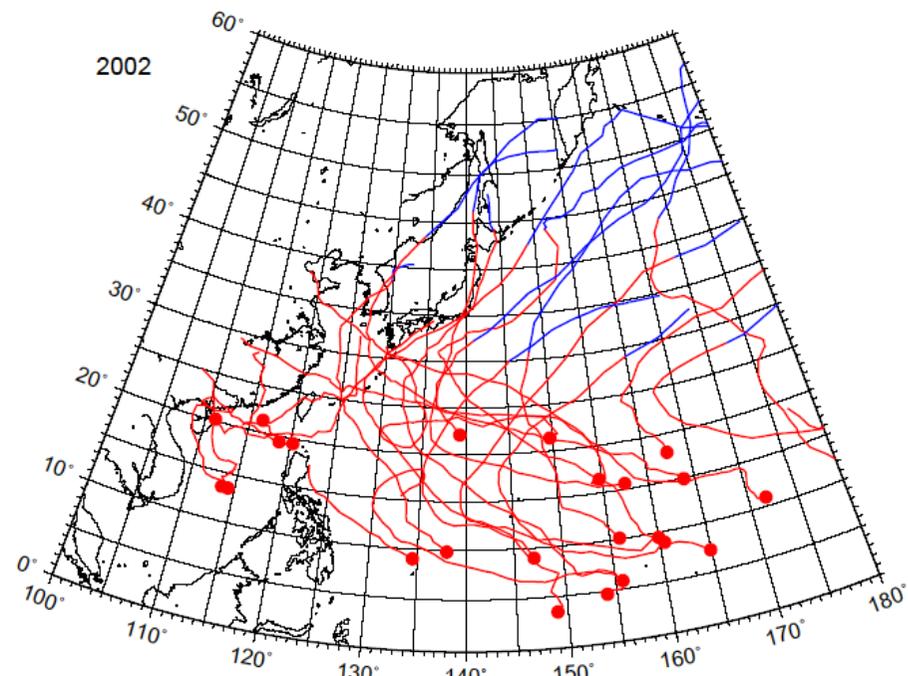
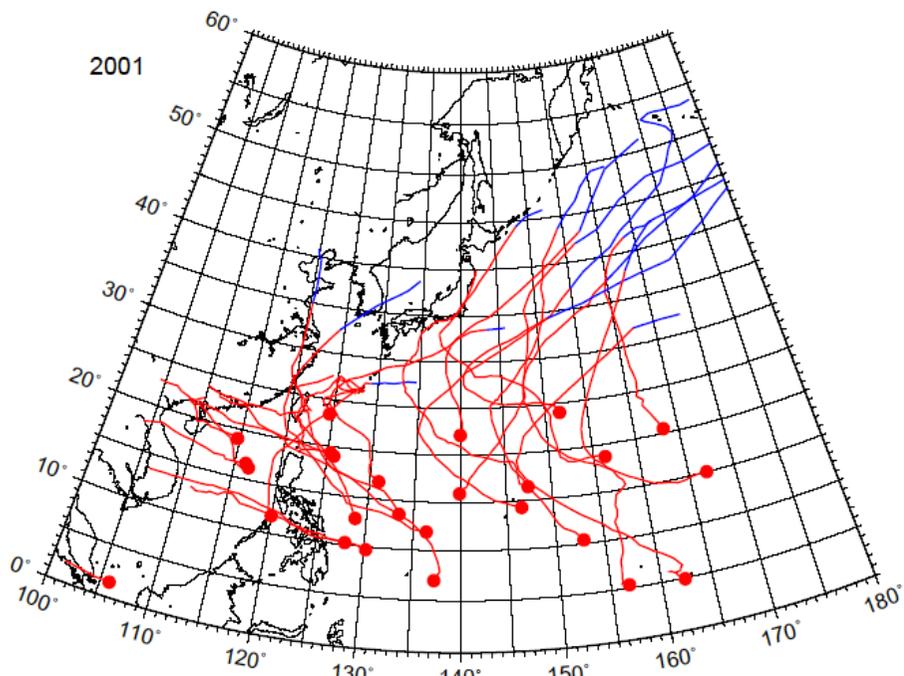


台風の温帯低気圧への変遷過程 ～2004年台風23号の例～

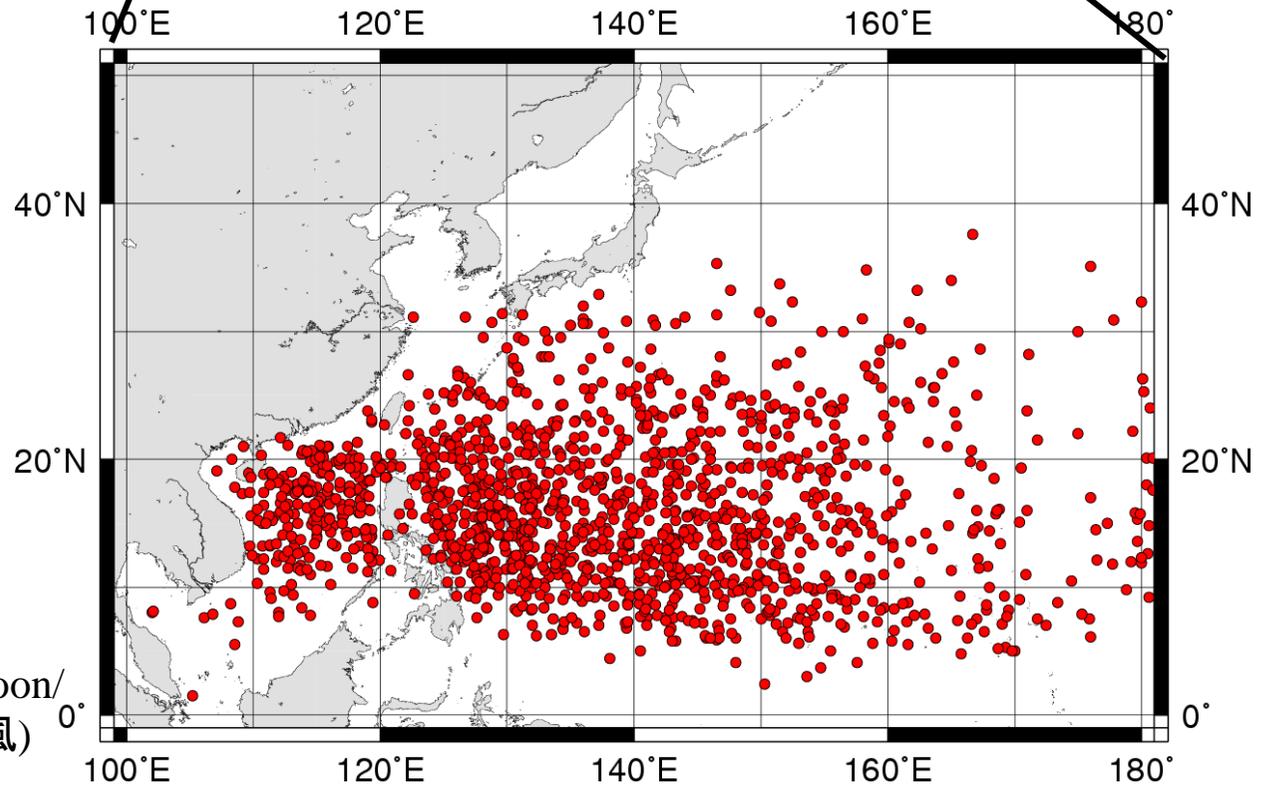
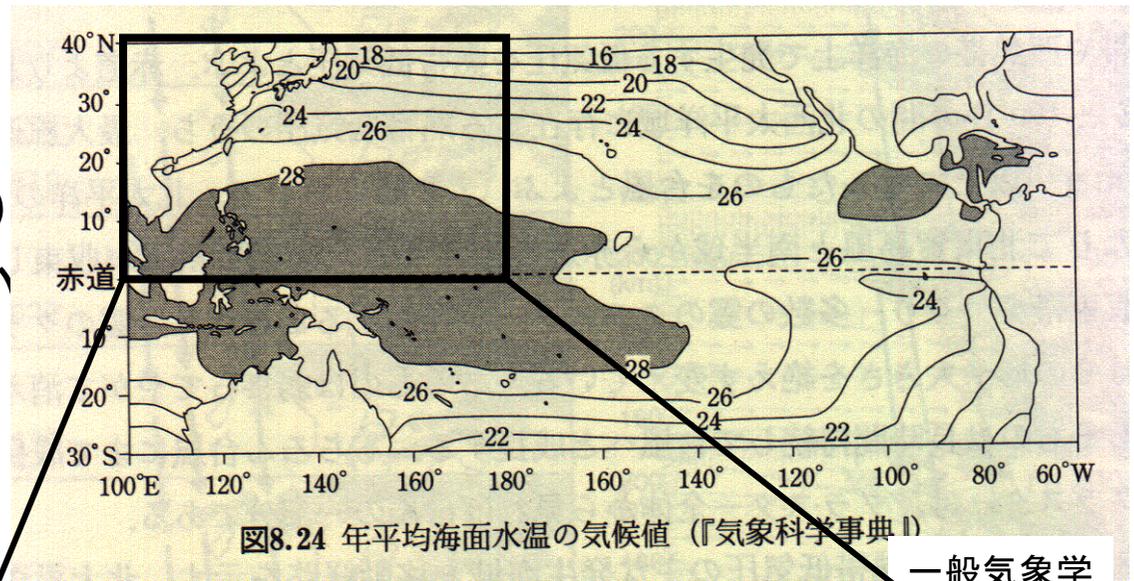
気象学研究室 修士課程2年
花房 瑞樹

2001～2004年の台風の発生地点と進路



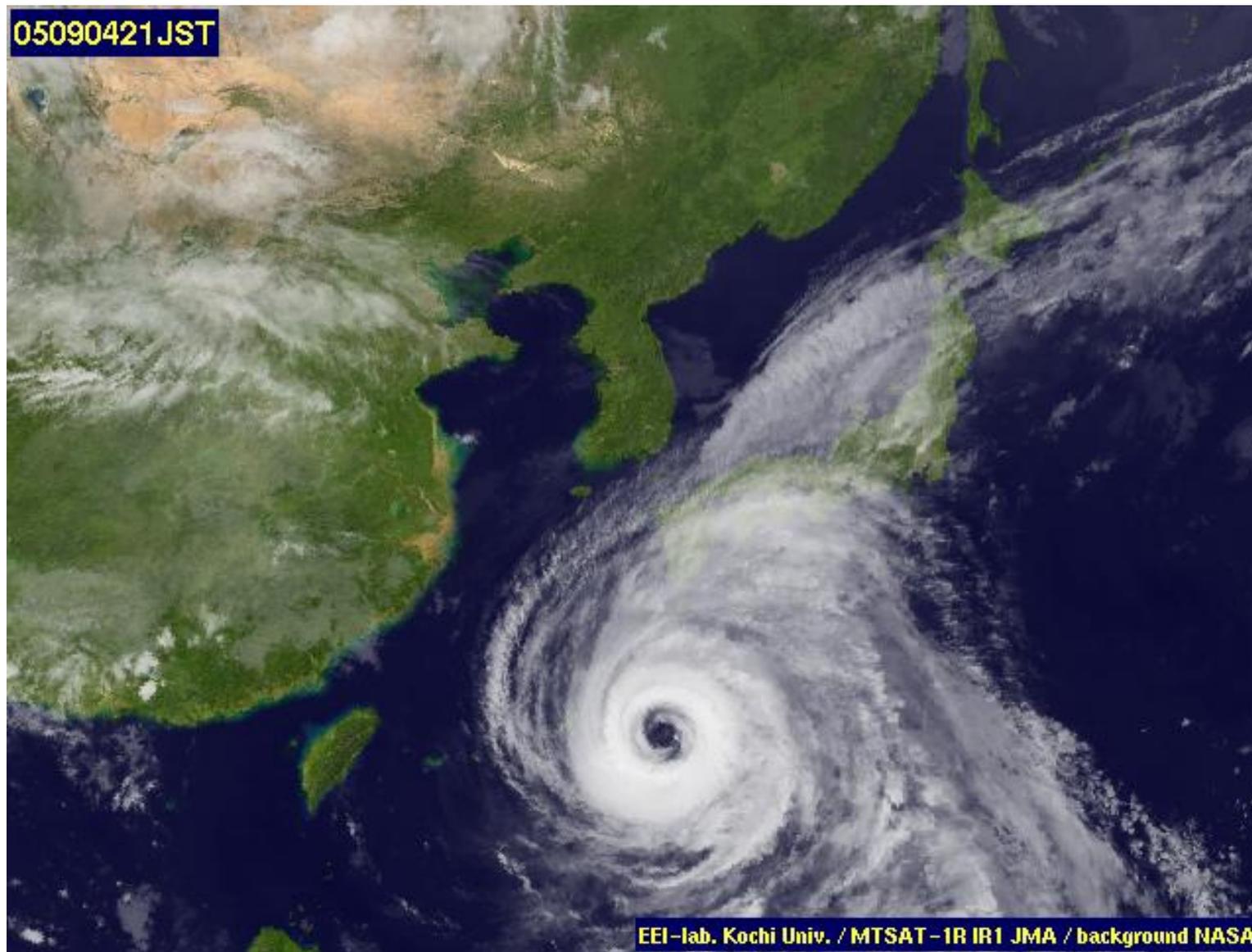
台風

台風は温かい海 (27°C以上)の上で発生し、夏から秋にかけて日本に接近・上陸する。



<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>
(デジタル台風)

台風



温帯低気圧

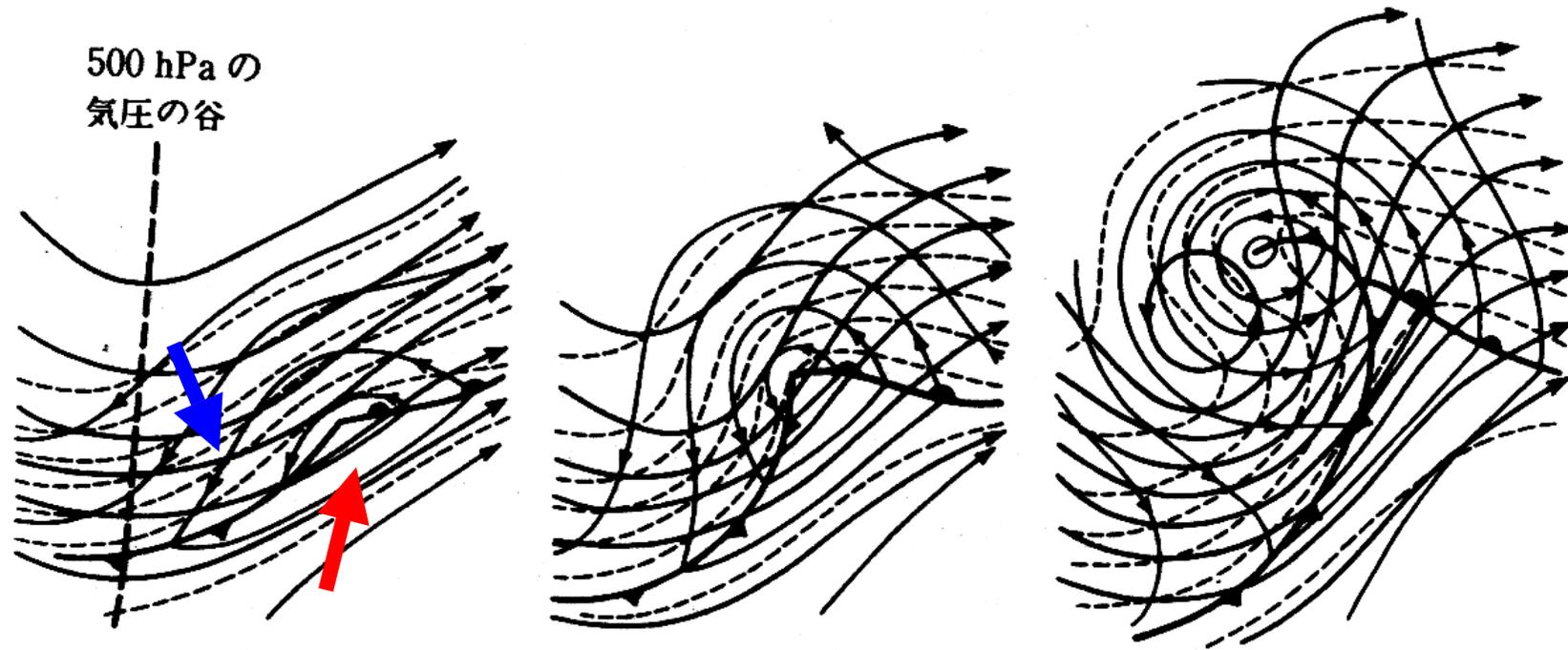
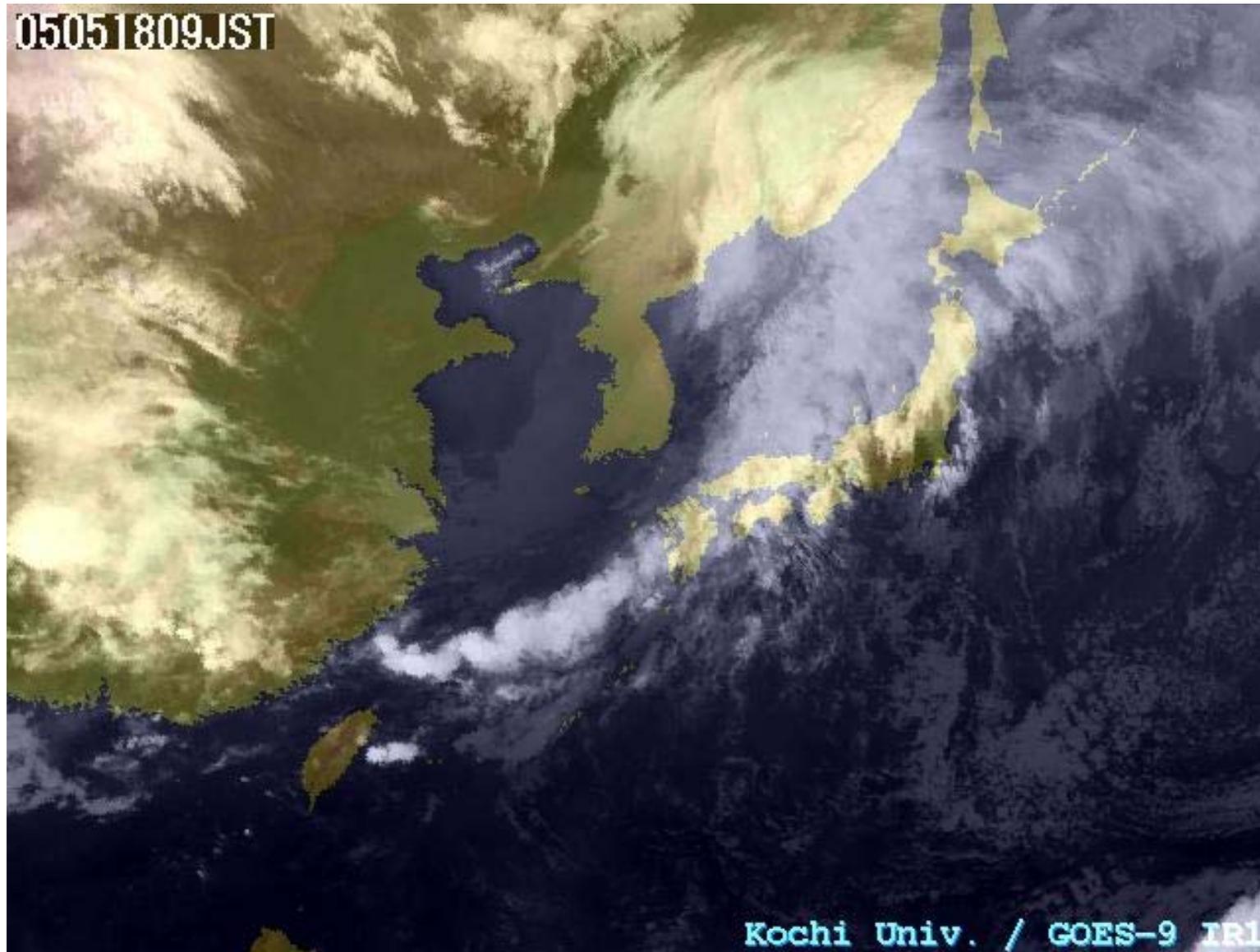


図 5.2 温帯低気圧の発達 の 3 段階を示す模式図 (Palmén and Newton, 1969).
太い実線は 500 hPa の等高線, 細い実線が 1,000 hPa の等高線, 破線は 1,000 hPa と 500 hPa の間の平均気温 (thickness).

温帯低気圧

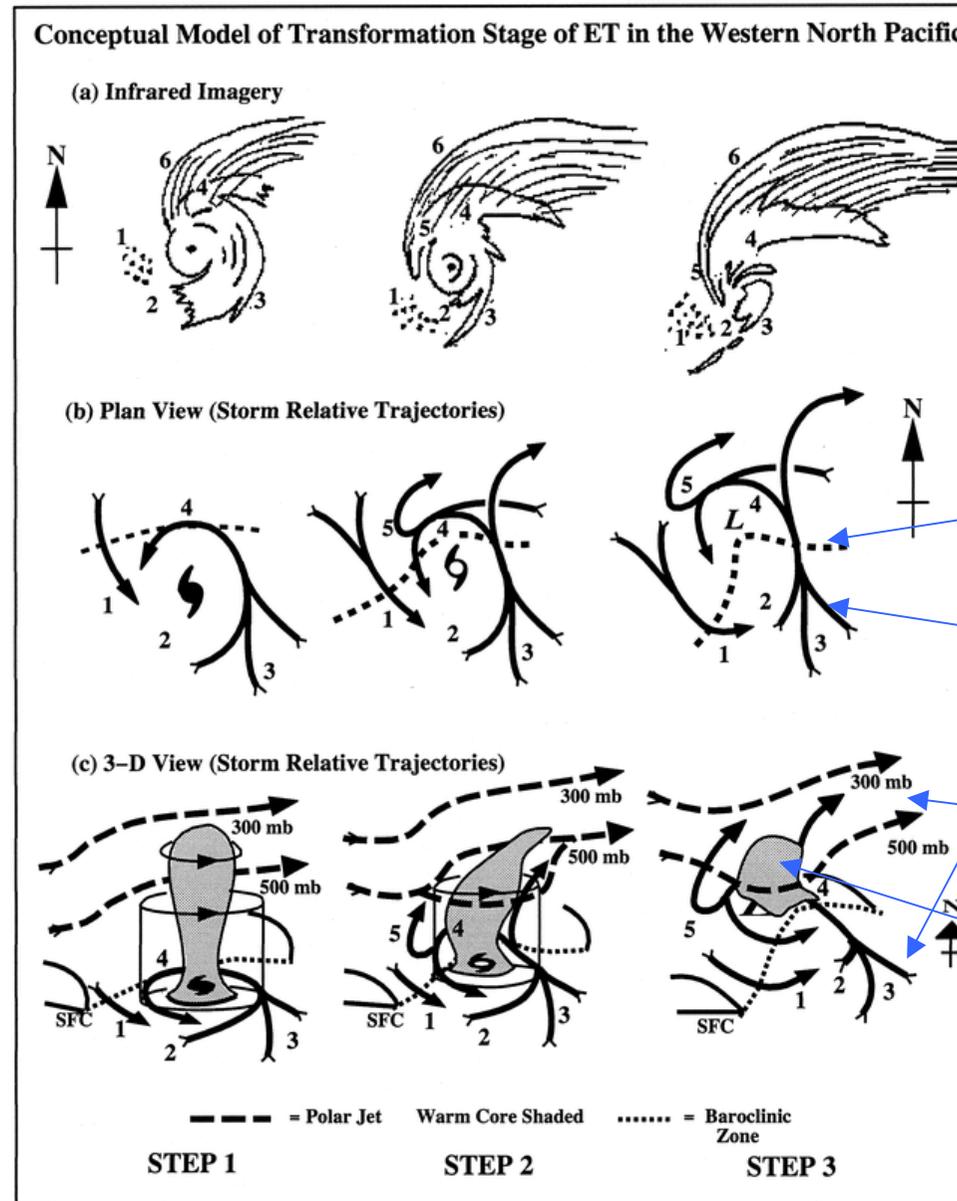


台風の温帯低気圧化の概念図

衛星画像

平面図

鳥瞰図



(Klein et al., 2000)

日本に接近する台風には、中緯度傾圧帯の影響を受け
台風（熱帯性低気圧）から温帯性低気圧に変遷するものがある。

本発表では、2004年10月に西日本に上陸した台風23号の
温帯低気圧への変遷過程について述べる。

台風23号は、太平洋側だけではなく日本海側でも大雨をもたらした。
この降水がもたらされたときの低気圧の状態が、台風だったのか温
帯低気圧だったのか、それとも台風から温帯低気圧への変遷過程
だったのかを知ることが本発表の目的である。

2004年台風23号の概要

使用するデータ

- 気象庁領域客観解析データ (RANAL)
- 気象庁アメダスデータ
- 気象庁天気図
- GEOS-9 の赤外画像 (高知大学)

台風23号禍

被災地の記録

▷1◁

先月二十日、台風23号が府北部を襲った。戦後二番目と言われ、記録的な豪雨は河川をはらんさせ、各地でがけ崩れを引き起こした。十五人の命と日々の穏やかな暮らしが奪われた。一九五三（昭和二十八）年の台風13号以来の大災害がなせ今、起きたのか。被災地からつづぎに検証する。

「昭和二十八年の水害を越えるのでは」。台風23号の接近でみるみる上昇す

28年水害と台風23号の被害

	28年水害 (昭和28年)	台風23号 (平成16年)
死者(人)	36	15
家屋全壊(棟)	1168	26
家屋浸水(棟)	7765	7218
道路欠損(カ所)	3532	250

記録的豪雨

る水位に、由良川を管轄する国土交通省福知山河川国道事務所の諸留幸弘副所長（河川担当）は、緊張感を高めながら早く台風が過ぎ去ることを願った。

前日から降り続いた雨は二十日昼過ぎから激しくなつた。由良川をはじめ河川の水位は急激に上昇した。川から水があふれ出した。浸水被害が始め、各地でがけ崩れが起きた。

宮津市や舞鶴市では、裏

28年水害の恐怖再び



台風23号の影響で、はんらんした由良川。住民の命や穏やかな生活を奪った（10月21日午前、舞鶴市内）

山から流れ落ちた土砂が家屋を巻き込み、住民が下敷きとなった。京丹後市などでも行方不明者が相次ぎ、濁流は人や車を飲み込んだ。

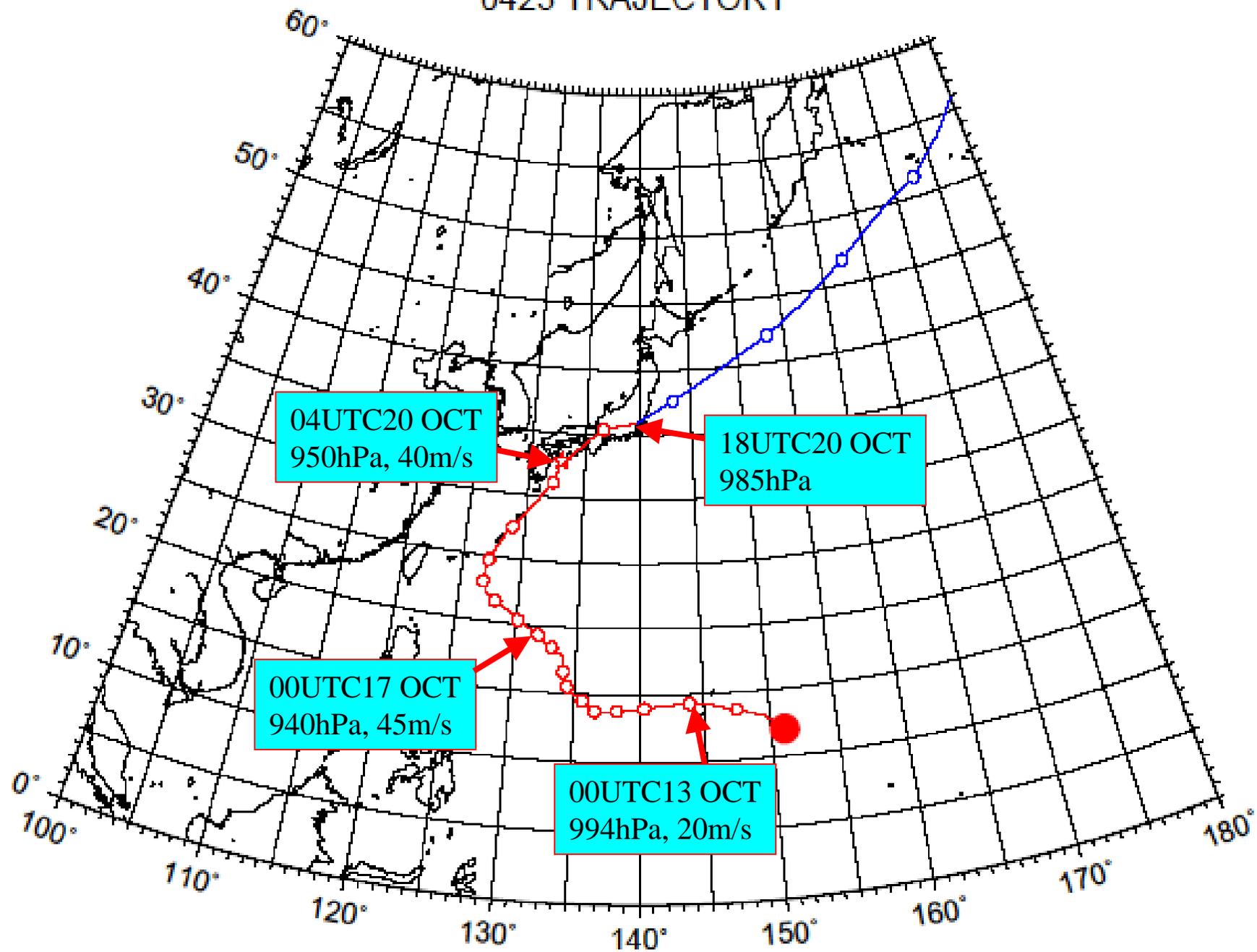
「バスに水が入り、肩までつかっている。午後九時すぎ、舞鶴市の消防本部に由良川沿いでバスが立ち往生しているとの一報が入った。関係者に緊張が走る。

停電で暗闇に包まれた中、乗客ら三十七人が屋根の上で、刻々と水位を増す水の恐怖と闘いながら、ひたすら救助を待った。

この日の舞鶴市内の雨量は二七.七ミリと観測史上最高を記録、流域の平均雨量も二七.九ミリに。死者三十六人を出し、上流で総雨量五〇〇ミリに達した昭和二十八年の台風水害に次ぐ記録的豪雨となった。諸留副所長は「広範囲にわたって強い雨が一斉に降った。二十八年水害と比べても水位が急激に上がっている。今までにない降り方だ」と振り返る。

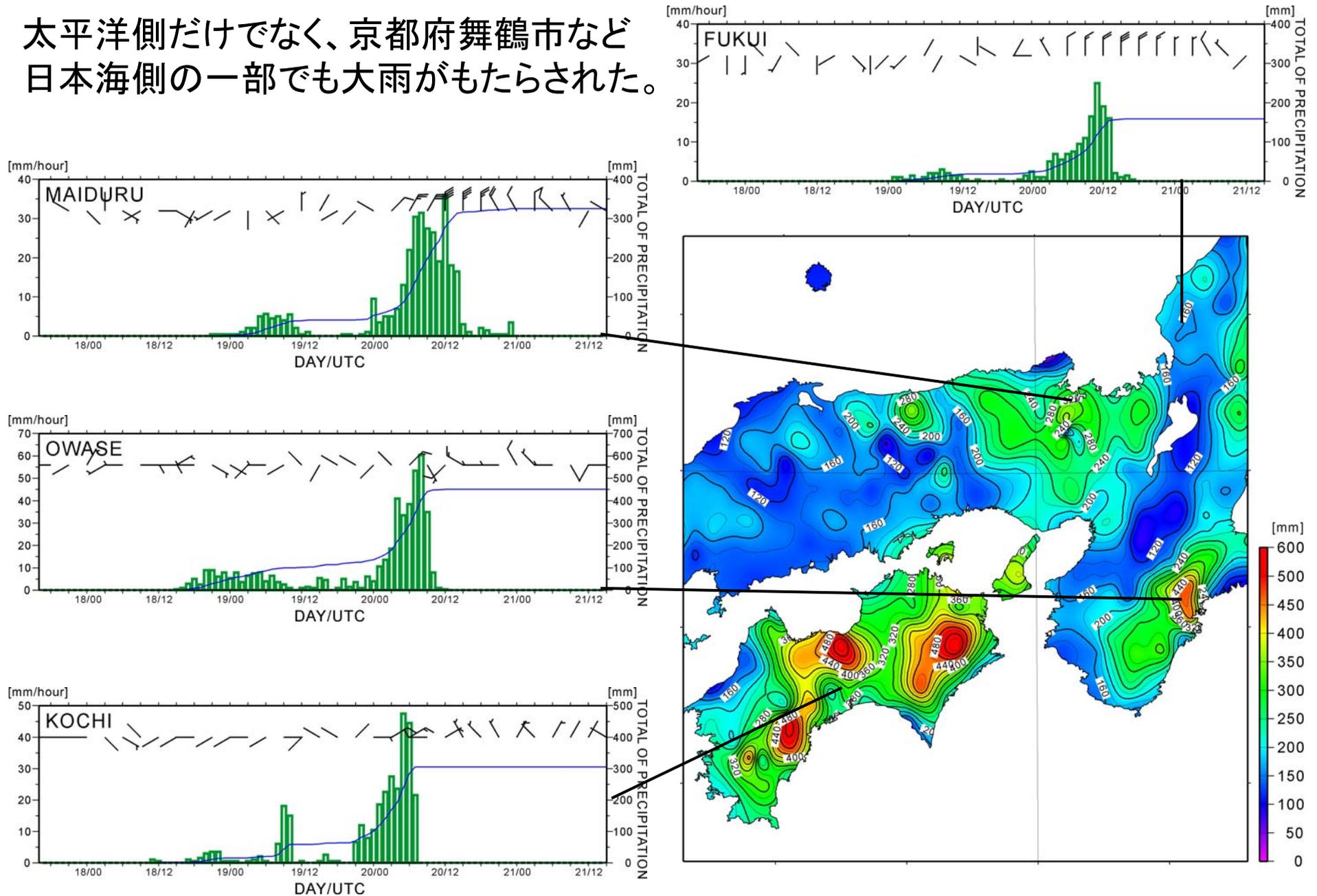
八日現在、府災害対策本部がまとめた被害は死者十五人、家屋半壊百六十一棟、床上浸水約三千棟、床下浸水約四千百棟。がけ崩れは約四百四十カ所で起き、いまだ宮津市では十五世帯に避難指示が出たまま。住民がもとの生活に戻るには、まだ時間がかかる。（北部総局 寺内 爾）

0423 TRAJECTORY

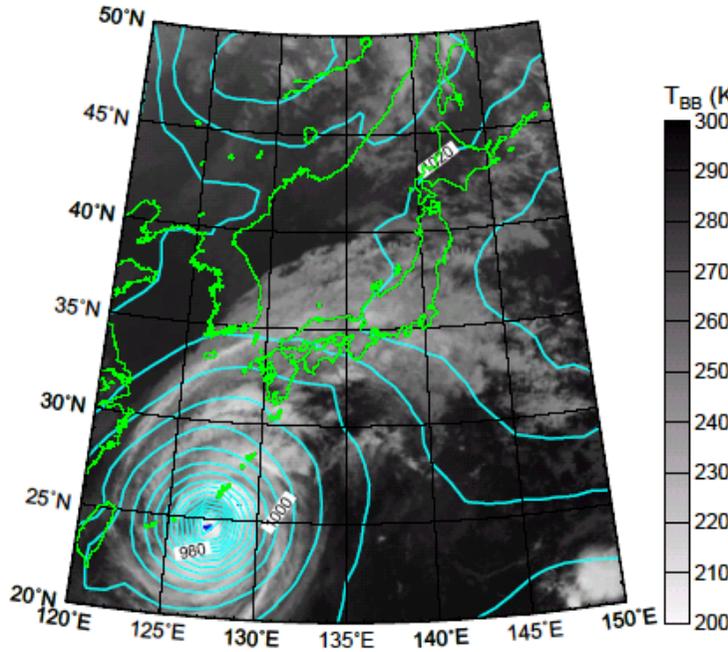


2004年10月18日から21日までの降水量

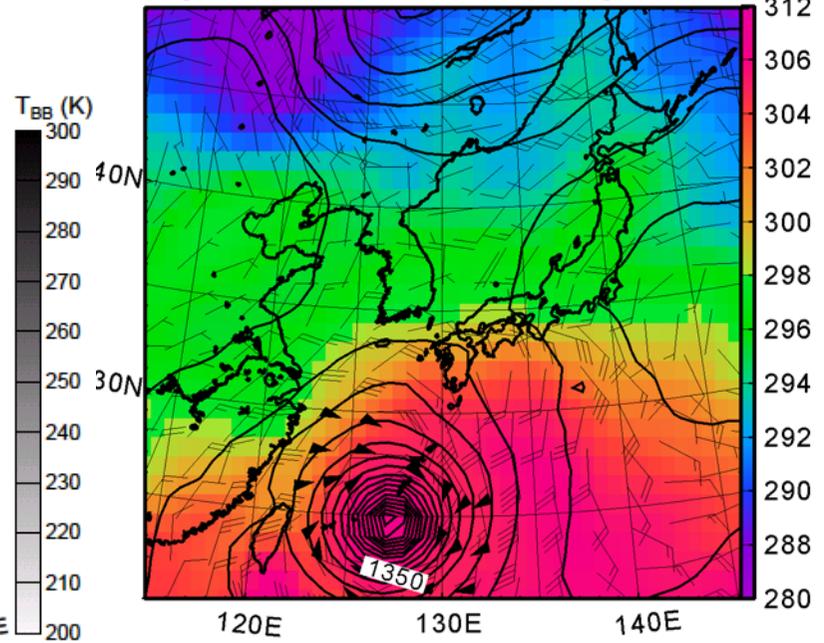
太平洋側だけでなく、京都府舞鶴市など日本海側の一部でも大雨がもたらされた。



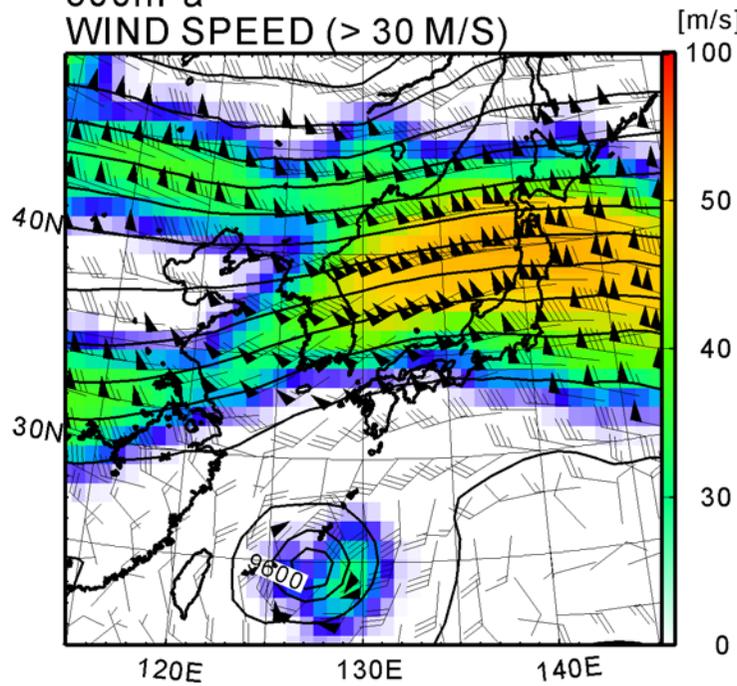
GOES-9 IR 2004/10/19 00Z



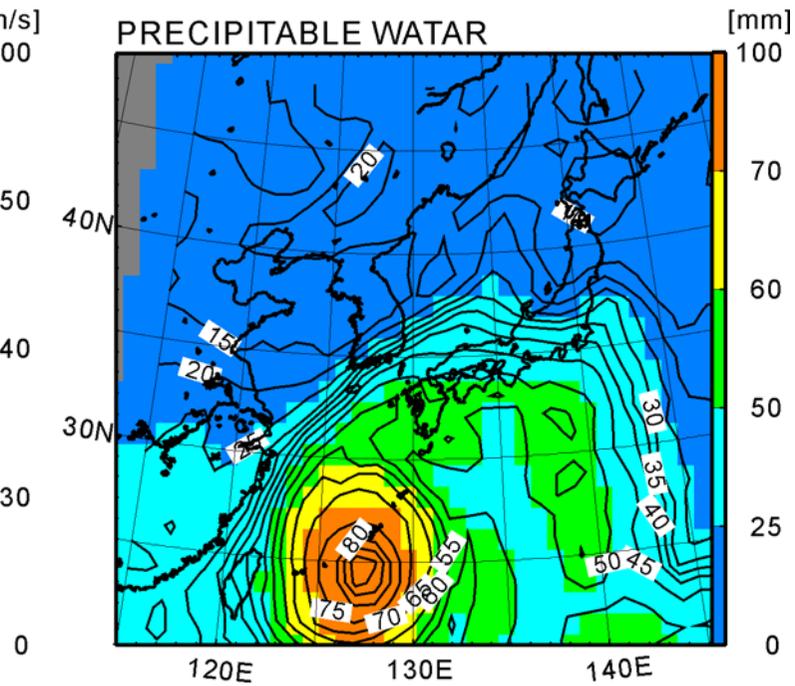
850hPa
POTENTIAL TEMPERATURE [K]



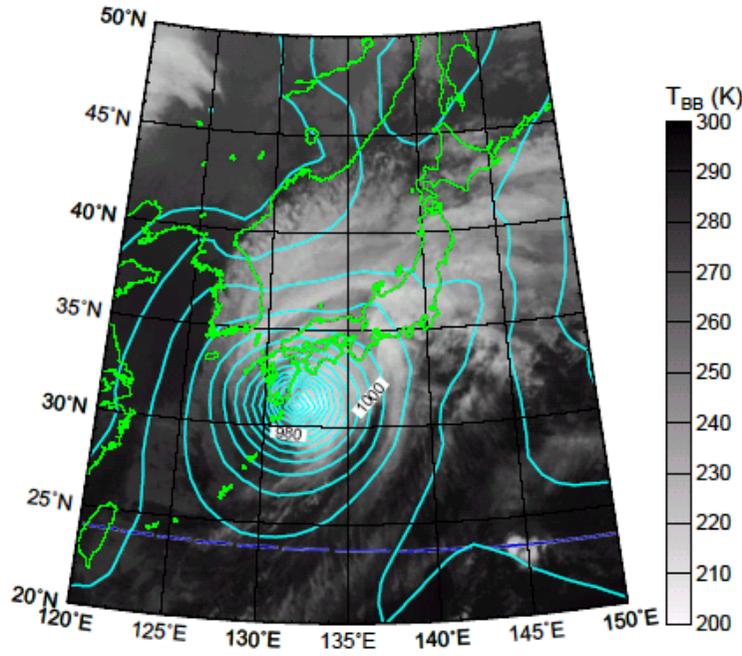
300hPa
WIND SPEED (> 30 M/S)



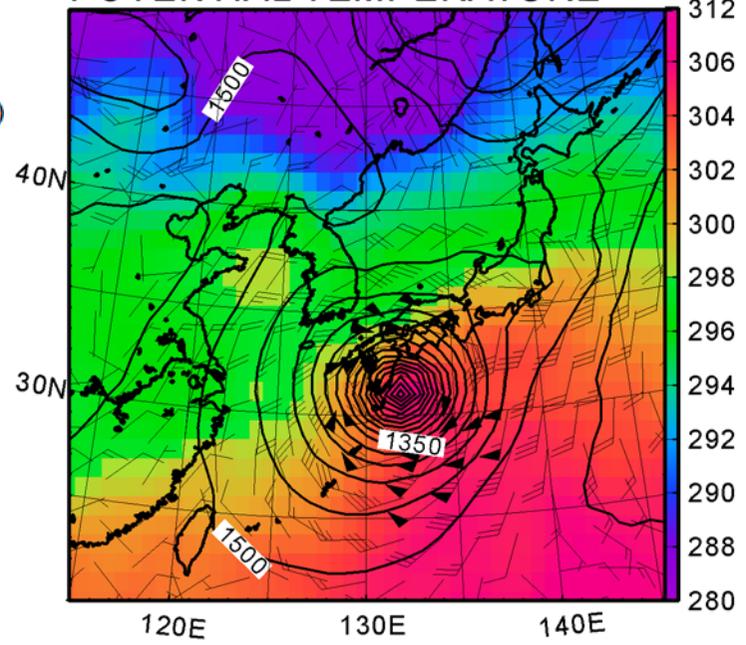
PRECIPITABLE WATER [mm]



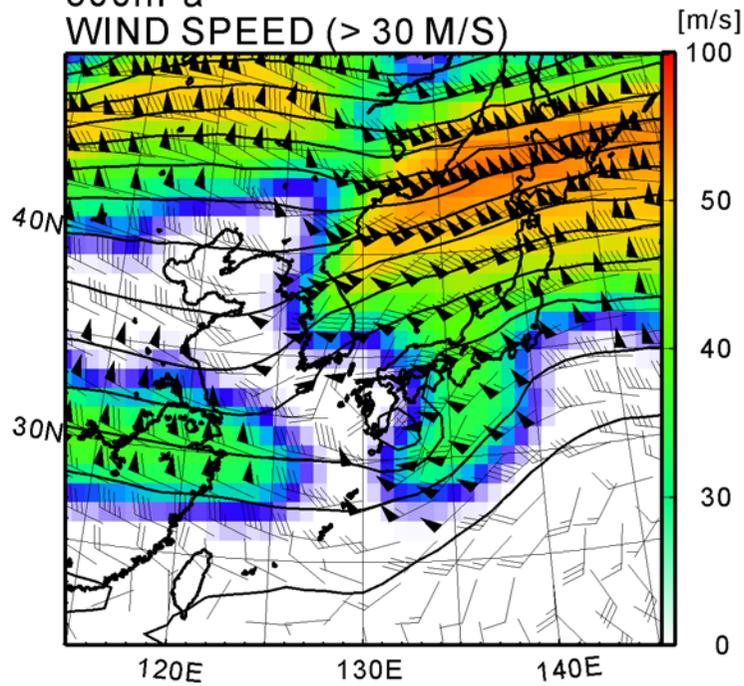
GOES-9 IR 2004/10/20 00Z



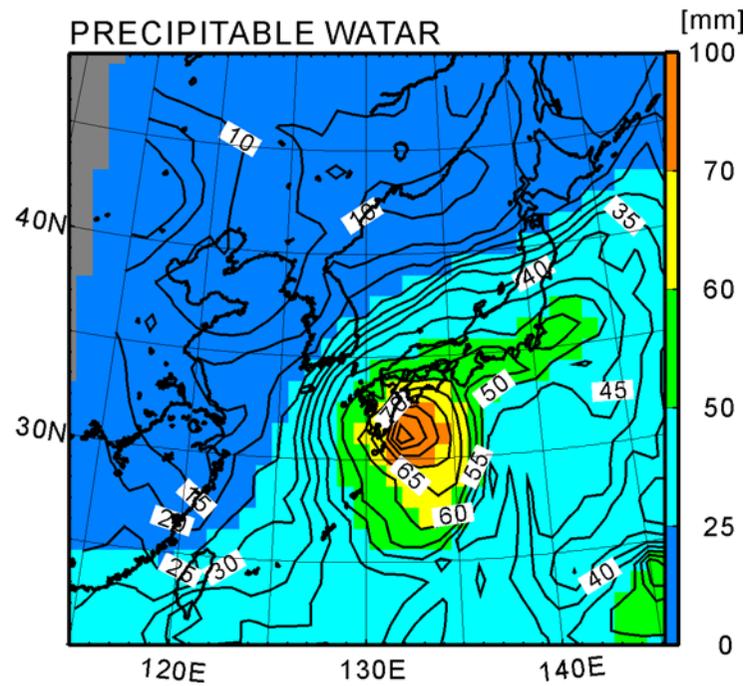
850hPa
POTENTIAL TEMPERATURE [K]



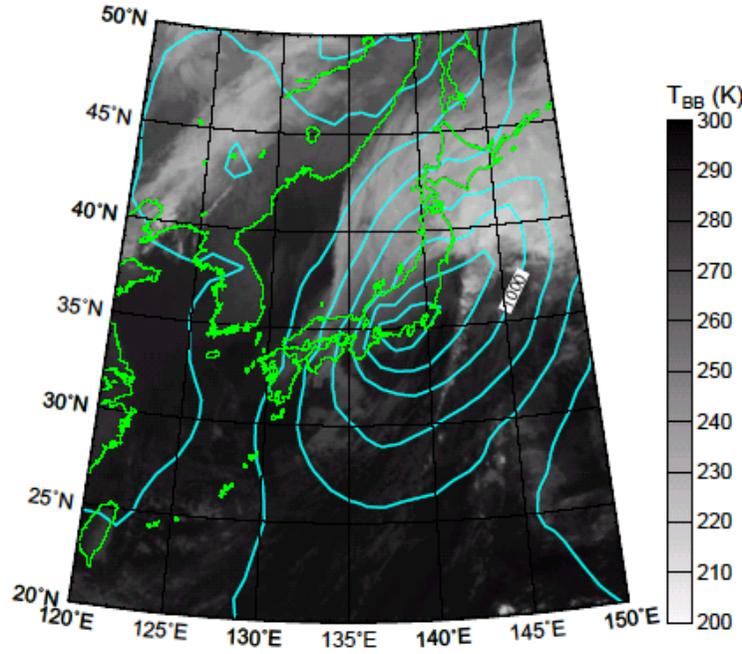
300hPa
WIND SPEED (> 30 M/S)



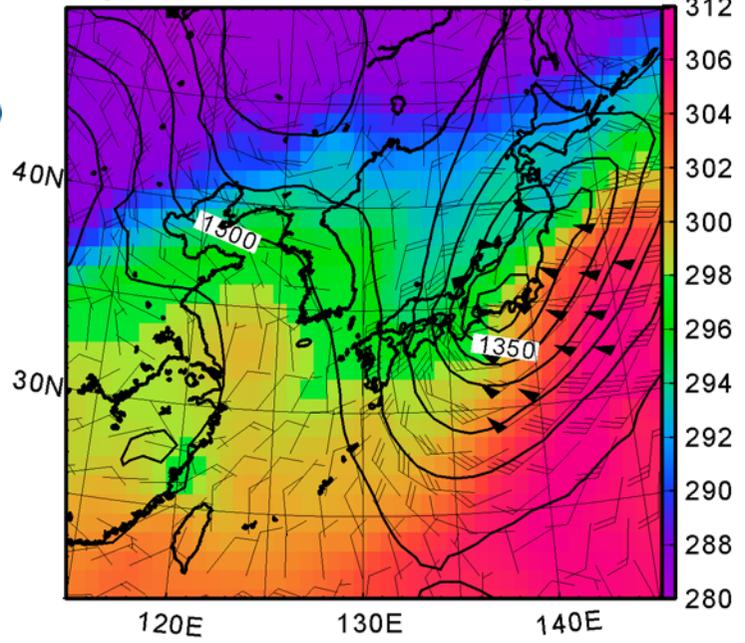
PRECIPITABLE WATER [mm]



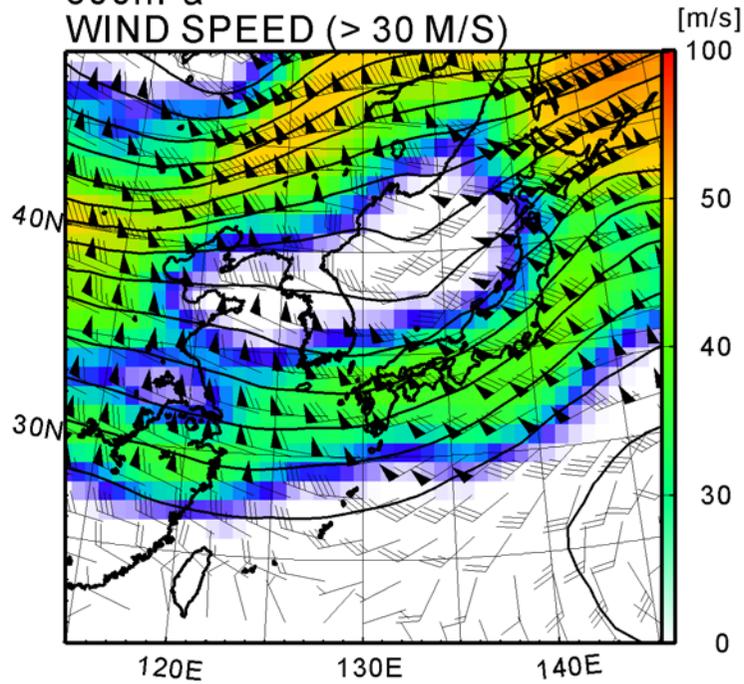
GOES-9 IR 2004/10/20 18Z



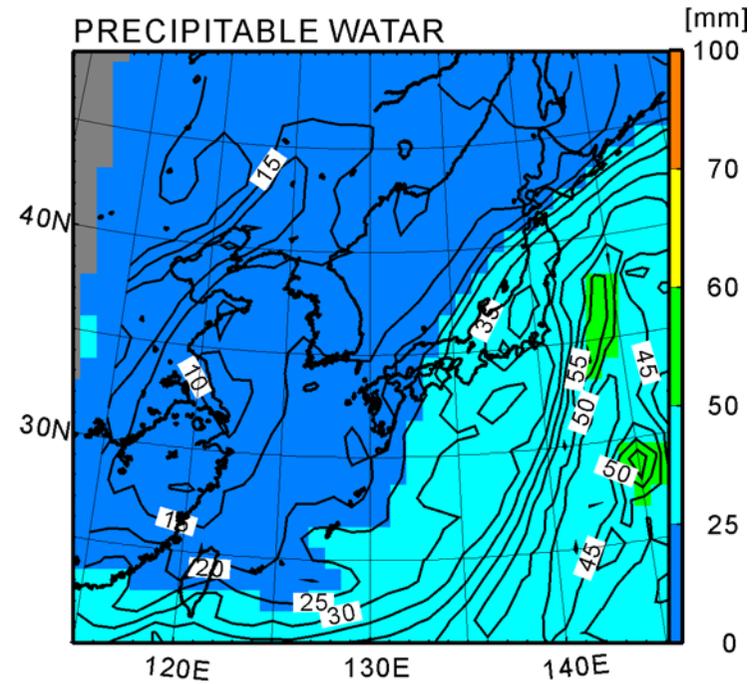
850hPa
POTENTIAL TEMPERATURE [K]



300hPa
WIND SPEED (> 30 M/S)



PRECIPITABLE WATER [mm]



Klein et al.,(2000) によって示された台風の温帯低気圧化への概念図と台風23号の実際の総観場の様子を照らし合わせると、日本付近で温帯低気圧へ変遷していたと推測される。。

しかし、温帯低気圧化の開始や完了の正確な時刻を知ることは困難であるし、雲画像から温帯低気圧化を判断しようとする主観が入ってしまい客観的であるとは言えない。

本発表の後半では、Evans and Hart (2003) によって紹介されている台風の温帯低気圧への変遷過程を客観的に判断する方法を紹介し、2004年台風23号に対してこの方法を用いた結果を示す。

台風の温帯低気圧化の客観的判断

温帯低気圧化の開始

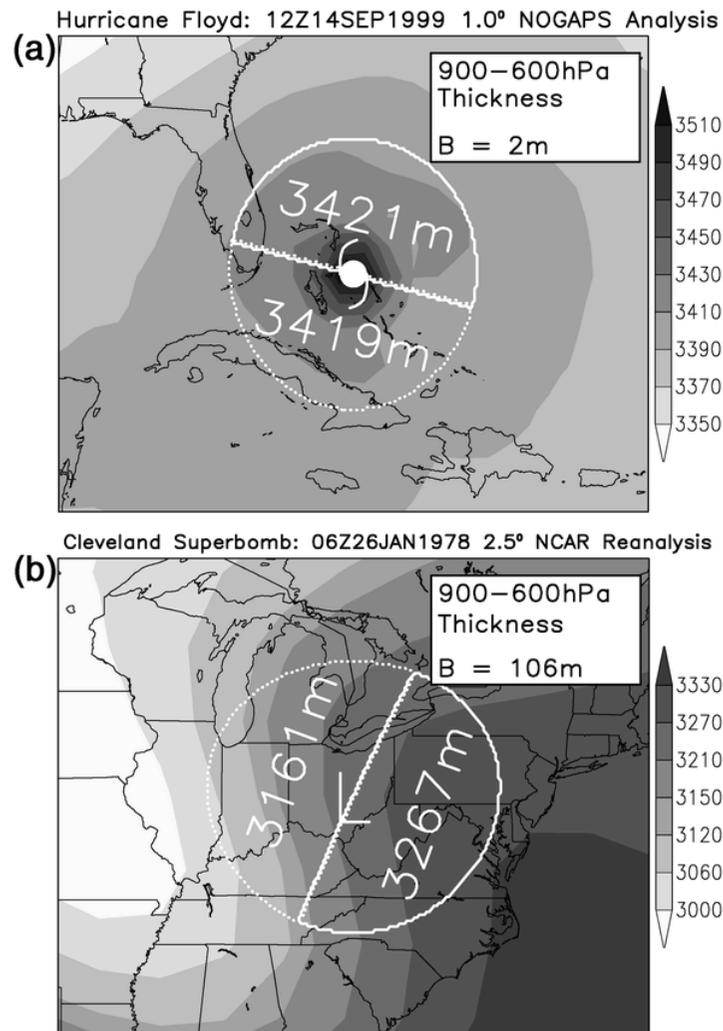
台風は同心円状の渦で、ほぼ対照的な構造をしている。

しかし、傾圧帯に近づくにつれて進行方向に対して右側では暖気移流、左側で寒気移流が顕著になり徐々に非対称な構造になる。

ここでは、温帯低気圧化の開始時間を Evans and Hart (2003) の方法を用いて定める。

$$B = [(\overline{Z_{600} - Z_{900}})_R - (\overline{Z_{600} - Z_{900}})_L]$$

進行方向に対して、左右の平均層厚差(600~900hPa)が10m以上となった時刻を温帯低気圧化の開始とする。



Hart. (2003)

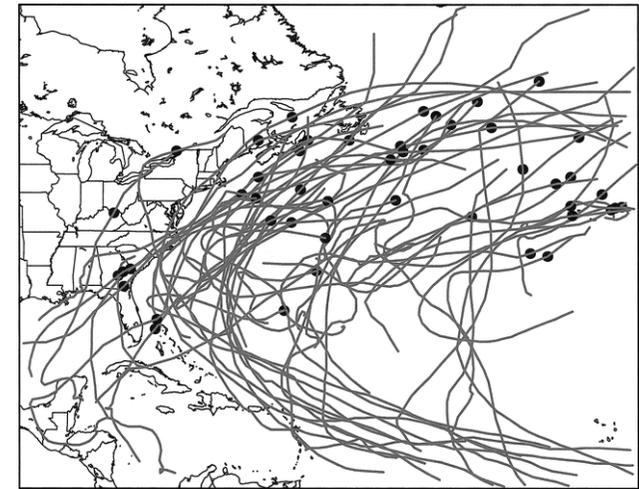
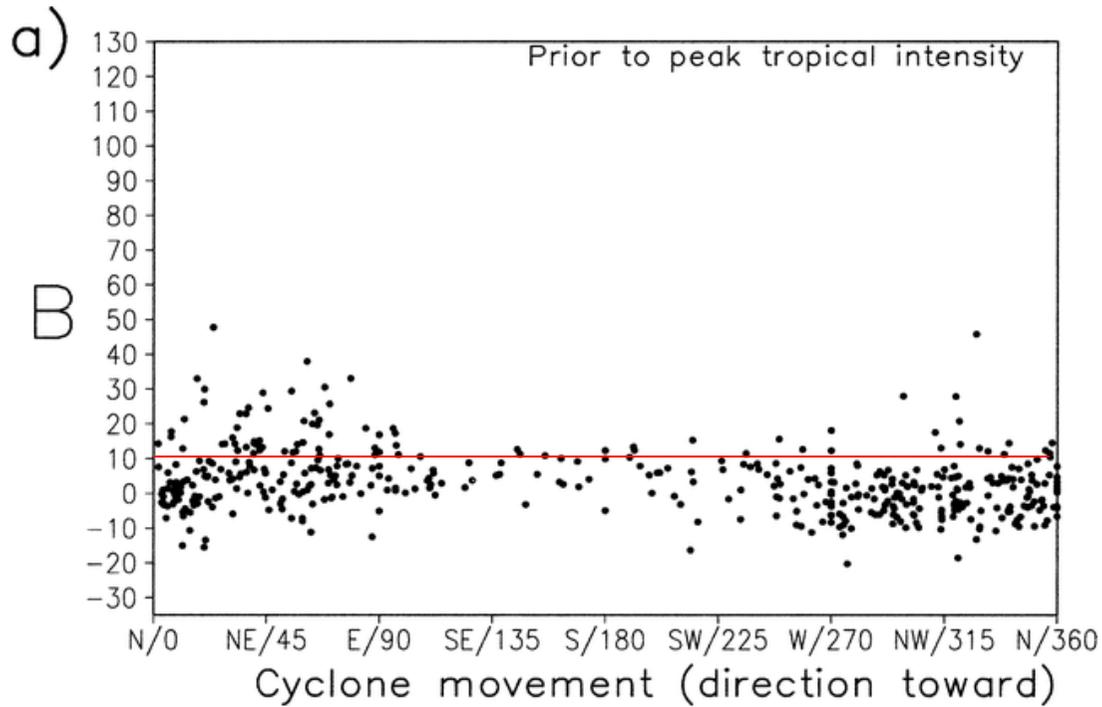
層厚

高度の異なる2つの等圧面内に含まれる大気の厚さ。

$$Z_T = \frac{R\langle T \rangle}{g} \ln\left(\frac{p_0}{p_1}\right)$$

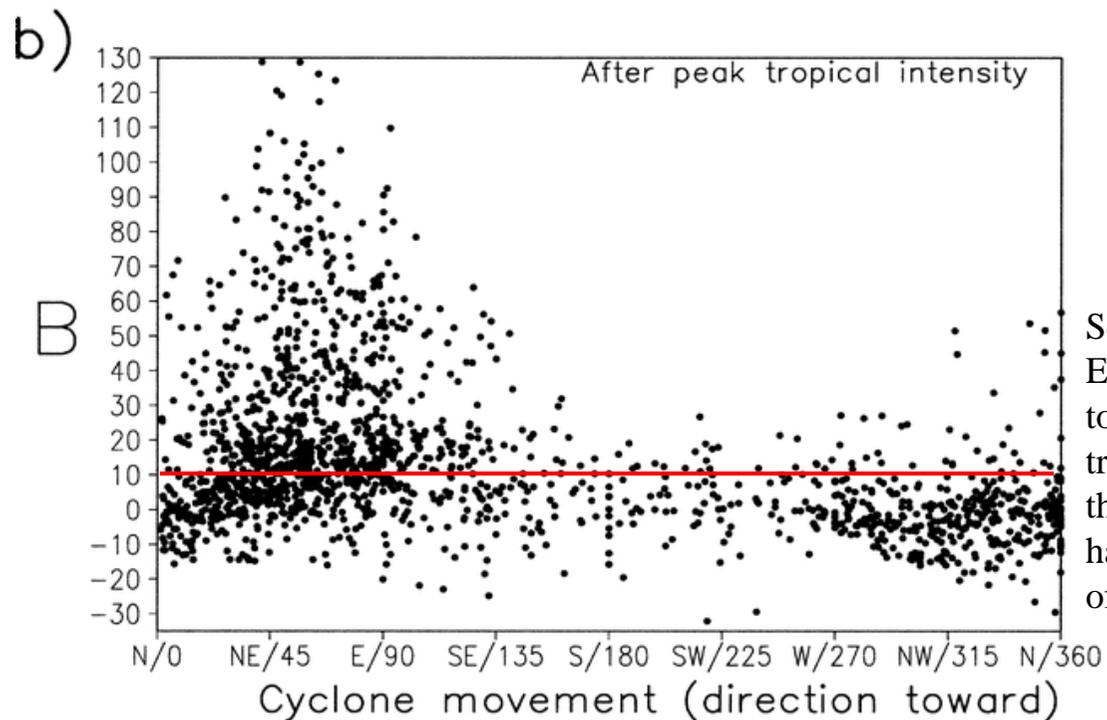
R : 気体定数(J/K), g : 重力加速度(ms^{-2}), p_0 : 地上気圧(Pa), p_1 : ある高さの気圧(Pa),
 $\langle T \rangle$: p_0 と p_1 の間の大気のア平均温度(K)

2つの等圧面内に含まれる大気のア平均温度に比例する。



Tracks of all extratropically transitioning Atlantic tropical storms from the 1990s. The location of transition for each storm, as determined by NHC, is marked with a dot. Note the wide range of latitudes over which ET can occur

(Evans and Hart. 2003)



Scatterplot of storm motion direction (toward) and ET onset diagnostic, B , for (a) tropical storms prior to their peak intensity and (b) storms after their peak tropical intensity. Storms moving toward the north through northeast (i.e., during and after recurvature) have the highest degree of asymmetry (larger values of B) and variability

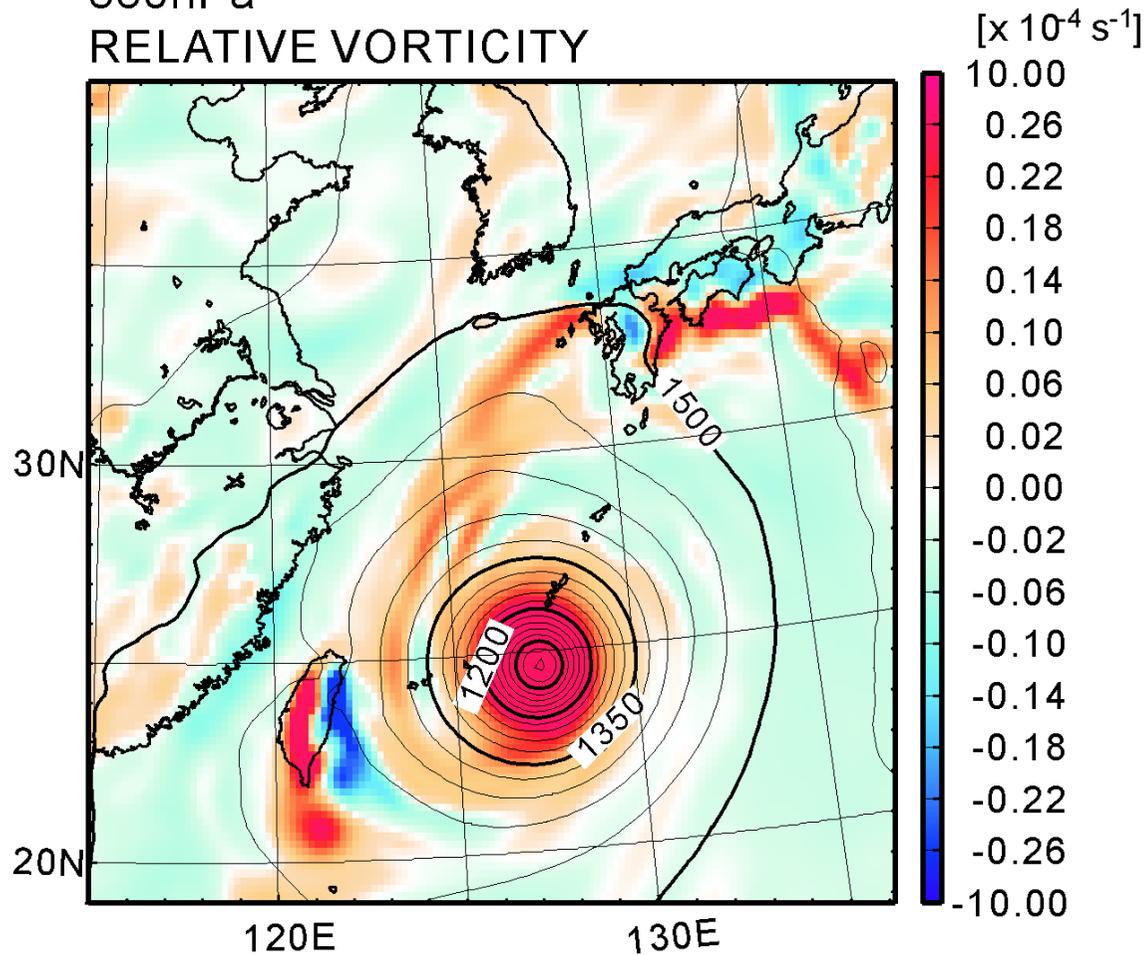
(Evans and Hart. 2003)

台風領域について

00UTC 19 OCT 2004

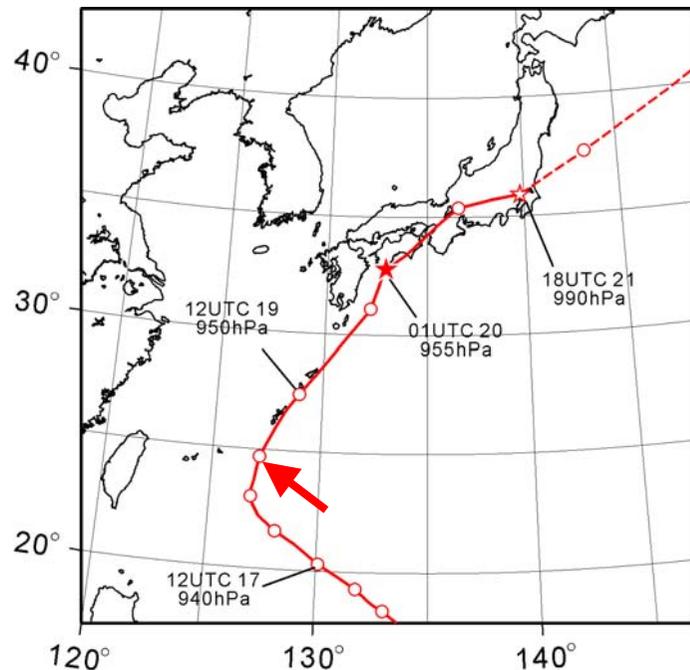
850hPa

RELATIVE VORTICITY

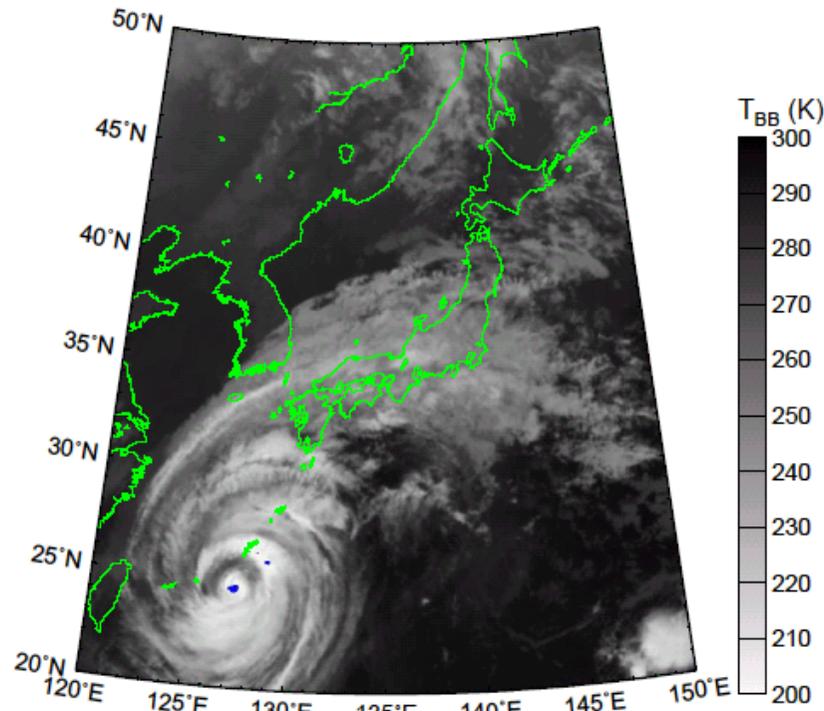


台風に伴う相対渦度の範囲から、半径500km以内を台風の領域とする。

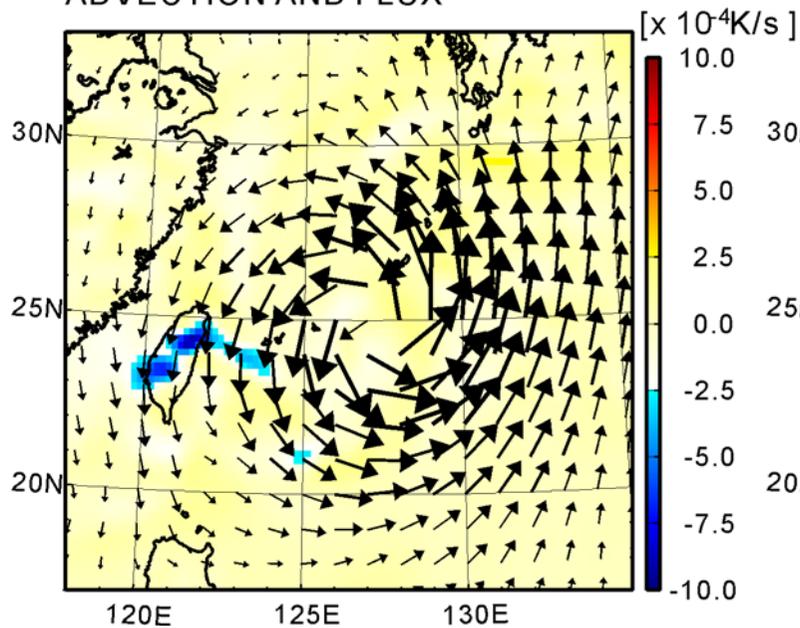
BEST TRACK



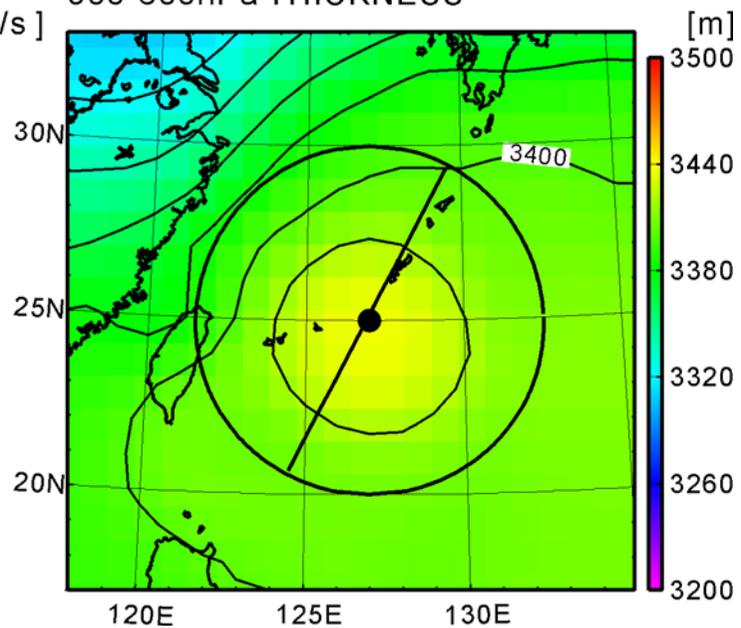
GOES-9 IR 2004/10/19 00Z



TEMPERATURE ADVECTION AND FLUX

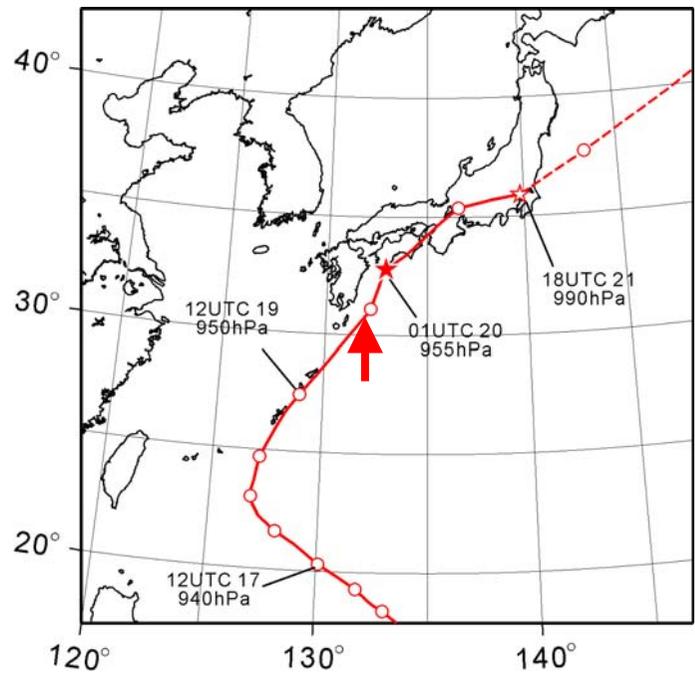


900-600hPa THICKNESS

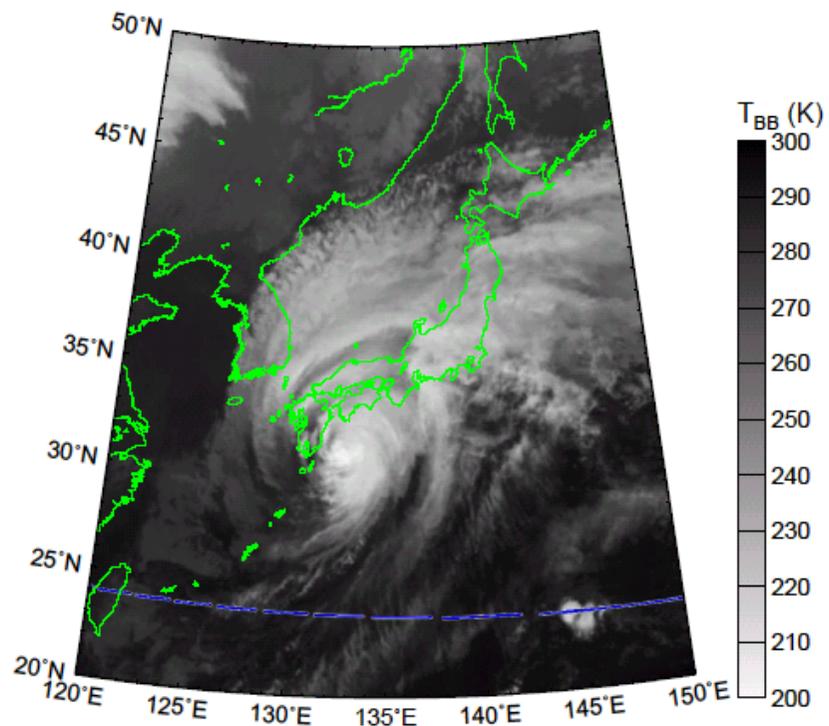


B=6.2m

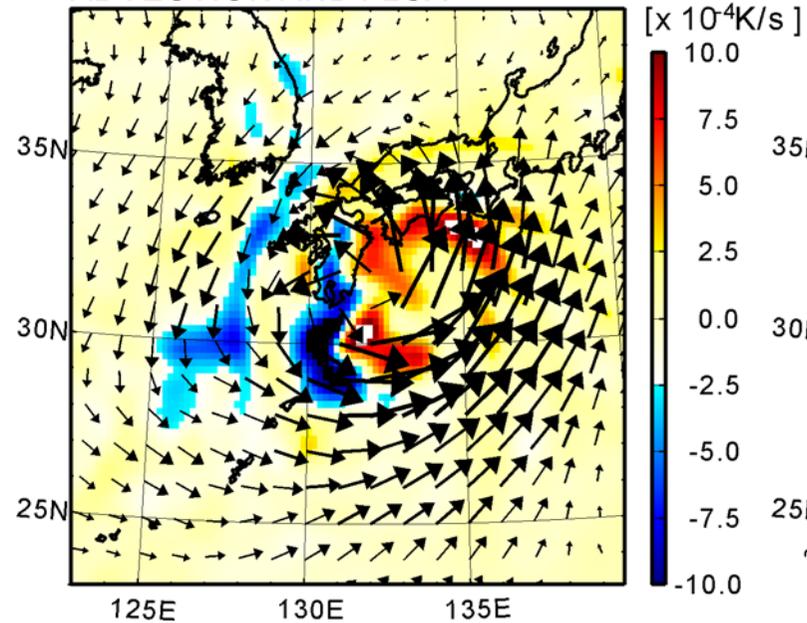
BEST TRACK



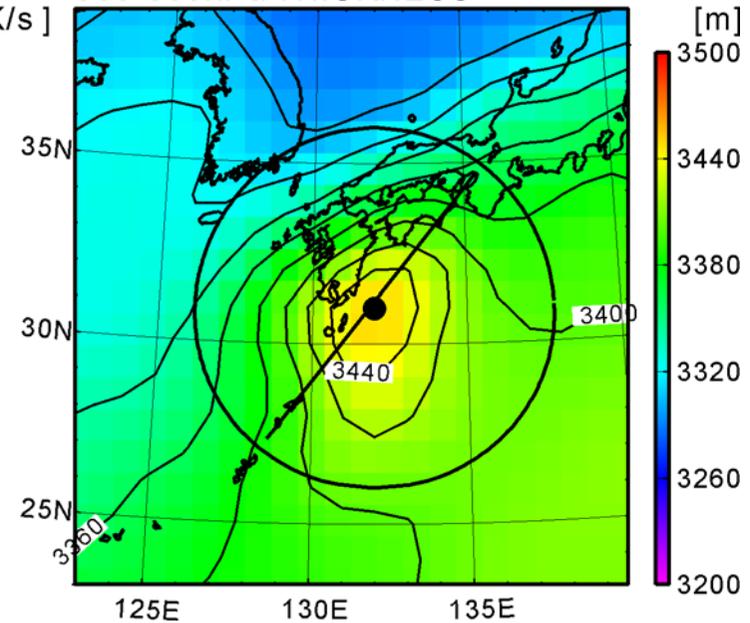
GOES-9 IR 2004/10/20 00Z



TEMPERATURE ADVECTION AND FLUX

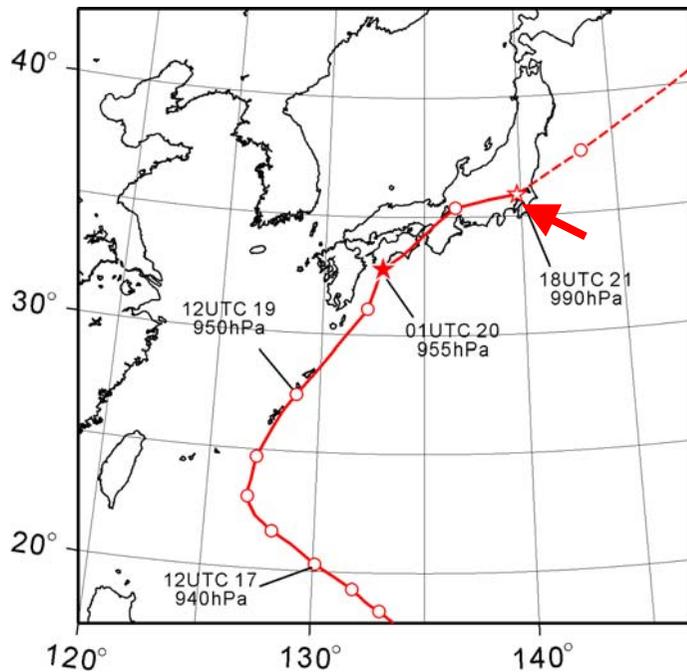


900-600hPa THICKNESS

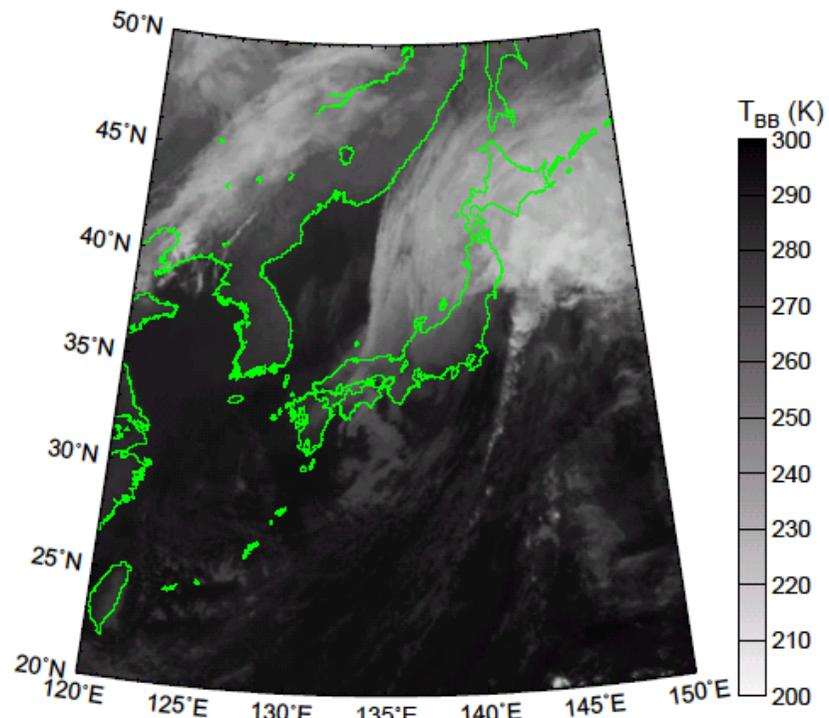


B=39.2m

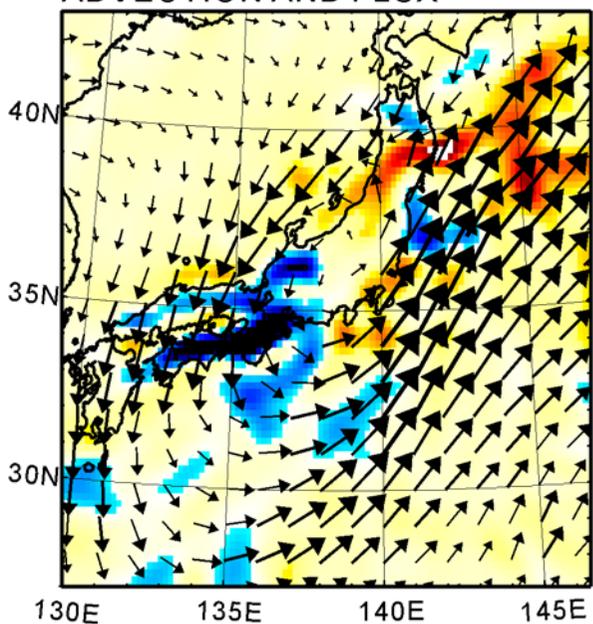
BEST TRACK



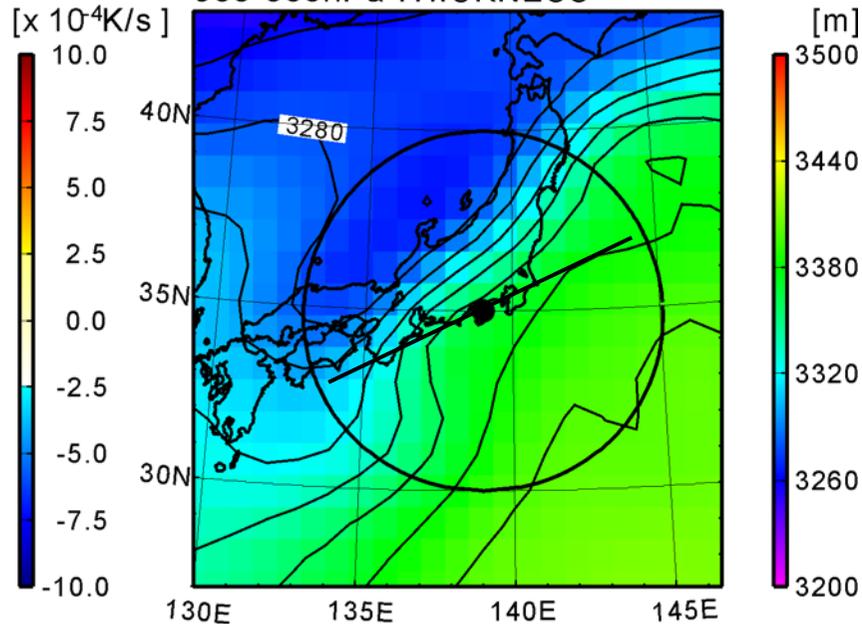
GOES-9 IR 2004/10/20 18Z



TEMPERATURE ADVECTION AND FLUX



900-600hPa THICKNESS



温帯低気圧化の完了

台風の特徴として暖気核が挙げられる。

台風が傾圧帯に侵入すると寒気移流の影響で暖気核が消滅する。

Evans and Hart (2003)は台風の特徴がなくなったものとして暖気核の消滅を挙げている。したがって、暖気核が消滅した時刻より後を温帯低気圧として見なす。

温度風の式に基づいて暖気核と寒気核を判断する。

$$V = \frac{\partial(\Delta Z)}{\partial \ln p} \Bigg|_{900hPa}^{600hPa}$$

$$\Delta Z = Z_{MAX} - Z_{MIN}$$

$V > 0$. . . 暖気核, $V < 0$. . . 寒気核

温度風の式

地衡風の式

$$f\vec{V}_g^{\rho} = \vec{k} \times \vec{\nabla}_p^{\rho} \Phi$$

静水圧平衡の式

$$\frac{\partial \Phi}{\partial p} = -\frac{RT}{p}$$

上の2つの式から以下のような温度風の式が導出される

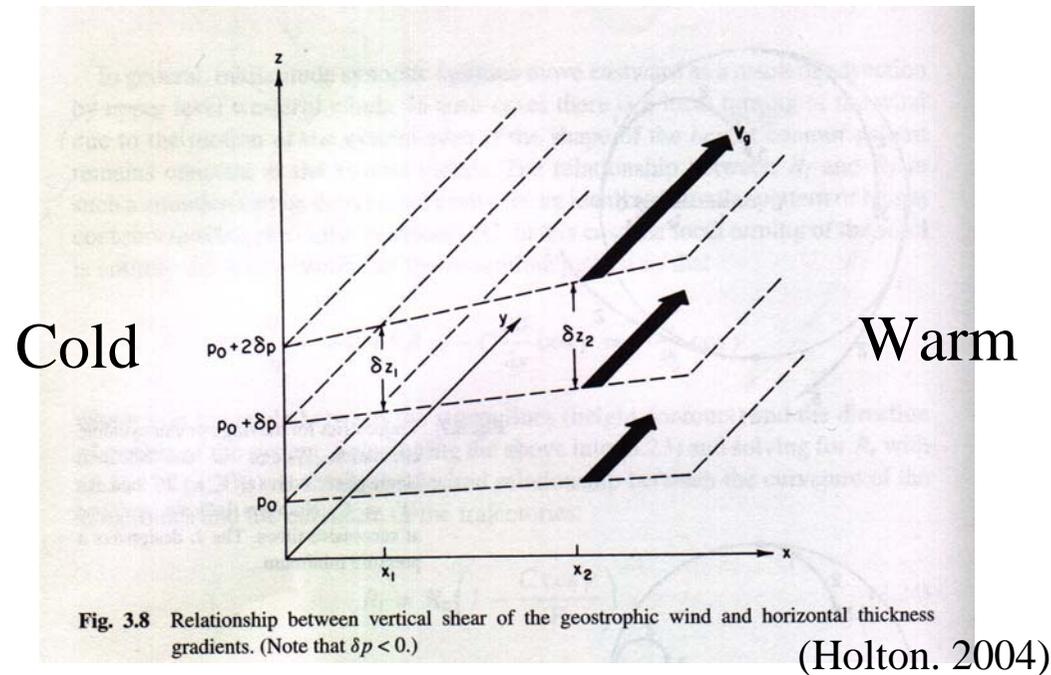
$$\frac{\partial \vec{V}_g^{\rho}}{\partial \ln p} = -\frac{R}{f} \vec{k} \times \vec{\nabla}_p^{\rho} T$$

\vec{V}_g^{ρ} : 水平方向の地衡風 (m/s), Φ : ジオポテンシャル (m^2/s^2), T : 温度 (K), p : 圧力 (Pa)

R : 気体定数 (J/K), f : コリオリパラメータ (s^{-1}), \vec{k} : 鉛直方向の単位ベクトル,

$\vec{\nabla}_p^{\rho}$: 等圧面上における水平方向微分演算子 $\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, 0 \right)$

上空に行くほど、暖気を進行方向の右側にみるような流れになる。

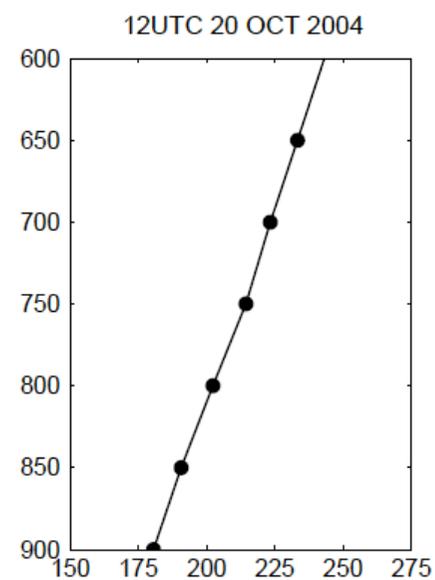
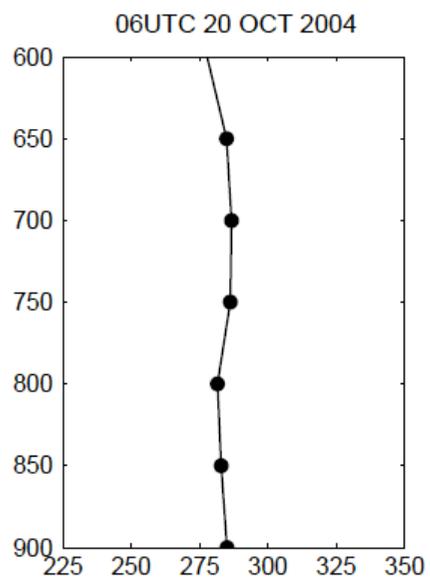
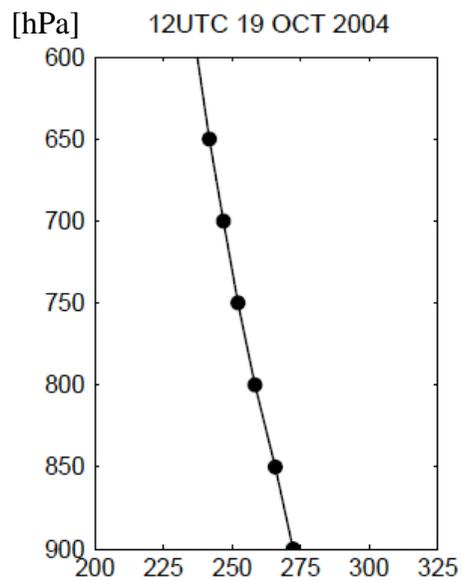
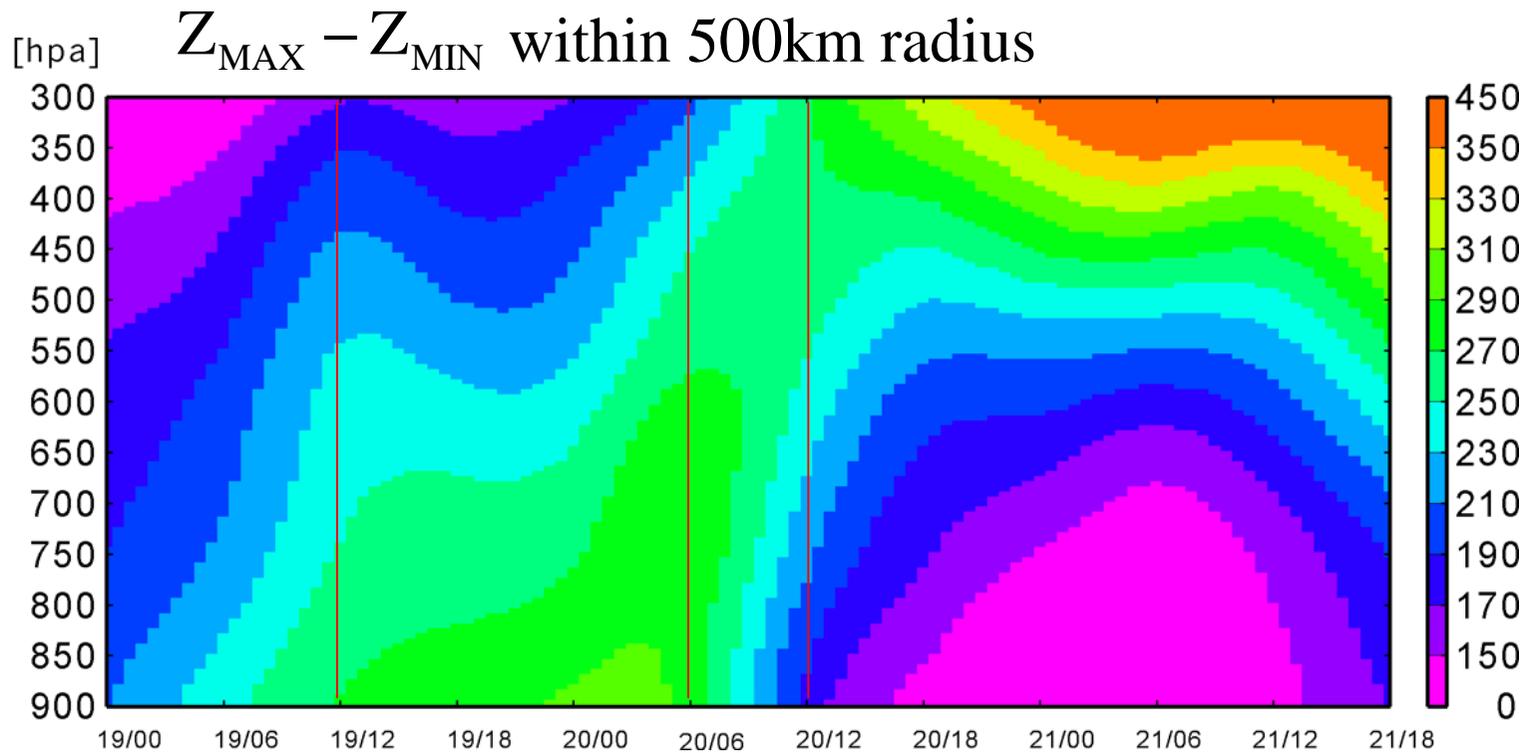


低気圧性の循環を考えると、暖気核が存在する場合

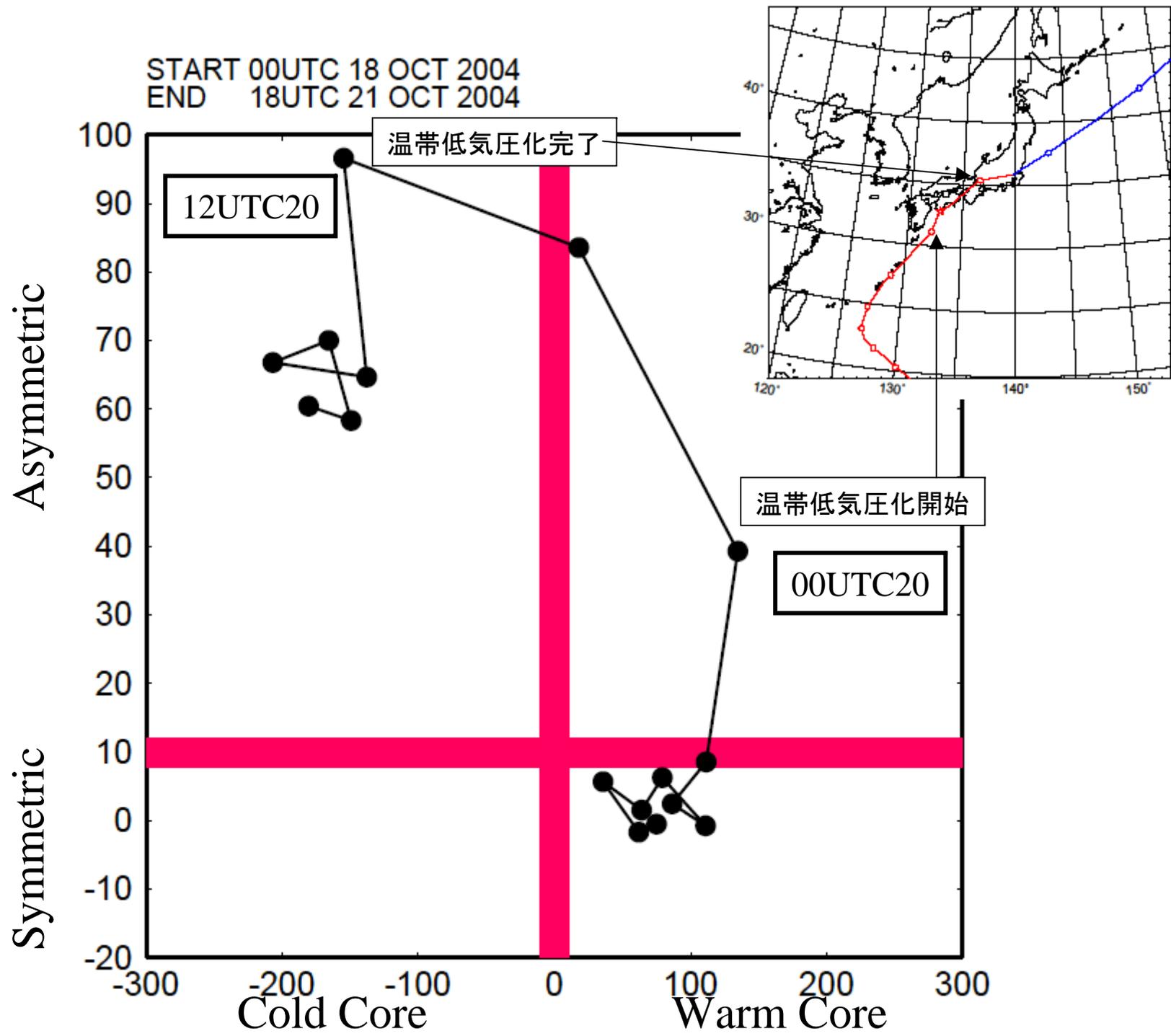
$$\frac{\partial |V_g^p|}{\partial \ln p} > 0 \Leftrightarrow \frac{\partial(\Delta Z)}{\partial \ln p} > 0$$

また、寒気核が存在する場合は

$$\frac{\partial |V_g^p|}{\partial \ln p} < 0 \Leftrightarrow \frac{\partial(\Delta Z)}{\partial \ln p} < 0$$



$Z_{MAX} - Z_{MIN}$



まとめ

- ・2004年台風23号は西日本の太平洋側の広域と日本海側の一部に大雨をもたらした。
- ・衛星画像から、傾圧帯の影響を受けて台風としての雲の形が徐々に崩れていった。
- ・Evans and Hart (2003) の温帯低気圧化の客観的手法から日本に上陸する直前の時刻に温帯低気圧化を開始し、上陸後10時間ほどで温帯低気圧へと変遷したことが分かった。
- ・西日本の大雨は台風が温帯低気圧化している時刻とほぼ一致している。