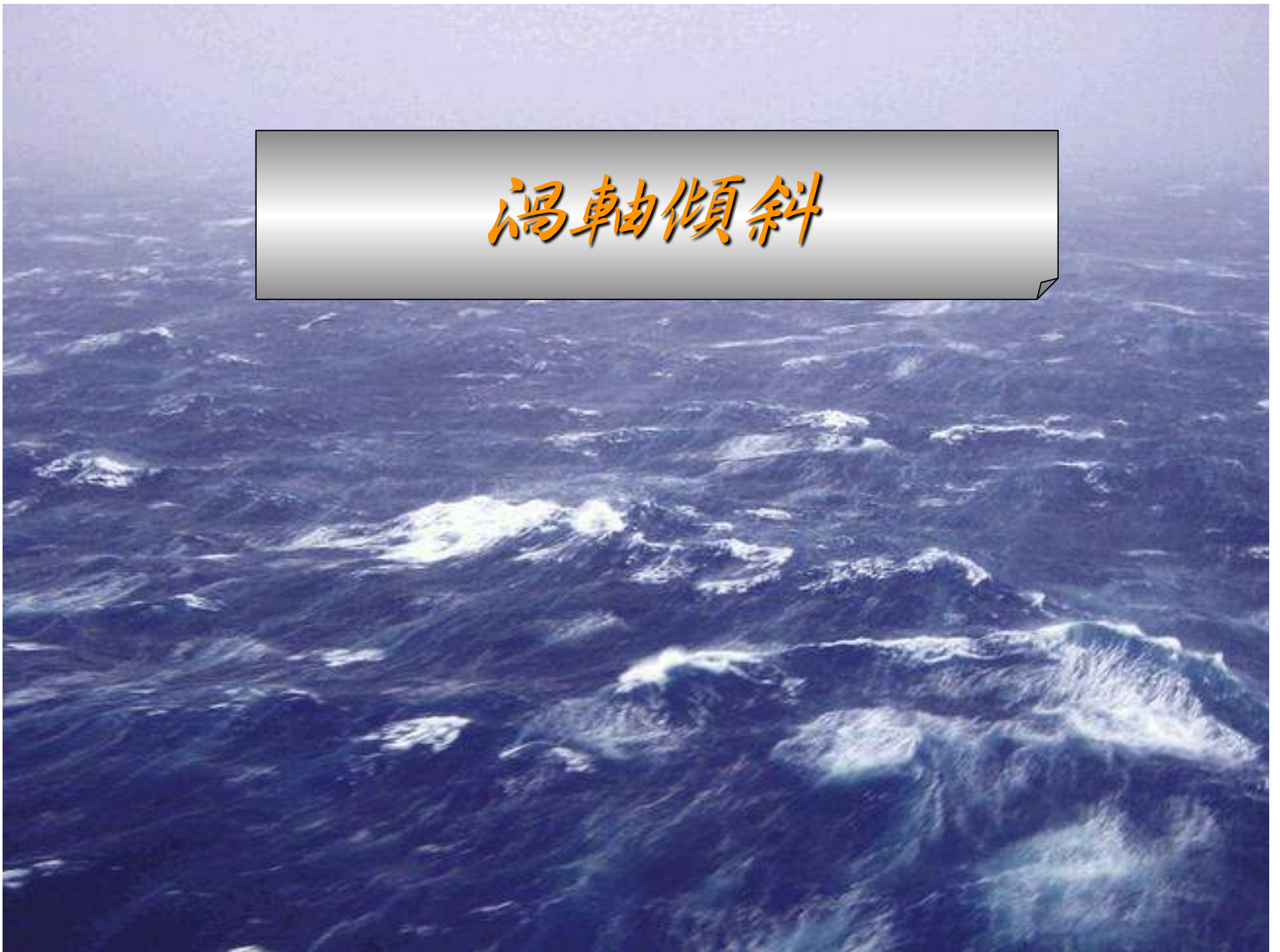
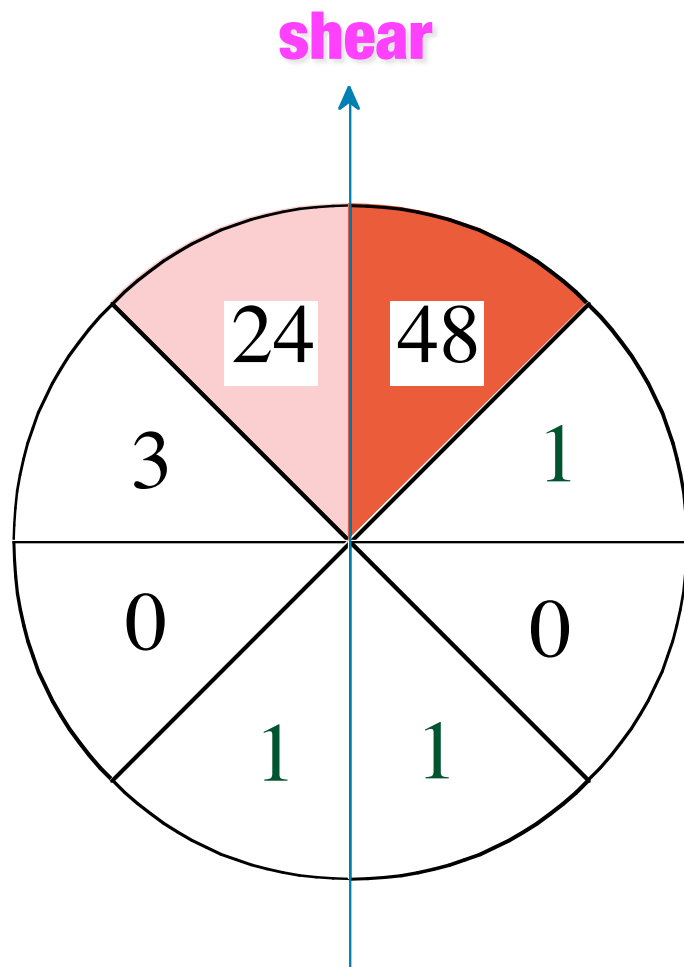


渦軸傾斜



降水最大の方位別出現頻度（理想実験）



Model-produced

理想実験（鉛直シ
ア一流＋軸対称
渦）のごく早い段
階だけだとAM1機
構の期待通りだが
観測事実と合わな
い！（

方位に着目

観測で降水最大がダウンシアー直下よりやや左側
に出現するのはどういうメカニズムによるか

~~果~~

f面鉛直シアー実験で用いたモデルは解像度が粗く
凝結物質の（水平）移流を含まず。また、降水最
大の方位は積分のごく初期の段階で得られたもの。

~~果~~

長時間積分（～72h）を行っても同様の結果が得
られるか

実データ実験の概要

対象事例： 台風Chaba (2004)

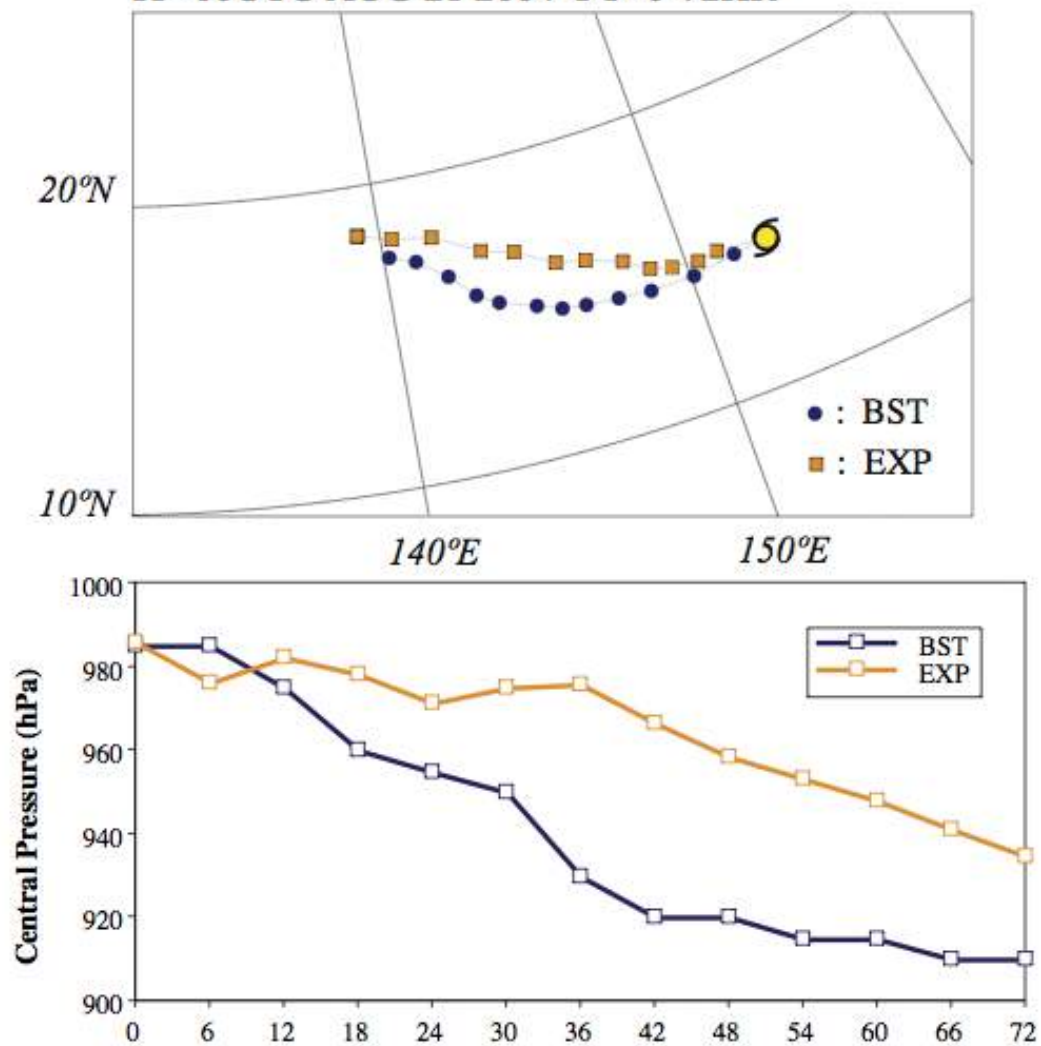
初期時刻： 00UTC, August 21, 2004

積分時間： 72時間

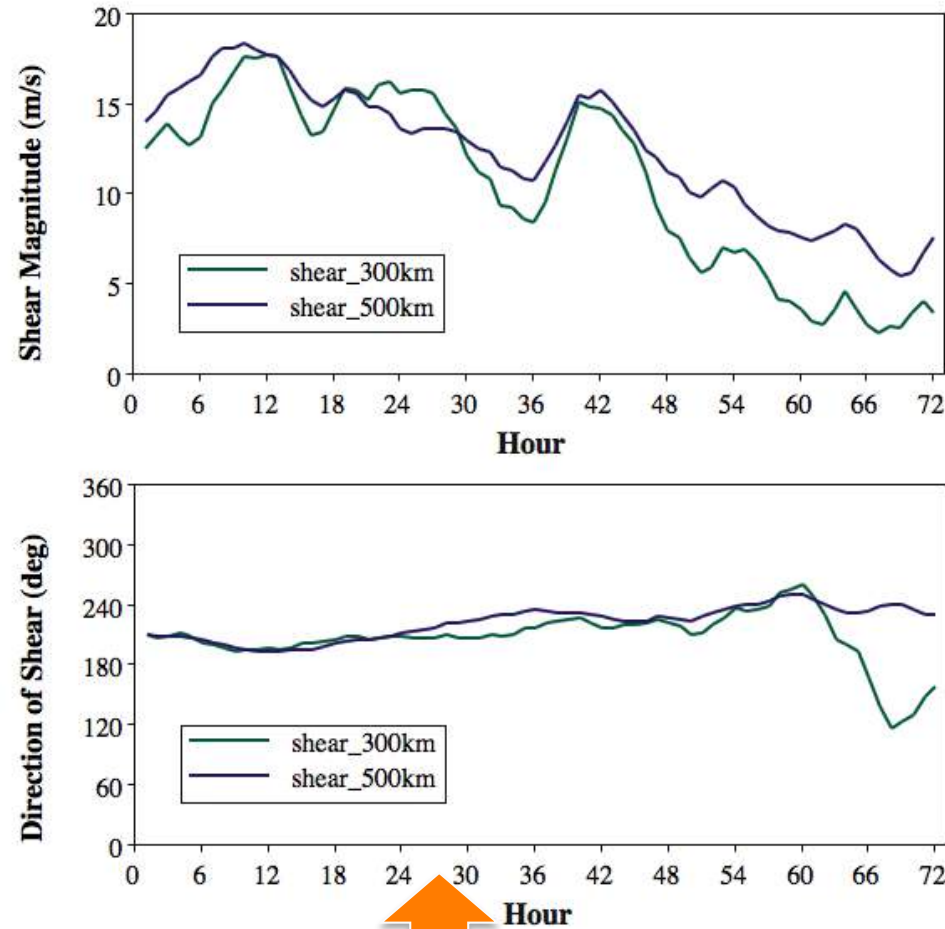
- モデル： 静力学，水平解像度**20km**，鉛直**16層**，栗原の対流調節（凝結物質の移流なし）
- 台風渦： 中心気圧や強風半径を考慮して人工的に作成
- 初期値・側面境界値： 気象庁全球解析値

移動経路と中心気圧

TRACK OF MSLP CENTRE FOR T0416
IT=00UTC AUG 21 2004 FT=0-72HR



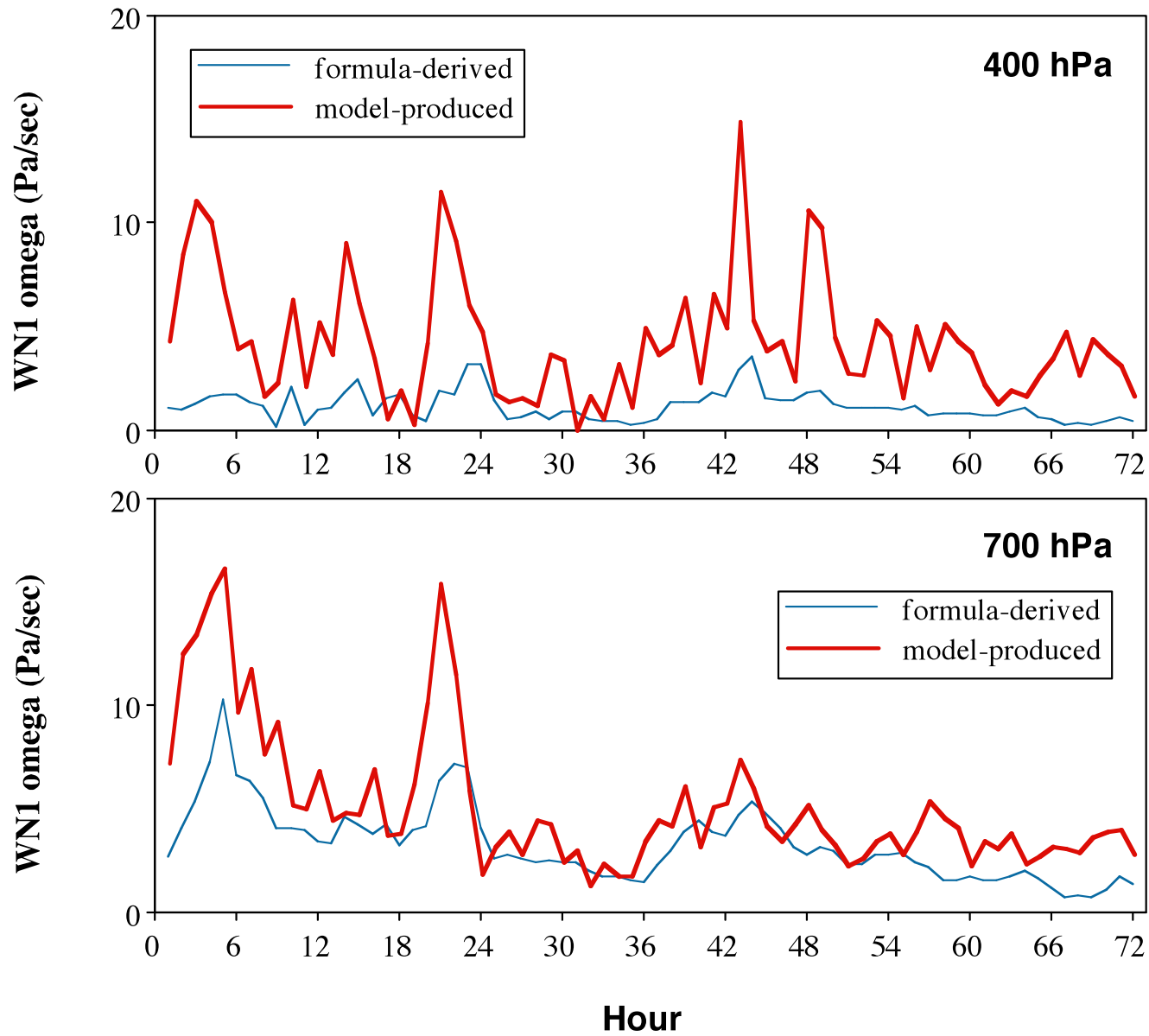
環境風の鉛直シアー



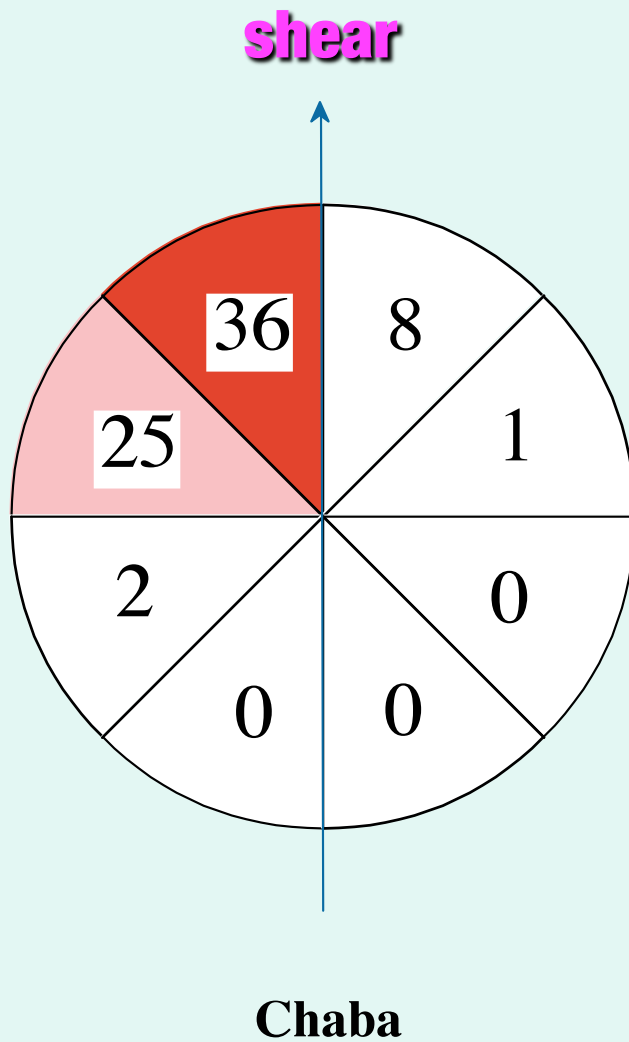
実験結果で特に着目する時間帯（

Remarkable agreement between the local vertical shear (60-km) and SHIPS estimates (500-km) was found, indicating that the local shear strongly reflected the environmental flow. Reasor et al. (2009) ↓

波数1 鉛直流の振幅比較



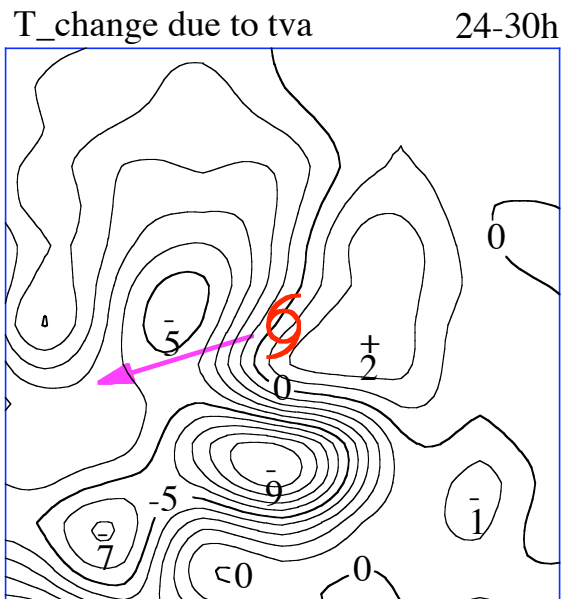
降水最大の方位別出現頻度（実データ実験）



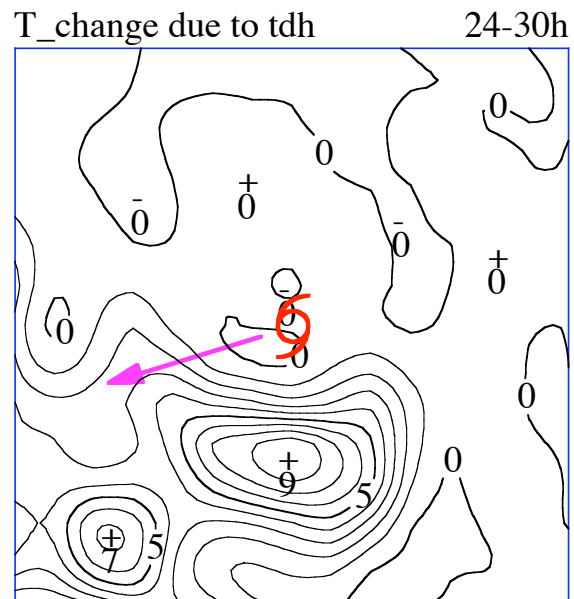
実データ実験の結果は
観測事実と合致！
理想実験（鉛直シア一
流＋軸対称渦）とは何
か異なる状況が生じて
いるはず。((

コア付近の対流圏中層における気温変化率

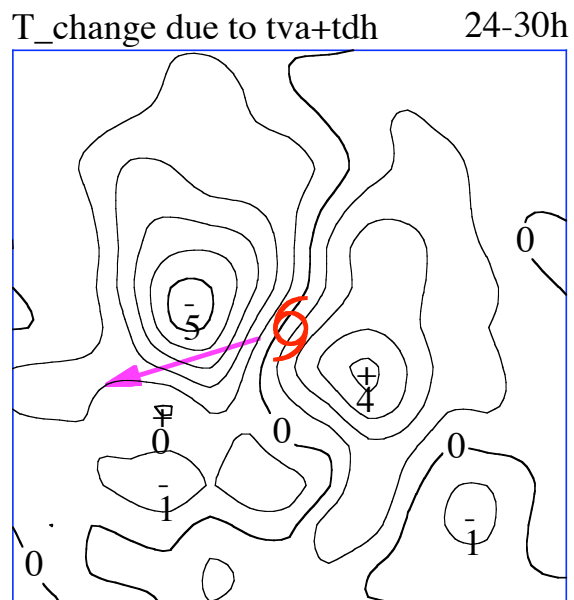
鉛直流
(K/hr)



凝結加熱
(K/hr)

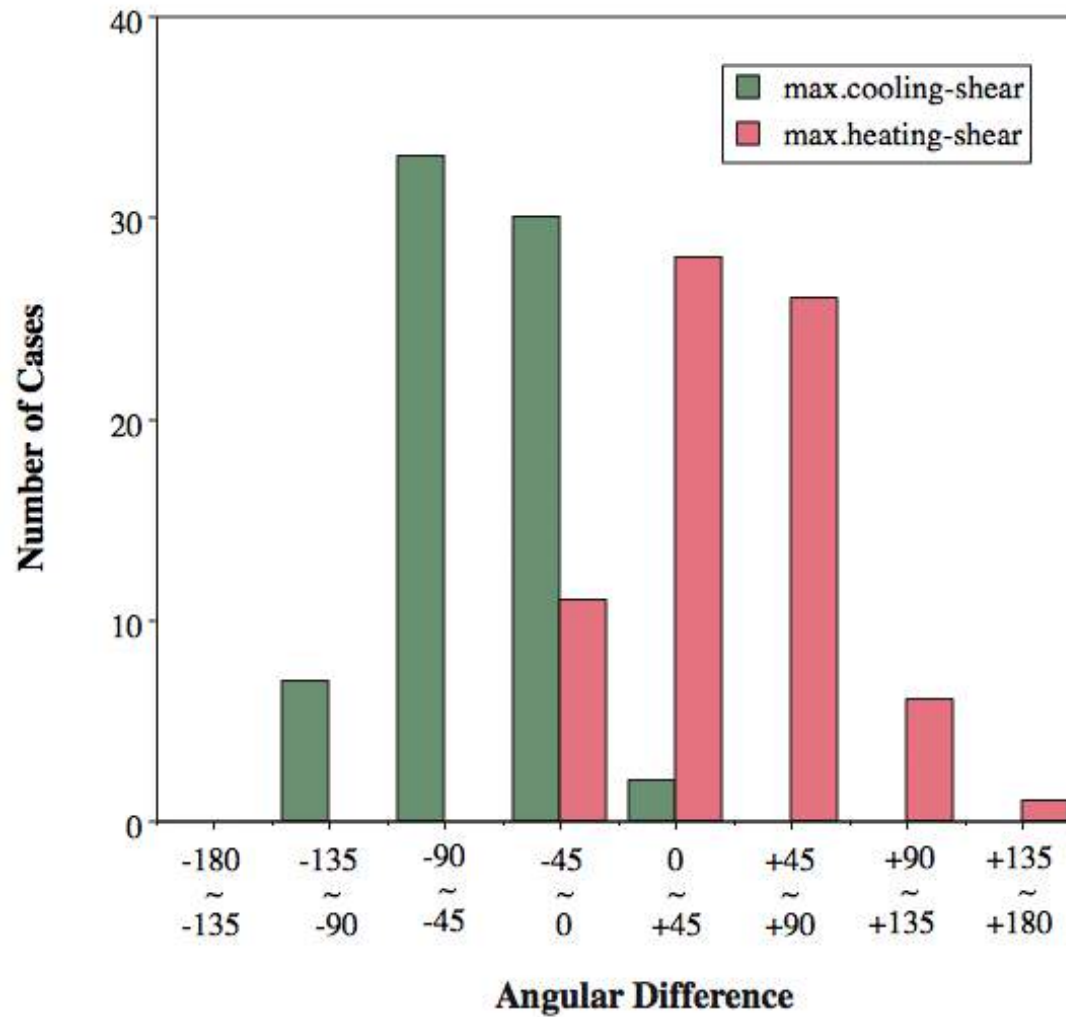


総和
(K/hr)



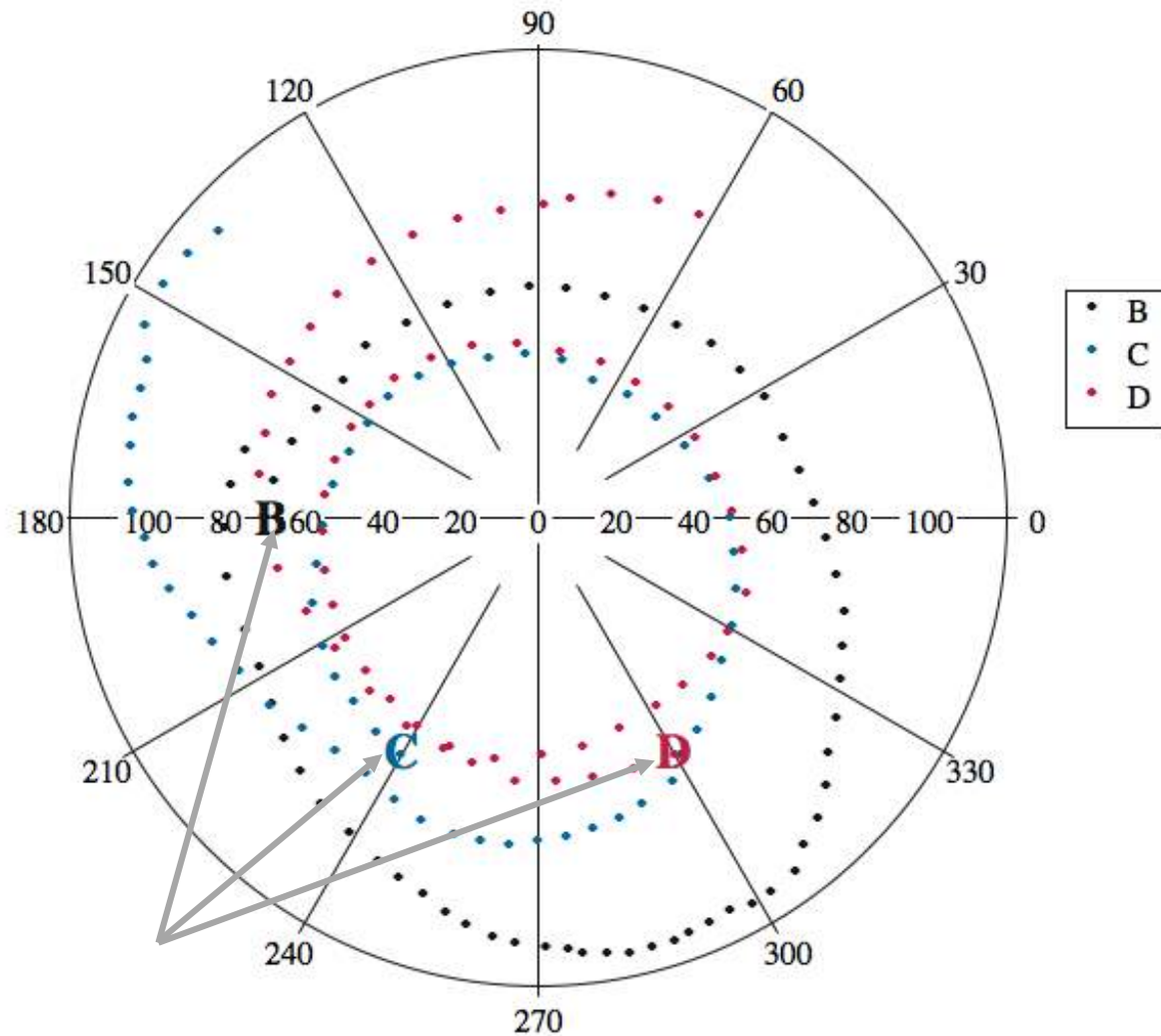
at 5350 m

冷却最大や加熱最大のシアーに相対的な出現方位



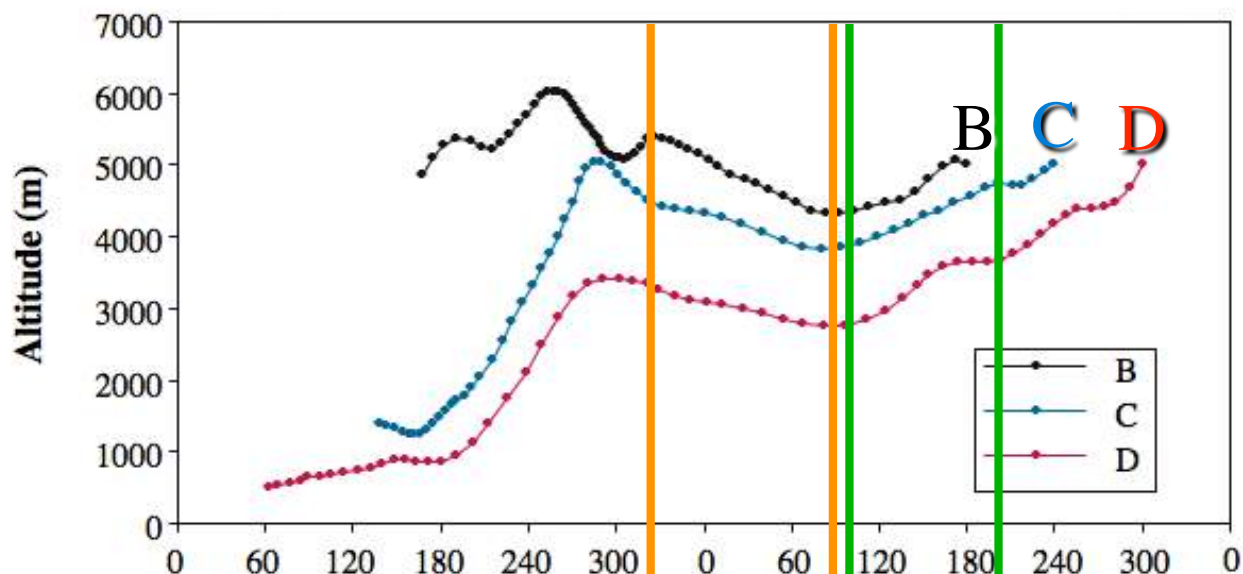
アイウォール域気塊の後方トラジェクトリ

2D Trajectory

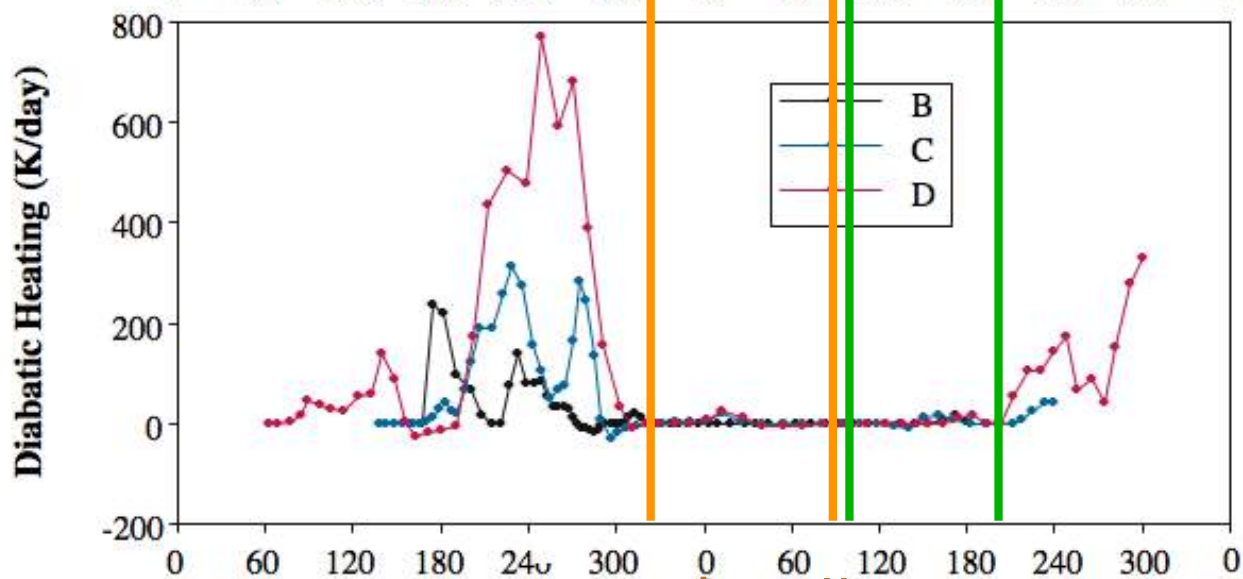


気塊の高度変化と非断熱加熱

高度



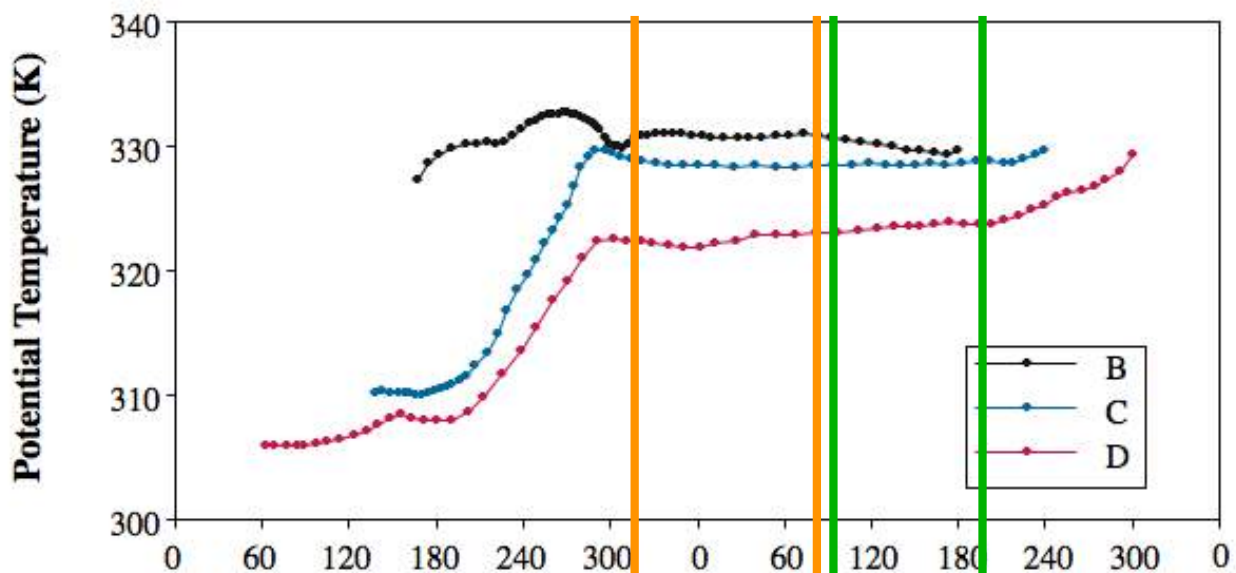
非断熱加熱



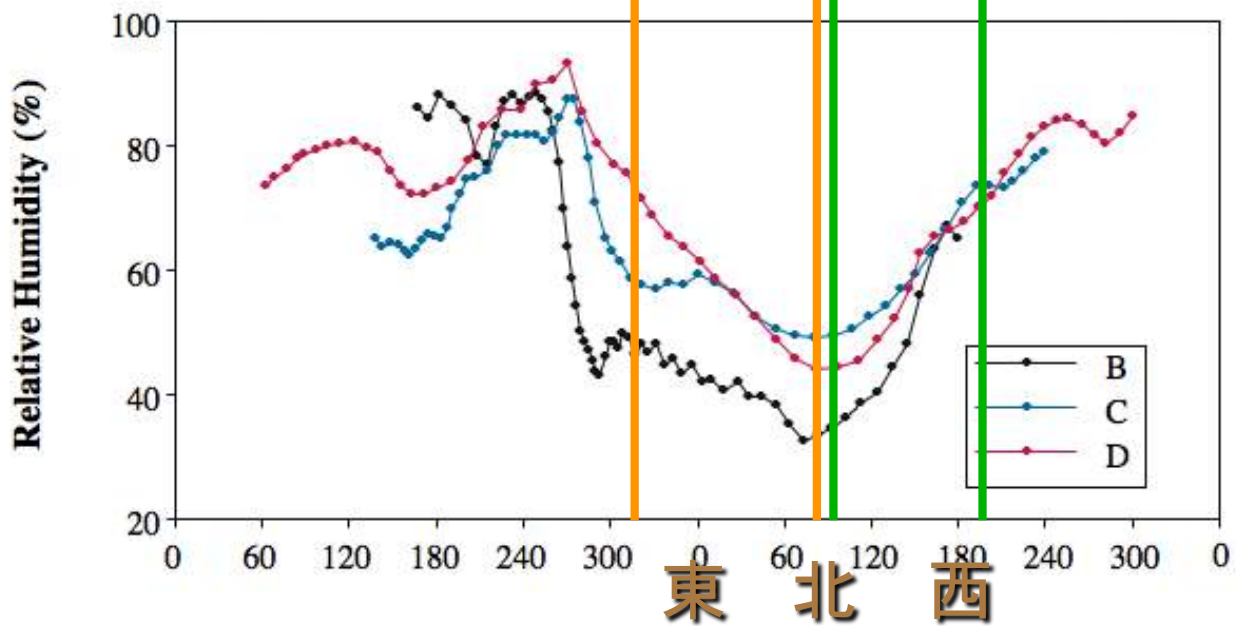
東 北 西

気塊の温位と相対湿度の変化

温位

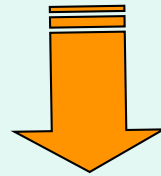


相対湿度



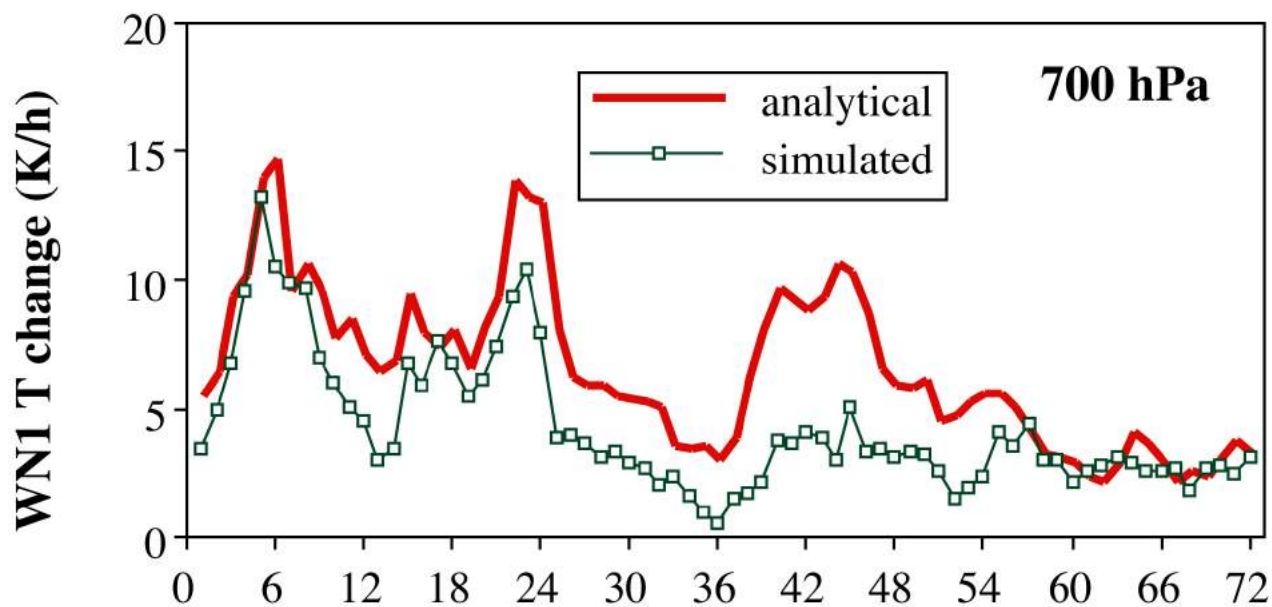
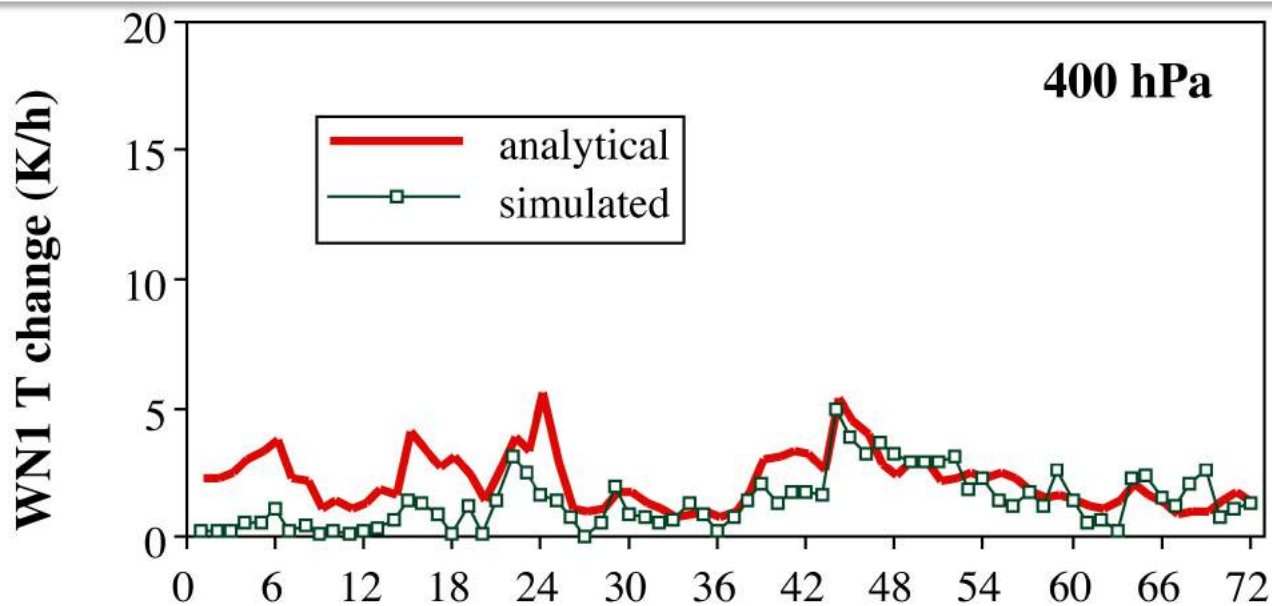
① 波数1の温度変化

温度風バランスの式(



$$\tau_1(r_{\max}) = \frac{p}{R_{\text{gas}}} V_{\max} \left(\frac{2V_{\max}}{r_{\max}} + f \right) S$$

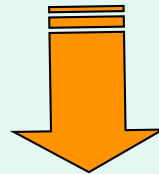
① 波数1の温度変化



② 波数 1 の温度変化から温度偏差を診断

移動座標系で波数 1 成分の準定常性を仮定（

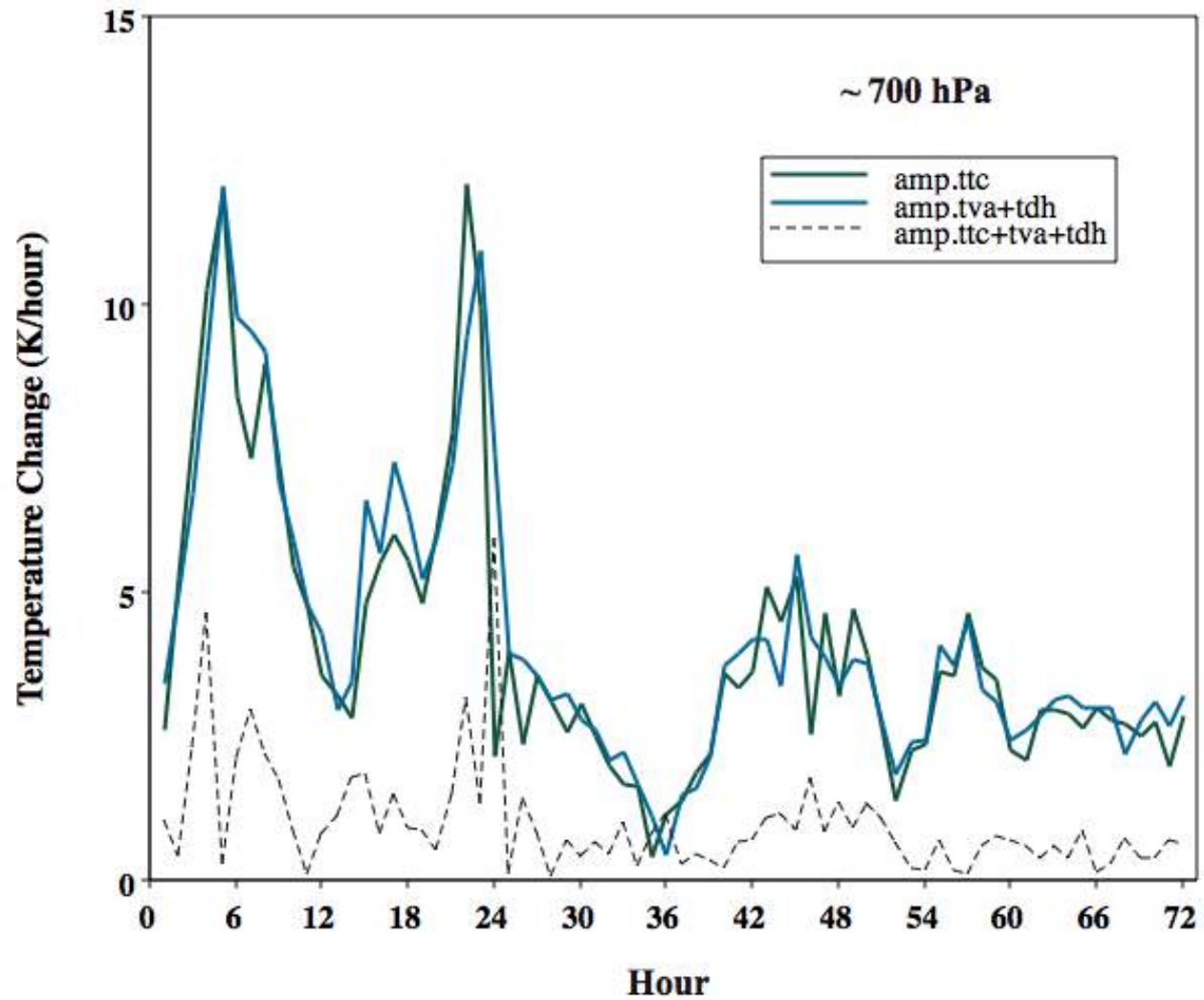
$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = HAD_1 + (VAD + DHT)_1 = 0$$
$$(VAD + DHT)_1 \Rightarrow F_1$$



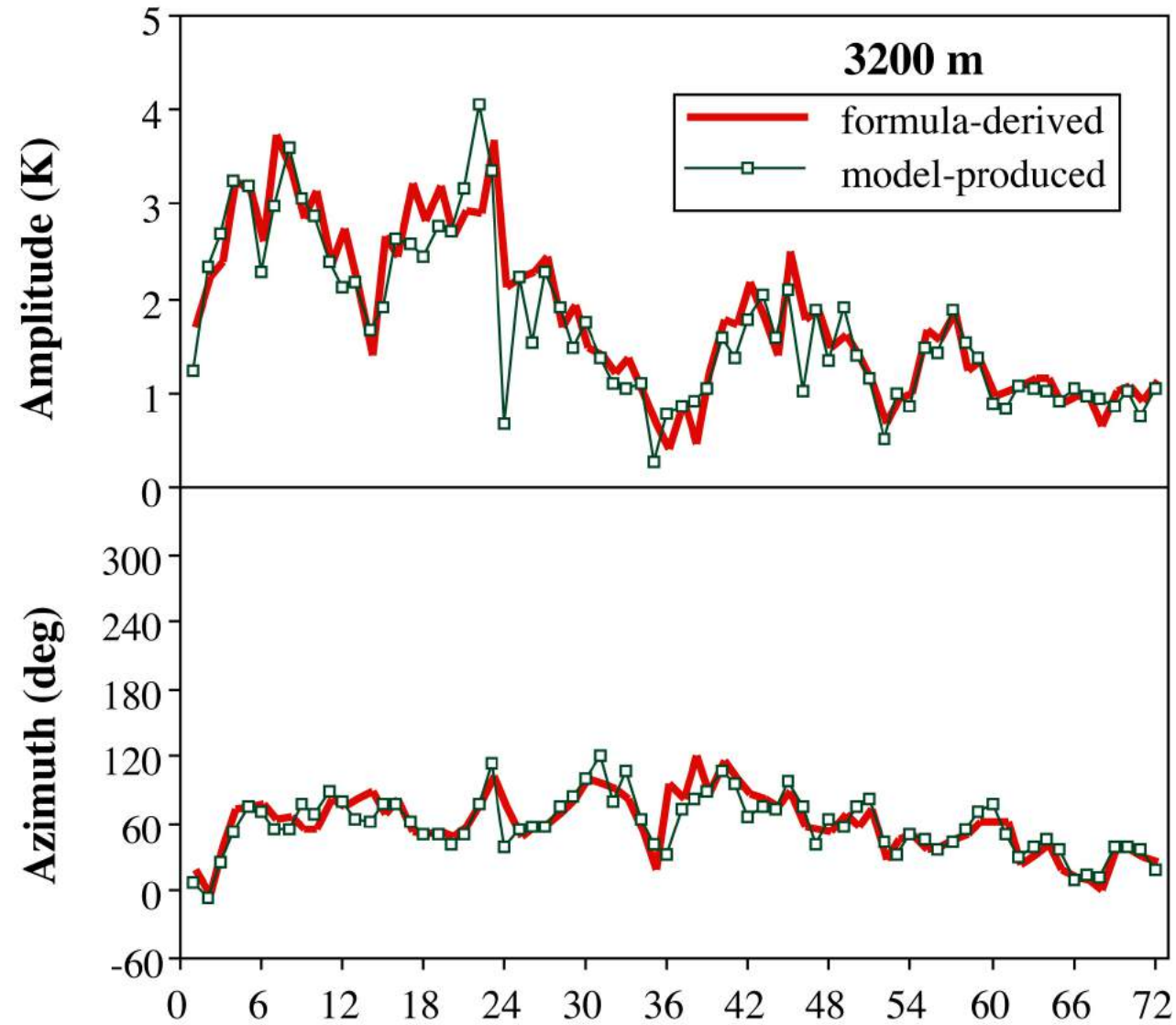
中層について以下の関係が成立（

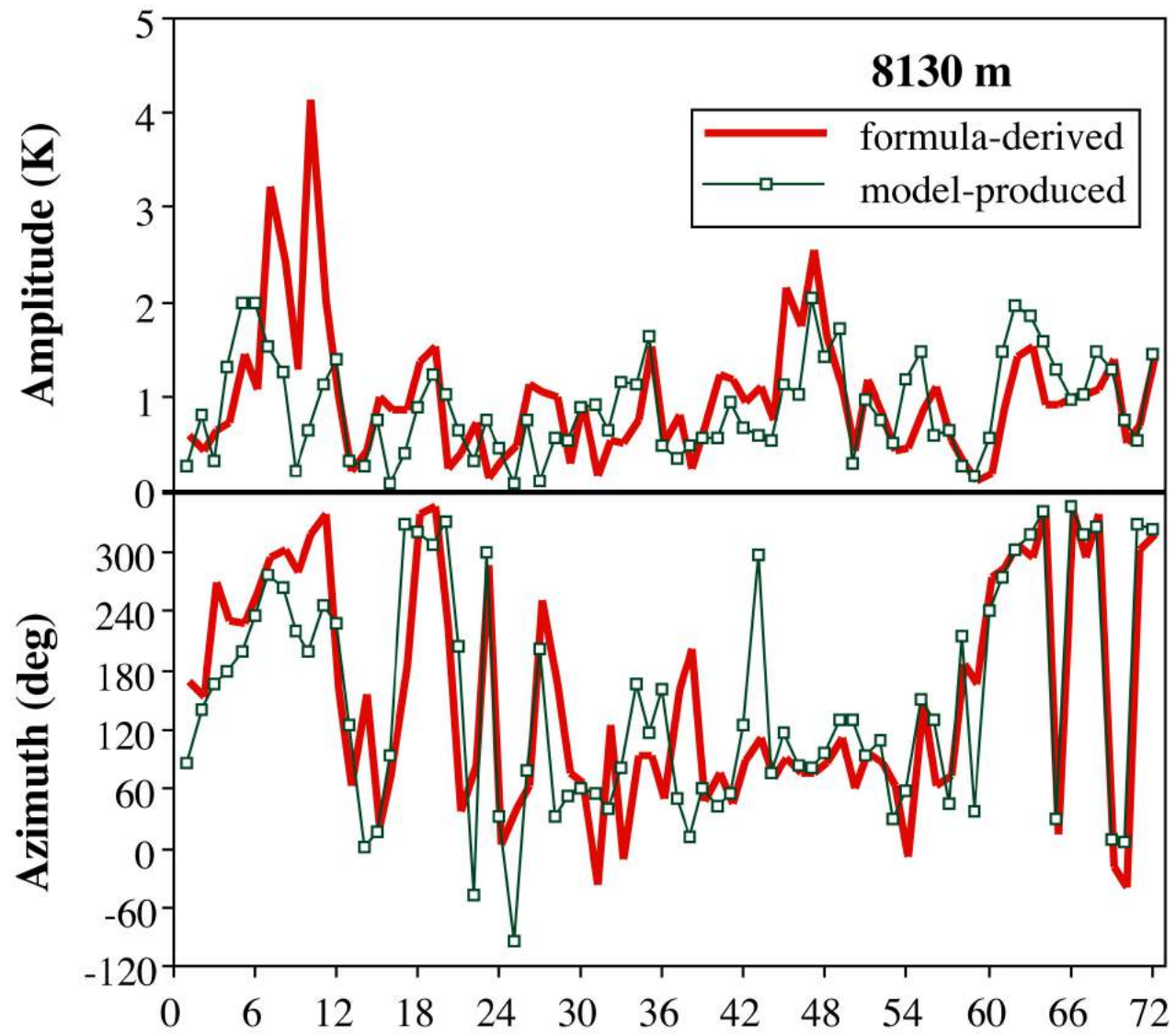
$$\hat{T}_1 = \frac{r}{V} \hat{F}_1$$
$$\mu_{T1} = \mu_{F1} + \pi/2$$

HAD1とF1の振幅比較



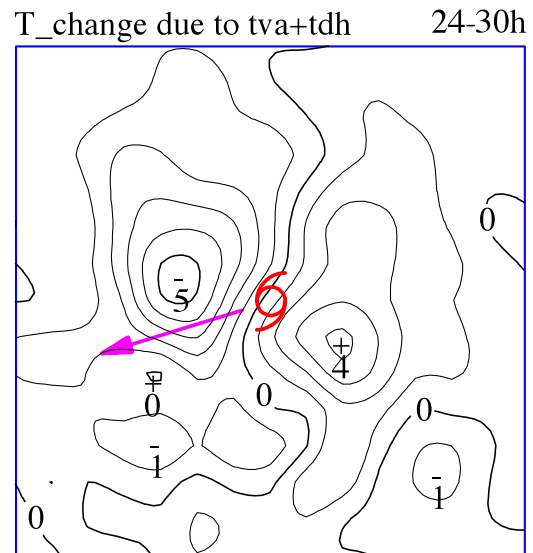
② 波数1の温度変化から温度分布を診断



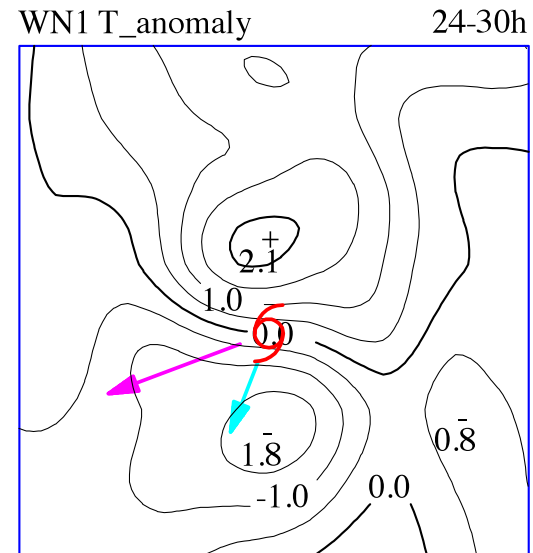


対流圏中層における気温変化から気温偏差を推定

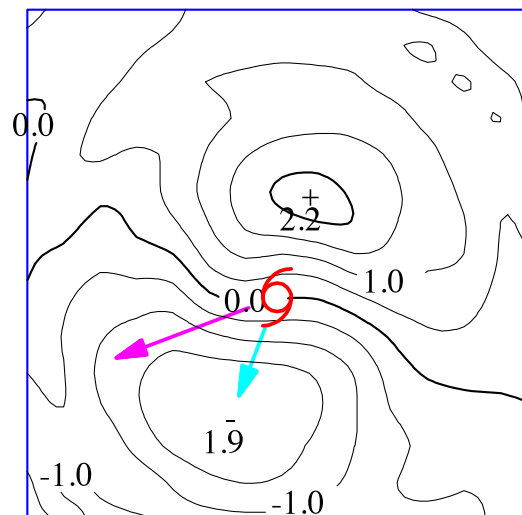
気温変化(



気温偏差(



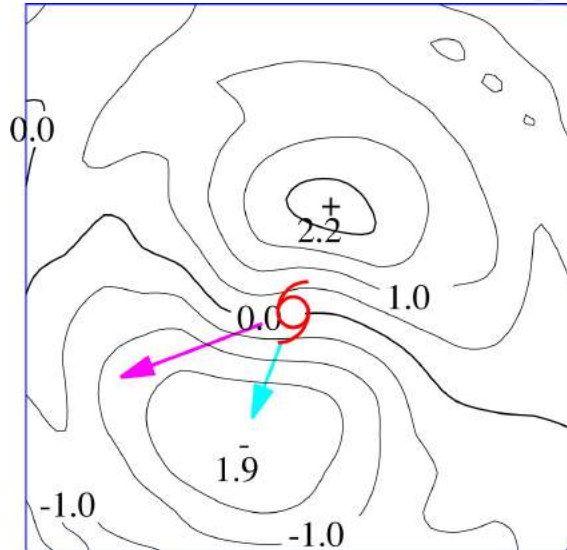
気温偏差(の推定値(



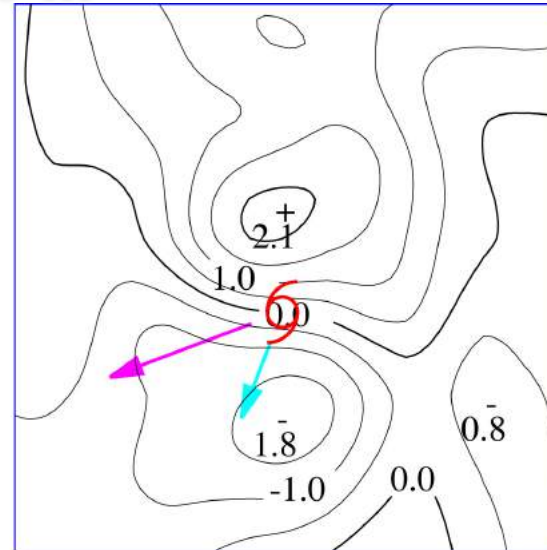
② 気温・比湿偏差推定値の検証

5350 m

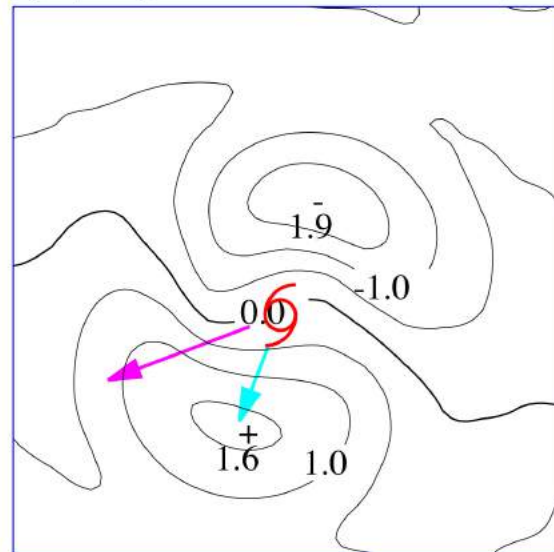
気温偏差推定値



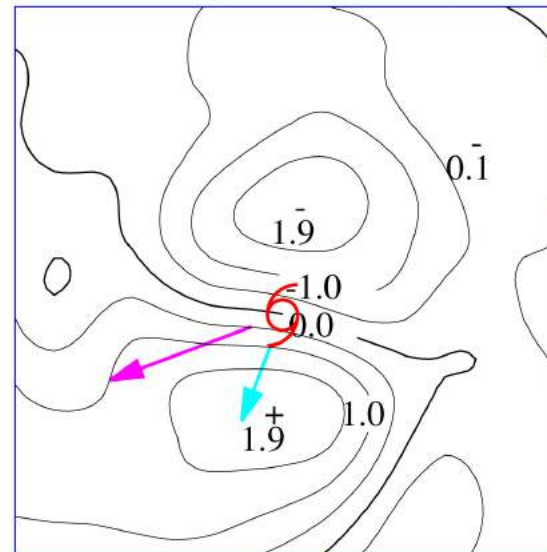
気温偏差



比湿偏差推定値

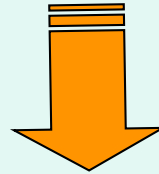


比湿偏差



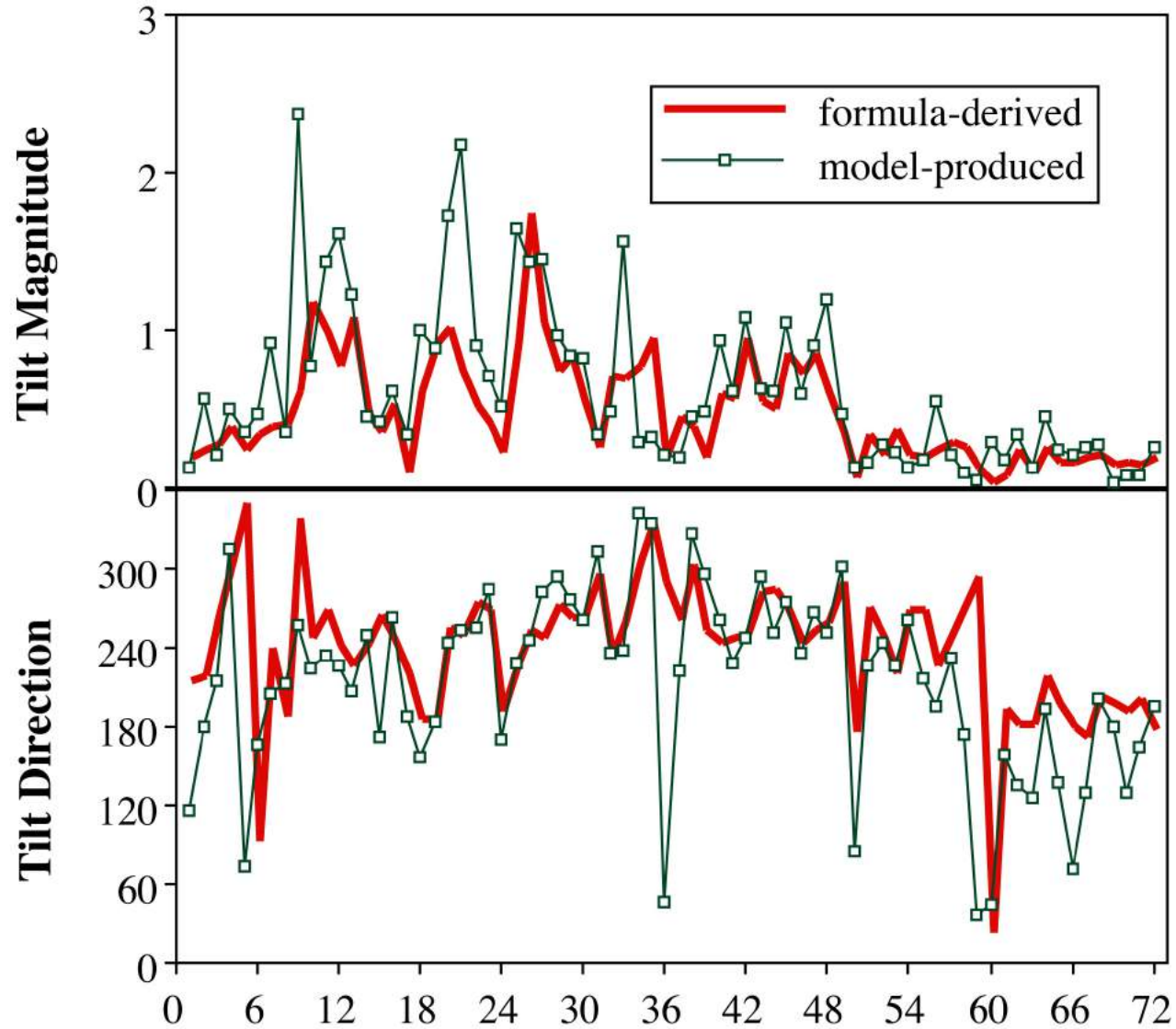
③ 気温摂動から渦軸傾斜を診断

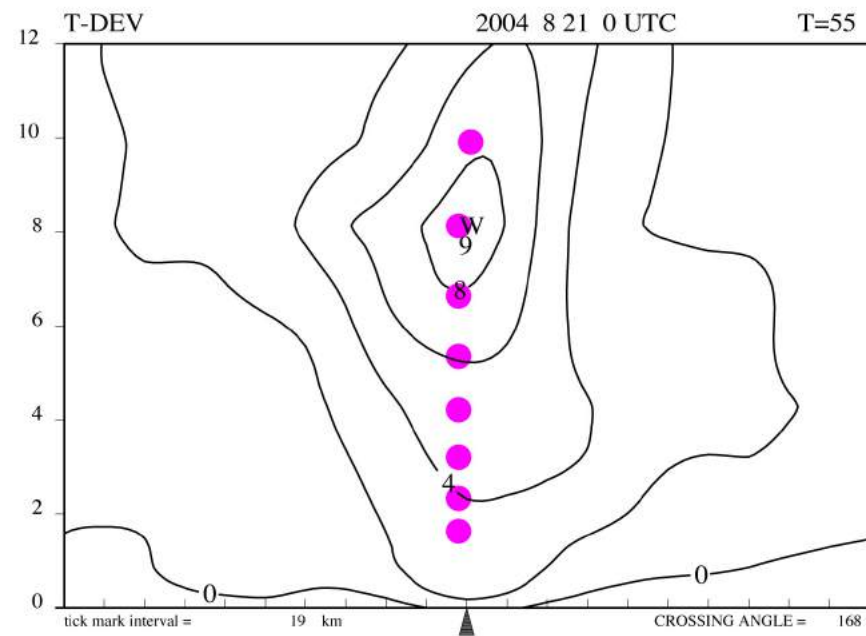
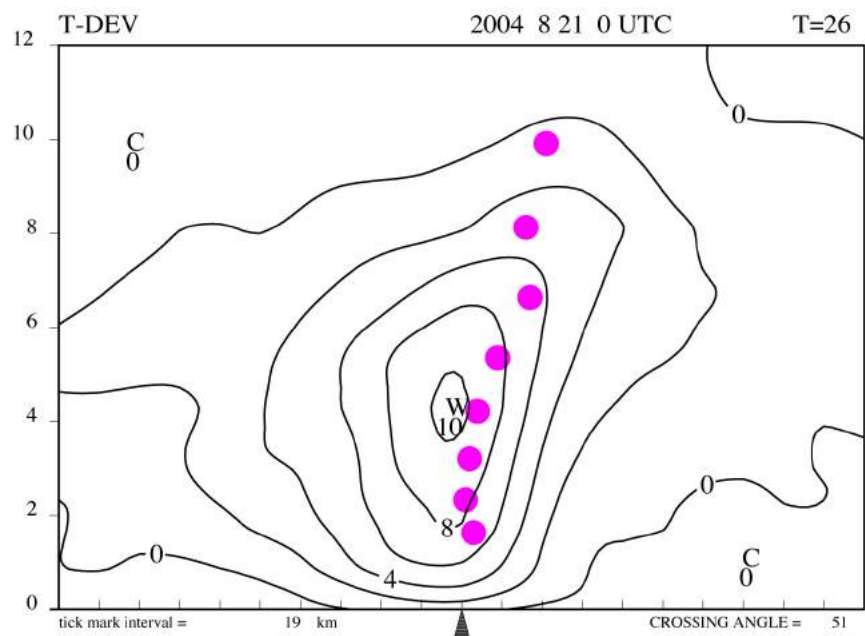
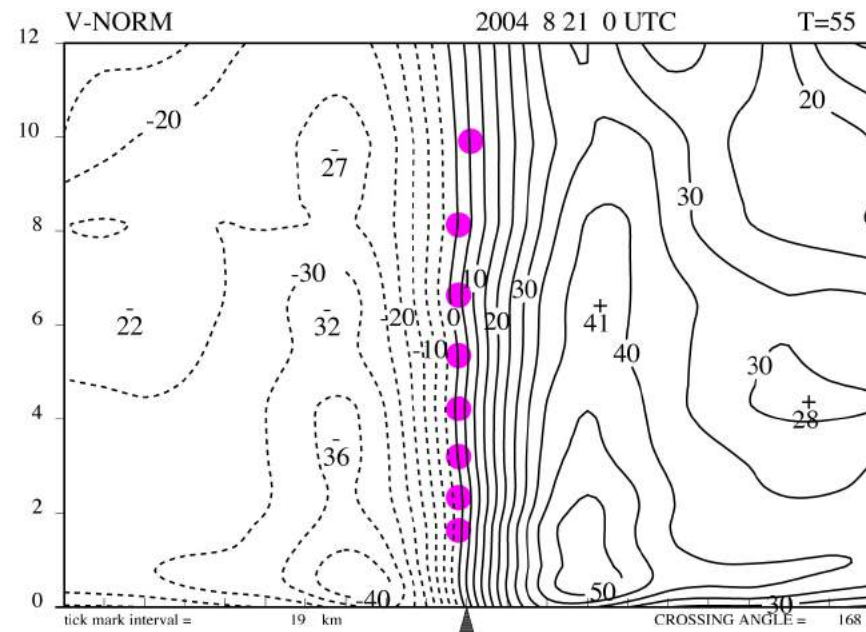
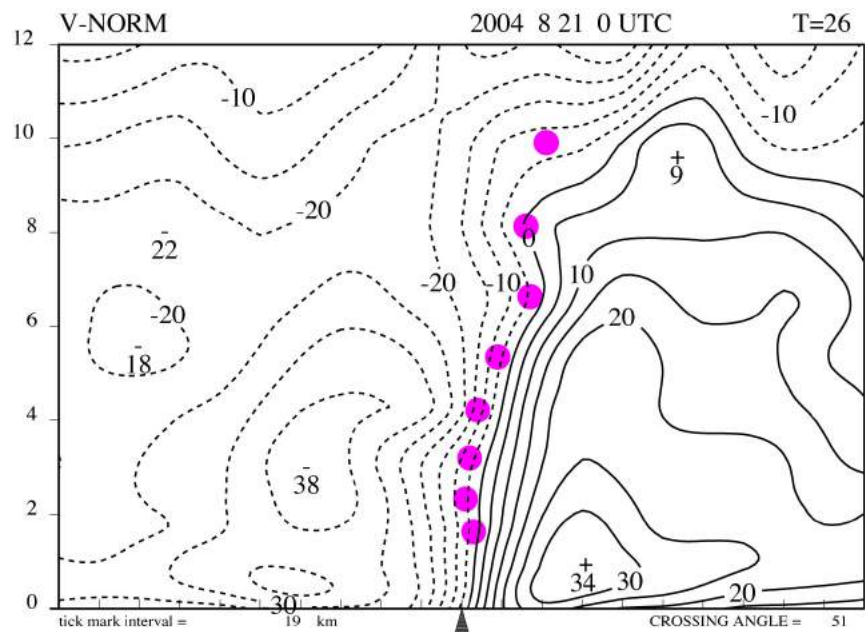
温度風バランスの式(




$$\frac{\Delta\xi}{\Delta p} = \frac{RT_{1\max}}{pV_{\max}} \left/ \left(f + \frac{2V_{\max}}{r_{\max}} \right) \right.$$

渦軸傾斜の時間変化





現実には渦軸傾斜はもっと小さい？

- ・ 凝結物質（を含む気塊）が下降流域へ移動すると蒸発・冷却・湿潤化が生じる→アップシアー側での昇温および乾燥化を抑制（
- ・ 湿潤化により気塊が上昇流域に達した際に凝結しやすくなりダウンシアー右側での断熱冷却が抑制される（
- ・ 
アップシアー側での昇温の抑制とダウンシアー側での冷却の抑制は気温のアノマリーの成長を減じ渦軸傾斜を減じる（

環境風の鉛直シアー

①

温度風バランス

(波数1の)温度変化

②

移動座標系での定常性

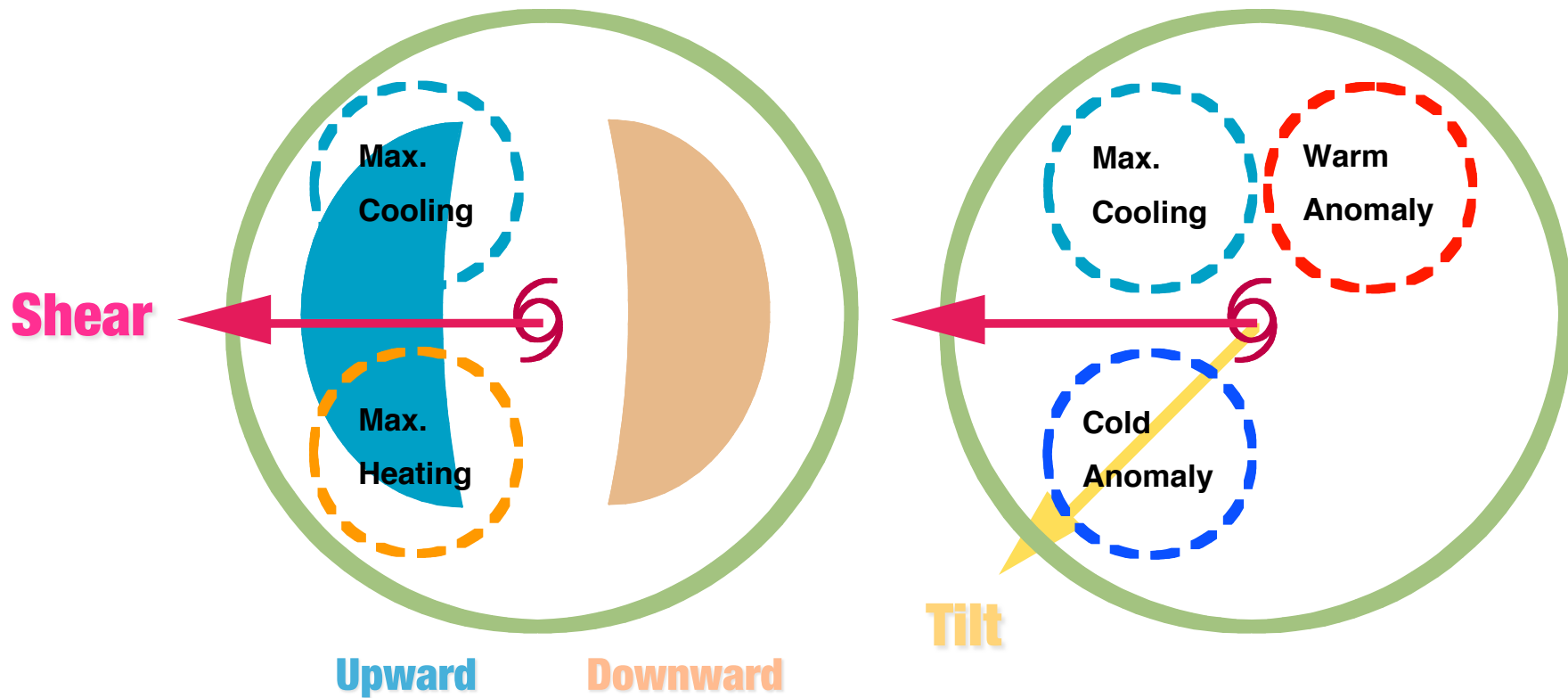
温度場の波数1の非対称

③

温度風バランス

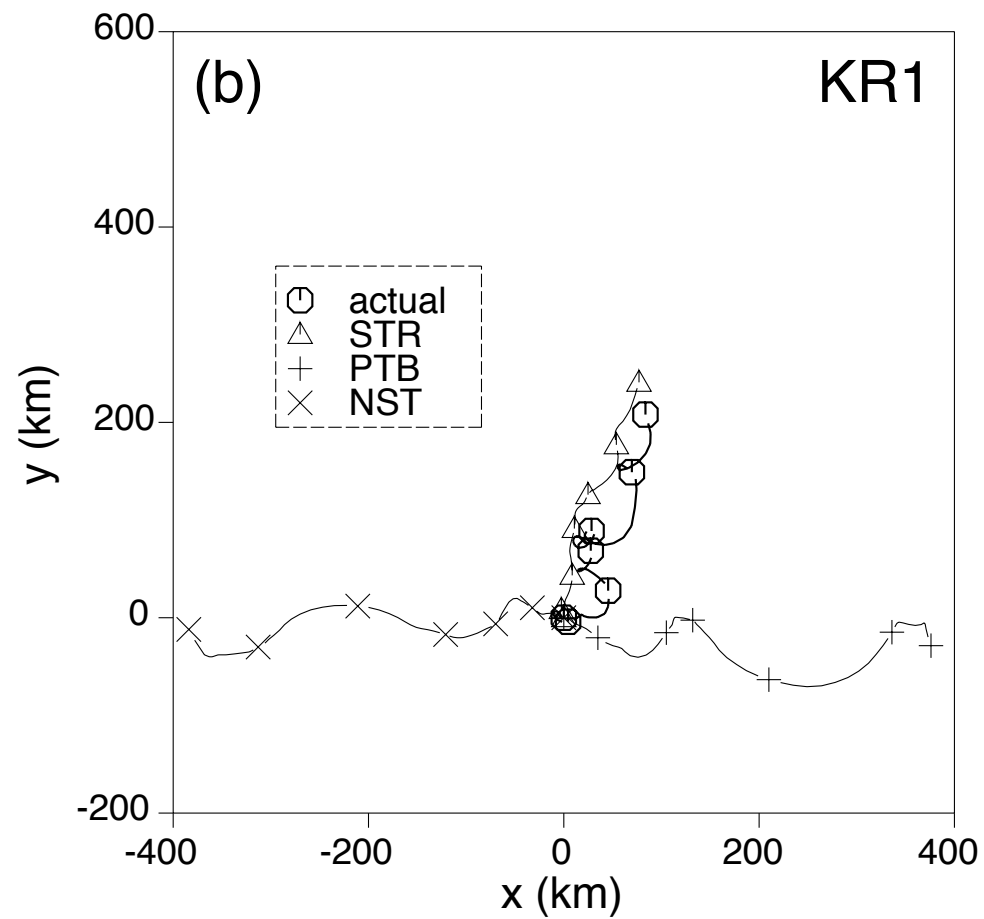
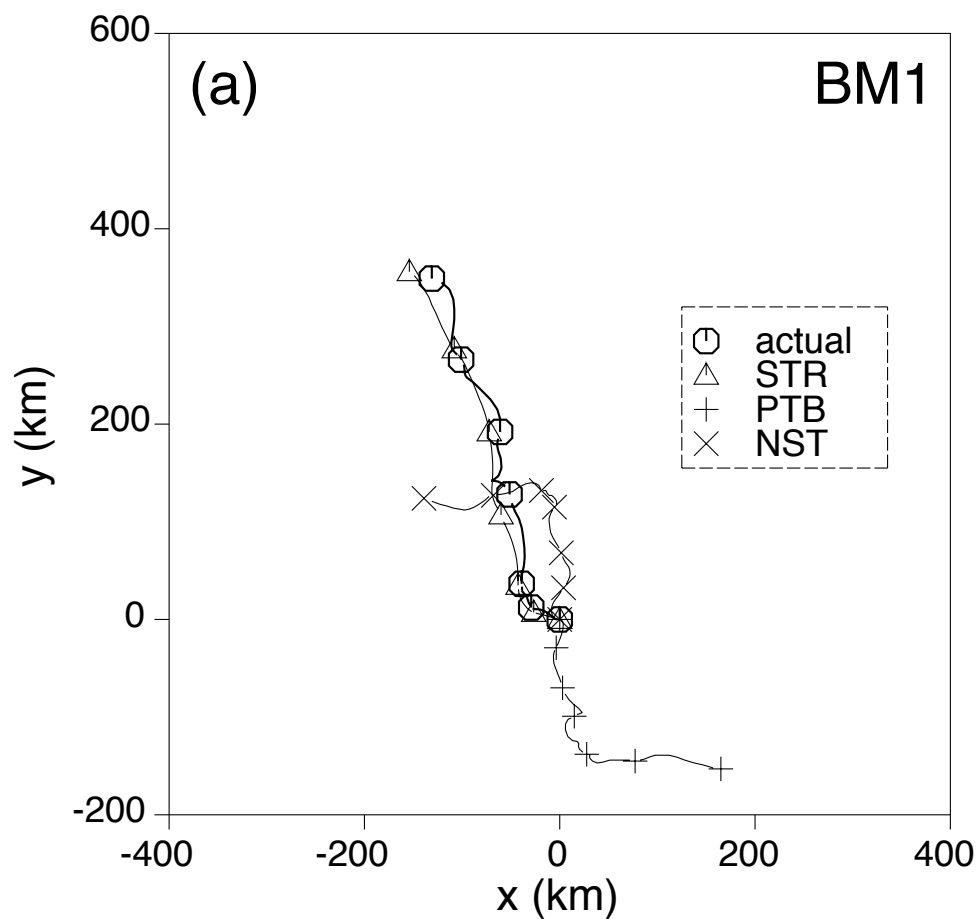
渦軸傾斜

シアー、鉛直流、渦軸傾斜の関係



モデル台風の移動がSTRで説明できるか

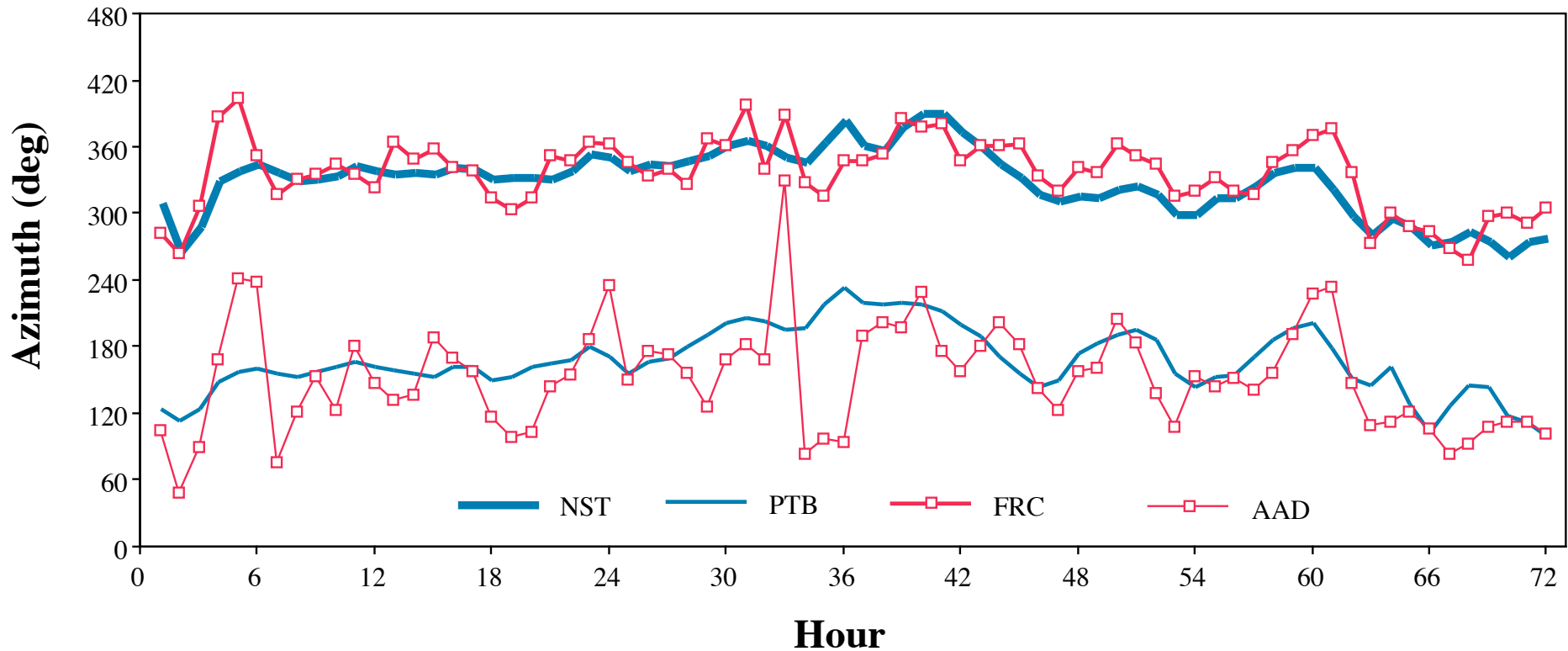
(PTBとNSTはほぼ相殺)(



移動機構への渦軸傾斜の関与（

正味の加熱冷却（FRC）→NST

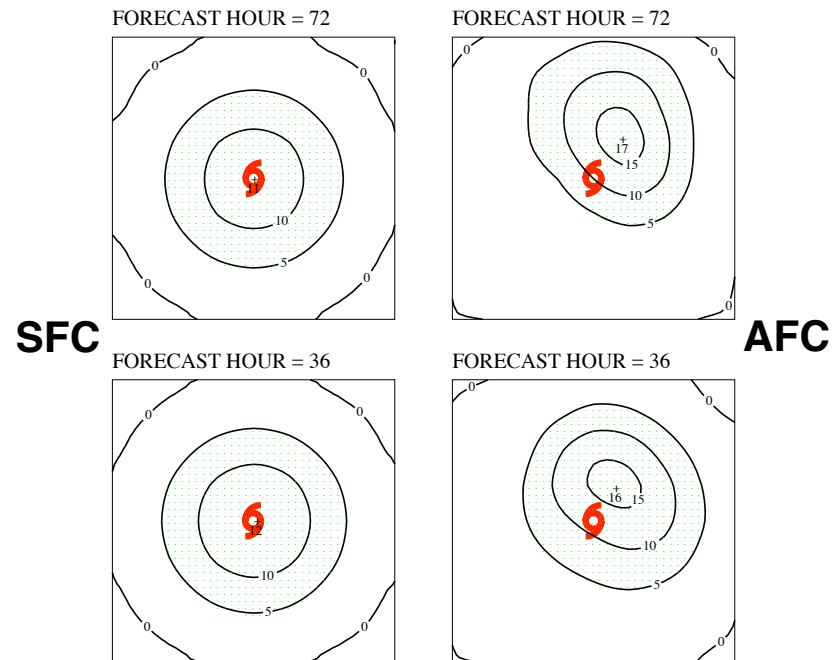
摂動流による水平移流（AAD）→PTB（



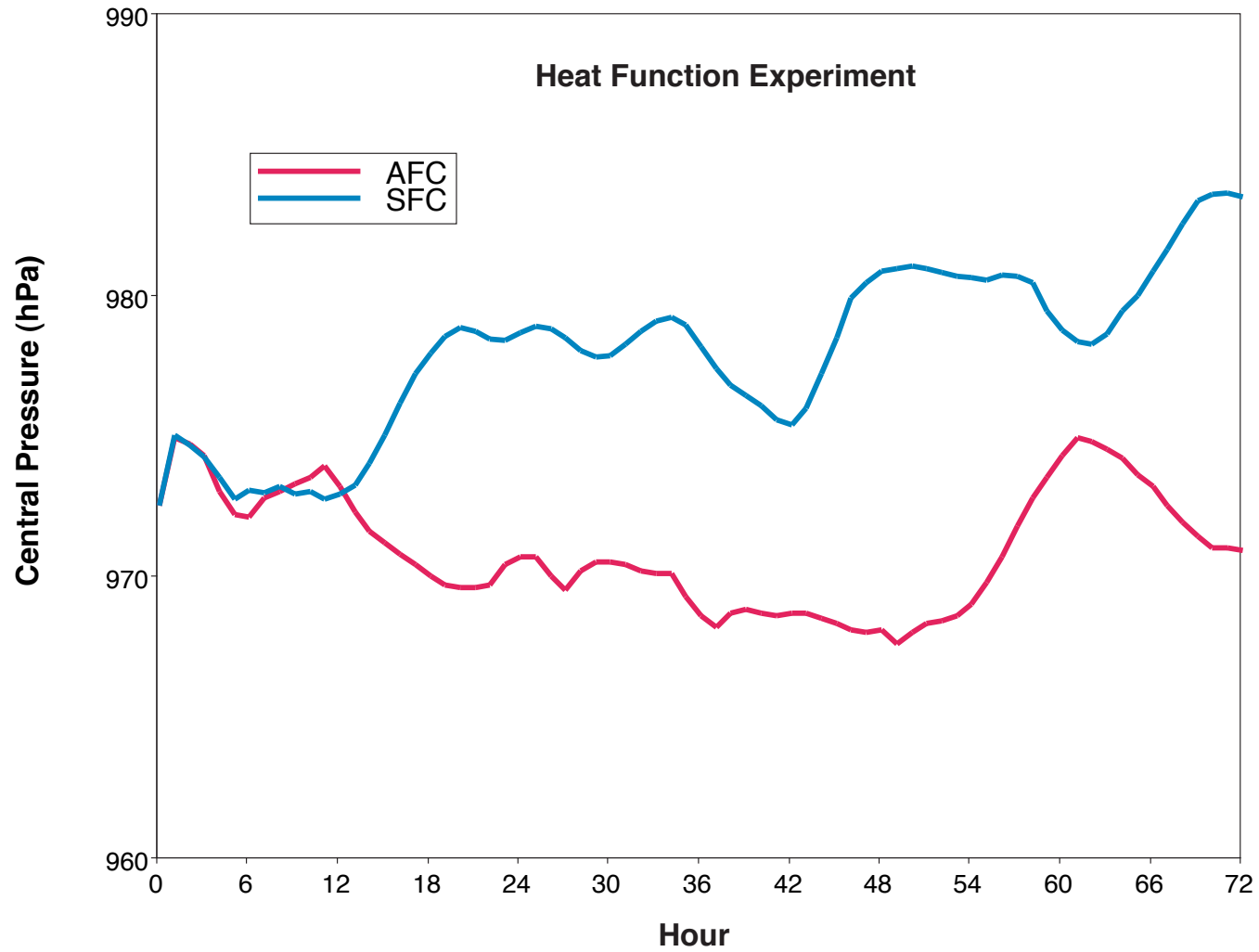
加熱関数を用いた f 面鉛直シアー実験

$$\text{AFC} : \downarrow \delta Q_{\text{AFC}}(r, \lambda, \sigma, t) = -c_p \frac{[T(r, \lambda, \sigma, t) - \bar{T}(r_e, \sigma, t)] - [\bar{T}(r, \sigma, t_0) - \bar{T}(r_e, \sigma, t_0)]}{\tau_R}$$

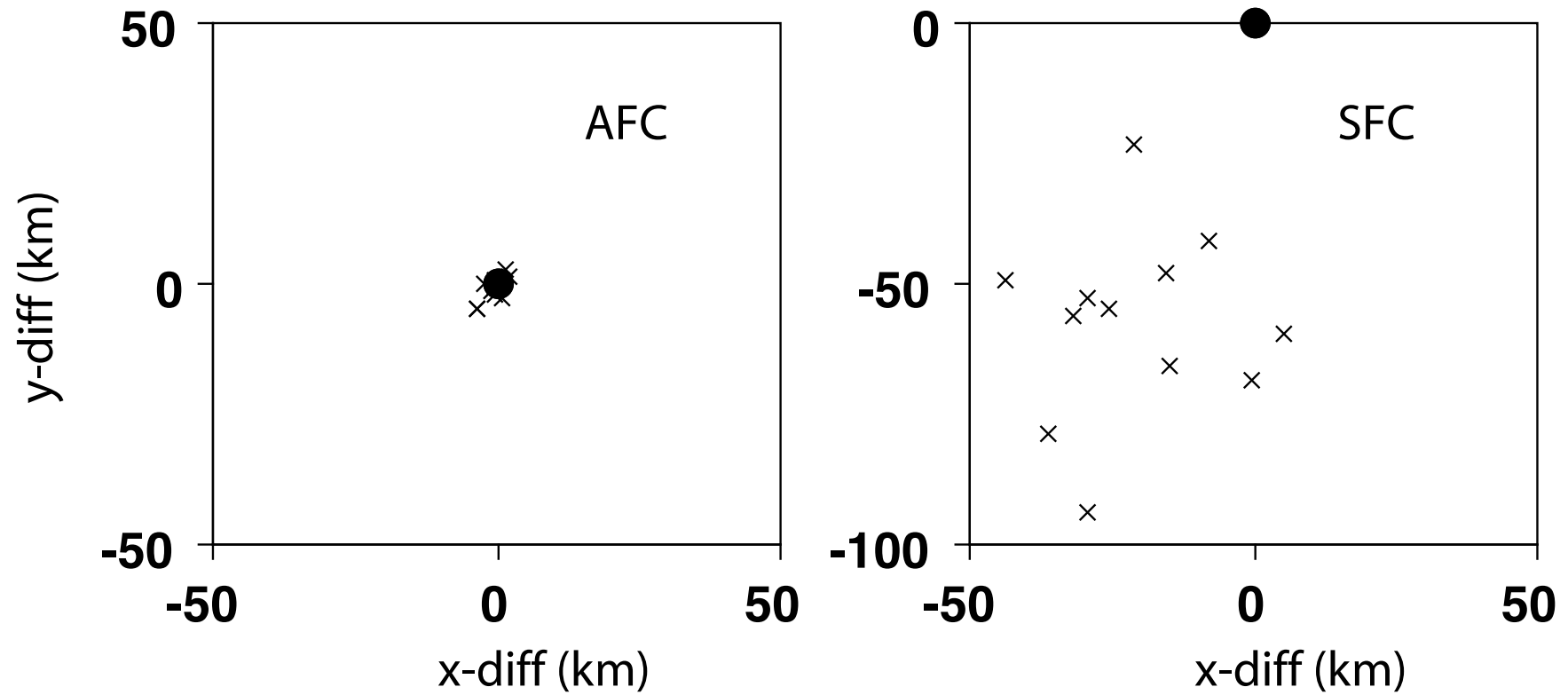
$$\text{SFC} : \downarrow \delta Q_{\text{SFC}}(r, \sigma, t) = -c_p \frac{[\bar{T}(r, \sigma, t) - \bar{T}(r_e, \sigma, t)] - [\bar{T}(r, \sigma, t_0) - \bar{T}(r_e, \sigma, t_0)]}{\tau_R}$$



f面鉛直シアー実験 (非対称加熱 .vs. 軸対称加熱)



非対称加熱が渦軸直立に寄与している可能性 (f 面鉛直シアー実験) (



気象庁メソ解析の概要

解析手法: 4次元変分法
解像度: 10km, 鉛直40層

●同化に用いる観測データ:

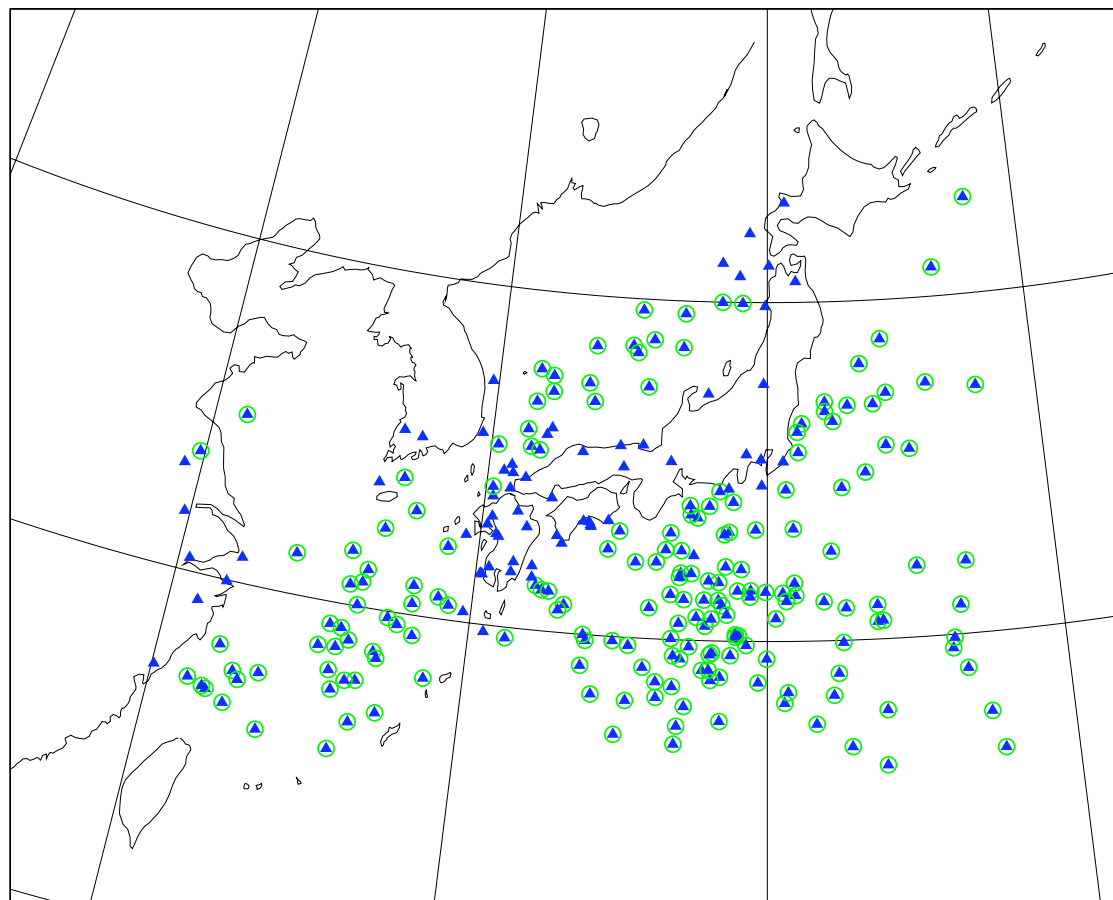
ラジオゾンデ、パイバル、航空機、船舶、ウィンドプロファイラー、ドップラーレーダー、静止気象衛星、極軌道衛星などからの風、気温、水蒸気量、降水量に関するデータ

●疑似観測データ:

台風域内については、台風中心位置、中心気圧、強風半径、地上気圧観測データに基づいて作成した人工的データ

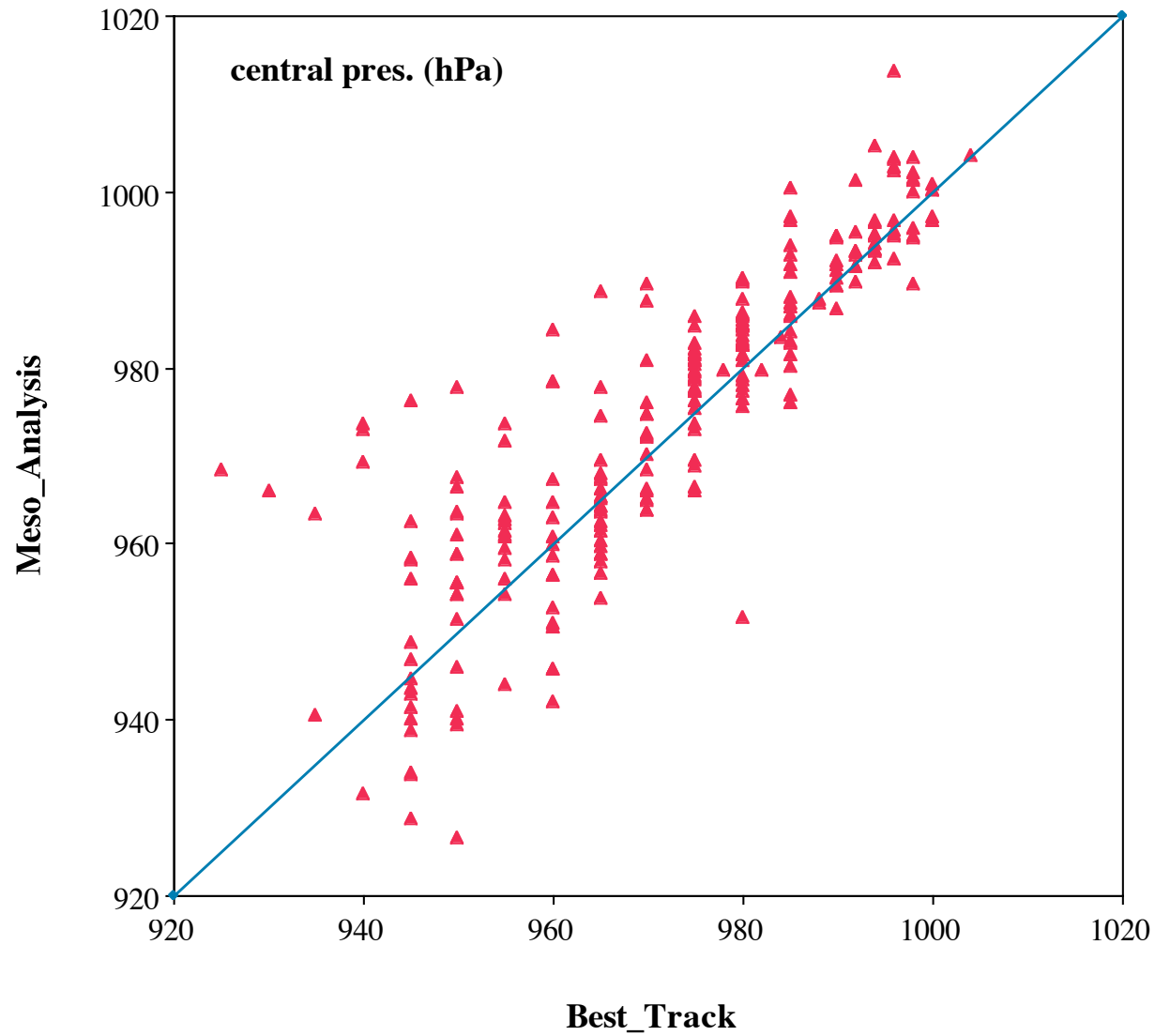
気象庁メソ解析値を利用した検証

(渦軸傾斜254事例, 地上風非対称190事例) ↓

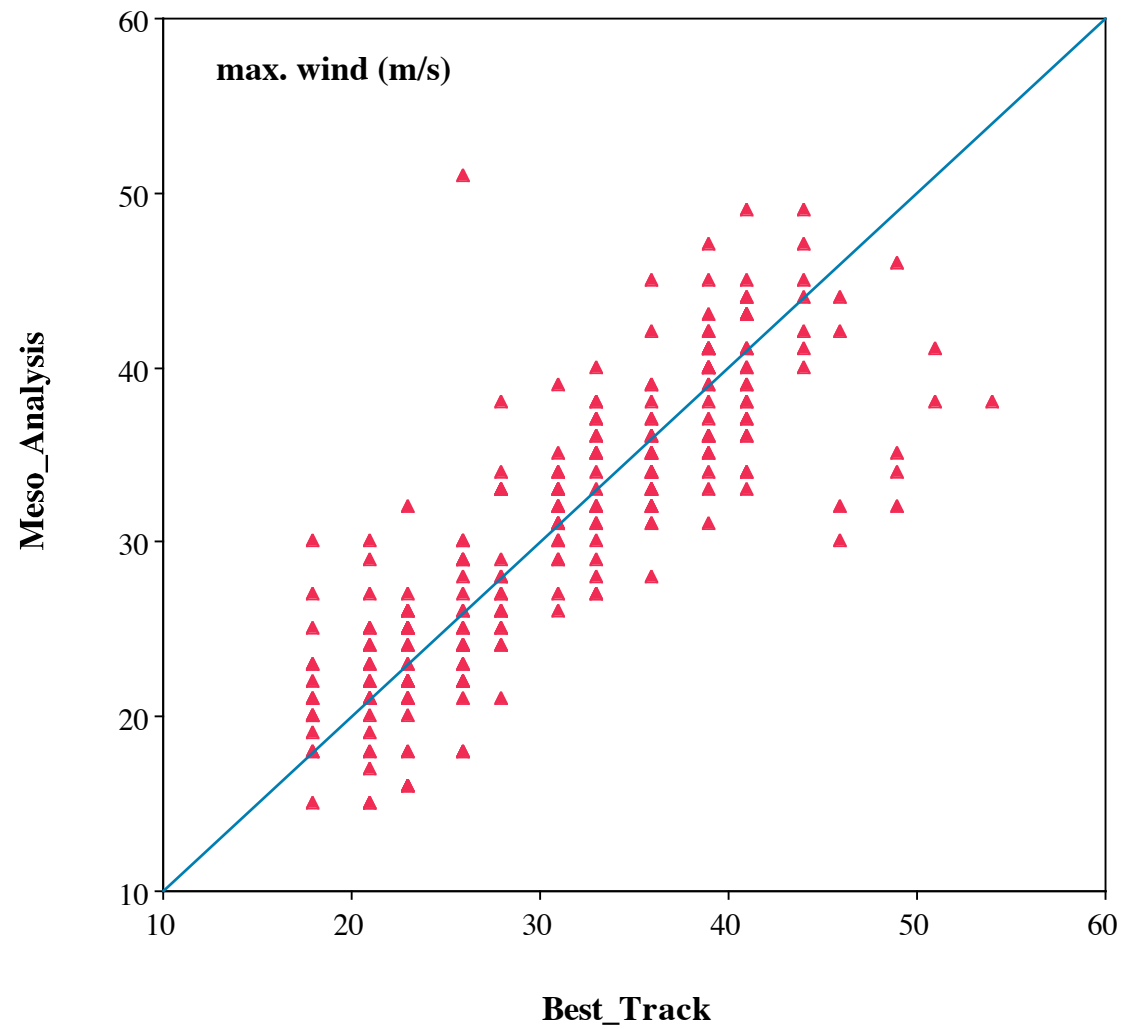


2004-2007年の台風シーズン(

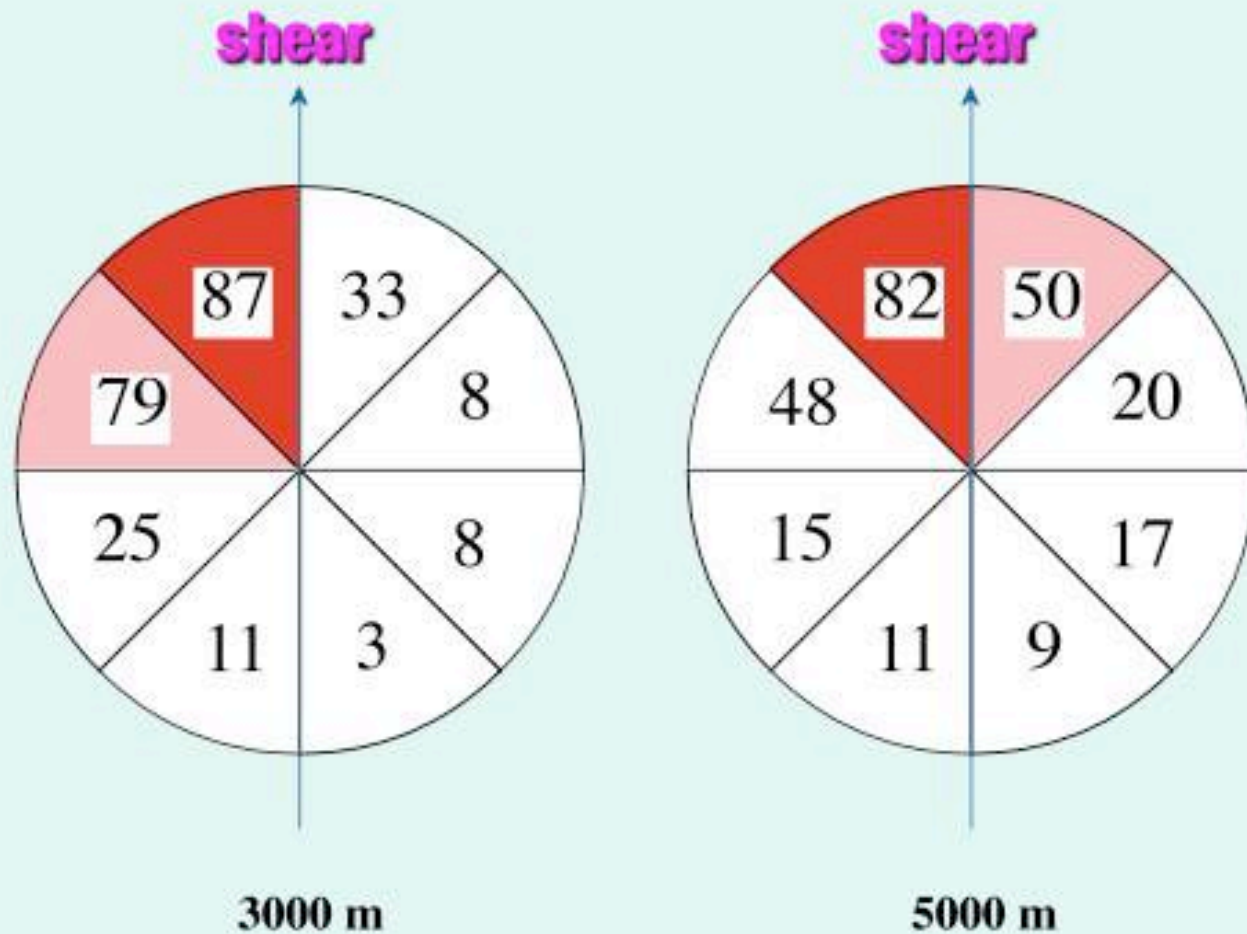
中心気圧 (メソ解析vsベストトラック)



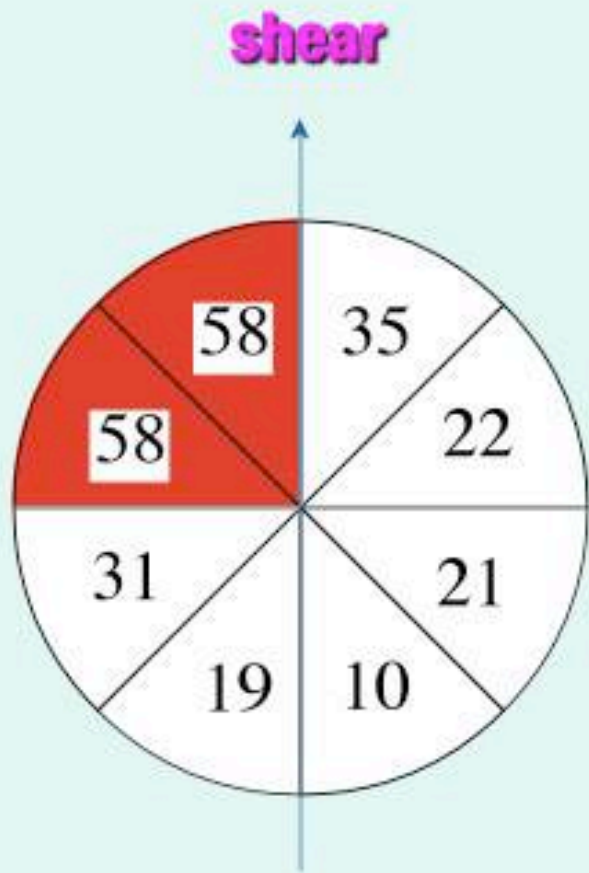
最大風速 (メソ解析vsベストトラック)



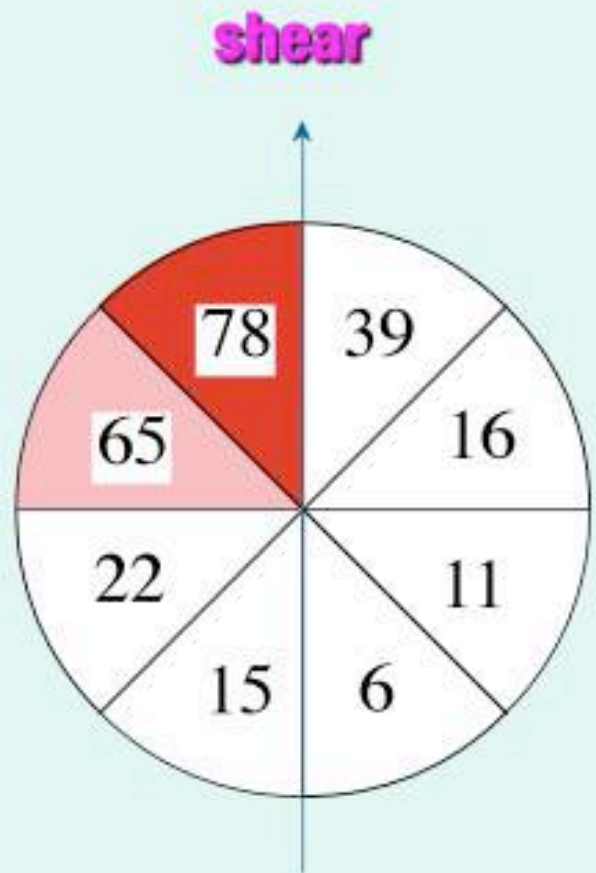
低温偏差の方位別出現頻度(気象庁メソ解析)



高比湿偏差の方位別出現頻度(気象庁メソ解析)



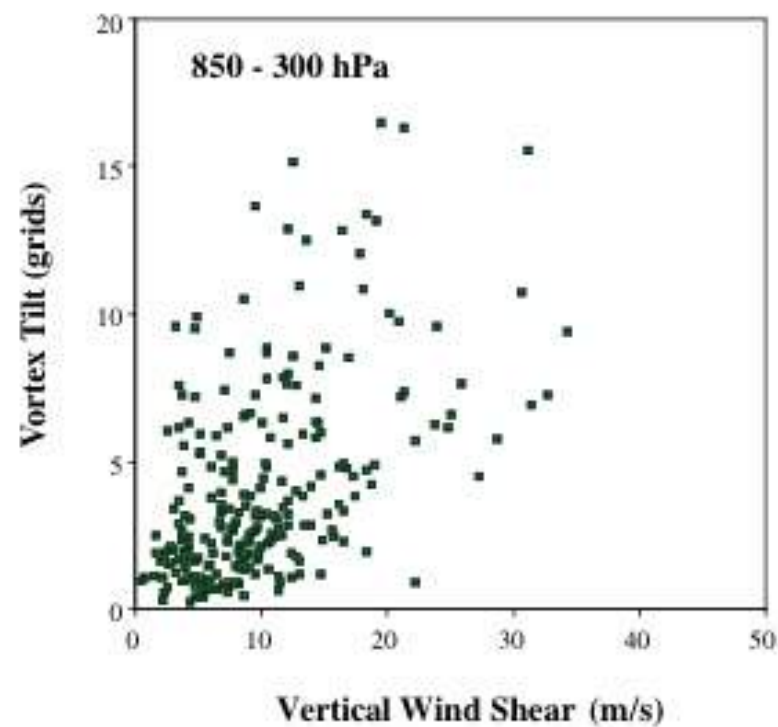
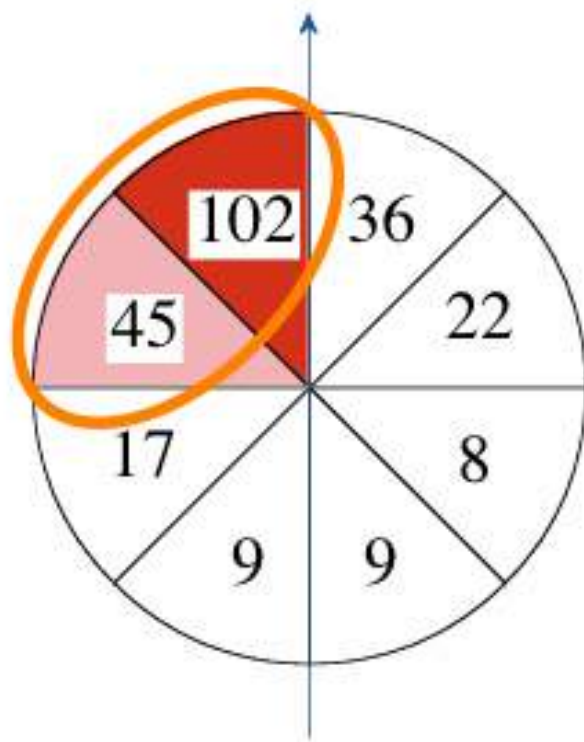
3000 m



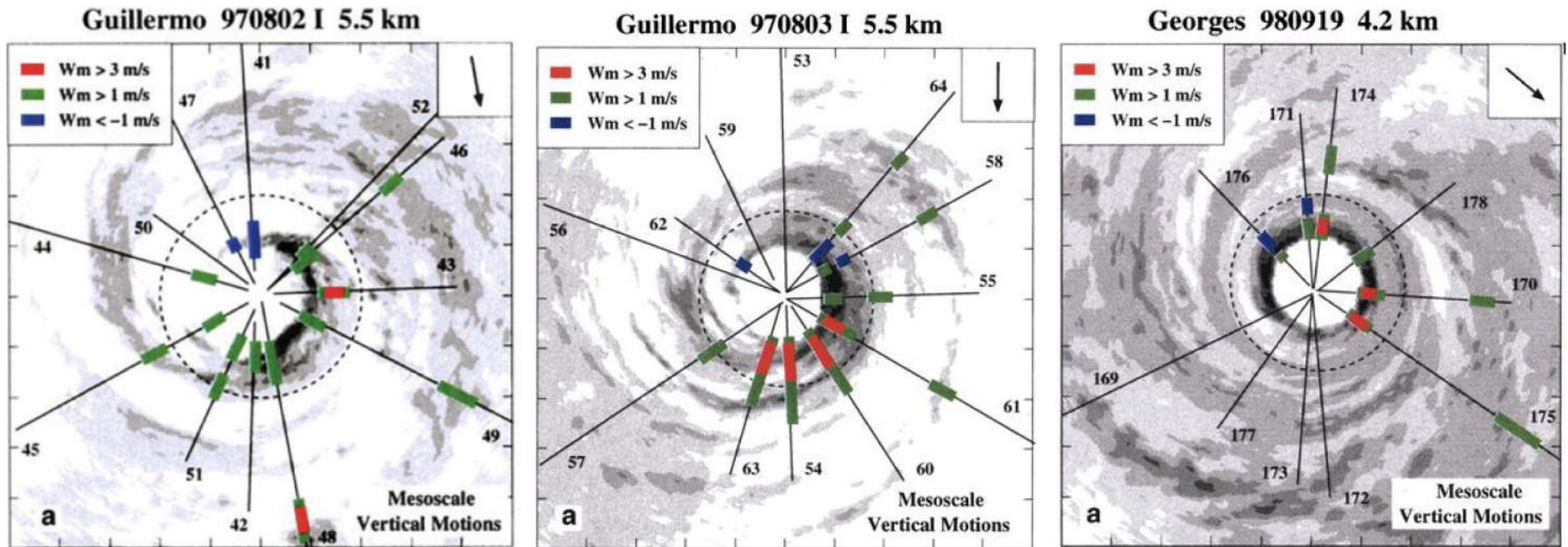
5000 m

渦軸傾斜の方位別出現頻度(気象庁メソ解析)

2004-2007年 ↓

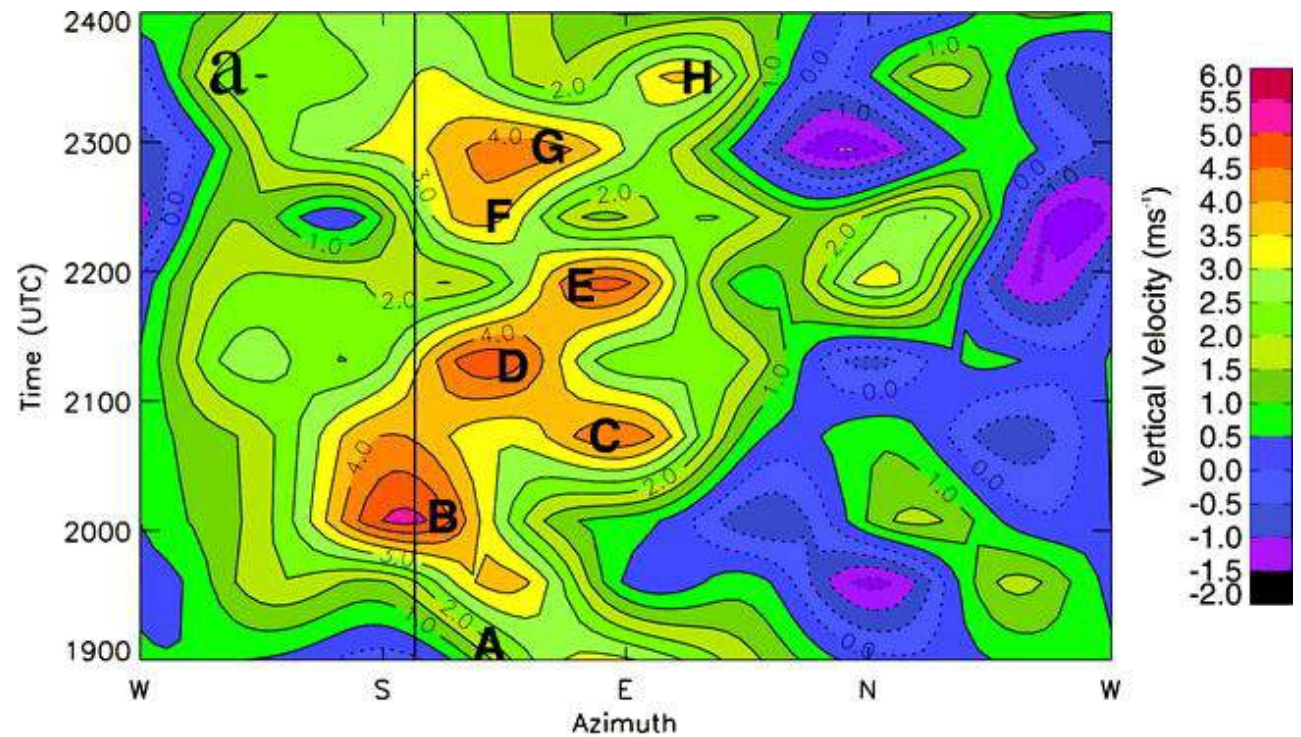


メソスケール鉛直流（飛行機観測の結果）



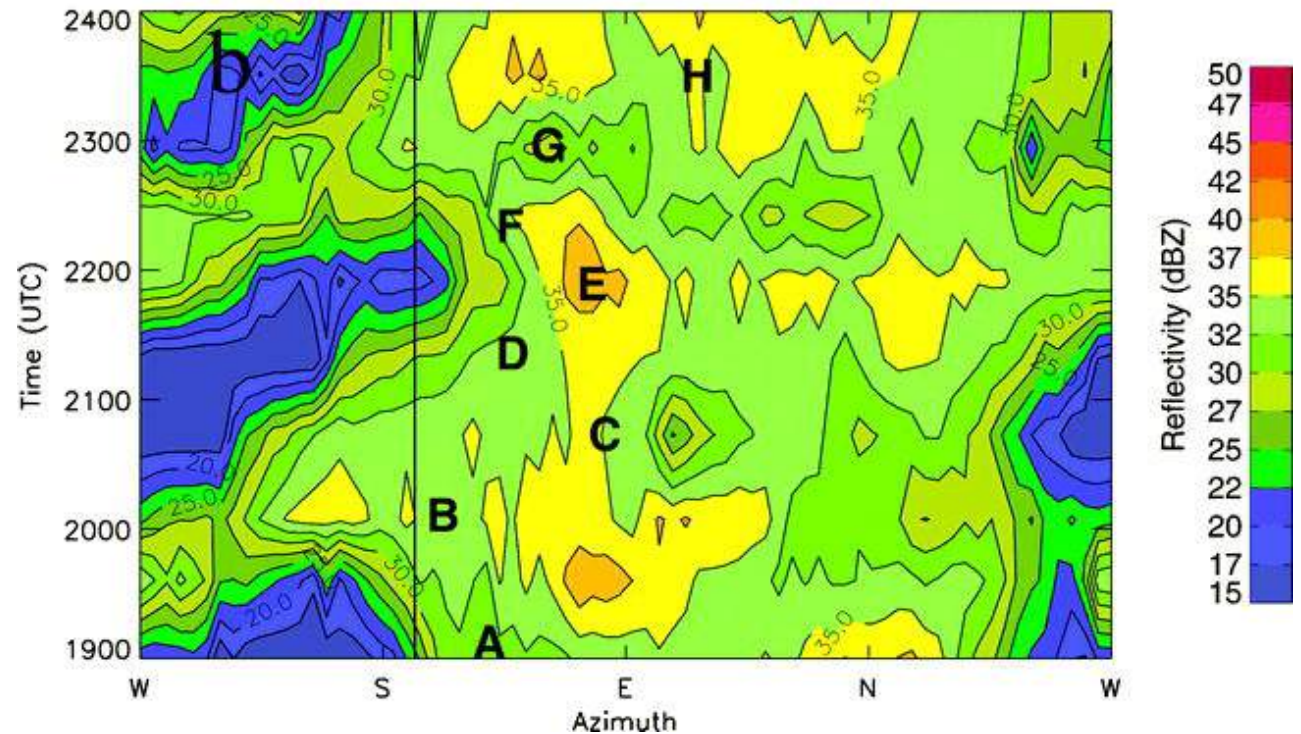
Eastin et al. (2005) ↓

上昇流が強く
反射強度の弱い所は
Cooling域？



Guillermo (1997)
の観測解析結果 ↓

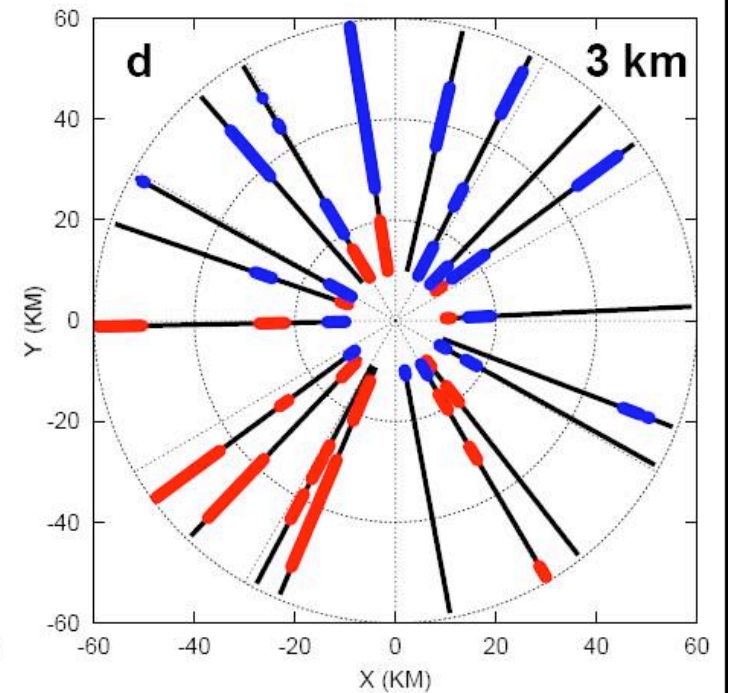
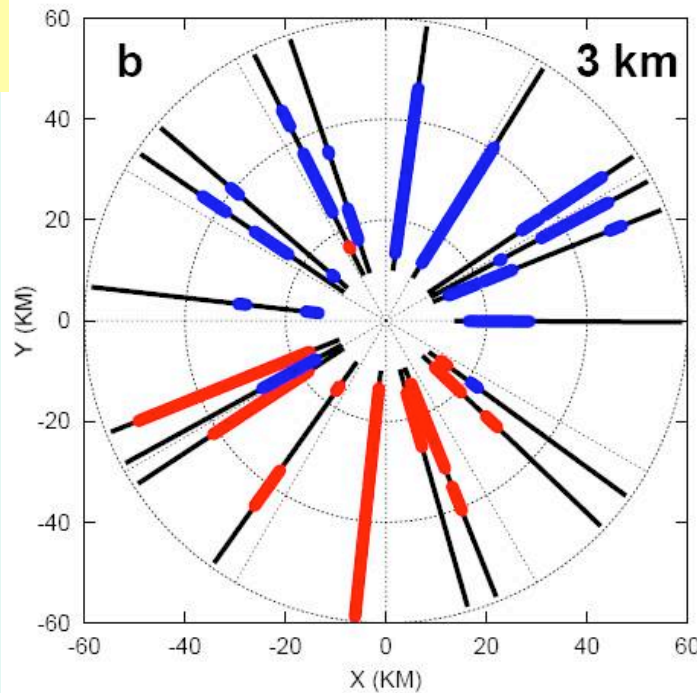
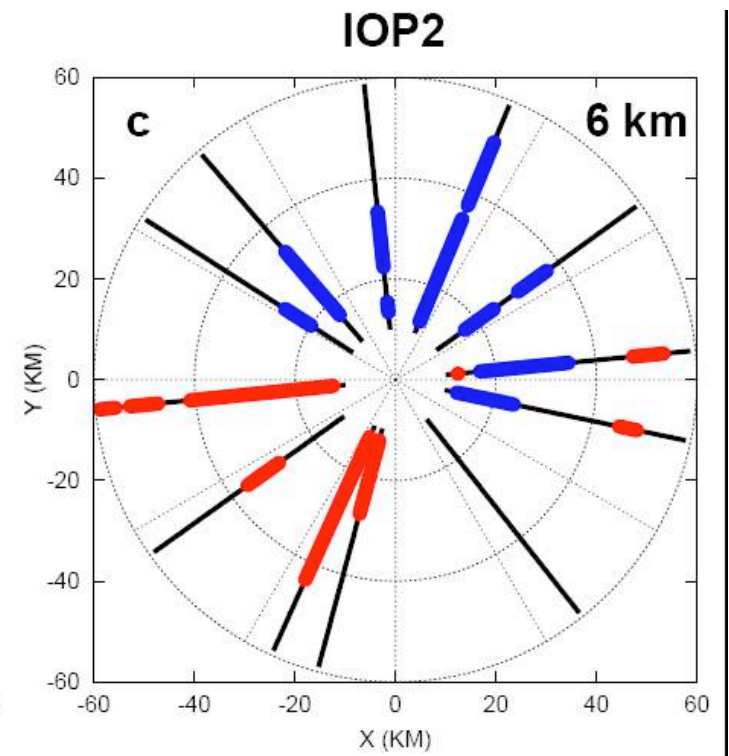
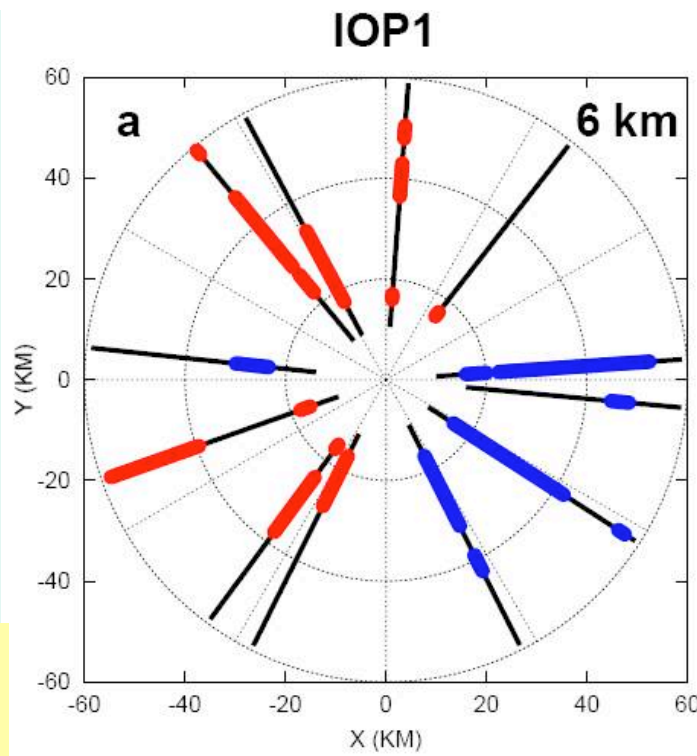
Reasor et al. (2009) ↓



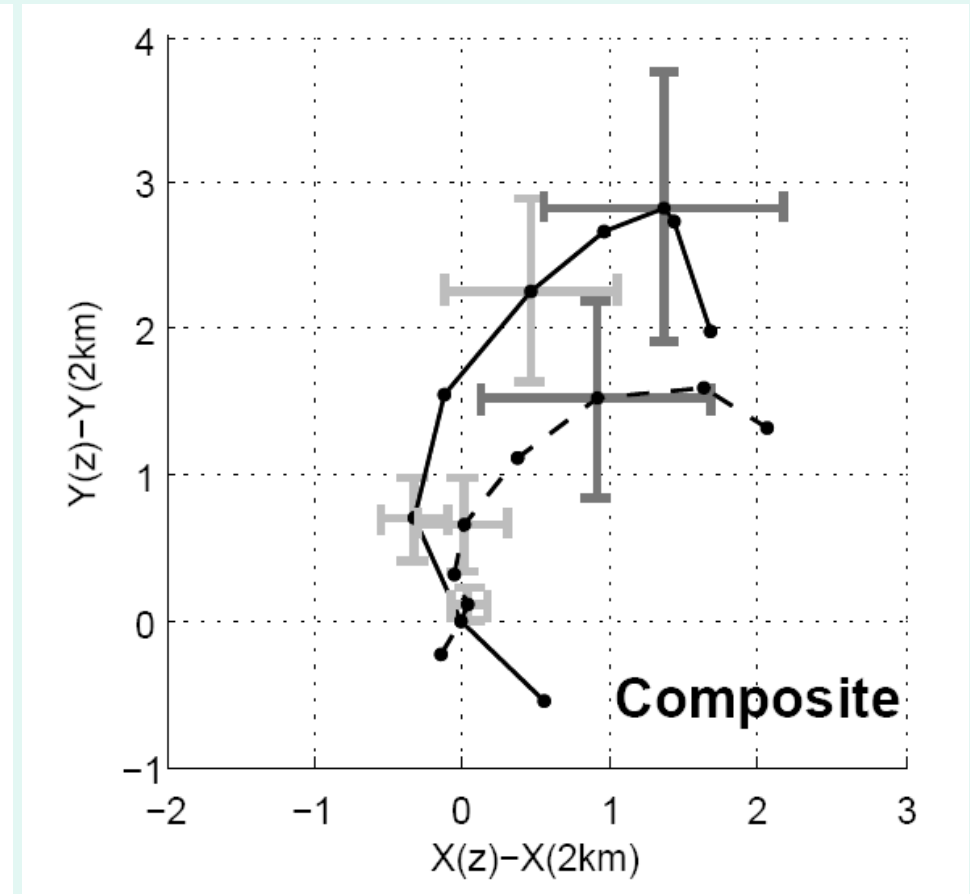
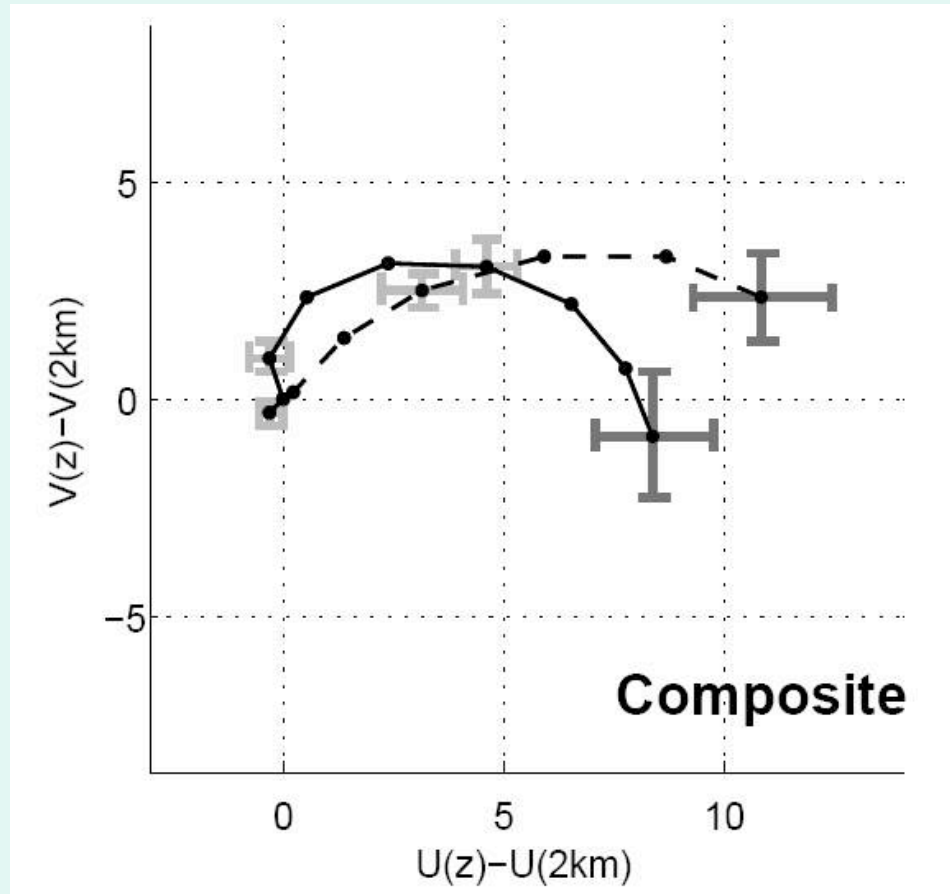
温位場の非対称 (航空機観測)

All fields have been rotated such that the large-scale VWS vector points due east. ↓

Reasor and Eastin (2011) ↓



観測で得られた鉛直シアーと渦軸傾斜



Reasor and Eastin (2011) ↓

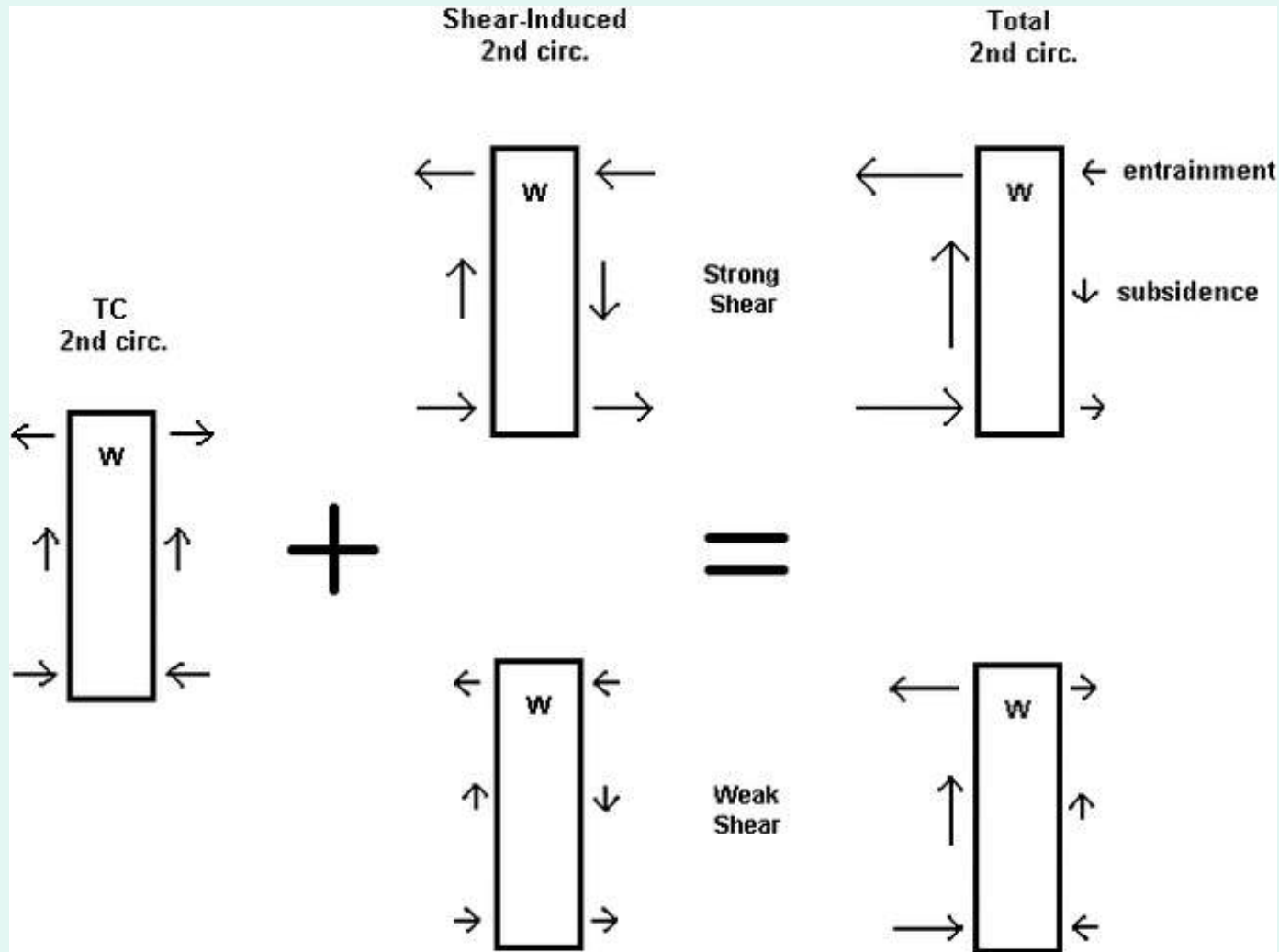
渦軸傾斜の向きと上昇流最大方位の一致に対する別の説明

Reasor and Eastin (2011) ↓

Wu et al. (2006) invoked a vorticity balance argument similar to Willoughby et al. (1984) and Bender (1997) which assumes vorticity advection tends to oppose stretching of vorticity. According to this argument, storm-relative asymmetric inflow should coincide with enhanced convergence where the flow impinges upon the eyewall. At low-levels Wu et al. found the location of this enhanced mesoscale convergence generally coincided with the downtilt direction and served as a favored region for ascent. ↓

Braun et al. (2006) showed a similar relationship between the direction of TC tilt and the wavenumber-1 potential temperature asymmetry in their moist numerical simulations. They noted that despite latent heating downtilt, a mesoscale cold anomaly may still arise there if the adiabatic cooling exceeds the latent heating (Zhang et al. 2002) or anomalous adiabatic warming occurs through subsidence on the uptilt side. ↓

メソスケールの下降流の有無はTC強度変化と密接にリンクしているか？ ↓



Wong and Chan (2004) ↓