



「爆弾低気圧!？」 過激で危険なその本性と生涯

2006年11月に佐呂間竜巻
を引き起こした爆弾低気圧
のシミュレーション結果

第17回気象サイエンスカフェ東京
2009年6月11日19時～
@明治大学駿河台キャンパス
喫茶室「カフェ・パンセ」

爆弾低気圧って何？

- 中心気圧が、24時間で24 hPa以上、低下した**温帯低気圧** (通常は24時間で5 hPa程度)

低気圧域内の**最大風速**がおよそ17 m/s (34ノット, 風力8) 以上の**熱帯低気圧**は

台風

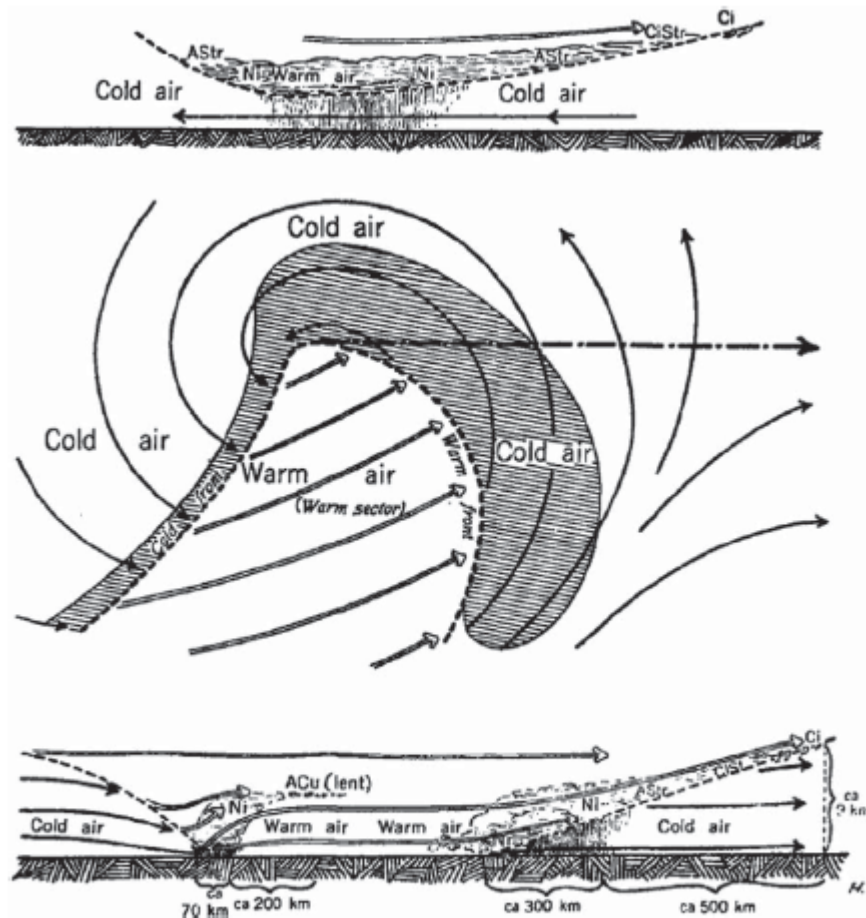
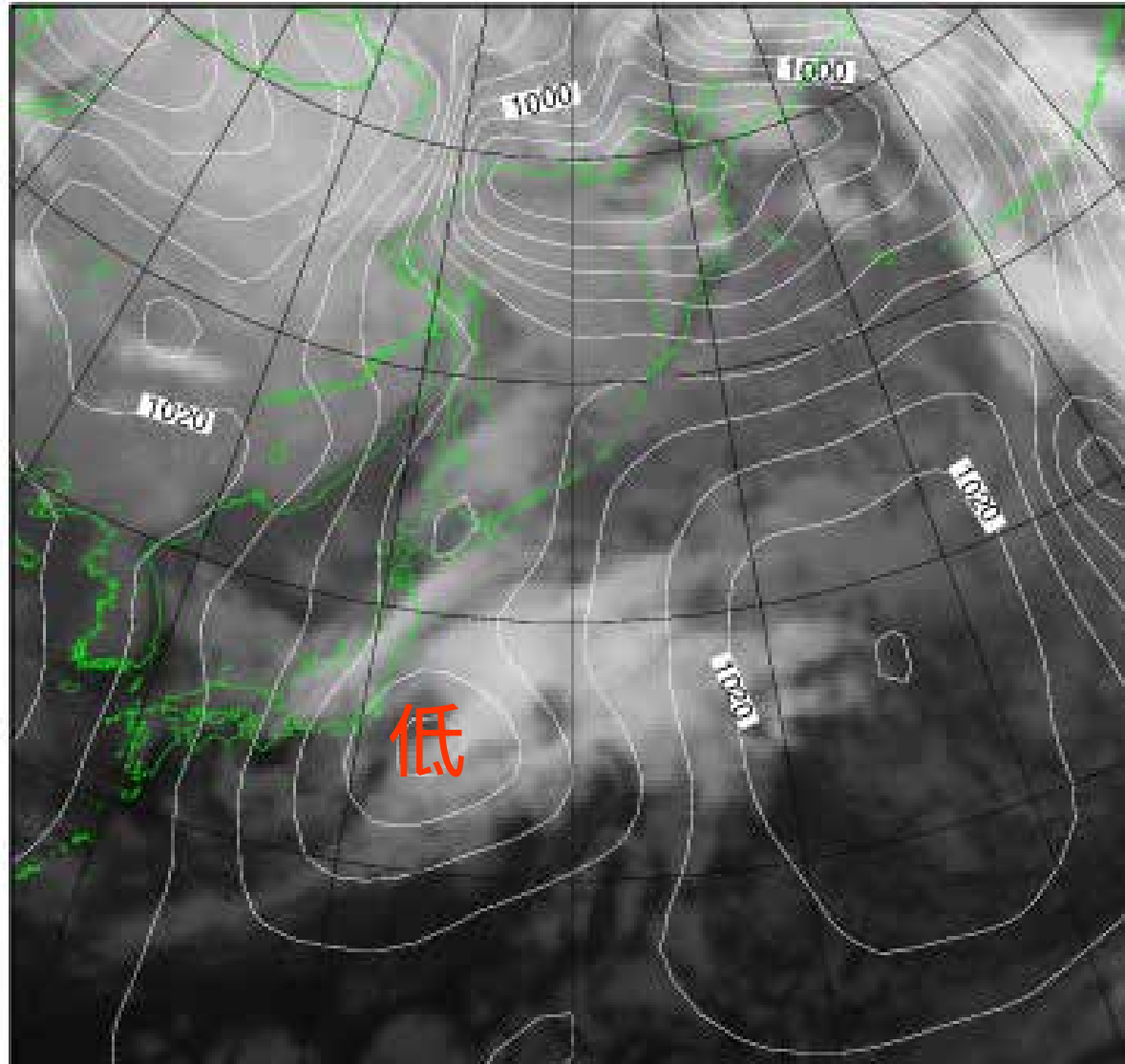


FIG. 1. Illustration of frontal clouds and precipitation in the Norwegian Cyclone Model, as conceptualized in Bjerknes and Solberg (1922).

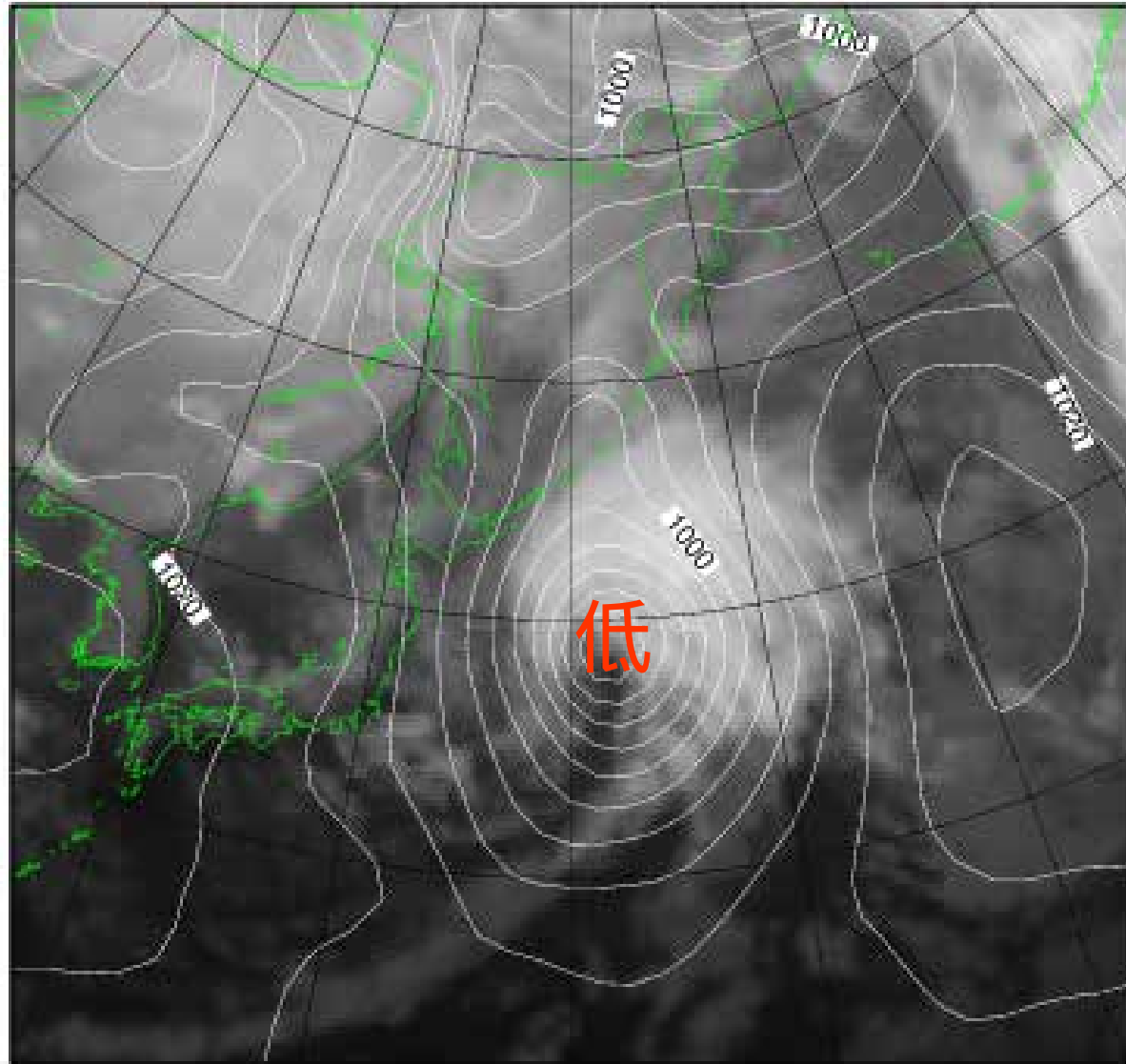
1997年12月30日1200 UTC

中心気圧: 999 hPa、最大風速: 16 m/s、強風半径: 400 km



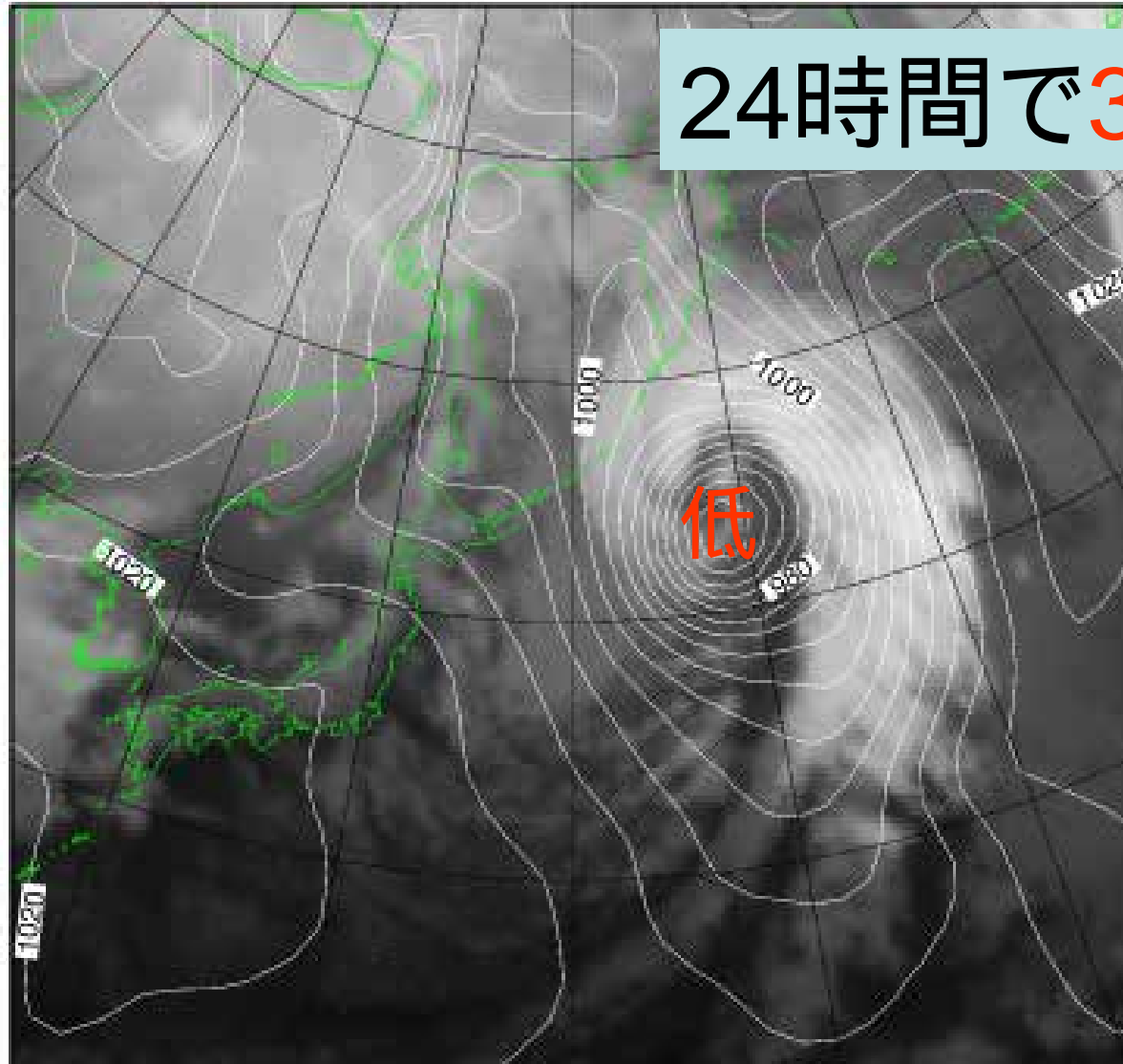
1997年12月31日0000 UTC

中心気圧: 976 hPa、最大風速: 22 m/s、強風半径: 800 km



1997年12月31日1200 UTC

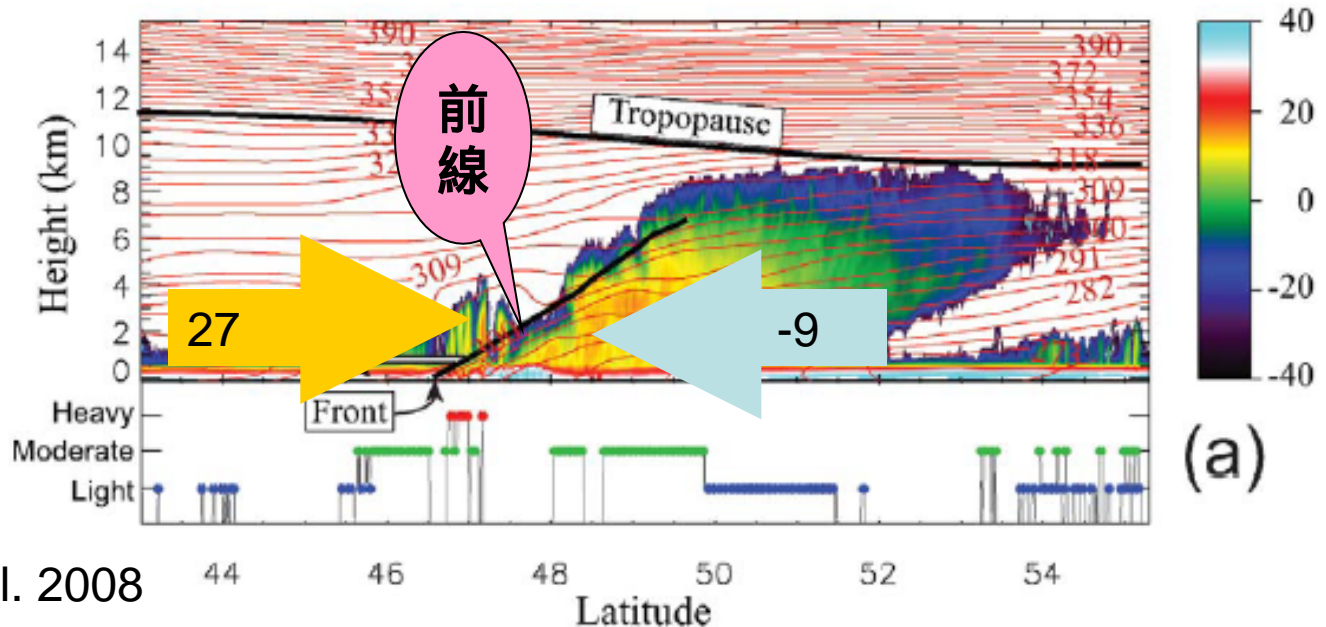
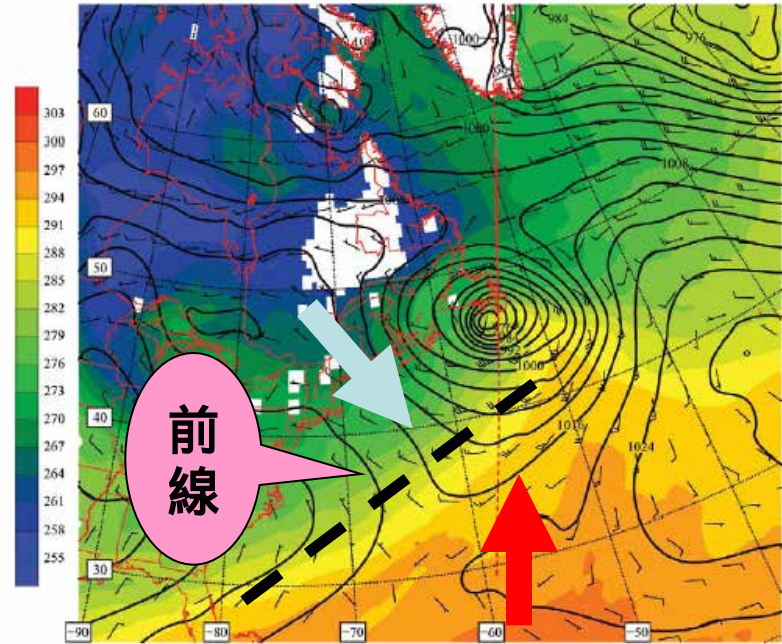
中心気圧: 960 hPa、最大風速: 28 m/s、強風半径: 1000 km



24時間で39 hPa

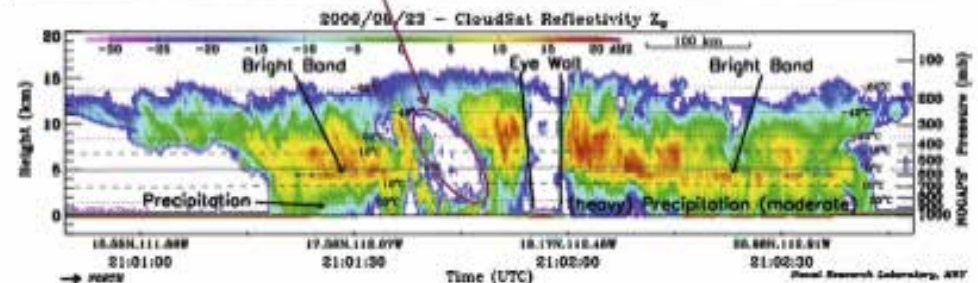
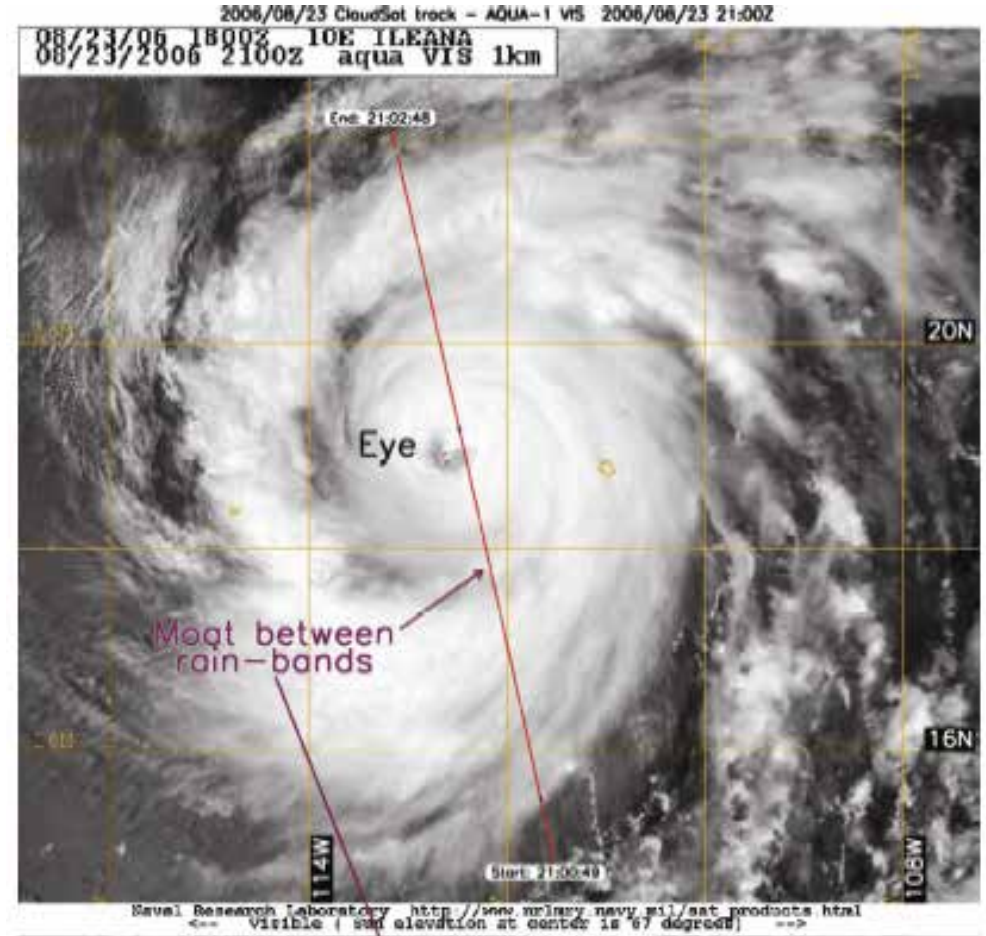
温帯低気圧の構造

- 寒気と暖気のぶつかり合いがエネルギー源
- 水平方向の気温差 (気温勾配) が重要



台風(熱帯低気圧)の構造

- 水蒸気の凝結を伴った積乱雲の発達がエネルギー源
- 地表付近の水蒸気量と大気の上下気温差が重要



Mitrescu et al. 2008

FIG. 2. The A-Train (Aqua-VIS and CloudSat) view of Hurricane Ileana at 2100 UTC 23 Aug 2006. See text for explanations.

台風と爆弾低気圧の違い(防災面)

• 台風:

- 強風、大雨が比較的**狭い(約1000 km)**範囲に集中し、長時間持続しながら移動
- 「どこを通るか(**進路**)」
- **線**の予測
- 準備ができる(5日前から予報が出る)

• 爆弾低気圧:

- 比較的**広い(約2000 km)**範囲に影響するが、持続時間は比較的短い
- 「どこで、どのくらい発達するか(**場所+強さ**)」
- **点**の予測
- 準備ができない(をしない)かも、、。(急に発達する)

じゃあ、爆弾低気圧って

- いつ起きる？
- どこで起きる？
- いくつ起きる？
- なんでも起きる？
- 予測はできる？

という、素朴な疑問

爆弾低気圧 (bomb cyclone) 事始め

- 1978年9月北大西洋上で低気圧が急発達
- 客船クイーンエリザベス2世号(損傷)とトロール船 Captain Cosmo(沈没)が遭遇
- 当時の数値予報では、急発達を予測できず。

(60 hPa/24時間)

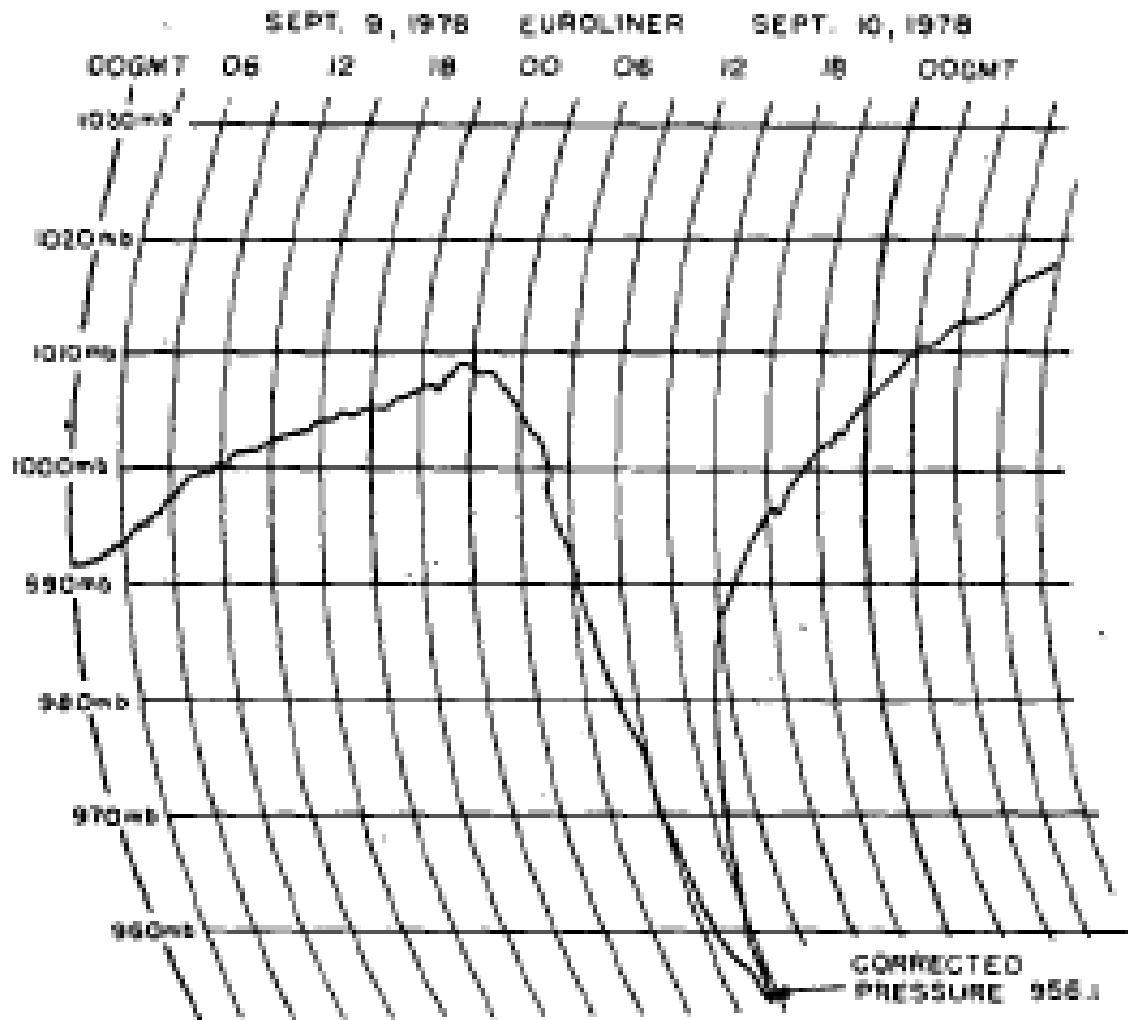


FIG. 1. Euroliner barograph trace for 9-10 September 1978.

1998年(大学院進学)当時の知見

- ほとんどが冬に発生。
- 日本付近と北西大西洋に多い。
- 上空のトラフと関係
- 日本付近の爆弾低気圧の研究例は少ない。

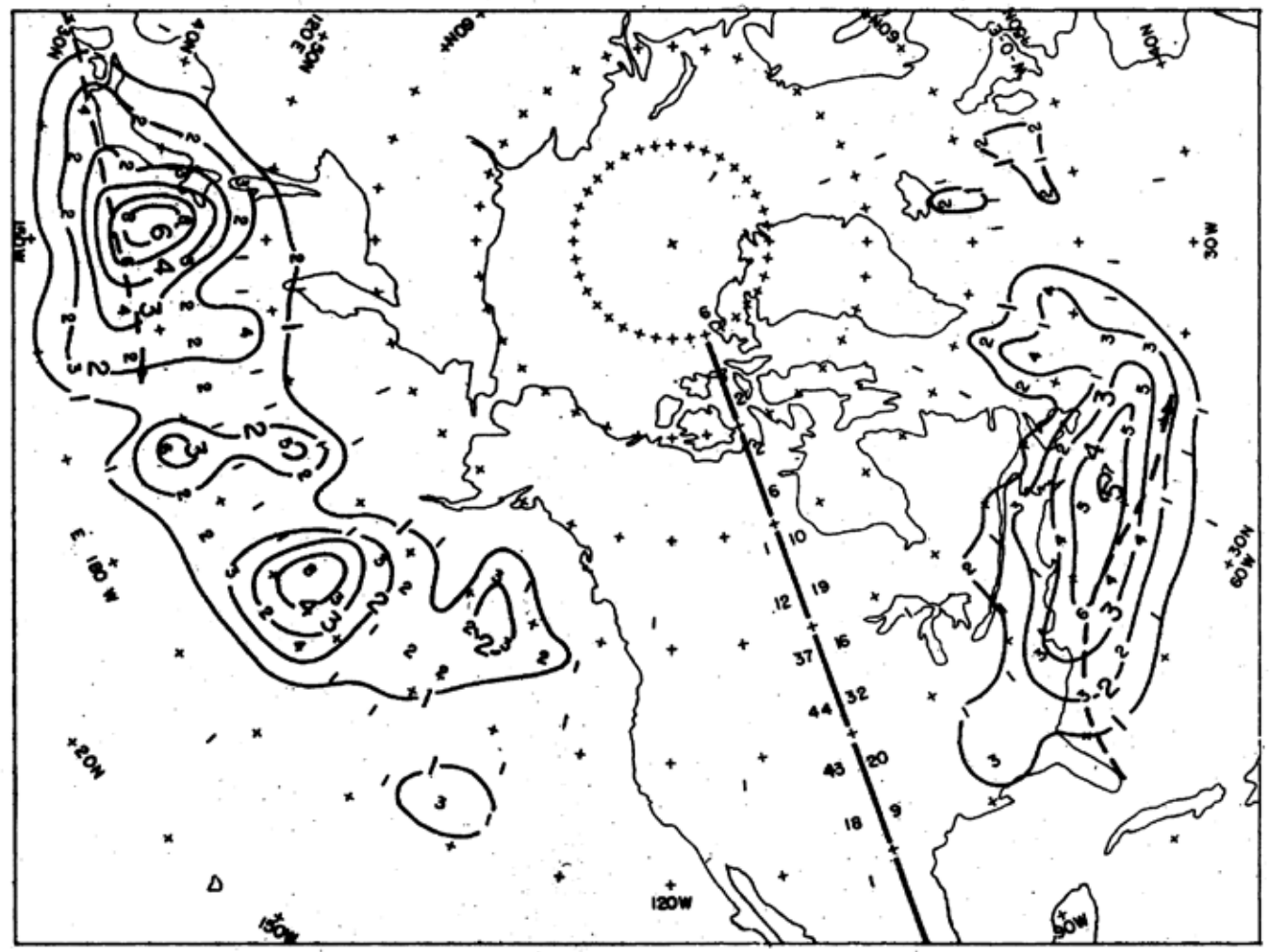


FIG. 3. Distribution of bomb events during three cold seasons. Raw non-zero frequencies appear in each $5^\circ \times 5^\circ$ quadrilateral of latitude and longitude. Isopleths represent smoothed frequencies, obtained as one-eighth of the sum of four times the raw central frequency plus the sum of the surrounding raw frequencies. The column of numbers to the left and right of the heavy line along longitude $90^\circ W$ represent, respectively, the normalized frequencies for each 5° latitude belt in the Pacific and Atlantic regions, using a normalization factor of $(\cos 42.5^\circ / \cos \phi)$. Heavy dashed lines represent the mean winter position of the Kuroshio and the Gulf Stream.

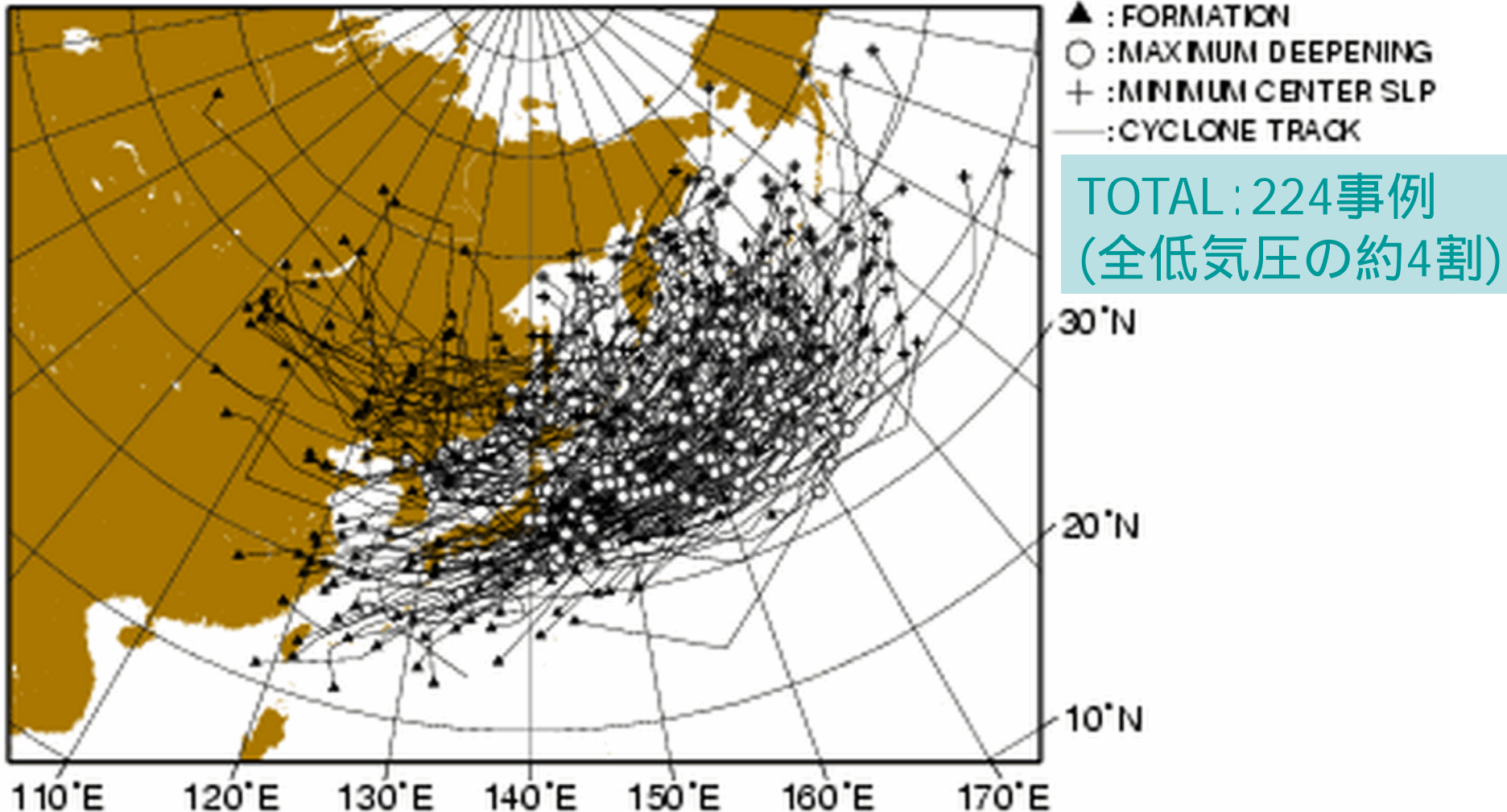
Sanders and Gyakum 1980

大学院6年間でやったこと

- 修士課程：
 - 気象庁天気図(1日4枚)を1年分(1460ページ!)眺めて、ひたすら日本付近の低気圧を数えた。
 - 日本付近の特徴が見え始めた。
- 博士課程：
 - 気象庁から気圧等の電子データ(GANAL)が手に入ったので、5年分の低気圧が調べられた。
 - 5年分もあれば、統計的なこともいえそう。
 - パソコンで数値モデルを動かせるようになったので、メカニズムを数値実験で確かめられるかも。

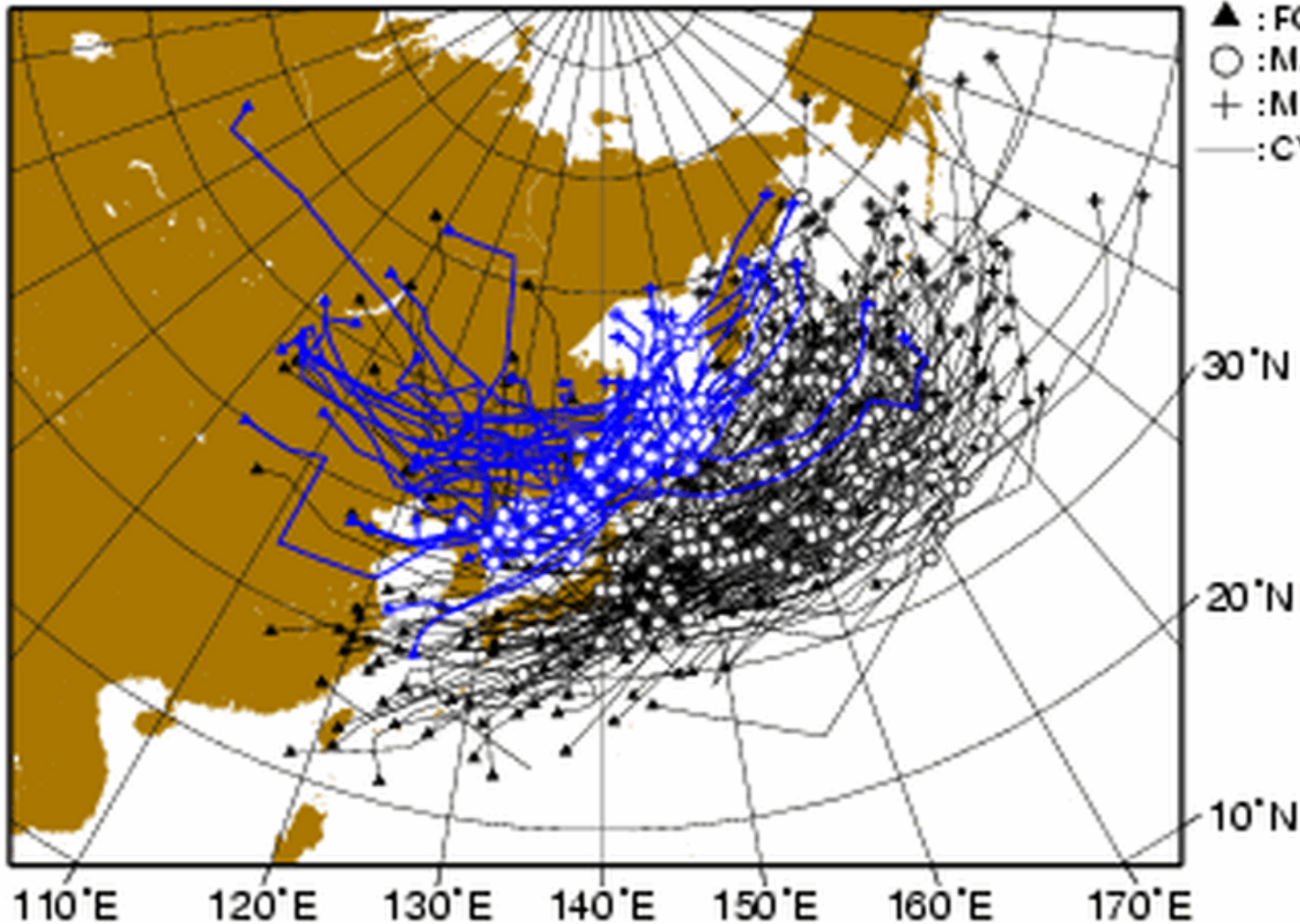
5年間の爆弾低気圧の移動経路

ALL CYCLONE TRACKS



OJ(オホーツク海・日本海)タイプ

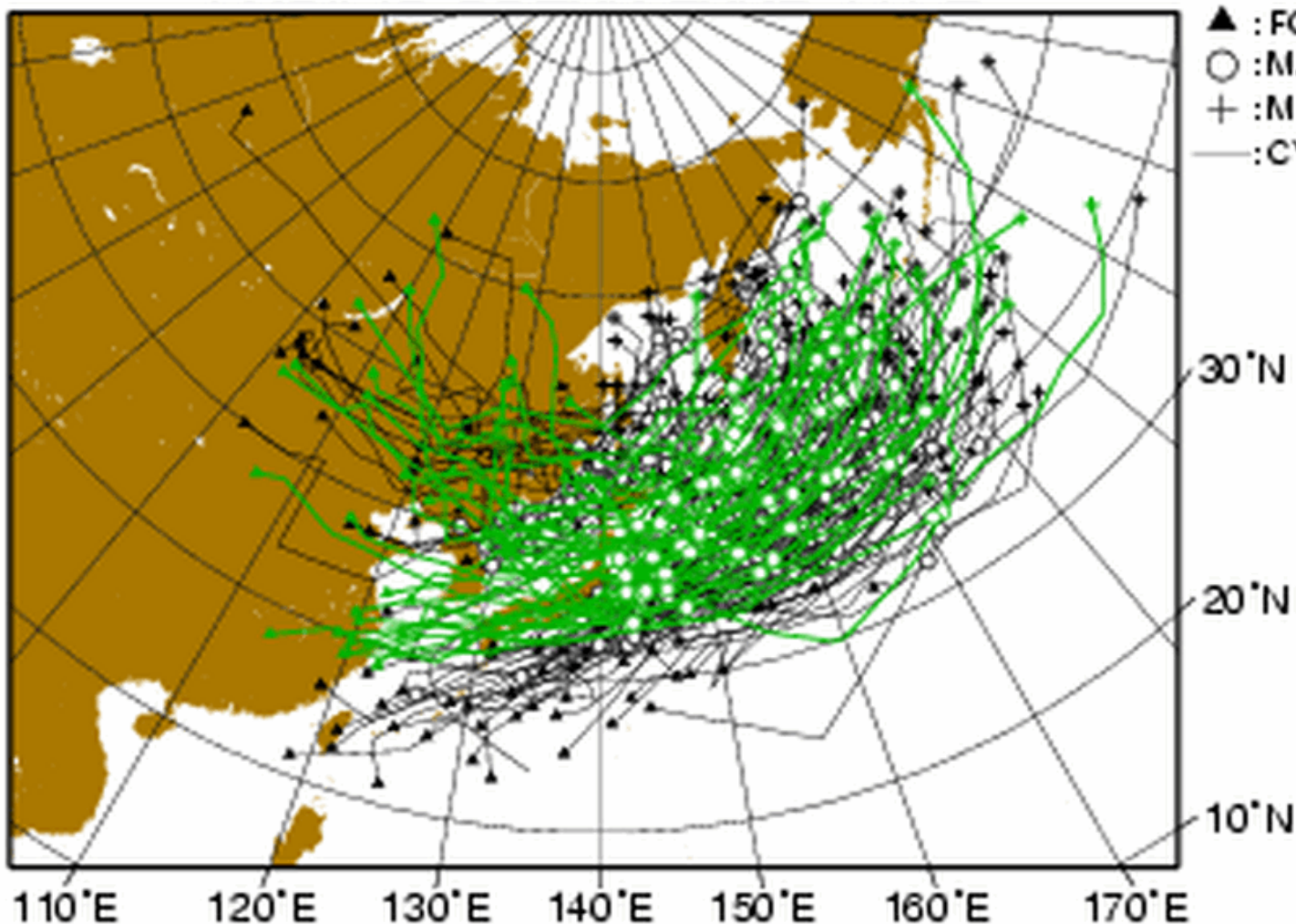
OKHOTSK-JAPAN SEA TYPE



TOTAL : 224
OJ : 42

PO-L(太平洋大陸起源)タイプ

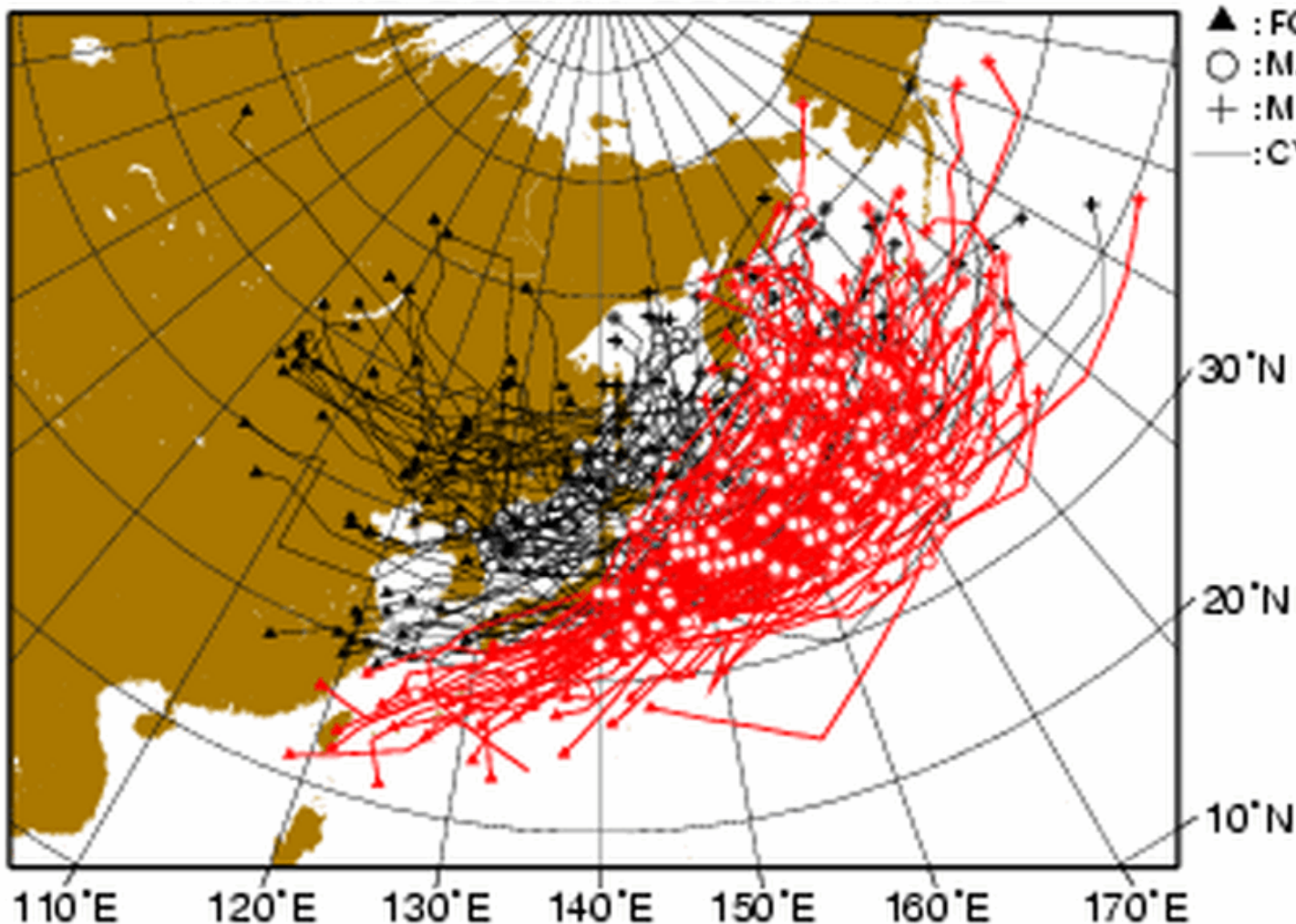
PACIFIC OCEAN-LAND TYPE



TOTAL : 224
OJ : 42
PO-L : 50

PO-O (太平洋海洋起源) タイプ

PACIFIC OCEAN-OCEAN TYPE



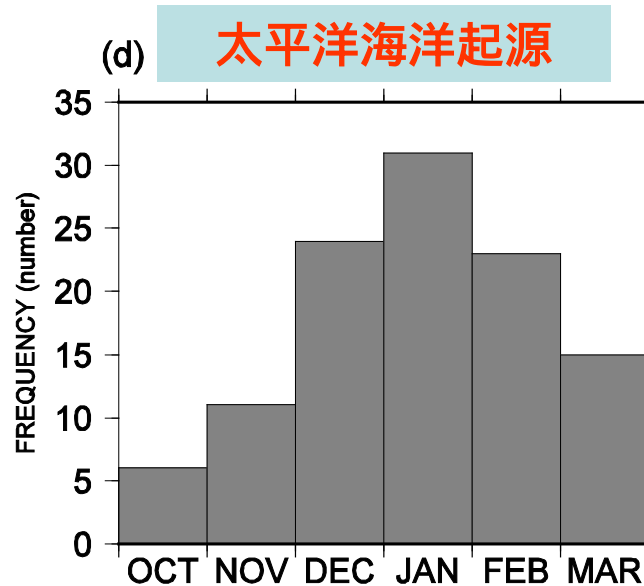
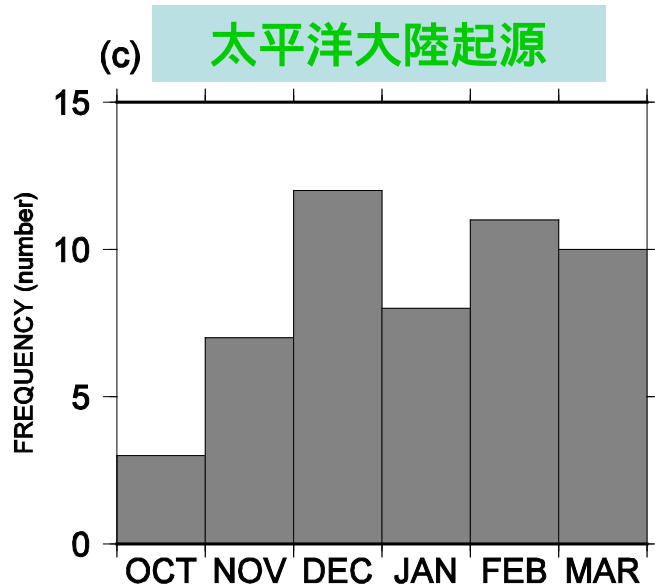
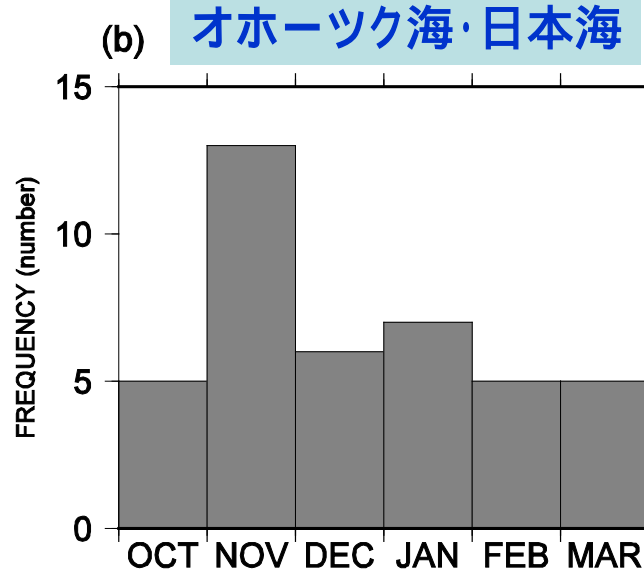
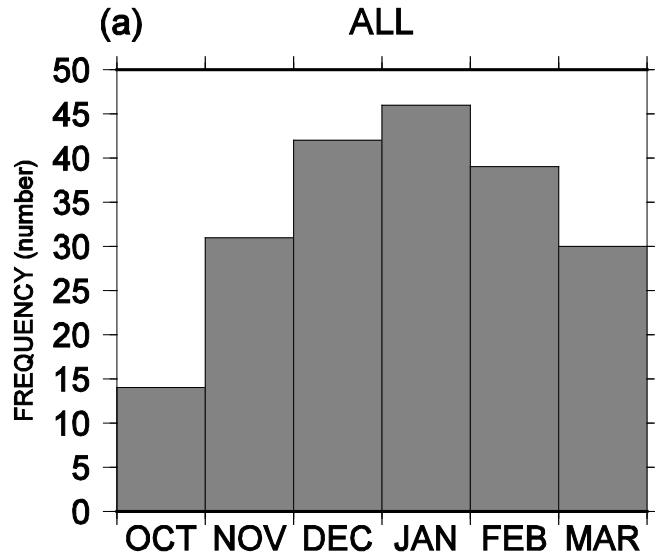
TOTAL : 224

OJ : 42

PO-L : 50

PO-O : 110

月別発生数



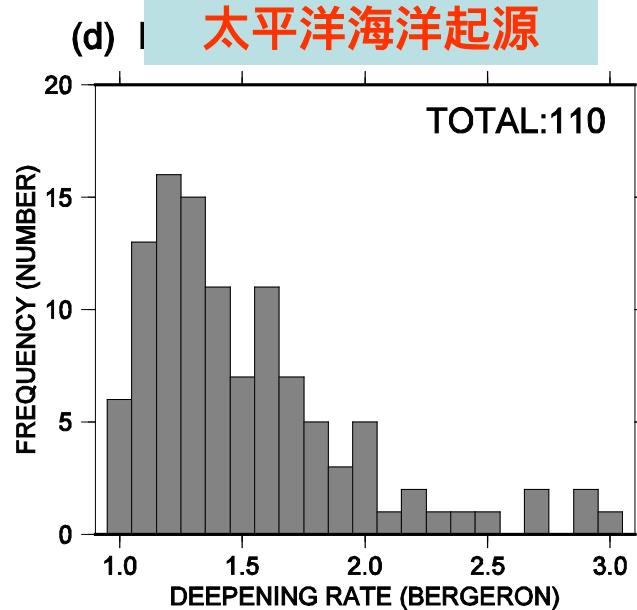
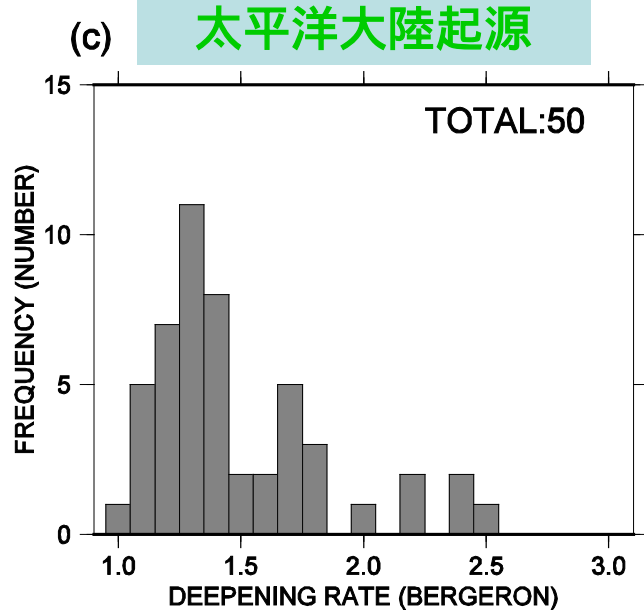
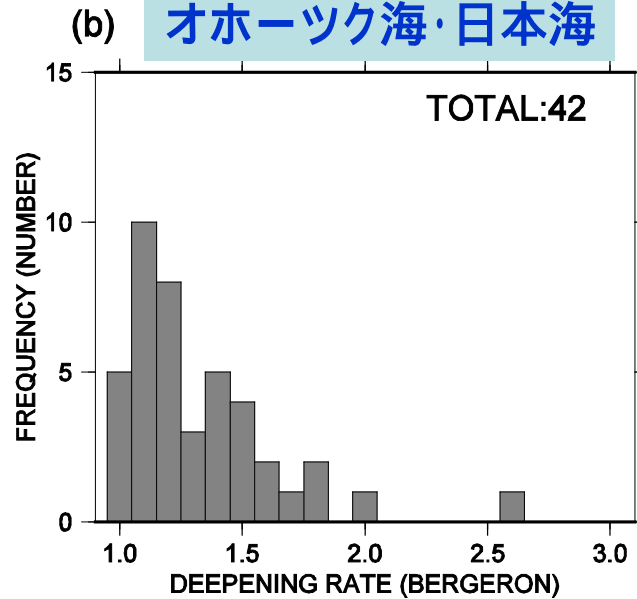
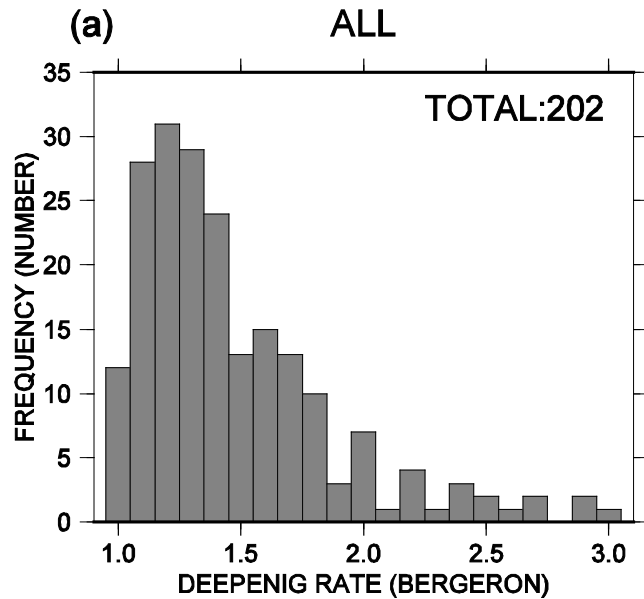
- 全体としては、1月に最も多い。

- オホーツク海・日本海は11月

- 太平洋大陸起源は12月と2月

- 太平洋海洋起源は1月に多い。

最大発達率の頻度



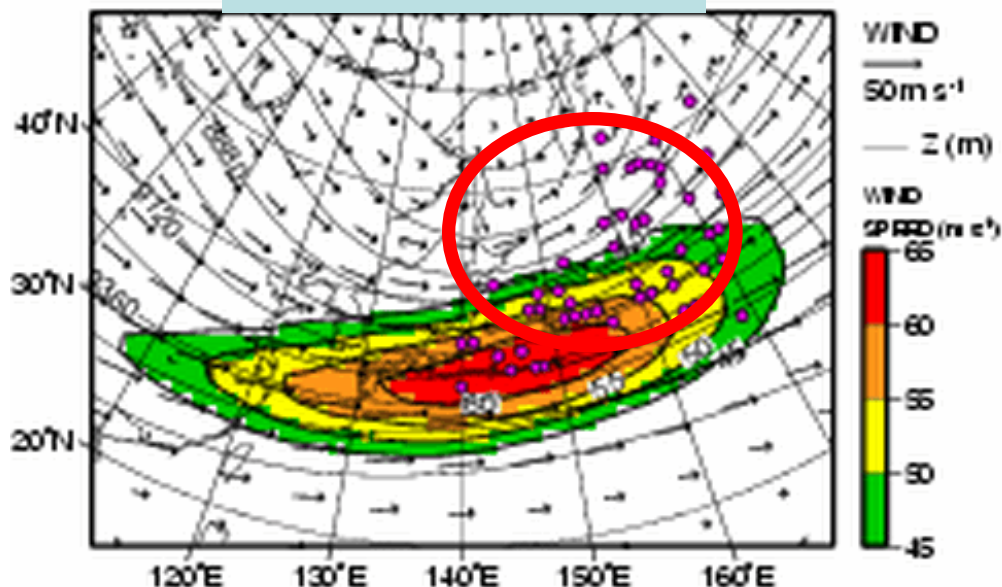
オホーツク海・
日本海上より、
太平洋上で発達する低気圧の方が、より
急激に発達する傾向がある。

爆弾低気圧が発達する場所

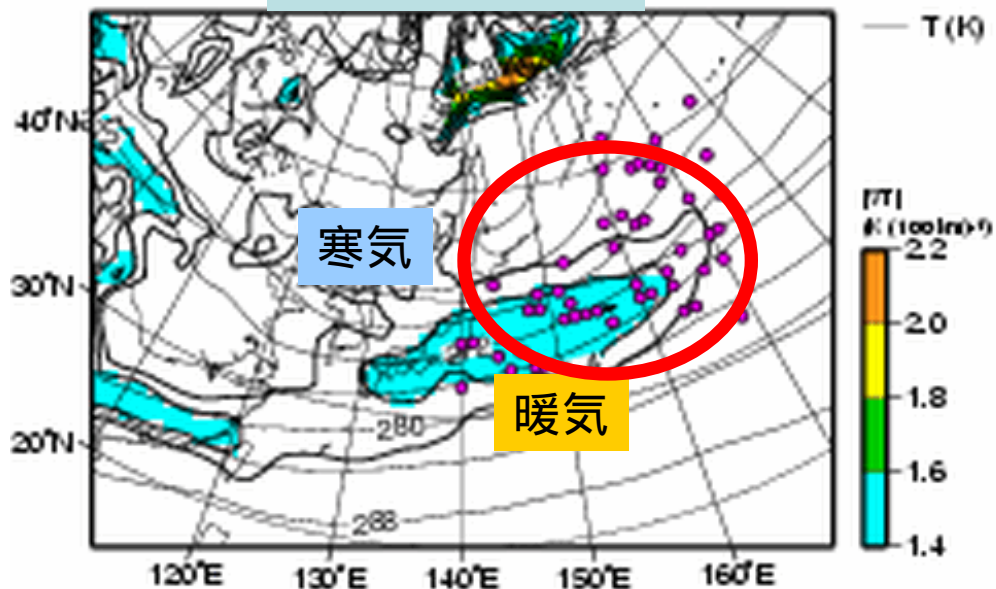
- 上空のジェット気流の最速域の北東側 (渦の先端)
- 地上付近の前線付近 (気温勾配最大)

PACIFIC OCEAN-OCEAN

9000m上空の風速

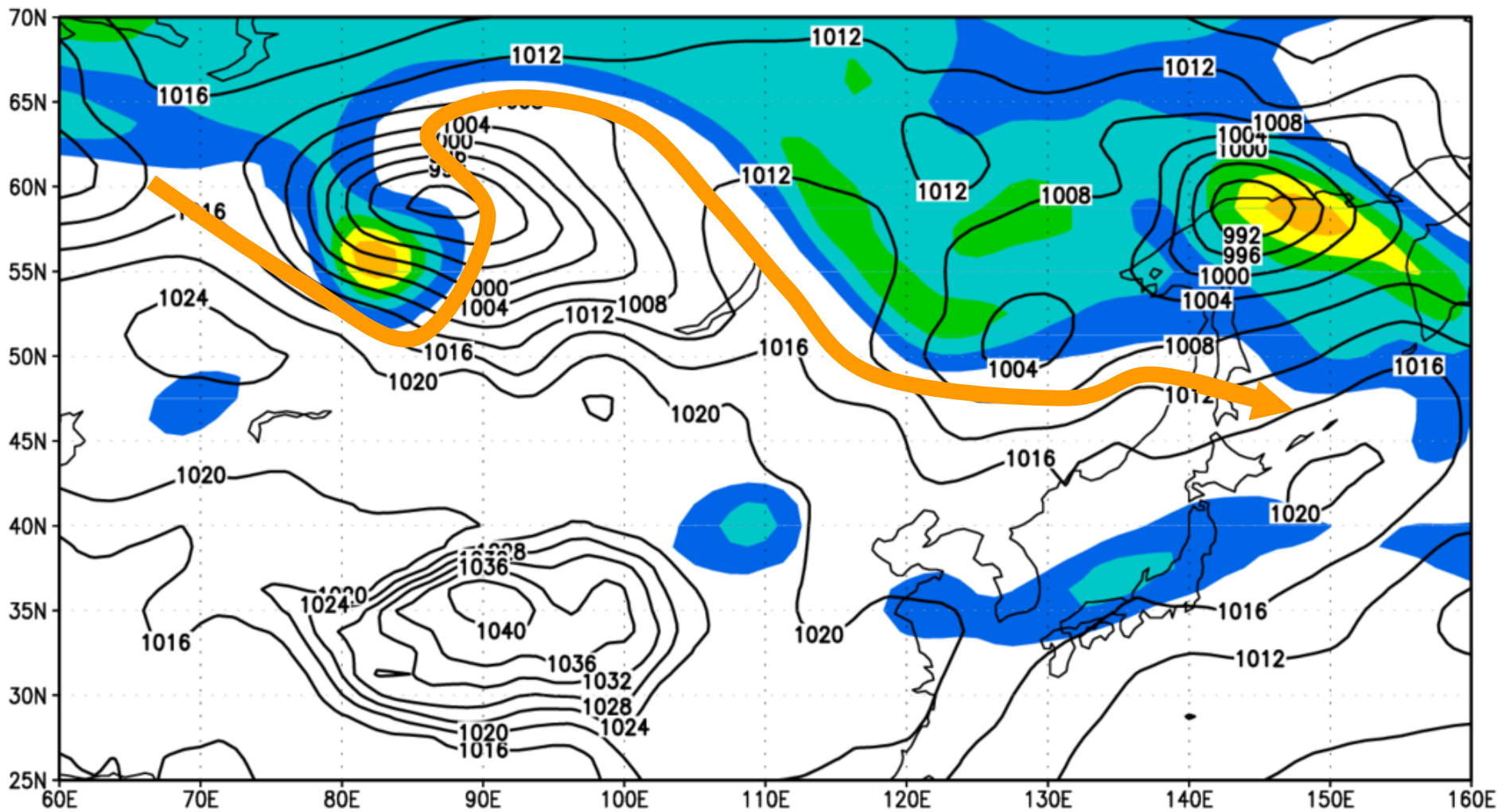


地上付近の前線

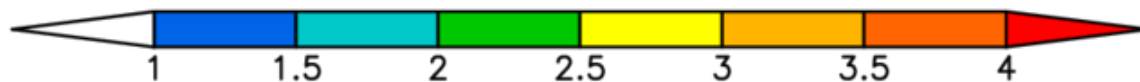


佐呂間竜巻のときの低気圧の発達

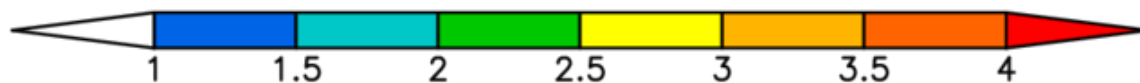
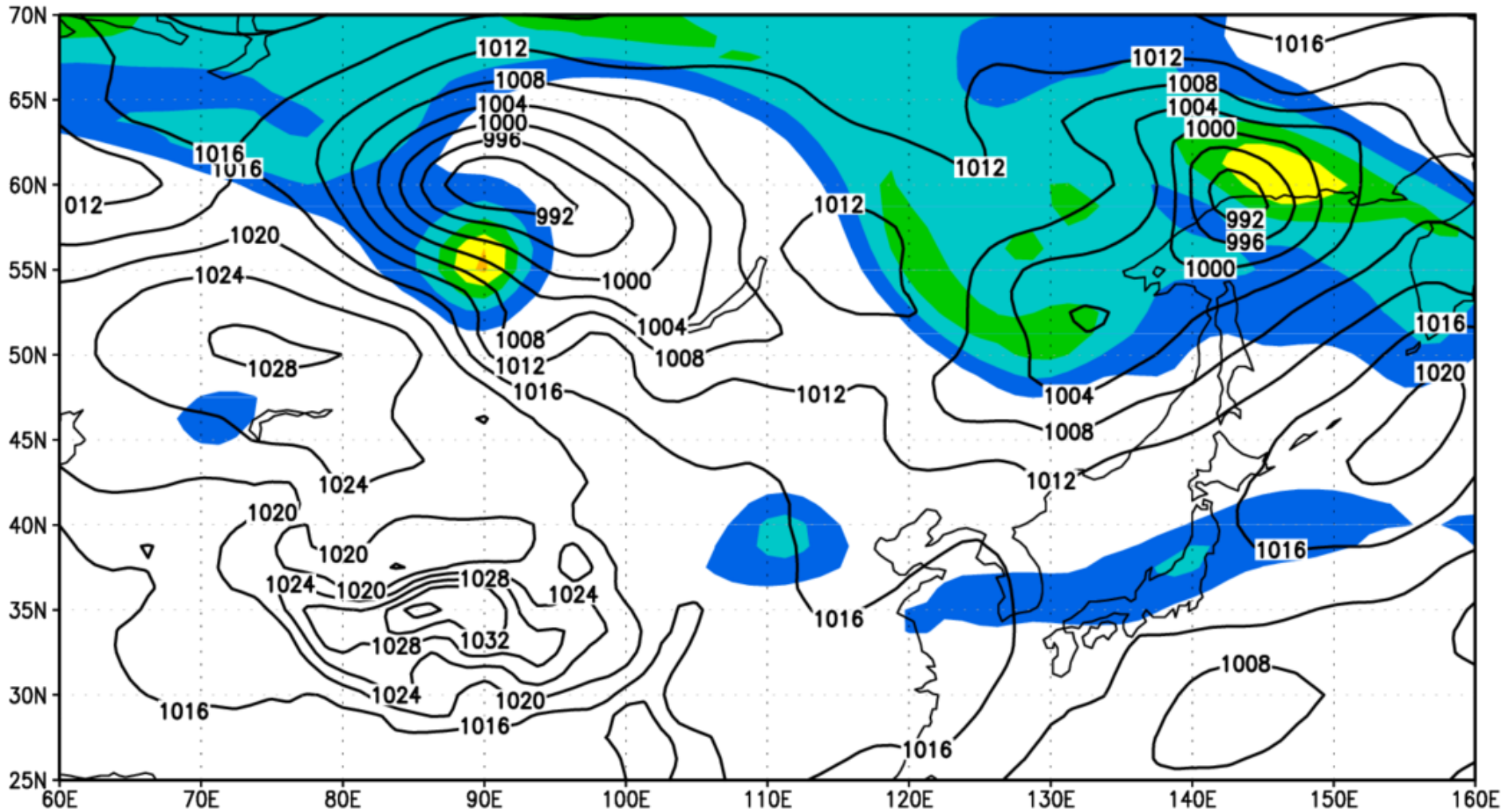
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 00Z02NOV2006



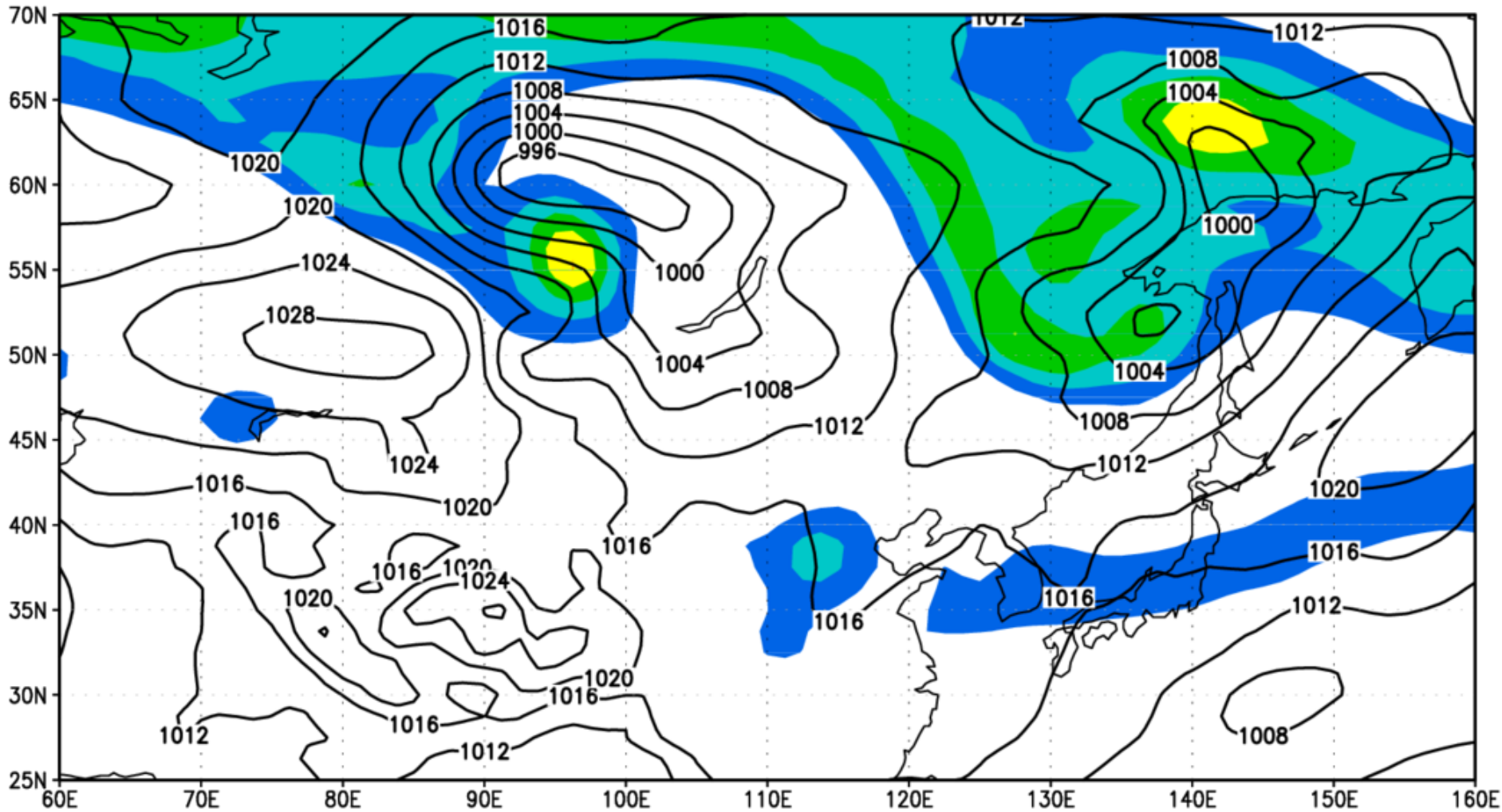
渦の強さ



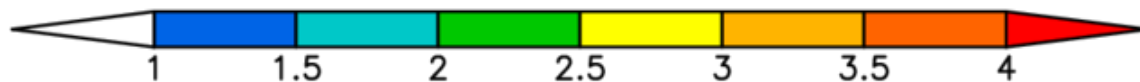
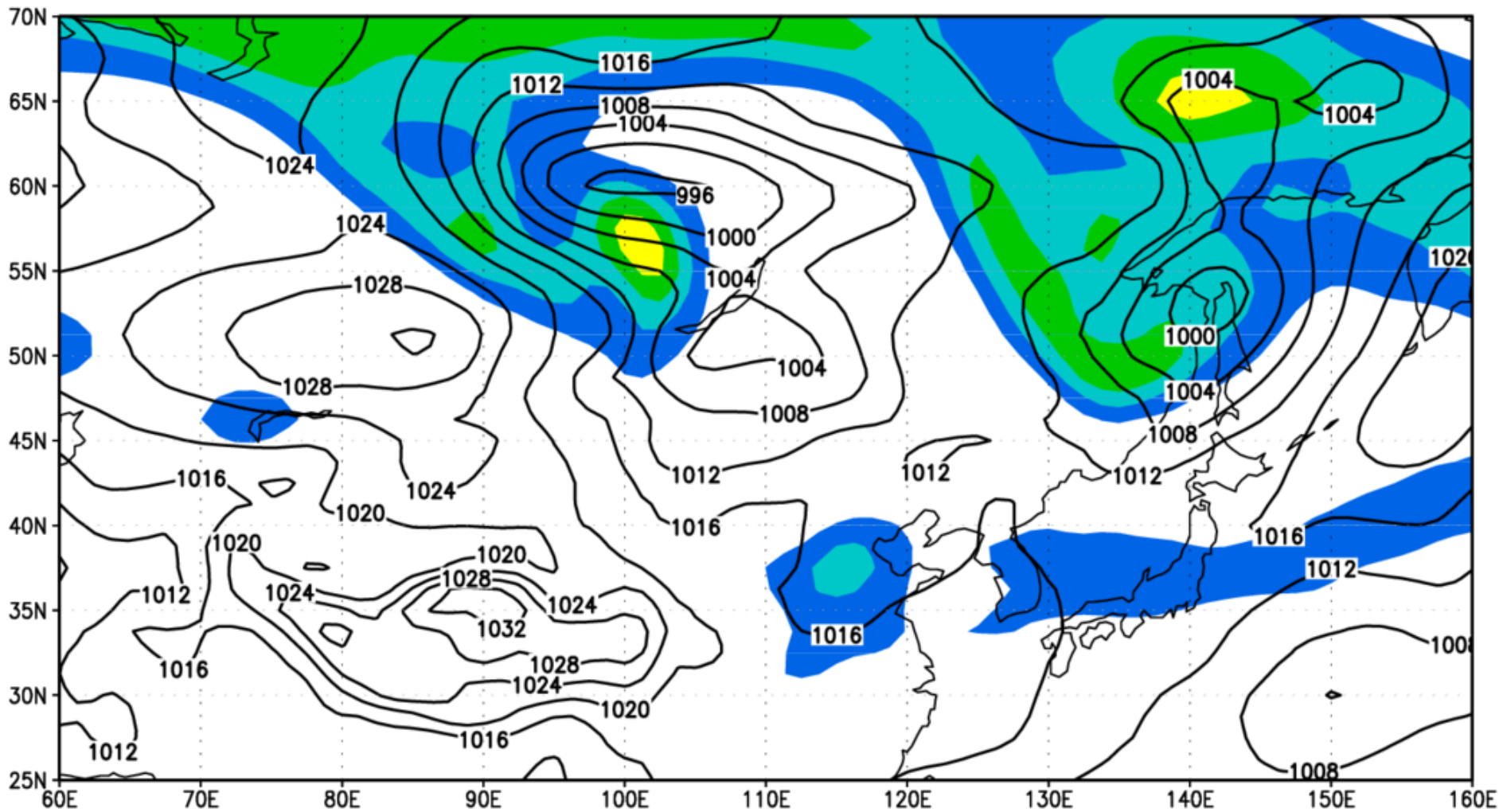
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 06Z02NOV2006



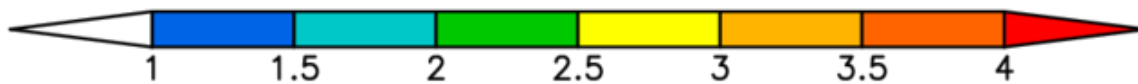
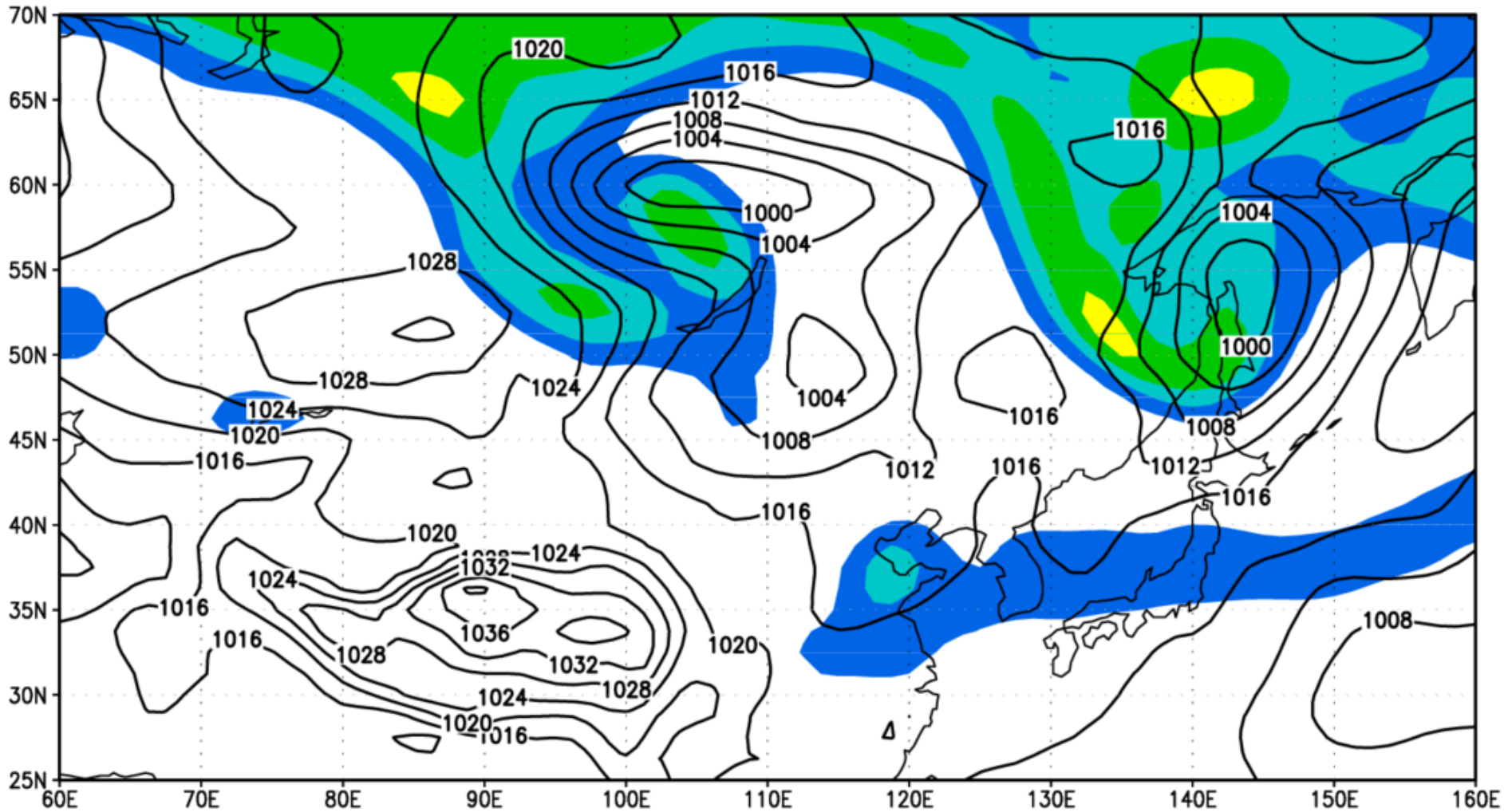
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 12Z02NOV2006



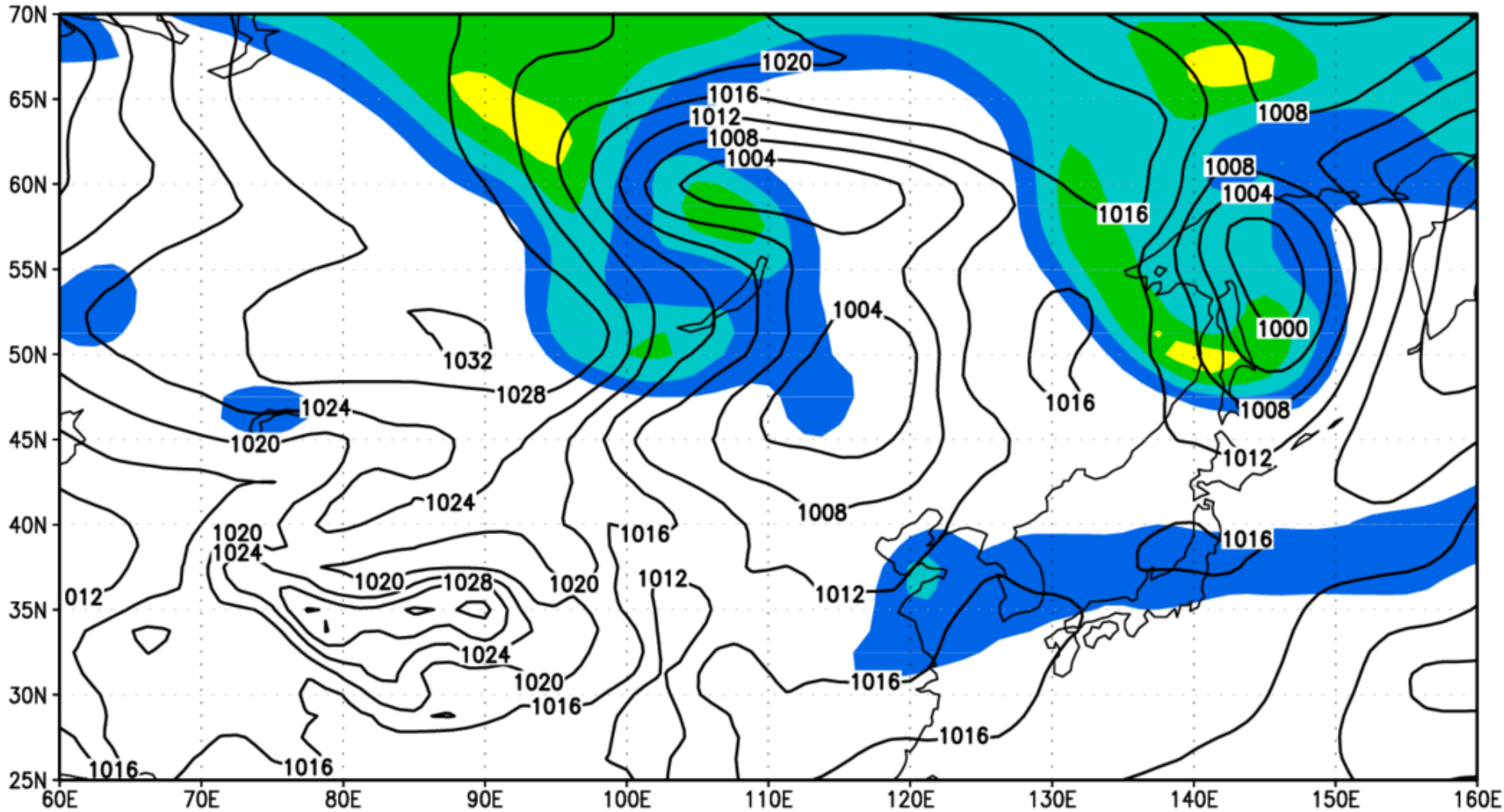
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 18Z02NOV2006



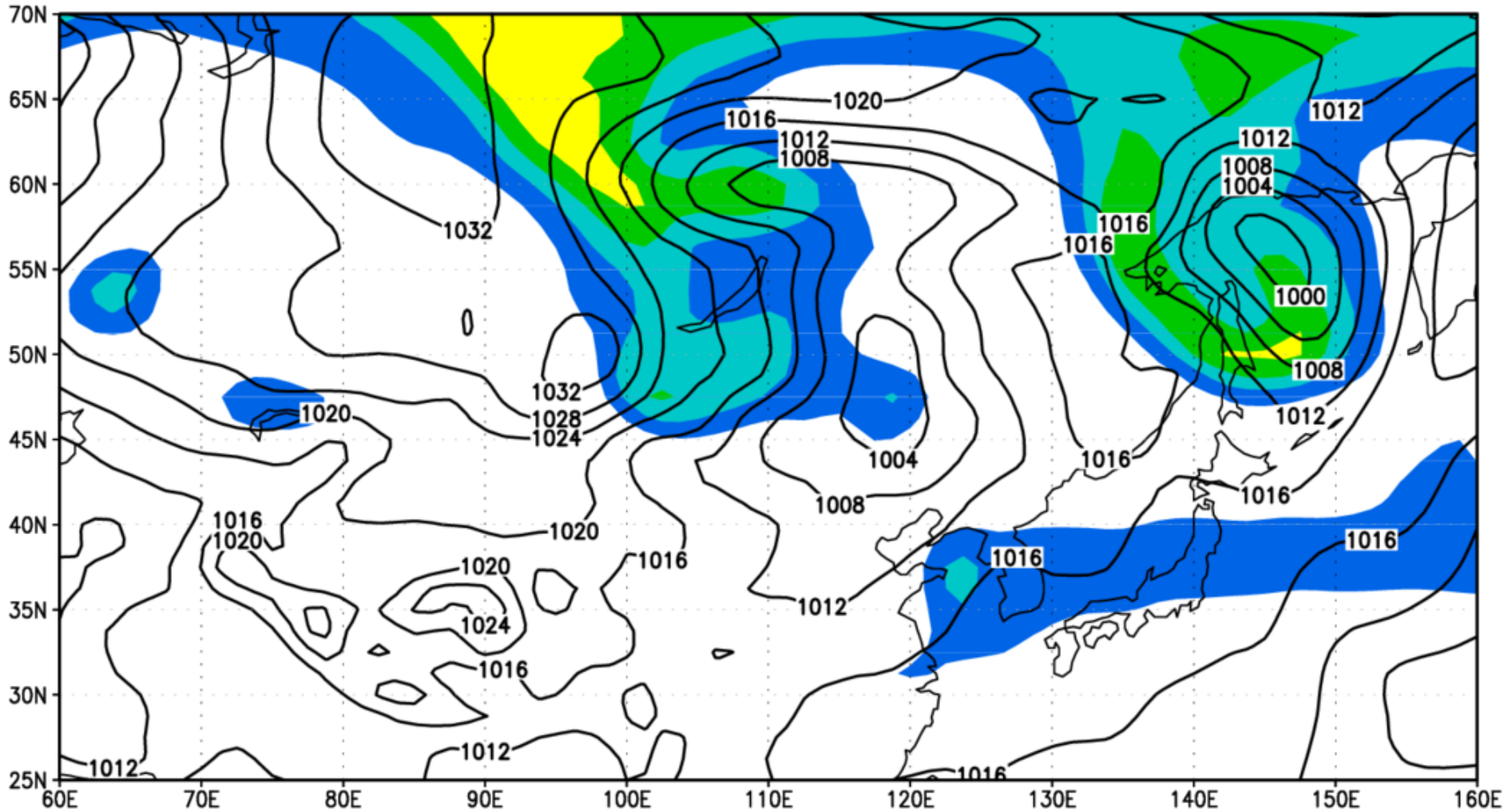
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 00Z03NOV2006



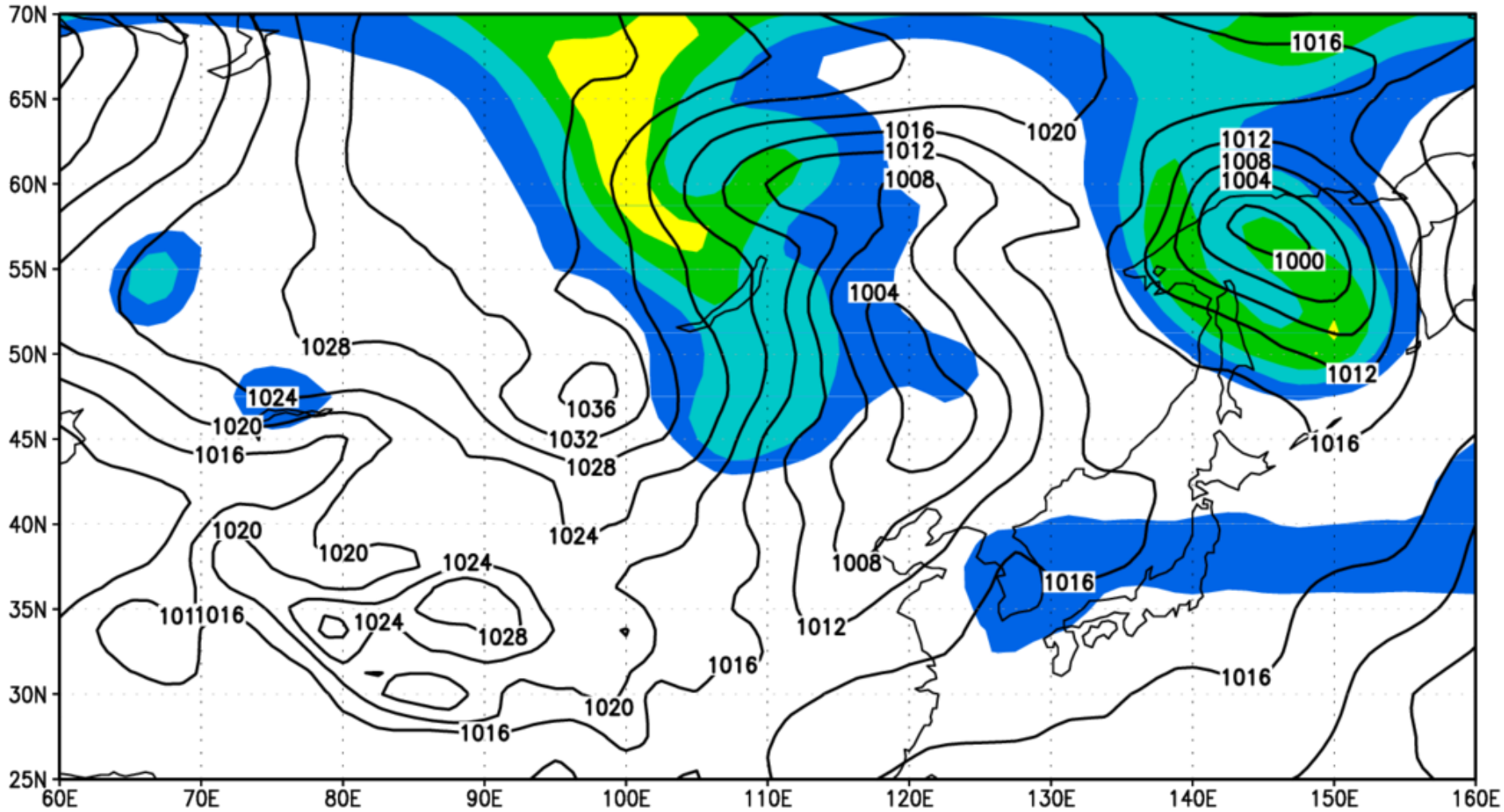
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 06Z03NOV2006



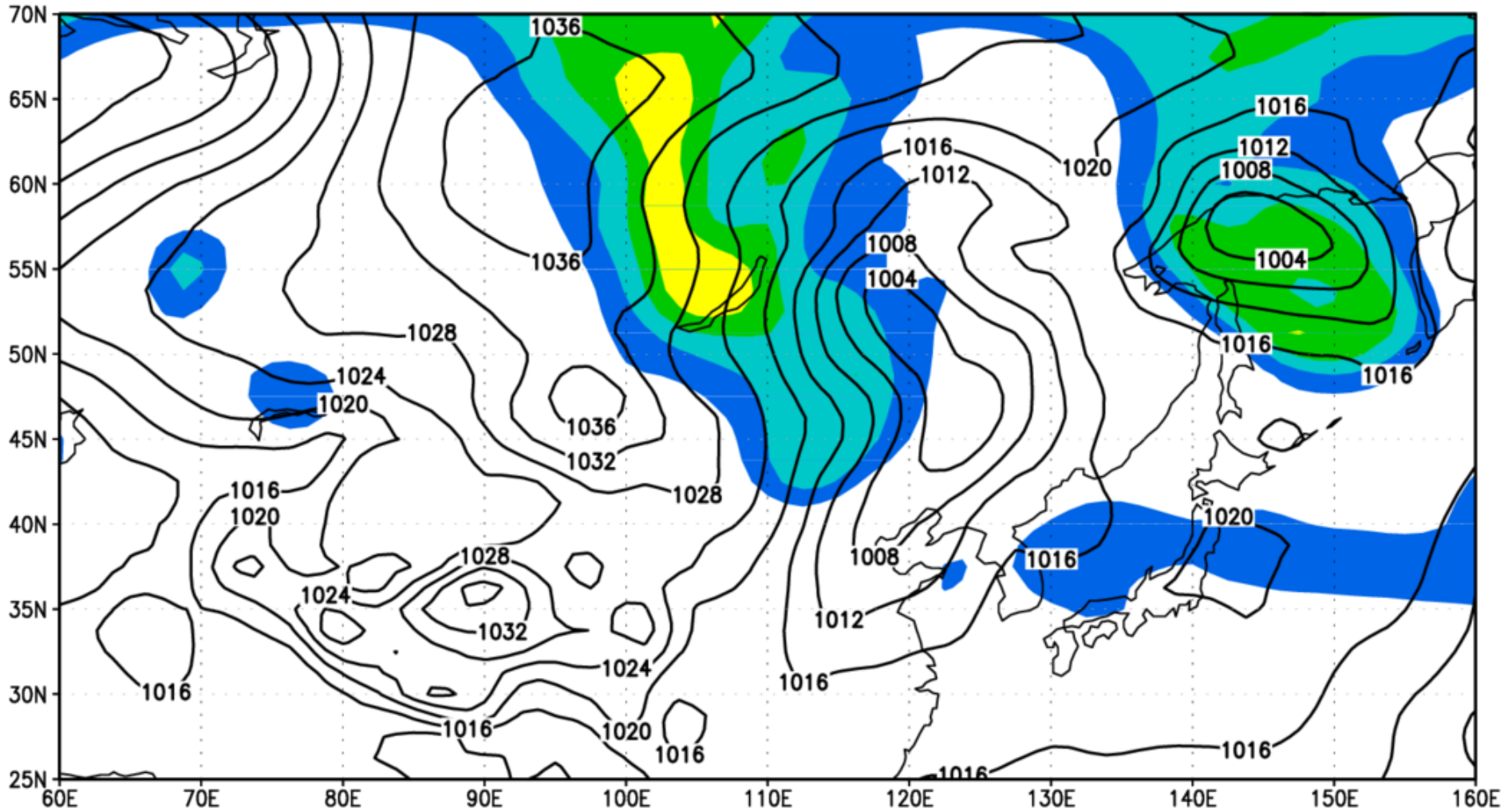
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 12Z03NOV2006



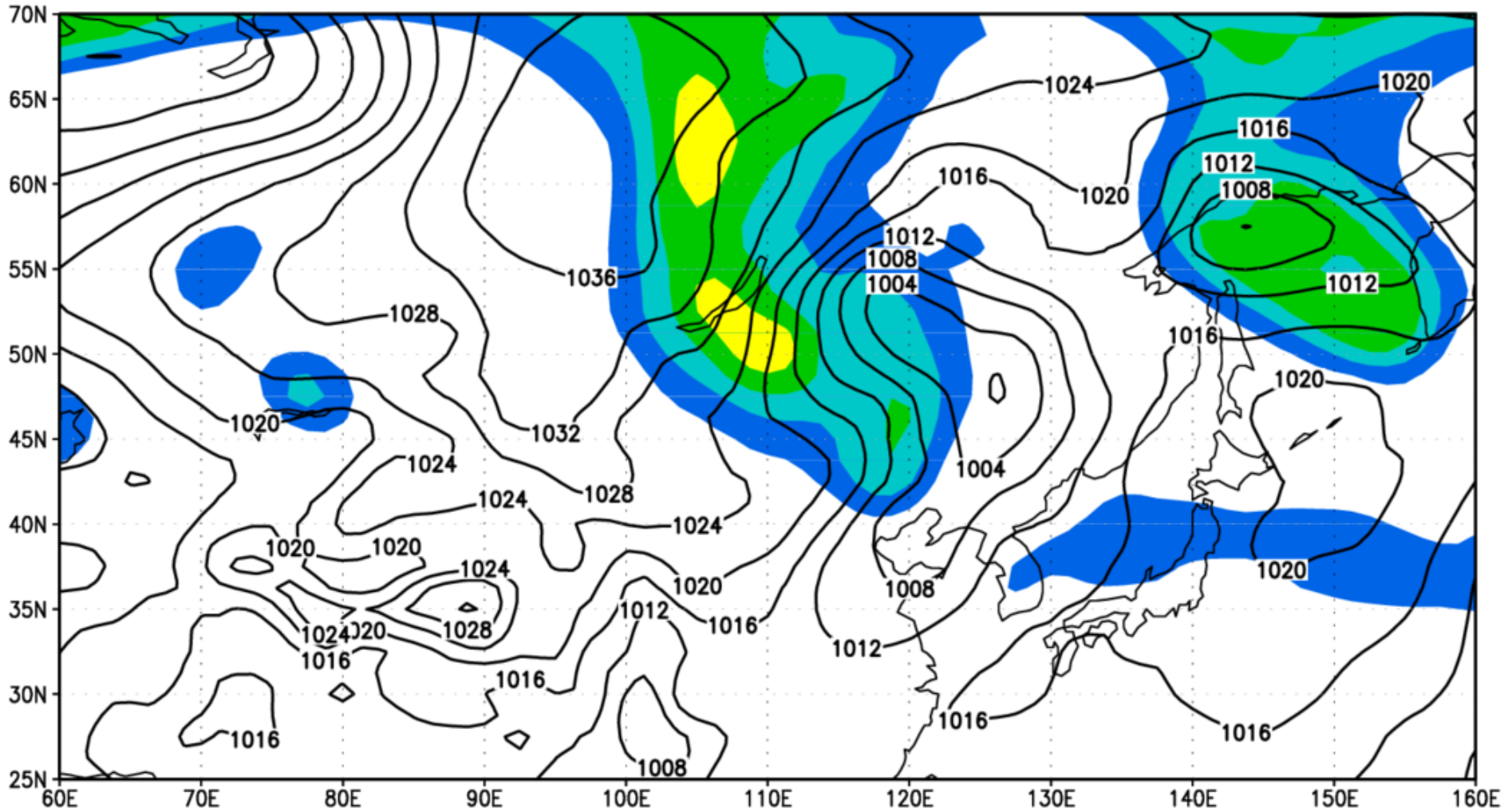
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 18Z03NOV2006



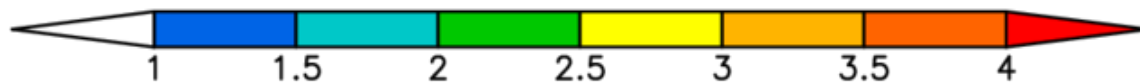
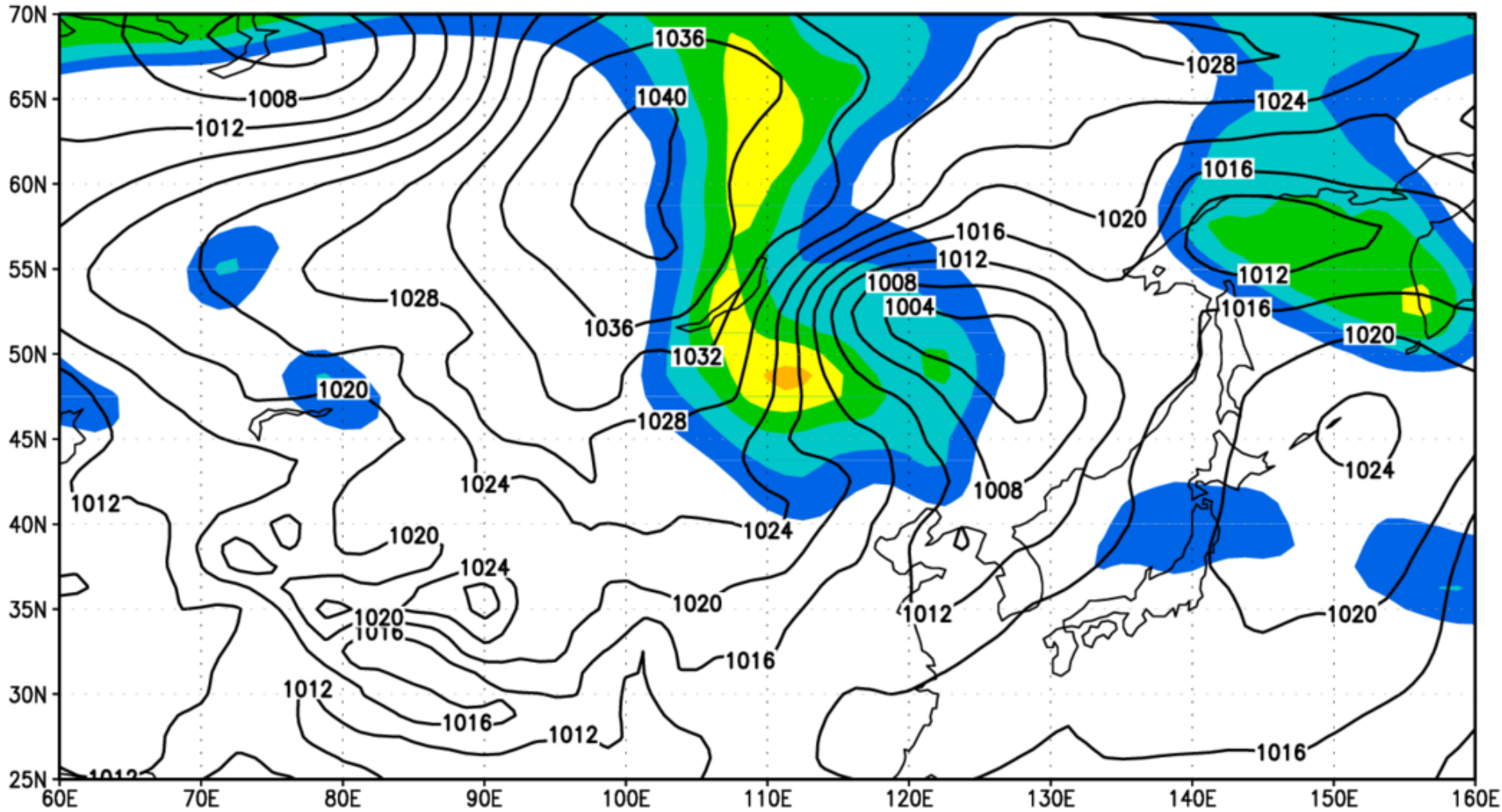
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 00Z04NOV2006



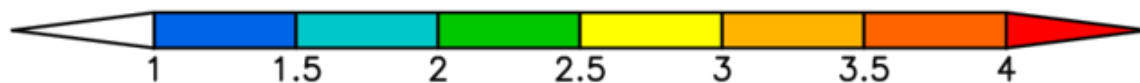
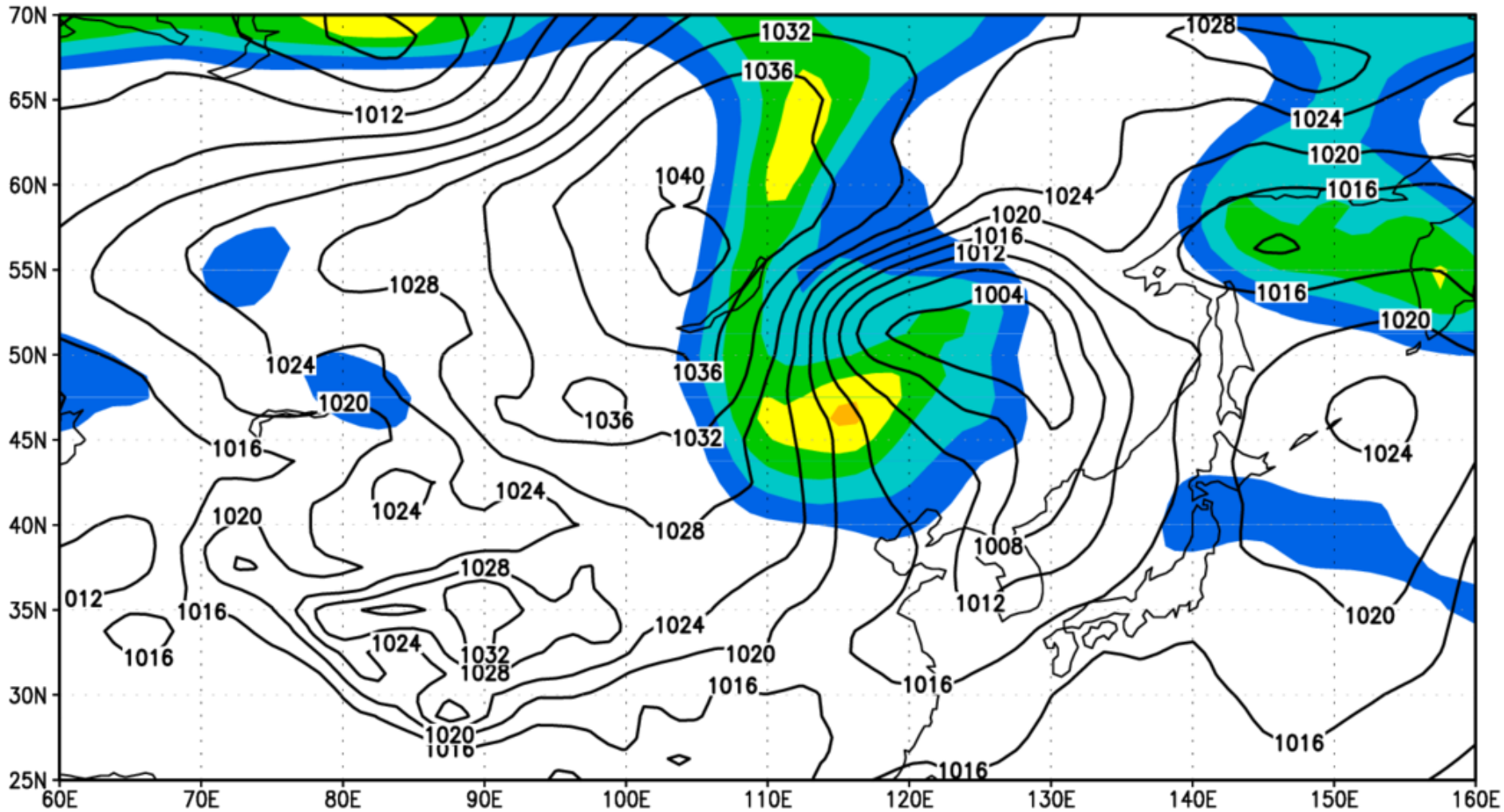
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 06Z04NOV2006



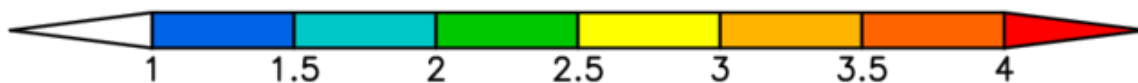
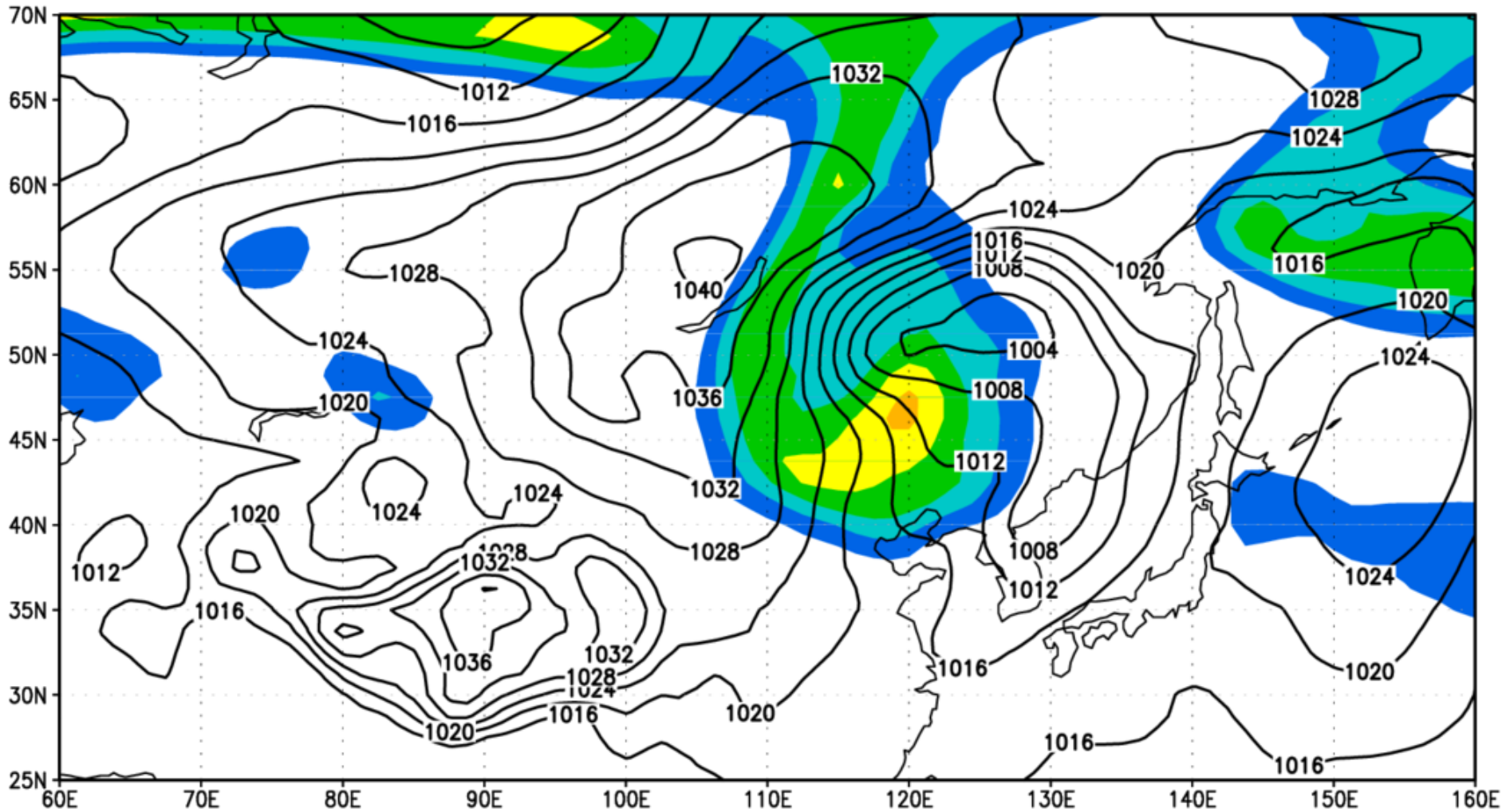
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 12Z04NOV2006



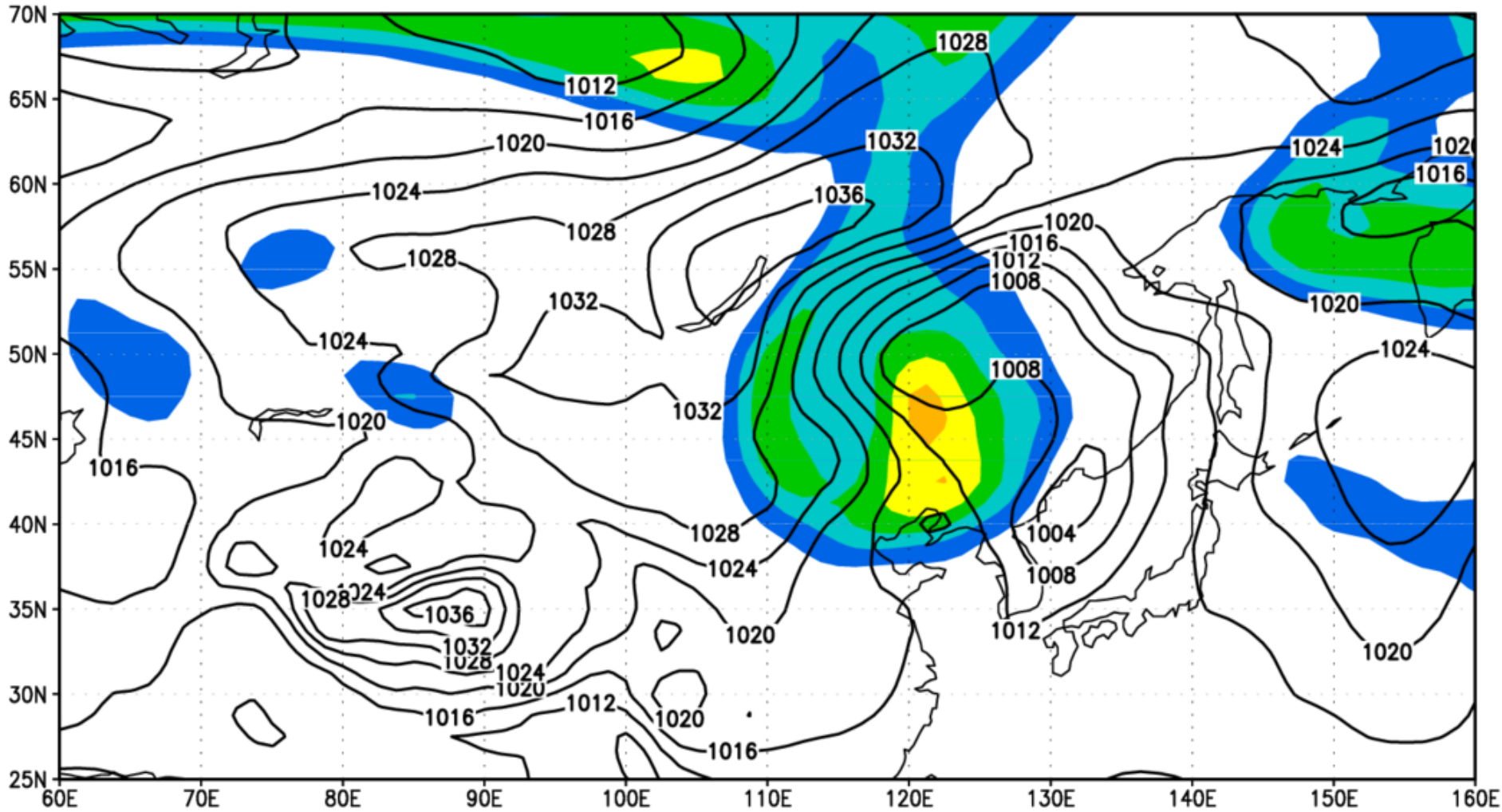
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 18Z04NOV2006



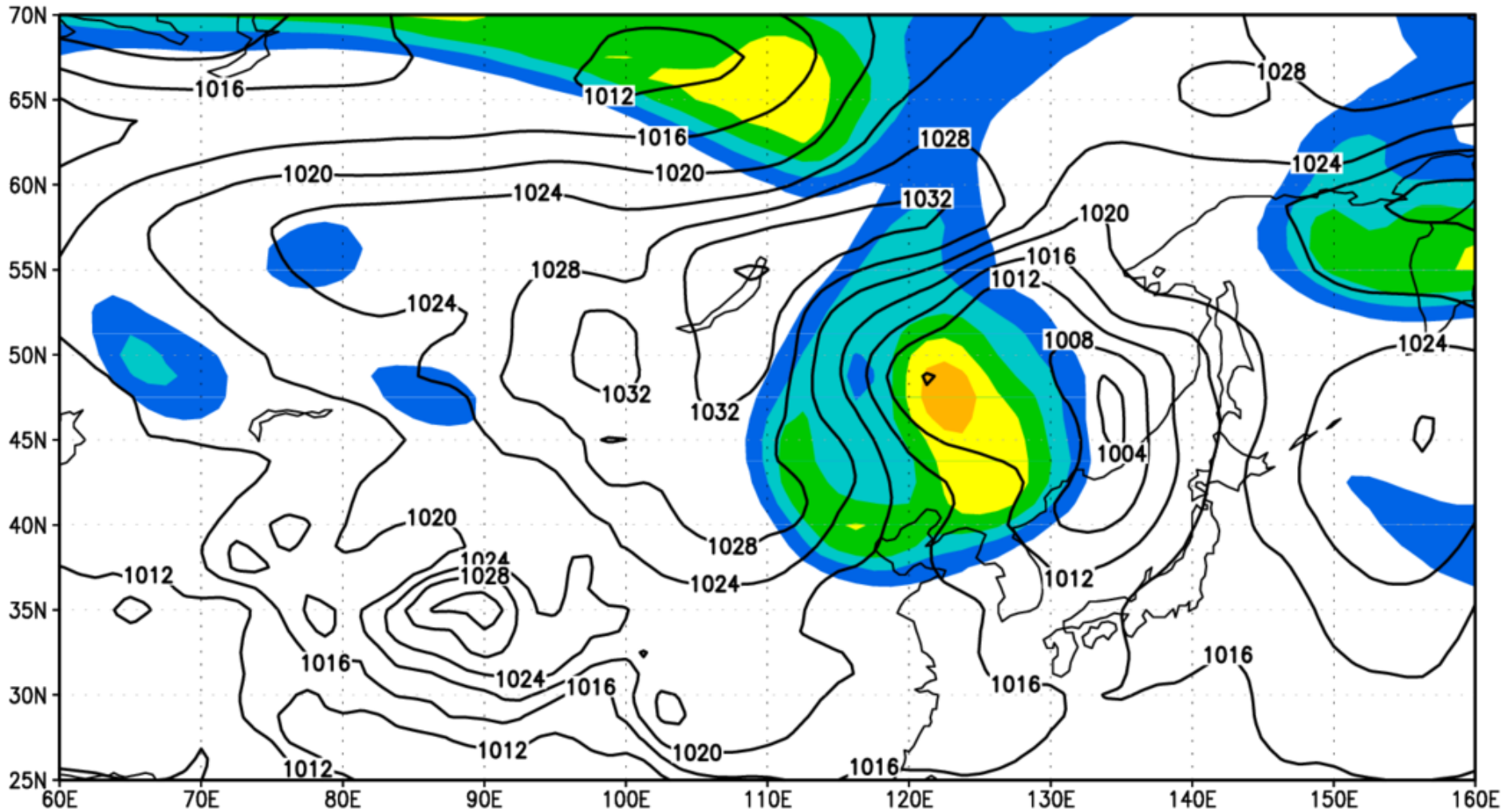
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 00Z05NOV2006



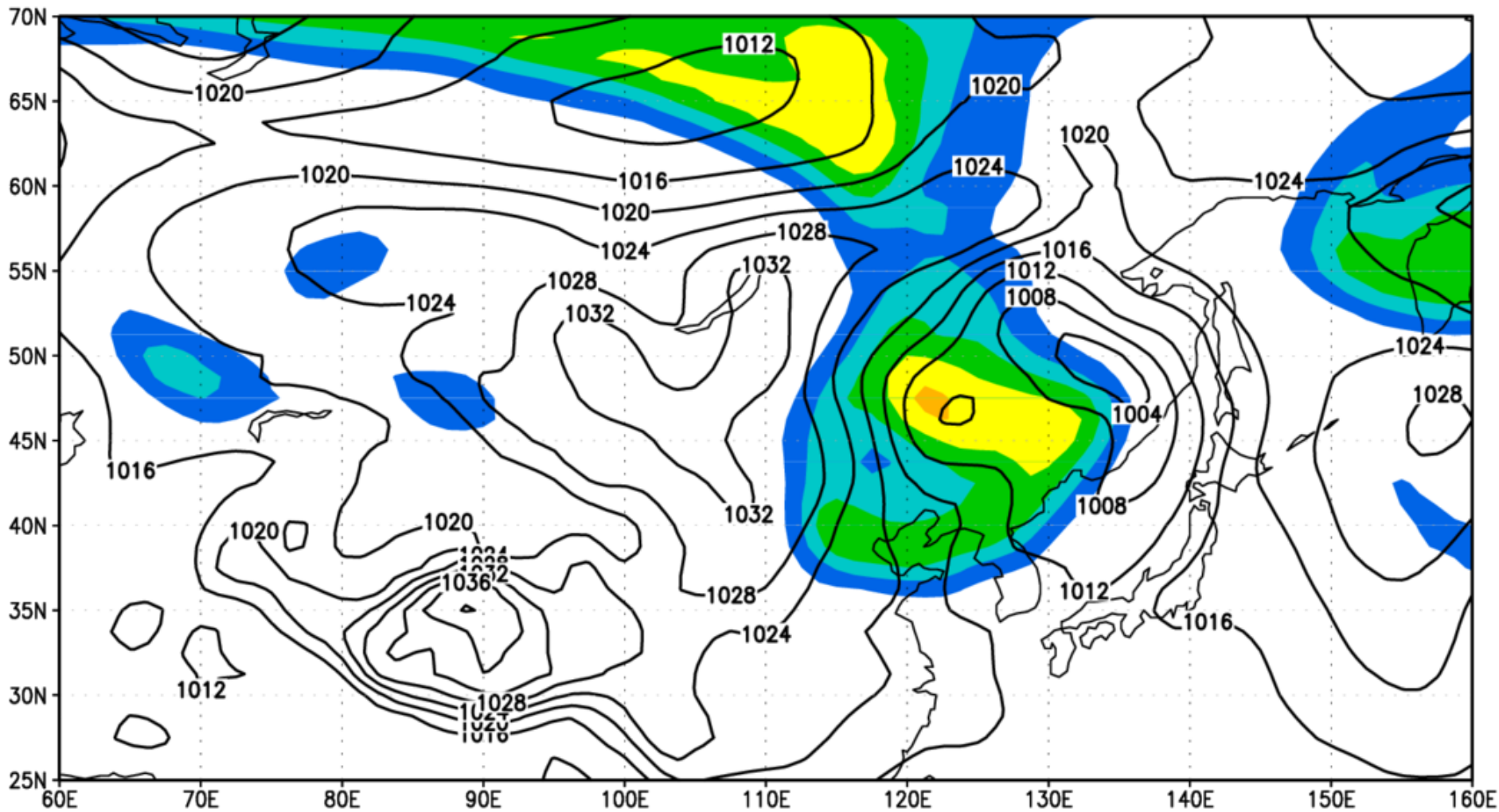
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 06Z05NOV2006



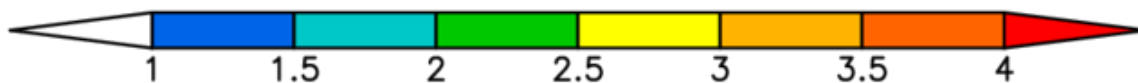
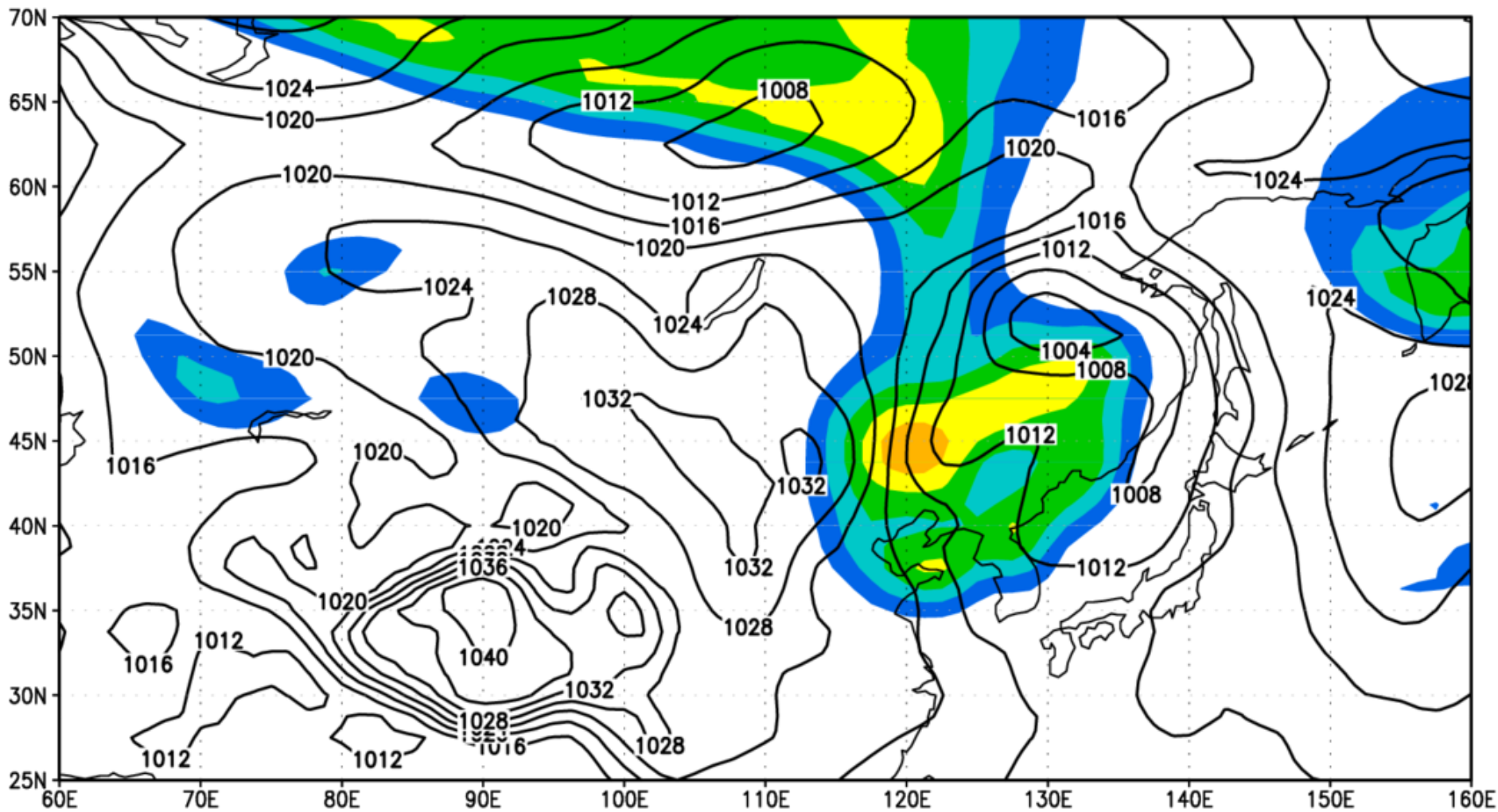
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 12Z05NOV2006



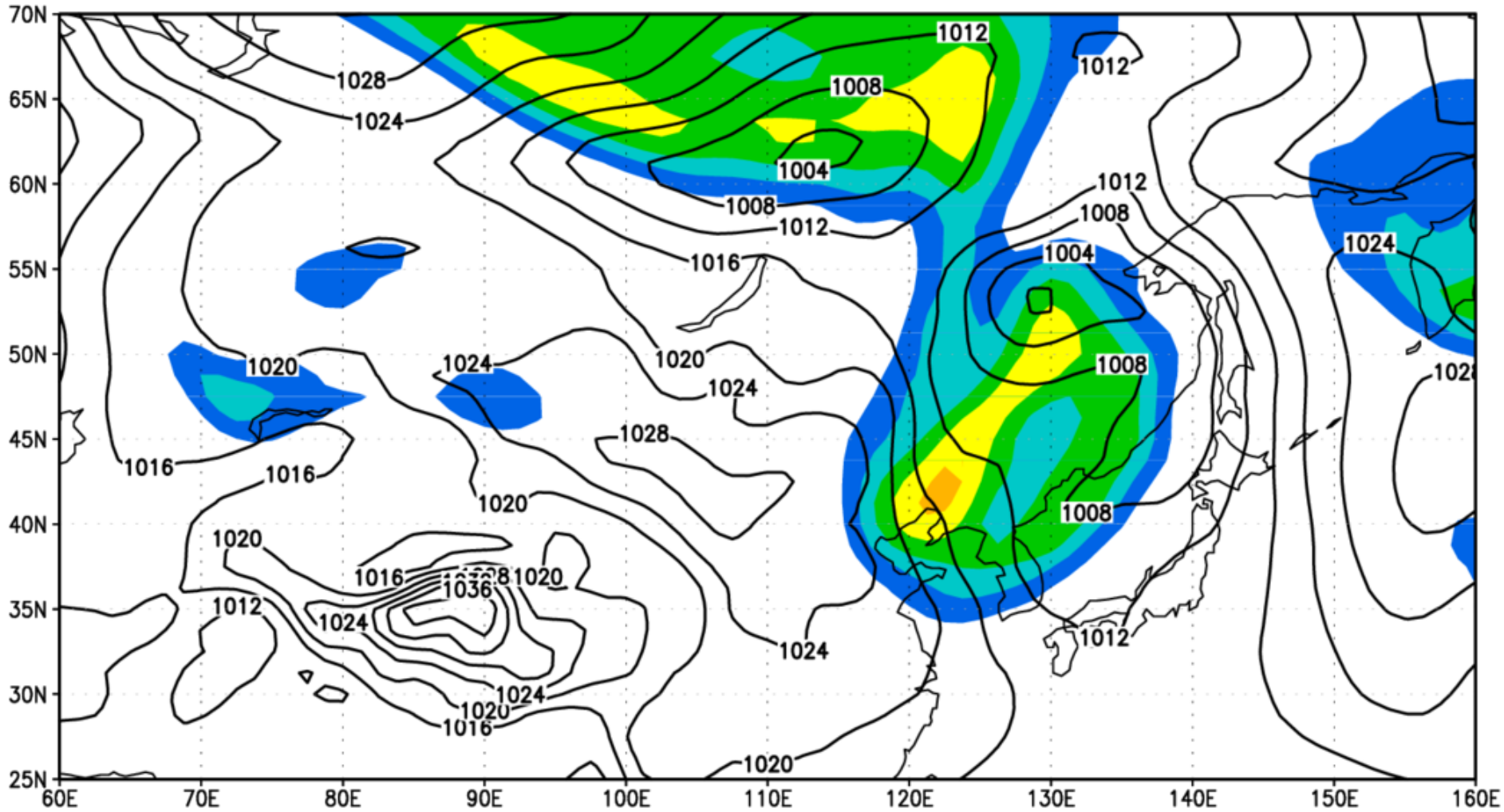
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 18Z05NOV2006



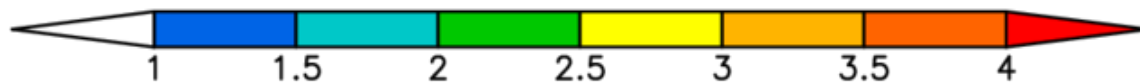
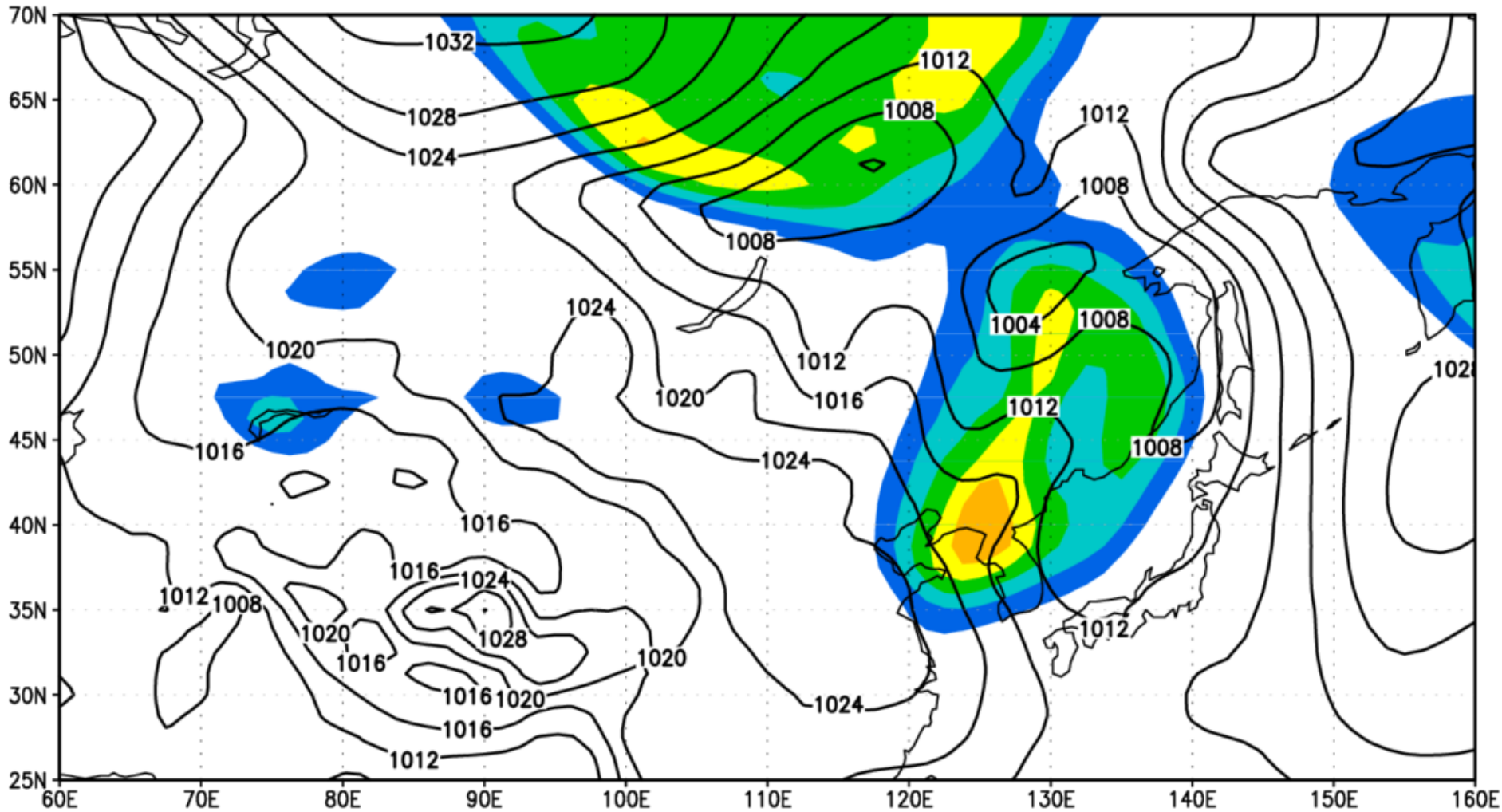
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 00Z06NOV2006



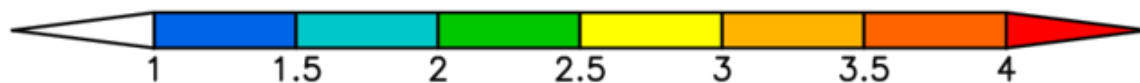
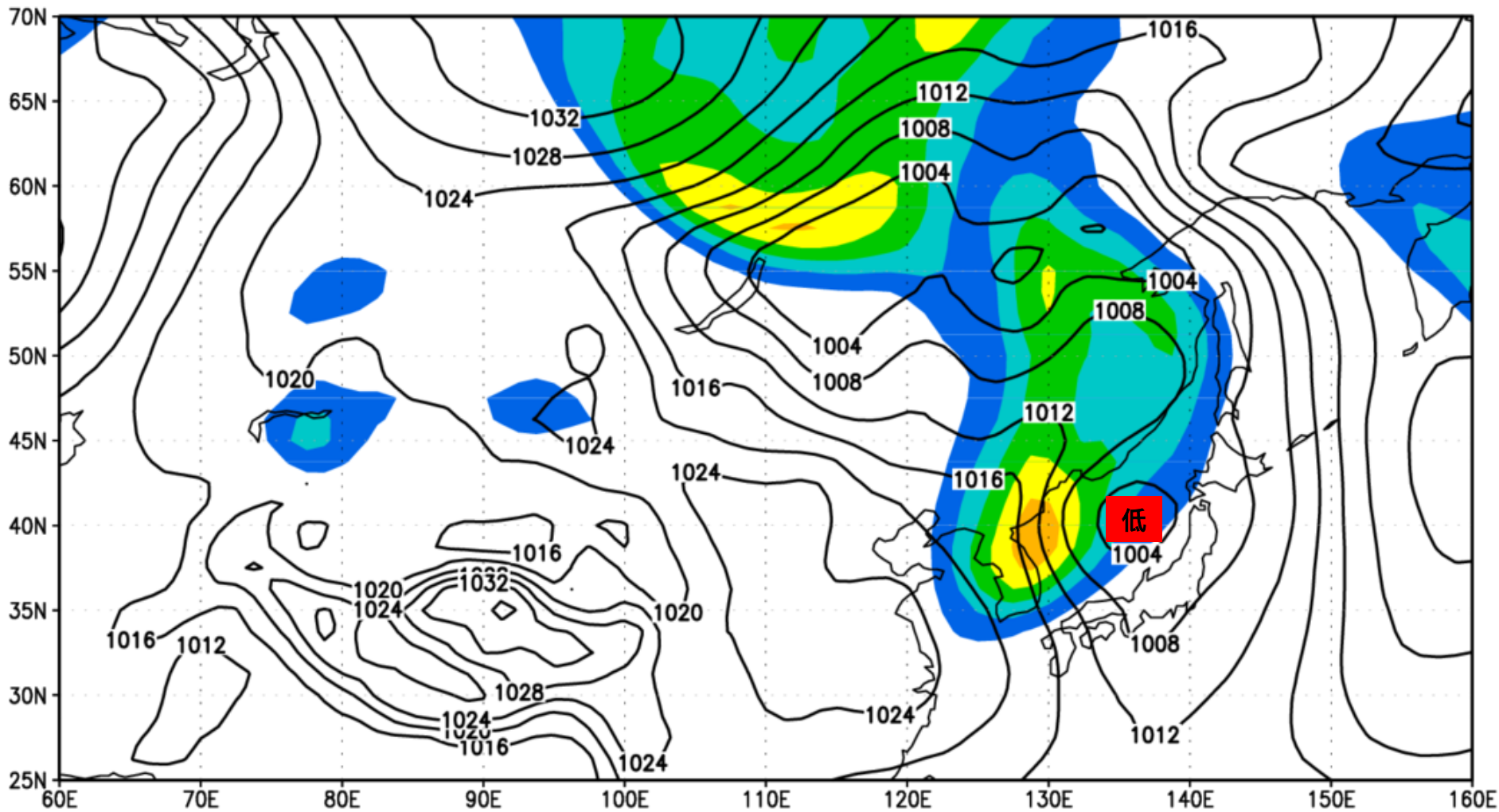
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 06Z06NOV2006



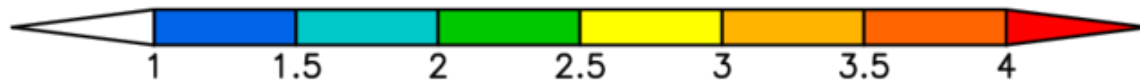
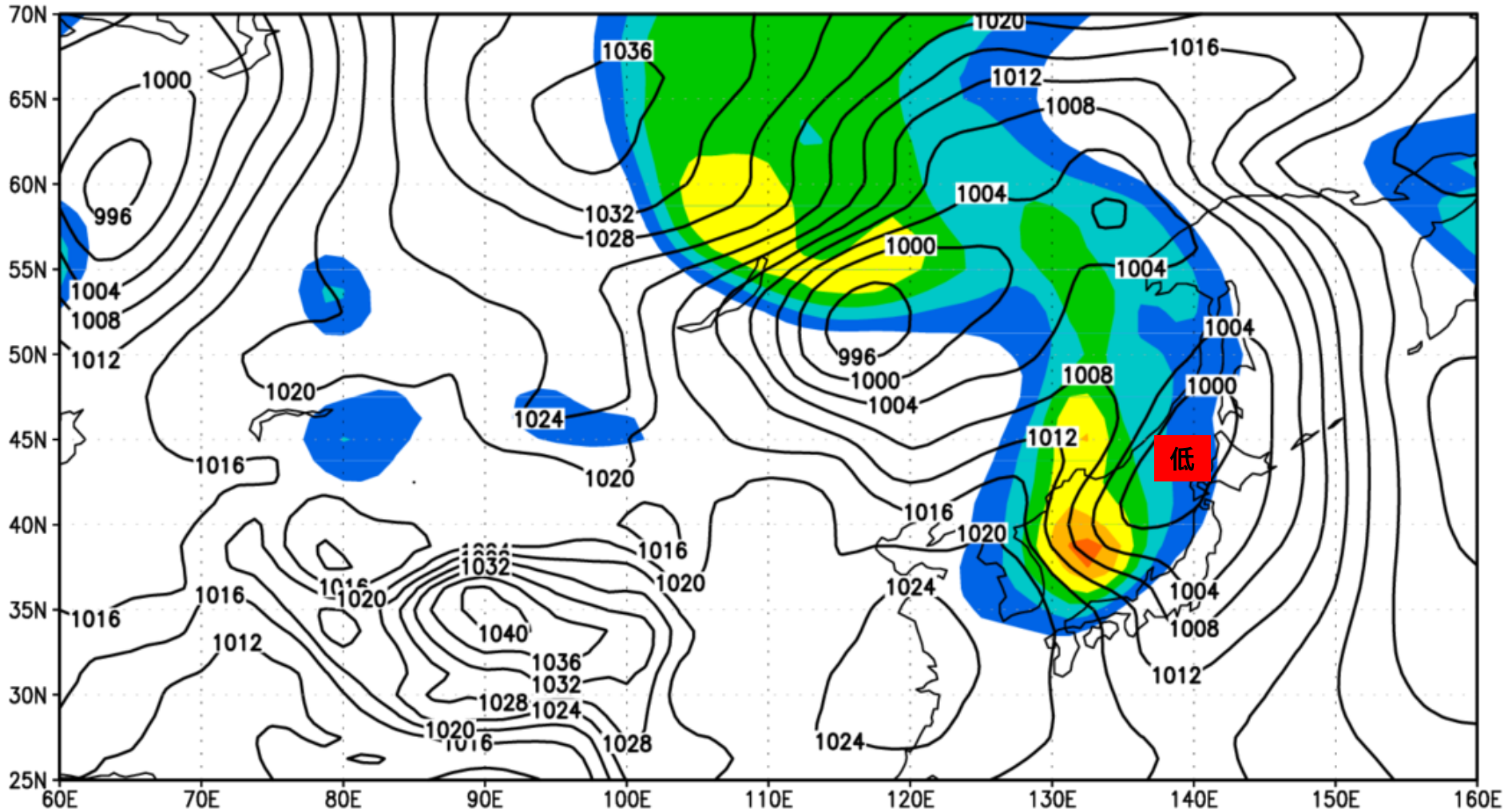
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 12Z06NOV2006



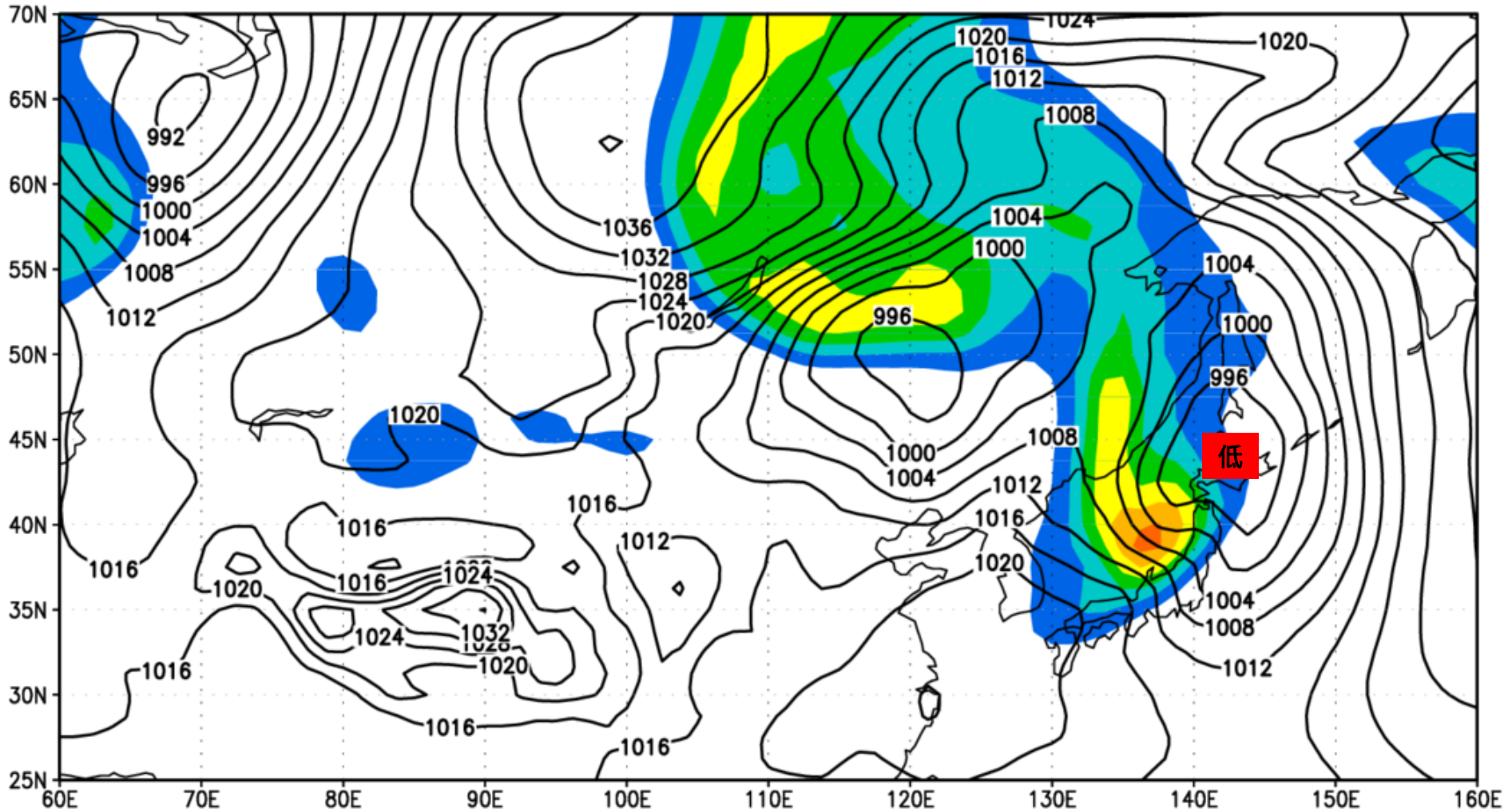
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 18Z06NOV2006



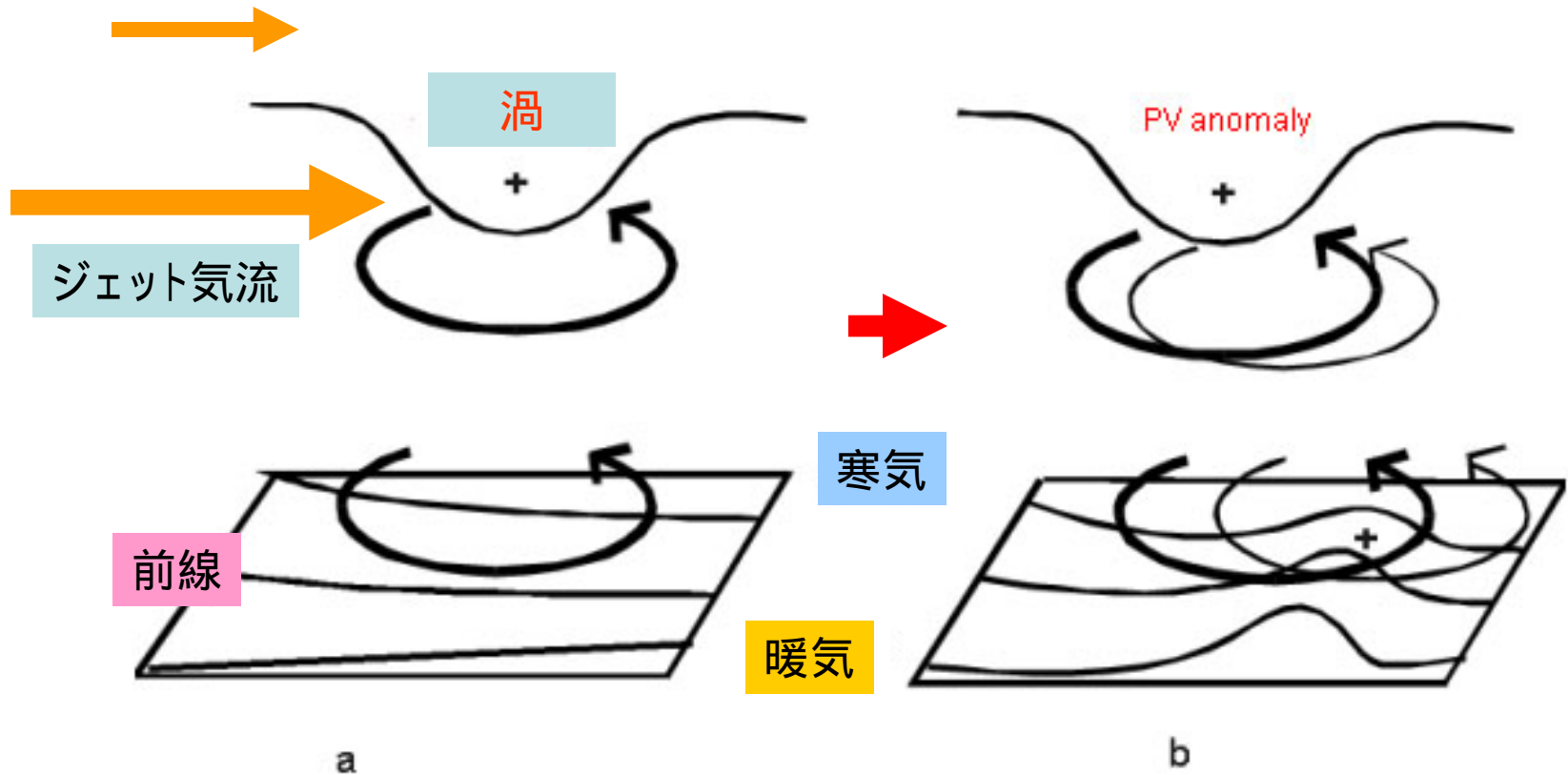
PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 00Z07NOV2006



PV(color,PVU) at 200–400 hPa , SLP(contour, hPa)
JCDAS: 06Z07NOV2006



上空の渦が地上の低気圧を発達させる

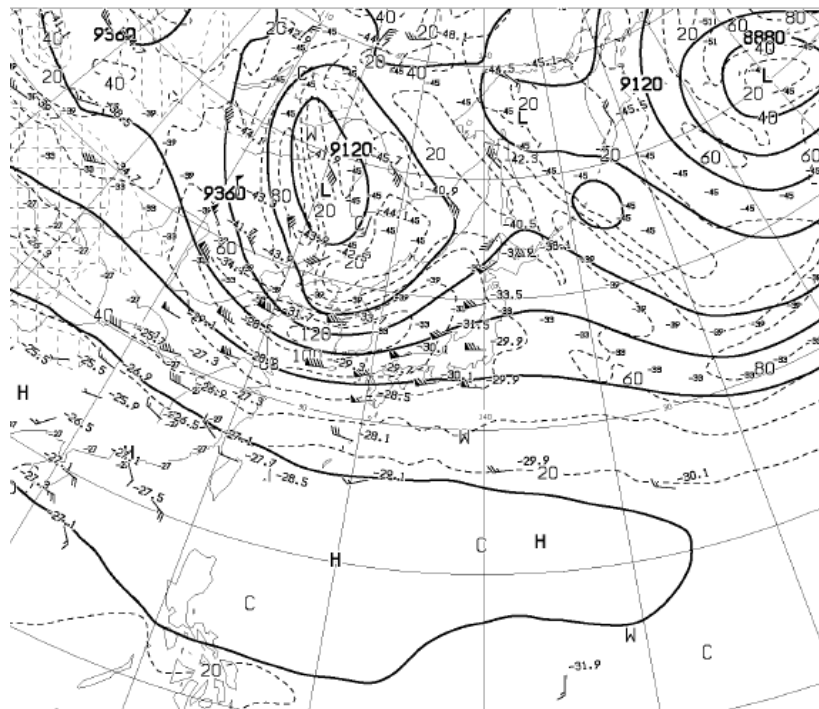


- 「上空の渦と地上低気圧とのカップリング」という現象
– Hoskins et al. (1985)

昨日午後9時の天気図

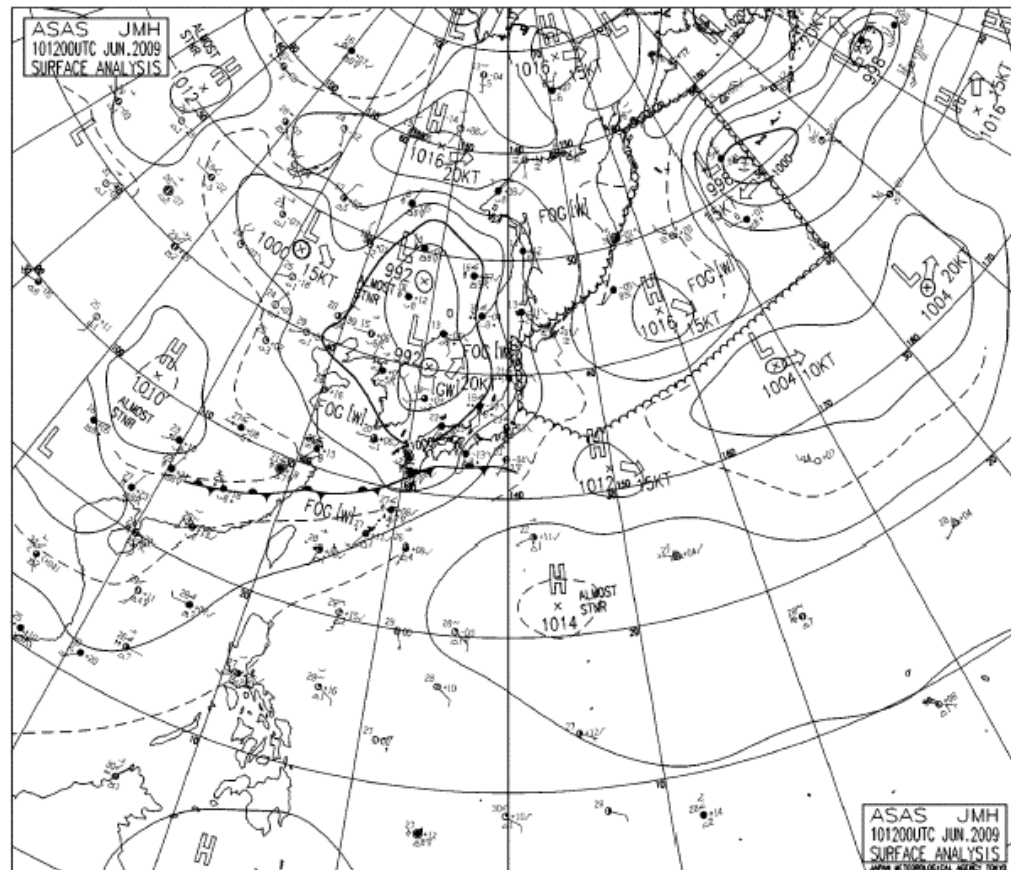
9000m上空

地上



GHT(M), TEMP(°C), ISOTACH(KT)

AUPQ35 101200UTC JUN 2009



- 上空に渦がやってきていて、地上にも低気圧が存在
- でも、そんなに発達してない。地上の前線が弱いから

つまり、爆弾低気圧とは

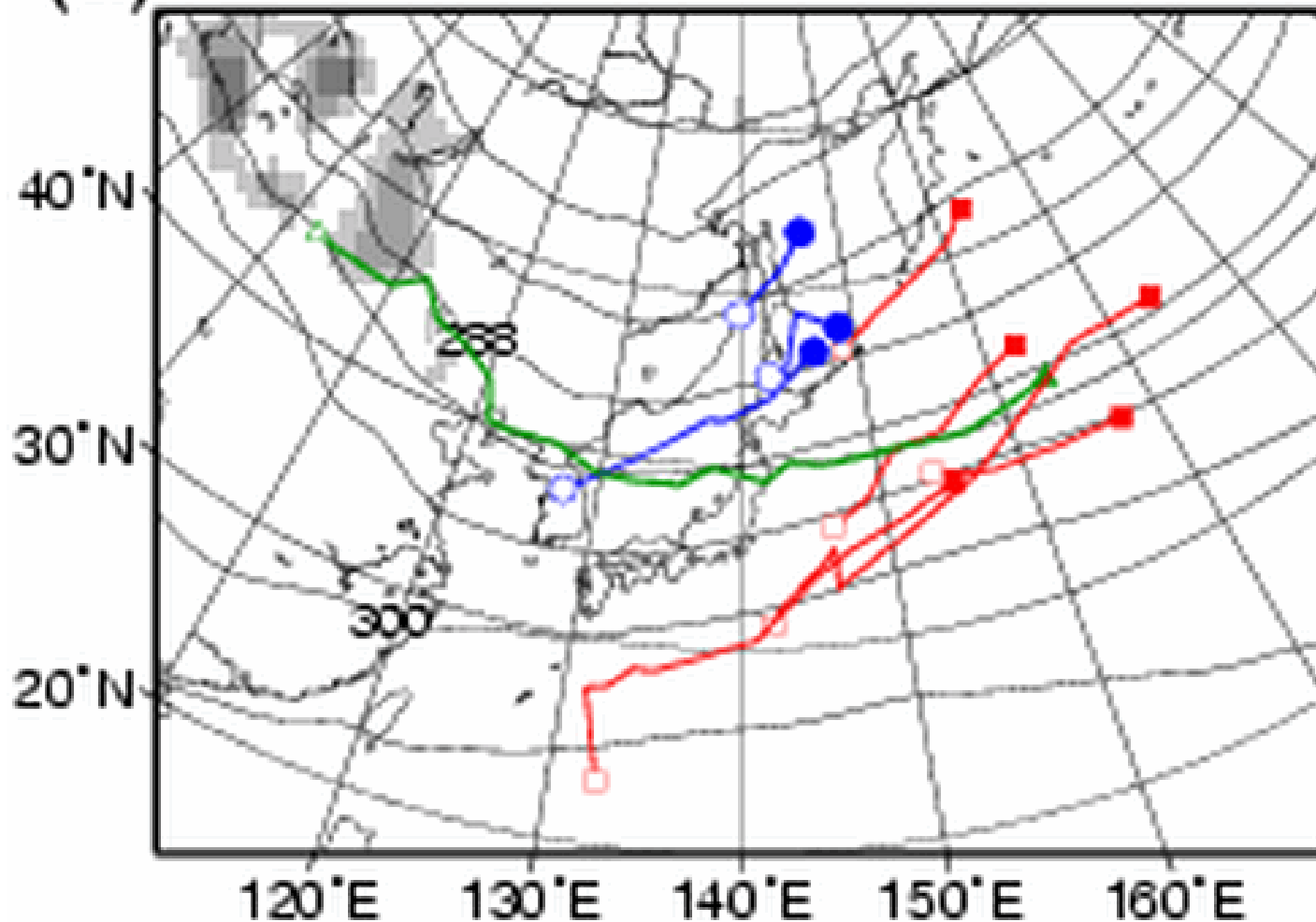
- 上空の渦と地上の前線とが偶然出会って、一気に盛り上がる、情熱的な低気圧。
- 地上の前線だけでも、上空の渦だけでもないハイブリッドエンジン型低気圧



移動経路は出会いの場で決まる

(a)

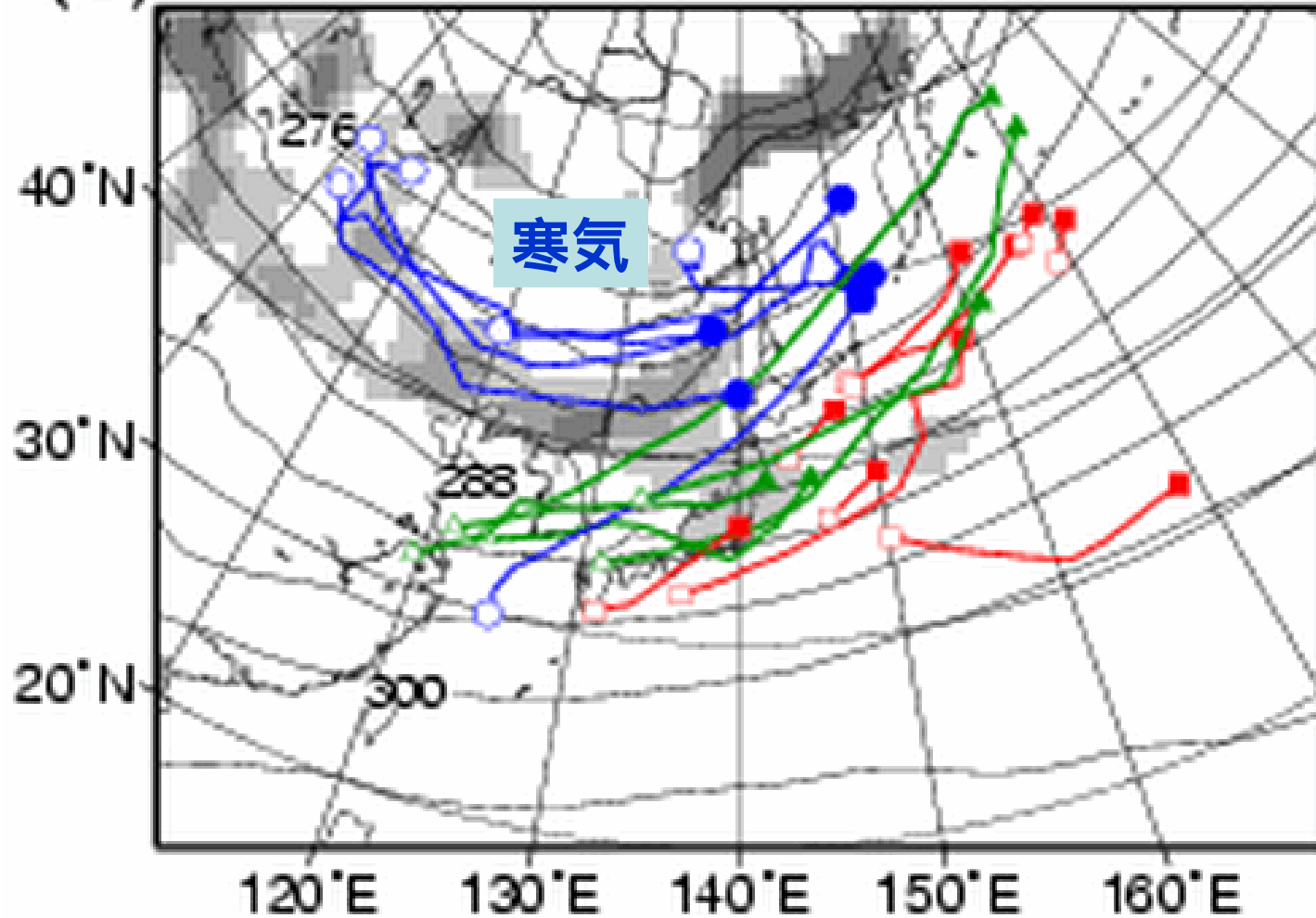
OCTOBER



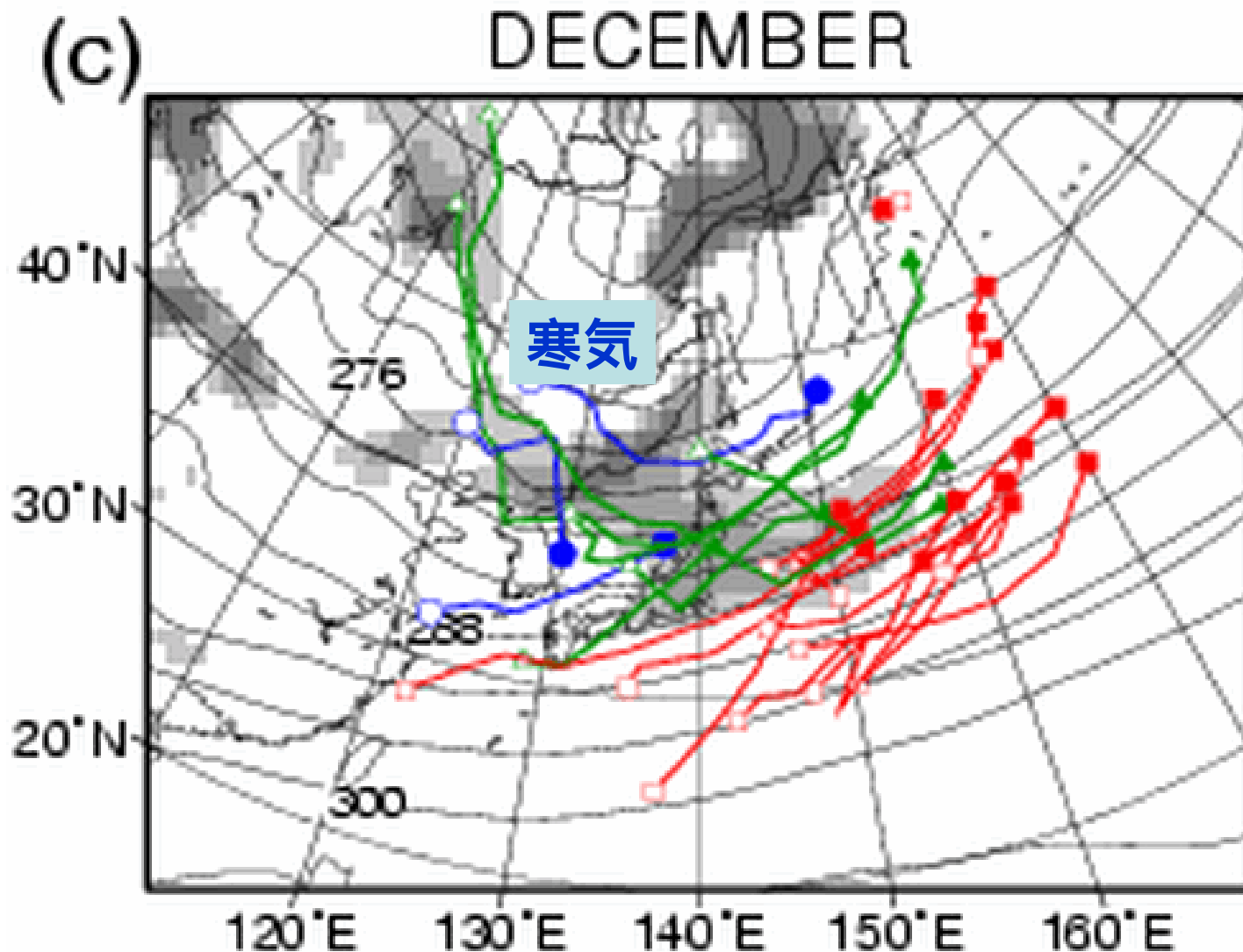
冬に向けて大陸から寒気が南下

(b)

NOVEMBER

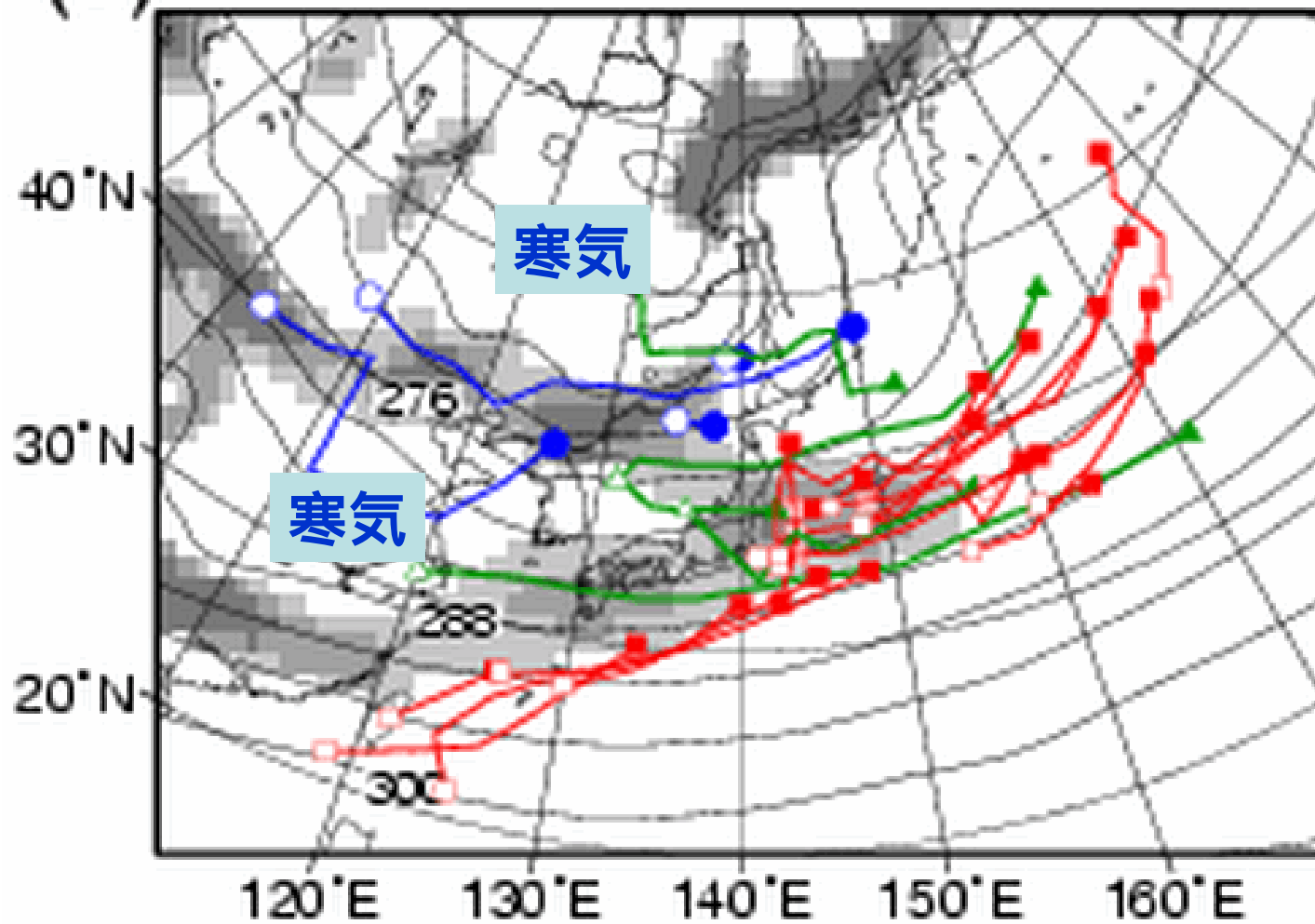


それにつれて、低気圧の経路も南下



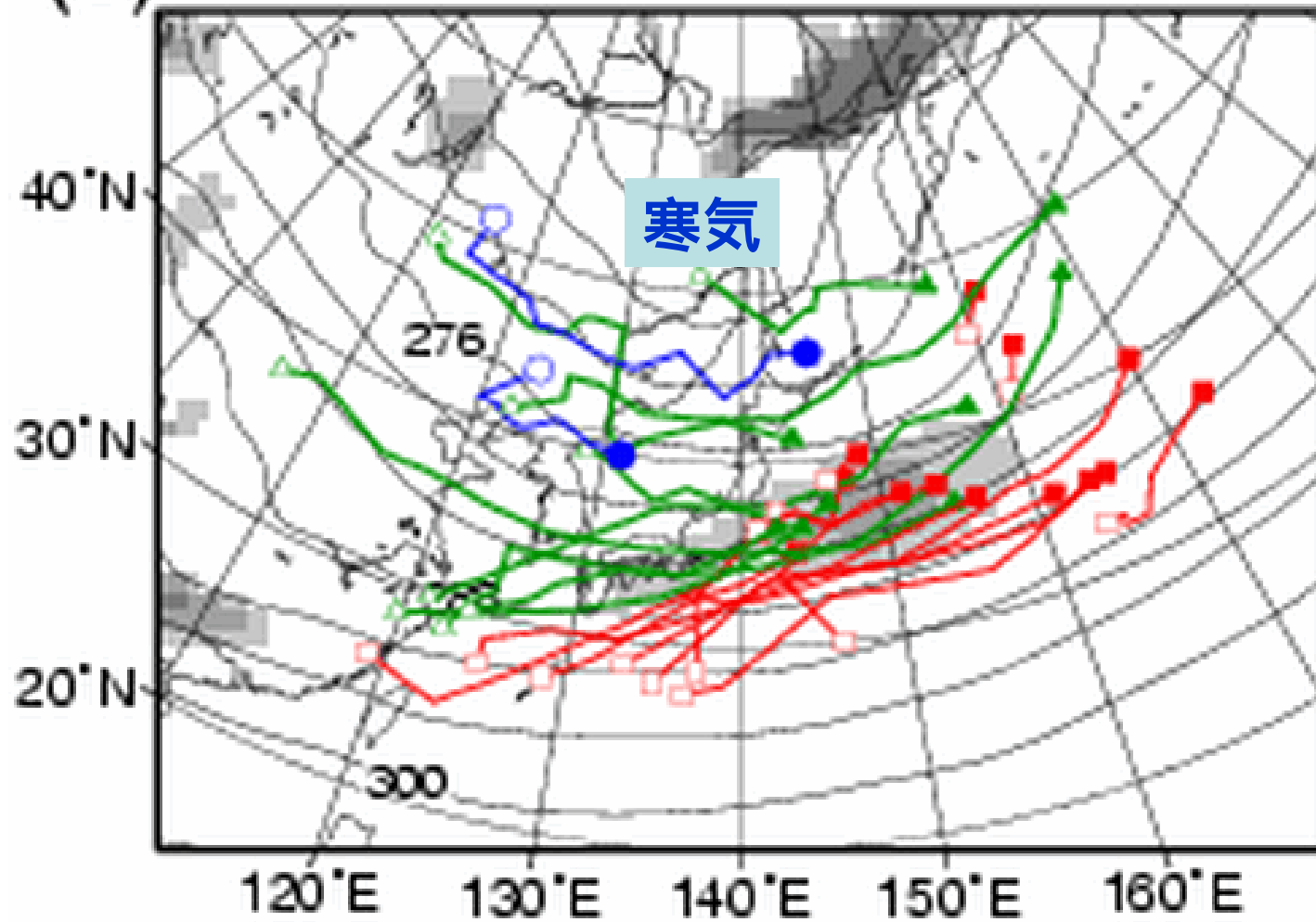
(d)

JANUARY



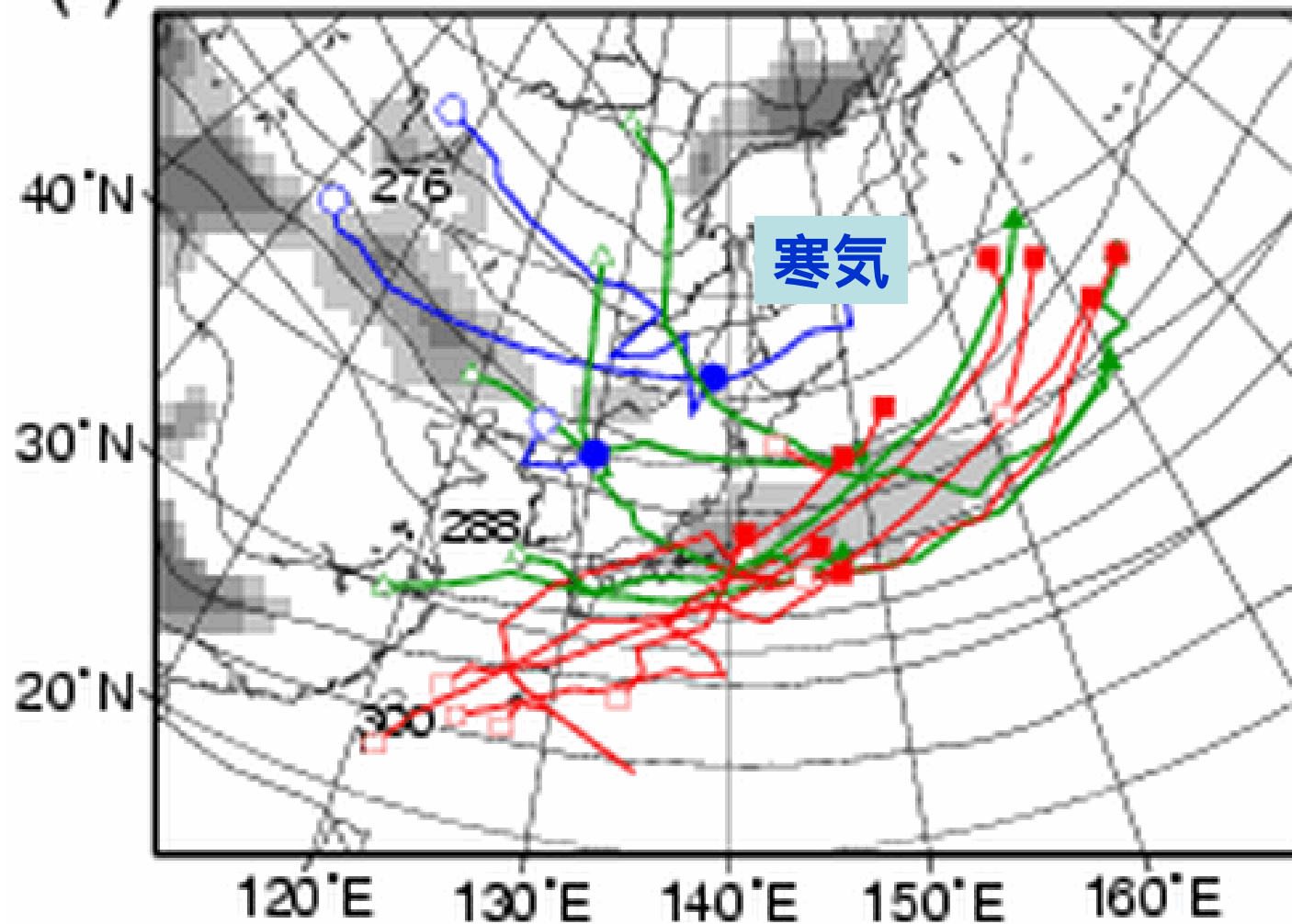
(e)

FEBRUARY



(f)

MARCH



発達**の強さ**は何で決まる？

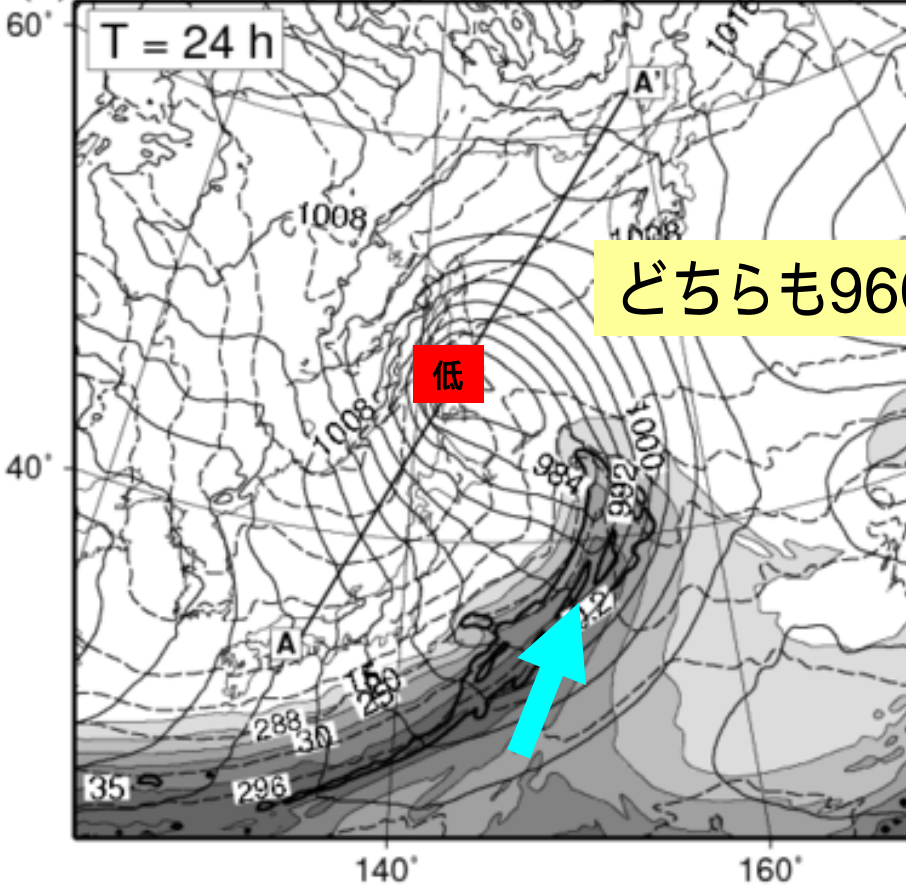
- オホーツク海・日本海上より太平洋上の方が急発達する。
- 出会ったときの条件が違うのでは。

オホーツク海・日本海

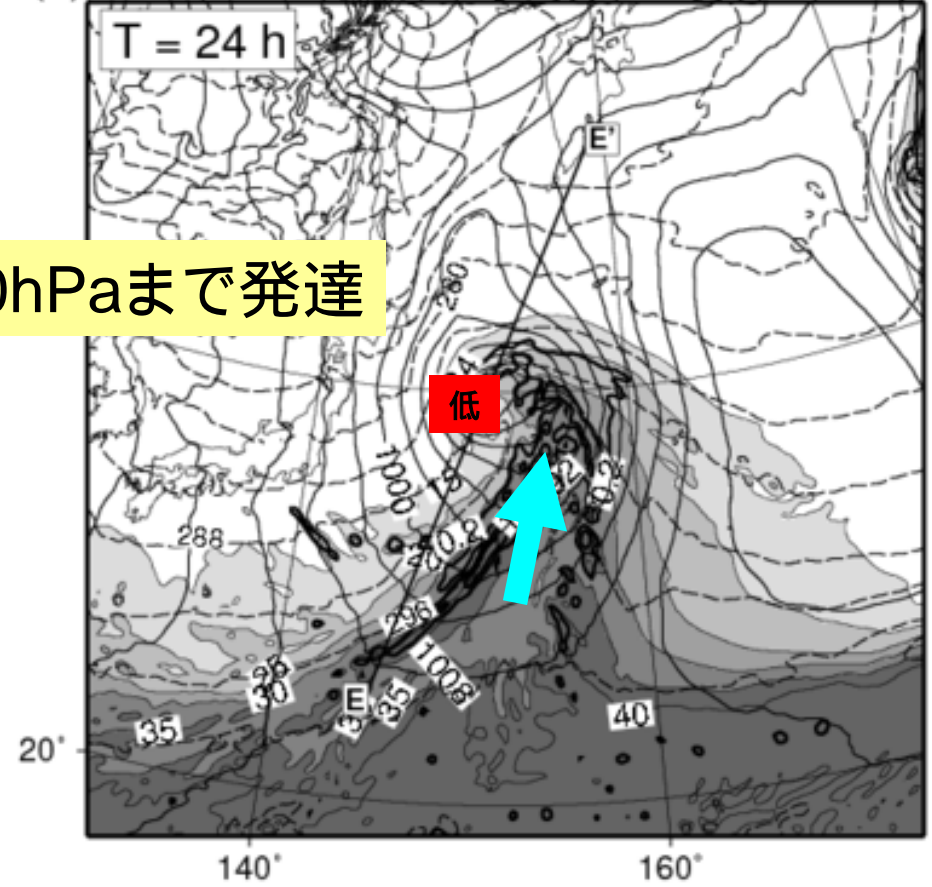
太平洋海洋起源

(c) 1200 UTC 27 FEB 1999 : SLP, 0850, RW, PW

(c) 0000 UTC 31 DEC 1997 : SLP, 0850, RW, PW



どちらも960hPaまで発達



- 太平洋タイプでは、低気圧の中心に湿った空気が流れ込んで、雨が降っている。→台風と同じエネルギー源

本当に水が必要？

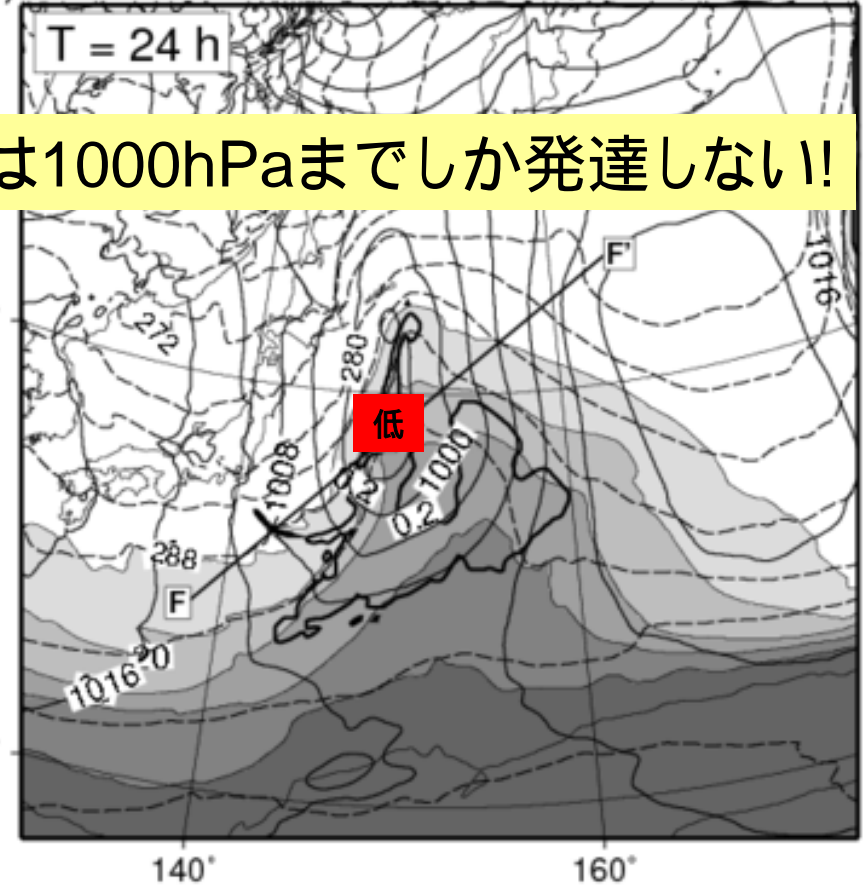
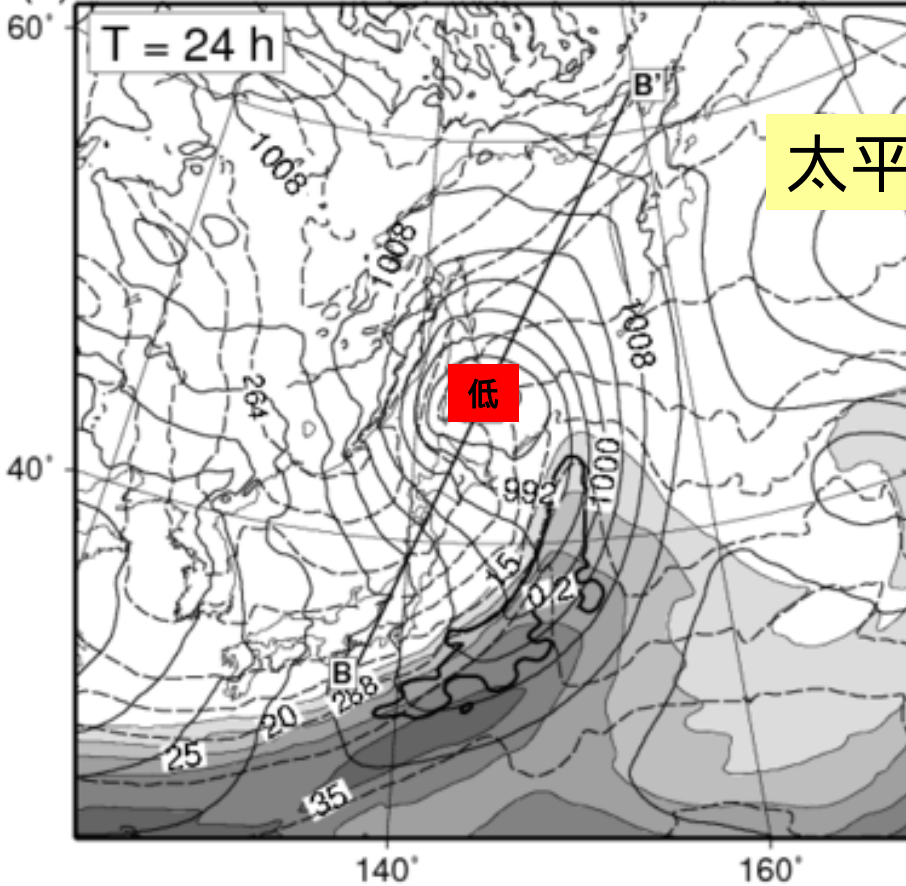
- 数値実験で、水蒸気の凝結熱をなくしてみると、

オホーツク海・日本海

太平洋海洋起源

(c) 1200 UTC 27 FEB 1999 : SLP, θ_{850} , RW, PW

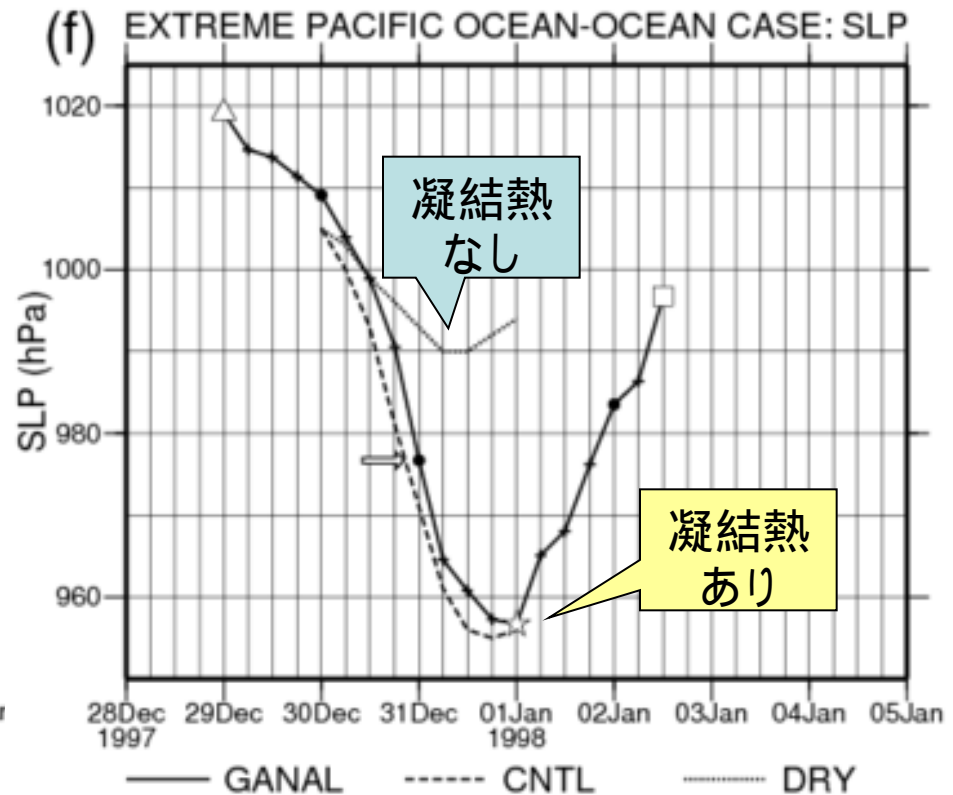
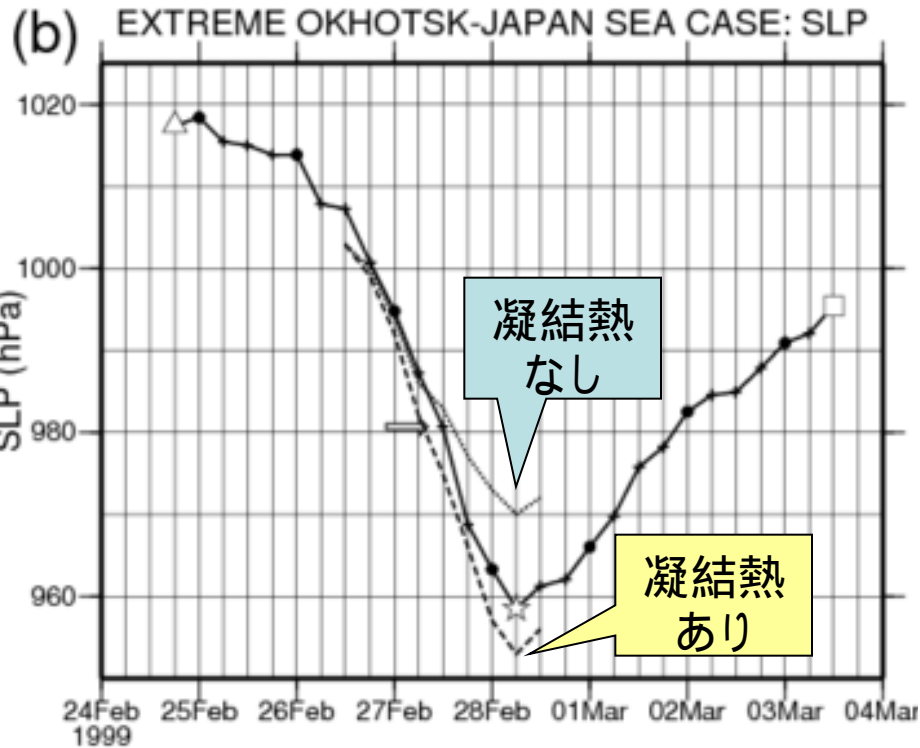
(c) 0000 UTC 31 DEC 1997 : SLP, θ_{850} , RW, PW



太平洋は1000hPaまでしか発達しない!!

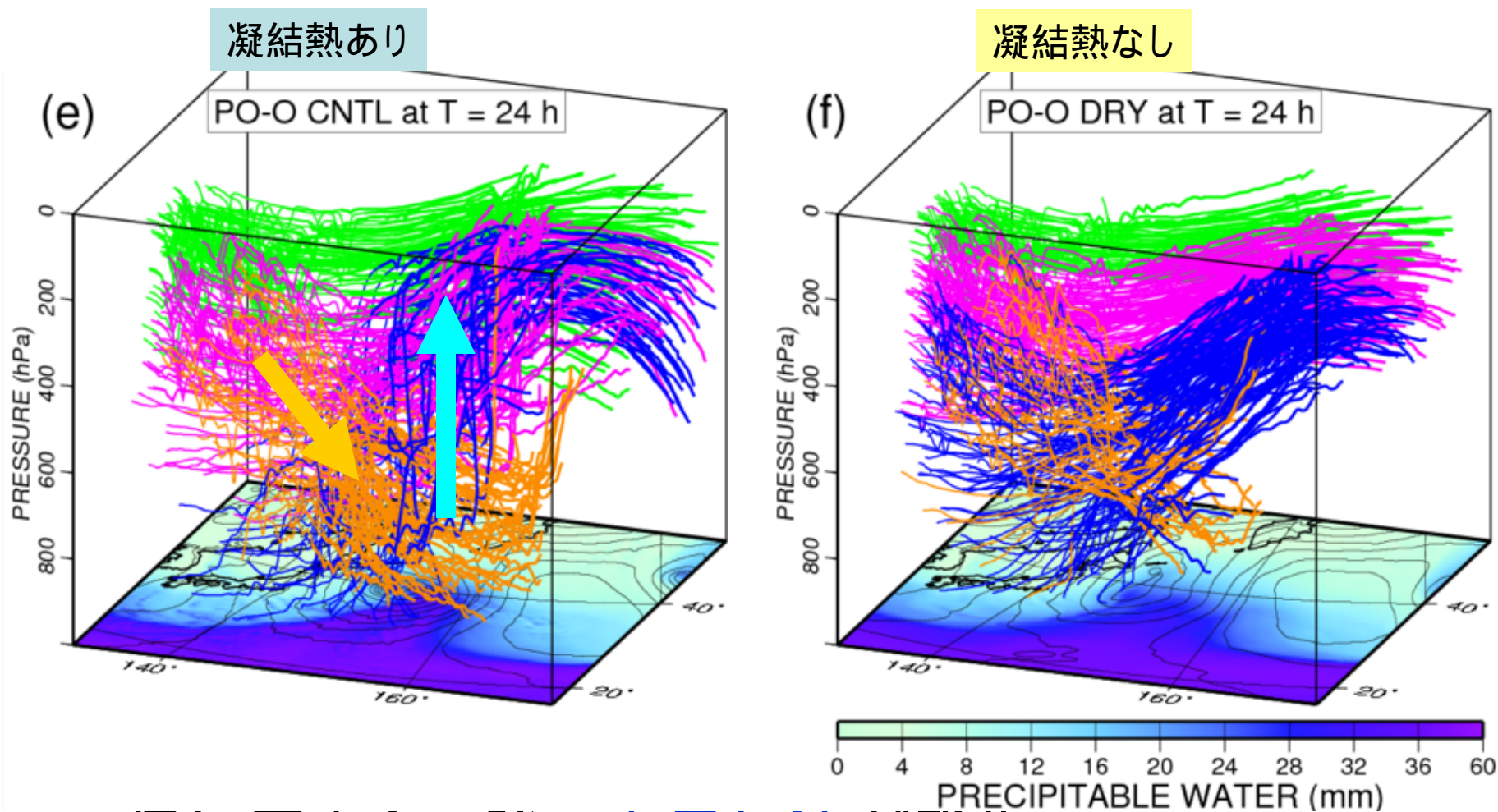
オホーツク海・日本海

太平洋海洋起源



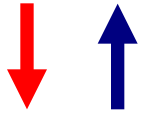
- 太平洋タイプは水の凝結熱がないと、1日で12 hPaしか発達しない。

太平洋タイプ低気圧の中の風の流れ

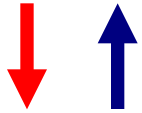


- 低気圧中心で強い上昇気流が発生
- 上空からの下降気流も強い

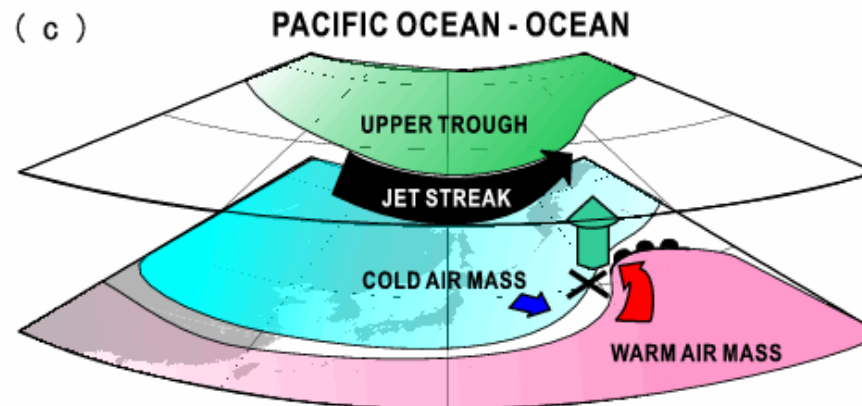
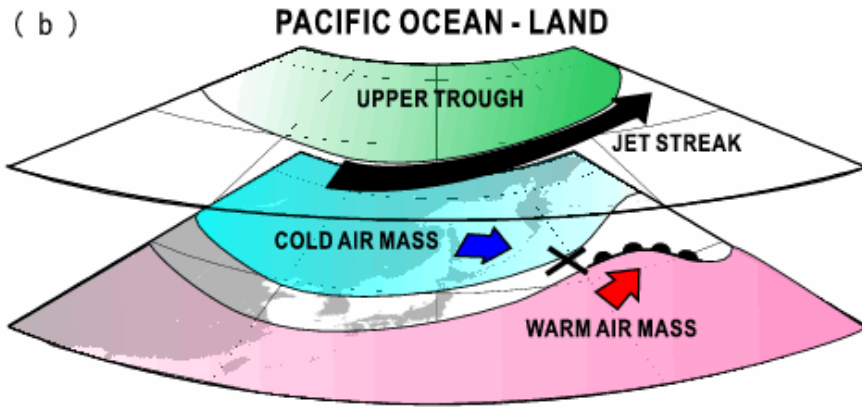
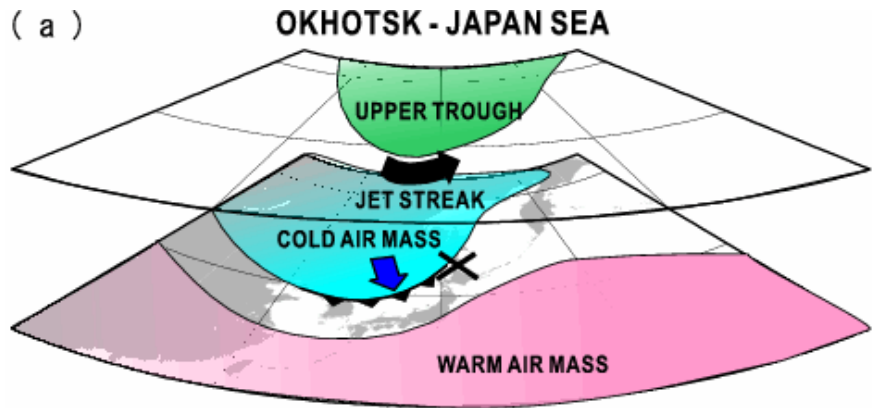
11月



12月、2月



1月



- 寒気の張り出しとともに移動経路を南北に変える。

- 太平洋上だと、水蒸気の凝結熱をエネルギーとして、より急激に発達する。

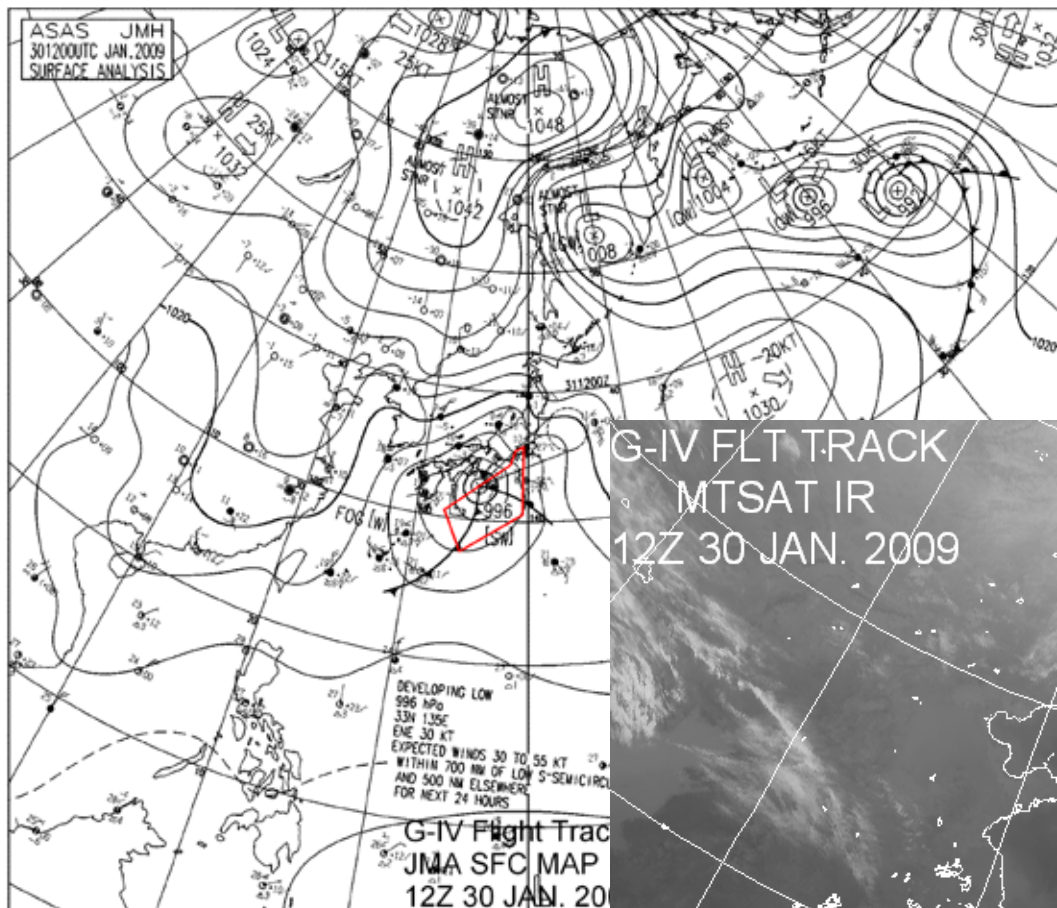
予測はできるの？

- 数値モデルや観測技術が発達したので、かなり予測できるようになった。
- しかし、上空の渦の起源であるロシア上空の観測点は年々減少しているし、太平洋上の観測はそもそも少ない。
- 予測(研究)のための観測が必要
 - これまでの研究は、現象を調べるための観測が主。

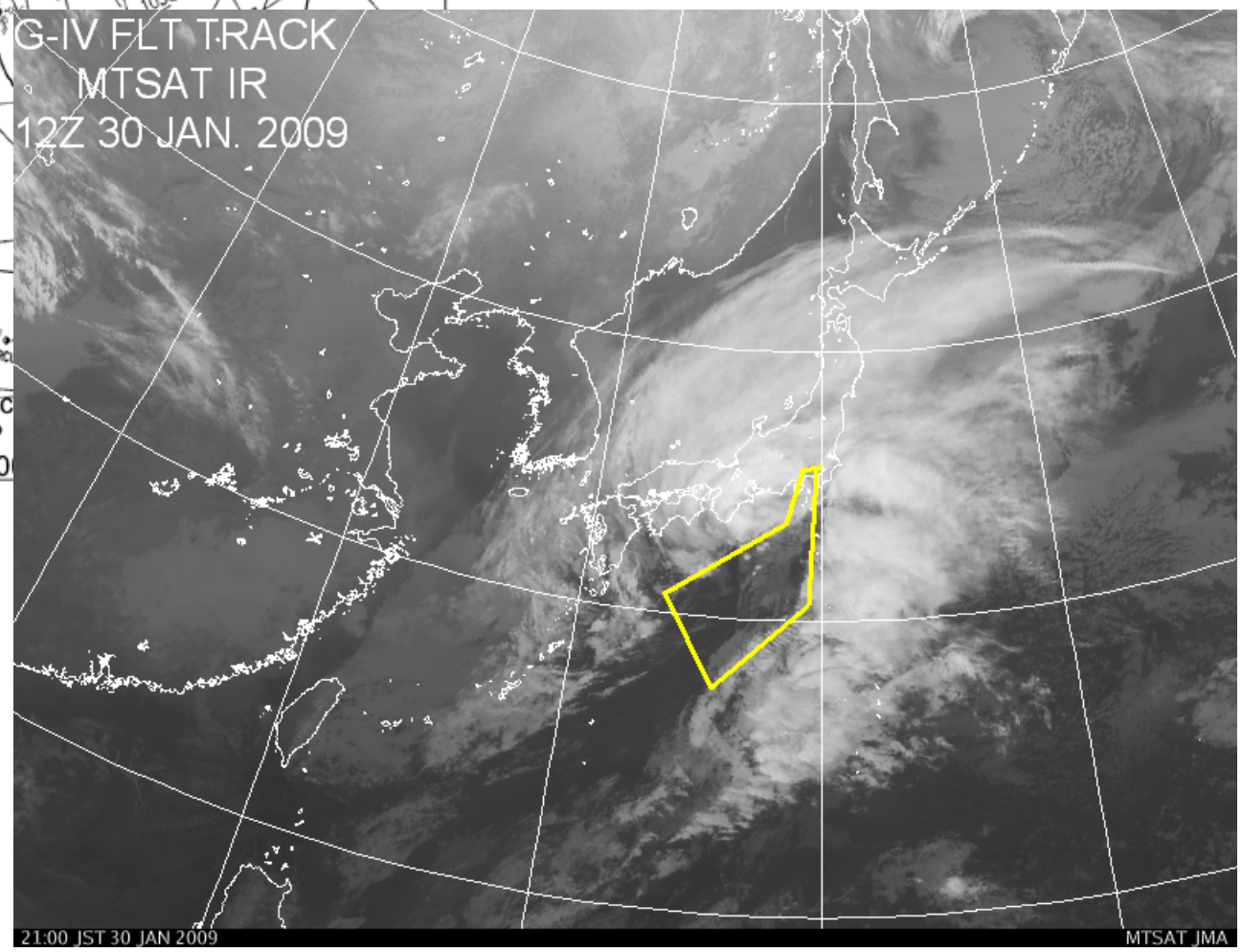
Winter T-PARC

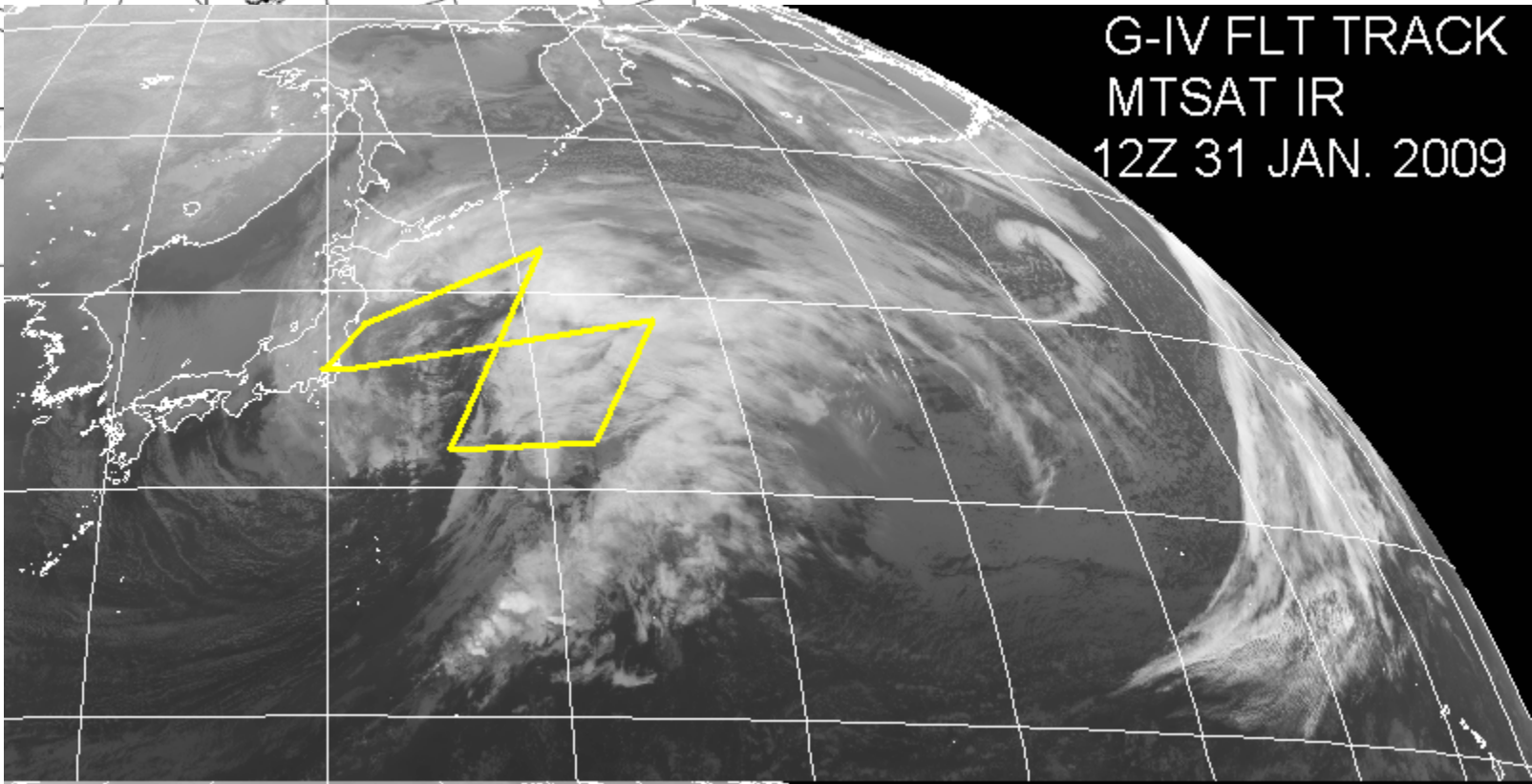
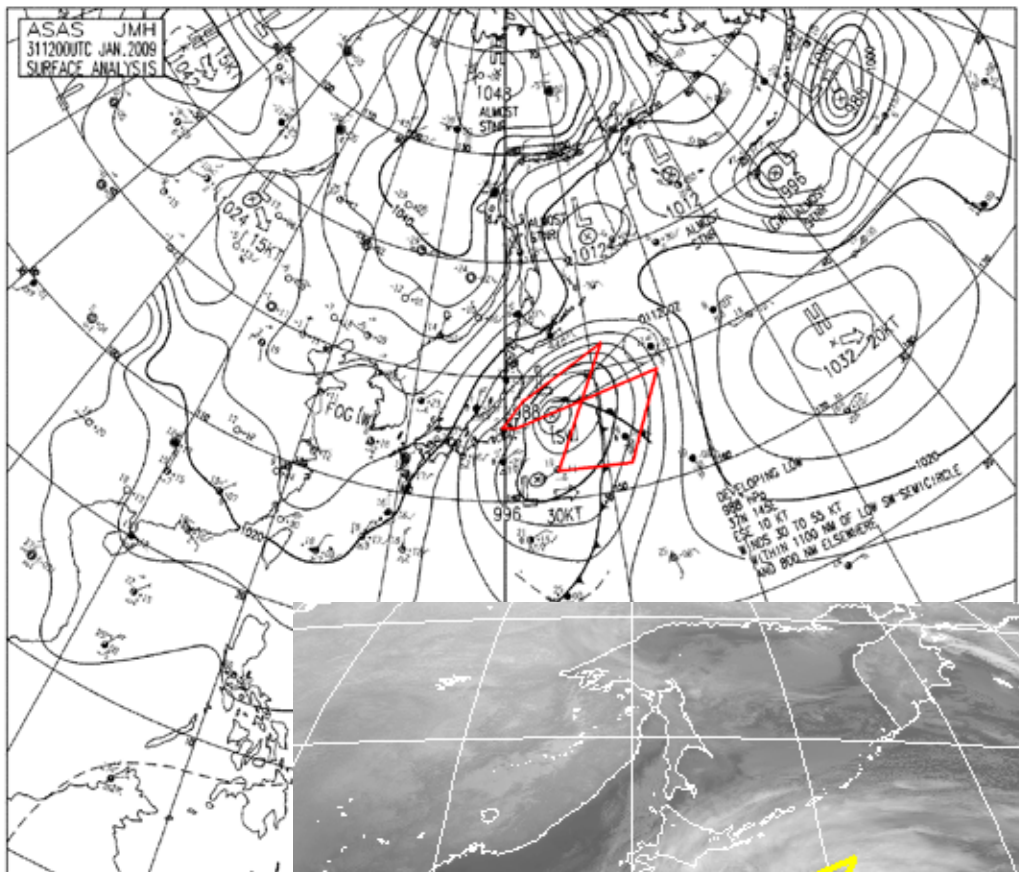
- 2009年1月から3月に太平洋上で実施。
- アメリカの航空機で発達中の低気圧に観測機器(ドロップゾンデ)を投下。
- ロシアの観測も特別に強化(1日2回→4回)



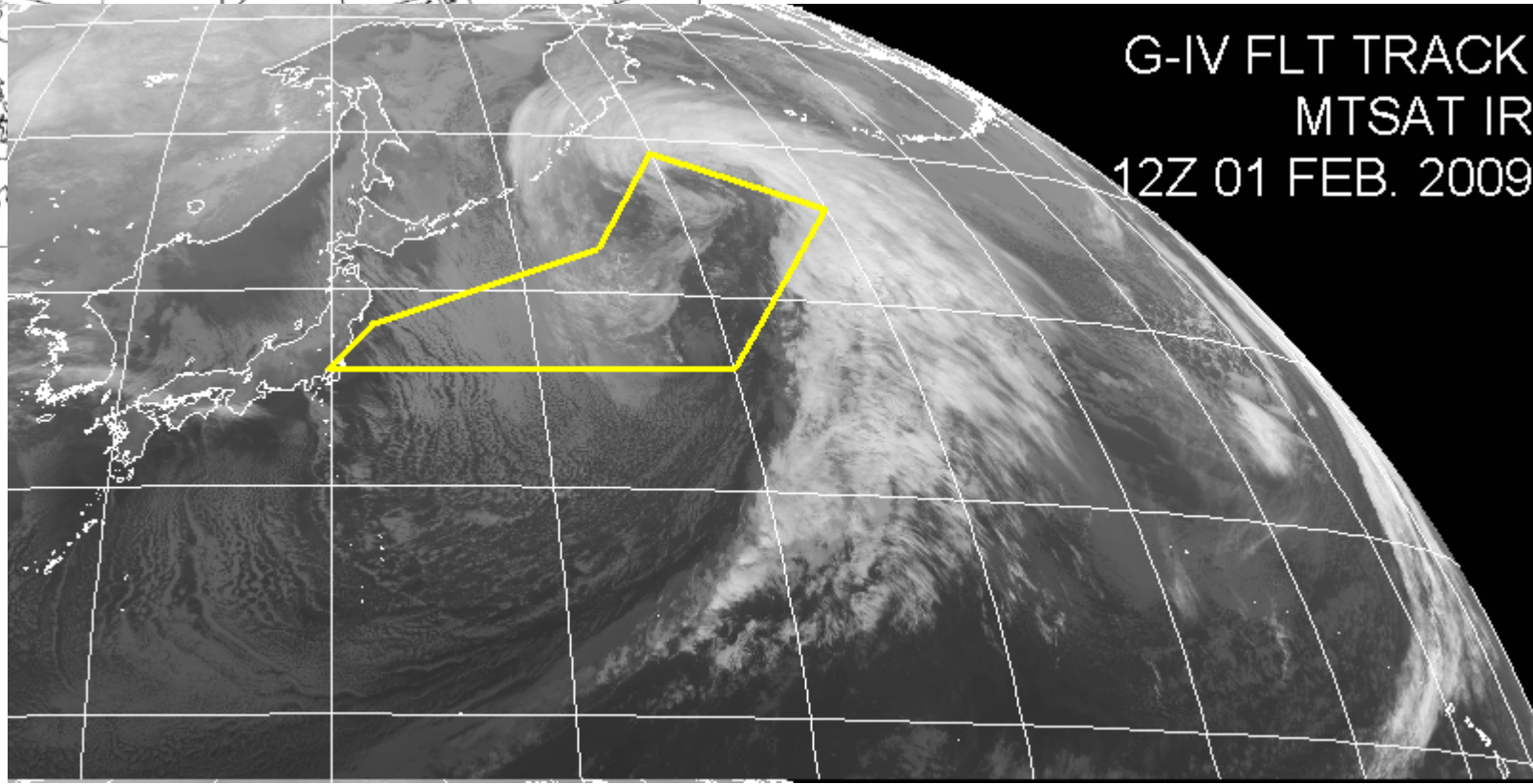
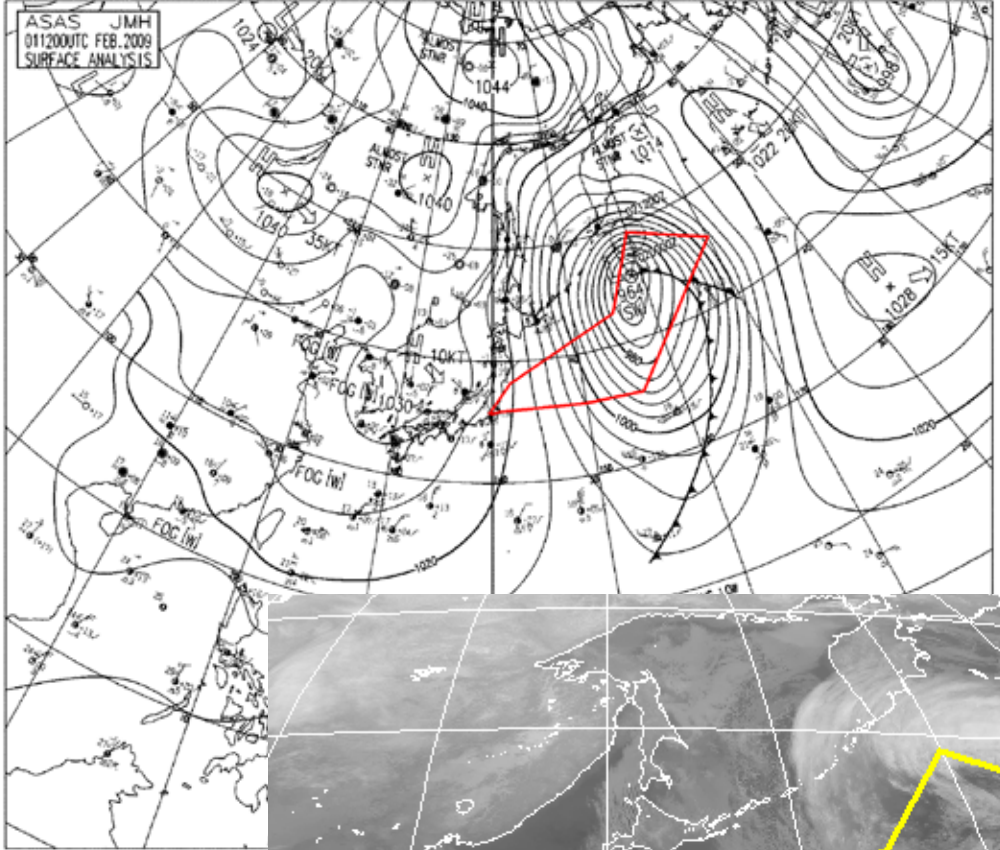


G-IV FLT TRACK
MTSAT IR
12Z 30 JAN. 2009





G-IV FLT TRACK
MTSAT IR
12Z 31 JAN. 2009

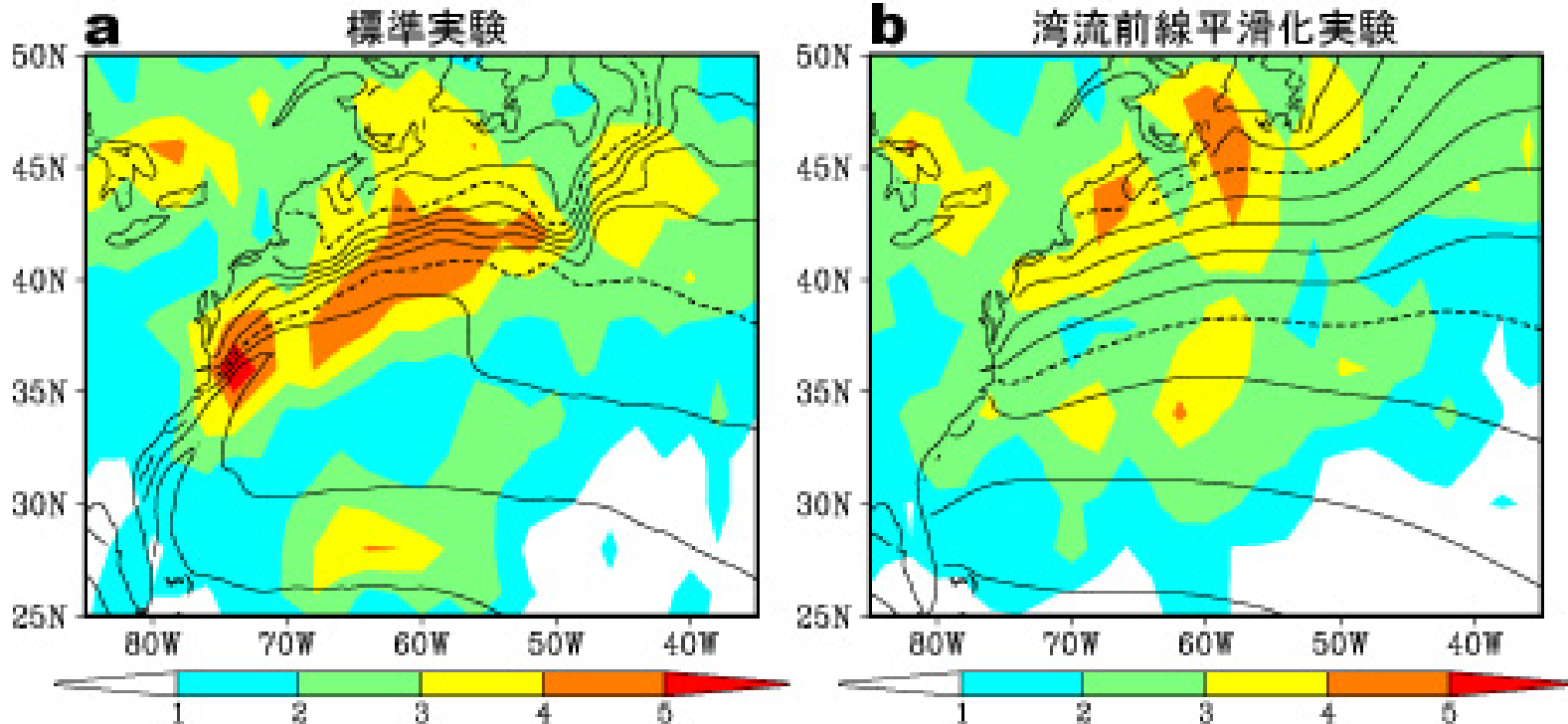


G-IV FLT TRACK
MTSAT IR
12Z 01 FEB. 2009

気候(変動)との関係は?

- 黒潮やメキシコ湾流などの海の前線が低気圧の発達に影響していることがわかってきた。

AFESIにおける低気圧密度

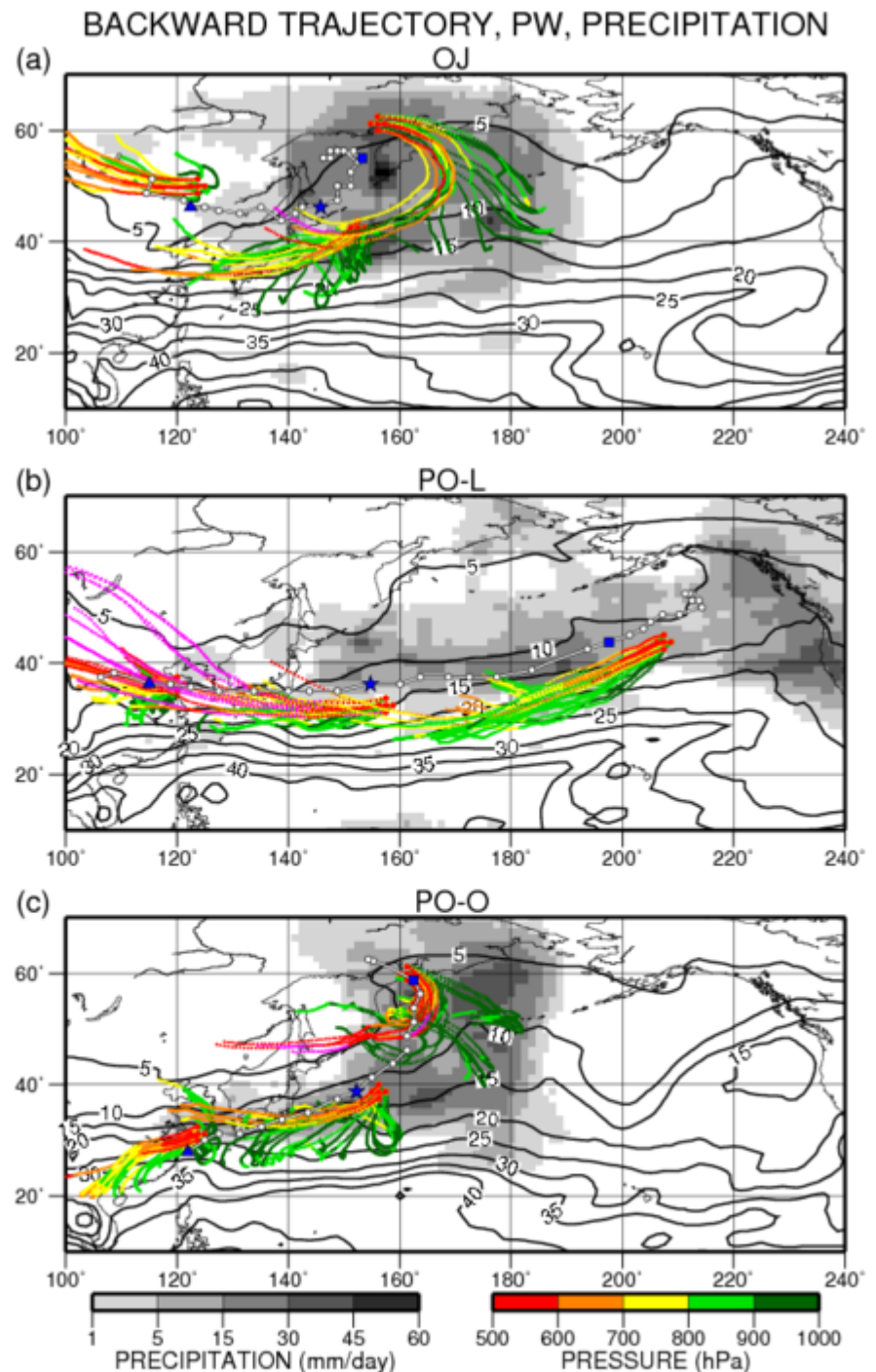


まとめ

- 爆弾低気圧は、上空の渦と地上の前線との「カップリング」で発達。
- 太平洋上では水蒸気の凝結熱を得て、より急速に発達。
- 予測精度を向上させるための特別観測が最近実施された。
- 海洋前線が低気圧活動に与える影響の研究も始まった。
- モデルと観測の両輪で、より正確な予測と現象の理解のための研究が進んでいる。

爆弾低気圧の地球規模への影響

- 水や熱の地球規模の輸送の一端を担っている。
- さらに東での低気圧の発達の種類になることもある。



低気圧数の 長期変動

- 数年周期の増減はあるが、長期的な変化は見られない。

