

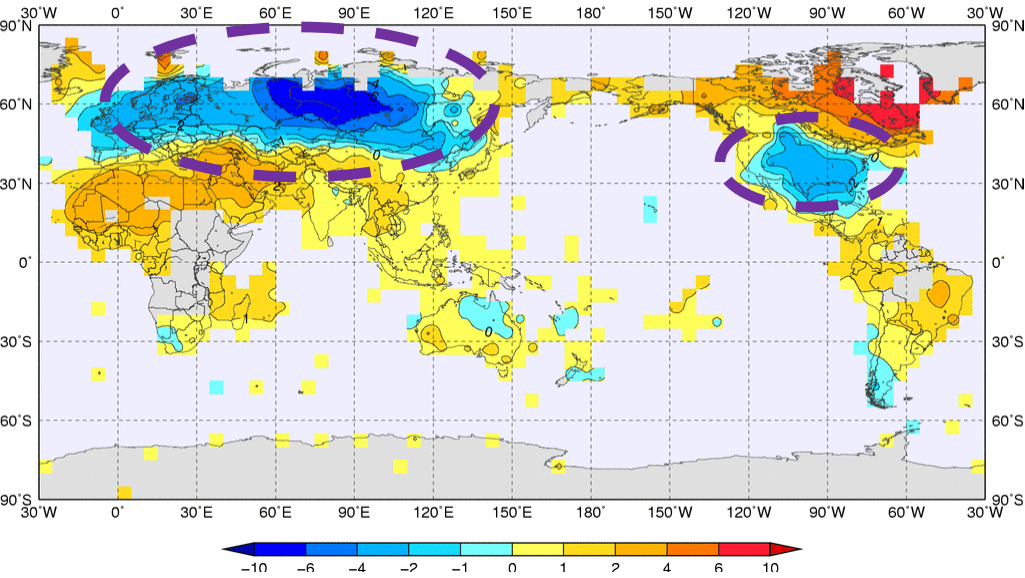
北半球中緯度帯に顕著な寒波を もたらした大気の流れについて

1. 天候の状況

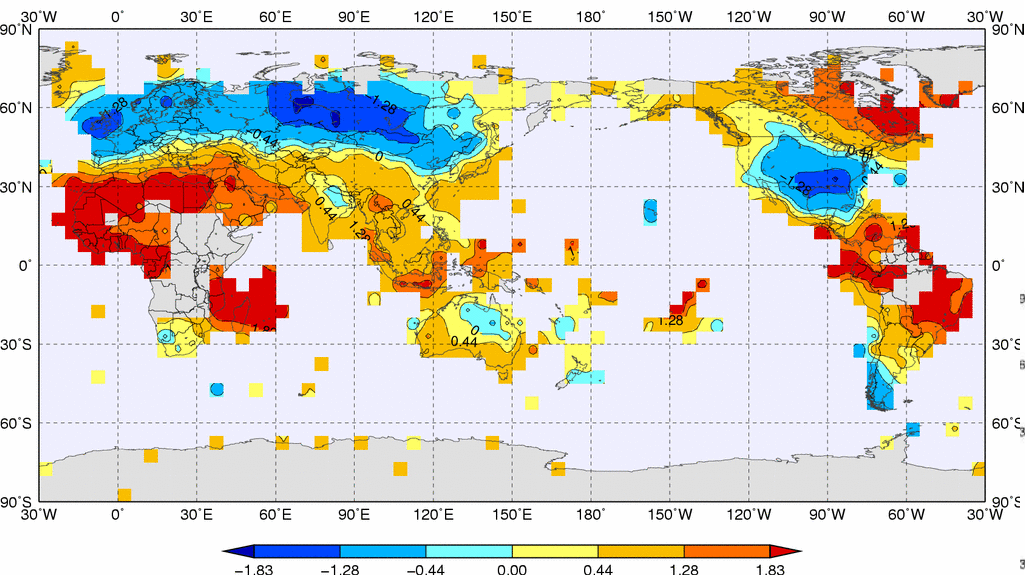
(1) 世界の天候

① 3か月平均気温(速報)

Temperature Anomaly (degC) [term : 20091201-20100228]



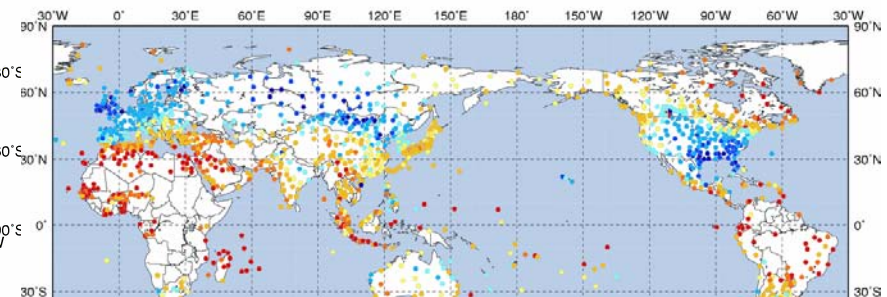
Normalized Temperature Anomaly [term : 20091201-20100228]



- 上、12月1日～2月28日平均気温平年差
- 左下、同時期の規格化平年差
- 右下、左下に同じ。ただし北半球地点プロット(部分)
 - シベリアでは平年差-6°Cの領域が広がっている。(平年差)
 - シベリアやヨーロッパ、米国では - 1.28σ(「かなり低い」に相当)となった。(規格化平年差)
 - 地点によっては-1.83σ(異常低温)より低くなった。
 - 低緯度域とカナダ北東部は高温傾向

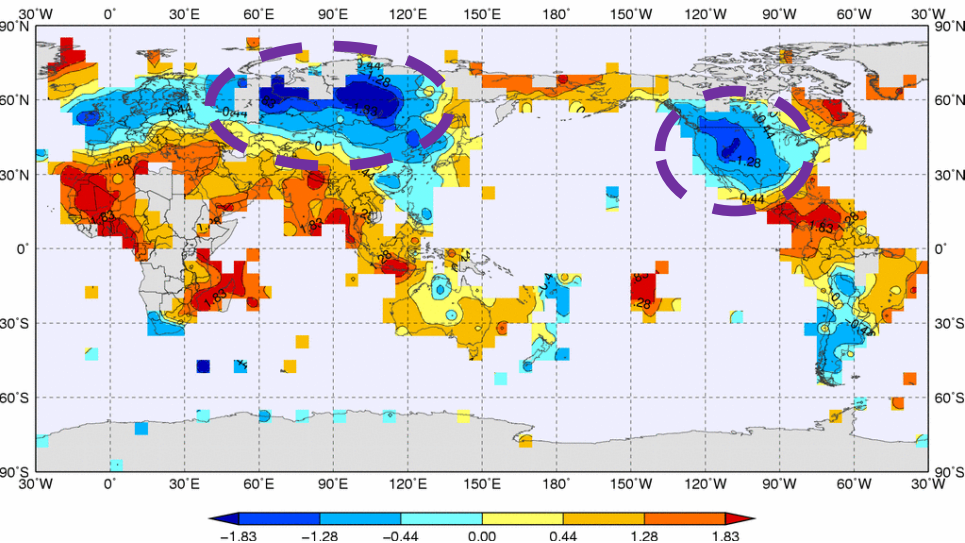
SYNOPI日別データを用いた速報値

Normalized Temperature Anomaly [term : 20091201-20100228]



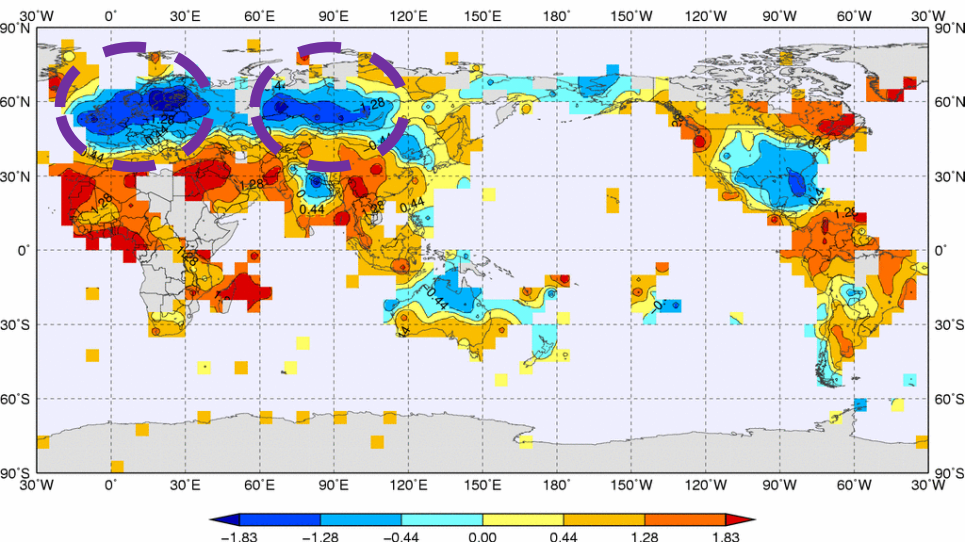
② 月平均気温規格化平年差の経過

Normalized Temperature Anomaly [term : 200912]

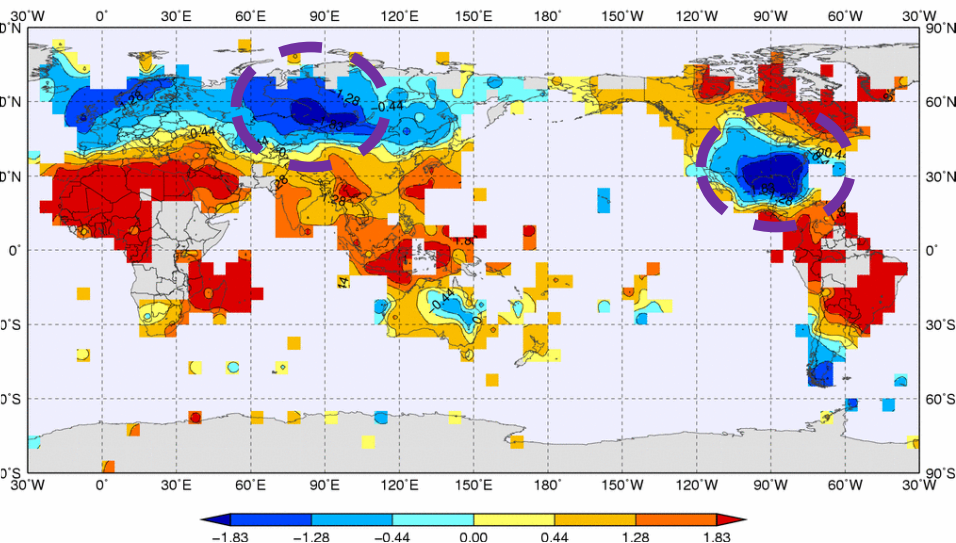


- 12月(左上)、1月(左下)、2月(右下、SYNOPによる速報値)の月平均気温規格化平年差
 - － シベリアは季節を通して低温が顕著
 - － ヨーロッパは1月に低温が顕著
 - － 米国北西部は12月に低温が顕著
 - － 米国南東部は2月に低温が顕著

Normalized Temperature Anomaly [term : 201001]

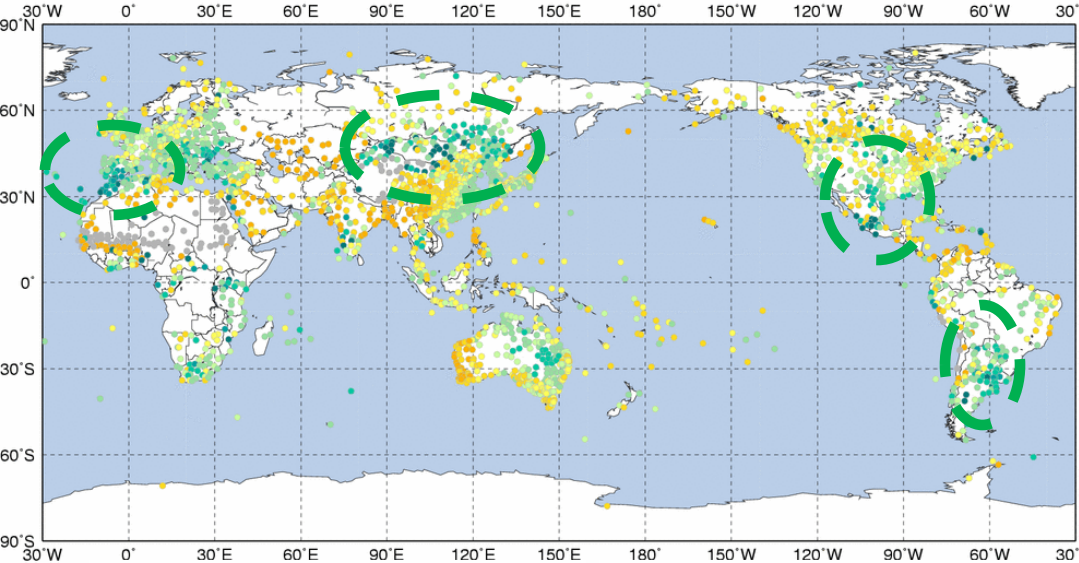


Normalized Temperature Anomaly [term : 20100201-20100228]

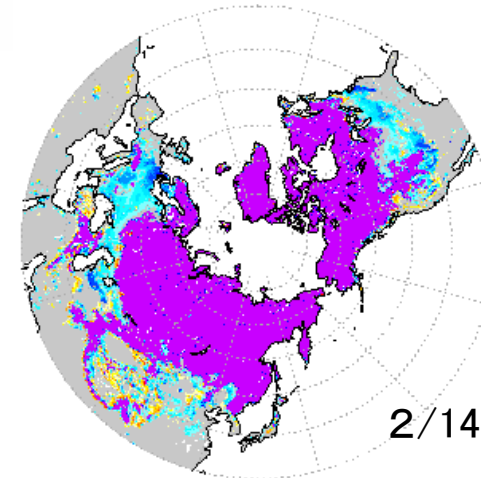
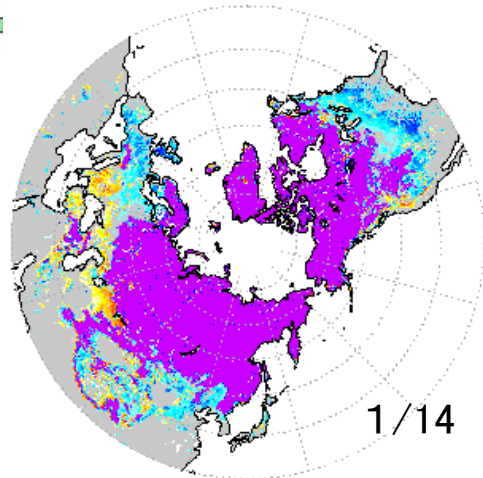
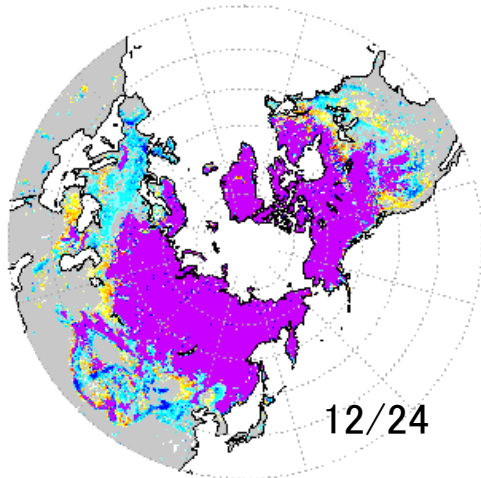


③ 3か月降水量(速報)と週積雪日数平年差

Precipitation Ratio (%) [term : 20091201-20100228]



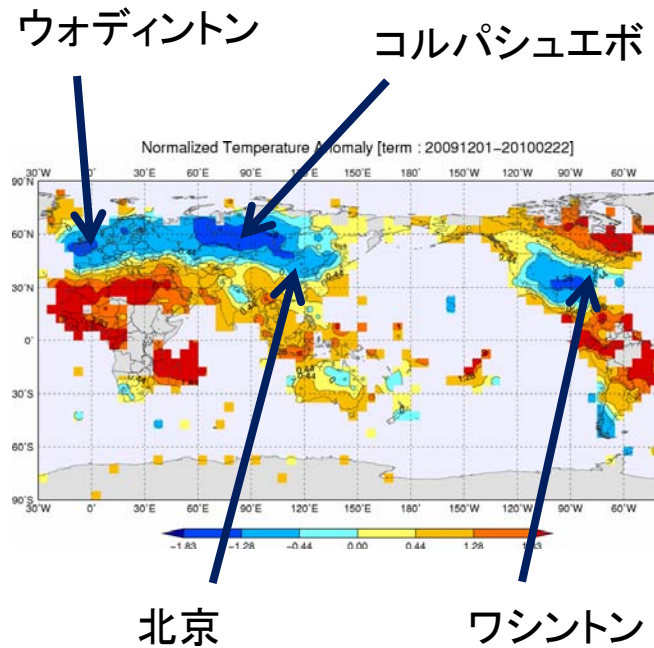
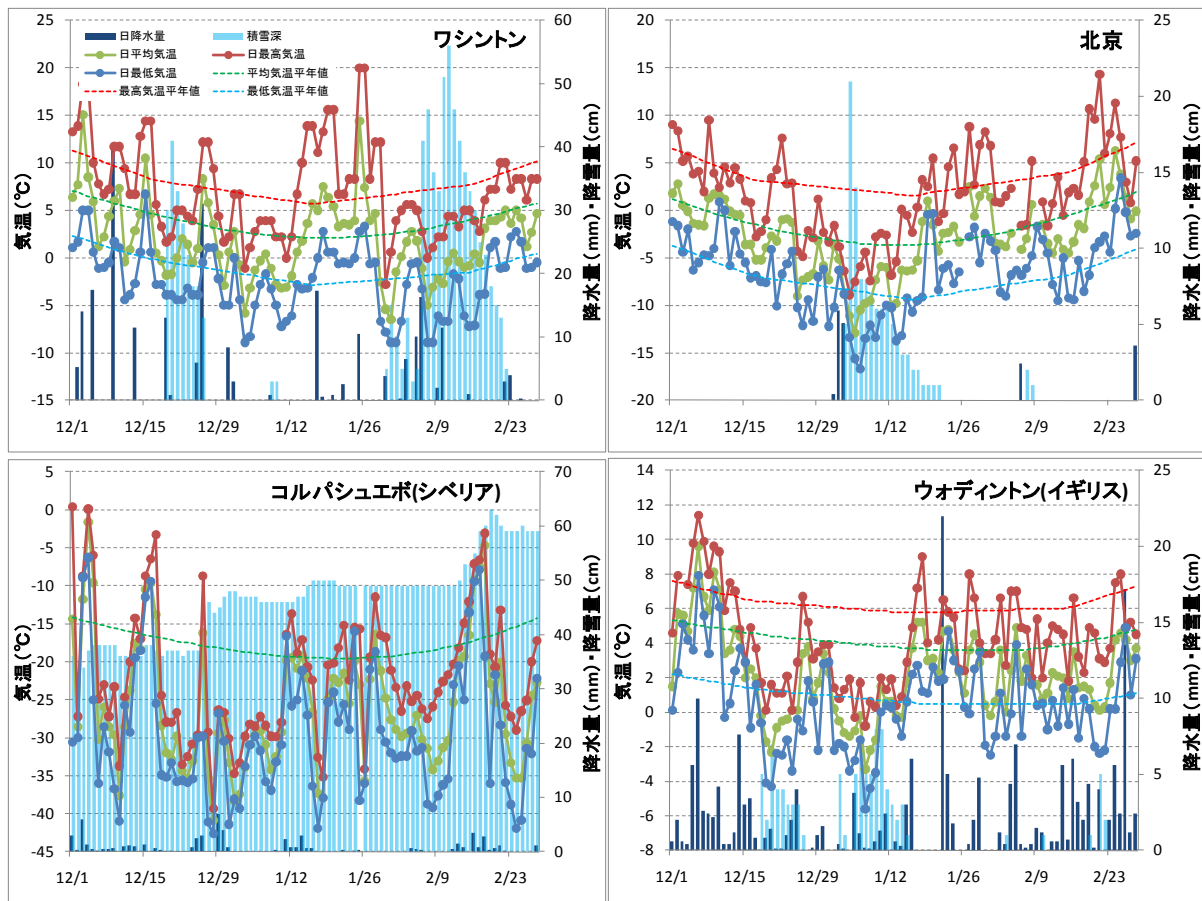
- 12月1日～2月28日までの降水量平年比
 - － モロッコ周辺、モンゴル周辺、メキシコ南部、アルゼンチン周辺で多雨傾向(ただしモンゴルは平年値が数mmとなる季節)
- 積雪
 - － ヨーロッパ、アメリカ合衆国、中国北部で、積雪域が平年より広がっている(紫色は平年・今年ともに積雪のある領域)。



2010/3/3

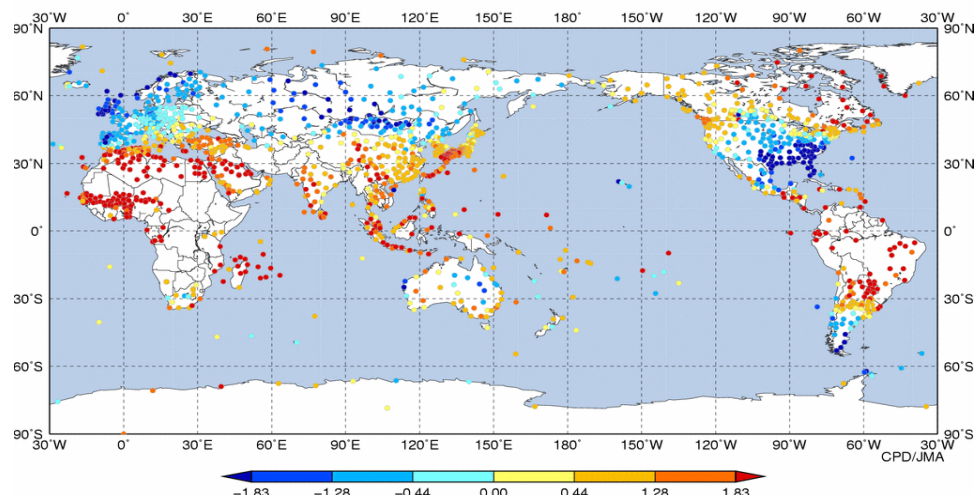
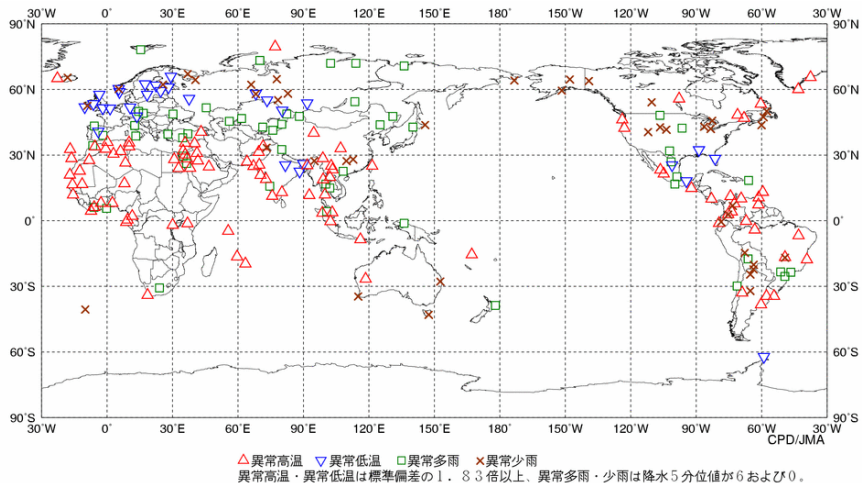
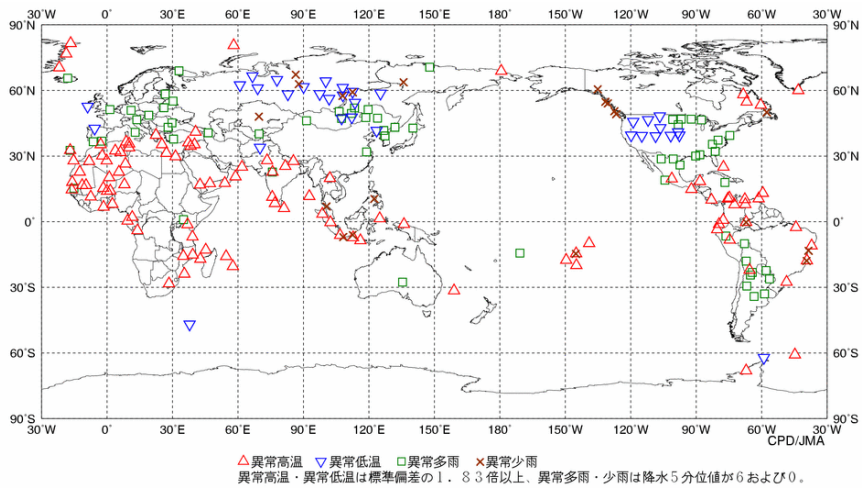
平成21年度異常気象分析検討会

④ 気温、降水、積雪時系列



図は3か月平均気温規格化偏差

⑤ 各月の異常天候



- 12月(左上)と1月(左下)の異常天候
 - 両月とも低緯度域は広い範囲で異常高温
 - シベリアで異常低温
 - 米国北西部は12月に異常低温
 - ヨーロッパは1月に異常低温
 - ヨーロッパは南部を中心に両月とも異常多雨
 - 米国は12月異常多雨、1月は異常多雨の地点と異常少雨の地点が入り混じる。
 - 南米も12月に異常多雨だが、1月は異常多雨と異常少雨の地点が入り混じる。
- 2月の28日平均気温規格化偏差(右上)
 - ±1.83σが異常高低温の基準
 - ヨーロッパ西部、モンゴル、米国南東部で異常低温
 - 低緯度域、カナダ北東部周辺で異常高温

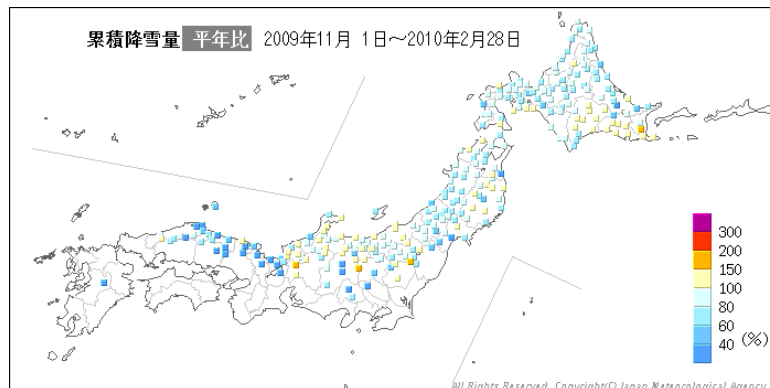
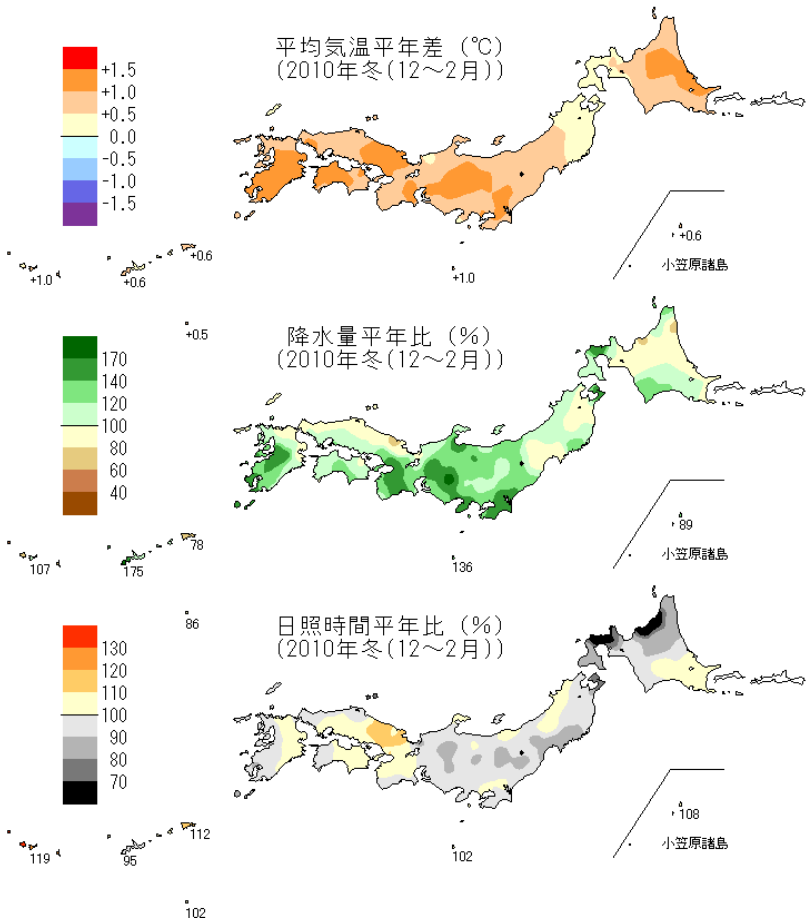
(2) 日本の天候

① 冬の天候

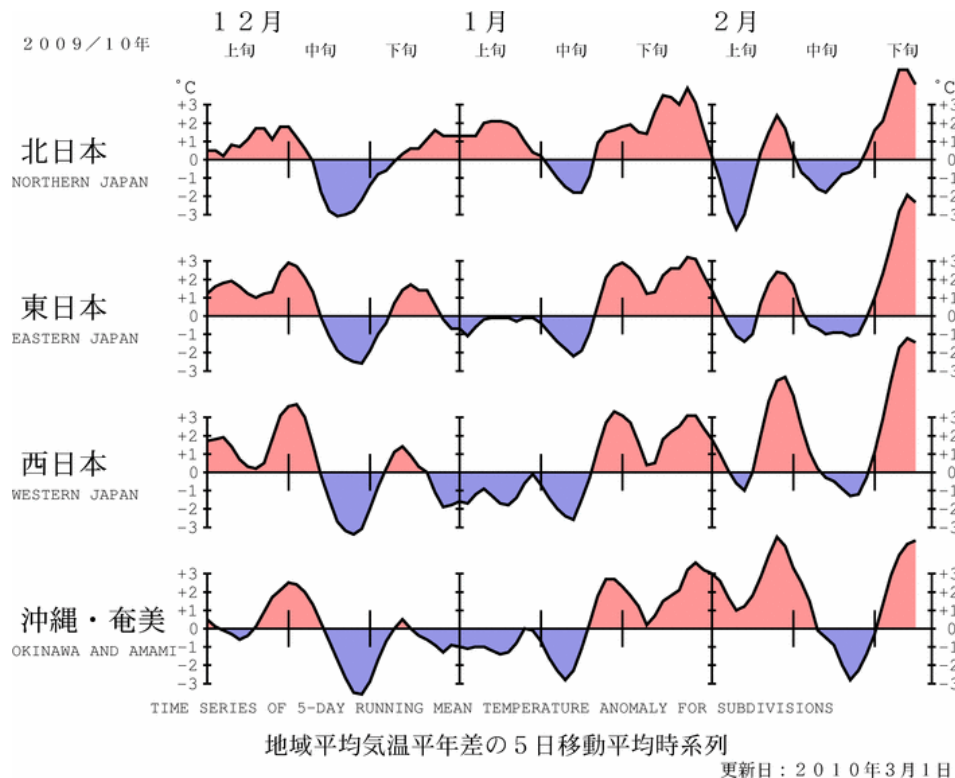
	気温 平年差 ℃ (階級)	降水量 平年比 % (階級)	日照時間 平年比 % (階級)	降雪量 平年比 % (階級)
北日本	0.6 (+)	106 (0) 日 103 (0) 太 109 (0)	89 (-)* 日 86 (-)* 太 92 (-)*	80 (-) 日 83 (-) 太 78 (-)
東日本	0.9 (+)	133 (+) 日 122 (+)* 太 136 (+)	96 (-) 日 97 (0) 太 96 (-)	53 (-) 日 77 (0) 太 43 (-)
西日本	1.0 (+)	115 (+) 日 102 (0) 太 125 (+)	100 (0) 日 99 (0) 太 101 (0)	49 (0) 日 73 (0) 太 20 (-)
沖縄・奄美	0.6 (+)	102 (0)	114 (+)	

階級表示 (-):低い(少ない) (0):平年並 (+):高い(多い)
 (*はかなり低い(少ない)、かなり高い(多い)を表す)

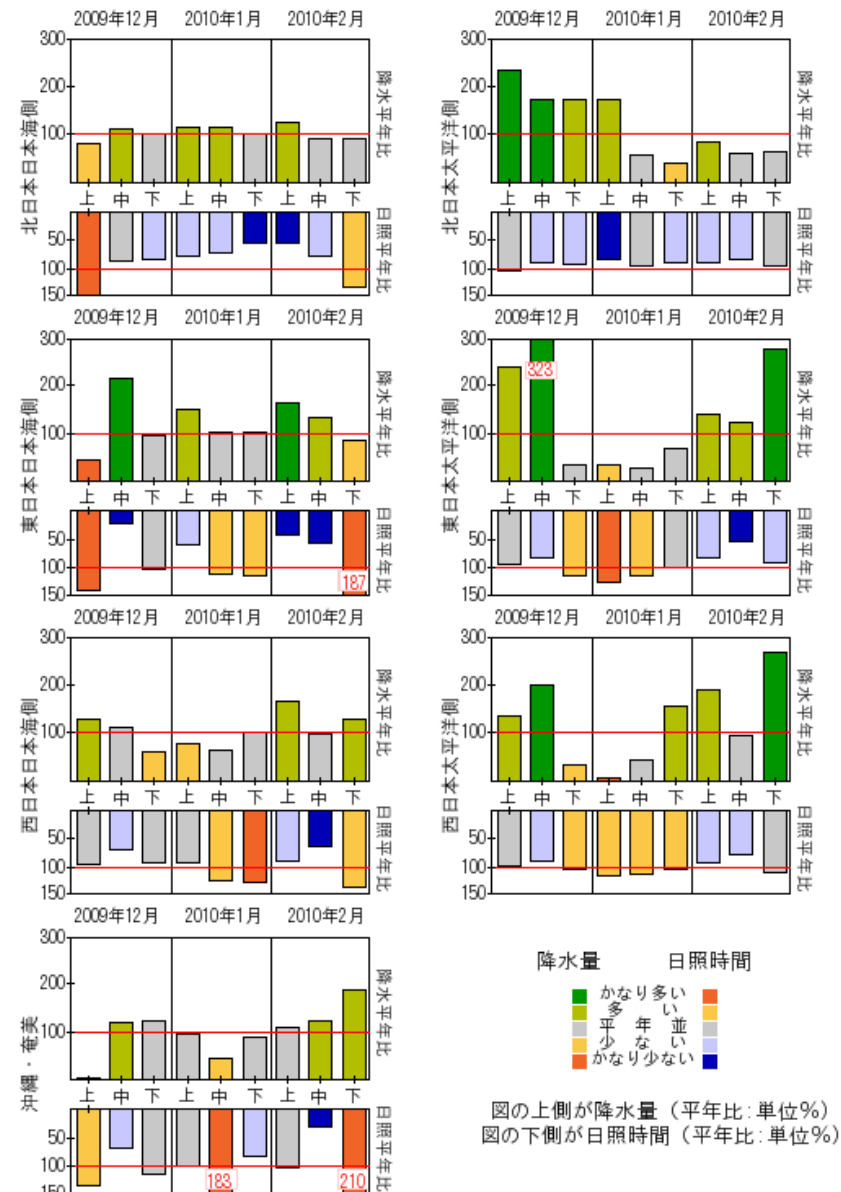
- ・5位以内に入る要素・地域はなし
- ・全国高温
- ・東日本日本海側で多雨
- ・北日本で寡照
- ・北陸の一部で多雪地域があるほかは、少雪傾向



② 地域平均気温・降水・日照時系列



- ・寒暖の変動が大きい
- ・東日本以西では12月後半～1月前半寒波
- ・北日本では12月中旬から寡照傾向続く
- ・2月下旬は記録的高温(25日を中心に日最高気温の高温記録を更新した地点多数)



2. 大気の流れ等の概況

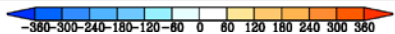
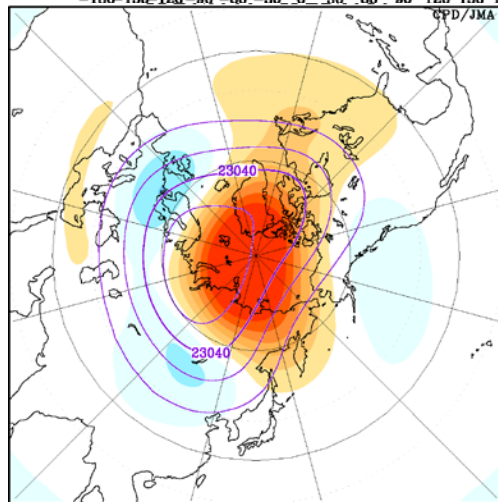
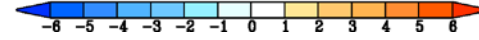
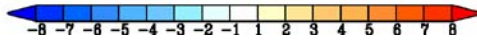
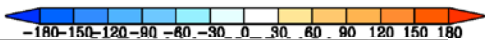
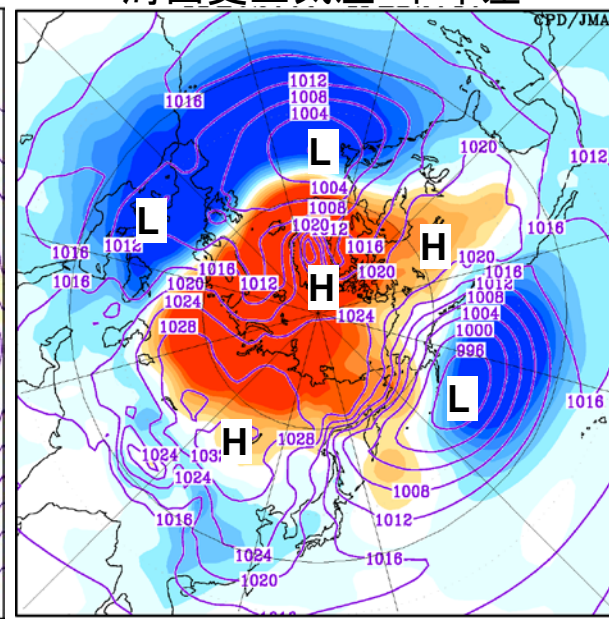
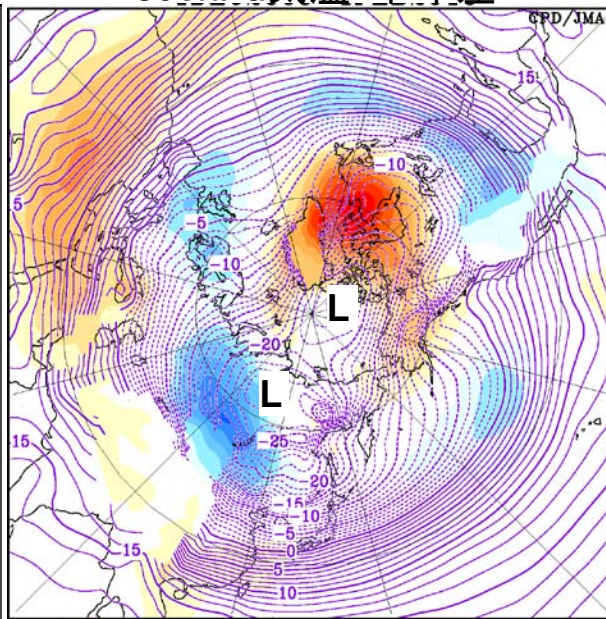
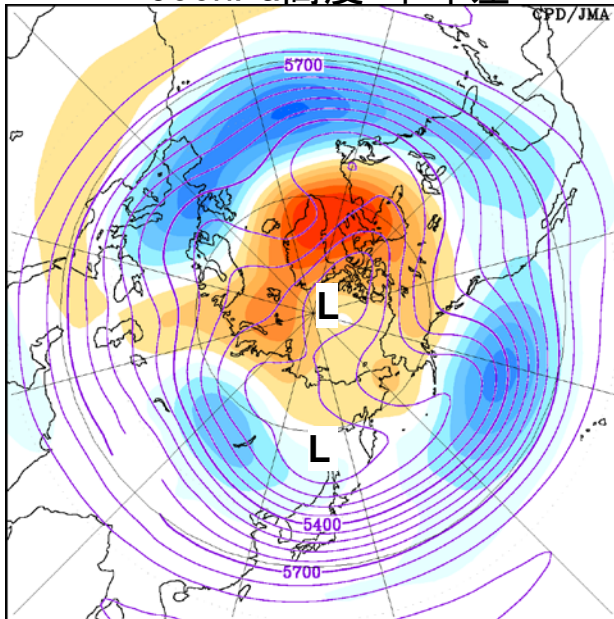
(1) 北半球の循環

① 北半球図 季節平均

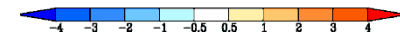
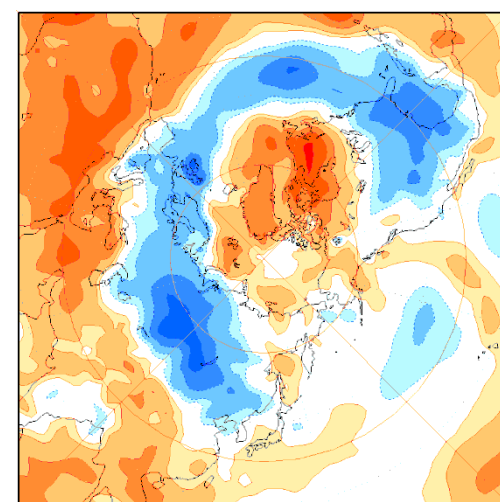
500hPa高度・平年差

850hPa気温・平年差

海面更正気圧・平年差



30hPa高度・平年差 2m気温規格化平年差



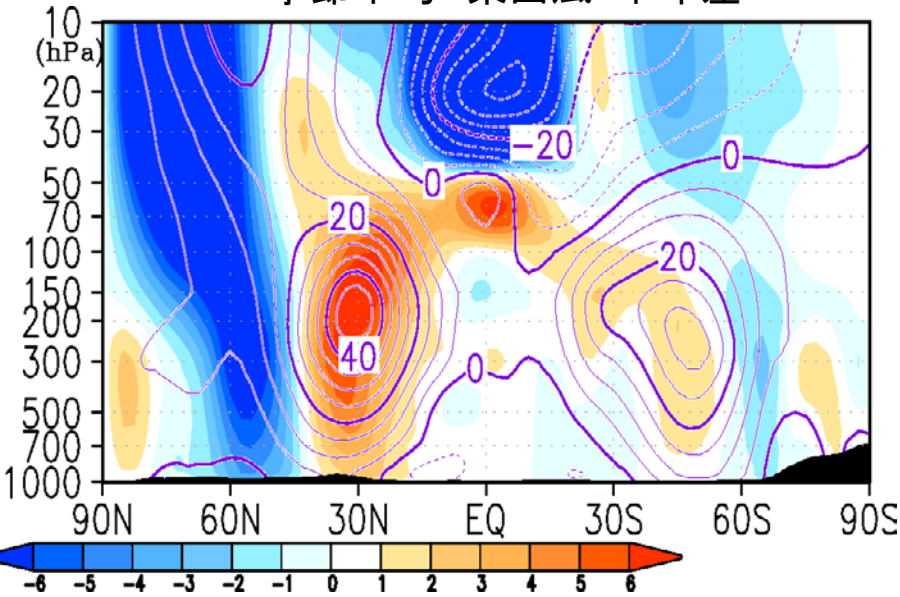
- 負の北極振動が卓越。
- NAO、PNA、EU等の個別のテレコネクションパターンも明瞭。
- 顕著な低温域は、北米～大西洋の30N帯とユーラシアの50N帯に分布。
- 一方、北米北東部～グリーンランドと大西洋～中東の40N以南では顕著な高温。
- 成層圏までほぼ順圧的な構造。

2010/3/3

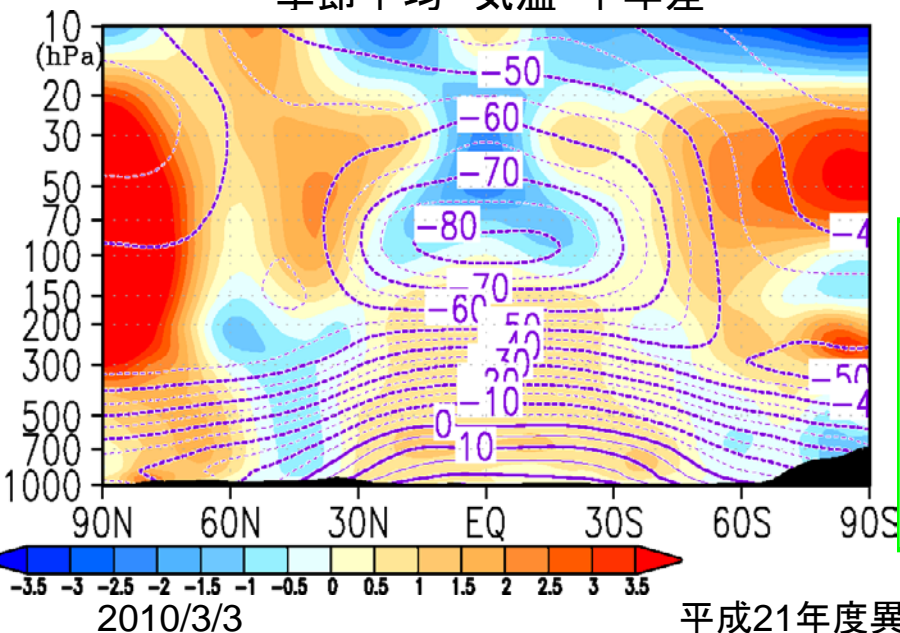
平成21年度異常気象分析検討会

② 帯状平均図

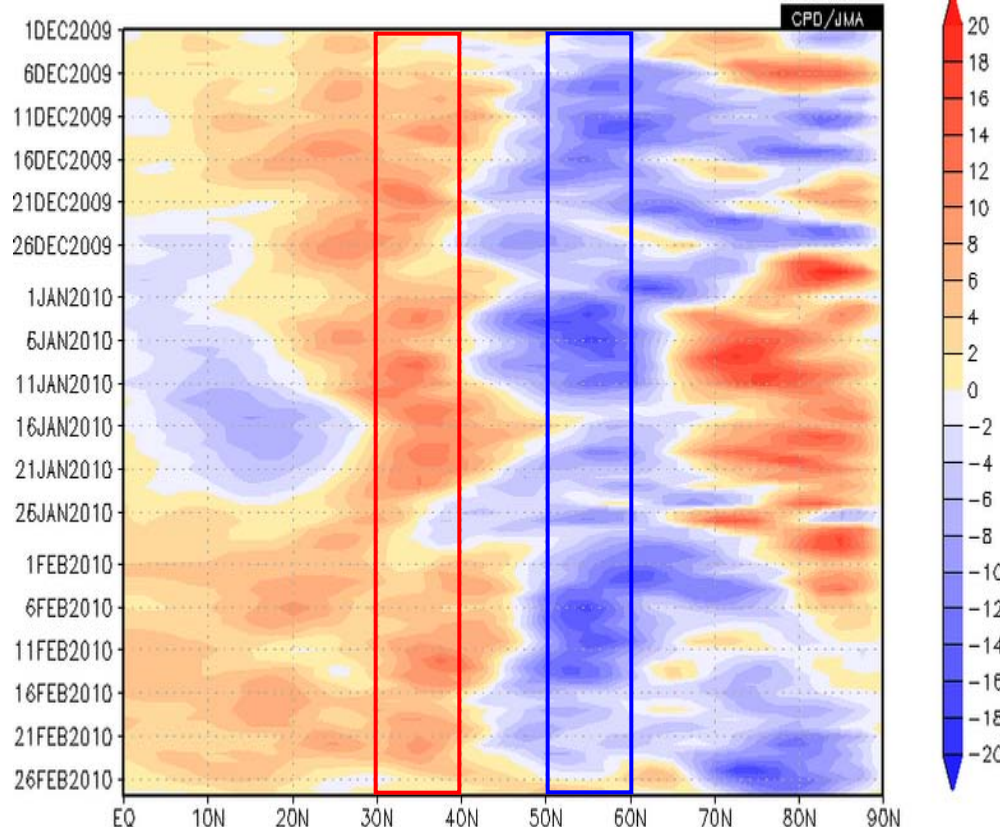
季節平均 東西風・平年差



季節平均 気温・平年差

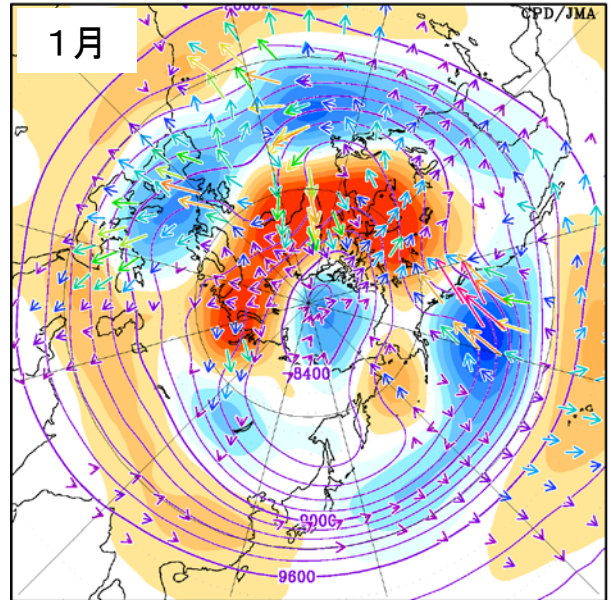
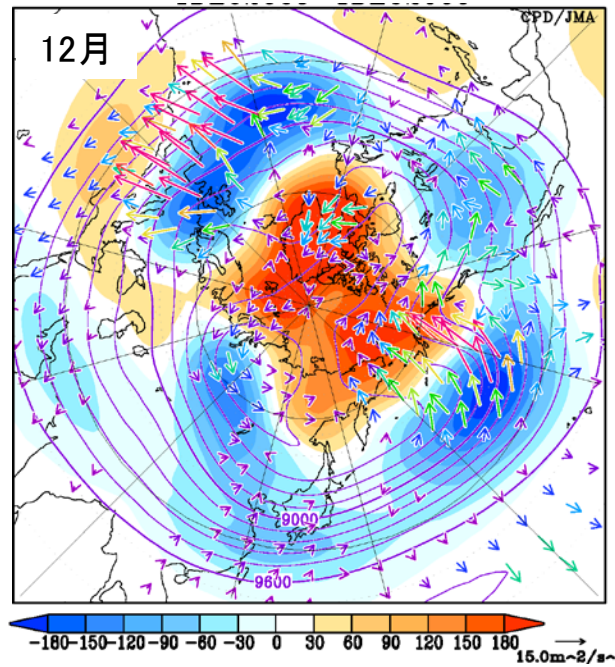
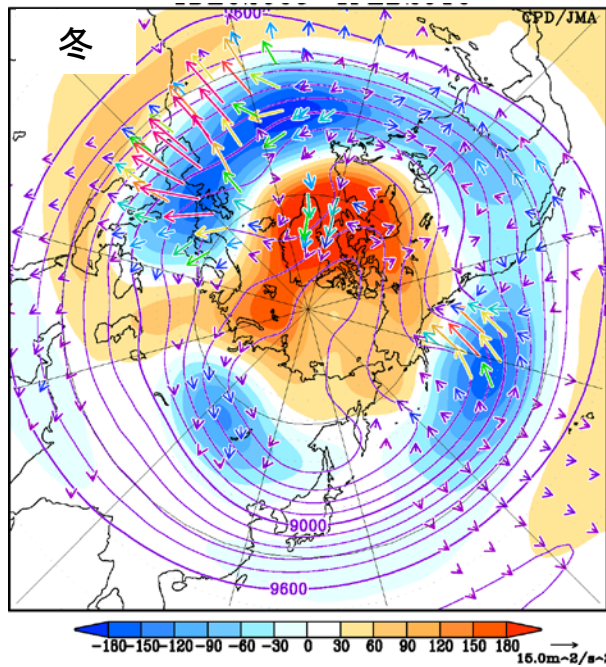


300hPa東西風平年差の時間・緯度断面図



- 亜熱帯ジェット強化と寒帯前線ジェット弱体化が顕著。この状況は、季節を通してほぼ持続。
- ジェットと整合して、北半球中緯度帯は低温となった。
- 亜熱帯の状況は1月が異なる。MJOが影響か。
- 70N以北も1月は西風偏差が強く、一時的に極渦が発達した。

③ 定常擾乱と波の活動度フラックス

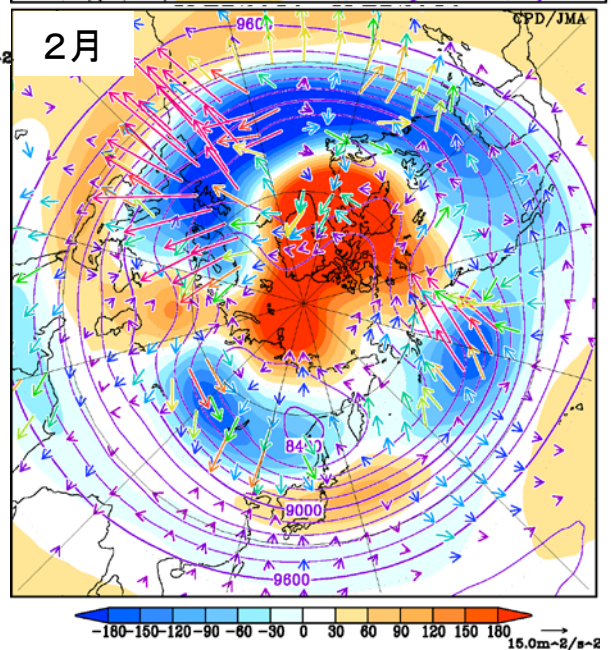


300hPa高度・平年差と波の活動度
フラックス(Takaya and Nakamura)

- アリューシャン低気圧からアラスカ付近のリッジに向けて、明瞭なWAFが見られる。
- 大西洋のトラフからグリーンランド付近のリッジに向けても、WAFが見られる。
- グリーンランド付近のリッジから南東に向かうWAFが見られ、西欧のトラフ、アフリカ北部のリッジを強めた。
- バレンツ海付近のリッジから南東にWAFが見られ、バイカル湖付近のトラフを深めた。

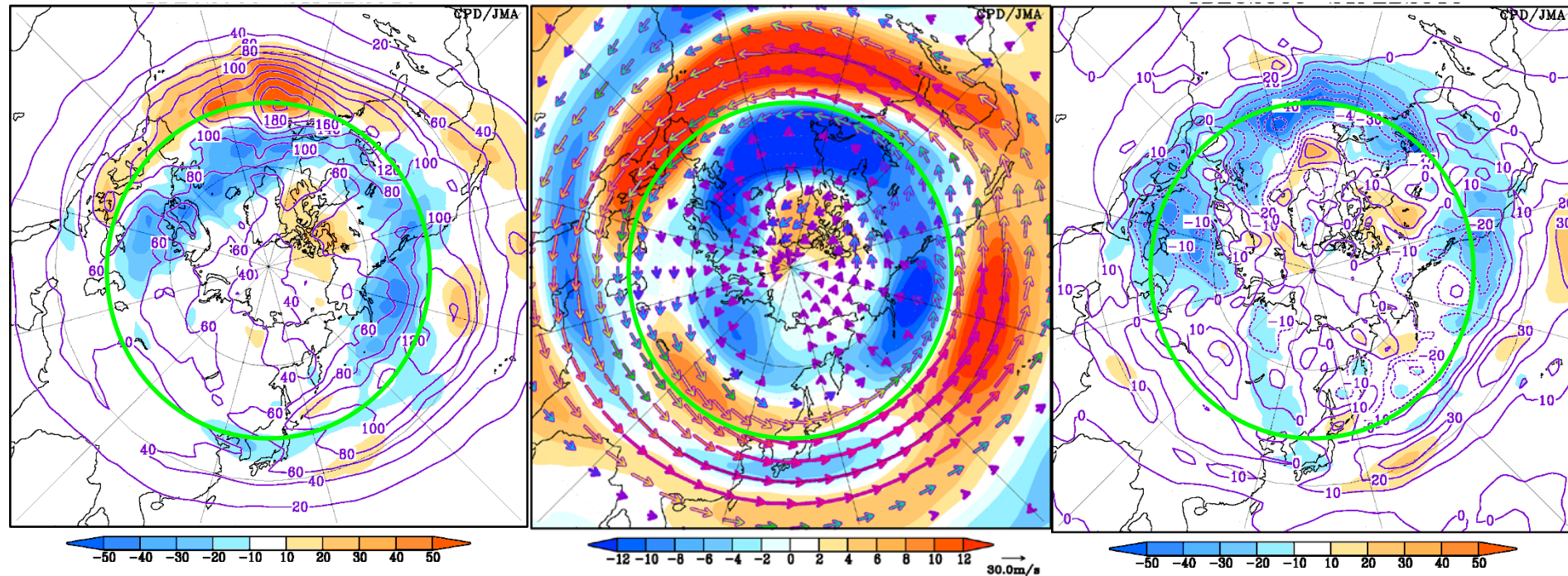
2010/3/3

平成21年度異常気象分析検討会



④ ジェットと高周波擾乱 季節平均

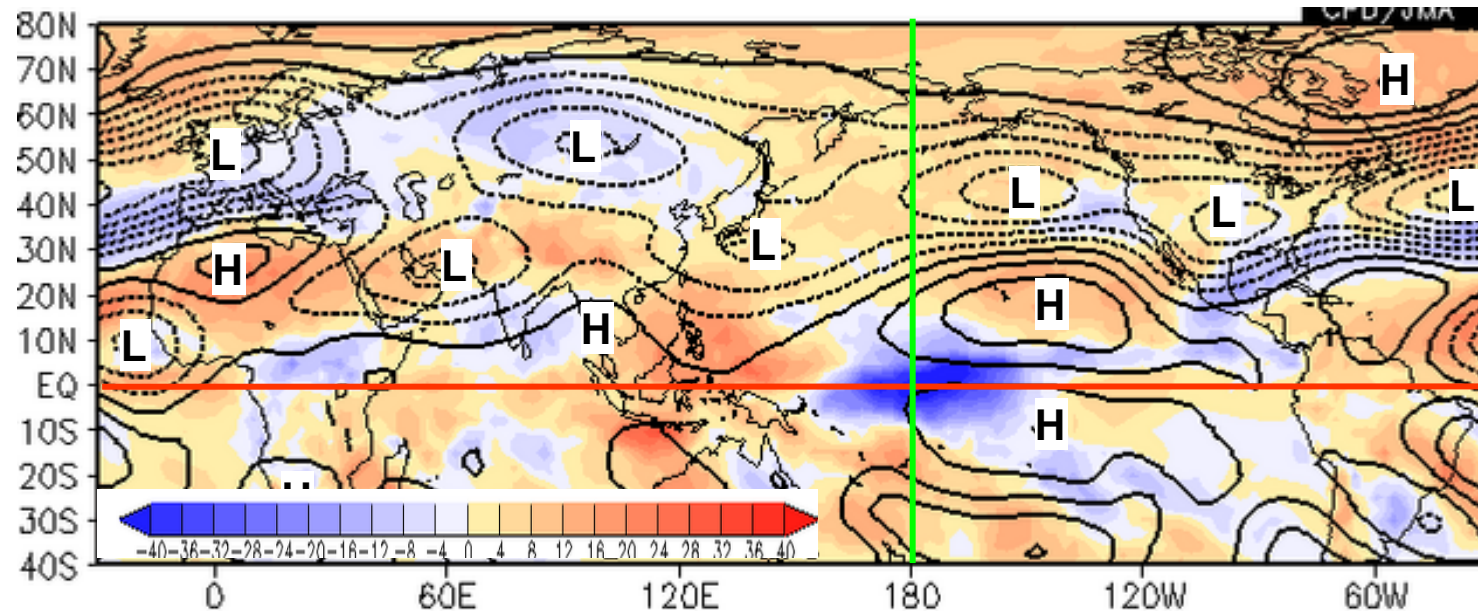
300hPa運動エネルギー・平年差 300hPaの東西風平年差・風ベクトル 300hPaのu'v'・平年差(2/21まで)



- 亜熱帯ジェットは、大西洋域で非常に強かった。
- ユーラシア・太平洋域の亜熱帯ジェットは、南偏した。
- 大西洋のストームトラックは南偏して、非常に強かった。
- 太平洋のストームトラックも南偏していた。
- 大西洋の高周波擾乱による西風加速の分布と東西風平年差は整合的である。

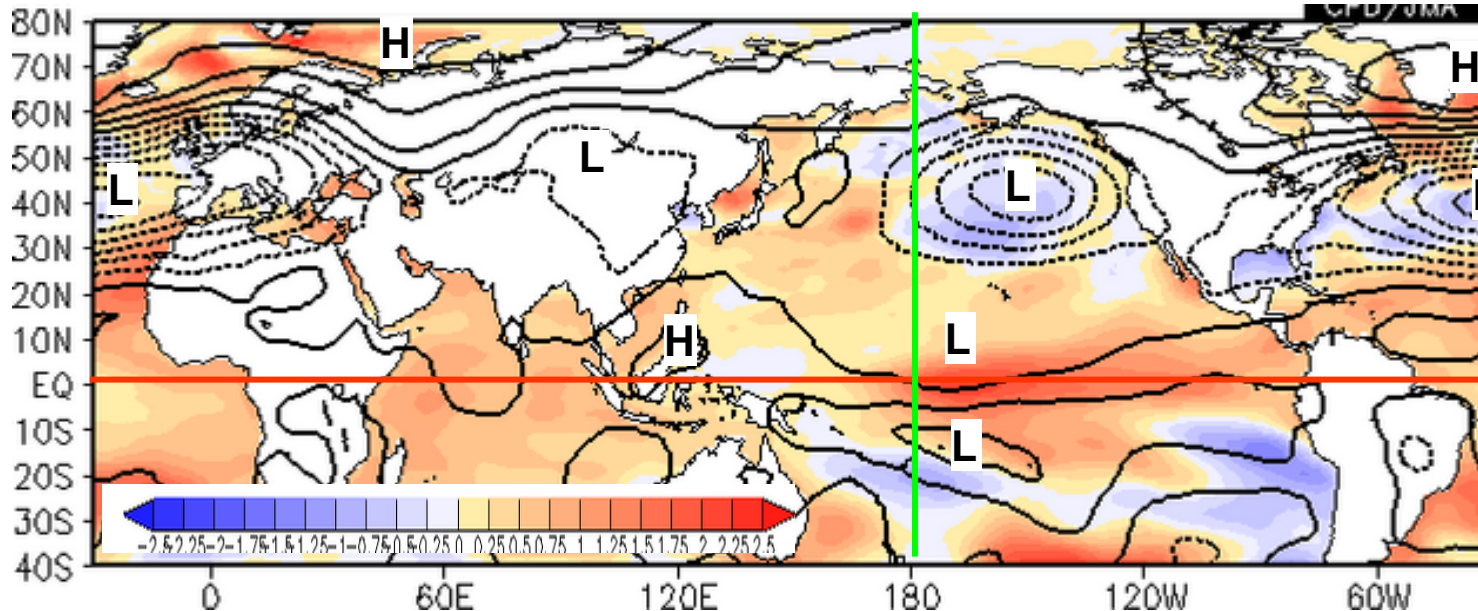
(2) 熱帯の循環と対流活動

① 熱帯の状況 季節平均



200hPa流線関数平
年差(等値線)と
OLR平年差(陰影)

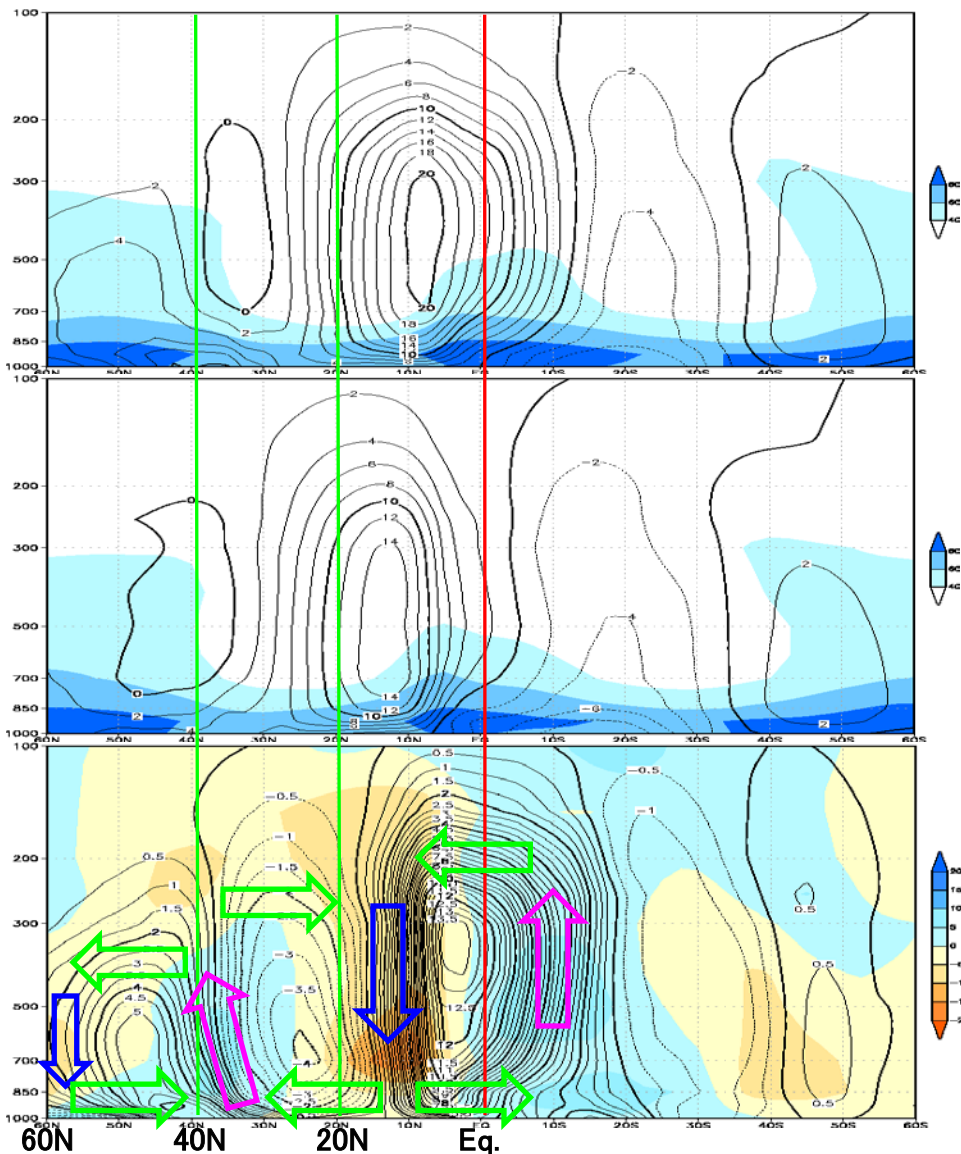
- 太平洋中部の活発な対流活動、西半球亜熱帯域の循環は、エルニーニョ現象と比較的整合的。
- メキシコ湾にはジェット強化南偏に伴う対流域が見られ、大西洋を経て、地中海まで伸びている。
- 西部で対流不活発、ベンガル湾で活発というインド洋は、エルニーニョ時の過去の統計とは不整合。



850hPa流線関数平
年差(等値線)と
SST平年差(陰影)

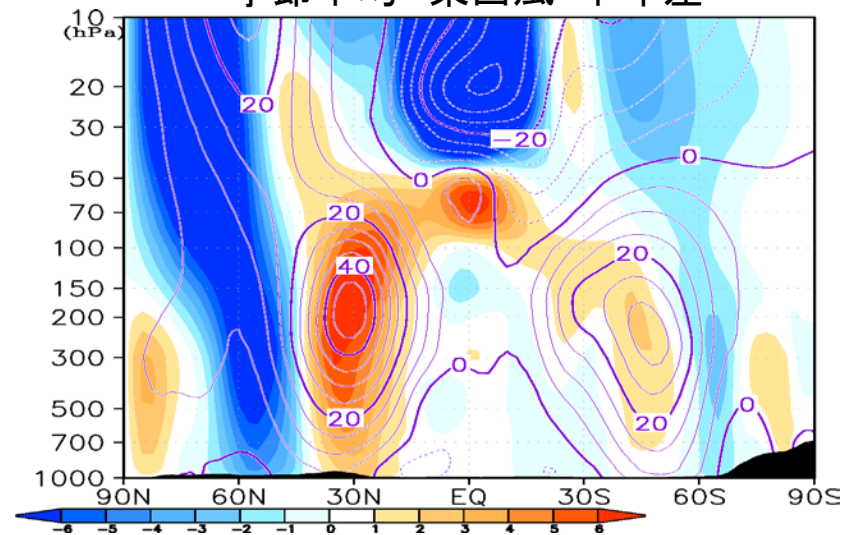
② ハドレー循環 季節平均

冬平均質量流線関数(上:実況値、中:平年値、下:平年偏差)



2010/3/3

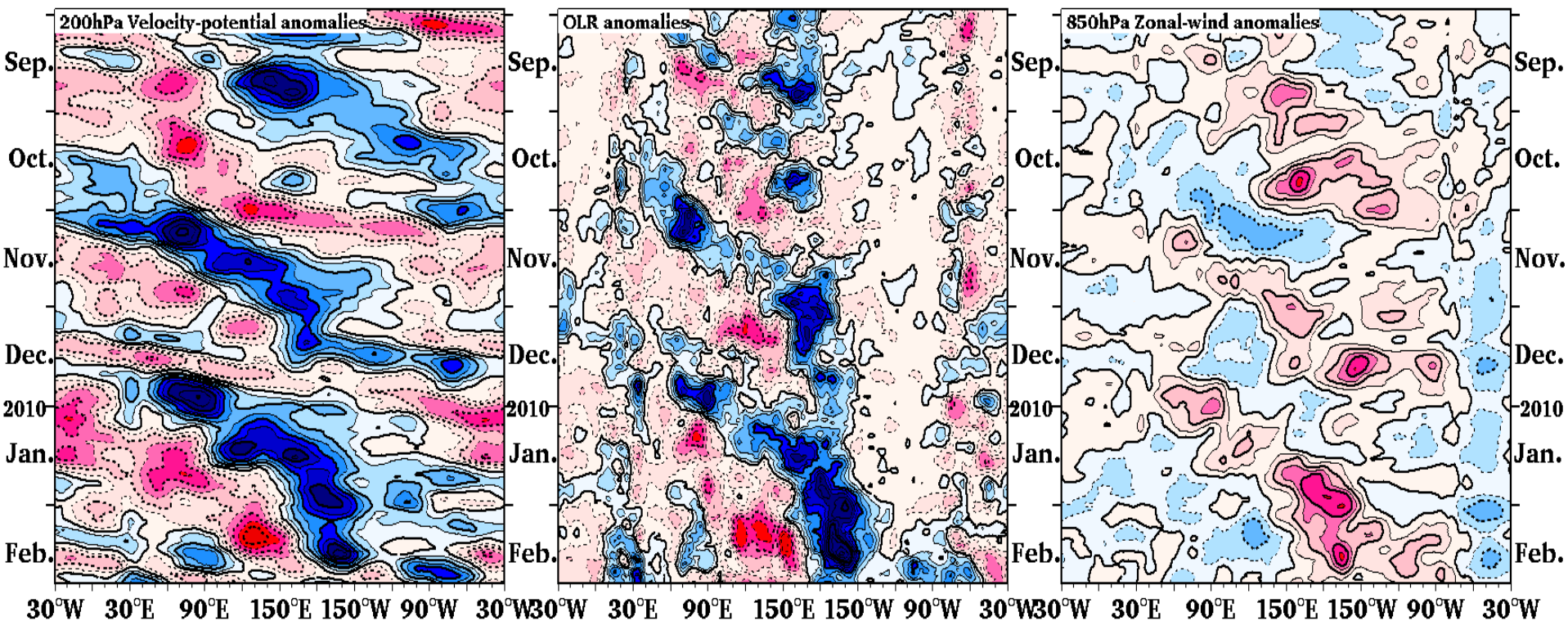
季節平均 東西風・平年差



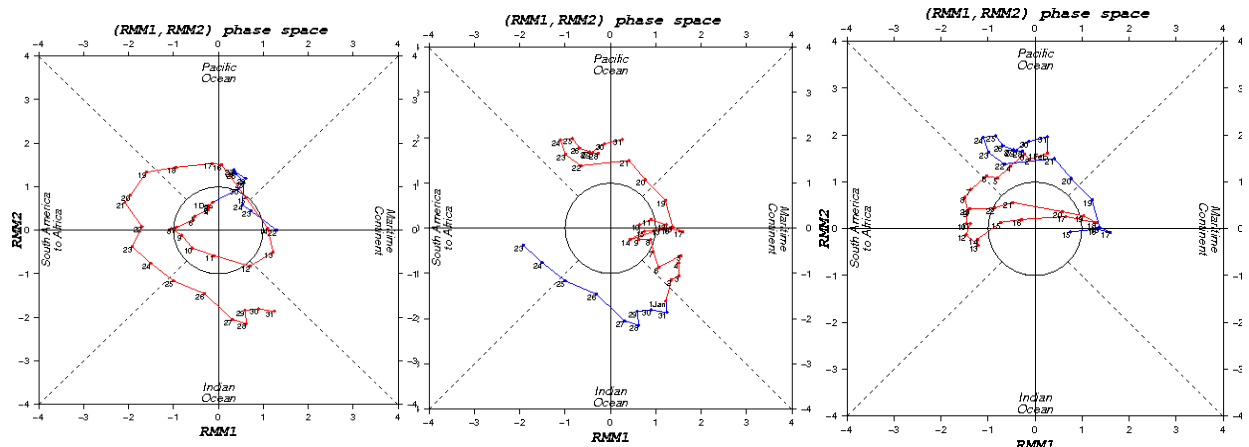
平成21年度異常気象分析検討会

20

③ 赤道域の対流活動の推移 (MJO)



- 12月に太平洋からインド洋へと対流発位相が東進。
- 1月前半に海洋大陸を通過した後、1月後半から2月にかけて太平洋中部で停滞。
- 12月後半から1月前半の状況は、過去のエルニーニョ現象時にはあまり見られない。



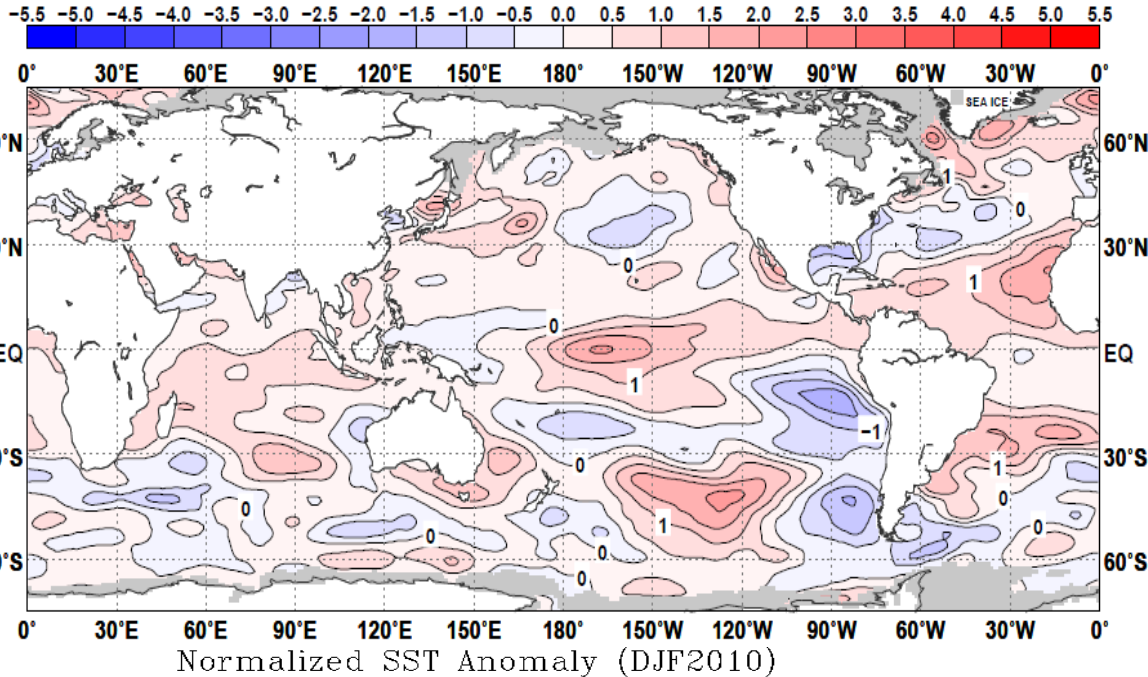
2010/3/3

平成21年度異常気象分析検討会

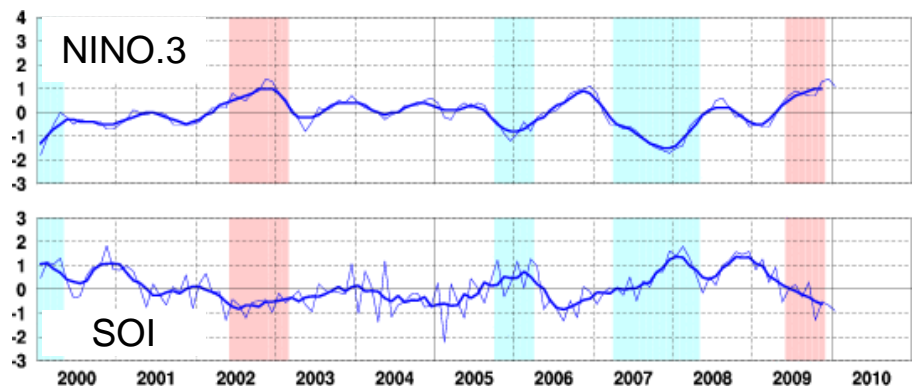
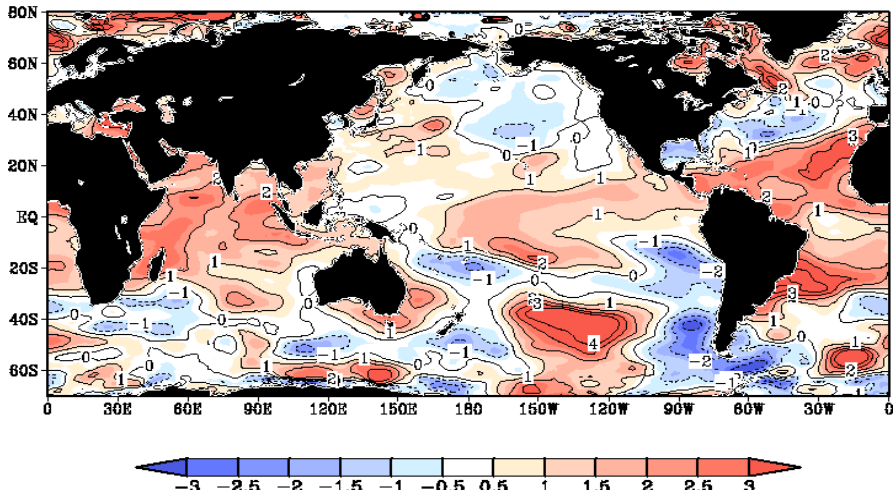
(3) 海面水温とエルニーニョ現象

① 海面水温の状況(2009/10年冬)

季節平均平年差

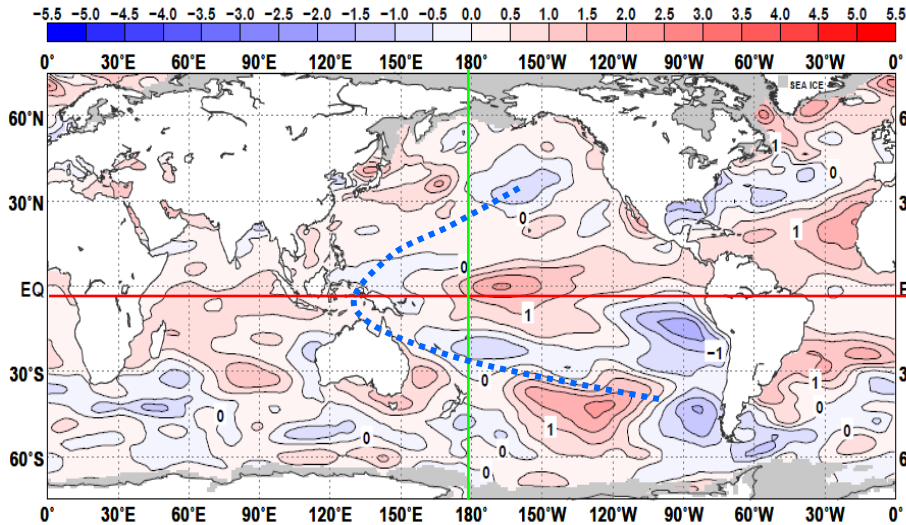


- 太平洋では、エルニーニョ現象が成熟期を迎えた。
- 正偏差の中心は中部太平洋赤道域。
- ニューギニア沖では、弱いながら負偏差となった。
- インド洋では、顕著な正偏差域が広がった。
- 大西洋では、低・高緯度の正偏差に挟まれた中緯度に負偏差が見られた。
- 北東太平洋中緯度は、負偏差となった。

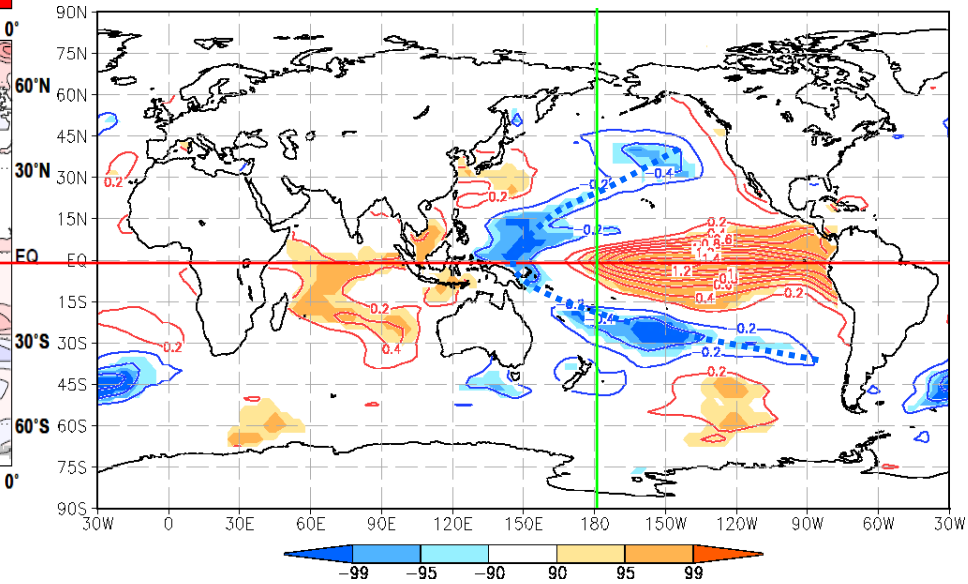


② 海面水温エルニーニョ発生時との比較(DJF)

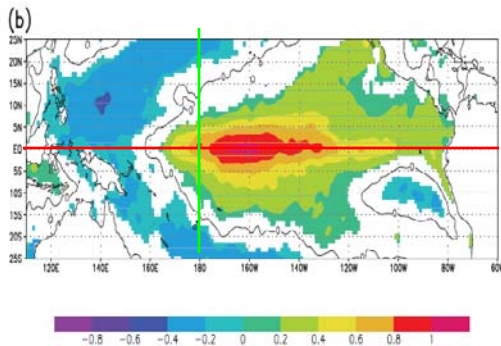
SST偏差



エルニーニョ時のSSTAコンポジット(DJF)



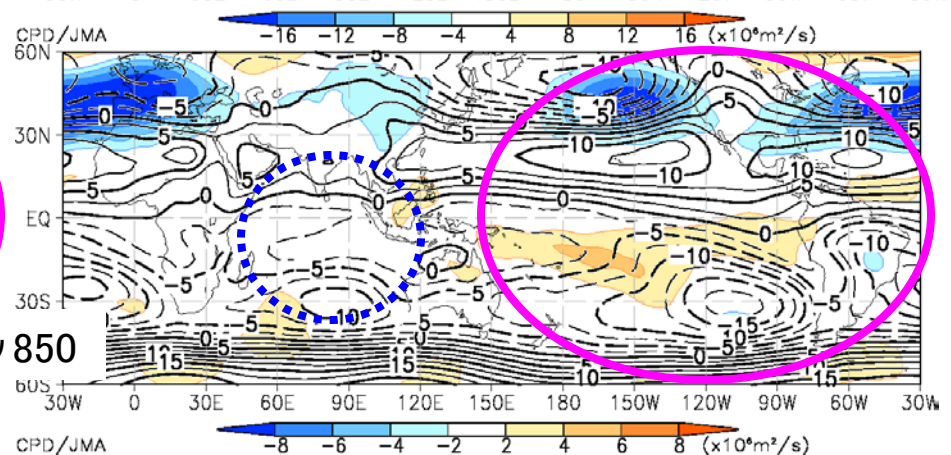
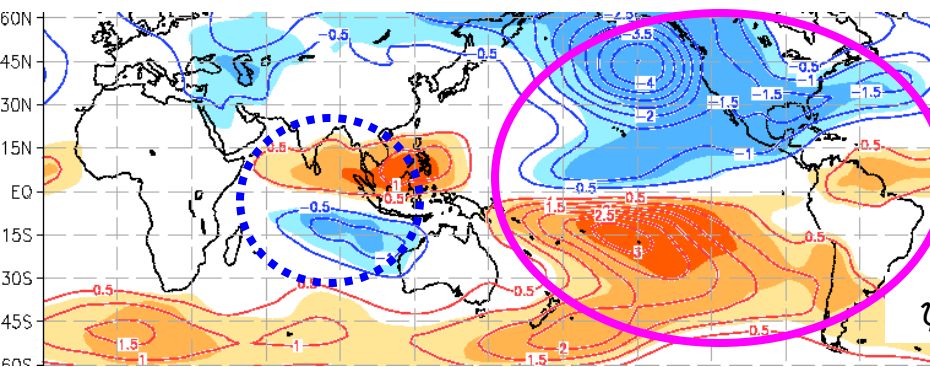
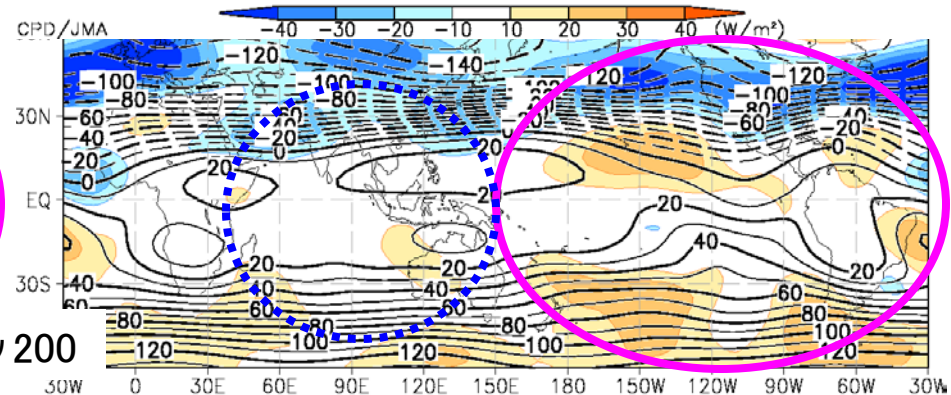
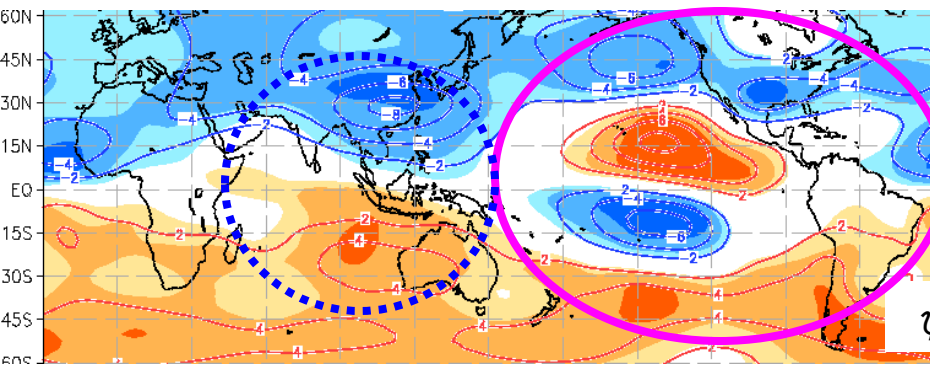
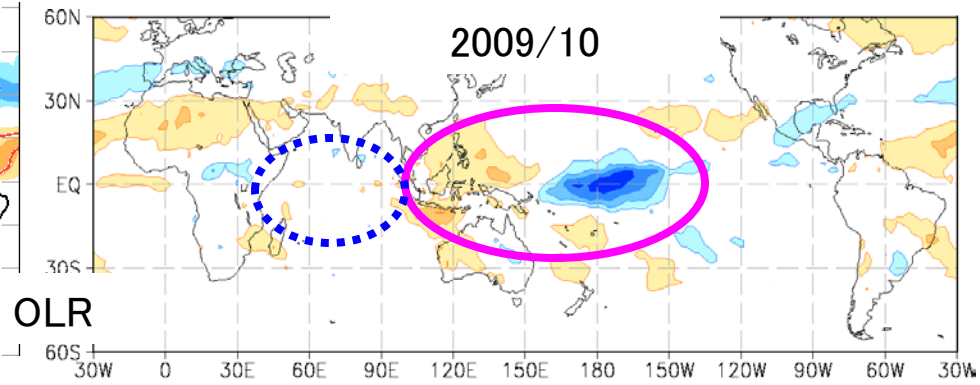
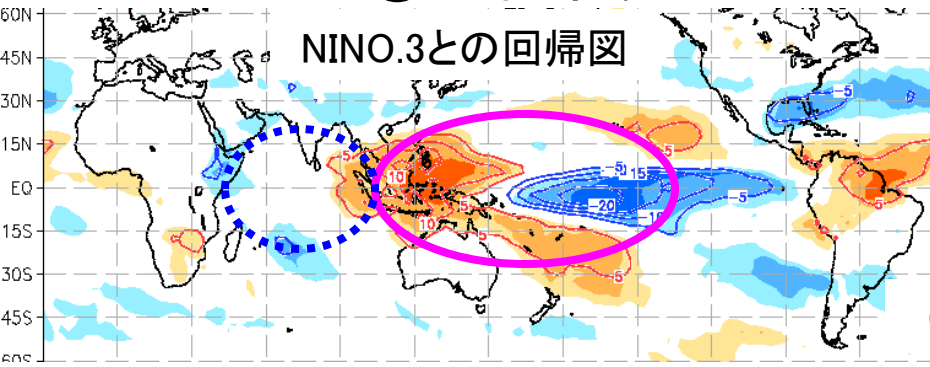
エルニーニョもどき合成図



- 熱帯域のSST分布は、過去のエルニーニョ現象時の特徴とほぼ一致している。
- ニューギニア沖のSSTの低下が小さい。
- 正偏差のピークがNINO.4海域に見られ、チリ沖の負偏差域が明瞭な点など、「エルニーニョもどき」的の特徴も兼ね備えているようだ。

Ashok et al. (2007)から引用
エルニーニョもどき年の
DJF SSTA コンポジット
1979/80, 1986/87, 1990/91,
1991/92, 1992/93, 1994/95,
2002/03, 2004/05

③ 循環場のエルニーニョ発生時との比較(DJF)



2010/3/3

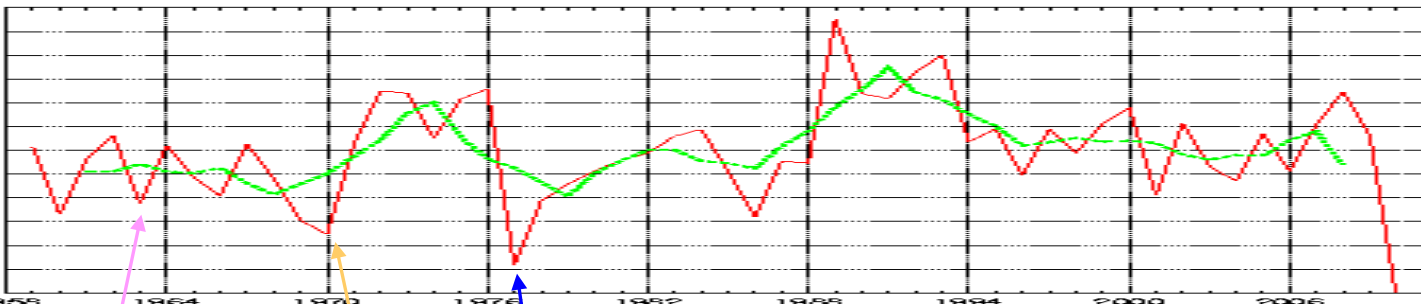
平成21年度異常気象分析検討会

25

3. 顕著な負の北極振動

(1) 今冬の北極振動の特徴

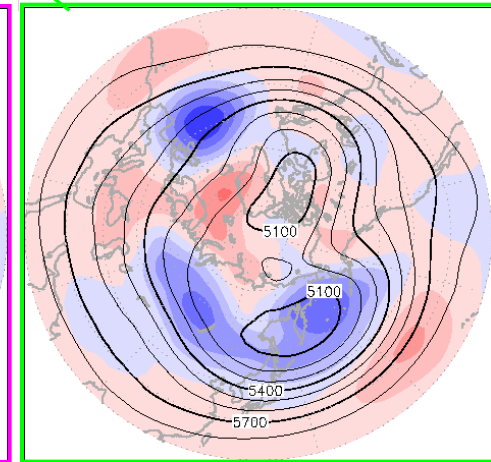
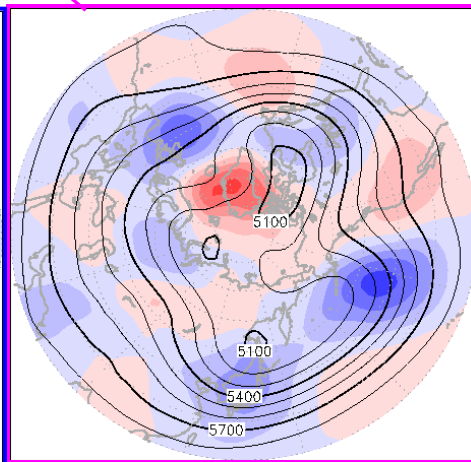
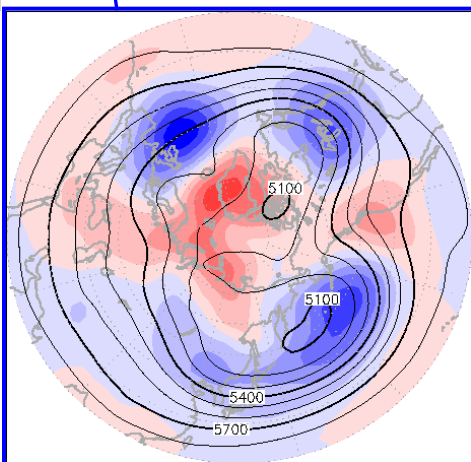
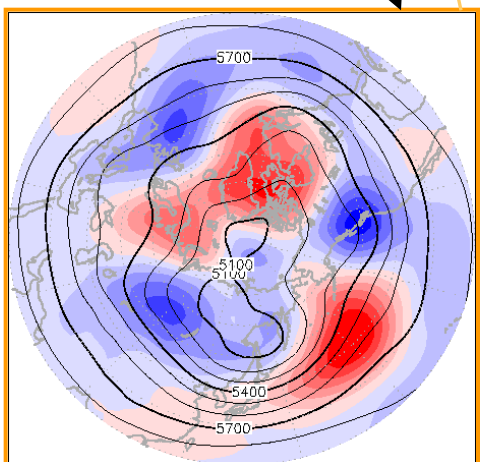
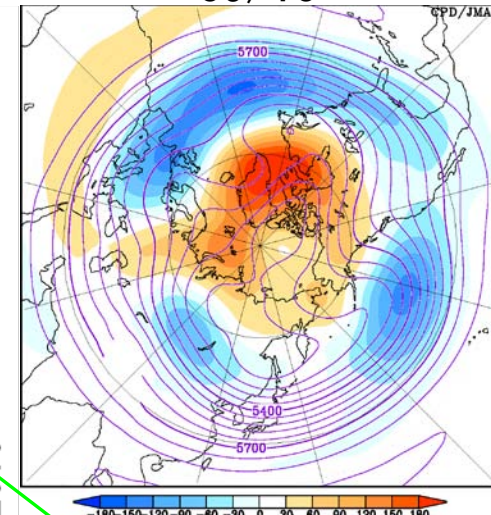
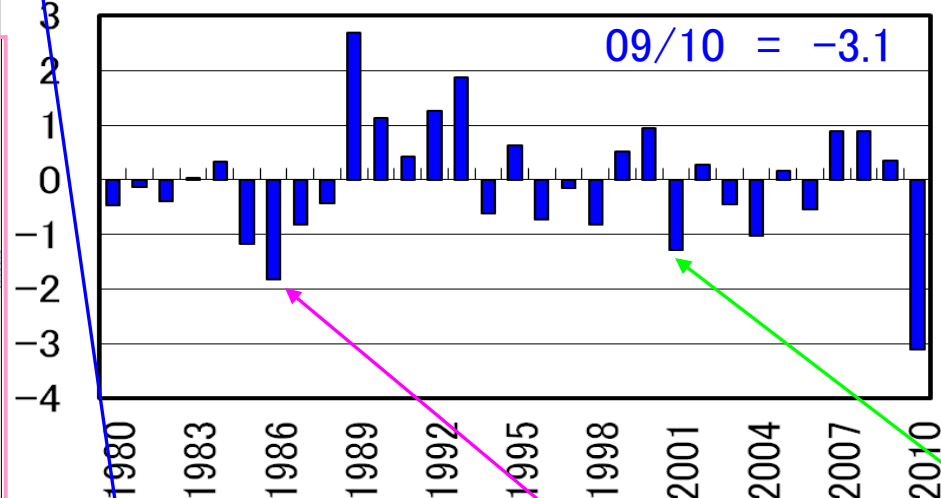
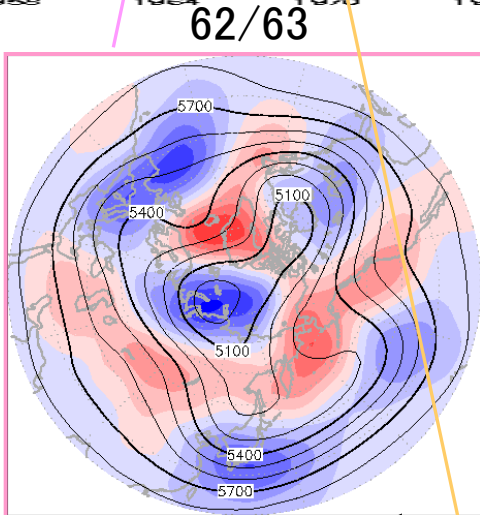
① 北極振動の経年変化と過去の顕著な負AO年との比較



季節平均AO指数の経年変化

(上: ERA40+JRAのZ500-EOF1)
 (下: JRA+JCDASのSLP-EOF1)

09/10 Z500



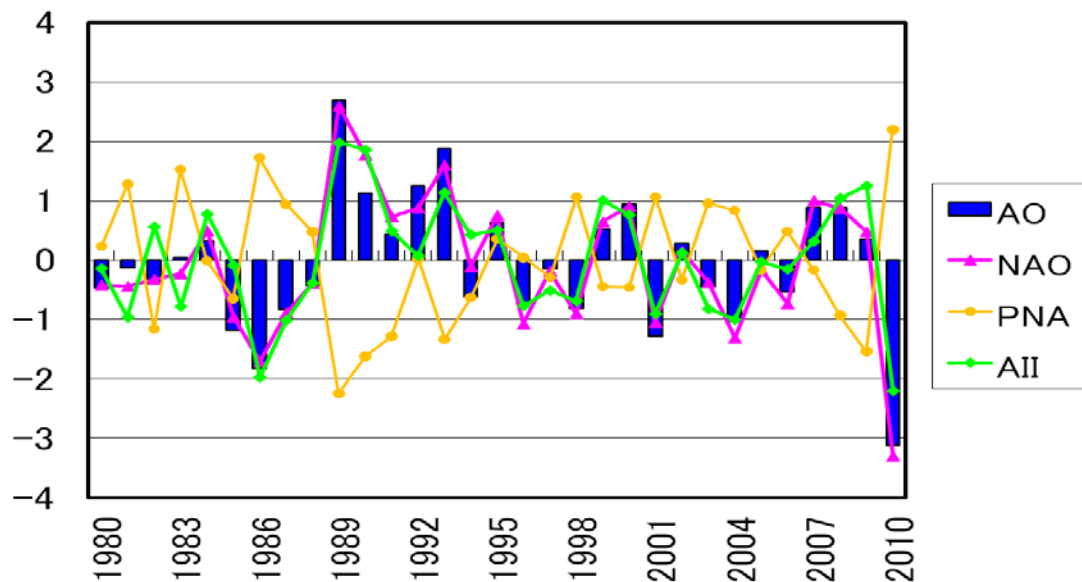
68/69

76/77

85/86

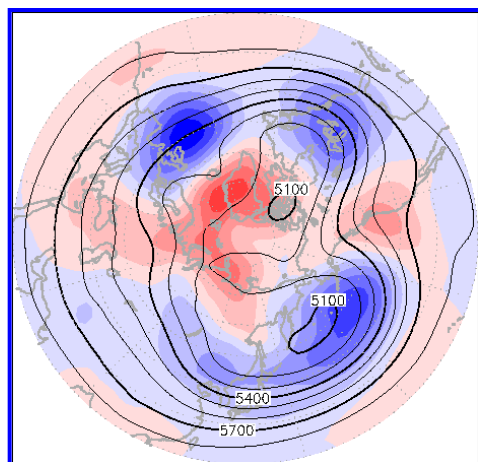
00/01

② 今冬の北極振動のタイプは？

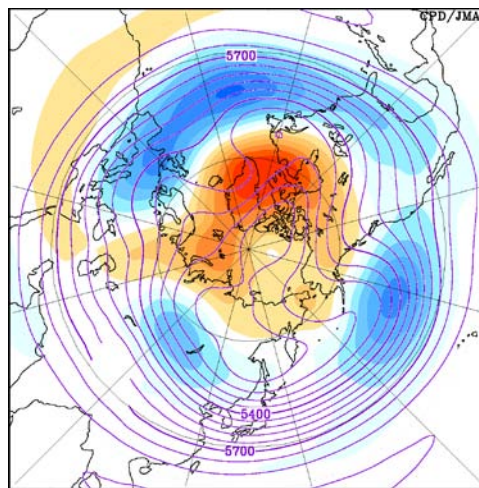


- 今冬は、AO、NAO、PNA、AIIの各指数ともに、1979/80以降で最も大きな値となった。
- 過去31年間では、1985/86冬が似たようなタイプだが、今冬より弱い。
- 1976/77冬が、タイプ、強さともに今冬ともっともよく似ているようである。エルニーニョ現象も発生していた。ただし、1976/77は、日本も寒冬。
- 冬平均のAOとNAOは、過去31年間で+0.97の高い相関関係がある。PNAとは、-0.68、AIIは+0.85。

76/77



09/10

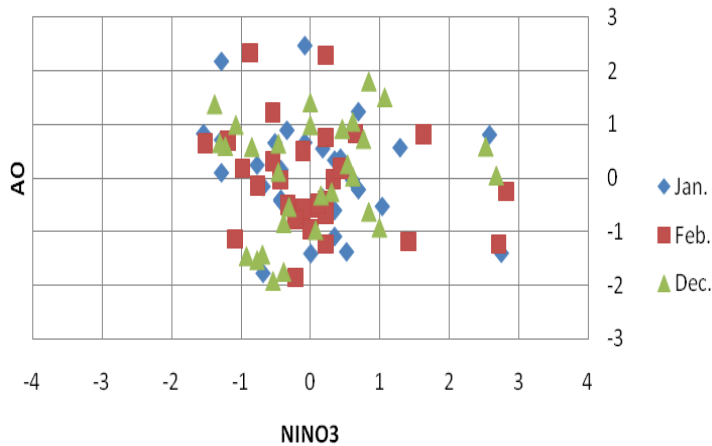


2010/3/3

-180 -150 -120 -90 -60 -30 0 30 60 90 120 150 180
平成21年度異常気象分析検討会

③ 北極振動(ENSOとの関係)

月別NINO.3とAO指数の散布図



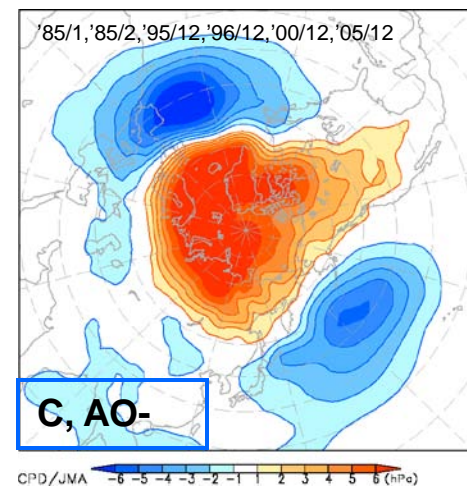
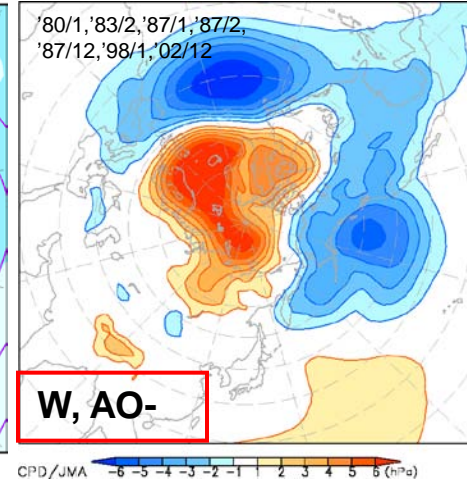
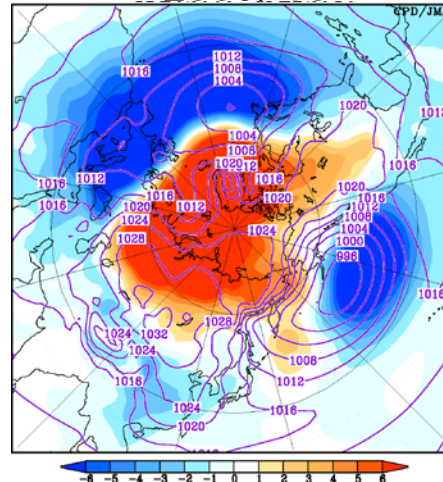
規格化偏差±0.5で判定(冬、単位:か月)
(1979-2008)

	AO+	AO-
Warm	10	7
Cold	13	6

CPC/NOAAの結果から作成した日別分割表
(1950-1999)

	AO+	AO-
Warm	224	308
Cold	268	249

2009/10

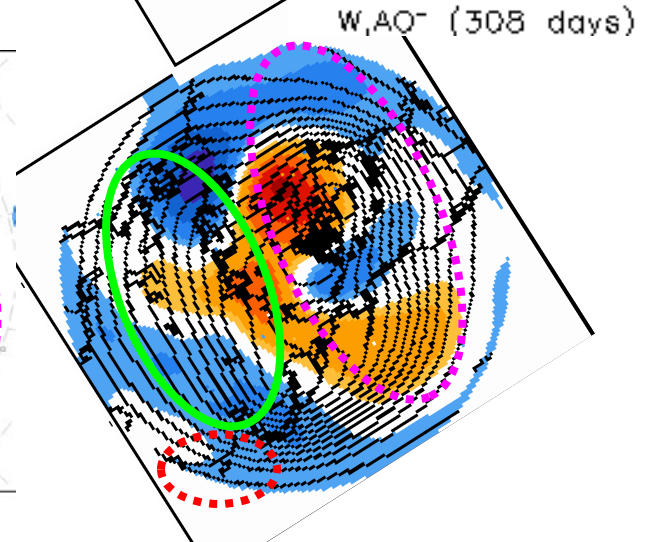
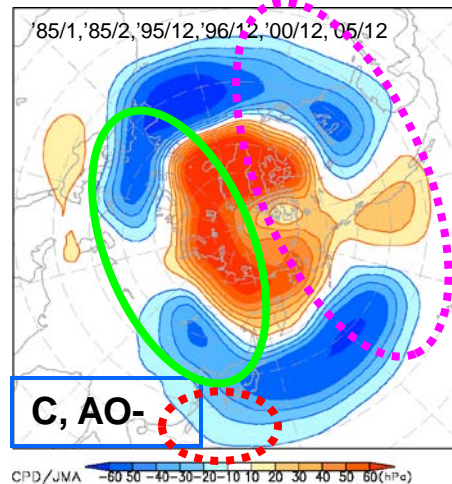
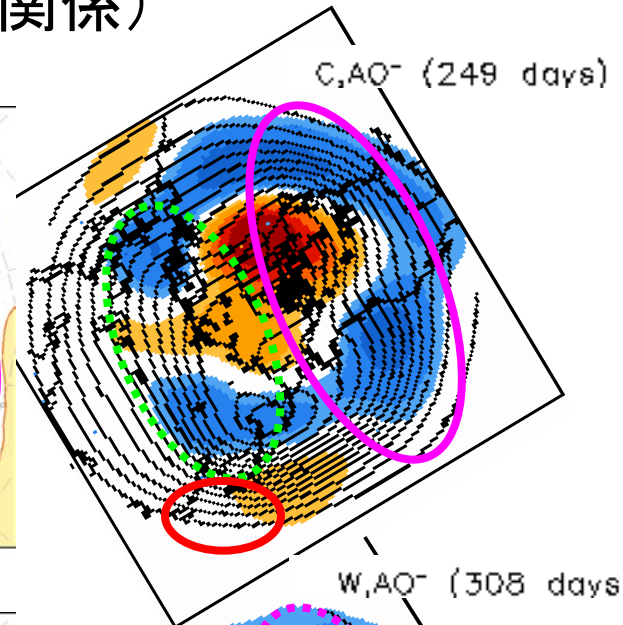
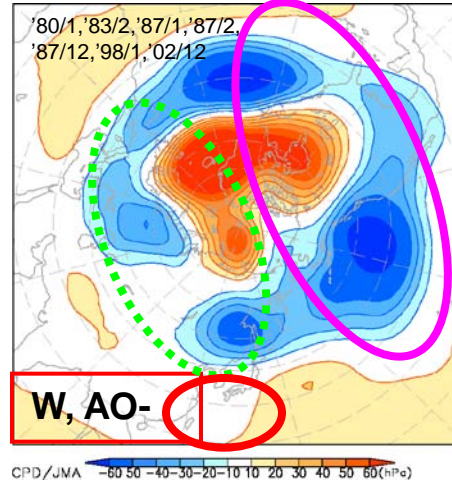
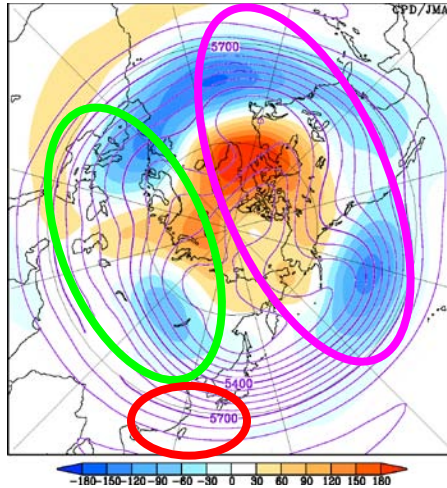


NINO.3のWarm時のAOコンポジット(SLP)

規格化偏差±0.5で判定。冬季(12~2月)のみ。単位はhPa。統計期間は1979~2008年。

③-2 北極振動(ENSOとの関係)

2009/10



今冬の負のAO分布は、

- 西半球側では、エルニーニョ時に似ており、
- 東半球側では、どちらかというトラニーニャ時に似ている。
- 南海上の弱い正偏差は、エルニーニョ時の特徴と一致している。

NINO.3のWarm-Cold別AOコンポジット(Z500)

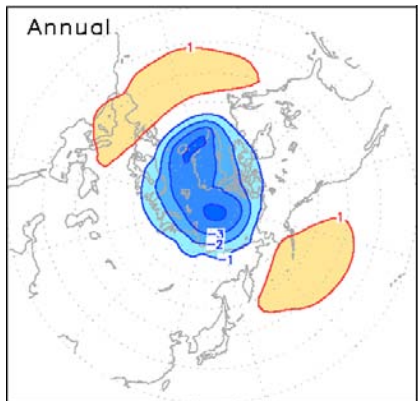
規格化偏差±0.5で判定。冬季(12~2月)のみ。単位はm。統計期間は1979~2008年。

ENSO位相別の日別AO合成
(CPC/NOAA)

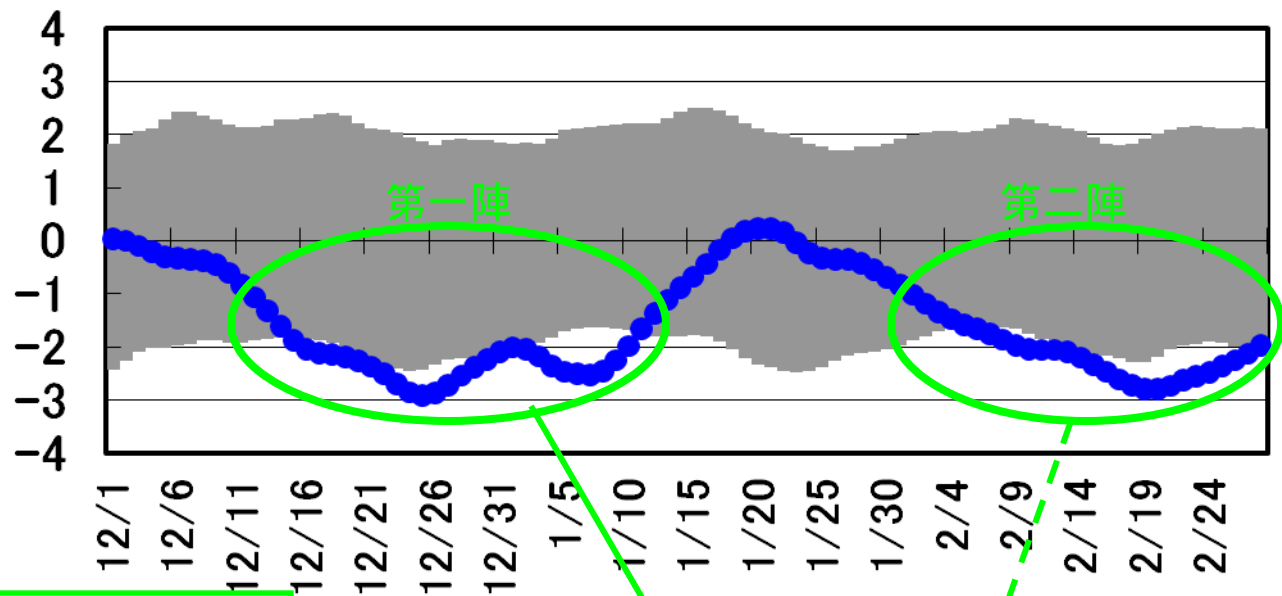
(2) 今冬の負の北極振動の推移

① 北極振動の推移(対流圏)

日別AO指数計算に用いた固有ベクトル分布

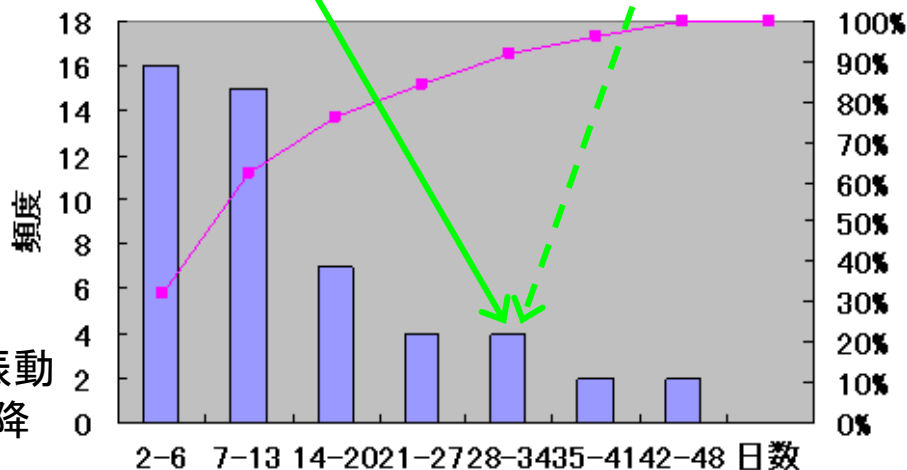


日別AO指数7日移動平均の推移(陰影は1979年以降の最大最小幅)

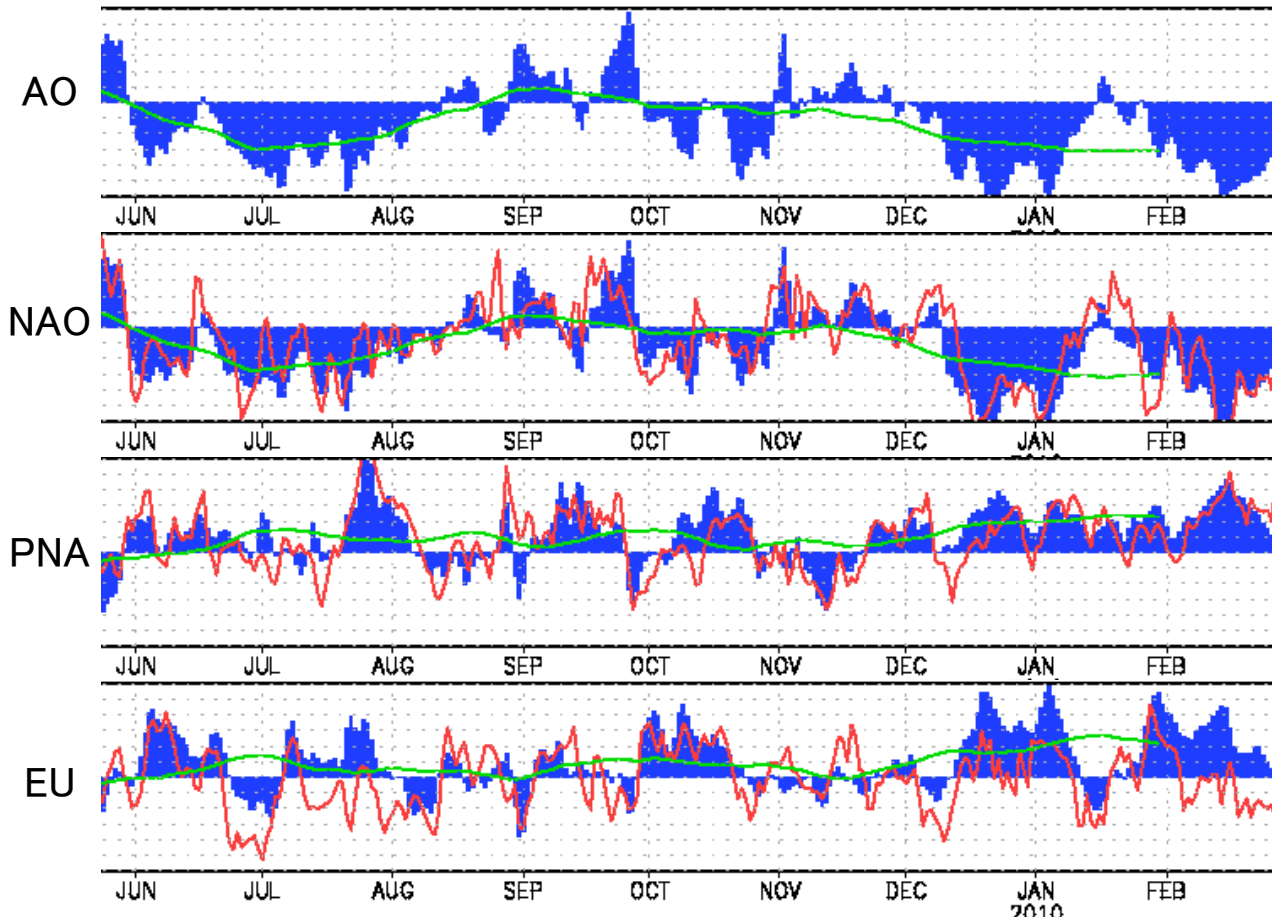


- 負のAOの約8割は、3週間程度で収束しており、1か月を超えて継続するのは全体の1割程度。
- 今冬の第一陣は1か月強継続し、第二陣も1か月継続中。
- 今冬は、長期間継続の強いAOが2度発生し、冬として顕著な負のAOとなった。

7日移動平均で判断した負の北極振動の継続日数の頻度分布(1979年以降冬の負のイベント数)



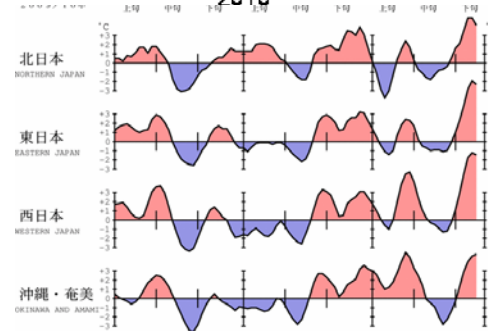
② 各テレコネクション指数の推移



各日別指数の推移(緑線は31日移動平均、赤線はWallace and Gutzlerの定義による)

- AOとNAOは低指数傾向、PNAとEUは高指数傾向が続いている。
- 12月以降、AO、NAO、EUは顕著な値が続いている中で、1月半ばに一時平年並に戻った。
- PNAは、一定の高指数が持続している。
- 日本の気温との対応は、細かく見ると各指数ともあまりよくないが、おおよその変化傾向としては、AOの変動と一致している。

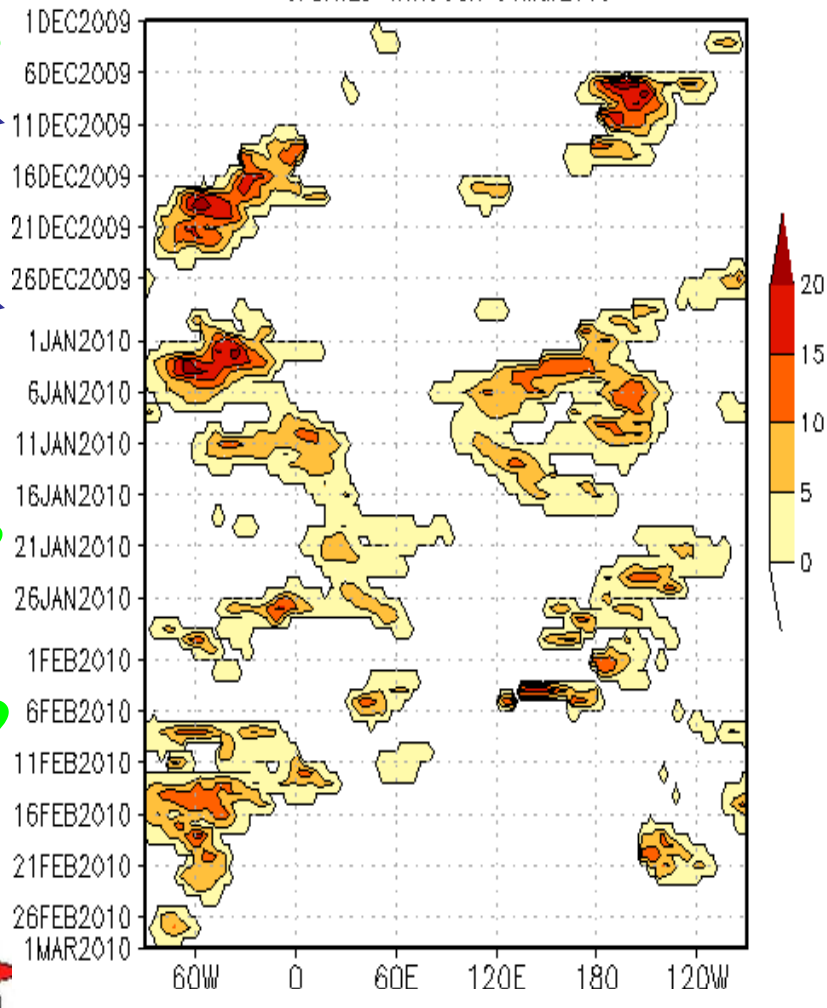
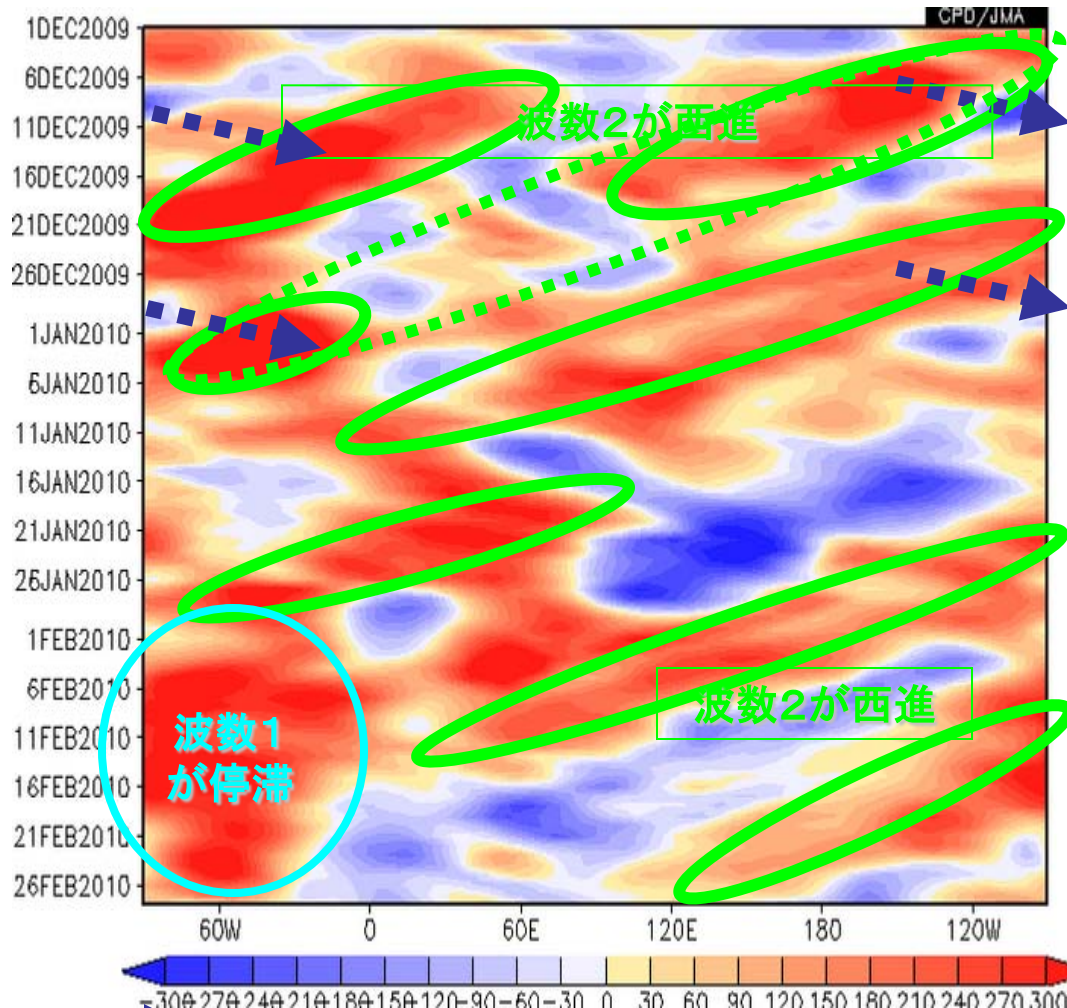
5日移動平均した地域平均気温の推移



③ ブロッキングの状況

60~80Nで平均した500hPa高度平年差の時間経度断面

BLOCKING STRENGTH GHGS [m(deglat)⁻¹]-OBSERVATIO
UPDATED THROUGH 01Mar2010



■ ▶ 準定常ロスビー波束の伝播
○ 波数1が停滞
○ 波数2が西進

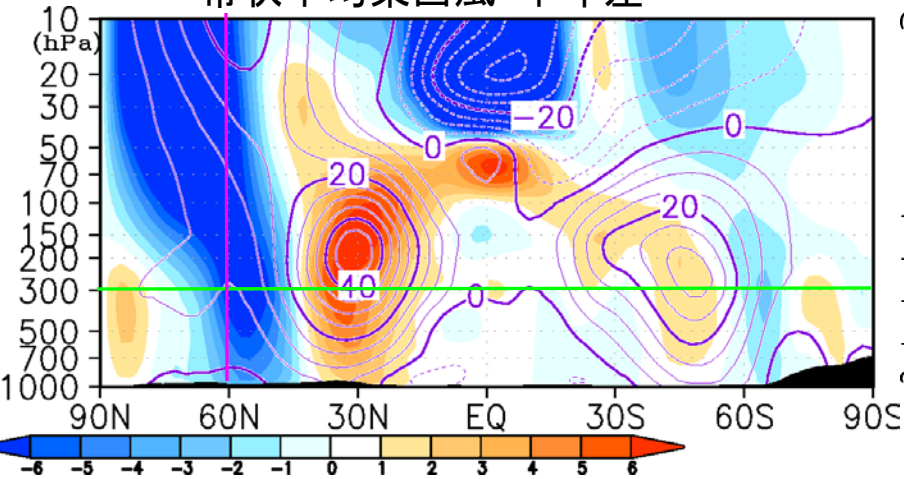
大西洋 ウラル アラスカ
 大西洋 ウラル アラスカ

2010/3/3

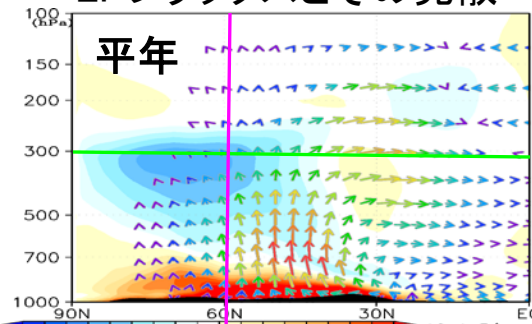
(3) 維持メカニズム

① 季節平均した帯状平均東西風の運動量収支

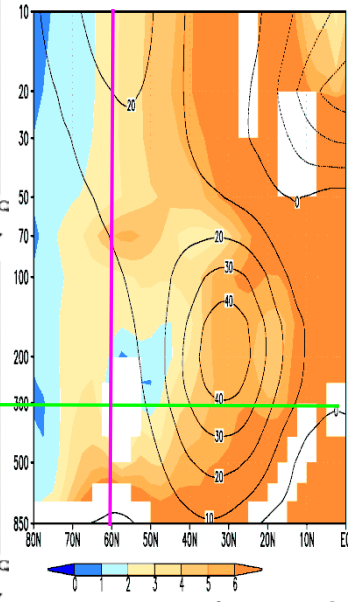
帯状平均東西風・平年差



EPフラックスとその発散

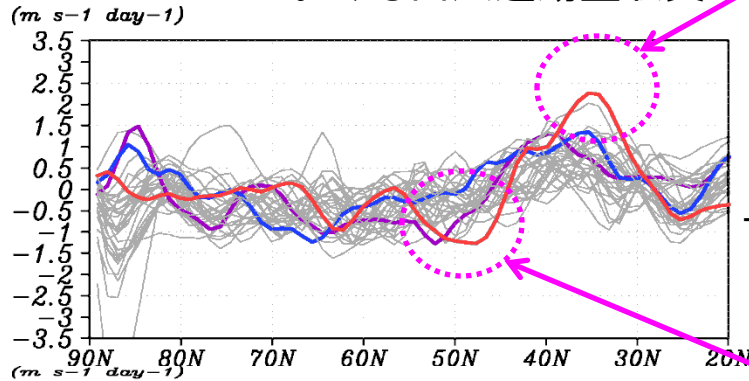


Ksの分布(実況)



2010/3/3

300hPaにおける西風運動量収支



顕著な加速

紫線 00/01
青線 05/06
赤線 09/10

下記2項による西風加速

顕著な減速

コリオリ強制による西風加速

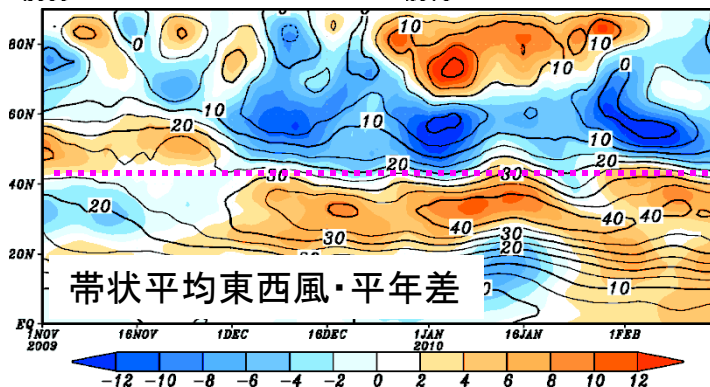
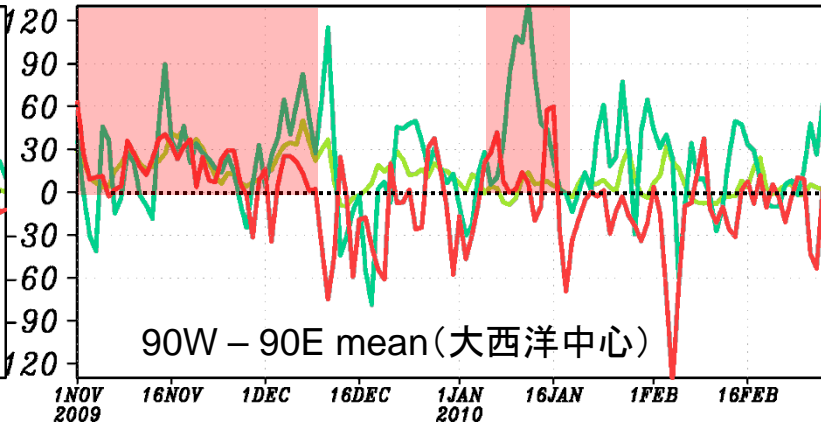
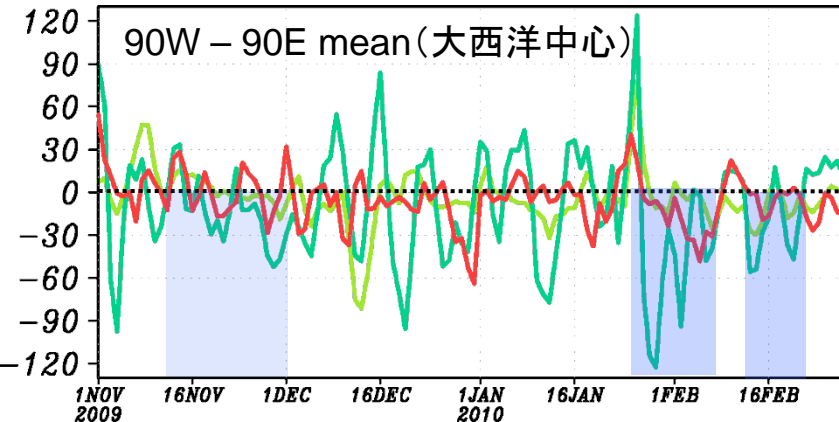
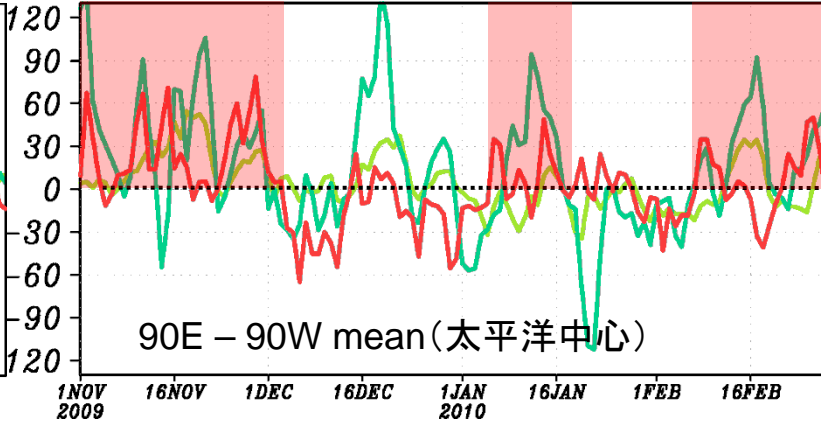
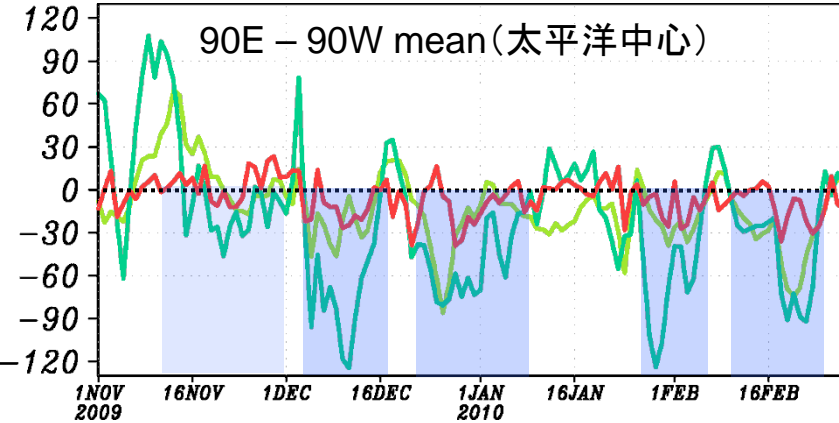
EPフラックス発散による西風加速

- 亜熱帯ジェット強化と寒帯前線ジェット弱화가顕著。
- 30~40Nのジェット強化には、EPフラックス発散が寄与。
- 45~55Nのジェット弱化には、EPフラックス収束が寄与。

② 東向き運動量の北向き輸送量 ($u'v'$) の領域別時間経過

減速緯度帯 (47.5-65N) 平均の $u'v'$

加速緯度帯 (37.5-45N) 平均の $u'v'$



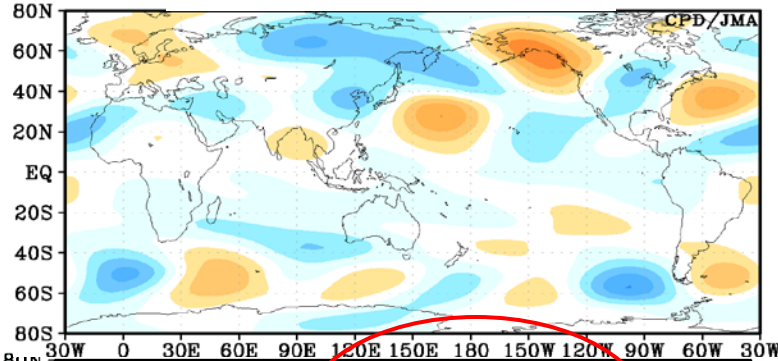
- 第一陣の発達期および継続期には、主に太平洋側の波数5以下の擾乱がジェットの見速に寄与していた。
- 第二陣の発達期および継続期には、太平洋側、大西洋側ともに波数5以下の擾乱がジェットの見速に寄与していた。

(4) きっかけは？

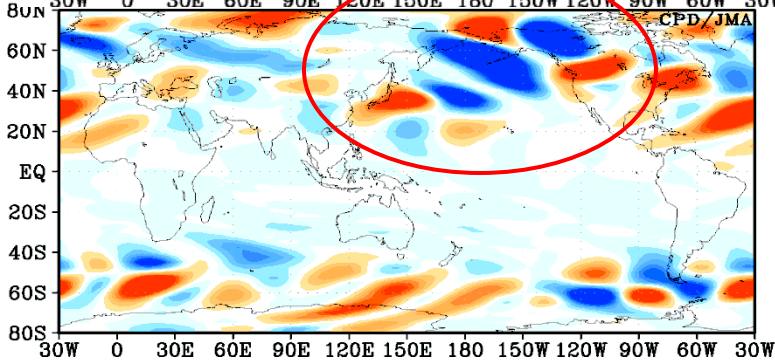
① 発達開始期における擾乱(WN<=5)の運動量輸送のスナップショット

5DEC2009

PSI300
(WN=<5)

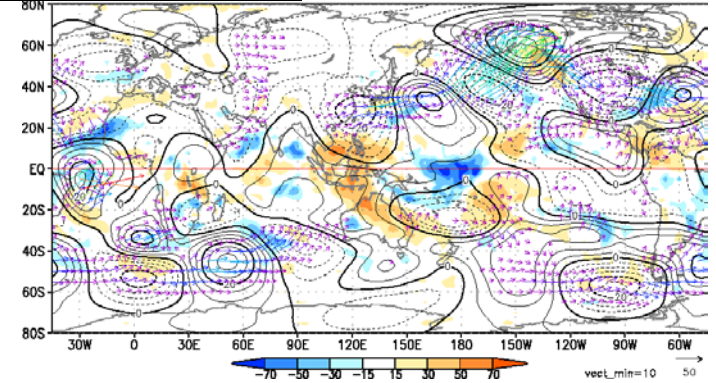
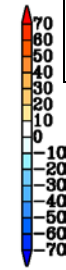


U'V'300
(WN=<5)



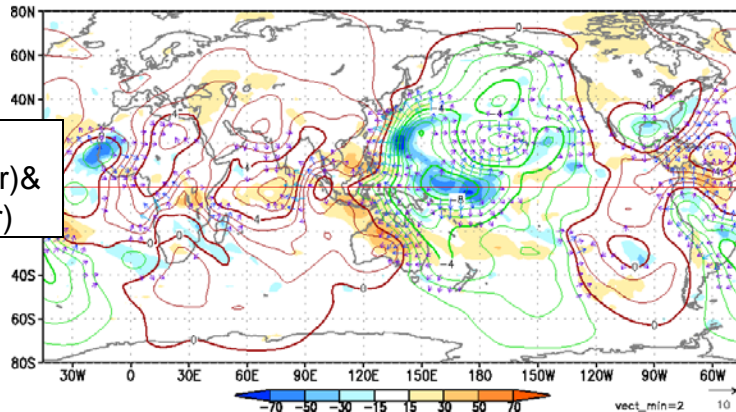
OLRA(shading),
PSIA200(contour)&
WAF200(vector)

2.3 - 12.7



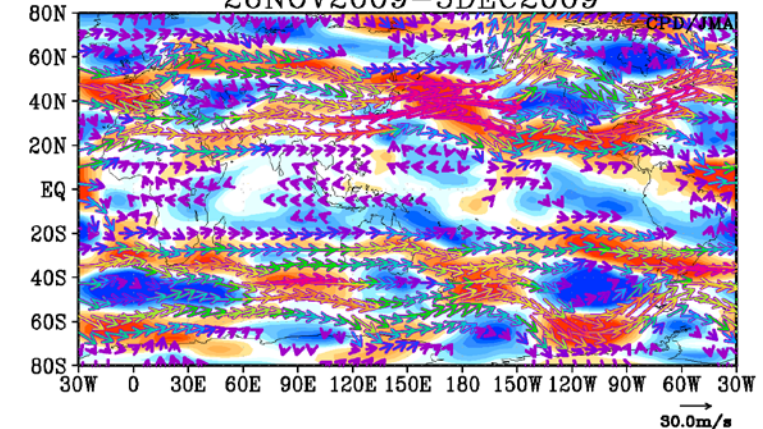
11.26 - 12.5

OLRA(shading),
CHIA200(contour)&
div. windA(vector)



UA300(shading),
WIND300(vector)

26NOV2009-5DEC2009



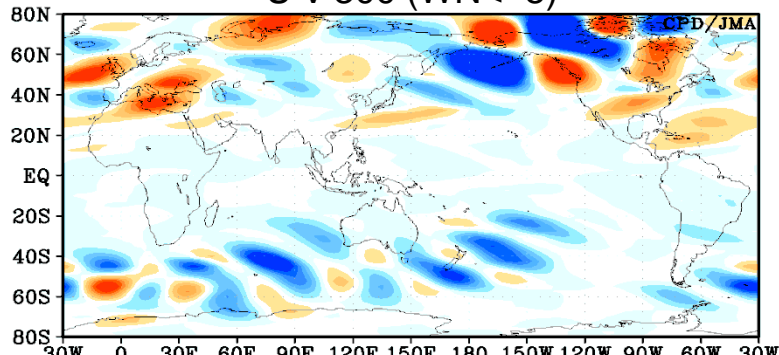
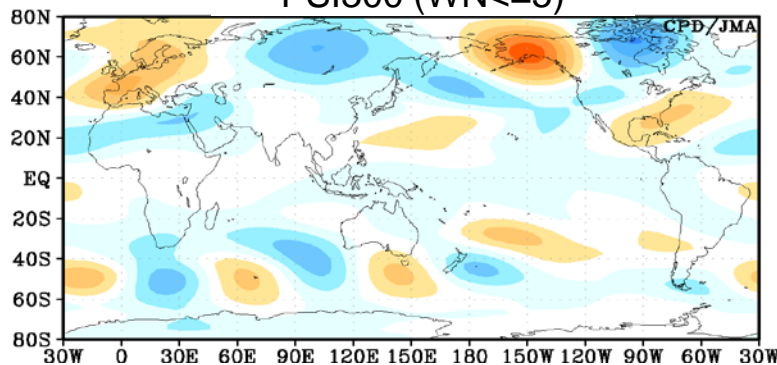
(上段) 日別平均300hPa流線関数からフィルターにより東西波数5以下の成分を抽出し、更に全球帯状平均値を取り除いたもの。単位は $\times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 。(中段) 日別平均300hPa東西風、南北風からフィルターにより東西波数5以下の成分を抽出し、更に全球帯状平均値を取り除いたもので計算した東向き運動量の北向き輸送量。単位は m^2/s^2 。

② 12月上旬のアラスカのブロッキング形成後の擾乱 (東西波数5以下)の運動量輸送の様子

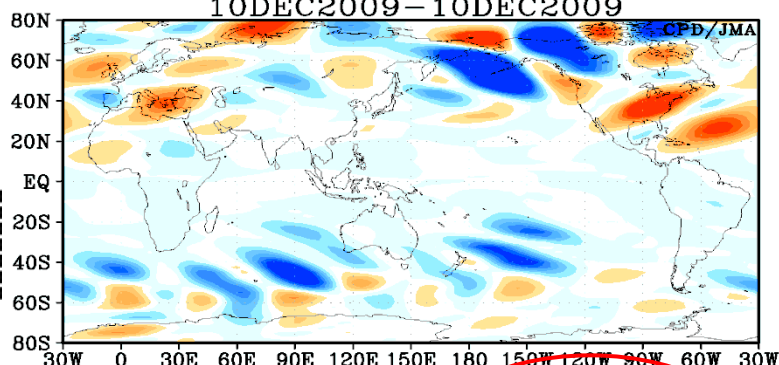
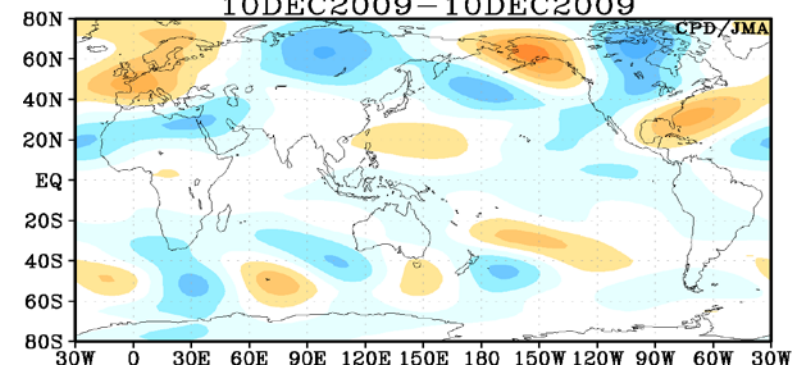
PSI300 (WN<=5)

U'V'300 (WN<=5)

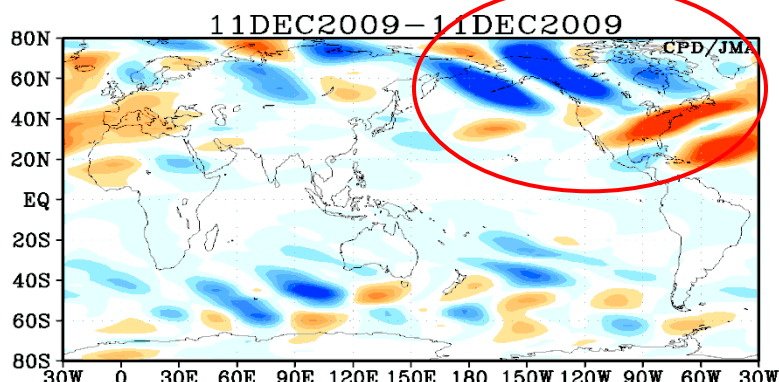
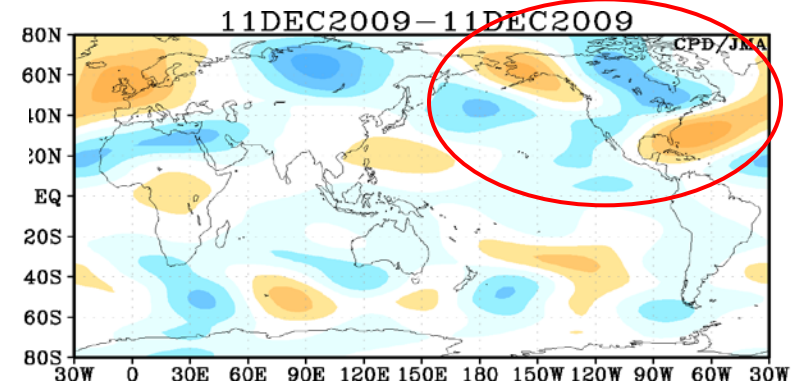
9DEC
2009



10DEC2
009



11DEC2
009

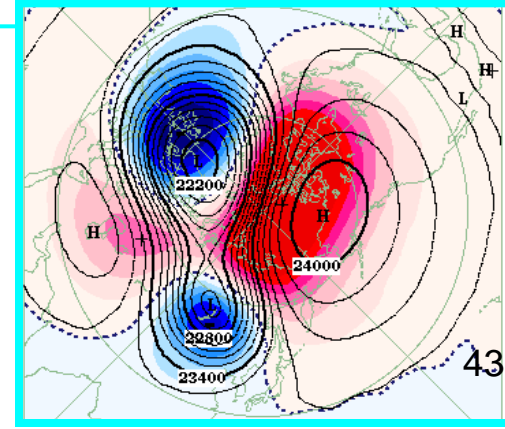
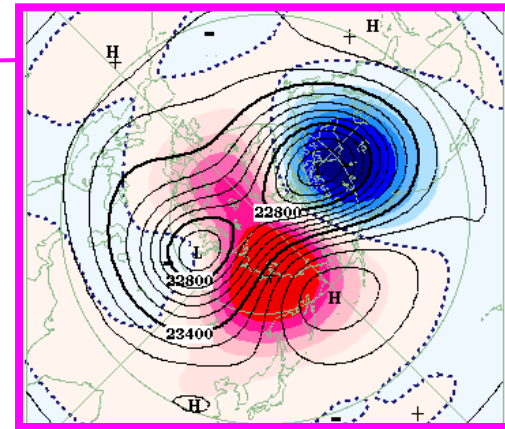
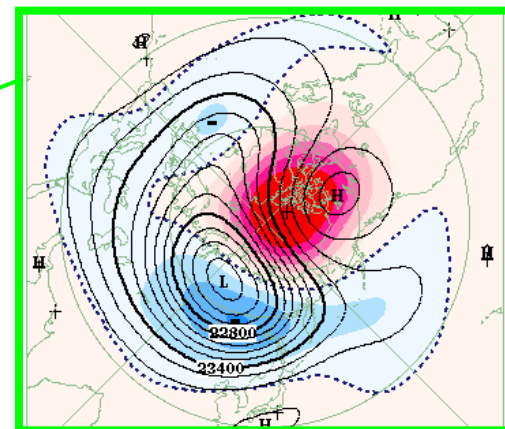
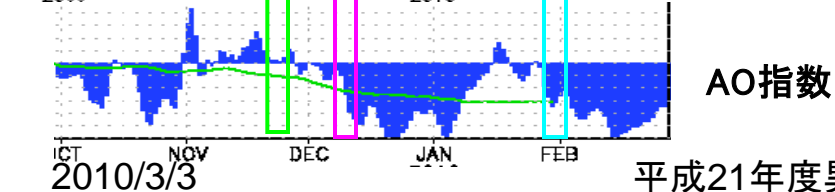
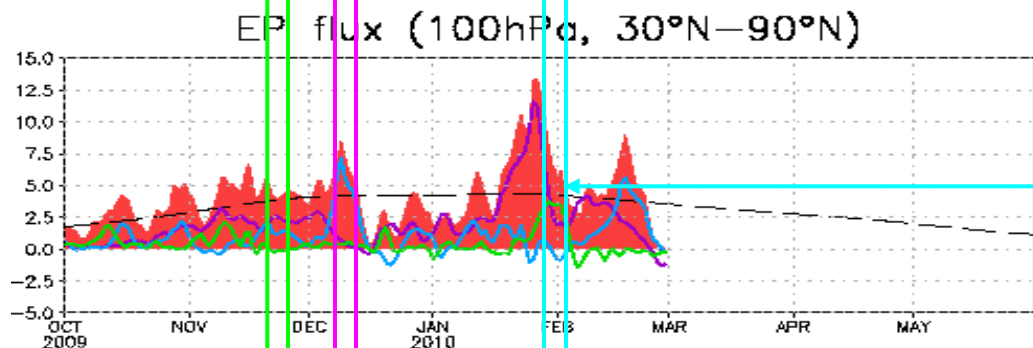
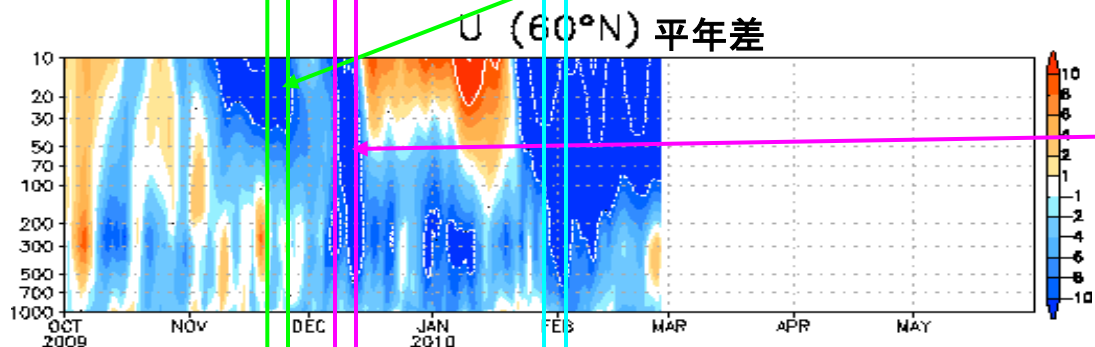
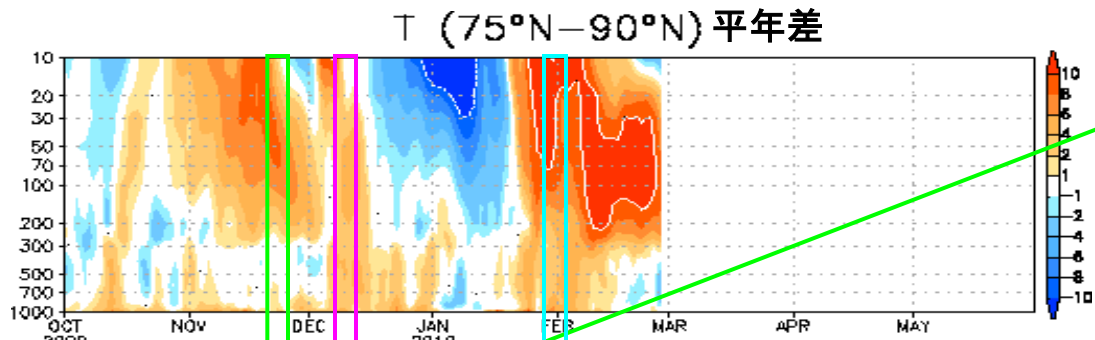


(左列) 日別平均300hPa流線関数からフィルターにより東西波数5以下の成分を抽出し、更に全球帯状平均値を取り除いたもの。単位は $\times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 。(右列) 日別平均300hPa東西風、南北風からフィルターにより東西波数5以下の成分を抽出し、更に全球帯状平均値を取り除いたもので計算した東向き運動量の北向き輸送量。単位は m^2/s^2 。

(5) 成層圏との関係

① 北極振動の推移(成層圏との関係)

主な5日平均30hPa高度・平年差

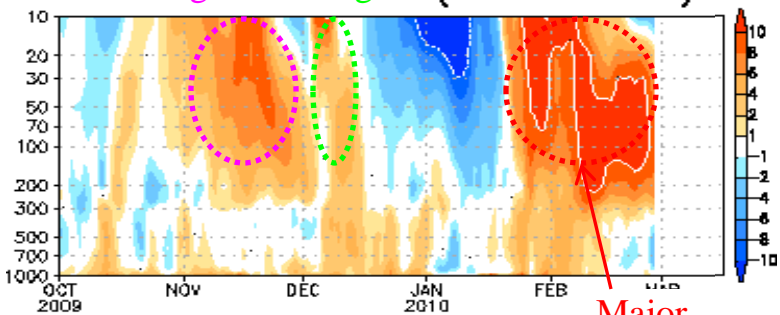


② 晩秋の成層圏極域の状況と冬の北極振動

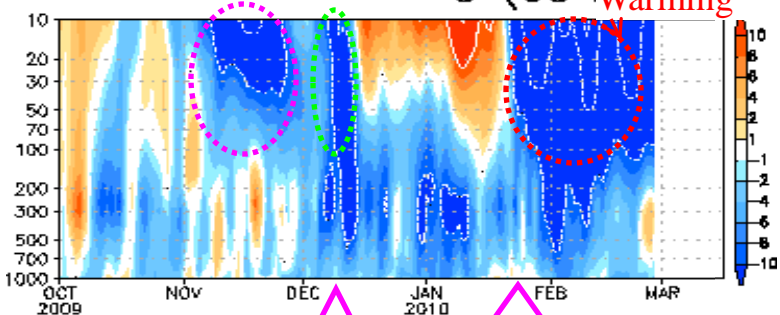
参考: 小寺・黒田 (気象研究ノート北極振動)

2009/10の帯状平均平年差の高度時間断面

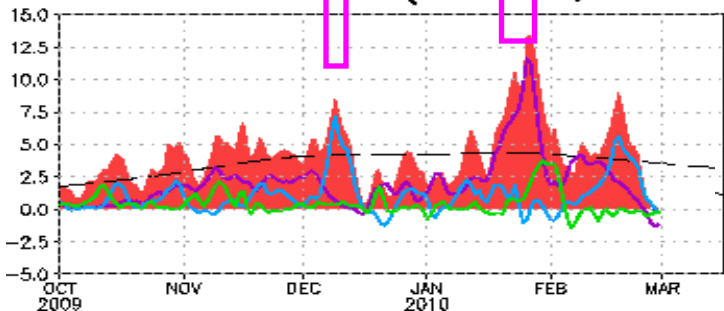
Canadian Minor Warming Warming T (75°N-90°N)



Major Warming

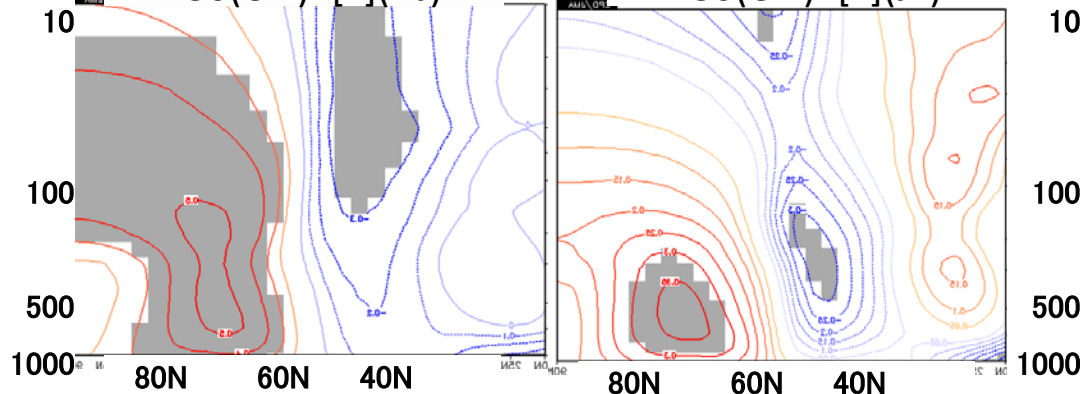


EP flux (100hPa, 30°N-)

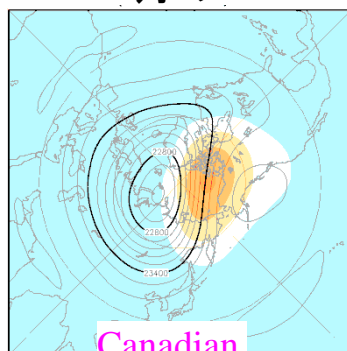


晩秋の30hPa極域高度と翌冬の帯状平均高度のラグ相関

Z30(ON)>[Z](DJ) Z30(ON)>[Z](JF)

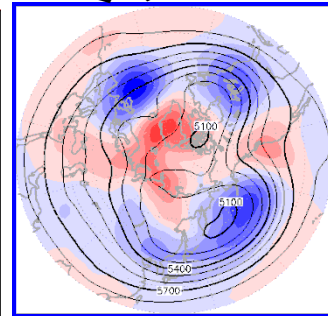


11月のZ30



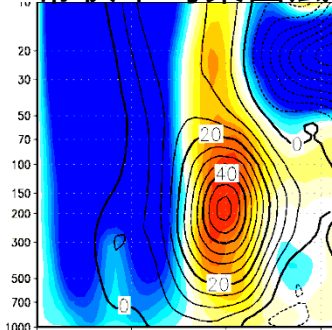
Canadian Warming

冬のZ500

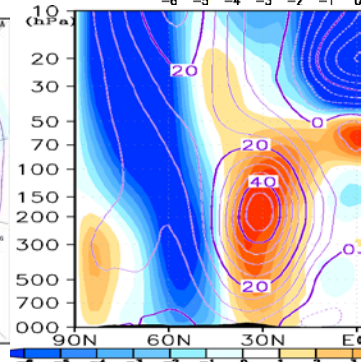
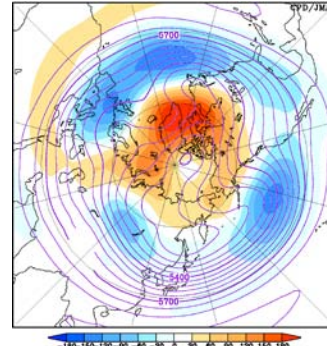
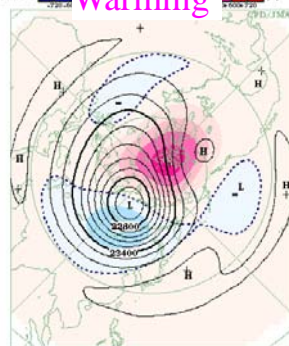


負の北極振動

帯状平均東西風



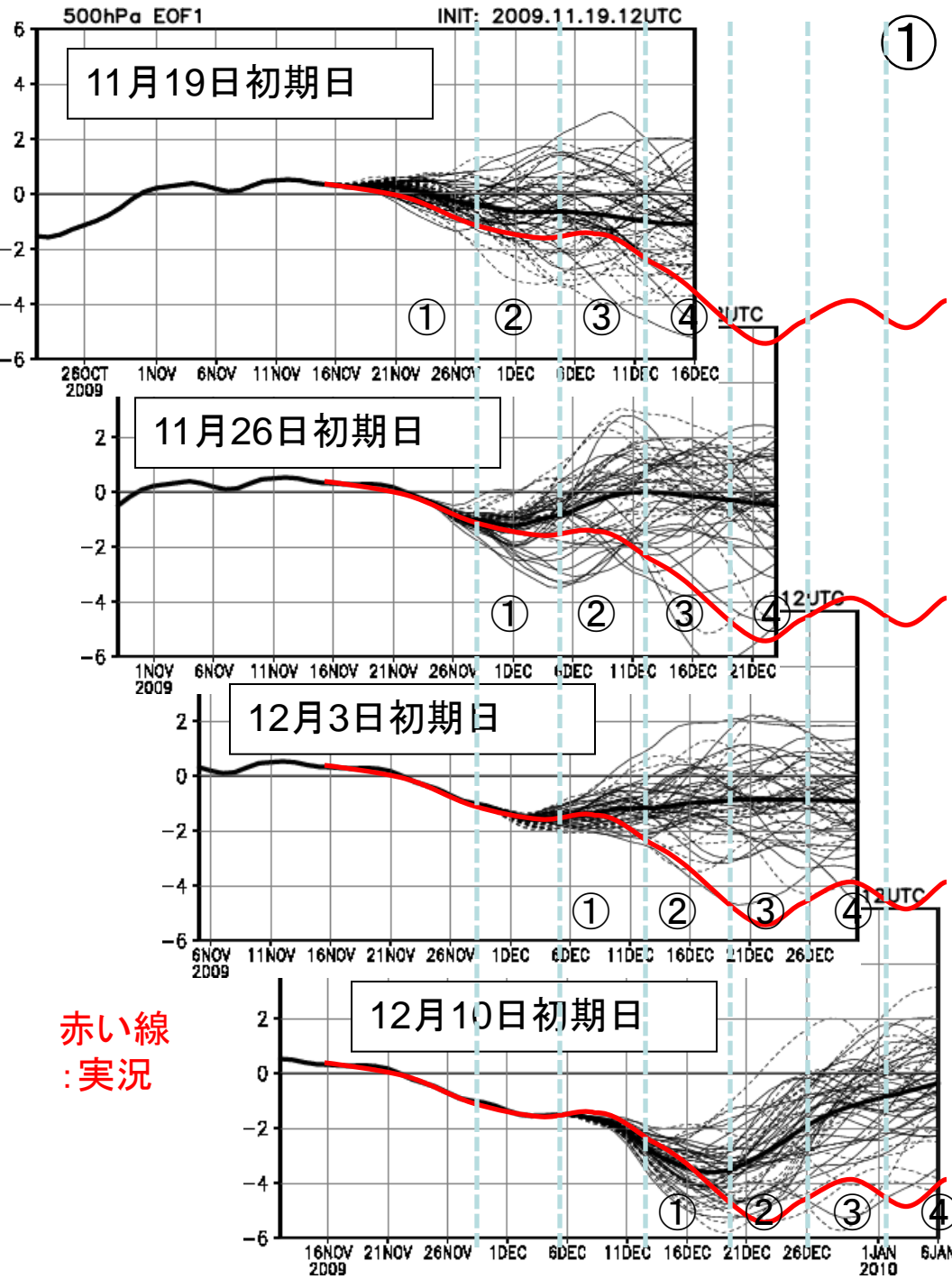
76 / 77 ↑ 比較 ↓ 09 / 10



2010/3/3

平成21年度異常気象分析検討会

(6) モデルの予想では



① Z500冬のEOF1スコアの予測 (第一陣の予測)

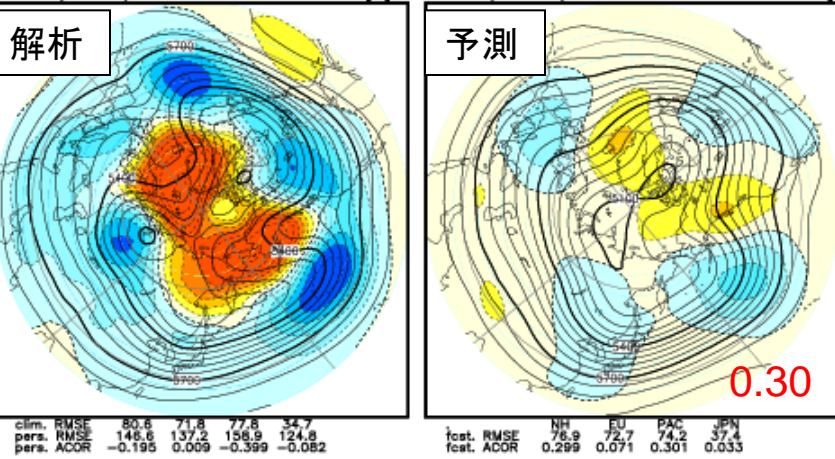
- 期間を通して、概ね負のAO傾向を予測していた。
- しかし、期間後半の顕著な負のAOに移行することは予想できなかった。

赤い線
:実況

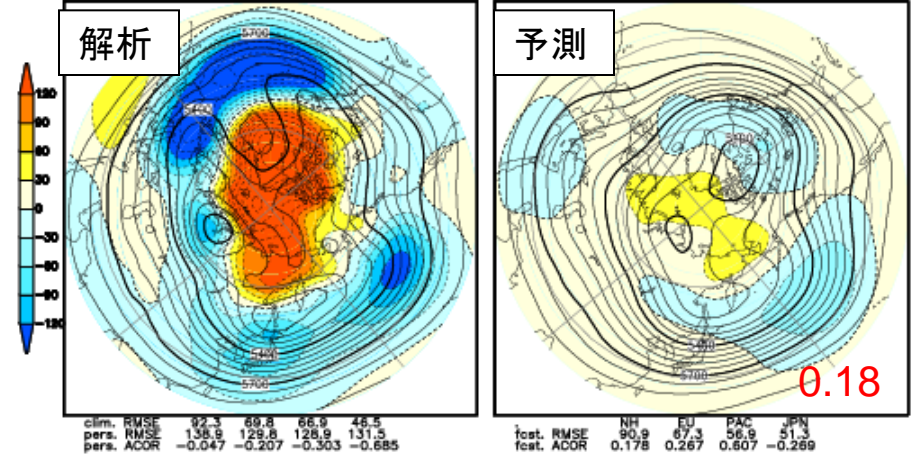
② 各初期日3～4週目のZ500予測(第一陣の予測)

赤い数字は、北半球のACC

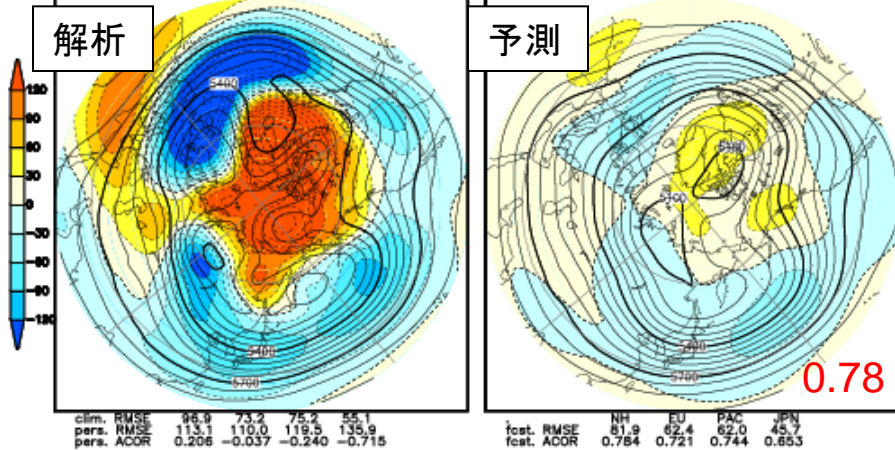
11月19日初期日:12月5日～12月18日



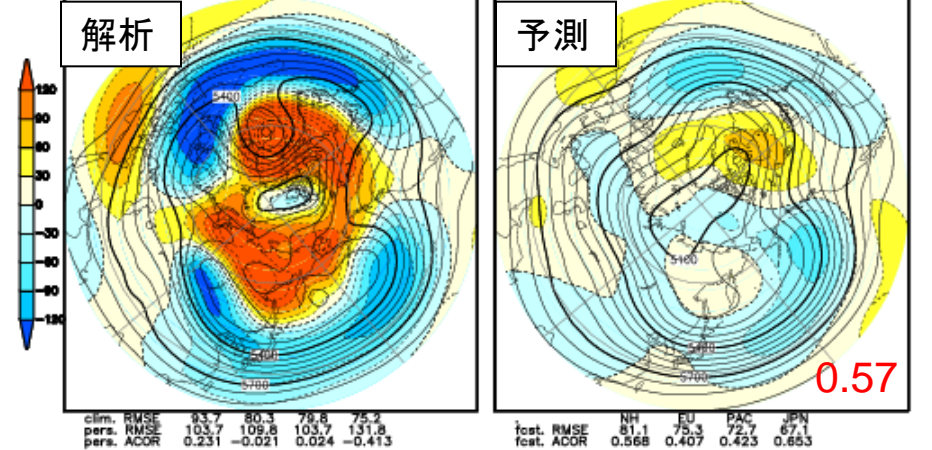
11月26日初期日:12月12日～12月25日



12月3日初期日:12月17日～1月1日



12月10日初期日:12月26日～1月8日

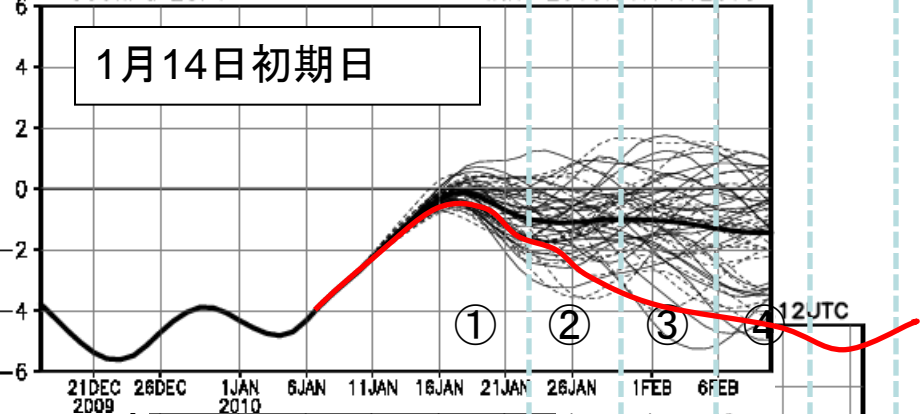


- 11/19,11/26初期値ともに、アラスカのリッジや負のAOを予想できているが、亜熱帯ジェット強化の予測に失敗している。
- 12/3以降は北半球規模では、かなり良く予想できている。

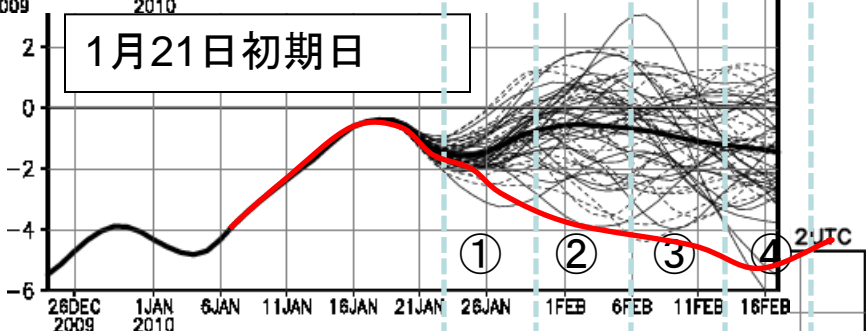
500hPa EOF1

INIT: 2010.01.14.12UTC

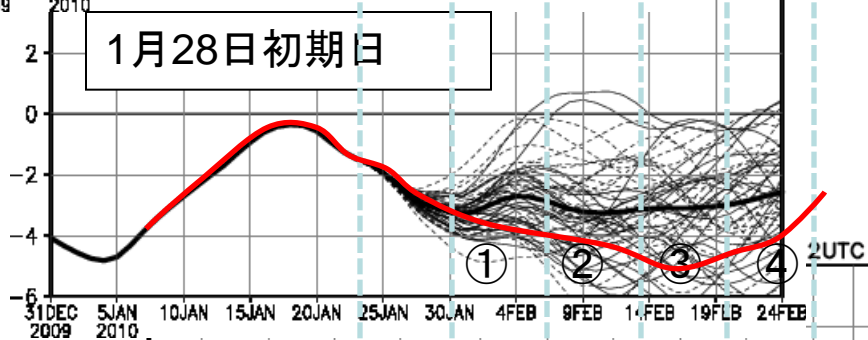
1月14日初期日



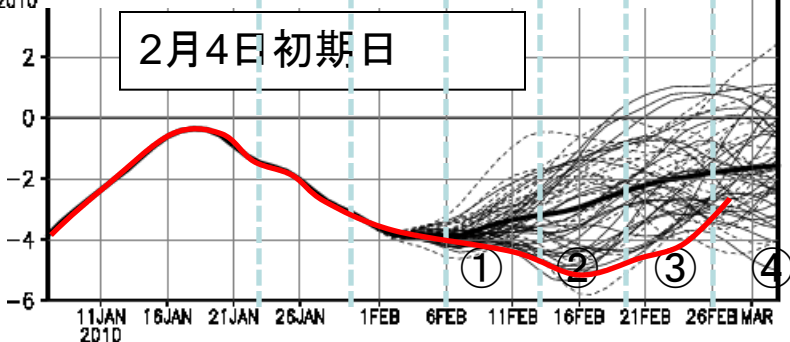
1月21日初期日



1月28日初期日



2月4日初期日



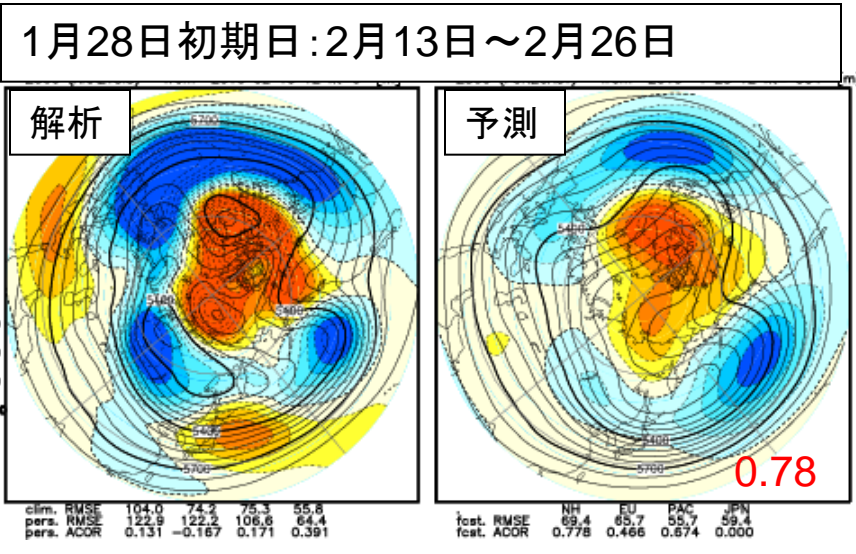
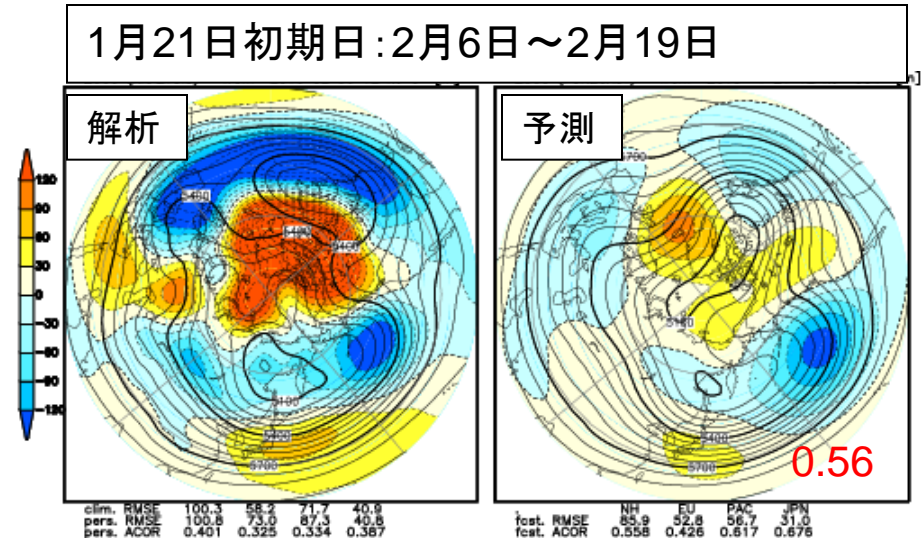
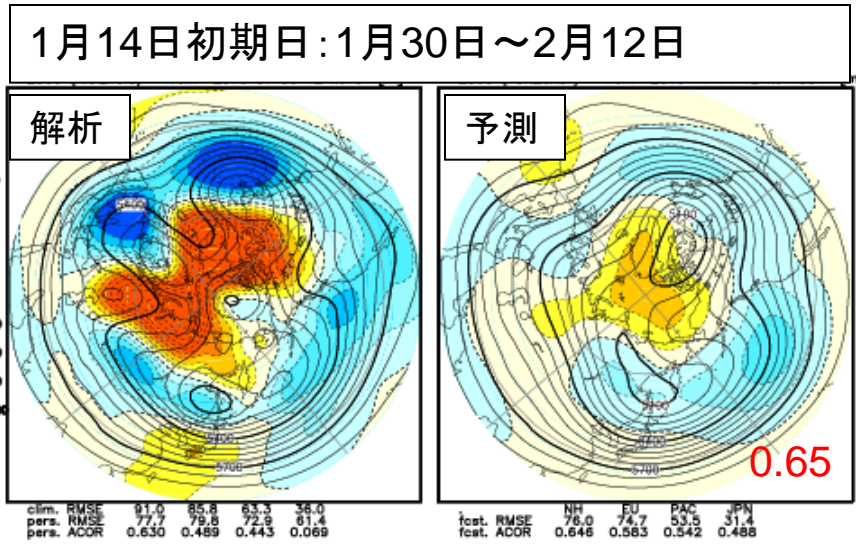
赤い線
: 実況

③ Z500冬のEOF1スコアの予測 (第二陣の予測)

- 期間1/14, 1/21初期日は、期間を通して概ね負のAOを予測していたが、2週目以降の顕著な負のAOは予想できなかった。
- 1/28初期日は、期間を通して顕著な負のAOを予想していた。実況も顕著な負のAOとなった

④ 各初期日3～4週目のZ500予測(第二陣の予測)

赤い数字は、北半球(20-90N)のACC



•各初期日ともに精度は良く、特に1/28初期日は精度が良い。

4. 日本の天候はどうだった？

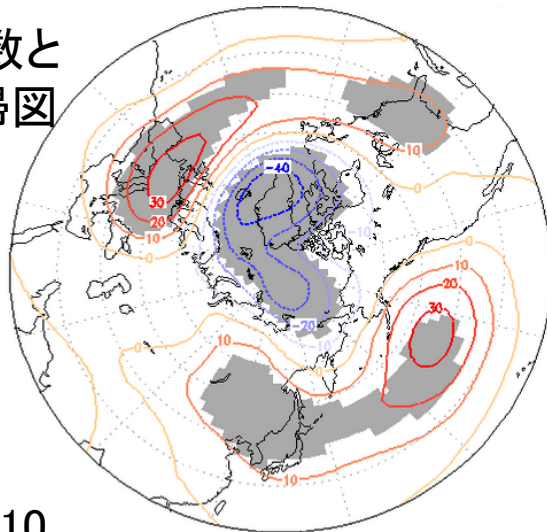
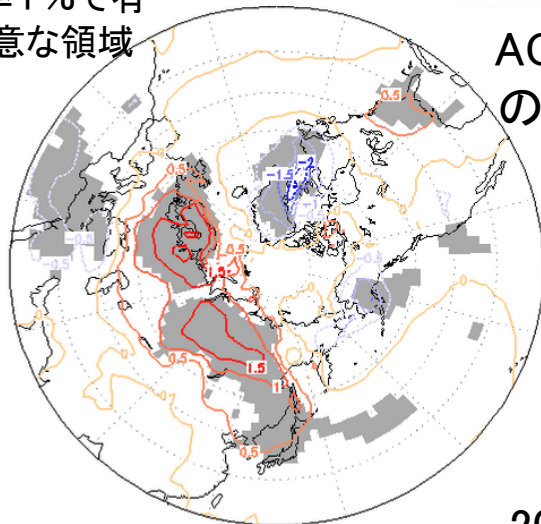
① 冬平均の北極振動指数との関係

陰影は危険率1%で有意な領域

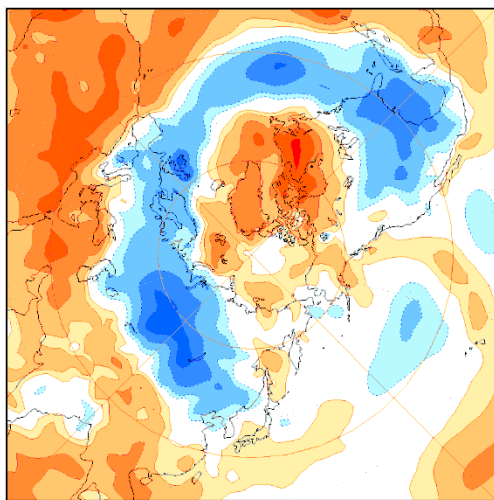
2m気温

500hPa高度

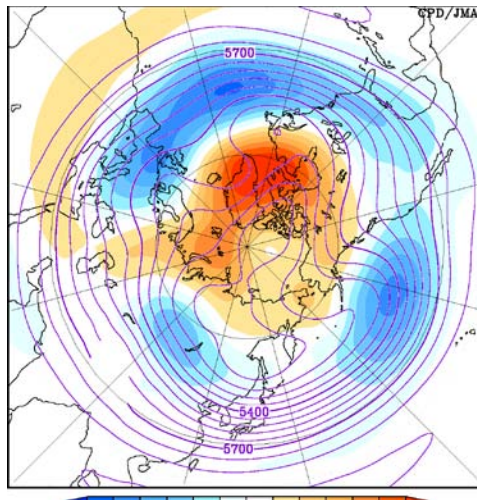
AO指数との回帰図



2009/10



2m気温規格化偏差

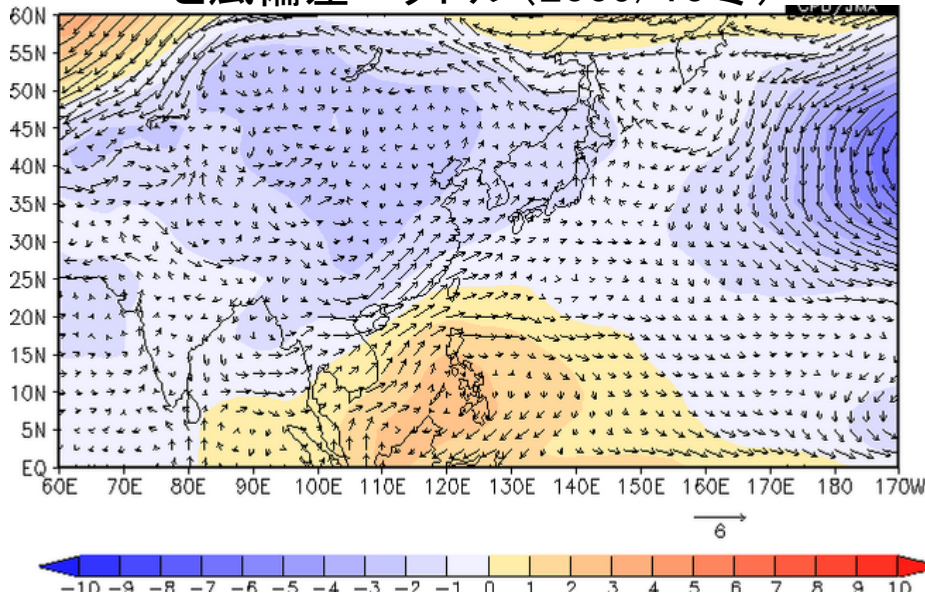


500hPa高度・平年差

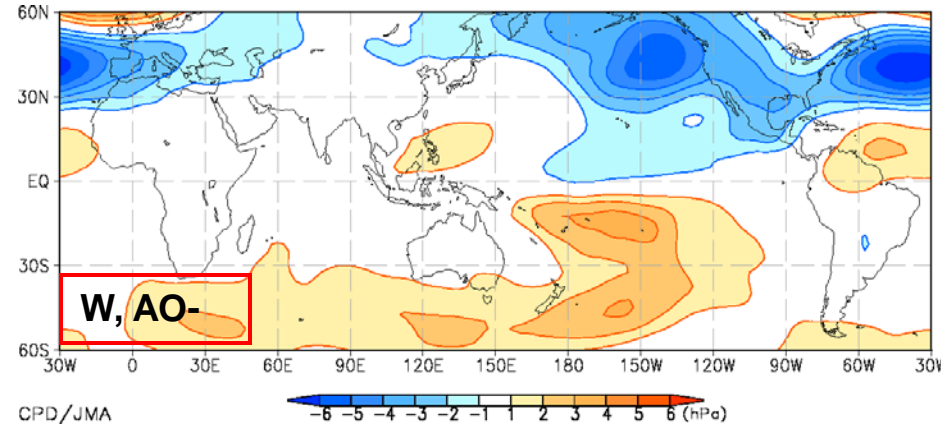
- 2009/10の偏差分布は、AO指数との回帰とよく似ている。
- 回帰図において極東に有意な領域が見られるが、2009/10では西にシフトしたように見える。
- 日本付近の地上気温も、過去の統計では低温が有意だが、今冬は低くならなかった。

② エルニーニョの影響は？

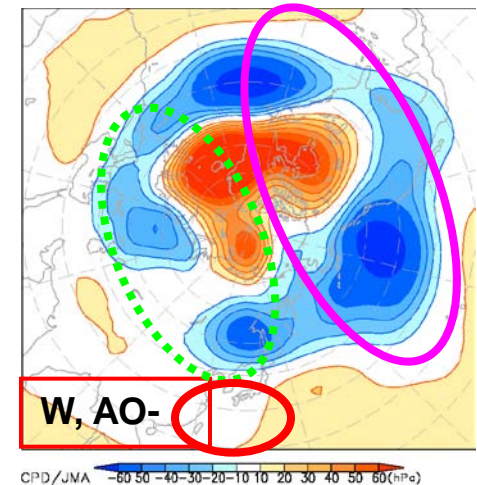
850hPa流線関数平年偏差(陰影)
と風偏差ベクトル(2009/10冬)



エルニーニョ+負のAO時の
850hPa流線関数の合成図



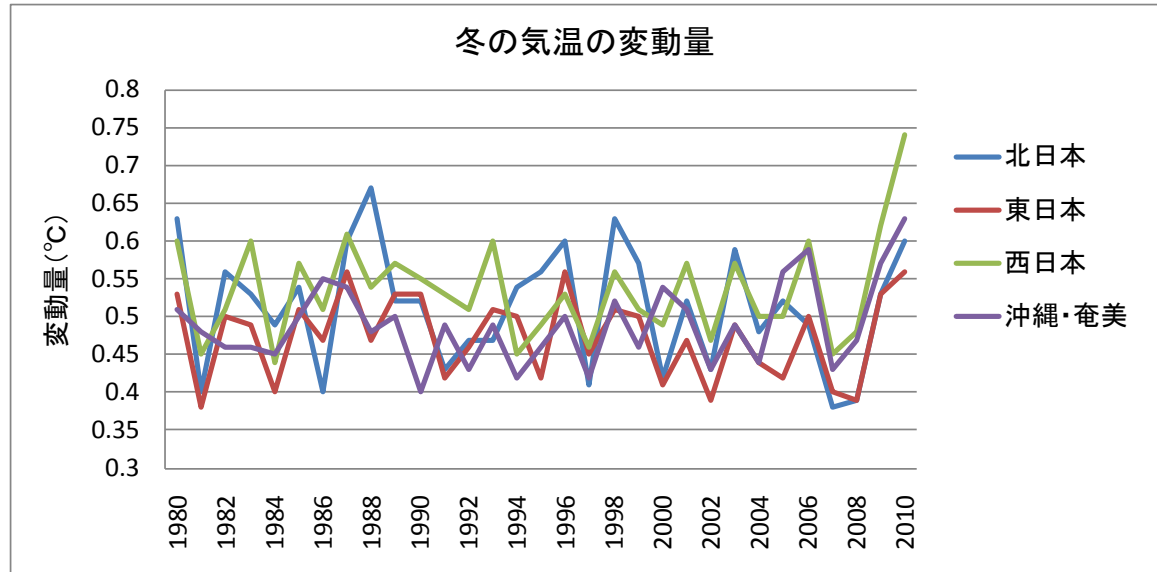
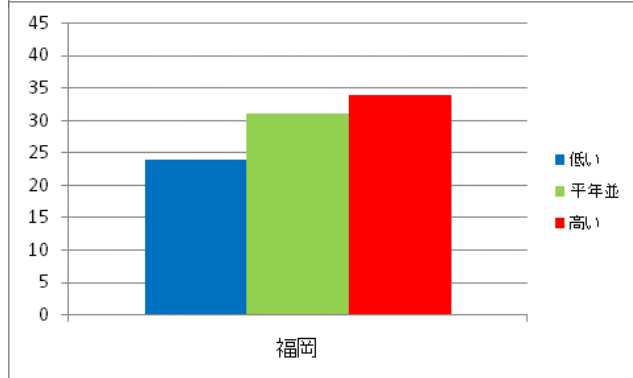
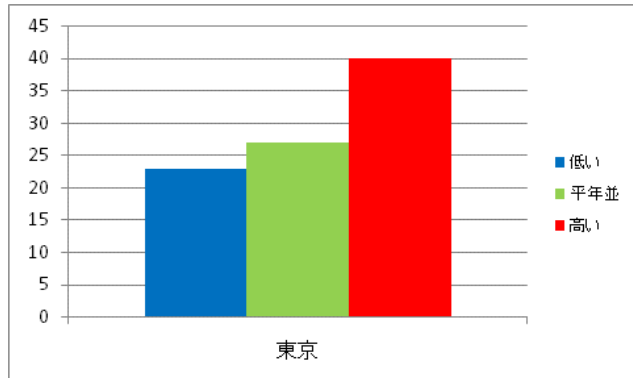
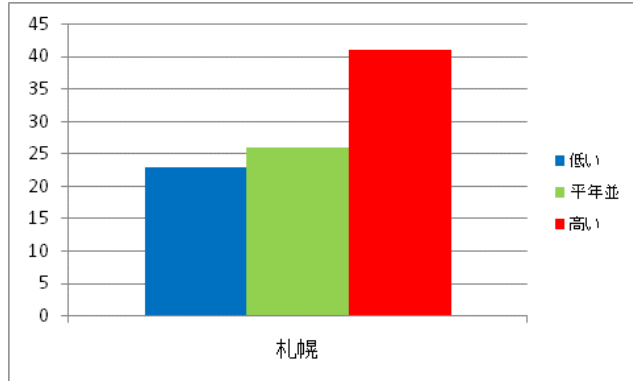
500hPa高度の合成図



•フィリピン付近には、高気圧性循環偏差が見られ、華南から日本付近にかけて、南西風偏差が見られる。これは、エルニーニョ現象時あるいはエルニーニョ現象+負のAO時の合成図にもみられるものであり、エルニーニョ現象に伴うものと考えられる。

•エルニーニョ現象の影響を受けて、アリューシャン低気圧が東偏し、日本の東海上での発達が弱かった。このため北日本付近の南東風偏差となった。

③ 寒い日が多い印象だったが、実際は？



・各地の日平均気温の平年並の範囲で見た階級別日数(左)も、平年より寒い日は2割強と暖かい日の4割程度(福岡は3割強)より少ない。
 ・5日移動平均した気温の前日差から求めた今冬の気温の変動量(上)は全国的にかなり大きかった。

5. 見解案

① 囲み文案

- 北半球中緯度帯では、多くの地方で、低温や大雪等の顕著な寒波による異常天候が見られた。
- この顕著な寒波は、記録的な負の北極振動に伴ってもたらされた。
- 負の北極振動を維持する典型的なメカニズムが確認された。
- 今冬に負の北極振動が卓越した背景として、昨秋以降の成層圏を含む大気の流れや海面水温の状況が、負の北極振動の発達および維持に適する状態だったと考えられる。

終わり