

2021/2022年冬の 天候と大気循環場の特徴

令和4年3月11日

気象庁

資料の構成

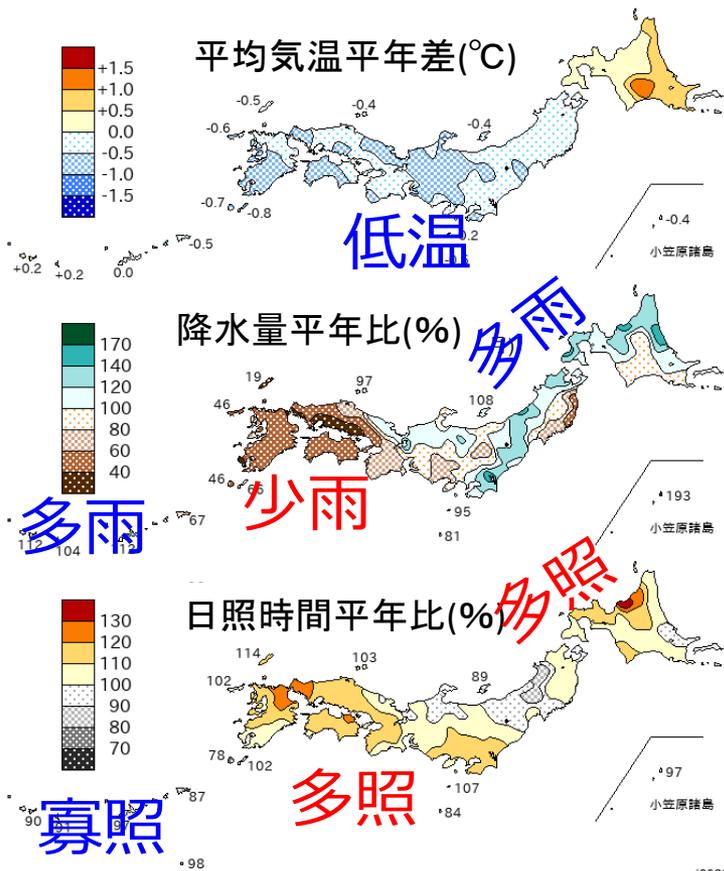
- 2021/2022年冬の天候
- 2021/2022年冬の循環場の特徴
 - 循環場の概要
 - ラニーニャ現象と熱帯・中緯度循環場
 - 北半球中高緯度の循環場
 - 正のWPパターンと東シベリアのブロッキング高気圧
 - 冬季東アジアモンスーン
- 天候と循環場の特徴のまとめ

2021/2022年冬の天候

2021/2022年冬の日本の天候①

- 気温：東・西日本で低温、北日本と沖縄・奄美は平年並。
- 北日本日本海側で多雨・多雪、西日本ではかなりの少雨。
- 日照時間：北・西日本と東日本太平洋側で多く、沖縄・奄美で少なかった。

気温/降水量/日照時間 平年差(比)



気候表

太字は「かなり」

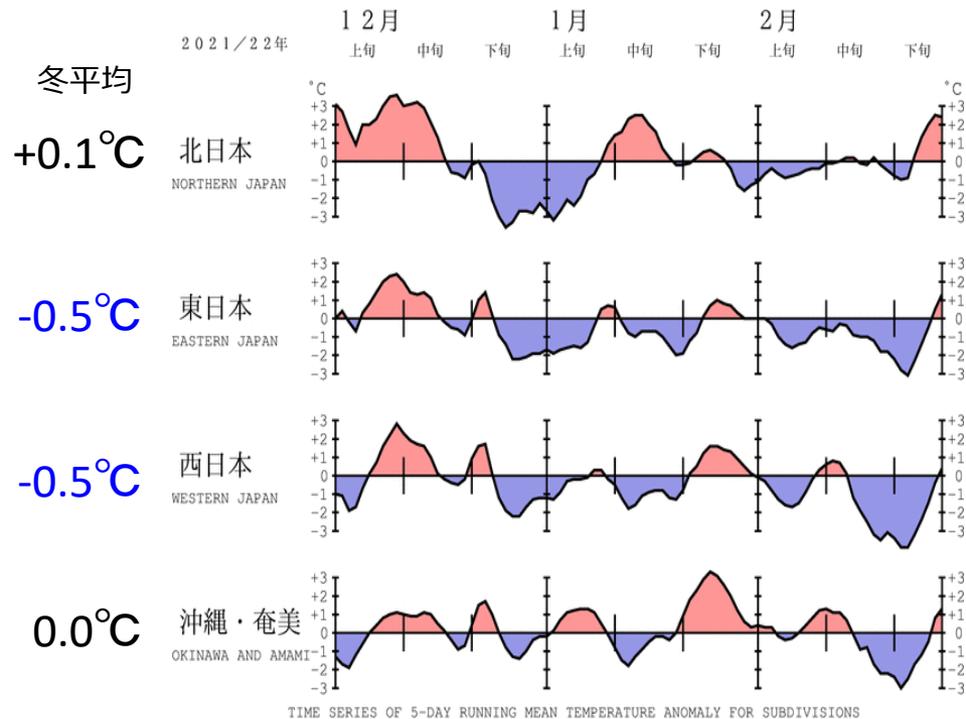
	気温 平年差 (°C)	高低		多少		多少	
		降水量 平年比(%)		日照時間 平年比(%)		降雪量 平年比(%)	
		日	太	日	太	日	太
北 日本	+0.1	122	99	108	104	114	102
東 日本	-0.5	104	96	97	109	124	88
西 日本	-0.5	64 ③	51	114	111	82	50
沖縄 ・奄美	0.0	113		86		—	

○数字：1946/1947年冬(気温、降水量、日照時間)、
1961/1962年冬(降雪量)以降における順位(3位まで)

2021/2022年冬の日本の天候②

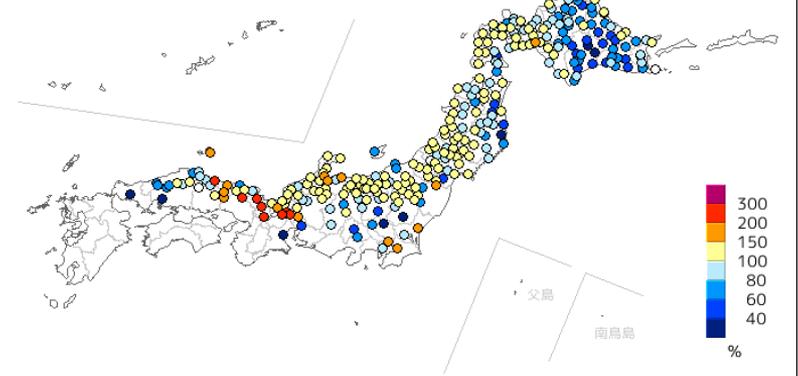
- 12月下旬以降、東・西日本を中心に低温傾向。気温の変動の大きさは、全国的に小さい傾向（西日本では5日平均変動度が1960/61年以降、2番目に小さい）。
- 降雪量・最深積雪は、山陰～北日本の日本海側を中心に平年を上回る地点が多く、新潟県津南など全国12地点で年最深積雪の記録を更新。

地域平均気温平年差の時系列



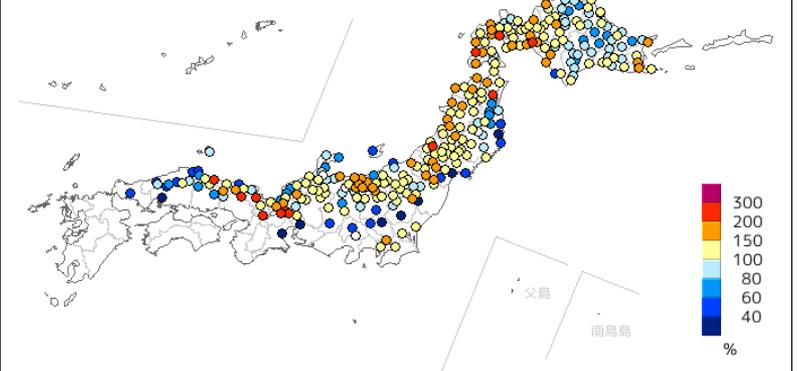
降雪量平年比

降雪量の期間合計の平年比
期間：2021年12月～2022年2月



最深積雪平年比

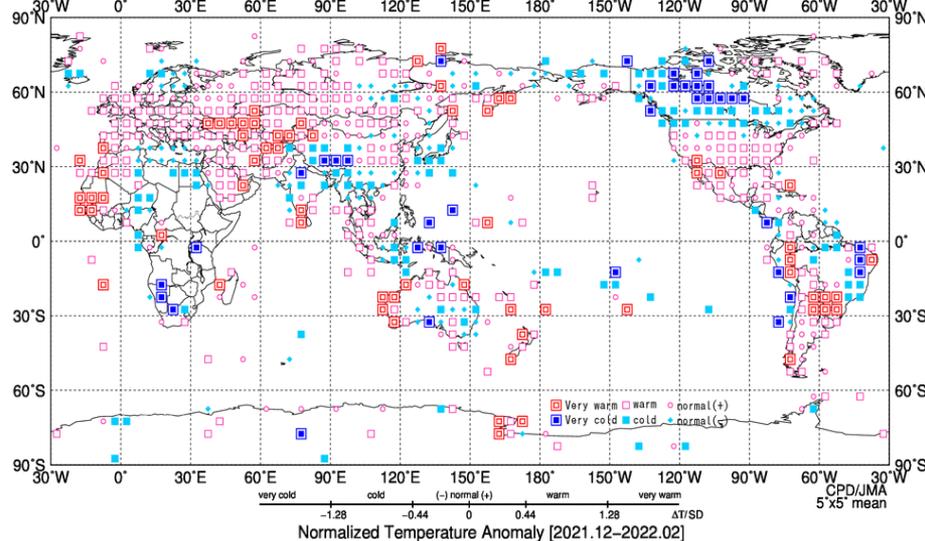
期間最深積雪の平年比
期間：2021年12月～2022年2月



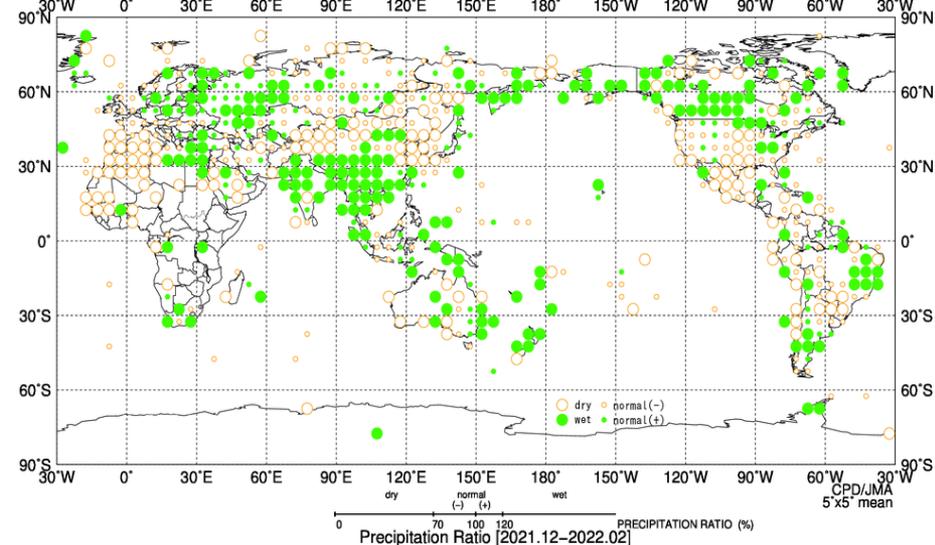
2021/2022年冬の世界の天候

- 世界では、インド北部～中国南西部、カナダなどで低温偏差、中央アジア、ニュージーランド～ポリネシア南部などで高温偏差。
- 南アジア～東アジア南部で多雨偏差、アフリカ北西部、中米周辺で少雨偏差。

平均気温規格化偏差



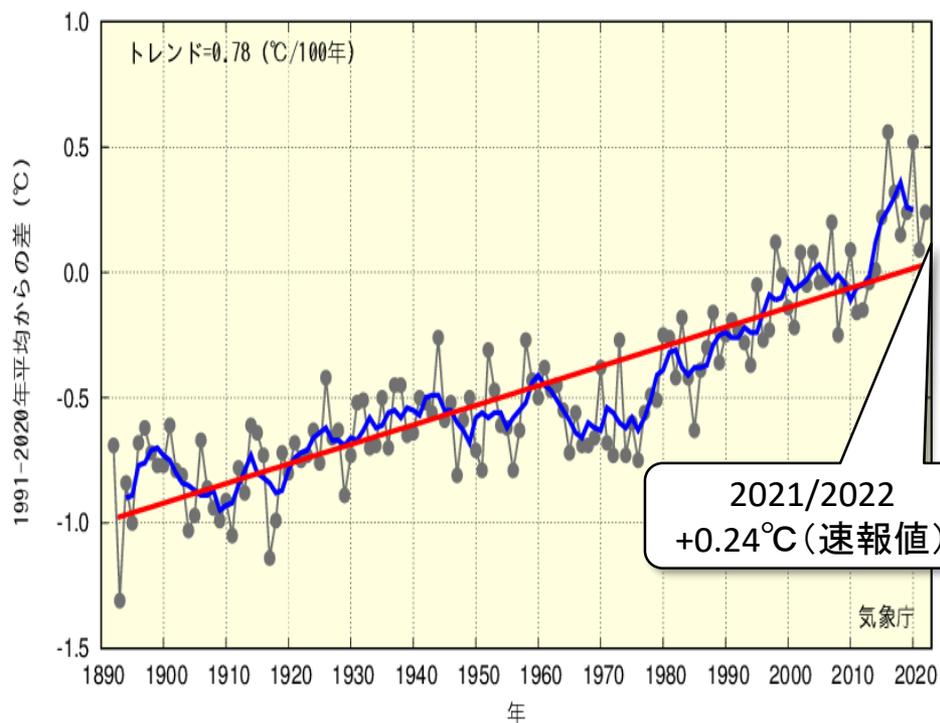
降水量平年比



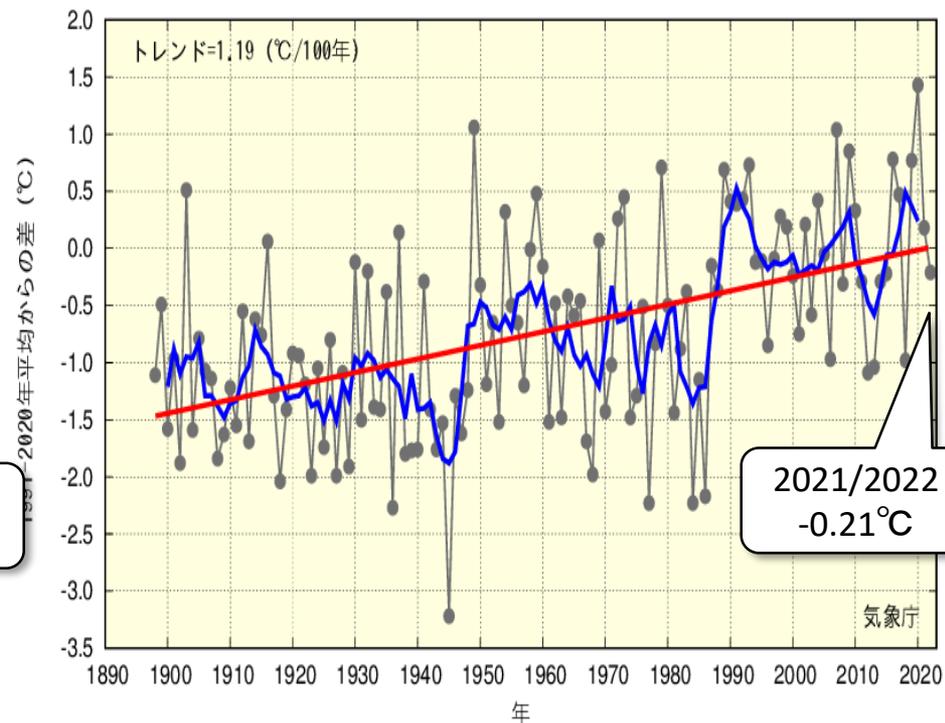
世界と日本の冬平均気温

- 2021/2022年冬の平均気温は、世界では正偏差（4位タイ）、日本では負偏差。

世界の冬平均地上気温偏差



日本の冬平均地上気温偏差



- 細線 (黒) : 各年の平均気温の基準値 (1991~2020年平均) からの差
- 太線 (青) : 偏差の5年移動平均値
- 直線 (赤) : 長期変化傾向

2021/2022年冬の循環場の特徴

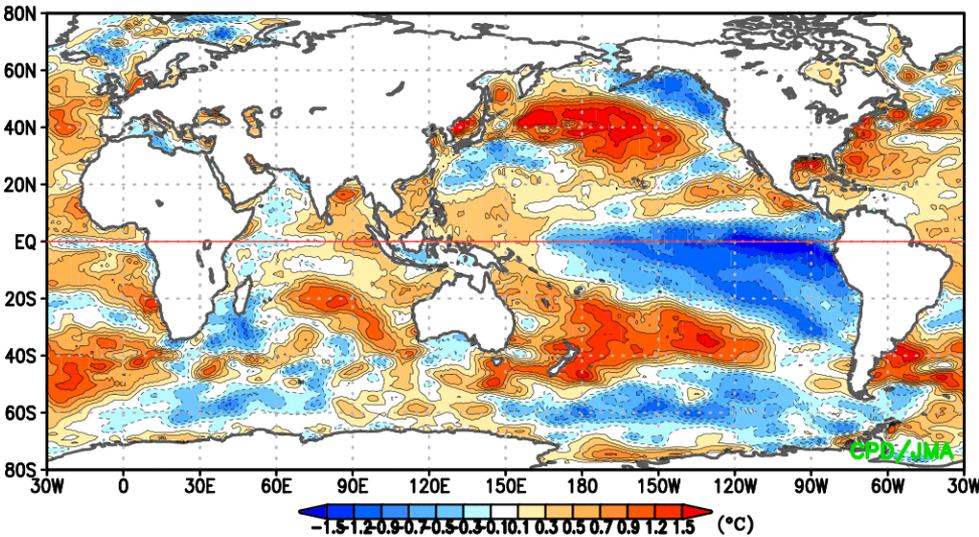
循環場の概要

2021/2022年冬の海況

- 2021年秋に発生したラニーニャ現象が冬の間持続。
- 熱帯域のSSTは、太平洋西部、インド洋東部で正偏差、太平洋赤道域の中～東部で負偏差。

SST偏差

01Dec.2021 - 28Feb.2022

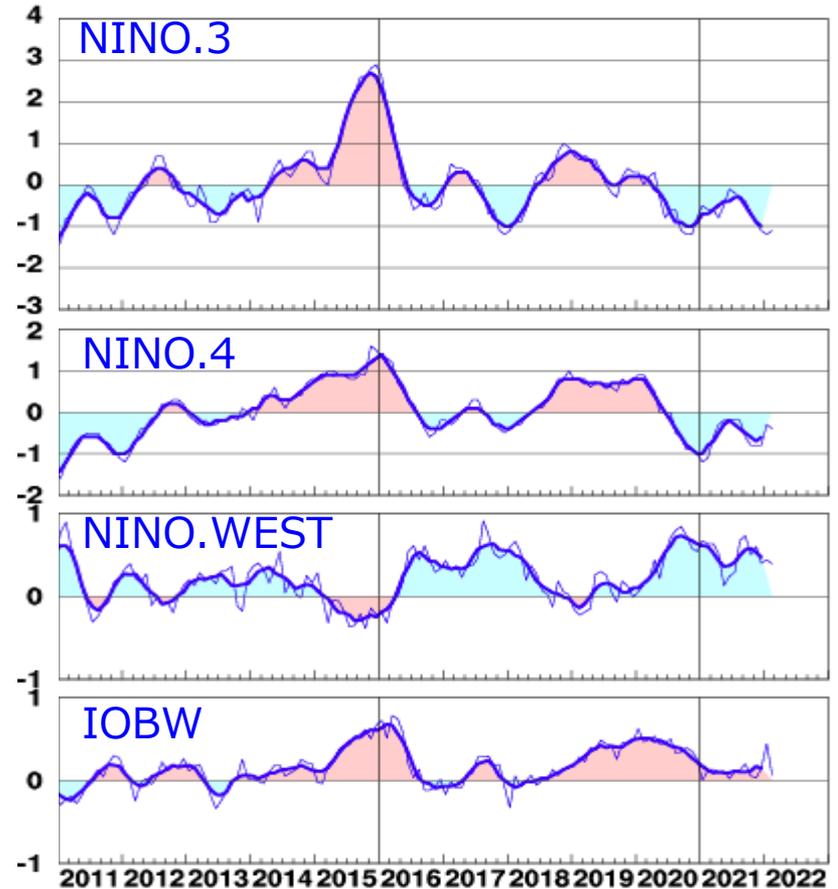


監視海域



平年偏差時系列

細線：月別値
太線：5か月移動平均値

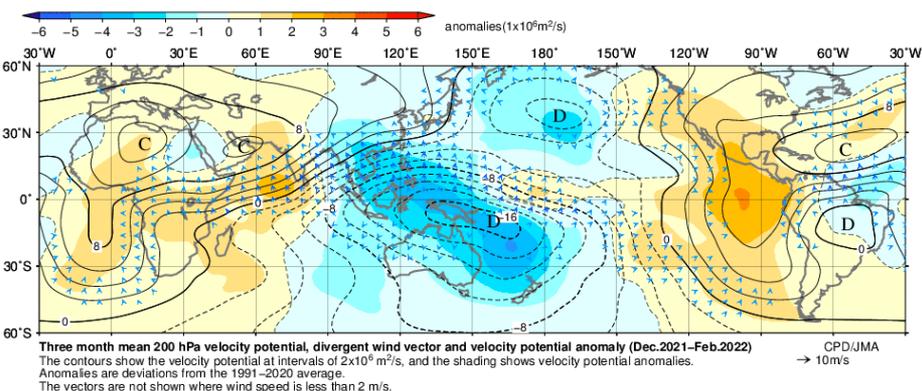


熱帯の対流活動と循環場 (2021/2022年冬)

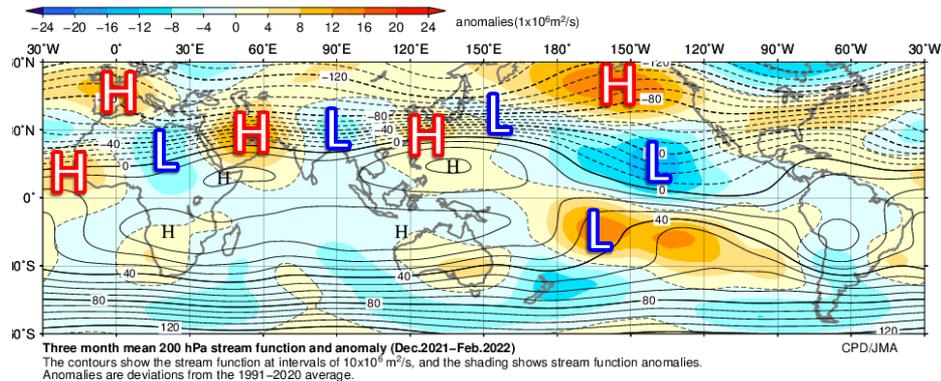
- 対流活動：フィリピン～インドネシア東部で活発、太平洋赤道域の日付変更線付近で不活発。
- 対流圏上層：太平洋熱帯域の中部で南北半球対のL循環偏差。ユーラシア大陸南部には波列パターン。
- 対流圏下層：太平洋熱帯域の西部でL循環偏差、太平洋熱帯域の中～東部でH循環偏差。

χ_{200}

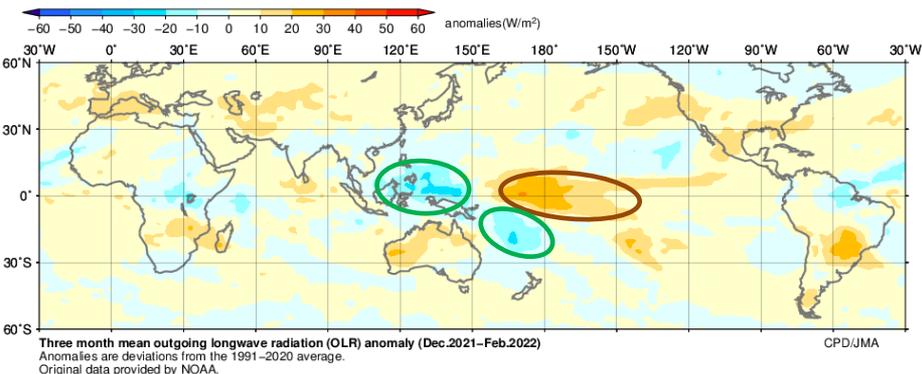
等値線：実況値、陰影：半年偏差
矢印：発散風



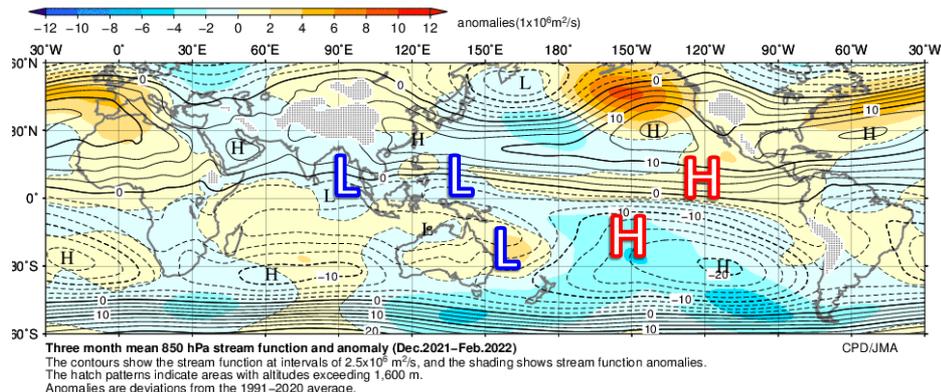
ψ_{200}



OLR

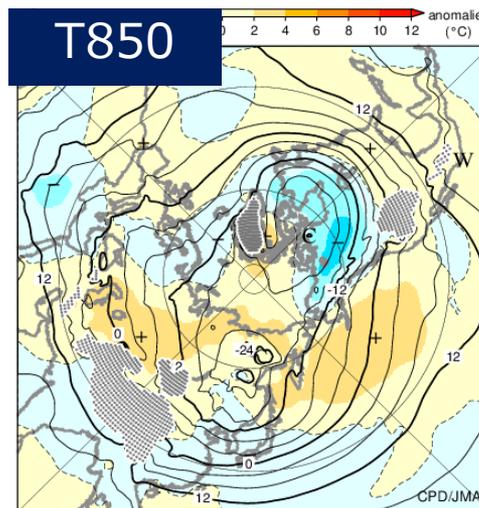
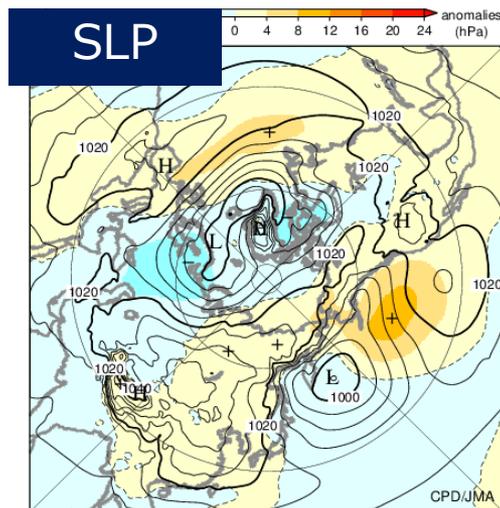
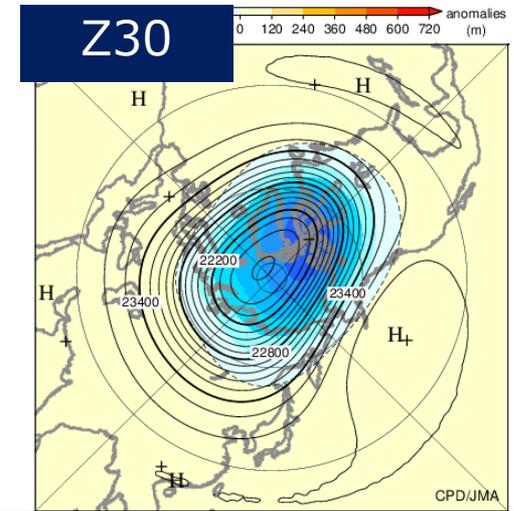
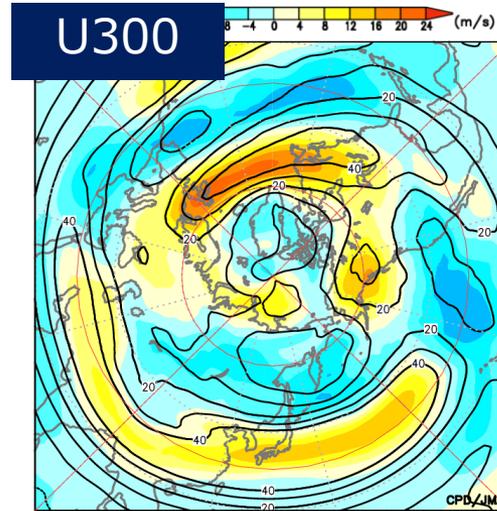
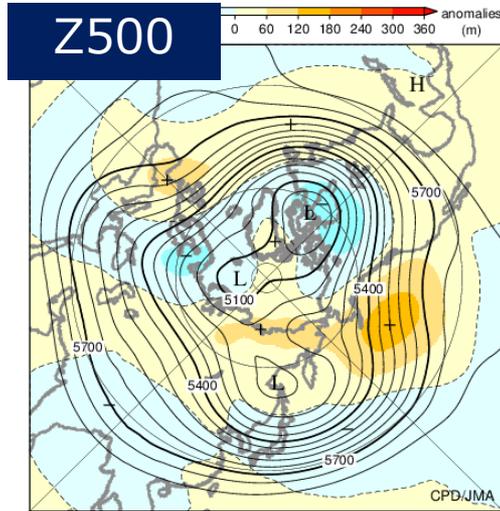


ψ_{850}

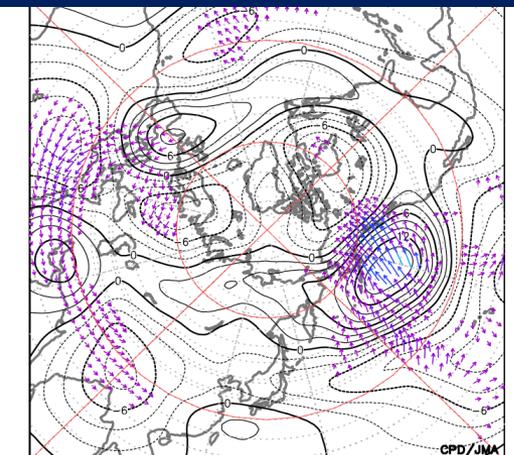


北半球の循環場 (2021/2022年冬)

- Z500では、極渦の中心は北米北部。アラスカの南～東シベリアでリッジが発達し、日本付近～日本の南東海上は負偏差（正のWP）。ヨーロッパ～ユーラシア大陸南部と北部で波列が明瞭。亜熱帯・寒帯前線ジェット気流ともに蛇行。成層圏（Z30）の極渦は平年より強く、北米寄り。
- SLPでは、シベリアHは東側への張り出しが強く、アリューシャンLは西寄り。T850は、北米北部や日本付近の本州以南で低温偏差、中央アジア～シベリア～北太平洋北部で高温偏差。

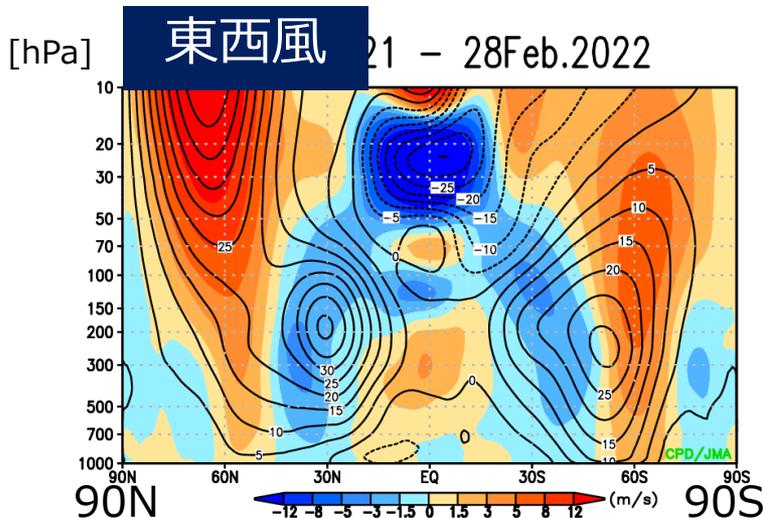


300hPa波の活動度フラックス



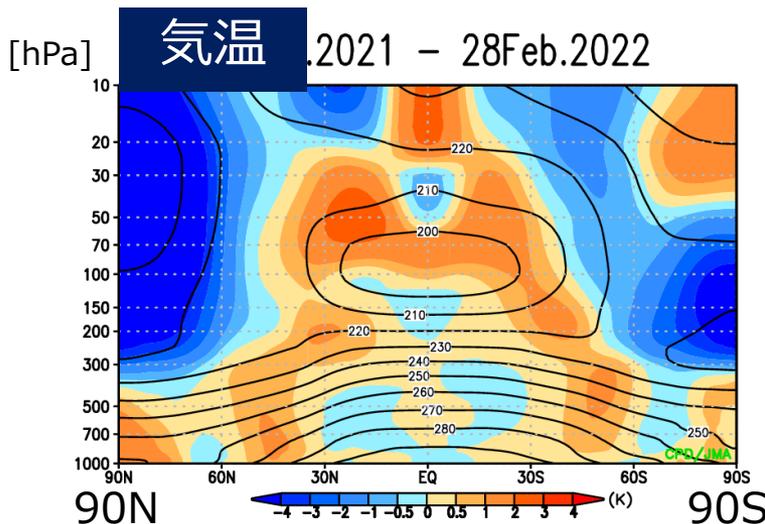
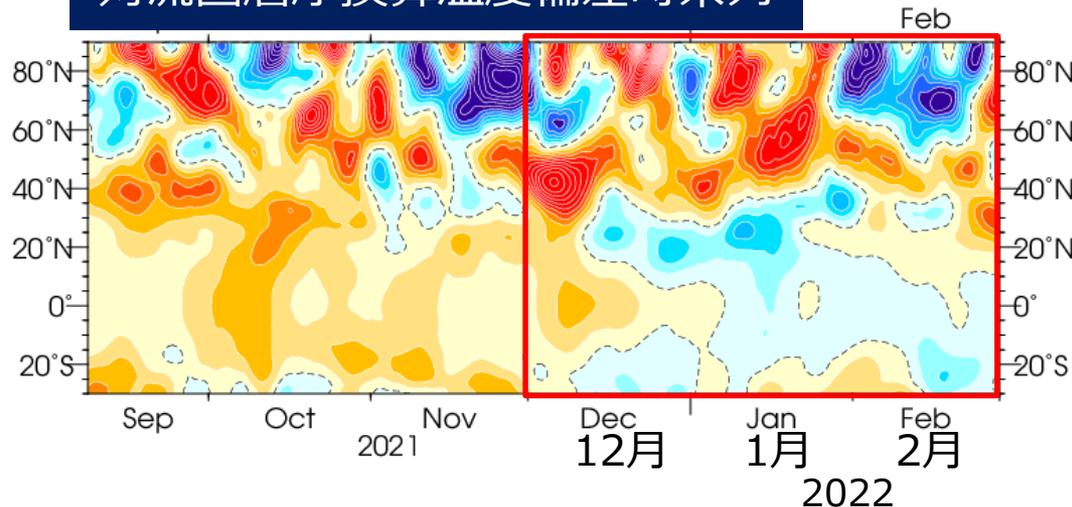
带状平均場 (2021/2022年冬)

- 東西風：北半球対流圏の偏西風は、55°N付近で西風偏差、35°N付近で東風偏差。北半球成層圏の極夜ジェットは平年より強い。赤道30hPa付近ではQBOの東風位相。
- 気温：対流圏の両半球中緯度帯や北極域で高温偏差、成層圏の北半球高緯度は低温偏差。



対流圏層厚換算温度偏差時系列

※300~850hPa間、
前5日移動平均
等値線間隔: 0.3K



対流圏層厚換算温度偏差 (領域平均)

	熱帯 (25S-25N)	北半球中緯度 (30-50N)	北半球中高緯度 (30-90N)
12月	+0.23⑥	+0.98②	+0.67①
1月	-0.01	+0.32⑩	+0.54④
2月	+0.09	+0.41⑨	+0.07

※○数字は1958/1959冬以降の高い方からの順位 (10位以内)
層厚の対象気圧面は、熱帯100~850hPa、中・高緯度300~850hPa

2021/2022年冬の循環場の特徴

ラニーニャ現象と熱帯・中緯度循環場

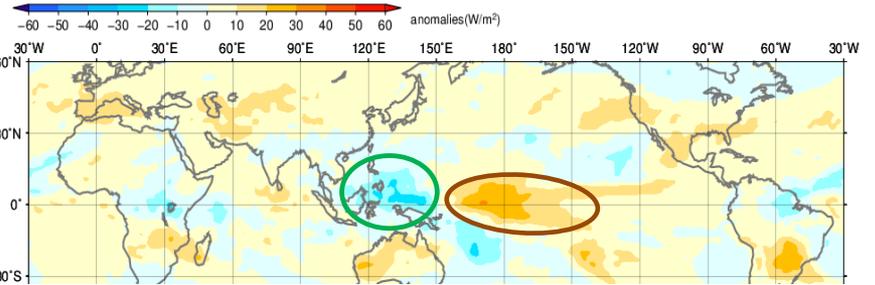
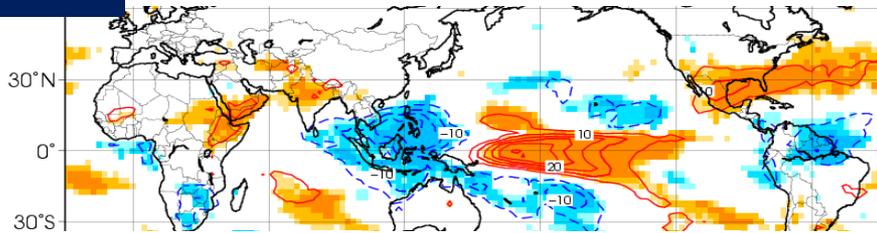
ラニーニャ合成図との比較 (冬平均)

- インドネシア付近の対流活発域は、実況では合成図よりやや東寄り。
- 実況では、対流圏上層で日本の南西のH循環偏差が合成図よりやや東寄り、かつユーラシア大陸南部で東西波列構造が卓越。負のPNAパターンは概ね一致。

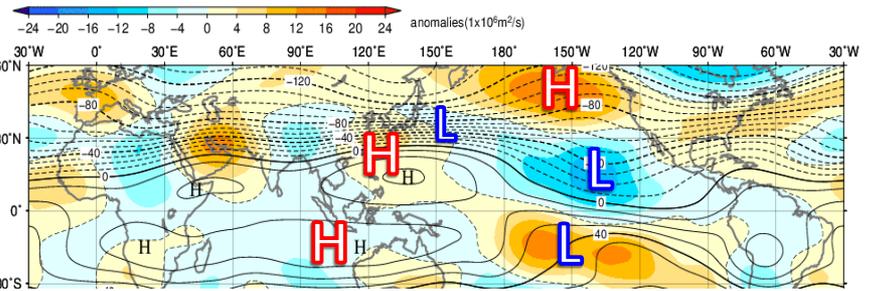
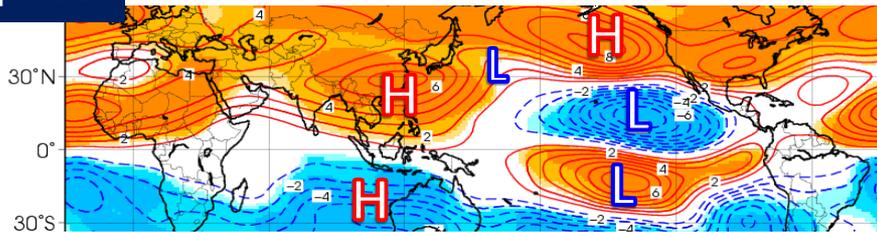
ラニーニャ合成図

2021/2022年冬

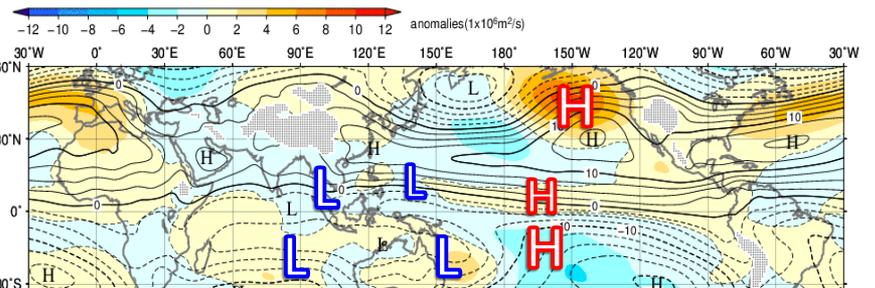
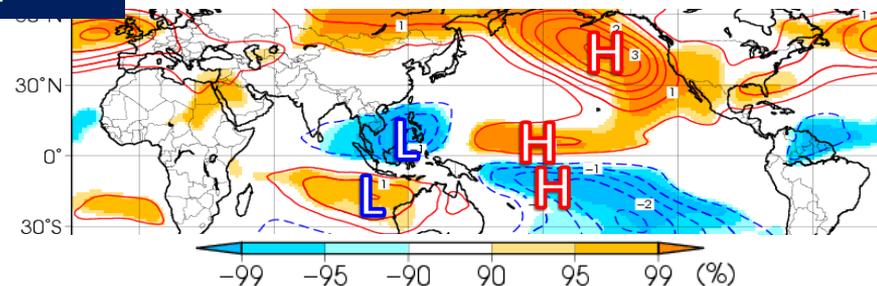
OLR



ψ_{200}



ψ_{850}



等値線：実況値
陰影：平年偏差

合成図解析の統計期間は1958/59～2012/13年 (OLRの開始は1979/80)。
合成図の陰影は信頼度水準を表す。

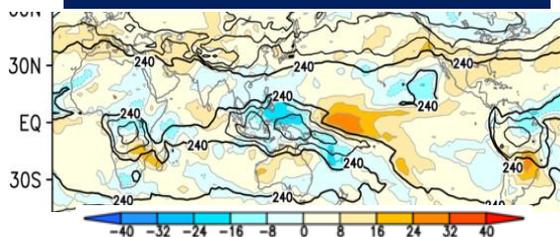
LBMを用いた熱源実験（2022年冬）

実験環境は渡部委員(東京大学)提供
(Watanabe and Kimoto 2000)

- 熱源①（インドネシア付近）実験では、インドネシア付近の上層発散偏差、フィリピンの北の上層H循環偏差は一致。
- 熱源②（太平洋赤道域）実験では、太平洋赤道域の中～東部の上層収束偏差とPNA的な偏差パターンが実況と概ね共通する。

ここでは1981-2010年平年値を利用

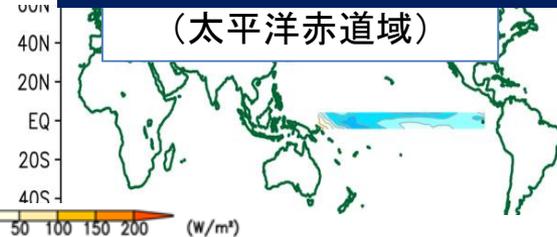
OLR偏差 (2022年冬)



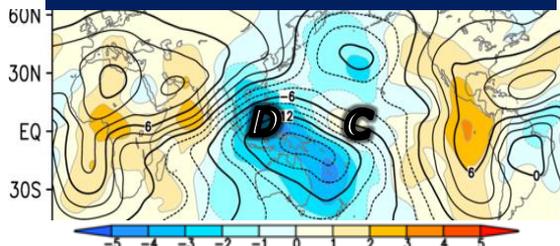
鉛直積算した加熱偏差① (インドネシア付近)



鉛直積算した加熱偏差② (太平洋赤道域)



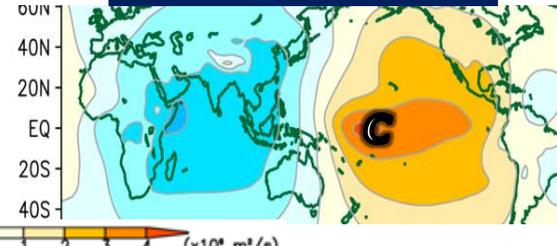
χ_{200} 偏差 (2022年冬)



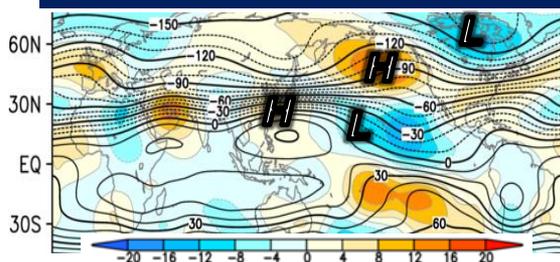
χ_{200} 応答①



χ_{200} 応答②



ψ_{200} 偏差 (2022年冬)

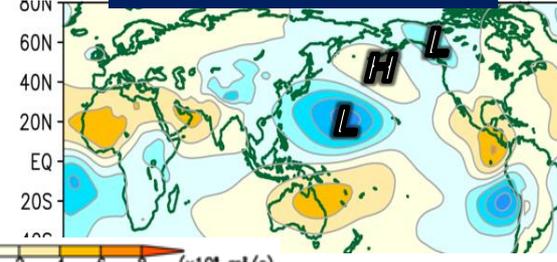


ψ_{200} 応答①



※ ψ_{200} の応答は
帯状平均を除去

ψ_{200} 応答②

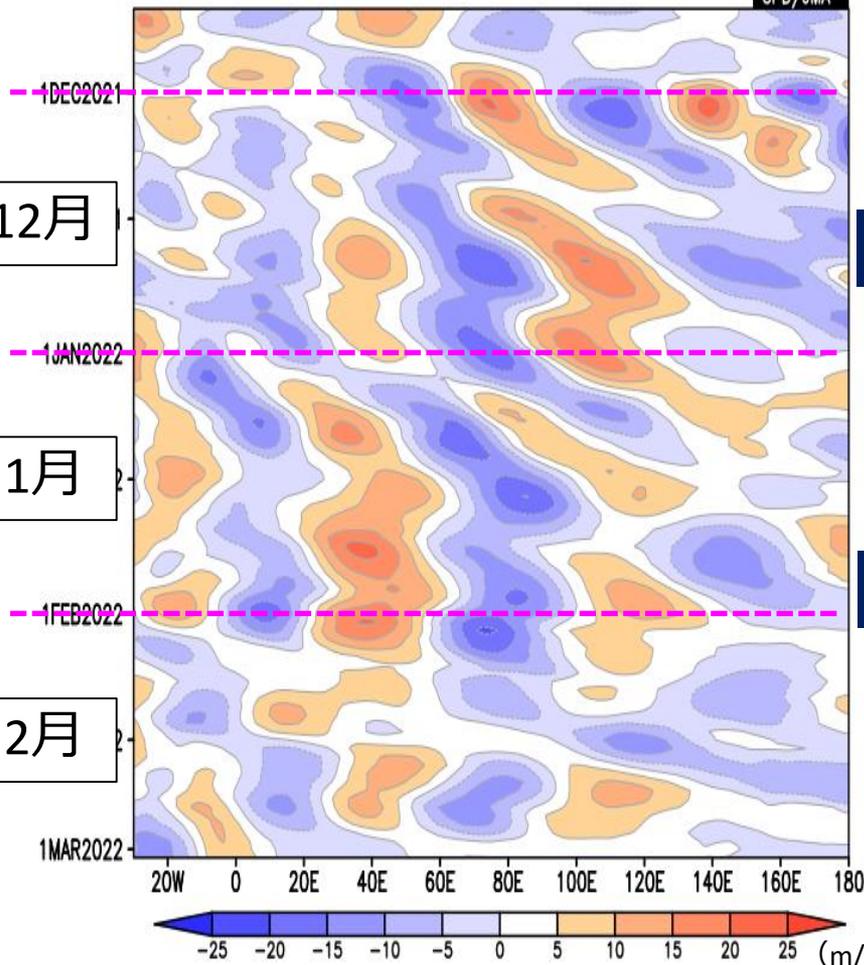


亜熱帯ジェット気流沿いの波列

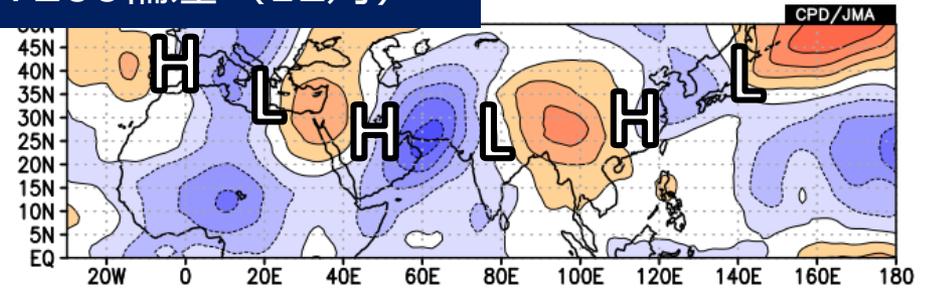
- ユーラシア大陸南部では、1~2月にほぼ同じ位相の波列が持続。12月はやや波長が短く、東アジアでの位相は1~2月より西寄り。

V200偏差の経度-時間断面

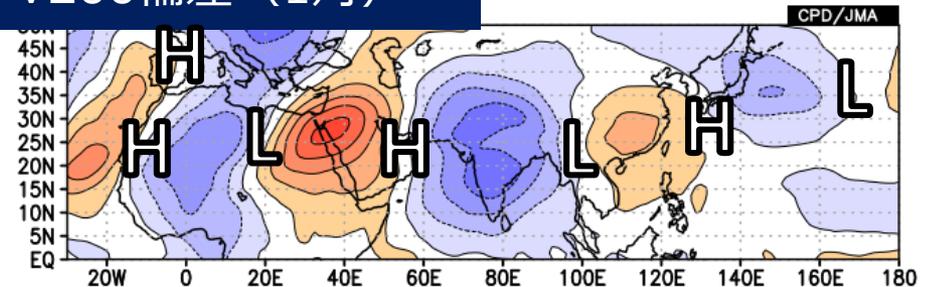
(15-40N平均、5日移動平均)



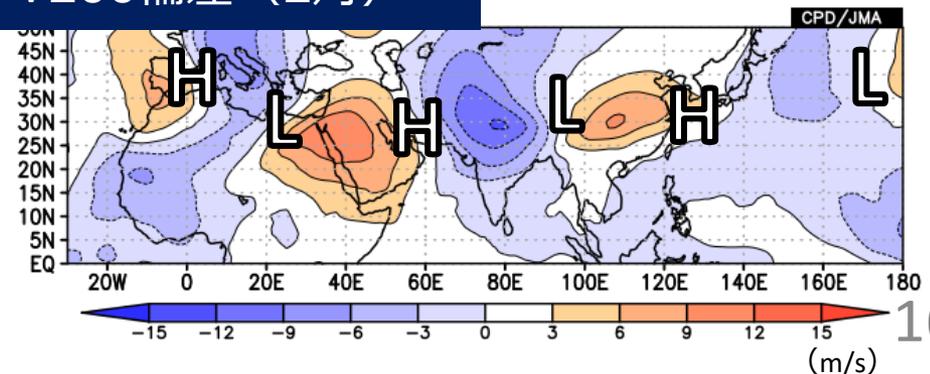
V200偏差 (12月)



V200偏差 (1月)



V200偏差 (2月)



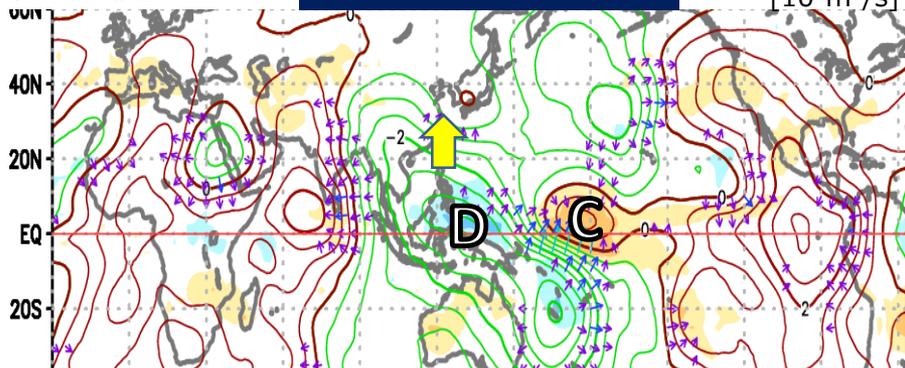
熱帯域対流活動の中緯度への影響 (冬平均)

- 日本の南西の上層高気圧性循環偏差の形成には、フィリピン~インドネシア東部付近の対流活発域からの上層発散風偏差による高気圧性渦度移流偏差の寄与が見られる。
- インド洋の対流活動偏差からの影響は不明瞭。

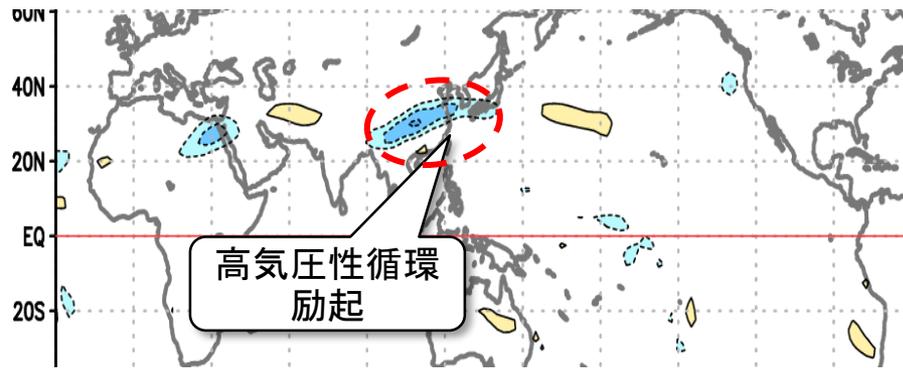
等値線：速度ポテンシャル偏差
陰影：OLR偏差
矢印：発散風偏差

x200 & OLR

[$10^6 m^2/s$]



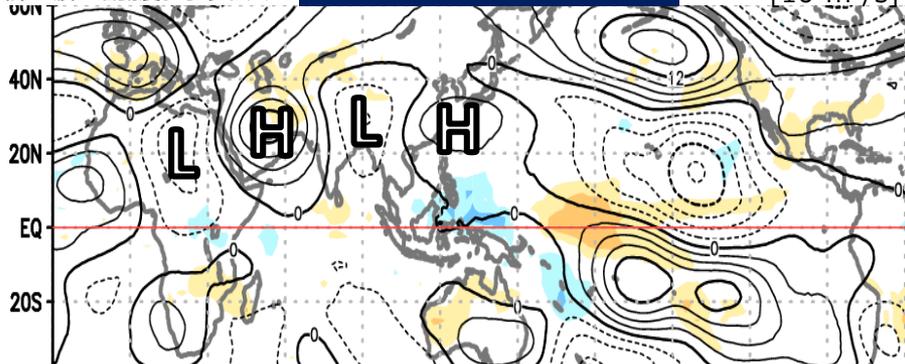
200hPaロスビー波ソース(渦度移流項)



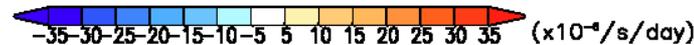
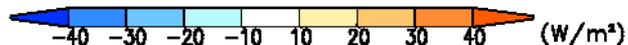
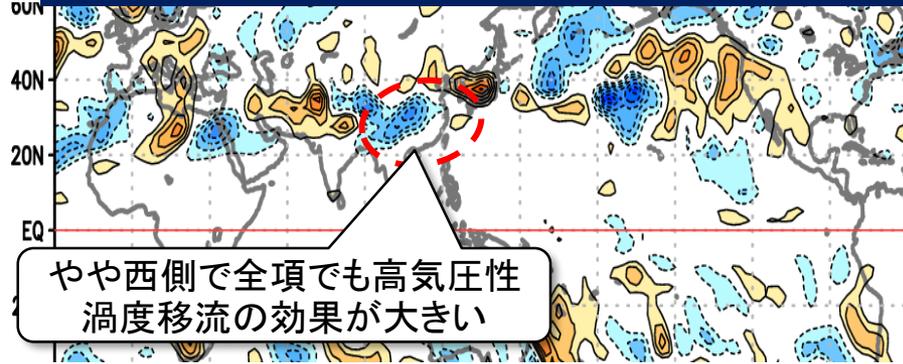
等値線：流線関数偏差
陰影：OLR偏差
矢印：波の活動度フラックス

ψ 200 & OLR

[$10^6 m^2/s$]



200hPaロスビー波ソース(全項)

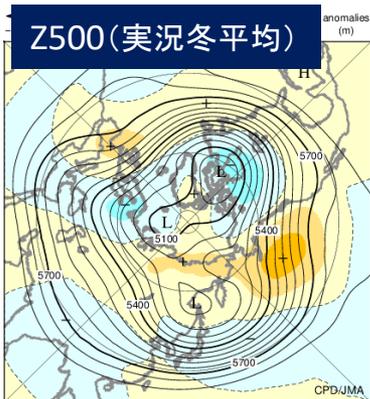


2021/2022年冬の循環場の特徴

北半球中高緯度の循環場

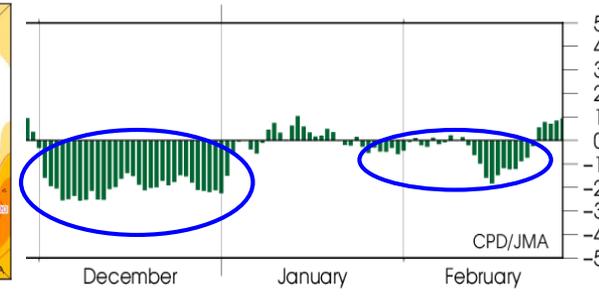
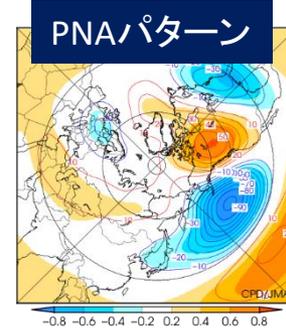
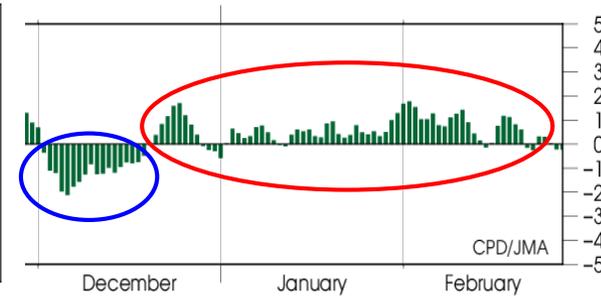
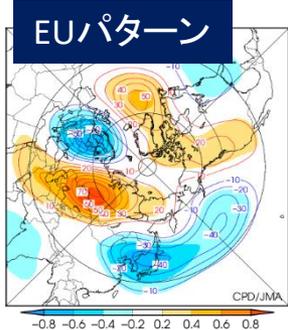
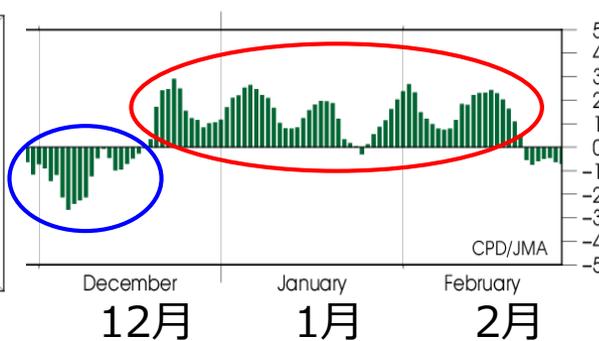
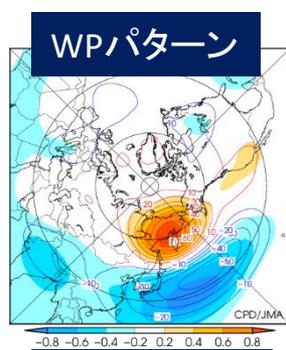
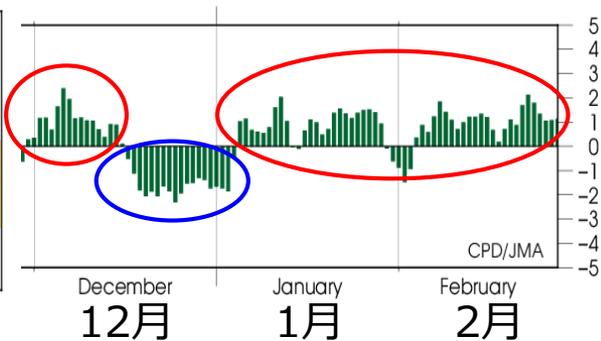
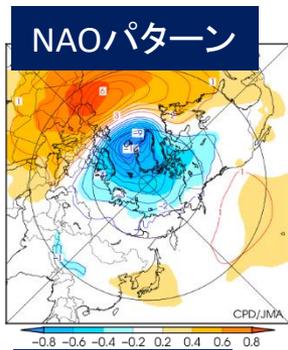
テレコネクション指数

- 12月後半以降、正のWPが卓越。正のEU傾向も持続。
- 12月、2月を中心に負のPNA（正のTNH）。12月後半を除いて正のAO、正のNAO。



	AO(冬)	NAO	EA	EU	WP	PNA	TNH
冬平均	+0.4	+0.4	+0.3	+0.2	+0.8 ^⑩	-0.8 ^⑧	+1.1 ^⑥
12月	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	0.0	-2.0 ^②	+1.4 ^⑨
1月	+0.7	+0.6	+1.4 ^⑧	+0.4	+1.3 ^⑧	-0.1	+0.6
2月	+0.7	+0.9 ^⑨	0.0	+0.7	+1.1	-0.3	+1.4 ^⑧

○印の数字は、1958年以降の順位(10位以内)。

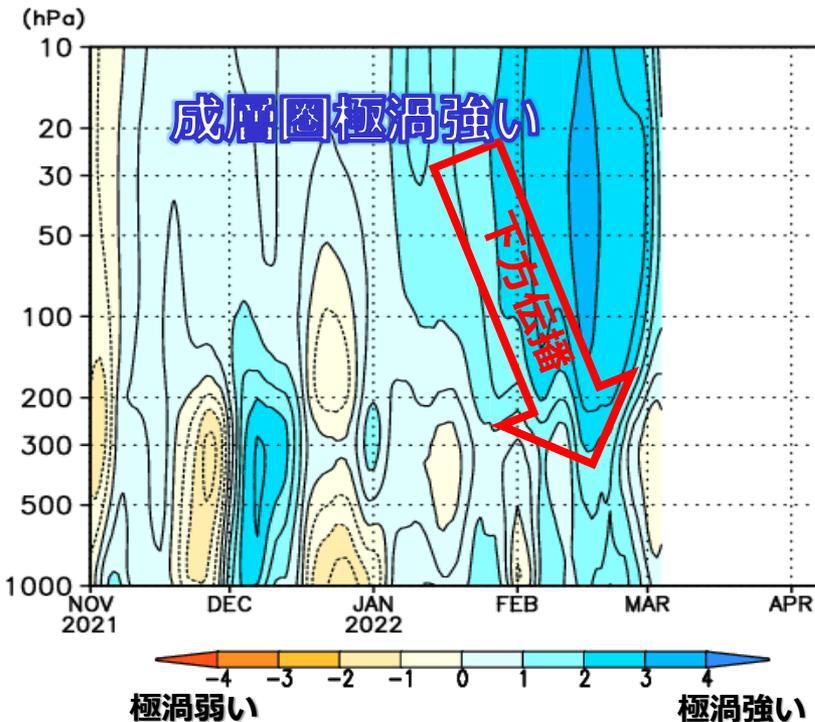


※パターンは、各指数とZ500との回帰(等値線)・相関(陰影)係数。

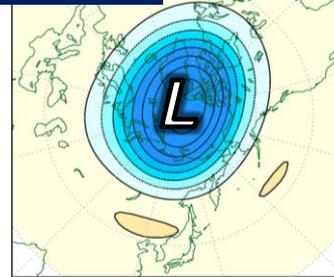
北半球環状モード (NAM)

- 成層圏極渦は1月以降を中心に強い状況が持続。対流圏極渦は、12月前半強く、12月後半弱かった。1月以降、成層圏の正の環状モード（極渦が強い）シグナルが下方伝播し、2月後半には対流圏に達した。
- ロスビー波の成層圏への鉛直伝播は平年よりもかなり弱く、過去と比較しても最小水準。

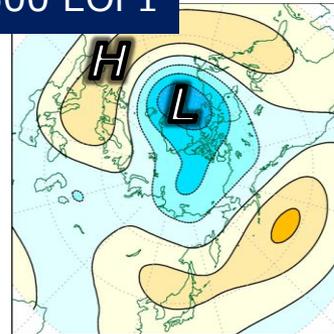
NAM指数



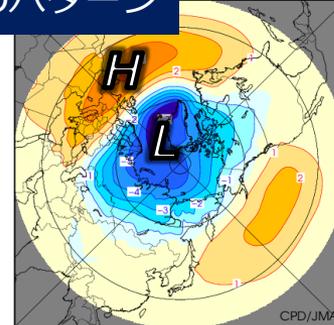
Z30 EOF1



Z500 EOF1

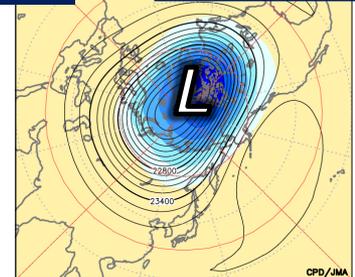


AOパターン

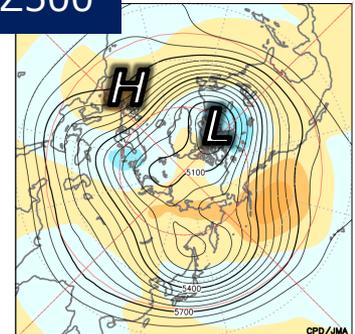


Z30

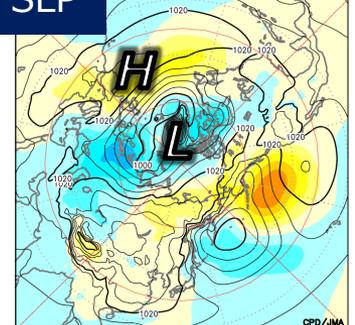
今冬平均



Z500



SLP

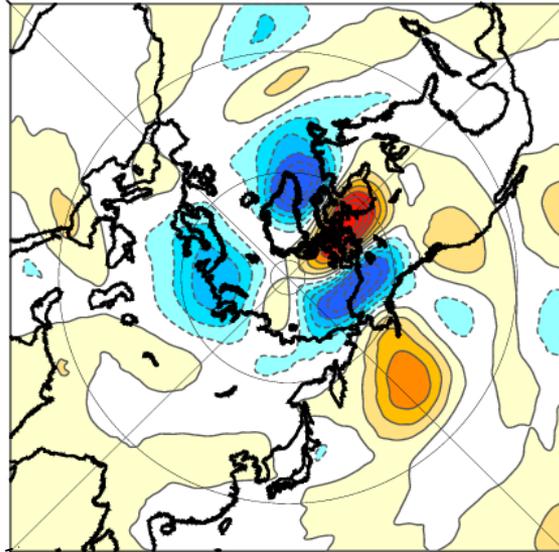


ロスビー波の鉛直伝播（気候学的な波との相互作用）

Nishii et al. (2010, 2011)

2022年1~2月
100hPa V^*T^* 偏差

(a) $(V^*T^*)_a$



V: 南北風(m/s), T: 気温(K)

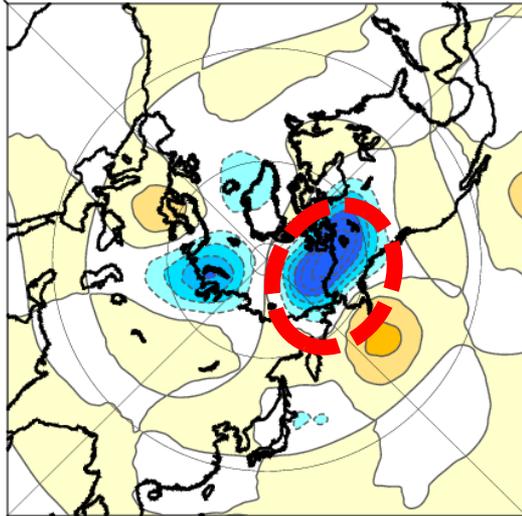
* : 帯状平均からのずれ、a : 平年偏差、c : 平年

各項	50°N以北での領域平均値
V^*T^* 偏差	-8.77
$V_a^*T_c^*$	-8.83 (100%)
$V_c^*T_a^*$	-0.97 (11%)
$V_a^*T_a^*$ 偏差	+1.14 (負の寄与)

➤ アラスカ~カナダ西部では、循環偏差と気候平均の気温場の寄与で負偏差が卓越。

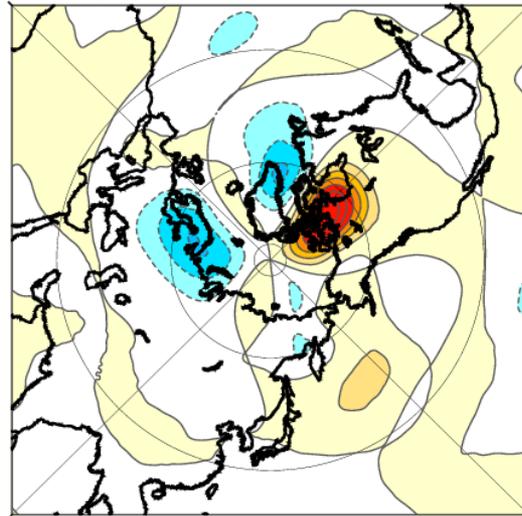
$V_a^*T_c^*$

(b) $V_a^*T_c^*$



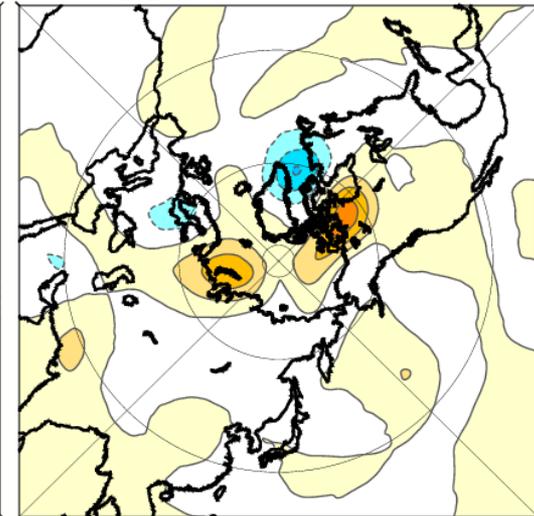
$V_c^*T_a^*$

(c) $V_c^*T_a^*$



$V_a^*T_a^*$ の偏差

(d) $(V_a^*T_a^*)_a$



括弧内は V^*T^* 偏差 に対する割合

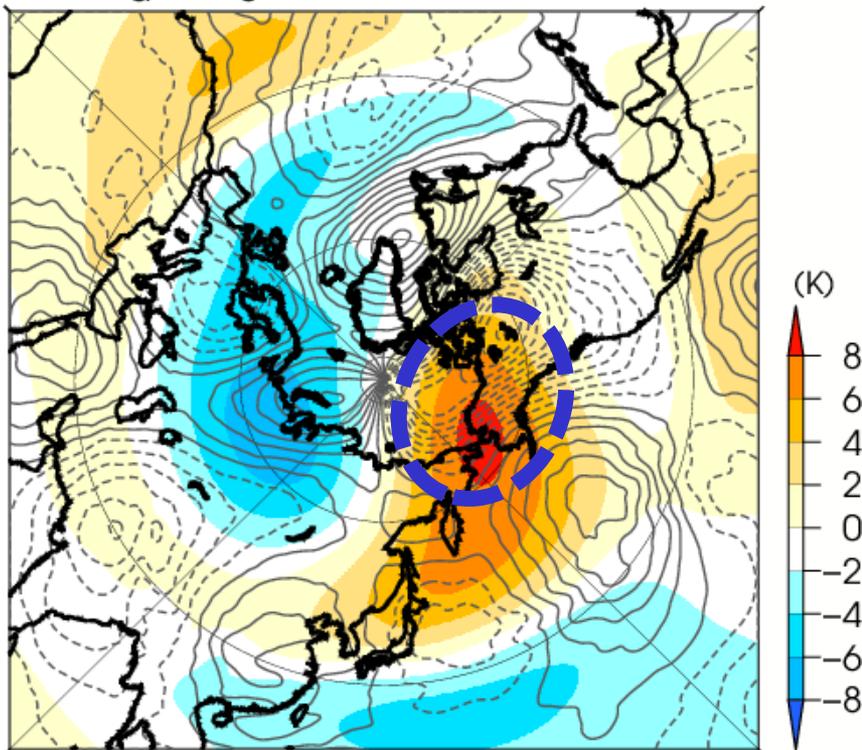
今冬1~2月平均場の帯状平均からのずれ成分

* : 帯状平均からのずれ、a : 平年偏差、c : 平年

Va* & Tc*@100hPa

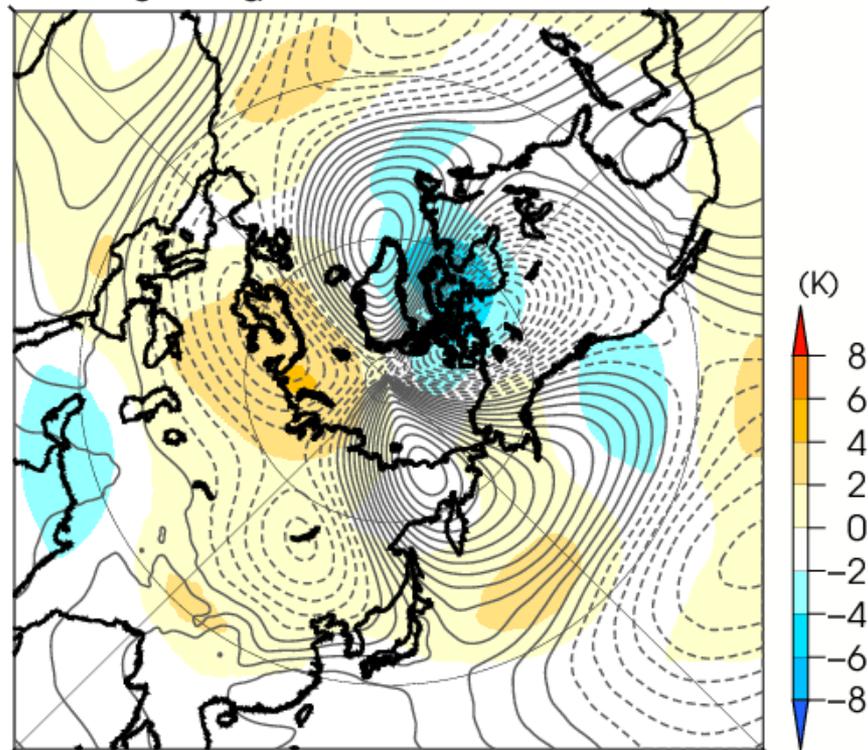
(b) V_a^* & T_c^*

等値線 : V、陰影 : T



Vc* & Ta*@100hPa

(c) V_c^* & T_a^*

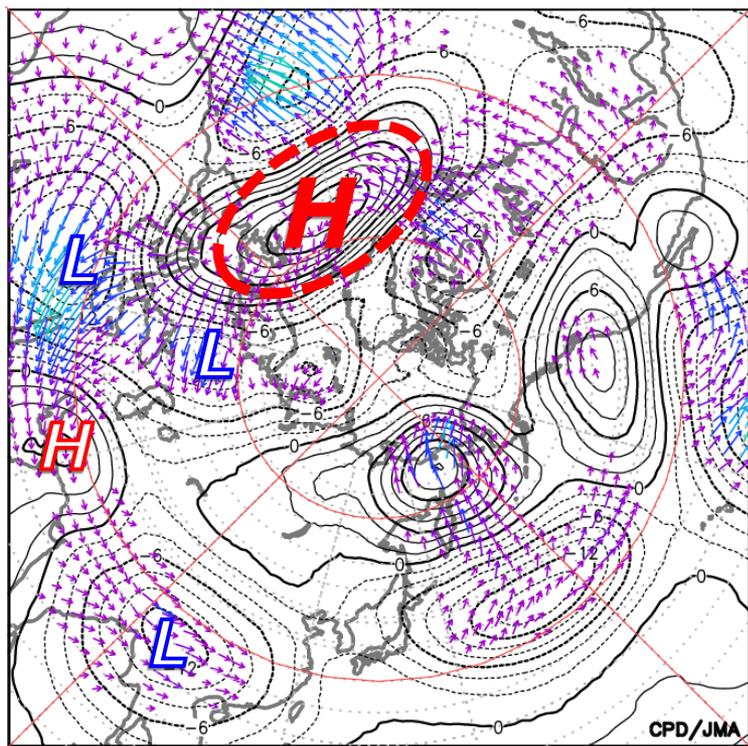


- 負の $V_a^*T_c^*$ が卓越する領域(青丸の領域)では、ブロッキング高気圧の前面で北風成分が卓越し(破線)、北向き熱輸送(惑星波の上向き伝播)の弱化に寄与したとみられる。

北大西洋中緯度帯の高気圧性循環偏差

- 1月を中心に、北大西洋中緯度帯で高気圧性循環偏差が持続し、下流への波束伝播が明瞭。
- この高気圧性循環偏差の持続には、上流からの波束伝播や、移動性擾乱によるフィードバックの影響などが考えられる。

Ψ300 平年偏差 (1月)

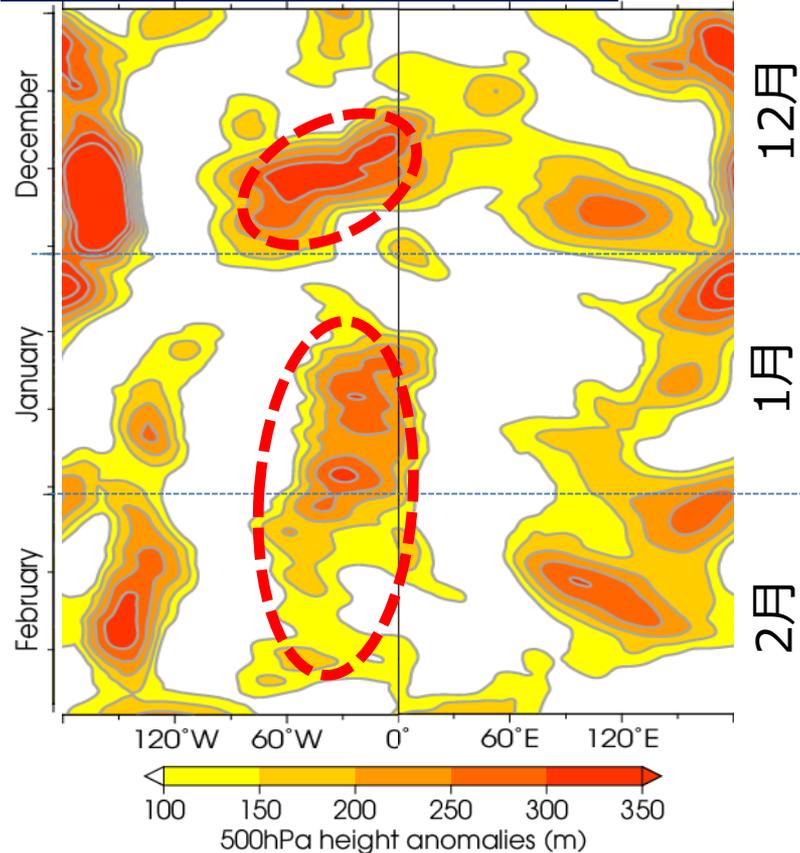


vect_min=5 20

矢印: 波の活動度フラックス(Takaya and Nakamura 2001)

ブロッキング指数の推移

※50-80Nでの
Z500偏差の最大値



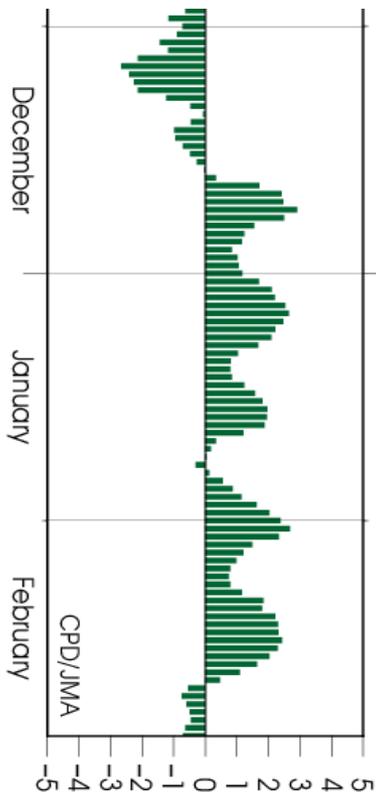
2021/2022年冬の循環場の特徴

**正のWPパターンと東シベリアの
ブロッキング高気圧**

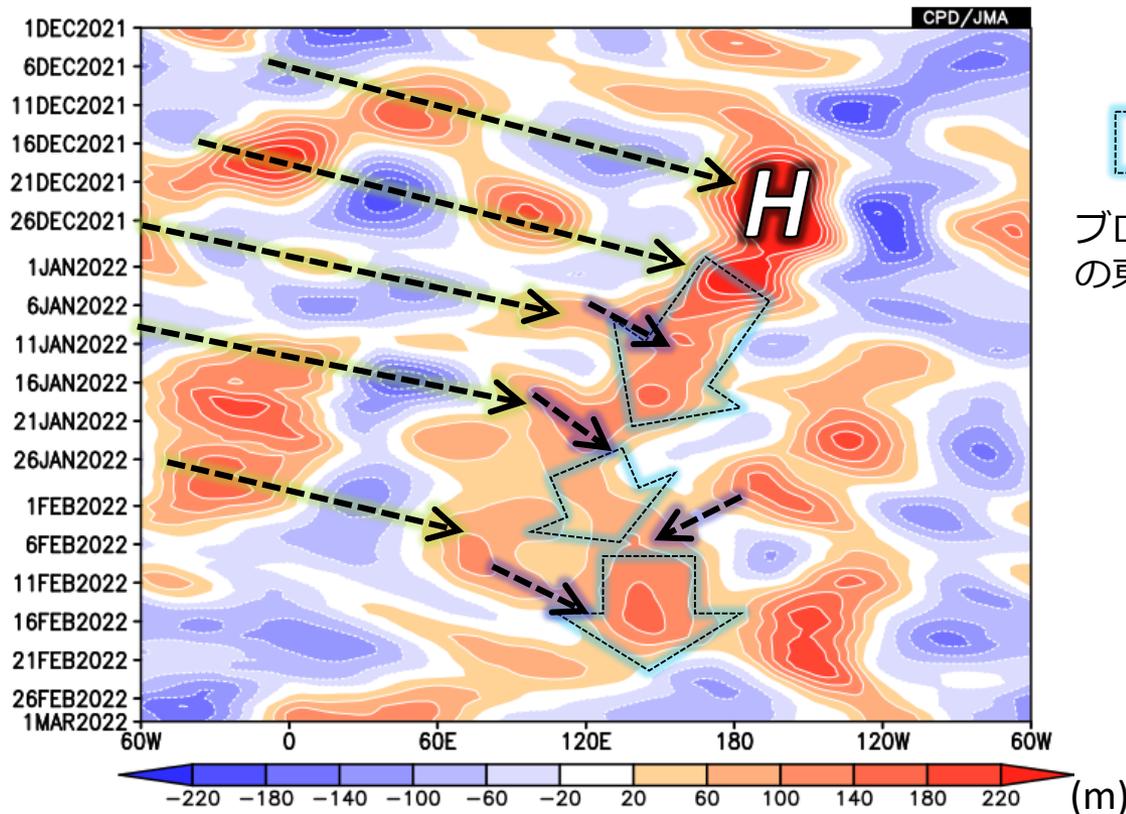
正のWPパターンの持続と東シベリアのブロッキング高気圧

- 12月後半にアラスカ湾付近で生じたブロッキング高気圧が、1月前半にかけて東シベリアへ西進。その後も寒帯前線ジェット気流沿いの波束伝播に伴って強化され、持続しやすかった。
- WP指数が増大する時期は、ロスビー波の波束伝播や高度正偏差位相の東西位置の変化が見られた時期と概ね一致する。

WP指数



45–75°N平均Z500偏差(5日移動平均)





 ブロッキング高気圧の東西シフト

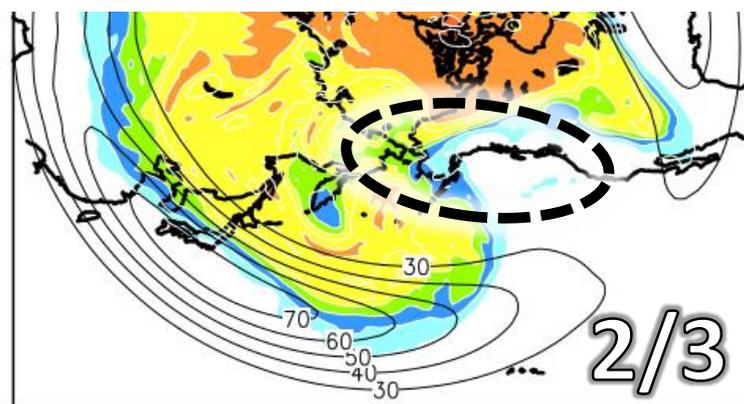
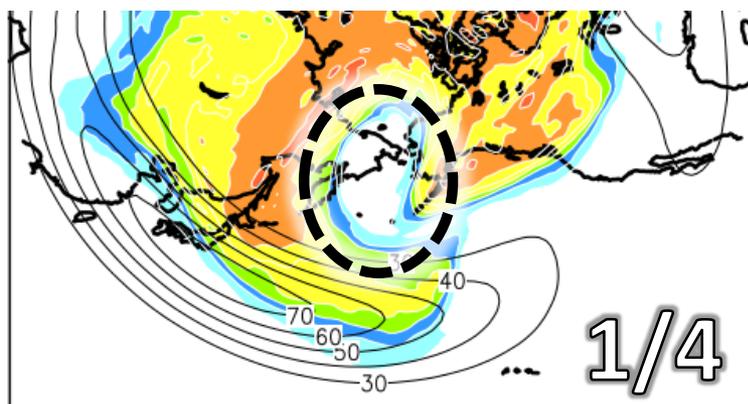
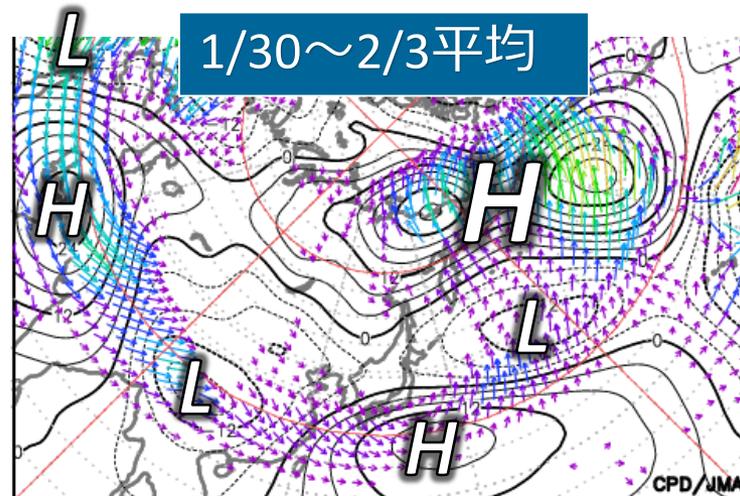
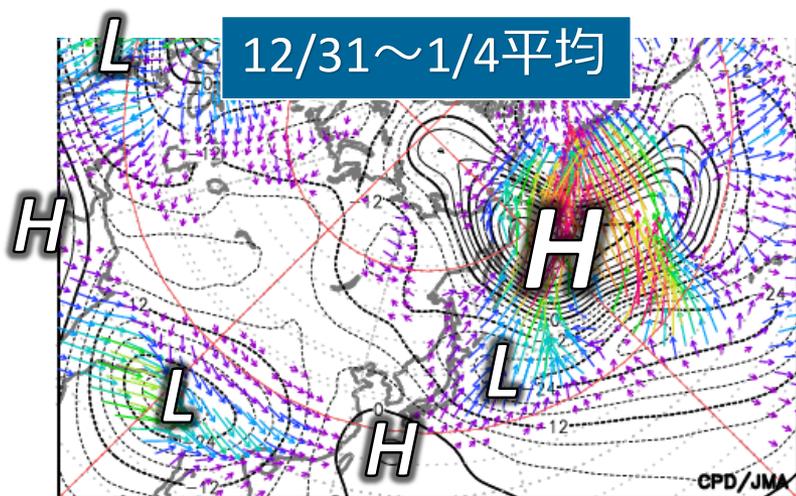


 波束伝播



 正偏差域の位相

上層での波束伝播と渦位の逆転

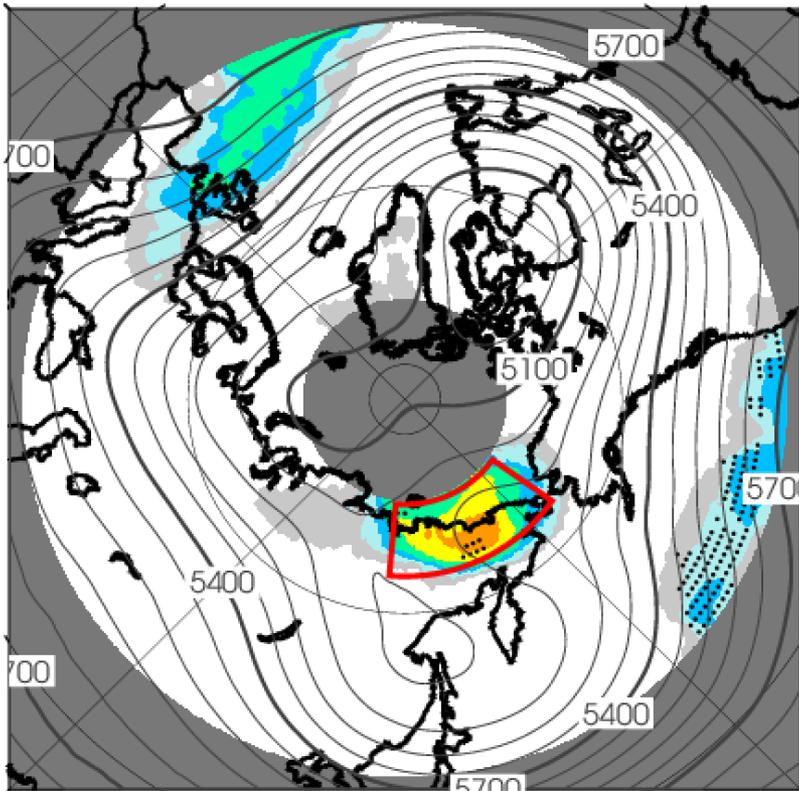


陰影: 320K渦位(PVU)、コンター: 200hPa東西風平年値(m/s)

- 1月初め及び2月初めに、亜熱帯ジェット気流に沿う波束伝播に伴って、ジェット気流の北側にあたるアラスカ湾～ベーリング海付近でロスビー波の碎波が生じ、その後は低渦位大気塊（高気圧性偏差域）が西進して、東シベリア付近に達した。

冬季ブロッキングの存在頻度分布(※～2/27で統計)

ブロッキングの存在頻度分布 (2021/22年冬)



ブロッキングの検出基準:

7日移動平均Z500が以下の条件を満たす場合

$$GHGS(x, y) = \frac{Z(x, y) - Z(x, y_s)}{y - y_s} > 0 \quad [m/度] \quad y_n = y + \Delta y [度]$$

$$GHGN(x, y) = \frac{Z(x, y_n) - Z(x, y)}{y_n - y} < -10 [m/度] \quad y_s = y - \Delta y [度]$$
$$\Delta y = 15 [度]$$

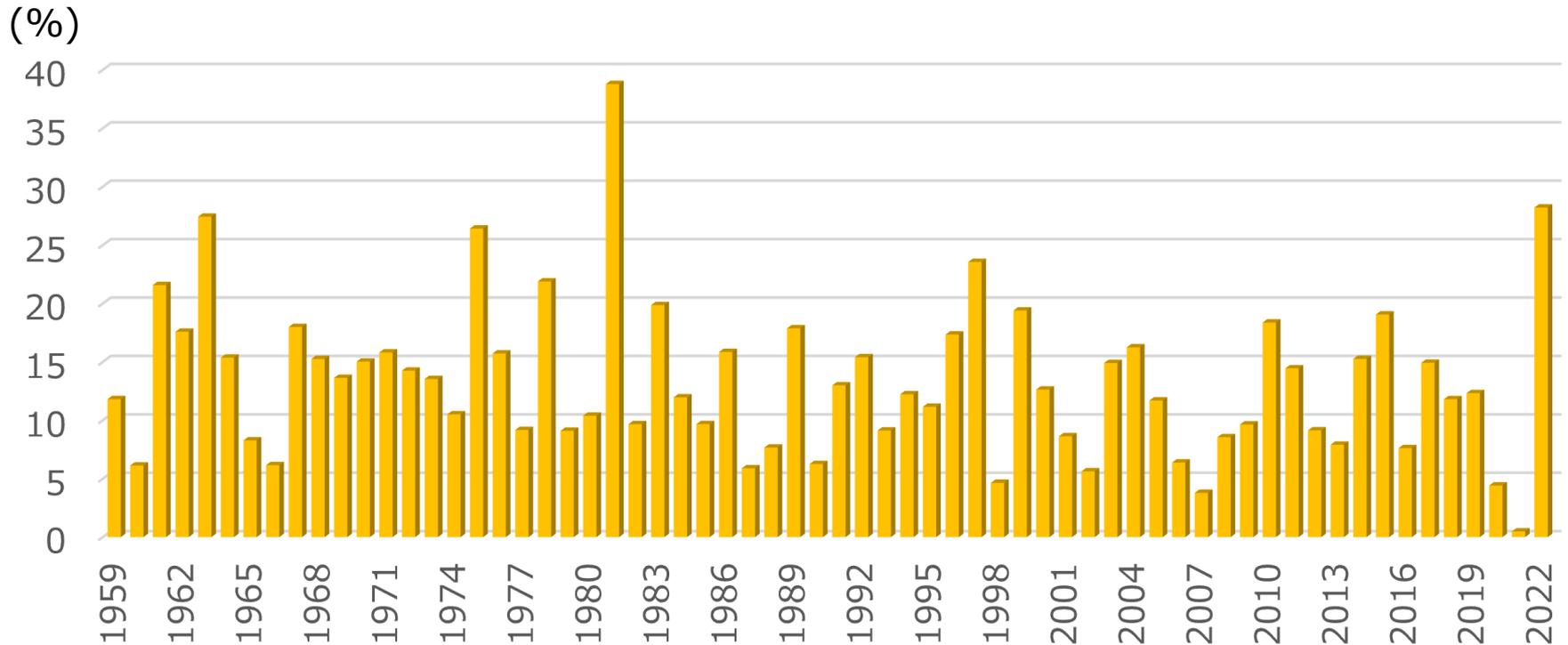
※ブロッキング検出方法はSherrer et al. (2006)や平成28年度季節予報研修テキストに基づく。

色: 冬期間でのブロッキングの存在頻度(%)
ドット: 1958/59年冬以降で、存在頻度が最も大きかった領域
コンター: Z500の冬平均(m)
濃い灰色陰影: 45°N以南及び75°N以北の対象外領域

- 今冬は、東シベリア付近で存在頻度が高い。
- この極大域は、冬平均Z500の南北勾配が反転している領域に対応している。

東シベリア付近でのブロッキングの存在頻度

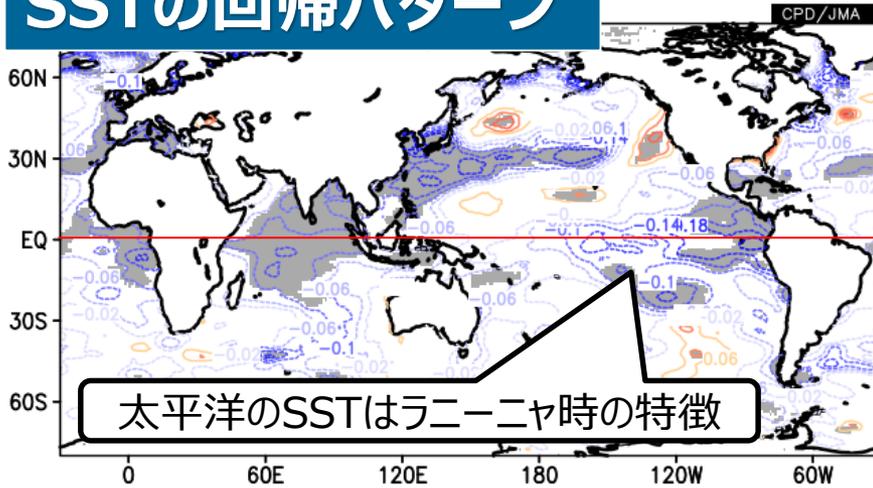
冬季ブロッキングの存在頻度の経年変化 (130°E–170°W, 65°–75°N平均; 前スライドの赤枠域)



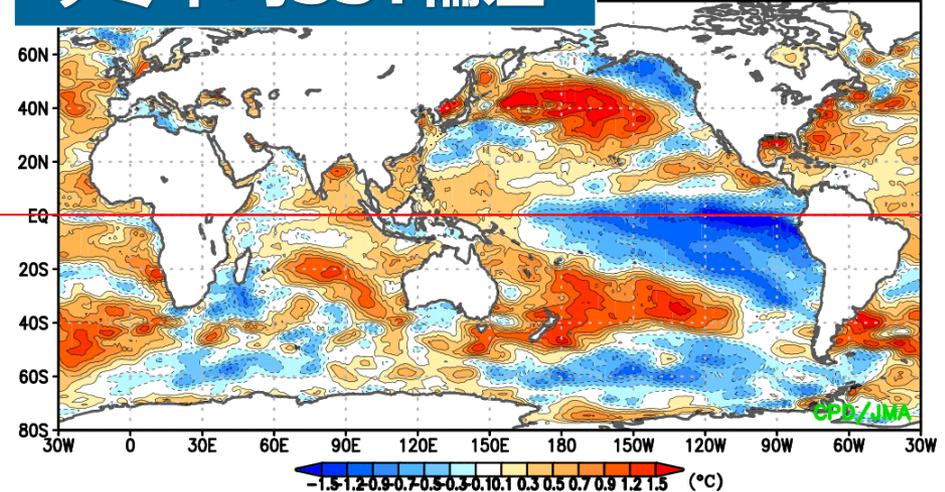
- 2021/22年冬は、1980/81年冬に次いで2番目に高い値となり、特に1月以降に正のWPパターンが卓越しやすかったことと対応する。

東シベリア付近でのブロッキング存在頻度への回帰

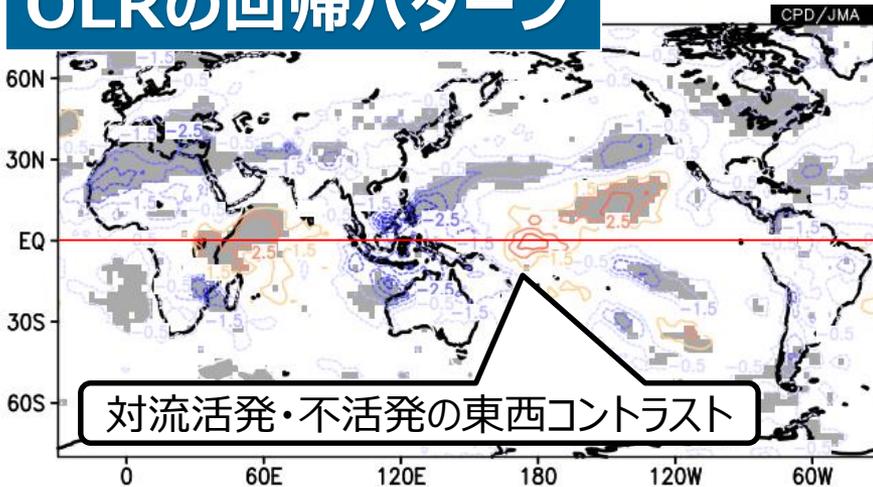
SSTの回帰パターン



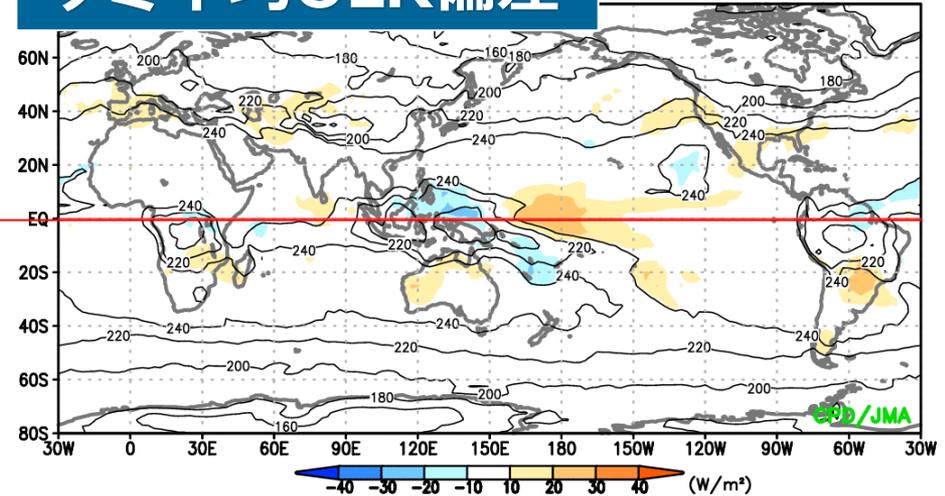
今冬平均SST偏差 eb.2022



OLRの回帰パターン



今冬平均OLR偏差 eb.2022



コンター: 回帰パターン、灰色陰影: 90%信頼度水準で統計的に有意
 統計期間: 1958/59~2020/21年冬(ただしOLRは1979/80~2020/21年冬)

2021/2022年冬の循環場の特徴

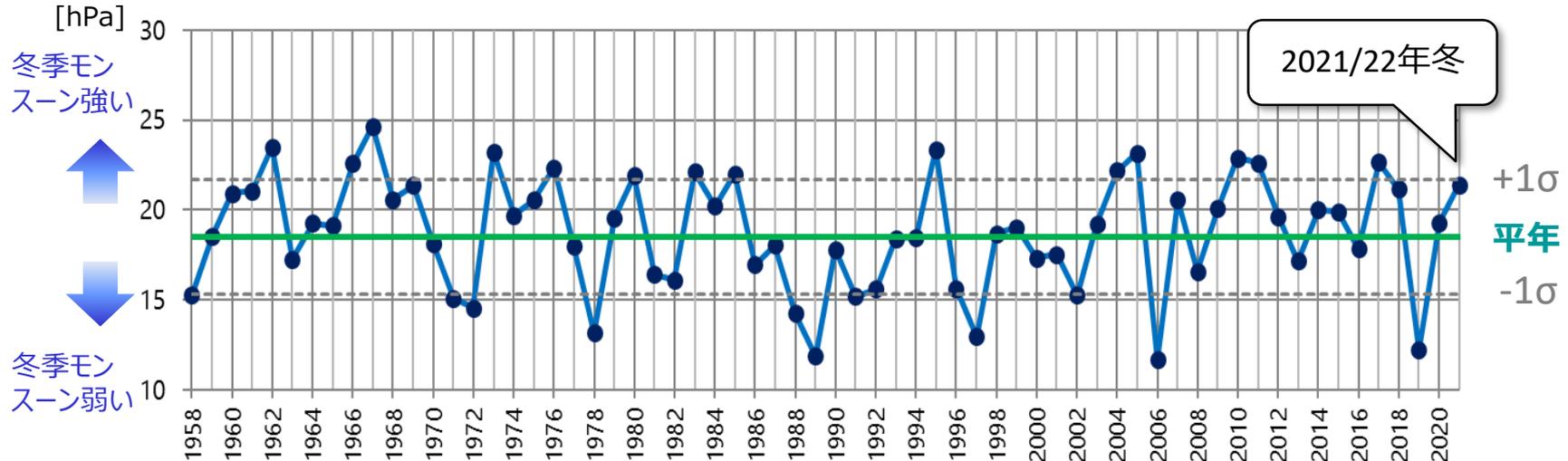
冬季東アジアモンスーン

冬季東アジアモンスーン指数の年々変動

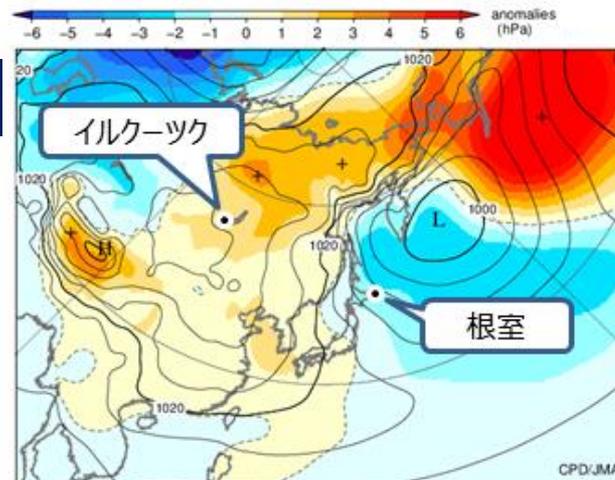
冬季東アジアモンスーンは、冬として強かった（1～2月中心）。

イルクーツクと根室のSLP差（12月-2月）

(Hanawa et al. 1988)



SLP（今冬平均）



等値線：実況
陰影：偏差

冬季東アジアモンスーン指数の季節内の推移

イルクーツクと根室の気圧差 (5日移動平均)

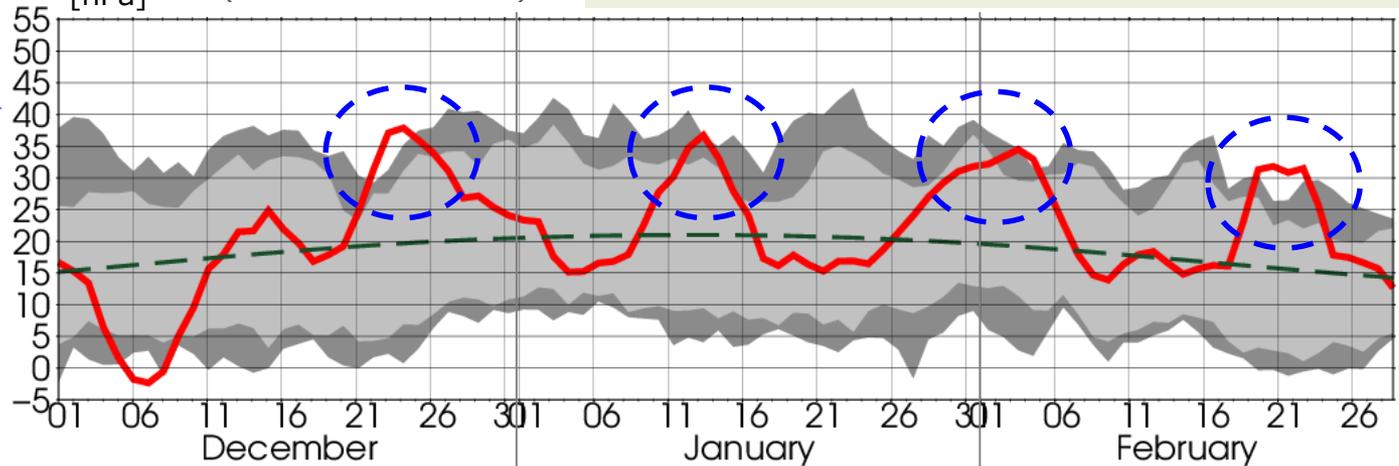
[hPa] (Hanawa et al. 1988)

SLPイルクーツク (52.5N, 103.75E~105E) - SLP根室 (43.75N, 145E~146.25E)

冬季モンスーン強い



赤: 2021/22年冬
 灰: 3,10,90,97パー
 センタイル値 (平年
 値期間で定義)
 緑: 平年値

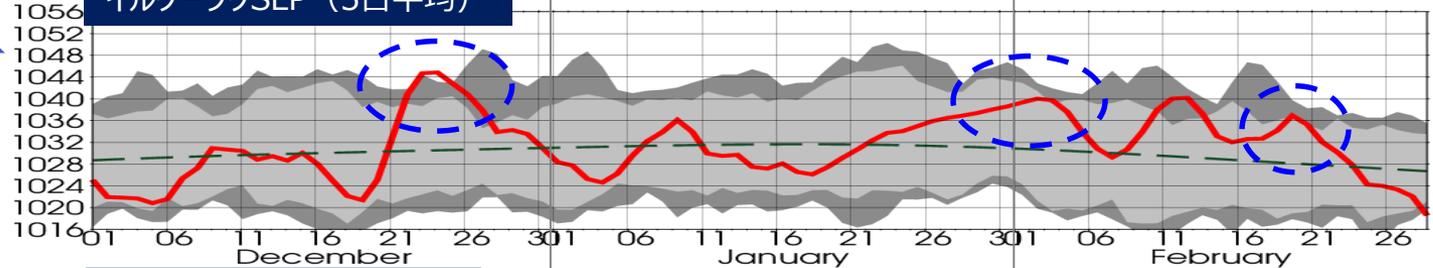


12月下旬、1月中旬、1月末～2月初め、2月後半に冬季東アジアモンスーンが強まった。

SH強い

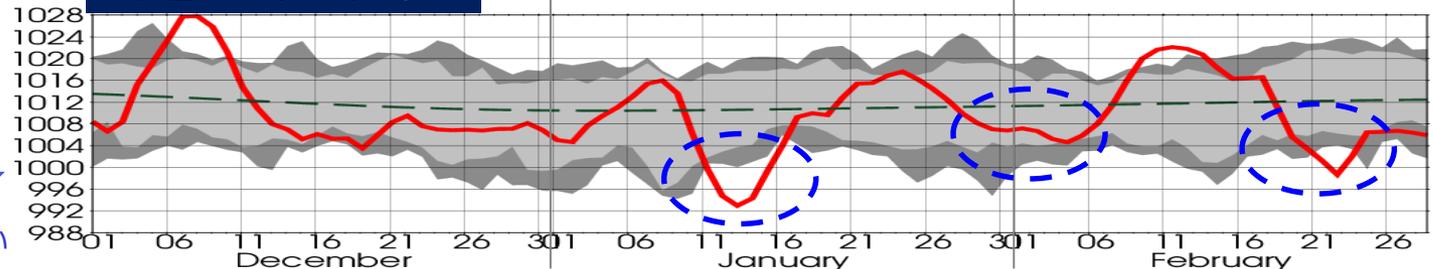
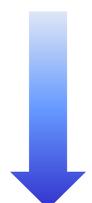


イルクーツクSLP (5日平均)



根室SLP (5日平均)

AL強い



特に議論いただきたいポイント

- ラニーニャ現象の循環場及び天候への影響
- 正のWPパターンの形成・持続メカニズム
- ユーラシア大陸上の亜熱帯・寒帯前線ジェット気流沿いの波列の波源
- 成層圏極渦の強化と対流圏への影響

2021/2022年冬の 天候と循環場の特徴のまとめ

2021/2022年冬の天候と大気の流れ①

[日本の天候]

- ✓ 東・西日本で低温。気温の変動は小さかった。
- ✓ 日本海側を中心に記録的な大雪となった所があった。
- ✓ 北日本日本海側では冬の降水量がかなり多く、降雪量も多かった。
- ✓ 西日本では冬の降水量がかなり少なく、日照時間は多かった。

[海面水温と熱帯の対流活動]

海面水温

- ✓ ラニーニャ現象が2021年秋に発生し、冬にかけて持続。太平洋赤道域の西部で正偏差、中～東部で負偏差。インド洋熱帯域の東部でも正偏差。

熱帯の対流活動

- ✓ フィリピン～インドネシア東部付近で平年より対流活発、日付変更線付近で不活発が持続 → 負のPNAパターンや亜熱帯ジェット気流の日本の西での北への蛇行に影響。

[北半球中高緯度]

亜熱帯ジェット気流

- ✓ 日本の西で北へ蛇行した影響で、日本の東では平年に比べて南偏。
- ✓ ユーラシア大陸南部で波列構造が明瞭 ← ヨーロッパ付近からの波束伝播が持続。

2021/2022年冬の天候と大気の流れ②

[北半球中高緯度] (続き)

寒帯前線ジェット気流

- ✓ 日本付近では南へ蛇行し、東シベリア付近ではブロッキング高気圧形成。分裂した極渦の一部が日本の北へ南下。
- ✓ ユーラシア大陸北部では12月後半以降、正のEUパターンの傾向が持続。

WPパターン

- ✓ 12月後半以降、正のWPパターンが持続 ← 東シベリア付近のブロッキング高気圧形成と関係 ← 負のPNAパターンとも関係。

北大西洋中緯度の高気圧性循環偏差

- ✓ 北大西洋中緯度帯～ヨーロッパ付近では対流圏上層の高気圧性循環偏差が持続。

成層圏の極渦

- ✓ 1～2月を中心に強かった。1月以降、正の環状モードシグナルが成層圏を下方伝播。

日本の天候と大気の流れ

- ✓ 上層の寒帯前線ジェット気流と亜熱帯ジェット気流が日本付近で南へ蛇行。
 - ✓ シベリア高気圧は東への張り出しが平年より強く、アリューシャン低気圧は平年より西寄りに位置した。
- 日本付近で冬型の気圧配置が強まり、強い寒気が流れ込みやすくなった。
- 東・西日本で低温、日本海側を中心に大雪。

2021/2022年冬の大気の流れ（模式図）

