

季節予報がターゲットとする現象と予測可能性について



気象庁地球環境・海洋部
気候情報課

概要

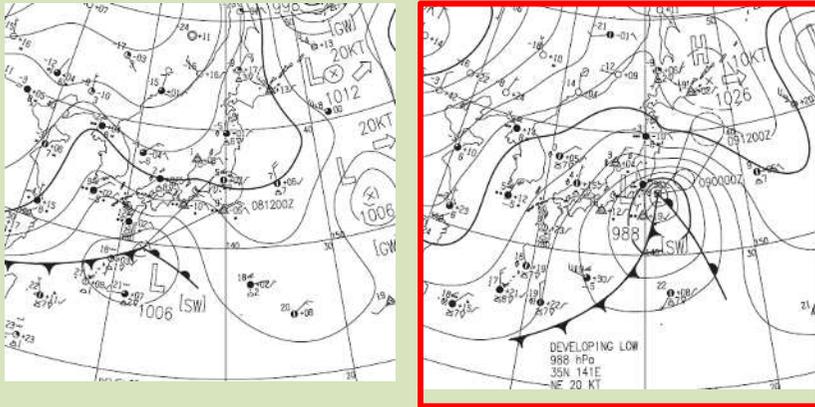
1. はじめに～季節予報とその利用～
2. 季節予報にかかわる大気現象
 - 2.1 偏西風の蛇行とロスビー波
 - 2.2 偏西風の大きな蛇行とブロッキング
 - 2.3 偏西風の蛇行と地上気圧配置
 - 2.4 偏西風の南偏・北偏の持続
 - 2.5 熱帯域の現象
3. 気象庁による季節予報の作成
 - 3.1 1か月アンサンブル予報システムの改善
4. おわりに

1. はじめに

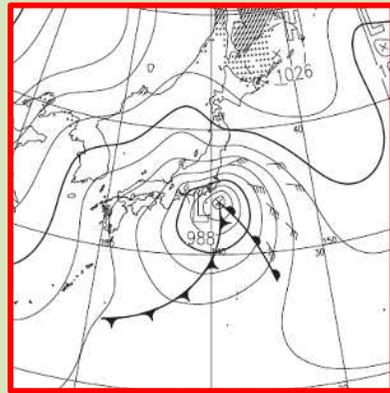
～ 季節予報とその利用～

天気予報(明後日までの短期と週間)とその根拠

平成26年2月7日21時(左)と8日21時(右)の**実況天気図**

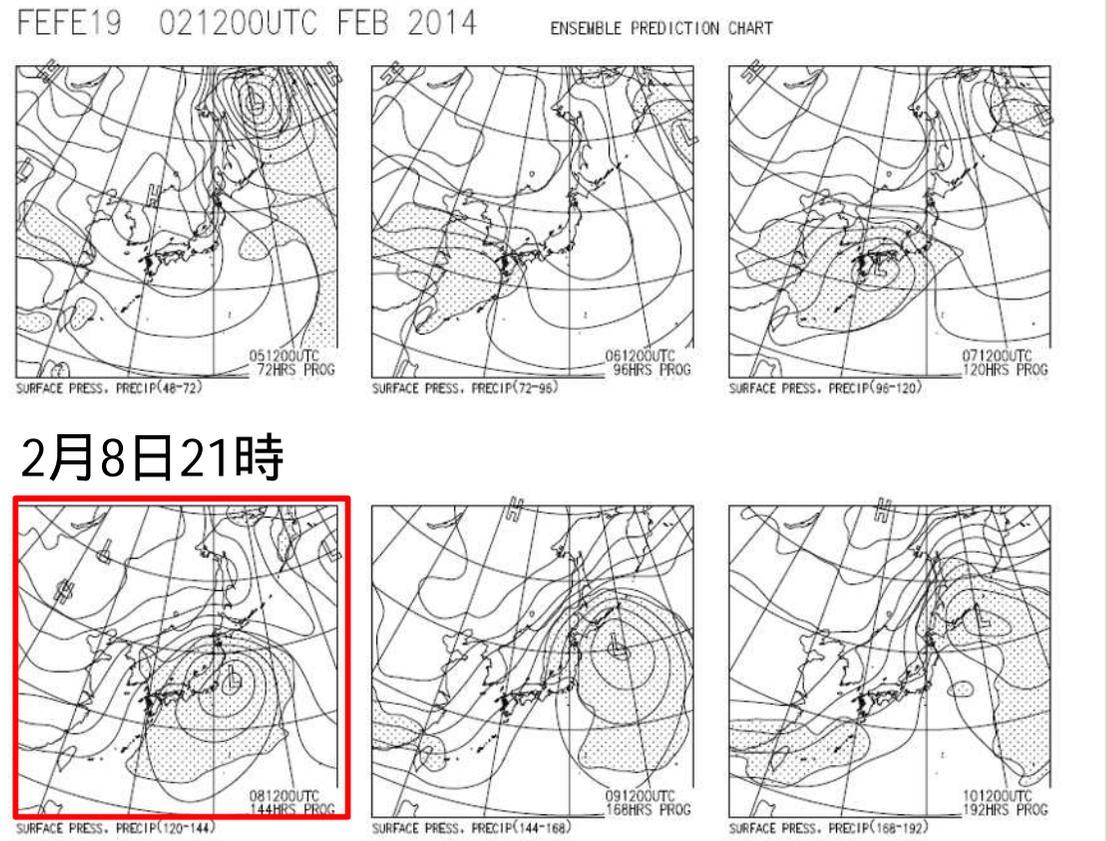


平成26年2月7日21時に予測した、明日(8日21時)の**予想天気図**



本州南岸を低気圧が発達しながら通過する。このため、2月8日夜を中心に、関東地方では大雪となる恐れがある。

週間天気予報用の予想天気図(2月2日21時に予測)



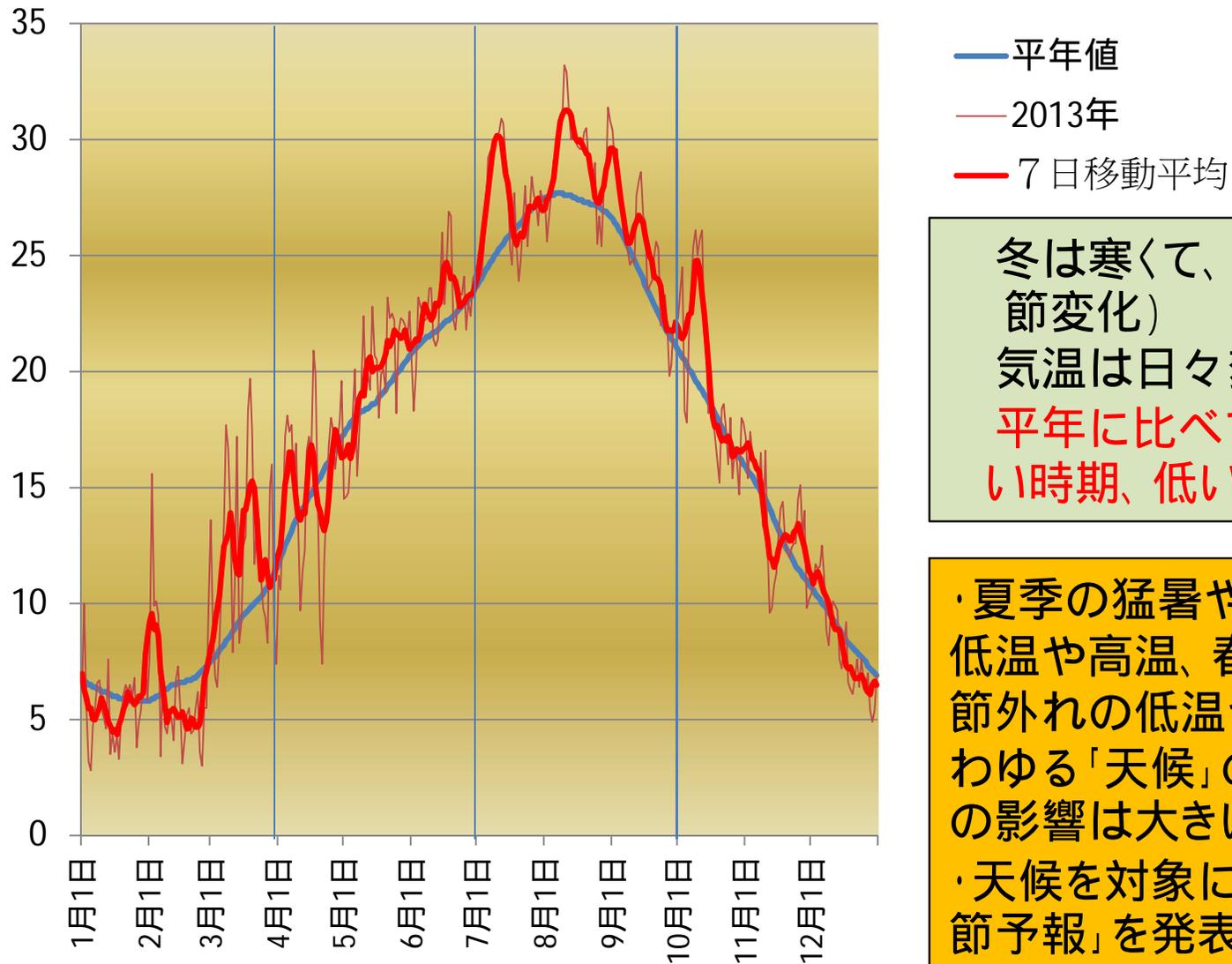
2月8日21時

2月7~8日にかけて本州南岸を低気圧が発達しながら通過する。関東地方でもまとまった雪が降る可能性がある。

天気予報は、日々の天気を支配する移動性高・低気圧の予測に主に基づく予報。理解しやすいし、説明しやすいし、利用しやすい。

数日以上の時間スケールの変動

東京の日平均気温(2013年)



— 平年値
— 2013年
— 7日移動平均

冬は寒くて、夏は暑い(季節変化)

気温は日々変動する

平年に比べて、気温が高い時期、低い時期がある

・夏季の猛暑や低温、冬季の低温や高温、春・秋における季節外れの低温や高温など、いわゆる「天候」の偏りの社会への影響は大きい。

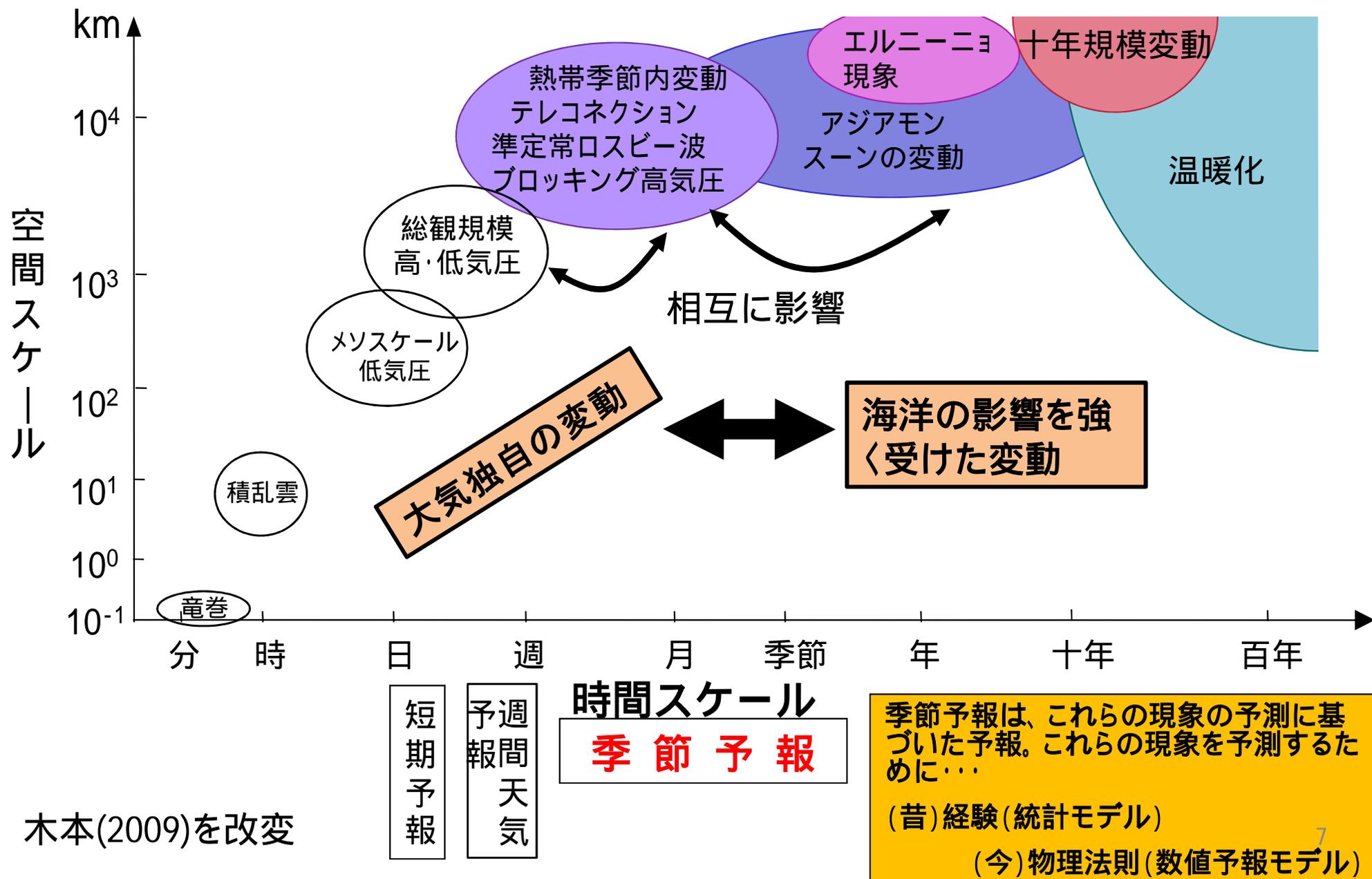
・天候を対象に、気象庁は「季節予報」を発表

気象庁の季節予報の種類

種類	発表日時	概要
異常天候早期警戒情報	原則火・金曜日 14時30分 *3月6日からは月・木	5日後から14日後までの間の7日間平均気温が「かなり高い」または「かなり低い」となる天候の可能性等
1か月予報	毎週金曜日 14時30分 *3月6日からは木	向こう1か月間の平均気温、降水量、日照時間、降雪量等
3か月予報	毎月25日頃 14時	3か月平均気温、降水量、降雪量等
暖候期予報	2月25日頃 14時	夏（6～8月）の平均気温、降水量等
寒候期予報	9月25日頃 14時	冬（12～2月）の平均気温、降水量、降雪量等

予測精度は？ そもそも予報できるのか？ 6

季節予報が対象とする現象とその時空間スケール



km
10⁴
10³
10²
10¹
10⁰
10⁻¹

空間スケール

分 時 日 週 月 季節 年 十年 百年

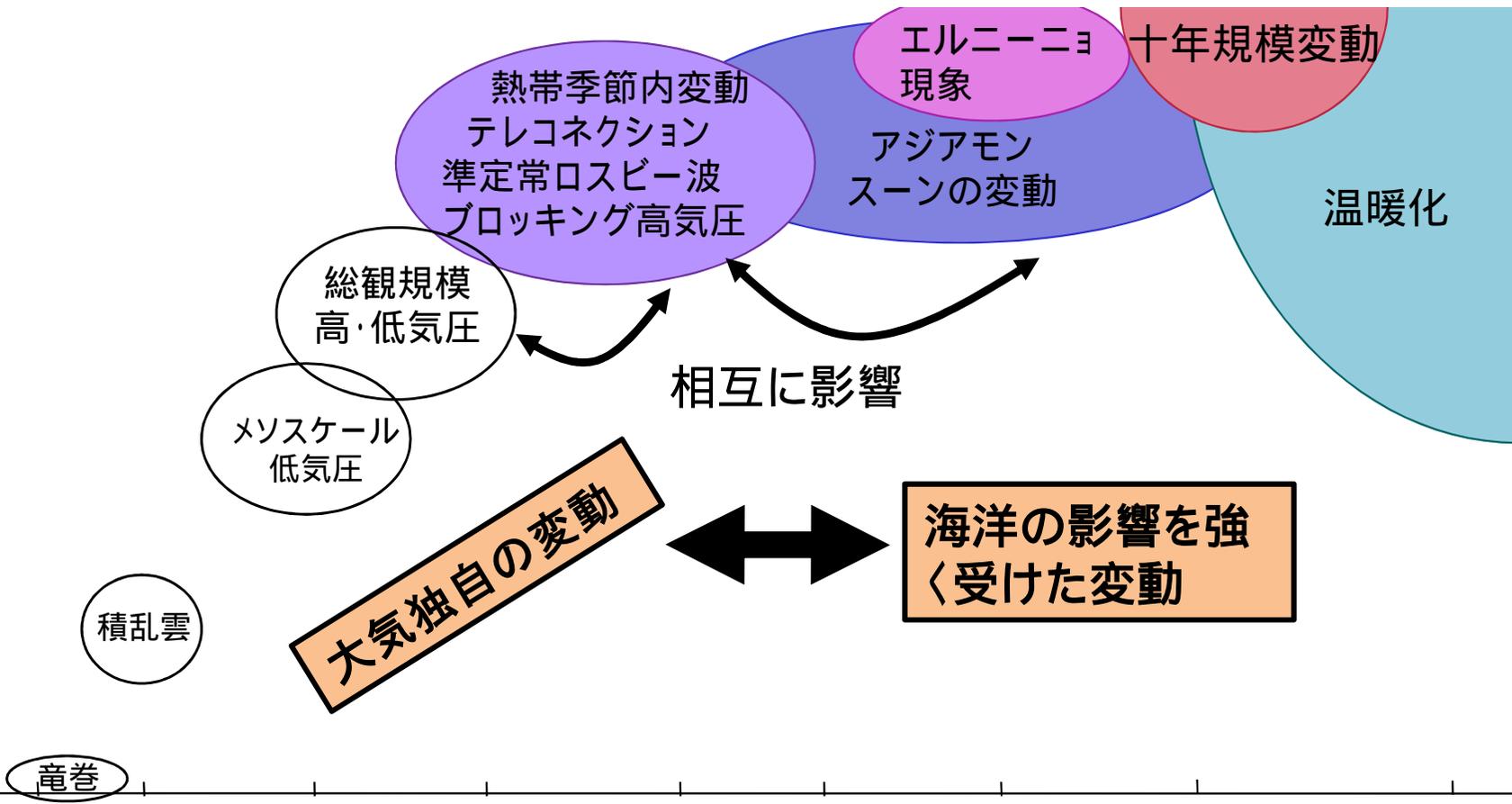
時間スケール

季節予報

木本(2009)を改変

短期予報
予週
報間
天気

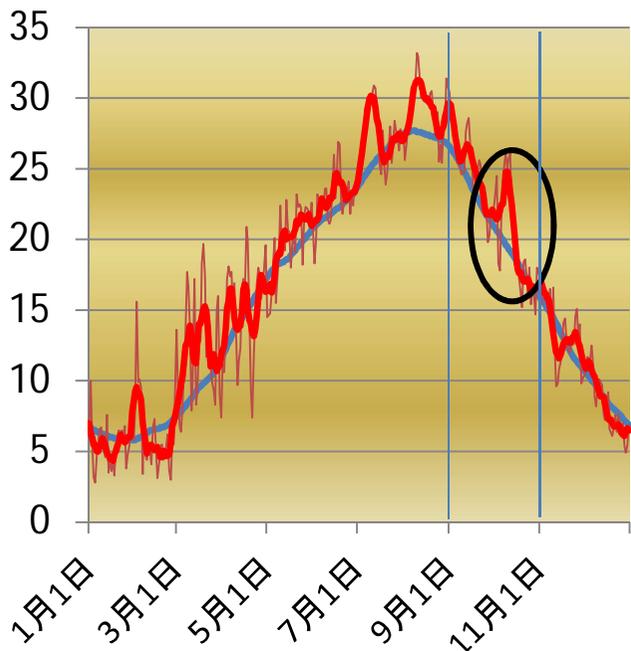
季節予報は、これらの現象の予測に基づいた予報。これらの現象を予測するために…
 (昔) 経験 (統計モデル)
 (今) 物理法則 (数値予報モデル)



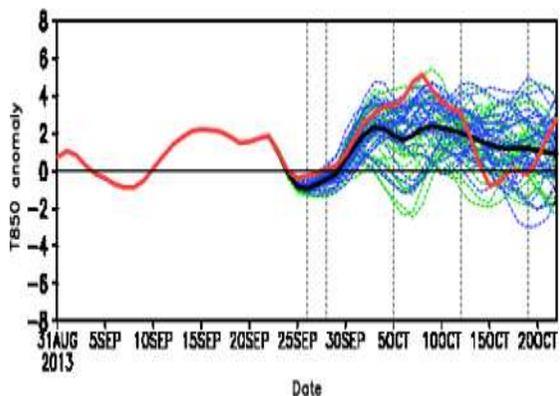
予測例：2013年10月半ばの日本の異常高温

9月26日からの、10月7日～10月13日の7日平均場の予測(2013年)

東京の日平均気温(2013年)



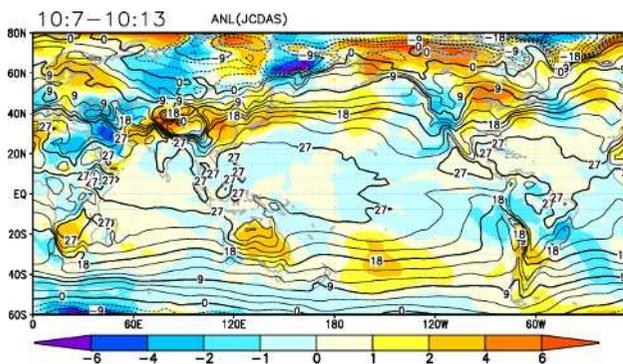
9月26日からの7日平均気温予測(上空1500m付近、東日本、平年偏差)。赤線は実況、青・緑・黒線が予測



地上気温

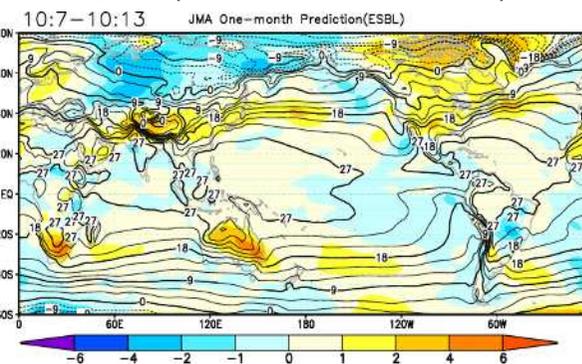
上空の西風

実況

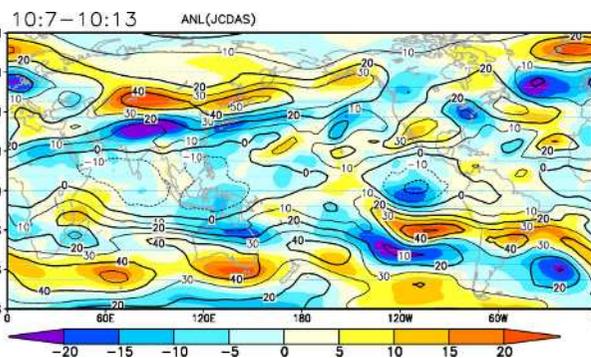


平年偏差()

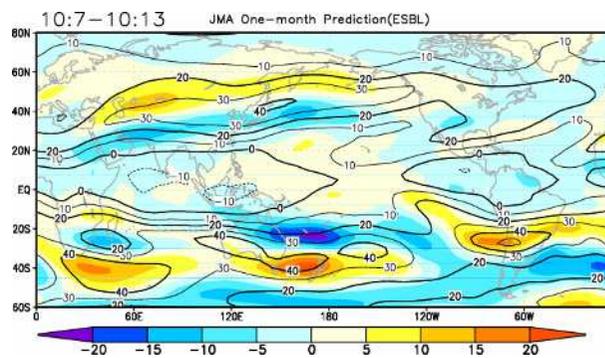
予測(アンサンブル平均)



平年偏差()



平年偏差(m/s)



平年偏差(m/s)

アジアジェット気流の北上に伴う、帯状の高温をよく予測



9月27日に、10月5日からの1週間を対象に、高温の異常天候早期警戒情報を発表

2013年に発表した1か月予報と実況

予報期間 の初日	予報確率(%)			実況 平年偏差()
	低い	平年並	高い	
12月28日	50	30	20	-0.8
12月21日	40	40	20	-0.9
12月14日	40	40	20	-0.5
12月7日	50	30	20	-0.4
11月30日	30	40	30	-0.4
11月23日	30	40	30	-0.1
11月16日	20	40	40	0
11月9日	40	40	20	-0.5
11月2日	20	40	40	-0.2
10月26日	30	30	40	-0.4
10月19日	20	30	50	0
10月12日	10	40	50	0.8
10月5日	10	20	70	1.7
9月28日	10	30	60	2
9月21日	20	30	50	1.9
9月14日	20	30	50	1.9
9月7日	20	40	40	0.9
8月31日	20	40	40	1
8月24日	20	30	50	0.8
8月17日	10	30	60	1.1
8月10日	10	40	50	1.6
8月3日	20	30	50	1.5
7月27日	20	40	40	1.4
7月20日	40	30	30	0.8
7月13日	10	30	60	0.4
7月6日	20	30	50	1.1
6月29日	20	30	50	1.3
6月22日	20	40	40	1.3
6月15日	20	30	50	1.4
6月8日	10	30	60	0.8
6月1日	30	30	40	0.8
5月25日	20	30	50	1.3
5月18日	30	30	40	1.3
5月11日	30	40	30	1.3
5月4日	40	40	20	1
4月27日	40	40	20	0.1
4月20日	40	40	20	-1.1
4月13日	40	40	20	-1.1
4月6日	30	40	30	-0.8
3月30日	30	30	40	0
3月23日	30	30	40	1.2
3月16日	10	20	70	2
3月9日	20	40	40	2.7
3月2日	20	40	40	2.8
2月23日	40	30	30	2.2
2月16日	40	30	30	0.4
2月9日	40	30	30	-0.6
2月2日	20	40	40	-0.4
1月26日	30	40	30	-0.2
1月19日	40	30	30	0.5
1月12日	40	30	30	0.5
1月5日	50	30	20	-0.5

関東・甲信地方の1か月予報
(2013年1月4日～12月28日発表分)

・予報要素:1か月平均気温

実況の色分け



予報の色分け

3階級のうち予報された確率が最も大きな階級に実況の階級と同じ色をつけた

傾向は予測できている。

季節予報の利活用状況

平成22年度気象庁調査(気候情報の利活用に関するアンケート)

季節予報を対象に調査を実施

調査手法：郵送調査 発送数 1075通 回収数 302通

農業・水産業 / エネルギー / 製造業 / メディア / 金融・保険 / 商社・販売 /
運輸・旅行 / レジャー等の分野の企業・機関に調査を実施

【調査結果概要】

88%の企業等が気候の影響を受けている

- 農業・水産、エネルギー、レジャー関連の割合が高い

62%の企業等が気候の影響を軽減・利用するための対策を講じている
(気候リスク管理)

40%の企業等が業務に季節予報を利用している

→ ・ただし、「参考利用」が多数

40%の企業等が業務に季節予報は不必要としている

→ ・現在の季節予報は気候リスク管理に使うには精度が不十分
・不確実性の大きな季節予報は使いにくい

現在の季節予報は、その潜在的利用
価値のわりに活用されていない

季節予報の作成者と(潜在的)利用者とのギャップを埋める

季節予報の作成者：気候の影響と対策を知らない
(潜在的)利用者：季節予報そのもの&性質を知らない



- ・まずは、気候の影響を受けやすい分野の専門家と連携して、季節予報利活用の成功事例を作る。2週間～1か月の予報から。
- ・その結果を使って、他の分野にも広げる(普及)。

日本アパレル・ファッション産業協会 と連携した利活用促進の取り組み

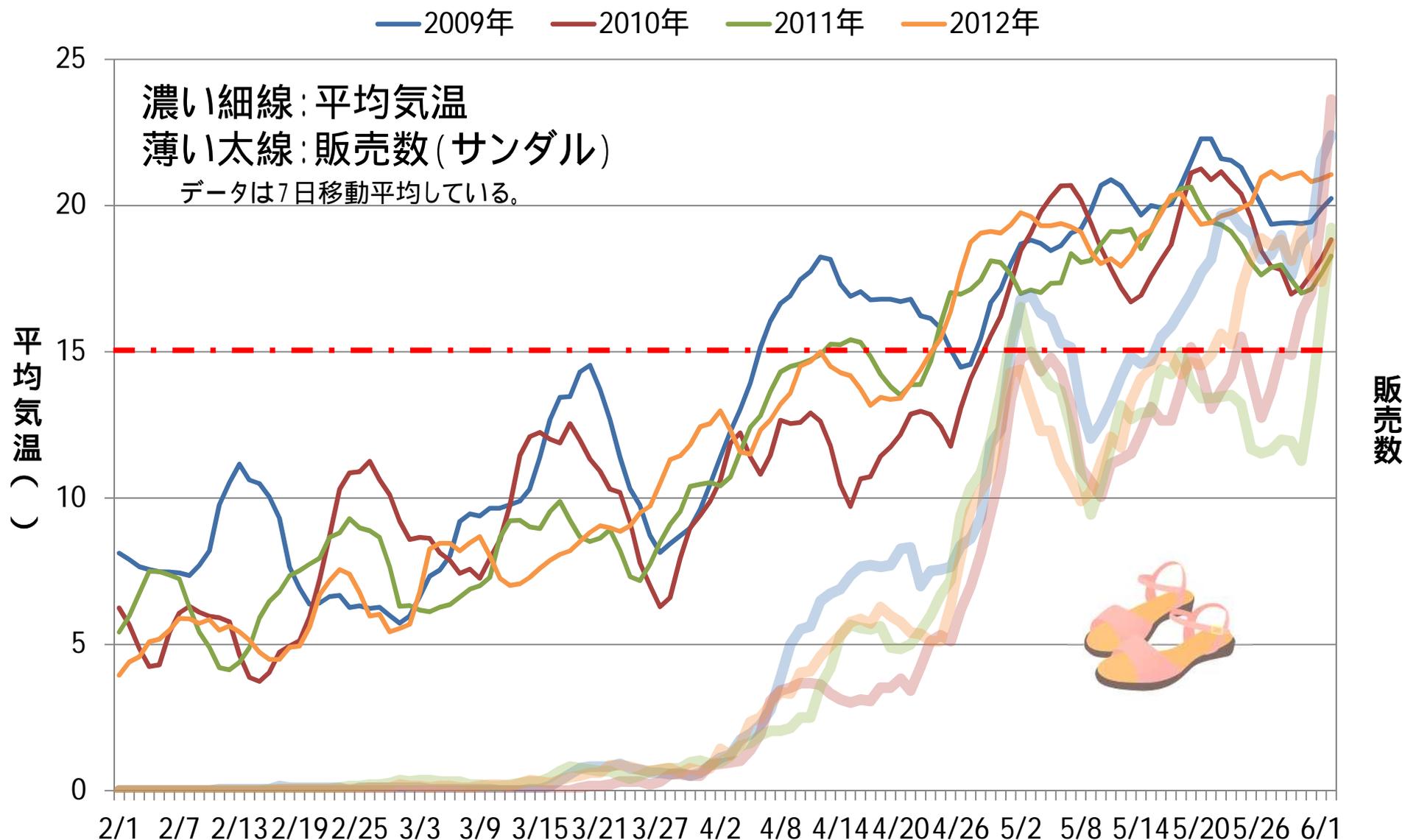
気候の影響を受けやすい分野の専門家と連携して、季節予報を使った「気候リスク管理」の成功事例を作る。



- 「日本アパレル・ファッション産業協会」の協力のもと、H24年度は会員各社(5社)に提供いただいた数年分の販売データと気象庁の気象観測データを用いて、アパレル業界に与える気候の影響について、気象庁とアパレル側とで共同して「対話」しつつ分析
- H25年度は7社の協力を得て「気候リスクへの対応」も



調査例：2月～5月にかけてのサンダルの販売数と日平均気温（東京）



販売数



（アパレル側のコメント・対応策等）

- 15 を超えるあたりで販売数の上昇がみられ、気温上昇とサンダル販売数の増加に相関が実感できる。2週間前の気温予報を把握することで店舗への最適な商品供給が可能となる。
- サンダルが売れる気温になる前に商品を過不足なく手配し、品切れなく喜んで頂ける。結果として業績向上にもつなげられる。

調査結果とその普及

調査報告書(H25.4、気象庁HPで公開) アパレルセミナー(気象庁、H25.6)

http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/apa_chousa.html

1. はじめに	1
2. 本調査の内容	2
3. 主な結果とその活用	3
4. 調査事例集	4
〈婦人靴〉A社: サンダルと気温	5
〈婦人靴〉A社: ロングブーツと気温	7
〈婦人靴〉A社: 雨用靴と降水量	9
〈帽子〉B社: 帽子(布帛)と気温	11
〈帽子〉B社: 帽子(ニット)と気温	13
〈衣料〉C社: カットソー、コートと気温	15
〈衣料〉D社: コート(レディス)と気温	17
〈衣料〉E社: コート(レディス)と気温	19
〈衣料〉E社: コート(メンズ)と気温	21
〈衣料〉コート(レディス)と気温: 3社の比較	24
〈まとめ〉アパレル業界側からの総合コメント	26
データの活用などについて	27
データの加工(7日移動平均):	27
日平均気温とは:	28
平均気温・最高気温・最低気温の関係:	28

*H25年度の調査結果はH26.3に公開する予定



ファッション・ビジネス・ソリューション出展
(東京ビッグサイト、H26.1)



「気候リスク管理」解説ページ

～ 気象情報を利用して気候の影響を軽減してみませんか？ ～

平成25年5月1日開設

気象観測データや予報
を活用するための解説
や活用事例を掲載

ホーム 防災気象情報 気象統計情報 気象等の知識 気象庁について 案内・申請・リンク

ホーム > 気象統計情報 > 気候環境・気候 > 気象情報を利用して気候の影響を軽減してみませんか？

気象情報を利用して気候の影響を軽減してみませんか？

このサイトでは、様々な産業界において過去の観測統計データや1か月予報などの気象情報をより一層活用していただけるよう、これらの情報をうまく活用して気候リスク(気候によって影響を受ける可能性のあること)に対応していく方法について、具体例を用いて分かりやすく紹介しています。

さまざまな気候リスク

気候リスクを認識する

気候リスクを評価する

気候リスクへ対応する

気候リスクの軽減

気候の影響を軽減してみませんか？

- 気候リスクを認識する(解説)
- 気候リスクを評価する(解説)
- 気候と影響との関係を見極める
- 影響を与える気候の可能性を見極める
- 気候リスク評価の実例(アパレル分野)
- 気候リスクへ対応する(解説)
- 数値値を使って暑湿しを立てる
- 予報値を使って暑湿しを立てる
- 気候リスクへの対応の実例(農業分野)

このページの利用上の注意 (かならずお読みください！)

気候リスクを認識してみよう

気候リスクとは気候によって影響を受ける可能性のあること(好影響も含む)をいいます。私たちの身の回りにさまざまな気候リスクが存在します。まずは気候リスクに気付くことが必要です。

気候リスク管理の解説

気候はさまざまな分野に影響を与えます

気候リスクを評価してみよう

続いて認識した気候リスクを定量的に見積もります。例えば「気温が \pm を越え上ると作物に影響を受ける」のように気候の影響を具体的な数値で把握することで、気候リスクを明確にすることができます。

気候リスクへ対応してみよう

気候リスクが評価できたら、将来の気候の見通しをたててリスク軽減に向けた対応を行います。不確実性を言及した気候情報の性質を理解して意思決定に活用することを目標とします。

<p>気候リスク評価の実例(アパレル分野)</p> <p>アパレル(衣類品販売)分野における気候と衣類上の関係を題材に気候リスクの評価の実例を紹介しています。</p>		<p>気候リスクへの対応の実例(農業分野)</p> <p>2週目を対象とした定量的な予報値を用いた、農業分野における気候リスクへの対応の実例を紹介しています。</p>	
<p>過去の気象データのダウンロードツール</p> <p>気候リスクの評価のために必要な気象データを、数日間の集計等、観測値がスタマサイズでダウンロードできます。</p>		<p>気候リスクへの対応に利用できる各種予測資料の紹介</p> <p>気候リスク軽減のために利用できる連日天気予報より先の期間についての定量的な予報情報が取得できます。</p> <ul style="list-style-type: none"> 公団日の気温予報(毎週火・金曜更新) 向こう1か月の気温予報(毎週金曜更新) 季節予報や異常天候早期警戒情報にご関心ください。 	
<p>気候リスク評価の解説</p> <p>業務で用いているデータと気象データを併せて気候リスクを定量的に把握する方法について解説します。</p>		<p>気候リスクへの対応の解説</p> <p>予報値や統計値などさまざまな気象情報を使用して気候リスクを軽減する方法をご紹介します。</p>	

みませんか

検索

<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/index.html>



過去の気象データ・ダウンロードページ

ダウンロードツールを利用すれば、気象データを簡単に取得でき、売上との関係をグラフ化するなどして分析が容易にできます。

1	A	B	C	D
2	ダウンロード時刻: 2013/06/19 14:55:41			
3	集計開始年月日	集計終了年月日	東京平均気温(°C)	東京平均気温(°C) 年平値(°C)
4	2008/12/26	2009/1/1	7.2	7.1
5	2008/12/27	2009/1/2	7.4	7
6	2008/12/28	2009/1/3	7.5	6.9
7	2008/12/29	2009/1/4	7.5	6.8
8	2008/12/30	2009/1/5	7.3	6.7
9	2008/12/31	2009/1/6	7.3	6.6
10	2009/1/1	2009/1/7	7.3	6.6
11	2009/1/2	2009/1/8	7.4	6.5
12	2009/1/3	2009/1/9	7	6.4
13	2009/1/4	2009/1/10	6.9	6.4
14	2009/1/5	2009/1/11	6.6	6.3
15	2009/1/6	2009/1/12	6	6.3
16	2009/1/7	2009/1/13	5.5	6.2
17	2009/1/8	2009/1/14	5.3	6.2
18	2009/1/9	2009/1/15	5	6.2
19	2009/1/10	2009/1/16	5.1	6.1
20	2009/1/11	2009/1/17	5.2	6.1

CSV形式で表計算ソフトに読み込みできます。

+ 販売数等データ



過去の気象データ・ダウンロードトップページ

<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>

過去の予報資料の取得ツールの提供 (H26.3開始予定)

ホーム 防災気象情報 気象統計情報 気象等の知識 気象庁について 案内・申請・リンク

ホーム > 気象統計情報 > 気象統計情報 > 気象情報活用して気候の予測を精度上げてみませんか? > 過去の気温確率予報(ワイドレンジ)データダウンロード

検索結果

メニューページに戻る CSVファイルをダウンロード

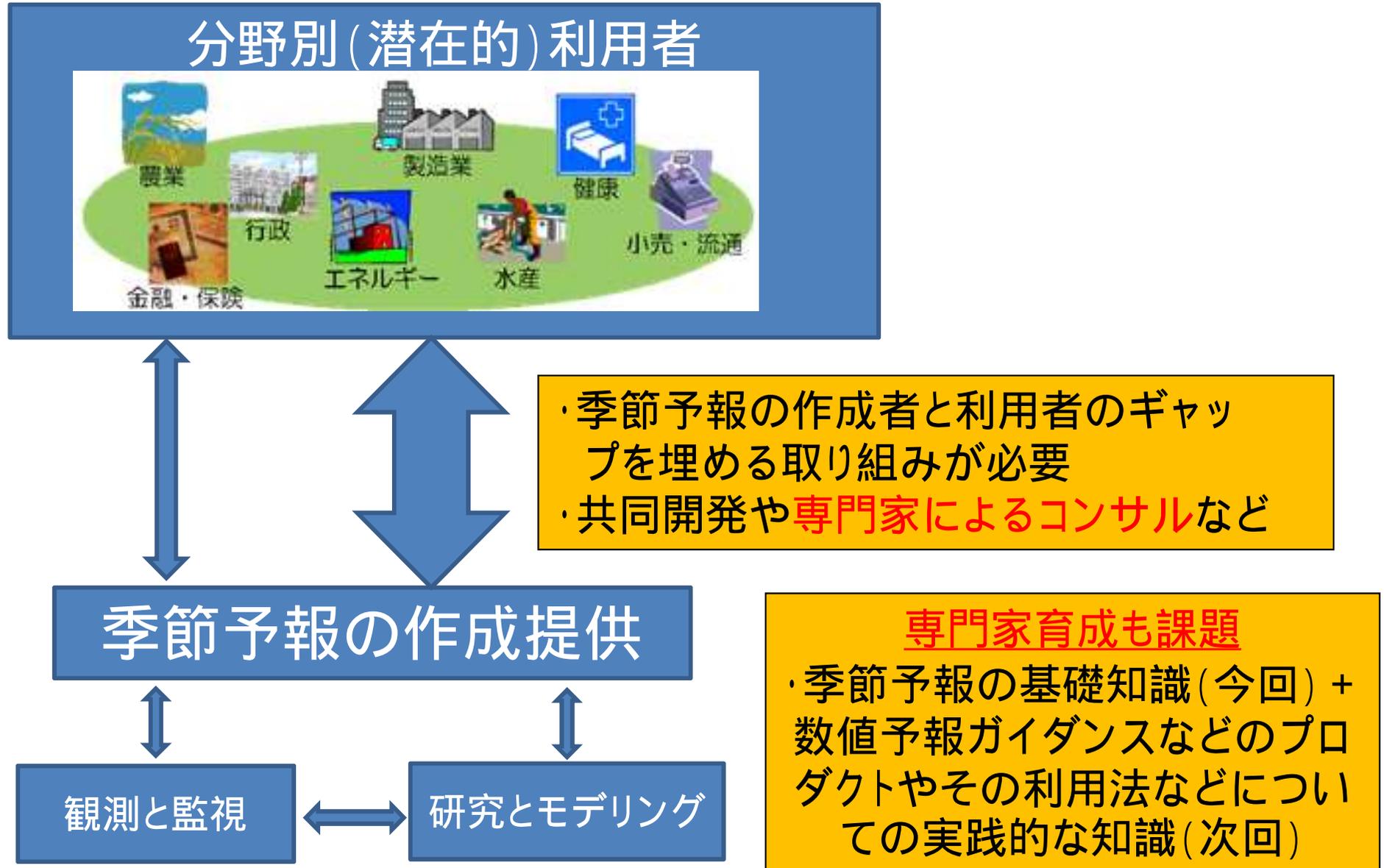
初期値年月日	予測対象期間 始年月日	予測対象期間終了 年月日	予測 対象 期間 日数	地域地 点名	要素 名	アン サン プル 平均 値	実 況 値	平 年 値	アン サン プル 平 均 値 と 平 年 値 の 差	実 況 と 平 年 値 の 差	か な り 低 い	低 い	高 い	か な り 高 い	階 級 区 分 値A	階 級 区 分 値B	階 級 区 分 値C	階 級 区 分 値D
2013年01月03日	2013年1月12日	2013年1月18日	7	東北地方	気温	///	///	///	-0.5	-1.5	7	44	13	2	-2.3	-0.7	0.8	2.0
2013年01月07日	2013年1月16日	2013年1月22日	7	東北地方	気温	///	///	///	-0.2	-0.8	4	35	17	3	-2.4	-0.7	0.9	2.0
2013年01月10日	2013年1月19日	2013年1月25日	7	東北地方	気温	///	///	///	+0.3	0.5	2	20	34	10	-2.3	-0.7	0.9	2.0
2013年01月14日	2013年1月23日	2013年1月29日	7	東北地方	気温	///	///	///	+0.5	-0.2	1	16	45	12	-2.3	-0.7	0.7	2.0
2013年01月17日	2013年1月26日	2013年2月1日	7	東北地方	気温	///	///	///	+0.6	0.3	1	15	46	12	-2.3	-0.7	0.7	2.0
2013年01月21日	2013年1月30日	2013年2月5日	7	東北地方	気温	///	///	///	+0.3	1.6	1	23	38	7	-2.4	-0.6	0.7	2.1
2013年01月24日	2013年2月2日	2013年2月8日	7	東北地方	気温	///	///	///	+0.2	0.7	1	26	35	6	-2.5	-0.6	0.7	2.2
2013年01月28日	2013年2月6日	2013年2月12日	7	東北地方	気温	///	///	///	-0.8	-1.3	9	60	9	1	-2.6	-0.5	0.9	2.2
2013年01月31日	2013年2月9日	2013年2月15日	7	東北地方	気温	///	///	///	-0.3	-0.8	2	40	17	2	-2.7	-0.6	0.9	2.2
2013年02月04日	2013年2月13日	2013年2月19日	7	東北地方	気温	///	///	///	-0.6	-0.9	6	47	14	2	-2.8	-0.7	0.8	2.2
2013年02月07日	2013年2月16日	2013年2月22日	7	東北地方	気温	///	///	///	-0.1	-2.7	3	29	25	4	-2.5	-0.8	0.8	2.2
2013年02月11日	2013年2月20日	2013年2月26日	7	東北地方	気温	///	///	///	-0.6	-3.8	9	45	17	2	-2.4	-0.8	0.7	2.3

画像を表示

期間をクリックするとグラフが表示されます。
[東北地方 気温 2項目 2013年01月01日から2013年09月30日](#)
[松本 気温 2項目 2013年01月01日から2013年09月30日](#)

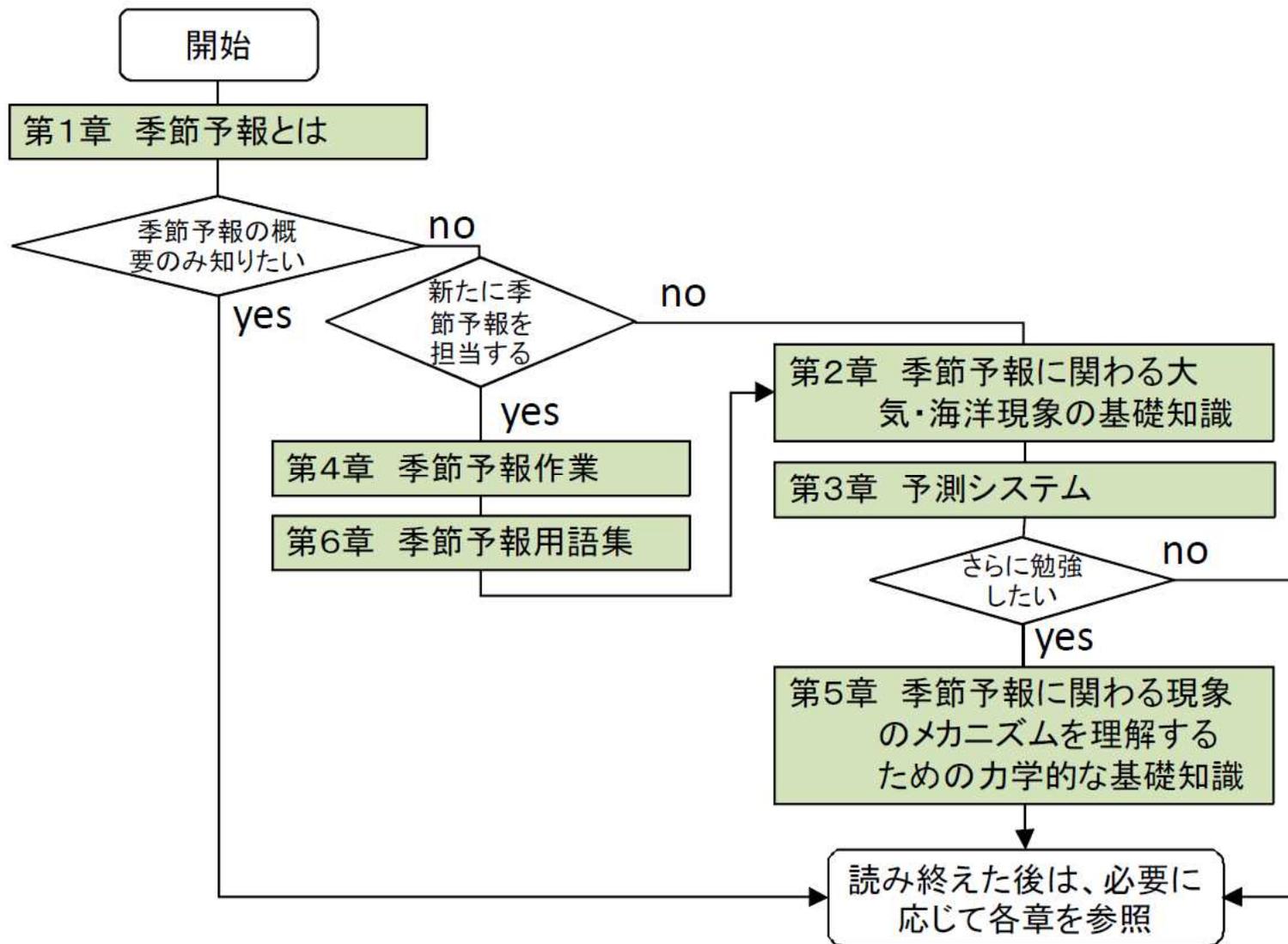
過去の気温予測データを取得できる
 (現在の技術で過去の気温を予測したもの)
 CSV形式で取得でき、自ら持つデータと比較し、予報資料の利用価値を**確認・実感**できる

季節予報の利活用促進



季節予報作業指針(H25.3)

～ 基礎から実践まで～



*気象庁内の担当者向けに作成。だが、気象業務支援センターからも市販。2700円。

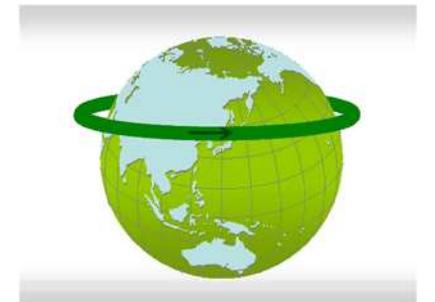
2. 季節予報に関わる大気現象

2	季節予報に関わる大気・海洋現象	14
2.1	はじめに	14
2.2	日本の天候の季節変化	17
2.3	日本の天候の季節変化をもたらす大気循環場の季節変化	28
2.3.1	日本付近のジェット気流の変化とその要因	28
2.3.2	日本付近の移動性擾乱の活動の変化とその要因	37
2.3.3	停滞性の高低気圧及び前線の特徴と形成メカニズム	41
2.3.4	アジアモンスーンの季節変化	83
2.3.5	熱帯域大気循環・海面水温の季節変化	95
2.4	様々な時間スケールの大気・海洋の変動	103
2.4.1	偏西風の変動とテレコネクションパターン	103
2.4.2	熱帯季節内変動とその影響	112
2.4.3	エルニーニョ／ラニーニャ現象に代表される熱帯海洋変動とその影響	123
5	季節予報に関わる現象のメカニズムを理解するための力学的な基礎知識	282
5.1	準地衡風近似による北半球中・高緯度大気の大規模な現象の理解	282
5.2	赤道 β 平面近似による低緯度の大気の大規模な循環の理解	306
5.3	熱帯大気と中・高緯度大気との関係	315

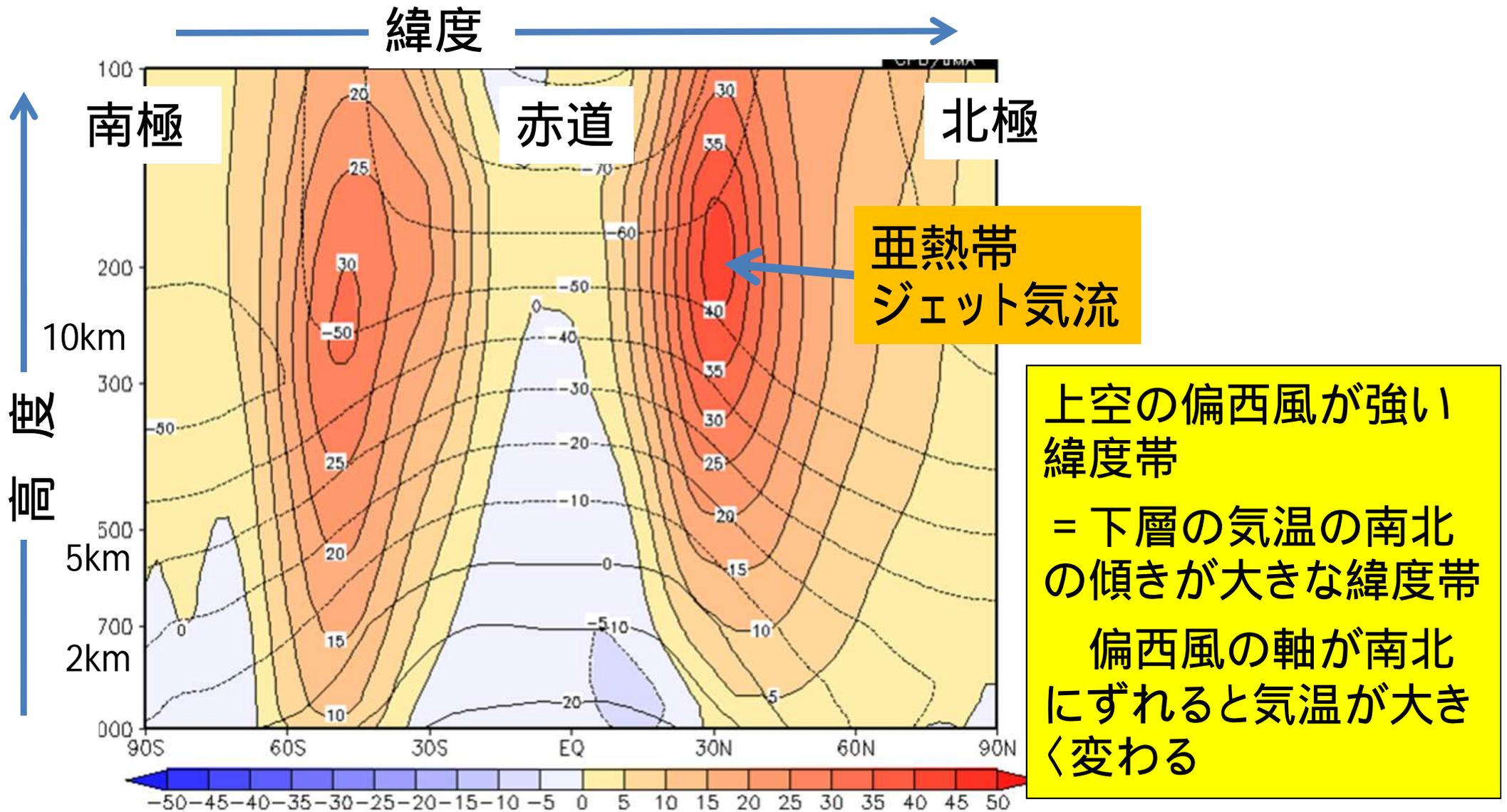
2.1 偏西風の蛇行とロスビー波

偏西風とは

- 地球を東西に巡って流れる西風
- 南・北極域の地上付近と低緯度を除き年間を通じて流れている
- 対流圏の上層に亜熱帯ジェット気流と寒帯前線ジェット気流と呼ばれる風速の極大域(偏西風の軸)がある

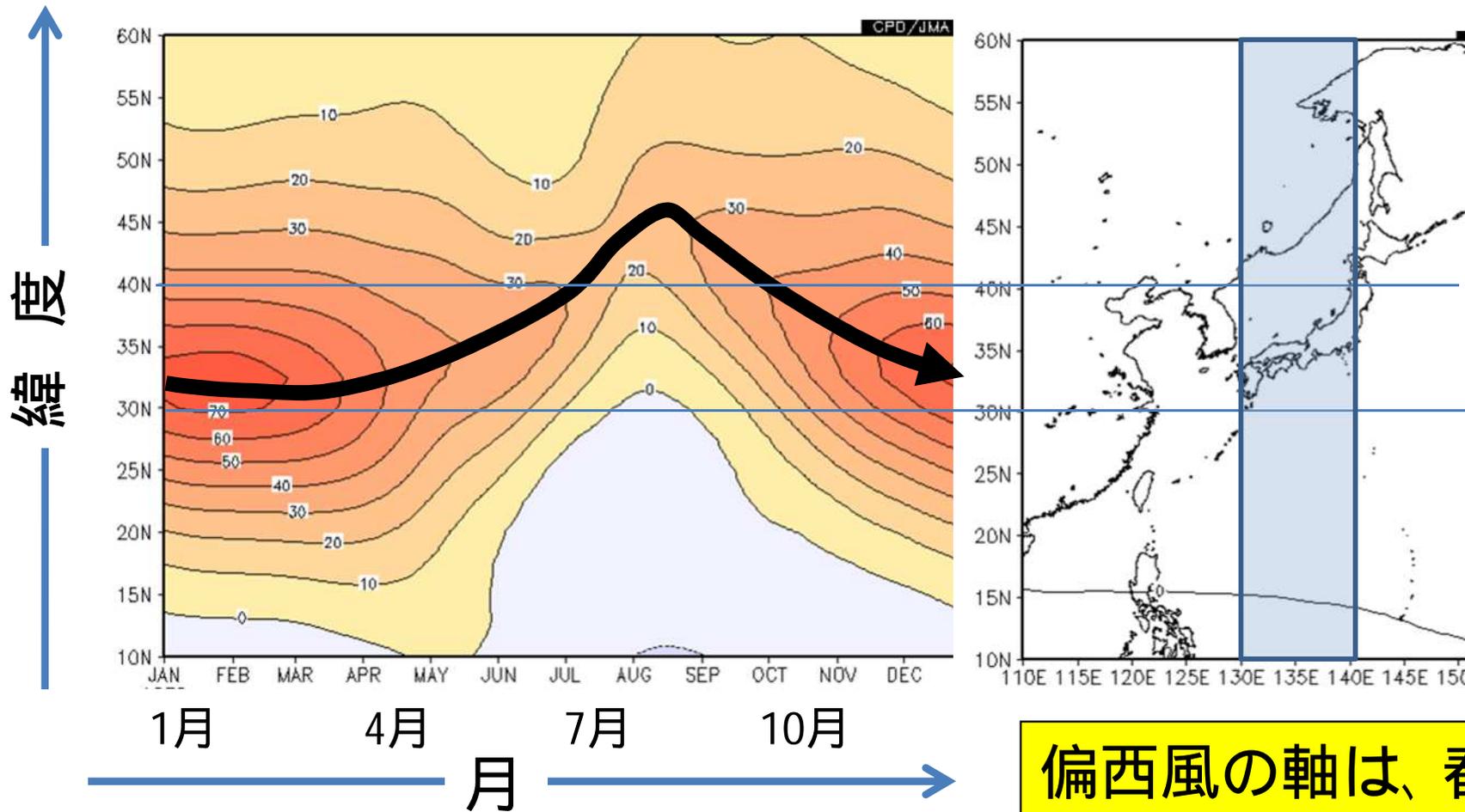


偏西風の緯度高度分布



地球を一周平均した東西風 (m/s, 色) と気温 (, 等値線) の緯度高度断面図。冬 (12 ~ 2月) の平年値 (1981 ~ 2010年の30年平均)

日本付近の上空の偏西風の季節変化

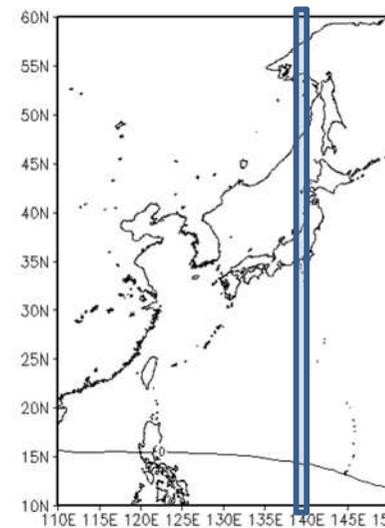
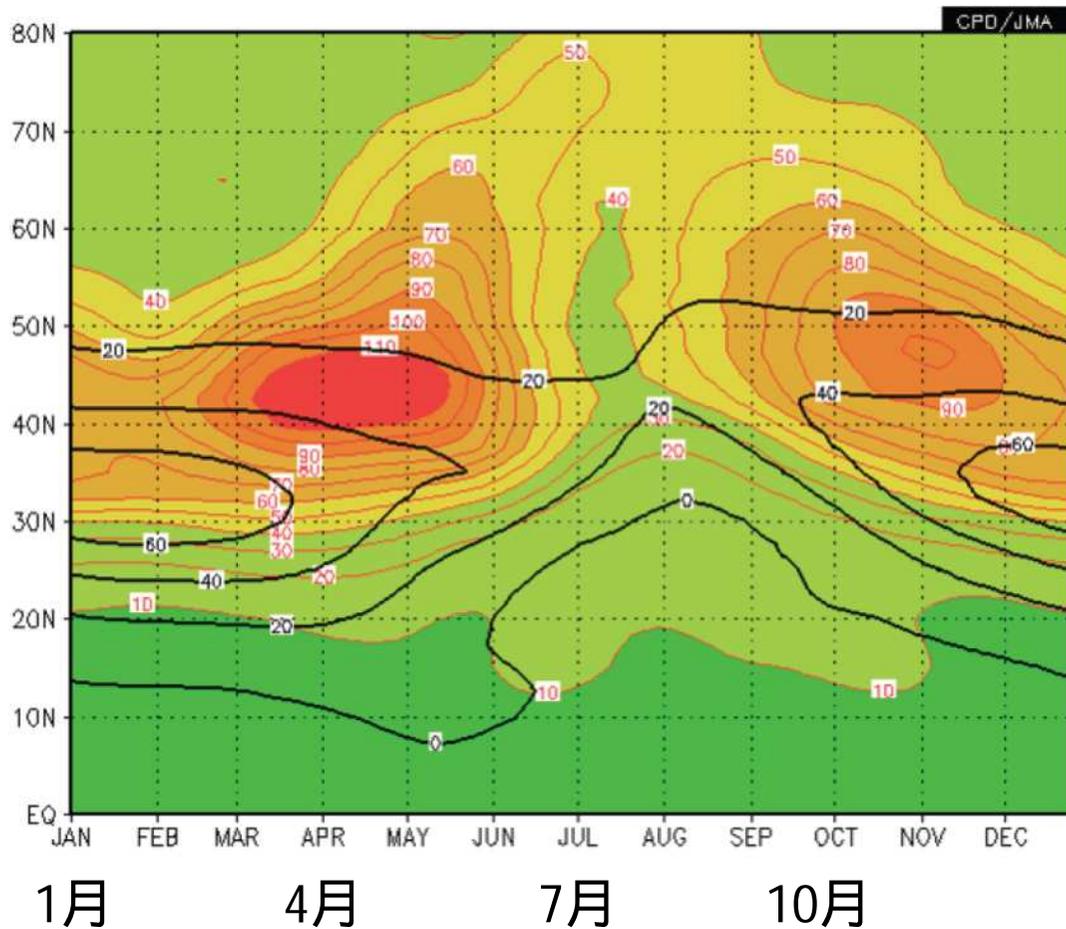


東経130 ~ 140度で平均した200hPa(上空約12 km)の東西風の時間緯度断面図。平年値(1981 ~ 2010年の30年平均)。

・偏西風の動向が、日本の天候に大きな影響を与える。

偏西風の軸は、春から夏にかけて北緯30度から45度まで弱まりながら北上、秋から冬にかけて強まりながら南下

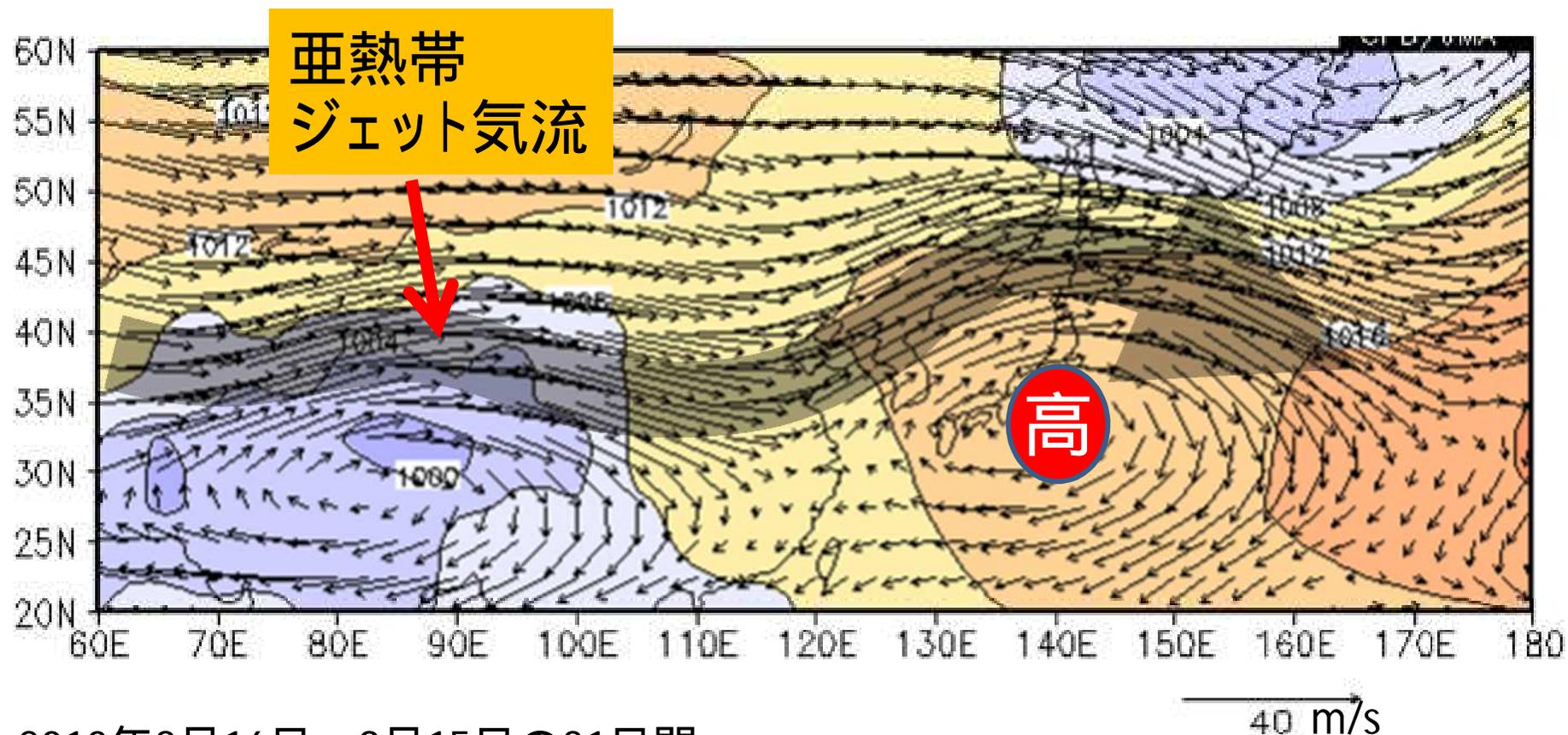
移動性擾乱の活動の季節変化



・偏西風の動向が、移動性擾乱の活動にも大きな影響を与える。

第 2. 3. 2. 2 図 140°E に沿う 300hPa の移動性擾乱活動度の平年値および 300hPa 東西風の緯度時間断面図
赤線は移動性擾乱活動度で等値線間隔は $10\text{m}^2/\text{s}^2$ 毎。黒線は東西風で等値線の間隔は $20\text{m}/\text{s}$ 毎。平年値は 1981～2010 年の 30 年平均値。

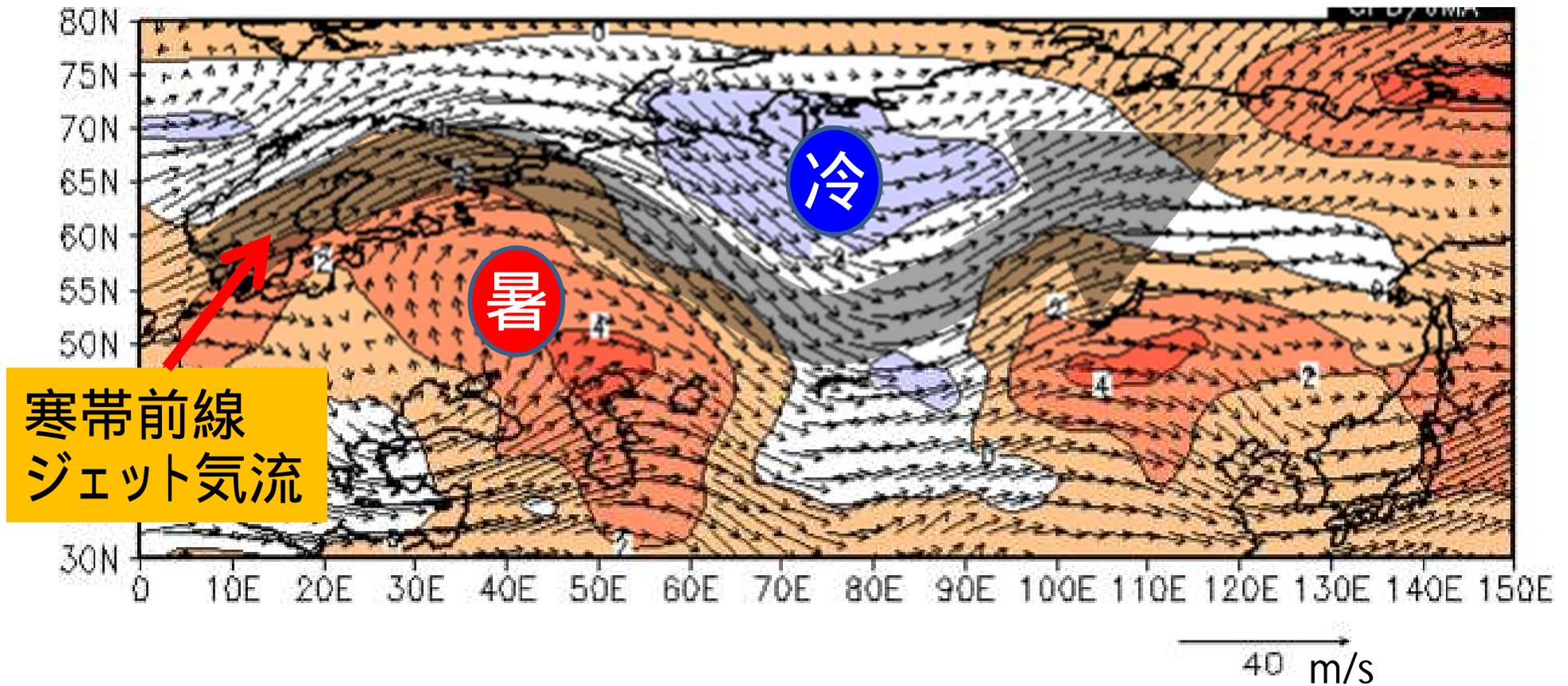
2010年夏の偏西風の北への蛇行の持続



2010年8月16日～9月15日の31日間の200hPa(上空約12km)の風。等値線は海面気圧。

- ・ 亜熱帯ジェット気流が日本付近で北に大きく蛇行した状態が持続
- ・ 日本付近は太平洋高気圧に広く覆われ続け、猛暑

2010年夏前半の偏西風の北への蛇行の持続

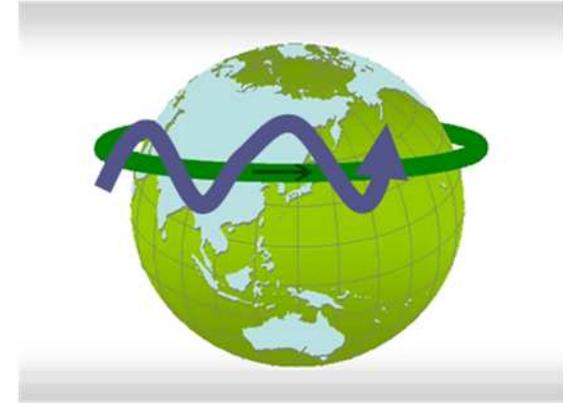


2010年6月16日～7月15日の30日間の300hPa(上空約9km)の風。等値線は850hPa(上空約1.5km)の気温年平均偏差。

- ・寒帯前線ジェット気流がロシア西部で北に大きく蛇行した状態が持続
- ・暑い空気に覆われつつけたロシア西部で異常高温

偏西風はなぜ蛇行するか？

偏西風の「蛇行」の正体は、地球が“球で回転している”ために存在しうる大気の大規模な「波(ロスビー波)」(流れに何らかの変化があった場合に絶対渦度(あるいは渦位)を保存するようにおきる運動)



「波(ロスビー波)」の重要な(物理的な)性質

本来はこの「波」は西向きに進むが、偏西風によって東に流され、停滞することがある

停滞する「波」のエネルギーは東向きに進む

偏西風の軸(ジェット気流)にトラップされやすい

「蛇行の持続」による異常気象

異常気象の「連鎖」

「波(ロスビー波)」の生成・増幅メカニズム

大気の流れの不安定性による増幅

水蒸気の凝結などによる大気の局所的な加熱による強制

など

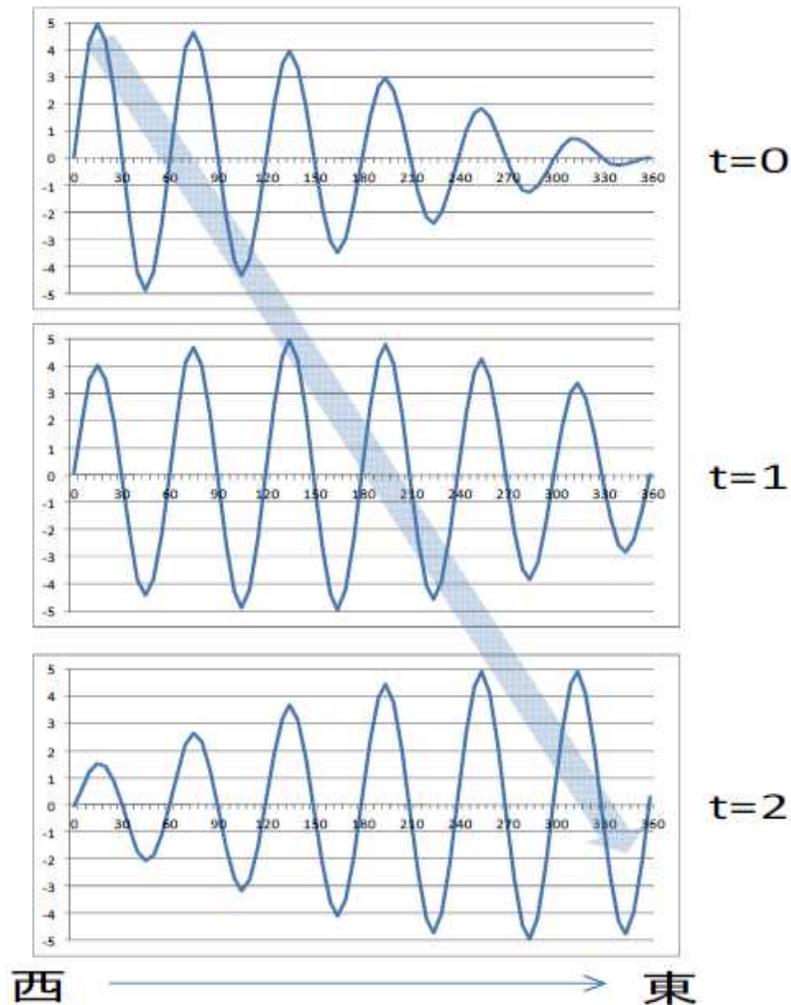
予測の難しさ

エルニーニョ現象の影響など

* 「波」の振幅が非常に大きくなり、ついには「波」ではなく孤立した「渦」(ブロッキング高気圧など)となることもある

ロスビー波の伝播

定常ロスビー波のエネルギーは東向きに進む



ロスビー波は位相速度が波数に依存する分散性の波である。このような分散性の波は、波数が少し異なる波のかたまり(波束)が個々の波の位相速度とは異なる速さで伝わる性質がある。この波束が伝わる速さを群速度といい、それは概ね波のエネルギーが伝わる速さでもある。

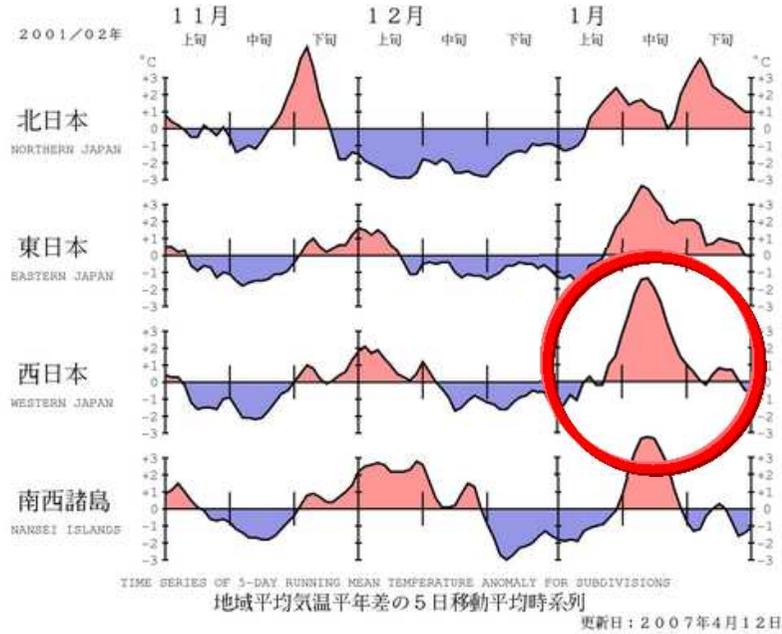
短期予報の場合には低気圧の中心の移動など「位相速度」で伝わる波の位相を追うことが多いが、より長い時間スケールの現象を対象とする季節予報の場合には群速度で伝わる波束のエネルギーの伝播、特に位相速度が0だが波束のエネルギーが東向きの「群速度」で伝わる定常ロスビー波束のエネルギー伝播に着目することが多い。

第5.1.4図 定常波の波束伝播の模式図

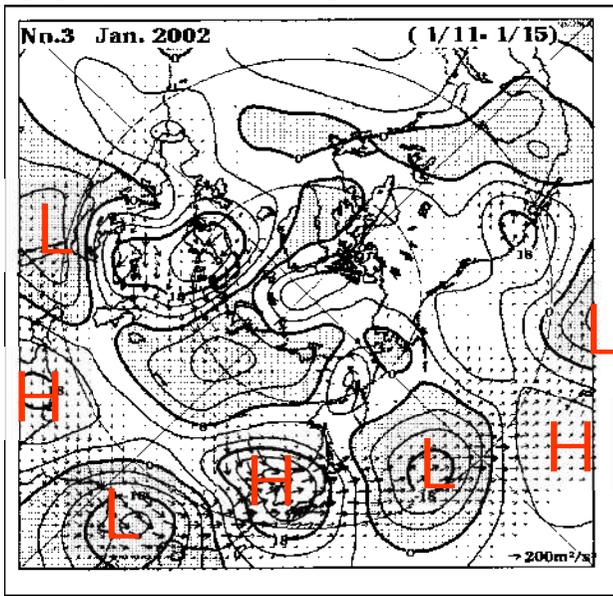
ロスビー波と同じく位相速度は西向きで、波長の長い波の方が西向きの速度が速い波の集まり(波束。描画した領域で波数5.6~6.4の波)の時間変化。波数6の波が定常となるような西風Uを与えてある。時間 t は上から下に進む。太い矢印は振幅の最も大きな位置を結んだもので、その速度が群速度に対応する。

定常ロスビー波束の伝播の例

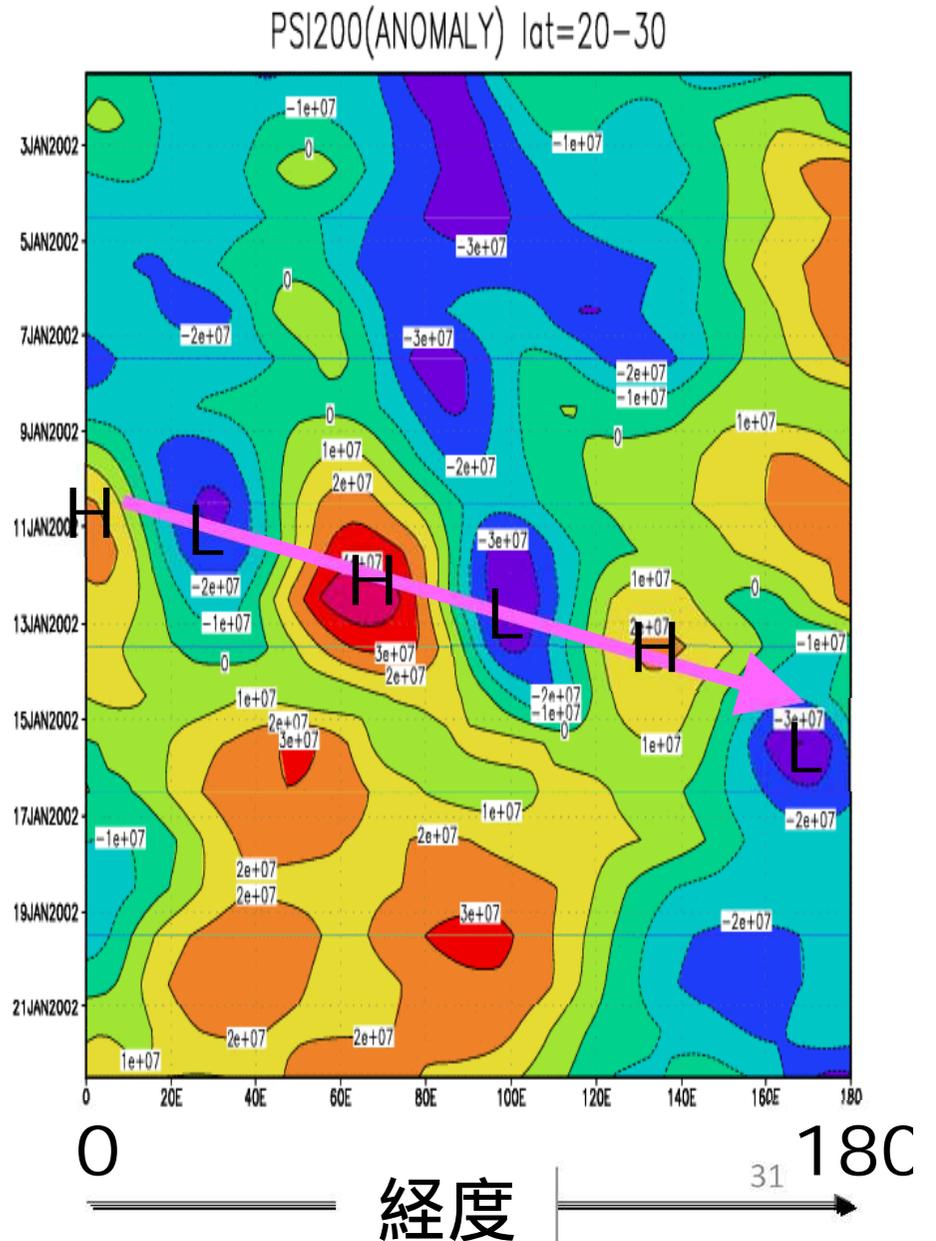
5日平均気温平年偏差 2001/11-2002/1



5日平均300hPa流線関平年偏差
 2002/1/11-15



200hPa流線関平年偏差, 北緯20-30度で平均、
 2002/1/1-31

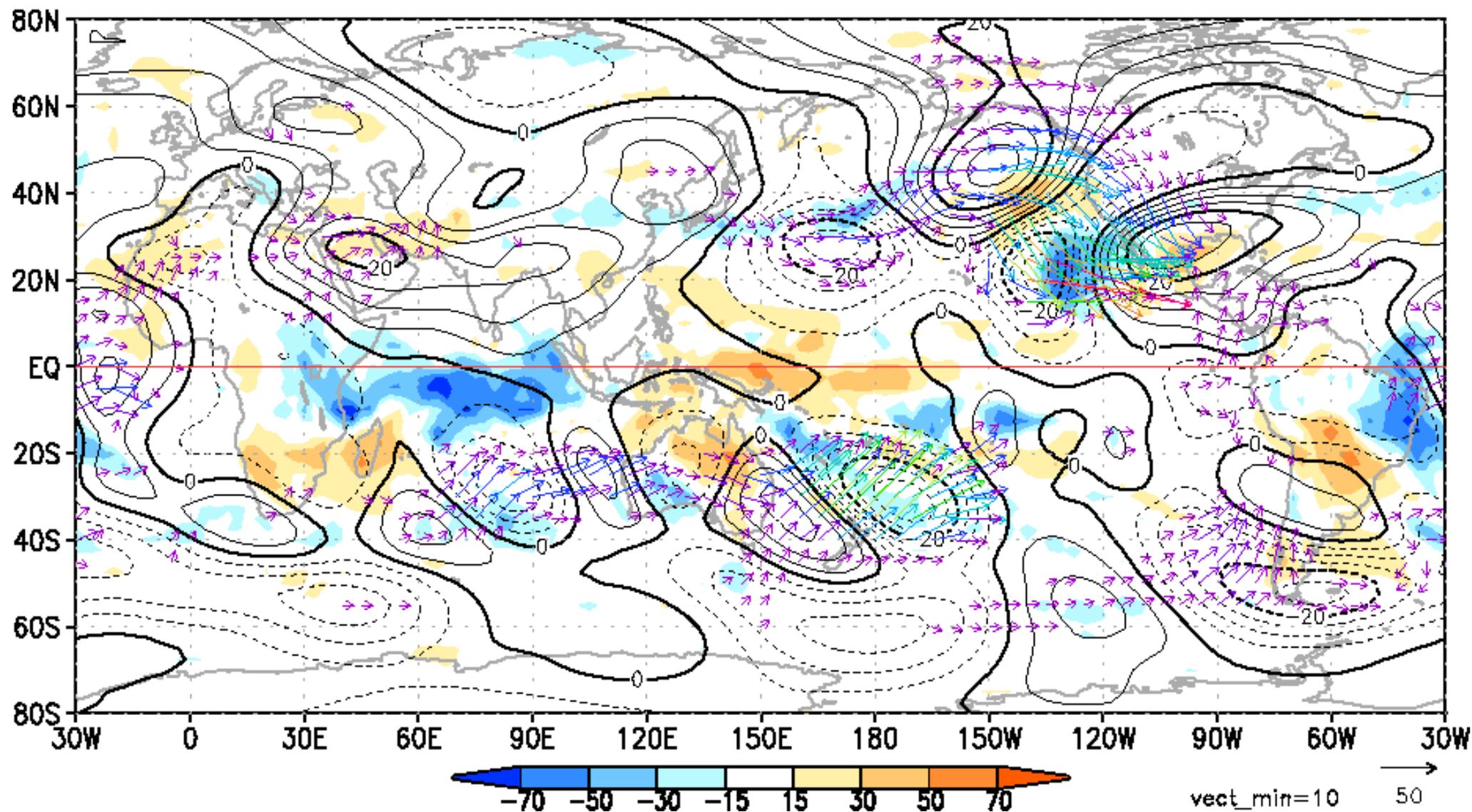


定常ロスビー波束の伝播の例

等値線: 5日平均200hPa流線関平年偏差

矢印: 定常ロスビー波の活動度フラックス

1.15 - 1.19

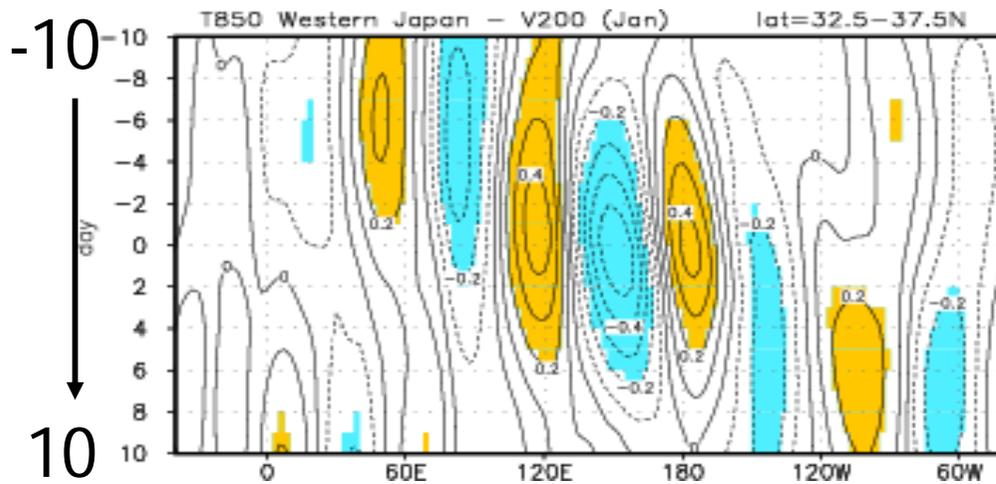
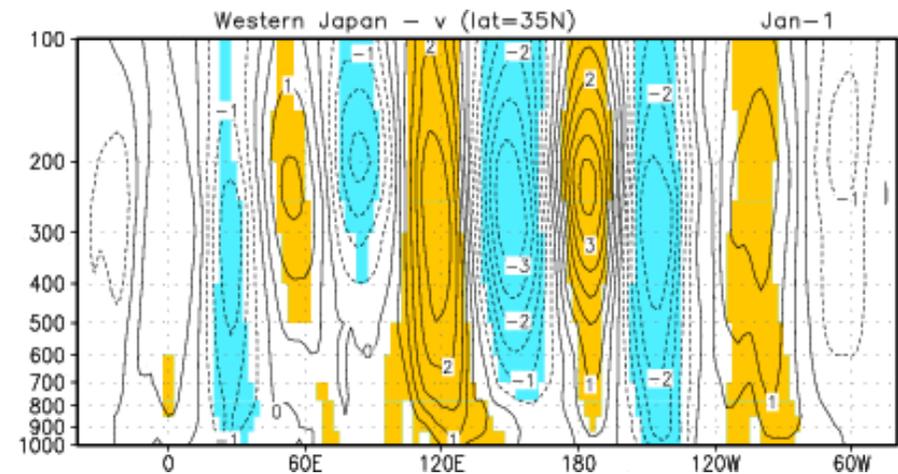
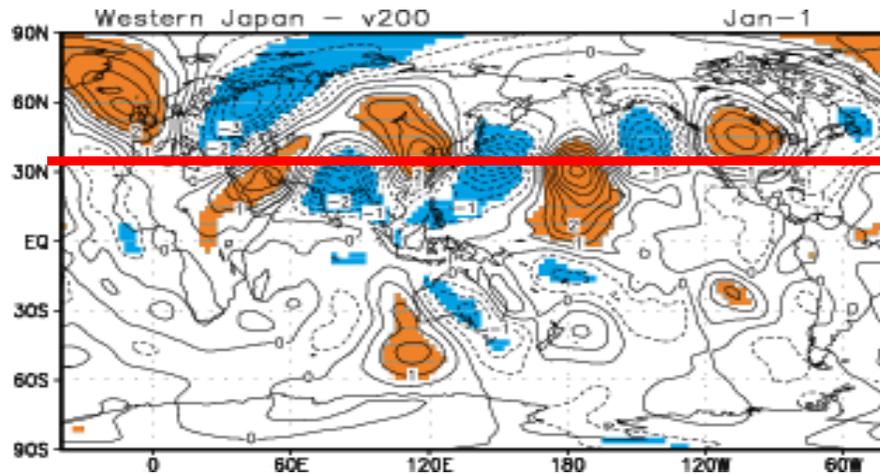


統計的にはどうだ？

1月上旬の西日本気温との関係

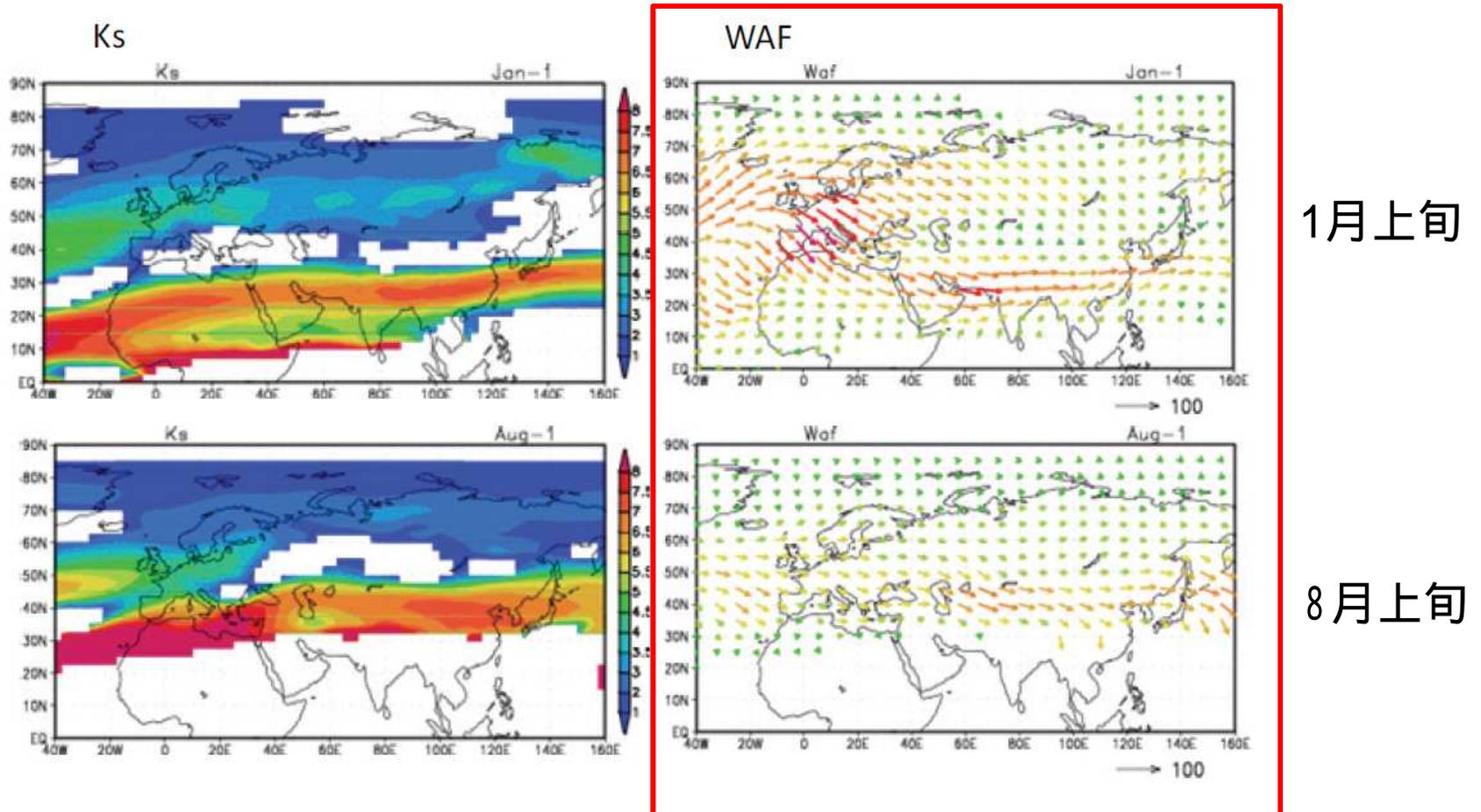
回帰：200hPa南北風

回帰：35N南北風の経度高度断面図



ラグ相関：35N南北風と西日本上空850hPa
気温(10日平均)

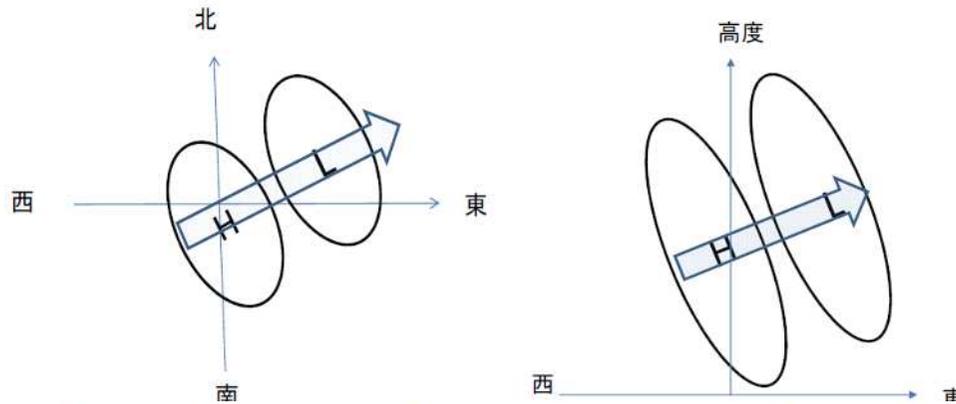
定常ロスビー波束の伝播経路は偏西風の軸 (ジェット気流)にトラップされやすい



第 5.1.11 図 200hPa の Ks (左) と Takaya and Nakamura(2001) の波の活動度フラックス (右)

1981~2010 年の 30 年平均。左の Ks は赤道における波の数で色で表示。30 年平均の 200hPa 東西風から計算。白抜きは、Ks が虚数となり定常ロスビー波が存在できない領域。上：1月上旬、下：8月上旬。右の波の活動度フラックスは各年について計算した後に平均した。ベクトルのスケールは図の右下のとおりで単位は m^2/s^2 。

定常ロスビー波束伝播の向きは擾乱(偏差)の形をみればだいたいわかる



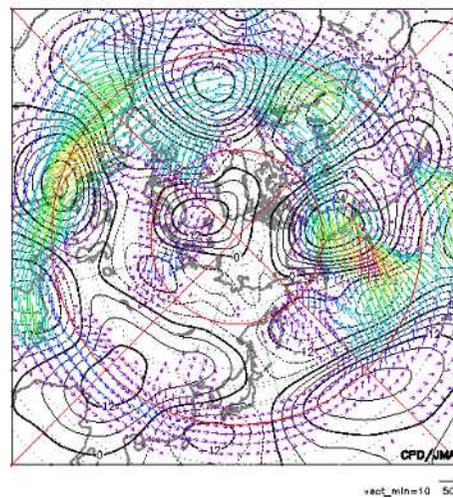
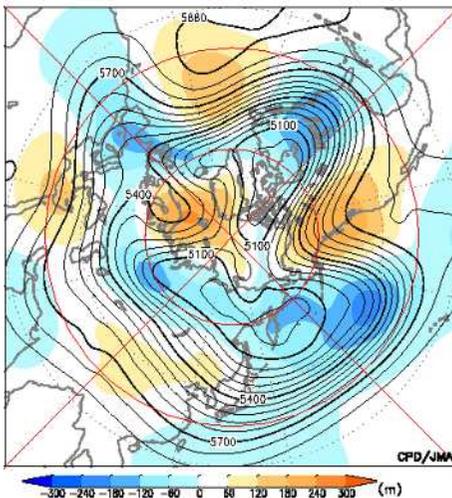
ロスビー波の振動数と波数の関係(分散関係)から、「波の形」が分かれば波のエネルギーが伝わる向き(群速度の向き)がわかる。

第 5.1.5 図 定常ロスビー波束の伝播の向きと波の形との関係の模式図

図の楕円は波の形で、矢印は群速度の向きを表す。左は水平方向、右は東西鉛直方向を示す。左図のように、北西から南東向きに傾いたロスビー波束は北東方向に伝播する。右図のように鉛直に西に傾いたロスビー波束は鉛直上向きに伝播する。詳しくは本文参照のこと。

2014.01.18 - 2014.01.24

2014.01.18 - 2014.01.24



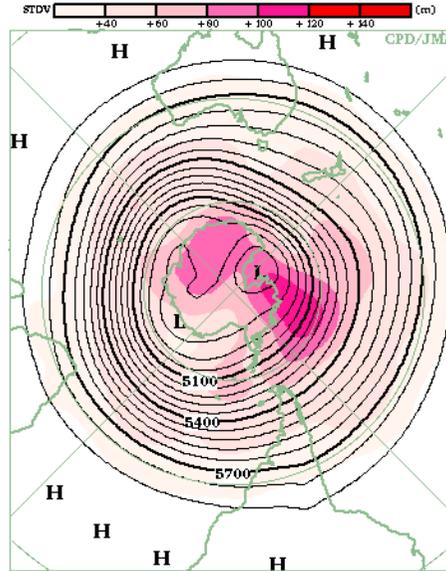
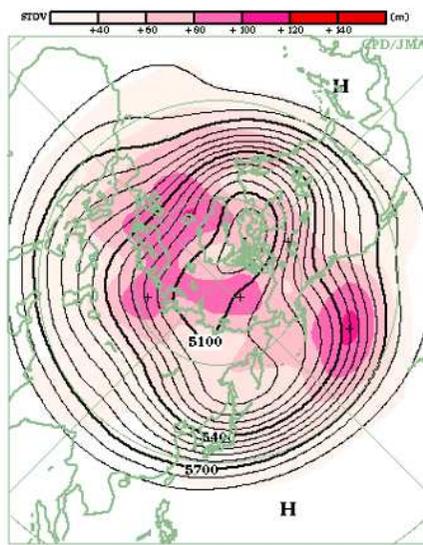
2014年1月18～24日の7日平均図

左: 500hPa高度と平年偏差(色) 右: 300hPa流線関数偏差の定常ロスビー波の活動度フラックス(矢印)

定常ロスビー波の生成・増幅

- 山岳、局所的な加熱、流れの力学的な不安定
- ブロッキングからロスビー波へ

500hPa高度の平年値(等値線、左:1月北半球、右:7月南半球)

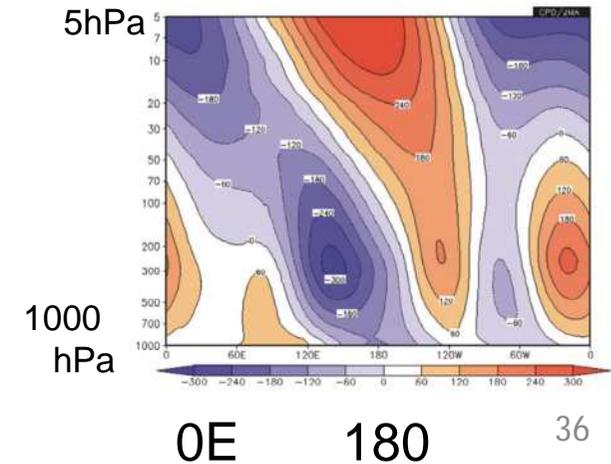
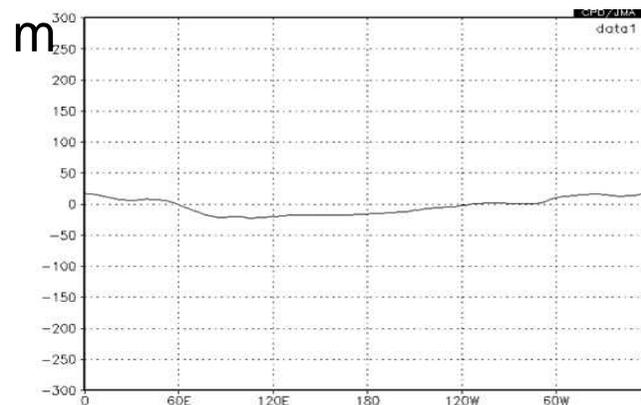
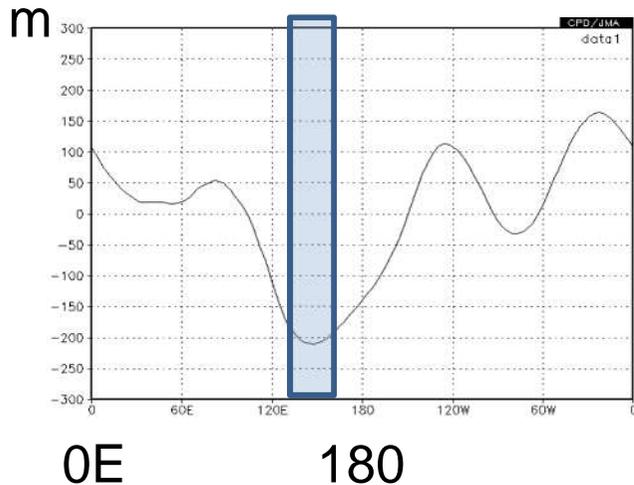


平年値にも定常ロスビー波はある。山岳、局所的な加熱などにより生成されたもの。水の惑星だったら平年値には定常ロスビー波は見られない(ロスビー波はできるが、平均操作で消えてしま

う)。

500hPa高度の平年値の帯状平均からのずれ(左:1月北緯40度、右:7月南緯40度)

高度の平年値の帯状平均からのずれ(12~2月平均、北緯45度における経度高度断面図)



熱帯の非断熱加熱によって強制される定常ロスビー波

熱帯域の非断熱加熱に対する対流圏上層
(300hPa)の線形応答 (1月)

1月の平年の非断熱加熱

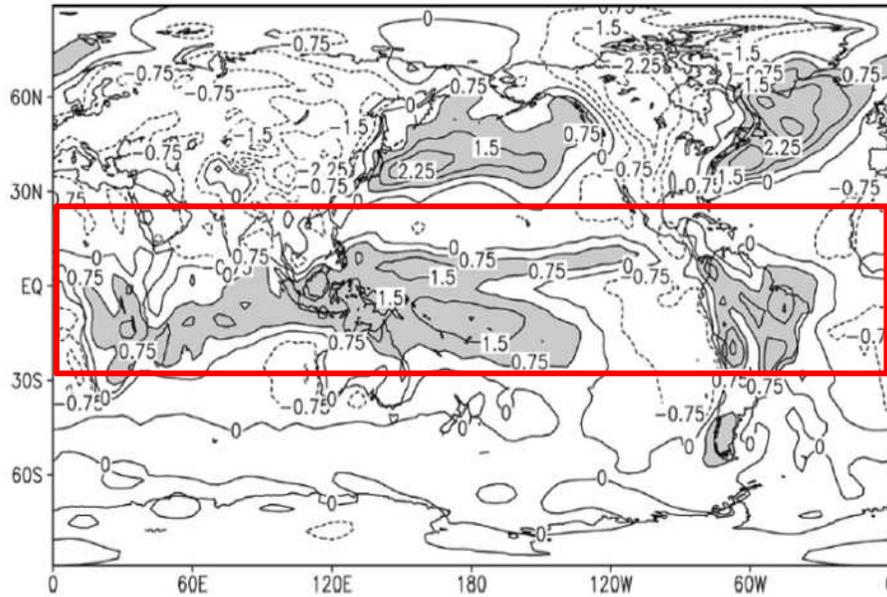
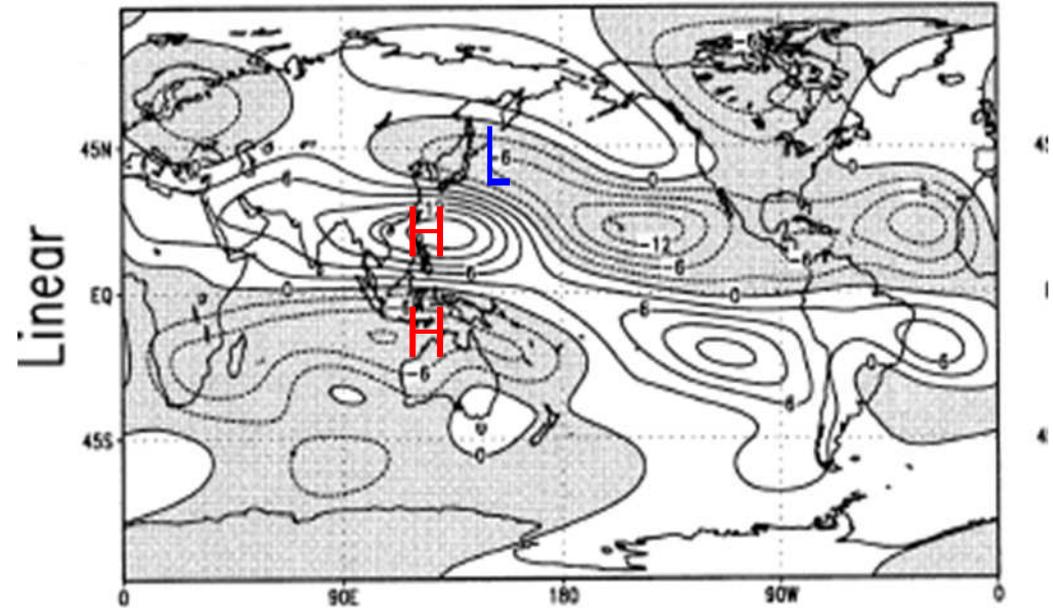


FIG. 8. The column-averaged diabatic heating field in Jan obtained from the NCEP-NCAR reanalysis as described in the appendix. The contour interval is 0.5 K day⁻¹.

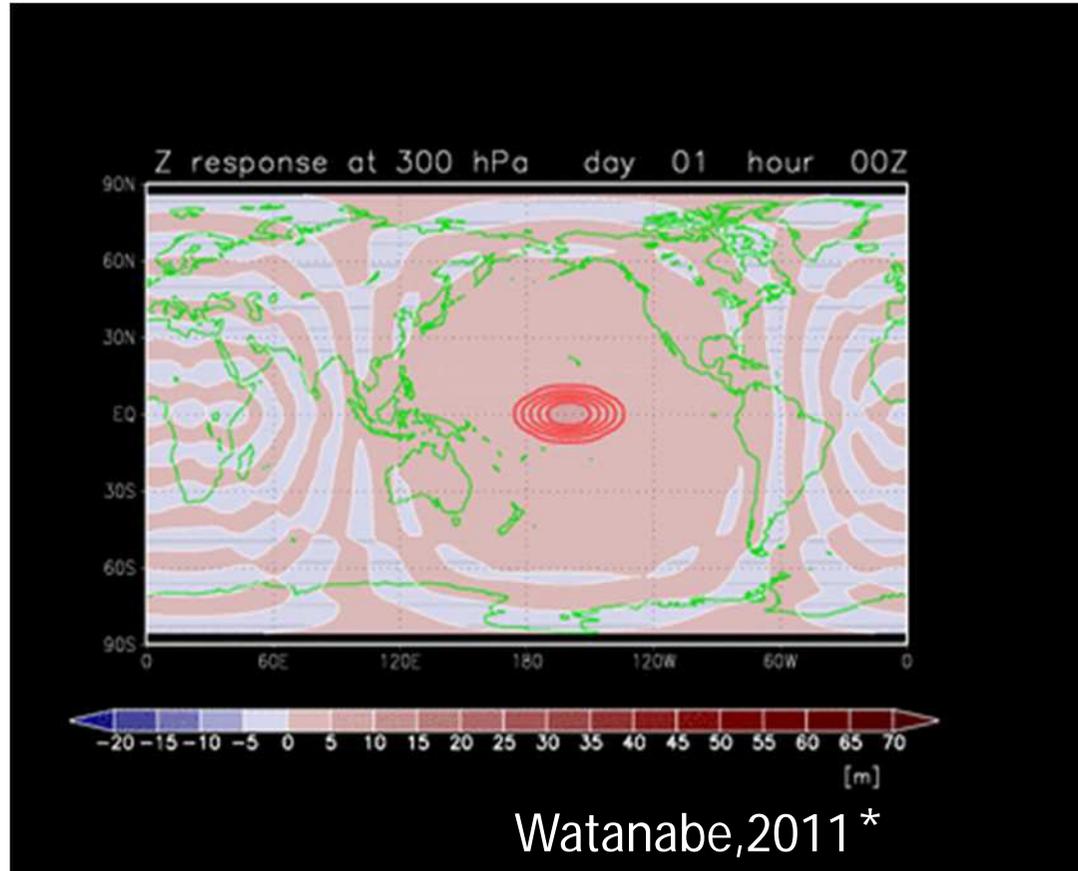


Held et al. (2002)

平年の帯状平均風を基本場として、左：非断熱加熱。右：左の熱帯（北緯25～南緯25度）の非断熱加熱に対する線形応答、等値線は300hPaの流線関数の帯状平均からの偏りで、値は任意。

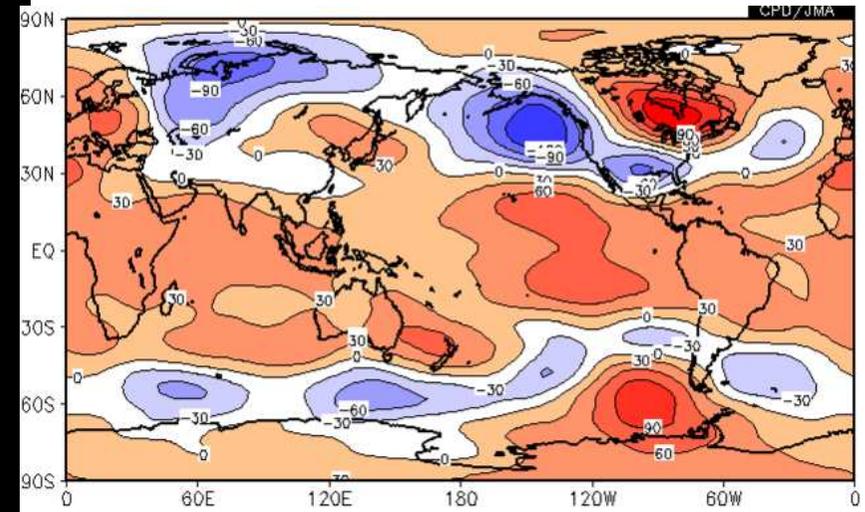
海洋大陸付近の加熱(それに伴う上層発散)は、定常波の強制を通して日本の冬を寒くする

熱帯の非断熱加熱に対する応答の時間発展



中部太平洋赤道域での大気加熱(赤色の楕円)に対する大気の線形応答(シミュレーション)。300hPa(上空約9km)の高度で、中緯度の正は偏西風の北への蛇行、負は南への蛇行に対応。

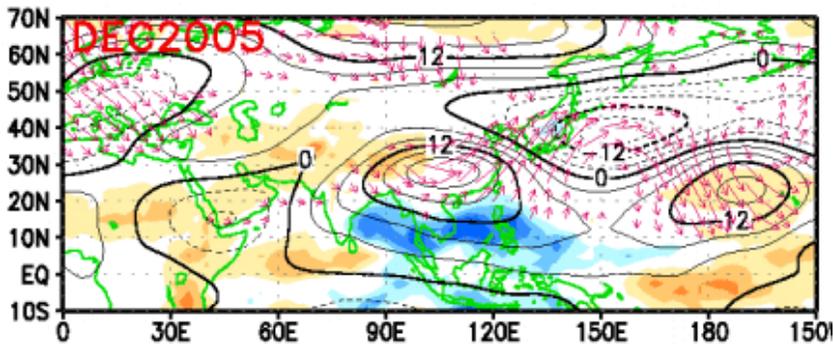
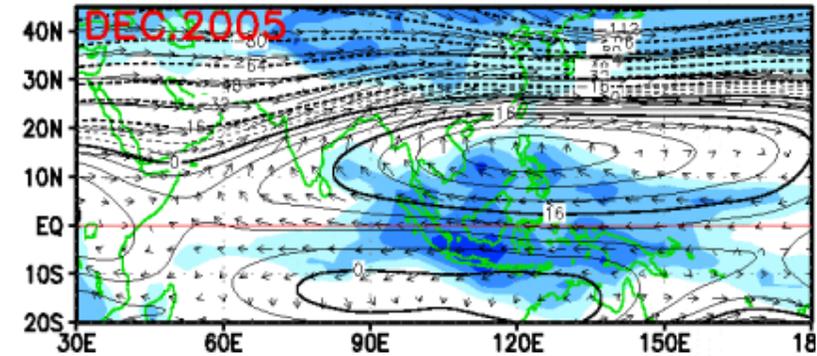
* 2011年に開催された“Twelfth Joint Meeting for the Seasonal Prediction of the East Asian Winter Monsoon”における発表資料より



顕著なエルニーニョが発生していた1997/98年冬の300hPa(上空約9km)の高度偏差。

熱帯域における水蒸気の凝結に伴う大気加熱が、中緯度に定常ロスビー波、すなわち偏西風の蛇行を作る

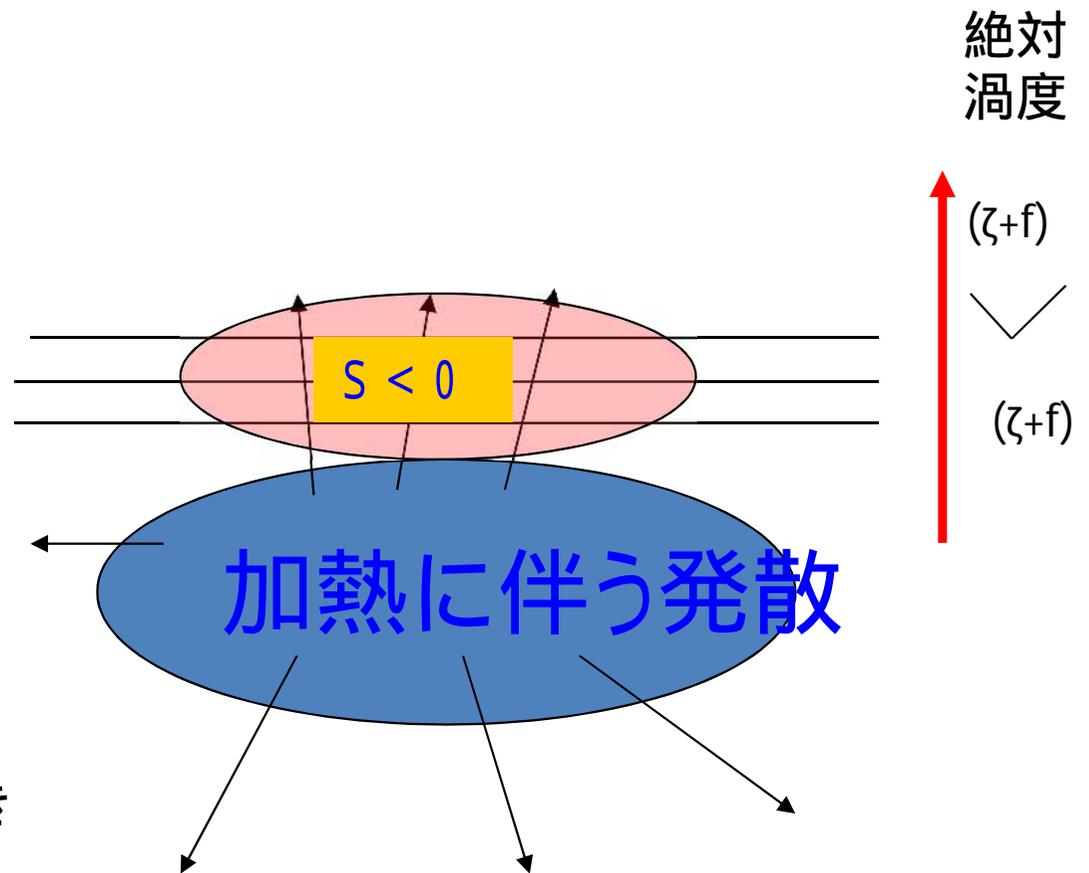
熱帯の対流による加熱によって励起された定常ロスビー波 (実例: 2005年12月)



2005年12月 200hPa流線関数、
OLR (上) と同偏差 (下)

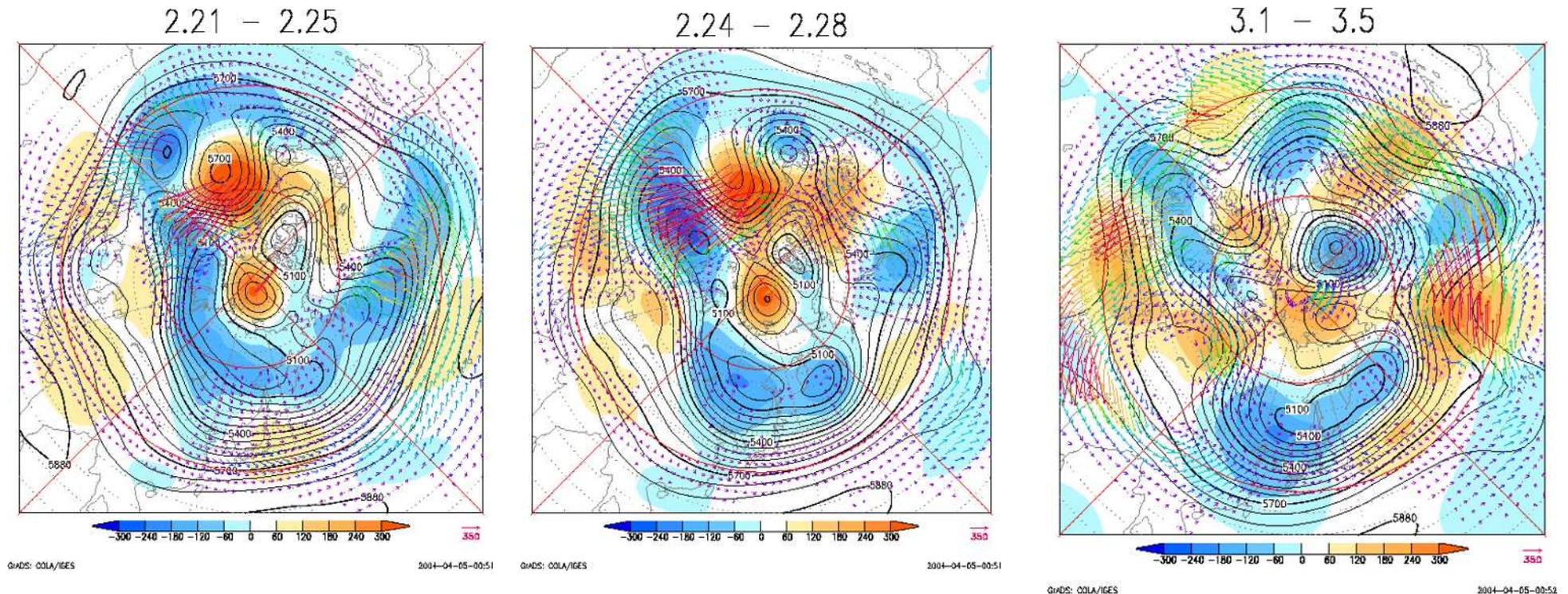
ジェット気流近くなど絶対渦度の傾度大きな地域での発散が効果的

前田と渡部, 2007



* 中高緯度への影響は単純ではない

ブロッキング高気圧の崩壊の過程 で射出される定常ロスビー波束

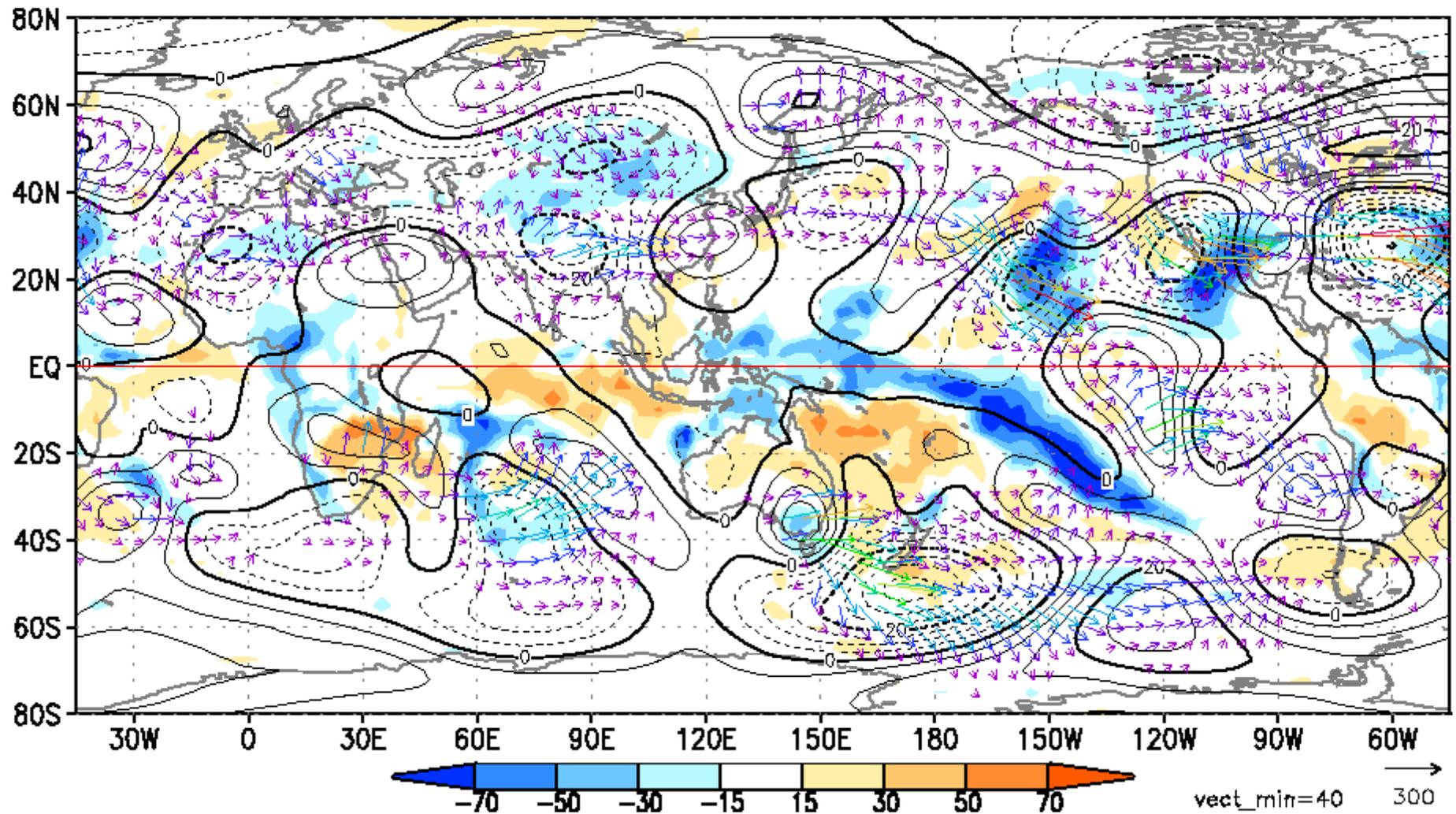


500hPa高度と偏差、250hPaの波の活動度フラックス(5日平均)

- 大西洋のブロッキングが、ロスビー波束を射出しながら衰弱する。
- そのロスビー波束が亜熱帯ジェット(アジアジェット)沿いに伝播し、日本付近に深いトラフやリッジを作り、日本の天候に影響を与える。

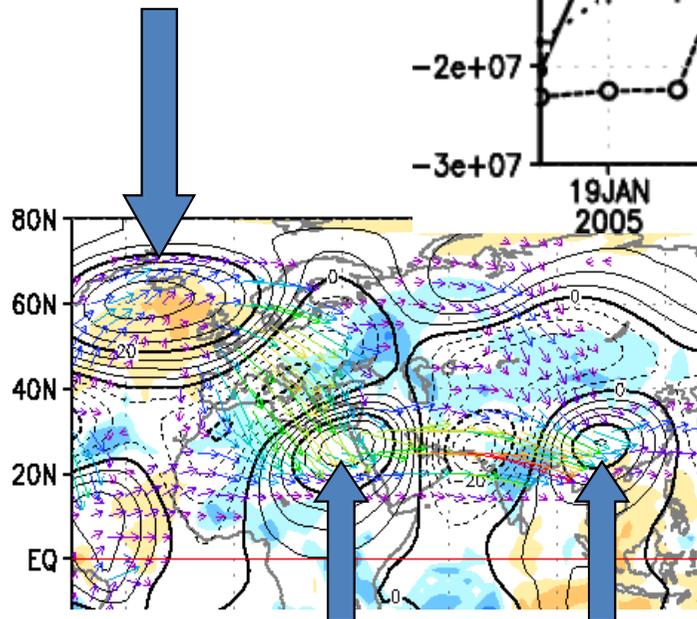
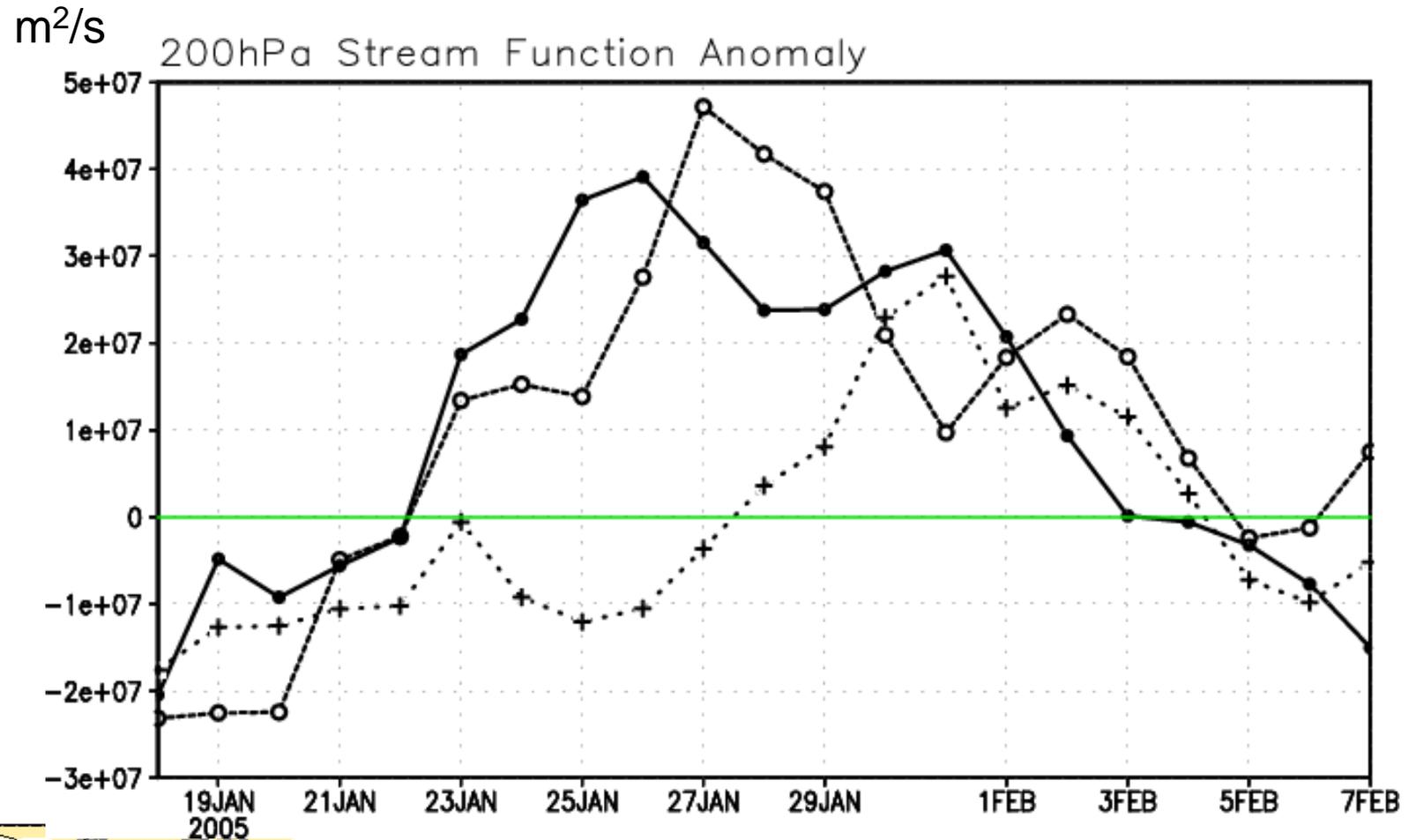
实例：2005年2月

5-day mean stream function anomalies at 200hPa 2005.1.18-
2.2 - 2.6



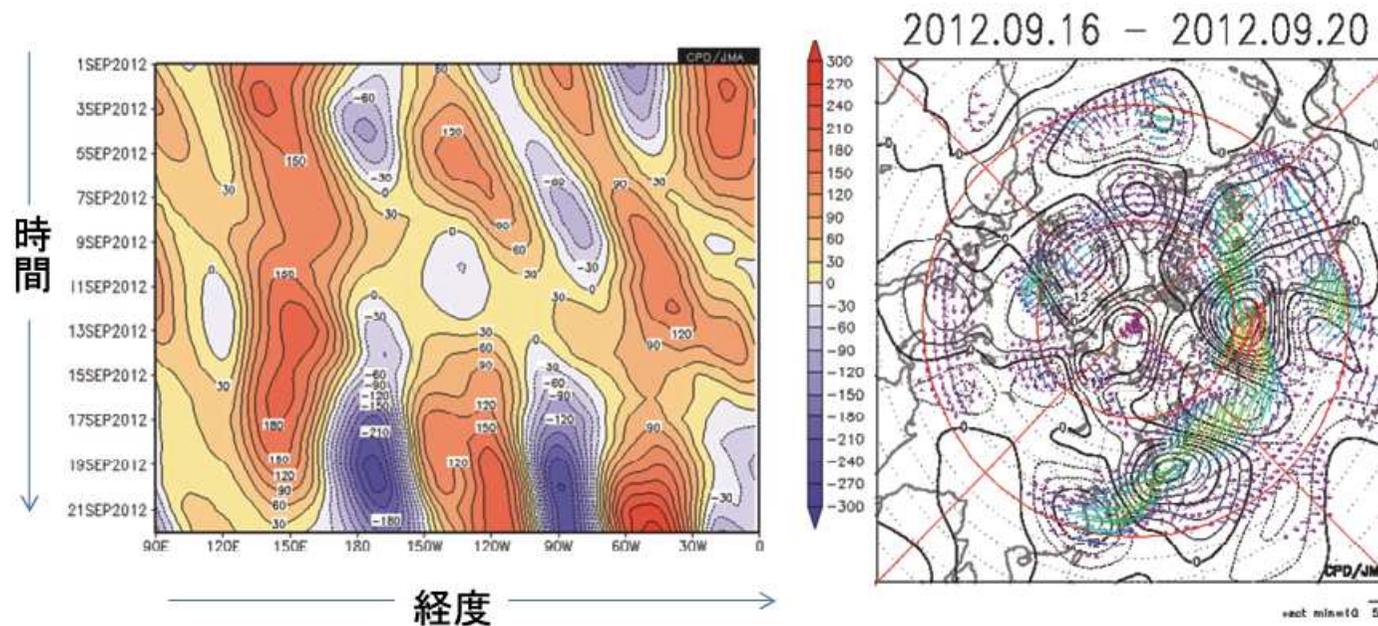
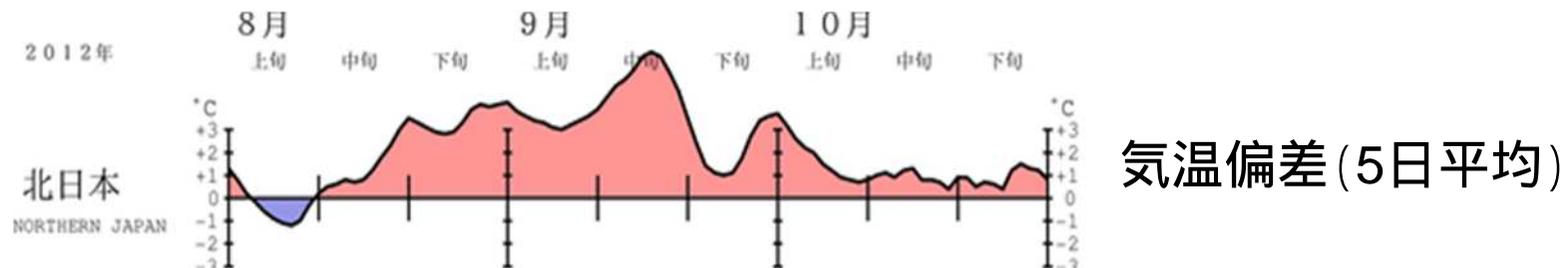
Maeda, Sato & Ito (2007)

ロスビー波の射出によるブロッキングの減衰



左図に大きな矢印で示した場所における、200hPa
流線関数偏差。2005年1月18日～2月7日

実例：定常ロスビー波束の伝播による2012年9月の記録的な残暑の終わり



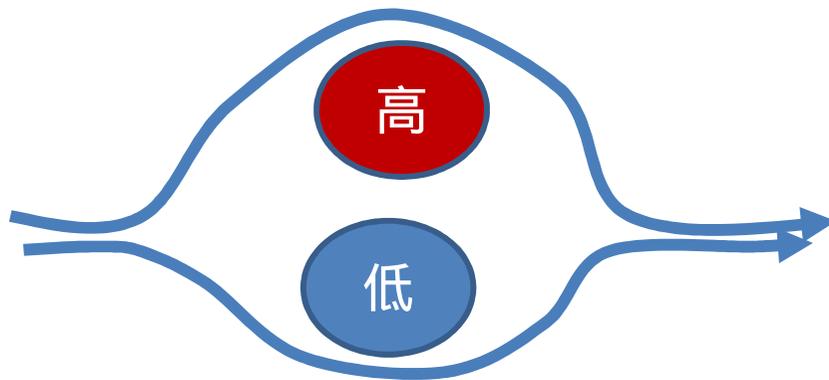
第 5. 1. 7 図 2012 年 9 月の記録的な残暑と定常ロスビー波束の伝播

左) 300hPa のジオポテンシャル高度の年間偏差。40°N~60°N で平均した時間経度断面図。2012 年 9 月 1 日~9 月 22 日。5 日移動平均。等値線間隔は 30m。右) 300hPa の Takaya and Nakamura (2001) の定常ロスビー波の「波の活動度フラックス」(矢印)。水平成分のみ。2012 年 9 月 16 日~9 月 20 日の 5 日平均。ベクトルのスケールは図の右下を参照で、単位は m^2/s^2 。等値線は、300hPa の流線関数年間偏差で、単位は $10^6 m^2/s$ 。等値線の間隔は $4 \times 10^6 m^2/s$ 。

2.2 偏西風の大きな蛇行とブロッキング

ブロッキングとは？

- ・中高緯度偏西風帯のジェット気流が大きく南北に蛇行、分流し、その状態が1週間程度以上の長きにわたって続くこと。
- ・ジェット気流が北へ蛇行したところでは、対流圏全層にわたる背の高い高気圧が形成され、これをブロッキング高気圧とよぶ。
- ・ジェット気流上を東進する移動性高低気圧がその進行を「ブロック」されるようになる。
- ・ロスビー波の親戚



双極子型

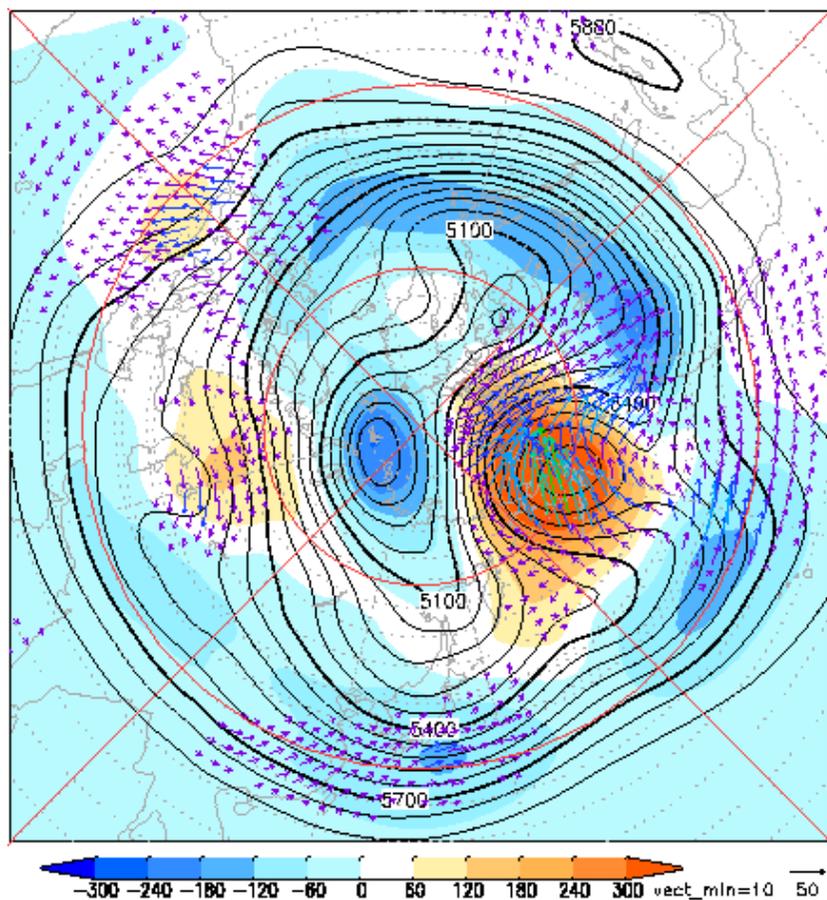


オメガ(Ω)型

ブロッキングの例

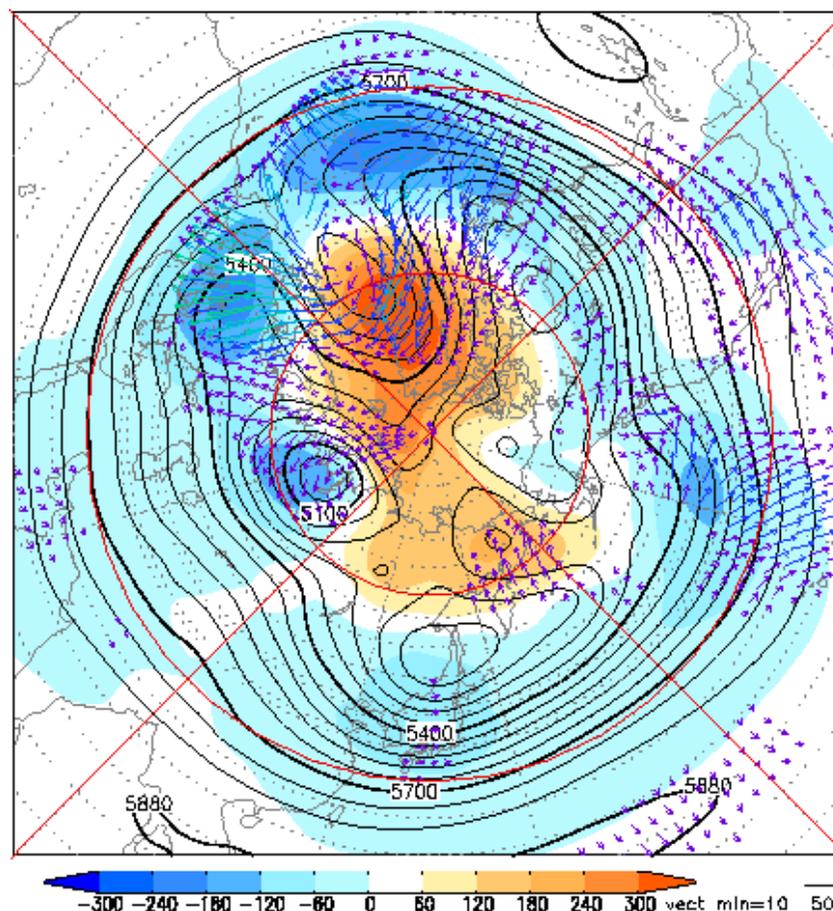
10日平均500hPa高度と偏差

12.18 - 12.27



1983年。北太平洋のブロッキング。東京大学木本教授の favorite blocking

12.11 - 12.20

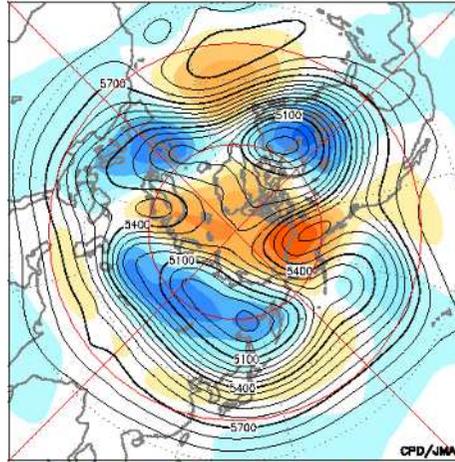


2009年。北大西洋のブロッキング。欧州の大寒波と関係。

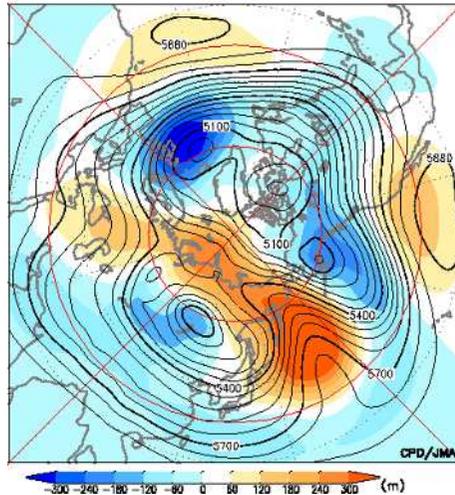
ブロッキングの例

5日平均500hPa高度と偏差

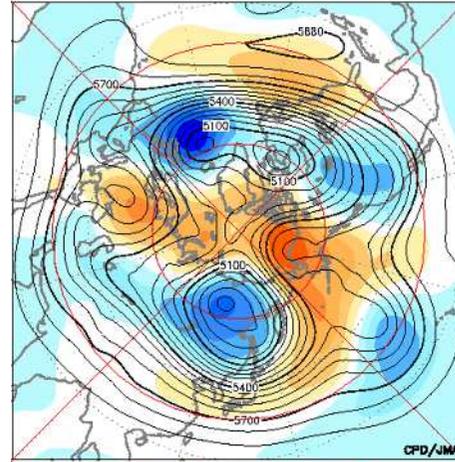
2014.01.26 - 2014.01.30



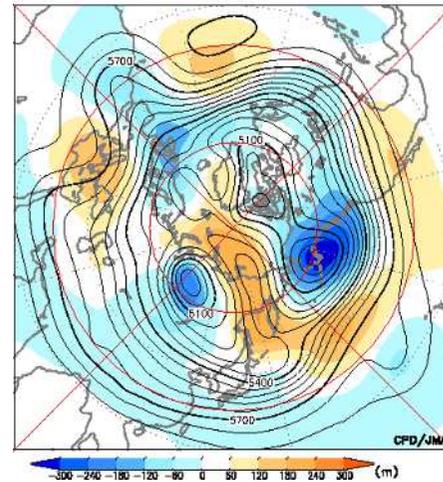
2014.02.10 - 2014.02.14



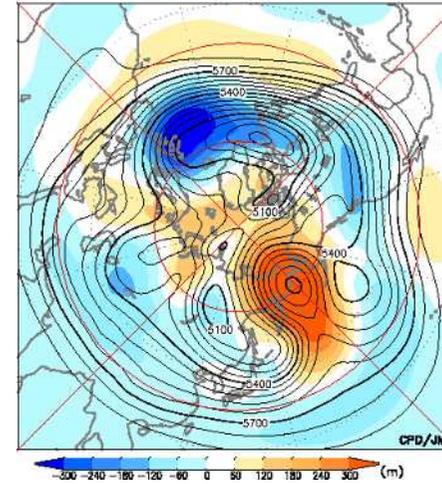
2014.01.31 - 2014.02.04



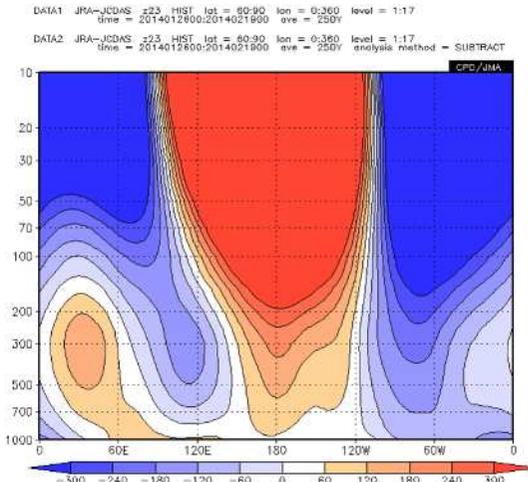
2014.02.15 - 2014.02.19



2014.02.05 - 2014.02.09



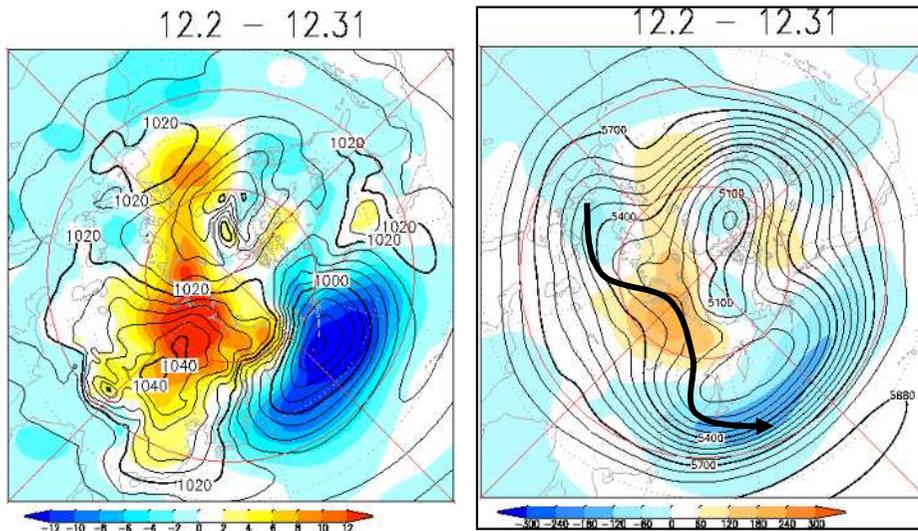
高度の帯状平均からのずれ (2014/1/26-2/19), 北緯60-90度平均の経度高度断面図)



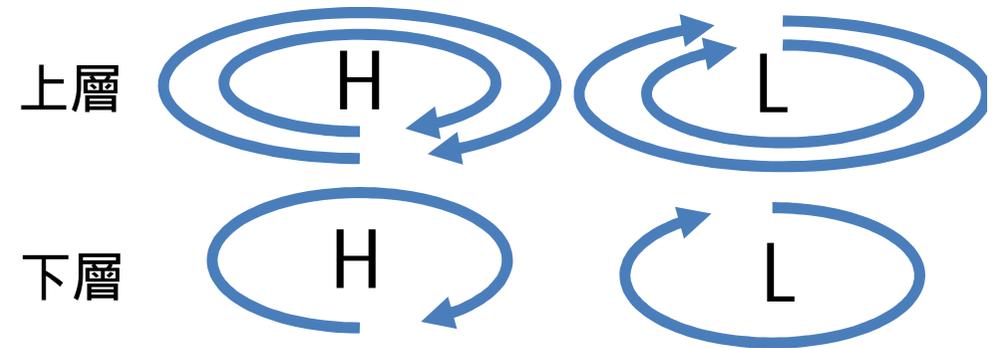
2014年。南岸低気圧の進行を阻害したブロッキング

2.3 偏西風の蛇行と地上気圧配置

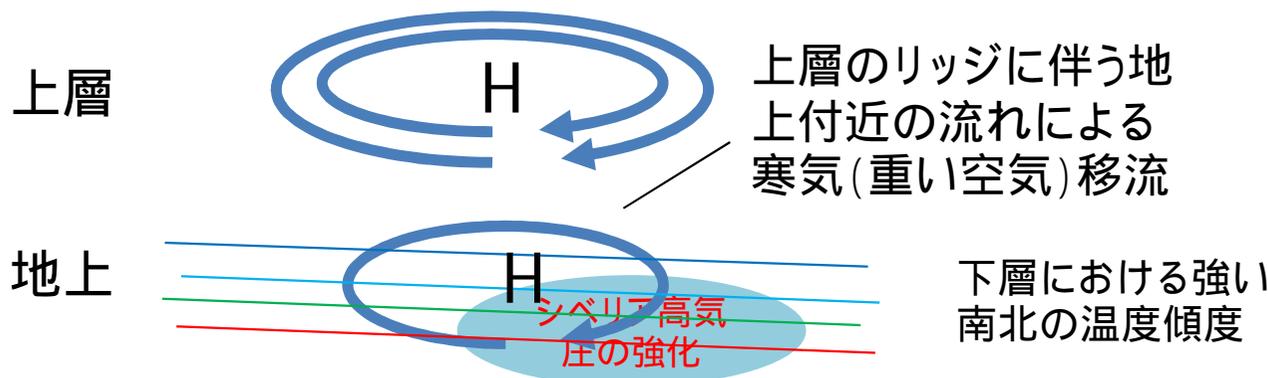
2005年12月の地上気圧と500hPa高度



寒帯前線ジェット気流の北向きの蛇行に伴うシベリア高気圧の増幅



定常ロスビー波の(水平)伝播に伴う偏西風の蛇行は、圏界面付近でもっとも振幅が大きく、上下方向に位相が変わらない等価順圧な構造をしていることが多い(そうでないと遠くまで伝播してこれない)。すなわち、上層がリッジなら下層もリッジ。



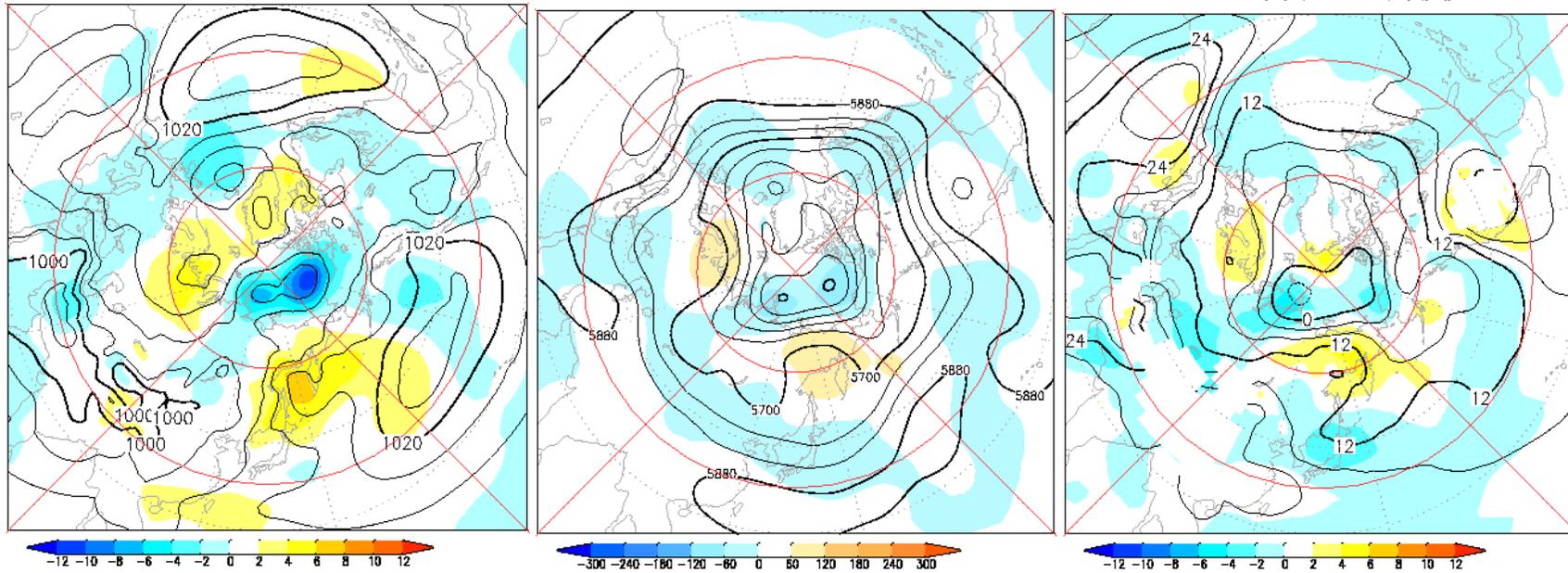
一方、地上付近には、海陸分布の影響で、南北や東西の温度経度が強いところがある。そういった場所では、偏西風の蛇行に伴う地上付近の流れによる温度移流が、地上気圧に影響を与える(寒気移流なら地上の高気圧を強める。中部シベリアのリッジ・ブロッキングに伴うシベリア高気圧の増幅や、東シベリアのリッジ・ブロッキングに伴うオホーツク海高気圧の増幅がその例)。

2003年7月の地上気圧(左)と500hPa高度(中)と850hPa気温(右)

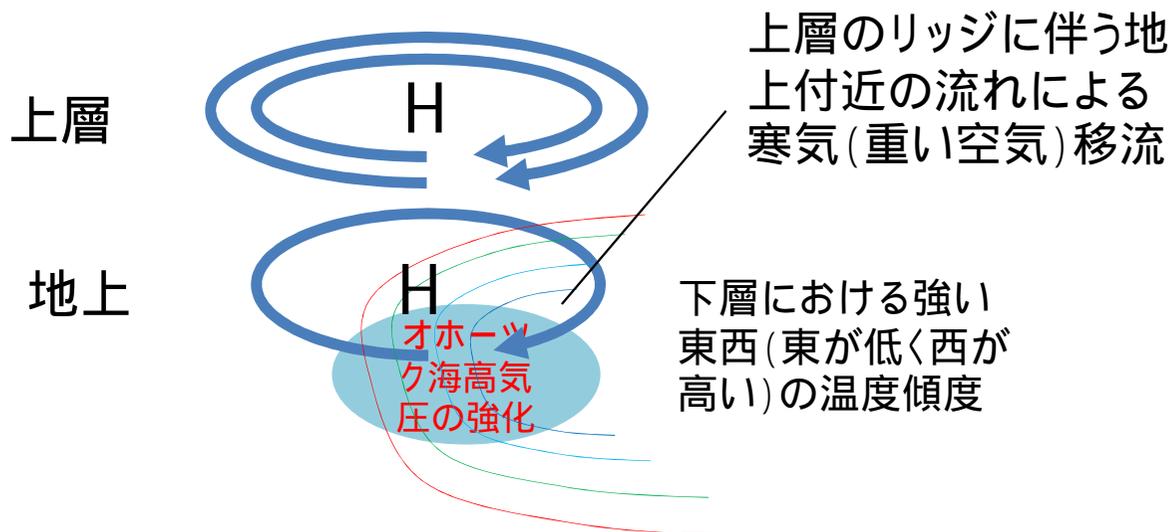
7.1 - 7.30

7.1 - 7.30

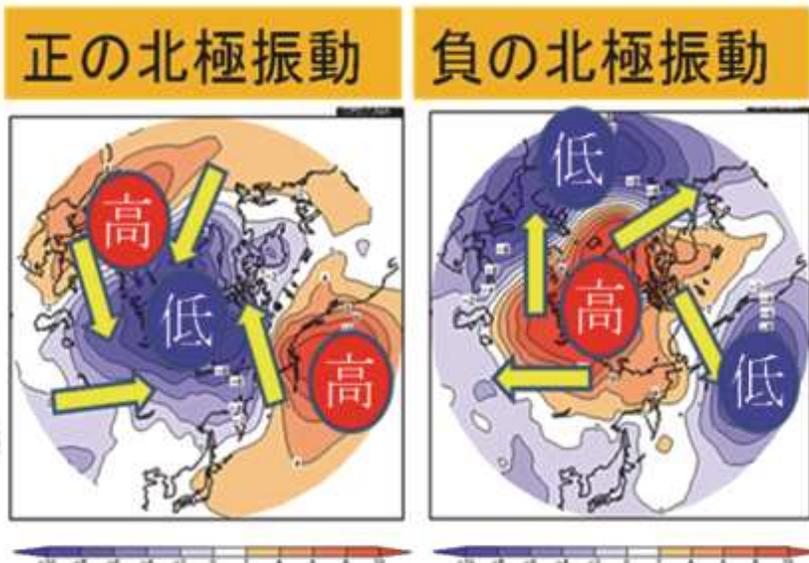
7.1 - 7.30



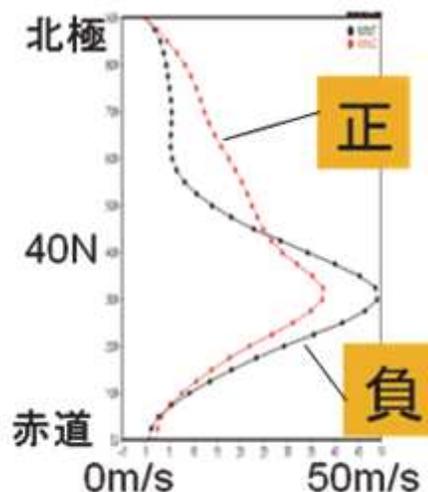
東シベリアにおける寒帯前線ジェット気流の北向きの蛇行(ブロッキング?)に伴うオホーツク海高気圧の増幅



2.4 偏西風の北偏・南偏の持続



季節予報の現場では、波列的な「偏西風の蛇行」よりも東西方向の空間スケールの大きな現象を「偏西風の南偏・北偏」と呼ぶことが多い(両者に明確な区別はない)。単純な定常ロスビー波の伝播だけでは理解できない、この南北シーソー的な変動の代表的なものが、北極振動(AO)である。



第2.4.7図 北極振動が卓越した冬の海面気圧平年偏差と200hPaの東西風(带状平均)

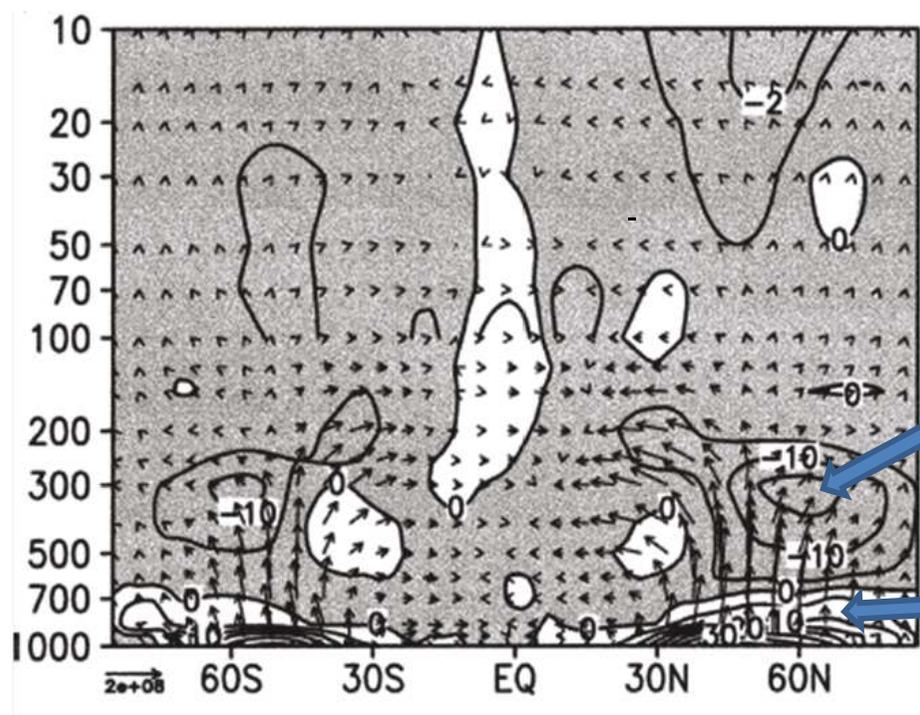
左：海面気圧平年偏差、1988/89年冬(12~2月)

右：海面気圧平年偏差、2009/10年冬(12~2月)

下：带状平均した200hPa東西風の緯度分布。赤：1988/89年冬、黒：2009/10年冬。

ロスビー波は流れを変える

本来(流れによる影響のない場合)の位相速度が西向きのロスビー波は、西向き(東風)の運動量(東風)を持っている。したがって、ロスビー波の活動度(エネルギー)が収束すると東風加速(西風減速)、発散すると西風加速をする。



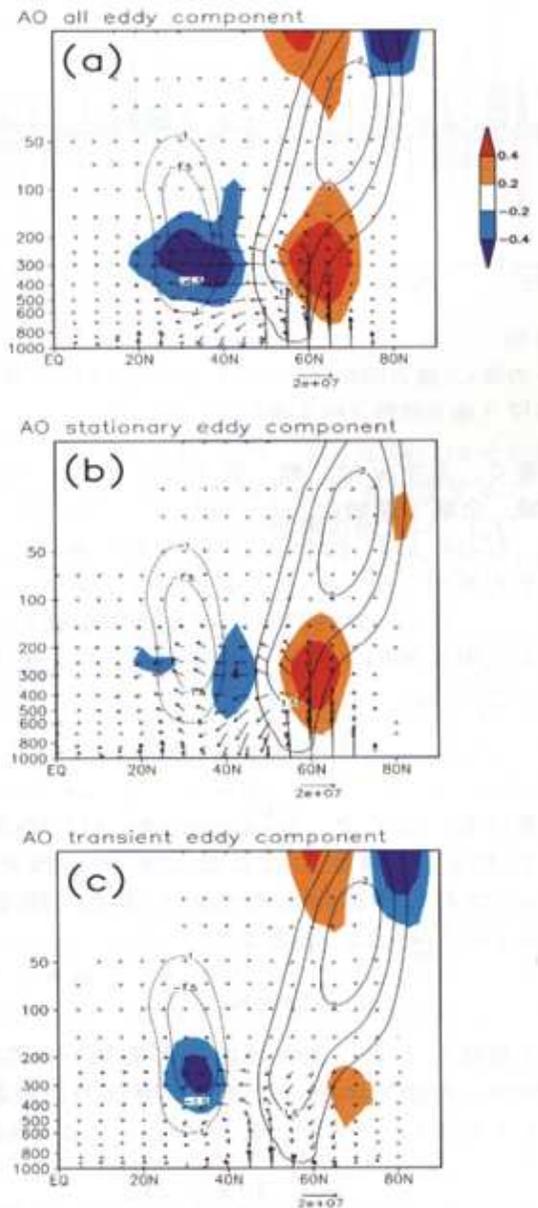
ロスビー波の活動度の収束による西風減速域

ロスビー波の活動度の発散による西風加速域

第 5.1.6 図 E-P フラックス (矢印) とその発散 (等値線と影)

気象庁/気象研究所の大気大循環モデル(MRI/JMA98-GCM)による冬のシミュレーションより計算。E-P フラックスの東西方向のスケールは図左下に表示し、単位は kg s^{-2} 。鉛直方向はフラックスの向きが実際に伝播している向きと等しくなるように 460 倍している。E-P フラックス発散の等値線間隔は、100hPa より下は $5\text{ms}^{-1}\text{day}^{-1}$ 、上は $1\text{ms}^{-1}\text{day}^{-1}$ 。Tanaka et al. (2004) の Fig. 2 から転載。

北極振動は、偏西風とロスビー波の正の相互作用で維持されている



第 2.4.8 図 「北極振動」に伴う循環偏差の子午面断面図

等値線は帯状平均東西風 (0.5m/s 毎で、大きさ 1 m/s 未満は未表示)。矢印は EP フラックスの偏差 (単位は m^2/s^2)。影はその発散・収束。正 (暖色系) の発散は西風加速に、負 (寒色系) の収束は西風減速に対応する。(a)全擾乱、(b)定常擾乱成分、(c)非定常擾乱成分。木本と渡部(2004)より。EP フラックスについては第5章参照のこと。

偏西風の南北の偏り

ロスビー波の伝播特性の変化

偏西風の南北の偏りの強化

.....

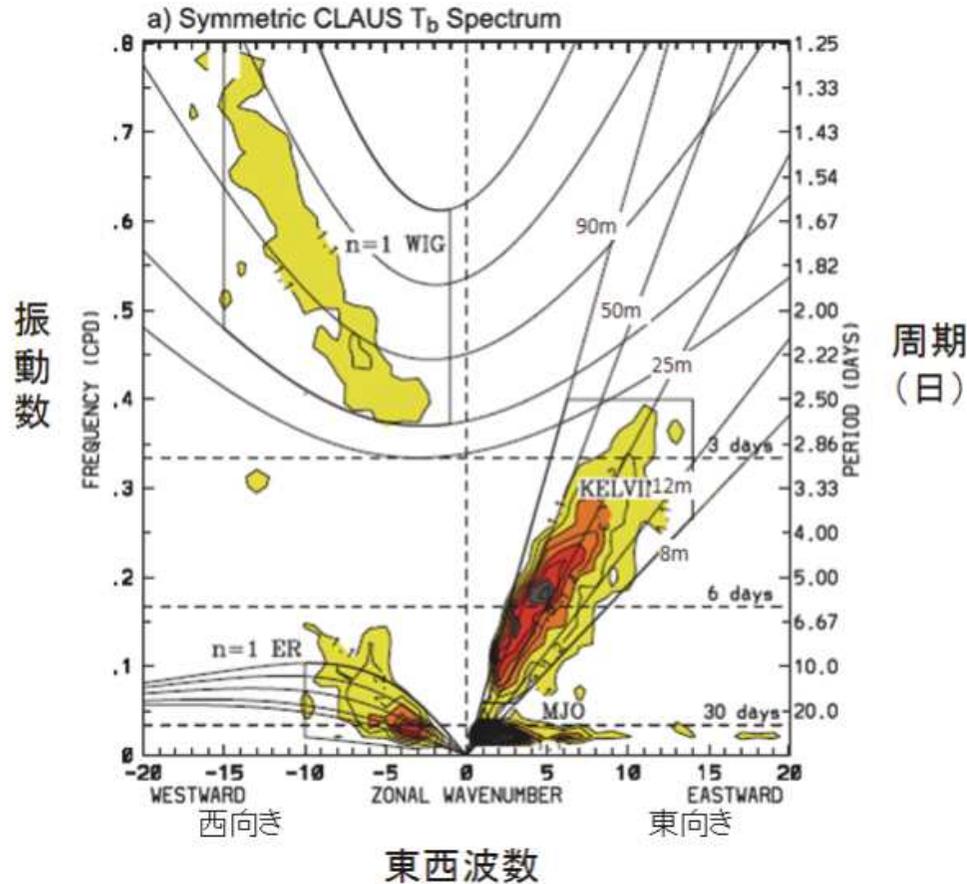
正のフィードバック(持続性の長い現象にありがちな過程)

2.5 熱帯域の現象

2	季節予報に関わる大気・海洋現象	14
2.1	はじめに	14
2.2	日本の天候の季節変化	17
2.3	日本の天候の季節変化をもたらす大気循環場の季節変化	28
2.3.1	日本付近のジェット気流の変化とその要因	28
2.3.2	日本付近の移動性擾乱の活動の変化とその要因	37
2.3.3	停滞性の高低気圧及び前線の特徴と形成メカニズム	41
2.3.4	アジアモンスーンの季節変化	83
2.3.5	熱帯域大気循環・海面水温の季節変化	95
2.4	様々な時間スケールの大気・海洋の変動	103
2.4.1	偏西風の変動とテレコネクションパターン	103
2.4.2	熱帯季節内変動とその影響	112
2.4.3	エルニーニョ／ラニーニャ現象に代表される熱帯海洋変動とその影響	123
5	季節予報に関わる現象のメカニズムを理解するための力学的な基礎知識	282
5.1	準地衡風近似による北半球中・高緯度大気の大規模な現象の理解	282
5.2	赤道 β 平面近似による低緯度の大気の大規模な循環の理解	306
5.3	熱帯大気と中・高緯度大気との関係	315

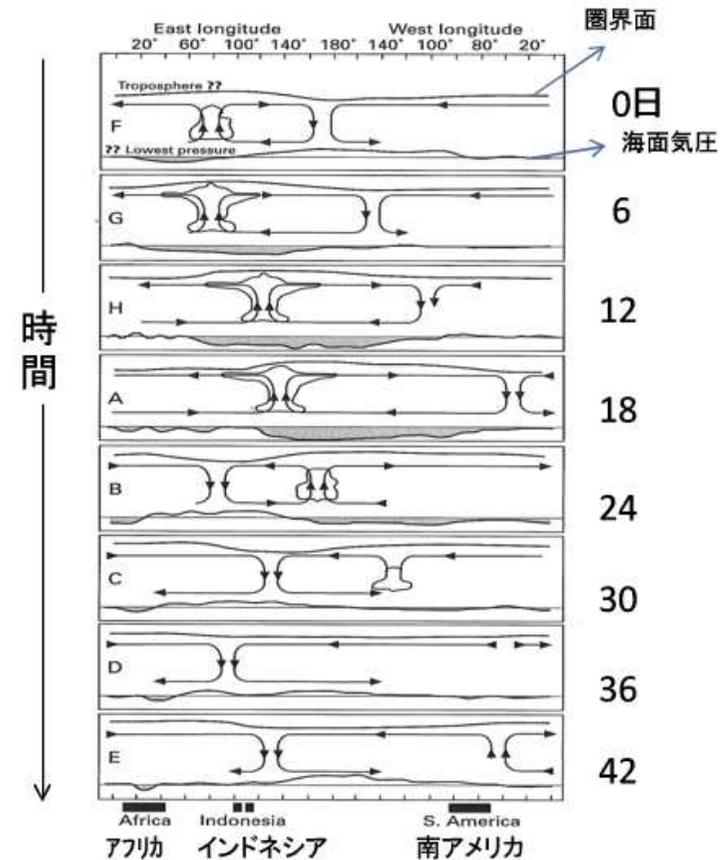
熱帯季節内変動とその影響

熱帯の雲の活動の時空間スペクトル



第 2.4.11 図 衛星から測った輝度温度の波数-振動数パワースペクトル
赤道での東西波数が横軸、振動数が縦軸である。東西波数が正は東向き、負は西向きに移動する変動に対応。1983 年 7 月～2005 年 6 月の 23 年間のデータについて緯度毎に南北対称成分のパワースペクトルを求め、15°S～15°N で平均したもの。赤色ノイズのパワースペクトルとの比が記述しており、等値線間隔は 0.1 で、95%以上の信頼度で対流活動の変動が有意な領域 (1.1 以上) を記載。図中の曲線は、等価深度 8、12、25、50 及び 90m について、静止大気の浅水方程式から求められる赤道ケルビン波、n=1 の赤道ロスビー波、n=1 の慣性重力波の分散曲線である。赤道波の詳細については、第 5 章を参照のこと。Kiladis et. al. (2009) の figure1 に加筆。

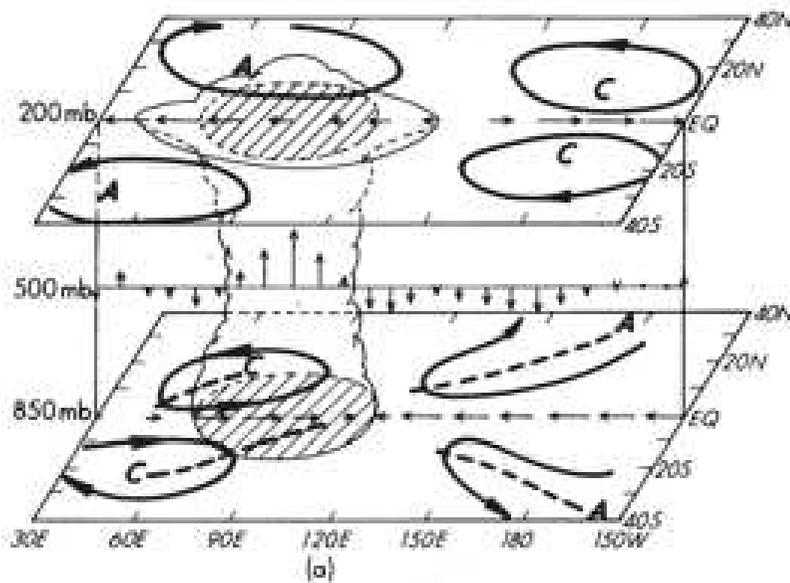
MJO: マッデン・ジュリアン振動



第 2.4.12 図 赤道域の経度-高度断面図による MJO の模式図

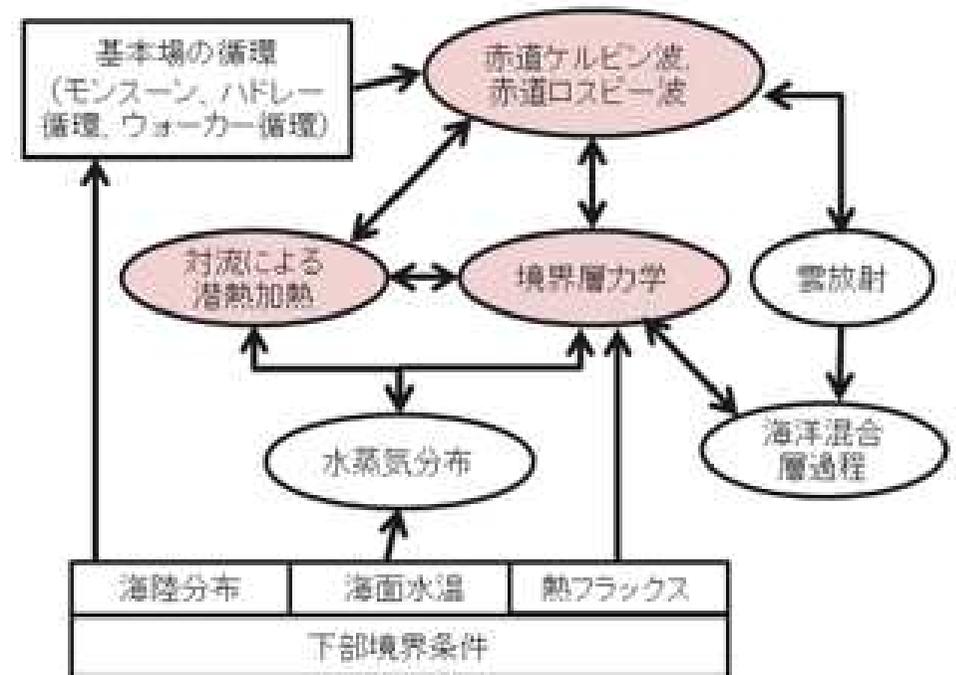
上から時間毎に並べてあり、周期を 48 日とすると 1 枚毎に 6 日進む。図中の矢印は東西風の偏差を、図の下の曲線は海面気圧の偏差を、上の曲線は圏界面高度の偏差を、雲のような形は対流活動とその強さを表す。Madden and Julian (1972) の Fig. 16 に加筆。

MJOの3次元構造と関係する過程



第 2.4.14 図 MJO の 3 次元構造の模式図

対流活動がインド洋で活発な位相。対流圏上層(200hPa)と下層(850hPa)の風の回転成分と赤道に沿った東西風、中層の上昇・下降流、対流活動。Aは高気圧性循環、Cは低気圧性循環。Rui and Wang(1990)の Fig. 8 から転載。

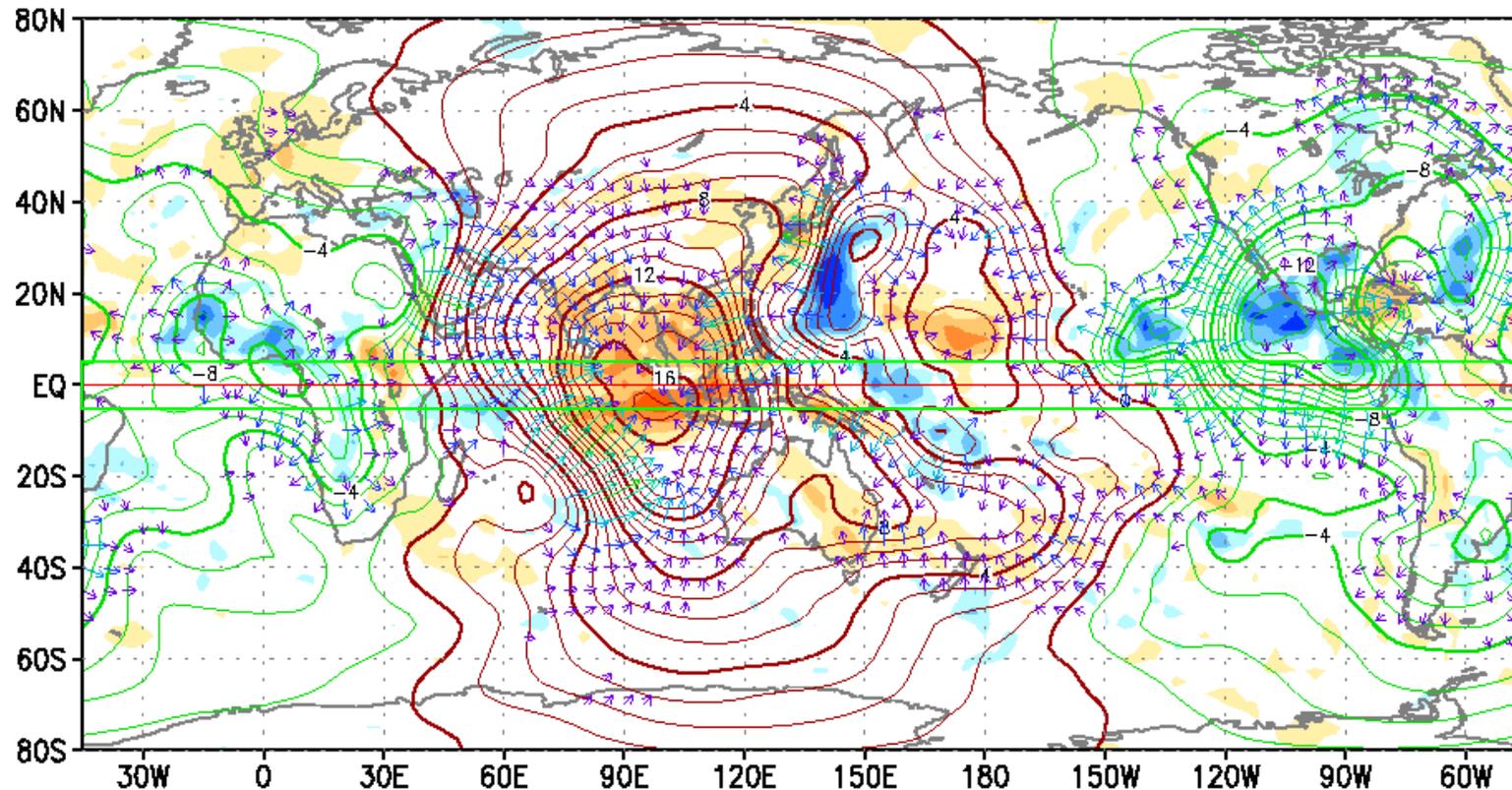


第 2.4.15 図 MJO に関する様々な過程とそれらの相互作用

Wang(2005)の Figure 10.1 に基づき作図。

熱帯季節内変動のアニメーション

2006. 10.11 - 10.15

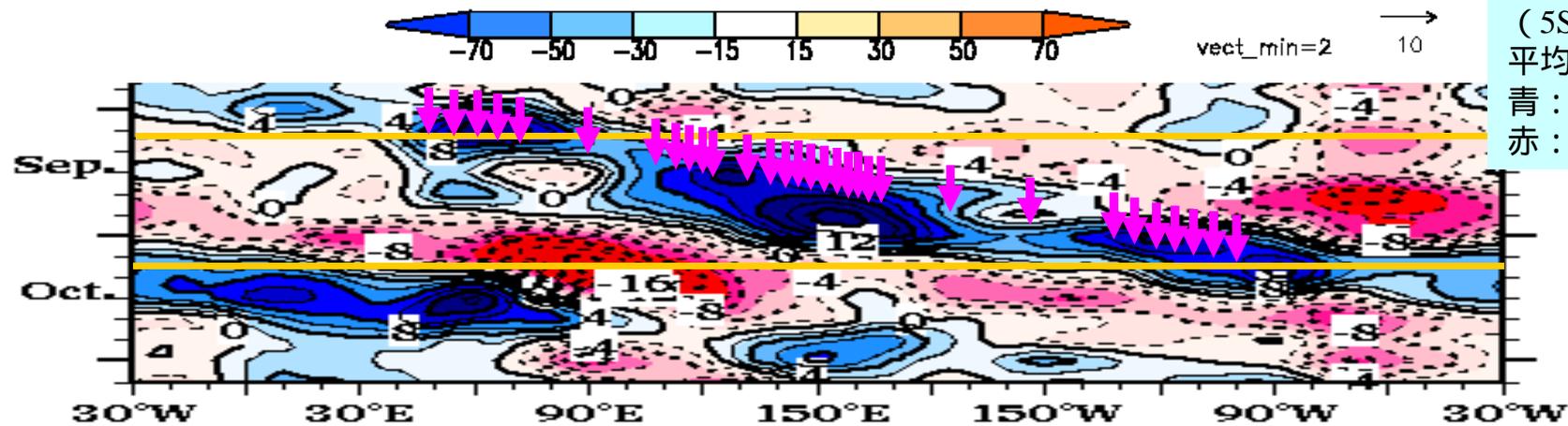


-OLR偏差 (W/m^2)
 青：対流活発
 橙：対流不活発

-200hPa速度ポテンシャル偏差
 ($10^6 m^2/s$)
 緑：上層発散
 茶：上層収束

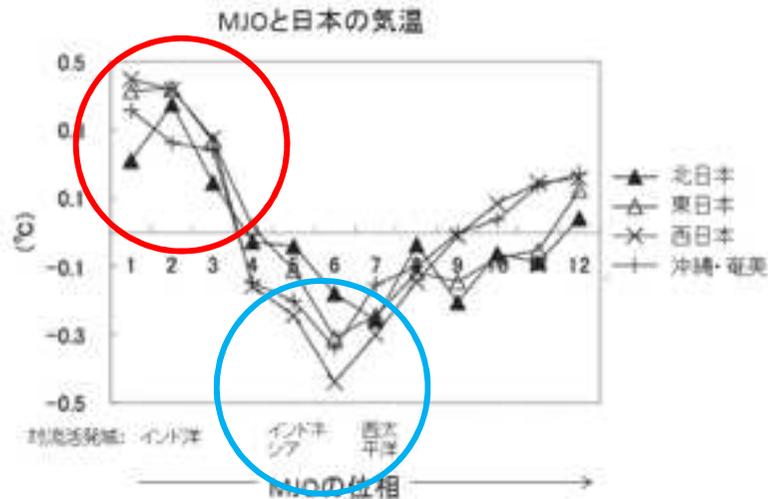
-200hPa発散風偏差
 ベクトル (m/s)

-200hPa速度ポテンシャル偏差
 (5S-5Nの領域で平均).
 青：上層発散
 赤：上層収束



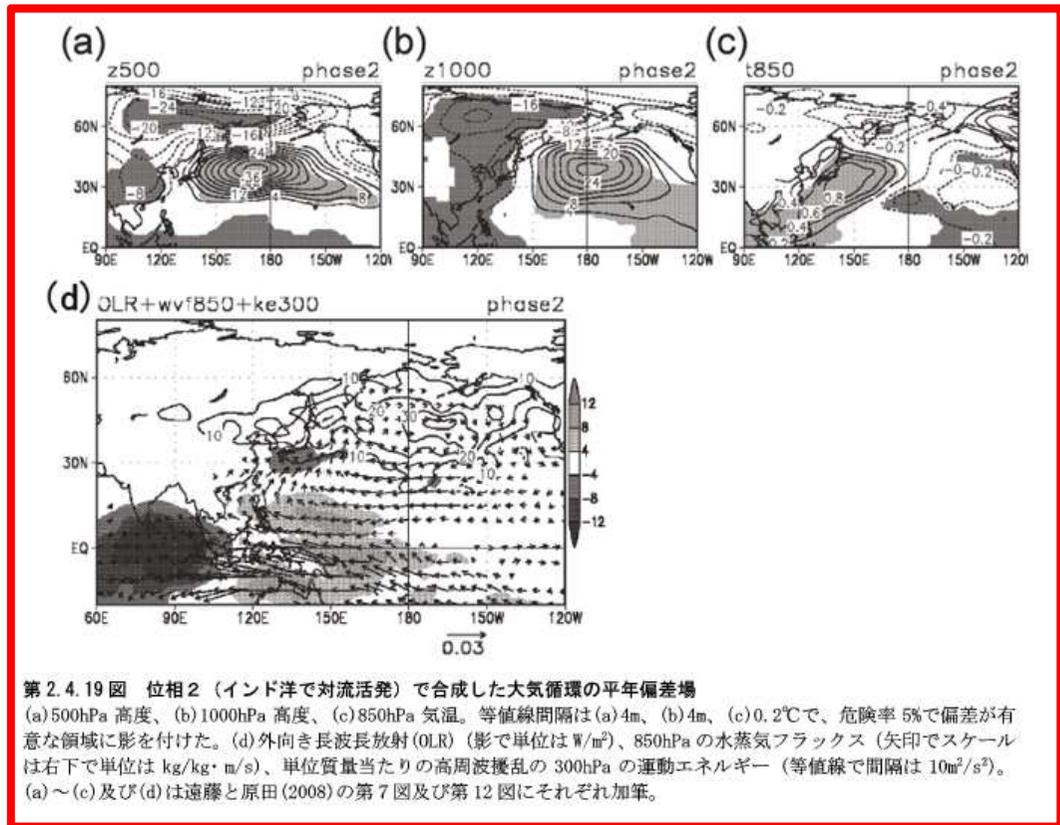
熱帯季節内変動の影響(冬)

インド洋で対流活動が活発→日本高温多雨



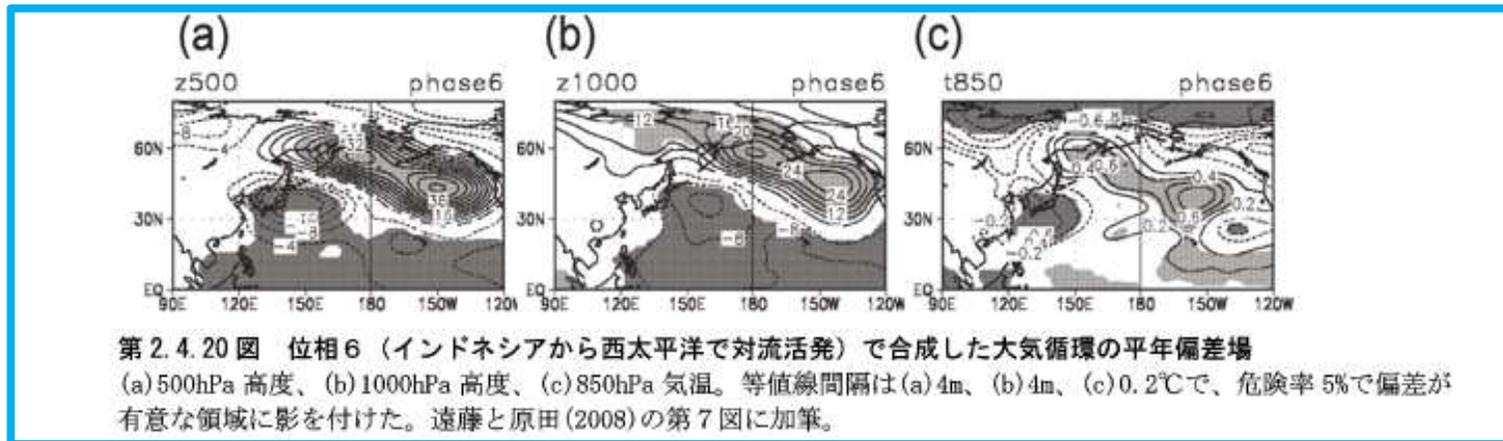
第 2.4.17 図 MJO の位相別 (1~12) に合成した地上気温偏差 (°C)

凡例に示す4つの地域平均値 (北日本、東日本、西日本、沖縄・奄美)。20~70 日の周期帯。平年値は 1971~2000 年のもの。遠藤と原田 (2008) の第 5 図に加筆した。



第 2.4.19 図 位相 2 (インド洋で対流活発) で合成した大気循環の年平均偏差場 (a) 500hPa 高度、(b) 1000hPa 高度、(c) 850hPa 気温。等値線間隔は (a) 4m、(b) 4m、(c) 0.2°C で、危険率 5% で偏差が有意な領域に影を付けた。(d) 外向き長波長放射 (OLR) (影で単位は W/m^2)、850hPa の水蒸気フラックス (矢印でスケールは右下で単位は $kg/kg \cdot m/s$)、単位質量当たりの高周波擾乱の 300hPa の運動エネルギー (等値線で間隔は $10m^2/s^2$)。 (a)~(c) 及び (d) は遠藤と原田 (2008) の第 7 図及び第 12 図にそれぞれ加筆。

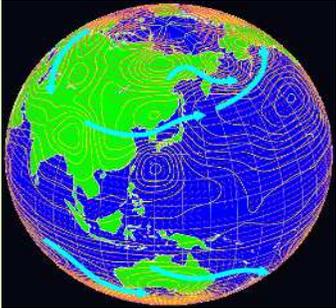
インドネシアで対流活動が活発→日本低温



第 2.4.20 図 位相 6 (インドネシアから西太平洋で対流活発) で合成した大気循環の年平均偏差場 (a) 500hPa 高度、(b) 1000hPa 高度、(c) 850hPa 気温。等値線間隔は (a) 4m、(b) 4m、(c) 0.2°C で、危険率 5% で偏差が有意な領域に影を付けた。遠藤と原田 (2008) の第 7 図に加筆。

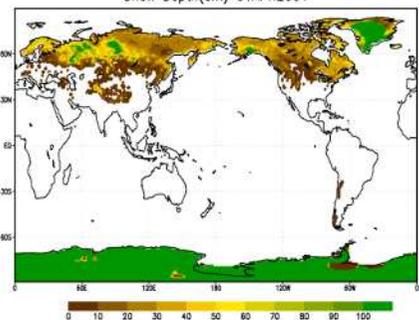
3. 気象庁による季節予報の作成

大気の現在の状態

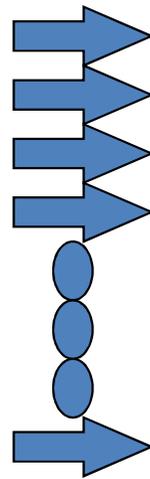
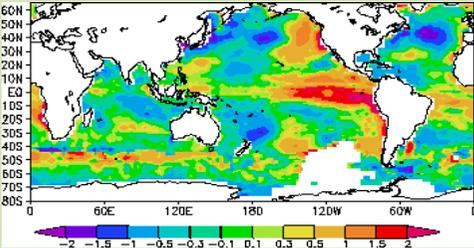


陸面の現在の状態

Snow Depth(cm) 01APR2001

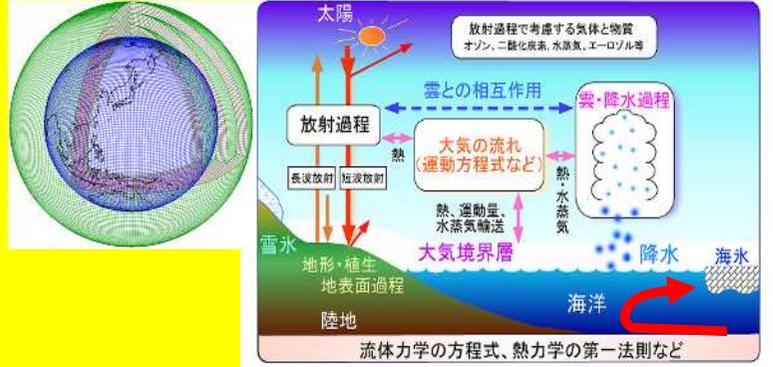


海洋の現在の状態



初期値アンサンブル

**数値予報モデル
(流体力学の方程式の群)**



太陽
放射過程で考慮する気体と物質
オゾン、二酸化炭素、水蒸気、エアロゾル等

放射過程
雲との相互作用
雲・降水過程
大気の流れ
(運動方程式など)
熱・水蒸気
熱・運動量
水蒸気輸送
降水
海水
地形・植生
地表面過程
陸地
海洋

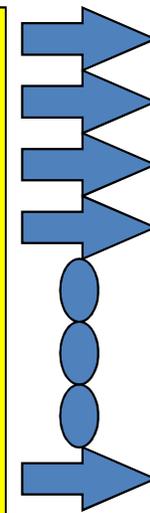
流体力学の方程式、熱力学の第一法則など

**数値予報モデルによる
過去事例の予報実験
(ハインドキャスト)**

初期値・検証データ

長期再解析データ
過去の大気・海洋・陸面の状態

*1か月予報では、大気のみを精緻にした数値予報モデルを用いている。



予報支援資料

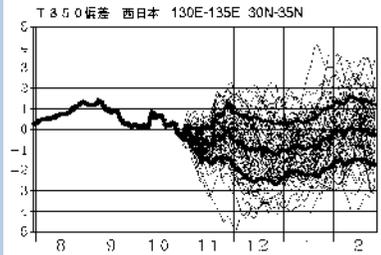
予想天気図類

ガイダンス(統計的
ダウンスケーリング)

精度評価資料

予測

検証結果



T 850 hPa 西日本 130E-135E 30N-35N

西日本の気温の3か月予測例

予報官による予報作成と発表

3.1 1か月アンサンブル予報システム(EPS)の改善 ～ H26.3.6(木)発表分から～

- **全球数値予報モデルの改良**
 - **高解像度化**: **TL159**→**TL319**(110km→55km相当)
 - **物理過程の改良**: **GSM1011C**→**GSM1304**
 - 層積雲スキーム改良、積雲対流スキーム(発動しきい値変更)
- **境界条件(海面水温、海水分布)の改良**
 - **海面水温、海水分布の高解像度化**:
 - COBE-SST(1.0度)→全球日別海面水温解析(MGDSST; 0.25度)
 - **海水分布の改良**: 気候値→**統計的に推定**
- **アンサンブル手法の改良**
 - **確率的物理過程強制法の導入**
(週間EPSに導入されているもの。モデルアンサンブルの一つで、時間積分中に摂動を加える手法。)

ハインドキャストによる検証

バージョン	現システム(V1103)	新システム(V1403)
予報モデル	GSM1011C (TL159 L60)	GSM1304 (TL319 L60)
大気初期値	JRA-25/JCDAS	JRA-55
陸面初期値	気候値	JRA-55
海面水温	COBE-SST、初期偏差持続	MGDSST、初期偏差持続
海氷分布	COBE-SST海氷、気候値	全球海氷密接度解析、統計的推定値
アンサンブル数 (手法)	5 (BGM法)	5 (BGM法 + 確率的物理過程強制法)

* 1981 ~ 2010年の30年分、毎月3回(10日、20日、月末初期値)

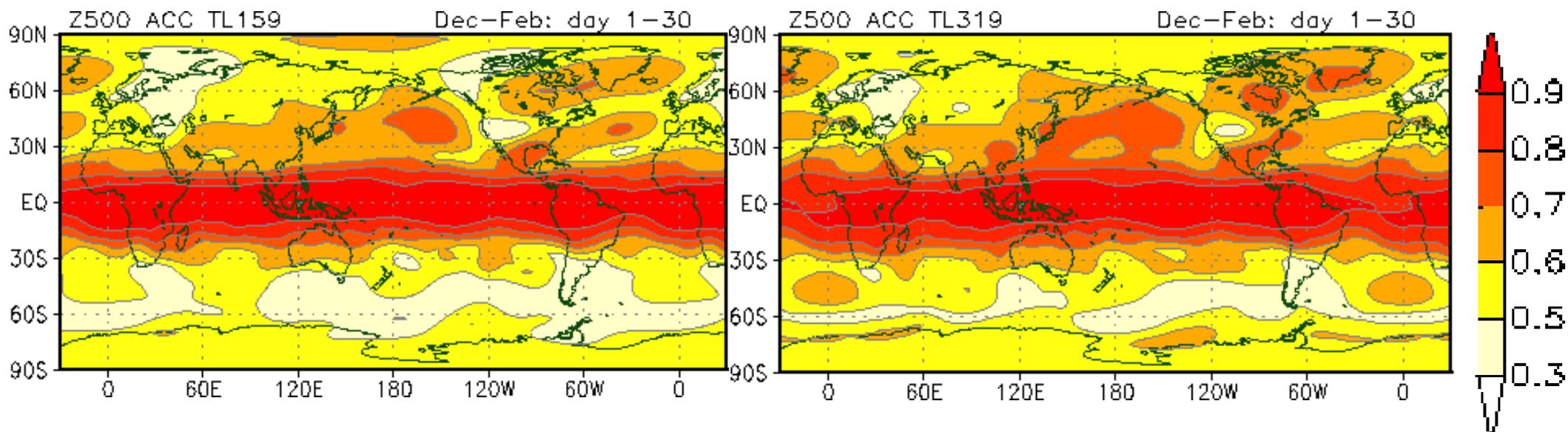
アノマリー相関 (全球的なスコアの分布)

- 500hPa高度 (Z500) のアノマリー相関に見られる予測精度は、全球的に改善が明瞭。

Z500 (冬) 1か月平均

V1103

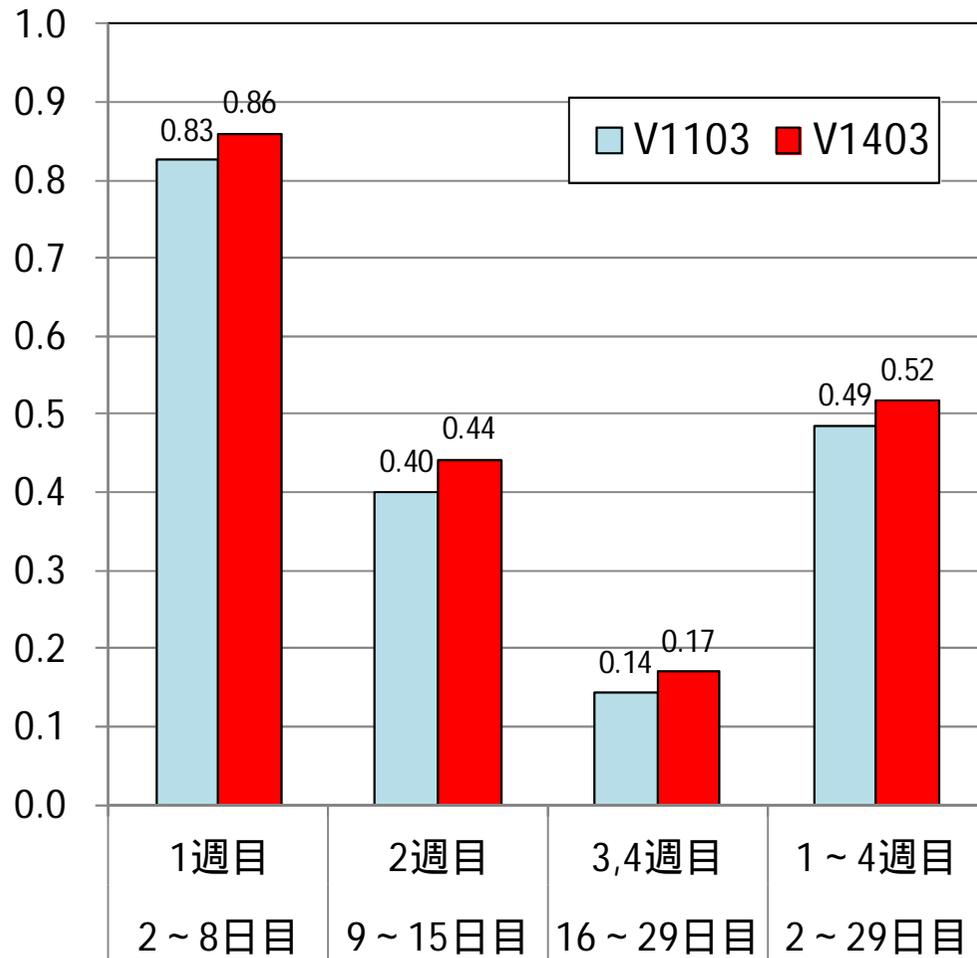
V1403



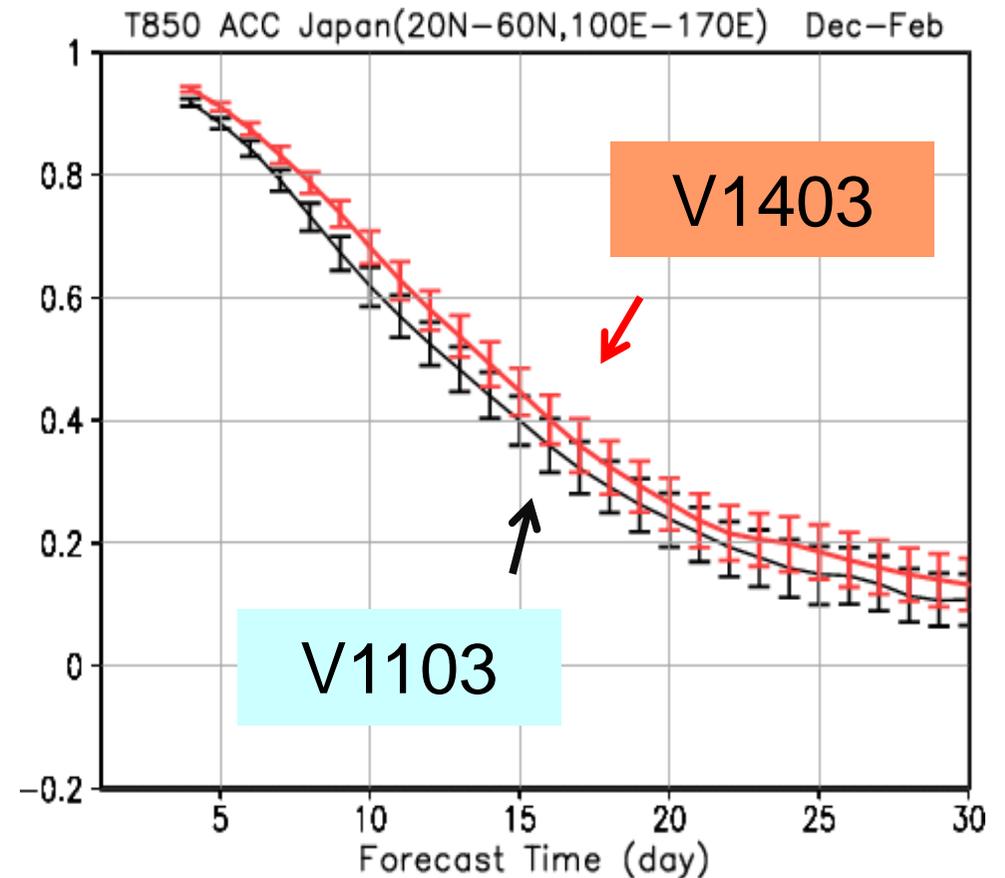
アノマリー相関（日本周辺のT850のスコア）

- 日本周辺でもアノマリー相関に見られる予測精度が改善。1日分以上。
- 特に2週目にかけては改善が顕著。

日本周辺 T850 ACC（全季節）



T850(冬) 7日平均



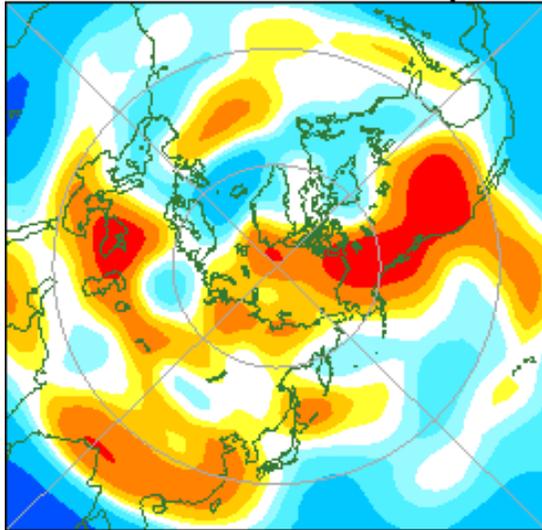
年々変動の標準偏差 (Z500 冬)

- V1103で見られた変動度過大の傾向が軽減され、現実近づいた。

Z500変動度 (対JRA-55比 28日平均)

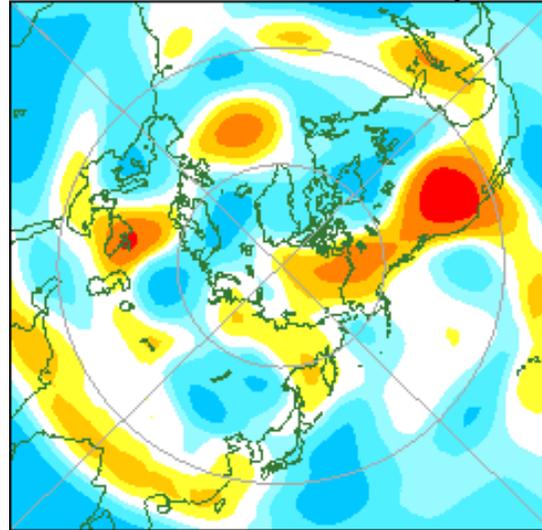
V1103

Z500 SD TL159v1103(CNTL)/JRA-55
Dec-Feb: day 3-30



V1403

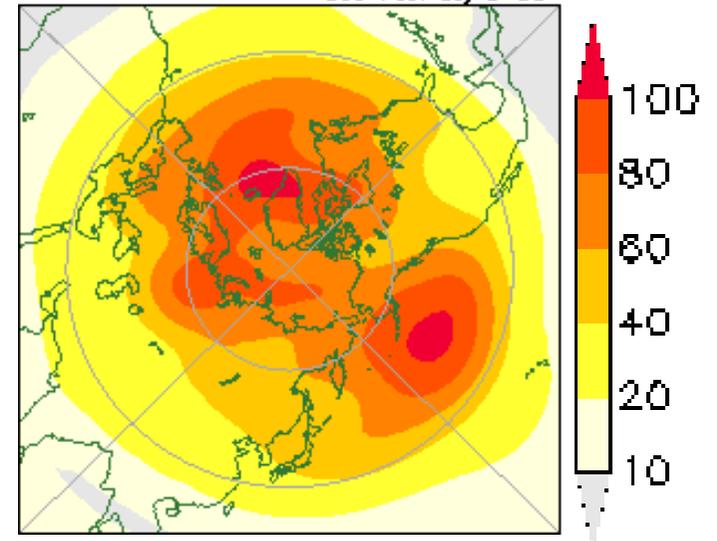
Z500 SD TL319v1403(CNTL)/JRA-55
Dec-Feb: day 3-30



Z500変動度

JRA-55

Z500 SD JRA-55
Dec-Feb: day 3-30

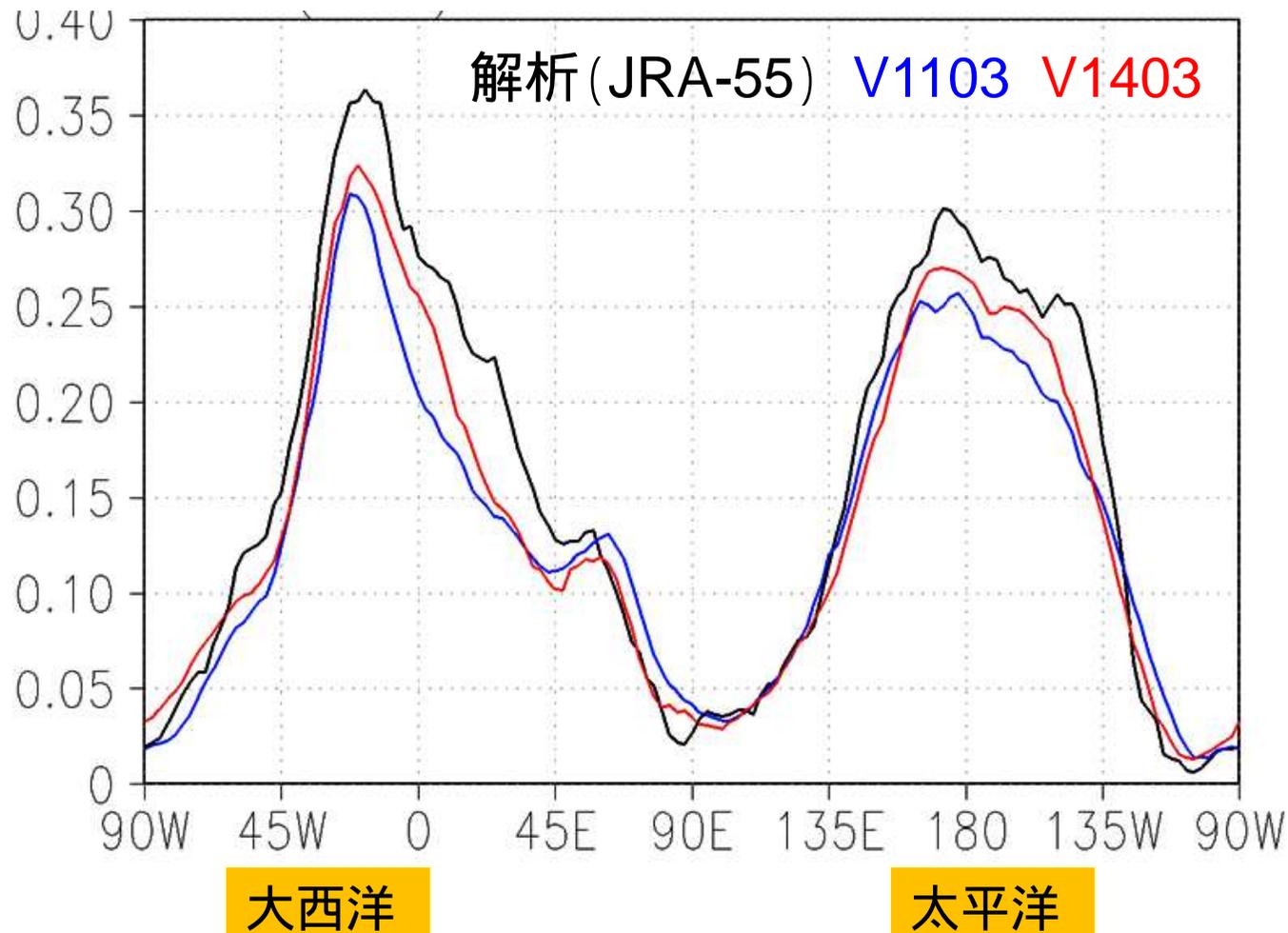


ユーラシア大陸、北米で
変動度が過大

冬のブロッキング出現頻度の再現性

- 冬のブロッキング頻度の低い傾向が改善。

Z500に見られるブロッキング頻度 (冬)



ブロッキングの判定

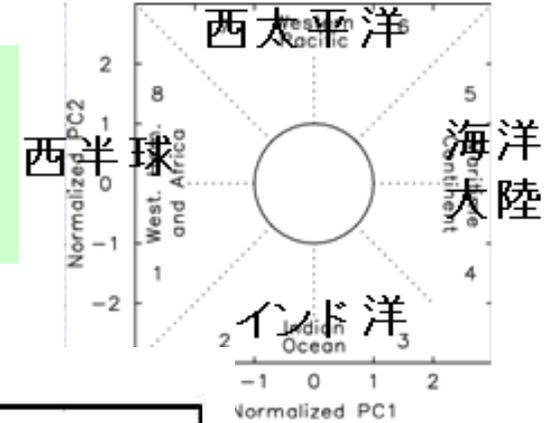
Z500(7日移動平均)
南北勾配

✖ $\Delta\phi < -10$ [m/度]
✖ $\Delta\phi > 0$ ($\Delta\phi = 15^\circ$)

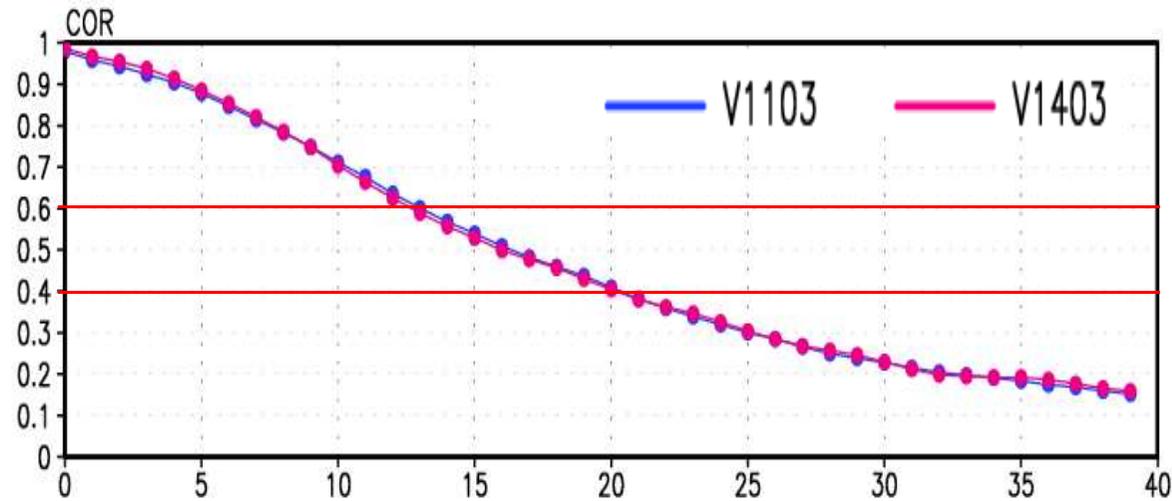
2つの条件を同時に満た
すとブロッキング

MJO指数の予測精度

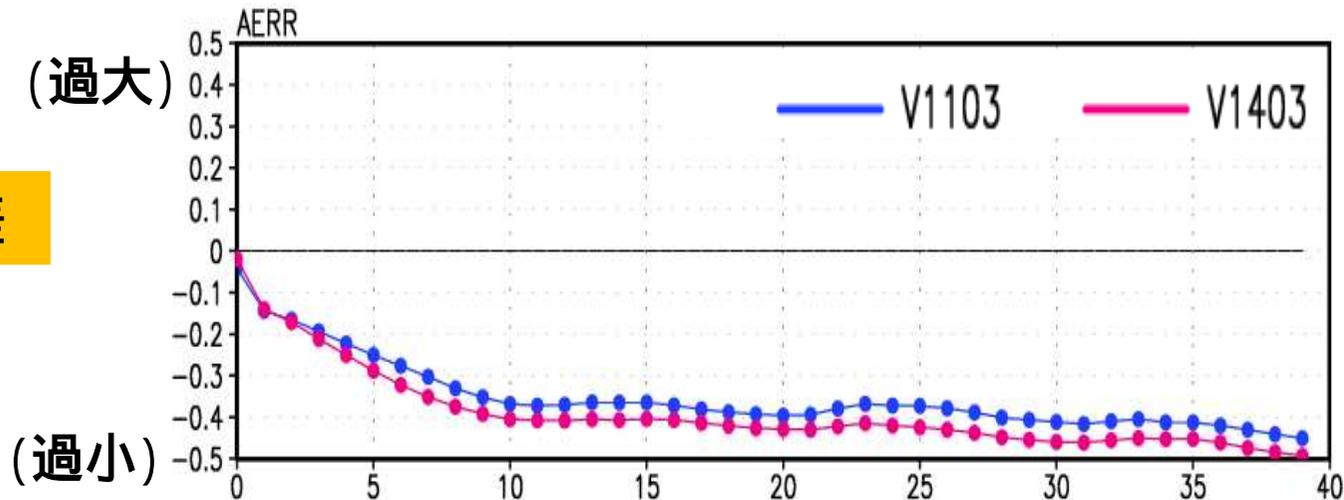
- 位相の予測精度(相関係数)は同程度。
- 振幅が小さい傾向がさらに強まる。



位相の相関係数



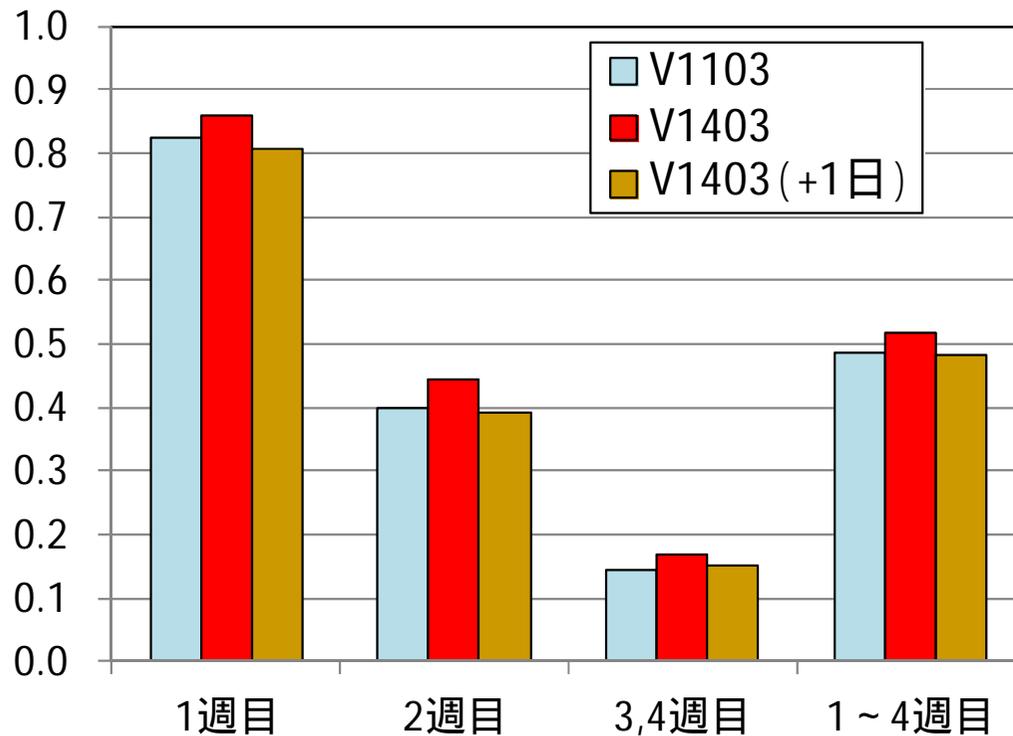
振幅の系統誤差



リードタイム1日延長の予測精度への影響

- 今回の変更では、1か月予報の予測対象期間(リードタイム)が1日延びる。
- 予測精度で見ると、リードタイム1日延長の影響はどの程度か？

日本周辺 T850 ACC (全季節)



•リードタイムが1日延びた場合、予測2週目以降と4週平均場の予測精度は変更前と同程度。

➤ハインドキャストV1103からV1403での検証スコアの改善は、リードタイム1日延長分と同程度、と言える。

* ガイダンスでさらに改善

1か月予報資料(FAX図)の変更

主な変更内容

- 1 . 熱帯・中緯度域の「200hPa速度ポテンシャル」「200hPa流線関数」「850hPa流線関数」および「海面水温偏差」の実況を新たに掲載する。
- 2 . 熱帯・中緯度域の「200hPa速度ポテンシャル」「200hPa流線関数」「850hPa流線関数」および「降水量偏差」の予測図を新たに掲載する。
- 3 . 地上天気図の降水量を気圧偏差に変更する。
- 4 . 200hPa速度ポテンシャルの経度時間断面図を予測値から偏差予測値に変更する。

変更のねらい

熱帯の対流活動が中緯度大気に及ぼす影響の**理解が深まっている**。

予測精度の判断には1か月予報モデルにおける**海面水温偏差固定**や**MJOの影響**を考慮するなど、熱帯の状況を把握する必要がある。



予報を組み立てる上での基本的な資料もこれまでの北半球天気図だけでは不十分になってきた。

4. おわりに

季節予報を使ってみませんか

- 季節予報は、週～月～3か月間などの平均的な気温や降水量、天候等の大まかな傾向を、平年と比較しつつ予報する。
- 季節予報には、2週間程度先を予測する異常天候早期情報、1か月予報、3か月予報、暖・寒候期予報がある。
- 特に、異常天候早期警戒情報と1か月予報(気温)は、その予測精度の割に使われていない。
- ビジネスに使ってみませんか。

予定:

3/27 季節予報ガイダンスの作成手法と予測精度、その利活用について