

気象庁異常天候早期警戒情報

経 田 正 幸*・前 田 修 平**

1. はじめに

2003年の冷夏や2005年12月の豪雪といった、平年の状態と大きく異なる天候（異常天候）は、しばしば社会・経済活動に大きな影響を与える。このため、異常天候の予測への関心は社会的にも高く、天候の影響を受けやすい農業分野などは、気象庁にその予測情報の提供を求めている。気象庁は、1996年3月からアンサンブル数値予報を開始し、これに基づく向こう1か月の天候に関する予測情報を1か月予報として毎週提供しているものの、その内容は週平均気温が「低い」「平年並」「高い」といった3階級になる可能性であり、極端な高温や低温などの異常天候は対象としていない。

1996年のアンサンブル数値予報の導入以降、数値予報技術の改善が天候の見通しに関する予報資料の着実な精度向上をもたらしている。また、蓄積された数値予報事例を用いた調査や長期再解析データを用いた研究などが進み、異常天候のメカニズムとその予測可能性に関する理解が進んできている。そして、これらを背景に、極端な高温や低温といった異常天候となる可能性を、リードタイム1週間程度で週平均の大気場から診断する技術的な基盤が整ってきた。

このような状況のもと、気象庁は2008年に異常天候早期警戒情報の提供を開始した。本稿では、この異常天候早期警戒情報の概要とその技術的背景を紹介する。なお、業務全般や情報の利用については気象庁地球環境・海洋部（2008）にまとめられており、より詳

しく知りたい方はそちらをご覧ください。

2. 異常天候早期警戒情報とは

2.1 提供業務の開始

気象庁は、異常天候による災害や被害の防止・軽減を目的とし、概ね1週先から2週先の1週間に極端な高温または低温となる可能性が高まった場合に、その確率と影響に対する注意事項などを「異常天候早期警戒情報」として提供する業務を、2008年3月より開始した。

本情報提供の意義は、その名称に“早期警戒”とあるように、異常天候に対する早めの対策に役立つ点にある。一方、本情報を適時に提供し適切な解説を行うためには、異常天候がもたらす影響と共に、本情報を利用すると想定される方々が取るであろう回避・軽減策を把握しておくことが不可欠である。円滑な情報提供の開始と利用価値の高い情報内容を目指し、一般への提供に先立つ2007年3月からの約1年間、異常天候の影響を受けやすい農業とエネルギー関係の機関（合計27機関）の協力を得て、毎週火曜日と金曜日に試行的な情報の提供を実施した。この試行提供の成果として、2007年7月中旬の北日本の低温事例にて、水稻の冷害対策に有用であるとの評価を受けた。また、毎週金曜日発表の1か月予報と比べて入手頻度の高い点が評価され、週単位の電力供給計画の作成に利用可能になったことがわかった。

2.2 情報の形態と内容

発生が稀な異常天候を対象とする本情報では、比較的確測精度が高く、異常天候に至る可能性と強い関係のある気温に関する極端現象「かなり低い」及び「かなり高い」となる可能性を確率値で示す。気温が「か

* Masayuki KYOUDA, 気象庁数値予報課。

** Shuhei MAEDA, 気象庁気候情報課。

© 2009 日本気象学会

なり低い（高い）」とは、気象庁が定める階級区分のひとつで、過去30年間（1971～2000年、平年値の算出と同じ期間）の状態の中で最低（最高）値から低温（高温）10％分までの端に近い状態を意味する。

情報の形態は情報文と確率予測資料の2種類ある（第1表）。形態毎にそれぞれの用途に適合する伝達手段を設けたが、今では日常生活にまで普及したインターネットを介した提供も加え、利便性を高めた。以下、情報の内容を形態別に示す。

2.2.1 情報文

情報文とは、7日間平均気温が「かなり低い」または「かなり高い」となる確率が30％以上（発表基準に達する）と見込まれる場合に発表する予報である（第1図）。加えて、同情報の発表後最初に発表基準を下

回った場合、前回発表以降の経過を付加した異常天候の終息見通しに伴う“早期警戒なし”を伝える発表もある（第2図）。情報文の発表は発表基準に従って原則毎週火・金曜日に行われる。情報文は地方の特性を踏まえるものとし、全国11の気象官署（札幌、仙台、気象庁本庁、新潟、名古屋、大阪、広島、高松、福岡、鹿児島、沖縄）が各々の地方を対象（必要に応じて細分）として発表する。

情報の発表は7日間平均気温に基づくが、情報文中の“警戒期間”で始まる行においては、“○頃からの約1週間”を定型とし、異常天候の発生する可能性の高い期間にある程度の幅があることを示す。異常天候の継続の見通しや現在の状況などは必要に応じて“確率”で始まる行の下の部分で解説する。

気象庁 HP「異常天候早期警戒情報」には、情報文に加え、その発表状況や内容を概観するのに役立つ図表も掲載する。同 HP のトップページから「異常天候早期警戒情報」を選択した場合、最新の情報文の早期警戒事項を地図上に示す地図表示が現れる（第3図）。第3図の地図は白黒表示だが、実際のコンテン

第1表 異常天候早期警戒情報の提供形態とその内容

形態	情報文	確率予測資料
要素	5日後から14日後までの間で取り得る7日間平均気温	
地域と地点	全国を11に分けた地方単位毎に発表	細分を含めた地域単位と気象官署（特別地域気象観測所含む152地点）分
頻度	「かなり低い」または「かなり高い」となる確率が30％以上と見込まれる場合に発表	毎週火曜日に金曜日に公開
主な伝達手段	電文形式データとして（財）気象業務支援センターから配信、防災情報提供システムと気象庁 HP に掲載	ファイル形式データとして（財）気象業務支援センターから配信、可視化図を気象庁 HP に掲載

関東甲信地方

低温に関する異常天候早期警戒情報（関東甲信地方）
平成21年4月14日14時30分
気象庁 地球環境・海洋部 発表

要早期警戒
警戒期間 4月22日頃からの約1週間
対象地域 関東甲信地方
警戒事項 かなりの低温（7日平均地域平年差-2.1℃以下）
確率 30％以上

4月22日頃からの1週間は、気温が平年よりかなり低くなる確率が30％以上となっています。
農作物の管理等に注意して下さい。また、今後の気象情報に注意して下さい。
なお、本情報は4月19日から4月28日までを検討の対象としています。

第1図 低温に関する異常天候早期警戒情報の例（気象庁 HP より転載）。関東甲信地方は4月22日からの1週間の平均気温が「かなり低い」となる可能性が30％以上あり、早期警戒を要するとして同月14日に発表した情報文。気象庁 HP への掲載では、警戒期間・対象地域・警戒事項とその確率を太字、特に警戒事項はかなりの低温（高温）時は青（赤）字で強調する。

東北地方

気温に関する異常天候早期警戒情報（東北地方）
平成21年4月10日14時30分
仙台管区気象台 発表

早期警戒事項なし
警戒期間 なし
対象地域 東北地方
警戒事項 なし（7日平均地域平年差+2.3℃以上、-2.3℃以下）
確率 30％未満

今回の検討対象期間内において、7日間平均気温がかなり的高温またはかなりの低温となる確率は30％未満であり、早期に警戒を要する状況ではありません。4月7日には、4月12日頃からの1週間にわたるかなりの高温について、早期の警戒を呼びかけました。
引き続き、最新の気象情報等をご利用下さい。
なお、本情報は4月15日から4月24日までを検討の対象としています。

第2図 気温に関する異常天候早期警戒情報の例（気象庁 HP より転載）。東北地方の要早期警戒を呼びかける情報文を発表した4月7日の後で最新となる10日の資料にて早期警戒の必要性がなくなったと判断し、早期警戒なしとして同月10日に発表した情報文。警戒期間・対象地域・警戒事項とその確率の下に、発表内容の説明文がある。

ツは可視性を優先した多色表示となっている。具体的には、警戒事項を色（「かなり低い」確率30%以上は青色、「かなり高い」確率30%以上は赤色、いずれの確率も30%未満は灰色）で分けし、該当する対象地域を塗りつぶす。警戒事項がある地域には必ず情報文の発表があり、該当地域を地図上でクリックすることで目的の情報文にたどりつく。その他、画面左上にあるプルダウンメニュー“地方”（第3図上では「全国（地図表示）」を選択中）から該当地域を選択することにより、情報文を表示することもできる。

さて、情報文の発表基準は、①通常より危険度が高い（平年の発生頻度10%の数倍である）こと、②基準とした確率予報の信頼度（事象の発生頻度と確率値の

一致度合）が高いこと、を考慮して、確率値30%としている。第3節では、この発表基準に基づいた実際の情報文の成績を示すが、仮に発表基準を下げると見逃し率は減少するが空振り率が増加、発表基準を上げるとその逆の成績を示す情報文となる。なお、情報発表の有無に関わらず、利用者それぞれの必要に応じて予測資料を利用できるように、第2.2.2節で示す確率予測資料も提供している。

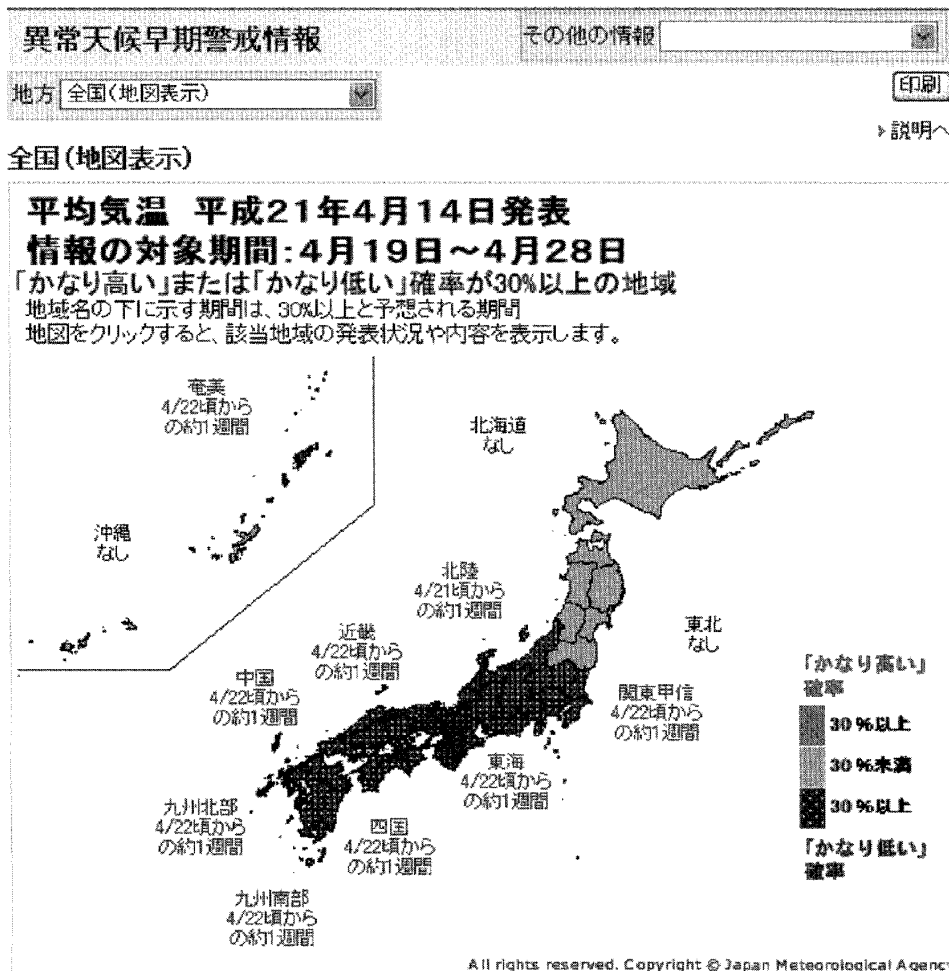
2.2.2 確率予測資料

異常天候の発生可能性を含め、2週先までの間の各地域または各主要地点の7日間平均気温の状態を知るため、確率分布の形式の基礎資料を定期的に自動作成する。この確率分布からは、情報文の発表基準である

階級区分「かなり低い（高い）」の値だけではなく、例えば平年より1度以上低いといった任意の事象の確率値が読み取れるため、様々な意思決定の場面にも使える。

確率分布の形式の基礎資料は、民間気象事業を支援する（財）気象業務支援センターから異常天候早期警戒情報ガイダンスとして配信される。加えて、情報文の解説支援を目的として、同ガイダンスの一部の可視化図を気象庁HP「異常天候早期警戒情報」のコンテンツ「確率予測資料」として毎週火・金曜日に掲載する。

第4図に、確率予測資料のひとつ、累積確率分布図を示す。累積確率とは、変数（ここでは7日平均気温）がある値以下となる確率である。同図から、先ほど取り上げた事象、7日間平均気温が平年より1度以上低くなるという確率値を読み取ってみる。まず、横軸で -1°C のところから鉛



第3図 気象庁HP「異常天候早期警戒情報」の全国地図表示の例（気象庁HPより転載）。平成21年4月17日に発表した情報文の地図表示結果。関東甲信、北陸地方から奄美地方までの広い範囲を、凡例にある「かなり低い」確率30%以上のパターンで塗りつぶし、これら地方で「かなりの低温」となる可能性が高いことを示す。また、その警戒期間も各地域名そばに添えている。

直方向に上にたどると予想累積確率（右肩上がりの太線）と交わる。この交点から水平方向に左へたどると、縦軸から求める確率値58%がわかる。実際のHP上には、マウス操作で移動可能な両端を▼▲とする縦線（第4図の -1.0°C 野線と重なる太線）と連動し、縦線上の交点の値をグラフ左上の枠内に表示（自動読取）する機能がある。このように、確率予測資料をはじめとする基礎資料を使うと、情報文の発表基準にとらわれない利用者独自の判断が可能になる。

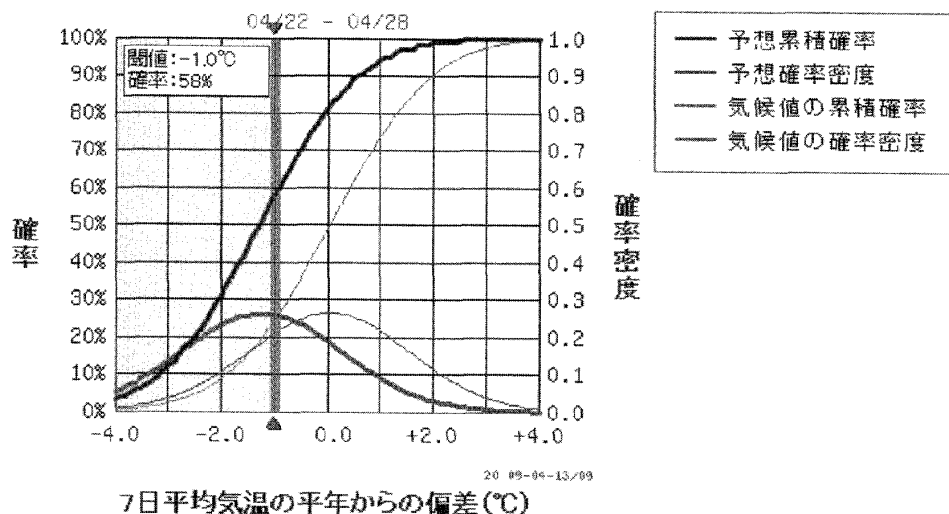
3. 異常天候早期警戒情報の成績

ここでは、業務開始後に発表された約1年間分の情報文（2008年3月21日～2009年3月31日発表分）の成績を示す。第2表は、発表の有無と実況の有無の関係を示す成績表である。全事例数は、12地域別（全国11の気象官署の担当地方。ただし、細分して発表されることの多い九州南部・奄美地方は九州南部と奄美地方に分けて集計）に週2回の発表頻度で1296（ $=12\text{地域}\times108\text{回}$ ）である。以後、頻度を表す数字、その数字の後の括弧に全事例数に対する割合を示す。

「かなり低い」と「かなり高い」の総事例数は415（32%）であり、気候学的に期待される出現率20%より多い。これは7月と冬期に「かなり高い」が多かったためである。情報の適中率は、情報発表ありで実況ありの161（12%）と情報発表なしで実況なしの749（58%）の割合の和であり、70%（ $=12\%+58\%$ ）である。一方、情報発表あり293（22%）の中での外れ数は132（12%）であるから、空振り率は45%（ $=132/293$ ）である。また、実況あり415（32%）の中での情報発表なしの数は254（20%）であるから、見逃し率は61%（ $=254/415$ ）である。高い見逃し率となったのは、頻度の多かった「かなり高い」事象を的確に捕捉できなかったことが主な要因である。

7日平均気温平年偏差の日別累積確率・確率密度分布図：関東甲信地方

青い縦線をマウスでクリックしながら動かすことで、任意のしきい値以下になる確率（1%刻み）を確認できます。



7日平均気温の平年からの偏差($^{\circ}\text{C}$)

第4図 気象庁HP「異常天候早期警戒情報」の確率予測資料の例（気象庁HPより転載）。関東甲信地方の平成21年4月22日からの7日平均気温平年偏差に関する確率分布。細線と太線は、それぞれ気候値及び予測値の累積確率（左軸）と確率密度分布（右軸）を表す。グラフ中左上のラベルにて、平年偏差が -1.0°C 以下となる確率は58%であることを示す。

第2表 情報文発表の成績表。発表の有無と実況の有無の関係を示す。数字は頻度、括弧内の割合は全事例数に対するおよその値。

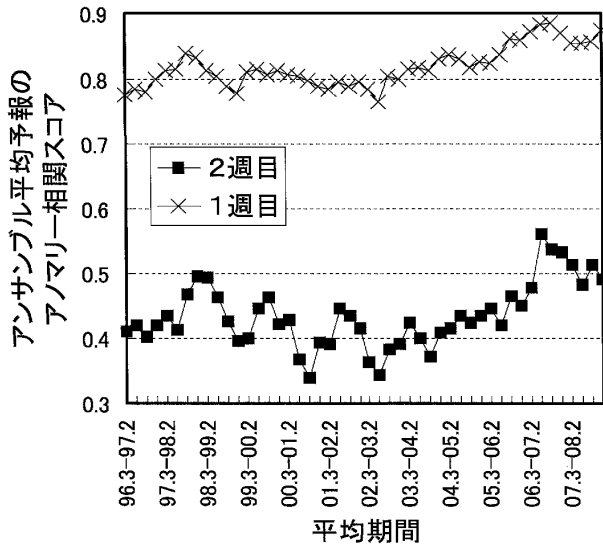
		実況		計
		あり	なし	
情報発表	あり	161 (12%)	132 (10%)	293 (22%)
	なし	254 (20%)	749 (58%)	1003 (78%)
計		415 (32%)	881 (68%)	1296 (100%)

4. 異常天候早期警戒情報の技術基盤

4.1 2週先までの予測

大気の状態の予測を数値予報で行う場合、予報時間の長さによって予測可能な大気現象は異なる。異常天候早期警戒情報の予報時間の長さである“2週先”においては、準定常ロスビー波束やブロッキング高気圧といった規模の擾乱の振る舞いが予測の中心になり、それらを解像する2週先の数値予報の結果はその大気の初期値に大きく依存する。

第5図は、アンサンブル数値予報の運用開始以来のアンサンブル平均予報の成績の推移である。いずれのスコアも1か月予報発表がある金曜日利用分（水・木曜日初期値のアンサンブル平均値）から算出した1年



第5図 アンサンブル数値予報の成績の経年変化。予測対象は1か月EPSによる日本周辺領域（北緯20～60度，東経100～170度）500 hPa 面高度。横軸は，予報毎に算出した検証スコアの平均期間（1年間）を表し，左端が1996年3月からの1年間，右端が2007年12月からの1年間と3か月刻み。縦軸はアノマリー相関スコアを表す。アノマリー相関スコアとは，予測と実況の偏差パターンが完全に一致（反転）すると最大値の1（最小値の-1）となる量で，0は無相関を意味する。■印と×印の折線はそれぞれ2週目と1週目のスコア。

分の平均値で，1週目とは発表日翌日の土曜日から翌金曜日，2週目とはさらにその先の1週間を意味する。1週目，2週目と予報時間の長さによって系統的な成績の低下があるものの両者の推移が同じ変動をする点とここ2，3年の成績が着実に向上している点がわかる。

着実な成績の向上は，初期値解析手法の高度化や数値予報モデルの緻密化，アンサンブルメンバー数の増加といった数値予報技術の改善が行われてきた結果である。この改善につながる開発とは気象庁単独で行われたり，例えば1か月アンサンブル数値予報システム（ensemble prediction system；EPS）の初期摂動作成手法部分の改良に直接つながった，京都大学防災研究所と気象庁との共同研究「熱帯域における季節内振動の予測可能性評価」が行われたりしてきた（前田・小林 2007）。

アンサンブル数値予報の運用開始からのここ10年の間には，季節外れの低温や大雪といった社会・経済的

に大きな影響を及ぼす稀な大気現象の解明や予測に関する研究が大きく進展している。規模が最も大きい現在進行形の枠組みといえば，世界気象機関が2003年から10年計画で実施する国際研究計画の THORPEX（観測システム研究・予測可能性実験；<http://www.wmo.int/thorpe/>）である。THORPEX の目標とは，観測から数値予報，数値予報資料の利用までをシステムとして機能させ，1日から2週先までの稀な大気現象の予測精度を向上させる点にある（余田 2007）。国内での稀な現象の予測可能性研究の活動も盛んであり，日本気象学会の「THORPEX 研究連絡会」（<http://www.jamstec.go.jp/esc/afes/thorpe/>）では定期的な会合と意見交換が行われ，また日本気象学会と気象庁との間の共同研究「気象庁データを利用した気象に関する研究」（気象研究コンソーシアム；<http://www.mri-jma.go.jp/Project/cons/index.html>）では気象庁の最新の数値予報に関わる研究を包括的に行っている（余田ほか 2008）。

4.2 数値予報技術と現業の仕組み

1996年3月，気象庁はアンサンブル数値予報の運用を開始した。これに伴い，1か月予報の発表形態を変え，向こう1か月の天候の内容はアンサンブル数値予報の示す天候の出現可能性を基とする確率表現となった（高野 1996）。

異常天候早期警戒情報の技術基盤も1か月予報のそれと同じである。1か月予報支援を目的に毎週の木・金曜日に実施する1か月EPSを，毎週の月・火曜日にも実施（但し，積分時間が17日と短縮）する。そして，2日に分けた数値予報の結果（25メンバーずつ）を，過去の数値予報結果と観測値との統計的関係式に適用して7日間平均気温に翻訳する MOS（Model Output Statistics）方式のガイダンスも作成する。第2.2.2節でいう7日間平均気温に関する確率的な基礎資料とは，このガイダンスの結果である。

第4.1節で述べた数値予報技術の改善や研究の進展を背景にして，2008年3月に異常天候早期警戒情報の提供業務が実現した。その実現の鍵となった技術的基盤といえば，以下に説明するような，長期再解析データの登場やハインドキャストの充実が挙げられる。

まず，顕著な現象のより確かな検出や解析を可能とする長期再解析データセット（長期間にわたる大気の状態を高品質で均質に解析して得られる初期値群）の登場で，異常天候早期警戒情報が対象とする異常な天候をもたらす気象学的なメカニズムに関する理解が進

んできた。

次に、ハインドキャストに触れる。ハインドキャストとは、最新の数値予報技術で過去事例の予報を行って統計的な評価を行うことであり、将来の状態を予め知るための forecast と区別するため hindcast (fore の反対語は hind) と呼ばれている。ハインドキャストの意義とは最新の数値予報の実力を客観的に評価する点にあるが、この評価の蓄積により、前述した MOS 形式のガイダンスなど、数値予報の特性を踏まえた上での予報資料の利用が可能となる。最近は、気象庁の数値予報システムを用いた長期再解析 JRA-25 (大野木 2007) を初期値として使うことで、最新の数値予報システムに近いハインドキャストとなっている。現在の 1 か月 EPS に関するハインドキャスト期間は過去26年 (1979～2004年) にわたり、その実行頻度はほぼ10日おきの各月 3 回ずつにまで拡充している。

5. 今後の展望

異常天候早期警戒情報の提供形態は、わかりやすい情報文と様々な意思決定の場面に使える確率予測資料となっている。今後も著しい高温や低温の影響とその回避策や利用実態を把握し、適切な情報発表となるよう努めていきたい。

また、異常天候早期警戒情報の技術基盤は数値予報であり、今後の数値予報技術の向上と共に情報の精度

向上が期待される。異常天候といった稀な大気現象の予測可能性に関する研究が盛んになる中、これらの成果を積極的に取り入れることが業務改善につなげる重要な作業になる。

さらに、現在対象とする気象要素が 7 日間平均気温であることに関連して、多くの利用者から最高気温や日照時間についての情報提供の要望を受けている。気象要素等への翻訳技術であるガイダンスの改良等により、より利用しやすい情報内容に改善していく予定である。

参 考 文 献

- 気象庁地球環境海洋部, 2008: 異常天候早期警戒情報とその利用. 平成20年度季節予報研修テキスト, 87 pp.
- 前田修平, 小林ちあき, 2007: 力学的長期予報の現業化. 天気, **54**, 537-540.
- 大野木和敏, 2007: 長期再解析 JRA-25. 天気, **54**, 773-776.
- 高野清治, 1996: 新しい 1 か月予報. 天気, **43**, 633-638.
- 余田成男, 2007: 2005年度秋季大会シンポジウムの報告 5. THORPEX (観測システム研究・予測可能性実験計画). 天気, **54**, 156-162.
- 余田成男, 中澤哲夫, 山口宗彦, 竹内義明, 木本昌秀, 榎本 剛, 岩崎俊樹, 向川 均, 松枝未遠, 茂木耕作, 三好建正, 新野 宏, 斉藤和雄, 瀬古 弘, 小司禎教, 2008: 日本における顕著現象の予測可能性研究. 天気, **55**, 117-126.

日本気象学会および関連学会行事予定

行事名	開催年月日	主催団体等	場所	備考
第35回リモートセンシングシンポジウム	2009年11月 5, 6 日	(主催)計測自動制御学会 (協賛)日本気象学会	日本大学文理学部 オーバルホール (東 京都世田谷区桜上水 3-25-40)	http://www.sice.or.jp/~rs/35rss/
極端気象現象とその影響評価に関する研究集会 ～より良い将来予測を目指して～	2009年11月 5, 6 日	(主催)京都大学防災研究所, 21世紀気候変動予測革新プログラム極端現象予測チーム, 水文・水資源学会研究グループ (予定) (共催)水文・水資源学会 (予定)	京都大学防災研究所 宇治おうばくプラザ (京都府宇治市五ヶ庄)	http://river.civil.kitami-it.ac.jp/~kankyoKIT/dpri/index.html