

異常天候早期警戒情報とその利活用

1. 異常天候早期警戒情報の開始
2. 運用開始後の情報への反応, 利用
3. 最近の事例から
4. 降雪量についての異常天候早期警戒情報の開始
5. 気象情報の利活用

1. 異常天候早期警戒情報の開始

1.1 背景

(1) 1か月予報への数値予報の導入

1996年3月、気象庁は1か月予報に数値予報を導入した。アンサンブル手法を用いた数値予報システムの現業化は世界で初めてであった。また、予報は確率表現を前面に押し出した。数値予報の導入により、利用者の精度への期待も大きくなった。

(2) 異常天候の予測情報への要望

2003年の夏、北日本、東日本を中心に、低温、日照不足となり、大きな農業被害となった。低温に加え、日照時間がかなり少なく、このことが農業被害を大きくした。また、2006年の冬には、低温、大雪となった。このようなことから、異常天候（平年からの隔たりの大きな天候）に関する情報の充実、その予測情報が従来にも増して求められた。

(3) 利活用についての関心の高まり

世界的に天候リスク管理への関心が高まった。立平（1999）は、予報から最大の利益を引き出す技術にもっと関心を払うべきである、と指摘した。東北農業試験場では水稻冷害早期警戒システムの研究・開発を進めた。また、天候デリバティブ（たとえば、日経流通新聞，1999，土方，2001，2003）が脚光を集めた。

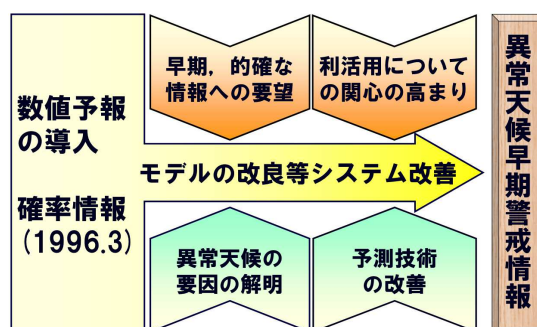
気象庁も、企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査（気象庁，2002）、天候リスクマネジメントへのアンサンブル予報の活用に関する調査（気象庁，2003）といった取り組みをしている。

(4) 異常天候の要因の解明と予測可能性

1980年代、テレコネクションが注目された。1977年1月のアメリカ東部の低温に関して他の地域の変動との関連と、そのメカニズムとして、ロスビー波のエネルギー伝播が指摘された（Wallace *et. al.*, 1981, Hoskins *et. al.*, 1981, なお、岸保ら（1986）にテレコネクションのレビューがある）。3か月平均場についての議論が主であったが、その後、計算機の高性能化、低廉化により、もっと短い時間スケールで大気現象が監視、解析が容易になり、エネルギー伝播とそれに対応する気温の変動も捉えられるようになってきた。

(5) 予測技術の改善

1996年に導入された1か月予報モデルも、改良が加えられ、2008年にはコンピュータシステムの更新に合わせ、数値予報モデルの水平解像度が約180kmから約120kmへ、メンバー数が10から26を経て50へなど、大幅に改善された（平井ほか，2015）。また、気温の確率密度関数を予測する方法が開発された（伊藤，2008）。



第1図 異常天候早期警戒情報実施の背景

1.2 異常天候早期警戒情報（気温）

以上のようなことを背景に、「異常天候早期警戒情報」の提供が検討され、第1表のように決められた。また、第2表に示したような情報が提供される。

第1表 異常天候早期警戒情報の内容

対象とする要素	7日間平均気温 他の要素については技術開発，精度確認し追加 (2013年11月から日本海側の地方の降雪量を追加)
対象とする期間	発表日の5日後から14日後までの任意の7日平均 (2014年3月から6日後から15日後までの任意の7日間に変更)
対象とする地域 と発表官署	地方予報区（必要に応じて地域を細分） 札幌，仙台，大阪，福岡各管区气象台，沖縄气象台，新潟，名古屋，広島，高松，鹿児島各地方气象台
発表の基準	7日間平均気温が平年より「かなり高い」または「かなり低い」となる確率が30%以上と予測された場合 (「かなり高い」と「かなり低い」は、気象庁の解説用階級。30年間の出現頻度で上位，下位それぞれ10%)
情報の発表日	原則として毎週火・金曜日（2014年3月より原則として毎週月・木曜日）
情報文の内容	【定型部】 標題，発表日時，発表官署，警戒の有無（要早期警戒もしくは早期警戒事項なし），警戒期間，対象地域，警戒事項，確率 【非定型部】 警戒事項や異常天候の見込み、情報の検討対象期間を記述する。必要に応じ、気象概況も記述。

第2表 異常天候早期警戒情報の例

<p>高温に関する異常天候早期警戒情報（北陸地方） 平成27年7月9日14時30分 新潟地方气象台 発表</p> <p>要早期警戒（気温） 警戒期間 7月14日頃からの約1週間 対象地域 北陸地方 警戒事項 かなりの高温（7日平均地域平年差+2.2℃以上） 確率 30%以上</p> <p>今回の検討対象期間（7月14日から7月23日まで）において、北陸地方では、7月14日頃からの1週間は、気温が平年よりかなり高くなる確率が30%以上と見込まれます。</p> <p>農作物や家畜の管理等に注意してください。また、急激な気温上昇の際は、熱中症にかかりやすくなります。体調に配慮しつつ、気温上昇の前に汗をかく機会を増やすなど暑さに慣れる取り組みを行ったり、屋外での活動等では飲料水や日陰を十分に確保したりするなど、事前の熱中症対策を進め、健康管理に注意してください。</p> <p>なお、1週間以内に高温が予想される場合には高温に関する気象情報を、翌日、または当日に高温が予想される場合には高温注意情報を発表しますので、こちらにも留意してください。</p>

1.3 基礎資料の公開

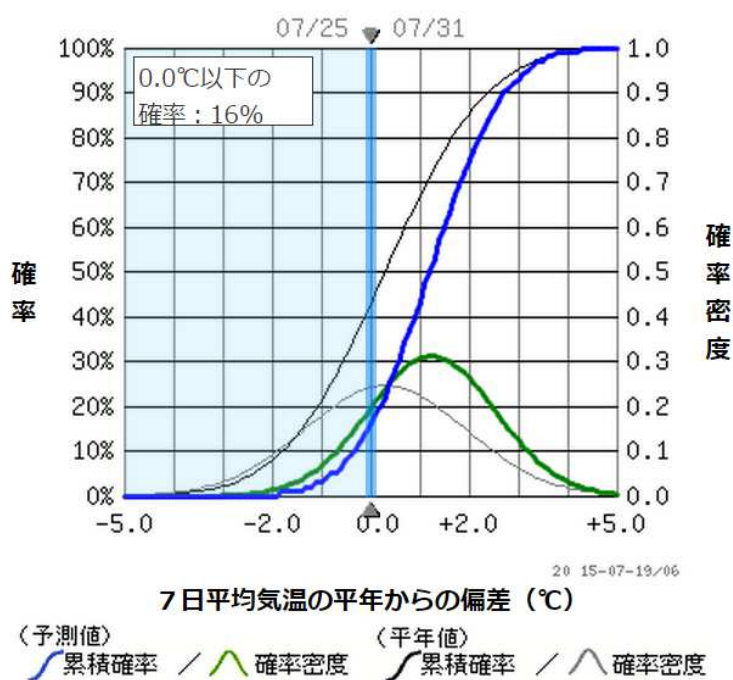
もうひとつ、大きな特徴は、「基礎資料の公開」である。

第1表に示したように、異常天候早期警戒情報の発表は、「かなり高い」、「かなり低い」を判断基準にしている。季節進行によりこの基準となる値は変化し、発表の都度基準となる温度は異なってくる。また、出現の可能性30%以上も、30%ぎりぎりのこともあれば、70%と大きな値の時もある。

しかし、判断基準となる温度や意思決定のための確からしさ（確率）は、利用者により異なっている。利用者が最適な判断・意思決定を行うためには、単に異常天候早期警戒情報が発表されたかどうかのみでなく、利用者が求める基準について、予測がどのようなものか、が必要である。

このような観点から、基礎資料、とくに、「確率密度関数の提供」に拘った（第2図）。データ配信されるガイダンスも確率密度関数にした。現在は、気象庁ホームページから、csv形式のガイダンス（累積確率値）を取得することができるようになっている。

この資料を用いることで、任意の温度に対し、それ以上（以下）の確率を知ることができるし、逆に、出現の可能性XX%以上（以下）の温度が何度かを知ることができるなど、さまざまな使い方ができる。



第2図 提供される確率密度関数の例

2. 運用開始後の情報への反応, 利用

2.1 試行

2008年3月の運用開始に先立ち、約1年間、農業関係機関、電力、ガスなどエネルギー産業へ情報を提供し、利用について検討してもらう試行を行っている。

試行に協力いただいた機関からは、

- ①水稲の冷害の可能性があった7月中旬の低温に対する確かな情報を発表できたことは評価できる。
- ②異常な高温・低温の影響を受け、影響を軽減するための対応策があり、対応に1週間程度の日数が必要な作物等が多い。このため、様々な用途で本情報を活用できそう。
- ③火曜日発表の情報は翌週の計画作成等に活用でき有効である。
- ④気温予想が確率分布表現されているため、気温予想が外れるリスクを定量的に把握でき、とるべきリスクの度合いが判断できる。

など評価する声が聞かれた（前田ら、2008）。

一方、日照時間や最高・最低気温など予測要素の拡充、地域平均でなく地点を対象にした情報を、精度の向上を、といった要望も出された（前田ら、2008）。

2.2 運用開始後の利用

運用開始後も、農業関係では、営農情報、技術情報、病虫害予察情報などに異常天候早期警戒情報が引用され、生産者に注意を呼び掛ける例が多くみられた。コメ（水稲）について多くの府県において見られた他、それぞれの地域の特産品（福島の果物、京都の豆など）の生産に係る情報でも引用された。また、畜産においても、牛や豚への暑さ対策などの呼び掛けに利用された。

多くはなかったが、自治体や教育関係において、熱中症への注意喚起にも利用された。

農水省の関係者からは、情報の発表から現象まで数日の時間があることから、対応への準備や作業等が可能で、生産意欲につながっている、との指摘もあった。

この他、想定していなかった、道路工事（コンクリート橋）でも利用された。

冬季のコンクリート打ちでは、コンクリートが固まって必要な強度が得られるまで時間がかかる。強度の得られるまでの時間は、気温が高いと短くなる。コンクリート打ちの日程を、異常天候早期警戒情報（高温）を参考に決め、施工することにより、工期を短縮することができた、とのことである。

3. 最近の事例から

2015年3月から4月にかけて気温の変動が大きかった（第3図）。このときの大気の流れの特徴と予測についてみてみたい。

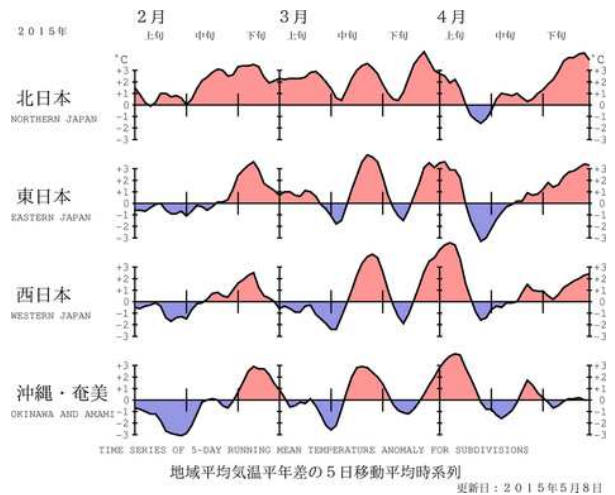
ちょっとそれるが、まずは、北日本の3月の気温の変動に注目してほしい。（5日平均では）中旬はじめ、下旬はじめに低極となっているが、負偏差になることはなく、月を並べて高温で推移している（第3図）。

このような気温の変動をするとき、循環場は、空間規模の大きな蛇行パターンが継続し、その中で、谷や尾根が時々深まる、強まるようなことがある。3月の月平均500hPa高度・偏差図（第4図）を見てみよう。偏差の大きいところを見ると、日本の東の正偏差、東部北太平洋の負偏差、北米大陸西岸部の正偏差と東西に並んでいることが見て取れる。日本列島付近がちょっと複雑で、30°N沿いにアフリカの負偏差、中東の正偏差、ベンガル湾の負偏差、中国南部の正偏差のパターンと、亜熱帯ジェットとヨーロッパロシアの正偏差、中央ロシアの負偏差、アジア大陸東岸の正偏差のパターンが見られ、これらが日本列島付近で一体化するようなイメージとなっている。

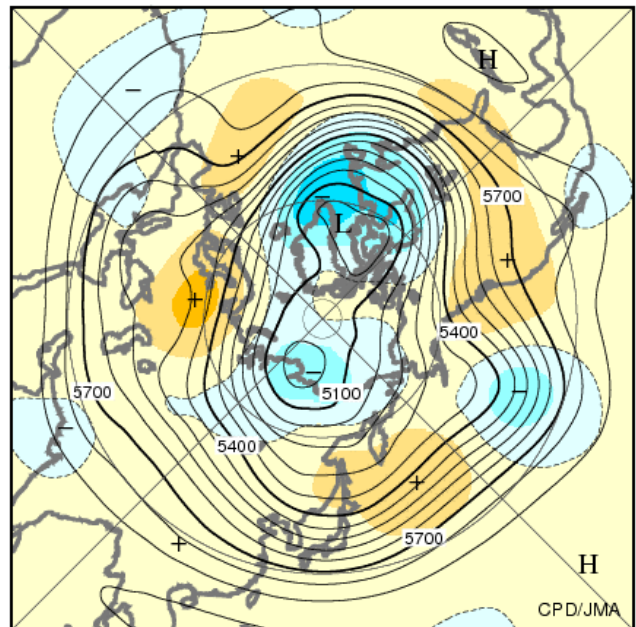
谷や尾根の位置に変動はあるが、おおむねこのようなパターンが続き、谷の深まりや浅まり、尾根の強まりや弱まりを繰り返し、この変動に対応するように気温も変動する。

このような谷の深まりや尾根の強まりは、エネルギー伝播によるもの、と考えられるが、谷と尾根が常に同じところに固定されているわけではなく、他の要因による変動も含まれる。

では、3月の終わりから4月初めの日本の高温について、予測も含め見ていくことにしよう。上述のように、日本列島付近では、北の流れと南からの流れが一緒になるような位



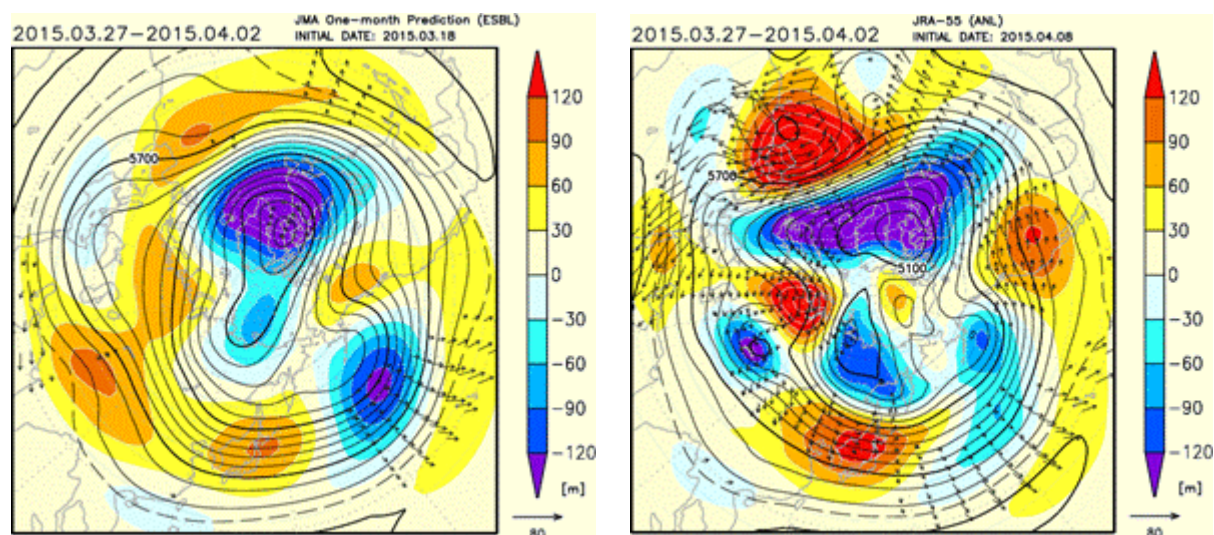
第3図 地域平均気温平年差の経過
(2015年2~4月)



第4図 月平均500hPa高度・偏差（2015年3月）
等値線間隔：高度 60m，偏差 30m
印影域：負偏差

置にあること、月を通して谷や尾根が固定されていたわけではなく、必ずしも（エネルギー伝播による変動が）明瞭には見えないことをお断りしておく。

第5図は2015年3月18日初期値の3月27日～4月2日の7日平均500hPa高度・偏差予想図（左）と同期間の実況である。予想図はリードタイムも10日と長く、メンバー間の差異も大きくなること、また、50メンバーの平均であることから大きな偏差となりにくい。予想と実況の大きな違いは、予想では30°N帯に沿った波列パターンが維持され、日本列島付近の正偏差が強められているように見える。実況でも、日本列島付近の正偏差は強いが、予想と比べると日本の北の負偏差がはっきりしている。また、ヨーロッパ北部から西シベリアにかけては、北側で尾根・正偏差、南側で谷・負偏差となっており、予想と異なっている。200hPaの流線関数偏差でも西シベリアの谷（低気圧性循環偏差）の予想が異なり、予想では、北からバイカル湖付近までの一連の谷のようになり、明確な低気圧性循環を示していない。月平均図で現れたような空間スケールに比べると小さなスケールで、現状ではその的確な予想は難しい。



第5図 7日平均500hPa高度・偏差の予想（左）と実況（右）
2015年3月27日～4月2日 予測の初期値は3月18日

次に気温ガイダンスをみてみよう。第6図は3月25日～31日の関東甲信地方の7日平均気温平年差の予想された確率密度関数、累積確率である。

確率密度関数を見ると、平均（確率密度の最も大きなところ）は+1.4℃程度と、高温となっている。ちなみに、この期間、平年差が+0.5℃を超えると「高い」となり、+2.2℃を超えると「かなり高い」となる。+2.2℃の累積確率がおよそ70%となっており、かなり高い可能性が30%程度であることがわかる。

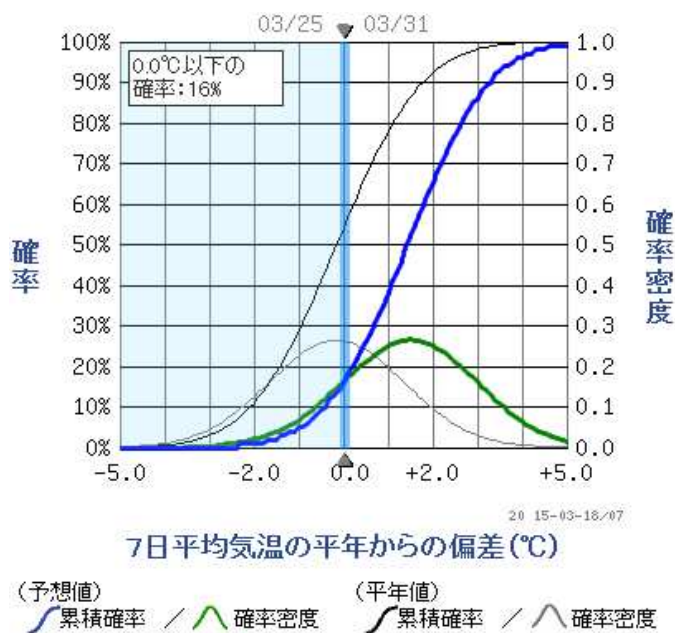
もう一つ注目してほしいのは、予想の分散（確率密度関数の広がり）が、気候値のそれ

をわずかに下回る程度でしかない，ということである。分散が大きいことは不確実性が大きいことを表す。「高温となる可能性が大きい，高温の程度については不確実性が大きい」と解釈すべきであろう。

予想の分散が気候値の分散を超えること場合もある。そのようなときの解釈は難しい。平均がほぼ0であると，不確実性が大きい，あまり情報がない，ということになる。平均が正負いずれかの大きな値となっていれば，正（負）である可能性が大きい，負（正）となる可能性もある，ということになる。

この時の予想では，3月25日～31日の7日平均気温はかなり高い確率が約30%，3月27日～4月2日はかなり高い確率40%とさらに大きい，分散も大きく，気候値の分散を上回っていた。

関東甲信地方の3月25日～31日の7日平均地域平均気温平年差は $+2.0^{\circ}\text{C}$ で，かなり高い（ $+2.2^{\circ}\text{C}$ を超える）までの高温とはならなかった。その後の，3月26日～4月1日，3月27日～4月2日では，それぞれ， $+2.8^{\circ}\text{C}$ ， $+3.3^{\circ}\text{C}$ とかなり高くなった。



第6図 予想された地域平均7日平均気温平年差確率密度関数
 (関東甲信地方 3月25日～31日)

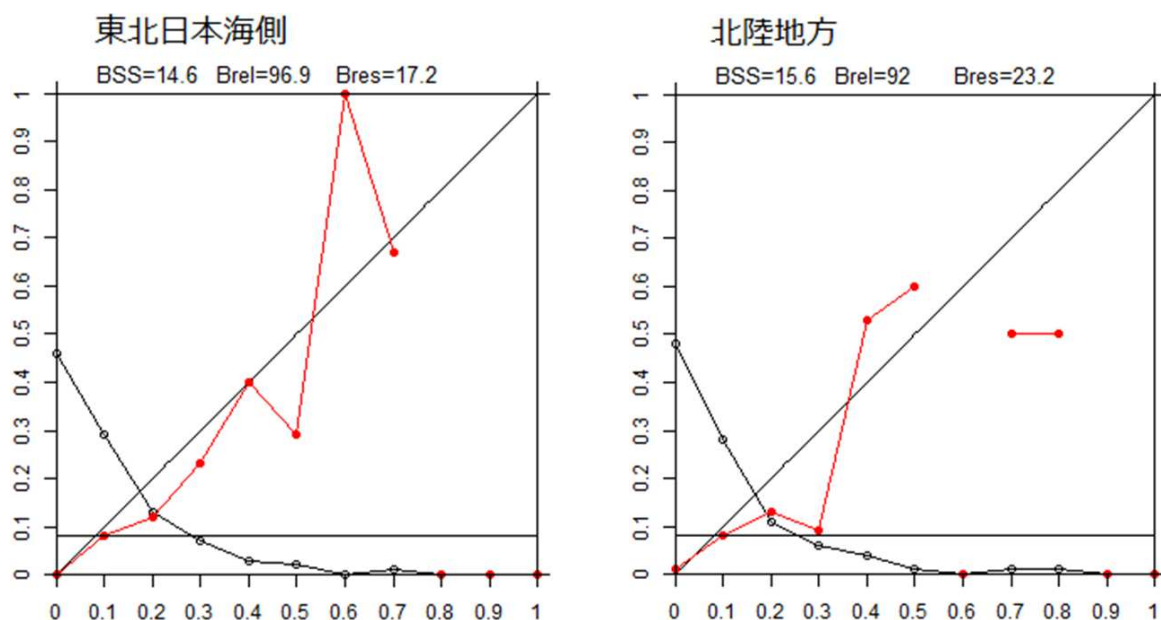
4. 降雪量についての異常天候早期警戒情報の開始

2010/11年冬から毎年、大雪による交通傷害等の被害が発生している。大雪に関する気象情報をふくめ情報の拡充等が検討され、その中で、異常天候早期警戒情報についても検討された。

技術的な検討では、「持続する冬型の気圧配置に関連する降雪に対しては、予測可能な精度が確保できる」（大久保ら、2013）との結論がえられ、2013年11月より、日本海側を中心とした地方を対象に情報の発表を開始した。この点は、1か月予報における日本海側の降雪量予報の検討においても、「冬型の気圧配置」の強弱といった“場”により決まるような降雪量の多寡が予測しやすい」（神野ら、1999）と同様の指摘がされている。

なお、季節予報では、地方气象台、特別地域気象観測所の観測値から地域平均値を算出しているが、今回の異常天候早期警戒情報では、地域気象観測所（アメダス）の観測値を利用し、山間部の観測も含めた地域平均値を算出している。

1981年～2010年（11～3月）の数値予報実験を用いた検証結果を示す。第7図は、東北地方日本海側と北陸地方の予測確率値別の（現象の）出現率である（信頼度曲線）。予測確率50%あたりまでは、出現率との隔たりが小さい。予測確率値が大きくなると、予測頻度が少なく、出現率との乖離がみられるようになるが、全体としては予測確率が大きいと出現率も大きくなっている。このことでBrelが大きな値となり、ブライヤスキルスコアも正值となっている（ブライヤスコアについては、例えば、立平（1986, 1999）を参照）。



第7図 5日先からの7日間降雪量「かなり多い」の確率値別適中率

横軸：確率、縦軸：出現率

赤：確率値別適中率 黒：確率値別予測頻度

BSS：ブライヤスキルスコア Brel：信頼度スキルスコア Bres：分離度スキルスコア

次に、適中率、捕捉率をしてみる（第3表）。適中率は、「かなり多い」確率を30%以上と予測し、実際にかなり多くなった割合、捕捉率は、実際にかなり多くなった事象に対し、「かなり多い」確率を30%以上と予測していた割合である。

適中率は40%弱で、確率30%以上を予測していること、大きな確率値を予測する頻度が小さいことから、このような数字となっている。大きな確率値を予測する頻度が大きくなり、かつ、確率値と同等の出現率となることが課題である。

捕捉率は、40%弱であり、60%強の事象に対して、予測確率値が30%以上となっていない。もう少し大きな数字となることが課題である。

長期予報は“平均場、から降水量や降雪量を推測するが、降水は個々の低気圧の動向などに大きく左右されることから、予測が大変難しく、改善のための技術開発も容易ではない。

第3表 7日間降雪量ガイダンスの適中率と捕捉率

地 域	適中率 (%)	捕捉率 (%)
北海道日本海側	27	31
東北日本海側	32	36
北陸地方	37	45
近畿日本海側	39	33
山陰	62	51

5. 気象情報の利活用

立平（1999）は、気象予報の利用について、予報にもとづいて将来の天気や気候に対し何らかの「対策」行動をとるべく「意思決定」すること、と述べている。

既に、気象情報を経営に取り込んでいる分野も多い。コンビニエンスストアなどにおける商品発注は典型例である。気温等と商品ごとの販売量との関係を分析し、予想気温から商品の販売量を推定し、発注することで、売れる商品の品切れを防ぎ（販売機会を失わず）、売り上げの増加を目論む。逆に、過大な在庫を抱えないようにすることができる。顧客側には、ほしい商品が品切れになっていない、手に入れることができる。

このような利用のためには、気温等の気象データ、商品の販売量、売上、利益などのデータ、予測の誤差といった多量のデータを分析することから、損失を減らし、利益を上げるようなモデルを構築する。さらには、業務システム（のアプリケーション）まで関わってくる。作業規模からいっても、民間気象業者の重要な業務である。このような利活用は今後も増えていくであろう。

では、気象キャスターはどのように関わるか、どのようなことを担うか、ということを考えてみよう。

気象キャスターは、テレビ放送などで「一般向け情報」を提供する。実は、この「一般向け」というのが難しい。対象が不特定多数の視聴者であり、受け手の求めるものが多種多様多岐にわたる。限られた短い時間の中で、すべての人が頷いてくれるような情報の説明は甚だ困難である。

そんな中、気象情報に、何かひとつこと付け加えることで、多くの人に、情報（の言わんとすること）を理解してもらい、イメージしてもらいのが気象キャスター役割の一つではないだろうか。実際、日々の天気予報、気象情報も、何かしらその時々話題を加えていることが多い。

その時々で、また、同じ情報でもさまざまな切り口があり、どのような話題を提供するのか、はキャスターの腕の見せ所である。

そのためには、日頃から、どんなことにどんな影響があるのか（関係があるのか）を常に意識し、気象と社会との関係についての情報の収集と確かな知識を身につけてほしい。

また、関係について、自分なりに調べ、根拠を持っておくべきで、受け狙いのいい加減な言動は慎みたい。

もうひとつ、最大の眼目は気象情報であって、根幹は気象についての知識、現象の理解であることを忘れないでほしい。

このようなことを調べるうえで参考になりそうなのが、気象庁ホームページにある、「気象情報を活用して気候の影響を軽減してみませんか？」である。このページでは、気候リスク管理、すなわち、気候とその影響を知ること、分析すること、対応することそれぞれについて解説している。

また、これらに分析や利活用に欠かせない、気候データ等のダウンロードが容易に行えるようになっている。csv 形式でまとまった量のデータを取得することができるので、簡単な調査には大変便利である。そのほか、気象庁のこれまでの調査など、気候の影響を示した資料も提示されている。

これらを活用し、気象と社会との関連について、知見を深めてもらいたい。

参考文献

岸保 勘三郎，佐藤 信夫，1986：新しい気象力学，東京堂出版。

土方 薫（編），2001：天候デリバティブ，181pp，シグマベイズキャピタル。

土方 薫，2003：総論 天候デリバティブ，243pp，シグマベイズキャピタル。

平井 雅之，宮岡 健吾，佐藤 均，杉本 裕之，南 敦，松川 知紘，高谷 祐平，新保 明彦，
2015：1 か月アンサンブル予報システムの変更の概要，平成 26 年度季節予報研修テ
キスト，1-5，気象庁地球環境・海洋部。

Hoskins, B., J. Karoly, D., 1981: The Steady Linear Response of a Spherical Atmosphere
to thermal and Orographic Forcing, *J. ATMOS. SCI.*, 38, 1179-1196.

伊藤 明，2008：異常天候早期警戒情報のためのガイダンスとその評価，平成 20 年度季節
予報研修テキスト，28-34，気象庁地球環境・海洋部。

神野 正樹，渡辺 典昭，1999：降雪量ガイダンス，最新季節予報テキスト，39-57，気象業
務支援センター

気象庁，2002：企業の天候リスクと中長期気象予報の活用に関する調査報告書，気象庁。

気象庁，2003：天候リスクマネジメントへのアンサンブル予報の活用に関する調査報告
書，気象庁。

日経流通新聞，1999：天候デリバティブ脚光，日本経済新聞社。

大久保 忠之，中三川 浩，2013：大雪に関する異常天候早期警戒情報の開始，平成 25 年度
季節予報研修テキスト，1-8，気象庁地球環境・海洋部

立平 良三，1986：新しい天気予報，東京堂出版。

立平 良三，1999：気象予報による意思決定，東京堂出版。

Wallace, J. M., D. S. Gutzler, 1981: Teleconnections in the geopotential height field
during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 784-812.

参考になりそうなテキスト等

藤部 文昭，2012：都市の気候変動と異常気象―猛暑と大雨をめぐる―，朝倉書店．

藤部 文昭，2014：統計からみた気象の世界，成文堂．

季節予報研修テキスト

平成 26 年度 1 か月予報システムの更新・JRA-55 の概況

平成 25 年度 大雪の異常天候早期警戒情報等

平成 24 年度 季節予報作業指針

平成 23 年度 2010 年 平年値

平成 22 年度 季節予報への大気海洋結合モデルの導入

平成 21 年度 エルニーニョ 監視速報の拡充

平成 20 年度 異常天候早期警戒情報とその利用

平成 19 年度 日本の天候に影響を与える循環場の特徴

※平成 19 年度版には最終章に基本的な統計についての記述がある。

平成 20 年度版以降は，タイトルの記述に加え，前年の異常天候等の解析が掲載されている。