

国内外の確率的気象情報の利活用について

- 確率予報を利用した意思決定に関する研究（第1報） -

平松章男（日本気象予報士会北陸支部）

1 はじめに

気象情報の中には、降水確率や季節予報のように確率で表現される予報がある。不確実性を伴う気象予報には、確率予報が非常に効果的である。しかし、今でもこのような確率予報を間違って解釈されることが多く、まだまだ有効に活用されているとは言い難い。これは、諸外国でも同様に見受けられることである。ここでは、日本や海外（主に米国）の確率予報に関する文献を概観し、確率予報の利活用について考察する¹。

2 日本における確率予報の利用

日本では、1980年に東京地方で降水確率予報が発表され始め [1]、今では全国的にテレビやラジオ、新聞等で報道されている。また、1996年からは1か月予報や3か月予報などの季節予報にも確率予報形式が導入されており [2]、「台風の暴風域に入る確率」も気象庁のホームページ [3]で見ることができる。また2008年3月からは、7日平均気温が「かなり高い」か「かなり低い」となる確率が30%を超えると予測された場合に、「異常天候早期警戒情報」が発表されるようになった [4]。

日本における確率予報の利活用については、立平 [5]が数多くの書籍や論文等で紹介し解説している。天気予報の経済的な価値は、気象情報が社会の各方面において意思決定に利用されるにつれ評価され始めた。特に高度な意思決定を定量的に行うために、気象情報の不確実性を定量的に表現した確率予報の利用が、リスク・マネジメントの研究として試みられている。その中で最も簡単で広く用いられているのが、コスト/ロス・モデルである。これは、ある気象現象が起こるか否かによって、対策を講じるか否かを判断するモデルである。表1に示すように、対策に要する費用を C とし、対策を取らなかったときに気象現象が起こって被る損失を L とする。対策を取ったときは気象現象が起きても起きなくても掛かる費用は C である。一方、対策を取らなかったときに気象現象が起きれば損失 L であるが、気象現象が起きなければ損失は0である。気象現象が発生する確率を p とすれば、 p がコスト/ロス比 C/L より大きい ($p > C/L$) ときに対策を講じ

表 1: コスト/ロス・モデル

	気象現象 有 (発生確率 p)	気象現象 無 (発生確率 $1-p$)
対策 有	C	C
対策 無	L	0

るのが、よい判断となる。

主にコスト/ロス・モデルを用いたリスク・マネジメントや天気予報の価値評価の例として、富山 [6] は電力会社の需給運用業務を取り上げて気温の確率予報を用いた意思決定を検討している。また、山田 [7] [8] は天気予報の経済的な価値をコスト/ロス比や利益スキルスコアを用いて評価している。しかしいずれも、予報精度の問題の他にもコスト/ロス比の不確実性が加わるため、適用はある程度単純化したモデルに限られている。また、中長期予報で用いられるアンサンブル予報から求められる気温等の発生確率を売上や経常利益の確率分布に変換して経営判断に利用する活用方法 [9] や、金融工学的なリスク管理手法を取り込んで天候リスクを確率分布として計量化する方法 [10] が調査研究されている。さらに、天候リスクを取引する「天候デリバティブ」なる金融商品も現れているが、企業リスクの中で天候リスクだけを定量的に評価することは難しく [11]、ただ単にある設定条件（気温、降雪量など）を超えた日数の多少で支払いが行われる取引であったり、高度な金融工学的手法を構築 [12] している一方で気温予測は単に過去統計からの推測であったりして、日々発表される気象情報を本当に活用しているようには見えない。確率予報で発表される季節予報を定量的に利用しようという試み [13] も始まっているが、まだまだ研究段階であり、引き続き議論と検討が必要とされている。

3 海外における確率予報の利用

米国気象学会 (American Meteorological Society : AMS) は、学会の声明文 (Information Statement) で確率予報の利用促進を呼びかけている [14] [15]。しかし、その声明文の中でも述べられているように、確率

¹平成 21 年度日本気象学会中部支部研究会 (津) にて一部発表

予報を間違っ て解釈されることがしばしば起 っている。米国では1965年に国立測候所(National Weather Service : NWS)によって降水確率(Probability of Precipitation : PoP)予報が開始されたが、1979年のMurphy et al. [16]のアンケート調査でも、大衆の多くが降水確率を誤解していることが示されていた。天気予報の経済的価値や気象情報による意思決定については、Katz and Murphy [17]によって多様な視点から解説されているほか、コスト/ロス・モデルを用いた意思決定が多くの論文(例えば、Thompson and Brier [18]、Murphy [19]、Murphy and Winkler [20]など)で紹介されている。またWilks [21]は、気象情報評価に必要な知識を体系的な教科書としてまとめている。

最近、気象・気候予測の不確実性を定量化して伝えることを提言する報告[22]が、米国学術研究会議(National Research Council : NRC)によってなされた。この報告書については日本気象学会誌「天気」でも既に紹介されている[23]が、この報告書のために組織された「気象・気候予測における不確実性の定量化と伝達に関する委員会」によって9つの発見事項と勧告が提示されている。それらには、ユーザーニーズをよく知る民間気象事業者が予報の不確実性を効果的に伝えるために、NWSやNOAA(米国海洋大気庁)が予報プロダクトの改良や検証を進めることはもちろん、民間気象事業者や研究機関とも協力して不確実情報を伝えるために献身的な努力をすることを勧めている。

2009年9月に米国気象学会(AMS)から、Weather, Climate, and Society (WCAS)という学術雑誌が新しく創刊された[24][25]。この雑誌では気象・気候や社会との関係というような学際的な研究分野を扱い、意思決定や政策提言、気候変動や異常気象が人間に与える影響、防災、そして天気予報の価値などの研究が掲載される見込みである。気象情報の価値評価や確率予報の効果的利用についての研究が、この雑誌を中心に展開されることに期待したい。

4 まとめと今後の課題

ここでは、確率予報に関する国内外の文献について概観した。不確実性を伴う気象情報を効果的に伝達するにはどのようにしたらよいか、不確実性を考慮した意思決定とはどのようなものかについては、まだまだ研究の余地がありそうである。気象庁が昨年から発表を開始し、確率情報が多く提供されている異常天候早期警戒情報の利用[26]についても、これからの研究課題の一つであると考えられる。

References

- [1] 立平良三, 1999: 天気予報の技術開発に携わって - 1998年度藤原賞受賞記念講演 - . 天気, 46, 87-95.
- [2] 気象庁気候・海洋気象部編, 1999: 季節予報の確率表現の普及に向けて. 平成11年度季節予報研修テキスト, 気象業務支援センター, 90p.
- [3] 気象庁ホームページ, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html> (2009年12月15日閲覧).
- [4] 気象庁地球環境・海洋部編, 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, 気象業務支援センター, 84p.
- [5] 立平良三, 1999: 気象予報による意思決定 - 不確実情報の経済価値 - . 東京堂出版, 142p.
- [6] 富山芳幸, 2003: 気温の確率予報を用いたリスク・マネジメント. 天気, 50, 175-187.
- [7] 山田真吾, 2001: コスト・ロス・モデルに基づいた天気予報の評価指数の提案. 天気, 48, 759-765.
- [8] 山田真吾, 2004: 天気予報の価値をどう測るか. オペレーションズ・リサーチ, 49, 268-275.
- [9] 気象庁, 経済産業省, 2001: 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. 平成13年度気象庁委託調査, 気象庁ホームページ.
- [10] みずほ第一フィナンシャルテクノロジー株式会社, 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. 平成14年度気象庁委託調査, 気象庁ホームページ.
- [11] 土方薫, 2003: 総論天候デリバティブ. シグマベイスキャピタル, 243p.
- [12] 刈屋武昭編, 2005: 天候リスクの戦略的経営 - EaRとリスクスワップ - . リスクの経営シリーズ, 朝倉書店, 2005.
- [13] 渡辺典昭, 2008: 6. 「季節予報を定量的に利用する」, 2008年度(日本気象学会)春季大会専門分科会報告. 天気, 55, 764-765.
- [14] AMS Council, 2002: Enhancing weather information with probability forecasts. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83, 450-452.
- [15] AMS Council, 2008: Enhancing weather information with probability forecasts. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89, 1049-1053.
- [16] Murphy, A.H., S. Lichtenstein, B. Fishchhoff, and R.L. Winkler, 1980: Misinterpretations of precipitation probability forecasts. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 61, 695-701.
- [17] Katz, R.W., and A.H. Murphy, ed., 1997: *Economic value of weather and climate forecasts*. Cambridge University Press, 222p.
- [18] Thompson, J.C. and G.W. Brier, 1955: The economic utility of weather forecasts. *Monthly Weather Review*, 83, 249-253.
- [19] Murphy, A.H., 1976: Decision-making models in the cost-loss ratio situation and measures of the value of probability forecasts. *Monthly Weather Review*, 104, 1058-1065.
- [20] Murphy, A.H., and R.L. Winkler, 1971: Forecasters and probability forecasts: Some current problems. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 52, 239-248.
- [21] Wilks, D.S., 2006: *Statistical methods in the atmospheric sciences* (Second edition). Academic Press, 627p.
- [22] National Research Council, 2006: *Completing the forecast: Characterizing and communicating uncertainty for better decisions using weather and climate forecasts*. National Academic Press, 112p.
- [23] 富山芳幸, 2007: 「Completing the Forecast: Characterizing and Communicating Uncertainty for Better Decisions Using Weather and Climate Forecasts」National Research Council 著. 本だな, 天気, 54, 489-490.
- [24] Balstad, R., 2009: The science and humanity of weather, climate, and society. *Weather, Climate, and Society*, 1, 5-6.
- [25] Karl, T.R., 2009: The coming of age: A new AMS journal on Weather, Climate, and Society. *Weather, Climate, and Society*, 1, 7-8.
- [26] 平松章男, V.N. Huynh, 中森義輝, 2009: 異常天候早期警戒情報を利用した商品発注の意思決定について. 日本気象学会2009年度秋季大会講演要旨集, A310, 平成21年11月25日~27日, 福岡, p.84.