

確率予測資料を利用した意思決定のモデルについて

- 確率予測資料を利用した意思決定に関する研究 (第3報) -

平松章男 (日本気象予報士会北陸支部)

1 はじめに

降水確率や季節予報のように確率で表現される気象情報を、社会・経済活動へ有効利用することが課題となっている。気象情報を利用して意思決定する場合、従来からコスト/ロス・モデルが広く使われてきた。ここ数年で気象情報の確率予測資料が充実してきたことにより、コスト/ロス・モデルをさらに一般化したモデルを用いた意思決定を可能とする条件が整いつつある。本研究では、気象情報の確率予測資料を用いて適切な判断を行うための意思決定モデルについて考察する¹。

2 確率予報と意思決定モデル

2.1 コスト/ロス・モデル

そもそも気象情報を利用する理由は、もっとも適切な意思決定をして、最大の経済価値を引き出すことである [1] [2]。そのため気象情報によって意思決定をする場合には、ある気象現象が発生するか否かの確率と目的対象の費用損失比との大きさを比較して、対策を講じるかどうかを判断する「コスト/ロス・モデル」が利用されている (例えば、Thompson and Brier [3]、Murphy [4]、Murphy and Winkler [5]、山田 [6] など)。表 1 に示すように、対策に要する費用 (コスト) を C とし、対策を取らなかったときに気象現象が発生して被る損失 (ロス) を L とする。対策を取ったときは気象現象が発生してもしなくても、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発生すれば損失 L であるが、気象現象が発生しなければ損失は 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 ($p > C/L$) 場合に対策を講じるのが、良い意思決定とされる。

しかし Lazo [7] は、気象学の研究分野で広く使われているコスト/ロス・モデルは、経済学の研究分野では全く使われていない、と述べている。その理由は、コスト/ロス・モデルはあまりにも単純であるため、現実世界の不確実な状況下における意思決定の経済価値を評価するには不十分、だからである。そのため、

¹日本気象学会 2010 年度秋季大会 (京都) および平成 22 年度日本気象学会中部支部研究会 (富山) にて一部発表

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

$p > C/L$ ならば対策実施

気象学の研究分野でもコスト/ロス・モデルの利用にこだわらない新たなモデルの提示を求めている。

2.2 意思決定のモデル化

モデルとは、研究の対象となっている現実を単純化した表現である。モデルの表現の仕方にもいろいろあるが、定量的な評価をするためには記号や数式で表現した方が取扱は容易となる。一般的な意思決定のモデルでは、(1) 意思決定者、(2) 目的、(3) 「自然の状態」、(4) 代替案、(5) 結果、(6) 「自然の状態」や代替案と結果との関係、(7) 代替案の評価と選択、の 7 つの要素を考慮している [8]。これら諸要素を抽象的に表現したモデルは、

$$z = f(x, y) \quad u = g(z)$$

となる。ここで、 x = 意思決定者がコントロール可能な決定変数、 y = 意思決定者がコントロールできない環境変数、 $z = x$ の決定と y の実現値による結果変数、 $u =$ 結果 z を評価するための尺度である評価変数、である。

3 不確実性と決定理論的アプローチ

気象現象は、将来の不確実な状況の代表的なものである。将来の不確実性に直面した際の意思決定の方法として、決定理論的アプローチがある [8]。いくつかの起こりうる状態があって、そのうちのどれがおこるかが確実にわからないとき、それらの状態を「自然の状態」と呼ぶ。いま、起こりうる自然の状態が n 通りあるとし、それらを N_1, N_2, \dots, N_n と表す。これら N のうちどれが起こるか、意思決定者はコントロールで

きない。それに対して、意思決定者がとりうる「行動代替案」が m 通りあるとし、それらを A_1, A_2, \dots, A_m と表す。 N のうちどれが起こるか分からない状況のままで、それら A のうちどれを選ぶかが意思決定者の決定である。

ここで意思決定者が A_i という行動を選び、自然の状態として N_j が起こったときの結果を C_{ij} と表し ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)、その結果 C_{ij} に対するペイオフ (プラスまたはマイナスの効果) を R_{ij} と書けば、表 2 に示すようなペイオフ表を作成できる。

表 2: ペイオフ表

行動代替案	自然の状態			
	N_1	N_2	...	N_n
A_1	R_{11}	R_{12}	...	R_{1n}
A_2	R_{21}	R_{22}	...	R_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
A_m	R_{m1}	R_{m2}	...	R_{mn}
発生確率	$P(N_1)$	$P(N_2)$...	$P(N_n)$

以上のような決定問題の状況に関して、決定理論的アプローチは「自然の状態」における不確実性を問題にする。その中でも、自然の状態 N の発生について何らかの確率分布がわかっている場合を「リスク」の場合と呼ぶ。リスクの場合にも二通りあり、自然の状態のおこる可能性について客観的な確率がわかっている場合を客観的リスクの場合の問題と呼び、客観的な確率分布がなく主観的な場合を主観的リスクの場合と呼ぶ。

気象庁が 2008 年 3 月から提供している異常天候早期警戒情報 [9] では、確率予測資料として 7 日平均気温平年偏差の予想累積確率や確率密度分布の情報が発表されている。ここで提供されている確率予測資料は、気温に関する「自然の状態」の客観的な確率分布として取り扱っても良いであろう。したがって、この確率予測資料を利用すれば、客観的リスクの場合における決定理論的アプローチの意思決定が可能となる。

なお表 1 に示したコスト/ロス・モデルは、一般的なペイオフ表の 2 行 × 2 列の場合とすることができる。よって、コスト/ロス・モデルを用いた意思決定も、ここで述べたリスクの場合の意思決定問題に帰着される。

4 客観的リスクの場合の意思決定

自然の状態についての確率分布がわかっている場合の意思決定原理として最も基本的なものは、期待値原理である [8]。期待値原理とは、意思決定者の取り得る行動代替案のペイオフに確率の大小で重みを付け、その最大を選ぶ方法である。いま、起こりうる自然の状態 $N (N_1, N_2, \dots, N_n$ とする) の発生する確率を

$P(N_j) (j = 1, 2, \dots, n)$ とする ($\sum_{j=1}^n P(N_j) = 1$)、ペイオフ表が表 2 で与えられているならば、行動代替案 A_i の期待ペイオフ $ER(A_i)$ は、

$$ER(A_i) = \sum_{j=1}^n R_{ij}P(N_j)$$

$$= R_{i1}P(N_1) + R_{i2}P(N_2) + \dots + R_{in}P(N_n)$$

と表される。ここで m 個の行動代替案の中でどれが最善であるかを評価するには、各 A_i に対する期待ペイオフ $ER(A_i)$ を比較し、その効果が最大値

$$\max_i ER(A_i)$$

をとる行動代替案を選択すれば良い、ということになる。

5 おわりに

気象情報を利用した意思決定に広く使われているコスト/ロス・モデルを一般化し、決定理論的アプローチで問題を取り扱う方法について考察した。気象庁が提供している異常天候早期警戒情報の確率予測資料の確率密度分布を用いれば、客観的リスクの場合の意思決定問題として、適切な意思決定を行うことができる。

References

- [1] 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.
- [2] Katz, R.W., and A.H. Murphy, ed., 1997: *Economic value of weather and climate forecasts*. Cambridge University Press, 222p.
- [3] Thompson, J.C. and G.W. Brier, 1955: The economic utility of weather forecasts. *Monthly Weather Review*, 83, 249-253.
- [4] 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.
- [5] Murphy, A.H., and R.L. Winkler, 1971: Forecasters and probability forecasts: Some current problems. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 52, 239-248.
- [6] 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.
- [7] Lazo, J.K., 2010: The costs and losses of integrating social sciences and meteorology. *Weather, Climate, and Society*, 2, 171-173.
- [8] 宮川公男, 2005: 意思決定論 基礎とアプローチ. 中央経済社, 381pp.
- [9] 気象庁, 2010: 異常天候早期警戒情報. <http://www.jma.go.jp/jp/soukei/>