第4回日本気象予報士会研究成果発表会
2012年2月25日（土） 10:30～16:40
難波市民学習センター

02WB-6

意思決定者のリスク選好態度を考慮した確率予報の利用について
ー　確率予報を利用した意思決定に関する研究（第4報）　ー

平松　章男（日本気象予報士会北陸支部）

はじめに

- 確率予報（降水確率・季節予報）を、社会・経済活動に有効利用し、経済的価値を最大化することが課題（立平 1999, Katz & Murphy 1997）
  - ●コスト／ロス・モデル
  - ●期待値原理、期待値・分散原理

- そのとき、意思決定者の態度は？
  - ●リスク回避的
  - ●リスク中立的
  - ●リスク選好的

コスト／ロス・モデルや期待値原理では
意思決定者の態度まで充分に考慮できない。

- ファジィ理論を利用して、意思決定者のリスク選好態度を定量的に表現
  - ●同じ確率予報でも意思決定者のリスク選好態度が異なると、選択する行動代替案が異なってくることを示す。

参考文献：
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.
Katz, R. W., and A. H. Murphy, ed., 1997: *Economic value of weather and climate forecasts.* Cambridge University Press.

コスト／ロス・モデル

コスト／ロス・モデルは、気象学の分野における意思決定では非常によく用いられているモデル

	雨　アリ	雨　ナシ
対策　アリ	C	C
対策　ナシ	L	0

C:対策費　L：損失

降水確率：P が

$$P \geq \frac{C}{L}$$

ならば、対策実施

しかし、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(Lazo,2010)。

参考文献

Lazo, J. K., 2010: The costs and losses of integrating social science and meteorology, *Weather, Climate, and Society*, Vol.2, No.3, 171-173.

期待値原理

確率予報は天候状態の客観的な確率分布に基づいており、
客観的リスクの場合における意思決定モデルである期待値原理を利用できる。

ペイオフ表

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

期待ペイオフ最大

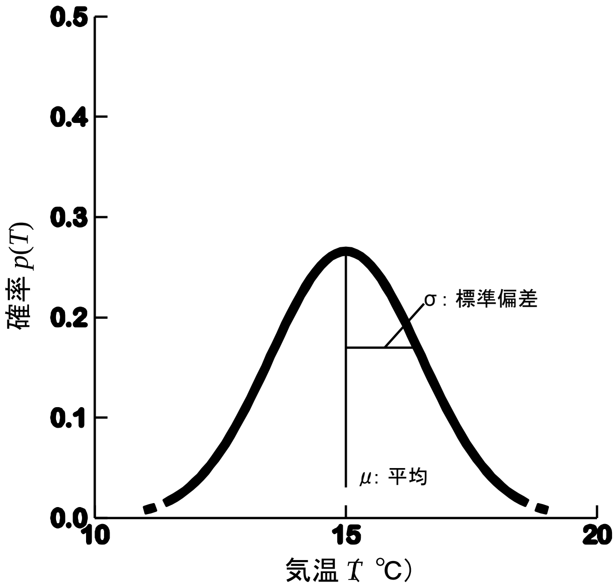
$$\arg\max_i ER(A_i)$$

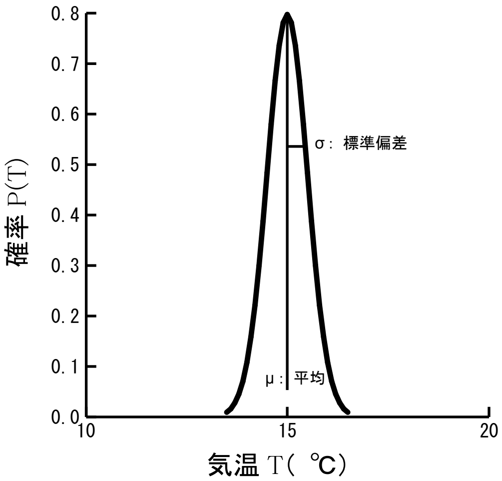
$$ER(A_i) = \sum_{j=1}^{n} R_{ij}P(N_j) = R_{i1}P(N_1) + R_{i2}P(N_2) + \cdots + R_{in}P(N_n)$$

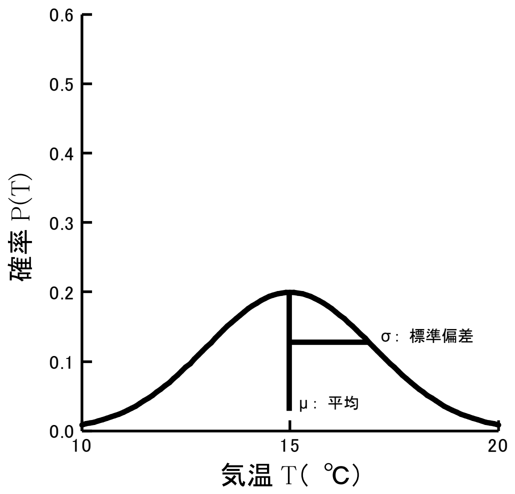
行動代替案のペイオフRijに確率の大小で重みを付け、その最大を選ぶ。

期待値・分散原理

期待値・分散原理では、ペイオフの変動に伴うリスクを考慮する。







ペイオフの分散

$$\sigma_R^2(A_i) = \sum_{j=1}^{n} [R_{ij} - ER(A_i)]^2 P(N_i)$$

ペイオフの分散の大小は、「自然の状態」の発生確率の変動によっても左右される。

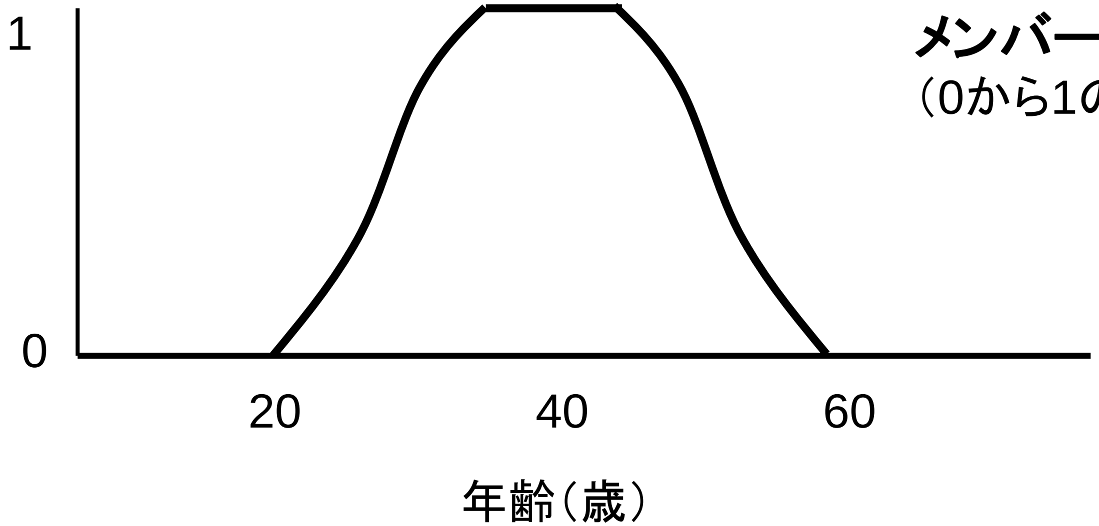
意思決定者の態度

- バラつき大＝収益大の可能性あり。一方で損失大の可能性もあり。
  - ◆リスク選好的（賭博）
- バラつき小＝収益は小さいが、損失が生じる可能性も小さい。
  - ◆リスク回避的（安全志向）
- バラつき中＝収益はそれほど大きくないが、損失が大きくなることもない。
  - ◆リスク中立的

このような意思決定者の態度を、どのように（定量的に）表現するか？

ファジィ理論の利用(例)

ファジィ集合　　　　「中年」の集合



メンバーシップ関数を定義
(0から1の間)

30歳なら、中年＝0.5
40歳なら、中年＝1.0
50歳なら、中年＝0.6

自由に定義してよい！

ファジィ理論の利用

ファジィ 理論を 用いて、意思決定者のリスク選好の態度を 表現する。

メンバーシップ関数　$\mu_T : [R^{min}, R^{max}] \to [0,1]$

ここで、$R^{min} = \min\{R_{ij}\}$, $R^{max} = \max\{R_{ij}\}$

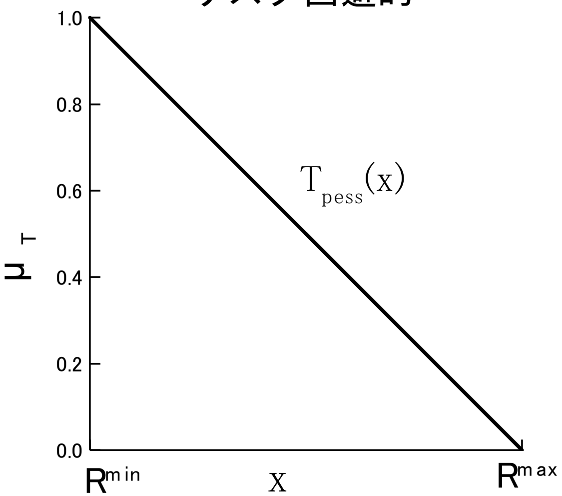
$$A_*^T = \arg\max_{A_i} \sum_{j=1}^{n} p_j \mathbb{P}(R_{ij} \geq T)$$

$$\mathbb{P}(R_{ij} \geq T) = \int_{R^{min}}^{R_{ij}} P_T(t)dt$$

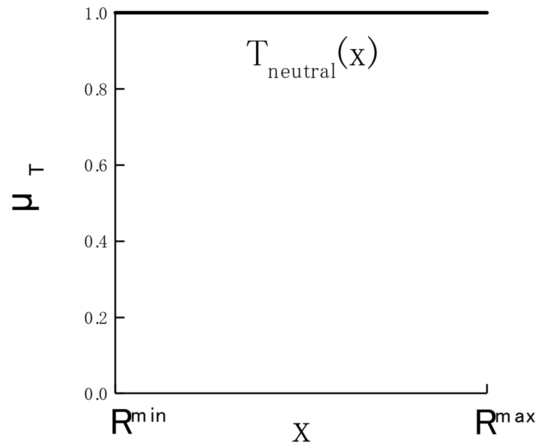
$$P_T(t) = \frac{F(x)}{\Sigma F(x)} = \frac{\mu_T(t)}{\int_{R^{min}}^{R^{max}} \mu_T(t)dt}$$

ファジィ 目標への合致が最大となる行動代替案を選択

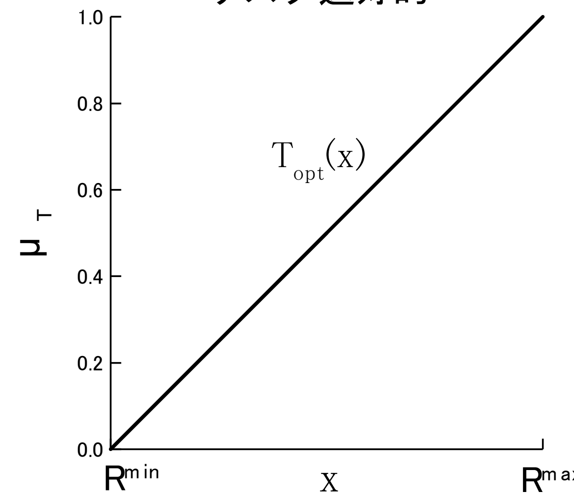
リスク回避的



リスク中立的



リスク選好的



$$T_{pess}(x) = \begin{cases} \frac{R^{max} - x}{R^{max} - R^{min}} & R^{min} \leq x \leq R^{max} \\ 0 & \text{それ以外のとき} \end{cases}$$

$$A_*^{pess} = \arg\max_{A_i} \sum_{j=1}^{n} P_j \mathbb{P}(R_{ij} \geq T)$$

$$T_{neutral}(x) = \begin{cases} 1 & R^{min} \leq x \leq R^{max} \\ 0 & \text{それ以外のとき} \end{cases}$$

$$A_*^{neutral} = \arg\max_{A_i} \sum_{j=1}^{n} p_j \frac{R_{ij} - R^{min}}{R^{max} - R^{min}}$$

$$T_{opt}(x) = \begin{cases} \frac{x - R^{min}}{R^{max} - R^{min}} & R^{min} \leq x \leq R^{max} \\ 0 & \text{それ以外のとき} \end{cases}$$

$$A_*^{opt} = \arg\max_{A_i} \sum_{j=1}^{n} P_j \mathbb{P}(R_{ij} \geq T)$$

確率予報の利用例－食品の仕入れ量の決定

数値例は気象庁ホームページ（ http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/kisetsu_riyou/use/howtouse2.html）より

気温と販売量との関係（ 単位： 個）

気温	低い	平年並	高い
販売量（ 個）	1300	1000	800

仕入れ単価　100 円
販売単価　200 円
売れ残り廃棄費用　5 円／個

仕入れ量に対する気温と収益との関係（ 単位： 円）

仕入れ量（ 個）	気温 低い	気温 平年並	気温 高い
1300	130000	68500	27500
1000	100000	100000	59000
800	80000	80000	80000

最大収益

最大収益となるのは、

気温が「 低い」ときは仕入れ量 1300 個

気温が「 平年並」のときは仕入れ量 1000 個

気温が「 高い」ときは仕入れ量 800 個

それ以外は､「 売れ残り 」か「 売り損ない」

確率予報と期待値・分散原理(1)

確率予報: ケース1

気温	低い	平年並	高い
確率	60%	30%	10%

収益の期待値 $ER(A_i)$ と標準偏差 σ_R

仕入れ量(個)	収益の期待値(円)	収益の標準偏差(円)
1300	101300	36900
1000	95900	12300
800	80000	0

気温が「低い」確率が最も大きく、収益の期待値が最大となるのは仕入れ量が1300個のときである。しかし収益の標準偏差も大きく、予報が外れたときのリスクも大きい。
仕入れ量が800個なら気温に関係なく収益の期待値は一定であるが、この予報の場合は収益の期待値が他と比べて小さい。

確率予報と期待値・分散原理(２)

確率予報: ケース２

気温	低い	平年並	高い
確率	50%	30%	20%

収益の期待値 ER(A_i) と標準偏差 σ_R

仕入れ量(個)	収益の期待値(円)	収益の標準偏差(円)
1300	91050	41459
1000	91800	16400
800	80000	0

確率予報: ケース 3

気温	低い	平年並	高い
確率	40%	30%	30%

収益の期待値 ER(A_i) と標準偏差 σ_R

仕入れ量(個)	収益の期待値(円)	収益の標準偏差(円)
1300	80800	43196
1000	87700	18789
800	80000	0

気温が「低い」確率が最も大きいが、収益の期待値が最大となるのは仕入れ量が1000個のときである。
ケース1よりもケース2、ケース2よりもケース3の方が予報のばらつきが大きい(すなわち、予報の信頼度が小さい)ため、収益の標準偏差が大きい。

確率予報と期待値・分散原理（3）

確率予報: ケース 4

気温	低い	平年並	高い
確率	20%	30%	50%

収益の期待値 $ER(A_i)$ と標準偏差 σ_R

仕入れ量（個）	収益の期待値（円）	収益の標準偏差（円）
1300	60300	39112
1000	79500	20500
800	80000	0

気温が「高い」確率が最も大きいため、収益の期待値が最大となるのは仕入れ量が800個のときである。仕入れ量が800個なら予報が外れた場合でも収益に変動はない。仕入れ量を増やせばより多くの収益が得られるかもしれないが、それは意思決定者のリスク選好の態度による（賭博に近い）。

意思決定者のリスク選好態度を考慮した意思決定(1)

確率予報: ケース1

気温	低い	平年並	高い
確率	60%	30%	10%

可能性 A_*^T の大小

仕入れ量(個)	意思決定者のリスク選好態度		
	リスク回避的	リスク中立的	リスク選好的
1300	0.792	0.720	-0.792
1000	0.875	0.667	-0.875
800	0.762	0.512	-0.762

気温が「低い」確率が最も大きいが、意思決定者のリスク選好態度によって仕入れ量は異なる。
意思決定者がリスク中立的な場合は1300個であるが、リスク回避的な場合は1000個、リスク選好的な場合は800個となる。

意思決定者のリスク選好態度を考慮した意思決定（2）

確率予報： ケース 3

気温	低い	平年並	高い
確率	40%	30%	30%

可能性 A_*^T の大小

仕入れ量（ 個）	意思決定者のリスク選好態度		
	リスク回避的	リスク中立的	リスク選好的
1300	0.592	0.520	-0.592
1000	0.796	0.587	-0.796
800	0.762	0.512	-0.762

これも気温が「低い」確率が最も大きいが、意思決定者のリスク選好態度が
リスク中立的やリスク回避的の場合は仕入れ個数1000個となる。
しかし仕入れ個数を1300個とするのは、リスク選好的な態度である。

まとめ

- 期待値原理や期待値･分散原理に基づいて、確率予報を利用した意思決定について考察した。しかしこれらの原理は、意思決定者のリスク選好態度を定量的に考慮したものではない。
- 意思決定者のリスク選好態度をファジィ理論によって定量化して表現した。その結果、同じ確率予報であってもリスク選好態度が異なれば、選択する行動代替案が変化することが示された。

今後の課題

- 今回提示した具体例は、モデルを説明するための仮想的なものである。今後、実際の確率予測資料を利用した実用的な意思決定の事例を示すこと、および、この意思決定モデルの有効性検証が必要である。

Thank you for your attention.
ご清聴ありがとうございます。

一般社団法人日本気象予報士会北陸支部
平松　章男
（気象予報士登録番号第3796号）

E-mail: fwgj6015@mb.infoweb.ne.jp