

コンジョイント分析によるリスク認知評価

- 東京湾油濁事故における不確実性の評価 -

栗山浩一*・竹内憲司・鷲田豊明・岸本充生・瀬尾佳美

1. はじめに

コンジョイント分析は多属性の評価対象を属性別に評価可能な手法であり、環境経済学の分野でも急速に研究が進んでいる。しかし、環境問題の多くには不確実性が存在するため、環境評価にコンジョイント分析を応用する上で、こうした不確実性の対処が不可欠である。本研究は、コンジョイント分析に不確実性を導入するための理論モデルを提供するとともに、東京湾のタンカー事故を対象にリスク認知評価の実証研究を行う。

表1 油流出事故における不確実性

事故が発生するか否か 1962年～1997年に国内で発生した油流出事故（100kl以上）は48件
事故発生時の流出規模 小規模事故は発生確率が高く、大規模事故は発生確率が低い
流出油による汚染の程度 沿岸に漂着するかどうかは、流出場所の地形や天候に左右される。 油の残存期間は流出規模や漂着場所の地形によって2年以内から20年まで大きく異なる。

$$\boxed{\text{油流出事故のリスク}} = \boxed{\text{事故発生確率}} \times \boxed{\text{事故が生じたときの被害}}$$

油流出事故の対策には、事故発生確率を低下させるもの（二重底など）と、事故が生じたときの被害を低下させるもの（オイルフェンスなど）がある。したがって、事故対策を検討する際には、事故確率と事故被害とを区分して考える必要がある。そこで、この点からコンジョイント分析に不確実性を導入する理論モデルを検討する。

2. 理論モデル

ここでは選択型コンジョイントに不確実性を導入するモデルについて検討する。図1のようなプロフィールを回答者に示し、回答者には最も生じやすいものと、一番好ましくないと思うものを選んでもらうとする。ここで最も生じやすいものをたずねる質問を「確率質問」と呼び、一番好ましくないと思うものをたずねる質問を「リスク質問」と呼ぶことにする。

* 早稲田大学政治経済学部 E-mail: kkuri@mn.waseda.ac.jp Web: <http://www.envecon.com>

図1 選択型プロフィールの例

番号	被害1	被害2	被害3
におい・めまいを感じる 人の数	10,000 人が 感じる	0 人が 感じる	10,000 人が 感じる
干潟	干潟の 76% に漂着	干潟の 21% に漂着	干潟の 10% に漂着
漁港	漁港の 34% に漂着	漁港の 34% に漂着	漁港の 0% に漂着
油の残存期間	16 年間	4 年間	2 年間

このような被害を想定した対策に

事故対策の負担額 (税金の上昇)	1 万円	3 万円	5000 円
---------------------	------	------	--------

これだけ支払う

最も生じる可能性が高いもの
(確率質問)

一番好ましくないもの
(リスク質問)

確率質問については以下のように分析する。まず被害 j が生じると回答者が考える主観的確率 P_j が以下のとおりであるとする。ただし、 \mathbf{x}_j は被害の属性ベクトル、 S は被害 j が生じる確率(確率関数)、 \mathbf{e}_j は誤差項である。

$$P_j = S(\mathbf{x}_j) + \mathbf{e}_j \quad (1)$$

ここで、被害集合 C の中で、もっとも生じやすいものを選んでもらうとする。このとき、誤差項を第I種極値分布と仮定すると、回答者が被害 j を選択する確率は以下のとおりとなる。ただし、 β はスケールパラメータである。これより通常の選択型コンジョイントと同様に条件付きロジットにより主観的確率を推定することが可能となる。

$$\Pr[P_j] = \frac{\exp(\beta S(\mathbf{x}_j))}{\sum_{k \in C} \exp(\beta S(\mathbf{x}_k))} \quad (2)$$

次に、リスク質問は以下のように分析する。被害 j に対する個人のリスク R_j が以下のとおりであるとする。ただし、 H は被害 j が生じたときの不効用を示す関数(ハザード関数)、 \mathbf{h}_j は誤差項である。

$$R_j = S(\mathbf{x}_j)H(\mathbf{x}_j) + \mathbf{h}_j \quad (3)$$

このように確率関数とハザード関数の積としてリスクを定義する。ここで、被害集合 C の中で、もっともリスクの高いものを選んでもらうとする。このとき、誤差項を第I種極値分布と仮定すると、回答者が被害 j を選択する確率は

$$\Pr[R_j] = \frac{\exp(\beta S(\mathbf{x}_j)H(\mathbf{x}_j))}{\sum_{k \in C} \exp(\beta S(\mathbf{x}_k)H(\mathbf{x}_k))} \quad (4)$$

により示される。(4)式を用いればリスク質問のみから確率関数とハザード関数を推定できる。また(2)と(4)式を組み合わせれば、確率質問とリスク質問を用いた結合推定が可能となる。

3. 実証研究

次に、東京湾におけるタンカー事故被害を事例にリスク評価の実証研究を行う。2000年8月~9月にかけてアンケート調査を実施した。調査票の構成は以下のとおり。

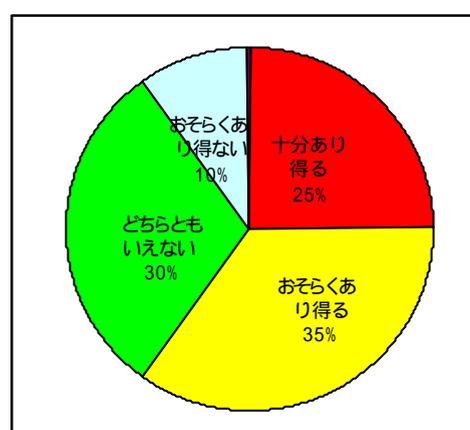
- (1) 仮想的タンカー事故の説明
- (2) タンカー事故の被害の説明（漁港被害、健康被害、干潟被害）
- (3) 流出油の残存期間の説明
- (4) 事故規模と発生確率の説明
- (5) コンジョイント設問（図1参照）
- (6) 東京湾に対する認識、その他の環境問題に対する認識の設問
- (7) 個人属性

アンケートは関東地域在住の一般市民を対象に行われた。調査方法は訪問面接。住宅地図より 500 世帯を抽出し、213 世帯の有効回答を得られた。さらに年齢・性別の調整を行うため、追加調査により 37 世帯から回答を得て、最終的には 250 世帯から有効回答を得た。

表2 調査結果概要

調査対象者	関東地域一般市民
調査方法	訪問面接
サンプル数	250
事故確率を与えたもの	148
事故確率を与えないもの	102
平均年齢	44 歳
平均アンケート時間	26 分
平均年収	802 万円

図2 油流出事故の可能性



また、今後10年間に東京湾で大規模な油流出事故が生じるか否かをたずねたところ、図2の結果が得られた。図のように、回答者は油流出事故の可能性に対して多様な意見をもっている。

調査票のうちコンジョイント設問は大別すると2つの種類を作成した。一つは事故確率を明示したもの、そしてもう一つは事故確率を明示しないもの（図1参照）である。これは、事故確率が外生的に与えられたときのリスクと、事故確率が与えられずに主観的確率にもとづいたときのリスクを比較することを目的としている。ここでは事故確率を与えないサンプルのみ分析を行う。

事故確率を与えないサンプルは 148 人。図1のような選択型の質問を一人につき8回行った。したがって、コンジョイントのサンプル数は 148 人×8回=1184 である。ここでは以下の4つのモデルについて分析を行った。モデル1は不確実性を考慮せずに従来の選択型で分析したものである。モデル2は確率質問から確率関数を推定したものである。モデル3と4はハザード関数と確率関数の両者を推定する結合モデルであるが、モデル3はリスク質問のみを用い、モデル4はリスク質問と確率質問の両者を用いた。

表3 推定モデル

	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4
用いるデータ	リスク質問	確率質問	リスク質問	リスク+確率
推定関数	ハザードのみ	確率のみ	結合	結合
推定式	通常の実験型	数式(2)	数式(4)	数式(2)+(4)
不確実性の考慮	考慮せず	考慮	考慮	考慮

表 4 推定結果

		model 1	model 2	model 3	model 4
	従属変数	リスク質問 ハザードのみ	確率質問 確率のみ	リスク質問 結合	リスク + 確率 結合
ハザード関数 (H)	COST 負担額	0.1645*** (16.664)		0.1759** (2.625)	0.0603** (2.905)
	HEL 健康被害	0.4632*** (6.456)		0.6766** (2.678)	0.1139** (3.278)
	WET 干潟被害	0.8475*** (6.345)		2.0357*** (4.085)	0.3109*** (4.264)
	FISH 漁港被害	1.6154*** (7.503)		0.6970 (1.100)	0.3471*** (3.980)
	OIL 残存期間	0.0654*** (9.533)		0.1617** (3.022)	0.0228*** (4.541)
	PCOST		-0.0798*** (-7.195)	0.0084 (0.947)	-0.0381*** (-5.499)
	PHEL		0.0252 (0.234)	-0.0213 (-0.392)	0.0177 (0.570)
	PWET		-0.4400*** (-3.594)	-0.2012* (-1.684)	-0.2284*** (-4.097)
PFISH		0.2500 (1.325)	0.3287** (2.881)	0.1664 (1.561)	
POIL		-0.0296*** (-4.510)	-0.0153** (-2.904)	-0.0152*** (-4.790)	
CNST			0.8918** (3.181)	2.2087*** (12.416)	
スケーリング ()	SCL			1.0000	2.0133*** (13.761)
対数尤度		-989.591	-1238.43	-983.91	-2226.35
サンプル数		1184	1184	1184	1184

注：()内は t 値、***1%水準、**5%水準、*10%水準で有意

推定結果は表 4 のとおりである。ハザード関数は符号条件が満たされており、t 値も十分に高い。確率関数は被害に関する変数の多くはマイナスで有意となっており、被害が大きくなるほど事故確率が低下する傾向を示している。ただし、健康被害と漁港被害は有意になっていない。

表 4 の結果をもとに限界支払意志額を算出したところ図 3 の結果が得られた。このうち、final2 は昨年度に調査した結果である。final2 では事故が確実に生じると想定して回答してもらっていることに注意されたい。

図 3 をみると、不確実性を考慮していないモデル 1 では健康被害と漁港被害が過大評価されている。これは、健康被害と漁港被害は、干潟被害や油残存期間に比べて不確実性が低いと認識されていることが影響しているものと考えられる。また、リスク質問と確率質問の両方を用いたモデル 4 と final2 は比較的近い値をとっているが、リスク質問のみからハザード関数と確率関数を推定したモデル 3 では大きく異なっている。このことから、不確実性の評価においては、リスク質問だけではなく、確率質問も用いる方が好ましいといえる。

図 3 限界支払意志額

