

プロスペクト理論に基づく確率的交通ネットワーク配分

柴崎隆一
SHIBASAKI, Ryuichi

国土交通省国土技術政策総合研究所港湾研究部主任研究官

1—はじめに

Kahneman & Tversky (1979) によって提案されたプロスペクト理論は、人間の心理特性に関する考察に基づき、ある事象が発生した場合の利得・損失や、その発生確率の認知パターンについて、Neumann & Morgenstern によって始められた従来の期待効用理論では説明できない一定の傾向があることを示したものである。読者諸兄にはご存知の方も多と思われるが、この理論は特に行動経済学や行動ファイナンスと呼ばれる分野において、消費者心理を簡潔かつ的確に表現する理論として重宝され、Kahneman 教授が2002年にノーベル経済学賞を受賞したことでさらに有名となった。交通の分野でも、移動時間に対する支払意思額の分析や出発時刻選択問題などのような主に交通行動分析の分野において、既に多くの適用例が見受けられる。その中で、本稿で紹介する Avineri (2006) の論文は、確率的交通ネットワーク配分の問題にこれを適用することを試みており、従来の期待効用理論に基づく配分結果との違いから得られる知見についてここに紹介することとしたい。

2—Kahneman & Tversky によるプロスペクト理論

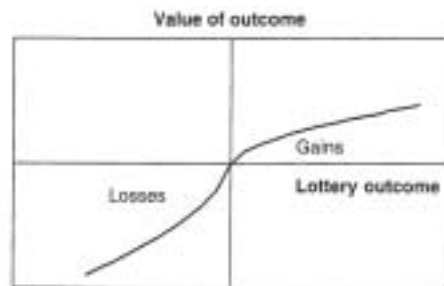
Kahneman & Tversky (1979) によるプロスペクト理論の特徴を簡単にまとめると以下の通りである。

- ①ある事象の利得や損失に関する人間の捉え方は、たとえば所得ゼロを基準にした絶対的な水準で表される関数ではなく、各個人の現在所得のような、ある参照点 (reference point) を基準にした得失によって表される関数で、より近似的に表現される。
- ②また、利得に対しては利得額の増加に対して「価値」(value: 期待効用理論における効用に相当する概念) の増加率が逓減する、限界価値逓減的 (=リスク回避的) の関数を仮定する。一方で、損失に対しても、参照点からの損失額が増加するにつれ価値の減少率が逓減するような、いわゆるリスク愛好的関数を仮定し、かつその逓減度合いが利得

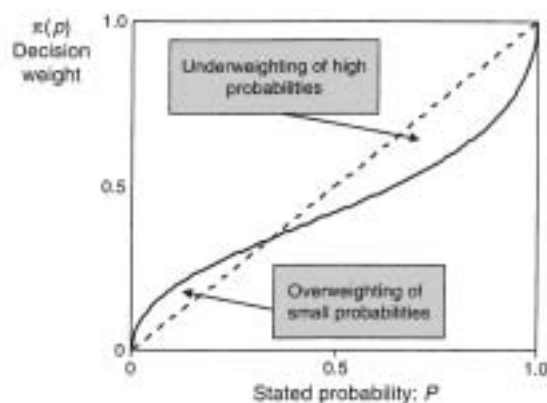
の増加における価値逓減の度合いよりも大きい(図-1)。

- ③さらに、発生確率については、客観的に観察される確率に対して、高頻度事象においては過小評価、低頻度事象においては過大評価となるような重み付け関数 (Decision Weight Function) を仮定する(図-2)。

各事象の価値と重み付き確率の積の合計(期待効用理論の期待効用に相当)をプロスペクト値とよび、各個人がこれを最大化すると仮定することにより、期待効用理論では説明できない Allais のパラドクスなどが説明可能となる。



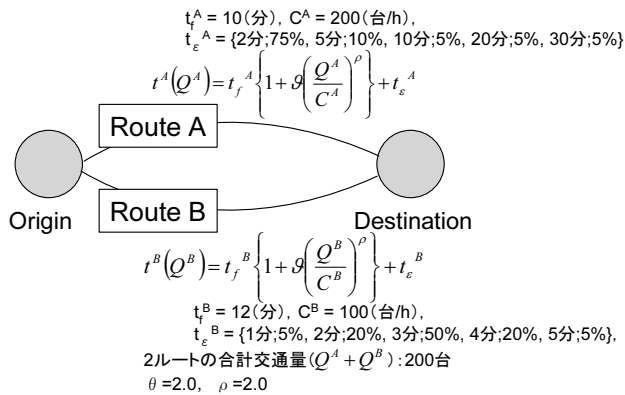
■図-1 Kahneman & Tversky (1979) による価値関数



■図-2 Kahneman & Tversky (1979) による確率重み付け関数

3—交通ネットワーク配分問題へのプロスペクト理論の適用

Avineri (2006) では、確率的交通ネットワーク配分問題における Wardrop の第1法則 (利用者均衡配分) を、「どの利用者也、ルートを変更することによって各ルートのプロスペクト



■図-3 計算例におけるネットワークと設定パラメータ
(Avineri2006に基づき筆者作成)

値を増加させることが出来ない状況を均衡状態とする」と再定義した配分方法を提案した。ここでは、図-3に示すような最も単純なネットワーク上で、得失額xに関する価値関数 $v(x)$ と各事象iの発生確率 p_i に関する重み付け関数 $\pi(p_i)$

$$v^+(x) = x^\alpha, v^-(x) = -\lambda(-x)^\beta,$$

$$\pi^+(p_i) = \left(\sum_{k=i}^n p_k \right)^\gamma / \left[\left(\sum_{k=i}^n p_k \right)^\gamma + \left(1 - \sum_{k=i}^n p_k \right)^\gamma \right]^{1/\gamma},$$

$$-\left(\sum_{k=i+1}^n p_k \right)^\gamma / \left[\left(\sum_{k=i+1}^n p_k \right)^\gamma + \left(1 - \sum_{k=i+1}^n p_k \right)^\gamma \right]^{1/\gamma}$$

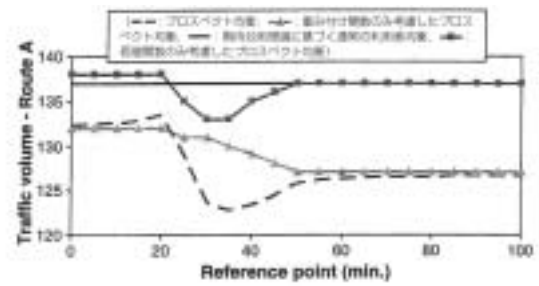
$$\pi^-(p_i) = \left(\sum_{k=1}^i p_k \right)^\rho / \left[\left(\sum_{k=1}^i p_k \right)^\rho + \left(1 - \sum_{k=1}^i p_k \right)^\rho \right]^{1/\rho}$$

$$-\left(\sum_{k=1}^{i-1} p_k \right)^\rho / \left[\left(\sum_{k=1}^{i-1} p_k \right)^\rho + \left(1 - \sum_{k=1}^{i-1} p_k \right)^\rho \right]^{1/\rho}$$

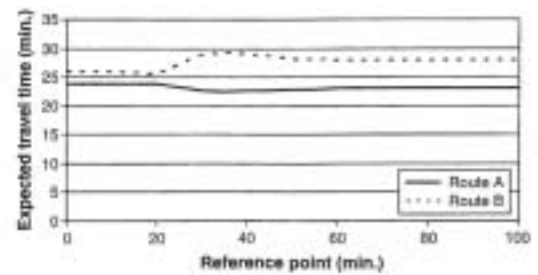
(ここで、+、-は、それぞれ参照点からの利得と損失に対して適用される関数を表し、また各事象iの発生確率 p_i は、全事象数nのうち損失の大きいものから利得の大きいものへと整列されているとする。従って、確率重み付け関数 $\pi(p_i)$ は、当該事象の主観的発生確率とそれより1段階得失の大きい事象の主観的発生確率の差で定義されていることになる)において、そのパラメータ値につき、Kahneman & Tverskyの実験結果をそのまま適用して $\alpha = \beta = 0.88, \lambda = 2.25, \gamma = 0.61, \delta = 0.69$ と仮定して試算を行う。

この例では、 $Q^A=137$ (台)のとき、期待効用に基づく通常の利用者均衡状態となり、両ルートの期待所要時間が一致する。一方、Avineri(2006)によれば、参照点を30分とした場合、両ルートのプロスペクト値が一致する(=プロスペクトに基づく利用者均衡状態)のは $Q^A=124$ (台)のときであり、両者の均衡交通量は10%程度異なる結果となった。また、図-4に示すとおり、参照点が変わるとプロスペクト均衡状態におけるルートAの均衡交通量は変化し、30分前後で通常の均衡交通量との差が最大となることも示された。また、プロスペクト均衡状態においては、一般に各ルートの期待所要時間は一致しない(図-5)。

今回の計算例では、ルートAの方が所要時間の不確実性(ばらつき)が大きいため、ルートBよりも相対的に混雑しないことから、ルートBの期待所要時間を常に下回る結果となっている。



■図-4 各均衡状態における参照点とルートAの交通量の関係
(Avineri2006)



■図-5 「プロスペクト均衡」状態における参照点と各ルートの期待所要時間の関係
(Avineri2006)

4—Avineri論文より得られる知見と今後の研究展開

Avineri(2006)によれば、確率的交通ネットワーク配分問題にプロスペクト理論を適用した研究例はこれまでになく、期待所要時間が各ルートリスク(所要時間の分散)の大小によってルートごとに異なることや、参照点の設定値によって均衡交通量が異なることを示した点に紹介論文の意義がある。もちろん、全ドライバーに同じ参照点やパラメータを与えてよいのか(ただし、簡単な感度分析により、パラメータの変化による均衡交通量の変化はさほど大きくないことも論文中で示されている)という点や、効用理論を逸脱することによる関連する経済分析との整合性などの問題も抱えている。しかしながら、著者によれば、プロスペクト理論の導入により、主に公共交通との機関選択問題における社会的ジレンマの解題や、意図的な情報コントロール等に基づく参照点移動の働きかけといった新手法の政策提案など、さまざまな示唆を提供できる可能性がある。筆者としても、上で触れたようなさまざまな問題はあっても、時宜を得た興味深い研究課題であり、この著者をはじめとして、今後、様々な側面から多くの実証的検討がなされることを期待したい。

参考文献

- 1) Kahneman, D., A. Tversky [1979], Prospect Theory: An Analysis of Decisions under Risk, *Econometrica*, 47, pp.263-291.
- 2) E. Avineri, 2006, The Effect of Reference Point on Stochastic Network Equilibrium, *Transportation Science*, 40 (4), pp.409-420.