
学術論文

リスク情報開示ゲームの提案 - 行政のリスク情報開示と住民の満足化に関する ゲーム理論による分析

A Game Theory Investigation of Government Agencies' Risk Information Disclosure and Public Satisficing

キーワード：

リスク情報開示、満足化意思決定理論、累積プロスペクト理論、ガーディアン・エージェント、
ファシリテータ

Keyword：

Risk Information Disclosure, Satisficing Decision Making Theory, Cumulative Prospect Theory,
Guardian Agent, Facilitators

株式会社野村総合研究所 梅原 英一

Nomura Research Institute LTD. Eiichi UMEHARA

電気通信大学 太田 敏澄

University of Electro-Communications Toshizumi OHTA

要 約

迷惑施設や原子力施設の継続的な事業運営や設置などに関するリスク情報開示は、社会現象としても数多く取り上げられている。行政は住民によりリスク情報開示を求められている。しかし、リスク情報開示では、行政と住民の間には、情報の非対称性や情報保有度などの情報ギャップが存在する。

そこで、本論文ではリスク情報開示を、行政と住民の相互作用と考え、リスク情報開示ゲームとして定式化する。これにより、行政と住民の代替案の得失に関するモデルを構築し、行政のリスク情報開示における代替案の性質を明らかにする。

2005年2月16日受付 2005年7月4日受理

住民の行動は、満足化意思決定理論によるモデル化を行う。これは、住民が満足していれば、問題意識は通常あまり高くないという状況を表現している。行政の行動は、累積プロスペクト理論によるモデル化を行う。これは、行政が非開示というリスク追求行動をとる可能性を表現している。その結果、自発的開示ゲーム、安心ゲーム、情報探索ゲーム、強制開示ゲームの4種類のモデルとなることが分かった。

安心ゲームと情報探索ゲームでは、均衡解は次善解であり最適解になってない。そこで、行政の戦略と住民の情報保有度についてのモデル化を行う。この結果、行政に対しては監視、住民に対しては啓蒙、それぞれの役割を果たすエージェント（ガーディアン・エージェント (Guardian Agent) と呼ぶ）を導入すると、強制開示によらなくてもパレート解を達成できる可能性があることを示す。ガーディアン・エージェントの例としては、ファシリテータやNPO等をあげることができる。

Abstract

‘Risk information disclosure’ by government agencies has recently become headline news in Japan. In risk information disclosures, government agencies have to disclose risk information to the public. However, government agencies may have incentives not to disclose the information. Moreover, a gap lies between the amount of risk information known by the government agencies disclosing it and the amount of risk information understood by the public. A method is needed that will help the public understand this information. We modeled interactions between government agencies and public as games of risk information disclosure using game theory, interpreted the public payoff structure using March and Simon’s theory of satisficing decision-making, and interpreted the government agencies’ payoff structures using Tversky and Kahneman’s cumulative prospect theory. We classified interactions between government agencies and public into four games: a voluntary disclosure game, an assurance game, an information searching game, and a compulsory disclosure game. In the compulsory disclosure game, we found that compulsory minimum information disclosure must be obligatory. In assurance and information searching games, the equilibrium is not a Pareto optimum but a second-best one. We propose a guardian agent to assess methods for reducing the information gap between government agencies and the public. We found that as the guardian agent’s power to reduce the risk information gap was increased, the possibility of approaching the Pareto optimum also increased. Therefore, we believe that the information gap between government agencies and the public would be greatly improved with explanations and support from experts in the related fields, such as facilitators or NPOs.

学術論文ーリスク情報開示ゲームの提案・行政のリスク情報開示と住民の満足化に関するゲーム理論による分析

1. 行政によるリスク情報開示

迷惑施設や原子力施設の継続的な事業運営や設置などに関するリスク情報開示は、社会問題としても数多く取り上げられている。

本論文では、リスク情報を「人間の生命や経済活動にとって望ましくない事態が発生する可能性」(環境省,2001)に関する情報と定義する。

吉川(2000,p.5)は「リスク情報が一般の人々に理解される形で、分かりやすく伝えられてない」と述べている。開示側(行政)と被開示側(住民)の間には、保有する情報量の非対称性、知識格差が存在している。行政は、技術的・業務的な専門家である。発信する情報は、専門的になる傾向がある。一方、住民は、一部の専門家(NPO団体等)を除いて、一般的には行政と比較すると専門家ではない。住民は、行政が発信する専門的な情報を理解するのが難しい場合がある。専門家から見たら小規模な事故でも、住民が理解できる説明がないと、住民は重大事故か些細な事故かの区別ができず、リスク情報開示により、不安を煽ることもある。住民は、理解できない専門的な説明ではなく、自分が納得すると考えるリスク情報の開示・説明を求めている。つまり、住民の希求水準に達するリスク情報の開示を求めている。

そこで、本論文では、リスク情報開示を、行政と住民の相互作用と考え、リスク情報開示ゲームとして定式化する。これにより、行政と住民の代替案の得失に関するモデルを構築し、行政のリスク情報開示における代替案の性質を明らかにする。

本論文では、第2節で、リスク情報開示に関する先行研究結果のレビューを行う。次いで、第3節で、住民の行動をMarch and Simon (1993, p.68)の満足化意思決定理論(Satisficing Decision Making Theory)によりモデル化する。これは、住民は保有するリスク情報の集合が保有したい情報集合を包含していれば、満足して、それ以上の情報探索を行政に対して行わないという状況を表

現している。

一方、行政の行動・ペイオフは、Tversky and Kahneman(1992)の累積プロスペクト理論でモデル化する。これは、行政がリスク情報非開示というリスク追求行動をとる可能性を表現している。

これらのモデルに基づいて、リスク情報開示ゲームは、自発的開示ゲーム、安心ゲーム、情報探索ゲーム、強制開示ゲームの4種類に分類できることを示す。パレート解が存在しない強制開示ゲームでは、リスク情報開示を強制する必要がある。

第4節では、安心ゲームと情報探索ゲームにおいて、行政と住民のリスク情報保有度ギャップについてのモデル化を行う。この結果によれば、行政に対しては監視、住民に対しては啓蒙、それぞれの役割を果たすエージェント(本論文では、このエージェントを、ガーディアン・エージェント(Guardian Agent)と呼ぶ)を導入すると、強制開示によらなくてもパレート解を達成できる可能性があることを示す。

2. リスク情報開示に関する先行研究

リスク情報開示に関して、さまざまな立場からの研究が行われているが、ここでは、コミュニケーションの立場から、リスクコミュニケーションに関する先行研究を、情報開示の立場から、会計的情報開示に関する先行研究をそれぞれレビューする。

2. 1 リスクコミュニケーション

リスク情報開示は、リスクコミュニケーションを通じて行われる。米国国家調査諮問機関(National Research Council) (1989)は、リスクコミュニケーションを「個人、集団、組織間でのリスクに関する情報や意見交換の相互作用プロセスである」と定義している。

Hance et al.(1988)は、有効なリスクコミュニケーションを行うための誤解と対応策を挙げた。彼らは、行政は住民に積極的に情報開示を行い、

住民に自分の関心を表明する機会を与えるべきだ、住民には問題解決される前でも、積極的にリスク情報を開示すべきだ、住民には問題が難しすぎて開示しても理解できないと考えるべきでないなどを指摘した。

リスクコミュニケーションの研究では、木下(1997,p.174)が、情報の送り手と受け手の相互作用としてモデル化し、伝統的な説得的コミュニケーションと比較した。その結果、対象に関するベネフィット情報だけでなく、リスク情報も与えることにより、受け手は送り手とメッセージ内容について信頼感を抱くことを示した。

本論文では、リスクコミュニケーションは、米国国家調査諮問機関(1989)による定義に準拠し、行政と住民の相互作用と考える。また、ベネフィット情報の開示は当然なされるとして、リスク情報の開示に着目し、行政の保有する情報と住民の保有する情報に情報ギャップが存在する場合、社会全体としてパレート解が得られないのではないかということを問題にする。

2. 2 会計的情報開示

会計の分野では過去に多くの情報開示の研究が行われてきた。そこで会計における情報開示研究をレビューする。

Verrecchia(2001)は会計における情報開示モデルをレビューし、①アソシエーション・ベースの情報開示モデル、②効率ベースの情報開示モデル、③裁量ベースの情報開示モデルの3つに分類した。第一のアソシエーション・ベース・モデルは、情報開示による資産均衡価格と出来高への影響を研究している。第二の効率ベースの研究では、個々の投資家だけを考えれば、費用をかけて個人的に情報を収集することで収益を改善できるが、投資家全体では、企業による投資家に費用負担のない情報開示により、全体のパレート改善が達成できる可能性があることが示された(Diamond, 1985)。

第三の裁量ベース研究は、企業が保有するプラ

イバートな情報の開示に関して、どのように裁量を行うかに関する研究である。

裁量的情報開示の初期の研究として、Akerlof(1970)のレモン市場(The market for "Lemons") (レモン=故障のある中古車)がある。ここでは、悪い品質に関する情報を非開示にするという信頼関係の欠落による中古車市場の崩壊が示された。

その後の研究(Milgrom,1981; Grossman,1981)では、合理的な買い手は、非開示を好ましくない情報として解釈する。そして、情報の完全開示が売り手の最大利益となる点まで、買い手は資産価値を割り引く。この合理的な買い手の行動によって、完全開示が達成できると指摘した。

さらに、Wagenhoffer(1990)は、プレーヤとして開示側の企業と被開示側の一般投資家だけでなく、敵対者(ライバル企業、行政)を加えた。このモデルでは、敵対者が存在する場合の均衡戦略として、完全開示均衡以外に部分開示均衡が存在することが示された。

本論文では、行政において、実態的には、情報開示について裁量的行動が散見されている(岡本・今野, 2003, pp.275-281)ことから、裁量ベースの情報開示モデルを参考にすることとする。

2. 3 行政と住民の関係の特徴

会計における情報開示(企業-投資家、企業-企業)の適用場面は、企業と投資家、あるいは、敵対関係にある企業間のモデル化が基本である。競合関係にある企業間や企業-投資家における情報開示は、各エージェントが自分の利益を最大化するように行動することを仮定している。

本論文では、リスク情報開示(行政-住民)を、Akerlof(1970)における裁量ベースの開示モデルと同様に、行政と住民との間の相互作用としてモデル化する。しかし、リスク情報開示では、会計的情報開示における企業-投資家ないし競争相手の企業間での自己利益を最大化するモデルとは異

学術論文ーリスク情報開示ゲームの提案 - 行政のリスク情報開示と住民の満足化に関するゲーム理論による分析

なる。住民は常に問題に関心を持っているわけではない。すなわち、ここでのモデルは、住民の希求水準に応じた満足化という状況を含めたモデルとなっていないわけではない。

3. リスク情報開示ゲーム

リスク情報開示をリスク情報開示ゲームとして定式化する。

3. 1 リスク情報開示ゲームの背景

行政は、住民によりリスク情報開示を求められている。しかし、行政はリスク情報を隠すという選択を行う可能性がある。

岡本・今野 (2003) は、社会的事象についての観察の結果、行政によるリスク情報開示を遅らせる原因として風評被害発生や住民のゼロリスク要求に対する恐れを指摘した。例えば岡本・今野 (2003, p74-80) は、リスク情報による波及的経済効果に関して、1999年JCO東海村事業所臨界事故で、「農産物の安全には実際何の影響もなかったが、風評による買い控えが起こり、大きな被害が出た。それらを含み、補償の対象と認められた額は2001年3月で160億円に達する」と報告した。また1997年能勢町ごみ焼却場ダイオキシン問題では11億6000万円の賠償訴訟が住民から起こされていると報告している。彼らはこのような被害を、行政がリスク情報開示において考慮すると報告しており、プロスペクト理論(Kahneman and Tversky, 1979)による説明の可能性を指摘した(岡本・今野, 2003, p275-288)。彼らの行政による災害情報公開のモデルは以下である。

- ・情報公開する=>「確実に風評被害によって80億の損害が出る」
- ・情報公開しない=>「風評被害によって100億の損害が出る確率が85%あるが、まったく失わない確率が15%ある」

期待値では「情報公開する」が有利であるが、行政によるリスク情報公開の遅れは「まったく失

わない確率が15%ある」ことを過度に重視するために生じている。つまり行政は85%の損害発生を過小評価し、リスク追求行動をとった結果として、「情報開示しない」を選択したことになる。

彼らのモデルは行政の選択をプロスペクト理論で説明した。しかし、2. 1節で述べたように、リスクコミュニケーションを通じて行われるリスク情報開示は、個人、集団、組織間でのリスクに関する情報や意見交換の相互作用プロセスと考えられる。つまり、このような場合には、行政と住民の相互作用プロセスをモデル化する必要がある。そこで本論文では、行政と住民をプレーヤとするリスク情報開示ゲームを構築する。

3. 2 リスク情報開示ゲームのモデル

リスク情報開示ゲームにおける要件に関し、プレーヤ、戦略、プレーヤの提携の可能性、プレーヤが入手する情報の種類とタイミング及び戦略への影響、共通知識となる情報、ペイオフについて、それぞれ説明する。

(1) プレーヤ

このゲームのプレーヤは行政と住民である。行政が開示側プレーヤで、住民が被開示側プレーヤである。

(2) 戦略

住民の戦略は、「リスク情報を探索する、探索しない」である。リスク情報を探索するか、しないかは、住民が保有するリスク情報と保有したい情報(希求水準)との差によっている。行政の戦略は、「リスク情報を開示する、開示しない」である。

(3) プレーヤの提携の可能性

住民と行政が共同してリスク情報探索に取り組む場合、リスク情報を開示する・開示しないに関しては取り決め事項になると考えられるので、戦略的選択肢にはない。従って本論文で定式化するゲームにはならない。

このモデルのプレーヤは、2プレーヤである。しかし住民が2つ以上のグループに分かれている

ケースも考えられる。プレーヤが3プレーヤ以上の場合、提携によりコアリションを形成する可能性があるが、このモデルでは、行政も住民もそれぞれまとまっていると仮定するので、提携は考えない。プレーヤが3以上で提携が行われる場合の研究は、今後の検討課題である。

(4) プレーヤが入手する情報の種類とタイミング、及び戦略への影響

まず、行政はリスク情報を入手し保有しているものとする。行政は、このリスク情報を開示するかどうかの選択を迫られる。

行政が開示したとき、住民はそのリスク情報を入手する⁽¹⁾。

非開示のとき、住民は、

- ①住民の保有するリスク情報が希求水準以下であれば、探索する。
- ②住民の保有するリスク情報が希求水準以上であれば、探索しない。

(5) 共通知識となる情報

あらゆるリスク情報は、まず行政に集まるものと仮定する。住民が保有する情報は、行政の部分集合とする。また、住民は、行政がリスク情報を保有していると認識している。従って、住民の探索対象は、行政に限られるものとする。NPOなどが、独自の情報源（行政以外）をもつ場合の定式化は、今後の研究課題とする。

(6) ペイオフ

住民のペイオフは、3. 3節で述べる。次いで、行政のペイオフは、3. 4節で述べる。そして、住民が探索の場合の追加コストに関しては、3. 5節で定式化する。なお、リスク情報は被害などの発生に関する情報なので、ペイオフはコストで表現する。

3. 3 住民のペイオフ

住民のコストとしては、事前コストと問題が発生した時の事後コストの2種類を考える。

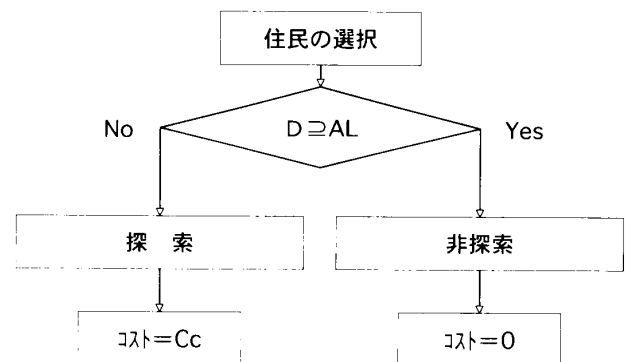
(1) 事前コスト

行政のリスク情報の開示・非開示に対して、住

民のリスク情報の探索・非探索を考える。迷惑施設の問題でも、「安全は空気のようなもの」で、問題が発生しなければ、住民は問題に無関心であることがある。しかし、一度問題が表面化すると、大きな社会問題に発展することがある。

この場合、リスク情報の保有度⁽²⁾に関して住民は満足か不満足の状態にあると考えられる。住民が自分たちの意思決定に関して十分な情報があれば満足、不足していると考ええると不満足と感じる。不満足な状態にあれば、リスク情報の探索行動を検討する。March & Simon (1993, p.68)は、人間の意思決定の合理性の限界を指摘し、満足化意思決定理論を提案した。満足化意思決定理論に従うと、住民は、希求水準(Aspiration Level)以下では、現状に満足せずリスク情報を求め探索する⁽³⁾。このような住民の選択モデルを図1に示す。

図1 住民の選択モデル



D：住民が保有している情報の集合

AL：住民が保有したいと考える情報の集合

(注) 単純化のため、不満足でも住民が探索しない場合は考慮しない。

(2) 非探索のときに問題が発生した時のコスト

リスク情報が非開示で、住民がリスク情報探索しなかった場合を考える。この場合に確率Pで被害が発生するとする。この場合、住民がリスク情報を事前に保有しているという事態に比較して、原因究明のための追加的情報探索コストを要する。これをサプライズ・コスト (SP) と呼ぶ。サプライズとはJ.G. Marchが「決定後のサプラ

イズ（または後悔）」(March, 1994, p.6)と呼んだものに準拠した考え方である。この場合、住民が負担しなければならないコストは、 $P \times SP$ となる。

ここで、サプライズコストが小さい問題は、行政の戦略に関わらず、常に「リスク情報探索しない」が情報探索コストの点で有利な戦略となる。この結果、住民は問題に無関心になり、情報探索を行わない。そこで本論文では、サプライズコストが、 $SP > Cc/P$ を満たす場合だけを考える。なお、 $SP \leq Cc/P$ の場合は、非探索が優位となりゲームにはならず行政のペイオフのみを対象とする岡本・今野（2003, p275-288）の定式と一致する。

なお、本論文では、単純化のために、直接的な金銭的被害は、行政の負担となり、住民には及ばないと仮定した。住民の被害額は全額を行政により補償されると仮定した⁽⁴⁾。また、住民は情報探索を行っており、サプライズコストは発生しないと仮定した。

3. 4 行政のペイオフ

行政は{開示（ベネフィット情報もリスク情報も開示）、非開示（ベネフィット情報は開示するがリスク情報は非開示）}の2つの代替案の選択とする。なお、行政は意思決定において、地域における当該事象に関する総被害額を想定するものとする。

行政は、リスク情報を開示した場合には、「被害額 Y_d が確実に発生する」と考える。一方、リスク情報を非開示とした場合には「被害額 Y_n が確率 P で発生するが、非開示した結果、全く被害が避けられるケースも $(1-P)$ ある」とする。この場合の期待値は、以下である。

$$E(\text{開示}) = -Y_d \quad \dots(1)$$

$$E(\text{非開示}) = P \times (-Y_n) - (1-P) \times 0 = -PY_n \quad \dots(2)$$

ただし、 $Y_d < PY_n$ 。つまり、情報を非開示にした方が期待被害額は大きいとする。期待値の観点からは、開示が有利である。

一方、岡本・今野(2003)が指摘したように行政がリスク情報開示においてプロスペクト理論(Kahneman and Tversky, 1979)に従う場合を考える。つまり行政がリスク追求行動をとる場合である。

プロスペクト理論は、代替案が2つの場合には定式化に用いることができるが、3つ以上の場合には、その比較に用いることができない。本論文では、{開示・非開示}・{非探索・探索}という4つのペイオフ間の比較を必要とすることから、Tversky and Kahneman(1992)の累積プロスペクト理論による定式化を行うこととする。

リスク情報開示では、累積プロスペクト理論に従うと、行政は、開示した方が期待値としては有利な場合でも、リスク追求行動をとり非開示を選択する可能性がある。累積プロスペクト理論は、Tversky and Kahneman(1992)によりリスク下の意思決定モデルとして提示された。特に人間は、高確率の利得を含む選択においてリスク回避行動を選択するが、高確率の損失を含む選択ではリスク追求行動をとる可能性を示した。なお、累積プロスペクト理論で示されたのは、個人の選択である。ここでは、行政は一つの意味決定主体と考え、個人の意思決定に対応するものとする。

累積プロスペクト理論を使うと、行政のコスト評価(V)は、式(3)、式(4)となる⁽⁵⁾。

$$V(\text{開示}) = \pi(100\%) \times (-Y_d) = -Y_d \quad \dots(3)$$

$$V(\text{非開示}) = \pi(P) \times (-Y_n) + \pi(1-P) \times 0 \\ = -\pi(P) \times Y_n \quad \dots(4)$$

ここで、 π は確率の代わりとなる累積決定ウェイト（重み関数）である。Tversky and Kahneman(1992)の実験結果により、損失に対しては図2に示すように、式(5)で近似できることが示された。

$$\pi(P) = P^\delta / (P^\delta + (1-P)^\delta)^{1/\delta} \quad \dots(5)$$

(ただし $\delta \approx 0.69$)

図2のように損失に対しては、低確率では $P < \pi(P)$ でリスク回避となるが、中・高確率の損失に対しては $P > \pi(P)$ となり、リスク追求となる。

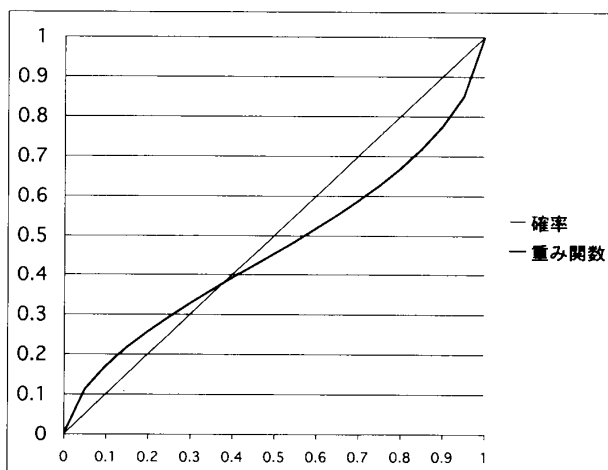


図2 損失に対する重み関数

これは、リスク中立な期待値と異なり、累積プロスペクト理論による重み関数を仮定すると、開示と非開示の評価が逆転する可能性があることを示している。つまり、被害の期待値は、 $-Y_d > -P Y_n$ であるが、 $V(\text{開示}) < V(\text{非開示})$ 、つまり $-Y_d < \pi(P) \times (-Y_n)$ となる可能性が出てくる。この場合、行政の価値判断は、「リスク情報の開示」ではなく、「リスク情報の非開示」を選択する。つまり、期待値としては情報を公開した方が良いにもかかわらず、行政にはリスク情報を開示しない。

3. 5 住民={探索}の場合の行政の追加コスト

住民は、図1に示すように、行政に対してリスク情報探索行動を行う。このために、行政には付加的な情報開示・対応コスト (C_a) がかかる。このコストにより、行政は、住民が{非探索}の方が{探索}の場合より常に有利となる。この場合のコストを累積プロスペクト理論で表現する。

$$V(\text{開示：探索}) = -(Y_d + C_a) \quad \dots(6)$$

$$V(\text{非開示：探索}) = -\{\pi(P)(Y_n + C_a) + \pi(1-P)C_a\} \quad \dots(7)$$

これも同様に、開示と非開示の評価が逆転する可能性が出てくる。

以上の議論をまとめると、リスク情報開示ゲームのペイオフは、表1に示すとおりである。

表1 リスク情報開示ゲーム

住民	行政	住民のコスト	行政の被害に関する価値
探索	開示	$-C_c$	$V(\text{開示：探索}) = -(Y_d + C_a)$
	非開示	$-C_c$	$V(\text{非開示：探索}) = -\{\pi(P)(Y_n + C_a) + \pi(1-P)C_a\}$
非探索	開示	0	$V(\text{開示：非探索}) = -Y_d$
	非開示	$-P \times SP$	$V(\text{非開示：非探索}) = -\pi(P) \times Y_n$

3. 6 ゲームの境界条件

このリスク情報開示ゲームは、行政のペイオフにより、4種類存在する。そこで、境界条件を求める。ここで、開示と非開示のペイオフの差を X (住民={非探索})、 Y (住民={探索}) とおく。

$$X = V(\text{開示：非探索}) - V(\text{非開示：非探索}) = -Y_d + \pi(P)Y_n$$

$$Y = V(\text{開示：探索}) - V(\text{非開示：探索}) = -(Y_d + C_a) + \{\pi(P)(Y_n + C_a) + \pi(1-P)C_a\} = X - C_a(1 - \pi(P) - \pi(1-P)) \quad \dots(8)$$

ここで、累積プロスペクト理論に従い

$$\pi(P) = P^\delta / (P^\delta + (1-P)^\delta)^{1/\delta}, \quad 1 > \delta > 0 \text{ とする。}$$

$1 > P > 0$ なので、 $\pi(P) + \pi(1-P)$ は0と1の間の正数である（証明は付録A）。故に $(1 - \pi(P) - \pi(1-P))$ も0と1の間の正数である。この結果、以下の4種類のゲームが存在する。これを図3に示す。

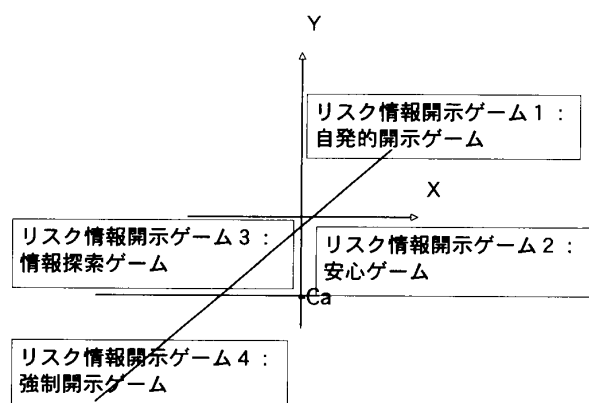


図3 リスク情報開示ゲームの空間

学術論文ーリスク情報開示ゲームの提案 - 行政のリスク情報開示と住民の満足化に関するゲーム理論による分析

(リスク情報開示ゲーム1) 自発的開示ゲーム

$$Y \geq 0$$

$$V(\text{開示: 非探索}) > V(\text{非開示: 非探索})$$

$$V(\text{開示: 探索}) \geq V(\text{非開示: 探索})$$

この場合は、常に{開示}が有利になる。単純ナッシュ均衡もパレート解も{開示、非探索}である。

このゲームは、リスク情報を開示した方が、被害が小さいことが明確な場合である。行政の代替案は、{開示}が優位である。行政は、自発的にリスク情報を開示する。

(リスク情報開示ゲーム2) 安心ゲーム

$$0 > Y > -Ca(1 - \pi(P) - \pi(1-P))$$

$$V(\text{開示: 非探索}) > V(\text{非開示: 非探索})$$

$$V(\text{開示: 探索}) < V(\text{非開示: 探索})$$

相手が{非探索}なら{開示}、相手が{探索}なら{非開示}である。単純ナッシュ均衡は{開示、非探索}、{非開示、探索}の2つある。パレート解は{開示、非探索}である。なお、このゲームのペイオフは、安心ゲーム(Assurance Game)(Taylor, 1987)と呼ばれている。

(リスク情報開示ゲーム3) 情報探索ゲーム

$$-Ca(1 - \pi(P) - \pi(1-P)) \geq Y > -Ca$$

$$V(\text{開示: 非探索}) \leq V(\text{非開示: 非探索})$$

$$V(\text{開示: 探索}) < V(\text{非開示: 探索})$$

常に{非開示}が優位である。かつ、 $V(\text{開示: 非探索}) > V(\text{非開示: 探索})$ 、すなわち、

$$Ca > (Yd - \pi(P)Yn) / (\pi(P) + \pi(1-P)),$$

$$Y > -Ca \quad \dots(9)$$

が成立する場合である。住民の探索に対する追加コストが大きいケースである。このゲームを情報探索ゲームと呼ぶ。ナッシュ均衡解は{非開示、探索}だが、パレート最適は{開示、非探索}になる。

(リスク情報開示ゲーム4) 強制開示ゲーム

$$-Ca \geq Y$$

$$V(\text{開示: 非探索}) < V(\text{非開示: 非探索})$$

$$V(\text{開示: 探索}) < V(\text{非開示: 探索})$$

$$Y \leq -Ca \quad \dots(10)$$

探索に対する追加コストが少なく式(10)が成立する場合は、 $V(\text{開示: 非探索}) \leq V(\text{非開示: 探$

索)となる。行政は、住民の選択に関係なく{非開示}を選択する。ナッシュ均衡解は{非開示、探索}である。パレート最適は存在しない⁽⁹⁾。この場合、行政に情報を開示させるには、強制開示を義務づける必要がある。

3. 7 リスク情報開示ゲームにおける行政の戦略と住民の情報探索

行政は情報開示を行うべきであろうか。このゲームに基づいて考察すると、(1) 住民が非探索すなわち無関心の場合、(1 - 1) 行政は合理的意思決定者ならば、自発的開示ゲームになる。しかし、(1 - 2) 行政がリスク追求行動をとる場合など、図3に示すとおり、住民が探索する場合の行政の開示 - 非開示のコスト差 (Y) により、3つのゲームに分かれる。(2) Yが行政の住民の情報探索に対する対応コスト (-Ca) よりも小さい場合は、行政は情報を非開示とすることが常に優位となる。これを強制開示ゲームと呼んでいる。このゲームには、注6で示したとおり、パレート解が存在しない。この場合、行政に情報を開示させるには、強制開示を義務づける必要があることを示している。(3) Yが $0 > Y > -Ca$ の場合、安心ゲームか情報探索ゲームになる。この場合、行政は、(4) 安心ゲームの場合は、住民が非探索なら開示するが、探索の場合は非開示を選択する。しかし、パレート解は{開示、非探索}である。(5) また、情報探索ゲームでは、行政は非開示が優位であるので、非開示を選択するが、パレート解は{開示、非探索}である。

強制的リスク情報開示はゲーム2, ゲーム3でも有効である。しかし、強制的なリスク情報開示以外の手段でも解決できる可能性がある。本論文では、第4節で、このケースを分析する。

4. 住民のリスク情報保有度ギャップ改善の方策

ゲーム2および3では、ナッシュ均衡はパレート最適ではない。これらのゲームで行政が保有す

るリスク情報と、住民が保有するリスク情報とのギャップ縮小によって、パレート最適に近づく可能性を示す。ただし、行政と住民のペイオフは、表1のペイオフを用いる。

行政と住民とのリスク情報保有度ギャップを改善するための方策を考えてみる。このため、新たな主体（エージェント）をゲームに参加させる。

このエージェントはさまざまな役割を担うことが考えられる。例えば、専門的なリスク情報に対する住民への啓蒙的な役割、行政のリスク情報の開示・非開示を監視する役割などである。それぞれに応じて、行政のリスク情報自体についての専門知識やリスク情報開示に関する意思決定についての知識をもっているものとする。また、このエージェントは、住民や行政からの信頼を得ていることや、住民と行政との間の信頼関係構築支援が期待されている。そこで、行政に対しては監視、住民に対しては啓蒙、それぞれの役割を果たすエージェントをモデル化する。本論文では、このエージェントを、ガーディアン・エージェント (Guardian Agent) と呼ぶ。

行政がリスク情報[非開示]の場合には、ガーディアン・エージェントは、監視エージェントとして、非開示であることを理解し、確率1で、行政に対しリスク情報探索を行う。

行政がリスク情報[開示]の場合には、ガーディアン・エージェントは、住民が、その情報を入手し保有するよう支援する。ここで、住民の戦略は、2通りの場合が考えられる。第一に、開示されたリスク情報が住民に保有されない場合は、住民のリスク情報に関する希求水準に達せず、住民は不満である。つまり、{探索}を選択する。第二に、住民に保有されれば、希求水準を上回る情報を保有する可能性が高くなる。つまり、満足の場合、{非探索}を選択する可能性が高くなる。

ガーディアン・エージェントは、行政がリスク情報を[開示]したとき、啓蒙エージェントとして、住民に対して開示されたリスク情報を保有度 q で保有させる能力をもつものとする。ここで q は、

$1 > q > 0$ とする。

計算を簡略化するために、行政のペイオフには「 $\pi(P)(Y_n + C_a) + \pi(1-P)C_a$ 」、住民のペイオフには「 C_c 」を加える。2人ゲームでは、ペイオフに定数を加減算、乗算しても、非協力2人ゲームの混合ナッシュ均衡解は変わらないことが知られている (Gintis, 2000)。

表2 ペイオフマトリックス

		住民	
		非探索	探索
行政	開示	{A, a}	{-C, 0}
	非開示	{B, -b}	{0, 0}

ペイオフを以下のように置き換える。これを表2に示す。

$$A = -Y_d + \{\pi(P)(Y_n + C_a) + \pi(1-P)C_a\}$$

$$B = C_a \{\pi(P)C_a + \pi(1-P)\} > 0$$

$$-C = -(Y_d + C_a)$$

$$+ \{\pi(P)(Y_n + C_a) + \pi(1-P)C_a\} < 0$$

$$a = C_c > 0$$

$$-b = -P \times SP < 0$$

ここでB、C、a、bは正数で、以下の順序が成立している。

$$(\text{行政}) \text{ ゲーム2 : } A > B > -C$$

$$\text{ゲーム3 : } B \geq A > -C \quad \dots(11)$$

$$(\text{住民}) a > 0 > -b \quad \dots(12)$$

ガーディアン・エージェントを表2に加えたゲームのペイオフを表3に示す。

ガーディアン・エージェントのペイオフの意味を、表4にまとめる。この場合の行政の混合均衡解を求めると、式(13)になる。これは、行政が開示戦略を選択する頻度である。また、この式は $q > 0$ で成立する。(付録B参照)

$$\{\text{開示, 非開示}\} = \{b / (a(1-q) + b), a(1-q) / (a(1-q) + b)\} \quad \dots(13)$$

q は(0.1)の区間にある。この区間で開示の比率を

保有度 q で微分すると式(14)になる。

$$\delta(\text{開示})/\delta q = ab/(a(1-q)+b)^2 > 0 \quad \cdots(14)$$

故に、開示戦略の出現頻度は q の単調増加関数になる。ガーディアン・エージェントが住民にリスク情報を保有させる度合い(q)が向上すると、行政は{開示}を採用する頻度が増える。

表3 ガーディアン・エージェントを加えたペイオフ

		住民		
		ガーディアン	非探索	探 索
行政	開 示	{ $Aq-C(1-q)$, aq }	{ A , a }	{ $-C$, 0 }
	非開示	{ 0 , 0 }	{ B , $-b$ }	{ 0 , 0 }

表4 ガーディアンのペイオフの意味

行政が「開示」の場合	保有度 $=q$ で住民にリスク情報を保有させる。ペイオフは{ $Aq-C(1-q)$, aq }となる。
行政が「非開示」の場合	行政に対しリスク情報探索を行う。

この関係を簡単な数値例で示す。この例では、 $a=1$ 、 $b=2$ である。結果は、図4に示す。ガーディアン・エージェントが住民にリスク情報を保有させる度合い q が向上すると、開示比率が増えることが分かる。

社会がパレート最適な方向に向かうためには、行政と住民とのリスク情報保有度ギャップを改善する必要がある。この一つの方策として、能力のある（非開示のときは行政に開示を促し、開示のときは度合い q で住民にリスク情報を保有させる）ガーディアン・エージェントを導入することが考えられる。現実には、住民が専門家でない場合が多い。この場合には、NPO団体などの専門家をガーディアン・エージェントとして活動させることで、パレート最適解に向かう可能性が高まる。

行政は、安心ゲームと情報探索ゲームでは、必ずしもパレート解である{開示}を選択するとは限

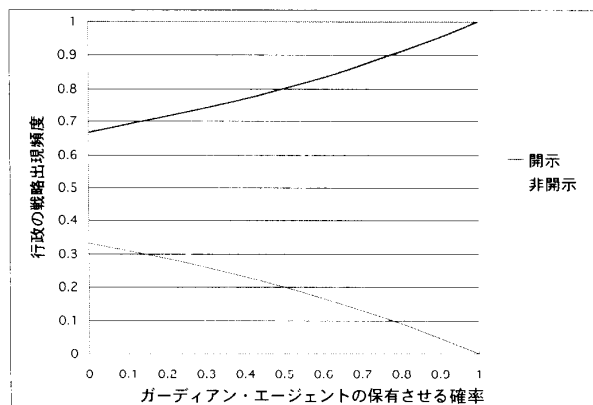


図4 ガーディアン・エージェントが住民にリスク情報を保有させる度合いと行政の{開示、非開示}の出現頻度

らないので、ガーディアン・エージェントの必要性があることが分かる。ガーディアン・エージェントが役割を果たすことによって、行政が開示戦略を採用する頻度が高まることが分かる。

なお、本論文では、ガーディアン・エージェントによる住民の希求水準への影響は、モデルの対象外とした。しかし、住民の希求水準の変化は、住民の満足・不満足に影響を与え、その結果、リスク情報探索活動に影響する。ガーディアン・エージェントによる住民の希求水準への働きかけの分析は、今後の研究課題とする。

5. ディスカッション

5. 1 リスクコミュニケーションとガーディアン・エージェント

具体的にガーディアン・エージェントとして、どのような人が活動する可能性があるか検討する。リスクコミュニケーションにおける住民の専門家の参画方法に関して、環境省(2001,p19)は、以下のように報告している。

- ・利害関係者が会する場合は、これまで、日本では敵対する関係になりがちであった。こうした場では、事業者の一方的な説明が行われ、住民が十分に発言できな

いあるいは一部の住民のみが発言するような状況になることもある。

- ・中立的立場の進行役が参加することで、事態の改善が期待できる。

この第3者の役割を担う人として、日本の家電リサイクルプラント設立におけるコーディネータや米国のコミュニティ諮問協議会(CAP (Community Advisory Pannel))におけるファシリテータをあげている。リスクコミュニケーションを円滑にすすめるためには、行政と住民の間に第3者の専門家の存在が必要と指摘されている。

この第3者は、行政の立場を代弁するのではなく、中立の立場にたって考え行動する専門家である。彼らが本論文でモデル化したガーディアン・エージェントの役割を担う可能性がある。リスクコミュニケーションを円滑に進めるためには、行政と住民のリスク情報の保有度ギャップを縮小するガーディアン・エージェントが必要になると思われる。本論文でのガーディアン・エージェントは、行政を監視し、住民を啓蒙する役割を担っている。

本論文では、行政が100%リスク情報を保有しており、また100%リスク情報開示を行うと仮定した。しかし、事例に現れているように、ガーディアン・エージェントは、行政以外からもリスク情報を探索することが要請されている。ガーディアン・エージェントは、行政以外の情報源も探索する能力が含まれるように拡張する必要がある。

今後の課題として、日本におけるリスクコミュニケーションを進めるための制度設計の研究が必要になると思われる。行政がマスコミ等を通じて一方的に情報発信することや、行政が、地域住民・市民団体等からの質問書・意見書に対して、情報提供や意見を募集することが、現在の日本で広く行われているリスクコミュニケーションである。しかし、これからのリスクコミュニケーションは、行政と地域住民や市民団体が情報交換・討議の場をもち、信頼関係を構築することが必要である。このためには、第3者の専門家をガーディ

アン・エージェントとして、どのような役割を持たせ、活動させるかの社会的な制度設計を行う必要があると考えられる。これにより、第3者としてのコーディネータ、ファシリテータ、NPO団体等が行政・住民の間に存在した場合の役割の明確化や制度設計を検討する必要がある。

5. 2 信頼ゲームとの関係

本論文は、リスク情報開示を行政と住民のリスク情報開示ゲームとしてモデル化した。

木下(1997,p.174)は、リスクコミュニケーションには、情報の送り手とメッセージ内容についての信頼感の重要性を指摘した。

この信頼感に関する相互作用について、信頼ゲーム(Snijders and Buskens(2001)等)によるモデル化がなされている。このゲームでは、信頼関係による協力が互いに有益であることが定式化されている。

信頼関係で協力問題が成立する条件は、例えば、以下のように数多く指摘されている。

- ・互惠主義 (Gouldner (1960))
- ・相互作用が時間にわたり埋め込まれているとき (繰り返し囚人のジレンマ)
- ・社会的ネットワークの存在が評判の効果 (effects of reputation)により協力的な行動を保証する時 (Buskens(1999))
- ・人質の提示 (Snijders and Buskens(2001))

リスク情報開示における信頼ゲームによるモデル化は、今後の研究課題としたい。

6. 結論

本論文では、まず、満足化意思決定理論と累積プロスペクト理論を用いてリスク情報開示をリスク情報開示ゲームとしてモデル化した。その結果、ペイオフの関係から、以下の4通りのゲームが存在することが分かった。すなわち、自発的開示ゲーム、安心ゲーム、情報探索ゲーム、強制開示ゲームである。

学術論文ーリスク情報開示ゲームの提案 - 行政のリスク情報開示と住民の満足化に関するゲーム理論による分析

強制開示ゲームでは、行政はリスク情報の非開示を選好する。このような情報を開示させるには「強制的な開示」を義務付ける必要がある。

次に、安心ゲーム及び情報探索ゲームとなる場合で、行政と住民のリスク情報保有度ギャップの縮小のための方策を検討した。このゲームにガーディアン・エージェントを加えると、均衡解がパレート最適解に近づく可能性を示した。しかも、ガーディアン・エージェントによる住民のリスク情報保有度の改善に対して単調増加関数であることを示した。つまり、ガーディアン・エージェントの能力が高ければ、パレート最適に近づく可能性があることが分かった。

リスク情報開示には、米国のCAPのファシリテータやNPOのような中立的な立場に立った専門家の参画の有効性が指摘されている。このような専門家がガーディアン・エージェントとして参画することにより、パレート解が達成できる可能性が高まることが期待される。

謝辞

本稿の執筆にあたり、複数の匿名査読者の先生より、貴重なコメントを頂きました。ここに記して感謝の意を表明いたします。

注1. 行政のリスク情報開示と住民のリスク情報入手および保有とは、異なるものとする。例えば、行政によるリスク情報のホームページは、リスク情報開示であるが、必ずしも住民がホームページを閲覧し、リスク情報を入手するとは限らない。

注2. 住民のリスク情報保有度は、行政が保有するリスク情報を、すべて入手しているとき、1とし、全く保有していないとき、0とする。

注3. 住民の満足、不満足は要求水準で定まるものとし、確率事象によるモデル化は行わない。従って、本論文ではプロスペクト理論によるモデル化は行わない。

注4. 風評被害の行政による補償に関しては、「直島町における風評被害対策条例」(鹿子嶋仁, 2001)の事例がある。

注5 本論文では、Tversky and Kahneman (1992)が、重み関数を推定する実験で示したように、累積プロスペクト理論の価値関数はリスクニュートラルの場合をモデル化した。Tversky and Kahneman(1992)の価値関数(Value Function)を推定する実験で示された価値関数がリスクニュートラルではないケースのモデルへの適用は、今後の研究課題とする。

注6. リスク情報開示ゲーム4 (強制開示ゲーム)のペイオフマトリックスを例示すると、付表1となる。ナッシュ均衡解は、{非開示、探索}となるが、パレート解は存在しないことが分かる。

付表1. リスク情報開示ゲーム4 (強制開示ゲーム)のペイオフマトリックス(例)

		住民	
		非探索	探索
行政	開示	{1, a}	{-2, 0}
	非開示	{3, -b}	{2, 0}

参考文献

- [1]岡本浩一, 今野裕之編, 『リスク・マネジメントの心理学』, 新曜社, 2003.
- [2]鹿子嶋仁, 『直島町における風評被害対策条例』, ジュリスト, No.1209, pp.140-142, 2001.
- [3]環境省, 『平成12年度リスクコミュニケーション事例等調査報告書』,
<http://www.env.go.jp/chemi/communication/1kyouzai.html>, 2001.
- [4]木下富雄, 『科学技術と人間の共生』, 有福孝岳編著, 『環境としての自然・社会・文化』, 京都大学学術出版会所収, pp.145-191, 1997.
- [5]吉川肇子, 『リスクとつきあう』, 有斐閣, 2000.
- [6]Akerlof, G.A., “The market for ‘lemons’: Qualitative uncertainty and the market mechanism”, Quarterly Journal of Economics, Vol. 84, 1970, pp.488-500.
- [7]Buskens, V., “Social Networks and Trust”,

- Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [8]Diamond, D.W., "Optimal release of information by firms", *Journal of Finance*, Vol. 40, 1985, pp.1071-1094.
- [9]Gintis, H., "Game theory evolving", Princeton University Press, 2000.
- [10]Gouldner, A. W., "The Norm of Reciprocity: A Preliminary Statement", *American Sociological Review*, Vol. 25, 1960, pp.161-178.
- [11]Grossman, S.J., "The Information Role of Warranties and Private Disclosure about Product Quality", *Journal of Law and Economics*, Vol. 24, 1981, pp.461-483.
- [12]Hance, B.J., C hasse, C., Sandman, P.M., "Improving Dialogue with Communities: Risk Communication Manual for Government", New Jersey Department of Environmental Protection, 1988.
- [13]Kahneman, D., Tversky, A., "Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk", *Econometrica*, Vol.47, 1979, pp.263-291.
- [14]March, J.G., "A Primer on Decision Making: How Decision Happen", The Free Press, 1994.
- [15]March, J.G., Simon, H.A., "Organizations 2nd ed.", Blackwell, 1993.
- [16]Milgrom, P.R., "Good Mews and Bad News: Representation Theorems and Applications", *Bell Journal of Economics*, Vol. 12, 1981, pp.380-391.
- [17]National Research Council, "Improving Risk Communication", National Academy Press, 1989.
- [18]Snijders, C., Buskens, V., "How to Convince Someone That You Can Be Trusted? The Role of 'Hostages'", *Journal of Mathematical Sociology*, Vol. 25(4), 2001, pp.355-383.
- [19]Taylor, M., "The Possibility of Cooperation", Cambridge University Press, 1987.(松原訳,『協力の可能性』,木鐸社,1995.)
- [20]Tversky, A., Kahneman, D., "Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of

Uncertainty", *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 5, 1992, pp.297-323.

[21]Verrecchia, R.E., "Essays on disclosure", *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 32, 2001, pp.97-180.

[22]Wagenhofer, A. "Voluntary Disclosure with a Strategic Opponent", *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 12, 1990, pp.341-363.

付録A

$1 > \pi(P) + \pi(1-P) > 0$ の証明

$$\pi(P) = P^\delta / (P^\delta + (1-P)^\delta)^{1/\delta} \quad \cdots(A1)$$

$$F(P) = \pi(P) + \pi(1-P) = (P^\delta + (1-P)^\delta)$$

$$/ (P^\delta + (1-P)^\delta)^{1/\delta} = (P^\delta + (1-P)^\delta)^{1-1/\delta} \quad \cdots(A2)$$

と置く。 $F(0)=1$ 、 $F(1)=1$ 、 $F(P)>0$ ($1>P>0$) であることが分かる。

極値を求めるために、 $F(P)$ を P で微分する。

$$dF/dP = (1-1/\delta) (P^\delta + (1-P)^\delta)^{-1/\delta} = 0 \quad \cdots(A3)$$

より $P=0.5$ で極値となり、

$$F(0.5) = 2^{(1-\delta)/(1-1/\delta)} \quad \cdots(A4)$$

となる。

行政は累積プロスペクト理論に従い、損失に対しては、低確率ではリスク回避、高確率ではリスク追求とする。つまり $\delta < 1$ である。この場合、 $(1-\delta)(1-1/\delta) < 0$ となる。

故に $1 > F(0.5) > 0$ 。

$$\therefore 1 > \pi(P) + \pi(1-P) > 0 \quad (1>P>0)$$

付録B 表3の行政の混合均衡解

行政の戦略を $\{\alpha, 1-\alpha\}$ と置く。

ガーディアンのパイオフ $= \alpha a q$

非探索のパイオフ $= \alpha a \cdot b(1-\alpha) = \alpha(a+b)-b$

探索のパイオフ $= 0$

を上回る条件を求める。

(1) ガーディアンのパイオフが探索のパイオフを上回る条件を求める。ガーディアンのパイオフ $>$ 探索のパイオフ $= 0$ なので、 $\alpha a q > 0$ より

$$q > 0 \quad \cdots(B1)$$

学術論文ーリスク情報開示ゲームの提案 - 行政のリスク情報開示と住民の満足化に関するゲーム理論による分析

(2) 非探索のペイオフが探索のペイオフを上回る条件を求める。

非探索のペイオフ > 探索のペイオフ = 0 なので、

$$\alpha > b / (a+b) \quad \cdots (B2)$$

(3) ガーディアンが非探索のペイオフと等しくなるとなる α を α^* として求める。

$$\alpha^* a q = \alpha^* (a+b) - b \text{ より}$$

$$\alpha^* = b / (a(1-q)+b) \quad \cdots (B3)$$

$$1 - \alpha^* = a(1-q) / (a(1-q)+b) \quad \cdots (B4)$$

また α^* は式(B1)を満たす必要がある。式(B3)を式(B2)

に代入すると、 $q > 0$ が得られるので、式(B1)は満足する。

ここで開示の比率 α^* を q で微分する。

$$\partial \alpha^* / \partial q = ab / (a(1-q)+b)^2 > 0 \quad \cdots (B6)$$

よって、 $1 \geq q > 0$ では α^* は単調増加関数である。また $q = 0$ のとき $\alpha = b / (b+a)$ となり、 α^* は q の単調増加関数なので式(B2)も満たす。

∴ {開示、非開示}

$$= \{ b / (a(1-q)+b), a(1-q) / (a(1-q)+b) \}$$