

テロリスクを考慮した 複数社会基盤の情報開示戦略

靱山 嵩¹・吉田 護²・小林潔司³・

¹学生会員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂 4)
E-mail: takashi.m@fw2.ecs.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂 4)
E-mail: yoshida@hse.gcoe.kyoto-u.ac.jp

³フェロー会員 京都大学経営管理大学院経営管理講座 (〒 606-8501 京都市左京区吉田本町)
E-mail: kkoba@psa.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

本研究では、複数の重要インフラを対象としたテロ行為の抑止戦略とその情報開示戦略をゲーム理論を用いて分析する。政府が複数インフラを管理する場合、あるインフラに対する抑止戦略に関する情報開示は、当該のインフラに対するテロリスクだけでなく、他のインフラのリスク水準に影響を及ぼすというリスク移行性の問題を引き起こす。本研究では政府とテロリストの間に双方向の情報非対称性が存在するような状況において、政府によるテロ行為の抑止戦略及びその情報開示戦略がテロリスクの抑制および移行性に及ぼす効果を主観ゲームを用いて分析する。その結果、政府によるテロ対策の実施状況に関する部分的情報開示がテロリスト攻撃に対して一定の抑止効果が存在することを明らかにする。

Key Words : *terror risk, risk shifting, multiple critical infrastructures, multitarget, disclosure*

1. はじめに

テロリストは、主要施設や象徴的な建造物、空港や鉄道等の基盤施設、公園などの公共空間を行き交う不特定多数の人々を対象として暴力的破壊行為(以下、テロ行為と呼ぶ)を遂行する。テロリストにとって、その対象を攻撃することのみが直接的な目的ではなく、無差別なテロ行為を通じて政治的・宗教的理念を達成することが目的であることが多い。そのため、テロリストは攻撃対象として、テロ行為の結果がより重大な社会的結果を招いたり、テロ行為の成功しやすい対象を狙う傾向がある。中でも重要インフラは、一旦機能停止に陥った場合の社会的、経済的影響が甚大であるため、政府はそれらを防護するために十分な検討と対策が必要となる。

政府が複数の重要インフラのテロ対策を同時に検討する場合、必ずしも社会的影響度に応じてテロ対策を講じれば良いというわけではない。テロリストは、標的とするインフラに対して十分なテロ防御策が講じられていることが分かれば、攻撃の標的を変更することが出来る。あるインフラへのテロ対策の実施は他のインフラが抱える潜在的なテロリスクを変動させる。政府は、このようなリスク移行性(risk shifting)を考慮して、適切なテロ防御策及び情報開示策を講じる必要がある。当然のことながら、リスク移行性を考慮すれば、

ある重要インフラのテロ対策に関する情報開示が社会的に最適であるという保証はない。ある重要インフラのテロ対策の実施に関する情報開示が、当該インフラのリスクを軽減させる上では有効であるが、逆に他のインフラのテロリスクを上昇させることも起こり得る。このため、政府は、テロリスク移行性を考慮しながら、社会全体のテロリスクを軽減するようなテロ防御策、情報開示策を講じることが求められる。

本研究ではゲーム理論を用いて政府とテロリストの戦略的相互関係をモデル化する。ただし、多くの既往文献で採用されている、政府とテロリストが同一のゲームをプレイするという仮定は採用しない。政府にとってはテロリストの存在自体が不確実であり、テロ攻撃の対象や攻撃方法にも不確実性が存在する。また、テロリストにとっても政府がテロリスクに対してどのような想定をしているか、対策実施の有無を含めて多くの不確実性が存在する。このため、通常非協力ゲームとして政府とテロリストの戦略的相互関係をモデル化することには限界がある。政府とテロリストがそれぞれ異なる戦略的相互関係を想定した上で意思決定を行うと考える方が妥当であろう。

以上の問題意識の下で、本研究では政府とテロリストの双方が、それぞれ相手の存在を仮想的に想定した主観ゲームを独立に演じているような状況を想定する。その上で、政府による重要インフラの防御戦略及び情

報開示戦略がテロ攻撃の抑止効果に及ぼす影響について分析する。政府による情報開示は、それぞれが独立に演じている2つの主観的ゲームを部分的に連結させる役割を果たす。本研究では、このような部分的に連結された主観的ゲームを定式化し、政府による警戒水準やテロ防御策の実施状況に関する情報開示がテロリストの意思決定に及ぼす影響について分析する。以下、2.では、本研究の基本的な考え方を述べる。3.では、基本モデルを定式化し、政府、テロリストによる防御戦略、テロ攻撃戦略について分析する。4.では、テロ対策の実施状況に関する情報開示が果たすテロ被害の軽減効果について分析する。最後に、5.において、本研究で得られた知見をまとめる。

2. 本研究の基本的な考え方

(1) 従来の研究概要と本研究の位置づけ

重要インフラに対するテロリズムとその防止対策に関する既往の研究事例は、本研究と関連の深い領域に焦点を絞れば、1) 重要インフラの機能停止がもたらす社会経済損失に関する研究、2) テロや犯罪攻撃に対する抑止政策に関する研究、3) テロ対策に関する情報開示政策に関する研究に大別できる。重要インフラの機能停止がもたらす経済的損失を計測した事例に関しては既に研究の蓄積がある。たとえば朴¹⁾は大飯3号機を対象にその原子力事故の損害額の導出を試みている。また、Pamela²⁾らは、テロリストと防御者の相互作用を考慮した交通ネットワークのリスク評価の枠組みを提示し、その方法論を実際の都市に適用している。Koonce³⁾はテロリスクを考慮した安定的な電力供給のためのリスク評価の枠組みを示している。これらはリスクを定量的に評価しようとする試みである。また、実際にテロ対策を効果的に実施するための分析枠組みに関する研究も進められている。例えば、Leung⁴⁾は、テロから橋梁を防護するための優先順位付けの方法論を示している。また、テロや犯罪攻撃に対する抑止政策に関する研究についても理論的、実証的な観点から研究蓄積がある。Landes⁵⁾は、1961年から1976年に生じたスカイジャックを対象に、逮捕の確率と刑罰の重さがハイジャックを抑止する上で統計的に優位であることを示している。また、Enders⁶⁾はテロ組織の行動に関して、攻撃的活動と非攻撃的活動に区別した上で、非攻撃的活動の費用を下げることで、例えば民主的な政治システムや情報統制の緩和が攻撃的なテロ活動を抑止する上で有効となることを示している。Frey⁷⁾も、テロ組織を合法的な活動へシフトさせるための和平戦略についてその有効性を理論的な観点から示している。こうしたテロリスクの定量化や効果的な対策立案のため

の分析枠組みの発展は、テロリスクを抑止、軽減するための効率的な対策を実施するために重要な研究である。しかし、これらの発展に対して、現在の重要インフラが抱えているリスク及びそのマネジメント方法に関する情報開示が果たす役割について分析した事例はそれほど多くない。Lotte^ら⁸⁾が示すように、これまで積極的な情報公開が行われていた米国においても、9.11の同時多発テロ以降、重要インフラに関する情報の多くが秘匿情報として取り扱われるようになってきている。例えば米国環境保護庁では、環境被害に関する情報をバイオテロの引き金になりかねないとしてホームページから削除している⁹⁾。また、我が国においても重要インフラに関するリスク管理情報はこれまで原則、機密情報として取り扱われており、原子力等の一部の分野を除いて^{10)–13)}、情報公開制度が科学的に議論された事例は少ない。しかし、テロリスクはテロ行為に及ぼうとする人物、組織の動機に依存する。政府が開示する重要インフラのリスクマネジメントに関する情報は、テロの成功を左右するため、テロリストのテロ行為に影響を及ぼすと考えられる。そのため、政府は適切な情報開示戦略を構築し、テロリスクを抑止、軽減する必要がある。本研究ではこのような観点から、1つの思考実験として、主観的ゲームを用いて政府とテロリストの戦略的関係性をモデル化し、情報開示に関する政策的知見を得ることを目的とする。

(2) リスクの移行性と情報開示

攻撃対象の無差別性に伴うテロリスクの移行性に関して、いくつかの先行研究が存在している。例えば、Sandler^ら¹⁴⁾は、2つの潜在的なテロの対象を想定した上で、対象を管理する主体が異なる場合に、テロ対策が過剰または過小になるメカニズムを明らかにしている。さらに、テロリストに関する追加的な情報が対象全体の対策の効率性を低下させることを示している。Lakdawalla^ら¹⁵⁾は、リスクの移行性が内在する複数の攻撃対象が存在する状況下において、自発的な防護と保険の相互作用について分析を行い、保険購入の際に政府による補助金を導入することがリスクの移行性を抑止するために有効に機能することを示している。また、Siqueira^ら¹⁶⁾は施設の防護に加え、テロリストに先んじて攻撃を仕掛けるという戦略を考慮したとしても、リスクの移行性を抑止できないことを示している。これらの研究は、テロリスクの移行性に焦点を置いた研究であり、政府によるテロ対策の水準をテロリストが観察可能であることが仮定されている。また、テロ対策の情報公開についても幾つか既往研究が存在する。例えば、Vicki^ら¹⁷⁾は、2つの防護対象を前提とした上で、対策実施に関して情報公開する場合を逐次手番ゲーム、

情報公開しない場合を同時手番ゲームとしてモデル化し、常に情報公開を行う場合の方が政府の期待被害額が小さくなることを示している。Bernhardtら¹⁸⁾は、複数の攻撃対象が存在し、テロリストと政府の間に情報の対称性が成立している場合をとりあげ、各施設に対して適切に防御策を講じたうえで、防御策に関する情報を秘匿することが望ましいと指摘している。ただし、これらの情報開示に関する研究は、政府による情報開示戦略を明示的に考慮していない。

リスクの移行性が生じるのは、政府がある施設にテロ対策を講じたときではない。テロリストがテロ対策が実施されたことを認知してはじめて、テロリストの攻撃対象に関する意思決定が変化しリスクの移行が生じる。そのため、リスクの移行性を分析するためには、政府による情報開示戦略を明示的に考慮することが必要となる。また、上記で示したいずれの研究においてもゲームの要素（利得、戦略、情報構造など）は政府とテロリストの間の共通知識と仮定されている。政府とテロリストの戦略的関係性を捉える上で、この仮定は極めて厳しい仮定である。特に、政府にとってテロリストは「見えない相手」であり、政府はテロリストの存在に関して不確実性に直面している。Arceら²¹⁾は、時間とともに現れては消えるテロリストグループに対して、政府がテロリスクを評価するということは際限のない課題であり、正確にテロリスクを予測することはできない、と論じている。テロリスクは時々に変化するものであり、歴史的・文化的背景、経済情勢、政治動向等に依存する。そのため、テロリスクの客観的な評価は極めて困難であり、テロ対策に関する政策決定は、政府の主観的な評価に依拠した判断にならざるを得ない。さらに、政府は重要インフラに関するリスク情報を基本的に極秘情報として取り扱っており、またテロリストも自らの存在、攻撃対象、攻撃方法等を隠しながらテロ攻撃を行う。そのため、政府とテロリストの間には相手の戦略や利得に関する情報が共通知識となっておらず、各自がそれぞれ主観的に戦略的関係性を想定し、それに基づき意思決定を行うと考えることが妥当だろう。このため、本研究ではゲームの要素が完全に政府とテロリストの間で共通知識となっているという仮定を採用せず、政府、テロリストがそれぞれ独立に戦略的関係性を想定し、意思決定を行う「主観的ゲーム」を用いて分析を行う。このとき、政府による情報開示は、政府とテロリストのそれぞれの主観的ゲームを部分的に連結させる役割を果たす。筆者等の知る限り、主観的ゲームの枠組みを用いて複数インフラのテロ対策、情報開示戦略について分析した事例は見当たらない。

(3) 政府による情報開示政策とその効果

政府の情報開示政策を扱う上では政府の開示する情報の信頼性をどう扱うかが重要である。つまり、政府が意図的に誤った情報を発信すること、言い換えれば政府が嘘をつく可能性について、各主体がどういった想定を形成するかがそれぞれの意思決定に影響を及ぼすことになる。本研究では、政府の嘘がばれた場合に政府が負うべき損失が禁止的に高いと考え、政府が嘘をつく可能性は排除する。さらに、政府が嘘をつかないということがテロリストと政府の間で共通知識となっている状況を仮定する。本研究では、そのような政府像に関する想定を「誠実政府の想定」と呼ぶ。誠実政府の想定を導入することにより、政府とテロリストの間の戦略的関係を簡略化することが可能となり、複数インフラ間のリスク移転性を考慮したテロ対策や情報開示戦略を効果的に分析することが可能となる。政府の誠実性が政府とテロリストとの間における戦略的関係に及ぼす影響に関しては、政府の開示する情報の信頼性に対するテロリストの信念を明示的に考慮した主観的不完備ゲームを定式化することによりアプローチが可能であるが、本稿の域を超えていることを断っておく。

本研究では、誠実政府の想定を前提とした上で、政府とテロリストの間の戦略的関係を主観的ゲームとしてモデル化し、政府による警戒水準や対策実施の有無に関する情報開示がテロリストの行動に及ぼす影響について分析する。政府は、情報開示を通じて政府とテロリストの間の共有知識を作り出すことが可能である。このため、政府は、情報開示を通じてテロリストが形成する主観的ゲームに影響を及ぼすことが出来る。例えば、政府による情報開示の結果、テロリストは自身が期待していた政府とテロリストの間の戦略的相互関係が誤りであったことに気づく場合も発生する。このとき、テロリストは政府との戦略的関係性を見直し、主観的ゲームを再構築した上で、テロ攻撃に関する意思決定を行う。本研究では、このような視点から政府の情報開示を捉えると同時に、政府による情報開示の動機とテロ被害の軽減効果について分析を行う。なお、本研究では、このような政府の開示情報によって生じるテロリストの戦略的関係性を見直し効果を驚き効果 (surprise effect) と呼び、情報開示によりテロリストの攻撃戦略の選択行動に及ぼす効果について分析することとする。情報公開による驚き効果は、政府とテロリストの戦略的相互関係の認識構造が違うことから生じる。主観的ゲームを用いることにより、このような情報開示による驚きの効果を分析することが可能となる。

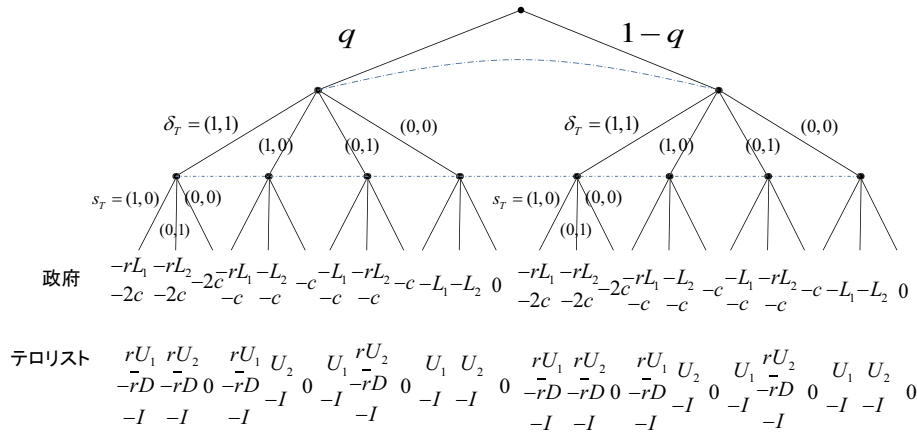


図-1 テロリストの主観的ゲーム Γ_T

3. 基本ゲーム

(1) 基本ゲームの構造

政府が2つのインフラを対象にテロ対策を実施する場合を考える。基本モデルでは、政府とテロリストのコミュニケーションが遮断されている状況を想定し、政府、テロリストそれぞれが主観的ゲームを構築し意思決定を行うことを仮定する。ここで、情報開示によるテロ被害の軽減効果を分析するため、テロリストの存在確率に関する政府の信念 p と、テロリスト自身の存在が社会に漏えいしている度合いを表すテロリストの信念 q を導入する。政府とテロリストのコミュニケーションは通常遮断されているため、 p と q は必ずしも一致するとは限らない。さらに、政府による情報開示の動機を分析するため、政府の信念として、テロリストが形成する信念 q に関する期待としての信念 q' を導入する。政府は、もしテロリストが存在しているならば、「テロリストは確率 q' でその存在が社会に漏えいしていると予想しテロ行為の意思決定を行う」ことを期待する。政府が形成する信念 p と q' の相違により、政府の情報開示動機を分析することが可能となる。

図-1 及び図-2 は、それぞれテロリストの主観的ゲーム Γ_G 及び政府の主観的ゲーム Γ_T の木を表す。政府とテロリストの間には、このような双方向の情報の非対称性が存在し、両者のコミュニケーションが遮断されている。政府、テロリストはそれぞれ独立に、戦略的關係に関する主観的ゲームを構築し、それぞれテロ防御戦略及びテロ攻撃戦略を決定する。政府にとってテロリストの存在は不確実であるが、テロリストにとってその存在は確定的である。テロリストは、その存在が社会に漏えいしている主観的確率 q に従い主観的ゲーム Γ_T を構築する。また政府は、信念 q' に基づいてテロリストがプレイするゲームを予想し、その結果と信念 p に基づいてテロ対策に関する意思決定を行う。

(2) 前提条件

政府が2つのインフラ $j \in \{1, 2\}$ を所有している。インフラ j が機能停止に陥った場合に政府が受ける被害を $L_j (> 0)$ で表す。ここで、 $L_1 < L_2$ を仮定する。すなわち、インフラ2の重要度が1と比較して高く、インフラ2が機能停止に陥った場合の被害額の方が大きい。政府は、テロリストの存在に関して不確実であるが、その存在確率を主観的確率 $p \in [0, 1]$ で評価している。信念 p が大きくなるほど、政府はテロリストの存在をより確信していることを意味する。なお、政府が形成する信念 p は政府の私的情報である。

テロリストによる攻撃戦略を

$$\mathbf{s} = (s_1, s_2) \in [0, 1]^2 \quad (1)$$

と定義する。 $s_i = 1$ はインフラ i ($i = 1, 2$) を攻撃する戦略を、 $s_i = 0$ はインフラ i を攻撃しない戦略を表す。テロ攻撃戦略は $[0, 1]$ の間の任意の値 (混合戦略) を用いて定義される。テロリストがテロ攻撃を行うために必要な予算や資源が限られており、インフラ1, 2に対する同時テロ攻撃の可能性は考えない。インフラへの攻撃に際してテロリストは費用 I を負担する。テロリストはインフラ i ($i = 1, 2$) への攻撃が成功することにより利得 U_i を獲得する。また、テロが失敗した場合は費用 D を負担する。すなわち、インフラへのテロ攻撃の費用、失敗した際にテロリストが被る費用はインフラの種類に関わらず一定である。

つぎに、政府の防護戦略を

$$\boldsymbol{\delta} = (\delta_1, \delta_2) \in [0, 1]^2 \quad (2)$$

と定義する。 $\delta_i = 1$ はインフラ i を防護する戦略を、 $\delta_i = 0$ はインフラ i を防護しない戦略を表す。混合戦略も認める。政府がテロ対策を講じる場合には、テロ対策費用 c を支出しなければならない。また、テロリストのインフラ i への攻撃の成功確率 κ に関して、政

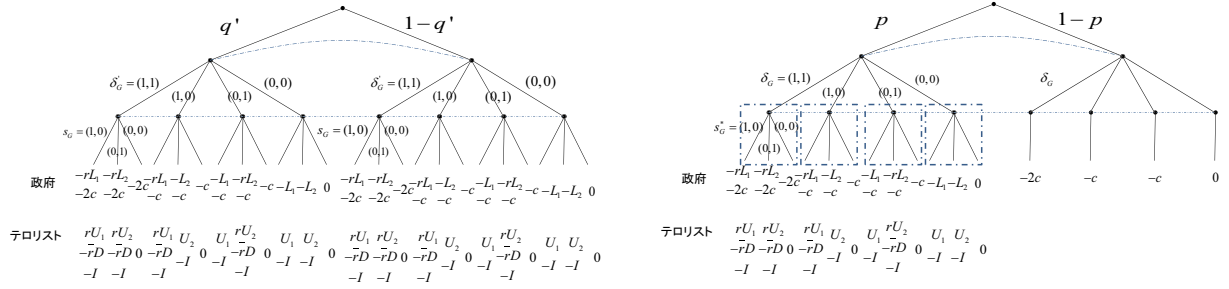


図-2 政府の主観的ゲーム Γ_G

府の物理的防護戦略 δ_i に応じて

$$\kappa = \begin{cases} r & \delta_i = 1 \text{ の場合} \\ 1 & \delta_i = 0 \text{ の場合} \end{cases} \quad (3)$$

を定義する。なお、 r に関して $0 \leq r < 1$ を満たす。政府は物理的防護策を講じることにより、各インフラに対するテロの成功確率を 1 から r まで低下させることができる。ここで、政府、テロリストの利得に関わるパラメータに関して

$$(1-r)L_i \geq c \quad (4)$$

を仮定する。表記の簡便化のため、以下 $\bar{r} = 1-r$ と表す。本仮定は、テロリストの存在が確実であり、さらにテロリストが攻撃することが確実な場合は、物理的防護策を講じることによる政府の期待利得が正であることを意味する。テロリストの効用に関して、

$$U_i > I \quad (5)$$

を仮定する。本仮定は、政府が物理的防護策を講じないとき、テロリストはインフラを攻撃することにより正の利得を獲得することを示している。すなわち、テロリストは政府が物理的防護策を講じていないことを確認すれば、テロ攻撃を確定的に実施する。さらに、

$$rU_i < \bar{r}D + I \quad (6)$$

を仮定する。上述したように $\bar{r} = 1-r$ である。本仮定は、政府が物理的防護策を講じるとき、テロリストのインフラ攻撃を行うことによる期待利得は負になることを示している。すなわち、政府が物理的防護策を講じるとき、テロリストは攻撃を控えることが望ましい。仮定 (5), (6) は、テロリストが政府の選択した戦略を観察可能な場合に、テロリストが選択する戦略が変わることを意味する。ただし、基本モデルにおいては、テロリストは政府の選択した戦略を観察できないことを仮定する。また、

$$L_2 > L_1 \quad U_2 > U_1 \quad (7)$$

を仮定する。インフラ i が機能停止に陥ることにより政府が受ける被害 L_i とテロリストが獲得する効用 U_i には、正の相関があると考えられる。すなわち、政府、テロ

リスト共にインフラ 2 を重要視している。最後に、

$$rL_2 < L_1 \quad (8)$$

を仮定する。条件 (8) が成立しない場合、テロ対策の実施の有無に関わらず、常にインフラ 2 の期待被害額の方が大きくなる。本研究では、テロ対策の実施によるインフラ間のリスクの移行性に焦点を当てた分析を行うため、条件 (8) が成立することを仮定する。さらに、

$$\frac{c}{\bar{r}L_2} \leq 1 \leq \frac{c}{\bar{r}L_1} \quad (9)$$

を仮定する。これは、テロリストが存在しインフラ 2 を攻撃されることが確実の場合、テロ対策による被害削減額は対策費用を上回るのに対して、インフラ 1 を攻撃されることが確実の場合、テロ対策による被害削減額は対策費用を下回ることを意味する。

以上の条件 (4)-(8) は、いずれも分析上の焦点を明確にするための仮定であり、これにより均衡解のタイプを効果的に縮減することが可能となる。さらに、以下の分析では、政府とテロリストの主観的ゲームで用いる戦略、利得に関するパラメータが、双方の主観的ゲームにおいて同一の値をとることを想定する。なお、このことはこれらのパラメータ値が、それぞれのプレイヤーの共通知識になっていることを意味しているわけではない。政府が想定する戦略集合とテロリストの想定する戦略集合が異なる場合や想定する利得パラメータが異なる場合を仮定することがより現実的ではあるが、本研究では無用な場合分けを避け、分析の焦点をリスクの移行性と情報開示の驚き (surprise) 効果のトレードオフに絞るため、これらのパラメータが一致すると仮定する。

(3) テロリストの主観的ゲーム Γ_T

テロリストは主観的に政府とテロリストの関係性を予想した上で、テロ行為に関する最適戦略を決定する。テロリストの主観的ゲーム Γ_T における政府、テロリストの最適戦略をそれぞれ、 $\delta_T^* = (\delta_{1T}^*, \delta_{2T}^*) \in [0, 1]^2$ 、 $s_T^* = (s_{1T}^*, s_{2T}^*) \in [0, 1]^2$ で表す。下付添え字 T は、テロリストが想定する主観的ゲームにおける戦略である

ことを意味する。テロリストが期待する政府の意思決定は

$$\begin{aligned} \delta_T^* &= (\delta_{1T}^*, \delta_{2T}^*) = \\ \operatorname{argmax}_{\delta_T \in [0,1]^2} \sum_{i=1}^2 & [-\delta_{iT} \{s_{iT}qrL_i + c\} - \bar{\delta}_{iT}s_{iT}qL_i] \end{aligned} \quad (10)$$

として定式化される。また、テロリストの意思決定は、

$$\begin{aligned} s_T^* &= (s_{1T}^*, s_{2T}^*) = \\ \operatorname{argmax}_{s_T \in [0,1]^2} \sum_{i=1}^2 & [s_{iT} \{\delta_{iT}(rU_i - \bar{r}D) + \bar{\delta}_{iT}U_i - I\}] \end{aligned} \quad (11)$$

と定式化出来る。以上より、テロリストの主観的ゲーム Γ_T における均衡解 (δ_T^*, s_T^*) は、

$$\begin{cases} \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q \leq 1 \text{ のとき} \\ \quad (\delta_T^*, s_T^*) \\ \quad = \left((0, \frac{U_2 - U_1}{\bar{r}(U_2 + D)}), (\frac{q\bar{r}L_2 - c}{q\bar{r}L_2}, \frac{c}{q\bar{r}L_2}) \right) \\ q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \quad (\delta_T^*, s_T^*) = ((0, 0), (0, 1)) \end{cases} \quad (12)$$

が導出される。

(4) 政府の主観的ゲーム Γ_G

政府の意思決定について定式化を行う。政府は、テロリストの存在確率に関する信念 p と、テロリストが形成する自身の存在の暴露度合いに関する信念 q に関する期待としての q' を形成する。はじめに、政府は信念 q' に基づいてテロリストの主観的ゲームを予想する。政府が期待するテロリストの主観的ゲームにおいて、政府の意思決定は

$$\begin{aligned} \delta_G^* &= (\delta_{1G}^*, \delta_{2G}^*) = \\ \operatorname{argmax}_{\delta_G \in [0,1]^2} \sum_{i=1}^2 & [-\delta'_{iG} \{s_{iG}q'rL_i + c\} - \bar{\delta}'_{iG}s_{iG}qL_i] \end{aligned} \quad (13)$$

として定式化される。また、テロリストの意思決定は、

$$\begin{aligned} s_G^* &= (s_{1G}^*, s_{2G}^*) = \\ \operatorname{argmax}_{s_G \in [0,1]^2} \sum_{i=1}^2 & [s_{iG} \{\delta'_{iG}(rU_i - \bar{r}D) + \bar{\delta}'_{iG}U_i - I\}] \end{aligned} \quad (14)$$

と定式化出来る。このとき、政府が期待するテロリストの主観的ゲームの均衡解は、

$$\begin{cases} \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q' < 1 \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_G^*) \\ \quad = \left((0, \frac{U_2 - U_1}{\bar{r}(U_2 + D)}), (\frac{q'\bar{r}L_2 - c}{q'\bar{r}L_2}, \frac{c}{q'\bar{r}L_2}) \right) \\ q' < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_G^*) = ((0, 0), (0, 1)) \end{cases} \quad (15)$$

と表される。政府は、この結果とテロリストの存在確率に関する信念 p に基づいてテロ対策に関する意思決定を行う。政府の意思決定は、

$$\delta_G^* = (\delta_{1G}^*, \delta_{2G}^*) =$$

$$\operatorname{argmax}_{\delta_G \in [0,1]^2} \sum_{i=1}^2 [-\delta_{iG} \{s_{iG}^*qrL_i + c\} - \bar{\delta}_{iG}s_{iG}^*qL_i] \quad (16)$$

として定式化される。このとき、政府の主観的ゲーム Γ_G における均衡解は、

$$\begin{cases} \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q' < 1 \text{ かつ } q' \geq p \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_G^*) = \left((0, 0), (\frac{q'\bar{r}L_2 - c}{q'\bar{r}L_2}, \frac{c}{q'\bar{r}L_2}) \right) \\ \quad V_G^* = -pL_1 - \frac{pc(L_2 - L_1)}{q'\bar{r}L_2} \\ \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q' < 1 \text{ かつ } q' < p \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_G^*) = \left((0, 1), (\frac{q'\bar{r}L_2 - c}{q'\bar{r}L_2}, \frac{c}{q'\bar{r}L_2}) \right) \\ \quad V_G^* = -c - pL_1 + \frac{pc}{q'\bar{r}L_2}(L_1 + rL_2) \\ q' < \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq p \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_G^*) = ((0, 1), (0, 1)) \\ \quad V_G^* = -c - prL_2 \\ \max[p, q'] < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_G^*) = ((0, 0), (0, 1)) \\ \quad V_G^* = -pL_2 \end{cases} \quad (17)$$

(5) 主観的ゲームの均衡解

政府、テロリストは、それぞれが想定する主観的ゲームに基づき、自分の戦略と、相手の戦略を決定する。このとき、主観的ゲームの均衡解 (δ_G^*, s_T^*) は、それぞれの主観的ゲームにおける自分の均衡戦略の組み合わせとして定義できる。すなわち、政府の主観的ゲームにおける政府の均衡戦略と、テロリストの主観的ゲームにおけるテロリストの均衡戦略の、組み合わせれば以下に示すように8種類の均衡解を求めることができる。さらに、政府の期待利得を $\bar{V}_G^* = \bar{V}_G(\delta_G^*, s_T^*)$ と表せば、

$$\begin{cases} \text{Case 1:} \\ \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q' < 1, q' \geq p, \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q \leq 1 \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_T^*) = \left((0, 0), (\frac{q'\bar{r}L_2 - c}{q'\bar{r}L_2}, \frac{c}{q'\bar{r}L_2}) \right) \\ \quad \bar{V}_G^* = -pL_1 - \frac{pc(L_2 - L_1)}{q'\bar{r}L_2} \\ \text{Case 2:} \\ \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q' < p, \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q \leq 1 \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_T^*) = \left((0, 1), (\frac{q'\bar{r}L_2 - c}{q'\bar{r}L_2}, \frac{c}{q'\bar{r}L_2}) \right) \\ \quad \bar{V}_G^* = -c - pL_1 + \frac{pc}{q'\bar{r}L_2}(L_1 + rL_2) \\ \text{Case 3:} \\ q' < \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq p, \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q \leq 1 \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_T^*) = \left((0, 1), (\frac{q'\bar{r}L_2 - c}{q'\bar{r}L_2}, \frac{c}{q'\bar{r}L_2}) \right) \\ \quad \bar{V}_G^* = -c - pL_1 + \frac{pc}{q'\bar{r}L_2}(L_1 + rL_2) \\ \text{Case 4:} \\ \max[p, q'] < \frac{c}{\bar{r}L_2}, \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q \leq 1 \text{ のとき} \\ \quad (\delta_G^*, s_T^*) = \left((0, 0), (\frac{q'\bar{r}L_2 - c}{q'\bar{r}L_2}, \frac{c}{q'\bar{r}L_2}) \right) \\ \quad \bar{V}_G^* = -pL_1 - \frac{pc(L_2 - L_1)}{q'\bar{r}L_2} \end{cases} \quad (18)$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
\text{Case 5:} \\
\frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q' < 1, q' \geq p, q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\
(\delta_G^*, s_T^*) = ((0, 0), (0, 1)) \\
\bar{V}_G^* = -pL_2 \\
\text{Case 6:} \\
\frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q' < 1, q' < p, q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\
(\delta_G^*, s_T^*) = ((0, 1), (0, 1)) \\
\bar{V}_G^* = -prL_2 - c \\
\text{Case 7:} \\
q' < \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq p, q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\
(\delta_G^*, s_T^*) = ((0, 1), (0, 1)) \\
\bar{V}_G^* = -prL_2 - c \\
\text{Case 8:} \\
\max[p, q'] < \frac{c}{\bar{r}L_2}, q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\
(\delta_G^*, s_T^*) = ((0, 0), (0, 1)) \\
\bar{V}_G^* = -pL_2
\end{array} \right. \quad (19)$$

が成立する。

なお、本ゲームは、政府とテロリストの間の1回限りの戦略的関係性を表現していることに留意する必要がある。政府とテロリストが複数回にわたって、本ゲームをプレイするとき、実際に獲得する利得に基づいて、政府とテロリストがそれぞれどの戦略を選択したかを推測することが可能である。このとき、テロリストは形成していた信念 q が誤りであったことに気づき、政府のテロリストの間の戦略的相互関係の想定を再構築するだろう。このような学習プロセスを分析することは、恒常的なテロ組織について分析する上では大変重要である。ただし、我が国のように歴史的にテロの経験が少なく、テロリストの存在自体が不確実な状況においては、1回限りのゲームをプレイするものと仮定する方がより妥当であると考えられる。

4. 拡張モデル I：テロ対策実施情報の開示

(1) 情報開示モデルの概要

重要インフラに関するテロ対策の実施状況に関して、政府が検討する場合を取り上げる。基本モデルと同様に、政府とテロリストはそれぞれ独立して主観的ゲームを構築し、テロ防御戦略、攻撃戦略に関する意思決定を行う。このとき、政府によるテロ対策の実施状況に関する情報開示は、テロリストに主観的ゲームを再構築させると共に、政府の主観的ゲームとテロリストの主観的ゲームを連結させる役割を果たす。図-3はテロ対策の情報開示戦略を考慮した政府の主観的ゲーム Γ_G^M の木を表している。また、図-4はテロリストの主観的ゲーム $\Gamma_T^M(n^M)$ を表しており、政府が公開する情報 n^M に応じて定義される。なお、政府によるテロ対策の開示

情報には、テロリストの攻撃成功確率を増加させるような技術情報は含まれていないと考える。

(2) 前提条件

主観的ゲーム Γ_j^M における政府のインフラ i ($i = 1, 2$) に関するテロ防御戦略を $\delta_{ji} \in [0, 1]$ と表す ($j \in \{G, T\}$)。政府の情報開示戦略を、メッセージ

$$n^M = \begin{cases} n_{11} & \text{インフラ1,2のテロ対策の実施} \\ & \text{情報を開示する} \\ n_{1\phi} & \text{インフラ1のテロ対策の実施情} \\ & \text{報を開示する} \\ n_{\phi 1} & \text{インフラ2のテロ対策の実施情} \\ & \text{報を開示する} \\ n_{\phi\phi} & \text{何も開示しない} \end{cases} \quad (20)$$

を用いて定義する。また、政府は何も開示しない場合 ($n = n_{\phi\phi}$) を除いて、インフラのテロ対策の実施情報を開示する場合は、形成しているテロ攻撃に対する警戒水準 p も開示することを仮定する。図-4は、テロリストが受け取る情報 n^M に応じたテロリストの主観的ゲームを表す。政府が何も情報開示しない場合、テロリストは情報 $n_{\phi\phi}$ を受け取る。このとき、テロリストは信念 q に従い、攻撃戦略に関する意思決定を行う。次に、テロリストが情報 $n^M (\neq n_{\phi\phi})$ を受け取るとき、テロリストは受け取った情報 n^M をもとに政府とテロリストの間の戦略的関係性に関する想定を再構築し、テロ攻撃に関する意思決定を行う。

なお、本研究では政府とテロリストの間で誠実政府の想定が共通知識であると仮定している。すなわち、政府が個別のインフラに対するテロ対策の実施に関する情報を開示した場合、テロリストは政府が開示するメッセージに信憑性があると判断し、政府も「テロリストがメッセージの信憑性を信じている」ということを信じて情報開示戦略を決定する。仮に、誠実政府の想定が成立しない場合、テロリストの主観的ゲームはテロリストがメッセージの真偽を判断する行動を考慮に入れたような不完備情報ゲームとなる。一方、政府が嘘をつかないということが政府とテロリストの間で共通知識になっている場合には、政府が情報開示を選択することにより、政府はテロリストがプレイする主観的ゲームに直接的な影響を及ぼすことが可能となる。

最後に、政府の主観的ゲーム Γ_G^M において、政府が考える手番を示す。

1 $_G^M$) 政府がテロリストの存在に関する信念 $p \in [0, 1]$ を想定する。

2 $_G^M$) 政府がメッセージ n^M を選択する。

3 $_G^M$) 政府が防御戦略 $\delta_G^M(n^M)$ を選択する。

4 $_G^M$) テロリストが攻撃戦略 $s_G^M(n^M)$ を選択する。

また、テロリストの主観的ゲーム $\Gamma_T^M(n^M)$ においてテ

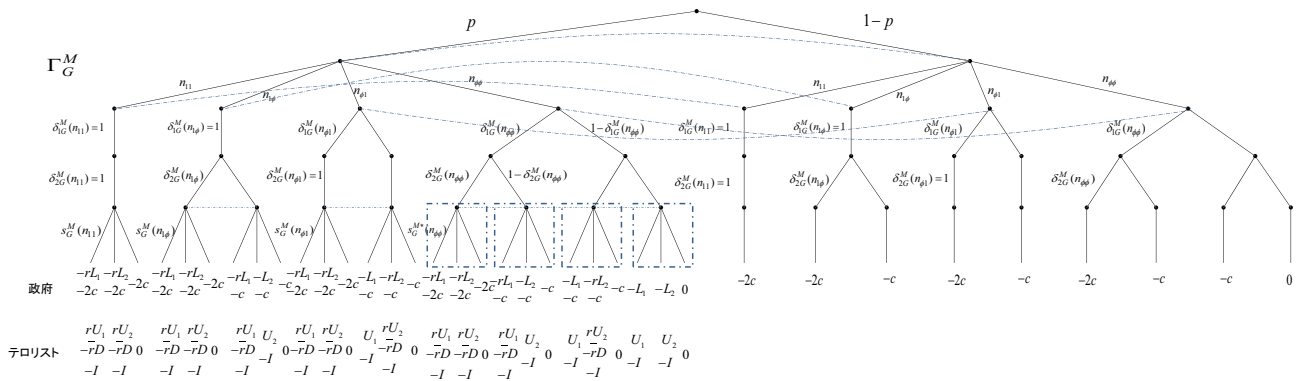


図-3 テロ対策実施に関する情報開示を考慮した政府の主観的ゲーム Γ_G^M

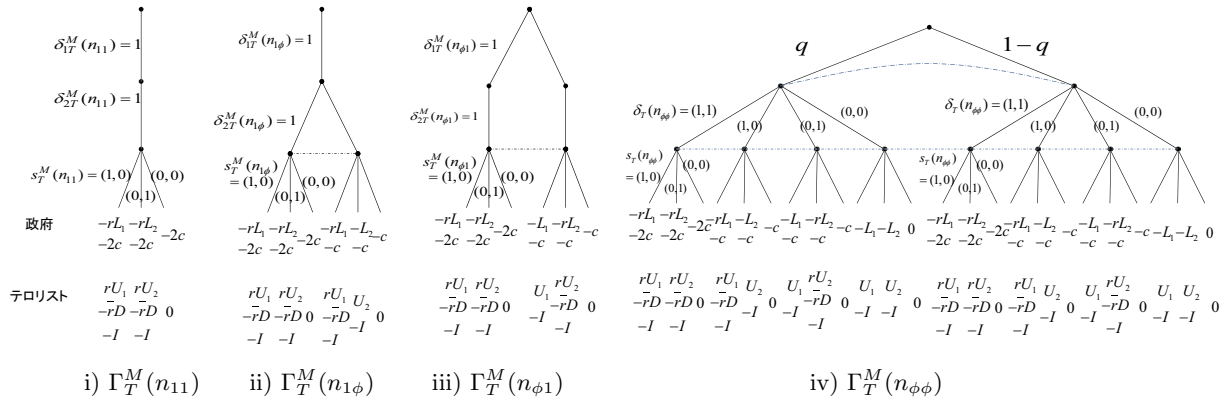


図-4 テロリストの主観的ゲーム $\Gamma_T^M(n^M)$

ロリストが考える手番を

1 T^M) テロリストは「自分の存在が政府に漏えいしている」という信念 $q \in [0, 1]$ を形成する。

2 T^M) テロリストがメッセージ n^M を受け取り主観的ゲームを再構築する。

3 T^M) 政府が防御戦略 $\delta_T^M(n^M)$ を選択する。

4 T^M) テロリストが攻撃戦略 $s_T^M(n^M)$ を選択する。と表す。政府がメッセージ n^M を選択する手番 2 G^M) と、テロリストがメッセージを受け取る手番 2 T^M) は、政府とテロリストのそれぞれの主観的ゲームの時間的順序が唯一連結している手番である。また、政府による防御戦略の決定手番 3 G^M) は、テロリストによる攻撃戦略の決定手番 4 T^M) より時間的に早いタイミングに位置することを仮定する。

(3) テロリストの主観的ゲーム $\Gamma_T^M(n^M)$

テロリストの主観的ゲームにおける政府のインフラ防御戦略を $\delta_T^M(n^M)$ 、テロリストのインフラ攻撃戦略を $s_T^M(n^M)$ で表す。政府、テロリストそれぞれの戦略は、政府が開示するメッセージ n^M に応じて定義される。政府がメッセージ n_{11} を開示するとき、誠実政府の想定より、テロリストは政府がテロ対策を 2 つのイン

フラに対して実施したことを信じてテロ攻撃に関する意思決定を行う。政府がメッセージ $n_{1\phi}$ または $n_{\phi 1}$ を開示するとき、誠実政府の想定より、テロリストは少なくともテロ対策の実施が開示されたインフラにおいて、実際にテロ対策が実施されていることを信じる。同時に、テロリストはその情報をもとに、もう一方のインフラのテロ対策の実施状況を予想する。最後に政府が $n_{\phi\phi}$ を開示するとき、政府はテロ対策の実施情報について何も開示せず、テロリストは信念 q に従い、テロ攻撃に関する意思決定を行う。テロリストは、政府が戦略的に $n_{\phi\phi}$ を選択したという予想は行わないと仮定する。本ゲームは政府とテロリストの 1 回限りのゲームであり、 $n_{\phi\phi}$ の選択に伴うテロリストの戦略的関係性の想定の再構築は行わないことには妥当性があると考えられるが、恒常的なテロ組織との関係性を分析する上では注意が必要である。この点は今後の課題である。

テロリストが受け取るメッセージ n^M に応じて、テロリストの主観的ゲームが構成される。それぞれの主観的ゲーム $\Gamma_T^M(n_{11})$ におけるナッシュ均衡解は、

$$\left(\delta_T^{M*}(n_{11}), s_T^{M*}(n_{11}) \right) = \left((1, 1), (0, 0) \right) \quad (21)$$

と表され、両方のインフラへのテロ攻撃を抑止できる。

テロリストの主観的ゲーム $\Gamma_T^M(n_{1\phi})$ における均衡解は、

$$\begin{cases} p\bar{r}L_2 \geq c \text{ のとき} \\ \left(\delta_T^{M*}(n_{1\phi}), \mathbf{s}_T^{M*}(n_{1\phi}) \right) \\ = \left(\left(1, \frac{U_2 - I}{\bar{r}(U_2 + D)}\right), \left(0, \frac{c}{p\bar{r}L_2}\right) \right) \\ p\bar{r}L_2 < c \text{ のとき} \\ \left(\delta_T^{M*}(n_{1\phi}), \mathbf{s}_T^{M*}(n_{1\phi}) \right) = \left((1, 0), (0, 1) \right) \end{cases} \quad (22)$$

と表される。政府がメッセージ $n_{1\phi}$ を開示するとき、テロリストはインフラ 1 が防御されていると予想し、インフラ 1 に対しては常にテロ攻撃を行わない。一方、テロリストは政府のインフラ 2 に関する防御戦略について予想する。 $p\bar{r}L_2 \geq c$ が成立する場合、テロリストは政府が確率 $\frac{U_2 - I}{\bar{r}(U_2 + D)}$ でインフラ 2 にテロ対策を講じていると予想し、確率 $\frac{c}{p\bar{r}L_2}$ でインフラ 2 に対して攻撃を行う。また、 $p\bar{r}L_2 < c$ が成立する場合、テロリストはインフラ 2 を攻撃する。一方、テロリストの主観的ゲーム $\Gamma_T^M(n_{\phi 1})$ における均衡解は

$$\begin{aligned} \left(\delta_G^{M*}, \mathbf{s}_G^{M*} \right) &= \left((0, 1), (1, 0) \right) \\ V_G^{M*} &= -c - pL_1 \end{aligned} \quad (23)$$

となる。政府がメッセージ $n_{\phi 1}$ を開示するとき、テロリストはインフラ 2 が防御されていると予想し、インフラ 2 に対してテロ攻撃を行わない。一方、テロリストは政府のインフラ 1 に関する防御戦略について予想する。インフラ 1 については、テロ対策がとられていないと予想し、テロ攻撃を実施する。最後に、テロリストの主観的ゲーム $\Gamma_T^M(n_{\phi\phi})$ における均衡解は

$$\begin{cases} \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q \leq 1 \text{ のとき} \\ \left(\delta_T^*(n_{\phi\phi}), \mathbf{s}_T^*(n_{\phi\phi}) \right) \\ = \left(\left(0, \frac{U_2 - U_1}{\bar{r}(U_2 + D)}\right), \left(\frac{q\bar{r}L_2 - c}{q\bar{r}L_2}, \frac{c}{q\bar{r}L_2}\right) \right) \\ q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \left(\delta_T^*(n_{\phi\phi}), \mathbf{s}_T^*(n_{\phi\phi}) \right) = \left((0, 0), (0, 1) \right) \end{cases} \quad (24)$$

と導出される。

(4) 政府の主観的ゲーム Γ_G^M

政府はテロ攻撃に対する警戒水準 p に基づき、テロ対策やその実施状況に関する情報開示戦略を決定する。政府は、テロリストがメッセージ $n^M \in \{n_{11}, n_{1\phi}, n_{\phi 1}, n_{\phi\phi}\}$ を受け取り、テロリストの主観的ゲームにおける最適戦略 $\mathbf{s}_G^{M*}(n^M) \in [0, 1]^2$ を選択することを知っている。政府はテロリストの戦略を予想して、インフラのテロ対策及びその実施情報の情報開示策を決定する。政府がメッセージ n^M を開示するときのテロ対策 $\delta_G^{M*} = \delta_G^{M*}(n^M)$ 、政府が予測するテロリストの最適戦略 $\mathbf{s}_G^{M*} = \mathbf{s}_G^{M*}(n^M)$ 、政府の期待利得

$V_G^{M*} = V_G(\delta_G^{M*}(n^M), \mathbf{s}_G^{M*}(n^M))$ は

$$\begin{aligned} n^M = n_{11} \text{ のとき} \\ \left\{ \begin{aligned} \left(\delta_G^{M*}, \mathbf{s}_G^{M*} \right) &= \left((1, 1), (0, 0) \right) \\ V_G^{M*} &= -2c \end{aligned} \right. \end{aligned} \quad (25a)$$

$$\begin{aligned} n^M = n_{1\phi} \text{ のとき} \\ \left\{ \begin{aligned} p \geq \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \left(\delta_G^{M*}, \mathbf{s}_G^{M*} \right) &= \left(\left(1, \frac{U_2 - I}{\bar{r}(U_2 + D)}\right), \left(0, \frac{c}{p\bar{r}L_2}\right) \right) \\ V_G^{M*} &= -c - \frac{c}{\bar{r}} \\ p < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \left(\delta_G^{M*}, \mathbf{s}_G^{M*} \right) &= \left((1, 0), (0, 1) \right) \\ V_G^{M*} &= -c - pL_2 \end{aligned} \right. \end{aligned} \quad (25b)$$

$$\begin{aligned} n^M = n_{\phi 1} \text{ のとき} \\ \left(\delta_G^{M*}, \mathbf{s}_G^{M*} \right) &= \left((0, 1), (1, 0) \right) \\ V_G^{M*} &= -c - pL_1 \end{aligned} \quad (25c)$$

$$\begin{aligned} n^M = n_{\phi\phi} \text{ のとき} \\ \left\{ \begin{aligned} \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q' < 1 \text{ かつ } q' \geq p \text{ のとき} \\ \left(\delta_G^*, \mathbf{s}_G^* \right) &= \left((0, 0), \left(\frac{q'\bar{r}L_2 - c}{q'\bar{r}L_2}, \frac{c}{q'\bar{r}L_2}\right) \right) \\ V_G^* &= -pL_1 - \frac{pc(L_2 - L_1)}{q'\bar{r}L_2} \\ \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q' < 1 \text{ かつ } q' < p \text{ のとき} \\ \left(\delta_G^*, \mathbf{s}_G^* \right) &= \left((0, 1), \left(\frac{q'\bar{r}L_2 - c}{q'\bar{r}L_2}, \frac{c}{q'\bar{r}L_2}\right) \right) \\ V_G^* &= -c - pL_1 + \frac{pc}{q'\bar{r}L_2}(L_1 + rL_2) \\ q' < \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq p \text{ のとき} \\ \left(\delta_G^*, \mathbf{s}_G^* \right) &= \left((0, 1), (0, 1) \right) \\ V_G^* &= -c - prL_2 \\ \max[p, q'] < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \left(\delta_G^*, \mathbf{s}_G^* \right) &= \left((0, 0), (0, 1) \right) \\ V_G^* &= -pL_2 \end{aligned} \right. \end{aligned} \quad (25d)$$

と整理できる。ここで、政府が「テロリストは存在が隠匿できている」という信念を形成しているときに分析の焦点を絞ろう。すなわち、 $q \leq \frac{c}{\bar{r}L_2}$ を満たすとき、政府の最適情報開示戦略 n^{M*} は

$$\begin{aligned} q' \leq \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq p \text{ のとき} \\ n^{M*} = \begin{cases} n_{11} & : \bar{r} \geq r \text{ のとき } (r < \frac{1}{2} \text{ のとき}) \\ n_{11} & : \bar{r} < r \text{ かつ } \frac{c}{\bar{r}L_2} < p \text{ のとき} \\ n_{\phi\phi} & : \bar{r} < r \text{ かつ } c \geq prL_2 \text{ のとき} \end{cases} \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \max[p, q'] < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ n^{M*} = \begin{cases} n_{\phi\phi} & : 2L_1 < L_2 \text{ のとき} \\ n_{11} & : 2L_1 \geq L_2, r \geq \frac{1}{2}, \frac{2c}{L_2} < p \text{ のとき} \\ n_{\phi\phi} & : 2L_1 \geq L_2, r \geq \frac{1}{2}, p \leq \frac{2c}{L_2} \text{ のとき} \\ n_{\phi\phi} & : 2L_1 \geq L_2, r < \frac{1}{2} \text{ のとき} \end{cases} \end{aligned}$$

と表される。以上より、政府の主観的ゲームの均衡解は一括して以下のように整理できる。

$q' \leq \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq p$ のとき

$$\left\{ \begin{array}{l} r \geq \bar{r} \text{ のとき } (r < \frac{1}{2} \text{ のとき}) \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{11}, 1, 1) \\ (s_{1G}^{M*}, s_{2G}^{M*}) = (0, 0) \\ r < \bar{r} \text{ かつ } c < prL_2 \text{ のとき} \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{11}, 1, 1) \\ (s_{1G}^{M*}, s_{2G}^{M*}) = (0, 0) \\ r < \bar{r} \text{ かつ } c \geq prL_2 \text{ のとき} \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{\phi\phi}, 0, 1) \\ (s_{1G}^{M*}, s_{2G}^{M*}) = (0, 1) \end{array} \right. \quad (27)$$

を得る。また、 $\max[p, q'] < \frac{c}{\bar{r}L_2}$ のとき、次式を得る。

$$\left\{ \begin{array}{l} 2L_1 < L_2 \text{ のとき} \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{\phi\phi}, 0, 0) \\ (s_{1G}^{M*}, s_{2G}^{M*}) = (0, 1) \\ 2L_1 \geq L_2, r \geq \frac{1}{2}, \frac{2c}{L_2} < p \text{ のとき} \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{11}, 1, 1) \\ (s_{1G}^{M*}, s_{2G}^{M*}) = (0, 0) \\ 2L_1 \geq L_2, r \geq \frac{1}{2}, \frac{2c}{L_2} \geq p \text{ のとき} \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{\phi\phi}, 0, 0) \\ (s_{1G}^{M*}, s_{2G}^{M*}) = (0, 1) \\ 2L_1 \geq L_2, r < \frac{1}{2} \text{ のとき} \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{\phi\phi}, 0, 0) \\ (s_{1G}^{M*}, s_{2G}^{M*}) = (0, 1) \end{array} \right. \quad (28)$$

(5) 拡張ゲーム I の均衡解

前述した通り、テロリストの構築する主観的ゲームの構造は政府の開示するメッセージ n^M に依存する。したがって、政府はメッセージを選択することにより、テロリストがプレイする主観的ゲームを決定することが可能である。まず、 $prL_2 \geq c$ が成立する場合を考える。 prL_2 はテロ対策による期待被害減少額であり、本ケースでは、インフラ 2 を防御することによる期待利得が正となる。この場合、拡張ゲーム Γ^M の均衡解は、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Case } M_1 : r \geq \bar{r} \text{ のとき } (r < \frac{1}{2} \text{ のとき}) \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{11}, 1, 1) \\ (s_{1T}^{M*}, s_{2T}^{M*}) = (0, 0) \\ \text{Case } M_2 : r < \bar{r} \text{ かつ } c < prL_2 \text{ のとき} \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{11}, 1, 1) \\ (s_{1T}^{M*}, s_{2T}^{M*}) = (0, 0) \\ \text{Case } M_3 : r < \bar{r} \text{ かつ } c \geq prL_2, q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{\phi\phi}, 0, 1) \\ (s_{1T}^{M*}, s_{2T}^{M*}) = (0, 1) \\ \text{Case } M_4 : r < \bar{r} \text{ かつ } c \geq prL_2, q \geq \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ (n^{M*}, \delta_{1G}^{M*}, \delta_{2G}^{M*}) = (n_{\phi\phi}, 0, 1) \\ (s_{1T}^{M*}, s_{2T}^{M*}) = (\frac{q\bar{r}L_2 - c}{q\bar{r}L_2}, \frac{c}{q\bar{r}L_2}) \end{array} \right. \quad (29)$$

と表せる。Case M_1 は、テロ対策によるテロの抑止効果が高い (テロの成功確率が低い) 場合を想定している。

本ケースでは、政府は常に 2 つのインフラに対してテロ対策を講じ、どちらのインフラもインフラが防御されていることを公表する。インフラ 2 に対してテロ対策を講じると同時に、インフラ 1 に対してもテロ対策が実施される。この結果は、仮定 (8) の条件の下で成立することに留意する必要がある。すなわち、インフラ 2 のみにテロ対策を講じ、かつそのことを公開した場合、テロ攻撃の標的がインフラ 1 に移行する。その結果、仮定 (8) より、 $rL_2 < L_1$ が成立することにより、テロ対策を講じたインフラ 2 が攻撃を受けることにより発生する被害より、無防備なインフラ 1 が攻撃されることにより発生する被害の方が大きくなる。このようなテロリスクの移行性を阻止するために、 $rL_2 < L_1$ が成立している場合、インフラ 2 のテロ対策とあわせてインフラ 1 に対してもテロ対策を実施し、その結果を公表することが政府にとっての最適戦略となっている。一方、Case M_2, M_3, M_4 は、テロ対策の実施によるテロの抑止効果が低い (テロの成功確率が高い) 場合である。このとき、政府の行動は、テロ対策を講じたインフラ 2 にテロ攻撃を受けたときに発生する期待被害額 prL_2 とテロ対策費用 c の大小関係に依存して決定される。 $prL_2 > c$ が成立する場合、政府はどちらのインフラも防御し、その対策の実施を情報公開する。しかし、 $prL_2 < c$ が成立する場合、政府は、インフラ 2 のみを防御し、テロ対策の実施状況については何も情報公開しない。すなわち、インフラ 2 がテロ攻撃を受けたとしても、発生する期待被害額が十分に小さい場合、インフラ 1 に対してテロ対策を実施するよりも、インフラ 2 に発生する期待被害額の方が小さくなる。したがって、政府はインフラ 2 がテロ攻撃の標的となることを受け入れ、テロ対策を講じることで期待被害額の軽減を図る。本ケースのように、テロ対策による抑止効果は低い、期待被害額の軽減効果が十分にある場合は、政府はテロ対策の実施状況については何も情報公開しないことが最適となる。換言すれば、政府は、テロリストの事前の想定である信念 q を戦略的に維持することにより、リスクの移行を阻止しようとする。このようにテロ対策を実施したにも関わらず戦略的に情報公開を行わない戦略を戦略的情報非公開策と呼ぶ。政府が戦略的情報非公開策を取るとき、テロリストは初期信念 q に従いテロ攻撃を行う。Case M_3 はテロリストが自身の存在を隠匿出来ているという信念をより強く形成する場合であり、テロリストはインフラ 2 を攻撃する。結果として、テロリストは攻撃の実施後にインフラ 2 のテロ対策が講じられている事実を知ることになる。また、Case M_4 は、テロリストが自身の存在が社会に暴露しており、政府が警戒的であるという信念を形成する場合である。このとき、テロリストは攻

撃対象を確率的に決定する。インフラ 2 を攻撃した場合は、事後的にテロ対策が講じられていることを知ることになる。

つぎに、 $p\bar{r}L_2 < c$ かつ $q'\bar{r}L_2 < c$ の場合、すなわち、テロ対策による期待被害額の軽減効果より対策費用が大きくなる場合、均衡解は

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Case } M_5 : 2L_1 < L_2, \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q \text{ のとき} \\ \quad (n^{M_5}, \delta_{1G}^{M_5}, \delta_{2G}^{M_5}) = (n_{\phi\phi}, 0, 0) \\ \quad (s_{1T}^{M_5}, s_{2T}^{M_5}) = \left(\frac{q\bar{r}L_2 - c}{q\bar{r}L_2}, \frac{c}{q\bar{r}L_2} \right) \\ \text{Case } M_6 : 2L_1 < L_2, q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \quad (n^{M_6}, \delta_{1G}^{M_6}, \delta_{2G}^{M_6}) = (n_{\phi\phi}, 0, 0) \\ \quad (s_{1T}^{M_6}, s_{2T}^{M_6}) = (0, 1) \\ \text{Case } M_7 : 2L_1 \geq L_2, r \geq \frac{1}{2}, \frac{2c}{L_2} < p \text{ のとき} \\ \quad (n^{M_7}, \delta_{1G}^{M_7}, \delta_{2G}^{M_7}) = (n_{11}, 1, 1) \\ \quad (s_{1G}^{M_7}, s_{2G}^{M_7}) = (0, 0) \\ \text{Case } M_8 : 2L_1 \geq L_2, r \geq \frac{1}{2}, \frac{2c}{L_2} \geq p, \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q \text{ のとき} \\ \quad (n^{M_8}, \delta_{1G}^{M_8}, \delta_{2G}^{M_8}) = (n_{\phi\phi}, 0, 0) \\ \quad (s_{1T}^{M_8}, s_{2T}^{M_8}) = \left(\frac{q\bar{r}L_2 - c}{q\bar{r}L_2}, \frac{c}{q\bar{r}L_2} \right) \\ \text{Case } M_9 : 2L_1 \geq L_2, r \geq \frac{1}{2}, \frac{2c}{L_2} \geq p, q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \quad (n^{M_9}, \delta_{1G}^{M_9}, \delta_{2G}^{M_9}) = (n_{\phi\phi}, 0, 0) \\ \quad (s_{1T}^{M_9}, s_{2T}^{M_9}) = (0, 1) \\ \text{Case } M_{10} : 2L_1 \geq L_2, r < \frac{1}{2}, \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq q \text{ のとき} \\ \quad (n^{M_{10}}, \delta_{1G}^{M_{10}}, \delta_{2G}^{M_{10}}) = (n_{\phi\phi}, 0, 0) \\ \quad (s_{1T}^{M_{10}}, s_{2T}^{M_{10}}) = \left(\frac{q\bar{r}L_2 - c}{q\bar{r}L_2}, \frac{c}{q\bar{r}L_2} \right) \\ \text{Case } M_{11} : 2L_1 \geq L_2, r < \frac{1}{2}, q < \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \quad (n^{M_{11}}, \delta_{1G}^{M_{11}}, \delta_{2G}^{M_{11}}) = (n_{\phi\phi}, 0, 0) \\ \quad (s_{1T}^{M_{11}}, s_{2T}^{M_{11}}) = (0, 1) \end{array} \right. \quad (30)$$

と表される。

Case M_5, M_6 は、政府がテロリストの存在確率について低く見込んでおり、インフラ 2 の機能停止による社会的被害がインフラ 1 より 2 倍以上大きい場合が相当する。このとき、政府はテロ対策をどちらのインフラにも講じない。Case M_7 から Case M_{11} は、インフラが機能停止に陥った場合の社会的損害が比較的近い場合である。Case M_7 は、テロ対策による攻撃の抑止確率が大きく、政府がテロリストの存在確率を比較的高く見積もっている場合である。このとき、政府はどちらのインフラにもテロ対策を講じ、その実施を情報公開する。テロリストは、情報公開を受けて、テロ攻撃を実施しない。次に、Case M_8, M_9 は、テロ対策による攻撃の抑止確率が大きく、政府がテロリストの存在確率を比較的低く見積もっている場合である。このとき、政府はどちらのインフラに対してもテロ対策を講じない。一方で、テロリストは初期の想定である信念 q に従い、テロ攻撃を実施する。最後に、Case M_{10}, M_{11} は、テロ対策による攻撃の抑止確率が小さい場合である。このときも、Case M_8, M_9 と同様の結果が導かれる。なお、これらの場合において、政府が戦略的

情報非開示戦略を取る場合は存在しない。均衡解における政府の期待利得は

$$q' \leq \frac{c}{\bar{r}L_2} \leq p \text{ のとき} \\ \bar{V}_G^{M*} = \begin{cases} -2c & : \text{Case } M_1, M_2 \\ -c - p\bar{r}L_2 & : \text{Case } M_3 \\ -c - pL_1 & : \text{Case } M_4 \\ + \frac{pc}{q\bar{r}L_2}(L_1 + rL_2) & \end{cases} \quad (31a)$$

$$\max[q', p] \leq \frac{c}{\bar{r}L_2} \text{ のとき} \\ \bar{V}_G^{M*} = \begin{cases} -2c & : \text{Case } M_7 \\ -pL_2 & : \text{Case } M_6, M_9, M_{11} \\ -pL_1 - \frac{pc(L_2 - L_1)}{q\bar{r}L_2} & : \text{Case } M_5, M_8, M_{10} \end{cases} \quad (31b)$$

とあらわされる。このとき、拡張ゲーム II において、政府には情報を開示しないという選択肢が常に利用可能であり、基本ゲームにおいて政府が獲得する期待利得 \bar{V}_G^* と拡張ゲーム II における政府の期待利得 \bar{V}_G^{M*} の間に

$$\bar{V}_G^* \leq \bar{V}_G^{M*} \quad (32)$$

が成立する。以上の分析結果より、下記の**命題 1** が成立する。

命題 1 誠実政府の想定の下で政府が複数のインフラを管理する場合、個別インフラに対するテロ対策の実施に関する情報を開示することにより、テロリストがプレイする主観的ゲームを選択することが可能である。その結果、情報を開示しない場合と比較して、政府の期待利得が減少することはない。政府の最適テロ対策と情報開示戦略は、式 (29),(30) に示すとおりである。

命題 1 に示すように、戦略的情報非公開策 (Case M_3) が出現する特殊なケースを除いて、基本的には情報開示によるテロ抑止効果がテロ対策費用を上回る限り、テロ対策を実施するとともにその事実を情報開示することが望ましい。しかし、一方のインフラに対する情報開示は、いま 1 つのインフラに対してテロリスクを移行する可能性があるため、複数のインフラに対して同時にテロ対策を実施し、その事実を開示することが必要となる。特に、Case M_7 で見られるように、仮にそれぞれのインフラを独立した管理主体が管理していれば対策が実施されない場合 ($p\bar{r}L_i \leq c, i = 1, 2$) でも、両方のインフラにテロ対策を講じることが望ましい場合も発生する。本研究では、これを戦略的テロ抑止戦略と呼ぶ。このとき、政府がリスクの移行性を考慮して戦略的にリスクを社会的被害が小さいインフラに移行するのではなく、どちらのインフラもテロ対策を講じることによってテロ行為そのものを抑止する方が社

会的損失が小さい。

また、政府の主観的ゲームにおける政府とテロリストの均衡戦略(27),(28)と拡張ゲームIIの均衡解(29),(30)は必ずしも一致しない。政府は情報開示を行う場合、政府の主観的ゲームと拡張ゲームの均衡解は一致するが、政府が何も情報を開示しない場合、政府の予想とテロリストの意思決定が異なることがある。Case M_5, M_8, M_{10} は、その場合に当たる。政府は、テロリストが自分の存在は隠匿出来ているという信念を形成してテロ行為に関する意思決定を行う、と想定している。しかしこれらの場合において、政府がテロに警戒的であり、自分の存在は既に政府に漏えいしているという信念を形成して、テロリストはテロ行為に関する意思決定を行う。このとき、政府の予想と反し、インフラ1が攻撃される可能性が発生する。その可能性を政府が情報公開政策を通じて防ぐことは困難である。一方で、テロリストも政府が戦略的情報非公開策(Case M_3)を取る場合、テロリストの予想に反し、インフラ2はテロ対策が講じられているものの、テロリストはインフラ2に対しテロ攻撃を実施する。命題1に示すように、政府は対策の実施に関する情報開示策を検討することによって期待的社会損失を軽減可能である。しかし、情報開示策を検討した場合においても、双方どちらにも予想の結果と異なる驚き(surprise)が事後的に生じる可能性がある。

5. おわりに

本研究では、政府が複数の重要インフラを管理している状況を想定し、テロ攻撃から被害を軽減するためのインフラ防御戦略、情報開示戦略について分析を行った。その結果、個別インフラに対する防御策の実施の有無に関する情報開示は、政府の期待利得を向上させる可能性があることを示した。政府の最適な防御戦略、情報開示戦略は、双方向における情報の非対称性の下における政府とテロリストの戦略的關係によって規定され、単純にテロ対策による被害軽減効果とテロ対策費用の大小関係に基づいて決定できるものではない。インフラシステムが複数のインフラにより構成される場合、単一のインフラに関する安全性評価を積み重ねるという方法論に基づいてテロ対策を検討することは不可能であり、複数のインフラの間に発生するリスクの移行可能性を踏まえた統合的な枠組みに基づいて検討する必要があることが判明した。ただし、本研究で得られた知見が本研究で扱った幾つかの仮定のもとで得られて結論であることには注意が必要である。第1に、本研究では政府とテロリストの間のゲームが1回限りプレイされる場合を取り扱った。恒常的なテロ組織に対

する防御戦略、情報開示戦略を分析する際には、繰り返しゲームに拡張した上で、政府、テロリスト双方の学習過程をモデル化する必要がある。第2に、本研究では誠実政府の仮定を導入し、政府が開示する警戒水準やテロ対策の実施に関する情報は信憑性が確保されていることを仮定した。仮に、テロリストが情報の信憑性を疑い、メッセージ空間を主観的にとらえた上で政府のテロ対策の実施状況を予想するとき、情報開示が効果的でない場合も出てくる。さらに、本研究では誠実政府を想定したが、政府はテロ対策の実施に関する虚偽の情報を開示することも可能だろう。このとき、テロリスクを抑止、軽減させるという点において嘘をつく政府が正当性を帯びる場合も出てくると考えられる。第3に、本研究では政府が想定する警戒水準 p に関する情報の非対称性に着目したが、両者の情報の非対称性はこれだけに留まらない。特に、政府が講じるテロ対策に関する技術的パラメータに関する情報の公開問題に関しては慎重な検討が必要である。重要インフラの技術情報に関しては、最適な開示水準について分析することが必要である。最後に、本研究では国民をプレーヤーとして明示的に考慮していない。政府は情報開示政策を通じて、テロリスクの抑止、軽減するだけでなく、国民の安心感も醸成する必要がある。本論文で得られた知見は、本研究で採用した仮定の下でのみ有効な知見であり、安心・安全な社会を構築するための重要インフラの情報開示政策に関する研究を今後さらに進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 朴勝俊: 原子力発電所の過酷事故に伴う被害額の試算, 国民経済雑誌, Vol.191 (3), pp.1-15, 2005.
- 2) Pamela, M.M.-T. and Xiang, F.: A methodology for assessing transportation network terrorism risk with attacker and defender interactions, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol.25, pp.396-410, 2010.
- 3) Koonce, A.M., Apostolakis, G.E., and Cook, B.K.: Bulk power risk analysis: Ranking infrastructure elements according to their risk significance, *Electrical Power and Energy Systems*, Vol.30, pp.169-183, 2008.
- 4) Leung, M., Lambert, J.H., and Mosenthal, A.: A risk-based approach to setting priorities in protecting bridges against terrorist attacks, *Risk Analysis*, Vol.24, No.4, pp.963-984, 2004.
- 5) Landes, W.M.: An economic study of US aircraft hijacking, 1961-1976, *Journal of Law and Economics*, Vol.21, No.1, pp.1-31, 1978.
- 6) Enders, W. and Sandler, T.: The effectiveness of anti-terrorism policies: A vector-autoregression-intervention analysis, *American Political Science Review*, Vol.87, No.4, pp.829-844, 1993.
- 7) Frey, B.S. and Luechinger, S.: How to fight terrorism: Alternatives to deterrence, *Defence and Peace Economics*, Vol.14, No.4, pp.237-249, 2003.
- 8) Lotte, E.F.: FOIA, federal information policy, and

- information availability in a post-9/11 world, *Government Information Quarterly*, Vol.21, pp.439-460, 2004.
- 9) Beierle, T.C.: The benefits and costs of disclosing information about risks: What do we know about right to know?, *Risk Analysis*, Vol.24, No.2, pp.335-346, 2004.
 - 10) 板倉周一郎, 中込良廣: 核防護システムの評価の視点からみた核防護制度の課題, *日本原子力学会和文論文誌*, Vol.5, No.2, pp.136-161, 2006.
 - 11) 原子力委員会, 原子力の安全確保に関する透明性と信頼の確保について [平成 19 年 3 月 19 日], 2007.
 - 12) 板倉周一郎, 中込良廣: 原子力施設の妨害破壊行為に対抗する防護措置についての新たな評価制度, Vol.7, No.1, pp.12-20, 2008.
 - 13) 板倉周一郎, 中込良廣: 原子力施設の妨害破壊行為に対抗する防護措置についての新たな評価制度, Vol.7, No.1, pp.12-20, 2008.
 - 14) Sandler, T. and Lapan, H.E.: The calculus of dissent: An analysis of terrorists' choice of targets, *Synthese*, Vol.76, No.2, pp.245-261, 1988.
 - 15) Lakdawalla, D. and Zanjani, G.: Insurance, self-protection, and the economics of terrorism, *Journal of Public Economics*, Vol.89, pp.1891-1905, 2005.
 - 16) Sandler, T. and Siqueira, K.: Global terrorism: Deterrence versus preemption, *Canadian Journal of Economics*, Vol.39, No.4, pp.1370-1387, 2006.
 - 17) Bier, V., Oliveros, S., and Samuelson, L.: Choosing what to protect: Strategic defensive allocation against an unknown attacker, *Journal of Public Economic Theory*, Vol.9, No.4, pp.563-587, 2007.
 - 18) Bernhardt, D. and Polborn, M.K.: Non-convexities and the gains from concealing defenses from committed terrorists, *Economic Letters*, pp.52-54, 2010.
 - 19) 吉田護, 小林潔司: 社会基盤テロリスクと情報開示, *土木学会論文集*, (投稿中)
 - 20) Bagley, N.: Benchmarking Critical Infrastructure security, and the regulatory war on terror, *Harvard Journal on Legislation*, Vol.43, pp.47-100, 2006.
 - 21) Arce, D.G. and Sandler, T.: Terrorist signalling and the value of intelligence, *British Journal of Political Science*, Vol.37, pp.573-586, 2006.

(2011.8.5 受付)

RISK DISCLOSURE AGAINST TERROR ATTACK ON MULTIPLE INFRASTRUCTURES

Takashi MOMIYAMA, Mamoru YOSHIDA and Kiyoshi KOBAYASHI

This paper analyzes the protective countermeasure and disclosure strategy against terror attacks under the situation where the government manages multiple critical infrastructures. When the government manages multiple infrastructures, the disclosure about the implementation of protective countermeasure of one infrastructure cause the risk shifting problem that may increase terror risk the other infrastructures. This paper models a strategic relationship between the government and the terrorist which have bilateral asymmetric information by use of subjective game, and analyzes the effect of protective countermeasure and disclosure on the reduction and transfer of terror risk between the infrastructures. Consequently, this paper clarifies the government's partial disclosures about the implementation of protective countermeasure can deter the terrorist from attacking the infrastructures.