

核拡散リスクの確率論的定量評価手法の開発

(受託者) 国立大学法人東京大学

(研究代表者) 小田卓司 大学院工学系研究科

(研究開発期間) 平成21年度～22年度

1. 研究開発の背景とねらい

世界的な原子力利用の拡大に対して、日本が競争力を維持しつつ国際社会に貢献するには、核拡散リスクを十分に考慮した発電炉や燃料サイクルを提案することが重要である。しかし、核拡散リスクを評価する手法が十分に整備されていないため、様々な制度や技術の効果を比較することが困難であり、有効な方向性を見出せていないのが現状である。そこで本研究では、核拡散リスクを決定する因子を整理して、国家間の関係をマルチエージェントシミュレーションによりモデル化することで、核拡散リスクを確率論的に定量評価する手法を開発することを目的とする。

2. 研究開発成果

① 既往研究からの情報収集と分析

核拡散や核拡散抵抗性を分析・評価している既往の文献調査し、核拡散リスクを決定する因子を抽出した。そして、その因子が核拡散リスクに与える影響の大きさや、核拡散リスクへの影響の及ぼし方を分析・整理した。核拡散リスクと正の相関を持つ因子としては、安全保障上の脅威（隣国の核保有の有無や、隣国との関係性）、技術力（一般的な工学技術、核技術、核物質）などが挙げられた。また、負の相関を持つ因子としては、経済力（GDP、世界経済への依存度）、政治体制（民主体制であるか、専制体制であるか）、核兵器の検知確率（NPT参加の有無）、安全保障上の備え（核の傘、核の傘を提供する国との関係性）などが挙げられた。一方で、通常兵力や国の規模など、状況に応じて正/負いずれの相関も持ちうると思われる因子もあった。

事例研究の調査を進める中で、具体的な核拡散リスクは、国の核開発状況や保有する核技術のレベルに依存していくつかの種類があることが示唆された。そのため、核拡散を以下の3フェーズに分類することを提案した：

- (1) 非兵器国が核開発の動機を獲得するフェーズ
- (2) 非兵器国が核開発を継続あるいは断念するフェーズ
- (3) 核兵器国が核の保有を継続あるいは断念するフェーズ

この中で、(2)および(3)についてはその分析には入手が困難な核技術に関する機微な情報が必要不可欠であること、また近年の核拡散リスク（テロを除く）に対する注意は主に新興国が核開発を開始する可能性に置かれていることから、本研究では(1)を対象にすることとした。そして、核拡散リスクを「注目する地域内で、注目する期間内に、核開発の動機を有する国家が出現する確率」と定義し、その定義の上で核拡散リスクを定量評価する手法を開発することとした。なお、核開発の動機は、「核開発のメリットがデメリットを上回ったとき」に発生すると仮定した。

事例調査では、核開発国としては北朝鮮、インド、パキスタン、イランに、非開発国としては日本、韓国に主に注目した。そして、主要な周辺諸国との関係性や核開発の歴史を調べた。

② 核拡散リスク評価手法の検討

- ①で分析・抽出した核拡散リスクを決定する因子やその関係性を基礎として、「注目する地域内

で、注目する期間内に、核開発の動機を有する国家が出現する確率」と定義した核拡散リスクの評価手法を開発するために、まず、(1)核開発のメリットとデメリットを、軍事力、経済力、国家間の関係性等の関数として表す数値モデルを構築し、次に(2)その数値モデルを利用して国家をエージェントとするマルチエージェントシミュレーションを行うこととした。(2)では、国家間の関係性や経済力等の進展予測が困難な因子については、ある妥当な範囲内で変化する乱数を利用するというアプローチを採用することで、確率論的に核開発リスクを評価する枠組みを構築した。

③核拡散リスクの評価：核拡散リスクと核拡散抵抗性との相関分析

②で作成したシミュレーションコードおよびそのコンセプトの妥当性を検証するために、既往の核開発の事例との比較を行い、適当な比較結果が得られるように、モデル式の改良とモデルパラメータの調整を行った。核開発の事例としては、北朝鮮、インド、パキスタン、イランの例をとりあげた。また、核開発を断念した国および試みなかった国として、韓国と日本の事例を妥当性検証で利用した。妥当性は、計算シミュレーションにより得られる結果と実際に起こった事象を比較することで評価した。また、パラメータの感度分析を行い、パラメータの変化に対する応答を各国家について調べ、モデルの妥当性を議論した。

そして、最終的に構築したモデルを利用して、核拡散リスクと、地域内の核兵器国の数、地域内の隣国の数(国境の数)、検知確率や制裁リスク感度、地域内の国家の数等との相関を評価した。その結果、例えば、核兵器国の増大や隣国の数の増加により核拡散リスクが高まること、制裁リスク感度の大きさに関わらず核開発の検知確率は核拡散リスクを低減する効果を有するが、過度な検知確率の増加が必ずしも核拡散リスクを低減しないこと、などが示唆された。

以上のように、核拡散リスクを包括的に評価する手法を開発し、それをを用いて定量的な分析が可能であることを確認した。ただし、実際の核拡散の事例でそうであるように、核拡散リスクは為政者の性質、歴史経緯、国民性などにも強く依存する。本研究で開発した手法は、意志決定に幅を与えるそれらの特徴を考慮した形にはなっておらず、その考慮は今後の課題である。

3. 今後の展望

核セキュリティが世界的な注目を集める中、有効ではない可能性がある施策が「持たざる国」に強要されて過度な負担となる状況が生じれば、核不拡散レジームの権威・正当性を低下させ、結果として核拡散のリスクを増加させる可能性すらある。そのために、定量的な指標を得て効果的な施策のみを採用することが重要であり、また、国家間のコンセンサスを得るためにも定量的な評価結果をもとに議論することが建設的であり、本研究で開発したアプローチはその一つの方法として有意義なものである。

今後の課題としては、前節に記載したものに加えて以下の2つがある。まず、モデル構築の困難さである。モデルを律するパラメータや、そもそもモデルで採用する式型など、細かい部分を挙げれば自由度は無限にある。今回はその中から妥当性と思われる形で一つのモデルを構築したが、高い自由度を適切に包括できるような、応用数学やシミュレーション科学的な考察をより深める必要があると考えられる。そして、そもそも核拡散のゲーム自体が変わった場合には、今回のように歴史事例に基づくアプローチでは対応できない点である。それに対しては、多数の専門家によるエキスパート・ジャッジメントを採用する等のアプローチが有効であると考えられる。