

新しい危機管理システムの構築に向けて
～組織構造と情報の流れに注目した政策決定過程シミュレーション～

地引泰人[†]、上橋賢一^{††}

The design for new emergency management system

~Simulation of Japanese decision-making process focusing on the organization structure and information flow ~

Yasuhito JIBIKI and Kenichi KAMIHASHI

After Hanshin-Awaji earthquake, Japanese government has rebuilt a new emergency management system based on a strategy of “intensive administration and share of information”. However, the new system hasn’t work well for new crisis yet. In our research, using Multi Agent Simulator, we analyze the organization structure and information flow improving efficiency of emergency management system. The result of our analysis shows that the autonomization of emergency management system improves the efficiency.

キーワード

危機管理システム、情報の集約と共有、組織構造、情報の流れ、自律型組織、エージェントベースアプローチ、シミュレーション

1. 問題意識

1995年1月17日に発生した阪神淡路大震災は、死者約6000人、被害総額9兆円以上という大惨事をもたらした。その背景には地震の規模が未曾有のものであったというだけでなく、政府や自治体に対応の遅れや、連携の不手際があったことも否めない。

この反省を踏まえて、わが国の危機管理システムは見直されることとなった。緊急時の被害状況を迅速に伝え、的確な意思決定と指示を促すための情報システムを、「情報の集約と共有」という戦略に基づいて構築したのである。そのために、これまではあまり組織的ではなかった危機時の情報の流れを、内閣情報集約センターを設けることによって一元化した。

しかしながら、この危機管理システムの構築と運営は、まだまだ発展途上であるといえるだろう。1999年の東海村の原子力施設で起きた臨界事故や、1999年と2001年に起こった不審船事件などにおいても、情報の受け渡しがスムーズに行われなかったという指摘がある。さらに、2000年9月11日のアメリカにおける同時多発テロ以降、これまでとは異なった種類の危機への対応の必要性も出てきた。

[†]慶應義塾大学法学部政治学科3年

^{††}慶應義塾大学環境情報学部4年

IT 技術の発達は、現行の危機管理システムとは異なった組織の設計や情報の流れを可能にしつつある。予測不可能で対応に急を要する危機管理に適した組織設計と情報の流れは、いかなるものであろうか。本研究ではシミュレーションを用いた分析によってこの問題を考えてみたい。

2. 背景

2.1 現行の危機管理体制の特徴

現行の危機管理体制は「情報の集約と共有」を目的として、内閣情報集約センターを中心とした組織構造になっている（図 1）。阪神淡路大震災のような大災害が発生した場合、関係省庁が被害状況などの情報を内閣情報集約センターに伝え、内閣府スタッフがその情報をもとに意思決定をして、関係各省庁へと指令を下すという仕組みになっている。

この組織は、古典的なヒエラルキー型をしており、情報の流れが1通りで意思決定の主体が一元化されている構造となっている。すなわち、指揮系統が明確で、情報を誰に伝え指令を誰から伝えられるべきかがはっきりしているのである。ゆえに、危機時においてもそれぞれの組織のタスクが重複したり、組織同士がコンフリクトを起こしたりすることなく業務を遂行することができ、行動の予測性と信頼性が保障される仕組みになっている。

しかしながらこの危機管理システムでは、指揮系統以外の組織同士の連携（いわゆる横のつながり）が弱く、各組織の自律的な行動が制約されているという欠点をもつ。例えば、警察と消防、地方自治体と中央各省庁などが個別に連絡を取り合うことや、指揮を待たずに独自の判断によって行動することなどはあまり想定されていないのが現状である。指令の一元化による情報の信頼性の代わりに、内閣府スタッフの決裁を得てからの行動が多くなるため、現場での迅速な判断が阻害される可能性が高いのである。

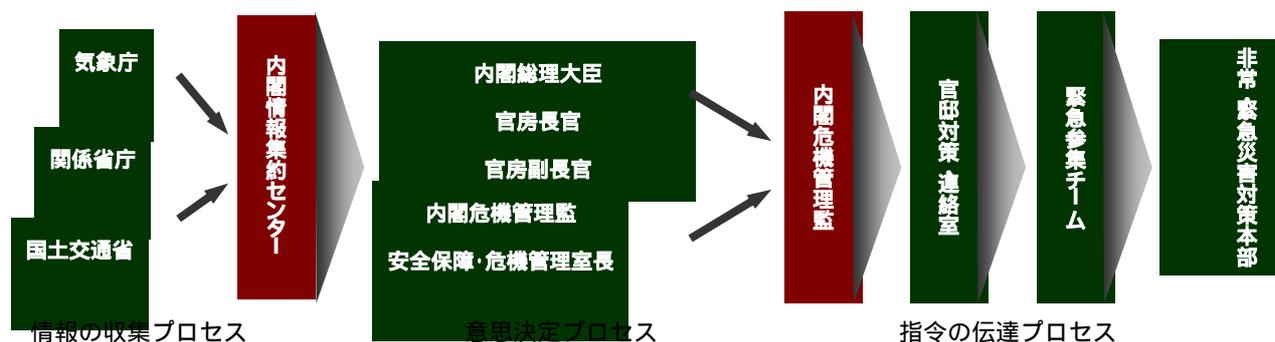


図 1：現行の危機管理システム

（歳川隆雄『日本の危機管理』、大森義夫『危機管理途上国日本』、『朝日新聞縮刷版』を元に作成。）

2.2 営利組織における組織設計との対比

営利組織の組織設計に関する議論では、組織に求められる自律性はその組織が直面するタスクや環境の安定性・不確実性に依存するといわれている。理論的な研究においても、実証的な研究においても、環境の不確実性の高さが組織の水平的分化・権限委譲を押し進めるという考え方は多い¹。例えば野中（1974）は、企業が直面する市場環境の不確実性が高くなると組織は水平分化し、進出する市場の異質性が高まると権限委譲が進むとしている。

危機管理システムが直面するタスク・環境を考えると、予想可能な危機と全く予測不可能な危機があることがわかる。予想可能な危機とは、これまでも経験済みであり、危機の性質が既知で、危機の対応手順がマニュアル化されているような危機を指す。一方で、予測不可能な危機とは、September 11th テロや地下鉄サリン事件などの、いわゆる新しいタイプの危機で、突発的に発生する性質を持っている不確実性の高い危機であるといえるだろう。

3. 仮説と分析手法

3.1 仮説

営利組織に関する議論をもとにすれば、本質的に不確実性が高い危機対策には、組織設計に自律性が増えられていたほうが効率的な対策が可能であると考えられる²。危機管理システムという特殊なケースを考慮し、本研究では「効率的」を、より少ない時間で危機を処理できる、と定義する。そこで、次のような仮説を元に以降の議論を進める。

本研究の仮説:)突発型の危機対策には、自律的な組織設計が有効である。

3.2 分析手法とモデル

この仮説を明らかにするために、現状の危機管理システムとより自律的な危機管理システムをエージェントベースアプローチによりモデル化し、シミュレートして比較分析する。エージェントベースアプローチでは、モデル上の各プレイヤーが時に協調をしながら自律的に行動してゲームを進める。複雑なものでは、コミュニケーションなど多様な協調をモデル化できる点に特徴がある。作成したモデルは、(株)構造計画研究所の MAS (Multi Agent Simulator) を用いてシミュレートした。

先に示した危機管理システムにおける情報の流れは、危機に関する情報の収集と伝達、その情報をもとにした意思決定、指令の伝達、指令の実行に分けられる。今回のモデルでは、指令と実行のプロセスにフォーカスを当てる。すなわち、内閣府は各省庁・機関から集めた情報をもとに、現場のスタッフたる自衛隊・消防・警察に指令を下す。一方で、自

¹ 組織設計と環境の関係に関する議論については、例えば野中郁次郎『経営管理』日経新聞社、1983などが詳しい。

² ここでいう「効率的」とは、[青木 1995]の定義を参考にした。すなわち、「ある組織型のもとで実現されるマネイメントと職場の実行活動の選択の組み合わせ、言い換えればコーディネーションが、同じ技術的・環境的パラメータのもとで他の組織型より、単位時間あたり高い収益を実現し得ると期待される時、前者の組織型は後者に比して、より「情報効率性」が高いといおう。」

衛隊・消防・警察は、内閣や他のスタッフから受けた指令とごく限られた視野にある危機をもとに行動し、協働して危機の処理に当たるといったものが本研究のモデルである。

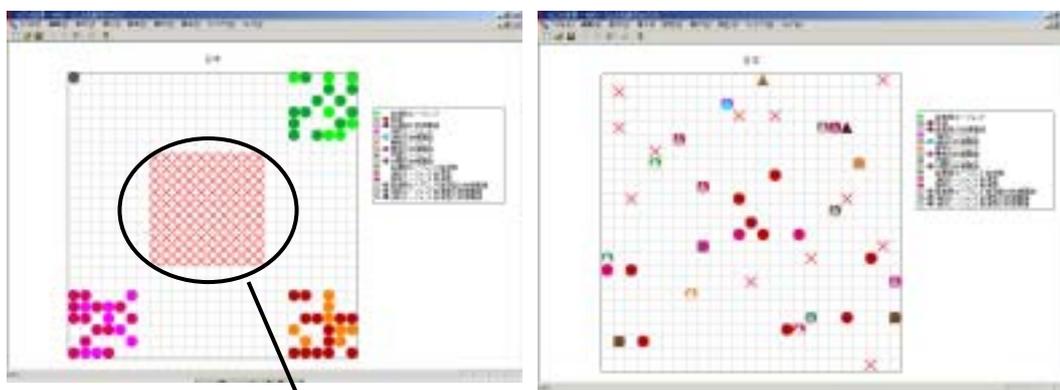
4.モデルの説明

ここで、均質な二次元平面上に内閣・自衛隊・消防・警察の各エージェントが展開し、指令と実行を繰り返しながらセル上に広がる危機を制圧していくモデルを考える。危機は、警察・消防・自衛隊の3種類のエージェントが1箇所に集結することによって制圧することができる。また、これらのエージェントは、指定された種類のエージェントと危機の位置に関する情報をやりとりし、危機の場所へ向かわせる指令を出す。自衛隊・消防・警察にはそれぞれに集権型エージェントと自律型エージェントの2種類がいて、情報と指令をやりとりする相手が異なっている。集権型エージェントは内閣エージェントの指令をもとに行動し、自律型エージェントは他のエージェントの指令に基づいて行動する。具体的なモデルは以下のようなになる。

4.1 環境設定

危機は、セル上に発生し、(セル変数<危機>の値が上がる)そのセル上に自衛隊・消防・警察の3種類のエージェントが同時に集まった時点で消滅する。発生仕方には通常型と突発型の2種類があり、以下のように発生する(図2)。

- ・通常型危機はあらかじめ二次元平面上に配置されていて、拡大しない。
- ・突発型危機は定められたスピードにしたがって二次元平面上をランダムに拡大する。



危機が発生しているセル

図2: シミュレーション実行画面(左が通常型危機、右が突発型危機)

4.2 各エージェントの行動ルール

各エージェントは、指定された種類のエージェントの救援要請を受けながら、協働して危機の制圧に当たる(図3)。但し、各エージェントの視野には認識限界があり、二次元平面全体の状況を見通せるエージェントはいないものとする。

4.2.1 内閣エージェントの行動ルール

内閣エージェントは、危機の所在を集権的な自衛隊・消防・警察エージェントに伝え、呼ぶことができる。

- ・自分のいるセルで危機を見つける (<危機>の値が高いセル上に移動する)と、そのセル上に立ち止まり、救援を要請する(セルの<救援要請>の値を上げる)。
- ・自分のいるセルに危機が存在しない場合、最も近い危機の所へ移動する。

<エージェントの行動ルール>

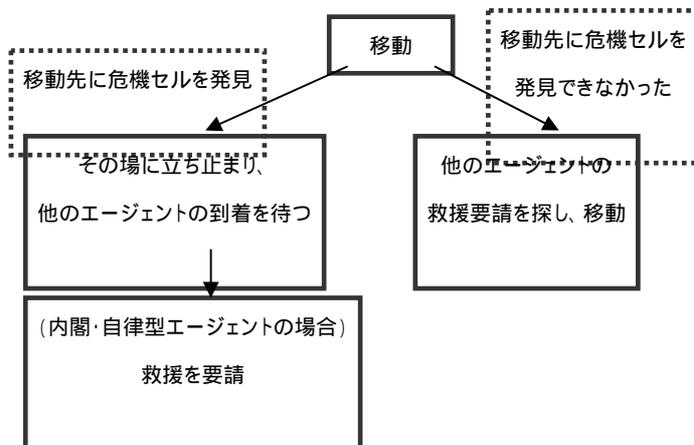


図3：エージェントの行動ルール

4.2.2 自衛隊・消防・警察エージェントの行動ルール

自衛隊・消防・警察の各エージェントは、危機を消滅させるために、内閣や他のエージェントから救援要請を受けながら行動する。各エージェントは、集権型と自律型の2種類に分かれており、それぞれ救援要請を受ける相手が異なる(図4)。

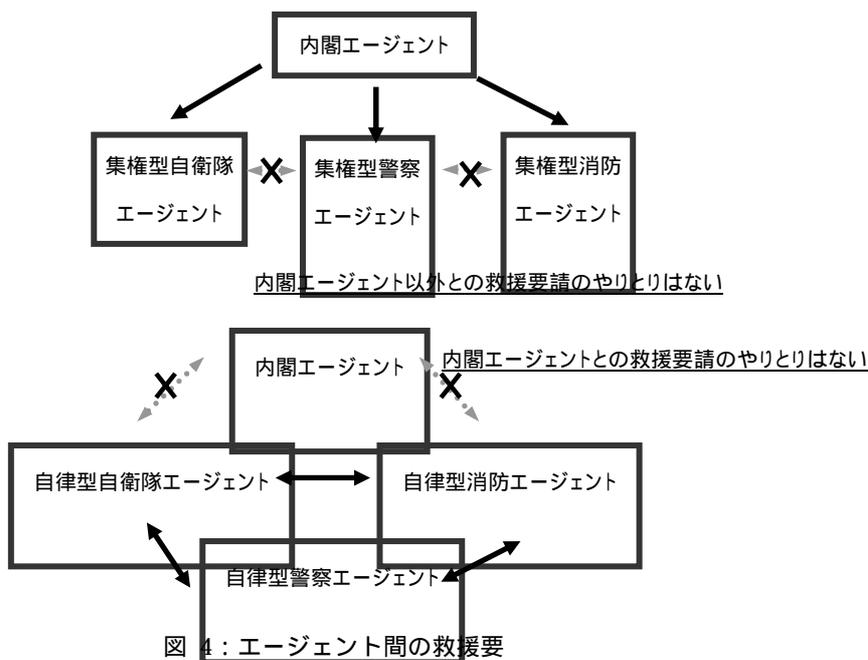


図4：エージェント間の救援要

- ・集権型エージェントは、内閣からの救援要請を受けて行動(内閣の<救援要請>が高いセル上に移動)し、自ら救援要請を出すことはできない。
- ・自律型エージェントは、他種類のエージェントの救援要請を受けて行動し、危機のあるセル上に移動した場合、自らも救援要請を出すことができる。
- ・集権型エージェントも自律型エージェントも、自分のいるセルに危機が存在しない場合、最も近い指定された種類の救援要請のセルへ移動する。たとえば、集権型自衛隊エージェントは、内閣エージェントが救援要請を出しているセルへ移動する。

5. 分析

5.1 シミュレーションの初期設定

このモデルを、集権型パターン、自律型パターン、集権・自律混在パターンの3通りに分け、通常型危機・突発型危機の2種類の危機への対応の効率性を比較した(表1)³。通常型危機は平面中央に100セル分、突発型危機は各ステップ1/2の確率で1セル分発生する。

表1: シミュレーションの初期設定タイプとエージェント配分

| | 内閣エージェント の数 | 警察エージェントの数 | | 自衛隊エージェントの数 | | 消防エージェントの数 | |
|---------|----------------|------------|-----|-------------|-----|------------|-----|
| | | 集権型 | 自律型 | 集権型 | 自律型 | 集権型 | 自律型 |
| 集権型パターン | 5 | 30 | 0 | 30 | 0 | 15 | 0 |
| 自律型パターン | 0 | 0 | 30 | 0 | 30 | 0 | 15 |
| 混在パターン | 5 | 15 | 15 | 15 | 15 | 8 | 7 |

この設定において、すべての危機を処理するまでにかかるステップ数によって効率性を計った。それぞれのタイプを50回試行した結果が(表1)である。

但し、シミュレーションを試行中にステップ数が100を超えた場合は、シミュレーションを終了した。その際、シミュレーション終了にかかったステップ数を100と記録した。

5.2 シミュレーション結果

5.2.1 組織パターン別比較

a. 集権型パターンと危機

集権型パターンでは、突発型危機を制圧するのに平均64.42ステップ、通常型危機を制圧するのに平均53.56ステップかかった。ステップ数の平均値の差は、10.86であり、検定の結果、このステップ数の平均値の差は統計的に有意であった(p値: 0.0136)。

b. 自律型パターンと危機

自律型パターンでは、突発型危機を制圧するのに平均29.32ステップ、通常型危機を制圧するのに平均33.14ステップかかった。ステップ数の平均値の差は、3.82であり、検定の結果、このステップ数の平均値の差は統計的に有意であった。(p値: 0.2602)

c. 集権・自律混在パターンと危機

集権・自律混在パターンでは、突発型危機を制圧するのに平均60.9ステップ、通常型危機を制圧するのに平均34.72ステップかかった。ステップ数の平均値の差は、26.18であり、検定の結果、このステップ数の平均値の差は統計的に有意であった(p値は0.001)。

³平成13年4月現在、警察官約23万人、自衛官25万人、消防職員15万人という人数構成を元に、エージェント数を決定した。

表2：タイプ別平均・標準偏差表

| | 集権型通常危機 | 集権型突発危機 | 自律型通常危機 | 自律型突発危機 | 混在型通常危機 | 混在型突発危機 |
|------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|
| 平均 | 53.56 | 64.42 | 33.14 | 29.32 | 34.72 | 60.9 |
| 標準偏差 | 3.0981232 | 30.332908 | 4.1796885 | 23.0168 | 4.1307211 | 37.615265 |

5.2.2 危機のパターン別比較

通常型危機における各パターンの比較

通常型危機に対する効率性をみてみると、最も平均ステップ数が少ないのが自律型パターンで、その後混在パターン・集権型パターンと続く。各パターンとも平均値の差は有意であり、通常型危機には自律型パターンが最も効率的に対応可能であることがわかる。

突発型危機における各パターンの比較

突発型危機に対する効率性をみてみると、通常型危機の場合と同様、最も平均ステップ数が少ないのが自律型パターンで、その後混在パターン・集権型パターンと続いている。混在パターンと集権型パターンの平均値に有意な差はみられなかったものの、自律型パターンと混在パターンの平均値の差は有意である。ゆえに、突発型危機に対しても自律型パターンが効率的に対応可能なことがわかる。

| 共有通常-集権通常 | | | |
|-----------|---------|--------------|----------|
| 平均の差 | -20.42 | t値 | -26.6893 |
| 標準誤差 | 0.7651 | 自由度 | 49 |
| 相関 | -0.085 | p値(Prob> t) | <.0001 |
| 共有突発-集権突発 | | | |
| 平均の差 | -35.1 | t値 | -6.64839 |
| 標準誤差 | 5.27948 | 自由度 | 49 |
| 相関 | 0.04026 | p値(Prob> t) | <.0001 |
| 混在通常-集権通常 | | | |
| 平均の差 | -18.84 | t値 | -24.8281 |
| 標準誤差 | 0.75882 | 自由度 | 49 |
| 相関 | -0.0832 | p値(Prob> t) | <.0001 |

| 混在通常-自律通常 | | | |
|-----------|---------|--------------|----------|
| 平均の差 | 1.58 | t値 | 2.024555 |
| 標準誤差 | 0.78042 | 自由度 | 49 |
| 相関 | 0.11816 | p値(Prob> t) | 0.0484 |
| 混在突発-集権突発 | | | |
| 平均の差 | -3.52 | t値 | -0.53132 |
| 標準誤差 | 6.62495 | 自由度 | 49 |
| 相関 | 0.06157 | p値(Prob> t) | 0.5976 |
| 混在突発-自律突発 | | | |
| 平均の差 | 31.58 | t値 | 4.504826 |
| 標準誤差 | 7.01026 | 自由度 | 49 |
| 相関 | -0.296 | p値(Prob> t) | <.0001 |

表3：タイプ別平均の差の検定結果

6.考察と今後の展望

シミュレーションの結果、通常型危機に対しても突発型危機に対しても、自律型パターンが集権型パターンや混在パターンに比べ圧倒的に効率的であった。ゆえに、本研究の仮

説である、「突発型の危機対策には、自律的な組織設計が有効である。」は証明された。

広い視野を持って危機の情報を集めることができる内閣エージェントのような存在がないにもかかわらず、自律型の方が効率的であった。その理由として、一部の情報に集中して処理するよりも、分散的に処理するほうが不確実性に強いという、自律的な組織の正機能が働いたためであると考えられる。

しかしながら、本研究の結果からすぐに危機管理システムを完全に自律的にすべきであると結論付けてしまうのは性急のきらいがある。なぜならば、本研究は、意思決定後の指令の伝達と実行のみを扱ったため、危機管理システムの機能のうち、情報の収集と伝達・意思決定の部分に関しては取り上げていないからである。

まず第1に、自律分散処理をするネットワーク型組織にある弊害を指摘する議論があげられる。自由度が高いエージェントが集まると、組織全体の意思決定のコーディネーションが難しいという弊害が想起される。

また阪神淡路大震災では、住民からの情報提供が迅速な消火作業に非常に有効であった。今後、情報の収集の段階に非営利組織との協力もモデル化に組み込むことによって、より精緻な政策提言が可能となるであろう。加えて、意思決定の部分に関しては、自律的な組織の逆機能である意思決定プロセスの複雑化に触れる部分でもあるため、今後詳しく検討する必要がある。

7.謝辞

本論文の作成にあたり多大なアドバイスと協力を頂いた井庭崇先生（千葉商科大学政策情報学部専任講師）、佐々木史織さん（慶應義塾大学大学院法学研究科博士課程3年）、山田悠さん（慶應義塾大学総合政策学部4年）に感謝したい。

<引用文献>

- 歳川隆雄『日本の危機管理』、共同通信社、2002
大森義夫『危機管理途上国』、PHP研究所、2000
青木昌彦『経済システムの進化と多元性』東洋経済新報社、1995
野中郁次郎『組織と市場』千倉書房、1974
沼上幹「分権的ネットワーク型組織」礼賛の死角」『プレジデント』プレジデント社 2002.9.16
野中郁次郎『経営管理』日本経済新聞社、1983

<参考文献>

[危機管理]

中邨章『行政の危機管理システム』、中央法規出版社、2000

山口眞道『情報と危機管理の方法』、原書房、2001

[政策過程論]

草野厚『政策過程分析入門』、東京大学出版会、1997

E・スト - キ - 、R・ゼックハウザ - 『政策分析入門』、劉草書房、1998

グラハム・T・アリソン 『決定の本質』、中央公論社、1977

[組織論]

ピーター・M・センゲ 『最強組織の法則』、徳間書店、1995

榊原清則 『美しい企業・醜い企業』講談社、1996

[シミュレーション]

上橋賢一 井庭崇 「未来を見通すチカラ エージェントベースアプローチによる社会のモデル化」『季刊未来経営』、フジタ未来経営研究所、2001

ナイジェル・ギルバート, クラウス・G.トロイチュ (著), 井庭 崇, 岩村 拓哉, 高部 陽平 (訳) 『社会シミュレーションの技法』2002

山影進、服部正太 『コンピュータの中の人工社会』、共立出版、2002

Joshua M.Epstein, Robert Axtell、服部正太, 木村香代子訳 『人工社会』構造計画研究所 1999.12

井川宏「改革が進められるモデリング・シミュレ-ション(M&S)」『国際安全保障』、国際安全保障学会、29(1) 2001.6 p11 ~ 23

井庭崇、福原義久 『複雑系入門』、N T T 出版、1998 年