

# 構造モデル化手法の社会問題への適用 ～原子力発電所トラブル隠しを題材に～

Application of Structural Modeling Analysis to Social Problems  
:For Falsification Issues at Tepco's BWR Plant

豊田 武俊<sup>1</sup>・堀井 秀之<sup>2</sup>

<sup>1</sup>工学修士. 社会技術研究システム ミッション・プログラム  
(E-mail:toyodat @ristex.jst.go.jp)

<sup>2</sup>Ph.D. 東京大学大学院工学系研究科教授 社会基盤工学専攻  
社会技術研究システム ミッション・プログラム 研究統括補佐  
(E-mail:horii@ohriki.t.u-tokyo.ac.jp)

著者らは、昨年発覚した原子力発電所トラブル隠し等の信頼失墜に至った不祥事の背景・要因の分析を実施している。調査では、問題の全体像を把握し、本質的な要因を抽出することを目指している。本稿では、研究開始時に、方針や方向性を検討するために実施した問題の全体像の把握手法について紹介する。分析の材料としては、原子力発電所トラブル隠しに関する新聞記事を用い、分析手法としては構造モデル化手法を採用した。この手法により、問題の構造を表わす図を描くことができ、問題分析の方向定め、またインタビュー調査において情報を抽出する上で有用であることが確認できた。

**キーワード：**全体像の把握、構造モデル化、原子力発電所トラブル隠し

## 1. はじめに

社会問題は、科学技術の進歩・高度化による新たな問題の出現、相互依存関係の増大、価値観の多様化などに伴い複雑化してきている。また、昨今、原子力発電所のトラブル隠し、雪印の食中毒・牛肉偽装、三菱自動車のリコール隠しなど信頼を失墜させる事件も多発している一方、社会問題の解決に寄与すべき学問分野においても、領域ごとに、専門化・細分化が進み、一人の人間が全体像を把握することは非常に困難になっている。複雑な社会問題の構造を明らかにして全体像を把握すること、また、その解決のための知(学問)の構造化を行うことは、ともに問題解決のために重要である。

社会技術研究システム、ミッション・プログラムでは、平成14年9月より問題となった原子力発電所のトラブル隠しが何故起こったのかという本質的な要因をインタビュー調査によって明らかにすることを目指している。関係者の暗黙知をいかに引き出すことができるかがポイントとなるが、研究を進める上で有用な情報を引き出すためには、どのような資料を提示してインタビューを行うかが課題となる。その様な観点から本稿で提示する手法を考案した。

本手法により、新聞記事に基づいて問題の構造が提示される。当然新聞記事が正しい内容を網羅的に伝えてい

るわけではない。むしろ、関係者にとって何が正しくないと判断され、何が不足しているかという指摘を抽出することにより、重要な情報が得られるものと考えた。新聞報道がある意味で一般的な世論を形成しているのであるとすれば、その世論と事実の隔離を明らかにすることができるものと思われる。

## 2. 全体像把握のための手法

### 2.1 既存の手法の概要

問題の構造を明らかにする手法として、今までにいくつかの手法が提案され、適用されている。表1に代表的なものをあげる。

これらの多くは、問題解決や、合意形成などを目的に問題の構造化、モデル化を行う手法である。初期には、システムダイナミクスなどの定量モデルが脚光をあびたが、定量モデルの限界も明らかになり、多くは定性的なモデルとなっている。定性的な分析ではあるが、これらの手法により全体像の把握が可能となる。その結果として、問題の構成要素とその関係を把握することができ、問題解決に重要な箇所を見出したり、解決策が有効かどうかを検討することに利用できる。

開発時期は、いずれも、かなり古いのが、最近でも手法の改良や、計算機による手法の支援の観点から研究が行われている。(参考文献1)

表 1 . 全体像把握のための手法の概要

種類	手法名	開発者	特徴・概要など
発想法	ブレイン・ストーミング シネティックス 水平思考	A.F.Osborn(1962) W.J.J.Gordon(1956) E.de Bono(1969)	集団で自由な雰囲気の中、多くのアイデアを抽出し纏める 問題を分析し、既知の問題で類似のものできるだけ多く挙げる。 関連のなさそうな問題で相似点を無理にでも挙げる。 思考原点を変える。常識的な思考制約を取り除く。
問題 構造整理	KJ法	川喜田二郎(1972)	小集団で実施。多数の情報から全体的意味を探り出す。 個々の情報を見出しをつけてカードに記載。 親近性の近いものをグルーピングし、サブ問題を合成。 <図形的な思考、直感的な能力を活用>
構造モデル化	構造モデル(分析)	-	構造モデルとは、あるシステムを、その構成要素であるサブシステムに分けたとき、サブシステム同士の関係を表現するモデル (定性的、概要の把握) (有向グラフなど、図形的に表示)
	ISM分析 (Interpretive Systems Model)	米国・パテル・コロソバス研究所 (Warfield 1974)	関係者(個人でも可能)等で実施。サブ問題(要素項目)を選定し、項目間の関係の有無を判断。 有向グラフを作成し、構造モデルの意味を分析。(推移律を仮定)
	DEMATEL法 (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)	スイス・パテル研究所 (1971)	世界的複合問題の解決のために開発した手法。 サブ問題を選定し、サブ問題間の関係はアンケート調査により分析。 関係の有無だけでなく、その強さも分析。
構造図	Cognitive Map法	F.Heider(1946) Axelrod(1976)	比較的少数の専門家等が、因果連鎖の立場から見た認知構造を分析 (符号付きor 重みつき)有向グラフで表現
シミュレーション	System Dynamics	Forrester(MIT)	フィードバックを重視。システムの挙動に重きを置く。 成長の限界で流行するも、その限界が明らかに(質的分析手法も)

2.2 構造モデル化手法の詳細(参考文献2, 3)

構造モデル化手法に基づき、本研究で採用する手法のプロセスを図1に示す。以下にプロセスの詳細及び注意点について記す。

(1) 命題抽出、キーワード付け、分類

対象とする事象に係わる命題(例えば問題の要因など)を、関連新聞記事から短文で抜き出し、キーワードをつける。KJ法を用い、同種のものものをグルーピングして大項目に纏める。

項目数nは、直感的に全体像を把握する観点から10程度が適当と思われる。必要に応じ、項目内を構造化することも有効である。

(2) 項目間の関係の評価

項目間の関係としては、優先関係、包含関係、因果関係、影響度、貢献度、重要度など種々のものを考えることが出来る。今回の例では、因果関係をもとに因果関係マトリックスを作成した。ここで因果関係は広い意味で用い、影響を及ぼすことも因果関係と呼んでいる。

因果関係マトリックスとは、図2のように、縦横に項目を並べ、j行目k列目の欄に、j項目からk項目への因果関係を記載したものである。一般に、項目数をnとすると、n x (n - 1)の関係を示す必要がある。nが大きいとかなりの手間になるが、今回の分析では、nは10程度で実施可能な範囲である。

また、関係の有無のみ0, 1で表現する方法のほか、その強さを数値表現する方法もある。今回の例では、強い(3)、普通(2)、弱い(1)、なし(0)の4値とした。項目間の関係は、直接的関係のみで判断し、間接的な関係は除外する。

関係の評価には、グループ討議で行う、個人で行う、アンケートを実施するなど多くのやり方がある。ここでは、関係の有無や強さを示唆する根拠として、関連する新聞記事を因果関係表の要素に書き入れた上で、少人数のディスカッションにより項目間の関係の評価する。その時の因果関係に係わる指摘を因果関係表に書き入れる。

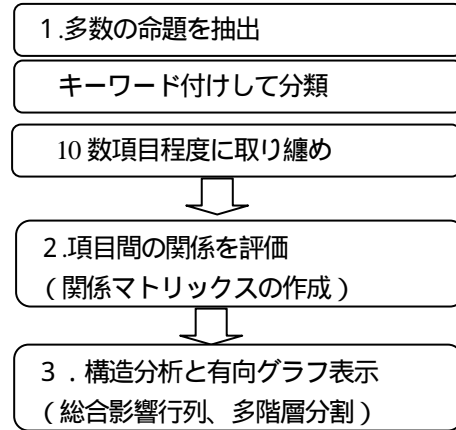


図1 構造モデル化手法のプロセス

項目	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>	<6>	<7>
<1>		3 記事 <sup>A</sup>	-	-	2 記事 <sup>J</sup>	-	-
<2>	-		2 記事 <sup>B</sup>	-	1 記事 <sup>K</sup>	-	-
<3>	-	-		1 記事 <sup>C</sup>	-	1 記事 <sup>L</sup>	-
<4>	-	1 記事 <sup>D</sup>	-		2 指摘 <sup>E</sup>	-	-
<5>	-	-	-	-		3 記事 <sup>F</sup>	-
<6>	-	-	-	-	-		2 指摘 <sup>G</sup>
<7>	-	-	-	-	-	1 記事 <sup>H</sup>	

図2 因果関係マトリックスの例

(-は0を示す:以下同様)

(3) 因果関係マトリックスのグラフ表示及び、構造分析(参考文献2)

各項目をノードとして表現し、項目jと項目kの間に因果関係がある場合にノードjから、ノードkに矢印を引くことにより、図2の因果関係マトリックスは、図3のように有向グラフとして表現できる。

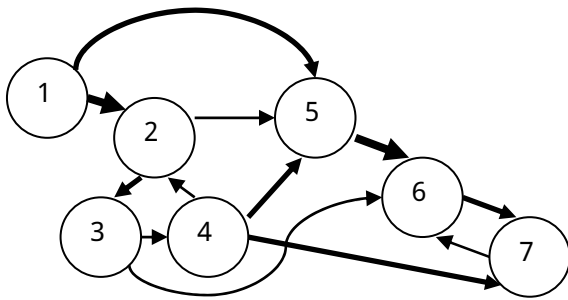


図3 . 因果関係の有向グラフ表示

ここで、項目間の直接的因果関係の有無を表現した行列を隣接行列 A と呼ぶ。(例：図4)

$A = (a_{jk})$ ;  $a_{jk} = 1$  (項目 j から k へ直接因果関係あり)  
 $a_{jk} = 0$  (項目 j から k へ直接因果関係無)

また、同様に、直接の因果関係の強さを表現した行列を直接影響行列  $X^*$  と呼ぶ。(例：図5)

$X^* = (x_{jk})$ ;  $x_{jk}$  (項目 j から k へ因果関係の大きさ)  
 間接影響を評価するために、 $X^*$  を各行ごとに要素の値を横に加算し、そのうちの最大値で全要素を除いたものを正規化直接影響行列 X と呼ぶ。(例：図6)

行列 X の 2 乗の  $jk$  要素は、項目 j から別の項目を 1 つ経由して項目 k に影響する間接影響の強さを表す。同様に  $X^3$  の  $jk$  要素は、別の 2 項目を経由しての間接影響を表す。したがって、間接影響まで含めた総合影響行列は  $Z = X + X^2 + X^3 + \dots = X \cdot (I - X)^{-1}$  となる(例：図7)

また、隣接行列 A の 2 乗の  $jk$  要素は、項目 j から他の項目を 1 つ経由して項目 k に到達する経路 (長さ 2 のパスと呼ぶ) の数を表す。同様に、A の 3 乗の  $jk$  要素は、j から k に至る長さ 3 のパス数をあらわす。  $A, A^2, A^3, \dots$  の和はすべての経路数を表わすが、経路の有無すなわち到達の可能性を表わすために、1 以上の項目をすべて 1 に置き換え、可到達行列 T を得る。すなわち、 $T = \text{Sign}(I + A + \text{Sign}(A^2) + \text{Sign}(A^3) + \dots)$  (例：図8)

ここで、Sign は行列の各要素を正なら 1 に、0 以下なら 0 に置き換える関数とする。なお、自項目へは到達可能 (即ち T の対角成分は 1) とした。(I は単位行列)

	1	2	3	4	5	6	7
1	-	1	-	-	1	-	-
2	-	-	1	-	1	-	-
3	-	-	-	1	-	1	-
4	-	1	-	-	1	-	1
5	-	-	-	-	-	1	-
6	-	-	-	-	-	-	1
7	-	-	-	-	-	1	-

図4 . 隣接行列 A

	1	2	3	4	5	6	7
1	-	3	-	-	2	-	-
2	-	-	2	-	1	-	-
3	-	-	-	1	-	1	-
4	-	1	-	-	2	-	2
5	-	-	-	-	-	3	-
6	-	-	-	-	-	-	2
7	-	-	-	-	-	1	-

図5 . 直接影響行列  $X^*$

	1	2	3	4	5	6	7
1	-	0.6	-	-	0.4	-	-
2	-	-	0.4	-	0.2	-	-
3	-	-	-	0.2	-	0.2	-
4	-	0.2	-	-	0.4	-	0.4
5	-	-	-	-	-	0.6	-
6	-	-	-	-	-	-	0.4
7	-	-	-	-	-	-	0.2

図6 . 正規化直接影響行列 X

	1	2	3	4	5	6	7
1	-	0.61	0.24	0.05	0.54	0.41	0.18
2	-	0.02	0.41	0.08	0.24	0.25	0.13
3	-	0.04	0.02	0.2	0.09	0.3	0.2
4	-	0.2	0.08	0.02	0.45	0.4	0.57
5	-	-	-	-	-	0.65	0.26
6	-	-	-	-	-	0.09	0.43
7	-	-	-	-	-	0.22	0.09

図7 . 総合影響行列 Z

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	-	1	1	1	1	1	1
3	-	1	1	1	1	1	1
4	-	1	1	1	1	1	1
5	-	-	-	-	1	1	1
6	-	-	-	-	-	1	1
7	-	-	-	-	-	-	1

図8 . 可到達行列 T

可到達行列 T を用い、各項目間の到達関係によって、項目を多階層に分類することを考える。項目全体を  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  とする。図9-aのように、ある項目  $S_i$  に着目し、 $S_i$  から到達可能な項目の集合を  $R_i$ 、 $S_i$  に到達可能な項目の集合を  $A_i$  とする。図9-bのように、 $R_i$  が  $A_i$  に含まれる場合 ( $R_i \cap A_i = R_i$ : 条件 A) に、 $S_i$  を最下流の項目とよぶ。S の全ての項目について条件 A を調べ、最下流の項目を抽出する。次に S から抽出した最下流項目を除いて、同様の操作を繰り返すことにより、2段階目、3段階目の最下流項目が得られ、多階層の分類が得られる。図8の可到達行列では、項目6, 7、項目5、項目2, 3, 4、項目1の順に項目が分類できる。図10に隣接行列の階層分類した有向グラフ表示を、図11に、可到達行列の階層分類した有向グラフを示す。図11の項目6, 7や項目2, 3, 4のような項目をループと呼び、ループに含まれる項目をひとまとめにして、ループ内の1項目で代表させることを縮約と称す。縮約により、多階層有向グラフの簡略化が可能である。図12-aに、縮約した可到達行列とその有向グラフ表示を示す。同一の可到達行列を与える隣接行列のうち、1の数が最も少ないものを骨格行列と呼び、構造をさらに簡潔に表示するのに用いる。この例では、骨格行列とその有向グラフ表示は、図12-bのようになる。

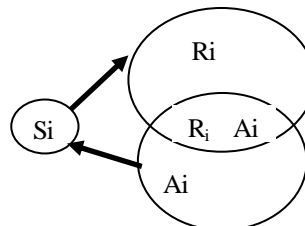


図9-a 項目の分類

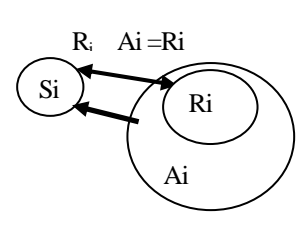


図9-b 最下流の項目

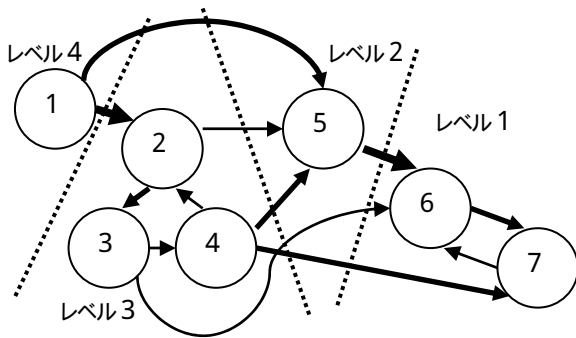


図 10．隣接行列の階層分類された有向グラフ表示

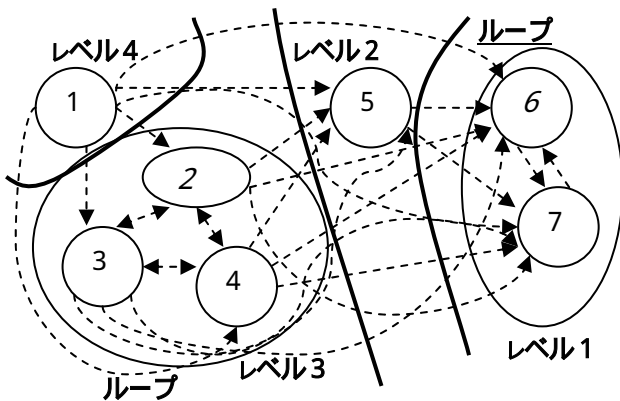


図 11．可到達行列の階層化された有向グラフ表示

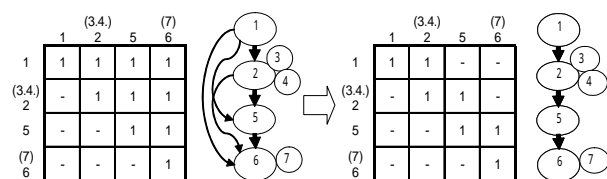


図 12-a 可到達行列の縮約と有向グラフ

図 12-b 骨格行列と有向グラフ

### 3. 社会問題の分析結果

#### 3.1. 原子力発電所のトラブル隠し問題の概要

2002 年 8 月末より報道された一連の原発トラブル隠し問題は、80 年代後半から 90 年代にかけて行われたもので

東電が GE I I 社 (General Electric International Inc.) に発注して実施した自主点検作業において、炉内構造物 (シュラウド、炉心スプレージャーなど) のひびを意図的に隠蔽したり、無断で修理したもの等 < 16 件 >

GE 社指摘事項以外の案件 - 1

原子炉再循環系配管のひびの報告 < 8 件 >

GE 社指摘事項以外の案件 - 2

福島第一 1 号機の格納容器漏洩試験での不正

の 3 種類に分類される。

東京電力は、GE 案件に関する報告書を 2002 年 9 月 17 日に提出し、疑いのあった 29 件のうち 16 件に不適切

な点があったと認めた (保安院も同様に評価) さらに、過去 14 年分の総点検最終報告書を 2 月 28 日に、格納容器試験不正の報告書を 12 月 11 日に提出している。

報告書では、隠蔽の原因として、いわゆる維持基準 (健全性評価基準) も整備されておらず、報告すれば対策が必要になる。あるいは、国内初の修理方法確立のための手続きに時間が要するなど、定期検査工程の延長に対する危惧があったものとしている。そのため、「安全性に問題なければ、国へのトラブル報告はできるだけ行いたくない」という心理が醸成され、「安全性に問題がなければ、報告しなくて良いのではないか」という誤った考えを生んだと分析している。

再発防止策としては、4 つの約束 情報公開と透明性確保 業務的・確な遂行に向けた環境整備 原子力部門の社内監査の強化と企業風土の改革 企業倫理遵守の徹底を示し、その実現に取り組んでいる。

#### 3.2. 原子力発電所トラブル隠し問題の全体像の作成

##### (1) 記事抽出、要因のリストアップ、キーワード付け

2002 年 8 月末から 10 月にかけての原子力トラブル隠しに関わる新聞記事を、日経、朝日、電気新聞などから 300 件ほど選んだ。これらの記事の中から、トラブル隠しの要因と関係の深い要因をピックアップし、短文にまとめた。約 300 件の記事より、130 程度の短文を作成した。ひとつの記事から、多数の命題を抽出したものもあるが、事実のみの記載で抽出対象とならなかったものもある。少人数の分析者により協議しながら、各短文にキーワード付けを行った。結果として、約 40 のキーワードで整理することが出来た。

表 4 要因の要約とキーワード (抜粋)

キーワード (取りまとめ)	キーワード	種類	要因の要約
規制のあり方	維持基準	原因	微細な傷でも見つければ操業停止という圧迫感が現場を萎縮させた。
規制のあり方	維持基準なし	原因	維持基準導入拒否の背景には行政の怠慢、日本の技術は米国より上という意識があった。
規制のあり方	維持基準	対策	安全運転に影響しない損傷を許容する規制を作るべきだ。
規制のあり方	維持基準	対策	運転継続による施設劣化を許容する科学的、合理的規制に改めるべきだ。
規制のあり方	維持基準	対策	傷やトラブルに関する基準の考え方を安全委員会でまとめた。
規制のあり方	維持基準・慎重に	対策	新たな維持基準を整備すべき
規制のあり方	維持基準・慎重に	対策	損傷の原因を解明し技術的根拠に基づいて軽度の損傷を容認する新基準を作るべきだ。
規制のあり方	維持基準・慎重に	対策	材質を変更しても短期間にひびを生じた原因を追究せずに、維持基準に進むべきではない
規制のあり方	維持基準・慎重に	対策	亀裂存在容認には第三者の技術者、学者の技術的評価が必要だ。
規制のあり方	維持基準・問題	問題点	維持基準を導入しても現場作業員が勝手に問題なしとする可能性はあるのでは。
規制のあり方	維持基準・現場判断	問題点	シュラウド全周にわたるひびは米国でも許されず、現場の技術的・判断に問題がある。
規制のあり方	不明確なルール	原因	国の指示のばらつきが、隠蔽の誘因に

(2) 同種のキーワードのまとめとカテゴリー分け

同種のキーワードをまとめるなどして、10項目にまとめた。まとめた項目の10項目は、以下のとおりである。(トラブル隠しも含め11項目とした)

- <国・行政の問題>
  - 国と電力のあり方 規制のあり方
- <事業者の問題>
  - 閉鎖性 情報公開不足
  - 企業統治の不備 経済性重視
- <社会・マスコミの問題>
  - 反原発運動 絶対安全を求める意識
  - マスコミの影響
  - 社会意識(電気は安くて使い放題が当たり前)
- <隠蔽問題>
  - トラブル隠し

(3) 項目間の関係の分析と構造モデル化分析

前項の11項目間の関係マトリックスを付録1のように作成した。検討する関係としては、直接的に影響を与えているという意味の因果関係とした。原則として、記事に示唆があるものを関係ありとした。関係の強さは、強い(3)、普通(2)、弱い(1)、無し(0)として、少数者の分析者による議論に基づき、主観的に判断した。直接の因果関係の大きさを表す行列(直接影響行列)を図13に、図14に有向グラフ表現を示す。

直接影響行列  $X^*$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3
2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	3
4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	3
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
7	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-
8	3	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	2	2	-	1	-	-	-	-	3
10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(3:強い 2:普通 1:弱い)

<各項目の説明> 1:規制のあり方 2:国と電力のあり方  
 3:原子力の閉鎖性 4:情報公開不足 5:企業統治の不備  
 6:経済性重視 7:反原発運動 8:絶対安全の意識  
 9:マスコミの影響 10:社会意識(安い電気の存在は当然)  
 11:トラブル隠し

図13. 直接影響行列  $X^*$

原発トラブル隠しの全体像(直接影響)

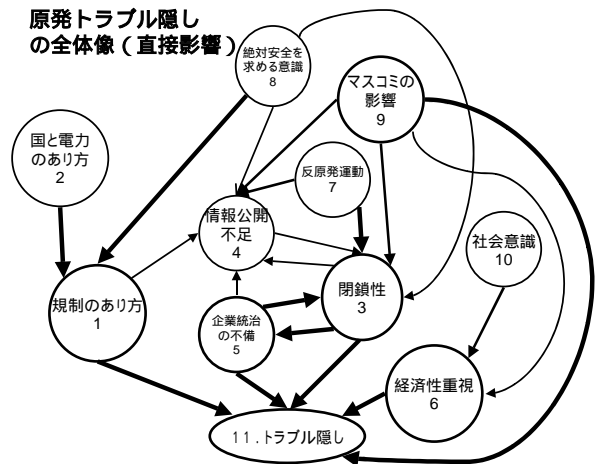


図14. 直接影響の有向グラフ表示

図14では、因果関係の強さに応じて線の太さを変えて表示している。以下に、2.2(3)で説明した構造モデル化手法による分析の結果を示す。図15に直接因果関係の有無を表す隣接行列を、図16-aに隣接行列から求めた可到達行列を示す。図16-bは多階層(レベル)に分割した順序により、並べ替えて可到達行列を表現したものである。図17には、階層分けした全体構造図を示す。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1
4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
7	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
8	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	1
10	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

図15. 隣接行列

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1
2	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1
3	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1
4	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1
5	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1
6	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
7	-	-	1	1	1	-	1	-	-	-	-	1
8	1	-	1	1	1	-	1	-	-	-	-	1
9	-	-	1	1	1	-	1	-	-	-	-	1
10	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

図16-a 可到達行列(1)

	2	8	9	1	7	10	3	4	5	6	11	
2	1	-	-	1	-	-	1	1	1	1	-	1
8	-	1	-	1	-	-	1	1	1	1	-	1
9	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	-	1
1	-	-	-	1	-	-	1	1	1	1	-	1
7	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	-	1
10	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
3	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	1
4	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	1
5	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	1
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

図16-b 可到達行列(2)

構造モデル化(矢印は直接関係のみ表示)

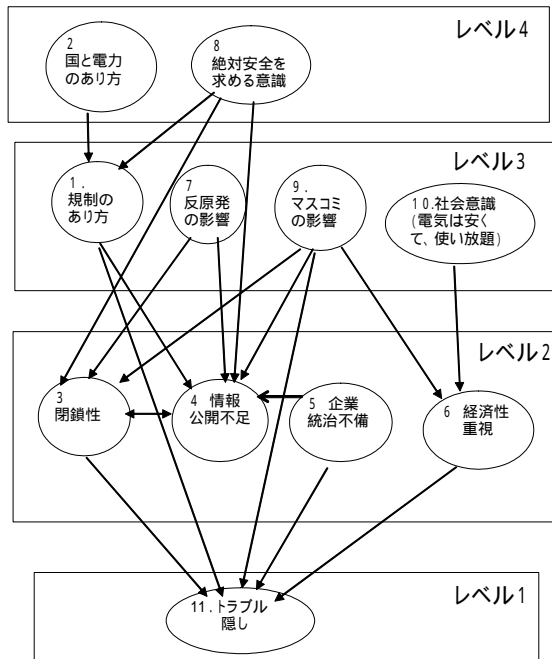


図 17 . 階層分類した全体像

図 17 のように全体の構造は4 レベルに分類された。要因の最も上流側であるレベル4 には、国と電力の関係(国策の原子力を民間が実施している)と絶対安全を求める意識の2項目が分類された。レベル3 には、事業者を取り巻く関連主体に関する4項目、規制のあり方、反原発の影響、マスコミの影響、社会意識が挙がっている。レベル2 には、事業者の組織や規範に関する4項目、閉鎖性、情報公開不足、企業統治の不備、経済性重視が分類された。図 16 の可到達行列からも明らかのように、すべての項目がトラブル隠蔽の要因となっているが、直接的な要因としては、事業者内部の問題の3項目、閉鎖性、企業統治不備、経済性重視、レベル2 の2項目、規制のあり方、マスコミの影響となっている。

レベル4 の国と電力のあり方は、規制のあり方を通じて、絶対安全を求める意識は、規制のあり方や事業者の組織にも影響を与えて、隠蔽の要因となっている。例えば規制のあり方に関しては、絶対安全を求める意識が、維持基準(経年劣化を認める)の導入の阻害要因になった。国と電力の過度の依存関係が、裁量行政を生んだ等の指摘がある。レベル3 の項目は、事業者の組織への影響を介して、または直接的に隠蔽の要因となっている。例えば、反原発との摩擦が原子力部門内の結束をかため閉鎖性につながった、軽微なトラブルでも取り上げるマスコミの傾向が、情報公開を妨げたなどの指摘がある。レベル2 の企業組織に関しては、閉鎖性的で部門論理により判断する傾向が隠蔽の原因、トラブル報告が長期停止や他号機への調査波及による経済影響を憂慮した等、

の指摘がある。なお、階層分割の手順の詳細については付録2 に示す。

次に、前章で説明した正規化影響行列を用い、間接影響、直接影響の大きさを試算した。これは、各項目の因果関係の強さについて、相対的なイメージをつかむために実施したものである。結果を図 18 に示す。一番右側の列の各項目の隠蔽への影響度に注目すると、企業統治の不備、マスコミの影響、ついで、規制のあり方、経済性重視、絶対安全を求める意識が、主要な隠蔽の原因となっている。このように、新聞記事でよく指摘されている原因が挙がっており、結果は違和感を与えるものではないと考えられる。

<注> 図 13 の X\* を 横方向の和の最大値で規格化直接影響行列

総合影響行列

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-	-	0.02	0.13	0.01	-	-	-	-	-	0.38
2	0.38	-	0.01	0.05	0.003	-	-	-	-	-	0.14
3	-	-	0.19	0.21	0.45	-	-	-	-	-	0.62
4	-	-	0.15	0.03	0.06	-	-	-	-	-	0.08
5	-	-	0.47	0.21	0.17	-	-	-	-	-	0.62
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38
7	-	-	0.48	0.33	0.18	-	-	-	-	-	0.25
8	0.38	-	0.34	0.36	0.13	-	-	-	-	-	0.32
9	-	-	0.34	0.31	0.13	0.13	-	-	-	-	0.59
10	-	-	-	-	-	0.25	-	-	-	-	0.09
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$$X = 1/8 \cdot X^* \text{、総合影響行列 } Z = X(I - X)^{-1}$$

図 18 総合影響行列(直接+間接影響)

#### 4. 考察

今回用いた構造モデル化手法は、特別なソフトウェアや技能も必要なく、対象とする問題に関する知識がある程度あれば、誰でも実施できる長所がある。本稿で説明した手順により原子力トラブル隠蔽の問題に関して、階層分類された問題の構造図を作成し、問題の全体像を把握することができた。

この構造図は、新聞記事から得られたものであり、新聞記事が全ての正しい内容を網羅的に伝えたものではなく、また作成者を排除することが難しいことから、関係者の目から見ると、不足している項目や事実の誤認などの不備もあるかもしれない。しかしながら、この図は新聞記事の全体像を表しており、新聞報道がある意味で一般的な世論を形成しているのであるとすれば、インタビューによって、その世論と事実の隔離を明らかにすることができるものと思われる。

インタビュー時に関係者から、情報を引き出す資料として、また質問事項を全体的な視点にたつて、かたよりなく準備する資料として用いる上で、今回作成した構造

図は有用であると考える。

## 5. まとめ

原子力発電所のトラブル隠し問題の研究準備として、新聞記事を材料として、構造モデル化に基づく手法により全体像の把握を行った。構造モデル化手法は、全体像の把握に有効であり、本格的な調査の前の準備として実施する意義があると確認できた。今後の調査では、今回作成した全体像、試験的に実施した関係者へのインタビューや関連文献なども参考に、問題の本質は何かという仮説およびその仮説を検証する質問を作成する。そして、関係者のインタビューによって、仮説を検証し、問題の本質を抽出して問題の解決策を検討していく計画である。

## 参考文献

- 1) 竹村哲 (2000) 『問題を科学する - システム分析と発想の視点 -』海堂堂出版
- 2) 榎木義一、河村和彦編 (1981) 『参加型システムズ・アプローチ - 手法と応用 -』日刊工業新聞社
- 3) 寺野寿郎 (1985) 『システム工学入門 - あいまい問題への挑戦 -』共立出版
- 4) 宮川公男 (1994) 『政策科学の基礎』東洋経済新報社
- 5) 東京電力(株)(2002.9.17)「当社原子力発電所の点検・補習作業に係るGE社指摘事項に関する調査報告書」
- 6) 東京電力(株)(2002.9.20)「原子炉再循環系配管における

ひび割れの疑いのある事実について」

- 7) 東京電力(株)(2002.9.20)「原子炉再循環系配管におけるひび割れの疑いのある事実について」
- 8) 東京電力(株)(2002.10)「TEPCO REPORT」
- 9) 東京電力(株)(2003.3)「TEPCO REPORT」
- 10) 原子力保安院(2002.9)「東電・原子力発電所の点検・補習作業に係るGE社指摘事項に関する調査報告書」
- 11) 社会技術研究システム(2002)『社会技術研究イニシャティブ』<http://www.ristex.jp/> [2003, April 5].

## 謝辞

この論文を作成するにあたり、社会技術研究システムの先生方や研究員の方々、東大社会基盤工学の皆様から貴重なご意見を頂きました。ここに感謝の意を表します。\*本研究は、社会技術研究システム・ミッション・プログラム「安全性に係わる社会問題解決のための知識体系の構築(平成13~14年度は日本原子力研究所の事業、平成15年度からは科学技術振興事業団の事業)の研究として行われた。

## 付録

付録1. 原発トラブル隠し問題の各項目の関係表

付録2. ISM分析の詳細

---

## Application of Structural Modeling Analysis to Social Problems :For Falsification Issues at Tepco's BWR Plant

Taketoshi TOYODA<sup>1</sup>, Hideyuki HORII<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.A. (Engineering), Researcher of RISTEX  
(Mission Program for Safe Society) (E-mail:toyodat@ristex.jst.go.jp)  
<sup>2</sup>Ph.D. Professor of University of Tokyo, Faculty of Engineering  
(E-mail:horii@ohriki.t.u-tokyo.ac.jp)

The authors have been carrying out a research to find the background and cause of falsification at Tepco's Nuclear Power Plant. The research aims at grasping the whole figure of the problem and finding the fundamental cause through in-depth interview survey. This paper presents a method to grasp the whole figure of the problem which is employed at the beginning of the research to identify its direction. Structural modeling analysis is carried out with newspaper articles on the falsification issues. The method provides a figure which presents the structure of the problem. It is confirmed that the presented method helps to identify the direction of the research and to extract information in the interview survey.

**Key Words:** *Grasp the whole problem, Structural Modeling, falsification issue*





付録2

ISM(Interpretive Structuring Model)法による分析(参考文献2による)

本文. 図14の11個のノードからなる有効グラフを、階層分割する方法について以下に説明する  
この隣接行列は、本文. 図15で表される。これを隣接行列Aとすると  
P. 18で説明したように、下記(1)のように隣接行列から可到達行列を求めることができる。

- (1) 隣接行列A から、可到達行列を  $T = I + A + A^2 + A^3 + \dots$  (演算はブール代数)  
 $= \text{Sign}(I + A + \text{Sign}(A^2) + \text{Sign}(A^3) + \dots)$   
 で求める。可到達行列 T は本文. 図16 - a となる。
- (2) 可到達行列  $T = (t_{ij})$  に対して、  
 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_{11}\}$  を、ノード全体の集合、  
 $R_i = \{S_j \mid t_{ij} = 1\}$  を、ノードiから到達可能(より下流)なノードの集合  
 $A_i = \{S_j \mid t_{ji} = 1\}$  を、ノードiに到達可能(より上流)なノードの集合とし  
 $R_i \cap A_j = R_i$  が成立するかどうかを調べる。  
 本文P. 18でも説明したとおり、この条件が成立することは、本文図9 - bのように  
 $R_i$  が、 $A_i$  に含まれる、すなわち $S_i$ が最下流のノードであることを示す。
- (3) まず11個のノードの内、(2)の通り、最下流のノードを求める。  
 Table 1 の通り、第1レベルでは、 $S_{11}$  が、最下流になる。

可到達行列 T

Table1 (Level-1)

要素Si	Ri	Ai	Ri Ai	Ri Ai=Ri		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,3,4,5,11	1,2,8	1			1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	1
2	1,2,3,4,5,11	2	2			2	1	1	1	1	1	-	-	-	-	1
3	3,4,5,11	1,2,3,4,5,7,8,9	3,4,5			3	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1
4	3,4,5,11	1,2,3,4,5,7,8,9	3,4,5			4	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1
5	3,4,5,11	1,2,3,4,5,7,8,9	3,4,5			5	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1
6	6,11	6,9,10	6			6	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
7	3,4,5,7,11	7	7			7	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1
8	1,3,4,5,8,11	8	8			8	1	-	1	1	1	-	-	1	-	1
9	3,4,5,6,9,11	9	9			9	-	-	1	1	1	1	-	-	1	1
10	6,10,11	10	10			10	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1
11	11	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	11			11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

- (4) ノード全体の集合Sから、第1レベルの最下流のノード $S_{11}$ を除いたノードに関して  
 (2)の通り最下流のノードを求める。Table2の通り、第2レベルでは、 $S_3, S_4, S_5, S_6$ が最下流になる。

Table2 (Level-2)

要素Si	Ri	Ai	Ri Ai	Ri Ai=Ri		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,3,4,5	1,2,8	1			1	1	-	1	1	1	-	-	-	-
2	1,2,3,4,5	2	2			2	1	1	1	1	1	-	-	-	-
3	3,4,5	1,2,3,4,5,7,8,9	3,4,5			3	-	-	1	1	1	-	-	-	-
4	3,4,5	1,2,3,4,5,7,8,9	3,4,5			4	-	-	1	1	1	-	-	-	-
5	3,4,5	1,2,3,4,5,7,8,9	3,4,5			5	-	-	1	1	1	-	-	-	-
6	6	6,9,10	6			6	-	-	-	-	1	-	-	-	-
7	3,4,5,7	7	7			7	-	-	1	1	1	-	1	-	-
8	1,3,4,5,8	8	8			8	1	-	1	1	1	-	-	1	-
9	3,4,5,6,9	9	9			9	-	-	1	1	1	1	-	-	1
10	6,10	10	10			10	-	-	-	-	1	-	-	-	1

- (4) さらに、第2レベルの最下流のノード $S_3, S_4, S_5, S_6$ を除いて、同様に(2)の通り最下流のノードを求める。  
 Table3の通り、第3レベルでは、 $S_1, S_7, S_9, S_{10}$ が最下流になる。

Table3 (Level-3)

要素Si	Ri	Ai	Ri Ai	Ri Ai=Ri		1	2	7	8	9	10
1	1	1,2,8	1			1	1	-	-	-	-
2	1,2	2	2			2	1	1	-	-	-
7	7	7	7			7	-	-	1	-	-
8	1,8	8	8			8	1	-	-	1	-
9	9	9	9			9	-	-	-	1	-
10	10	10	10			10	-	-	-	-	1

- (5) 同様に、Table4の通り、レベル4の最下流(実は最上流)が、 $S_2, S_8$ となる。  
 全てのノードがレベル分割されたので、これで終了

Table4 (Level-4)

要素Si	Ri	Ai	Ri Ai	Ri Ai=Ri		2	8
2	2	2	2			2	1
8	8	8	8			8	1