

地震災害に関わるステイクホルダーの情報授受メカニズムの解明～2004年新潟県中越地震に対する事例分析～

CLARIFICATION OF MECHANISM OF INFORMATION NETWORKS RESULTED FROM STAKEHOLDERS' COMMUNICATION IN VIEWS OF SEISMIC DISASTER RISK~CASE STUDY FOR THE EVENT IN THE 2004 NIIGATA-CHUETSU EARTHQUAKE~

庄司 学¹・中田 昌宏²

¹博（工） 筑波大学講師 大学院システム情報工学研究科 (E-mail:gshoji@kz.tsukuba.ac.jp)

²東日本旅客鉄道株式会社

本研究では、社会・経済活動への影響波及が甚大な地震災害に関するリスクを取り挙げ、これらが発現した場合のステイクホルダー間の情報授受のメカニズムをシステム工学的な分析手法を適用することによって明らかにした。具体的には、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震の事例に焦点を当て、この地震災害に関わる61の主体間の情報授受のメカニズムを明らかにし、これらの構造モデルに対して分析を行った。これより、地震災害の際に特徴的に顕在化するステイクホルダー間の情報授受の強関係性および弱関係性が明らかになるとともに、情報の量ならびに重要度に応じてステイクホルダー間の情報授受に関する関連度および影響度に大きな相違が見られることが明らかとなった。

キーワード：情報授受，ステイクホルダー，リスクガバナンス，地震災害，2004年新潟県中越地震

1. はじめに

現代社会は、地震、津波、台風等の自然災害や火災、機器故障、事故等の人為的災害に関わる多種多様なリスクに晒されている。このようなリスクが顕在化すると様々な主体がこれらに関する情報授受を行い、対応行動をとることとなる。しかし、現代の社会システムは非常に複雑で、かつ巨大なものとなっているため、災害時における主体の情報授受の形態は極めて複雑なメカニズムとなっている。この結果、発災後の危機管理、応急復旧、復旧・復興等の様々な局面において、リスクに関わる利害関係者（以下、ステイクホルダー）は非効率的な意思決定や対応行動を強いられている。

一方、このような社会問題はリスクマネジメントにおけるガバナンスの問題として捉えることができる。ガバナンスの定義として池田ら¹⁾は、「多様で分散化された利害関係者がネットワークや組織を通じてそれぞれ自立性を保持しながら、「協同的」あるいは「共同的」な調整を行う形態」と言及している。また、中谷ら²⁾は、化学工場事故、原子力発電所事故等の代表的な7種類の事故や自然災害を取り挙げ、これらのリスク特性を明らかにすると

ともに、ガバナンスをリスク問題の解決に当たってのリスク特性との関係性を示す構造モデルと広義に位置づけ、7種類の事故や自然災害に係わるリスクガバナンス構造を分析している。このように、リスクマネジメントの分野においてステイクホルダーによるリスク管理の戦略を議論する際に、ガバナンスという概念が用いられる。この文脈に則して前述した問題を位置づけると、災害時におけるステイクホルダー間の情報授受のメカニズムが災害時のステイクホルダーのガバナンス（以下、ガバナンス構造）に影響を与えると考えられる。従って、災害リスクに対して効率的で、かつ融和的なリスクマネジメントを達成するためには、災害時におけるステイクホルダー間の情報授受のメカニズムを解明する必要がある。

このような問題を分析する際には、問題構造を構成する要素間の関係性を数理的にモデル化することが有効である。社会システムを構成する要素をシステムティックにモデル化する方法論は構造モデリングと呼ばれ³⁾、Interpretive Structural Modeling (ISM) 法⁴⁾やフィードバックループによるモデル化法⁵⁾等の幾つかの方法論が提案されている。具体的な社会問題に対する適用事例としては、豊田・堀井⁶⁾が2002年に問題となった原子力発電所の

Table 1 対象とするステイクホルダー (表中の番号はステイクホルダーの識別番号を示す)

1	被災者	21	社会福祉施設	41	日本道路公団
2	災害時要援護者	22	自衛隊	42	鉄道
3	自主防災組織	23	地方消防	43	航空
4	消防団	24	地方警察	44	電話
5	大企業	25	消防局	45	携帯電話
6	中小企業	26	警察局	46	データ通信
7	小売店	27	国(内閣府)	47	銀行
8	商工会	28	厚生労働省	48	バス・タクシー
9	公共的団体	29	気象庁	49	物運
10	県	30	防衛庁	50	電力
11	市町村	31	総務省	51	都市ガス
12	日本赤十字社	32	警察庁	52	地域ガス
13	NGO・NPO	33	海上保安庁	53	上水道
14	保険業者	34	文部科学省	54	下水道
15	気象台	35	財務省	55	他県自治体
16	大病院	36	農林水産省	56	他県事業者
17	診療所	37	外務省	57	他県一般人
18	保健所	38	経済産業省	58	TV放送局
19	公立学校	39	国土交通省	59	ラジオ放送局
20	文教施設	40	地方整備局	60	Web
				61	新聞社

トラブル隠し問題を対象として問題構造のモデル化を行っている。しかし、このようなシステム工学ベースの方法論に基づいた研究事例は数少なく、具体的なテーマにも限りがあるため、研究ストックは必ずしも十分とは言えない。特に、前述したようなリスクマネジメントの分野が対象とする社会問題は通常、俯瞰的、横断的な視座が必要となる問題構造となっているため、これらに対するシステムティックな分析はステイクホルダーのガバナンスに資する有用な知見を与えるものと考えられる。

以上を踏まえ、本研究では、社会・経済活動への影響波及が甚大な地震災害に関するリスクを取り挙げ、これらが発現した場合のステイクホルダー間の情報授受のメカニズムをシステム工学的な分析手法を適用することによって明らかにする。具体的には、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震の事例に焦点を当て、この地震災害に関わる61の主体間の情報授受のメカニズムを明らかにするとともに、それらの構造モデルに対する分析を行った。

2. 問題構造のモデル化と分析方法

2.1. 対象とする地震災害とステイクホルダーの抽出

本研究で対象とする地震災害は2004年10月23日の新潟県中越地震 (M_{JMA} 6.8) である^{7),8)}。新潟県中越地震は、1995年の兵庫県南部地震以来の大きな被害をもたらした地震であり、また、携帯電話やインターネット等の情報通信システムが急速に普及するようになってから初めての地震である。

本研究では、新潟県中越地震の発生に伴って生じたステイクホルダー間の情報授受のメカニズムを後述するグラフ理論の手法⁹⁾を用いて明示化する。ここで対象とするステイクホルダーはTable 1に示す61の主体である。これらの主体を抽出する際には、関連学会、自治体、民間企業等の新潟県中越地震に関する被害報告書や被害報告記事^{7),8),10),11)}、新聞記事^{12),13)}、Web関連ページ^{10),11)}等に記載されたステイクホルダーに関連する記載事実を網羅的に全て分析した上で、一般的な業種の名称で整理した。また、地域特有の過去の地震災害や風水害を踏まえて一定の期間ごとにブラッシュアップされている地域防災計画書¹⁴⁾を分析対象資料に含め、この中に記載されている主体も併せてステイクホルダーとして加えることとした。また、長岡市および新潟県の自治体職員や小千谷市で活動していたボランティア等の関係主体に対してヒアリング調査を実施し、ステイクホルダーの追加を行った。なお、Table 1の1番から21番までの主体の業種の名称は一般的となっているが、これらは新潟県中越地震の被災地に直接的に関係したステイクホルダーである。この上で、以下に示す情報授受のメカニズムに関する構造モデルを明らかにした。

2.2. システム分析の方法

(1) ステイクホルダー間の情報授受に関する影響線図

災害時におけるステイクホルダー間の情報授受のメカニズムは地震直後、応急復旧期、復旧・復興期のそれぞれの段階で異なると考えられる。従って、ここでは、地震直後から3時間まで(フェーズ1)、発生後6時間(フェーズ2)、発生後12時間(フェーズ3)、発生後24時間(フェーズ4)、発生後2~3日(フェーズ5)、発生後1週間(フェーズ6)、発生後2週間(フェーズ7)の合計7つのフェーズを想定した上で、それぞれのフェーズに対して情報授受のメカニズムを明らかにすることとした。なお、ステイクホルダー間の情報授受の状態は、本来的には地震発生後の時間経過とともに確率的に変化する現象であると考えられるため、確率過程として捉えるべきである¹⁵⁾。すなわち、上述した各フェーズは地震発生後の時間経過を表わしているので、本来的には情報授受の状態のフェーズ間の推移(以下、推移律と呼ぶ)を考慮する必要がある。しかし、現実的には、この点を2.1ならびに以下で示すような実証的なアプローチで定量的に分析することは極めて困難であるため、ここでは、推移律は考慮せず、各フェーズにおける情報授受の状態を個別に扱い、以下に示す有向グラフおよび隣接行列によってモデル化することとする。ただし、各フェーズにおいて個別にモデル化される情報授受の状態のフェーズ間の関係性については、2.2.(4)で後述するように各フェーズ

の情報授受の状態をモデル化した隣接行列の積に関する演算処理によって明らかにする。

以上を踏まえ、まず、Table 1 に示したステイクホルダー間の情報授受に関する影響線図を有向グラフによって作成する。この際には、有向グラフの枝はステイクホルダー間の情報授受を表わすとともに、情報のタイプの相違も表現するものとした。情報のタイプを抽出する際には前述したステイクホルダーの抽出の際と同様に、文献 7, 8 ならびに文献 10 から文献 13 に記載されているステイクホルダーの情報授受に関する記載事実を網羅的に分析するとともに、長岡市および新潟県の自治体職員や小千谷市で活動していたボランティア等の関係主体に対するヒアリング調査結果に基づくこととした。一方で、ステイクホルダーの抽出の際とは異なり、情報授受に関する事実ではなく、想定が記載されている地域防災計画書¹⁴⁾についてはここでは参考資料に留めた。以上より、情報のタイプとしては、地震活動や地震被害の特徴に関する情報、ならびに災害時に特徴的な人、モノ、サービスに関する情報の 2 タイプに大別できることが明らかとなった。さらに、前者のタイプの情報を計測震度等の地震情報、地震災害に関する被害情報、および地震情報と被害情報を両方とも含む情報の 3 タイプの情報に、後者のタイプの情報を物資やサービスの移動、規制に関する情報、人員の移動に関する情報、問合せや苦情等の確認を目的とする情報、および要請に関する情報の 4 タイプの情報にそれぞれ分類し、以下では、これらの合計 7 タイプの情報を扱うこととした。

次に、作成した有効グラフに基づいて、隣接行列を作成する。隣接行列とはステイクホルダー間の情報授受のオン・オフや情報の量ならびに質の相違をマトリックスで表現するものであり、主体 i と j の間の枝の本数を行列の (i, j) 成分に割り振るものである。本研究では、まず、ステイクホルダー間の情報授受のオン・オフのみを隣接行列において表現し、主体 i から j に向かう枝がある場合のみ (i, j) 成分を 1 に、そうでない場合は 0 と設定する。次に、ステイクホルダー間の情報の量ならびに質の相違を隣接行列において表現するために、 (i, j) 成分にそれらの重みを代入する。なお、情報の量ならびに質の定義方法とそれらの重みの付与の方法に関しては次項で詳述する。

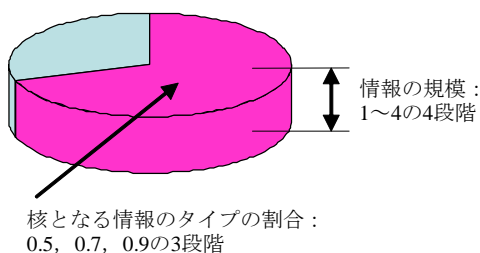


Fig.1 情報の量を規定する際の考え方

Table 2 情報の量のクラス分類

クラス	Fig.1 より計算される情報の量に関する重み		
4	3.6	2.8	2.7
3	2.1	2.0	1.8
2	1.5	1.4	1.0
1	0.9	0.7	0.5

以上より得られた有向グラフや隣接行列は、設定された問題の構造をモデル化したものであるから、以下ではそれらを総称して問題構造の構造モデルと呼ぶ。

(2) DEMATEL 法の準用による関連度-影響度分析

DEMATEL法¹⁶⁾は、スイスのパテル研究所が開発した社会問題等の複雑なシステム問題を分析する手法である。分析者は、問題設定を行った後、問題を構成する項目(以下、項目と呼ぶ)を明らかにした上で、項目の存在性、重要性、空間的広がり、および項目間の影響関係性とその強さを問う質問紙を作成し、様々な国の政府内の意思決定者や政策、事業のオピニオン・リーダー、および科学、芸術、宗教界の重要人物に対してアンケート調査を実施することで項目間の関係性を記述的に規定する。これに基づき、有向グラフを構築して問題構造をモデル化し、得られた構造モデルに対する分析を行う。本研究では、災害時の情報授受に関わるステイクホルダーを上述した「項目」と見なした上で、これらの項目間(ステイクホルダー間)の情報授受に関する関係性はアンケート調査ではなく、前述した地震被害調査報告書等を分析することで筆者らが規定した。

災害時の情報には量の概念が存在するので、まず、情報の量をベースとした重み付き隣接行列を作成する。Fig.1 と Table 2 は、情報の量を規定する際の考え方を示したものである。情報の量は、情報授受の核となる情報のタイプの割合と情報の規模を掛け合わせて 1 から 4 の 4 段階で規定した。これに情報授受がない場合の 0 を加えた全 5 段階で情報の量に関するクラス分類を行った。

一方、災害時の情報の中には量は多いが、質的には救援や復旧との関連性が低く、相対的に重要度の低い情報がある。例えば、発災後、研究機関等の各種機関より大量に情報発信される地震発生ならびに災害発生の原因分析に関連した情報等がこれに相当する。逆に、被災地域に対するきめの細かいライフラインの復旧進捗状況等、量的には少なくとも救援や復旧に関連した非常に重要な情報も存在する。このような情報の質的な相違を反映させるために、情報に対して重要度の考え方を導入して、これをベースとした重み付き隣接行列を作成する。なお、ここでは、Table 1 に示したステイクホルダーの中で被災地に直接的に関係するステイクホルダーの観点から見た重要度として定義する。2.2.(1)で述べた情報のタイプを、

救援や復旧に直接関係する情報を 4, 応援要請等の救援や復旧に繋がる情報を 3, 地震災害の広報に関わる情報を 2, 救援や復旧に直接関係しない情報を 1 と, 重要度が高い順に 1 から 4 の 4 段階でクラス分類した. ステイクホルダー間の情報授受がなく, 量的に 0 となる場合には, 情報の重要度も 0 と考え, 上述した 4 段階の評価にこれを加え, 全 5 段階で情報の重要度のクラス分類を行った.

以上より, 作成した隣接行列に対して行和と列和を求める. 行和は主体 i が影響を与える大きさ, 列和は主体 i が影響を受ける大きさをそれぞれ表している. これらに基づき, (行和+列和) をステイクホルダー間の情報授受に関する関連度の程度, (行和-列和) を影響度の程度とそれぞれ解釈し, ステイクホルダー間の情報授受に関する関連度-影響度線図を作成する. 後述する第 3 章の中で 2 次元座標に則って示された有向グラフは全て横軸が関連度, 縦軸が影響度を表わす関連度-影響度線図である. なお, 関連度ならびに影響度は以上の過程を経て求められるので無次元量となる. 情報の量をベースとした関連度-影響度線図と重要度をベースとした関連度-影響度線図を比較することにより, 災害時におけるステイクホルダー間の情報授受に及ぼす情報の量ならびに質の影響を分析することができ, 災害時における情報提供や情報享受に関する対策等を検討することが可能となる.

(3) 構造モデルに対する 2 つの解釈

多様なステイクホルダーが問題に関与している場合には構造モデルは大規模な次元数となるため, 構造モデルの中から影響が強い関係や弱い関係を明らかにすることが重要となる. このような場合の有効な分析方法にボトルネック法¹⁷⁾がある. ボトルネック法は, 有向グラフの枝が大量に存在する場合に, 一部の枝をカットして構造モデルの縮約を図る手法である.

ボトルネック法では, まず, 有向グラフの節点 i から j への最短経路を求め, すべての節点のペアに対して最短経路を求める. 次に, ある枝を取り上げ, その枝を通過する最短経路の数が多ければ, その枝は有向グラフにおいてボトルネックになっていると考えられる. 従って, これをカットすれば, 有向グラフの強連結性が失われ, 階層化できる.

本研究ではこのようなボトルネック法の考え方を応用する. 最短経路として選択された回数が多い枝は情報授受の観点から当該ステイクホルダー間の関係性が強い経路と考えられるため, これらのみの構造モデルを構築し, これを強関係性モデルと呼ぶ. また, 最短経路として選択された回数が少ない枝は情報授受の観点から当該ステイクホルダー間の関係性が弱い経路であると考えられるため, これらのみで構成される構造モデルを同様に構築

し, これを弱関係性モデルと呼ぶ. なお, この際には, 対象とする構造モデルの枝を最短経路として選択された回数ごとに分類した上で, これに関する累積ヒストグラムを作成し, これに基づいて強関係性ならびに弱関係性モデルを構築する際の枝の最短経路に関する回数の閾値を定めた. いずれのモデルの枝の本数も元の構造モデルの枝の本数の約半数となるように, 最短経路に関する回数の閾値は 10 回と定めた.

また, 構造モデルにおいてステイクホルダー間の情報授受の関係性は有向の枝で表現されているため, 枝の中には強関係性ならびに弱関係性モデルの両方のモデルの中に現れる枝もあり得る.

(4) フェーズ間の情報授受の関係性

ステイクホルダー間の情報授受を表現した隣接行列は 2.2.(1) で示した 7 つのフェーズに対して各々得られるものである. ここでは, フェーズ間の情報授受の関係性を定量的に分析するために, 隣接行列の積に関する演算処理を行う. すなわち, 2.2.(3) で述べた強関係性ならびに弱関係性モデルのそれぞれに対応したフェーズ p からフェーズ q ($p, q = 1 \dots 7, p < q$) の隣接行列 A_p, A_q を次式のように掛け合わせ, 新たな行列 B_p^q を作成する.

$$B_p^q = A_p \cdot A_{p+1} \cdots A_{q-1} \cdot A_q \quad (1)$$

式(1)より求められた B_p^q はそれぞれのフェーズに対応した隣接行列の $(q-p+1)$ 回の積演算であるので, $(q-p+1)$ 個の枝数で結ばれる節点間の関係性の強弱を表わしている. すなわち, B_p^q の i 行 j 列要素は, $p-q$ フェーズ間における主体 i から主体 j への情報授受の関係性の強弱を表わしている. なお, B_p^q の対角成分 ($i=j$ の場合) は $(q-p+1)$ 回のフェーズを介して主体 i 自身に情報が帰着される (巡り巡ってくる) 度合いを表わしている.

3. 災害時におけるステイクホルダー間の情報授受に関する構造モデル

3.1. 情報授受の影響線図に対する考察

Fig.2 は, 新潟県中越地震の際のステイクホルダー間の情報授受の影響線図を 7 つのフェーズに対して求めた結果である. 各図のステイクホルダーの中で, 黒い円で囲んだ主体は情報授受に関して影響が比較的小さいと考えられる主体, 赤い円で囲んだ主体は情報授受に関して影響が大きいたと考えられる主体である.

フェーズ 1 ならびに 2 ではステイクホルダー間の情報授受の傾向がほぼ同様となる. 従って, これらのフェーズを地震直後から 6 時間までの 1 つのフェーズとして捉

え、考察を行うと以下ようになる。

このフェーズでは、被災に直接関係する主体 (Table 1 中の被災者, 災害時要援護者, 自主防災組織, 消防団, 大企業, 中小企業, 小売店, 商工会, 公共的団体の合計 9 主体) 間で人員の移動に関する情報授受が行われており, さらに, 被災地に関する公的機関・施設 (Table 1 中の大病院, 診療所, 社会福祉施設, 地域消防, 地域警察の合計 5 主体) から上述した被災に直接関係する主体に対して同様に人員の移動に関する情報授受が行われている。同時に, 被災に直接関係しない他県一般人から被災に直接関係する主体に対して安否等の問合せに関する確認情報が寄せられている。これは, このフェーズにおける救援活動を反映した結果であると考えられる。一方, 地域活動に関係する公的・準公的の主体 (Table 1 中の県, 市町村, 日本赤十字社, NGO・NPO, 保健所, 公立学校, 文教施設, 消防局, 警察局的合計 9 主体) は被災に直接関係する主体と被害情報や問合せ・苦情等の情報授受を行い, 被災地に関する公的機関・施設と要請に関する情報授受を行っている。その中で, 県は内閣府や自衛隊等の国ベースの組織との連絡調整役を兼ねている。国ベースの組織の情報授受に関しては, 内閣府を基点として各省庁間で被害情報に関する情報授受が行われている。公共事業・ライフライン関連主体 (Table 1 中の地方整備局, 日本道路公団, 鉄道, 航空, 電話, 携帯電話, データ通信, 銀行, バス・タクシー, 物運, 電力, 都市ガス, 地域ガス, 上水道, 下水道の合計 15 主体) に関しては, 被災に直接関係する主体から問合せ・苦情等に関する情報を受け, 逆にそれらの主体に対して物資・サービスに関する情報を提供している。これと同時に, 各監督省庁と被害情報に関する情報授受を行い, 他県事業者とは要請に関する情報授受を行っている。これは, 地震直後のライフライン等の応急復旧活動を反映した結果であると考えられる。気象台は, 計測震度等の地震情報の発信元であり, 気象庁と情報連携を図りながら, 内閣府, 県, 市町村, 公共事業・ライフライン関連主体ならびにメディア関連主体 (Table 1 中の TV 放送局, ラジオ放送局, Web, 新聞社の合計 4 主体) との間でそれらに関する情報授受を行っている。その上で, 新聞社を除くメディア関連主体は被災に直接関係する主体や被災に関係しない主体 (Table 1 中の他県自治体, 他県事業者, 他県一般人の合計 3 主体) に対して地震情報ならびに被害情報の提供を行っている。

同様に, フェーズ 3 ならびに 4 ではステイクホルダー間の情報授受の傾向がほぼ同様となる。従って, これらのフェーズを地震発生後 12 時間から 24 時間までの 1 つのフェーズとして捉え, 考察を行うと以下ようになる。

このフェーズになると, 公共事業・ライフライン関連主体が他県事業者に対して要請に関する情報提供を活発

化させるとともに, 他県事業者からこれらの主体に対して人員の移動に関する情報提供が行われている。これは, ライフライン等の応急復旧活動が開始された後の双方向的な情報授受メカニズムであると言える。また, このフェーズは発災後, 1 日が経過した時点であるので, 地震情報と被害情報が新聞社から被災に直接関係する主体および直接関係しない主体にそれぞれ提供されるようになる。被災に直接関係する主体に関しては, 特に大企業, 中小企業, 小売店, 商工会の経済活動に従事する主体間で人員に関する情報授受が本格化し, 一方, 被災に直接関係しない主体から問合せや苦情等の情報に代わって人員に関する情報が提供されるようになる。さらに, 日本赤十字社や NGO・NPO に対して被災に直接関係しない主体から物資やサービスに関する情報提供が行われるようになる。これは, このフェーズになると被災に直接関係しない地域からの医療援助や救援物資の提供等が活発化するためであると考えられる。

地震発生後 2, 3 日から 1 週間のフェーズ (フェーズ 5, 6) になると, 被災に直接関係する主体と被災地に関係する公的機関・施設との間や, 被災地に関する公的機関・施設同士, ならびに地域活動に関係する公的・準公的の主体同士において物資・サービスに関する情報授受が活発化するようになる。これらのフェーズではステイクホルダー間の情報授受のピークを示しているが, 一方で, 地震発生後 1 週間 (フェーズ 6) の時点になるとライフラインの応急復旧を経て被災に直接関係する主体から公共事業・ライフライン関連主体への問合せ・苦情等の情報授受や, 監督省庁とこれらの主体間の被害情報に関する情報授受が減少し始めている。特に, 後者の被害情報に関する情報授受の減少傾向は地震発生後 2 週間 (フェーズ 7) の時点でさらに顕著となり, 地震発生から数週間という時間が経過するとステイクホルダー間の情報授受のメカニズムが定常的な状態に収束することがわかる。

3.2. 情報授受の構造モデルに対する分析

7 つのフェーズに対して情報の量および重要度をベースとした重み付き隣接行列を求め, これらに対してステイクホルダー間の情報授受に関する関連度-影響度線図を作成すると Fig.3 および Fig.4 のようになる。Fig.3 は情報の量をベースとした関連度-影響度線図, Fig.4 は情報の重要度をベースとした関連度-影響度線図である。なお, Fig.3 および Fig.4 では, 前述した 3.1.における分析結果を踏まえ, 情報授受に関する構造モデルの変局点を示したフェーズ 1, フェーズ 4, フェーズ 6 の関連度-影響度線図を示している。また, 2.2.(2)で述べたように横軸は情報授受に関するステイクホルダー間の関連度を示しており, 横軸の数値が大きくなると関連度が強くなることを表している。一方, 縦軸はそれらの影響度を示し

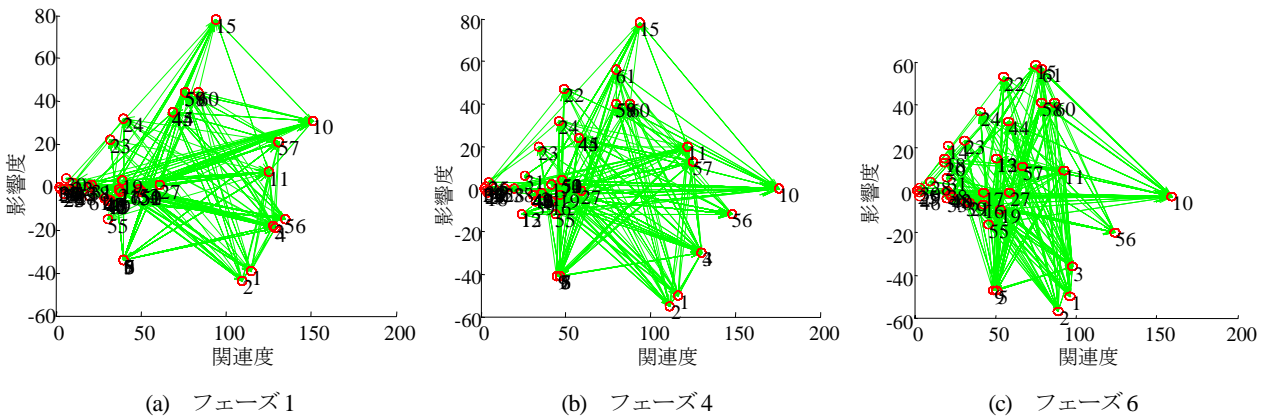


Fig.3 情報の量をベースとした関連度－影響度線図 (図中の番号は Table 1 に示すステイクホルダーの識別番号を示す)

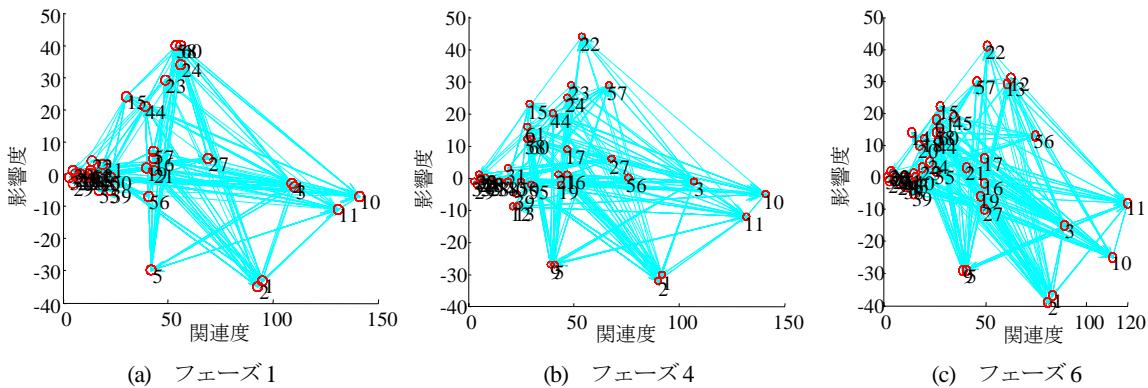


Fig.4 情報の重要度をベースとした関連度－影響度線図 (図中の番号は Table 1 に示すステイクホルダーの識別番号を示す)

ており、縦軸のプラス側は影響を与える程度、マイナス側は影響を受ける程度をそれぞれ表わしている。

Fig.3 の情報の量をベースとした関連度－影響度線図に基づく、被災に関係しない外部の主体 (15: 気象台, 58: TV 放送局, 60: Web, 61: 新聞社, 22: 自衛隊, 24: 地方警察, 44: 電話) から被災に関係する様々な主体 (1: 被災者, 2: 災害時要援護者, 3: 自主防災組織, 4: 消防団, 5: 大企業, 9: 公共的団体) への情報授受に関する影響度が強いことがわかり、それらの中でも地震情報の提供に直接関与する気象台 (15) が大きな役割を担っていることがわかる。また、情報授受に関するステイクホルダー間の関連度に関しては、被災地に関連する公的主体 (10: 県, 11: 市町村) や自主防災組織 (3), 消防団 (4), ならびに他県事業者 (56) 等がそれら以外のステイクホルダーと関連度が強いことがわかる。

これに対して、Fig.4 の情報の重要度をベースとした関連度－影響度線図に基づく、情報の受け手となるステイクホルダーは被災者 (1), 災害時要援護者 (2), 大企業 (5), 公共的団体 (9) 等が中心であり、この点に関しては Fig.3 の情報の量をベースとした場合と同様であるが、情報提供の担い手となるステイクホルダーは前述した地震情報を提供する気象台 (15) に加え、地方消防 (23), 地方警察 (24), 自衛隊 (22), 日本赤十字社 (12), NGO・NPO (13), 他県一般人 (57) 等が中心となっている。

これは、情報の重要度の観点から情報授受のメカニズムを解釈すると、地震直後 (フェーズ 1) から地震発生後 24 時間 (フェーズ 4) までは被災者の安否確認に関する情報や負傷者等の救出・救援に関する情報が質的に重要であり、地震発生後 24 時間から 1 週間 (フェーズ 6) 経過すると道路、水道、電力等のライフラインの応急復旧に関する情報が質的に重要となるためであると考えられる。

このように、情報の量をベースとした関連度－影響度線図と情報の重要度をベースとした関連度－影響度線図を地震発生後の時系列に照らし合わせながら比較すると、災害時の情報授受に関するステイクホルダー間の関連度や影響度が必ずしも一致しないことが明らかである。災害時において重要度の高い情報を扱うステイクホルダーが情報の量の観点からも効率的に当該情報を授受できるように、リスクコミュニケーションを通じてステイクホルダー間のガバナンスを図る必要がある。

3.3. 強関係性ならびに弱関係性モデルに対する考察

Fig.5 および Fig.6 は、2.2.(3) で示した方法に基づいて求められた強関係性ならびに弱関係性モデルである。この際には、2.2.(3) で述べたように最短経路として選択された回数が 10 回より多い枝のみの構造モデルを強関係性モデル、10 回より少ない枝のみの構造モデルを弱関係性

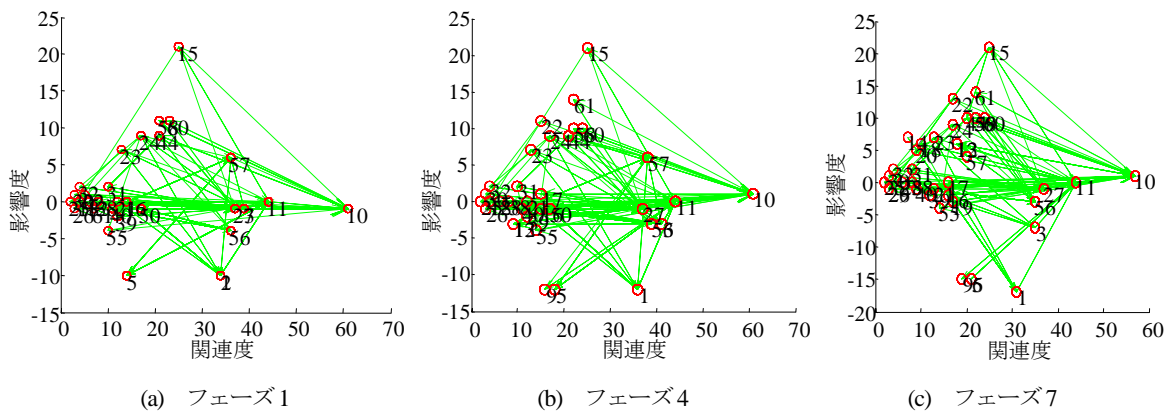


Fig.5 情報授受に関する強関係性モデル (図中の番号は Table 1 に示すステイクホルダーの識別番号を示す)

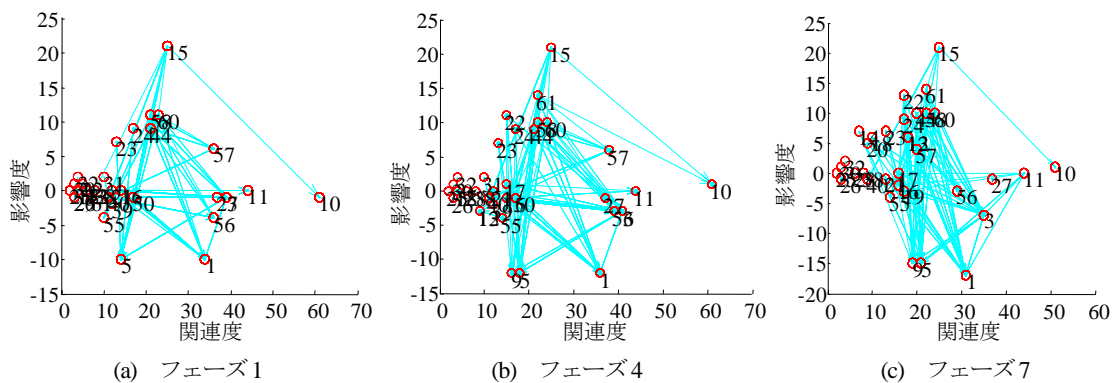


Fig.6 情報授受に関する弱関係性モデル (図中の番号は Table 1 に示すステイクホルダーの識別番号を示す)

モデルとそれぞれ定義した。なお、Fig.5 および Fig.6 では、前述した Fig.3 および Fig.4 の場合と同様に関連度—影響度線図として構造モデルを図示しており、また、フェーズ1、フェーズ4、フェーズ7の構造モデルを示している。

Fig.5によると、被災に関し、危機管理の拠点となる県(10)、市町村(11)、内閣府(27)、他県事業者(56)が図中、右側に位置し、これらと通信業界を代表する電話・携帯(44:電話, 45:携帯電話)、メディア(58:TV放送局, 60:Web)、医療機関(16:大病院, 17:診療所)、応急復旧を取り仕切る公共事業関連主体(40:地方整備局)、救出・救援活動をマネジメントする公的機関・施設(25:消防局, 26:警察局)、および被災した自治体を支援する他県自治体(55)との間の情報授受に関する関係性が相対的に強いと言える。このような傾向は、直接被災した主体に対して危機管理を実行し、マネジメントする主体間の情報授受の関係性が強いことを示している。

一方、Fig.6によると、直接被災した主体(1:被災者, 3:自主防災組織, 5:大企業, 9:公共的団体)が図中、下側に位置し、これらと図中、中心部から上側に位置する医療機関(16:大病院, 17:診療所)、公共事業関連主体(40:地方整備局)、被災地において直接、救出・救援活動に従事する自衛隊(22)や警察・消防(24:地方警

察, 23:地域消防)、電話・携帯(電話:44, 携帯:45)、メディア(58:TV放送局, 60:Web, 61:新聞社)、および地震情報の発信元となる気象台(15)との間の情報授受に関する関係性が相対的に弱いことがわかる。この点に関しては、前述した強関係性モデルの場合と異なり、危機管理を実行し、マネジメントする主体と直接被災した主体との間の情報授受が弱いことを示している。このような直接被災した主体に対する情報空白の問題は定性的には様々な検討や検証がなされているが¹⁸⁾、本研究で示したようなシステム工学ベースの方法論に基づいた分析によりそれらの要因を俯瞰的、かつ横断的に明示化することが可能となり、これらの問題解決を図るための具体的な対策を検討することが可能となる。

以上の強関係性モデルに対する分析を踏まえ、有向グラフにおいて情報授受の観点から同様の傾向を示すステイクホルダー同士を改めて1つのステイクホルダーの括りとし(例えば、電話・携帯、メディア、医療機関、公共事業関連主体、公的機関・施設等)、Fig.5に示した強関係性モデルを簡素化するとFig.7のようになる。7つのフェーズに対する簡素化された強関係性モデルを比較すると、フェーズ1とフェーズ2、フェーズ6とフェーズ7の2組は全く同様な構造モデルとなったため、それらの2組のフェーズは統合して、合計5つのフェーズに対してそれぞれ構造モデルを示した。

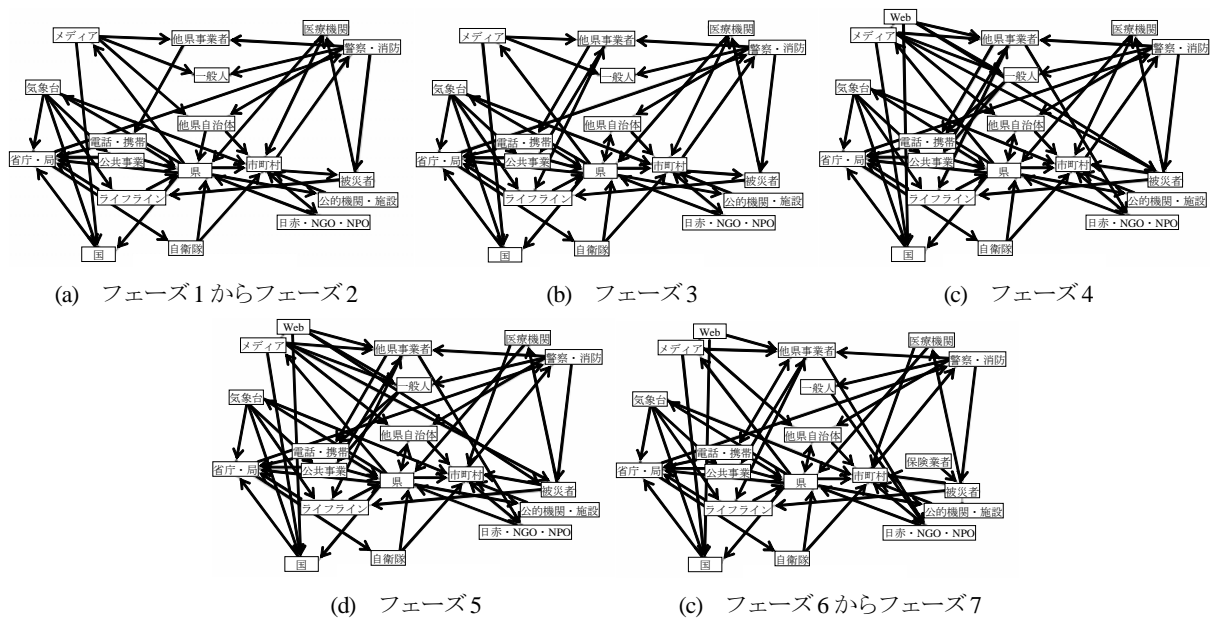


Fig.7 簡素化された構造モデル

これらによれば、地震直後から地震発生後6時間（フェーズ1からフェーズ2）までは気象台、省庁・局、県、市町村、警察・消防等による危機管理に関する情報授受が中心であるが、地震発生後12時間（フェーズ3）が経過するとライフライン等の応急復旧の観点からライフライン事業者や他県事業者に対する情報授受のウェイトが高くなっていく。地震発生後、1日（フェーズ4）が経過すると、それ以前までに中心となっていたステイクホルダーに加え、ようやく被災者の情報授受に関するウェイトが大きくなり、また、地震情報や被害情報の広報役を担うメディアやWebの情報授受に関するウェイトが大きくなっていく。これに伴い、被災地に関係しない一般人に対する情報授受が活発化している。地震発生後、2～3日（フェーズ5）経過すると、それ以前までに中心となっていたステイクホルダーには変化がないが、一方でライフライン等の応急復旧活動が本格化することを受けて、公共事業関連主体やライフライン関連主体に対する情報授受が活発化する。この傾向は、地震発生後、1、2週間（フェーズ6からフェーズ7）経過した時点でも基本的には変化しないが、ライフライン等の応急復旧活動が落ち着いてくるため、情報授受のメカニズムも定常的な構造モデルとなる。しかし、このフェーズにおいても被災者、市町村、県等の直接被災した主体とそれらを公的にサポートする主体に関わる情報授受は依然として沈静化しない。これは当然ではあるが、ライフライン等のハードウェアの応急復旧と比較して、被災者の支援等のソフトウェアの問題に対しては地震発生後、数週間という段階では解決しきれないことを示唆しており、同時に、市町村および県という公的な主体を基点とした公助に関する情報授受が新潟県中越地震の場合には卓越していた

ことを示している。

3.4. フェーズ間の構造モデルの関係性に対する考察

2.2.(4)で述べた方法により、情報授受に関する構造モデルのフェーズ間の関係性を分析した。Table 3(a)はフェーズ1からフェーズ4までの構造モデルの関係性 B_4^1 (式(1)参照)、Table 3(b)はフェーズ4からフェーズ7までの構造モデルの関係性 B_7^4 をそれぞれ示した結果である。なお、表中、赤色の度合いが大きくなるに従って数値が大きくなっているが、これにより対象とするフェーズ間において主体 i から主体 j への情報授受の関係性が強くなっていることを示している。

Table 3(a)より、地震直後（フェーズ1）から地震発生後24時間（フェーズ4）までの構造モデルの関係性に関しては、被災者、県、市町村、医療機関、日本赤十字社・NGO・NPOを中心とした被災地内のステイクホルダー同士の情報授受と、これらと省庁・局、気象台、自衛隊、他県自治体を中心とした被災地外のステイクホルダーとの間の情報授受に関する関係性がともに顕著であることがわかる。地震直後には情報授受において救出・救援に直接関わる危機管理情報を扱っていたのに対して、地震発生後24時間の段階になると情報授受において救出・救援を支援する危機管理情報を扱うようになるためであると考えられる。

地震発生後24時間（フェーズ4）から地震発生後2週間（フェーズ7）までの構造モデルの関係性に関しては、Table 3(b)によれば、被災者、県、市町村を中心とした被災地内のステイクホルダー同士の情報授受がさらに活発化するとともに、これらと省庁・局、気象台に加え、他県事業者を中心とした被災地外のステイクホルダーとの

Table 3 フェーズ間の構造モデルの関係性
(a) フェーズ1からフェーズ4までの関係性

	被災	県	市町	医療	公的	警消	日赤	国	省庁	気象	自衛	電話	公事	ライ	他自	他事	県一	メデ	Web
被災者	23	42	31	17	14	14	14	20	17	14	5	1	6	9	7	12	8	5	8
県	45	88	77	40	33	26	33	51	50	33	11	5	18	25	24	26	18	18	24
市町村	38	70	71	38	30	19	30	43	47	30	8	5	16	24	28	22	16	19	22
医療機関	21	41	34	29	23	17	23	24	25	23	6	4	10	16	15	11	6	12	13
公的機関・施設	18	36	25	23	19	15	19	19	19	19	5	3	8	12	11	10	5	9	10
警察・消防	10	18	23	11	8	5	8	14	13	8	3	1	4	7	9	5	5	6	7
日赤・NGO・NPO	23	45	34	28	23	18	23	25	24	23	6	4	11	16	13	12	7	11	13
国	8	16	13	12	10	6	10	10	11	10	2	2	5	7	8	5	3	6	6
省庁・局	21	41	31	19	16	13	16	22	22	16	5	2	8	11	11	13	8	8	10
気象台	28	52	38	20	17	18	17	28	20	17	7	2	9	12	7	14	11	6	11
自衛隊	18	36	25	23	19	15	19	19	19	19	5	3	8	12	11	10	5	9	10
電話・携帯	13	25	22	17	14	9	14	16	16	14	3	3	8	11	10	7	5	8	9
公共事業	8	16	13	12	10	6	10	10	11	10	2	2	5	7	8	5	3	6	6
ライフライン	13	25	22	17	14	9	14	16	16	14	3	3	8	11	10	7	5	8	9
他県自治体	18	36	25	23	19	15	19	19	19	19	5	3	8	12	11	10	5	9	10
他県事業者	10	18	16	7	6	5	6	11	8	6	2	1	4	5	4	5	5	3	5
メディア	12	25	21	9	8	7	8	16	13	8	4		3	4	7	8	6	5	7
Web	11	20	19	6	5	5	5	13	9	5	3		3	4	5	6	6	3	5

(b) フェーズ4からフェーズ7までの関係性

	被災	県	市町	医療	公的	警消	日赤	国	省庁	気象	自衛	電話	公事	ライ	他自	他事	県一	メデ	Web
被災者	14	44	22	14	14	14	13	19	16	12	6	1	4	6	5	13	7	4	7
県	36	104	73	38	38	27	34	53	54	31	12	5	16	23	22	30	20	16	23
市町村	28	69	59	36	36	18	31	42	46	29	8	5	13	20	27	21	15	19	22
医療機関	16	40	32	28	28	15	25	25	26	22	6	4	7	13	16	11	6	13	14
公的機関・施設	14	36	24	23	23	14	22	20	20	19	5	3	5	9	12	10	5	10	11
警察・消防	7	19	24	14	14	6	11	20	21	11	5	5	8	11	13	5	5	10	11
日赤・NGO・NPO	17	45	32	28	28	17	27	26	25	23	6	4	7	12	14	12	7	12	14
国	7	16	13	13	13	6	13	11	12	11	2	2	3	5	9	5	3	7	7
省庁・局	16	43	29	20	20	13	19	23	24	17	5	2	6	9	12	13	8	9	11
気象台	17	60	33	19	19	19	18	30	24	16	9	2	7	10	7	18	11	6	11
自衛隊	14	36	24	23	23	14	22	20	20	19	5	3	5	9	12	10	5	10	11
電話・携帯	10	25	21	18	18	9	18	17	17	15	3	3	5	8	11	7	5	9	10
公共事業	8	20	18	17	17	8	17	17	18	15	4	4	5	7	14	6	4	11	11
ライフライン	11	29	26	22	22	11	22	23	23	19	5	5	7	10	16	8	6	13	14
他県自治体	14	36	24	23	23	14	22	20	20	19	5	3	5	9	12	10	5	10	11
他県事業者	11	42	24	10	10	11	10	22	17	9	6	1	5	6	6	14	10	4	8
他県一般人	5	24	10	3	3	6	3	11	9	3	4		2	2	2	9	5	1	3
メディア	7	25	22	14	14	8	12	20	23	12	6	5	7	9	12	7	4	10	11
Web	5	16	19	12	12	6	10	18	18	10	5	5	7	9	11	4	4	9	10

間の情報授受が活発化することがわかる。これは、地震直後（フェーズ1）から地震発生後24時間（フェーズ4）において顕著であった危機管理に関する情報授受のメカニズムが、地震発生後24時間（フェーズ4）から地震発生後2週間（フェーズ7）になると応急復旧や復旧・復興に関する情報授受のメカニズムに移行するためであると考えられる。

4. 結論

本研究では、地震災害に関するリスクが発現した場合のステイクホルダー間の情報授受のメカニズムをシステム工学的な分析手法を適用することによって明らかにした。具体的には、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震の事例に焦点を当て、この地震災害に関わる61の主体間の情報授受のメカニズムを明らかにするとともに、それらの構造モデルに対する分析を行った。得られた知見をまとめると以下の通りである。

1) 新潟県中越地震の発生に伴って生じるステイクホルダー間の情報授受のメカニズムを有向グラフならびにそれに付随した隣接行列を用いて明示化した。この際、地震発生からの時間経過を地震直後から3時間まで（フェーズ1）、発生後6時間（フェーズ2）、発生後12時間（フェーズ3）、発生後24時間（フェーズ4）、発生後2～3日（フェーズ5）、発生後1週間（フェーズ6）、発生後2週間（フェーズ7）の合計7つのフェーズに分類することにより、災害時の情報授受に関する構造モデルの状態変化を明らかにした。

2) 地震災害時のステイクホルダー間の情報授受に関する関連度および影響度を明らかにした。情報の量をベースとした関連度-影響度線図に基づくと、被災に関係しない外部の主体、特に地震情報の提供に直接関与する気象台から、被災に関係する様々な主体への影響度が強く、一方、関連度に関しては被災地に関連する公的主体や自主防災組織、消防団、ならびに他県事業者等がそれら以外のステイクホルダーと関連度が強いことが明らかとなった。これに対して、情報の重要度をベースとした関連度-影響度線図に基づくと、情報の受け手となるステイクホルダーは情報の量をベースとした場合と同様であるが、情報提供の担い手となるステイクホルダーは前述した気象台に加え、地方消防、地方警察、自衛隊、日本赤十字社、NGO・NPO、他県一般人等が中心となっていることが明らかとなった。このように、情報の量ならびに重要度の観点から構造モデルを解釈すると、ステイクホルダー間の情報授受に関する関連度および影響度に大きな相違が現れることが明らかとなった。

3) 得られた構造モデルに基づき、ステイクホルダー間の情報授受の関係性が強い枝のみを反映させた強関係性モデルと情報授受の関係性が弱い枝のみを反映させた弱関係性モデルをそれぞれ構築した。その結果、強関係性モデルからは直接被災した主体に対して危機管理を実行し、マネジメントする主体間の情報授受の関係性が強い傾向が見出され、一方、弱関係性モデルからは危機管理を実行し、マネジメントする主体と直接被災した主体との間の情報授受の関係性が弱い傾向が見出された。

4) 3)で得られた強関係性モデルに対して情報授受の観点から同様の傾向を示すステイクホルダー同士を1つのステイクホルダーとして括りなおし、強関係性モデルを7つのフェーズに対して簡素化すると、地震直後(フェーズ1)と地震発生後6時間(フェーズ2)の段階、ならびに地震発生後1週間(フェーズ6)と地震発生後2週間(フェーズ7)の段階の2組のフェーズは全く同様な構造モデルとなることが明らかとなった。このため、それらの2組のフェーズを統合して合計5つのフェーズに対応した構造モデルとして示すことができた。

5) ステイクホルダー間の情報授受に関する構造モデルのフェーズ間の関係性を分析した結果、地震直後(フェーズ1)から地震発生後24時間(フェーズ4)の段階までは被災者、県、市町村、医療機関、日本赤十字社・NGO・NPOを中心とした被災地内のステイクホルダー同士の情報授受と、これらと省庁・局、気象台、自衛隊、他県自治体を中心とした被災地外のステイクホルダーとの間の情報授受に関する関係性がともに顕著であることが明らかとなった。さらに、地震発生後24時間(フェーズ4)から地震発生後2週間(フェーズ7)の段階となると前述した被災地内のステイクホルダー同士の情報授受がさらに活発化するとともに、これらと省庁・局、気象台に加え、他県事業者を中心とした被災地外のステイクホルダーとの間の情報授受が活発化することが明らかとなった。

本研究で得られた知見は新潟県中越地震に対する事例分析に基づいた結果であるが、地震発生後の危機管理、応急復旧期、復旧・復興のフェーズにおけるステイクホルダー間の情報授受の一定の傾向は示し得たと考えている。すなわち、我が国における既往の地震災害に関する研究や報告事例を通じて定性的に語られてきたステイクホルダー間の情報授受に関する傾向を俯瞰的な観点から定量的に実証し得たと考えている。今後は、モデル化された情報授受メカニズムに対してより‘好ましい’方向に、逆により‘悪しき’方向に軌道修正を図った場合の感度を分析する必要があり、これらの情報をセットにして、本研究で得られた実証的な知見を個々のステイクホルダーに訴えかけ、減災に資する知見として還元してい

く努力が必要であろう。

一方で、新潟県中越地震の場合には、市町村および県という公的な主体を基点とした公助に関する情報授受が総体的に機能していた反面、危機管理を実行し、マネジメントする主体と直接被災した主体との間の情報授受が相対的に弱い傾向を示していた等、新潟県中越地震において特異的に見られた傾向を無視してはならず、これらの教訓を内閣府等の高次の意思決定者に提示していく必要がある。

謝辞

本研究を進めるに当たっては、社会技術研究ミッション・プログラムIのリスクマネジメント研究グループ(グループリーダー、堀井秀之東京大学教授)および地震防災研究グループ(グループリーダー、清野純史京都大学助教授)のメンバーの方々からは本研究に関する貴重な御助言をいただきました。2004年新潟県中越地震の際には、平成16年新潟県中越地震土木学会第二次調査団(団長、家田仁東京大学教授)に団員として参加させていただき、特に避難マネジメント・経済調査班において群馬大学の片田敏孝先生および京都大学防災研究所の多々納裕一先生には多大な御教示・御指導をいただきました。また、上記の調査の際には現地における被災者や自治体職員、ならびにボランティアの方々をはじめ、本震災に関連する多数の方々にはヒアリング調査に御協力いただきました。ここに関係する全ての方々から心から感謝の意を表し、深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 池田三郎, 兜真徳, 内山巖雄, 中西準子 (2001)「第13回研究発表会特別シンポジウム・リスクとそのガバナンスに向けたリスク分析の役割」『日本リスク研究学会誌』13(1), 3-19.
- 2) 中谷洋明, 堀井秀之, 村山明生, 山口健太郎 (2005.11)「リスク特性とリスクガバナンス構造の類型化及び関係分析の試み」『社会技術研究論文集』3, 31-46.
- 3) 田村坦之 (1979.02)「構造モデリングー理論とアルゴリズムを中心としてー」『計測と制御』18(2), 28-37.
- 4) Malone, D.W. (1975). An Introduction to the Application of Interpretive Structural Modeling. *Procs. of the IEEE*, 63(3), 397-404.
- 5) 児玉文雄 (1977.01)「社会システムのモデル化」『計測と制御』16(1), 29-34.
- 6) 豊田武俊, 堀井秀之 (2003.10)「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～」
『社会技術研究論文集』1, 16-24.
- 7) 日本地震工学会 (2004.12) 『平成 16 年新潟県中越地震 被害調査報告会梗概集』
- 8) 土木学会・第二次調査団 (2004.12) 「調査結果と緊急提言」
『平成 16 年新潟県中越地震 社会基盤システムの被害等に関する総合調査』
- 9) 例えば, R.J.ウィルソン (2001) 『グラフ理論入門』 (西関隆夫, 西関裕子訳) 近代科学社 (原著 1996 年).
- 10) 新潟県ホームページ (2004) 「新潟県中越大震災に関する情報」 http://www.pref.niigata.jp/content/jishin/jishin_1.html/ [2005, February 11].
- 11) ケータイ Watch (2004) 「ドコモとNTT東日本, 新潟県中越地震への対応状況を説明」
http://k-tai.impress.co.jp/cda/article/news_toppage/21231.html/ [2005, February 11].
- 12) 筑波大学附属図書館・朝日新聞オンライン検索サービス (2004)
<http://www.tulips.tsukuba.ac.jp/pub/index-dbs/menu/dna.html/> [2005, February 11].
- 13) 筑波大学附属図書館 (2004) 『CD-Rom 版日経新聞』
- 14) 新潟県ホームページ (2004) 『新潟県地域防災計画』
<http://www.pref.niigata.jp/seikatsukankyo/bosai/> [2005, February 11].
- 15) 例えば, R.B.シナジ (2001) 『マルコフ連鎖から格子確率モデルへ』 (今野紀雄, 林俊一訳) シュプリンガー・フェアラーク東京 (原著 1999 年).
- 16) 寺野寿郎 (1985) 『システム工学入門—あいまい問題への挑戦—』 共立出版株式会社.
- 17) 寺野寿郎, グエン・ホン・クワン (1976.12) 「ボトルネック法による強連結グラフの分割法とその応用」 『計測自動制御学会論文集』 12(6), 69-74.
- 18) 例えば, 井ノ口宗成, 林春男, 浦川豪, 佐藤翔輔 (2005.11) 「Incident Command System に照らしたわが国の災害対応における情報処理過程の分析評価—2004 年新潟県中越地震災害の小千谷市災害対策本部の活動を事例として—」 『地域安全学会論文集』 7, 103-112.

CLARIFICATION OF MECHANIZM OF INFORMATION NETWORKS RESULTED FROM STAKEHOLDERS' COMMUNICATION IN VIEWS OF SEISMIC DISASTER RISK~CASE STUDY FOR THE EVENT IN THE 2004 NIIGATA-CHUETSU EARTHQUAKE~

Gaku SHOJI¹ and Masahiro NAKADA²

¹Dr.Eng, Assist. Prof., Univ. of Tsukuba, Grad. Sch. of Syst. and Inf. Eng (E-mail:gshoji@kz.tsukuba.ac.jp)

²East Japan Railway Company

This paper clarified the mechanism of information networks resulted from stakeholders' communication during a seismic disaster. Focusing on the event in the 2004 Niigata-Chuetsu Earthquake, the structural model due to its information networks after the event was visualized by means of directed graphs and adjacent matrices, and the strong relationship and weak one of the structure among the stakeholders was clarified. It was also found that the structural model based on the networks focusing onto the quality of stakeholders' communication during the disaster and that based on those focusing onto its quantity became different and it suggests that the corporation between quality and quantity of stakeholders' communication during the disaster is required for the favorable risk governance.

Key Words: *Structural modeling, stakeholders' communication, risk governance, seismic disaster, 2004 Niigata-Chuetsu Earthquake*