

地震災害リスクに関する認知構造の分析と その利活用

庄司学¹・北原淳²

¹博士（工学） 筑波大学講師 大学院システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻
(〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail:gshoji@kz.tsukuba.ac.jp

²筑波大学 大学院システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻
(〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail:jkitaha@kz.tsukuba.ac.jp

現在、地震災害リスクの軽減を目的とした様々な研究が行われているが、地震災害リスクに関わる主体のリスク認知を分析し、それらの分析結果を主体の地震対策行動に反映させた取り組みは少ない。この背景を踏まえ、本研究では地震災害リスクの認知構造の分析をソフトコンピューティングの手法を用いて行うとともに、その利活用システムの提案を行った。具体的には地域行政に携わる主体に対して地震災害リスクに関するアンケート調査を行い、これらのデータに基づいて階層型ニューラルネットワークを構築し、入力および出力要素間の関係を感度解析によって明らかにし、地震災害に関する認知構造の分析を行った。

Key Words : seismic disaster, risk perception, neural networks, sensitivity analysis

1. はじめに

我が国は地震災害に関するリスクが極めて高いため、地震に対する被害を最小限に抑えるための様々な対策が講じられている。これらは、構造物に対する耐震設計や耐震補強などのハード的な対策から国や地方自治体による災害対策計画の立案やガイドライン、マニュアルの制定などのソフト的な対策まで様々である。しかし、これらの対策は地震災害に関するリスク情報を発信する側に力点が置かれ、リスク情報の受け手のリスク認知について考慮されることは少なかった。

リスク認知とは、災害や環境問題などの世の中に存在する様々なリスクを人々がどのように感じているか、その感じ方や捉え方の形態を表す。リスク認知の形態が、リスクに関わる主体の緊急時における情報処理や行動を規定する重要なファクターとなる。現在までリスク認知に関しては、心理学、社会学、経済学をはじめ、様々な分野から研究がなされている。Slovicはリスク認知に関して先駆的な研究を行い、リスク認知が恐怖と未知性の2つの要素から構成されることを明らかにした^{1),2)}。また、認知構造は正常バイアス、楽観バイアス、カタストロフィックバイアス、ヴァージンバイアス、ベテランバイアスなどの個人の性格バイアスや個人が関わる立場、

知識量、周辺環境などの様々な要因によって影響を受けると言われている³⁾。これらの研究は総じて、世の中に存在する様々なリスクを対象として人間のリスク認知構造に関するメカニズムの一般的な解明を目指した研究である。

一方、地震災害に関するリスク問題に焦点を絞ると、計画学、地域安全工学などの分野において様々な研究が進められている。例えば、家田、村上⁴⁾はインフラ施設の要求耐震性能決定における期待純便益の算出において専門家の評価を認知パラメータとして取り入れている。また、松田ら⁵⁾は地震保険購入意識の調査結果を効用関数として用い、地震リスクに対する家計のリスクプレミアムや属性の危険回避度の推定手法を提案している。大友ら⁶⁾は津波時における住民の避難に関するアンケートを行い、津波時における避難システムのあり方について考察している。しかし、これらの研究において地震災害リスクに対する人々の感情的な側面にポイントをおいている研究は少なく、さらに、研究において適用している分析方法としては、基本的な統計解析や多変量解析に基づいた方法がほとんどである。

以上を踏まえ、本研究では地震災害に関するリスク認知の問題に焦点を当て、これらの問題に対してソフトコンピューティングの手法を用いて分析を行うこととする。ソフトコンピューティングの中でも

非線形性の強い多次元ベクトル間の写像関係の決定に適している階層型ニューラルネットワークを用いることとする。具体的には、1) 日本における災害脆弱都市の典型的な例である神奈川県川崎市の自治体行政に携わる主体に対して、地震災害リスクに関するアンケート調査を行い、2) これらの結果を用いて階層型ニューラルネットワークを適用してリスク認知構造の分析を行うとともに、3) 分析結果の利活用システムの提案を行うものである。

2. 地震災害リスクに関するアンケート調査

(1) アンケート調査の方法

神奈川県川崎市は地震リスクの高いエリアであり、それに伴って甚大な被害が生じる可能性のある都市である⁷⁾。そこで、地震災害リスクに関するアンケート調査を神奈川県川崎市の自治体行政に携わる238名の職員を対象とし、2003年10月に実施した。アンケートの質問内容を大きく分類すると、性別や年齢などの回答者の個人特性に関する項目、過去の地震災害に対する知識や捉え方に関する項目、地震災害に対する準備に関する項目、また、地震災害を想定した場合の回答者の感情的側面に関する項目である。

個人特性に関する具体的な質問項目は以下の通りである。これらは、個人が本来的に抱えている特性を表す。なお、各項目に対してはこれらを後述する図表中で識別するために番号を付している。これらは以下に示す過去の地震災害に対する知識や捉え方および地震災害に対する準備に関する質問項目に関しても同様である。

1. 性別
2. 年齢
3. 家族の人数
4. 配偶者の有無
5. 子供の有無
6. 親との同居の有無
7. 兄弟との同居の有無
8. 居住地区
9. 川崎市に住んでいるか
10. 災害経験の有無

過去の地震災害に対する知識や捉え方に関する項目は以下の通りである。過去の地震としては1923年の関東大震災、1995年の阪神大震災、2003年において東北地方で頻発した地震に対して質問した。

1. 関東大震災に対する恐怖感
2. 関東大震災の罹災状況を知っているか
3. 関東大震災の被害状況を知っているか
4. 阪神大震災に対する恐怖感
5. 阪神大震災の罹災状況を知っているか
6. 阪神大震災の被害状況を知っているか
7. 最近の神戸周辺の復興状況を知っているか
8. 東北地方の地震に対する恐怖感
9. 東北地方の地震の罹災状況を知っているか
10. 東北地方の地震の被害状況を知っているか
11. 東北地方の地震の影響で対策をしたか
12. 最近の東北地方の復興状況を知っているか

なお、上記の項目1、項目4および項目8はそれぞれ1923年の関東大震災、1995年の阪神大震災および2003年の東北地方の地震による災害の全体像に対して回答者がどの程度の恐怖感を認識しているかを問う質問である。

地震災害に対する準備に関する項目は以下の通りである。一般的に地震災害に対して事前対応が望まれる項目を取り挙げた。

1. 地震保険への加入の有無
2. 家屋の補強の有無
3. 家屋の補強を行うことに対する経済性
4. 家具の固定の有無
5. 避難訓練への参加具合
6. 3日分程度の備蓄の有無
7. 自宅からの避難経路を知っているか
8. 職場からの避難経路を知っているか
9. 現在の準備の完璧具合 (%)

なお、上記の項目2は家屋の耐震補強に対する経済的なメリットを回答者に5段階で問う質問であり、項目9は回答者が実施している準備に対してどの程度完璧であると認識しているか、100%を基準とした場合のその割合を問う質問である。

地震災害に対する感情的側面に関する項目としては、恐怖感、被害に対する予想可能性、パニック性の3つの項目（以下、文中や図表では感情要素と示す）、自分および家族に対する身体的な危険意識に関する項目（以下、危険意識）、被災から数日間、数ヶ月間、数年間における生活に対する不安に関する項目（以下、被災後の不安）について質問した。また、ここでは回答者には南関東直下型地震が夏の昼に発生する場合と冬の夕方発生する場合の2つのケースを想定してもらい、川崎市において想定されている計測震度情報を事前情報として回答者に与えた。なお、南関東直下型地震は川崎市において影響を及ぼしうる重要な地震として考えられるものである⁷⁾。ここで、夏の昼を想定した理由は、夏が一年の季節変化の中で他の季節と比較して地震時の被害が低いと経験的に考えられている季節であり、さらに昼には大部分の回答者が職場で働いていると考えられるため、このような状況を回答者に想像してもらう意図からである。一方、冬の夕方を想定した理由は、冬が火災発生観点から一年の季節変化の中で他の季節と比較して地震時の被害が高いと経験的に考えられている季節であり、さらに夕方には回答者の多くが職場から自宅に帰宅している途中であると考えられるため、このような状況を回答者に想像してもらう意図からである。

(2) アンケート調査結果の分析

a) 個人特性について

図-1は個人特性に関するアンケート結果を示す。図-1によれば、本アンケートで有効な回答が得られた197名の中で男女の比率は160対37となっており、年齢構成は20代後半から50代後半までほぼ平均的に

分布しており、家族の人数は2から3人の世帯が全体の59%を占めていることがわかる。また、川崎市に住んでいる人が全体の57%を占め、各区に平均的に在住している。災害経験者は、地震災害の経験者は2名、洪水および噴火等の経験者は12名であり、これらを含め全体で8%であることがわかる。

b) 過去の災害に関する知識や捉え方について

図-2は過去の地震災害に対する知識や捉え方に関するアンケート結果を示す。恐怖感に関しては、東北地方の地震に対して関東大震災および阪神大震災に対する恐怖感が強く、特に阪神大震災に関しては非常に恐ろしい(5；図-2の凡例中の番号と対応。以下、第2章中の記述では同様)と感じる人の割合が全体の40%と極めて高い。これは阪神大震災の被害が甚大であったことに加え、比較的記憶に新しいため、関東大震災と比較して罹災状況や被害状況をよく知っている人が多いことに関係すると考えられる。また、地震災害の復興状況に関する質問項目(図-2(g), (k)を参照)に対しては、阪神大震災に関しては少し知っている(3)、東北地方の地震に関してはほとんど知らない(2)と回答している回答者が多く、復興に関する関心が地震災害の罹災状況や被害状況に関する関心と比べて低いことがわかる。

c) 地震災害に対する準備について

図-3は地震災害に対する準備に関するアンケート結果を示す。地震保険への加入が全体の30%、家屋の補強を行っている回答者が全体の17%、家具の固定を行っている回答者が22%といずれも低くなっており、地震災害に対する準備は全体的に不十分であると言える。避難訓練への参加に関してもまったく参加したことがない(1)と回答した人が30%を占めており、意識は低い。また、家屋の補強を行うことが損ではないと考えている回答者が全体の50%以上を示すのに対して、補強を実際に行っている回答者は前述したように17%と低くなっている。さらに、

避難の問題に関しては自宅からの避難経路よりも職場における避難経路の方が認知されている傾向を示している。

d) 地震が夏の昼に発生したと想定した場合の感情的側面について

図-4は地震が夏の昼に発生したと想定した場合の感情的側面に関するアンケート結果を示す。図-4によれば、恐怖感、パニック性、被災後に対する不安感をかなり強く感じる(4)、あるいは大変強く感じる(5)と回答した人の割合は75%、40%、50%といずれも高く、一方、被害の予測が可能(4、5)と回答した回答者は10%と低くなっている。想定地震による被害が予測がつかない事象であるため、恐怖感がさらに大きくなっていると推測される。同様の理由で、自分および家族に対する身体的な危険の及ぶ可能性が比較的高いと回答した人(4)は39%と高くなっている。被災後の不安に関しては、数日間の場合、不安をかなり強く感じる(4)、あるいは大変強く感じる(5)と回答した人が全体の50%以上を示しており、数ヶ月間、数年間となると47%、30%と次第に数値が小さくなる。

e) 地震が冬の夕方に発生したと仮定した場合の感情的側面について

図-5は地震が冬の夕方に発生したと想定した場合の感情的側面に関するアンケートの結果を示す。図-5によると、恐怖感、被害に対する予測可能性、パニック性、被災後の不安に関しては前節で示した夏の昼の場合と同様の傾向を示していることがわかる。一方、自分および家族に対する身体的な危険意識に関しては、危険が及ぶ可能性がかなり高い(4)、あるいは確実に危険が及ぶ(5)と回答した人が57%となり、夏の昼の場合の51%と比較して高くなっている。冬の夕方の方が夏の昼と比較して地震被害が高くなると連想された可能性が高い。

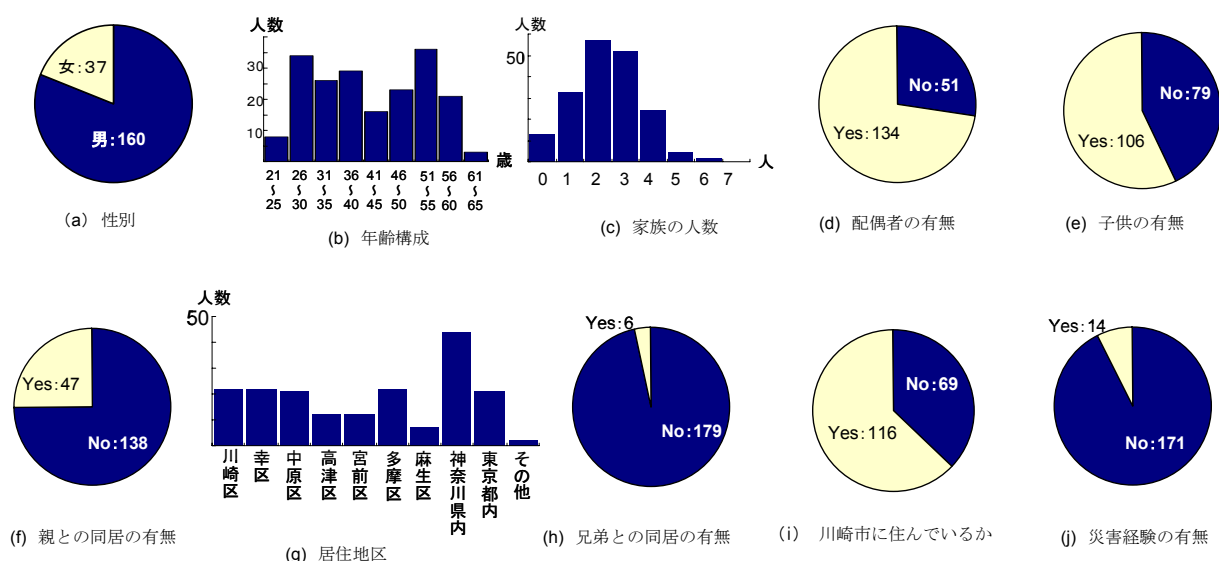


図-1 個人特性に関するアンケート結果

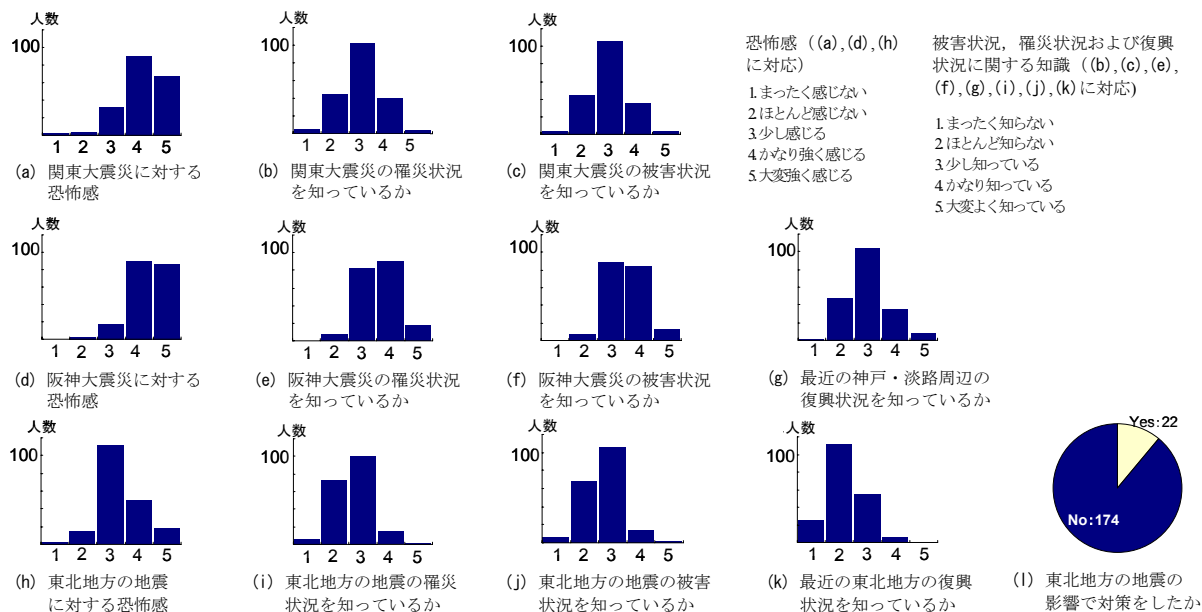


図-2 過去の地震災害に対する知識や捉え方に関するアンケート結果

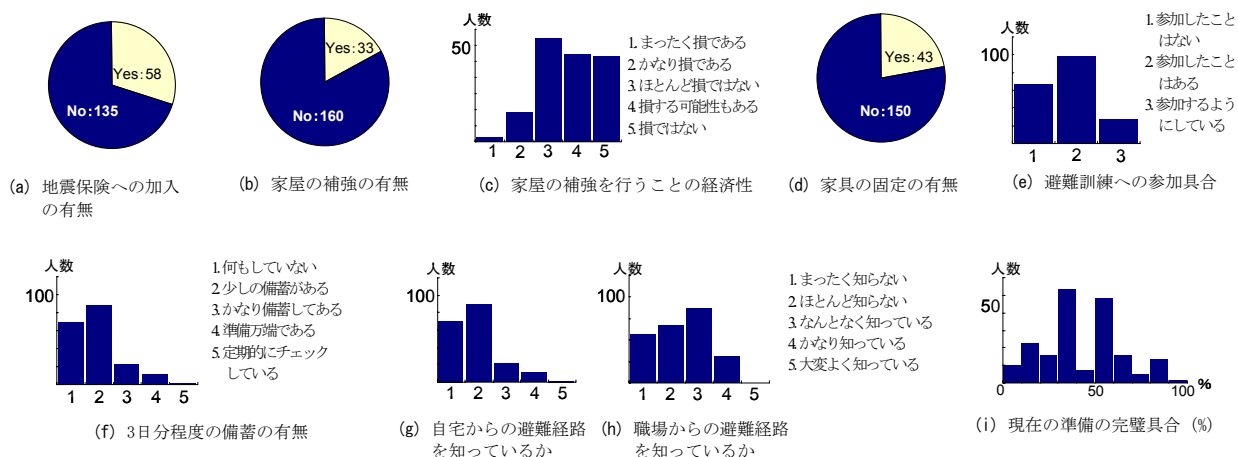


図-3 地震災害に対する準備に関するアンケート結果

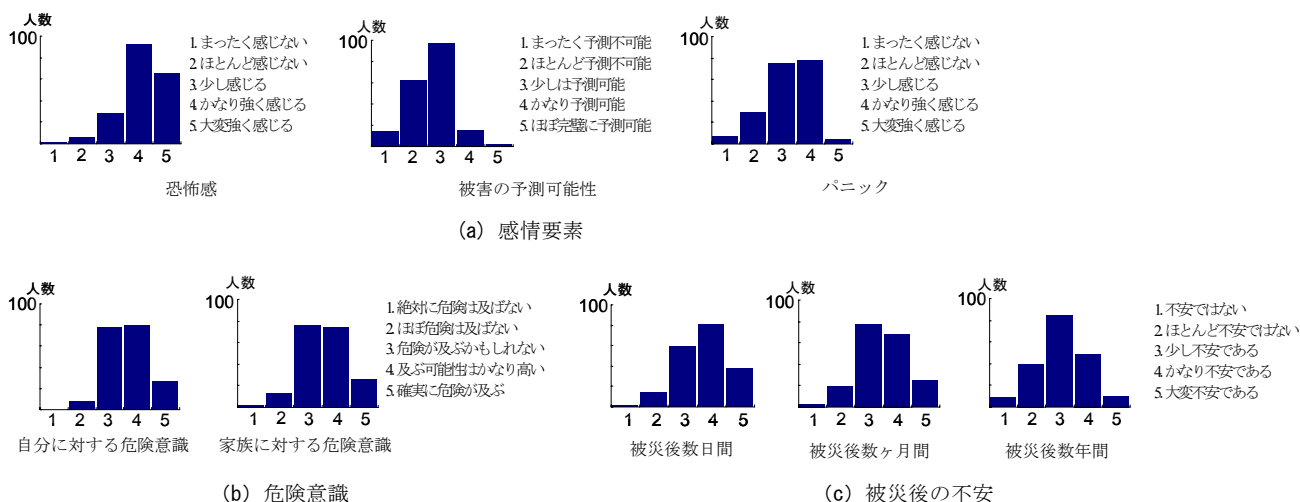


図-4 夏の昼の地震発生を想定した場合のアンケート結果

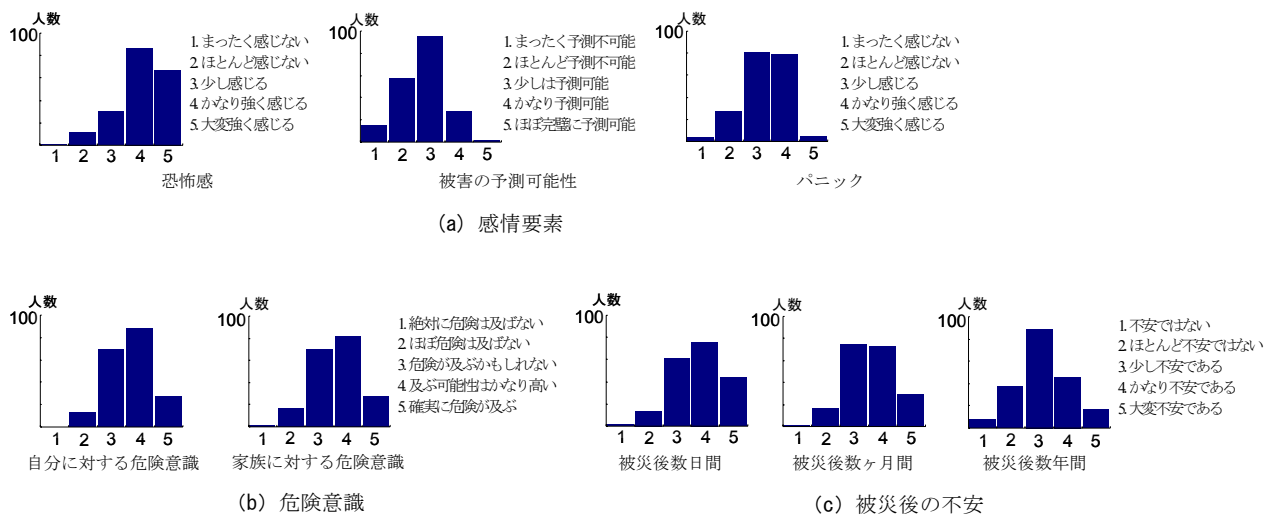


図-5 冬の夕方の地震発生を想定した場合のアンケート結果

3. 階層型ニューラルネットワークによるリスク認知構造の分析

(1) 階層型ニューラルネットワークの構築

本研究では図-6に示す3層の階層型ニューラルネットワークを適用して地震災害リスクに関するリスク認知構造の分析を行う。

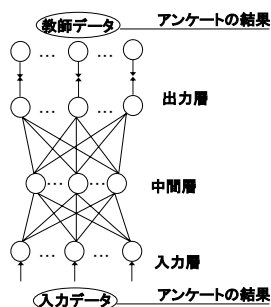


図-6 階層型ニューラルネットワークの構造

図-7には本研究におけるニューラルネットワークの学習フローを示す。まず、アンケートで得られたデータに対して分析内容に応じて入力データ $X^{(s)}$ と教師データ $T^{(s)}$ を次式のように設定し、学習を行うパターンを設定を行う。なお、 t はサンプル数を示す。

$$X^{(s)} = (x_1^{(s)}, \dots, x_i^{(s)}, \dots, x_n^{(s)}) \quad (s=1, \dots, t) \quad (1)$$

$$T^{(s)} = (T_1^{(s)}, \dots, T_i^{(s)}, \dots, T_p^{(s)}) \quad (s=1, \dots, t) \quad (2)$$

次に入力層－中間層間および中間層－出力層間の写像関係を逐次求め、入力層－出力層の写像関係を求める。入力層、中間層および出力層における応答関数としてはTanH伝達関数を用いる。その上で、誤差逆伝播法 (BP法)⁸⁾に従って教師データと出力データのデータセットにおける二乗誤差が最小となるように、最急降下法⁸⁾の考え方に基づいて中間層－出力層間および入力層－中間層間の結合係数と閾値の修正を行った。これらの誤差修正の具体的な規

定方法としては、弾力性バックプロパゲーション (RPROP)⁹⁾の考え方を適用した。さらに、最適な中間層の数の決定に際してはAIC情報量基準^{10)～12)}を用いた。

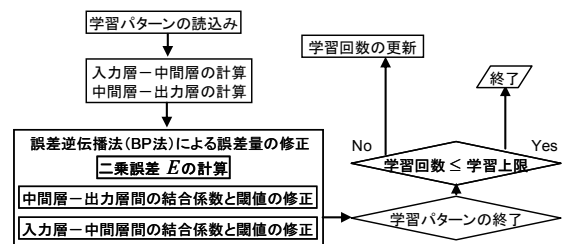


図-7 階層型ニューラルネットワークの学習フロー

なお、本研究における分析の初期段階ではニューラルネットワーク構造のモデル化に関してモーメント法¹²⁾を用いたが学習の収束性が好ましくないため、より学習能力が高いRPROPを最終的に適用した。

表-1にニューラルネットワークの構造決定に必要なとなるパラメータを示す^{13)～18)}。表-1においてⅠに分類されるパラメータは学習全体に関するもの、Ⅱに分類されるパラメータはRPROPに関するものであり、いずれも収束性を考慮して決定した。

表-1 ニューラルネットワークの構築に必要なとなるパラメータ

分類	パラメータ	値および決定法
Ⅰ	学習回数	1000～10 万回. 1 万回程度が一般的
	結合係数の初期値	0～1 の範囲で乱数 により決定
	二乗誤差の目標値	0.01
Ⅱ	学習係数 (-) η^-	0.5
	学習係数 (+) η^+	1.2
	修正量の下限 Δ_{min}	10^{-6}
	修正量の上限 Δ_{max}	50

(2) 感度解析による入力項目の影響分析

ここでは、構築したニューラルネットワークに対

して入力層ユニットの出力層ユニットに対する寄与度を感度解析によって求め、入力層ユニットの出力層ユニットへの影響度を分析する^{12), 19)}。

今、入力層のユニット数を N 個とすると、着目する i 番目の入力 x_i に対する k 番目の出力 O_k の感度を感度係数 A_{ki} として次式のように定義する。

$$A_{ki} = \lim_{\Delta x_i \rightarrow 0} \frac{\Delta O_k}{\Delta x_i} \quad (3)$$

$$\frac{\Delta O_k}{\Delta x_i} = \frac{f(x_1, \dots, x_i + \Delta x_i, \dots, x_n) - f(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)}{\Delta x_i} \quad (4)$$

なお、入力 x_i の微小変化量 Δx_i は 10^{-4} と設定した。

ここでニューラルネットワーク構造における入力層ユニットの寄与度 η を感度係数 A_{ki} から次式のように算出する。

$$\eta = \frac{1}{N} \sum_i^N \left| A_{ki}^{(i)} (x_i^{(i)} - \bar{x}_i) \right| \quad (5)$$

ただし、 $\bar{x}_i$ は i 番目の入力要素の平均である。一方、入力層－出力層間の線形相関係数の絶対値 $|r|$ を次式より求める。

$$|r| = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}} \quad (6)$$

本研究では、式(5)、(6)から求められる寄与度 η と入力層－出力層間の線形相関係数の絶対値 $|r|$ の関係を図-8のように求め、これに基づき構築したニューラルネットワーク構造に支配的な入力項目を分析する。線形相関係数を用いた既往の統計解析に基づく、図-8における(C)、(D)領域が相関が低く、リスク認知構造において影響の低い領域と解釈され、(A)、(B)領域が相関が高く、リスク認知構造において影響の高い領域と解釈される。本研究ではニューラルネットワークに対する感度解析により、高い寄与度を有する(A)、(C)領域をニューラルネットワーク構造の中でリスク認知構造に与える影響が高い入力要素であると解釈する。

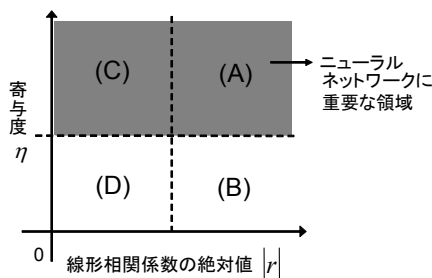


図-8 寄与度－線形相関係数の関係

4. 地震災害リスクに関する認知構造

(1) 問題設定

表-2には構築したニューラルネットワークの入出力データセットを示す。表-2に示す入出力データセットの組み合わせがリスク認知構造の分析対象項目となる。

表-2に示した入力要素および出力要素の項目の具体的な内容は2. (1)に示したとおりである。

表-2 入出力データセット

	入力要素	出力要素
1-1	個人特性	感情要素
1-2		危険意識
1-3		被災後に対する不安
2-1	過去の災害の捉え方	感情要素
2-2		危険意識
2-3		被災後に対する不安
3-1	災害に対する準備	感情要素
3-2		危険意識
3-3		被災後に対する不安

入出力関係1-1～1-3では、個人特性に関する回答者の反応が感情要素、危険意識、被災後の不安に関する反応に対してどの程度寄与し、リスク認知構造に対してどの程度影響を与えているかを評価するものであり、入出力関係2-1～2-3および3-1～3-3は、過去の地震災害に対する知識や捉え方、および地震災害に対する準備に関する回答者の反応が感情要素、危険意識、被災後の不安に関する反応に対して与える影響を評価している。

(2) 分析結果に基づく考察

a) 夏の昼の地震発生を想定した場合

図-9によれば、入力要素を個人特性とした場合、年齢(2: 2. (1)で示したアンケートの質問項目番号に対応。以下、第4章中の記述に関しては同様)、居住地区に関する項目(8, 9)が感情要素および危険意識の出力要素に対して1.5から2.0程度の高い寄与度を示しており、さらに、年齢(2)、子供の有無(5)および居住地区に関する項目(8, 9)が被災後の不安に対して1.5程度の高い寄与度を示している。これにより、年齢および住居地区に関する項目が感情要素および危険意識に与える影響は大きいと考えられ、また、子供の有無が被災後の不安を助長させる可能性があると言える。

図-10によれば、入力要素を過去の地震災害に対する知識や捉え方とした場合、阪神大震災の罹災状況および被害状況に関する知識(5, 6)、東北地方の地震の被害状況に関する知識(9)および最近の東北地方の復興状況に関する関心(12)が感情要素に対して0.4から0.6程度の高い寄与度を示しており、阪神大震災の罹災状況および被害状況に関する知識(5, 6)が危険意識に対して0.8から1.0程度の高い寄与度を示している。これらの結果は阪神大震災に対する認知は地震災害に対する恐怖感や身体的な危険意識に対して大きな影響を与えることを示している。さ

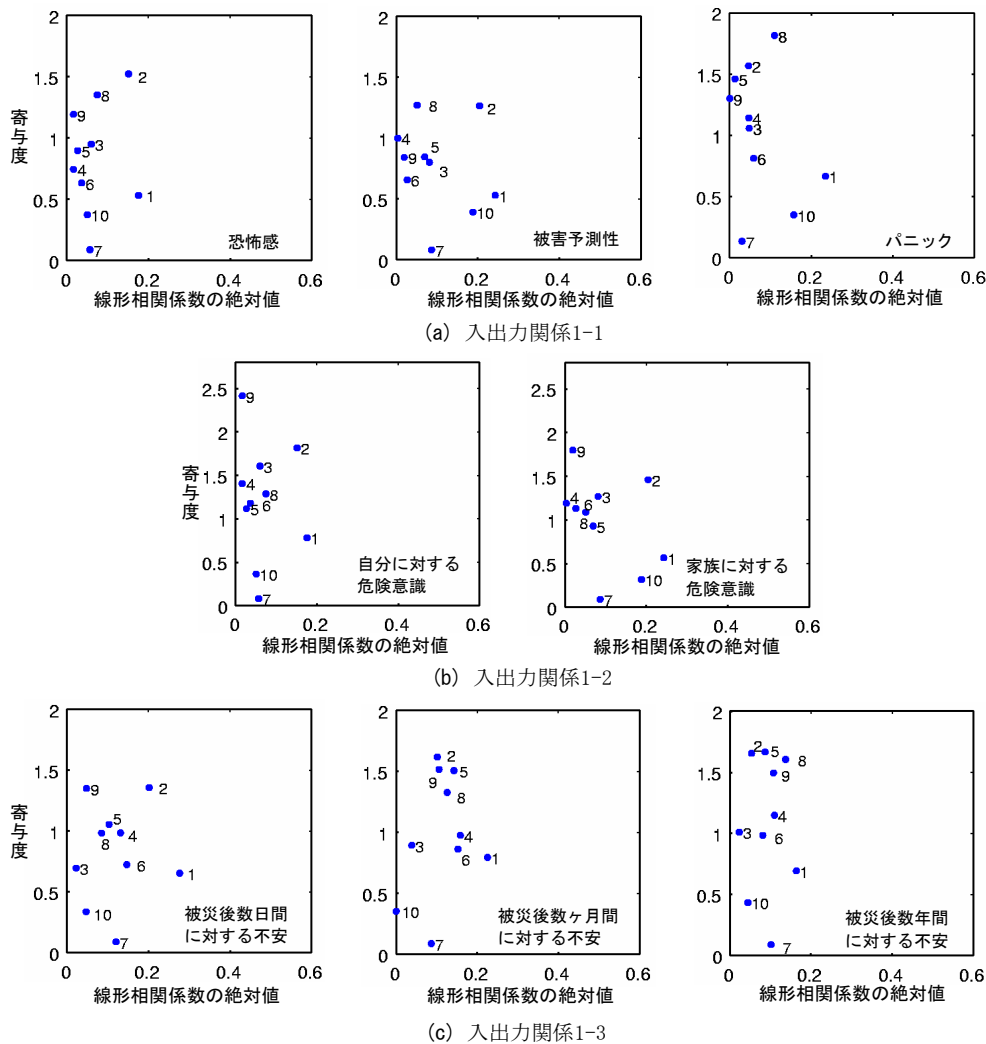


図-9 入力要素を個人特性とした場合の寄与度と線形相関係数の関係

らに、図-10(c)によると被災後の不安感に関しては阪神大震災の罹災状況および被害状況に関する知識(5, 6)に加え、東北地方の罹災および被害状況に関する知識(9, 10)が0.6程度の高い寄与度を示している。これは、時間的に直近に接した東北地方の地震に対する印象が影響した結果であると推測される。

図-11によれば、入力要素を地震災害に対する準備とした場合、地震保険への加入(1)、避難訓練への参加具合(5)、職場からの避難経路の認識(8)、現在の準備の完璧度(9)が感情要素に対して0.8から1.2程度の高い寄与度を示しており、これらの入力要素に加え、家屋の補強を行なうことの経済性(3)が危険意識に対して高い寄与度を示している。これより、家屋の補強に関する回答者の反応が身体的な危険意識に大きな影響を与えていると考えられ、地震災害のイメージが家屋の倒壊等から被害を受けるというイメージと深く結びついている結果であると言える。また、図-11(c)では、地震保険への加入(1)と家具の固定の有無(4)が不安感に対して1.0程度の高い寄与度を示している。

b) 夏の昼と冬の夕方の地震発生を想定した場合のリスク認知構造の比較

入出力関係1-3における被災後数ヶ月間の不安、入出力関係2-1における恐怖感、入出力関係3-2における自分に対する危険意識を取り上げ、夏の昼および冬の夕方の地震を想定した場合におけるリスク認知構造の比較を行うと図-12のようになる。

図-12(a)によれば、被災後数ヶ月間の不安には年齢(2)、子供の有無(5)、住居地区に関する項目(8, 9)が夏の昼および冬の夕方の地震を想定した場合に共通して高い寄与度を示しており、これらは地震の発生時期とは関係なく被災後の不安に対して影響が高い。

また、図-12(b)より、恐怖感に対しては、阪神大震災の罹災状況および被害状況に関する知識(5, 6)および最近の東北地方の復興状況に関する関心(12)が夏の昼および冬の夕方に地震を想定した場合に共通して高い寄与度を示しており、また、冬の夕方の場合、最近の神戸周辺の復興状況に関する関心(7)、および東北地方の地震に対する恐怖感(8)が夏の昼と比較して高い寄与度を示している。これらの結果では、冬の夕方の方が全体的に寄与

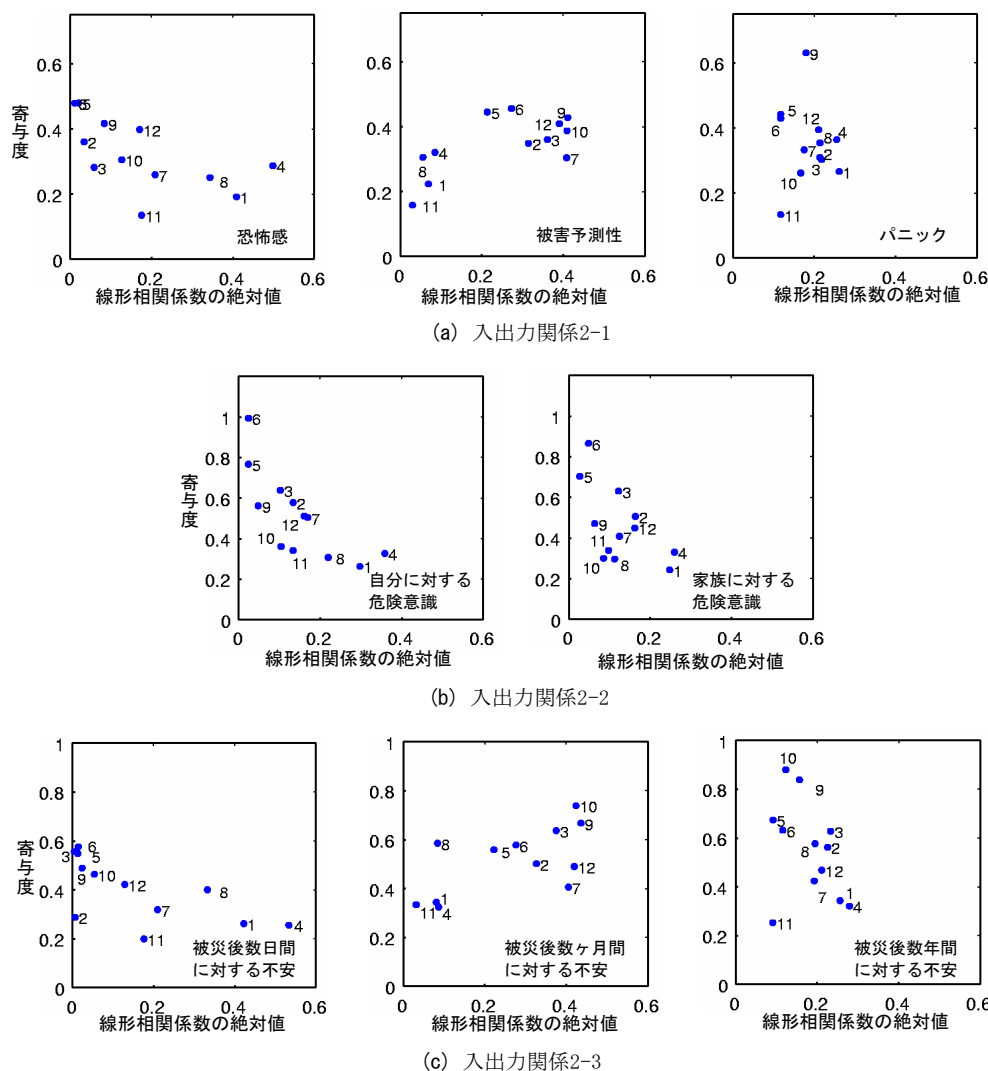


図-10 入力要素を過去の地震災害に関する知識や捉え方とした場合の寄与度と線形相関係数の関係

度の数値が高くなっており、冬の夕方という状況から連想される地震被害に対するイメージが恐怖感を高めていると言える。

図-12(c)によると、自分に対する身体的な危険意識に対しては、地震保険への加入(1)、家屋の補強を行うことの経済性(3)、避難訓練への参加具合(5)、職場からの避難経路の認識(8)が夏の昼および冬の夕方の地震を想定した場合に共通して1.2程度の高い寄与度を示しており、特に地震保険への加入(1)および避難訓練への参加具合(5)の項目の夏の昼の場合に対する寄与度が高い。冬の夕方の方が地震被害が大きくなる可能性が高いと経験的に考えられており、寄与度の数値も印象に付随して大きくなるだろうと予想されたが、これらの結果は回答者のリスク認知が予想と反対の傾向であることを示す。ここで得られた結果はニューラルネットワークによる入出力関係の構築により分析したものであり、上述の結果の理由をメカニズム的に分析することは困難であると考えられる。しかし、今後はアンケートのオリジナルデータを見直すことによって上述の結果の理由等に関して分析を進めていく予定である。

(3) リスク認知情報を利用した意思決定支援システム

以上のように、地震災害に対する人々のリスク認知構造は個人特性、地震災害に対する知識や捉え方、地震災害に対する準備などの項目に大きく依存し、複雑な因果関係となっている。また、人々のリスク認知は本来的には時間とともに移り変わっていくものである。このような背景を踏まえ、ここでは図-13に示すようなシステムを提案する。

本システムはリスク認知に関する情報を質問紙、面談、webを通じたアンケート調査などから時系列的にモニタリングし、これらに基づき問題設定を行った上で、入力と出力の関係を構築し分析することで、想定される自然災害に対するリスク認知情報を地域ベースの地震対策活動に反映させるものである。我が国を想定すると、国全体や県、市レベルでは地震災害に関わる主体の規模が大きくなりすぎるため、図-13で示している‘都市’とは区や町レベルの空間スケールを想定している。

例えば、図-10に示したようなリスク認知構造に基づくと、人々の過去の地震災害に対する知識や

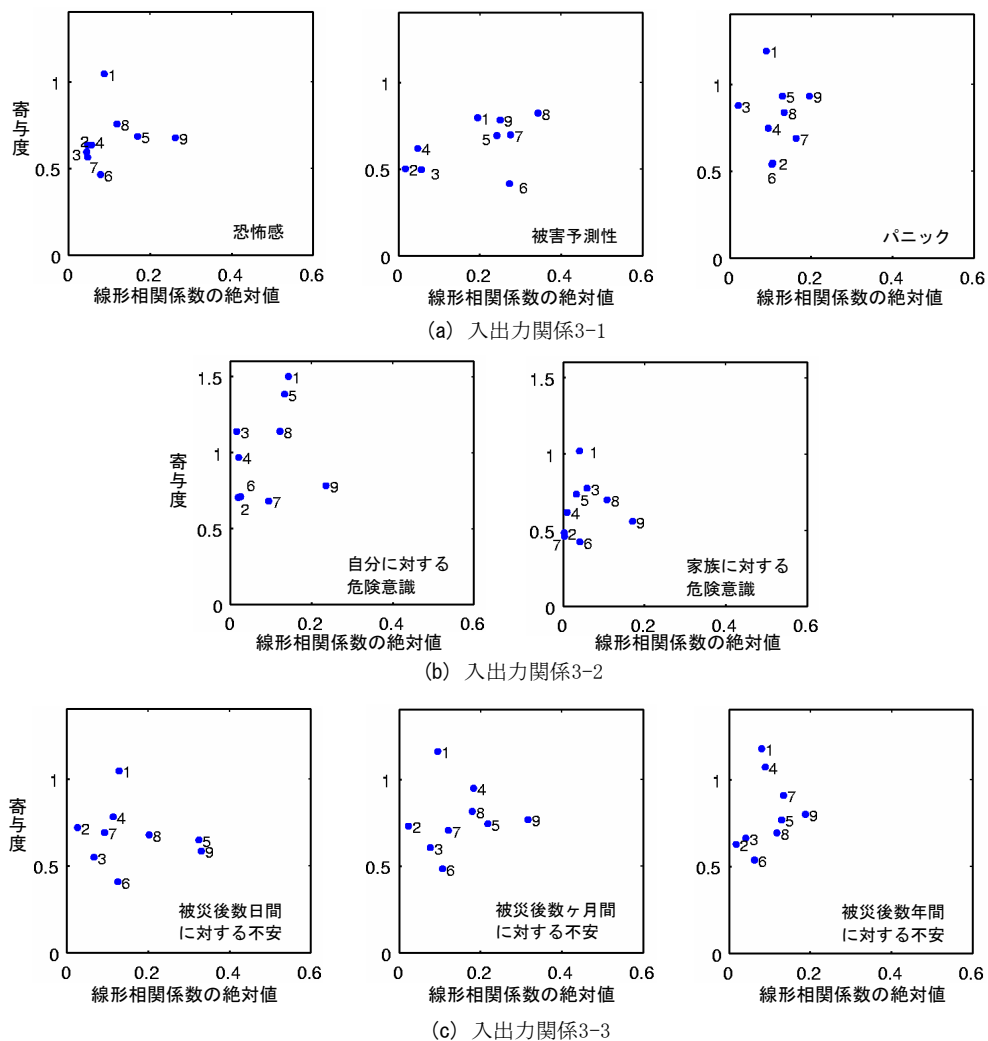


図-11 入力要素を地震災害に対する準備とした場合の寄与度と線形相関係数の関係

捉え方としては、1995年の阪神大震災に対する認知が強く、広報や教育、訓練の場でこれらの題材を活用していく方向性が考えられる。同様に、図-11に示したようなリスク認知構造に基づけば、恐怖感、パニック性を低減するために地震保険への加入へのインセンティブを強調して行なったり、避難訓練方法の改善や参加のアピールをより積極的行なうことも可能となる。このように、区や町レベルの小自治体において地震災害に関わる主体のリスク認知構造を反映させたきめの細やかな対策活動を行なうことができると考えられる。

5. 結論

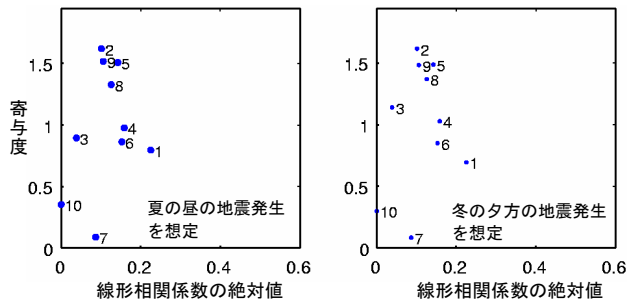
本研究では地震災害リスクの認知構造を階層型ニューラルネットワークを活用して分析し、それらの利活用システムの提案を行った。得られた知見をまとめると以下の通りである。

1) 神奈川県川崎市の自治体行政に携わる主体に対して、地震災害リスクに関するアンケート調査を行い、性別や年齢などの回答者の個人特性、過去

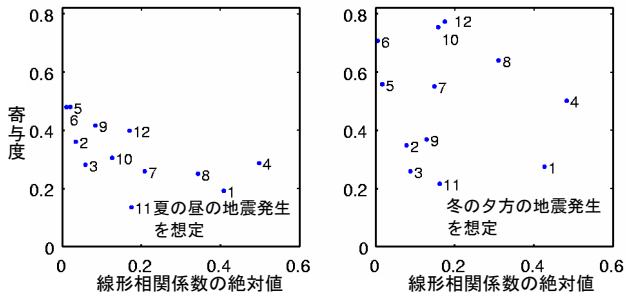
の地震災害に対する知識や捉え方、地震災害に対する準備および地震災害を想定した場合の回答者の感情的側面に関して分析を行った。

2) これらのデータを階層型ニューラルネットワークにおける入出力要素のデータセットとし、地震災害リスクに関する認知構造を分析した。子供の有無、居住地域、阪神大震災の罹災状況および被害状況に関する知識、地震保険への加入、避難訓練への参加度が地震災害に対するリスク認知に大きな影響を与えていることが明らかになった。

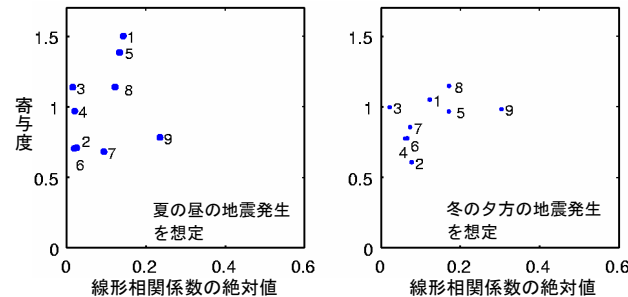
謝辞：本研究を行うにあたり、川崎市役所の職員の方々にはアンケートにご協力いただきました。川崎市の総務局危機管理室の方々や防災対策検討委員会（委員長：東京大学生産技術研究所，目黒公郎教授）の方々には、地震防災に関する貴重なご意見やご教示をいただきました。以上、すべての方々に対して心より感謝の意を表し、深くお礼申し上げます。



(a) 個人特性が被災後数ヶ月間における不安に与える影響



(b) 過去の地震災害に対する知識や捉え方が恐怖感に与える影響



(c) 災害に対する準備が自分に対する危険意識に与える影響

図-12 想定地震が夏の昼および冬の夕方発生した場合におけるリスク認知構造の比較

参考文献

- 1) Slovic, P.: Perception of Risk, *Science*, 17, pp.45-54, 1987.
- 2) Slovic, P.: Perceived Risk, Trust, and Democracy, *Risk Analysis*, Vol.13, pp.675-682, 1993.
- 3) 日本リスク研究学会 (編) : リスク学事典, TBSブリタニカ, 2000
- 4) 家田仁, 村上迅 : 人の被害認知特性を考慮した費用便益分析とネットワーク分析に基づくインフラ施設の要求耐震性能決定法の基礎研究, 土木計画学研究・講演

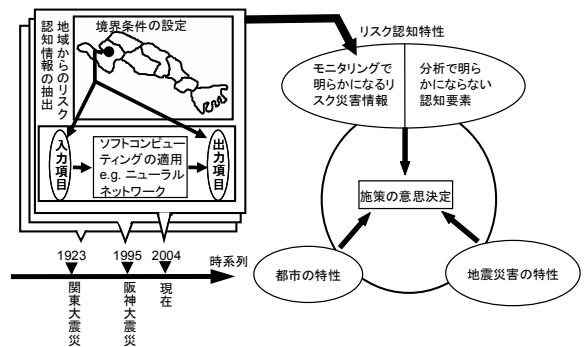


図-13 本提案システムの概要

集, 22(2), pp.539-542, 1999

- 5) 松田曜子, 岡田憲夫, 多々納裕一 : CVMによる家計の自然災害に対する主観的リスクの測定に関する考察, 土木学会第59回年次学術講演会, pp.517-518, 2004
- 6) 大友諒香, 室崎益輝, 北後明彦 : 津波時における行動特性を考慮した避難システムのあり方に関する研究, 地域安全学会梗概集, pp.77-80, 2004
- 7) 川崎市 : 川崎市地震被害想定調査報告書, 1997
- 8) 熊沢逸夫 : 学習とニューラルネットワーク, 森北出版, 1998
- 9) Riedmiller, M., and H. Braun: A direct adaptive method for faster backpropagation learning The RPROP algorithm, *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, 1993
- 10) 和田安弘, 川人光男 : 新しい情報量基準と Cross Validationによる汎化能力の推定, 電子情報通信学会論文誌, J73-D-II, pp.1872-1878, 1990
- 11) 利他多喜夫 : 情報量基準による3層ニューラルネットワークの隠れ層のユニット数の決定法, 電子情報通信学会論文誌, J73-D-II, pp.1872-1878, 1990
- 12) 矢川元基, 吉村忍, 松田聡浩 : 感性と設計, 培風館, 1999
- 13) 西川禎一, 北村新三 : ニューラルネットワークと計測制御, 朝倉書店, 1995
- 14) 中野馨 : ニューロコンピュータの基礎, コロナ社, 1990
- 15) 市川絃 : 階層型ニューラルネットワーク 非線形問題解析への応用, 共立出版株式会社, 1993
- 16) 小澤誠一, 小島史夫, 馬場則夫 : ニューラルネットの基礎と応用, 共立出版, 1994
- 17) 古富康成 : ニューラルネットワーク, 朝倉書店, 2002
- 18) 渡辺富雄 : データ学習アルゴリズム, 共立出版, 2001
- 19) 長田典子 : 検査と感性, 感性情報処理, pp.63-78, オーム社, 1994

(2005. 3. 15 受付)

EVALUATION OF RISK PERCEPTION FOR SEISMIC DISASTER AND ITS IMPLEMENTATION

Gaku SHOJI and Jun KITAHARA

The purpose of this study is to evaluate the risk perception for seismic disasters using neural networks modeling. A questionnaire survey was conducted to gather the data in terms of personal characteristics, knowledge for previous seismic disasters, preparation for future seismic disaster, and feelings against seismic disaster. By applying these data to input and output data sets in the neural networks, how to feel and act against seismic risk was analyzed for the sectors involved in the jobs of the local government in the Kawasaki city in Japan. A real-time monitoring system of the risk perception for the seismic disaster was proposed and effectiveness of the system was shown.