

(131) 地震時の負傷者発生分布について

東京都立大学 工学部 塩野 計司

東京都立大学 工学部 小坂 俊吉

1 はじめに

1983年日本海中部地震による能代市での負傷者（津波によるものを除く）に着目し、その発生分布について考察した。本研究の目的は、被害事例の分析を通じて負傷者の発生に寄与する影響因子を抽出し、負傷者発生予測の定式化に向けて予備的考察を行うことにある。

すでに、筆者らは能代市での負傷者の発生分布を調査し、負傷者の発生分布が建物被害や大規模な液状化現象の発生分布とは一致しないことを指摘している〔塩野・他（1983）〕。人的被害分布と物的なそれとがことなるのは、人的被害の発生が地震動の強さのみならず、それ以外の要因にも強く影響されているためであると考えられる。そのような要因として最も考えやすいのは、どのような人が、どのような環境の中で負傷したかという問題である。

本報告では、地震動の強さに代表される物的な指標のほかに、人口構成（性別、年齢）や生活空間に関する指標を加え、負傷者の発生分布を分析する。

2 資料と地域指標

【地域区分】 負傷者の発生分布は、町（丁）および小字を単位として捉えることにした。以下、町（丁）あるいは小字の単位を地域と呼ぶ。市域は375の地域に分けられているが、人口の極めて少ないものを除いた88地域（領域A）を分析の対象をとした。各地域の人口密度を算出し、最も大きな値（16,011人/km²）の10%および20%に満たない地域を除いた範囲をそれぞれ、領域B、Cとした。領域Bは67、領域Cは45の地域からなる。3つの領域の人口密度はそれぞれ、2,367、4,414、5,961 人/km² である。

【負傷者】 本報告では、地震直後に医療機関での手当て（1回以上の診療）を受けたものを負傷者として取り扱う。能代市での、津波以外の原因による負傷者は50名弱と推定されるが、このうちの37名については負傷地点が明らかにされている〔塩野・他（1983）〕。

ある地域内での負傷者の発生状況（発生頻度）を表すためには、負傷者数（実数）、負傷者率（＝負傷者数／人口）、負傷者発生密度（＝負傷者数／面積）などによるものが考えられる。本報告では、負傷者の発生状況を表す指標として、負傷者発生密度を念頭におくこととする。なお、この指標に一定の「しきい値」を与え、「しきい値」を超える負傷者発生密度があった場合に、地域内に負傷者が発生したとみなすことができる。本報告で取り扱う資料の場合、負傷者発生密度に2.2 人/km² という「しきい値」を設けることによって、負傷者の有無と同じ見方になる。

【震度】 地震後、能代市の全域を対象としてアンケート法による震度調査が行われ、地域を単位とする震度分布図〔野越、1984〕が作られている。震度は5.0～5.9の範囲にあり、注目する領域を全体として見れば、気象庁震度階の「5の強」から「6の弱」の範囲に相当する。

【家屋被害】 能代市総務部庶務課防災担当（1984）による被害調査の結果を参照した。この資料を利用し、全壊（1）、半壊（0.5）、一部損壊（0.25）のウェイトを与えて被害件数を算出した（住家被害に限る）。地域指標としては、被害率（＝被害件数／世帯数）を用いた。

【建物】 固定資産課税台帳をもとに、地域ごとの棟数と床面積として編集された資料によって、地域内の建物の状況を捉えた。床面積率（＝床面積／地域面積）を指標として、家屋の密集度を知ることができる。

【人口、世帯数】 住民票にもとずいて編集された資料を利用し、地域の人口構成を捉えた。資料に記載された統計量は地域ごとの世帯数と人口（性、年齢別）である。人口と世帯数、さらに地域の面積を利用して、

つぎにあげる5つの指標を準備した。すなわち、人口密度、平均世帯人員、女性人口率、幼少者人口密度（6歳未満）、高齢者人口密度（65歳以上）である。

ここで、平均世帯人員に関連して、つぎのことを指摘しておく。世帯人員と住宅の広さには強い対応関係が見られ、世帯人員が一世帯あたりの住宅の広さを表す指標として利用できることがわかる。

本研究で用いる人口資料は全て夜間人口についてのものであり、資料が示す人口分布と地震時の人口分布が一致していることは期待しにくい。そこで、人口に関連する指標は、地震時の人口分布を直接に捉えるものとしてではなく、「老人が多い」「女性が多い」などのように、地域の特性を柔軟に評価したものとして取り扱うこととする。

3 解析

【地域のグループ化】 地域指標に従って、地域を上位～中位～下位の3つのグループに分けた。この分類は相対的なものであり、各グループに含まれる地域の数なるべく同じになるように配分した。ただし、震度（2桁の値として得られている）については、5.2以下を下位、5.3～5.5を中位、5.6以上を上位とした。図1(b)～(d)には例として、震度（上位）、平均世帯人員（下位）、高齢者人口密度（上位）の分布を示した（斜線部）。図1(a)では、負傷者が発生した26の地域を示した。地域の負傷者発生密度としてみた場合には、その上限が64.5、下限が2.2、平均値は12.7である（単位は、人/km²）。

地域指標の上位または下位グループの分布が負傷者の発生分布と似ているものとしては、1) 床面積率、2) 人口密度、3) 平均世帯人員、4) 女性人口率、5) 高齢者人口密度がある。これらは、いずれも地域の居住者や住環境に関する指標であり、社会的な地域指標と呼ぶにふさわしい。他方、震度や被害率のような物理的な指標の上位グループについてみれば、かならずしも負傷者の発生分布とは一致していない。

地域指標の上位～中位～下位という3つのグループごとに、負傷者が発生した地域とそれ以外との割合を調べた（図2に領域Cの場合を示す）。震度と被害率を除く6つの指標については、地域指標の変化（下位から上位へ）に対し、負傷者の発生した地域の割合は単調に変化している。ただし、幼少者人口率については、それが高いほど負傷者の発生する地域の割合が低くなっており、常識的な推測とはうらはらの関係にある。負傷者の発生と関連を持つ地域指標としては、先にも注目した5つが有力と考えられる。領域AとBの場合にも、ほぼ同様な傾向が見られた。

【多変量解析】 すでにみてきたように、地域指標のなかには負傷者の発生との関連性が強いものがある。そのような指標の影響を同

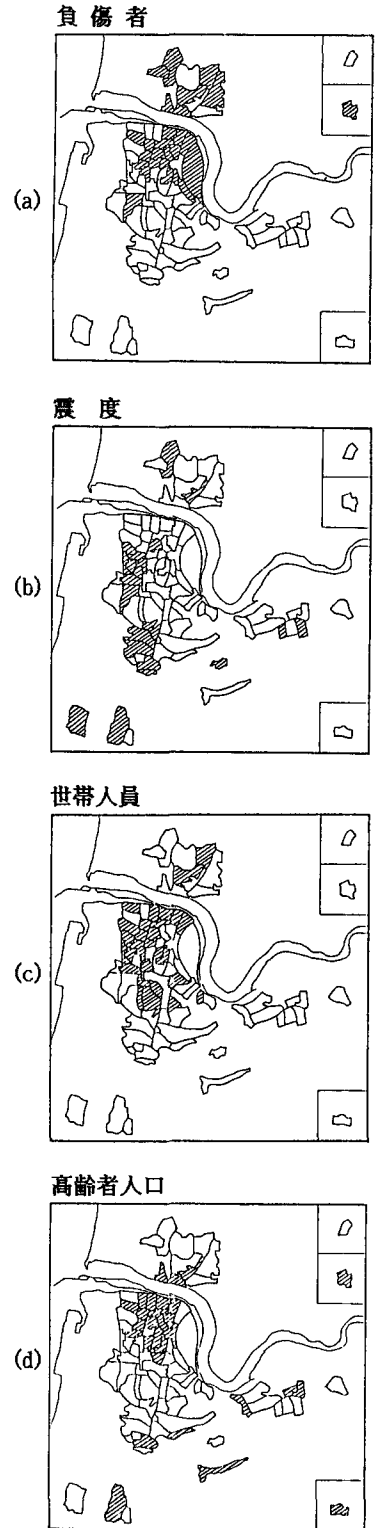


図 1

時に考慮することによって、各指標の重要性を比較し、あるいは指標相互の関連性を調べることも興味深い。また、このような考察は、被害予測式の構成へと発展する準備として重要である。

説明変数として用いる地域指標は、上記の検討結果を考慮して、1) 床面積率、2) 平均世帯人員（住宅の広さ）、3) 女性人口率、4) 高齢者人口密度を選んだ。なお、負傷者の有無と関連の深い地域指標として、ほかに人口密度があるが、これは床面積率との相関性が高く（相互相関係数 0.81）、説明変数としては用いない。

解析にさいしては、地域指標の値をそのまま用いて連続量としての取り扱いをすることはせず、前の節と同様に、上位～中位～下位の3つのグループに分けた取り扱いをする。また、負傷者の発生の有無を判別するという問題として考察することとし、分析には数量化理論の第2類（質的な指標を含む資料の判別解析）を用いる。

上記の4つの指標を用いて解析し、得られたカテゴリー・ウェイトについては、つぎのような特徴がみられた。まず、指標値の上位から下位への変化に従って、カテゴリー・ウェイトが単調に変化しないアイテムがあることである。先に見てきたところから単純に推測すれば、カテゴリー・ウェイトは全ての指標について単調に変化することが期待できる。しかし、4つの説明変数を同時に用いたことにより、単純な予想とはなじまない結果が得られることとなった。また、特定の指標に着目した場合にも、解析の対象とした領域（A、B、C）が変わることによって、カテゴリー・ウェイトの変化が様々なパターンをとることがわかった。取り扱う領域のちがいが（それぞれに人口密度がことなる）によって、ある地域指標が説明変数として有用である場合と、そうでない場合があることを示すものである。

前にも述べたように、ここで用いた4つの指標はいずれも、下位から上位（あるいは上位から下位）へと変化することによって、負傷者の発生に対する寄与が次第に大きくなると思われるものである。建て込んだ地域が危険なこと（床面積率）、狭い空間内に居ることが負傷に結びつきやすいこと（平均世帯人員～住居面積）、体力やとっさの判断力に劣る人々が負傷しやすいこと（女性人口率、高齢者人口密度）は、一般的な傾向とみて差支えないものと思われる。とすれば、多変量解析という取り扱いのなかでも、このような一般性が失われないことが求められてくる。4つの指標を3つにへらして解析し、このような問題が解決されるかどうかを検討してみた。

説明変数を3つにして得られたカテゴリー・ウェイトを図3に示した。3つの説明変数のすべてに、期待

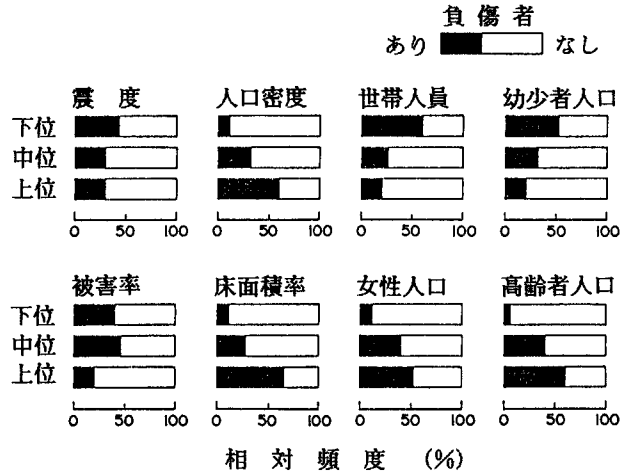


図 2

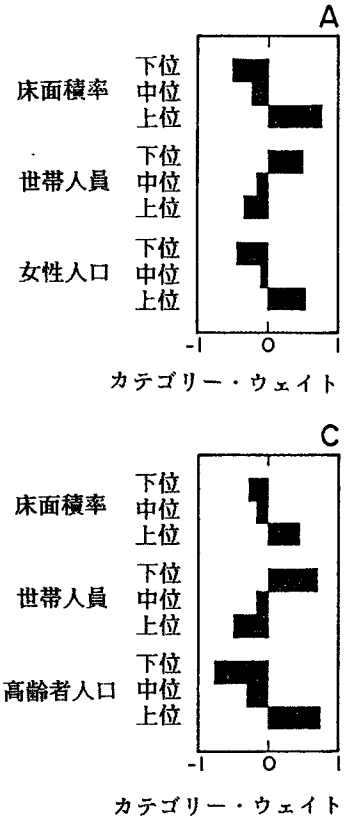


図 3

されるカテゴリ・ウェイトの変化が見られたのは、領域Aの場合の「床面積率-平均世帯人員-女性人口率」と領域Cの場合の「床面積率-平均世帯人員-高齢者人口密度」の組み合わせであり、これらを図に示した。これら2つの場合の誤判別率は、38%（前者）と23%（後者、図4）である。

ここで、上で注目した2つの場合に注目して、各指標の説明変数としての重要性を比較してみる。領域A・「床面積率-平均世帯人員-女性人口率」の場合には、床面積率（=建物密集度の指標）がもっとも大きなレンジを持っている。領域Aは、能代市の広い部分に及び、市の中心部から郊外の田園地帯までを含んでいる。このように、都市化の程度の幅が広い場合には、都市化の程度を表すような地域指標がそのまま、負傷者の発生しやすさの指標になっていると見ることができる。つぎに、領域C・「床面積率-平均世帯人員-高齢者人口密度」の場合を見ると、平均世帯人員（〜戸あたりの住居面積）と高齢者人口密度が床面積率を上回るレンジを持っている。領域Cは市の中心部付近の、都市化の面では比較的一様な部分にあっており、このような条件のもとでは、住環境や人口構成などのより具体的な地域特性に着目することの必要性が示されている。

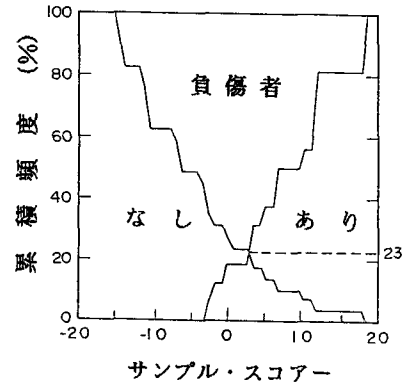


図 4

4 おわりに

日本海中部地震による、能代市での負傷者（津波によるものを除く）に着目し、その発生分布を分析した。その結果より、つぎのような点を指摘することができた。

- i) 負傷者の発生状況には、着目する地域の建物の密集度、人口密度、一戸あたりの住居面積、女性人口、高齢者人口が関与する。
- ii) 都市の中心部から郊外までを含めた範囲についてみると、負傷者の発生分布は人口密度や建物密集度に支配される傾向がつよい。
- iii) 都市中心部の人口密度や建物密集度がほぼ一様な範囲に着目すると、負傷者の発生分布は住宅の広さと居住者の年齢構成（とりわけ高齢者の数）に支配される傾向がつよい。

以上の3点は、既往の被害調査を通じて形作られてきた負傷者発生パターンのイメージにきわめてよく一致するものと言えよう。また、このような結果を得るに致った分析の過程がそのまま、被害予測式の構成に応用できることから、本研究の目的はほぼ達せられたものと考えられる。

なお、本研究で行った解析では、震度の大きな地域で負傷者が多く発生するという関係が見られなかった。これは、資料を得た地域の震度が比較的せまい範囲に限られていたことに関連すると思われる。震度がより広い範囲に及ぶ場合を調査し、震度の影響についても分析することが、今後の課題の一つである。

被害予測式は負傷者発生密度や負傷者率などのような、基準化された変量に着目して構成されたとき、始めて実用的なものとなる。本研究で試みたような、判別という問題のとらえ方では予備的考察の域を出ることができない。定量的な予測式の構成という目的に向けて、より適切な被害事例に取り組む機会を得ていきたい。

【参考文献】

- 塩野計司・小坂俊吉・加藤 雅 (1983), 総合都市研究 (都立大学・都市研究センター), 20, 153-167.
 野越三雄 (1984) 私信
 能代市総務部庶務課防災担当 (編) (1984), 日本海中部地震/能代市の災害記録, 613pp.