

災害情報の可視化と避難経路

－ 東海地震に対する名古屋市南区の事例 －

M2005MM035 海津 瑠美

指導教員 伏見 正則

1 はじめに

東海地方では、半世紀以上前から東海・東南海・南海地震などの巨大地震が発生し、被害が広域に亘ることが懸念されている。さらに、巨大地震が連動して発生する可能性があり、その場合、近隣からの救援は見込めないうえ、交通網の遮断などにより円滑な救援は期待できないため、各自治体や地域社会での対策が、被害の軽減を目指すうえで非常に重要である。

また、通行不可能な道路が避難や救助が人的被害をさらに増大させる要因となるため、避難や救助に大きなハンデを持つ災害弱者の避難をどれだけ迅速に行うかが、人的被害の軽減につながると考える。

さらに、迅速な避難には、住民自身がどの場所でのどのような被害が起こるのかについて把握をする必要があるため、被害や危険度など、災害情報の可視化を行う必要がある。

当初本研究は、ArcGIS を利用し、様々な紙のデータや地図を整理し、デジタルな 1 枚のハザードマップを作成し、ArcGIS のマクロ機能である VBA を用いた震災被害予測シミュレーションシステムの構築を計画していた。

GIS における災害情報のデジタル化は順調に行えたが、VBA を用いたプログラムを用いた地図上のルートが表示されないなどの問題点を解決できなかったため、システム作成は断念した。尚、プログラムは VB では実行できたので、GIS 上での図形描写のプログラムに原因があると考えられるが、解決策は見つからなかった。

そこで、本研究では方針を変え、被害予測を可視化することを第一目的とし、最短避難経路の確保を始めとした避難に関する防災について考えていく。アプローチとしては、ArcGIS を用い、人的被害軽減のための最短避難路モデル作成を行うとともに、東海地震に対するハザードマップの作成により、地震時の危険を可視化する。作成されたハザードマップを元に、津波被害予測シミュレーションを行い、地震の程度や二次災害の予防に向け、今なせる対策を提唱・検討することにより、災害情報の扱いや表現についても考える。

2 東海・東南海地震

2.1 東海地震

東海地震はマグニチュード 8 クラスの巨大地震で神奈川県から愛知県にかけての広い範囲で強い揺れが起こり、津波による被害の発生も懸念されている。これに加え、東南海地震・南海地震が同時に発生すれば、関東から

九州までの広範囲に被害が拡大し、阪神・淡路大震災を大きく上回る大災害となると考えられる。

また、過去の東海・東南海地震などの観測結果より、プレートの境界はゆっくりとずれていくといった前兆現象が観測されたため、これらの巨大地震の発生も予知できる可能性があると考えられている。

2.2 東海地震による被害

東海地震 (M8 と想定)、東南海地震 (M8.1 と想定) が発生した際の名古屋市における被害は、以下のように予測されている。[2]

2.2.1 揺れと液状化

東海地震発生時：震度 5 弱から 6 弱の揺れ

東南海地震発生時：震度 5 強から 6 強の揺れ

これらの影響を踏まえ、建物倒壊や破損により、死傷者が増加すると考えられる。また、名古屋市南区、港区では「液状化の危険度」が極めて高くなるので、さらに被害が拡大する可能性がある。

2.2.2 津波

太平洋沿岸の広範囲で津波被害が予測され、名古屋港付近では、地震発生後 90 分で到達し、最高水位 2.4m となり、建物等への浸水も懸念される。

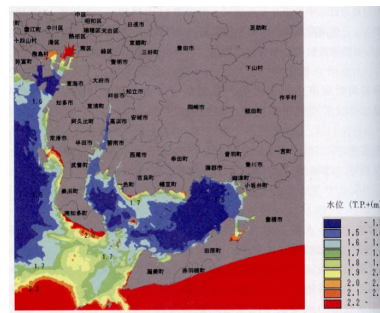


図 1 東海地震における津波の高さ

2.3 人的被害

名古屋市を中心として死傷者、要救助者は多く発生、死者の多くは建物被害が要因と考えられる。要救助者の特徴として、早朝 5 時には木造建物での需要が多く、昼間は非木造建物での需要が多いとされ、昼間に大規模地震が発生した場合は、交通機関停止などにより、死傷者、要救助者だけでなく、帰宅困難者も発生する。ただし、地震の予知により、人的被害は約半数まで軽減でき、帰宅困難者も公共交通機関に変わる他の交通手段の利用が可能になれば、被害は突発地震の際よりも 4 割程度に減少できる。

3 分析基本モデル

3.1 対象地域

東海地震において、震度、液状化、津波、土砂崩れの危険度が高いと予測される「名古屋市南区」を本研究における対象地域とする。さらに、70歳以上の人口が多く、災害弱者となりうる住民が多いため、災害弱者の避難について考えるモデル地域として適している。

3.2 対象地域の被害予測

東海地震に対する対象地域の被害予測は以下のようになっている。

- 震度:6弱から6強の強い揺れ
- 液状化:川沿いを中心に広範囲で発生
- 建物:10棟に1棟は全壊,5,6棟に1棟は半壊
- 死傷者:死者数十人にのぼる,早朝の発生時は,負傷者は約2500人
- 火災:住宅密集地域などで十数か所発生への恐れ
- 津波:十分な注意が必要.揺れが収まってから約90分で到達

3.3 条件

モデルを単純化するため、以下の条件を制定する。

- 災害弱者:70歳以上の高齢者,9歳未満の乳幼児。
- 避難群衆:対象地域内のすべての災害弱者。地震が発生した瞬間に、瞬時に情報を得、最寄の避難所へ避難する理想的な群衆とする。
- 避難施設:名古屋市が指定する屋内の「避難所」53か所。
- 避難:すべての交差点を始点とし、利用領域内の避難所を目的地とする。
- 時間帯:すべての住民が自宅にいる時間帯とする。
- 道路ネットワーク:すべての交差点をノード、すべての道路をアークとし、これらを結ぶことにより、構築する。
- 最短路:ダイクストラ法に基づく,ArcGISの追加機能であるNetwork Analystを使用し、求める。

3.4 研究手順

ArcGISの使用により、東海地震の災害情報の可視化、避難路の確保を行う。

各避難所の利用領域の作成と問題点

最短避難路ネットワークの構築

対象地域の避難に対するハザードマップの作成

最短避難路モデルの作成

津波被害発生が予想される地域における避難状況の可視化

以上の結果を踏まえ、避難の観点から防災対策、防災に強い街について考察

4 避難領域

4.1 避難所利用の現状

名古屋市では、避難所利用は個人の判断に任せる方針だが、この現状は、地震発生時の避難に際して、住民に混乱をきたす可能性がある。

そこで、避難所利用領域を決め、可視化された地図を基に、各自が最寄の避難所を瞬時に判断し、迅速な避難を行うことにより、人的被害の軽減に繋がると考える。尚、隣接区の避難所は考慮しないものとする。

4.2 避難所利用領域

避難所の利用領域は、各避難所収容人数と道路ネットワークを考慮した重み付きネットワークポロノイ領域に基づき構築し、考える。[3]

以上を踏まえ、Network Analystにより、避難所53箇所を母点、避難所収容人数を重みとする避難所利用領域を作成した。結果を図2に示す。

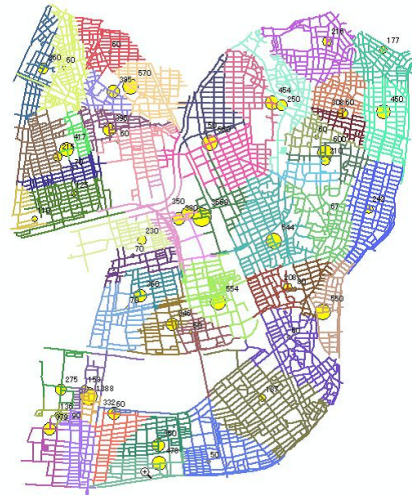


図2 避難所利用領域

数箇所の避難所が塊で配置されているため、収容人数が利用領域にうまく反映されず、最適な配置とは考えにくい。

4.3 災害弱者人口と避難所収容人数

各町丁目の災害弱者人口を図2に反映させることにより、施設配置の問題点を考えた結果、災害弱者人口に対し、避難所収容人数はすべての町丁目において足りない。

災害弱者の分布と避難所収容人数について可視化することで、問題点を挙げる。図3のドットは、ピンク:高齢者、青:乳幼児、紫:災害弱者である。

図3において、災害弱者の分布は高齢者の分布に似ており、災害弱者には高齢者の影響が強い。また、災害弱者が多い地域には規模の小さい避難所が多く、少ない地域には規模の大きい避難所があるといった問題点が発見された。



図3 収容人数と災害弱者人口

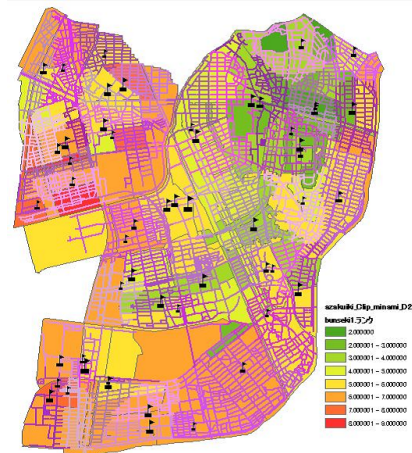


図4 危険度を踏まえたハザードマップ

この問題の解決には、収容人数の多い避難所の領域を広げる必要があるが、災害弱者には震災時の長距離移動は困難である。また避難所を新たに建設するにはコストも時間もかかるため、どのような対策が必要か考察する。

5 ハザードマップ

5.1 概要と活用例

ハザードマップとは、自然災害による被害の軽減や防災対策に活用する目的で、自然災害による被害を予測し、防災関係施設の位置などを表示した地図である。

5.2 東海地震に対するハザードマップ

名古屋市のハザードマップである「地震マップ」は、地震情報の詳細な記載などの良い点もあるが、情報が多すぎてわかりにくいといった非常時の利用には致命的な問題点を持つため、活用しにくい。

そこで、名古屋市による地震マップを補足する形で、震災時に住民が対象地域のさまざまな危険度と必要な情報を瞬時に得られる、簡潔で重要なポイントを抑えたハザードマップを作成する。区分けは町丁目単位で行い、載せる危険度情報の種類を変えた以下の2つのハザードマップについて考える。

震度・液状化・津波・土砂災害

震度・液状化・津波・土砂災害・総合危険度評価・災害弱者人口

各危険度情報はそれぞれランク付けを元に、総合的な危険度ランクを表示する地図とする。

の図に避難所と避難所利用領域の情報を加えて、完成させたハザードマップを図4に示す。

名古屋市地震マップに比べ、瞬時に危険度を読み取れるようになったが、どの町丁目にどのような危険度が潜むのかまでは判別できない。そこで、各危険度情報を基にクラスター分析を実行し、町丁目を危険度の種類によりグループ分けをしたマップ図5を作成した。

図5より、各町丁目は隣接した町丁目とほぼ同じ種類

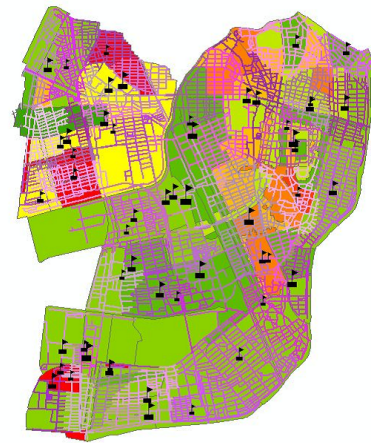


図5 危険度グループ分けハザードマップ

の危険度になっていることがわかるため、隣接した地域への避難の際には、自分の住んでいる地域と同種類の危険に気をつければよいと考えられる。

6 最短避難路と津波被害

6.1 最短避難路ネットワークと道路利用

Network Analyst により、最短避難路ネットワーク図6を作成する。

作成した最短避難路から、対象地域において国道1号線と国道23号線の使用頻度が高いと考えられ、この2線の道路の確保と補強は第一に行うべきである。

6.2 最短避難路モデル

一般最小費用流問題の解法アルゴリズムを利用し、最短避難路モデルを考える。 N : 点集合 N_s : 流入口の集合 N_t : 流出口の集合

q_i^s : 流入口 $i(i \in N_s)$ の流入人数

q_i^t : 流出口 $i(i \in N_t)$ の流出人数

u_{ij} : 枝 ij に流入できる人数)

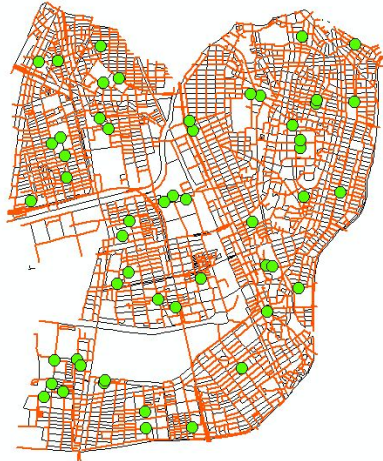


図6 最短避難路ネットワーク

x_{ij} : 枝 ij に流す人数
 C_{ij} : 枝 ij に1単位流すのに必要な時間
 w_{ij} : 枝 ij の道幅 (m)
 a : 人が1人歩くために必要な道幅 (m)

ただし,

$$N_s \cap N_t = \phi \quad (1)$$

$$\sum_{i \in N_s} q_i^s = \sum_{i \in N_t} q_i^t \quad (2)$$

$$u_{ij} = w_{ij}/a \quad (3)$$

これを踏まえ、問題を以下のように定義する。
 目的関数：

$$z = \sum_{(i,j) \in N} C_{ij} x_{ij} \rightarrow \text{最小化} \quad (4)$$

制約条件：

$$\sum_{j|(i,j) \in N} x_{ij} - \sum_{j|(i,j) \in N} x_{ij} = \begin{cases} q_i^s & (i \in N_s) \\ 0 & (i \in N, i \neq s, t) \\ -q_i^t & (i \in N_t) \end{cases} \quad (5)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq u_{ij} \quad (i, j) \in N \quad (6)$$

6.3 津波に対する避難シミュレーション

対象地域内で津波被害の影響を受ける
 南陽通・五条町・道徳新町・道徳通・観音町・泉楽通・六条町・七条町・堤町
 について, Excel を用い, 津波の進行を時間変化でとらえ, Visual Basic により, 6.1 節で作成した最短避難路ネットワーク上にその被害を可視化することにより, 津波被害について理解する。[4]

7 終わりに

7.1 東海地震への対策と災害情報の可視化

本研究では, 地震情報を整理・可視化することにより, 東海地震対策の問題点について考えてきた。

地震の被害を軽減するためには, 自治体の対策だけでなく, 各家庭や住民1人1人が正しい情報を得, 対策を立てておかねばならない。

そこで本研究の結果, 災害情報は以下の点に注意し, 扱ふべきであると考えられる。

- さまざまな情報をまとめ, 総合的な情報にする
- 情報は文書でなく, 視覚的に理解できるものにする
- 現在足りない避難所に対し, 公園などの一次避難所を利用する必要がある
- 新たに避難所となる施設や公園を設置する
- 地震情報は刻々と変わるため, 常に最新の情報を得, 理解する必要がある
- 自治体と各地域や自治会との情報交換の必要性

これらを, 避難の観点から見た東海地震に対する対策として, 提唱する。

尚, 昨年末に名古屋市では, 以上の対策についても考慮された地震対策として, 震災に強い街づくり方針案を発表している。[5]

7.2 今後の課題

1 節で触れたが, ArcGIS の使用による地理情報とシミュレーションシステムの融合が行えなかった。災害情報を瞬時に理解し, 被害の予測を行うためには, 1つの地図やソフトウェアにより情報をまとめる必要性は欠かせない。そのうえで, さまざまな情報についてシミュレーションを行うことにより, 2次災害などについても対策ができる。また, 津波被害と避難状況も可視化し, よりわかりやすい問題点の発掘に努めたい。このような問題を解決するために, GIS におけるシステム開発について学ぶ必要がある。また, より現実に近い被害予測を行うためには, 最新の詳細な情報やデータの入手が欠かせないと考える。

参考文献

- [1] 海津瑠美：道路閉塞字の最短救急道路ネットワーク-巨大地震発生時を想定した名古屋市南区の事例-, 南山大学数理情報学部数理科学科 卒業論文 (2005.1).
- [2] 愛知県防災会議地震部会：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書 -想定地震に基づく被害想定-, 平成 15 年 3 月。
- [3] 岡部篤行・鈴木敦夫：最適配置の数理, 朝倉書店 (1992).
- [4] 伯野卓彦：ビルにおける避難の数理モデル, 東京大学工学部計数工学科数理コース 卒業論文 (1989.3).
- [5] 名古屋市 防災都市づくり計画検討委員会：震災に強いまちづくり方針 (案), 平成 18 年 12 月。