

道路閉塞時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 —

2001MM095 海津 瑠美

指導教員 伏見 正則 教授

1 はじめに

東海地方では、近い将来東海・東南海・南海地震などの巨大地震が発生すると言われており、今後起こりうる大震災に備え、被害を最小限にするために、過去の大震災等の経験を生かし、さまざまな対策がとられている。しかし地震に対する対策はまだ十分ではなく、現在の状況下で巨大地震が発生したら、人的被害が拡大することも十分に考えられる。巨大地震時には建物の倒壊によって多くの道路が通行不可能となることが考えられ、けがが人の救助・搬送にも重大な障害となり、これが人的被害をさらに大きくする要因になる。このような建物の倒壊による道路の閉塞によってネットワークが機能しなくなった場合、いかに迅速にそれに代わる最短の道路ネットワークを利用できるかが、人的被害の軽減につながると思われる。

そこで本研究では、建物倒壊による道路閉塞時の最短救急道路ネットワーク表示のシステムを構築することを目的としたい。また、そのシステムにおいて、建物倒壊前後の最短救急道路ネットワークの比較を行う。その結果と年代別人口などの条件から、ネットワーク確保のため、道路に復旧の優先順位をつけ、今後の巨大地震に備え、対策すべきことの提唱・検討をしたいと考える。

2 問題解決へのアプローチ

2.1 対象地域

愛知県防災会議(2004.5.18)で公表された地域ごとの危険度予測において、さまざまな分野において危険度が高いとされる「名古屋市南区」の一部地域を対象とする。この地域は密集住宅・商業用地が多く、古い建物が多いため建物倒壊率も高いと予測されている。また道路も細く、複雑になっているため、建物の倒壊により、簡単に閉塞されてしまうことが考えられる地域である。

2.2 条件

道路：数値地図 2500 掲載、幅員 3m 以上

要因：建物の倒壊

病院：社会保険中京病院

消防署：南消防署本署、大同出張所

倒壊する建物と閉塞される道路：商店街(道徳通・道徳中央通・道徳銀座)と両側に商店街があり、幅員 10m 未満の道路

最短路を求めるアルゴリズム：ダイクストラ法

以上の 6 つの条件を提示し、ESRI 社の ArcGIS8.3、Microsoft 社の Excel、VisualBasic を使用し、図 1 のように救急車が消防署から要救助者を救助し、病院に搬送

する最短路を求めることで、最短救急道路ネットワークを構築していく。

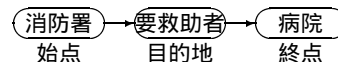


図 1 ネットワークの考え方

2.3 ネットワークの構成

対象範囲のすべての交差点をノード、すべての道路を枝とし、それらを結んでいくことで、道路ネットワークを構築する。また最短路を求めるための枝の重みは、外部状況によって変化することのない道路の距離として考える。南消防署本署、大同出張所に一番近い交差点(ノード) 2 点を始点とし、終点は社会保険中京病院への入口の交差点(ノード) 4 点とする。ただし、始点、終点ともにそれぞれ複数点あるので、その中でも最適な点を選ぶためにダミーノードを置く。すべての交差点(ノード)を目的地(けがが人の発生地点)として考える。以上を踏まえて、図 2 で、本研究での道路ネットワークを示す。

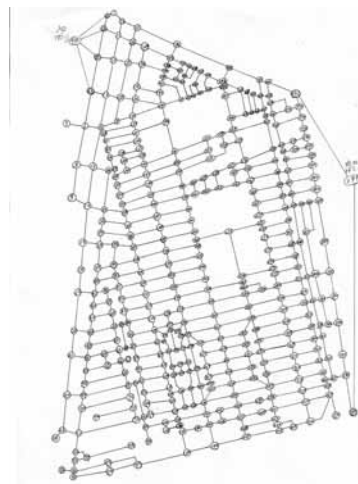


図 2 道路ネットワーク

3 最短ルート表示システムの概要

要救助者のいる位置に一番近い交差点番号を入力することで、地図上に消防署から出発し、要救助者を救助、病院へ搬送するまでの最短路の表示を、最短ルート表示システムとして、GIS と VB を使用することにより以下

の手順で構築する。

GIS 上に対象地域の地図を作り、利用する病院、消防署などをわかりやすく、記述する。

道路ネットワークを構築する。枝の重みである道路の距離は、Excel に隣接行列として入力する。

Excel のマクロ機能である VBA(Visual Basic for Application) でダイクストラ法のプログラムを作成し、目的地を入力すると、最短ルートを交差点の番号と地図の座標とで示す。

で出力した座標を結び、VB 上で動かしている GIS の地図にルートを視覚的に表示する。

また、建物の倒壊後の道路ネットワークについては、倒壊すると考えられる建物を特定し、閉塞する道路を決定し、Excel の隣接行列を書き換えることで対応できる。

[1] [2]

4 最短救急道路ネットワークと地震対策

最短救急道路ネットワークとは救急車が消防署から出発し、要救助者を救助し、病院に搬送するまでの搬送ルートのことを指し、また、この最短経路(最短ルート)をつないだ最短経路網とする。そこで、最短救急道路ネットワークの構築にあたっては、以下のような手順で行う。

3 節で構築したシステムを実行し、目的地番号を入力すると、その目的地における最短経路が表示される。これを 1 ~ 398 までのすべての目的地において行い、すべての最短経路を 図 2 のネットワーク図に書き入れていく。書き入れられた最短経路網を最短救急道路ネットワークとする。ここで作成された道路閉塞前のネットワークと道路閉塞後のネットワーク、またそれぞれの目的地への最短経路を比較・検証すると、次のことがわかる。

- ・ 道路の閉塞後も最短経路網はすべてのノードを網羅している。
- ・ 最短経路は直線的なものが多い。
- ・ 道路閉塞前においても、また道路閉塞後においても道路ネットワークにも最短経路網に含まれない道路がある。
 - ・ 道路閉塞前の最短経路網に含まれていなかった道路が、道路閉塞後の最短経路網で閉塞された道路の代わりとなる場合がある。
- ・ 横(東西)の動きよりも縦(南北)の動きを止められた場合の方が時間がかかる。

4.1 道路の復旧順位

閉塞された道路は早急に復旧させる必要性があると考えられるので、ここでは本研究の目的である「要救助者を最短で救助・搬送すること」を前提として、どの道路から優先的に復旧させるべきかを考える。

道路閉塞前と道路閉塞後の最短距離の変化

人口に対する高齢者・若年者の比率(10段階の階級区分) [3]

以上の2点を踏まえ、道路ネットワークにおける地震対策として、閉塞された道路の復旧順位をつけることにする。なお、については地図を作成し、視覚的に検討する。

4.2 地震対策と道路ネットワーク

本研究では最短経路の確保により人的被害の軽減を目指しているため、4.1 節で挙げた注目すべき2点のうち、高齢者・若年者の比率を優先して行う。そこで、まず作成した町別の人口に対しての高齢者・若年者の比率の地図に基づき、影響を受けた目的地番号を分ける。段階が高いものほど高齢者・若年者の比率は高く、道路復旧の重要度が高いとされる。次に、枝の重み(ノード間距離)に注目し、道路閉塞前後の差が大きいものほど、復旧順位が高くなるべきであると考えられる。これらより閉塞された道路の復旧順位の一部(1~9位)を以下に示す。表 1

表 1 閉塞された道路の復旧順位(距離の単位:m)

順位	目的地	比率段階	閉塞前 最短距離	閉塞後 最短距離	との差
1	22	9	1723	1792	69
2	21	9	1544	1595	51
3	351	8	998	1083	85
3	381	8	726	811	85
4	61	8	1331	1391	60
5	380	8	726	775	49
6	379	8	681	705	24
7	44	8	1382	1401	19
8	84	8	1266	1282	16

の復旧順位の高い道路から通行できるようにする必要があると考えた。そこで、この道路の周囲の建物の補強、道路自身の補強を行うことより道路の確保が行える。以上を道路復旧に関わる地震対策として提唱したい。

5 今後の課題

V B 上で GIS の地図を動かすことはできたが、ルートを表示させることができず、結局は GIS で作成した地図を V B で利用するだけとなってしまった。このような問題を解消するために、GIS を利用した V B のシステムの作成方法、GIS と V B の融合についてもより詳しく学ぶ必要があると考える。また、建物倒壊については望むようなデータを手に入れられなかったため、建物は密集低層住宅・商業用地のみ、100%倒壊とした。しかし実際には建物の築年数や構造、地震の規模等が大きく関わっており、本研究の成果をより現実的なものとするためにはさらに具体的なデータの入手も必要であると考えられる。さらにダイクストラ法は効率が悪いため、他のアルゴリズム(ウォーシャル・フロイト法)の利用も考えたい。

参考文献

- [1] 愛知県: 愛知県の救急医療(救急医療体制及び広域災害・救急医療システム), 平成16年版(2004.3).
- [2] 福島雅夫: 「数理計画入門」, 朝倉書店(1996).
- [3] 名古屋市: 統計なごや web 版 南区「町・丁目(大字)別、年齢(10歳階級)別、公簿人口」, 平成16年10月 <http://www.city.nagoya.jp/>.