被災道路網における啓開順序決定法の研究

防衛大学校　学生会員　○樋笠　誠智　　防衛大学校　正会員　矢代　晴実
防衛大学校　正会員　松崎　裕

1. はじめに

大規模な地震や津波などが発生すれば，道路上の瓦礫の散乱や車両の放置，道路自体の破損により通行できなくなる可能性がある．そのため，大規模災害では，応急復旧を実施する前に救援ルートを確保するために**図-1** に示すように道路啓開作業が行われる．

被災道路網の復旧計画策定に関する研究は多く，災害事前施策と災害後施策に関する研究に分けられる[1),2)]．堀井ら[3)]は迂回度を指標として用い，自然災害時における旅行時間の増加割合を表現することで，道路網代替機能の評価法を提案している．有村ら[4)]は道路網全体のアクセシビリティを目的関数としている．いずれも本復旧から復興段階での復旧計画の策定や，その際の道路網機能の評価指標の提案であり，発災直後の道路啓開段階の研究は少ない．

我が国の道路啓開計画の多くは，発災から 72 時間を 1 つの目安とした計画となっている．これは地震発生後 3 日目を境に生存率が急激に低下すると考えられているためである．我が国の道路啓開計画では緊急輸送道路といった災害時に優先して使われる道路が啓開順序の上位にくるように事前に決められており，人命救助の観点から啓開順序の最適化を図ることは重要である．

そこで，本研究では災害後施策の観点から，事前に優先順位が決定していない生活道路を対象に，道路啓開に主眼をおいて最適な啓開順序の決定法を検討する．

2. 評価指標

1. で述べたように様々な評価指標が考案されているが，人命救助を考えた際救助可能な人数がより多くより早く増加することが重要である．そこで，本研究では，到達可能人口を復旧指標と設定する．道路網が被災した際，道路閉塞により救助隊が到達できない地域を到達不能地域とし，道路啓開作業によって救助隊がその地域に到達できるようになれば，そこに分布する人口が到達可能人口である．啓開順序の違いにより，到達可能人口の変化を比較することで最適な順序を選択できる．本研究においては，着目する経過時点で到達可能人口が全順序のうち最大かつ復旧曲線が早期に最大値に近づく啓開順序を最適な啓開順序とする．例えば，**図-2** では 3 日目の時点で比較すると順序 3 は到達可能人口が最小であり不適である．順序 1 および 2 において到達可能人口は等しいが，順序 1 がより早期に増加しているため最適な順序である．

3. 仮想道路網を用いた啓開順序の決定

本研究では**図-3** 及び**表-1** に示す仮想道路網を用いた．ノードは交差点または作業拠点，リンクは道路である．まず，解析を容易にするために全てのリンクにおいて啓開作業が必要な被災状況とした．

啓開作業を行いながら前進することから，移動速度を分速 5m とし，活動拠点をノード 5 とした．

図-1　道路啓開の位置付け

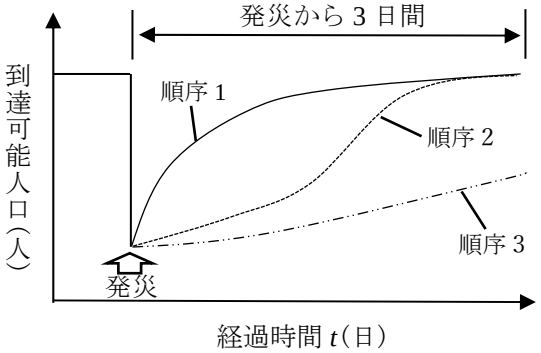

図-2　啓開順序の違いによる
到達可能人口の増加曲線の違い

キーワード　復旧計画，道路啓開，震災，道路網
連絡先　〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校　TEL：046-841-3810　E-mail：s64574@ed.nda.ac.jp

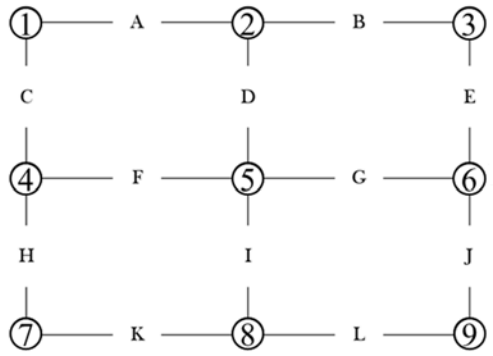

図-3 対象とした仮想道路網

表-1 仮想道路網の条件

リンク名	沿道の人口(人)	距離(m)
A	120	280
B	150	430
C	350	150
D	410	470
E	120	250
F	280	170
G	260	190
H	500	460
I	210	460
J	350	150
K	120	470
L	280	360

4. 結果

ノード 5 を始点とした各ノードまでの全経路は 60 通りあり，その中で到達可能人口を最大にする観点から経由ノード数が最大となる経路同士で比較を行い，到達可能人口が最大であった順序 1，その順序と似た推移である順序 2，そして経過時間が最大であった順序 3 を例示する．

啓開順序は**表-2** の通りであった．また，順序毎の到達可能人口の推移を**図-5** に示す．順序 3 は最大到達可能人口に達する時間が最長かつ到達可能人口が最小であるから不適な順序である．順序 2 は順序 1 よりも最終ノードまでの大部分で到達可能人口を上回っているが，最終的な到達可能人口は順序 1 がより多く最適な順序である．また，経過時間 100 分から最終的な到達可能人口に達するまでの人口増加率

表-2 啓開順序

順序	経由リンク
順序 1	5→2→3→6→9→8→7→4→1
順序 2	5→4→7→8→9→6→3→2→1
順序 3	5→8→7→4→1→2→3→6→9

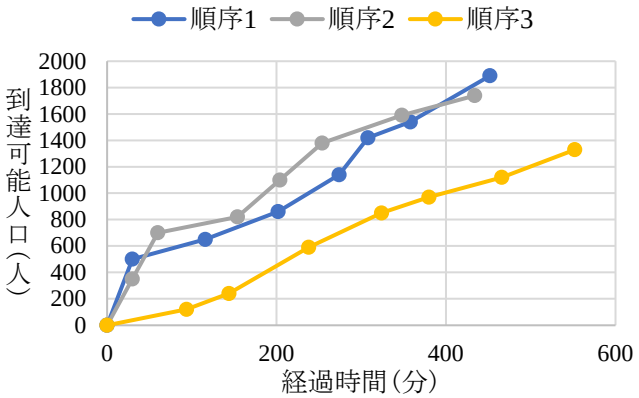

図-4 時間経過による啓開順序の違いによる到達可能人口変化

はいずれの順序もほぼ等しいが，発災から 100 分以内に，より人口の多いリンクから啓開した順序が早期に到達可能人口の最大値に達することが示されている．

5. まとめ

本研究では，仮想道路網を用いて道路啓開が必要な被災に対し最適な啓開順序の決定法について研究を行った．到達可能人口を評価指標とした場合，初期段階で人口の多い地域を啓開することが早期に到達可能人口を最大にする順序となることが示された．

今後は被災箇所を一部に設定した場合を対象として，啓開順序決定法を検討する予定である．

参考文献

1) 杉本博之，田村亨，有村幹治，斎藤和夫：復旧班の協力を考慮した被災ネットワーク復旧モデルの開発，土木学会論文集，No. 625/IV-44，pp. 135-148，1997.
2) 山田善一，家村浩和，野田茂，伊津野和行：道路交通網の震後復旧過程の評価，土木学会論文集，No. 368/I-5，pp. 355-362，1986.
3) 堀井雅史：迂回度を用いた自然災害時における道路網の代替機能に関する評価方法，都市計画論文集，Vol. 31，pp. 769-774，1996.
4) 有村幹治，上西和弘，田村亨，杉本博之，桝谷有三：都市間距離に基づく被災道路の最適復旧モデル，土木計画学研究・論文集，Vol. 14，pp. 333-340，1997.
5) 家田仁，上西周子，猪股隆行，鈴木忠徳：阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響，土木学会論文集，No. 576/IV-37，pp. 69-82，1997.