

代替機能を考慮した自然災害時における道路網復旧優先順位設定方法に関する一考察*

Study on Priority Level of Restoration in Road Network Based on Possibility of Using Roundabout after Natural Disaster

堀井 雅史**

Masafumi HORII

1.はじめに

台風、積雪などの自然災害は、道路交通に多大な被害をもたらし、それによる交通障害は、その地域の社会・経済活動に極めて長期的に広範囲な被害を与える。したがって、このような自然災害時に被災した道路網のどの路線を緊急に復旧させればネットワーク全体の連結性、確実性が維持できるかの道路網評価手法の確立は急務である。このような背景の中、近年台風、積雪などの災害時における道路網評価を扱った研究例は増加しており、信頼性^{1),2),3)}、代替性^{4),5)}、交流圏域⁶⁾など様々な角度から検討が試みられ、有用な結果が得られている。

著者は、計量地理学で用いられている「迂回度」指標を用いて、自然災害時の旅行時間の増加割合を表現し、道路網の代替機能を簡便に評価できる方法を示しているが⁷⁾、これを道路網復旧計画に適用するにはさらに検討する余地を残している。そこで本研究では上記の迂回度を用いて、代替機能に着目した自然災害時における道路網復旧優先順位の設定方法について検討を試み、実際の台風、積雪などの自然災害による通行規制に適用し、災害による交通障害を最小限にとどめるための復旧システムの確立を目的としたものである。

2. 復旧優先順位の設定方法

道路網は、ある区間がなんらかの原因で遮断され

た場合、迂回することが可能であるという代替機能を有している。したがって、災害時の道路網評価においては、この機能を十分考慮したものでなければならない。この代替機能、あるいはリンクを1つ削除したときのネットワーク特性についてはいくつかの研究がなされており、たとえば岡田・田中⁸⁾は経路構成重要度指標を用いて代替不能度からみた経路構成上の重要度を評価しているし、戸松・西井・津島⁹⁾は、代替性係数と補完性係数から構成される密接関連性係数によってネットワークを評価している。また堀井・武山・福田⁴⁾は大震災後の道路網に対して代替機能性指標と位置的重要度によって震災後の復旧優先順位について検討を試みている。さらに南・高野・佐藤⁵⁾は経路代替性指数を用いて、冬期閉鎖区間が発生した場合の道路整備水準の評価に適用している。

本研究で用いる代替機能評価指標は、計量地理学で用いられている迂回度¹⁰⁾であり、この指標は、次式によって算出できる。

$$C_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [d_{ij} - e_{ij}]^2 \quad (1)$$

ここで C_i は都市 i の迂回度を示し、 e_{ij} は都市 i, j 間の望ましいネットワークでの距離であり、また d_{ij} は都市 i, j 間の実際の距離である。 n は都市数を示す。したがって迂回度とは、各都市間の望ましいネットワーク上の距離と実際の距離との隔たりの大きさを示すことになる。(1)式は距離の差のみが対象であり、もとの距離に対してどの程度増加しているのかを表現できない。そこで(1)式を修正して

$$C_i^* = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [(d_{ij} - e_{ij})/e_{ij}]^2 \quad (2)$$

のように望ましいネットワークでの距離で基準化して、迂回距離の増加割合を表せる指標を提案し、こ

*キーワード: 迂回度, 防災計画, 交通網評価, 代替機能

**正会員 工博 日本大学助教授 工学部土木工学科

(〒963 郡山市田村町徳定字中河原1 Tel. & Fax 0249-56-8711)

れを基準化迂回度と呼ぶことにする。

ここで、望ましいネットワークを何にするかが問題となるが、災害復旧時には早急に平常時の道路ネットワークに戻ることが先決と考えると、平常時の道路ネットワークと考えるのが妥当である。そこで、災害後における被災区間の復旧優先順位定式化に当たっては、災害時の道路ネットワークに対して、被災区間を1つずつ復旧させたときの平常時道路ネットワークとの隔たりを示す迂回度が定義できればよい。

いま被災区間 m を復旧させたときの都市 i, j 間の最短距離を $d_{ij}^{(m)}$ とすれば、被災区間を1つだけ復旧させたときの基準化迂回度は次式で示される。

$$C_i^{*(m)} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [(d_{ij}^{(m)} - e_{ij})/e_{ij}] \quad (3)$$

これを復旧基準化迂回度と呼ぶことにする。この復旧基準化迂回度は、対象とする都市において、各被災区間を復旧させることによって、平常時の道路ネットワークからの隔たりがどの程度減少するかを示しており、復旧優先順位を設定するに当たって、有用な情報を提供できると考えられる。

つぎに、復旧優先順位の評価指標は上記の復旧基準化迂回度の単純平均値、あるいは各都市の発生交通量による加重平均値が考えられる。後者については次式で算出される。

$$C^{*(m)} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n C_i^{*(m)} G_i \quad (4)$$

ここで、 T は総交通量、 G_i は都市 i の発生交通量を示す。この値が小さいほど、対象都市全体からみた平常時道路ネットワークとの隔たりが小さくなることを示し、その被災リンクの復旧効果は大きいといえる。したがって、指標値の小さな順に復旧優先順位を設定すればよい。

このために、対象とする道路網に対して、最短経路探索法を用いて各都市間の最短時間を算出する。さらに実際に被災している道路区間を削除し、被災区間を1つずつ復旧させたときの最短経路を探索して値を求め、復旧基準化迂回度を算出する。

3. 自然災害時の道路網復旧優先順位の設定

(1) 対象道路網および自然災害データ

対象道路網は東北地方の国道、東北縦貫自動車道とし、ノード数 220 で一般国道 285 リンク、東北縦貫自動車道 49 リンクの合計 334 リンクから構成されている(図-1)。対象都市は昭和 60 年 3 月現在において人口 5 万人以上の 33 都市とした。道路交通に関するデータは、平成 2 年度の道路交通センサス^{11),12)}より抽出した。

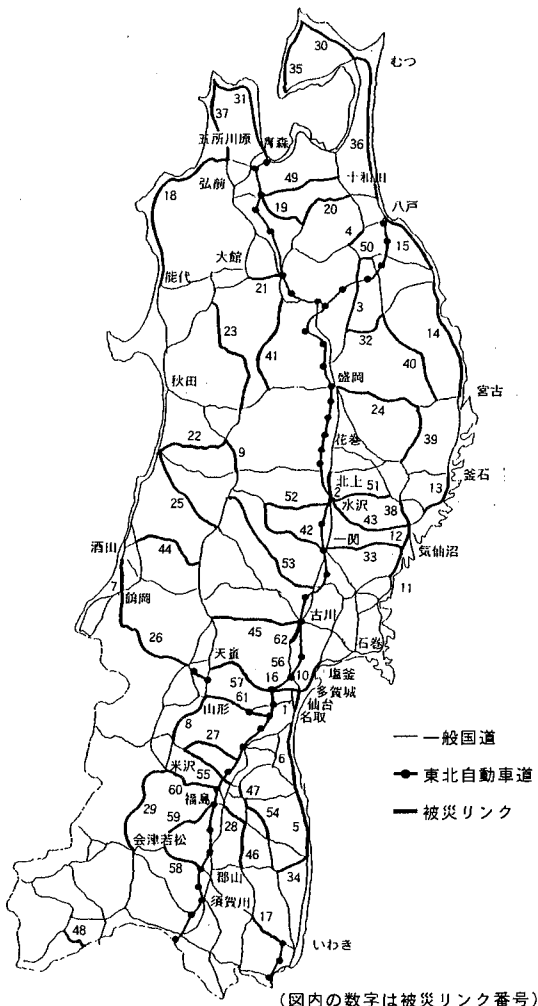


図-1 対象道路ネットワークと被災リンク

また自然災害データは、東北地方で昭和 60 年から平成元年の 5 年間に発生した自然災害による道路の通行規制に関する資料¹³⁾を用いて、この中の全面通行止めの 150 件とした。これを対象道路網に当てはめると 62 の被災リンクとなる(図-1 に併記)。図

図-2に全面通行止めデータの内訳を示す。

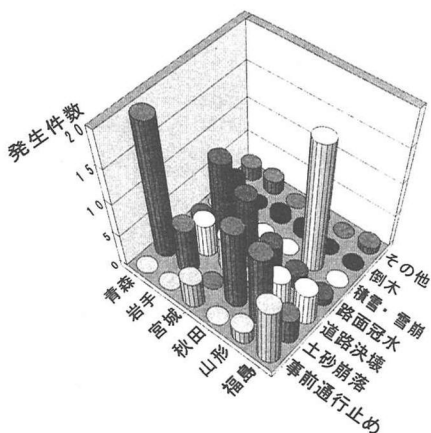


図-2 県別通行規制原因ごとの全面通行止め発生件数

これによると、まず規制原因では土砂崩落による全面通行止めがもっとも多く、ついで路面冠水、積雪・雪崩となっている。県別では山形県がもっとも多く、岩手県、青森県の順である。両者の関係では、青森県においては土砂崩落による全面通行止めの件数が多く、岩手県では路面冠水による全面通行止めが多くなっている。また宮城県においても路面冠水による全面通行止めが多い。秋田県では土砂崩落によるものが、山形県においては積雪・雪崩による全面通行止めが多く発生している。福島県では豪雨による事前通行止めがほとんど全面通行止めであり、最も多くなっている。

(2) 復旧基準化迂回度の特徴

ここでは、自然災害による通行規制が発生した場合に、各被災リンクを復旧させると東北地方の各都市間の代替機能がどの程度回復するかについて前述の復旧基準化迂回度を用いて検討を行った。

まず復旧基準化迂回度は33都市について62の被災リンクごとに算出されるが、ここではその特徴を示すために前回の研究⁷⁾で代替機能が著しく低下していた米沢市についての結果を図-3に示す。図中で、左側から被災リンク1を復旧させたときの復旧基準化迂回度、以下被災リンク2を復旧させたときの復旧基準化迂回度と続く。この図から、どの被災リンクを復旧させたときに平常時の道路ネットワークとの隔たりが減少するかが検討できる。言い換え

れば、どの被災リンクの復旧効果が大きいかを把握できる。

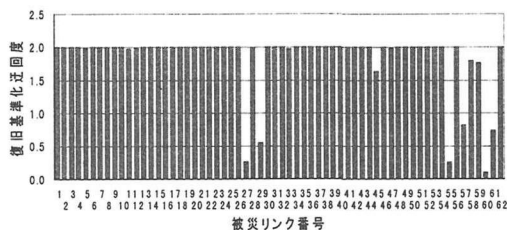


図-3 各被災リンクについての復旧基準化迂回度
(米沢市)

被災リンクをすべて削除したときの基準化迂回度(実時間基準化迂回度と呼ぶ)は、2.05であるので、ほとんどの被災リンクでは復旧基準化迂回度が変化しないが、被災リンク27、29、55、60を復旧することによって米沢市の復旧基準化迂回度は大幅に低下することがわかる。換言すると、米沢市の実時間基準化迂回度を大きくしているのはごく限られた被災リンクであるといえる。

このように復旧基準化迂回度の結果より、災害時の各都市において、どの被災リンクを早急に復旧させればその他の都市との代替機能を回復させることができるかの検討が可能となる。

(3) 被災リンクの復旧優先順位の設定

つぎに復旧基準化迂回度を用いて、対象道路ネットワーク全体における代替機能確保の点から被災リンクの復旧優先順位の設定について検討を行う。

評価指標は、対象都市全体の公平性を重視すれば復旧基準化迂回度の単純平均値を採用すればよいし、効率性、あるいは都市間の結びつきの強さを評価結果に反映させる場合には、各都市の発生交通量を重みとする加重平均値を用いればよい。

図-4は、復旧基準化迂回度の単純平均値と加重平均値との関係を示す。これによると、被災リンクの中には、発生交通量で重みをつけると復旧優先順位が低下するリンクと上昇するリンクが見られる。前者は、発生交通量が大きい都市での復旧基準化迂回度が大きいと考えられ、後者はその逆であるといえる。どちらの指標を採用するかは、道路管理者が決定すれば良いと考える。どちらの指標を採用しても、指標値の小さな順に復旧優先順位を設定すれば、対象都市全体の代替機能をより向上させる被

災リンクの復旧が可能であると考えられる。

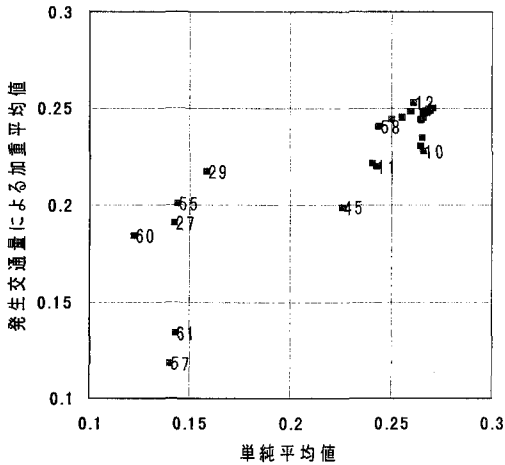


図-4 復旧基準化迂回度の平均値
(図中の数字は被災リンク番号を示す)

4. まとめ

本研究は、自然災害時における道路ネットワークの被災リンク復旧優先順位の設定手法として迂回度を用いて検討したものである。以下に得られた成果について示す。

1) 復旧基準化迂回度を用いることにより、東北地方の各都市において、自然災害による個々の被災リンクによって、どの程度代替機能が低下しているか、換言すれば復旧させることによってどの程度代替機能を向上させるかについて明確に示した。

2) 復旧優先順位の評価指標に復旧基準化迂回度の平均値を用いることによって、対象都市全体の代替機能を向上させる復旧優先順位の設定が可能となった。

今回は自然災害による道路の通行規制データとして、5年間のデータを用いて検討を行っているが、今後の課題としては、個々の災害に対する復旧優先順位の検討が実際の災害復旧において重要な情報を提供できるものと考えられる。また OD 交通量を復旧基準化迂回度の算出に積極的に導入した検討結果についての考察も重要である。さらに今回は全面通行止めを対象として評価を試みたが、その他の通行規制の取り扱いかた、あるいは規制内容を指標にど

う表現していくかについても課題である。

最後に資料を提供していただいた関係機関の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 高山純一:異常気象時における道路網の連結性能評価法, 土木計画学研究・講演集, No.12, pp.559 ~ 565, 1989.
- 2) 若林拓史, 亀田弘行:ロマ・プリエタ地震後のサンフランシスコ湾岸地域の道路網運用の効果分析と災害時の道路網計画, 都市計画論文集, No.30, pp.91 ~ 96, 1995.
- 3) 朝倉康夫, 柏谷増男, 為広哲也:災害時における交通処理能力の低下を考慮した道路網の信頼性評価モデル, 土木計画学研究・論文集 12, pp.475 ~ 484, 1995.
- 4) 堀井雅史, 武山泰, 福田正:大震災後の道路ネットワーク復旧システムに関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.15(1), pp.767 ~ 774, 1992.
- 5) 南正昭, 高野伸栄, 佐藤馨一:道路網における代替ルートの整備水準の一評価法に関する研究, 土木学会論文集, No.530/N-30, pp.67 ~ 77, 1996.
- 6) 嶋田喜昭, 加藤哲男, 本多義明:自然災害を考慮した道路網評価に関する基礎的考察, 都市計画論文集, No.30, pp.97 ~ 102, 1995.
- 7) 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, 31 巻, pp.769 ~ 774, 1996.
- 8) 岡田憲夫, 田中成尚:ネットワーク特性を考慮した機能水準の計量指標化に関する研究, 土木学会論文集, 第 389 号, pp.65 ~ 74, 1988.
- 9) 戸松稔, 西井和夫, 津島康弘:密接関連性に着目した街路整備によるネットワーク形成に関する定量的評価分析, 土木学会論文集, NO.494/N-24, pp.87 ~ 95, 1994.
- 10) 奥野隆史:計量地理学の基礎, 大明堂, 1977.
- 11) 東北地方建設局:平成 2 年度全国道路交通情勢調査一般交通量調査報告書, 1991.
- 12) 東北地方建設局:平成 2 年度全国道路交通情勢調査東北地方 OD 調査集計表, 1991.
- 13) 東北地方建設局:道路規制状況(昭和 60 ~ 平成元年).