

IV-3

災害時の道路網を対象とした時間距離行列の視覚化

室蘭工業大学	学生員	浅水 嘉敏
北海道道路管理技術センター	正 員	小山田欣裕
専修大学北海道短期大学	正 員	榎谷 有三
室蘭工業大学	正 員	田村 亨
同	正 員	斎藤 和夫
室蘭開発建設部	正 員	難波江完三
開発土木研究所	正 員	本田 幸一

1. まえがき

道路網は、災害後の各種の都市活動を円滑に進める上でも、また住民の避難路あるいは生活物資の輸送路としても重要な役割を担っていることから、災害時における道路網の挙動をシステムの機能低下の面から事前に分析し、検討することは防災対策上重要な課題の一つである。

従来の多くの研究は種々の指標の算定手法の開発について主に行われており、算定された指標から災害時の道路網の状態を視覚的に把握する方法については、あまり行われていない。

そこで、道路網がネットワークシステムである特質を踏まえて、クラスター分析および近接性指標を基礎に災害時の道路網を対象とした時間距離行列の視覚化を図る方法について考察を行う。本研究では、1992年12月4日に岩石崩落により通行止めとなったルランベツ覆道を含む道路網を対象とする。

2. クラスター分析による樹形図作成

クラスター分析は、多くのサンプル(個体、要素)の中に類似性を求めて、比較的少数のグループ(集落(クラスター))にまとめるための統計的手法である。時間距離は、値が小さいとき当該ゾーン間の移動が容易(類似性が高い)であり、大きいときには移動困難性が増す(類似性が低い)と言う、いわゆる非類似度を表す指標である。そこで本研究では、時間距離を用い非類似度行列(時間距離行列)を作成し、

非類似度行列を入力データとしたときの中心的手法である階層的手法を用いる。この手法は、「似ているもの同士」を順次結合させて樹形図を作成するものであり、分析のプロセスは一般に次のような手順で行われる。

- ① 1つずつの対象を構成単位とするn個のクラスターから出発する。
- ② クラスター間の非類似度行列 D を参照して、最も類似性の高い2つのクラスター、すなわち、非類似度の値が最も小さいクラスター同士を融合して1つのクラスターを作る。
- ③ クラスター数が1になっているときには終了。そうでないときには、手順④に進む。
- ④ 手順②で新しく作成されたクラスターと、他のクラスターとの非類似度を更新して手順②へいく。

このような手順を通して、クラスターは順次融合されていくとともに、融合過程を基に樹状の分類構造を構成する樹形図を作成することができる。また、樹形図を適当な高さ(時間)で切ることによってある時間内で到達可能な市町村の数を知ることが可能となる。

3. アクセシビリティ概念に基づいた累積頻度分布曲線の作成と近接性指標の算定

本研究は、災害に伴って各都市間の時間距離が、どの程度増加したかを把握するとともに、対象地域

Visualizing the Time Distance Matrix of Deteriorated Road Network

by Yositosi ASAMIZU, Yoshihiro OYAMADA, Yuzo MASUYA, Tohru TAMURA, Kazuo SAITO, Kanzo NABAE and Kouiti HONDA

全体および各都市の移動可能性がどの程度減少したかを考察することでもある。

したがって、アクセシビリティ概念を基礎に時間距離行列の視覚化を試みることもできる。アクセシビリティを図示する方法としては、頻度分布曲線および累積頻度分布曲線などがあるが、ここでは後述の近接性指標の算定も容易な累積頻度分布曲線の作成を試みる。そして、この累積頻度分布曲線は、ある時間内に到達可能な活動の機会の和(累積頻度あるいは比率)を求めることによって容易に作成することができる。

都市(ノード)の数を n としたとき、前述の時間距離行列は $(n \times n)$ となることから、累積頻度分布曲線は対角要素を除く $n \times (n - 1)$ 個の都市間(ODペア)を対象に作成する。図-1は、累積頻度分布曲線による時間距離行列の視覚化の概念図である。図-1の横軸は、都市間の時間距離を、縦軸は対象とする全てのODペアのうち、ある時間内に到達可能なODペアの累積比率をそれぞれ表す。そうすると、 $n \times (n - 1)$ 個のODペアを対象にした道路網全体に対する時間距離行列の視覚化は、対象とする都市間のODペアを時間距離の小大順に並び変えるとともに、並び変えられたODペアの順に累積比率をプロットすることによって図示することができる。また、各都市に対する視覚化も、同様に作成することができる。そして、この図からも理解できるように道路網の途絶によって利便性が減少すると、すなわち交流の可能性が減少すると、累積頻度分布曲線も全体的に右にシフトすることになる。

これら累積頻度分布曲線の作成によって、災害時の道路網途絶に伴う各都市の利便性の相違等を視覚的に把握することはできるが、多くの都市を同時に比較検討することは困難である。また、利便性の変化を数量的に表す指標も種々の分析に有用であることから、これらの視覚化と併せて計量的な指標も望まれるところである。

本研究では、アクセシビリティ算定のためのひとつの指標である累積機会指標(Cumulative-opportunity Measures)の考え方を基礎に、作成されている累積頻度分布曲線を用いて算定できる指標を考察した。すなわち、図-1に示すように、累積頻度分布曲線、横軸の時間軸及びある設定された時間距離

(T)の縦軸で囲まれた面積を求めて指標を算定する方法である。本研究では、この指標を近接性指標という。そうすると、道路網全体の近接性指標の値 AN は累積頻度分布曲線 $A(x)$ を用いて式(2)で算定できる。また、都市 i の値 Ki も各都市の累積頻度分布曲線 $Ai(x)$ を用いて式(3)で算定できる。なお、本研究ではある設定された時間 T を限界時間という。

$$AN = \int_0^T A(x) dx \quad (2)$$

$$Ki = \int_0^T Ai(x) dx \quad (3)$$

指標 AN および Ki を算定するとき、曲線 $A(x)$ 、 $Ai(x)$ を定式化することは一般に困難であることから、実際には台形公式などを用いて求められる。なお、式(2)を部分積分すると式(4)になることから、指標 AN を式(4)で算定することも可能である。もちろん、式(3)も同様に議論できる。

$$AN = A(T) \cdot (T - t_T) \quad (4)$$

ここで、 t_T : 限界時間 T 以内に到達可能なすべてのODペアの平均時間

この近接性指標は図-1からも理解できるように、近接性が優れているときには囲まれる面積も大きくなることから、指標の値も大きな値をとる。すなわち、近接性指標が大きい値をとるときには、累積頻度分布曲線も左にシフトし、時間距離が短いところに到達可能な多くの都市があることを意味している。したがって、これらの指標を通して道路網全体あるいは各都市における道路利用者に対する利便性の程度を計量的に容易に評価することができる。

そして、これら累積頻度分布曲線および近接性指

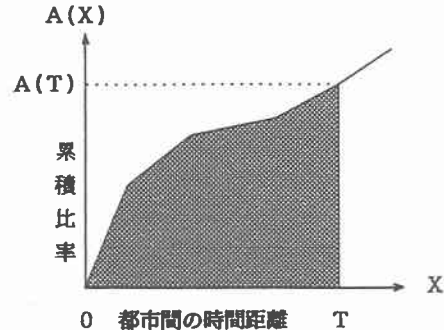


図-1 累積頻度分布曲線及び近接性指標の概念図

標は図-1にも示されているように、次のような特徴を持っている。

- (1) 累積頻度分布曲線を容易に作成できるとともに、近接性指標も容易に算定できる。
- (2) 平常時、災害時の累積頻度分布曲線と同じグラフ上に描くことができることから、災害に伴う道路網の途絶による利便性の減少も容易に理解できる。
- (3) 各都市の累積頻度分布曲線をも同じグラフ上に描くことができることから、各都市の利便性の違いをも容易に把握することができる。
- (4) 異なる限界時間に対する近接性指標の値をも容易に算定することができる。

4. 計算例

本研究は、災害時に道路網を構成するネットワークの一部が途絶した時に、都市間相互の時間距離にどの程度影響を与えるかを把握するために行った。1992年12月4日に、岩石の崩落によりルランベツ覆道が通行止めとなり地域住民に大きな不安を与え社会的な問題となったことを考慮し、図-2に示す22市町村を結ぶ道路網を対象とした。平常時およびルランベツ覆道不通時のそれぞれに対してクラスター分析による樹形図作成、累積頻度分布の作成、さらに近接性指標の算定を試みた。平常時およびルランベツ覆道不通時の時間距離行列は、各都市間の最短時間より作成した。2. で述べたクラスター分析により作成した樹形図が図-3および図-4である。この図の横軸は都市名を、縦軸の値は各都市間の時間距離をそれぞれ表すことから、ルランベツ覆道不通に伴う各都市間の利便性を、ある程度数量的にあるいは視覚的に把握することができる。

次に、3. で述べたアクセシビリティ概念に基づ

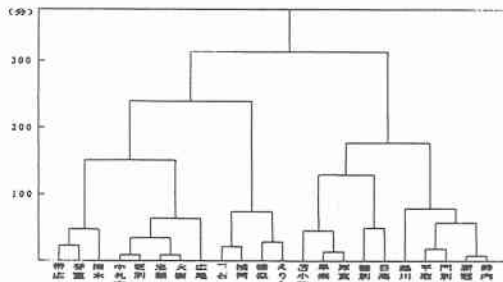


図-3 平常時の樹形図

いて図-2に示した道路網全体を対象として作成した累積頻度分布曲線が図-5である。また、この累積頻度分布曲線を用いて式(2)で算定した近接性指標の値を表-1に示した。このとき、限界時間(T)は各都市間の時間距離の最大値を考慮して500分とした。

累積頻度分布曲線が平常時からルランベツ覆道不通時へと全体的に右にシフトしていること、また近接性指標の値からも、クラスター分析から作成した樹形図と同様にルランベツ覆道不通に伴って、道路



図-2 対象道路網

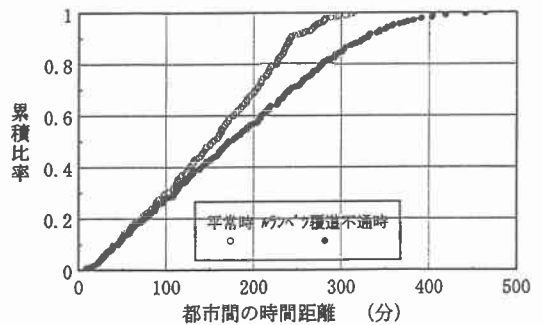


図-5 全都市の累積頻度分布曲線

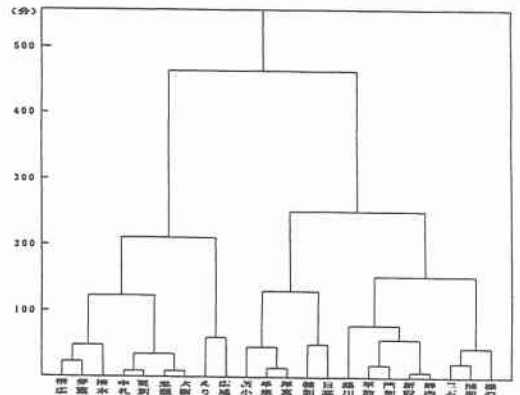


図-4 ルランベツ覆道不通時の樹形図

網全体の利便性が減少していることが視覚的に、そして計量的に容易に把握できる。また、表-1に示す近接性指標の値の変化をみたとき、えりもでランベツ覆道不通時に著しい利便性の減少がみられる。

次に、各都市に対して平常時、ランベツ覆道不通時の累積頻度分布曲線を作成したが、ここでは次の様な例を図示した。図-6、図-7は都市によって利便性がどの程度異なるかを視覚的に把握するために図示したものである。このように異なる都市の平常時、災害時の累積頻度分布曲線を描くことによって、災害が起きた場合の利便性の変化が、都市により異なることが、視覚的に容易に把握できる。

表-1には、各都市の曲線を用いて式(3)で算定した各都市の近接性指標の値を示した。この表は平常時の値の大きい(利便性の高い都市)順に都市を並べるとともに、平常時・災害時ごとに最大値、最小値等をも示した。この結果からも、各都市の利便性の相違あるいは近接性指標の変化等が理解できる。また、図-7に示したようにランベツ覆道の通行止めが他の都市に比較して、えりもの利便性を著しく減少させることが容易に把握できる。

表-1 平常時および災害時の近接性指標

	平常時	災害時	差
全体	350.0	319.0	31.0
日高	376.5	375.2	1.3
門別	375.8	362.1	13.7
新冠	372.8	345.1	27.7
新取	372.7	364.2	8.5
静内	371.8	340.0	31.8
浦河	364.1	300.3	63.8
清水	363.0	362.7	0.3
様似	360.6	278.9	81.7
芽室	359.0	356.2	2.8
えりも	355.8	228.0	127.8
帯広	355.6	348.0	7.6
中札内	352.1	330.3	21.8
鶴川	351.8	338.1	13.7
更別	351.4	325.4	26
忠類	349.8	314.5	35.3
大樹	349.2	307.8	41.4
広尾	348.4	283.7	64.7
穂別	346.1	344.8	1.3
厚真	332.1	329.9	2.2
三石	331.7	328.1	3.6
早来	331.7	328.1	3.6
苫小牧	331.0	322.8	8.2
最大値	376.5	375.2	127.8
最小値	331.0	228.0	0.3
平均値	354.7	327.9	26.8
標準偏差	14.1	32.8	31.6

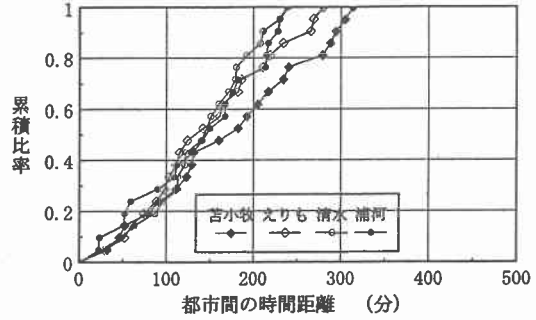


図-6 各都市の累積頻度分布曲線(平常時)

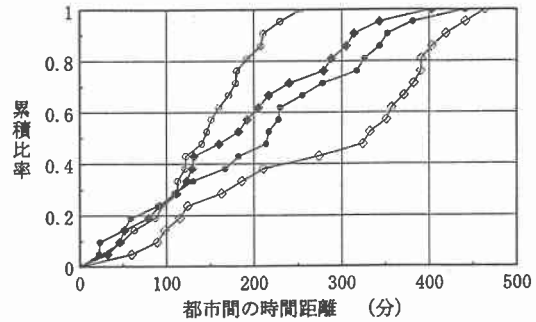


図-7 各都市の累積頻度分布曲線(災害時)

5. あとがき

以上、本研究においては、対象道路網における災害時の途絶発生場所としてランベツ覆道を仮定し、道路利用者に対する利便性にどの程度影響を与えるのかを視覚的に把握するために、時間距離行列をもとにクラスター分析による樹形図および累積頻度分布曲線の作成を試みるとともに近接性指標の算定をも行った。いずれの結果からも、ランベツ覆道通行止めに伴うゾーン間の移動困難性を視覚的に把握することができた。

今後は、各都市間の時間距離のみならず各都市間の交通流動をも考慮していく予定である。また、道路網の運用および代替路建設に有用な情報提供が、できるような考察を進めていく予定である

参考文献

- 1) 榎谷、田村、斎藤：道路網を対象とした時間距離行列の視覚化、土木計画学研究・論文集、No.12, pp567-574, 1995
- 2) 榎谷、斎藤：震災時における道路交通システムの構造の視覚化、交通工学、Vol.26、No.6, pp13-20, 1991