

IV-18

道路網の代替性評価指標の構築に関する研究

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 清水 憲行
 北海道大学大学院工学研究科 学生員 内田 賢悦
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 馨一

1. 本研究の背景・目的

近年、モータリゼーションの発展やライフスタイルの変化にともない、道路網の信頼性や迅速性に対する期待はますます高まっている。一方、吹雪や台風、土砂・岩盤の崩落などにより、地域間交通を担う唯一の道路が通行規制され、住民の生活に大きな影響を及ぼす事例が多い。

道路網は様々な規格と品質で、多種多様な地形上に構築されている。また、地震や風水害の予測は精度にばらつきがあるため、道路が通行止めになる確率を完全に計算することは不可能である。よって、確率的な観点から道路網の途絶危険性を予測する一方、実際に通行止めが生じたときにその影響を最小限にとどめるような方策を講じることが道路網の整備に必要である。後者の方策の一端に代替性の確保が挙げられる。本研究における道路網の代替性についての基本的概念は、ある事象に対して備えを行う場合は生命に関わるなど深刻な被害をもたらすものを除いては、コストなどを考慮して代替案を1つだけ用意することが合理的であるという考え方に基づく。本研究の目的としては以下のような点が挙げられる。

- ①道路がネットワークとして機能することに着目し、道路に通行止めが生じたときの代替経路の存在を考慮した道路網の代替性評価指標を構築する。
- ②道路網の代替性評価指標を算出するためのシステムを構築する。
- ③北海道後志地域の道路網の代替性評価を行い、優先的に整備すべき経路を提案する。
- ④代替性を保有する経路の基準となる所要時間比を行動データから設定し、意識データによる検証を行う。

2. 代替性評価指標

2-1 条件積上法による基本評価フレーム

条件積上法とは条件を段階的に設定し、どの水準までの条件を満たすかによって対象の評価を行う手法である。この評価方法の特徴は、下位条件を満たすことが上位条件を満たすことより絶対的に優先する。設定条件は優劣を定義することができるか、もしくは単純比較できることが望ましい。水準の設定は評価環境により多種多様にとることができる。例えば、ある水準で社会基盤の整備を進めるとすると、そのレベルを基準とすれば出力値から到達しているか否かを判断できる。本研究では設定条件の水準をレベルと表現する。

上位条件を満たす割合を算出し、当該レベルでの比較をするために上位条件充足指数を定義する。例えば、その対象がレベルXにあり、上位条件であるレベル(X+1)を60%満たし、レベル(X+2)を25%満たしているとする、上位条件充足指数は0.6025となる。より低い上位条件から表記するのは、贅沢品よりも必需品という考え方からである。

2-2 各経路の定義と構成道路

基準経路とはODノード間の交通抵抗が最小の経路である。基準経路は国道、主要都道府県道およびOD都市を通る一般都道府県道から導出する。

セカンド経路とは基準経路のある道路リンクが途絶したときにODノード間の交通抵抗が最小の経路である。途絶リンク以外的高速自動車道を含む全ての道路リンクが利用可能という条件で導出する。

2-3 代替性尺度

代替性尺度(A Measure of Redundancy Function 'MRF')は基準経路を構成するある道路リンク途絶時にODノード間の交通がどの水準まで基準経路を構成する道路リンクのうちどれだけの割合の道路リンクにどれだけの代替機能があるかとい

A Study on the Construction of a Measure of Redundancy Function in Network

Noriyuki SHIMIZU, Ken-etsu UCHIDA, Keiichi SATOH

う構造をとる。

MRF の基準となる代替性レベル (Redundancy Level 'RL') は表 1 のように設定する。図 1 に代替性レベルの包含関係を示す。交通量など所要時間と単純比較ができない要因を加えた一例として点線部の Level X を加えた。

表 1 代替性レベル

Level	定義
0	基準経路のある道路リンクが途絶すると OD ノード間の通行が途絶する。
1	基準経路のどの道路リンクが途絶しても OD ノード間を往来できる。
2	基準経路のある道路リンクが途絶してもセカンド経路が代替路とされる上限の交通抵抗比の定義を満たす。
3	基準経路のある道路リンクが途絶してもセカンド経路が代替路基準交通抵抗比の定義を満たす。

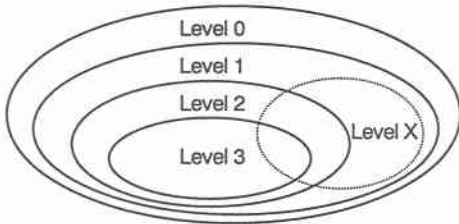


図 1 代替性レベルの包含関係

MRF の特徴としては、代替性機能の定義の変遷に伴い多様な条件を設定することができ、各都市間の比較なども数字の大小を比較することが可能なので中央値やパーセントタイルという方法で行うことができる。

MRF の出力値は一の位は基準経路を構成する全ての道路リンクが満たす最も高い代替性レベル、小数点以下を上位条件充足指数とする。MRF 計算過程を(1)に示す。基準経路は n 個の道路リンクから構成される。基準経路の所要時間を T_{Bi} 、セカンド経路の所要時間を T_{Si} とする。基準経路の i 番目道路リンクの構成率を r_{Bi} ($i=1,2,\dots,n$)、セカンド経路の基準経路に対する所要時間比を R_{Ti} とする。代替性レベルを L_j ($j=0,1,2,3$)、基準経路を構成する全ての道路リンクが満たす最も高い代替性レベルを L_b とする。

MRF を(1)により計算するためには各レベルの交通抵抗比を求める必要がある。交通抵抗は時間階級により変化すると考えられ、精度を高めるために行動データ・意識データの両面からアプローチすることを試みる。

$$R_{Ti} = \frac{T_{Si}}{T_{Bi}} \quad \left. \begin{array}{l} \text{If } R_{Ti} \leq L_j \text{ then add } r_{Bi} \text{ to } r_{L_j} \\ \text{If } r_{L_j} = 1.0 \text{ then } L_j = L_b \end{array} \right\} i=1,2,3,\dots,n$$

$$MRF = \underbrace{\square}_{L_b} \underbrace{\square}_{R_{L_{j+1}}} \underbrace{\square}_{R_{L_{j+2}}} \dots \quad \dots (1)$$

3. 転換率

3-1 AASHO の転換率

本研究では、自動車交通に存在する多様な交通抵抗の中で所要時間に着目して代替性を考える。そこで、代替路となり得る所要時間比がどのくらいであるかを図 2 の AASHO の高速道路転換率曲線から推測する。AASHO の高速道路転換率曲線は実際の行動データに基づく指標である。

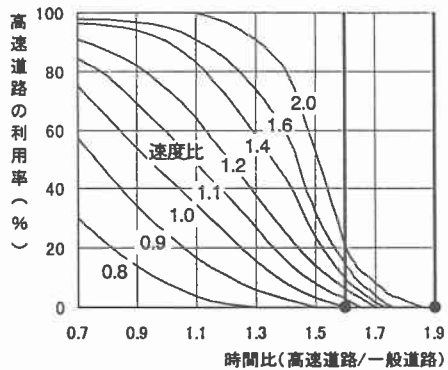


図 2 AASHO 転換率曲線

本研究では共に一般道路の場合を対象としているので速度比は 1.0 の近傍であり、速度比 1.0 の転換率は所要時間比 1.6 付近で 0 に近づく。言い換えると、これより小さい所要時間比においては平常時においても利用者が存在するということであり、代替経路として機能している。また、所要時間比 1.9 付近ではどの条件でもほとんど利用者は存在しない。よって、本研究では所要時間比 1.6 を代替性レベルの Level3 である代替路基準所要時間比、1.9 を代替

性レベルの Level2 である代替路上限所要時間比とする。

3-2 日本道路公団の転換率

高速道路の交通抵抗の取扱い方法について考える。日本の高速道路は有料であり、高速道路の利用距離を一般道路の利用距離に換算するには、所要時間の他に料金の要素を取り入れなければならない。本研究では以下に示す日本道路公団の高速道路転換率 (2)式からこれを求める。

$$P = \frac{k}{1 + \alpha \cdot \left(\frac{X}{S}\right)^\beta \cdot T^{-\gamma}} \quad \dots (2)$$

P: 高速道路転換率

T: 一般道路利用時と高速自動車道利用時の所要時間差

X: 高速道路通行料金 / 時間差

S: シフト率 (貨幣価値の変動)

α, β, γ : 車種によるパラメータ

高速道路のある距離に対して転換率が 50%となる一般道路の距離をそれぞれ求める。このとき高速道路と一般道路の利用価値が等しくなり、一般道路の距離を高速道路の距離で除したものが高速道路の換算率となる。ただし、高速道路利用時の所要時間のほうが短いことが必要条件である。

本研究では高速道路の距離に着目して(2)式を変形し、高速道路の距離換算率 (2)式を求めた。

$$R_w = \frac{y}{x} = V \left[\frac{1}{60x} \left\{ \frac{2k-1}{\alpha} \left(\frac{Cx}{S}\right)^{-\beta} \right\}^{-\frac{1}{\beta+\gamma}} + \frac{1}{v} \right] \quad \dots (2)'$$

R: 高速道路の換算率

x: 高速道路の利用距離 (km)

y: 一般道路の利用距離 (km)

v: 高速道路の平均速度 (km/h)

V: 一般道路の平均速度 (km/h)

C: 高速道路の単位距離利用料金 (円/km)

高速道路の平均速度を 100km/h、一般道路の平均速度を都市内を 30km/h、都市外を 60km/h として計算した例が図 3 である。高速道路の利用距離が

50km であるとする都市内では 0.53(=26.7km)、都市外では 1.07(=53.5km)と換算される。また、都市内では 6.5km、都市外では 67.5km を超えると同一距離では高速道路の利用価値の方が高い。

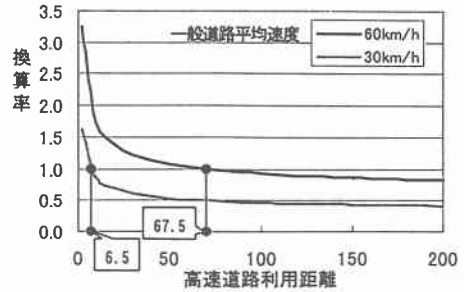


図3 換算率曲線

4. 意識データによる代替性指標

PSM (Price Sensitivity Measurement: 価格感度測定法) はオランダ統計研究所 (NSS) で「価格に対する消費者の反応、消費者の価格受容度に関して提起される数々の問題に解を与える比較的簡単な方法」として開発された手法であり、基本的には計量心理学的なアプローチを用いる測定法である。

本研究では PSM の概念を時間消費に応用し、TSM (Time Sensitivity Measurement: 時間感度測定法) とする。これは、ある目的・対象に費やす時間に対する行動者の心理的反応を測定するものである。本研究では道路交通を対象としているので時間消費は旅行時間である。

表 2 TSM の 3 つの所要時間および質問

1	時間の増加が気にならない所要時間 ①もし自動車で行っている所要〇分の道路が通行止めになり代わりの道路を利用しなければならない場合、その所要時間がいくら以下であれば「時間の増加が気にならずに利用してもかまわない」と感じますか。
2	利用しても良いが少し遠いと思う所要時間。 ②もし自動車で行っている所要〇分の道路が通行止めになり代わりの道路を利用しなければならない場合、その所要時間がいくら以上であれば「少し遠い」と感じはじめますか。
3	遠すぎる、できれば行きたくないと思う所要時間。 ③もし自動車で行っている所要〇分の道路が通行止めになり代わりの道路を利用しなければならない場合、その所要時間がいくら以上であれば「遠すぎる、この所要時間ならばできることなら行きたくない」と感じますか。

TSM では旅行者に表 2 のような 3 つの質問をする。次に、3 つのそれぞれの所要時間において、所要時間の度数分布を求め、累積相対度数をグラフにする。「①時間の増加が気にならない所要時間」は減少曲線、「② 利用しても良いが少し遠いと思う所要時間。」「③ 遠すぎる、できれば行きたくないと思う所要時間。」は増加曲線となる。このうち「①時間の増加が気にならない。」と「②少し遠い。」は余事象をとり、評価指標を導出する。(図 4)

PSM から得られる指標は以下のようなものである。無差別所要時間点 (P3) は「遠いと感じる」ものと「近いと感じる」ものが同数の点である。バランスのとれたこの点は、建設費などを考えると代替路整備の基準として適当な所要時間である。上限所要時間 (P4) は代替経路として機能する上限であり、上限所要時間以内の時間帯は代替経路として利用者に許容される。P3 を境目として左側を積極受容帯、右側を消極受容帯として分類できる。下限所要時間 (P1) はほぼ 0 に等しく、最適所要時間 (P2) は基準所要時間とする。

このような意識データから導出した指標を行動データから導出した指標と併用することでより精度の高い評価を目標とするものである。

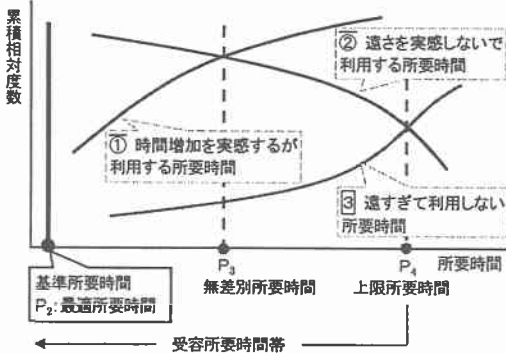


図 4 TSM の模式図

5. 後志地域における代替性評価

5-1 後志地域の特徴

近年、後志地域においては豊浜トンネルや第 2 白糸トンネルの崩落など交通網が途絶し、長期間住民の利便性が低下する事象が数多く生じている。また、地域内には重要港湾である小樽港をはじめ泊原子力発電所など地域住民のみならず北海道にとって重要

な施設が存在する。そこで本研究では後志地域を対象として道路網の代替性評価を行う。

後志地域の道路網は国道 7 路線、高速自動車道 1 路線、主要道道 9 路線、一般道道 53 路線の計 70 路線と各市町村道から構成されている。後志地域の道路網の簡略図を図 3 に示す。

5-2 後志地域の代替性評価

本研究では代替性尺度の算出において C 言語を用いる。アルゴリズムの中核となるのはダイクストラ法である。

今回の分析においては簡単のために次のような仮定をする。まず、道路網が発達した比較的規模の大きな都市には都市境界ノードを設定する。このノードに到達したら都市に入ったものとみなし、都市内部の各ノード間には実在の道路リンクのほかに交通抵抗比が 1.0 になるようなダミーリンクを設け、都市内のネットワークを表現する。また、ノード間の距離が 500m 未満の場合は一本化する。さらに、道路の種類ごとに平均時速が一定 (時間比=距離比) とし、都市内道路は 30km/h、高速道路は 100km/h、その他は 60km/h とする。



図 5 後志地方道路網簡略図

6. 本研究の成果と課題

本研究の成果としては①道路網の代替性を迅速性と保有率の 2 つの観点から評価する指標を提案し、プログラムにより計算するシステムを構築した。②時間消費における意識データの計測方法として TSM を提案した。③後志地方の道路網において実際に代替性を評価し、評価指標の実用性を確かめた。

本研究の課題として、代替性が保持される確率、つまり信頼性からの評価を行うにより道路網の代替性をもっと的確に表現できるのではないかと思う。