

都市間道路ネットワークの代替性評価に関する研究

A study on the alternative of the inter-city road network

南 正 昭

By Masaaki Minami

Drivers can choose some routes to arrive at the same destination, if alternate roads are supplied. The purpose of this paper is to propose a methodology to estimate the alternative of the inter-city road network.

Firstly, the alternative of inter-city road network is defined as a character of the parallel redundancy system. Secondly, a new measure of the alternative is proposed. Lastly, this method is applied to the regional road network and its management and planning are discussed.

1. はじめに

近年、生活レベルの向上や都市機能の高度化に伴い、道路網の信頼性に対するニーズが高まっている。例えば、自然災害や交通事故等による道路の途絶現象に対しても、大幅に遅れることなく交通が確保されるような信頼性のある道路網が望まれている。

特に地方部では、高度な都市機能を他の都市に依存することが多く、その都市までの距離が長い。したがって、道路交通サービスが安定的に確保されることは地域の発展に必須の条件といえる。

道路網の整備水準の評価は、従来より高速性や大量性等の様々な視点から考案されている。しかし、地域道路網におけるサービス供給の安定さを表現し

得る評価法は、いまだ研究の途上にある。

そこで本研究は、経路の一部が途絶しても代替経路を利用することにより目的地に到達できるという道路網のもつ性質に注目し、それを都市間道路網の代替性として定義する。次にその性質を表現する新しい指数を道路整備水準指標として提案する。さらに、これを地域道路網へ適用することにより整備計画の検討を行うことを目的とする。

2. 地方部における都市間道路網の問題点

以下に、北海道を例に都市間道路網の問題点を列举する。

- ①広域分散型の都市配置であり都市間の距離が長い。
- ②地形条件や気象条件が厳しい。特に冬期において積雪や吹雪による通行止めが多い。一般国道の不通区間4箇所、冬期通行止め区間は8箇所にとぼる。
- ③都市間は1本のみ道路で結ばれている場合も多く迂回路が少ない。従って、通常利用している経路の

* キーワード：代替性、道路網評価

**正会員 工 修 山口大学助手 工学部社会建設工学科 (〒755 宇部市常盤台 2557)

途絶は都市活動に対し非常に大きな支障をきたす。

④都市間には峠が存在する場合が多く、交通の障害になっている。これらの中には、冬期間通行止めになる区間も多い。

⑤鉄道網は主要都市間を結ぶのみであり、その他の都市間においては道路網への依存度が高く、自動車以外の代替交通機関を選択し得ない。地方交通線の廃止により、益々道路への依存が高まっている。

同様に地方部では、他の都市への依存が高いにもかかわらず道路のネットワーク構成が不十分な地域が多い。冬期積雪時に1本の道路のみで結ばれる都市間もあり、定常的な都市サービスの供給という面で問題が多い。道路網の計画や運営において、2都市間の通行がどの程度保障されているかという観点が必要である。

3. 都市間道路網の代替性

都市間道路網は、その一部が途絶しても代替経路があればそれを利用して目的地に到達できる。本研究では、この並列多重化システムとしての性質に注目し、それを代替性とよび以下の3つの基本的な原理によって定義づける。(図1)

1)経路数は、1本より2本が良く、2本より3本が良い。(代替経路の量的側面)

2)代替経路長は、基準経路と比較して長いより短い方がよい。(代替経路の質的側面)

3)相似な道路網の場合は、同等である。(道路網の比較基準)

1)は2都市間を結ぶ経路数の多い方が、経路の途絶に対し柔軟な構造であることを示す。道路網を多重化システムとみた場合、多重化の度合を示すことにあたる。2)は時間距離等で構成される交通抵抗が少ない経路ほど、代替経路として優れていることを示す。3)は異なる都市間を比較するときの基準を与える。

以下にこの3点の傾向を示す指数を、代替性指数として定義する。これを用いることにより、都市間の道路網が途絶現象に対してどの程度柔軟な構造をしているかを評価できる。

4. 代替性指数の定式化

2都市間の代替性指数を次のように定義する。

$$R = \frac{F_s}{F_0} \quad \text{式1}$$

R ; 代替性指数

F₀ ; 基準経路の機能

F_s ; 対象経路の機能

基準経路とは、2都市間において通常利用される経路を、また対象経路とは基準経路にその代替経路を含めた道路網を意味する。すなわち、代替性指数とは「評価対象とする道路網の機能が、通常利用されている経路の機能の、何倍の機能を保障しているか」を表現している。

ここで

$$F = 1 / T \quad T ; \text{交通抵抗}$$

と考えられるから、

$$R = \frac{T_0}{T_s} \quad \text{式2}$$

T₀ ; 基準経路の交通抵抗

T_s ; 対象経路の交通抵抗

またここにおいて並列経路の交通抵抗(T)は、並列経路が複数の場合それぞれの経路の交通抵抗をT_iとすると、以下の式によって求める。

$$1 / T = \sum (1 / T_i) \quad \text{式3}$$

ここで、交通抵抗T_iは、旅行時間で代表する。

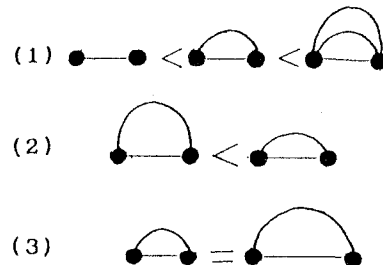


図1 道路網の代替性

5. 代替性指数の性質と計算方法

5-1 代替性指数の性質

代替性指数の性質を明らかにするため、モデルネットワークを仮定し、その適用を図2に示した。2ノード間ACについて代替性指数(R)を示した。なお、これらのモデルネットワークは、すべて旅行時間1のリンクからなる。基準経路は太線で示した。

(a)はAC間が1本のみの経路で結ばれ代替経路がない場合である。したがって、 $R=1.0$ となる。

(b)はAC間が同じ旅行時間の経路2本で結ばれた場合である。ABCを基準経路とするとそれと同じ旅行時間の代替経路が1本利用可能な場合である。このとき $R=2.0$ となる。

(c)はAC間を結ぶ経路が3本の場合である。同じ旅行時間の経路3本で結ばれているとき $R=3.0$ となる。

(d)は基準経路ABCに対し、代替経路が長い場合である。このとき $R=1.5$ となる。

(e)は基準経路ABCに対し、BC間とD経由のAB間に代替経路をもつ場合である。2本の代替経路をもつが1本は途中までしかない。このとき $R=2.0$ となる。この理由は、次項で述べる。

(a) (b) (c)から、1本より2本、2本より3本の方が指数は高くなるのがわかる。ノード間が2本の同じ交通抵抗をもつリンクで結ばれている場合、指数は2、また3本で結ばれている場合3となり、代替経路の本数に一致し理解し易い。(b)と(d)からは、代替経路の旅行時間が長いよりは短い方が指数は高くなるのがわかる。また(c)と(e)からは、代替経路が基準経路の途中で終るより、両端の都市までつながる方が、指数は高くなるが示される。

このように代替性指数を用いることで、図1で示された都市間道路網の代替性の表現が可能である。

5-2 代替性指数の計算方法

代替性指数の計算フローは図3のようである。

一般的には、2都市間を結ぶ道路網は、図2の(e)のように直・並列網からなっている。この場合次のように考えることができる。

(1)リンクABに途絶が生じた場合、代替経路としてA-D-Cのみが利用可能なため図2(b)と等価といえる。

(2)リンクBCの基準経路に途絶が生じた場合、代替経路としてA-B-CとA-D-Cが利用可能なため図2(d)と等価といえる。

本指数は、2都市間のつながりを何本の経路で保障しているかの表現を試みるため、この2つの場合の危険側をとるのが妥当である。したがって、Rは通常利用経路の任意の構成リンクを切断して式4により求まる値のなかで最小値として計算される。

$$R = T_0 / T_S = T_0 \times \sum (1 / T_i) \quad \text{式4}$$

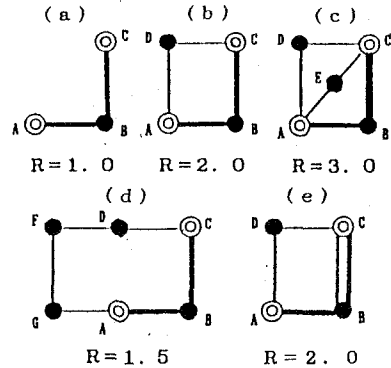


図2 代替性指数の性質

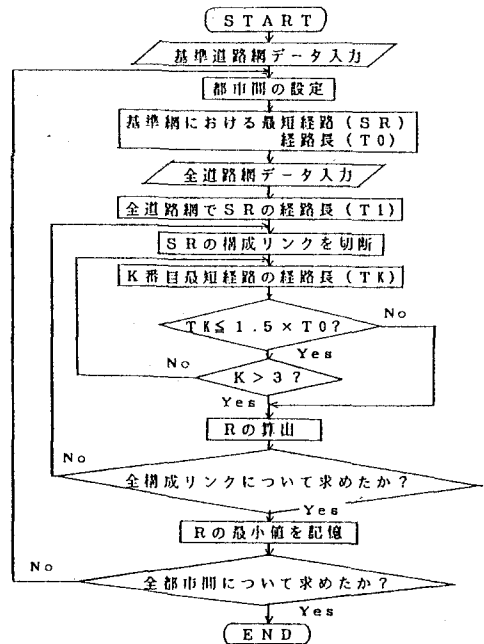


図3 代替性指数の計算フロー

6. 代替性指数による地域道路網の評価

6-1 評価対象地域

代替性指数の適用事例として、札幌市とそれに隣接する北海道後志地域の20の市町村を取り上げた。

本地域の道路網は、ある経路が自然災害等により途絶した際に代替経路のない経路が存在したり、国道に2路線と主要道道に1路線の不通過区間をもつなど、きわめて脆弱な構造になっている。また、道道には、地形が急峻なため急勾配の路線や線形の悪い路線も多く、冬期間には交通障害を起こし易い状態にある。こうした道路網の整備状況の悪さが、この地域の発展を阻害していると考えられる。

6-2 評価対象道路網

評価対象道路網を図4に示す。これは、次のような基準を設けて決定した。

(1)全ての国道と市町村界を横断する道道からなる道路網を対象とする。

(2)基準経路は高速道路を除いた道路網における最短経路とする。また対象経路は、基準経路に対し旅行時間がほぼ1.5倍以内になるような代替経路を含めた経路の集合とする。

ここで(1)は、市町村内にある多数の細かな道路網

を除外することと、市町村を横断する道路は都市間道路網の整備計画において重要な役割をもつという評価目的に対応させている。また(2)で対象経路を旅行時間比として約1.5倍以内としたのは、ASSHOによる高速道路建設時における高速道路への転換率曲線を参考とし、速度比1.0の時の転換率が時間距離比1.5あたりでゼロに近づくことに基づいて決定した。

6-3 評価結果

代替性指数を算出した結果を表1に示す。

後志地域の中核都市である小樽市に注目すると以下のことが言える。余市町、仁木町、古平町、積丹町、岩内町、共和町、倶知安町、島牧村の8町村に対しては、指数が1.0を示している。したがってこれらの都市は、最短経路の一部が途絶した場合、その1.5倍の時間を費やしても小樽へ行くための経路が存在せず、都市間道路網の代替性がきわめて低いことを示している。

小樽市から余市町へは、国道5号線のみで結ばれている。赤井川村経由の道道は、時間がかかりすぎて代替経路とはなり得ない。

また、岩内町、共和町、倶知安町へは国道5号線の稲穂峠にあたるリンクが途絶したとき、代替経路を

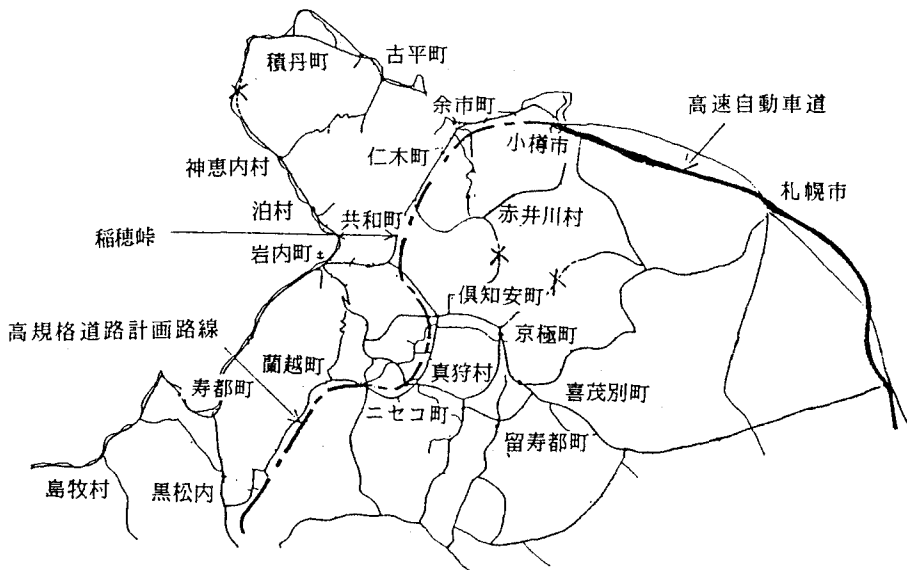


図4 評価対象道路網

有しない。大型フェリーの就航する岩内港から小樽市への代替性がきわめて低いことが示される。稲穂トンネルへの機能集中を避け、小樽市への経路を常に確保するため、早急な整備が望まれる。

同様に、古平町、積丹町、島牧村へは国道229号線が途絶したとき、代替経路を有しない。古平町と積丹町は経済的に、また医療や消防等の救急時の都市サービスについても余市町や小樽市に大きく依存している。人口は古平町、積丹町とも少ないものの国道229号線はこれらの都市を支える生命線となっている。

代替性指数の高い地域としては、京極町、真狩町、ニセコ町が挙げられる。これらは国道5号線に加え、国道230号線と主要道道小樽定山溪線からなる経路を利用可能だからである。

7. 代替性指数による道路網整備計画の検討

7-1 積雪時における代替性の低下

同様にこの指数を用いることにより、冬期積雪時における代替性の低下を表現できる。指数の算出結果を表2に示す。ここで基準経路は前項の計算と同様に高速道路を除いた道路網とし、対象経路は冬期未除雪区間を除いた高速道路を含む道路網とした。本分析では、積雪や降雪における旅行時間の増加は考慮外においている。

表1 現状道路網における代替性指数の算出結果

	札	小	赤	余	仁	古	積	神	泊	岩	共	俱	京	喜	留	真	二	蘭	黒	寿	島
札幌市	3.41	2.09	1.99	1.99	1.00	1.00	2.06	2.00	2.78	2.67	2.82	2.54	1.78	1.80	2.55	2.68	2.00	2.02	1.95	1.67	
小樽市	1.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.85	1.78	1.00	1.00	1.00	1.93	1.85	1.93	1.94	1.79	1.95	1.98	1.75	1.00		
赤井側村	1.00	2.00	1.00	1.00	1.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
余市町	1.00	1.00	1.00	1.82	1.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.70	1.70	1.00	
仁木町	1.00	1.00	1.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
古平町	1.00	1.00	1.71	1.95	1.73	1.71	1.76	1.84	1.86	1.85	1.84	1.90	1.97	1.77	1.00						
積丹町	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
神恵内村	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
泊村	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
岩内町	1.00	1.76	1.84	1.90	1.86	1.93	1.91	1.00	1.95	1.00	1.00										
共和町	1.00	1.00	1.00	1.70	1.67	1.00	1.86	1.89	1.00	1.00											
俱知安町	1.95	1.74	1.85	2.58	1.79	1.00	1.68	1.87	1.00												
京極町	1.00	1.83	1.00	2.45	1.67	1.74	1.89	1.00													
喜茂別町	1.00	1.00	1.72	1.68	1.72	1.90	1.00														
留寿都村	1.00	1.00	1.00	1.00	1.86	1.00															
真狩村	1.83	1.00	1.00	1.85	1.00																
ニセコ町	1.00	1.00	1.83	1.00																	
蘭越町	1.00	1.72	1.00																		
黒松内村	1.00	1.00																			
寿都村	1.00																				
島牧村																					

指数がゼロを示している都市間は、夏期に利用している経路が冬期には未除雪区間であり、積雪時には大きな迂回を必要とするか、それらを結ぶ経路がないことを示す。

例えば神恵内村に注目すると、指数がどの都市に対しても1.0もしくは0.0である。これは神恵内村ー積丹間の国道229号線が建設途中の不通区間であることに加え、神恵内村ー古平町間の道道が冬期未除雪区間であることが大きく影響している。泊村にある原子力発電所の避難路の確保という観点からもこれらの道路の早期整備、改善が望まれる。

7-2 高規格道路の建設による代替性の向上

現在計画中である高規格道路（北海道横断自動車道）を建設したとき、これを代替経路として利用が可能になるならば、代替性が都市間においてどの程度改善されるかを同様のプロセスにより算出した。指数の算出結果を表3に示す。

小樽市に注目すると、余市町、仁木町、岩内町、共和町、俱知安町等の国道5号線を通常利用する都市間の代替性が大きく伸びることが示される。これらは現在、稲穂トンネルの位置する1本のみの国道で結ばれ、代替性という側面からみると非常に不安定な都市間である。その都市間に対し、現在の計画路線による高規格道路の建設は、解決策として有効であることが示される。

表2 積雪時における代替性指数の算出結果

	札	小	赤	余	仁	古	積	神	泊	岩	共	俱	京	喜	留	真	二	蘭	黒	寿	島
札幌市	2.63,1.10,1.00,1.00,1.00,1.00,0.89,1.00,1.00,1.93,2.82,2.54,1.78,1.80,2.55,2.68,0.69,1.03,1.00,0.88																				
小樽市	1.70,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.72,0.88,0.94,1.73,1.00,0.00,1.00,1.00,1.00																				
赤井側村	1.00,2.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
余市町	1.00,1.00,1.00,0.83,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
仁木町	1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
古平町	1.00,0.00,0.72,0.95,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.87,0.89,0.00,0.00,0.00																				
積丹町	0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00																				
神恵内村	1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
泊村	1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
岩内町	1.00,1.00,1.00,1.00,0.86,0.90,0.92,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
共和町	1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.78,1.84,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
倶知安町	1.95,1.74,1.85,2.58,1.79,0.00,0.69,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
京極町	1.00,1.83,1.00,2.45,0.00,0.74,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
喜茂別町	1.00,1.00,1.72,0.00,0.73,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
留寿都村	1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
真狩村	1.83,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00																				
ニセコ町	0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00																				
蘭越町	1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00																				
黒松内村	1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00																				
寿都村	1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00																				
島牧村	1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00																				

表3 高規格道路建設時における代替性指数の算出結果

	札	小	赤	余	仁	古	積	神	泊	岩	共	俱	京	喜	留	真	二	蘭	黒	寿	島
札幌市	3.41,3.00,3.34,3.37,1.73,1.00,2.25,2.07,2.80,3.49,3.08,2.70,2.50,2.60,2.73,2.91,3.05,2.15,2.11,1.72																				
小樽市	1.85,2.42,2.42,1.00,1.00,2.08,1.85,1.80,2.43,2.44,3.25,2.89,3.11,3.27,3.20,3.00,2.28,1.96,1.00																				
赤井側村	1.00,2.10,1.00,1.00,1.89,1.00,1.00,1.72,1.88,1.91,1.92,1.96,1.95,1.94,1.88,1.97,1.82,1.00																				
余市町	2.43,1.00,1.00,1.96,1.69,1.00,2.44,2.45,2.30,2.80,2.14,2.33,2.40,2.23,2.24,1.87,1.00																				
仁木町	1.00,1.00,1.96,1.00,1.00,2.44,2.45,2.28,2.08,2.11,2.32,2.40,2.21,2.23,1.83,1.00																				
古平町	1.00,1.00,1.82,2.11,1.73,1.83,1.86,1.88,1.90,1.89,1.88,2.12,2.15,1.86,1.00																				
積丹町	1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
神恵内村	1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.70,1.68,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
泊村	1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
岩内町	1.00,1.76,1.84,1.90,1.94,2.10,2.13,1.00,2.13,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00																				
共和町	2.46,2.19,1.95,2.00,2.92,2.36,2.82,2.16,1.72,1.00																				
倶知安町	1.95,1.80,1.85,2.76,3.04,1.83,1.73,2.00,1.00																				
京極町	1.00,1.83,1.00,2.58,2.74,1.78,2.00,1.00																				
喜茂別町	1.00,1.00,1.72,1.96,1.76,1.97,1.00																				
留寿都村	1.00,1.00,1.69,1.69,1.89,1.00																				
真狩村	1.83,2.13,1.00,1.89,1.00																				
ニセコ町	2.33,1.00,1.87,1.00																				
蘭越町	1.00,1.72,1.00																				
黒松内村	1.00,1.00																				
寿都村	1.00																				
島牧村																					

8. おわりに

本研究では、これまで明示的に取り扱われることの少なかった、道路網の代替性に着目し、その性質を具体的に示すと共に、それを評価し得る指数の提案を行った。また、この指数を後志地域の都市間道路網へ適用することにより、道路整備計画の検討に役立つことが確認できた。

人口が分散し道路交通に依存する傾向の高い地域

では、道路網を生命線とみなし、地理的・自然的条件によらず安定した生活サービスを楽しむことができるよう道路網を整備する必要がある。本研究は、同様な特徴をもつ地域における道路網整備計画への一つの指針を提示するものである。

本研究をまとめるにあたり、北海道大学五十嵐日出夫教授、佐藤馨一助教授に終始ご指導頂いた。ここに記し感謝の意を表します。