

## IV-4

## 時間距離行列に対する解析手法について

苫小牧工業高等専門学校

正員 榎谷 有三

室蘭工業大学工学部

正員 田村 亨

室蘭工業大学工学部

正員 斉藤 和夫

1. まえがき

高規格幹線道路等の道路網整備が都市間相互の時間距離短縮にどの程度効果を発揮しているかを視覚的に把握するために、著者等は道路新設等に伴う各都市間の最短所要時間から時間距離行列を求めるとともに、この行列から各都市を2次元の時空間上に配置するいわゆる時空間マップ(地図)の作成を試みてきた。しかしながら、時間距離行列を正確に表現するような地図の作成は不可能であることから、通常の地図と同じような距離精度を期待することはできない。すなわち、時空間上に再現された都市の配置による地図化によって、道路網整備に伴う都市間の近接性の変化や道路ネットワークの変容等がある程度視覚的に把握することが可能であるが、道路網全体あるいは各都市において道路利用に対してどの程度利便性が増大したかなどを計量的に評価することはできない。

そこで、本研究では時間距離行列を解析するひとつの方法として、道路利用者からみた道路網全体および各都市の利便性を評価する手法を近接性を表すアクセシビリティ指標の考え方を基に考察する。

2. アクセシビリティを用いた近接性指標

アクセシビリティ(Accessibility)を定量的に示す定義としては、道路距離(時間)・交通費用などによる道路(交通)サービス・レベルを表す指標としてのものから、ある地点に関する回りの移動の可能性、活動の可能性を表すポテンシャルの概念に至るまで、種々の幅広い概念がある。本研究においては、後者の活動の可能性の尺度いわゆる「活動の機会(Opportunity)のポテンシャル」を表すアクセシビリティ指標のうち、累積機会指標(Cumulative-

Opportunity Measures)に属するBlack等の指標を基に考察する。この指標は、アクセシビリティを図示的に表現できるとともに、指標の算定も容易である。アクセシビリティを図示的に表現するため、Black等は横軸(X軸)にはアクセシビリティを求めるゾーン(地域あるいは都市)  $i$  から他のゾーン  $j$  への当該ゾーン間の時間(あるいは距離)を、縦軸(Y軸)にはゾーン  $i$  の総機会のうちある時間以内に到達可能な機会の累積比率をそれぞれ用いている。したがって、このアクセシビリティの図示化は、ゾーン  $i$  から他のすべてのゾーン  $j$  間の時間を求め、この時間でゾーン  $j$  を小大順に並び変えて各ゾーンへの累積比率をプロットすることによって容易に行うことができる。また、ゾーン  $i$  のアクセシビリティ指標は、横軸としての時間軸と累積比率を表す曲線で囲まれた面積として求められる。

本研究においては、各都市間の到達可能な時間からなる時間距離行列を対象に、道路網全体および各都市それぞれに対しての近接性指標の算定を試みる。そして、それぞれの近接性指標を算定するための概念図が図-1である。図-1の横軸は、都市間の時間距離を、縦軸は対象とするすべての都市間のODペアのうちある時間以内に到達可能なODペアの累積比率をそれぞれ表している。そうすると、道路網全体の近接性は、対象とするすべての都市間の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求めてプロットすることによって行うことができる。また、各都市の近接性は、対象とする都市  $i$  と他の都市  $j$  間の時間距離によって都市  $j$  を並び変えたとともに、並び変えられた都市  $j$  の累積比率を求めることによって図示できる。

また、道路網全体の近接性指標ANは式(1)に示すように、横軸の時間軸、累積比率を表す曲線及びある設定された時間(T)の縦軸で囲まれた面積として求めることができる。同様に、都市iの近接性指標Kiも式(2)で求められる。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。

$$AN = \int_0^T A(x) dx \quad (1)$$

$$Ki = \int_0^T Ai(x) dx \quad (2)$$

指標ANおよびKiは式(1)、(2)によって求められるが、曲線A(x)、Ai(x)を定式化することが一般的に困難である。したがって、指標ANおよびKiは各ODペアに対する到達時間及び累積比率をそれぞれ求めて台形公式等で算定される。また、式(1)を部分積分すると式(3)となることから、指標ANを式(3)で求めることも可能である。式(1)から(3)の展開の詳細については、文献(2)を参照されたい。

$$AN = A(T) \cdot (T - t_r) \quad (3)$$

ここで、 $t_r$ ：時間T以内に到達可能なすべてのODペアの平均時間

したがって、近接性指標ANは式(3)に示すように、ある限界時間Tに対するODペアの累積比率A(T)に限界時間の平均 $t_r$ を引いた値を掛けることによって求めることもできる。このことは、各都市の近接性指標Kiについても同様の議論ができる。

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取るときには、時間距離が短い所に到達可能な多くの都市があることを意味する。したがって、この近接性指標を通して道路網全体あるいは各都市において道路利用に対してどの程度利便性が増大したかなどを計量的に評価することができる。

図-1の縦軸としては累積比率のほかに、ある時間内に到達可能なODペアあるいは都市の総数を用いることもできる。総数としたときの近接性指標は式(1)、(2)で求められた値に総数を掛けることによって容易に算定できる。しかし、総数を基に

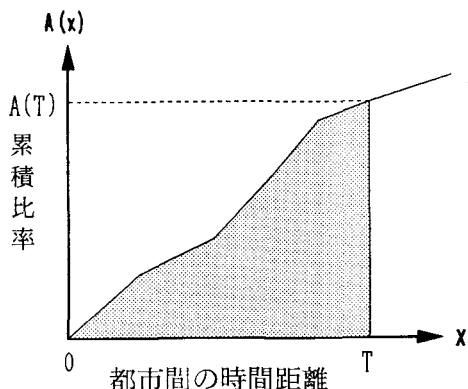


図-1 近接性指標の概念図

近接性指標を算定したときには、道路網全体と各都市との近接性指標の違い等については比較検討できない。そこで、本研究では近接性指標を前述の累積比率を用いて算定する。

また、この指標は図-1に示されているように次のような特徴も持っている。

- (1) 近接性指標の概念的について容易に理解ができるとともに、指標も容易に算定することができる。
- (2) また、異なる限界時間に対する近接性指標も容易に算定できるとともに、指標の違いも視覚的に容易に把握できる。
- (3) 異なる年次の近接性指標を同じグラフ上で描けることから、道路網整備に伴う利便性の増大等を視覚的に容易に理解することができる。
- (4) 各都市の近接性指標を同じグラフ上に描けることができることから、各都市の近接性の違いをも視覚的に容易に把握することができる

### 3. 計算例

本研究においては、高規格幹線道路等の整備が地域全体の利便性あるいは都市間相互の時間距離短縮にどの程度効果を発揮している把握するために、図-2に示す札幌を中心とした18市町を対象に1970、1989および2020年それぞれの近接性指標の算定を試みた。各年次の時間距離行列は、当該年次の道路網の整備状況をもとに各都市間の最短所要時間から作成した。すなわち、1970年は高規格幹線整備されていない道路網、1989年は高速道路の一部開通（札幌及び道央）した道路網、さらに2020年は日高自動車

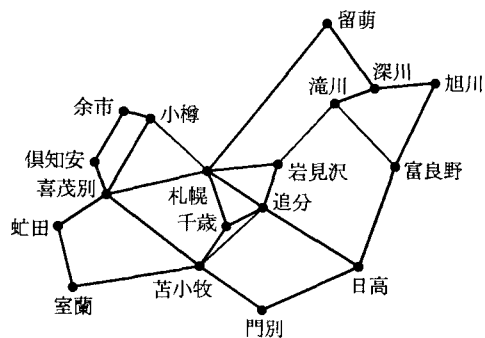


図-2 対象道路網

道等の高規格幹線が整備された道路網である。

道路網全体および各都市の近接性指標は、式(1)および(2)を用いて求めたが、このとき限界時間(T)は各都市間の時間距離の最大値等を考慮して360分(6時間)とした。そうすると、近接性指標は0～360の間の値を取るが、道路網全体および各都市の値の結果を取りまとめたものが表-1である。表-1は、1972年の値の大きい(利便性の高い都市)順に都市を並べるとともに、各年次ごとに最大値および最小値等をも示した。

図-2は道路網全体の3つの年次の近接性指標を同じグラフ上に描いたものである。

高速道路をはじめとした高規格道路の整備に伴って道路網全体の利便性が増大していることがグラフからも視覚的に容易に理解できよう。また、近接性指標の値も72年から83年は28.0、83年から20年は25.4とそれぞれ同じ程度増加しているが、このこともグラフが年次ごとに左にシフトして状況からも読み取ることができる。

各限界時間に対する累積比率をみたとき、60分、120分そして180分それぞれの累積比率の値が小さくなっている。たとえば、180分では72年の0.60から89年の0.75へ、そして20年の0.90へと各年次ごとに同じ時間内に到達可能なODペア(都市間)が増大していることが理解できる。また、逆に累積比率からみたとき、同じ累積比率で

表-1 各年次に対する近接性指標の値

|      | 1970年 | 1989年 | 2020年 | (1989<br>-1970) | (2020<br>-1970) |
|------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|
| 全 体  | 193.7 | 221.7 | 247.1 | 28.0            | 53.4            |
| 岩見沢  | 238.1 | 260.2 | 273.5 | 22.1            | 35.4            |
| 追 分  | 237.5 | 255.9 | 275.6 | 18.4            | 38.1            |
| 札 幌  | 235.7 | 261.8 | 274.4 | 26.1            | 38.6            |
| 千 歳  | 233.8 | 261.9 | 278.7 | 28.1            | 44.9            |
| 苫小牧  | 227.1 | 251.1 | 265.3 | 24.0            | 38.2            |
| 滝 川  | 213.0 | 247.0 | 259.9 | 34.0            | 46.9            |
| 喜茂別  | 207.6 | 226.5 | 239.0 | 18.9            | 31.4            |
| 小 樽  | 205.0 | 236.5 | 264.0 | 31.5            | 59.0            |
| 門 別  | 199.0 | 220.9 | 250.8 | 21.9            | 51.8            |
| 日 高  | 196.1 | 205.1 | 236.6 | 9.0             | 40.5            |
| 倶知安  | 194.9 | 212.1 | 247.6 | 17.1            | 52.7            |
| 深 川  | 191.3 | 235.9 | 249.4 | 44.6            | 58.1            |
| 余 市  | 189.9 | 216.6 | 258.0 | 26.7            | 68.2            |
| 虻 田  | 177.9 | 204.0 | 242.9 | 26.1            | 65.0            |
| 富良野  | 177.5 | 193.8 | 222.7 | 16.3            | 45.2            |
| 室 蘭  | 170.9 | 218.0 | 238.5 | 47.1            | 67.5            |
| 旭 川  | 163.3 | 207.3 | 231.2 | 43.9            | 67.9            |
| 留 萌  | 155.4 | 180.9 | 224.7 | 25.6            | 69.3            |
| 最大値  | 238.1 | 261.9 | 278.7 | 47.1            | 69.3            |
| 最小値  | 155.4 | 180.9 | 222.7 | 9.0             | 31.4            |
| 平均値  | 200.8 | 227.5 | 251.8 | 26.7            | 51.0            |
| 標準偏差 | 25.4  | 24.3  | 17.3  | 10.0            | 12.5            |

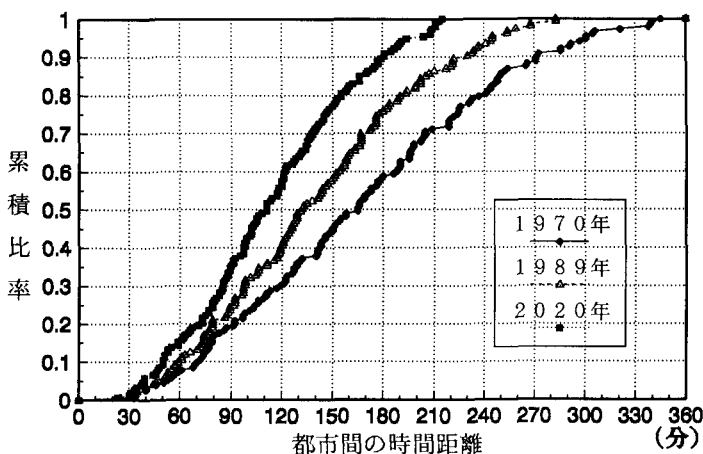


図-3 道路網全体の近接性指標

も年次によって時間距離が異なっていることも把握できよう。たとえば、累積比率0.50に対する時間距離が72年の160分から89年の130分へ、そして20年の110分へとそれぞれ減少している。

図-4は、表-1の結果を示したもので、1989年および2020年についてはそれぞれ70年の差で示した。この図からも、各都市の近接性指標の相違および最大値と最小値の範囲等が理解できよう。また、横軸の都市名を見ると道路網における各都市の地理的位置によって近接性指標も異なっていることが窺える。また、各都市の年次ごとの指標の変化を見ると、特に室

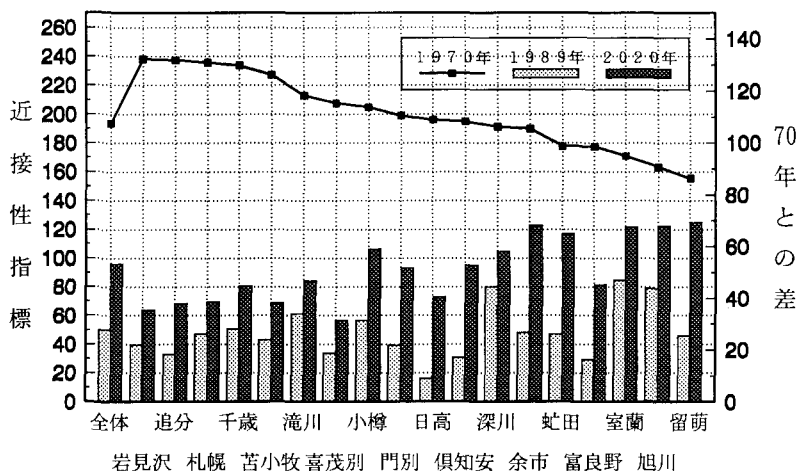


図-4 各都市の近接性指標とその変化

蘭、留萌などにおいて利便性が大きく増大している。図-5は、いくつかの都市の近接性指標を示したものであるが、この図からも道路網の中心部から離れるにしたがって、すなわち地理的位置によって指標の値が異なってくることも理解できよう。図-6は、旭川を例として近接性指標の変化を時系列的に示したものであるが、高速道路等の整備によってグラフが左に大きくシフトして近接性が増大していることも把握できる。

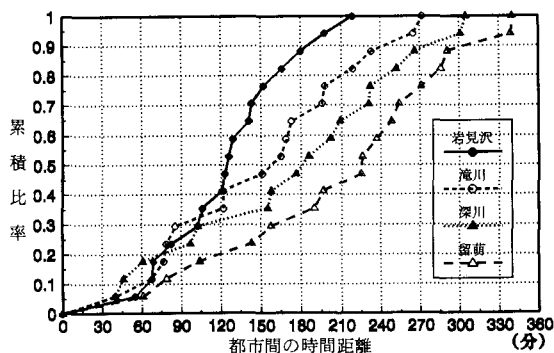


図-5 各都市の近接性指標

#### 4. あとがき

以上、本研究ではアクセシビリティ指標の考え方を基礎に、高速道路等の道路網整備が地域にどの程度利便性を発揮しているかを計量的に、また視覚的に把握するための指標として近接性指標を開発した。そして、この指標を対象とする道路網全体および各都市ごとそれぞれ算定する方法を提案した。

今後は、この指標を他の地域あるいは道路網にも適用を試みるとともに、各都市間のOD交通量をも考慮した指標の開発についても考察を試みていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 榎谷・田村・斉藤：道路網を対象とした時空間マップの作成手法に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.16(1)，1993
- 2) J A Black・M Conroy：Accessibility measures and the social evaluation of urban structure, Environment and Planning A, Vol.9,1977

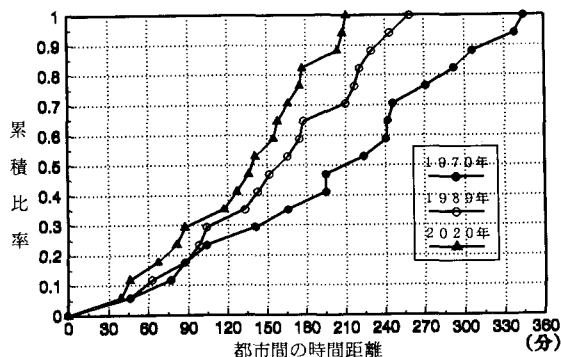


図-6 旭川の近接性指標の変化