

## 時間距離網と作図可能の必要条件

01108452 東北芸術工科大学 古藤 浩 KOTOH Hiroshi

### 1. はじめに

本研究では地域の移動利便性を視覚的に表す方法として“時間距離網”を提示し、その作成例と作図可能の必要条件を示す。移動利便性に関する指標は時間的な視点による指標から金銭的な視点によるものまで様々にあるが、ここでは公共交通機関による都市間の最短所要時間（時間距離と呼ぶ）を指標として取り上げ議論する。

従来、時間距離による地域の移動利便性の図化は出発点からの所要時間で表すことになされてきた。例えば、Mckenzie(1933)はシカゴとアメリカ国内各地の関係を地理的な方向と時間距離に比例する長さで表した。他の地域の同様の方法による図を含め、従来の図化は一都市対複数都市の視点に立っているが、本研究では複数都市間の面的な関係を表現する。

### 2. 時間距離網の定義と作図規則

いくつかの都市および都市間の接続関係を考える。そして都市を点で、接続関係を辺としてグラフを構成する。ここで辺を時間距離に比例する長さで表現した図を時間距離網と定義する。

木グラフならば必ず時間距離網は作図でき、Mckenzie等による従来の図はその一例と位置づけられる。一方、都市の数が4以上の場合での完全グラフは特殊な場合を除いて作図できない。しかし本研究の目的は複数都市の相互関係を表すことなので、以下で提示する規則によって完全グラフから辺を削除し、時間距離網を作図する。

まず接続関係にある都市 $a, b$ 間の時間距離を $l(ab)$ と書こう。回路を持つグラフで時間距離網が作図不能になる基本的な場合として三角方程式を満たさないときがある。すなわち三都市 $a, b, c$ が互いに辺で結ばれているときに、関係 $l(ab) + l(bc) < l(ac)$ が成立する場合である。このような場合は都市 $a$ から $c$ への最短経路かも乗り換えをするときに、所要時間に $ab$ 間及び $bc$ 間の時間距離だけでなく $b$ での待ち時間も加わるためおきる。そこで規則としてこの場合には辺 $ac$ を描かないことにし、辺列 $abc$ は $b$ で自由に折り曲げて描けるとする。これを一般化し、規則を以下のように与えることにした。

$n$ 個の都市 $a_1, a_2, \dots, a_n$ に関する時間距離で  
 $l(a_1 a_2) + l(a_2 a_3) + l(a_3 a_4) + \dots + l(a_{n-1} a_n) < l(a_1 a_n)$   
 ならば辺 $a_1 a_n$ は描かない。

この規則による時間距離網では、任意の二都市間の時間距離は、乗り換え時間を別として二都市間を結ぶ最短の辺列の長さで表されるという特徴を持つ。

経験的には道路交通も公共交通も経路は限られているので、この規則によってかなりの場合作図が可能となる。一方飛行機による移動が中心になるような広域交通

ではこの規則によっても作図できない場合が多い。

### 3. 作図例

関東・中部地方の各都県から人口順に二都市（主要駅）を取り出し、計32都市で時間距離網を作図した。都市間の時間距離は市販ソフトウェア“駅スパート全国版”（ヴァル研究所）を利用して求めた。但しこのソフトウェアは時刻表を記憶せずに近似計算をするプログラムであること、地方交通線では不完全な点が多いことから、次の確認作業を行った。(1)航空機や特急列車間の乗り換え待ち時間は時刻表で確認。(2)待ち時間の算出法がソフトウェアでは不透明なので(1)以外の乗り継ぎは10分とし、航空機は20分とする。(3)普通列車で60分以上の乗車は快速列車がないか時刻表で確認。

経由地を調べ、規則によって辺を除いた結果、辺数は52本となった。対象地域と残った辺の地理的な関係は図1に表わされる。

図1に対応する時間距離網を作図した結果が図2である。任意の二都市間の時間距離は辺長の合計で与えられている。図2と図1の比較によって例えば次がわかる。

- この地域の地理的な意味で中央に位置するのは松本市や甲府市だが、時間距離網で見ると中央に位置するのは東京と名古屋市になる。

- 新潟市は地理的には東京に遠いが、図2で見ると移動利便性は足利市並によい。

これらは常識的なことかもしれないが、このように視覚的に表した例はこれまでない。また位置に多少の自由があるので、形はこれに限るわけではないが、図1とは全く異なる移動利便性に関する構造が明らかになった。

### 4. 作図可能の必要条件

前節で議論した規則によって時間距離網を必ず描くとは限らない。ここでは作図可能に関する二つの必要条件を提示する。第一の条件は点と辺の接続関係に関する条件である。点（都市）の位置は二次元上に決めていくので、常に二本以下の辺の制約で点の位置を決定できるようでないとは作図できない。三本以上の辺によって点の位置が決定できる場合もあり得るが、それは特殊な場合である。対象とする地域から部分を取り出したときに、その点の数を $V$ 、点間を結ぶ辺の数を $E$ とおけば、点と辺の接続関係に関する作図可能の必要条件は以下に書ける。

対象地域から任意の部分を取り出したときに必ず  

$$2V - E - 3 \geq 0$$
 が成立する。

なお作図時の点と辺の関係として三点を六辺によって決める場合、五点を十辺によって決める場合などもあるが、この条件はそれらを含んでいる。

第二の条件は辺の長さに関する条件である。図3は接続関係に関する条件を満たしているが、辺の長さが足りず、描き順に関わらず作図できない。ある一点の回りの関係を図4のように一般化して表せば辺の長さに関する作図可能の必要条件は以下となる。

回路によって囲まれる全ての点とその回りに関して、次のいずれかが成立する

$$(1) \sum_{i=1}^n \left( \arccos \frac{b_{i-1}^2 + b_i^2 - \left( \sum_{j=1}^{m_i} C_{i,j} \right)^2}{2b_i b_{i-1}} \right) \geq 2\pi$$

(2) 一カ所以上の幅の組  $b_{i-1}, b_i$  について

$$b_{i-1} + b_i \leq C_{i,0} + C_{i,1} + \dots + C_{i,m_i}$$

なお、点の回りの回路の取り方が複数ある場合はその全

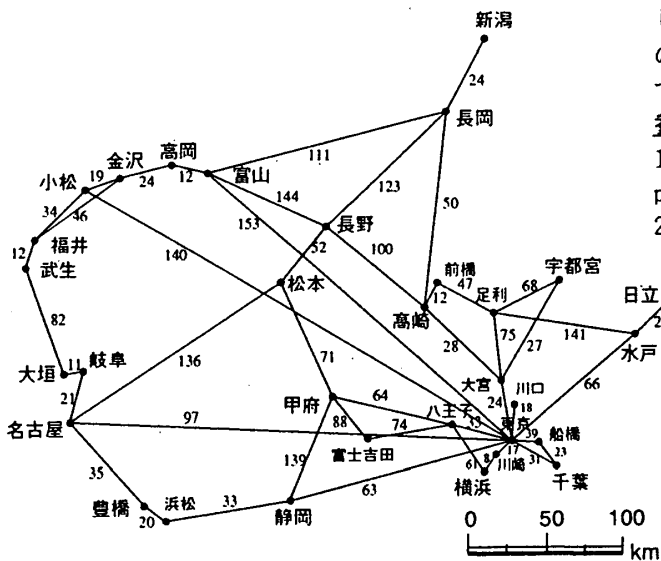


図1 関東及び中部地方の都市の地理的位置と時間距離 (辺上の値は時間距離(分))

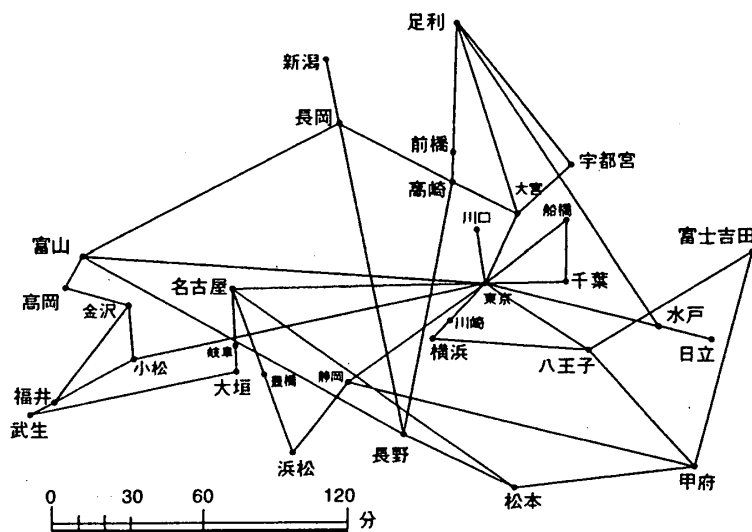


図2 関東及び中部地方の時間距離網

てについて成立しなくてはならない。

二つの条件がともに満たされれば必ず作図できるかはまだ明らかではなく、必要十分条件の研究は今後の課題である。しかし著者の経験として、これまで描けなかった時間距離網は上記の条件を満たさないものだけであり、これら二つは基本的な条件と思われる。

### 5. おわりに

本研究では複数都市間の関係を視覚的に表す時間距離網という考え方を提示し、その作成例を提示した。また時間距離網を作図するための必要条件も示した。

時間距離網のイメージは人皆それぞれに漠然と持っていると考えられるが、直感的には作図が不可能なので、一都市対多都市のもののみだったと思われる。

今後の課題として以下の問題を考えていきたい。(1)示した必要条件では点の数が多の場合、計算に時間がかかり実用的ではないので条件をより洗練する。(2)作図可能のための必要十分条件を求める。(3)時間距離にこだわらず、この作図法が使える応用分野を追求する。

### 参考文献

- 1) McKenzie, R.D.(1933):The Metropolitan Community. (Reprinted in 1967, New York: Russell & Russell.)
- 2) 古藤 浩(1995): 時間距離網の作図. 日本OR学会 春季研究発表会アブストラクト集, pp.234-235.

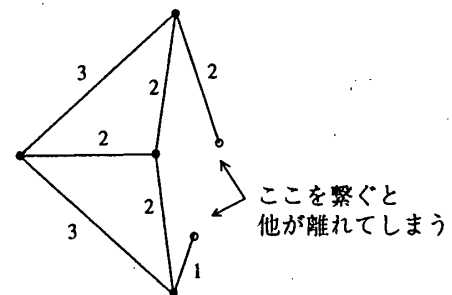


図3 作図できない時間距離網 (辺上の値は時間距離)

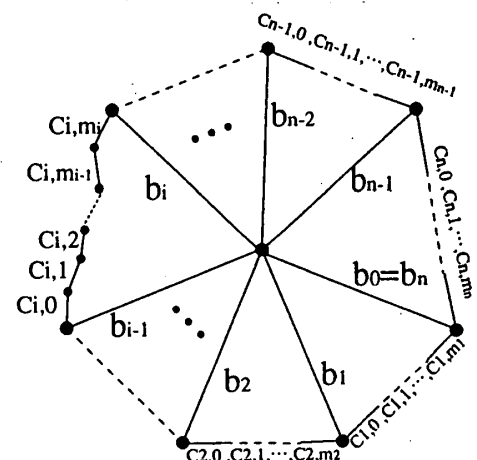


図4 一点の回りの辺の長さ