

IV-126 道路ネットワークに対する時空間マップの作成手法

苫小牧工業高等専門学校
室蘭工業大学工学部

正員 榎谷 有三
正員 斉藤 和夫

1. まえがき

本研究は、既存道路網のネットワーク形態及び既存道路網上の各都市の相対的位置づけを損なうことなく、道路建設等に伴う各都市間の時間距離短縮を考慮した時空間マップ（地図）の作成手法について考察を試みたものである。

時空間上に再現された都市の配置による地図化は、道路網整備によって都市間の連絡強化あるいは交流の円滑化がどの程度図られたかを視覚的に把握するうえで有用である。また、時空間マップの時系列的な比較検討は、道路網の進展に伴う都市間の近接性や道路ネットワークの変容等をも解明することが可能となってくる。

そこで、本研究は対象とする道路交通システムがネットワークシステムである特質を踏まえて、クラスター分析及びグラフ理論を基礎に各都市を2次元の空間上に配置して時空間マップを作成する手法について考察する。

2. 時空間マップの作成手法

時間距離行列（非類似度行列）から時空間マップを作成することは、地図上から都市間の距離を示す表（距離行列）を作成することとは逆に、与えられた都市間の距離行列（表）から地図を作成することである。この時空間マップの作成手法については、多次元尺度構成法の適用を中心に計量地理学の分野で多くの研究が行われてきた。著者等は、前述のように道路網形態及び各都市の相対的位置づけを損なうことのない時空間マップを作成するため、図-1に示す手順のうち Spanning Treeを構成するリンクを基にした座標値算定手法まで考察してきた。Spanning Treeを構成するリンク（以下、木リンクという）を基に時空間マップを作成したとき、木リンクによって結合されている都市間の距離は、当該都市間の時間距離に等しい。しかしながら、Spanning Treeに含まれていないリンク、すなわち Co-Tree（補木）に属するリンク（以下、補木リンクと言う）

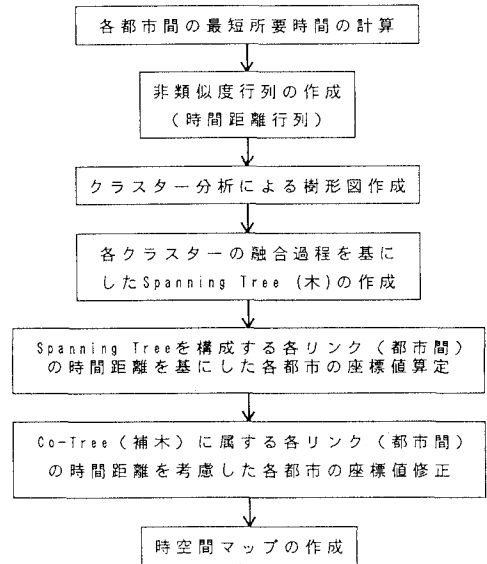


図-1 時空間マップの作成手順

によって結合されている都市間の時間距離は、必ずしも当該都市間の時間距離に等しくなっていない。また、作成された地図も既存道路網の形態を反映したものになっていない場合もある。

そこで、本研究では木リンクを基に算定された各都市の座標値を踏まえて、さらに補木リンクの長さをも当該リンクによって結合されている都市間の時間距離に等しくなるような各都市の座標値修正法について次節で考察する。

3. 補木リンクの時間距離を考慮した座標値修正法

いま、 n 個のノード（都市）、 m 本のリンクからなる道路網を対象としたとき、木リンクは $(n-1)$ 、補木リンクは $(m-n+1)$ となる。このとき、 $(n-m+1)$ 本の補木リンクのうち、いずれの補木リンクより順次リンクの長さを当該リンクによって結合されている都市間の時間距離に等しくするかという問題がある。すなわち、ノードによっては何本かの補木リンクが連結していて座標値を算定することが困難な場合も

ある。そこで、本研究では図-1の手順で求められるSpanning Treeに対してある基準ノードに対する根木（樹木）（Rooted Tree）を作成できること、及び補木リンクをSpanning Treeに付加すると閉路（ループ）ができることに着目して次のような手順で座標値修正法を試みた。

- (1) 対象とする道路網に対して接続行列を作成するとともに、接続行列からある基準ノード（都市）に対する頂点行列A (Vertex Matrix)を作成する。
- (2) 図-1の手順で作成されたSpanning Treeに着目して、行列Aの最初の(m-n+1)個の列を補木リンクに、残りの(n-1)個の列を木リンクに対応させた式(1)に示す行列A*を作成する。

$$A^* = [A_{11} \quad A_{12}] \quad (1)$$

- (3) 行列A*のうち、木リンクに対応する行列A₁₂に対する逆行列及びその逆行列の転置行列を求めて式(2)に示す木道行列D (Tree-path Matrix)を作成する。

$$D = [(A^*)^{-1}]^T \quad (2)$$

- (4) 行列Dから根木を表す行列Rを作成して根木の道(Path)の本数を求めるとともに、接続行列から各ノードがいずれの道に属するかを求める。
- (5) 行列A*のうち、補木リンクに対応する行列A₁₁に対して、(4)で求められた根木の道ごとに、当該道に属するすべてのノードの各列を加えた行列Cを求める。
- (6) 行列Cの各列の要素の値から、補木リンクを同じ道に属するノード間を結合しているリンクか、基準ノードと結合しているリンクか、さらに他の道に属するノード間を結合しているかに分類する。
- (7) (6)で分類されたリンクを考慮して、補木リンクを順次付加してループを作り、ループごとに補木リンクの長さを当該リンクによって結合されている都市間の時間距離に変えて、各都市の座標値を修正する。この手順を各道ごとに行う。

4. 計算例

図-2に示す札幌を中心とする15市町を対象に、1970年に対する時間距離行列から時空間マップの作成を試みた。図-1の手順で作成されたSpanning Treeが図-2の実線のリンクである。このTreeを対象に、基準ノードを札幌市として根木を求め、さら

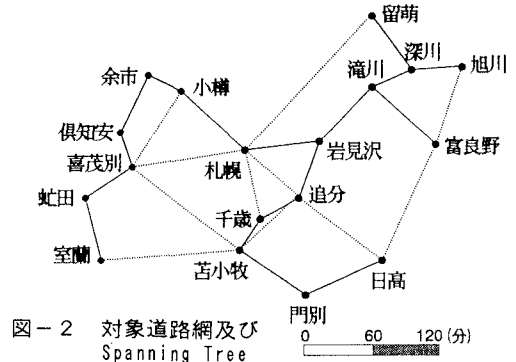


図-2 対象道路網及びSpanning Tree

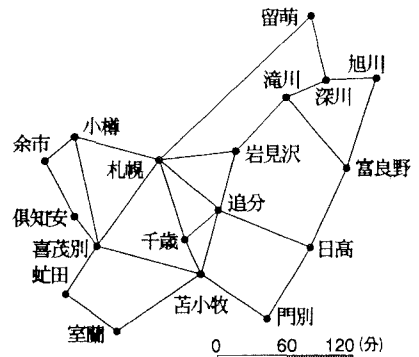


図-3 時空間マップ

に根木を構成する道を求めると、札幌からそれぞれ室蘭、留萌、旭川、富良野及び日高へ辿る5本の道が求められる。各道ごとに図-2の破線の補木リンクを付加して各都市の座標値を修正して作成された時空間マップが図-3である。この時空間マップの再現性を評価するための適合度指標として相関係数、不一致係数及びクリスチのスト1を求めたところ、それぞれ0.974, 0.049, 0.097と、良い適合結果を得た。

5. あとがき

以上、本研究ではSpanning Treeを構成するリンクを基に算定された各都市の座標値を踏まえて、さらに補木に属するリンクの長さも当該リンクによって結合されている都市間の時間距離に等しくなるような座標値修正法について考察した。その結果、道路網整備に伴う各都市間の時間距離短縮を視覚的に把握できる時空間マップを作成することができた。なお、他の年次(1989, 2020年)に対する時空間マップについては講演時に発表する。

<参考文献>

- 梶谷・斉藤：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.26No.6，1991
- 梶谷・斉藤：時間距離行列からの地図作成手法，土木学会北海道支部論文報告集，第48号，1992