

時間距離網の視覚化と地域構造分析

—東北地方の都市連関構造

Visualization of Time-Distance Network and Analysis of Regional Structures

— The Multi-City Structure of Tohoku Region

古藤 浩

KOTOH Hiroshi

In the planning of national land development, it is important to have a clear understanding of the regional structure. One index of regional structure is time distance (i.e., minimum traveling time). The computation of the time distance between any two cities is relatively simple. However, it is difficult to grasp visually the structure of the whole region with relation to time distance.

This paper focuses on the use of time distance as an index of regional structure, and shows a new method for presenting such structure visually. This method enables us to create a graph of regional structure by treating each city as a vertex, and relative time distance between cities as the length of an edge. The author calls the graph a time-distance network. Construction of the network from any time distance data is generally difficult. In order to solve this problem, some rules are set for constructing the graph. In addition, a necessary condition for constructing the graph is also explored. Using this approach, the author analyzes the Multi-City structure of Tohoku Region in comparison with other regions.

1. はじめに

国土計画など、広域的な都市計画を考えるときには地域構造を把握することが必要である。地域構造に関する一つの概念として地域の都市相互間の移動利便性が考えられる。これを正しく把握することは次にどの地域に交通施設を整備すべきかを計画するために重要である。

移動利便性の指標としては、地図そのもので表される直線距離の他に、所要時間、道路距離、費用などが考えられる。これらの指標は個別の計算こそ容易だが、直線距離以外は地域的な都市群全体でどのような関係にあるかの把握や表現は一般に困難である。

そこで著者は公共交通機関による最短所要時間に注目し、都市の位置関係を視覚的に表すための新しい方法による時間距離網を使って地域構造分析を行う。なお、本研究では特に東北地方に注目し、いくつかの地域との比較を通して議論を進める。

従来、所要時間による位置関係の図化は一都市対複数都市の視点で行われてきた。例えばMcKenzie⁹⁾はシカゴからアメリカ国内への所要時間の変化を、杉浦他¹⁰⁾は東京から日本各地への所要時間を、地理的な方向と所要時間に比例する長さで表現した。また腰塚¹⁾は時間圏域という概念を導入して東京と近郊地域の関係を図示した。

一方、複数都市間の関係を対象とする研究は多次元尺度法を基礎としていくつか行われている。都市間の所要時間を線の長さで表して単純に結び、図化を試みると通常多次元的になり平面には描けない。これを解決するた

め多次元のデータを低い次元で近似表現する方法として多次元尺度構成法はTorgersonによって提示され¹⁰⁾、認知地図や時間距離による空間地図の作成の作成に使われた^{11), 2), 30) 31)}。しかし近似手法なので位置に誤差を持ち、図の部分についてなど精細な議論に利用するのは適当でない。

榎谷他⁸⁾は道路網に注目し、多次元尺度法は用いずに、誤差を持たない時間距離網の表現を行った。道路網は原則として平面グラフで表現できるが、本研究で扱う公共交通は交通機関が多様かつ階層性（例えば、鉄道での特別急行、急行、普通）を持つので、基本となるグラフが平面グラフとならず、作図がはるかに困難である。そこで本研究では主要都市を選び、後述する規則によって、表現する地域構造を必要最小限に選択することで誤差を含まない時間距離網を作図する。

2. 時間距離網

各都市の位置を点で、その隣接関係を辺で表す。そして辺に所要時間に比例する長さを与えて図（グラフ）を構成し、これを時間距離網と定義する。本研究では所要時間として公共交通機関による最短時間を考える。例えば東京、大阪、札幌の三都市で時間距離網を作図すれば図1(a)になる。一方三都市間の地理的な関係を図示すれば図1(b)となる。図1(a)(b)を比較すると、地理的な位置と所要時間から見た位置の相違が明快にわかる。例えば地理的には東京－大阪間よりはるかに遠い位置にある札幌市が、実は東京－大阪間の移動とそれほど変わらない程度の時間で行ける位置にあること、所要時間の面から見れば札幌市は東京からも大阪からも同じ程度離れていることが理解できる。もちろんこの三都市間の所要時間の関係のイメージは図を作るまでもなく理解されていることかもしれない。しかし、多数の都市間の所要時間に関してこのような図があれば、地域の理解に大きな助けとなるだろう。一方、都市の数が多いときは、様々な理由によって作図が困難となる場合が多い。以下では、まず作図手順を決め、作図の途上でどのような困難が生ずるか説明し、対応方法を考察する。

作図の基本的手順は次とする。まず最初の点(都市)をおき、次に別な点の一つ取り、二点を所要時間の長さの辺で結ぶ。この最初を書く二点と一辺

は位置決定に自由があり、これによって図の原点と方向が決定する。そして一点ずつ順次加えながら、その点とそれまでに描いた点につながる辺を加えていき時間距離網を作図する。

このときおきる作図上の問題として以下が想定でき、本研究ではそれぞれに次のような対処方法を構築した。なお点abを結ぶ辺の長さを $\ell(ab)$ と書くことにする。

[1] 三角方程式を満たさず作図できない

二辺によって点の位置を決定するときに、辺の出発点間の時間距離が二辺の長さの和より長い場合。例えば三点abcが互いに辺で結ばれているときに、関係 $\ell(ab) + \ell(bc) < \ell(ac)$ が成立する場合。例えばaからcへの最短経路がbで乗り換えをする場合にbでの待ち時間が加わるのでおきる。

→ (対応) 該当三角形の最も長い辺（上の例では辺ac）は描かない。そして辺列abcはbで自由に折り曲げて描けるとし、他の困難を解決するために利用する。4点以上の時間距離網でこの問題が発生する場合を含め、この対応法は「ある辺の所要時間が、別な点列を経由した和の所要時間以上の場合、その辺を除く」と書ける。

[2] 点や辺の位置を特定できない

一辺によって点の位置が決まる場合、位置は一意には決まらない。

→ (対応) 逆に言えば位置決定には自由があるといえる

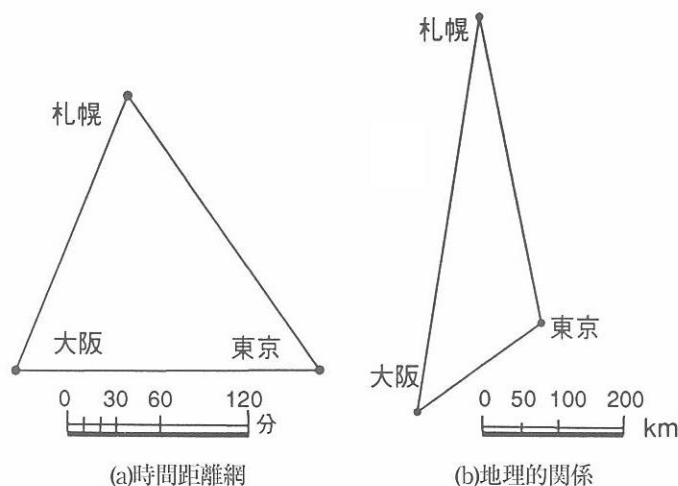


図1 札幌－東京－大阪間の位置関係

表1 4都市間の移動所要時間

	札幌	東京	名古屋	大阪
札幌		198	198	193
東京			97	164
名古屋				65

(分)

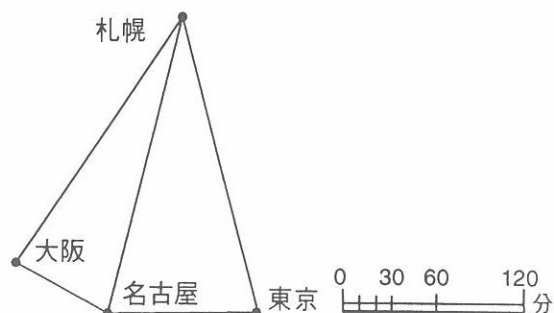


図2 4都市間の時間距離網

ので、位置は自由とし、他の困難を解決するために利用する。

[3] 所要時間に対応する点の位置が存在しない

一般に二辺によって点の位置は決まるので、三辺以上によって点の位置を決めなくてはいけない場合、点の位置決定は不可能である。

→ (対応) [1], [2]の対応によって得た自由によって処理する。

以上の方法によって東京、大阪、札幌、名古屋間の時間距離網を表1から作図すれば、図2になる。図2では東京－大阪間の最短時間経路は名古屋経由なのでこの辺が除かれ（表1でハッチング表示）、それによる自由によって札幌の位置が決定可能となる。以下の議論では二点間の辺が除去されず、結ばれている場合に「隣接関係がある」と呼ぶことにする。なお都市の位置関係を表現したときに、地図上の（直線距離による）関係との対応がわかりにくいと、空間のイメージを捉えることが困難になる。そこで時間距離網では点と辺のもともとの地理的な位置関係をできるだけ保存することとした。なお、図1、図2を含め、時間距離網の縮尺は辺の長さを測るときにのみ意味があり、図を縦横に測ることは意味がないので注意されたい。

ここで定義した時間距離網は選択した都市と、都市間を結ぶ辺の長さのみ意味を持ち、選択しない都市は無関係となる。しかし、公共交通機関では一般に乗降できるのは駅や停留所など点的施設なので、辺上の一点一点を考慮することには意味がない。また、上記の対応方法によっても時間距離網を必ず描けるとは限らないので、後述する事例では必要によって都市を選択するとした。全ての乗降地を図に表せれば理想的ではあるが、主要な乗降地を選んだ上での時間距離網の作図も地域の構造を知る上で有効であろう。

以上のように制限がある一方で、本研究の時間距離網は多次元尺度法による場合のような誤差が辺に存在せず、辺の長さの意味がはっきりしているという長所も持っている。また、直接辺で結ばれてなくても、任意の都市間の所要時間は、都市間を結ぶ最短の辺長の和で（ただし経由する駅での待ち時間は入っていない）わかるという特徴も持つ。

3. 東北地方を中心とした地域構造の分析

(1) 時間距離の計算手順と作図の基準

任意の都市と時間距離の集合から必ず時間距離網を描けるとは限らない。そこで時間距離網を視覚化できるように都市数を限定しなくてはいけない。このとき地域内でいくつの都市を取り上げるかはそれぞれの地域の条件に合わせて決めた。国内の都市間の時間距離は次の原則で計算した。まず各都市の起点は都市名と同じ名前のJR駅（該当駅がない場合、地図を参考に決定）とする。そして時間距離（最短所要時間）の計算は市販ソフトウェア^[5]によって求めた。ここでの選択可能な交通手段は鉄道（JR、私鉄、地下鉄）、航空機、連絡船である。乗換を必要とする場合、それぞれの交通機関に関する所要時間と待ち時間を合計して時間距離とした。

ただし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、次のような確認作業を行った。

- ①特急列車間の乗り換え待ち時間は時刻表で確認する。
- 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する。

表2 時間距離網の与件

	東北地方	山形県と近隣主要都市	関東及び中部地方	ベルギー及びオランダ
都市数(基準)	31市(5万人以上)	17市(山形県の市と山形県に隣接県の県庁所在地)	32市(各都県で2番目に大きい都市まで)	27市(10万人以上、例外3都市)
作画した辺数	46本	26本	52本	39本
地域面積	6.7万Km ²	0.9万Km ²	9.9万Km ²	7.2万Km ²
考慮した交通機関	JR、私鉄	JR、私鉄、バス	JR、私鉄、航空機、地下鉄	国鉄

なお、計算時には同時に経由地も調べるので、前節で説明した対応[1]で取り除く辺を決めることができた。また山形県と近隣主要都市間の時間距離の計算では日本交通公社発行の時刻表¹⁷⁾に乗っている範囲に限定してバス

路線も調べ所要時間を比較した。ソフトウェアも含め、標準的には一日5回以上運行する経路で時間距離を設定した。すなわち、所要時間が短くても一日に5往復未満だけ運行する経路は取り上げていない。

各時間距離網での都市数や基準などの事項については表2にまとめた。それぞれの理由、意味については各節で述べる。

(2) 東北地方の時間距離網

まず東北地方の都市間の時間距離網を考察する。対象都市は平成二年に5万人以上の人口を持つ31市とした。都市間のペアは465通りあるが、描かない辺を除くと辺数は46本となった。その地理的構造は図3に表され、都市間の所要時間は辺上に記した。

時間距離網を作図した結果が図4である。作図上の都合で青森市と秋田市の東西方向の位置関係など何カ所かの

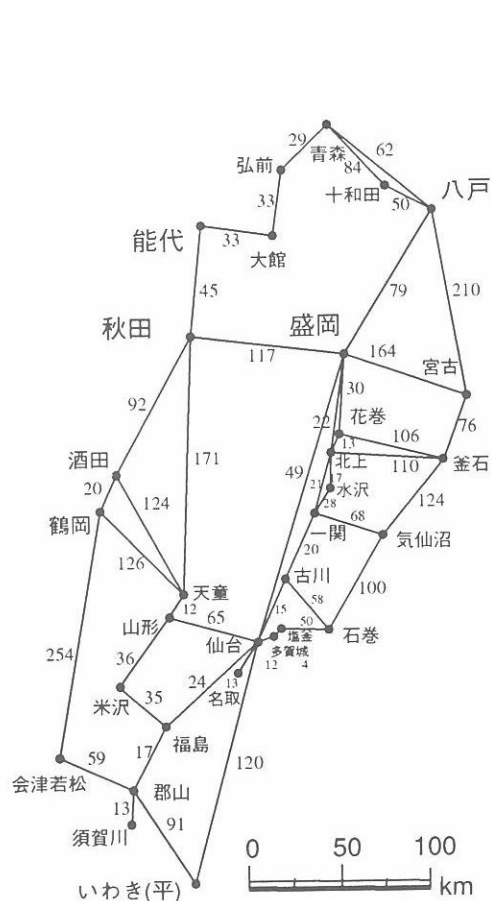


図3 東北地方都市間の地理的位置関係と所要時間
(辺上の値は所要時間(分))

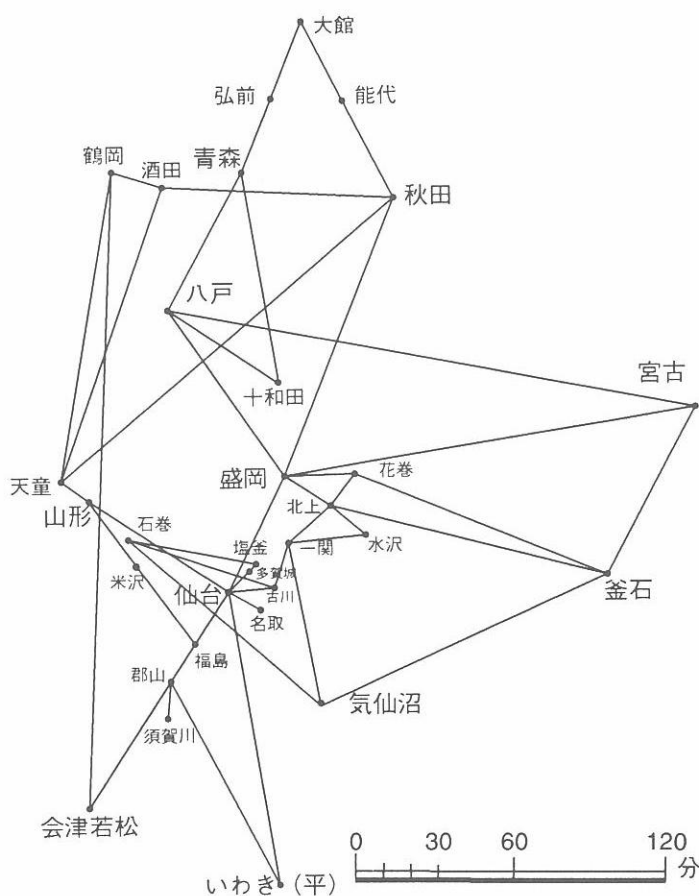


図4 東北地方の時間距離網

位置関係が逆になった。ここで任意の都市間の所要時間は都市間を結ぶ線の長さの和で与えられる。図4から三陸地方の他の地域との時間的な遠さや、直線距離では盛岡-仙台間より近い鶴岡市と会津若松市間の時間的な遠さが視覚的にはっきりした。三陸地域の鉄道は山地を迂回する関係などで、鉄道路線が大きく蛇行していること、特急列車が運行していないことによって非常に時間距離が長い。鶴岡市と会津若松市間も山地の影響で最短経路が新潟経由となり、大きく遠回りになった。新幹線が存在する盛岡-郡山間の交通が発達しているのは感覚として一般的に理解されていることだが、時間距離網で見ると他の地域との差が明快になる。なお盛岡-仙台間を直接結ぶ辺と、両市を北上、一関、古川を経由して結ぶ辺列は共に同じ経路（東北新幹線）を現す。しかし、盛岡-仙台間をノンストップで走る列車があるので、同じ路線でも二本の線を描くこととなった。これは本研究による時間距離網が都市間の関係だけを表し、経路を表示するのではないことから現れる特徴である。

山形県に関しては、鶴岡市と会津若松市の時間的な遠

さが目立つ。このような都市間の移動は鉄道よりもマイカーなどが主流なのかもしれないが、今後予測される地域の高齢化による交通弱者の増加を考えると、公共交通網の整備が望まれよう。

（3）山形県と近隣主要都市の時間距離網

議論を山形県に絞るために、山形県と近隣主要都市間の時間距離網を分析する。ここでは山形県内の全市と隣接県の県庁所在地、すなわち仙台市、秋田市、新潟市、福島市の合計17市を対象として選んだ。東北地方の図4の場合よりも、より狭い地域の公共交通を対象とするため、ここではバス路線も選択肢に加えた。対象市間の地理的構造は図5に、時間距離網の作図結果が図6である。最終的な辺数は26本となった。ここで、尾花沢市に繋がる二路線、鶴岡-寒河江間の合計三路線がバス路線である。

図5と図6を比較することによって日本海側の都市間と東西方向の時間距離が相対的に長いことが読みとれる。特に隣県とはいえ新潟市が山形にとっていかに遠い存在

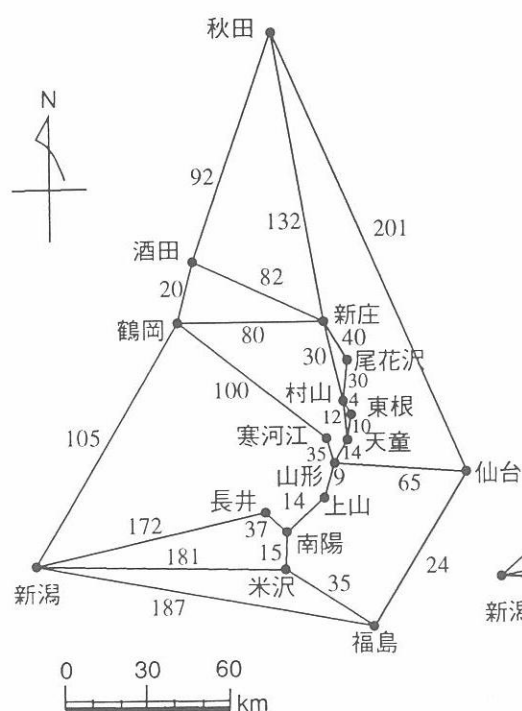


図5 山形県と近隣主要都市間の地理的位置関係と所要時間
(辺上の値は所要時間(分))

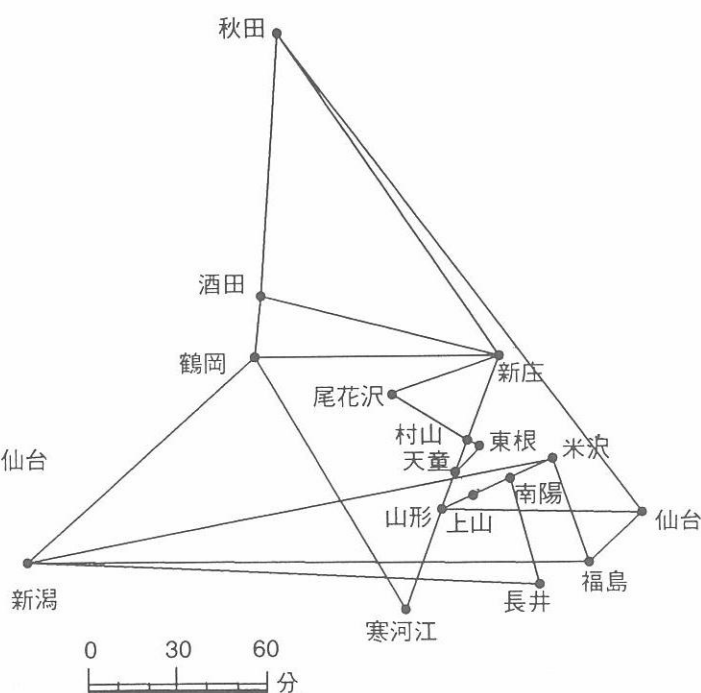


図6 山形県と近隣主要都市間の時間距離網

かが明らかとなった。最短時間距離は折れ線をたどることになるので、新潟から山形県内各都市へ行くには米沢市か長井市を経由しなくてはならないことがわかる。結

局、新潟市からは山形県内よりも仙台市の方が近いくらいである。また、酒田市、鶴岡市と山形県内陸部の各都市への時間距離も相対的に長いことが読みとれた。更に

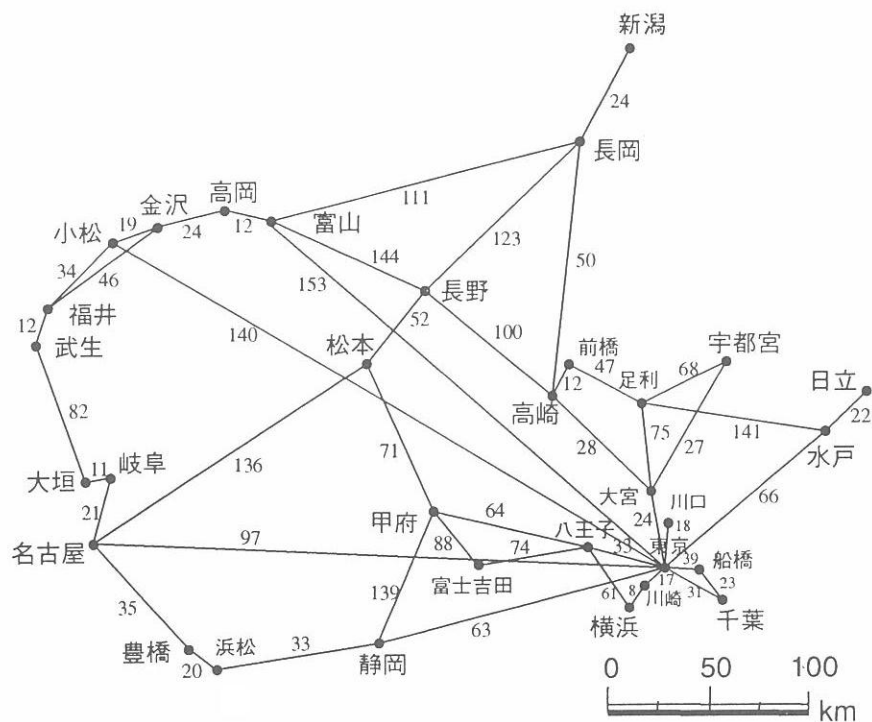


図7 関東及び中部地方の地理的位置関係と所要時間
(辺上の値は所要時間 (分))

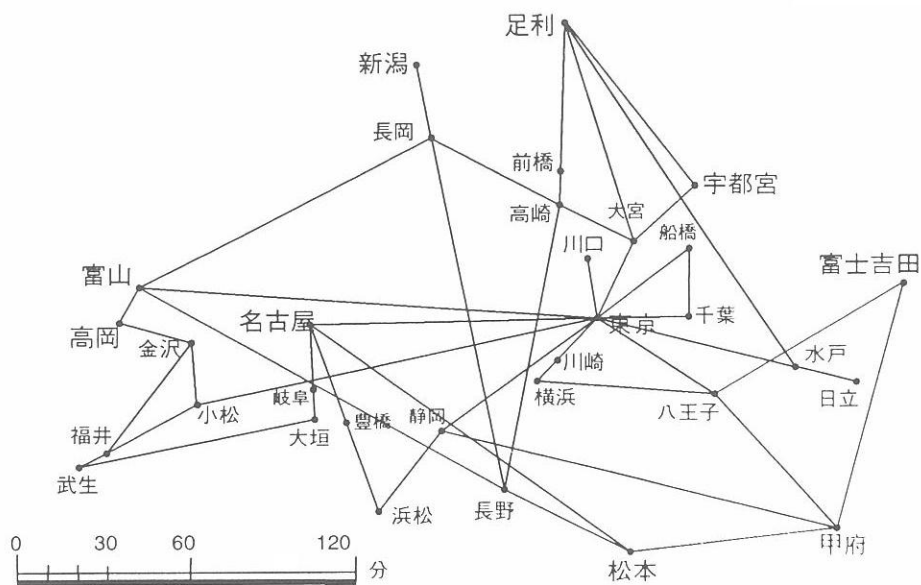


図8 関東及び中部地方の時間距離網

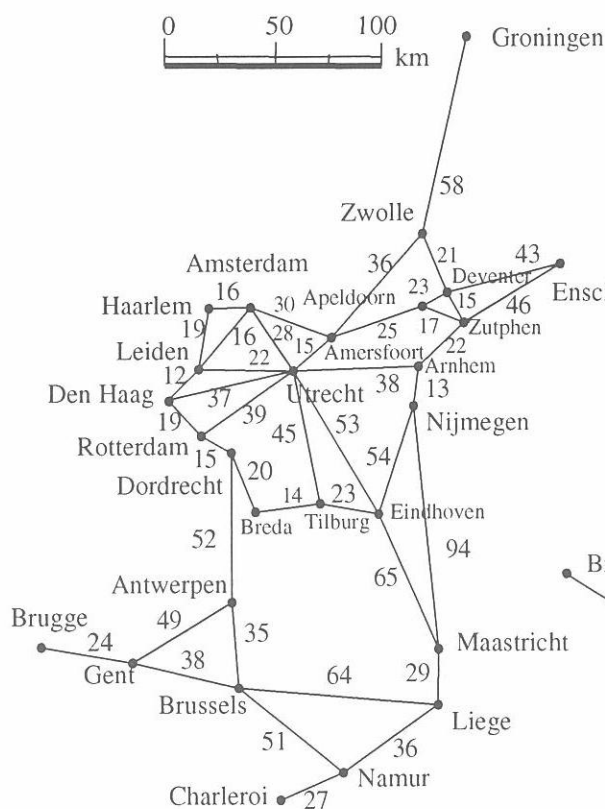


図9 オランダ・ベルギーの地理的位置関係と所要時間
(辺上の値は所要時間(分))

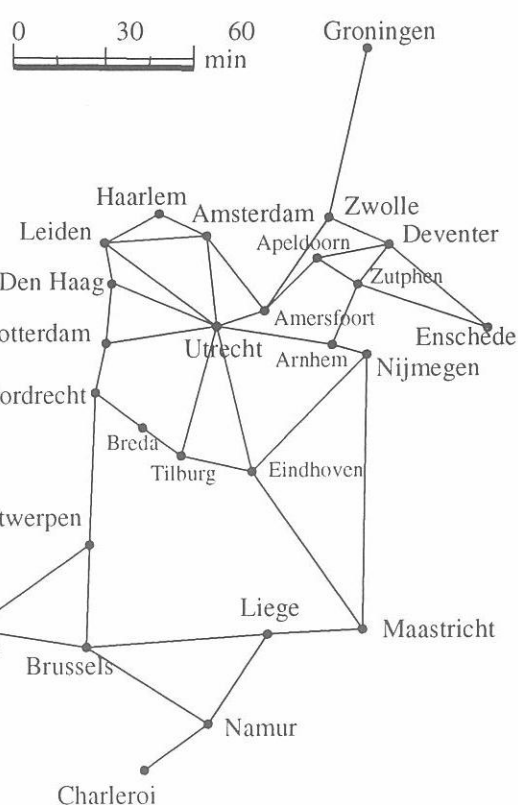


図10 オランダ及びベルギーの時間距離網

JR線が無く、バス路線のみの尾花沢市はどこへ行くにも、最初に仙台－福島間以上の時間を掛けて新庄市か村山市へ出なくてはならず、交通の便が悪いこともはっきりした。当該市は山形県の市の中でも人口減少が激しいが、その原因の一端がここにいて取れよう。仙台－福島間には新幹線があるので、時間距離が短いのが当然と言えるかもしれないが、東西方向、日本海沿岸の交通網の整備の遅れが浮き彫りとなったわけである。

(4) 関東及び中部地方の時間距離網

次に関東及び中部地方の時間距離網を示す。人口15万人以上の都市はこの地方では200市以上と非常に多く、作図が困難なので、各都県で人口が多い順に2市を選び、計32都市で時間距離網を作図した。対象都市間の辺数は52本となり、その地理的構造は図7に表わされる。ここで東京－富山、東京－小松間は航空機の利用となった。

関東及び中部地方の作図結果が図8である。図8では図面の中央が東海道沿線、左右両端が北陸地方と山梨県に

なり、東海道沿線の交通利便性の良さ浮き出た。また関東地方でも足利市の交通上の不便さがみてとれる。足利市へは東武鉄道など交通機関の選択肢は多いが、どの経路でも所要時間がかかることが明らかになった。位置の自由が多少あるので、形はこれに限るわけではないが、図7の地図とは全く異なる所要時間に関する構造が明らかになったわけである。東京－名古屋間は新幹線のぞみがあるので、同じ路線を利用する経路である静岡、浜松、豊橋経由とは別に結ばれた。

(5) ベルギー及びオランダの時間距離網

国外の地域構造とも比較するためにベルギーとオランダを合わせた地域の時間距離網を作図した。10万人以上の人口を持つ24市を基本としたが、それらの都市間では作図が不可能なため、作図可能にするため更にZwolle, Deventer および Zutphenの3市を加え、合計27市とした。なお都市の数を調整するための条件については第4章で議論する。経路は鉄道のみを対象とし、時刻表¹⁰⁾を参考に時

間距離を調べた。但し、この領域内ではBrussels - Amsterdam 間に航空路線が就航しているのでこの図は完全な（最短）時間距離網とは言えない。対象都市間の辺数は39本で、その地理的構造は図9に表わされる。

時間距離網を作図した結果が図10である。日本国内の図と異なり、地理的な構造と時間距離網が非常に似ていることが直ちにわかる。その理由として、この範囲には新幹線のような高速鉄道路線がないこと、最高標高でも500m未満と地形が平坦で鉄道が蛇行するような障害がないこと、鉄道が始めて惹かれてからの歴史が古く、十分鉄道網が発達していることが挙げられよう。結局、面積、都市数、辺数が似ている図4、図8、図10を比較することで、地域構造に強く影響する時間距離に関する要因は次のようにまとめられる。

- ①新幹線のような特別な高速路線の有無
- ②山岳地域の有無など地形に起伏の大きさ
- ③鉄道網がどの程度面的に整備されているか

以上をまとめ、東北地方及び山形県の交通網の整備を考えれば次が言えよう。第一に東北地方は山がちであるので、ヨーロッパのような緻密な時間距離の網の目は期待できない。このことを前提として、どのようにあるべきか考える必要がある。JR線の奥羽本線を新幹線整備することが計画されている。それが完成すれば、沿線地域の利便性が格段に向上するのは明らかだが、日本海側の格差は更に大きくなる。もちろんそれでも日本海側の諸都市にも恩恵を与えるので、一概に否定されるわけではない。一方、日本海側や東西方向の路線の整備によって、恩恵を受ける人口は前者より少ないと思われるが、それによって人口減少に歯止めがかかることも期待でき、東北地方の人口のバランスの適性化という点では意味は小さくない。本研究の時間距離網を一つの知見として、国内の時間距離格差をどこまで拡げてもよいものか考えていくべきと思う。

4. 作図可能な必要条件

任意の都市と時間距離の集合から必ず時間距離網を描けるとは限らない。そこで点と辺の数に注目して作図可能なための必要条件を議論する。ここで議論する条件は三本以上の辺によって点の位置を決定しなくてはならな

い場合、一般に作図できないことから導かれる。

対象とする時間距離網の点（都市）の数をV、辺（隣接関係）の数をEとおく。最も単純な時間距離網は二つの都市とその隣接関係で表されるが、このとき $V=2$ $E=1$ となる。この図形によって原点、方向が決まるので、これを基本形と呼ぶ。

最初の仮定として基本形以外の全ての点が二辺によって決められるとする。そして基本形に点と辺を加えて時間距離網を作図していくことを考える。すると、一点を加える度に辺が二本ずつ加わるので、点と辺の関係は

$$2(V - 2) = E - 1 \quad (1)$$

となる。

次に仮定を緩和し、式(1)に一辺のみで位置が決定する点を加えることを考える。このような点と辺の組の数を α とおき、式(1)の点と辺から α の数を除けば等式は、

$$2(V - 2 - \alpha) = E - 1 - \alpha \quad (2)$$

となる。そして α は時間距離網の中で位置の決定に自由がある点の数を表す。

さらに仮定を緩和し、式(2)に三辺以上によって位置が制約される点を加えよう。但し、このような点が一カ所でもあると時間距離網は作図できない。三辺以上で位置が制約される点数をVI、辺数をEIとおき、さらにEIはVI

表3 作図できない都市間の時間距離関係

	a	b	c	d	e
a			3	2	3 除去
b				2 除去	2
c					2 除去
d					1

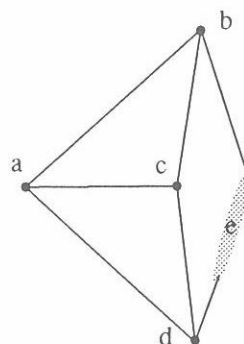


図11 表3の時間距離網（点eの位置は決定不能）

の3倍以上なので

$$EI = 2VI + \beta, \quad \beta \geq VI$$

と書くことにする。式(2)の点と辺からVIとEIに関する数を除けば等式は、

$$\begin{aligned} 2(V - 2 - VI) &= E - 1 + \alpha - 2VI - \beta \\ 2V - E - 3 &= \alpha - \beta \end{aligned} \quad (3)$$

となる。ここで

$$f = 2V - E - 3 \quad (4)$$

と定義すると次がわかる。まず f が負ならば明らかに β は1以上なので作図できない。また f が正でも β と α が打ち消しあっているだけで、 β は正かもしれないので、作図できるとは限らない。そこで $f > 0$ の場合に $\beta = 0$ かを確認するためには、隣接関係から任意に、いくつかの点とそれら点間の隣接関係の辺を取り出し f を計算する必要がある。このとき、常に $f > 0$ が成立すれば明らかに $\beta = 0$ である。しかし $\beta = 0$ であっても辺の長さなど他の理由によって作図できない可能性もなお存在する。以上の条件をまとめると次が言える。

必要条件：任意の都市と時間距離の集合から任意の都市群とそれら都市間の時間距離を取ったときに必ず $f > 0$ であることは、時間距離網が作図できるための必要条件である。

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む。

この条件は必要十分条件ではない。例えば表3で表される都市隣接関係表は $f=0$ なので時間距離網を作図できないとは言えない。しかし、都市eを最後にという順序で時間距離網を描こうとすると図11のように作図できない。表3は描き順に関わらず作図できない。すなわち辺の長さも関係する条件が必要なのである。

5. おわりに

複数都市間の関係を視覚的に考察するための時間距離網という考え方を提示し、東北地方を中心とした例によってその作成例を示した。そして時間距離網を作図するための条件についても考察した。

描画できるかの条件の計算はコンピュータを用いて行

ったが、作図は手作業で行った。作図をコンピュータで行うようにすればより大規模な作図ができるかもしれない。

本研究の方法は航空機路線の作図には適さない。なぜなら航空機の所要時間は直線距離に比例する傾向が強いので、対応[1]によって辺を除く場合が少なく作図できない場合が多い。このような場合は従来の多次元尺度法に依った方が有効であろう。しかし多次元尺度法は最小自乗法などの技術を使うため、一本の辺に誤差が集中する可能性があり、図の部分を議論するには不安がある。

本研究の方法ではそれぞれの辺の長さに誤差がなく、任意の都市間の所要時間も辺の合計として表示できる(待ち時間が抜けるので、下限といえるが)という長所を持つ。また時間距離の長さの辺で点を結んでいくという考え方は、意味がわかりやすいというもの一つの特長だろう。以上のことを配慮して、必要に応じてどの方法で描くかを定めるべきと思う。

今後の展開として、所要時間に限らず様々な指標による多地域の構造の分析に時間距離網の考え方を応用する可能性を追求すること、を考えている。またグラフが大規模な場合、必要条件の計算に時間がかかるため、条件をより洗練することは今後の課題の一つである。

なお本研究は本学の平成6年度特別研究(課題名：山形県都市構造分析と将来予測)による研究助成を受けました。ここに感謝の気持ちを表します。

参考文献

- 1) Ewing, G. and Wolfe, R.(1977)"Surface Feature Interpolation on Two-dimensional Time-space", Environment and Planning A, Vol.9, pp.429-437
- 2) Golledge, R.G and Rushton, G.(1972)"Multidimensional Scaling : Review and Geographical Applications", Technical Paper, No.10, Association of American Geographers
- 3) 石水照雄 (1974)『都市の空間構造理論』, 大明堂
- 4) 腰塚武志 (1985)「時間圏域の面積について」, 日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト集, pp.176-177
- 5) Hiroshi KOTOH(1995) "Visualization of Multi-City Structure Using Time-Distance Network", 9th European Colloquium on Theoretical and

Quantitative Geography

- 6) 古藤 浩 (1995) 「時間距離網と作図可能の必要条件」,
日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト集, pp.74-75
- 7) 古藤 浩 (1995) 「時間距離網による都市連関構造の視覚化」,
都市計画論文集, No.30, pp.553-558
- 8) 梶谷有三、田村亨、斉藤和夫 (1995) 「道路網を対象とした時間距離行列の視覚化」,
土木計画学講演集, No.17, pp. 65-68
- 9) McKenzie, R.D.(1933)"The Metropolitan Community",
(Reprinted in 1967, New York: Russell & Russell)
- 10) Muller, J.C.(1978)"The Mapping of Travel Time in
Edmonton, Alberta", Canadian Geographer, Vol.22,
No.3, pp.195-210
- 11) 清水英範 (1992) 「時間地図の作成手法と応用可能性」,
土木計画学研究論文集, No.10, pp.15-29
- 12) Southworth, M and Southworth, S 牧野融訳 (1983)
『地図-視点とデザイン』, 築地書館, pp.176
- 13) 杉浦芳夫 (1989) 『立地と空間的行動』, 地理学講座5, 古今書院
- 14) Torgerson(1952)" Multidimensional Scaling: I,
Theory and Method", Psychometrika, Vol.17, pp.401-419
- 15) ヴァル研究所 (1994) 「駅すばあと全国版操作マニュアル」
- 16) "Thomas Cook European Timetable June 1995",
Thomas Cook Ltd.
- 17) 日本交通公社 (1996) 「JTB時刻表1月号」