

近傍グラフによるOD交通量データの視覚表現

近傍グラフは、データ間の類似度や近接性を解析し、そのデータ構造を視覚化する手法として注目され、多くの分野で活用されている。しかし、地域の近接性を記録するデータの一つであるOD交通量データを用いて近傍グラフを構築し、そこから明らかになる地域構造を視覚表現しようとする試みは、これまでのところ見られない。本報告は近傍グラフに着目し、主要な発着地域の組み合わせの抽出を行い、その結果を視覚表現する新たな手法を提案する。最後に、全国幹線旅客純流動調査データを用いた分析を通して、提案手法の適用可能性を検証する。

キーワード | 近傍グラフ, OD交通量データ, 視覚化, 地域構造

清水英範

SHIMIZU, Eihan

工博 東京大学大学院工学系研究科教授

井上 亮

INOUE, Ryo

博(工) 東北大学大学院情報科学研究科准教授

1——はじめに

近傍グラフとは、距離空間上の点集合について、点間距離を用いて近傍点の組み合わせを抽出し、点集合の空間分布特性を表現するグラフである。

近年、近傍グラフは、物理的な距離空間上の点集合に限らず、データの属性に基づいて定義された特徴空間上の点集合に対して適用された例も数多く見られる。例えば、高次元の細胞特性データを利用した細胞の階層性抽出¹⁾や、遺伝子機能解析データのクラスタリング²⁾、高次元データのデータベースに対する索引付け³⁾など様々な分析へ応用されており、データ間の類似度や近接性の解析、データ構造の視覚表現に広く活用されている。しかし、地域(ゾーン)間の近接性を記録するデータの一つであるOD交通量データを用いて近傍グラフを構築し、そこから明らかになる地域構造を視覚表現する試みは、筆者らの知る限り存在しない。

本稿では近傍グラフに着目し、これを用いたOD交通量データの視覚表現について報告する。なお本報告では、地図上に地域を表す点を配置し、主要なOD交通量データをその発着地域を表す2点を直線の辺で結んで示す単純な表現を考える。一般にOD交通量データは非対称だが、表現する地域の組み合わせを近傍グラフを用いて抽出する際は、双方向の交通量の合計を用いて評価する。非対称性を表現する場合は、主な移動方向を辺に矢印を付加して表し、また、交通量の多寡を表す場合は、辺の太さや色で対応する。

この視覚表現の実現に向けて、2章では近傍グラフを用いた主要OD交通量データの抽出方法について、3章

では抽出結果を地図上に表現する方法について検討を行い、4章で全国幹線旅客純流動調査データを用いた提案手法の適用結果を示す。

2——近傍グラフによる主要OD交通量データの抽出

本章では、代表的な近傍グラフである最小全域木⁴⁾⁶⁾・相対近傍グラフ⁷⁾・ガブリエルグラフ⁸⁾を応用した、主要OD交通量データの抽出について検討する。

まず、近傍グラフの応用に際し、OD交通量の多寡に基づいて地域間の近接性を定義する。ここでは、地域 ij 間の近接性指標 p_{ij} を、両方向のOD交通量の和 $t_{ij}+t_{ji}$ の逆数 $p_{ij}=1/(t_{ij}+t_{ji})$ で設定することを考えよう。交通量が大きい地域間ほど小さい近接性指標値を取り、近傍にあると見なされる。この近接性指標が与えられた点集合に対して近傍グラフ作成を適用すると、交通量の多い地域間を結ぶ辺を抽出することが可能であると期待される。

しかし、このOD交通量データから定義される地域間近接性指標は、一般に距離の公理を満たさない。前述のように、近傍グラフは、距離空間上に配置された点に対して近傍点の組み合わせを抽出する方法であり、これまでの適用では、点間の関係は距離で与えられたデータを扱っている。また、通常、ユークリッド空間上で近傍を定義するガブリエルグラフを、他の一般的な距離空間へ拡張する研究⁹⁾も行われているものの、距離の公理を満たさない近接性指標に対し近傍グラフ作成を行う例は、筆者らの知る限りでは存在しない。

そこで、最小全域木・相対近傍グラフ・ガブリエルグラ

フに関して、ユークリッド空間上の点集合に対する作成手法を示した上で、上記の近接性指標が与えられた点集合に対して近傍グラフ作成手法を適用した際に得られるグラフの特徴を確認し、主要OD交通量データの抽出に対する近傍グラフの適用可能性を検討する。

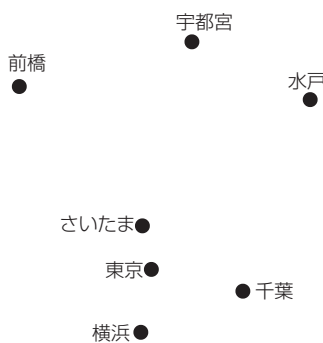
2.1 最小全域木

全域木とは、グラフの全点と一部の辺からなる連結かつ閉路のないグラフであり、最小全域木とは、全域木の中で辺長の和が最小のグラフである。図一1の関東地方の県庁所在地配置に対して最小全域木を作成すると、図一2が得られる。

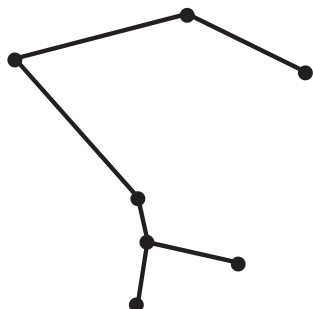
この作成手法は多く提案されており、貪欲法の一つであるプリム法⁴⁾やクラスカル法⁵⁾が有名である⁶⁾。ここで、以下にプリム法のアルゴリズムを示す。

- (a) 点集合 V と辺集合 E を空集合とする。
- (b) 任意の点 u を選択し、 V に追加する。
- (c) V に全点が含まれるまで「 V 内の点 u と V 外の点 v を結ぶ距離が最小の頂点の組合せ (u, v) を選び、その頂点 u, v を結ぶ辺を E に追加し、 v を V に追加する」操作を繰り返す。
- (d) V が全点を含む時、グラフ (V, E) が最小全域木となる。

プリム法で最小全域木が作成できることから明らかに、各点に繋がる最短辺長の辺は必ず抽出される。しかし、各点に繋がる2番目以降に短い辺が選ばれるか否かは、その点近傍の配置だけでは定められず、全体の点



■図一1 点配置の例(関東地方 県庁所在地)



■図一2 最小全域木 作成例

配置に依存して定められる。なお、全域木の定義から、抽出される辺の数は頂点数-1となる。

さて、最小全域木作成手法を、OD交通量に基づく地域間の近接性指標が与えられた点集合に対して適用すると、近接性指標の定義、および、プリム法のアルゴリズムより、OD交通量の総和が最大となる全域木が得られることが分かる。このグラフでは、それぞれの地域から交通量が最も大きい地域への辺が必ず抽出されるため、地域間の結びつきを表現できる。しかし、各地域からの交通量最大の辺だけでは全域木が構成できない場合、複数の木を接続するため、OD交通量データ全体を見たときには決して重要とは言えない地域の組み合わせが抽出される可能性があることには注意を要する。

2.2 相対近傍グラフ

相対近傍グラフ⁷⁾とは、任意 i, j の組合せについて、点 i と j を中心に点 ij 間の距離 d_{ij} を半径とした円を描き、両円の重複領域に他点が存在しない場合に点 i, j が近傍であると定義し、辺 ij を辺集合 E に加えたグラフである。相対近傍グラフ作成の辺 ij の抽出条件(図一3(a))は、式(1)で表される。

$$d_{ij} \leq \max(d_{ik}, d_{jk}) \quad \forall k \neq i, j \quad (1)$$

相対近傍グラフでは、最小全域木の場合とは異なり、点 i, j の近隣の局所的な点配置だけから、辺 ij が抽出されるか否かを判断することができる。

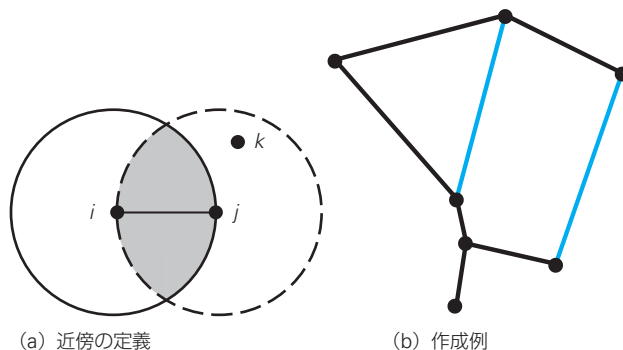
なお、距離空間上では、相対近傍グラフは最小全域木を包含することが知られている¹⁰⁾。図一3(b)は、図一1の点配置に対する相対近傍グラフ作成結果を表し、図中の青色の辺は最小全域木(図一2)に対して追加された辺を示す。

さて、相対近傍グラフの辺抽出条件(式(1))を近接性指標に適用すると式(2)が得られる。

$$p_{ij} \leq \max(p_{ik}, p_{jk}) \quad \forall k \neq i, j \quad (2)$$

ここで近接性指標をOD交通量データで表現すると式(3)が得られる。

$$t_{ij} + t_{ji} \geq \min(t_{ik} + t_{ki}, t_{jk} + t_{kj}) \quad \forall k \neq i, j \quad (3)$$



■図一3 相対近傍グラフ

式(3)より、相対近傍グラフ作成で辺*ij*が抽出される場合、地域*ij*間の交通量よりも、地域*i, j*の双方に対して交通量が多い地域*k*が存在しないことを意味する。すなわち、相対近傍グラフを援用してOD交通量データを抽出する場合、相対的に交通量の多い強い地域*ij*の組み合わせが抽出されることになる。

また、ユークリッド空間上の点集合の場合と同様、近接性指標に基づく相対近傍グラフの辺抽出結果も、最小全域木の結果を包含することが確認できる。

2.3 ガブリエルグラフ

ガブリエルグラフ⁸⁾は、任意の点*i・j*の組合せについて、辺*ij*を直径とする円が空円である場合に点*i・j*が近傍にあると定義し、辺*ij*を辺集合*E*に加えたグラフである。空円条件(図—4(a))は、ユークリッド空間上では式(4)と表すことができる。

$$d_{ij}^2 \leq d_{ik}^2 + d_{jk}^2 \quad \forall k \neq i, j \quad (4)$$

相対近傍グラフと同様に、ガブリエルグラフも、局所的な点配置だけから、各辺が抽出されるか否かが判断される。また、ユークリッド空間上の点配置に対して作成されたガブリエルグラフが相対近傍グラフを包含することは、式(1)(4)の比較から明らかである。図—4(b)は、図—3の点配置に対するガブリエルグラフ作成結果を表し、青色の辺は、相対近傍グラフ(図—3(b))に加えて抽出されている辺を示す。

さて、ガブリエルグラフの辺抽出条件(式(4))を近接性指標に適用することを考えよう。ユークリッド空間上における辺抽出の場合、空円条件を意味する距離の2乗値を用いて辺を抽出するか否かを判断することになるが、近接性指標を用いた辺抽出の場合は、近接性指標の2乗値は意味を有していない。そこで、近接性指標の2乗値にはこだわらず、より柔軟に点の近傍関係を定義することを検討し、乗数パラメータ α を導入した式(5)を用いた辺抽出を提案する。

$$p_{ij}^\alpha \leq p_{ik}^\alpha + p_{jk}^\alpha \quad \forall k \neq i, j \quad (\alpha > 0) \quad (5)$$

式(5)では、 α を小さくすると近傍の判断条件を緩和す

ることになるため、より多くの辺が抽出される。このように式(5)は、乗数パラメータ α の設定によって、抽出辺の数を自在に調整することができる辺抽出となる。この式(5)によって抽出される辺は、相対近傍グラフの抽出辺を包含することは容易に確認できる。

なお、距離空間上の点集合に対して式(5)を適用する場合には、距離の公理より $\alpha \leq 1$ では全ての辺が選択されてしまう。しかし、距離の公理が成り立たない近接性指標に対して適用する場合は $\alpha < 1$ と設定しても全ての辺が選ばれるとは限らない。

ここで式(5)を基に、OD交通量データを用いて、式(3)の相対近傍グラフによる抽出辺を包含する結果を得る式を記述すると、式(6)と表すことができる。

$$(t_{ij} + t_{ji})^\alpha \geq (t_{ik} + t_{ki})^\alpha + (t_{jk} + t_{kj})^\alpha \quad \forall k \neq i, j \quad (\alpha > 0) \quad (6)$$

ただし、式(6)による近傍の定義は、最小全域木や相対近傍グラフによる近傍の定義に比べて不明快であるため、抽出されたOD交通量データの意味解釈には限界があることに注意が必要である。

2.4 まとめ

以上のように、OD交通量を用いて定義した地域間の近接性指標に対して近傍グラフ作成を応用することにより、主要なOD交通量データを抽出することができることが確認された。

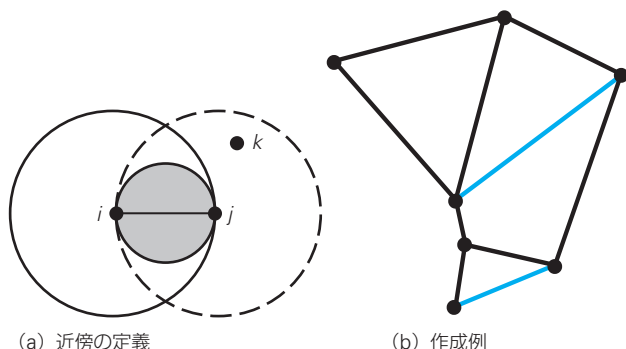
また、ユークリッド空間上の点集合に対する近傍グラフの包含関係は、近接性指標に対する近傍グラフ作成でも同様に成立することが確認できる。最小全域木・相対近傍グラフ・ガブリエルグラフが包含関係にあることを利用すると、近傍グラフ作成の応用により、OD交通量データを段階的に抽出することが可能である。また、ガブリエルグラフへの乗数パラメータの導入によって、相対近傍グラフによる抽出辺に対して、追加する抽出辺の数を細かく設定することも可能である。

ただし、いずれの近傍グラフ作成手法を基にした手法でも、抽出される辺の意味解釈は難しい場合があることには注意が必要である。

3—抽出結果の視覚表現

本章では、近傍グラフ作成手法によって抽出された主要OD交通量データの視覚表現について検討する。

まず、地域を代表する点を、例えば地域の地理的重心位置などの地理的位置関係に基づき2次元平面上に配置し、抽出されたOD交通量データを表現するような点を結ぶ直線の辺を引くことを考える。しかし、この単純な辺の配置ルールでは、図上の点や辺が近接して配置され、



■図—4 ガブリエルグラフ

表現されている地域構造の把握が難しい図が得られる可能性があることが容易に推察される。そのため、図上の点配置を調整して点の辺への近接を緩和し、可読性を向上させる必要がある。

点や辺の接続関係を読み取りやすい配置を求める問題に関しては、これまでに多くの検討がなされており^{11), 12)}、点と点(図一5)や点と辺(図一6)の近接を緩和する配置を得る手法が提案されている¹³⁾。これらの既往研究では、Webのリンク構造^{11), 12)}など地理的位置と関連がない情報の表現を目指しており、一般に、点配置は自由に定められることを前提としている。

しかし、OD交通量データは、発地・着地という地理的な位置に関連付けられた地理空間情報である。地理空間情報を表現する図を閲覧する時、読図者は通常、地域の地理的配置を念頭に置き、図上の点と地域の対応関係を確認する。そのため、図上の点配置が地域の地理的地域配置と大きく異なると、図の可読性は大きく損なわれる。そのため、地理的配置を保持した点配置の決定がOD交通量データの視覚表現には極めて重要となる。

本稿では、近傍グラフによる主要OD交通量データの抽出結果を、地理的配置に従って点と辺の初期配置を定めた上で、点と辺の近接を緩和する方法を検討する。なお、点と点の近接については、各地域の代表点の初期配置に関する設定で解決することができるため、本稿では検討の対象とはしない。

点と辺の近接を局所的に緩和する方法は様々考え得るだろう。しかし、ある特定の点・辺間の近接を緩和するために、例えば、点を辺から離す方向に移動させると、点の移動先で、他の辺との新たな近接問題を引き起こす可能性が存在する。そのため、局所的対応の繰り返して点・辺の近接問題全体を改善することは難しい。そこで、所与の点間距離・方位角を可能な限り再現する点配置を同時に求めることができるカルトグラム作成手法¹⁴⁾を用いた点・辺近接問題の解法を提案する。

提案解法の手順は以下の通りである。

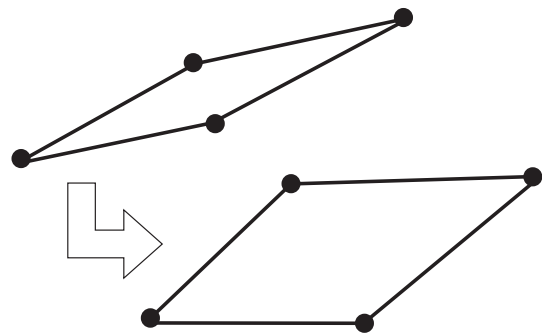
まず、点・辺近接判定の閾値を設定し、入力された点・辺配置に近接問題が存在するか否かを検索する。なお、点・辺の近接の緩和を目指して配置を一度に大幅に変更すると、他の点や辺の配置に悪影響を与える可能性がある。そこで近接判定の閾値には、最初は微小な値を設定し、点間の最短距離を上限に徐々に増加させながら、以下の点・辺の再配置手順を繰り返し実行する。

もし、設定した閾値に対して、点・辺の近接問題の存在が確認されたら、問題箇所点と辺の両端点に関して、点間距離・方位角を更新する(図一7)。点・辺間距離を閾値まで離すように点を移動(図一7の黒点から白点)させた

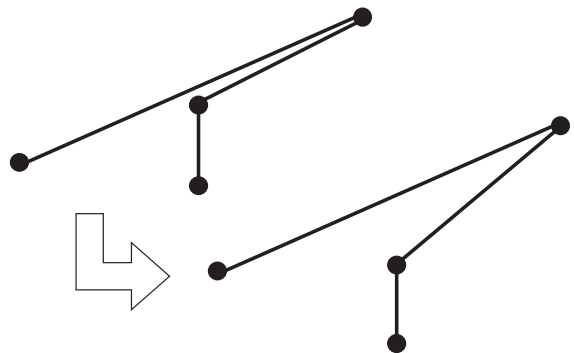
と仮定した時の、点と辺の両端点の間の距離と方位角(図一7の二重線)を計算し更新する。なお、問題箇所以外については、現配置の点間距離・方位角を設定する。

次に、この新たな点間距離・方位角情報をカルトグラム作成手法に入力し、点・辺の再配置を行う。カルトグラム作成手法は、入力されたすべての点間距離・方位角情報の再現を目指す、多くの場合、入力された情報を完全に達成する配置を得ることはできない。そのため、すべての近接問題を解消することは必ずしもできないが、再配置前に比べると点・辺の近接は緩和することができる。また、局所的な対応と異なり、提案解法ではすべての点・辺の配置が同時に更新されるため、新たな点・辺の近接が生じる可能性は小さい。

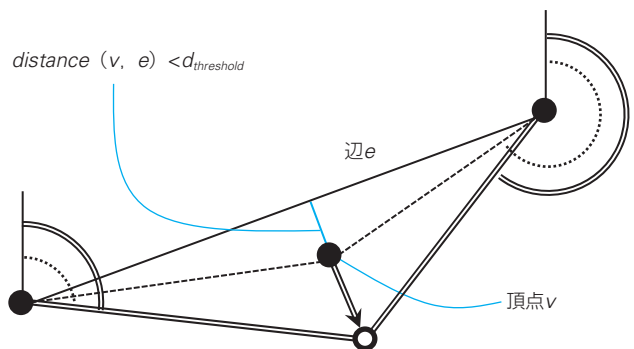
その後、新たに得られた配置に対して、近接判定の閾



■図一5 点と点の近接の緩和



■図一6 点と辺の近接の緩和



■図一7 点と辺の近接緩和に向けた辺長と方位角の更新

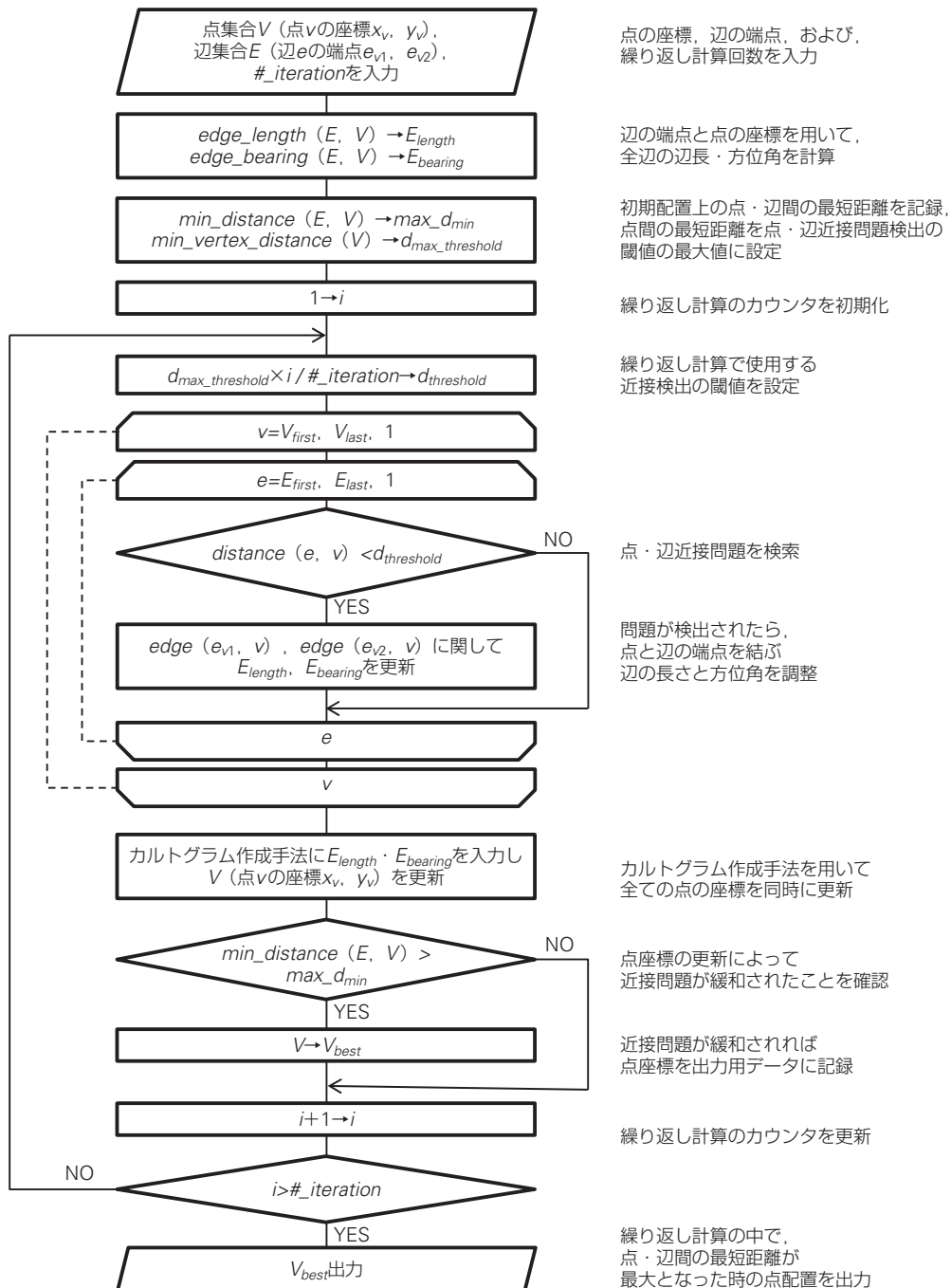
値を増加させて同様の操作を繰り返す。閾値が増加すると考慮すべき点・辺の組み合わせが増加し、再配置を行っても点・辺が密集する場所では問題が改善しない可能性がある。そこで、閾値の上限まで再配置計算を繰り返すものの、計算過程において得られた点・辺間の最小距離が最大となる配置を出力する。

図—8に本章で提案する解法のフローチャートを示す。この手順を経ると、グラフ上の点と辺の近接した配置を緩和し、表現されている地域構造の把握が容易なグラフを作成することが可能になる。

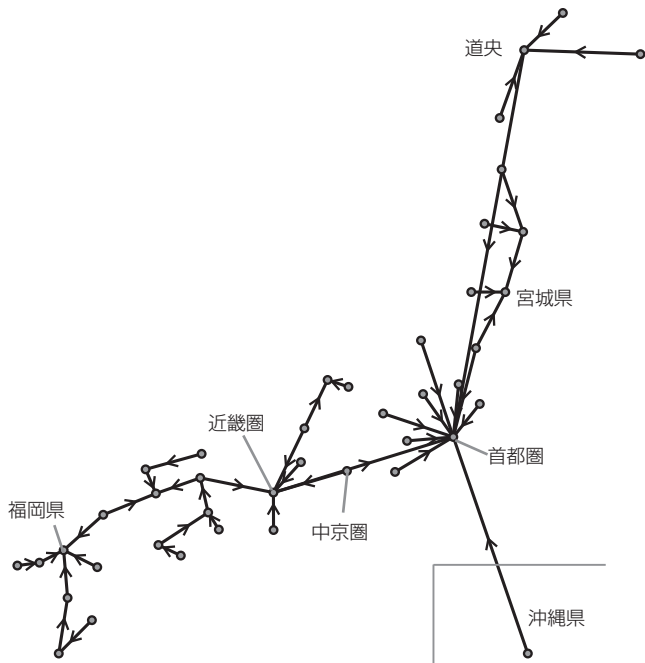
次章では、提案したOD交通量データ視覚化手法の適用可能性を検証する。

平成25年3月に公開された、平成22年度実施・第5回全国幹線旅客純流動調査の平日・休日を合計した年間、全旅行目的・全代表交通機関の都道府県幹線旅客純流動データを用いて、提案手法の適用可能性を確認する。

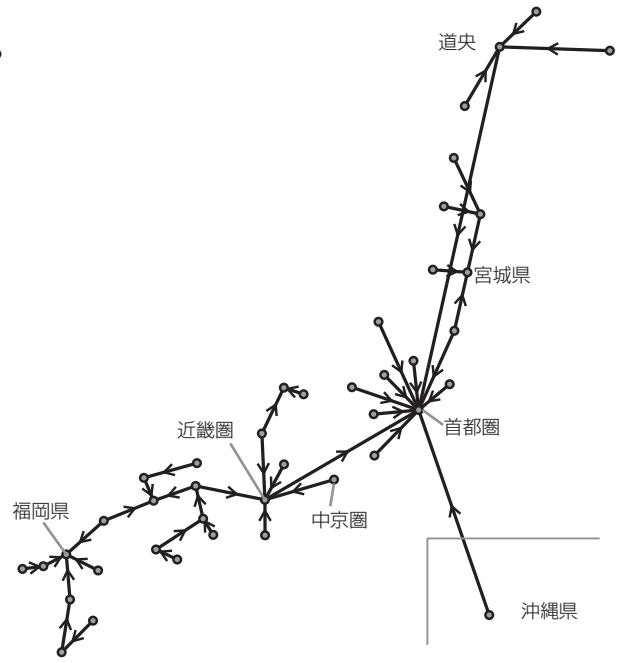
なお、集計単位の基本は都道府県だが、首都圏(東京・神奈川・千葉・埼玉)・中京圏(愛知・岐阜・三重)・近畿圏(大阪・京都・兵庫・奈良)はそれぞれ一地域に集約され、北海道は道北・道東・道央・道南の四地域に分割されている。結果として、総地域数は42となり、全地域間を繋ぐ完全グラフを作成すると辺数は861となる。



■図—8 抽出結果の視覚表現に関するフローチャート

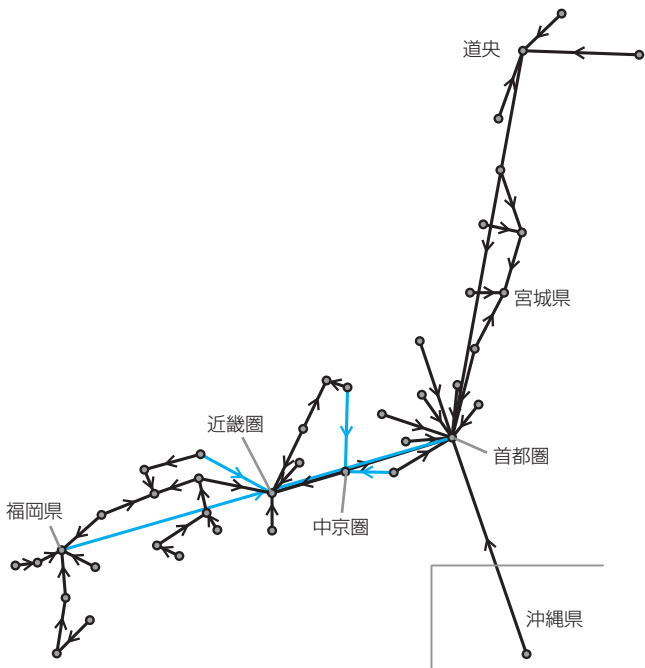


(a) 地理的配置

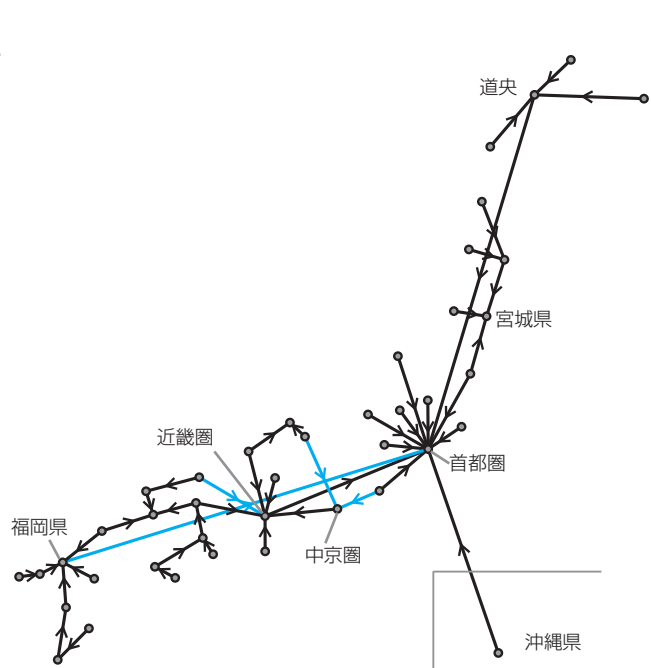


(b) 点と辺の近接緩和

■図—9 最小全域木



(a) 地理的配置



(b) 点と辺の近接緩和

■図—10 相対近傍グラフ

図—9は最小全域木, 図—10は相対近傍グラフ, 図—11は $\alpha=2$ と設定したガブリエルグラフ, 図—12は $\alpha=1$ と設定したガブリエルグラフの結果を示す. 各図の(a)は, 県庁所在地など地域の代表点を地理的座標に従い配置して, 近傍グラフによって抽出された辺を描いたグラフ, (b)は, 点・辺の近接を緩和するよう点配置を改め, 抽出された辺を描いたグラフである. 辺の矢印は, 総発生・集中交通量の小さい地域から大きい地域に向けて描いている. なお, 沖縄を表す点は図右下に配置している. 図上での表現辺数と, 全OD交通量に対する表現OD交通量の

■表—1 各近傍グラフによるOD交通量データ表現

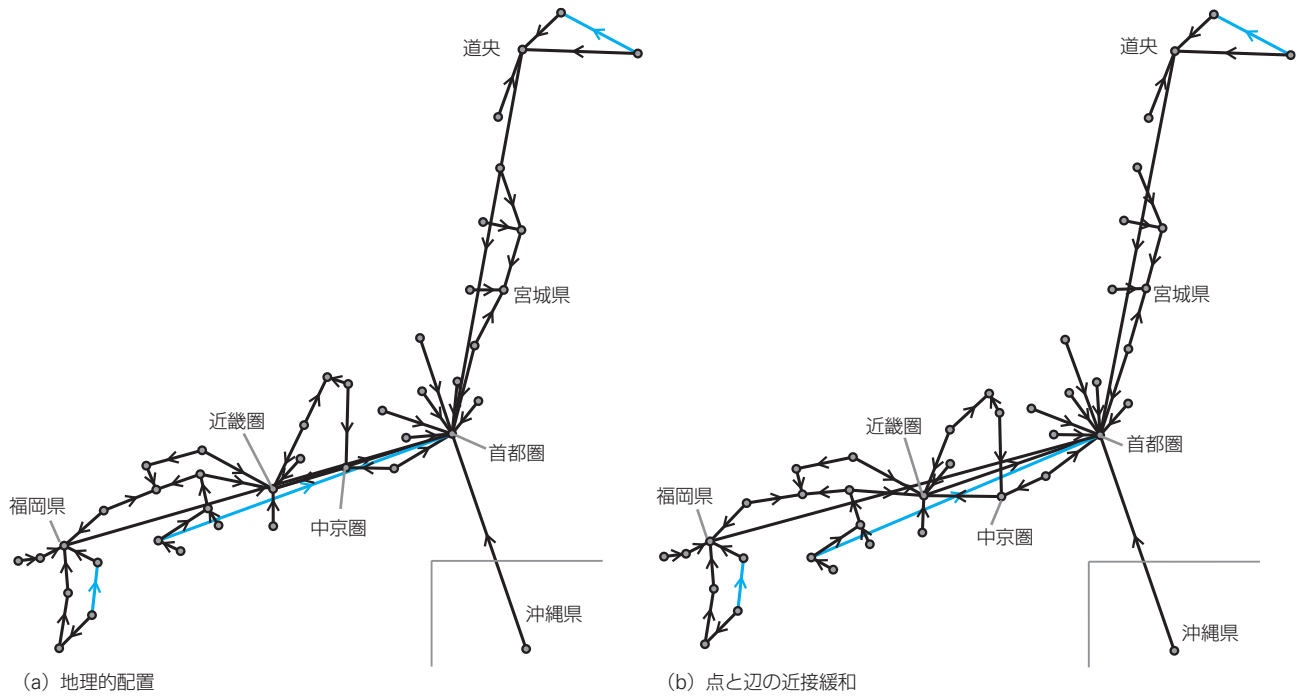
| | 最小 全域木 | 相対近傍 グラフ | ガブリエルグラフ | |
|-------|-----------|-------------|------------|------------|
| | | | $\alpha=2$ | $\alpha=1$ |
| 表現辺数 | 41辺 | 45辺 | 48辺 | 59辺 |
| 表現交通量 | 65.1% | 68.8% | 69.4% | 78.7% |

割合を, 表—1に示す.

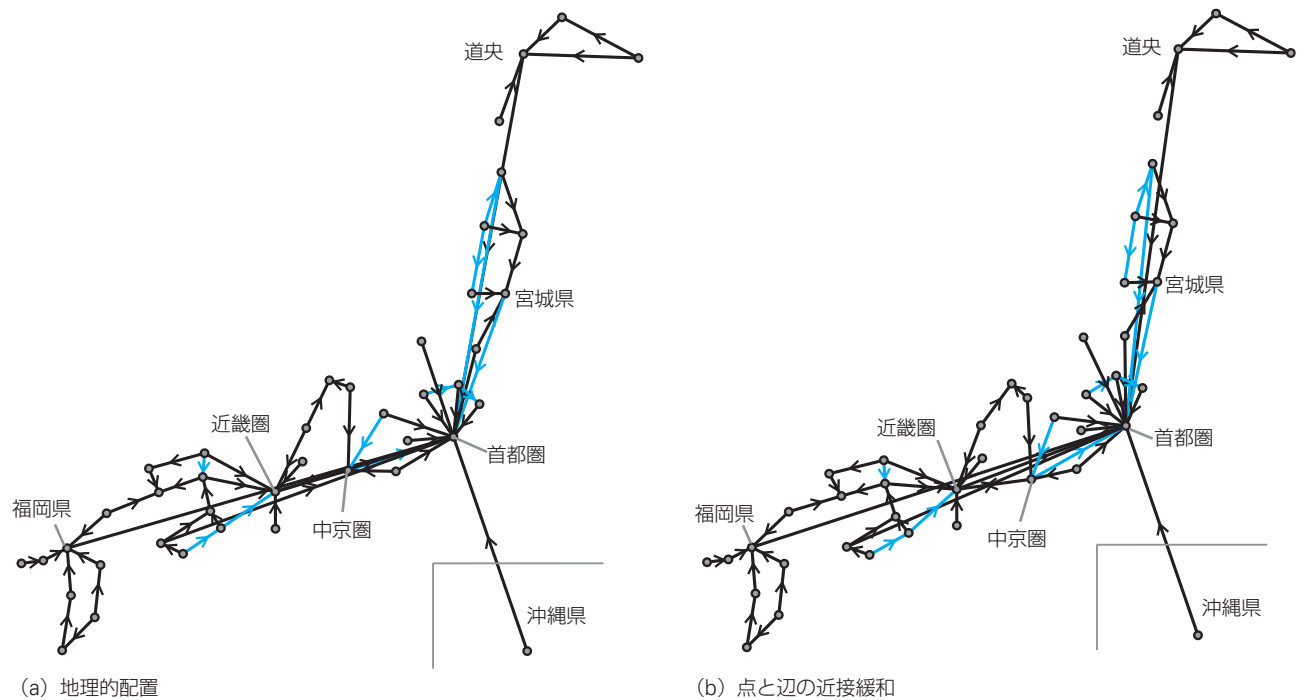
以下に, それぞれの視覚表現結果に関する考察を記す.

4.1 最小全域木(図—9)

最小全域木は, 完全グラフの辺数861に対し5%弱の



■図—11 ガブリエルグラフ($\alpha=2$)



■図—12 ガブリエルグラフ($\alpha=1$)

41辺で全体の65.1%の交通量を表現する。都道府県間幹線旅客純流動データについては、最小全域木は主要OD交通量データを表現できているといえる。

首都・中京・近畿圏を表す3点に着目すると、地理的配置上に辺を描いた図—9(a)では、首都・近畿圏を結ぶ辺に近接して中京圏の点が位置しているため、中京圏が首都圏と近畿圏のいずれと辺で繋がれているかが明らかではない。同様に、首都圏と道央を結ぶ辺に近接して青森、福島、栃木の各点が位置し、いずれの地域間が接続されているかが明確ではない。このように点と辺が近接して配

置されると、読図が困難になる可能性がある。

そこで、点・辺の近接を緩和した図—9(b)を確認する。首都・近畿圏を結ぶ辺や、首都圏・道央を結ぶ辺に着目すると明らかなように、点・辺の近接が解消し、誤った読図の可能性を軽減させる表現がなされている。近接緩和を行ったグラフでも、点配置は大きく変化せず地理的な配置を保っているため、グラフ上の点と地域との対応関係が分かりやすく表現されていることが確認できる。

最小全域木では、首都・中京圏間は接続されず、中京圏は首都圏よりも近畿圏との間の交通量が多いことが示

されている。なお、最小全域木はOD交通量上位の辺から抽出するものの閉路を避けるため、OD交通量の大きさが第8位の茨城・栃木間や第12位の中京圏・静岡間を抽出せず、第68位の岡山・香川間や第72位的首都圏・沖縄間を抽出して、全点を接続するグラフを構成している。

4.2 相対近傍グラフ(図—10)

相対近傍グラフは、最小全域木で示された辺に加えて、図—10上に青色で示した中京圏・静岡、首都圏・福岡、中京圏・富山、近畿圏・鳥取の4辺を抽出し、交通量の68.8%を表している。地理的配置上に辺を描いた図—10(a)では、例えば、首都圏・福岡間を結ぶ辺の近傍に中京圏、近畿圏、香川が位置するため接続関係が読み取りにくい。点・辺近接を緩和した図—10(b)では、点配置が改められた結果、誤解を生みにくい図となることを確認できる。

ここで、新たに抽出された辺の中で、最もOD交通量の小さい中京圏・富山を結ぶ辺に着目する。相対近傍グラフでは全体の5%強の辺しか抽出されないにも関わらず、OD交通量第62位の同辺が抽出されている。相対近傍グラフの辺抽出は、中京圏・富山間の交通量以上に、中京圏と富山の双方に対して交通量が多い地域が存在しないことを示しており、相対的に中京圏・富山間の交通量が多い事実を把握することができる。

なお、最小全域木では、例えば、中京圏・静岡を結ぶ辺は、「閉路を作らない」という全域木の制約のため、より関係が強い首都圏・近畿圏を結ぶ辺の影響で抽出されなかった。閉路を作らない最小全域木は、地域の階層的な関係を明示的に表現できる利点を持つ反面、局所的には強い関係を有する地域間を結ぶ辺を表現できないという欠点がある。相対近傍グラフの抽出辺上に、最小全域木の抽出辺を描き、最小全域木の欠点を補った表現を行うことも有効であろう。

4.3 ガブリエルグラフ(図—11・12)

乗数パラメータ α に関して $\alpha=2$ と設定したガブリエルグラフでは、相対近傍グラフで示された辺に加えて、図—11上に青色で示した道北・道東、首都圏・愛媛、大分・宮崎の3辺を抽出し、交通量の69.4%を表現している。また、 $\alpha=1$ と設定したガブリエルグラフは、図—11に加えて図—12上に青色で示した11辺を抽出し、交通量の78.7%を表現している。ガブリエルグラフでは、相対近傍グラフに比べて数多くの辺が抽出されているが、点・辺の近接を緩和した結果(図—11(b)・図—12(b))では点の配置が調整され、容易に読図できる配置になっていることが確認できる。

前述のように、ガブリエルグラフを拡張した近傍の定義

に基づく辺の抽出基準は意味解釈が難しいため、新たに抽出された辺のOD交通量を持つ特徴を明らかにすることは容易ではない。しかし、抽出される辺の数を自在に増やすことができるガブリエルグラフを活用した視覚表現を通して、最小全域木や相対近傍グラフでは表現できないOD交通量データが示す地域の関係性を示すことができると筆者らは考えている。例えば、図—12では、遠距離にも関わらず、道央・青森・宮城・中京圏・近畿圏・愛媛・福岡と首都圏とを結ぶ辺が引かれ、これらの地域が首都圏に対して比較的強い結びつきを持っていることが示されている。一方で、新潟からは隣接県との間に全く辺が引かれておらず、近隣地域との交流が活発ではないことが表現されている。

本報告で提案したガブリエルグラフを拡張した辺の抽出は、試行錯誤的に抽出辺数を変えながら視覚表現を行うことによって、OD交通量データに潜む地域の関係性を発見できる道具となると考えている。

4.4 まとめ

全国幹線旅客純流動調査データへの適用を通して、近傍グラフ作成を応用した主要辺抽出によって、図上で表現するOD交通量データを段階的に抽出することが可能であること、また、カルトグラム作成手法を応用した点・辺近接の緩和によって、可読性の高い作図が可能であることが示された。

5—おわりに

本報告では、近傍グラフによるOD交通量データの視覚表現について検討を行った。交通量の多い主要な地域の組み合わせを近傍グラフで抽出した上で、その抽出結果を、地域の地理的位置関係を考慮しつつ、点と辺の近接を回避するように配置する方法を提案した。その後、全国幹線旅客純流動調査データを用いて提案手法による視覚表現を試み、OD交通量データが持つ地域間の関係性に関する情報を縮約して2次元平面に展開し、可読性の高い視覚表現が可能であることを確認した。

データの視覚表現を行う主目的の一つは、データの中に潜む、気づきにくい事象を抽出し、新たな知識を生み出す分析へと繋げることにある。本報告では、様々な近傍の定義に基づきOD交通量データを抽出した結果、必ずしも主要な地域の組み合わせとは言えない辺が数多く表現された。残念ながら筆者らの力不足により、抽出された地域間の関係性について有効な意味解釈を行うには至っておらず、知識発見の道具としての提案手法の魅力を伝えられる事例を示すには至っていない。しかし、筆者ら

は、提案手法がOD交通量データに潜む地域の関連性を抽出・発見する道具としての利用可能性を有していると考えている。今後、パーソントリップデータなどより大規模なOD交通量データ、あるいは、情報・通信など交通以外のODデータへの適用を通して、提案手法の知識発見の道具としての有用性を確認していきたいと考えている。

なお、本報告では、地域間の両方向のOD交通量の和から近接性を定義し、近傍グラフ作成手法を用いた表現を試みたが、もちろん他の近接性の定義に基づく表現も可能である。地域間の結びつきの強さを表す指標として、例えば、地域*i*から*j*への交通量が、地域*i*の発生交通量に占める割合を用いて、地域間の近接性を定義することも可能である。様々な近接性の定義に基づく視覚表現を試すことにより、新たな地域間の関係性を発見できる可能性を有している。本報告で試行した近接性の定義以外に、視覚表現を行う上で有効な定義があるかどうかについても検討が必要である。合わせて今後の課題としたい。

謝辞: 本報告の内容は、清水が運輸政策研究所の客員研究員として行った研究成果の一部である。研究助成、ならびに、研究報告会の折などに、関係の皆様から頂戴した貴重なご助言に対し、深く感謝致します。

参考文献

- 1) Qiu, P., Simonds, E. F., Bendall, S. C., Gibbs, K. D. Jr., Bruggner, R. V., Linderman, M. D., Sachs, K., Nolan, G. P., and Plevritis, S. K. [2011], "Extracting a cellular hierarchy from high-dimensional cytometry data with SPADE", *Nature Biotechnology*, Vol. 29, pp. 886-891.
- 2) 波平光洋・名嘉村盛和・岡崎成生・Suharnan, S. [2006], "複数の最小木を考慮した確率的進化計算による遺伝子データ・クラスタリング", 「情報処理学会研究報告 バイオ情報学」, 第64号, pp.59-64.
- 3) 吉田哲也・Hacid, H. [2007], "高次元データへのアクセス回数を削減する近傍グラフ更新手法", *Proceedings of Data Engineering Workshop*, A1-9.
- 4) Prim, R. C. [1957], "Shortest connection networks and some generalizations", *Bell System Technical Journal*, Vol. 36, pp. 1389-1401.
- 5) Kruskal, J. B. [1956], "On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman problem", *Proceedings of the American Mathematical Society*, Vol. 7, No. 1, pp. 48-50.
- 6) Granam, R. L. and Hell, P. [1985], "On the history of the minimum spanning tree problem", *Annals of the History of Computing*, Vol. 7, No. 1, pp. 43-57.
- 7) Toussaint, G. T. [1980], "The relative neighbourhood graph of a finite planar set", *Pattern Recognition*, Vol. 12, No. 4, pp. 261-268.
- 8) Gabriel, K. R. and Sokal, R. R. [1969], "A new statistical approach to geographic variation analysis", *Systematic Zoology*, Vol. 18, No. 3, pp. 259-278.
- 9) Maignan, L. and Gruau, F. [2011], "Gabriel graphs in arbitrary metric space and their cellular automation for many grids", *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems*, Vol. 6, No. 2, Article 12.
- 10) 例えば、杉原厚吉 [2009], 『なわばりの数理モデル—ポロノイ図からの数理工学入門—』, 共立出版.
- 11) 例えば、中野眞一・西関隆夫 [1999], "グラフの自動描画", 「電子情報通信学会誌」, 第82巻, 第2号, pp. 175-180.
- 12) 例えば、三木和男 [2009], "ネットワークの可視化技術—大規模ネットワークと動的ネットワークへの挑戦—", 「電子情報通信学会誌」, 第92巻, 第2号, pp. 112-117.
- 13) 土井淳・伊藤貴之 [2004], "力学モデルを用いた階層型グラフデータ画面配置手法の改良手法とウェブサイト視覚化への応用", 「芸術科学会論文誌」, 第3巻, 第4号, pp. 250-263.
- 14) 清水英範・井上亮 [2004], "時間地図作成問題の汎用解法", 「土木学会論文集」, 765/IV-64号, pp. 105-114.

(原稿受付 2013年6月10日)

Visualization of Origin-Destination Trip Matrices through Applications of Neighborhood Graph

By Eihan SHIMIZU and Ryo INOUE

Since neighborhood graphs are noteworthy tools that analyze the similarity and proximity between data items and visualize the structure of data, they are utilized in many research fields. However, they have not been used in the analysis and visualization of origin-destination trip matrices, which record the proximity and hierarchy of regions. This report focuses on neighborhood graphs; it proposes to extract the major origin-destination pairs from data and visualize the extracted results. The applicability of proposed method is confirmed using the inter-prefectural passenger trip data in Japan.

Key Words : *neighborhood graph, origin-destination trip matrix, visualization, regional structure*
