

寄り道支援路線図の自動作成システム

相 尚寿・浅見 泰司・貞広 幸雄

Automatic drawing system of route map for side trip

AI Hisatoshi, ASAMI Yasushi, SADAHIRO Yukio

Abstract:

This paper shows a new method to make up a drawing system of a route map. System uses attributes of each section or line to draw a map, and at the same time tries to maintain the topological structure of the map so as to keep it look natural to its users. This new route map is customized to each individual user and helps its user to decide where to go out of the daily route - for example from home to office - as a side trip. The system consists of roughly three steps. The first step is route search for calculating several distances which are used as attributes to arrange the stations on the map. Then system calculates a new location of each station representing how far for users to go to the station compared to the daily route. Finally system rearranges some stations to maintain the topological structure of the map.

Keywords:

路線図(Route map), 寄り道(Side trip), 位相(Topology), カルトグラム(Cartogram)

1.はじめに

東京などの大都市では鉄道網が非常に発達し、その路線網は大変複雑なものとなっている。そのため利用者が路線網を完全に暗記することは極めて困難である。そこで利用されるのが路線図である。路線図にも様々な種類があり、大きくは3種類に分けられる。1 つめは実際の地図に路線が重ねて表示されているもの、2 つめはデフォルメ路線図¹⁾²⁾³⁾⁴⁾、3 つめはディスタンスカルトグラム⁶⁾である。デフォルメ路線図では距離などの正確性を犠牲にする反面、位相を保持し路線や駅の位置

関係を分かりやすく表現することに重点がおかれる。一方、ディスタンスカルトグラムでは、路線の持つ属性としての距離の再現性に重点がおかれる反面、位相が崩れることがある。それぞれに一長一短があり、また利用者の嗜好も異なるのでどちらが優れているかを一概には決定できない。属性の再現性と位相の保持は相反関係にあるが、両者とも少しずつ犠牲にすることで全体的には読みやすい路線図ができないだろうか？ 本論文では、属性の再現性と位相保持の割合を調整しながら、利用者個人に合わせた、より見やすく、より利用しやすい路線図を目指す。

東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻
〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 工 14 号館
E-mail : hisaai@ua.t.u-tokyo.ac.jp
電話 : 03-5841-6259

2. 寄り道支援路線図とは

本論文では、属性の再現性と位相の保持の割合を調整して個人の嗜好に合わせる路線図の一例として、通勤・通学のため日常的に一定の経路を利用している利用者が、買物など別の目的で途中寄り道を行う場合を想定し、その寄り道先決定を支援する路線図(寄り道支援路線図)を作成する。路線図作成にあたり全ての寄り道候補地(駅)の魅力が等しく、利用者は距離でのみ寄り道先を決定すると仮定する。よって、利用者にとって距離が重要な判断材料となる。一方、人が路線図を見たときに不自然に感じないように、位相も保持する必要がある。すなわち、利用者は寄り道支援路線図に対して距離属性と位相の双方の情報を求めることになる。属性と位相の条件を完全に満たすことはできないため、適度な割合で両者を再現、保持しつつ、見やすい路線図を目指すこととする。

3. 寄り道支援路線図の作成

3.1 路線図データ

まず、路線図データを用意する。アーク・ノード構造とし、扱う路線図データとしては、駅や路線の数などから名古屋市営地下鉄の路線図データ(図1)を用いた。

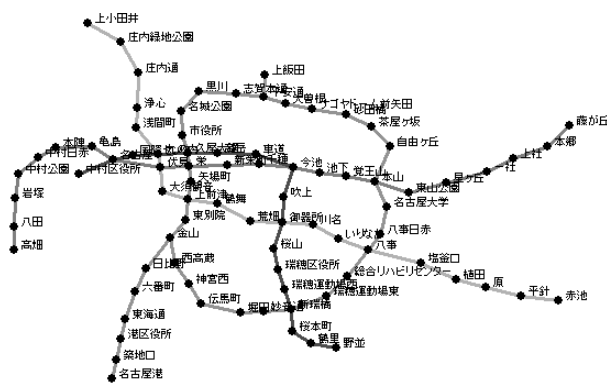


図1 名古屋市営地下鉄の路線図データ

3.2 基準経路の設定と経路探索による距離算出

本論文における基準経路とは、利用者が通勤や通学のため頻繁に利用する経路で、寄り道先への距離の起点となる。寄り道支援路線図を描く際

の基準軸となる経路である。今回は東山線(図1中の左右方向に伸びている路線)全区間を基準経路と設定した。

続いて路線図を描く際に再現する「距離」を算出するための経路探索を行う。ここでは路線図上の全駅について、基準経路上の最寄り駅(対応駅)を求める。他に、出発地、目的地、および路線図上の各駅の3駅を通る最短経路を算出、その経路が基準経路から分岐(出発地側)、合流(目的地側)する駅を探索する。同時に、対応駅、分岐駅、合流駅までの距離も算出する。これらの距離は、ネットワーク上のアークに与えられた距離属性による。この経路探索では、ポテンシャル法⁵⁾を基本としつつ、分岐駅や合流駅も同時に算出できる方法を用いた。

3.3 初期座標の算出

初期座標とは、基準経路を軸として強調するために画面中央に水平化、基準経路上の各駅は距離比に応じて経路上に配置、基準経路外の駅は経路上の対応駅に対応させ、対応駅からの距離に応じて、その真上か真下に配置したものである(図2)。上下配置は、元の路線図における駅の位置関係に基づく。位置関係とは、アークを始点側から見たとき、対象ノードがアークの左右どちらにあるかを表す。ここで算出した初期座標は、各駅が基準経路から最短でどの程度離れているかを表す。

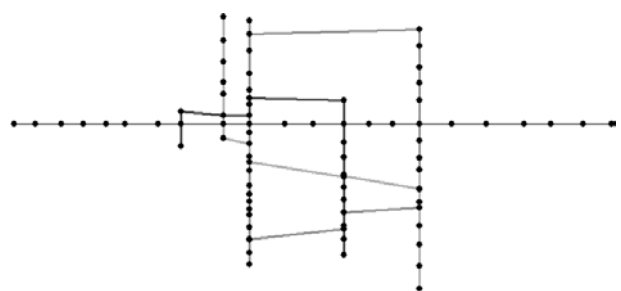


図2 初期座標による変形後の路線図 ※駅名省略

3.4 目標座標の算出

次に経路探索で求めた分岐駅、合流駅を用いて目標座標を算出する(図3)。各駅の目標座標は、分岐駅と合流駅からのネットワーク距離を直線距

離として表現する位置である。すなわち、任意の駅Sがあり、その分岐駅Tと合流駅Mがあるとき、中心Tで半径STの円と中心Mで半径SMの円を描く。2円の交点がSの目標座標である。一般に交点は2点求まるが、ここでは変形前における基準経路との位置関係が同一になる交点を選定する。

目標座標においても基準経路は軸として表現される。目標座標により、各駅に寄り道した際、基準経路上を移動するときと比較して「遠回りになる」距離を表すことができる。

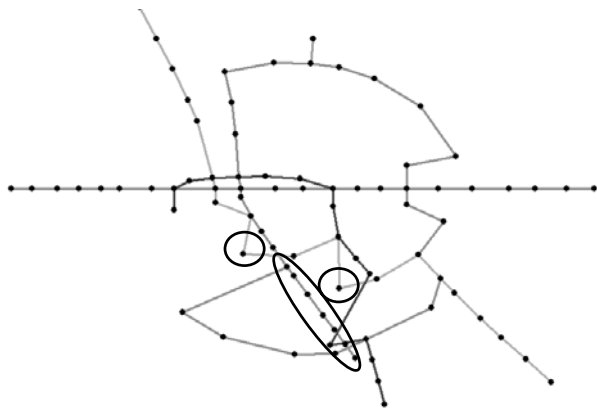


図3 目標座標による変形後の路線図 ※駅名省略

3.5 空間構造の不整合

ここで、図3の路線図に注目すると、下部中央囲みを設けた箇所(図4:拡大図)で変形前と比較すると見た目が不自然になっている。特に本来は環状路線の途中から左下外側へ伸びていた路線が変形後は環状路線の内側に入ってしまった。本論文では、これらを空間構造の不整合と呼ぶ。路線図として見やすさを維持するためには、これらの不整合を修正する必要がある。

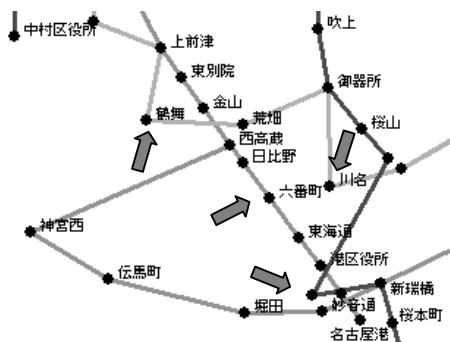


図4 不整合発生箇所の拡大 ※一部駅名省略

不整合は、グラフにおける位相の破壊と類似した概念だが、人の路線網認知を左右するものとして、次の3種類を定義する(図5)。

- (1) 交差の発生…変形前は交わらなかった路線が変形後に交わる。
- (2) 交差の消失…変形前に交わっていた路線が変形後は交わらない。
- (3) 路線の入れ替え…ある駅に注目して各路線が出て行く方向の順序が変形によって入れ替わる。

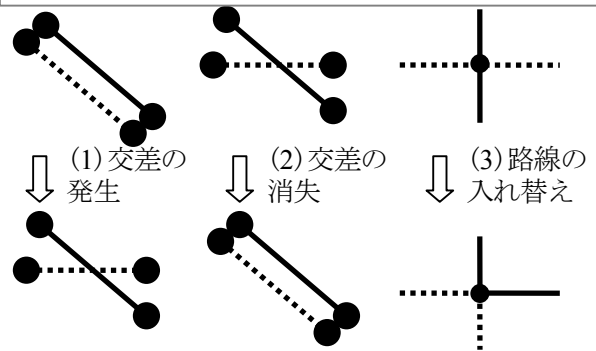


図5 空間構造の不整合の概念図

図3、図4では、交差の発生と路線の入れ替えが確認できる。名古屋の地下鉄では、駅間で路線同士が交わらないため、交差の消失は発生しない。

3.6 不整合の検出と修正

次に不整合を検出する方法を述べる。全てのアーキに順次注目し、変形前後でそのアーキとの位置関係(3.3節参照)が変化したノードを抽出し、次の条件のどちらかを満たしたものを不整合として検出する。

- (1) 注目しているアーキ AB と駅 A を共有する別のアーキ AC 上にある駅 C の位置関係が変化する。
- (2) 注目しているアーキ AB と、位置関係が変化する駅 C を含むアーキ CD とが共有する駅がない (AB と CD が駅と駅の間で交差している)。

(1)は駅Aにおいて路線の入れ替え、(2)はアーキABとアーキCDにおいて交差の発生または交差の消失があったことを示唆する。

不整合の判定を任意のノード間で行うと組み合

わせが膨大となるため、変形前後のどちらか一方または両方で近隣にあるノード間のみで行う。近隣の範囲は、判定の基準となるノードに隣接するノードを全て内包できる最小の水平な長方形とした。水平とは、画面に対して水平を意味する。

不整合は、分岐駅または合流駅どちらか一方からの物理的距離(変形前の直線距離)とネットワーク経由の距離との乖離が大きいと発生する。そこで、各駅が物理的距離において基準経路よりどれほど遠回りかを表す位置を目標座標と同様の手順で算出、逐次的にその位置へ移動させることで、不整合を修正する。逐次処理を反復、不整合の発生数が設定された許容値を下回ると処理を終了する。不整合が修正されたものが、寄り道支援路線図の最終的な出力である(図6)。なお、今回の例では不整合発生が0となるまで処理を反復した。



図6 寄り道支援路線図の出力例

4.おわりに

路線図の研究は、これまで主に属性の再現性と位相の保持、どちらか一方を満たすという観点から行われてきた。今回作成した寄り道支援路線図は、必ずしも属性の再現性と位相の保持を適度に満たす最適解とは限らず、その評価も今後の課題であるが、属性と位相2つの目標の間に見やすい路線図の可能性を探る新しい提案である。

今回作成したシステムは、不整合の許容数を変化させることで、属性の再現性と位相保持の割合が調整でき、また、不整合の修正においては、変形前の位置関係を参照することで属性の再現性の低下を最小限に抑えつつ、見た目の不自然さを取り除くことができた。

今回紹介した出力は単純に駅間ネットワーク距離で描いたものだが、将来的には時間距離などを表現したり、駅ごとの乗り換え負荷を距離として加味したりして、より実感に近い距離を表現できる路線図に拡張できる可能性を持つ。また、駅周辺の商業床面積や乗降人数などをノードに属性として与えることで全ての駅の魅力は同一で、利用者は距離のみで寄り道先を決定するという仮定を取り除き、「少し遠くても魅力的な寄り道先には行く」という現象を考慮することもできる。

近年は、膨大な情報が容易に入手可能となった反面、その中から必要な情報を選別することの大部分は、情報利用者の負担となっている。そのため、利用者にあわせた情報の選別と一定の制約下での表現を行う技術の必要性は大きい。路線図も例外ではなく、膨大な路線と駅の情報から、利用者に必要な情報を選別し、それらを限られた図上に簡潔に表現する必要性が増大している。本研究を発展させて、利用者が求める様々な空間情報を適切に表現し、それを利用者が把握しやすいように提供する新たな可能性を既存の路線図研究に対して提案できるよう結びつけていきたい。

5.参考文献

- 1) 海野祐史・山守一徳・河合敦夫・椎野努(2000)「デフォルメ路線図の自動生成手法の提案」、『コンピュータビジョンとイメージメディア』124-5,pp33-40
- 2) 長尾徹・芥田幸一・柴田吉隆・馬敏元(2002)「鉄道路線図の成り立ちと検索性に優れた位相図化について」、『デザイン学研究』48(5),pp55-64
- 3) 山守一徳・海野祐史・河合敦夫・椎野努(2002)「デフォルメ路線図のインタラクティブ生成システムの開発」、『情報処理学会論文誌』43(9),pp2927-2938
- 4) 山守一徳・長谷重和・河合敦夫(2003)「強弱セグメントを用いた路線図の自動デフォルメ」、『形の科学会誌』18(3),pp243-254
- 5) 伊理正夫(監)、腰塚武志(編)(1997)『計算幾何学と地理情報処理、第2版』共立出版(東京),p152
- 6) Eihan SHIMIZU, Ryo INOUE(2003) "A Generalized Solution of Time-Space Mapping", Proceedings of 8th International Conference on CUPUM (CD-ROM)