

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

鉄道路線図位相図化・デザイン方法の研究(1)

Constitution of Railway Map and Topological Mapping

Study of The Topological Mapping and Design Methodology of Railway Map (1)

長尾 徹

芥田 幸一

柴田 吉隆

馬 敏元

千葉大学

ダイハツ工業株

㈱日立製作所

千葉大学大学院

Nagao Toru

Akuta Kouichi

Shibata Yoshitaka

Ma Min-Yuan

Chiba University

DAIHATSU MOTOR CO.,LTD.

HITACHI CO.,LTD.

Graduate School of Chiba University

Key words: Topology,Railway map,Cognitive map

要旨

鉄道路線図は、駅と路線のつながりという位相関係の表示が目的であり、距離や方位、縮尺から解放された地図である。位相図とは、点と線の系列を表示するネットワーク図のことをいい、鉄道路線図もこれにあたる。本論では、まず鉄道路線図の成立過程を調査した。次に鉄道路線網がどのように認知されているかの観察調査を行った。その後、鉄道路線図に求められる検索性に注目し、位相図構成要因が検索性に及ぼす効果の検証実験を行った。被験者の知識による差異を排除するために、認知されている路線網と既存の路線図に対する観察を基に、位相図構成要因を抽出、水準を設定し、パターンの異なる3路線網について実験用の位相図を作成した。実験の結果、主に以下のことが判明した。1) 路線により構成される形状は単純な図形に置き換えられ記憶される。2) 検索性を大きく左右する要因は角の丸みの有無であり、角の丸みの大きさによる影響は小さい。

Summary

The purpose of a railway map is to indicate the relationship of connecting location between stations and railways, and to gratis the restrictions from distances, directions and scales. It is a kind of topological map that is also known as a network maps in displaying series of points and lines. In this paper, the establishing process of a railway map was firstly investigated, and the observation of recognizing railway networks was then followed by. After this, one of the required functions in railway map, which is the retrieving of information, was focused and evaluated through experiment. Despite the differences of knowledge between candidates of the experiment, a virtual topological map of three networks with different patterns was constructed after observing how people recognize existing railway maps. The results are: 1) the forms and shapes that were structured from railways are simplified into simple forms in human. 2) The main factors that influence the level of retrieving are determined by the radius and existence of roundness in corners.

1.目的

鉄道路線図は、鉄道路線網の分布ないし配置の表示を目的とした主題図である。鉄道路線図は、地図学の中でも特異な分野として位置づけられている。その理由は、駅および路線のつながり具合を表示するという位相図としての性質にある。位相図とは、点と線の系列、つまり繋がりだけを示すネットワーク図である。一般図や多くの主題図は、事象間の位置関係や、ある量の地域分布という面的な表示の性質を持っている。これに対し、鉄道路線図は点と線の繋がりという位相関係の表示が目的であり、距離と方位および縮尺から解放された地図である[注1]。

鉄道路線図の役割は二つある。第一は、それを見た鉄道利用者に出発地点である駅から目的地である駅までの行き方を示すことである。鉄道利用者は、示された鉄道路線図上で自らルートの検索を行う。第二は、鉄道利用者には鉄道路線網の認知地図(cognitive map)を形成させ、鉄道路線図を見ることができなくとも、出発地から目的地までのルートの検索を頭の中でできるようにすることである。そのうち、本論の目的は、第一の役割である検索性に優れた鉄道路線図の解明を行うことである。

2.鉄道地図の発達概要

2.1 鉄道地図の原初形態

George Bradshaw は、1839年に「ブラッドショウ・イギリス鉄道地図」を刊行した[注2]。それは縮尺に基づく通常のイギリス地図に、鉄道路線をやや太い線で表記したもので、可航河川、主要道路、都市や主要村落など、鉄道と直接関係のない情報も含まれていた。要するに、一般的なブリテン島の地図の上に鉄道路線をやや目立つように表示したものであった。

日本においては1894(明治27)年10月に、はじめての月刊時刻表が「汽車汽船旅行案内」の名称で創刊された(図1)。1904年7月刊行版に収載された鉄道地図は、縮尺を表示した地図に鉄道路線を太線で表記したもので、海岸線、主要河川、国界、主要都市と主要道路、航路が描かれていた[注3]。また、同じく明治期に刊行された鉄道企業の社史類「大阪鉄道略歴」(1901)および「紀和鉄道沿革史」(1906)に収載された「路線平面図」



図1 汽車汽船旅行案内の添付路線図 1904年

は、ともに縮尺を表示した地図であり、鉄道路線と駅の他に、山地、河川、都市と村落、及びこれらをつなぐ道路などが描かれていた。

このように一つの国の各地域で鉄道の建設、開業が進み、路線網が形成され、鉄道路線相互の結合状態や駅の配置を示す主題図ともいべき鉄道地図が市販されるようになった。その後、全国的な鉄道時刻表の刊行が行われるようになり、鉄道地図は時刻表に不可欠の要素として添付された。当初は一般的な地図を基にし、その上に鉄道路線を太線で表現していたため、鉄道に直接関係のない情報が多く含まれていた。

2.2 鉄道地図の位相図化

鉄道路線図は大きさの限られた1枚の紙に印刷されることが多い。路線網が広域に渡り、また複雑化した結果、路線図全体を均等な縮尺率で縮小すると路線網の主要部分が圧縮されて見にくくなる。このような状態を回避するために、路線網の主要部分を適正な縮尺で表現し、紙面からはみ出してしまう縁辺部は縮尺を小さくして無理矢理紙面の範囲に入れてしまう方法がとられるようになった。このように鉄道地図は縮尺を表示しつつも、その意味はもはや無くなり、実質的には路線の結節と駅の並び順序のみを正しく描くという意味での「位相図」に変化していった。

1925(大正14)年刊行の日本旅行文化協会の時刻表に添付された鉄道地図には縮尺の表示はない。鉄道路線は現実の位置や形態を正しく示したのではなく、直線化され、見た目にきれいな曲線になるようにデフォルメされている。特に注目すべきことは、海岸線は別として、鉄道路線と主要駅、掲載される航路以外の情報を一切排除したことである。余計な情報を排除し、時刻表の検索図という目的に徹した主題図としての鉄道地図の姿をここに見ることができる(図2)。

鉄道利用者にとり、乗る列車のルート上におけるカーブの有無や勾配の存在などは、知らなくても何らさしつかえがない。目的駅が何番目の停車駅であるのか、乗換駅はどこであるのか

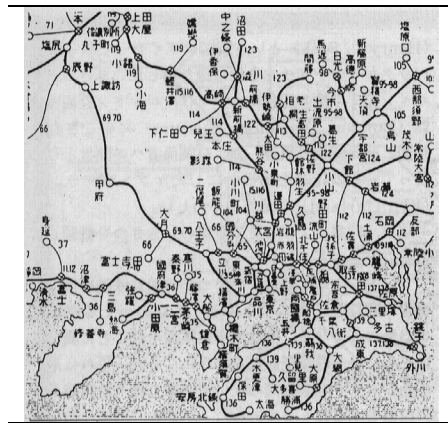


図2 日本旅行協会版「汽車時刻表」の索引地図 1925年
 という情報があれば、鉄道網がどれほど複雑なものであろうと、目的地に到達することは容易である。このように、鉄道利用者に必要な最小限の情報を地図に盛り込むとするならば、鉄道路線相互の結びつきや駅の配列(順序)が正確であれば良い。通常の地図に要求される距離や方位は必要な条件では無く、縮尺も考慮外としてよい。この点が自ら自動車を運転する人を対象とした道路地図と大きく異なる。その意味で鉄道地図は位相図であっても十分にその機能を果たすことができる。

2.3 鉄道地図のグラフィックデザイン化

鉄道地図が位相図化されると、距離や方位は正確ではなくなり無視されてよい情報となる。そうであるならば、鉄道地図をもっと見やすく美しく表現する方法はないであろうか。その解答がグラフィックデザイン化であった。

現在、世界各国の大都市鉄道地図に広く用いられている方式は、全ての路線を水平方向に伸びる直線及びこれと90°もしくは45°で交差する直線のいずれかによって表現するもので、一般に多くの色を用いて列車運行系統を区別することができるようになっている。

このような形式の鉄道地図は1933年「ロンドン地下鉄道案内図」で初めて登場した(図3)[注4~5]。地下鉄グループの製図デザイナーであったHarry Beckはそれまでのものと比べ全く新しい方式の路線図を提案した。それは、ロンドン都心部を東西方向に横断するセントラル線を地図の中央部に水平直線で示し、他の線はこの線と平行、または90°あるいは45°で交差する線を表示した、また図中の駅間距離は実際の長短にかかわらず同一の長さで表した。これによって方位や縮尺から完全に解放され、見やすさと美しさを最大の条件とした鉄道地図が作られたことになり、路線網表現の制約が大きく緩和された。

Beckのデザインしたロンドン地下鉄道案内図は、その後、新線の追加や乗換駅表示の変更などはあったが、位相図化・デザインの形式は、現在でもパリなど多くの大都市において流用

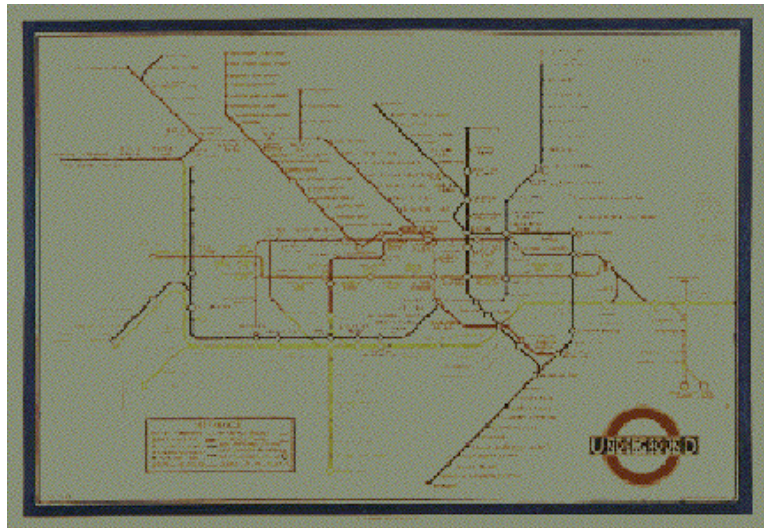


図3 ロンドン地下鉄案内図 1933年



図4 東京近郊区間路線

されている。Beck の功績は大きいものがあるが、現在では、コンピュータを使用することにより、当時とは比較にならない短時間で位相図を作成できるようになった。にもかかわらず、単純な路線図において偶発的に類型化したものは散見されるが、Beck の様式に匹敵するものは存在しない。

3. 鉄道路線認知地図の抽出

人はその都市に関する認知地図を獲得および路線網の構造を記憶する際、複雑な構造を理解するために、その構造をより分かりやすく単純化した表象に変換して記憶している。つまり、記憶の中に構成されている表象は、それ自体が分かりやすい構造になっていると考えられる。認知地図において日常活動にお

ける直接経験による知識と他の人間や各種情報媒体による間接経験の知識との違いが考慮される必要がある [注 6]。各種地図のうち、日常的に頻繁に目にする鉄道路線図と人々の鉄道網認知地図には密接な関係があることは明らかである。

そこで位相図化の手がかりを得るために、特に複雑な路線を有する J R 東京近郊区間 (図 4) を対象として [注 7]、これに関する手書き地図を以下のように観察し、どのような表象として記憶されているかを明確にすることで、共通性の存在を確認することを試みた。

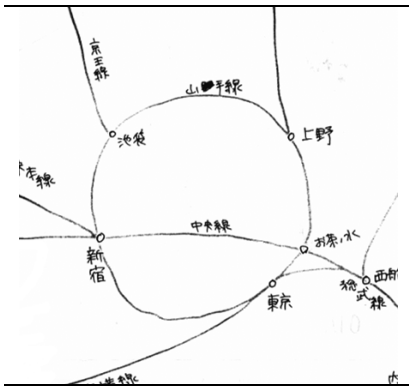


図 5a 正円の山手線

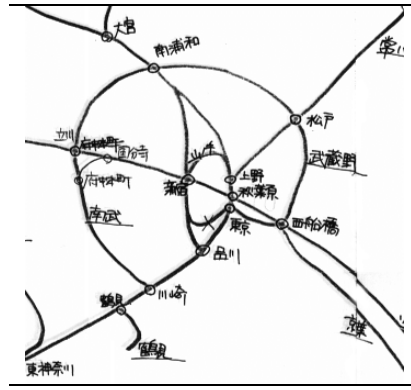


図 5b 楕円の山手線

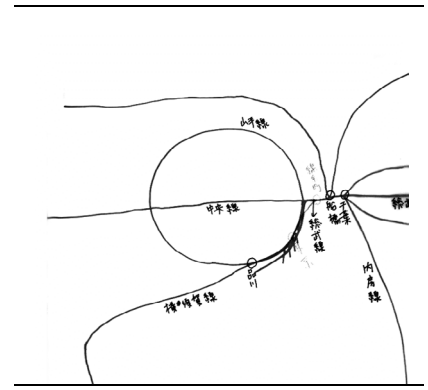


図 6 水平直線の中央線

3.1 実験方法及び観察基準

被験者に記憶をもとにして白紙上に J R 路線図を描かせた。得られた手描きの路線図から、J R 路線網がどのように認知され記憶されているのかを観察した。被験者の描画と同時に上方よりビデオ撮影を行い、描画順序を把握した。実験後、被験者の J R 利用履歴、また実験中に頭の中で参照したものについて内省報告を求めた。

被験者は千葉大学デザイン専攻の学部学生、大学院生および卒業生 27 名である。被験者をデザイン系の学生と限定したのは、手書き地図の再現性が、記憶あるいは知識の問題と地図を描く際の運動能力の問題との二つの別々の源泉に起因することを考慮し [注 8]、描画能力の差を無くすためである。

手書き路線図から認知地図を観察するにあたって、路線別に、形状と描画順序の面から観察した。形状からは、その路線が認知地図の中でどのような表象として記憶されているかを観察することができる。また、描画順序はその表象の強さの指標である。その際、認知地図を形成する以下のエレメントを考察の指標とした [注 9]

- 1) パス paths (道路)
- 2) エッジ edges (境界)
- 3) ディストリクト districts (区域)
- 4) ノード nodes (結節点)
- 5) ランドマーク landmarks (目印)

3.2 手書き路線図の結果と認知地図としての考察

3.2.1 山手線

山手線は、27 名中 26 名が描いた。23 名が正円あるいは楕円の「円」として描いた。このうち、正円として描いた者は、現役学生や関東以外の出身者に多くみられた (図 5a)。彼らは特定の路線しか利用したことが無く J R 路線網に対する経験が少ない。それに対し、楕円として描いた者は関東出身者や卒業生等、関東在住歴の長い者に多かった (図 5b)。彼らは J R 路線網に対する経験が前者に比較して多く、手書き路線図には、より多くの路線が比較的正確に描かれている。つまり、山手線は

環状の路線として十分に認知されており、その形状に関しては J R そのものや他の地図などに対する経験の量によって、実際の地理形状に近似していくことがわかる。

山手線を最初に描いたのは 15 名である。過半数の被験者によって最初に描かれたことから、J R 路線網に関する認知地図において山手線が最も重要な路線であるといえる。彼らの内省報告では、山手線を最初に描いた理由として、「中心にある」「基準になりやすい」「最も印象的である」「山手線につながっている路線が多い」「山手線から多くの路線が放射状にのびている」などを挙げている。山手線は多くの路線が集合するノード (結節点) として、J R 認知地図の座標を築く原点となっている。

3.2.2 中央線

中央線は山手線を描いた者全員が描いた。しかし、西方向へ伸びるパスとして認知され起点側の山手線側については明瞭であるが、終点側の八王子・大月方面については非常に不明瞭であり、消失している者が多い。パスの起終点が明瞭でないにも関わらず、18 名が紙面に対し水平な直線としてはっきりと描いている (図 6)。これは、中央線が起点と終点を結ぶ線としてではなく「山手を横切り真っ直ぐ東西へ伸びる路線」として認識されていることを示している。

山手線内側の中央線の曲がり、代々木-新宿間における山手線との平行を描いた者は、わずか 2 名であった。これは、中央線の折れ曲がりや山手線との結節駅に関する知識が不明瞭で無視され易く、一つの円とそれを横切る一本の直線という、極めて単純な図形の組合せとして記憶される傾向があることを示している。

中央線を最初に描いたのは 1 名だが、11 名が 3 番目以内に描いている。新宿から山手を横断する形で描かれた総武線についても中央線の一部とみなすならば、20 名が 3 番目以内に描いたことになる。山手線に次いで重要なエレメントになると言える。また 18 名が、山手線の直前か直後に描いている。

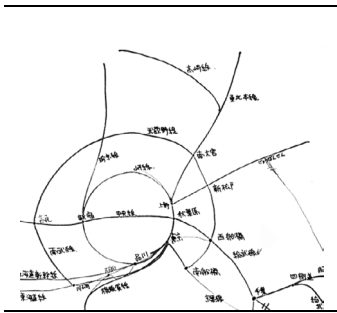


図7 北や北東へ向けられた東北線

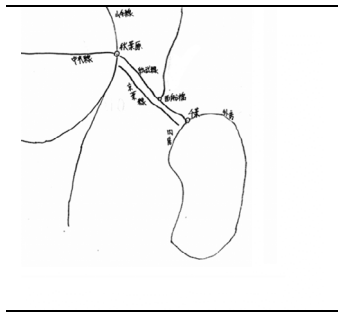


図8a 閉じた内房線・外房線

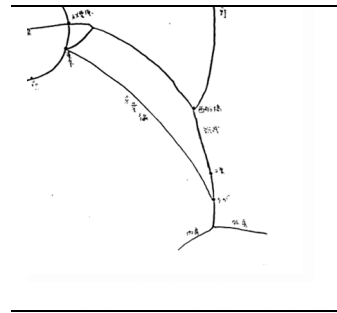


図8b 閉じない内房線・外房線

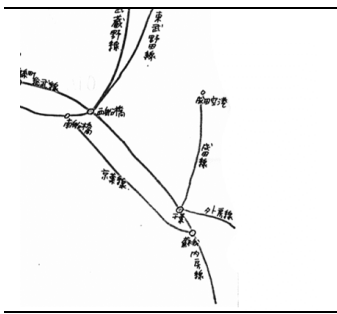


図9a 成田線

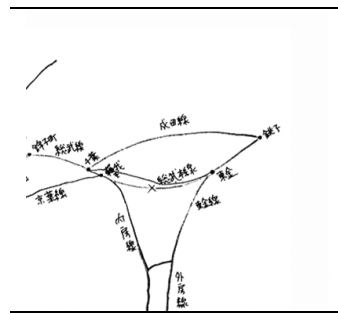


図9b 紡錘形の成田-総武本線

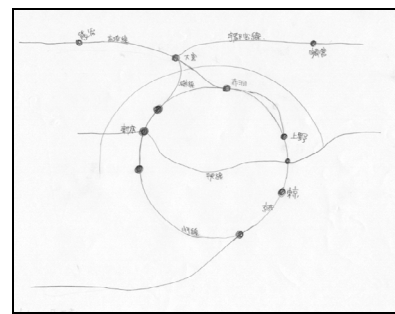


図10 埼玉在住者の手書き地図

つまり、中央線は山手線と対になって認識されている。山手線と中央線が円とそれを横切る直線として描かれていること、またほとんどの被験者においてこれらが紙面のほぼ中央に位置していることなども含め、中央線が山手線と対になり、認知地図の座標を構成する基軸として十分に機能していることがわかる。

3.2.3 東北線・京浜東北線・東海道線

これらの路線は系統図としての描画を指示したわけではないので、区間が重複した箇所を個別に観察することが困難であったので、形状についてのみ観察した。これらの路線を京浜東北線として一本の線で描いたものは1名であった。むしろ山手線上の一点から東海道線、別の点から高崎線・東北線と、別の路線として描く者が多かった。京浜東北線は縦軸として認識されていないようである。

東海道線は24名が描いた。高崎線・東北線は17名と若干少ない。東海道線は南西方向に、実際の地理に近いかたちで描かれている。これに対して、高崎・東北線は実際には北西方向に伸びているにも関わらず、北あるいは北東へ誤った方向に描いている者が多い(図7)。この差は海岸線という地理要素の有無にあると考えられる。東海道線は東京湾に沿うように伸びる路線として認識することができるため、この地理要素を手がかりとして記憶することが可能である。パスの終点が消失している場合でも、比較的地理に忠実に描かれる。しかし高崎・東北線は内陸に伸びる路線で、手がかりとなる明瞭な地理要素を持たない。そのために路線の知識が得られにくい。またこの路線を知っていたとしても路線の方角に関する知識は不明瞭である。

3.2.4 内房線・外房線

内房線、外房線を描いたのは共に23名であった。内21名が内房線・外房線を続けて描いた。これは内房線と外房線が対になって記憶されていることの表れである。

また13名が内房線・外房線を一本の線で閉じた形状として描いた(図8a)。多少の歪みはあるが、地理に忠実な形状を再現しようとしたことを見ることができる。彼らの中には、頭の中で参照した図に「地図」を挙げている者が多い。内房線・外房線が対になって閉じた形状を成すことで、房総半島を一周する路線として認識されているのである。つまり内房線・外房線に関しても、地理要素を手がかりとして、パスの形状を記憶することで認識されている。

閉じた形状として描けなかった者は、千葉駅から分岐する2本の線として描いた(図8b)。彼らは内房線と外房線の終点、結節点に関する知識が無い。このため描かれた線は短く、不正確であった。

内房線と外房線を比較すると、内房線の方が比較的正確に描かれている。これは、内房線が千葉駅からそのまま東京湾沿いに南下している路線であるのに対し、外房線は一度内陸を横断してから房総半島沿いに南下するという違いにある。外房線は内陸区間で手がかりとなる地理要素が無い。このため内陸区間で途切れたり、銚子方面に伸びる総武本線と混同されていた。

3.2.5 成田線・総武本線

成田線・総武本線を描いた者は16名であった。これらは二種類に分類することができる。一つは千葉駅から成田駅までの

パスとして描かれているもの(図 9a)。これは千葉駅と成田空港の位置関係が明瞭であり、路線はこの2点間を結ぶ線として描かれている。しかし、成田駅より先については描かれていない。総武本線については知らないが、成田線と混同して記憶されている。もう一つは、成田線と総武本線を組み合わせ紡錘形として描かれたもの(図 9b)。これは成田線と総武本線を混同せずにはっきり区別して記憶している者が、これらを組み合わせ紡錘形として認識し、記憶している。

2者の違いは、経験の差にあると思われる。紡錘形として描いたのは、銚子方面から通学している者など路線の利用経験がある者だけであった。成田線・総武本線を利用しない限り、これらの知識を得ることは困難である。しかし、これらの知識を持っている場合、2路線を組み合わせ形状を成すことで、表象がより明確になっていることがわかる。

3.2.6 その他の路線

総武線、中央線、武蔵野線、常磐線なども、比較的多数の被験者に描かれており、それぞれの表象を観察することができた。

このほかJR東京近郊区間路線には、埼京線、南武線、横浜線、横須賀線、相模線などがあるが、描いた者は極めて少数である。

3.2.7 地域差による差を確認するための追加調査

基軸となっている山手線、方角の認知に誤りのあった高崎線、東北線の表象の被験者による地域差を確認するため、3.1と同様の課題を居住地の異なる被験者の追加調査を行った。被験者は、東京都台東区上野所在の専門学校デザイン専攻の学生15名である。彼らは全て埼玉県在住で、通学にJR線を利用している。

地域差を確認できればよいのでビデオ撮影は行わず、手書き地図の描画結果のみを判読した。その結果、山手線は3.2.1同様に円または楕円の表象となっていたが、居住地域による知識差のため、埼京線と京浜東北線が組み合わせることで形作られる形状が明確に表れていた。通常利用している路線であるため、高崎線、東北線は全ての被験者が描いていた。しかし、その方角は埼玉県居住者を対象にしたにもかかわらず、3.2.1と同様に正確に把握していた被験者はいなかった(図10)。

3.3 手書き路線図より抽出された特徴

JR東京近郊路線網の手書き路線図から以下の事柄が判明した。1) 認知地図の基軸(重要なエレメント)

山手線・中央線は、円とそれを横切る水平直線として、多くの人に共通した表象となっている。また、これらは対になることで、認知地図の座標を築く基軸となっている。

山手線や中央線以外にも、各人の認知地図において基軸となっている路線がある。

2) 端点・結節点の表象と線の角度

放射状路線の折れ曲がりや方角は、それだけでは明瞭な表象とならない。

3) 地理的要素の影響

東京湾のような地理要素を手がかりとして、路線の表象がより明瞭となる。

4) 形状を成す路線

山手線や武蔵野線のように、環状や扇状の形状を成す路線は表象が明瞭である。

内房線・外房線、また成田線・総武本線のように、2路線を組み合わせ形状を成すことで、その表象が明瞭となっている。

5) 経験・知識量

JRそのものや、他の地図などの経験量によって、表象が実際の地理形状に近似していく。

知識と経験量が豊富でも、総武線や東北線のように表象が水平あるいは垂直方向に歪む場合がある。

4. 検索性に優れた位相図化

4.1 位相図を構成する要因

鉄道路線図がその機能を果たすためには、路線、駅(乗換駅とそうではない駅)、路線名、駅名の四つの要素をもって構成されている必要がある。これらの中で、鉄道路線のネットワークを表すのに直接関係している要素は、路線と乗換駅である。本論では、路線と乗換駅のうち、特にその表記方法の違いによるネットワークの理解のしやすさに与える影響が大きいと考えられる、路線の表記方法について考察した。

路線の表記方法は、以下の5要因により決定されると考えられる。また、これら路線の表記方法を決定する要因が変化することにより位相図にもたらされる変化は、認知科学の分野における過去の諸研究で得られた知見などから推測することができる[注10~14]。



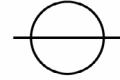
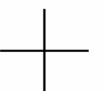


1) 線のスタイル

路線を識別するために各路線に割り当てられているもの。色で分けられる場合や、実線や破線などで分けられる場合などがあり、さらに線の強弱、つまり太さによって分けられている場合もある。この要因が用いられていない路線図では、路線の判別、識別ともに、用いられているものに比べ困難になることが予想される。

2) 角の丸みの大きさ

線が曲がって表記されているとき、その角につけられている丸みの大きさ。角の丸みが大きくなることで、滑らかな経過あるいは曲線の要因(factor of good continuity)が強くはたらくようになる。そのため、結節を挟んだ線の連続性が増し、路線のつながりの判別がしやすくなることが予想される。

表1 軸の結節6種類

	交差	接合	干渉
環-線			
線-線			

3) 軸の本数

線の曲がりの角度を決めるグリッドを構成する線の角度の数。軸の本数が少なくなり、線の曲がりが少ない角度にまとめられることは、認知地図との照合性を高めると考えられ、位相図が憶えやすくなることが予想される [注 15]

4) 中心部の拡大率

路線が密である中心部を拡大して表記し、路線図全体での線の密度を均一に近づけたときの中心部分の拡大率。多くの人が共通の知識を保持することのできる中心部が拡大して表記することは、認知地図との照合性を高めると考えられ、位相図が憶えやすくなることが予想される

5) 環状線の表記方法

環状線を他の路線と同じルールに則って表記するか、真円で表記するか。環状線が真円で表記されることで、環状線の判別、識別がしやすくなり、検索性が向上することが予想される。

5. 検索性の実験

5.1 研究課題

先に挙げた線の表記方法を決める 5 要因のうち、角の丸みの大きさ、軸の本数、環状線の表記方法の 3 要因に注目し、結節の検索性に優れた位相図を描く指針を示すための基となる、各要因の水準を明らかにすることを研究課題とする。なお、他の 2 要因については、以下の理由で本論では扱わないこととした。

線のスタイル、特に色の要因は路線を判別する際に非常に重要な役割を担っていると考えられる。しかし、各路線に割り当てられた色は、路線を判別しやすくなるというだけでなく、その路線のアイデンティティとなり、色によって路線を識別することも可能にしている。つまり、色は特定の路線に割り当てられることで特定の意味を持ち、色を変えることを無意味なことになっているのである。それでも、色などの線のスタイルを用いるか用いないかという要因に注目することは考えられるが、線のスタイルの要因を位相図に用いることで、線の形を決めるその他の要因の及ぼす効果を正確に測ることができないことが考

えられる。線のスタイルの要因を用いない、すべての路線を同様に表記した位相図を用いてその他の要因の及ぼす効果を測り導き出した線の形に、線のスタイルの要因を用いたときにできる位相図を考えると、導き出した線の形を決めている要因が、求める鉄道路線図に対して負の要因として働くことは考えにくい。よって、線のスタイルの要因は本論では扱わないこととした。

中心部の拡大率も、実際に多くの路線図に採用され、路線網をわかりやすくする働きをしている要因であると考えられるが、これは各路線図に固有の値であると考えられる。よって、中心部の拡大率の要因も本論では扱わないこととした。

角の丸みの大きさ、軸の本数、環状線の表記方法の 3 要因が、鉄道路線図の検索性に大きく関与していると考えた本論では、検索性の測定の実験を通して、3 要因の水準について検証するものとした。

5.2 実験位相図

より明確に位相図化における指針を示すには、研究において実験で使用する位相図(以下実験位相図)は計画的に作成されたものでなければならない。本論で使用する実験位相図は次のようなルールで作成した。

5.2.1 路線網

3.3 より、実際に存在する都市の路線網を対象とした位相図を用いて実験を行ったとき、被験者間の知識差が結果に大きく影響を及ぼすことが明らかである。よって、実験位相図の対象とする路線網は、架空のものを設定しなければならない。また、架空のものを用意しても一つの路線網のみを使用して実験を行ったのでは、今度はその路線網に付帯する特性に結果が大きく左右されてしまうことが考えられる。そこで、路線網はその複雑度を変えた 3 種類を用意した。複雑度とは路線網を形成する路線数、結節数が増えるにつれて高くなるものとした。

架空路線網は、都市構造を形成する基本交通軸に修正を加えた、2 軸の結節 6 種類(表 12)をすべて含むものである [注 16]

これは放射軸の端点の一方が環状軸の内側になければならないなど、これらすべてを含む路線網は特殊なものであると

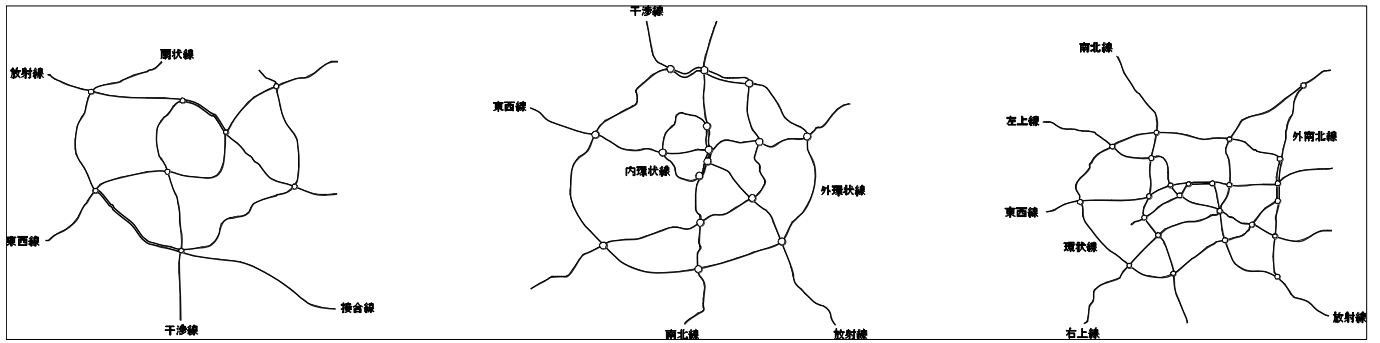


図 11.1 架空路線網 A

図 11.2 架空路線網 B

図 11.3 架空路線網 C

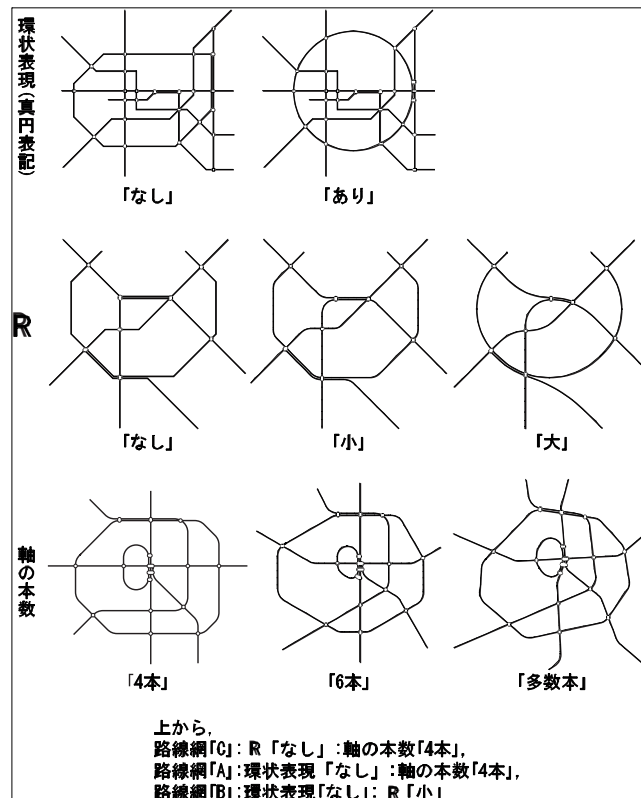


図 12 実験用位相図の例

いえる。しかし、複数の路線網に対し同等の条件で実験を行うために、実験位相図の対象とする三つの架空路線網は、この6種の結節をすべて含むものとした。

作成した架空路線網と各路線名を以下に示す。路線網の名称は複雑度の低いものから順に、路線網 A (図 11.1): 路線数 5 結節数 8、路線網 B (図 11.2): 路線数 6 結節数 16、路線網 C (図 11.3): 路線数 7 結節数 24、計 3 種の路線網を実験位相図の対象とすることとした[注 17]

5.2.2 要因計画と位相図化

研究課題に則し、角の丸みの大きさ(以下 R)、軸の本数、環状線の表記方法(以下環状表現)の 3 要因を、実験位相図の線の表記方法を決める要因として採用した。

環状表現は、環状線の真円表記「あり」、 「なし」の 2 水準である。軸の本数は、ロンドン地下鉄道案内図に倣った「4 本」、地形図に忠実な路線図を回帰直線により単純化した「多数本」、その間を取っての「6 本」の 3 水準を設定した。R も「なし」、 「小」、 「大」の 3 水準を設定した。

以上より、3 要因の組み合わせが 18 通りあるため、実験位相図は 1 路線網につき 18 図作成するものとし、3 路線網で 54 図作成した。その一例を図 12 に示す。

5.3 位相図の検索性の検証実験

鉄道路線図の第一の役割は、それを見た鉄道利用者に出発地点である駅から目的地である駅までの行き方を示すことにある。その際に鉄道利用者が行うことは、出発地点と目的地の駅を探し、出発地

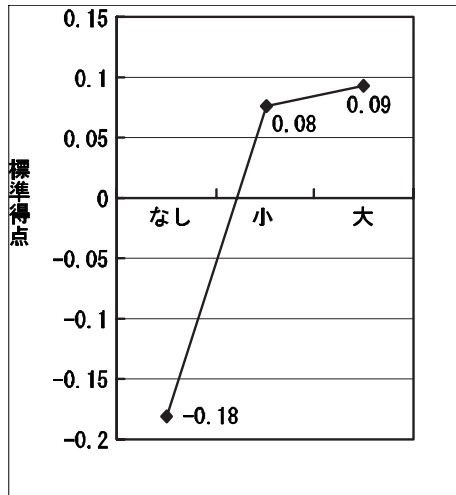


図13 Rの大きさと標準得点の平均値の関係

点を通っている路線を目的地点までたどることである。乗換えをしないで目的地点へ行ける場合はそれだけでよいが、1回の乗換えをしなければ行けない場合、出発地点を通っている路線をたどりながら目的地点を通っている線への乗換駅を探さなければならない。乗換えが2回、3回と増えたときは、出発地点を通っている線と乗換駅を通っている線の乗換駅を探して...というように、1回乗換えのときに行う作業を繰り返すことになる。実験は、実際に鉄道利用者が出発地点から目的地点までのルートを検索する作業を、2駅間を1回の乗換えで行くルートの検索作業で一般化することにより、位相図の持つ検索性を測り、位相図を構成する要因が検索性に及ぼす効果を検証することを目的としたものである。

5.3.1 実験手順

合図とともにCRT画面上に位相図を呈示した。この位相図上には、タスクごとに設定した駅Aと駅Bを表示し、駅Aから駅Bまでは必ず1回の乗換えで行けるように設定した。被験者はできるだけ速く、正しく駅Aから駅Bまでのルートを探し出し、そのルートを指差してたどる。位相図の呈示から駅Bにたどり着くまでの時間をタスク達成時間として測定した。タスク終了後、呈示した位相図についての主観評価を取った。すべてのタスク終了後、わかりやすかった場合、わかりにくかった場合とはそれぞれどのような場合であったかの内省報告を求めた。

変化させる要因は路線網、環状表現、軸の本数、Rの四つであり、それぞれの水準については省略する。

5.3.2 測定項目

タスクの標準得点、主観評価の2項目である。タスクの標準得点はタスク達成時間に2段階の標準化を施した値である。第一の標準化は、タスクごとの2駅間の距離の差がタスク達成時間へ及ぼす影響を解消ために、被験者がたどった2駅間の軌跡の距離をタスク達成時間で割ったタスク達成速度を出したことであり、第二の標準化は被験者ごとの個人差を解消するための各被験者ごとのタスク達成速度のz得

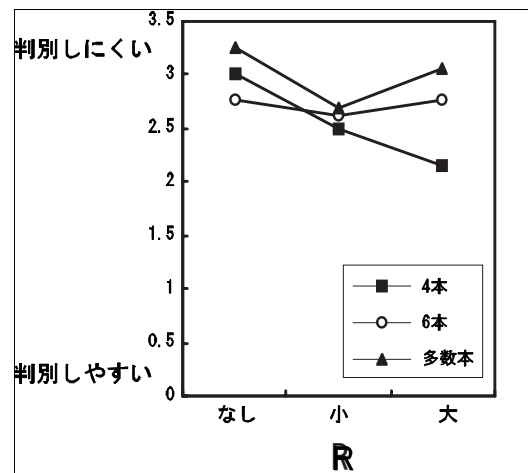


図14 Rと軸本数の主観評価

点化である。このz得点化した値がタスクの標準得点である。主観評価とは以下のSD法の項目である。

主観評価：路線の判別がしやすい - 路線の判別がしにくい

この主観評価は5段階評価で行った。主観評価の路線の判別とは、たとえば2路線の結節である乗換駅があったとき、位相図上その乗換駅からは4本の線が出ていることになり、1本の路線を表しているのはそのうちのどの2本なのか、もう片方の路線を表しているのはどの2本なのかということ、つまり結節を挟んでの路線のつながりの判別のことを指す。実験は54名の被験者に対し行った。

6. 分析及および位相図の検索性の検証

実験は、実験位相図の持つ四つの要因を操作することで、鉄道路線図の持つ検索性における要因による因果関係を見るものである。よって、測定結果の分析は分散分析により行った。

図13はR以外の要因をだみにしたときの、Rの大きさと標準得点の平均の関係を表している。Rが大きくなるにつれて、標準得点も有意に高くなった ($F=7.061, p<.05$)。なしから小にかけての標準得点の上昇が、小から大にかけてのそれを大きく上回っている。これより、Rの大きさが大きくなるほど位相図の検索性は上がるが、一番大きく位相図の検索性に影響を及ぼしているものは、Rの大きさではなくRの有無と考えられる。乗換駅を通過するとき、Rがついていることで乗換駅を挟んだ線の連続性が増し、どちらに進むと乗換えになり、どちらに進むとならないのかということで悩む時間が短縮されることが推測される。この結果は、その積み重ねが反映されたものと考えられる。これは、次の主観評価に関係することでもある。

主観評価に関しては、軸の本数とRの交互作用において有意性が見られた ($F=3.656, p<.05$)。図14は路線網、環状表現をだみにし、横軸にRを、縦軸に主観評価の平均値をとり、軸の本数の各水準を3本の折れ線で表したグラフである。軸が4本のときはRが大きくなるにつれて路線の判別もしやすくなったが、軸が6本に増えるとR

による差はほとんど見られなくなり、さらに軸が多数本に増えると、R は小のときが最も路線の判別がしやすいという結果となった。ここからは、軸の本数が多いときの R は小さめにつけるのがよいといえる。軸の本数と R のそれぞれの主効果から、4 本と 6 本、小と大の間にはほとんど差が見られないことから、軸が 4 本で大きな R、または軸が 6 本で小さめの R をつけたものが路線の判別をよくするには良いと考えられる。

内省報告では、わかりやすかった場合のコメントの多くは R がついているものに関するコメントであったのに対し、わかりにくかった場合では、R がついていないものがわかりにくいというものが大勢であった。コメントを見ていくと、R がついていないものがわかりにくいという意見の中には、角と乗換駅が重なったときに、路線のつながりがわからなくなるというものが多かった。ここから考えると、角に小さくても R がつくことで線に連続性が生まれ、R がついているものにわかりやすいという意見が集中したと考えられる。

わかりやすかった場合において次に目立ったコメントは、1 本の直線や真円などの単純な幾何学図形で路線が表されている場合についてであった。それに対応してわかりにくかった場合にも、数は多くはなかったが、線が細かく曲がっているとわかりにくいというコメントが得られた。「幾何学的な円弧などの形を使っていると、複雑でも浮かび上がってくる」とコメントした被験者がいたように、例えば、駅 A が 1 本の直線で描かれた路線上にあり、駅 B が真円で描かれた環状線上にあるタスクだとすれば、位相図が複雑であったとしても、両路線がはっきり見えてくるのでわかりやすいのであろう。単純な図形で描かれた線に載っている駅が片方であったとしても、わかりやすさは十分に向上すると思われる。

7. 結論・展望

本論より、鉄道路線網の認知地図の特性が明らかになり、路線図の基本機能である検索性に優れた位相図化の指針を示すことができた。しかし、もうひとつの機能である適切な認知地図を形成させる位相図化については行っていないため、総合的な位相図化の指針を示すまでには至っていない。今後は、適切な認知地図を形成させる位相図化の指針を明らかにし、今回の知見とあわせ鉄道路線図位相図化・デザイン方法の構築を目指す事とする。

注および参考文献

- 1) アーサー・H・ロビンソン他著、永井信夫訳：
地図学の基礎、地図情報センター、1984
- 2) 小松芳喬：鉄道時刻表事始め—ブラッドショウ創刊 150 周年記念、早稲田大学出版部、1994

- 3) 青木栄一：鉄道地図の思想とその展開、
日本国際地図学会、33,3,1-11,1995
- 4) 前掲 3),1-11,1995
- 5) Oliver Green & Jeremy Rewse-Davies：Designed for London,
75,150 years of Transport Design, Laurence King,1995
- 6) 中村豊・岡本耕平：地理学選書メンタルマップ入門、古今書
院、72,1993
- 7) 東日本旅客鉄道：東京近郊区間路線図、地図、33,3,添付地図、1995
- 8) 前掲 6),54,1993
- 9) Lynch K：The Image of the City,MIT Press,1960,丹下健三・富田玲子
訳、都市のイメージ、岩波書店、1968
- 10) 松田隆夫：小円布置パターンに対する複雑さの判断及びそれと良
さ判断との関係、信州大学教育学部紀要、49,43-54,1983
- 11) 森晃徳：認知地図、箱田裕司編、認知科学のフロンティア、
サイエンス社、73-101,1991
- 12) 前掲 6),21-23,1993
- 13) 上坂吉則・田嶋健治：図形分節を説明するためのモデル、
電子通信学会論文誌、59-D,1,1-8,1976
- 14) ロス・I,フリスビー・J・P：認知科学研究会誌、認知心理
講座 2 知覚と表象、海文堂出版、1989
- 15) スティーブンス・A,クープ・P：斎藤勇監修・箱田裕司編：空間的
関係の歪みに関する研究、認知心理学重要研究集 2 記憶認知、誠心
書房、162-164,1996
- 16) 秋山政敬：図説都市構造、鹿島出版会、1990
- 17) 吉川左紀子：知覚・記憶実験用 82 線画とその最多命名反応、イメー
ジー致度、複雑さの適切度および熟知度、心理学研究、57,3,175-
178,1986
- 18) 石村貞夫：SPSS による分散分析と多重比較の手順、東京図書、1997
- 19) 利島保・生和秀敏：心理学のための実験マニュアル、北大路書
房、1993
- 20) Koffka K,鈴木正彌訳：ゲシュタルト心理学の原理、福村出版、1988
- 21) Metzger W,盛永四郎訳：視覚の法則、岩波書店、1968
- 22) コーエン・G,ほか、認知科学研究会誌：認知心理学講座 1 記憶、海文
堂出版、1989