

# 環状線の存在しない鉄道路線網の位相図化の研究

– 鉄道路線図位相図化・デザイン方法の研究 (3)

## Topological Mapping of Railway Network without Circular Line

– Study of The Topological Mapping and Design Methodology of Railway Map (3)

● 長尾 徹	● 鶴飼 達彦	● 佐藤 弘喜
千葉大学	平野デザイン	名古屋造形芸術大学
Nagao Toru	Ukai Tatsuhiko	Hiroki Sato
Chiba University	Hirano Design	Nagoya Zokei University of Art & Design

● Key words : Topology, Railway map, Cognitive map

### 要旨

本論では普遍的な鉄道路線網の位相図化の指針を確立することを目的とし、「環状線が存在しない路線網」である名古屋近郊区間の路線認知地図の観察と架空路線網による再生実験を行った。認知地図の観察からは、路線網の基軸となる路線の存在が確認された。被験者に強い印象与えている要因は「直線で表記する」および「2つ以上の路線が組み合わせられて何らかの形状を成す」であることが判明した。また、再生実験からは、位相図化の要因である「結節部の軸の本数」と「Rの大きさ」の最適な組み合わせは「軸の本数が6本で、Rは大きくつけたほうが試行数が少なく憶えやすいということが出来る」ことを明らかにした。そして、位相図の記憶および再生の過程は、基軸が一本もしくは複数路線の組として直線や見慣れた形状に変換されて憶えられ、その後基軸上にその他の路線が重なって行くという2段階で行われていくことを明らかにした。最後に「環状線の存在しない路線網の位相図化」の指針の提案を行った。

### Summary

Based upon the aim of this research, which is to establish a guideline for general topological mapping of railway networks, an experiment structured by virtual railway network without circular lines in regions of Nagoya was carried out. According to the result, it is found that railways structured in straight lines and/or a combination of lines that forms some shapes could provide strong impacts to subjects. Additionally, the output of experiment also discovered that the best combination between the factors in topography, which are numbers of nodes and the dimension of curves, is with 6 notes and large curves. This is due to that the bigger dimension of the curves, the easier to be memorized and less time to repeat in memorizing process. On the other hand, subjects tend to adapt links into forms in accordance to their imaginations and recognitions. Therefore, two steps have happened during the redrawing process of topography: recalling the memorized form as the first object they draw, and then add additional lines that are meaningless and hard to be memorized on top of the form. Finally, a guideline for 'topographical mapping of railways without circular lines' is proposed.

### 1. 目的

鉄道利用者が必要とする基本的情報を大別すると、一つは、駅空間を利用する際に必要なサイン情報である。これらはプラットフォームなどの乗降関連情報や駅付帯施設などの情報を提供している。そして、他の公共空間サインと同様に視認距離、表示内容、形式、設置方法などについての規格化がなされている。もう一つは、列車のスケジュールである時刻表、目的地までの料金を記した運賃表、そして鉄道路線と駅の配置を示した鉄道路線図といった運行に関する情報である。

以上の情報の中でも最も基本的なものは「鉄道路線図」である。鉄道事業者は、利用者が目的駅までのルートを調べるために不可欠な鉄道路線図を、見やすく且つ検索しやすいように表記する必要がある。ところが鉄道路線図の表記方法に関しては、サイン情報のように確たる指針・規格化はなされていない。ただ、Hery Beckによる「ロンドン地下鉄路線図」(1933)は、その優れたデザイン性から路線図の典型といわれ[注1]、インフォメーショングラフィクスとしての完成度が非常に高く、多くの路線図に影響を与えている。しかし、一方では公共的な情報を伝達する媒体に値しないものが数多く存在するのも事実である。これは、盛り込むべき情報量と紙面の形状・大きさの制約により致し方ないとも考えられるが、限られた条件内での最適解を導き出すというデザインの基本的な役割が果たされていない、もしくはデザイナーが関与していないように考えられる。そのため、鉄道利用者により良い路線図を提供することを目的とした路線網の位相図化の指針に関する2つの先行研究(長尾ほか、2002)[注2,3]が行われ「環状線の存在する路線網」の指針が提案されている。本論は、先行研究を補充し普遍的な鉄道路線網位相図化の指針を構築するために、先行研究において言及されていない「環状線の存在しない路線網の位相図化」の指針を構築することを目的とした。

### 2. 先行研究による知見と残された問題

#### 2.1. 先行研究「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」の知見

鉄道路線図位相図化の先行研究として、長尾ほか(2002)(以下、先行研究1)[注2]はJR東京近郊区間路線網の認知地図

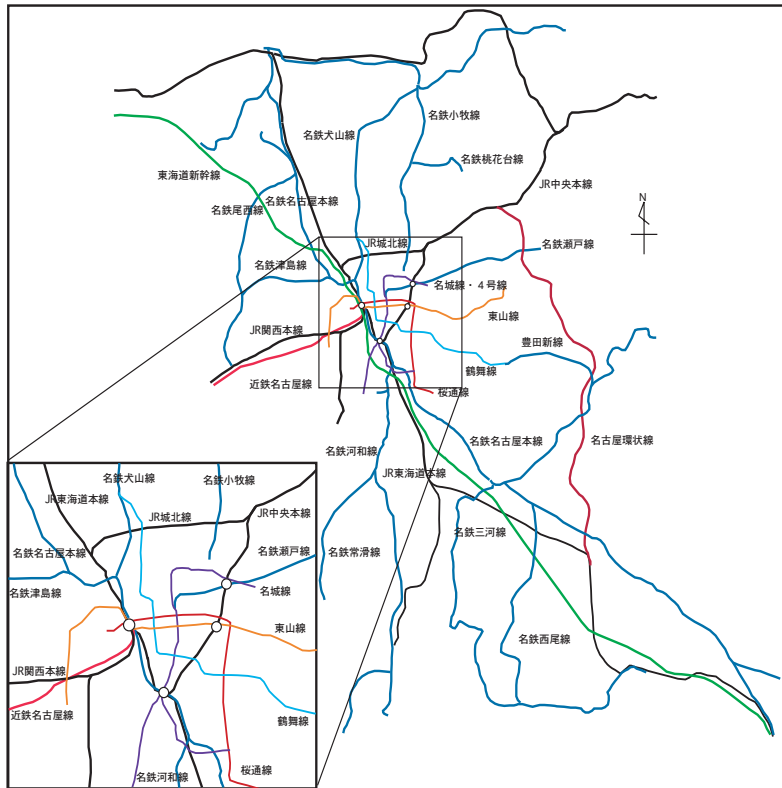


図1 名古屋近郊鉄道路線網

における各路線の表象の特徴観察と、2 駅間の結節の検索実験を行った。認知地図の観察からは、認知地図の基軸（重要なエレメント）、端点・結節点の表象と線の角度、地理的要素の影響、形状を成す路線、経験・知識量という五つの特徴を、鉄道路線網の認知地図の中に見出した。

また、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、それを構成する5 要因、環状線の表記方法、角の丸みの大きさ（以下、Rの大きさ）軸の本数、線のスタイル、中心部の拡大率のうち前3 要因に注目し架空路線網の位相図化を行い実験用位相図を作成し、2 駅間の結節の検索実験を行った。

その結果、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の有無であることを明らかにした。それは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、どちらに進むと乗換にならないのかということに悩む時間が短縮されるためであるとしている。

## 2.2. 先行研究「鉄道路線図の位相図化と憶えやすさの基礎的研究」の知見

次に長尾ほか（2002）（以下、先行研究2）[注3]は架空路線網に対し、前述の3 要因の水準を組み合わせた位相図の憶えやすさの測定実験を行い、認知地図形成のしやすさ、憶えやすさについての特性を明らかにした。そして先行研究1の結果とあわせ後述の環状線の存在する鉄道路線網位相図化の指針を示した。

しかし、環状線の基軸としての働きが強く、先行研究1と先行研究2の知見のみでは、環状線が存在しない路線網を含めた普遍的な位相図化の指針までを言及するには慎重を期すべ

きであると判断している。環状線が存在しない架空路線網に対し、同様の実験を行う必要があることが判明したとしている。

### 2.2.1. 環状線の存在する路線網の基軸路線の表記法

初めに、水平、鉛直方向に走る1本の直線で表記することのできる路線は、そのように表記し、鉄道路線図内に座標系を形成する。ただし、無理に水平、鉛直方向に歪め、実際の空間の経験から得られる知識（認知地図）との照合性が大きく損なわれる場合を除く。次に、環状線は真円で表記する。ただし、環状線を真円表記することにより、後述の基軸以外の路線の表記が望ましくないものとなる場合を除く。また、水平、鉛直方向ではなくとも、1本の直線で表記することのできる路線は、そのように表記する。

### 2.2.2. 環状線の存在する路線網の基軸以外の路線の表記法

乗換駅となる路線結節部の軸の本数は、4本等少ないものが望ましいが、基軸以外の路線を、変曲点の数が少なく済み、図としての形状が路線名とは別に「三角」「十字」などの、一般的で見慣れた形に呼び表しやすい形で描くことを優先し、軸の本数を決定する。次に、軸を少なくとった場合は大きく、軸を多くとった場合は小さく角にRをつける。環状線を真円表記している場合も、円が異質ではなくなる程の大きなRをつけることは避ける。Rを大きくとることで、つながったRが半円などの基軸ともなりうる幾何学図形に近い形になるものは、実際の空間の経験から得られる知識（認知地図）との照合性が大きく損なわないことを考慮した適切な大きさの円弧でもって表記する。

## 3. 本論の領域

本論は、先行研究において言及されていない「環状線の存在

しない路線網の位相図化」の指針を作成することを目的とし、同様の手順に従い、環状線の存在しない名古屋近郊路線網の認知地図調査と架空路線網を対象とした憶えやすさの実験を行った。検索性に関しては先行研究1の実験において環状線を通らないタスクが行われているため、本論では行う必要性はないと判断した。また測定対象は、路線の表記方法を決定する5要因のうち、Rの大きさ、軸の本数の2要因とした。環状線の表記方法は環状線の存在しない路線網なので当然除外されるが、他の2要因については、先行研究と同様に本論においても扱わないこととした。

なぜならば線のスタイル、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。しかし、各路線に割り当てられた色は、すでにその路線のアイデンティティとなっている。例えばJR東京近郊区間において緑色は山手線、黄色は総武緩行線を示し特定の意味を持っている。その色を変えることは無意味で有り混乱をまねくことになる。線のスタイルの要因をすべての路線において同条件で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された位相図に、線のスタイルの要因を用いた場合の効果を考えて、導き出された位相図の路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。次の中心部の拡大率も、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、これは各路線網の路線数、駅数などの固有条件により、個々に調整されるべき要因である。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。

#### 4. 名古屋近郊路線の認知地図

人はその生活領域に関する認知地図を獲得および構造を記憶する際、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、それ自身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4]。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路線網認知地図には密接な関係があることは、先行研究1からも明らかである。

本論において「環状線のない路線網」の認知地図を観察する対象として日本国内の大都市の中から、以下の条件を勘案し名古屋近郊を選択した。その理由の第一は、名古屋は横浜、京都などと異なり日常の生活移動範囲に他の大都市が存在しないため生活圏として独立性が高いということ。第二にJR、私鉄、

地下鉄をあわせた複雑な路線網が存在するという点。札幌、仙台、福岡などは第一の条件を満たしてはいるが観察対象としては路線網が単純である。しかし、先行研究1のJR東京近郊区間に比較し、名古屋近郊区間ではJR路線数が少ない。そのため名鉄・近鉄・地下鉄を含めた企業体を越えた路線網の手書き路線地図を観察し、先行研究1で確認されている路線網認知地図の「基軸」の存在の確認および各路線が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を目的とした。

#### 4.1. 実験方法及び観察基準

この実験および観察は先行研究1と同様の手順で行った。被験者に記憶をもとにして白紙上に名古屋近郊の路線網を描かせた。その際、特定の鉄道事業者ではなく名古屋近郊の路線を描くようにと教示を行った。そして得られた手書きの路線図から、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。同時に描画順序を記録した。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、また、描画順序はその表象の強さの指標であると判断した。その際、リンチ[注5]による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。

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

被験者は、名古屋近郊所在の2企業のデザイン部門に勤務するデザイナー18名である。ここで被験者をデザイナーと限定したのは、先行研究1と同様に手書き路線図の再現性が、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の2つの能力に起因することを考慮し、描画能力の差を無くすためである。協力いただいた企業の1つは中央本線沿線、もう1つは東海道本線大府方面に所在している。

#### 4.2. 手書き路線図の結果

表1は被験者ごとの路線再生順位である。列は被験者で、路線に対応する数字は、その路線の各被験者における出現順位である。そして各路線の特徴を見出すために表1の結果から順序の情報を除き路線が出現した場合は1、出現しなかった場合は0としたものに数量化Ⅲ類による分析を行った。その結果にWord法によるクラスター分析を行った。

その結果、東海道本線と中央線、東山線と名城線・4号線、関西本線と近鉄名古屋線は、各々の路線形状と2つの路線により形作られる形状から各々が組みになり認識されているために同じ再生パターンとなった。武豊線と三河線、犬山線と小牧線、名鉄名古屋本線と愛知環状線の各ペアはディストリクトが同じであるという点で再生のパターンが近くなったと考えら

表1 名古屋近郊鉄道路線の再生順位

被験者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
JR	東海道本線	2		2		2	1	3	1	1	2	1	1	6	3	3	1	1	1	
	中央本線	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2		4			2	3		
	関西本線							6			10		11		2			6	5	
	城北線			3	4	2			2											
名鉄	武豊線								8		7	4	10	11	4	3				
	名古屋本線					5			3	3	5	5	9	5	2	4	2			
	犬山線								5	6			3	10			3			
	津島線												11					5		
	河和線								4	13		4	7							
	瀬戸線					7				9			13						12	
	小牧線		4		4	4				3										13
	三河線								7	8		8	6	5	4					
豊田新線								9				9								
近鉄	名古屋線				3	5			6	12			1					7	4	
地下鉄	東山線			3			3	4			3	3	1	12	1			8	8	
	鶴舞線												2		6			10		
	桜通線				4							6						9	6	
	名城線・4号線						8				4	2	5	14	2			11	7	
その他	環状線		2	5	3					11	10	7	8	7	5					

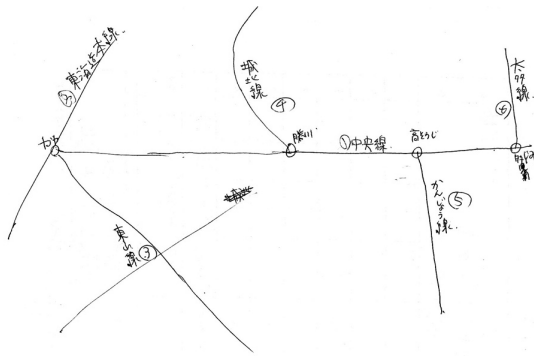


図2 方向の間違った東海道線（被験者3）

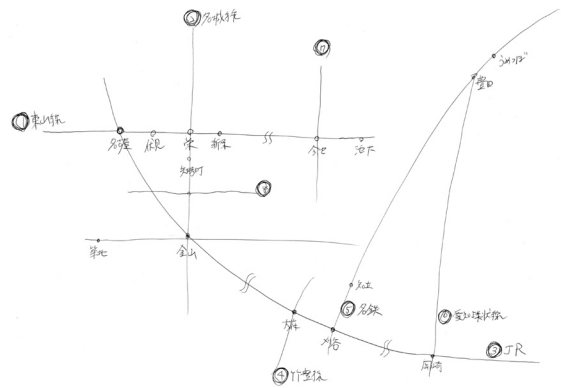


図3 基軸が明確な再生図（被験者15）

れる。この結果を勘案し4.1の指標を基に各路線の再生のされ方から環状線の存在しない路線網の認知地図としての考察を行う。

### 4.3. 認知地図としての考察

#### 4.3.1. JR 路線

東海道本線の出現率は88.9%となった。そのすべてが直線で表記され、東海道新幹線と併せて名古屋を貫くパスとして認識されている。ただし、実際は南東―北西方向に伸びているのだが、方向まで正しく表記できたのは8名で、のこり8名は方向の間違いのみならず、全体としての成績も良くない（図2）。

次に出現率が高かったのは中央本線の77.8%である。中央本線のパスとしての特徴は名古屋駅から東海道線に沿って南東に下った後、北東へ方向が変わることである。これを表記できたのは5名で、彼らの手書き路線図には多くの路線が比較的正確に描かれている。先行研究1で明らかになった、経験の量により実際の地理形状に近似していくことが確認できる。

また、東海道本線「枇杷島駅」と中央本線「勝川駅」間の城北線が上記2線と擬似的な環状線とも受け取れる三角形を形成するように存在しているが、良く再現できた被験者でも、この線は表記できていない。路線図から一歩進んで、列車運行の状態まで考慮すると、城北線の役割は沿線居住者が、幹線に乗り換えるために必要な路線であり、幹線利用者がもう一方の幹線に乗り換えるために利用することは考えにくい。系統図で表現する場合、路線系統色が変わるため、繋がった印象がなく、存

在感が希薄になっていると考えられる。逆に城北線を表記していた被験者は3名で全体の再現率は低いが、中央本線沿いの企業に勤める者であった。

最初に描く路線はすべて名古屋駅を起点とするか、通過している路線で、被験者の居住地域に伸びる東海道、中央本線のうち、どちらか一方であることがほとんどである。これ以外の路線から描いたのは3名であった。これは、明らかに生活地域による経験差に起因すると考えられる。

中央本線の方角を認識するために重要なノードとなっているのが「金山駅」である。ついで「千種駅」「大曾根駅」などの他事業体路線との乗換駅が考えられる。いずれも名古屋中心部の疑似環状線を印象つけるのに手助けとなるノードである。

先行研究1で基軸と観察された環状線の山手線と、これに干渉する中央線・総武緩行線、交差する京浜東北線の方角の再現性に比較すると、東海道本線と中央本線の再現性は良くない。これは、定位の基準が前者は面（円）であり、後者は点もしくは線であることの違いに起因すると考えられる。

他の幹線としては関西本線があるが、出現率は中程度である。関西本線は近鉄名古屋線と市街地では東海道本線に垂直方向にほぼ同行しているため、この2路線は対になって憶えられている。ここでも「金山駅」が重要なノードとなっている。

#### 4.3.2. 市営地下鉄

東山線は名古屋を東西に貫く路線であることが存在感を高くしていると考えられる。出現順では東海道・中央本線に続き3

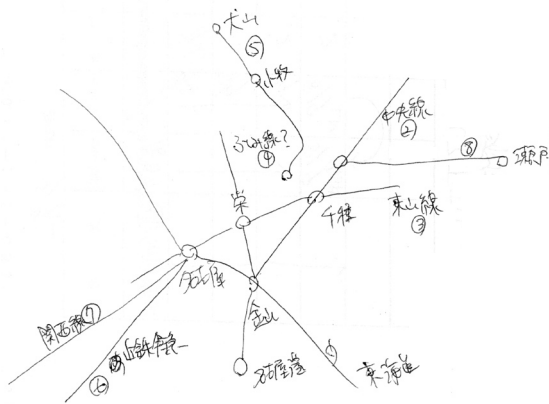


図4 小牧線が再生された手書き路線図（被験者6）

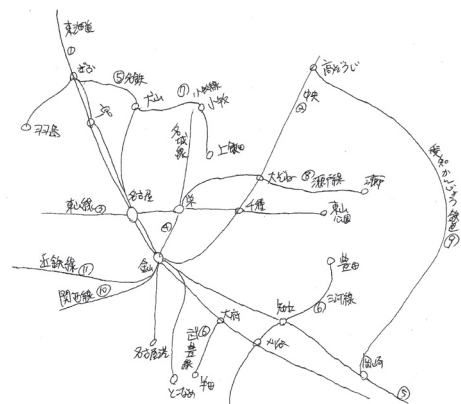


図5 愛知環状線線が再生された手書き路線図（被験者11）

番目に描かれ、再現された形状は殆ど直線となっている。東側のエッジは概ね明瞭であるが、実際の西側のエッジは名古屋駅以西では南に方向転換しているのだが、描かれていた場合でも名古屋駅で止まっているか、西側への直線と表記されることがほとんどであった。この東山線と東海道本線・中央本線で形成される三角形が名古屋地区の路線網認知地図の基軸となっている（図3）。

名城線・4号線は名古屋中心部を南北に貫く直線もしくは大きなRの曲線として再現されている。実際は途中で東に方向転換し中央本線を貫通しているが、1名のみが接するように表記しただけで、正確に表記できた被験者はいなかった。この路線の南側は名古屋港方面と桜通線への接続方面の2方向に分軌しているが、これを正確に表記したのは1名のみで、他は名古屋港方面のみの記述もしくはエッジが不明瞭であった。つまり、この線は主に東山線と直行するパスと認識されていると考えられる。形状的にも2路線あわせて十字表記されている。

桜通線の再現率は良くない、これは名古屋駅を通り、市街中心部では東山線と平行し、東側で南方向へ転換し他の地下鉄と接しているが、中央線とはノードが無い。現行の路線図の方向転換部の表記法が先行研究2の知見から判断すると、認識しにくい表記となっているため、東山線の印象が強く、その影響により再現率が低かったと考えられる。

鶴舞線は地下鉄の中では再現率が最低であった。これにはいくつかの原因が考えられる。まず、実際の利用状況を勘案すると、対象地域の原点と考えられる名古屋駅を通過していない。そして豊田新線との相互乗り入れをしており、郊外まで伸びているただ一つの地下鉄であるが、被験者の生活路線ではなく、被験者は主に経験以外の情報から鶴舞線を認識することになっているためと考えられる。その上、現行路線図において地形との整合性を中途半端に残しつつ、他の路線とのノードを意識し、位相図化において意味のない変曲点が示されパスとしての認知しやすさを阻害している。

#### 4.3.3. 名鉄線

名鉄線は愛知県全域、一部他県までを網羅する路線網を有し、特に郊外において最も重要な生活路線となっている。名古屋本線は、JR東海道本線と同行するように敷設され、再現率も比較的高い。他の路線は岐阜方面、静岡本面など地域的な隔

たりが大きく、近接・接合する他線と対で再現されていることが明確に読みとれる。どちらの地域にしても中心部もしくは起点から反対方向のエッジは不明瞭であり、接合が誤っている場合も散見された。再現された路線網の形状に特徴は見られないため、起点と路線の存在が記憶されているのみであると考えられる。犬山線と小牧線は、起点は異なるが路線で地形図上では内角20度程度で岐阜方面へ伸び、犬山から先は各務原線として最終的に岐阜まで到達し、路線図としては閉じた形状と見ることができると考えられる。ただし、小牧線は市街地内の起点駅が他線と接していないが、起点として明確に再現されていた（図4）。

#### 4.3.4. その他の路線

近鉄・名古屋本線はJR以外では唯一の関西方面へのルートであり、幹線と位置付けられる路線であるが、再現率は中程度である。これは被験者の生活路線ではないことが原因であると考えられる。形状的には直線もしくは大きなRの曲線として再現されている。関西本線との路線交差部分を再現していたのは1名のみであった。前述の通り、JR関西本線と同行している路線と認識されている。

愛知環状線は敷設されている地域が愛知県西部であるということとを考慮すると再現率は高かった。環状線と言っているが、形状的には図1にあるように環状でも扇状でもなく、特徴的な部分はない。環状線という名称が他と差別化され存在の認知度を高くしているのが原因と考えられる（図5）。

その他の路線は経験差、地域差との関係を示唆しているが形状的特徴を見出すほどの再現率ではなかった。

#### 4.4. 手書き路線図より抽出された特徴

先行研究で見出された5つの特徴に基づき本実験結果を確認する。

##### 4.4.1. 認知地図の基軸（重要なエレメント）

東海道線・中央本線がなすY字形状が、共通した表象となっていた。そして知識量が増えるにつれ、それらを横切る水平直線としての東山線が形づくる逆三角形および東山線と名城線・4号線の十字が認知地図の座標を築く基軸となり、東海道本線・中央本線の内角の精度が増す。先行研究1では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としているが、今回の対象地域においては、これ以外の基軸

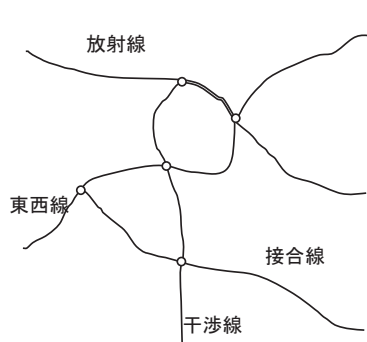


図 6a 架空路線網 A



図 6b 架空路線網 B



図 6c 架空路線網 C

	交差	接合	干渉
線 - 線			

図 7 線における 2 軸の結節 3 種

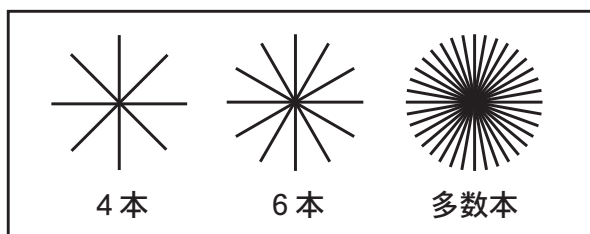


図 8 結節部における軸の本数

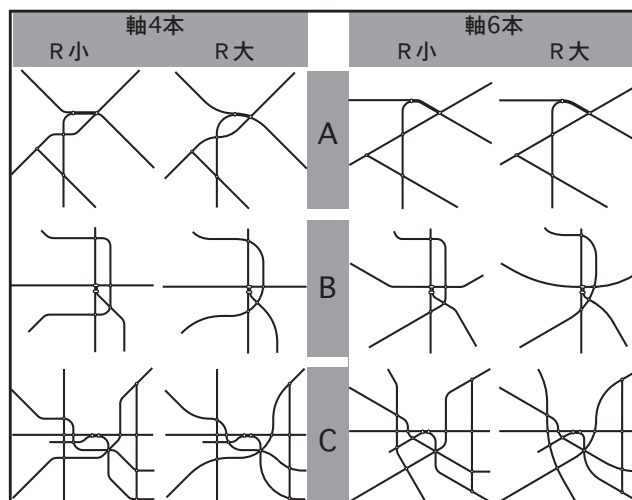


図 9 実験に使用した位相図

となりうる路線は存在しなかった。

#### 4.4.2. 端点・結節点の表象と線の角度

先行研究 1 では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としている。ここでも端点(エッジ)の位置の表象は、他線との結節点(ノード)である場合は明確なとなっているが、他は不明確な場合が多い。そのため、線の方角角度も間違っ再現実されている事が多い。

#### 4.4.3. 地理的要素の影響

先行研究 1 では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としている。関西本線、近鉄名古屋線、河和線などは名古屋湾に沿った路線であるが、地理的要素が形状に反映するほど明確な表象とはなっていない。これは、名古屋湾の方が東京湾より開いた形状をしているためと考えられる。

#### 4.4.4. 形状を成す路線

先行研究 1 では山手線、武蔵野線のような環状や扇状の形状を成す路線は表象が明瞭であるとしている。ここでは、そのように単体で幾何学的図形に音韻コード化が行われやすい路線は存在しなかった。

また、内房線・外房線、また成田線・総武本線のように、2 路線を組み合わせて形状を成すことで、その表象が明瞭となっているとしている。ここでは、前述の東海道線、中央本線、東山線で構成される三角形の基軸がこれに当たる。

#### 4.4.5. 経験・知識量

先行研究 1 では J R そのものや、他の地図などの経験量に

よって、再現される表象が実際の地理形状に近似していくとしている。これは今回も多く箇所で同様であると確認できた。知識と経験量が豊富でも、表象が水平あるいは垂直方向に歪む場合があるとしているが、これはむしろ、知識量自体の問題か、特定方向に圧縮された位相図によってもたらされた知識の内容の問題であると考えられる。

### 5. 架空路線網による記憶実験

環状線の存在しない路線網の位相図において、位相図の憶えやすさを測り、位相図を構成する要因が憶えやすさに及ぼす効果を検証することを目的とし、環状線の存在する路線網について検証した先行研究 2 と同様の方法を用いて実験を行った。環状線が存在しない場合でも、基軸となりえる路線が存在し、基軸以外の路線についても、同じような傾向で再生が行われるかの確認も行った。

#### 5.1. 架空路線網の定義

実際の路線網を対象とした位相図を用いて実験を行った場合には、被験者間の知識差が結果に大きく影響を及ぼすことは明らかである。また、理論的に考えられる線の結節が含まれている必要がある。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。

架空路線網は、先行研究 1 および 2 で用いた 3 つの路線網から環状線を削除した路線網を使用した(図 6)。全く新規の路線網を作成しなかった理由は、これらの路線網は、秋山(1990)

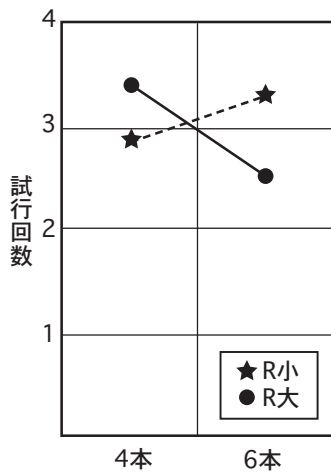


図 10 試行回数における交互作用

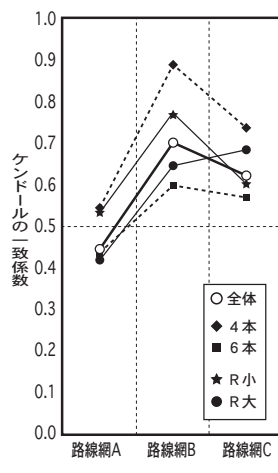


図 11 条件別の出現順一致係数

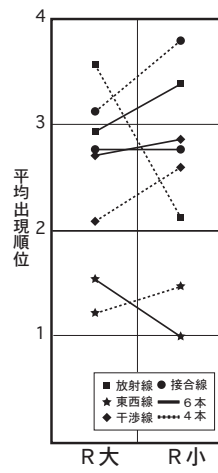


図 12 路線網 A の路線出現順

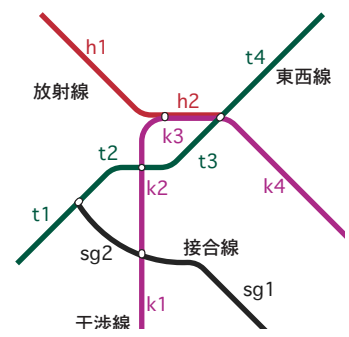


図 13 路線網 A の路線分割

[注 6] の挙げた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 種類のうち、線と線の結節 3 種をすべて含むものであり (図 7)、線と線の結節が適切に再現されていること、および先行研究の結果と比較するためである。3 つの路線網を用いるのは、各路線網に付帯する特性の影響を考慮したこと、路線数の違い、つまり複雑度による差を見るためである。そこで路線数 4 結節数 5、路線数 4 結節数 6、路線数 6 結節数 14 の路線網 (図 6) を実験位相図の対象とすることとした。前述の通り実験位相図の線の表記方法を定める要因は軸の本数と R の大きさとした。先行研究において軸の本数は、前述した Beck のロンドン地下鉄案内図に倣った「4 本」と、地形図に忠実な路線図を回帰直線をもって単純化した「多数本」と、その間を取った「6 本」(図 8)、R については「なし」、「小」、「大」となっているが [注 7]、軸「多数本」と R「なし」は、先行研究 2 において、すでに棄却されているため、各要因 2 水準とし路線網 3 種に対し位相図化を行った計 12 種の路線図を実験サンプルとした (図 9)。

## 5.2. 実験方法

合図とともに CRT 画面上に位相図を 30 秒間提示した。被験者はその間提示された位相図によって表された路線網を覚え、位相図の提示が終了すると同時に白紙上に憶えた路線網を描く。路線間の結節が正しく再生できていればその時点で終了、できていない場合には、もう一度 30 秒間同じ位相図を提示し、再度白紙上に再生させ、これを繰り返した。完全な再生に至るまでの試行数をもって覚えやすさの指標とした。憶えるものは位相図そのものではなく路線網であるので、路線間の結節さえ守られていれば再生する際の形は問わない。3 種の路線網の再生が終了したら、憶えにくくしている要因、憶えやすくしている要因および、間違えた理由が何であったかの内省報告を求め、実験終了とした。

実験位相図は前項で設定した 3 路線網 12 位相図を用いた。この実験は先行研究 2 と同様に Ebbinghaus の節約率 [注 8] における原学習の量 OL を憶えやすさの指標であると解釈し、節約法の原学習をさせる手法を採用したものである。

測定項目は、路線網を正しく再生するまでの試行数である。1 路線網 1 タスクとし、各被験者に 3 路線網で 3 つのタスクを

行ったが、軸の本数、R の 2 要因については水準を被験者内で固定した。そして被験者は、図形に関する描画能力を考慮しデザイン専攻の大学生 36 名とした。

また、再生時の路線の描画順序から路線網を憶える際の基軸となる路線を判断できないかと考え、再生テストの 1 試行ごとに、路線の描画順序を記録した。

環状線の存在する路線網については、先行研究 2 において以下の結果が導き出されている。

基軸となる路線とは、1 本の直線または真円で描かれた路線、そして何らかの組を成す路線である。その他の路線を考慮すると軸の本数は 4 本がよい。R が大きくなると、直線で描かれた基軸の働きは強まるが、真円で描かれた基軸の働きは弱まる。細かく曲がっていると弱い表象となる。

そして、実際に路線網の認知地図が形成されてゆく場合には生活圏の影響が強いことは、先行研究 1 および前項 4 において明確になっている。

## 5.3. 実験結果および分析

再生テストのデータは、Excel 統計 2002 for win (以下、省略する。) を用いて、3 元配置の分散分析を行った。試行回数に対して、路線網の違いには有意な差 ( $F=90.99, p<0.01$ ) を得た。軸の本数と R の大きさの交互作用において有意差 ( $F=7.64, p<0.01$ ) がみられた (図 10)。ここでは 4 本の場合は R 小が、6 本の場合は R 大が良い成績を得ている。

また、各路線の出現順を検証するため、各路線網に対し軸の本数と R の大きさの要因 2 つを各々を込みにした場合と、すべてを込みにした場合の 5 つの条件について、フリードマンの分散分析とケンダールの一致係数を求めた (図 11)。その結果、カイ二乗値は全て有意であり、一致係数は高い値を得た。路線網毎では B、C、A の順で一致係数が高く、軸の本数においては各路線網とも 4 本の方が一致係数が高い。これは路線網 B および C では水平・垂直方向の直線として表記される路線が存在し、基軸として機能しているが、路線網 A では直線表記される路線はあるが、斜めになっているためであると考えられる。R の大きさについては、路線網 A および B では、R 小の方が、路線網 C では R 大の一致係数が高かった。これは、基軸以外の路線において変曲点の数が多かったためであると考えられる。

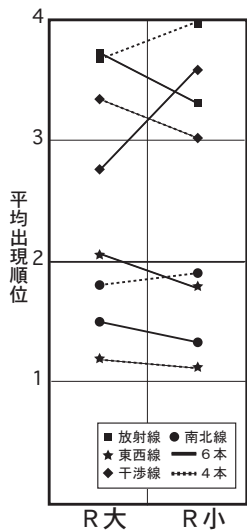


図 14 路線網 B の路線出現順

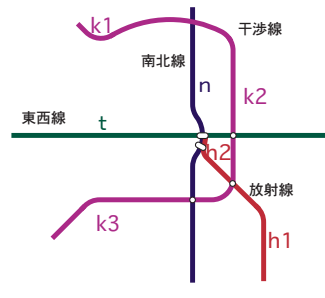


図 15 路線網 B の路線分割

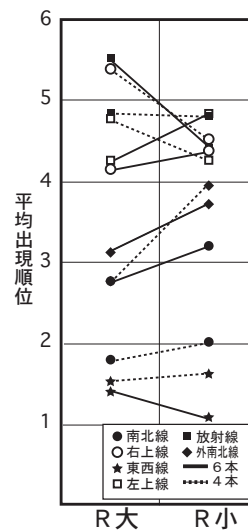


図 16 路線網 C の路線出現順

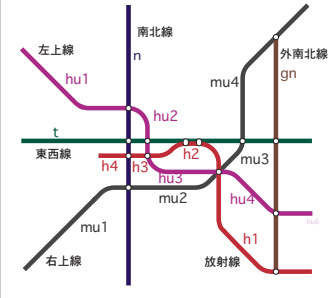


図 17 路線網 C の路線分割

### 5.3.1. 路線網毎の分析

路線網毎に試行回数、路線の出現率、平均再生順位および内省報告を分析し考察を行った。

試行回数については、軸の本数と R の大きさの 2 要因による 2 元配置の分散分析を行った。出現率、平均再生順位に関しては、その存在を記憶し一部でも再生されていれば、路線の結節および形状が正確に再生されていなくても良いものとした。各試行で再生されなかった路線が一つもしくは複数あった場合には、再生順位を集計する際に各路線網の最下位とし、ノンパラメトリックの分散分析を行った。

内省報告は全ての試行終了後に「分かりやすい点」「分かりにくい点」「間違えた理由」の 3 点について、インタビューにて求めた。

また、再生順位は表象の強さを表すのは当然であるが、基軸とその他の線では少し事情が異なり、形としての描きやすさの影響を無視することはできないと考えられる。放射線など結節部が定位されてからではないと書き表すことが困難となることも有りえる。そのため、順位は基軸を特定するための指標として用いるのが妥当であると判断した。

### 5.3.2. 路線網 A について

試行回数に対する要因の主効果は、軸の本数に有意差 ( $F=7.74, p<0.01$ ) が見られ、6 本のほうが良い値を得ていた。路線の出現率は、「東西線」、「放射線」、「干渉線」、「接合線」の順となった。「東西線」は全ての試行において出現していた。有意差が見られたのは「接合線」の軸の本数 ( $F=10.29, p<0.01$ ) であり、6 本の出現率が高くなっている。

路線毎の平均出現順序は、「東西線」、「干渉線」、「放射線」、「接合線」の順 (図 12) となり、「接合線」で軸の本数に有意差 ( $F=10.86, p<0.01$ )、「放射線」の交互作用 ( $F=10.56, p<0.01$ ) が見られた。

以上から路線網 A において、「東西線」が基軸となっていると考えられる。被験者に提示した「東西線」形状は、6 本では直線で、4 本では t2, t3 部分 (図 13) での曲がりがあるが、再生された図には直線的な表象 (図 18a) [注 9] となっているケースもあり、単純な形状に変換されている。

次に 4 本の場合は、h1, h2, t4 で構成される形状が明確に認識されている。その部分が強い表象となっていることに加え、h2, k3 の並行部分が干渉線のつながりの認識に影響を与えていると考えられる。放射線に交互作用がみられる原因として、6 本の場合に k3 の R が大きくなり干渉線の形状が単純化され、放射線との区別が付きやすくなっているからと考えられる。また t2, k2, sg2 により構成される形状が、6 本では正三角形となり明瞭な表象として再生されている (図 18b)。

内省報告において留意すべき意見としては「分かりやすい」に関して、6 本の場合「規則的な感じ」「線の変化が少ない」「三角形に似た形」4 本では「2 つの形があわさった図形」「線の交差の印象が強い」など、位相図の認知のされ方を示唆する意見があった。そして「分かりにくい」と「間違えた理由」では、6 本では「横の線がなく基本線がななめだった」「曲線のからんでいるところ」、4 本では「あちこちに気が散る」「いろいろにみえた」などの意見があった。

### 5.3.3. 路線網 B について

試行回数に対して要因に有意差は見られなかった。出現率は全ての路線が全ての試行において出現しているため、分析不能である。平均出現順序は、「東西線」、「南北線」、「干渉線」、「放射線」の順 (図 14) となったが、「東西線」「南北線」と「干渉線」「放射線」には明らかな差が見られた。そして、すべての要因を込みにした場合のケンドールの一致係数 (0.704) もきわめて高い。この路線網では、「東西線」「南北線」の組を成す路線が基軸となっている。そして「東西線」の軸の本数に有意差 ( $F=10.12, p<0.01$ ) が見られた。「東西線」が水平直線として描かれた 4 本の場合は 1 位だが、上方に曲げられた形状の 6 本では垂直な直線で表記された「南北線」に次いで 2 位となっている。これは、直線表記の方が、また垂直よりも水平直線の方が基軸となりやすいことを示している。6 本での再生のされ方は、弓型として提示された R 大の時は直線として再生されていることもあったが、4 本の場合で、左右の変曲はよく再生されていた。

また「干渉線」に交互作用 ( $F=12.37, p<0.01$ ) が見られた。6 本では R 大が 4 本では R 小の結果が良い。6 本 R 大の場合、n, k2 (図 15) で囲まれた部分の面積が、提示されたものに比





図 18a 直線表記された東西線  
(被験者 3、試行 2/2)

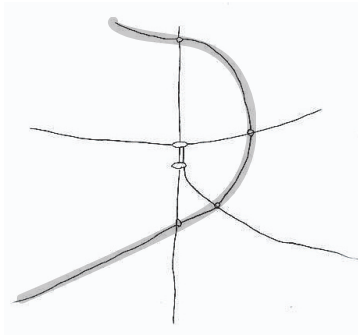


図 18c 滑らかな曲線表記の干渉線  
(被験者 1、試行 1/1)

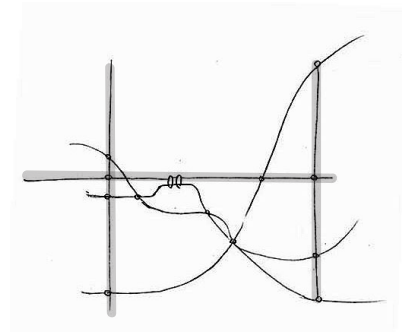


図 18e 明確な基軸の 3 線  
(被験者 26、試行 6/9)

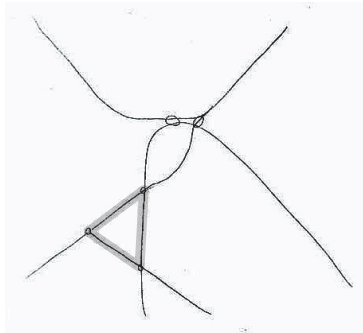


図 18b 明瞭な三角形の表象  
(被験者 20、試行 3/3)

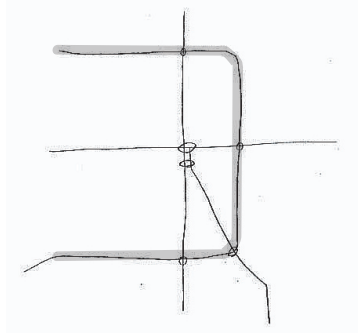


図 18d 矩形表記の干渉線  
(被験者 30、試行 2/2)

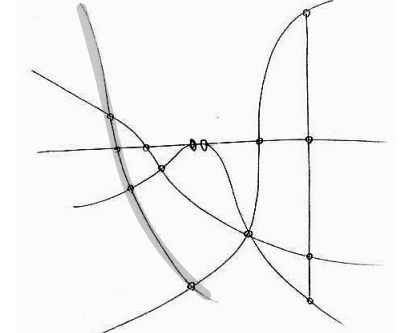


図 18f 弧の表象の南北線  
(被験者 4、試行 3/3)

較して、広く再生される傾向にあった。これは「干渉線」が滑らかな曲線として記憶されているためであると考えられる (図 18c)。4 本 R 小の場合は、「干渉線」の各々が基軸の「東西線」では k1、k3、「南北線」で k2 に平行に提示されていることが、覚えやすくしていると考えられる (図 18d)。

内省報告に関して、「分かりやすい」では、条件を問わず、路線が単純であるという意見が多かった。そして 4 本の場合「十字形が印象的」「十字形は直ぐに憶える」など基軸の特徴に関する報告が顕著である。6 本の場合は同様の意見もあったが、「漢字の木」「漢字の大に他の線がついている」など、路線網の形状全体を既存知識の中にあるイメージの近いものに置き換えていることを示唆する意見があった。

#### 5.3.4. 路線網 C について

試行回数に対する要因の主効果では、R の大きさに有意差 ( $F=6.59, p<0.05$ ) が見られ、R 大の方が良い結果を得ている。路線の出現率は「東西線」「南北線」「外南北線」「左上線」「右上線」「放射線」の順となった。そして、「南北線」で軸の本数 ( $F=10.25, p<0.01$ )、「外南北線」が R の大きさ ( $F=4.51, p<0.05$ )、「右上線」の交互作用 ( $F=4.79, p<0.05$ ) に有意差が見られた。「左上線」では軸の本数 ( $F=5.24, p<0.05$ )、R ( $F=5.90, p<0.05$ ) と交互作用 ( $F=4.80, p<0.05$ ) に有意差があった。

平均出現順序も、出現率と同様の順序であった (図 16)。軸の本数で有意差が見られたのは「南北線」 ( $F=28.94, p<0.01$ ) と「右上線」 ( $F=4.44, p<0.05$ ) で、「外南北線」が R ( $F=4.34, p<0.05$ )、「左上線」では交互作用 ( $F=5.64, p<0.05$ ) に有意差が見られた。

4 本、6 本ともに「東西線」は最も強い基軸として機能し、「南北線」「外南北線」は、これと組になり基軸となっている (図

18e)。ただし 6 本の「南北線」は曲がった線として提示され、基軸を構成しているが軸本数に有意差が見られたように、「外南北線」との出現順位差は 4 本に比較して小さくなっている。6 本での再生のされ方は、R 大の場合は曲がり再生されず直線もしくは大きな弧 (図 18f) となっている R 小では一部に垂直線として提示されている箇所があるためか、曲がりの再現性は良い。

他の路線網に比較し路線網 C の内省報告では、複雑さに対する意見が多かった。基軸に関しては前記 3 線の関係が把握されていることが分かる意見が多い。「憶えにくい」の 4 本では「線の関連性の判断が難しい」「何もないところで曲がる線がある」6 本では「規則性を見つけられない」「ぐねぐね曲がっている」など形状に関する意見もあったが、路線網 C の固有の条件であるが、「放射線」「右上線」「左上線」の 3 線の結節部が難しいとの意見が多かった (図 17)。この 3 線は、R 小の場合でも滑らかに再生される傾向があると考えられる。

## 6. 結論

本論は、鉄道路線図位相図化指針の補完を目的として、鉄道路線図位相図化・デザイン方法に関する先行研究において言及されていない「環状線の存在しない路線網」に対する位相図化の要因の最適化を先行研究と同様の方法論を用いて行った。その結果、名古屋近郊路線網の認知地図の観察からは、環状線の存在しない路線網においても基軸となる路線の存在が確認された。そして、架空路線網を用いた覚えやすさに関する実験では、「軸は 6 本、R は大きくつけたほうが試行数が少なく覚えやすいということが出来る」ことが判明した。これは、「軸を 4 本、R は小さめで環状線は真円表記をしたものが、試行数が少なく

憶えやすいということが出来る」とした先行研究2の「環状線の存在する路線網」とは異なる結果であった。

環状線の有無により、位相図化要因の水準の最適な組み合わせは異なったが、位相図化の方法の基本的な部分では同じであることが判明した。それは対象となる路線網において基軸となる路線と、それ以外の路線の形状表現に明確な差が見られるように位相図化を行い、基軸となる路線の組みと他の路線の組みの順で認識しやすくすることである。

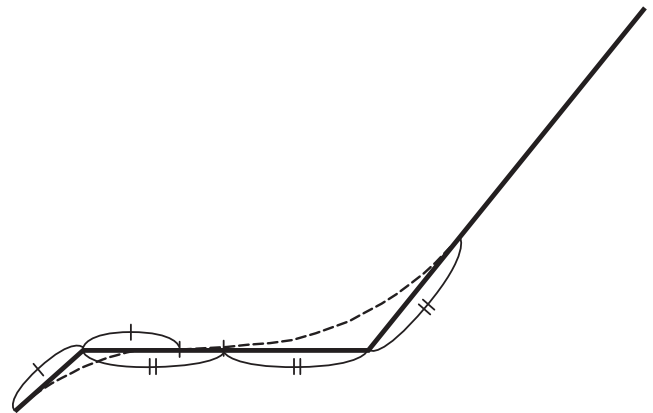
最後に、本論の実験結果から導き出された、環状線の存在しない鉄道路線図を作成する際の位相図化の指針を以下に示す。ただし、基軸作成部分の指針は環状線の存在する場合と同様であるので、R表現についてのみ記載する。

Rをつける軸を少なくとった場合は小さく、軸を多くとった場合は大きく角にRをつける。Rを大きくとることで、つながったRが半円などの基軸ともなりうる幾何学図形に近い形になるものは、実際の空間の経験から得られる知識（認知地図）との照合性が大きく損なわないことを考慮した適切な大きさの円弧でもってつなげて表記する。細かく曲がって表記され、つながりのわかりにくい路線がある場合は、その路線のRを大きくできるなら、Rを大きくし、路線のつながりをわかりやすく表記する。Rを大きくすることにより、路線間ネットワークが狂ったり、乗換駅が非常に近接してしまう場合は、路線ごとずらすか、Rを小さくし、ネットワークを保つ。

#### 注および参考文献

- 1) 吉田武夫：路線図の典型はいかにつくられたか，東海大学紀要，33，199-215，2001
- 2) 長尾徹、芥田幸一、柴田吉隆、馬敏元：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，pp55-64，2002
- 3) 長尾徹、柴田吉隆：鉄道路線図の位相図化と憶えやすさの基礎的研究，地図，40，2，pp1-11，2002
- 4) 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，pp. 72，1993
- 5) 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
- 6) 秋山政敬：図説都市構造，鹿島出版会，1990
- 7) Rの設定方法を以下に示す。位相図はアドビ社製イラストレータ 8.0J（以下イラストレータ）上で160mmの正方形の中にいっぱい描く。R小はr=10mm、大はつけられる最大のRをつける。（値はイラストレータ上の値）つけられる最大のRとは、一つの角を成す2辺のうち短い辺を2等分する点と、もう一方の辺で接する円弧とする。ただし2辺のうち1辺が線の端点を持つ場合は、それらが成す

角から端点を持たない辺の2等分点までの距離と端点までの距離の短いほうを選ぶ。端点を持つ辺は2等分しない(下図参照)。小の場合で10mmのRをつけられない場合は、大のルールに則ってRをつける。Rをつけることで結節が狂うことは許さない。この場合、線ごと上下または左右に移動し結節を保つ。並行部分はカーブの内側の線のRにあわせて、外側の線もRをつける。



- 8) ある材料を一定の基準まで学習するのに要した時間または試行数について、原学習 (original learning) と再学習 (relearning) の成績を比較するものであり原学習に要した回数(時間)をOL、再学習に要した回数(時間)をRLとすると節約率  $r_s$  は次式で示される。(森ら, 1991)

$$r_s = \{(OL-RL)/OL\} \times 100 (\%)$$

- つまり、Ebbinghaus の節約率は、再学習において原学習に必要なとされた学習量の何%が節約されたかを表す。ここで、OLは憶えやすさの、RLは忘れにくさの指標であると解釈できる。本論は、この憶えやすさの指標を採用したものである。
- 9) 図18a-18f表題中の分数の、分子は採用した図が出現した時の試行回数で、分母は正解したときの試行回数である。