

バス路線図のデザインとわかりやすさに関する研究（その1）

福岡大学大学院工学研究科建設工学専攻 辰巳 浩，吉城 秀治，堤 香代子，奥村 友利愛

1. はじめに

路線バスは身近な移動手段として誰にでも使いやすいものであることが望まれる。しかし、基本的な情報が利用者によりわかりやすい形で提供されておらず、過去に利用したことがある地元住民以外には、バスに乗る際の心理的抵抗が大きいと指摘される状況にある。見知らぬ地域を訪れる場合や普段からバスの利用に慣れていない場合においても「わかりやすい」案内を提供することが求められている。

そこで本研究は、バス案内の中でも路線図に着目し、路線図のデザインと人々のわかりやすさとの関係について明らかにする。具体的には、まずバス停数や地図要素といった路線図の構成要素とわかりやすさの関係を明らかにした後に、路線のデフォルメの程度とわかりやすさとの関係を明らかにすることで、わかりやすい路線図について考察する。なお、本研究では自宅等で事前に経路を探索することを想定しているため、紙媒体の路線図は扱わず、PCなどを用いて得られるインターネット上で公開されている路線図のみを取り扱う。

また、本研究では(公社)日本バス協会で公表されている乗合バス事業者(2017年9月現在)のHPに掲載されている路線図を収集している。そして、本研究で分析対象とする路線図を全国に最も多く存在する(全体の62.4%)背景が白地の路線図241件とした。

3. 路線図の構成要素がわかりやすさに及ぼす影響

3.1 路線図の構成要素に関する実態把握

全国に存在する路線図の構成要素に関する実態を把握するために、表-1に示す15項目に基づいて分析対象とする241路線図に対して実態調査を行った。そして、クラスター分析により241路線図を6パターンに分類することができる。各パターンの特徴を以下に示す。

パターン1：全国に最も多くみられる一般的な路線図 **パターン2**：バス停数や路線数など基本の情報量が多い路線図

パターン3：施設や観光地、バス停名の読み方を表記した路線図 **パターン4**：基本の情報量が多いが色の数が少ない路線図

パターン5：線の太さの強弱がある路線図が多い **パターン6**：路線のデフォルメがされていない路線図が多い

表-1 構成要素に関する路線図の特徴

路線図構成要素	検定結果 ^{注1)} (P値)	パターン1 (n=92)	パターン2 (n=38)	パターン3 (n=38)	パターン4 (n=29)	パターン5 (n=27)	パターン6 (n=17)	全体 (n=241)
量的データ ^{注2)}								
バス停数	8.01E-26	93個	302個	135個	426個	155個	105個	180個
路線(系統)数	8.44E-16	7本	27本	11本	28本	22本	11本	16本
路線(系統)の色の数	1.25E-25	6色	22色	7色	5色	13色	6色	9色
文字の大きさ	3.99E-11	11.2pt	6.1pt	9.8pt	5.5pt	8.1pt	9.2pt	9.0pt
路線重複部の最大本数	4.49E-27	4本	14本	5本	3本	7本	5本	6本
バス停間の最小距離	1.40E-07	0.94cm	0.44cm	0.73cm	0.35cm	0.60cm	0.75cm	0.71cm
路線網のフラクタル次元	3.47E-13	D=1.4319	D=1.5788	D=1.4678	D=1.3981	D=1.5284	D=1.3890	D=1.4644
質的データ								
路線の見やすさに関する要素 (路線の凡例など) ☒ あり ☐ なし	5.56.E-12	85%** 15%	71% 29%	79% 21%	14% 86***	85% 15%	82% 18%	82% 18%
バス停の見やすさに関する要素 (バス停シンボルの凡例など) ☒ あり ☐ なし	4.51.E-03	59% 41%**	66% 34%	74% 26%	97*** 3%	67% 33%	82% 18%	69% 31%
地図要素 (鉄道・道路情報など) ☒ あり ☐ なし	2.33.E-04	34% 66%	34% 66%	71*** 29%	17% 83%*	41% 59%	35% 65%	73% 27%
公共施設・観光地 ☒ あり ☐ なし	6.23.E-25	2% 98***	3% 97%*	74*** 26%	7% 93%	7% 93%	6% 94%	15% 85%
バス停名の読み方 ☒ あり ☐ なし	4.05.E-11	100***	3% 97%	39*** 61%	100%	15% 85%	12% 88%	9% 91%
バス停間の実際の距離の表記 ☒ あり ☐ なし	6.17.E-28	100%*	100%	100%	100%	100%	59*** 41%	4% 96%
路線のデフォルメ ☒ あり ☐ なし	6.57.E-22	100%*	100%	100%	100%	100%	53% 47***	97% 3%
線の太さの強弱 ☒ あり ☐ なし	7.53.E-46	1% 99***	100%*	100%*	100%*	96*** 4%	100%	11% 89%

注1) 量的データの項目については一元配置分析、質的データの項目については独立性の検定結果を示している。
注2) 量的データの値は、各パターンの平均値を示している。(残差分析 有意水準***0.1% **1% *5%)

3.2 既存路線図を用いた評価実験

本実験で用いた既存路線図は、図-1に示す各パターンを特徴づける代表路線図をそれぞれ1件ずつ抽出したもので、被験者にランダムに提示した。その代表路線図とは、路線図の類型化において各グループを特徴づける上で重要と判断される表-1中の最もP値が小さい項目から順にそのグループの特性を表す平均的な路線図を抽出していき、最終的に残った路線図のことをいう。

図-1に実験結果の一部を併記している。代表路線図4については探索時間の平均値が大きく、最も「見にくい」と評価されており、これはバス停数が多いなどの理由が考えられる。一方で、代表路線図3については最も「見やすい」路線図であることがわかる。これは、地図要素、公共施設や観光地の表記がある上、文字サイズの大きさから比較的親切的な路線図であることが窺え、評価の高い結果となっているものと考えられる。実験結果より、わかりやすさの要因を明らかにするために路線図の構成要素と評価項目の関係性について相関分析を行ったところ、構成要素のうち「バス停数」「文字の大きさ」「路線の見やすさに関する要素」「地図要素」がわかりやすさの評価指標に大きく影響していることがわかった。そこで、わかりやすさを決定づける構成要素として、この4項目を取り上げて分析を進めることとする。また、その他にわかりやすさの要因としては、アンケートの印象評価の因子分析から得られた因子と相関が高かった「バス停名の読み方」や「公共施設・観光地」がある。

3.3 自作路線図を用いた評価実験

3.2で取り上げた4項目の路線図構成要素について、さらに細かくどのようなデザインであればわかりやすさにどう影響するのかを明らかにするために、自作路線図を用いた評価実験を行う。被験者に提示する路線図については実験計画法のL8直交配列表により決定しており、「バス停数」を4水準、「文字の大きさ」「路線の見やすさに関する要素」「地図要素」をそれぞれ2水準として計8パターンとした。そして、分析対象の241路線図のうち構成要素の各項目が最も平均的な値を示していたおのみちバス(株)の路線図をもとに、図-2に示すとおり仮想の路線図を作成し評価実験を行った。

図-2に実験結果の一部を併記している。探索時間についてはパターン間に統計的な有意差はみられなかったものの、バス停数が多くなるにつれて値が大きくなる傾向にあることがわかる。拡大縮小回数についてはパターン間に有意差がみられており、文字のサイズが小さい場合には回数が増えるものと考えられる。最も「見やすい」との回答が多かったのはパターン2の路線図であった。これはバス停数が少ないことに加え、路線の見やすさに関する要素や地図要素がないことから情報量が少なく目的のバス停が見つけやすかったことが理由として考えられる。ここで、意識に関する項目についてはSD法に用いた18項目に対して因子分析を行い、可読性、洗練性、威圧性と集約できている。

3.4 路線図の構成要素とわかりやすさの関係

続いて、わかりやすさの総合指標を得るために、評価項目のデータに対して主成分分析を行った。それにより得られた第1主成分の主成分負荷量を図-3に示す。図より、構成要素のわかりやすさに関わる評価項目として探索時間が最も影響していることがわかる。そして、図-3のマイナス方向の主成分負荷量をわかりやすい路線図であると定義すると(例えば、可読性が増えるほどわかりやすい)、主成分分析結果より、第1主成分を総合指標として得ることができたことから、この主成分得点を路線図のわかりやすさを表す総合得点とした。この総合得点は値が低いほどわかりやすいということを示している。

さらに、この総合得点を目的変数、路線図構成要素を説明変数として重回帰分析よりわかりやすさのモデル式を得た。有意差がみられた項目をみると、バス停数と文字の大きさがわかりやすさに影響を及ぼしていることがわかる。その一方で、路線の見やすさに関する要素や地図要素はわかりやすさと関係していないことが明らかとなった。モデル式を用いて総合得点が-0.3となるときのバス停数を求めた。ただし、バス停数以外の変数については数値を固定して直線の式で表すこととした。具体的には、全国の路線図の平均値をもとに文字の大きさを9.0pt、本研究で得られた知見をもとに路線の見やすさに関する要素なし、地図要素なしの場合について検討した。これらの数値とバス停数を変数として代入した結果、バス停数が131個以下のときに総合得点が-0.3を下回りわかりやすい路線図と判定されることが明らかとなった。

図-3 第1主成分の主成分負荷量

2. 本研究における路線図のわかりやすさについて

(1) 評価方法について

本研究では、路線図のわかりやすさを評価するために路線図を用いた経路探索による評価実験を行った。実験では、出発地と目的地およびその最寄りバス停を記した地図を被験者に提示し、それをもとにPC画面(24型を使用)に提示した路線図上にて経路を探索してもらう。これを各パターンに対して行い、1パターンが終了するごとに路線図の印象についてSD法を用いた5段階評価にて回答してもらった。なお、被験者は実験に用いる路線図のエリアに土地勘を持たない大学生を対象とした。

(2) わかりやすさの評価項目について

本研究では、既存研究をもとに路線図のわかりやすさを測るための指標を下記のように設定した。評価実験においてこれらを計測することで挙動と意識の面から路線図のわかりやすさを総合的に評価するものとする。

挙動に関する項目

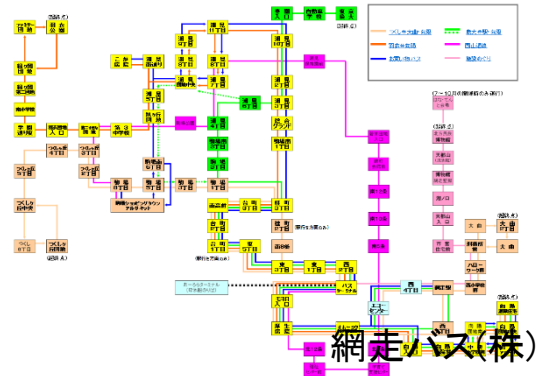
ルートの正誤
探索時間
画面の動かす回数
拡大縮小回数
地図を見返す回数
カーソルの移動距離

意識に関する項目

SD法を用いた18項目の形容詞対による印象評価
美しい — 醜い
やわらかい — かたい
ごちゃごちゃした — すっきりした
親しみやすい — 親しみにくい
など…

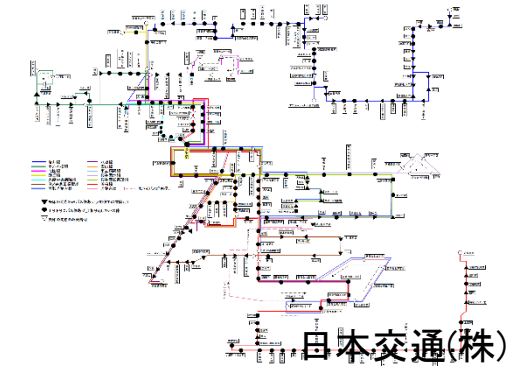


代表路線図1



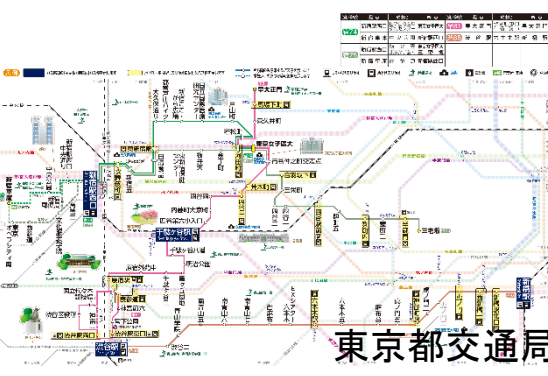
※ほとんどの被験者がルートを正しく回答できていなかったため、分析対象から除外

代表路線図2



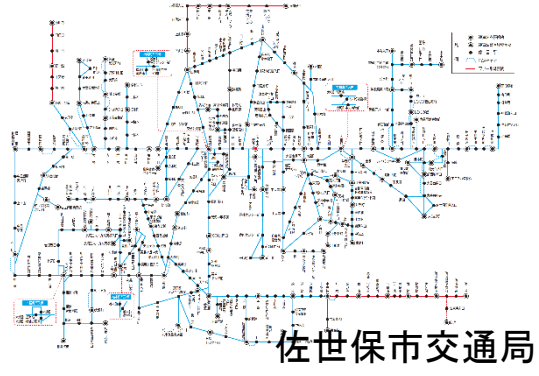
平均探索時間 58.9秒
見やすい 10.0%

代表路線図3



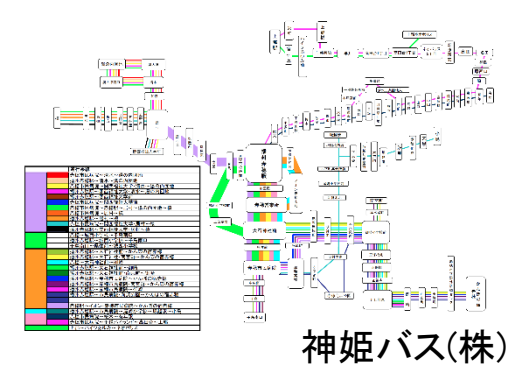
平均探索時間 40.0秒
見やすい 80.0%

代表路線図4



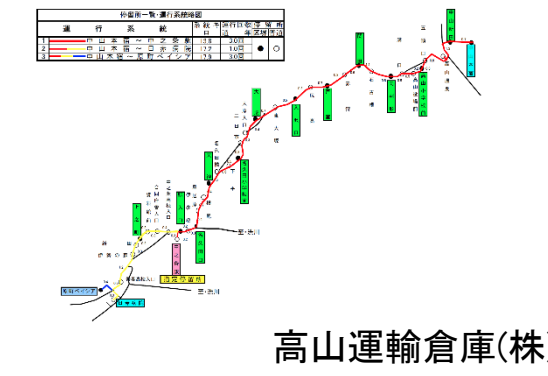
平均探索時間 61.7秒
見やすい 0.0%

代表路線図5



平均探索時間 29.6秒
見やすい 50.0%

代表路線図6

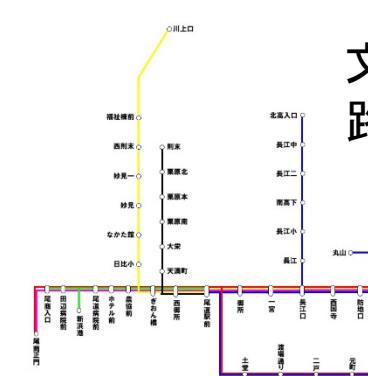


平均探索時間 34.8秒
見やすい 63.3%

※著者らにより路線図紙面上の情報を一部消去している。

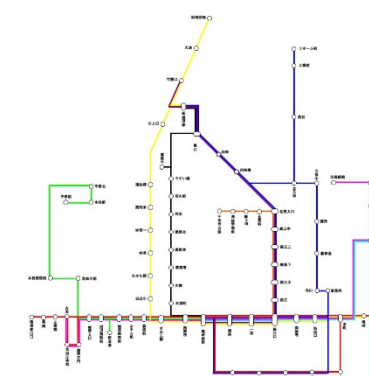
図-1 各パターンの代表路線図

パターン2



平均探索時間 11.2秒
平均拡大縮小回数 0.1回
見やすい 90.0%

パターン3



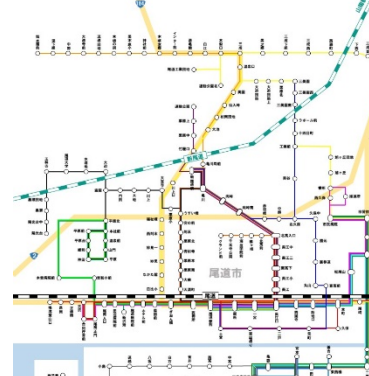
平均探索時間 21.8秒
平均拡大縮小回数 1.2回
見やすい 76.7%

パターン6



平均探索時間 20.8秒
平均拡大縮小回数 0.4回
見やすい 40.0%

パターン7



平均探索時間 22.6秒
平均拡大縮小回数 1.6回
見やすい 20.0%

図-2 直交表により決定した路線図パターンおよび実験結果(一部)

わかりやすさのモデル式

総合得点 = 0.0078a - 0.1066b + 0.1716c + 0.3396d - 0.4931

a : バス停数 (個) P=0.000**
b : 文字の大きさ (pt) P=0.008**
c : 路線の見やすさに関する要素 (あり=1, なし=0) P=0.391
d : 地図要素 (あり=1, なし=0) P=0.091

表-2 モデルの検証 (わかりやすさの総合順位の算出)

	代表路線図6	代表路線図3	代表路線図5	代表路線図2	代表路線図4
わかりやすさの総合得点	-0.804	-0.639	-0.147	1.026	1.806
分析結果から算出された順位	1位	2位	3位	4位	5位
被験者による順位付け	2位	1位	3位	4位	5位
路線図の特徴					
バス停数	37個	77個	109個	250個	377個
文字の大きさ	10pt	11pt	6.5pt	5pt	6pt
路線の見やすさに関する要素	あり	あり	あり	あり	あり
地図要素	あり	あり	なし	なし	なし



バス路線図のデザインとわかりやすさに関する研究（その2）

福岡大学大学院工学研究科建設工学専攻 辰巳 浩，吉城 秀治，堤 香代子，奥村 友利愛

4. 路線図のデフォルメがわかりやすさに及ぼす影響

本章では、前章で検討できていなかった路線の変形(デフォルメ)がわかりやすさに及ぼす影響について明らかにしていく。

4.1 路線図のデフォルメに関する実態把握

まず路線図のデフォルメの要素として表-4に示すように調査項目を定義し、各路線図内の最もバス停数が多い1路線を取り出して計測を行った。なお、表中の実路線との比較についてはバスNAVITIMEを用いており、掲載の無い路線については除外するものとし、202件の路線図について整理している。

続いて、表-4に示した調査項目に基づいて路線図の類型化を行うことで全国における路線図の特徴を整理する。クラスター分析を用いて202路線図を6グループに類型化した結果を表-4に併記している。各パターンにおける路線図の特徴は以下のとおりである。

パターン1：全国に最も多くみられる一般的なものであり、基軸の3軸が揃っている

パターン2：基軸の縦横の2軸が揃っている

パターン3：方位変化がなされている

パターン4：始点から終点までを直線で表記する路線図が多い

パターン5：角に丸みのある路線図が多い

パターン6：路線のデフォルメがされていない路線図が多い

4.2 デフォルメの違いによる路線図を用いた実験

路線図のデフォルメと人々のわかりやすさとの関係を明らかにするために経路探索による評価実験を行った。実験に用いる路線図は、表-3にてデフォルメの種類を6パターンに分類できていることから各パターンの特徴を表す路線図を用意するために、デフォルメがなされていないパターン6より抽出した西武バス(株)の路線図をもとに図-4に示すとおり路線図を作成し、被験者に提示した。なお、実態把握の中で整理した「縮尺」については、有意差はみられるものの再現が困難であるため、この項目については全パターン同一とした。

図-4に実験の結果の一部を併記している。探索時間については統計的な有意差はみられず、デフォルメ度合いが変化してもほとんど変わらないということがわかった。一方で、意識に関する項目のほうがパターンによって差があり、パターン3のように方位変化がなされている路線図は最も「見にくい」路線図であることが明らかとなった。また、パターン5のように曲線化して表記することは「やわらかい」という印象を与えるものと考えられる。ここで、意識に関する項目についてはSD法に用いた18項目に対して因子分析を行い、可読性、信頼性、温和性と集約できている。

4.3 路線図のデフォルメとわかりやすさの関係

続いて、わかりやすさの総合指標を得るために、評価項目のデータに対して主成分分析を行った。それにより得られた第1主成分の主成分負荷量を図-5に示す。図より、マイナス方向の主成分負荷量をわかりやすい路線図であると定義すると、可読性や温和性の主成分負荷量の数値が高く、デフォルメのわかりやすさは挙動よりも主に意識によって決定していることが窺える。そして主成分分析の結果、第1主成分を総合指標として捉えることができることから、この主成分得点を路線図のわかりやすさに関する総合得点とした。この総合得点は値が低いほどわかりやすいということを示している。さらに、実験に用いた各パターンの路線図の平均総合得点を求めたところ、パターン1が最も低い得点となっており、最もわかりやすい路線図であることがわかった。また、パターン1を基準値1.0としてわかりにくさの度合いを算出したところ、図-6に示すように方位変化しているパターン3は2.2倍わかりにくいことが明らかとなった。

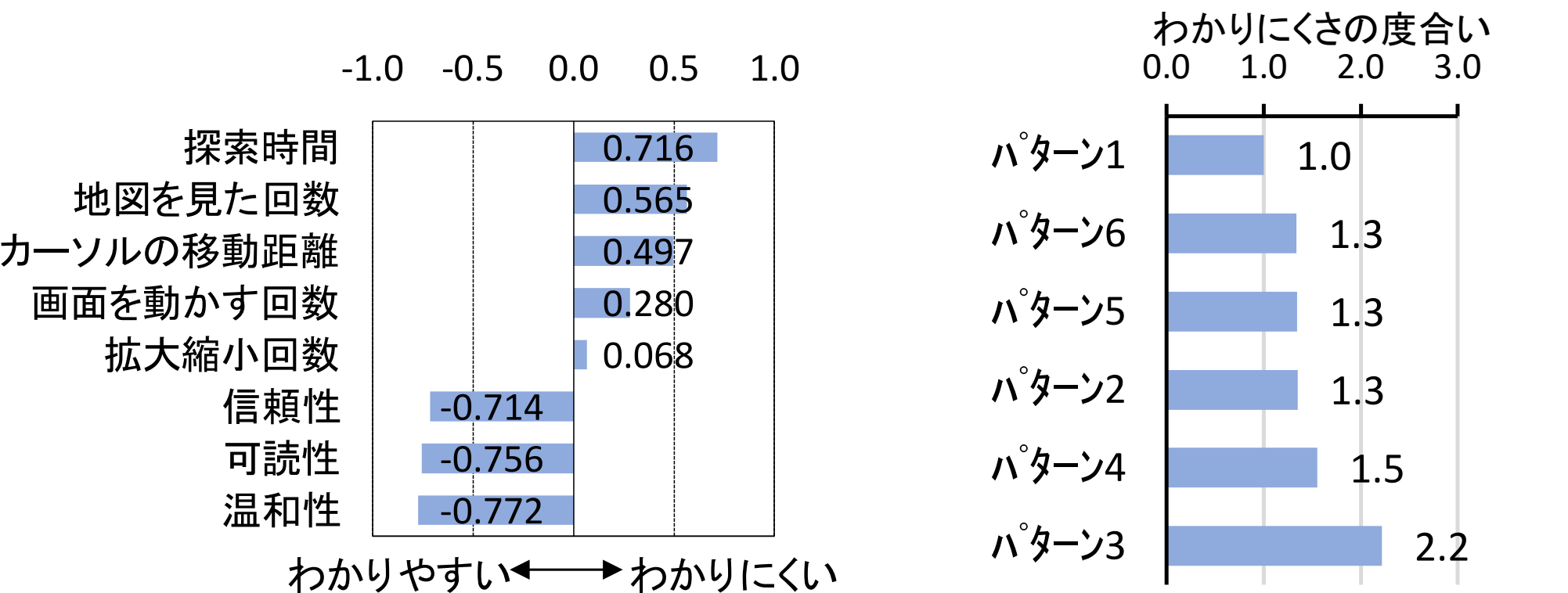


図-5 第1主成分の主成分負荷量

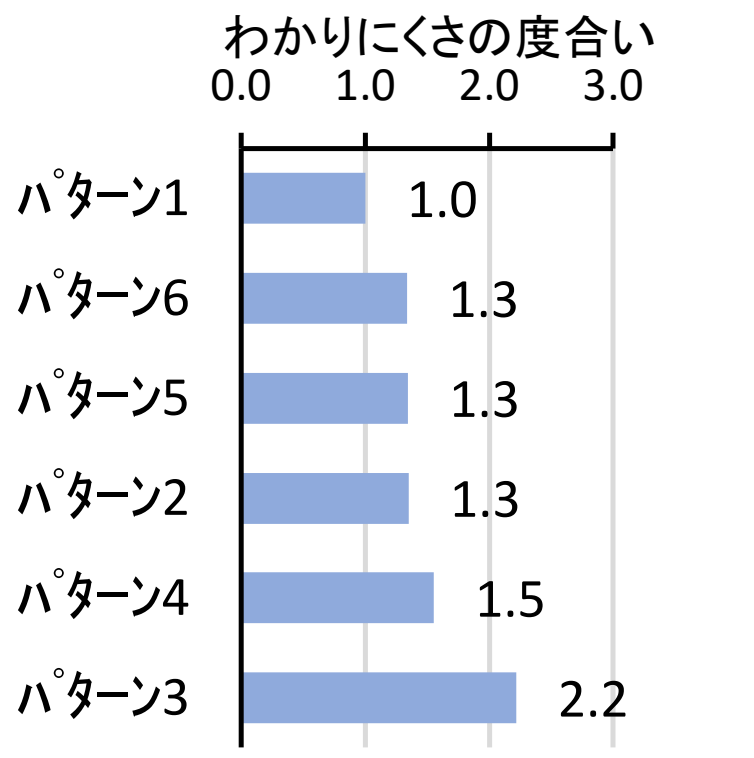


図-6 わかりにくさの度合い

5. まとめ

実態把握を行い、**路線図の類型化**によって各グループの特徴を明らかにした

路線図に対する経路探索実験を行い、人々の**挙動と意識**の面からわかりやすさとの関係性を分析した

わかりやすい路線図作成の指針

路線図に含める要素として

- (1) 1つの路線図上における**バス停数は131個まで**に収めることが望ましい。
 - (2) **文字を大きく**表記する（6pt以下は好ましくない）
 - (3) バス停名の**読み方**を表記する
 - (4) **公共施設・観光地**の文字やイラストを表記する
- 土地勘のないエリアの場合にはわかりやすさを向上させることが期待される

デフォルメをする場合には

- (1) **方位変化をせず**、実際の地理感覚に合うように路線を配置する
- (2) **縦・横・斜め**の基軸を揃えて統一的に表記する

表-3 デフォルメに関する路線図の特徴

デフォルメ要素	検定結果 ^{注1)} (P値)	パターン1 (n=78)	パターン2 (n=64)	パターン3 (n=30)	パターン4 (n=13)	パターン5 (n=11)	パターン6 (n=6)	全体 (n=202)
量的データ ^{注2)}								
角減化率 ^{注3)}	9.0E-22**	21.03%	23.53%	26.02%	126.06%	16.34%	37.16%	29.54%
曲線化率 ^{注4)}	4.5E-82**	0.15%	0.13%	0.09%	0.00%	26.83%	0.00%	1.57%
縮尺(Zkm/Zkm) ^{注5)}	0.024*	1.66E-05	2.01E-05	2.90E-05	1.35E-05	2.37E-05	2.32E-05	1.99E-05
質的データ								
方位変化 ^{注6)} あり なし	9.5E-38**	100%***	100%***	100%***	15% 85%	100%	17% 83%	16% 84%
注7) 基軸化 縦 横 斜め あり なし	8.9E-17**	100%**	100%**	93% 7%	46% 54%***	82% 18%	33% 67%***	93% 7%
	1.1E-41**	100%*	100%	100%	100%	100%	100%***	97% 3%
	1.3E-31**	100%***	100%***	47% 53%	31% 69%	100%**	50% 50%	54% 46%

注1) 量的データの項目については一元配置分散分析、質的データの項目については独立性の検定結果を示している。注2) 量的データの値は、各グループの平均値を示している。注3) (実路線では交差点を右左折する角を路線図上では減らして表記している箇所数)/(1路線の全バス停間の個数) 注4) (実路線では直線であるものを路線図上では曲線で表記しているバス停間の個数)/(1路線の全バス停間の個数) 注5) (路線図をA4サイズに換算した際の始点から終点までの直線距離Zkm)/(実路線の始点から終点までの直線距離Zkm) 注6) 北が上としたときの実路線における運行ルートの始点から終点までの方位に対して、路線図上ではそれを90度以上180度以下に回転して表記されているものを方位変化ありとする。注7) 路線図上で路線が縦・横・斜め方向にそれぞれ2本以上が平行となっていれば基軸化ありとする。路線図上に1路線しかない場合は、紙面に対して平行であれば基軸化ありとする。

(有意水準***0.1% **1% *5%)

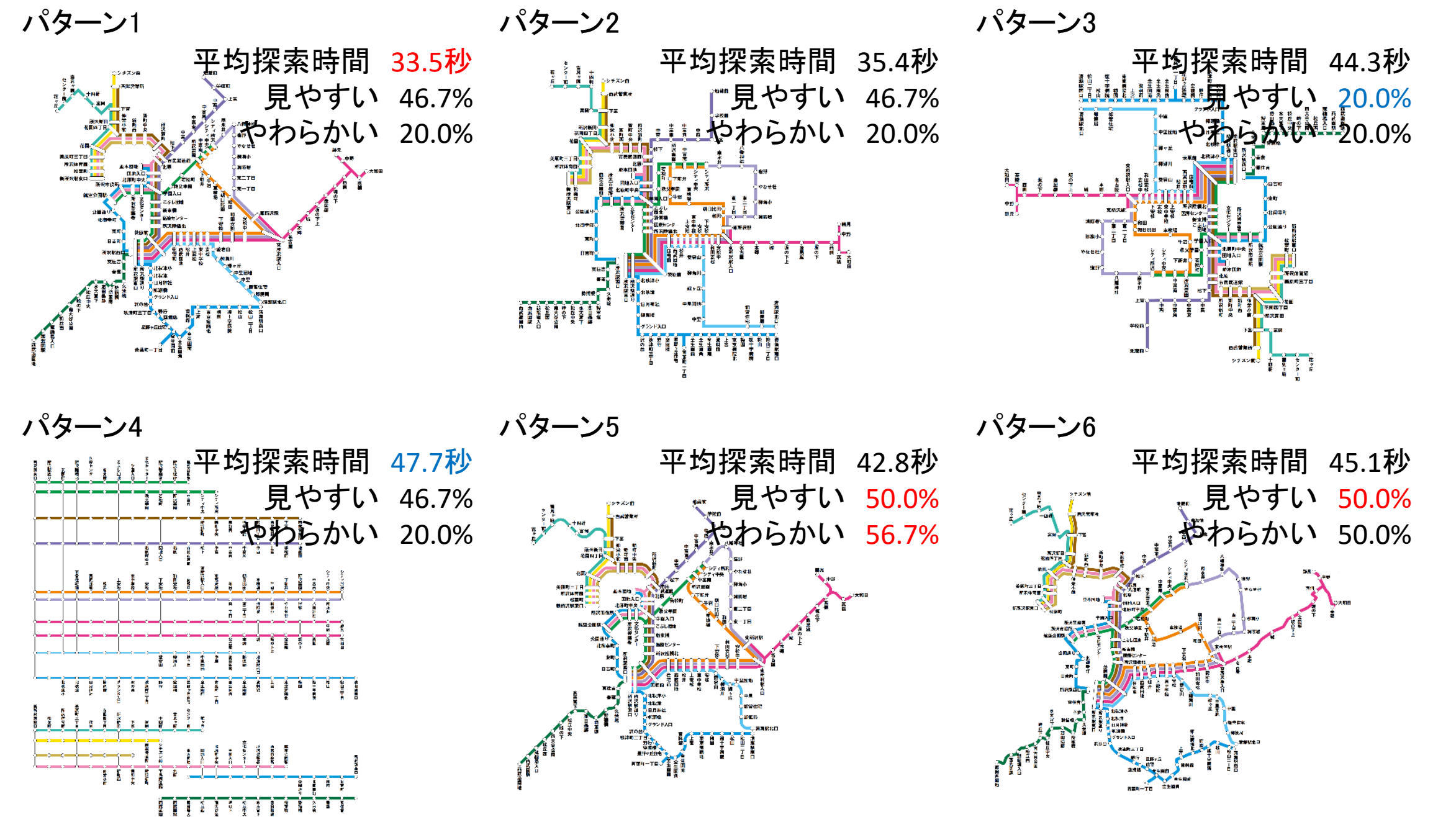
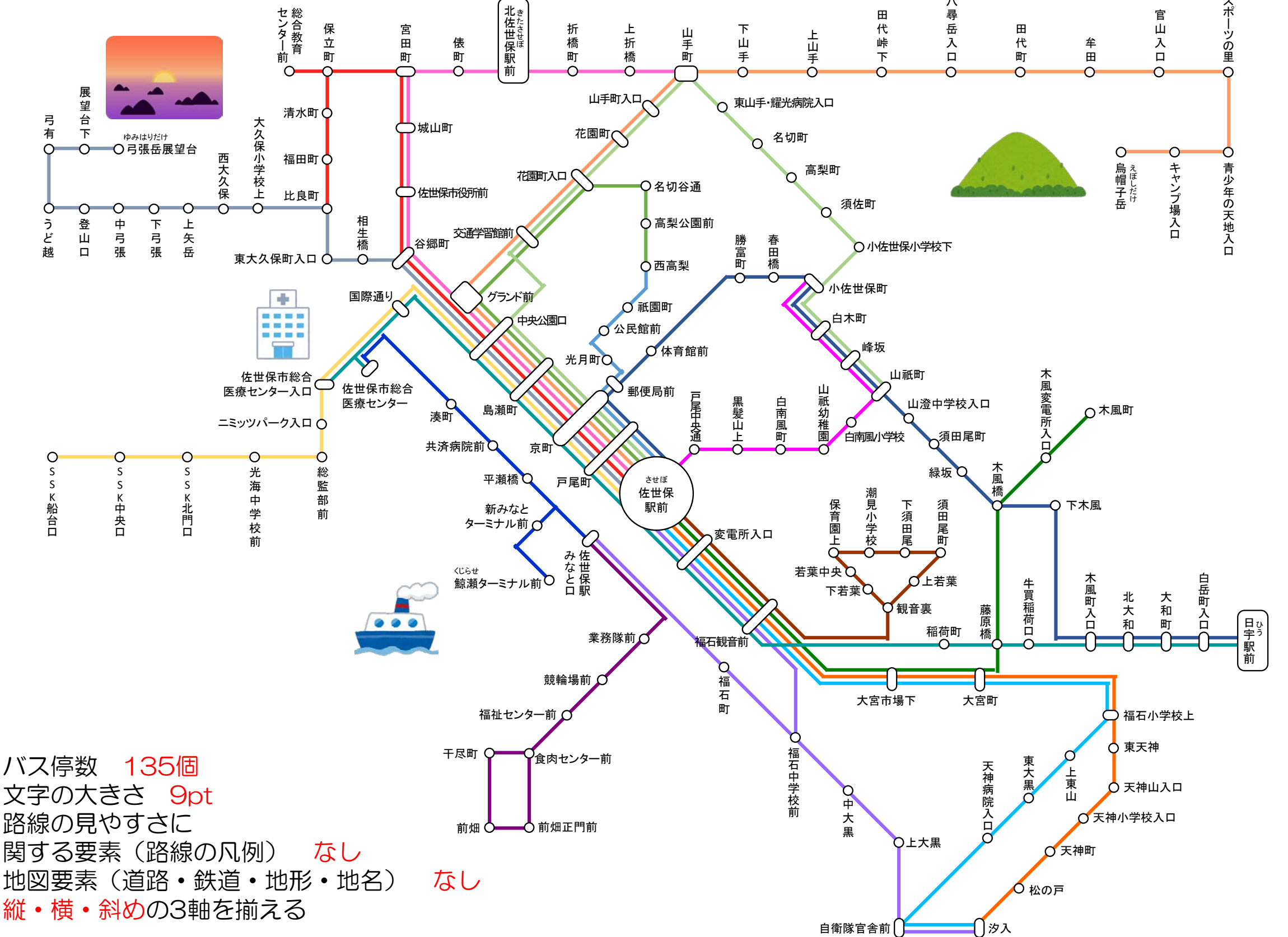


図-4 実験に用いた路線図および実験結果(一部)

6. わかりやすい路線図の提案

本研究より得られたわかりやすい路線図作成の指針に基づいて、評価実験で最もわかりにくいと評価された代表路線図4の既存路線図(2017年9月現在)をケーススタディとしてわかりやすい路線図を提案する。改良版では、佐世保駅前を中心としたエリア版の路線図を作成しており、バス停数135個、文字の大きさ9.0ptとしている。



7. 今後の課題

- 本研究では取り扱っていないその他の要因についてもわかりやすさに影響を与えることが考えられるため検討の余地を残している。
- また、評価実験についても学生の若者を対象としており、他の年代等の属性についても検証する必要がある。

