バス路線図の構成要素がわかりやすさに及ぼす影響

福岡大学工学部社会デザイン工学科　辰巳 浩，吉城 秀治，堤 香代子，原 安沙実，奥村 友利愛

1．はじめに

路線バスは人々にとって身近な移動手段であり，公共交通機関として誰にでも使いやすいものであることが望まれる。しかしながら，国土交通省の報告によると『多くのバスでは（中略）基本的な情報が利用者にわかりやすい形で提供されておらず，このため，過去に利用したことがある地元住民以外には，乗る際の心理的抵抗が大きい』[1] と指摘されるような状況にある。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。

そこで本研究では，バス停数やフォントサイズ等のバス路線図の構成要素とその水準が路線図のわかりやすさに及ぼす影響を明らかにする。そのために，先行研究[2] より得られた結果を踏まえてこれらの水準の異なるバス路線図を作成し，それを用いた実験を行うことで，経路を探索する際の利用者の挙動や印象から分かりやすさを表すモデル式を構築し，適切なバス停数を予測する。

2．実験概要

(1) 実験に用いた路線図について

わかりやすさに関わる項目は，先行研究(図1)[2] より「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」を用いた。そして，これらの構成要素とその水準を実験計画法の直交配列表により実験パターンを決定した路線図を，A3サイズに統一して作成した。作成した路線図のベースは，先行研究で用いた241路線図のデータをもとに最も平均的な路線図の“おのみちバス㈱”を選出した。実験パターンを表1，作成した路線図を図3に示す。

(2) 実験方法

本研究では，わかりやすさの評価指標を挙動と意識より明らかにする。挙動に関する項目として路線図の経路探索実験より得られる経路探索時間，画面を動かす回数，拡大縮小回数，地図を見返す回数，カーソルの移動距離とした。意識に関する項目としては，SD法を用いた形容詞対18項目の5段階評価による「路線図の印象」とした。

実験は，2019年11月上旬に路線図のエリアに土地勘を持たない学生30人(男性16名，女性14人)を対象とした。実験では最初に被験者に実験の概要の説明をし，出発地と目的地の紙を渡し，24インチのPCモニターに路線図を提示して経路探索，経路探索の終了後にSD法による印象評価調査を行った。なお，8パターンの路線図の提示順はランダムとした。分析手順を図2に示す。

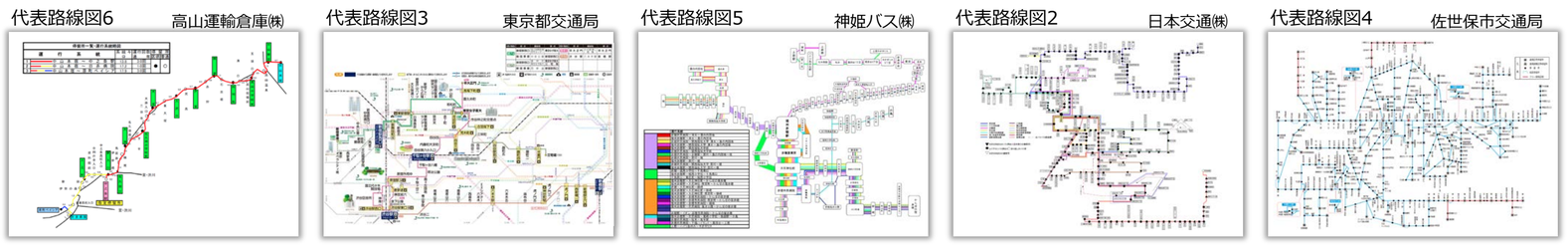

図1 先行研究で用いた路線図（左より後述のモデル式より算出したわかりやすさ総合得点順）

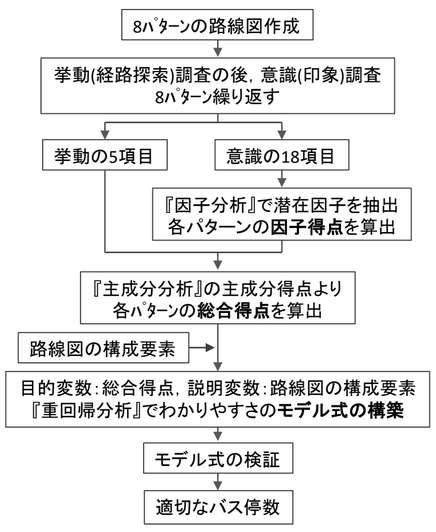

図2 本研究の分析の流れ

表1 直交配列表より決定した路線図

因子 / ﾊﾟﾀｰﾝ	バス停数(個)	文字の大きさ(pt)	路線の凡例	地図要素
パターン1	44	6	あり	あり
パターン2	44	11	なし	なし
パターン3	98	6	あり	なし
パターン4	98	11	なし	あり
パターン5	175	6	なし	なし
パターン6	175	11	あり	あり
パターン7	270	6	なし	あり
パターン8	270	11	あり	なし

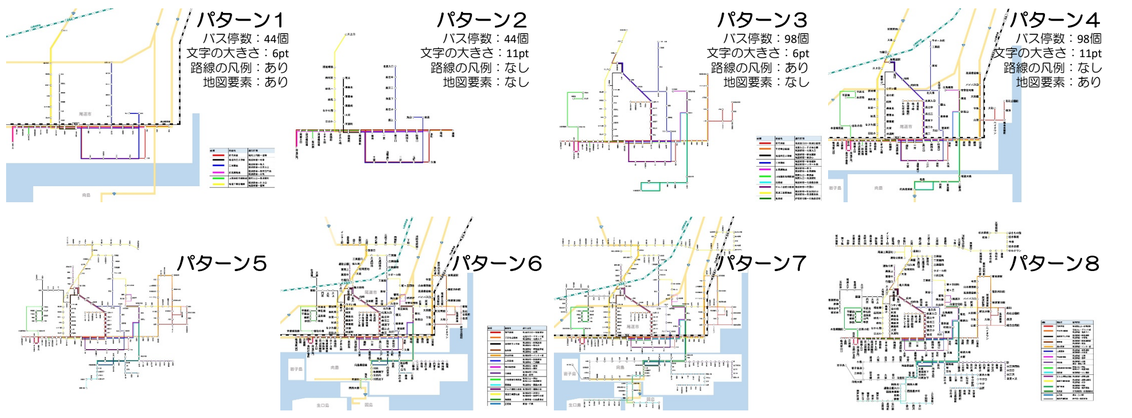

図3 “おのみちバス㈱”の路線図をベースとして作成し実験に用いた路線図

表2　各パターンの挙動に関する基礎集計結果と意識に関する因子得点および総合得点(主成分得点)

	評価項目	P値	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4	パターン5	パターン6	パターン7	パターン8
挙動	探索時間	0.093	15.2秒	11.2秒	21.8秒	24.6秒	25.0秒	20.8秒	22.6秒	24.8秒
	地図を見返す回数	0.018*	0.8回	0.5回	1.0回	1.1回	1.1回	1.4回	1.5回	1.4回
	画面を動かす回数	0.004**	1.0回	0.1回	1.6回	1.0回	2.0回	1.1回	1.2回	0.9回
	拡大縮小回数	0.000**	1.5回	0.1回	1.2回	0.7回	1.8回	0.4回	1.6回	0.5回
	カーソルの移動距離	0.036*	183.2cm	114.2cm	157.7cm	159.5cm	179.9cm	178.9cm	185.6cm	168.9cm
意識	可読性	0.000**	0.464	0.915	0.513	0.227	-0.158	-0.410	-0.716	-0.835
	印象性	0.091	-0.226	-0.235	-0.084	0.407	-0.074	0.239	0.019	-0.046
	威圧性	0.000**	-0.685	-0.923	-0.320	0.010	0.007	0.678	0.583	0.651
総合得点(主成分得点)		0.000**	-0.413	-1.690	-0.176	-0.300	0.694	0.440	0.959	0.487

3．実験結果

(1) 路線図の印象

意識に関する評価項目である路線図の印象については，その解釈を容易にするために因子分析により潜在因子を抽出する。そのために，SD法の形容詞対ごとに印象評価の平均値を求め，さらに，パターンで評価に統計的な差があるかの独立性の検定を形容詞対ごとに行った。その結果を図4に示す。有意差のみられた形容詞対でパターン7やパターン8については，「ごちゃごちゃした」「目が疲れる」「読みにくい」「見にくい」といった回答が多く，これはバス停数の多さが原因と考えられる。その一方で，パターン2については「すっきりした」「読みやすい」「見やすい」といった印象が強くなっており，これはバス停数が少なく文字も大きいことに加え，他の要素がないためと考えられる。

次に，潜在因子の抽出のためにこれらの結果を用いて因子分析を行った。その結果を表3に示す。因子分析の結果より固有値が1以上となる第3因子までを採用し，印象に対する評価項目は次の3つの因子からなると解釈した。各因子における因子負荷量の高い形容詞対の第1因子に関しては，「読みやすい」「理解しやすい」「見やすい」といった項目の負荷量が大きいことから**可読性因子**とした。次に，第2因子については「感じの良い」「新しい」「品位のある」の因子負荷量が大きいことから**洗練性因子**，同様に第3因子を**威圧性因子**とした。

そして，被験者30人の8パターンの実験データ計240件の3つの因子得点を用いて，3因子について各パターンの平均値を求めた。その結果を表2の中段に示す。可読性と威圧性の項目で有意差がみられた。可読性についてはパターン2が最も高く，これはバス停数が少ない上に路線の見やすさに関する要素や地図要素がなくすっきりとした印象であったため，経路探索がしやすかったことによるものと考えられる。威圧性についてはパターン6が最も高く，これは文字サイズが大きく，さらには路線の見やすさに関する要素と地図要素がどちらにもあるために，被験者が威圧感を抱いた結果であると推察される。

(2) 経路探索の挙動

表2の上段に，挙動に関する各項目のパターン別の実験の平均値を示す。探索時間については統計的な有意差がみられなかったものの，バス停数が多くなるにつれて「探索時間」は長くなる傾向にある。その他の項目についてはパターン間に有意差がみられており，「地図を見返す回数」はパターン7が1.5回と最も多く，パターン2は0.5回と最も少なかった。「画面を動かす回数」や「拡大縮小回数」については，パターン5が最も高い値となっていた。これはバス停数がやや多い上に文字サイズが小さいため，画面を拡大して動かす操作が多くみられたことによる結果とみてとれる。

(3) 路線図のわかりやすさに関するモデル式の構築

バス路線図の「わかりやすさ」は正しく経路探索ができる挙動評価だけでなく，意識評価を加えた総合的に評価されなければならない。そこで，わかりやすさの総合指標を得るために，挙動と意識の評価の8項目のデータに対して主成分分析を行った。その結果得られた第1主成分の主成分負荷量を図5に，被験者別に得られた主成分得点の各パターンの平均値を算出した結果を表2の最下段に示す。

表2では探索時間や地図を見返す回数などの値が小さいほど「わかりやすい」といえる。このことから，探索時間や地図を見返す回数が少なく可読性の因子得点が高いものほど，この主成分得点は大きくマイナスとなっている。そこで，この第1主成分の主成分得点を路線図のわかりやすさを評価する総合得点と定義し，負の値となるほどわかりやすい路線図であるとする。

そして，このわかりやすさの総合得点を目的変数，路線図の構成要素を説明変数として重回帰分析を行った結果を表4に示す。P値に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といえ，バス停数がわかりやすさに最も影響を及ぼしており，次いで文字の大きさとなっている。また，符号より，バス停数が少なく文字の大きさが大きいほどわかりやすい路線図と評価されるといえる。一方，路線の凡例と地図要素については統計的な有意差はみられていないが，パラメータの符号をみると正の値となっており，むしろ地図要素の表記がない路線図のほうがわかりやすさが向上するという結果が得られた。これは，本研究における被験者は路線図のエリアに土地勘を持っていないために，鉄道路線や道路網といった地図要素が記載されていたとしても意味をなさず，情報量が多くなったことでかえってわかりづらいものになってしまったものと考えられる。なお，バス路線図のわかりやすさを評価する式を式1に示す。

(4) モデル式の検証

このモデル式に先行研究で用いた代表路線図の構成要素を代入して得られた総合得点とその順位を表5と図1に，また，先行実験で得られた順位を併せて示す。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表している。代表路線図6が最も低い得点となっており，わかりやすい路線図であると判定された。ここで，実験終了時に被験者に代表路線図をわかりやすかった順に並べてもらった平均順位を表5に併記している。表より，概ね合っている式であることが確認できた。一方で，順位が一致していないものもあった。これは，分析結果に基づいたモデル式では，特にバス停数による影響が大きくなっているからであると考えられる。しかし，被験者による順位付けでは代表路線図3が最もわかりやすいと評価されており，必ずしもバス停数によってわかりやすさを判定することはできず，その他の要因が人々の路線図に対する印象に影響しこのような結果になるものと考えられる。

(5) 望ましいバス停数

そもそもの「わかりやすい路線図」の基準を検討するため，表2でも示した第1主成分の主成分得点（わかりやすさの総合得点）の平均値に対して一元配置分散分析およびその多重比較を行った(図6)。その結果，パターン2が最もわかりやすくパターン7が最もわかりにくい路線図という結果が得られた。そして，検定結果よりこのパターン2と比較して，パターン1と4の平均値は有意水準5%で統計的な差がみられ，その他のパターン3等については有意水準1%で統計的な差がみられている。このパターン2との多重比較結果に着目してみれば，8パターンの路線図は，最もわかりやすい路線図のパターン2，次いでわかりやすい1と4，そして残りの3，6，8，5，7のグループに大別できる。

そこで本研究では，このパターン2の総合得点-1.690を最もわかりやすい路線図の基準として，そしてパターン1と4の総合得点の平均値-0.357を次いでわかりやすい路線図の基準として検討を進めることにした。パターン4の総合得点-0.3という数値を上回る路線図は最もわかりやすいパターン2と比較して1%水準で有意差がみられることから，この境目をわかりやすい基準とした。ここで，総合得点-0.3という数値について，パターン4に対する被験者の印象評価より約70%が「わかりやすい」と回答するということが確認されている。そこで，式(1)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。式(1)にこれらの数値とバス停数を変数として代入し，わかりやすさの総合得点を算出した結果を図7に示す。算出した総合得点の近似直線を描くと，上記の仮定した構成要素の場合には，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。

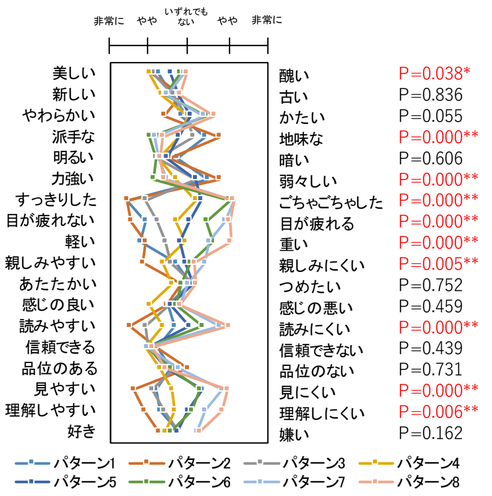

図4 意識に関するSD法のプロフィール曲線とP値

表3 因子分析結果

因子 / 形容詞対	可読性(第1因子)	洗練性(第2因子)	威圧性(第3因子)
読みやすい	0.966	-0.106	0.163
理解しやすい	0.810	-0.077	0.150
見やすい	0.769	0.028	-0.094
目が疲れない	0.686	-0.044	-0.200
すっきりした	0.645	-0.053	-0.269
好き	0.617	0.288	0.093
感じの良い	0.190	0.646	-0.153
新しい	-0.015	0.610	0.038
品位のある	0.004	0.573	0.025
明るい	-0.104	0.573	-0.047
派手な	-0.230	0.548	0.438
あたたかい	-0.002	0.513	-0.233
かたい	0.047	-0.273	0.615
力強い	-0.033	0.434	0.598
美しい	0.438	0.435	-0.108
軽い	0.368	-0.013	-0.415
親しみやすい	0.443	0.375	-0.211
信頼できる	0.248	0.267	0.231
固有値	5.88	3.30	1.25
寄与率	32.65%	18.33%	6.94%
累積寄与率	32.65%	50.98%	57.91%

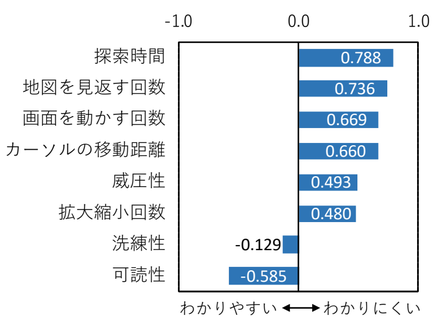

図5 第1主成分の主成分負荷量

表4 重回帰分析の結果

変数 / 結果	偏回帰係数	標準偏回帰係数	p値	判定
バス停数	0.0078	0.3913	0.000	[**]
文字の大きさ	-0.1066	-0.1574	0.008	[**]
路線の凡例	0.1716	0.0507	0.391	[ ]
地図要素	0.3396	0.1003	0.091	[ ]
定数項	-0.4931		0.240	[ ]

式1 バス路線図のわかりやすさのモデル式

$$y = 0.0078a - 0.1066b + 0.1716c + 0.3396d - 0.4931$$

y：わかりやすさの総合得点
a：バス停数（箇所）（ただし，$44 \leqq a \leqq 270$）
b：文字の大きさ(pt)（ただし，$6 \leqq b \leqq 11$）
c：路線の凡例（なし：0，あり：1）
d：地図要素（なし：0，あり：1）

表5 代表路線図の総合得点･順位と実験順位

路線図 / 順位等	わかりやすさ総合得点	式の計算値の順位	被験者の実験順位	バス停数	文字の大きさ	路線の凡例	地図要素
代表路線図6	-0.804	1位	2位	37個	10pt	あり	あり
代表路線図3	-0.639	2位	1位	77個	11pt	あり	あり
代表路線図5	-0.147	3位	3位	109個	6.5pt	あり	なし
代表路線図2	1.026	4位	4位	250個	5pt	あり	なし
代表路線図4	1.806	5位	5位	377個	6pt	あり	なし

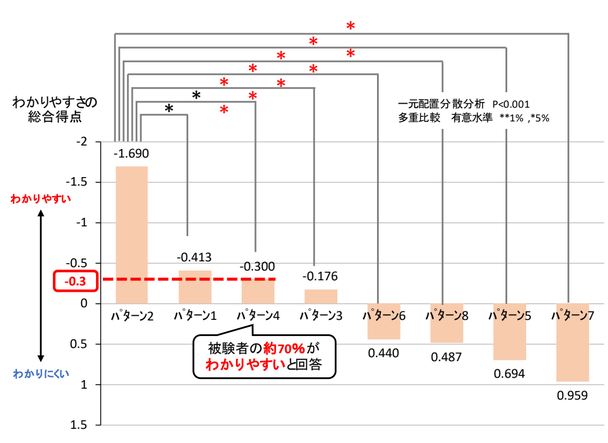

図6 各パターンの総合得点の平均値

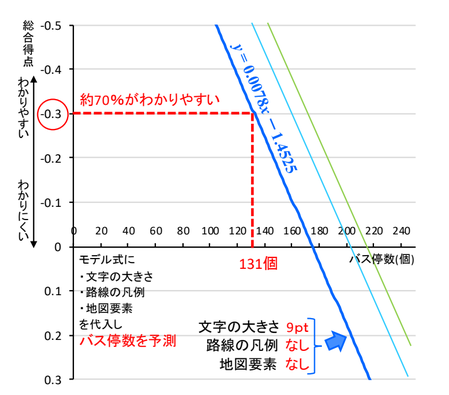

図7 最適なバス停数の予測

4．まとめ

本研究では，バス路線図の構成要素が人々のわかりやすさに及ぼす影響について明らかにしてきた。その結果，路線図のわかりやすさにはバス停数がもっとも影響しており，次いで文字の大きさであることが明らかになった。そして，地図要素の表記がない路線図のほうがわかりやすさが向上するという結果が得られた。これは，本研究における被験者は路線図のエリアに土地勘を持っていないために，鉄道路線や道路網といった地図要素が記載されていたとしても意味をなさず，情報量が多くなったことでかえってわかりづらいものになってしまったものと考えられる。構築したモデル式でA3サイズにフォントサイズ9pt，路線の凡例と地図要素なしの場合でバス停数が131個が「わかりやすい路線図」となった。この値以上にバス停数が多い場合はエリア版を作成するなどの工夫が必要といえる。

参考文献：1) 国土交通省(2005)，「魅力あるバス事業の在り方研究会−中間とりまとめ−」
2) 奥村 他(2019)，「バス路線図の実態把握と評価に関する研究」，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.75，pp. I_911- I_922

福岡大学工学部社会デザイン工学科 交通･都市システム研究室　福岡市城南区七隈8-19-1 TEL：092-871-6631(内線6483)