

方面分類を考慮した印刷用バス時刻表作成機能について

On the Generation of Bus Timetables According to the Classification of Destinations

年岡 和徳[†] 川村 尚生^{††} 菅原 一孔^{††}

Kazunori Toshioka[†] Takao Kawamura^{††} Kazunori Sugahara^{††}

[†] 鳥取大学大学院 工学研究科 ^{††} 鳥取大学 工学部

1 はじめに

路線バスは公共交通機関が少ない地域の人々、高齢者にとって重要な役割を持つ交通機関であるが、地方では利用者が年々減少している。そこで、我々は地方における公共交通機関を維持するための手段の1つとして、バスの利便性を高めることを目標に経路探索や時刻表検索機能を中心としたシステムを開発した [1, 2]。本システムは現在鳥取県においてバスネット [3] という名称で公開、運用されている。

これまで時刻表を利用者に手軽に配付する方法がなかった。また、時刻表はダイヤ改正があるたびに手作業で作成されてきた。そこで本研究では、バスネットに印刷用時刻表作成機能の追加を行った。

作成できる時刻表には路線時刻表、バス停時刻表の2種類がある。まず路線時刻表は、ある路線を運行するバスが何時何分にどのバス停に停車するかを示す。次に、バス停時刻表はバス停に掲示されている時刻表と同様、あるバス停に何時何分にどこ行きのバスが停車するかを示す。この時刻表は主に家庭での利用を想定しているが、バス停への掲示も視野に入れている。

この時刻表作成機能により見やすい時刻表を作成するため、2つのアルゴリズムを開発した。まず、路線時刻表を簡潔にするために必ずしも時刻表に掲載しなくてもよいバス停を自動的に選出するアルゴリズムを開発した。また、バス停時刻表を実用的でわかりやすいものにするために、バスを向かう方面ごとに分類するなど Self Organizing Maps(SOM)[4] を用いて情報を分類するアルゴリズムを開発した。

以下では鳥取県東部を例として、それぞれの時刻表作成上の問題点、その問題点解決のために開発したアルゴリズムについて述べ、その後実験について述べる。なお、本論文で対象とする領域ではバス停数は1079であり、路線数は117である。更に、本システムでは同じ路線でも時刻や曜日によって通常とは異なる経路を運行する便を別の路線が存在するものとして扱っており、その分割路線数は679である。

2 路線時刻表

路線時刻表を作成するとき、本システムにおいて路線上のバス停の数は多い場合101個程度になる。そのため、これらを全て印刷すると非常に大きな時刻表になってしまう。また、このような路線ではバス停間の走行時間は1分か2分になることが多いので、たとえ時刻表に掲載されているバス停がとびとびでも間の停

車時刻を推測することは容易であると考えられる。

そこで時刻表から記載する必要性が低いと考えられるバス停を除外する。必要が高いバス停は、始発バス停、終点バス停、最寄りバス停、全ての便では停車しないバス停とした。必要が高いバス停として全ての便では停車しないバス停を選出しているのは、このバス停を除外することで、どのバスはそのバス停に停車し、どのバスでは停車しないのかという情報がなくなることを防ぐためである。これにより、前のバス停での停車時刻から除外バス停での停車時刻を推測したが、実際はそのバス停には停車しないということを防ぐことができる。

また、上述の必要性の高いバス停以外は路線全域においてなるべく均等に除外することとした。これは連続して多くのバス停を除外すると、その間の停車時刻の推測が困難になるためである。

このような方針で除外バス停を自動で選択するために、以下のアルゴリズムを開発した。

1. 路線が停車する全バス停は必要度を表す評価値を保持するものとし、停車する順番にリストに格納する。評価値の初期値は0とする。
2. 時刻表を作成する上で掲載すべきバス停として始発バス停、終点バス停、最寄りバス停、全ての便では停車しないバス停を選出し、その評価値を高く設定する。
3. 十分な数のバス停が除外されていれば終了する。
4. 最も評価値の低いバス停を選出する。複数のバス停が最も低い評価値をとる場合は、その中の1つをランダムに選出する。
5. 次式の正規分布に従って評価値を増加させる。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

μ は正規分布の中央位置を表し、4で選出したバス停のリストでの位置を設定する。 σ^2 は正規分布の分散を表し、アルゴリズムの実行結果を考慮しながら調整した値を設定する。 x には評価値の変位を求めるバス停のリストでの位置を設定する。

6. 4で選出したバス停を除外する。
7. 3へ戻る。

このアルゴリズムでは必要性が高いバス停の評価値を高く設定することで、他の必要性の低いバス停を優先的に除外するようにしている。また、評価値リストの値を、除外するバス停の位置を中心とした正規分布を利用して増加させることで、近くのバス停の評価値を増やし、除外バス停がいくつも連続することを防いでいる。このアルゴリズムを用いることで、例えばボタン1つで大きな路線時刻表から必要性の低いバス停を優先的に除外し、A4の紙1枚におさめるといったことができる。図1に路線時刻表の一部を示す。なお、バス停名左の星マークはそのバス停の前に除外されているバス停が存在することを示しており、星の数が除外されているバス停の数を示している。

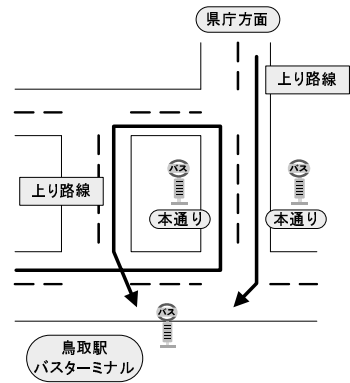


図 2: 鳥取駅バスターミナルへ向かう路線の経路

運行パターン	日本交通 - 岩井 (下)									
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
鳥取駅	07:00	07:20	08:10	09:00	09:50	10:40	11:10	12:00	12:40	
☆☆ 本町一丁目	05	25	15	05	55	45	15	05	45	
☆☆ 西町	08	28	18	08	58	48	18	08	48	
☆☆ 城北団地	13	33	23	13	10:03	53	23	13	53	
東秋里		35			05		25			
中央病院		37			07		27			
血液センター前		37			07		27			
丸山	07:15		08:25	09:15		10:55		12:15	12:55	
逸辺美術館前	16		26	16		56		16	56	
堂守口	17	07:40	27	17	10:10	57	11:30	17	57	
☆☆ 浜島山	21	44	31	21	14	11:01	34	21	13:01	
☆☆ 山崎山	23	46	33	23	16	03	36	23	03	
海士	25	48	35	25	18	05	38	25	05	
☆☆ 帆	27	50	37	27	20	07	40	27	07	
福部保育園前		51			21		41			
福部中学校前		51			21		41			
福部町総合支所前		52			22		42			
細川口	07:28	54	08:38	09:28		11:08	44	12:28	13:08	
☆☆ 平野口	31	57	41	31	27	11	47	31	11	
☆☆ 大谷	33	59	43	33	29	13	49	33	13	

図 1: 路線時刻表

3 バス停時刻表

一般に、バス停は同じ名前のものが2車線の道路を挟んで2基設置されていることが多いが、道路の形状によっては3基、または1基である場合がある。本論文では、同名バス停の集まりをバス停グループと呼び、グループ内のそれぞれをバス停と呼ぶこととする。

バス停グループ内のバス停数がまちまちであることに加え、バスの経路は複雑で、例えば図2の本通りのように最終的にバスターミナルに向かうバスが、路線によっては道路の左右両側のバス停に停車する場合がある。更に、循環路線は便によっては通常と反対方向に運行するため、同じ路線でも図3の賀露海岸のようにあるときは道路の左側、あるときは右側と反対のバス停に停車する場合がある。以上を考慮すると、バスが停車するバス停が、バス停グループのうちどれなのかを区別しつつ路線情報をデータベースに格納するのは非常に困難なので、本システムではバス停グループを区別せず1基のバス停として管理している。したがって、バス停時刻表を作成する際にはバス停グループに停車するバスをバス停ごとに振り分けなければならない。

さらに、各バス停ごとに時刻表を分類したとしても、様々な方面へ向かうバスをまとめて表示すると、利用者にとって見づらい時刻表になってしまう。そこで、バ

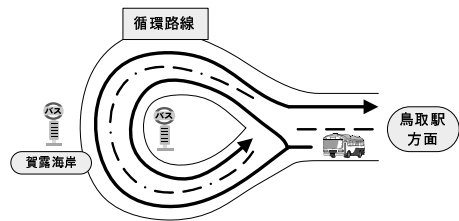


図 3: 循環路線の経路

ス停で分類したうえで方面でも分類した時刻表を作成するため、SOMを用いたアルゴリズムを開発した。なお、以下に示すアルゴリズムではある1つのバス停のバス停時刻表を作成することを想定している。

1. あるバス停グループに停車する各バス i に対し、そのバス停の後から終点まで停車する順にバス停名を並べたバス停リスト $L1_i$ を作成する。
2. バス停リスト $L1_i$ の先頭 n 個を取り出したバス停リスト $L2_i$ をそれぞれ作成する。
3. バス停リスト $L2_i$ を全て合わせたバス停リスト $L3$ を作成する。
4. バス停リスト $L3$ のバス停を順にバス停リスト $L2_i$ と比較し、バス停リスト $L2_i$ の中に存在する場合 1、存在しない場合 0 として入力ベクトルを作成する。これを全てのバス停リスト $L2_i$ に対して繰り返す。
5. 4 で作成した入力ベクトルを SOM によって分類する。
6. 入力ベクトル同士を全て比較し、ユークリッド距離が d 以内のものは同じグループとする。

以上のアルゴリズムによりバスを方面ごとに分類した方面別時刻表を作成できる。しかし、実際に時刻表を出力する上ではいくつか改善すべき点が存在する。まず、同じ路線でもバスによっては異なる方面を経由することがあるため、同じ路線のバスが複数の方面別

湖山 停留所					
7	03	鳥取駅	岩倉	10	鳥取駅
			36	鳥取駅	45
8	05	鳥取駅	鳥取駅	10	鳥取駅
					19
9	05	鳥取駅	鳥取駅	10	鳥取駅
					37
10	08	鳥取駅	鳥取駅		
			18		
11	02	鳥取駅	鳥取駅		
			08		
12		鳥取駅	鳥取駅	13	鳥取駅

図 4: バス停時刻表

時刻表に分散して掲載されることがある．そこで，利便性を考慮して同じ路線のバスは1つの時刻表にまとめることとした．その際，必要に応じて方面情報を時刻の肩に表示する．また，時刻表を分かりやすく整理するため，まず時刻表を出力しようとしているバス停から終点までの運行経路によりバスをまとめ，さらに路線名によってまとめることとした．

以上を実現するために以下の手順を行う．

1. 同じ路線のバスが複数の方面に含まれる場合，その路線のバスを最も多く含む方面へ1つにまとめる．
2. 時刻表を出力しようとしているバス停から終点までの運行経路，つまり L_i が同じバスは1つの列にまとめて表示する．
3. 2により分類された各列のうち全てのバスが同じ路線であり，その路線名が同じ列が複数ある場合は1つの列にまとめて表示する．

図 4 にバス停時刻表の一部を示す．

4 実験

4.1 除外バス停自動選択に関する実験

この実験では開発したアルゴリズムにより，実際に路線時刻表に掲載する必要性の低いバス停が除外されているか，そして近いバス停がいくつも連続で除外されていないかということを確認する．

図 5 は実際に開発したアルゴリズムによって，バス停を除外して作成した路線時刻表である．始発バス停は鳥取駅，終着バス停は蕪島，最寄りバス停は岩井温泉である．ただし，アルゴリズムに利用する正規分布の分散を表す σ^2 は 1 に設定した．

作成した路線時刻表を確認すると，想定した通りアルゴリズムが動作していることが確認できる．まず，始発バス停，終点バス停，最寄りバス停が除外されることなく掲載されている．また，図 5 の枠で囲まれている部分のような星がついていないバス停に注目する

日本交通 - 岩井 (下)														
運行パターン	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
鳥取駅														
鳥取駅(始発バス停)	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
鳥取駅	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
鳥取駅	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
鳥取駅	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
鳥取駅	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
鳥取駅	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
鳥取駅	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
鳥取駅	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
鳥取駅	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
鳥取駅	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
鳥取駅	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52
鳥取駅	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
鳥取駅	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56
鳥取駅	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
鳥取駅	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
鳥取駅	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62
鳥取駅	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64
鳥取駅	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66
鳥取駅	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68
鳥取駅	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
鳥取駅	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72
鳥取駅	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74
鳥取駅	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76
鳥取駅	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78
鳥取駅	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
鳥取駅	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82
鳥取駅	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84
鳥取駅	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86
鳥取駅	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88
鳥取駅	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90
鳥取駅	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92
鳥取駅	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94
鳥取駅	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96
鳥取駅	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98
鳥取駅	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100
鳥取駅	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102
鳥取駅	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104
鳥取駅	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106
鳥取駅	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108
鳥取駅	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110
鳥取駅	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112
鳥取駅	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114
鳥取駅	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116
鳥取駅	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118
鳥取駅	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120
鳥取駅	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122
鳥取駅	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124
鳥取駅	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126
鳥取駅	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128
鳥取駅	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130
鳥取駅	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132
鳥取駅	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134
鳥取駅	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136
鳥取駅	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136	138
鳥取駅	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136	138	140
鳥取駅	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136	138	140	142
鳥取駅	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144
鳥取駅	120	122	124	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146
鳥取駅	122	124	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148
鳥取駅	124	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150
鳥取駅	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152
鳥取駅	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154
鳥取駅	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156
鳥取駅	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158
鳥取駅	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160
鳥取駅	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	162
鳥取駅	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	162	164
鳥取駅	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	162	164	166
鳥取駅	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	162	164	166	168
鳥取駅	144	146	148	150	152	154	156	158	160	162	164	166	168	170
鳥取駅	146	148	150	152	154	156	158	160	162	164	166	168	170	172
鳥取駅	148	150	152	154	156	158	160	162	164	166	168	170	172	174
鳥取駅	150	152	154	156	158	160	162	164	166	168	170	172	174	176
鳥取駅	152	154	156	158	160	162	164	166	168	170	172	174	176	178
鳥取駅	154	156	158	160	162	164	166	168	170	172	174	176	178	180
鳥取駅	156	158	160	162	164	166	168	170	172	174	176	178	180	182
鳥取駅	158	160	162	164	166	168	170	172	174	176	178	180	182	184
鳥取駅	160	162	164	166	168	170	172	174	176	178	180	182	184	186
鳥取駅	162	164	166	168	170	172	174	176	178	180	182	184	186	188
鳥取駅														

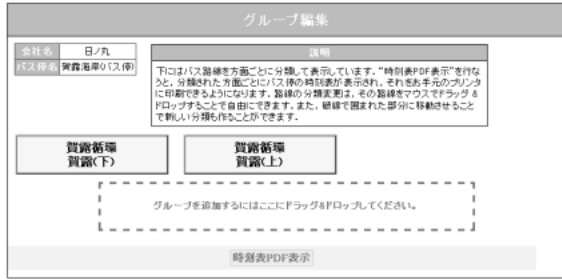


図 6: SOM による停車バスの分類

験 1 と同様の設定とした。

今図 7 において城北団地は星マークの位置にあり、1 方面に岩井線(下), 砂丘線(下), 循環路線である北園線, 2 方面に梶川中病線(上), 中央病院線(下), 十六本松線(上), 3 方面に岩井線(上), 砂丘線(上), 北園線, 中央病院線(下), 十六本松線(下), 4 方面に梶川中病線(下)が進んでおり, このように分類されることが考えられる。

実際に提案手法により分類した結果が図 8 である。路線名が複数存在する路線があるが, これは実験 1 で行ったように, 北園など循環路線の場合はバス停グループでの停車バス停が異なるために分類されている。また, それ以外の路線が分類されている場合は, 中には最初に他の方面を経由してからその路線の本来の方面へ向かうバスがあるため, それらが分類されていると考えられる。これらを考慮すると, 図 8 上の分類番号と図 7 上の番号の対応からうまく分類されていることが分かる。



図 7: 城北団地を通過する路線の進行方向

5 おわりに

本研究では時刻表作成機能のためのアルゴリズムの開発を行った。その結果路線時刻表, バス停時刻表という 2 種類の時刻表が自動で作成できるようになった。路線時刻表作成では, 大きな時刻表をそのままて

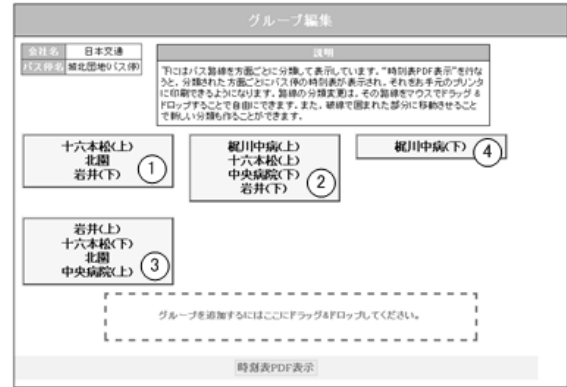


図 8: SOM による路線の方面分類

印刷すると不便であることを考え, 必要性の低いバス停を自動的に除外するためのアルゴリズムを開発した。これにより, 例えばボタンを一つ押せば時刻表が指定したサイズの用紙 1 枚に納められるようになった。

バス停時刻表作成では, SOM を利用してバス停グループから発車するバスをバス停ごとに分類し, 更に各バス停においてバスを向かう方面ごとに分類するアルゴリズムを開発した。

なお, 時刻表作成機能はバスネットの一部として一般に公開されているため, Web を介して誰でも利用できる。この機能を利用すると時刻表が PDF で表示されるので, PDF リーダーの印刷機能により利用者の手元のプリンタで印刷できる。

今後の課題としては, 低床バスであるか, 行先に直行するのかそれとも他のバス停を経由するのかなどの付加的な情報を掲載し, 実際にバス停に掲示するなどの実用化を目指す。

謝辞

本研究の一部は総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)(072308001) の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] 川村尚生, 楠神元輝, 菅原一孔: 徒歩移動を考慮するバス経路探索システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 5, pp. 1207-1210 (2005).
- [2] 川村尚生, 菅原一孔: バスネットワークのための実用的な経路探索システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 2, pp. 780-790 (2007).
- [3] : バスネット.
<http://www.ikisaki.jp/>.
- [4] 徳高平蔵, 岸田悟, 藤村喜久郎: 自己組織化マップの応用 多次元情報の 2 次元可視化, KAIBUNDO (1999).