

1 はじめに

本研究では、交通情報配信前後での行動変容の計測と評価に焦点をあて、時空間ネットワーク利用に着目した行動変容の評価手法の提案を行う。評価に用いたデータは 2003 年から松山都市圏で実施されている松山プローブパーソン調査データである。この調査により得られた 35 日間の人の移動・活動データを用いて、調査期間中に実施された交通予報配信実験の前後での行動変容結果の解析を行う。

2 松山プローブパーソン調査概要

松山都市圏(松山市,伊予市,北条市,重信町,川内町,砥部町,松前町の 3 市 4 町)を対象にプローブパーソン調査を実施した。調査期間は 2004 年 1 月 26 日~2 月 29 日,情報配信期間は 2 月 9 日~2 月 29 日である。モニター数は 310 名で,主要道路を通勤等で利用する人を対象とした。調査内容は携帯端末から行動記録(位置,出発・到着フラグ,移動手段)を収集するトラッキング調査と情報配信設定や,行動記録を編集する Web ダイアリー調査に分類される。交通情報は,情報取得媒体として,携帯端末と,パソコンを用いた。配信情報を以下にまとめる。

- ① 情報配信希望時刻に情報配信配信エリアの交通予報(所要時間)を配信する。
- ② 現在地と事前に登録された施設間の交通予報所要時間)を配信する。

*キーワード: プローブ, 情報配信, 行動変容

**学生員、愛媛大学大学院理工学研究科環境建設工学専攻
(愛媛県松山市文京町3、

TEL 089-927-9829、yosuke@eh.cee.ehime-u.ac.jp)

***正員、工博、愛媛大学工学部環境建設工学科

TEL 089-927-9829、hato@eng.ehime-u.ac.jp)

図-1 情報配信実験対象ネットワーク

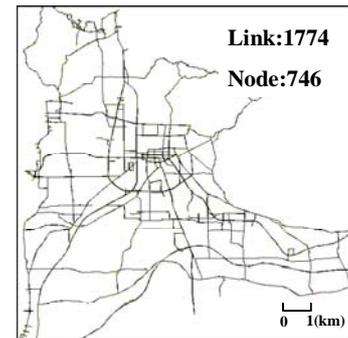
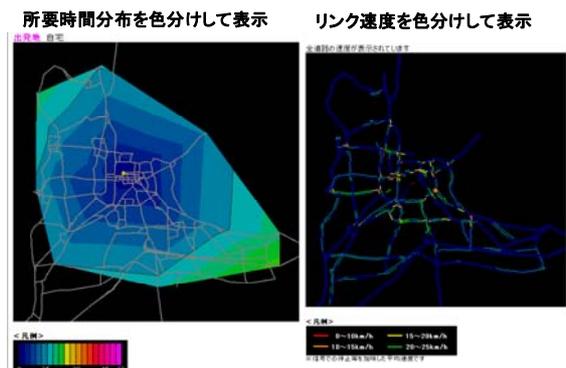


図-2 等時間マップ(左)混雑マップ(右)



- ③ モニターが情報配信エリア内に入ったら道路状況情報(携帯端末着信音)を配信する。
- ④ Web 画面に交通予報情報を表示する。(図 3)

3 分析結果

3.1 トリップデータ

分析対象とするトリップの定義を以下にまとめる。情報配信時間内(6:00-20:00)のトリップを対象とし,出発・到着フラグのいずれかに欠損がある場合は分析対象外として定義する。分析対象となるトリップ数は 16245 であった。

3.2 経路選択行動分析

日々のトリップデータは膨大であるため、効率的に解析を行う必要がある。本研究では携帯端末から

得られた位置データを用いてトリップの軌跡を表示し、経路変更結果を視覚化し分析する（図-3）。繰り返しのあるトリップについて交通予報配信前後の day-to-day の行動変容結果に着目するため、平日における自宅からの朝最初の出発トリップに着目した。

モニターca001 に情報配信前後において経路変更が見られた。結果を以下に示す。

表-1 モニター属性(ca001)

	性別	年齢	職業
ca001	男性	27	会社員・公務員

表-2 所要時間変動結果(ca001)

	情報配信前	情報配信後
平均所要時間(分)	21.07	16.76
分散	6.97	8.04
変動係数	0.13	0.15

図-3 自宅からの出発トリップ経路(ca001)

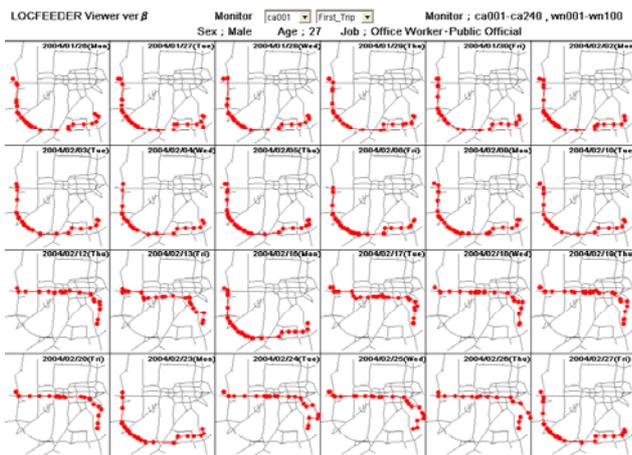
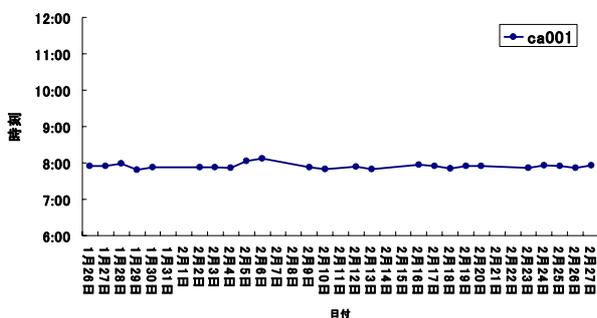


図-4 出発時間変動(ca001)



出発時刻に顕著な変化は認められないものの、平均所要時間の短縮が見られる。一方経路変更については交通予報配信前の 10 日間同一経路を使って通勤していたにもかかわらず、情報配信後 3 日目で以降経路変更を繰り返していることが観察される。携帯電話やウェブによる交通予報により経路変更を行っ

たと考えられる。

3.3 パターンマッチング

交通行動変容を評価する上で、日々のパターンの違いを記述する必要がある。従来、行動パターンの分析には主に 2つのアプローチがなされてきた。

第一に、クラスター分析などを利用してパターンを分類し、分類されたクラスター毎に各属性やクラスターを構成する個人の特徴を分析する手法である。

第二に、観察された行動パターンがどの程度モデルで予測可能かを評価し、適合の良し悪しを分析する手法である。

本研究では、ドットデータを元データとして、時空間ネットワーク上の行動パターンを識別、操作しパターン間の類似度を判定するアルゴリズムを提案する。時間と空間の異なる次元の相互依存関係を考慮した行動パターン分析アルゴリズムの開発を行う。

3.4 ドットマトリクス法(Dot Matrix Method)

day-to-day の行動変容の計測方法としてドットマトリクス法を提案する。ドットマトリクス法とは、 t 日と $t+1$ 日における行動の一致度を計測する手法である。以下にドットマトリクス法をまとめる。

まず、時間軸において 1 分を 1 要素として全要素において移動滞在判別(図 5)を行い移動・滞在配列を生成する。配列要素を $a_1, a_2 \dots a_n$ と $b_1, b_2 \dots b_n$ とし、 a_i と b_i が移動で一致すれば 1, そうでなければ 0 とする。一致度の定義として全配列要素における一致した要素、つまり 1 が占める割合とする。

$$\text{一致度 } M = \frac{\text{移動一致要素数}}{\text{全要素数}} = \frac{\sum_{i=1}^{840} S_i}{840(6:00-20:00)} \quad (1)$$

ここで、 $S_i; 0 \text{ or } 1$ (両日とも移動なら 1 それ以外は 0)

図-5 行動(移動・滞在)パターン

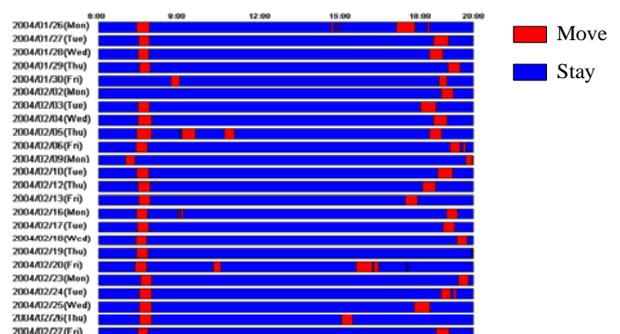


図-6 一致度マトリクス

ca001	1/26	1/27	1/28	1/29	1/30	2/2	2/3	2/4	2/5	2/17	2/18	2/19	2/20	2/23	2/24	2/25	2/26	2/27
1/26	1.00	0.026	0.019	0.024	0.027	0.025	0.023	0.019	0.018	0.023	0.019	0.021	0.021	0.025	0.019	0.020	0.017	0.024
1/27	0.026	1.000	0.020	0.020	0.024	0.024	0.023	0.019	0.019	0.023	0.019	0.021	0.021	0.023	0.020	0.020	0.017	0.024
1/28	0.019	0.020	1.000	0.018	0.017	0.017	0.017	0.015	0.032	0.019	0.015	0.019	0.019	0.015	0.021	0.019	0.015	0.020
1/29	0.024	0.020	0.018	1.000	0.024	0.021	0.019	0.017	0.020	0.017	0.017	0.015	0.015	0.023	0.013	0.014	0.014	0.017
1/30	0.027	0.024	0.017	0.024	1.000	0.025	0.023	0.019	0.015	0.020	0.019	0.019	0.019	0.025	0.017	0.018	0.017	0.020
2/2	0.025	0.024	0.017	0.021	0.025	1.000	0.023	0.019	0.015	0.020	0.019	0.019	0.019	0.024	0.017	0.018	0.017	0.020
2/3	0.023	0.023	0.017	0.019	0.023	0.023	1.000	0.018	0.015	0.020	0.019	0.019	0.019	0.021	0.017	0.018	0.017	0.020
2/4	0.019	0.019	0.015	0.017	0.019	0.019	0.019	1.000	0.014	0.019	0.019	0.018	0.018	0.019	0.015	0.017	0.017	0.019
2/5	0.018	0.019	0.032	0.020	0.015	0.015	0.015	0.014	1.000	0.018	0.014	0.018	0.018	0.014	0.020	0.018	0.014	0.019
2/6	0.032	0.027	0.025	0.024	0.135	0.025	0.023	0.019	0.028	0.023	0.019	0.021	0.021	0.025	0.021	0.020	0.017	0.024
2/9	0.029	0.025	0.018	0.024	0.029	0.025	0.023	0.019	0.017	0.021	0.018	0.020	0.020	0.025	0.018	0.019	0.017	0.021
2/10	0.023	0.020	0.013	0.023	0.023	0.021	0.019	0.017	0.012	0.017	0.017	0.015	0.015	0.023	0.013	0.014	0.014	0.017
2/12	0.019	0.019	0.019	0.013	0.017	0.017	0.017	0.015	0.018	0.019	0.015	0.019	0.019	0.015	0.019	0.019	0.015	0.019
2/13	0.020	0.020	0.013	0.020	0.020	0.020	0.019	0.017	0.012	0.017	0.017	0.015	0.015	0.020	0.015	0.014	0.014	0.019
2/16	0.026	0.027	0.021	0.020	0.024	0.024	0.023	0.019	0.020	0.023	0.019	0.021	0.021	0.023	0.021	0.020	0.017	0.024
2/17	0.023	0.023	0.019	0.017	0.020	0.020	0.020	0.019	0.018	1.000	0.019	0.021	0.021	0.019	0.019	0.020	0.017	0.023
2/18	0.019	0.019	0.015	0.017	0.019	0.019	0.019	0.019	0.014	0.019	1.000	0.018	0.018	0.019	0.015	0.017	0.017	0.018
2/19	0.021	0.021	0.019	0.015	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.021	0.018	1.000	0.021	0.018	0.019	0.020	0.017	0.021
2/20	0.021	0.021	0.019	0.015	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.021	0.018	0.021	1.000	0.018	0.019	0.020	0.017	0.021
2/23	0.025	0.023	0.015	0.023	0.025	0.024	0.021	0.019	0.014	0.019	0.019	0.018	0.018	1.000	0.015	0.017	0.017	0.018
2/24	0.019	0.020	0.021	0.013	0.017	0.017	0.017	0.015	0.020	0.019	0.015	0.019	0.015	1.000	0.019	0.015	0.020	
2/25	0.020	0.020	0.019	0.014	0.018	0.018	0.018	0.017	0.018	0.020	0.017	0.020	0.020	0.017	1.000	0.017	0.020	
2/26	0.017	0.017	0.015	0.014	0.017	0.017	0.017	0.014	0.014	0.017	0.017	0.017	0.017	0.015	0.017	1.000	0.017	
2/27	0.023	0.024	0.020	0.017	0.020	0.020	0.020	0.019	0.019	0.023	0.019	0.021	0.021	0.019	0.020	0.020	0.017	1.000

図-6 のような一致度マトリクスを考える。これより情報配信前後の平均一致度をもとめる。情報配信前後において平均一致度が低くなったモニター22名を抽出した。結果を表3に示す。一致度の低下は情報配信によって行動変容が起こった結果と考えられる。

表-3 平均一致度

モニター	情報配信前 ①	情報配信後 ②	スコア差 (①-②)
ca001	0.121	0.089	0.033
ca009	0.139	0.131	0.008
ca010	0.172	0.135	0.037
ca041	0.117	0.109	0.008
ca061	0.122	0.100	0.022
ca081	0.122	0.094	0.028
ca103	0.121	0.095	0.026
ca106	0.145	0.099	0.046
ca116	0.116	0.083	0.034
ca117	0.133	0.109	0.024
ca134	0.132	0.110	0.022
ca145	0.145	0.124	0.022
ca147	0.129	0.102	0.027
ca161	0.132	0.107	0.025
wn003	0.110	0.086	0.024
wn014	0.133	0.096	0.037
wn016	0.132	0.112	0.020
wn026	0.177	0.164	0.013
wn027	0.120	0.095	0.025
wn051	0.112	0.086	0.026
wn058	0.105	0.080	0.025
wn085	0.147	0.127	0.020
平均	0.131	0.106	0.025

3.5 キューブ操作法(Cube Operation Method)

時空間ネットワーク上の移動軌跡は時間と空間(平面)の3次元で表現することができる。本研究ではこの3次元で表現される経路(以下時空間パス)のパターン差を行動変容の指標として着目し、パターン差を算出するアルゴリズムを提案する。

空間と時間を2D+1Dに分割し、キューブ(Cube)のような正6面体を考える。このキューブをさらに時間と空間軸で分割し、モニターのトリップを色つきキューブで表現する。2つのキューブを一致させる操作コストを一致コストとして定義する。ここで、セルの操作コストの重み付け問題が重要となる。重

み付けを統合的に取り扱うことで時空間パスの揺らぎモデル記述が可能になる。空間上の揺らぎと時間軸上の揺らぎを相対化するために相対コストパラメータ c を用いる。パラメータ c を設定した上で t 日のパターンを $t+1$ 日に一致させるためのコストを計算する。コストは $5+2c$ のように時間単位で示される。

図-7 時空間パス(左)キューブ(右)

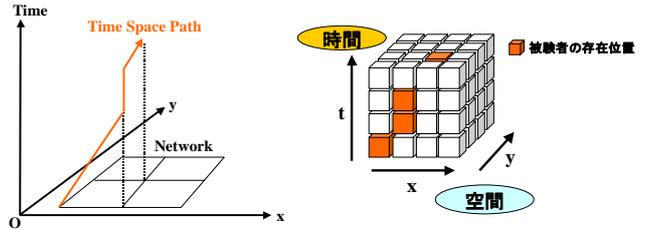


図-8 キューブ操作

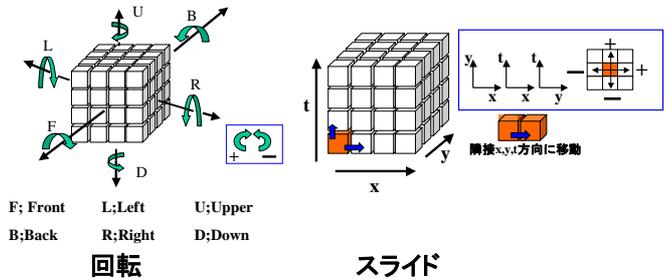
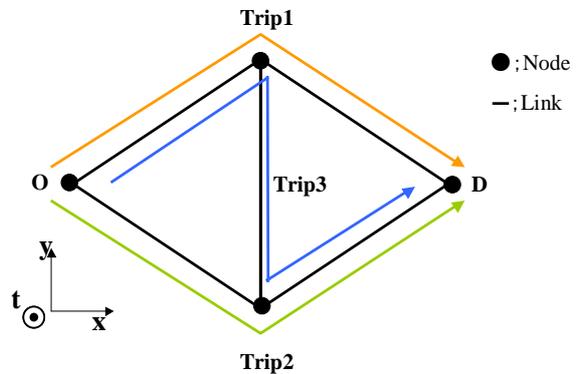


図-9の仮想ネットワークを用いて、所要時間と経路が異なる3つのトリップについての計算例を用いて考える。トリップの出発時刻、各リンクの距離、所要時間は同じであると仮定する。時空間を n 分割し、時間と空間を図-10のように平面で考える。

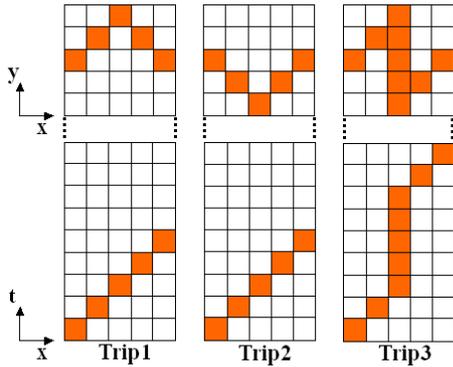
図-9 仮想ネットワーク



① 空間平面

空間 (xy) 平面において $x = i (i = 1, 2, \dots, n)$ 番目となるキューブ列において操作キューブをターゲットとなるキューブに y 軸方向にスライドさせ一致

図-10 時間・空間平面図



させる。キューブの操作コストは隣接空間へのスライドを±1とし、スライドの操作コストの正負を図-10のように設定する。一度に操作できるキューブは1つとし、1列において色つきキューブ数に差が見られる場合はキューブを多対一の関係で対応させる。以上の操作を繰り返し $x = n$ となれば終了する。

② 時間平面

時間 (xt) 平面において $x = i (i = 1, 2, \dots, n)$ 番目となるキューブ列に注目し、空間平面の時と同様の操作を行う。ここで、操作コストは± c とする。

$n = 9$ とした場合の仮想トリップにおけるの操作コスト算出結果を表4に示す。Trip1,2は移動軌跡の差異が操作コストに表れている。また、Trip1,2とTrip3では時間、空間共に差異が見られる。操作コストは分割数 n に依存しており時空間の性質により n を適切に設定する必要があると思われる。

表-4 操作コスト結果

		ターゲットキューブ		
		Trip1	Trip2	Trip3
操作キューブ	Trip1	0	-8	-12+18c
	Trip2	8	0	12+18c
	Trip3	12-18c	-12-18c	0

※c:時空間相対コストパラメータ

情報配信前後の平日においてca001の出発にアルゴリズムを適用した。結果を表5に示す。ここで、位置データの取得間隔と位置誤差を考慮して、時間軸は1分毎、空間軸は500m分割した。

時間変容が最も大きいのが、1/29-1/2/6である。図4よりca001は、出発時刻の変容があまりみられないことから、同経路において2/6に比較的的道路状況が悪化したと考えられる。情報配信後に空間的な行動変

容に関する操作コストが高いことが確認できる。

表-5 時空間マトリクス(ca001)

	1/28	1/27	2/5	2/9	2/10	2/12	2/16	2/26	2/27
1/28	0	13c	55c	-8c	0	24+63c	13c	23+64c	28c
1/27	-13c	0	39c	-20c	-16c	24+47c	-2c	23+48c	17c
1/28	-47c	-31c	5c	-55c	-54c	24+11c	-31c	23+10c	-14c
1/30	-21c	-7c	35c	84c	-27c	-21c	24+43c	-7c	23+42c
2/2	-7c	8c	49c	76c	-13c	-6c	24+67c	2c	23+96c
2/3	-18c	-2c	38c	87c	-24c	-15c	24+46c	-2c	23+45c
2/4	-1-24c	-1-11c	-1+31c	-1+54c	-1-30c	-1-24c	24+33c	-1-11c	23+32c
2/5	-55c	-39c	0	19c	-63c	-62c	24+9c	-39c	23+7c
2/9	6c	20c	63c	92c	0	8c	24+71c	-8c	23-17c
2/10	0	18c	62c	91c	-8c	0	24+70c	21c	23+70c
2/12	-24-63c	-24-47c	-24-9c	-24+17c	-24-71c	-24-70c	0	-3-34c	-24-47c
2/16	-13c	2c	39c	69c	-21c	-15c	24+47c	0	23+48c
2/17	-24-56c	-24-40c	-24+1c	-24+23c	-24-64c	-24-63c	3c	-3-28c	-24-40c
2/18	-24-47c	-24-31c	-24+5c	-24+33c	-24-53c	-24-52c	16c	-3-16c	-24-31c
2/19	-24-55c	-24-39c	-24-5c	-24+23c	-24-63c	-24-62c	5c	-3-29c	-24-39c
2/20	-24-58c	-24-42c	-24-1c	-24+21c	-24-68c	-24-65c	3c	-3-29c	-24-42c
2/23	-2c	13c	56c	85c	-6c	0	24+64c	8c	23+63c
2/24	-24-74c	-24-58c	-24-13c	-24+8c	-24-82c	-24-81c	-11c	-3-45c	-24-58c
2/25	-24-62c	-24-47c	-24-11c	-24+17c	-24-70c	-24-69c	0	-3-33c	-24-48c
2/26	-23-64c	-23-48c	-23-7c	-23+17c	-23-70c	-23-69c	1+1c	-3-33c	-23-48c
2/27	-28c	-17c	22c	51c	-34c	-33c	24+30c	-17c	23+31c

■ 時間変容大 ■ 空間変容大 ■ 時間・空間変容大

表-6 平均コスト

		情報配信前	情報配信後
情報配信前		0	13+12c
情報配信後		12c	8

表6に操作コストの平均値を示す。情報配信前において時間・空間共に行動が安定している。一方、情報配信後は、時間・空間共に行動変容が確認できる。

4. まとめ

交通予報情報を携帯端末とPCに配信するというシステムを松山情報プローブパーソン調査に適用した。事後の結果として従来のパーソントリップ調査に比べて膨大な量のデータを取得した。事後の評価を行うにはデータを効率的に解析を行う必要がある。

そこで、本研究では、ドットデータを用いた行動変容の解析手法を提案した。時空間ネットワーク上のトリップの軌跡に着目し、時間と空間という異なる次元の関連性を見出せるのが本手法の特徴である。

結果として、交通予報情報配信前後における行動変容を視覚的、または定量的に示すことができた。

参考文献

- 1) 小島英史, 羽藤英二: プローブパーソンデータによるオンラインマッチングアルゴリズム, 第29回土木計画学研究発表会(春)講演集, CDROM, 2004.
- 2) 三谷卓摩, 羽藤英二: 被験者回答フローに着目したプローブパーソン調査システムの有効性, 第30回土木計画学研究発表会(秋)講演集(発表予定), 2004.