



スマートカードの利用履歴データを用いた公共交通利用者の選好特性分析

熊本大学 交通まちづくり研究室 宮崎一貴

1.背景と目的

公共交通利用者

- 熊本市全体において公共交通利用者が減少傾向
- 特にバスが著しく減少
- 熊本市電は微増

スマートカード

- スマートカードの発行枚数は**増加**傾向
- 熊本市内の公共交通事業者はスマートカードを導入
 - nimocaなどの全国相互利用交通系ICカード
 - くまモンのIC CARD(熊本地域振興ICカード)

→利用可能



熊本市交通局-でんでん nimoca ご利用ガイドより



くまモンのIC CARD-ICカードとはより

目的: 公共交通利用者を維持・増加させるために、時間的選好特性の変化を明らかにする

方法: **状態空間モデル**を用いて分析

効用関数の未知パラメーター
乗車の利用状況

→**状態**変数 x
→**観測**変数 y

→利用者個人を対象とした、長期的かつ連続的な要因分析を行う

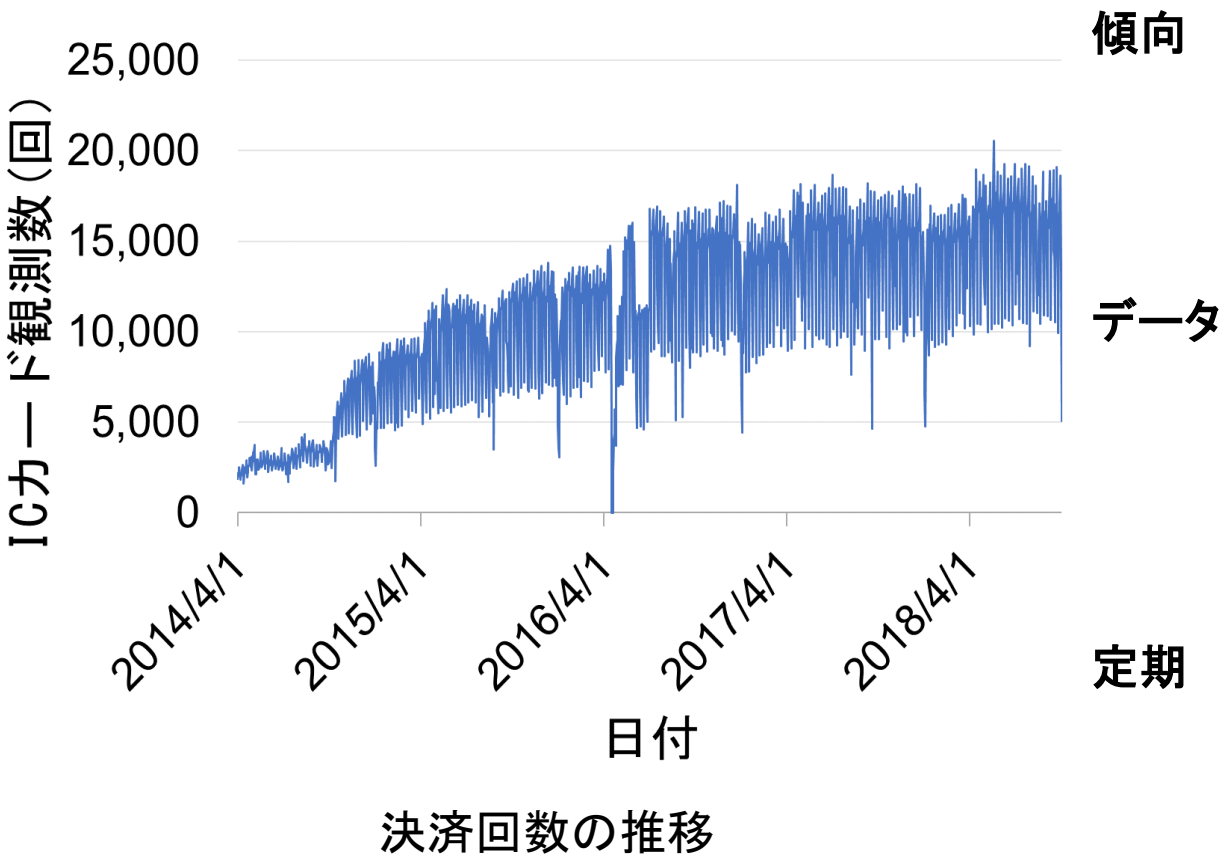
利用: 公共交通利用促進に向けたマイクロマーケティングなど交通政策、マーケティングを行う

2.利用データと概要

データの概要		熊本市交通局の沿革	
期間	2014/4/1～2018/9/30 (1,644日分)	時期	内容
種類	全国相互利用交通系ICカード (10種類)	2014/3/28	でんでんnimoca(全国相互利用交通系ICカード)
取得データ	ID, 利用日時, 定期の種類, 乗降電停, 決済, 運賃など	2014/10/1	IC定期券運用開始
		2015/8/7	熊本地域振興ICカードの運用開始
総ID数	1,187,464	2016/2/1	150円から170円に値上げ
		(2016/3/13)	バスで全国相互利用交通系ICカードが運用開始
		2016/4/14	熊本地震 (前震)
		2016/4/16-19	熊本地震の影響より運行取りやめ(一部を含め)

- ID, 利用日時, 決済種別の**3種類**のデータを分析する
- 1つのIDの利用者は1人の利用者と仮定
- IDより, カードの種類を判別

・対象期間において運賃の値上げがあり, サービスの変化が及ぼす影響を検討



導入当初はスマートカード利用者は少ない
IC定期券導入後から増加傾向
熊本地震の影響で一時的に減少
9月の三連休や正月付近に利用が減少

全利用者を分析は計算の都合上難しい
→10,000人にカード種別で層化抽出
→対象期間に18日以上(3ヶ月に1回程度)の
利用している利用者**697人**を分析の対象

非乗車日には定期の情報を得ることが出来ない
→将来の平日数日と比べ適宜補完

3.モデルの概要と推定手法

モデル

状態モデル

$$x_{i,t} = Fx_{i,t-1} + Gv$$

一次のマルコフ過程
線形モデル

観測モデル

$$y_{i,t} = \begin{cases} 0, & p_{i,t} < 1/2 \\ 1, & p_{i,t} \geq 1/2 \end{cases}$$

二項ロジットモデル

$$p_{i,t} = \left(\frac{e^{u_{i,t}}}{1 + e^{u_{i,t}}} \right)^{y_{i,t}} \left(\frac{1}{1 + e^{u_{i,t}}} \right)^{(1-y_{i,t})}$$

効用関数

$$u_{i,t} = H_{i,t}x_{i,t} + \omega$$

尤度関数

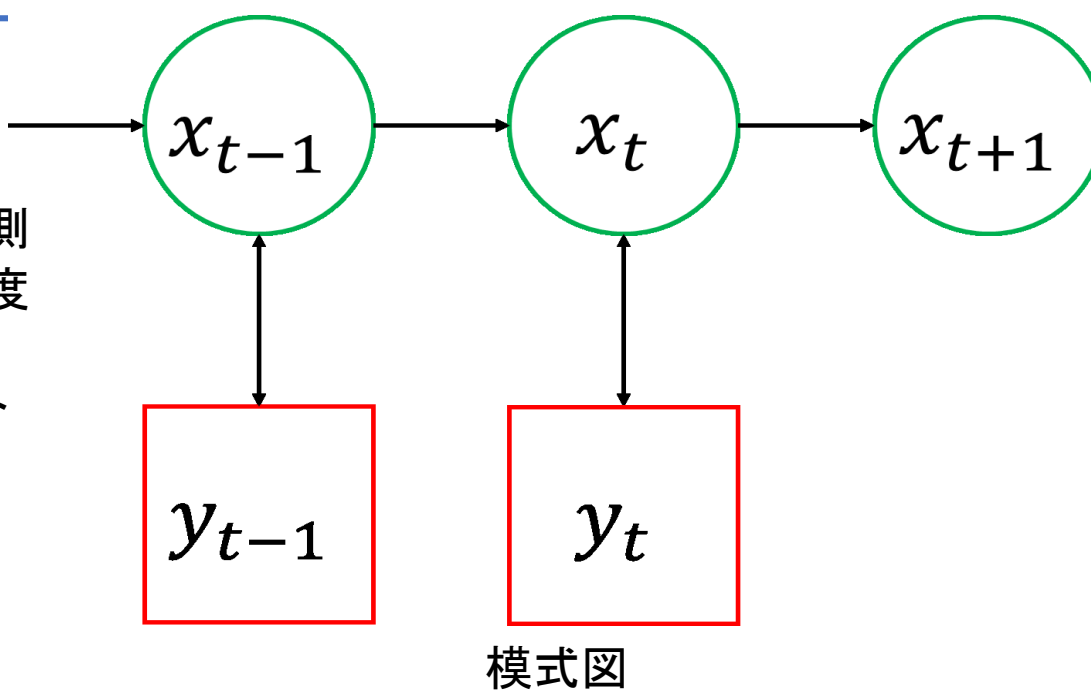
$$\ln(\theta_{i,t}) = \left(y_{i,t} \ln \left(\frac{e^{u_{i,t}}}{1 + e^{u_{i,t}}} \right) \right) + \left((1 - y_{i,t}) \ln \left(\frac{1}{1 + e^{u_{i,t}}} \right) \right)$$

状態ベクトルを用いた
線形効用関数

推定方法

粒子フィルターを用いて推定し平滑化する

- 初期値を生成
- 状態モデルを用いて状態ベクトルを予測
- 状態ベクトルを使って観測モデルの尤度関数に当てはめる
- 尤度が良いものを多く抽出し状態ベクトルを更新する
- 最終日まで繰り返す。2へ
- 北川アルゴリズムを用いて平滑化
- 得られた状態ベクトルの平均値を代表値とする



模式図

変数

$x_{i,t}$: **状態**変数, 効用関数の未知パラメータベクトル

(トレンド, 曜日トレンド, 雨など降雨, 一日平均気温, 祝日・盆・正月, 運賃, 定期)

$y_{i,t}$: **観測**変数, 乗車の有無のダミー変数

F, G : 構造を示す時不変係数ベクトル

$H_{i,t}$: 構造を示す時変係数ベクトル

v : ホワイトノイズ(標準正規分布)

ω : ホワイトノイズ(ガンベル分布)

状態変数(状態ベクトル) x

トレンド : 長期的な傾向を示す項目

曜日トレンド : 6つのダミー変数で表現, 1週間の周期性を持った傾向を示す項目

雨など降雨 : 雨天時の影響を示す項目

一日平均気温 : 1℃当たりの影響を示す項目

祝日・盆・正月 : 休日の影響を示す項目

運賃 : 1円当たりの影響を示す項目

定期 : 定期が与える影響を示す項目

観測変数 y

: t 日の乗車の有無を表すダミー変数(乗車日=1)

降車時間の降車日により判定

構造を示す事変係数ベクトル H

雨など降雨 : 気象庁のホームページより, 6時から18時までの間に1時間降水量が3mm以上なら1とするダミー変数

一日平均気温 : 気象庁のホームページより, 熊本市の1日の平均気温を小数点第1位まで

祝日・盆・正月 : 国民の休日, 8/13-16, 12/29-1/3が1としたダミー変数

運賃 : 原則均一運賃の150円, 170円の実数データ

定期 : 定期利用期間内を1とするダミー変数

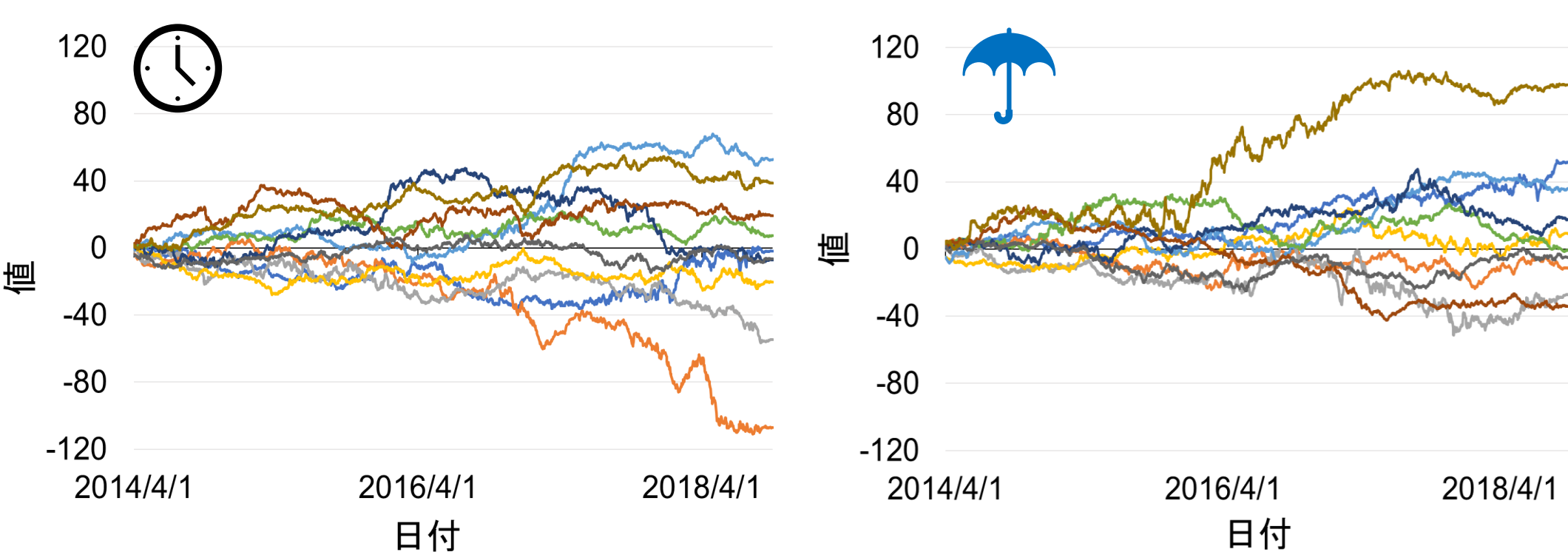
初期値 x_0

: 無情報事前分布を仮定したため, 平均0, 分散100の正規乱数を発生

4.推定結果と利用促進手法

状態変数の結果

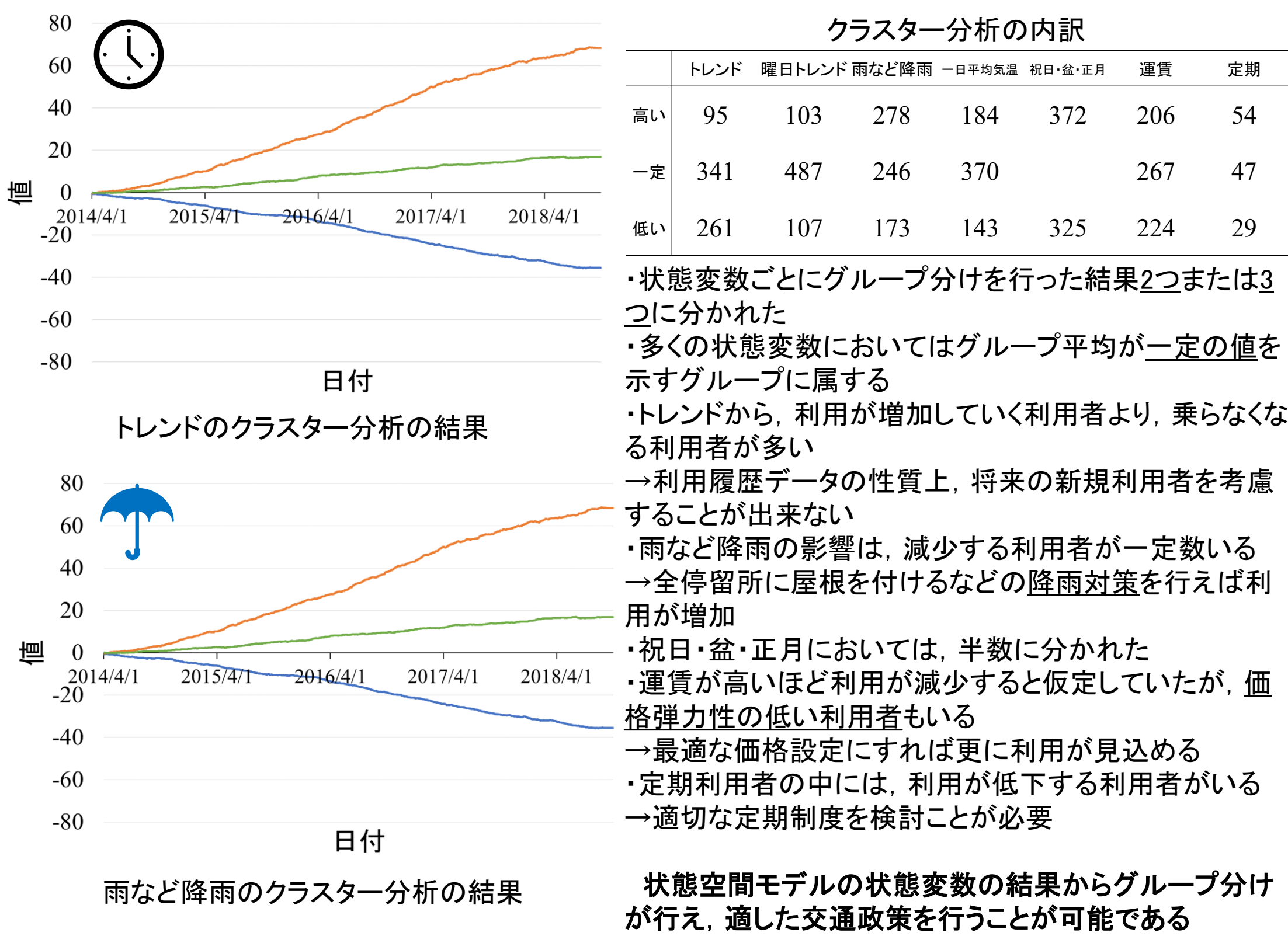
トレンドと雨など降雨の値の変化について利用者10人の結果を示す



トレンドの状態変数の推移

雨など降雨の状態変数の推移

- どちらの変数も時間経過とともに値が大きく変化している
- 多くのモデルはトレンドは定数または周期性を持ったものとして仮定するが, 状態空間モデルでは変化する値として得られ, その地点ごとに影響が分かる
- 10人の中で利用が見込められなくなる人や, 雨天時は利用が見込まれる人などの特徴が大きく現れている
- 利用者があり, 状態空間モデルを用いて特徴のある要因に分けることが出来たと言える
- 今回抽出した利用者の多くはなだらかに変化している
- 利用者の値の変化や値の大きさなどで増加, 横ばい, 低下などのグループ分けが可能であると考えられる
- 時間変化を考慮した**グループ分け**
- 動的時間伸縮法(DTW)**と**クラスター分析(ward法)**を用いて分析
- 動的時間伸縮法は, 波形の値が近いか判定する手法であり, 近い組み合わせほど類似度 D が小さい
- ・クラスター分析より類似度 D が小さいもの同士をグルーピングしていく



クラスター分析の内訳

	トレンド	曜日トレンド	雨など降雨	一日平均気温	祝日・盆・正月	運賃	定期
高い	95	103	278	184	372	206	54
一定	341	487	246	370		267	47
低い	261	107	173	143	325	224	29

- ・状態変数ごとにグループ分けを行った結果**2つまたは3つ**に分かれた
- ・多くの状態変数においてはグループ平均が一定の値を示すグループに属する
- ・トレンドから, 利用が増加していく利用者より, 乗らなくなる利用者が多い
- 利用履歴データの性質上, 将来の新規利用者を考慮することが出来ない
- ・雨など降雨の影響は, 減少する利用者が一定数いる
- 全停留所に屋根を付けるなどの降雨対策を行えば利用が増加
- ・祝日・盆・正月においては, 半数に分かれた
- ・運賃が高いほど利用が減少すると仮定していたが, **価格弾力性の低い利用者**もいる
- 最適な価格設定にすれば更に利用が見込める
- ・定期利用者の中には, 利用が低下する利用者がある
- 適切な定期制度を検討が必要

状態空間モデルの状態変数の結果からグループ分けが行え, 適した交通政策を行うことが可能である

5.まとめ

- ・状態空間モデルを用いて状態推定を行った
- ・利用者それぞれ異なる値を示し, 異質性を示すことが出来た
- ・利用者のグループ分けが可能であり, ターゲット層を絞ることが出来た
- ・ターゲットの傾向から交通政策について検討出来た
- ・状態空間モデルを用いた分析の可能性

今後の課題

- ・収束の有無などの本モデルの評価
- ・状態推定手法の精度向上
- ・パラメータ推定や自己組織化などのモデル構造に関する検討
- ・得られた結果から考えられる政策案や有効性についての検討