［発表者：福田・塚井・兵藤］

モバイル空間統計による全国移動実態分析（2020年1月～5月）

（共同研究チーム）

大学　：有村幹治・佐々木邦明・瀬谷創・塚井誠人・原祐輔・
兵藤哲朗・福田大輔・円山琢也・柳沼秀樹・山口裕通

ドコモ・インサイトマーケティング：鈴木俊博・浅野礼子・斧田佳純

モバイル空間統計

“いつ” “どんな人が” “ドコから” “ドコに” 動いたかが分かる**人口統計**

©ドコモ・インサイトマーケティング

今回の共同研究で用いたモバ空データの仕様

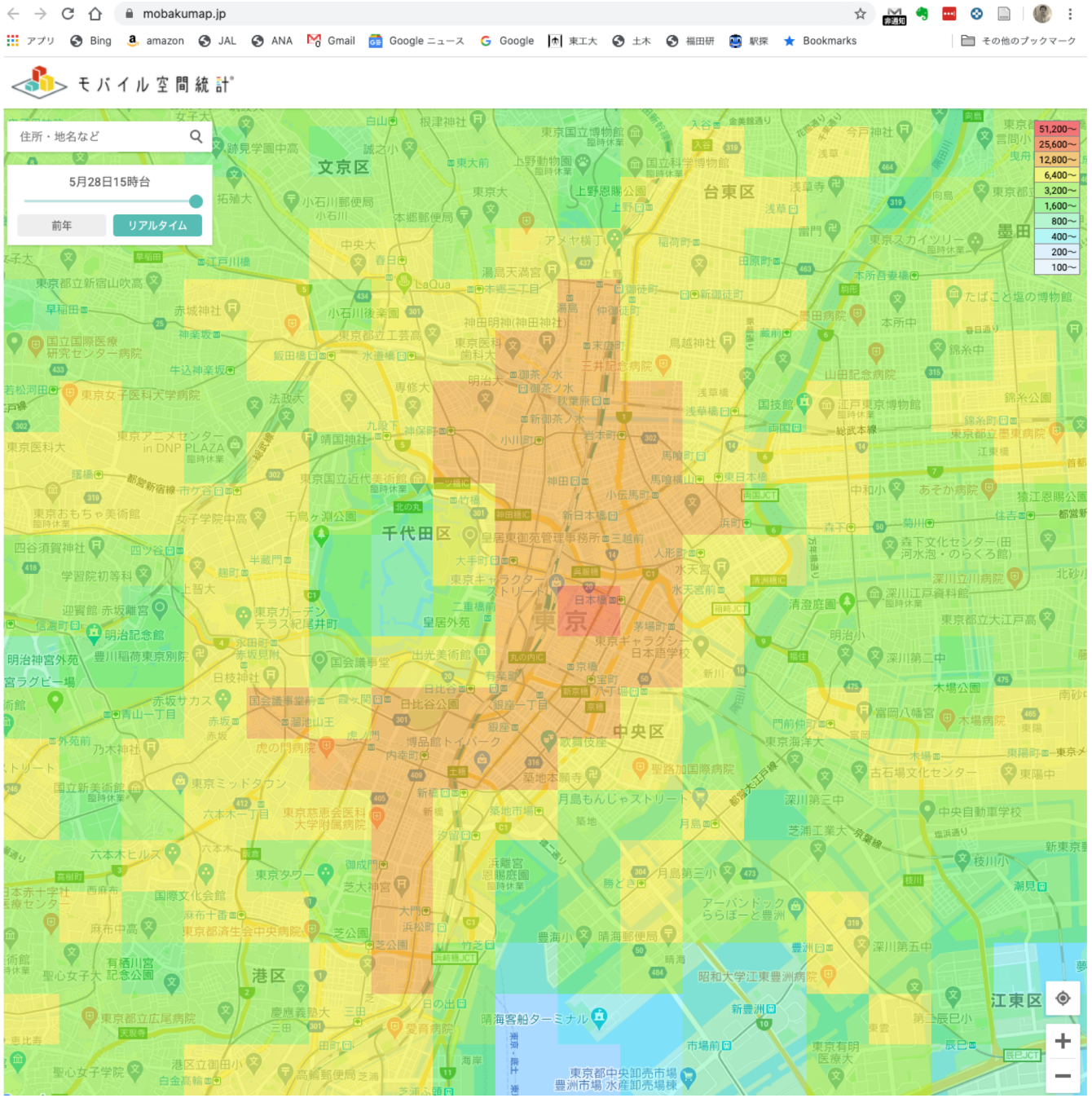
期間：2020/1/1～5/31

空間単位：
500mメッシュ×全国

時間単位：　1時間

付与属性(4様式)：
1. なし
2. 性・年齢階層別
(10歳単位)
3. 居住都道府県別
4. 居住市区町村別

約46万×150日×24時間
（×属性条件数）
※圧縮バイナリ形式でも
約60GBのデータサイズ

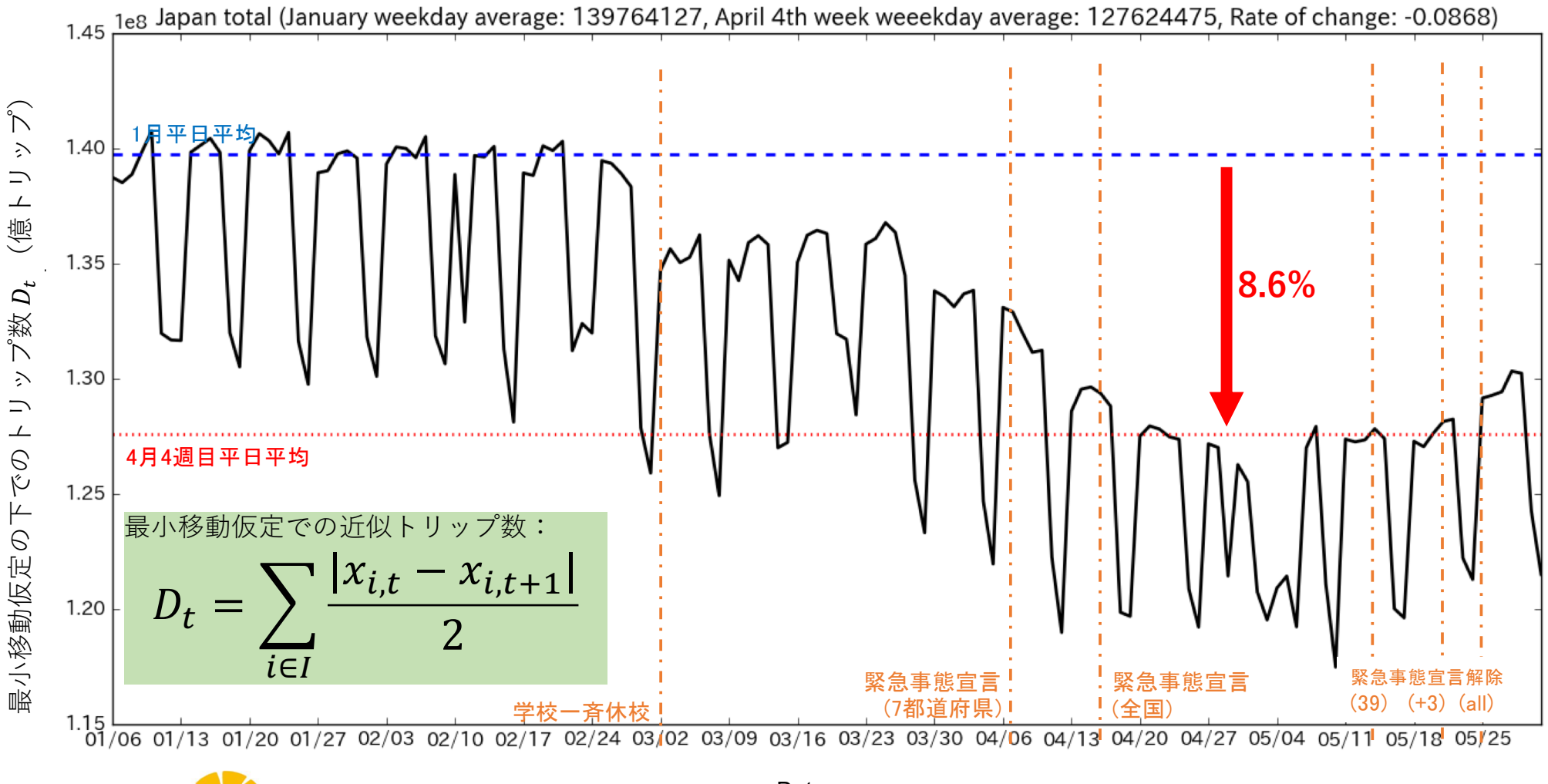


2020/5/27より一般公開
https://mobakumap.jp

※メッシュ単位で秘匿がかかったデータを都道府県単位や地域毎に合算しており誤差を含む

⇒大学メンバーで対象範囲や内容を適宜分担し，4月中旬より並行して分析を実施

日本全体の近似トリップ数の推移(8.6%減少)

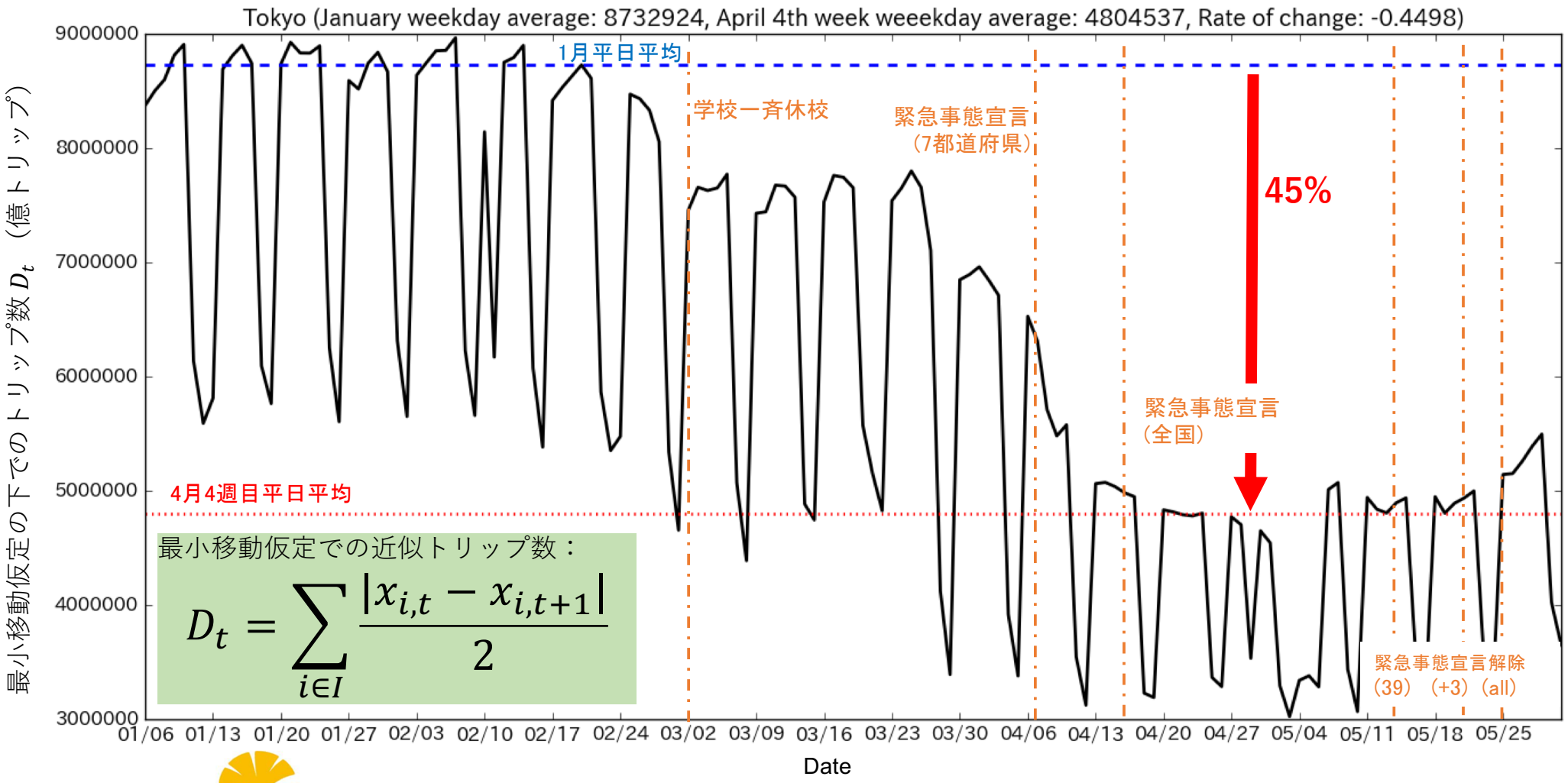


原（東大AIセンター）

東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO

Next Generation Artificial Intelligence Research Center
次世代知能科学研究センター

東京都の近似トリップ数の推移(45%減少)

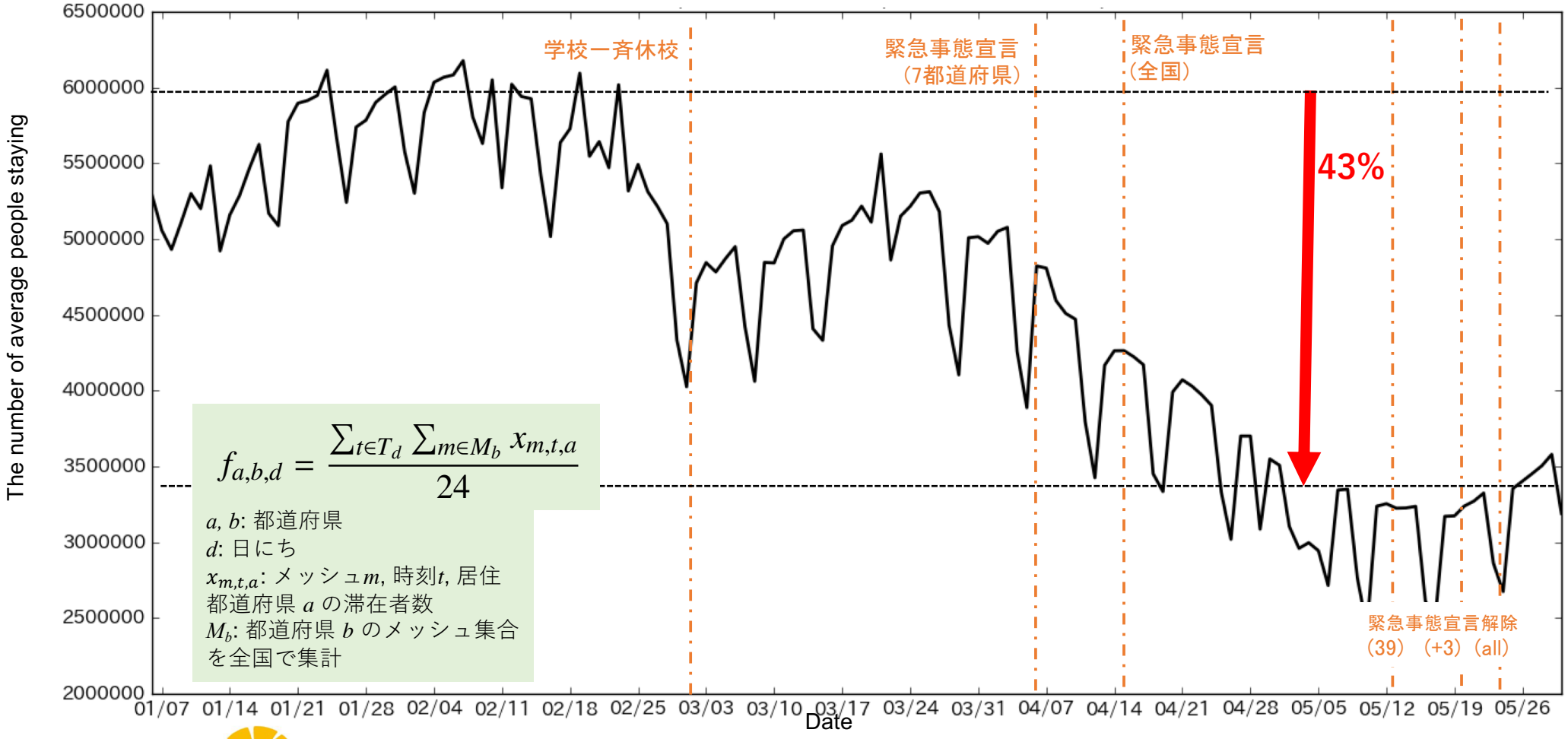


最小移動仮定での近似トリップ数：

$$D_t = \sum_{i \in I} \frac{|x_{i,t} - x_{i,t+1}|}{2}$$

原（東大AIセンター）

都道府県間近似フロー(全国の県外平均滞在人数)の推移(ピーク時比較で43%減少)



$$f_{a,b,d} = \frac{\sum_{t \in T_d} \sum_{m \in M_b} x_{m,t,a}}{24}$$

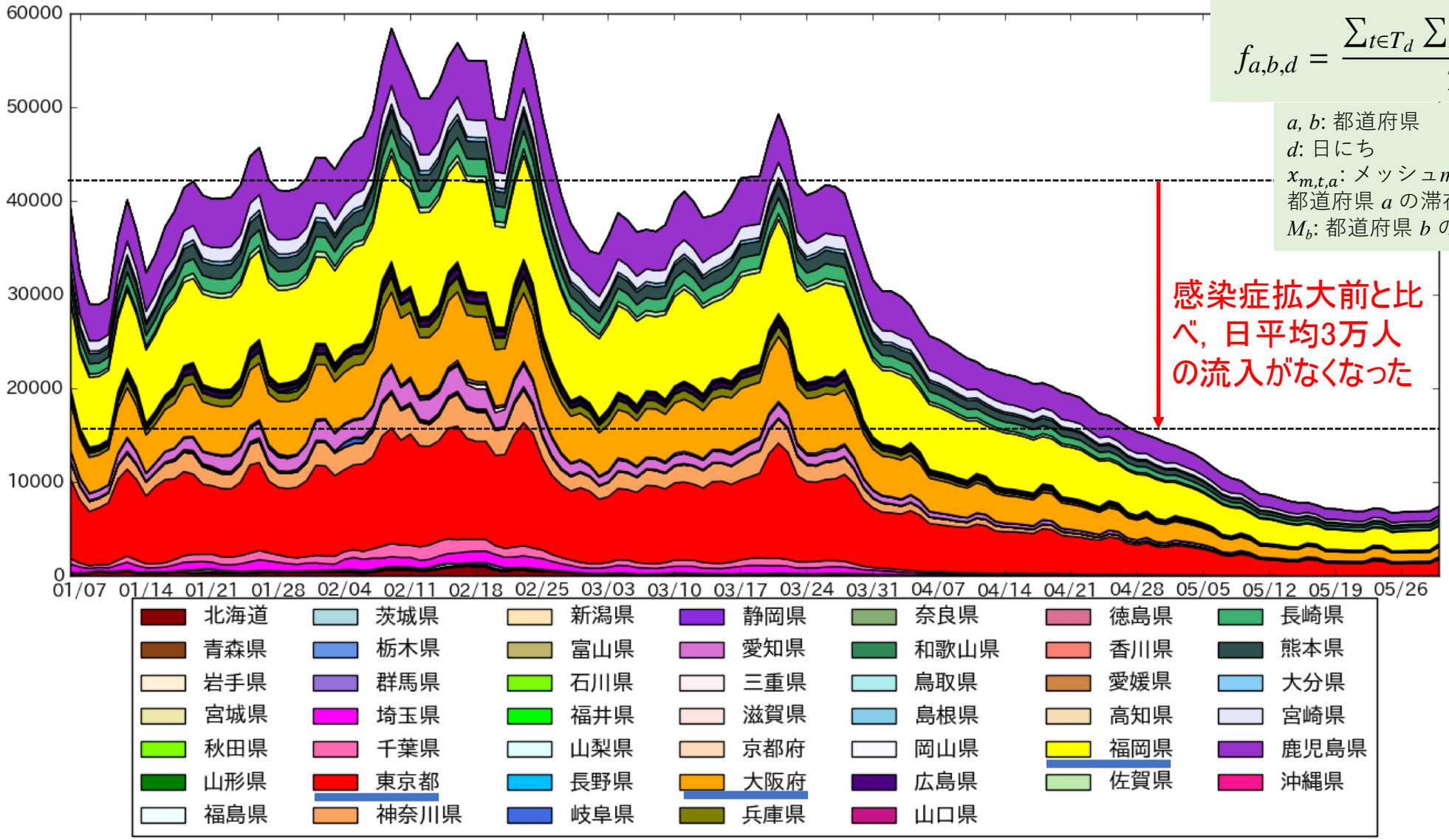
a, b: 都道府県
d: 日にち
$x_{m,t,a}$: メッシュm, 時刻t, 居住都道府県 a の滞在者数
M_b: 都道府県 b のメッシュ集合を全国で集計

原（東大AIセンター）

他県から沖縄県への日平均流入滞在者数

$$f_{a,b,d} = \frac{\sum_{t \in T_d} \sum_{m \in M_b} x_{m,t,a}}{24}$$

a, b: 都道府県
d: 日にち
$x_{m,t,a}$: メッシュm, 時刻t, 居住都道府県 a の滞在者数
M_b: 都道府県 b のメッシュ集合



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

原（東大AIセンター）

東京都居住者の各県滞在人数のトレンド推定

モバイル空間統計を集計し
人口が一致するように補正して
毎日15時時点の滞在人数推計

右式を観測式に用いて推計された滞在人数の変動を4つの項に分解（カルマンフィルタ）

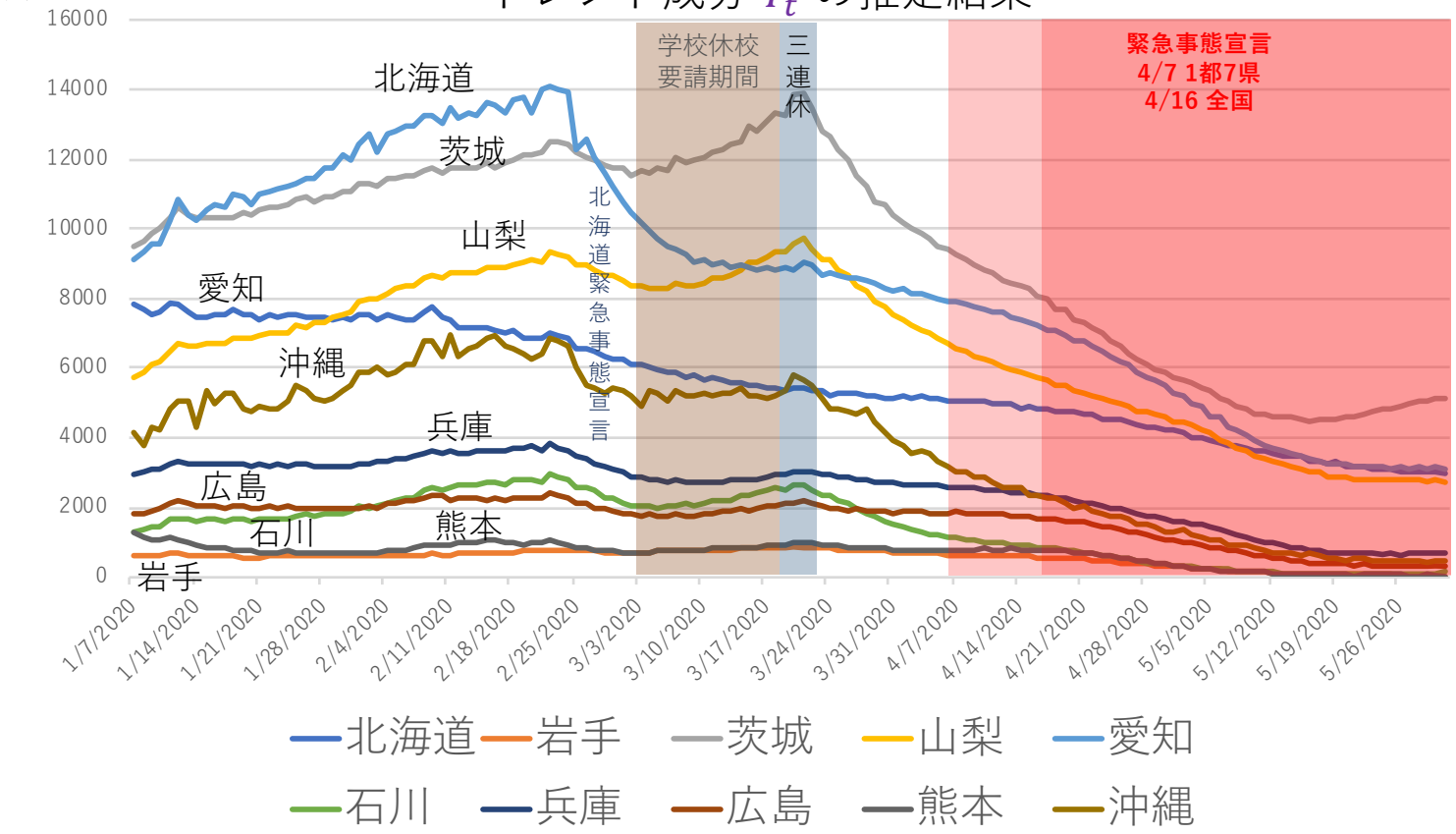
$$y_t = T_t + S_n + A_n + R_n$$

推定滞在人数　トレンド　曜日変動　自己回帰　残差

	ピーク日からの減少率	ピーク日
北海道	62.1%	1月11日
岩手	94.4%	3月20日
茨城	67.8%	3月21日
山梨	71.8%	3月21日
石川	96.7%	2月22日
愛知	77.9%	2月22日
兵庫	83.0%	2月22日
広島	86.4%	2月22日
熊本	96.1%	1月 7日
沖縄	93.9%	2月11日

近隣県は定常的な居住や移動の影響で減少率が低い
北海道は短期的な変動が大きいが，トレンドは漸減
多くの地域で3月中旬以降は短期的な変動が減少

トレンド成分 T_t の推定結果



※最小移動仮定によるトリップではなく滞在人口データであるため定常的滞在者等の影響が含まれることに注意

山梨大学
UNIVERSITY OF YAMANASHI

佐々木(早大)・秦(山梨大)

関東市区町村別移動人数・移動距離：塚井他（広大）

- 500mメッシュ13時滞在人数を市区町村別に集計
- 居住地～滞在地（市区町村）OD表作成
- 発着地ベースの平均移動距離を算出

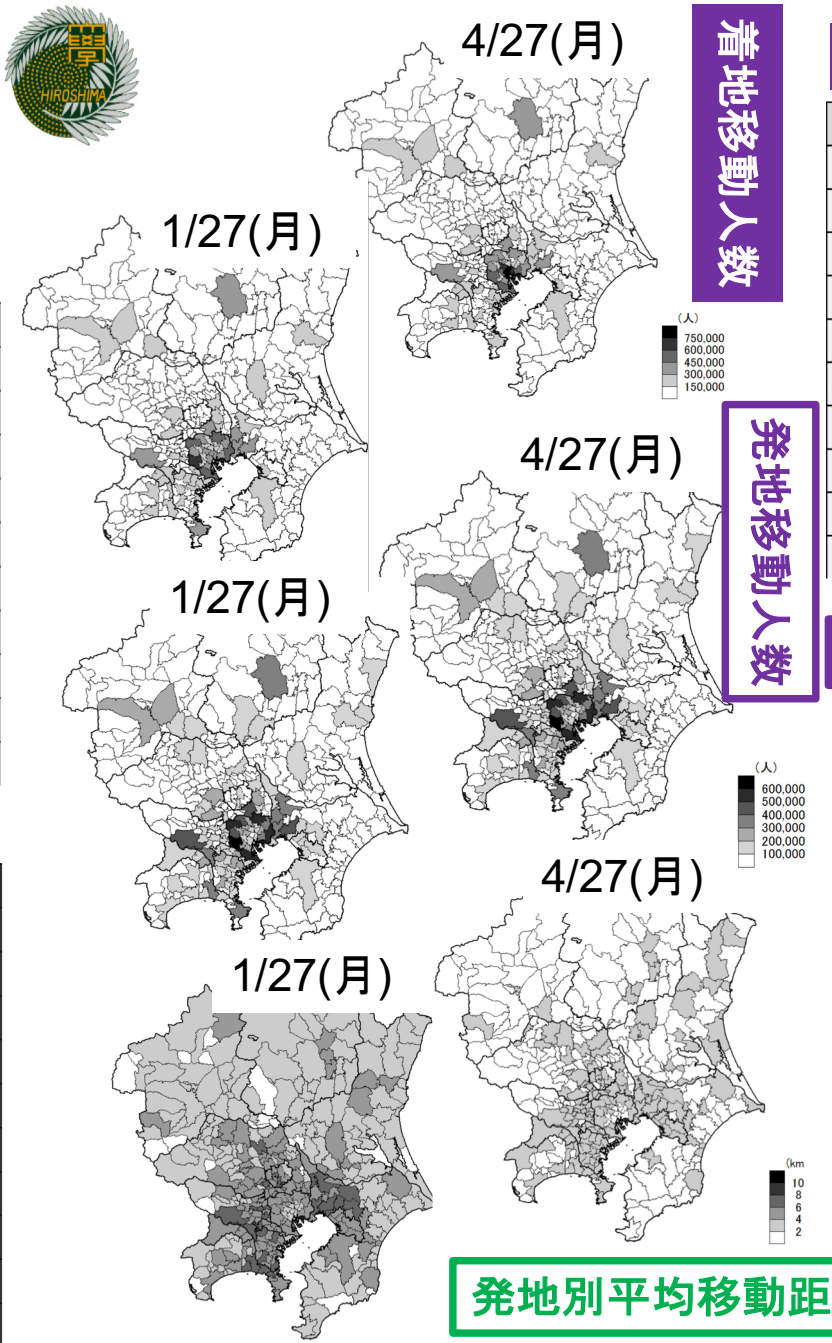
- 着地移動人数は都心部で減少，一部都心西部で増加？
- 発地移動人数は大きな変化なし
- 着地平均移動距離は，広域集客施設のある市町で大幅減
- 発地平均移動距離は郊外と中山間地域で大幅減

着地平均移動距離

市町村	減少率
千葉県浦安市	−90%
東京都大田区	−78%
茨城県笠間市	−70%
栃木県芳賀郡茂木町	−68%
神奈川県川崎市多摩区	−63%
神奈川県川崎市幸区	−63%
東京都杉並区	−62%
東京都文京区	−61%
群馬県利根郡みなかみ町	−61%
千葉県木更津市	−61%

発地平均移動距離

市町村	減少率
群馬県利根郡片品村	−84%
東京都西多摩郡奥多摩町	−76%
群馬県利根郡みなかみ町	−76%
神奈川県三浦郡葉山町	−74%
埼玉県比企郡鳩山町	−71%
埼玉県秩父郡長瀞町	−71%
栃木県塩谷郡塩谷町	−70%
埼玉県入間郡越生町	−70%
群馬県吾妻郡中之条町	−69%
群馬県利根郡昭和村	−66%



発地別平均移動距離

着地移動人数減少率

市町村	減少率
東京都千代田区	−57%
東京都港区	−48%
東京都中央区	−47%
東京都渋谷区	−41%
東京都新宿区	−37%
神奈川県横浜市西区	−35%
東京都文京区	−23%
東京都豊島区	−19%
埼玉県さいたま市大宮区	−18%
東京都台東区	−17%

発地移動人数減少率

市町村	減少率
群馬県甘楽郡南牧村	−15%
神奈川県足柄下郡箱根町	−2%
東京都八王子市	−1%
東京都新宿区	−1%
千葉県夷隅郡大多喜町	0%
神奈川県平塚市	0%
千葉県八千代市	0%
東京都小平市	0%
東京都足立区	0%
神奈川県藤沢市	0%

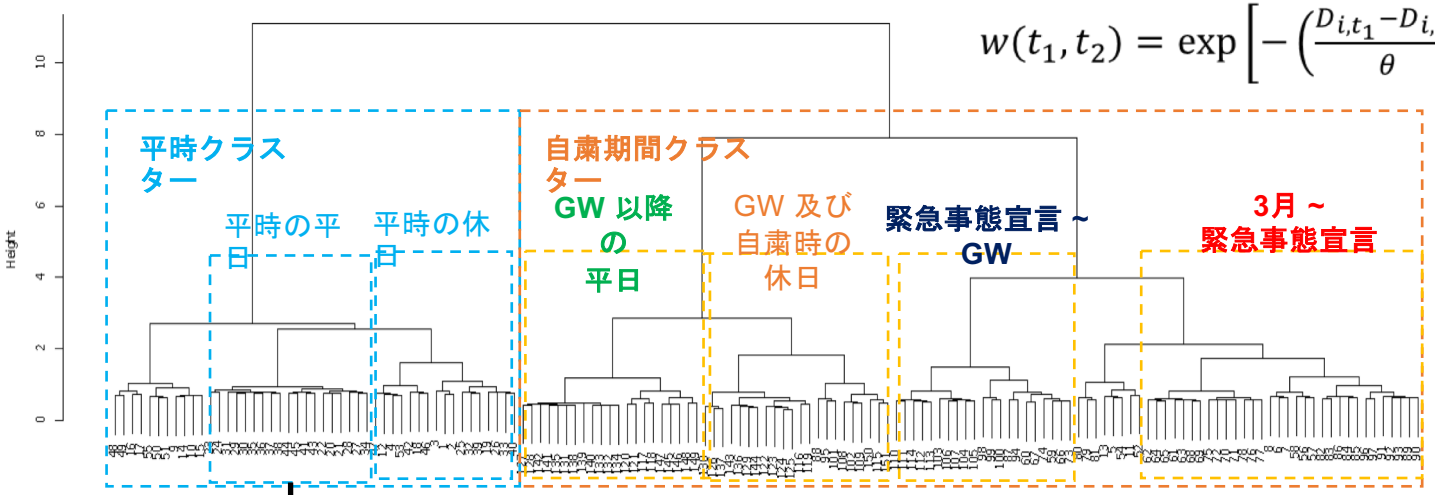
南関東のOD類似性の分析：

福田・壇辻（東大 & 東工大）

- 日間OD類似性指標に基づくクラスタリング
- クラスタ別のOD交通量変化率を算出

$$\text{OD類似性} = \frac{\sum_{i \in A(G_{t_1} \cup G_{t_2})} w_i(t_1, t_2)}{M(G_{t_1} \cup G_{t_2})}$$

$$w(t_1, t_2) = \exp\left[-\left(\frac{D_{i,t_1} - D_{i,t_2}}{\theta}\right)^2\right]$$



クラスタ別に茨城を除く14地域で集計して，感染前平日の平均ODからの変化率を算出

$$\text{各要素の変化率} = \frac{\text{平時の総需要に対する割合} - \text{対象クラスターの総需要に対する割合}}{\text{平時の総需要に対する割合}}$$

- **内内トリップは，3月以降は継続的に多い．**
- **緊急事態宣言後は東京都区部流入大幅減＆GW後も継続．**
- **３月～緊急事態宣言～GWは東京～千葉の流動多→GW後**

3月～緊急事態宣言クラスター

	東京区	東京多	横浜市	川崎市	神奈川	相模原	さいた	埼玉南	埼玉北	千葉市	千葉西	千葉西	千葉東
東京区部	0%	10%	19%	7%	9%	26%	14%	1%	6%	32%	18%	-14%	-21%
東京多摩部	18%	1%	9%	6%	7%	5%	23%	1%	-7%	55%	56%	-13%	-40%
横浜市	19%	9%	2%	5%	12%	34%	26%	-2%	-22%	59%	65%	-23%	-31%
川崎市	14%	3%	5%	-4%	10%	32%	27%	-1%	-19%	60%	67%	-17%	-70%
神奈川	27%	16%	12%	18%	1%	8%	16%	-7%	-23%	42%	58%	-14%	11%
相模原市	21%	5%	17%	20%	3%	1%	8%	-3%	-17%	37%	66%	-29%	-10%
さいたま市	17%	22%	25%	13%	-15%	-4%	-3%	3%	8%	46%	45%	15%	4%
埼玉南部	12%	4%	3%	[illegible]	12%	9%	-2%	8%	8%	45%	18%	-17%	-11%
埼玉北部	27%	5%	10%	10%	-21%	-15%	12%	11%	1%	15%	11%	5%	-11%
千葉市	19%	22%	33%	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2%	8%	-2%	17%
千葉西北部	14%	28%	27%	18%	-10%	4%	23%	3%	1%	10%	-2%	1%	2%
千葉西南部	36%	16%	31%	-89%	-7%	-7%	19%	1%	2%	13%	34%	1%	1%
千葉東部	38%	3%	1%	-6%	-4%	18%	-4%	-21%	-33%	23%	11%	24%	1%

東京区部への流入は宣言後に激減

緊急事態宣言～GW クラスター

	東京区	東京多	横浜市	川崎市	神奈川	相模原	さいた	埼玉南	埼玉北	千葉市	千葉西	千葉西	千葉東
東京区部	0%	25%	56%	27%	27%	46%	52%	6%	13%	66%	31%	-76%	-39%
東京多摩	68%	[illegible]	27%	21%	29%	14%	57%	2%	4%	57%	78%	-14%	-38%
横浜市	70%	25%	[illegible]	25%	36%	67%	47%	7%	2%	67%	85%	-61%	-8%
川崎市	59%	12%	[illegible]	-12%	69%	66%	55%	2%	-2%	78%	85%	-68%	-44%
神奈川	76%	39%	37%	[illegible]	-4%	16%	32%	1%	11%	45%	79%	2%	20%
相模原市	72%	15%	59%	61%	15%	-6%	36%	-3%	[illegible]	44%	[illegible]	[illegible]	[illegible]
さいたま市	71%	56%	66%	68%	0%	5%	-9%	19%	[illegible]	34%	74%	[illegible]	[illegible]
埼玉南部	54%	16%	65%	64%	5%	11%	24%	-7%	32%	75%	34%	-23%	4%
埼玉北部	76%	21%	31%	28%	17%	8%	37%	28%	4%	26%	40%	45%	35%
千葉市	72%	38%	60%	62%	8%	4%	40%	11%	1%	6%	23%	3%	40%
千葉西北	60%	59%	69%	72%	12%	9%	66%	17%	9%	30%	7%	[illegible]	11%
千葉西南部	79%	26%	41%	-24%	19%	10%	23%	18%	34%	35%	63%	-3%	[illegible]
千葉東部	60%	27%	30%	8%	20%	18%	26%	6%	31%	53%	27%	39%	[illegible]

赤(移動割合増)⇄青(移動割合減)

都内→千葉増加

GW 以降の平日 クラスター

	東京区	東京多	横浜市	川崎市	神奈川	相模原	さいた	埼玉南	埼玉北	千葉市	千葉西	千葉西	千葉東
東京区部	-1%	29%	61%	32%	60%	58%	56%	9%	33%	68%	33%	45%	10%
東京多摩部	59%	5%	26%	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	20%	70%	83%	29%	37%
横浜市	66%	31%	-6%	33%	37%	60%	58%	56%	42%	73%	89%	36%	51%
川崎市	56%	14%	17%	-11%	72%	69%	65%	25%	45%	81%	88%	3%	48%
神奈川	76%	47%	36%	62%	-4%	15%	47%	34%	45%	51%	85%	44%	61%
相模原市	71%	16%	59%	61%	15%	-5%	57%	19%	41%	60%	88%	24%	49%
さいたま市	66%	62%	71%	72%	44%	12%	-8%	18%	17%	68%	79%	54%	78%
埼玉南部	50%	16%	73%	69%	42%	21%	25%	-6%	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
埼玉北部	77%	25%	50%	36%	52%	26%	37%	29%	4%	45%	45%	52%	75%
千葉市	68%	54%	66%	67%	52%	54%	46%	26%	31%	5%	24%	-1%	37%
千葉西北部	56%	70%	76%	76%	54%	34%	69%	19%	13%	30%	-6%	1%	10%
千葉西南部	82%	59%	58%	8%	58%	20%	33%	36%	45%	30%	70%	-3%	6%
千葉東部	70%	5[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	82%	42%	3%

GW以降は減少

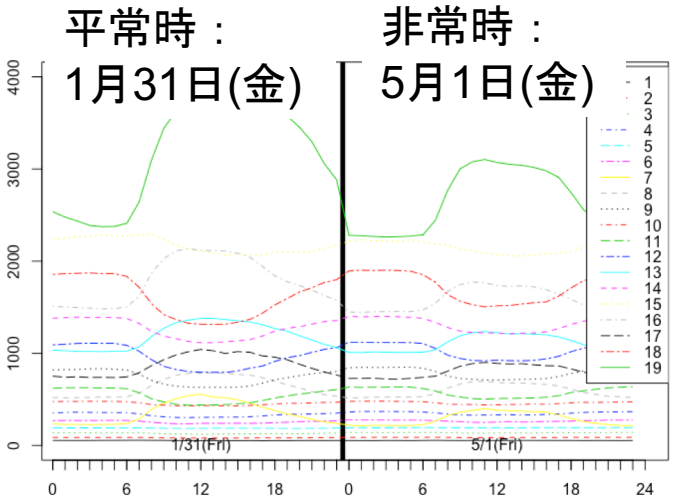
引き続き多い

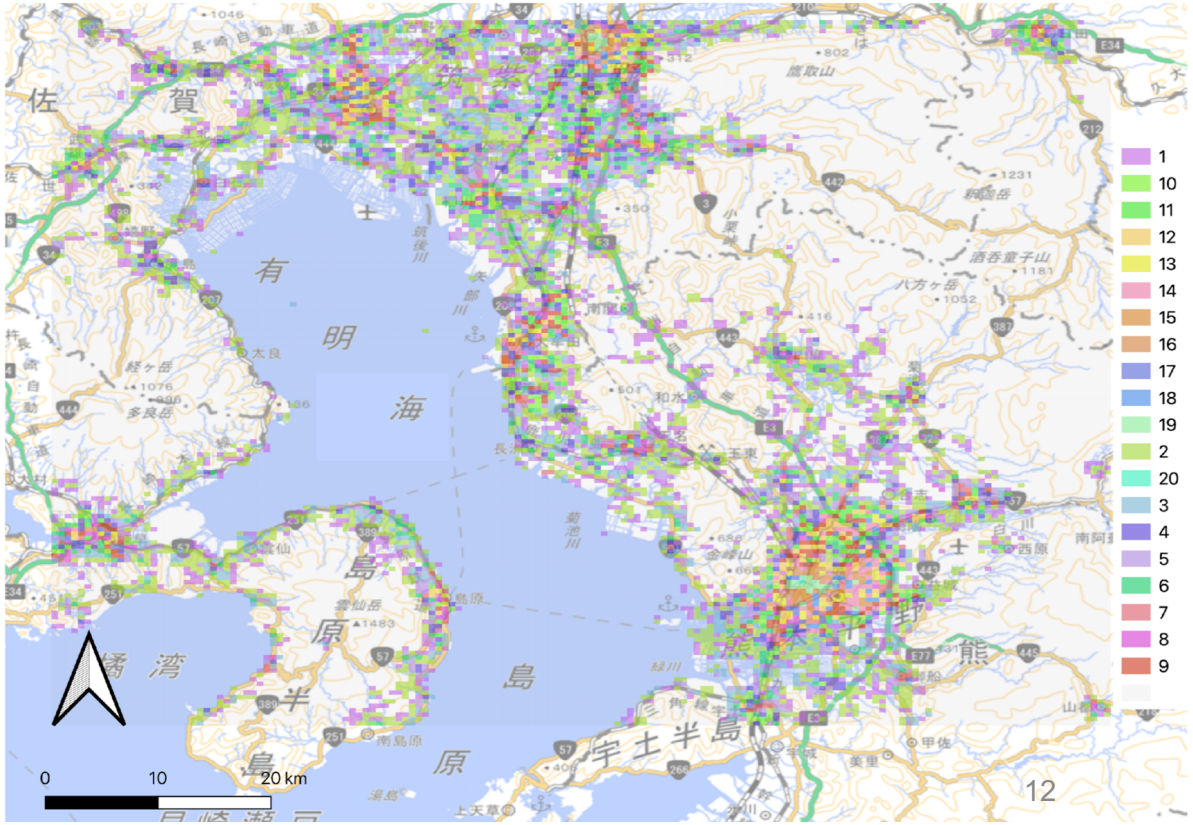
GW以降も引き続き少ない

有明海沿岸のクラスタ分析：円山（熊大）

- 500メッシュをサンプルとする
- 平常時・異常時各24時刻の滞在者数を属性としてパターン分類
- 抽出条件：1/31終日で20名以上滞在／18934
- Word法で20クラスタを抽出
- 異常時／平常時パターンの変化とクラスタ別の立地特性を考察

感染拡大前-1月31日(金),
感染拡大後-5月1日(金)





感染前：1/31（金）と
同拡大後：5/1（共に金）を比較：

- **郊外商業は昼間ピーク減**
- **大学メッシュは同一クラスタに**

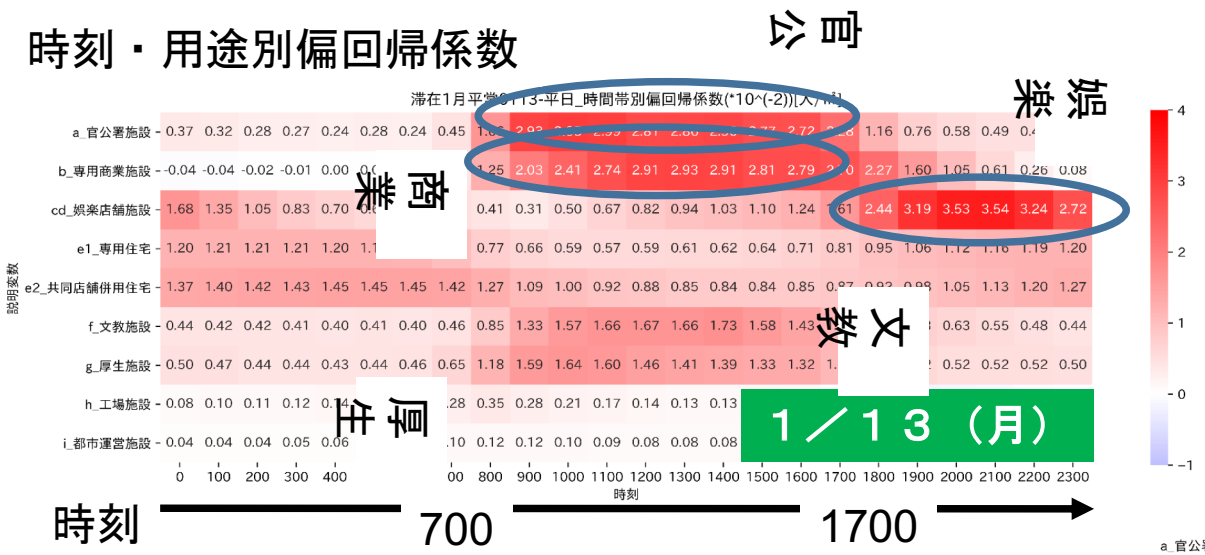
→昼間ピークが低下

- **中高層住宅地，および住宅地クラスタでは昼間人口低下が緩やかに.**

札幌都市圏の重回帰：有村（室工大）

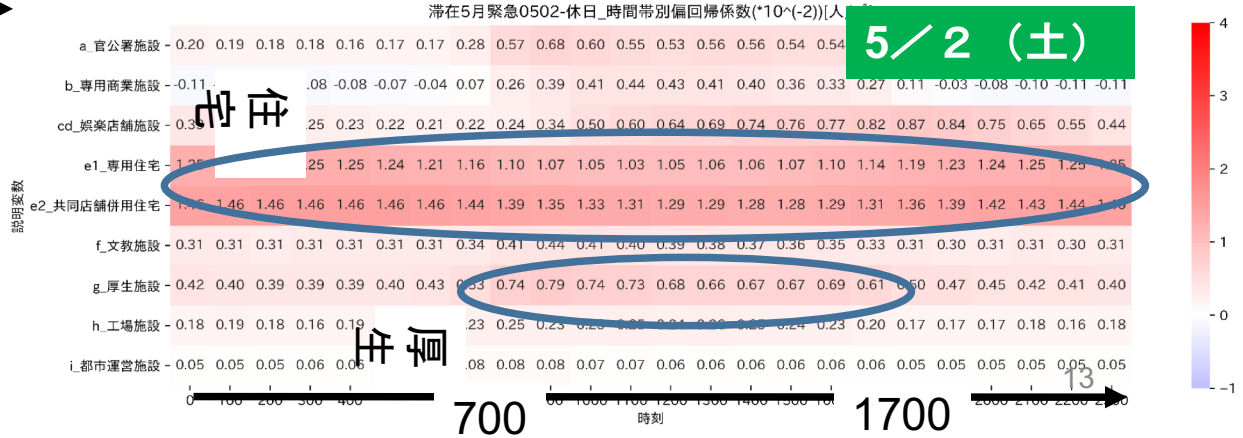
- 目的変数：時刻別のメッシュ滞在人口
- 説明変数：建物用途別延床面積の合計値[m^2]

時刻・用途別偏回帰係数



- 抽出条件：時刻別500mメッシュ滞在者数（＝サンプル）＞100.
- 偏回帰係数によって滞在地点の建物用途と滞在者数の関係を分析.
- 決定係数は全時刻で0.8以上.
- 日中は0.9を超えることも.
- １月は日中は官公庁，商業，文教，構成施設の滞在者数が多い.
- ５月GWは低層・高層住宅で全日多.
- 厚生の滞在者数多，文教は減少.

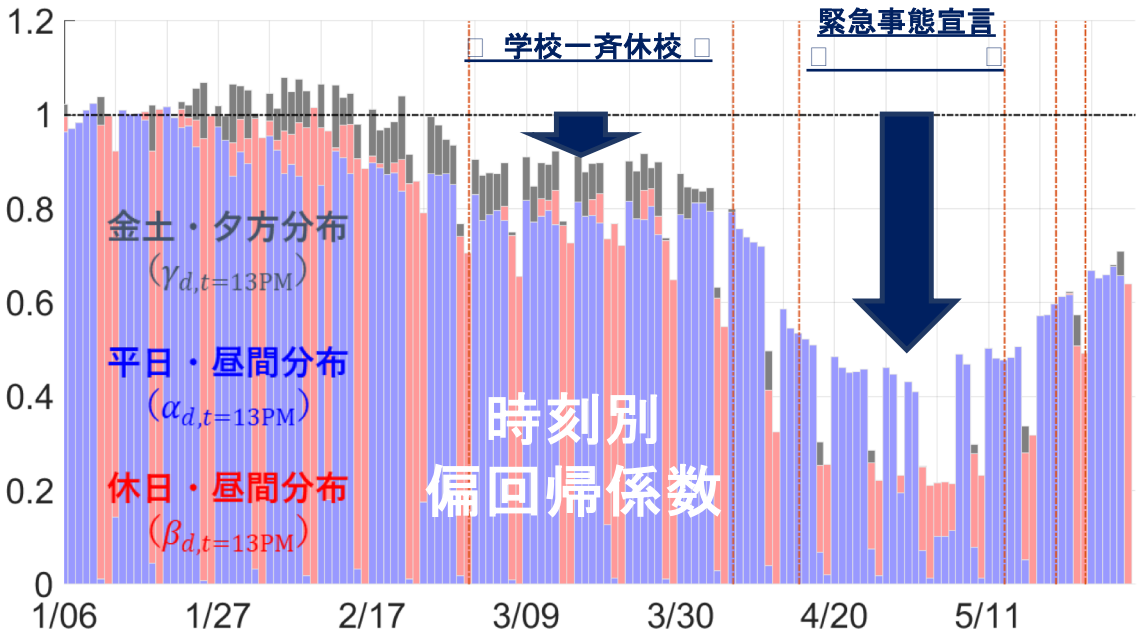
時刻・用途別偏回帰係数

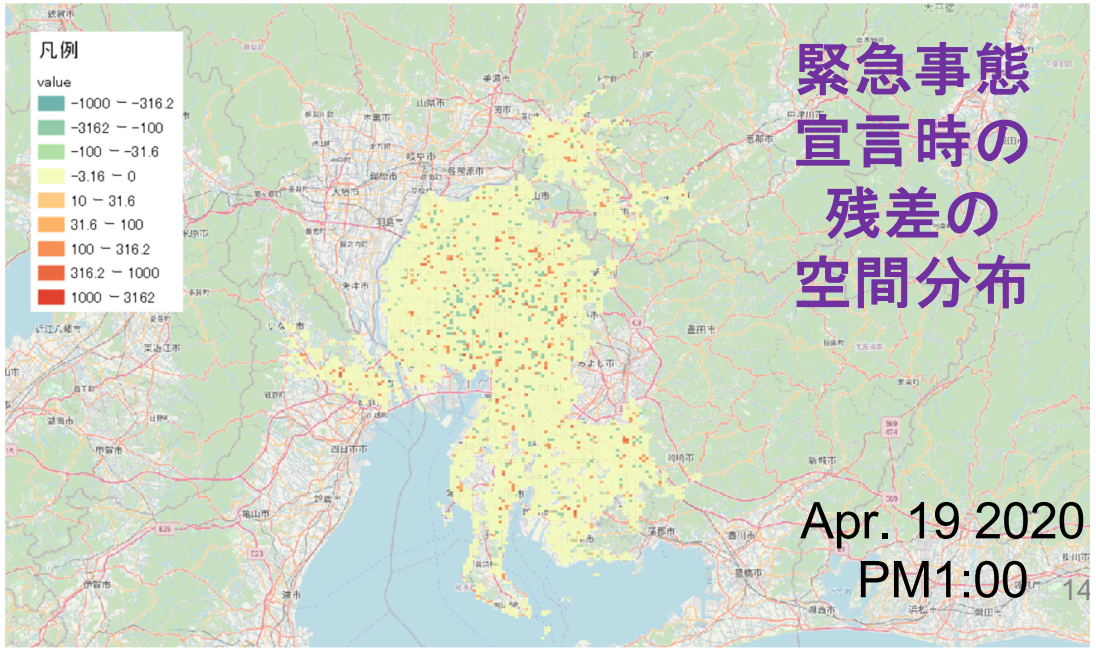


平日1月の通常期と緊急事態宣言時＝５月GWを比較すると，
『専用商業施設・12～15時』で46%減
『娯楽店舗施設・19～22時』で69%減

名古屋都市圏の重回帰：山口他（金沢大）

- 目的変数：時刻別メッシュ滞在人口の昼夜差分＝昼間－夜間
- 説明変数（滞在基底）：感染前の時刻別平日・休日・昼間のメッシュ滞在人口の昼夜差分＝昼間－夜間
- 偏回帰係数の合計≒１　→　通常状態
- １からの減分　→　外出抑制量を表す
- 残差は空間平均から外れた傾向を表す



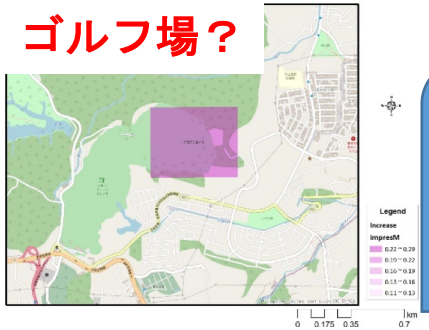


- 学校一斉休校で平日-10%，休日-20%.
- 緊急事態宣言で平日-50%，休日-70%.
- 正の残差＝期待値ほど減らない場所：県庁・市役所，物流拠点，大型SS（休日）
- 負の残差＝期待値以上に減る場所：名古屋駅，大学立地点

関西圏のCausal Impact分析：瀬谷（神戸大）

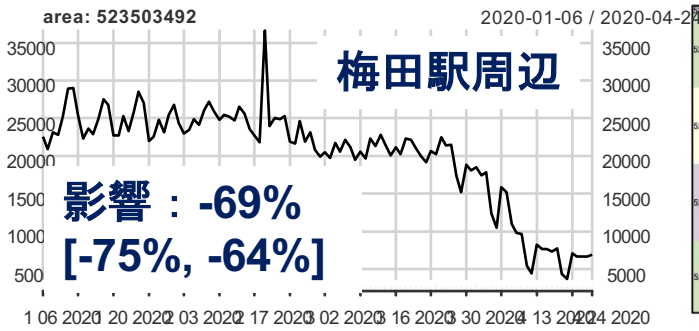
- Causal Impact：Brodersen et al. (2015)＝時系列分析：トレンド・自己回帰・曜日効果を算出.
- 抽出条件：1/6～2/1の全時刻＞20名
- 1/6 - 2/29（事前）のメッシュ滞在者数（差分絶対値）でモデル推定して，4/07 - 4/24（事後）の滞在数を予測.
- **負の影響：信頼区間上限が事後平均の-5%以下**
- **正の影響：信頼区間下限が事後平均の+5%以上**

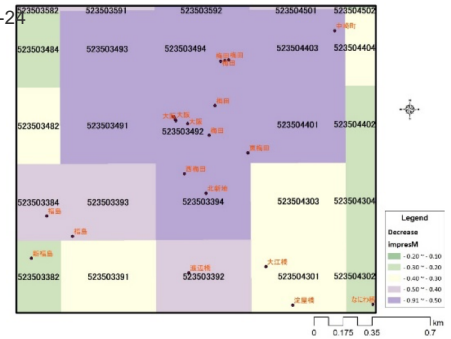
分析結果：正の影響：大病院，大規模マンション等，地方部の高速・幹線道路→理由不明の地点も多数.



分析結果：負の影響

1位：USJ（513573944）-91%
2位：近畿大学（513574871）-84%
3位：関西大学（523514302）-84%
4位：関西学院大学（523512272）-84%
5位：京セラドーム大阪（523503081）-84%
6位：関西大学（523514204）-83%
7位：大阪大学（523513663）-81%
8位：USJ（523503042）-80%
9位：三田Premium Outlet（523521351）-80%
10位：甲南大学（523502713）-78%





- **大きな負: 3,545地点・負に5%有意＝4,920地点**
- **大きな正: 45地点・正に5%有意＝243地点**

まとめにかえて

兵藤（海洋大）

- かつてない「緊急事態宣言」前後の人の動きを全国レベルで精度高く捉えることができた → 地域・都市の相違，時間的変化の特徴など
- 本来，2020年は交通調査年．道路交通センサス，大都市交通センサス，物流センサス，幹線旅客純流動調査 … 全て来年に延期
- この秋の「調査空白期」「未知の事態発生期(?)」を把握する意義は十二分に高い
- 2021年の需要は2015年当時に戻るとは考えられない（“New Normal”）．変化の過程を連続的・継続的に把握することが肝要