

# マルチエージェントシミュレーションを用いた 観光地の混雑情報提供に関する効果分析

---

早稲田大学 大学院 創造理工学研究科 経営システム工学専攻

指導教員：蓮池隆

富樫 明日香

# アウトライン

---

1. 研究背景と目的
2. 従来研究
3. 本研究の概要
4. 実験結果
5. まとめと今後の課題

# 研究背景と目的

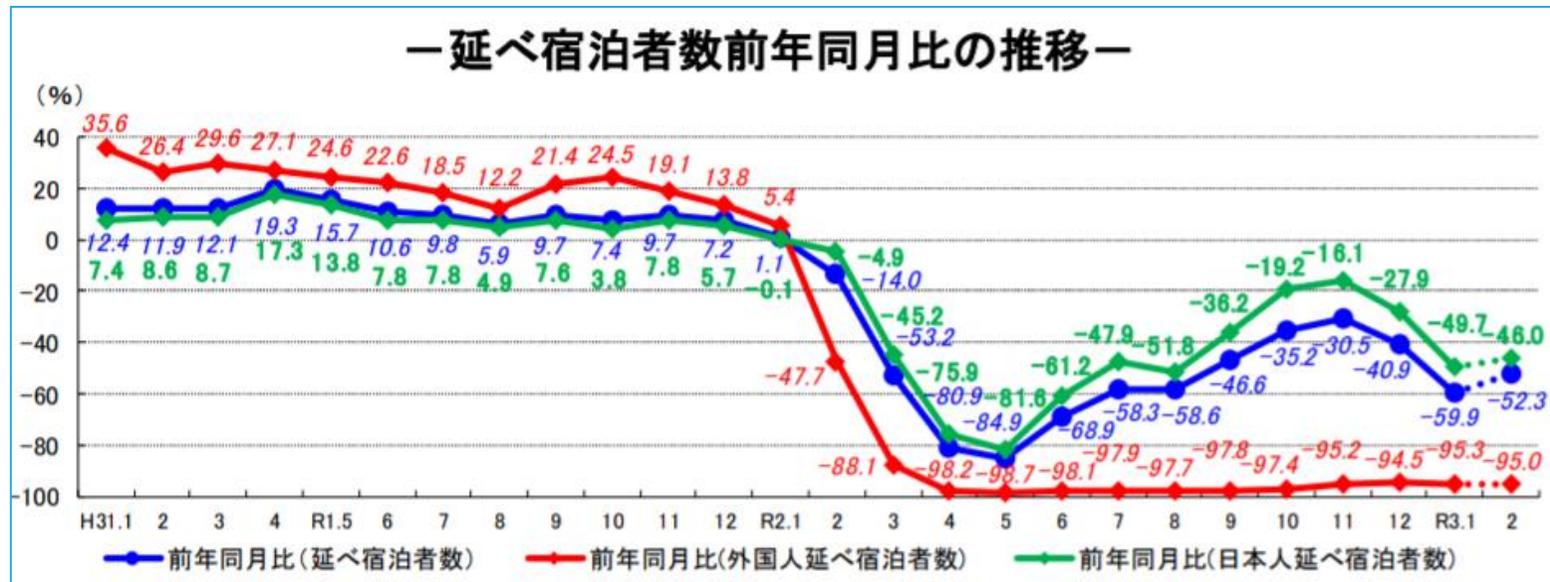
---

COVID-19流行前の観光庁<sup>[1]</sup>の取り組み

- ◆戦略的な訪日プロモーションの実施
  - ◆グローバルキャンペーン等の先進的なプロモーションの実施
  - ◆ICT,ビッグデータによる個人の関心に合わせた情報の発信
- 
- 主にインバウンド客を対象とした施策
  - オーバーツーリズムなどの問題も発生

# 研究背景と目的

COVID-19流行により観光産業に大きな打撃



観光庁[2]

政府は2020年10月1日からgo to travel キャンペーンなどを実施  
(2020年12月28日より中断)

# 分散型旅行

従来の日本型旅行スタイル

- ◆ 特定の時期に一斉に休暇を取得
- ◆ 宿泊日数が短い

今後必要な旅行スタイル「分散型旅行」

- ◆ 週末や連休を避ける
- ◆ 人気の観光地だけでなく各地を訪れる

➤ 観光庁が中心となり官民一体で促進



Go to [トラベル事業公式サイト](#)[3]

# 観光地での取り組み

星野リゾート<sup>[4]</sup>「3密の見える化」サービス

◆大浴場の混雑情報をスマートフォンで確認できる

京都市観光協会<sup>[5]</sup>「京都観光Navi」

◆京都駅周辺や清水坂,嵐山などの人気スポットの情報を得られる



京都市観光協会<sup>[5]</sup>

# 従来研究

---

観光による諸問題の施策

- ◆ **課金**などによる**規制**が主
- ◆ Managing overtourism through economic taxation: policy lessons from five countries (Rabindra Nepal<sub>[6]</sub>ら)
  - **経済的政策**により**オーバーツーリズム**の解消を目指す

「分散型旅行」の促進が行われている現状

- **観光客を分散**させる施策が求められている

# 観光客の分散に関する研究

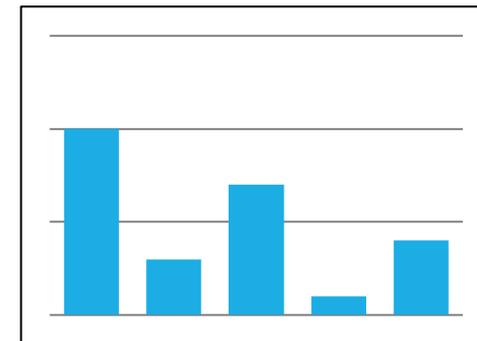
Agent-based simulation on tourists' congestion control during peak travel period using Logit model (Siyuan Du<sub>[7]</sub>ら)

- ◆ マルチエージェントシミュレーションで観光客の分布が**バランスの取れたもの**（極端な混雑がないもの）になることを目的とする
- ◆ 選択モデルは**ロジットモデル**を用いて、それぞれの観光スポットへの割り当て確率はパラメータ $\sigma$ の設定により変化させる
- ◆ 観光地である**九寨溝**を**8つのスポット**と**16の観光ルート**にモデル化
- ◆ スポットごとの収容力、交通量は無限大とする

# 本研究の概要

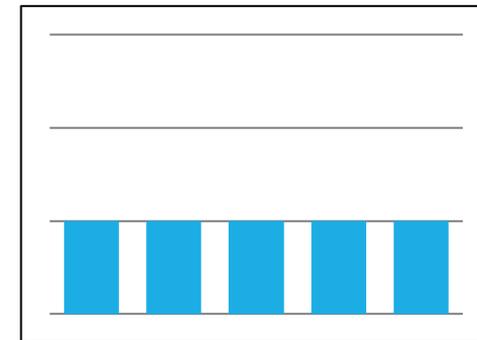
## テーマ

- ◆ **混雑情報**の有無,与え方による変化をマルチエージェントシミュレーションで実装し,シナリオ分析を行う



## 目的

- ◆ 密な状況を防ぐため**観光客を分散**させる



## 実験条件

- ◆ 観光客全員が手元で混雑情報を取得できる

# モデル概要

S4 Simulation System(Ver 6.1)により  
京都府京都市東山区をモデル化

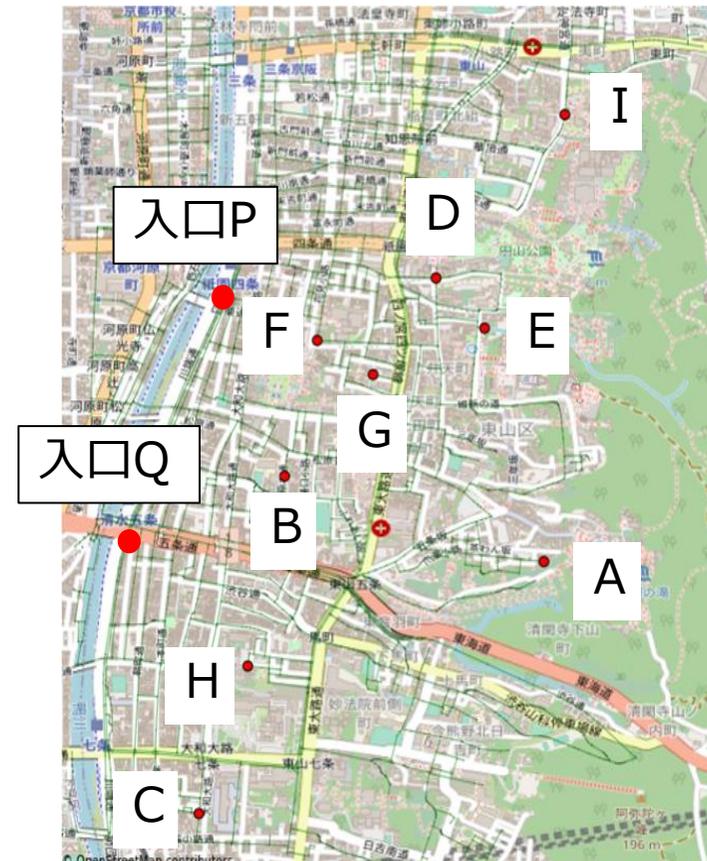
利用データ

## ◆地図

- Open Street Map<sup>[8]</sup>で関西エリアの地図を取得

## ◆寺院の収容人数

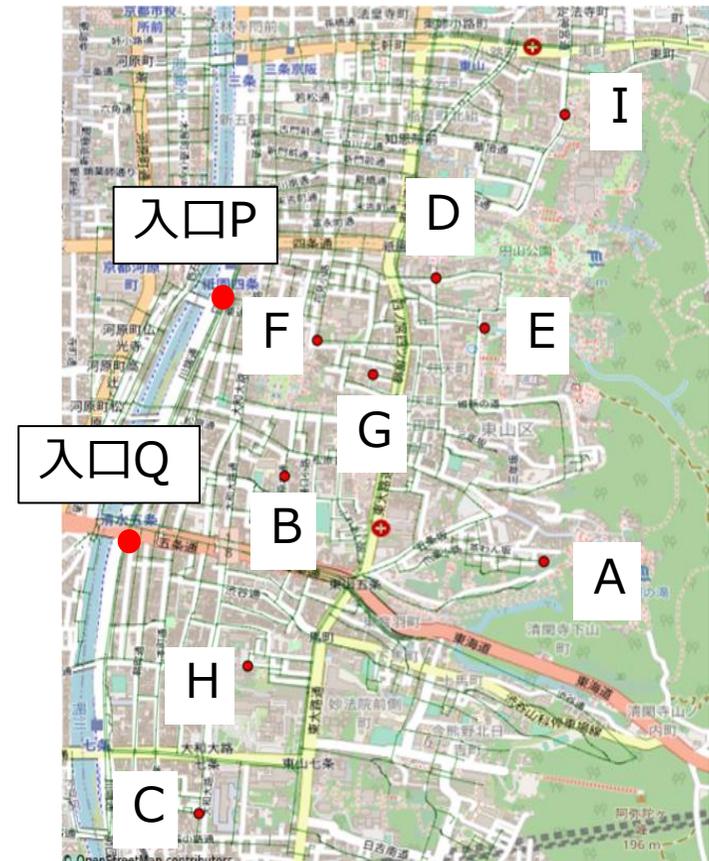
- 総務省<sup>[9]</sup>収容人数の算定要領より



© OpenStreetMap contributors

# 観光スポットト概要

	面積(m <sup>2</sup> )	容量(人)	所要時間(分)
A	12300	4100	60 <sub>[10]</sub>
B	850	283	30 <sub>[11]</sub>
C	2640	880	40 <sub>[12]</sub>
D	1320	440	20 <sub>[10]</sub>
E	3306	1102	30 <sub>[10]</sub>
F	1000	333	30 <sub>[10]</sub>
G	120	40	20 <sub>[10]</sub>
H	180	60	20 <sub>[11]</sub>
I	1046	348	30 <sub>[13]</sub>



© OpenStreetMap contributors

# エージェントの基本設定

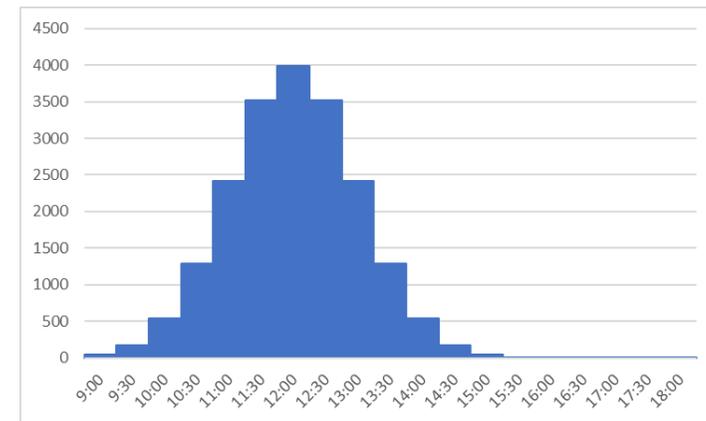
## エージェントパラメータ

- 最高速度：1.5(m/s)
- 視野半径：5(m)
- 最大同時出現数：無制限

経路選択：常に最適な経路を選択する

## 入口による初期動作の違い

- Pから入場した場合：その場で目的地選択を行う
- Qから入場した場合：80%はスポットAに移動（人気スポット再現）  
20%はその場で目的地選択を行う



観光客の到着分布  
(入口P,Qの合計が2万人の場合)

# パラメータ設定

$A$  : 全観光スポットの集合(スポット数 :  $n$ )

$c_j$  : スポット $j$ の収容人数

$D_i^k$  : スポット $i$ とスポット $k$ の距離

$t_j$  : 観光客のスポット $j$ での平均観光時間

$V_i$  : 観光客 $i$ が訪問予定の観光スポット集合

$T_i$  :  $V_i$ に含まれるスポットのうち観光客 $i$ が訪れていないもの

$N_j^t$  : 時刻 $t$ におけるスポット $j$ の訪問者数

$N_{wait_j}^t$  : 時刻 $t$ におけるスポット $j$ の待ち人数

$W_j^t$  : 時刻 $t$ におけるスポット $j$ の平均待ち時間

$L_j = \frac{(N_j^t + N_{wait_j}^t)}{c_j} = \frac{N_j^t + N_{wait_j}^t}{c_j}$  : 時刻 $t$ における  
スポット $j$ の負荷率( $\geq 0$ )

$L_j^s = \frac{(N_j^t + N_{wait_j}^t)}{c_j / (t_j + W_j^t)} = \frac{(N_j^t + N_{wait_j}^t)(t_j + W_j^t)}{c_j}$  : 時刻 $t$ に  
おけるスポット $j$ の時空間負荷率( $\geq 0$ )

# スポット選択モデルと評価関数

観光スポット選択モデルは以下のロジットモデルで表される

スポットkの割り当て確率： $p_k = \frac{\text{Exp}[V_k]}{\sum \text{Exp}[V_k]} (k \in T_i)$

▶ただし  $V_k = \alpha D_i^k + \beta I_k$  ( $I_k$ :スポットkの混雑度情報)

パラメータは先行研究<sup>[7]</sup>に倣い予備実験で混雑率を最小化し決定

## 評価関数

◆ 負荷率の分散  $Z = \frac{1}{n-1} \sum_{j \in A} (L_j - \bar{L})^2$

◆ 平均待ち時間  $\bar{W}$

## ▼混雑情報のパターン

	対応する式
人数	$N_j^t$
待ち時間	$W_j^t$
負荷率	$L_j$
時空間負荷率	$L_j^s$

# 状況シナリオ

入口P,Qのモデル駅で実際に降車する人数の合計：平均4万人

	降車人員	年度
入口P	<b>30,332人</b>	2014[14],[15]
入口Q	<b>10,826人</b>	2014[14],[15]
合計	<b>41,158人</b>	

到着する観光客の合計人数を以下のように設定

- ◆2万人(コロナ前平均の50%)：閑散状態
- ◆4万人(コロナ前平均)：通常状態
- ◆6万人(コロナ前平均から50%増)：混雑状態

# 施策シナリオ

ロジットモデルに組み込む情報	
施策なし	距離のみ
施策1	距離 + 人数
施策2	距離 + 待ち時間
施策3	距離 + 負荷率
施策4	距離 + 時空間負荷率
施策5	距離 + 待ち時間 + 負荷率
施策6	距離 + 待ち時間 + 時空間負荷率

✓負荷率：滞在人数 ÷ 容量

✓時空間負荷率：滞在人数 ÷ 容量 × (平均観光時間 + 待ち時間)

(滞在人数：観光スポットにいる人数 + 待ち人数)

# シミュレーションの実行

シミュレーション時間

- ▶ 9:00~18:00 (32400秒)

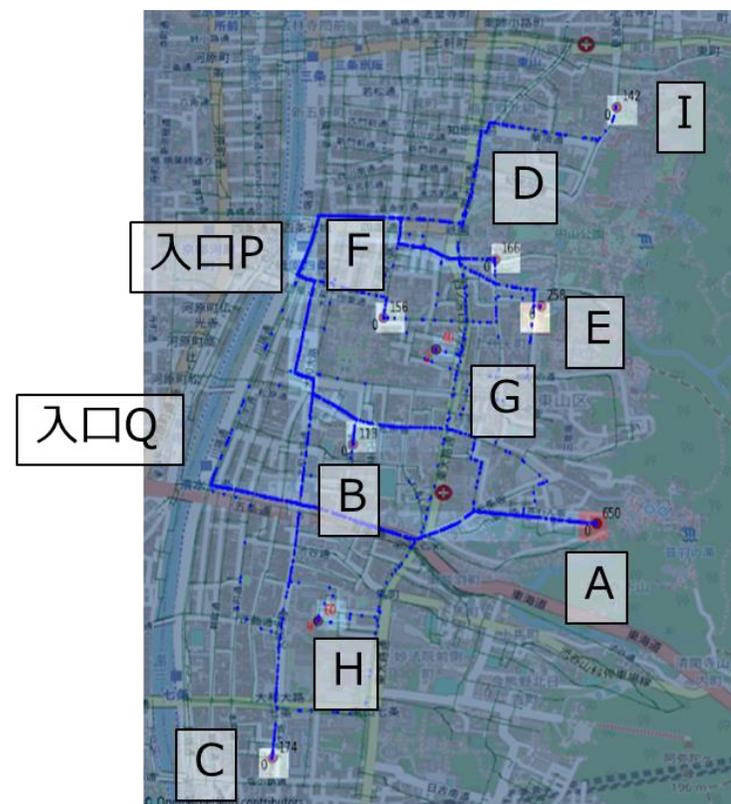
入場者の割合

- ▶ 入口P : 入口Q = 3 : 1

交通量

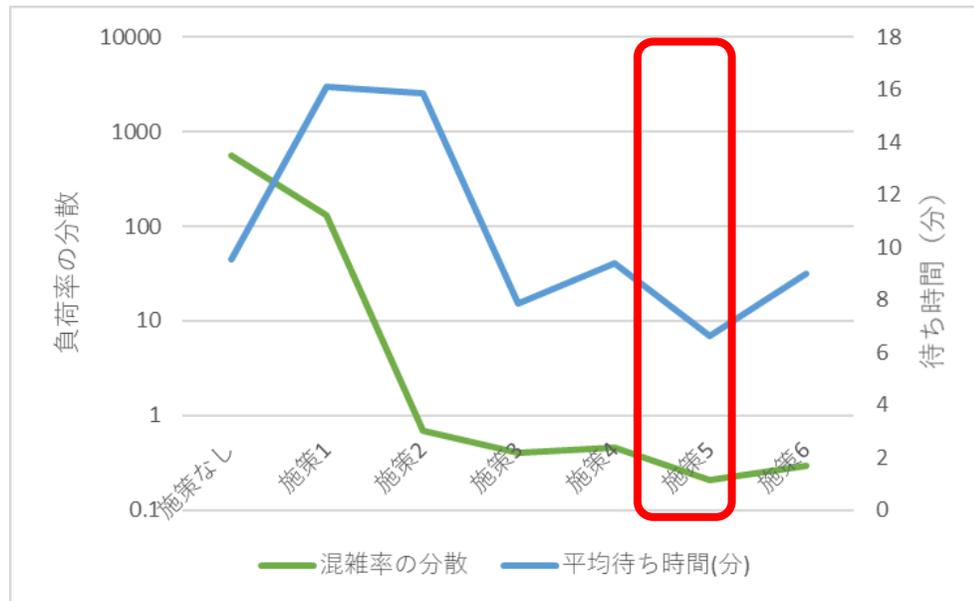
- ▶ 全ノード・エッジで無限大

シミュレーションの様子

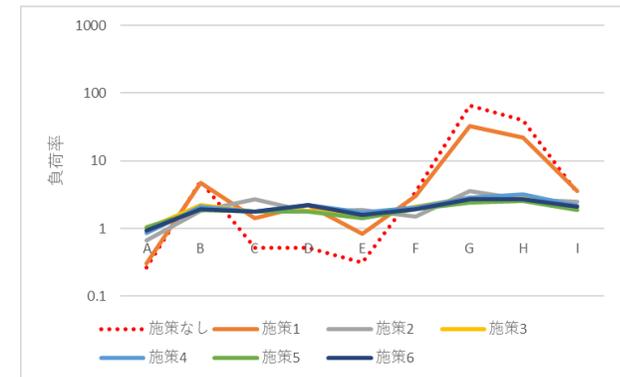


© OpenStreetMap contributors

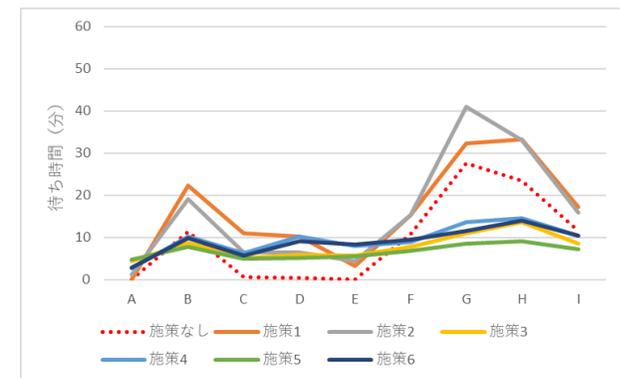
# 実験結果 (閑散状態)



- 混雑率の分散・待ち時間の削減には  
**施策5**が最も有効

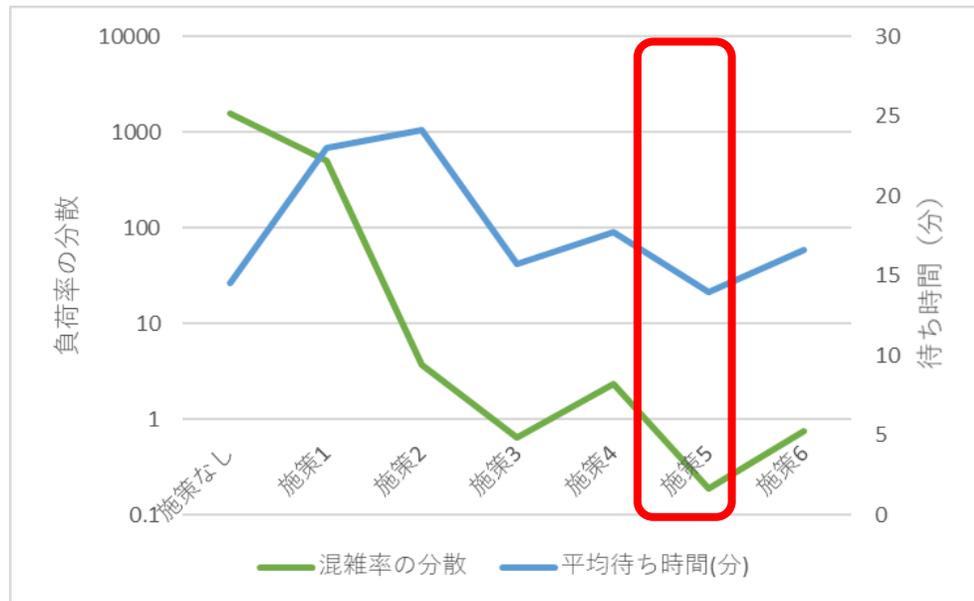


▲スポットごとの平均負荷率

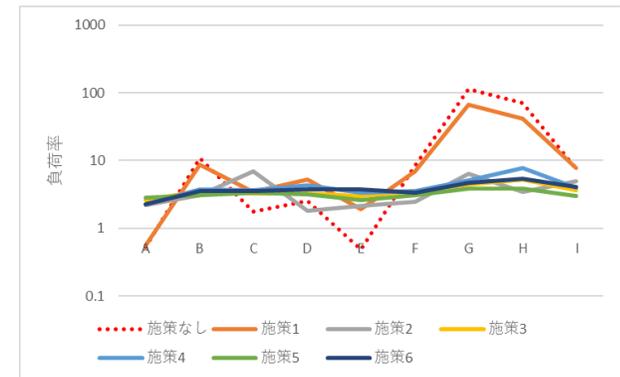


▲スポットごとの平均待ち時間

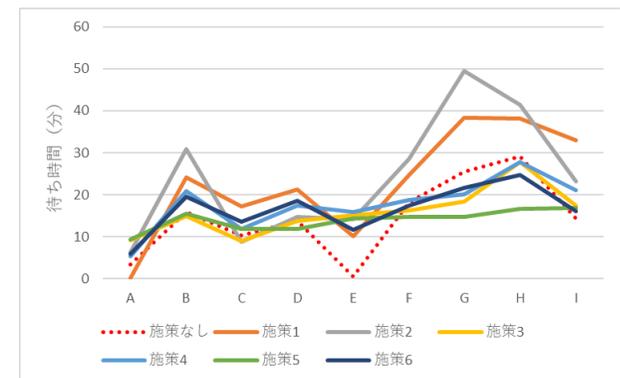
# 実験結果 (通常状態)



- 混雑率の分散・待ち時間の削減には  
**施策5**が最も有効

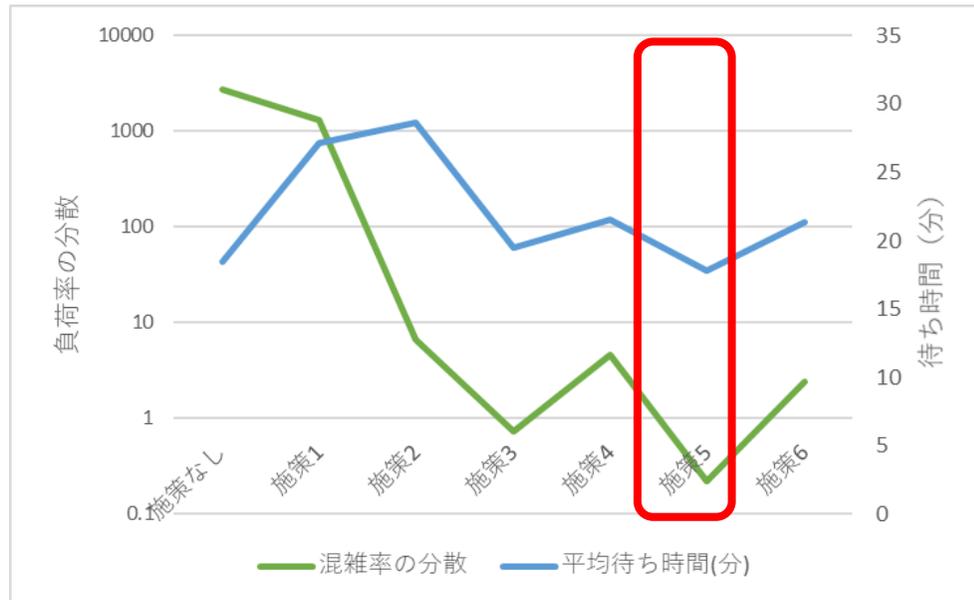


▲スポットごとの平均負荷率

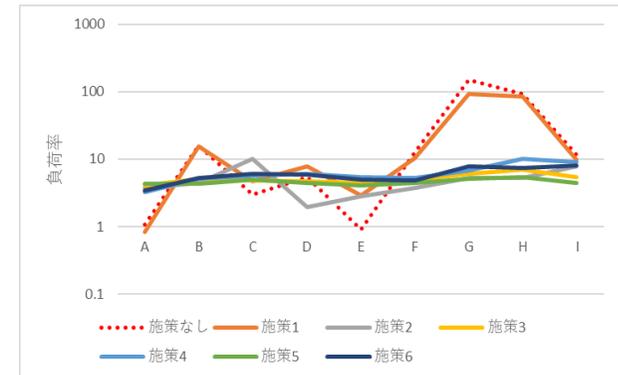


▲スポットごとの平均待ち時間

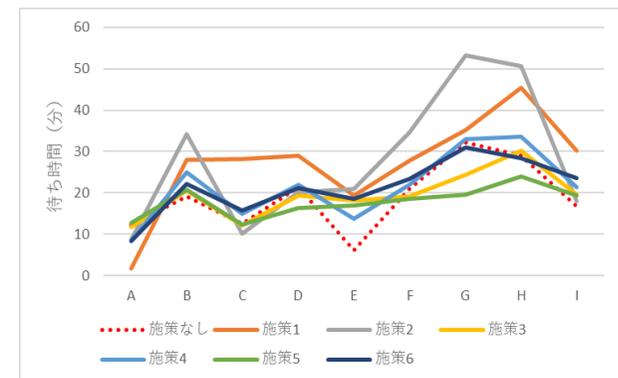
# 実験結果 (混雑状態)



- 混雑率の分散・待ち時間の削減には  
**施策5**が最も有効



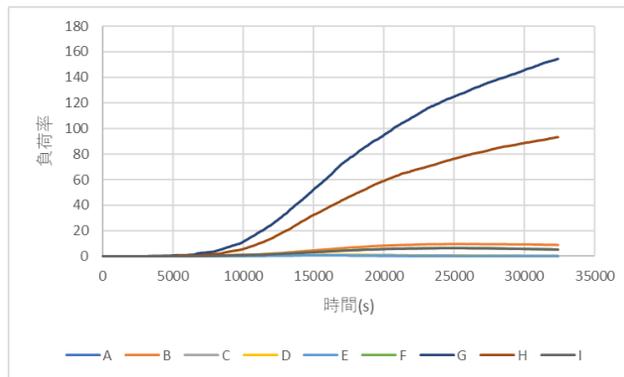
▲スポットごとの平均負荷率



▲スポットごとの平均待ち時間

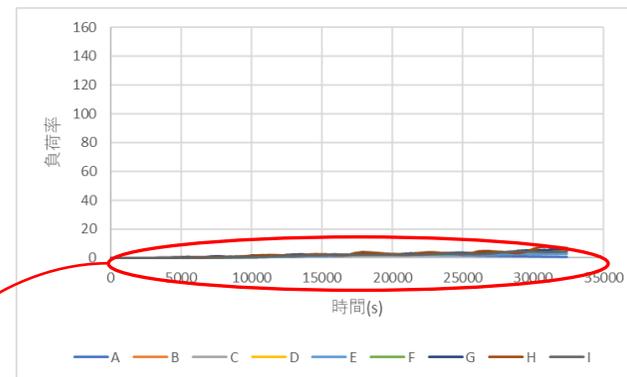
# 施策5について(負荷率の推移)

## 施策なし



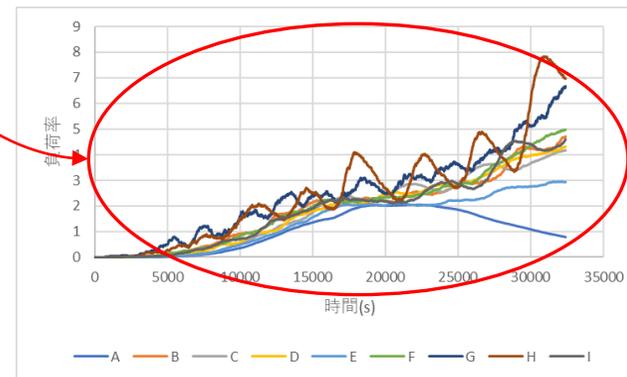
▲負荷率の推移 (閑散状態)

## 施策5



▲負荷率の推移 (閑散状態)

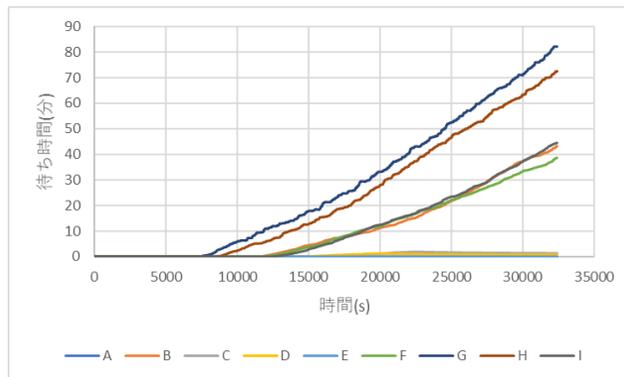
スケールを変更



▲負荷率の推移 (閑散状態)

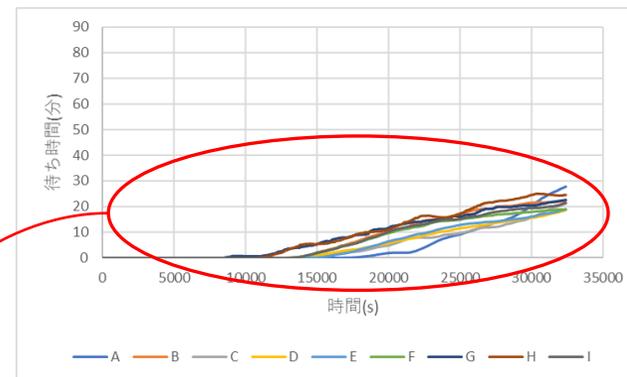
# 施策5について(待ち時間の推移)

## 施策なし



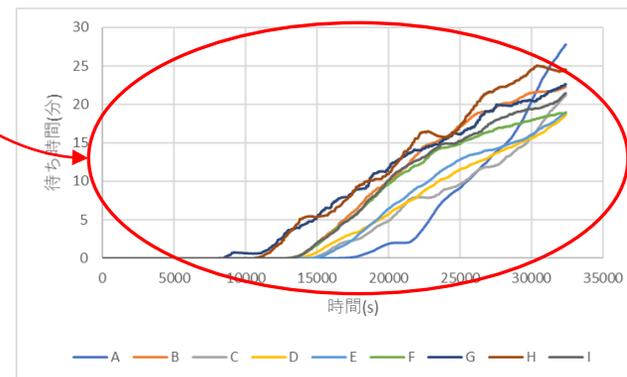
▲待ち時間の推移 (閑散状態)

## 施策5



▲待ち時間の推移 (閑散状態)

スケールを変更



▲待ち時間の推移 (閑散状態)

# 施策5についての考察

## 施策なしの場合

- ◆G,Hは10000タイムステップを超えてから負荷率が増加し続ける

## 施策5の場合

- ◆以下1~5を繰り返すことで、負荷率や待ち時間は上下する

1. あるスポットの選択人数が増加する
2. 負荷率や待ち時間が増加
3. そのスポットを選択する観光客が減少
4. 負荷率や待ち時間が減少
5. そのスポットを選択する観光客の人数が増加

- ◆容量の小さいスポットほど観光客1人の選択に影響を受けやすいので、負荷率や待ち時間の上下が大きくなる

- 混雑情報の提供によって、容量の小さいスポットで負荷率や待ち時間が増加し続けることを防ぐことができたと考えられる

# 結果のまとめ

---

- ◆ どの状況シナリオにおいても**施策5**が有効であるといえる
  - B,F,G,H,Iなど相対的に容量の小さいスポットにおいて施策なしの場合よりも待ち時間が減少した
  - A,C,D,Eなど相対的に容量の大きいスポットにおいて施策なしの場合よりも待ち時間が増加した
- ◆ 施策1,2は施策なしの場合よりも混雑率の分散は減少するが平均待ち時間は増加したので有効でなかったといえる
- ◆ 実際に運用する際は、混雑情報を1つしか提供できないのであれば**施策3**、複数提供できるのであれば**施策5**が有効であるといえる

# まとめと今後の課題

---

## まとめ

- ◆観光地における観光客の目的地選択についてモデル化し、実際の地図でその動きを検討した
- ◆閑散状態、通常状態、混雑状態について、混雑情報をどのように提供するのが有効かを比較することができた

## 今後の課題

- ◆季節変動などの考慮
- ◆観光客の混雑に対する考え方の違いを組み込んだモデルの作成

# 参考文献

---

- [1]観光庁「訪日旅行促進事業（訪日プロモーション）」, <https://www.mlit.go.jp/kankocho/shisaku/kokusai/vjc.html>, 最終アクセス日：2019.12.1
- [2]観光庁「宿泊旅行統計調査」 <https://www.mlit.go.jp/kankocho/content/001395611.pdf>, 最終アクセス日：2021.04.11
- [3]Go to トラベル事業公式サイト「分散型旅行」 <https://goto.jata-net.or.jp/small-travel/>, 最終アクセス日：2021.11.7
- [4]星野リゾート「3密の見える化」サービス開始」, <https://www.hoshinoresorts.com/information/release/2020/06/90445.html>, 最終アクセス日：2021.01.11
- [5]京都市観光協会「京都観光Navi」 <https://ja.kyoto.travel/comfort/>, 最終アクセス日：2021.7.13
- [6] Rabindra Nepal & Sanjay Kumar Nepal : Managing overtourism through economic taxation: policy lessons from five countries, *Tourism Geographies*(2019), DOI:10.1080/14616688.2019.1669070
- [7] Siyuan Du, Chunxiang Guo, Maozhu Jin, “Agent-based simulation on tourists’ congestion control during peak travel period using Logit model”, *Chaos, Solitons and Fractals* (2016) 187–194
- [8] OpenStreetMap, [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org), 最終アクセス日：2021.9.21

# 参考文献

---

[9] 総務省「収容人員の算定要領」 [https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/lfe/office\\_adv/jissen/syuyo\\_santei.pdf](https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/lfe/office_adv/jissen/syuyo_santei.pdf), 最終アクセス日 : 2021.9.21

[10] 京都SKY観光ガイド協会, <https://skyguide.jp/>, 最終アクセス日 : 2021.07.16 [11] 全国「観るなび」, <https://www.nihon-kankou.or.jp/>, 最終アクセス日 : 2021.07.16

[12] YOKKA「三十三間堂」, <https://www.veltra.com/jp/yokka/article/sanjusangen-do/>, 最終アクセス日 : 2021.10.5

[13] 朝日新聞「おしごとほくぶつかん」, <https://oshihaku.jp/>, 最終アクセス日 : 2021.07.16

[14] 令和元年京都府統計書「第10章 運輸・情報通信・観光」  
<http://www.pref.kyoto.jp/tokei/yearly/tokeisyo/ts2019/tokeisyo201910.html>, 最終アクセス日 : 2021.8.3

[15] 京都市交通局「市バス旅客流動調査及び市バスお客様アンケート調査の結果について」  
<https://www.city.kyoto.lg.jp/kotsu/page/0000133511.html>, 最終アクセス日 : 2021.8.3