

OverTourismへのMASアプローチと シナリオ分析を用いた提案施策の有効性検証

早稲田大学 大学院 創造理工学研究科

中田 一朗太

観光業界の現状（海外）

- 有名な観光スポットの多くで、“**Over Tourism(OT)**”が主要な問題に
 - OT...ある観光スポットに過剰量の観光客が押し寄せてしまう状況 **観光公害**と称されることもある。
 - あまりの多さに観光客が**快適に観光を楽しめない**
 - 観光スポットの近隣の住民に様々な影響が...
 - 特に著名な観光地では既にOTが大きな問題となっており、様々な対策がなされている
 - ベネツィア（イタリア）
 - バルセロナ（スペイン）
 - アムステルダム（オランダ）
etc



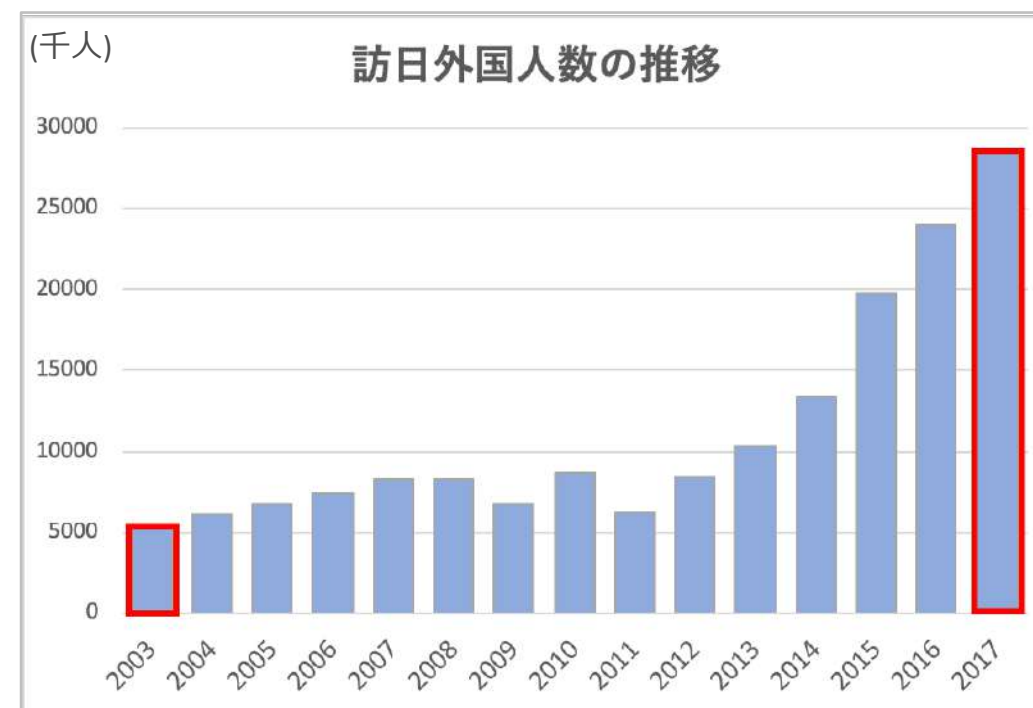
対策の種類^[1]

- ✓ 交通手段 (入場規制など)
- ✓ 観光客 (入場料の増加など)
- ✓ 地域 (新規ホテルの建設禁止など)
- etc

参考：オーバーツーリズム~溢れる観光客と求められる全体最適化~(KDDI総合研究所 R&A 2019/4^[1])

観光業界の現状（日本）

- Visit JAPAN Campaign (2003~)
 - 国土交通省を中心とした訪日外国人に日本文化や訪日旅行をアピールする活動
 - 14年間で**5.6倍以上**のインバウンド
 - 2020年の2,000万人目標を**2016年**に達成
 - しかし...OTが様々な都市で発生
 - **京都**の混雑問題が深刻に
 - OTが原因となる問題が複数発生
ゴミ / マナー / 混雑 / イベント中止
etc



観光業界の現状（京都 / 東山区）



↑春先の混雑時の清水寺前の様子
(清水寺公式HPより引用)

- 観光客増によるメリットを上回るほどに、
マイナスの影響が無視できないレベルになりつつある
 - 下のように連休後の比較的空いている日であっても
通りが観光客で埋まってしまうほど人であふれる



- 観光スポット前はもちろんのこと、
スポットに面していないような
周辺地域の大通りなども同じように
ひどく混雑している。
→ 住民への悪影響は計り知れない

←夏の連休明けの様子
(19/09/17に現地で撮影)

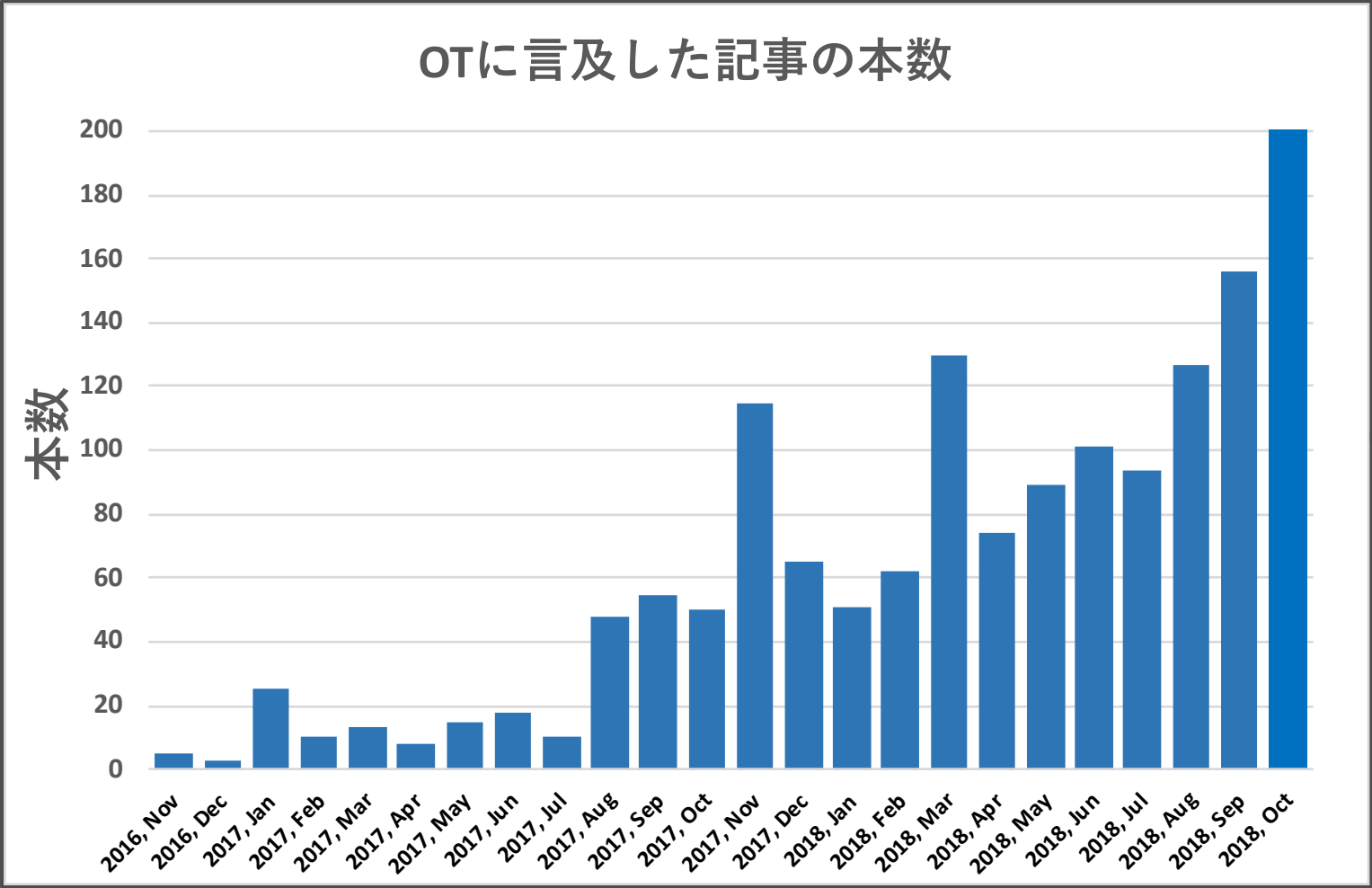
先行研究

- Over-tourism and the fall of Venice as a destination (SERAPHIN, Hugues et al.^[3])
 - OTに関する、ベネツィアの観光を存続させるための調査研究
 - あまりのOTに**観光自体を廃止しようというような動き(Anti-Tourism)**があるが、そのような動きは**根本的に難しく、得策ではない。**
 - OT問題を乗り越えるためには、**更なる研究や調査が必要。**
- オーバーツーリズム~溢れる観光客と求められる全体最適化~(KDDI総合研究所 R&A 2019/4^[1])
 - OT対策の現状と課題、ビジネスサイドからの関わり方についての調査研究
 - そもそもOTというワードが話題になり始めたのはこの2,3年の話で、**従来研究が圧倒的に少ないという現状**

先行研究

- Over-tourism and the fall of Venice as a destination (SERAPHIN, Hugues et al.^[3])
 - OTに関する、ベネツィアの観光客の増加を抑制するための研究
 - あまりのOTに観光自体に廃れるような動きは**根本的に**問題である
 - OT問題を乗り越えるためには

OTに関する更なる研究が求められている



目的

OTの発生した地域を
シミュレーションで表現

構築したモデルを用いて
問題解決に向けた
施策の有用性を検証



OTに起因する諸問題へのシミュレーションによるアプローチ

Tourism (Over Tourism) × Simulation (Multi Agent Simulation)

手法 / 方針

- **マルチエージェントシミュレーション(MAS)**によって京都 / 東山区をモデリング
 - S4 Simulation System によって観光客をエージェントとしてAgent Simulation
- 対象地域の**交通インフラによる流出入が多い**特性を考慮したマップを作成
 - 特に**市バス利用**による区域への流出入が多い
 - 区域内の**観光スポット間を徒歩で移動する観光客が多い**
- 構築したモデルに施策を適用し、結果を分析し有効性の検証
 - **シナリオ分析 / 感度分析**
 - 状況シナリオごとに有効なシナリオを判定



Multi Agent Simulationとは？

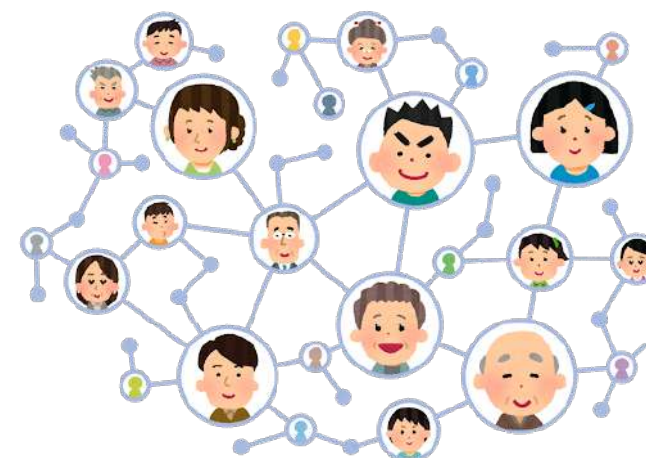
● Multi Agent Simulation (MAS)

- 「一定のルールに基づいて、自律的に行動する**エージェント**の振る舞いや、それらの相互作用から現れる、**複雑な社会現象をシミュレーション**するもの」

(NTTデータ数理システム S4 Simulation System_[4])

– シミュレーション例

- 人流シミュレーション
- 災害時の避難誘導シミュレーション
- SNSの情報電波シミュレーション etc



利用したデータ

- データ、ならびに利用した情報

- モデルに設定する情報

- シミュレーション時間、観光スポットの情報 etc

- 地図 / ネットワークモデル

- Open Street Map^[5], Google maps API を用いて地図情報を取得、作成

- 交通インフラ情報

- バス / 鉄道利用者統計データ^[6] (京都市発行 オープンデータ)
- バスの時刻表データ^[7] (Webから取得)

- 観光客の情報設定

- 2018年度 京都観光総合調査^[2] (京都市産業観光局)
- 京都を中心とした歴史都市の総合的魅力度向上調査^[8] (国土交通省)



モデル設計（基本情報）

● モデルに設定する情報

－ シミュレーション時間

- 5月中旬～下旬の平日を想定
- 07:00～19:00の12時間をシミュレーション
(1 timestep = 1 seconds → 43,200 timesteps)

－ ノード、エリア情報

- 清水寺を含む12の観光スポットを考慮
- 清水寺周辺の13のバス停と4つの鉄道駅
→バス停に関しては**主要な4路線**のバス到着を考慮
- 東山区をさらに**3つのエリアに分ける**ことで詳細に観光客情報を設定
→観光総合調査による、エリアごとの滞在時間や観光行動パターンを考慮

－ 観光客情報

- 観光客エージェントは全て**1人での観光**と仮定し、**観光と徒歩移動**以外の食事などの行動に関しては考えないものとする



モデル設計 (地図)

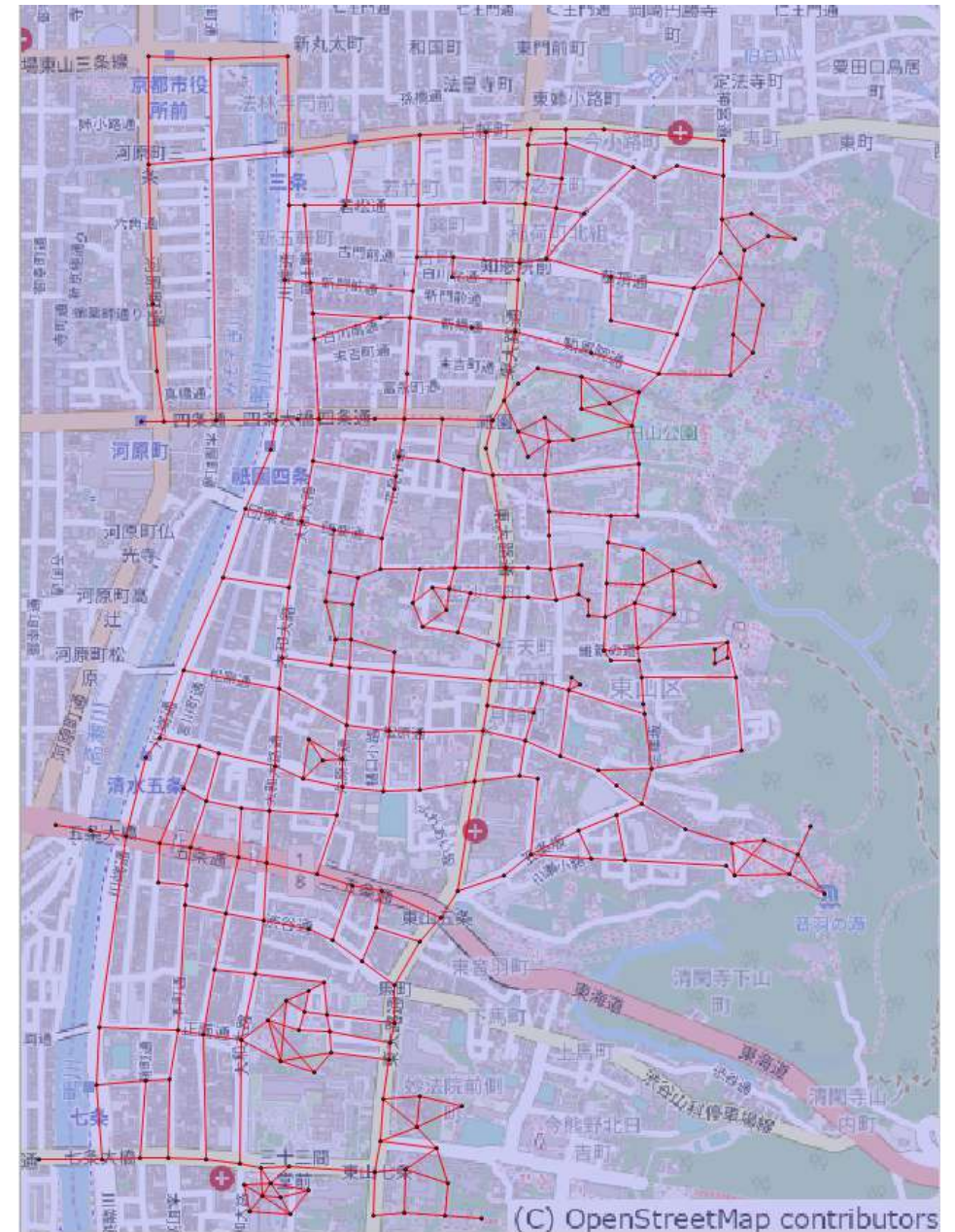
● 地図 / ネットワークモデル

– 地図情報

- Open Street Map(OSM)
→道、建物、駅やバス停の位置情報を利用
- Google Maps API
→観光スポットの人気度や、
attractionタグの情報を利用

– ネットワークモデル

- **観光スポット、バス停 / 駅や交差点**などを
ノードとして設定
※観光スポットは同じスポットを複数設定
することでエージェントの回遊行動を表現
- **OSMの道路情報**を参考に現実的な歩行経路を
エッジによって表現



モデル設計 (交通インフラ)

● 交通インフラ情報

– バス / 鉄道利用者情報

- 統計データを参考にバス / 電車1本ごとの利用者数を推計し、**交通インフラの到着ごとにエージェントを生成**

– バスの時刻表データ

- 複数のバス路線、バス停の時刻表をまとめて**バス停ごとのバス到着時間を算出**
- 統計から推計した到着ごとの観光客数を分布に従う平均降車時間をもとに**観光客エージェントを生成**
- 市バス以外に大型の観光バスからの流出入を考慮するために、**近隣の大型駐車場へのバス到着についても同様に設定**

東山通 Higashiyama-dori St. 清水寺・東福寺 行き			202
平日 Weekdays	土曜日 Saturdays	休日 Sundays & Holidays	3月14日~8月16日 12月29日~1月3日
57	57	57	0 *17 34 58
*14 26 41 53	*14 29 43 56	*14 31 55	11 26 36 49
4 13 24 30 37 44 *50 52 59	8 23 32 45 58	8 23 32 45 59	3 14 27 41 *49 57
7 15 22 29 37 44 53 *59	10 23 37 *45 53	10 23 37 *45 53	1 *18 26 *33 41 *48 56
7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	9 7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	1 *18 26 *33 41 *48 56
7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	10 7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	1 *18 26 *33 41 *48 56
7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	11 7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	1 *18 26 *33 41 *48 56
7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	12 7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	1 *18 26 *33 41 *48 56
7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	13 7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	1 *18 26 *33 41 *48 56
7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	14 7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	1 *18 26 *33 41 *48 56
7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	15 7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	1 *18 26 *33 41 *48 57
7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	16 7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	4 12 *18 25 36 50
7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	17 7 *14 22 *29 37 *44 52 *59	6 19 32 49
7 14 23 30 38 46 54	7 *14 22 *29 38 *44 53	18 7 *14 22 *29 37 *44 53	10 24 41
7 14 21 32 46 55	*0 7 *14 19 *24 33 47	19 *0 8 *14 21 32 46	2 19 *37 53
5 16 25 32 45 56	3 16 29 45 57	20 3 16 29 46	*6 *37
7 21 38 57	7 21 38 59	21 7 21 38 59	
16 *34 50	16 *34 50	22 16 *34 50	
*3 *34	*3 *34	23 *3 *34	

モデル設計（観光客情報）

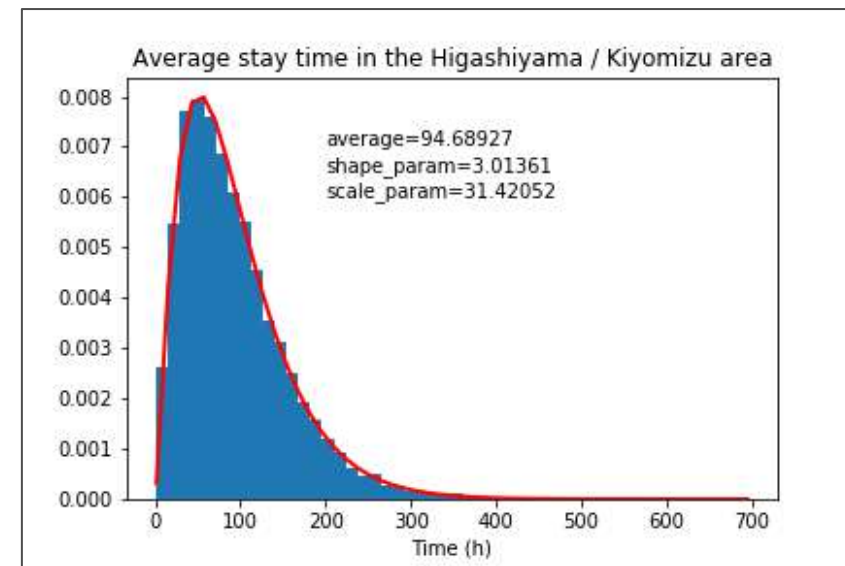
● 観光客の情報設定

－ 京都観光総合調査

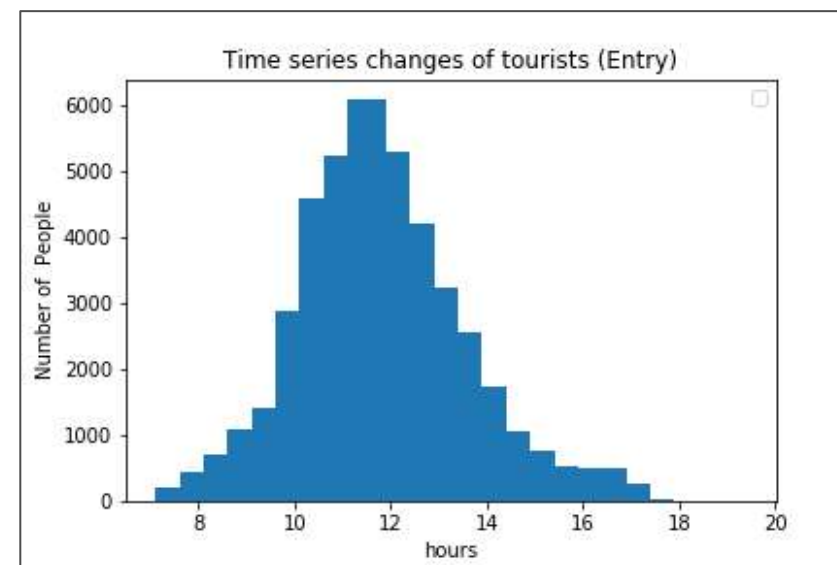
- 観光客のエリア間の移動や、エリアごとの滞在時間情報をもとにガンマ分布などの分布情報を作成しモデルに適用

－ 観光スポットごとの詳細情報

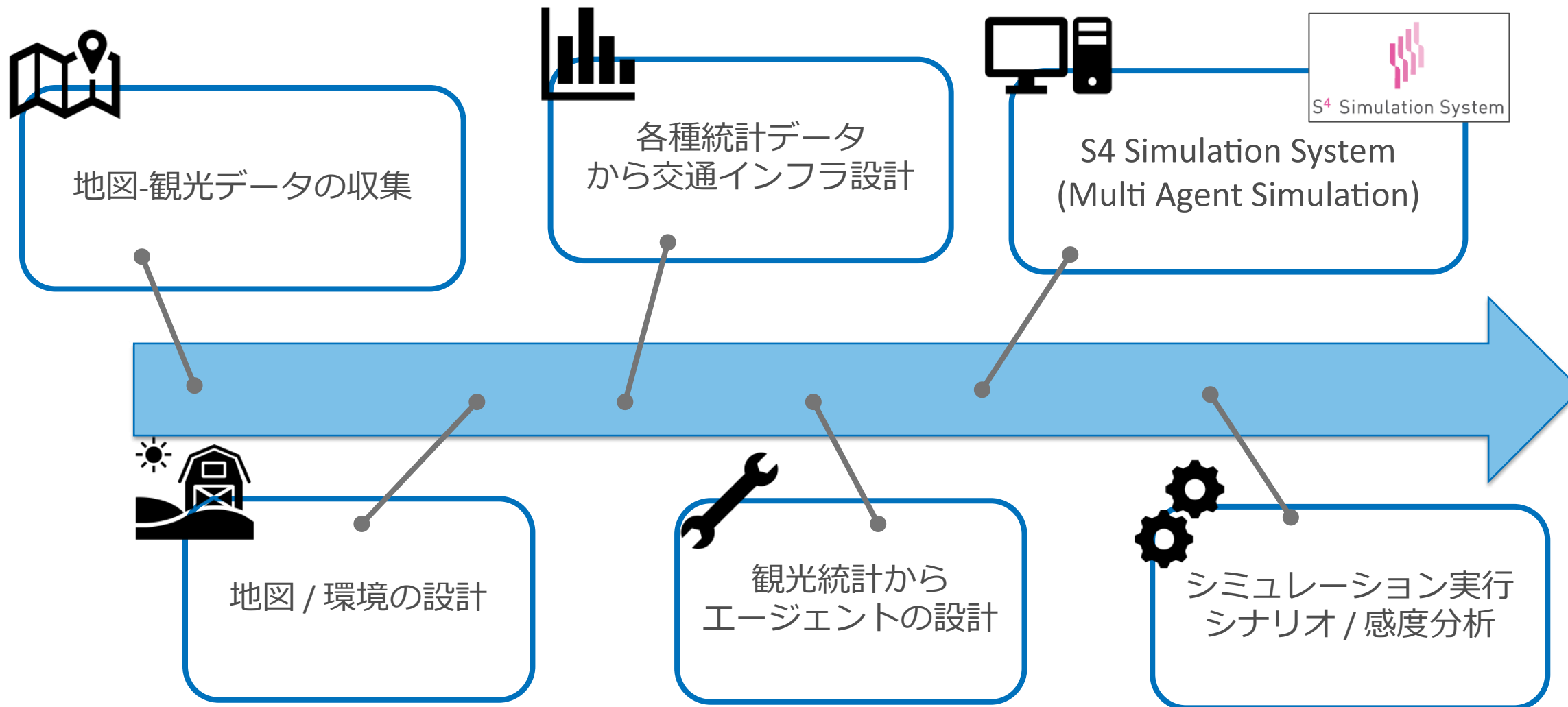
- アンケート結果をもとにスポットごとの平均滞在時間などを推計
- 観光客エージェントごとにこれらの情報を設定



清水寺周辺エリアの平均滞在時間を表すガンマ分布↑
↓区域への流入の時系列グラフ



シミュレーションの流れ



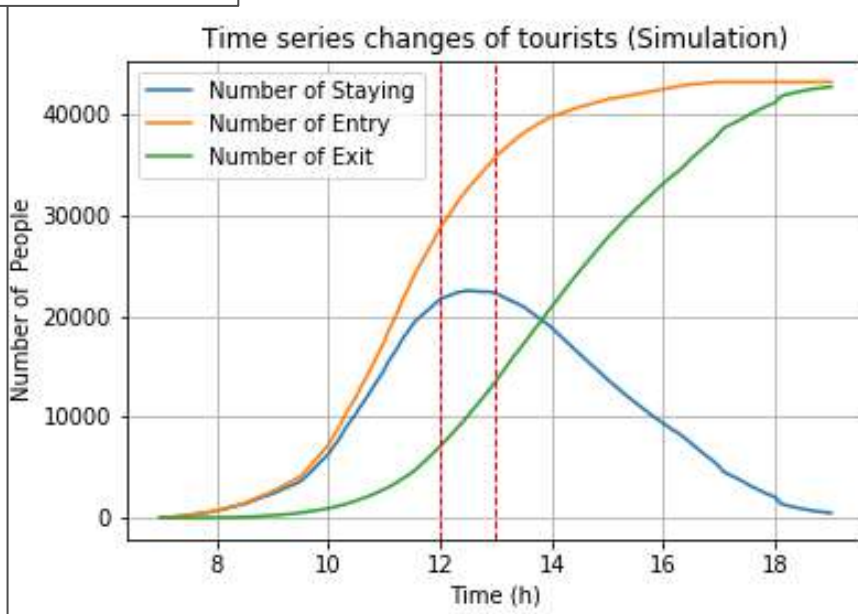
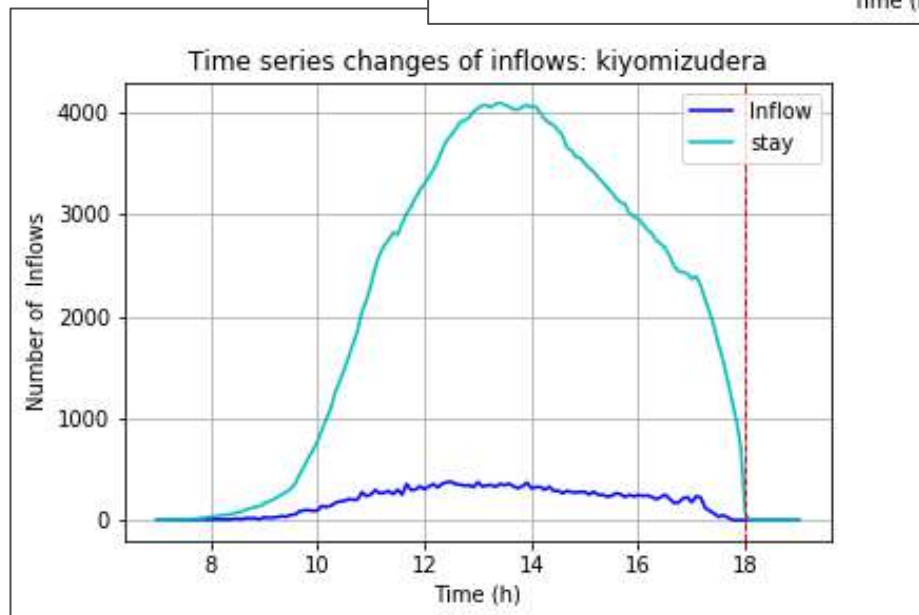
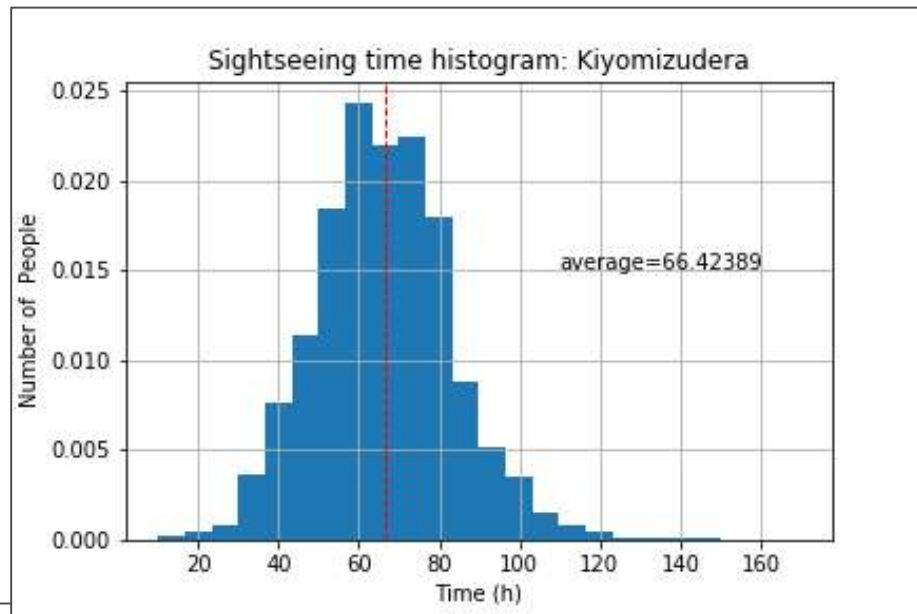
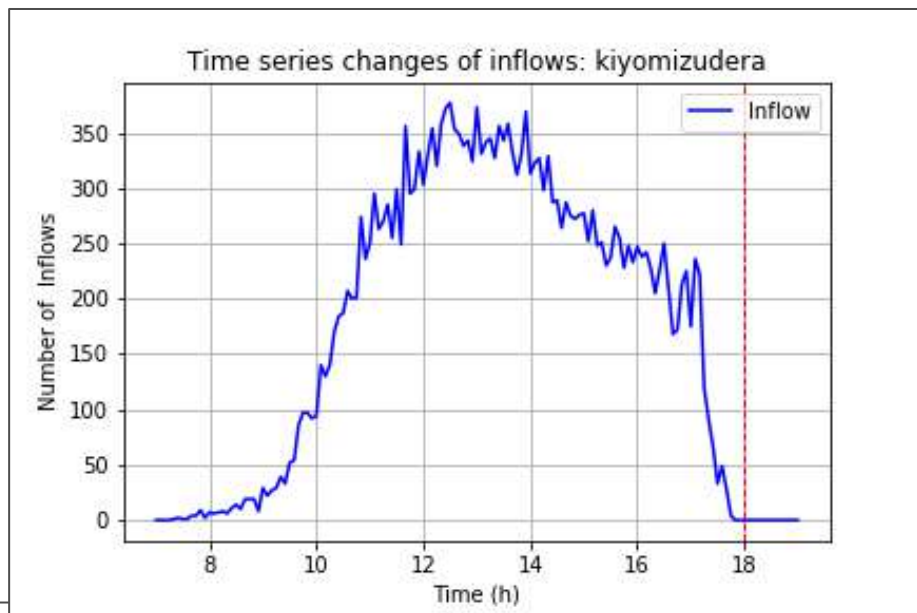
モデル設計 (シミュレーションの様子)



モデルの妥当性

清水寺への
観光客流入数→

流入数と
滞在人数の推移↓



↑清水寺観光時間
ごとの観光客数
の割合

←区域への
滞在 / 流入 / 流出
時系列グラフ
(赤い点線は特に
混雑する時間)

モデルの妥当性

現実的に受け入れられ妥当な結果 且つ
統計データと整合性の取れるような結果となった

清水寺
観光客流入
流入数と
滞在人数の推移↓

作成したモデルは施策の検討に用いる
にあたり十分に妥当である

↑清水寺観光時間
での観光客数
合
域への
/ 流入 / 流出
列グラフ
(赤い点線は特に
混雑する時間)

シミュレーション結果の分析

● シミュレーションによって判明した結果

1. 京都市全体の統計データと比較して、区域への**流出入のピークタイムが早い**
2. 区域から出る際に(流出)、**時間帯や訪れた場所によって**利用するバス停や駅が異なる
3. 観光スポットが閉館すると、近くのバス停や駅が**一時的に非常に混雑する**

実際の対象区域で**住民に悪影響を与えている問題**
を解消するような施策を検証する必要がある

アンケート結果から見る住民の声

- **京都市政総合アンケート報告書 ~これからの京都観光~**^[9] (京都市総合企画局市長公室)
 - 京都市が住民に対して、京都の観光に関するアンケートを実施 (有効回答1,462人)
 1. 観光都市・京都について恥ずかしく思うことはありますか？ (複数回答)
→38.1%が**“交通”**、33.3%が**“まちの美しさ”**と回答
 2. 観光都市としての魅力を更に高めるため、今後何に力を入れていくべきだと思いますか？ (複数回答)
→64.7%が**“京都らしい風景や雰囲気”**、40.5%が**“交通の利便性”**と回答
- **住民志向の観光都市京都へ向けた提言 ~経済効果と住民心理の分析から~**^[10]
 - 公共交通機関利用に関するアンケートを13人に実施
 - 13人 / 13人が**交通機関利用について大変不満足**と回答
 - 「**観光客に占領されて乗ることすらできない**」
「**人があふれていて何本も待たなくてはならない**」といった意見も

アンケート結果から見る居住民の声

- 京都市政総合アンケート報告書～これからの京都観光～ (京都市総合企画局市長公室)

ー 京都

1. 観光

→3

2. 観光都市としての魅力を更に高めるため、

今後何に力を入れていくべきだと思いますか？ (複数回答)

→64.7%が“京都らしい風景や雰囲気” 40.5%が“交通の利便性”と回答

アンケート結果から分かるように
交通に関する項目で特に居住民の負担になっている

- 住民志

ー 公共

➤ 13人

➤ 「観

区域で主要な交通手段である市バスを
少しでも居住民が利用しやすくなるような施策

「人があふれていて何本も待たなくてはならない」といった意見も

シナリオ分析とは？

- シナリオ
 - 状況シナリオと施策シナリオの2つから構成され、1対ずつの組み合わせを指す
- シナリオ分析
 - 状況シナリオm個と、施策シナリオn個からなるm×n個の組み合わせを評価することで、**各状況シナリオごとに有効な施策を評価する**
 - シナリオ分析にあたり
「**居住民が市バスを利用しやすくなるような効果が期待できる施策**」として

**ピークタイムの観光客バス利用者数を減らすために
清水寺の入場時間に制限をかける施策**

を考える

※ピークタイム...居住民の帰宅ラッシュによる夕方17:00～19:00の時間を指すものとする

状況シナリオと施策シナリオ

- 予備実験の結果、バス停への観光客の到着分布に変化が生じていたため、**施策に効果が期待できるものとして以下のようにシナリオを設定**

状況シナリオ	特徴
状況 1	施策導入直後(観光客が入場規制の情報を持ち合わせていない)
状況 2	施策導入後一定期間経過(情報を持ち合わせている)
状況 3	状況 1 + 開館時間を 1 時間延長
状況 4	状況 2 + 開館時間を 1 時間延長

施策シナリオ	入場の制限時間	特徴
施策 1	10:30~11:30	予備実験
施策 2	12:30~13:30	清水寺の観光客数のピーク
施策 3	15:30~16:30	居住民の帰宅ラッシュ開始時刻(17:00)の90分前
施策 4	16:30~17:30	帰宅ラッシュが始まっている間に入場規制

※通常Simulation想定期間の清水寺開館時間は07:00~18:00なので、状況3,4では19:00まで開館

状況シナリオ 1 の結果：施策導入直後

- 清水寺への観光客流入、30分ごとの流入と推定入場料収入
 - 状況 1 における施策なしの場合の結果を基準にした比較
 - 緑セルは良化、赤いセルは悪化を表す

清水寺	合計流入数	清水寺への30分単位の平均流入数	清水寺への30分単位の最大流入数	推定入場料収入
施策なし	24856	2159	4098	¥8,948,160
施策 1	-8%	-10%	+11%	¥8,273,520
施策 2	-14%	-18%	-1%	¥7,699,320
施策 3	-10%	-13%	0%	¥8,065,440
施策 4	-9%	-7%	+2%	¥8,158,680

状況シナリオ 1 の結果：施策導入直後

- 近隣バス停への観光客流入、30分ごとの最大流入と帰宅ピークタイムの合計流入数

近隣のバス停	合計流入数	バス停への30分単位の最大流入数			帰宅ピークタイムの合計流入数			
		清水道	五条坂	東山安井	清水道	五条坂	東山安井	Total
Nothing	Nothing	591	573	632	955	1541	412	2,908
policy 1	10:30 ~11:30	+7%	+9%	-10%	-1%	+1%	+6%	+1%
policy 2	12:30 ~13:30	+20%	+18%	+50%	+6%	+13%	-1%	+8%
policy 3	15:30 ~16:30	-20%	+37%	-4%	-50%	-49%	+8%	-41%
policy 4	16:30 ~17:30	+2%	+8%	-1%	-27%	-26%	+17%	-20%

※ピークタイム...居住者の帰宅ラッシュによる夕方17:00~19:00の時間

状況シナリオ 1 の結果：施策導入直後

- 区域全体の流入数と区域からの流出数からみる施策効果
 - ピークタイムの流出が減少 = ピークのインフラ利用の減少を意味する

東山区全体	合計流入数	区域全体への30分単位の最大流入数	施策効果	帰宅ピークタイムの区域全体からの流出数	施策効果
Nothing	Nothing	4001	-	4579	-
policy 1	10:30 ~11:30	4023	-10%	4023	-12%
policy 2	12:30 ~13:30	4678	-18%	4600	0%
policy 3	15:30 ~16:30	4141	-13%	3316	-28%
policy 4	16:30 ~17:30	4093	-7%	4010	-12%

状況シナリオごとの最適施策（感度分析）

- 収益減少のリスク、もしくは混雑解消のどちらを優先するか式によって評価する
- 以下の式によってScoreを算出し、高い結果となった施策を状況ごとの有効策とする
 - wc ... 収益減少と混雑解消のどちらを優先するか（ wc が高い場合は収益減少を回避する）
 - p ... 主要バス停近くの混雑と全体混雑解消のどちらを優先するか

$$\text{Score} = \sum_i \sum_j wc * cost_{S_i P_j} + wn * peak_n_{S_i P_j} + wr * peak_h_{S_i P_j}$$

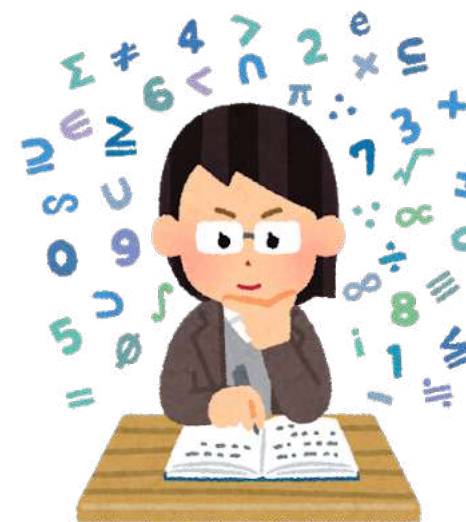
$SituationScenario_i \in \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$

$PolicyScenario_j \in \{P_1, P_2, P_3, P_4\}$

$wc + wn + wh = 1$

$p = wn / (wn + wh)$

$cost_{S_i P_j}, peak_n_{S_i P_j}, peak_h_{S_i P_j}$... Effect of Policy



感度分析の結果

状況シナリオ 1

wc/p	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.6	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
0.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

状況シナリオ 2

wc/p	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.7	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

状況シナリオ 3

wc/p	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.8	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4
0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

状況シナリオ 4

wc/p	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.7	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

感度分析の結果と考察

- どの状況シナリオにおいても**施策3**がある程度有効である
- 収益減少を避けたい(パラメータ w_c が高い)場合は、午前に入場制限をかける**施策1**が有効である
- 開館時間を延長する(状況シナリオ3,4)場合は、収益パラメータ p の値によっては**施策4**が有効性を持つ場合がある
- **施策2**はどの場合においても有効でなかった
→そもそもの観光客が多い時間の入場制限は有効でない
- 実際に入場制限施策を導入する場合は
どの状況においても有効性を示した**施策3**が良いと考えられる

まとめと今後の課題

● まとめ

- OTによって深刻な混雑が発生した区域を **S4 Simulation System**によって **MASモデルとして実装**することができた
- 構築したシミュレーションモデルを利用して、**問題解消に向けた提案施策の有効性を検証**することができた
- 交通インフラを利用する住民への悪影響を低減するためには、**“人気観光スポットの開館時間を1時間延長して15:30から1時間入場制限をかける”**施策が有効であることがわかった

● 今後の課題

- MASモデルにおける観光客エージェントのより詳細な属性設定
例.) 年齢、性別、複数人でのグループ観光 etc
- 観光客エージェントの観光行動アルゴリズムの詳細な情報設定
→実際の観光客の行動履歴データやアンケート調査が可能であれば実現が期待できる

参考文献

- [1] KDDI総合研究所, オーバーツーリズム ~溢れる観光客と求められる全体最適化~, R&A 2019年4月号
- [2] 京都市産業観光局, 京都観光総合調査, 2018年度調査
- [3] Seraphin, H., Sheeran, P., & Pilato, M. (2018). Over-tourism and the fall of Venice as a destination. *Journal of Destination Marketing & Management*, 9, 374-376.
- [4] エージェントシミュレーション, <http://www.msi.co.jp/s4/introduction/agent.html>, アクセス : 2019/09/01
- [5] Open Street Map, <https://www.openstreetmap.org>, アクセス : 2019/09/01
- [6] 市バスの運輸成績について, <https://data.city.kyoto.lg.jp/28>
- [7] 京都市バス時刻表【ハイパー位バスダイヤ】, <http://www2.city.kyoto.lg.jp/kotsu/busdia/bustime.htm>
- [8] 京都を中心とした歴史都市の総合的的魅力向上調査,
<http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/souhatu/h18seika/03kyoto/03kyoto.html>
- [9] 平成21年度 第1回 市政総合アンケート報告書 ~これからの京都観光~,
<https://www.city.kyoto.lg.jp/sogo/cmsfiles/contents/0000070/70148/houkokusho.pdf>
- [10] 泉 千晶, 住民志向の観光都市京都へ向けた提言 ~経済効果と住民心理の分析から~,
<https://www.coc.kyoto-u.ac.jp/tourism/common/doc/paper25.pdf>