

# トリップチェーンを考慮した交通量配分モデルによる混雑軽減施策の検討

環境社会基盤工学分野

都市交通研究室

大田 涼介

指導教員：加藤 哲平

## 1. 背景と目的

近年、観光ビザ要件の緩和や SNS の普及により訪日外国人観光客が増加している。一時はコロナ禍で観光需要が減少したものの、水際対策の緩和により国内外を問わず観光需要は回復しつつある。この結果、特定の観光地に観光客が集中し、地域住民の生活や自然環境に悪影響を及ぼす「オーバーツーリズム」が深刻な社会問題となっている。特に、交通渋滞や公共交通の混雑といった交通面での影響が顕在化している。

具体例として、京都市では市営バスの混雑が深刻化し、地元住民が公共交通を利用しにくい状況が生じたことから、観光特急バスの運行や観光客分散の取り組みが進められている。また、鎌倉市の江ノ島では道路・鉄道の混雑を背景に徒歩移動の促進が行われており、山梨県富士河口湖町では観光客の集中に伴う問題に対し、景観を遮る対策が実施された。このように、各自治体では交通網の強化や目的地分散など複数の施策が講じられているが、施策間の相互作用や優先順位を同一の枠組みで定量的に評価する手法については、なお検討の余地がある。特に、観光客が複数の目的地を巡る周遊行動、すなわちトリップチェーンを考慮した評価が重要である。

トリップチェーンを考慮した交通量配分モデルとして、円山(2004)<sup>1)</sup>は、起点から1箇所の中継地を経由して起点に戻ってくるピストン型のトリップチェーン選択を内生化したネットワーク均衡モデルを提案している。また、こ

の論文ではピストン型のみならず、一般的なトリップチェーン選択にも拡張できること、中継地点に固有の魅力度を考慮できることも示されている。また、円山ら(2003)<sup>2)</sup>は、ネットワーク統合モデルが混雑地域における誘発交通の評価モデルとして適切な性質を持つことを示したうえで、経済理論に基づいたネットワーク統合モデルの定式化を行い、モデルと整合的な便益評価指標を示している。

本研究では、上記で示した枠組みを組み合わせることで、トリップチェーンを考慮した交通量配分モデルを定式化し、観光地を分散させるような施策（ノードの分散）や、新たにバスを運行するような施策（リンクの強化）など、様々な施策を実施した際における利用者便益を比較・評価する。これにより、交通混雑の軽減に向けた施策の在り方を検討することを目的とする。

## 2. モデルの定式化

### 2.1. 定式化で用いる記号

本研究において、代表的個人は図-1 に示す階層構造を持つ Nested Logit 型の確率的選択モデルとして定式化する。意思決定のプロセスは以下の通りである。まず、利用者は旅行実施の有無（発生）、およびその最終目的地を決定する。続いて、最終目的地に至る過程において、どの観光地を経由するかという周遊パターン（トリップチェーン）を決定する。最後に、各移動区間において利用する経路（経路選択）を決定する。なお、実際の交通ネットワークには自動車

や鉄道など複数の手段が存在するが、本研究では議論の単純化のため、単一の交通手段のみを対象とする。

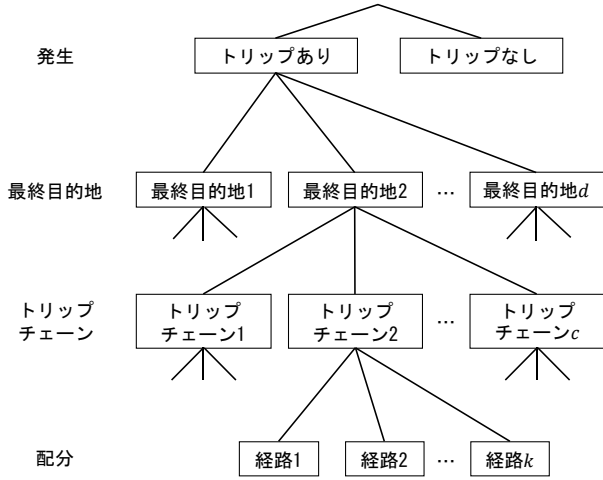


図-1 Nested Logit 型の選択構造

ここで、本研究で扱う主な記号について以下に整理する。

- $x_a$  : リンク  $a$  における交通量
- $f_k^{rs}$  : 部分 OD ペア  $rs$  間  $k$  番目経路交通量
- $q_{rs}$  : 部分 OD ペア  $rs$  間 OD 交通量
- $h_{pd}^c$  : 起点  $p$  から最終目的地  $d$  までのトリップチェーン  $c$  の交通量
- $Q_{pd}$  : 起点  $p$  から最終目的地  $d$  までの全体 OD 交通量
- $O_p$  : 発生交通量
- $O_{p0}$  : 対象時間帯にトリップを行わない利用者数
- $N_p$  : トリップ発生要因の人口指標
- $\delta_{a,k}^{rs}$  : リンク経路接続行列
- $\eta_{pdc}^{rs}$  : 起点  $p$  から最終目的地  $d$  までのトリップチェーン  $c$  に部分 OD ペア  $rs$  が含まれるとき 1, それ以外では 0 をとる行列
- $M_{pd}^c$  : 起点  $p$  から最終目的地  $d$  までのトリップチェーン  $c$  における固有の魅力度
- $\theta_A, \theta_B, \theta_C, \theta_D$  : パラメータ

ここで、「部分 OD ペア」とは、「起点→観光地→観光地→…→最終目的地」といった一連のトリップチェーンを、連続する二地点間の移動

区間ごとに分割した単位を指す。具体的には、起点から最初の観光地までの移動、観光地間相互の移動、および最後の観光地から最終目的地までの移動のそれぞれが、独立した部分 OD ペアとして定義される。また、起点  $p$  から最終目的地  $d$  までのトリップチェーン  $c$  の魅力度  $M_{pd}^c$  は、当該経路において経由した観光地ノードそれぞれの魅力度の合計として定義する。

## 2.2. 交通量配分モデル

交通量配分モデルは以下のような制約条件付きの最適化問題によって定式化できる。

$$\begin{aligned}
 \min. Z(\mathbf{x}, \mathbf{f}, \mathbf{q}, \mathbf{h}, \mathbf{Q}, \mathbf{O}) = & \\
 \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega & \\
 + \frac{1}{\theta_A} \sum_{r,s,k} f_k^{rs} \ln(f_k^{rs}/q_{rs}) & \\
 + \frac{1}{\theta_B} \sum_{p,d,c} h_{pd}^c \ln(h_{pd}^c/Q_{pd}) & \\
 + \frac{1}{\theta_C} \sum_{p,d} Q_{pd} \ln(Q_{pd}/O_p) & \\
 + \frac{1}{\theta_D} \sum_p [O_p \ln(O_p/N_p) & \\
 + O_{p0} \ln(O_{p0}/N_p)] & \\
 - \sum_c M_{pd}^c h_{pd}^c & \quad (1)
 \end{aligned}$$

s. t.

$$\begin{aligned}
 O_p + O_{p0} = N_p, \sum_c h_{pd}^c = Q_{pd}, q_{rs} = \sum_{p,d,c} h_{pd}^c \eta_{pdc}^{rs} & \\
 \sum_d Q_{pd} = O_p, \sum_k f_k^{rs} = q_{rs}, x_a = \sum_{r,s,k} \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs} & \quad (2) \\
 x_a \geq 0, f_k^{rs} \geq 0, q_{rs} \geq 0, h_{pd}^c \geq 0 & \\
 Q_{pd} \geq 0, O_p \geq 0, O_{p0} \geq 0 &
 \end{aligned}$$

ここで、式(2)は交通量保存則および非負制約を表す。また、 $t_a(x_a)$  はリンク  $a$  におけるリンクコスト関数であり、以下のような BPR 関数とする。

$$t_a(x_a) = t_{a0} \left\{ 1 + \alpha \left( \frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\} \quad (3)$$

$t_{a0}$  は自由走行時間、 $C_a$  は交通容量、 $\alpha, \beta$  は BPR 関数のパラメータである。以上の最適化問題を解くことにより、図-1 の構造の Nested Logit モ

デルが導出できる。

### 2.3. 効用最大化問題

2.2 で示した最適化問題を解き、その結果得られる均衡状態における移動時間を基に、最適化問題と等価な効用最大化問題を定式化する。代表的個人の交通行動は、効用最大化問題として以下のように定式化できる。

$$\max. U = - \sum_{r,s,k} \tau f_k^{rs} t_k^{rs*} + u + z \quad (4)$$

s. t.

$$\sum_{r,s,k} P_k^{rs} f_k^{rs} + z = y \quad (5)$$

where,

$$\begin{aligned} u = & -\frac{1}{\theta_A} \sum_{r,s,k} f_k^{rs} \ln(f_k^{rs}/q_{rs}) \\ & -\frac{1}{\theta_B} \sum_{p,d,c} h_{pd}^c \ln(h_{pd}^c/Q_{pd}) \\ & -\frac{1}{\theta_C} \sum_{p,d} Q_{pd} \ln(Q_{pd}/O_p) \\ & -\frac{1}{\theta_D} \sum_p [O_p \ln(O_p/N_p) + O_{p0} \ln(O_{p0}/N_p)] \\ & + \sum_c M_{pd}^c h_{pd}^c \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、式(5)は代表的個人の予算制約を表す。また、 $t_k^{rs*}$ は部分 OD ペア  $rs$  の経路  $k$  の均衡時における所要時間であり、最適化問題から得られるものである。さらに、 $P_k^{rs}$ は価格（料金）、 $z$ は代表的個人の交通以外の財の消費を表現する合成財（価格を1に基準化）、 $y$ は代表的個人の所得、 $\tau$ は時間価値である。

### 2.4. 利用者便益の算出

以上の効用最大化問題を解くことにより、2.2 と同様に図-1 の構造の以下の Nested Logit モデルが導出できる。したがって、この問題で得られる交通量は2.2 の最適化問題で得られる交通量配分結果と等価である。

$$f_k^{rs} = q_{rs} \frac{\exp\{-\theta_A(\tau t_k^{rs*} + P_k^{rs})\}}{\sum_k \exp\{-\theta_A(\tau t_k^{rs*} + P_k^{rs})\}} \quad (7)$$

$$h_{pd}^c = Q_{pd} \frac{\exp\{-\theta_B(c_{pd}^c - M_{pd}^c)\}}{\sum_c \exp\{-\theta_B(c_{pd}^c - M_{pd}^c)\}} \quad (8)$$

$$Q_{pd} = O_p \frac{\exp(-\theta_C S_{pd})}{\sum_d \exp(-\theta_C S_{pd})} \quad (9)$$

$$O_p = N_p \frac{\exp(-\theta_D S_p)}{1 + \exp(-\theta_D S_p)} \quad (10)$$

ここで、部分 OD ペアレベル、トリップチェーンレベル、全体 OD ペアレベル、発生レベルにおける期待最小費用はそれぞれ以下のようになる。

$$c_{rs} = -\frac{1}{\theta_A} \ln \sum_k \exp\{-\theta_A(\tau t_k^{rs*} + P_k^{rs})\} \quad (11)$$

$$c_{pd}^c = \sum_{rs} c_{rs} \eta_{pdc}^{rs} \quad (12)$$

$$S_{pd} = -\frac{1}{\theta_B} \ln \sum_c \exp\{-\theta_B(c_{pd}^c - M_{pd}^c)\} \quad (13)$$

$$S_p = -\frac{1}{\theta_C} \ln \sum_d \exp(-\theta_C S_{pd}) \quad (14)$$

これらを基に各レベルにおける利用者便益を算出することが可能である。また、トリップ有無を含む出発レベルにおける期待最大効用を

$$\tilde{S}_p = \frac{1}{\theta_D} \ln\{1 + \exp(-\theta_D S_p)\} \quad (15)$$

と置けば、ネットワーク全体の総利用者便益  $UB$  は以下のように算出できる。

$$\begin{aligned} UB &= \sum_p \int_{\tilde{S}_p^{without}}^{\tilde{S}_p^{with}} N_p d\tilde{S}_p \\ &= \sum_p N_p (\tilde{S}_p^{with} - \tilde{S}_p^{without}) \end{aligned} \quad (16)$$

ここで、*with*は施策の実施後を、*without*は施策の実施前を表す添え字である。

## 3. 数値実験

本章では、定式化したモデルを用い、仮想ネットワークによる数値実験を行う。観光客と地元住民が同一ネットワークを共有する状況を

想定し、観光・交通施策が両者の行動と利用者便益に与える影響を同時に評価する。対称ネットワークにより基本的挙動を把握した上で、非対称ネットワークとの比較を通じて、立地や需要の偏りが施策効果に与える影響を検証する。

### 3.1. 対称ネットワークによる分析

本実験では、図-2 に示すような仮想ネットワークを用いる。ノード数 29，リンク数 88 で構成されたネットワークで、ノード 26~29 が観光客の起終点ノード，ノード 9，17 が地元住民の起終点ノードである。また，ノード 7，19 は観光地ノードであり，ノード 16 は後述する施策により観光地を新設するノードである。観光地の起終点ノードと接続するリンクはコストが 0 のダミーリンクである。

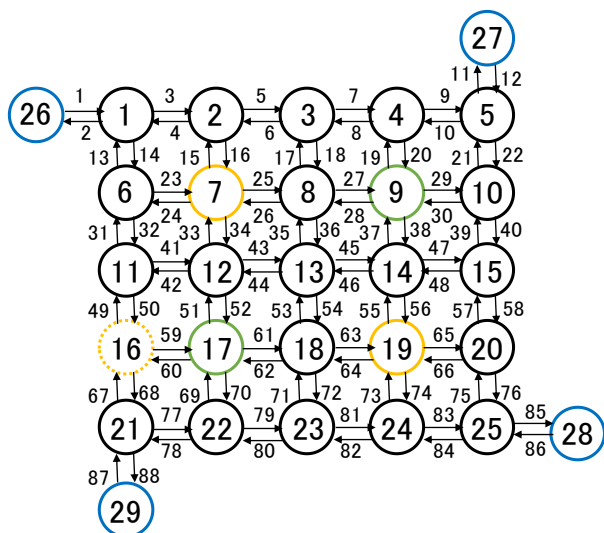


図-2 仮想ネットワーク（対称）

また，本実験で仮定する人口指標およびパラメータを表-1，表-2 に示す。

対称ネットワークでは，施策シナリオ比較実験およびリンク容量の感度分析を実施する。施策シナリオ比較実験では，施策実施前（現況）と実施後を比較し，地元住民・観光客の属性別に利用者便益を評価する。現況では，リンク容量を 1500，各観光地の魅力度を 50 とする。施

策として，Case1：ネットワーク外縁部に魅力度 50 の観光地を新設する施策，Case2：観光地に接続するリンクの容量を 1500 から 1800 に引き上げる施策，Case3：Case1 および 2 を同時に実施する施策を設定する。Case1 は新たな観光施設の整備，Case2 は道路拡幅や公共交通の増便などのアクセス改善施策に相当する。

表-1 対称ネットワークにおける人口指標

| 属性   | 起終点ノード | 人口指標 |
|------|--------|------|
| 観光客  | 26     | 1500 |
|      | 27     | 1500 |
|      | 28     | 1500 |
|      | 29     | 1500 |
| 地元住民 | 9      | 3000 |
|      | 17     | 3000 |

表-2 パラメータ

| 名目                   | 値     |
|----------------------|-------|
| 目的関数パラメータ $\theta_A$ | 1     |
| 目的関数パラメータ $\theta_B$ | 0.25  |
| 目的関数パラメータ $\theta_C$ | 0.027 |
| 目的関数パラメータ $\theta_D$ | 0.003 |
| 自由走行時間 $t_{a0}$      | 7     |
| BPR 関数パラメータ $\alpha$ | 0.15  |
| BPR 関数パラメータ $\beta$  | 4     |
| 時間価値 $\tau$          | 1     |

表-3 は，対称ネットワークにおいて，各施策を適用した際の属性別利用者便益を示したものである。また，表-4 および表-5 はそれぞれ観光地流入リンク交通量の合計値および地元住民の平均 OD 所要時間を示したものである。

表-3 より，対称ネットワークにおいて Case1 を適用した場合，観光客の利用者便益が大きく増加する一方で，地元住民の利用者便益は低下しており，属性間でトレードオフが生じている

ことが確認される。表-4 より新規観光地への流入交通量が増加していることから、既存観光地との周遊行動が活発化し、観光客の便益が向上したと考えられる。他方、表-5 より地元住民の平均所要時間が増加していることから、新たな観光需要の発生に伴う混雑悪化が便益低下の要因であると解釈できる。

表-3 対称ネットワークにおける  
属性別利用者便益

|                    | 地元住民     | 観光客       |
|--------------------|----------|-----------|
| Case1              | -2799.95 | 143704.36 |
| Case2              | 659.01   | 1608.89   |
| Case3              | -1795.51 | 139283.01 |
| Case1+Case2<br>単純和 | -2140.94 | 145313.20 |

表-4 対称ネットワークにおける  
観光地流入リンク交通量の合計値

| 観光地<br>Node No. | 7    | 16<br>(新規) | 19   |
|-----------------|------|------------|------|
| 現況              | 3755 | 1384       | 3757 |
| Case1           | 4270 | 3795       | 3778 |
| Case2           | 3784 | 1381       | 3779 |
| Case3           | 4248 | 4378       | 4041 |

Case2 では観光客・地元住民の双方で便益が増加しており、属性間で同方向の効果が得られている。表-4 において交通量に大きな変化が見られない一方、表-5 では地元住民の平均所要時間が減少していることから、容量拡張による混雑緩和がネットワーク全体の効率性を高め、両者の便益増加につながったと考えられる。

さらに Case3 では、地元住民の便益は Case1 より改善しているものの、観光客の便益は Case1 および単純和を下回る結果となった。表-4 より Case1 と比較して交通量が増加している

ことから、容量拡張により誘発された交通が混雑緩和効果を上回り、結果として便益の増加が抑制されたと解釈できる。以上より、施策を組み合わせた場合でも効果が単純に加算されるとは限らないことが示された。

表-5 対称ネットワークにおける  
地元住民平均 OD 所要時間（現況との差）

|       | 地元住民平均 OD 所要時間<br>(現況との差) |
|-------|---------------------------|
| Case1 | +0.49 (+1.72%)            |
| Case2 | -0.15 (-0.53%)            |
| Case3 | +0.99 (+3.45%)            |

続いて、リンク容量の感度分析として、容量を段階的に変化させた場合の利用者便益の変化を属性別に検証する。本分析では、観光地に接続するリンクのみ容量を拡張する場合と、ネットワーク全体のリンク容量を一様に拡張する場合を比較し、容量拡張の対象範囲による効果の違いを明らかにする。具体的には、基準容量 1500 に対し、1600, 1800, 2000 へ段階的に引き上げた場合の計算結果を比較する。

図-3 は、観光地接続リンクのみ容量を拡張した場合と、ネットワーク全体のリンク容量を一様に拡張した場合における利用者便益の変化を示す。表-6 および表-7 は、それぞれ総旅行時間および平均 OD 所要時間の変化を示したものである。

観光地接続リンクの容量を拡張した場合、図-3 より、観光客の利用者便益は概ね増加傾向を示す一方、地元住民の便益は単調には変化せず、増減を繰り返す挙動が確認された。表-6 より平均所要時間は減少しているものの、総旅行時間は上下に変動していることから、容量拡張による混雑緩和効果と、需要変化に伴う誘発交通の影響が同時に作用していると考えられる。

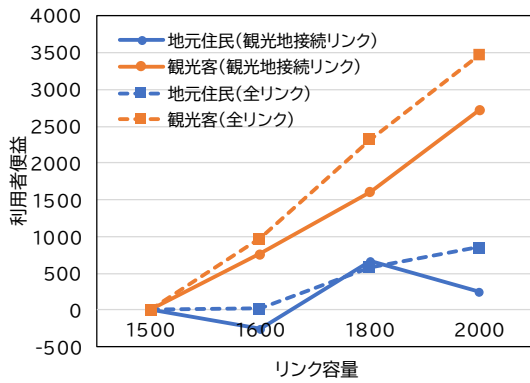


図-3 リンク容量の変化に伴う利用者便益の推移

表-6 観光地接続リンク拡張時における総旅行時間と平均 OD 所要時間の変化

| リンク容量 | 総旅行時間 | 平均 OD 所要時間 |
|-------|-------|------------|
| 1500  | 82697 | 28.66      |
| 1600  | 82890 | 28.58      |
| 1800  | 82001 | 28.51      |
| 2000  | 82432 | 28.47      |

表-7 全リンク拡張時における総旅行時間と平均 OD 所要時間の変化

| リンク容量 | 総旅行時間 | 平均 OD 所要時間 |
|-------|-------|------------|
| 1500  | 82697 | 28.66      |
| 1600  | 82622 | 28.50      |
| 1800  | 82086 | 28.36      |
| 2000  | 81836 | 28.25      |

一方、ネットワーク全体の容量を一律に拡張した場合には、図-3 より、観光客・地元住民ともに利用者便益は全体として増加傾向を示している。ただし増加幅には属性間で差が見られ、特に観光客の便益増加が大きい。これは、観光客の効用が移動時間のみならず観光地の魅力度にも依存しているというモデル構造を反映している可能性がある。地元住民については、初期段階（1500 から 1600）での改善幅が小さく、表-7 より平均所要時間は減少しているもの

の、総旅行時間の減少幅が限定的であることがその要因と解釈できる。

### 3.2. 非対称ネットワークによる分析

本実験では、図-4 に示すような仮想ネットワークを用いる。ノード数 24、リンク数 70 で構成されたネットワークで、ノード 21~24 が観光客の起終点ノード、ノード 9、12 が地元住民の起終点ノードである。また、ノード 7、13 は観光地ノードであり、ノード 4 は対称ネットワークと同様、観光地を新設するノードである。対称ネットワークと同様、観光客の起終点ノードと接続するリンクはコストが 0 のダミーリンクである。

仮定する施策については対称ネットワークと同様である。また、パラメータの変更点は人口指標のみであることからその値を表-8 に示す。

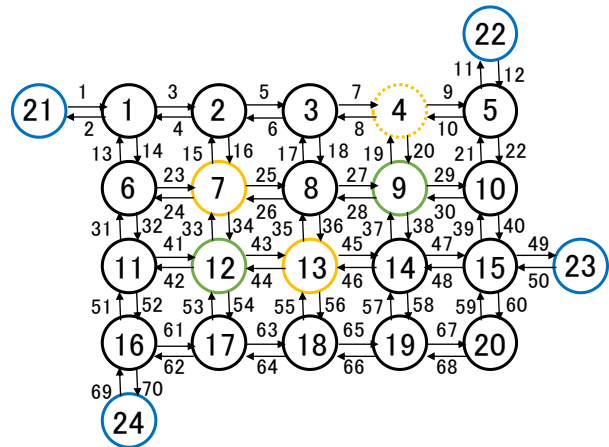


図-4 仮想ネットワーク（非対称）

表-8 非対称ネットワークにおける人口指標

| 属性   | 起終点ノード | 人口指標 |
|------|--------|------|
| 観光客  | 21     | 3000 |
|      | 22     | 500  |
|      | 23     | 1000 |
|      | 24     | 2000 |
| 地元住民 | 9      | 500  |
|      | 12     | 500  |

表-9 は、非対称ネットワークにおいて、各施策を適用した際の属性別利用者便益を示したものである。また、表-10 および表-11 はそれぞれ観光地流入リンク交通量の合計値および地元住民の平均 OD 所要時間を示したものである。

表-9 非対称ネットワークにおける  
属性別利用者便益

|                    | 地元住民    | 観光客       |
|--------------------|---------|-----------|
| Case1              | -130.92 | 138360.33 |
| Case2              | -2.40   | 2936.21   |
| Case3              | -32.23  | 145942.03 |
| Case1+Case2<br>単純和 | -133.31 | 141296.54 |

表-10 非対称ネットワークにおける  
観光地流入リンク交通量の合計値

| 観光地<br>Node No. | 4<br>(新規) | 7    | 13   |
|-----------------|-----------|------|------|
| 現況              | 968       | 3841 | 3928 |
| Case1           | 3895      | 3970 | 4027 |
| Case2           | 1011      | 3861 | 3950 |
| Case3           | 3931      | 3981 | 4046 |

表-11 非対称ネットワークにおける  
地元住民平均 OD 所要時間（現況との差）

|       | 地元住民平均 OD 所要時間<br>(現況との差) |
|-------|---------------------------|
| Case1 | +0.20 (+0.90%)            |
| Case2 | -0.19 (-0.83%)            |
| Case3 | -0.05 (-0.22%)            |

表-9 より非対称ネットワークにおいても、Case1 では観光客の便益増加と地元住民の便益低下が同時に生じており、ネットワーク構造が異なってもトレードオフが生じ得る点は共通

している。しかしながら、表-10 より新規観光地であるノード4における交通量の増加幅が対称ネットワークと比較して著しいことが読み取れる。既存観光地への流入増加も確認できるが、ノード4ほど大きくない。このことから、非対称ネットワークでは需要増加が特定の観光地に集中しやすい傾向があると考えられる。このようなノード4への流入集中は、観光客の発生起点の分布に起因すると解釈できる。

Case2 に関しては、観光客の便益は改善するものの、地元住民の便益変化はわずかに負の値を示しており、施策効果の帰着は属性により異なる結果となった。この要因として、非対称ネットワークでは容量改善に伴う観光需要の誘発が空間的に偏り、混雑緩和の恩恵が地元住民全体に均等に及ばなかった可能性が考えられる。

さらに、Case3 では観光客の便益が単純和を上回っており、非対称ネットワークでは施策の組み合わせによって相乗効果が生じ得ることが示された。これは、観光地配置や人口指標の偏りにより、施策効果が空間的に不均一に作用し、特定の OD やリンクで強調されたためと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究は、オーバーツーリズムに伴う交通混雑を背景として、観光客の周遊行動を明示的に考慮した交通量配分モデルを構築し、観光施策と交通施策を同一の枠組みで評価することを目的としたものである。提案モデルは均衡所要時間を所与とした効用最大化問題と等価であり、利用者行動と整合的に施策効果を評価できる理論的枠組みを示した。さらに、対称・非対称の仮想ネットワークを対象とした数値実験を通じて、新規観光地導入施策およびリンク容量改善施策が利用者便益および交通状態に及ぼす影響を分析した。

対称ネットワークでは、新規観光地導入は観光客の便益を高める一方で誘発交通により地元住民に不利な影響を及ぼし得ること、容量改善は両者に安定的な便益向上をもたらすことが示された。また、両施策を同時に実施した場合でも効果が単純に加算されるとは限らず、相乗効果は限定的である可能性が示唆された。容量感度分析では、観光地接続リンクの拡張は観光客便益を一貫して高める一方、地元住民の便益は誘発交通の影響を受け必ずしも単調に改善しないこと、ネットワーク全体の容量拡張では一定規模以上で混雑緩和効果が顕在化することが確認された。

非対称ネットワークでは、需要の空間的集中が顕著となり、施策効果が局所的に現れることが示された。特に、新規観光地導入と容量改善を同時に実施した場合には、個別施策の単純和を上回る便益が得られ、ネットワークの非対称性が施策間の相互作用や相乗効果を顕在化させる要因となり得ることが明らかとなった。

以上より本研究は、トリップチェーンを明示的に考慮した交通量配分モデルを通じて、観光施策と交通施策が相互に影響し合うメカニズムを統一的に評価する枠組みを提示した点に意義がある。これにより、オーバーツーリズム対策における施策の優先順位や組み合わせを含め、効果的な施策の在り方を検討することが可能となった。

一方、本研究は仮想ネットワークおよび設定値に基づく数値実験にとどまるため、今後は実データを用いた適用により実務的有用性を検証する必要がある。また、本研究では単一交通手段を前提としたが、実際の観光行動では複数交通手段の組み合わせが一般的であることから、交通手段選択を明示的に組み込んだ拡張が求められる。さらに、パラメータ設定に関する感度分析を通じて施策効果の頑健性およびモデルの適用範囲を体系的に検討することが今

後の課題である。

## 参考文献

- 1) 円山琢也：トリップチェーン選択を内生化したネットワーク均衡モデル，第29回土木計画学研究発表会・講演集，No.223，2004.
- 2) 円山琢也，原田昇，太田勝敏：誘発交通を考慮した混雑地域における道路整備の利用者便益推定，土木学会論文集，No.744，IV-61，pp.123-137，2003.