

# 大阪・関西万博における道路交通調整のための有料道路料金政策の検討

金賀 一輝<sup>1</sup>・井ノ口 弘昭<sup>2</sup>・秋山 孝正<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 関西大学大学院 理工学研究科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目 3-35)  
E-mail:k344298@kansai-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目 3-35)  
E-mail:hiroaki@inokuchi.jp

<sup>3</sup> 正会員 関西大学教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目 3-35)  
E-mail:akiyama@kansai-u.ac.jp

大阪・関西万博は 2025 年に開催される大規模イベントであり、来場者輸送に伴う京阪神地域の道路交通の運用が期待される。本研究では、有料道路料金の自律的な交通調整機能に着目して、有料道路料金政策の視点から大阪関西万博の道路交通調整を検討する。具体的には、2025 年を対象とした一般交通量および来場者交通量を推計するとともに、京阪神都市圏の都市道路網を対象とする。混雑料金理論に対応して、博覧会交通発生時の市場均衡時の死荷重損失 (DWL) を低減するため、有料道路路線の追加的課金政策を検討する。このとき、都市道路網に対する基礎的分析より、都市高速道路とその他の有料道路で相違する道路混雑が推測されることから、有料道路路線別の課金政策の組み合わせ最適化問題として定式化を行う。特に本稿では基本的なモデル構造と具体的なケーススタディの結果から有料道路料金政策の有効性を示す。

**Key Words:** EXPO2025 Osaka-Kansai, Visitor Transport, Charges for toll roads

## 1. はじめに

大阪・関西万博が、2025 年に大阪市此花区夢洲で開催される。また、会場および来場者の輸送にかかわる想定事項が、「大阪・関西万博 基本計画」に記載されている<sup>1)</sup>。会期中には、来場者交通による交通負荷の追加により都市交通網に大きな影響が及ぶと考えられる。このため、来場者輸送においては適正な交通機関分担・道路交通の分散・公共交通機関の整備が必要である。

そこで本研究では、2025 年時点の京阪神都市圏の道路ネットワークを対象として、大阪・関西万博の来場者交通が追加されることによる道路交通問題を整理する。具体的には、2025 年における一般交通量と来場者交通量を推計するとともに、道路交通量配分によって道路混雑区間の推計を行う。また、博覧会開催時の道路ネットワークにおける市場均衡時の死荷重損失 (DWL) を低減する方法として、有料道路区間の追加的課金を検討する。このとき、有料道路における課金対象とする路線(区間)・調整額の組み合わせを検討し、博覧会開催時の有料道路料金政策の有効性を示す。

## 2. 大阪・関西万博における来場者輸送計画

### (1) 大阪・関西万博の概要

大阪・関西万博は、BIE(博覧会国際事務局)により 2018 年に開催が承認された、人類の発展および最先端技術を世界へ向けて発信する大規模イベントである。大阪・関西万博では、「いのち輝く未来社会のデザイン」をテーマとして、「SDGs の達成」「Society 5.0 を前提とした持続可能な社会の実現」を推進するものである。

会期は 2025 年 4 月 13 日～10 月 13 日で、総来場者数は開催期間中に約 2,820 万人が想定されている<sup>1)</sup>。

図-1 に、大阪・関西万博の会場位置を示す。



図-1 大阪・関西万博の会場

博覧会会場は、大阪市此花区の夢洲地区である。夢洲は大阪市港湾部に造成された地区で、将来的に IR(統合型リゾート)の誘致が計画されている。会場面積は 155ha で、会場に隣接する形で Osaka Metro 中央線「(仮)夢洲駅」と「交通ターミナル」が設置予定である。

(2) 来場者輸送計画

大阪・関西万博における来場者輸送機関に関して、基本計画第 8 章「輸送計画」にその詳細が記載されている。

図-2 に、基本計画における来場者輸送機関分担を示す。

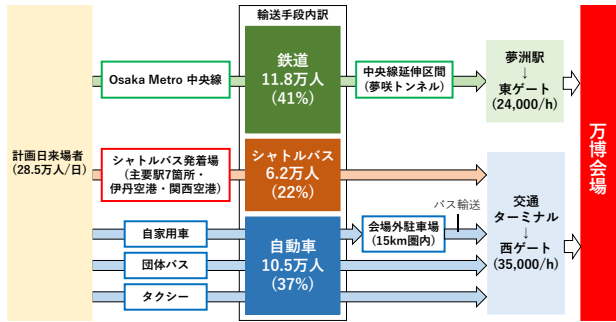


図-2 来場者輸送機関の設定

来場者の輸送手段は、鉄道・シャトルバス・自動車に大別されている。鉄道では、Osaka Metro 中央線の延伸によって輸送が行われる。また、シャトルバスでは大阪市周辺の主要駅・近隣空港からの利用が想定されている。さらに「自動車」のうち自家用車に関しては、会場(夢洲)への乗り入れが禁止されるため、舞洲・堺・尼崎に設置予定の会場駐車場からバス輸送を行う、パークアンドライド方式が提案されている<sup>2)</sup>。基本計画では、交通機関分担割合が想定されており、「鉄道：シャトルバス：自動車=41：22：37」となっている。

なお、同様の検討は環境影響評価方法書<sup>3)</sup>においても行われており、「鉄道：シャトルバス：自動車=40：20：40」と想定されている。これらの数値に関しては、基本計画の数値と本質的に同様であると考えられるため、本稿では「40：20：40」を設定値とする。

(3) 道路交通需要の設定(来場者交通の推計)

つぎに、大阪・関西万博の来場者交通における自動車交通量を推計する。前項で示したように、大阪・関西万博では会期中に約 2,820 万人の来場が想定されている。また、最大計画日來場者は 28.5 万人/日と想定されている。本研究ではこの値を基本的な設定値として、大阪・関西万博に来場する車両の交通量を算定する。

図-3 に、交通機関分担プロセスと、車両台数換算プロセスを内包した来場車両数の推定手順を示す。本図より最多来場者日を想定した博覧会関連交通量を算定する。

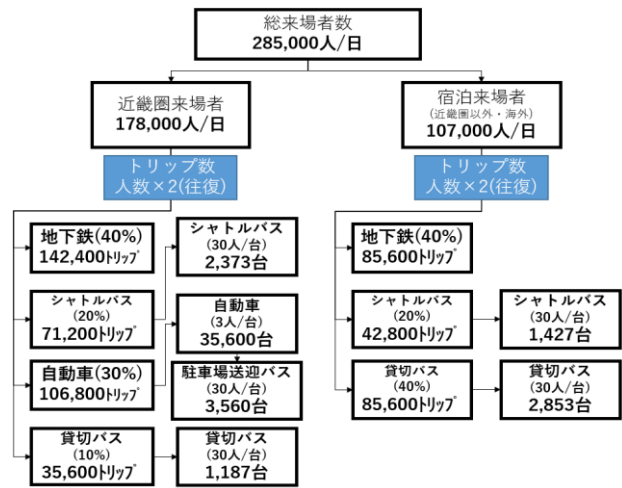


図-3 来場者交通機関分担想定値と推計交通量

具体的には、総来場者を近畿圏からの来場者と他地方・海外からの来場者に分割して、機関別の来場者数を算定する。なお、後者については近畿圏に宿泊する前提として考える。また、各来訪者については、出発地から博覧会会場までの往復トリップを行うと考える。

つぎに、前述した交通機関分担率「40：20：40」について、自動車交通 40%の内訳として自家用車と貸し切りバスが含まれると考える。自家用車に関しては、近畿圏の来場者のみが利用すると考え、利用者数は近畿圏来場者全体の 30%であると想定する。また、自家用車は場外駐車場に駐車し、来場者は送迎バスで会場に向かうと考える。これらの手順を踏まえて、自家用車・貸切バス・シャトルバスの OD 交通量を設定している。これらの OD 交通量(生成交通量：47,000 台/日)を通常時の交通量に付加することで、博覧会開催時の道路ネットワーク上の交通状態を推計する。

3. 博覧会時の道路網における道路交通流解析

(1) 京阪神道路網の現況分析

本研究では、来場者交通計画のうち道路交通運用に関する検討を行う。このため、2025 年時点における京阪神都市圏の都市道路網を構築する。図-4 に、京阪神都市圏の現実規模の道路ネットワークを示す。

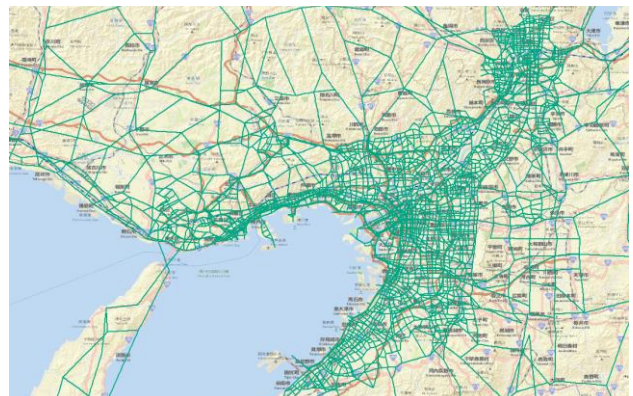


図-4 京阪神都市圏の現実規模道路ネットワーク

具体的には、都市高速道路・都市間高速道路を含む京阪神地域の幹線道路網である。リンク数 7,851、ノード数 5,264、セントロイド数 785 で構成されている。

また、2025 年の将来 OD 交通量については、既存研究における 2015 年京阪神都市圏自動車 OD 表に基づき、各ゾーンにおける 2015 年～2025 年の人口変化率を基に発生・集中交通量の推計を行った<sup>4)5)</sup>。さらに、求めた発生・集中交通量を基に、デトロイト法を用いて OD 交通量を推計した。すなわち、以上のプロセスで推計した数値を 2025 年の通常時の OD 交通量の推計値として用いることとする。具体的には、道路ネットワーク全体の生成交通量として 13,106,887 台が発生している。

また、図-5 に 2022 年時点で想定されている会場外パークアンドライド駐車場の位置を示す。



図-5 大阪・関西万博会場外駐車場の位置

本図より、会場近隣の舞洲地区と、会場から 15km 以内の位置にある尼崎地区と堺地区への駐車場の設置が想定されている<sup>2)</sup>。このとき、自家用車が駐車場の選択を行うものとして、自家用車 OD 交通量の割り当てを行う。具体的には、自家用車 OD の出発地点から各駐車場までの距離を求め、各駐車場と出発地間の距離が短い OD ペアから順に割り当てる。なお、各駐車場には駐車容量を設定し、最寄りの駐車台数が容量を超過している場合には次に近い駐車場に割り当てる<sup>6)</sup>。具体的には、駐車容量は「舞洲：堺：尼崎＝7,500：5,150：5,150」としている。

つぎに、博覧会開催時の道路交通流解析を実行するため、都市高速道路等の有料道路を考慮した交通量配分を実行する。ここでは、図-4 のような京阪神地域の現実規模道路ネットワークに対する、利用者均衡配分モデルを構築する。したがって、これらは等価数理計画問題として(1)～(4)のように定式化される。

$$\min Z_U = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(w) dw + \sum_{ij \in R} x_{ij} \cdot \frac{\pi_{ij}}{\zeta} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{k \in K_{rs}} f_k^{rs} - Q_{rs} = 0, \forall rs \in \Omega \quad (2)$$

$$x_a = \sum_{k \in K_{rs}} \sum_{rs \in \Omega} \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs}, \forall a \in A \quad (3)$$

$$f_k^{rs} \geq 0, x_a \geq 0 \quad (4)$$

ここで、 $x_a$ ：リンク  $a$  の一日交通量、 $t_a$ ：リンク  $a$  の所要時間、 $f_k^{rs}$ ：OD ペア  $rs$  間の経路  $k$  の経路交通量、 $Q_{rs}$ ：OD ペア  $rs$  間の OD 交通量、 $R$ ：有料道路ランプペアの集合、 $\pi_{ij}$ ：ランプ  $ij$  間の通行料金、 $\zeta$ ：時間価値(今回の計算では一律で乗用車類(平成 20 年価格)の 45.78 円/分)を採用)とする。

すなわち、この等価数理計画問題では、目的関数に有料道路の料金収入を時間換算したものが含まれている。

また、道路ネットワークにおける最適な交通状態を推計するため、システム最適化配分も同時に実行する。具体的には、利用者均衡配分モデルにおける目的関数を式(5)に置き換えて算定する。

$$\min Z_S = \sum_{a \in A} x_a \cdot t_a(x_a) \quad (5)$$

すなわち、博覧会開催時の道路ネットワークにおける「利用者均衡状態」と「システム最適状態」とを比較することにより、交通量の調整を行うべき区間を抽出する。また、上記の算定結果を参考に、高速道路料金の変更を行う区間を設定することで、交通状態の改善を図る。具体的には、市場均衡時の死荷重損失(DWL)が多く発生している区間を特定する。そのうえで、DWL が多く発生している有料道路路線・区間を対象に課金を行い、総走行時間(TC)の低減可能性を検討する。

## (2) 来場者交通による道路混雑問題

前項より、通常の OD 交通量に来場者 OD 交通量が追加された場合の、利用者均衡配分およびシステム最適化配分を実行した。表-1 に、来場者交通の追加による道路種別毎の総走行時間(TC)の変化を示す。

表-1 来場者交通の追加による総走行時間(TC)の変化

(台・時)	EXPOなし	EXPOあり	ΔTC	比率
全体	4,638,566	4,740,246	101,680	102.19%
一般道路	3,493,024	3,556,636	63,612	101.82%
その他有料道路	722,593	747,459	24,866	103.44%
都市高速道路	422,948	436,151	13,203	103.12%

本表より、博覧会交通により生成交通量が 0.36%増加したのに対して、道路ネットワーク全体で総走行時間は 2.19%増加した。増加分のうち、都市高速道路を含む有料道路が占める割合が 38%で、残りはすべて一般道路であ

る。なお、一般道路における道路混雑に対して、追加的に料金を徴収することは実質的に不可能である。そのため、本研究では有料道路での TC の増加分 38,068(台・時)分の低減を料金調整によって試みる。

また、図-6 に来場者交通によりリンク交通量の増加が大きい区間の空間分布を示す。さらに、表-2 に来場者交通の追加で最もリンク交通量が増加した 15 区間を示す。

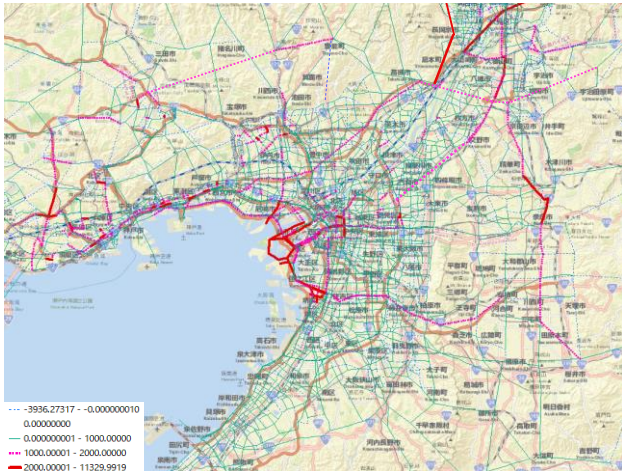


図-6 来場者交通追加によるリンク交通増加台数の分布

表-2 博覧会交通追加によりリンク交通量が増加した 15 区間

No.	地域	路線	場所	通常	博覧会	台数差
1	尼崎		東海岸町	-	11,330	11,330
2	堺		堺区築港八幡町	4,662	15,992	11,330
3	此花	此花大橋	北港二～舞洲	17,547	28,416	10,869
4	尼崎		東海岸町	248	9,609	9,361
5	住之江	夢咲トンネル	南港北～夢洲	15,610	23,388	7,777
6	此花	夢舞大橋	舞洲～夢洲	14,536	21,377	6,841
7	住之江		南港北一丁目	29,271	35,520	6,249
8	堺		堺区三宝町	14,035	20,173	6,139
9	住之江		南港東九	19,496	24,783	5,287
10	此花	淀川左岸線	島屋～舞洲	23,225	27,811	4,586
11	尼崎		大高洲町	1,710	6,167	4,457
12	此花	淀川左岸線	島屋～舞洲	19,105	23,444	4,339
13	神戸		長田区重池町一	1,677	5,579	3,902
14	神戸		東灘区魚崎中町	6,351	10,208	3,857
15	此花	5号湾岸線	湾岸舞洲出口	7,136	10,695	3,559

具体的には、会場および場外駐車場周辺において交通量が増加している。2,000 台(日)以上増加した 105 リンク中、大阪市・尼崎市・堺市内に存在しているのは 56 リンク、高速道路区間に存在しているのは 43 リンクであった。また、高速道路区間では阪神高速 5 号湾岸線・2 号淀川左岸線・16 号大阪港線での増加台数が大きい。このことから、会場周辺を経由する高速道路路線に対する課金を検討する必要があると考えられる。

#### 4. 博覧会開催時の高速道路料金政策

##### (1) 有料道路課金対象区間の検討

前章で示されたように、大阪・関西万博への来場者交通により京阪神地域の道路ネットワークにおいて、道路混雑が増大することが示された。すなわち、来場者交通

追加時の市場均衡時における死荷重損失(DWL)の低減を行う必要がある。本研究では、有料道路における追加的課金政策を検討する。

表-3 に、利用者均衡状態(UE)とシステム最適状態(SO)それぞれにおける道路種別ごとの総走行時間を示す。また、図-7 に、高速区間の両者の ΔTC の空間分布を示す。

表-1 来場者交通追加時の市場均衡状態・システム最適状態における総走行時間差

(台・時)	UE	SO	ΔTC	比率
全体	4,740,247	4,607,063	-133,184	97.19%
一般道路	3,556,471	3,487,437	-69,034	98.06%
その他有料道路	747,460	641,422	-106,038	85.81%
都市高速道路	436,317	478,205	41,888	109.60%

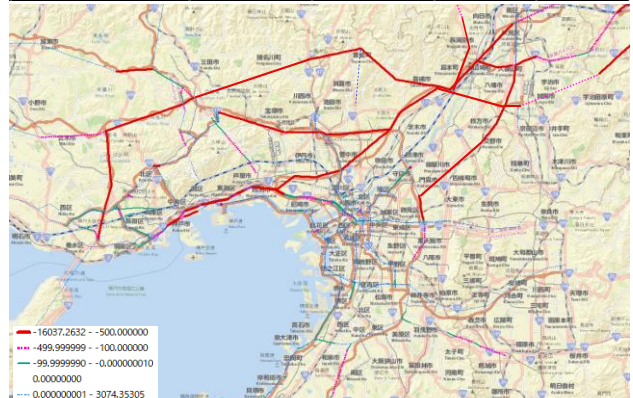


図-7 有料道路区間の DWL の空間分布

図表より、都市間高速道路を含むその他の有料道路において DWL の値が大きく、主に名神高速・近畿道・阪神高速 3 号神戸線などで過剰な交通流動が発生していることがわかる。ただし、図-6 の結果と比較しても博覧会交通の増加区間と DWL の過大区間が必ずしも一致しておらず、この中に通常時より過剰な交通流動が発生している区間が含まれていることに注意を要する。また、図-7 より DWL 過大区間は概ね連なった状態で分布していることがわかる。したがって、DWL 過大区間を対象に、一般道路への影響にも留意しながら対象区間を選定していく必要がある。

この結果を基に、都市高速道路およびその他の有料道路双方における追加的課金について考える。

##### (2) 路線別有料道路料金調整の提案

前項より、博覧会開催時における道路混雑緩和に向けた有料道路課金の対象区間の目安を示した。本研究では、これら DWL 過大区間を追加的課金の対象区間として選定し、試行錯誤的に対象区間の組み合わせを検討する。具体的には、図-7 における SO と UE の総走行時間差(ΔTC)が-100(台・時)以下となっている箇所が連続している区間、および会場周辺の都市高速道路において交通量が増大している路線を対象としている。課金額については、

対象路線・区間のランプ(インターチェンジ)におけるターミナルチャージに 100 円を加える。

これらの手順を踏まえ、追加的課金のパターンとして「広域的な混雑に対する課金」と「会場周辺の路線の混雑に対する課金」に大別した。そのうえで試行錯誤的に対象区間を選定し、課金を実施した状態下において再度利用者均衡配分を実行した。表-4・5に、道路網全体の TC の低減が確認された区間の組み合わせを示す。

表-4 近畿道・3号神戸線の課金による TC の変化

(台・時)	通常料金	博覧会課金	改善率
全体	4,740,247	4,739,715	0.52%
一般道路	3,556,471	3,563,766	-11.47%
その他高速道路	747,460	740,980	26.06%
都市高速道路	436,317	434,970	10.20%

表-5 2号淀川左岸線の課金による TC の変化

(台・時)	通常料金	博覧会課金	改善率
全体	4,740,247	4,738,874	1.35%
一般道路	3,556,471	3,555,266	1.89%
その他高速道路	747,460	747,890	-1.73%
都市高速道路	436,317	435,718	4.53%

なお、改善率は来場者交通あり・なし間の  $\Delta TC$  に対して、課金により削減された  $\Delta TC$  との割合である。

具体的には、表-4 では近畿道(門真～八尾)と 3 号神戸線(尼崎東～京橋)において+100 円の課金を行った。また、表-5 では 2 号淀川左岸線(湾岸舞洲～海老江)において+100 円の課金を行った。したがって、有料道路区間への部分的な課金により、来場者交通追加時の道路ネットワーク上の DWL が低減されたことがわかる。

## 5. おわりに

本研究では、大阪・関西万博の来場者交通計画における道路交通運用について、混雑料金理論に基づいた有料道路料金政策について検証を行った。具体的には、現実規模の道路ネットワークにおける利用者均衡配分を実行し、混雑区間を推計しそれらに対する混雑緩和策を検討した。本研究の成果は以下のように整理できる。

- 1) 大阪・関西万博の来場者に関する基本事項を整理するとともに、来場者交通量の推計を行った。交通機関別の来場者数を基に、道路交通における OD 交通量の推計手順を明確化した。また、会場外駐車場の想定から、自動車 OD 交通量の振り分けを行った。
- 2) 京阪神都市圏に対する現実的な道路交通流解析モデルを構成した。その結果、博覧会交通の追加によって、会場周辺の一般道路と会場へ向かう高速道路路線の混雑が増加したことがわかった。また、市場

均衡状態とシステム最適状態との比較により、市場均衡時の死荷重損失(DWL)が過多となっている区間を抽出した。

- 3) 道路ネットワーク上における混雑区間に対して、博覧会時の有料道路の特定区間に対する課金について定量的な考察を行った。その結果、会場方面へ向かう路線および近郊地域を經由する都市間高速道路への課金により、道路ネットワーク上の DWL の低減が効果的に行われていることがわかった。

また、今後の課題として、①現実規模利用者均衡配分モデルにおける需要関数の導入、②課金対象路線・課金額に対する組み合わせ最適化問題を解くための深層学習モデルの提案、③来場者交通機関の分担率の変動を踏まえた混雑緩和策に関する考察などが挙げられる。

## 参考文献

- 1) 公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会 :2025 年日本国際博覧会 基本計画, pp.94-95, [https://www.expo2025.or.jp/wp/wp-content/themes/expo2025orjp\\_2022/assets/pdf/masterplan/expo2025\\_masterplan.pdf](https://www.expo2025.or.jp/wp/wp-content/themes/expo2025orjp_2022/assets/pdf/masterplan/expo2025_masterplan.pdf), 2020.12. (2022 年 9 月 26 日参照)
- 2) 公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会 : 大阪・関西万博 来場者輸送基本方針, pp.2-6, [https://www.expo2025.or.jp/en/wp-content/uploads/220609\\_raizyouyayusoukihonhousin.pdf](https://www.expo2025.or.jp/en/wp-content/uploads/220609_raizyouyayusoukihonhousin.pdf), 2022.06. (2022 年 9 月 26 日参照)
- 3) 公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会 :2025 年日本国際博覧会環境影響評価方法書, pp5-10, <https://www.city.osaka.lg.jp/kankyo/cmsfiles/contents/0000485/485401/R1.11.21houhousyo1.pdf>, 2019.11. (2022 年 9 月 26 日参照)
- 4) T. Akiyama, H. Inokuchi, M. Okushima : Practical Management of Distance Based Toll System for Urban Expressway, Journal of Traffic and Transportation Engineering, Vol.5, No.2, pp.93-103, 2017.
- 5) 秋山孝正, 井ノ口弘昭, 奥嶋政嗣:長期的需要を考慮した都市高速道路料金政策に関する考察, 交通学研究, No.58, pp.89-96, 2015.
- 6) 釜賀一輝, 井ノ口弘昭, 秋山孝正:大阪・関西万博の来場者輸送における道路交通運用に関する考察, 第 41 回交通工学研究会論文集(CD-ROM), No.68, 2021.8.
- 7) 国土交通省道路局:費用便益分析マニュアル, [https://www.mlit.go.jp/road/ir/kihon/26/2-1\\_b.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/ir/kihon/26/2-1_b.pdf), 2008.11.(2022 年 9 月 26 日参照)
- 8) 井ノ口弘昭, 秋山孝正:群知能技術を用いた都市高速道路の料金設定方法の提案, 交通工学論文集, 第 5 巻, 第 4 号(特集号 A), p.A\_18-A\_23, 2019.4.

(?)