

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02268

研究課題名（和文）交通渋滞マネジメントのためのピリーフデザインアプローチ

研究課題名（英文）Belief Design Approach for Mitigating Traffic Congestion

研究代表者

福田 大輔（Fukuda, Daisuke）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：70334539

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,000,000円

研究成果の概要（和文）：リアルタイムに計測された車や人の動きに関するビッグデータは、プラットフォーム（PF）による集約後、交通情報として旅行者へフィードバックされることで、旅行者の行動がさらに変化する。本研究では、交通状態に関する旅行者の予想・期待をコントロールすることで、自己実現的かつ効率的な交通状況を実現するピリーフデザインアプローチによる交通渋滞マネジメントの可能性を探究することを目的とする。そのために、(1)交通情報に関するピリーフデザイン理論の構築、(2)ハンチングと渋滞抑制の検証実験に取り組む。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、「旅行者の交通状況に対する予想のコントロールによる渋滞マネジメントの可能性」を理論的・実証的に明らかにするものであるが、「情報提供内容の最適な制御」という観点は、従来の交通工学研究には見られない独自のものである。特に、情報のフィードバックと、混雑・渋滞によるフィードバックを同時に考慮した、渋滞解消のためのピリーフデザインアプローチを確立し、実現のための制度設計理論の構築を行う点に、本研究の独自性があると考えている。

研究成果の概要（英文）：Big data on the movements of vehicles and people measured in real time is aggregated by platforms (PFs) and fed back to travelers as traffic information, which further changes travelers' behavior. The purpose of this study is to explore the possibility of traffic congestion management based on a belief design approach that realizes self-fulfilling and efficient traffic conditions by controlling travelers' expectations and expectations regarding traffic conditions. To this end, we will (1) develop a belief design theory of traffic information, and (2) conduct experiments to verify hunting and congestion control.

研究分野：交通システム工学

キーワード：交通工学 交通ネットワーク分析 ゲーム理論 情報デザイン メカニズムデザイン

## 1. 研究開始当初の背景

スマホアプリや高速移動通信サービスの普及、センシング技術の向上に伴い、車や人の動きに関するビッグデータがリアルタイムに計測可能になっている。得られたデータを Google 等のプラットフォーム (PF) が集約し、交通情報として再び人々に提供することで、旅行者の交通行動はさらに変化する。こうした“情報のフィードバック”の影響は、人々の ICT 依存度が高い現在のモビリティ社会では無視できず、社会的に望ましくない意図せざる状況が生じる場合もある。

その典型例が、ハンチングという混雑した経路を回避させようと現在の交通状況を伝えることで案内された別経路の方が逆に混雑し、経路間で混雑が振動する現象である。ハンチングを生じさせずに交通渋滞を削減させる情報提供が可能かどうかを明らかにするためには、情報提供が個々の旅行者の予想や期待に及ぼす影響と、交通流全体に与える影響を一体的に説明する理論の確立が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、代表者らの従来研究を踏まえて、交通状態に関する旅行者の予想・期待をコントロールすることで、自己実現的かつ効率的な交通状況を実現する“ビリーフデザインアプローチ”による交通渋滞マネジメントの可能性を探究することを目的とする。そのために、(1) 交通情報に関するビリーフデザイン理論の構築、(2) ハンチングと渋滞抑制の検証実験、(3) PF が社会的に最適な交通情報シグナルを自発的に提供するように促すインセンティブデザインの理論構築に取り組む。

## 3. 研究の方法

研究代表者の福田の総括のもと、交通工学の理論研究の実績がある和田、大山、壇辻という中堅・若手のメンバーと連携して研究推進した。

## 4. 研究成果

### (1) 交通情報に関するビリーフデザイン理論の構築

情報デザインのフレームワークを用いて需要の不確実性に着目した交通情報モデルを作成し、交通管理者である送信者にとって最適な情報構造 (最適シグナル) の導出・分析を行った。情報デザインの手法にはメカニズムデザインアプローチとビリーフデザインアプローチの 2 手法を用い、メカニズムデザインアプローチでは個別シグナル、ビリーフデザインアプローチでは公共シグナルによる最適シグナルを扱った。本研究では、それぞれの手法において、送信者がドライバーの総コストを最小化したいと考えている場合と、最適な交通割合に配分しようとしている場合の 2 つの設定でモデルを作成した。

数値解析の結果、メカニズムデザインアプローチではいずれの設定においても最適シグナルによって結果が完全情報や無情報よりも改善される場合があることを示した。他方、ビリーフデザインアプローチでは、総コスト最小化の設定においては、常に完全情報の提供が最適シグナルとなることが分かった。一方で、最適な交通配分の設定においては最適シグナルによって完全情報や無情報よりも改善される場合があった。ここでは特に、最適シグナルが無情報や完全情報に同等となる場合とそれ以外の場合のパラメーター設定について詳細に分析した。最後に、本研究の交通モデル設定におけるメカニズムデザインアプローチとビリーフデザインアプローチの両手法の特徴を比較した。

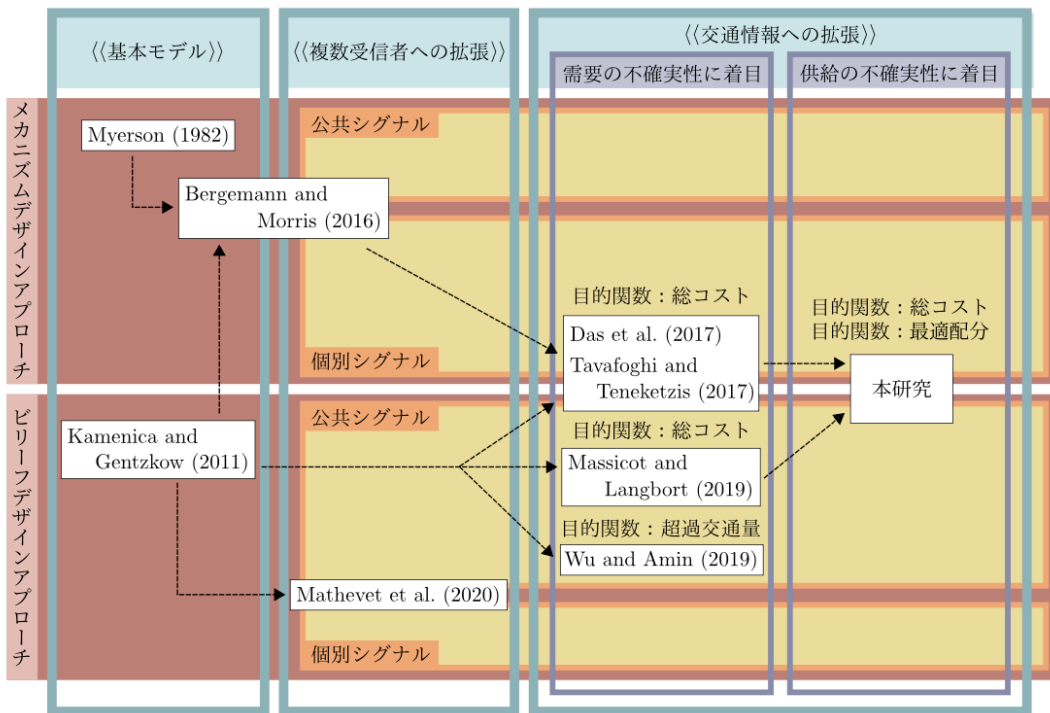


図 1：関連既往研究と本研究の関係

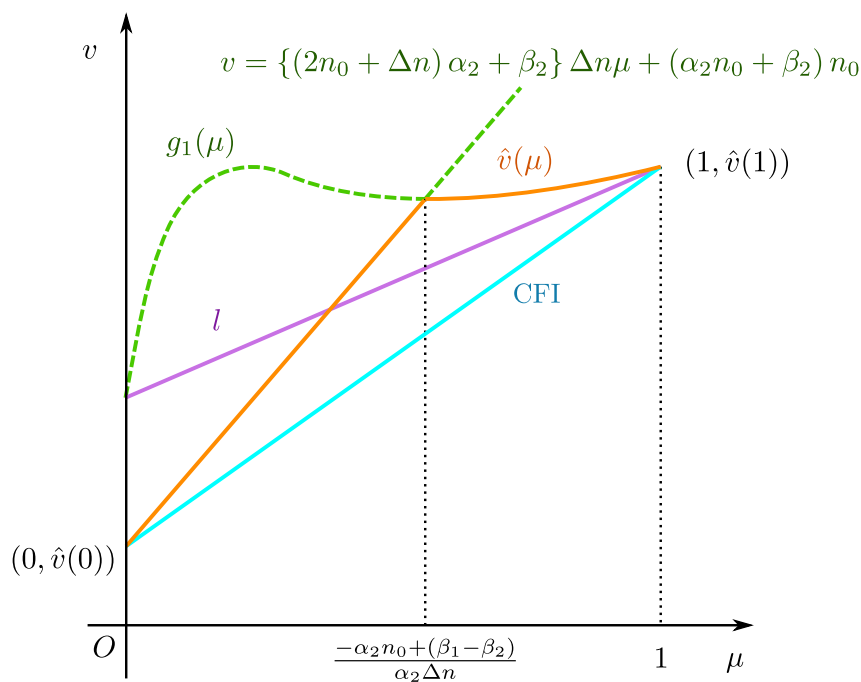


図 2：10D ペア・2 経路ネットワークにおける最適シグナル適用結果の例

## (2) ハンチングと渋滞抑制の検証実験

研究代表者らの過去研究 (Iwase et al., 2017) において理論的に示された経路選択のハンチング現象の抑制のための自己実現シグナルに基づく交通情報提供方式について、その現実的妥当性を検証すべく、オンライン上での大規模な経路選択ゲームを実施した。実験では、従来研究と同様の 10D2 経路ネットワークを用いたものの、コスト関数としては新たに 2 次の BPR 関数に基づいて理論モデルを拡張し現実のネットワークにより近い設定するなどの配慮を行った。その上で、同時にゲームに参加した被験者数は 40 名となる、大規模なオンライン経路選択実験を行った。自己実現シグナルの分散の設定としては、 $\sigma^2=0.2$  と  $0.5$  という大小 2 つのパターンで変更して実験を実施した。その結果、 $\sigma^2=0.2$  の場合すなわち、自己実現シグナルが成立する条件

のもとでは, Known prior case と Unknown prior case のいずれにおいてもハンチングが抑制されたことが統計的にも確認できた. このことから, 情報のばらつきが大きいような, いわばウソの交通情報を多く提供した場合においてもドライバーは交通情報に従い交通状態が改善することが示唆される. 一方で, 低い精度の情報を提供することは交通管理者にとって受容しがたいと考えられるため, 今回の実験で用いた,  $\sigma^2=0.2, 0.5$  以外の値についても実験を行い, より小さな分散値での全体交通流の改善可能性を分析する必要がある. さらに, 今後は情報の信頼性を考慮したドライバー側のモデル化を行ない, 情報参照行動に対する情報の精度の影響について理解を深度化することが必要である.

次に, 個人の異質性を考慮にいたれた Mixed Logit Model による情報遵守行動の規定要因分析を行なった. 推奨経路の所要時間が少ない条件であるほど情報に従うことや, 非推奨経路の情報は経路選択の際に重視されていないことが明らかになった. このことから, 所要時間情報をあえて少なく表示することでドライバーを誘導できる可能性があると考えられる. さらに, 非推奨経路の所要時間をもとにして交通情報に従うか選択する行動は個人によって異なっていることが明らかとなった. また, 直前の経路選択ゲームの結果所要時間と推奨経路の所要時間の差に関しても, ドライバー間の反応の差異が大きいことが示唆された. 個人ごとの反応の違いを考慮した情報提供を考える必要があると考えられる.

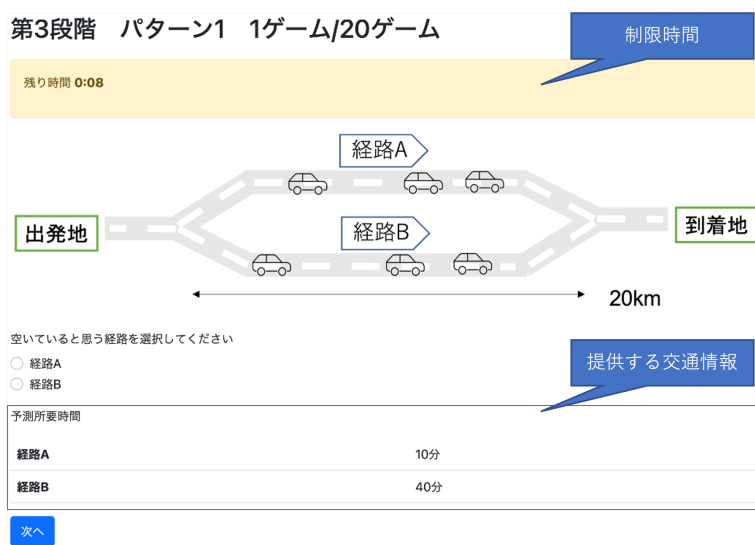


図 3 : 経路選択 Web アプリ画面の例

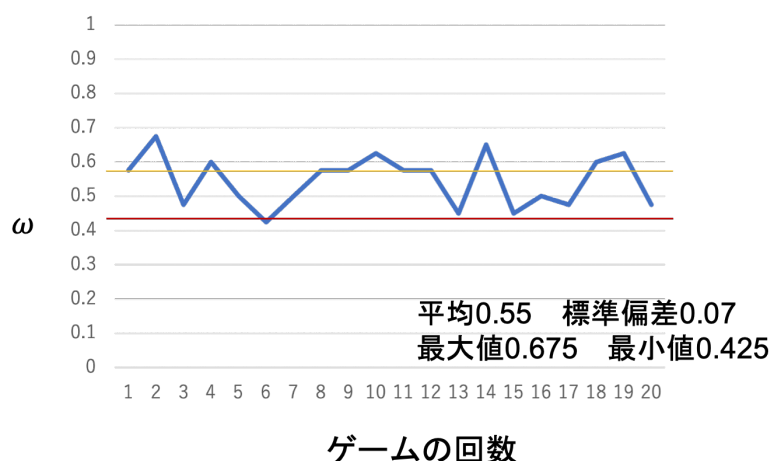


図 4 : 結果交通量割合の例 (Unknown Prior Case:  $\sigma^2=0.5$  の場合)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Abe Ryosuke, Ikarashi Tatsuya, Takada Shin, Fukuda Daisuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Impact of working from home on travel behavior of rail and car commuters: A case study in the Tokyo metropolitan area	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Case Studies on Transport Policy	6. 最初と最後の頁 100938 ~ 100938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cstp.2022.100938	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Dantsuji Takao, Fukuda Daisuke, Zheng Nan	4. 巻 48
2. 論文標題 Simulation-based joint optimization framework for congestion mitigation in multimodal urban network: a macroscopic approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transportation	6. 最初と最後の頁 673 ~ 697
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11116-019-10074-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 WADA Kentaro	4. 巻 76
2. 論文標題 RECENT ADVANCES IN THEORY OF DYNAMIC TRAFFIC EQUILIBRIUM ASSIGNMENTS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_21 ~ I_39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.5_i_21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Oyama Yuki, Hara Yusuke, Akamatsu Takashi	4. 巻 155
2. 論文標題 Markovian traffic equilibrium assignment based on network generalized extreme value model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transportation Research Part B: Methodological	6. 最初と最後の頁 135 ~ 159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trb.2021.10.013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 FUKUDA Daisuke, SHIROMA Hiroya	4. 巻 78
2. 論文標題 離散選択モデル研究の最近の展開 異質性と摂動性の観点から	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_1 ~ I_20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.78.5_i_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Dantsuji Takao, Takayama Yuki, Fukuda Daisuke	4. 巻 173
2. 論文標題 Perimeter control in a mixed bimodal bathtub model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Transportation Research Part B: Methodological	6. 最初と最後の頁 267 ~ 291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trb.2023.05.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 江橋 恭士朗、福田 大輔	4. 巻 9
2. 論文標題 自己実現シグナルに基づく交通情報提供方法のオンライン実験研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 交通工学論文集	6. 最初と最後の頁 A_162 ~ A_170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14954/jste.9.2_a_162	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 UKAI Kenta, FUKUDA Daisuke	4. 巻 76
2. 論文標題 LABORATORY EXPERIMENTS AND SIMULATION STUDY OF SELF-FULFILLING SIGNAL FOR TRAFFIC INFORMATION PROVISION	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_1497 ~ I_1506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.5_I_1497	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yuki Arai and Daisuke Fukuda
2. 発表標題 Modelling route choice behavior considering drivers' information acquisition process,
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Transport Network Resilience (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	原 祐輔  (Hara Yusuke)  (50647683)	東北大学・情報科学研究科・准教授   (11301)	
研究分担者	和田 健太郎  (Wada Kentaro)  (20706957)	筑波大学・システム情報系・准教授   (12102)	
研究分担者	大山 雄己  (Oyama Yuki)  (20868343)	東京大学・工学系研究科・准教授   (12601)	
研究分担者	壇辻 貴生  (Dantsuji Takao)  (00869688)	金沢大学・地球社会基盤学系・研究協力員   (13301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------