

# 1

## 災害時における始業時刻および出発時刻 選択の均衡分析

広島大学大学院教授

藤原 章正

広島大学大学院准教授

力石 真

近年頻発する大規模災害時において、経済活動を維持しつつも混雑を抑制するための交通政策の策定が喫緊の課題となっている。本研究では、まず企業の時間集積性を考慮した災害時における始業時刻選択モデルを構築し、次に始業時刻を所与とした従業員の出発時刻選択行動を把握するためのSP調査手法を提案する。様々なシナリオ下での、企業の始業時刻選択・従業員の出発時刻選択・渋滞パターンとの相互作用の結果生じる始業時刻分布及び渋滞分布の均衡状態を導出し、災害時の渋滞発生状況を評価する。分析結果から、災害時における大幅な渋滞緩和を達成するためには各企業に始業時刻を遅らせる政策介入が必要であることが示唆された。

共同研究「災害時における始業時刻及び出発時刻選択の均衡分析」(日交研シリーズ A-826)

### 1. はじめに

平成30年7月豪雨災害時の国道31号の旅行時間を見ると、リンク所要時間が平時の3~4倍に増加し、平時とは異なる時間帯にピークが生じたうえ、復旧段階に応じて交通状況が時々刻々と変化していた。災害時のこうした状況下で企業と従業員に経済活動の維持と災害時の深刻な渋滞緩和に資するよう「社会的に最適な」始業時刻と自宅出発時刻の決定を促すための枠組みは確立されていない。そこで本研究では、災害時における時差出勤政策の意思決定支援ツール開発の一環として、災害時の企業の始業時刻選択、従業員の出発時刻選択を扱うモデルシステムの構築を目指す。

### 2. 災害時の時刻決定モデルシステム

企業は渋滞緩和だけでなく、始業時刻変更によるコスト(時間集積性<sup>1)</sup>のコスト)も考慮して始業時刻を決定する。平常時と違い災害時の不完全情報下においては企業が自主的に決定する始業時刻と「社会的に最適な」始業時刻は異なる可能性が高い。また、災害時に発生する渋滞は慢性的なものではないため、災害時に企業が従業員の旅行時間を最小化する利用者均衡状態を導出するためには、企業の始業時刻選択行動と従業員の出発時刻選択行動をモデル化し、その結果生じる渋滞を表現するモデルと組み合わせ、渋滞緩和と時間集積性の相互作用を考慮する時刻決定モデルシステムが必要となる。

本研究では災害時における時差出勤導入に資する時刻決定モデルシステムを提案する(図1)。まず企業の時間集積性を考慮した災害時の始業時刻選択モデルを構築する。次に始業時刻を所与とした従業員の災害時の出発時刻選択行動を把握するためのSP調査手法を開発する。最後に、様々なシナリオ下での、企業の始業時刻選択・従業員の出発時刻選択・渋滞パターンとの相互作用の結果生じる始業時刻分布及び渋滞分布の均衡状態を導出し、災害時の渋滞発生状況を評価する。

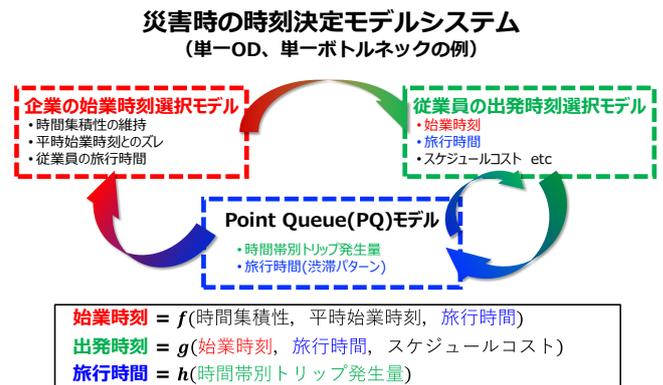


図1 3つのモデル間に発生する相互作用

### 3. 災害時の始業時刻選択モデル

#### 1) 企業の始業時刻選択に関する SP 調査

本研究では、企業の始業時刻選択に関するコストとして他企業の始業時刻分布とのズレ(時間集積性)・従業員の平均旅行時間を考える。災害状況下で企業がそれらのコストをどの程度重視して始業時刻を決定しているのかを把握するためのSP調査票を設計した<sup>2)</sup>。SP調査票では、災害時を仮定し、仮想的に他の企業の始業時刻分布と従業員の通勤にかかる平均旅行時間を提示した上で、望ましい始業時刻を6肢選択で尋ねた。

#### 2) 始業時刻選択モデル

得られた災害時の始業時刻選択に関するSPデータを用いて、企業の始業時刻選択行動を記述する多項ロジットモデルを構築した<sup>2)</sup>。

最尤推定法を用いてパラメータ推定を行ったところ(表1)、時間集積性パラメータは正で有意、旅行時間パラメータは負で有意となり、災害状況下においても時間集積性の存在が確認された。また災害状況下で企業が従業員や社会に配慮して始業時刻を決定することも確認された。さらに時間集積性のパラメータ $\beta_1$ は複数均衡が生じないことを表す条件式を満たしており、時間集積の効果は、複数均衡を生じさせるほどの強度はないことが確認された。

表1 企業の始業時刻選択モデルの推定結果

	推定値	t 値
時間集積性 $\beta_1$	$4.39 \times 10^{-1}$	3.53
平時の始業時刻からのずれ $\beta_2$	$-2.14 \times 10^{-1}$	-10.3
従業員の平均旅行時間(分) $\beta_3$	$-1.28 \times 10^{-2}$	-2.01
定数項 (6時)	1.56	2.29
定数項 (7時)	2.35	5.91
定数項 (8時)	1.57	4.17
定数項 (9時)	$2.62 \times 10^{-1}$	$6.95 \times 10^{-1}$
McFadden's $\rho^2$ (標本数)	0.435 (425)	

## 4. 災害時の自宅出発時刻選択モデル

出発時刻選択モデル構築のために就業者の災害時における出発時刻選好を把握する SP 調査票を設計した<sup>2)</sup>。SP 調査票では、災害時を想定し、企業の始業時刻を提示した上で望ましい出発時刻を2択(選択肢(A)、(B))で尋ねた。各選択肢にはそれぞれ旅行時間の見込み値と始業時刻からの早着・遅着の可能性を5パターン提示し、災害時の情報不確実性を反映させた。本 SP 調査の特徴として、各就業者の平常時の旅行時間の回答値に基づいて8つの属性(始業時刻・旅行時間ピーク時刻・ピーク旅行時間・ピーク時刻への交通集中度合い・各選択肢の到着時刻の分散など)の水準値を生成している。

この SP データを用いて就業者の自宅出発時刻選択モデルを構築する。採用するモデルは既存のスケジューリングアプローチと一般スケジューリング選好アプローチの考え方を折衷した新しいモデル構造を考える。具体的には、早期に出発することで失ってしまう自宅滞在効用と希望到着時刻(始業時刻)からの早遅着による不効用の総和に基づいて出発時刻を決めると仮定する。

## 5. 利用者均衡状態のシミュレーション

### 1) Point Queue (PQ)モデルの感度分析

ネットワークとして単一ボトルネックの単一ODを仮定し、PQ モデルを用いて感度分析を行った。時差出勤が行われた状況を想定し、ボトルネックへの総流入人数は13000人に固定したまま、利用者の流入分布の違いによる渋滞状況を比較した。ボトルネックへの異なる5つの流入分布を想定し、各パターンの総待ち時間と平均待ち時間を計算した(表2)。

感度分析の結果から、利用者が時差出勤により出発時

表2 流入分布による渋滞待ち時間

	ボトルネック流入分布	総待ち時間	平均待ち時間
パターン1	ピーク 7:30, 分散小	19,900 時間	1 時間 32 分
パターン2	ピーク 5:30, 分散中	11,150 時間	52 分
パターン3	ピーク 9:30, 分散中	17,846 時間	1 時間 22 分
パターン4	ピーク 5:30, 分散大	5,400 時間	25 分
パターン5	ピーク 9:30, 分散大	7,125 時間	33 分

刻を分散させることで渋滞は緩和されることが確認できるとともに、出発時刻を早い時刻に変更させるより遅い時刻に変更させる時差出勤の方が、より渋滞緩和に効果的であることが改めて確認された。

### 2) 利用者均衡状態のシミュレーション分析

図1のモデルシステムを用いて、災害による交通容量が減少した場合の始業時刻分布と総待ち時間の均衡状態を比較する。交通容量以外の設定は共通とし、交通容量が1000台/時、800台/時、700台/時のケース毎の始業時刻分布(全企業平均)と総待ち時間の均衡解(1000回繰り返し計算結果)を導出した。各交通容量とその時の均衡解を表3に示す。

表3 交通容量の減少による利用者均衡状態の変化

ケース	6時	7時	8時	9時	10時	総待ち時間
1000台/時	1.1%	12.4%	33.2%	45.1%	8.2%	5,963 時間
800台/時	1.7%	12.2%	33.4%	43.5%	9.2%	13,595 時間
700台/時	1.8%	13.7%	41.1%	36.6%	6.9%	19,168 時間

表-3から、交通容量が減少するにつれて総待ち時間は増加し、始業時刻ピーク割合が低くなることが確認できる。また、交通容量が1000台/時から700台/時に減少すると、始業時刻のピークが9時から8時に移動していることが読み取れる。以上のシミュレーション結果から、災害時に交通容量が減少した際、企業は始業時刻を分散させるが、分散させる時間帯としては早い時刻に変更する傾向があるということが分かった。

## 6. おわりに

本研究の主な成果は、(1)災害時における企業の始業時刻選好・従業員の出発時刻選好を把握する SP 調査票を設計した点、(2)災害状況下における企業の時間集積性の存在を確認した点、(3)災害時における利用者均衡状態をシミュレートした結果、災害状況下で企業が自主的に決定する始業時刻は「社会的に最適な」始業時刻とは異なる可能性があることを示した点である。災害時において経済活動を維持しつつ混雑を抑制するためには、企業に始業時刻を遅い時刻に変更させるような政策介入が必要であることが示唆された。

### 参考文献

- [1] Henderson, J.V.: The Economics of Staggered Working Hours, Journal of Urban Economics, Vol.9, No.3, pp.349-364, 1981.
- [2] 松元野乃花, 力石真, 藤原章正, 神田佑亮: 災害時における企業の始業時刻選択行動と従業員の出発時刻選択行動の相互作用の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.61 (CD-ROM).