

所要時間の認知に基づくセーフティマージンの要因分析*

The Analysis of Safety Margin Considering Travel Time Uncertainty

牛若健吾**, 菊池輝*³, 北村隆一*⁴

By Kengo USHIWAKA**, Akira KIKUCHI*³ and Ryuichi KITAMURA*⁴

1. はじめに

社会機能・経済機能が集中する都市部では、通勤時間帯に交通が集中し、道路交通システムは著しくサービス水準を低下させてしまっている。ハード的な施策が経済的にも物理的にも不可能といえる今日では、ソフト的な施策の効果が求められ、フレックスタイム、時差出勤といった施策が実行されている。そのような施策により実際の所要時間の短縮と安定が実現した場合には、通勤者の認知所要時間分布も変容し、変容した認知に伴って出発時刻の決定が行われると考えられる。しかし、その疑問に耐えうるデータを取得することが困難なことから、実際の所要時間・認知所要時間のどちらか一方を用いた出発時刻選択分析が主流となっている。

通勤出発時刻選択では、勤務開始時刻という制約が存在するため、通勤者は出発時刻を決定する際に、認知所要時間のばらつきを考慮して到着時刻にある程度余裕を持たせていると考えられる。

Hall¹⁾はこの余裕時間をセーフティマージンとして定義し、遅刻ペナルティの大きさと早く出発することの不効用を最小化するように出発時刻を決定すると仮定している。Hallが提案したセーフティマージンを用いて出発時刻選択の分析を行った研究は幾つか積み重ねられており、重要な知見が報告されている²⁾³⁾。

ところで、Hallの定義よりセーフティマージンは通勤所要時間の不確実性に対する意思決定者の態度を表す指標の一つであると捉える事が可能である。認知所要時間とセーフティマージンの関係は明らかになりつつあるものの⁴⁾⁵⁾、認知所要時間のばらつきと通勤者が実際に経験している通勤所要時間との関係は明

らかになっていない。不確実性下において、通勤者は所要時間の分散をどのように捉えているのであろうか。

以上の考察から、本研究では、6週間のダイアリーアンケートにより得られる通勤時の平均所要時間・所要時間の分散と、SPアンケートによる認知所要時間の平均・認知所要時間のばらつきの比較分析を行い、その上で不確実性下での出発時刻選択を明らかにすることを目的としている(図1)。

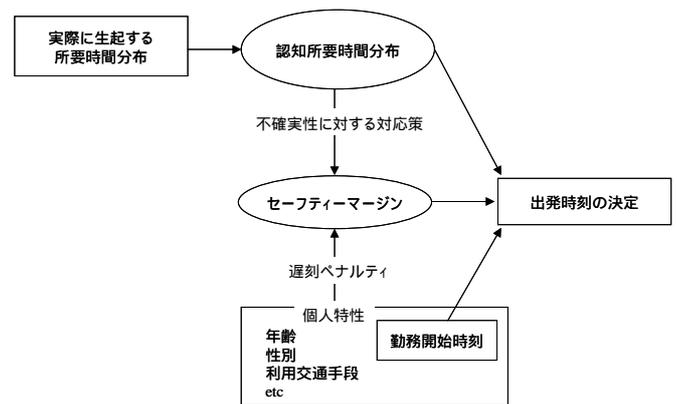


図1 本研究で仮定する出発時刻の決定

2. 実験概要

本研究で用いるダイアリーアンケート調査では、まず平成16年1月に阪神高速13号東大阪線長田料金所を東大阪・奈良方面から大阪方面へ通過する普通車両を対象に実験参加者を募集する事前アンケートを行い、実験参加意思がある被験者の中からランダムに抽出した被験者に、交通ダイアリーアンケートを配布した。事前調査アンケートは同料金所にて10,000通配布し、672通(うち参加希望者542)を郵送にて回収した。

ダイアリーアンケート調査は、平成16年1月26日から3月5日の6週間の平日を対象として、一日の最初のトリップについて回答を要請したものである。ダイアリーアンケートは参加希望者542名の中からランダムに抽出した346名に郵送配布し、232通回収した(回収率67%)。

*1 キーワード: 出発時刻選択, 不確実性, セーフティマージン

*2 学生員, 京都大学大学院工学研究科

*3 正員, 工博, 京都大学大学院工学研究科

*4 正員, Ph.D, 京都大学大学院工学研究科

(京都市左京区吉田本町, TEL075-753-5136)

さらに、本研究では、ダイアリーデータとの比較を行うために、ダイアリーアンケート被験者に対して通勤での交通手段毎の認知所要時間に関するSP調査票を後日配布し、郵送にて回収した。SP調査アンケートは346名に郵送配布し、236通回収した（回収率68%）。ダイアリーアンケート、SP調査アンケートの両方の回答を得られた被験者は224名であった。

3. 分析に用いるデータ

本調査では、回答日の最初の移動について回答を要請したが、本研究ではその中から自宅から普段の勤務先に通勤目的で移動した回答についてのみ分析を行った。ダイアリーアンケートとSPアンケートにより得られるデータの中から用いるデータの定義を以下にまとめる。

ダイアリーアンケートにより得られる変数

t_d^n : 第n日の回答出発時刻

t_a^n : 第n日の回答勤務地到着時刻

t^n : 第n日の自宅から勤務先までの所要時間($t_a^n - t_d^n$)

SPアンケートにより得られる変数

T_d : 普段の通勤での出発時刻

T_p : 普段の通勤での勤務地到着時刻

T_w : 普段の通勤での勤務開始時刻

T : 自宅から勤務先までの認知所要時間($T_p - T_d$)

SM : セーフティーマージン($T_w - T_p$)

T_{max} : T_d に出発して通勤したときの最大所要時間

T_{min} : T_d に出発して通勤したときの最小所要時間

(T_{max} , T_{min} は、回答者が T_d に出発して通勤した場合にこれまで経験した中での最大所要時間・最小所要時間を尋ねたものである。)

L : 最大所要時間 T_{max} と最小所要時間 T_{min} の差 (認知最大最小幅)

4. 基礎集計結果

1) 基礎統計量

ダイアリーアンケート平均所要時間、SPアンケートにより取得した認知所要時間、セーフティーマージン、認知最大最小幅の基礎統計量を表1に示す。阪神高速13号を利用して通勤する場合には、他の交通手段よりもセーフティーマージンを大きく取る傾向があり、認知最大最小幅も大きい傾向が見える。しかし、認知

所要時間は、13号利用者よりも、13号以外の自動車利用者の方が大きくなっている。セーフティーマージンの大きさは平均所要時間に依存することが報告されているが²⁾³⁾、13号利用者のダイアリー平均所要時間は13号以外の自動車利用の被験者よりも大きい。

表1 基礎統計量

		平均	標準偏差	N
ダイアリー平均所要時間 (average t)	阪神高速13号利用	55.90	16.11	107
	13号以外自動車利用	42.80	26.31	40
	公共交通利用	67.50	24.64	37
認知所要時間 (T)	阪神高速13号利用	63.51	21.55	154
	13号以外自動車利用	75.32	35.86	175
	公共交通利用	73.94	25.73	167
セーフティーマージン (SM)	阪神高速13号利用	25.00	28.32	116
	13号以外自動車利用	20.52	25.04	132
	公共交通利用	19.95	22.64	124
認知最大最小幅 (L)	阪神高速13号利用	47.64	22.96	152
	13号以外自動車利用	37.27	24.44	135
	公共交通利用	15.44	12.61	124

2) 出発時刻・到着時刻・所要時間

次にダイアリーアンケートでのn日目の回答 t_a^n , t_d^n , t^n を、アンケートn日目に実際に生じた値、SPアンケートにより得られる T_w , T_d , T を普段の通勤から認知している時刻・時間であると仮定し、実際のday to dayの時刻の変化と認知している時刻との差異について交通手段毎に集計を行った (表2-1 ~ 表2-3) 。

表2-1 ダイアリー到着時刻-勤務開始時刻($t_a^n - T_w$)

	平均	標準偏差	N
阪神高速13号利用	-10.63	56.79	1208
13号以外自動車利用	-24.21	50.97	303
公共交通利用	-27.09	38.25	219

表2-2 ダイアリー出発時刻-普段の通勤出発時刻($t_d^n - T_d$)

	平均	標準偏差	N
阪神高速13号利用	4.58	38.03	1389
13号以外自動車利用	-1.02	40.79	281
公共交通利用	-1.71	29.39	234

表2-3 ダイアリー所要時間-認知所要時間($t^n - T$)

	平均	標準偏差	N
阪神高速13号利用	-3.61	13.30	1359
13号以外自動車利用	-4.75	13.37	278
公共交通利用	-2.62	8.58	222

表2-1では、平均値が負の値をとっており、通勤者は勤務開始時刻に対してある程度の余裕を持って到着している。3つの交通手段の中でも13号利用者の平均値が大きく、到着の余裕時刻は小さい。

表2-2について見るとダイアリーアンケートでは、13号を利用して通勤をした場合には、全体として認知している普段の出発時刻よりもおよそ5分遅く出発

している傾向が見て取れた。表 2-3 でのダイアリー所要時間と認知所要時間との差異と併せて考えると、13号を利用して通勤する被験者は13号以外の経路を自動車通勤する被験者よりも、所要時間を幾分か正確に認知出来ており、その分出発時刻を遅らせて通勤しているのではないだろうか。

3) 分散の集計

ダイアリーでの回答と SP アンケートの回答の差異の標準偏差は、分散が被験者内によるものと被験者間によるものの総和であることから、以下では分散を級内分散・級間分散に分けて計算を行い(表 3)考察を進めていく。

表 3 $t_a^n - T_w, t_d^n - T_d, t^n - T$ の級間分散・級内分散

		級間分散	級内分散	全分散	N
$t_a^n - T_w$	阪神高速13号利用	2395.39	826.89	3222.28	1208
	13号以外自動車利用	1651.35	938.11	2589.46	303
	公共交通利用	1116.77	339.92	1456.69	219
$t_d^n - T_d$	阪神高速13号利用	484.67	960.17	1444.84	1389
	13号以外自動車利用	739.15	919.04	1658.19	281
	公共交通利用	579.31	280.59	859.90	234
$t^n - T$	阪神高速13号利用	79.43	97.29	176.72	1359
	13号以外自動車利用	153.17	24.84	178.01	278
	公共交通利用	37.28	36.05	73.33	222

ダイアリー到着時刻と勤務開始時刻との差異($t_a^n - T_w$)の分散は、全ての交通手段で級内分散よりも級間分散の影響が大きく、勤務開始時刻に対する余裕時間は、日毎には大きく変わらないものの、個人毎には異なる性質を持つものであるといえるだろう。

ダイアリー出発時刻と普段の通勤出発時刻との差異($t_d^n - T_d$)の分散は、公共交通利用と自動車利用とで傾向が異なり、公共交通利用ではday to dayの分散よりも個人間の分散が大きく全分散に影響している傾向があるのに対し、自動車利用の場合では13号利用・13号以外の経路利用、どちらの被験者についても級間分散よりも級内分散の方が大きく、出発時刻はday to dayの分散が大きい事が見て取れる。

ダイアリー所要時間と認知所要時間との差異($t^n - T$)の分散は、それぞれの利用交通手段によって大きく異なっている。表2-3と併せて考察すると、13号以外を利用している通勤者は、全体的にはダイアリー所要時間よりも認知所要時間を大きく見積もっており、また個人毎の差のばらつきも大きい。13号を利用した場合の級間分散は13号以外の経路の利用者と比べて小さく、13号を利用した場合の平均所要時間は被験者全体としてある程度正確に認知されているといえる。

5. 所要時間の認知最大最小幅の回帰分析

SPアンケートにて取得した認知所要時間の最大最小幅(L)は、選択する交通手段の所要時間確率分布を表すパラメータの一つであり、不確実性を表す指標として捉えることが可能である。ここでは、ダイアリーアンケートにより得た所要時間の平均・標準偏差といった実際に生起する所要時間分布を表す指標や個人属性と、認知所要時間の最大最小幅との関係についての重回帰分析を行った。

表 4 認知最大最小幅の回帰分析結果

説明変数	B		t値	
(定数)	-11.61		-0.57	
阪神高速13号利用	性別ダミー(1:男性 0:女性)	6.61	0.09	0.79
	年齢	0.05	0.02	0.21
	ダイアリー平均所要時間	1.07	0.60	5.64 **
	ダイアリー所要時間標準偏差	-0.18	-0.09	-0.86
	(ダイアリー所要時間 - 認知所要時間)平均	-0.47	-0.19	-1.65
	毎日利用ダミー	-4.13	-0.07	-0.35
週数回利用ダミー	-3.40	-0.05	-0.28	
N			78	
修正R ²			0.27	
(定数)	5.15		0.27	
13号以外自動車利用	性別ダミー(1:男性 0:女性)	-34.44	-0.45	-2.05 *
	年齢	0.44	0.25	1.18
	ダイアリー平均所要時間	0.45	0.45	2.29 *
	ダイアリー所要時間標準偏差	1.43	0.19	1.10
	(ダイアリー所要時間 - 認知所要時間)平均	-0.70	-0.42	-2.59 *
	毎日利用ダミー	13.35	0.32	1.54
N			27	
修正R ²			0.41	
(定数)	20.63		1.57	
公共交通利用	性別ダミー(1:男性 0:女性)	11.90	0.31	1.57
	年齢	-0.15	-0.14	-0.80
	ダイアリー平均所要時間	-0.06	-0.13	-0.75
	ダイアリー所要時間標準偏差	0.23	0.10	0.60
	(ダイアリー所要時間 - 認知所要時間)平均	-0.41	-0.38	-1.95
	毎日利用ダミー	-13.42	-0.61	-2.10 *
週数回利用ダミー	-11.45	-0.47	-1.54	
月数回利用ダミー	-8.17	-0.31	-1.19	
N			23	
修正R ²			0.39	

B: 非標準化係数 : 標準化係数 * $p=0.05$ ** $p=0.01$

認知最大最小幅の回帰分析結果(表4)から、自動車を利用して通勤する場合の認知最大最小幅は、ダイアリーの所要時間平均が大きいほど有意に大きく認知されているといえるが、ダイアリーの所要時間標準偏差との有意な正の関係は見られなかった。ダイアリー平均所要時間とダイアリー所要時間標準偏差との相関係数は阪神高速13号利用の場合には0.34、13号以外を利用して自動車通勤する場合には0.32であり、両者に強い相関があるとはいえなかったことから、所要時間の不確実性は、実際に経験する所要時間の標準偏差で

はなく所要時間のそのものの大きさにより増大する可能性を示唆する結果となった。

6. 基準化したセーフティーマージンの回帰分析

セーフティーマージンは平均所要時間に大きく影響を受けることが既に知られている²⁾³⁾。本研究では、セーフティーマージンと所要時間の不確実性の関係を明らかとする目的から、セーフティーマージンを認知所要時間で除して基準化したセーフティーマージン (SM/T) を従属変数として重回帰分析を行った(表5)。

表5 基準化したセーフティーマージンの回帰分析結果

説明変数		B	t値	
(定数)		0.43		2.34 *
阪神高速13号利用	性別ダミー(1:男性 0:女性)	0.02	0.03	0.32
	age30代ダミー	0.10	0.20	1.51
	age40代ダミー	0.10	0.22	1.65
	age50代ダミー	0.09	0.16	1.29
	毎日利用ダミー	0.05	0.12	1.07
	年数回利用ダミー	-0.15	-0.15	-1.38
	出発時刻	0.00	-0.32	-2.73 **
	基準化認知所要時間最大最小幅	0.14	0.25	2.10 *
N		85		
修正R ²		0.14		
(定数)		-0.47		-1.25
13号以外自動車利用	性別ダミー(1:男性 0:女性)	0.11	0.08	0.72
	age30代ダミー	-0.12	-0.11	-0.83
	age40代ダミー	0.04	0.04	0.32
	age50代ダミー	0.18	0.18	1.36
	毎日利用ダミー	0.27	0.31	2.25 *
	年数回利用ダミー	-0.01	-0.02	-0.13
	出発時刻	0.00	0.14	1.17
	基準化認知所要時間最大最小幅	0.25	0.24	2.08 *
N		75		
修正R ²		0.18		
(定数)		0.18		1.34
公共交通利用	性別ダミー(1:男性 0:女性)	0.01	0.03	0.25
	age30代ダミー	0.00	0.02	0.10
	age40代ダミー	0.04	0.14	0.86
	age50代ダミー	0.03	0.08	0.53
	毎日利用ダミー	0.15	0.48	3.66 **
	年数回利用ダミー	-0.02	-0.07	-0.55
	出発時刻	0.00	-0.12	-0.91
	基準化認知所要時間最大最小幅	-0.01	-0.03	-0.21
N		60		
修正R ²		0.24		

B: 非標準化係数 標準化係数 * $p=0.05$ ** $p=0.01$

自動車通勤の場合、所要時間の不確実性の大きさを表す変数である基準化認知所要時間最大最小幅 (L/T) が大きい被験者ほど、有意に基準化セーフティーマージンが大きくなる傾向が確認された。自動車通勤の場合では、セーフティーマージンは所要時間

の不確実性に対する対応策としての意味を持つといえよう。しかし、公共交通で通勤した場合は、毎日公共交通で通勤する被験者ほど有意にセーフティーマージンが大きく、所要時間の不確実性はセーフティーマージンに影響しない。公共交通利用者は毎日の通勤ラッシュを避ける傾向があることが一因として考えられるが、更なる分析が必要である。

7. まとめ

本研究では、day to dayの通勤行動結果に関する長期間のダイアリーデータと普段の通勤行動の認知に関するデータを用いて、出発時刻選択行動のモデル化に向けた基礎的な分析を行った。

day to dayの通勤行動結果のダイアリーデータを実際に生じた事象であると仮定した分析結果から、所要時間の不確実性は、実際に生起する所要時間の統計的な分散よりも、所要時間の平均値により認知されている可能性が示唆された。不確実性の認知が限定合理的であることを支持するこの結果は、セーフティーマージンが平均所要時間に影響されるという過去の知見を段階的に明らかとするものと考えられる。また、利用する交通手段によって所要時間や到着の不確実性の特質が大きく異なり、セーフティーマージンを規定する要因もそれぞれ異なることが明らかになった。

今後は、本稿にて記述した基礎分析をふまえて所要時間の不確実性と出発時刻選択との関係について分析を進めていくつもりである。

最後に、データ取得に多大なる貢献をしていただいた交通システム研究所ならびに阪神高速道路公団に心から感謝致します。

参考文献

- 1) Hall, R.W. : Travel outcome and performance the effect of un certainty on accessibility, Transportation Research, Vol.17B, pp.27 5-290, 1983.
- 2) 内田敬, 飯田恭敬, 松下晃 : 通勤ドライバーの出発時刻行動の実証分析, 土木計画学研究・論文集, No10, pp.39-46, 1992.
- 3) 松本昌二, 白水義晴 : 旅行時間の不確実性が時刻の指定された物資輸送に及ぼす影響, 土木学会論文集, 第353号, pp.75-82, 1985.
- 4) 加藤文教, 門田博和, 浜田信二 : 道路の信頼性評価の簡便法, 土木計画学研究・論文集, No4, pp.181-188, 1986.
- 5) Robert B. Noland and Kenneth A. Small : Travel-time Uncertainty, Departure Time Choice, and the Cost of Morning Commuters, Transportation Research Record 1493, pp.150-158, 1995.