

到着余裕時間を考慮した都市間交通旅客行動に関する研究*

A Study of Intercity Passengers' Behavior Considering Arrival Margin Time

石倉 智樹**, 稲村 肇***

*By Tomoki ISHIKURA** and Hajime INAMURA****

1. はじめに

国内都市間をリンクする交通ネットワークには、都市内交通に比較すると利用可能な代替モードが少ない、低頻度などという特徴がある。そのため旅客が運行ダイヤに合わせて旅行スケジュールを調整するという受動的な交通行動を強いられる場合がある。また、目的地への希望到着時刻に遅れないために時間的余裕を確保するという能動的な旅客行動も考えられる。従って、正確な需要予測のためにはこれらの交通行動を的確に把握することが要求される。

代表的都市間モードである航空を対象とした需要予測においては運賃、運行頻度等のモード特性要因の需要への影響が研究されている¹⁾。都市間モード競争については、運賃や所要時間などを変数とした効用関数から集計ロジットモデル等により分担率を推定する手法^{2) 3)}が用いられている。大枝ら⁴⁾は出発・到着時刻に関する非効用を定式化し、業務航空旅客出発便選択に関する研究を行った。しかし、これらの予測手法では運行ダイヤに関連する受動的な旅客行動と、遅刻回避等の理由による能動的な余裕確保行動を同時に考慮することはできない。

都市内交通における経路選択・出発時刻選択推定手法⁵⁾では、対象交通の性質が都市間交通とは本質的に異なる。都市間交通の需要予測を行うにあたり、前述のような交通特性による旅客行動への影響を把握する必要がある。

本研究では受動的行動と能動的行動の双方を想定し、都市間機関選択予測における新たな指標を見出すことを目的とする。そこで旅客行動特性として

到着余裕時間に着目する。この特性が如何なる要素、要因により構成されるかを示し、交通機関、トリップ特性により受ける影響を、旅客行動の基礎的研究として分析する。

2. 到着余裕時間の定義

旅客の行動特性はトリップの特性、交通モードの特性などの要因により変化すると考えられる。本研究では旅客の到着余裕時間（以下余裕時間と呼ぶ）を顕在化した行動特性として扱うこととする。

本研究では余裕時間を図-1のように定義する。

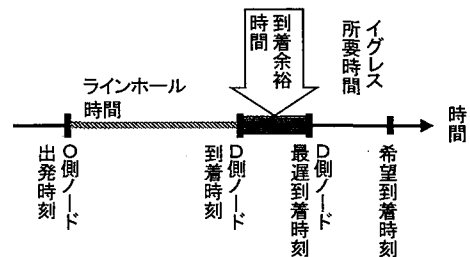


図-1 余裕時間

旅客の目的地への希望到着時刻からイグレス所要時間を差し引いた時間をD側ノード最遅到着時刻とする。その時刻と実際にD側ノードへ到着した時刻との時間差を余裕時間と定義する。観測された余裕時間を旅客行動特性として扱うためには、余裕時間が持つ意味を明確にすることが重要である。次章において余裕時間の構成要素、ならびに各要素への影響要因についての説明を行う。

3. 余裕時間の構成要素、影響要因

余裕時間は、その特性により能動的余裕時間と受動的余裕時間という二つの要素の組み合わせにより

*Key Words : 交通行動分析, 到着余裕時間

** 学生員 東北大学大学院 情報科学研究科

*** F 会員 工博 東北大学大学院教授 情報科学研究科

(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉

TEL 022-217-7497 FAX 022-217-7494)

構成されると考えられる。

能動的余裕時間 $T_{ac_{ijkle}}$ は旅客が自らの意志で確保するものである。 $T_{ac_{ijkle}}$ は目的地への遅れを防ぐために確保する純余裕時間 ST_{ijkle} と多目的の場合など目的地以外への立ち寄りのために確保される付加的余裕時間 AT_{ijkle} により構成される。

受動的余裕時間 $T_{pa_{ijkle}}$ は旅客の意志で確保されるものではなく、受動的な行動結果により生じる時間で以下の一要素により構成される。第一は希望到着時刻に見合う時間帯に運行される便がないために生じる損失時間 LT_{ijkle} である。第二に運行ダイヤ情報を持たない旅客のランダムな出発便選択行動などによるランダム到着マージン RnT_{ijkl} である。

到着余裕時間の構成は以下の式により表されると考えられる。

$$T_{ijkle} = T_{ac_{ijkle}} + T_{pa_{ijkle}} \quad (1)$$

$$T_{ac_{ijkle}} = ST_{ijkle} + AT_{ijkle} \quad (2)$$

$$T_{pa_{ijkle}} = LT_{ijkle} + RnT_{ijkl} \quad (3)$$

T_{ijkle} : 到着余裕時間

$T_{ac_{ijkle}}$: 能動的到着余裕時間

$T_{pa_{ijkle}}$: 受動的到着余裕時間

ST_{ijkle} : 純余裕時間

AT_{ijkle} : 付加的余裕時間

LT_{ijkle} : 損失時間

RnT_{ijkl} : ランダム到着マージン

i:路線

j:旅行目的

k:交通モード

l:利用時間帯

e:イグレス手段

これら各要素の意味および影響要因は次のように考えられる。

(1) 能動的到着余裕時間

純余裕時間 ST_{ijkle} は目的地への遅れを防ぐために確保される時間であるので、遅刻に対するリスクの大きさやラインホール・アクセス・イグレス時間の不確実性、乗り換え回数等により影響を受ける。すなわち旅行目的や行動時間帯による時間制約強度の相違や、定時性の異なるイグレス手段による相違が能動的余裕時間に影響を及ぼすことが考えられる。また都市間交通モードの運行距離や運行頻度によ

ても影響が考えられる。

付加的余裕時間 AT_{ijkle} は遅刻回避とは別の目的で確保されるものである。多目的トリップや目的地以外への立ち寄りを前提とする場合など、個人的・不確定的な要素を多く含むため観測が困難である。

(2) 受動的到着余裕時間

都市間モードの運行ダイヤが旅客の行動スケジュールにとって適当なものでない場合、損失時間 LT_{ijkle} が生じる。旅客の希望到着時刻は様々な時間帯に分布しているので運行間隔が長くなると必然的に LT_{ijkle} の大きな旅客の割合が増加する。すなわち運行頻度と希望到着時刻分布（潜在的需要の時間分布）により強く影響を受けると考えられる。

希望到着時刻を設定していても、旅客は非合理的行動をとる場合や運行ダイヤに関する情報を持たない場合もある。ランダム到着マージンはこのように希望到着時刻と D 側ノードへの実到着時刻との間に因果関係がない行動により生じるものである。すなわちランダム到着マージンの変動は確率的なものとなる。ランダムな行動をとる旅客は時間価値が小さいと想定されるので、旅客の時間価値に影響を及ぼす要因が、ランダム到着マージンの確率分布への影響要因となると想定される。

4. 秋田-東京間旅客についての実態分析

(1) 実態調査の概要

前節までに提案した余裕時間の各要因の妥当性を確認するために、実際の旅客行動について分析を行った。用いたデータは独自に実施した秋田-東京間の航空および新幹線における利用実態調査である。この調査は 1997/10/7(火)、8(水)に空港ロビー内、新幹線ホーム内において旅客に直接記入を依頼する方法を用いて行ったものである。

質問項目は、旅行目的、出発地、目的地、アクセス・イグレス、待ち時間、希望到着時刻、旅客属性についてである。本研究では OD が秋田県およびその周辺県一首都圏域である旅客（航空秋田発 457 同秋田着 485、新幹線秋田発 191 同秋田着 83 サンプル）について分析を実施した。分析においては希望到着時刻を設定した旅客のみ（到着余裕時間の定義によ

り)を対象とした。また余裕時間が非常に大きい旅客は時間の制約を受けていないと考え、最大運行間隔以上の値をもつ旅客は対象外とした。

表-1 調査票配布及び回収状況

	航空 秋田発	航空 秋田着*	新幹線 秋田発	新幹線 秋田着
回収数	526	650	615	228
旅客数	1419	1587	1915	1952
回収率(%)	37.07	40.96	32.11	11.68

*: 航空会社に配布・回収を依頼

(2) 数量化 I 類による影響要因の把握

余裕時間への影響要因を把握するために数量化 I 類により余裕時間を目的変数として分析を行った。本研究では簡単のため、損失時間は一律に、利用モードの平均運行間隔より与えた。旅客が行動スケジュールを調整することになる最大時間を平均運行間隔の 1/2 とし、利用希望時刻が全時間帯に様に分布していると仮定することで、その 1/2 を平均的な損失時間とした。

$$LT_{ijkle} = AvS_k / 4 \quad (4)$$

AvS_k : モード k の平均運行間隔

すなわち観測値 To は(5)式で表される値となる。

$$\begin{aligned} To &= T_{ijkle} - LT_{ijkle} \\ &= Tac_{ijkle} + (Tpa_{ijkle} - LT_{ijkle}) \\ &= ST_{ijkle} + AT_{ijkle} + RnT \end{aligned} \quad (5)$$

本研究では計算の簡略化のために付加的余裕時間

AT_{ijkle} およびランダム到着マージン RnT を省略する。よって観測値 To の変動は純余裕時間 ST_{ijkle} の変動そのものとなる。以下観測値 To を ST_{ijkle} と同義として扱うこととする。

説明変数として用いた項目は、利用モード(航空 or 新幹線)、旅行目的、イグレス手段、ルート(秋田発 or 秋田着)、着ノードへの軌道交通接続の有無、ノード到着時間帯(6:00~24:00 を 6 時間毎に 3 区分)、希望到着時刻の時間帯である。これらのうちノード到着時間帯と希望到着時刻時間帯、ルートと軌道接続の有無の各説明変数間に強い相関が見られたため各々単回帰係数の大きいノード到着時間帯、ルートを説明変数として採用した。表-2 に結果を示す。ここでは上記の項目をアイテムとして採用し、採用するアイテムを段階的に変化させて、各項目と純余裕時間の関連について分析を行った。値は各カテゴリーのカテゴリーウエイトを表している。

分析結果より、利用時間帯の単相関係数が最も大きく、余裕時間の決定に強く関連していることがわかった。推定パラメータの値より、時間の経過とともに純余裕時間が減少する傾向が確認された。

イグレス手段の項目を見ると軌道交通利用旅客は余裕時間を多く確保し、道路交通、中でも自動車利用者では減少する傾向が見られる。秋田発東京行と東京発秋田行の旅客においては逆の傾向が表れたが、これは着ノードから目的地までのイグレス利便性が

表-2 数量化 I 類における各パラメータ

	モデル		全変数	モデル1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	4-1
アイテム	カテゴリ名	n	カテゴリウエイト											
ノード到着時間帯	～12:00	111	15.16	6.53	8.35	8.75	8.69	6.63	8.39	7.88	6.74	6.85	7.92	6.97
	12:00～18:00	57	-2.84	0.49	0.33	0.31	0.21	0.38	0.41	0.91	0.49	0.69	1.01	0.81
	18:00～	53	-28.69	-14.20	-18.00	-18.99	-18.75	-14.30	-18.19	-17.64	-14.64	-15.08	-17.84	-15.47
イグレス手段	電車・地下鉄	81	5.65		6.09			5.10	5.58	9.93	4.40	8.53	9.43	7.87
	バス	77	-1.79		-1.86			-1.09	-1.15	-3.44	-0.18	-2.53	-2.70	-1.59
	タクシー	21	-3.62		-1.38			-2.35	-2.45	-3.68	-3.74	-4.02	-4.84	-5.56
	車	36	-5.41		-8.54			-7.68	-7.90	-12.22	-6.90	-11.11	-11.58	-10.37
	その他	6	-8.30		-2.79			-0.58	-4.69	-4.58	-2.66	-1.92	-6.62	-4.19
旅行目的	業務・行	122	3.54	3.31				2.87			2.87	2.05		2.03
	業務・帰	49	-2.03	-2.01				-1.47			-1.19	-0.24		0.09
	非業務・行	25	0.62	0.14				0.18			-0.30	-0.56		-1.10
	非業務・帰	25	-13.91	-12.35				-11.30			-11.37	-8.98		-8.99
ルート	秋田発東京着	105	-12.26				-0.18			-5.18		-4.52	-5.23	-4.64
	東京発秋田着	116	11.10				0.17			4.69		4.09	4.74	4.20
モード	航空	187	-0.07			-1.09			-0.73		-0.92		-0.77	-0.98
	新幹線	34	0.39			5.88			3.90		5.05		4.16	5.42
軌道接続	あり	116	8.55											
	なし	105	-9.44											
希望時間帯	～12:00	42	-19.48											
	12:00～18:00	98	-3.80											
	18:00～	81	14.70											

決定係数 0.210 0.122 0.128 0.112 0.106 0.140 0.130 0.141 0.143 0.150 0.143 0.153
 自由度修正済み決定係数 0.184 0.114 0.120 0.104 0.098 0.128 0.118 0.129 0.128 0.134 0.127 0.134
 *: 説明変数間相関 0.6以上

影響していると考えられる。

また、モデル 1-2 と 2-2、3-2 と 4-1 の自由度修正済み決定係数を比較すると、利用交通モードと純余裕時間の関連が小さいということがわかる。

(3) 等分散検定による分析

前述の方法において各要因の純余裕時間への影響傾向を確認することができた。しかし、余裕時間分布の形状を考慮すると、値の大小だけでなく分布のばらつきへの影響も無視できない。そこで、各要因の項目間において純余裕時間分布の等分散検定を行う。表—3 に等分散検定・等平均検定によるイグレス手段別の分析結果を示す。括弧内の数値はそれぞれ純余裕時間の標準偏差と平均値（分）を表している。

トリップ時間帯別では有意な分散の差が表れなかった。イグレス手段別では電車やバスなどのマスト利用者の方が、タクシー・自動車などのモードに比べて分散が大きいたことが確認された。また、旅行目的別では「非業務・帰」の旅客の余裕時間分散が、他の目的よりも小さいという結果となった。

表—3 等分散検定の結果（イグレス別）

		等分散検定	等平均検定
電車・地下鉄	バス		
	車	*(35.71/25.00)	*(14.46/-3.39)
	タクシー・車	*(35.71/28.57)	*(14.46/1.77)
道路交通			
バス	車	*(35.63/25.00)	*(8.34/-3.39)
	タクシー・車	*(35.63/28.57)	
タクシー			
タクシー・車	車		
	ダイヤ交通	*(28.57/35.69)	*(1.77/11.50)

*:有意差あり

5. 結果と考察

本研究では強い仮定のもとではあるが、トリップ特性、モード特性が純余裕時間へ及ぼす影響の概観を把握することができた。

トリップ時間帯が進むにつれて確保される時間が増大することが確認された。この理由として旅行目的によらず、時間の経過とともに到着時刻制約の強度が減少していることが考えられる。例としてはトリップの主目的は日中に設定されることが多いこと、翌日の主目的のために宿泊を予定している旅客は時間の制約をあまりうけないことなどが挙げられる。

イグレス手段に着目すると軌道交通利用者は余裕

を多く確保し、その分散も大きいという結果であった。道路交通利用者では分布のばらつきが少なくなり、そのうちでも運行ダイヤのない自家用車利用は純余裕時間を大きく減少させる要因となっている。着ノードが秋田である旅客と東京である旅客との差異は、このようなイグレス手段の影響を強く受けていると思われる。すなわち着ノードによる差異はイグレス手段の充実度という要因が関係していると想定される。

旅行目的別では「業務・行」では余裕をやや多めに、「非業務・帰」では大半の旅客が時間制約をほとんど無視した行動をとることが確認された。希望到着時刻に遅れることによるリスクの大きさがこのような結果を導いていることは、容易に推測できる。

利用モード間による差異はほとんど見られなかった。到着余裕時間から運行間隔より算出した値を一律に差し引いた分析であることを考慮すると、モードによる差異は運行頻度による差異であること、能動的余裕時間には強く影響しないことが考えられる。

本研究では都市間交通における需要予測のための旅客行動指標として到着余裕時間を提案し、利用時間帯、イグレス、旅行目的等の特性について分析を行い、これらの及ぼす影響を把握することができた。今後は交通モードの利用主体である旅客の行動特性を組み込んだ、新しい都市間交通機関選択・便選択推定手法の開発が望まれる。

<参考文献>

- 1) 例えば、田村 亨：地域航空サービスにおける社会的最適便数についての考察，土木計画学研究・講演集 No. 12, pp613-618, 1989
- 2) 森地 茂 屋井 鉄雄 兵藤 哲朗：供給制約を考慮した航空需要モデル，土木計画学研究・論文集 No. 6, pp209-215, 1988
- 3) 轟 朝幸 梅沢 史章 榛沢 芳雄：航空ネットワークの評価方法に関する一考察，土木計画学研究・講演集 No. 15 (1), pp609-614, 1991
- 4) 大枝 良直 角 知憲 中西 啓造 椿 辰治：業務目的の航空旅客の出発便選択行動モデルの作成，土木学会論文集 No. 555. IV-34, pp83-90, 1997
- 5) 例えば、飯田 恭敬 柳沢 吉保 内田 敬：通勤交通の経路選択と出発時刻分布の同時推定法，土木計画学研究論文集 No. 9, 1991 に代表される都市内交通機関を対象とした出発時刻選択、経路選択に関する研究