

線区をベースとする輸送OD表の設計と それに基づく輸送指標の体系化に関する研究

厲 国権

正会員 公益財団法人鉄道総合技術研究所（〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38）

E-mail: li.guoquan.56@rtri.or.jp

本研究では、鉄道の輸送実態を、より正確かつ精緻に分析し把握するために、鉄道路線を、線区ごとにブロック化し、線区をベースとする輸送OD表の設計とそれによる輸送指標の体系化について試みる。

Key Words : OD Table, Rail transport, blocking line section, Architecture of index system, Transport situation, Analysis Item

1. はじめに

交通・運輸における各種計画の策定や実態分析などに関わる基本的なデータとしては、ODデータ並びにOD表であるが、鉄道の場合は、駅の相互間の輸送ペアをベースとするOD表が使われる。しかし、輸送の視点からは、鉄道路線における線区は、始発駅が所在する出発線区、中間駅が所在する通過線区、終着駅が所在する到着線区と、輸送距離の長さは、短距離輸送、中距離輸送、長距離輸送などと細分することができる。従って、鉄道輸送の実態分析に関しては、駅間の輸送ペアだけでなく、線区間の輸送関係をも考慮することが必要不可欠である。

また、鉄道輸送においては、大量の輸送データを蓄積されている。それらのデータを如何に有効的に活用するかが、輸送効率を向上するにとっては現実的な課題となっている。

本稿では、鉄道の輸送実態をより正確かつ精緻に把握するために、鉄道路線に対するブロック線区概念を導入し、ブロック線区に基づく輸送OD表の設計とそれによる輸送指標の体系化について試みる。そして、体系化された輸送指標を用いて線区役割および線区間の輸送関係を考察する。

2. 鉄道輸送のOD表

鉄道輸送のODデータ (Origin-Destination data based on rail transport) は、基本的には、鉄道路線において、始発駅から終着駅へ、人や物などの輸送量を記述したもので、

統計の時間的な幅（スパン）に対する、駅間の輸送人数、輸送トン数・件数などの発着量を表す。

こうした駅から駅までの枠組みの設定による鉄道輸送のOD表は、表-1に示すように、駅間の輸送ペアをベースとする、鉄道路線における S_i 駅 ($i=1,2,\dots,n$) から S_j 駅 ($j=1,2,\dots,n$) までの輸送量を記述する行列表である。

表-1に示したように、鉄道輸送のOD表においては、以下の輸送指標が含まれている。

- ① DS_{ij} : 駅 S_i から発送し、駅 S_j に到着する輸送量で、駅の相互間で輸送する量を表す輸送指標
- ② DS_i : ある駅 (S_i) の発送量として、 S_i 駅から発送し、各駅に到着する輸送量の和を表す輸送指標
- ③ AS_j : ある駅 (S_j) の到着量として、各駅から発送し、 S_j 駅に到着する輸送量の和を表す輸送指標
- ④ TT : 鉄道路線で行われる輸送の量を表す輸送指標

以上の輸送指標は、鉄道輸送の統計分析、輸送需要の分析予測、トリップの変動調査などに関わる最も基本的なデータである。

表-1 鉄道輸送のOD表

発駅 \ 着駅	S_1	...	S_j	...	S_n	発送量
S_1	S_{11}		S_{1j}		S_{1n}	$DS_1 = \sum S_{1j}$
...						
S_i	S_{i1}		S_{ij}		S_{in}	$DS_i = \sum S_{ij}$
...						
S_n	S_{n1}		S_{nj}		S_{nn}	$DS_n = \sum S_{nj}$
到着量	$AS_1 = \sum S_{i1}$		$AS_j = \sum S_{ij}$		$AS_n = \sum S_{in}$	$TT = \sum \sum S_{ij}$

これらの輸送指標を用いて鉄道輸送の需要動向を分析

し、社会経済活動の変化傾向と合わせて将来の輸送需要の予測を行うことができる。また、鉄道事業者は、それらの分析結果に基づいて、輸送ニーズの変化に応じて輸送計画（車両運用、ダイヤ設定、乗務員計画、施設運用、メンテナンス計画など）を策定する。

3. ブロック線区に基づく輸送OD表の設計

輸送の視点からは、前述した鉄道路線を、出発、通過、到着などのような線区に区分できるので、ここでは、線区の区分による線区間の輸送関係をも考慮する輸送OD表の設計を行う。

まずは、ブロック線区についての概念を説明する。

これは、**図-1**に示すように、鉄道路線を複数の線区に細分し、各線区に配置される複数の駅を1つの線区としてブロック化することである。例えば、ブロック線区Aは、駅 A_{ai} ($ai=1, 2, \dots, an$) で、ブロック線区Bは、駅 B_{bi} ($bi=1, 2, \dots, bn$) で、ブロック線区Cは、駅 C_{ci} ($ci=1, 2, \dots, cn$) で構成される。

ブロック線区AとCは、鉄道路線における端末線区であり、ブロック線区Bは中間線区である。全路線を利用して輸送を行う場合は、ブロック線区Aとブロック線区Cは、出発線区と到着線区と見なされ、ブロック線区Bは、通過線区として位置する。

図-1に示したブロック線区に基づく輸送OD表は、**表-2**に示すように、9つ子輸送OD表で構成される。

(1) ブロック線区内で完結する子輸送OD表

ブロック線区A, B, Cにおける各線区内で完結する輸送の量を記述するOD表としては、AA-子輸送OD表, BB-子輸送OD表, CC-子輸送OD表である。

(2) 隣接ブロック線区を跨って完結する子輸送OD表

隣接ブロック線区を跨って完結する輸送については、以下の4つ子輸送OD表が含まれている。

AB-子輸送OD表には、ブロック線区Aから発送し、ブロック線区Bに到着する輸送の状況が記述される。

BA-子輸送OD表には、ブロック線区Bから発送し、ブロック線区Aに到着する輸送の状況が記述される。

BC-子輸送OD表には、ブロック線区Bから発送し、ブロック線区Cに到着する輸送の状況が記述される。

CB-子輸送OD表には、ブロック線区Cから発送し、ブロック線区Bに到着する輸送の状況が記述される。

(3) 中間ブロック線区を通過して完結する子輸送OD表

AC-子輸送OD表には、ブロック線区Aから発送し、ブロック線区Bを通過してブロック線区Cに到着する輸送の状況が記述される。

CA-子輸送OD表には、ブロック線区Cから発送し、ブロック線区Bを通過して、ブロック線区Aに到着する輸送の状況が記述される。

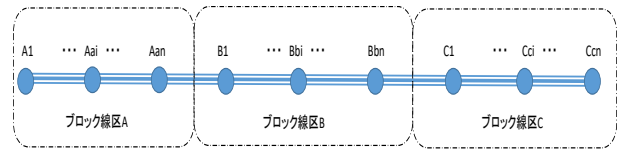


図-1 鉄道路線におけるブロック線区

表-2 ブロック線区に基づく輸送OD表

駅名	ブロック線区A					小計	ブロック線区B					小計	ブロック線区C					小計	計										
	A1	A2	...	Aai	...		An	B1	B2	...	Bbi		...	Bbn	C1	C2	...			Cci	...	Ccn							
ブロック線区A	A1	A2	...	Aai	...	An																							
	A2																												
	...																												
	Asi																												
	...																												
	Am																												
小計																													
ブロック線区B							B1	B2	...	Bbi	...	Bbn																	
							B2																						
							...																						
							Bbi																						
							...																						
							Bbn																						
小計																													
ブロック線区C													C1	C2	...	Cci	...	Ccn											
													C2																
													...																
													Cci																
													...																
													Ccn																
小計																													
計																													

ブロック線区に基づく輸送OD表においては、従来の駅間の輸送状況が記述されるとともに、ブロック線区間の輸送関係も詳細的に明確化される。

例えば、ブロック線区Aから発する輸送には、同ブロック線区Aに着するもの、隣接ブロック線区Bに着するもの、ブロック線区Bを通過してブロック線区Cに着するものと区分される。同様に、ブロック線区B, ブロック線区Cから発する輸送には、ブロック線区A, B, Cに着するものがそれぞれに明確的に示される。

また、**図-1**に示した各ブロック線区に関連する子輸送OD表は、以下のとおりである。

- ① ブロック線区Aに関わる子輸送OD表：AA, AB, AC, BA, CA
- ② ブロック線区Bに関わる子輸送OD表：AB, AC, BA, BB, BC, CA, CB
- ③ ブロック線区Cに関わる子輸送OD表：CA, CB, CC, AC, BC

以上のようなブロック線区に基づく輸送OD表を用いて、鉄道輸送における線区の重要性や線区間の輸送関係などを定量的に解明することが可能となると考えられる。

なお、ブロック線区に属される駅の構成については、固定されることでなく、線区に対する分析の目的によって、駅数を変更することができる。

4. 線区をベースとする輸送指標の体系化

前章では、鉄道路線が線区ごとにブロック化されたとともに、それぞれの子輸送OD表を説明した。ここでは、

表-3 ブロック線区を統合した輸送OD表の設計による輸送指標の体系

駅名		ブロック線区A						ブロック線区A の小計	ブロック線区B						ブロック線区B の小計	ブロック線区C						ブロック線区C の小計	計		
		A1	A2	...	Aaj	...	Aan	B1	B2	...	Bbj	...	Bbn	C1	C2	...	Ccj	...	Ccn						
ブロック線区A	A1																								
	A2																								
	...																								
	Aai				AA(ai,aj)					DAA(ai)			AB(ai,bj)						AC(ai,cj)				DAC(ai)	DA(ai)	
	...																								
	Aan																								
ブロック線区Aの小計						RAA(aj)																	TAA	TDA	
ブロック線区B	B1																								
	B2																								
	...																								
	Bbi				BA(bi,aj)					DBA(bi)			BB(bi,bj)						BC(bi,cj)					DBC(bi)	DB(bi)
	...																								
	Bbn																								
ブロック線区Bの小計						RBA(aj)																	TBA	TDB	
ブロック線区C	C1																								
	C2																								
	...																								
	Cci				CA(ci,aj)					DCA(ci)			CB(ci,bj)						CC(ci,cj)					DCC(ci)	DC(ci)
	...																								
	Ccn																								
ブロック線区Cの小計						RCA(aj)																	TCA	TDC	
計						RA(aj)																	TRA	TT	

線区の状況を含む輸送実態を分析し、把握するために、表-3に示すように、ブロック線区をベースとする各子輸送OD表に対応する輸送指標の体系化について試みる。

4.1 ブロック線区内で完結する輸送の指標

ブロック線区内で完結する輸送に関しては、前述したAA-, BB-, CC-輸送OD表に対応する、次のような輸送指標がある。

- ① ブロック線区内で駅間の輸送ペアの発着量を表す指標 (AA(ai,aj), BB(bi,bj), CC(ci,cj))
- ② ブロック線区の駅から発送し、同線区の各駅に到着する輸送量の和を表す指標 (DAA(ai), DBB(bi), DCC(ci))
- ③ ブロック線区の各駅から発送し、同線区の駅に到着する輸送量の和を表す指標 (RAA(aj), RBB(bj), RCC(cj))
- ④ ブロック線区内に完結する輸送の量を表す指標 (TAA, TBB, TCC)

4.2 隣接ブロック線区を跨って完結する輸送の指標

隣接ブロック線区を跨って完結する輸送に関しては、AB-, BA-, BC-, CB-輸送OD表に対応する、以下の輸送指標が含まれる。

- ① 隣接ブロック線区を跨がる駅間の輸送量を表す輸送指標 (AB(ai,bj), BA(bi,aj), BC(bi,cj), CB(ci,bj))
- ② あるブロック線区の駅から発送し、隣接ブロック線区の各駅に到着する輸送量の和を表す輸送指標 (DAB(ai), DBA(bi), DBC(bi), DCB(ci))

- ③ あるブロック線区の各駅から発送し、隣接ブロック線区の駅に到着する輸送量の和を表す輸送指標 (RAB(bj), RBA(aj), RBC(cj), RCB(bj))
- ④ あるブロック線区の各駅から発送し、隣接ブロック線区の各駅に到着する輸送量の和を表す輸送指標 (TAB, TBA, TBC, TCB)

4.3 中間ブロック線区を通過して完結する輸送の指標

図-1に示したように、ブロック線区Aとブロック線区Cの間の輸送に関しては、中間ブロック線区Bを通過して完結するため、AC-, CA-輸送OD表に対応する、以下の輸送指標が含まれている。

- ① 中間ブロック線区を通過して完結する駅間の輸送量を表す指標 (AC(ai,cj), CA(ci,aj))
- ② あるブロック線区の駅から発送し、中間ブロック線区を通過して異なる線区の各駅に到着する輸送量の和を表す輸送指標 (DAC(ai), DCA(ci))
- ③ あるブロック線区の各駅から発送し、中間ブロック線区を通過して異なる線区の駅に到着する輸送量を表す輸送指標 (RAC(cj), RCA(aj))
- ④ あるブロック線区から発送し、中間ブロック線区を通過して異なる線区に到着する輸送の量を表す輸送指標 (TAC, TCA)

以上より、ブロック線区に基づく輸送OD表においては、駅間そして線区間の輸送ペアを含む、計49種類の輸送指標が存在することがわかった。これらの輸送指標には、発送、到着、通過などの各種線区における輸送特徴も反映されると考えられる。

また、分析の対象や目的などによって鉄道輸送ネットワークの状況を考慮することが必要となる。それに応じるより詳細なブロック線区に基づく輸送OD表の設計と関連輸送指標の体系化が可能である。

5. 線区の重要性と線区間の輸送関係

5.1 線区の重要性についての考察

ブロック線区の重要性については、線区からの発送量と線区への到着量が、鉄道の輸送量に占める割合を利用して考察する。

(1) 発送量から見る線区の重要性指標

ブロック線区Aの重要性は、表-3に示したブロック線区Aの発送量 (TDA) を鉄道の輸送量 (TT) で割ることにより、線区Aの発送量が鉄道の輸送量に占めた割合で表す。

同様に、ブロック線区Bとブロック線区Cの重要性指標がそれぞれに求められる。

(2) 到着量から見る線区の重要性指標

到着量からみる各線区の重要性については、表-3に示したブロック線区A, B, Cに到着する輸送量 (TRA, TRB, TRC) が鉄道の輸送量 (TT) に占めるそれぞれの割合を計算することにより顕在化する。

5.2 線区間の輸送関係についての考察

ブロック線区間の輸送関係については、ブロック線区から発送する輸送量と線区に到着する輸送量の構成成分を用いて分析する。

(1) 発送量から見る線区間の輸送関係

ブロック線区からの発送量は、同線区内で完結する輸送量、隣接ブロック線区に到着する輸送量、そして隣接ブロック線区を通過して異なる線区に到着する輸送量で構成される。これら3つの構成成分をもつ線区の発送量に関わる輸送指標を用いてブロック線区間の輸送関係を説明することができると思われる。

例として説明すると、表-3に示したように、ブロック線区Aの発送量 (TDA) には、同線区内で完結する輸送量 (TAA) , 隣接ブロック線区Bに到着する輸送量 (TAB) と、隣接ブロック線区Bを通過してブロック線区Cに到着する輸送量 (TAC) がある。ブロック線区Aとブロック線区Bの輸送関係については、線区Aから発送する輸送が完結するため、線区Bに依存する度合いを利用して解明できると考えられる。この度合いは、TABとTACの和を、TDAで割って算出する。ブロック線区Aとブロック線区Cとの輸送関係は、TACをTDAで割ることによって求める。

(2) 到着量から見る線区間の輸送関係

同様に、到着量からみる線区間の輸送関係については、線区の到着量に関わる輸送指標を用いて、各々の割合を算出することによって線区間の依存度が求められる。

5. まとめ

本研究では、交通・運輸の最も基本とするODデータ並びにOD表の視点から、従来の鉄道輸送OD表について説明したうえで、ブロック線区概念を導入し、それに基づく輸送OD表の設計や輸送指標の体系化について検討し、線区の重要性と線区間の輸送関係を論じた。

結果としては、これらの輸送指標を用いて線区の輸送実態を分析したうえで、平常時の輸送効率向上や線区不通時の輸送能力低下などに関する定量的研究に対する理論的な分析手法として活用でき、今後は、関連研究開発を深度化していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 厲 国権：鉄道貨物輸送による物流費用・環境負荷低減効果の評価手法，鉄道総研報告，第 24 卷，第 10 号，pp.29-34，2010 年
- 2) 森地 茂，山形 耕一：交通計画，土木学会，1993

(2020.3.8 受付)

A STUDY ON THE DESIGN OF RAIL OD TABLE BASED ON THE LINE SECTION AND THE SYSTEMATIZATION OF RELEVANT TRANSPORT INDEX

Guoquan LI

In order to accurately and precisely analyze and grasp the actual situations of railway transportation, this study makes an attempt to block railway line by the multiple sections, architecture the section-based transport OD table. According to the architected OD table, the systematization of the relevant transport index is described.