

第4章

中国を取り巻く国際物流の成長と 交通インフラの役割

柴崎 隆一・石倉 智樹

はじめに

本書の各章で述べられているように、近年の中国の経済成長とそれともなう貿易額の増大には目を見張るべきものがある。この貿易行為を物理的に支えるのが「物流」である。第3章では、交通輸送機関の選択に関する問題について航空輸送貨物の特性を中心に分析した。本章では、海上輸送を中心に、近年の中国における国際物流の成長について、物量の増大だけでなくサービスレベルの向上や船舶サイズの大型化という観点からも明らかにする。また、国際物流量の増大にともない中国の各港湾においても非常に活発な投資が行われている。そこで、近年中国各港湾で行われたインフラ整備が国際物流の発展にどの程度寄与してきたかについて、筆者らが開発中の国際コンテナ貨物流動モデル(MICCS: Model for International Container Cargo Simulation)を用いて定量的に検証する。その結果、1998年から2003年までに中国国内で行われた港湾投資によって、各港湾のコンテナ取扱量が、香港を含む中国全体で平均約17%増加し、陸上輸送距離の減少にも貢献したことが明らかになった。

第1節 中国を取り巻く国際物流の成長

1. 港湾取扱量の伸長

表1に示される港湾別の海上コンテナ取扱量ランキング(2005年)によれば、上位6港(シンガポール、香港、上海、深圳、釜山、高雄)を東アジア諸国の港湾が占める。特に、上記上海港、深圳港をはじめとして、近年の中国本土諸港湾における取扱量の伸びは目覚しく、ほぼ横這いで推移しているわが国の諸港湾と極めて対照的である(図1参照)。2005年のランキングでは、上位30位までに上記2港のほか、青島(13位)、寧波(15位)、天津(16位)、広州(18位)、廈門(アモイ:23位)、大連(30位)と中国本土だけでも合計8港も含まれる状況である。この8港を含めた、中国本土における2005年コンテナ取扱量上位11港(各港湾の位置については図6を参照されたい)について、1985年からの取扱量および世界順位の推移を表2に示す。中国国内では常に一番取扱量の多かった上海港でも1990年の世界順位は43位であり、深圳港に至っては取扱量がゼロであったことを踏まえると、この15年間の中国諸港湾の成長ぶりが実感できるだろう。また、この15年間におけるコンテナ取扱量の年成長率についてみると、どの港湾でも平均20~30%を維持しており、全国的に年40~50%近い伸びを示していた1990年代前半の爆発的な成長期はさすがに過去のものとなったものの、取扱量が十分拡大し、中国港湾の世界のなかにおける地位が上昇した近年においても年20%程度の増加率(5年で3倍のペース)を維持していることは驚異的ですからある。最近5年間で特に増加率が大きいのは、連雲港、寧波港、深圳港などである。特に寧波港は、1990年以来、常に年平均40%以上の増加率で取扱量を伸ばしており、現在では中国本土第4位の港湾に成長している。

表1 世界のコンテナ取扱量上位30港湾

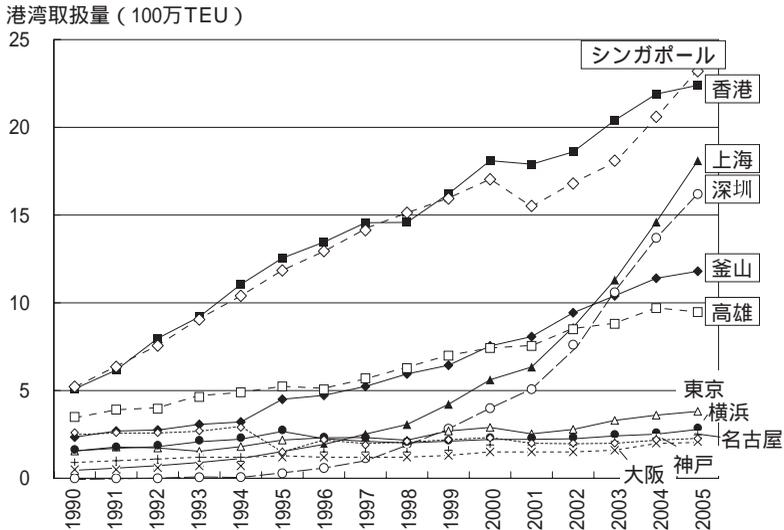
2005年 順位	2004年 順位	港湾名	国	2005年 取扱量 (万TEU**)	対前年 増加率 (%)
1	2	シンガポール	シンガポール	2,319	8.7
2	1	香港	中国	2,243	2.3
3	3	上海	中国	1,808	24.2
4	4	深圳	中国	1,620	18.7
5	5	釜山	韓国	1,184	3.6
6	6	高雄	台湾	947	- 2.5
7	7	ロッテルダム	オランダ	930	12.0
8	9	ハンブルク	ドイツ	805	14.9
9	10	ドバイ	UAE	762	18.5
10	8	ロサンゼルス	アメリカ	748	2.2
11	12	ロングビーチ	アメリカ	671	16.1
12	11	アントワープ	ベルギー	648	6.9
13	14	青島	中国	631	22.8
14	13	クラン	マレーシア	554	5.7
15	17	寧波	中国	519	29.6
16	18	天津	中国	480	25.9
17	15	NY/NJ*	アメリカ	480	7.2
18	22	広州	中国	468	41.6
19	16	タンジュンペラパス	マレーシア	417	3.7
20	19	ランチャバン	タイ	382	5.3
21	20	東京	日本	381	5.0
22	21	ブレーメン	ドイツ	374	7.7
23	26	廈門	中国	334	16.4
24	23	タンジュンプリオク	インドネシア	328	3.5
25	24	ジョイアタウロ	イタリア	316	- 3.1
26	25	アルヘシラス	スペイン	316	7.5
27	29	横浜	日本	287	12.6
28	30	ジェダ	サウジアラビア	286	18.0
29	27	フェリクスター	イギリス	270	0.0
30	-	大連	中国	265	19.9

(出所) *Containerization International*, March 2006より筆者作成。

(注) *ニューヨーク, ニュージャージー。

**TEU: 20フィート換算コンテナ個数 (Twenty feet container Equivalent Unit)。

図1 アジア主要6港とわが国の港湾におけるコンテナ取扱量の推移(1990 - 2005年)



(出所) Containerization International Yearbook (各年版)。

2. 海上輸送の成長

港湾取扱量の増加にともない各港湾のサービスレベルも向上している。以下では、MDS Transmodal Containership Databank データを用いて、1998年と2003年における各港湾の就航航路数や寄港船舶サイズの変化をみていこう。

(1) 就航航路数の変化

表3に示されるのは前述の世界上位30港以内にランクされる中国主要8港と、比較対象としての香港港における就航航路数の推移である。全体の航路数についてみれば、香港(5年間で15%増加)に比べ中国本土の各港湾とも増加率が大きい(8港平均で125%増加)。また、華北地区の港湾に比べ、華中・華南地区の港湾で航路数の増加率が大きく、寧波港、深圳港では4倍以上の

表2 中国主要11港におけるコンテナ取扱量とその世界順位の推移

	1985	1990	1995			1995			
	総取扱量 (TEU)	総取扱量 (TEU)	5年間の 年平均 成長率(%)	中国内 の順位	世界 順位	総取扱量 (TEU)	5年間の 年平均 成長率(%)	中国内 の順位	世界 順位
大連	30,100	131,300	34.3	4	111	374,300	23.3	5	76
華北 天津	147,900	286,000	14.1	2	64	702,100	19.7	2	43
青島	33,400	135,400	32.3	3	107	603,000	34.8	3	51
連雲港	-	-	-	-	-	-	-	-	-
華中 上海	201,800	456,100	17.7	1	43	1,526,500	27.3	1	19
寧波	-	22,100	-	10	251	160,000	48.6	9	133
福州	10,600	29,100	22.4	9	234	150,900	39.0	10	137
廈門	19,300	45,300	18.6	7	194	309,700	46.9	6	84
華南 広州	93,600	109,400	3.2	5	127	545,000	37.9	4	57
中山	-	-	-	-	-	-	-	-	-
深圳	-	-	-	-	-	283,700	-	7	91
中国総計	572,700	1,563,200	22.2	-	-	6,636,600	33.5	-	-
香港	2,289,000	5,100,637	17.4	-	2	12,549,746	19.7	-	1

	2000	2005			2005			
	総取扱量 (TEU)	5年間の 年平均 成長率(%)	中国内 の順位	世界 順位	総取扱量 (TEU)	5年間の 年平均 成長率(%)	中国内 の順位	世界 順位
大連	1,011,000	22.0	7	60	2,655,000	21.3	8	30
華北 天津	1,708,400	19.5	4	31	4,801,000	23.0	5	16
青島	2,120,100	28.6	3	25	6,307,000	24.4	3	13
連雲港	120,116	-	17	200	1,005,297	52.9	10	82
華中 上海	5,612,300	29.7	1	6	18,084,000	26.4	1	3
寧波	902,200	41.3	8	65	5,208,000	42.0	4	15
福州	400,200	21.5	10	115	802,405	14.9	11	92
廈門	1,084,600	28.5	6	49	3,342,300	25.2	7	23
華南 広州	1,430,900	21.3	5	37	4,683,000	26.8	6	18
中山	510,741	-	9	89	1,075,881	16.1	9	78
深圳	3,993,700	69.7	2	11	15,660,000	31.4	2	4
中国総計	22,632,500	27.8	-	-	75,640,000	27.3	-	-
香港	18,100,000	7.6	-	1	22,427,000	4.4	-	2

(出所) 『中国港口年鑑 2006』および*Containerization International Yearbook* (各年版) にもとづき筆者ら作成。

表3 中国主要港湾における就航航路数

総計(域内外合計)			
	1998	2003	増加率(%)
大連	30	42	40
天津	36	48	33
青島	35	59	69
上海	60	151	152
寧波	13	60	362
廈門	23	53	130
深圳	23	95	313
広州	9	7	-22
8港計	229	515	125
香港	222	256	15

アジア域内航路				アジア域外航路			
	1998	2003	増加率(%)		1998	2003	増加率(%)
大連	27	31	15	大連	3	11	267
天津	26	28	8	天津	10	20	100
青島	24	34	42	青島	11	25	127
上海	34	78	129	上海	26	73	181
寧波	10	30	200	寧波	3	30	900
廈門	21	32	52	廈門	2	21	950
深圳	7	21	200	深圳	16	74	363
広州	9	4	-56	広州		3	>0*
8港計	158	258	63	8港計	71	257	262
香港	126	128	2	香港	96	128	33

(出所) Transmodal Containership Databankにもとづき筆者ら作成。

(注) *1998年以降新規に就航したことを表す。

増加を記録している⁽¹⁾。この両港については、表2でもみたように取扱量の伸びそのものが他港より大きく、また、本データが外貿航路(香港、台湾含む)のみを集計対象としているため、華北地区に比べて近隣に外国が多いといった地理的要因とも無縁ではないと思われるが、もうひとつの考えられる要因として、南部の方が港湾間の競争が比較的厳しいこともあげられるだろう。すなわち、表2に示される中国上位11港湾をみると、華北については、

大連、天津、青島の3港が突出しており⁽²⁾、しかもこの3港は比較的距離が離れていることから、港湾背後圏があまり重ならないものと考えられる。一方で、上海以南の港湾は、上海、寧波両港⁽³⁾や、珠江デルタ内の各港湾（香港、深圳、広州、中山、珠海等）のように、明白な競合関係にある地域に加え、この両地域の間にも、福州、廈門の2港湾に加え、温州（22万2000TEU、2005年、以下同じ）、泉州（63万5000TEU）、汕頭（スワトウ: 36万8000TEU）など中小の港湾が並んでいる。このため、華北地域に比べて各港湾が積極的に航路を誘致していることなども考えられる。なお、中国における港湾間の競合関係は、時系列的にみれば、深圳港の開発による香港との競争にはじまり、現在は上海港、寧波港のライバル関係が注目されている（注3参照）ところであるが、最近になって、表2に示した連雲港や煙台、日照、威海などの山東省諸港などでも取扱量の増加ペースが早まってきており、全体的な傾向として南から北へ広がっていく現象が観察されている。

さらに、各港湾の就航航路数を、表3下に示されるように、日本、韓国、東南アジア等との間を結ぶアジア域内航路と、北米、欧州などとの間を結ぶアジア域外航路⁽⁴⁾に分ける。すると、香港を含め、いずれの港湾においても域外航路の増加率が大きく、2003年時点における中国本土8港の合計や香港の航路数をみると域内航路と域外航路がほぼ同数となっている。個々の港湾でみると、香港、上海を含め、ほとんどの港湾で域外航路と域内航路がほぼ同数か、域内航路の方が若干多めであるのに対し、深圳港だけは域外航路が圧倒的に多く、他港とは異なる特徴を有する。

(2) 船型クラス別年間寄港船舶数

さらに、同じMDSデータを用いて、コンテナ船の年間寄港船舶数を船型クラス別にみていこう。表4（P.138）に示すアジア域内航路については、全寄港船舶数の増加率でみると、深圳、寧波、上海など華中、華南諸港が華北諸港を上回る傾向にある。また、船型クラス別にみれば、広州港を除けば、500TEU以下の比較的小さなコンテナ船に比べ（華北3港と香港では500TEU以

表4 中国主要港湾における船型クラス別年間寄港船舶数

アジア域内航路										
1998 (隻)						2003 (隻)				
	船型クラス(TEU)別				合計	船型クラス(TEU)別				合計
	- 500	500 - 1000	1000 - 2500	2500 -		- 500	500 - 1000	1000 - 2500	2500 -	
大連	808	277	178		1,263	732	858	286		1,876
天津	650	407	139		1,196	416	503	659		1,577
青島	898	251	126		1,275	572	728	689		1,989
上海	1,181	479	78		1,738	1,279	2,382	1,044	10	4,715
寧波	371	121	35		527	527	588	461		1,576
廈門	906	303	35		1,244	1,009	305	572	52	1,937
深圳	521	156			677	953	180	532	52	1,718
広州	204	130			334	26	26	104		156
8 港計	5,539	2,125	589		8,254	5,513	5,569	4,347	114	15,544
香港	4,719	1,889	2,509	69	9,186	2,890	1,899	5,073	194	10,057

増加率 (%)

	船型クラス(TEU)別				合計
	- 500	500 - 1000	1000 - 2500	2500 -	
大連	- 9	209	61	-	49
天津	- 36	23	375	-	32
青島	- 36	190	448	-	56
上海	8	398	1239	>0*	171
寧波	42	384	1230	-	199
廈門	11	0	1550	>0	56
深圳	83	16	>0	>0	154
広州	- 87	- 80	>0	-	- 53
8 港計	0	162	638	>0	88
香港	- 39	1	102	180	9

アジア域外航路
1998 (隻)

	船型クラス(TEU)別							合計
	- 500	500 - 1000	1000 - 2500	2500 - 4000	4000 - 6000	6000 - 8000	8000 -	
大連		56		52				108
天津	13	74	75	185				347
青島		72	73	309	59			512
上海	19	99	378	555	113			1,164
寧波			13	115				128
廈門		24		52				76
深圳		17	80	398	495	7		997
広州								
8 港計	32	342	619	1,665	667	7		3,332
香港	110	358	1,781	2,398	1,568	111		6,325

2003 (隻)

	船型クラス(TEU)別							合計
	- 500	500 - 1000	1000 - 2500	2500 - 4000	4000 - 6000	6000 - 8000	8000 -	
大連	10	37	126	189	134			495
天津	21	104	193	293	134	52		796
青島	104	70	245	490	341	60		1,309
上海	37	82	1,028	1,360	804	178	13	3,501
寧波		4	367	652	432	156		1,611
廈門			147	309	410	172	13	1,051
深圳			524	1,312	1,735	651	13	4,236
広州		15	68	42				125
8 港計	172	312	2,698	4,646	3,989	1,269	39	13,124
香港	89	238	1,861	2,033	2,898	915	26	8,060

増加率 (%)

	船型クラス(TEU)別							合計
	- 500	500 - 1000	1000 - 2500	2500 - 4000	4000 - 6000	6000 - 8000	8000 -	
大連	>0	- 34	>0	263	>0	-	-	359
天津	65	39	157	58	>0	>0	-	129
青島	>0	- 3	236	59	483	>0	-	156
上海	94	- 17	172	145	609	>0	>0	201
寧波	-	>0	2651	469	>0	>0	-	1159
廈門	-	- 100	>0	495	>0	>0	>0	1283
深圳	-	- 100	558	230	250	9285	>0	325
広州	-	>0	>0	>0	-	-	-	>0
8 港計	444	- 9	336	179	498	18200	>0	294
香港	- 19	- 33	4	- 15	85	725	>0	27

(出所) Transmodal Containership Databankにもとづき筆者ら作成。

(注) *1998年以降新規に就航したことを表す。

表5 中国主要港湾における1航路の平均頻度(週当たり便数)

アジア域内航路				アジア域外航路			
	1998	2003	増加率(%)		1998	2003	増加率(%)
大連	0.90	1.16	29	大連	0.69	0.86	25
天津	0.88	1.08	22	天津	0.67	0.76	15
青島	1.02	1.12	10	青島	0.89	1.00	12
上海	0.98	1.16	18	上海	0.86	0.92	7
寧波	1.01	1.01	0	寧波	0.82	1.03	26
廈門	1.14	1.16	2	廈門	0.73	0.96	32
深圳	1.85	1.57	-15	深圳	1.19	1.10	-8
広州	0.71	0.75	5	広州		0.80	>0*
8港計	1.00	1.16	15	8港計	0.90	0.98	9
香港	1.40	1.51	8	香港	1.26	1.21	-4

(出所)筆者作成。

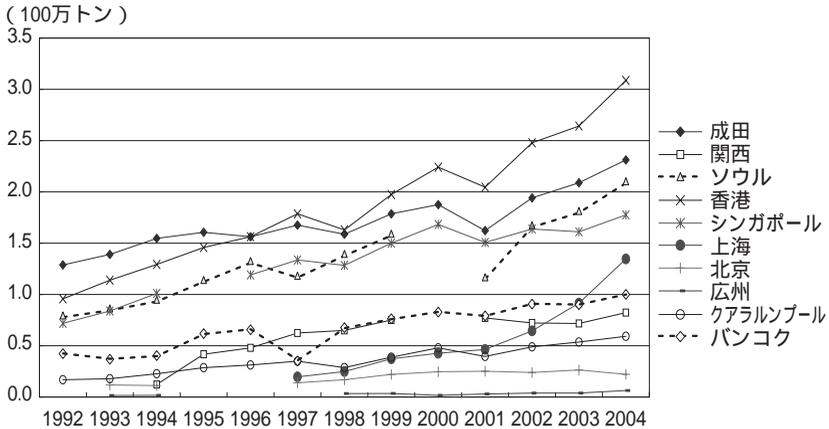
(注)*1998年以降新規に就航したことを表す。

下の船舶は減少している), サイズが大きくなるほど寄港船舶の増加率が大きく, 2500TEU以上の船舶も就航しはじめるなど, アジア域内航路において船舶の大型化が進行していることがわかる。

表4(P.139)に示されるアジア域外航路についてみると, 中国本土の各港湾ともほとんどすべての船型クラスにおいて船舶数が増加している。すなわち, 4000TEU以上や6000TEU以上といった大型船の新規就航と同時に, アジア域外航路の寄港船舶数自体の増加傾向を読みとることができる。このことは, 中国本土の港湾が成長途上にあることの一端を示しているといえよう。なかでも, 表3に示された航路数と同様, 華中, 華南の港湾(香港も含む)では華北より船舶大型化傾向が比較的強く, また, 各港湾において1000~2500TEUのカテゴリもその両隣に比べて増加率が大きく, ひとつのピークとなっていることもわかる。

また, 表4の年間寄港船舶数を表3に示された航路数で除して週当たり換算し, 1航路当たりの週平均便数を算出した(表5)。深圳港を除き, この5年間で域内・域外航路とも1航路当たりの頻度が上昇していることがわかる。中国本土の港湾について平均的にみれば, 域内航路については航路に

図2 世界の主要空港における国際航空貨物取扱量の推移



よっては週1便(ウィークリーサービス)から週複数便へのシフトがはじまり、域外航路については、ウィークリーサービスが定着しつつあることがうかがえる。ただし、香港と比べると頻度という面ではなおサービスレベルに差があることもわかる。また、表3～5を通して考察される点として、深圳港の特異性があげられるだろう。すなわち、域内・域外航路ともに急速に航路数が増え大型化も進む一方で、1航路当たりの頻度は若干減少傾向にあり、他の港湾と戦略が異なるようにも見受けられる。今後どのような展開となっていくか、引き続き注目する必要があると考えられる。

3. 航空輸送の成長

図2に示される、世界の主要空港における国際航空貨物取扱量の推移をみると、中国の空港は、港湾のようにまだ世界の取扱量ランキングを席巻するような状況には至っていない。これは、第3章でもみたように、航空貨物は単価や時間価値の高い高付加価値貨物が多いことに起因すると思われるが、1999年の浦東空港開業頃から上海空港の取扱量が急激に増加しており、図1

表6 1998年と2003年における各港湾の水深別コンテナバース数

	1998							2003						
	バース数(水深別)						合計	バース数(水深別)						合計
	~9m	~11m	~13m	~14m	~15m	15m~		~9m	~11m	~13m	~14m	~15m	15m~	
大連	0	2	3	0	0	0	5	0	0	3	0	4	0	7
天津	0	0	4	0	0	0	4	0	0	1	4	0	3	8
青島	2	0	3	0	0	0	5	0	0	7	0	1	0	8
連雲港	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2
上海	0	7	3	0	0	0	10	0	7	6	5	4	0	22
寧波	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	3	6
福州	11	0	0	0	0	0	11	2	0	3	0	1	0	6
廈門	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	3	0	0	5
深圳	0	0	0	0	7	0	7	0	0	1	0	5	5	11
広州	2	0	2	0	0	0	4	0	0	6	0	0	0	6
南京	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2
香港	0	0	9	0	7	2	18	0	0	6	0	3	14	23

(出所) Containerization International Yearbook (各年版), 中国港湾概況, 各種調査報告書, 各港HP等をもとに筆者ら作成。

に示される港湾取扱量の推移を想起させることから, 今後の展開から目が離せないといえるだろう。

第2節 中国における港湾インフラの投資プロジェクト

冒頭で述べたように, 中国を発着地とする国際物流量の増大と歩調を同一にして, 各港湾においても新規ターミナルの建設や既存バースの増深等, インフラへの積極的な投資が行われている。筆者らが整理した, 1998年と2003年時点における中国主要港の水深別バース数⁵⁾を表6に示す。2003年表における枠囲み部分がこの5年間で増加したところである。どの港湾においてもバース数が増加しており, なかでも大水深バースの建設が進んでいることがわかる。たとえば, この5年間に新規開業した大規模(大水深)コンテナ

ターミナル（以下CTと略す）としては、天津港東方海陸CT（1999年）、廈門港廈門国際CT（1998年）などがあげられ、さらに2003年以降も、広州港南沙CT（2004年）、上海港洋山CT（2005年）など続々とオープンしている。また、この期間に、大水深バースの新規オープンや増深が行われたターミナルとしては、大連港大窯湾CT、青島港前湾CT、上海港外高橋CT、寧波港北侖CT、深圳港塩田国際CTなど、ほとんどすべての港湾に及び、2003年以降に行われたものも含め、今後も新規開業計画や増深の計画が目白押しである。以下では、次節の分析対象である1998年～2003年の間ではないものの、近年の中国の港湾投資を象徴するCTのひとつである上海港洋山CTと、この10年間で最も急激に成長を遂げたCTのひとつである深圳港塩田国際CTについて簡単に紹介する。

上海港洋山CTは上海市の東南部から沖合約30キロメートルに位置する洋山諸島に建設された。それまでのCTが長江沿いにあり、大型船航行のための水深確保の面で苦勞していたのに対し、このCTは東シナ海上に位置し、大水深の航路とバースを容易に確保できるというメリットがある。一方、市街地からアクセスする場合、陸路を約50キロメートル、さらに海上に架けられた東海大橋を約30キロメートル走行する必要があり、アクセス面ではハンディキャップを背負っている。第1期の5バース（水深16メートル）が2005年末に開業し、第2期の4バースもすでに供用済みである。最終的には2020年までに30バースとも50バースともいわれる規模の開発が計画されており、その立地、スケールともに中国を代表する港湾開発といえる。計画時や開業当初は、アクセス面での課題⁶⁾や長江河口の外高橋CTでも引き続きバース建設が進められていることなどのため、実際にどの程度利用されるか疑問視する意見もみられたが、市政府当局等による政策推進もあり、最近では利用が進んでいるようである。

深圳港塩田国際CTは1994年に開業し、2005年には766万TEUの取扱いを誇るまでに成長したターミナルである。深圳市の東岸に位置するため、珠江デルタ内（市西側）に位置する市内の他CTや広州港などと異なり、香港と同様

に大水深を確保できる。このため、最大の貿易相手国であるアメリカへの長距離航路などの大型船が容易に寄港でき、これら遠距離航路に特化している点が特徴的である⁽⁷⁾。現在までに9バースが供用され、6バースが数年以内に開業予定であり、さらなる拡張も計画されている。その成長速度もさることながら、1港あたり10~20程度のコンテナ用バースを有するわが国の5大港における年間コンテナ取扱量が、前節に示したように200~300万TEU程度であることを考えると、その1バース当たりの取扱量⁽⁸⁾も特筆すべきである。高い生産性を確保できる要因として、本CTは北米航路の最終寄港地（最西端の寄港地）となることが多く、また、輸出貨物が圧倒的多数を占めるため、コンテナ船への貨物の積込みやCT内作業が比較的単純で済むという側面もあるものの、最初から大規模CTとして計画され、効率的な荷役が可能となるように施設や運営システムが設計されていることも理由としてあげられるだろう。

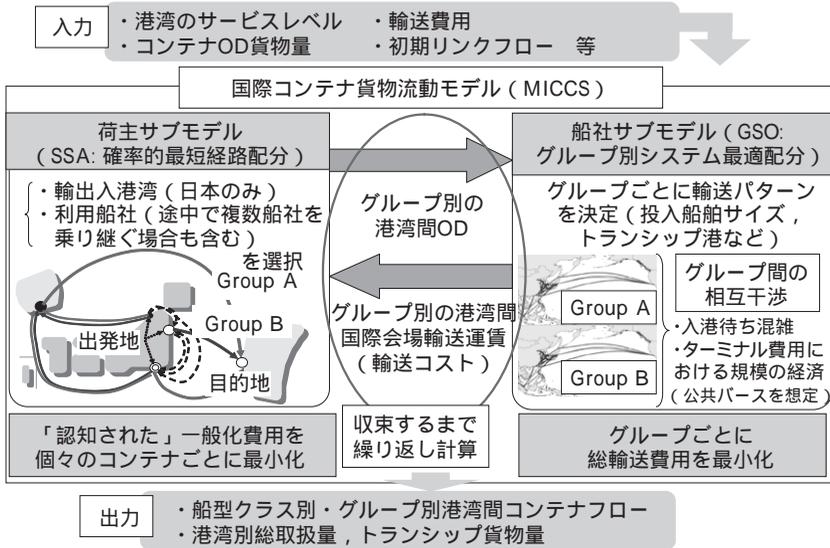
上記2港の事例を含め、近年の中国における港湾インフラ投資を概観すると、例外はあるものの、「より大水深なバースの整備」、「計画・投資・整備と成長の速さ」、「取扱量の高成長に牽引された生産性の高さ」、などがキーワードとしてあげられるだろう。ただし、経済成長、貿易拡大にともなう貨物量増加の速度が速いため、港湾投資が後追いになっているという側面も否めないし、一方で、一部には、中国におけるインフラ投資が過剰気味との指摘もみられる⁽⁹⁾。そこで、次節では、このような港湾インフラ投資が中国を取り巻く国際物流へ与えた影響について定量的に検討する。

第3節 国際物流成長における港湾インフラの役割

国際物流モデルによる検証

ここでは、交通ネットワーク配分モデルをベースに筆者らが開発した国際コンテナ貨物流動モデルを用いて、近年の中国の港湾投資政策が国際物流の

図3 国際海上コンテナ貨物物流モデルの概要



(出所) 筆者作成。

成長にどれだけ寄与してきたかについて検討する。

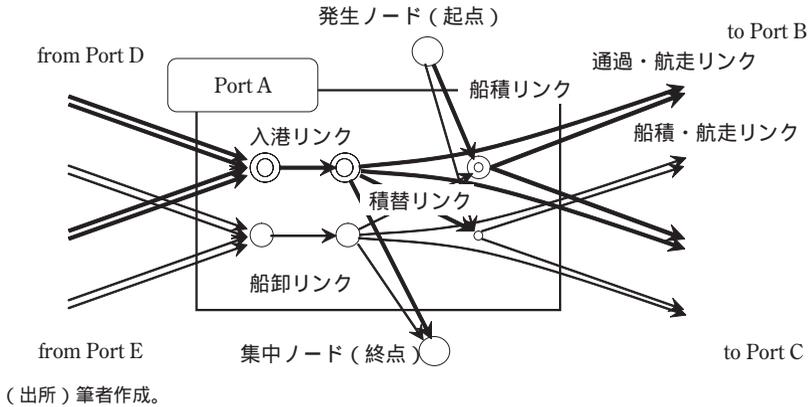
1. モデルの概要

(1) モデルの基本的構造と解法

筆者らが開発した国際コンテナ貨物流動モデル(MICCS)の詳細については Shibasaki et al. [2005] 等で触れているので、以下では本モデルの概要、特徴について簡単に述べる(図3も参照されたい)。

本モデルは、OD貨物量(ある地域から別のある地域までの輸送ニーズ)を所与とし⁽¹⁰⁾、輸送経路や輸出入港湾、海上輸送における経由地(トランシップ港)、輸送船のサイズなどを選択するモデルである。モデルの対象範囲としては、海上輸送だけでなく、日本国内や中国、東南アジア地域の陸上背後輸送(ただし道路輸送のみ)も含まれる。具体的には図3に示すように、荷主サブモデ

図4 本モデルのネットワークの例（船社モデル）



ルと船社サブモデルに分けられ、両者は、その選択結果について互いに影響を及ぼしながら、それぞれの行動原理にもとづいて最適な行動をとるものと仮定される。すなわち、荷主は各船社の提示する港湾間輸送の運賃を参考に、個々の貨物の輸送費用が最小となるように輸出入港湾と利用船社を選択する。一方、各船社はグループ単位で自グループの貨物需要を前提に、総輸送費用が最小となるように各港湾間輸送における利用船舶サイズや海上輸送経路（トランシップを行うか否か、トランシップを行う場合の港湾等）を選択する。船社サブモデルについては、特定の港湾に貨物が集中することによる規模の経済（1バース当たり取扱量の増加による貨物1個当たり荷役費用の低減、輸送頻度の増加による期待待ち時間の減少など）と、規模の不経済（船舶の増加による入港待ち混雑）が生じ、各貨物の輸送費用に他の貨物や船社の動向が反映されるという意味で、相互依存、相互干渉が生じる仕組みとなっている。また、荷主サブモデルについては、モデル作成者が観測できない要因や各貨物の個別事情をできるだけ考慮することを目的として、確率項を考慮した配分手法⁽¹¹⁾を採用する。

モデルの解法としては、上記海上輸送・陸上背後輸送システム全体を巨大なネットワークに見立て、港湾間、陸上だけでなく港湾内の貨物の動きにつ

いてもノード（点）とリンク（線）で構成されるネットワーク上の流動として表現し、各リンクに費用関数を設定することでネットワーク配分モデルを応用する。費用関数は、基本的に、金銭的費用と時間費用の和（一般化費用と呼ばれる）で表される。このうち、時間費用は、輸送時間や荷役時間、期待出港待ち時間などから構成される所要時間に、時間価値（単位時間・1 TEU 当たりの金銭換算価値）を乗じることで得る。たとえば、図4に示される船社サブモデルにおいては、船積・航走リンク、通過・航走リンク、入港リンク、船積リンク、船卸リンク、積替リンクの6種類のリンクで構成されるネットワークを想定する。船社サブモデルにおける各リンクの費用関数（円/TEU）を以下に示す。なお、以下の各式では、当該港湾を*i*、港湾間リンクにおける相手港湾を*j*、船舶サイズを*s*、船社グループを*g*としている。

①船積・航走リンクコスト CLC_{ijg}

金銭的費用（海上輸送における航行費用：第1項）と時間費用（航行時間：{ } 内第1項および期待出港待ち時間{ }内第2項）の和として表される。なお、期待出航待ち時間は、出航頻度（=単位時間当たり輸送需要 / 1隻当たりの輸送量）の逆数の2分の1として表されることに注意されたい。

$$(1) \quad CLC_{ijg} = \frac{Cs_s}{f_{ijg} \cdot cap_s} \cdot l_{ij} + vt_{carr} \cdot \left\{ \frac{l_{ij}}{v_s} + \frac{f_{ij} \cdot cap_s}{2(XLC_{ijg} + XPC_{ijg})} \right\}$$

ここで、 XLC_{ijg} ：当該リンクの貨物フロー（TEU/時）、 XPC_{ijg} ：当該リンクと同一港湾間・同一船舶サイズ・同一船社グループにおける通過・航走リンクの貨物フロー（TEU/時）、 l_{ij} ：港湾*ij*間の距離（カイリ）、 v_s ：サイズ*s*の船速（ノット）、 cap_s ：サイズ*s*の船舶容量（積載可能量）（TEU/隻）、 f_{ij} ：航路によって異なる消席率⁽¹²⁾、 vt_{carr} ：船社におけるコンテナの時間価値（円/時/TEU）、 Cs_s ：サイズ*s*の単位距離当たり船舶航行コスト（円/カイリ/隻）である。

②通過・航走リンク CPC_{ijsg}

通過貨物(当該港湾で積み卸しされず停泊した船舶内にとどまる貨物)については、(1)式の{ }内第2項に示される船積時に発生する期待出港待ち時間の代わりに、船舶の停泊時間 $Tanc_i$ を考慮する。

$$(2) \quad CPC_{ijsg} = \frac{Cs}{f_{ijsg} \cdot cap_s} \cdot l_{ij} + vt_{carr} \cdot \left(\frac{l_{ij}}{v_s} + Tanc_i \right)$$

③入港リンク CSB_{isg}

入港時に要する金銭費用と船混みによる入港待ち時間費用の和で表される。

$$(3) \quad CSB_{isg} = \frac{Cent_{is}}{f_i \cdot cap_s} + vt_{carr} \cdot TW(i, s)$$

ここで、 $Cent_{is}$: 港湾*i*におけるサイズ*s*の船舶の入港費用(円/隻)、 f_i : 港湾*i*に入港する船舶の平均消費率、 $TW(i, s)$: サイズ*s*の船舶の船混みによる入港待ち時間¹³⁾である。

④船積リンク CLD_{isg} 、⑤船卸リンク CUL_{isg}

コンテナ貨物の1TEU当たり荷役費用、1ターミナル当たりの利用費用 Ctm_i 、および荷役にともなう停泊時間費用の和で表される。

$$(4) \quad CLD_{isg} = CUL_{isg} = \left(Chd_i + \frac{Ctm_i}{XHD_i} \right) + vt_{carr} \cdot Tanc_i$$

ここで、 XHD_i : 当該港湾*i*における総コンテナ取扱量(TEU/時、積卸コンテナおよび[積替コンテナ×2]の合計)である。

⑥積替リンク CTR_{isjsjg}

積替の場合は、荷役費用とターミナル費用が船積・船卸貨物の2倍かかることに注意が必要である。なお、本モデルにおける積替は異なる船舶サイズ

間のみを想定している。

$$(5) \quad CTR_{is;sj,g} = 2 \cdot \left(Chd_i + \frac{Ctm_i}{XHD_i} \right) + vt_{carr} \cdot Tanc_i$$

なお、上述のように、各リンクのコストは当該リンクを通過する貨物量（リンクフロー）に依存し⁽¹⁴⁾、また、他船社の動向に左右されるなど、他リンクの貨物量にも依存する場合もあることから、フロー依存型・相互干渉つきの均衡配分問題⁽¹⁵⁾となる。具体的には、各サブモデルについて、典型的なネットワーク配分問題と同様にFrank-Wolfeのアルゴリズムを用いて解くこととなる（詳細は、土木学会 [1998, 2003] を参照されたい）。これを、荷主サブモデルから出力される船社別の港湾間貨物需要を船社サブモデルの入力とし、船社サブモデルから出力される船社別の港湾間輸送費用を運賃とみなして荷主サブモデルの入力とすることで、両者の計算結果であるリンクフローがある程度収束するまで計算を繰り返す⁽¹⁶⁾。また、モデルのなかには、荷主や船社にとっての貨物の平均的な時間価値や、荷主サブモデルにおける確率配分パラメータなど、先決的に与えていないいくつかのパラメータが含まれている。これらのパラメータについては、モデルの推計結果（港湾間フロー）が実績と最も近くなるように、モデル計算を繰り返すことにより内生的に推定することとしている。

(2) モデルの対象範囲と評価可能な政策

上述のように、本モデルは、東アジア地域を中心に、東アジア地域内外の海上コンテナ輸送と、日本、中国、東南アジアにおけるその背後輸送としての陸上輸送ネットワークを含む（ただし、国境を越えた陸上輸送は考慮しない）。具体的には、日本の主要コンテナ港湾40港、中国の主要港湾20港（香港含む）、その他東・東南・南アジア諸国37港と、その他の地域（北米、欧州など）を代表する18港の、合計115港がモデル化の対象となっており、かなり大規模なネットワークとなっている。また、貨物需要（OD貨物）を与える地域単位に

については、日本を47ゾーン（都道府県レベル）、中国を32ゾーン（省・直轄市＋香港）、ベトナム、タイ、マレーシアをそれぞれ数地域程度に分割し、その他の国・地域については、1港1ゾーンとした。

本モデルに取り込まれており、評価が可能な国際交通政策としては、港湾投資政策（ターミナルの新規建設や増深）、港湾利用にかかわるソフト政策（各種利用料金の引下げ、搬入・搬出時間〔リードタイム〕の短縮）、道路政策（道路改良による走行速度の向上）などがあげられる。また、外生的に与えるシナリオとしては、貨物需要の増大、外航船社の合併、超大型船の出現、海上・陸上輸送費用の変化（燃料高騰の影響など）などを考慮することが可能である。

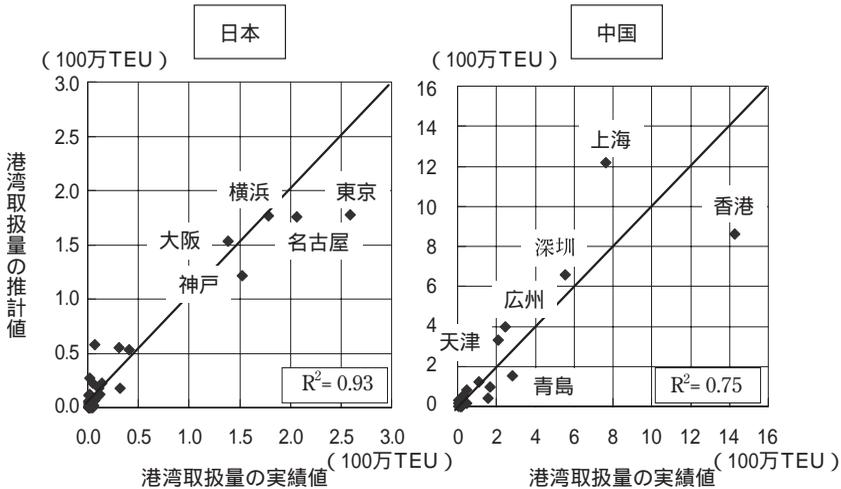
③ 入力データの作成

本モデルはネットワークの規模が大きいため上述の貨物需要（OD貨物量）をはじめ、モデルの入力として必要となるさまざまな種類のデータも大規模なものとなる。大まかにいえばモデル計算に必要なデータは以下の5種類に分けられる。

- ① 地域間貨物需要（OD貨物量）
- ② 各港湾の諸元（水深別バース数、1TEU当たり荷役費用、1隻当たり入港費〔サイズ別〕、1バース当たりターミナル整備費用、搬入・搬出時間）
- ③ 輸送ネットワークと輸送機器（船舶、トラック）に関する情報（距離、走行速度、船舶容量、消席率など）
- ④ 単位距離・1TEU当たりの海上・陸上輸送費（海上輸送については船舶サイズ別）
- ⑤ 港湾間貨物フロー、港湾取扱量、船社別貨物需要の初期値（注13参照）

このうち、②、③、④については可能な限りさまざまな文献、資料から情報を収集し、それでも不明なものについては周辺情報をもとに推測で補うこととしている（詳細については紙面の都合上ここでは省略する）。また、①、⑤については、ここで必要となるそのままのデータは現実に存在しないため、入手可能なデータ（貿易統計や第1節で示した港湾別の就航船舶数など）から、さ

図5 港湾取扱量（日本，中国）に関するモデルの再現性（2003年値）



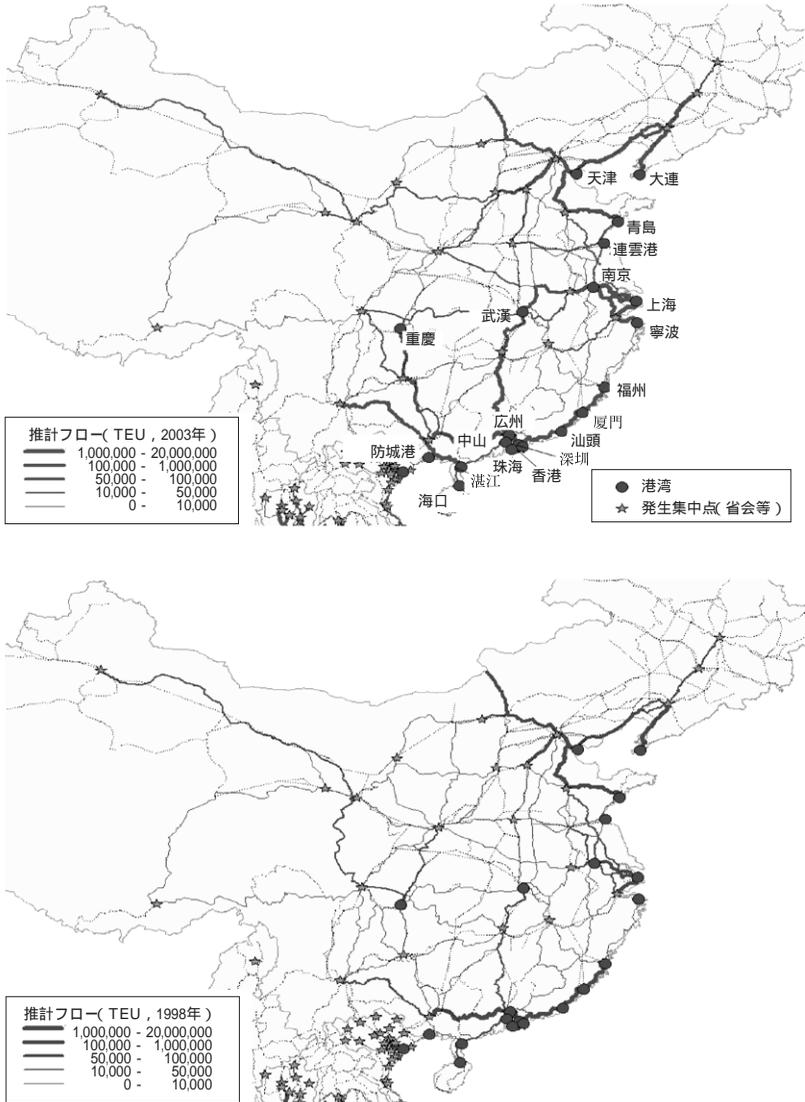
（出所）筆者作成。

まざまな仮定をもとに『現状値の推測』を行う。詳細については、柴崎他 [2005] を参照されたい。なお、わが国を発着するOD貨物量については、国土交通省が5年に1度実施する「全国輸出入コンテナ貨物流動調査」データをベースとしており、この調査実施年である1998年と2003年時点について上記すべてのデータを作成している。

2. モデルの現状再現性

本モデルの再現性の確認として、図5に日本と中国の各港湾における取扱貨物量（トランシップ貨物や内貿フィーダー貨物も含む）の実績値と推計値を示す。なお、本モデルでは実入りコンテナ（貨物が積み込まれた状態のコンテナ）の流動のみをモデル化の対象としているため、ここでの取扱貨物量には実績、推計ともに空コンテナは含んでいない。また、背後輸送ネットワークを考慮しない国におけるモデル対象港以外への輸送貨物についても両者から除外し

図6 中国国内における国際海上コンテナ貨物流動の推計結果
 (上：2003年，下：1998年)



(出所) 筆者作成。

ている。推計結果をみると、日本の東京港、神戸港や中国の香港、青島港などで現状よりも若干過小に、日本の小規模港湾や中国の上海港などで若干過大に推計されているものの、全体的な傾向はおおむね再現されていると判断できる。

また、中国国内における陸上輸送フローの推計結果（1998年、2003年）を図6に示す。残念ながら、この推計結果と比較可能な実績データは存在しないため、この推計結果がどの程度現状を再現しているのかについて定量的な検証を行うことは難しいが、筆者らが中国国内の物流関係者等に結果をみせインタビュー調査を行った限りでは、おおむね妥当な結果ではないかとのことであった。2003年の推計結果をみると、1998年に比べ全体的にボリュームが増えるとともに、寧波港や坊城港、あるいは長江沿いの各港（南京、武漢、重慶）など、中堅クラスの港湾も利用されはじめてきていることがわかる。

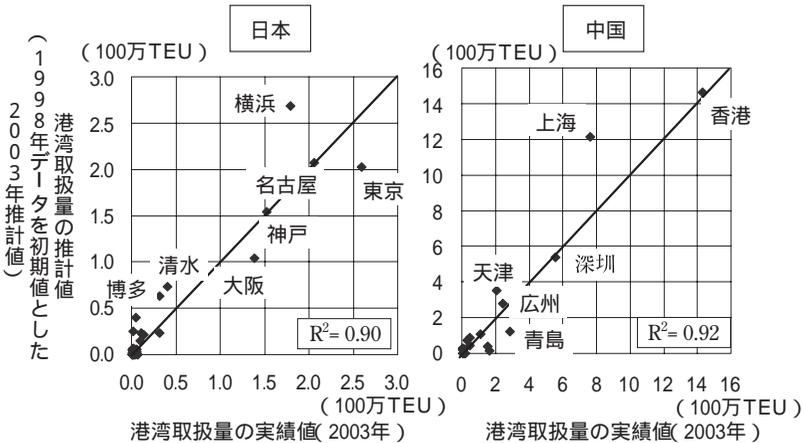
3. 港湾投資の有無における国際物流量の差異に関するシミュレーション

上記モデルを用いて、1998年～2003年の間における中国港湾への投資（バース新設・増深）が行われた場合（withケース）と、投資が行われなかったと仮定した場合（withoutケース）を比較する。

(1) with（投資あり）ケースにおける2003年港湾取扱量実績の再現性

はじめに、withケースがどのくらい現状を再現するものかについてみたものが図7である。前項図5に示した計算結果と異なるのは、図5が2003年時点のOD貨物量や港湾諸元、初期フローなどを与え、2003年の状況を再現できるかどうか確認したものであるのに対し、図7に示す結果は、1998年時点の初期値（フロー、取扱量、船社別貨物需要）を与え、これに2003年時点のOD貨物量と港湾諸元をインプットした場合に2003年の港湾取扱量がどの程度再現されるかを示している点である。図7についてみれば、日本の港湾については東京港、大阪港でやや過小推計、横浜港や中堅の清水港、博多港でやや

図7 1998年データをもとに推計した2003年の港湾取扱量(withケース)と実績値の比較

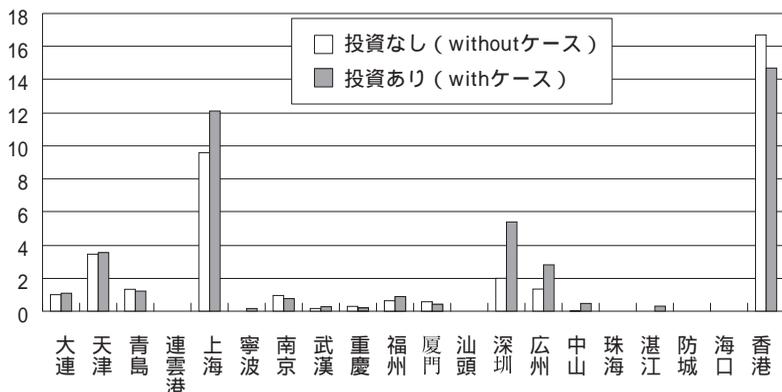


過大推計となっているものの、おおむね良好な結果となっており、図5と比較しても再現性は遜色ない。また、中国の港湾についても、図5と同様上海港でやや過大推計となっているものの、全体的には図5に示したものと同程度の再現性が得られているといえるだろう。なお、紙面の都合上本章では詳細まで触れないが、日本、中国の各港湾とも輸出入貨物よりもトランシップ貨物の方が再現精度が悪く、特に上記にあげた過大推計されている港湾では、そのほとんどがトランシップ貨物量の過大推計となっており、モデル改良を含め、トランシップ貨物の再現精度向上に向けたさらなる検討が必要といえる。

(2) withケースとwithoutケースの比較

withケースは、1998年時点の初期値（フロー、取扱量、船社別貨物需要）を与え、これに2003年時点のOD貨物量と港湾諸元をインプットしたものであるのに対し、withoutケースは、この5年間に港湾投資がまったく行われなかったものと想定し、1998年時点の初期値に、2003年時点のOD貨物量およ

図8 中国主要港湾の取扱量における港湾投資政策（1998～2003年）有無の比較
（100万TEU）

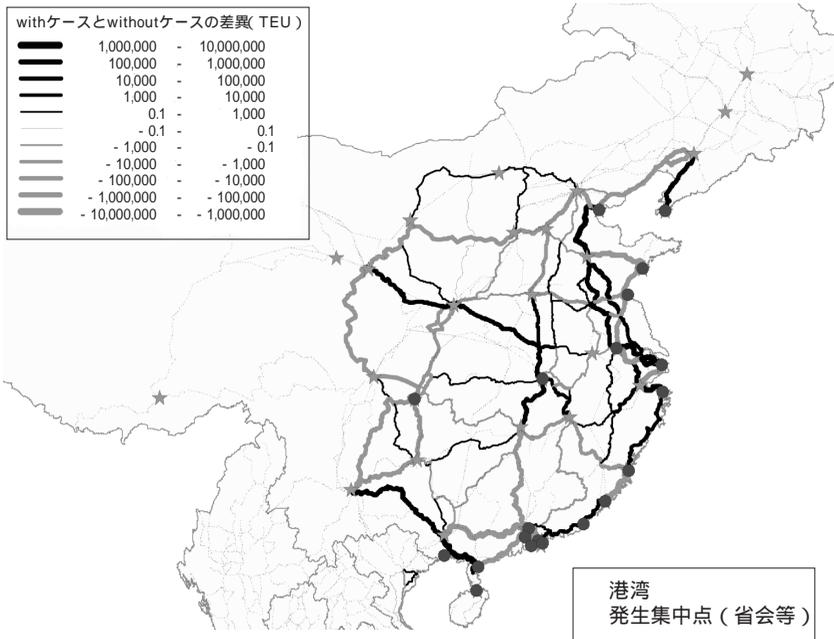


（出所）筆者作成。

び表6に示される1998年時点の港湾諸元をインプットしたものである。この両者のケースにおける中国主要港の取扱量を図8に示す。香港を除く中国本土19港の合計取扱量についてみるとwithケースの方が39%大きかった。一方で、香港の取扱貨物量はwithケースの方がwithoutケースよりも12%小さく、香港を含めた中国全体における港湾取扱量は、withケースの方がwithoutケースよりも17%大きい結果となった。すなわち、この1998年から2003年までの5年間に於いて、香港も含めた中国各港への投資による、内航フィーダー輸送や海外発着貨物のトランシップの増加にともなう港湾取扱量の増加分が17%であったことを意味する。

さらに、港湾別に両者の差異をみると、天津、上海、武漢、南京、福州、深圳、広州、中山、湛江などの各港でwithケースの取扱量がwithoutケースの取扱量を上回り、港湾投資が取扱量に対し正の影響を与えている一方で、青島、南京、重慶、厦門などの各港や香港ではwithケースの取扱量がwithoutケースを下回る結果となった。後者の港湾群の多くではトランシップ貨物量はwithケースの方が大きいものの、輸出入貨物が周辺他港に奪われる結果と

図9 港湾投資政策の有無による中国国内の国際貨物流動の差異



(出所) 筆者作成。

なっている。すなわち、港湾投資によって各港湾の利便性が向上した結果、国内他港からの内航フィーダーと海外発着貨物の両者を含めたトランシップ貨物については、ほとんどの主要港湾で取扱量の増加につながったものの、陸上輸送によって各港湾に搬出入される輸出入貨物についてみると、全港湾に満遍なく効果が発現するというよりは、華北地域では首都北京を背後にもつ天津港、華中では上海港、華南では広東省の生産地により近い広州港や深圳港など、各地域内でより大きな背後圏をもつ港湾に貨物が集中する結果につながったものと考えられる。

また、図9に中国国内の背後輸送ネットワークにおけるwithケースとwithoutケースの推計フローの差をとったものを示す。図より、特に、南部や、北部の沿岸地域においてwithケースの方がwithoutケースよりもフローが少ない

ことがわかる。すなわち、港湾投資が行われた場合には、行われなかった場合と比較して全体的に内陸の輸送距離が減少し（本モデルの試算によれば、中国全体でトンキロベースで15.2%、輸送費用ベースで15.0%の減少となる）、特定のリンクに貨物が集中する傾向にあり、背後圏の棲み分けが進んでいることがうかがえる。

おわりに

本章では、近年の中国における国際物流の成長について、各港湾、空港における取扱貨物量の推移や、海上輸送における航路数、寄港船舶数の推移を示すことにより、その地域的な特徴や成長プロセスについて香港との対比も交えて考察した。さらに、最近の活発な港湾投資を踏まえて、これらインフラの整備が国際物流の発展にどの程度寄与してきたかについて、筆者らが開発中の国際コンテナ貨物流動モデル(MICCS)を用いて定量的に検証した。中国では、急激な経済成長やこれにともなう貿易の進展により、本章で検証の対象とした1998年から2003年までの5年間についてみても、1316万TEUから4867万TEUへと約3.7倍も貨物量が増加しているため、当然のことながら、これら港湾投資は需要に追いつくための切迫的な投資という位置づけが強かったものと考えられる。しかし、この約270%増という需要全体の増加に比べれば小さいものの、本章において、港湾投資による港湾取扱量の純粋な増加分が中国全体（香港含む）で約17%、中国本土全体では約39%と推計され、投資寄与分が明示されたことのメリットは大きいだろう。また、陸上輸送距離の減少にも貢献（トンキロベース、輸送費用ベースともに5.9%の減少）していることも明らかになり、さらに、各港で積極的に投資が行われた結果、トランシップ貨物についてはほとんどの主要港湾で正の効果がみられたものの、輸出入貨物については各港湾で満遍なく効果が発現するというよりは、天津、上海、広州、深圳といった、各地域内でより大きな背後圏をもつ港湾に貨物

が集中する傾向にあることがわかった。

なお、筆者らのもっぱらの関心は今後の予測にある。第2節で一部紹介したように、中国では今後も大規模な港湾投資が多数計画されており、それらがわが国を含む東アジア地域にどのような影響を及ぼすのかについても、今後定量的な予測を行っていきたいと考えている。いろいろな課題は残されているものの、今回の検証で、時系列的な貨物流動の変化についてもある程度はモデルで追えることが確認できた。将来予測に向けて、残る大きな課題は貨物需要そのものの予測を行うことである。筆者らは、これを企図した貿易モデルも別途開発中であり、本章で紹介した物流モデルと統合することで、将来予測につなげていきたい。

〔注〕

- (1) 広州港では5年間で減少となっているが、これは、本章で分析に使用したMDSデータベースにおいて珠江デルタ内のバージ輸送サービスがほとんど対象となっていないためと考えられる。このあたりのデータ精度の向上は今後の課題としたい。
- (2) 華北地域でこの3港に次いで取扱量が多いのは、營口港（78万7000TEU）、煙台港（60万1000TEU）、錦州港（20万1000TEU）などとなっている（取扱量はいずれも2005年）。
- (3) 上海港、寧波港の競合関係について、寧波港側の立場からまとめられたものとして、Cullinane et al. [2005] があげられる。これを読むと、本文中の競合関係のなかでも、特に寧波港は上海洋山港開発の進展や杭州大橋の開通（2007年6月）を控え、隣接の巨大港である上海港に貨物を奪われることへの危機感が強いことがわかる。本文で触れた寧波港における取扱量の増加ぶりも、成長可能なときに成長しておくという意味で、こうした危機感の裏返しである可能性も高い。
- (4) アジア域外航路の大多数は、北米または欧州（含む中東、地中海地域）航路である。これらの航路は基幹航路とも呼ばれる。
- (5) 港湾インフラの整備量に関する指標としては岸壁延長（岸壁の長さ）で表すことが一般的であるが、ここでは、以降のモデル構築との関係から、標準的なコンテナ船が同時に何隻接岸できるかを表す指標であるバース数で定義している。
- (6) 距離が遠いことに加え、風などの影響によるアクセス橋梁の通行制限が心配

された。

- (7) 第1節の2で述べた深圳港に関する考察も参照されたい。
- (8) 1パース当たりの取扱量はプロダクティビティ（生産性）とも呼ばれる。
- (9) この点に言及した文献の一例として、OECD編 [2006: 247] があげられる。
- (10) したがって、貨物需要そのものの増大については外生的に与える必要がある。
- (11) 確率項の与え方を工夫（具体的には、ガンベル分布を仮定する）して配分を行う（Dial配分）ことにより、交通分野でよく用いられるロジットモデルと等価な配分手法となる。
- (12) 消席率とは、積載可能コンテナ数に対して実際に積まれたコンテナ数の比率のことで、ロードファクター（load factor）とも呼ばれる。
- (13) 実際には、待ち行列理論とパース特性（大水深パースに小型船は入港可能だが、大型船が水深の浅いパースに入港することはできない）を踏まえた入港待ち時間関数（入港貨物量と接岸可能パース数の関数）を想定し、現実に最も一致するようなパラメータをモデル内で推計している。
- (14) 通常交通配分と異なり、混雑現象（規模の不経済）だけでなく、規模の経済性が発揮されるリンクも存在することから、本問題において解が一意に定まることは保証されず、初期値依存型の配分問題となる。このことは、海上輸送のように、規模の経済性が強く発揮される分野においては、将来の結果が、最初にどのような状況であったか（もともと大きな船社はどこか、大きな港湾はどこか）に大きく依存することを意味している。
- (15) 具体的には、本文中に示した各主体の行動原理にもとづき、荷主サブモデルには確率的最短経路配分（Stochastic Shortest-Path Assignment: SSA）、船社サブモデルには船社ごとのシステム最適配分（Group-based System Optimum: GSO）を適用する。
- (16) これまでのモデル計算では5～10回程度の繰り返し計算で一定の収束をみることがわかっている。

〔参考文献〕

< 日本語文献 >

国土交通省港湾局『全国輸出入コンテナ貨物流動調査報告書』各年版。

柴崎隆一・渡部富博・角野隆・神波泰夫 [2005]『アジア圏を中心とした国際海上コンテナのOD貨物量推計に関する研究』国土技術政策総合研究所研究報告 No. 25。

土木学会土木計画学研究委員会「交通ネットワーク」出版小委員会 [1998]『交通ネットワークの均衡分析 最新の理論と解法』。

- 土木学会土木計画学研究委員会交通需要予測技術検討小委員会 [2003] 『道路交通
需要予測の理論と適用 第 1 編 利用者均衡配分の適用に向けて』
日本国際貿易促進協会 [2003] 『中国港湾概況』第 5 版。
OECD 編 (阿部一知監訳) [2006] 『OECD 中国経済白書 2006』(第 4 章「成長を促
進するための財政改革」) 中央経済社。

< 英語文献 >

- Cullinane, Kevin, Yahui Teng, and Teng-Fei Wang [2005] Port Competition between
Shanghai and Ningbo, " *Maritime Policy and Management*, 32(4), pp.331-346.
Informal Group [various issues] *Containerisation International Yearbook*.
MDS Transmodal Ltd. [various issues] *Transmodal Containership Databank*.
Shibasaki, Ryuichi, T. Kadono, and H. Ieda [2005] " Model Improvement of
International Maritime Container Cargo Flow and Policy Evaluation for
International Logistics in Eastern Asia, " *Proceedings of the First International
Conference on Transportation Logistics (T-LOG2005)*, Singapore: National
University of Singapore.

< 中国語文献 >

- 韓増林・安篠鵬 [2006] 『集装箱港口發展与布局研究』北京海洋出版社。
包起帆・羅文斌 [2006] 『現代集装箱碼頭的建設与運管技術』上海 上海科学技術
出版社。
中国港口年鑑 (2006 年版) 編集委員会 [2006] 『中国港口年鑑 2006 年版』上海
中国港口雜誌社。