

中国の国内航空輸送流動量の決定要因分析

井 尻 直 彦

1. はじめに：中国の交通輸送網整備の現状

世界的に注目を浴びるBRICsの一員であり、著しい経済成長を続けている中国では、国内交通網の整備が近年急速に進められている。現在、主要都市間を結ぶ在来線の大規模な近代化・高速化計画や北京と上海を結ぶ新高速鉄道（京滬高速鉄道）計画が進行中であり、これら中国国内の鉄道網整備はビジネスチャンスとして世界からも注目

されている。既に、北京に通じるいくつかの在来線には日本、フランス、ドイツ等の高速列車が新たに導入され、一部区間では時速350kmでの高速運行が開始されている。そして、このような鉄道網整備に加え、中国国内では他の交通輸送インフラの整備も急速に進んでいる。

表1には、近年の中国における陸海空の輸送網整備の状況が示されており、これは改革・開放政策が本格化する以前の1990年時点における各輸

表1. 輸送網の整備状況：各輸送路距離指数（1990年値=100）

年	鉄道路	高速道路	国内水路	航空路(国内)	航空路(国際)
1991	99.8	101.2	100.5	110.3	106.6
1992	100.3	102.8	100.5	165.1	182.1
1993	101.2	105.4	100.9	189.6	167.5
1994	101.9	108.7	101.0	206.3	211.5
1995	107.8	112.5	101.3	222.8	209.3
1996	112.1	115.3	101.5	230.2	232.2
1997	114.0	119.3	100.5	281.2	303.1
1998	114.7	124.3	101.0	297.1	303.1
1999	116.4	131.4	106.7	300.4	314.5
2000	118.7	136.4	109.2	296.5	305.5
2001	121.0	165.1	111.3	306.6	310.6
2002	124.2	171.7	111.4	323.1	345.3
2003	126.1	176.0	113.6	345.2	429.9
2004	128.5	181.9	112.9	404.4	537.4
2005	130.3	325.3	112.9	394.3	514.4
2006	133.1	336.2	113.0	417.0	580.6
2007	134.7	348.5	113.1	462.3	629.5
2008	137.6	362.8	112.4	485.8	673.2

出所：中国統計年鑑各年版

送モードの整備済距離を100として現在の整備済距離を指数化したものである。表1によれば、2008年において高速道路網の整備済距離指数は362.8であり、これは整備済みの高速道路距離が1990年の3.6倍強に拡張したことを示している。けれども、航空網はそれ以上の速いペースで整備が進んでおり、国内線ではおよそ5倍に、国際線では6.7倍に急拡張している。このように、中国の輸送網は、近年の著しい経済成長を背景に急激に整備が進み、とくに①鉄道在来線の高速化、②高速道路の新設、③航空輸送網の国内外への拡張が急速に進んでいる。

次に、近年の中国国内の輸送モード別流動量の推移を確認する。表2に2000年から2007年までの輸送モード別中国国内旅客数とその成長率を示している。まず、中国国内の総旅客数はこの期間中、2003年を除きプラス成長を続けており、2007年には約1.6倍の222億人に増加した。とくに2004年と2007年は二桁成長を記録するなど高い成長を遂げている。とりわけ、国内の総旅客数がマイナス成長となった2003年においても、航空旅客数はプラス成長を遂げており、他の輸送モードに比べて顕著に高い成長率となっている。この結果、2007年には中国国内の航空旅客数は約3倍の1億8千万人に増加している。このように国内旅客数の増加が著しい中国において、相対的に航空輸送の重要性が高まっていることがわかる。この傾向は旅客人キロの成長率においてより顕著であり、航空輸送網の整備および利用が他の輸送モード以上の速いペースで進んできている。そこで、まず本稿では中国の航空輸送流動量の現状を中国民用航空局『民航机场生产统计公报』や中国交通年鑑社『交通統計年鑑』などの統計データに基づいて確認する。そして、中国国内路線別の航空輸送流動量の変化の要因をGravity Modelによって分析する。これにより、同様な手法によって航空輸送流動量の分析を行った先行研究の結果と比較可能となると考える。

本稿の構成は以下のとおりである。2において

中国の航空輸送の成長を空港別流動量によって確認する。次に、3では航空輸送流動量に適用したシンプルなGravity Modelを説明し、それを応用した計量モデルの推計結果を示す。これらは、アメリカなどの先行研究結果におおよそ等しい。

2. 中国の航空輸送の成長

『民航机场生产统计公报』（中国民用航空局）に記載されている中国の空港数は現在159であり、これら中国の空港で取扱われている流動量は、2000年から2008年の間に旅客、貨物ともに約3倍に増加している。中国の航空流動量は、比較可能な2006年時点で、旅客、貨物ともに日本の約1.3倍の規模となっている。

(1) 中国の空港別の利用状況

表3と表4に旅客数、貨物取扱量による中国国内の上位30空港がそれぞれ示されている。まず表3によれば、2009年の空港別旅客数の第1位は北京・首都空港であり、第2位は広州空港、第3位は上海・浦東空港、そして第4位は上海・虹橋空港と続いている。北京空港を利用する旅客数は第2位、第3位の空港の旅客数と比べ、それぞれ1.6倍、2倍と際立つ大きさとなっている。ただし、上海の2空港（浦東、虹橋）の合計旅客数は、北京に匹敵する規模となっている。また、成都、昆明、西安、重慶など内陸部の大都市の空港利用者が多くなっており、距離が遠くなるほど利便性が高まる航空輸送の特徴が発揮されているように思われる。『交通統計年鑑』（中国交通年鑑社）によれば、2006年では北京、上海¹⁾、広州、深圳に就航する国内線はおおよそ40路線²⁾を超えており、これらは中国における主要な国内線ハブ空港となっている。

次に表4の輸送貨物量のランキングでは、上位10空港のうち8空港までが旅客数ランキングと同じである。貨物量の第1位は、上海浦東空港で第2位の北京首都空港の約2倍の取扱量となっている。また、旅客数ランキングとは異なり、厦門や

中国の国内航空輸送流動量の決定要因分析（井尻）

表2. 中国国内輸送モード別旅客数および成長率

(単位：1万人)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
総旅客数	1,478,573	1,534,122	1,608,150	1,587,497	1,767,453	1,847,018	2,024,158	2,227,761
鉄道旅客数	105,073	105,155	105,606	97,260	111,764	115,583	125,656	135,670
高速道路利用者数	1,347,392	1,402,798	1,475,257	1,464,335	1,624,526	1,697,381	1,860,487	2,050,680
船舶旅客数	19,386	18,645	18,693	17,142	19,040	20,227	22,047	22,835
航空旅客数（民間のみ）	6,722	7,524	8,594	8,759	12,123	13,827	15,968	18,576

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
総旅客数成長率	3.8%	4.8%	-1.3%	11.3%	4.5%	9.6%	10.1%
鉄道旅客数	0.1%	0.4%	-7.9%	14.9%	3.4%	8.7%	8.0%
高速道路利用者数	4.1%	5.2%	-0.7%	10.9%	4.5%	9.6%	10.2%
船舶旅客数	-3.8%	0.3%	-8.3%	11.1%	6.2%	9.0%	3.6%
航空旅客数（民間のみ）	11.9%	14.2%	1.9%	38.4%	14.1%	15.5%	16.3%

構成比	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
鉄道旅客数	7.1%	6.9%	6.6%	6.1%	6.3%	6.3%	6.2%	6.1%
高速道路利用者数	91.1%	91.4%	91.7%	92.2%	91.9%	91.9%	91.9%	92.1%
船舶旅客数	1.3%	1.2%	1.2%	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%	1.0%
航空旅客数（民間のみ）	0.5%	0.5%	0.5%	0.6%	0.7%	0.7%	0.8%	0.8%

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
総旅客人キロ	7.3%	7.4%	-2.2%	18.1%	7.1%	9.9%	12.5%
鉄道旅客人キロ	5.2%	4.2%	-3.6%	19.3%	6.1%	9.2%	9.0%
高速道路利用者人キロ	8.3%	8.3%	-1.4%	13.7%	6.2%	9.0%	13.6%
船舶旅客人キロ	-10.6%	-9.0%	-22.9%	5.1%	2.2%	8.6%	5.7%
航空旅客人キロ（民間のみ）	12.4%	16.3%	-0.4%	41.1%	14.7%	15.9%	17.8%

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
総貨物量（トンキロ）成長率	7.6%	6.2%	6.3%	28.9%	15.6%	10.7%	14.2%
鉄道輸送量	6.7%	6.6%	10.1%	11.8%	7.4%	5.9%	8.4%
高速道路輸送量	3.3%	7.1%	4.7%	10.5%	10.9%	12.2%	16.4%
船舶輸送量	9.5%	5.9%	4.4%	44.3%	19.9%	11.7%	15.9%
航空輸送量（民間のみ）	-13.1%	17.9%	12.3%	24.0%	9.9%	19.5%	23.5%

出所：中国統計年鑑2008年版

表3. 中国空港別旅客数ランキング (上位30 : 2009年)

空港名	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
1 北京	21,691,077	24,176,495	27,159,665	24,283,818	34,883,190	41,004,008	48,748,298	53,611,747	55,938,136	65,375,095
2 広州	12,790,999	13,829,250	16,014,411	15,012,696	20,326,138	23,558,274	26,222,037	30,958,467	33,435,472	37,048,712
3 上海/浦東	5,543,667	6,898,999	11,047,695	15,063,622	21,021,723	23,664,967	26,788,586	28,920,432	28,235,691	31,921,009
4 上海/虹橋	12,139,462	13,761,410	13,667,094	9,692,386	14,889,198	17,797,365	19,336,517	22,632,962	22,877,404	25,078,548
5 深圳	6,422,685	7,774,969	9,352,662	10,842,652	14,253,046	16,283,071	18,356,069	20,619,164	21,400,509	24,486,406
6 成都	5,524,709	6,244,726	7,548,680	8,196,742	11,685,643	13,899,929	16,280,225	18,574,284	17,246,806	22,637,762
7 昆明	5,604,090	6,446,539	7,087,156	7,432,596	9,797,260	11,818,682	14,443,607	15,725,791	15,877,814	18,944,716
8 西安	3,878,988	4,071,658	4,433,604	4,397,991	6,362,409	7,942,034	9,368,958	11,372,630	11,921,919	15,294,948
9 杭州		2,981,341	3,879,259	4,352,301	6,338,042	8,092,641	9,919,532	11,729,983	12,673,198	14,944,716
10 重慶	2,780,359	3,192,759	3,865,788	4,287,505	5,233,774	6,631,420	8,050,007	10,355,730	11,138,432	14,038,045
11 厦門	3,551,531	3,587,158	4,258,635	4,296,394	5,576,369	6,585,489	7,501,004	8,684,662	9,385,436	11,327,870
12 武漢	2,158,994	2,278,246	2,445,025	3,305,600	4,327,101	4,743,877	6,100,582	8,356,340	9,202,629	11,303,767
13 長沙	23,412	16,740	10,833	2,992,543	3,802,550	5,301,396	6,592,602	8,069,989	8,454,808	11,284,282
14 南京	2,436,455	2,793,706	3,170,346	3,329,477	4,573,987	5,385,933	6,269,103	8,037,189	8,881,261	10,837,222
15 青島	2,431,490	2,810,093	3,219,860	3,491,026	4,808,416	5,879,552	6,791,240	7,867,982	8,200,367	9,660,129
16 大連	2,751,613	3,064,040	3,333,451	3,420,307	4,614,166	5,407,452	6,351,089	7,281,084	8,205,454	9,550,365
17 海口	4,362,743	5,078,532	5,600,511	6,029,249	7,478,210	7,027,397	6,668,795	7,265,349	8,221,997	8,390,478
18 三亚	654,473	987,508	1,491,558	1,694,298	2,525,851	3,087,045	3,905,956	5,311,622	6,006,300	7,941,345
19 沈陽	2,420,455	2,476,245	2,652,340	3,010,752	4,100,174	4,560,162	5,343,566	6,190,448	6,807,235	7,504,828
20 鄭州	1,516,658	1,523,442	1,667,681	1,868,550	2,572,679	2,969,318	3,879,949	5,002,102	5,887,598	7,342,427
21 烏魯木齊	1,597,575	1,530,076	1,784,351	2,619,411	3,891,385	4,424,458	5,136,028	6,169,981	5,817,274	6,575,375
22 哈爾濱	1,574,980	1,702,963	1,958,253	2,148,086	2,726,010	3,222,907	3,643,232	4,432,645	4,985,212	6,558,796
23 濟南	1,212,129	1,337,148	1,589,521	1,739,838	2,371,786	3,063,946	3,696,305	4,363,483	4,828,746	5,852,871
24 天津	884,448	941,178	1,092,121	1,103,491	1,705,271	2,193,914	2,766,504	3,860,788	4,637,299	5,780,281
25 貴陽	1,389,477	1,529,857	1,748,848	1,976,768	2,719,799	3,125,390	3,717,999	4,248,005	4,324,085	5,687,652
26 福州	20,885	38,222	27,836	2,543,718	3,128,778	3,454,812	3,794,123	4,247,236	4,533,889	5,451,196
27 桂林	2,316,011	2,436,795	2,671,961	1,970,615	2,902,168	3,384,709	3,998,958	4,665,021	4,259,410	5,319,362
28 溫州	1,627,682	1,549,654	1,913,201	1,983,464	2,439,392	2,623,149	3,045,854	3,587,940	3,976,546	4,821,527
29 太原	460,824	580,634	817,668	1,032,959	1,680,127	2,240,291	2,843,482	3,613,308	4,312,910	4,632,179
30 南寧/吳圩						1,878,047	2,244,234	2,917,272	3,394,846	4,520,212
合計	133,691,886	148,736,834	171,373,468	174,326,511	241,934,678	284,351,063	331,973,261	387,645,906	405,762,104	486,063,491

出所：中国民用航空局『民航机场生产统计公报』各年版より作成

中国の国内航空輸送流動量の決定要因分析（井尻）

表4. 中国空港別貨物量ランキング（上位30：2009年）

空港名	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
1 上海浦東	215,860	352,541	634,966	1,189,303	1,642,176	1,857,120	2,168,072	2,559,246	2,603,027	2,543,394
2 北京首都	557,362	591,195	629,045	662,746	668,690	782,066	1,201,815	1,416,452	1,367,710	1,475,657
3 広州	422,425	456,270	496,880	453,738	506,988	600,604	653,261	695,093	685,868	955,270
4 深圳	172,039	211,554	288,644	353,597	423,271	466,476	559,244	616,172	598,036	605,469
5 上海虹橋	492,292	451,924	439,905	208,524	294,020	359,595	363,581	388,904	415,726	439,072
6 成都	124,421	143,489	162,391	177,310	213,040	251,018	295,498	325,945	373,067	373,515
7 昆明	98,361	107,526	122,488	136,899	171,013	196,530	219,198	232,656	236,348	258,755
8 杭州		73,148	86,734	91,318	128,209	165,918	185,518	195,711	210,793	226,308
9 南京	42,252	49,690	52,198	80,678	117,802	139,369	152,063	180,401	187,604	200,099
10 厦門	75,510	77,976	109,984	120,552	141,654	158,740	175,011	193,642	195,463	196,025
11 重慶	62,215	64,597	71,465	76,922	87,568	100,910	120,178	143,523	160,256	186,006
12 天津	44,387	36,503	41,722	48,681	70,995	80,192	96,756	125,087	166,558	168,103
13 青島	34,420	36,157	46,299	54,590	75,498	89,058	101,267	115,781	130,450	135,364
14 西安	47,237	55,006	65,292	62,859	73,369	83,256	99,434	112,054	117,085	127,000
15 大連	60,168	62,144	72,583	74,784	89,699	99,078	108,993	121,693	129,388	125,832
16 沈陽	39,603	45,252	56,799	69,509	85,343	83,351	90,254	97,412	102,487	112,445
17 武漢	39,462	41,372	48,242	55,022	61,378	64,017	73,770	89,596	89,853	101,875
18 長沙	107	92	23	34,988	43,133	52,360	62,571	68,669	71,152	86,995
19 海口	53,635	54,128	53,829	56,970	66,583	60,590	62,510	69,830	74,063	77,780
20 烏魯木齊	39,659	37,687	42,961	47,987	48,465	61,617	76,215	85,256	77,748	77,632
21 鄭州	20,081	18,975	20,985	22,402	27,600	44,714	50,824	65,600	64,655	70,533
22 哈爾濱	21,828	23,762	28,083	31,351	35,085	41,106	44,921	52,483	58,695	66,152
23 福州	-	-	-	46,787	49,124	50,076	54,274	56,545	60,152	64,401
24 濟南	20,055	22,367	23,984	23,558	32,237	34,499	38,166	44,974	48,875	56,597
25 貴陽	14,312	17,111	23,308	24,106	30,019	33,311	39,713	39,730	41,968	51,619
26 長春	10,793	12,583	14,737	15,702	15,839	20,005	26,459	33,467	36,511	48,085
27 無錫	-	-	-		7,005	11,525	13,877	19,711	39,569	47,021
28 寧波	16,557	15,005	18,661	19,879	25,524	30,748	38,768	39,643	39,769	46,840
29 南寧	324	388	386	13,923	18,568	22,618	28,272	34,316	37,638	46,269
30 溫州	23,745	22,668	28,387	27,555	25,436	26,100	31,008	37,358	36,848	44,326
合計	3,093,589	3,392,759	4,018,341	4,517,441	5,525,765	6,330,842	7,531,935	8,610,983	8,833,590	9,455,645

出所：中国民用航空局『民航机场生产统计公报』各年版より作成

南京という沿岸部の空港がトップ10入りしており、総じて見ると、中国の製造拠点である華東・中南地域の貨物取扱量が相対的に多くなっている。これに加えて、成都是2008年に深圳等がマイナス成長となったにも関わらず、二桁成長を遂げており近年内陸部の貨物量も増えつつあるようだ。

(2) 中国国際線の流動量の現状

表5にある2006年の中国の国際線路線別の流

動量の状況は次のようにまとめられるであろう。

まず、上述のように空港別旅客数でこそ北京首都空港が1位であったが、国際線路線別旅客数ランキング上位の大半を上海便が占めている。これらは上海とソウル、東京、大阪、シンガポール、バンコクなどを結ぶ路線である。北京の直行便ではソウル、シンガポールを結ぶ路線がトップ10に入っており、上海、北京ともに東アジア域内の旅客数が特に大きいことがわかる。そして、表6の

表5. 中国国際線路線別ランク (旅客数) : 2006年

ランク	路線	便数	旅客輸送人数	座席利用率 (%)	貨物輸送量(トン)
1	上海—ソウル	3950	551,398	60.2	36,280
2	北京—ソウル	2799	496,064	68.0	11,992
3	上海—東京	2494	429,341	68.4	23,220
4	上海—大阪	4238	419,202	61.1	33,469
5	上海—シンガポール	2416	365,016	74.6	16,778
6	瀋陽—北京—フランクフルト	720	275,447	85.3	11,892
7	青島—ソウル	2873	258,220	59.0	2,453
8	上海—バンコク	2188	249,795	71.9	21,552
9	北京—シンガポール	1383	238,849	79.5	8,510
10	瀋陽—北京—ロサンゼルス	662	230,530	81.9	10,149
11	北京—上海—ロサンゼルス	882	220,796	76.4	24,312
12	上海—パリ	993	214,465	75.2	11,214
13	広州—北京—アムステルダム	549	198,076	70.6	10,310
14	北京—東京	861	194,050	70.9	6,441
15	深圳—上海—東京	424	191,111	68.2	9,334
16	西安—上海—名古屋	554	176,195	63.2	5,446
17	瀋陽—ソウル	1217	175,834	63.0	5,199
18	北京—上海—東京	581	171,805	67.1	4,003
19	北京—ニューヨーク	683	168,047	74.8	3,865
20	上海—フランクフルト	808	167,900	76.8	10,386
21	成都—北京—東京	719	166,030	68.6	1,785
22	北京—アモイ—マニラ	725	160,105	78.8	2,514
23	北京—広州—ハノイ	726	159,873	75.7	1,639
24	北京—モスクワ	656	155,297	74.5	803
25	大連—ソウル	1626	147,951	47.5	4,858
26	北京—ロンドン	642	147,563	80.1	12,391
27	広州—バンコク	1243	147,038	66.9	2,061
28	北京—パリ	646	145,688	79.6	10,290
29	上海—福岡	1581	142,304	61.7	728
30	北京—大阪	1167	142,137	66.1	2,539

出所：中国交通統計年鑑2007年版より作成

中国の国内航空輸送流動量の決定要因分析（井尻）

表6. 中国国際線路線別ランク（貨物輸送量）：2006年

ランク	路線	貨物輸送量（トン）	便数
1	上海—アンカレッジ—ロサンゼルス	51713.2	542
2	上海—ソウル	36280.3	3950
3	上海—大阪	33469.1	4238
4	北京—フランクフルト	31161.7	862
5	上海—北京—パリ	30594.8	300
6	上海—アムステルダム	28682.2	380
7	北京—上海—アンカレッジ—ニューヨーク	27256.8	235
8	上海—北京—アンカレッジ—シカゴ—ダラス	27111.9	135
9	上海—北京—ルクセンブルク	26381.8	266
10	北京—上海—ロサンゼルス	24312.2	882
11	上海—東京	23220.2	2494
12	北京—上海—大阪	22145.4	286
13	上海—バンコク	21551.8	2188
14	北京—アンカレッジ—シカゴ—ニューヨーク	20228.4	191
15	上海—アンカレッジ—シカゴ—ダラス	19304.5	141
16	上海—シンガポール	16777.8	2416
17	上海—北京—フランクフルト	16193.2	165
18	上海—北京—サンフランシスコ—ロサンゼルス	15670.1	188
19	深圳—上海—アンカレッジ—シカゴ	12929.9	150
20	北京—ロンドン	12391.1	642
21	北京—アンカレッジ—ダラス	12358.2	132
22	北京—ソウル	11991.7	2799
23	瀋陽—北京—フランクフルト	11891.8	720
24	上海—パリ	11213.5	993
25	上海—アモイ—大阪	11144.4	150
26	北京—ローマ	10886.9	557
27	上海—ウルムチ—フランクフルト	10853.1	217
28	深圳—アムステルダム	10539.0	227
29	上海—フランクフルト	10385.6	808
30	広州—北京—アムステルダム	10310.4	549

出所：中国交通統計年鑑2007年版より作成

路線別貨物輸送量ランキングでも、やはり上海便が上位のほとんどを占めており、国際航空貨物輸送においても北京より上海の優位性がうかがえる。また、貨物輸送では東アジア路線だけでなく欧米路線も上位に入っており、欧米への貨物も多くなっている。このなかで上海—大阪路線は第3位となっており、上海—東京路線よりも貨物輸送量が多くなっている。対中貨物輸送における関西空港の利便性の高さを示していると思われる。

3. 中国国内航空流動量の決定要因分析

これまで見てきたように中国の航空流動量は急速に成長を遂げている。ここでは中国国内の航空流動量の変化に影響を及ぼしている経済的要因を Gravity Model を用いて分析する。以下に分析に用いた Gravity Model を解説し、それによって得られた推計結果をまとめる。

3.1 Gravity Model の概要

Gravity Model を用いて航空輸送流動量の決定要因を分析している近年の実証的な先行研究として、Matsumoto (2007)、Khadaroo & Seetanah (2008) などがある。Matsumoto (2007) はアジア地域のハブ空港を拠点とする航空輸送ネットワークと航空輸送流動量の関係を分析している。また Khadaroo & Seetanah (2008) は、世界28カ国の国内インフラ整備状況と外国人旅客(観光者)数の関係を分析し、観光資源以外に交通インフラ整備が、特にアジアやアフリカにおいて、旅客数増加に重要であることを示している。

この Gravity Model の経済学的理論に関する先行研究³⁾として、国際貿易分野ではあるが Deardorff (1995) や Evenett & Keller (2002) がある。Gravity Model は、国際貿易分野において様々な国、財の貿易に関して実証的な研究が豊富に存在している。また、近年ではミクロ経済学的精緻化が進んできており、国際貿易だけではなく多国籍企業の立地決定要因分析にも応用する研究

もある⁴⁾。このような応用研究は、新経済地理学、あるいは空間経済学の新しい理論に基づいており、進出先市場の潜在力やアクセスの容易さ、賃金水準、2国間距離などを説明変数として実証モデルに加えている。従来の実証研究にみられる国際貿易の標準的な Gravity Model において、貿易量を決定するグラビティ方程式は次の数式 (1) として表される。

$$T_{ij} = A \frac{Y_i Y_j}{D_{ij}} \quad (1) \text{式}$$

ここで、 T_{ij} は i 国から j 国への輸出量で、 Y はそれぞれの国 (i , j 国) の国民所得水準を示しており、 D_{ij} は i 国と j 国間の距離を用いている。また、 A は定数項である。この標準的なグラビティ方程式は、2国の所得水準がより高いところでは、輸出量がより大きくなるが、その反面2国間の距離が遠くなるにつれ、輸送コストが高くなるので輸出量が減少する、ことを示している。このグラビティ方程式は、国際貿易以外のさまざまな2地点間の経済活動に伴う流動量を分析するためにも利用されている。たとえば、企業の移出入、自動車等の交通量、情報移動量などが代表的な応用例であろう。

本稿で分析する航空輸送流動量を対象とする Gravity Model は、先行研究において現在の輸送量流動量の決定要因の分析だけでなく、Ceha & Ohta (1997) や Grosche et al. (2007) のように将来の航空輸送需要の予測に用いられることもある。これらのモデルは航空輸送流動量の需要面を分析しており、需要量を予測し最適な供給量を導出することを目的としている。例えば、既存路線の改廃や空港キャパシティの拡充など、航空政策やインフラ整備計画と密接に関連している。この点ではこれらの分析が経済学の応用ではあるが、航空輸送需要量決定における理論的根拠はまだまだ明確ではないと言える⁵⁾。これは国際貿易における2国間貿易量の初期の分析に実証的に Gravity Model が用いられてきたことと似た状況であると

言えよう。

国際貿易分野においては、近年になってミクロ経済学的根拠を持つGravity Modelが精緻化されてきた。例えばDeardorff（1995）は、ヘクシャー＝オリーンモデルに基づいて、2国間の需要規模と関税等の貿易障壁からGravity Modelを導出している。そこでは輸送コスト、輸入関税など貿易障壁と両国間でホモセティックな需要パターンを想定した需要規模が説明変数となっている。このDeardorffの先駆的研究にみられるように、2国間の国際貿易量の決定要因を分析するために、理論と実証の両側面でGravity Modelの研究が進んできている。これらの研究成果を航空輸送流動量の分析に応用した場合⁶⁾、以下のような解釈になるであろう。

まず、航空輸送サービス（旅客、貨物など）を利用したいという消費需要は、経済規模⁷⁾（あるいは人口規模）がより大きく、かつ移動コスト（移動時間と航空運賃）がより小さい2地点間でより増大する、と考えられる。なお、旅客需要の場合は、代替的な交通手段が存在する場合、航空輸送の機会費用が小さければ航空輸送が選択されることになる。同様に貨物需要も、代替的な輸送手段が存在する場合、航空輸送の機会費用が小さければ航空貨物輸送サービスが選択されることにある。また、航空輸送はトラック輸送等の陸路や水路の輸送に比べ、輸送品質が高いと考えられる。例えば、精密機器は輸送時の振動が大きいと商品価値を失うことになってしまう。そこで、貨物の輸送品質も考慮にいられて、合理的な貨物輸送手段として航空輸送が選択されることも考えられる。

ここで、Deardorff（1995）に基づいてGravity Modelの考え方を簡単に説明すると以下のようなになる。まず、i国とj国という2国間（2地域間）の貿易フローを考えよう。輸送コストが無い場合は、i国からj国への輸入額を次のように書くことができる。

$$IM_{ji} = Y_j Y_i / \Sigma Y = Y_j / \Sigma Y \cdot Y_i = s_j Y_i$$

IM_{ji} : j国のi国からの輸入額

Y_i : i国の国民所得

Y_j : j国の国民所得

ΣY : 世界全体の国民所得（あるいは Y^W ）

s_j : j国の対世界所得シェア

つまり、i国の所得規模にj国の対世界所得シェアを乗じた値がj国のi国からの輸入額となる。またij間の貿易量はj国の輸入額と輸出額の合計であり、以下のようにあらわされる。

$$\begin{aligned} \text{ij国間の貿易量(輸入額+輸出額)} &= IM_{ij} + IM_{ji} \\ &= s_i Y_j + s_j Y_i \\ &= 2(Y_i Y_j / \Sigma Y) \end{aligned}$$

このように1方向の貿易フロー（輸出、あるいは輸入）と双方向の貿易フロー（輸出と輸入の合計値）は上記の方法で表記できるとする。そして、貿易に伴う輸送コストを考慮すると次の式を求めることができる。一方向の貿易フローの場合は、

$$IM'_{ji} = \frac{Y_i Y_j}{t \Sigma Y} \quad (2) \text{式} \quad \text{となる。}$$

IM'_{ji} : 輸送コストを含むj国のi国からの輸入額

t : 輸送コスト

これがシンプルなGravity Modelと呼ばれている方程式である。このグラビティ方程式を航空輸送流動量に適用した場合は次のような解釈になるであろう。

まず旅客は、i空港からj空港まで移動したい場合は航空輸送サービスを購入する。個々の旅客間の航空輸送サービスの選好は同一であると仮定する。これにより、ある2空港間の旅客数は各都市の所得（需要）規模に応じて決定されることになる。そして、輸送コストは距離に応じて単調増加すると仮定する。つまり、遠距離ほど輸送コストが大きくなり、航空輸送サービスの価格が上昇するので旅客数を減少させることとなる。すなわち、空港が所在する都市の所得水準が増加するとその

空港を利用する旅客数は増加するが、2空港間の距離が遠くなるとそれだけ旅客数を減少させることになる。

3.2 航空流動量推計モデルの説明

ここでは先行研究と前述したGravity Modelに基づいて、中国の国内航空輸送流動量の推計モデルを以下のように設定している。まず航空旅客数と航空貨物量は、離発着空港がある都市の経済規模と空港間距離（飛行距離）によって決定されると考える。これに加えて、ハブ空港の影響を考察するため、ハブ空港ダミーを各路線の離発着空港に設定している（ハブ空港=1、ハブ空港以外=0）。基本モデルはこのような説明変数を用いている。次に、先行研究と同様に都市の人口規模を考慮するため、基本モデルに人口規模を説明変数として加えたモデルを推計している。これは、人口一人当たりGDPを対数として説明変数とすることに等しい。そして、空港所在都市の経済属性を考慮したモデルを推計している。これは各都市の全被雇用者に占める製造業被雇用者の比率、工業化率⁸⁾を基本モデルに加えたものである。

(1) 基本モデル推計式 (Model1)

$$\ln(V_{ij}) = \alpha + \beta_1 \ln(O_GDP) + \beta_2 \ln(D_GDP) - \beta_3 \ln(\text{Distance}_{ij}) + \beta_4 D_OHUB + \varepsilon$$

V_{ij} : 都市*i*から都市*j*への旅客 (Passenger),
貨物量 (Freight), 便数 (Flight)

O_GDP : 出発空港 (Origin) 所在都市GDP

D_GDP : 到着空港 (Destination) 所在都市GDP

Distance_{ij} : 空港間大圏距離

D_HUB : ハブ空港ダミー⁹⁾

$D_Beijing$: 北京空港ダミー

$D_Shanghai$: 上海空港ダミー

(2) 空港所在都市の人口規模を考慮したモデルの推計式 (Model2)

$$\ln(V_{ij}) = \alpha + \beta_1 \ln(O_GDP) + \beta_2 \ln(D_GDP) + \beta_3 \ln(O_POP) + \beta_4 \ln(D_POP) - \beta_5 \ln(\text{Distance}_{ij}) + \beta_6 D_OHUB + \varepsilon$$

O_POP : 出発空港 (Origin) 所在都市人口規模

D_POP : 到着空港 (Origin) 所在都市人口規模

(3) 空港所在都市の経済属性を考慮したモデルの推計式 (Model3)

$$\ln(V_{ij}) = \alpha + \beta_1 \ln(O_GDP) + \beta_2 \ln(D_GDP) + \beta_3 \ln(O_EMP2SH) + \beta_4 \ln(D_EMP2SH) + \beta_5 \ln(O_GDP2SH) + \beta_6 \ln(D_GDP2SH) + \beta_7 D_DHUB - \beta_8 \ln(\text{Distance}_{ij}) + \varepsilon$$

O_EMP2SH : 出発空港 (Origin) 所在都市
製造業被雇用者率

D_EMP2SH : 到着空港 (Destination) 所在
都市製造業被雇用者率

O_GDP2SH : 出発空港 (Origin) 所在都市工
業化率

D_GDP2SH : 到着空港 (Destination) 所在
都市工業化率

3.3 推計モデルに採用されている各変数の説明

推計モデルで採用されている被説明変数は、各路線の航空旅客人数 (Passenger)、貨物輸送重量 (Freight)、そして便数 (Flight) である。各説明変数と期待される符号条件は、以下の表7の通りである。

先のグラビティ方程式を用いて2空港間の旅客数の決定要因を推計するために、出発・到着両空港の所在都市の経済データ¹⁰⁾を利用して、つまり、各都市のGDP、人口規模、製造業GDP、製造業雇用者数、ハブ空港ダミー、飛行距離を説明変数としている。GDP規模、人口規模が大きくなれば、それだけ旅客が増加すると考えられる。また、国内の長距離移動に際して、旅

表7. 説明変数

説明変数		期待される 符号条件
出発空港（Origin）所在都市GDP	O_GDP	+
到着空港（Destination）所在都市GDP	D_GDP	+
出発空港（Origin）所在都市人口規模	O_POP	+
到着空港（Destination）所在都市人口規模	D_POP	+
出発空港（Origin）所在都市製造業被雇用者率	O_EMP2SH	+
到着空港（Destination）所在都市製造業被雇用者率	D_EMP2SH	+
出発空港（Origin）所在都市工業化率	O_GDP2SH	+
到着空港（Destination）所在都市工業化率	D_GDP2SH	+
ハブ空港ダミー	D_HUB	+
北京ダミー	D_Beijing	+
上海ダミー	D_Shanghai	+
各路線の飛行距離	Distance	-

注) 非説明変数, 説明変数は対数変化されている

O: Origin D: Destination

客はハブ空港を経由して目的地まで移動する、ハブ空港の利用者数は増加する。

ここで使用している流動量データは、旅客の最終目的地を明示的に把握しておらず、経由地であるハブ空港を出発地か、到着地としている可能性もある。そのためハブ空港ダミーを出発地、到着地の両方に設定している。そして飛行距離は、空港所在地の緯度経度を利用して空港間の大圏距離を計算している。この分析では飛行距離を、移動コスト（飛行時間、旅客運賃）の代理変数として使用している。これは、旅客運賃等の費用が高くなればなるほど、旅客数が減少すると考えられるからである。一般に移動距離が長くなれば、陸路よりも空路を使用すれば移動時間をより短縮することができ効率的である。この意味では、飛行距離が長くなれば旅客数は増加する傾向になるはずである。けれども、ある程度、移動距離が長くなると陸路との代替性が失われるであろう。した

がって、空路が唯一の移動手段となる。そのため、旅客が目的地を限定的に選択している場合、運賃に対して非弾力的となる。しかしながら、そもそも運賃が高くなるとその移動自体を止める可能性がある。あるいは利用回数を減らすこともあり得る。つまりは、距離が遠くなれば旅客数が減少する。Mastumoto (2007) など先行研究において距離は、正の符号条件になることも多い。

3.4 推計結果

中国の国内流動量の決定要因を前述した推計モデルに基づいて推計した結果を以下にまとめる。推計方法はパネルを選択している。データの期間は、2004年から2006年の3年間である。データセットは、中国の航空路線の新設・廃止によって各年のサンプル数に違いがあるためUnbalanced Panelになっている。3つの推計モデルの結果は表8と表9に示されている。

表8. 推計結果

	Model1			Model2					
	(1) InPASS	(2) InFreight	(3) InFlight	(4) InPASS	(5) InPASS	(6) InFreight	(7) InFreight	(8) InFlight	(9) InFlight
InO_GDP	0.354 (11.45)**	0.630 (12.84)**	0.344 (11.39)**	0.455 (10.56)**		0.630 (9.04)**		0.437 (10.54)**	
InD_GDP	0.216 (7.11)**	0.369 (7.70)**	0.124 (4.31)**	0.301 (8.49)**		0.449 (7.84)**		0.199 (5.94)**	
InO_G2SH									
InD_G2SH									
InO_E2SH									
InD_E2SH									
D_Beijing	0.616 (5.21)**	0.375 (1.99)*	0.601 (4.97)**	0.621 (5.42)**	0.901 (7.58)**	0.379 (2.03)*	0.776 (3.80)**	0.615 (5.26)**	0.878 (7.39)**
D_Shanghai	0.583 (5.19)**	0.389 (2.17)*	0.809 (7.04)**	0.629 (5.77)**	0.865 (7.43)**	0.417 (2.34)*	0.765 (3.83)**	0.871 (7.82)**	1.035 (8.90)**
D_HUB									
InO_POP				-0.256 (3.81)**	0.207 (4.08)**	-0.024 (0.22)	0.624 (7.19)**	-0.265 (3.94)**	0.207 (4.09)**
InD_POP				-0.262 (5.15)**	-0.074 (1.62)	-0.213 (2.57)*	0.089 (1.15)	-0.276 (5.38)**	-0.151 (3.34)**
InDIST	-0.229 (6.06)**	-0.089 (1.48)	-0.341 (8.80)**	-0.206 (5.56)**	-0.196 (4.94)**	-0.066 (1.09)	-0.048 (0.71)	-0.315 (8.32)**	-0.315 (7.94)**
Constant	8.959 (21.73)**	0.268 (0.41)	5.651 (14.24)**	10.736 (22.04)**	12.094 (23.76)**	1.034 (1.31)	2.797 (3.22)**	7.683 (15.68)**	8.571 (16.96)**
Observations	897	897	897	897	920	897	920	897	920
Number of ID	451	451	451	451	464	451	464	451	464

Absolute value of z statistics in parentheses

* significant at 5%; ** significant at 1%

まず基本モデル (Model1) の推計結果は、旅客、貨物、便数ともにおおよそ理論モデルの期待通りの結果である。旅客と便数のモデルでは、出発(O)空港と到着(D)空港の都市GDPは有意に正で、距離は有意に負である。これに対して貨物モデルは、都市GDPは有意に正で、距離は負であるが有意ではない。これは航空貨物流動量を分析した先行研究¹¹⁾においても距離は有意でないか、負ではなく正であるという結果もある。そして、3つのモデルに対してハブ空港ダミーは、有意に正

となっている。

次に、人口規模を考慮したモデル (Model2) の推計結果であるが、O空港とD空港の人口規模は説明変数の組み合わせによって負となっており、不安定な結果を示している。これは人口規模とGDPで計った経済規模の間にある高い相関関係により多重共線性とその要因であると考えられる。よって、Model2の推計結果は棄却すべきであろう。

そして、空港所在都市の経済属性を考慮したモ

中国の国内航空輸送流動量の決定要因分析 (井尻)

表9. 推計結果 (Mode13)

	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)
	InPASS	InPASS	InPASS	InPASS	InPASS	InFreight	InFreight	InFreight	InFreight	InFreight	InFlight	InFlight	InFlight	InFlight	InFlight
InO_GDP	0.366 (12.05)**	0.443 (10.56)**	0.389 (8.54)**	0.447 (10.46)**	0.449 (10.66)**	0.644 (13.07)**	0.638 (9.16)**	0.544 (7.37)**	0.635 (9.09)**	0.634 (9.11)**	0.340 (11.52)**	0.416 (10.22)**	0.351 (8.00)**	0.424 (10.29)**	0.426 (10.43)**
InD_GDP	0.197 (5.91)**	0.314 (7.82)**	0.286 (6.96)**	0.283 (7.78)**	0.310 (8.19)**	0.369 (6.84)**	0.482 (7.28)**	0.415 (6.27)**	0.490 (8.23)**	0.421 (6.80)**	0.096 (3.00)**	0.200 (5.21)**	0.184 (4.71)**	0.174 (4.95)**	0.209 (5.87)**
InO_G2SH	-1.387 (3.68)**	-1.184 (3.22)**	-1.315 (3.72)**	-1.417 (3.90)**	-1.417 (3.90)**	0.945 (1.55)	1.017 (1.67)	0.917 (1.60)	0.721 (1.22)	0.721 (1.22)	-1.483 (4.14)**	-1.250 (3.56)**	-1.296 (3.79)**	-1.342 (3.88)**	
InD_G2SH	0.023 (0.17)	0.181 (1.35)	0.119 (0.87)	0.076 (0.59)	0.076 (0.59)	0.338 (1.56)	0.484 (2.19)**	0.364 (1.64)	0.469 (2.26)*	0.469 (2.26)*	-0.076 (0.60)	0.072 (0.57)	0.015 (0.12)	-0.010 (0.08)	
InO_E2SH	-0.782 (2.79)**	-0.576 (2.05)*	-0.633 (2.24)*	-0.633 (2.24)*	-0.813 (2.98)**	-1.049 (2.41)*	-0.911 (2.07)**	-1.021 (2.33)*	-0.811 (1.89)	-0.811 (1.89)	-0.384 (1.62)	-0.212 (0.89)	-0.255 (1.07)	-0.402 (1.73)	
InD_E2SH	-0.583 (1.64)	-0.949 (2.68)**	-0.989 (2.78)**	-0.989 (2.78)**	-0.839 (2.53)*	0.017 (0.03)	-0.300 (0.52)	-0.136 (0.24)	0.175 (0.32)	0.175 (0.32)	-0.457 (1.41)	-0.752 (2.33)*	-0.831 (2.55)*	-0.732 (2.40)*	
D_Beijing	0.417 (3.44)**	0.452 (3.86)**		0.462 (3.83)**	0.572 (5.16)**	0.453 (2.26)*	0.472 (2.38)*		0.482 (2.43)*	0.347 (1.86)	0.414 (3.36)**	0.460 (3.87)**		0.465 (3.81)**	0.590 (5.20)**
D_Shanghai	0.576 (5.24)**	0.592 (5.58)**		0.640 (5.94)**	0.590 (5.55)**	0.386 (2.12)*	0.396 (2.20)*		0.409 (2.30)*	0.429 (2.40)*	0.817 (7.26)**	0.848 (7.83)**		0.884 (8.03)**	0.840 (7.72)**
D_HUB			0.405 (4.94)**				0.595 (4.43)**					0.502 (6.09)**			
InO_POP	-0.204 (3.13)**	-0.093 (1.35)	-0.093 (3.42)**	-0.228 (3.37)**	-0.221 (3.37)**	-0.014 (0.13)	-0.139 (1.22)	-0.035 (0.32)	-0.005 (0.04)	-0.005 (0.04)	-0.219 (3.34)**	-0.092 (1.32)	-0.236 (3.53)**	-0.240 (3.66)**	
InD_POP	-0.268 (5.27)**	-0.178 (3.31)**	-0.178 (4.92)**	-0.252 (5.27)**	-0.262 (5.27)**	-0.248 (2.89)**	-0.126 (1.41)	-0.254 (3.01)**	-0.196 (2.36)*	-0.196 (2.36)*	-0.272 (5.29)**	-0.165 (3.02)**	-0.258 (4.98)**	-0.277 (5.52)**	
InDIST	-0.217 (5.92)**	-0.198 (5.55)**	-0.203 (5.62)**	-0.203 (5.52)**	-0.196 (5.50)**	-0.102 (1.68)	-0.080 (1.32)	-0.079 (1.31)	-0.083 (1.37)	-0.065 (1.08)	-0.326 (8.65)**	-0.307 (8.36)**	-0.314 (8.34)**	-0.310 (8.25)**	-0.308 (8.39)**
Constant	9.961 (22.79)**	11.330 (23.40)**	10.728 (21.73)**	11.162 (22.50)**	11.055 (23.17)**	0.121 (0.17)	0.836 (1.02)	0.143 (0.17)	0.667 (0.82)	1.202 (1.50)	6.698 (15.51)**	8.272 (16.85)**	7.423 (14.57)**	8.141 (16.29)**	7.932 (16.43)**
Observations	897	897	897	897	897	897	897	897	897	897	897	897	897	897	897
Number of ID	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451	451

Absolute value of z statistics in parentheses
**significant at 5%, * significant at 1%

デルであるが、表9に示されているように、期待に反して、必ずしも高い工業化率を有する都市、製造業の規模が大きい都市間の航空流動量が多いわけではない。旅客、便数のモデルにおいては、これらの経済属性は流動量に対しておおよそ負の要因となっている。けれども、貨物においてはすこし異なる推計結果となっている。すなわち、製造業GDPの比率が高い都市間で有意水準は低いが正となっており、製造業の生産水準と国内の航空貨物輸送量に正の関係を示していると考えられる。

これらの結果を総じてみると、基本モデルの推計結果にみられるように、中国の国内航空流動量の分析においても他国の先行研究とほぼ同様な推計結果を得られた。航空輸送流動量に影響を及ぼすであろう経済属性に関してより詳細な分析が必要であろう。残念ながら中国の都市レベルの経済属性を示すデータは限られているが、中国の省レベルの経済データにある各地の所得水準の分布データ等を試すことはできるかもしれない。また、航空貨物輸送は他とは異なる推計結果を示しており、旅客とは異なる、航空貨物輸送利用を説明する理論的な分析が必要である。

4. おわりに— 今後の課題

これまで示してきたように、中国の国内交通網は経済成長に呼応して急速に拡張しており、陸上輸送、海上輸送、航空輸送の流動量が成長を続けている。特に、輸送時間を短縮できる高速道路新設、高速鉄道導入、ならびに航空路線整備と利用が進んできている。とりわけ航空輸送は他の輸送手段に比べても高い成長を示しており、北京、上海の空港だけではなく、他の沿岸部の空港、さらには内陸部の空港の流動量も急成長を遂げている。2008年では旅客数において北京空港は羽田空港に迫り、上海浦東空港は成田空港に肩を並べている。さらに、同年の貨物取扱量において上海浦東空港は成田空港を追い抜いて、アメリカ・メ

ンフィス空港、香港空港に次いで世界第3位となっている。本論文では、中国の国内航空輸送流動量に影響を与える要因をGravity Modelを用いた分析を試みた。その推計結果は前述した通りであるが、おおよそシンプルなGravity Modelを支持する結果であり、他国の航空流動量を分析した先行研究とも一致している。一方で、貨物航空輸送に関しては旅客輸送とはやや異なる推計結果を示している。日本の総輸出額の30%を航空輸送しているように、今日において航空貨物輸送の重要性は高まってきている。各地の航空貨物輸送量に影響を及ぼす経済的諸要因を分析する新たな経済学理論モデルが必要である。それにより航空輸送インフラの整備の経済効果をより精緻に評価することが可能となるであろう。今後の課題である。

注

- 1) 『交通統計年鑑』では上海浦東空港と上海虹橋空港とを分けて記載されておらず、各空港の国内路線流動量を把握することができない。
- 2) 『中国交通統計年鑑』に集計されていない小規模空港の路線もありえるため、各空港に就航している実際の路線数はこれよりも多いであろう。
- 3) 国際貿易におけるGravity Modelの理論と実証の先行研究に関してFeenstra (2003) およびBergeijk & Brakman (2010) が詳しい。
- 4) この分野の優れた先行研究としてHead & Mayer (2004) がある。
- 5) 航空輸送流動量の決定理論とは異なるが、Gravity Modelを応用した理論分析としてWojahn (2001) がある。これは最適なHub & Spoke型の航空輸送ネットワークの設計を分析している。
- 6) 国際貿易分野の航空輸送への応用例として、国際輸送には国内輸送とは異なる輸送コスト(国境効果)が存在することを指摘したHazledine (2009) がある。
- 7) 例えば、Ceha & Ohta (1997) は人口規模を使

用しているように、航空輸送流動量の実証研究では需要規模に人口規模を使用することが多いようである。

- 8) 次のように定義している。各都市の工業化率 = 各都市製造業GDP/各都市GDP
- 9) 中国のハブ空港として、北京、上海、深圳、広州の4空港を選択している。
- 10) これらのデータは、アメリカミシガン州立大学のChina Data Centreが提供するChina Data Onlineから得られたものである。
- 11) 例えば、井尻（2008）はアメリカのケースで貨物モデルは距離が有意に正であることを報告している。これは貨物輸送における航空輸送の優位性を示す結果とも考えられ、より精緻な分析を必要とする。

参考文献

- Bergeijk, P. v. and S. Brakman, (2010), *The Gravity Model in International Trade: Advances and Applications*, Cambridge University Press.
- Ceha, R & H. Ohta, (1997), "Prediction of Future Origin Destination Matrix of Air Passengers by Fratar and Gravity Models", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 33, No. 3-4, pp. 845-848.
- Deardorff, A. (1995), "Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World?". *NBER Working Papers Series*, 5377, NBER.
- Evenett, S. and W. Keller (2003), "On Theories Explaining the Success of the Gravity Equation", *Journal of Political Economy*, 110(2): 281-316.
- Feenstra, R. (2003), *Advanced International Trade: Theory and Evidence*, Princeton University Press.
- Grosche, T., Rothlauf, F. and A. Heinzl, (2007), "Gravity models for airline passenger volume estimation", *Journal of Air Transport Management*, vol. 13, 175-183.
- Head, K. and T. Mayer (2004), "The empirics of agglomeration and trade", In: V. Henderson and J. -F. Thisse, Editors, *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. IV, North Holland, Amsterdam, pp. 2609-2665.
- Hazledine, T., (2009), "Border effects for domestic and international Canadian passenger air travel", *Journal of Air Transport Management*, 15, pp7-13.
- Khadaroo, J. and B. Seetanah, (2008), "The role of transport infrastructure in international tourism development: A gravity model approach", *Tourism Management*, 29, pp831-840.
- Matsumoto, H. (2007), "International air network structures and air traffic density of world cities", *Transportation Research Part E* 43, pp269-282.
- Wojahn, O. W. (2001), "Airline network structure and the gravity model", *Transport Research Part E* 37, pp267-279.
- 井尻直彦（2008）、「グラビティモデルによるアメリカの航空輸送流動量の分析」『紀要』第38号, pp. 69-81, 日本大学経済学部経済科学研究所

Appendix

付表. 説明変数間の相関係数

	lnO_GDP	lnD_GDP	lnO_POP	lnD_POP	lnO_G2SH	lnD_G2SH	lnO_E2SH	lnD_E2SH	lnDIST
lnO_GDP	1								
lnD_GDP	-0.3375	1							
lnO_POP	0.7549	-0.2272	1						
lnD_POP	-0.1985	0.6218	-0.1378	1					
lnO_G2SH	0.0193	0.0394	0.0263	0.0410	1				
lnD_G2SH	-0.0165	0.0294	-0.0312	0.1231	0.0780	1			
lnO_E2SH	0.4836	-0.1187	0.4289	-0.0404	-0.4830	-0.0087	1		
lnD_E2SH	-0.0736	0.4636	-0.0552	0.1695	0.0735	0.3497	0.0070	1	
lnDIST	-0.0737	0.0869	-0.1064	0.1542	0.0541	0.1351	0.0113	0.1212	1