

東アジア経済圏における最適 SCM ハブネットワーク問題に関する研究

日大生産工 (院) ○Sarinya Sala-ngam 日大生産工 豊谷純
豊橋創造大 唐澤豊 日大生産工 若林敬造

1. はじめに

1980 年以降、世界全体の直接投資は先進国 (USA または EU) から新興国への直投資が増加することが目立つ。結果としては、東アジア国の GDP (特に中国などで工業付加価値の対 GDP 比) が高くなり、東アジアの経済が進化しつつある¹⁾。すなわち、東アジアの国際輸送物量が中心となっていることが明らかとなった。経済は東アジアの時代であり、成熟経済ゾーンである EU 経済圏や北米経済圏から東アジアをコアに流入流出しているのが実態である。言い換えれば、グローバルハブネットワークの生成を検討する場合には、経済と同様に東アジアを軸として考える必要がある。

本研究は拡大東アジア圏、EU 圏及び北米圏をグローバル経済圏としてグローバル最適立地問題についてハブ立地及び最適グローバルハブネットワークシステムの構築を検討し、提案することを目的としているが、本稿ではオーストラリアとニュージーランドを加えるとした拡大東アジアを軸にグローバル SCM ハブネットワーク問題についての研究と提案を行う。

グローバル SCM ハブネットワーク構築に当たっては、ネットワークシステム自体が大陸間、エリア、ナショナル (国内) というように階層構造になっている為、階層構造型ハブネットワークの構築に関する理論が必要である。図 1 のように世界を代表するハブをグローバルハブ (Global Hub)、大陸を代表す

るハブをコンチネンタルハブ (Continental Hub)、地帯の中央ハブをエリアハブ (Area Hub)、そして国の中央ハブをナショナルハブ (National Hub) として定義付けられる²⁾。また、ハブ輸送の基本はそれぞれの輸送モードがその必要性に応じて、コンチネンタルハブとして機能したり国の中央ハブとして機能したりすることになる²⁾。しかし、一般論としてグローバルハブは海上輸送が主で、航空輸送がこれに次いでいる。

今回の研究は、重力モデル (Gravity Model) を採用することにより、人口と距離をシミュレーションの基本数として、この基本数値を Σpk (p : population, k : kilometer) が最小となる立地が最適立地となることを前提としている。さらに、検証できた最適立地からロジスティクスハブ類型になる為に必要な物流施設 (特に港湾施設) や物流インフラなどを配慮し、ハブ類型を評価して決定することによって、最終的に拡大東アジア経済圏の階層構造型最適 SCM ハブネットワークシステム構築を提案する。

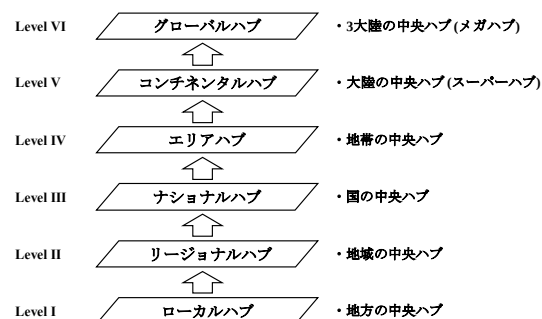


図 1 ロジスティクスハブの階層構造類型

A Study on Optimization of the Location-Allocation Problems for Asian SCM Hub Network

Sarinya SALA-NGAM, Jun TOYOTANI, Yutaka KARASAWA and Keizo WAKABAYASHI

2. 研究プロセス

研究のプロセスとしては、最適立地シミュレーションの基本数値 (Σpk) が最小となることを前提としている為、対象エリアの人口データの収集を第一に行って国家の州・首都を代表地点として選定した。次はその代表地点に人口割付けをすると共に代表地点間の距離を直線近似し、その距離を計算する。そして、作成した人口・距離表を基本数値として重力モデルによって最適立地をシミュレートする。最後に、最適立地はハブ類型を決定する為に評価し、最適立地ベース型北米ハブを検証する (図 2)。

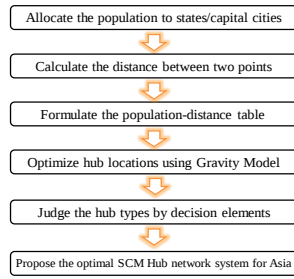


図 2 研究プロセス

3. 重力モデルによる定式化

先述のように、拡大東アジア最適ハブ立地を検討する為に、今回は重力モデルを用いた。重力モデルは、トンキロ (コスト関数) の総和が最小となる最適ハブ立地の組み合わせを探索する手法である。これにより、本研究は人口と直線近似距離を基本数値とし、以下の式のように最適立地シミュレーション計算を行う。

目的関数

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i \in I \cup J} \sum_{j \in I \cup J} \{ (p_j x_i) (d_{ij} y_{ij}) \} \quad (1)$$

制約条件

$$Z \geq p_i, \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I \cup J} y_{ij} \leq 1, \quad \forall j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} y_{i' i} = 0, \quad \forall i' \in I \quad (4)$$

$$x_i \in \{0, 1\}; \quad \forall i \in I \quad (5)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\}; \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (6)$$

ここで、最適ハブ立地及びそのハブネットワークの集合またはシミュレーションのパラメータと決定変数を以下にそれぞれ示す。

索引

$I \{i | i = 1, \dots, m\}$: 最適ハブ立地の集合

$J \{j | j = 1, \dots, n \cup m\}$: そのハブネットワーク

に所属する州都/首都の集合

n : 最適ハブ立地の総数

m : 所属州都/首都の総数

パラメータ

p_i : 最適ハブとして選定する州都/首都 i の人口

p_j : 州都/首都 j の人口

d_{ij} : ハブとして選定する州都/首都 i とそのネットワークの所属州都/首都 j との間距離

決定変数

$x_i = 1$: 州都/首都 i が最適ハブとなる場合

0 : その他

$y_{ij} = 1$: 州都/首都 j を最適ハブ i のネットワークの傘下に置く場合

0 : その他

式 (1) の目的関数により、人口と距離の総和が最小となる最適ハブ立地とそのハブのネットワークの組み合わせが求められる。目的関数 Z の計算は最適ハブ立地のネットワーク傘下州都/首都がない場合 (ハブ立地以外)、人口と距離の総和が 0 にならないように制約条件式 (2) で確認する。また、制約 (3) には各州都/都市が複数のハブネットワーク傘下に置かれ、制約 (4) はハブ間のルートが存在しないための条件式である。そして制約 (5) と (6) には、 x_i と y_{ij} が 2 値変数 (binary variable) になることを確認する。

4. 最適ハブ立地の検討と選定

4.1 人口割付、直線距離及び人口距離算出

先に述べたように、拡大東アジアにおける州都/首都を代表地点として選定し、人口を以下に割り付けることを行った³⁾。また、各代表地点間の距離を直線近似し、その距離を推定してから人口・距離表を作成した。結果は、表 1、表 2 及び表 3 にそれぞれ表される (表 2 及び表 3 の結果は一部のみ)。

表 1 人口の州都/首都への割り付け結果表

国名	人口(単位:人)	都市	陸奥	経度
中華人民共和国	372,550,556	北京市	39,904	116.407
中華人民共和国	437,264,709	上海市	31,230	121.474
中華人民共和国	446,259,251	青島市	36,067	120.383
中華人民共和国	251,123,085	深セン市	22,543	114.058
中華人民共和国	134,132,400	香港	22,273	114.150
日本	127,060,000	東京都	35,689	139.692
韓国	50,420,000	ソウル	37,555	126.971
台湾	23,430,000	台北市	25,033	121.565
シンガポール	5,470,000	クラナバートル	47,886	103.906
フィリピン	99,430,000	マニラ市	14,600	120.984
タイ	68,660,000	バンコク都	13,836	100.563
カンボジア	15,310,000	プノンペン	11,545	104.892
ラオス	6,900,000	ヴィエンチャン	17,976	102.633
ベトナム	90,630,000	ハノイ	21,028	105.834
ミャンマー	51,420,000	ネピドー	19,763	96.079
シンガポール	5,470,000	クラナバートル	1,280	103.851
インドネシア	20,260,000	ジャカルタ	3,129	101.687
インドネシア	251,490,000	ジャカルタ	-6,209	106.846
ニュージーランド	4,520,000	ウェリントン	-41.286	174.776
オーストラリア	23,500,000	キャンベラ	-35.282	149.129
計	2,192,850,001			

表 2 州都/首都間の距離表 1/3

地名/都市・都市	人口	陸奥	都市				
			香港	北京市	上海市	青島市	深セン市
中華人民共和国/北京市	372,550,556	39,904	116.407	0.00	106.07	59.67	197.78
中華人民共和国/上海市	437,264,709	31,230	121.474	106.07	0.00	54.54	121.46
中華人民共和国/青島市	446,259,251	36,067	120.383	59.67	54.54	0.00	167.16
中華人民共和国/深セン市	251,123,085	22,543	114.058	197.78	121.46	167.16	0.00
中華人民共和国/香港	134,132,400	22,273	114.150	196.56	120.36	164.76	31.37
中国/東京都	127,060,000	35,689	139.692	208.94	178.13	174.29	207.78
韓国/ソウル	50,420,000	37,555	126.971	207.82	164.30	160.44	207.82
台湾/台北市	23,430,000	25,033	121.565	178.18	108.50	128.54	113.16
シンガポール/クラナバートル	5,470,000	47,886	103.906	118.44	224.89	178.54	294.46
フィリピン/マニラ市	99,430,000	14,600	120.984	207.82	207.82	114.03	114.03
タイ/バンコク都	68,660,000	13,836	100.563	127.76	307.63	319.24	173.28
カンボジア/プノンペン	15,310,000	11,545	104.892	334.05	278.20	311.59	155.83
ラオス/ヴィエンチャン	6,900,000	17,976	102.633	240.86	267.88	126.66	126.66
ベトナム/ハノイ	90,630,000	21,028	105.834	210.14	190.15	218.53	86.71
ミャンマー/ネピドー	51,420,000	19,763	96.079	258.99	384.84	298.54	189.35
シンガポール/クラナバートル	5,470,000	1,280	103.851	444.40	379.15	421.59	258.91
インドネシア/ジャカルタ	20,260,000	3,129	101.687	434.16	377.83	412.57	258.89
インドネシア/ジャカルタ	251,490,000	-6,209	106.846	519.20	445.67	488.76	326.36
ニュージーランド/ウェリントン	4,520,000	-41.286	174.776	1075.12	977.60	1020.36	949.43
オーストラリア/キャンベラ	23,500,000	-35.282	149.129	1897.46	1788.35	1648.77	799.52

表 3 州都/首都間の人口・距離表 1/4

国名/州都・都市	北京市	上海市	青島市	深セン市	香港
中華人民共和国/北京市	0.00	39,7091,099,932.62	205,1435,731,537.70	72,102,617,031.48	726,426,019,151.43
中華人民共和国/上海市	460,689,047.56	0.00	2,987,187,522,686.89	5,270,371,470.63	57,992,461,658.88
中華人民共和国/青島市	8,053,710,767.50	7,984,620,800.48	0.00	2,968,021,576.68	2,041,527,476.16
中華人民共和国/深セン市	4,862,101,622.65	3,042,108,326,333.50	4,065,266,672,563.03	0.00	7,878,486,762.76
中華人民共和国/香港	263,779,258,828.27	16,030,961,536.17	220,481,601,249.78	4,208,130,262.67	0.00
日本/東京都	264,437,405,137.70	227,950,000,000.00	227,348,575,177.76	363,971,985,243.30	36,665,259,663.94
韓国/ソウル	40,107,030,030.00	42,778,703,030.00	30,776,884,416.00	10,461,763,842.00	10,552,714,780.00
台湾/台北市	40,256,954,641.00	16,040,206,531.12	28,784,797,588.14	19,052,250,675.82	191,137,769,462.82
シンガポール/クラナバートル	34,232,120.10	651,881,917,681.00	503,300,029.40	84,880,430,089.00	85,897,1102.11
フィリピン/マニラ市	282,448,880,803.65	183,087,157,450.00	2,965,091,122,478.00	11,365,139,464.88	1,079,346,483.97
タイ/バンコク都	22,509,060,980.00	19,752,335,496.50	21,691,359,148.56	11,814,237,311.48	11,763,93,8742.50
カンボジア/プノンペン	51,488,138,154.00	42,381,199,677.75	47,946,691,605.58	2,386,560,170.68	2,361,298,830.57
ラオス/ヴィエンチャン	1,191,056,117.40	1,565,056,411.00	1,834,607,250.80	994,807,744.40	893,173,522.30
ベトナム/ハノイ	2,014,281,000.20	1,745,662,229.12	1,981,653,049.74	785,1684,35.36	789,963,460.20
ミャンマー/ネピドー	152,151,217,156.68	146,127,605,007.96	153,862,785,044.00	97,253,066,493.66	97,889,307,786.96
シンガポール/クラナバートル	244,041,376.42	20,781,356,429.48	2,934,287,493.93	142,160,150,63.76	14,913,360,333.00
インドネシア/ジャカルタ	131,151,995,103.00	113,429,144,533.00	124,718,291,743.00	76,077,036,26.60	7,916,619,023.36
インドネシア/ジャカルタ	1,307,472,189,146.00	1,130,262,644,242.00	1,229,478,087,112.25	82,944,664,309.03	81,728,841,560.00
ニュージーランド/ウェリントン	4,861,313,228.80	4,917,202,40.72	4,611,916,882.80	4,066,621,896.00	4,253,627,041.76
オーストラリア/キャンベラ	21,705,101,351.50	18,695,892,481.38	19,911,772,101.35	17,437,537,019.76	17,965,486,272.45

4.2 シミュレーション結果及びハブ評価結果

重力モデルによって拡大東アジアにおける最適立地 1ヶ所から 5ヶ所までを一覧形式

表 4 最適立地シミュレーション結果の総括

立地数	ハブ		ΣPK (人口・距離) (単位:人・km)	所属都 市数	順位	計算時間 (ms)
	立地内容	国名	都市名			
1ヶ所	1ヶ所	中国	上海市	3,474,030,723,254.27	20	5
	小計			3,474,030,723,254.27		
2ヶ所	1ヶ所	中国	上海市	1,756,636,141,822.62	13	4
	2ヶ所	インドネシア	ジャカルタ	392,387,347,094.17	7	
	小計			2,149,023,488,916.79	20	
	小計			2,149,023,488,916.79		
3ヶ所	1ヶ所	中国	深セン市	700,924,797,764.20	6	3
	2ヶ所	中国	深セン市	463,664,721,004.95	9	
	3ヶ所	インドネシア	ジャカルタ	202,647,771,745.75	5	
	小計			1,367,237,291,114.90	20	
4ヶ所	1ヶ所	中国	北京市	3,423,521,201.10	2	2
	2ヶ所	中国	上海市	363,315,160,481.63	5	
	3ヶ所	中国	深セン市	444,612,370,729.13	8	
	4ヶ所	インドネシア	ジャカルタ	202,647,771,745.75	5	
5ヶ所	小計			1,013,998,824,157.61	20	1
	1ヶ所	中国	北京市	3,423,521,201.10	2	
	2ヶ所	中国	上海市	139,520,151,383.63	4	
	3ヶ所	中国	深セン市	444,612,370,729.13	8	
	4ヶ所	日本	東京都	127,060,000.00	1	
	5ヶ所	インドネシア	ジャカルタ	202,647,771,745.75	5	
小計				790,130,875,059.61	20	28.31
合計				8,794,621,202,503.18	20	

表 5 最適立地別モード別世界順位及びハブ評価表¹⁾

立地数	立地国/都市	モード別順位				人口 順位	評価
		海路	航空	鉄道*	トラック*		
1ヶ所	中国/上海市	1	3	21	15	1	コンチネンタルハブ
	中国/上海市	1	3	21	15	1	コンチネンタルハブ
2ヶ所	インドネシア/ジャカルタ	69	35	4	3	4	コンチネンタルハブ
	中国/深セン市	5	4	3	1	1	コンチネンタルハブ
3ヶ所	中国/深セン市	16	24	7	5	1	コンチネンタルハブ
	インドネシア/ジャカルタ	69	35	-	-	4	コンチネンタルハブ
4ヶ所	中国/北京市	-	13	-	20	1	コンチネンタルハブ
	中国/上海市	1	3	21	15	1	コンチネンタルハブ
5ヶ所	中国/深セン市	16	24	7	5	1	コンチネンタルハブ
	インドネシア/ジャカルタ	69	35	-	-	4	コンチネンタルハブ
6ヶ所	中国/北京市	-	13	-	20	1	コンチネンタルハブ
	中国/上海市	1	3	21	15	1	コンチネンタルハブ
7ヶ所	中国/深セン市	16	24	7	5	1	コンチネンタルハブ
	日本/東京都	46	23	17	7	10	コンチネンタルハブ
8ヶ所	インドネシア/ジャカルタ	69	35	-	-	4	コンチネンタルハブ

にて要約した結果は表 4 となる。さらに、表 5 はハブ類型を決定する為に、輸送モード別の考慮によって最適ハブ立地結果が評価された結果となる⁴⁾⁶⁾。

5. 東アジア経済圏における階層構造 SCM ハブネットワークの提案

既に指摘したように、現時点ではグローバルハブとなる条件は港湾を第一条件として、鉄道、トラック及び航空の物量施設条件でその下層であるコンチネンタル、エリアまたはエリアハブの傘下にあるナショナルハブを決定することで、拡大東アジア圏における階層構造型最適ハブネットワークを提案する。結果としては、次の図 3 の階層構造にて拡大東アジア圏の最適 SCM ハブネットワークのモデルを提案する。中国の北京市・上海市・深セン市、インドネシアのジャカルタ及び日本の東京都をコンチネンタルハブ (C.ハブ) として機能することを提案する。それぞれの

¹ - : Missing Value.

* : Estimated ranking

[illegible]

6. おわりに

ハブの決定要素 (港湾、航空、鉄道施設など) によるハブの類型を明らかにした。その上で、拡大東アジアにおける階層構造型最適ハブネットワークについて検討して **SCM** ハブネットワークのシステムモデルを提案した。

「参考文献」

- 520 —