

東南アジアにおける輸送機関別の施設配置に関する研究

渡部 大輔

Optimal facility location of logistics system in Southeast Asia

Daisuke WATANABE

Abstract: In recent years, with economic globalization, horizontal international specialization systems and logistics infrastructure have developed in Southeast Asia. Road transportation has advantages in speed and economy over air and sea transportation. In this study, the optimal location of logistics system including sea, air and land transportation is analyzed using typical facility location models.

Keywords: 物流システム(Logistics system), 施設配置 (Facility location), 東南アジア (Southeast Asia)

1. はじめに

近年, アジア域内での水平分業が進んでおり, サプライチェーンの空間的広がりが見られ, 特に東南アジアにおいて道路インフラの整備とともに陸路輸送の活用が進められている (ジェトロ 2008). これまで域内輸送では主に, 海上輸送と航空輸送が使われてきたが, 近年, トランク輸送に注目が集まっている. トランク輸送は, 海上輸送に比べると所要時間が早く, 航空輸送に比べると運賃が安く, 少量多頻度の運行が可能となるという特徴を持っている. そこで, 東南アジア域内の主要区間において, トランクによるトライアル走行調査が行われ, 船舶と航空に対する速達性や経済性, 輸送品質を中心とし運行の可能性について報告されている (渡部・三明 2012).

そこで, 本研究では、東南アジアにおける域内物流を対象に、陸・海・空の輸送機関による輸送

距離データを用いて, p -メディアン問題の定式化による最適な施設配置の結果とその特性について比較を行うことを目的とする.

2. 使用するデータ

対象地域として, 東南アジアにおける ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) 加盟国 10か国 (タイ, シンガポール, マレーシア, インドネシア, フィリピン, カンボジア, ラオス, ベトナム, ミャンマー, ブルネイ) を対象とする.

表 1 のような各国の主要都市を代表点として, 図 1 のような輸送需要が発生し, 図 2 のような陸路, 海路, 空路の各輸送機関が代表点間を結ぶものとする. 本研究では下記のデータを用いる.

- ・輸送需要: ASEAN 加盟国間における輸出入額 (ジェトロ 2008) の合計金額 (単位: 百万ドル). 但し, ハノイとホーチミンシティは, ベトナムの数値を半分ずつ, それぞれに割り当てた.
- ・海路: ASEAN 各国の主要港湾間距離表 (ジェトロ 2008) (単位: km)
- ・空路: ASEAN 各国の主要空港間距離表 (ジェトロ 2008) (単位: km)

表 1 対象都市と港湾、空港

国	略称	都市名	港湾名	空港名
タイ	TH	バンコク	Leam Chabang	Suvarnabhumi
シンガポール	SG	シンガポール	Singapore	Changi
マレーシア	ML	クアラルンプール	Port Klang	Kuala Lumpur
インドネシア	ID	ジャカルタ	Tanjung Priok	Soekarno Hatta
フィリピン	PH	マニラ	Manila	Ninoy Aquino
カンボジア	KH	プノンペン	Phnom Penh	Phnom Penh
ラオス	LA	ヴィエンチャン	Vientiane	Wat Tay
ベトナム	HN	ハノイ	Haiphong	Noibai
	HC	ホーチミンシティ	Ho Chi Minh City	Tan Son Nhut
ミャンマー	MM	ヤンゴン	Yangon	Yangon
ブルネイ	BN	バンダルスリブガワン	Muara	Brunei Int'l



図 1 ASEAN 域内貿易量

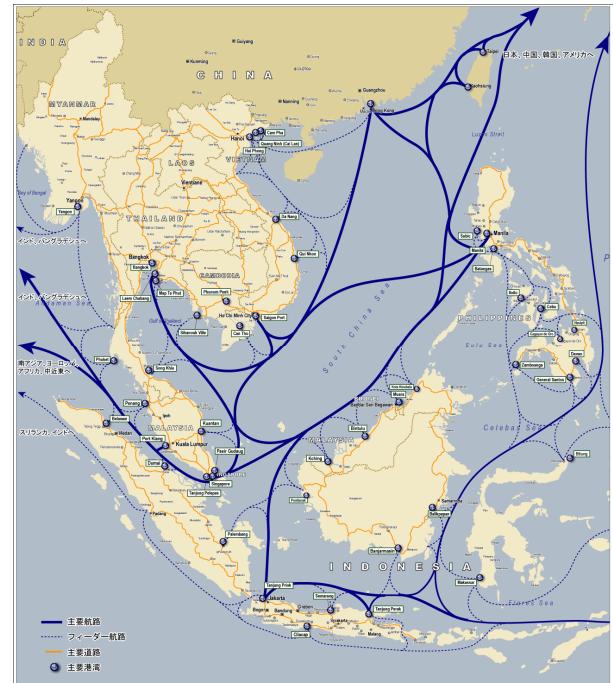


図 2 ASEAN 域内交通ネットワーク

・陸路：アジアハイウェイ・データベース（UNESCAP2010）を用いて計算した主要都市間距離表（単位：km）

3. モデルの定式化と最適配置

3.1 モデルの定式化

所与の p 個の施設を配置する施設配置問題 (Daskin, 1995) における代表的な離散立地モデルである p -メディアン問題（ミニサム問題）を用いて分析を行う。このモデルは総輸送費用最小化を目的とし、輸送費用として輸送重量と輸送距離の積和を用いており、運輸部門の分析で通常用い

られる「トンキロ指標」と等価となる。

各需要点から施設までの総輸送費用を最小とするように、 p 個の施設の配置及び各需要点の施設への割当を決定する問題である。需要点の集合を I 、施設配置候補点（以下、候補点）の集合を J とし、需要点 $i \in I$ 、候補点 $j \in J$ に対して、需要点 i における輸送需要 h_i 、需要点 i と候補点 j との移動距離 d_{ij} が与えられているものとする。変数として、需要点 i を候補点 j への割当を表す 0-1 整数変数 Y_{ij} 、候補点 j に施設を配置する 0-1 整数変数 X_j を用いると、以下のような最適化問題として定式化できる。

$$\text{Min} \quad \sum_i \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_j X_j = p \quad (3)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$X_j = 0, 1 \quad \forall j \quad (5)$$

$$Y_{ij} = 0, 1 \quad \forall i, j \quad (6)$$

3.2 最適配置結果

施設の配置結果である整数変数 $X_j=1$ となった都市について分析を行う。

・アセアン全域を対象とした場合

表1の全ての都市を対象として、海路と空路のネットワークを利用した場合の最適配置結果については、海路（表2）、空路（表3）における「○」となった都市が選ばれた。どちらの輸送機関において、 $p=1$ の場合は、対象領域の中心であり輸送需要も多いシンガポール（SG）が選ばれた。その他の場合も、自国の輸送需要の多いバンコク（TH）、ジャカルタ（ID）、マニラ（PH）に配置されている。

・アセアンの一部を対象とした場合

表1の中で、インドシナ半島及びマレー半島において陸路で結ばれている都市を対象として、海路と陸路のネットワークを利用した場合の最適配置結果については、海路（表4）、陸路（表5）のようになった。どちらの輸送機関において、 $p=1$ の場合は、対象領域の中心であり輸送需要も多いクアラルンプール（ML）が選ばれた。その他の場合も、自国の輸送需要の多いバンコク（TH）、シンガポール（SG）に配置されている。

対象地域の違いについては、アセアンの一部を対象とした場合でも、全体の結果から陸続きでない都市を除いた場合と同じ結果である。つまり、施設配置結果については大きな違いが見られず、輸送需要の多寡が結果に大きな影響をもたらしていると言える。

表2 p -メディアン問題の解（アセアン全域、海路）

港湾	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TH	SG	○	○	○	○	○	○	○	○
SG	○	○	ML	ML	○	○	○	○	○
ML	SG	SG	○	○	○	○	○	○	○
ID	SG	SG	○	○	○	○	○	○	○
PH	SG	TH	TH	○	○	○	○	○	○
KH	SG	TH	TH	TH	TH	HC	HC	HC	HC
LA	SG	TH	TH	TH	TH	HC	HC	HC	○
HN	SG	TH	TH	PH	PH	HC	○	○	○
HC	SG	TH	TH	TH	TH	○	○	○	○
MM	SG	SG	ML	ML	ML	ML	ML	○	○
BN	SG	SG	ID	PH	SG	HC	HC	HC	HC

表3 p -メディアン問題の解（アセアン全域、空路）

空港	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TH	SG	○	○	○	○	○	○	○	○
SG	○	○	ML	ML	○	○	○	○	○
ML	SG	SG	○	○	○	○	○	○	○
ID	SG	SG	○	○	○	○	○	○	○
PH	SG	TH	ID	○	○	○	○	○	○
KH	SG	TH	TH	TH	TH	TH	HC	HC	HC
LA	SG	TH	TH	TH	TH	HN	HN	HN	HN
HN	SG	TH	TH	TH	TH	○	○	○	○
HC	SG	TH	TH	TH	TH	TH	○	○	○
MM	SG	TH	○						
BN	SG	SG	ML	PH	PH	PH	HC	○	○

表4 p -メディアン問題の解（アセアン一部、海路）

港湾	1	2	3	4	5	6	7
TH	ML	○	○	○	○	○	○
SG	ML	ML	○	○	○	○	○
ML	○	○	○	○	○	○	○
KH	ML	TH	TH	HC	HC	HC	HC
LA	ML	TH	TH	HC	HC	HC	○
HN	ML	TH	TH	HC	○	○	○
HC	ML	TH	TH	○	○	○	○
MM	ML	ML	ML	ML	ML	○	○

表5 p -メディアン問題の解（アセアン一部、陸路）

陸路	1	2	3	4	5	6	7
TH	ML	○	○	○	○	○	○
SG	ML	ML	○	○	○	○	○
ML	○	○	○	○	○	○	○
KH	ML	TH	TH	TH	HC	HC	HC
LA	ML	TH	TH	TH	TH	TH	○
HN	ML	TH	TH	○	○	○	○
HC	ML	TH	TH	TH	○	○	○
MM	ML	TH	TH	TH	TH	○	○

3.3 最適配置による割当結果

施設への割当結果である整数変数 $Y_{ij} = 1$ となつたペアについて分析を行う。

・アセアン全域を対象とした場合

海路（表 2）において、 $p \leq 5$ ではバンコク（TH）への割当が多いが、 $p \geq 6$ では、ホーチミンシティ（HC）への割当が多い。一方、空路（表 3）において、 $p \geq 2$ でバンコク（TH）への割当が多い。ヤンゴン（MM）とヴィエンチャン（LA）は海路と陸路で割当結果が異なる。バンダルスリブガワン（BN）はともに、配置する施設数により割当が大きく変化している。

・アセアンの一部を対象とした場合

海路（表 4）において、 $p \leq 3$ ではバンコク（TH）への割当が多いが、 $p \geq 4$ では、ホーチミンシティ（HC）への割当が多い。一方、陸路（表 5）において、 $p \geq 2$ でバンコク（TH）への割当が多い。ヤンゴン（MM）とヴィエンチャン（LA）は海路と陸路で割当結果が異なる。配置する施設数により割当が大きく変化している都市は見られない。

対象地域の違いについては、アセアンの一部を対象とした場合でも、全体の結果においてハノイ（HN）がマニラ（PH）に割り当てられていること以外、陸続きでない都市を除いた場合と同じ結果である。

4. おわりに

本研究では、東南アジアにおける域内物流を対象に、陸海空の輸送機関による輸送距離データを用いて、 p -メディアン問題の定式化による最適な施設配置の結果とその特性について比較を行った。その結果、施設配置結果については、輸送機関による大きな違いが見られず、輸送需要の多寡が結果に大きな影響をもたらしていた。しかし、施設からの割当になると、施設数がある程度多くなると、海路ではホーチミンシティ、空路と陸路ではバンコクが他の都市への割当が多くなることが分かった。

参考文献

- ジェトロ（2008）「ASEAN 物流ネットワーク・マップ 2008」日本貿易振興機構。
- 渡部大輔、三明亮介（2012）：東南アジアにおける陸路輸送ルート評価に関する研究、日本物流学会第 29 回全国大会予稿集（発表予定）。
- Daskin, M. S. (1995): *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications*, Wiley-Interscience.
- United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP) : Asian Highway Database 2010, <http://www.unescap.org/ttdw/common/tis/ah/Database.asp> (2012/6 アクセス)。