

ハブを用いた貨物車輸送の効果検証 Analyzing the Impact of Hub-Based Cargo Transport

福井 美岬¹⁾ 井上 寛康¹⁾²⁾
Misaki Fukui Hiroyasu Inoue

1. はじめに

2024 年問題により物流業界は深刻なトラックドライバー不足に直面している。働き方改革関連法の改正により、トラックドライバーの労働時間の上限が 2024 年に整備され、特に大都市圏での輸送能力低下が懸念されている。農産品輸送においては、トンベースで全体の約 98% が貨物車で輸送されている。また、大型産地から見ると大型消費地は遠方に位置していることが多いため、農産品の輸送は長距離輸送が一般的になる。実際に NX 総合研究所の試算によれば「2024 年問題」により農産品は出荷時点で 32.5% の輸送能力が不足するとされている [1]。現在の農産品輸送は集出荷施設が輸送業者に依頼し、直接消費地へ運搬している。しかし、現状の方式では輸送網が輻輳するため多くのドライバーが必要となり「2024 年問題」に対応することができない。そこで、政府や地方自治体では広域物流施設(ハブ)の導入が提案されている。本研究の目的は九州内をモデルに最適化手法を用いてハブを用いた輸送方式である Hub-and-Spoke の効果を検証することである。

2. 先行研究

Hub-and-Spoke は Hub Location Problem(HLP)の問題に分類することができ、ハブの位置と非ハブのノードの単一割り当て問題となっている。この問題は O' Kelly [2]によって初めて定式化された。ハブに容量の制限がない HLP は Klincewicz[3]、Skorin-Kapov ら[4]や Ayki[5]によって研究されている。HLP は長年研究されており、ほかに物流[6][7]や航空分野[8]で利用されている。しかし、農産品物流においては「2024 年問題」に焦点を当てた研究[9][10]はあるものの、具体的な改善策についての研究は未進展である。

3. 数理計画法による定式化

本研究では、p ハブ中央位置問題に対して Chao-Feng [11]の最適化手法を用いる。この問題は、与えられた N 個の施設(ノード)から p 個をハブとして選択し、残りのノードを 1 つのハブに割り当てつつ、総コストを最小に抑えるという最適化問題である。目的関数はハブを固定する場合と固定しない場合で分けた。具体的には特定の施設をハブとして固定する場合にのみハブの開設コストを目的関数に加え、特定の施設以外の開設コストを極端に大きくした。

4. 使用データ

使用した施設は公設卸売市場・JA が所有する集出荷施設・出荷組合である。九州内において公設の卸売市場を所有する県(福岡、大分、長崎、宮崎、鹿児島)から 1 つずつ卸売市場を抽出し、JA が所有する集出荷施設と出荷組合を

Google map より抽出した。卸売市場は 5 施設、集出荷施設は 45 施設となっている。また本研究では、各卸売市場が公開している年報より、各産地から卸売市場への野菜の OD データ(Origin-Destination Data)を使用した。さらに、年単位から一日単位へ、産地単位から施設単位へ変換し、集出荷施設から卸売市場への一日の野菜の移動に関するデータに変換した。

5. 計算実験の前提

本研究では、ハブを固定するパターンと全施設をハブの候補地とするパターンを 3 県と 5 県の場合で実験する。表 1 は計 4 つのシナリオの詳細である。計算の際には数理計画ソルバーとして Hexaly(バージョン 12.5)[12]を用いた。

表 1 実験のシナリオ

	エリア	ハブ
(a)	福岡・大分・長崎	固定
(b)		なし
(c)	福岡・大分・長崎	固定
(d)	宮崎・鹿児島	なし

6. 結果

表 2 は各シナリオの計算結果である。また、各シナリオの実験にて得られた輸送フローはネットワーク解析が可能な gephi[13]を用いて可視化した。シナリオ(a)(b)を可視化した結果が図 1, 2 となっている。計算結果は現状の総輸送コストを表すベースコストを基準値として比較する。ベースコストは移動によって発生する出発地から目的地までの距離とその間の流動量の積和の合計とした。

まず、ハブの位置について述べる。図 1 と図 2 を参照するとハブを固定せずに実験した場合では「大分市公設地方卸売市場」ではなく「JA べっぴん日出 中央出荷場」が選ばれている。「大分市公設地方卸売市場」がハブとして選ばれなかった理由としては「大分市公設地方卸売市場」よりも「JA べっぴん日出 中央出荷場」が他施設からの距離が近いということが挙げられる。次に表 2 より、ハブを固定したシナリオである(a)(c)の総輸送コストはベースコストを上回っており、固定した場合の結果は現状よりコストの削減ができなかったことがわかる。そのため、どちらのエリアにおいてもハブを固定しない方が効果的であるといえる。また 3 県のエリアの場合、総輸送コストがベースコストを下回っているため、小さいエリアに限定すると Hub-and-Spoke の輸送形態は効果的であると考えられる。

1)兵庫県立大学大学院情報科学研究科 University of Hyogo, Graduate School of Information Science, Japan

2)理化学研究所計算科学研究センター RIKEN, Center for Computational Science, Japan

表 2 計算結果

	ハブ	総輸送コスト	ベースコスト
(a)	固定	488, 751. 00	438, 071. 39
(b)	なし	429, 590. 00	
(c)	固定	2, 086, 640. 00	1, 946, 238. 85
(d)	なし	2, 072, 149. 79	

* (d) は最適解ではなく実行可能解となっている。



図 1 シナリオ(a)



図 2 シナリオ(b)

7. おわりに

物流業界は「2024 年問題」と呼ばれる問題に直面しており、農産物は「2024 年問題」により輸送能力が 32.5% 不足するという試算が出ている。本研究では、「2024 年問題」への対応策としてハブを用いた輸送方式の効果について検証した。具体的には九州をモデルとし、異なるシナリオで実験を行うことでハブの位置の結果を考察した。結果はどちらのエリアでもハブを固定しないシナリオの方が効果的であることが分かった。小さいエリアでの結果は全施設をハブの候補地とするとハブの位置は 1 つ以外すべて中央卸売市場が選ばれ、現状の総輸送コストを表す基準値を下回った。基準値を下回ったことにより、小さいエリアであればハブを用いた輸送方式は効果的であるといえる。本研究ではそれぞれの施設の収容数や設備を考慮していない。そのため、距離や流量のみを考慮すると「JA べっぶ日出 中央出荷場」はハブとして適切であるといえるが、施設の特長も考慮に入ると「JA べっぶ日出 中央出荷場」がハブとして適切であるかはわからない。また、今後はそれぞれの施設の収容数や設備を考慮するだけでなく、ドライバーの労働時間についても制約を付け加えて Hub-and-Spoke の輸送形態の効果を検証する必要があると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々からご支援とご助言を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] 株式会社 NX 総合研究所, “「物流の 2024 年問題」の影響について(2)” 2022.
- [2] M.O’ kelly, “A quadratic integer program for the location of interacting hub facilities,” *European Journal of Operational Research*, vol.32, 3, pp. 393-404, 1987.
- [3] J. Klinecicz, “Heuristics for the p-hub location problem,” *European Journal of Operational Research*, vol.53, 1, pp. 25-37, 1991.
- [4] J. S.-K. M. O. Darko Skorin-Kapov, “Tight linear programming relaxations of uncapacitated p-hub median problems,” *European Journal of Operational Research*, vol.94, 3, pp. 582-593, 1996.
- [5] T. Aykin, “Networking policies for hub-and-spoke systems with application to the air transportation system,” *Transportation Science*, vol.29, 3, pp. 201-221, 1995.
- [6] 渡辺 大輔, ソ.アウン, “幹線輸送におけるトラック隊列走行を考慮した基幹的な物流拠点の立地最適化に関する基礎的研究,” *都市計画論文集*, vol.57, 3, 2022.
- [7] Milorad Vidović, Slobodan Zečević, Milorad Kilibarda, Jelena Vlajić, Nenad Bjelić, Snežana Tadić, “The p-hub Model with Hub-catchment Areas, Existing Hubs, and Simulation: A Case Study of Serbian Intermodal Terminals,” *Networks and Spatial Economics*, vol.11, 2, pp. 295-314, 2011.
- [8] 佐々木 美裕, “ハブ空港の配置モデル,” *オペレーションズ・リサーチ*, vol.45, 9, pp. 17-23, 2000.
- [9] 洪 京和, “中央卸売市場における野菜の長距離輸送にかかわる物流課題,” *流通経済大学*, 2022.
- [10] 梶山朋輝, “物流の 2024 年問題が食品小売業態ロジスティクスに与える影響に関する考察,” *高子徳論叢*, vol.58, 1, pp. 75-97, 2023.
- [11] G.Chao-Feng, H.Zhi-Hua, W.Yao-Zong, “Optimizing the Hub-and-Spoke Network with Drone-Based,” *Drones*, vol.7, 6, 2023.
- [12] Hexaly, “Hexaly”, <https://hexaly.com/>.
- [13] gephi, “Gephi”, <https://gephi.org/>.