

宅配便配送拠点を再配置する

-実データとシミュレーションによる分析-

○高橋朋康 寺野隆雄 (東京工業大学)

A study on the relocation of courier transit hubs. – Analysis by simulation and real data -

* T. Takahashi and T. Terano (Tokyo Institute of technology)

Abstract— Planning of logistics networks linking logistics facilities across multiple types of supply chain management, is one of the decision-making that takes into account the cost of transport. In this paper, we consider about the logistics network of multiple logistics facilities between facilities in the transportation industry. In particular, we propose a logistics network obtained by moving the facilities to manage the upstream collection and delivery facility. It is a proposal aimed at improving the operation in the work by satisfying the amount and conditions given path, to accommodate the minimum cost flow problem.

Key Words: Logistics network, minimum cost flow problem.

1 はじめに

1.1 宅配業界について

宅配便事業が創造されたのは、1920年代である。そこから、1980年代にはゴルフバックやスキー板といった特殊商品の配送も扱われ、顧客の潜在ニーズを掴みながら宅配便の市場も拡大していった。そして、昨今ではインターネットなどを利用した通信販売に係る商品開発による需要拡大や各社の営業努力による新規需要開拓などにより前年度を上回った事業者もいたことから、全体の実績として増加となっている。平成24年度の宅配便取扱量は、35億2600万個となっており、これは前年比3.7%の増加となっており3年連続で対前年度増加の傾向にある¹⁾。

一方、90年以降はほぼ一貫して一口当たりの平均重量は低下している。小口化の進展はサービス需要拡大の景気となる反面、輸送回数の増加や積載率の低下などを生じさせており、物流事業者は効率改善に向けた様々な対応を求められている²⁾。

1.2 物流形態に関して

宅配業において、十分なサービスを提供するために必要不可欠なのは配送ネットワークである。それらを機能的に展開するために、2種類の拠点施設がある。輸送拠点は、全国に70ほど展開されており、荷物の仕分けに特化した大型物流施設である (Fig. 1)。



Fig. 1: 全国の輸送拠点

ステーションを複数管轄し、管轄エリアを越える長距離におよぶ荷物の輸送の際は、この施設を介して行われる。あて先の地域性が同じであれば、まとめて大型トラックで運ぶ“組み換え方式”の性質上 (Fig. 2), この施設を通して直接顧客と取引を行うことは無い。

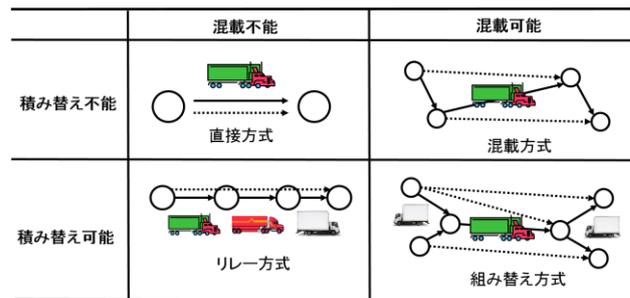


Fig. 2: 組み換え輸送方式図

ステーション施設は全国に約4000構えており、顧客に近い距離に展開する事で荷物を集配送する。輸送拠点から、荷物が届いた後、さらにあて先ごとに細分化して、小型トラックへ積み込む。そして、1日3回の顧客への配送作業が行われることで、顧客の下へ商品が届く。

これらの施設を活用する事で、長距離におよぶ輸送でも時間指定便や当日配送といったサービスが提供されている。2種類の施設における荷物の流れは Fig. 3 に示す通りである。

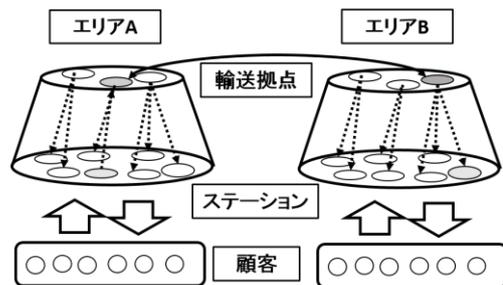


Fig. 3: 長距離輸送の簡易モデル

1.3 輸送拠点内作業について

物流施設間を移動する際に、宛先の地域性が同一であれば、Fig. 4のようなボックスと呼ばれる入れ物により荷物が混載され、トラックへと積み込まれる。



Fig. 4 ボックスの外観

輸送拠点に荷物が到着した後は、移動・情報入力・仕分け・積み込み・積替え・発送といった複数の工程が同時に発生する。Fig. 5に示す輸送拠点内でこれらの作業が行われる。

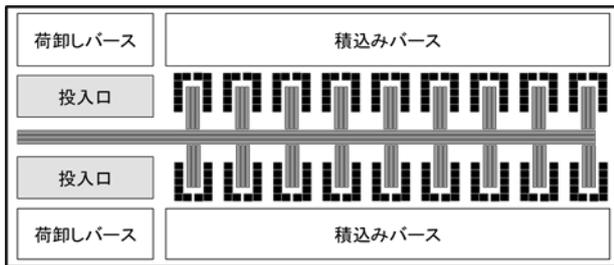


Fig. 5 輸送拠点内の見取り図

到着したトラックはバースに入り、ボックスを降ろす。荷降ろしが完了したボックスは、人の手によりコンベアを経て先別に仕分けされていく。

そして、輸送拠点が保有するボックスに荷物を混載して新たなボックスを作る。その後、再度積み込みバースへと戻り、各トラックへ積み込みが行われる。

近年では、電子商取引市場の拡大に伴い扱う物量の内、当日便の割合が増加傾向にある。これにより、輸送拠点間の輸送において途中の施設を経由することなく、直接輸送されるケースが増えている。また、経由する施設間を通じて到着見込みのボックス内荷物の次の宛先・物量を事前に知る事は難しい。日々の運用データから経験則で、発送量の差分を基にボックスの偏りの予測を行う事は可能だが、予測精度の向上に関しては課題が残る。対応策としては、ボックス数の偏りを解消するために、ボックスのみを回送するトラックを準備し、運行する事で問題の解決に当たっている。

1.4 本研究の目的

前述の通り、輸送拠点間のロジスティクスネットワークにおける発着する荷物の偏りから、配送に必要なボックス数を適正に把握する必要がある。輸送拠点ごとに必要な数を把握する事で、ボックスの過不足により荷物を適切に配送できない問題を解消するのに役立ち、さらに求める配車計画から輸送拠点間における統廃合を検討する際の意思決定に役立つものと考えられる。

そこで本研究では、物流施設間における配送において荷物に加え、それらを束ねるボックスも考慮に入れたロジスティクスネットワークをタブー・サーチ法を

用いた車両配送問題から求め、実データと結果を比較する。

2 関連研究

2.1 ハブ&スポーク輸送

宅配便事業の小口荷物を混載して輸送する物流システムについて、ハブ拠点の配置等について定性的に特性を捉えたものや望ましい拠点数について指標を求めた研究がある。

また、対象領域の需要密度、面積、領域の形状、需要の均質性を変化させ、物流施設拠点の最適配置に及ぼす影響について検討を行い、基本的な特性を定性的に整理し物流システム設計への適応を考慮した研究もある³⁾。

今回想定する物流ネットワークは、輸送拠点間を対象とするため、必ずしもハブ&スポーク型の輸送が適さないと考えている。

2.2 タブー・サーチ手法

タブー・サーチ法は複雑なメタヒューリスティクスであり複雑な解空間における解の探索に有用であり、車両配送問題以外にも様々な組合せ最適化問題に範囲を広げることができる。

その具体的解法手順をFig. 6に示す。

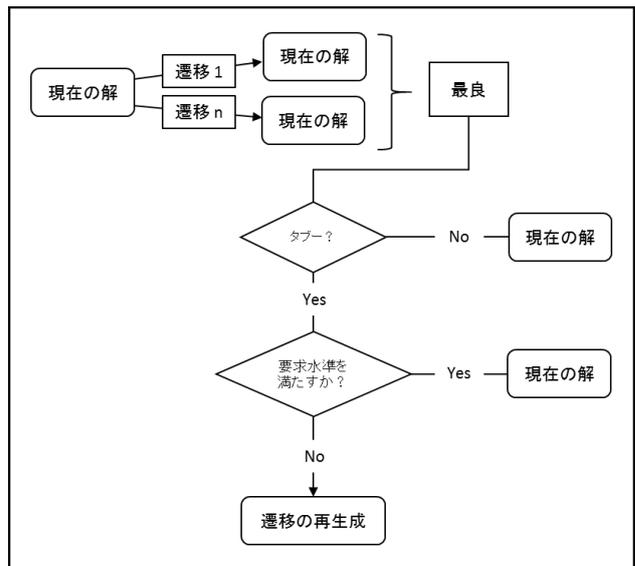


Fig. 6 タブー・サーチアルゴリズムの流れ図

タブー・サーチは局所探索をベースとした近似的解法であり、各ステップにおいて、現在の解の局所的近傍を探索し、その近傍内の最良解を選択して、新しい解とする。新しい解が従来の解と比べて改善されていないと探索を停止してしまう局所的探索手法に対し、タブー・サーチは例え新しい解が現在の解よりも悪くなったとしても、近傍における最良解から次の解の探索を続ける。処理がループするのを避ける為、最も新しくチェックした解に関する情報を、タブーリストと呼ぶリストに書き込み、タブー解への遷移を禁止する。これにより、局所的最適解から脱出する能力を持つ。

2.3 車両配送問題

車両配送問題 (Vehicle Routing Problem:VRP) は容量制限のあるトラックが倉庫からn個の施設を1度ずつ訪れて荷物を届けるための最短巡回路を求める問題である。各施設 i が要求する荷物の量 d_i の合計が1台のトラックの容量制限 M を越えたらトラックが複数台必要になるので、VRPの解は一般に複数の巡回路が倉庫を共有した形になる⁴⁾。VRPは、以下のような組合せ最適化問題に定式化できる。ただし C_{ij} を施設 i, j 間のコスト (所要時間等) とし、トラック t がまわる巡回路に含まれる施設の集合を V_t 、その巡回路に含まれる枝 (まわり順が連続する施設の組) $\langle i, j \rangle$ の集合を E_t と表す。

$$\text{minimize } \sum_{t \in T} \sum_{\langle i, j \rangle \in E_t} C_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i \in V_t} d_i \leq M \quad \forall t$$

3 問題設定

車両配送問題を解くに当たり必要な条件を以下のように設定する。

- 対象とする物流輸送は、関東圏内における輸送拠点間のボックスの移動とする。(東京都:4 箇所,神奈川県:3 箇所,埼玉県:5 箇所,千葉県:2 箇所,茨城県:1 箇所)
- 対象となる物量は、以下の2パターンとする。
 - ① 他エリアの輸送拠点からの荷物を関東圏内の他輸送拠点へと中継するケース。
 - ② 管轄ステーションから集荷した荷物を他輸送拠点へと搬送するケース。
- 輸送拠点間の物流移動時間帯は上記①では 11:00～翌 4:00、②では 22:00～翌 4:00 までとする。
- 輸送拠点間を移動するトラックは全て 10t トラックとし、ボックスは 16 個・空ボックスは 60 個積載できるものとする。また、最大 13 時間稼働できるものとする。
- トラックが輸送拠点に着車した場合、30 分の休息を設ける。また、荷降ろし・荷積みそれぞれ 10 分をようするものとする。
- トラックは荷物を配送し終わった後、出発地点に戻ってきて業務を完了とする。これは、実際の現場では自社・雇車のトラックがあるためである。
- 実際の現場でのオペレーションに則り、トラックがボックスを積んで発車する場合は、以下2つの条件のどちらかまたは両方を満たした場合とする。
 - トラックにボックスが積まれ 16 枠全て埋り、満車になった場合。
 - トラックは満車ではないが、目的地への時間を考慮して発車する場合。

4 分析結果

車両配送問題を実際に解き、実際の運行データと比較したものが以下 Fig. 7, 8 になる。また Table 1 にトラック積載率に関する統計データをまとめた。

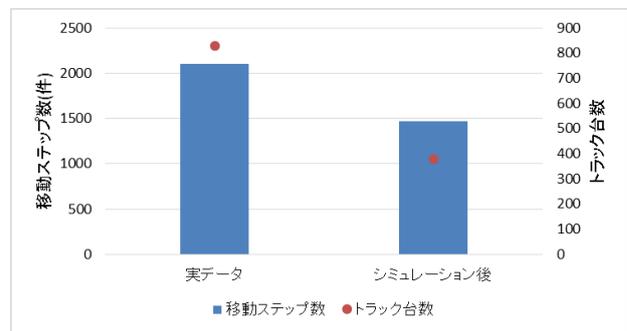


Fig. 7 移動ステップ数と必要トラック台数

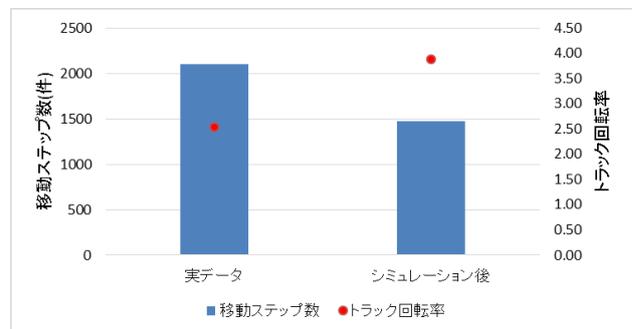


Fig. 8 移動ステップ数とトラック回転率

Table 1 トラック積載率に関する統計特性

	実データ	シミュレーション後
平均	67.70	94.65
分散	39.59	15.12

(単位:パーセント)

移動ステップ数は、輸送拠点間を移動する単位の事を示す。また、トラック回転率は、(2)の式で表される。

$$\text{輸送回転率} = \frac{\text{輸送注文数}}{\text{運行トラック台数}} \quad (2)$$

Fig. 7, 8 では移動ステップ数が実データとシミュレーション後において違うが、これは1台あたりの荷物積載率に違いがある為、これらの差が生じている。

トラック台数の減少については、トラック輸送回転率と積載率の上昇が作用し合って、この結果になった。トラック輸送回転率が高いことで、ピストン輸送ではなく三角輸送に近い輸送形態となった上で、高積載率を維持している事が要因かと考えられる。

5 まとめと今後の課題

- 今回の車両配車問題では、トラックで荷物の輸送用ボックスと空ボックスの混載を行わない形でタブー・サーチ法を用いて車両配送計画を解いた。
- 実データと比較して、トラックの輸送回転率と積載率を上げることで、トラック台数が削減可能なことを示した。
- 1台のトラックに輸送すべき荷物と、空ボックスを混載した形での輸送計画を解き、今回行った荷物・空ボックスをそれぞれ別々で輸送する形態と比較する。また、その際の荷物の発送・到着分布の違いを比較する。
- 輸送拠点ごとにおける荷物の発送に関して、積み込むトラックがその拠点から輸送を始めるのか、または、三角輸送等で荷物を降ろした後荷物を積み込んでいるかの確認。

参考文献

- 1) 国土交通省,平成 24 年度宅配便取扱個数の調査及び集計方法, (2013)
- 2) 日本政策投資銀行: 物流の新しい動きと今後の課題 - 3PL (サードパーティ・ロジスティクス) からの示唆-, 25 号, (2001)
- 3) 黒川,大和,小山: ハブ・アンド・スポーク型輸送方式に関する検討, 日本造船学会論文集, 617/625, (1998)
- 4) 中出,朴,今井他: 車両配送問題のタブー探索による解法の実験的解析, 情報処理学会研究報告. AL, アルゴリズム研究会報告, 77/84, (1997)