

第IV部門

倉庫シェアリングモデルにおけるマッチング手法の精緻化

京都大学工学部 学生員

○池田 八輝

京都大学大学院工学研究科 正会員 Ali Gul Qureshi

京都大学経営管理大学院 正会員

山田 忠史

1. はじめに

物流は現代社会を支える不可欠な産業の一つであるが、特に大都市圏においては、交通問題や土地利用問題の一因にもなっている。近年登場した倉庫シェアリングという業態は、短期の需要変動に対応したい荷主企業と、遊休している倉庫を有効活用したい倉庫企業をマッチングさせるものであり、既存の遊休倉庫の活用を促すので、荷主企業の自社倉庫の乱立を防止し、土地利用の不整合問題が緩和・解決される可能性がある。さらに、そこに適切な倉庫配置や配送経路選択が組み込まれば、物流費用の削減だけでなく、貨物車の走行距離抑制や環境負荷抑制などの社会問題の緩和・解決にもつながる。

本研究では、倉庫シェアリングの先行研究¹⁾におけるマッチングモデル（以下、既存モデルと称す）に焦点を当て、それに改良を加えることにより、より実用的で効率的な倉庫シェアリングの実現を図る。

2. 問題設定と手法の概要

既存モデルと同じく、本研究も、実際の事例を参考にして、図1のようなサプライチェーンを対象とする。工場（荷主企業）で生産された商品が倉庫に保管され、倉庫から各配送先への配送が行われる。「工場→倉庫」においては、巡回を考慮せず、「倉庫→配送先」においては、複数の配送先への巡回訪問を考慮する。荷主企業の意思決定は、「工場で生産した商品をどの倉庫に保管するか」という割当問題と、「どの倉庫からどの配送先を巡回して出発した倉庫に戻るか」という配置配送計画問題(LRP)を用いて表現する。倉庫企業の意思決定については、「荷主企業からの貨物需要が集中し、倉庫容量を超える場合には、最適な荷主企業を選択する」という倉庫の割当問題として表現する。さらに、そこに、荷主企業と倉庫のマッチングを調整するシミュレーションモデル（マッチングモデル）を組み込む。なお、紙面の関係上、定式化については割愛する。

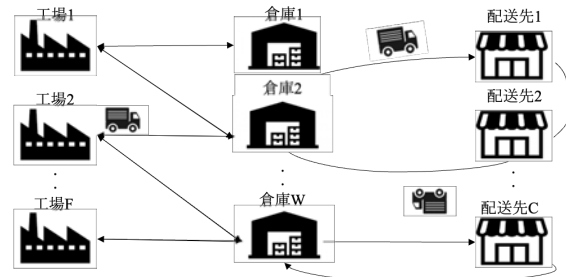


図1：想定するサプライチェーン

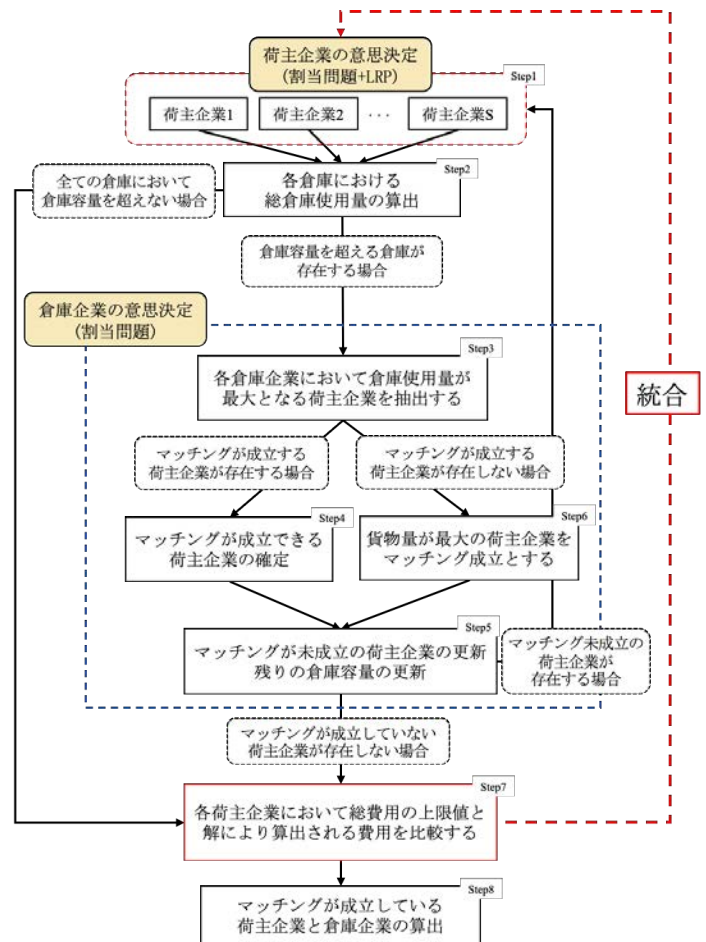


図2：計算フロー

本研究では、既存モデルの問題点を勘案して、図2のような改良を施した（以下、改良モデルと称す）。すなわち、荷主企業の総費用上限を明示的に組み込むことや、ある荷主企業のマッチング不成立が他の荷主企業のマッチング成立にも影響を及ぼすことを考慮し、マッチング不成立を抑制できるようにした。

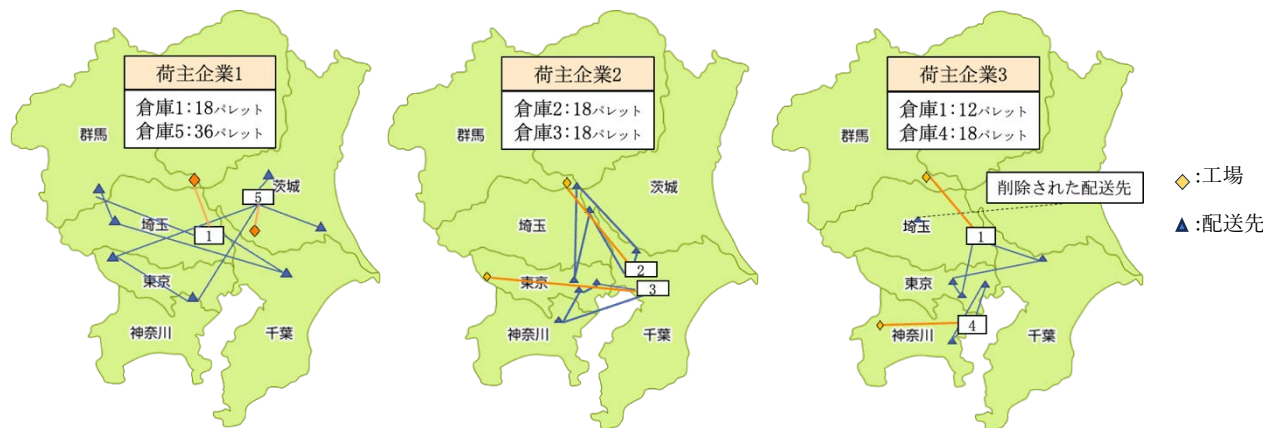


図 3：各荷主企業の利用倉庫と配送経路

具体的には、既存モデルの Step7 において、各荷主企業の総費用上限と導出された最適解の総費用を比較する操作を、Step1 の荷主企業の最適解算出に組み込み、荷主企業の最適解算出時において、倉庫使用量が可変となるように改良した。それに伴い、解法にも改良を施した。既存モデルと同様に、LRP の解法には、割当問題のタブーサーチを内包する二段階のタブーサーチを採用するが、荷主企業の総費用上限を超える解が導出された場合には、倉庫使用量を小さくして、再求解する操作を追加した。それにより、計算時間が増大する可能性があるので、数値実験を通じて、タブーサーチに使用するパラメータの値も更新した。

3. 改良の効果

既存モデルと改良モデルをそれぞれ、実際の倉庫シェアリングの事例を基にした、東京都市圏における荷主企業 3 社と倉庫企業 5 社を対象とした問題に適用した。その結果、図 3 及び表 1 に示すように、2 つの荷主企業（荷主企業 1 と 2）については、既存モデルと同一の解が出力された。一方、荷主企業 3 については、既存モデルでは、どのような配送経路をとっても、総費用上限を超えるので、マッチングが不成立となったが、改良モデルでは、総費用上限を超過する解が最適解として導出される際には、荷主企業の倉庫使用量を削減する操作を導入しているため、マッチングが成立するような解を導出することができた。具体的には、他の配送先と離れた場所に立地する配送先を削除することにより、倉庫使用量を約 33% 減少させることができるので、結果的に、総費用が約 29% 減少し、荷主企業 3 の総費用上限を満たす倉庫と配送経路が、最適解として算出された。

表 1：各荷主企業の費用

費用	荷主企業1	荷主企業2	荷主企業3
倉庫費用	55,860	49,200	39,040
荷役費用	15,660	14,040	12,760
輸送費用(工場→倉庫)	35,020	55,940	40,920
輸送費用(倉庫→配送先)	80,040	66,160	47,610
輸送費用合計	115,060	122,100	88,530
総費用	186,580	185,340	140,330
総費用上限値	190,000	190,000	190,000

4. おわりに

本研究では、倉庫シェアリングに着目し、既存モデルの問題点を改善するために、荷主企業の総費用上限を明示的に組み込むとともに、総費用上限を超えた場合に、削減すべき配送先を決定するアルゴリズムを包含した改良モデルを開発して、既存モデルよりも実用性と効率性を向上させた。実際の事例に基づいた問題を用いて計算を行い、改良モデルの効果を検証した結果、改良モデルにおいては、総費用上限を超過するような荷主企業が存在する場合においても、倉庫使用量を削減することで、マッチングを実現できることが示された。すなわち、改良モデルを用いれば、マッチングが不成立となるケースが抑制されるので、倉庫シェアリングの活用度が高まることにつながる。倉庫シェアリングの活用が増加することは、自社倉庫の乱立や、貨物車の走行距離や環境負荷の抑制にもつながるので、単にビジネス面での活性化ではなく、社会的にも有用であると考えられる。

参考文献

1) 池宮大智, 山田忠史, Qureshi Ali Gul, 本田智巳：倉庫配置と配送経路に着目した倉庫シェアリングサービスの最適化, 土木計画学研究・講演集, Vol.65, CD-ROM, 2022.