

# 物流倉庫拡張後の拠点間輸送を最小化する在庫配置

05000740 ZOZO 研究所 \*千代竜佑 CHIYO Ryusuke

## 1. はじめに

EC（電子商取引）需要の急激な拡大に伴い物流クライシスが叫ばれており、EC 事業者にはより効率的な配送システムの構築が求められている。

本発表では、株式会社 ZOZO が運営する物流倉庫「ZOZOBASE」の新倉庫開設時に実施した在庫配置に関する取組みについて紹介する。

## 2. 背景

本発表の背景について説明する。

### 2.1. ZOZOBASE について

株式会社 ZOZO は物流倉庫 ZOZOBASE を運営し、ZOZOTOWN[1] 等運営する EC サイトの商品在庫の保管、梱包、出荷、採寸・撮影といった業務を行っている。ZOZOBASE は千葉県習志野エリアに 2 箇所、茨城県つくば市に 1 箇所展開していたが、商品取扱量の増加に伴い 2020 年 10 月、4 箇所目の倉庫をつくば市に開設した [2]。

### 2.2. 在庫配置

ZOZOTOWN に出店するショップはそれぞれ指定された倉庫に商品を納入し、納入された商品は各倉庫で検品、保管される。注文された商品を配送するときは、原則として同時に注文された商品をひとまとめにして梱包・配送しており、別々の拠点・倉庫に所在する商品をまとめる際には拠点間輸送が発生する。

新倉庫開設に際して、習志野地域の倉庫に納入している一部の出店ショップの納入先をつくば地域に変更し、新倉庫稼働開始後の充填率の平準化を図りたい。このとき、納入先変更後の拠点間輸送ができる限り少なくなるような在庫の配置が必要となる。

## 3. 問題設定とモデル化

本発表で扱う問題は出店ショップ毎の在庫の納入先を、拠点間輸送が最小になるように決定する問題

である。この問題を整数線形最適化問題 [3] として定式化する。

### 3.1. 前提条件

問題の前提条件として、以下のものが挙げられる。

- 各地域のどの倉庫に納入するかは考慮せずどちらの地域に納入するかのみを決定対象とし、拠点間輸送についても地域間の輸送のみを考える。
- すでにつくば地域に在庫を納入しているショップなど一部のショップについては変更対象としない。
- 最適化モデルにより求められた在庫配置を元に納入先変更の交渉を実施し、交渉結果を制約として追加し再計算することを繰り返す。

### 3.2. 拠点間輸送量のモデル化

拠点間輸送は、複数拠点の商品が同時に注文されたときに商品を 1 つまとめて梱包・配送するために行われる。個別の注文を考慮して拠点間輸送を扱うのは現実的でないため、過去の注文実績データを在庫配置の単位である出店ショップ毎に集計し、ショップ間の同時購入されやすさをモデル化することを考える。

モデルの入力とする期間の、ある 2 ショップ A, B の購入商品量を  $V_A, V_B$ 、ショップ A の商品が含まれる注文の内、ショップ B の商品も含む注文の割合を  $P(B|A)$  と表す。この時ショップ A, B の同時購入量を次の式 (1) で近似する。

$$\hat{V}_{AB} = \frac{1}{2}(V_A P(B|A) + V_B P(A|B)) \quad (1)$$

### 3.3. 変数と目的関数

$x_i \in \{0, 1\}$  をショップ  $i$  の在庫をつくば地域に配置するとき 1、習志野地域に配置するとき 0 を取

る変数とする。また変数  $y_{ij}$  を式 (2) のように定義する。

$$y_{ij} = \begin{cases} 0, & x_i = x_j \\ 1, & x_i \neq x_j \end{cases} \quad (2)$$

この条件は線形の制約式 (3) として表現できる。

$$y_{ij} = |x_i - x_j| \quad (3)$$

変数  $y_{ij}$  を用いると、他拠点の同時購入数を最小化する目的関数は式 (4) で表せる。

$$\text{minimize} \quad \sum_i \sum_j \hat{V}_{ij} y_{ij} \quad (4)$$

### 3.4. 容量制約

各倉庫にはそれぞれ在庫、入荷、出荷、検品の量に上限制約が存在する。本モデルでは倉庫ごとの制約を地域単位で合計して、地域全体の容量制約として適用する。また実際のオペレーションに則って、容量制約は日次、週次といった単位で集計したものを使用する。

必要な容量制約の種類と集計単位の組合せを容量制約のカテゴリ  $k$  とする。地域  $l \in \{\text{Tsukuba}, \text{Narashino}\}$  のカテゴリ  $k$  ごとの容量上限を  $C_l^k$ 、出店ショップ  $i$  のカテゴリ  $k$  の量を  $W_i^k$  とすると、容量制約は式 (5) で表せる。

$$\begin{aligned} \sum_i W_i^k x_i &\leq C_{\text{Tsukuba}}^k, \quad \forall k \\ \sum_i W_i^k (1 - x_i) &\leq C_{\text{Narashino}}^k, \quad \forall k \end{aligned} \quad (5)$$

## 4. 数値実験

本モデルの検証のために実施した数値実験の使用データとその評価方法について説明する。実験結果については当日の発表にて報告する。

### 4.1. 使用するデータ

数値実験には ZOZOBASE を利用する EC サイトの注文、在庫、入荷の実績データを使用した。最適化の入力として使用した実績データに過適合することを防ぐため、入力データを期間で前後に分割し、前半のデータを最適化問題の入力とし、後半のデータは評価のみに用いた。

また入力とする期間の途中で出店したショップについては、出店期間の総量に対する比率に応じてスケーリングした値を使用した。

### 4.2. 評価方法

最適化モデルでは簡略化のためにショップ間の同時購入量を式 (1) で近似して使用した。実際のオペレーションでは、複数地域の倉庫に所在する商品が同時に購入されたときは、原則として購入点数の少ない地域の商品を多い地域に拠点間輸送する。数値実験の評価では最適化モデルによって決まった在庫配置を元にこのオペレーションを模擬し、拠点間輸送量を計算する。

## 5. おわりに

本発表では株式会社 ZOZO における、物流倉庫拡張後の拠点間輸送最小化を目的とした在庫配置モデルと、その有効性を検証するために実施した実験方法について紹介した。今後の課題としてはより現実に即した交渉先選定方法の研究や、拠点間輸送の削減に限らない効率的な物流システムの構築が挙げられる。

## 参考文献

- [1] ZOZOTOWN, <https://zozo.jp>.
- [2] 株式会社 ZOZO、2020 年秋に物流センター「ZOZOBASE」を拡張, <https://corp.zozo.com/news/20190215-7058/>, 2019/2/15.
- [3] 梅谷俊治: しっかり学ぶ数理最適化, 講談社 (2020).