

自動運転化による輸送コスト低下が物流施設の立地に与える影響に関する基礎的分析

茨城大学大学院 学生会員 ○瀬谷 啓介
茨城大学大学院 正会員 平田 輝満

1. 背景と目的

近年我が国では、消費者の購買嗜好の多様化・ネット通販の普及など消費者物流分野の発達に伴う多頻度小口輸送が増加する一方で、将来的にはトラックドライバーを必要としない、完全無人トラックを用いた輸送が考えられる。また貨物の積替やドライバーの休憩・交代が可能な中継拠点としての物流施設の配置や流通加工などの物流機能の高度化といった新たな動きもみられている。東京都市圏交通計画協議会によれば¹⁾、民間物流企業では物流の効率化のために主にコスト削減を目的として物流施設の統廃合・機能更新などに取り組んでいる。そこで本研究では、今後の貨物車の自動運転化による輸送コスト低下が物流施設の立地に与える影響について、フランチャイズ小売企業の在庫管理の視点での分析を行うことを目的とした。

2. モデル

本研究では、商品の在庫保有費用に、物流施設の立地で変化すると考えられる倉庫費用を反映させる。ここで在庫保有費用とは、商品が生産されてから荷主に届けられるまでに商品を在庫として保有することで発生する費用と定義し、既存研究²⁾を参考に企業の借入金利分に関連して発生する損失費用である資本費用 h_1 、時間の経過とともに商品の価値が劣化することで発生する消耗費用 h_2 、商品を在庫として保管するために必要な倉庫費用 h_3 で構成されるとする。1単位あたり、1日あたりの商品の在庫保有費用 h に関して、前述した資本費用、消耗費用、倉庫費用を用いて以下のように示す。

$$h = \text{商品の資本費用}h_1 + \text{商品の消耗費用}h_2 + \text{商品1個あたりの倉庫費用}h_3 \quad (1)$$

資本費用 h_1 と消耗費用 h_2 は以下のように求める²⁾。

$$h_1 = \text{企業の年間借入金利}r_1 \times \text{商品価格}p \quad (2)$$

$$h_2 = \text{年間の商品価値の低下率}r_2 \times \text{商品価格}p \quad (3)$$

倉庫費用に関しては、商品の性質として、商品体積を

反映させ、単位面積あたりの倉庫費用 c と保管できる商品の個数 d を用いて、以下のように算定する。

$$h_3 = c/d \quad (4)$$

また商品の個数 d は倉庫の単位面積（容積）あたりに商品の保管が可能な体積 V_w を商品体積 V_p で除することで以下のように算定する。

$$d = \frac{V_w}{V_p} \quad (5)$$

ここで、物流施設の立地（地価の差など）によって単位面積あたりの倉庫費用 c は変化すると考えられる。本研究では、物流施設とチェーン店間の輸送を想定し、チェーン店が都心に立地する場合を考える。既存研究³⁾を参考に、物流施設に商品を保管することで発生する倉庫費用 c は都心（チェーン店）からの距離および輸送時間 T に対して、以下のような地価関数の形状を示すと仮定する。

$$c = a \ln(T) + b \quad (6)$$

さらに、物流施設の運営費 F_2 についても立地によって変化すると考えられる。したがって、物流施設の運営費 F_2' について、以下のように表せる。

$$F_2' = \alpha c = \alpha \times (a \ln(T) + b) \quad (7)$$

ここで、 α は物流施設の規模と関数の大きさを調整するパラメータとする。ここで、都市における物流施設の立地計画に関する評価指標として、在庫管理に関する費用と物流施設の規模に着目する。物流施設の立地を変化させた場合の在庫管理費用 C' を表す式は既存研究⁴⁾で使用されている経済的発注量（EOQ）モデルを参考に、商品の単位あたりの在庫保有費用 h 、年間の商品需要 D 、1回あたりの発注費用 S 、輸送時間内に在庫切れが発生しない確率 α を変数とした標準正規分布の逆関数 $\Phi^{-1}(\alpha)$ 、チェーン店と物流施設間の輸送時間 T 、商品需要の標準偏差 σ_D 、外部サプライヤーから物流センター間の輸送時間 L_0 、チェーン店と物流施設の運営費をそ

キーワード 在庫管理, 自動運転化, 物流施設

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1

それぞれ F_1 , F_2 とすると以下のように表される.

$$C' = n(\sqrt{2hD\beta T} + h\Phi^{-1}(\alpha)\sqrt{T}\sigma_D + F_1) + \sqrt{2hDS_0} + h\Phi^{-1}(\alpha)\sqrt{L_0}\sigma_D + F_2' \quad (8)$$

ここで, 物流施設の規模は, チェーン店に運ばれる商品すべてを保管できる倉庫面積 V_w で決定される. 倉庫面積 V_w は, EOQ モデルより算定される経済的発注量 Q , 安全在庫モデルより算定される安全在庫 ss と商品 1 個あたりに商品体積 V_p を用いて以下のようになる.

$$V_w = V_p(Q + ss) \quad (9)$$

また, 1 回あたりの発注量 Q , 年間需要 D を用いると年間の発注頻度 O_f が以下のように算定される.

$$O_f = \frac{D}{Q} \quad (10)$$

3. 物流施設の立地に関する分析

外生的に与えるパラメータは $a = -119$, $b = 80$, $n = 8$, $F_1 = 10$, $\Phi^{-1} = 1.64$, $D = 10,000$, $S_0 = 1$, $L_0 = 1$, $\alpha = 1.0$ とする. ここでは扱う商品が「野菜」であると仮定し, 物流施設の立地を都心から郊外に移動させた場合の自動運転化を考慮した分析を行う. 図-1 に物流施設の立地と倉庫面積の関係を示す. 自動運転化 (AV化) の有無にかかわらず, 物流施設の立地が都心に近いほど, 在庫管理に関連する費用は小さくなるのがわかる. これは今回想定した商品が「野菜」であり, 輸送時間短縮のニーズが高いことが原因として考えられる.

ここで, 物流施設の規模を表すと考えられる倉庫面積について考察を行う. 物流施設が郊外に立地するほど, 最適となる倉庫面積は大きくなる. これは, 比較的体積の大きな商品や輸送時間短縮のニーズのない (商品劣化のスピードが遅いなど) 商品は, 物流施設の立地が郊外になりやすいなどの商品の特性を物流施設の立地の視点で表していると考えられる. また物流施設が郊外にある場合, 貨物車の自動運転化に伴い, 商品を保管するのに必要な倉庫面積すなわち物流施設の規模は縮小される可能性が示唆される. これは, チェーン店の在庫管理が, トラックの輸送費用などが含まれる「発注費用」と商品を在庫として抱えることで発生する「在庫保有費用」のトレードオフの関係があるなかで, 貨物車の自動運転化により, トラックの輸送費の低下に伴い, 低頻度で商品を大量に発注し, 多くの商品を在庫として抱えるよりも, 頻繁に少量の商品を発注し, 商品の在

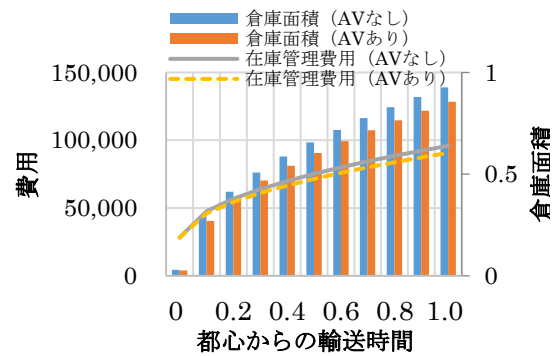


図-1 物流施設の立地と倉庫面積の関係 (野菜)

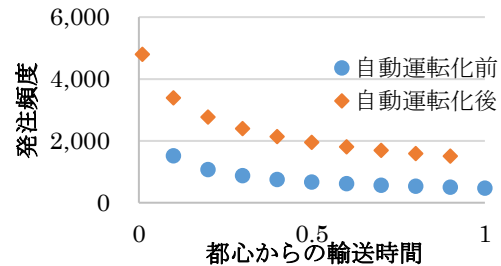


図-2 物流施設の立地と発注頻度の関係 (野菜)

庫量を減らすほうが全体の在庫管理に関する費用は低下するためであると考えられる. 貨物車の自動運転化に伴い, 1 回あたりの最適な発注量が減少し, 発注頻度が増加する分, 商品を保管するために最適とされる倉庫面積は縮小されることが推測される. 図-2 に示すように発注頻度の観点では, 自動運転化により, 発注頻度は増加する可能性がある. 特に, 物流施設の立地が都心に近いほど, 発注頻度が顕著に増加していることが読み取れる.

4. 結論

貨物車の自動運転化は, チェーン店の確保すべき倉庫面積を縮小させる可能性を示唆しており, 倉庫を持たない小規模なチェーン店の立地の増加が考えられる. これにより, こまめな配送の増加が想定され, 貨物車の交通量の増加を踏まえた道路交通ネットワークの整備の必要性が示唆された.

参考文献

- 1) 東京都市圏交通計画協議会: 東京都市圏の望ましい物流の実現に向けて, 2015.
- 2) 瀬木俊輔: 在庫管理モデルと応用した貨物の時間価値に対する理論的アプローチ, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.72, CD-ROM, 2016.
- 3) 苦瀬博仁, 久保幹雄, 二階堂亮, 管智彦: 配送コストと施設コストにもとづく物流施設の最適数と最適位置のモデル分析, 1997.
- 4) 瀬木俊輔, 小林潔司, 松島格也: 都市内道路とフランチャイズ小売企業の物流センター立地戦略の関係, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.74, No.4, pp369-386, 2018.