

貨物車両の駐停車行動を考慮した路上荷捌き施設配置計画モデルに関する研究*

Planning of Loading-Unloading Spaces Considering behavior of Delivery Vehicles *

相浦宣徳**・谷口栄一***

By Nobunori AIURA**・Eiichi TANIGUCHI***

1. はじめに

都市内における路上荷捌きが、環境、交通渋滞、歩行者を含む他交通の安全に与える影響は非常に大きい。これに対し、近年、社会実験やPPP (Public Private Partnerships)を通じ、都市内物流の効率性を考慮したまちづくりが検討されているが、ハード・ソフト両面から方策を検討・評価できるツールが不足しているのが現状である。また、本研究の事前調査として、(1) 集配ドライバーを対象としたアンケート調査および(2) 荷捌きに関する社会実験事例調査を実施した。その結果、路上荷捌き施設の配置、数、形態等のハードに関する事項だけでなく、・空き情報の伝達方法や予約方法といった情報技術の活用、・利用制限時間や利用料金の設定基準、・ルールに関する啓発活動(一般車両による路上荷捌き区画の使用規制、利用制限時間管理)等のソフト的な事項についても感心が高いことが判明した。また、整備効果は実際に利用する物流事業者の利便性、地域の流通特性、交通特性に大きく依存している。

以上から、本研究では都市内における貨物車両の荷捌き作業を対象とし、貨物車両および一般車両の駐停車行動を考慮した路上荷捌き施設配置計画モデルの構築を試みる。一般車両駐停車行動を区域における交通特性に基づき表現することにより、ルール設定基準、啓発活動ならびに情報技術活用の効果が検討可能となる。

本モデルに類する既往の研究としては、MWLRP

(modified warehouse location-routing problem)に関する研究が挙げられる。MWLRPは、それ以前の立地分析が中心であった研究分野において、センター立地問題とルーティング問題の相互依存性に着目したモデルであった。Perl and Daskin¹⁾はWLRP (warehouse location-routing problem)を混合整数計画法により定式化し、さらにWLRPに改良を加えたMWLRPをMDVDP(multi-depot vehicle-dispatch problem), WLAP(warehouse location-allocation problem), MDRAP(multi-depot routing allocation problem)のサブ問題に分解し解法を示している。Hansen et al.²⁾はPerl and Daskinが示した解法を改善し、高速に、より現実的な解を得ることに成功している。近年では、MWLRP、MDLRP(multi-depot location-routing problem)を発展させたWu et al.³⁾の研究により、複数車種の使用、車種別の使用車両台数制限の設定が可能となった。

これらを含むlocation-routing問題を対象とした研究の多くは、比較的広域な範囲における物流施設の配置と貨物車両の運行効率の向上を対象としたものであり、主に施設の設置・運営費用と輸配送費用とのトレードオフから求解している。これに対し本研究は、都市内における路上荷捌き施設を対象とし、荷捌き作業に影響を与える一般車両の駐停車行動等を考慮すると共に輸配送費用と一般車両の待ち時間費用から施設配置を求めるものである。

2. 荷捌き施設整備における留意点の抽出

荷捌き施設の整備計画における留意点の抽出を目的とし、京都市街部において集配活動を行なうドライバーを対象としたアンケート調査および荷捌きに関する社会実験事例調査を行った。

*キーワード：ロジスティクス、都市内物流、荷捌き施設、乗用車駐停車行動

**正員、博士(工学)、京都大学大学院都市社会工学専攻(京都府京都市左京区吉田本町、TEL075-753-4788、FAX075-753-4788)

***フェロー、工博、京都大学大学院都市社会工学専攻(京都府京都市左京区吉田本町、TEL075-753-4789、FAX075-753-4788)

(1) 荷捌きに関するアンケート調査

荷捌きに関するアンケート調査は、荷捌き作業の実態を把握するとともに、路上での荷捌き作業と他交通との関係等を荷捌き作業従事者の視点から把握することを目的としている。主たる調査項目としては、荷捌き作業に関する事項(地点/頻度/時間等)や駐停車および荷捌き作業時の問題、危険遭遇知見、意識等である。

本稿に關係する調査結果(サンプル数:68)を以下に概括する。

- 85%以上が日常的に路上荷捌きを行っている。
- 荷捌きに対し約 75%が罪悪感を持っている。 ”罪悪感はない” の理由としては、 ”業務上やむを得ず ”, ”業界の慣習 ”, ”他に場所がない ” が挙げられた。
- 車線閉塞による交通渋滞、後続車両の通行妨害が発生しやすい一方通行道路、片側一車線道路における荷捌きが 50%を超える。
- 駐停車場所を探すうろつき走行の発生原因としては、乗用車の駐停車が約 54%,次いで他貨物車両の駐停車が約 22%を占めている。
- 横もち距離は片道 10m 以内が 60%を超える。
- 荷捌き施設を設置する際の顧客先からの許容距離は、10m 以内:29%,20m 以内:17%,30m 以内:17%,50m 以内:17%、少数ながら ” どんなに遠くてもよい ” が 6%程度存在する。

(2) 社会実験事例調査

近年(2000年以降)に実施された荷捌きに関する項目を含む社会実験として 1) 渋谷地区端末物流対策 & 駐車マネジメント社会実験(東京都渋谷区,2000年)、2) 自転車走行空間創出のための路上荷捌き路外転換実験(東京都練馬区,2002年)、3) 昭和通り違法駐車対策社会実験(東京都台東区,2003年)を調査対象とし、得られた知見を以下に抜粋する。

- 各事例とも運営/管理については、ソフト・ハードの一体化施策が有効に機能した。
- 利用する物流事業者にとっての利便性が重要である。(e.g 配置,サイズ,形態,スロープ,利用時間・料金,空き情報などの伝達および予約)

- 運営管理におけるモニタリング/情報伝達に関して、IT技術の果たす役割は大きい。
- 荷捌き区画の法的な位置付け及び駐車時間に関する整理が必要である。
- 当該地区の特色を考慮に入れた計画が必要である。

以上より、本研究で構築するモデルは次に示す事項をパラメータ変数として設定可能であることが期待される。

- 荷捌き施設の位置,数
- 荷捌き施設の形態
- 利用時間,利用料金
- 情報の活用方法(空情報の提示,予約システム)
- 啓蒙活動(一般車両の使用規制),取締り
- 区域の流通特性,交通特性

3. モデル概要

(1) モデル構造

図-1に本モデルで取り扱うフィールドの概念図を示す。フィールドは、顧客(図-1内)の集合からなるブロック、ブロックの集合であるセクションにより構成される。各顧客には異なるタイムウィンドウが設定される。また、ブロックの面する車道には荷捌き用区画候補(図-1内)が配される。

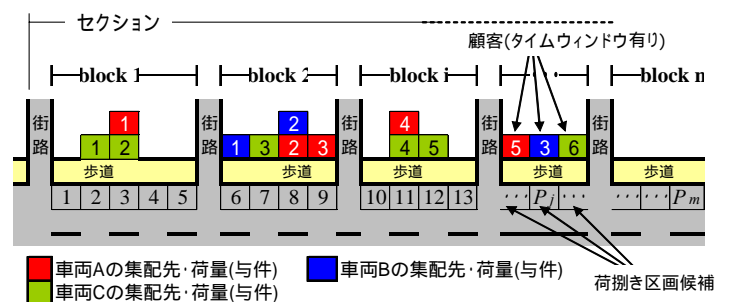


図-1 フィールドの概念

本モデルは図-2に示すように2段階の最適化問題の構造を持つ。上位問題は計画主体の行動を記述するものである。フィールド内における貨物車両の走行費用、駐停車および横もちに要する費用、配送遅れに対するペナルティ、一般車両の待ちに対する時間価値からなる総費用(式(1))を最小化する荷捌き用区画を決定する。

図- 3に一例を示す。区画3,8,9が荷捌き用区画(図内)、その他(区画1,2,4,...)は走行スペース(以降、一般区画と称す、図内)である。貨物車両は荷捌き用区画を優先的に使用し、一般車両は一般区画に駐停車行動をとる。

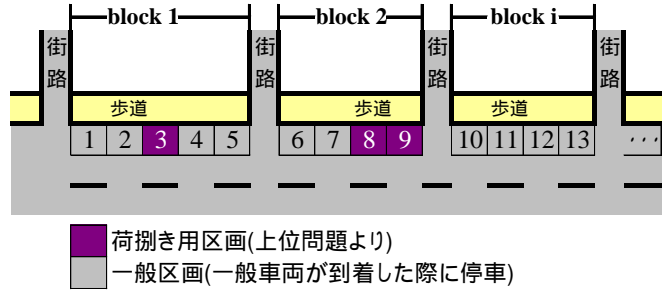


図- 3 荷捌き用区画(例)

下位問題は、上位問題により与えられた荷捌き用区画に基づき、貨物車両および一般車両の行動を記述する。貨物車両は、上位問題により与えられた荷捌き用区画と顧客に関する情報(訪問順序,位置,荷量,タイムウィンドウ)に基づき使用する荷捌き用区画を選択し駐停車する。駐停車した後、顧客に対し横もち・納品を行なう。

(2) 貨物車両の駐停車区画選択行動

貨物車両は、現在地点と次の訪問先である顧客位置情報から式(2)に従い、対象顧客への配送所要時間(区画までの車両移動と区画・顧客間の横もちに要する時間)が最短となる荷捌き用区画(p^*)を選択する。

選択した区画(p^*)に他の貨物車両や一般車両が駐停車していた場合、貨物車両は”当該区画での待機を伴う顧客(y_{l,p^*})への横もち”、”他区画への移動を伴う顧客(y_{l,p^*})への横もち”のいずれかの行動を選択する。行動および移動する場合の移動先区画の選択は、顧客(y_{l,p^*})に対する配送所要時間(式(3))に基づき行なわれる。

$$p^* \text{ Satisfy } T_{P_l, p^*, y_{l, p^*}} = \min_{1 \leq p \leq P_F} \{ T_{l, p, y_{l, p}} \}$$

ここで、

$$T_{P_l, p, y_{l, p}} = T_{r, l}(P_l, p) + T_{s, l}(y_{l, p}) \quad \dots (2)$$

$T_{P_l, p, y_{l, p}}$: 配送に車両 l が区画 p を使用し横もちをした際に要する時間

$T_{r, l}(P_l, p)$: 車両 l が現在位置 P_l から区画 p への移動に要する時間

$T_{s, l}(y_{l, p})$: 車両 l が区画 p から顧客への横もちに要する時間

P_l : 車両 l の現在位置

P_F : 荷捌き用区画総数

p : 荷捌き用区画番号 $p = \{1, \dots, P_F\}$

$y_{l, p}$: トラック l が荷捌き用区画 p を使用した際の顧客と横もち順序を示す数列

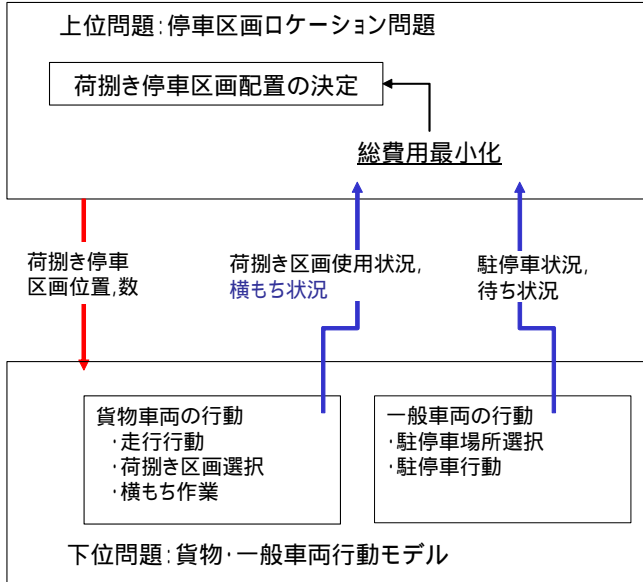


図- 2 モデルの構造

Minimize:

$$C_{total} = \sum_{l=1}^m C_{r, l}(t_{l,0}, x_l) + \sum_{l=1}^m C_{s, l}(t_{l,0}, x_l, Y_l) + \sum_{l=1}^m C_{p, l}(t_{l,0}, x_l, Y_l) + \sum_{k=1}^n C_{w, k}(z_k) \quad \dots (1)$$

C_{total} : 総費用(円)

$C_{r, l}(t_{l,0}, x_l)$: トラック l の走行時に要する費用(円)

$C_{s, l}(t_{l,0}, x_l, Y_l)$: トラック l の停車および横もちに要する費用(円)

$C_{p, l}(t_{l,0}, x_l, Y_l)$: トラック l の遅刻ペナルティ(円)

$C_{w, k}(z_k)$: 一般車両 k の駐停車までの待ちに対する待ち時間費用(円)

m : エリア内で配送を行なうトラック台数

t_0 : トラック l の対象エリアへの到着時刻を表すベクトル

$$t_0 = \{t_{0, l} \mid l = 1, m\}$$

x_l : トラック l の配送経路への区画の割当てと経由順序を示す数列

$$x_l = \{s(i) \mid i = 1, S_l\}$$

$s(i)$: あるトラックが i 番目に駐停車する区画の番号

S_l : トラック l が駐停車する区画の総数

Y_l : トラック l が駐停車する全区画への顧客の割当て, 横もち順序を示す数列 $Y_l = \{y_{l, s(i)} \mid i = 1, S_l\}$

$y_{l, s(i)}$: トラック l が駐停車した区画 $s(i)$ への顧客の割当てと横もち順序を示す数列 $y_{l, s(i)} = \{h(j) \mid j = 1, H_{l, s(i)}\}$

$h(j)$: ある区画から j 番目に横もちされる顧客の番号

$H_{l, s(i)}$: トラック l が駐停車した区画 $s(i)$ から横もちされる顧客の総数

n : 対象エリアに到着する一般車両の台数

z_k : 一般車両 k の駐停車までの待ち時間

$$T_{f,p^*}(p) = \min \left[T_{s,i}(y_{i,p^*}) + g(p^*), \min_{\substack{1 \leq p \leq P_f \\ (p \neq p^*)}} \{ T_{p_i',p,y_{i,p^*}} \} \right]$$

・・・(3)

$T_{f,p^*}(p)$: p^* が使用されていた際の 顧客 y_{i,p^*} への横もちに要する時間

$g(p)$: 荷捌き用区画 p を他車両が使用していた際の区画 p の空き時間推計関数

(3) 一般車両の駐停車行動

荷捌き用区画における一般車両の違法駐停車がしばしば発生し、事前調査においても一般車両に対する取締りが荷捌き区画運用上の鍵となっている。そこで本モデルでは一般車両の駐停車行動を待ち行列により表し、貨物車両の駐停車・横もち行動と一般車両の駐停車行動との関係を表現する。また、区域ごとの交通特性の差異を表現するために、一般車両の到着率およびサービス率をブロック単位で設定する(図- 4)。

あるブロックにおける一般車両の駐停車台数が、一般区画数を超過した場合には駐停車待ちが発生する。待ち状態となった一般車両は、与えられた確率に従い、荷捌き用区画での駐停車、他ブロックへの移動等を開始する。一般車両が荷捌き用区画で駐停車した場合には一般車両が離発するまでの間、貨物車両は当該区画を使用できない。

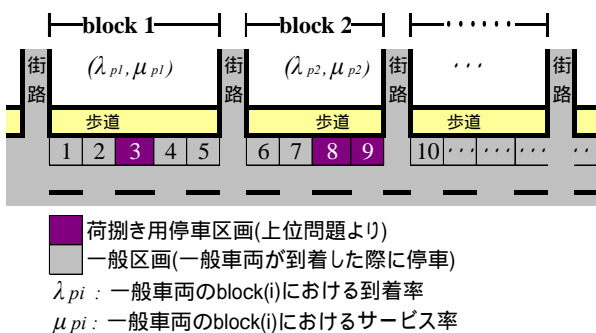


図- 4 一般車両の表現

(2)、(3)で示したように、一般車両・貨物車両間、貨物車両貨物車両間の荷捌き用区画の取り合いを表現することにより、ルール設定基準、啓発活

動の効果、空き情報伝達や予約システムといった情報技術の活用効果に関する検討が可能となる。

4. おわりに

本稿では、荷捌きに関するアンケート調査の結果および社会実験事例調査を紹介すると共に、調査結果から抽出したリクワイアメントに基づくシミュレーションモデルの構築を目的とし、その概要を示した。計算過程および結果については、研究発表会時に詳細を示す。

参考文献

- 1) Perl J., Daskin M.S. :A warehouse location-routing problem, Transportation Research Part B: Methodological, Vol.19, pp. 381-396, 1985
- 2) Hansen P.H., Hegedahl B., Hjortkjær S. and Obel B. :A heuristic solution to the warehouse location-routing problem, European Journal of Operational Research, Vol.76, pp.111-127,1994
- 3) Wu T., Low C. and Bai J. :Heuristic solutions to multi-depot location-routing problems, Computers & Operations Research, Vol.29, pp.1393-1415, 2002
- 4) Laporte G., Nobert Y., and Pelletier P. :Hamilton location problems, European Journal of Operational Research, Vol.12, pp.82-89,1983
- 5) Laporte G., Nobert Y. and Taillefer S. :Solving a family of multi-depot vehicle routing and location-routing problems, Transportation Science, Vol.22, pp.161-171,1988
- 6) Laporte G., Louveaux F., Mercure H. :Models and exact solutions for a class of stochastic location-routing problems, European Journal of Operational Research, Vol.39, pp.71-78, 1989
- 7) 堂柿 栄輔, 佐藤 馨一: 都心商業地域における荷さばき施設に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.9, pp.133-140, 1991
- 8) 谷口栄一, 山田忠志, 細川貴志: 都市内集配トラックの配車配送計画の高度化・共同化による道路交通への影響分析, 土木学会論文集, No.625/IV-44, pp.149-159, 1999
- 9) 倉内文孝, 飯田恭敬: 情報精度が駐車場選択行動に及ぼす影響に関する実験分析, 土木学会論文集, No. 653/IV-48, pp.17-27, 2000
- 10) 兵藤 哲朗, 高橋 洋二, et al.: 「駐車場情報提供システムを考慮した交通行動モデルの検討」, 土木計画学研究・論文集No.13, pp. 855-860, 1996