

都心商業地区における動的な集荷スケジュール決定モデルの構築と集荷活動の合理化*

Modelling of Dynamic Schedule Options of Collective Truck Movement and its Application to Goods Collection Rationalization in Commercial Areas*

塚口博司**・西脇康次***・鈴木正隆****

By Hiroshi Tsukaguchi**, Koji Nishiwaki***, and Masataka Suzuki****

1. はじめに

トラックによる集配送活動を荷主事業所への訪問スケジュール作成という観点から捉える場合、配送活動と集荷活動には大きな相違点がある。前者の場合には、活動を開始する前に適切なスケジュールを作成することができ、道路混雑等によって訪問順序や経路を変更する以外は、ほぼこのスケジュールに基づいて配送が行われる。一方、後者の場合にはトラックがデポ等を出発する前に大雑把なスケジュールを作成することはできるが、このスケジュールは無線・携帯電話等によって荷主から入ってくる新たな集荷要請等によって変更を迫られることが日常的であり、スケジュールを現場で適切かつ迅速に修正して対応することが必要となってくる。

既往の研究では、トラック流動に関する特性、荷さばき駐車の実態把握および荷さばき施設規模の試算、さらに共同輸送などの輸送システムの改善などが数多く扱われている。たとえば、Marconi¹⁾、Ahrens²⁾、高橋・兵藤・苦瀬³⁾、谷口⁴⁾、Thompson⁵⁾は理論的な視点からトラックの経路選択行動について論じている。もっとも、集配送活動における訪問順序決定行動や、経路選択行動、および駐車場所選択行動といった特性を詳細に論じたものは数少ない。また、荷さばき駐車施設に関しては、Christiansen⁶⁾、Habibi⁷⁾は路外の荷さばき駐車施設の必要スペース数の算定や経済効果を論じている。また、高田⁸⁾、苦瀬・岩尾⁹⁾¹⁰⁾、毛利¹¹⁾¹²⁾、高橋¹³⁾、塚口¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾、小谷¹⁷⁾は路外および路上荷さばき駐車現象および施設計画について論じている。しかしながら、荷さばき駐車に関する研究ではトラックのトリップと関係づけて論じられていない。

このように、物流の合理化に関しては、都市あるいは都市圏を対象とした物流対策を論じたものや街路区間における荷さばき駐車のように非常にミクロな視点からの

*Key Words : collective truck, dynamic routing, modeling of collective truck movement

** 正会員 工博 立命館大学理工学部環境システム工学科 (滋賀県草津市野路東1-1-1 Tel:077.561-2735, E-mail:tsukaguchi@se.ritsumei.ac.jp)

*** 正会員 工修 日本通運

**** 学生会員 立命館大学大学院理工学研究科環境社会工学専攻

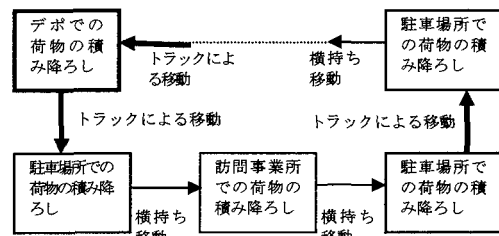


図-1 集配送トラックの行動

検討が多く、その中間に位置する地区レベルで物流合理化を論じたものは多くない。しかしながら、実際の物流改善には、地区レベルで発生している諸問題の解決が不可欠である。このような状況を踏まえて、本研究では地区レベルで集荷活動の特性を明らかにするための調査手法を提案する。次に、集荷活動に関する詳細な実態調査結果の分析に基づいて、効率的な集荷活動を実現するために、訪問順序および経路選択を最適化する集荷モデルを構築するとともに、構築したモデルを用いて、いくつかの物流合理化策の導入効果を定量的に把握することを目的とする。

本研究では、図-1に示すように、荷物の集配送活動をトラックによる移動および横持ち移動と、荷物の積み降ろし等のアクティビティが連続した一連の行動と捉えている。

2. ハイブリッド型地区物流調査

一般に、交通行動を記録する場合には何らかのアンケート方式の調査が実施されるが、地区レベルでのトラックの集荷配送に関する行動を調べる場合には、以下のような理由で、通常のアンケート調査によるデータ取得は困難となる。すなわち、駐車場所、目的事業所の位置、時刻等に関する詳細な行動記録が必要となるから、現場において調査用紙への記載が必要となるが、運送業者は業務に追われており、運転者による直接の記入を依頼することは非常に困難である。また、行動を詳細に記載する場合には、これらの行動がトリップとアクティビティ

一とが交互に繋がったものとして表示することになるが、これを運転者に理解してもらい、正確に記入することを運転者に求めることも困難である。

そこで、本研究では、原則として、実測調査に基づいてデータを取得することとした。本研究では、調査員がトラックに同乗し、トラックの行動を地図ならびに調査用紙に記録するという方法が適切であると考えた。同乗調査が実施できれば、配送活動の場合には、この調査から事業所の訪問順序、選択経路、各種所要時間等を把握することができる。集荷活動においては、概略的なスケジュールはデポで把握することができるから、トラックに同乗した調査員がドライバーへヒアリングを行うことにより、上記のスケジュールがいつ、どのような理由で変更されたのかを調べることができる。

同乗調査によって詳しいデータを取得することが可能となるが、このような調査には以下のような限界もある。すなわち、トラック行動は、当然のことながら、その運送業者が契約している荷主事業所の位置に大きく依存している。同乗調査は限定されたトラックについてしか行えないから、協力が得られた運送業者の限られた取引事業所の分布パターンを前提とせざるを得なくなる。これでは実態を明らかにするのに不十分であったり、場合によっては、1路線上にすべての事業所が並ぶような場合もあり、モデルの構築上の有用性が減じる。このため、本研究では、追加要請がない状況での集荷活動に対してSP調査を実施することにした。デポにおいては、通常、伝票を並べ替えることによって、同様の作業が実際に行われているから、SP調査といえども、実際の行動と大きく乖離しない結果が得られると考えられる。もっとも集荷活動に関しては、以下のことに注意しなければならない。電話等による新たな集荷要請をSP調査の中に組み込むことは容易ではないことである。そこで、本研究では、SP調査を実施した後に、追加要請への対応に関する行動を詳しく捕捉するために、再度同乗調査を実施した。

また、トラックオペレーターが駐車場所から集荷先あるいは配送先の事業所まで、徒歩で荷物を運ぶ横持ち行動も集荷活動の重要な要素の一つである。このような横持ち行動もトリップとアクティビティーの連続からなる行動として捉えることができる。本研究では、横持ち行動についても詳細に調査を行っている。

以上を整理すると、本研究における調査体系は以下のようになる。

- (a)集配送トラックの行動全般を詳細に捕捉するためのトラック同乗調査
- (b)集荷活動の特性を多様な状況の下で捕捉するためのSP調査
- (c)電話等による追加集荷要請への対応把握に限定したト

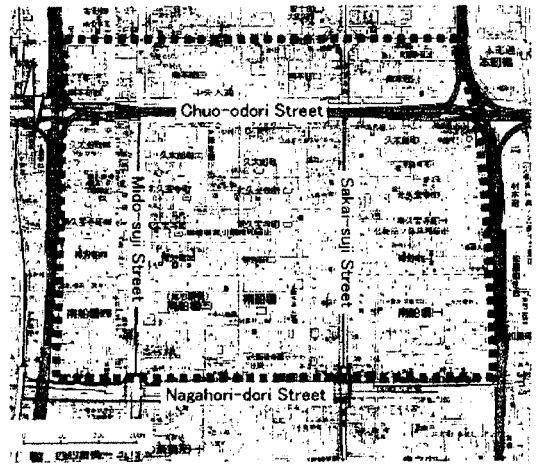


図-2 調査対象地区

表-1 調査概要

調査の種類	実施時期	調査対象
(a)	1994 1995	集荷および配送トラック
(b)	1996	集配送トラックオペレーターおよびスケジュール作成担当者
(c)	1999	集配送トラックオペレーター
(d)	2000 2001	集配送トラックオペレーター (駐車後)

トラック同乗調査

(d)横持ち行動に関する追跡調査

本研究では、このような調査員による同乗調査ならびにSP調査を複合させた調査手法をハイブリッド型地区物流調査と呼ぶことにしたい。本研究における調査対象地区は図-2に示す大阪市中央区の船場地区であり、(a)～(d)の調査を表-1に示すように実施した。なお、本研究で対象としているトラックは2t車ないし4t車である。

3. 集荷活動における訪問順序決定モデル

本研究においては、以下に示す2つのモデルを構築した。一方は集荷活動の現状を再現するモデルであり、他方は、最適スケジュール作成モデルである。

(1)集荷活動の現状再現モデル

トラックのオペレーターは経験に基づいて、所要時間あるいは移動距離等をできるだけ小さくするように行動しているものと思われる。これらの行動は日々の経験に基づくものであり、これについて訪問順序や経路の選択に関するメカニズムを明らかにしておくことは、集荷活動における改善効果を推定するために重要なプロセスである。そこで、筆者らは、一方通行規制が多用されている格子状街路網を有する地区において、集配送トラック

の行動メカニズムを把握し実際の行動を再現するモデルをすでに開発しており¹⁸⁾、その概要を図-3に示す。本モデルは、基本的には目的地を表すノードを類型化し、実態調査から確認できる選択メカニズムに基づいて訪問順序を推定するものである。現況再現モデルにおいては、動的なスケジュール調整の概念は用いておらず、新たな集荷要請は、その時点における訪問必要事業所の一つに加えて対応している。

(2) 最適スケジュール作成モデル

本研究では最適スケジュールを作成するに当たって、2つのサブモデルを構築した。一方は、デポ等で予め策定可能なスケジュールに関するものである。このモデルは、集荷作業中にスケジュール変更を求められることがない場合のモデルであって、静的スケジュール・サブモデルと呼ぶ。

配送の場合と違って、集荷においては、通常の定時の集荷以外に新たに集荷要請があったり、定時に事業所を訪問しても荷物が準備できていないといった理由から、スケジュールを変更しなければならないことが日常的である。そこで、動的スケジュール処理を静的スケジュール・サブモデルに追加することによって、集荷作業中のスケジュール変更に対処できる動的スケジュール・サブモデルが必要となる。図-4は本研究で考える集荷活動の流れを示している。図中の細い線で表される部分は静的スケジュール・サブモデルに対応し、太い線で表される部分を追加したものが動的スケジュール・サブモデルに対応する。

まず、静的スケジュール・サブモデルについて説明する。船場地区における調査によると、毎日、定刻に集荷サービスを受けている荷主(荷主Aと呼ぶ)は全体の約7割を占めている。そして毎日、不特定な時刻に集荷サービスを受けている荷主(荷主Bと呼ぶ)と不特定な日および時刻に集荷サービスを受けている荷主(荷主Cと呼ぶ)のうち約7割が荷主Aを訪れる途中で訪問

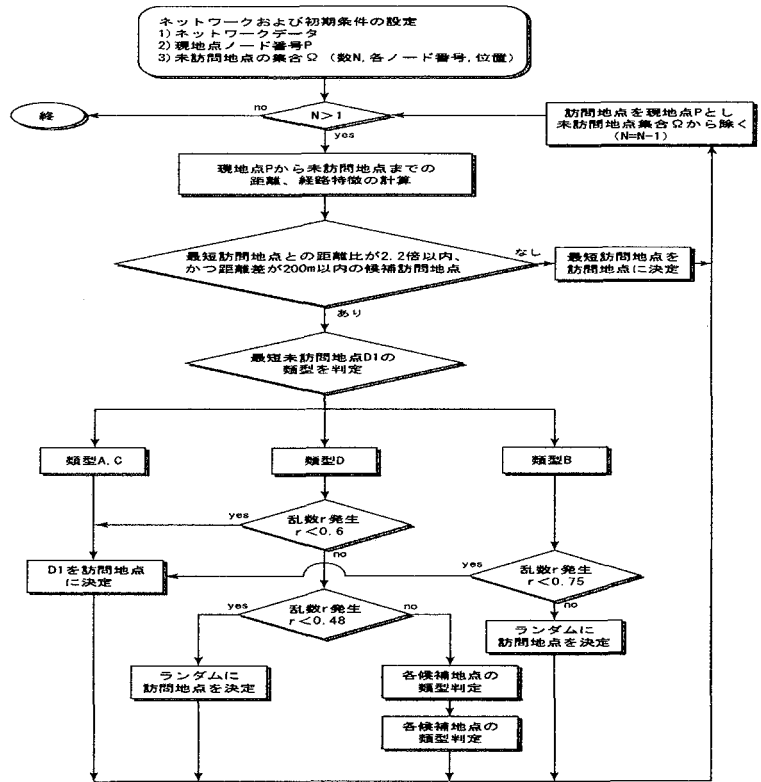


図-3 集荷活動の現況再現モデル

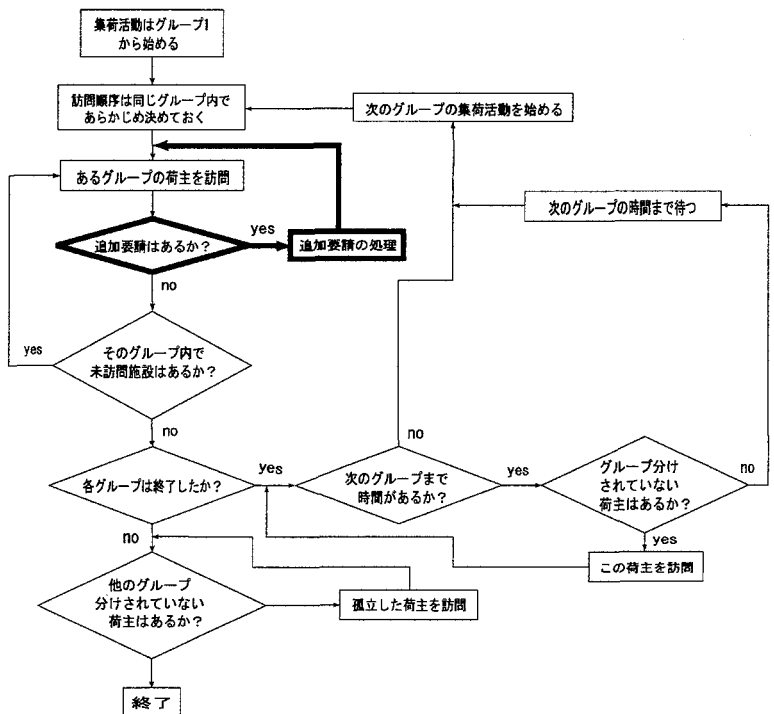


図-4 集荷活動の流れ

されており、駐車場所から荷主までの距離は90m以下であった。このような状況を念頭に置き、まず荷主Aを定時集荷時間によってグループ化する。集荷サービスは、集荷時間の早いグループから始めることとする。次に、荷主Aを訪問するために駐車した場所から、荷主BあるいはCが90m以内であれば、その荷主を当該荷主Aが属するグループに追加し、90m以上であればそのままにしておく。つまり、まずあるグループに属する荷主Aを訪問し、次のグループに属する荷主Aの集荷指定時間までに、当該グループに分類した荷主B、Cを訪問するというのである。もし、すべての荷主B、Cの訪問を完了するまでに次のグループの作業開始時間がきた場合は、それらは後まわしにする。

次に動的スケジュール・サブモデルに関して述べる。追加要請に対する対応は、荷主と運送事業者との関係に依存することが多い。荷主ランクによる追加要請への対応を図-5に示した。ここで、ランク1（最重要）、ランク2（重要）、ランク3（標準）のように荷主に3つのランクがあると仮定する。一般に、それらはふつう荷主A、B、Cに相当している。前もって決められた時刻に集荷サービスを希望するランク1の荷主の場合、オペレーターはその事業所を集荷指定時間に見合うグループに割り当てる。しかし、集荷時間を決めていないランク1の荷主は、荷主B、Cに分類されるが、その荷主に対する集荷サービスはその日のうちに終了させる。一方、ランク2、3の荷主は荷主B、Cに分類され、繁忙期には翌日にサービスを受ける場合もある。なお、このような対応は調査協力を得た運送業者からのヒアリング結果に基づいている。

静的スケジュール・サブモデルおよび動的スケジュール・サブモデルのいずれにおいても、ある限定された時間内に同一グループに属する事業所の訪問順序を決定することが必要となる。最適訪問順序の決定方法については次項で述べる。

(3)最適訪問順序の決定方法

本研究では、荷主からの追加要望も考慮した上で、総トリップ長あるいは総トリップ時間を最小とする最適スケジュールについて検討している。ここで、事業所の訪問順序決定アルゴリズムは、まず、出発地点から最短の施設を選び、これを繰り返すことで訪問順序の第一次解を求める。これは実際の集荷活動においてオペレーターが最短訪問施設を約7割の確率で訪問しているという事実に基づいている¹⁸⁾。次に、この第一次解に対してArc-exchange法を適用し、グループ内の訪問順序を改善する¹⁹⁾。以下では、具体例を用いて説明する。

今、ノード1〜5で表す5つの訪問対象事業所があるとすると、ノード0はデポ等の基地を表す。まず、第一次解

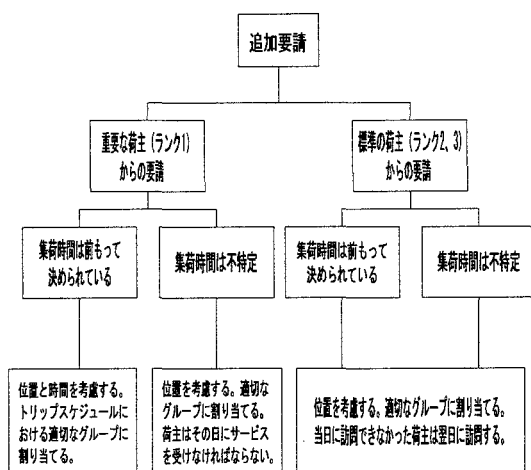


図-5 荷主ランクによる追加要請への対応

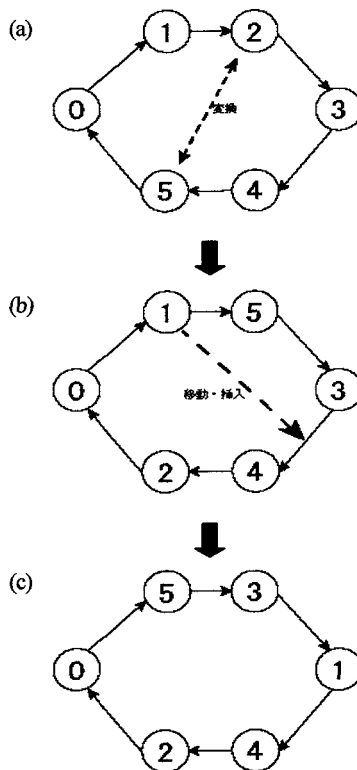


図-6 Arc-exchange法の手順

として、図-6(a)に示す訪問順序が得られているとする。Arc-exchange法では、最初に任意の事業所ペアを交換し、総トリップ長あるいは総トリップ時間が小さくなるものを抽出する。この作業をすべてのケースについて検討し、仮に事業所2と事業所5を入れ替えることが最も効果的であったとする。次に、(b)において、訪問先を1つ取上げ、これを隣接する事業所に挿入する。この移動と挿入を

すべてのケースについて行い、解の改善が最大（総トリップ長あるいは総トリップ時間が最少）となるものを見出す（図-6(c)）。この手法では必ずしも最適解が得られる保証はない。しかしながら、本手法は簡便であり、少なくとも、1台のトラックが行う1日当たりの事業所訪問数程度であれば最適解が得られていることを事例から確認している。

なお、移動所要時間に関しては、対象地区周辺において実施した交通量配分結果を用いて各リンクの所要時間を推定した。ここで、OD表は道路交通センサスによって得られているものを小ゾーンに分割して用いた。なお、本研究が直接対象としているトラック交通量の増減に伴う所要時間変化については考慮していない。

4. 集配送活動合理化に向けた各方案

(1) 検討する施策と条件設定

物流合理化方案として、本稿では、最適スケジュール作成モデルを用いた集荷スケジュールの最適化、共同集荷システムの導入、およびローディング・ゾーンの導入について検討する。ここで用いた最適スケジュールモデルは静的スケジュール・サブモデルおよび動的スケジュール・サブモデルから構成されている。

訪問施設の配置パターンとしては、A～Dの4パターンを設定した。具体的には、訪問対象事業所が地区内全体にわたって分布しているパターンを2種類作成し、これをパターンAおよびBとした。パターンCは現状にならって、久太郎町・北久宝寺・南久宝寺・博労町等の街路を中心に事業所を配置するが、対象地区外周の幹線道路（中央大通・御堂筋・長堀通・堺筋）に面した場所には配置していない。パターンDは、パターンA、Bと同様に事業所を地区内全域に分布させるとともに、訪問事業所を幹線道路に面した場所に配置した。なおパターンDでは、他のパターンよりも訪問事業所を多数設定し、指定時間内に訪問できない事業所が生じる場合も検討できるようにした。

(2) 集荷スケジュールを最適化した場合

上記の各パターンにおいて、それぞれの事業者を対象に集荷活動を行う場合について、最適スケジュール作成モデルを用いて、集荷活動を最適化し、これと現状を再現する集配送活動現況再現モデルの結果を比較することにした。表-2に示すように、全体として走行距離では4.4%～13.4%、移動所要時間では5.4%～11.2%削減されている。最も改善効果が大きかったのはパターンDで、走行距離および所要時間ともに大幅な減少が見られる。パターンDは幹線道路沿いに訪問事業所を配置したものであった。逆に最も改善効果が小さかったのはパターンCであった。

表-2 動的モデルの導入効果

		現況	Case1	Case2	削減量	削減率
パターンA	走行距離(m)	13945	12780	13050	1165	8.35%
	所要時間(min)	27.29	25.85	25.20	2.09	7.66%
パターンB	走行距離(m)	9770	8990	9115	655	6.70%
	所要時間(min)	18.11	17.59	17.03	1.08	5.96%
パターンC	走行距離(m)	8060	7705	7705	355	4.40%
	所要時間(min)	15.60	15.08	14.76	0.84	5.36%
パターンD	走行距離(m)	14405	12480	12620	1925	13.36%
	所要時間(min)	28.17	25.24	25.03	3.14	11.15%

Case1 走行距離の最適化 Case2 所要時間の最適化

表-3 共同集荷システムの導入効果

	①共同集荷導入前 (現況モデル)	共同集荷導入後 ②現況モデル ③動的モデル	改善量 (改善率)		
			①→②	①→③	②→③
走行距離(m) (4台合計)	46180	26090 24800	20090 43.50%	21380 46.30%	1290 6.42%
移動所要時間(min) (4台合計)	89.17	52.95 50.05	36.22 40.62%	39.12 43.87%	2.90 5.47%

表-4 ローディング・ゾーン導入効果

	①ローディング・ゾーン導入前 (現況モデル)	ローディング・ゾーン導入後 ②現況モデル ③動的モデル (Case1 or Case2)	導入による改善量(改善率)	
			①→②	②→③
パターン①	走行距離(m)	11955 10825 10380	1130(9.45%)	445(4.11%)
	所要時間(min)	23.38 21.16 20.1	2.22(9.49%)	1.06(5.01%)
	ストップ数	16 15 15	1	0
パターン②	走行距離(m)	8505 7690 7245	815(9.58%)	445(5.79%)
	所要時間(min)	16.65 15.03 13.98	1.62(9.73%)	1.05(6.99%)
	ストップ数	13 13 14	0	1
パターン③	走行距離(m)	10090 8080 7740	2010(19.92%)	340(4.21%)
	所要時間(min)	19.75 15.81 14.98	3.94(19.93%)	0.83(5.25%)
	ストップ数	15 12 12	3	0
パターン④	走行距離(m)	10320 10050 9455	270(2.62%)	595(5.92%)
	所要時間(min)	20.14 19.67 18.31	0.47(2.33%)	1.36(6.91%)
	ストップ数	17 16 16	1	0

Case1 走行距離の最適化 Case2 所要時間の最適化

表-5 荷物ランク別平均横持ち移動速度

荷物個数ランク：k	平均横持ち速度(m/分)
ランク1	57.5 (262)
ランク2	49.3 (38)
ランク3	41.0 (12)
全体	55.9 (312)

() 内の数字はデータ数

パターンCはトラック同乗調査を行った運送業者が訪問している事業所分布に近いもので、訪問事業所が比較的密集しているパターンである。このような場合には、施設間の移動経路が少数に限定されてしまい、改善効果が小さくなったものと考えられる。

(3) 共同集荷システムを導入した場合

共同輸送システムの導入効果を検討するに当たって対

象とした事業所は、前節で設定した事業所である。今、パターンAの事業所を運送会社Aが担当し、パターンBの事業所を運送会社Bが担当するというように、4つの運送会社がそれぞれ独自に集荷活動を行っているとする。この状況において共同集荷システムを導入することとし、4社が共同の集荷トラックを運行した場合の効果を表-3に示す。

現状のように各社が独自に集荷活動を行う場合（集荷活動現状再現モデルを使用）と共同集荷システムを導入した場合とを比較すると、走行距離では43.5%、移動所要時間では40.6%の削減がみられた。また、共同集荷システムを導入するとともに最適スケジュール作成モデルを用いると、走行距離で46.3%、移動所要時間で43.9%の削減が可能となった。このように、共同集荷システムを導入するとともに、動的にスケジュールを最適化すれば効果がさらに高まることがわかる。

なお、一般に集荷の方が配送よりも荷主と運送事業者との結びつきが強いために、共同集荷は共同配送よりも難しいと思われるが、本論では集荷活動に焦点を当てているため、共同集荷のみを検討対象とした。

(4)ローディング・ゾーンを導入した場合

許可される荷さばき駐車時間の上限値が設定され、これに応じた最大横持ち距離が次式によって算出されれば、これに基づいてローディング・ゾーンの配置について検討することができる²⁰⁾。次式はローディング・ゾーンからの移動距離の合計であり、この値からローディング・ゾーンのキャッチメントエリアを決めることができる。

$$D = (T_0 - t_k) V_k \quad (1)$$

ここで、

D：許可された荷さばき駐車時間内における最大移動距離（m）

T_0 ：許可される荷さばき駐車時間の上限値（分）

t_k ：荷物の積み降ろし等に伴う作業時間（分）

V_k ：荷物個数ランク k の平均横持ち移動速度(m/分)

k：荷物個数ランク（ランク1：5個未満、ランク2：6～9個、ランク3：10個以上）

上記の V_k は表-1に示す調査(d)（横持ち行動に関する追跡調査）によって得られたものであり、具体的な値は表-5に示すとおりである。

本研究では、地区内において、いくつかの道路区間にローディング・ゾーンが整備された場合を考える。ローディング・ゾーンは、ローディング・ゾーンのキャッチメント・エリアによって地区が覆われ、かつ実態調査によって得られた路上における荷さばき駐車需要を処理できるように配置した。ローディング・ゾーンを利用できる場合には30分の駐車が許可されるとし、これが整備され

表-6 排出ガス原単位

	トラック種別		
	軽量貨物 1.7 t以下	中量貨物 1.7～2.5 t	重量貨物 2.5 t以上
CO	2.10 g/km	2.10 g/km	7.40 g/km
HC	0.40	0.40	2.90
NO _x	0.40	0.70	4.50
PM	0.08	0.09	0.25

出展：大阪自動車公害推進会議、大阪における自動車公害対策の歩み、平成13年版

表-7-1 集荷スケジュールの最適化

	現況	合理化策導入後	削減量
CO	83788	76123	7665
HC	15959	14499	1460
NO _x	15959	14499	1460
PM	3590	3262	328

表-7-2 共同集荷システムの導入

	現況	合理化策導入後	削減量
CO	83788	11249	72539
HC	15959	2142	13817
NO _x	15959	2142	13817
PM	3590	482	3108

表-7-3 ローディング・ゾーンの導入

	現況	合理化策導入後	削減量
CO	74154	63177	10977
HC	14124	12033	2090
NO _x	14124	12033	2090
PM	3178	2707	470

単位：g/day

表-8 物流合理化策によるコスト削減効果

	スケジュールの 最適化	共同集荷 システム	ローディング・ ゾーン
コスト削減効果	49,163	268,989	86,294

単位：円/day

ていない場合には、5分の駐車しか認められないとする（実態調査から判断すると、1回の駐車ですべての事業所しか訪問できないことになる）。事業者の配置は、上記のローディング・ゾーンの配置に対応してパターン①～④を設定した。実態調査によると、横持ち活動が4車線以上の幹線道路を横断して行われることは極めて少ないことが明らかとなっている。そこで、本研究では、幹線道路で囲まれた区域に新たに検討対象事業所を配置し、これを上記のパターン①～④とした。

ローディング・ゾーンの導入効果は表-4に示すとおりである。ローディング・ゾーンを導入した場合、すべてのパターンにおいて、走行距離で2.6～19.9%、移動所要時間で2.3%～20.0%の改善がみられた。ローディング・ゾーンを導入し、動的な集荷スケジュール決定モデルを用いた場合には、さらに走行距離で4.1～5.9%、移動所要

時間で5.0~7.0%の改善がみられた。

ローディング・ゾーンは路上の荷さばき駐車場の整序化を目的とするものであるが、30分間利用できるローディング・ゾーンを導入することによって走行距離および移動所要時間も削減されることが分かった。最適スケジュール作成モデルを用いることによって、さらに合理化を図ることができるため、ローディング・ゾーンの導入には、路上駐車場の整序化および走行距離・移動所要時間の削減という複合的な効果が期待できるものである。なお、以上で試算した効果は、ローディング・ゾーンが利用できない場合には、5分以内の荷さばき駐車しか認めないという前提のものであり、現実にはそれ以上の駐車も少なくないことには注意する必要がある。

5. 物流合理化策に基づいた地区物流環境改善効果

前章までは、トラック1台あたりの効果あるいは共同集荷トラック1台（本稿の試算では通常のトラック4台に相当）当たりの効果を対象としたが、本章ではこれを当該地区全体の集配送トラックに拡大することとし、上記の各施策の導入効果を環境改善ならびにコスト削減効果の側面から分析することにした。

ここでは、排出ガスのうちで、 NO_x 、CO、HC、PMを取り上げた。表-6には排出ガスの原単位を示している。なお、対象地区で集荷活動を行っているトラック台数を推定することは実際には容易ではない。そこで、本稿では、実態調査で協力を得た運送会社は、大阪府下で業務を行っている中規模の運送会社であることを考慮し、当該運送会社が対象地区において、1日当たり配車しているトラックの台数を調べた。船場地区で業務を行っている運送会社数を把握することも容易ではないが、ここでは、1998年に船場地区で行われた共同配送実験に積極的に参加した企業数を用いることにした。そして、両者に乗じることによって、船場地区で活動している総トラック数の推定値とした。排出ガスの削減効果を表-7に示す。スケジュールの最適化による走行距離の短縮、共同集荷、ならびにローディング・ゾーンの導入によるコスト削減効果を表-8に示す。ここでは賃金センサスより、道路貨物輸送従事者の時間価値を1910円/時として算出した。

集荷活動現況再現モデルと最適スケジュール作成モデルの結果を比較すると、大きな効果が得られており、スケジュールを最適化することが環境負荷の低減ならびにコスト削減の面からも重要であることがわかる。

共同集荷システムを導入した場合、最も効果が大きくなる。このため、共同集荷システムは輸送事業者に対してコスト削減等の効果をもたらすだけではなく、社会的にもトラック台数の削減によって環境改善等の効果をもたらすより有効な施策であるといえる。

ローディング・ゾーンを導入した場合には、共同集荷システム導入ほどの効果は期待できないが、環境改善やコスト削減効果も決して少なくはない。ローディング・ゾーンの主目的は駐車施設の不足による路上での無秩序な荷さばき駐車を整序化することであり、交通量削減そのものを目的としたものではないが、輸送コスト削減にも寄与する可能性がある。

6. おわりに

都心商業地区等における地区レベルの物流改善について検討する場合には、活用できるデータは非常に限られたものとなる。そこで、本研究では、トラックの同乗調査およびSP調査等の調査を組み合わせたハイブリッド型地区物流調査手法を提案した。次に、この方法によって得られたデータを用いて、集荷活動の合理化について検討できる動的なスケジュール決定モデルを作成した。

さらに集荷活動の現況再現モデルによって現状を再現し、これと動的な集荷スケジュール決定モデルおよび種々の物流合理化策の導入結果とを比較することによって、それらの導入効果を定量的に把握した。その結果、共同集荷システムは最も有効な合理化策であるが、ローディング・ゾーンの設置も路上駐車場の整序化だけでなく走行距離・所要時間の削減に効果をもたらすことを明らかにした。

なお、本研究では船場地区における調査結果に基づいてモデル構築を行っているから、本モデルを他地域に適用する際には、荷主と運送事業者の関係、ならびに輸送形態が船場地区と類似していることを確認することが必要である。また、本稿で提案した集荷活動現況再現モデルは、一方通行規制が多用された格子状街路網地区を前提としていることにも留意する必要がある。

参考文献

- 1) Macroni, W.: Commercial Vehicles in a Large Central Business District, Traffic Engineering, Vol.41, No.5, 44-54, 1971.
- 2) Ahrens, G.A., Forstall, K.W., Guthrie, R.U., and Ryan, B.J.: Analysis of truck Deliveries in a Small Business District, TRR, No.637, 1977.
- 3) Takahashi, Y., Hyodo, T., and Kuze, H.: A study on Modeling of truck's Behavior and Policy Analysis of Transportation System Management in CBD, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation studies, Vol.2, No.6, 1791-1802, 1997.
- 4) Taniguchi, E., Yamada, T. and Tamagawa, D.: Probabilistic Vehicle Routing and Scheduling on Variable Travel Time with Dynamic Traffic Simulation, City Logistics 1, 85-99, 1999.
- 5) Thompson R.G., and Taniguchi, E.: Routing of Commercial Vehicles Using Stochastic Programming, City Logistics 1, 73-83, 1999.
- 6) Christiansen, D.: Off-street Truck Loading Facilities in Downtown

Area, TRR, No.688, 10-14, 1978.

- 7) Habibi, A and Crowley, K.W: Economic Approach to Allocating Curb Space for Urban Goods Movement, TRR No.591, 18-24, 1976.
- 8) 高田邦道, 谷川正太郎, 内藤俊介: 貨物車を考慮した路上駐車改善策の評価, 都市計画, No.215, 86-92, 1998.
- 9) 苦瀬博仁, 岩尾詠一郎, 朴相徹, 慶田知紀: 大都市中心部の端末物流における荷役・搬送活動のシミュレーション分析, 都市計画論文集, No. 32, 589-594, 1997.
- 10) Iwao, E. and Kuse, H.: Traffic and Environmental Impact analysis of Large-scale facilities in the Commercial Business District, *Journal of Eastern Asia society for Transportation studies*, Vol.4, No.1, 523-535, 2001.
- 11) 毛利正光, 塚口博司, エブラヒム・マブルーク: 問屋街におけるカーローディングの実態とカーローディング施設規模の算定に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.18, 439-444, 1983.
- 12) 毛利正光, 塚口博司: 都市交通合理化のための物流の改善について, 都市問題研究, Vol.37, No.11, 103-120, 1985.
- 13) 高橋洋二, 松尾靖浩, 森弘慎治: 商業・業務地区における荷さばき駐車停車需要に関する定量的分析, 土木計画学研究・講演集 21(1), 283-286, 1998.
- 14) 塚口博司, 大西宣二, 飯田克弘, 中谷武彦: 荷さばき駐車施設の計画と運用に関する研究, 土木計画学研究・講演集 15, 703-709, 1992.
- 15) 塚口博司, 鄭憲永: 集配送トラックの横もち行動分析とローディング・ゾーンの計画に関する基礎的研究, 都市計画論文集, No. 35, 589-594, 2000.
- 16) 塚口博司, 飯田克弘, 中谷武彦: 商業地区における荷さばき駐車管理システムに関する研究, 土木学会論文集, No.494, 107-115, 1994.
- 17) Odani, M. and Tsuji, T.: An experiment to demonstrate the effectiveness of on-street parking facilities for delivery vehicles, *City Logistics* 2, 351-365, 2001.
- 18) Tsukaguchi, H, Li, Y., Ohara, F., and Nishimura, T.: A study on modeling of truck's movement in CBD, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.2, No.6, 1803-1812, 1997.
- 19) Van Der Bruggen, L.J.J, Lenstra, J.K., and Schuur, P.C: Variable-Depth Search for the single-Vehicle Pickup and Delivery Problem with Time Windows, *Transportation Science*, Vol.27, No.3, 298-311, 1993.
- 20) 魚井宏泰・鈴木正隆・塚口博司: ローディング・ゾーンのキャッチメントエリアの設定に関する一考察, 土木学会関西支部学術講演会講演集, IV-44, 2002.

都心商業地区における動的な集荷スケジュール決定モデルの構築と集荷活動の合理化*

塚口博司**・西脇康次***・鈴木正隆****

トラックによる集配送活動を荷主事業所への訪問スケジュール作成という観点から捉える場合、配送活動と集荷活動には大きな相違点がある。前者の場合には、活動を開始する前にスケジュールを作成することは容易であるが、後者の場合には新たな集荷要請等によって変更を迫られることが日常的であり、スケジュールを現場で適切かつ迅速に修正して対応することが必要となってくる。

このような背景を踏まえ、本研究では集荷活動の特性を明らかにするための調査手法を提案する。次に、それを踏まえて効率的な集荷活動を実現するために、集荷活動の改善を訪問順序および経路の最適化という視点から捉え、最適な集荷モデルを構築する。さらに構築したモデルを用いることにより、物流合理化策の効果について分析した。

Modelling of Dynamic Schedule Options of Collective Truck Movement and its Application to Goods Collection Rationalization in Commercial Areas

By Hiroshi Tsukaguchi, Koji Nishiwaki, and Masataka Suzuki

Delivery and collective trucks perform a vital distribution function of goods that is an essential component of the economic activities in urban areas. However, abundance of delivery and collective trucks in many central business districts in large cities, have often contributed toward severe traffic congestion. There is much room to improve city-wide freight transport, especially in the case of collective activities. The objective of this study is to investigate the characteristics of collective truck movement related to the detour request and to develop a modelling framework to incorporate the dynamic routing capabilities to pick-up loads from the service region in order to examine optimum truck movement.
