

マクロ集配輸送計画モデルの構築とその「地区型共同集配送」評価への適用

A Macroscopic Collection/Delivery Model of Goods Transport and its Application on a Inter-Carrier Cooperative Cargo Logistics

家田 仁*, 佐野可寸志**, 常山修治***
By Hitoshi IEDA, Kazushi SANO and Shuji TSUNEYAMA

The requirement of consumers and retailers for convenience such as JIT service and high frequency delivery derived the increase of freight traffic flow in recent years, and the improvement of logistic system in urban region has been getting nation-wide interest from the standpoints of traffic congestion and environmental pollution. Many kinds of countermeasures like truck-bay construction on road side, joint goods transport by common carriers or whole-salers or socioscopic regulations are proposed against these problems.

This study proposes a macroscopic collection/delivery model where the rational economic behavior of carriers and truck drivers are introduced and which can output truck size, number of trucks, running distance, running time, and so on, so as to evaluate the effects and the influence of those countermeasures. The model is applied on a Japanese urban region, where a inter-carrier cooperation on cargo collection /delivery was introduced, and the effects of the joint work is quantitatively evaluated.

1. はじめに

現在わが国の物流はトンベースでいえばそのほとんどがトラック輸送により行われ、流通の多品種少量化や、JIT納入化など市場のニーズに応える質の高い輸送が指向されているが、一方では都市部での道路交通渋滞や大気汚染の問題を踏まえ、交通に係わる外部不経済への対応策もまた大きな社会的課題となっている。これに対して、ドライバー等の顕著な人手不足、物流二法成立後の事業規制緩和に伴う物流業界の再編動向などの情勢とも相まって、物流事業者内部でも経営の効率化が推進されている。しかし、こうした事業者の努力ばかりでなく公的セクターにも、道路上のトラックベイ設置や荷捌き施設の付置義務化などといった道路及び都市施設整備、貨物車優先パーキングメータなどのような交通管理

キーワード：物流政策、集配輸送、物流共同化
* 正会員 工博 東京大学助教授 土木工学科
** 正会員 工修 東京大学助手 土木工学科
*** 学生会員 東京大学大学院 土木工学専攻
(〒113 東京都文京区本郷7-3-1)

政策、共同輸配送事業に対する支援／幹旋や複合輸送の支援といった運輸事業政策、燃料税制の改善、貨物車重量規制の緩和、非効率な中小企業の物流の改善や一貫パレットに代表される規格化の推進といった産業政策など、積極的な政策展開が強く要請されている。そこで本研究では、都市部でとりわけ顕著な積み合わせ集配輸送を念頭におき、上記のような各種の政策実施の効果の予測評価やその公的セクターを含めた費用負担関係の妥当性検討を支援するため、物流事業者やドライバーの行動を記述再現し簡便に操作できるマクロなモデルを構築するとともに、モデルを福岡天神地区の地区型共同集配事業に適用し、モデルの推定と共同集配の効果の評価を試みる。

2. 従来の研究と本研究の位置付け

都市内の集配送問題を扱った研究としては、1980年代の一連の研究¹⁾²⁾³⁾があげられる。これらは、配送にともなう諸費用を最小化するような、最適なトラックの運行形態を求めるものであるが、事業者

の費用のみに着目し、これらと顧客のサービスレベルのトレードオフ関係の分析は行われていない。松本⁴⁾は、さらにこれらを進めて顧客のサービス水準を考慮したモデル分析を行い、実証的なデータを用いて供給者の配送行動を記述し一定の成果を得ているが、事業者の行動分析に主たる目的を置くもので、各種物流政策の効果の予測評価や社会的にみた便益の評価といったニーズに必ずしも応えることのできる方法論とはなっていない。

一方、標題にもあるとおり本研究では、物流政策の一例として特に地区型共同集配送を取り上げている。これに関する調査研究は各地で行われているが⁵⁾、共同輸送の状況報告にとどまっているケースが多い。また、共同輸送を導入した場合に、どの程度の効果が得られるのかを定量的に検討した例としては、塚口⁶⁾の研究があげられるが、実情の分析に重点をおいたもので、集配活動の行動モデル化を通じての客観的評価という視点には立っていない。

本研究は、トラックベイ設置や共同輸送の公的助成などといった各種の物流政策の評価に、政策立案者、交通計画者、都市計画者が応用することを目的として次のような条件をみたすマクロな再現評価モデルを構築する。すなわち、①上記の目的に適應した実用的なものであること。②経済的合理性をベースとした行動原理を内包する。③現実を再現できることと同時にモデル推定が可能。④操作性が高く、

推定・適用に必要なデータが容易に入手可能。

さらに、構築されたモデルを福岡市天神地区で現在実施されている地区型共同集配に適用しモデルの推定とともにその効果を分析する。

3. マクロ集配輸送計画モデル

(1) マクロ集配輸送計画モデルの構造

ここでは物流に関連する各種の施策をマクロに評価するため、運送事業者やドライバーの行動を記述し、地域の集配輸送を第一次近似的に再現することのできるモデルを構築する。まず、モデルの対象とする地域について次の二つを定義する。(図1)

①集配エリア：対象とする積み合わせトラック輸送の集配区域。1集配エリアに1箇所の集配ターミナル(事業者により、センター、デポなどとも呼称される。)が対応する。

②集配ゾーン：集配エリア内で1台の集配トラックが担当する集配地区。集配エリアの中の集配ゾーン総数は、同時に稼働トラック台数を意味する。

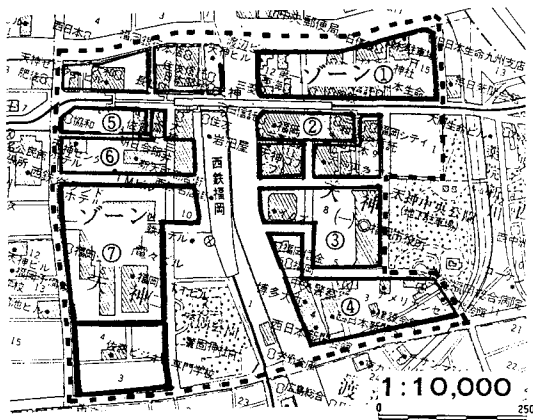
本研究で提案するマクロ集配輸送計画モデルは、意志決定のプロセスを考慮してつぎの2つのレベルのサブモデルから構成される。

(A) エリア集配計画サブモデル

(B) ゾーン走行計画サブモデル

まず、エリア集配計画サブモデルは、集配エリア全体のマクロな運送計画に関するもので、運送事業者がコストを最小化するように集配エリアに導入する車両サイズとゾーン数(すなわち車両数)を決定する行動を記述する。エリア集配計画サブモデルの下部にあるゾーン走行計画サブモデルはゾーン内の走行計画に関して、運送業務を実際に行う乗務員が集配ゾーン内で集配業務にかかわる時間的コストを最小化するように車両の停車頻度を決定するというものである。モデルの基本的構造を図2に示す。本モデルでは簡略化のため以下の5つの仮定をおく。

- ①集配エリアはあらゆる点(集配荷物需要密度、建築物、街路、...)で均質とする。
- ②集配荷物はサイズ、重量などを均一とする。
- ③集配トラックは(配送開始時、集荷帰還時に)最大容量まで利用される。
- ④変数間の関係は、一次近似(比例もしくは逆比例)により記述できる。



集配エリア
 集配ゾーン
 ①～⑦：調査対象ゾーン

図-1 天神地区集配エリアと集配ゾーン

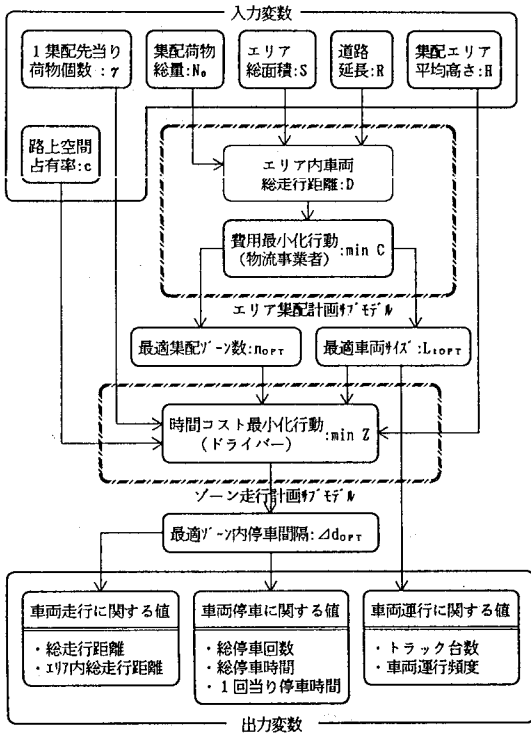


図-2 モデルの構造

⑤ 運送事業者、乗務員は、集配エリアに関する十分な情報を持ち、かつ合理的な行動をとる。

(2) エリア集配計画サブモデルの定式化

a) 集配ゾーン数、集配車両サイズに応じた事業者コスト

まず、1回の集配当りにトラックがエリア内を走行する延長をDとすると、Dは集配貨物需要の密度(N_0 をエリア内の配送及び集荷荷物総量、Sをエリア総面積とした時、 N_0/S となる。)とエリア内の総道路延長(R)によって、 $D=R \cdot g(N_0/S)$ となるものと考えられる。ここで $g(\cdot)$ は都市構造や街路構造などに依存する関数である。この時、集配ゾーン数(すなわち車両台数)をn、車両サイズを L_c と仮定すると、集配ゾーンに関する基本量は以下のとおりとなる。

- ・ 1集配ゾーンでの1日当り取扱荷物量： N_0/n
- ・ 1集配ゾーンでの1日当り集配頻度： $N_0/n \cdot L_c$

(ここで、配送と集荷を同時に行う場合、集配頻度は上記の2倍となるが、都市部ではその時刻選好特性から、配送と集荷が別の集配便の扱いになっていることが多い。)

・ 1集配ゾーン内走行距離： $d = D/n$

したがって、1車両当りの1回の集配に要する走行距離は、 D' をターミナルと集配エリアの平均距離として、 $D/n + 2D'$ となる。よって、1日の車両走行総延長は、以下ようになる。

$$n \cdot \frac{N_0}{n \cdot L_c} \cdot \left(\frac{D}{n} + 2D' \right) = \frac{N_0}{L_c} \cdot \left(\frac{D}{n} + 2D' \right)$$

集配ターミナル-エリア間の車両走行速度を v_1 、エリア内車両走行速度を v_2 とすると、1車両当り、1回の集配に要する車両走行時間は、 $D/(n \cdot v_2) + 2D'/v_1$ となる。1集配当りの積卸・横持ち・縦持ち等の荷扱い時間は、集配トラックサイズ即ち、荷物量に比例すると仮定し、 k_7 を荷扱い作業方式その他に依存する定数とすると、 $k_7 \cdot L_c$ と表される。よって、1日当たりのエリア内全体の車両運行時間は、

$$\frac{N_0}{L_c} \cdot \left\{ \frac{D}{n \cdot v_2} + \frac{2D'}{v_1} + k_7 \cdot L_c \right\} \text{ となる。}$$

車両費及び集配ターミナルにかかるとも、車両台数と車両サイズ L_c に依存するものと考えられる。そこでここでは簡単のため両者をあわせて、 k_6 を定数として、 $k_6 \cdot L_c \cdot n$ と表されるものとする。車両の運行に関する運営コストは、人件費など車両運行時間に比例するものが主体と考え、 k_8 を比例定数として上式より

$$k_8 \cdot \left\{ \frac{N_0}{L_c} \cdot \left(\frac{D}{n \cdot v_2} + \frac{2D'}{v_1} \right) + k_7 \cdot L_c \right\}$$

とする。ターミナルでの仕分け等にかかるコストは、荷物量に比例するとすると、 $k_4 \cdot N_0$ となる。一方、集配頻度の低下は、サービス低下に伴い競争力を低下させ、運送業者の顧客逸失をもたらし、こうした意味で営業上の機会費用を生ずる。これを集配頻度の逆数とエリアのマーケットサイズに比例するものとする、 k_5 を定数として、

$$k_5 \cdot \frac{n \cdot L_c}{N_0} \cdot D \cdot \frac{N_0}{D} = k_5 \cdot n \cdot L_c$$

よって、事業者にとっての総コストは、以上のコストをまとめると、以下のように計算される。

$$C = k_6 \cdot L_c \cdot n + k_4 \cdot N_0 + k_5 \cdot n \cdot L_c + k_8 \cdot \left\{ \frac{N_0}{L_c} \cdot \left(\frac{D}{n \cdot v_2} + \frac{2D'}{v_1} \right) + k_7 \cdot L_c \right\} \dots (1)$$

b) 費用最小化行動に基づく集配ゾーン数と車両サイズの決定

エリア内車両走行速度 v_2 は、エリアの街路構造、

駐車スペース整備度，エリアの交通量，さらに車両サイズ L_t によって変化すると考えられる。そこで，エリアの物理的状況を与件として，車両サイズに逆比例するものとする，エリア内車両走行速度 v_2 は， $v_2 = k_8/L_t$ となる。したがって式(1)は，

$$C = (k_6+k_5)L_t \cdot n + \frac{k_3 \cdot N_0 \cdot D}{k_8} \cdot \frac{1}{n} + \frac{2k_2 \cdot N_0 \cdot D'}{v_1} \cdot \frac{1}{L_t} + (k_3 \cdot k_7 + k_4) N_0 \text{ となる。}$$

事業者は総コストを最小になるように車両サイズ $L_{t,opt}$ ，集配ゾーン数 n_{opt} を決定するとすれば，以下の条件が要請される。

$$\frac{\partial C}{\partial L_t} = (k_6+k_5) \cdot L_t - \frac{k_3 \cdot N_0 \cdot D}{k_8} \cdot \frac{1}{n^2} = 0$$

$$\frac{\partial C}{\partial n} = (k_6+k_5) \cdot n - \frac{2k_2 \cdot N_0 \cdot D'}{v_1} \cdot \frac{1}{L_t^2} = 0$$

上式から，最適車両サイズ $L_{t,opt}$ ・最適集配ゾーン数 n_{opt} は，

$$L_{t,opt} = \sqrt[3]{\frac{4k_2 \cdot k_8 \cdot N_0 \cdot D'^2}{v_1^2 \cdot D \cdot (k_6+k_5)}} \quad \dots (2)$$

$$n_{opt} = \sqrt[3]{\frac{v_1 \cdot k_3 \cdot N_0 \cdot D^2}{2k_8^2 \cdot D' \cdot (k_6+k_5)}} \quad \dots (3)$$

と求められる。

さらに，簡略化のためターミナルエリア間の走行距離 D' が集配エリアの大きさに比例するものと仮定（これはエリアが拡大するとターミナルがエリア内に立地するか否かを問わず平均距離が増大することによる）し，さらにエリアの大きさをエリア内走行距離 D により代表させ， $D' = k_9 \cdot D$ として，これを式(2)，式(3)に代入すると，

$$L_{t,opt} = \sqrt[3]{\frac{4k_2 \cdot k_8 \cdot k_9^2}{v_1^2 \cdot (k_6+k_5)} \cdot D \cdot N_0} \quad \dots (4)$$

$$n_{opt} = \sqrt[3]{\frac{v_1 \cdot k_3}{2k_8^2 \cdot k_9 \cdot (k_6+k_5)} \cdot D \cdot N_0} \quad \dots (5)$$

となる。

(3) ゾーン走行計画サブモデルの定式化

a) ゾーン内停車間隔に応じた総所要時間

ここでは集配活動が(2) a) で定まる路線に沿って一次元的に行われるものとする。そこで1ゾーンの1回あたりの集配荷物線密度を a とすると，これは1ゾーンの1回集配送当たり走行距離 d ，エリアの1日当たり総取扱荷物量 N_0 ，エリアの集配ゾーン数 n ，車両サイズ L_t を用いて，

$$a = (N_0/n) / (N_0/n \cdot L_t) / d = L_t/d \text{ と表される。}$$

まず，1ゾーン内の車両走行時間は， d, v_2 を用いると d/v_2 となる。また， Δd を集配経路上の停車間隔として，1ゾーン1集配当たり停車回数は， $d/\Delta d$ となる。車両を停車させる際には，路上での駐車場所の確保のために時間を費やしたり，場合によっては違法駐車摘発など種々のコストが費やされる。ここでは，このような1回の停車に要するコストを時間の単位で表したものを停車コスト t_1 とする。停車コスト t_1 は，エリアの乗用車なども含めた一般的駐車需要，駐車スペース供給量（路線延長，路外駐車場の駐車可能台数など），さらに荷捌き用の駐車施設の整備度等に依存すると考えられる。1集配当たりの停車コストは停車回数 $d/\Delta d$ により， $t_1 \cdot d/\Delta d$ と表すことができる。

つぎに積卸・積込作業に要する時間は取扱荷物量に比例するものと考えられる。よって， t_2 を単位取扱荷物数当たりの積み卸し作業時間（定数）とすると，1集配当たりでは $t_2 \cdot a \cdot d$ ，1回停車当たりの取扱荷物個数は $a \cdot \Delta d$ となる。ただし，1回の停車当りに荷物を取り扱う範囲は，車両停車位置から両側に車両停車間隔の半分の距離の間である。

1回の横持ち小運搬では，横持ち運搬台車容量 L_0 分の荷物が運搬される。そこで，1横持ち小運搬において集配を受け持つ経路延長を Δx とすると， $\Delta x \cdot a = L_0$ となる。（図3）ここで，停車位置より片側に着目すると，横持ち小運搬回数 m は， $m = a \cdot \Delta d / 2L_0$ となるが，この時， k 回目の横持ち運搬距離 x_k （往復）は， $2 \cdot \{\Delta x/2 + \Delta x \cdot (k-1)\}$ となるから，1停車当たりの総横持ち運搬距離（片側）は， $\sum x_k = \sum (2\Delta x \cdot k - \Delta x) = m^2 \cdot \Delta x = a \cdot (\Delta d)^2 / 4L_0$ となる。よって，1ゾーン1集配当たりの横持ち所要時間は，平均横持ち運搬速度を v_H として，

$$\frac{a \cdot (\Delta d)^2}{2L_0 \cdot v_H} \cdot \frac{d}{\Delta d} = \frac{a \cdot \Delta d \cdot d}{2L_0 \cdot v_H} \text{ と表される。}$$

1集配先当りの縦持ち所要時間（往復）は， H を集配エリアの平均高さとして， $2H/v_v$ となる。また，集配先件数は荷物量によって決まるものとする，1停車当たりの集配先件数は， γ を1集配先当たり取扱荷物個数として， $a \cdot \Delta d / \gamma$ となる。したがって，1集配当たりの縦持ち運搬時間は，

$$\frac{2H}{v_v} \cdot \frac{a \cdot \Delta d}{\gamma} \cdot \frac{d}{\Delta d} = \frac{2H \cdot a \cdot d}{\gamma \cdot v_v} \text{ となる。}$$

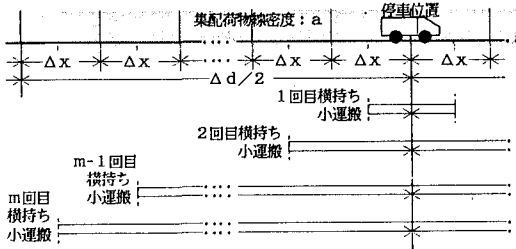


図-3 横持ち運搬のイメージ

この他に荷物の受け渡しや、伝票のチェック等により集配先での滞在時間が発生する。各集配先での滞在時間が一定と仮定すると、1集配当りの集配先滞在時間は t_3 を定数として、 $t_3 \cdot a \cdot d / \gamma$ となる。

以上より、1集配当たりの総所要時間 Z （停車コストの時間相当値を含む）は、

$$Z = d \cdot \left\{ 1/v_2 + t_1/\Delta d + t_2 \cdot a + \frac{a \cdot \Delta d}{2L_0 \cdot v_H} + \frac{2H \cdot a}{\gamma \cdot v_V} + \frac{t_3 \cdot a}{\gamma} \right\} \text{ となる。}$$

b) 時間費用最小化行動による停車間隔の決定

乗務員は、上記の時間コストを最小化するように Δd_{opt} を決定すると考えると、

$$\frac{\partial Z}{\partial \Delta d} = d \left\{ -t_1/\Delta d^2 + \frac{a \cdot \Delta d}{2L_0 \cdot v_H} \right\} = 0$$

すなわち、

$$\Delta d_{opt} = \sqrt{2L_0 \cdot t_1 \cdot v_H / a} \quad \dots (6)$$

と、最適な停車間隔 Δd_{opt} が求められる。最適化された結果としての1集配当たり停車回数は、

$$d \cdot \sqrt{a / 2L_0 \cdot t_1 \cdot v_H}$$

また、最適化された結果としての1集配当たり総停車時間は、

$$d \cdot \sqrt{\frac{a \cdot t_1}{L_0 \cdot v_H}} + t_2 \cdot a \cdot d + \frac{a \cdot d}{\gamma} \cdot \left(\frac{2H}{v_V} + t_3 \right)$$

となる。

4. 福岡・天神地区集配輸送調査とモデルの適用

(1) 調査の概要

天神地区は交通拠点であるとともに商業の中心地であるために、福岡市の中でも最も交通混雑の激しい地域であり、集配トラックの運行効率も、著しく低かった。このため、昭和53年より共同配送が、さらに昭和61年から共同集配送事業が開始され、現在30社の物流事業者により共同で運営されている。本例は取扱い荷物量も多く、本研究のモデルの適用例

として調査を行った。なお、エリア集配計画サブモデルの推定に際して十分なサンプル数を得るために、近接する博多地区の集配活動調査も併せて行った。

a) エリア集配活動調査

【調査対象】天神エリアの共同集配送事業者と博多エリアを集配エリアとする31物流事業者。

【調査項目】事業者毎に各エリア内トラック台数、トラックサイズ、各エリア内集配荷物個数

【調査方法】上記の調査項目について、平均的荷物取り扱い月の1991年11月の1ヶ月間の集配送の実績を資料収集した。

b) ゾーン集配活動実測調査

【調査対象】共同集配送が行われている天神1～2丁目の12ゾーンからランダムに7ゾーンを選定し、実測調査を行った。（図1）

【調査日時】1991年11月18日（月）、20日（水）

【調査項目】停車位置、停車時刻、積卸し・積み込み時間、運搬ルート、運搬距離・時間（横持ち、縦持ち別）、集配件数、集配荷物個数・大きさ、付帯業務内容・時間

【調査方法】貨物車に同乗の調査員が、ターミナル出発から帰着までの一連の集配作業をドライバーの活動に従って、追跡・記録した。

c) ゾーン路上空間占有率調査

【調査対象】上記7ゾーンの周辺道路

【調査日時】1991年11月19日（火）

【調査項目】路上停車車両数、路上停車可能車両数

【調査方法】停車可能な道路延長が駐停車によって占有されている割合を路上空間占有率と定義し、本調査では作業上の制約から日中の平均的な状態として測定した。そこで、2時間おきに当該ゾーンを巡回し、路上駐停車車両数を貨物車、一般車別に記録する。また、路上停車可能車両数は、ゼンリン住宅地図を用いて、物理的に停車が可能な道路延長を地図上で計測し、それをを用いて以下のように推計をおこなった。片側1車線以上の道路は、その両側で駐車可能と考えて2倍した後、1台当りの駐停車に要するスペースを実測平均より11mとして路上駐停車可能車両数とした。

(2) マクロ集配輸送計画モデルの推定

a) 基礎データの整理

①：モデルにおいては荷物は均一としているため、

実際の荷物個数を標準的な荷物のサイズ（ここでは約2才程度の段ボール箱を標準とした。）に体積ベースで置き換えた実質荷物個数として用いる。評価時の予測のため、取扱い荷物個数を実質荷物個数に換算する関係式を導くと、実質荷物個数を N_0 、取扱荷物個数を N として、 $N_0 = 1.30 \times N$ [個]となった。
 ②：天神エリアおよび博多エリアの調査において、各エリアの1回の集配当たり車両走行距離 D とエリア道路総延長 R 、集配荷物面積密度 N_0/S との関係を解析した結果、集配荷物面積密度が十分高い場合には車両走行距離と道路総延長の比は集配荷物需要の面積密度によらず一定値に近づき、低くなるにしがたって低下することが明らかになった。なお、エリア内道路総延長は、ゼンリン住宅地図を用いて、2tトラックが走行と停車が可能な幅員5m以上の当該地区内の道路延長を地図上で計測した。この結果より、集配荷物個数 N_0 [個]、エリア面積 S [m²]、エリア道路総延長 R [m]が与えられたとき、エリア走行距離 D が次の式のように求められた。

$$D/R = 0.832 \times \{1 - \exp(-5000 \cdot N_0/S)\}$$

b) エリア集配計画サブモデルの推定

エリア集配計画サブモデルの推定を行うため、天神地区における集配荷物量、使用車両、集配ゾーン数（すなわち車両数）のデータに加えて、博多地区における物流事業者各社の同様のデータから、調査月の平日1日平均の値を用いた。なお、天神地区については、軽車両を用いる早朝配送便と一部の大手業者の荷物を他と区別して別個に直接集配送しているいわゆる張付型荷物は、一般の共同集配送荷物と区別して扱った。

さて、エリア集配計画サブモデルが導く最適行動下での車両サイズ及びゾーン数（式(4)、(5)）における v_1 、 k_1 その他のパラメータが地区内で共通とすると、これらはまとめて、

$$L_t = K_1 \cdot \sqrt[3]{D \cdot N_0}$$

$$n = K_2 \cdot \sqrt[3]{D \cdot N_0}$$

と表すことができる。したがって、天神地区、博多地区のデータから D 、 N_0 を算出し、これと実際の L_t 、 C_n をプロットすることにより同モデルの妥当性の確認、及びパラメータ K_1 、 K_2 の推定を行うことができる（図4、図5）。

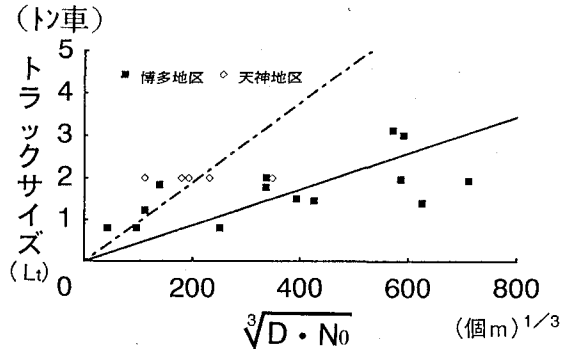


図-4 エリア集配サブモデルの推定(1)

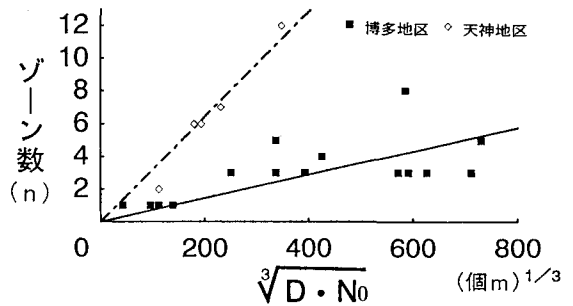


図-5 エリア集配サブモデルの推定(2)

これらのパラメータは、それぞれの地区特性を含んでいるので、その値には相違が見られるがモデルの妥当性はそれぞれ概ね確認されたものと考えられる。なお、天神地区と博多地区のパラメータの相違は、主として天神地区の場合の道路混雑が博多地区に較べて著しいため、エリア内の走行速度が小さくなっていることによるものと考えられる。以上より、天神地区のエリア集配計画サブモデルの総合パラメータは、

$$K_1 = 0.0094 \quad [\text{トン車} / (\text{m} \cdot \text{個})^{1/3}]$$

$$K_2 = 0.0321 \quad [1 / (\text{m} \cdot \text{個})^{1/3}]$$

c) ゾーン走行計画サブモデルの推定

まず、実測結果により直接算出することのできるパラメータを天神地区のエリア内で平均して求めると以下のとおりとなった。

エリア内走行速度	$v_2 = 86.6$ [m/分]
積み卸し作業時間	$t_2 = 0.181$ [分/個]
横持ち運搬速度	$v_H = 41.9$ [m/分]
横持ち運搬容量(台車)	$L_0 = 15$ [個]
縦持ち運搬速度	$v_V = 2.34$ [階/分]
縦持ち距離	$H = 2.55$ [階]

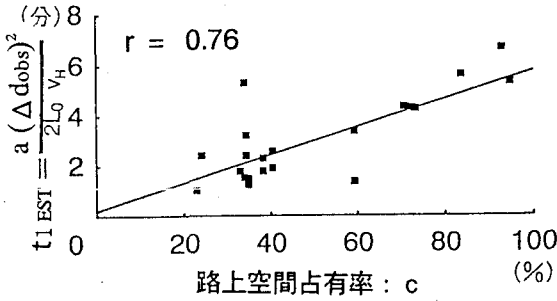


図-6 停車コストパラメータの推定

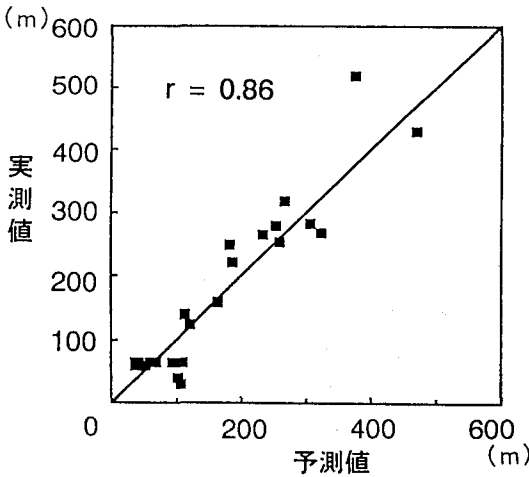


図-7 停車間隔推定結果の適合性

集配先一件当たり

取扱実質荷物個数 $\gamma = 5.30$ [個/件]

集配先滞在時間 $t_s = 1.6$ [分/件]

次に各ゾーン毎に、集配荷物線密度 a 、平均停車間隔の観測値 Δd_{obs} 及び上記により得られた横持ち運搬容量 L_0 、横持ち運搬速度 v_h が与えられると、式(6)により停車コストパラメータ t_1 を逆推定することができる。こうして得られた停車コスト t_1 は、モデル構造上停車の困難度を表すはずである。そこでこれを別途測定した各ゾーン毎の路上空間占有率 c (%)とプロットすると両者が概ね正の相関関係を持つことが明かとなり(図6)、この結果、パラメータ t_1 (分/回)は、路上空間占有率 c (%)を用いて、 $t_1 = 0.0559 \cdot c + 0.214$ と推定された。なお、次項の共同集配送評価時に用いる天神地区エリアの平均的路上空間占有率 c は26.8%とした。以上より推定されたパラメータ群を用いた停車間隔、停車時間、停車

回数などのモデル予測値と実測値とを比較すると、本モデルが概ね現状を再現していることが確認された。(図7には停車間隔の結果を例示する。)

(3) 地区型共同集配の効果分析

a) 分析の前提

前項で推定されたモデルを用いて、福岡天神地区で「共同集配送が実施されていない場合」の輸送状況を予測し、現状及びモデルの予測する「共同集配送化されている場合」との比較を行う。

まず、「共同集配化された場合」は、現状(1991年11月)の荷物取扱個数(1日実質4,797個)を前提として1事業者がその集配トラックサイズ、集配ゾーン数を決定し、さらに停車行動を決定するものとし、「共同集配化されなかった場合」は、現状の荷物取扱個数を実績にもとずき、30社からなる(配送持ち込み/集荷引き受け)運送事業者に配分し、各事業者がそれぞれ独自に上記と同様の意志決定をするものとした。

b) トラックサイズとゾーン数の予測

エリア集配計画サブモデルが予測するトラックサイズと集配ゾーン数(すなわちトラック台数)を共同化された場合とされなかった場合についてもとめると、以下のとおりとなる。

- 「共同集配化されなかった場合」(30社)
 - ・トラックサイズ: 0.3トン車~2.2トン車
 - ・集配ゾーン数: 1ゾーン~7ゾーン
- 「共同集配化された場合」
 - ・トラックサイズ: 3.6トン車
 - ・集配ゾーン数: 13ゾーン

なお、実際には道路幅員等の物理的制約から天神地区では2トン車が用いられている。そこでモデル上、トラックサイズを与件として最適なゾーン数を求めた結果、同様に約13となった。

c) 天神地区共同集配の効果分析

エリア集配計画サブモデルで予測された結果をさらにゾーン走行計画サブモデルに適用し、最適行動の結果としての停車間隔を予測し、これを用いて走行、停車に関する諸数値を予測したところ表-1のとおりとなった。なお、「共同集配化されなかった場合」においては、30社それぞれについての予測値の総計をとっている。

表1の結果から明らかなように、積み合わせ運送

表-1 天神地区共同集配送の効果

	共同化ナシ	共同化アリ	効果
トラック台数 (台)	75	26	△65%
総走行距離 (km/日)	815.8	251.4	△69%
エリア内走行距離 (km/日)	104.8	17.4	△87%
総停車回数 (回/日)	502	139	△72%
総停車時間 (時間/日)	100.4	82.9	△17%
1回当り停車時間 (分)	12.0	35.8	198%

事業における都市部集配輸送の共同化は、総トラック台数、総走行距離、総停車時間の減少をもたらす。これは、当然のことながら経費節減を通じて、運送事業者の経営上の効果をもたらすが、同時に都市環境改善や交通混雑軽減など社会的な効果を生んでいる。

こうした共同化の効果は上記のように少なからぬ大きさのものと推定されるが、同時に2つの点に注意が必要である。第1は共同化に伴って集配時の1回当たりの停車時間が約12分から約36分へと増大すること、第2は共同化にともなって集配車両が大型化することである。この2点とも走行距離低減、停車時間低減に寄与するものでそれ自身に問題があるわけではない。しかし、稠密な都市中心部では、大型化が停車スポットの発見を困難にさせ、また1回当たり停車時間の増大に対応するため2人ドライバー体制を余儀なくさせコストを引き上げる結果をもたらしているのが実際である。総合的にみて、共同化の実施がもたらす上記のような社会的効果を考えると、共同化の推進にともなって路上のトラックベイや荷捌設備の整備、あるいは駐車管理取り締まりにおける特別の配慮が必要とされているといえよう。

5. 結論及び今後の課題

本研究では、物流に関連した諸施策の効果を予測評価するための方法論として、都市内の集配輸送到に着目し、事業者とドライバーの行動を記述するマクロ集配計画モデルを構築した。このモデルは物流事業者とドライバーの二段階の行動をいずれもコスト最小化行動という形で、マクロに記述したものである。このモデルを福岡天神・博多地区の実測調査結果に適用した結果、その妥当性が概ね確認されるとともに、モデルパラメータの概略値が推定された。さらに天神地区の共同輸配送事業の評価に適用した結果、トラック台数の減少、走行距離の減少という

面で、共同輸配送の効果が定量的に計測され、同時に共同化にともなう、1回当たりの停車時間の増大、トラック大型化といった局面も明らかにされた。さらに、今後は次のような展開が必要となろう。

- ①パラメータの精度向上のため追加調査。
- ②モデル構造上の諸仮定の緩和及びモデルの拡張。
- ③トラックベイ等の施設の整備度の明示的な取り込み。
- ④共同ターミナルのコスト等の組み込みと、共同化の成立要件の明示。
- ⑤集配輸送の効果と費用の帰着分析と、公的セクターによる助成の根拠、及びその妥当規模の検討。

6. あとがき

本研究の調査を遂行するにあたり、「共同輸配送事業の推進に関する調査委員会」(計画交通研究会主催)から御協力を賜った。特に、委員長の中央大学鹿島茂教授には、多面的に御指導、御援助を頂いた。また、調査に当たっては、同委員の日本大学岐美宗助手、福岡トラック協会の甲斐田孝一専務理事をはじめ多くの方々に御協力を頂いた。ここに深く感謝する次第である。

【参考文献】

- 1) Lawrence D. Burns, Randolph W. Hall, Dennis E. Blumenfeld, and Carlos F. Daganzo: Distribution Strategies that Minimize Transportation and Inventory Costs, Operation Research Vol. 33, No. 3, pp467~490, May-June 1985
- 2) Carlos F. Daganzo: Supplying a Single Location from Heterogeneous Sources, Transportation Research, Vol. 19B, No. 5, pp409~419, 1985
- 3) Randolph W. Hall: Determining Vehicle Dispatch when Shipping Frequency Differs among Suppliers, Transportation Research, Vol. 19B, No. 5, pp421~431, 1985
- 4) 松本昌二: 都市内物流に関するロジスティック費用と顧客サービスのトレードオフ, 土木学会論文集 第413号/IV-12, pp. 31~38, 1990. 1
- 5) 運輸省流通対策本部, 運輸経済研究センター: 都市内物流合理化調査報告書, 1979
- 6) 塚口博司, 毛利正光, 松井三思呂: 都心商業地区における物資共同輸送システムの導入に関する一考察, 土木学会論文集 第401号, pp. 23~31, 1989