

# 都市内集配輸送における配車管理システム “COSMICS”の開発

## Truck Scheduling System for Urban Collection / Delivery

都市内輸送の効率化は、物流企業においても重要な課題となっている。都市内集配輸送の配車管理システムは、コンテナ輸送における都市内集配を対象として、トラックの利用効率向上を目指す配車管理システムとして開発されたものである。

このシステムは、集貨と配達を最適とする配車計画を行なうもので、集貨先と配達先の組み合わせ決定とトラック割当作業の決定とで構成されている。このシステムで用いている技法は、整数型線形計画法の一つである割当問題、スケジュール制御の技法である。

このシステムの適用により、配車に関する専門知識の少ない人にもトラック配車が行なえる。

鈴木修一\* *Shūichi Suzuki*  
一之瀬好雄\* *Yoshio Ichinose*  
明石吉三\*\* *Kichizō Akashi*

### 1 緒言

近年、物流問題の解決策として、鉄道や船舶などによる都市間の大量遠距離輸送と、トラックによる少量であるが迅速で小回りの利く都市内輸送とを組み合わせた複合一貫輸送が著しく普及し、その需要は増大の一途をたどっている。こうした中で、物流のシステム化は各方面において検討が進められており、配車管理システムの開発も一つの大きな課題となっている。複合一貫輸送の中でコンテナ輸送の占める位置は大きく、今回はコンテナ輸送の中で都市内における集配システムを中心に述べることにする。

配車管理システムは現場での実用に即した形で運用できることが必須であるが、都市内集配システムでは、都市内を担当する少数の部署を対象とすればよく、作業内容の伝達、体制の確立、規則化などが比較的容易で、都市間の配車管理システムのように多部署の調整に多大な労力と時間を費やすといった負担が少ない点で、開発に着手しやすい。しかし一方で、都市内集配業務は、交通事情などの外部要因に制約を受ける点が多く、システム化の困難な面が多い。特に運輸業の場合、取扱い対象が一般貨物であることから、広範な地域に不特定多数の荷主が分布しており、計画を立て、実施するうえでの障害要因となる場合が多い。これら障害の原因は、

- (1) 都市内の慢性的交通渋滞
- (2) 積替地点における輸送機関のジョイントの難しさ
- (3) 荷主側の時間的不確実性と要求事項の多様性

という点で、これらの解決を迫られている。今後、人件費の高騰する中で、増大する輸送需要に対処するためには、コンピュータ化は極めて緊急な課題である。電子計算機で処理して運用するためには、処理するデータを単純化し、インプットが簡単にでき、必要最小限のアウトプットがタイミングよく利用できるように、情報系を整理できれば有効であり、配車管理システムのコンピュータ化のポイントとなる。

コンテナ輸送では、輸送貨物、輸送ルート単純化が比較的簡単に図れるため、情報系の整理が容易であり、システムが外部要因に乱されることが少なく、クローズした情報系になる要素が多い。それらは、

- (1) コンテナ集配作業では、1運行で対象となる荷主が、極めて少数に限定できる。その結果、運行ルートが比較的単純になり、予定している作業スケジュールに大きな誤差を生じない。
  - (2) 荷姿や貨物の積み卸しの順序といった問題にも惑わされることなく、処理する内容が割合に簡単になる。
  - (3) 朝の限られた時間内や1回目の作業を終了して帰着したトラックに、それ以降の運行割当てを行なう場合でも、極めて短時間に最適な配車を行うことができ、コンピュータ化すると運用が大幅に楽になる。
- といった点で、電子計算機処理の効果が期待できる。

### 2 コンテナ集配計画の目標

都市内のコンテナ集配作業は、コンテナを配達しその後空になったコンテナを他荷主へ空走して集貨するもので、多くの荷主を回る配達作業などと比較して、特殊性があると同時に、割合容易に最適性を追求するための目的が絞やすい。そこで、コンテナ集配計画システム(以下、Computer Scheduled and Man-machine Interface Container Systemを略し“COSMICS”と記す)を開発したのであるが、これは配達コンテナ情報、集貨コンテナ情報及びトラック情報を入力すると、最適な集配計画が作成できるものである。

#### 2.1 都市内コンテナ集配の形態

配車計画システムは、厳しい制約条件の中で輸送コストの低減という目的に沿って、トラックの利用効率向上を追求するシステムである。

既存の配車計画手法としては、広く Vehicle Scheduling Program (VSP) の名前で知られた配達計画プログラムがあるが、これは図1に示すように、特定の1基地にある荷を複数のトラックによって多数の荷主先へ配達し、再びその基地に戻る輸送形態のものを対象としている。例えば、ビール配送がその例であり、この問題に対してVSPは、必要トラック台数の最小化、積載効率の向上を図る各トラックの配車手順、すなわち配送ルートを決めるときに有効である。

\* 日立製作所ソフトウェア工場 \*\* 日立製作所システム開発研究所

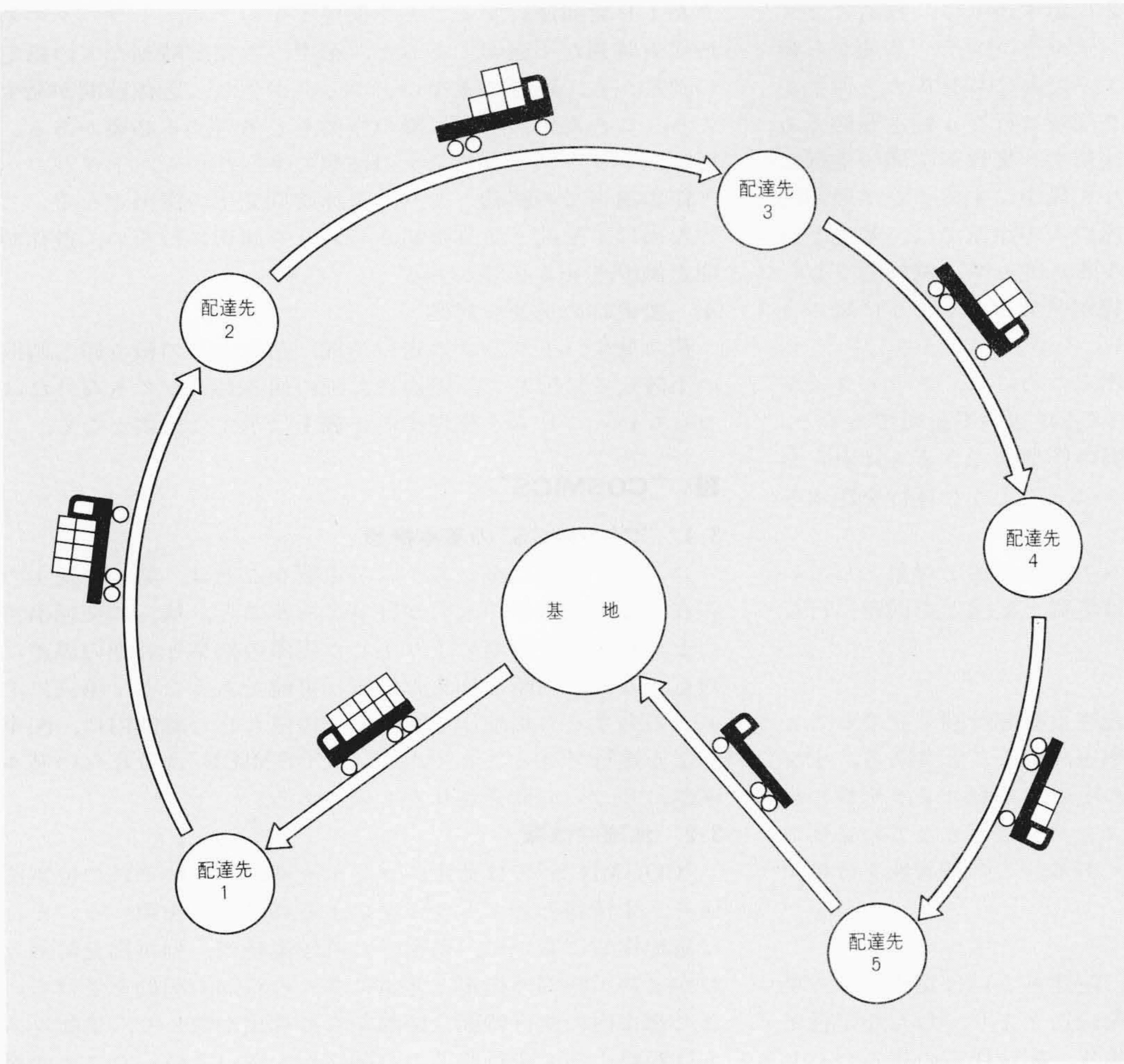


図1 VSPにおける輸送形態  
特定の基地から多数の配送先を1  
運行で回る。

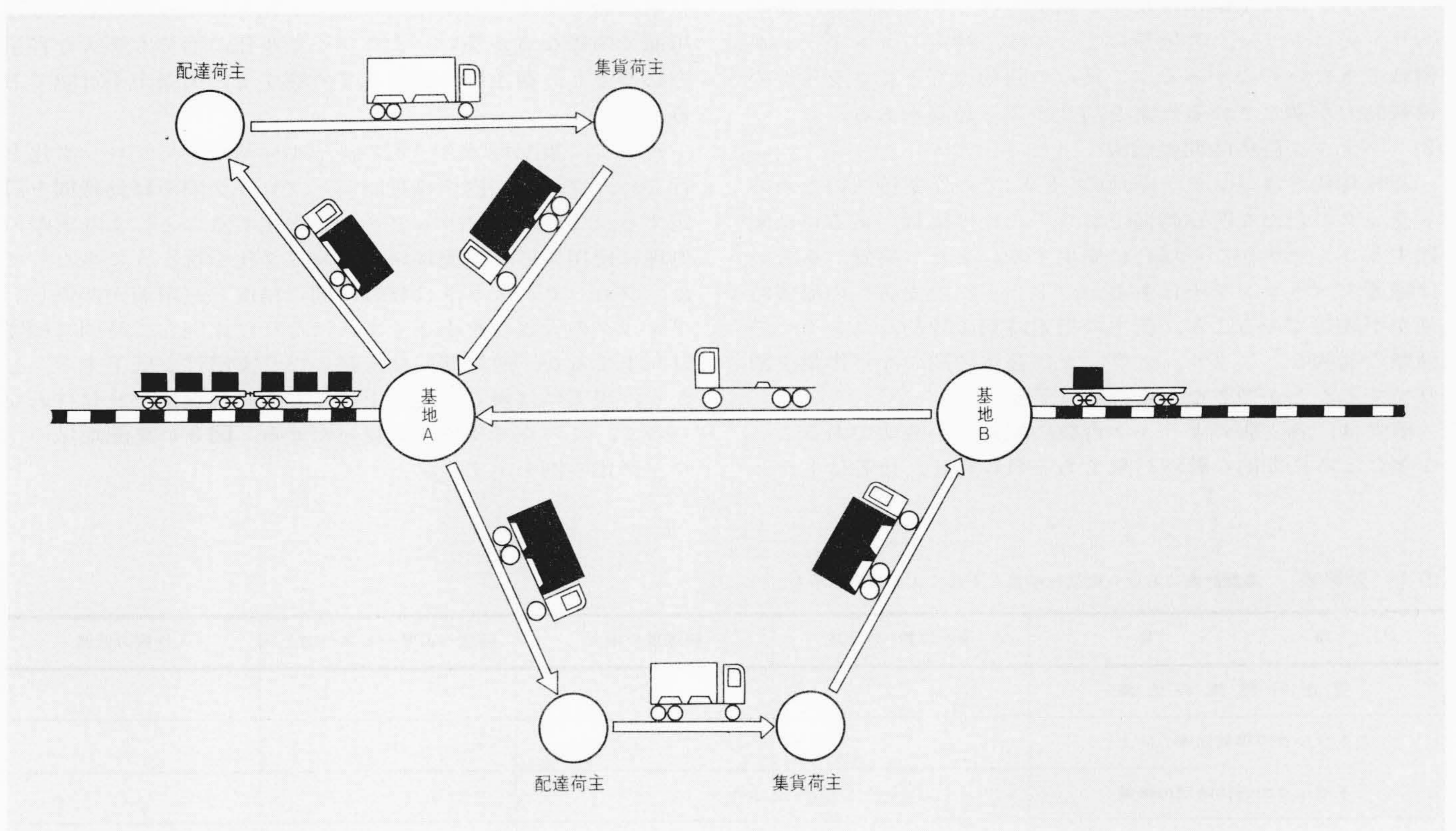


図2 コンテナ集配における輸送形態  
1回の運行で配達、集貨という異なった作業を行なう。また  
荷主間、基地間の輸送は空運行となる。

一方、コンテナ集配では、**図2**に示すように、鉄道によりコンテナ基地まで輸送されたコンテナをコンテナ基地から荷主まで配達し、次に鉄道で輸送するためにコンテナを荷主から集貨するという、配達と集貨を同時に行なう輸送形態である。配達と集貨を行なう際に配達荷主、集貨荷主間の走行はトラックの空荷輸送となり、これを最小にすることが理想的である。また、集貨あるいは配達のための作業では、基地と荷主間の片側の走行が空荷輸送となる。従って、例外的なものは別として、なるべく配達と集貨がペアとなるように組み合わせることが重要である。

更に、トラックの稼働率を上げるためには、トラックは1日数回運行するが、基地に戻ってくる時刻が不適切であると、集配時刻の制約などのために次の作業ができるとは限らない。従って、1日の中でトラックにどのような運行を逐次与えていくかが重要な問題となる。

このように、VSPは配達のための輸送形態を対象としているのに対し、コンテナ集配計画は集貨と配達とを同時に行なう集配輸送を対象としている。

## 2.2 最適化のための要素

コンテナ集配計画の目的は、最適な集配計画を立てることであり、それはトラック利用効率を高めることである。すなわち、与えられたトラック台数のもとで集配コンテナ数の最大化、あるいは与えられた集配コンテナ数のもとでの必要トラック台数の最小化を図ることである。この最適性を分析すると次のようになる。

### (1) 空荷輸送の低減

配達荷主と集貨荷主間の走行、配達あるいは集貨だけの場合での基地と荷主間の走行は空荷輸送となり、むだな走行となる。空荷輸送を減らすには、集貨・配達作業の組み合わせ(集配作業ルート)を適切に行なう必要がある。

### (2) トラックの積載効率の向上

トラックには1個積み及び2個積みのできる2種類の車があり、更にトラックの種類によっては、特定のコンテナしか積載できないものがある。これらの制約のもとでトラックの積載能力が満たされる作業を割り当てる必要がある。

### (3) トラック遊休時間の低減

遊休時間とはコンテナ基地内(支店)での作業待ちのためのトラックのむだな遊び時間であり、これは集貨、あるいは配達するコンテナがない場合に発生する。また、集貨、あるいは配達すべきコンテナはあるが、トラックの支店への到着時刻が不適切であること、荷主の指定時刻の制約、コンテナの種類などの制約などにより、トラックに遊休時間のない作業を割り当てることのできない場合にも発生する。

前者は、各支店のトラック台数の配置が不適切であることなどによる長期的な管理対象であるのに対し、後者はトラッ

クが1日数回運行することを前提とするため、トラックの基地到着時刻が不適切であると、荷主への集配時刻などの指定の制約から、運行できないトラックが生じ、遊休時間が発生する。このため、次回以降の作業をも考慮する必要がある。更に、トラックとコンテナの種類多様性から、トラックへの作業割当ての制約となり、遊休時間発生の原因となる。このために、配達と集貨の組み合わせを適切に行ない、遊休時間を減少させる必要がある。

### (4) 変更時の迅速な対処

荷の発生、トラックの走行時間、荷主先での積み卸し時間の不確定さに応じて、迅速に計画の組み替えができなければならない。これらを整理すると**表1**に示す効果表となる。

## 3 “COSMICS”

### 3.1 “COSMICS”の基本構想

コンテナ集配計画システムで重要なことは、第一に荷主の存在する地域情報の入力容易であること、第二に交通事情などの不確定な要素により生じた実際の作業と計画の誤差に対し、人間の判断も加えた修正が可能であること、第三にデータの発生から集配作業開始までの限られた時間内に、配車作業が遂行できることである。“COSMICS”はこれらの基本構想に基づいて開発されたものである。

### 3.2 地理的情報

“COSMICS”では荷主、コンテナ基地のそれぞれの位置関係を示す情報としてトラックによる移動時間を用いる。それは集配作業において、荷主からの作業時刻、列車出発時刻及び作業終了時刻の指定と非常に多くの時間的制約を受ける。また都市内の走行時間は距離からの算出が難しく、集配コストは距離よりも走行時間との関係が大きいといったことが挙げられる。しかし、配送計画では住所のコード化と距離の扱いが非常に大きな問題であり、特に運輸業の場合は荷主が不特定多数であるため、住所のコード化を行なったとしても運用面で困難な点が多い。またファイル化の面でも膨大な容量を必要とし、荷主間の距離まで考慮すると実際上不可能である。

そこで、集配地域を一定のルールに基づいてブロック化を行ない、ブロック内の移動時間、ブロック間の移動時間を設定する。これらのブロックをコード化することにより実際の処理に使用する。集配地域のブロック化を行なうに当たっては、ブロックの大きさは移動時間の精度と運用面が関係し、ブロックの大きさを小さくすればそれに比例して時間の精度は向上するが、逆に運用は困難となり実用性が低下する。しかし、現実には幾ら精度を上げて道路状況はそれに伴わないので、この点で妥協点が見いだせる。**図3**に集配地域のブロック化の例を示す。

表1 効果表 集配計画における最適化項目とそれによる効果を示す。

項目	運行三費*の節減	輸送量の増大	荷主へのサービスの向上	人件費の低減
空走行時間の低減	○	○	—	○
トラックの積載効率の向上	○	○	—	○
トラックの遊休時間の低減	—	○	—	○
変更時の迅速な対処	—	—	○	—

注：\*三費(燃料費、修繕費、タイヤ、チューブの各費用)

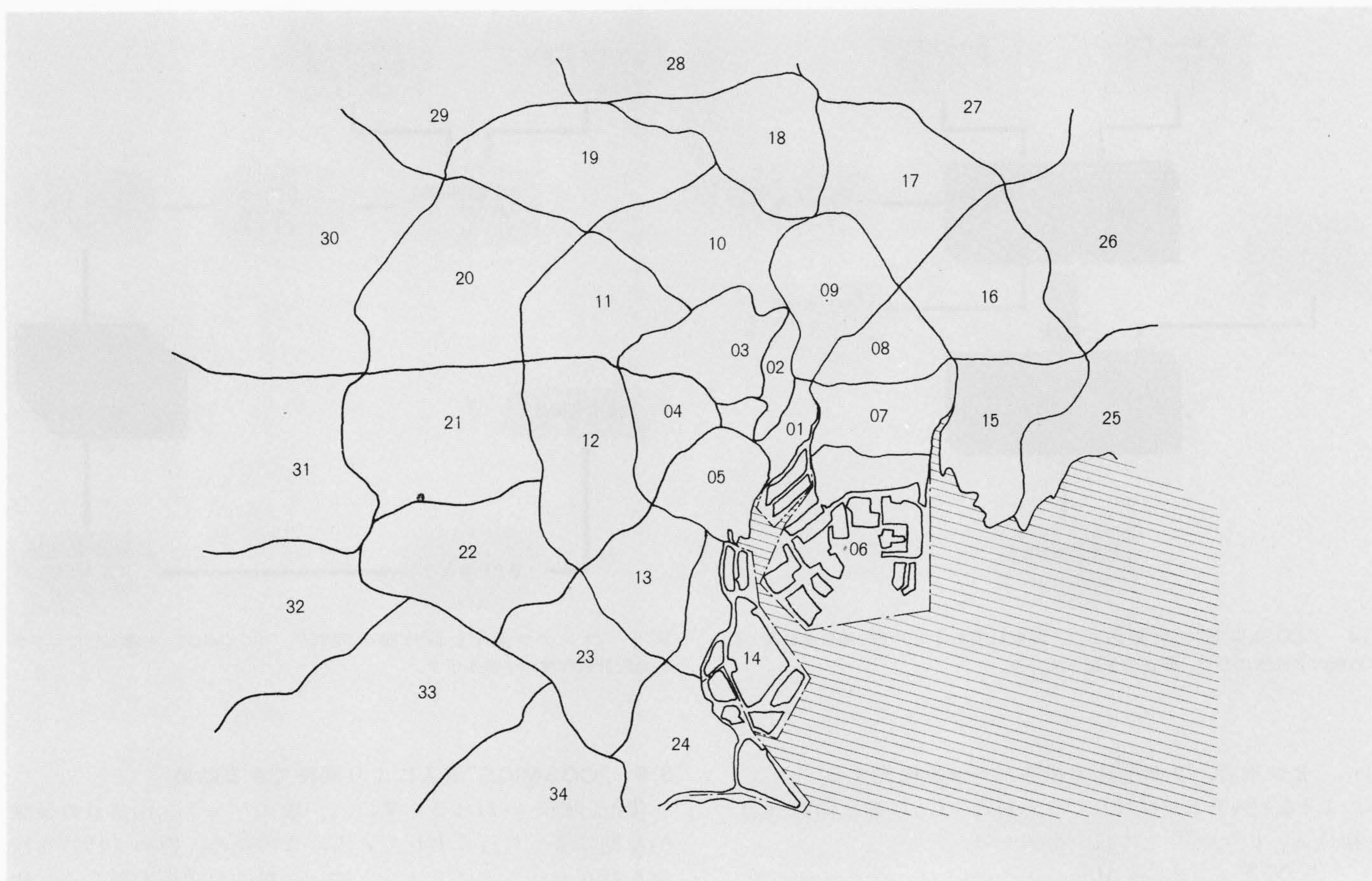


図3 集配地域ブロック化の例 ブロックの大きさは都市内の中心部を小さく、郊外を大きくして交通事情を考慮している。

### 3.3 “COSMICS”による最適化

コンテナ集配計画は、前述2.2の最適性を実現する集貨コンテナ、配達コンテナ、トラックの三者の組み合わせを伴うことである。この組み合わせは、第一にトラックが1日数回運行するために、都市内でのトラック走行時間、荷主先での荷の積み卸し時間の不確定さによって、トラックと集配コンテナとの組み合わせは前もって決定しておくことができない。従って、トラックが基地に戻ってきた時点で逐次決定しなければならない。第二としては、コンテナの集貨及び配達時刻に関する情報は、ある程度事前に分かるため、集貨、配達コンテナの組み合わせを作成し、この組み合わせを適切に決定することによって、空走時間を減らすことができるといった理由から、“COSMICS”では次のように2段階に分離して計画を行なう。

(1) 集貨コンテナと配達コンテナの組合せ計画

- (a) 集貨コンテナと配達コンテナの種類、個数
- (b) 集配時刻、列車ダイヤなどの時間的制約
- (c) 集貨荷主、配達荷主の住所

などの条件を考慮して、空荷輸送の低減を最大の目的とし、遊休時間の低減、且つ積載効率の向上を図る集貨と配達コンテナの組み合わせを作る。この最適化問題は、整数型線形計画法における割当問題として解くことができる。

(2) トラックとコンテナとの組合せ計画

- (a) トラックの種別
- (b) コンテナの種別
- (c) トラックの状態

などの条件を考慮して、遊休時間の最小化、積載効率の向上

を図るように、(1)で計画した集配コンテナの組み合わせをもとにトラックに対し、コンテナの割当てを行なう。また、都市内の道路混雑によるトラックの走行時間の不確定さ、荷主先での積み卸し時間の不確定さのために、より運用が円滑に進むように人手による計画の修正ができるようにしてある。

### 3.4 “COSMICS”における計算手順

計算手順については、集配計画の柱である集貨、配達コンテナの組み合わせについてだけその概略を述べる。

(1) 各集貨コンテナに対して、配達コンテナ  $j$  の中から次の条件を満足する組み合わせ可能なものを選択する。この配達コンテナの集合を  $O_j$  とする。

- (a) 集貨コンテナと配達コンテナの種類が同一のもの
- (b) 配達及び集貨指定時刻を守れるもの
- (c) 積載列車の発車時刻を守れるもの

(2) 整数型線形計画法における「割当問題」への定式化

前述2.2の最適性を実現する集貨・配達コンテナの組合せ計算は、整数型線形計画法の割当問題として定式化できるため、各集貨コンテナ  $i$  と各配達コンテナ  $j$  との組み合わせの良否を表わすコスト係数 ( $C_{ij}$ ) を計算する。

集貨コンテナ  $i$  と配達コンテナ  $j$  の組み合わせにより生ずる空荷輸送時間は  $i, j$  間の走行時間である。従って、

$$C_{ij} = \begin{cases} d(r_i, r_j) & : j \text{ は } i \text{ と組み合わせ可能な場合} \\ \infty & : j \text{ は } i \text{ と組み合わせ不可能な場合} \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

となる。ここで  $r_j, r_i$  は、各配達、集貨先の住所(集配地域を分割したブロックのコード)で、 $d(r_j, r_i)$  は配達、集貨荷主間のトラック走行時間である。更に、積載効率を向上するた

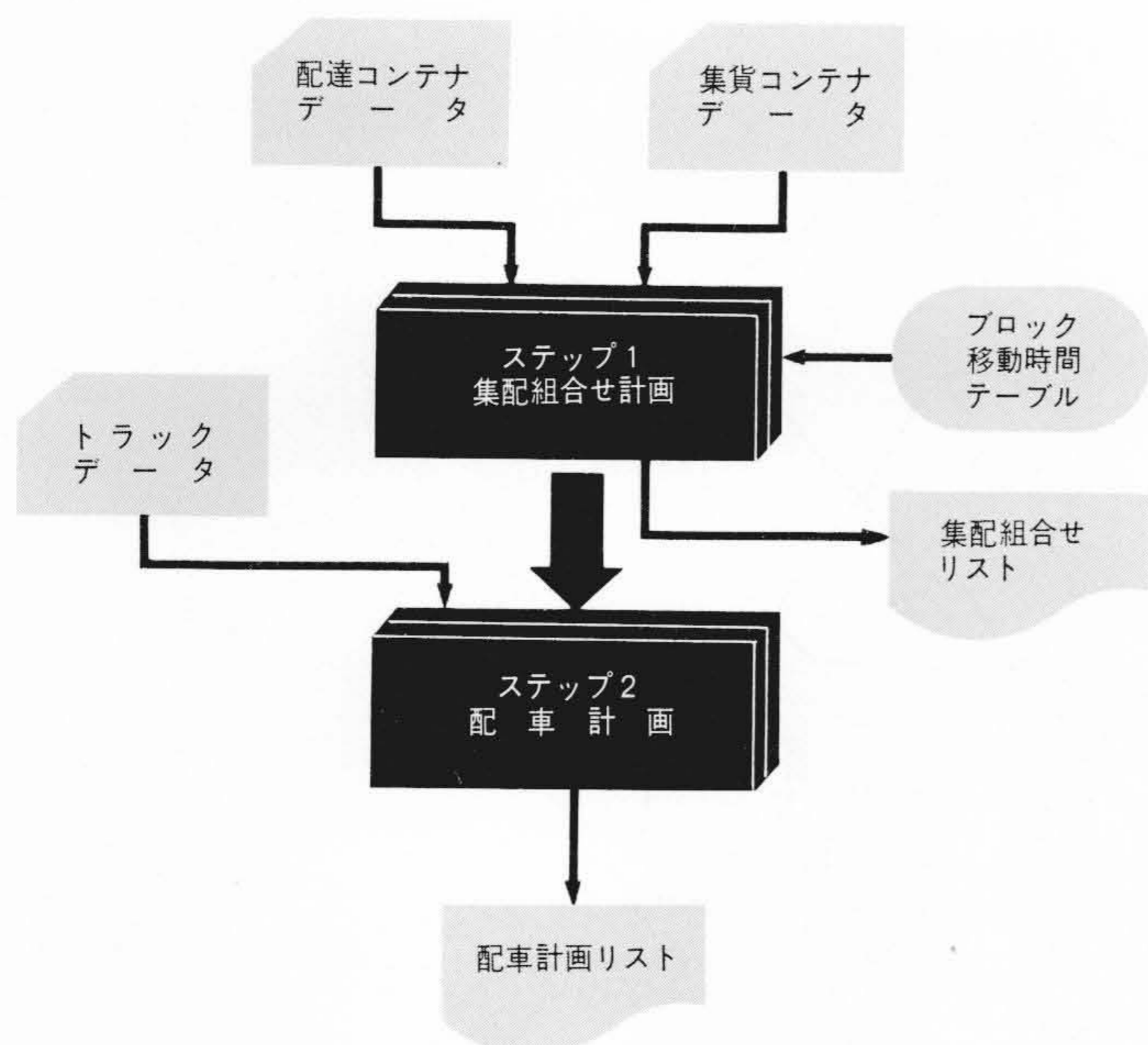


図4 “COSMICS”の計画方式 集配計画をコンテナの組合せ計画と配車計画の2段階に分け、最適化を図っている。

めに、2個集貨、2個配達の組み合わせを優先する。そこでそのような組み合わせに対しては、(1)式の $C_{ij}$ に補正係数( $<1$ )を掛ける。以上からこの組み合わせは、

$$\sum_i \sum_j C_{ij} x_{ij} \rightarrow \text{Min}, \dots\dots\dots(2)$$

制約条件

$$\left. \begin{aligned} \sum_i x_{ij} &= 1, \\ \sum_j x_{ij} &= 1, \\ x_{ij} &= 0 \text{ あるいは } 1, \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

以上、(2)式、(3)式のような割当問題として定式化できる。

### 3.5 “COSMICS”による集配計画作業

集配計画を行なう前に、まず1日に何回どの時点で計画を行なうかを決定する。これは、トラックの運行状況(1日に何回転するかが目安となる)と、コンテナ情報の発生状況により決定される。集配するコンテナ数があまり少ない場合、コンピュータ化したことによる効率面でのメリットは少なくなる。次に、各計画時において“COSMICS”でどの段階までの計画を行なわせるかを決定する。これは、“COSMICS”の計画方式が、乗務員の労務管理や集配地域の特殊性など運用面での考慮が計画方式に採り入れられる2段階方式のためである。

図4に“COSMICS”の計画方式を示す。

以上の集配計画作業方針が決定されたならば、次の順序により集配計画作業が行なわれる(図5参照)。

- (1) 集貨荷主からの輸送申込みの受付を行なう。配達コンテナについては、到着予定表により配達荷主と作業条件の打合せを行ない、配達確定情報とする。
- (2) 輸送申込みによる集貨情報・配達確定情報に対して、集貨・配達先の住所のブロックコード変換、作業条件の指定などを行ない、入力データを作成する。
- (3) コンテナデータ、トラックデータを“COSMICS”に入力する。このデータにより“COSMICS”は、集配計画を行ない、集配計画表を出力する。
- (4) 出力された集配計画表に基づき、配達伝票などの仕分けを行ない、作業指示書を作成する。
- (5) 作業指示書、配達伝票などを各トラック乗務員に渡すなどの作業指示を行なう。

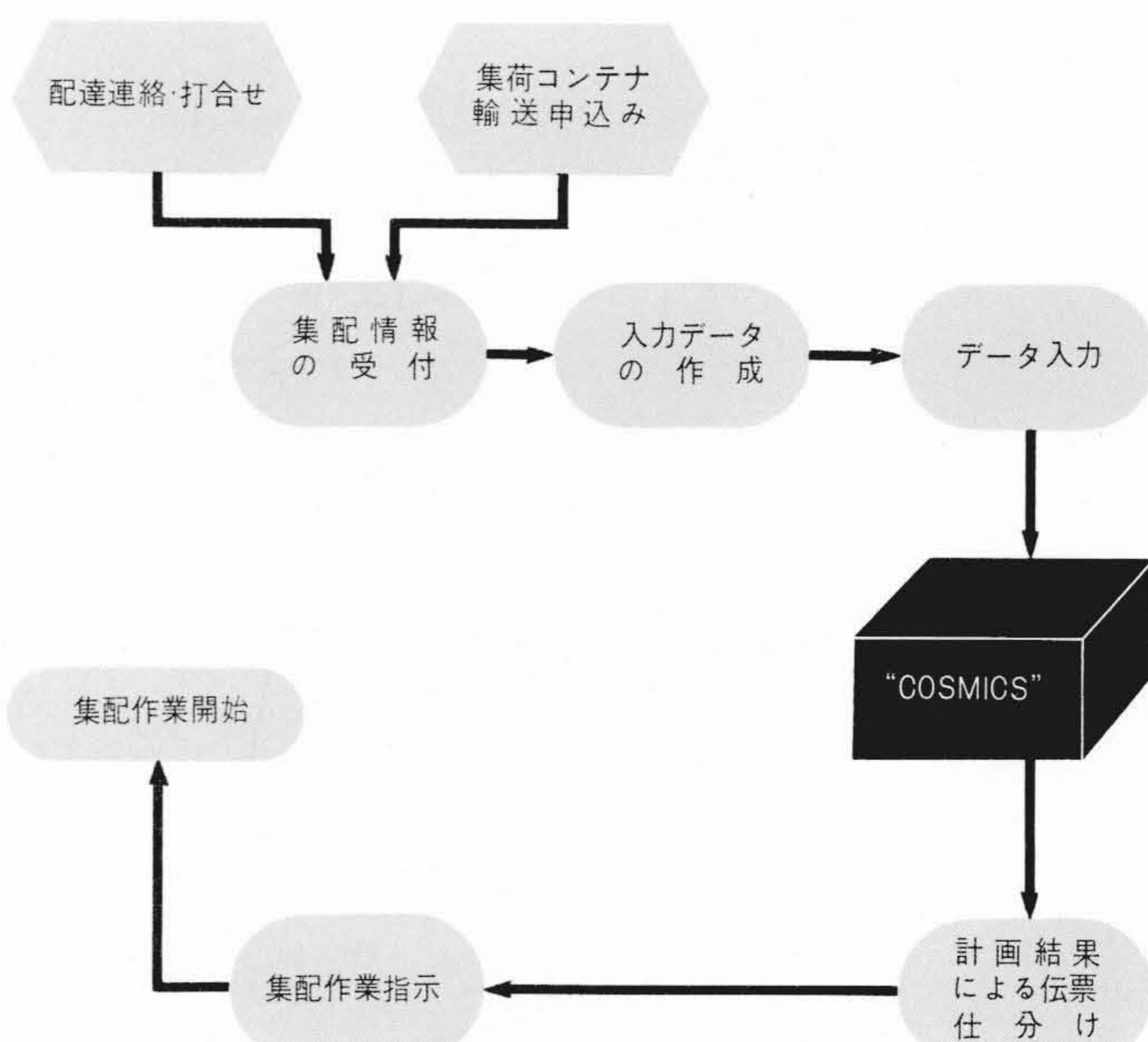


図5 コンテナ集配計画作業の流れ “COSMICS”を導入したコンテナ集配計画作業の手順を示す。

### 3.6 “COSMICS”導入により期待できる効果

集配計画といわれる作業は、一般にベテラン作業員の経験的な勘によって行なわれている。このため、極めて巧妙な作業が行なわれ、ドキュメント的、計数的な把握が難しく、作業員の入れ替え及び補充が困難となり、時間的、量的な処理能力の迅速な拡張に不安が出てくる。しかし、“COSMICS”では、

- (1) 配達コンテナ、集貨コンテナのデータを入力することにより、最適な集配計画を行なうので、現場での計画作業は非常に単純化される。
- (2) 集配計画の評価基準が設定できるため、計数管理が行ないやすくなり、常に最適な計画を推進することができる。
- (3) トラックの実車率を高めるために、空走行距離が最小となるようなコンテナの集配計画を行ない、積載率を高めるために、トラックの積載能力に合った作業割当てを行なっている。また実働率を高めるために、トラックの遊休時間が最小となる計画を行なっている。これらの考慮によりトラックの利用効率が向上する。
- (4) 計画方式が確立されているため、コンテナが増加しても効率の良い集配作業を計画することができる。といった効果が期待できる。

## 4 結 言

都市内における輸送問題には、非常に多くの要素が含まれており、効率化を一面でとらえられないところにシステム化の難しさがある。しかし、今後なんらかの対策を講じない限り、増大・多様化する輸送需要に対処することは難しくなるものと思われる。“COSMICS”は、都市内輸送における一部分のシステム化である。しかし、これを問題解決への1ステップとし、今後、更に輸送分野におけるシステム化に対し努力を重ねていく考えである。

今回、本システムの開発に当たり、大和運輸株式会社及びヤマトシステム開発株式会社より多大な御教示をいただいたことに対し、深く感謝の意を表わすものである。