

# 内航一般貨物船におけるトリップ連鎖パターンの形成メカニズムに関する研究

小谷通泰<sup>1</sup>・岡山正人<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 神戸商船大学 輸送システム工学講座 助教授 (〒658 神戸市東灘区深江南町5-1-1)

<sup>2</sup>正会員 商船修 広島商船高等専門学校 流通情報工学科 講師 (〒725-02 広島県豊田郡東野町4272-1)

本研究は、内航船舶を対象とした起終点調査の結果をもとに、主要船種である一般貨物船のトリップ連鎖パターンの形成メカニズムを明らかにしようとしたものである。この結果、ベース港を中心とした5つの連鎖パターンを抽出した。また、各船舶は連鎖パターン内の第1トリップを中心に運航されており、各連鎖パターンが、第1トリップが終了しベース港へ帰港する際に、輸送の効率性とりわけ空船回航を避けるように帰り荷貨物を選択することで形成されていることを示した。さらに、連鎖パターンの構成比率が第1トリップ長により異なることを示すとともにその理由も明かにした。

**Key Words:** trip chaining, coastal shipping, cargo transport

## 1. はじめに

船舶などによる貨物輸送では、貨物を集配するため複数の地点を巡回するトリップや、空荷での回送のためのトリップが生じるため、貨物の流動とそれを運ぶ輸送機関のODとは必ずしも一致しない。このため、船舶交通量を貨物流動量から推計するためには、船舶が貨物を輸送する際にどのように配船・運航されているかを明らかにしていく必要がある。

ところでこうした貨物のODとそれを輸送する船舶のODとのくい違いを生じさせる貨物の集配活動や空船回航トリップなどは、それぞれのトリップを独立したものとしてではなく、前後に行われるトリップとの関連の中で分析することが有効となろう。なぜなら、貨物の集配活動はそれを行っている数トリップすべてに着目した分析を行うことではじめて発見できるであろうし、空船トリップはそれを含む一連のトリップの中で輸送の効率性といった要因を考慮して行われているものと考えられる。

このような観点から本研究では、内航船舶を対象に行われた起終点調査の結果をもとに、内航船舶の主要船種である一般貨物船について、ある一定の期間内における船舶の交通軌跡をトリップの連鎖すなわちトリップチェインとみなし、その連鎖パターンの形成メカニズムを明らかにすることを目的としたものである。

## 2. 従来の研究と本研究の特徴

従来から、交通行動を分析するためにトリップチェインによるアプローチが適用されているが、本研究と関連が深い業務交通については以下のような研究がある。近藤らは貨物車による業務交通のストップ数分布およびサイクル数分布を推計する手法を提案している<sup>1)</sup>。また、佐佐木らはトリップ連鎖パターンを考慮した業務交通の発生集中量の分析を試みている<sup>2)</sup>。最近のトリップチェインアプローチにおける研究では、時間的および空間的制約が交通行動に大きく影響を与えることに着目したものが数多く見られるが<sup>3)</sup>、加藤らはそうした考えを業務交通に適用し、帰社率とサイクル終了率が時刻に依存すること、ストップ数生起確率とサイクル発生確率が幾何分布に従うことなどにより、時間帯別の業務交通量を推計するモデルを提案している<sup>4)</sup>。一方、この研究に見られるように、ストップ数生起確率が幾何分布に従うとするトリップチェイン分析はいくつか存在するが、著者らも一般貨物船について、訪問港数が幾何分布に従うとして、第1トリップ長の距離帯別に訪問港数が等しい連鎖パターンの生成確率を推計するモデルを提案している<sup>5)</sup>。

船舶交通の分析にトリップチェインの考え方を適用したものは著者らの研究以外には見られないが、トリップチェイン的アプローチにより船舶交通を分析していくにはいくつかの問題点がある。まず1つは、ベース港の決定方法である。船舶の場合はパーソントリップなどと異なり、自宅やオフィスというような明確なベースが存在しない。そのため、何らかの方法でベース港となる港を

決定する必要が生じる。今1つは、連鎖パターンの類型化の方法である。船舶は他の業務トリップやパーソントリップのように1日という時間制約下で運航されていないため、トリップチェインの終点が不明であること、さらに先にも述べたように、その運航形態を明らかにするためには、貨物輸送の形態も同時に把握する必要があることなど、こうしたことを考慮にいれて連鎖パターンを類型化する必要がある。

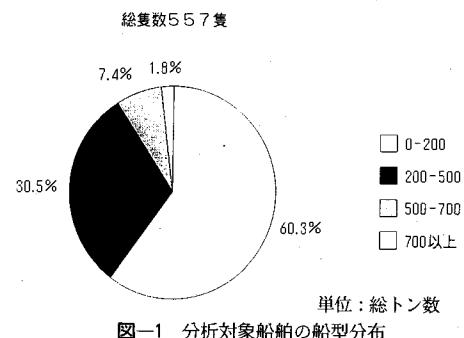
著者らはすでに、様々な種類の内航船舶を対象にして、寄港地のうちで貨物の積み込み量の最も多い港をその船舶にとってのベースとすることを提案し、その有効性を確かめている。また、連鎖パターンの類型化においても、ベース港を出発して再びベース港に戻ってくるまでの一連のトリップの連鎖について、その連鎖内の訪問港の数に着目することで、船舶のトリップ連鎖パターンの類型化を試みてきた<sup>6)</sup>。

本研究では、こうした成果を踏まえて、内航船舶のうち一般貨物船を対象として、まずベース港を中心としたトリップ連鎖パターンを、従来の訪問港の数に加えて、空船回航の現れ方や貨物の配送の有無などに着目することで抽出する。そして、各連鎖パターンの第1トリップがその連鎖パターンを決定する主な要因であることを明らかにする。またさらに、第1トリップと第1トリップ以外の貨物を輸送しているトリップとの間で積載貨物の種類数や積載率を比較することにより、第1トリップ以外の貨物を輸送しているトリップが、ベース港に戻ってくる際に行われる帰り荷輸送であることを明らかにする。

次に、第1トリップ以外で輸送される貨物がどのような要因に基づいて選択されるかを示し、そうした要因と連鎖パターンの形成との関連性について考察する。

最後に、こうして得られた分析結果をもとに、連鎖パターンの形成メカニズムについて考察する。

先に述べたように、最近のトリップチェインアプローチによる貨物車などの業務交通の研究では、時間制約に着目することで、その運行を分析したり、交通需要量を求めようとするものが多い。しかし、貨物需要との関係にまで遡って輸送機関の運行パターンを分析しようとするものは限られており、国内では西井らによる貨物車の運行を連鎖パターン内の貨物の揚げ積みに着目して分析しようとしたもの<sup>7)</sup>が見られる程度である。しかも、これらは連鎖パターン内における貨物の揚げ積みの実態を分析するにとどまっており、こうした貨物の揚げ積みが、連鎖パターン形成にどのように関わっているのかについては言及していない。本研究では、船舶が貨物輸送をいかに行っているかを明らかにしながら、この結果をもとに船舶のトリップ連鎖パターンの形成メカニズムを考察しようとするところに特徴がある。



### 3. 使用データの概要とトリップ連鎖パターンの類型化

#### (1) 使用データの概要

##### a) 調査内容

本研究で使用したデータは、大阪湾とその周辺海域を航行する内航船舶を対象に、昭和59年10月1日から10月31日の1ヶ月間に(社)神戸海難防止協会(大阪湾交通システム調査研究委員会)によって行われた起終点調査である<sup>8)</sup>。ここで大阪湾とその周辺海域とは、大阪府、兵庫県(日本海側を除く)、和歌山県に面した海域をさす。また、起点もしくは終点は、大阪湾とその周辺海域内は個々の港ごとに31地点、それ以外の海域は各港をその港が所在する都道府県名で代表させ合計36地点、総計67地点が設定されている。

主たる調査内容は、a) 船舶の属性(船種・船型)、b) 1ヶ月間の全航海の記録、c) 1ヶ月間の全積載貨物の種類と量およびその仕出港・仕向港などで、船舶の流動とそれによって輸送される貨物の流動とを同時に把握できることを大きな特徴としている。

##### b) 分析対象船舶

本研究では上記の調査データより、内航船舶における主要船種である一般貨物船を分析対象とした。なお、調査結果の有効船舶隻数1,263隻の内、一般貨物船は557隻で44%を占めていた。図-1はこれら的一般貨物船557隻の船型分布を調べたものである。これによれば、60%以上が200総トン未満の船舶であり、700総トンを越える船舶は非常に少なくなっているのがわかる。また、内航貨物船の保有隻数に対するサンプリング率(=サンプル隻数/全内航貨物船保有隻数)は24.3%(=557隻/2,293隻(日本商船船腹統計1984年版より))、平均船型では調査結果で365.7総トン、保有船舶全体で346.2総トン(日本商船船腹統計1984年版より)となっており、本調査では比較的良好なサンプルが得られていると考えられる。

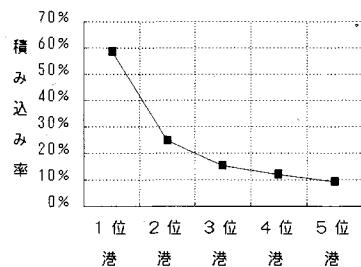


図-2 積み込み貨物量上位5港の平均積み込み率

## (2) ベース港の決定とトリップ連鎖パターンの類型化

### a) ベース港の決定方法<sup>9)</sup>

先に述べたように、船舶交通の分析にトリップチェインの考え方を適用するには、まずベース港を決定する必要がある。船舶のベース港には、「常にその船舶が係留される港」や「船舶の登録場所」、「貨物の積み込み量や揚げ卸し量の多い港」などが考えられる。しかし、通常船舶が係留されるのは、検船や保守などのためであり、船舶の登録場所は単なる事務手続上のものでしかないなど、これらは貨物輸送のための運航とは関係のない港である。本研究では貨物輸送の立場から船舶の運航を分析しようとしているため、このような港をベースとするることは適当であるとは言い難い。貨物輸送の立場から考えると、「貨物の積み込み量や揚げ卸し量の多い港」をベースとすることが考えられる。そこで、起終点調査の結果から積み込み港と揚げ卸し港のそれぞれの総数を調べたところ、積み込み港の総数は揚げ卸し港の総数より20%程度少なく、船舶の運航は積み込み港から揚げ卸し港へ貨物を分配するような運航形態をしているものと考えられた。そのため、本研究では各船舶の寄港地のうちで貨物の積み込み量が最も多い港をその船舶にとってのベース港であるものとする。

図-2は各船舶の寄港地のうちで積み込み貨物量の多い上位5港について、その船舶の全積み込み貨物量に対する各港での比率(以下、積み込み率)を図示したものである。これによれば、1位港での積み込み率が60%近くあり、1位港がその船舶にとって重要な貨物の積み出し拠点となっているものと考えられる。また、このような積み込み貨物量1位の港をベースとしたトリップ連鎖パターンを考えると、貨物の揚げ積みがその連鎖パターン内ではほぼ完結していることや、積み込み貨物量1位の港は寄港回数も他港に比べて非常に多くなっていることなど、ベースとなる条件を非常によく満たしていると言える。

### b) トリップ連鎖パターンの類型化<sup>10)</sup>

本研究では、各船舶の一ヶ月間の運航を(1)で決定したベース港を出発し、再びこのベース港に戻ってくる

表-1 トリップ連鎖パターンの生成頻度

	トリップ連鎖パターン	頻度	頻度比率
ピストン型	1	832	49.1%
	2	132	7.8%
三角型	1	138	8.1%
	2	45	2.7%
	3	31	1.8%
四角型	1	95	5.6%
	2	13	0.8%
その他		425	25.1%

注) ◎はベース港を、●は訪問港を示す。

→は貨物輸送、←は空船回航を意味する。

までのトリップの連鎖に区切り、そうした一連のトリップ連鎖をその連鎖内に存在する訪問港の数や貨物の輸送形態に着目することで、1つのトリップ連鎖パターンとして類型化した。したがって、各船舶の運航はこうした連鎖パターンの組み合わせで表わすことができる。表-1はこのように類型化されたトリップ連鎖パターンの代表的なものについてその頻度比率を示したものである。

これによれば、まず頻度比率について見ると、ベース港で積み込んだ貨物を他の港へ輸送し、そのまま空船でベース港へ帰港するというピストン型1が、全体の約半分を占めており、このパターンが船舶の運航において最も一般的なパターンであると考えられる。また、ピストン型、三角型、四角型のこれらのパターンを合計すると全体の約75%を占めている。なお、「その他」の連鎖パターンも25%程度存在しているが、これらのうち大半は同一港内でのバース間の移動で、貨物輸送を伴わないパターンであった。また、それ以外のものは訪問港の数が4港以上のパターンなどであり、これらはいずれも貨物輸送との関連が明確でなかったり、個々の比率が小さくベース港の決定による誤差から生じたものと考えられた。

次に貨物の輸送形態について見ると、いずれの連鎖パ

表-2 正準判別分析による連鎖パターンの形成要因の分析

説明変数	標準化正準判別係数		F 値
	判別関数 I	判別関数 II	
第1トリップ長	0.9118	0.2421	59.007 **
第1トリップの積載率	0.1243	-0.2790	2.017
総トン数	-0.4633	0.2023	17.599 **
ベース港の移出貨物量	-0.4147	0.8875	13.643 **
ベース港の移入貨物量	0.3867	0.2088	13.161 **
正準相関係数	0.52419	0.14506	

注1) 外的基準は表-1における三角型3、四角型2を除く各連鎖パターン

注2) \*は有意水準5%で、\*\*是有意水準1%で有意であることを意味する。

注3) いずれの判別関数も有意水準1%で有意。

ターンにおいても第1トリップ、すなわちベース港を起点とし最初の訪問港を終点とするトリップは貨物輸送を行っており、このことからも、ベース港は各船舶において重要な貨物の積み出し拠点となっていることがわかる。

また、三角型3や四角型2に見られるような貨物の配達を行っているパターンもあるが、その比率も小さく、配達型の輸送形態は通常の1港積み1港揚げの輸送形態とはまったく構造が異なっているものと考えられるため、以下の分析対象から除くこととした。なお、三角型2については比率は小さいものの、輸送形態は1港積み1港揚げを行っており、三角型1とは空船トリップの現れ方が異なるのみであるため、その形成メカニズムも三角型1から推定できるものと考え分析対象とすることとした。

#### 4. トリップ連鎖パターンの形成要因の分析

##### (1) トリップ連鎖パターンの正準判別分析<sup>11)</sup>

前節において、内航船舶におけるトリップ連鎖パターンの主なものを示したが、本節ではまず、これらのパターンがいかなる要因によって決定づけられるかを、表-1における三角型3、四角型2を除く各連鎖パターンを外的基準とする正準判別分析によって分析した。その要因としては、「船舶の属性」、「ベース港の規模やベース港で積まれる貨物の種類」、「連鎖パターンの属性」などを考えた。しかしながら、「ベース港で積まれる貨物の種類」については、図-4の分析で示すように、第1トリップで輸送される貨物（ベース港で積まれる貨物）の種類数は77%以上の船舶が1種類のみの貨物（主として鉄鋼関係の貨物）を輸送しており、こうした傾向は連鎖パターンごとで差が無いことなどから考えて、ベース港で

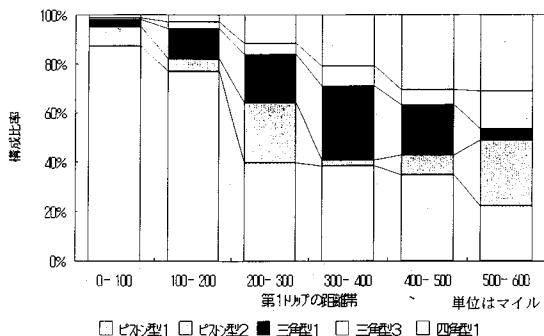


図-3 第1トリップ長の距離帯別による各連鎖パターンの構成比率

積まれる貨物の種類には大きな差が無いものと考えられるため、分析から除くこととした。

したがって、分析に用いた変数は次の5つとした。①船舶の属性として船舶の総トン数、②ベース港の規模としてベース港の移出貨物量、③同じくベース港の移入貨物量（いずれもフレート・トン）、④連鎖パターンの属性として各連鎖パターンの第1トリップの長さ（単位はマイル）、⑤同じく第1トリップの積載率（=フレートトン/DWT（載貨重量トン数））。

表-2は分析結果を示したものであり、表中では統計的に有意（有意水準5%）であった2つの判別関数のみを示している。これによるとまず、正準相関係数は、判別関数Iでは0.524、判別関数IIでは0.145といずれもあまり高いとはいえないが、第1トリップの積載率を除く4つの変数は有意水準1%で統計的に有意となっている。またF値をみると、第1トリップ長のF値が他に比べ大きくなっていること、第1トリップ長が連鎖パターンを形成する上で、大きな要因となっていることがわかる。

##### (2) 第1トリップ長とトリップ連鎖パターンの構成比率

次に、連鎖パターンを決定づける主な要因である第1トリップ長により、連鎖パターンの構成比率がどのようにになっているかを分析した。図-3は、第1トリップ長の各距離帯ごとに各連鎖パターンの構成比率（各距離帯ごとの各連鎖パターンごとのシェア）を示したものである。これによれば、ベース港への帰港時に貨物輸送をともなわないピストン型1では、第1トリップ長が長くなると構成比率が小さくなる。これに対し、空船トリップをともない貨物輸送を行う三角型1と2、および四角型1では、300から400マイルの距離帯やそれ以上の距離帯にピークがみられ、第1トリップ長が長いほど訪問港数の多い連鎖パターンの構成比率が大きくなる傾向を示している。ただし、全く空船トリップを生じないピストン型2では、第1トリップ長による構成比率の差異には

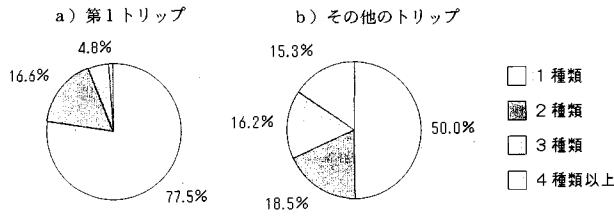


図-4 積載貨物の種類数の分布

明確な傾向は見られなかった。

### (3) 第1トリップにおける貨物の輸送特性

第1トリップはいずれの連鎖パターンにおいても必ず貨物輸送をともなっている。そこでここでは、第1トリップと第1トリップ以外の貨物輸送をともなうトリップとの間で、積載されている貨物の種類数や積載率を比較することにより、連鎖パターン内における第1トリップの役割を考察する。なお、ここで分析対象としたのは第1トリップ以外でも貨物輸送を行っているピストン型2、三角型1と2、四角型1の4パターンである。

まず図-4は、同一連鎖パターン内における第1トリップおよびそれ以外の貨物輸送をともなうトリップについて、各船舶が輸送している貨物の種類数の分布を図示したものである。なおここでは、こうした分析を各連鎖パターンごとに行ったがパターンごとの結果に大きな差がなかったため、全パターンを集計したもののみを掲載した。これによれば、第1トリップでは、1種類のみの貨物を輸送している船舶が全体の77.5%もあるのに比べ、他のトリップでは50.0%と低くなっている。これは、第1トリップでは、ベース港というその船舶にとって重要な貨物の積み出し拠点となっている港で積み込まれる貨物を輸送しているため、貨物の種類が限られているものと考えられる。

また表-3は、第1トリップの積載率と第1トリップ以外で貨物輸送をともなうトリップの積載率を、平均値の検定を用いて比較、分析した結果である。これによれば、いずれの連鎖パターンの検定結果も第1トリップの積載率が他の貨物輸送をともなうトリップの積載率よりも高くなっていることがわかる。

このように第1トリップでは、限られた種類の貨物を輸送していること、他の貨物輸送をともなうトリップに比べて積載率が高くなっていることなど、各船舶にとって主要な貨物を輸送しているものと考えられる。すなわち、各船舶はベース港で積み込まれる貨物を輸送することを中心として配船・運航されており、第1トリップ以外で行われる貨物輸送は、そうした貨物を積み込むためにベース港に戻ってくる際の、いわゆる帰り荷輸送であるものと考えられる。

表-3 第1トリップと他の貨物輸送をともなうトリップの積載率の比較

連鎖パターン	平均積載率		t値
	第1トリップ	他のトリップ	
ピストン型2	0.924 (0.6770)	0.554 (0.3114)	6.6740 **
三角型1	0.873 (0.2867)	0.801 (0.2693)	2.8694 **
三角型2	0.934 (0.5568)	0.848 (0.7157)	1.7083 **
四角型1	0.860 (0.2827)	0.759 (0.3170)	3.4861 **

注1) 他のトリップとは、第1トリップ以外の貨物輸送をともなうトリップを意味し、各パターンにおける位置は表-1を参照のこと。

注2) 平均積載率の下の( )内の数字は標準偏差を意味する。

注3) t値の下の\*\*は有意水準1%で有意であることを示す。

## 5. 帰り荷貨物の選択要因の分析

### (1) 判別分析による帰り荷貨物のOD選択要因の分析

ここでは、各船舶が多くのOD貨物の中からどのような要因を基準にして帰り荷貨物を選択しているかを明らかにする。なお、分析対象は帰り荷があり、第1トリップ長による構成比率に明確な傾向がみられる三角型1、三角型2、および四角型1に限った。

そこで、分析対象とした各連鎖パターンについて、各OD貨物が帰り荷貨物として選択されるかどうかを、以下の判別関数により分析を試みた。

$$z = a \cdot \ln_e(\text{OD貨物量})$$

$$+ b \cdot \ln_e(\text{帰り荷貨物の輸送距離} / \text{第1トリップ長})$$

$$+ c \cdot \ln_e(\text{空船回航長} / \text{第1トリップ長})$$

$$+ d$$

ここで、空船回航長とは

三角型1では第2トリップのトリップ長

三角型2では第3トリップのトリップ長

四角型1では第2トリップと第3トリップの合計長を意味する。

ここで $z$ は、判別分析の外的基準となるもので、そのODの貨物が帰り荷として選択されるか否かを示している。なお、各連鎖パターンの帰り荷貨物の選択されやすさは、OD貨物量とそのOD距離に比例し、また、そのOD貨物を選択した際に行われる空船回航長に反比例するものと考え、これを線形化したもの、すなわち、OD貨物量、帰り荷貨物の輸送距離、および空船回航長それぞれを対数変換したものを説明変数として分析を行った。ただし、OD貨物量以外の2変数はいずれも第1トリップ長で基準化しているが、これは以下の理由による。図

表-4 判別分析による帰り荷貨物の選択要因の分析

変数名	判別係数	F 値
空船回航率	-9.5502	638.299 **
貨物の輸送距離率	0.8514	4.092 *
OD 貨物量	0.4062	59.257 **
定 数	3.1800	—
各群の重心	4.2111 -0.0279	選択された OD 選択されなかった OD
正判別率(%)	84.298	

注1) 判別関数の式は、

$$z = a \cdot \ln(e(\text{空船回航率}) + b \cdot \ln(e(\text{貨物の輸送距離率}))$$

$$+ c \cdot \ln(e(\text{OD 貨物量})) + d)$$

注2) F 値の \* は有意水準 5% で、 \*\* は有意水準 1% で有意であることを意味する。

—3 で示したように第 1 トリップ長によって各連鎖パターンの構成比率が異なっていること、またさらに、帰り荷貨物の輸送距離および空船回航長について、第 1 トリップ長との相関係数を調べたところ、前者は 0.774、後者は 0.275 (いずれも有意水準 5% で有意) となっており、第 1 トリップ長が長くなれば、これらもそれに応じて長くなる傾向があると考えられるためである。

なお、以下では空船回航長を第 1 トリップ長で基準化したものと空船回航率、帰り荷貨物の輸送距離を第 1 トリップ長で基準化したものと貨物の輸送距離率と呼ぶこととする。

分析に際しては、第 1 トリップとなる 1 組の OD ごとに、帰り荷貨物の選択候補となるすべての OD 貨物量 (第 1 トリップと貨物量がない OD を除く貨物量の OD 表)、および、それらに対応した貨物の輸送距離率と空船回航率が必要となり、データ量が非常に多くなる。そこで、以下の OD ペアについては選択候補となる OD 貨物から取り除いた。  
 ①空船回航率が 1 を越えるものが全体の 20% 程度と少なかったことから、空船回航率が 1.5 を越える OD ペア<sup>12)</sup>。  
 ②空船回航長と帰り荷貨物の輸送距離の合計が第 1 トリップ長の 2.2 倍を越える連鎖パターンには、積載率が第 1 トリップよりも高いものが多く、これは、今回用いたベース港の決定方法による誤差と考えられることから、空船回航長と帰り荷貨物の輸送距離の合計が第 1 トリップ長の 2.2 倍を越える OD ペア。

この結果、データからの各連鎖パターンのサンプリング率は三角型 1 で 82.6% (114 サンプル)、三角型 2 で 64.4% (29 サンプル)、四角型 1 で 67.4% (64 サンプル) となった。

表-4 はこのような判別分析の結果を示したものである。これによれば、正判別率は 84.3% (誤判別率は 15.7%) となっており良好な値を示している。また、表-5 に示した連鎖パターンごとの正判別率 (全体での判

表-5 各連鎖パターンの正判別率

連鎖パターン	全体での正判別率(%)	選択された OD のみの正判別率
三角型 1	53.7	87.8
三角型 2	44.8	94.7
四角型 1	88.9	74.2

注) いずれの正判別率も、表-4 の判別分析によつて正しく判別された比率

別率) をみると、四角型 1 の判別率が 88.9% と高い値を示しているものの、三角型 1, 2 の判別率は決して高いとは言えない。しかしながら、帰り荷貨物として選択された OD ペアのみの判別率を見ると最も判別率の低い四角型 1 でも 74.2% となっており、帰り荷貨物の選択要因を知るには良好な結果と考えられる。

次に各変数についてみると、いずれの変数も有意水準 1% および 5% で有意となっており、帰り荷貨物の輸送距離が長く、貨物量が多く、空船回航率が小さくなるような OD 貨物ほど、すなわち言い換えれば、輸送効率が高くなるような、経済的にみて有利な OD 貨物ほど帰り荷貨物として選択される可能性が大きいことがわかる。さらに F 値についてみると、空船回航率の F 値が他に比べ非常に大きくなっている。帰り荷貨物を選択する際に、空船回航率が小さいことが最も重要な条件となっていることがわかる。

## (2) 空船トリップ長の分析

先の (1) では、空船回航率が小さくなるように帰り荷貨物が選択されていることを述べた。ここでは、こうした要因が図-3 の分析で示したような第 1 トリップ長による連鎖パターンの構成比率の差異にどのように反映しているかを検討する。

図-5 は、三角型 1 と 2 の各空船トリップ長、および四角型 1 の 2 つの空船トリップ長それぞれについて、その分布状況を図示したものである。これによれば、三角型 1 と 2 の空船トリップ長の分布も四角型 1 の 2 つの空船トリップ長の分布も、短い距離帯ほどその比率が高くなる傾向を示していることなど、似通った分布状況が見られる。

そこで、まず表-6 に三角型 1 と 2 の空船トリップ、および四角型 1 の 2 つの空船トリップそれぞれの平均長を示した。そしてさらに、それらの間に統計的に有意な差があるかどうかを、表-7 で示すような第 1 トリップ長を共変量とした共分散分析によって調べた。ここで、第 1 トリップ長を共変量としたのは次のような理由による。すなわち、(1) と同様に各連鎖パターンの構成比率が第 1 トリップ長によって異なること、さらに、空船回航長が第 1 トリップと小さいながらも統計的に有意な正の相関を有しており、各空船トリップ長も第 1 トリップ長と相関があると考えられることなど、空船トリップ長

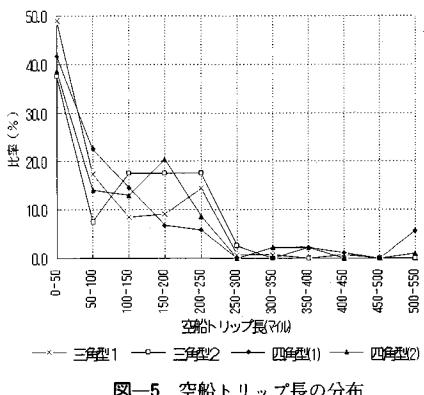


図-5 空船トリップ長の分布

を連鎖パターン間で比較するには、第1トリップ長の影響を除く必要があると考えられるためである。また、図-5に示すようにいずれのパターンの空船トリップ長も正規分布をしているとは考えにくいが、共分散分析等に使用されるF検定には比正規性に対する頑健性(robustness)を有しており、分析の信頼性には影響が少ないものと考えられる<sup>13)</sup>。

これらによれば、まず共分散分析の結果より、共变量である第1トリップ長の影響は統計的に有意となっており、各空船トリップ長は第1トリップ長によって異なる長さとなっていることがわかる。一方、連鎖パターン間の空船トリップ長においては統計的に有意な差が見られず、いずれの平均空船トリップ長も100マイル前後で、三角型1と2の空船トリップ長および四角型1の2つの空船トリップ長には大きな差がないことがわかる。

すなわち、これらを連鎖パターン内の空船トリップ長の合計である空船回航長で考えると、四角型1は、三角型の空船トリップ長とほぼ等しい空船トリップが2つあるため、三角型の2つのパターンに比べ長い空船回航長は必然的に長くなる。

こうしたことから、図-3の分析結果に示すように第1トリップ長が短い時には四角型1よりも三角型の比率が高くなる理由を考察すると次のようになる。すなわち、四角型1では三角型に比べ空船回航長が長くなる。そこで、5-1の分析結果のように空船回航率が小さくなるように帰り荷貨物を選択しようとすれば、四角型1を行う時は三角型を行う時に比べ第1トリップ長が長くなっていることが必要となるため、第1トリップ長が短いときは三角型の比率が大きくなるものと考えられる。

## 6. 連鎖パターンの形成メカニズムの考察

以上得られた分析結果より連鎖パターンの形成メカニズムについて考察すると次のようになる。

まず各船舶は、その船舶における貨物の重要な積み出

表-6 平均空船トリップ長

連鎖パターン	平均空船トリップ長
三角型1 第2トリップ	92.6 (87.4)
三角型2 第3トリップ	111.5 (81.5)
四角型1 第2トリップ	111.5 (133.6)
四角型1 第4トリップ	108.7 (102.5)

注) 平均空船トリップ長の単位はマイル、その下の( )内の数字は標準偏差を意味する。

表-7 空船トリップ長の共分散分析

要因	平均平方和	F値
第1トリップ長 (共変量)	165122.991	15.808** (0.000)
トリップ連鎖パターン	1089.454	0.104 (0.958)
残差	10445.465	
全体	10808.243	

注1) トリップ連鎖パターンのカテゴリーは

1. 三角型1 第2トリップ 2. 三角型2 第3トリップ  
3. 四角型1 第2トリップ 4. 四角型1 第4トリップ

注2) F値の横の\*\*有意水準1%で有意であることを意味する。

注3) F値の下の( )内の数字は有意確率を意味する。

し拠点と考えられるベース港を中心に配船・運航されているものと考えられる。すなわち、各船舶は第1トリップで行う貨物輸送を中心に運航されており、この第1トリップが終了し再びベース港へ戻る際の船舶の動向により、各連鎖パターンが形成されている。そして、このように第1トリップが各船舶の主要貨物を輸送していることは以下の3点より示した。すなわち、ベース港が各船舶の重要な貨物の積み出し拠点となっていること、第1トリップで輸送される貨物の種類が他のトリップで輸送される貨物の種類よりも安定していること、さらに第1トリップの積載率が他の貨物輸送をともなうトリップの積載率よりも高いことであった。

次に、こうした第1トリップが終了しベース港に帰港する際、その訪問港でベース港へ輸送する帰り荷貨物があればピストン型2の連鎖パターンとなるが、通常こうしたことは少なく、ベース港への復路が空船トリップとなるピストン型1になる。またこの場合、第1トリップ長が長いと復路の空船も長くなり、運航効率が悪くなるので空船回航を行って帰り荷を探すことになる。これは、図-3の分析で第1トリップ長が長くなるとピストン型1の比率が小さくなることからも考察される。

また、空船回航を行い帰り荷輸送を行う場合、空船トリップを1回行えば三角型1または三角型2となり、2回行えば四角型1となる。ここで、帰り荷貨物を選択する際には、5.(1)の分析で示したように空船回航率ができるだけ小さくすることが重要な条件となっている。そのため、5.(2)の空船トリップ長の分析で示したように、四角型1では、空船トリップが1回の三角型よりも空船回航長が長くなるため、第1トリップ長が三角型よりも長い時に行われることが多くなる。こうした結果、図-3に見られるように、三角型1では300から400マイルの距離帯で生成率がピークとなり、それ以上の距離帯では比率が小さくなっていくのに対して、四角型1では第1トリップ長が長いほど構成比率が大きくなる傾向が見られるものと考えられる。

## 7. おわりに

本研究では、内航船舶を対象に行われた起終点調査の結果をもとに、内航船舶の主要船種である一般貨物船におけるトリップ連鎖パターンの形成メカニズムを明らかにすることを目的としたものである。この結果、以下の成果を得ることができた。

①ベース港を出発し再びベース港に戻ってくるまでの一連のトリップ連鎖を、その訪問港数や貨物の輸送形態に着目することで類型化した。その結果、ピストン型1, 2, 三角型1, 2, 四角型1など、主だった5つの連鎖パターンを抽出できた。さらに、これらの連鎖パターンの構成比率が第1トリップの長さにより異なることを示した。

②連鎖パターンの形成メカニズムは次のように考察された。すなわち、各船舶はベース港を起点としている第1トリップを中心に運航されており、抽出されたそれぞれの連鎖パターンは、このような第1トリップが終了し再びベース港へ帰港する際に生じる空船回航を避けるため、空船回航率をできるだけ小さくするように帰り荷貨物を選択することで形成されていた。

③また、こうした帰り荷輸送を行うか否かということも、帰り輸送にともなう空船回航長などは、第1トリップ長に大きく依存しており、第1トリップ長によって連鎖パターンの構成比率が異なる理由も、連鎖パターンの形成メカニズムにより説明できることを示した。

このように、一般貨物船のトリップ連鎖パターンの形成メカニズムはほぼ明らかにできたと考える。今後の課題としては以下の点あげられる。

①本研究は起終点調査の結果をもとに連鎖パターンの形成メカニズムを考察したものであり、言うなれば配船結果をもとにその運航形態やそれに潜む意志決定構造を考察しようとしたものである。そのため、配船担当者の意識調査などにより本研究で得られた結果の妥当性について検討する必要がある。

②本研究で得られた連鎖パターンの形成メカニズムにも

とづき配船モデルを構築することによって、与えられた貨物流動量から船舶交通量を推計する手法を構築していく必要がある。

最後に、内航船舶を対象とした起終点調査は、筆者らが参加した大阪湾交通システム調査研究委員会のもとで(社)神戸海難防止研究会によって実施されたものである。

## 参考文献

- 1) 近藤、菊池：トリップパターンに関する二、三の考察、交通工学, Vol. 21, No. 2, pp. 7-14, 1986年。
- 2) 佐々木、西井：トリップチェイン手法を用いた都市内業務交通の発生集中量の分析、土木学会論文報告集, 第327号, pp. 129-138, 1982年。
- 3) たとえば、  
西井和夫：時空間制約下における2ステップチェインのパス選択モデル、土木学会論文集, No. 470/IV-20, pp. 105-114, 1993年。  
加藤、門田、高瀬：時間制約下における通勤者の私的交通分析、土木学会論文集, No. 449/IV-17, pp. 97-106, 1992年。
- 4) 加藤、門田：時間帯別業務交通の推計手法の関する実証研究、土木学会論文集, No. 431/IV-15, pp. 115-124, 1991年。
- 5) 岡山、小谷：内航一般貨物船のトリップ連鎖パターンに関する分析、土木計画学研究・講演集15, pp. 655-662, 1992年。
- 6) 岡山、小谷：内航船舶の運航と貨物の輸送特性の分析、日本沿岸域会議論文集4, pp. 91-102, 1992年。
- 7) 西井和夫：都市内貨物車の運行パターンに関する基礎的研究、KIIIS(財)関西情報センター, Vol. 42, pp. 1-8, 1982年。
- 8) 神戸海難防止研究会：内航船舶による貨物輸送の実態解析報告書, 1984年。
- 9) 前掲6)
- 10) 岡山、小谷：内航一般貨物船におけるトリップ連鎖パターンの形成過程に関する一考察、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第4部, pp. 782-783, 1993年。
- 11) 岡山、小谷：内航一般貨物船によるトリップ連鎖パターンの特性に関する分析、広島商船高等専門学校紀要, 第15号, pp. 167-175, 1993年。
- 12) 前掲10)
- 13) たとえば、  
田中 豊：パソコン実験計画法入門、現代数学社, pp. 207-216, 1985年。  
石村貞夫：分散分析のはなし、東京図書, p. 19, 1992年。

(1994.1.31 受付)

## ANALYSIS ON MECHANISM FOR FORMING TRIP PATTERNS OF COASTAL CARGO SHIPS

Michiyasu ODANI and Masato OKAYAMA

The purpose of this paper is to analyze a mechanism for forming trip patterns of coastal cargo ships, based on the Origin-Destination survey given to their operators. First, ships' trip chains made by the ships which start from and return to their base port through several trips are classified into several trip patterns by the number of sojourns and the cargo transport activities in their chains. Second, it is shown that the length of the first trip in a trip pattern is an important factor to form each pattern, and that one of the other trips with a cargo transportation is a return cargo transportation. Finally, it is made clear that load factor is one of the most significant factors to choose a return cargo OD.