

# 物資流動調査を用いた東京都市圏の物流チャネル構造に関する研究

東京商船大学 正会員 高橋 洋二  
東京商船大学 正会員 兵藤 哲朗  
東京商船大学 学生員 小松 義孝  
日本通運(株) 非会員 安田 勇作

## 1. はじめに

現在、東京都市圏をはじめ、大都市では交通渋滞が深刻化しており、大気汚染の主要な原因ともなっている。その対策としては、主に一般車や貨物車の削減があり、一般車の抑制策としてパークアンドライド、公共交通機関の利用促進などが進められてきた。また貨物車においては、配送ルートの合理化やトラックの積載率の向上による貨物車の走行距離の削減が必要とされてきた。各企業は物流コストを削減するために配送ルートの最適化を進めつつあるが、これらの動きは個々の企業行動によるものであり、社会全体から見た最適化とは言い難い。一般に多頻度・小口輸送のニーズが高くなることにより、むしろ貨物車が増加する傾向にある。また、積載率を上げ、貨物車を削減する手段としては共同配送があるが、その多くが同品目間の小規模なケースにとどまっている。

## 2. 研究の目的と手順

流通は、商取引流通と物流で構成されるが、商取引・業種間・施設間・地域間それぞれのつながりからみていくことができる(図1)。これらのつながりをチャネルと定義し、本研究ではそのうち業種・施設・地域間チャネルを対象とし、そのチャネル構造の時系列分析を行うことを目的とする。

大都市圏の物資流動を業種・施設間のつながりから分析した研究としてはいくつかの研究事例があるが<sup>1)2)3)</sup>、業種・施設間は長期的には構造変化があるため、1時点でのデータを用いた分析だけでは十分とは言えない。そこで本研究では、東京都市圏を対象に、品目別の業種間・施設間・地域間チャネルの3つの視点から、20年間の物流構造の変化を明らかにすることを目的とする。分析で使用するデータとしては、東京

都市圏物資流動調査の3時点データ(昭和47年度、昭和57年度、平成6度)の搬出調査データ(C1調査)を用いる。研究の手順は以下の通りである。対象となる業種、施設、地域、品目が3時点で共通となるようデータを取り出し、かつ、過去の研究との整合性を保つために表1のように区分した。品目別発生量、集中量について、業種、施設からみた3時点の品目特性の変化を、特化係数により把握する。業種・施設間の物資流動を、調達・製品・販売物流に3区分し、品目特性と3時点変化を把握する。2品目間の業種・施設・地域間の構造の類似度を定量的に把握するために Kullback - Leibler - Sibson (KLS) 距離を導入する。KLS 距離によって得られた構造の類似結果を元に、クラスター分析を行い、品目を分類する。

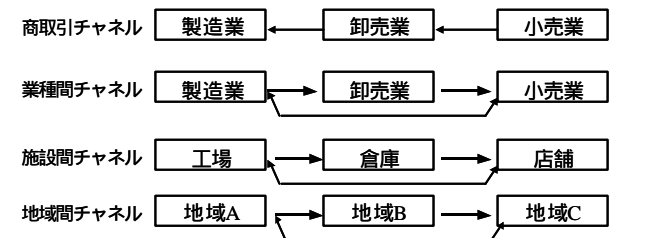


図1 物流チャネルの内容

表1 分析対象品目・業種・施設・地域

| 品目        | 業種種      | 業種種      | 業・着施設 | 業地域  | 着地域   |
|-----------|----------|----------|-------|------|-------|
| 鉄鋼        | 化学系製造業   | 農林漁業     | 工場    | 東京4区 | 東京4区  |
| 非鉄金属      | 鉄鋼系製造業   | 鉱業       | 工事現場  | 東京都下 | 東京19区 |
| 金属製品      | 金属機械系製造業 | 建設業      | 市場    | 神奈川県 | 東京都下  |
| 一般機器      | 軽雑系製造業   | 化学系製造業   | 店舗    | 埼玉県  | 神奈川県  |
| 電気機器      | 原材料系卸売業  | 鉄鋼系製造業   | 倉庫    | 千葉県  | 埼玉県   |
| 輸送機器      | 製品系卸売業   | 金属機械系製造業 | センター  |      | 千葉県   |
| 精密機器      | 各種商品小売業  | 軽雑系製造業   | 鉄道駅   |      | 茨城県南部 |
| 窯業・セメント製品 | 倉庫業      | 原材料系卸売業  | 車庫    |      | その他   |
| 石油・石炭製品   |          | 製品系卸売業   | 事務所   |      |       |
| 化学製品、肥料   |          | 各種商品小売業  | 住居    |      |       |
| その他化学工業品  |          | 一般小売業    |       |      |       |
| 紙・パルプ     |          | 飲食店      |       |      |       |
| 繊維工業品     |          | 運輸通信業    |       |      |       |
| 食料品       |          | 倉庫業      |       |      |       |
| 出版・印刷物    |          | 電気ガス水道業  |       |      |       |
| 日用品       |          | サービス業    |       |      |       |
| ゴム・皮革製品   |          | 公務       |       |      |       |

東京4区…中野区、練馬区、杉並区、世田谷区 東京19区…東京4区以外の区域

茨城県南部…石岡市、岩井市、古河市、下妻氏、土浦市、取手市等を含めた南部の地域

### 3. 3 時点での単純集計による特性把握

東京都市圏における 3 時点での物資流動量の重量とフレート件数を見ると表 2 のようになる。ただし、この数量には鉱産品や特殊品など、本研究で対象外となった品目も含めた。次に各品目で 3 時点での重量とフレート件数の変移を見る(図 2)。重量とフレート件数の関係から、電気機器の小型化や食料品、日用品、その他化学工業品の多頻度小口配送の進展が見て取れる。また、食料品や日用品等のフレート件数が他の品目と比べて多い。貨物車数とフレート件数が概ね比例するから、東京都市圏では、これらの品目を配送している物流車が多くを占めていると考えられる。

表 2 重量とフレート件数の変移

|      | 重量(万トン) | フレート件数(万フレート) |
|------|---------|---------------|
| S.47 | 88.75   | 37.77         |
| S.57 | 112.04  | 61.65         |
| H.6  | 106.44  | 67.40         |

### 4. 調達・製品・販売物流の区分による構造 図 3 3 区分による変化(業種)

物資流動を、大きく調達・製品・販売物流の 3 つに分け、品目別に 3 時点の変化を把握した。ここで、調達物流は、物を加工し異なった性質をもつ製品にするプロセスと、自然環境から物を採取するプロセス(業種; 製造業、建設業、農林漁業、鉱業、施設; 工場、工事現場)とした。製品物流は、商品を市場や卸売に運搬したり分配したりするプロセス(業種; 卸売業、倉庫業、運輸通信業、施設; 倉庫、市場、センター、鉄道駅、車庫)とした。販売物流は商品を小売や消費者に販売・消費・使用するプロセス(業種; 小売業、施設; 店舗、事務所、住居)としている。この区分を着業種、着施設ごとに行い、3 区分の比率をとった上、三角図表の形に整理した(図 2、3: ただ

し、これらの図には品目の特性が類似していると思われる金属機械製品類と、3 時点での変化が大きいと思われる計 10 品目をあげた)。

3 時点の変化で見ていくと、業種・施設共に調達物流の割合が高い品目は金属製品と鉄鋼、製品物流の割合が高い品目は、食料品と化学工業品であった。施設の販売物流では、S.47 の鉄鋼を除いた全ての品目において割合が高い。また、施設と比較すると、業種での 3 時点の変化が大きいことが明らかとなった。

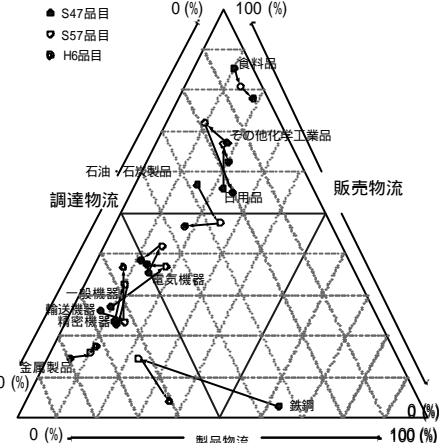
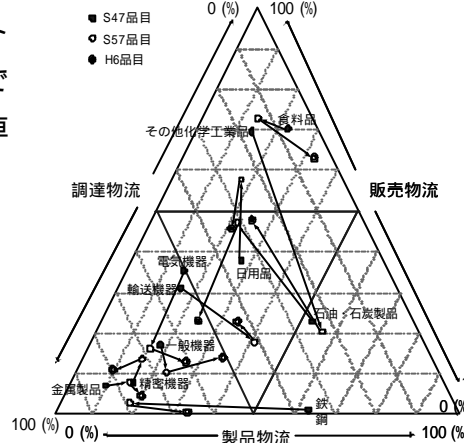


図 4 3 区分による変化(施設)

### 5. 発生・集中に着目した品目別の特性分析

品目特性を把握するために発業種を例として取り上げ、以下のような特化係数を定義(1 式)する。特化係数  $f_{ij}$  の値が 1.0 以上であるとき「品目 j は業種 i に特化している」と考える。

$$f_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_{i.}} \cdots \cdots (1)$$

$P_{ij}$ : 品目 j での全業種に占める業種 i の構成比

$P_{i.}$ : 全品目での全業種に占める業種 i の構成比

各品目についてその業種の発生量構成比が全体の 10% 以上で、かつ、特化係数が 1.0 以上である業種をその品目の特性とした。例えば、ある品目が業種 i

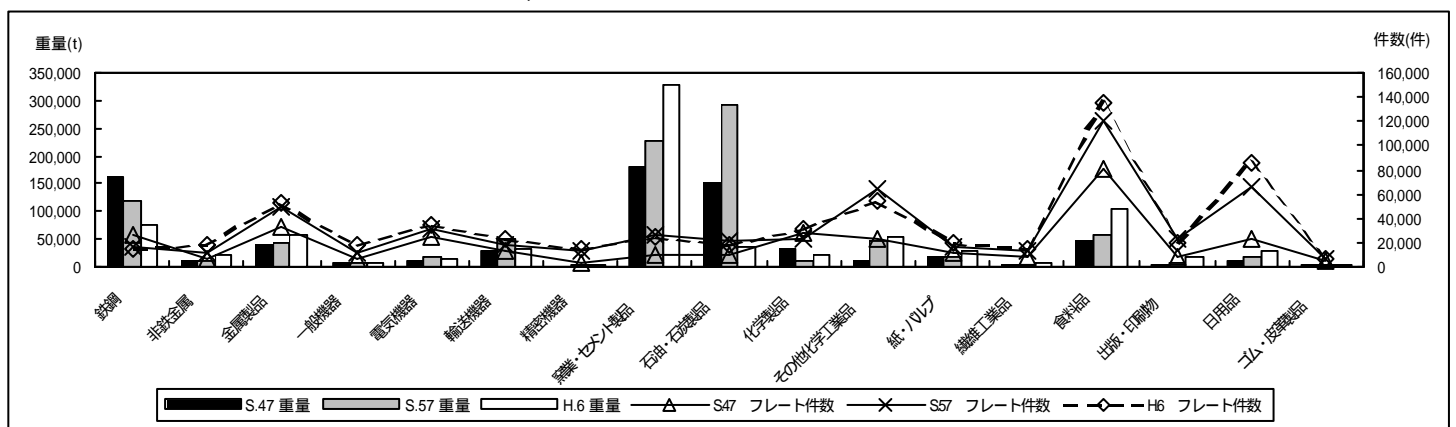


図 2 3 時点での重量とフレート件数の変移

と業種 k に特化していた場合、その品目特性を i・k 特化型とする。同様の計算を発生・集中別および業種・施設別に行った。そして、特化係数を導入した結果、次のような特徴を見ることができた。なお、分類項目の少ない地域での特化係数は除外している。

5.1 発業種に着目した各品目の特性把握

発業種に着目すると、S.47、S.57、H.6 とともに各品目を製造業特化型、製造業・卸売業特化型、卸売業特化型の3つに分類することができる(表3)。また、3時点で常に製造業特化型に分類されたのは3品目であり、製造業・卸売業特化型では9品目であった。ここから、発業種で見た場合、製造業への特化が製造業特化型から製造業・卸売業特化型へと変化した「金属製品」、「ゴム皮革製品」は、卸売業の機能が強化されたと言える。

表3 発生量による業種の特化型分類

|            | S47の品目   | S57の品目   | H6の品目   |
|------------|--|--|---|
| 製造業特化型     | 金属製品、精密機器<br>紙パルプ、繊維工業品<br>出版・印刷<br>ゴム・皮革製品  | 金属製品、精密機器<br>繊維工業品<br>出版・印刷<br>ゴム・皮革製品   | 精密機器、紙パルプ<br>繊維工業品<br>出版・印刷   |
| 製造業・卸売業特化型 | 非鉄金属、一般機器<br>輸送機器、電気機器<br>窯業・セメント製品<br>石油・石炭製品<br>化学製品、化学肥料<br>その他化学工業品<br>食料品、日用品 | 鉄鋼、石油・石炭製品<br>非鉄金属、一般機器<br>輸送機器、電気機器<br>窯業・セメント製品<br>その他化学工業品<br>紙パルプ、食料品<br>日用品 | 鉄鋼、非鉄金属<br>金属製品、一般機器<br>輸送機器、電気機器<br>日用品、窯業・セメント製品<br>石油・石炭製品、食料品<br>化学製品・化学肥料<br>その他化学工業品<br>ゴム・皮革製品 |
| 卸売業特化型     | 鉄鋼   | 化学製品・化学肥料  |   |

5.2 着業種に着目した各品目の特性把握

着業種に着目すると、S.47で8、S.57で9、H.6で6の特化型に分類することができる。(表4)。3時点で特化型が変化しなかった品目は、「金属製品」、「精密機器」、「繊維工業品」、「日用品」であった。これらの品目はそれぞれ特定の業種へ特化していると考えられる。

表4 集中量による業種の特化型分類

|                | S47の品目                       | S57の品目                           | H6の品目                              |
|----------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 製造業特化型         | 非鉄金属、金属製品<br>精密機器            | ゴム・皮革製品、鉄鋼<br>金属製品、精密機器          | 出版・印刷、紙パルプ<br>金属製品、精密機器            |
| 建設業特化型         | 窯業・セメント製品                    |                                  |                                    |
| 卸売業特化型         | 鉄鋼、石油・石炭製品                   |                                  |                                    |
| 小売業特化型         | その他化学工業品                     | 食料品                              |                                    |
| 製造業・建設業特化型     |                              | 一般機器                             |                                    |
| 製造業・卸売業特化型     | ゴム皮革製品<br>紙パルプ、一般機器<br>繊維工業品 | 紙パルプ、繊維工業品<br>非鉄金属、電気機器          | 繊維工業品、鉄鋼<br>非鉄金属、一般機器<br>電気機器、輸送機器 |
| 製造業・倉庫業特化型     |                              | 出版・印刷、輸送機器                       |                                    |
| 製造業・小売業特化型     | 出版・印刷                        |                                  | ゴム・皮革製品<br>石油・石炭製品                 |
| 建設業・卸売業特化型     |                              |                                  | 窯業・セメント製品                          |
| 倉庫業・卸売業特化型     |                              | その他化学工業品<br>化学製品、化学肥料<br>石油・石炭製品 |                                    |
| 卸売業・小売業特化型     | 食料品                          |                                  | 食料品<br>化学製品・化学肥料                   |
| 製造業・建設業・卸売業特化型 |                              | 窯業・セメント製品                        |                                    |
| 製造業・卸売業・小売業特化型 | 日用品、化学製品・化学肥料<br>電気機器、輸送機器   | 日用品                              | 日用品<br>その他化学工業品                    |

5.3 発施設に着目した各品目の特性把握

発施設に着目すると、S.47で10、S.57で9、H.6で11に分類することができる(表5)。3時点で同一のグループに属した品目はなかった。傾向として品目数は、工場特化型が減少し工場・倉庫特化型が増加していることがわかる。こうしたことから、工場と倉庫の分離や、保管のための機能がより重要となっている品目が増えてきていると考えられる。

表5 発生量による施設の特化型分類

|                 | S47                                      | S57                  | H6                      |
|-----------------|--|----------------------|-------------------------|
| 工場 特化型          | 金属製品、一般機器<br>精密機器、ゴム・皮革製品<br>繊維工業品、出版・印刷 | 非鉄金属<br>繊維工業品        | 精密機器<br>紙パルプ            |
| 倉庫 特化型          | 鉄鋼<br>石油石炭製品                             | その他化学工業品<br>日用品      |                         |
| 事務所 特化型         | その他化学工業品                                 |                      | 化学製品・化学肥料               |
| 店舗・倉庫 特化型       |  | 鉄鋼、食料品               | その他化学工業品                |
| 倉庫・工場 特化型       | 紙パルプ                                     | 一般機器<br>紙パルプ         | 鉄鋼、窯業・セメント<br>非鉄金属、輸送機器 |
| 工場 事務所 特化型      | 非鉄金属                                     | 電気機器、精密機器<br>ゴム・皮革製品 | 電気機器<br>繊維工業品           |
| 工場・店舗 特化型       | 窯業・セメント                                  | 金属製品<br>窯業・セメント      | 金属製品<br>一般機器            |
| 工場・倉庫・事務所 特化型   | 電気機器                                     |                      |                         |
| 工場・センター・倉庫 特化型  | 輸送機器、食料品                                 |                      |                         |
| 工場・センター 特化型     |  | 輸送機器、石油石炭製品          |                         |
| 倉庫・店舗・事務所 特化型   | 日用品                                      |                      | 石油石炭製品                  |
| センター・倉庫・事務所 特化型 | 化学製品・化学肥料                                |                      |                         |
| 倉庫・事務所 特化型      |  | 化学製品・化学肥料            |                         |
| 倉庫・センター・店舗 特化型  |  |                      | 食料品                     |
| 事務所・センター・工場 特化型 |  | 出版・印刷                | 出版・印刷                   |
| 店舗・事務所・工場 特化型   |  |                      | ゴム・皮革製品                 |
| 事務所・センター・店舗 特化型 |  |                      | 日用品                     |

5.4 着施設に着目した各品目の特性把握

着施設に着目すると、S.47で9、S.57で8、H.6で11に分類することができる(表6)。3時点でグループが変化しなかった品目は、「食料品」、「鉄鋼」、「金属製品」である。ここでも、施設の発生量と同様の傾向が見られた。

表6 集中量による施設の特化型分類

|                 | S47                                 | S57                             | H6                          |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 店舗 特化型          | 食料品                                 | 食料品、日用品                         | 食料品                         |
| 工事現場・倉庫 特化型     |                                     | 窯業・セメント                         | 窯業・セメント                     |
| 工場・倉庫 特化型       | 鉄鋼、紙パルプ                             | 鉄鋼、非鉄金属<br>輸送機器、紙パルプ<br>ゴム・皮革製品 | 鉄鋼、非鉄金属<br>石油・石炭製品<br>繊維工業品 |
| 工場 特化型          | 非鉄金属、金属製品<br>一般機器、電気機器<br>輸送機器、精密機器 | 金属製品<br>繊維工業品                   | 金属製品<br>輸送機器                |
| 工場・倉庫・事務所 特化型   |                                     | 一般機器、電気機器                       | 紙パルプ                        |
| 工場・工事現場・事務所 特化型 |                                     |                                 | 一般機器                        |
| 工場・事務所 特化型      | 出版・印刷                               | 精密機器                            | 電気機器、精密機器<br>出版・印刷          |
| 工事現場 特化型        | 窯業・セメント                             |                                 |                             |
| 工場・店舗 特化型       | 石油・石炭製品<br>繊維工業品<br>ゴム・皮革製品         |                                 |                             |
| 店舗・倉庫 特化型       | 日用品                                 | 石油・石炭製品                         | その他化学工業品                    |
| 店舗・工場・倉庫 特化型    | 化学製品・化学肥料                           | 化学製品・化学肥料<br>その他化学工業品<br>出版・印刷  | ゴム・皮革製品<br>化学製品・化学肥料        |
| 事務所 特化型         |                                     | その他化学工業品                        |                             |
| 車庫・店舗 特化型       |                                     |                                 |                             |
| センター・事務所・店舗 特化型 |                                     |                                 | 日用品                         |

6. 物流チャネルの構造分析

6.1 K L S 距離を用いた構造分析

品目同士の業種・施設・地域間チャネルの類似性を表す指標としてK L S 距離を導入した。K L S 距離を導入することにより、2種類のOD表同士(例えば、

日用品と食品の業種間 OD 表) の類似性を測ることができる。近さの基準は、式(2)のように定義され<sup>4)</sup>、 $I(g;f)$ の値が小さく0に近いほど類似性が高く、二つのOD表が似ているとみなすことができる。同様に、施設・地域間チャンネルについてもKLS距離を計算した。

$$I(g;f) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left( x_{it} \log \frac{2x_{it}}{x_{it} + x_{jt}} + x_{jt} \log \frac{2x_{jt}}{x_{it} + x_{jt}} \right) \cdot \cdot (2)$$

$I(g,f)$  ; 品目 g と品目 f の K L S 距離  
 $x_{it}$  ; 品目 i の O D 要素 t

その結果、業種・施設間では3時点共に金属機械製品同士に類似する傾向がみられた。地域間では、S.47の時点では品目間に類似性が見られなかったが、次第にその組み合わせは増加傾向にあることが分かった。

6.2 クラスター分析による構造分析

2品目間のKLS距離を用いて、クラスター分析をし、類似する品目をグルーピングした。その結果、業種・施設・地域間チャンネル別にいくつかのグループに分類することができた(表7、表8、表9:同じ特性のグループを() $\cdot$ <で表す)。

これらの表より、チャンネル内の年度ごとの変化を見てみると、「一般機器、精密機器、金属製品、電気機器、輸送機器」、「紙・パルプ、出版・印刷、繊維工業品」の品目間では、それぞれ、20年間を通し同じグループに属していると考えられる。

7. 結論

本研究では、特化係数を用い発生量・集中量から品目特性の変化を把握すると共に、これとは別の視点として、KLS距離、クラスター分析を導入し、業種、施設、地域間チャンネルの視点から品目特性を把握した。その結果、「金属機械製品同士」や、「紙・パルプ、出版・印刷、繊維工業品」など、数品目間に共通の特性を見ることができた。

表7 業種間チャンネルのグルーピング

| S47                                    | S57                                    | H6                                     |
|--|--|--|
| (一般機器、(精密機器)<br>(金属製品、(輸送機器)<br>(電気機器) | (一般機器、(精密機器)<br>(金属製品、(輸送機器)<br>(電気機器) | (一般機器、(精密機器)<br>(金属製品、(輸送機器)<br>(電気機器) |
| <紙・パルプ、<出版・印刷><br><繊維工業品>、日用品          | 鉄鋼、非鉄金属<br>窯業・セメント                     | 鉄鋼、非鉄金属<br>化学製品 肥料                     |
| 石油・石炭製品<br>鉄鋼                          | 化学製品 肥料<br>その他化学工業品                    | 窯業 セメント                                |
| ゴム 皮革製品<br>食料品、非鉄金属                    | 石油・石炭製品<br>ゴム・皮革製品                     | <紙・パルプ、<出版・印刷><br><繊維工業品>              |
| 化学製品・肥料<br>その他化学工業品<br>窯業・セメント         | <紙・パルプ、<出版・印刷><br><繊維工業品><br>日用品、食料品   | 石油 石炭製品、日用品<br>ゴム 皮革製品、食料品<br>その他化学工業品 |

今回、3時点にわたる分析を行うため、業種・施設・地域が3時点で共通となるフレートのみを取り出し、分析を行った。その結果、東京都市圏内の物流量の一部のみの分析にとどまった。今後行われる調査では時系列分析が可能なように調査方法を工夫していくことが望まれる。

【参考文献】

- 1) 苦瀬他(1994):流通経路からみた都市内物流の品目別特性分析,第29回日本都市計画学会学術研究論文集 pp.67-72
- 2) 高橋他(1995):流通経路を考慮した都市内物流の効率化に関する分析、第30回日本都市計画学会学術研究論文集 pp.655-660
- 3) 田中他(2001):流通チャンネルによる東京都市圏における物流構造の変化に関する研究,第21回交通工学研究発表会論文集 pp.57-60
- 4) GEOFFREY J. McLACHLAN(1992):Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition,pp22-24

表8 施設間チャンネルのグルーピング

| S47  | S57  | H6  |
|--|--|---|
| (ゴム 皮革製品)<br>(繊維工業品)<br>(金属製品、(精密機器)<br>(一般機器、(電気機器)<br>出版 印刷、(紙・パルプ)        | (ゴム 皮革製品)<br>(繊維工業品、(精密機器)<br>(一般機器、(電気機器)<br>非鉄金属、(紙・パルプ)<br>石油・石炭製品      | (ゴム 皮革製品)、鉄鋼<br>(繊維工業品)、(精密機器)<br>(一般機器)、(電気機器)<br>(紙パルプ)、輸送機器<br>出版印刷、金属製品<br>窯業 セメント、非鉄金属 |
| 化学製品・肥料<br><その他化学工業品><br>石油石炭製品<br><日用品>、<食料品><br>非鉄金属、輸送機器<br>窯業 セメント<br>鉄鋼 | 金属製品、鉄鋼<br>輸送機器<br><日用品>、<食料品><br><その他化学工業品><br>化学製品 肥料<br>出版印刷<br>窯業・セメント | <日用品>、石油 石炭製品<br><その他化学工業品><br><食料品><br>化学製品・肥料   |
|  |  |   |
|  |  |   |
|  |  |   |

表9 地域間チャンネルのグルーピング

| S47                                  | S57                                    | H6   |
|--------------------------------------|--|--|
| 窯業・セメント<br>繊維工業品<br>(輸送機器)<br>(電気機器) | 鉄鋼、非鉄金属<br>ゴム皮革製品<br><紙・パルプ><br><金属製品> | 精密機器、<金属製品><br>(輸送機器)、(電気機器)<br>非鉄金属、<紙・パルプ><br>窯業 セメント<br>繊維工業品 |
| <金属製品><br>化学製品 肥料<br><紙・パルプ>         | 窯業・セメント<br>石油石炭製品<br>一般機器<br>食料品       | 石油石炭製品<br>ゴム皮革製品<br>日用品、出版 印刷<br>食料品<br>その他化学工業品                 |
| その他化学工業品<br>食料品                      | 日用品、精密機器<br>出版・印刷<br>(輸送機器)、(電気機器)     | 一般機器<br>化学製品 肥料<br>鉄鋼  |
| 鉄鋼                                   | その他化学工業品                               |  |
| 出版 印刷                                | 化学製品 肥料                                |  |
| 日用品                                  | 繊維工業品                                  |  |
| 石油 石炭製品                              |  |  |
| ゴム皮革製品                               |  |  |
| 一般機器                                 |  |  |
| 非鉄金属                                 |  |  |
| 精密機器                                 |  |  |