

# 国際産業連関へのグラヴィティ・モデルの適用

—— フィリピンの事例 ——

やま した しよう いち  
山 下 彰 一  
み き よし あき  
三 木 義 昭

- I 序
- II レオンティエフ・スツラウツ・モデルの意図と問題点
- III 国際産業取引における経済距離の役割
  - 1. 経済距離の定義
  - 2. 国際産業取引における経済距離の役割
- IV グラヴィティ系の国際産業連関モデルの統計的検証 — フィリピンの事例 —
  - 1. 作業の概要
  - 2. 産業分類と貿易分類
  - 3. 使用統計データとデータ加工に関する問題点
  - 4. グラヴィティ系の産業連関諸モデルの統計的検証結果
  - 5. 結果の分析
- V 結 び

## I 序

本稿は、国際産業連関に関する一連の作業（山下、坂井、加賀美〔9〕）に続くもので、とくに、国際産業間取引における経済距離の役割、影響を実証的に分析し、他のアプローチとの比較においてその意味やインプリケーションを考察することを目的とする。

物理的距離あるいは経済距離を、地域間の物資輸送や人口移動、種々な取引のおもな説明要因とする考え方は、グラヴィティ・モデル (gravity model) と呼ばれて、W. Isard (註1) を中心とする地域学者 (regional scientists) に根強く支持されている。

グラヴィティ・モデルは、その名も定式化も、ニュートンの周知の“万有引力の法則”に負っており、その法則が広く社会現象にまで適用できることが実証されるにしたがい、この分野の分析に欠かすことのできない主要な考え方、分析用具になってしまった(註2)。

地域間および国際間の産業取引を推計したり、その交易係数を計測する方法には、これまでつぎの四つのアプローチが代表的なものと考えられてきた。(1)アイザード・タイプ(註3)、(2)チェネリー・モーゼス・タイプ(註4)、(3)レオンティエフ・パランス・モデル(註5)、それに(4)輸入係数アプローチ(註6)がそれである。これらは、すべて前掲の山下ら〔9〕によって詳しく検討されており、とくに、チェネリー・モーゼス・タイプは、その実証研究の中心モデルとして利用された。

しかしながら、この分野（地域産業連関分析）に、上記のグラヴィティ的要素（距離）を考慮すべきというもう一つのアプローチが、レオンティエフ・スツラウツによって提案されている(註7)。地域間の個々の物資輸送や人口移動に、このグラヴィティ的考え方が妥当するとすれば、当然この地域間産業取引へもそれを適用して悪いはずはない。しかし、レオンティエフ・スツラウツの考え方は、産業連関モデルの構造的特質や個々の地域産業間

取引すべてに距離を考察する実証的困難さ、はん雑さ、それに後述の理論的問題などがあって、少なくとも地域間産業取引の実証研究の分析モデルとしては受けいれられていなかった。

当研究所では、これまでアジア諸国の産業連関表の作成および国際産業連関に関する諸研究を行ってきたが、韓国、フィリピン等については、現地関係諸機関の協力を得て、昭和47年度からデータ整備等の作業に着手している。その中で、フィリピンについては、グラヴィティ的考察を可能にすると思われる詳細なデータが得られたので、それを用いてレオンティエフ・スツラウツの上述の意図を確かめ、そこでの問題点を考察しながら、国際産業連関における（経済）距離の役割や意味を考えていきたい。

はじめに、レオンティエフ・スツラウツ・モデルの説明とその問題点を述べ、つぎにフィリピンについて得られたデータの性質を簡単に説明する。このデータを用いて、国際間産業取引に経済距離（ここでは運賃・保険料をその指標としている）がどれほどの説明力をもつかを統計的に検定し、そのうえで、レオンティエフ・スツラウツ・モデルの実証を行なう。最後に、そこで得られた結果を検討して、原モデルに修正を加えたものの実証や、新たないくつかの方向の実証研究を行なう。

この研究は、フィリピンの関連の詳細なデータが入手できてはじめて可能になった。データ入手および原資料の加工作業の一部にもご助力いただいたフィリピン、センサス統計局(Bureau of the Census and Statistics)の Mr. A. M. Lascano および Mrs. E. Abitona 両氏に心から感謝の意を表したい。

(注1) Isard [3] chap. 11 (pp. 493-568)

(注2) Isard [3] chap. 12 の“Channels of Syn-

thesis”におけるグラヴィティ・モデルの占める位置を参照。

(注3) Isard [2]

(注4) Chenery [1], Moses [6]

(注5) Leontief [4]

(注6) 山下, 坂井, 加賀美 [9]

(注7) Leontief and Strout [5]

## II レオンティエフ・スツラウツ・

### モデルの意図と問題点

ニュートンの“万有引力の法則”は、“物体間に働く引力はその質量の積に比例し、距離の自乗に反比例する”というものである。アイザードらが、地域間物資輸送や、人口移動の説明に用いたグラヴィティ・モデルは、基本的にはこの考え方に基づいている。アイザードが用いた記号で、その一般的グラヴィティ・モデルを示すとつぎのとおりである(注1)。

$$I_{ij} = G \frac{w_i(P_i)^\alpha \cdot w_j(P_j)^\beta}{d_{ij}^b} \quad (2.1)$$

$$(i, j=1, 2, \dots, n)$$

ここで、 $I_{ij}$  は、 $i$  地域から  $j$  地域への物資輸送量あるいは取引量、ないしは人口移動量を示し、 $P_i$  は供給地域  $i$  の供給特性を表わす指標、たとえば地域の人口とか所得など、 $P_j$  は需要地域  $j$  の人口あるいは所得を示す。また、 $d_{ij}$  は  $i$  から  $j$  までの距離を表わし、 $w_i, w_j$  はそれぞれ  $P_i, P_j$  につくウェイト。 $\alpha, \beta, b$  はそれぞれ  $P_i, P_j, d_{ij}$  の弾性値を表わす。 $G$  は定数。そのポテンシャル  ${}_iV$  を

$${}_iV = \frac{\sum_j I_{ij}}{w_i(P_i)^\alpha}$$

で表わすと、

$${}_iV = G \sum_j \frac{w_j(P_j)^\beta}{d_{ij}^b}$$

として示される。

レオンティエフ・スツラウツが、地域間の産業取引にグラヴィティ・モデルのこの考え方を適用しようとしたのは、それまでの実証研究が個々の財や人口移動などでこの考え方をサポートしてきたことによるものと思われるが、彼らが示した地域間産業取引のモデルは、つぎのようなものである(註2)。

$$X_i^{rs} = \frac{X_i^r X_i^s}{X_i} Q_i^{rs} \begin{pmatrix} r=1, 2, \dots, m \\ s=1, 2, \dots, m \\ i=1, 2, \dots, n \\ r \neq s \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

この記号の意味は、つぎのとおり。

$X_i^{rs}$  =  $i$  財の  $r$  地域から  $s$  地域へ向けられた取引量 ( $r \neq s$ )

$X_i^r$  =  $r$  地域の  $i$  財総産出量 ( $= \sum_s X_i^{rs}$ )

$X_i^s$  =  $s$  地域の  $i$  財総投入量 ( $= \sum_r X_i^{rs}$ )

$X_i$  =  $i$  財の総取引量 ( $= \sum_r \sum_s X_i^{rs}$ )

$Q_i^{rs}$  = 統計的コンスタント。

(2.2) 式の分子には、輸出地域における財の総産出量および輸入地域における  $i$  財の総投入量が乗数形式ではいつているので、彼らはこの式をグラヴィティ・モデルの特殊タイプのものと考えた。

このモデル (2.2) を、以下では L-S モデルと略称する。

ここで、レオンティエフ・スツラウツが考えた  $Q_i^{rs}$ 、すなわち統計的に得られる定数の解釈に簡単に触れておこう。彼らは、 $Q_i^{rs}$  をさらにつぎのように定義している。

$$Q_i^{rs} = (c_i^r + k_i^s) D_i^{rs} \delta_i^{rs} \quad (2.3)$$

$$D_i^{rs} = \frac{1}{(d_i^{rs})^\beta}$$

$$\delta_i^{rs} = \begin{cases} 0, & \text{もし } r=s \text{ のとき} \\ 1, & \text{もし } r \neq s \text{ なら} \end{cases}$$

定数  $c_i^r$  と  $k_i^s$  とは、 $i$  財の供給者としての  $r$  地域および  $i$  財の使用者としての  $s$  地域の相対的立場

を、他の地域と比較して総括的に特徴づけるパラメーターである。あとは、(2.1) と (2.2) の記号の意味と同じである。

このような解釈のもとで成立っている彼らの地域間産業連関モデルに対するわれわれのコメントは、つぎのとおりである。

コメント(1):  $Q_i^{rs}$  にあまりにも多くの情報を含めすぎている。

一般的なグラヴィティ・モデルを、(2.2) の記号を使って書き改めると、

$$X_i^{rs} = G \frac{w_r (X_i^r)^{\alpha_r} w_s (X_i^s)^{\alpha_s}}{(d_i^{rs})^\beta} \quad (2.1')$$

となる。いま、L-S モデルで

$$w_r = w_s = 1 \quad (2.4)$$

$$\alpha_r = \alpha_s = 1$$

が仮定されているものとすれば、(2.1)' との関係で

$$Q_i^{rs} = G \frac{X_i^r}{(d_i^{rs})^\beta} \quad (2.5)$$

とならなければならない、(2.3) をここで考慮すれば

$$Q_i^{rs} = (c_i^r + k_i^s) \frac{1}{(d_i^{rs})^\beta} \delta_i^{rs} = G \frac{X_i^r}{(d_i^{rs})^\beta}$$

これから、 $r \neq s$  ( $\delta_i^{rs} = 1$ ) について、

$$G = \frac{c_i^r + k_i^s}{X_i^r} \quad (2.6)$$

が得られる。もとのグラヴィティ・モデルにおける定数項が、需給両地域の特性指標の和を総取引量で割った商に等しいという条件を満たさなければならないことになる。ただ、両モデルとも、経済諸理論のような厳密な理論的裏付けがあるわけではなく、現実にフィットがよいモデルが実際上選ばれることになるので、(2.6) のような検討は無意味かもしれない。いずれにしても  $Q_i^{rs}$  に含まれる情報が多すぎ、その中で主要な説明変数となるべきものを、関係式の中に陽表的に入れるべき

である。たとえば、物理的あるいは、経済的な距離 ( $d_i^s$ ) だけでも、(2.2) で陽表的に扱うべきである (後節の実証研究でその妥当性を検討する)。

コメント(2): 交易係数の定義に合わない。

いま、交易係数 ( $t_i^s$ ) を

$$t_i^s = \frac{X_i^s}{\sum_r X_r^s} \quad (2.7)$$

と定義すれば、L-S モデルでは、(2.2) を使ってつぎのように書ける。

$$t_i^s = \frac{\sum_r X_i^s}{\sum_r \sum_s X_i^s} Q_i^s = \frac{X_i^s}{X_i^s} Q_i^s \quad (2.8)$$

定義によって、交易係数は、

$$\sum_r t_i^s = \sum_s t_i^s = 1 \quad (2.9)$$

を満たさねばならない。しかし、L-S モデルではそれが、

$$\begin{aligned} \sum_r t_i^s &= \sum_r \frac{X_i^s}{X_i^s} Q_i^s = \frac{X_i^s}{n X_i^s} \sum_r Q_i^s \\ &= \frac{1}{n} \sum_r Q_i^s = 1 \end{aligned} \quad (2.10)$$

となって、(2.9) という条件を満たす保証はない。なぜなら、 $Q_i^s$  は、標準化された係数でなく、統計的な定数項であり、その平均が 1 になるのは偶然でしかありえない。

もし、L-S モデルで、(2.9) をどうしても満たしたければ、 $X_i^s$  をつぎのように定義して得られないことはない。

$$\begin{aligned} X_i^s &= \frac{X_i^s}{\sum_r X_r^s} X_i^s Q_i^s \\ t_i^s &= \frac{X_i^s}{X_i^s} = \frac{X_i^s}{\sum_r X_r^s} Q_i^s \\ \sum_r t_i^s &= \frac{\sum_r X_i^s}{\sum_r X_r^s} Q_i^s = 1 \end{aligned}$$

しかし、これは (2.9) の条件を満たすためのだけの

処置であって、現実的な意味があるとは思えない。

コメント(3): 背後にある経済理論の対立。

投入・産出モデルは、完全競争その他の前提を満たす一般均衡理論の枠内にあると一応考えられるが、グラヴィティ・モデルの方は実証研究によってサポートされつつある経験法則の一つで、一般均衡論のような理論的背景はない。後者は、むしろ、前者での仮定をことごとく捨ててしまうような、地域集積現象 (spatial agglomeration) や産業複合体、独占、規模の経済などを重視するモデルである。このように、はじめから前提が異なり、理論化の基礎が、違っている両モデルを結合するのは、かなりの問題を含むものと考えられる。そこで、レオンティエフ・スツラウツ・モデルが意味をもつ仮説であるためには、少なくとも実証的な裏付けが必要とされよう (この検討も第 4 節以降で行なわれる)。

コメント (4): (4)理論的意味づけの問題点。

L-S モデルの基本式 (2.2) に戻って、その関係の意味を考えてみよう。 $i$  財の地域間交易量  $X_i^s$  は、輸出地域における  $i$  財の総産出量と輸入地域における  $i$  財の総投入量の積に正比例する形をとっている。これは、もしグラヴィティ・モデル (2.1) 式を社会経済現象の経験法則として認める限り、特に異論を差しはさむことはない。問題は、地域間交易量が総取引量  $X_i^s$  と反比例するように仮定されていることである。もし、この二変数の相関をとれば、多分正の関係が得られるはずであるので、この二変数だけから上の仮定を検討することは許されない。すると、(2.2) 式の関係は、輸出地域の総産出量と輸入地域の総投入量との積の総取引量に対する比率との関係で、地域間取引が決まるように読みとれる。問題は、(2.2) 式右辺のこの比率がどんな意味をもつかであるが、統

計的に考えれば、 $i$ 財について $r$ と $s$ を動かす場合、分母の $X_i$ はコンスタントであり、定数項 $Q_i^{rs}$ に含めて考えても差支えない項目である。第4節で分母の $X_i$ を入れた場合と入れない場合を実証的に検討するが、このように経済的にも、論理的にも意味が疑われる変数は落して、コメント(1)でも触れたとおり、重要な距離変数などを陽表的に入れることを考えるべきであろう。

第3節では、このレオンティエフ・スツラウツ・モデルやその他のグラヴィティ系国際産業連関モデルを統計的に検証するために、国際産業取引における経済距離の定義や、われわれがフィリピンの事例について実際に用いた経済距離の概念を説明し、国際取引においていかに経済距離の役割が大きいかを実証的に考察する。第4節では、その経済距離の概念を用いた各種グラヴィティ系国際産業連関モデルの統計的検討と、その結果から得られるいくつかのインプリケーションや、レオンティエフ・スツラウツ・モデルに対する批判、この方向の研究で今後重視すべき点、などが述べられる。

なお、地域間の産業取引を分析対象として開発された各種の地域間産業連関モデルを、国際間の産業取引の分析に適用範囲を拡張することに問題がなくなはないが、モデルの構造は両者同質のものと考え、その拡張の検討を兼ねた国際産業取引における統計的な検証に終始する。

(注1) Isard [3] chap. 11, p. 510.

(注2) 日本のデータにこのモデルを適用した実証例としては、昭和35年の日本地域産業連関表を用いた金子敬生[8]がある。

### III 国際産業取引における経済距離の役割

#### 1. 経済距離の定義

国際産業取引にグラヴィティ・モデルを適用す

る意図は、地域間取引と同じように、財貨移動のメカニズムに及ぼす距離の役割を考察することにある。ここでは、もっぱら経済的距離でこの問題を考えることにするが、国際取引では、地域間取引のそれより影響力が大きくなることが予想される。

レオンティエフ・スツラウツは、地域間の経済距離 $d_i^{rs}$ を、「問題の財を $r$ 地域から $s$ 地域へ動かすのにかかる“1単位当り”の輸送費用」(注1)と定義し、 $d_i^{rs}$ が必ずしも $d_i^{sr}$ に等しいわけではないとしている。この考え方は、国際間の場合にも基本的に受け入れられるものであるが、国際取引の場合には、地域間の場合と多少経済的意味が異なり、統計的にも資料の利用可能性から工夫が必要となる。フィリピンの事例について、実際にわれわれが入手できた資料は、各財の1969年におけるフィリピンの対国別輸入のCIF価格およびFOB価格であった。CIFからFOBを差引いた額は、輸送費と保険料であるので、これを経済距離の一つの指標と考え、つぎの定義を与えた。

#### 〈定義〉

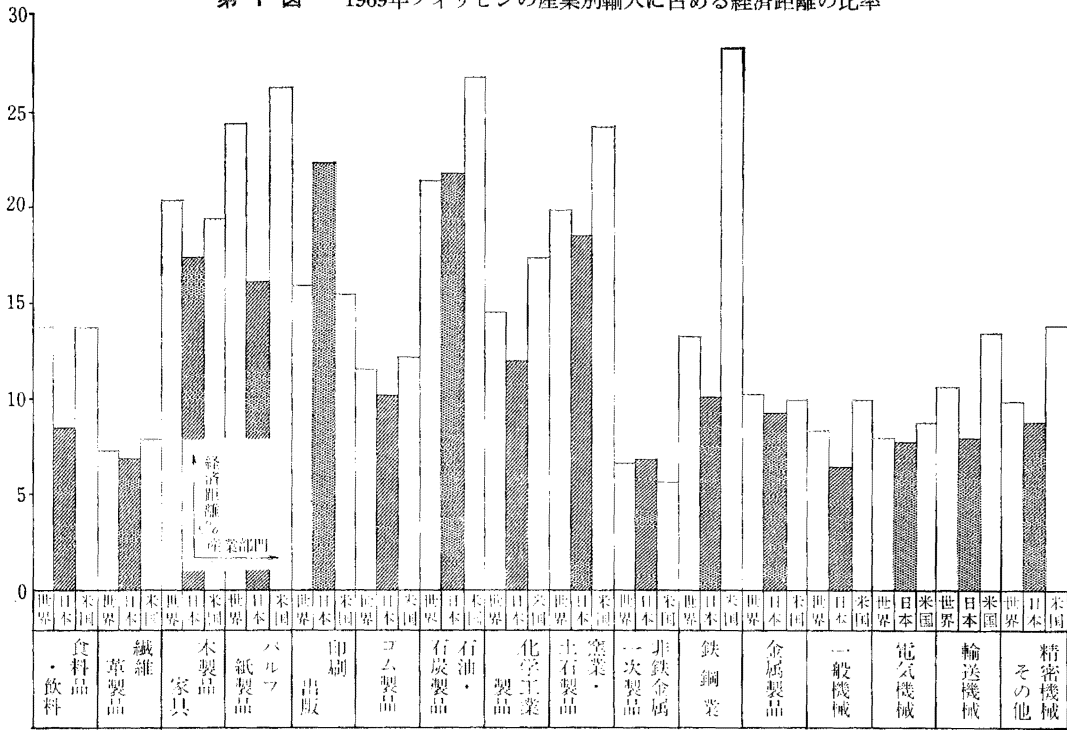
国際間財貨移動における経済距離( $d_i^{rs}$ )は、 $i$ 産業財を $r$ 国から $s$ 国へ動かすのに要する1単位当りの運賃および保険料とする。

実際の計測には、つぎの量を用いた。

$$d_i^{rs} = \frac{(\text{CIF金額})_i^{rs} - (\text{FOB金額})_i^{rs}}{(\text{FOB金額})_i^{rs}} \times 100 \quad (3.1)$$

この概念を用いて、国際産業取引でいかに経済距離が重要な変数であるかを以下で実証的にみてるが、その前に、フィリピンの各部門財の輸入額に占める経済距離の比重を、第1図のごとく示して、国別・産業別の違いを比較してみる。まず、分析対象となっている日本とアメリカの比較でみると、フィリピンの輸入にとって両国からの経済

第 1 図 1969年フィリピンの産業別輸入に占める経済距離の比率



(注) (1) 産業分類は、第 1 表に準ずる。(2) データは、第 2 表による。

距離にほとんど差がない産業財としては、繊維・革製品、木製品・家具、ゴム製品、非鉄金属一次製品、金属製品、電気機械などが挙げられる。日本から輸入した方が、アメリカから輸入するより経済距離を 5%以上縮める財として、食料品・飲料、石油・石炭製品、化学工業製品、窯業・土石製品、一般機械、輸送機械、精密機械・その他が挙げられ、また、パルプ・紙製品では10%、鉄鋼業では17~18%も、日本からの輸入が有利となっている。しかし、印刷・出版については、物理的距離と逆転して、アメリカの経済距離が日本のそれより小さく出ている。こうした資料をもとに、以下で国際間産業取引における経済距離の役割を、フィリピンの日本とアメリカからの輸入について検討してみる。

## 2. 国際産業取引における経済距離の役割

ここでは、次節で検討するグラヴィティ系の国際産業連関モデルのいくつかをとりあげ、その枠内で経済距離の重要性を考えてみる。

はじめに、以下の実証分析で使われる記号を一括して説明しておく。

$X_i^s = i$ 財の  $r$ 国から  $s$ 国へ向けられた取引量

$D_i^s = s$ 国の  $i$ 財総需要量  $(= \sum_r X_i^{rs})$

$S_i^r = r$ 国の  $i$ 財総供給量  $(= \sum_s X_i^{rs})$

$M_i^s = s$ 国の  $i$ 財輸入量  $(= \sum_{r \neq s} X_i^{rs})$

$E_i^r = r$ 国の  $i$ 財輸出量  $(= \sum_{s \neq r} X_i^{rs})$

$X_i^r = r$ 国における  $i$ 財国内需要(供給)量

$d_i^s = i$ 財についての  $r$ 国から  $s$ 国への経済距離

G=定数項

$\alpha, \beta, r, \mu$ =それぞれ  $D_i^s, S_i^r, d_i^r, S_i^r$  の弾  
性値パラメータ

これを図示すれば、つぎのようになる。なお、後  
に述べる理由により、分析をつぎの3カ国間の取引  
にしぼったので、各国の略号を併わせて記す。

第 2 図

	フィリピン	日本	アメリカ	その他	合計
フィリピン	$X_i^{pp}$	$X_i^{jp}$	$X_i^{up}$	$X_i^{op}$	$S_i^p$
日本	$X_i^{jp}$		$E_i^j$		$S_i^j$
アメリカ	$X_i^{up}$	$M_i^u$			$S_i^u$
その他	$X_i^{op}$				$(S_i^o)$
合計	$D_i^p$	$D_i^j$	$D_i^u$	$(D_i^o)$	

添字(国名略号)

P:フィリピン J:日本 U:アメリカ T:上記3カ  
国合計 O:その他

はじめに、つぎのグラヴィティ系基本モデルを  
考えてみよう。

$$X_i^{rs} = G \frac{D_i^r S_i^s}{(d_i^r)^r} \quad (r \geq 0) \quad (3.2)$$

ここでは、 $i$ 産業について、 $s$ 国の $r$ 国からの輸  
入量は、 $s$ 国の需要量と $r$ 国の供給量の積に比例  
し、経済距離に反比例する関係になっており、グ  
ラヴィティ・モデル本来の形をしているので、こ  
のモデルを「グラヴィティ系の基本モデル」と呼  
ぶことにする。

(3.2) から、次の関係を導く。

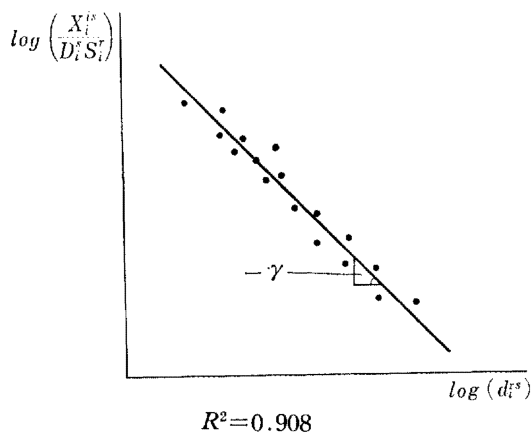
$$\frac{X_i^{rs}}{D_i^r S_i^s} = G \frac{1}{(d_i^r)^r} \quad (3.3)$$

フィリピンの輸入(1969年)について、対日本、対  
アメリカのケースを、上式にあてはめてみる。各  
財について、おのおのログ・リニアをとって、そ  
の相関をみた結果が第3図のようになればよいわ  
けである。なお、本節の計測には、第2表にまと  
めて示されている資料を用いた。

フィリピンのアメリカからの輸入について、こ  
の関係をあてはめた結果は、

$$\log\left(\frac{X_i^{up}}{D_i^u S_i^p}\right) = -1.110 - 4.578 \log(d_i^{up}) \quad (3.4)$$

第 3 図



であり、また、日本からの輸入に対しては

$$\log\left(\frac{X_i^{jp}}{D_i^j S_i^p}\right) = -0.811 - 4.634 \log(d_i^{jp}) \quad (3.5)$$

$$R^2 = 0.927$$

という結果が出ている。

この結果からわかるように、グラヴィティ系の  
基本モデルで確かめられた経済距離の国際間産業  
取引に与える影響は非常に大きいといえる。その  
根拠は、両ケースとも非常に高い決定係数を示し  
(対アメリカのケースで0.908, 対日本の場合で0.927),  
また、その弾性値も両方とも4以上という驚異的  
な値を示している。このことは、第4節でもう少  
し詳しく検討する。

つぎに、もう一つだけ異なったタイプのモデル  
をとりあげ、基本モデルから得られた結果と比較  
してみよう。

$$X_i^{rs} = G \frac{D_i^r S_i^s}{S_i^r} \frac{1}{(d_i^r)^r} \quad (r \geq 0) \quad (3.6)$$

これは、すでに述べてきたレオンティエフ・スツ  
ラウツ・モデルとアナログなもので、前出の  
(2.2) 式の定数項  $Q_i^s$  から経済距離を陽表的にと  
り出したものである(L-S修正モデル)。

前のケースと同じように、

$$X_i^{rs} / \left(\frac{D_i^r S_i^s}{S_i^r}\right) = G \frac{1}{(d_i^r)^r} \quad (r \geq 0) \quad (3.7)$$

と書き改め、両辺を対数でとった場合には、やはり第2図の関係が保たれていることが期待される。この関係(3.7)を、第2表のデータにあてはめた結果から、フィリピンのアメリカからの輸入について考えたケースをみると

$$\log\left(\frac{X_i^{jp}}{D_i^p S_i^j}\right) = -0.137 - 0.907 \log d_i^{jp} \quad (3.8)$$

$$R^2 = 0.769$$

となっており、フィリピンの日本からの輸入についてみたものは、

$$\log\left(\frac{X_i^{jp}}{D_i^p S_i^j}\right) = 0.211 - 0.546 \log d_i^{jp} \quad (3.9)$$

$$R^2 = 0.491$$

となっている。

この結果は、前の基本モデルのケースよりかなり決定係数が落ちており、距離の弾性値も、アメリカの場合0.907、日本の場合0.546とかなり低く出ている。このあたりから、レオンティエフ・スツラウツ・モデルに対する批判の材料が出てくるわけであるが、この検討は次節で詳しくなされる。しかし、(3.8)、(3.9)の結果が、(3.4)、(3.5)に比べて多少悪く出ているが、使用統計データの精度およびわれわれが行なったデータの加工(産業分類と貿易分類の統合、ドル換算など)を考慮するとき、この相関関係を否定するまでには至らないと思われる。

以上、(3.2)、(3.6)の二つのモデルから、われわれが定義した経済距離が国際間産業取引にとってどの程度の役割をもつかを考察してきたが、その結果である(3.4)と(3.5)、および(3.8)と(3.9)は、経済距離が国際産業取引に負の効果をもつ、すなわち両者は逆比例の関係にあることを示しており、しかもその相関がかなり高いことを示している。先の、経済距離が輸入量に占める比

率が、国際取引でかなり高いという第1図の結果からみても、国際産業取引において経済距離の役割は大きく、無視できない説明変数であることを強調したい。

(注1) Leontief and Strout [5]。なお、前掲の金子[8]では、 $d_i^{js}$ に物理的距離を選んで実証している。

#### IV グラヴィティ系の国際産業連関 諸モデルの統計的検証

—— フィリピンの事例 ——

##### 1. 作業の概要

本章では、1969年フィリピンの輸入について種類のグラヴィティ系モデルを想定し、さきに定義された経済距離を導入して統計的検証を行なう。相手国としては、この時点でのフィリピン貿易の実態を考慮し<sup>(注1)</sup>、日本、アメリカだけをとりあげた。フィリピン経済を19産業に分割し、そのうちの農林・水産業部門、鉱業部門、サービス部門を除く16製造工業部門(そのうち、木製品、家具部門は輸入額がきわめて小さいので除いたため15部門)を対象に、貿易統計とのむすびつけを試み、製造工業全体および各部門別に1969年単年でのクロスセクションによる回帰分析を行なった。部門別については計算、集計に多くの時間を費やし、十分な分析が行なえなかったため、今回の報告はおもに製造工業全体にとどまっていることを、おことわりしておく。

##### 2. 産業分類と貿易分類

フィリピン全産業をISIC(国際標準産業分類)に基づき19部門に分割し、それにSITC・オリジナル(標準国際分類・オリジナル)の各3桁を対応させることにより生産統計と貿易統計とのむすびつけを行なった(第1表参照)。また、この分類は、



われわれがさきに行なった「アジア研連関モデル No. 3」(註2)で用いた産業分類の線に沿って、それを多少修正する形で用いている。

第1表 産業19部門とSITCオリジナルとの対応表

産業分類	SITC・オリジナル3桁分類
1. 農林・水産業	011, 012, 013, 021, 022, 023,
2. 鉱業	024, 025, 029, 032, 046, 047,
3. 食料および飲料	048, 052, 053, 055, 061, 062,
	071, 072, 073, 074, 075, 091,
	099, 111, 112
4. 繊維製織品	211, 213, 266, 267, 611, 612,
	613, 651, 652, 653, 654, 655,
5. 木製品・家具	656, 657, 831, 841, 851
	243, 244, 631, 632, 633
6. パルプ・紙	251, 641, 642
7. 印刷・出版	892
8. ゴム製品	621, 629
9. 石油・石炭製品	313
10. 化学工業	511, 512, 521, 531, 532, 533,
	541, 551, 552, 561, 591, 599
11. 窯業・土石製品	661, 662, 663, 664, 665, 666
12. 窯業・土石製品	284, 671, 672, 673, 682, 683,
	684, 685, 686, 687, 689
13. 鉄鋼	282, 681
14. 金	691, 699
15. 一般機械	711, 712, 713, 714, 715, 716
16. 電気機械	721
17. 輸送機械	731, 732, 733, 734, 735
18. 精密機械およびその他の製造業	811, 812, 861, 862, 863, 864,
19. サービス	891, 899

### 3. 使用統計データとデータ加工に関する問題点

第2表に、この分析で使用した関連データを総合的に示した。このデータの性質として、以下の諸点に注意されたい。

(1) ドル換算には、1\$=360円( $S_t^j$ )、1\$=3.9ペソ( $S_t^p$ )のレートを用いた(註3)。

(2) フィリピンの総需要量( $D_t^p$ )は

$$D_t^p = S_t^p - E_t^p + M_t^p$$

で推計した。

(3) 供給量は各国とも、事業所統計による総産出額を用いた。したがって副産物等のトランスファーは行なわれていない。

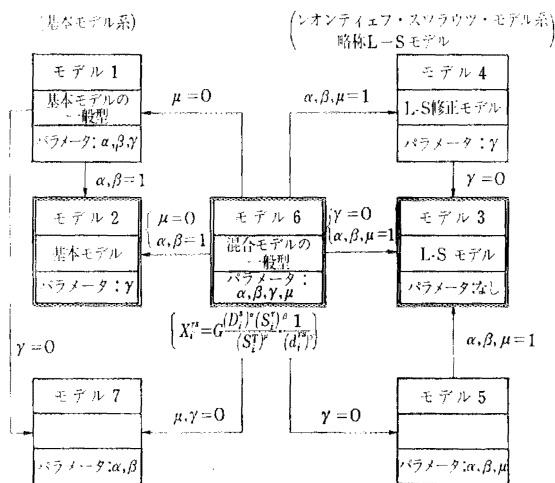
なお、資料の出所は、第2表に示されたとおりであるが、すべて第1表に示した産業分類に従って、SITC オリジナル3桁分類あるいはもっと詳細な原データを集計したものである。

### 4. グラヴィティ系の産業連関諸モデルの統計的検証結果

われわれがこれから検討しようとしているモデルは、いずれもグラヴィティ・モデルないしはポテンシャル・モデルの構造をもっている。すなわち、 $i$ 産業の国際産業取引は、その輸出地域における総供給量と輸入地域における総需要量が積の形で正比例する形式をとり、ほとんどのモデルで経済距離変数が反比例する形で与えられている。

この種のグラヴィティ系諸モデルを、上で準備した統計データにあてはめるわけであるが、ここでわれわれが分析対象とした七つの同系統のモデルは、第3表にまとめて示されている。これら諸モデルは、一応、グラヴィティ系の基本タイプとレオンティエフ・スツラウツ・タイプの二つに大きく分けられる。それを体系的に示してみたのが

第4図 各モデル間の関係



(注) ここでのパラメータは弾性値パラメータをさす。

第 2 表 本分析のための統計データ, 1969年

(単位: 100万ドル)

産 業 分 類	①			②			③		
	全世界から輸入 ( $M_i^P$ )			日本からの輸入 ( $X_i^{JP}$ )			アメリカからの輸入 ( $X_i^{UP}$ )		
	FOB $X_i^P$	CIF	経済距離 $d_i^{WP}$ (%)	FOB	CIF	経済距離 $d_i^{JP}$ (%)	FOB	CIF	経済距離 $d_i^{UP}$ (%)
1. 食料品、革、飲料品	89.6	101.9	13.7	16.6	18.0	8.5	17.9	20.4	13.7
2. 繊維製、品、製家	59.1	63.3	7.2	38.9	41.5	6.8	12.3	13.3	7.9
3. 木製、品、紙出	0.8	0.9	20.3	0.02	0.03	17.3	0.08	0.09	19.4
4. パルプ、刷、紙出	32.4	40.4	24.5	7.1	8.3	16.2	11.8	14.9	26.3
5. 印刷、刷、紙出	6.7	7.8	16.0	1.1	1.3	22.4	4.0	4.6	15.5
6. ゴム、製炭、製品	7.9	8.8	11.5	3.7	4.1	10.2	2.8	3.2	12.1
7. 石油、石炭、製品	11.7	14.2	21.4	1.6	2.0	21.9	5.2	6.6	26.9
8. 化学工業、製炭、製品	112.6	129.0	14.6	31.9	35.7	12.0	35.6	41.8	17.5
9. 窯業、土、石、製品	12.1	14.4	19.8	4.1	4.9	18.6	3.8	4.8	24.3
10. 非金属、鉄、金属、一次製品	26.1	27.9	6.7	9.0	9.6	6.9	6.6	7.0	5.6
11. 鉄鋼製品	92.9	105.2	13.2	60.7	66.8	10.1	4.0	5.1	28.3
12. 金、属、製機、器械	27.3	30.2	10.3	8.6	9.4	9.3	9.2	10.1	10.0
13. 一属、製機、器械	255.4	277.0	8.4	79.6	84.6	6.3	82.9	91.2	10.0
14. 電送、機、器械	68.1	73.6	8.0	17.1	18.4	7.8	28.4	30.9	8.8
15. 輸送、機、器械	116.3	128.7	10.6	36.3	39.2	8.0	38.3	43.4	13.4
16. 精密機械およびその他の製造業	32.3	35.4	9.9	5.8	6.3	8.8	8.3	9.4	13.9

産 業 分 類	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
	全世界への 輸出 (FOB) $E_i^P$	フィリピン の総供給量 $S_i^P$	フィリピン の総需要量 $D_i^P$	日本 の 総供給量 $S_i^J$	アメリカの 総供給量 $S_i^U$	3ヶ国合計供給量 $S_i^T = S_i^P + S_i^J + S_i^U$
1. 食料品、革、飲料品	196.0	953.8	852.4	15,788.9	93,800	110,500
2. 繊維製、品、製家	6.8	282.3	334.6	14,136.1	53,500	67,900
3. 木製、品、紙出	40.3	160.5	121.0	7,330.6	19,900	27,400
4. パルプ、刷、紙出	0.7	81.8	113.5	5,263.9	24,200	29,500
5. 印刷、刷、紙出	0.1	68.5	75.1	4,866.7	25,200	30,100
6. ゴム、製炭、製品	0.2	67.7	75.4	1,686.1	8,800	10,600
7. 石油、石炭、製品	13.2	210.3	208.8	3,419.4	24,400	28,000
8. 化学工業、製炭、製品	7.4	380.8	486.0	16,794.4	64,400	81,600
9. 窯業、土、石、製品	1.2	109.2	120.1	5,869.4	17,200	23,200
10. 非金属、鉄、金属、一次製品	24.0	125.1	147.2	4,900.0	18,000	23,000
11. 鉄鋼製品	7.4	5.9	91.4	14,877.8	33,800	48,700
12. 金、属、製機、器械	0.4	134.4	161.3	9,797.2	42,000	51,900
13. 一属、製機、器械	0.6	18.7	273.5	16,283.3	61,300	77,600
14. 電送、機、器械	0	92.3	160.4	18,616.7	49,300	68,000
15. 輸送、機、器械	—	140.8	257.1	16,791.7	82,500	99,400
16. 精密機械およびその他の製造業	4.0	33.3	61.6	4,205.1	22,400	26,700

(出所) ①, ②, ③, ④; "1970 Foreign Trade Statistics of the Philippines," Bureau of Census and Statistics, Philippines.

⑤; UN, "The Growth of World Industry 1970 edition," および "Annual survey of Manufactures, 1969," BCS, Philippines.

⑦; Ibid. および『昭和44年工業統計表, 産業編』, 通産省調査統計部。

⑧; Ibid.

(注) ⑨ 3ヶ国合計供給量 ( $S_i^T$ ) は, 1000万ドルでの四捨五入を行なっている。

第3表 グラヴィティ系諸モデルの計測結果

モデル 番号	モデル式	推計方法および推計式		$\log G$	$\hat{\gamma}$ (S $\hat{\gamma}$ )	$\hat{\beta}$ (S $\hat{\beta}$ )	$\hat{\gamma}$ (S $\hat{\gamma}$ )	$\hat{\beta}$ (S $\hat{\beta}$ )	R <sup>2</sup>	備 考
1 (基本モデル)	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{(d_i^r)^r}$ ( $\alpha, \beta, \gamma = 0$ )	log(X <sup>r</sup> ) = log(G) + r log(D <sup>r</sup> ) + log(S <sup>r</sup> ) - r log(d <sup>r</sup> ) の対数 対数変換による非線形最小二乗法	日本との輸入の場合	-0.0371 (0.0399)	0.0654 (0.7223)	0.7223 (0.202)	1.7295 (0.324)	/	0.399	
			アメリカとの輸入の場合	-0.0654 (0.111)	0.4049 (0.883)	0.2221 (0.883)	0.7359 (0.219)	/	0.825	
2 (基本モデル)	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{(d_i^r)^r}$ ( $\gamma = 0$ )	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{(d_i^r)^r}$ と変形し log(X <sup>r</sup> ) = log(G) + r log(D <sup>r</sup> ) + log(S <sup>r</sup> ) の対数変換による非線形最小二乗法。それを用いて式(4.1)の推計式で推定	日本	$\hat{G} = 0.0761$	/	/	4.574 (-0.994)	/	0.661	log(X <sup>r</sup> ) = log(S <sup>r</sup> ) + log(G) - r log(d <sup>r</sup> ) 対数変換による非線形最小二乗法 log G = -0.811, $\hat{\gamma} = -4.634, R^2 = 0.927$
			アメリカ	$\hat{G} = 0.1653$	/	/	4.578 (-1.722)	/	0.620	対数変換による非線形最小二乗法 log G = -1.110, $\hat{\gamma} = -4.528, R^2 = 0.908$
3 (1→2)	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{S_i^r}$	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{S_i^r}$ の対数	日本	$\hat{G} = 0.4182$	/	/	/	/	0.126	
			アメリカ	$\hat{G} = 0.6023$	/	/	/	/	0.110	
4 (1→3) (アメリカ)	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{S_i^r}$ ( $\gamma = 0$ )	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{S_i^r}$ と変形し log(X <sup>r</sup> ) = log(G) + log(D <sup>r</sup> ) + log(S <sup>r</sup> ) の対数変換による非線形最小二乗法。それを用いて式(4.1)の推計式で推定	日本	$\hat{G} = 0.1099$	/	/	0.546 (0.131)	/	0.321	log(X <sup>r</sup> ) = log(D <sup>r</sup> ) + log(G) + log(S <sup>r</sup> ) 対数変換による非線形最小二乗法 log G = 0.804, $\hat{\gamma} = 0.132$ log G = 0.211, $\hat{\gamma} = 0.546, R^2 = 0.491$
			アメリカ	$\hat{G} = 0.6500$	/	/	0.907 (-0.192)	/	0.298	対数変換による非線形最小二乗法 log G = 0.137, $\hat{\gamma} = 0.907, R^2 = 0.769$
5	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{(S_i^r)^r}$ ( $\alpha, \beta, \gamma = 0$ )	log(X <sup>r</sup> ) = log(G) + r log(D <sup>r</sup> ) + log(S <sup>r</sup> ) - r log(S <sup>r</sup> ) の対数	日本	-0.0258	0.6115 (0.200)	3.690 (0.877)	/	2.6839 (0.160)	0.848	
			アメリカ	-0.0584	0.6320 (0.174)	0.5852 (0.133)	/	0.6435 (0.101)	0.771	
6 (基本モデル) (1→3)	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{(S_i^r)^r}$ ( $\alpha, \beta, \gamma = 0$ )	log(X <sup>r</sup> ) = log(G) + r log(D <sup>r</sup> ) + log(S <sup>r</sup> ) - r log(S <sup>r</sup> ) の対数	日本	0.0001	0.7043 (0.609)	1.8576 (0.213)	1.1456 (-0.175)	1.3379 (0.433)	0.926	
			アメリカ	-0.0467	0.3179 (0.0213)	0.9236 (0.141)	6.7524 (1.083)	0.7193 (0.229)	0.820	
7	$X_i^r = G \frac{D_i^r S_i^r}{(S_i^r)^r}$ ( $\alpha, \beta = 0$ )	log(X <sup>r</sup> ) = log(G) + r log(D <sup>r</sup> ) - r log(S <sup>r</sup> ) の対数	日本	-0.1919	0.0299 (-0.0411)	0.28634 (0.143)	/	/	0.661	
			アメリカ	-0.0856	0.6177 (0.383)	0.0732 (0.145)	/	/	0.718	対数変換による非線形最小二乗法

(注) (1) S ( ): 推定量の誤差を示す。

(2) モデル番号2, 3, 4ではGは定数項でなく, 説明変数につく係数であることを注意。

第4図である。

推計方法および各モデルの, 対日本および対アメリカの推計結果は, 同じく第3表に一括して示されている。ただし, 被説明変数はすべてフィリピンの輸入であり, 説明変数にはフィリピンの需要量 ( $D_i^r$ ), 日米両国の供給量 ( $S_i^r$  と  $S_i^u$ ) およびフィリピンと両国との距離  $d_i^{rs}$  ( $r=J, u$ ) が中心的に選ばれている。したがって, 添字の  $s$  は必ずフィリピンを指し,  $r$  は日本とアメリカが交互にはいるように理解してもらえばよい。

計測は, ほとんどのモデルについてログ・リニアによる直接最小自乗法によった。しかし, 線形回帰が直接にはできない, モデル2, モデル4については, 次のような方法をとった。

モデル2を例にとると

$$X_i^r = G \cdot \frac{D_i^r S_i^r}{(d_i^r)^r} \quad (4.1)$$

(4.1) より

$$\frac{X_i^r}{D_i^r S_i^r} = G \cdot \frac{1}{(d_i^r)^r} \quad (4.2)$$

さらに(4.2)は,

$$\log\left(\frac{X_i^r}{D_i^r S_i^r}\right) = \log G - r \log(d_i^r) \quad (4.3)$$

(4.3) に対して最小自乗法により推定量  $\hat{\gamma}$  を求める(注4)。 $\hat{\gamma}$  を(4.1)に代入すると

$$X_i^r = G \cdot \frac{D_i^r \cdot S_i^r}{(d_i^r)^{\hat{\gamma}}} \quad (4.4)$$

となり, (4.4) に対して回帰分析を行なうことができる(原点を通り, 回帰係数は  $\hat{G}$ )。

### 5. 結果の分析

第3表に示した計測結果から, およそつぎのことが観察される。

(1)フィリピンの産業財別輸入という観点から国際間産業取引をみた場合、基本モデルとL-Sモデルの「混合モデルの一般型」(モデル6)で最も高い決定係数を得た(日本のケースで0.928, アメリカで0.820であった)。これは、ここでとりあげられたフィリピンの輸入に関係がある変数すべてを用い、また、それぞれの変数の弾性値パラメータがすべて動くように配慮されているので、精度が高くなったのは当然の結果ではあるが、ここで注目すべきことは、互いにほぼ独立とみなされる4変数( $D_i^s$ ,  $S_i^s$ ,  $d_i^s$ ,  $S_i^r$ )。ただし、 $S_i^r$ は後にその問題を考え直す)に、それぞれ独自の弾性値を与えれば、2国間の産業取引がかなり高い精度で説明されるということである。これは、チェネリー・モーゼス・モデルなどで実証した結果と比較してみなければわからないが、他のアプローチより精度がよいことを予想させる。

しかしながら、国際産業間の交易量あるいは交易係数を推計するに当って、これらすべての変数について、国別・産業別に異なった弾性値を与えなければならないことを考えると、その時間的、経済的コストのぼう大さに比して、果たしてその精度を上げることにどれほどの意味があるかを考えてみなければならない。そこで、この混合モデルの一般型の説明力を極端に落とさずに、説明変数の数を減らしたり、その弾性値を除いたりして、よりオペレイショナルなモデルを導くことが、この種の実証分析の方向として要求されよう。

(2)本研究の残りのケースは、すべてこの「混合モデルの一般型」(モデル6)を、どの方向に単純化すればよいかについてのケース・スタディである。第4図に示したように、われわれのグラヴィティ系諸モデルは、(i)基本モデル系と、(ii)レオンティエフ・スツラウツ系の二つに大別できるが、

大体、基本モデル系のフィットがよかった。すなわち、L-Sモデルの右辺分母にある説明変数 $S_i^r$ (全世界の取引量合計に当る)の説明力に疑問がもたれる。これは、混合モデルから $S_i^r$ を落としてもそれほどあてはまりが悪くならないことが、「モデル1」(基本モデルの一般型)の結果で示されている。その場合、日本のケースで決定係数が0.928から0.909へとほんのわずかが落ちるのに対し、アメリカのケースでは逆に0.820から0.825へ上るという結果になっている。これは、レオンティエフ・スツラウツの定式化を批判する重要な根拠になる。

(3)経済距離の説明力は、同じタイプのモデルで、その変数( $d_i^s$ )がはいっているかないかで判断する。ここでは3組の比較が可能である。それはモデル1と7, モデル4と3, モデル6と5で、いずれも、対日本、対アメリカ両ケースで、距離変数を入れた方が格段にフィットがよい。レオンティエフ・スツラウツ・モデルのあてはまりは非常に悪いが、それでも距離変数を陽表的に入れた方がまだましである(決定係数は、日本のケースで0.126から0.321へ上っている)。混合モデルでは日本の場合0.848から0.928へ、また、基本モデルの一般型でも、日本の場合0.661から0.909まで決定係数が上っている。これらはすべて、国際間産業取引における経済距離の重要さを示すものである。と同時に、われわれの定義した経済距離が、近似的な測度ではあるがこの関係においてかなり有力なものであることを示している。

(4)本稿の出発点となったレオンティエフ・スツラウツ・モデルの推計結果をみてみよう。第3表に示されているように、決定係数でみたフィットは、今回考察した全ケースのうちで最悪であった。日本の場合、それは0.126, アメリカの場合で

0.110であった。われわれの使用したデータや全世界の総需給量の代理変数  $S^T$  で判断する限り、このモデルはほとんど説明力をもたない解釈される。これは、第2節で考察したL-Sモデルの理論的、実証的諸問題に対するわれわれの考え方を、ある程度サポートした結果とも理解できる。

第2節でも指摘したように、このモデルに距離変数を陽表的に入れると多少フィットが良くなる(モデル4の結果参照)。しかし、L-Sモデルの意図を積極的に支持するほどの結果ではない。むしろ、われわれが混合モデルと呼んでいる、基本モデルとL-Sモデルを結合し、それをパラメトリックなものとして扱った「モデル6」のような処理がさらに必要であることが示唆されている。たとえば、L-S原モデルを単にパラメトリックなものとし、距離変数を含まない「モデル5」の結果をみても、それだけでかなり事態が改善されることがわかる(日本のケースで、L-Sモデルの決定係数が0.126であったものが、「モデル5」では0.848まで上っている)。

(5)フィリピンの産業財輸入にとって、フィリピン国内のその財に対する需要量と、輸出国における供給力のどちらが強い影響力を持つかについて、日本とアメリカのケースで顕著な特色が現われている。その両方の弾性値パラメータ( $\alpha, \beta$ )を含むモデル1, 5, 6, 7の4ケースすべてについて、対日本の場合には、日本の供給力がフィリピンの需要力よりも強く影響し( $\hat{\alpha} < \hat{\beta}$ )。対アメリカの場合には、アメリカの供給力よりもフィリピン自身の需要の伸びを強く反映する( $\hat{\alpha} > \hat{\beta}$ )。アメリカの事例は正常としても、フィリピンの輸入の伸びが、自国の需要の伸びより日本の供給量の伸びに、より大きい影響を受けるという結果は、注目に値する。いかに日本の対外競争力が強いかが、このよ

うな結果にも現われている。

(6)ひと昔まえ、アイザードやスチュアートなどが、地域間物資輸送の場合の、距離の弾性性の値はどれくらいかを、実証研究をもとに論争していた時期があった。スチュアートは、理論的見地からその値が1あるいは2のどちらかであると主張したが、アイザードは、そこで使われた概念に依存するとして、必ずしも1か2の値をとる必要はないとしている(注5)。アイザードが引用した実証例では、アイザード自身のもので1.5、キャロルのが3、アイケルの分析では0.689から2.6の範囲となっている(注6)。

われわれの計測では、経済距離の弾性値 $\hat{\alpha}$ は、0.546から6.752までの広がりを持ち、いちがいにいくらとは判定できないが、決定係数のよい「モデル1」から判断して、フィリピンの日本からの輸入で1.771、アメリカの例で0.739となっている。これは、財の分類をくわしくした後の財別検討の結果(第4表参照)をみても(注7)、日本の場合1.59から2.00まで、アメリカの場合0.61から1.11までの範囲にあるので、上の数値はその平均的なものとしてここでは解釈しておく。そして、この結果が、アイザードらが地域間取引で得た推論に割に近い数値であり、国際間取引では品目によって多少広い変域をもつ可能性があることを指摘しておきたい。

(7)以上で述べてきた理由により、今回検討したグラヴィティ系諸モデルの中では、基本モデルの一般型(モデル1)が最もわれわれの趣旨に沿ったものであると考えた。すなわち、国際間産業取引( $X_i^*$ )の推計にあたって、われわれは、

$$X_i^* = G \cdot \frac{(D_i^*)^\alpha (S_i^*)^\beta}{(d_i^*)^\gamma} \quad (4.5)$$

を選ぶ。この関係式の利点は、上述の理由の他に、推計が割に簡単だということである。それには対

数をとって回帰すればよく、そこで推定された弾性値の比較検討も容易に行ないうる。その検討こそこの方向の分析では重要であり、それが(4.5)の最大のメリットかもしれない。

このフィットの良い関係式(4.5)を、もう少し詳細な産業分類のデータに適用してみた。つまり、同様の作業を、各産業分類別に、その産業分類内の細かい区分の財をサンプルにして、(4.5)の産業別推計を行なった。結果は、第4表に示されているとおりで、大体、期待した結果が出ている。決定係数は、日本の場合で0.880から0.930、ア

第4表 フィリピン産業別輸入弾力性(1969年)

産業部門	フィリピンの輸入弾力性				決定係数
	フィリピンの国内需要に対する	日本(およびアメリカ)の供給量に対する	日本(およびアメリカ)の距離に対する	世界の総供給量に対する	
	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\gamma}$	$\hat{\mu}$	$R^2$
食料品、飲料	日本	0.03	0.88	1.73	0.930
	アメリカ	0.35	0.20	0.90	0.828
繊維、革製品	日本	0.12	0.80	1.59	0.902
	アメリカ	0.41	0.35	0.61	0.796
化学工業	日本	0.21	0.76	2.00	0.910
	アメリカ	0.53	0.21	0.92	0.831
非鉄金属一次製品	日本	0.02	0.51	1.81	0.880
	アメリカ	0.46	0.19	1.11	0.793
製造工業全体	日本	0.0654	0.7723	1.7705	0.909
	アメリカ	0.4049	0.2224	0.7389	0.825

(出所) 回帰式  $\log X_i^{fs} = \log G + \alpha \log(D_i^s) + \beta \log$

$(S_i^s) - \gamma \log(d_i^s)$  による。

(注) 今回、各部門ごとの計測も行なったが、本稿では製造工業全体だけをとりあつた。なお主要輸入品目に関する若干の結果は、Y. MIKI, "Notes on Gravity Model," 1972, 9 (unpublished) の付表を参照されたい。

メリカで0.793から0.831の範囲でかなり高い相関を各部門で示し、 $\hat{\alpha}$ ,  $\hat{\beta}$ の値も、日本で $\hat{\alpha} < \hat{\beta}$ , アメリカで $\hat{\alpha} > \hat{\beta}$ という結果も変わっていない。距離弾力性も、日本で1.59から2.00, アメリカで0.61から1.11の範囲にすべて落ちている。

ただ、産業財ごとに、各種弾力性との値に多少の差異がみられる。詳しくは第4表を見ていただくとして、フィリピンの日本からの輸入について、ここで二、三の観察に簡単に触れておく。

まず、距離の弾性値をみると、対象の産業財のうち、化学工業部門が1番高く、輸送費・保険料が1%ポイント上昇するとフィリピンの日本からの化学製品の輸入がその2倍かた減少することが示されている。製造工業全体でみた距離弾力性は1.77であり、非鉄金属一次製品でそれよりわずかに高く(1.81)。食料品・飲料でわずかに低い(1.73)。繊維・革製品のそれは1.59で、この計測例中最低になっている。 $\hat{\alpha}$ ,  $\hat{\beta}$ の関係は、 $\hat{\alpha} < \hat{\beta}$ ですべて同じであるが、フィリピンの国内需要の増減に最も敏感な産業部門は化学工業で、その弾性値は0.21。食料や非鉄金属一次製品は、フィリピンの需要増がほとんど日本の輸出と結びつかないことを示している。それらは、多分自国内での供給増か、あるいは日本以外の国たとえばアメリカからの輸入でまかなうことが予想される。

$\hat{\beta}$ つまり、日本の供給量の増大がフィリピンの日本からの輸入を増やすことを示す弾力性では、繊維・革製品および食料・飲料で高く、非鉄金属一次製品で低くなっている。これらの検討は、すべての産業部門財についての計測が揃ってはじめて意味が出てくるものと思われるが、残念ながら少数の部門についてだけしか結果を得ていない。いま一つは、これら三つの弾性値の合計(あるいは $\gamma$ を固定して、 $\alpha$ ,  $\beta$ の合計)から別なインプリケー

ションを得る可能性があると思われた<sup>(注8)</sup>。しかし、その検討も今回の報告に間に合わなかった。

(注1) 1968年～1971年におけるフィリピンの貿易量において、日本、アメリカ2カ国の占める割合は以下のとおりである。

	輸出(FOB)%			輸入(FOB)%			輸出入(FOB)%		
	日本	アメリカ	合計	日本	アメリカ	合計	日本	アメリカ	合計
1968年	31.9	45.5	77.4	28.8	34.0	62.8	30.2	39.1	69.3
1969年	37.4	43.8	81.2	29.2	30.6	59.8	32.9	36.5	69.4
1970年	37.3	43.2	80.5	31.4	31.0	62.4	34.3	37.1	71.4
1971年	32.8	42.5	75.3	30.5	26.9	57.4	31.6	34.4	66.0

(出所) "Foreign Trade Statistics of the Philippines," 1968～1971, BCS, Philippines.

(注1) 再輸出を除く。

Okinawa, Gnam, Hawaii 等, 本土以外の地域は除く。

(注2) 山下, 坂井, 加賀美 [9]。

(注3) データは1969年のものであるので、その時点の公定為替レートを用いた。

(注4) 同様な方法は、金子教授(中央大学)によって行なわれている。教授は、日本の昭和35年地域連関表を用い、L-Sモデルの実証を行ない、産業部門ごとに距離感応度 $\rho$ を計測している(ここでの距離は物理的な距離)。金子 [7] 第7章。

(注5) Isard [3] chap. 11, p. 509.

(注6) Isard [3] chap. 11, pp. 497, 508-509. 他に、キャロル・バーヴィスのデトロイト地区の旅行回数例で1.63、ハマー・アイケルの電動回数、航空機による旅行の例で1.3—1.8という結果があげられている。

(注7) ただし、「モデル1」についてだけの検討。

(注8) たとえばコブ・ダグラス生産関数における、規模に関する収縮法則のようなものの推論。

## V 結 び

本稿では、国際間産業取引における距離の役割を、フィリピンの産業別輸入の事例について、相手国を日本とアメリカにしぼって実証的に考察した。

出発点は、グラヴィティ的要素を地域間産業連関に最初に取り入れようとしたレオンティエフ・スツラウツ・モデルの検討にあった。地域間取引の分野で開発されたモデルを国際間の取引にまで拡張する場合、理論的構造を同じくしていても、

政策的・実践的意味が、かなり違うと思われるので、このあたりの事情をくわしく調べてみるのも面白いと思われる。しかし、われわれは、その検討を据置きにして、彼らのモデルをいきなり国際間の貿易データに適用してみた。結果は、第2節で述べた理論的諸問題から予想されたように、あまり芳しいものではなかった。これは、われわれの経済距離の定義に問題があったかもしれないし、フィリピンの日本およびアメリカからの輸入という事例が悪かったのかもしれない。あるいは、このL-Sモデルは、地域間取引にはフィットが良いのかもしれない。しかしながら、われわれの実証分析の枠内では、今回とりあげたグラヴィティ系のどのモデルよりL-Sモデルの推計結果が悪く出た。

つぎの関心は、国際間産業取引における経済距離の役割の大きさであった。われわれは、フィリピンの貿易について、詳細な対国別のFOB, CIF統計データが入手できた。そこで、FOB, CIFの差をここでの経済距離の一つの指標にとった。そして、Ⅲの1.で与えた経済距離の定義を用いて、実証分析の対象としたグラヴィティ系7モデル、合計14ケースについて、距離変数導入の意義を考察した。結果は、Ⅳの5.のとくに(3)項および(6)項、そして最後の産業別検討のところすでに触れたように、距離変数の導入がこの種の分析に不可欠であり、非常に重要な意義をもつことが確認された。この点、レオンティエフ・スツラウツの意図は正しかったのであり、評価されるものと思われる。

この分析で実証の対象になった七つのモデルの関係は、第4図に示されている。大別して、本来のグラヴィティ・モデルに準じた基本モデル系と、さきのL-Sモデル系の二つに分けられ、基

本モデル系の方がL-Sモデル系より一般にフィットが良かった。この七つのモデルのうち、どれがわれわれの所期の目的と合致するかの検討は、「混合モデルの一般型」(モデル6)を中心にして、決定係数、推定の難易、変数の多少、推定された係数の利用度などからなされた。この過程で、上記のL-Sモデルは決定係数が最悪で真っ先に落とされ、結局、「基本モデルの一般型」(モデル1)が、すべてに優れていると判断され、採用されることになった。そのあたりの事情は、第IVの5.の「結果の分析」を参照願いたい。また、この「モデル1」での産業別検討が、同じ節の最後で簡単になされている。

これらの結論は、すでに何度も繰返してきたように、フィリピン、日本およびアメリカからの産業別輸入(1969年)について、グラヴィティ系の7モデルだけで実証分析をした結果得られたものである。経済距離の定義に問題がなかったとはいえないし、本来なら時系列データによるべきところをクロス・セクション・データで代替したなど、サンプル上の問題もあろう。欲をいえば、対象の7モデルについても、一般的グラヴィティ・モデルで考慮されているように、説明変数  $S_i$ ,  $D_i$  にウェイトをつけたら多少推計結果を改善できたかもしれない。いま一つ残念だったことは、グラヴィティ系以外のモデルで同様の推計を行ない、それらと今回の結果を比較したかったことである。

しかしながら、これらの事情を斟酌しても、なおかつ上の結論は、国際産業連関分析の方向に重要な指針を与えているように思える。国際間産業取引において経済距離が、果たす役割が大きいこと、レオンティエフ・スツラウツの意図は正当であったとしてもその定式化に問題があること、われわれが「基本モデルの一般型」(モデル1)と呼

んだコブ・ダグラス型の関数がこの枠内で非常に優れた特性をもち、おそらく各国計量モデルを連結させた国際間リンク・モデル(注1)に重要な貢献をなしうること、などは特筆に値する。とくに、われわれが選んだ「モデル1」に含まれている三つの主要な説明変数は、お互いかなり独立性が強いという、推定作業に好都合な統計的特性を合わせ持っている。こうしたことを発見できただけでも、今回の作業は有意義であったと考えている。

(注1) ペンシルベニア大学のL. R. Klein教授を中心に、2, 3年前から取組まれている国際的プロジェクトなど。

#### [参考文献]

- [1] Chenery, H. B., "Regional Analysis," in *the Structure and Growth of Italian Economy*, 1953.
- [2] Isard, W., "Interregional and Regional Input-Output Analysis," *Review of Economics and Statistics*, Nov. 1951.
- [3] Isard, W., *Methods of Regional Science*, 1960.
- [4] Leontief, W. W., *Studies in the Structure of the American Economy*, 1953, chap. 4.
- [5] Leontief, W. W., and A. M. Strout, "Multi-regional Input-Output Analysis," in Barna ed., *Structural Inter-dependence and Economic Development*, 1963.
- [6] Moses, L. N., "The Stability of Interregional Trading Patterns and Input-Output Analysis," *American Economic Review*, Dec. 1955.
- [7] 金子敬生『経済変動と産業連関』1967年。
- [8] 金子敬生「地域連関のグラヴィティ・モデル」(通産省『通産統計』1967年2月号)。
- [9] 山下彰一「国際産業連関分析(I)」(『アジア経済』1969年8月号), および山下彰一, 坂井秀吉, 加賀美充洋「国際産業連関分析(II)」(『アジア経済』1970年5月号)。

(山下・経済成長調査部)  
(三木・統計部)