

フィリピン北部における道路建設の 経済効果の測定

鈴木 啓 祐

I 序 文

筆者は、1980年（昭和55年）の1月中旬から4月初旬にかけて（正確には、1月6日から1月13日までの8日間、ならびに、3月18日から4月8日までの22日間、合計30日間）、マニラおよびラオアグーアラカパン道路周辺の地域に滞在し、ラオアグーアラカパン道路建設による経済効果の分析をおこなった。

これは、正式には、『日比友好道路二期ラオアグーアラカパン道路に関する調査 [The Philippine-Japan Highway Loan Project, Phase II, Laoag-Allacapan Road]』という名称のプロジェクトの一部としておこなわれた。

分析の目的は、このラオアグ、アラカパン間の道路の建設が十分な大きさの経済的効果をもつかどうかの検討である。

道路建設の効果には、一般的に、道路建設から直接得られる道路使用者の便益の発生と道路建設から間接的に得られる経済的利益の発生（道路建設により、その道路周辺の地域の経済活動が活発となることによる経済的利益の発生）とがある。ラオアグーアラカパン道路建設における直接的便益（道路使用者の便益）は、今回の検討では、筆者以外の研究グループによって計算された。筆者のおこなった検討は、上記の2種の便益のうちの後者、すなわち、間接的経済効果の検討である（注1）。ここでは、その計算が、モデルを用いておこなった分析を利用しておこなわれ、かなり興味深い結果が見いだされたので、ここに報告する。

ところで、ラオアグ、アラカパン間には、すでに不十分ではあるが、国道が開通し、今回のプロジェクトでは、この道路の改良の計画が取り扱われている。したがって正確にいうならば、ここで述べる分析は、新規の道路建設というよりも、むしろ、道路の改良による経済的効果の測定といえる。しかし、もしも、ここで「道路」と名づけられる道路は、ある一定の質（たとえば、コンクリート舗装がおこなわれている道路）をもった道路（こ

のように定義した、いわば、「狭義の道路」) であるとすれば、ラオアグ、アラカパン間には、道路が存在しない部分もあるので、このような狭義の道路のみを道路とみなすかぎり、今回の分析も、新規の道路建設といえる。

II 経済効果測定における基本的仮説

道路建設がどれだけの経済的効果をもつかということ具体的に計測することは、きわめて困難なことである。しかし、いくつかの仮説をもうけて、その仮説を前提として分析をすれば、その経済的効果を測定することが可能である。

ここで用いた経済効果測定のための基本的仮説は、2つあり、その第1は、「道路は、その道路が建設された地域に人口を定着させる効果をもつ」という仮説であり、その第2は、「人口密度が増加すると、生産性が上昇する」という仮説である。

一般に、ある地域に道路が建設されると、その地域の人や物資の移動費用が軽減され、そのために、新しく道路が建設された地域は、その他の地域により容易に接近することができるようになり、その地域に居住していても、他の地域と容易に経済的行為——財の購入、販売——が可能になるために、その地域に人びとが定着し得るようになる。このことから、第1の仮説は受け入れられるものであるといえよう。第2の仮説は、人口密度の増加により、集積の利益が発生し、生産性が上昇するということから、やはり、否定し得ない仮説として用いられ得よう。

いま、道路密度(単位面積あたり道路延長とする)を L 、人口増加率を g 、そして、1人あたり所得(統計資料の制約上、所得は世帯所得とする)を y とすれば、第1の仮説から、

$$g=f(L), \quad \frac{dg}{dL} \geq 0 \quad (2.1)$$

か、第2の仮説から、

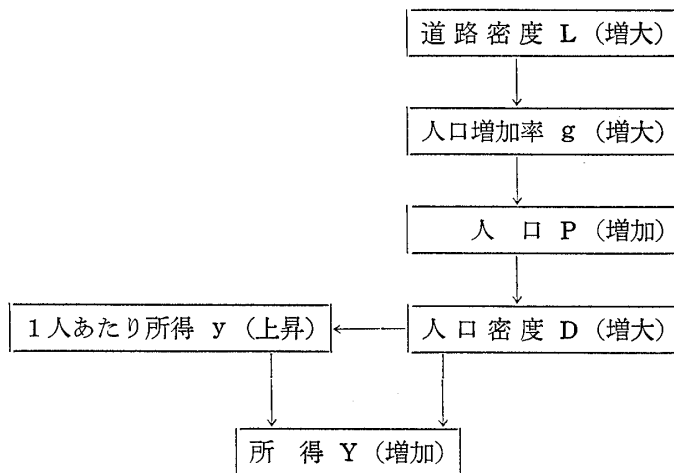
$$y=h(L), \quad \frac{dy}{dL} \geq 0 \quad (2.2)$$

が得られる。

ある地域における道路建設による経済効果は、これらの仮説を用いて、つぎのようにして計測することができる。

まず、ある地域に道路を新設することにより、その地域の道路密度 L が変化(増大)し、第1の仮説から得られる式(2.1)によって、人口増加率 g が変化(増大)する。他方、道路密度 L が変化すると、仮説2から得られる式(2.2)によって、その地域の1人あたり所得 y が上昇する。したがって、ある地域における道路の新設により、人口 P の増大と1人あたり所得 y の増大によって、その地域の所得 Y (これは人口 P と1人あたり所得 y

図1 道路建設と所得との関係



の積 Py によって得られる) は、増大する。この所得 Y の増大の程度によって道路建設による経済効果を測定することができるのである。図1は、上述の道路新設と所得の上昇との間の関係を示した図である。

ここでは、上に挙げた2つの仮説を用いてモデルを構築し、そのモデルを用いて道路建設に関する2つの計画による所得の変化(増加)を測定し、それら2つの計画のうち、どちらがどれだけ所得を大きく増加させるかを判定するのである。

III 経済効果測定方法の概要

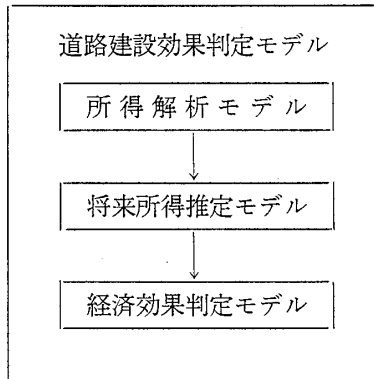
IIに述べたように、今回の道路建設による経済効果の測定作業においては、道路建設が、人口増加率を高め、それによって道路を建設したことによって影響を受ける地域(影響地域)の所得を高めるという仮説に基づいて、その経済効果が測定されるのであるが、この測定のために、すでにIで触れたように、まず、モデル(道路建設効果判定モデル)を構築した。そして、そのモデルを用いて、道路建設後の影響地域の所得の変化を推定し、道路建設の効果を測定したのである。

ここで用いられるモデルは、大別して、3つの部分(モデル)からなり、第1の部分は、「所得解析モデル」の部分、第2の部分は、「将来所得推定モデル」の部分、そして第3の部分は、「経済効果判定モデル」の部分である。

第1の部分、すなわち、「所得解析モデル」の部分においては、現在の影響地域内における道路建設の所得への影響のメカニズムとその効果とが測定され得るようなモデルが構築される。

第2の部分、すなわち、「将来所得推定モデル」の部分では、道路建設によって生起する将来の影響地域内の所得が年次別に推定し得るようなモデルが構築される。

図2 道路建設効果判定モデルの構造



第3の部分、すなわち、「経済効果判定モデル」の部分においては、2種の道路建設によって得られる将来の影響地域内の所得の差異の評価（現在価値による評価）がおこなわれ得るようなモデルが構築される。この第3の部分によって道路建設計画の適否に関する最終的判定がおこなわれるのである。

ところで、これら3つの部分は、互いに密接な関係をもち、1つのモデルを構成している。すなわち、第3の部分のモデルは、第2の部分において将来所得の推定結果から得られることを前提として構築されている。また、第2の部分は、第1の部分において道路建設の所得への効果が明確にされていることを前提として構成されている。したがって、3つの部分は、連鎖的な関係によって結合されているといえる（図2）。

IV 道路建設効果判定モデル

IV.1 所得解析モデル

所得解析モデルは、下記の11個の方程式によって示される。

$$L(s, z) = \frac{R(s, z)}{A(s)} \quad (4.1.1)$$

$$D(s, z) = \frac{P(s, z)}{A(s)} \quad (4.1.2)$$

$$g(s, z) = \sqrt[5]{\frac{P(s, z) - P(s, z-5)}{P(s, z-5)}} - 1 \quad (4.1.3)$$

$$y(s, z) = \frac{Y(s, z)}{P(s, z)} \quad (4.1.4)$$

$$g(z) = a_0 + a_1 L(z) \quad (4.1.5)$$

$$y(z) = b_0 + b_1 D(z) \quad (4.1.6)$$

$$g(is, z) = a_0 + a_1 L(is, z) + Q(is) \quad (4.1.7)$$

$$y(is, z) = b_0 + b_1 D(is, z) + U(is) \quad (4.1.8)$$

$$g(is, z) = g(s, z) \quad (4.1.9)$$

$$y(is, z) = y(s, z) \quad (4.1.10)$$

$$D(is, z) = \frac{P(is)}{A(is)} \quad (4.1.11)$$

ただし、各式に用いられた文字はつぎのように定義される。

L：道路密度， R：道路延長， A：面積， D：人口密度， P：人口， g：人口増加率，

y : 1人あたり所得, Y : 所得, Q : 人口増加に関する地域の特性を示すパラメーター,
 U : 1人あたり所得に関する地域の特性を示すパラメーター, (s) : 第 s 地域に関する
 値であることを示す記号, (z) : 第 z 年 (現在時点) に関する値であることを示す記号,
 $(z-5)$: 第 z 年より 5 年以前の時点に関する値であることを示す記号, (is) : 第 s 地域
 内部に見いだされる影響地域 (道路建設の効果が及ぶ地域) に関する値であることを示
 す記号, (i) : 影響地域に関する値であることを示す記号

ここでの分析は、観察地域をいくつかの地域に区分し、その地域区分によって得られた
 多くの地域のもつ量を用いておこなわれるため、上記のように、記号の中に地域の区別に
 用いられる番号 s ($s=1, 2, \dots, S$) が現われる。また、所得としては、すでに触れたように、
 世帯所得 [family income] が得られているので、これを用いた。

IV. 2 将来所得推定モデル

将来所得推定モデルは、下記の17個の方程式によって示される。

$$P(is, t/W) = P(is, 0) \{1 + g(is, t/W)\}^t \quad (0 \text{ は } t=0 \text{ を意味する}) \quad (4.2.1)$$

$$P(is, t/O) = P(is, 0) \{1 + g(is, t/O)\}^t \quad (t=0, 1, 2, \dots, t^*-1) \quad (4.2.2)$$

$$g(is, t/W) = g(is, 0) \quad (4.2.3)$$

$$g(is, t/O) = g(is, 0) \quad (4.2.4)$$

$$P(is, t^*+n/W) = P(is, 0) \{1 + g(is, t/W)\}^{t^*-1} \{1 + g(is, t^*+n/W)\}^{n+1} \\ (n=0, 1, 2, \dots, H-1) \quad (4.2.5)$$

$$P(is, t^*+n/O) = P(is, 0) \{1 + g(is, t/O)\}^{t^*-1} \{1 + g(is, t^*+n/O)\}^{n+1} \\ (n=0, 1, 2, \dots, H-1) \quad (4.2.6)$$

$$g(is, t^*+n/W) = a_0 + a_1 L(is, t^*+n/W) + Q(is) (=g(is, t^*)) \quad (4.2.7)$$

$$g(is, t^*+n/O) = a_0 + a_1 L(is, t^*+n/O) + Q(is) (=g(is, 0)) \quad (4.2.8)$$

$$L(is, 0) = \frac{R(is, 0/O)}{A(is)} \quad (0 \text{ は } t=0 \text{ を意味する}) \quad (4.2.9)$$

$$L(is, t^*+n/W) = \frac{R(is, 0/W)}{A(is)} \quad (4.2.10)$$

$$L(is, t^*+n/O) = L(is, 0) \quad (4.2.11)$$

$$D(is, t/W) = \frac{P(is, t/W)}{A(is)} \quad (4.2.12)$$

$$D(is, t/O) = \frac{P(is, t/O)}{A(is)} \quad (4.2.13)$$

$$y(is, T/W) = b_0 + b_1 D(is, T/W) + U(is) \quad (4.2.14)$$

$$y(is, T/O) = b_0 + b_1 D(is, T/O) + U(is) \\ (T=0, 1, 2, \dots, t^*-1, t^*, \dots, N) \quad (4.2.15)$$

$$Y(is, t^*+n/W) = P(is, t^*+n/W)y(is, t^*+n/W) \quad (4.2.16)$$

$$Y(is, t^*+n/O) = P(is, t^*+n/O)y(is, t^*+n/O) \quad (4.2.17)$$

$$(n=0, 1, 2, \dots, H-1)$$

ただし、ここで新たに現われた文字の記号はつぎのように定義される。

R^* : 新設道路延長 (実際には、改良道路延長)

(is) : 第 s 地域内の影響地域に関する値であることを示す記号

(/W) : 計画 W (道路の新設 (改良)) がおこなわれる場合の値であることを示す記号

(/O) : 計画 O (道路の新設 (改良)) がおこなわれない場合の値であることを示す記号

(T) : 第 T 年 ($T=0, 1, 2, \dots, t^*-1, t^*, t^*+1, \dots, N$) に関する値であることを示す記号

(t) : 第 t 年 ($t=0, 1, 2, \dots, t^*$) に関する値であることを示す記号

(t^*) : 第 t^* 年に関する値であることを示す記号

(t^*+n) : 第 t^*+n ($n=0, 1, \dots, H-1$) 年に関する値であることを示す記号

H : 道路耐用年数

0 : 第 0 年 (現在時点) に関する値であることを示す数字

t : 第 0 年から第 t^* 年までの間の任意の年 (第 t 年)

t^* : 新設 (改良) 道路が完成する年

n : 第 t^* 年から第 N 年までの間の任意の年の第 t^* 年を第 0 年として数えた年数

N : 問題とする期間の最後の年 (第 N 年)

IV. 3 経済効果判定モデル

最後に、経済効果判定モデルは、下記の 6 個の方程式によって示される。

$$\text{Dif. } Y(is, t^*+n) = Y(is, t^*+n/W) - Y(is, t^*+n/O) \quad (4.3.1)$$

$$\text{Pre. V. Dif. } Y(is, t^*+n) = \frac{\text{Dif. } Y(is, t^*+n)}{(1+r)^n} \quad (4.3.2)$$

$$\text{Pre. V. Dif. } Y(is) = \sum_{n=0}^{H-1} \text{Pre. V. Dif. } Y(is, t^*+n) \quad (4.3.3)$$

$$\text{Pre. V. Dif. } Y(i) = \sum_{s=1}^S \text{Pre. V. Dif. } Y(is) \quad (4.3.4)$$

$$B(i) = \text{Pre. V. Dif. } Y(i)(1-r) \quad (4.3.5)$$

$$B(i/t^*) = \text{P. I. } (t^*/t)B(i) \quad (4.3.6)$$

ただし、ここでさらに新しく現われた文字の記号はつぎのように定義される。

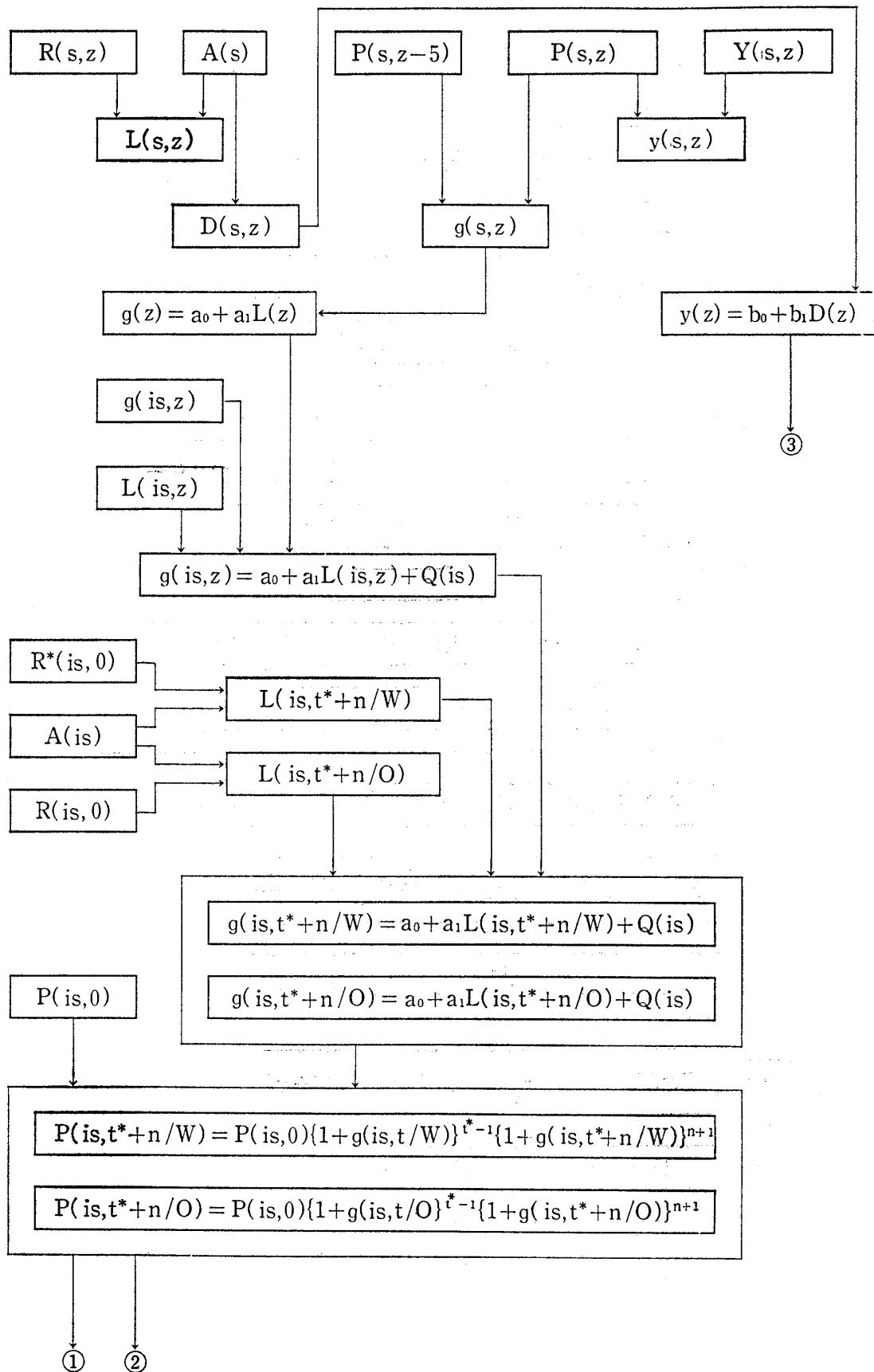
Dif : $Y(is, t^*+n/W)$ と $Y(is, t^*+n/O)$ との差

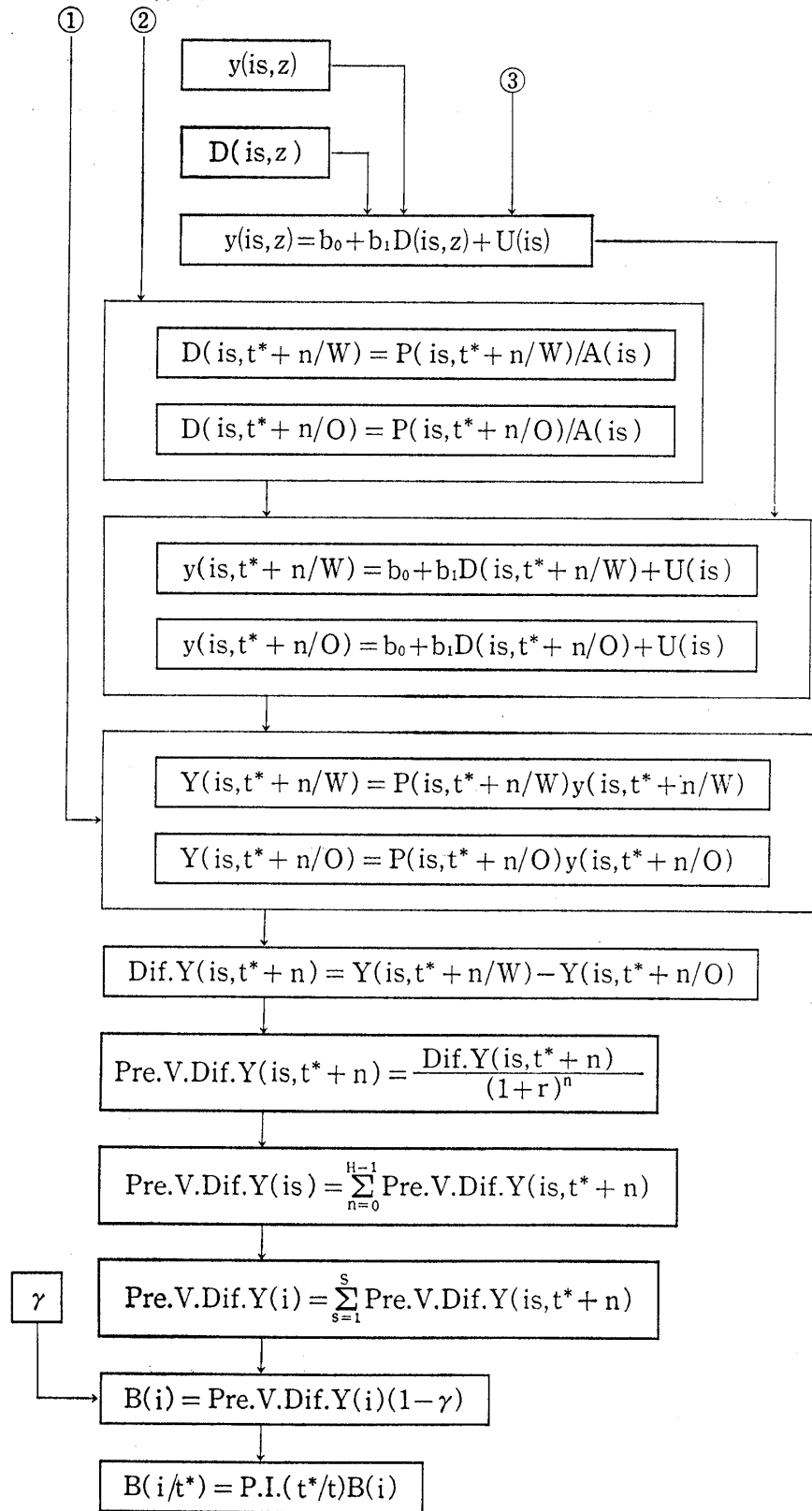
Pre. V. : 現在価値 (将来における価額を現在時点の価額によって評価した値)

B : 便益, $B(i)$: 影響地域に発生する便益

$B(i/t^*)$: 第 t^* 年において評価された $B(i)$ の現在価値

図3 道路建設効果判定モデルによる道路建設効果判定作業手順





P. I. (t^*/t) : 第 t 年を基準年とした第 t^* 年における物価指数

r : 便益 B を得るために必要となる費用を C とするとき与えられる比率 $C/(B+C)$

N : 考察対象期間の最後の年 (第 N 年)

S : 観察地域の総数

r : 利子率

なお、現在価値の式 (式 (4.3.2)) は、現在 A という資金が利子率 r によって n 年後に B となることを示す式から得られたものである。すなわち、 B は、

$$B = A(1+r)^n \quad (4.4)$$

であるから、

$$A = \frac{B}{(1+r)^n} \quad (4.5)$$

となる。いま、 A を Pre. V. Dif. $Y(is, t^*+n)$ 、 B を Dif. $Y(is, t^*+n)$ とすれば、式 (4.3.2) が得られる。また、便益の式 (式 (4.3.5)) は、つぎのようにして得られたものである。便益 B を得るために必要とする費用を C としたとき、 r を、

$$r = \frac{C}{B+C} \quad (4.6)$$

と定義すると $B+C$ を Y としたとき、

$$B = Y(1-r) \quad (4.7)$$

となる。

式 (4.7) の B を $B(i)$ で、また、この式の Y を Pre. V. Dif. $Y(i)$ で置きかえれば、式 (4.3.5) が得られる。なお、 B/C (これは、いわゆる費用便益比率 (cost benefit ratio) である) を β とすれば、 r と β との間には、

$$r = \frac{1}{1+\beta} \quad (4.8)$$

という関係が得られる。

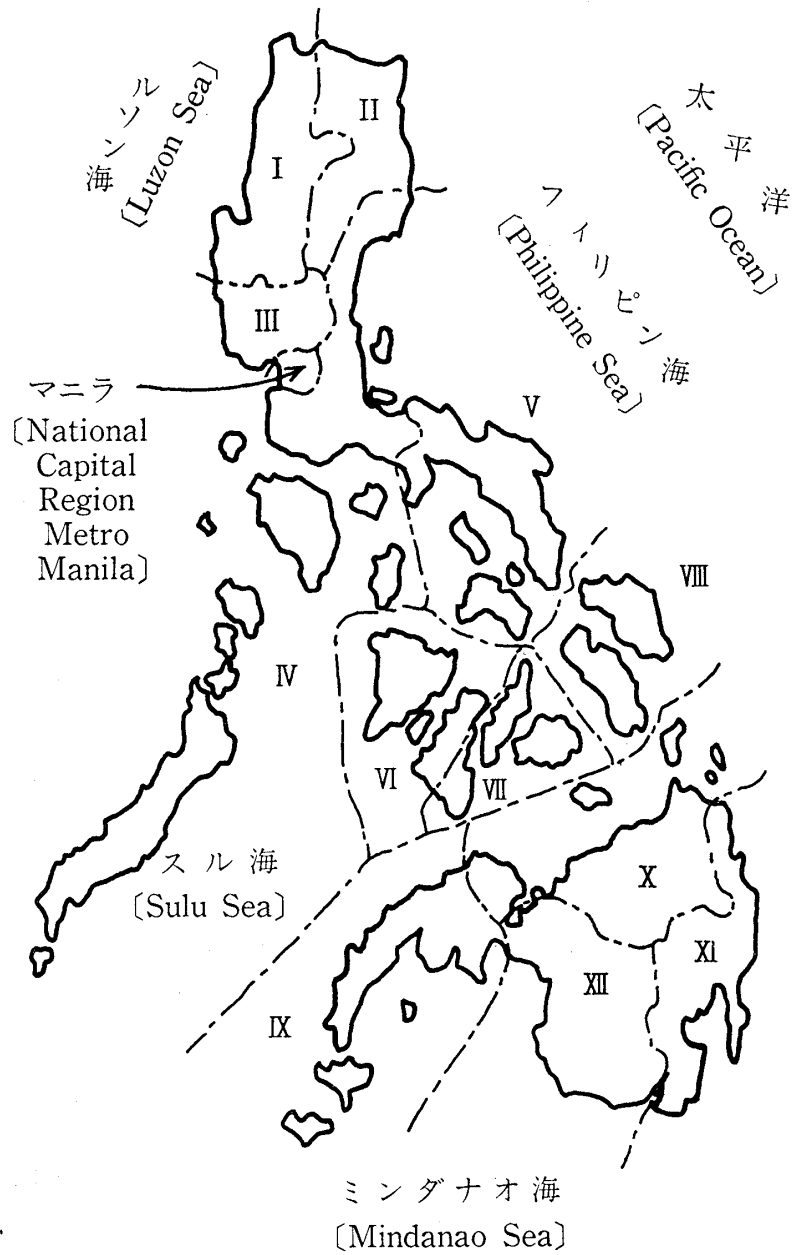
上記のような3つの部分からなる道路建設効果判定モデルによって道路建設効果を実際に判定する場合の作業手順は、図3のようになる。

V 測定結果

V.1 所得解析

所得解析のためには、これに適した現実の地域別データが必要となるが、ここでは、まず地域区分としては、『地域 [region]』別区分を採用した。フィリピン全土は、地域 I から地域 XII までの12個の地域に区分され (図4)、地域 s ($s=1, 2, \dots, 12$) の面積 $A(s)$ 、

図4 フィリピンの地域区分



出所: Republic of the Philippines : 1979 *Pocketbook of Philippine Statistics*, Manila, National Economic and Development Authority, 1979.

人口 $P(s)$, 人口増加率 $g(s)$, 人口密度 $D(s)$, 世帯所得 [family income] $Y(s)$, 1人あたり世帯所得 [per capita family income] $y(s)$, 道路延長 $R(s)$ ——ただし, ここで計測の対象となる道路延長は, コンクリートおよびアスファルトによって舗装された道路延長である——および, 道路密度 $L(s)$ は表1のようになった。

表1の地域別面積 $A(s)$, 人口 $P(s)$, 世帯所得 $Y(s)$ は, フィリピンにおいて公表されているデータにより, また, 国道延長 $R(s)$ は, この分析のために, 特に, フィリピン政府の公共道路省 [Ministry of Public Highways : MPH] が作成したデータによって得られたものである。人口増加率 $g(s)$ および人口密度 $D(s)$ は, 式 (4.1.3) および式 (4.1.2) により, 1人あたり世帯所得 $y(s)$ は式 (4.1.4) により, また, 道路密度 $L(s)$ は式 (4.1.1) により求めた。

表1の欄内に記入された年数からも示唆されるように, 所得解析をおこなうためのデータのもつ時点 z は, ここでは, 1970年, 1975年, あるいは1978年である (1960年のデータは参考のために示されている)。表1の地域別データによって, 式 (4.1.5) で示される $L(L(z))$ と $g(g(z))$ との関係を求めるために, 1970年から1975年までの g と1978年の L との関係を示す図を作成したところ, 図5のようになった。ただし, ここでは, 1978年の L は, 1975年の L とみなした。この図に見られるように, 地域Ⅲ, IX, およびXIを除いた9地域を g が2.50%より小さい地域とそれより大きい地域とに区分してみると, 前者, すなわち, 地域 I, V, VII, VIII および XII (地域グループ1) における関係, ならびに, 後者, すなわち, 地域 II, IV, VI および X (地域グループ2) における L と g との関係は, それぞれ,

$$g_1 = 0.783 + 0.02112 L_1 \quad (5.1)$$

および,

$$g_2 = 2.332 + 0.02442 L_2 \quad (5.2)$$

となった。ただし, g_1 および L_1 は, 2.5%より小さい g をもつ地域グループ1の g および L の値, g_2 および L_2 は2.5%より大きい g をもつ地域グループ2の g および L の値である (図5)。

なお, これらの式 (式 (5.1) および (5.2)) は, つぎのようにして得たものである。

まず, 地域1と地域2の L と g とを示す点から各グループに属するすべての地域の L と g とを示す点に対して, 最小2乗法により, 回帰直線を算出する。ついで, 地域グループ1には, 影響地域をもっている「地域番号1を与えられた地域 I」が, そして, 地域グループ2には, やはり影響地域をもっている「地域番号2を与えられた地域 II」が, それぞれ含まれているので, 図4における地域 I および地域 II に対する各点から, すでに求めてある各地域グループに対して算出した回帰直線に平行に直線を引く。最後に, フィリピンの経済開発5カ年計画 [Five Year Economic Development Plan] を考慮に入れながら, これらの直線を修正する。この修正して得られた直線が, 式 (5.1) および (5.2) である。

表1 所得解析のための基本資料

地域番号 (s)	地域名 ¹⁾	面積 (A) ²⁾ (km ²)	人口 (P) ³⁾ (千人)			年間人口増加率 (g) (%)		人口密度 (D) (人/km ²) 1975年	世帯所得 (Y) ⁴⁾ (千ペソ) 1975年	1人当たり世帯所得 (y) (ペソ) 1975年	国道延長 (R) ⁵⁾ 1978年 (km)		道路密度 (L) (km/km ²) 1978年
			1960年	1970年	1975年	1960年	1970年				コンクリート舗装	アスファルト舗装	
1	I	21,568	2,427	2,991	3,269	2.11	1.79	151.6	3,082,402	942.9	374,063	655,304	47.7
2	II	36,403	1,202	1,691	1,933	3.43	2.71	53.1	1,679,287	868.7	460,120	105,080	15.5
3	III	18,231	2,525	3,615	4,210	3.66	3.10	230.9	3,823,777	908.3	471,148	622,400	60.0
4	IV	47,560	5,544	8,423	10,184	4.27	3.73	214.1	12,889,496	1,265.7	676,998	1,392,601	43.5
5	V	17,633	2,363	2,967	3,194	2.31	1.49	181.1	2,215,515	693.6	227,615	566,445	45.0
6	VI	20,223	3,077	3,618	4,146	1.63	2.76	205.0	3,722,090	897.8	335,109	391,079	35.9
7	VII	14,952	2,523	3,032	3,387	1.86	2.24	226.5	3,077,957	908.8	163,175	509,655	45.0
8	VIII	21,432	2,042	2,381	2,600	1.55	1.78	121.3	2,134,101	820.8	482,410	99,560	27.2
9	IX	18,685	1,351	1,869	2,048	3.30	1.85	109.6	1,779,514	868.9	20,504	207,256	12.2
10	X	28,328	1,297	1,954	2,314	4.19	3.44	81.7	1,408,292	608.6	220,830	376,490	21.1
11	XI	31,693	1,354	2,201	2,715	4.98	4.30	85.7	2,731,517	1,006.1	370,760	88,290	14.5
12	XII	23,293	1,383	1,942	2,070	3.45	1.29	88.9	1,514,909	731.8	193,408	48,205	10.4

(注1) 1) 各地域の名称は, I, II, ... のように番号で示されるが, 各地域の地名は下記の通りである。

I : イロコス地域 [Ilocos Region], II : カガヤン溪谷 [Cagayan Valley], III : 中部ルソン [Central Luzon], IV : 南部タガログ [Southern Tagalog], V : ビコール地域 [Bicol Region], VI : 西部ビサヤ群島 [Western Visayas], VII : 中部ビサヤ群島 [Central Visayas], VIII : 東部ビサヤ群島 [Eastern Visayas], IX : 西部ミンダナオ [Western Mindanao], X : 北部ミンダナオ [Northern Mindanao], XI : 南部ミンダナオ [Southern Mindanao], XII : 中部ミンダナオ [Central Mindanao].

(Republic of the Philippines : 1979 Pocketbook of Philippine Statistics, Manila, National Economic and Development Authority, 1979.)

鈴木啓祐: 「フィリピン人口の生態環境」, 南亮三郎編『フィリピンの人口と経済』, 東京, アジア経済研究所, 1969年, 10頁。

2) Republic of the Philippines : *Philippine Yearbook 1978*, Manila, National Economic and Development Authority, National Census and Statistics Office, 1978, p.26.

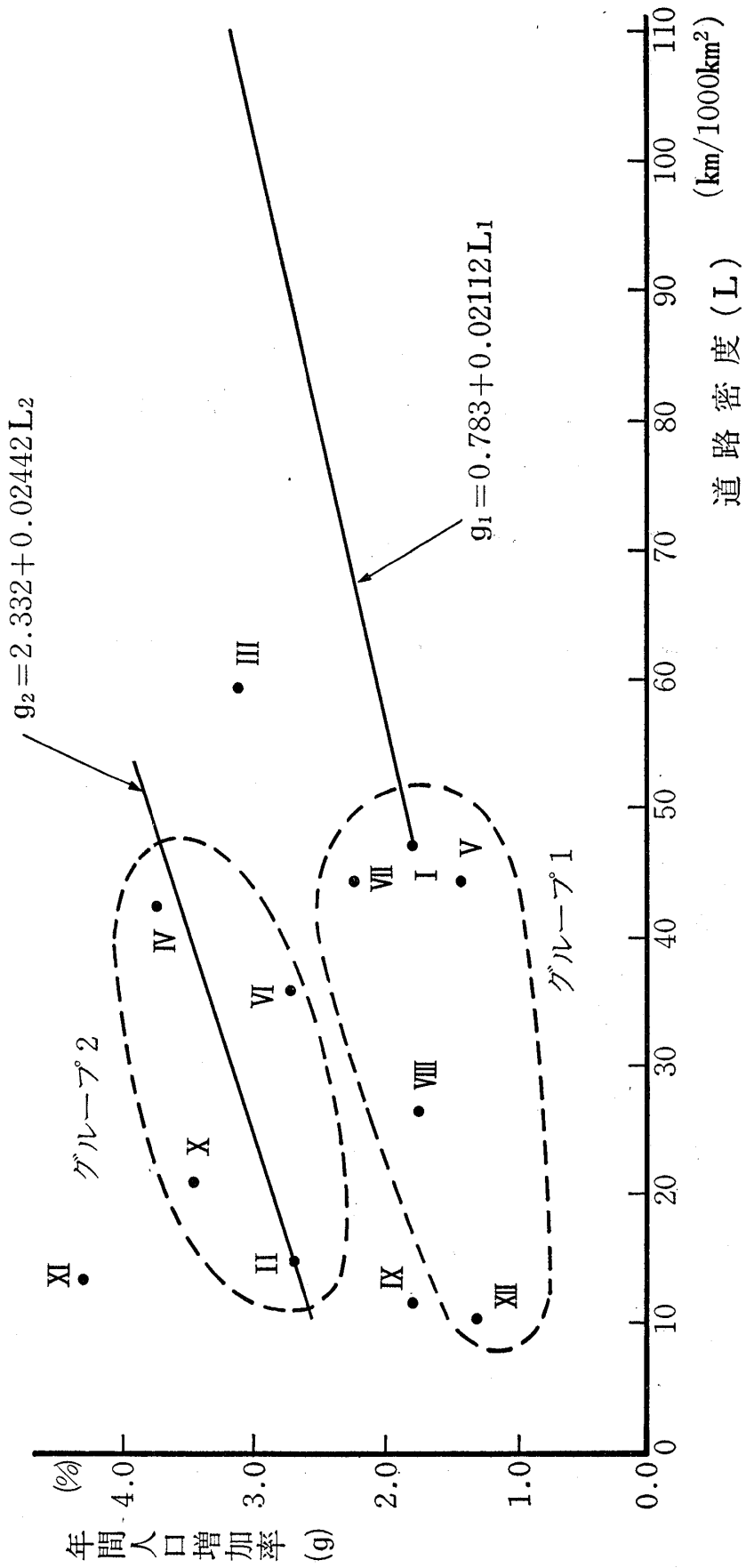
Republic of the Philippines : *1979 Pocketbook of Philippine Statistics*, Manila, National Economic and Development Authority, 1979, p.1.

3) Republic of the Philippines : *1979 Pocketbook of Philippine Statistics*, op.cit., p.1.

4) Republic of the Philippines : *Philippine Yearbook 1978*, op.cit., p.916.

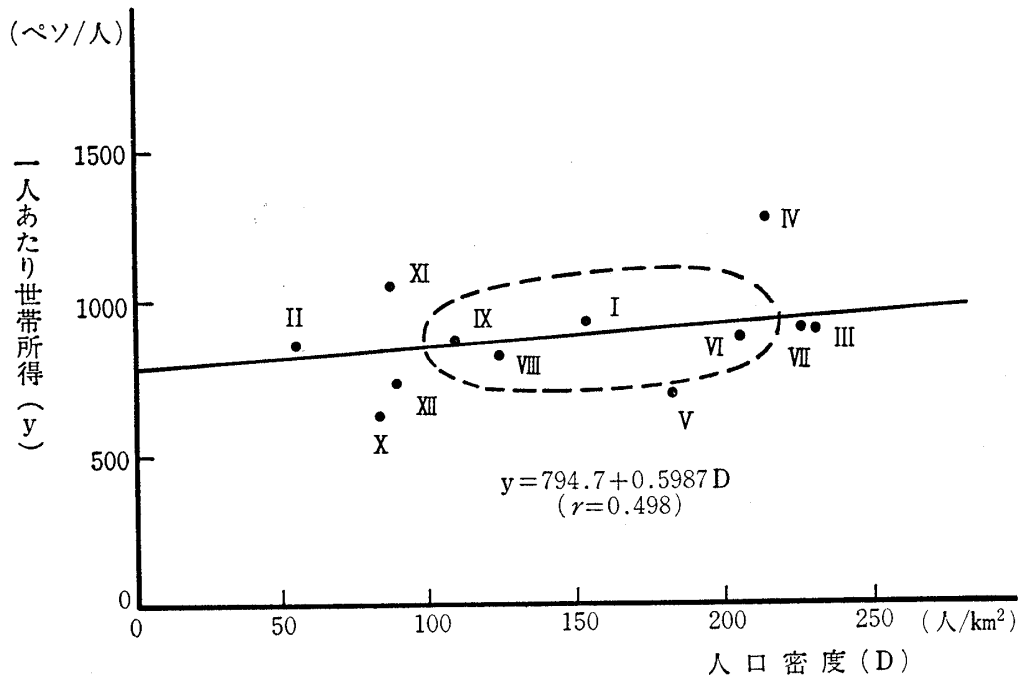
5) MPH (Ministry of Public Highways) : *Annual Maintenance Accomplishment Report as of December 31, 1978*.

図5 地域別データによるLとgとの関係



(注) 図中の点に与えられたローマ数字の数字は、その点を得られた地域の名称である。

図6 地域別データによるDとyとの関係



次いで、式 (4.1.6) で示されるDとyとの関係を求めるために、ここでも、Dとyとの関係を示す図を作成したところ、図6のようになった。この図において、地域Iの点を中心として分布する地域I、VI、VII、およびIXの点を用いて、yとDとの関係を示す回帰方程式（これは、最小2乗法によって求めた）を求めてみると、それは、

$$y = 794.7 + 0.5987D \quad (r = 0.498) \quad (5.3)$$

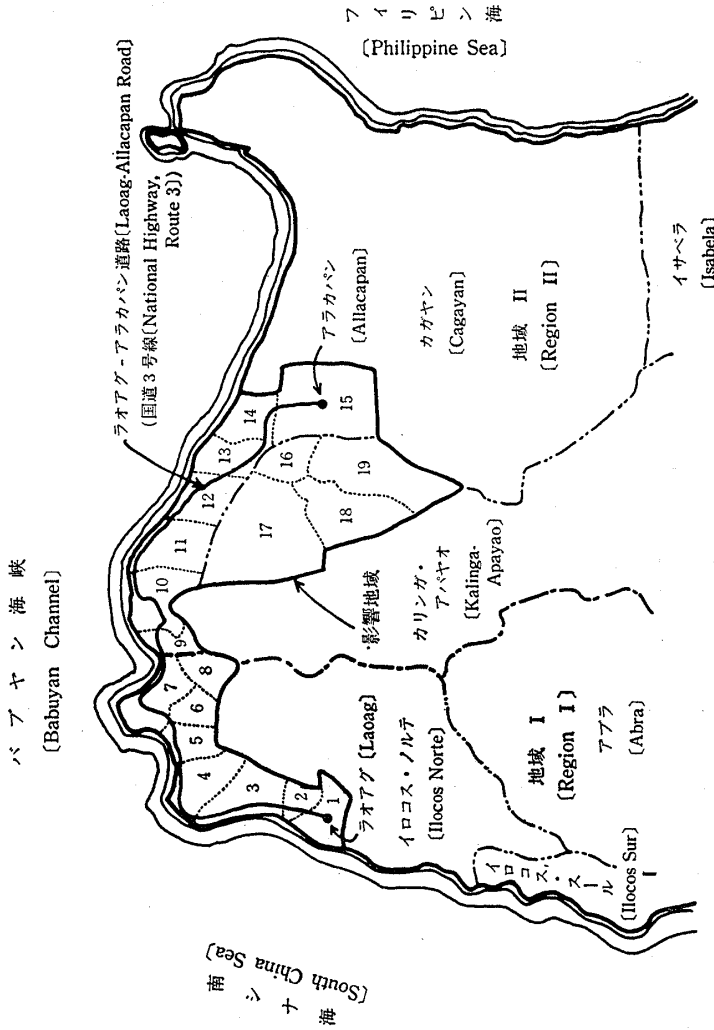
となった。ただし、 r は相関係数である。

式 (5.1)、(5.2) および (5.3) の説明変数 L_1 、 L_2 およびDの係数の値が正であったことは、『ここでおこなう経済効果測定において前提とされる条件を示す式 (2.1) および (2.2) で示される関係が現実に見いだされる』ことを示しているといえる。このことから、IIに示した、この経済効果測定において用いられる基本的仮説は、この経済効果測定において、十分適用し得るといえる。

所得解析作業においては、所得解析モデルの中に含まれる「道路建設によって経済的影響を受ける地域」、すなわち、影響地域におけるLとgとの関係およびDとyとの関係を示す式 (式 (4.1.7) および (4.1.8)) を推定しなければならないのであるが、これらの式は、以下のようにして求める。

まず、影響地域のL、g、Dおよびyを算出し、LとgおよびDとyを示す点を図5および図6に記入し、ついで、それらの点から、すでに得られている式 (5.1)、(5.2) あるいは (5.3) に平行に直線を引く。この直線を示す式を影響地域におけるLとgおよびD

図7 ラオアグ-アラカパン道路の影響地域



(注) 地図中に番号によって示された地域 (プロビンス (地区) [province], 市 [municipality]) の名称は下記の通りである。
 イロコス・ノルテ [Ilocos Norte] 1: ラオアグ [Laoag], 2: パカラ [Pacarra], 3: パスキン [Pasuquin], 4: プルゴス [Burgos], 5: バングイ [Bangui], 6: ドゥマレング [Dumaleng], 7: パグドゥブドゥ [Pagudpud], 8: アダムス [Adams].
 カガヤン [Cagayan] 9: サンタ・プラクセデス [Santa Praxedes], 10: クラベリア [Claveria], 11: サンチェス・ミラ [Sanchez Mira], 12: パンプローナ [Pamplona], 13: アブルグ [Abulug], 14: バレステロス [Ballesteros], 15: アラカパン [Allacapan].
 カリンガ・アパヤオ [Kalinga-Apayao] 16: サンタ・マルセラ [Santa Marcela], 17: ルナ [Luna], 18: プドゥトゥール [Pudto], 19: フロラ [Flora].
 出所: Suzuki, Keisuke: *The Philippine-Japan Highway Loan Project, Phase II (Laoag-Alacapan Road Project) Economic Study*, Manila, Republic of the Philippines, Ministry of Public Highways, Katahira & Engineers, Inc. and Integrated Philiconsult, Inc., 1980, p.24.

流通問題研究

と y の関係を示す式 (式 (4.1.7) (および (4.1.8)) とするのである (図 8, 図 9)。したがって, 式 (4.1.7) および (4.1.8) に現われる $Q(is)$, または, $U(is)$ は, 図 5 または図 6 の式 (5.1), (5.2) あるいは (5.3) を示す直線と上記のようにして求めた影響地域における L と g , または, D と y との関係を示す直線との間の垂直方向 (縦軸方向) の距離である。

実態調査の結果, ラオアグーアラカパン道路の影響地域は, 地域 I および地域 II の一部であり, その地域は図 7 に示されるような地域であると判断した。

これらの影響地域のうち, 地域 I に含まれる地域を影響地域 i_1 , 地域 II に含まれる地域を影響地域 i_2 と名づけた。

各影響地域 g および y の値は, 各影響地域が含まれる地域 (地域 1 および地域 2) の g および y と同一の値であると判断した。また, 各影響地域の L および D は, 表 2 に示される基本資料から得られた。

表 2 (2) と (3) に示された各地域 (地域 1 および 2) 内の影響地域における改良前の道路密度 L と g とを示す点を図 5 に記入し, $Q(is)$ ($s=1, 2$) を求めてみると,

$$Q(i_1) = -0.203 \quad (5.4.1)$$

$$Q(i_2) = -0.013 \quad (5.4.2)$$

となる。したがって, 式 (4.1.7) は, この $Q(is)$ と式 (5.1) および (5.2) とから,

$$g(i_1) = 0.580 + 0.02112 L(i_1) \quad (5.5.1)$$

$$g(i_2) = 2.319 + 0.02442 L(i_2) \quad (5.5.2)$$

となる (図 8)。

表 2 影響地域に関する基礎資料

(1) 人口および面積 (1975年)

地方, 地区あるいは都市の名称	人口 (人)	面積 (km ²)	地方, 地区あるいは都市の名称	人口 (人)	面積 (km ²)
地域 I の影響地域 (i ₁)	135,210	965	地域 II の影響地域 (i ₂)	149,318	2,352
イロコス・ノルテ ¹⁾	135,210	965	カガヤン ²⁾	114,905	1,135
アダムス	863		アブルグ	21,293	
パカラ	22,118		アラカパン	15,752	
バングイ	11,480		バレステロス	19,867	
ブルゴス	5,274		クラベリア	23,126	
ドゥマレング	570		パンプローナ	14,965	
ラオアグ	66,259		サンチェス・ミラ	17,696	
パグドゥップドゥ	12,388		サンタ・プラクセデス	2,206	
パスキ	16,258		カリंगा・アパヤオ ³⁾	34,413	1,217
			フロラ	9,380	
			ルナ	11,301	
			プドゥトール	6,547	
			サンタ・マルセラ	7,185	

(2) 道路延長⁴⁾および道路密度

地域		地域Ⅰの影響地域 (i 1)	地域Ⅱの影響地域 (i 2)
道路延長 ⁵⁾ (km)		49.3	37.7
改良道路延長 (km)		55.3	71.2
合計 (改良後道路) 延長 (km)		104.6	108.9
道路密度 ($\frac{\text{km}}{\text{km}^2}$)	改良前 (L)	51.1 (=L(i1, t*+n/O))	16.0 (=L(i2, t*+n/O))
	改良後 (L*)	108.4 (=L(i1, t*+n/W))	46.3 (=L(i2, t*+n/W))

(3) 人口密度, 人口増加率 (1970~1975年) および1人あたり所得 (1975年)⁶⁾

影響地域	D (人/km ²)	g (%)	y (ペソ)
i 1	140.1	1.79	942.9
i 2	63.5	2.71	868.7

(注)

1) Republic of the Philippines: 1975 Integrated Census of the Population and its Economic Activities, Population, Ilocos Norte, Manila, National Economic and Development Authority, National Census and Statistics Office, 1975, p. 1.

2) Republic of the Philippines : 1975 Integrated Census of the Population and its Economic Activities, Population, Cagayan, Manila, National Economic and Development Authority, National Census and Statistics Office, 1975, p. 1.

3) Republic of the Philippines : 1975 Integrated Census of the Population and its Economic Activities, Po-

pulation, Kalinga-Apayao, Manila, National Economic and Development Authority, National Census and Statistics Office, 1975, p. 1.

4) Katahira and Engineers, Inc. in Association with Integrated Philconsult, Inc. : Review of Pre-Feasibility Study Report for PJHL, Phase II Project (Laoag-Allacapan Road), 1979, p. 9.

5) 1979年における値である。

6) この表(3)の地域 i 1, i 2 の g の値は, 表1の「年間人口増加率」の「1970~1975年」の欄の第1行(地域Ⅰ)および第2行(地域Ⅱ)の値であり, 地域 i 1, i 2 の y の値は, 表1の「1人あたり世帯所得」の欄の第1行および第2行の値である。

式(4.1.7) (あるいは, 式(5.5.1)および式(5.5.2))を影響地域 $is (s=1, 2)$ の L と g との関係とみなした理由は, 図8からも示唆されるように, L の1単位の変化が g に与える影響は, 各地域全域においても, 影響地域内部においても同一であるが (ただし, 地域グループ1および地域グループ2においては, それぞれ, 互いに異なった L と g との関係が見られる), 影響地域内部におけるある一定の L に対する g の大きさは, 地域内におけるそれと異なるという前提を用いた点にある。

次いで, 表2に示された各影響地域における人口密度 D と1人あたり所得 y とを図9に記入し, $U(is) (s=1, 2)$ を求めてみると,

$$U(i1) = 64.3 \quad (5.6.1)$$

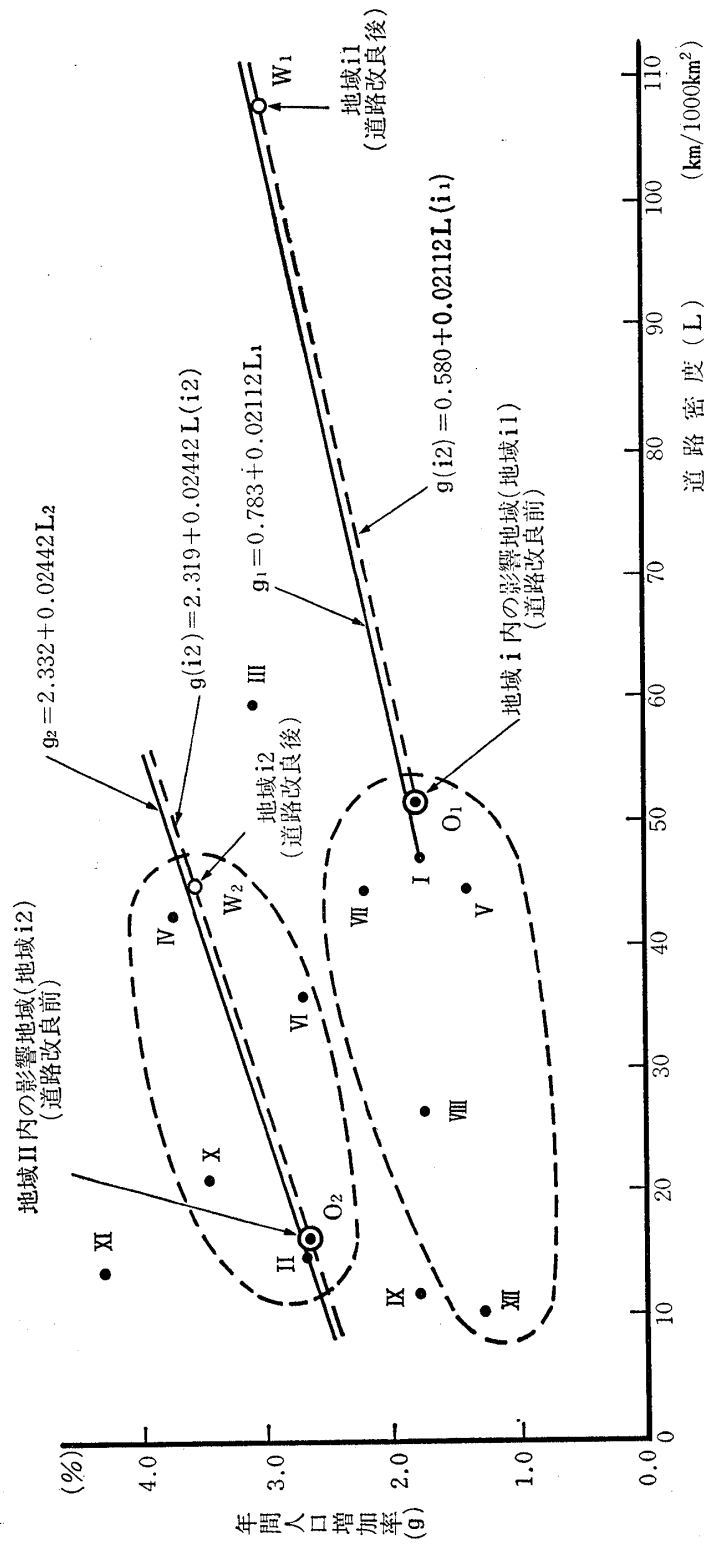
$$U(i2) = 36.0 \quad (5.6.2)$$

となる。したがって, 式(4.1.8)は, この $U(is)$ と式(5.3)から,

$$y(i1) = 859.0 + 0.5987D(i1) \quad (5.7.1)$$

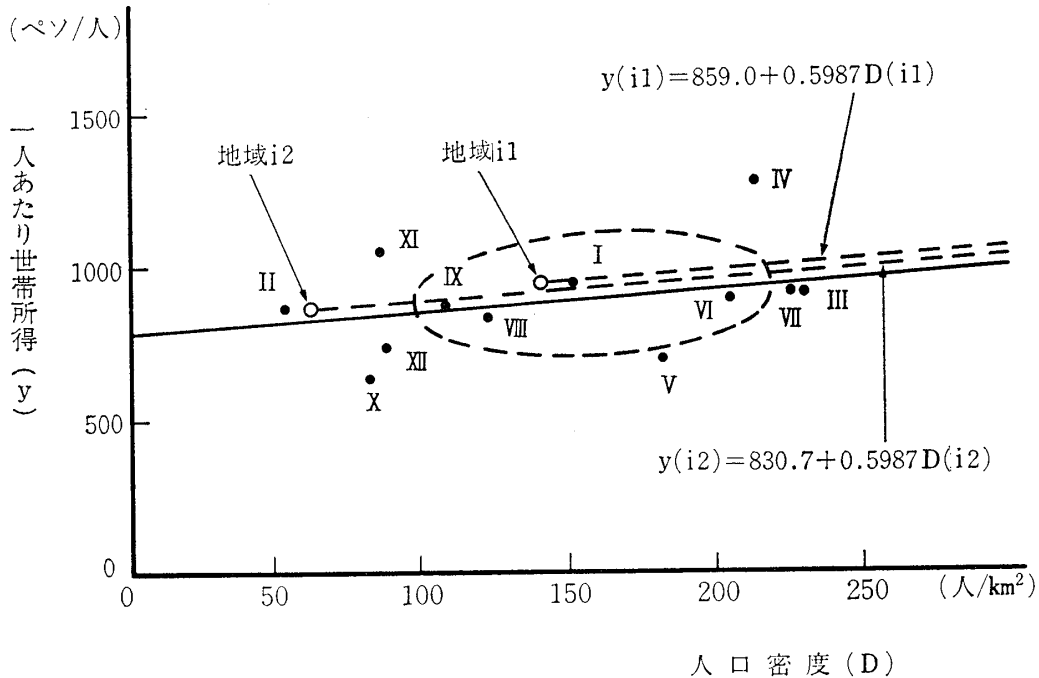
$$y(i2) = 830.7 + 0.5987D(i2) \quad (5.7.2)$$

図8 影響地域(地域i1, 地域i2)内のL(L(i1), L(i2))とg(g(i1), g(i2))との関係



(注) O₁: 道路改良前の地域i1, O₂: 道路改良前の地域i2,
W₁: 道路改良後の地域i1, W₂: 道路改良後の地域i2。

図9 D(is)とy(is)(s=1,2)との関係



となる (図9)。ここでも、Dの1単位の変化がyに与える影響は、地域内部においても、影響地域内部においても同一であるが、影響地域内部におけるある一定のDに対するyの大きさは、地域内部におけるそれと異なるという前提が用いられている。

これまでの分析によって、2地域 (地域1および地域2) に含まれる各影響地域 (i1, およびi2) 内部の道路密度L(is)と人口増加率g(is)との関係、すなわち、

$$g(is) = a_0' + a_1L(is) \quad (5.8.1)$$

および、人口密度D(is)と1人あたり所得y(is)との関係、

$$y(is) = b_0' + b_1D(is) \quad (5.8.2)$$

という関係が得られた。ただし、 $a_0' = a_0 + Q(is)$ 、 $b_0' = b_0 + U(is)$ である。

V.2 将来所得の推定

ここでは、影響地域内の将来所得の推定がおこなわれるが、この将来所得は、道路建設のおこなわれない場合とおこなわれた場合の影響地域内の将来人口と将来1人あたり所得の積によって算出される。今後の各種の値の算出においては、つねに、道路建設がおこなわれた場合とおこなわれない場合とが考慮の対象とされるので、今後は、道路建設がおこなわれるという条件を「条件1」、おこなわれないという条件を「条件2」と名づけることにする。

まず、式(4.2.1)から(4.2.8)までの式によれば、影響地域内の将来人口は、条件1では、

$$P(i, s, t/W) = P(i, s, 0) \{1 + g(i, s, 0)\}^t$$

$$(t=0, 1, 2, \dots, t^*-1) \quad (5.9.1.1)$$

$$P(i, s, t^*+n/W) = P(i, s, 0) \{1 + g(i, s, 0)\}^{t^*-1} \{1 + g(i, s, t^*)\}^{n+1}$$

$$(n=0, 1, 2, \dots, H-1) \quad (5.9.1.2)$$

によって、また、条件2では、

$$P(i, s, t/O) = P(i, s, 0) \{1 + g(i, s, 0)\}^t$$

$$(t=0, 1, 2, \dots, t^*-1) \quad (5.9.2.1)$$

$$P(i, s, t^*+n/O) = P(i, s, 0) \{1 + g(i, s, 0)\}^{t^*-1} \{1 + g(i, s, 0)\}^{n+1}$$

$$(n=0, 1, 2, \dots, H-1) \quad (5.9.2.2)$$

によって示される。

これらの式において明らかなように、将来の各種の値を得る場合においては、予測の際に用いられる現在時点——すなわち、第0年、——ならびに、道路建設完了年——すなわち、第 t^* 年——を決定する必要がある。ここでは第0年を1975年、第 t^* 年を1986年とする。そして、道路耐用年数(H)を20年とし、第 (t^*+H-1) 年を2005年とする。

他方、表2によれば、道路建設をおこなったときには、影響地域の道路密度はかなり変化し、したがって、道路建設をおこなった場合とそうでない場合の影響地域内の人口増加率を式(5.5.1)および(5.5.2)で算出してみると、表3のようになる。この表の値は、式(5.5.1)および(5.5.2)の $L(i1)$ および $L(i2)$ に、表2の $L(i1, t^*+n/W)$, $L(i2, t^*+n/W)$, $L(i1, t^*+n/O)$, および $L(i2, t^*+n/O)$ の値を代入すれば得られる。

表3 道路改良前(または、条件2)および改良後(または、条件1)の人口増加率(単位:%)

影響地域	改良前(条件2) $g(i, s, 0)$	改良後(条件1) $g(i, s, t^*)$
i 1	1.79	3.00
i 2	2.71	3.45

(注) この表の中に見いだされる値 $g(i1, 0)$, $g(i2, 0)$, $g(i1, t^*)$, $g(i2, t^*)$ は、それぞれ、図8における地域i 1, i 2の道路改良前、道路改良後の点 O_1, O_2, W_1, W_2 によって示される。

と、表4.1のような値が得られる(図10)。表4.2は、参考のために、表4.1で用いた人口増加率を用いて算出した地域Iおよび地域IIの人口である(この値は、もし、表4.1で用いた人口増加率で各地域の人口が増加するとどの程度の人口になるかを知るために算出した)。

また、影響地域i 1, i 2における将来の1人あたり所得(世帯所得)は、表4.1の値(人口)を各影響地域の面積で除して得られる各影響地域の人口密度(表5, 図11), $D(i, s, t^*+n/W)$, $D(i, s, t^*+n/O)$ を式(5.7.1), または、式(5.7.2)に代入することによって得られる(図13)。

表3の人口増加率 g , および、式(5.9.1.1)から(5.9.2.2)までの式を用いて、条件1および2が与えられた場合における各影響地域の年次別人口を推定してみる(各式に、 $P(i, s, 0)$ ($s=1, 2$)および表2の g を与え、各式の t , または、 n を $0, 1, 2, \dots$ と変化させて行くことにより、年次別人口が得

フィリピン北部における道路建設の経済効果の測定

表 4.1 影響地域 (地域 i 1, i 2) の人口推移 (単位: 人)

年	地域 i 1		地域 i 2	
	条件 1 ¹⁾	条件 2 ²⁾	条件 1 ³⁾	条件 2 ⁴⁾
1975	135,210	135,210	149,318	149,318
1976	137,630	137,630	153,365	153,365
1977	140,094	140,094	157,521	157,521
1978	142,602	142,602	161,790	161,790
1979	145,155	145,155	166,175	166,175
1980	147,753	147,753	170,678	170,678
1981	150,398	150,398	175,303	175,303
1982	153,090	153,090	180,054	180,054
1983	155,830	155,830	184,933	184,933
1984	158,619	158,619	189,945	189,945
1985	161,458	161,458	195,093	195,093
1986	166,302	164,348	201,824	200,380
1987	171,291	167,290	208,787	205,810
1988	176,430	170,284	215,990	211,387
1989	181,722	173,332	223,441	217,116
1990	187,174	176,435	231,150	223,000
1991	192,789	179,593	239,125	229,043
1992	198,573	182,808	247,375	235,250
1993	204,530	186,080	255,909	241,625
1994	210,666	189,411	264,738	248,173
1995	216,986	192,801	273,871	254,898
1996	223,496	196,252	283,320	261,806
1997	230,201	199,765	293,094	268,901
1998	237,107	203,341	303,206	276,188
1999	244,220	206,981	313,667	283,673
2000	251,546	210,686	324,488	291,361
2001	259,093	214,457	335,683	299,257
2002	266,865	218,296	347,264	307,367
2003	274,871	222,203	359,245	315,697
2004	283,118	226,180	371,639	324,252
2005	291,611	230,229	384,460	333,039

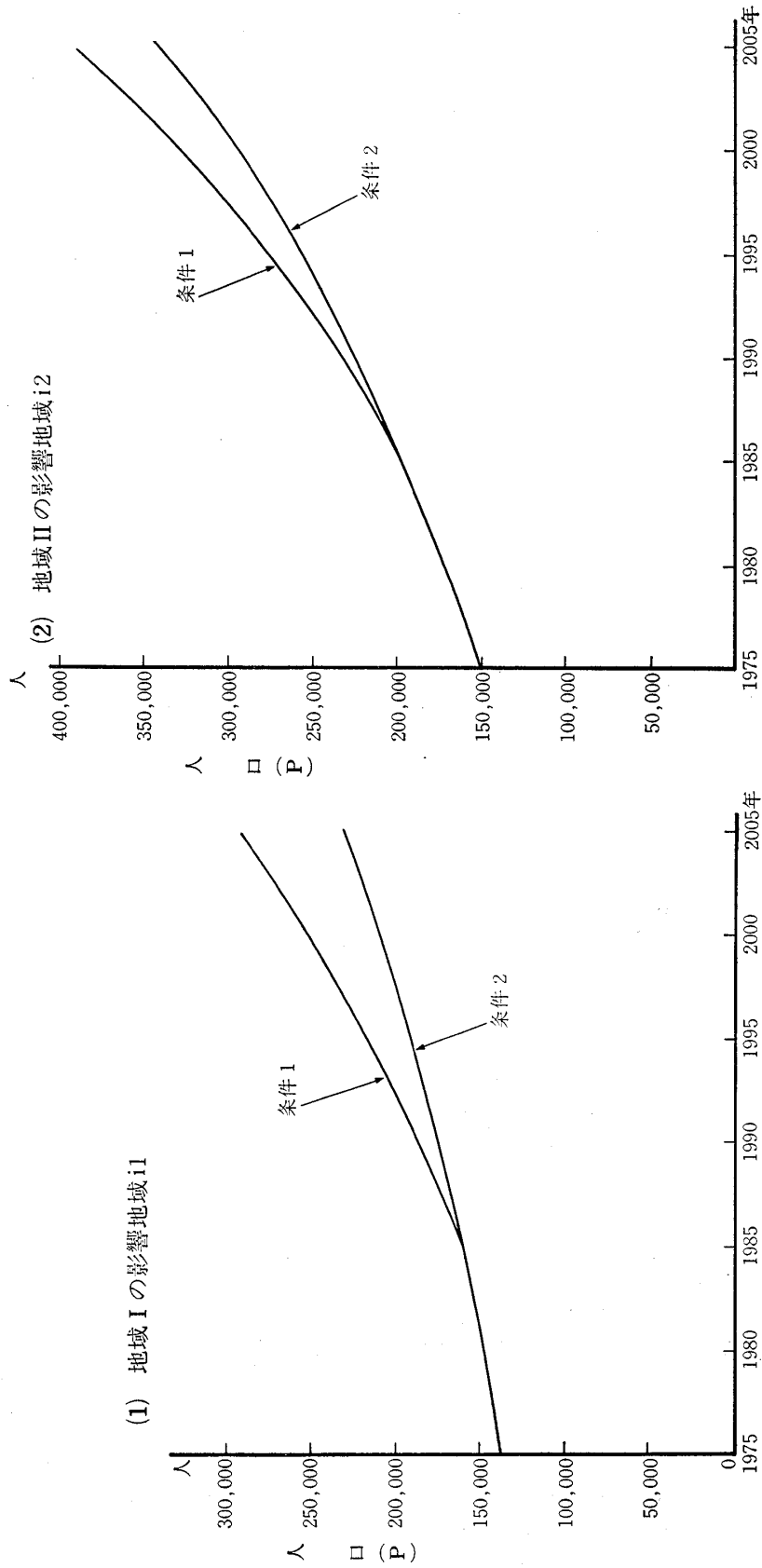
- (注) 1) 1975年から1985年までの人口増加率を1.79%(=g(i1, 0)), 1986年から2005年までのそれを3.00%(=g(i1, t*))として算出されている。
 2) 1975年から2005年までの人口増加率を1.79%(=g(i1, 0))として算出されている。
 3) 1975年から1985年までの人口増加率を2.71%(=g(i2, 0)), 1986年から2005年までのそれを3.45%(=g(i2, t*))として算出されている。
 4) 1975年から2005年までの人口増加率を2.71%(=g(i2, 0))として算出されている。

表 4.2 地域 I, II の人口推移 (単位: 1000人)

年	地域 I		地域 II	
	条件 1 ¹⁾	条件 2 ²⁾	条件 1 ³⁾	条件 2 ⁴⁾
1975	3,269	3,269	1,933	1,933
1976	3,328	3,328	1,985	1,985
1977	3,387	3,387	2,039	2,039
1978	3,448	3,448	2,094	2,094
1979	3,509	3,509	2,151	2,151
1980	3,572	3,572	2,210	2,210
1981	3,636	3,636	2,269	2,269
1982	3,701	3,701	2,331	2,331
1983	3,768	3,768	2,394	2,394
1984	3,835	3,835	2,459	2,459
1985	3,904	3,904	2,526	2,526
1986	4,021	3,973	2,613	2,594
1987	4,142	4,045	2,703	2,664
1988	4,266	4,117	2,797	2,736
1989	4,394	4,191	2,893	2,811
1990	4,526	4,266	2,993	2,887
1991	4,662	4,342	3,096	2,965
1992	4,801	4,420	3,203	3,045
1993	4,945	4,499	3,313	3,128
1994	5,094	4,579	3,428	3,213
1995	5,247	4,661	3,546	3,300
1996	5,404	4,745	3,668	3,389
1997	5,566	4,830	3,795	3,481
1998	5,733	4,916	3,926	3,575
1999	5,905	5,004	4,061	3,672
2000	6,082	5,094	4,201	3,771
2001	6,265	5,185	4,346	3,874
2002	6,453	5,278	4,496	3,979
2003	6,646	5,372	4,651	4,086
2004	6,846	5,468	4,811	4,198
2005	7,051	5,566	4,977	4,311

- (注) 1) 1975年から1985年までの人口増加率を1.79%(=g(i1, 0)), 1986年から2005年までのそれを3.00%(=g(i1, t*))として算出されている。
 2) 1975年から2005年までの人口増加率を1.79%(=g(i1, 0))として算出されている。
 3) 1975年から1985年までの人口増加率を2.71%(=g(i2, 0)), 1986年から2005年までのそれを3.45%(=g(i2, t*))として算出されている。
 4) 1975年から2005年までの人口増加率を2.71%(=g(i2, 0))として算出されている。

図10 影響地域の人口の推移



(注) 人口密度は人口を地積(地表の面積)で除いたものであるから、人口密度の推移を示す曲線は人口の推移を示す曲線と同じ形を示す(実際、人口の推移を示す図表の「人口を示す軸(縦軸)」の目盛に与えられた値を地積で除し、その結果得られた値(これは、人口密度である)を、地積で除す前に与えられていた値のかわりに記入すれば、図表中の曲線を動かさずに人口密度の推移の図を得ることができる)。

フィリピン北部における道路建設の経済効果の測定

表5 影響地域における人口密度の推移

(単位:人/km²)

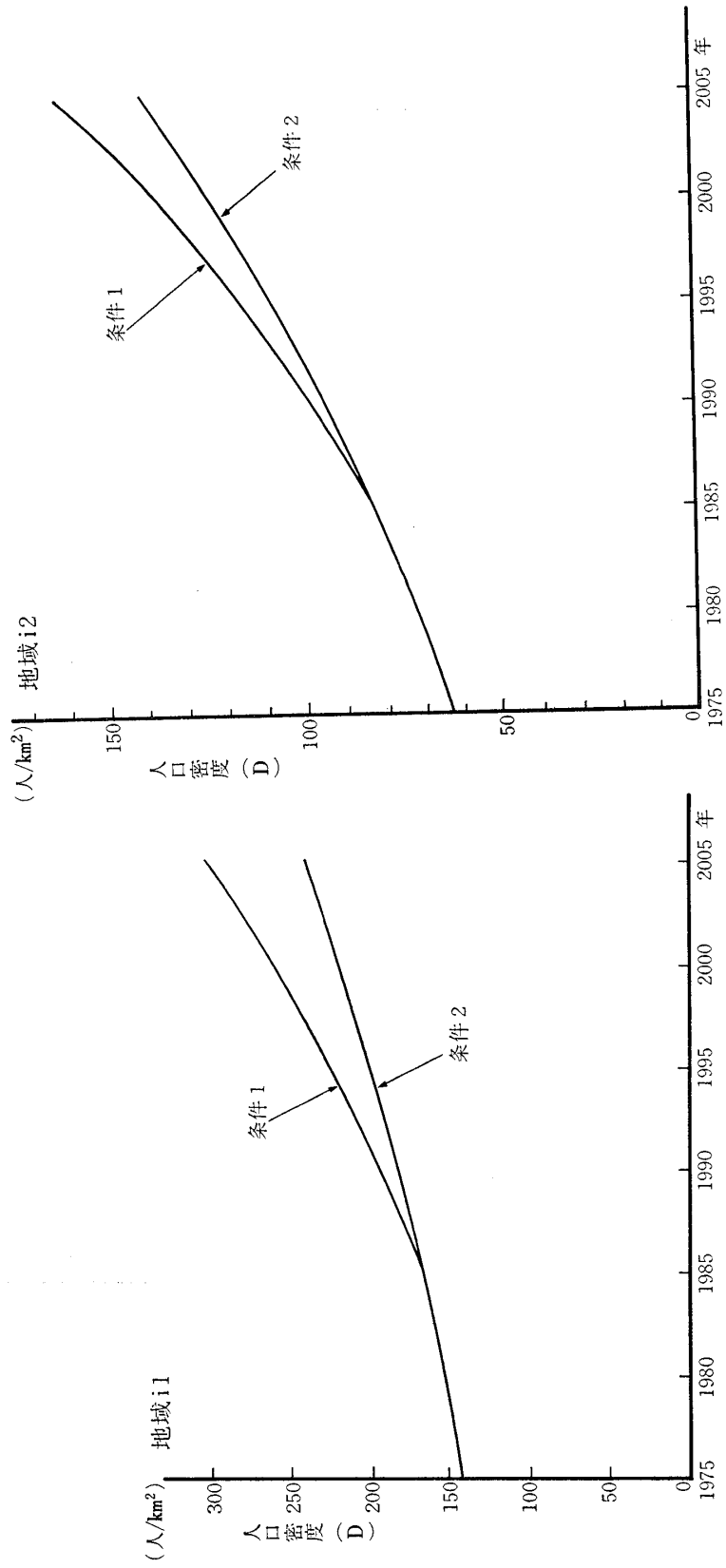
年	地域 i 1		地域 i 2	
	条件 1	条件 2	条件 1	条件 2
1975	140.1	140.1	63.5	63.5
1976	142.6	142.6	65.2	65.2
1977	145.2	145.2	67.0	67.0
1978	147.8	147.8	68.8	68.8
1979	150.4	150.4	70.7	70.7
1980	153.1	153.1	72.6	72.6
1981	155.9	155.9	74.5	74.5
1982	158.6	158.6	76.6	76.6
1983	161.5	161.5	78.6	78.6
1984	164.4	164.4	80.8	80.8
1985	167.3	167.3	82.9	82.9
1986	172.3	170.3	85.8	85.2
1987	177.5	173.4	88.8	87.5
1988	182.8	176.5	91.8	89.8
1989	188.3	179.6	95.0	92.3
1990	194.0	182.8	98.3	94.8
1991	199.8	186.1	101.7	97.4
1992	205.8	189.4	105.2	100.0
1993	211.9	192.8	108.8	102.7
1994	218.3	196.3	112.6	105.5
1995	224.5	199.8	116.4	108.4
1996	231.6	203.4	120.5	111.3
1997	238.6	207.0	124.6	114.3
1998	245.7	210.7	128.9	117.4
1999	253.1	214.5	133.4	120.6
2000	260.7	218.3	138.0	123.9
2001	268.5	222.2	142.7	127.2
2002	276.5	226.2	147.6	130.7
2003	284.8	230.3	152.7	134.2
2004	293.4	234.4	158.0	137.7
2005	302.2	238.6	163.5	141.6

表6 影響地域における1人あたり所得(世帯所得)の推移

(単位:ペソ)

年	地域 i 1		地域 i 2	
	条件 1	条件 2	条件 1	条件 2
1975	942.9	942.9	868.7	868.7
1976	944.4	944.4	869.7	869.9
1977	945.9	945.9	870.8	870.8
1978	947.5	947.5	871.9	871.9
1979	949.0	949.0	872.7	872.7
1980	950.7	950.7	874.2	874.2
1981	952.3	952.3	875.3	875.3
1982	954.0	954.0	876.6	876.6
1983	955.7	955.7	877.8	877.8
1984	957.4	957.4	879.1	879.1
1985	959.2	959.2	880.3	880.3
1986	962.2	961.0	882.1	881.7
1987	965.3	962.8	883.9	883.1
1988	968.4	964.7	885.7	884.5
1989	971.7	966.5	887.6	886.0
1990	975.1	968.4	889.6	887.5
1991	978.6	970.4	891.6	889.0
1992	981.8	972.4	893.7	890.6
1993	985.9	974.4	895.8	892.2
1994	989.7	976.5	898.1	893.9
1995	993.4	978.6	900.4	895.6
1996	997.7	980.8	902.8	897.3
1997	1001.8	982.9	905.3	899.1
1998	1006.1	985.1	907.9	901.0
1999	1010.5	987.4	910.6	902.9
2000	1015.1	989.7	913.3	904.9
2001	1019.8	992.0	916.1	906.9
2002	1024.5	994.4	919.1	909.0
2003	1029.5	996.9	922.1	911.0
2004	1034.6	999.3	925.3	913.3
2005	1039.2	1001.8	928.6	915.5

図11 影響地域における人口密度の推移



したがって、ここで得られた将来の1人あたり所得（表6）に表4.1で得られた将来人口を乗じることによって（式（4.2.16），および（4.2.17）によって），各影響地域の将来の年次別所得を得ることができる。ただし，条件1と条件2における将来の所得の差を見いだすことが道路建設効果の判定に必要であるから，将来の影響地域の所得は，実際には，第 t^* 年から第N年までの各年に対して算出され，第 t^*-1 年以前の年に対しては算出される必要がない。しかし，現在から道路建設後の期間に向って，所得がどのような経路をたどって推移して行くかということを示すため，ここでは，現在から将来に向って，各年の所得を算出した。なお，人口，1人あたり所得，ならびに所得との関係を図形的に示すと，それは，図12に示されるように，人口の軸と1人あたり所得の軸とで形成される平面に平行な平面内の四辺形（その一辺の長さが人口，他の辺が1人あたり所得）の面積となる。したがって，所得の増加速度は，ここでは，人口，あるいは1人あたりの所得のそれ（いずれも増加傾向をもつ）よりも大きくなる。また，人口の増加速度の方が1人あたりの所得のそれよりも大であるので，所得の推移を示す図は，ここでは，人口の推移を示す図に似たものになる。

表7は，上記の方法で算出された影響地域別年次別所得である（図14）。

図12 人口，1人あたり所得，および所得の相互関係

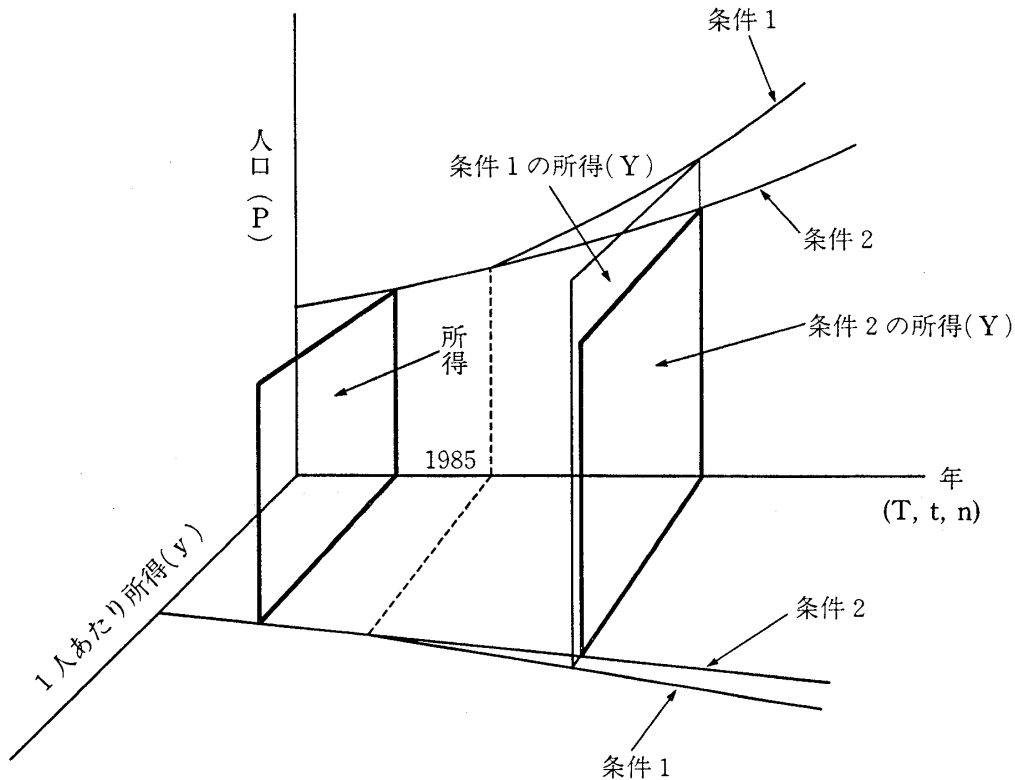


表7 影響地域における所得（世帯所得）の推移

(単位：ペソ)

年	地域 i 1		地域 i 2	
	条件 1	条件 2	条件 1	条件 2
1975	127,489,509.0	127,489,509.0	129,712,546.6	129,712,546.6
1976	129,977,772.0	129,977,772.0	133,381,540.5	133,381,540.5
1977	132,514,914.6	132,514,914.6	137,169,286.8	137,169,286.8
1978	135,115,395.0	135,115,395.0	141,064,701.0	141,064,701.0
1979	137,752,095.0	137,752,095.0	145,020,922.5	145,020,922.5
1980	140,468,777.1	140,468,777.1	149,206,707.6	149,206,707.6
1981	143,224,015.4	143,224,015.4	153,442,715.9	153,442,715.9
1982	146,047,860.0	146,047,860.0	157,835,336.4	157,835,336.4
1983	148,926,731.0	148,926,731.0	162,334,187.4	162,334,187.4
1984	151,861,830.6	151,861,830.6	166,980,649.5	166,980,649.5
1985	154,870,513.6	154,870,513.6	171,740,367.9	171,740,367.9
1986	160,015,784.4	157,938,428.0	178,028,950.4	176,675,046.0
1987	165,347,202.3	161,066,812.0	184,546,829.3	181,750,811.0
1988	170,854,812.0	164,272,974.8	191,302,343.0	186,971,801.5
1989	176,579,267.4	167,525,378.0	198,336,231.6	192,364,776.0
1990	182,513,367.4	170,859,654.0	205,631,040.0	197,912,500.0
1991	188,663,315.4	174,277,047.2	213,203,850.0	203,619,277.0
1992	194,958,971.4	177,762,499.2	221,079,037.5	209,513,650.0
1993	201,646,127.0	181,316,352.0	229,243,282.2	215,577,825.0
1994	208,496,140.2	184,959,841.5	237,761,197.8	221,841,884.7
1995	215,553,892.4	188,675,058.6	246,593,448.4	228,286,648.8
1996	222,981,959.2	192,483,961.6	255,781,296.0	234,918,523.8
1997	230,615,361.8	196,349,018.5	265,337,998.2	241,768,889.1
1998	238,553,352.7	200,311,219.1	275,280,727.4	248,845,388.0
1999	246,784,310.0	204,373,039.4	285,625,170.2	256,128,351.7
2000	255,344,344.6	208,515,934.4	296,354,890.4	263,652,568.9
2001	364,223,041.4	212,741,134.4	307,519,196.3	271,396,173.3
2002	273,403,192.5	217,073,542.4	319,170,342.4	279,396,603.0
2003	282,979,694.5	221,514,170.7	331,259,814.5	287,599,967.0
2004	292,913,882.8	226,021,674.0	343,877,566.7	296,139,351.0
2005	303,042,151.2	230,643,412.2	357,009,556.0	304,897,204.5

図13 影響地域における1人あたり所得の推移

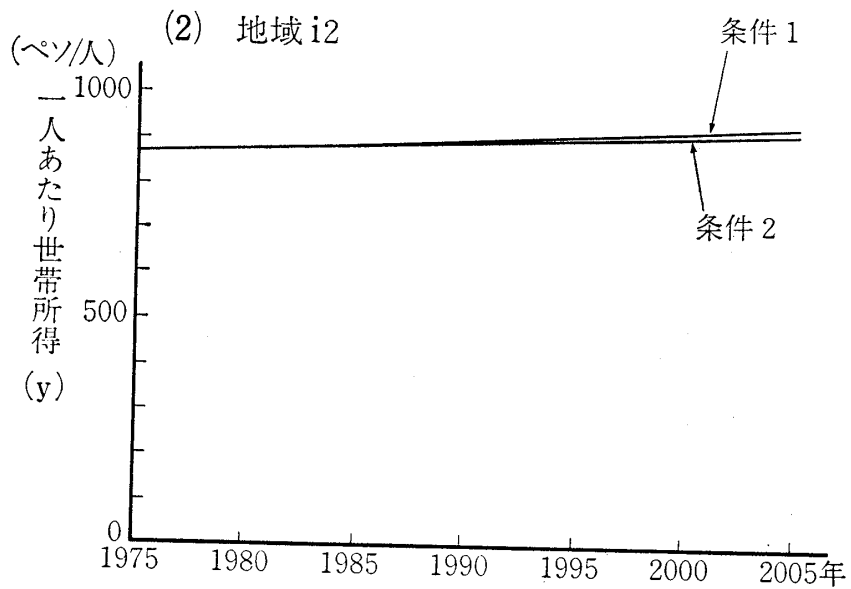
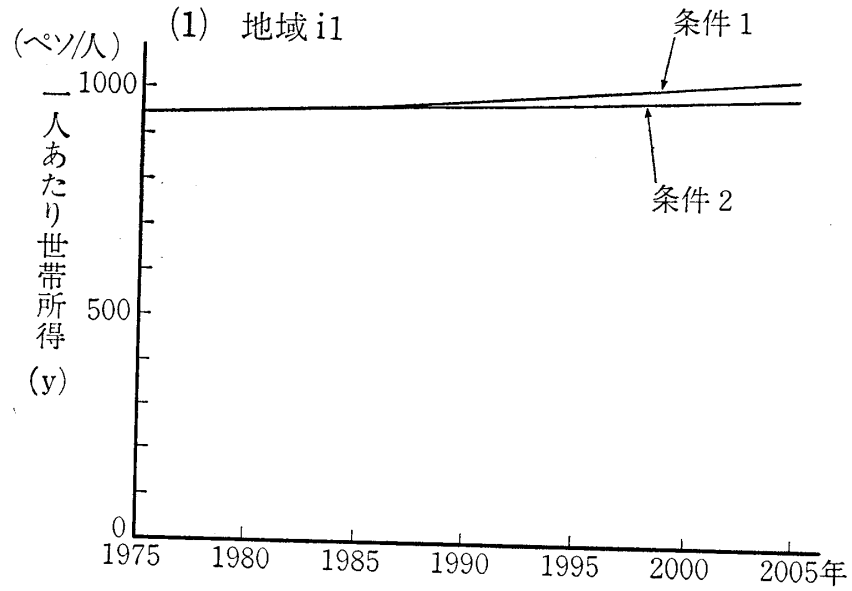
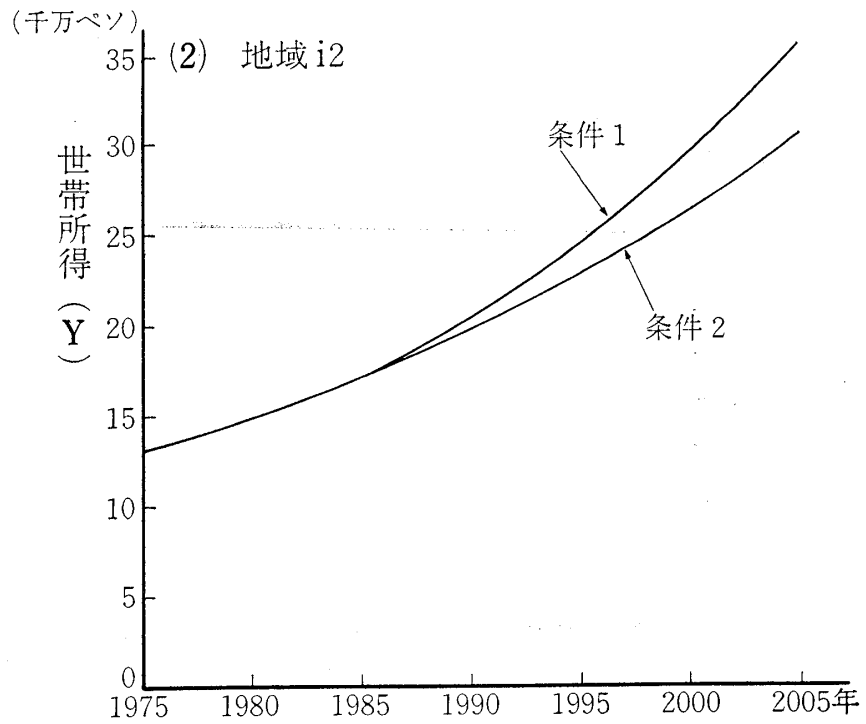
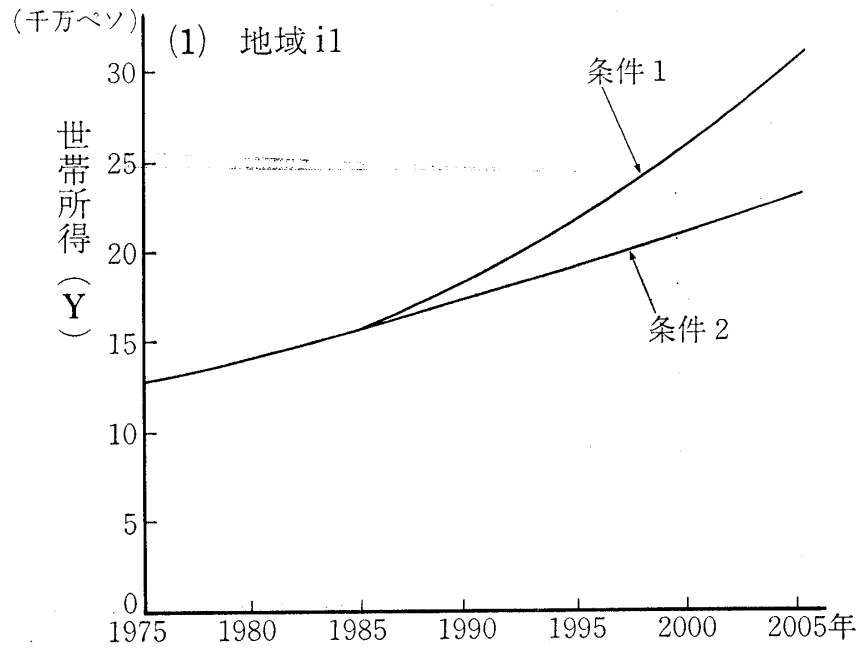


図14 影響地域の所得の推移



V. 3 経済効果の判定

道路建設完了の年、第 t^* 年は1986年であり、道路耐用年数を20年としたので、この期間の道路建設の経済効果は、道路建設のおこなわれるという条件（条件1）とおこなわれないという条件（条件2）との2種の条件におけるこの期間の「所得の差」によって実際に測定することが可能である。

まず、式(4.3.1)によって、各影響地域における条件の差によって生じる所得の差を算出すると、表8のような値が得られる。これは、表7の条件1の値と条件2の値との差である。

次いで、表9の係数と式(4.3.2)とを用いて、この差の1986年の現在価値を算出し、表8に示された各年の世帯所得の差の大きさを、1986年の現在価値によって再評価すると、表10(1), (2)に示されるような結果が得られる。ここでは、利子率 r として、12%と15%とを採用した。なお、ここで用いられた $1/(1+r)^n$ ($n=0, 1, 2, \dots, H-1$) の値は、表9に示されている。

これらの表(表10(1), (2))から、利子率が12%および15%である場合の道路耐用期間における各年の世帯所得の差の現在価値(表8に示された差額の1986年の現在価値)の総和を得ることができる。この値は表10(3)に示されている。これが2種の条件から得られる道路耐用期間における「所得の差」である。

将来の各時点における価額とその現在価値とがどのような関係になっているかを明示するために、表8の地域 i_1 の差額とその1986年における現在価値とを示す図を作成してみると図15のような図を得る。式(4.3.3)の現在価値の総和は、この図の白丸(○)で示された現在価値の総和である。

ところで、いうまでもなく、表10に示されている所得を得るためには、道路建設以外の費用(たとえば、灌漑費用)が必要である。

影響地域 i_1, i_2 によく似た農業地域であるカガヤン地域においておこなわれた農業開発計画(Cagayan Integrated Agricultural Development Project)のための調査(注2)

表8 条件1および2による世帯所得の差(道路建設による世帯所得の増加額)

(単位:ペソ)

年	差 額	
	地域 i_1	地域 i_2
1986	2,077,356.4	1,353,904.4
1987	4,280,390.3	2,796,018.3
1988	6,581,837.2	4,330,541.5
1989	9,053,889.4	5,961,455.6
1990	11,653,713.4	7,718,540.0
1991	14,386,268.2	9,584,573.0
1992	17,196,472.2	11,565,387.5
1993	20,329,775.0	13,665,457.2
1994	23,536,298.7	15,919,313.1
1995	26,878,838.8	18,306,799.6
1996	30,497,997.6	20,862,772.2
1997	34,266,343.3	23,569,109.1
1998	38,242,133.6	26,435,339.4
1999	42,411,270.6	29,496,818.5
2000	46,828,410.2	32,702,321.5
2001	51,481,907.0	36,123,023.0
2002	56,329,650.1	39,773,739.4
2003	61,465,523.8	43,659,847.5
2004	66,892,208.8	47,738,215.7
2005	72,398,739.0	52,112,351.5

表9 現在価値を得るために現実値に
乗じる係数 $(1+r)^{-n}$

年	年の順位 (n)	利子率 (r)	
		12%	15%
1986	0	1.00000	1.00000
1987	1	0.89286	0.86957
1988	2	0.79179	0.75614
1989	3	0.71178	0.65752
1990	4	0.63552	0.57175
1991	5	0.56743	0.49718
1992	6	0.50663	0.43233
1993	7	0.45235	0.37594
1994	8	0.40388	0.32690
1995	9	0.36061	0.28426
1996	10	0.32197	0.24718
1997	11	0.28748	0.21494
1998	12	0.25668	0.18691
1999	13	0.22917	0.16253
2000	14	0.20462	0.14133
2001	15	0.18270	0.12289
2002	16	0.16312	0.10686
2003	17	0.14564	0.09293
2004	18	0.13004	0.08081
2005	19	0.11611	0.07027

によれば、所得の増加額中に占める所得の増加に必要となった費用の割合 r は、利子率と密接な関係をもち、

利子率が12.5%のとき、 $r=48\%$

利子率が15.0%のとき、 $r=54\%$

であった。

影響地域 $i1$ および $i2$ においても、カガヤン地域に近い条件の下で農業地域の開発がおこなわれ得るであろうことを前提として（また、すでに上で触れたように、地域 $i1$, $i2$ の r の値も、これらの値と同様の値であると仮定した。すなわち、地域 $i1$, $i2$ においても、

利子率が12%のとき、 $r=48\%$

利子率が15%のとき、 $r=54\%$

とした。

これらの r の値を用いて、便益（所得の差からその差を得るために必要となった費用を引き去った残りの部分）を求めると、それは、表11の便益の部分に示されるような値となった。この表の費用の欄の値は、表10(3)の影響地域における所得の差額に r を乗じることによって得られた値である。

表11の便益は、1975年の価格によって示されている。しかしながら、この便益を道路建設完了の年、1986年（第 t^* 年）の価格で表示するため、この価格に1975年から1986年までの物価変動倍率 2.199 を乗じた。表11の便益にこの価格変動倍率を乗じて得られた値（表12）が、1986年の価格で評価した道路建設による便益である。なお、価格変動倍率は、つぎのようにして得られた（なお、物価変動倍率評価についてやや立ち入った考察を補注Aに示した）。

1971年から1976年までの1965年を基準年とした物価指数は、表13の欄(A)のようになった。したがって、1975年を基準年とした物価指数は、表13の欄(B)となる。この値から、最小2乗法を用いて、物価指数の年次的推移の式を求めたところ、西暦 x 年のときの1975年を基準年とする物価指数 $P. I. (x/1975)$ ——ここでは、簡単に $P. I. x$ で示す——は、

$$P. I. x = 32.51 + 11.71(x - 1970) \quad (5.10)$$

となった。この x に1986年（第 t^* 年）を代入すると $P. I. x$ は219.87となった（図16）。したがって、1986年の価格の1975年のそれに対する変動倍率は、2.199倍であるとい

フィリピン北部における道路建設の経済効果の測定

表10 表8の世帯所得の差額の現在価値

(1) 利率12% (単位:ペソ)			(2) 利率15% (単位:ペソ)		
年	地域 i 1	地域 i 2	年	地域 i 1	地域 i 2
1986	2,077,356.4	1,353,904.4	1986	2,077,356.4	1,353,904.4
1987	3,821,789.3	2,496,452.9	1987	3,722,099.0	2,431,333.6
1988	5,211,432.9	3,452,264.4	1988	4,976,790.4	3,274,495.6
1989	6,444,377.4	4,243,244.9	1989	5,953,113.4	3,919,776.3
1990	7,406,168.0	4,905,286.5	1990	6,663,010.6	4,413,075.2
1991	8,163,200.2	5,438,574.3	1991	7,152,564.8	4,765,258.0
1992	8,712,248.7	5,859,372.3	1992	7,434,550.8	5,000,064.0
1993	9,196,173.7	6,181,569.6	1993	7,642,775.6	5,137,392.0
1994	9,505,840.3	6,429,492.2	1994	7,694,016.0	5,204,023.5
1995	9,692,776.3	6,601,615.0	1995	7,640,577.3	5,203,890.9
1996	9,819,440.3	6,717,186.8	1996	7,538,495.0	5,156,860.0
1997	9,850,888.4	6,775,647.5	1997	7,365,207.8	5,065,944.3
1998	9,815,990.9	6,785,422.9	1998	7,147,837.2	4,941,029.3
1999	9,719,390.9	6,759,785.9	1999	6,893,103.8	4,794,117.9
2000	9,582,029.3	6,691,549.0	2000	6,618,259.2	4,621,819.1
2001	9,405,744.4	6,599,676.3	2001	6,326,611.6	4,439,158.3
2002	9,188,492.5	6,487,892.4	2002	6,019,386.4	4,250,221.8
2003	8,951,838.9	6,358,620.2	2003	5,711,991.1	4,057,309.6
2004	8,698,662.9	6,207,877.6	2004	5,405,559.4	3,857,725.2
2005	8,406,217.6	6,050,765.1	2005	5,087,459.4	3,661,934.9
合計	163,670,059.3	112,396,200.2	合計	125,070,765.2	85,549,333.9

(3) 影響地域の道路耐用期間における表8の所得の差額の現在価値の総和

(単位:ペソ)

利率	影響地域		合計
	i 1	i 2	
12%	163,670,059.3	112,396,200.2	276,066,259.5
15%	125,070,765.2	85,549,333.9	210,620,099.1

表11 便益の算出表

(単位:ペソ)

利率	12%	15%
所得の差額	276,066,259.5	210,620,099.1
費用	132,511,804.5	113,734,853.0
便益	143,554,455.0	96,885,246.1

表12 1986年価格による便益

(単位:ペソ)

利率	12%	15%
便益	315,676,245.0	213,050,656.1

図15 地域i1における将来の各時点における世帯所得の差額とそのの現在価値

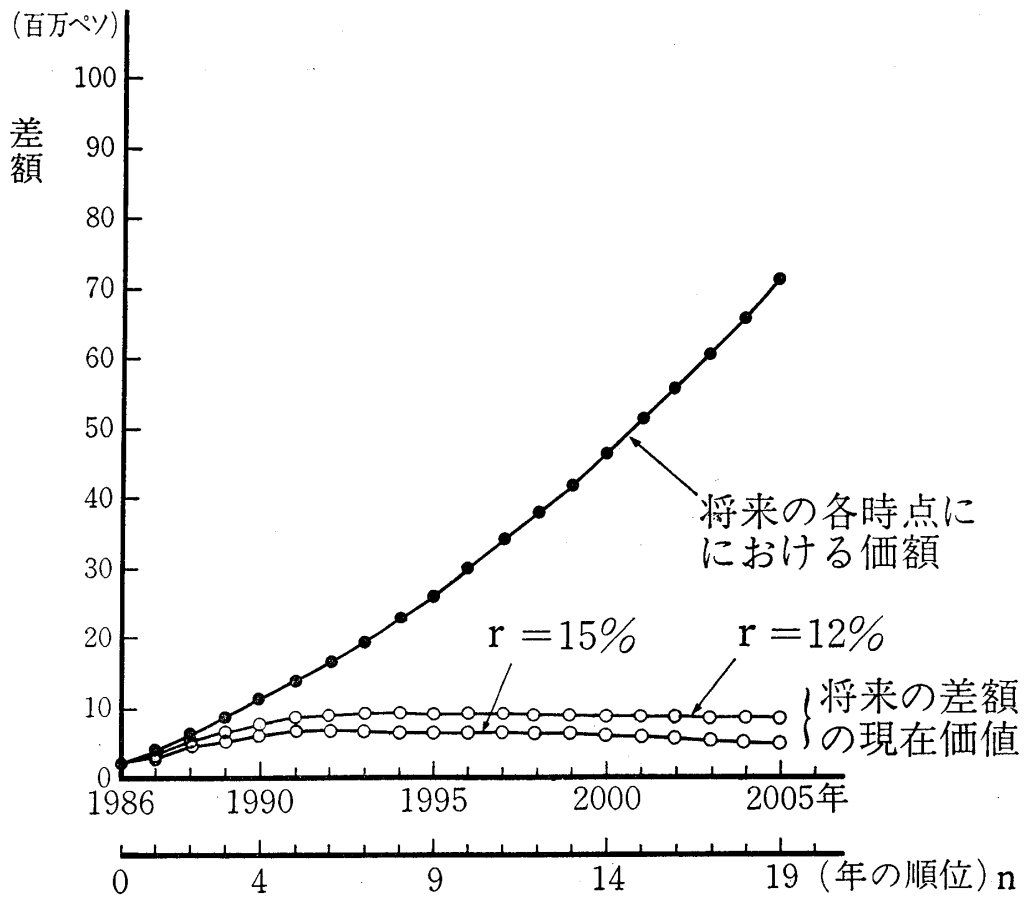


表13 フィリピンの物価の変動
物価指数

年	基準年：1965年 (1965=100) (A)*	基準年：1975年 (1975=100) (B)
1971	155.0	43.7
1972	166.4	46.9
1973	212.9	60.0
1974	300.4	84.7
1975	354.6	100.0
1976	374.6	105.6
1977	384.4	108.4

* 出所：Republic of the Philippines, National Economic and Development Authority : *Philippine Yearbook 1978*, 1978, p. 845.

る(表14に、1975年の価格と1986年の価格とによる便益の大きさの比較がなされている)。

表12による便益と、別に計算された道路使用者便益(この大きさについては、ここには書かれていないが、参考のため、この便益の一般的算定法に関しては補注Bにおいて述べる)とを加え合わせた合計値(総便益)は、道路建設費用に比べて大きく、したがって、道路建設(改良)をおこなった方がよいという結論が得られた。

図16 物価指数の推移

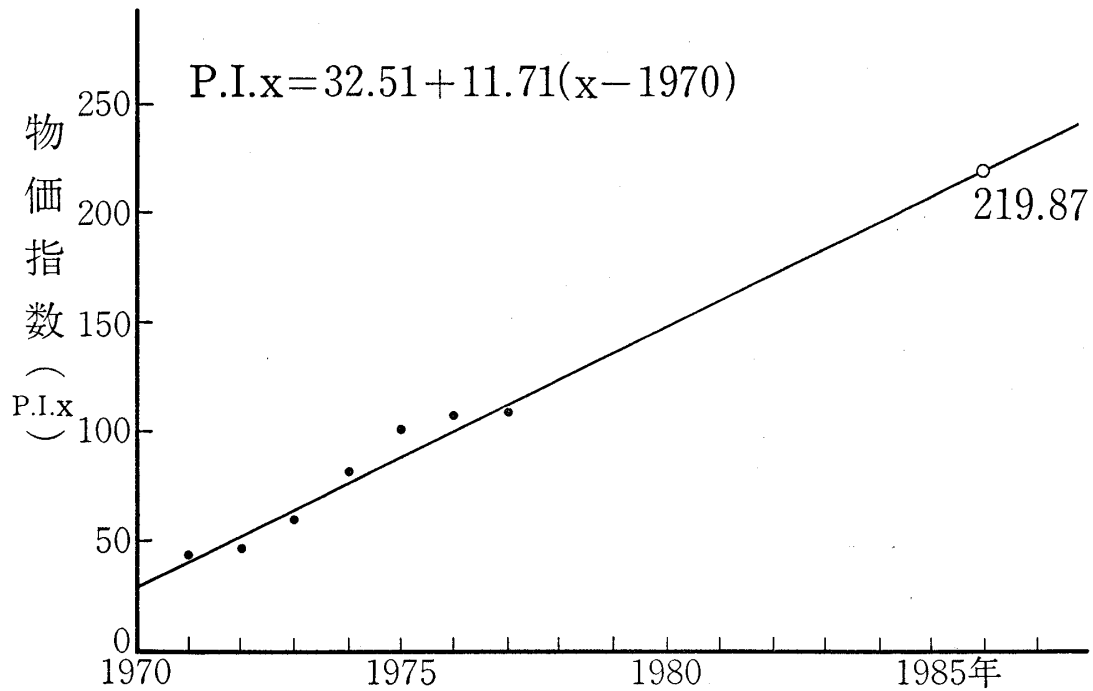


表14 1975年および1986年の価格による便益の評価 (単位:ペソ)

利子率	12%	15%
1975年価格	143,554,455.0	96,885,246.1
1960年価格	315,676,245.0	213,050,656.1

(注1) Suzuki, Keisuke : *The Philippine-Japan Highway Loan Project, Phase II (Laoag-Allacapan Road Project), Economic Study*, Manila, Republic of the Philippines, Ministry of Public Highways, Katahira & Engineers, Inc. and Integrated Philconsult, Inc., 1980,

(注2) 国際協力事業団:『フィリピン共和国 カガヤン・バレー地域農業総合開発調査報告書』, 東京, 国際協力事業団, 昭和50年9月。

国際協力事業団:『カガヤン農業開発協力実施調査団報告書』東京, 国際協力事業団, 昭和51年2月。

なお、(注1)に挙げた文献の中にも、これらの文献が用いられ、この報告書 (Suzuki, K.: op. cit.) の38頁に挙げた文献, JICA (Japan International Cooperation Agency) : *Cagayan Integrated Agricultural Development Project, 1975 and 1976*. は、上に挙げた国際協力事業団によって書かれた2冊の報告書を指す (これらの報告書は、すべて和文であり、英文の報告書ではない)。

補注 A 物価指数の数理経済学的性質

I 物価指数のもつ問題点

物価変動倍率を算定する場合には、一般に、物価指数が用いられる。物価指数には、多くの種類が見られるが、通常、そのうちでも、特に、ラスパイレ式(Laspeyres formula),あるいは、パーシェ式(Paasche formula)が用いられる。

よく知られているように、ラスパイレ式による物価指数 L_P は、

$$L_P = \frac{\sum_{i=1}^n P_{it} Q_{i0}}{\sum_{i=1}^n P_{i0} Q_{i0}} \times 100 \quad (\text{A.1.1})$$

によって、また、パーシェ式による物価指数 P_P は、

$$P_P = \frac{\sum_{i=1}^n P_{it} Q_{it}}{\sum_{i=1}^n P_{i0} Q_{it}} \times 100 \quad (\text{A.1.2})$$

によって定義される。ただし、 P_{i0} , P_{it} は、基準年、すなわち、時点0 (あるいは、0年)、時点 t (あるいは、 t 年)における第 i 商品 ($i=1, 2, \dots, n$) の価格、 Q_{i0} , Q_{it} は、それぞれ、時点0、時点 t における第 i 商品の取引量である。

しかしながら、理論的には、これらの物価指数は、必ずしも真の物価変動倍率を示しているとはいえない。

ここでは、これらの物価指数が、真の物価変動倍率とどのような関係をもっているかについてやや詳細に検討をおこなうことにする。

II 商品の購買行動

いま、商品 G_i ($i=1, 2, \dots, n$) があり、その価格が、それぞれ、 P_i ($i=1, 2, \dots, n$) であるとき、これらの商品の購入量 Q_i ($i=1, 2, \dots, n$) は、効用 U の得られる商品の購入量の組合わせを示す効用関数とこれらの商品の購入のために必要な購入費用 C を示す費用関数とによって決定される。

すなわち、効用関数を、

$$U = f(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \quad (\text{A.2.1})$$

とし、費用関数を

$$C = g(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \quad (\text{A.2.2})$$

とすると、商品購入量 Q_i ($i=1, 2, \dots, n$) は、 C が一定であるならば、「 C が一定である」という条件の下に効用を最大にさせる購入量 Q_i^* ($i=1, 2, \dots, n$) である。

したがって、

$$f(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) - \lambda \{g(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) - C\} = 0 \quad (\text{A.2.3})$$

を微分して得られる式、

$$\frac{\partial}{\partial Q_i} f(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) - \lambda \frac{\partial}{\partial Q_i} g(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) = 0 \quad (\text{A.2.4})$$

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

を満たす Q_i が、ここで求める Q_i^* である。ただし、 λ は、ラグランジュ乗数である。

ところで、効用関数 (A.2.1) は、効用 U をもつ無差別曲線であり、式 (A.2.2) は、一般に、

$$C = P_1 Q_1 + P_2 Q_2 + \dots + P_n Q_n \quad (\text{A.2.5})$$

によって示される価格線であるから、 Q_0^* は、無差別曲線と価格線との接点の位置によって与えられる (注A.1)。図A.1は、商品が2種類 G_1, G_2 である場合の Q_1^* を示した図である。

いま、価格が P_i から新価格 P_i' に変化したとすると、価格線は、式 (A.2.5) から、

$$C = P_1' Q_1 + P_2' Q_2 + \dots + P_n' Q_n \quad (\text{A.2.6})$$

に変わる。したがって、もし、「商品価格が旧価格 P_i であったときの商品購入量 Q_i^* から得られた効用 U 」とまったく同様の効用を、新価格を与えられた商品から最も少ない費用で得ようとするならば、商品購入量 Q_i は、 Q_i^* から変化し、 $Q_i^{*'}$ となるであろう。商品の種類数が2種類 G_1, G_2 のとき、その量 $Q_1^{*'}, Q_2^{*'}$ は、図A.2の $Q_1^{*'}, Q_2^{*'}$ によって示される量となる。

III ラスパイレス式の特徴

ラスパイレス式によって得られる物価変動倍率 LP は、前述 (式 (A.1.1), (A.1.2)) のように、

$$LP = \frac{\sum P_t Q_0}{\sum P_0 Q_0} \quad (\text{A.3.1})$$

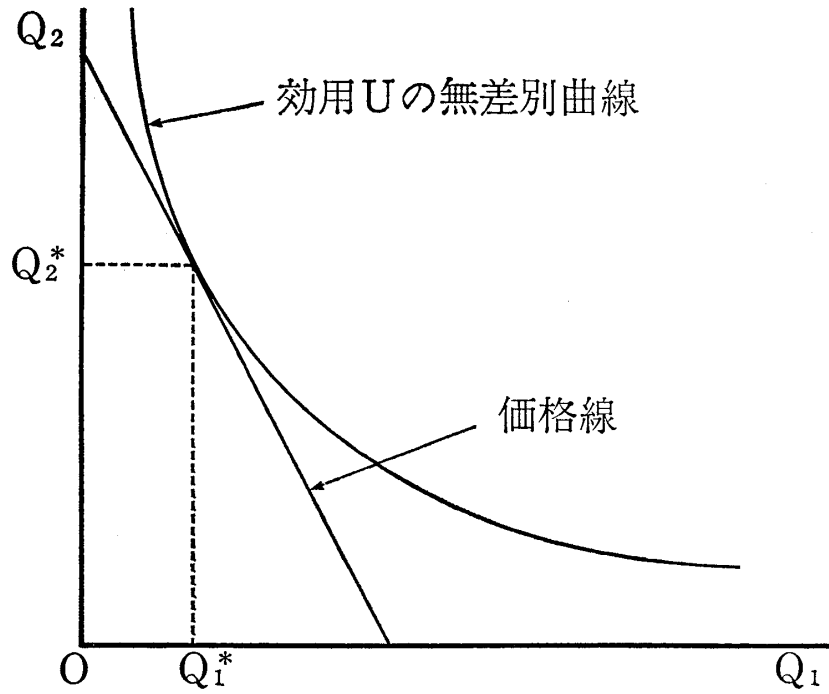
である (注A.2)。ただし、 $P_T (T=1, 0)$ は、時点 T の第 i 商品の価格 $P_{iT} (i=1, 2, \dots, n)$ を、 Q_0 は時点 0 の第 i 商品の購入量 $Q_{i0} (i=1, 2, \dots, n)$ を、また、 Σ は、 $\sum_{i=1}^n$ を示す。

この式の分母の $\sum P_0 Q_0$ の Q_0 は、時点 0 における商品の価格が P_0 であるときに、人びとが商品 $G_i (i=1, 2, \dots, n)$ から得られる効用を最大にするためにえらんだ購入量であるから、図A.1における Q_1^*, Q_2^* に相当する量である。したがって、時点 0 では、この分母の値を支出することによって、人びとは、その支出総額から得られる最大の効用を得ている。いま、この効用を U_0 とすれば、真の物価指数 (true index) P は、

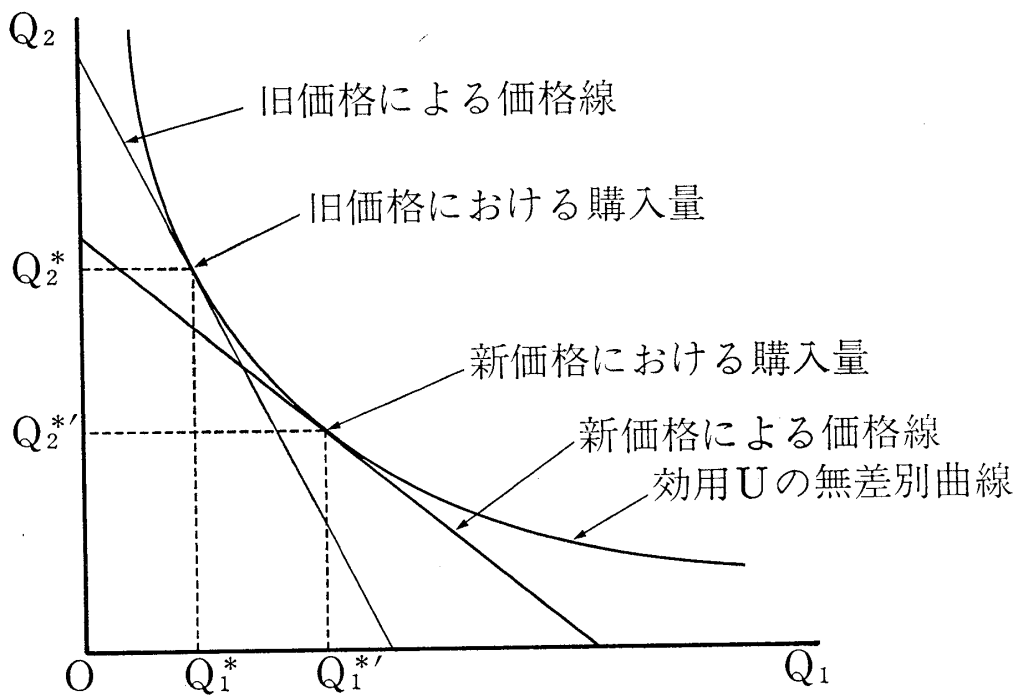
$$P = \frac{\text{時点 } t \text{ において商品 } G_i (i=1, 2, \dots, n) \text{ の購入によって分母に示された効用 } U_0 \text{ を得ようとする場合に必要となる最小費用 } (C_t)}{\text{時点 } 0 \text{ において効用 } U_0 \text{ を得るために必要となる費用(最小費用) } (\bar{C}_0)} \quad (\text{A.3.2})$$

という値でなければならない。式 (A.3.1) の分母は、費用 $\sum P_0 Q_0 (= \bar{C}_0)$ によって得られる最大効用 \bar{U}_0 (式(A.2.4)によって決定される値 Q_i^* から得られる効用) であると同時に、式 (A.3.2) の分母で示されているようにその効用 U_0 を得るために必要となる最小費用でもある。

実際、「効用 U が一定 (U_0) である」という条件の下に、時点 0 における費用 C_0 を最小にさせる商品の購入量 Q_i^{**} を得るための式は、式 (A.2.1), (A.2.2) の記号を用いれば、



図A.1 商品購入量 Q_1 , Q_2 の決定メカニズム



図A.2 価格の変化と購入量の変化との関係

$$g(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) - \lambda \{f(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) - U_0\} = 0 \quad (\text{A. 3. 3})$$

を微分して得られる式 (ただし, ここでは, $C_0 = g(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$ である),

$$\frac{\partial}{\partial Q_1} g(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) - \lambda \frac{\partial}{\partial Q_1} f(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) = 0 \quad (\text{A. 3. 4})$$

を満たす Q_i の値 (Q_i^{**}) である。ただし, ここでも λ は, ラグランジュ乗数である。式の形から判断して, この Q_i の値 Q_i^{**} は, 式 (A. 2. 4) によって決定される値 Q_i^* に等しい。それゆえ,

$$Q_i^{**} = Q_i^* \quad (\text{A. 3. 5})$$

が成立している。

これに対して, 式 (A. 3. 1) の分子の値は, 式 (A. 3. 2) の分子の値に等しいとはいえない。その理由は, 価格が P_t のとき, Q_0 は, その価格によって得られる効用 U を最大にさせる商品購入量ではないからである。

もし, 価格 P_t のとき, Q_0 を購入しているとすれば, 効用の無差別曲線と価格線との関係は, 商品の種類を 2 種類 G_1, G_2 としたとき, 図 A. 3 のようになり, 一般に, 式 (A. 3. 1) の分子で示される費用の支出によって得られる最大の効用 U_t は, 式 (A. 3. 1) の分母で示される費用の支出によって得られる最大の効用 U_0 よりも大きい (注 A. 3)。

図 A. 3 では, Q_0 を示す点 E を通る時点 t の価格線 (支出総額 C_t) が, 時点 0 のそれと異なるために, この価格線に接する無差別曲線は, U_0 より大きい効用 U_t を示す無差別曲線となっている。したがって, 商品の価格が P_t であるとき, 最小支出によって, 効用 U_0 を得るための商品購入量は, Q_0 以外の \bar{Q}_0 でなければならず, この \bar{Q}_0 による支出総額 $\bar{C}_t (= \sum P_t \bar{Q}_0)$ は, ラスパイレス式 (式 (A. 3. 1)) の分子の値 $C_t (= \sum P_t Q_0)$ より小さくならなければならない。すなわち,

$$\sum P_t Q_0 > \sum P_t \bar{Q}_0 \quad (\text{A. 3. 6})$$

でなければならない。

商品の種類数が 2 種類の場合を用いて, 式 (A. 3. 6) が成立することを図によって示してみると, 図 A. 4 のようになる。図 A. 4 によれば, 価格が P_t のとき, 効用 U_0 を得るための商品 G_1, G_2 の購入量 $\bar{Q}_{10}, \bar{Q}_{20}$ を示す点 E' は, 点 E を通る価格線より下方にある価格線上にある。したがって, 価格線の性質 (注 A. 4) により, 点 E' によって示される効用 U_0 を得るための商品の購入に必要な総支出額 $\bar{C}_t (= \sum P_0 \bar{Q}_0)$ は, 点 E によって示される商品の購入に必要な総支出額 $C_t (= \sum P_t Q_0)$ よりも小さいことになる。したがって, 式 (A. 3. 6) が成立する。

式 (A. 3. 6) が成立するとき,

$$\frac{\sum P_t Q_0}{\sum P_0 Q_0} (=LP) > \frac{\sum P_t \bar{Q}_0}{\sum P_0 \bar{Q}_0} (=P) \quad (\text{A. 3. 7})$$

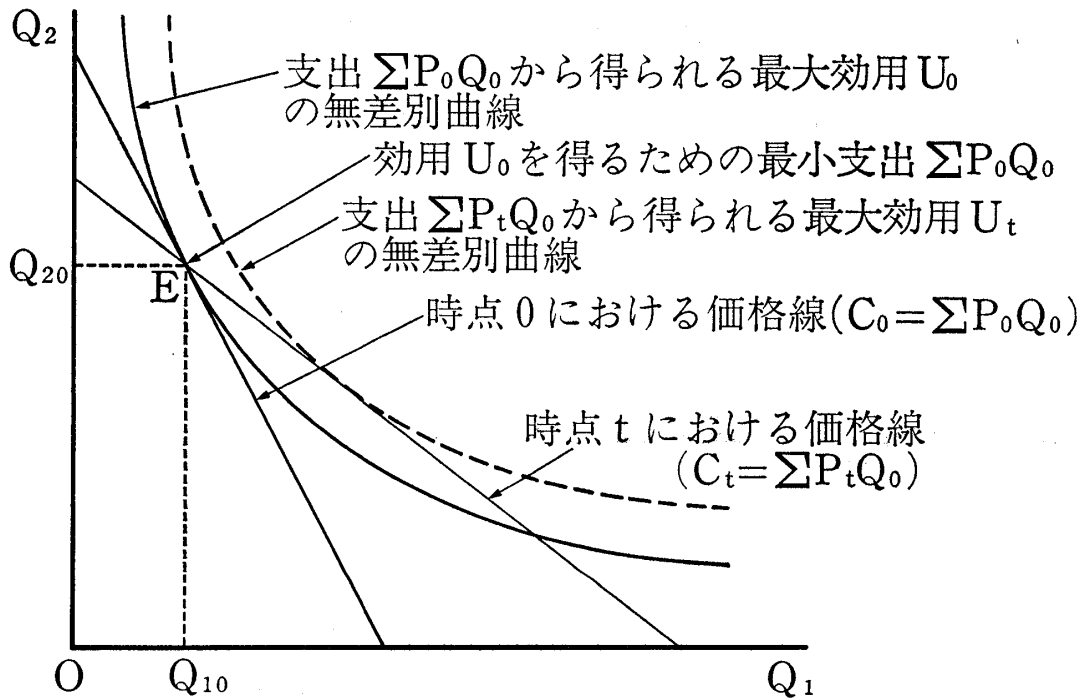
が成立するから, ラスパイレス式による物価指数 LP は, 真の物価指数 P よりも高い値を示すことになる。

これに対して, パーシェ式では, 物価指数 (pP) が,

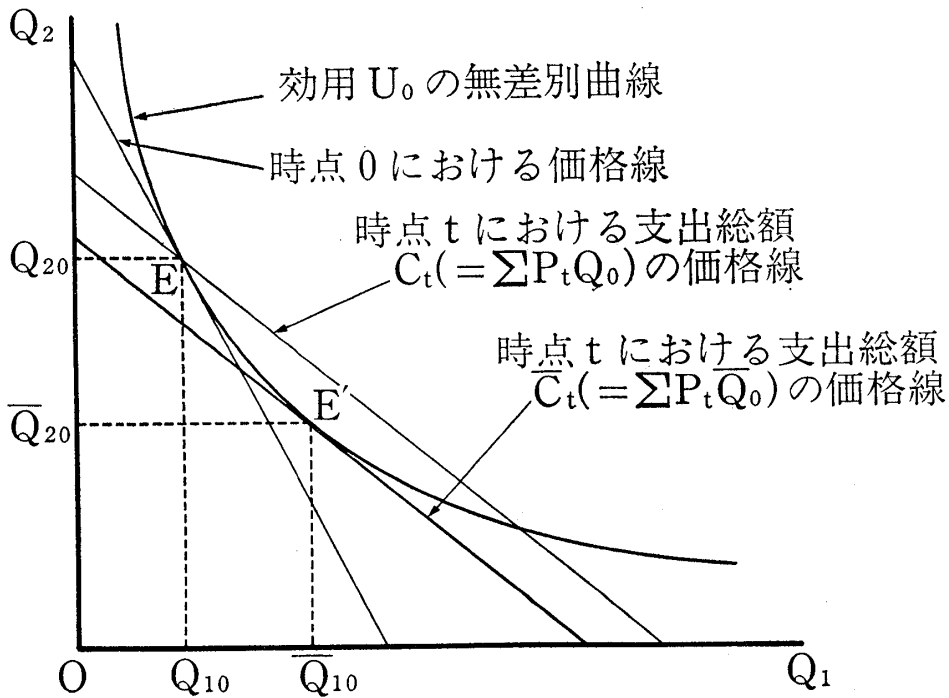
$$pP = \frac{\sum P_t Q_t}{\sum P_0 Q_t} \quad (\text{A. 3. 8})$$

で与えられる。ただし, Q_t は, 時点 t の第 i 商品の価格 $P_{it} (i=1, 2, \dots, n)$ である。この式の分子の $\sum P_t Q_t$ の Q_t は, 時点 t における商品の価格が P_t であるとき, 人びとが商品 $G_i (i=1, 2, \dots, n)$ から得られる効用を最大にさせるためにえらんだ購入量であるから, やはり, 図 A. 1 における Q_1^*, Q_2^* に相当する量である。したがって, 時点 t では, この分子の値を支出することによって, 人びとは, その支出総額から得られる最大の効用を得ている。

いま, この効用を U_t とすれば, 真の物価指数 P' は,



図A.3 効用 U_0 と U_t との関係



図A.4 Q_0 と \bar{Q}_0 との比較

$$P' = \frac{\text{時点 } t \text{ において効用 } U_t \text{ を得るために必要となる費用 (最小費用) } (\bar{C}_t)}{\text{時点 } 0 \text{ において商品 } G_i (i=1, 2, \dots, n) \text{ の購入によって分子に示される効用 } U_t \text{ を得ようとする場合に必要となる最小費用 } (\bar{C}_0')} \quad (\text{A. 3.9})$$

という値でなければならない。

式 (A. 3.9) の分子は費用 $\sum P_t Q_t (= \bar{C}_t)$ によって得られる最大効用 U_t であると同時に、その効用 U_t を得るための最小費用でもある。このことは、ここでも、式 (A. 3.3) および (A. 3.4) を用いて説明される。すなわち、「 U が一定 (U_t) である」という条件の下に、費用 C を最小化させる商品の購入量 Q_i^{**} を得るための式は、式 (A. 2.1), (A. 2.2) の記号を用いれば、式 (A. 3.3) を微分して得られる式 (A. 3.4) を満たす Q_i の値であり、この Q_i の値 Q_i^{**} は、式 (A. 2.4) によって決定される値 Q_i^* に等しい。それゆえ、

$$Q_i^{**} = Q_i^* \quad (\text{A. 3.5}')$$

である。

これに対して、式 (A. 3.8) の分母は、式 (A. 3.9) の分母に等しいとはいえない。その理由は、価格が P_0 のとき Q_t はその価格によって得られる効用 U を最大にさせる商品購入量ではないからである。もし、価格 P_0 のとき Q_t を購入しているとすれば、効用の無差別曲線と価格線との関係は、商品を2種類 G_1, G_2 としたとき、図A. 5のようになっている。

一般に、式 (A. 3.8) の分母で示される費用の支出によって得られる最大の効用 U_0 は、式 (A. 3.8) の分子で示される費用の支出によって得られる最大の効用 U_t よりも大きい。

図A. 5では、 Q_t を示す点Eを通る時点0の価格線 (支出総額 C_0) が時点tのそれと異なるために、この価格線に接する無差別曲線は、 U_t より大きい効用 U_0 を示す無差別曲線となっている。したがって、商品の価格が P_0 のとき、最小支出によって効用 U_t を得るための商品購入量は Q_t 以外の \bar{Q}_t でなければならず、この \bar{Q}_t による支出総額 $\bar{C}_t (= \sum P_0 \bar{Q}_t)$ は、パーシェ式 (式 (A. 3.8)) の分母の値 $C_0 (= \sum P_0 Q_t)$ より小さくなければならない。すなわち、

$$\sum P_0 \bar{Q}_t > \sum P_0 Q_t \quad (\text{A. 3.10})$$

でなければならない。

商品の種類数が2種類の場合を用いて、式 (A. 3.10) が成立することを図によって示してみると、図A. 6のようになる。図A. 6によれば、価格が P_0 のとき、効用 U_t を得るための商品 G_1, G_2 の購入量 $\bar{Q}_{1t}, \bar{Q}_{2t}$ を示す点 E' は点Eを通る支出線より下方にある支出線上にある。したがって、支出線の性質により点 E' によって示される効用 U_t を得るための商品の購入に必要な総支出額 $\bar{C}_0 (= \sum P_0 \bar{Q}_t)$ は点Eによって示される商品の購入に必要な総支出額 $C_0 (= \sum P_0 Q_t)$ よりも小さいことになる。したがって、式 (A. 3.10) が成立する。

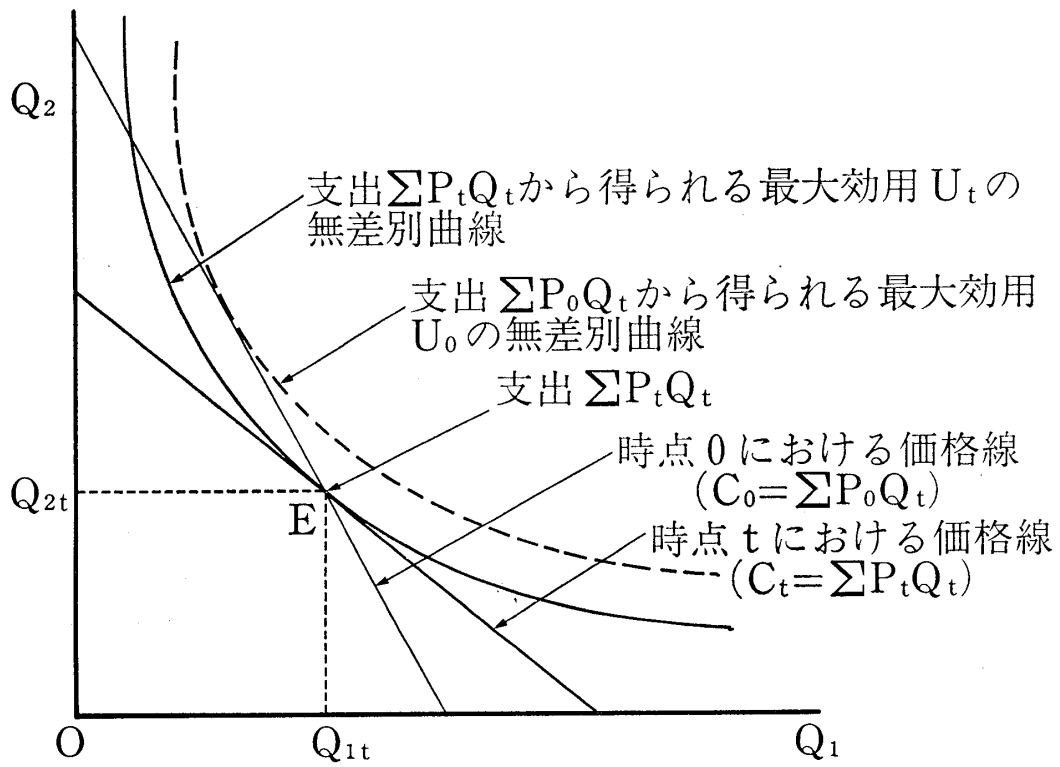
式 (A. 3.10) が成立するとき、

$$\frac{\sum P_t Q_t}{\sum P_0 Q_t} (= {}_P P) < \frac{\sum P_t Q_t}{\sum P_0 \bar{Q}_t} (= P') \quad (\text{A. 3.11})$$

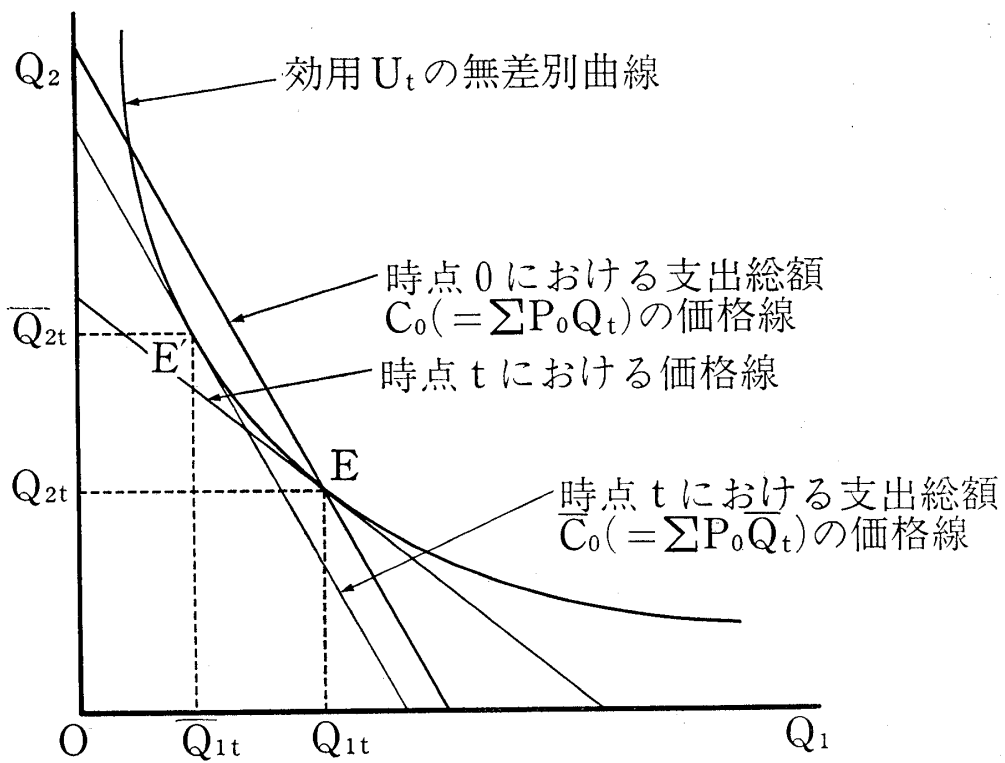
が成立するから、パーシェ式による物価指数 ${}_P P$ は、真の物価指数よりも低い値を示すことになる (注A. 5)。

上記のように、ラスパイレス式による物価指数は、真の物価指数よりもつねに過大となる性質を持ち、パーシェ式のそれは、つねに真の物価指数よりも過小となる性質をもっているが、 P と P' とが必ずしも等しいとはかぎらないので、一般的に、

$${}_L P > {}_P P \quad (\text{A. 3.12})$$



図A.5 効用 U_t と U_0 との関係



図A.6 Q_t と \bar{Q}_t との比較

が成立するということはいえない(注A.6)。

(注A.1) 日比野勇夫：『経済理論の数学基礎』（第8版），東京，同文館，1956年，127頁。

(注A.2) 一般に，物価指数の算式としてのラスパイレズ式およびパーシェ式では，式(A.1.1)あるいは(A.1.2)のように，式(A.3.1)の右辺の分数に100という乗数が乗じられているが，ここでは，式(A.3.1)の右辺の分数の値を「パーセント」を単位として表現するという前提の下に，100という乗数を省略した。

(注A.3) ある一定の効用Uを示す無差別曲線は，一般に認められているように，ここでも，原点から離れるほど高い効用Uをもつ無差別曲線とみなされることを前提として議論を進める。

(注A.4) 商品の種類(i)が2種類(i=1,2)のときは，時点tにおいて，一定の支出 C_t によって購入することのできる商品の量 Q_{it} は，価格 P_{it} が商品の購入量によって変化しないという前提を置くかぎり，

$$C_t = P_{1t}Q_{1t} + P_{2t}Q_{2t} \quad (i)$$

という条件を満たしていなければならない。したがって，この前提の下では，よく知られているように価格線は，一般に，

$$Q_{2t} = -\frac{P_{1t}}{P_{2t}}Q_{1t} + \frac{1}{P_{2t}}C_t \quad (ii)$$

で示される。したがって， C_t が大きい程 C_t/P_{2t} が大きくなり，価格線は原点から遠ざかる。また， C_t が小さいとき価格線の位置は低まる。

(注A.5) 永山貞則：『物価と家計』（第3版），東京，一粒社，1972年，16-19頁。

Vickrey, William S.: *Microstatics*, New York, Harcourt, Brace & World, Inc., 1964, pp. 76-83.

(注A.6) 永山貞則：前提書，18頁。

補注 B 道路建設における利用者便益の経済的評価

I 道路の利用者便益の経済的評価

道路建設（道路投資）から発生する便益は，大別して2種類に分けられ，その第1は，道路を直接使用することから生じる利用者便益（user benefit）であり，その第2は，道路建設によって生じる道路周辺の地域の土地利用の改善，産業活動の活発化等から生じる間接的便益としての非利用者便益（non-user benefit）である（注B.1）。

筆者が算出したラオアグ-アラカパン道路建設によって生じる便益は，この道路建設によって生じる非利用者便益であり，この道路の利用者便益の推定については，筆者以外の研究グループによっておこなわれた。いうまでもなく，利用者便益の算出方法はきわめて重要であるので，ここでは，参考のため，今日開発されている主要な利用者便益算出の一般的方法について述べることにする。

今日，道路建設の利用者便益の経済的評価方法（単一，あるいは複数の道路新設計画があるとき，経済的に見て，その道路計画が，その利用者に対して，どれだけの便益を与えるか，あるいは，いずれの道路計画が最適であるかという評価を行う方法）には，年間平均費用法（Annual Cost Method），収益率法（Rate of Return Method），現在価値法（Present Worth Method），便益費用法（Benefit

Cost Method) がある。

なお、交通投資によって実現された輸送費低下から発生する非利用者便益の計測方法として、ティンバーゲンの交通投資評価モデルによる方法があるが、これについても、ここで触れることにする。

II 利用者便益の算出方法^(注B. 2)

各種の利用者便益の算出方法を説明するため、ここでは、下記のような3種の道路建設(A案, B案, およびC案)をおこなうことを仮定する。

仮定1 (道路の位置と長さ)

道路は地点XからYに建設され、各計画における道路は、図B. 1に示されたような長さや形状をもっている。

仮定2 (建設費用)

各計画は表B. 2に示された費用を必要とする。

表B. 2 各計画の建設費用

費用要素	耐用年数 (年)	費用 (ドル)		
		計画A	計画B	計画C
借地費用	40	0	40,000	60,000
道路用地整備費	40	50,000	300,000	400,000
建造物費用	40	30,000	200,000	350,000
路面整備費	20	40,000	350,000	250,000

仮定3 (道路維持費)

各計画の道路は、1年間1マイルあたり表B. 3に示されるような維持費が必要とされる。

仮定4 (交通量)

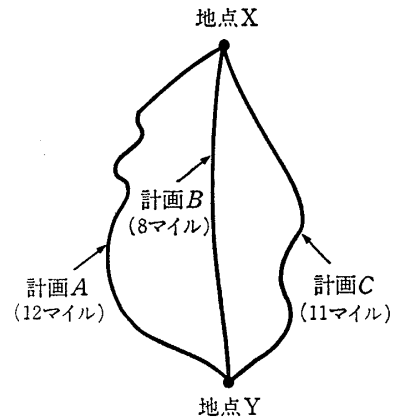
地点X, Y間には1日あたり表B. 4に示されたような交通量がある。

仮定5 (速度)

各計画の道路においては、各種自動車は、表B. 5に示されるような速度で走行し得る。

(1) 年間平均費用法

年間平均費用法においては、各計画による道路建設の総費用を道路耐用期間内の各年に均等に配分した場合の1年あたり費用(年間均等配分費用) \bar{C} の比較がおこなわれる。そして、年間均等配分費用最小の道路建設案を最適建設案とするので



図B. 1 各計画の道路の形状

表B. 1 各計画の道路の長さ
(単位: マイル)

計	画	道	路	長
	A			12
	B			8
	C			11

表B. 3 各計画の維持費
(単位: ドル/マイル・年)

計	画	維	持	費
	A			1,200
	B			1,000
	C			1,000

表B. 4 地点X, Y間の車種別自動車交通量
(単位: 台/日)

車	種	交	通	量
乗	用	車		1,000
小	型	ト	ラ	ク
ト	ラ	ク		200
ト	ラ	ク		50
大	型	デ	ィ	ー
ト	ラ	ク		40

表B.5 各計画道路における車種別速度
(マイル/時)

車種	計画A	計画B	計画C
乗用車	45	50	50
小型トラック	45	50	50
トラック	45	50	50
大型ディーゼル・トラック	40	45	45

ある。

この方法では、3種の費用：(a) 資本（初期費用）の年間均等配分費用 \bar{C}_F 、(b) 年間維持費 \bar{C}_M 、(c) 年間道路使用者費用 \bar{C}_u を算出し、これらを合計することにより、年間均等配分費用 \bar{C} が算出される。すなわち、 \bar{C} は、

$$\bar{C} = \bar{C}_F + \bar{C}_M + \bar{C}_u \quad (\text{B. 2.1})$$

によって得られるのである。

(1. A) 資本（初期費用）の年間均等配分費用

道路建設のために最初に投入される資本の費用の耐用期間内の1年あたり費用（年間均等配分費用） \bar{C}_F は、(1) 投入された資本の額（初期費用 C_F ）、(2) 耐用年数 n 、および(3) 利率 i によって決定される。すなわち、 \bar{C}_F は、

$$\bar{C}_F = C_F \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (\text{B. 2.2})$$

により算出される(注B.3)。いま、

$$\left\{ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right\} = \text{CRF} (\text{Capital Recovery Factor}) \quad (\text{B. 2.3})$$

とすれば、

$$\bar{C}_F = C_F (\text{CRF}) \quad (\text{B. 2.4})$$

となる。CRF 係数は、式 (B. 2.2) から明らかのように、耐用年数 n と利率 i によって決定される。すなわち、

$$\text{CRF} = f(n, i) \quad (\text{B. 2.5})$$

である。表B. 6は、 n と i によって CRF 係数が得られるように作成した CRF 係数表（ただし、

表B.6 CRF 係数表

年数 (n)	利率 (i) (%)	
	0 8	10
1	1.00000 1.08000	1.10000
⋮	⋮	⋮
20	0.05000 0.10185	0.11746
⋮	⋮	⋮
40	0.03333 0.08386	0.10226
⋮	⋮	⋮

表B. 6では、主としてここでの分析に必要な数値を挙げておくことにする）である。

表B. 2には、各種の資本投資費用、すなわち、初期費用が示されているが、その費用の年間均等配分費用は、式(B. 2.3)を用いて算出してみると、表B. 7のようになる。ただし、ここでは、利率 i が8%の場合と10%の場合を算出することにする。

(1. B) 年間維持費

年間維持費 \bar{C}_M は表B. 3に示された1年間1マイルあたりの維持費 C_M^* に道路の長さ L を乗じて得られる。すなわち、

$$\bar{C}_M = C_M^* L \quad (\text{B. 2.6})$$

である。したがって、表B. 1と表B. 3

(注) 利率 i 、年数 n の CRF 値は、式 (B. 2.3) から明らかのように (n を1とすれば、この値が得られる)、 $(1+i)$ である (この値は、資本そのものの値 (1の部分) に1年間の利子 (i の部分) がつけ加わることを意味している)。また、利率が0の場合には、この値は $1/n$ となる。

なお、 n が5から100まで、また i が0%から15%までの値については、Oglesby Clarkson H.: *Highway Engineering* (Third Edition), New York, John Wiley, 1975, p.110. の Table 4-5 Capital recovery factors (CRF) for various lives and interest rates. に与えられている。

表B.7 各計画の初期費用の年間均等配分費用計算表

利子率 (1)	費用要素 (2)	耐用年数 (3)	CRF 係数 (4)	初期費用 (ドル) (5)			年間均等配分費用 (ドル) (6)		
				計画A	計画B	計画C	計画A	計画B	計画C
8%	借地費用	40	0.08386	0	40,000	60,000	0	3,354.4	5,031.6
	道路用地整備費用	40	0.08386	50,000	300,000	400,000	4,193.0	25,158.0	33,444.0
	建造物費用	40	0.08386	30,000	200,000	350,000	2,515.8	16,772.0	29,351.0
	路面整備費用	20	0.08386	40,000	350,000	250,000	4,074.0	35,647.5	25,462.5
	合計 (C _F)	—	—	—	—	—	10,782.8	80,931.9	93,289.1
10%	借地費用	40	0.10226	0	40,000	60,000	0	4,090.4	6,135.6
	道路用地整備費用	40	0.10226	50,000	300,000	400,000	5,113.0	30,678.0	40,904.0
	建造物費用	40	0.10226	30,000	200,000	350,000	3,067.8	20,452.0	35,791.0
	路面整備費用	20	0.11746	40,000	350,000	250,000	4,698.4	41,111.0	29,365.0
	合計 (C _F)	—	—	—	—	—	12,879.2	96,331.4	112,195.6

(注) (6)欄の値は(4)欄の値を(5)欄の値に乗じることによって得られる。

表B.8 各計画の年間維持費算出表

計画	年間1マイルあたり維持費 (C_M^*) (ドル/マイル)	道路の長さ (L) (マイル)	維持費 (\overline{C}_M) (ドル)
A	1200	12	14,400
B	1000	10	10,000
C	1000	11	11,000

との資料により、式(B.2.6)を用いて各計画の年間維持費を算出すると、表B.8のようになる。

(1. C) 年間道路使用者費用

(1. C. a) 年間道路使用者費用の各種構成要素の金額の算定

一般に、ある道路の年間道路使用者

費用 \overline{C}_u は、「1台の自動車が1マイル走る費用 C_u^* 」に「1年間にその道路を走る自動車の台・マイル数 \overline{Q} 」を乗じれば得られる。すなわち、

$$\overline{C}_u = C_u^* \overline{Q} \quad (B.2.7.1)$$

である。

車種の数 k が1種類ではなく、 k 種類であるときには、

$$\overline{C}_u = \sum_{j=1}^k C_{uj}^* \overline{Q}_j \quad (B.2.7.2)$$

で示される。ただし、 C_{uj}^* 、 \overline{Q}_j は、それぞれ、第 j 種自動車 ($j=1, 2, \dots, k$) の C_u^* および \overline{Q} である。

また、一般に、1台の自動車が1マイル走る費用 C_u^* は、

- 1) 1マイルを走るための走行費用
- 2) 1マイルを走るための時間費用（時間をついやすことによる損失の評価額（金額））

の2つに分けることができる。

ところで、まず、一般に、1台の自動車が1マイル走る費用 C_u^* は、

- 1) 1台の自動車が1マイル走るための走行費用 C_R^*
- 2) 1台の自動車が1マイル走るための時間費用 C_T^*

の和である。すなわち、

$$C_u^* = C_R^* + C_T^* \quad (B.2.8)$$

である。

(i) 費用 C_R^* の算出

費用 C_u^* の要素のうち、費用 C_R^* は、実測により測定される。ここでは、表B.9がこの費用である。

表B.9 各計画の車種別1マイル走行費用 C_R^*
(単位：ドル/台・マイル)

車種	計画		
	A	B	C
乗用車	0.045	0.043	0.043
小型トラック	0.050	0.048	0.048
トラック	0.090	0.085	0.085
大型ディーゼル・トラック	0.120	0.110	0.110

(ii) 費用 C_T^* の算出

費用 C_u^* の第2番目の要素 C_T^* は、まず、1台あたり1時間の時間費用（時間便益） C_T を何らかの方法(注B.4)で実測し、ついで、これに、1マイル走行所要時間 T^* を掛けることによって得られる。すなわち、

$$C_T^* = C_T T^* \quad (B.2.9)$$

流通問題研究

である。なお、 T^* は、

$$T^* = \frac{L}{V} \quad (\text{B. 2. 10})$$

によって得られる。ただし、 L は道路長、 V は走行速度である。

いま、計画A、B、Cの車種別走行時間 T^* を求めてみると、表B.10のようにになる。したがって、1マイルを走行するための時間費用 C_T^* は、表11に示されるように、 C_T に T^* を乗じることによって得られる。

表B.10 計画別車種別走行時間 T^* (V の単位：マイル/時； T^* の単位：時)

車種	計 画					
	A		B		C	
	L=12マイル		L=8マイル		L=11マイル	
	V	T^*	V	T^*	V	T^*
乗 用 車	45	0.267	50	0.160	50	0.220
小型トラック	45	0.267	50	0.160	50	0.220
ト ラ ッ ク	45	0.267	50	0.160	50	0.220
大型ディーゼル・トラック	40	0.300	45	0.178	45	0.244

表B.11 計画別車種別1マイル走行時間費用 C_T^*

計 画 (1)	車 種 (2)	C_T (ドル/時) (3)	T^* (時) (4)	C_T^* (ドル) (5)
A	乗 用 車	0.000	0.267	0.000
	小型トラック	0.500	0.267	0.133
	ト ラ ッ ク	0.600	0.267	0.160
	大型ディーゼル・トラック	0.700	0.300	0.210
B	乗 用 車	0.000	0.160	0.000
	小型トラック	0.500	0.160	0.080
	ト ラ ッ ク	0.600	0.160	0.096
	大型ディーゼル・トラック	0.700	0.178	0.125
C	乗 用 車	0.000	0.220	0.000
	小型トラック	0.500	0.220	0.110
	ト ラ ッ ク	0.600	0.220	0.132
	大型ディーゼル・トラック	0.700	0.244	0.171

(注) (5)欄の値は(3)欄の値に(4)欄の値を乗じることによって得られる。

(iii) 費用 C_u^* の算出

表B.9と表B.11とを用いて、式(B.2.8)によって定義された費用 C_u^* を得ることができる。表B.12は、費用 C_u^* の計算表である。

表B.12 1マイル走行総費用 C_u^*

計画 (1)	車 種 (2)	C_R^* (ドル/台・ マイル) (3)	C_T^* (ドル/台・ マイル) (4)	C_u^* (ドル/台・ マイル) (5)	C_u^* (ドル/千 台・マイル) (6)
A	乗 用 車	0.045	0.000	0.045	45
	小型トラック	0.050	0.133	0.183	183
	ト ラ ッ ク	0.090	0.160	0.250	250
	大型ディーゼル・トラック	0.120	0.210	0.330	330
B	乗 用 車	0.043	0.000	0.043	43
	小型トラック	0.048	0.080	0.128	128
	ト ラ ッ ク	0.085	0.096	0.181	181
	大型ディーゼル・トラック	0.110	0.125	0.235	235
C	乗 用 車	0.043	0.000	0.043	43
	小型トラック	0.048	0.110	0.158	158
	ト ラ ッ ク	0.085	0.132	0.217	217
	大型ディーゼル・トラック	0.110	0.172	0.281	281

(注) (5)欄の値は(3)欄の値と(4)欄の値とを加えることによって得られる。

(1. C. b) 年間道路使用者費用の算出

式 (B. 2. 7)によれば、各車種の年間道路使用者費用 \bar{C}_u は、各車種の C_u^* に1年間に道路を利用する各車種の台・マイル数 \bar{Q} を乗じることによって得られる。したがって、 \bar{C}_u の算出においては、 \bar{Q} の算出が必要である。

(i) \bar{Q} の算出

\bar{Q} は、

$$\bar{Q} = (M \times 365) \times L \quad (\text{B. 2. 11})$$

によって得られる。ただし、Mは、1日あたり各車種の交通量、Lは道路長、である。したがって、 \bar{Q} は表B.13によって得られる。

表B.13 年間道路利用台・マイル数 \bar{Q} の算出表

車 種 (1)	1日あたり 交通量 (台/日) (2)	年間交通量 (台/年) (3)	\bar{Q} (台・マイル) (4)		
			計 画		
			A	B	C
			L = 12マイル	L = 8マイル	L = 11マイル
乗 用 車	1000	365,000	4,380,000	2,920,000	4,015,000
小型トラック	200	73,000	876,000	584,000	803,000
ト ラ ッ ク	50	18,250	219,000	146,000	200,750
大型ディーゼル・トラック	40	14,600	175,200	116,800	160,600

(注) (3)欄の値は(2)欄の値に365(日)を乗じることによって得られる。また、(4)欄の値は(3)欄の値に(4)欄のLの値を乗じることによって得られる。

流通問題研究

(ii) \bar{C}_u の算出

費用 \bar{C}_u は、式 (B. 2. 7. 1) に示されるように、

$$\bar{C}_{uj} = C_{uj} * \bar{Q}_j \quad (\text{B. 2. 12})$$

で定義される車種別年間道路使用者費用 \bar{C}_{uj} (添字 j は第 j 種自動車を示す) の総和 (式 (B. 2. 7. 2)) である。各計画における C_{uj}^* は表B. 12の C_u^* の欄に示されている。この C_{uj}^* の値と表B. 13の \bar{Q} の値 (この欄の各値が \bar{Q}_j に相当する) とを掛けた値が、式 (B. 2. 12) の \bar{C}_{uj} である。各計画の \bar{C}_u は、この \bar{C}_{uj} を加え合わせた値である。

表B. 14は、表B. 12の C_u^* (すなわち、 C_{uj}^*) と表B. 13の \bar{Q} (すなわち、 \bar{Q}_j) とから得た \bar{C}_{uj} ならびにその和の \bar{C}_u を示した表である。

表B. 14 費用 \bar{C}_{uj} および \bar{C}_u の計算表

計画	車 種	C_{uj}^* (ドル/千台・マイル)	\bar{Q} (千台・マイル)	\bar{C}_{uj} (ドル)
A	乗 用 車	45	4,380.00	197,100
	小型トラック	183	876.00	160,308
	ト ラ ッ ク	250	219.00	54,750
	大型ディーゼル・トラック	330	175.20	57,816
	合 計 \bar{C}_u	—	—	469,974
B	乗 用 車	43	2,920.00	125,560
	小型トラック	128	584.00	74,752
	ト ラ ッ ク	181	146.00	26,426
	大型ディーゼル・トラック	235	116.80	27,448
	合 計 \bar{C}_u	—	—	254,186
C	乗 用 車	43	4,015.00	172,645
	小型トラック	158	803.00	126,874
	ト ラ ッ ク	217	200.75	43,563
	大型ディーゼル・トラック	281	160.60	45,129
	合 計 \bar{C}_u	—	—	388,211

(1. D) 年間均等配分費用の算出

式 (B. 2. 1) に示したように、年間均等配分費用 \bar{C} は、 \bar{C}_F 、 \bar{C}_M 、および \bar{C}_u の総和である。し

表B. 15 年間均等配分費用 (\bar{C}) 算出表

(1) $i=8\%$ における \bar{C} (単位:ドル)

(2) $i=10\%$ における \bar{C} (単位:ドル)

費用要素	計 画		
	A	B	C
\bar{C}_F	10,783	80,932	93,289
\bar{C}_M	14,400	8,000	11,000
\bar{C}_u	469,974	254,146	388,211
合 計 \bar{C}	495,157	343,118	492,500

費用要素	計 画		
	A	B	C
\bar{C}_F	12,879	96,331	112,196
\bar{C}_M	14,400	8,000	11,000
\bar{C}_u	469,974	254,186	388,211
合 計 \bar{C}	497,253	358,517	511,380

たがって、各計画に対する \bar{C} は、表B.15に示されるように、表B.7の \bar{C}_F 、表B.8の \bar{C}_M 、および表B.14の \bar{C}_u を合計することによって得られる。

ここで得られた年間均等配分費用 \bar{C} によれば、いずれの利率の場合でも計画Bの費用 \bar{C} が最低である。したがって、計画Bが最もよい計画として採択される。

(2) 収益率法

(1)で見たように、一般に、年間均等配分費用 \bar{C} は、利率によって変化して来る。したがって、ある利率における最も有利な計画も他の利率においては有利でなくなることがある。この点に注目した分析が収益率法である。

(1)での計算結果によれば、年間均等配分費用は、表B.16のようになる。この表で明らかにされているように、計画Bでは、利率が変化しても、つねに年間均等配分費用が小さく、この程度の利率

表B.16 各計画の \bar{C} と利率 i との関係

利率(i) (%)	計 画 (ドル)		
	A	B	C
8	495,157	343,118	492,500
10	497,253	358,517	511,380

率の範囲では、つねに、計画Bがえらばれる。ここでもし、計画がAとCとしか与えられていない場合には、利率が低いときには計画Cがえられ、利率が高まるにつれて計画Aがえらばれるようになる。収益率法では、計

画Aと計画Cとが同額の年間均等配分費用をもつようになる利率（これが収益率 [rate of return] i^* である）が見いだされる（注B.5）。この利率を見いだす目的は、利率によって採択される計画の判定をおこなうことにある。いうまでもなく、利率がこの利率 i^* よりも低いときには計画Cがえられ、高いときには計画Aがえらばれるから、現実の利率と i^* とを比較することによって、ただちに、採択される計画の判定がなされ得るのである。

利率 i^* は以下のようにして算出される。

まず、計画AおよびCの年間均等配分費用 \bar{C} (\bar{C}_A および \bar{C}_C) と利率 i との関係を、利率の変動の幅（範囲）が小さいときには、線型関数で近似的に表現し得ると仮定して、

$$\bar{C}_A = a_A + b_A i \quad (B.2.13.1)$$

$$\bar{C}_C = a_C + b_C i \quad (B.2.13.2)$$

という式によって示す。ただし、 a_A , b_A , a_C , b_C はパラメーターである。

次いで、

$$\bar{C}_A = \bar{C}_C (= \bar{C}^*) \quad (B.2.14)$$

とさせる利率 i の値 i^* を求める。この i^* が、ここで求めようとしている利率（収益率） i^* である。図B.2は、式(B.2.13.1)、(B.2.13.2)および i^* 、ならびに計画の採択についての判定結果を示した図である。利率 i が、 $\bar{C}_A < \bar{C}_C$ となる領域Aの内部にあるとき、計画Aが採択され、 $\bar{C}_A > \bar{C}_C$ となる領域Cの内部にあるとき、計画Cが採択される。実際に、計画AおよびCに関する式(B.2.13.1)、式(B.2.13.2)、 i^* および計画採択方式を求めてみると下記のようになる。

(i) i と \bar{C} との関係の算出

まず、表B.16によれば、

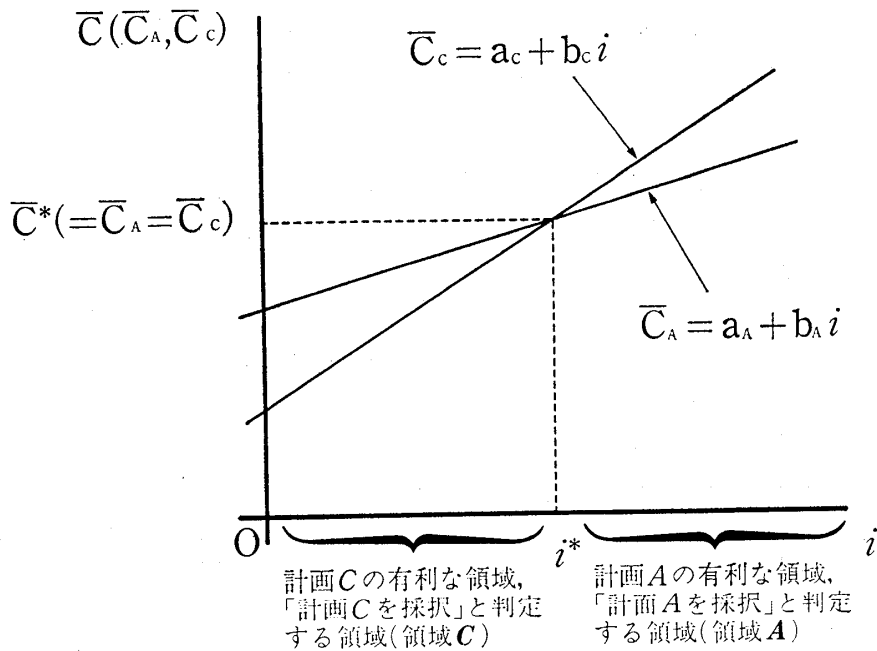
$$i = 8\% \text{ のとき, } \bar{C}_A = 495,157 \text{ ドル, } \bar{C}_C = 492,500 \text{ ドル}$$

$$i = 10\% \text{ のとき, } \bar{C}_A = 497,253 \text{ ドル, } \bar{C}_C = 511,380 \text{ ドル}$$

となる。したがって、計画Aに関しては、

$$\begin{cases} 495,157 = a_A + 0.08b_A & (B.2.15.1) \\ 497,253 = a_A + 0.10b_A & (B.2.15.2) \end{cases}$$

図B.2 i と \bar{C} との関係ならびに計画採択に関する判定によって区分された i の2領域



が成立し、計画Cに関しては、

$$\begin{cases} 492,500 = a_c + 0.08b_c & \text{(B.2.16.1)} \\ 511,380 = a_c + 0.10b_c & \text{(B.2.16.2)} \end{cases}$$

が成立する。この連立方程式から、

$$\begin{cases} \bar{C}_A = 486,773 + 104,800i & \text{(B.2.17.1)} \\ \bar{C}_C = 416,980 + 944,000i & \text{(B.2.17.2)} \end{cases}$$

を得る(図B.3)。なお、 i を%を単位として示したときの上記の式は、

$$\begin{cases} \bar{C}_A = 486,773 + 1,048i(\%) & \text{(B.2.17.1')} \\ \bar{C}_C = 416,980 + 9,440i(\%) & \text{(B.2.17.2')} \end{cases}$$

となる。図B.3では、この式が示されている。

(ii) $\bar{C}_A = \bar{C}_C$ とさせる i の値 i^* の算出

$$\bar{C}_A = \bar{C}_C \text{ という条件を満たす } i \text{ の値 } i^* \text{ は,} \\ 486,773 + 104,800i = 416,980 + 944,000i \quad \text{(B.2.18)}$$

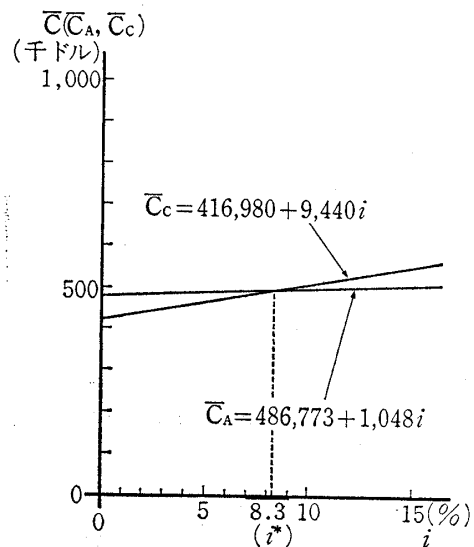
を満たす i である。したがって、

$$i^* = 0.083166 \quad \text{(B.2.19)}$$

となる。

この結果から、利子率 i が0.0832以下、すなわち、8.32%以下の場合には計画Cが、8.32%以上の場合には計画Aが、それぞれ、採択されることになる。

図B.3 i と \bar{C} との関係



(3) 現在価値法

費用をその支出時点によって分類してみると、

i) 道路建設に際し、最初に1回かぎり支出される費用（この費用としては、初期費用が挙げられる）。

ii) 道路の耐用期間中毎年支出される費用（維持費および道路使用者費用がこれに相当する）。

の2種類に分類される。

年間平均費用法ではこれら i), ii) をすべて、毎年均等に支出される場合を想定して、その年間費用 \bar{C} を計算している。

現在価値法は、この年間費用 \bar{C} の総額をただ1回の支払いによって支払う場合の金額（現在価値） C によって各道路計画の必要費用を評価しようとする方法である。

現在価値法で必要となる金額 C （費用）は、

$$C = \frac{\bar{C}}{(CRF)} \quad (B. 2. 20)$$

によって算出される。ただし、 (CRF) は、 CRF 係数であり、その年数 n は道路の耐用年数とする。

式 (B. 2. 20) で、金額 C が得られる理由は、 CRF 係数が下記のような性質をもっていることにある。

いま、初期費用 C_F をある一定年間にある一定額 \bar{C} の支出によって支払うという計画を立て、この \bar{C} を求める場合には、 \bar{C} は、年間平均費用法によれば、

$$\bar{C} = C_F (CRF) \quad (B. 2. 21)$$

によって求めることができた。したがって、逆に、 \bar{C} が知られているとき、 C_F は、式 (B. 2. 21) から、

$$C_F = \frac{\bar{C}}{(CRF)} \quad (B. 2. 22)$$

によって求めることができる。この式を用いれば、現在1年間に恒常的に必要となるあらゆる種類の費用の総額を耐用年数 n 年の施設のための年間均等配分費用とみなし、それに対応する初期費用に換算することが可能となる。

ここで問題となっている3種の計画（計画A, B, C）の年間均等配分費用 \bar{C} は、表B. 15に示されているが、これらの計画は、すべて耐用年数40年であるから、 $n=40$ 年、 $i=8\%$ および 10% の CRF 係数（ $(CRF : n=40, i=0.08)$ 、および $(CRF : n=40, i=0.10)$ ）は、

$$(CRF : n=40, i=0.08) = 0.08386$$

$$(CRF : n=40, i=0.10) = 0.10226$$

であるから、この逆数を用いて、現在価値 C を算出すると、表B. 17のようになる。

表B. 17 各計画の現在価値

利子率 (i) (%)	CRF 係数	$(CRF)^{-1}$	\bar{C}, C	計 画 (ドル)		
				A	B	C
8	0.08386	11.9246	\bar{C}	495,157	343,114	492,500
			C	5,904,549	4,091,545	5,872,866
10	0.10226	9.7790	\bar{C}	497,253	358,517	511,380
			C	4,862,637	3,505,938	5,000,785

(4) 便益費用法

便益費用法における費用および便益とは、それぞれ、道路建設費および道路使用者便益である。

一般に、2つの道路建設費の異なる道路建設計画があるとき、高額な建設費の必要な道路では、一般に、道路使用者の費用が低くなる傾向が見られる。したがって、もし低額の建設費にさらに追加的費用を加えた高額な建設費によって建設された道路が、その追加的費用以上に大きな道路使用者便益を生むならば、高額な建設費による道路建設を計画する方が望ましいと考えられる。便益費用法ではこのような観点から道路建設計画の選択の際の判定がなされる。それゆえ、この便益費用法において道路建設計画の選択の際に判定基準とされる量は、費用便益率 [cost benefit ratio] (B/C) であり、

$$B/C = \frac{\text{道路建設のための追加的必要費用}}{\text{追加的建設費用によって得られる道路使用者費用}} \quad (\text{B. 2. 23})$$

によって定義される。

実際に、この比率を求める場合には、

$$B/C = \frac{\bar{C}_u(L) - \bar{C}_u(H)}{\bar{C}_c(H) - \bar{C}_c(L)} \quad (\text{B. 2. 24})$$

によって求める。ただし、この式の中で用いられた記号の意味は下記の通りである。

\bar{C}_u : 年間道路使用者費用

\bar{C}_c : 年間平均道路建設費

(L) : 低額道路建設費により建設された道路に関する値であることを示す記号

(H) : 高額道路建設費により建設された道路に関する値であることを示す記号

表B. 15によれば、各計画の費用 \bar{C}_u および \bar{C}_c (表B. 15の \bar{C}_F と \bar{C}_M の和の値) を算出してみると表B. 18のようになる。

この表から計画BとA, 計画CとAならびに計画CとBの間のB/Cを測定してみる。

1) 計画B対Aの B/C

$i=8\%$ において、

$$B/C = \frac{469,974 - 254,186}{88,932 - 25,183} = 3.385$$

$i=10\%$ において、

$$B/C = \frac{469,974 - 254,186}{104,331 - 27,279} = 2.801$$

表B. 18 各計画の \bar{C}_u および \bar{C}_c

利子率 (i) (%)	費用	計 画 (ドル)		
		A	B	C
8	\bar{C}_u	469,974	254,186	388,211
	\bar{C}_c	25,183	88,932	104,289
	\bar{C}	495,157	343,118	492,500
10	\bar{C}_u	469,974	254,186	388,211
	\bar{C}_c	27,279	104,331	123,196
	\bar{C}	497,253	358,517	511,407

となるので、いずれの利子率においても計画Aは計画Bよりも望ましい計画であるとみなされる。

2) 計画C対Aの B/C

$i=8\%$ において、

$$B/C = \frac{469,974 - 388,211}{104,289 - 25,183} = 1.034$$

$i=10\%$ において、

$$B/C = \frac{469,974 - 388,211}{123,196 - 27,279} = 0.852$$

となるので、計画Cは $i=8\%$ のとき計画Aよりも望ましい計画であるといえ、 $i=10\%$ の場合には計

画Cよりも計画Aの方が望ましいものとなる。

3) 計画C対Bの B/C

$i=8\%$ において、

$$B/C = \frac{254,886 - 388,211}{104,289 - 88,932} < 0$$

$i=10\%$ において、

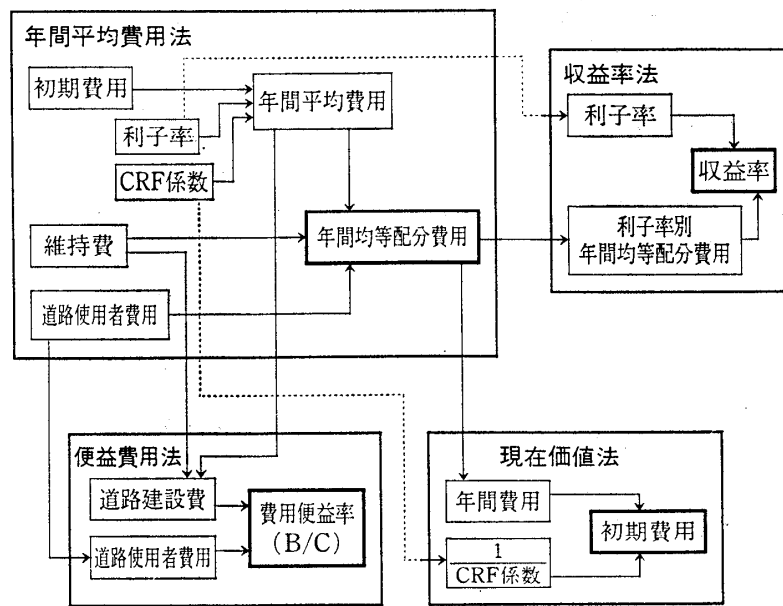
$$B/C = \frac{254,186 - 388,211}{123,196 - 104,331} < 0$$

となる。この結果は、計画Cは大きな建設費が必要であるにもかかわらず、道路使用者費用を軽減することができないことを示しているため、計画Cは計画Bに比較して望ましい計画とはいえない。

これらの結果を総合して判断すると計画Bが最も望ましい計画であるといえる。

これまでの説明から明らかのように、ここに挙げた道路の利用者便益の評価法は、たがいに密接な相互関係をもっている。その相互関係は、図によってきわめて明瞭に示すことができる。参考のために各種評価法の構造とそれらの間の関係を示す図を作成してみると、図B.4のようになる。

図B.4 各種評価法の構造とそれら評価法間の関係



III ティンバーゲンの交通投資評価モデル

ティンバーゲン (J. Tinbergen) (注B.6) は、交通投資が経済活動にどのような影響を及ぼすかという問題を評価するための多地域型経済活動分析モデルを提唱した (注B.7)。

このモデルでは、(1) まず、交通投資がおこなわれ、(2) 商品の地域間輸送費が変化する。(3) その結果、各商品の地域的需給関係に変化が起り、(4) 全地域における生産量 (全商品の供給量の合計) が変化 (増加) するという交通投資を原因として発生する一連の経済活動の変化が測定され、最終的に得られた全地域における生産物の増加量が大きいとき、交通投資の効果が大きかったと判定されるのである。

モデルは、2つのタイプ、モデルIおよびモデルIIに分けられ、前者では、(1) 各地域において生

流通問題研究

産される財の種類数は1種類以上であり、(2) 需要の価格弾力性が無限大である(同一の財が2つの異なった価格で販売される時、価格が相対的に低い方の財を必要な量まで購入する)という仮定が、また、モデルⅡでは、(1) 各地域において生産される財の種類はただ1種類とし、(2) 需要の価格弾力性が有限である(同一の財が2つの異なった価格で販売される時、価格が相対的に低い方の財の購入量は、その価格の差に依存する)という仮定が用いられている。

各モデルは、下記のような式で示される。

モデルⅠ

定義式(財hの供給価額):

$$V_{ki}^h = v_{ki}^h p_k^h T_{ki} = v_{ki}^h q_{ki} \quad (B. 3. 1)$$

地域iにおける需要関数:

$$V_{ki}^h = \delta_i^h \sum_{h'} \sum_{k'} V_{ik'}^{h'} \quad (B. 3. 2. 1)$$

ただし、地域kが地域iに財hを供給しないとき、

$$V_{ki}^h = 0 \quad (B. 3. 2. 2)$$

地域iへの供給関数:

$$p_i \sum_{k'} v_{ik'}^h = \sigma_i^h p_i^h - \sigma_i^h \sum_{h' \neq h} p_k^{h'} T_{k'i} \quad (B. 3. 3)$$

モデルⅡ

定義式(財hの供給価額):

$$V_{ki} = v_{ki} p_k T_{ki} = v_{ki} q_{ki} \quad (B. 3. 4)$$

(各地域は、ただ1種の財のみを生産するという前提を用いているためhが省略されている)

地域iにおける需要関数:

$$V_{ki} = \delta_i^h \sum_{h'} V_{ik'}^{h'} - \delta_i p_k T_{ki} + \frac{\delta_i}{n-1} \sum_{k' \neq k} p_k^{h'} T_{k'i} \quad (B. 3. 5)$$

地域iへの供給関数:

$$p_i \sum_k v_{ik} = \bar{\sigma}_i p_i - \sigma_i \sum_{h=1}^n p_k T_{ki} \quad (B. 3. 6)$$

ただし、モデルで用いられている記号は、下記のような意味をもっている。

V: 財の供給地での供給価額, または, 需要地での需要価額

p: 価格

T: 財の需要地における価格の供給地のそれに対する倍率(輸送係数)

q: pT

v: 財の量

h, h': 第h, h'財に関する量に対する添字

k, k', i: 第k, k', i地域(地域k, k', i)に関する量に対する添字

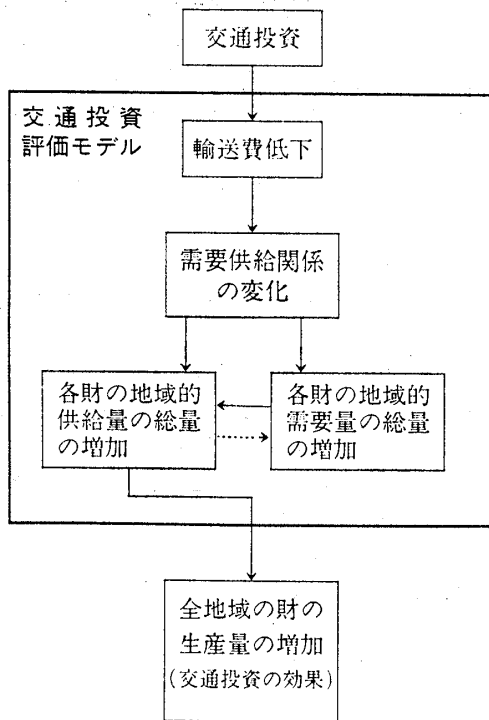
n: 地域の総個数

ki: 第k地域から第i地域への財の移動に関する量に対する添字

$\delta, \bar{\delta}, \sigma, \bar{\sigma}$: パラメーター

このモデルによる分析は、まず、交通投資のおこなわれる前のVの値 V_0 を計測しておき、次いで交通投資がおこなわれ、Tが変化した後のVの値 V_* をモデルから算出し、 V_0 の総量と V_* の総量との差によって交通投資による生産量の増加の評価がおこなわれる。なお、図B. 5は、ティンバーゲンの交通投資評価モデルにおいて前提とされている交通投資の効果の波及過程を示した図である。

図B.5 ティンバーゲンの交通投資評価モデルにおける交通投資の効果の波及過程



(注B.1) 岡田 清：「交通投資と便益・費用分析」，大塚久雄，小宮隆太郎，岡野行秀編：『地域経済と交通』，東京，東京大学出版会，1971年，223-239頁。

(注B.2) ここでの説明は，主として，Oglesby, Clarkson H. : *Highway Engineering* (Third Edition), New York, John Wiley, 1975, pp.109-130.

Institution of Civil Engineers : *An Introduction to Engineering Economics*, London, William Clowes and Sons, 1969.

を参考に書かれている。

(注B.3) 投資の経済分析をおこなう場合，CRF 係数と同様に，将来に関係のある数値に乗じるCRF 係数に類似した係数がある。それは，将来の時点における価額（費用あるいは利益等の価額）

の現在の時点における価値（すなわち，現在価値 [present value]）を算出するための係数，PWF 係数 [Single Payment Present-Worth Factor] である。

PWF 係数は，年数を n ，利子率を i としたとき，

$$PWF = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (i)$$

で定義される。

一般に，資金 C を調達する場合，その資金を実際に使用する時点が t 年後であれば，その n 年後の資金運用のために現在調達しておくべき資金の大きさ C^* は，

$$C^* = C \frac{1}{(1+i)^t} \quad (=C(PWF)) \quad (ii)$$

である。その理由は，現在 C^* だけの資金を調達しておけば， t 年後には，その資金は，ちょうど，

$$C = C^*(1+i)^t \quad (iii)$$

で得られる額 C に等しくなるからである。

また，もし，その資金を m 年後に使用するのであれば，現在，そのために調達しなければならない資金の大きさ C^{**} は，

$$C^{**} = C \frac{1}{(1+i)^m} \quad (=C(PWF)) \quad (iv)$$

である。

このように，たとえ，一定の額 C を使用する場合においても，その使用時点がいずれの時点になるかによって，その資金の使用のために現在調達しなければならない資金の大きさは，異なって来るのである。

したがって，使用される資金の大きさを評価する場合，その資金を現在の時点で評価するな

らば、たとえ、その使用される資金の額は、ある金額Cであっても、評価された額 (C^* , C^{**}) は、使用される時点が異なると異なってくるのである。

一方では、長い耐用期間をもち、長期間、補修のために維持費の支出が必要となり、他方では、その長い耐用期間において便益が連続的に発生するような道路建設においては、資金の使用時点や便益の発生時点が長い期間内に分散され、したがって、建設資金や便益の評価をおこなう場合に、上記のような資金の使用時点や便益の発生時点を考慮に入れた評価が必要となってくるのである。

式 (4.3.2) で用いられている係数 $1/(1+r)^{n-1}$ は PWF 係数 (式 (4.3.2) では、式 (i) の i が r に、 n が $n-1$ となっている) である。

(注B.4) 時間便益の測定に関しては、下記のような研究がある。

高速道路調査会：『都市内高速道路を走行する車両の便益研究』、東京、高速道路調査会、昭和42年。

塚原重利：「交通需要および交通の便益の推計モデルに関する一考察——「新幹線鉄道」の費用便益分析の体験に基づく反省——」『交通学研究、1970年研究年報』、1970年、201-215頁。

小林八一：『計画道路の可能性調査』、東京、東京法令出版、昭和51年。

塚原重利：「交通投資の費用便益分析」(1), (2), (3), (4), 『運輸と経済』第40巻、第6号、1980年、63-67頁、第7号、58-62頁、第8号、51-56頁、第9号、50-56頁。

Gronau, Reuben: *The Value of Time in Passenger Transportation: The Demand for Air Travel*, New York, National Bureau of Economic Research, 1970.

(注B.5) 実際に収益が発生していないにもかかわらず、ここでは、利子率が収益率と呼ばれる理由は、ある利子率の下で複数の計画のうちから採択されたある計画は、結果的に、その利子率と同程度の利益(収益)をもたらすものであるとみなされ得る点にある。

(注B.6) Tinbergen, J.: "The appraisal of road construction: Two calculation schemes," *The Review of Economics and Statistics*, 1957.

(注B.7) 佐々木恒一、河野博忠、蔵下勝行：『道路の経済効果と投資基準』、東京、技術書院、1965年、41-52頁。

岡野行秀：「道路建設計画評価の一方法——ティンバーゲンの所論とその検討——」、大石泰彦、河野博忠、蔵下勝行：『道路経済学論集』、東京、東洋経済新報社、1975年、371-392頁。