

補論 産業連関表を利用した経済効果分析手法について

愛・地球博の経済効果の試算には、産業連関表を利用した経済効果分析を採用している。以下では、この手法について概説する。

1. 産業連関表を利用した経済効果分析の考え方

1.1 産業の連関と産業連関表

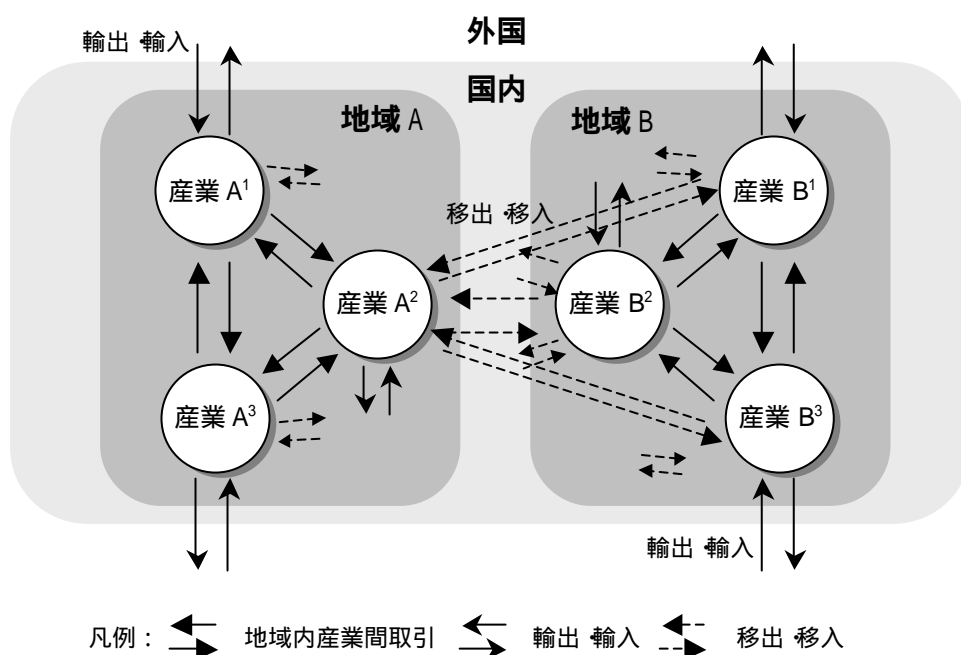
1.1.1 産業の連関

ある産業（例えば、図1の産業A¹、以下同様）は他の産業と孤立して存在するわけではなく、別の産業（地域A内のA²、A³やA¹自身及び地域B内の各産業）と原材料、部品の購入や製品販売などで取引関係を持つ。さらにその取引先（例えばA²）もまた他の産業（A¹、A²自身、A³、地域B内の各産業）と取引関係がある。そのため、経済における各産業の関係は複雑に連鎖している。

このような複雑な各産業間の取引関係（産業連関）を調査に基づき整理するなら、様々な経済分析が可能となる。その場合、国内各地域の産業間取引（A¹、A²、A³、B¹、B²、B³の相互取引）を対象とする「地域間産業連関」と、ある地域内の各産業（A¹、A²、A³）を対象を絞って国内他地域との取引関係は簡略化する「地域内産業連関」が考えられる。

後者の場合、地域内各産業と国内他地域との関係は、単に移出（国内他地域向け販売）と移入（国内他地域からの購入）に集約され、自地域のある産業が他地域の各産業とどの程度の取引があるかについては捨象される。一方、地域内各産業と外国との取引関係は、地域間産業連関、地域内産業連関とも、輸出と輸入として通常簡略化される。

図1 産業の連関



1.1.2 産業連関表

前述した産業の連関を、何らかの取引実態調査に基づき、数量的に表としてとりまとめたものが「産業連関表」である。産業連関表には、前述した違いに応じて、「地域間産業連関表」と「地域内産業連関表」がある。(表1、表2)

地域内産業連関表は、産業部門の分類数に応じて、12部門表、36部門表といった大きさの産業連関表が、各県ないし各地域の経済産業局から5年毎に公表されている。地域間産業連関表は、地域数と産業部門の分類数に応じて大きさが変わるが、「平成7年地域間産業連関表」まで、やはり5年毎に経済産業省から公表されている。

1.2 産業連関表を利用した経済効果分析の方法と手順

今日では、産業連関表を利用して、大型建設投資から地域のお祭り、イベントまで、様々なプロジェクトの経済効果が試算されている。以下ではまず、地域内産業連関表を利用した経済効果試算の方法と手順を説明する。

なお、愛・地球博の経済効果分析では地域間産業連関表を用いているが、経済効果分析の考え方は地域内産業連関表を利用した場合と同様である。

1.2.1 経済効果の元となる最終需要の想定

経済効果を試算する際には、まず、経済効果を生み出す元となる「最終需要」(完成品に対する需要)を産業別に想定する必要がある。

例えば、「政府がプロジェクト(ないし政策)を実施した(する)ことにより、地域内の家計消費者ないし企業が100億円分の自動車を購入した(すると予想する)」といった場合には、「自動車産業で最終需要が100億円増加した(する)」という想定となる。

ただしこの際、通常利用する産業連関表における価格の取り扱い方に関連し、商業、運輸の流通マージンを考慮する必要がある。例えば自動車100億円の売上(購入者にとっての製品価格)の中には各流通マージンが含まれており、これを各産業に配分することが必要である¹。その結果、最終需要の想定は「自動車、商業、運輸の各産業で最終需要がそれぞれ60億円、39億円、1億円増加した(する)」といったものになる。

1.2.2 地域内における直接的な最終需要増加分 = 直接効果の算出

上の例で自動車100億円分の最終需要増加は3産業の最終需要増加となるが、これが最初の経済効果である。ただし、対象とする特定地域内での経済効果を考えるときは、各産業の最終需要増加分のうち地域外からの移輸入により対応される分は、予め控除される必要がある。この移輸入分を控除した後の地域内での最初の経済効果を「直接効果」という。

移輸入分の控除には、まず産業別に「移輸入率」を設定し、想定した各産業の最終需要の金額に「1 - 各産業の移輸入率」を乗じる方法が用いられる。この移輸入率の定義の仕方は色々考えうるが、産業連関表を利用した標準的な方法は2.2.1で説明する。

¹ 各流通マージンは、総務省「商業マージン表」、総務省「国内貨物運賃表」を参考にできる。

さて上の例でその方法に従えば、自動車の域内需要（2で説明するように「中間需要」と「域内最終需要」の合計）に対して移輸入が例えば2割に相当するとき、移輸入率は0.20となる。そのため、60億円のうち地域内の自動車産業に対する直接的な最終需要すなわち直接効果は $(1 - 0.20) \times 60$ 億円 = 48億円となる。商業、運輸各産業の直接効果も同様に計算され、地域内での直接効果はこれらの合算となる。

1.2.3 直接効果の上流過程への生産波及 = 間接第1次効果の算出

直接効果は、1.1.1で説明したような産業の連関を通じて他産業へと波及する。今の例では、自動車、商業、運輸の直接効果を想定しているが、この3産業における最終需要の増加分のうち雇用者所得や営業余剰といった「付加価値」を除く部分は部品や原材料の購入（「中間投入」）に割り当てられ、上流過程の各産業に波及する。

産業連関表の取引基本表は、それぞれに配分される金額を産業別に表にまとめている。この情報を利用すれば、簡単な計算によって上記のような生産波及の結果を算出できる。この方法を例に即して説明すると以下ようになる。

まず、地域内の自動車産業に対する直接的な需要48億円は、自動車製造に必要な原材料、部品を生産する鉄鋼産業、プラスチック産業、ゴム産業などからの購入、自動車製造に携わる従業員等への賃金、営業利益等のうち、いずれかに配分される。産業連関表の取引基本表をみると、自動車産業は例えば1兆円の生産に対して鉄鋼産業から300億円購入したといった関係が分かる。

ここで、自動車の生産に必要な各産業からの中間投入割合は、自動車の生産規模に関わらず一定であると仮定する。今の例では、自動車産業の生産に必要な鉄鋼製品の投入割合は $300 \div 10000$ （億円） = 0.03と計算されるが、「投入係数」と呼ばれるこの係数を、1億円分の自動車を生産する場合も1000億円分の自動車を生産する場合も適用可能と仮定する。

こうした線型的な投入関係の仮定をおくと、例えば自動車の直接効果48億円分がまず波及する各産業の最初の生産増加分は、鉄鋼産業、プラスチック産業等の各投入係数に48億円を乗じることにより求められる²。

ただし、ここでも各産業の生産の一部は移輸入されるため、地域内各産業の増加分を計算するには、各産業の「 $(1 - \text{移輸入率}) \times \text{投入係数}$ 」に48億円を乗じる必要がある。

さてこうして、自動車購入の直接効果は鉄鋼産業、プラスチック産業等々の域内生産に波及した。ところが、鉄鋼、プラスチック等々の生産にはさらに石油や化学など他産業の生産が必要となる。そのため、最初に各産業に波及した生産はさらに他産業の生産を誘発する。こうした域内生産の連鎖的な波及は、各産業における移輸入分、付加価値分の控除によって減衰するものの、繰り返し続くことになる。

生産波及の結果は、この域内生産の増加分を究極まで足し合わせればよい。この「生産誘発額」は、直接効果が上流過程に波及した結果であり、特に「間接第1次効果」と呼ばれることがある。

² 一方、付加価値額を生産額で除いたものを「付加価値率」と呼ぶ。48億円に付加価値率を乗ずれば、自動車産業の付加価値額が算出される。

1.2.4 雇用者所得の増加に伴う新たな最終需要の発生とその生産波及 = 間接第2次効果

1.2.3で触れたように、直接効果が上流へ生産波及していく過程では、各産業で従事する人々に雇用者所得（付加価値の帰属先のひとつ）が発生する。このとき、彼らがそうした所得増加分の一部を食料品やレジャーなどの消費に配分すると想定すれば、新たな最終需要が発生することになる。これは、これまで説明してきたと同様な経路で各産業を増産させる。この地域内における新たな連鎖的な増産分を合計した生産誘発額は、「間接第2次効果」と呼ばれる。

さらに間接第2次効果は、また新たな雇用者所得を生み出し、間接第3次効果を誘発する。このような所得の増加とそれに伴う消費の増加を通じた連鎖的な増産もまた、理論的には無限に続く。ただし、雇用者所得は付加価値部門の全体ではなく一部であり、また増加した雇用者所得が全額消費に配分されることも通常ないため、間接効果の規模は次数を追う毎に減衰していく。そのため計算上は、間接効果の全体を間接第1次効果と間接第2次効果の合計で近似させる事例が多い。

なお、増加した雇用者所得のうち消費に配分される割合は、通常一定と仮定され、「平均消費性向」が一般的にはよく用いられている。

1.2.5 プロジェクトの経済効果

以上で説明した通り、最初の最終需要の増加（1.2.1）は、直接効果（1.2.2）、間接効果（1.2.3、1.2.4）と呼ばれる各生産を次々と誘発する。一方、1.3.2や2.3で詳しく説明するように、最初の最終需要と新たに生じる最終需要（1.2.4）のうち地域内分は、地域内に新たに生じる付加価値である。これらは、直接効果、間接効果に含まれる。

他方、直接効果、間接効果の増産に対応して、各産業では雇用を増やすことが想定される。2.2.6で説明するように、各効果における産業毎の雇用者数の増加分を試算することも可能である。

以上のように、産業連関表を利用した経済効果分析では、最初の最終需要の増加により誘発した生産額、付加価値額、雇用者数を、それぞれ産業別に算出することができる。これらは、あるプロジェクトが新たな最終需要の増加を喚起したことによる「経済効果」として、産業連関表を使って定量的に把握されたものである。

なお、生産額と付加価値額はどちらも金額表示されるが、実質的な経済効果を表すのは付加価値額である。ただし、わが国の分析事例では、増加した生産額（生産誘発額）を経済（波及）効果と呼ぶことが多い。これについては1.3.2で詳しく説明する。

1.3 留意点

産業連関表を利用した上記の経済効果分析手法とその分析結果（経済効果）には、いくつかの留意点がある。そのうち主なものを概説する。

1.3.1 「ネットの最終需要」の特定について

1.2.1で説明した通り、この経済効果分析では、最終需要の増加分の想定が起点となる。

あるイベントの経済効果を試算するには、まず「そのイベントが開催されなければ、生じなかったであろう最終需要」の項目リストと各項目の金額を、何らかのデータ、根拠に基づき作成する必要がある。

その際、イベントが開催されなくても発生したであろう最終需要はカウントしないことに留意する必要がある。さらに、イベントに関連する最終需要が増えたために他の最終需要が減った場合には、それも考慮することにより、「ネットの最終需要」が特定される。

ただし、特に後者の代替的な消費、投資については、その諸項目と各減少分の金額を確からしいデータに基づき特定することが現実には困難な場合がほとんどである。そのため、この代替的な消費、投資の定量的な考慮は断念されることが多い。

1.3.2 経済効果の定義について

1.2.5で触れたように、わが国の分析事例では、生産誘発額を経済（波及）効果と呼ぶことが多い。ただし、「経済効果」という言葉で増加した正味の経済価値を意味したい場合は、生産誘発額では過大であり不適當である。なぜなら、生産誘発額は最終需要の増加によって派生した中間的な取引全部を含んでおり、原材料や部品といった中間財の価値分が幾度も重複して計上されているからである。

図2は、このことを説明するため極度に単純化した例として、パンの需要が1個増えたときの生産誘発額と付加価値額を示している。最終生産物である100円のパンは、パン屋が製粉業者から60円で小麦粉を仕入れて、パンに焼き、商ったものである。さらに上流過程をたどると、60円の小麦粉は、製粉業者が農家から20円で小麦を仕入れて、加工生産したものである。20円の小麦は、農家が生産したものである。

この過程で新たに生み出された価値額は、小麦を生産した農家、製粉した製粉業者、小麦をパンに焼き流通に乗せたパン屋がそれぞれ付け加えた20円、40円、40円であり、合計100円である。したがって、この付加価値合計がパン1個の需要増加がもたらした実質的な経済価値であり、最終生産物（＝最終需要）の価格と一致する。

その一方で、誘発された生産額の合計は、小麦（20円）、小麦粉（60円）、パン（100円）の各価格を足し合わせた180円となる。ここでは小麦が3重に計上され、小麦粉は2重に計上されている。そのため、生産額は正味の経済価値より過大になっている。

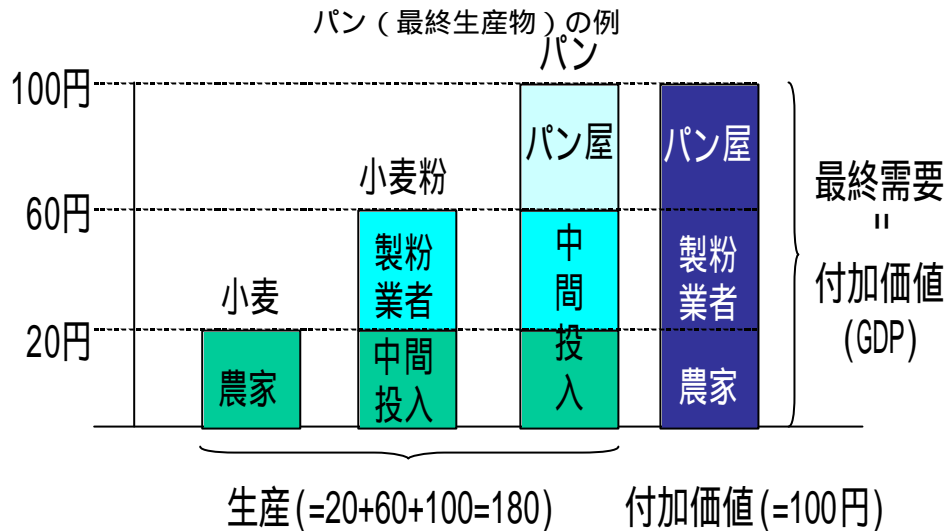
一般に、最終生産物やそれと関連の高い中間投入が属する産業の付加価値率が低いほど、生産誘発額は大きくなる³。しかし、これは中間財の重複計算が大きいことを意味しており、新たな経済価値がより多く生まれているということの意味しない。したがって、「経済効果」という言葉で増加した正味の経済価値を表したい場合は、生産誘発額ではなく付加価値額を対象とし、両者を混同しないよう留意する必要がある⁴。

³ 域内の生産誘発額（ないし付加価値額）に限れば、この投入係数を通じた影響とは別に、移輸入率にも影響される。つまり、移輸入の分だけ、生産や付加価値は他地域・国に流出する。

⁴ 同額の最終需要に対して生産誘発額が大きいなら、より広範な産業の生産に影響を与えたということになり、その意味では確かに「波及」効果が大きいと言える。しかし、実質的な経済価値である付加価値は両者とも変わらず、誘発生産額が大きいほうでは単に「広く薄く」拡散している。なお、誘発生産額は産業間の取引回数が増えるほど大きくなるため、より産業分類数の多い産業連関表を利用することによって

2.3 では、実際の計算過程からこのことに再度触れている。

図2 付加価値と（誘発）生産額



1.3.3 供給（生産）面への経済効果の捨象について

これまでの説明から分かるように、この経済効果分析では、新たな最終需要の増加がもたらす連鎖的な増産とその過程において各産業に帰属していく付加価値を計測の対象としている。ここでは、投入係数に代表されるように生産構造は固定しており、そのもとで需要増加を機に次々と誘発される生産ないし付加価値を経済効果と呼んでいる⁵。

しかし、最終需要が道路や鉄道、生産設備といった公共投資、民間投資の場合、その投資が新たな需要であり生産や付加価値を誘発するという側面とは別に、供給面への経済効果も相当大きいと考えられる。すなわち、交通インフラの整備や新工場、設備への投資は各産業の生産性を高め、生産力を増大させる効果が見込まれる。しかし上記の経済効果分析ではこれを対象とせず、需要面への効果のみを計測している。

1.3.4 価格面への影響の捨象について

1.3.3 で説明したのと同様な理由で、上記の経済効果分析では、価格面への影響を捨象している。例えば、自動車の需要が大幅に増えたことにより生産が各産業に波及する過程において、原材料の鉄鋼が不足したり労働力が不足したりして、それぞれの価格が高騰し、投入構造が変化してしまい、1.2.3 で想定したような連鎖的な生産を続けられなくなる場合も現実には起こりうる。しかしそうした状況は、上記の分析では考慮されない。

も大きくなりがちであるが、この場合も当然付加価値額の大きさ自体が増加しているわけではない。

⁵ このことはケインズの乗数モデルを想起させるが、实际需要に応じて供給が決まる支出GDPの増加過程は、45度線モデルと同じである。これについては、家計消費内生モデルの説明（3.2.6）の際に改めて触れる。

2. 産業連関表のしくみと経済効果の計算方法

以下では、基本的な産業連関表である地域内産業連関表を使って、産業連関表のしくみと産業連関表を利用した経済効果の計算方法について説明する。

なお、愛・地球博の経済効果分析は地域間産業連関表を利用しているが、基本的考え方は同じである。愛・地球博の経済効果分析モデルは3で詳しく説明する。

2.1 産業連関表のしくみ

地域内産業連関表は、表1のような構造を持っている。

表1 地域内産業連関表

需要部門 供給部門		中間需要				最終需要		(控除) 移輸入	域内総 生産額
		産業1	産業2	…	産業n	域内最 終需要	移輸出		
中間 投入	産業1	x_{11}	x_{12}	…	x_{1n}	f_1	e_1	m_1	x_1
	産業2	x_{21}	x_{22}	…	x_{2n}	f_2	e_2	m_2	x_2
	…	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	産業n	x_{n1}	x_{n2}	…	x_{nn}	f_n	e_n	m_n	x_n
粗付 加価値	雇用者所得	v_{11}	v_{12}	…	v_{1n}				
	営業余剰 等	v_{21}	v_{22}	…	v_{2n}				
	…	…	…	…	…				
域内総生産		x_1	x_2	…	x_n				

列(タテ)方向

産業連関表を列(タテ)方向にみていくと、まず、表頭の各産業が生産するのに要した費用の構成、換言すると、当該産業が原材料や部品をどの産業からどれだけ購入(投入)したかの構成が分かる。これは「中間投入」と呼ばれる。

また、表の下半分では当該産業で生み出された雇用者所得や営業利潤等の構成が分かる。これらの合計は「粗付加価値」という。

行(ヨコ)方向

表を行(ヨコ)方向にみると、表側の各産業が生産した商品の販路の構成、つまり生産物をどこへどれだけ販売(産出)したかが分かる。

このうち、各産業へ原材料や部品として販売された分を「中間需要」といい、家計、企業、政府による消費、投資や他地域へ移輸出された分を「最終需要」という。

なお、表を行方向にみた場合、次のような連立方程式が成立している。

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} + f_1 + e_1 - m_1 = x_1 \\ x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} + f_2 + e_2 - m_2 = x_2 \\ \vdots \\ x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} + f_n + e_n - m_n = x_n \end{array} \right.$$

需給の均衡

産業連関表を全体的にみると、列方向からみた投入額の合計と行方向からみた産出額の合計とは、すべての部門について相互に一致している。

2.2 産業連関表を利用した経済効果の計算方法

地域内産業連関表を使った経済効果の標準的な算出方法は次の通りである。

2.2.1 線型モデルの構築

まず、生産の大きさに比例して中間投入が行われると仮定することにより、次のような「投入係数」を定義する。

$$a_{ij} = x_{ij} \div x_j$$

さらに、移輸入率を次のように定義する。

$$\bar{m}_i = m_i \div (x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} + f_i)$$

これらを使うと、上の連立方程式は次のようになる。

$$\left\{ \begin{array}{l} (1 - \bar{m}_1)(a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + f_1) + e_1 = x_1 \\ (1 - \bar{m}_2)(a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + f_2) + e_2 = x_2 \\ \vdots \\ (1 - \bar{m}_n)(a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n + f_n) + e_n = x_n \end{array} \right.$$

この連立方程式は、行列とベクトルを使い整理すると、次のように簡単に表すことができる。

$$\{I - (I - M)A\}X = (I - M)F + E$$

ただし、

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad F = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} \quad E = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} \bar{m}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \bar{m}_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \bar{m}_n \end{bmatrix} \quad I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.2.2 直接効果と間接第1次効果の算出

上の最終式は $\{I - (I - M)A\}$ が逆行列を持つことが分かっているため、

$$X = \{I - (I - M)A\}^{-1} \{(I - M)F + E\}$$

と変形できる。

この式により、域内最終需要（ F ）や移輸出（ E ）の増加分を想定すれば、それに誘発される域内生産額（直接効果 + 間接第 1 次効果）を算出することができる。例えば、域内最終需要の増加 ΔF による生産誘発額 ΔX は、

$$\Delta X = \{I - (I - M)A\}^{-1} (I - M) \Delta F$$

となる。

ここで、逆行列 $\{I - (I - M)A\}^{-1}$ を次のように分解すると分かりやすい⁶。

$$\{I - (I - M)A\}^{-1} = I + (I - M)A + (I - M)A(I - M)A + \dots$$

この式を上式の $\{I - (I - M)A\}^{-1}$ に代入すれば、 X は次のようになる。

$$(I - M) \Delta F \quad \dots \text{直接効果}$$

$$\{(I - M)A + (I - M)A(I - M)A + \dots\} (I - M) \Delta F \quad \dots \text{間接第 1 次効果}$$

なお、1.2.1 で触れたように、想定する最終需要は商業、運輸の各産業にもマージンとして配分されている必要がある。例えば自動車の売上増加を想定したとき、この一部は商業、運輸各産業の最終需要に帰属すると考えられるため、最終需要は自動車、商業、運輸の 3 産業に配分する必要がある。この配分には、総務省の「商業マージン表」、「国内貨物運賃表」から商業、運輸各マージン率を求め利用する方法が一般的である。

2.2.3 間接第 2 次効果の算出

1.2.4 で説明したように、間接第 1 次効果が発生する過程で、各産業で雇用者所得が発生する。このうち一定割合が消費され、各産業で新しい最終需要が生まれると想定すれば、これに起因する新しい生産誘発額も算出できる。これが間接第 2 次効果である。

まず雇用者所得は、 ΔX に各産業の「雇用者所得率」を乗じてそれらを合計することにより求められる。すなわち、 ΔX が列ベクトルであるから雇用者所得率を行ベクトルで

$$W = (v_{11} \div x_1 \quad v_{12} \div x_2 \quad \dots \quad v_{1n} \div x_n)$$

と定義すれば、誘発された全産業の雇用者所得の合計は

$$W \Delta X$$

である。さらに、これに対象地域内の消費者の平均消費性向 \bar{c} （定数）を乗じて

$$\bar{c} W \Delta X$$

とすると、新しい家計消費支出つまり新たな最終需要の合計となる。

ここで、 \bar{c} の具体的な数値を決めまた $\bar{c} W \Delta X$ を産業別に配分するために、対象地域内に居住する人々の消費と消費構成に関する何らかの情報が必要になる。 \bar{c} には総務省「家計調査」がよく利用されるが、消費構成は次のような簡便法が用いられることが多い。

⁶ $T \equiv I + (I - M)A + (I - M)A(I - M)A + \dots$ とおくと、 $0 < a_{ij} < 1$ なので、 T は収束する。 $T \equiv I + (I - M)A \{I + (I - M)A + (I - M)A(I - M)A + \dots\} = I + (I - M)AT$ より、 $\{I - (I - M)A\}T = I$ であるため、 $\{I - (I - M)A\}^{-1} = I + (I - M)A + (I - M)A(I - M)A + \dots$ である。

$$C = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{(c)1} \div \left(\sum_{k=1}^n f_{(c)k} \right) \\ f_{(c)2} \div \left(\sum_{k=1}^n f_{(c)k} \right) \\ \vdots \\ f_{(c)n} \div \left(\sum_{k=1}^n f_{(c)k} \right) \end{bmatrix} \quad \text{ただし、} f_{(c)k} \text{ は最終需要 } f_k \text{ のうち家計消費分}$$

これを用いると、各産業における新しい最終需要の増加分 $\Delta F'$ は、

$$\Delta F' = C\bar{W}\Delta X$$

となる。これを 2.2.2 の X の式の F に代入した次式が、間接第 2 次効果である。

$$\Delta X' = \{I - (I - M)A\}^{-1}(I - M)C\bar{W}\Delta X$$

2.2.4 直接効果、間接効果の整理

直接効果、間接第 1 次効果と間接第 2 次効果を整理すると、次式で表される。

$$\begin{aligned} \Delta X + \Delta X' &= \{I - (I - M)A\}^{-1}(I - M)\Delta F + \{I - (I - M)A\}^{-1}(I - M)C\bar{W}\Delta X \\ &= (I - M)\Delta F && \cdots \text{直接効果} \\ &+ \{(I - M)A + (I - M)A(I - M)A + \cdots\}(I - M)\Delta F && \cdots \text{間接第 1 次効果} \\ &+ \{I - (I - M)A\}^{-1}(I - M)C\bar{W}\Delta X && \cdots \text{間接第 2 次効果} \end{aligned}$$

なお、1.2.4 で触れた間接第 3 次効果以降無限次までの間接効果は、所得と消費の関係を数式化しモデルに組み込むことにより、計算することも可能である。(3.2.6 参照)

2.2.5 付加価値額の算出

各産業の付加価値の増加分 ΔV は、2.2.3 で雇用者所得率を定義したのと同様にして「付加価値率」を定義し、これを行列で表現した V に生産誘発額ベクトル ΔX を右から乗じればよい。すなわち、

$$\Delta V = V\Delta X$$

ただし、

$$V = \begin{bmatrix} v_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & v_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & v_n \end{bmatrix} \quad v_j = \left(\sum_i v_{ij} \right) \div x_j$$

2.2.6 雇用への効果の算出

1.2.5 で触れたように、各産業の域内総生産 (x_j) に対する雇用者数 (L_j) の割合 (h_j) が分かれば、これに各産業の生産誘発額 Δx_j を乗じることによって、産業別に雇用への効果 ΔL_j を算出することができる。行列でより簡潔に表すと次の通りである。

$$\Delta L = H\Delta X$$

ただし、

$$H = \begin{bmatrix} h_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & h_n \end{bmatrix} \quad h_j = L_j \div x_j$$

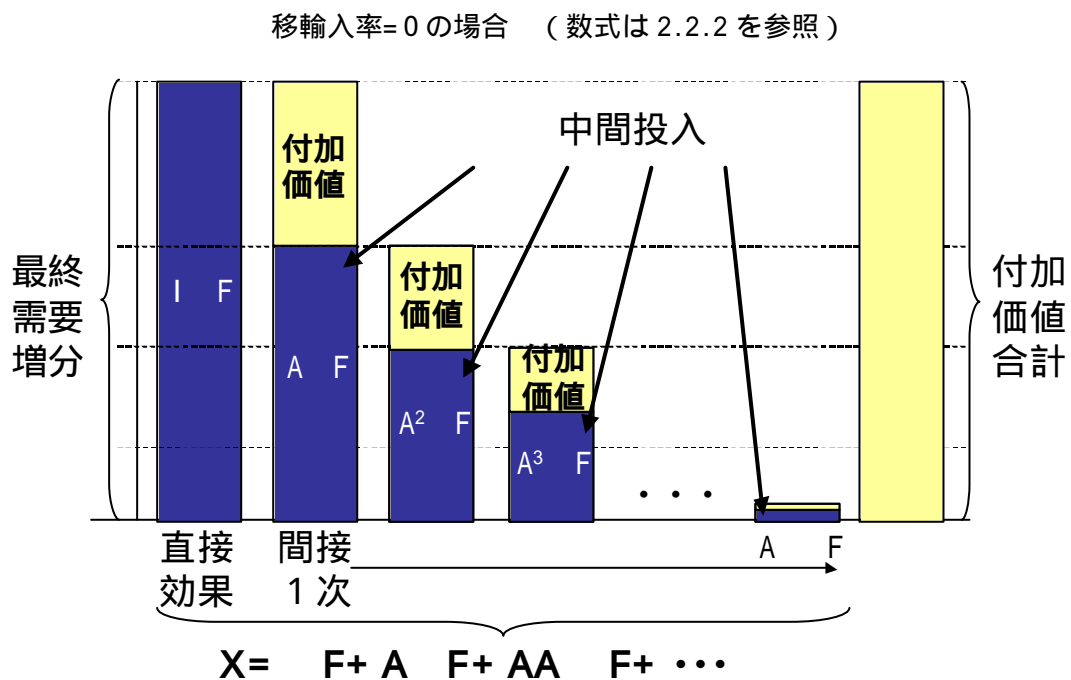
2.3 参考：付加価値額と生産額

域内最終需要の増加 ΔF によって、直接効果、間接第1次効果と呼ばれる生産誘発額 ΔX が発生する。その過程を2.2.2の数式に即して図解すると、図3のようになる。

この図をみると、各産業における付加価値の合計は直接効果すなわち域内最終需要の増加 ΔF と一致することがわかる。一方、生産誘発額 ΔX は付加価値額を含み、中間投入の合計分だけ付加価値額を上回っている。

結局のところ、付加価値の増加分は、元の最終需要の増加 ΔF と同じである。そして、これが実質的に増えた経済価値である。

図3 直接効果 + 間接第1次効果の図解



3. 地域間産業連関表を利用した愛・地球博の経済効果分析モデル

愛・地球博の経済効果分析では、経済産業省が公表している「平成7年地域間産業連関表(9地域27部門)」⁷を利用している。以下ではこの経済効果分析モデルを説明する。

地域間産業連関表を用いた経済効果分析のしくみ、手順は2で説明した地域内産業連関表を用いた経済効果分析とほぼ同様である。しかし、3.1で説明するように、地域間産業連関表は地域内産業連関表よりも豊かな情報を含んでいる。そのため、分析結果についても、地域別の経済効果を求められるなどより詳細かつ精度の高い情報を得ることができる。

3.1 地域間産業連関表の概要と地域間産業連関表を利用した経済効果分析の特徴

3.1.1 地域間産業連関表

1.1で紹介したように、地域間産業連関表は国内の複数地域をまたがる各産業間取引の構造を明示的にとりまとめた表で、地域内産業連関表よりも詳細な構造を持っている。

表2は2地域間n産業部門の産業連関表の例である。これをみると、地域間産業連関表では各地域、各産業間の取引関係が一目瞭然であることがわかる。

表2 地域間産業連関表(2地域・n部門)

需要部門			中間需要		最終需要			(控除) 輸入	総生産額
			地域A	地域B	地域A	地域B	輸出		
供給部門			産業1...産業n	産業1...産業n	A	B			
中間投入	地域A	産業1	$x_{11}^{AA} \dots x_{1n}^{AA}$	$x_{11}^{AB} \dots x_{1n}^{AB}$	f_1^{AA}	f_1^{AB}	e_1^A	m_1^A	x_1^A
	
	産業n	$x_{n1}^{AA} \dots x_{nn}^{AA}$	$x_{n1}^{AB} \dots x_{nn}^{AB}$	f_n^{AA}	f_n^{AB}	e_n^A	m_n^A	x_n^A	
	
地域B	産業1	$x_{11}^{BA} \dots x_{1n}^{BA}$	$x_{11}^{BB} \dots x_{1n}^{BB}$	f_1^{BA}	f_1^{BB}	e_1^B	m_1^B	x_1^B	
	
産業n	$x_{n1}^{BA} \dots x_{nn}^{BA}$	$x_{n1}^{BB} \dots x_{nn}^{BB}$	f_n^{BA}	f_n^{BB}	e_n^B	m_n^B	x_n^B		
粗付加価値	雇用者所得	地域A	$v_{11}^{AA} \dots v_{1n}^{AA}$	$v_{11}^{AB} \dots v_{1n}^{AB}$					
		地域B	$v_{11}^{BA} \dots v_{1n}^{BA}$	$v_{11}^{BB} \dots v_{1n}^{BB}$					
	営業余剰等	地域A					
		地域B					
総生産額			$x_1^A \dots x_n^A$	$x_1^B \dots x_n^B$					

3.1.2 地域間産業連関表を利用した経済効果分析の特徴

表2でみたように、地域間産業連関表には国内の複数地域をまたがる各産業間取引の構造が組み込まれている。そのため、例えば地域Aのある産業で最終需要が発生した場合、この生産のために必要とされる他産業の生産に関して、地域Aのみならず地域Bの増産分

⁷ 地域間産業連関表は平成7年版(平成13年3月)を最後に作成がとやめられている。したがって、現在入手可能な最新版は平成7年版である。

も定量的に把握することが可能となる。

さらに、地域Bの各産業の増産（中間需要の増加）は、地域Bと地域Aの各産業の増産を誘発するが、この規模についても地域間産業連関表から定量的に把握される。こうした、地域Aで新たに発生した最終需要が地域Bの各産業にも波及し、それがさらに地域Aに還流するといった波及経路は、地域Aの地域内産業連関表を利用する経済効果分析では捨象される。しかし、地域間産業連関表を利用する経済効果分析では、この波及経路をモデルのなかに組み込むことができる。それと同時に、各地域各産業への経済効果をそれぞれ把握することももちろん可能である。

以上のように、地域間産業連関表を利用する経済効果分析では、全国各地域への経済効果を試算できることに加えて、豊富な情報量に基づくより精度の高い試算結果が得られることも期待できる。これが、地域内産業連関表ないし全国産業連関表とくらべて、地域間産業連関表が優位性を持つ最大の特徴である。

そのため、愛・地球博の経済効果分析では、地域間産業連関表を利用した経済効果分析を採用している。

3.2 愛・地球博の経済効果分析で採用した経済効果分析モデル

3.2.1 地域間産業連関表に基づく線型モデルの構築

2.2.1では地域内産業連関表を用いたモデル構築について説明した。地域間産業連関表を利用したモデルも、ほぼ同様に構築される。ただし、地域数が複数になるため、モデルはより複雑になる。以下では、2.2.1や表2も参照しながら、9地域27部門地域間産業連関表に基づく経済効果分析モデルを概説する。

総生産額、輸出、輸入

9地域27部門地域間産業連関表では、9地域に各27産業が含まれるため、総生産額は合計243産業分ある。地域Sの総生産額を X^S という列ベクトルで表現すると、 X^S には x_1^S から x_{27}^S までの生産額が含まれる。全体の総生産額のベクトル X は、 X^1 から X^9 を積み重ねたものとなる。

$$X = \begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^9 \end{bmatrix} \quad \text{ただし、} \quad X^S = \begin{bmatrix} x_1^S \\ x_2^S \\ \vdots \\ x_{27}^S \end{bmatrix}$$

輸出と輸入も、総生産額とまったく同様にして、それぞれ列ベクトル E 、 M で表記できる。

$$E = \begin{bmatrix} E^1 \\ E^2 \\ \vdots \\ E^9 \end{bmatrix} \quad \text{ただし、} \quad E^S = \begin{bmatrix} e_1^S \\ e_2^S \\ \vdots \\ e_{27}^S \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} M^1 \\ M^2 \\ \vdots \\ M^9 \end{bmatrix} \quad \text{ただし、} \quad M^S = \begin{bmatrix} m_1^S \\ m_2^S \\ \vdots \\ m_{27}^S \end{bmatrix}$$

最終需要

最終需要は、地域毎に 243 産業分ある。例えば地域 D の最終需要は、自地域の 27 産業から供給されることに加えて、他 8 地域各 27 産業からも供給される。地域 S（表側の中間投入）が供給する地域 D（表頭の中間需要）に対する最終需要を 27 行の列ベクトル F^{SD} で表すと、全体の最終需要の行列 F は、 F^{SD} が行、列それぞれ 9 つずつ並び、 243×9 の行列となる。

$$F = \begin{bmatrix} F^{11} & F^{12} & \dots & F^{19} \\ F^{21} & F^{22} & \dots & F^{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F^{91} & F^{92} & \dots & F^{99} \end{bmatrix} \quad \text{ただし、} \quad F^{SD} = \begin{bmatrix} f_1^{SD} \\ f_2^{SD} \\ \vdots \\ f_{27}^{SD} \end{bmatrix}$$

投入係数

投入係数は 2.2.1 で説明したのとまったく同じ方法で定義する。すると、全体の投入係数の行列 A は、243 行 243 列となる。ここでやはり、供給を地域 S、需要を地域 D とする 27×27 の投入係数行列を A^{SD} と表現する。すると、全体の投入係数行列 A は、 A^{SD} が行、列それぞれ 9 つずつ並ぶかたちとなる。

$$A = \begin{bmatrix} A^{11} & A^{12} & \dots & A^{19} \\ A^{21} & A^{22} & \dots & A^{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A^{91} & A^{92} & \dots & A^{99} \end{bmatrix} \quad \text{ただし、} \quad A^{SD} = \begin{bmatrix} a_{1,1}^{SD} & a_{1,2}^{SD} & \dots & a_{1,27}^{SD} \\ a_{2,1}^{SD} & a_{2,2}^{SD} & \dots & a_{2,27}^{SD} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{27,1}^{SD} & a_{27,2}^{SD} & \dots & a_{27,27}^{SD} \end{bmatrix}$$

$$a_{ij}^{SD} = x_{ij}^{SD} \div x_j^D$$

輸入率

輸入率の定義も、2.2.1 で説明したのとまったく同じである。ただし、国内他地域からの移入は、この（非競争移入型）地域間産業連関表では考慮する必要がない。

$$\bar{m}_j^S = m_j^S \div (x_{j,1}^{SS} + x_{j,2}^{SS} + \dots + x_{j,27}^{SS} + f_j^{SS})$$

輸入率は、9 地域各 27 産業の合計 243 産業分ある。ここで、地域 S の輸入率の行列を \bar{M}^S と表現すると、地域 S の輸入ベクトル M^S は次のようになる。

$$M^S = \begin{bmatrix} m_1^S \\ m_2^S \\ \vdots \\ m_{27}^S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{m}_1^S & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \bar{m}_2^S & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \bar{m}_{27}^S \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} x_{1,1}^{SS} & x_{1,2}^{SS} & \dots & x_{1,27}^{SS} \\ x_{2,1}^{SS} & x_{2,2}^{SS} & \dots & x_{2,27}^{SS} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{27,1}^{SS} & x_{27,2}^{SS} & \dots & x_{27,27}^{SS} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_1^{SS} \\ f_2^{SS} \\ \vdots \\ f_{27}^{SS} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \begin{bmatrix} \bar{m}_1^S & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \bar{m}_2^S & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \bar{m}_{27}^S \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} a_{1,1}^{SS} & a_{1,2}^{SS} & \cdots & a_{1,27}^{SS} \\ a_{2,1}^{SS} & a_{2,2}^{SS} & \cdots & a_{2,27}^{SS} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{27,1}^{SS} & a_{27,2}^{SS} & \cdots & a_{27,27}^{SS} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1^S \\ x_2^S \\ \vdots \\ x_{27}^S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_1^{SS} \\ f_2^{SS} \\ \vdots \\ f_{27}^{SS} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \bar{M}^S (A^{SS} X^S + F^{SS})$$

ただし、 $\bar{M}^S = \begin{bmatrix} \bar{m}_1^S & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \bar{m}_2^S & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \bar{m}_{27}^S \end{bmatrix}$

したがって、全体の輸入ベクトル M は次のようになる。

$$M = \begin{bmatrix} M^1 \\ M^2 \\ \vdots \\ M^9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{M}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \bar{M}^2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \bar{M}^9 \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} A^{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & A^{22} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & A^{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F^{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & F^{22} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & F^{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \bar{M} (A^* X + F^* T)$$

ただし、 $A^* = \begin{bmatrix} A^{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & A^{22} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & A^{99} \end{bmatrix}$ $F^* = \begin{bmatrix} F^{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & F^{22} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & F^{99} \end{bmatrix}$ $T = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$

需給の均衡式

以上を用いて、9地域27部門地域間産業連関表の需給の均衡式を整理できる。

$$\begin{bmatrix} A^{11} & A^{12} & \cdots & A^{19} \\ A^{21} & A^{22} & \cdots & A^{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A^{91} & A^{92} & \cdots & A^{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F^{11} & \cdots & F^{19} \\ F^{21} & \cdots & F^{29} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ F^{91} & \cdots & F^{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E^1 \\ E^2 \\ \vdots \\ E^9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M^1 \\ M^2 \\ \vdots \\ M^9 \end{bmatrix}$$

つまり、

$$AX + FT + E = X + M = X + \bar{M} (A^* X + F^* T)$$

これを、 X に関して整理すると、

$$\{I - (A - \bar{M}A^*)\}X = (F - \bar{M}F^*)T + E$$

3.2.2 直接効果と間接第1次効果の算出

上の最終式は、 $\{I - (A - \bar{M}A^*)\}$ が逆行列を持つことが分かっているため、

$$X = \{I - (A - \bar{M}A^*)\}^{-1} \{(F - \bar{M}F^*)T + E\}$$

と変形できる。

この式により、国内最終需要（ F ）や輸出（ E ）の増加分を想定すれば、それに誘発される各地域各産業の生産額（直接効果 + 間接第 1 次効果）を算出することができる。例えば、国内最終需要の増加 ΔF 及び輸出の増加 ΔE による生産誘発額 ΔX は、

$$\Delta X = \{I - (A - \bar{M}A^*)\}^{-1} \{(\Delta F - \bar{M}\Delta F^*)I + \Delta E\}$$

によって計算される。

3.2.3 間接第 2 次効果の算出

地域間産業連関表で間接第 2 次効果が発生する過程も、地域内産業連関表の場合と同様である。ただし、地域間産業連関表を用いた場合は、雇用者所得が全国各地域で発生し、それに伴う新たな最終需要はさらに全国各地域の増産へと波及する。

さて、間接第 2 次効果を算出するために必要とされるデータは、2.2.3 で説明したのと同様に、雇用者所得率、各地域の平均消費性向、消費構成である。これらはそれぞれ、次のような行列で表される。

$$W = \begin{bmatrix} \bar{v}_{11}^{11} & \cdots & \bar{v}_{1n}^{11} & \cdots & \bar{v}_{11}^{19} & \cdots & \bar{v}_{1n}^{19} \\ \bar{v}_{11}^{21} & \cdots & \bar{v}_{1n}^{21} & \cdots & \bar{v}_{11}^{29} & \cdots & \bar{v}_{1n}^{29} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{v}_{11}^{91} & \cdots & \bar{v}_{1n}^{91} & \cdots & \bar{v}_{11}^{99} & \cdots & \bar{v}_{1n}^{99} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W^{11} & W^{12} & \cdots & W^{19} \\ W^{21} & W^{22} & \cdots & W^{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W^{91} & W^{92} & \cdots & W^{99} \end{bmatrix}$$

$$\text{ただし、} \bar{v}_{1j}^{SD} = v_{1j}^{SD} \div x_j^D \quad W^{SD} = [\bar{v}_{11}^{SD} \quad \bar{v}_{12}^{SD} \quad \cdots \quad \bar{v}_{1n}^{SD}]$$

$$\bar{C} = \begin{bmatrix} \bar{c}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \bar{c}^2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \bar{c}^9 \end{bmatrix}$$

ただし、 \bar{c}^D は地域 D の平均消費性向

$$C = \begin{bmatrix} c_1^{11} & c_1^{12} & \cdots & c_1^{19} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ c_{27}^{11} & c_{27}^{12} & \cdots & c_{27}^{19} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ c_1^{91} & c_1^{92} & \cdots & c_1^{99} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ c_{27}^{91} & c_{27}^{92} & \cdots & c_{27}^{99} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} & \cdots & C^{19} \\ C^{21} & C^{22} & \cdots & C^{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C^{91} & C^{92} & \cdots & C^{99} \end{bmatrix}$$

$$\text{ただし、} c_i^{SD} = f_{(c)i}^{SD} \div \left(\sum_{k=1}^{27} f_{(c)k}^{1D} + \cdots + \sum_{k=1}^{27} f_{(c)k}^{9D} \right)$$

ここで、消費構成行列 C の対角ブロック C^{DD} を次のように定義しておく。

$$C^{DD} = \begin{bmatrix} C^{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & C^{22} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & C^{99} \end{bmatrix}$$

これらを用いると、直接効果、間接第1次効果に伴う、各地域各産業における新しい最終需要の増加分は ΔFT 、 $\Delta F'^*T$ のそれぞれで表され、

$$\Delta FT = \begin{bmatrix} \Delta F'^{11} & \Delta F'^{12} & \dots & \Delta F'^{19} \\ \Delta F'^{21} & \Delta F'^{22} & \dots & \Delta F'^{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta F'^{91} & \Delta F'^{92} & \dots & \Delta F'^{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = C\bar{C}W\Delta X$$

$$\Delta F'^*T = \begin{bmatrix} \Delta F'^{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Delta F'^{22} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \Delta F'^{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = C^{DD}\bar{C}W\Delta X$$

となる。

これらを3.2.2の ΔX 式の ΔFT と $\Delta F'^*T$ に代入した次式が、間接第2次効果である。

$$\Delta X' = \{I - (A - \bar{M}A^*)\}^{-1} \{(\Delta F' - \bar{M}\Delta F'^*)T\} = \{I - (A - \bar{M}A^*)\}^{-1} \{(C - \bar{M}^*C^{DD})\bar{C}W\Delta X\}$$

3.2.4 付加価値額の算出

各地域各産業の生産額に対する各地域各産業の付加価値額を計算する方法は、地域内産業連関表の場合を説明した2.2.5に対応する。

まず、地域Sにおける各産業の、地域D各産業からの中間需要に対する付加価値率は次の通りである。

$$v_j^{SD} = \left(\sum_i v_{ij}^{SD} \right) / x_j^S$$

そして、地域Sの付加価値率行列 V^S を、次のように定義する。

$$V^S = \begin{bmatrix} v_1^{S1} & 0 & \dots & 0 & \dots & v_1^{S9} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & v_2^{S1} & \ddots & \vdots & \dots & 0 & v_2^{S9} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 & \dots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & v_{27}^{S1} & \dots & 0 & \dots & 0 & v_{27}^{S9} \end{bmatrix}$$

さらに、 243×243 の大きさとなる全体の付加価値率行列 V を、次のように定義する。

$$V = \begin{bmatrix} V^1 \\ V^2 \\ \vdots \\ V^9 \end{bmatrix}$$

すると、生産誘発額 ΔX に対応する各地域各産業の付加価値額増加額 ΔV は、次式によって求められる。

$$\Delta V = V\Delta X$$

3.2.5 雇用への効果の算出

生産誘発額 ΔX に対応する各地域各産業の雇用への効果の算出方法も、2.2.6 とまったく同様である。

まず、地域 S における各産業の域内総生産 x_j^S に対する雇用者数 L_j^S の割合 h_j^S を次のように定義する。

$$h_j^S = L_j^S \div x_j^S$$

そして、地域 S の各産業は自地域の生産に対して比例的に雇用者数を必要とすると考えて、地域 S の雇用割合の行列 H^S を次のように定義する。

$$H^S = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & 0 & h_1^S & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & h_2^S & \ddots & \vdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & h_{27}^S & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

さらに、 243×243 の大きさとなる全体の雇用割合(対角)行列 H を、次のように定義する。

$$H = \begin{bmatrix} H^1 \\ H^2 \\ \vdots \\ H^9 \end{bmatrix}$$

すると、生産誘発額 ΔX に対応する各地域各産業の雇用者数の増加 ΔH は、次式によって求められる。

$$\Delta H = H\Delta X$$

3.2.6 家計消費内生モデル

1.2.4 でも触れたように、上記のような雇用者所得の増加を通じた新たな間接効果の発生は、間接第2次効果以降もさらに続きうる。そして、雇用者所得の増加を通じた新たな最終需要の発生(家計消費の増加)を予め数式モデルに組み込むことにより、無限次までの間接効果の全体をひとまとめに算出することができる。

愛・地球博の経済効果分析では、こうした「家計消費内生モデル」を構築し、間接効果の全体とそれに伴う付加価値額を試算している。以下に、この家計消費内生モデルについて説明する。

まず、全国各地域の最終需要を、家計消費 ($F_{(c)}$) とそれ以外 ($F_{(-c)}$) に分ける。

$$F = F_{(c)} + F_{(-c)} = \begin{bmatrix} F_{(c)}^{11} & F_{(c)}^{12} & \cdots & F_{(c)}^{19} \\ F_{(c)}^{21} & F_{(c)}^{22} & \cdots & F_{(c)}^{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{(c)}^{91} & F_{(c)}^{92} & \cdots & F_{(c)}^{99} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_{(-c)}^{11} & F_{(-c)}^{12} & \cdots & F_{(-c)}^{19} \\ F_{(-c)}^{21} & F_{(-c)}^{22} & \cdots & F_{(-c)}^{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{(-c)}^{91} & F_{(-c)}^{92} & \cdots & F_{(-c)}^{99} \end{bmatrix}$$

$$F^* = F_{(c)}^* + F_{(-c)}^* = \begin{bmatrix} F_{(c)}^{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & F_{(c)}^{22} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & F_{(c)}^{99} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_{(-c)}^{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & F_{(-c)}^{22} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & F_{(-c)}^{99} \end{bmatrix}$$

また、全国各地域で発生する雇用者所得の行列 Y を次のように定義する。

$$Y = \begin{bmatrix} y^1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & y^2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & y^9 \end{bmatrix} \quad \text{ただし、} y^D \text{ は地域} D \text{ で発生する雇用者所得}$$

すると、

$$YT = \begin{bmatrix} y^1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & y^2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & y^9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W^{11} & W^{12} & \dots & W^{19} \\ W^{21} & W^{22} & \dots & W^{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W^{91} & W^{92} & \dots & W^{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^9 \end{bmatrix} = WX$$

である。

ここで、先述したように、家計消費は雇用者所得に平均消費性向を乗じた分だけなされるから、次のようになる。

$$F_{(c)}T = C\bar{C}YT = C\bar{C}WX$$

$$F_{(-c)}^*T = C^{DD}\bar{C}YT = C^{DD}\bar{C}WX$$

これらを 3.2.1 の最後の式に代入する。すなわち、

$$\begin{aligned} \{I - (A - \bar{M}A^*)\}X &= (F - \bar{M}F^*)T + E \\ &= \{F_{(c)} + F_{(-c)} - \bar{M}(F_{(c)}^* + F_{(-c)}^*)\}T + E \\ &= (F_{(c)} - \bar{M}F_{(c)}^*)T + (F_{(-c)} - \bar{M}F_{(-c)}^*)T + E \\ &= (C - \bar{M}C^{DD})\bar{C}WX + (F_{(-c)} - \bar{M}F_{(-c)}^*)T + E \end{aligned}$$

この最終式を X について整理すると、

$$\{I - (A - \bar{M}A^*) - (C - \bar{M}C^{DD})\bar{C}W\}X = (F_{(-c)} - \bar{M}F_{(-c)}^*)T + E$$

となるが、 $\{I - (A - \bar{M}A^*) - (C - \bar{M}C^{DD})\bar{C}W\}$ は逆行列を持つことが分かっているため、

$$X = \{I - (A - \bar{M}A^*) - (C - \bar{M}C^{DD})\bar{C}W\}^{-1} \{(F_{(-c)} - \bar{M}F_{(-c)}^*)T + E\}$$

が成り立つ。

したがって、3.2.2 で説明したのと同様に、国内最終需要の増加 ΔF 及び輸出の増加 ΔE がもたらした間接効果全体としての生産誘発額 ΔX は、次式によって求められる。

$$\Delta X = \{I - (A - \bar{M}A^*) - (C - \bar{M}C^{DD})\bar{C}W\}^{-1} \{(\Delta F - \bar{M}\Delta F^*)T + \Delta E\}$$

これに対応する付加価値額 ΔV と雇用者数 ΔH は、3.2.4と3.2.5でそれぞれ説明した計算式によって求めることができる。

3.2.7 家計消費内生モデルを用いた分析結果についての留意点

上記のように、家計消費内生モデルでは、雇用者所得の増加が消費を増やす過程をモデルに組み込むことにより、この過程が収束した結果の生産誘発額、付加価値額や雇用者数を得ることができる。

ここでの、元の増加した最終需要(付加価値) ΔF 、 ΔE に対する増加した付加価値額 ΔV の倍率は、マクロ経済学でいわゆる「乗数」と類似したものである。ただし、1.3.4などでも触れているが、このモデルでは価格や金利、為替に対する影響を捨象している。例えば、極めて大規模なプロジェクトが実施されると、関連財、労働力の価格高騰や金利の上昇を引き起こし経済効果を一部ないし全部相殺する可能性もあるが、そうした影響は考慮していない。

したがって、この家計消費内生モデルによって得られる乗数は、マクロ経済モデルの中でも最も単純な「45度線モデル」の乗数に近い⁸。この乗数は、現実の経済の乗数よりも過大である可能性が高いことに留意する必要がある。

3.2.8 建設関連支出の間接効果の計測について

建設関連支出に関しては、国土交通省が「建設部門分析用産業連関表」を公表しており、建設部門に関してより詳細な投入構造を把握できる。そのため、本評価分析では会場建設、パビリオン等の建築、道路、空港、鉄道のそれぞれについて、建設部門分析用産業連関表を利用している。最後に、この方法について付記する。

手順は、まず建設 j の国内最終需要 Δf_j^{CC} が直接必要とする各産業の中間投入を、建設部門分析用産業連関表の建設 j の投入係数(B_j)を用いて求める。次に、「地域間交易係数」を用いて、これを9地域各27産業への中間需要へと変換する。この中間需要ベクトルを3.2.6の最後の式における ΔF に代入すれば、間接効果を求めることができる。

なお、地域間交易係数とは一般には「ある地域におけるある商品の、地域内需要総額(中間需要+最終需要)に占める各地域からの供給額の比率」と定義される。しかし、ここでは特に「中部地域(C)の各建設への中間需要に占める各地域からの供給額の比率」を対象としている。これらを数式でまとめると、以下のようになる。

$$\text{建設 } j \text{ の中間需要 (9 地域各 27 産業)} = R^C B_j (1 - \bar{m}_j^C) \Delta f_j^{CC}$$

ただし、

⁸ ただし、単純な45度線モデルと異なり、増産の過程で付加価値の一部は輸入として海外に流出する。そのため、乗数は45度線モデルの場合と比べるとかなり小さい。

$$R^C = \begin{bmatrix} r_1^{1C} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & r_2^{1C} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & r_{27}^{1C} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 - \sum_{K \neq C} r_1^{KC} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 - \sum_{K \neq C} r_2^{KC} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 1 - \sum_{K \neq C} r_{27}^{KC} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_1^{9C} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & r_2^{9C} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & r_{27}^{9C} \end{bmatrix}$$

$$r_j^{KC} = x_{jj}^{KC} / \sum_{K=1}^9 x_{jj}^{KC} \quad (K \neq C)$$

$$B_j = \begin{bmatrix} b_{1,j} \\ b_{2,j} \\ \vdots \\ b_{27,j} \end{bmatrix}$$

[UFJ 総合研究所 研究員 近藤 智]

参考文献

経済産業省経済産業政策局調査統計部「平成7年地域間産業連関表」平成13年3月

国際博覧会効果分析調査研究委員会「国際博覧会効果分析調査研究委員会 報告書」平成5年3月

財団法人 国際科学技術博覧会協会・(株)三菱総合研究所「『科学万博 - つくば '85』の社会的影響評価調査」昭和60年12月

通産省調査統計部「昭和35年地域間産業連関表による万国博覧会の経済効果の測定」昭和42年8月

Department of Prospective and Planning, "Study of the Macro-Economic Impact of EXPO'98 (1994-1998)" in Bulletin 1998, International Exhibitions Bureau:Paris pp39-66

Leontief, W., "Input-Output Economics", Oxford University Press 1986

NORD/LB Volkswirtschaft/Universität Hannover Wirtschaftsgeographie/NIW, " Regional wirtschaftliche Effekte der EXPO2000 Eine Schlussbilanz" 2001.07