

産業連関分析を用いた経済波及効果シミュレーション：中国遼寧省のケース*

松岡 博幸^{*1}, 柳 懿秦^{*2}

An Economic "Ripple Effect" Simulation Using Input-Output Analysis : A Case of Liaoning Province in China

Hiroyuki MATSUOKA^{*1} and Yiqin LIU^{*2}

^{*1} Department of Management and Information Sciences ^{*2} Graduate Student of Social System Engineering

We simulate an Economic "Ripple Effect" using input-output analysis. In particular, this study examines the economic effect of a nuclear power plant construction investment in Liaoning Province in China. As a result of the simulation, it is expected that the implementation of the project of 25 billion yuan will induce approximately a 2.41 times production inducement effect in that area. Especially influence on the nonmetal mineral manufacturing industry and the metal refinement rolling processing industry in Liaoning Province is big. The input-output tables of China are published every five years like in Japan. This study uses 2007 input-out tables of China, so the simulation result depends on the industrial structures of that year.

Key Words : 産業連関分析, 生産波及効果, 中国の産業連関表, 中国遼寧省, シミュレーション

1. 研究の目的

経済活動が行われる中で、各産業の財（モノ：goods）やサービス（services）の生産には、波及効果が生じる。例えば、自動車という財の生産には、タイヤが必要となるし、タイヤの生産には、ゴムが必要、ゴムの生産には石油が必要となるからである。様々な財・サービスの生産に関して、そのような波及効果が広がった結果、最終的には、その年に生産された各産業の財、サービスの合計が出る。国内総生産（GDP：Gross Domestic Products）である。ここでは、「国民経済計算」（System of National Accounts）ではなく、各産業別に生産の動きを捉えることができ、それに基づきシミュレーションが可能な「産業連関表」（input-output tables）について、その原理を説明し、問題点に触れ、実際、産業連関表を用いた経済波及効果のシミュレーションを行うのが、本研究の目的である。特に、エネルギー、あるいは原子力利用の利点・問題点に関する問題意識の一環として、この研究では、実際行われようとしている中国遼寧省の紅沿河原子力発電所第2期建設投資（第1期は実施済み）の事例を用い、経済波及効果を分析する。

2. 産業連関分析

2.1 産業連関分析とは

既に触れたように、様々な財・サービスの生産過程において、ある財を生産するために別の財を投入するなど、原材料の生産を通じて、相互に多くの産業が密接な関連を持っている。例えば、ある産業Aにおいて財・サービスを生産する場合、その原材料となる財・サービスBに需要が生じ、また、これらの需要を満たすために他の産業Cに生産が波及する。産業連関分析（input-output analysis）では、そのような経済波及効果を産業連関表と呼ばれる統計表によって分析することができる。また、産業連関表を用い、生産額の増加の他、各産業の価格へ

* 原稿受付 2014年2月28日

^{*1} 経営情報学科

^{*2} 社会システム学専攻大学院生

E-mail: matsuh@fukui-ut.ac.jp, njutryuushinn@yahoo.co.jp

の影響、雇用者数への影響の分析も行うことができる。

この産業連関表については、アメリカの経済学者であるワシリー・レオンチェフ（Wassily Leontief）が、1936年にアメリカを対象として作成したものが最初といわれている。その有名な著書『アメリカの経済構造 1919-1939』が出版されたのは1941年である。経済学の分野において、数学的に精緻であり、モデル体系としては洗練されているが、ともすれば、現実を説明するには抽象的になりがちな一般均衡分析（general equilibrium analysis）を、全産業をその対象とすることにより、現実の経済に適用しようとする試みである。また、それは、説明を単純化するために経済現象の一部分のみを取り上げる部分均衡分析（partial equilibrium analysis）への批判ともいえる。産業連関分析は、これら当時の経済学への批判が込められているが、いずれにせよ、産業連関表を用いることにより一国全体の経済を、場合によっては地域・国相互の関係を、具体的、現実的数値で説明できるところに大きな魅力・特徴がある。

この産業連関表に関しては、わが国の場合、5年毎に公表しているため、現在、利用可能な最新の産業連関表は、2005（平成17）年のものということになる。2010（平成22）年の産業連関表は、現時点では、公表されていない。5年ごとの発表という問題が、産業連関表を用いる場合の大きな足かせということとはできる。したがって、シミュレーションを行う時点によっては、ある程度前の経済構造に基づくシミュレーションであることには十分な注意が必要である。また、計算に際しては、波及の前提として、どの程度、生じた所得の内、消費に回るかを考えなければならないが（平均消費性向）、そこにおく仮定により結果も異なる。

2.2 産業連関表の仕組み

既に触れたように、産業連関表とは、一定期間（普通1年間）における一国の産業間、地域間、国際間の産業活動の相互依存関係を、一覧表の形で表したものである。特に、国民所得統計では取り扱われない産業間のやりとり、中間投入（原材料や燃料）の取引を明確に記録する点に特徴がある。

産業連関表は、それぞれ「内生部門」、「外生部門」と名付けられた部分の2つの部門に分けられる。

Table 1 産業連関表の基本的仕組み

	部門 A	部門 B	部門 C	中間需要合計	消費	投資	輸出	最終需要合計	輸入	国内生産額
部門 A										
部門 B										
部門 C										
中間投入合計										
付加価値 A										
付加価値 B										
付加価値合計										
国内生産額										

内生部門とは、農林水産業や鉱工業、建築・サービス業といった部門 A、部門 B、部門 Cにあたるものが、中間投入合計及び中間需要合計に囲まれた部門のことである（Table 1 網掛の部分）。産業相互の関係を記録したものであるといえる。これに対し、外生部門とは、横の行方向でいえば、消費、投資、輸出といった最終需要や輸入、あるいは縦の列方向でいえば雇用者所得や営業余剰などの付加価値部分のことである。産業相互での処理を超えた部分と捉えることができる。

産業連関表の見方については、縦（列）方向と横（行）方向でそれぞれ異なっている。

産業連関表を縦方向に見ると、部門 A、部門 B、部門 C といった縦の列部門それぞれが、その生産のために、財やサービスをどの横の行部門（部門 A、部門 B、部門 C）から購入（input）しているかという、縦の列部門それぞれの費用構成を知ることができる。Table 1 のように、この縦方向に関して、次の式が成り立つ。

$$\text{中間投入合計} + \text{付加価値合計} = \text{国内生産額} \quad \cdots \cdots (1)$$

一方、産業連関表を横方向に見ると、部門 A、部門 B、部門 C といった横の各行部門で生産された生産物が、

どの縦の列部門（部門 A, 部門 B, 部門 C）に需要（output）されているのか、販売の流れを見ることができる。この横方向に関しては、次の式が成り立つ（Table 1）。

$$\text{中間需要合計} + \text{最終需要合計} - \text{輸入} = \text{国内生産額} \cdots \cdots (2)$$

ここで、左辺で輸入を引くのは、国内で生産されたもの（国内生産額）と輸入したもの（輸入）の合計が、国内で中間需要と最終需要として需要されることになるので、右辺の輸入を左辺に移項する形をとっているに過ぎない。

2.3 投入係数とレオンチェフ逆行列

ここで、この後の分析を行う上で重要な概念である「投入係数」（input coefficient）と「レオンチェフ逆行列」（Leontief inverse matrix）について触れることにする。

投入係数とは、Table 1 の生部門の各部門において、1 単位当たりの生産を行うために、必要な原材料や燃料等の大きさを示したものである。具体的には、縦の列ごとの各部門の中間投入額をその列の国内生産額で除すことによって求める。

$$\text{各部門（列）の中間投入額} / \text{国内生産額（列）} = \text{投入係数} \cdots \cdots (3)$$

この式で導き出された投入係数行列に国内生産額を乗じると「中間需要合計」が出てくる。

$$\text{投入係数行列} \times \text{国内生産額} = \text{中間需要合計} \cdots \cdots (4)$$

式(4)を式(2)に代入し、式(5)を得る。

$$\text{投入係数行列} \times \text{国内生産額} + \text{最終需要合計} - \text{輸入} = \text{国内生産額} \cdots \cdots (5)$$

ここで、投入係数行列を A 、国内生産額を X 、最終需要を F 、輸入を IM とし、以下のように書く（均衡生産量モデルの基本方程式）。

$$A \cdot X + F - IM = X \cdots \cdots (6)$$

さらに

$$X - A \cdot X = F - IM$$

$$(I - A) \cdot X = F - IM$$

ここで、 I は単位行列であるが、 $(I - A)$ の逆行列 $(I - A)^{-1}$ を左から乗じ、

$$(I - A)^{-1} \cdot (I - A) \cdot X = (I - A)^{-1} \cdot (F - IM)$$

$$X = (I - A)^{-1} \cdot (F - IM) \cdots \cdots (7)$$

この式(7) の $(I - A)^{-1}$ がレオンチェフ逆行列である。この式により、ある部門の最終需要 (F) が 1 単位変化したとき、各部門に対して生産額 (X) がどれだけ誘発されるかを知ることができる。すなわち、 $(I - A)^{-1}$ を乗じることにより、その影響で生産額が増大することになる。

以上、投入係数行列 (A) 及びレオンチェフ逆行列 $(I - A)^{-1}$ は、今後の産業連関表を用いたシミュレーションを理解する上で、キーとなる概念となる。

2.4 輸入外生モデル、輸入内生モデル

産業連関表は、輸入の取り扱い方によっては、「輸入外生モデル」と「輸入内生モデル」に分けることができる。

輸入外生モデルとは、輸入を外生変数として扱うことにより、結局、既述の均衡生産量モデルの基本方程式と同じものとなる（式(6)）。

一方、輸入内生モデルでは、輸入を内生変数として扱う。投入係数行列 M を用い、これを均衡生産量モデルに代入することにより求めることができる。

$$\text{投入係数行列} M = \text{輸入} / (\text{中間需要合計} + \text{消費} + \text{投資})$$

$$\text{輸入} = M \times A \times \text{国内生産額} + M \times (\text{消費} + \text{投資}) \cdots \cdots (8)$$

ここで、投入係数行列を A 、国内生産額を X 、消費・投資を FD 、輸出を E とし、式(8)を式(6)に代入する。

$$A \cdot X + FD + E - (M \cdot A \cdot X + M \cdot FD) = X$$

$$X - A \cdot X + MA \cdot X = FD - M \cdot FD + E$$

$$\{I - (I - M) \cdot A\} \cdot X = (I - M) \cdot FD + E \cdots \cdots (9)$$

式(9)が輸入内生モデルの基本方程式である。

この場合のレオンチェフ行列 $(I - (I - M) \cdot A)^{-1}$ を左から乗じ、式(10)を得る。

$$X = (I - (I - M) \cdot A)^{-1} \cdot (I - M) \cdot FD + E \cdots \cdots (10)$$

3. 経済波及効果シミュレーション

3.1 中国の産業連関表

中国の産業連関表は、国家統計局により 1987 年から 5 年計画で作成され、現在、1987 年表、1992 年表、1997 年表、2002 年表、2007 年表が公表され、利用可能である。これらの全国表に対応して、各省の統計局により、省レベルの産業連関表が作成されている⁽¹⁾。下で取り上げる遼寧省の産業連関表も 5 年毎に公表されている。中国の産業連関表に関しても、今後さらなる充実が望まれる。

ここでは、遼寧省の 2007 年産業連関表 (42 部門)⁽²⁾を基に、式(10)を中心に計算を行う。⁽³⁾事例は、中国遼寧省紅沿河原子力発電所第 2 期建設投資 250 億元 (約 4000 億円) を行った場合の波及効果である (平均消費性向 0.7 と仮定)。

3.2 中国遼寧省

ここで、中国遼寧省について、簡単に触れておく。

遼寧省は、中国の東北地方の南部にあり、面積は 14.8 万平方キロメートル、14 市、省都は瀋陽である。瀋陽の他、大連市は、中国の北方の大きな深水不凍港を持ち、国際的交易が盛んで、東北地区の金融の中心ともいわれている。2012 年、省の総人口は 4,375 万人であり、地区総生産高は 2 万 4,800 億元で全 34 省区の 7 番目にあたる。実質成長率は 9.5%、特に第 2 次産業の成長率は 14% である。省の中心産業は、機械製造と化学工業であるが、農業も重要な産業となっている。また、1 人当たりの生産額は、5 万元である。省内では、外資企業も多く、3.5 万社にのぼり、また、217 の国家と商業取引をしている⁽³⁾。

ここで電力産業を取り上げると、2012 年遼寧省の総発電量、1,414.70 億キロワット時であり、その内、火力発電量は 1,282.27 億キロワット時、水力発電量 36.50 億キロワット時、原子力発電量は 0 である。また、2012 年の電力消費量は、1,899.88 億キロワット時であるため、不足分が 4 分の 1 あることになる⁽⁴⁾。現在、中国の各省は、電力不足やエネルギーの供給不足で、経済の急速な発展の阻害という問題を抱えている。これに対して、エネルギーの基礎施設の建設を進め、産業・民間へのエネルギーの供給を保障しなければならなし、また、新しいエネルギーの開発が求められている⁽⁴⁾。

この解決策の 1 つとして、遼寧省は、大連市で紅沿河原子力発電所を建設することを決定した。紅沿河原子力発電所は、中国の東北地区の最初の原子力発電所で、第 1 期の建設は 2012 年に完成しており、1 号発電機は、2013 年 2 月に運営が開始されている。第 1 期の 4 台の発電機により、年間発電量を 300 億キロワット時と予測している。さらに 2010 年 5 月、250 億元の建設投資を行い、第 2 期の建設を始めようとしている、完成予定は、2016 年である。完成後の紅沿河原子力発電所の年間発電量は、450 億キロワット時であり、結果として、これにより大連市の全電力使用量を満たすことができるものと考えられる⁽⁵⁾⁽⁶⁾。また、この原子力発電所建設により、同じ発電量の火力発電所と比べ、多くの石炭使用、CO₂ の排出の削減がもたらされることへの期待もある。

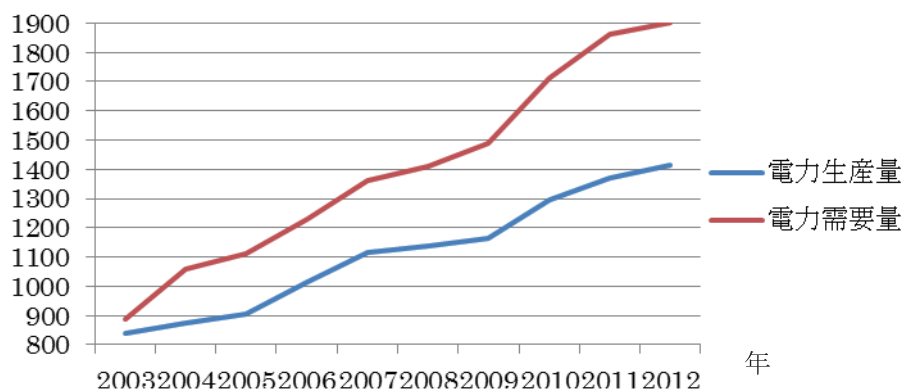
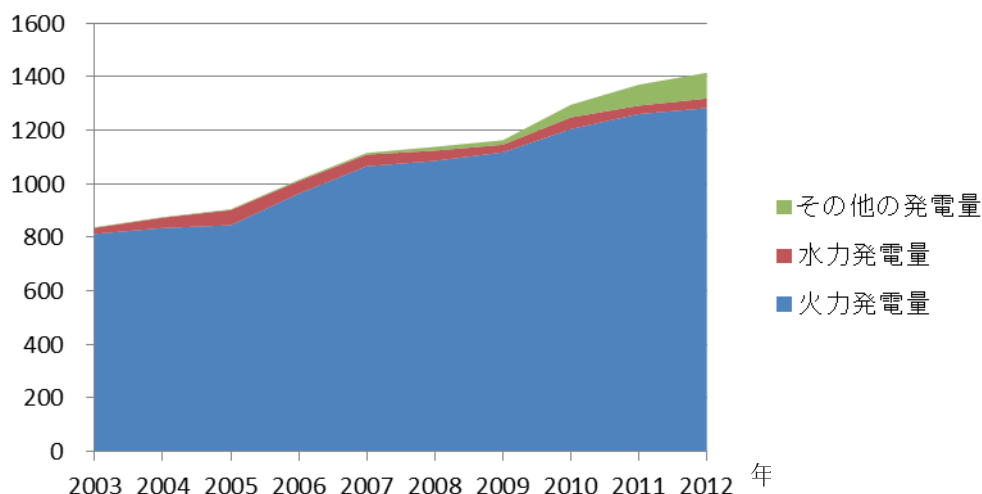


Fig.1 遼寧省電力生産量と需要量の推移⁽⁴⁾ (単位：縦軸-億キロワット時)

Fig.2 遼寧省電力生産量の内訳の推移⁽⁴⁾ (単位：縦軸 - 億キロワット時)

3.3 影響力係数, 感応度係数

最初に、遼寧省の産業の特徴を見るため、産業連関表による影響力係数と感応度係数の計算結果を見ておくこととする。この両数値は、遼寧省の産業連関表の逆行列表から計算する。

ここで、影響力係数 (index of the power of dispersion) とは、特定産業 (例えば建設業) の生産波及影響力と全産業の影響力の平均との比をみることにより、その特定産業が持つ影響力を相対的に捉えるものである。ここで、影響力とは、ある産業の最終需要が 1 単位増大したときの産業全体の生産誘発額のことである。例えば、建設業の影響力係数が 1.23 であれば、全産業の平均と比べて 1.23 倍の生産波及効果があることを示す。

遼寧省の場合 (Table 2)、食品製造・タバコ加工業が最も生産波及効果が大きく (1.29)、以下、電力・熱エネルギー生産供給業、木材加工家具製造業、宿泊飲食業、建設業、科学研究事業、非金属鉱業製造業、金属製品業、電気機品製造業、その他の製造業と続く。少なくとも遼寧省の場合、これらの産業が活性化されれば、他産業への波及が大きいといえる。

また、感応度係数 (index of the sensitivity of dispersion) とは、各産業全ての生産が増大した場合に、特定産業 (例えば建設業) にどの程度生産の増大が見られるかを示すもので、各産業における影響の平均との比をとることにより、特定産業 (例えば建設業) の相対的な感応度を捉える。例えば、電力・熱エネルギー生産供給業の感応度係数が 2.33 であれば、全産業の平均と比べて 2.33 倍の生産波及の影響を他産業から受けることを示す。

遼寧省の場合 (Table 3)、電力・熱エネルギー生産供給業が最も他産業から影響を受け (感応度 2.33)、以下、農業、化学工業、交通運輸・貯蔵業、金属精錬圧延加工業、卸売・小売、石油加工・コークス・核燃料加工、金融保険、食品製造・タバコ加工、交通運輸設備製造業と続く。少なくとも遼寧省の場合、他の産業が活性化されれば、これらの産業への波及が大きいといえることになる。

3.4 生産誘発効果

遼寧省における原子力発電所建設のために 250 億元の投資 (第 2 期) を行った場合、その 2.41 倍の経済波及があり、直接、第 1 次、第 2 次の生産誘発額の合計は、602 億元になることが分かった (Table 5)。

ここで、「直接効果」、「第 1 次波及効果」、「第 2 次波及効果」の意味について触れておく。

最初に、直接効果については、最初の投資額 (250 億元) が、他の省に需要として漏れないとした場合、250 億元が「直接効果」となる。

さらに、第 1 次波及効果とは、直接効果から誘発される生産額のことであり、逆行列表と直接効果から計算する。また、第 1 次「間接」効果とは、第 1 次波及効果の内、直接効果を除いた純増分を指す。ここでは、第 1 次波及効果の総額は、522 億元、その内、直接効果額が 250 億元であるから、第 1 次間接効果の額は、272 億元となる (Table 5)。

第2次波及効果については、第1次波及効果による雇用者所得誘発額と平均消費性向（0.7）を基に計算することとなる。80億元である。生産が消費を生み、消費が生産を生む流れである。

また、粗付加価値誘発額の合計は、198億元であり、その内雇用者所得誘発額の合計は86億元である。営業余剰誘発額は、56億元になり、30億元の間接税が生み出されると推計される。

2012年遼寧省の全税収入額は、2,317億元であり、その内個人所得税は61億元である。単純に計算すると、平均個人所得税税率は、2.63%となり、ここで推計した雇用者所得を基に計算すると、雇用者所得の税金誘発額は、2億元となる。

このように見ると、遼寧省における原子力発電所建設のための250億元の投資（第2期）は、遼寧省の地域に大きな経済効果をもたらすといえる。特に、産業別に見ると、非金属鉱物製造業（48.01億元）、金属精錬圧延製造業（43.61億元）、交通運輸・貯蔵業などに大きな誘発効果があることが分かった。

Table 2 影響力係数上位10産業（遼寧省）

順位	部 門	影響力係数
1	食 品 製 造 タ バ コ 加 工	1.286
2	電力・熱エネルギー生産供給業	1.252
3	木 材 加 工 家 具 製 造 業	1.170
4	宿 泊 飲 食 業	1.160
5	建 設 業	1.126
6	科 学 研 究 事 業	1.108
7	非 金 属 鉱 業 製 造 業	1.095
8	金 属 製 品 業	1.093
9	電 気 機 品 製 造 業	1.092
10	そ の 他 の 製 造 業	1.091

Table 3 感応度係数上位10産業（遼寧省）

順位	部 門	感応度係数
1	電力・熱エネルギー生産供給	2.331
2	農 業	2.220
3	化 学 工 業	1.939
4	交 通 運 輸 ・ 貯 蔵	1.763
5	金 属 精 錬 圧 延 加 工	1.675
6	卸 売 ・ 小 売	1.619
7	石油加工・コークス・核燃料加工	1.509
8	金 融 保 険	1.490
9	食 品 製 造 ・ タ バ コ 加 工	1.356
10	交通運輸設備製造業	1.070

Table 4 当初設定 (単位：万元)

最 終 需 要 額	2,500,000
内 県 内 最 終 需 要 額	2,500,000
消 費 転 換 係 数	0.7

Table 5 生産誘発効果のまとめ

(単位：万元)

分析結果	区分	生産誘発額		
			内粗付加価値誘発額	
			内雇用者所得誘発額	
第1次波及効果		5,215,042	1,621,767	696,838
	直接効果	2,500,000	692,336	406,173
	第1次間接効果	2,715,042	929,431	290,664
第2次波及効果		800,524	357,524	167,107
総合効果		6,015,566	1,979,291	863,945
波及効果倍率	2.41			

Table 6 営業余剰・間接税誘発額 (単位：万元)

営業余剰誘発額	564,550
間接税	296,993

Table 7 各産業への生産誘発効果 (単位：万元)

順位	部 門	生産誘発額
1	建設	2,537,673
2	非金属鉱物製造	480,113
3	金属精錬圧延加工	436,144
4	交通運輸・貯蔵	300,095
5	卸売・小売	222,817
6	石油加工・コークス・核燃料加工	198,262
7	電力・熱エネルギー生産供給	194,196
8	農業	186,662
9	化学工業	178,173
10	食品製造・タバコ加工	121,125

4. 結 言

産業連関表は、ある産業（部門）で生産されたものが、どの産業や家計などに消費されていくか（行方向）、あるいは、ある産業の生産物を生産するのに、どの産業から財を投入し、新たな付加価値を生産するか（列方向）を見たもので、「係数行列」及びその「逆行列」という概念を導入することにより、大きな操作可能性を持つ。

今回の研究では、この表を使った分析の問題点の確認と一定の事例に基づくシミュレーションを行った。産業連関表そのものについては、最新のデータの利用可能性の問題があり、また、シミュレーションについては、過去の経済構造と諸仮定に依存するものであることを確認した。

特に、ここでは、中国遼寧省における原子力発電所建設のための第2期250億円の投資（第2期）を例に、その経済的波及効果の分析を行ったが、当初投資額の2.41倍の経済波及効果を持つという結果になった。特に、遼寧省の非金属鉱物製造業や金属精錬圧延加工業の分野に大きな効果があることが分かった。

今後、この研究をさらに発展させ、分析の精緻化を図り、CO₂排出関連など、環境分析にも広げていきたい。

文 献

- (1) 環太平洋産業連関分析学会編，産業連関分析ハンドブック，2010 年，東洋経済新報社.
- (2) 中国国家统计局国民经济核算司，2007 年中国地区投入産出表，2011 年，中国国家统计局.
- (3) 百度百科ホームページ，遼寧省 (<http://baike.baidu.com/subview/2170/12526916.htm?fromId=40162>), (参照日 2014 年 1 月 24 日).
- (4) National Bureau of Statistics of China, National Data (<http://data.stats.gov.cn/index>), (参照日 2014 年 1 月 26 日).
- (5) 百度百科ホームページ，遼寧省紅沿河原子力発電所 (<http://baike.baidu.com/view/1091233.htm?fromId=3387672>), (参照日 2014 年 1 月 31 日).
- (6) 中国ウィキペディア，遼寧省紅沿河原子力発電所 (<http://zh.wikipedia.org/wiki>), (参照日 2014 年 1 月 31 日).
- (7) 入谷貴夫，産業連関分析入門，2012 年，自治体研究社.
- (8) 宮川幸三，王在喆，胡祖耀，清水雅彦，新井益洋，石田孝造，中国の地域産業構造分析，2008 年，慶應義塾大学出版社.
- (9) 石村貞夫，劉晨，玉村千治，Excel でやさしく学ぶ産業連関分析，2009 年，日本評論社.
- (10) 藤川清史，産業連関分析入門，2011 年，日本評論社.

(平成 26 年 3 月 31 日受理)