

# 日本における鉄鋼業の基幹産業としての役割

—産業連関表の基本的な解析が示す—

The Key Role of Iron and Steel Industry in Japanese Economy

—Demonstrated from the Analysis of Input-Output Table—

京都大学 大学院エネルギー科学研究科 教授

石原慶一 Keiichi Ishihara

NPO 京都エネルギー・環境研究協会 代表

京都大学 名誉教授

新宮秀夫 Hideo Shingu

## 1 はじめに

経済活動において、産業間あるいは産業と消費者との取引は、直接的には相対する売り手と買い手の2者の関係である。しかし、少し考えれば、経済活動の連関は、どんな場合にも、取引を行っている2者の背後にある、数知れない他の産業に及んでいることが伺えるであろう。例えば機械製造業に一定量あるいは一定額（例えば百万円）の鉄鋼が売られたとすると、その金額の中味を省みれば、鉱石生産、輸送、燃料、機械など、など数多くの産業との取引の結果が含まれている事はすぐに分かる。さらに考えれば、それら関連する産業との取引の後ろにも同様に、あまたの産業との取引が繋がっている。したがって、鉄鋼百万円の中味が何を含んでいるかを辿っていく事は容易なことでは無いようにおもえる。しかし、経済活動を支える全産業の構造、すなわち経済的な仕組みの解析には、実はそのような“元をとことん辿って調べる”ことが不可欠であることも極めて明らかなことである。

一つ一つの製品やサービスについて個別にそのような追跡をし始めたら大変な労力を要するのみならず、経済活動全体の中での、各産業の役割りなどを知ることも不可能であろう。しかし、少し考えると、すべての産業間の相互（2者ごとの）取引額を、例えば1年単位で全部集計する事は可能であることが分かる。つまり経済取引はいずれにしても2者の間で行われているのだから、すべての2者間の取引が表にされてさえいれば、その表は、先述の、とことん元を辿ったときの情報をも含んでいるはずである。

つまりすべての産業相互（2者間）の、年度毎の取引額を表示するマトリックスが作られていれば、それはその年度における全産業の趨勢に関する情報を、とことん元を辿った細かい連関まで入れて、余す所無く含んでいることになる。あとは、そのマトリックスから望ましい情報を如何にして読み出すかと言う、数理的な処理法だけを考えれば良いわけである。

このような発想法の元祖とされている考察が、重農主義（physiocracy）と呼ばれる経済学が重きをなしていた時代（スミスの古典派経済学以前）に出された。それは、フランスのルイ15世の顧問であったケネー（F.Quesnay）によって描かれた、経済表（初版1758年）である。ケネーは、全産業を、農民と商工業者と領主の三者とにおいて、それら3者の相互（2者間ごと）の年間取引金額を表にして、経済全体の概観を見ることが出来ることを示そうとした。

ケネーの経済表は領主を消費者と置いて解析すれば、極めて明快に3者（全産業）の経済活動の連関を示すものだったが、残念ながら、その経済表をマトリックスとして、数理的に解析する技術が示されていなかったため、この表はまるでスフィンクスの謎のように難解であるとお墨付きが、後にエンゲルスによって与えられる始末だった。エンゲルスは、ケネーの経済表を理解しているのは唯ひとりマルクスのみであると述べている。そして、そのマルクスの出した再生産表こそ経済活動の本質を示すものだと言っている。ケネーの経済表は土地から生産される1年分の富がすべて年内に3者で消費される事になっているが、マルクスは、労働による生産は余剰価値を生むのであり、それを資本家が搾取するというメカニズムを主張し、その事を明示するためにこの再生産表を利用した。

産業が複雑化して業種の細分化が極端にまで進んだ現代の経済活動について、ケネーの経済表の発想を応用して、一挙に全産業を含む経済の仕組みを解き明かそうとしたのが、レオンチェフ（これにより1973年ノーベル経済学賞受賞）<sup>1)</sup>が完成させた産業連関表を用いた分析法である。この表は産業連関表あるいは投入産出表とよばれる多くの国において定期的に作成され公表されている。日本においては1955年以降5年おきに作成されており、現在入手できる最近のものは1995年版である<sup>2)</sup>。また、これを補完する形で毎年延長表として補正を加えたものを公表しており<sup>3)</sup>、こちらの方は2000

年版が最新である。我が国においては例えば1995年版では産業を生産519部門、消費403部門に分け集計されており、その完成度は世界においても有名である。産業連関表は経済分析だけでなく、公害分析や二酸化炭素排出量などのライフサイクルインベントリー分析など幅広く用いられている。これらの分析法については多くの参考書が出版されているので興味のある方は参照して戴きたい<sup>4,5)</sup>。本稿では、産業連関表を用いて様々な角度から日本の鉄鋼業の位置付けを行い、日本産業における鉄鋼業のあり方を検討する。

2 産業連関分析法

2.1 静的分析

産業連関表の見方をまず簡単に説明する。表1に簡単な産業連関表の例を示す。表の左側は投入側の産業を示しており、上側は需要側の産業を示している。数字は取引額を表していて、例えば列方向にみていくとア産業はア産業から20、イ産業から60仕入れて付加価値を60加え140生産したことを示している。また、行方向でみるとイ産業はア産業に60、イ産業に30、最終需要者に40売っていることを示している。ところで最終需要者はア産業から50しか買っていないが、間接的にみればア産業はなにがしかをイ産業から仕入れているわけで、イ産業にも影響を与えているはずである。それを明確にするために各列を生産額で割って規格化した表を表2に示す。

この表からア産業を1生産するためにはイ産業から0.429買っていることが分かる。すなわち、ア産業から最終需要者が1単位だけ購入したとき、直接的にはア産業が0.143寄与するのだがこれを間接的な寄与まで含めると、 $0.143 + 0.143 \times 0.143 + 0.429 \times 0.538$ となり、これはちょうど投入係数を行列Aとした時、AにA<sup>2</sup>を加えたものに相当する。この間接的な効果を無限に考えて足し合わせていくと、次式で

与えられるような逆行列に収束する。これをレオンチェフ逆行列と呼ぶ。従って、レオンチェフ逆行列を調べれば直接、間接あわせた影響を求めることができる。

$$A + A^2 + A^3 + A^4 + A^5 + A^6 + \dots = (I - A)^{-1}$$

またこの関係は、生産額ベクトルをX、最終需要額ベクトルをFとしたとき、産業連関表の構成から

$$AX + F = X$$

となり、Xについて解くと

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

となり、同じ関係を導くことが出来る。すなわち、レオンチェフ逆行列は生産額における最終需要の影響を表していることになる。

従って、レオンチェフ逆行列の各列の値は、その列に最終需要が1単位起こったときに発生する生産額を表しており、列の和はその需要に対する全生産への波及の大きさを示している。一方、行和は各部門に1単位の需要が起こったときに必要な供給量全体を表していることになる。そこで列和を列和の平均で除したものを部門別影響力係数と呼び、行和を行和の平均で除したものを部門別感応度係数と呼ぶ。2000年の産業連関表簡易延長表(速報値)から輸入を控除したレオンチェフ逆行列から求められた50部門の影響力係数と感応度係数を図1、図2に示す。これから分かるように鉄鋼業は他産業に対する影響も他産業から受ける影響も大きいことが分かり、日本の産業の根幹にあることが分かる。

2.2 固有ベクトル分析

影響力係数や感応度係数は需要が変化したときの影響を見るのには都合がよいが、ずっとそれが続いているとき産業構造全体がどのような影響を受けているかについては明確ではない。そこで投入係数行列の固有値のうち最も値の大きい最大固有値を考える<sup>6)</sup>。

一般に非負行列の固有値はフロベニウス根と呼ばれる正の

表1 簡単な産業連関表の例

|      |   | 中間需要 |     | 最終需要 | 生産額 |
|------|---|------|-----|------|-----|
|      |   | ア    | イ   |      |     |
| 中間投入 | ア | 20   | 70  | 50   | 140 |
|      | イ | 60   | 30  | 40   | 130 |
| 付加価値 |   | 60   | 30  |      |     |
| 生産額  |   | 140  | 130 |      |     |

表2 表1に対応する投入係数表

|   | ア     | イ     |
|---|-------|-------|
| ア | 0.143 | 0.538 |
| イ | 0.429 | 0.231 |

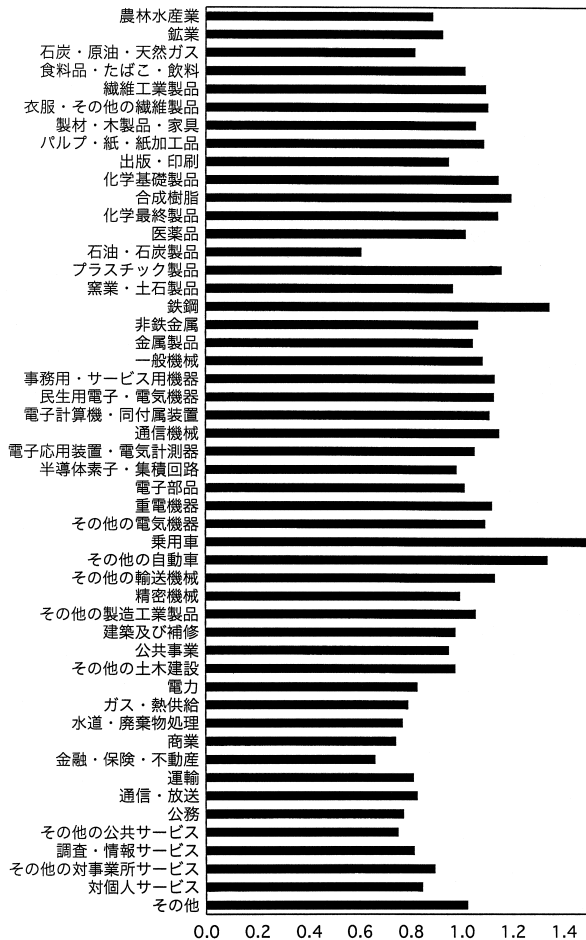


図1 影響力係数(列和)

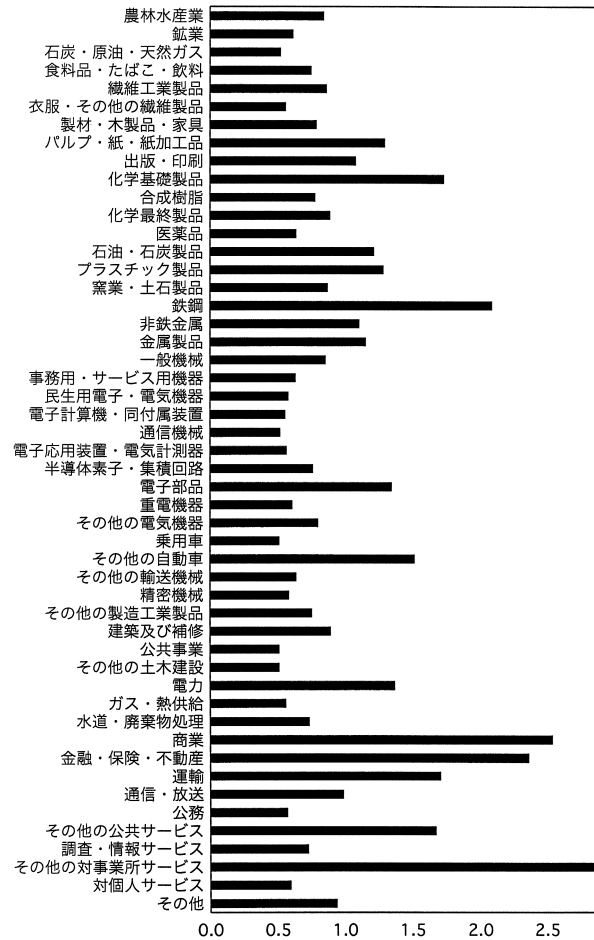


図2 感応度係数(行和)

固有ベクトルとそれに対応する正の固有値を有する。

投入係数行列はその定義から必ず正であるので、フロベニウス根を有し、それに対応する正の固有ベクトルが必ず存在する。またその最大固有値に対応する固有ベクトルの性質として、下式に示すように初期ベクトル $v_0$ によらず $n$ が十分大きければ $v_n$ は最大固有値を有する固有ベクトルに収束することが知られている。

$$v_n = A^n v_0$$

この意味するところは $A$ を投入係数行列とすれば最終需要がどのような形であってもその生産誘発は本質的に固有ベクトルの方向に生み出されるということを意味している。さらに固有ベクトルの性質から投入係数行列の固有ベクトルはレオンチェフ逆行列の固有ベクトルと一致し、両者とも最大固有値に対応している。先程用いたものと同じ2000年の産業連関表簡易延長表(速報値)による50部門の投入係数行列から求めた固有ベクトルを図3に示す。各成分の値は最大成分を1に規格化してある。これから分かるように圧倒的に鉄鋼部門が大きな成分を担っており、どのような需要が生じても究極的には鉄鋼部門に最も大きな影響を及ぼすように日本の産業構造は出来ているといえる。

### 2.3 遷移分析

さらに、産業構造の変化を調べるためにRAS法による分析をおこなった。これは投入係数行列の行方向の変化を表す代替効果乗数と列方向の変化を表す加工度係数をそれぞれ対角成分にもつ二つの対角行列、 $R$ 、 $S$ のみで変化を表すことができると仮定した解析法である。すなわち次式に示すように1990年の投入係数行列 $A(90)$ は1985年の投入係数行列 $A(85)$ の両側に対角行列 $R$ 、 $S$ を掛け合わせることで表されるとするものである。

$$A(90) = RA(85)S$$

この方法は投入係数行列の予測にも応用されている。図4および表3は、1985年から1995年にかけて各産業がどのような状況になったかを物価の変動を補正してある産業連関表接続表(32部門)を用いてRAS法により分析した図である。縦軸は $S$ の対角成分に対応しており加工度変化乗数と呼ばれ、値が大きいほど付加価値が減少していることを意味している。横軸は $R$ の対角成分に対応しており代替効果乗数と呼ばれるもので、値が大きいほど原材料の代替効果により相対的に発展していることを意味している。但し、 $R$ と $S$ には一意性がないため、それぞれの平均との差を平均で除した値に



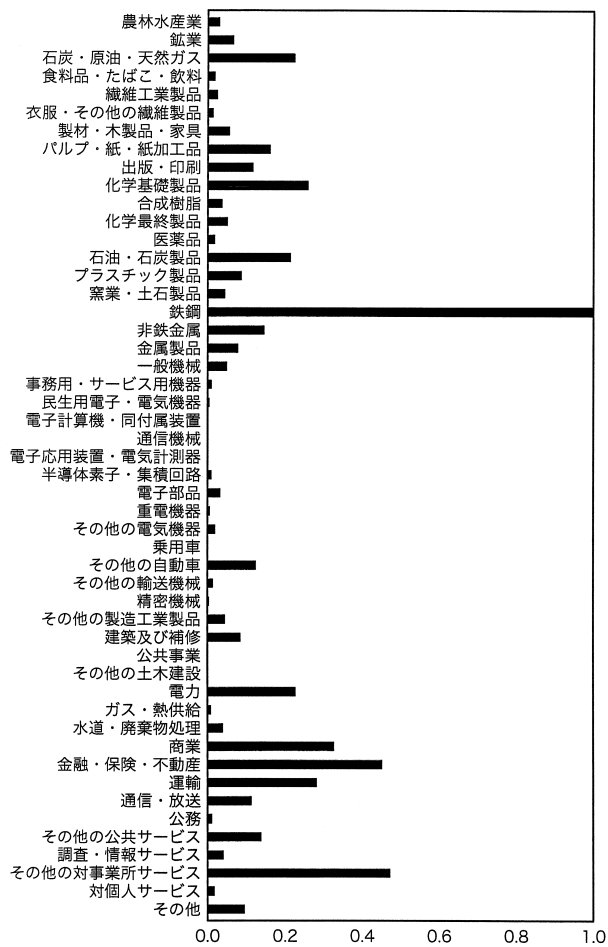


図3 係数行列の最大固有値に対応する固有ベクトル最大要素で規格化してある。

ついて1985年から1990年、1990年から1995年の動きを示している<sup>7)</sup>。この図から分かるように素材産業である鉄鋼業は左上に移ってきている。これは、産業が成熟してきたことを示し、今後この傾向が続くとすると原材料代替によって衰退が予想され、付加価値率も減少が予想される業種に分類される。

一方、電力・ガス・熱供給、廃棄物処理業は右の方へ移動しており、付加価値率の減少があるものの需要の大幅な増加が期待できる事を意味している。

従って、鉄鋼業が経済的に今後需要を伸ばせる部門として環境関連とくに廃棄物処理、電力・ガス・熱供給などに関与することは経済的に意義のあることであると考えられる。

### 3 日本における鉄鋼業

以上の結果より、日本における鉄鋼業は日本全体の産業構造の中で重要な位置を今でも占めていることが分かる。しかし、鉄鋼業が成熟産業であり付加価値、需要が減少していることも事実である。これについては先述の通り、鉄鋼技術の応用として廃棄物処理やエネルギー方面に取り組むことによりさらに基盤産業としての位置づけを獲得するものと思われる。また、鉄鋼業の技術ポテンシャルをみても社会的なニーズとしてもこれらの事業に取り組む体制は十分あることは周知の事実である。

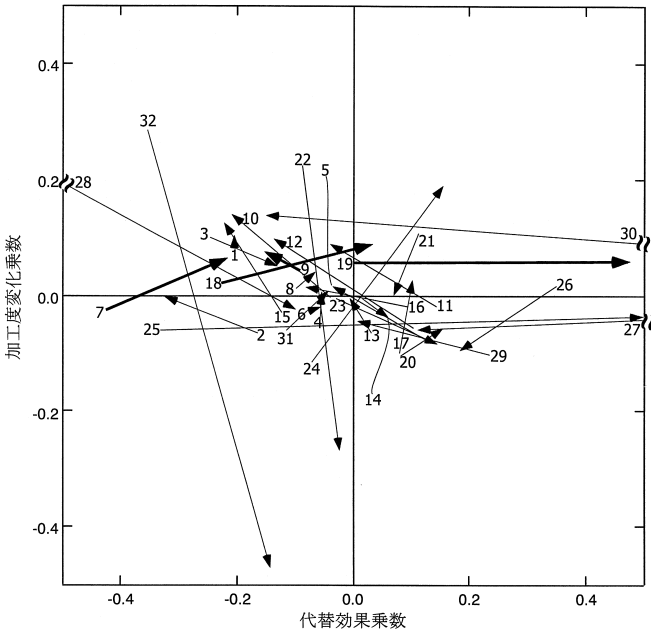


図4 RAS法による産業構造変化  
矢印の始点は1985年から1990年への変化値、矢印の終点は1990年から1995年への変化値を示している。

表3 RAS法による産業構造変化  
図4に示したグラフと対応している。

| No. | 項目         | 1985-1990年 |         | 1990-1995年 |         |
|-----|------------|------------|---------|------------|---------|
|     |            | 代替効果乗数     | 加工度変化乗数 | 代替効果乗数     | 加工度変化乗数 |
| 1   | 農林水産業      | -0.20      | 0.09    | -0.20      | 0.10    |
| 2   | 鉱業         | -0.16      | -0.07   | -0.32      | 0.00    |
| 3   | 食料品        | -0.25      | 0.10    | -0.13      | 0.05    |
| 4   | 繊維製品       | -0.07      | -0.02   | -0.06      | -0.02   |
| 5   | パルプ・紙・木製品  | 0.13       | -0.08   | -0.03      | 0.01    |
| 6   | 化学製品       | -0.06      | -0.04   | -0.05      | 0.00    |
| 7   | 石油・石炭製品    | -0.42      | -0.02   | -0.22      | 0.06    |
| 8   | 窯業・土石製品    | -0.10      | 0.01    | -0.07      | 0.04    |
| 9   | 鉄鋼         | -0.09      | 0.04    | -0.15      | 0.07    |
| 10  | 非鉄金属       | -0.04      | 0.00    | -0.21      | 0.14    |
| 11  | 金属製品       | 0.15       | -0.02   | -0.04      | 0.09    |
| 12  | 一般機械       | 0.10       | -0.06   | -0.13      | 0.10    |
| 13  | 電気機械       | 0.03       | -0.07   | 0.00       | -0.01   |
| 14  | 輸送機械       | 0.02       | -0.01   | 0.06       | -0.04   |
| 15  | 精密機械       | -0.12      | -0.03   | -0.22      | 0.12    |
| 16  | その他の製造工業製品 | 0.09       | -0.03   | -0.07      | 0.01    |
| 17  | 建設         | 0.08       | -0.10   | 0.10       | 0.02    |
| 18  | 電力・ガス・熱供給  | -0.23      | 0.02    | 0.03       | 0.09    |
| 19  | 水道・廃棄物処理   | 0.00       | 0.06    | 0.47       | 0.06    |
| 20  | 商業         | 0.08       | -0.11   | 0.15       | -0.06   |
| 21  | 金融・保険      | 0.11       | 0.11    | 0.07       | 0.00    |
| 22  | 不動産        | -0.09      | 0.22    | -0.02      | -0.27   |
| 23  | 運輸         | -0.03      | -0.01   | 0.14       | -0.08   |
| 24  | 通信・放送      | -0.07      | -0.12   | 0.16       | 0.19    |
| 25  | 公務         | -0.32      | -0.07   | 2.78       | 0.03    |
| 26  | 教育・研究      | 0.35       | 0.02    | 0.19       | -0.09   |
| 27  | 医療・保健・社会保障 | 2.55       | 0.08    | 0.11       | -0.07   |
| 28  | その他の公共サービス | -0.71      | 0.31    | -0.07      | -0.04   |
| 29  | 対事業所サービス   | 0.24       | -0.10   | 0.01       | -0.05   |
| 30  | 対個人サービス    | 1.53       | 0.05    | -0.16      | 0.08    |
| 31  | 事務用品       | -0.11      | -0.06   | -0.04      | 0.01    |
| 32  | 分類不明       | -0.35      | 0.29    | -0.14      | -0.47   |

## 4 おわりに

産業連関分析とはどのようなもので、どのようなことがいえるか、ある程度理解して戴いたのではないか。これまで産業連関分析は経済予測の狭い範囲で用いられることが多く、特に固有値解析などは、元来そこから産業連関分析が出發しているにも拘わらず、近来は余りなされていなかった。しかし、産業連関表そのものは始めに書いたように、経済活動の趨勢についての全ての情報を含んでいる。しかも、インターネットの普及によりデータへのアクセスが容易になったことにより技術者が直接解析することも可能となっている。この貴重なデータがもっと色々な角度から利用する工夫がなされても良いのではなかろうか。この小文はそのような可能性を、鉄鋼業が全産業の中で占める役割りに絞って例示する意図で書かれた。産業連関分析はここに述べただけでなく多くの分析手法が発表されている。興味のある方は是非試して戴きたい。

## 参考文献

- 1) W. Leontief : Input-Output Economics, Oxford University Press, New York, (1966)
- 2) 総務局統計局統計センター  
<http://www.stat.go.jp/data/io/>
- 3) 経済産業省経済産業政策局調査統計部  
<http://www.meti.go.jp/statistics/data/h2uio00d.html>
- 4) 宮沢健一：産業連関分析入門 第7版, 日経文庫, (2002)
- 5) 中村慎一郎：Excelで学ぶ産業連関分析, エコノミスト社, (2000)
- 6) 津野義道：経済数学II, 培風館, (1990)
- 7) 大川勉, 西垣高史, 森球美子, 町田光弘, 深瀬澄：経済学雑誌, 93 (1992) 1.

(2002年10月11日受付)