

主成分分析による経済の発展に伴う 鉄鋼材の需要変遷モデルの構築

A New Model to Explore the Relationship between Changes in Steel Demand and Economic Development Using Principal Component Analysis

醍醐市朗*、大木慧**、後藤芳一***

Ichiro Daigo, Kei Oki, Yoshikazu Goto

ABSTRACT

Many methods for forecasting metal demand have been proposed. Some are based on the intensity-of-use hypothesis, which states that metal demand peaks with economic development because of technological advancements and the transition to a service-based economy. However, in reality, only a few economies have exhibited steel demand in sync with this hypothesis. A previous study proposed a new concept to explain steel demand transition by distinguishing metal demands arising from the capital goods and consumer goods sectors, respectively. The new hypothesis states that steel demands peak at different times for these two sectors, with capital-sector demand peaking earlier. To overcome the limitations of the capital/consumer-sector metal demand hypothesis, we proposed a new method to distinguish between capital-sector and consumer-sector metal demands, as this type of analysis has hardly been undertaken. We used steel demand data from 1958 to 2014, originally classified into 99 end uses, and employed principal component (PC) analysis on it. The first PC component showed a time-series change similar to changes in total steel demand, while the second PC component showed a peak demand for the year 1973, which explained the causes for 0.4 and 0.27 of the total demand variation, respectively. The second component pertained to capital-sector steel demands. We classified end uses that had

* 東京大学大学院工学系研究科 准教授

Associate Professor, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

** 東京大学工学部 学生

Student, Faculty of Engineering, The University of Tokyo

*** 東京大学大学院工学系研究科 教授

Professor, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

higher positive coefficients in the second component as capital-sector steel demands, estimated the material stock in use as those end uses, and used this as a linearly explanatory demand variable for all other total demands. Until GDP growth is saturated, the linear regression expression performs well, which shows that all other end uses are regarded as consumer-sector steel demand. After GDP saturation, the consumer-sector steel demand has a linear relationship with GDP growth rates. Twenty end-use steel demands were classified as capital-sector metal demands dominating in the early stage of economic growth. Therefore, PC analysis is a tool to distinguish between capital-sector and consumer-sector end demands.

要 約

金属需要量の将来推計に関して、様々な手法が提案されてきている。そのうちの1つに、金属需要量は、経済発展とともに技術の進歩やサービス経済への移行によりピークを示すという intensity of use 仮説がある。しかしながら、実際の金属需要量がその仮説通りの変遷をした例は多くない。近年、金属需要量の変遷を説明する1つの方法として、資本財用途とする金属需要と消費財用途とする金属需要に区別することが提案された。この手法では、資本財用途需要と消費財用途需要は異なる時期にピークを示し、前者のピークの方が後者よりも早くピークを示すとした。しかし、資本財用途と消費財用途に関する定義ならびに、金属需要量の用途を2種類に区分する手法については、検討の余地が残されている。本研究では、この資本財用途と消費財用途に区分する概念を踏襲しつつも、需要量を2種類に区分する新たな方法を提案した。世界で最も詳細な用途区分を有する金属需要統計である99用途に区分された日本における鉄鋼材需要量の1958年から2014年のデータを用い、主成分分析を実施した。第1、第2主成分は、それぞれ0.4と0.27の寄与率であった。第1主成分は、総需要量の変遷と似た傾向を示した。第2主成分は、1973年にピークを示したため、資本財用途の需要量を表していると考えた。第2主成分の主成分負荷量の大きな用途について、それら用途における鉄鋼材ストック量を推計した。それら用途の鉄鋼材ストック総量を説明変数とし、それ以外のすべての用途の需要総量を被説明変数とした単回帰分析を実施した。GDP成長が飽和するまでは、この単回帰分析により有意に説明されたため、被説明変数に計上した用途は、消費財用途の需要量と考えた。飽和した後では、消費財用途の需要総量は、GDP成長率により有意に説明された。20種の用途が、経済発展の初期に主要な需要となる資本財用途と区分できた。主成分分析は、資本財用途と消費財用途の金属需要を区分する有効な手法の1つであることがわかった。この区分に従うことにより経済発展とともに鉄鋼材需要量は、資本財用途から消費財用途へ推移してきたこともわかった。

キーワード：将来需要推計、資本材需要、消費材需要、ストック量推計

Keywords: future demand estimation; capital-sector metal demand; consumer-sector metal demands; stock estimation

1. 緒言

鉄鋼材は、建築物や土木構造物を構成する構造材として用いられ、鉄道の軌条や自動車の主要部材として用いられ、経済発展におけるインフラの整備等のために不可欠な素材である。発展途上の国は、インフラの整備に伴って増加すると想定される鉄鋼材の需要を賄うために、国内で生産するか、海外から調達する必要がある。

近年の世界における鉄鋼生産のキャパシティの増加は著しく、2000年以降、特に新興国における建設業や製造業の活動を支えるために、そのキャパシティは2倍以上になってきた (De Carvalho et al. 2015)。現在の鉄鋼需要が約16億トンに対して、そのキャパシティは22億トンであり、キャパシティが過剰であるといわれている。さらに、設備の内訳をみると、非OECD国が71%を占めており、非OECD国が世界の鉄鋼業の拡大をけん引していることがわかる (De Carvalho et al. 2015)。ある地域の過剰設備の状況は、グローバル市場の鉄鋼業においては、他の国や地域の生産を置き換えることになる。その結果、鉄鋼業では、価格の低下、利益率の低下、ひいては倒産や地域の雇用喪失につながる。

鉄鋼業は、他の観点として、炭素排出強度の大きな産業としても認識されている。日本の鉄鋼生産により誘発される温室効果ガス排出量は、その原単位においては、他のどの国より低い (RITE システム研究グループ 2012)。温室効果ガス排出削減のためには、なるべく温室効果ガス排出原単位の低い設備での生産が望まれる。鉄鋼業の立場からは、効率が悪い技術により操業されている設備を整理するなど、設備の再整理を含め市場の状況を変革することが望まれる。他方、政策の立場からは、市場メカニズムが適正に働くよう、新設の促進や倒産企業の閉鎖の引き延ばし等、市場を歪めるような支援を避けることが望まれる。

このように市場の適正化が望まれる一方で、現在の需給バランスが供給過多になっている

1つの要因は、新興国等での需要量の推移を的確に把握する手法論の欠如があったと考えられる。先進国における過去に経験した1人あたりGDPと1人あたり消費量との関係を中国に適用することで、将来のGDP予測値から中国の鉄鋼材消費量は予測されていた。2005年に、国際鉄鋼連盟 (当時 International Iron and Steel Institute、現 World Steel Association) (IISI 2005) は、2010年に3.4億t/year、その後単調増加し2030年で6.1億t/year (最小で4.9億t/year、最大で7.2億t/yearとの幅とともに) になると推計した。2006年には奥野 (2006) が、同手法にて2010年で3.3億t/year、その後単調増加し2030年には6.5億t/year前後の消費量になると推計していた。この推計結果と実績を比較すると、2010年には5.8億t/yearになり、2012年には、既に6.6億t/yearに達した。このように、実態が予測よりも著しく早く需要増加したことも、現在の過剰設備の誘因になっているとも考えられる。

鉄鋼材の将来需要推計の手法は、いくつか提案されてきている。1人あたりGDPに対する1人あたりの素材消費量の経年変化が逆U字型になるという Intensity of use hypothesis (IU 仮説) がある (IISI 1972, Malenbaum 1978)。Crompton (2000) は、IU 仮説を用いて日本の鉄鋼材消費量の推移を説明した。他にもいくつかのIU 仮説を適用した研究はあるものの、複数の国における需要量変化を比較したものはほとんどなく、すでに発展した国での経験をこれから発展する国へ適用できるかどうかは明らかになっていない。IU 仮説の他にも、Stock-driven model (ストック駆動モデル) が提案されている (Hatayama et al. 2010)。1人あたりの鉄鋼材や自動車のストック量や保有台数が、1人あたりGDPや1人あたり収入の増加に従い飽和傾向を示す経験則 (Mueller et al. 2006, Dargay et al. 2007) を用いて、物質ストック量の飽和曲線による将来推計をもとに、将来の需要量を推計するモデルである。しかし、飽和傾向を示すことは経験則であり、そのメカニズムは理解されておらず、今後発展する国が同じ産業構造において同じ成長過程を追いかけるか

どうか不明確である。さらに、GDPは、様々な経済活動の結果であるため、GDPを説明変数として素材の需要変化を説明することは、何の経済活動が需要変動の直接の要因となったか判別することが困難であり、異なる経済発展をたどる国へ適用できるとは限らない。実際に、醍醐ら（2014）により、後年に発展する国ほど、素材の消費ピークを迎える時の1人あたりGDPは小さくなることが示されており、素材のフロー量やストック量の推移は、その国が経済発展する時期により異なると考えられる。

このように、鉄鋼材需要において、経済発展に向けた適切な生産設備の計画は重要であるにも関わらず、今までの将来需要推計手法では、実際に市場は失敗してきた。そこで、本研究では、鉄鋼材の多様な用途の需要量を区別し、統計的手法を用いることで、用途に応じた2つの異なる需要変遷メカニズムにより需要量の推移を説明することを目的とした。

2. 資本材と消費材

素材の需要量を、その総量において予測することには限界があると考えられる。一方で、橋梁や道路網というインフラが整備されなければ自動車の需要が喚起されないと考えられる。舟田ら（2015）は、同じ素材であっても、ある用途のストック量が、他の用途の需要量を説明する可能性に着目し、前者を資本材、後者を消費材と定義することで、日本の高度経済成長期における鉄鋼材の用途別需要の変遷を明らかにした。しかしながら、高度経済成長期に限られた分析であり、提案のモデルが適用された対象が限定的であった。

そこで、本研究では、鉄鋼材の用途別の需要量の長期的な時系列変化について、用途の間で比較すると他の用途よりも早い時期に多く消費される用途と、他の用途より遅い時期に多く消費される用途があり、それら2種類に用途を区分することとした。前者は、経済発展の早期に多く必要とされる資本財に関連する用途であることが想定される。後者は、経済発展の後期に

多く必要とされる消費財に関連する用途であることが想定される。これら2種類の間で異なるメカニズムにより需要を説明することを考えた（図1参照）。資本財や消費財は、財やサービスとして取引される最終製品を意味するため、それらの財を用途とする鉄鋼材を、本研究では、便宜上「資本材」と「消費材」と呼ぶこととした。資本財や消費財の定義は、総務省統計局による鉱工業製品の財分類（経済産業省調査統計グループ経済解析室 2011）にあるものの、本研究での分類の目的が、総務省の分類の目的とは異なるため、この分類を参考にしつつも、定義は適用しなかった。舟田ら（2015）の定義とも異なることに留意されたい。なお、図1には、IU仮説で示されている消費量の逆U字型の変遷もともに示した。本研究で想定した異なる2つのメカニズムを足し合わせた総消費量の変遷として、IU仮説と反することはないことが分かる。

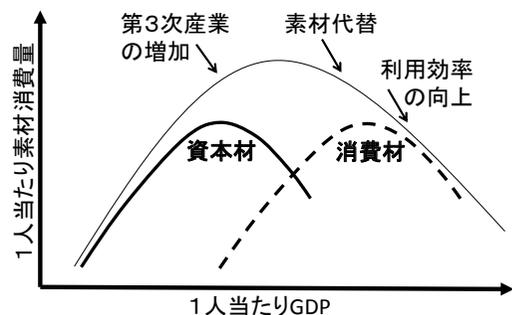


図1 資本材需要と消費材需要の時系列変化に関する概念図

3. 主成分分析

3.1 分析手法

重回帰分析では、説明変数間に相関がある場合重回帰係数が不安定になりやすいという、多重共線性の問題がある。主成分分析では、元の変数の線形結合で表される新たな変数（主成分）へ要約することで、この多重共線性を回避でき、多次元のデータの持つ情報をできるだけ失うことなく分析できるメリットがある。

主成分分析では、 n 個の p 次元のデータを別の軸に射影するとき、その分散が最も大きくなるような射影軸が第 1 主成分となる。次に、第 1 主成分に直行するという条件の下で次に最も大きい射影軸が第 2 主成分となる。第 3 主成分以降も同様である。分散が最大になるように主成分を決定することは、データの分散共分散行列の固有値と固有ベクトルを求める問題に帰することができる。その固有ベクトルが主成分となり、固有値の大小がそれに対応する主成分(固有ベクトル)に含まれる情報の多さを示す。そのため、固有値の総和に占める i 番目に大きい固有値の割合を、第 i 主成分の寄与率という。固有値が大きな順に、それに対応する主成分を、第 1 主成分から順に、第 i 主成分とよぶ。なお、主成分分析に供されるデータは、その平均と分散が基準化(平均 0、分散 1)された無次元量と加工され、分散共分散行列は、対角に 1 を持つ相関係数行列となる。

主成分分析を 1958 年から 2012 年の日本における 93 用途に区分された鉄鋼材需要量に適用した。分析に用いたデータは、著者らが知る限りにおいて、世界の中で最も詳細な用途区分によって整備されている日本の鉄鋼材需要量を用いた。鉄鋼材の需要量は、普通鋼鋼材用途別受注統計明細表(日本鉄鋼連盟 鉄鋼統計専門委員会 1969-2012)に記載の各年の年次合計値を用いた。この統計表は、鉄鋼材の用途を 18 種類の中分類の用途に、さらに詳細には 99 種類の用途に区分して集計されたものである。本統計で集計されている受注量とは、鉄鋼材を加工・組立する製造メーカーから製鋼メーカーへの受注段階でえられる鉄鋼材の量である(日本鉄鋼連盟 鉄鋼統計専門委員会 2012)。受注量でカバーされていない需要分もあるが、先述の詳細な用途区分のメリットを優先させ、本研究においては、統計上の用途別受注量を用途別需要量として扱った。本受注量は、1958 年から存在するが、用途区分が、1959 年、1963 年、1968 年に 3 回変更されていたため、舟田ら(2015)と同様に、過去 3 つの用途区分を 1968 年以降の用途に統一して用いた。なお、販売業者向け、シャースリット業者向けの受注分は、鉄鋼生会社から商

社等の販売業者を経て製造業者に受け渡される受注量であり、そのままでは最終用途が示されていないことになるため、販売業者等から各中分類に最終的に受け渡された各年の割合を別資料(日本鉄鋼連盟専門委員会 1985-2004)から得て、最終用途に振り分けた。なお、中分類の「販売業者向」からの受け渡しが無い「非報告者間取引」、「報告者間取引」を除いた 93 種類各用途の受注量は、中分類内での各年の受注量割合に応じて振り分けた。これにより、統計上の 99 用途の中で最終用途として 93 種類の用途が整備できた。

3.2 分析結果

主成分分析では、各主成分に対応する固有値の値が大きいほど説明力が高い。すべての主成分に対応する固有値の和に対する各固有値の比率が寄与率となる。本分析の結果、第 1 主成分は寄与率が 41%、第 2 主成分は 26%、第 3 主成分は 9%、第 4 主成分は 6% となった。第 2 主成分までの累積寄与率が 67% であったため、第 2 主成分までを分析対象とした。

第 1 主成分を図 2 に示す。図 2 には、鉄鋼材の全用途における国内需要量の合計値の推移とともに示した。第 1 主成分は、全ての用途の需要量の推移と類似していることがわかる。第 1 主成分と国内総需要量はともに、オイルショック(1973 年)、バブル崩壊(1991 年)、リーマンショック(2008 年)の経済における大きな変化点において大きく下落しており、景気に影響されていたことがわかる。

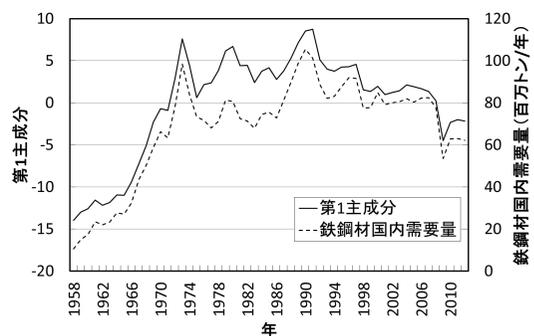


図2 第1主成分と国内総需要量の推移

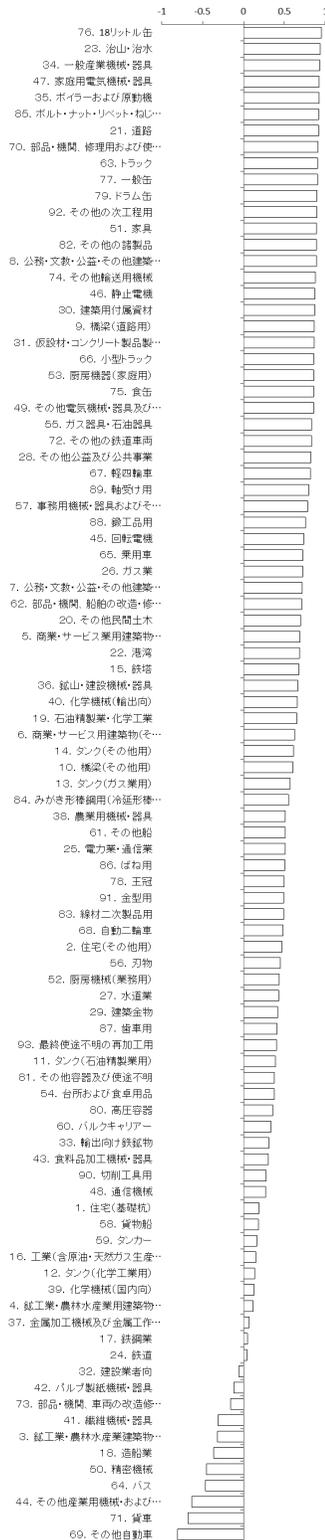


図3 第1主成分の各用途の主成分負荷量

第1主成分の各用途の主成分負荷量を図3に示す。ほとんどの用途において正の値を、その大半は大きな正の値を示した。これは、ほとんどの用途において、全用途の需要量とともに変化していることを示す。よって、第1主成分は、鉄鋼材需要量の総量としての変化の大勢を表す成分であると考えた。本研究の目的とする資本金材と消費材の区分に対しては、第1主成分の結果の示唆は小さかった。

次に、第2主成分を図4に示す。第2主成分は、1973年にピークを持ち、その後減少傾向を示した。これは、2章で導入した資本金材の性質を示していると考えられた。図5に第2主成分の各用途の主成分負荷量を示す。ここで、正の大きな値を持つ用途は、資本金材としての性向を持つと考えた。区分のための閾値について客観的な判断基準はないものの、ここでの主成分負荷量が0.3以上の用途を資本金材に区分することとした。42種の用途を資本金材と区分し、残りの51種の用途を消費材と区分した。資本金材には、鋳工業、農林水産、化学、食品加工、繊維、通信、鉄鋼、農業、金属加工、パルプ製紙などの各種産業向けの機械・器具および設備（タンクや鉄塔）で18種の用途、運輸に関する鉄道、造船、港湾などで10種の用途、電力・ガス・水道の生活インフラに関して3種の用途などが含まれた。消費材には、一般産業機械や回転電機など小型の産業用電気機、械具、部品で16種の用途、公務やサービス業に関する建物や装置類で7種の用途、自動車や道路に関する6種の用途、住宅に関する3種の用途が含まれた。

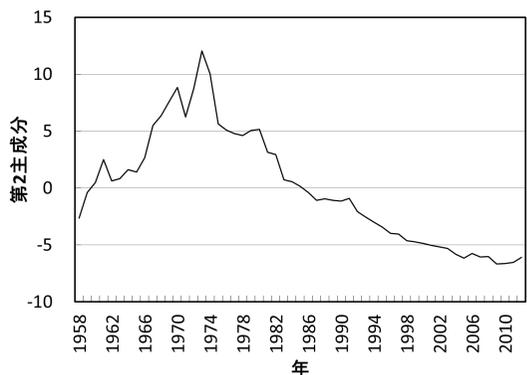


図4 第2主成分の推移



図5 第2主成分の各用途の主成分負荷量

4. 考察

4.1 資本金ストック量による消費材需要量の説明

資本金と消費材の関係性を明らかにするために、資本金についてはストック量を推計した。ストック量の推計手法は、舟田ら(2015)と同様に動的分析手法を用いた。1958年から2012年までの資本金ストック量に対する消費材需要量を、図6にプロットした。経済の変革による大きな転換点である1973年のオイルショックと1991年のバブル崩壊が、本結果にも明示的に表れていたため、それぞれ1958年から1973年を第I期、1974年から1990年を第II期、1991年から2012年を第III期とし、各期について考察した。第I期については、資本金ストック量と消費材需要量は線形回帰により有意に説明された(F検定による有意確率1%水準)。第II期についても、資本金ストック量と消費材需要量は線形回帰により有意に説明された(F検定による有意確率1%水準)。さらに、第I期の回帰式と第2期の回帰式は、傾きで13%、切片で8%の違いしかなかった。そのため、資本金ストックと消費材需要量の関係においては、第I期と第II期に大きな違いはないと考えられた。第I期、第II期を通じては、資本金としての鉄鋼材の使用量の増加に同調して、消費材の需要量が増加してきたと考えられた。第I期については、資本金と消費材の区分方法は異なっているものの、舟田ら(2015)の結果が確認された。本手法では、さらに長期において説明できるモデルを提示できた。

一方で、第III期については、図6からも250万トン程度のところで資本金のストック量が飽和をしていることがわかる。そのため、消費材の需要量を、あまり変化のない資本金のストック量で説明するのは困難であったと考えられた。そこで、1958年から2012年の需要量を、資本金と消費材の別に区分し、その割合の推移を図7に示した。消費材の割合が、S字曲線に従って増加しており、ロジスティック曲線で当てはまりよくフィッティングできた。この結果

から、第Ⅲ期に関しては、資本材のストック量が飽和し、その需要量はほぼ更新需要であり、全需要量の2割にも満たず、需要量は消費材が大半である状態と理解できた。ここで、第1主成分において得られたように、鉄鋼材の総需要量は景気に影響されていると考えられた。そこで、消費材の需要量は、総需要量のほぼ一定割合で推移し、その大半を占めることから、景気の変動による説明ができると考えた。果たして、図8に示すように、GDP成長率を説明変数にすることで、第Ⅲ期の消費材需要量は有意に説明された（F検定による有意確率1%水準）。

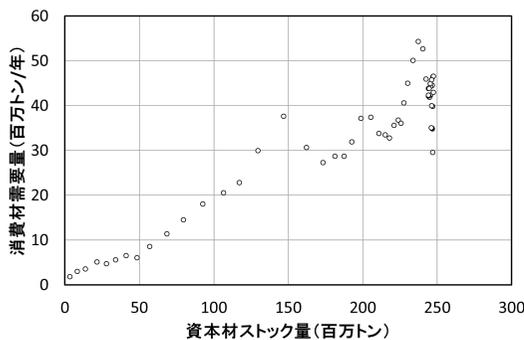


図6 1958年から2012年までの資本材ストック量に対する消費材需要量の推移

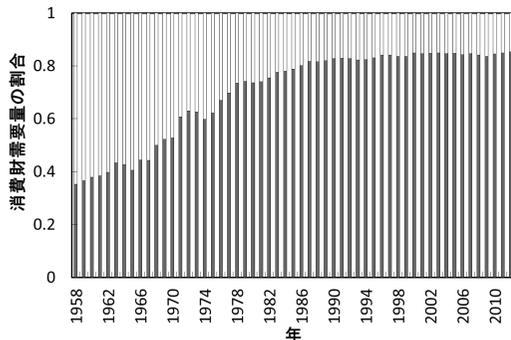


図7 1958年から2012年の需要量に占める資本材と消費材の割合の推移

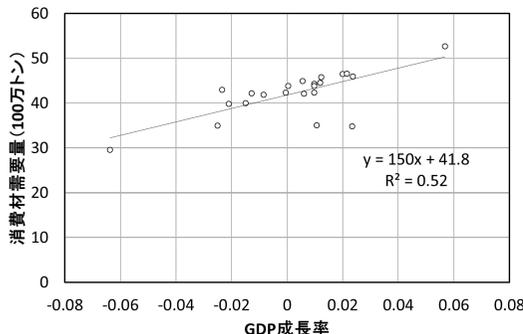


図8 1991年から2012年のGDP成長率に対する消費材需要量

4.2 他の手法との比較

本研究においては、経済の発展初期に必要なとなる鉄鋼材需要としての資本材と、その後に需要が増加する消費材の用途を区分することで、経済発展に伴う鉄鋼材の供給計画をより妥当なものとするを目的としている。国により基幹となる産業が異なっていることや、発展の時期により用いる技術が異なることから、日本の分析結果をそのまま流用はできないと考えられる。そのため、日本において資本材と判別された用途について、当該国におけるそれらインフラ等の整備計画から鉄鋼材需要量を推計することが実際には望まれる。しかしながら、本研究で示した資本材と消費材の判別手法である主成分分析は、可能性のある手法のうちの1つではない。そこで、他の分析手法による判別と比較をした結果を表1に示した。表1では、各用途は、本研究で得られた第2主成分の主成分負荷量を降順に並べた。

本研究と同様のデータを用いて、用途別の鉄鋼材需要量の時系列変化を、Ward法を用いてクラスター分析（上田2003）することで、用途を7つのクラスターに区分した。クラスター分析は、与えられたデータを外生的な基準なしに自動的に分類する手法であり、教師なしデータ分類手法に区分される。クラスター分類は、主に階層的クラスター分析法と非階層的クラスター分析法の2つに大別されるが、ここで用いたWard法は階層的クラスター分析法を代表する手法である。Ward法では、各用途の需要量推移がより類似している用途間の距離がより小さく評価される距離関数を用いる。用途間の距離が近いものからクラスター化され、さらに用途とクラスターの間やクラスター間も、距離が近いものからクラスター化され、用途が階層的に分類（クラスター化）される。区切る階層によりクラスター数は変わるものの、本分析では7つのクラスターに区分される階層で区切ることにした。区分された7つのクラスターのうち3つのクラスターは、他の4つのクラスターよりも早期に需要のピークを迎えていることから、3つのクラスターに属する用途を資本

材、残りの用途を消費材と区分できた（藤原 2014）。表 1 では、クラスター分析の列項目に、資本材と区分された 3 つのクラスターに属する用途にマークした。

舟田ら（2015）は、1958 年から 1973 年までの鉄鋼材需要データを用いて、その用途のストック量により他の用途の需要を喚起する用途と、他の用途のストック量により需要が喚起される用途の 2 種類が存在すると考えた。ある用途の鉄鋼ストック量に対して、他の用途の需要量が線形関係にあり、その y 切片が負の値であるような関係である場合、その関係に前者の用途が資本材、後者の用途が消費材の性向を持つと判断できるとした。表 1 では、線形分析の列項目に、その用途のストック量を説明変数とした際の y 切片の値を示した。

さらに、資本材の呼称に類似する、資本財の定義（総務省統計局 2016）は想定耐用年数が 1 年以上であるものの、耐用年数（国税庁 2009、Nomura and Momose 2008）が 15 年以上である鉄鋼材の統計上の各用途も同様に比

較した。表 1 では、耐用年数の列項目に、その用途をチェックした。

本研究の結果とクラスター分析の結果は、比較的同じような用途が資本材として判別された。一方で、ストック量に対する需要量の線形関係から判別された用途は、使用年数が長いものが多く抽出されていたことがわかる。この違いの 1 つには、線形関係の判別に用いられたデータが経済発展の初期段階のデータだけであったことが挙げられた。この手法では、資本財のストックが整備されることに伴う他の財の需要量の増加との関係が明確になってはいると考えられるものの、鉄鋼材需要量の経済発展に伴う増加の動向を明確にはできていなかったと考えられた。

さらに、表 1 で示した主成分分析による結果において、上記の分析は主成分負荷量 0.3 を閾値として、それ以上の用途を資本材と判別することとした。0.3 の閾値は恣意的に決定したが、0.2 や 0.4 と他の閾値を用いて分析した場合も、同じ結論が得られた。

表 1 資本材と区分された鉄鋼材需要量の統計における用途

	本研究	クラスター分析	線形分析	耐用年数
39. 化学機械（国内向）	0.93	✓	0.00	✓
4. 鉱工業・農林水産業用建築物（その他用）	0.88	✓	-0.45	✓
43. 食料品加工機械・器具	0.86	✓		
41. 繊維機械・器具	0.85	✓		
24. 鉄道	0.82	✓	-0.64	✓
27. 水道業	0.81	✓	0.03	✓
78. 王冠	0.81	✓		
54. 台所および食卓用品	0.79	✓		
11. タンク（石油精製業用）	0.77	✓	0.14	✓
32. 建設業者向	0.76	✓		
84. みがき形棒鋼用（冷延形棒鋼用を除く）	0.76	✓		
18. 造船業	0.76	✓	-0.15	✓
25. 電力業・通信業	0.72	✓	0.09	✓
48. 通信機械	0.70	✓		
17. 鉄鋼業	0.70	✓	-0.79	
83. 線材二次製品用	0.68	✓		
38. 農業用機械・器具	0.67	✓		
64. バス	0.66	✓	-0.18	
81. その他容器及び使途不明	0.66	✓		
68. 自動二輪車	0.64	✓		

73. 部品・機関、車両の改造修理用および用途不明	0.63	✓		
37. 金属加工機械及び金属工作機械	0.63	✓		
16. 工業（含原油・天然ガス生産業）	0.62	✓		
59. タンカー	0.60	✓		
26. ガス業	0.60	✓	-0.04	✓
71. 貨車	0.60	✓	-6.02	
15. 鉄塔	0.59	✓	0.10	✓
22. 港湾	0.57	✓	-0.27	✓
33. 輸出向け鉄鉱物	0.56	✓		
14. タンク（その他用）	0.53	✓		
86. ばね用	0.51	✓		
58. 貨物船	0.51	✓		
19. 石油精製業・化学工業	0.50	✓		
90. 切削工具用	0.46			
42. パルプ製紙機械・器具	0.46	✓		
20. その他民間土木	0.46	✓		
3. 鉱工業・農林水産業建築物（基礎杭）	0.46		-0.59	✓
44. その他産業用機械・および用途不明	0.36		-0.55	
80. 高压容器	0.35			
62. 部品・機関、船舶の改造・修理用および用途不明	0.33	✓		
40. 化学機械（輸南向）	0.32	✓		
51. 家具	0.32	✓		
46. 静止電機	0.29		-0.20	✓
72. その他の鉄道車両	0.28	✓		
55. ガス器具・石油器具	0.24	✓		
66. 小型トラック	0.19	✓		
31. 仮設材・コンクリート製品製造用及びその他建材用	0.17	✓		
21. 道路	0.16	✓	0.15	✓
45. 回転電機	0.15		-0.53	
74. その他輸送用機械	0.14	✓		
34. 一般産業機械・器具	0.13	✓	-0.00	✓
35. ボイラーおよび原動機	0.12			✓
23. 治山・治水	-0.02		-0.20	✓
10. 橋梁（その他用）	-0.14		-0.32	✓
7. 公務・文教・公益・その他建築物（基礎杭）	-0.23			✓
8. 公務・文教・公益・その他建築物（その他用）	-0.23			✓
9. 橋梁（道路用）	-0.38			✓
6. 商業・サービス用建築物（その他用）	-0.43			✓
5. 商業・サービス業用建築物（基礎杭）	-0.56			✓
36. 鉱山・建設機械・器具	-0.56		-0.06	✓
13. タンク（ガス業用）	-0.61		-0.28	
2. 住宅（その他用）	-0.65		-0.16	✓
1. 住宅（基礎杭）	-0.70		-0.12	✓

5. 結言

主成分分析を用いることで、仮説なく機械的な分析を通して結果として得られた主成分を解釈することで、便宜上、資本金材と消費材と呼べる区分に分類できた。日本では、1958年から1991年までと、1992年以降の2つの期で、それぞれ異なる鉄鋼材需要の変遷を説明するモデルが適用された。開発途上国におけるこれからの鉄鋼需要を予測し、その供給設備等を計画するには、まずは1958年から1991年までのモデルが妥当であると考えられた。そのモデルでは、先述の区分において、資本金材と分類された用途の鉄鋼材ストックが消費材需要を説明する。そのため、資本金材に分類された用途である各種産業向けの機械・器具および設備、輸送インフラ、生活インフラの投資や整備計画が鉄鋼材需要に大きくかかわることがわかる。政府や民間の中長期の投資や整備計画をもとに、資本金材としての鉄鋼材ストックを蓄積するための鉄鋼材需要と、それに応じた消費材需要を合算することで、国内の鉄鋼材需要を将来推計することが望まれた。

従来の鉄鋼材需要の推移を説明するモデルにおいては、ここまで詳細な用途先の分類に基づいた分析ができていなかった。本分析により、資本ストックの整備のうち、どの分野の整備を勘案して鉄鋼材需要を将来推計すべきか明らかになった。鉄鋼材の生産設備には、大きく分けて高炉一転炉法と電炉法がある。前者は後者に比べると、投資も大きく耐用年数も長いことから、生産設備を選択する際には、さらに長期に鉄鋼材需要を推計する必要があることも考えられる。その場合には、鉄鋼ストックが飽和したのちも考慮する必要があり、その期間では、日本の事例では1992年以降のデータから構築されたモデルが妥当であると考えられた。このように、本研究で構築されたモデルにより、経済発展に必須である鉄鋼材の供給に対して、国内で整備すべき鉄鋼業の生産設備についても示唆が得られたと考えられた。

本研究は、科学研究費補助金15H02860（基盤研究（B）、代表：醍醐市朗）、環境省環境研究総合推進費1-1402（代表：谷川寛樹）、科学研究費補助金26281056（基盤研究（B）、代表：谷川寛樹）の一部として実施した。

〈参考文献〉

- 上田尚一（2003），クラスター分析，朝倉書店，東京，pp. 23-34.
- 奥野嘉雄（2006），中国における鉄鋼生産の見通しと高炉の動向. 新日鉄技報第384号14-19.
- 経済産業省調査統計グループ経済解析室（2011），鉄工業指数平成22年（2010年）基準改定方針（案），2011.11.28, <<http://www.stat.go.jp/info/kenkyu/keishi/pdf/12-1/pdf>>
- 国税庁 https://www.keisan.nta.go.jp/survey/publish/34255/faq/34311/faq_34336.php アクセス日 2015年1月17日
- 総務省統計局 <http://www.stat.go.jp/data/getujidb/2l.htm> アクセス日2016年1月10日
- 醍醐市朗、藤原亮、後藤芳一（2014），：金属素材の需要量増加における鈍化傾向の各国比較. 開発技術 20, 65-71.
- 日本鉄鋼連盟鉄鋼統計専門委員会（1969-2012），鉄鋼用途別受注統計月報12月号，東京，日本鉄鋼連盟
- 日本鉄鋼連盟鉄鋼統計専門委員会（1985-2004），普通鋼地域別用途別受注統計表，東京
- 藤原亮（2014），東京大学工学部マテリアル工学科 卒業論文「クラスター分析による鉄鋼材の分類と時系列変化の分析」，pp.58
- 舟田享史、醍醐市朗、後藤芳一（2015），：鉄鋼材ストック・フローに着目した日本の高度経済成長期における需要量変遷の分析. 開発技術 21, 1-13
- RITE システム研究グループ（2012），”2010時点のエネルギー原単位の推計（鉄鋼部

- 門-転炉鋼) ”, 18 pp.
- Crompton, P (2000), Future trends in Japanese steel consumption, *Resources Policy*, 26, 103-114.
- Dargay, J., Gately, D., Sommer, M. (2007), Vehicle ownership and income growth, worldwide: 1960-2030. *Energy J.*, 28, 143-170.
- De Carvalho, A., Sekiguchi, N., Silva, F. (2015), “Excess Capacity in the Global Steel Industry and the Implications of New Investment Projects” *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers* 18, 20 Feb. 2015, 39 pp. OECD, Paris. Available online: <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5js65x46nxhj.pdf>
- Hatayama, H., Daigo, I., Matsuno, Y., Adachi, Y. (2010), Outlook of the world steel cycle based on the stock and flow dynamics, *Environmental Science and Technology*, 44 (16), pp 6457-6463
- IISI (1972), *Projection 85: World steel demand*. International Iron and Steel Institute, Brussels.
- IISI (2005), *IISI Report: Iron and Steel Technology*. 2 (7), 19 (2005)
- Malenbaum, W., 1978. *World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000*. McGraw-Hill, New York (1978)
- Mueller, D., Wang, T., Graedel, T. (2006), Exploring the engine of anthropogenic iron cycles, *Proc. Natl Acad. Sci.* 2006, 103, 16111-16116
- Nomura, K. and Momose, F. (2008) : Measurement of depreciation rates based on disposal asset data in Japan, Working Party on National Accounts of OECD, OECD STD/CSTAT/WPNA, 9