

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

Analysis of Changes in Steel Demand in Japanese High Economic Growth Period Based on Steel Stock and Flow

舟田享史 *

醍醐市朗 **

後藤芳一 ***

Takashi Funada,

Ichiro Daigo,

Yoshikazu Goto

ABSTRACT

Steel is the material which is produced and used the largest among metals. Some studies concluded that the steel demand would increase in the future. In recent years, tendency of the increase can be seen in the emerging countries and developing countries. From this trend, it is desirable to predict steel demand in those countries. Up to now, many studies have predicted the steel demand by an index of economic development, that is, GDP. Some studies have pointed out the less applicability of those methods in some industrial structures or some products. In this study we proposed a new method for predicting steel demand of an end use by steel stock in another end use. In this study we assumed that two types of end uses exist in steel end uses. We supposed that the steel stock in an end use leads to increase of the demand for other end uses. One of the two types is the end use of the steel stock and the other is the end use of the steel demand. Generally, the former is consumed earlier than the latter. So we characterized the types of end uses by time-series change of steel demand and stocks. We constructed a method for defining the two types and applied the method for the time-series change of the steel demand and stocks in the high economic growth period

2015 年 5 月 2 日受付 / 2015 年 6 月 1 日受理 (Received on May 2, 2015 ; Accepted on June 1, 2015)

* 東京大学工学部マテリアル工学科 学生

(現在 : 東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻 修士課程)

Student, Department of Material Engineering, The University of Tokyo

(Now at: Master student, Graduate School of Engineering, Department of Technology Management for Innovation, The University of Tokyo)

** 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

*** 東京大学大学院工学系研究科 教授

Professor, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

in Japan. As a result, transport infrastructure and industrial machinery were categorized as the latter type. If developing countries would follow infrastructure development during economic growth in Japan, this study could be helpful for supply-demand plan for steel in developing countries.

要 約

鉄鋼材は、最も大量に生産され使用されている金属材料である。その需要は、特に、新興国や途上国において、今後の増加が想定される。鉄鋼材の生産に伴う、消費資源の有限性と生産に伴う二酸化炭素排出より、なるべく生産量を増加させないことが望まれる。今後の新興国、途上国での鉄鋼材需要量予測の重要性が唱えられている。これまで、需要予測に関して、経済発展の指標である GDP を説明変数に、各種手法が提案されてきた。しかし、これらの手法は対象国の産業構造や対象製品によって適用に限界があるとも指摘されている。本研究では、新しいアプローチとして、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た。本研究では、その用途のストック量が他の用途の需要量を喚起する用途、他の用途のストック量によってその用途の需要量が喚起される用途の 2 種類に用途を区分できると考えた。ストック量が過去からの消費の蓄積であることから、前者の用途は、後者の用途よりも早くに消費され始めると考えられる。これより、各用途の需要量の変遷について、他の用途に先立ち必要とされるか、他の用途に遅れて必要とされるかにより、用途の区分ができると考えた。本研究では 2 つの性質を定量化し、前者の性質が強い用途を資本金傾向にあるグループ、後者の性質が強い用途を消費材傾向にあるグループとして分類する手法を構築した。これを用いて日本の高度経済成長期における鉄鋼材各用途の需要変遷を分析した。その結果、鉄道や港湾の交通インフラ、鉱工業などの産業設備が、資本金傾向にあるグループに区分され、生活や生産の基盤となる用途が他の用途に先立ち必要とされたと考えられた。これから経済発展を迎える新興国や発展途上国においても、日本の経験と類似した鉄鋼材需要の変遷をたどることが想定される。これらの用途の鉄鋼材の生産について、発展の初期に準備することが望まれる。更に、今後の新興国や発展途上国で見込まれる生産量の大きさから、それらの生産が、低炭素かつ省資源での生産になるよう準備することが望まれる。

キーワード：将来需要予測、鉄鋼材、ストック量推計

Keywords: future demand estimation, steel, stock estimation

1. 緒言

鉄鋼材は、最も大量に生産され使用されている金属材料である。その需要は今後も増加すると言われている (Kozawa et al. 2010)。特に、近年めざましく経済発展している新興国や途上国において、その傾向が顕著である (Kuwaitori 2014)。消費資源の有限性と鉄鋼材の生産に伴う二酸化炭素排出より、なるべく生産量を増加

させないことが望まれる。これより、今後の新興国、途上国での鉄鋼材需要量予測の重要性が唱えられている (Hatayama et al. 2010)。これまで、需要予測に関して、経済発展の指標である GDP を説明変数に、いくつかの手法が提案されてきた (Vuuren et al. 1999, Mueller et al. 2006)。例えば、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 字型になる使用強度仮説 (intensity of use hypothesis) を用いた研究がある (Vuuren et

al. 1999)。他にも、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飽和傾向を示す経験則 (Mueller et al.2006, Dargay et al.2007) を用いて、ストック量の将来推計をもとに将来の需要量を推計するストック駆動モデル (stock-driven model) を構築した研究がある。しかし、使用強度仮説は対象国の産業構造や対象製品によって適用に限界があるとも指摘されている (Soile 2013)。ストック駆動モデルは、経験則に基づいており、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迫り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、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 (Daigo et al.2014) と示されており、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、GDP を説明変数とした素材の需要予測には限界があると考えられる。しかしながら、これまでのアプローチは、GDP を説明変数として鉄鋼材のフロー量やストック量をモデル化するものがほとんどであった。一方で、電力網というインフラが整備されなければ家電の需要が喚起されないと考えられる。本研究では、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た。これにより、GDP に依らず素材のストック量で需要予測をすることで、素材の需要変動の要因を素材のストック量に限定できるというメリットがあると考えられる。そこで、本研究では、鉄鋼材の用途別のストック量で用途別のフロー量 (需要量) を説明する新しいアプローチを用いて、経済の発展期における鉄鋼材の用途別需要の変遷を明らかにすることを目的とした。これにより、これからインフラ整備が進む途上国の経済発展初期における鉄鋼材需給計画に寄与すると考えられる。

2. 研究手法

2.1 資本金材と消費材

本研究では、鉄鋼材の用途には、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。ある用途の鉄鋼材のストック量は、その用途へ鋼材が消費されたものが蓄積した結果である。そのため、前者の用途のストック量が後者の用途の需要を喚起する前提として、前者の用途は後者の用途に比べて、消費され始める時期が早いと考えられる。このことから、本研究では各用途の需要量の時系列変化について、他の用途に先立ち消費される性質、他の用途に遅れて消費される性質の2つにより、用途を2種類に区分することとした。一方、用途によっては、ある用途に対しては前者の性質を有しながら、他の用途に対しては後者の性質を有するなど、どちらの性質も有する可能性がある。本稿では、先述の2種類の用途区分について、前者を「資本金材」、後者を「消費材」と定義した。資本金材、消費材という用語は、総務省統計局による鉱工業製品の財分類に定義されている (経済産業省調査統計グループ経済解析室 2011)。この分類では、財の購入者、価格、想定耐用年数に応じて、財を資本金材、建設財、消費財などに区分している。本研究では、鉄鋼材の各用途を、先述の他の用途の需要の変遷との関係により分類した。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。そのため、名称においても財ではなく材としたことに留意されたい。

本研究では、後述のように各用途が先述の2つのどちらの性質を有するか、定量的に判別する手法を構築した。定量評価の結果をもとに、各用途について、他の用途に先立ち必要とされる性質が強い用途を「資本金材傾向にある」、他の用途に遅れて必要とされる性質が強い用途を「消費材傾向にある」と判別した。例えば、鉄道や産業機械といったインフラ設備に用いられる用途は資本金材傾向にある、乗用車や家電と

いった家庭で消費される用途は消費材傾向にあると判別されると想定された。なお、先述のように、同時にどちらの傾向にあると判別されることも許容した。

2.2 評価対象期間の設定

新興国や発展途上国では、今後、日本が経験した経済発展を迎える可能性が高い。これらの国で、鉄鋼材の需要推計に本研究で得られる知見が生かされるために、日本の経済発展期であった高度経済成長期（1955年～1972年）（坪田五雄 1978）を分析対象期間に設定した。一方で、素材需要量の変遷には様々な要因が影響すると考えられる。外部要因を考慮することで、評価手法は煩雑になり、評価結果の不確実性は高くなる。そのため、素材生産を取り巻く外部環境にあまり違いがなく、需要量変遷への外部環境からの影響を考慮する必要がほとんどない対象期間を設定することが望まれた。外部環境の大きな転換点の1つに1973年の第一次石油危機が挙げられる。第一次石油危機を境に、輸入原油価格（三井住友銀行 2015）や日本の経済成長率（内閣府 2015）は大きく変化し、外部環境は大きく変わったと考えられた。このような理由からも、この転換点を含まない日本の高度経済成長期を分析対象期間とすることで、外部要因による影響を考慮しない評価手法であっても妥当な分析となると考えた。

2.3 評価手法

本研究で構築した、各用途が先述の2つのどちらの性質を有するか、定量的に判別する評価手法には、鉄鋼材の各用途での時系列のストック量ならびにフロー量（需要量）を用いた。ある用途以外の用途の消費が増加するより前に、その用途のストック量が整備されていた場合、その用途が、他の用途に先立ち消費される性質を有すると判断した。一方で、ある用途以外の用途のストック量の整備に遅れて、その用途の消費が増加する場合、その用途が、他の用途に遅れて消費される性質を有すると判断した。具体的には、本研究では、説明変数に各用途のス

tock量、目的変数に各用途の需要量を設定した単回帰分析を行った。説明変数ならびに目的変数とした各用途において、単回帰分析の結果から得られたy切片の値を判別に用いることとした。実際には、y切片は、説明変数の取りうる範囲外における外挿値であり、線形関係は担保されない。特にy切片が負の場合、x切片よりも小さな値は需要量（y）が負値となり、その定義域から外れる。そのため、実際にy切片の値そのものは定義できないが、判別のための指標として用いた。

説明変数に設定されたある用途（用途インデックス i）が示す y 切片の代表値 b_i は、目的変数に設定された各用途（用途インデックス j）との単回帰分析から得られた y 切片 b_{ij} （式 1）の同説明変数における平均値（式 2）とした。

$$\begin{cases} y_i = a_{i1}x_1 + b_{i1} \\ y_i = a_{i2}x_2 + b_{i2} \\ \vdots \\ y_i = a_{ij}x_j + b_{ij} \\ \vdots \\ y_i = a_{in}x_n + b_{in} \end{cases} \quad (式 1)$$

$$b_i = \frac{\sum_j b_{ij}}{n} \quad (式 2)$$

ここで、n は、目的変数 j として設定された用途の数である。ただし、単回帰分析より得られる y 切片の値は、その回帰式が有意でなければ評価結果としての意味がない。そのため、決定係数 0.5 未満の回帰式となる目的変数は、有意な線形関係にないと判断し、その説明変数に対する目的変数から除外した。

目的変数に設定されたある用途（用途インデックス j）が示す y 切片の代表値 b_j は、説明変数に設定された各用途（用途インデックス i）との単回帰分析から得られた y 切片 b_{ij} （式 3）の同目的変数における平均（式 4）とした。

$$\begin{cases} y_1 = a_{1j}x_j + b_{1j} \\ y_2 = a_{2j}x_j + b_{2j} \\ \vdots \\ y_i = a_{ij}x_j + b_{ij} \\ \vdots \\ y_m = a_{mj}x_j + b_{mj} \end{cases} \quad (式 3)$$

$$b_j = \frac{\sum_i b_{ij}}{m} \quad (式 4)$$

ここで、 m は、説明変数 i として設定された用途の数である。ただし、先述と同様の理由より、決定係数 0.5 未満の回帰式となる説明変数は、その目的変数に対する説明変数から除外した。

各説明変数ならびに各目的変数の y 切片代表値の正負により、説明変数に設定された用途と目的変数に設定された用途のどちらが先に整備あるいは消費されていたかを判別した。 y 切片代表値が負値であることは、目的変数に設定された用途の消費の増加時期よりも、説明変数に設定された用途のストックの整備時期の方が早かったことを示していると考えた。 y 切片代表値が正值であることは、説明変数に設定された用途のストックの整備時期よりも、目的変数に設定された用途の消費時期の方が早かったことを示していると考えた。説明変数の y 切片代表値が負値となる用途は、資本金傾向にあると判別し、正值となる用途は資本金傾向にないと判別した。目的変数の y 切片代表値が負値となる用途は、消費材傾向にあると判別し、正值となる用途は消費材傾向にないと判別した。

さらに、 y 切片代表値の数値の大小が、資本金傾向、消費材傾向の度合いを表現しているものと考えた。例えば、 y 切片代表値が -1 と -2 の説明変数では、前者の説明変数に設定された用途よりも後者の説明変数に設定された用途の方が強く資本金傾向を示していると考えた。同様に、 y 切片代表値が -1 と -2 の目的変数では、前者の目的変数に設定された用途よりも後者の目的変数に設定された用途の方が強く資本金傾向を示していると考えた。このような y 切片代表値の比較を可能にするために、説明変数に設定するストック量、目的変数に設定する需要量とともに 1972 年の値を 1 として規格化した上で先述の回帰分析を実施した。

最後に、本研究では、説明変数ならびに目的変数として設定する用途を設定するために、一次分析を実施し、その結果を基に分析（二次分析）し、用途分類を判断した。はじめに、資本金傾向にあると判別された用途には鉄道や産業機械といったインフラ設備に用いられる用途が属すると想定され、これらの用途は比較的使用

年数が長いと考えられた。そこで一次分析では、説明変数として平均使用年数 15 年以上の 24 用途を設定し、目的変数には、後述の統計区分の 99 用途中、最終用途としての製品が特定されない用途を除いた 81 用途を設定した。一次分析においても、先述の分析手法を用い、目的変数として設定した 81 用途のうち 12 用途について、決定係数 0.5 以上の回帰式が、どの説明変数に対しても得られなかった。そこで、これらの用途は、資本金傾向にある可能性があると考え、目的変数から除いた。さらに、それらの用途のうちデータ制約からストック量を導出できなかったものを除いた 7 用途を説明変数に加えた。よって、用途の分類を判別した二次分析では、説明変数には、平均使用年数 15 年以上の 24 用途に、一次分析で資本金傾向にある可能性があると考えられた 7 用途を加えた 31 用途を設定し、目的変数には、81 用途から先述の 12 用途を除いた 69 用途を設定した。

2.4 データの整備

2.4.1 需要量

鉄鋼材の需要量は、統計に記載されている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 99 種類に区分して集計されたもので、著者が知る限り鉄鋼材の用途を世界で最も細かく区分した統計である。本統計で集計されている受注量とは、各メーカーから鉄鋼生産会社への受注段階でとらえられた鉄鋼材の量である（日本鉄鋼連盟鉄鋼統計専門委員会 2012）。本分析においては、本受注量を用途別の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、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。99 種類の用途には、01 番から 99 番の番号が振られている。用途区分の中分類と対応する番号を表 1 に示す。なお、(94) 販売業者向け、(95) シャースリット業者向けの受注分は、鉄鋼生産

表 1 鉄鋼材 99 用途分類の各中分類と該当する用途番号

中分類	用途番号
建築用	01-08
土木用	09-28
その他建設用	29-33
産業用機械用	34-44
電気機械用	45-49
家庭用・業務用機械用	50-57
船舶用	58-62
自動車用	63-70
鉄道車両用	71-73
その他輸送用機械用	74
容器用	75-81
その他諸製品	82
次工程用	83-92
最終使途不明の再加工用	93
販売業者向	94-95
輸出	96
非報告者間向	97-98
報告者間取引	99

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、そのままでは用途が示されていない。そこで、本研究では、販売業者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、振り分けた。なお、中分類の「販売業者向」からの受け渡しが「非報告者間取引（97,98）」、「報告者間取引（99）」を除いた 94 種類（01-93,96）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。これら 99 用途の中で最終用途として製品が特定できたものは、81 用途（01-81）となった。

2.4.2 ストック量の推計

本研究では、1958 年末から 1972 年末の用途別ストック量について、受注量をもとに推計した。用途別の受注量データは、1957 年以前は存在しない。そのため、受注量の統計データがある 1958 年以降に社会に投入された鉄鋼材のストック量と、1957 年以前に社会に投入された鉄鋼材のストック量に応じて異なる推計方法を用いた。

(1) 1958 年以降に社会に投入された鉄鋼材のストック量

トップダウン手法として代表的な動的マテリアルフロー分析（dynamic Material Flow Analysis）（以下 dMFA）により推計した（Daigo et al. 2005）。製品の寿命分布にはワイブル分布を採用し、その平均寿命と分布関数のパラメータは、それぞれ耐用年数表（国税庁 2009）と Nomura and Momose（2008）を用いた。

(2) 1957 年以前に社会に投入された鉄鋼材のストック量

1970 年における国富調査に記された資産額と dMFA より得られた同年の鉄鋼材ストック量から、用途別に資産額あたりのストック量を算出し、それが過去においても同じと仮定し、1957 年以前の鉄鋼材ストック量を推計した。国富調査とは、国の資産の実態を調査・分析して、国の経済力を総合的に把握し、経済政策、経済計画の立案や、経済分析などのための基礎資料を提供することを目的として、経済企画庁などの公的機関により戦前に 8 回、戦後に 4 回の計 12 回実施されてきた。調査対象である国富とは、日本の居住者が所有する再生産可能な有形固定資産、たな卸し資産及び対外純資産の合計を言う。再生産可能な有形固定資産とは、経済的意味における資産で企業や家計等の各経済部門が生産や生計等の経済活動を営んでいくための手段として所有している財貨（原則として耐用年数 1 年以上のもの）である。例えば、企業が事業活動を進めるために所有している建物、構築物、機械及び装置、器具及び備品等である。また、家計については、生活を営むための住宅、家財等の資産である。資産額は、各経

表 2 目的変数 31 用途の y 切片代表値

鉄鋼材用途	y切片 代表値
(71)貨車	-6.01
(17)鉄鋼業	-0.79
(24)鉄道	-0.64
(3)鉱工業・農林水産業建築物(基礎杭)	-0.59
(44)その他産業用機械・および用途不明	-0.55
(45)回転電機	-0.53
(4)鉱工業・農林水産業用建築物(その他用)	-0.45
(10)橋梁(その他用)	-0.32
(13)タンク(ガス業用)	-0.28
(22)港湾	-0.27
(46)静止電機	-0.20
(23)治山・治水	-0.20
(64)バス	-0.18
(2)住宅(その他用)	-0.16
(18)造船業	-0.15
(1)住宅(基礎杭)	-0.12
(36)鉱山・建設機械・器具	-0.06
(26)ガス業	-0.04
(34)一般産業機械・器具	0.00
(39)化学機械(国内向)	0.00
(35)ボイラーおよび原動機	0.00
(27)水道業	0.03
(5)商業・サービス業用建築物(基礎杭)	0.08
(25)電力業・通信業	0.09
(15)鉄塔	0.10
(11)タンク(石油精製業用)	0.14
(21)道路	0.15
(9)橋梁(道路用)	0.16
(6)商業・サービス用建築物(その他用)	0.16
(7)公務・文教・公益・その他建築物(基礎杭)	0.16
(8)公務・文教・公益・その他建築物(その他用)	0.21

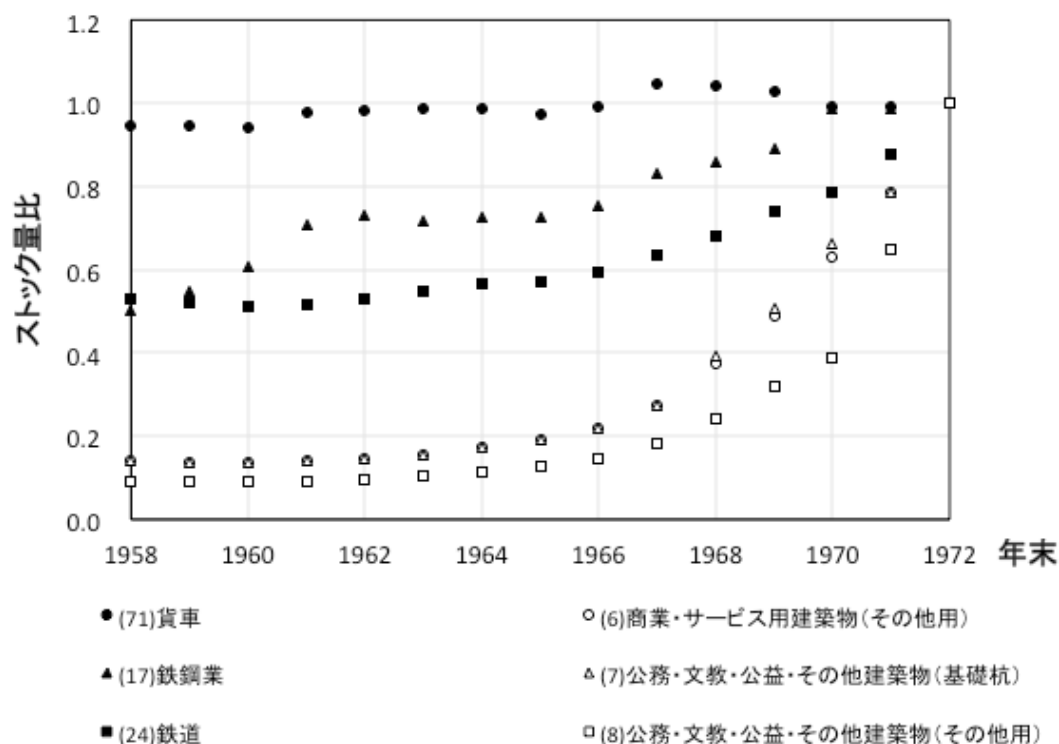


図1 資本材傾向にある用途とない用途のストック量比の1958年末から1972年末の推移(1972年末を1として規格化)

済主体が所有している資産について各資産項目別、取得時期別に調査年次の平均価格で評価した(経済企画庁 1975)。

本研究では、戦後4回の国富調査(1955年、1960年、1965年、1970年)のうち、より詳細な資産項目について調査された(大規模調査)1960年、1970年を用いた。まず、国富調査の資産項目に対応する鉄鋼材用途を特定した。複数の鉄鋼材用途が対応した資産項目では、それら用途の鉄鋼材ストック量に応じて資産額を案分した。それにより、1960年、1970年における鉄鋼材各用途あたりの資産額を求めた。次に、1970年末時点では、dMFAで推計できなかった1957年以前に投入された鉄鋼材は全て既に使用済みとなっていると仮定し、1970年末におけるdMFAにより推計した各用途のストック量を、対応する用途の資産額で割り、資産額あたりのストック量を算出した。1960年

末時点においても資産額あたりのストック量は1970年末時点と同じとして、1960年末時点のストック量を推計した。一方で、dMFAにより1958年以降に消費された鉄鋼材の1960年末時点での鉄鋼ストック量が推計されているため、1960年末時点における1958年以降に消費された鉄鋼材と、1957年より前に消費された鉄鋼材のストック量が区別される。1957年より前に消費された鉄鋼材のストック量は、1970年末時点に0となるよう1年ごとに一定量減少するものとして、1958年末から1970年末までの各年末時点での用途別鉄鋼材ストック量を推計した。

表3 目的変数 69 用途の y 切片代表値

鉄鋼材用途	y切片 代表値	鉄鋼材用途	y切片 代表値
(67)軽四輪車	-0.52	(59)タンカー	-0.16
(5)商業・サービス業用建築物(基礎杭)※	-0.52	(35)ボイラーおよび原動機※	-0.15
(29)建築金物	-0.47	(34)一般産業機械・器具※	-0.14
(11)タンク(石油精製業用)※	-0.46	(1)住宅(基礎杭)※	-0.12
(30)建築用付属資材	-0.44	(47)家庭用電気機械・器具	-0.11
(31)仮設材・コンクリート製品製造用及びその他建材用	-0.44	(24)鉄道※	-0.10
(23)治山・治水※	-0.41	(76)18リットル缶	-0.10
(8)公務・文教・公益・その他建築物(その他用)※	-0.41	(10)橋梁(その他用)※	-0.09
(6)商業・サービス用建築物(その他用)※	-0.41	(20)その他民間土木	-0.08
(22)港湾※	-0.39	(37)金属加工機械及び金属工作機械	-0.07
(7)公務・文教・公益・その他建築物(基礎杭)※	-0.39	(68)自動二輪車	-0.07
(12)タンク(化学工業用)	-0.39	(58)貨物船	-0.07
(79)ドラム缶	-0.38	(4)鉱工業・農林水産業用建築物(その他用)※	-0.07
(70)部品・機関、修理用および使途不明	-0.38	(63)トラック	-0.06
(62)部品・機関、船舶の改造・修理用および使途不明	-0.37	(77)一般缶	-0.03
(40)化学機械(輸向)	-0.35	(15)鉄塔※	-0.03
(39)化学機械(国内向)※	-0.35	(75)食缶	-0.02
(19)石油精製業・化学工業	-0.35	(81)その他容器及び使途不明	0.00
(21)道路※	-0.34	(25)電力業・通信業※	0.03
(57)事務用機械・器具およびその他家庭用業務用機器	-0.34	(46)静止電機※	0.03
(9)橋梁(道路用)※	-0.31	(54)台所および食卓用品	0.03
(65)乗用車	-0.31	(33)輸出向け鉄鉱物	0.03
(51)家具	-0.30	(36)鉱山・建設機械・器具※	0.05
(27)水道業※	-0.29	(74)その他輸送用機械	0.06
(42)パルプ製紙機械・器具	-0.29	(43)食料品加工機械・器具	0.07
(61)その他船	-0.28	(53)厨房機器(家庭用)	0.11
(78)王冠	-0.27	(52)厨房機械(業務用)	0.12
(60)バルクキャリアー	-0.27	(55)ガス器具・石油器具	0.13
(2)住宅(その他用)※	-0.26	(18)造船業※	0.14
(66)小型トラック	-0.24	(16)鉱業(含原油・天然ガス生産業)	0.15
(38)農業用機械・器具	-0.22	(48)通信機械	0.19
(49)その他電気機械・器具及び使途不明	-0.21	(72)その他の鉄道車両	0.22
(14)タンク(その他用)	-0.19	(41)繊維機械・器具	0.24
(28)その他公益及び公共事業	-0.17	(73)部品・機関、車両の改造修理用および使途不明	0.27
(25)電力業・通信業※	-0.16	※ストック量が説明変数に設定された用途	

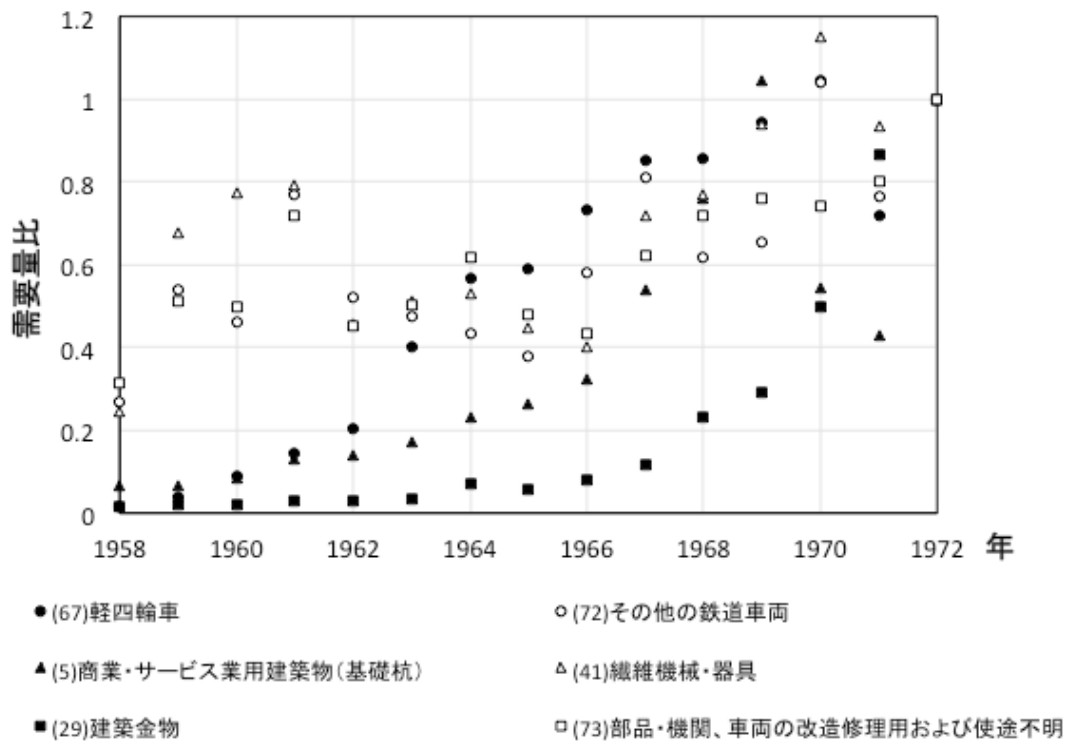


図2 消費材傾向にある用途とない用途の需要量比の1958年から1972年の推移(1972年を1として規格化)

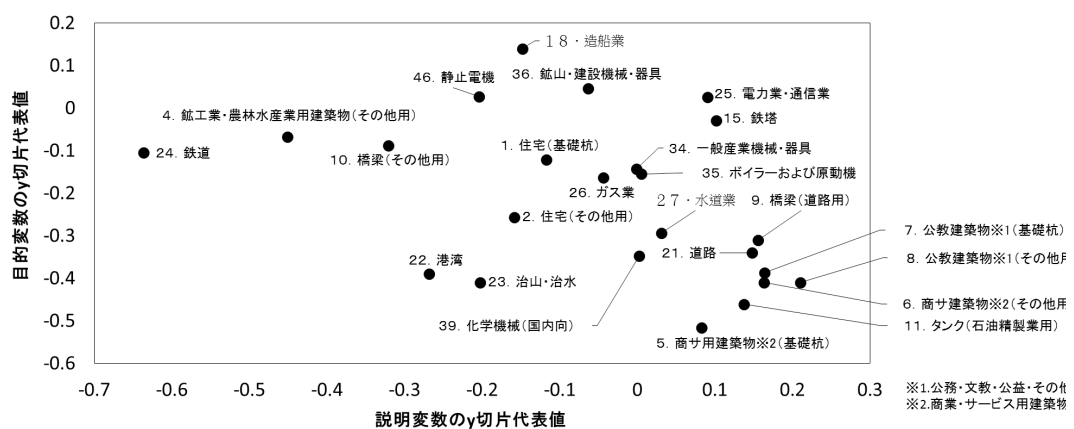


図3 説明変数、目的変数のどちらにも設定された24用途のy切片代表値

3. 結果と考察

3.1 資本金傾向にあると判別された用途

単回帰分析により導出した説明変数の y 切片代表値の結果を表 2 に示す。説明変数に設定した 31 用途中の 19 用途の y 切片代表値が負値を示した。これら 19 用途を資本金傾向にあると判別した。資本金傾向にある用途には、鉄道や港湾といった交通インフラや、鉄鋼業や鋳工業などの第二次産業のための産業設備が見られ、生活や生産の基盤となる用途が他素材に先立ち必要とされたと考えられた。

中分類「建築物」について、 y 切片代表値によって各用途の資本金傾向の強さを比較した。建築物の各用途は基礎杭用とその他用に分かれている。しかし、表 2 のように、各用途の基礎杭用とその他用は、同じような y 切片を示した。これは、基礎杭とその他が別々に需要されることは稀であるため、当然の結果と考えられた。ここでは、基礎杭とその他に区別して考察する必要がないため、例えば、(01) と (02) をまとめて (01,02) 住宅として考察した。第二次産業の基盤であると考えられる (03,04) 鋳工業・農林水産業用建築物が、(01,02) 住宅、(05,06) 商業・サービス業用建築物、(07,08) 公務・文教・公益・その他建築物よりも強い資本金傾向を示した。このことは、第二次産業である製造業用の建築物が、資本金として、他の用途の生産に先行して整備されてきたことを示していると考えられた。輸送インフラに注目すると、(24) 鉄道、(22) 港湾が資本金傾向にあると判別された。一方で、陸上の輸送インフラと考えられる (21) 道路は、これらに比べると弱い資本金傾向を示した。これより経済発展期においては、現在のように道路はあまり整備されておらず、鉄道や港湾が輸送手段の主流となっていたことが考えられた。一方で、1958 年～1972 年においては、鉄鋼材を用いない道路の割合が大きかったことが、この結果をもたらしたと考えられた。

用途によってストック量の大きさが異なるた

め、各用途の 1972 年末におけるストック量を 1 と規格化して、それに対する各年末のストック量を表したものをストック量比と呼ぶことにした。ストック量比の推移について、代表的な資本金傾向にある用途 3 つと、資本金傾向にない用途 3 つの合計 6 用途について、それぞれ塗りつぶしと白抜きで図 1 にプロットした。ボトムアップ手法をトップダウン手法と併用したことにより、分析開始年である 1958 年末時点で 0 とならない鉄鋼材ストック量の時系列変化を推計できていたことが分かる。さらに、図 1 から、資本金傾向にある用途とそうでない用途では、ストック量比の推移が大きく異なることも分かった。

3.2 消費材傾向にあると判別された用途

単回帰分析により導出した目的変数の y 切片代表値の結果を表 3 に示す。目的変数に設定した 69 用途の中で 52 用途の y 切片代表値が負値を示した。これら 53 用途を消費材傾向にある用途とした。なお、表中の用途名称の末尾に※を付した用途は、需要量が目的変数でもあり、ストック量が説明変数でもある用途である。

用途によって需要量の大きさが異なるため、ストック量比と同様に、需要量についても 1972 年の需要量を 1 として規格化した需要量比を定義した。需要量比の推移について、消費材傾向にある用途 3 つと、消費材傾向にない用途 3 つの合計 6 用途について、それぞれ塗りつぶしと白抜きで図 2 にプロットした。消費材傾向にある用途は、1958 年における需要量が 1972 年における需要量に比べて十分小さいことが分かる。この推移の特徴から、これらの用途が、他の用途に遅れて需要が増加すると判別されたと考えられる。このように、需要量の推移から視覚的に分かる情報を、客観的な判別手法により一意に判別する手法が構築できたことが分かる。他方、消費材傾向にない用途は、年単位の変動幅が大きいために y 切片代表値が正値を示したと考えられる。このように変動幅の大きな推移は、本研究で用いた線形での分析手法では考慮できない。よって、このような変動する用途に関する分析は、本手法による評価

の限界であり、年単位の変動を生じる要因を外的要因として変数に組み込むなど、評価手法を改善することでの確な評価ができると考えられた。

3.3 資本材傾向・消費材傾向にあると判別された用途

説明変数として設定された 31 用途中 24 用途が目的変数にも設定されたことから、これら 24 用途について考察した。これらの用途の説明変数ならびに目的変数としての y 切片代表値を、それぞれ横軸と縦軸として図 3 に用途毎にプロットした。図 3 の左側に示された用途は、他の鉄鋼材用途の消費量増加に先立って整備されたと考えられる。図 3 の下側にプロットされた用途は、他の鉄鋼材用途の整備に従って消費が増加したと考えられる。資本材傾向と消費材傾向のどちらの傾向も強い用途は、図 3 で左下に該当するが、そのような用途は存在しないことが示された。これより、資本材と消費材のどちらの傾向にもある用途は存在するものの、それらの用途も、どちらかの傾向に偏っていることが示唆された。

4. 結言

鉄鋼材の用途別需要量の変遷から、鉄鋼材の各用途が有する性質として、他の用途に先立ち消費される性質、他の用途に遅れて消費される性質に注目し、鉄鋼材の用途別の需要量ならびにストック量に着目し、日本の高度経済成長期において、他の用途より早期に整備がなされた鉄鋼材用途、それに続いて需要が立ち上がったと考えられる鉄鋼材用途を抽出した。具体的には、鉄道や港湾といった交通インフラや、鉄鋼業や鋳工業などの第二次産業の基盤となる用途がそれ以外の用途に先行して整備されてきたと示された。これから経済発展を迎える新興国や発展途上国においても、日本の経験と類似した鉄鋼材需要の変遷をたどることが想定される。これらの用途の鉄鋼材の生産について、経済発展の初期において準備することが望まれる。さらに、今後の新興国や発展途上国で見込まれる

鉄鋼材生産量の大きさから、それらの生産が、低炭素かつ省資源での生産になるよう準備することが望まれる。

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〉

- 経済企画庁：昭和 45 年国富調査第 1 巻 国富調査総合報告書，大蔵省印刷局，東京，(1975)，224
- 経済産業省調査統計グループ経済解析室：鋳工業指数平成 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：減価償却資産の耐用年数表，<https://www.seisan.nta.go.jp/survey/publish/34255/faq/34311/faq_34353.php> (2009)
- 坪田五雄：昭和日本史，暁教育図書，東京，(1978)，179
- 内閣府，国民経済計算：<http://www5.cao.go.jp/j-j/wp/wp-je12/h10_data01.html>，(アクセス日 2015 年 1 月 17 日)
- 日本鉄鋼連盟鉄鋼統計専門委員会，鉄鋼用途別受注統計月報 12 月号，東京，(1969 - 2012)，日本鉄鋼連盟
- 日本鉄鋼連盟鉄鋼統計専門委員会，普通鋼地域別用途別受注統計表，東京，(1985 - 2004)
- 日本鉄鋼連盟鉄鋼統計委員会用途別統計委員会：鉄鋼用途別・地域別受注統計の手引き，東京，(2012)，日本鉄鋼連盟
- 三井住友信託銀行ホームページ：<<http://www.smtbjp/personal/saving/money/20080710.html>>，(アクセス日 2015 年 1 月 17 日)
- I. Daigo, D. Fujimaki, Y. Matsuno and Y. Adachi: "Development of a Dynamic Model for Assessing Environmental Impact Associated with Cyclic Use of Steel." Tetsu-to-Hagane, 91 (2005), 171.
- I. Daigo, R. Fujiwara and Y. Goto: "How Metal Demand in Developed Countries Slows Down: a Comparative Study between Industrialized Countries." Development Engineering, 20 (2014), 42
- J. Dargay, D. Gately and M. Sommer: mmer: nd M. d M. nd M. M. ropogenic iron cyclesto, Energy Jour., 28, 4 (2007), 1960-2030
- H. Hatayama, I. Daigo, Y. Matsuno, and Y. Adachi:

- "Outlook of the world steel cycle based on the stock and flow dynamics." *Env. Sci. Tech.*, 44 (2010) , 6457-6463
- S. Kozawa and F. Tsukihashi: "Prediction Model of Global Demand for Iron Source by Utility of Stock Hypothesis -Verification of Prediction Power and Outlook for Demand to 2050-." *ISIJ Int.*, 50 (2010) , 1503-1510
- H. Kuwatori: "The Path to Environmentally Sound Steel Technology: Iron and steel as sustainable materials for industry." *Tetsu-to-Hagané*, 100 (2014) , 59-70
- D. Mueller, T. Wang and T. Graedel: "Exploring the engine of anthropogenic iron cycles" , *PNAS* 103, 44 (2006) , 16111-16116
- K. Nomura and F. Momose: Disposal asset data in Japan0se: publish/34255/fNational Accounts of OECD, OECD STD/CSTAT/WPNA, 9 (2008)
- I. O. Soile: "Intensity of Use Hypothesis: Analysis of Selected Asian Countries with Structural Differences." *Int. J Energy Econ. Policy*, 3 (2013) , 1-9
- D. P. van Vuuren, B. J. Strengers, H. J. M De Vries: "Long-term perspectives on world metal use a model-based approach." *Resour. Policy*, 25 (1999) , 239-255