

投稿論文 (和文)
PAPERS

明治・大正期鉄道網形成の社会的便益

森杉壽芳*・林山泰久**

本研究は、現代的手法である費用便益分析を応用して、明治・大正期鉄道網形成の国民経済的便益を計測することを試みた。本研究の対象とする便益は、いわゆる直接効果である輸送時間・費用の節約のみならずその波及効果をも含み、波及効果はGNPへの貢献である所得の増大効果のみならず、鉄道網整備により便利になったことによる国民の福祉向上を貨幣タームで表現した福祉効果を計測している。

Keywords : general equilibrium model, railways, Meiji-Taisho era

1. はじめに

明治期以降のわが国における経済成長をとげた時期として、明治期と昭和の第二次世界大戦後の高度経済成長が挙げられる。特に、明治期においての殖産興業、富国強兵に代表される政策に基づいて形成された多くの社会資本が、その後、日本経済の発展の大きな原動力となったことを考慮するならば、明治期の経済発展がより大きな意味を持つ。このように考えたとき、明治以来、近代にかけて形成されてきた社会資本の中でも、特に鉄道は経済成長を支えた最も大きな要因であったものと考えられる^{1),2)}。

その影響の大きさについては、すでに大正5年に鉄道院が詳細な調査を行っている^{1),3)}。この調査は、輸送時間・費用等の直接効果および商工活動、観光、教育、文化、都市等への間接効果を個別・網羅的かつできるだけ定量的に計測しようとした歴史的文献である。しかし、この文献では前述のような様々な効果を総合的に計量化し、その投資に値したかという観点からの検討は直接効果についてさえなされていない。米国では、Forgelによって鉄道延伸を中心とする西部開拓が国民総生産（以下、GNP）に与えた効果を定量的に扱った研究がみられる一方⁴⁾、わが国ではそのような研究は見当たらない。

そこで、本研究では、現代的手法である費用便益分析手法を応用して、明治・大正期鉄道網形成の国民経済的便益を計測することを目的とする。本研究の対象とする便益は、いわゆる直接効果である輸送時間・費用の節約のみならずその波及効果をも含み、波及効果はGNPへの貢献と鉄道網整備により便利になったことによる国民福祉の向上（＝満足感の上昇）の2つに大別し、それぞ

れを貨幣タームで表現したものである。

このようなアプローチを採用した理由は、以下の通りである。第1に、明治・大正期鉄道網形成に要した投資がその便益と比較して国民経済的観点から投資に値したか否かという歴史的興味に答える。第2に、多くの歴史的文献では定性的にしか述べられていない明治・大正期鉄道網のGNPへの貢献の度合を計量的に表現したい。第3に、本方法論は簡便な一般均衡分析によるアプローチである。したがって、現代日本の交通政策課題である高規格道路、整備新幹線および主要空港整備計画等の全国ネットワーク化構想の簡便な国民経済的効果分析にも応用可能であると考えられる。第4に、本研究は大胆な仮定の基に立脚したモデルであるが、簡便であるために発展途上国の社会資本整備の方向性を模索する上で、一助となり得るものと考えられる。

以上の目的を達成するために、2.では基礎資料の収集と明治・大正期に行われた社会資本整備の推移に関する考察を行い、3.では一般均衡モデルに基づいて鉄道網を含む社会経済モデルの定式化を行う。同時に、鉄道網形成による効果の表現とその帰属先についても明確化する。さらに、便益とGNPの定義を行う。4.では、鉄道網形成による社会的純便益を定義し、5.では2., 3.および4.で示した理論に基づく便益の計測手順を示し、適用可能性の中心的議論となる効用関数と生産関数のパラメータ推定および便益の計測結果についての考察を行う。

2. 基礎資料の収集と整理

本研究において使用したデータは、1875年（明治8年）から1940年（昭和15年）までの時系列データであり、価格年次はすべて昭和50年価格である⁵⁾⁻⁷⁾。

(1) 社会資本整備の推移

明治期における交通投資の最大の特徴は、交通関連資

* 正会員 工博 岐阜大学教授 工学部土木工学科
(〒501 岐阜市柳戸1-1)

** 学生員 工修 東京工業大学大学院 社会工学専攻

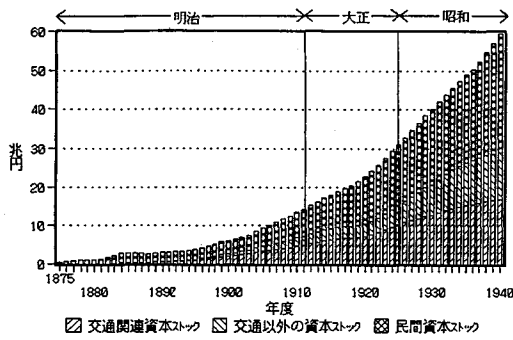


図-1 資本ストックの推移⁵⁾⁻⁷⁾

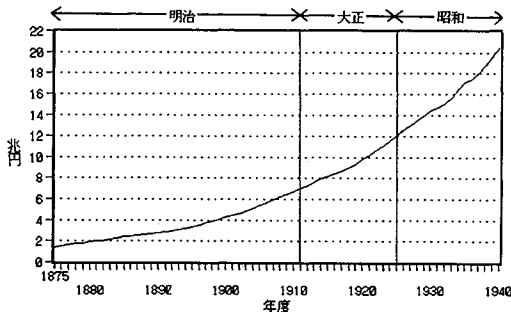


図-2 実質GNPの推移⁸⁾

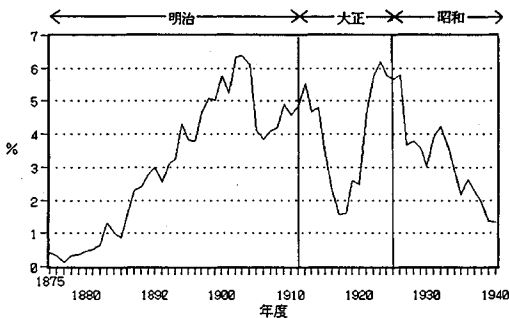


図-3 交通投資・GNP比率の推移^{5),6)}

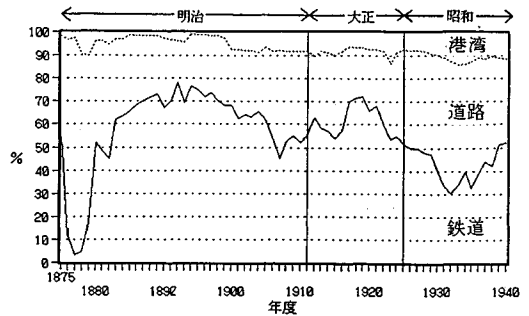


図-4 交通機関別投資額の推移^{5),6)}

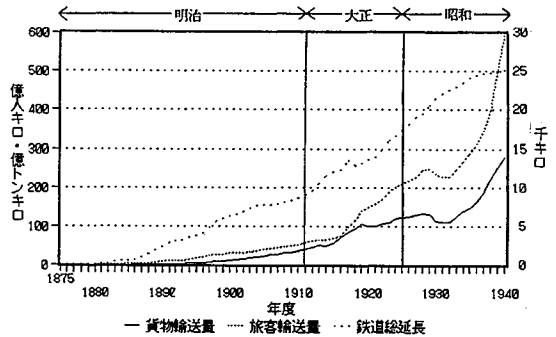


図-5 鉄道総延長キロおよび輸送量の推移^{9),10)}

表-1 鉄道運賃・一般物価比率⁸⁾

年 度	旅客運賃	貨物運賃
	消費財物価	生産財物価
1881～1885年	2.0	—
1886～1890年	2.2	—
1891～1895年	2.2	—
1896～1900年	1.7	1.5
1901～1905年	1.7	1.4
1906～1910年	1.5	0.9
1911～1915年	1.3	0.9
1916～1920年	1.0	0.5
1921～1925年	0.9	0.7
1926～1930年	1.0	0.9
1931～1935年	1.1	1.1
1936～1940年	0.7	0.7

注1) 各期間の平均

注2) 鉄道運賃(1935年=100)

注3) 消費財・生産財物価指数(1934～1936年=100)

本を産業の発展に先駆けて、急速に蓄積していったことである。このことは、図-1に示したいずれの資本ストックの推移をみても明らかである。

一方、図-2に示されるように、実質GNP(但し、戦前は大川一司による推計)はそれほど急激な上昇を示していないことから、輸送需要増大に先駆けて投資が行われたことを物語っている。

また、図-3に示したGNPに占める交通関連投資の比率をみると、1885年(明治18年)から1902年(明治35年)頃にかけて極めて高い水準で推移していることがわかる。この時代は、自動車が登場する以前であり、陸上の唯一の大量輸送を担う鉄道の投資に重点がおかれていた(図-4参照)。

また、図-5のように現在に至る鉄道延長の大宋は、

明治年間に整備されていたと言える。これらは、明治政府が殖産興業政策として全国的市場形成および労働力の都市集中を促すことによって、産業の発展を図ろうとしていたことに対応する。さらに、貨物輸送量および旅客輸送量はGNP同様資本ストック程、早い時期には伸びていない。

一般物価水準に対する鉄道運賃の相対的上昇率(表-1参照)をみると、鉄道が実質国民総生産を増大させるとともに、運賃を相対的に引き下げることが可能となったのは、明治末から大正初期にかけてであるといえることができる。

大正時代から昭和初期にかけては、明治期に蓄積された資本ストックが収益性を増大させ始めた。1913～1916

年(大正2~5年)頃は、政府投資が大きく低下するが、これとは対照的に民間企業設備投資は1915~1919年(大正4~8年)頃急成長する。これは、1914年(大正3年)の第一次世界大戦の影響によるものである。西欧工業国の生産の停滞により、わが国は重化学工業を進展させ、この期に京浜工業地帯をはじめとする臨界工業地帯の基礎を築いたため、大量な輸送需要が発生した。

鉄道の輸送量の動向に着目すると(図-5参照)、貨物は日清戦争以後の高成長を1919年(大正8年)頃まで持続している。着目される点としては、旅客輸送が1915年(大正4年)以後貨物輸送需要と同じか、むしろ大きい成長率を示していることである。

企業活動の活発化および輸送需要の増大にやや遅れて、1916年(大正5年)頃から鉄道投資が再び上昇する傾向を示しはじめるが、こうした動向は需要増に対応した投資であると考えられる。それは、明治年間に大きい割合を占めていた建設費が改良費に立場を譲ることに端的に現れている。建設・改良費合計に占める改良費および車両費の割合は、明治末年と比べ上昇し続けるが、1916~1919年(大正5~8年)、すなわち輸送需要が大きく伸びた時期に特に構成比を高めていることがわかる(改良費は1918年76.41%、車両費は1919年39.18%でピーク)。

改良費の増加は資本係数を低下させる要因となり、投資の多くが直接輸送力に影響する車両費に向かったことは、費用当たり輸送サービス量を増加させる要因となった。

1919~1926年(大正8年~昭和元年)にかけては既に民間企業設備投資の低迷と関連し、鉄道輸送需要増加は鈍化しはじめていることから(図-5参照)、この期に行われた政府投資は需要に見合ったものとは言いがたい。特に、1932, 1933年(昭和7, 8年)に建設費比率は48%を占めた。その理由の一つとしては、既に1892年(明治25年)に公付されていた鉄道敷設法の改正が1922年(大正11年)に行われたことが挙げられる。その内容は、1923年(大正12年)以降新たに149路線、延長10,219kmを設置しようとするものである(1921年(大正10年)営業キロは10,819km)。

大正期における第2の大きな変化は、近距離輸送手段として自動車が増加したことである。特に、1923年(大正12年)の関東大震災によって関東地方の鉄道網が崩壊状態になったことをきっかけに、普及していった。

昭和初期においては1929年(昭和4年)に始まる世界恐慌の影響が、翌年の金輸出解禁によってわが国にも影響が及び景気が後退した。以後、交通投資の対国民総生産比率は、長期にわたり大幅に低下した。鉄道輸送量は1932年(昭和7年)頃から急増した。その第1の原

因は民間企業設備投資の急増によるものと考えられる。

第2は、1935年(昭和10年)頃まで急増していた道路投資が削減され、鉄道が陸上輸送を一手に担ったことによる。総交通投資が減少するなかで鉄道投資は横ばい状態の推移を保っていたのは、鉄道の既存基礎施設が、道路に比べて充実していたことによるものと考えられる。

(2) 代替交通機関

当時の鉄道の代替交通機関としては、人力車、馬車、内航汽船、自動車などが考えられる。前掲の調査報告書には「……明治二年人力車の発明ありしに次いで、五年頃より馬車の使用始まりし等に依り、旅人は著しく便益を享くるに至り¹⁾。又、貨物の運搬に就いては、馬背人背の外、明治初年より大八車を使用し、さらに荷馬車をも使用するに至れり……」とあり、また「……如此沿岸公開航海の発達は、陸上交通の不備を補って、運送上重要な機関を為せるものにして、……鉄道開通後とも之を利用し得ざる地方に在ては、貨物輸送上重要な機関となりて……」とあり、人力車、馬車、内航汽船の重要性が記されてある。しかし、同書にも後述されているように、鉄道のもつ高速性と大量輸送能力には、どの交通機関も及ばず、鉄道の補助的なものとならざるを得なかった。また、自動車が大量輸送手段となり得なかった理由としては、第1に戦時下にあつて石油の供給が不十分であったこと、第2に1917年(大正6年)頃からの道路投資が急増した時期の投資は、中央政府ではなく地方公共団体によるものであったため、鉄道のように長期的視点に立った路線網を構築するに至らなかったことである。

本研究では、これらのことを踏まえて、かつ、分析対象年次を勘案し、鉄道の代替交通機関は人力車、荷馬車、内航汽船の3つを考える。さらに、鉄道網の効果を計測するには、これらの運賃率の想定が必要であるが、時系列で与えられているデータが無く、正確な運賃率の推定が困難である。それゆえ、ある年の運賃率を用い、推定期間中は一定であるものとする。例えば旅客輸送の場合、代替交通は人力車と内航汽船である。ここで、本研究ではこの両者の機関分担率を50%ずつと仮定し、以下に示す方法により平均運賃率を算出する。すなわち、前述の文献では1881年(明治14年)の横浜から大阪までの汽船賃が下等で6円50銭、人力車は8円54銭となっている¹⁾。これらを人キロ当りに換算し、両者の平均を物価指数で除したものを実質運賃率(0.026円/人キロ)とする。また、貨物輸送の場合には、代替輸送機関は荷馬車と汽船の水陸兼行とする。前述の文献より、1884年東京から京都まで百斤(60kg)3円52銭であり、トンキロ当り0.112円/トンキロになる¹⁾。これも旅客輸送と同様な補正計算により運賃を算出する。ここで算出された値は0.344円/トンキロであり、この汽船の運賃

は三菱汽船の運賃を採用している。

3. 社会経済モデルの定式化^{11)~13)}

本研究において提案する明治期鉄道網形成の国民経済的便益測定理論は、一般均衡分析である。以下に、データの入手が可能であるような、簡便な社会経済モデルの作成のための仮定を設定し、世帯および生産部門の行動と市場均衡を定式化する。

(1) 社会経済モデルの仮定とモデルの概要

① 社会は世帯、交通以外の生産部門、輸送部門（旅客および貨物輸送の2部門）および政府からなるものとする。

② 社会で生産および消費する財は、価格1の合成財、旅客および貨物輸送サービス、労働および資本ストックである。

③ N 戸の世帯は、全て同一の効用関数と同一の所得を有するものとし、時系列的には変化するが、鉄道網整備有無両場合の世帯数は一定とする。

④ 交通生産を行う部門以外の生産部門は全て同一の生産関数を有する。

⑤ 世帯が購入する輸送サービスは旅客輸送サービスのみであり、貨物輸送サービスは購入しない。対称的に生産部門が購入する輸送サービスは、貨物輸送のみであり旅客輸送サービスは購入しない。

⑥ 社会は毎年均衡状態にあるものとする。

以上の仮定のもとに構築した社会経済モデルは、基本的に、世帯は所得制約下の効用最大化行動により、合成財と旅客輸送サービスを消費し、労働力を生産部門に供給する。生産部門は与件の労働力、貨物輸送サービスおよび民間資本ストックによって合成財 Q を生産する。民間資本ストックは民間設備投資によって増大し、民間設備投資は社会資本整備による乗数効果によって増大する。交通部門では、交通サービスを供給するのに必要な財として交通生産費用 Z_R を考え、利潤 Π_R があつた場合にはすべて鉄道投資を行い、損失が発生した場合は政府が補填する。また、政府は鉄道以外の交通関連投資 I_{NR} と交通関連以外の投資 I_{NT} を行うものとする。市場では合成財の需給均衡と与件の労働力への報酬が決定される。この結果、世帯の達成可能な効用水準が決定される。

ここで、本研究で設定した社会経済モデルの仮定に対する是非の検討を行う。仮定①および②は本研究で取り扱う部門および財に対する仮定である。この仮定をとり除き、部門および財を細分化することにより、現実に近いモデルの構築は可能となるが、計算が非常に複雑になるという弊害を有することになる。逆に、本研究で設定した部門および財を簡略化することは、本研究の目的を達成し得ることができなくなる。仮定③および④は、世

帯および生産部門の集計化を意味しており、この様なマクロモデルが実用的であることは計量経済学の分野で証明済みである。仮定⑤および⑥の妥当性については、シミュレーション結果（鉄道網形成有りの場合）により検討せざるを得ず、その結果から判断すると妥当性を有しているものと考えている。

以上の考え方に基づいて、以下に各部門の行動を定式化する。

(2) 世帯の行動

本研究では、世帯は予算制約下で効用最大化行動を行うものとし、効用関数にCES (Constant Elasticity of Substitution) 型を仮定し、式(1)のように特定化する¹⁴⁾。この理由としてCES型は、代替パラメータの値 (ρ あるいは θ) によって線型、対数線型、およびL字型をその特殊型として含む、一般的な関数と考えられるためである。

$$\max_{z,x} u = [(az)^\rho + ((b(S_T) + c(S_{NT}))x)^\rho]^{1/\rho} \dots (1.a)$$

$$s.t. \quad z + px = w - T \dots (1.b)$$

$$\text{ただし、} -\infty < \rho < 1 \dots (1.c)$$

$$S_T = S_R + S_{NR} \dots (2)$$

$$T = T_R + T_{NR} + T_{NT}, (T_T = T_R + T_{NR}) \dots (3)$$

ここで、 z ：価格1の合成財の消費量（円／労働人口）、 x ：旅客輸送サービス利用量（人キロ／労働人口）、 S_T ：交通関連資本ストック（百万円）、 S_{NT} ：交通関連以外の資本ストック（百万円）、 S_R ：鉄道資本ストック（百万円）、 S_{NR} ：鉄道以外の交通関連資本ストック（百万円）、 p ：旅客運賃（円／人キロ）、 T ：全ての社会資本整備のための一括固定税（Lump Sum Tax）（円／労働人口）、 w ：世帯の所得（GNP／労働人口）、 $w - T$ ：世帯の可処分所得（円／労働人口）、 $u(\cdot)$ ：効用関数、 $b(S_T)$ ： S_T の増加関数、 $c(S_{NT})$ ： S_{NT} の増加関数、 a, b, c, ρ はパラメータを示している。また、上記括弧内は、使用データを示す。

本研究では式(2)のように交通関連資本ストックを鉄道とそれ以外の交通部門に分割しており、また、世帯は式(3)に示したように、鉄道建設のための一括固定税 T_R 、鉄道以外の交通施設整備のための一括固定税 T_{NR} および交通関連以外の整備のための一括固定税 T_{NT} を支払うものと仮定している。また、 T_T は交通施設整備のための一括固定税を示している。

式(1.a)において、第1に、 x の係数を S_T および S_{NT} の増加関数としたのは、1単位（人キロあるいはトンキロ）の交通サービスから得られる効用が、交通関連資本ストックが増加する程大きくなるという交通関連資本ストックによる利便性の増大を示すためであり、交通関連以外の資本ストックの増大は生活を向上させ交通需要を喚起するものと想定したためである。ただし、 b

$(S_T) + c(S_{NT})$ の特定化としては指数型、ベキ数型および対数型等が考えられるため、適合度のよい関数型を採用する(下記5. 参照)。また、本研究では明治・大正期の経済成長は、鉄道資本投資以外の技術革新による影響も多大であったものと考え、式(1.a)に技術革新を示す変数の導入を試みたものの、 $b(S_T) + c(S_{NT})$ との重共線性が発生したため断念せざるを得なかった。

第2に、交通サービスによる便利さの度合を示す所要時間の代理変数として交通関連資本ストック S_T を採用している。この S_T は、世帯の効用に直接影響し、その量を世帯がコントロールすることができないという意味で公共財(Public Goods)とみなしている。例えば、東京～大阪間の鉄道所要時間と鉄道資本ストック S_R との間には、相関係数で0.9を上回る相関関係がある。

第3に、本モデルでは世帯が購入する輸送サービスは旅客サービスのみであり、貨物輸送サービスは購入しないものとしている(仮定⑤)。しかし、実際には、貨物輸送サービスの向上により、物価の安定、低下という結果を生ぜしめ、これが世帯の効用を上昇させたものと考えられるが、後述する効用関数の推定の際に重共線性が発生したためにこの物価安定(低下)効果を見逃した。この点は今後に残された課題である。

第4に、旅客輸送サービスには鉄道が形成された場合には、2部門あることを想定している。すなわち、形成された鉄道と、当時主な長距離交通の手段であった人力車、荷馬車および内航汽船である。一方、鉄道が無い場合は、 S_R がゼロとなると同時に人力車、荷馬車および内航汽船のみのサービスが可能であるとの想定を行う。

さて、世帯にとってパラメータである p, w, t, S_T および S_{NT} を与件とした時、式(1)の制約付きの最大化問題を z と x について解くと、合成財需要関数(省略)および旅客輸送サービスの需要関数式(4)を得る。

$$x = (w-t) / [p(1 + (b(S_T) + c(S_{NT})) / ap)^2] \dots (4.a)$$

$$\text{ただし、} r = \rho / (1 - \rho), \quad -1 < r < \infty \dots (4.b)$$

また、式(4)および合成財需要関数を式(1.a)に代入すると、世帯の達成可能な効用レベル $v(p, w-t, S_T, S_{NT})$ を示す間接効用関数(Indirect Utility Function)を得ることができる。

$$v(p, w-t, S_T, S_{NT}) = (w-t) / [(1/a)^r + (p / (b(S_T) + c(S_{NT})))^r]^{(1/r)} \dots (5)$$

式(4)および式(5)は、可処分所得 $(w-t)$ に関して線型、また、仮定③より全ての世帯は同一の効用関数形を有するので、社会全体の合成財需要量 Z 、社会全体の旅客交通サービス需要量 X および社会全体の達成可能な効用レベル V は、単に $(w-t)$ の値を社会全体の可処分所得 $W-T (=GNP - \text{民間設備投資} - \text{社会資$

本投資)におきかえることによって得られる。したがって、以下では社会全体の数量を $Z, X, W-T, V$ のように大文字で示し、価格は p, c, w のように小文字で示す。

(3) 生産活動

生産活動には、企業による生産活動と鉄道による交通生産とがある。以下、各々の行動について述べる。

a) 企業

企業が生産する価格1の合成財の生産量 Q (円)は、貨物輸送サービス利用量 F (トンキロ)、交通関連資本ストック S_T (百万円)、労働力 N (=世帯数) および民間資本ストック K (百万円) によって決定されるものとする。この企業の生産関数を特定化する際にも、その関数型にCES型を仮定し、式(6)のように特定化した。

また、本研究では式(6.b)に技術革新を示す変数の導入を試みたが、 $\beta(S_T)$ との重共線性が発生したため、断念せざるを得なかった。

$$\max_{Q, F} \Pi = Q - cF - Nw - I_p \dots (6.a)$$

$$\text{s. t. } Q = [\delta + \alpha N^{-\theta} + (\beta(S_T)F)^{-\theta} + (\zeta K)^{-\theta}]^{-1/\theta} \dots (6.b)$$

$$\text{ただし、} -\infty < \theta < 1 \dots (6.c)$$

$$K = (1 - \varepsilon_1)K_{-1} + I_p \dots (7)$$

$$I_p = \tau + \nu Nw_{-1} + \phi S_{T-1} \dots (8)$$

ここで、 Π : 利潤、 c : 貨物輸送運賃(円/トンキロ)、 I_p : 民間設備投資(百万円)、 w : 労働力1人当り賃金、 $\delta, \alpha, \theta, \zeta, \tau, \phi$: パラメータ、 $\beta(S_T)$ は S_T の増加関数を示す(5. 参照)。

また、式(7)は民間資本ストックの蓄積過程を示している。ここで、サブスクリプト-1は1期ラグを示し、 ε_1 は資本減耗率を指し示す。

式(8)は交通関連資本ストックの増大に伴い、民間設備投資が促進されることを意味している。したがって、交通関連資本ストックのレベルに応じて、1期ラグによる民間設備投資が誘発されるという、最も簡便な経済成長モデルとなっている。すなわち、鉄道投資は一方では、式(6.b)から直接に生産性を向上させるとともに、他方では式(8)の誘発投資によるストックの増大を促す乗数効果をもっていると仮定していることになる。

式(6.b)を式(6.a)に代入し、 Π を最大にする F を求めると、貨物輸送サービス需要関数である式(9)が得られる。

$$F = \beta(S_T) \times \left[\frac{\delta + \alpha N^{-\theta} + \zeta K^{-\theta}}{(c/\beta(S_T))^{\theta/(1-\theta)} - 1} \right]^{1/\theta} \dots (9)$$

なお、企業が購入する輸送サービスは、世帯とは反対に貨物輸送サービスのみであり、旅客サービスは購入しないと仮定している(仮定⑤)。これは、交通目的(私用と業務)別データが無いことと、パラメータ推定時に

重共線性が発生したために設けた仮定である。

また、世帯は全て企業によって雇用されているものとする。したがって、企業においては労働力 N は与えられた資源となる。また、雇用労働量に対する報酬 w の水準は、企業間の競争の結果利潤がゼロとなるように決定されるものとする。

b) 交通生産

社会全体の鉄道による収入は、交通生産費用 Z_R および鉄道による利潤 Π_R の和に等しくなり、利潤はすべて鉄道投資を行い、また、鉄道経営に赤字が生じた場合には政府が赤字補填を行うものと仮定する。

$$\Pi_R + Z_R = pX + cF \dots\dots\dots (10)$$

したがって、鉄道資本ストックの蓄積過程は、式 (11) のように表現される。

$$S_R = (1 - \varepsilon_2) S_{R-1} + I_R \dots\dots\dots (11)$$

$$I_R = T_R + \Pi_R \dots\dots\dots (12)$$

ここで、 ε_2 は資本減耗率を示す。

(4) 政府部門

政府部門は、鉄道経営の赤字補填、鉄道以外の交通関連資本投資 I_{NR} および交通関連以外の資本投資 I_{NT} を行うものと仮定する。

$$S_{NR} = (1 - \varepsilon_3) S_{NR-1} + I_{NR} \dots\dots\dots (13)$$

$$S_{NT} = (1 - \varepsilon_4) S_{NT-1} + I_{NT} \dots\dots\dots (14)$$

$$I_{NR} = T_{NR}, I_{NT} = T_{NT}, I_G = I_R + I_{NR} + I_{NT} \dots\dots\dots (15)$$

ここで、 I_G : 政府固定資本形成、 ε_3 および ε_4 は資本減耗率を示す。

(5) 市場均衡

本研究において、社会経済は毎年均衡状態にあるものと仮定しているの、合成財および企業利潤に関して式 (16) が成立する。すなわち、合成財の全生産額は、世帯の合成財消費量、税負担および鉄道による交通生産費用の和に等しい。したがって、式 (16.a) が成立する。

$$Z + T + \Pi_R + Z_R = Q \dots\dots\dots (16.a)$$

一方、企業の利潤はゼロとしているために、次式が成立する。

$$\Pi = Q - cF - Nw - I_p = 0 \dots\dots\dots (16.b)$$

あるいは、

$$Nw \equiv W = Q - cF - I_p \dots\dots\dots (16.c)$$

ところが、ワルラスの法則により上記 2 式のうちの 1 つは、冗長 (Redundant) となり無視してよい¹¹⁾。いま、式 (16.a) を無視する。このことより、式 (16.c) を満足する W が求まると、全ての社会経済活動水準は、 p, c, S_T, N, T の関数で表されることになる。

(6) 鉄道網形成の効果とその帰着先

鉄道網がもたらした社会的厚生増大効果、およびその効果の帰着を明確にするために、鉄道網形成有無の両場合を比較すること (With and Without Comparison) を

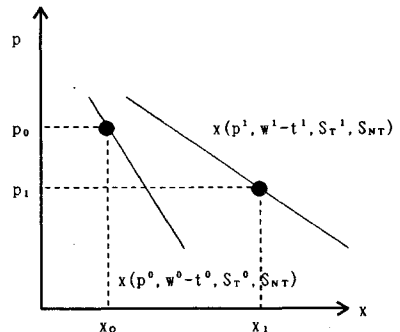


図-6 鉄道網形成有無両場合の概念図 (旅客)

試みる。そのため、次に示すような政府の政策を考える。ここで、スーパースクリプト 0, 1 は、それぞれ変化無、変化有の状態を表すものとする。

- ① 毎年の鉄道路線投資額を I_R^0 から I_R^1 に変化させる。
(交通関連投資額を I_T^0 から I_T^1 に変化させる。)
- ② 毎年の鉄道資本ストックを S_R^0 から S_R^1 に変化させる。
(交通関連資本ストックを S_T^0 から S_T^1 に変化させる。)
- ③ 毎年の旅客運賃を p^0 から p^1 に変化させる。
- ④ 毎年の貨物運賃を c^0 から c^1 に変化させる。

なお、鉄道網形成無しの場合には、鉄道路線投資額および鉄道資本ストックはゼロと設定し ($I_R^0, S_R^0 = 0$)、旅客および貨物運賃は 2. (2) に示したように鉄道の代替交通機関の値を用いた。

これら鉄道網形成有無両場合における旅客需要の変化に関する概念図を図-6 に示す。

この結果、労働力 N のみを一定とした時、 $Z^0 \rightarrow Z^1, X^0 \rightarrow X^1, F^0 \rightarrow F^1, Q^0 \rightarrow Q^1, Z_R^0 \rightarrow Z_R^1, \Pi_R^0 \rightarrow \Pi_R^1, W^0 \rightarrow W^1, \Pi^0 \rightarrow \Pi^1, I_p^0 \rightarrow I_p^1, K^0 \rightarrow K^1$ といった変化があり、これらの総合効果として達成可能な効用レベル $V^0 \rightarrow V^1$ の変化を得る。

鉄道網形成が世帯に影響を及ぼした効果は、効用レベルの増大であり、それは満足感の向上とも言え、生活レベルの向上とも言えることができる。したがって、鉄道網形成が世帯にもたらす効果は、達成可能な効用の増分である式 (17) で示される。

$$V^1 - V^0 = V(p^1, W^1 - T^1, S_r^1, S_{NT}) - V(p^0, W^0 - T^0, S_r^0, S_{NT}) \dots\dots\dots (17)$$

ただし、 $V(\cdot)$ は式 (5) に示す関数である。また、 S_{NT} は鉄道投資によって変化しないため、スーパースクリプトを省略している。

また、企業の受ける効果は、交通費用 (貨物運賃) の軽減による生産性の向上、すなわち利潤の増大である。しかし、企業の利潤は、民間設備投資額を内部保留した

上で式(16.b)より常にゼロとなる。したがって、交通費用の軽減は、労働による報酬の増加(賃金率 w の上昇)によって相殺される。労働の報酬の増加により、世帯の所得は増加する。すなわち、企業の鉄道網形成の効果は、世帯に組み入れられることになる。

交通部門は、政府部門と直結した部門であり、利潤は全て鉄道網形成のための投資になるため、利潤はない。したがって、交通部門の鉄道網形成による効果はゼロとなる。

結局、鉄道網形成の効果は、全て世帯に帰着される。したがって、鉄道網形成が社会全体に与えた効果は式(17)の値となる。

4. 鉄道網形成による社会的純便益

本研究では鉄道網形成が世帯に与えた効果、すなわち、国民の効用の増加分を貨幣タームで評価するために、等価的偏差 EV (Equivalent Variation) の概念を利用する。ここでいう EV とは、鉄道網形成という変化があった時、変化後の効用レベルを維持するという条件のもとに、その当該変化 (p, c, W, T, S_T の変化) を諦めるために必要と個人が考える最低補償限度額をいう。すなわち、次式を満足する EV の値となる¹⁵⁾。

$$V^1 = V(p^1, W^1 - T^1, S_T^1, S_{NT})$$

$$= V(p^0, W^0 - T^0 + EV, S_T^0, S_{NT}) \dots\dots\dots (18)$$

式(18)における EV は当該変化と同等の効用水準を与える所得の増加分ともいうことができる。さて、式(18)を EV について解くと、

$$EV = M(p^0, S_T^0, V^1, S_{NT}) - (W^0 - T^0) \dots\dots\dots (19)$$

ただし、 $M(\cdot)$ は、 $V^1 = V(p^0, y, S_T^0, S_{NT})$ なる式を y について解いた逆関数であり、いわゆる支出関数 (Expenditure Function) を示す。

本研究では、社会的便益 EV を勤労所得の変化による所得の増加分と、便利さの向上を示す福祉効果に分けて計量化するために $M(p^1, S_T^1, V^1, S_{NT}) = W^1 - T^1$ なることを利用して式(19)を以下のように変形する。

$$EV = M(p^0, S_T^0, V^1, S_{NT}) - M(p^1, S_T^1, V^1, S_{NT})$$

$$+ M(p^1, S_T^1, V^1, S_{NT}) - (W^0 - T^0)$$

$$= \{M(p^0, S_T^0, V^1, S_{NT}) - M(p^1, S_T^1, V^1, S_{NT})\} \textcircled{1}$$

$$+ (W^1 - W^0) \textcircled{2} - (T^1 - T^0) \textcircled{3} \dots\dots\dots (20)$$

ここで、式(20)の右辺第1項中括弧①は所得 ($W - T$) は一定で p と S_T のみが変化しているので福祉効果を示し、第2項②は勤労所得 W の変化による可処分所得の増大効果、第3項③は鉄道投資の変化分である。

さらに、GNP の定義式である式(21)より、所得の増大効果および鉄道投資の変化分を GNP ペースで表現すると式(22)のように変形される。

$$GNP = W + I_P + I_G \dots\dots\dots (21)$$

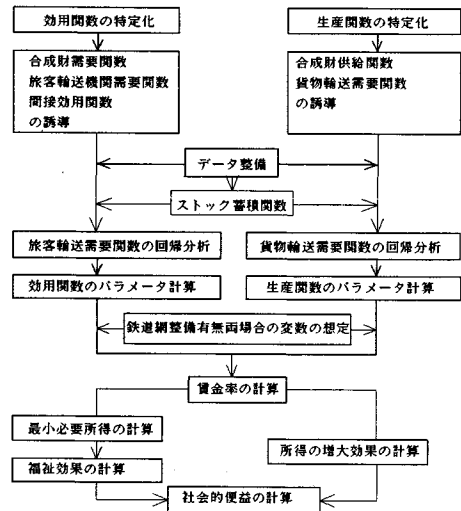


図-7 社会的純便益の測定手順

$$(W^1 - W^0) - (T^1 - T^0) = (GNP^1 - GNP^0) \textcircled{1}$$

$$- ((I_P^1 + I_G^0) - (I_P^0 + I_G^0)) - (T^1 - T^0) \dots\dots (22) \textcircled{2}$$

式(22)における①は、鉄道投資による GNP の増大効果を示し、②は投資そのものによる GNP の増大効果にあたる。

5. 鉄道網形成による便益の測定

(1) 測定手順¹⁶⁾

上述した理論に基づく鉄道網形成による便益の測定手順を図示したものが図-7である。以下では、図-7の手順に従って、その測定方法を述べる。

(2) 効用関数および生産関数のパラメータ推定

効用関数および生産関数のパラメータ推定を行うには、特定化して得られた旅客および貨物輸送サービスの需要関数式(4)および式(9)より回帰式を誘導し、2.で示した時系列データを代入することにより推定する。

このため、式(4)および式(9)における $b(S_T)$ 、 $c(S_{NT})$ あるいは $\beta(S_T)$ の関数の特定化を行う必要がある。この関数型には種々の特定化を行い、符号条件、相関係数および t 値について最も適合度の高いものを採用した。その結果、次式に示すように式(4)における $b(S_T)$ 、 $c(S_{NT})$ としては、 $\exp(b(S_T) + c(S_{NT}))$ 、式(9)における $\beta(S_T)$ としては βS_T なる関数型を得た。そこで、以下ではこの関数型の推定結果を示す。

① 効用関数

式(4)を $\exp(b(S_T) + c(S_{NT}))$ とすると次式となる。

$$\ln\left(\frac{W - T}{pX} - 1\right)$$

$$= -\frac{\rho \ln a}{\rho + 1} + \left(-\frac{\rho}{\rho + 1}\right) \ln p + \frac{\rho b}{\rho + 1} S_T + \frac{\rho c}{\rho + 1} S_{NT}$$

表一2 効用関数の推定結果 (exp(b(S_T)+c(S_{NT})) の場合)

回 帰 係 数	$-\frac{\rho \ln a}{\rho+1}$	-0.0024 (-2.48)
	$-\frac{\rho}{\rho+1}$	-4.953 (-8.21)
	$\frac{\rho b}{\rho+1}$	8.59×10^{-6} (4.02)
	$\frac{\rho c}{\rho+1}$	7.32×10^{-7} (3.25)
相関係数		0.910
パラメータ	ρ	-1.253
	a	7.45×10^{-4}
	b	1.73×10^{-6}
	c	1.48×10^{-7}

括弧内は、t 値を示す。

表一3 生産関数の推定結果 ($\beta(S_T) = \beta S_T^\gamma$ の場合)

回 帰 係 数	$-\frac{\ln \beta}{1+\theta}$	-4.670 (-5.12)
	$\frac{1}{1+\theta}$	0.890 (3.08)
	$-\frac{\gamma}{1+\theta}$	-0.207 (-8.25)
パラメータ	θ	0.123
	β	5.28×10^{-8}
	γ	0.232
相関係数		0.900
式 (24)		
パラメータ	δ	-16.157 (-8.12)
	α	0.231 (3.75)
	ζ	0.062 (2.38)
相関係数		0.901
式 (25)		

括弧内は、t 値を示す。

..... (23)

式 (23) のパラメータ推定結果を表一2 に示す。

② 生産関数

生産関数の推定には、以下の過程を踏む。

まず、 $\beta(S_T) = \beta S_T^\gamma$ なる式を仮定し、企業の利潤はゼロという仮定 ($Q = cF + W + I_p$) と、式 (6.b) および式 (9) における $d\Pi/dF = 0$ なる条件より、

$$\ln\{(cF + W + I_p)/F\} = -\frac{\ln \beta}{1+\theta} + \frac{1}{1+\theta} \ln c - \frac{\gamma}{1+\theta} \ln S_T \dots \dots \dots (24)$$

$$(cF + W + I_p)^{-\theta} - (\beta S_T^\gamma F)^{-\theta} = \delta + \alpha N^{-\theta} + \zeta K^{-\theta} \dots \dots \dots (25)$$

推定は2段階で行う。まず、式 (24) で θ 、 β および γ を求め、これを式 (25) に代入して δ 、 α および ζ を求める。これらの推定結果を表一3 に示す。

③ 資本ストック関数

民間資本、鉄道以外の交通資本および交通関連外資本の3種のストック関数は、式 (7)、式 (11)、式 (13) および式 (14) そのものを用いて定数項無しの回帰計算を行った。

これらの推定結果を表一4～表一7 に示す。また、式 (8) の民間設備投資関数の推定結果を表一8 に示す。

④ パラメータ推定結果の考察

表一2～表一8 より、パラメータの符号条件は、全て満足している。ここで、t 値に注目するとほぼ有意水準5%の1.96以上の値を示している。また、相関係数は全て0.9以上の値を得ている。そこで本研究では、効用

表一4 国民資本ストック関数の推定結果

パラメータ	ε_1	相関係数
推定値	0.051 (48.1)	0.998

括弧内は、t 値を示す。

表一5 鉄道資本ストック関数の推定結果

パラメータ	ε_2	相関係数
推定値	0.0023 (41.2)	0.999

括弧内は、t 値を示す。

表一6 鉄道以外の交通資本ストック関数の推定結果

パラメータ	ε_3	相関係数
推定値	0.029 (45.1)	0.988

括弧内は、t 値を示す。

表一7 交通関連外資本ストック関数の推定結果

パラメータ	ε_4	相関係数
推定値	0.041 (35.5)	0.987

括弧内は、t 値を示す。

表一8 民間設備投資関数の推定結果

パラメータ	推定値
τ	0.024 (7.84)
ν	3.45×10^{-8} (2.15)
ϕ	5.24×10^{-8} (3.02)
相関係数	0.920

括弧内は、t 値を示す。

関数、生産関数およびストック関数のパラメータ推定結果は、統計的に有意であると判断する。

(3) 鉄道網形成有無の場合の世帯所得 W の決定

鉄道網形成有無の場合の GNP、 W^0 および W^1 を決定するためには、有無両場合の交通費用を想定する必要がある。そこで本研究では、鉄道有りの場合には2. に示した時系列データを使用し、鉄道無しの場合には $S_R^0 = 0$ 、 $c^0 = 0.344$ 円/トンキロを使用する。

以上の想定のもとに、有無それぞれの場合における GNP である $W^0 + I_p^0 + I_c^0$ 、 $W^1 + I_p^1 + I_c^1$ を決定する。この中で W^0 、 W^1 は、市場均衡式 (16.c) によって求められる。すなわち、式 (6) より求められる供給関数および式 (9) を式 (16) に代入して W を求めると式 (26) を得る。

$$W = [(c/\beta S_T^\gamma)^{-\theta(1+\theta)} - \beta S_T^\gamma] \times \left[\frac{\delta + \alpha N^{-\theta} + \zeta K^{-\theta}}{(c/\beta S_T^\gamma)^{-\theta(1+\theta)} - \beta S_T^\gamma} \right]^{-1/\theta} - I_p - I_c \dots \dots \dots (26)$$

式 (26) の右辺に、 S_T 、 N および c の各年の値と表一3 に示したパラメータを代入すると、鉄道整備有りの場合の推定値 W^1 を得る。さらに、 $W^1 + I_p^1 + I_c^1$ は理論上 GNP に一致する。しかし、式 (26) の右辺のパラメータは、それぞれ、旅客および貨物需要関数を推定す

表-9 社会的便益の測定結果

年	GNPの変化		所得増大効果		福祉効果		社会的便益		鉄道投資額		GNP
	Δ GNP	%	EV _w	%	EV _{PL}	%	EV(EV _w +EV _{PL})	%	I _R	%	
1875	41	2.9	3	0.2	4	0.3	7	0.5	16	1.1	1,415
1880	72	3.7	5	0.3	7	0.4	12	0.6	20	1.0	1,955
1890	169	6.1	35	1.3	16	0.6	51	1.8	41	1.5	2,765
1900	414	9.7	150	3.5	45	1.1	195	4.6	127	3.0	4,273
1910	776	11.5	357	5.3	145	2.1	502	7.4	111	1.6	6,747
1920	1,318	13.4	558	5.7	224	2.3	782	8.0	96	1.0	9,835
1930	2,412	16.7	991	6.9	544	3.8	1,535	10.6	238	1.6	14,442
1940	4,112	20.1	1,700	8.3	822	4.0	2,522	12.3	180	0.9	20,456

(10億円/年, 昭和55年価格, 右列は対GNPシェア)

る際に決定された値であるため、 $W^1 + I_p^1 + I_G^1$ の値は実測のGNPに必ずしも一致するわけではない。この両者の相関を検討したところ、相関係数0.978、不一致係数0.008であり、十分な精度であると考えられる。

一方、 W^0 の値は、式(26)において $S_R^0 = 0, c^0 = 0.344$ 円/トンキロを代入することによって得られる。

(4) 所得の増大効果の測定

所得の増大効果 EV_w は、式(20)における右辺第2項で表現される。すなわち、

$$EV_w = W^1 - W^0 \dots \dots \dots (27)$$

式(27)に5.(3)で求められた W^1, W^0 を代入することにより、各年の所得の増大効果が測定される。

(5) 福祉効果の測定

福祉効果 EV_{PL} は、式(20)における右辺第1項の中括弧の内部で表される。すなわち、

$$EV_{PL} = M(p^0, S_T^0, V^1, S_{NT}) - M(p^1, S_T^1, V^1, S_{NT}) \dots \dots \dots (28)$$

この EV_{PL} を測定するためには、最小必要所得 M の値を求める必要がある。この M の値は、世帯の達成可能な効用レベルを与える間接効用関数を用いて式(29)のように求めることができる。

$$M(p^0, S_T^0, V^1, S_{NT}) = \left\{ \frac{s(p^1, S_T^1, S_{NT})}{s(p^0, S_T^0, S_{NT})} \right\}^{-1/\rho} (W^1 - T^1) \dots \dots \dots (29.a)$$

$$s(p, S_T, S_{NT}) = \frac{a + (ap)^{\rho/(\rho+1)} (e^{-\beta S_T - c S_{NT}})^{-1/(\rho+1)}}{\{1 + (ae^{-\beta S_T - c S_{NT}})^{-1/(\rho+1)} p^{\rho/(\rho+1)}\}} \dots \dots \dots (29.b)$$

したがって、 EV_{PL} は式(28)に式(29)を代入し、鉄道網形成有無の両場合の W^1, W^0 および他の時系列データの値を代入して測定する。

(6) 社会的便益の測定結果および考察

4. で述べた所得の増大効果 EV_w 、福祉効果 EV_{PL} および両者を合計した社会的便益 EV の測定結果を表-9に示す(ここでは、10年毎の値を示す)。

図-8では、福祉効果、所得の増大効果およびその合計である社会的便益のいずれも急激な伸びを示している。これは、この間の急激な運賃指数の低下および鉄道

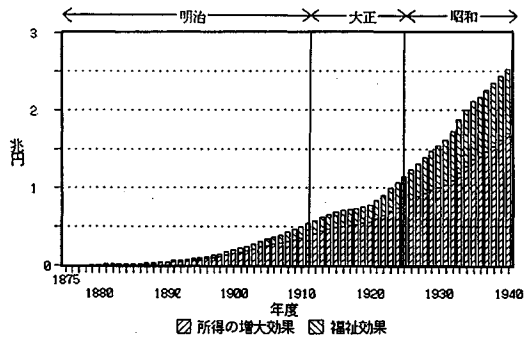


図-8 社会的便益の推移

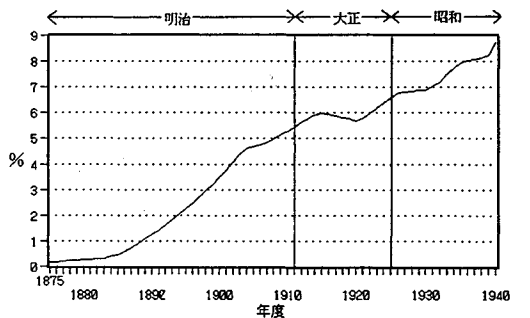


図-9 所得の増大効果のGNPに対する比率

資本ストックの増加による効果である。

また、社会的便益に対する福祉効果と所得の増大効果の比率は、各年毎にみていくと、概ね前者が1.0に対して後者が0.6~2.0程度の割合であり、所得の増大効果による便益が大きいことを示している。

次に、図-9は、所得の増大効果のGNPに対する比率を示したものである。これより、所得の増大効果のGNPに対する比率は0.2~8.3%程度の範囲にあり、現実的な値を得ているものと言え、かつ、戦前の日本の経済成長に多大な影響をもたらしたものと想定される。

さらに、 I_R の対GNP比率が0.5~3%程度であるのに対して、社会的便益のそれは0.5~12%であり、この比率からみても全般に効率性の高い投資であったことが伺える。

なお、本研究では2.(2)において設定した鉄道の代

表一〇 運賃率の感度分析 (社会的便益の測定結果)

年	ケース1		ケース2		基本ケース	
1875	7	0.99	7	1.01	7	1.00
1880	12	0.99	12	1.03	12	1.00
1890	50	0.98	54	1.06	51	1.00
1900	183	0.97	211	1.08	195	1.00
1910	482	0.96	577	1.11	502	1.00
1920	743	0.95	891	1.14	783	1.00
1930	1,443	0.94	1,781	1.16	1,535	1.00
1940	2,345	0.93	3,001	1.19	2,522	1.00

(10億円/年, 昭和55年価格, 右列は対基本ケース)

替交通機関の運賃率 (基本ケース) が計測結果に与える影響を検討するため、運賃率を半分に設定した場合 (ケース1) と2倍に設定した場合 (ケース2) について感度分析を行った。表一〇を見ると、ケース1では1940年において最大7%の過小評価、ケース2では1940年において最大19%の過大評価という結果となった。何れのケースにおいても、本研究における基本ケースの結果とは、オーダーの議論としてほぼ一致しているものと判断できる。

6. おわりに

本研究では、簡便な一般均衡モデルを用いて明治期鉄道網形成による社会的便益の概略の数値を掴むことができた。

本研究で得られた成果を以下に示す。

① 明治・大正期の鉄道投資がもたらした社会便益は、初期は小さかったものの、次第に大きくなり、全体として非常に効率のよい投資であったことが伺える。

② 社会的便益のうち、福祉効果よりも所得の増大効果、すなわち、旅客よりも貨物による効果の方が、前者を1とした場合に最大2倍程度の大きな効果をもたらしたことが明らかになった。

③ 本研究における簡便な一般均衡モデルの適合性は良好であり、今後の課題である現在の幹線交通ネットワークの効果分析にも適用可能であると考えられる。

④ しかし、本研究では資本ストックのデータを利用している。本手法を発展途上国に適用する際には、資本ストックのデータは整備されていない場合が多く問題となる。このような場合には、推定精度は落ちるものの、資本ストックの代わりに鉄道延長等を用いることにより

解決できるものと考えられる。

なお、本研究で残された課題を以下に列挙する。

① 鉄道網形成無しの場合の運賃率を推定期間中は変化しないものと仮定した。しかし、より正確な効果の計測を行うためには時系列データを使用した分析を行わなければならない。

② 本モデルでは、明治・大正期の鉄道輸送の中で相当分を占めていた軍需鉄道輸送については明示的に表現していない。

参考文献

- 1) 鉄道院：本邦鉄道の社会及び経済に及ぼせる影響(上, 中, 下), 鉄道院, 1916.
- 2) 日本国有鉄道編：日本国有鉄道百年史, 交通協力会, 1975.
- 3) 中村英夫：明治期の鉄道のインパクトスタディ, 土木学会編新体系土木工学月報, No. 15, 技報堂出版, 1980.
- 4) Forgel, R.M. : Railroad and American Economic Growth, The Johns Hopkins Press, 1964.
- 5) 経済企画庁：政府固定資本形成および政府資本ストックの推計, 1966.
- 6) 経済企画庁：社会資本ストックの推計, 1976.
- 7) 江見康一：長期経済統計・資本形成, 東洋経済新報社, 1974.
- 8) 大川一司：長期経済統計・国民所得, 東洋経済新報社, 1964.
- 9) 南亮進：長期経済統計・鉄道と電力, 東洋経済新報社, 1965.
- 10) 運輸経済研究センター：近代日本輸送史研究会編, 「近代日本輸送史一論考, 年表統計一」, 成山堂, 1958.
- 11) 森杉壽芳, 林山泰久・小島信二：交通プロジェクトにおける時間便益評価一簡便化手法の実用化と精度の検討一, 土木計画学論文集, No. 4, pp. 149~156, 1986.
- 12) Morisugi, H. : Two Simple Post-Evaluation Models for Expressway Network Formation, 日交研シリーズ A-116, 日本交通政策研究会, 1987.
- 13) 黒田昌裕：一般均衡の数量分析, 岩波書店, 1989.
- 14) Varian, H.R. : Microeconomics Analysis, Norton and Company, 1978.
- 15) 森杉壽芳：交通便益の概念とその測定理論, 高速道路と自動車, Vol. 27, No. 4, pp. 17~26, 1984.
- 16) 森杉壽芳・林山泰久・佐藤 栄：明治期鉄道網の開発効果の測定に関する研究, 土木学会中部支部講演集, 1986. (1991. 5. 11 受付)

SOCIAL NET BENEFIT OF RAILWAY NETWORK FORMATION IN MEIJI AND TAISHO ERA

Hisayoshi MORISUGI and Yasuhisa HAYASHIYAMA

This study examines whether or not the investment for railway network formation in Meiji and Taisho era was worthwhile for the national economic efficiency by applying the cost benefit analysis to the time series data from 1875 to 1940. The socio-economic model which this study adopts is a simple but dynamic general equilibrium model. The national benefits are expressed by two terms of the GNP contribution effect and the welfare effect of which the latter is defined as the monetary expression of the improvement of convenience due to the fare decrease and rail capital stock increase.