

都市間高速交通に関するモード別フルコスト推計と比較分析

谷本圭志・喜多秀行
鳥取大学工学部社会開発システム工学科

Comparative Analysis of Full Cost of Intercity High-Speed Transportation
between Japan and California

Keishi TANIMOTO and Hideyuki KITA
Department of social systems engineering, Faculty of Engineering
Tottori University, Tottori, 680-8552, Japan
E-mail: tanimoto@sse.tottori-u.ac.jp

Abstract: To achieve the efficiency, it is necessary for decision makers to estimate the full cost when they invest in a transportation mode and put the price for the service. In addition, the factors by which the full cost is characterized must be examined especially for the mode selection in terms of long run. In this paper, we estimate the full cost in Japan by the methods used by Levinson *et al.*, which estimated the full cost in California. Then we compare the full costs estimated in California and Japan and discuss the factors affecting their difference in both regions.

Key words: Full cost analysis, High-speed transportation mode, Cost structure, Comparative analysis

1. はじめに

緊縮した経済や厳しい資源制約といった背景の下で、交通モードへの投資や運営を行うに際して、効率性がより重要視されるようになってきている。このため、投資を行う際には発生する費用に対して十分な便益があるかを予測して投資の妥当性を評価することが、運営においては社会的な効率性を達成するための適切な料金設定が要請される。また、交通モードの選択においても、導入が想定されている地域にとって最も効率的なモードが求められる。これらの要請に応えるためには、まず各交通モードに係わる費用を正しく把握することが基本的かつ重要な課題となる。

費用にはインフラの建設費用やサービスを提供する事業者の運営費用、環境への悪影響といった社会的費用など様々な項目がある。従って、これら個々の項目を正確に推計し、費用の全体像を把握することが必要となる。個々の項目から構成される費用の全体像はフルコスト(full cost)と呼ばれている。交通モードに関する投資、運営を行うに際して、フルコストを正確に把握することなしに効率性を達成することはできない。しかしながら、各交通モードのフ

ルコストに関する研究が欧米で精力的に行われているのに対し、我が国ではこれまで十分になされていないとは言えない。このため、我が国における各モードのフルコストを推計し、その実態を明らかにすることがまず求められる。

フルコストの分析に当たっては、推計の対象となるモードが属する国や地域の特性と費用が密接不可分であることに留意を要する。地形条件や社会的条件はもちろんのこと、外部性や規模の経済性、範囲の経済性、補助金などの制度が費用に影響を及ぼすことは容易に理解されよう。これらは各々の国、地域における費用構造を特徴づける要因であり、それらを明らかにすることは効率的なモードを選択する上で特に重要である。なぜなら、限界費用の低い交通モードの選択が効率か否かは、短期的な観点からそうであったとしても、長期的な観点からはそれらの要因が引き続き肯定的に保証されるかどうかによって依存するためである。

以上の問題意識の下、本研究では、我が国における都市間高速交通モードとして高速道路、高速鉄道、航空を対象とし、フルコストの推計を行う。さらに、我が国と地域特性の異なるアメリカのカリフォルニアを対象としてフルコストを推計した研究[1]を取

り上げ、そこでの推計結果と我が国でのそれを比較する。また、各々の費用構造の特徴を明らかにした上で我が国とカリフォルニアでの費用構造の差異を特徴づける要因について考察を加える。なお、フルコストの比較を行うに当たっては双方の地域における推計方法を統一する必要がある。このため本研究では、カリフォルニアのフルコスト推計において用いられた方法を用いることとし、方法そのものについての議論は取り上げないこととする。

2. フルコスト分析の枠組み

2. 1 フルコスト分析の目的

交通モードのフルコスト分析を対象とした研究はそれぞれ異なった目的の下で実施されているが、Greene *et al.*[2]が示すようにそれらの目的は大きく分けて以下に示す動機に基づく。

- 経済的効率性の改善
- 代替案の比較
- 公正性、公平性の評価

一つ目の目的は、社会的な効率性の最大化の追求に関するものであり、多くの場合、限界外部費用を内部化することで達成される。二つ目は、複数存在する交通モード代替案の比較を行い、それぞれの費用構造の実態を明らかにするものである。三つ目は、ある交通モードを導入した場合に、誰が費用を負担し、誰が受益するのが社会的に適切であるかに関心がある。これら全ての目的は、最終的には交通モードへの投資の妥当性評価やモードの運営に当たっての課税や補助金などのプライシングの設計に通じるものである。

2. 2 フルコストの分類

フルコストの分類は、研究の目的によって異なる。大まかな分類との断りの下、Quinet[3]は私的費用(private cost)、(料金によってカバーされない)インフラ費用(infrastructure cost)、外部費用(external cost)によってフルコストが構成されているとしており、後者二つの和を「利用者によって負担されない」という意味で社会的費用(social cost)と呼んでいる。Delucchi[4]は、別の二つの分類を示している。一つは、誰が費用を負担するかによるもので、私的セクター、公共セクターのいずれが負担するかに着目したものである。もう一つは、金銭換算可能性

表1 フルコストの分類、項目費用[1]

費用の項目	内容
インフラ費用 Infrastructure costs	- 資本の建設費用、公債の返済費用 - 維持管理費用
事業者費用 Carrier costs	- 車両等の購入に要する資本費用 - 車両等の維持管理、運転費用 (インフラ整備に移転されるものを除く)
利用者費用 User money costs	- 料金 - 車両の購入費用、車両の維持管理、運転に要する金銭的な費用 (インフラ整備、サービスの運営者に移転されるもの及び保険を除く)
利用者時間費用 User travel time Costs	- 混雑していない状況下で費やす時間に時間価値を乗じたもの
利用者混雑費用 User congestion Costs	- (混雑している状況下で費やす時間-混雑していない状況において費やす時間)に時間価値を乗じたもの
社会的費用 Social costs	- 大気汚染 - 事故 - 騒音

に着目したものであり、可能な費用(monetary cost)と不可能な費用(non-monetary cost)に分類している。

本研究では、カリフォルニアのフルコストの推計に用いられた方法をベースに我が国のそれを推計するため、フルコストの分類はカリフォルニアのフルコストを推計した Levinson *et al.*[1]の研究で用いられた分類によることとする。表1にその分類を示す。なお、以後は Levinson *et al.*に倣い、利用者混雑費用と社会的費用の和を「外部費用(external cost)」、インフラ費用と事業者費用、利用者費用、利用者時間費用の和を「私的費用(private cost)」と呼ぶ。ただし、サービスの供給者と利用者によって費用が負担されている費用を「私的」費用としている。

3. フルコストの推計

3. 1 フルコストの推計方法

先述のように、本研究では Levinson *et al.*によるフルコストの推計方法を用いる。その内容についての詳細は原論文に譲ることとし、ここでは概略のみ簡単に述べる。なお、フルコストは\$/人キロを単位として計測する。

(1) 高速道路**(i) インフラ費用**

インフラ費用は、資本、労働、維持管理費用から構成される長期支出によって計測される(注1)。最小二乗法によりクロスセクションデータを用いて長期支出(LRTE)を次式のように回帰する。ただし $a_0 \sim a_6$ はパラメーターであり、これらの値を推計する。

$$LRTE = a_0 \times Pk^{a1} \times Pl^{a2} \times Pm^{a3} \times Ya^{a4} \times Yc^{a5} \times Ys^{a6} \quad (1)$$

変数は以下の通りである。

Pk: 資本の価格 (= Moody's Bond Rating による利子率)

Pl: 労働の価格 (= 政府労働者の平均賃金率) (\$)

Pm: 建設資材費 (= 建設資材費の物価指数 = 瀝コンクリートの価格 (\$/cuyd) を国の平均価格で除したもの)

Ya: 乗用車 (= 台マイル/年) (millions)

Yc: シングルユニットトラック (= 台マイル/年) (millions)

Ys: コンピネーショントラック (= 台マイル/年) (millions)

この回帰式では、人キロ当たりの平均費用を一意に導出することができない。このため、付加的費用 (incremental cost) をもって平均費用とする。乗用車に関する付加的費用 (LRICa) は次式で求められる。

$$LRICa = (E(Ya)^{a4} - 1^{a4}) (Za) / E(Ya) (\$/vkt) \quad (2)$$

(vkt = vehicle-kilometer-traveled)

ここに、Za は $a_0 \times Pk^{a1} \times Pl^{a2} \times Pm^{a3} \times Yc^{a5} \times Ys^{a6}$ を各データの平均で評価した値、E(Ya) は Ya の平均値である。

乗用車 1 台当たり 1.5 人の旅客を仮定し、人キロ (passenger-kilometer-traveled, 以後 pkt と略す) 当たりの付加的費用を求める。

(ii) 利用者費用、利用者時間費用

利用者費用は、燃料費、タイヤの摩耗費、減価償却費などの関数として与える。この関数を推計し pkt で除すことにより求める。利用者時間費用は、時間価値を平均走行速度で除すことで求める。

(iii) 外部費用

混雑: マイル当たりの 1 台の時間遅れ (単位: 分) (Thd) は HCM (Highway Capacity Manual) [5] により、次式で与えられる。

$$Thd = 0.54 \times (Qh/Qho)^{10} \quad (3)$$

ここに、Qh: 単位時間当たりのフロー (台/h), Qho: 単位時間当たりの容量 (台/h) である。これに時間価値を乗じることで費用が算定される。

事故: 事故による損失は生命の価値、財産の損失、傷害による損失などである。事故の損失額に事故率を乗じて平均事故費用を推計する。

騒音: 以下に示す簡便な平均費用の算出式を用いて推計する。

$$NC = fD \times fH \times fC \times (-0.018 + 0.0028 \ln(Qh)) \quad (4)$$

ここに、fD: 住宅の密度, fH: 住宅の価格, fC: デシベルデフレーター (デシベル当たりの費用) である。ただし、これらの変数はそれぞれ住宅密度が 360 (戸数/km²), 住宅の価値が \$250,000, デシベルデフレーターが 0.0062 の場合に 1 に基準化されるよう設定されている。

大気汚染: 大気汚染の費用は、地域への影響分と温室効果ガスなどの地球への影響分の双方がある。大気汚染物質の排出量に汚染物質による被害の費用を乗じることで、費用を推計する。

(2) 高速鉄道**(i) インフラ費用**

土木構造物や建築物、線路、電力施設、信号系統、鉄道用地といった資本費用の和をインフラ費用とし、その機会費用を pkt で除して求める。ただし、資本の機会費用を年当たり 7.5% と仮定する。

(ii) 事業者費用

事業者費用は 2 つの要素から構成されている。一つは運営費用である。運営費用を販売費用、管理費用、入れ替え (shunting) 費用、車両運転費用、保線・設備管理費用、燃料費用の和として与え、pkt で除すことにより推計する。もう一つは資本費用であり、車両といった資本の機会費用を pkt で除すことにより推計する。

(iii) 利用者費用、利用者時間費用

利用者に関する費用は時間費用のみである。時間費用は、時間価値を平均運転速度で除して求める。

(iv) 外部費用

高速鉄道は電気を動力源としているため、大気汚

染は電力供給セクターの費用と仮定すると、高速鉄道に起因する大気汚染は無視できる。また、これまでの運転実績から大きな事故や混雑も生じていないとし、これらの費用を無視する。従って、騒音のみが推計すべき外部費用となる。

騒音：200(km/h)で走行した場合における騒音による平均費用(SNAC)を次式で推計する。

$$SNAC = 0.0050 - 0.0015 \ln(Q_t) \quad (5)$$

ここに、 Q_t は1時間当たりの鉄道サービスの本数である。

(3) 航空

(i) インフラ費用

航空におけるインフラ費用は、管制塔の施設整備費やレーダーコントロールシステムの費用などから構成される航空路(airway infrastructure)整備費用と、空港整備費用(airport infrastructure costs)から構成される。航空路整備費用は、その要素費用を加算し、pktで除すことにより推計される。空港整備費用は空港利用客数などの関数として回帰分析を行い、pktで除して推計される。

(ii) 事業者費用

事業者費用は、資本の費用(航空機の購入に要する費用)と運営費用から構成される。運営費用は、運航費用、維持管理費用に減価償却費、負債の償却費の和である。この費用を旅客数やpkt当たりの収益等の変数で回帰することにより推計する。資本費用は機会費用をpktで除すことにより推計される。

(iii) 利用者費用、利用者時間費用

高速鉄道と同様に、利用者に関する費用は時間費用のみである。時間価値を平均飛行速度で除して時間費用を求めることができる。

(iv) 外部費用

混雑：1航空機当たりの平均遅れ(単位：分)(Tat)を表す関数を次式のように与えている[6]。

$$Tat = 0.19 + 2.33 \times (Qa/Qao)^6 \quad (6)$$

ここに、 Qa ：実現している年間当たりの空港容量、 Qao ：年間当たりの空港サービス容量である。これに時間価値を乗じることで費用が算定される。

事故：百万航行マイル当たりの大事故生起確率を

0.0008としている。1フライト当たりの旅客数を100、一回の事故当たりの死亡者数を13と仮定し、生命の価値を\$2.4 (million)として事故費用を推計する。

騒音：騒音費用の評価は、別途の研究報告[7]、[8]を用いる。

大気汚染：高速道路の場合と同様に推計する。

3. 2カリフォルニアにおけるフルコストの推計

以下では用いられたデータ等に関する概略のみ述べる。

(1) 高速道路

(i) インフラ費用

最小二乗法により、各州のクロスセクションデータを用いて長期支出(LRTE)を次式のように回帰している。

$$LRTE = 79221 \times Pk^{1.83} \times P1^{0.786} \times Pm^{0.00492} \times Ya^{0.439} \times Yc^{0.225} \times Ys^{0.179} \quad (7)$$

(ii) 利用者費用、利用者時間費用

平均走行速度を100(km/h)、時間価値を10(\$/h/person)として与えている。

(iii) 外部費用

混雑： Qh を1,500(台/h)とし、 Qho を2,000(台/h)として与えている。

騒音： fD ：住宅の密度、 fH ：住宅の価格、 fC ：デシベルデフレーターをそれぞれ360(戸数/km²)、\$250,000、0.0062として与えている。

(2) 高速鉄道

カリフォルニアでは高速鉄道が不在のため、フランスのTGVを導入することを仮定して費用を推計している。

(i) インフラ費用

現在導入が検討されているLos Angeles-San Francisco High Speed Lineにおけるインフラ費用を推計し、pktで除して求めている。

(ii) 事業者費用

運営費用は、ヨーロッパの高速鉄道についての研究INRETS/INTRAPLAN[9]のデータを用いて費用を推計している。

(iii) 利用者費用, 利用者時間費用

平均運転速度を 234(km/h), 時間価値を 10(\$/h/person)として与えている.

(iv) 外部費用

騒音: 1時間に5本のサービスを仮定している.

(3) 航空**(i) インフラ費用**

空港整備費用は Golaszewski[10]の研究結果を引用している.

(ii) 利用者費用, 利用者時間費用

平均飛行速度を 877(km/h), 時間価値を 10(\$/h/person)として与えている.

(3) 外部費用

混雑: Qa 及び Qao は公表されておらず, その値は不明である.

3. 3 日本におけるフルコストの推計

上記の推計方法を用いて, 我が国の都市間交通のフルコストを導出する(注2). なお, 為替レートを 120(yen/\$), 時間価値を 10(\$/h/person)と仮定する.

(1) 高速道路

日本道路公団が管理する高速道路を対象に推計する.

(i) インフラ費用

入手可能なデータの制約により, 説明変数として全ての車合計の年間台キロのみしか得ることができない. このため, 乗用車, シングルユニットトラック, コンビネーショントラックを説明変数として回帰しえない. 各県のクロスセクションデータ[11]を用いて回帰した結果が次式である. Y は全ての車についての輸送量 (=台マイル/年) (millions) である.

$$\text{LRTE} = 4.928 \times Y^{0.582} \quad (8)$$

相関係数は 0.634 であり, 定数と変数 Y の係数の t 値はともに 3%の水準で有意である(表2参照). 付加的費用(LRIC)は次式のように推計される. ここに E(Y)は Y の平均値である.

表2 回帰の結果 (高速道路, インフラ費用)

回帰変量	推計された係数	標準誤差	t 値
定数	1.595	0.709	2.250 (3%*)
変数, 台マイル	0.582	0.106	5.506 (1%)

*: 有意水準 ※両対数による回帰を行った.

表3 新幹線のインフラ費用

線 (開通年)	費用 (million \$)	デフレーター* (1993年を100)	費用(1993年価値)
東海道 (1964)	2,750	23.3	11,803
山陽 (1975)	7,583	55.8	13,590
東北 (1982)	22,167	85.0	26,079
上越 (1982)	13,583	85.0	15,980

* 建設工事デフレーター[21]

表4 新幹線の事業者費用

年	総費用* (million \$)	新幹線の pkt (million)	在来線を含めた pkt*, (million)	新幹線の費用 (million \$)	旅客数 (million)
91	26,250	74,221	231,774	8,406	275,104
92	24,508	73,061	232,110	7,714	276,531
93	24,871	72,563	234,555	7,694	275,855
94	24,898	68,248	230,040	7,387	262,985
95	25,121	70,827	233,591	7,617	275,900

*: 総費用及び pkt は, 新幹線サービスを担っている JR 東日本, JR 東海, JR 西日本を対象として導出している.

表5 回帰の結果 (高速鉄道, 事業者費用)

回帰変量	推計された係数	標準誤差	t 値
定数	7.717	0.476	16.23 (1%)
変数, 旅客数	1.73E-05	6.62E-06	2.607 (8%)

※ 事業者費用の対数を被説明変数として回帰を行った

$$\text{LRIC} = 4.928 (E(Y)^{0.582} - 1^{0.582}) / E(Y) = 0.2461 (\$/vkt) \quad (9)$$

1台の車に 1.5人の旅客を仮定すると, 付加的費用は 0.1640 (\$/pkt)と推計される.

(ii) 利用者費用, 利用者時間費用

利用者の維持管理費用は、車両の購入費、燃料費、修理費などの関数である。総務庁によると、これらの要素費用に関する1世帯当たりの全支出は\$1,315と報告されている[12]。日本の世帯数は43,077(千世帯)[13]であり、年間当たりのpktは889,900 (million pkt)[14]であることから、平均費用は0.0637 (\$/pkt)と推計される。また、時間費用は、時間価値(10\$/h/person)を法定最高速度の100(km/h)で除すことにより、0.1000 (\$/pkt)と推計される。

(iii) 外部費用

混雑：建設省によると、我が国の平均交通量は1576.5(台/h)である[14]。道路構造令では、二車線道路における一車線一時間当たりの交通容量を2,500(台/h)と定めている。式(3)により、混雑費用は0.0008(\$/pkt)と推計される。

事故：IRF(International Road Federation)の調査によると、pkt当たりの事故件数はアメリカの1.66倍である[15]。事故当たりの損失額がカリフォルニアと等しいとすると、事故費用は0.0332(\$/pkt)と推計される。

騒音：式(4)を用いて騒音費用を推計する。住宅戸数を可住地面積[17]で割った値を住宅密度として与える。すると、住宅密度は366.5(戸数/km²)となる。住宅の価値に関する適切なデータが入手できなかったため、政府の目標である「年収の5倍」を基準とする。平均の年収が57(\$1,000)[18]であることから平均の住宅の価値は285(\$1,000)となる。デシベルデフレクターの値をカリフォルニアと同様に設定し、Qhをカリフォルニアと同じ6,000(台/h)とすると、騒音の費用は0.0074(\$/pkt)となる。

大気汚染：森杉ら[19]は、我が国における排出係数を推計している。この係数は、ガソリン乗用車を対象としていることに留意が必要である。SOxに関する排出係数が対象外となっているため、カリフォルニアで用いられた係数で代用する。すると、我が国における大気汚染による費用は0.0019(\$/pkt)と推計される。

(2) 高速鉄道

1993年以前に開業した新幹線を対象とする。

(i) インフラ費用

新幹線の資本の建設費用[20](表3参照)をpktで割ることでpkt当たりの平均インフラ費用を導出する。1993年度におけるpktは、68,248(million pkt)である[20]。資本の機会費用を年当たり7.5%とする

と、インフラ費用は0.0741(\$/pkt)と推計される。なお、資本の維持管理費は不明であるため、推計の対象外とした。

(ii) 事業者費用

事業者費用は運輸省の統計[20]により入手可能であるものの、それを運営費用、資本費用に分解できない。また、新幹線のみを対象とした費用も入手不可能である。そこで、在来線を含めた全ての営業線の総事業者費用に(全ての営業線でのpkt/新幹線のpkt)を乗じることで、新幹線についての事業者費用を求める。時系列データ(表4)を用いて輸送量(pkt)に対する事業者費用の関数を推計する。回帰の結果を表5に示す。相関係数は0.833であり、定数のt値は有意水準1%、変数のそれは8%である。以上より、事業者費用は0.1083(\$/pkt)となる。

(iii) 利用者費用, 利用者時間費用

利用者に関する費用は時間費用のみである。時間価値(10\$/h/person)を平均運転速度(220km/h)[22]で除すことにより、0.0454(\$/pkt)と推計される。

(iv) 外部費用

騒音：式(5)を用いて騒音の平均費用を求める。時刻表[22]により、1時間当たりの新幹線の本数として11.72を与えると、騒音の費用は0.0013(\$/pkt)と推計される。

(3) 航空

(i) インフラ費用

データ制約により、インフラ費用[23]を航空路整備費用と空港整備費用に分類しえなかった。このため、インフラ費用全体を旅客数で回帰することで費用を算出する。その際、全費用のうち国内都市間の路線にのみ帰すべき費用が不明であるため、本研究では全費用に(国内路線のフライト数/全フライト数)を乗じてそれを求める(表6参照)。インフラ費用は5年間のデータを用いて回帰する。その結果、相関係数は0.688であり、t値が悪く、低い有意水準にとどまった(表7)。国内路線のインフラ費用は、0.0527(\$/pkt)と推計される。

(ii) 事業者費用

事業者費用には、資本費用、運営費用があるが、我が国で公表されているデータ[24]からこれら二つの費用の和は把握できるものの、個々に分解できない。また、国内路線のみに関する費用も明らかでは

ない。

そこで、本研究では、全費用に（国内路線のフライト時間/国際、国内路線のフライト時間）を乗じることによって国内路線に帰すべき事業者費用を求める（表8）。次いで、この費用を旅客数で回帰する。推計された1993年の費用をその年の輸送量（pkt）で除すことにより、事業者費用を導出する。表9は回帰の結果を示している。相関係数は0.984と良好であり、定数及び変数のt値も有意水準1%となっている。以上より、事業者費用は、0.1614 (\$/pkt)と推計される。

(iii) 利用者費用、利用者時間費用

時間価値(10\$/h/person)を平均航行速度(560km/h)で除すことにより、0.0179 (\$/pkt)と推計される。平均航行速度は、全飛行距離を全飛行時間で割ることによって求める[24]。

(iv) 外部費用

混雑：混雑に関するデータは入手不可能であった。このため、カリフォルニアでの推計結果と同じ、0.0017(\$/pkt)を仮定する。

事故：カリフォルニアと日本の間で事故率等について大差はないと考え、カリフォルニアの推計結果と同じ0.0004(\$/pkt)を仮定する。

表6 国内路線のインフラ費用

年	総費用 (million \$)	比率 *	国内線 の費用	旅客数 (million)	pkt (million)
91	3,932	0.664	2,611	62.76	53,201
92	4,200	0.656	2,755	63.06	51,994
93	4,407	0.660	2,909	62.46	51,852
94	4,258	0.657	2,798	66.64	55,242
95	4,570	0.670	3,062	70.12	55,832

*: 国内路線のフライト数/国際路線、国内路線、貨物路線のフライト数

※ 国内の航空企業として、JAL（日本航空）、ANA（全日空）、JAS（日本エアシステム）を対象とした。

表7 回帰の結果（航空、インフラ費用）

回帰変量	推計された係数	標準誤差	t 値
定数	7.140	0.492	14.89 (1%)
変数, 旅客数	0.012	0.008	1.640 (20%)

※インフラ費用の対数を被説明変数として回帰を行った。

表8 国内路線の事業者費用

年	航空会社	総費用 (million \$)	比率 *	国内線 の費用	旅客 数 (milli- on)	pkt (millio- n)
91	JAL	8,811	0.236	8,326	62.76	53,201
	ANA	5,663	0.781			
	JAS	1,892	0.964			
92	JAL	8,403	0.242	8,481	63.06	51,994
	ANA	5,868	0.768			
	JAS	2,017	0.962			
93	JAL	7,795	0.256	8,375	62.46	51,852
	ANA	5,667	0.784			
	JAS	2,011	0.963			
94	JAL	8,010	0.266	8,694	66.64	55,242
	ANA	5,768	0.794			
	JAS	2,041	0.972			
95	JAL	8,415	0.270	8,952	70.12	55,832
	ANA	5,989	0.761			
	JAS	2,150	0.987			

*: 国内路線のフライト時間/国際、国内路線のフライト時間

表9 回帰の結果（航空、事業者費用）

回帰変量	推計された係数	標準誤差	t 値
定数	3,601	518.689	6.943 (1%)
変数, 旅客数	76.34	7.970	9.578 (1%)

表10 航空の燃料費に関する回帰の結果

回帰変量	推計された係数	標準誤差	t 値
定数	-6,957	480.47	-14.48 (1%)
変数, 燃料費	639	39.80	16.05 (1%)

※燃料費の対数を説明変数として回帰を行った。

騒音：Levinson *et al.*が参照した別途の調査結果の値を用い、0.0043(\$/pkt)を仮定した。

大気汚染：大気汚染の費用が燃料支出に比例するという考え方に基いて推計する。まず年間当たりの飛行距離[24] (Da, thousand km)を年間当たりの燃料費[24] (Cg, million \$)で回帰する。その結果、以下の回帰式が得られる。

$$Cg = -6,957 + 639 \ln(Da) \quad (10)$$

相関係数は0.981と良好であり、表10に示すように定数、変数のt値も有意水準1%となっている。この回帰式を用いた結果、アメリカの燃料支出は19.1 (thousand \$)、日本のそれは37.8 (thousand \$)となる。

これにより、日本における大気汚染は0.00172 (\$/pkt) (= 0.0009×37.8/19.1)と推計される。

表 11 カリフォルニアにおけるフルコスト推計結果

費用の項目	航空	高速鉄道	高速道路
インフラ費用	\$0.0182	\$0.1290	\$0.0120
事業者費用： 資本費用	\$0.0606	\$0.0100	\$0.0000
事業者費用： 運営費用	\$0.0340	\$0.0500	\$0.0000
外部費用：事故	\$0.0004	\$0.0000	\$0.0200
外部費用：混雑	\$0.0017	\$0.0000	\$0.0046
外部費用：騒音	\$0.0043	\$0.0025	\$0.0045
外部費用：大気汚染	\$0.0009	\$0.0000	\$0.0031
利用者費用	\$0.0000	\$0.0000	\$0.0860
利用者時間費用	\$0.0114	\$0.0440	\$0.1000
合計	\$0.1315	\$0.2355	\$0.2302

表 12 日本におけるフルコスト推計結果

費用の項目	航空	高速鉄道	高速道路
インフラ費用	\$0.0527	\$0.0741	\$0.1640
事業者費用： 資本費用	\$0.1614	\$0.1083	\$0.0000
事業者費用： 運営費用			\$0.0000
外部費用：事故	\$0.0004	\$0.0000	\$0.0332
外部費用：混雑	\$0.0017	\$0.0000	\$0.0008
外部費用：騒音	\$0.0043	\$0.0013	\$0.0074
外部費用：大気汚染	\$0.0017	\$0.0000	\$0.0019
利用者費用	\$0.0000	\$0.0000	\$0.0637
利用者時間費用	\$0.0179	\$0.0454	\$0.1000
合計	\$0.2437	\$0.2291	\$0.3710

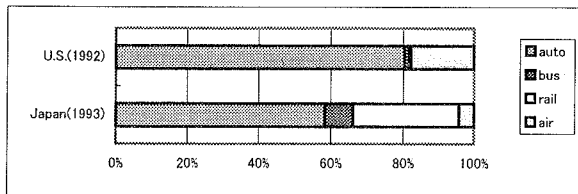


図 1 アメリカと日本の交通機関分担

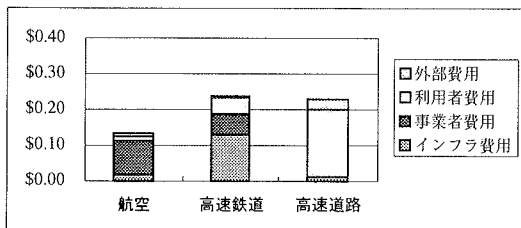


図 2 カリフォルニアにおける推計結果

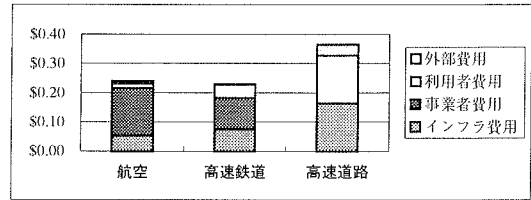


図 3 日本におけるフルコスト推計結果

4. フルコストの比較

4. 1 カリフォルニアと日本の交通機関分担

フルコストの比較に先立って、カリフォルニアと我が国の交通機関分担率を比べてみよう(図1参照)[15]. データ制約により、分析対象であるカリフォルニアのデータに代用してアメリカ全土のデータ、都市間高速交通のデータの代用として全ての交通のデータを用いるが、大まかな傾向は把握できるであろう。日本では、鉄道の機関分担率が比較的高く、カリフォルニアでは航空の分担率が比較的高いことが分かる。これら双方の地域での交通機関分担の差異がフルコストによって説明されうるかが一つの関心となる。

4. 2 カリフォルニアにおけるフルコスト

カリフォルニアにおける pkt 当たりのフルコストを表 11、図 2 に示す。カリフォルニアでは、航空のフルコストが0.1315 (\$/pkt)であり、他の二つのモードよりも著しくフルコストが小さい。また、高速鉄道のフルコストは、全てのモードの中で最も大きな結果となっている。フルコストを構成する個別の項目費用について見ると、インフラ費用は高速鉄道のそれが最も大きくなっている。これは、鉄道は営業線沿いの限られた地点にのみサービスを提供しうることに対し、高速道路や航空では広範に提供しうることが一因として挙げられている[1]. 私的費用は多額の資本費用に起因して高速鉄道のそれが全てのモードの中で最大となっている。値を比較すると、表 11 より航空で\$0.124、高速鉄道で\$0.233、高速道路で\$0.198 となっている。このように、外部費用を無視すると、高速鉄道の費用は航空の二倍にもなっている。しかし、高速鉄道の外部費用は他のどのモードよりも小さくなっているという特徴がある。フルコストにおける外部費用の割合は、高速鉄道で1%、航空で6%、高速道路では他のモードよりも比較的大きく14%となっている。

4. 3 日本のフルコスト

我が国における pkt 当たりのフルコストの結果を表 12, 図 3 に示す. 我が国においては, 高速鉄道のフルコストが他のモードよりも小さいとの結果を得ている. 各項目費用について見ると, インフラ費用では高速道路のそれが最大となっている. その原因としては, 密集した都市部や山岳地帯など費用が割高になる区域を通過する割合が全路線延長に対して比較的大きいためと考えられる. 私的費用について見ると, 表 12 より航空のそれが \$0.232, 高速鉄道では \$0.228, 高速道路では \$0.328 となっており, 高速鉄道と航空のそれがほぼ等しいとの結果となっている. 外部費用では, 高速鉄道のそれが他のモードのそれよりも小さくなっている. これはカリフォルニアと同様の結果である. フルコストにおける外部費用の割合は, 高速鉄道においては 1%, 航空では 3%, 高速道路では 12%となっている.

4. 4 日本とカリフォルニアでのフルコスト比較

高速鉄道以外のモードでは, 日本におけるフルコストはカリフォルニアのそれよりも大きい. この結果は, 1993 年の購買力平価の下でも成立する. この年での購買力平価は 184(yen/\$)であるため[25], このレートで我が国のフルコストを再計算すると, 高速道路で \$0.242, 高速鉄道で \$0.149, 航空で \$0.159 となる. また, 為替レートを 100(yen/\$)とすると, 高速鉄道のフルコストが \$0.275 となり, 全てのモードのフルコストがカリフォルニアのそれよりも大きくなる. 費用の項目について見れば, 特に, インフラ費用と事業者費用が大きくなっている. これは, 用地買収や労務費, 建設材料費など双方の地域での社会的条件が異なるためと考えられる.

日本における高速道路のインフラ費用は, カリフォルニアのそれよりも著しく大きい. これは先述にもあるが, 我が国において都市部では人口が密集した空間に, 地方部では山岳地帯に高速道路を建設せざるを得ないため, 高度な技術を要する部分や長大トンネル, 長大橋などを多く建設せざるを得ないことが原因と考えられる. 加えて, 地震などの防災対策, 自然環境や生活環境などへの措置が求められるなど, 費用を押し上げる要因が多いことも挙げられる. 航空のインフラ費用についても, 我が国のそれはカリフォルニアのそれよりも大きい. これは, 我が国の空港が海上の埋め立て地に建設されることがあることから分かるように, 用地造成に要する費用が必要となりうることも一因と考えられる.

カリフォルニアにおいては, 全てのモードの中で航空のフルコストが最も小さくなっているが, 我が国においてはそうではない. その原因の一つとして, 密度の経済の違いが考えられる. アメリカでは比較的以前から航空産業が台頭し, 旺盛な需要の下で密度の経済を活かして産業が発展してきた経緯がある. 実際, 密度の経済を表しうる指標の一つとして搭乗率を見ると, アメリカのそれが 65~70%であるのに対し, 日本のそれは 60%にとどまっている[24]. 従って, pkt 当たりの費用は, より多くの旅客に分散されているアメリカの方が有利となる. また, 範囲の経済性の違いも考えられる. すなわち, アメリカでは軍事部門での研究開発成果が航空産業に活かされていることが指摘できよう.

カリフォルニアでは, 高速鉄道のフルコストが高く, 我が国のそれは小さい. この違いは, 両地域の歴史的な背景の差異にあると考えられる. アメリカではモータリゼーションの進展に伴い, 比較的古くから鉄道が衰退していったのに対し, 我が国では, 近年では以前ほどではないが, 鉄道の導入が積極的に図られ, 新幹線の整備も優先的に行われてきた. このため, 高速鉄道の建設に際して在来線の駅舎の共用や建設技術の融通が可能であるなど, 規模の経済性が働いていると考えられる.

以上のようなフルコストの結果と図 1 に示した交通機関分担の図を比較してみると, フルコストの差異に見られる特徴が, 交通機関分担の違いに見られる特徴に反映されているようである. すなわち, アメリカではフルコストの最も小さい航空の分担率が比較的高く, 我が国においてはフルコストの最も小さい鉄道の分担率が比較的高い. 図 1 は本研究での分析結果と比較するに必ずしも十分妥当なデータではないことに留意を要するものの, 興味深い結果となっている.

5. おわりに

本研究では, カリフォルニアを対象としたフルコスト分析に倣い, 我が国のフルコストを推計するとともに, その結果をカリフォルニアにおいて推計されたそれと比較した. また, 両地域におけるフルコストに差異が生じている要因を考察し, 社会的条件や規模の経済性などの違いにあると考えた. 本研究で得られた知見を整理すると, 以下のようになる.

カリフォルニアでは, 航空のフルコストが最も小さく, 次いで高速道路, 高速鉄道の順になっているが, 我が国においては, 高速鉄道のフルコストが最小であり, 次いで航空, 高速道路となっている. これは, 両

地域の社会的条件等の差異が一因と考えられる。つまり、カリフォルニアでは航空産業の密度の経済性及び軍事部門との間での範囲の経済性を活かしている背景がフルコストにも反映されていると考えた。一方、我が国では鉄道の導入が積極的に図られてきた経緯があり、技術開発費の節減など規模の経済を活かしている背景がフルコストに反映されていると推察した。また、多くのモードにおけるインフラ費用では、我が国の地形条件という施工面の不利や高い用地買収費用などを反映して、カリフォルニアのそれよりも著しく大きな結果となった。

しかし、本研究では、フルコストの差異とそれを特徴づけるであろう要因との間の因果関係についての根拠を明確に示すには至っていない。また、フルコストの影響を及ぼしていると思われる各要因が変化した場合に、どれだけのフルコストの変化が見られるかについても現時点では明らかになっていない。このため、フルコストがどのような要因により形成されているのかを明らかにするとともに、それらの変化に対するフルコストの影響を理論的に表現しうるモデルを構築する必要がある。

また、フルコストの推計に当たっては、データの制約により信頼性に限界があると考えられる。今後、より妥当なデータが入手でき次第、推計結果を更新していく必要がある。以上、今後の課題としたい。

(注1) 長期には、資本と労働、維持管理費が可変であり、短期には労働、維持管理費のみが可変である。

(注2) Levinson *et al.*の研究では、1993年価値での費用が推計されている。金銭の価値を統一するために、1993年のデータを原則的に用いることとし、もしその年のデータが入手不可能であった場合には、その年に近い年のデータで代用する。

参考文献

- [1] D. Levinson, D. Gillen, A. Kanafani and J.M. Mathieu: The Full Cost of Intercity Transportation –A Comparison of High Speed Rail, Air and Highway Transportation in California, Research Report UCB-ITS-RR-96-3, 1996.
- [2] D. L. Greene and D. W. Jones: The Full Costs and Benefits of Transportation: Conceptual and Theoretical Issues, The Full Costs and Benefits of Transportation, D. Greene, D. Jones and M. Delucchi eds, pp.1-26, 1997.
- [3] E. Quinet: Full Social Cost of Transportation in Europe, The Full Costs and Benefits of Transportation, D. Greene, D. Jones and M. Delucchi eds, pp.69-112, 1997.
- [4] M. A. Delucchi: The Annualized Social Cost of Motor-Vehicle Use in the U.S., Based on 1990-1991 Data: Summary of Theory, Data, Methods, and Results, The Full Costs and Benefits of Transportation, D. Greene, D. Jones and M. Delucchi eds, pp.27-68, 1997.
- [5] Transportation Research Board: Highway Capacity Manual, 1985.
- [6] Federal Aviation Administration: Airport Capacity and Delay, 1983.
- [7] E. Quinet: The Social Cost of Land Transport, OECD Environment Monograph, No.32, 1990.
- [8] IBI Group: Full Cost Transportation Pricing Study: Final Report to Transportation and Climate Change Collaborative, 1995.
- [9] INRETS/INTRAPLAN, 1994.
- [10] R. Golaszewski: The Unit Costs of FAA Air Traffic Control Services, Journal of the Transportation Research Forum 28, 1987.
- [11] 全国道路利用者会議：道路統計年報.
- [12] 総務庁統計局：家計調査年報.
- [13] 自治省：住民基本台帳人口要覧.
- [14] 建設省道路局：道路交通経済要覧.
- [15] International Road Federation: World Road Statistics.
- [16] 総務庁統計局：住宅統計調査報告.
- [17] 朝日新聞社：民力.
- [18] 総務庁統計局：家計調査報告.
- [19] 森杉壽芳, 大野栄治, 小池淳司, 鈴木慎一：自動車排ガスによる社会的費用の計測に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.667-670, 1995.
- [20] 運輸政策研究機構：数字でみる鉄道.
- [21] 建設省経済調査室：建設デフレーター.
- [22] JTB時刻表.
- [23] 航空振興財団：数字でみる航空.
- [24] 日本航空協会：航空統計要覧.
- [25] OECD: 国民経済計算