

■ 論 文 ■

한국과 일본 철도산업의 비용구조와 생산성 분석

The Analysis of Cost Structure and Productivity in the Korea and Japan Railroad Industry

박진경

(서울대학교 환경대학원 박사과정)

김성수

(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

- I. 서론
- II. 선행연구의 고찰
- III. 모형의 설정
 - 1. 일반조일대수 총비용함수모형
 - 2. 밀도의 경제성
 - 3. 규모의 경제성
 - 4. 범위의 경제성
 - 5. 생산성
- IV. 자료와 추정방법
 - 1. 자료
 - 2. 추정방법
- V. 모형의 추정결과
 - 1. 일반조일대수 총비용함수
 - 2. 밀도의 경제성
 - 3. 규모의 경제성
 - 4. 범위의 경제성
 - 5. 생산성
- VI. 결론
참고문헌

Key Words : 철도산업, 밀도의 경제성, 규모의 경제성, 범위의 경제성, 생산성, 비용함수

요 약

본 연구는 한국과 일본의 철도업체를 노동, 동력, 유지보수, 그리고 차량 및 자본의 네 가지 생산요소를 투입하여 신칸센 인キロ, 일반여객 인キロ, 톤キロ의 세 가지 산출물을 생산하는 기업형태로 상징하여 일반조일대수 함수형태의 총비용함수모형을 설정하였다. 이때 네트워크효과를 나타내는 계도연장, 한국과 일본의 비용구조 차이를 반영하는 국가터미변수, 소유구조에 따른 차이를 반영하는 민영화터미변수, 그리고 생산성 증가율을 분석하기 위한 시간변수를 함께 포함시켰다. 총비용함수모형은 철도청에 대한 27개 연도별 자료(1977~2003), 일본국철(JNR, Japan National Railways)에 대한 8개 연도별 자료(1977~1984), 그리고 7개 일본철도주식회사(JR's, Japan Railways)에 대한 17개 연도별 자료(1987~2003)를 결합한 총 154개의 불균형통합자료를 이용해 반복결합일반화최소자승법으로 추정하였다.

일반조일대수 총비용함수모형의 추정결과로부터 밀도, 규모 및 범위의 경제성 지수를 각각 산정한 결과 한국과 일본의 철도산업은 표본평균값에서 신칸센, 일반여객과 화물운송부문별로 각각 산출물별 밀도의 경제 및 전반적인 밀도의 경제가 존재하고, 산출물별 규모의 불경제가 존재하나 신칸센/일반여객과 화물을 제외한 일반여객/신칸센과 화물, 그리고 화물/신칸센과 일반여객 운송부문에 범위의 경제가 존재하여 전반적으로는 다소 작은 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. KNR과 일본의 JR 동일본, JR 동해, JR 서일본의 1990~2003년에 해당하는 각 업체별 평균값에서 밀도와 규모의 경제성 지수를 각각 산정한 결과 표본평균값에서 산정한 값과 비슷한 경향을 나타내었으나, 범위의 경제성 지수의 경우 JR 동해는 신칸센과 일반여객운송부문간 범위의 경제가 존재하지만 JR 동일본과 JR 서일본의 경우 범위의 불경제가 존재하는 것으로 나타났다. 생산성 증가율은 전반적으로 민영업체인 JR's의 생산성 증가율이 국영업체인 KNR보다 더 큰 것으로 나타났다.

This paper investigates the cost structure of the Korea and Japan railroad industry with respect to density, scale and scope economies as well as productivity growth rate using a generalized translog multiproduct cost function model. The paper then assumes that the Korea and Japan railway companies produce three outputs (incumbent railway passenger-kilometers, Shinkansen passenger-kilometers, ton-kilometers of freight) using four input factors (labor, fuel, maintenance, rolling stock and capital). The specified cost function includes four other independent variables: track lengths to reflect network effects, two dummies to reflect nation and ownership effects, and time trend as a proxy for technical change.

The simultaneous equation system consisting of a cost function and three input share equations is estimated with the Zellner's iterative seemingly unrelated regression. The unbalanced panel data used in the paper, a total of 154 observations, are collected from the annual records of the Korea National Railroad (KNR) for the years 1977~2003, Japan National Railways (JNR) for the years 1977~1984, seven Japan Railways (JR's) for the years 1987~2003.

The findings show that the Korean and Japanese railways exhibit product-specific and overall economies of density but product-specific diseconomies of scale with respect to incumbent railway passenger-kilometers, Shinkansen-kilometers and ton-kilometers. However, the railways experience mild overall economies of scale which result from economies of scope associated with the joint production of incumbent railway/Shinkansen and freight, freight/incumbent railway and Shinkansen except Shinkansen/incumbent railway and freight. In addition, the economies of density and scale in the KNR, JR east, JR central, and JR west companies at the point of the years 1990~2003 average is generally analogous to the above results at the point of sample average. There also appear to be economies of scope associated with the joint production of the incumbent railway and Shinkansen in JR central but diseconomies of scope in JR East and JR West. The findings also indicate that the productivity growth rate of the privately-owned JR's is larger than that of the government-owned KNR.

I. 서론

국영철도라는 경영방식으로부터 야기되는 비효율성과 만성적 적자에 따른 철도경영의 재정위기는 1980년대 후반부터 전세계적인 철도구조개혁을 단행케 하였다. 스웨덴과 영국을 비롯한 대부분 유럽 철도산업의 구조개혁은 철도의 기반시설과 운영을 분리하는 수직분리방식으로 추진되었으며, 일본의 철도구조개혁은 수직적으로는 통합되어 있으나 지역적으로 6개의 여객철도회사와 1개의 화물철도회사로 분리하는 수평분리방식으로 추진되었다. 우리나라도 2003년에 철도산업발전기본법과 한국철도시설공단법, 그리고 한국철도공사법을 공포하고, 이에 따라 철도산업구조를 개편하고 있다. 우리나라 철도산업의 구조개편은 시설부문과 운영부문을 수직적으로 분리하여 시설부문의 신선 건설은 한국철도시설공단이 맡고, 운영부문과 시설부문의 유지보수는 한국철도공사가 맡으며, 운영부문은 업종 전문화와 철도화를 활성화를 위하여 2006년을 목표로 여객운송부문(수도권 전철부문 포함)과 화물운송부문을 분할하여 독립 법인화할 계획이다.

본 연구는 우리나라와 일본의 철도산업에 대해 일반초월대수(generalized translog) 함수형태의 총비용함수모형을 설정하고, 철도청에 대한 27개 연도별 자료(1977~2003), 일본국철(JNR, Japan National Railways)에 대한 8개 연도별 자료(1977~1984), 그리고 7개 일본철도주식회사(JR's, Japan Railways)에 대한 17개 연도별 자료(1987~2003)를 결합하여 사용해 이를 추정 한 후 한국과 일본 철도산업의 밀도, 규모 및 범위의 경제성과 생산성 증가율을 각각 분석한 다음 현재 진행 중인 우리나라 철도산업의 구조개편과 관련된 정책적 시사점을 제시하는 데 그 목적이 있다. 본 연구에서 철도산업의 비용구조를 분석했던 선행 연구에서 많이 사용되었던 초월대수(translog) 함수형태 대신 일반초월대수 함수형태를 이용하는 주된 이유는 어떤 산출물의 산출량 항에 0의 값을 직접 대입해 밀도, 규모 및 범위의 경제성 지수를 보다 정확하게 계산할 수 있기 때문이다.

본 연구는 먼저 2장에서 다산출물 비용함수 추정을

통해 밀도, 규모, 범위의 경제성과 생산성을 분석한 선행연구를 고찰하고, 3장에서 일반초월대수 함수형태의 총비용함수모형을 설정하며 이로부터 도출되는 밀도, 규모 및 범위의 경제성 지수, 그리고 생산성 증가율에 대하여 설명한다. 4장에서는 총비용함수모형을 추정하는 데 사용되는 자료와 추정방법을 설명하고, 5장에서 추정결과를 제시한다. 마지막으로 6장에서 분석결과를 요약하고, 우리나라 철도산업의 구조개편방안에 대한 정책적 시사점에 관해 논한다.

II. 선행연구의 고찰

철도산업을 대상으로 다산출물 비용함수를 추정하여 규모 및 범위의 경제성을 함께 분석한 연구로는 우리나라의 경우 배양선(1998), 하헌구·이경미(2002), 박진경·김성수(2004)가 있고¹⁾, 외국의 경우 Kim(1987)과 Ida and Suda(2004)가 있다²⁾. 또한 다산출물 비용함수모형에 시간추세(time trend) 변수를 포함시켜 규모의 경제성과 생산성 증가율을 함께 분석한 연구는 Caves et al.(1981)과 McGeehan(1993)이 있으며³⁾, 생산성 증가율만을 분석한 연구는 Loizides and Tsionas(2002)가 있다.

먼저 배양선(1998)은 우리나라의 철도산업에는 1990년대 초반까지는 전반적인 규모의 경제가 존재했으나 1990년대 중반에는 전반적인 규모의 경제가 상실되었으며, 지역간 여객운송부문과 화물운송부문간에는 범위의 경제가 존재했으나 지역간 여객운송부문과 수도권 전철부문간에는 범위의 불경제가 존재했다는 분석결과를 제시하고 있다. 이 연구에서 비용함수를 추정하는 데 사용된 자료는 철도청의 20개 연도(1977~1996)별 시계열 자료이기 때문에 자유도가 부족한 문제점을 갖고 있다. 하헌구·이경미(2002)는 노선별로 전반적인 규모의 경제가 존재했으며, 여객운송부문과 화물운송부문간에 범위의 경제도 존재했다는 분석결과를 제시하고 있다. 이 연구는 과소관찰점의 문제를 해결하기 위하여 경부선을 비롯한 19개 노선에 대한 10개 연도(1990~1999)의 결합자료(pooling data)를 사용하여 비용함수를 추정하

1) 이외에도 여객과 화물운송부문 각각에 대해 단일산출물 비용함수모형을 설정하여 규모의 경제성을 분석한 서선덕·이재훈(1994)과 대량화물과 제조업화물운송부문에 대한 다산출물 비용함수모형을 설정하여 규모의 경제성과 두 화물운송부문간 범위의 경제성을 분석한 김태승(1999)이 있다.
2) Brown et al.(1979), Caves et al.(1980), Caves et al.(1985), Mancuso and Reverberi(2003), Farsi, Filippini and Greene(2005) 등은 외국의 철도산업을 대상으로 다산출물 비용함수 추정을 통해 규모(또는 밀도)의 경제성만을 분석하였다.
3) Andrikopoulos and Loizides(1998)는 EU(European Union)의 10개국(벨기에, 덴마크, 프랑스, 독일, 그리스, 이탈리아, 룩셈부르크, 네덜란드, 포르투갈, 그리고 영국) 철도산업 각각에 대해 단일산출물 비용함수모형을 설정하고, 규모의 경제성과 생산성 증가율을 분석하였다.

였기 때문에 자유도가 부족한 문제점을 갖고 있지는 않다. 그러나 기업 단위의 자료가 아니라 노선 단위의 자료를 사용했기 때문에 규모의 경제성에 관한 추정결과는 네트워크규모(network size)의 경제성이 아니라 단일 노선에 대한 영업연장(route length)의 경제성에 관한 것으로 해석된다. 또한 박진경·김성수(2004)는 여객과 화물운송부문별로 각각 규모의 경제가 존재했고, 두 운송부문간에 상당히 큰 범위의 경제가 존재했으며, 전반적으로 대단히 큰 규모의 경제가 존재했다는 분석결과를 제시하였다. 이 연구는 철도청의 27개 연도(1977~2002)별 시계열 자료를 이용하였기 때문에 배양선(1998)의 연구와 마찬가지로 자유도가 다소 부족한 문제점을 가지고 있고 궤도연장과 같은 네트워크 변수를 독립변수로 포함시키지 못하였으므로 엄밀한 의미의 밀도의 경제성과 규모의 경제성을 구분할 수 없다는 한계를 가지고 있다. 그러나 하현구·이경미(2002)와 달리 기업 단위의 자료를 이용하였기 때문에 노선이 아닌 철도산업의 규모의 경제성으로 해석할 수 있다는 장점이 있다.

한편 Kim(1987)은 미국의 철도산업에는 여객과 화물운송부문별로는 대단히 큰 규모의 경제가 존재했으나, 두 운송부문간에 상당히 큰 범위의 불경제가 존재했기 때문에 전반적으로는 작은 규모의 경제가 존재했다는 분석결과를 제시하고 있다. 또한 Ida and Suda(2004)는 일본의 철도산업에는 평균적으로 신칸센과 일반여객운송부문별로는 상당히 큰 규모(또는 밀도)의 경제가 존재했으나, 두 여객운송부문간에는 작은 범위의 경제(비용보완성)가 존재했다는 분석결과를 제시하고 있다.

규모의 경제성과 생산성을 함께 분석한 연구로 먼저 Caves et al.(1981)은 미국철도산업의 경우 1955~1974년 동안 여객과 화물운송부문별로 규모의 경제가 존재했고, 생산성 증가율은 연평균 2%라고 제시하였다. 다음으로 McGeehan(1993)은 아일랜드철도산업의 경우 1973~1983년 동안 승객과 화물운송부문별로 밀도와 규모의 경제가 존재하였고, 생산요소가 고정

되어 있을 때 시간에 따른 산출물의 증가로 정의된 생산성 증가율이 연평균 9%라는 연구결과를 제시하였다. 마지막으로 Loizides and Tsionas(2002)는 영국과 독일을 제외한 벨기에, 덴마크, 프랑스, 그리스, 이태리, 룩셈부르크, 그리고 네덜란드, 포르투갈 철도산업의 경우 1969~1992년 동안 생산성 증가율이 감소했다는 분석결과를 제시하였다.

III. 모형의 설정

1. 일반초월대수 총비용함수모형

본 연구는 한국과 일본의 철도업체를 노동, 동력, 유지보수, 그리고 차량 및 자본의 네 가지 생산요소를 투입하여 신칸센 인키로, 일반여객 인키로, 화물 톤키로의 세 가지 산출물⁴⁾을 생산하는 기업형태로 가정하여 총비용함수모형을 설정하였다. 여기서 N은 궤도연장으로 네트워크효과⁵⁾를 나타낸다. 이 외에도 총비용함수모형은 국가더미와 민영화더미, 그리고 시간추세를 포함한다. 첫째, 국가더미변수는 한국과 일본 철도산업의 비용구조 차이를 반영하기 위해 도입되었다. 둘째, 민영화더미변수는 소유구조에 따른 차이를 반영하기 위해 도입된 변수로 한국의 철도청과 JNR은 국영체제에 속한다. 반면 JNR은 1987년 4월 1일, 6개의 여객철도업체(JR동일본, JR동해, JR서일본, JR북해도, JR서국, JR주쿠)와 1개의 화물철도업체(JR화물)로 분할된 다음 민영화되었으므로 7개의 JR's는 민영체제에 속한다. 셋째, 시간 변수를 도입하여 기술변화를 추정하고, 투입물이 일정할 때 시간에 따라 산출물이 증가하는 비율, 또는 산출물이 일정할 때 시간에 따라 투입물이 감소하는 비율로 생산성 증가율을 연도별, 철도업체별로 분석한다.

비용함수의 형태는 1계·2계 미분에 대한 사전적 제약이 없는 유연한 형태의 일반초월대수 함수형태이다. 이 함수형태는 요소가격은 자연대수를 취하는 반면 산

4) 다산출물의 이질적인 특성을 반영하기 위하여 Oum and Waters II(1996, 1997)는 비용함수 추정시 고려하는 산출물의 수를 증가시키는 방법이 일반적이라 하였는데, 철도산업의 경우 대부분 승객과 화물로 분리한다. Brown et al.(1979), Caves et al.(1980), Caves et al.(1981), Caves et al.(1985)와 Kim(1987)은 미국철도산업에 대해 승객 인키로와 화물 톤키로로 산출물을 분리하였고, Ida and Suda(2004)는 혼슈섬에서 영업하는 3개의 JR's(JR 동일본, JR 동해, JR 서일본)에 대해 신칸센 인키로와 일반여객 인키로로 산출물을 분리하였다.

5) 한국 철도산업에 대한 총비용함수모형을 추정한 선행연구인 박진경·김성수(2004)는 총비용함수모형을 설정할 때 네트워크 변수를 제외하였다. 모형을 추정할 때 사용되는 표본의 규모가 작고, 네트워크 변수로 고려할 수 있는 철도청의 영업연장 또는 궤도연장이 연구기간 동안 크게 달라지지 않았기 때문이다. 이와 같이 총비용함수모형을 설정할 때 네트워크 변수를 제외한 연구의 예로는 Caves et al.(1980), Kim(1987), 그리고 Ida and Suda(2004) 등을 들 수 있다.

출몰은 Box-Cox 변환을 취하기 때문에 산출물 벡터에 0이 있는 기업을 분석대상에 포함시킬 수 있으며, 규모 및 범위의 경제성을 분석할 때 매우 적합하다. 일반초월대수 총비용함수모형은 식(1)과 같이 설정된다.

$$\begin{aligned} \ln TC_t = & \alpha_0 + \sum_q \alpha_i Y_{it}^* + \sum_q \beta_q \ln P_{qt} + \gamma_N \ln N_t \\ & + \frac{1}{2} \sum_q \sum_q \delta_{ij} Y_{it}^* Y_{jt}^* + \frac{1}{2} \sum_q \sum_q \eta_{qr} \ln P_{qt} \ln P_{rt} \\ & + \frac{1}{2} \gamma_{NN} \ln N_t^2 + \sum_q \sum_q \theta_{iq} Y_{it}^* \ln P_{qt} \\ & + \sum_q \gamma_{iN} Y_{it}^* \ln N_t + \sum_q \gamma_{qN} \ln P_{qt} \ln N_t + \rho_{TT} T \\ & + \frac{1}{2} \rho_{TT} T^2 + \sum_q \rho_{iT} Y_{it}^* T + \rho_{NT} \ln N_t T \\ & + \sum_q \rho_{qT} \ln P_{qt} T + D_1 + D_2 + u_t \end{aligned} \quad (1)$$

- 여기서 TC_t : 총비용
 Y_{it}^* : 산출물 i 의 산출량 Y_{it} 의 Box-Cox 변환치
 P_{qt} : 생산요소 q 의 가격
 i, j : 신칸센 인キロ(h), 일반여객 인キロ(p), 화물 톤キロ(f)
 q, r : 노동(l), 동력(e), 유지보수(m), 차량 및 자본(k)
 N : 캐도연장
 T : 시간추세(time trend)
 D_1 : 국가더미(한국=1, 일본=0)
 D_2 : 민영화더미(민영체제=1, 국영체제=0)
 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta, \theta, \rho$: 추정해야 할 모수(parameter)
 u_t : 오차항(error term)

식(1)에서 Box-Cox 변환된 변수 Y_{it}^* 는 식(2)와 같이 정의된다.

$$Y_{it}^* = \begin{cases} (\frac{Y_{it}^\lambda - 1}{\lambda}) & \text{if } \lambda_i \neq 0 \\ \ln Y_{it} & \text{if } \lambda_i = 0 \end{cases} \quad (2)$$

식(1)은 2차까지 전개한 테일러시리즈이므로 함수 $\ln TC$ 에 대한 헤시안 행렬(Hessian matrix)이 대칭

(symmetry)이어야 한다. 따라서 식(1)의 계수가 식(3)의 조건을 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} \delta_{ij} &= \delta_{ji}, & \eta_{qr} &= \eta_{rq}, & \theta_{iq} &= \theta_{qi} \\ \gamma_{iN} &= \gamma_{Ni}, & \gamma_{qN} &= \gamma_{Nq}, & \rho_{iT} &= \rho_{Ti} \\ \rho_{qT} &= \rho_{Tq} \end{aligned} \quad (3)$$

또한 비용함수는 정규성 조건, 즉 요소가격에 대한 연속성, 1차 동차성, 비감소성, 오목성 조건을 만족해야 한다. 여기서 1차 동차성 조건(6)은 식(1)의 모수에 대한 식(4)의 제약조건으로 미리 부과된다⁷⁾.

$$\begin{aligned} \sum_q \beta_q &= 1 \\ \sum_q \eta_{qr} &= 0, & \text{for all } q = l, e, m, k \\ \sum_i \theta_{iq} &= 0, & \text{for all } i = h, p, f \\ \sum_q \gamma_{qN} &= 0 \\ \sum_q \rho_{qT} &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

한편 식(1)에 Shephard의 정리를 적용하면 요소비용비중식(input share equation)을 구할 수 있다. 즉 생산요소 q 의 비용이 총비용에서 차지하는 비중 또는 점유율(S_{qt})은 식(1)을 생산요소 q 의 가격(P_{qt})에 대해 로그미분(log differentiation)함으로써 식(5)와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} S_{qt} &= \frac{P_{qt} X_{qt}}{TC_t} = \frac{\partial TC_t}{\partial P_{qt}} \cdot \frac{P_{qt}}{TC_t} = \frac{\partial \ln TC_t}{\partial \ln P_{qt}} \\ &= \beta_q + \sum_q \eta_{qr} \ln P_{qt} + \sum_i \theta_{iq} Y_{it}^* + \gamma_{qN} \ln N_t \\ &\quad + \rho_{qT} T + u_{qt} \end{aligned} \quad (5)$$

2. 밀도의 경제성

밀도의 경제성은 다산출물 산업에서 전반적인 밀도의 경제성(overall economies of density)과 산출물별 밀도의 경제성(product-specific economies of density)으로 구분된다. 전반적인 밀도의 경제성, 즉 신칸센과 일반여객 및 화물운송부문을 모두 고려한 전

6) 요소가격에 대한 1차 동차성 조건과 대칭성 조건을 부과하면 추정해야 하는 모수의 수가 제약식의 수만큼 감소한다.
 7) 연속성 조건은 모형의 설정단계에서 이미 부과되었고, 비감소성과 오목성 조건은 일반초월대수 함수형태의 총비용함수모형을 추정한 다음 사후적으로 검증된다.

반적인 밀도의 경제성은 식(6)과 같이 산출물별 비용 탄력성 합역의 역수로 계산된다(8).

$$EOD(Y^*, P) = \frac{1}{\sum_i \epsilon_{CY_i}} = \frac{TC(Y^*, P)}{\sum_i Y_i^* MC_i} \quad (6)$$

여기서 $MC_i = \frac{\partial TC}{\partial Y_i^*}$

식(6)에서 $EOD > 1$ 이면 전반적인 밀도의 경제가 존재하고, $EOD < 1$ 이면 전반적인 밀도의 불경제가 존재함을 의미한다. 여기서 MC_i 는 i 번째 산출물의 한계비용이며, 산출물별 비용탄력성은 식(7)과 같이 계산된다.

$$\epsilon_{CY_i} = \frac{\partial \ln TC}{\partial \ln Y_i^*} = [\alpha_i + \sum_j \delta_{ij} Y_j^* + \sum_q \theta_{iq} \ln P_q + \gamma_{iN} \ln N + \rho_{iT} T] \cdot Y_i^* \quad (7)$$

식(7)에서 EOD 는 생산요소가격과 네트워크 효과, 즉 레도연장이 고정된 상태에서 산출량의 변화에 따른 총비용의 변화율이다. 다시 말하면 시설용량이 고정되어 있을 때 운행빈도, 즉 가동률만을 변화시킬 때 총비용의 증가율을 의미한다. 산출물별 밀도의 경제성, 즉 i 번째 산출물에 국한된 밀도의 경제성 지수는 식(8)과 같이 계산된다.

$$EOD_i(Y^*, P) = \frac{IC_i(Y^*, P)}{Y_i^* MC_i(Y^*, P)} = \frac{AIC_i(Y^*, P)}{MC_i(Y^*, P)} = \frac{IC_i / TC}{\epsilon_{CY_i}} \quad (8)$$

$$IC_i(Y^*, P) = TC(Y^*, P) - TC(Y_{N-i}^*, P)$$

$$TC(Y_{N-i}^*, P) = TC(Y_1^*, \dots, Y_{i-1}^*, 0, Y_{i+1}^*, \dots, Y_N^*)$$

$$AIC_i(Y^*, P) = \frac{IC_i(Y^*, P)}{Y_i^*}$$

여기서 $IC_i(Y^*, P)$ 는 i 번째 산출물의 증분비용(incremental cost)으로, 다른 산출물의 양을 일정하게 하고 i 번째 산출물만 생산을 중단함으로써 절감할 수 있는 비용을 말한다. 식(8)에서 $EOD_i > 1$ 이면 i 번째 산출물에 국한된 밀도의 경제가 존재하는 것이고, $EOD_i < 1$ 이면 밀도의 불경제가 존재함을 의미한다.

3. 규모의 경제성

규모의 경제성은 다산출물 산업에서 밀도의 경제성과 마찬가지로 전반적인 규모의 경제성(overall economies of scale)과 산출물별 규모의 경제성(product-specific economies of scale)으로 나누어 정의된다. 전반적인 규모의 경제성은 산출물별 비용탄력성과 레도연장의 비용탄력성 합역의 역수로 계산되며 식(9)와 같다.

$$EOS(Y^*, P, N) = \frac{1}{\sum_i \epsilon_{CY_i} + \epsilon_{CN}} \quad (9)$$

식(9)에서 $EOS > 1$ 이면 전반적인 규모의 경제가 존재하고, $EOS < 1$ 이면 전반적인 규모의 불경제가 존재함을 의미하며, 레도연장의 비용탄력성은 식(10)과 같이 계산된다.

$$\epsilon_{CN} = \frac{\partial \ln TC}{\partial \ln N} = \gamma_{N} + \gamma_{NN} \ln N + \sum_i \gamma_{iN} Y_i^* + \sum_q \gamma_{qN} \ln P_q + \rho_{NT} T \quad (10)$$

식(10)에서 EOS 는 생산요소가격이 일정할 때 산출량과 레도연장이 모두 동시에 동일한 비율로 증가할 때 총비용이 어느 정도 증가하는 지를 측정하는 것이다. 산출물별 규모의 경제성, 즉 i 번째 산출물에 국한된 규모의 경제성 지수는 식(11)과 같이 계산된다.

$$EOS_i(Y^*, P, N) = \frac{IC_i / TC}{\epsilon_{CY_i} + \epsilon_{CN}} \quad (11)$$

식(11)에서 $EOS_i > 1$ 이면 i 번째 산출물에 국한된 규모의 경제가 존재하는 것이고, $EOS_i < 1$ 이면 규모의 불경제가 존재함을 의미한다.

4. 범위의 경제성

밀도 및 규모의 경제성과 함께 다산출물을 생산하는 기업의 비용특성으로 범위의 경제성(economies of scope)을 들 수 있다. 범위의 경제성 지수는 식(12)에

8) 식(6)부터 식(13)까지 식의 표현을 간단하게 하기 위해 연도를 나타내는 하첨자 t 를 생략하였다.

서 개별기업이 하나의 산출물을 각각 생산할 때보다 하나의 기업이 두 개 또는 그 이상의 산출물을 함께 생산할 때의 비용 증가를 또는 감소율을 나타낸다.

$$SOE = \frac{\sum_i TC(Y_i^*, P, N) - TC(Y^*, P, N)}{TC(Y^*, P, N)} \quad (12)$$

식(12)에서 $SOE > 0$ 이면 범위의 경제가 존재하고, $SOE < 0$ 이면 범위의 불경제가 존재함을 의미한다. 범위의 (불)경제가 존재한다면 하나의 기업이 두 개 또는 그 이상의 산출물을 함께 생산할 때 드는 결합생산비용이 개별생산비용의 합보다 적(크)다. 한편 생산요소가 완전히 차별화되어 산출물 간의 비용보완성이 전혀 없다면 범위의 경제 및 불경제도 존재하지 않아 $SOE=0$ 이 된다.

5. 생산성

마지막으로 다산출물 산업의 생산성 증가(productivity growth)는 두 가지 의미로 해석된다. 첫째, 투입물이 일정할 때 시간에 따라 산출물과 케도연장이 증가하는 비율(PGY), 둘째, 산출물이 일정할 때 시간에 따라 투입물이 감소하는 비율(PGX)로 식(13)과 같다. 본 연구에서는 생산성에 대한 주된 결과를 PGY를 중심으로 제시하였다.

$$PGY = - \frac{\sum_i \partial Y_i^* + \partial \ln N}{\partial t} = - \frac{\epsilon_{CT}}{\sum_i \epsilon_{CY_i} + \epsilon_{CN}}$$

$$PGX = \frac{\sum_q \partial \ln X_q}{\partial t} = - \frac{\partial \ln TC}{\partial t} = - \epsilon_{CT} \quad (13)$$

식(13)에서 PGY, 또는 PGX가 0보다 크(작)으면 시간에 따라 생산성이 증가(감소)하였음을 의미한다. 여기서 ϵ_{CT} 는 기술변화를 의미하는 것으로 시간에 따른 총비용의 변화율이다.

$$\epsilon_{CT} = \frac{\partial \ln TC}{\partial T}$$

$$= \rho_T + \rho_{TT}T + \sum_q \rho_{qT} \ln P_q + \sum_i \rho_{iT} Y_i^* + \rho_{NT} \ln N \quad (14)$$

식(14)에서 $\epsilon_{CT} > 0$ 이면 기술퇴보를, $\epsilon_{CT} < 0$ 이면 기술진보를 의미한다. 또한 기술진보의 유형은 ρ_{qT} 의 부호에 따라 좌우되는데, 만약 $\rho_{qT} = 0$ 이라면 모든 생산요소 q에 대해 Hicks 중립적 기술진보⁹⁾가 나타났음을 의미한다. 반면 $\rho_{qT} > 0$ 라면 q번째 생산요소 집약적인 기술진보가, $\rho_{qT} < 0$ 라면 q번째 생산요소 절약적인 기술진보가 나타났음을 의미한다¹⁰⁾.

$$T_1 = \rho_T + \rho_{TT}T$$

$$T_2 = \sum_q \rho_{qT} \ln P_q \quad (15)$$

$$T_3 = \sum_i \rho_{iT} Y_i^* + \rho_{NT} \ln N$$

또한 식(14)는 식(15)로 분해할 수 있는데, T_1 은 중립적 기술효과(neutral technical effect), T_2 는 비중립적 기술효과(nonneutral technical effect), 그리고 T_3 은 규모유발 기술효과(scale-augmenting technical effect)¹¹⁾를 의미한다.

식(15)를 이용하여 PGY를 분해하면 식(16)과 같다. PGY_1 은 생산성의 중립적 효과, PGY_2 는 비중립적 효과, PGY_3 은 규모유발 효과를 나타낸다.

$$PGY_1 = - T_1 / (\sum_i \epsilon_{CY_i} + \epsilon_{CN})$$

$$PGY_2 = - T_2 / (\sum_i \epsilon_{CY_i} + \epsilon_{CN}) \quad (16)$$

$$PGY_3 = - T_3 / (\sum_i \epsilon_{CY_i} + \epsilon_{CN})$$

IV. 자료와 추정방법

1. 자료

총비용함수모형의 추정에 사용되는 자료는 철도청에 대한 27개 연도별 자료(1977~2003), 일본국철(JNR, Japan National Railways)에 대한 8개 연도별 자료(1977~1984), 그리고 7개 일본철도주식회사(JR's, Japan Railways)에 대한 17개 연도별 자료(1987~2003)를 결합한 총 154개의 불균형통합자료이다¹²⁾.

9) Hicks 중립적 기술진보는 투입요소간 한계대체율이 기술변화에 독립이면 성립한다.
 10) 한광호·김상호(1996) 참조.
 11) Baltagi and Griffin(1988)과 Andrikopoulos and Loizides(1998) 참조.
 12) 우리나라의 철도청에 대한 연도별 자료는 1977년부터 회계계정이 변경되었기 때문에 1977년 이후 자료만이 이용가능하므로 표본수가 충분하지 않다. 따라서 일본의 철도 자료를 함께 구축함으로써 충분한 자유도를 확보하고자 하였으며, 모형의 추정결과 2004년부터 운행되기 시작한 우리나라 고속철도(KTX)의 영향을 예측하고자 하였다.

철도청의 경우 각 연도의 철도통계연보와 경영성적보고서를 이용하였고 일본 철도업체의 경우 주로 각 연도의 일본철도통계연보를 이용하였으며, 신칸센 인키로 자료는 JR 동일본, JR 동해, JR 서일본 철도업체의 내부자료를 이용하였다.

먼저 노동비용은 우리나라의 경우 손익계산서에 나와 있는 인건비와 경비 중 복리후생비를 더해 산정하였고, 일본의 경우 철·궤도업 영업손익에 나와 있는 노동비 항목을 발취하여 이용하였다. 이들 경상가격 기준의 인건비는 각기 나라별 소비자 물가지수를 이용하여 2003년 불변가격으로 환산하였다. 동력비용은 우리나라의 경우 손익계산서의 자산관련 경비 중 동력비 항목을, 일본의 경우 경비 항목 중 내동력비 항목을 발취한 다음, 각각 에너지 물가지수와 생산자 물가지수¹³⁾를 이용하여 2003년 불변가격으로 환산하였다. 유지보수비용은 우리나라의 경우 경비와 자산관련 경비를 더한 후 복리후생비, 동력비, 지급이자, 감가상각비를 빼서 구하였고 일본의 경우 경비 항목 중 내수선비 항목을 발취하여 이용하였으며, 이를 각각 생산자 물가지수를

이용하여 2003년 불변가격으로 환산하였다. 또한 일본의 인건비, 동력비 및 유지보수비용 자료는 2003년 우리나라와 일본의 월별 평균 환율 자료¹⁴⁾를 이용하여 우리나라 가격으로 환산하였다.

차량 및 자본비용은 기회비용과 감가상각비를 별도로 계산하였는데, 먼저 우리나라의 경우 대차대조표에 수록되어 있는 고정자산 항목 중에서 유형고정자산과 기타 유형고정자산 항목을 발취하였다¹⁵⁾. 기회비용은 전년도의 기말자산가액에서 감가상각누계액을 빼서 구한 당해연도의 자산가액에 7.5%의 할인율¹⁶⁾을 곱해서 산정하고 토지를 제외¹⁷⁾한 모든 차량 및 자본의 기회비용은 건설업 디플레이터와 품목별 생산자 물가지수를 이용하여 2003년 불변가격으로 환산하였다¹⁸⁾. 일본의 경우 차량 및 자본비용의 기회비용은 대차대조표의 사업용 고정자산¹⁹⁾을 발취하여 이용하였고, 4.0% 할인율²⁰⁾과 생산자 물가지수를 이용하여 2003년 불변가격으로 환산한 다음 2003년 우리나라와 일본의 월별 평균 환율 자료를 이용하여 우리나라 가격으로 환산하였다. 마지막으로 감가상각비는 우리나라와 일본 모두

〈표 1〉 변수의 평균값

변수		한국 ²⁾	일본 ³⁾			전체 ⁴⁾
		KNR	JR 동일본	JR 동해	JR 서일본	
총비용(억원) ¹⁾		26,481	164,612	94,509	82,010	70,342
산출량	신칸센 인키로	-	16,205	39,377	14,656	10,058
	일반여객 인키로	28,603	107,060	9,464	37,769	31,451
	화물 톤키로	12,165	-	-	-	6,524
요소 가격 ¹⁾	노동(백만원/인·년)	23	91	87	79	71
	동력(백만원/만TOE)	6,427	12,454	16,722	12,643	9,645
	유지보수(백만원/차량키로·년)	337	2,553	4,071	2,292	1,906
	차량 및 자본(백만원/궤도km·년)	205	363	1,104	208	265
궤도연장(km)		6,377	12,689	3,277	8,198	8,385
요소 비용 비중	노동	0.29	0.36	0.19	0.41	0.40
	동력	0.08	0.03	0.04	0.05	0.05
	유지보수	0.12	0.33	0.38	0.33	0.29
	차량 및 자본	0.51	0.28	0.39	0.21	0.27

- 주: 1) 2003년 불변가격 기준임.
- 2) 한국의 경우 1977~2003년까지의 평균값임.
- 3) 일본의 경우 1987~2003년까지의 평균값임.
- 4) KNR, JNR, 7개의 JR's를 모두 포함한 전체(154개 표본) 평균값임.

13) 우리나라의 경우 한국은행(2004)의 특수분류별 생산자 물가지수 중 에너지 물가지수 부분을 발취하여 이용하였으나, 일본의 경우 자료부족으로 생산자 물가지수를 이용하였다.
 14) 2003년의 평균 환율은 통계청 자료에 나오는 1.032원/100엔을 적용하였다.
 15) 유형고정자산 및 기타 유형고정자산에 대한 세부항목은 박진경·김성수(2004) 참조.
 16) 김민정(2004)에 따라 철도청에 대한 가중투자보수율의 최근 5년간 평균인 7.5%를 할인율로 사용하였다.
 17) 토지의 기회비용을 산정하는 자세한 방법은 박진경·김성수(2004) 참조.
 18) 건물과 궤도노반 및 구축물의 기회비용은 건설업 디플레이터, 기관차 및 차량의 기회비용은 기타 운송장비지수, 통신호전력은 통신장비지수, 기계 및 장비는 일반기계 및 장비지수, 그리고 사무용기구는 가구지수를 각각 이용하였다.
 19) 사업용 고정자산은 철도사업 고정자산, 관련사업 고정자산, 객사업관련 고정자산을 포함한다.
 20) Hayashi and Morisugi(2000), p.87 참조.

당기감가상각비를 이용하였고, 토지의 경우 감가상각되지 않는 것으로 간주하였다. 요소비용비중은 각 요소비용을 총비용으로 나누어 구하였다.

2003년 불변가격으로 환산된 노동비용, 동력비용, 유지보수비용, 그리고 차량 및 자본비용을 각각 현원수, TOE, 총차량키로, 궤도연장으로 나누어 생산요소별로 단위가격을 구하고, 각 생산요소의 연도별 단위가격을 평균값으로 나누어 정규화시킨 단위가격지수를 총비용함수 추정에 사용하였다. 산출량과 궤도연장도 마찬가지로 각각의 평균값으로 나누어 정규화시킨 지수를 총비용함수 추정에 사용하였으며, 변수의 평균값은 <표 1>에 제시하였다.

2. 추정방법

본 연구에서 일반초월대수 총비용함수모형은 식(1)의 비용함수와 식(5)의 요소비용비중식으로 구성되는 연립방정식체계를 형성하여 각 식의 오차항들이 상관관계를 갖는, 즉 결합정규분포를 하고 있다는 가정 하에 Zellner의 반복 결합일반화최소자승법(iterative seemingly unrelated regression)을 이용해 추정하였다. 이때 네 요소비용비

중의 합은 1이 되므로 오차항의 공분산행렬이 비특이성(nonsingularity) 조건을 만족하지 못하기 때문에 자본의 비용비중식을 제외하고 추정하였다²¹⁾. 또한 일반초월대수 총비용함수모형을 이용하였던 Caves et al.(1980), Caves et al.(1981), Caves et al.(1985), Kim (1987) 그리고 박진경·김성수(2004)와 같이 $\lambda_i = \lambda$ 로 가정하고 모형을 추정하였다²²⁾.

V. 모형의 추정결과

1. 일반초월대수 총비용함수모형

<표 2>에서 볼 수 있는 것처럼 총비용함수와 요소비용비중식의 수정결정계수는 모두 높게 추정되어 통계적 적합도가 높다. 또한 총 58개의 모수 추정치 중에서 8개를 제외하면 모두 10% 수준에서 유의한 것으로 나타나 모형의 설명력이 전반적으로 높다고 할 수 있다. 산출량의 Box-Cox 변환시 추정하여야 하는 모수 λ 는 0.095로, 1% 유의수준에서 유의한 것으로 나타났다²³⁾. 한편 요소가격, 신칸센 인키로, 일반여객 인키로 및 톤키로의 1차항 모수 추정치 부호는 (+)로 추정되어 비용함수의

<표 2> 일반초월대수 총비용함수의 추정결과

모수	추정치	표준오차	t-통계량	모수	추정치	표준오차	t-통계량
λ	0.095	0.017	5.452***	θ_{hm}	0.017	0.002	8.589***
α_0	16.503	0.077	214.840***	θ_{hk}	-0.018	0.003	-6.000***
α_h	0.125	0.012	10.663***	θ_{pl}	0.061	0.004	16.471***
α_p	0.125	0.021	6.056***	θ_{pe}	0.001	0.001	2.327***
α_f	0.080	0.018	4.534***	θ_{pm}	-0.023	0.003	-7.946***
β_l	0.486	0.010	49.556***	θ_{pk}	-0.040	0.008	-5.000***
β_e	0.032	0.002	17.712***	θ_{fl}	0.012	0.003	4.221***
β_m	0.263	0.012	21.473***	θ_{fe}	0.002	0.001	4.733***
β_k	0.218	0.024	9.083***	θ_{fm}	-0.002	0.004	-0.557
γ_N	0.588	0.045	12.9375***	θ_{fk}	-0.012	0.008	-1.500*
δ_{hh}	0.016	0.002	6.288***	γ_{hN}	-0.008	0.006	-1.379
δ_{pp}	0.024	0.006	4.220***	γ_{pN}	-0.012	0.016	-0.759
δ_{ff}	0.008	0.005	1.624*	γ_{fN}	0.067	0.009	7.116***
δ_{hp}	-0.004	0.004	-0.960	γ_{lN}	-0.074	0.007	-10.482***
δ_{pf}	-0.053	0.005	-10.670***	γ_{eN}	-0.006	0.002	-3.588***
δ_{fk}	0.006	0.002	3.484***	γ_{mN}	0.005	0.008	0.625
η_{ll}	0.138	0.045	12.938***	γ_{kN}	0.075	0.017	4.412***
η_{ee}	0.027	0.002	11.224***	ρ_T	-0.0159	0.002	-7.028***

21) 어떤 요소비용비중식을 제외하더라도 추정결과는 변하지 않으며, 반복적으로 추정된 추정량은 최대우도추정량에 접근한다.

22) 비용함수를 요소비용비중식과 함께 추정하면 관찰점의 수가 요소비용비중식 수의 배만큼 증가하므로 효율성이 높아진다.

23) 본 연구에서 추정된 λ 값은 Caves et al.(1980)의 0.115와 비슷하고, 박진경·김성수(2004)의 2.540보다 작다.

〈표 2〉 일반초월대수 총비용함수의 추정결과(계속)

모수	추정치	표준오차	t-통계량	모수	추정치	표준오차	t-통계량
η_{mm}	0.040	0.011	3.719***	ρ_{TT}	0.0005	0.000	4.695***
η_{kk}	0.177	0.084	2.107**	ρ_{kT}	-0.0003	0.000	-2.086**
η_{lc}	-0.011	0.002	-4.673***	ρ_{pT}	0.0007	0.000	2.361**
η_{im}	0.010	0.009	1.111	ρ_{jT}	0.0002	0.001	0.503
η_{lk}	-0.137	0.056	-2.446***	ρ_{NT}	-0.0014	0.001	-1.946**
η_{em}	-0.013	0.002	-7.958***	ρ_{iT}	-0.0043	0.000	-9.034***
η_{ek}	-0.003	0.006	-0.500	ρ_{eT}	0.0006	0.000	6.583***
η_{mk}	-0.037	0.022	-1.682*	ρ_{mT}	0.0027	0.001	4.577***
γ_{NV}	-0.189	0.052	-3.657***	ρ_{kT}	0.0010	0.001	-1.000
θ_{ht}	0.002	0.001	1.471	D_1	-0.127	0.076	-1.671*
θ_{he}	-0.001	0.000	-2.008**	D_2	-0.245	0.087	-2.818**
구분	결정계수 (R^2)	수정결정계수 (\bar{R}^2)		구분	결정계수 (R^2)	수정결정계수 (\bar{R}^2)	
총비용함수	0.998	0.997		동력비용비중식	0.903	0.896	
노동비용비중식	0.914	0.909		유지보수비용비중식	0.805	0.793	

주: t-통계량의 ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.

〈표 3〉 생산기술에 대한 가설검정의 결과

가설	우도비 검정통계량	$n^{1)}$	$\chi^2(n)^{2)}$	검정결과
동조성	564.03	9	21.67	기각
동차성	653.26	15	30.58	기각
콕-더글라스	1,706.29	21	46.96	기각

주: 1) 제약되는 모수의 개수
2) 1% 유의수준임.

〈표 4〉 일반초월대수 총비용함수모형의 경제적 조건 만족도

경제적 조건		만족 건수(%)
요소가격에 대한 비감소성 조건	노동	154/154(100)
	동력	154/154(100)
	유지보수	154/154(100)
	차량 및 자본	154/154(100)
요소가격에 대한 오목성 조건		443/616(71.92)
산출량에 대한 단조성 조건	일반여객 인키로	154/154(100)
	신칸센 인키로	154/154(100)
	화물 톤키로	154/154(100)

전제 조건을 만족하고 있다.

다음으로 추정된 일반초월대수 총비용함수모형에 대해 동조성(homotheticity), 동차성(homogeneity), 콕-더글라스(Cobb-Douglas) 형태의 생산기술에 대한 가설을 검정하였다. 〈표 3〉에서 보는 바와 같이 세 가지 가설은 모두 1% 유의수준에서 기각되었으므로 한국과 일본의 철도생산기술은 요소가격과 산출량이 서로 독립적이지 않고 요소가격과 산출량에 대한 비용탄력성이 상수

가 아닌 것으로 나타났다.

마지막으로 비용함수가 갖추어야 할 경제적 조건²⁴⁾인 요소가격에 대한 연속성과 1차 동차성, 비감소성, 오목성, 그리고 산출량에 대한 단조성 조건을 검증하였다. 요소가격에 대한 연속성과 1차 동차성 조건은 모형의 설정 단계에서 제약조건으로 부과되므로 이미 만족하고 있으며 요소가격에 대한 비감소성과 오목성 그리고 산출량에 대한 단조성 조건 만족도를 제시하면 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉에서 보는 바와 같이 요소가격에 대한 비감소성 조건과 산출량에 대한 단조성 조건은 모든 표본에서 만족되고 있으며 요소가격에 대한 오목성 조건 또한 약 72%가 만족되고 있다. 따라서 본 연구에서 추정한 일반초월대수 총비용함수모형은 통계적 적합도와 경제적 조건 만족도가 상당히 높으므로 이를 이용하여 한국과 일본 철도산업의 비용구조 및 생산성을 분석하는 것은 합리적이라 판단된다.

24) 비용함수의 경제적 조건에 대한 구체적인 검증방법은 박진경·김성수(2004), p.168 참조.

2. 밀도의 경제성

KNR과 일본의 JR 동일본, JR 동해, JR 서일본의 1990~2003년에 해당하는 평균값에서, 그리고 전체 표본평균값에서 추정된 산출물의 비용탄력성과 밀도의 경제성 지수가 <표 5>에 제시되어 있다²⁵⁾. 이 표에서 보는 바와 같이 모든 값이 1% 유의수준에서 유의한데 먼저 산출물의 비용탄력성은 신칸센 인키로, 일반여객 인키로와 툰키로의 경우 각각 표본평균값에서 0.120, 0.137과 0.083으로 추정되었다. 이는 궤도연장이 고정되어 있을 때 산출량이 1% 증가하면 총비용은 각각 0.120%, 0.137%, 그리고 0.083% 증가함을 의미한다. 전반적인 밀도의 경제성 지수는 표본평균값에서 2.950로 추정되었다.

전반적인 밀도의 경제성 지수를 각 업체별로 살펴보면 KNR의 경우 6.376, 일본업체의 경우 JR 동일본, JR 동해, JR 서일본이 각각 1.957, 2.688, 2.101로 우리나라가 가장 큰 밀도의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 한편 산출물별 밀도의 경제성 지수는 표본평균값에서 신칸센 인키로는 3.016, 일반여객 인키로는 2.393, 툰키로는 2.553으로 도출되었다. KNR의 경우 산출물별 밀도의 경제성은 전반적인 밀도의 경제성 보다는 작으나 각각 밀도의 경제가 존재하는 것으로 나타나, 네트워크가 고정되어 있을 때 여객과 화물운송부

문의 운행 빈도를 증가시킴으로써 평균총비용을 줄일 수 있다. 또한 여객운송부분의 밀도의 경제성 지수가 화물운송부분보다 더 크기 때문에 KNR은 화물운송서비스보다 승객운송서비스의 산출량을 증가시킬 인센티브가 존재한다. 일본업체의 경우 전반적으로 신칸센 인키로에 대한 밀도의 경제성 지수가 일반여객 인키로에 대한 밀도의 경제성 지수보다 더 크게 도출되어 신칸센의 산출량을 증가시키는 것이 평균총비용을 더 크게 줄일 수 있다.

3. 규모의 경제성

밀도의 경제성 지수와 마찬가지로 전체 평균값과 업체의 1990~2003년까지의 평균값에서 궤도연장의 비용 탄력성 및 규모의 경제성 지수가 <표 6>에 제시되어 있다. 규모의 경제성 지수 역시 전반적인 규모의 경제성 지수와 산출물별 규모의 경제성 지수가 모두 1% 유의수준에서 유의하며, 궤도연장의 비용탄력성은 표본 평균값에서 0.564로 추정되었다. 이는 궤도연장이 1% 증가할 때 총비용이 0.564% 증가함을 의미한다.

전반적인 규모의 경제성 지수는 표본 평균값에서 1.108, KNR은 1.117, 그리고 일본업체는 JR 동일본이 1.397, JR 동해가 1.070, JR 서일본이 1.326으로 추정되어 모두 규모의 경제가 존재하므로 네트워크

<표 5> 산출물의 비용탄력성과 밀도의 경제성 지수

구분		한국 ¹⁾	일본 ²⁾			전체 평균 ³⁾
		KNR	JR 동일본	JR 동해	JR 서일본	
산출물의 비용 탄력성	신칸센 인키로	-	0.101 (36.226)***	0.130 (18.377)***	0.113 (23.818)***	0.120 (10.244)***
	일반여객 인키로	0.128 (14.029)***	0.410 (15.686)***	0.242 (11.430)***	0.363 (18.435)***	0.137 (6.622)***
	화물 툰키로	0.029 (10.256)***	-	-	-	0.083 (4.727)***
산출물별 밀도의 경제성 지수	신칸센 인키로	-	2.474 (27.467)***	2.585 (26.070)***	2.796 (53.892)***	3.016 (257.555)***
	일반여객 인키로	2.277 (18.884)***	2.082 (27.471)***	2.526 (44.194)***	2.215 (36.160)***	2.393 (115.859)***
	화물 툰키로	1.456 (7.159)***	-	-	-	2.553 (145.353)***
전반적인 밀도의 경제성 지수		6.376 (14.160)***	1.957 (22.345)***	2.688 (18.025)***	2.101 (29.864)***	2.950 (58.807)***

주: 1) t-통계량의 ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.

2) 각 업체의 경우 1990~2003년까지의 평균값임.

3) KNR, JNR, 7개의 JR's를 모두 포함한 표본 전체의 평균값임.

25) 일본 철도업체의 경우 JNR과 혼슈선을 제외한 섬에서 사업을 영위하는 3개의 여객업체(JR 북해도, JR 구주, JR 서국) 및 JR 화물업체의 값이 다소 불안정하였기 때문에 본 연구에서는 혼슈섬에서 사업을 영위하는 3개 업체를 대상으로 결과를 제시하였다.

〈표 6〉 케도연장의 비용탄력성과 규모의 경제성 지수

구분	한국 ¹⁾	일본 ²⁾			전체 평균 ³⁾	
	KNR	JR 동일본	JR 동해	JR 서일본		
케도연장의 비용 탄력성	0.738 (35.416)***	0.205 (6.738)***	0.562 (18.844)***	0.278 (11.400)***	0.564 (12.404)***	
산출물별 규모의 경제성 지수	신칸센 인키로	-	0.816 (13.916)***	0.485 (10.406)***	0.809 (20.107)***	0.526 (9.233)***
	일반여객 인키로	0.337 (7.552)***	1.388 (30.978)***	0.761 (13.444)***	1.255 (29.939)***	0.468 (7.104)***
	화물 톤키로	0.055 (3.946)***	-	-	-	0.327 (5.203)***
전반적인 규모의 경제성 지수	1.117 (73.611)***	1.397 (101.765)***	1.070 (84.587)***	1.326 (89.044)***	1.108 (11.588)***	

주: 1) t-통계량의 ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.
 2) 각 업체의 경우 1990~2003년까지의 평균값임.
 3) KNR, JNR, 7개의 JR's를 모두 포함한 표본 전체의 평균값임.

〈표 7〉 범위의 경제성 지수

구분	한국 ¹⁾	일본 ²⁾			전체 평균 ³⁾
	KNR	JR 동일본	JR 동해	JR 서일본	
신칸센/일반여객과 화물	-	-0.081	0.114	-0.097	-0.161(-0.779)
일반여객/신칸센과 화물	0.661	(-5.423)***	(4.127)***	(-4.932)***	0.246(0.855)
화물/신칸센과 일반여객	(15.183)***	-	-	-	0.163(0.703)

주: 1) t-통계량의 ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.
 2) 각 업체의 경우 1990~2003년까지의 평균값임.
 3) KNR, JNR, 7개의 JR's를 모두 포함한 표본 전체의 평균값임.

와 산출물의 산출량을 증가시킴으로써 평균총비용을 줄일 수 있다. 반면 산출물별 규모의 경제성 지수는 JR 동일본과 JR 서일본의 일반여객운송부문을 제외하고 표본 평균값과 각 업체별 평균값에서 모두 1보다 작게 도출되어 규모의 불경제가 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 KNR과 JR 동해의 경우 전반적인 규모의 경제는 존재하나, 산출물별 규모의 불경제가 존재하는 것으로 보아 산출물간 비용보완성 때문에 전반적인 규모의 경제가 발생하는 것으로 판단된다.

4. 범위의 경제성

범위의 경제성 지수는 표본 평균값에서 신칸센/일반여객과 화물의 경우 -0.161로 범위의 불경제가 존재하는 반면 일반여객/신칸센과 화물, 화물/신칸센과 일반여객의 경우 각각 0.246과 0.163으로 추정되어 다소 작은 범위의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 신칸센/일반여객과 화물의 경우 두 개의 기업이 신칸센 서비스와 일반여객 및 화물운송서비스를 각각 생산할 때 드는 비용이 하나의 기업이 두 서비스를 결합 생산할 때 드는 비용보다 16.1%만큼 더 적다는 것을 의미하며,

신칸센의 경우 대부분 자신만의 고유 선로를 이용하고 있으므로 범위의 불경제가 발생하는 것으로 판단된다. 반면 나머지 두 경우는 개별생산비용이 결합생산비용보다 각각 24.6%, 16.3%만큼 더 크다는 것을 의미하는데, Panzar and Willig(1981)는 철도회사는 일반적으로 어떤 투입요소를 결합하여 승객과 화물운송서비스를 생산하고 이러한 투입요소를 좀 더 효율적으로 이용함으로써 결합생산할 때 범위의 경제를 경험하게 된다고 하였다. 특히 선로가 혼잡하지 않다면 두 서비스의 결합생산은 하나의 선로만을 필요로 하나, 개별생산은 두 배의 선로를 필요로 하기 때문에 범위의 경제가 나타난다고 하였다.

업체별 1990~2003년까지의 평균값에서 범위의 경제성 지수는 우리나라의 경우 일반여객과 화물운송서비스간에 0.661로 범위의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 일본의 경우 신칸센과 일반여객운송서비스간에 JR 동일본과 JR 서일본은 적은 범위의 불경제가 존재하는 반면 JR 동해는 범위의 경제가 존재하는 것으로 나타나 Ida and Suda(2004)의 연구결과²⁶⁾와 일치한다. 우리나라의 철도산업은 승객열차와 화물열차를 동일한 선로에서 운행하더라도 서로의 운행에 방해가 되지 않고, 생산요소를 효율

적으로 공유해 사용할 수 있으므로 승객과 화물운송부문에 범위의 경제가 존재하는 것으로 판단된다²⁷⁾.

5. 생산성

표본평균값에서 기술변화는 -0.007 로 $\epsilon_{CT} < 0$ 이므로 연구기간 동안 아주 미미한 기술진보가 나타났으며, 업체별 평균값에서 역시 기술진보는 상당히 미미하게 도출되었다. 식(15)에서 설명한 기술진보의 유형은 $\rho_{LT} < 0$ 이고, $\rho_{eT}, \rho_{mT}, \rho_{kT} > 0$ 이므로 노동 절약적이고 동력, 유지보수 및 자본 집약적인 기술진보가 나타났다. 생산성 증가율을 각 업체 평균에서 살펴보면 PGY의 경우 JR 동일본이 0.912%로 가장 높고, JR 서일본이 0.909%, KNR이 0.458%, 그리고 JR 동해가 0.450%로 가장 낮게 도출되었다. 반면 PGX는 KNR이 0.398%로 가장 낮은 것으로 나타났다.

PGY를 분해하여 효과별로 살펴보면 <표 9>와 같다. 여기서 $PGY_1, PGY_2,$ 및 PGY_3 은 식(16)에서 설명한 바와 같이 각각 생산성의 중립적 효과, 비중립적 효과, 규모유발 효과를 나타낸다. 먼저 KNR의 생산성 증가율은 1990년부터 2003년까지 규모유발 효과에 의해 음의 방향으로 영향을 받고, 중립적 효과와 비중립적 효과에 의해 양의 방향으로 영향을 받았음을 알 수 있다. 한편 JR 동해의 생산성 증가율은 다른 일본업체에 비해 뚜렷이 다른 경향을 뚜렷이 보이고 있는데, 비중립적 효과에 의해 상대적으로 크게 영향을 받아 PGY가 다소 낮게 나타났다. 이는 0보다 큰 비중립적 기술변화(T_3)에 기인하는 것으로, 다른 업체에 비해 생산요소 사용적(집약적)임을 뜻한다. 반면 JR 동일본과 JR 서일본은 각각의 효과가 모두 양의 방향으로 영향을 받아 JR 동해에 비해 PGY가 다소 크게 도출되었다.

<표 8> 기술변화와 생산성

구분	한국 ¹⁾	일본 ¹⁾			전체 평균 ²⁾
	KNR	JR 동일본	JR 동해	JR 서일본	
기술변화	-0.004	-0.007	-0.004	-0.007	-0.007
PGY(%)	0.458	0.912	0.450	0.909	0.827
PGX(%)	0.398	0.657	0.425	0.687	0.747

주: 1) 각 업체의 경우 1990~2003년까지의 평균값임.
2) KNR, JNR, 7개의 JR's를 모두 포함한 표본 전체의 평균값임.

<표 9> PGY의 분해

구분	한국	일본		
	KNR	JR 동일본	JR 동해	JR 서일본
PGY_1 (%)	0.664	0.830	0.636	0.788
PGY_2 (%)	0.105	0.001	-0.259	0.035
PGY_3 (%)	-0.311	0.081	0.073	0.086
PGY(%)	0.458	0.912	0.450	0.909

주: 각 업체의 1990~2003년까지의 평균값임.

VI. 결론

본 연구는 한국과 일본의 철도업체를 노동, 동력, 유지보수, 그리고 차량 및 자본의 네 가지 생산요소를 투입하여 신칸센 인키로, 일반여객 인키로, 톤키로의 세 가지 산출물을 생산하는 기업형태로 상정하여 일반초월대수 함수형태의 총비용함수모형을 설정하였다. 이때 네트워크효과를 나타내는 궤도연장, 한국과 일본의 비용구조 차이를 반영하는 국가더미변수, 소유구조에 따른 차이를 반영하는 민영화더미변수, 그리고 생산성 증가율을 분석하기 위한 시간변수를 함께 포함시켰다. 총비용함수모형은 철도청에 대한 27개 연도별 자료(1977~2003), 일본국철(JNR, Japan National Railways)에 대한 8개 연도별 자료(1977~1984), 그리고 7개 일본철도주식회사(JR's, Japan Railways)에 대한 17개 연도별 자료(1987~2003)를 결합한 총 154개의 불균형통합자료를 이용해 반복결합일반화최소자승법으로 추정하였다.

먼저 일반초월대수 총비용함수모형의 추정결과로부터 밀도, 규모 및 범위의 경제성 지수를 각각 산정한 결과 한국과 일본의 철도산업은 표본평균값에서 신칸센, 일반여객과 화물운송부문별로 각각 산출물별 밀도의 경제 및 전반적인 밀도의 경제가 존재하고, 산출물별 규모의 불경제가 존재하나 신칸센/일반여객과 화물을 제외한 일반여객/신칸센과 화물, 그리고 화물/신칸센과 일반여객 운송부문에 범위의 경제가 존재하여 전반적으로는 다소 적은 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. KNR과 일본의 JR 동일본, JR 동해, JR 서일본의 1990~2003년에 해당하는 각 업체별 평균값에서 밀도와 규모의 경제성 지수를 각각 산정한 결과 표본평균값에서 산정한 값과 비슷한 경향을 나타내었으나, 범위의 경제성

26) 이들은 JR 동일본, JR 동해 및 JR 서일본에 대한 시계열자료(1987~1999)를 이용하여 초월대수함수형태의 총비용함수모형을 추정하였는데 표본 전체 평균에서 신칸센과 일반여객간 범위의 경제가 존재하고, 업체별 평균에서 JR 동해는 범위의 경제가, JR 동일본과 JR 서일본은 범위의 불경제가 존재한다고 하였다. 그러나 이들 연구에서 범위의 경제성 지수는 모두 10% 수준에서조차 유의하지 않다.
27) 우리나라의 철도산업에 범위의 경제가 존재하는 이유에 대한 자세한 설명은 박진경·김성수(2004) 참조.

지수의 경우 JR 동해는 신칸센과 일반여객운송부문간 범위의 경계가 존재하지만 JR 동일본과 JR 서일본의 경우 범위의 불경계가 존재하는 것으로 나타났다. 생산성 증가율은 전반적으로 민영업체인 JR's의 생산성 증가율이 국영업체인 KNR보다 더 큰 것으로 나타났다.

위의 추정결과로부터 우리나라의 철도구조개혁에 대한 정책적 시사점을 제시하면 다음과 같다. 먼저 우리나라의 철도산업은 여객과 화물운송부문별로 대단히 큰 산출물별 밀도의 경제 및 전반적인 밀도의 경제가 존재하므로 현재의 시설용량은 여분이 존재하여 철도수요가 증가한다면 가동률을 높이는 것이 바람직하다고 할 수 있다²⁸⁾. 또한 여객운송부문의 밀도의 경제성 지수가 화물운송부문보다 더 크기 때문에 철도청은 화물운송서비스보다 승객운송서비스의 산출량을 증가시킬 인센티브가 존재한다. 둘째, KNR은 산출물별 규모의 불경계가 존재하나 여객과 화물운송부문간에 비용보완성이 존재하여 전반적인 규모의 경제가 작게 존재하므로 KNR을 몇 개의 노선 혹은 일부 지역을 담당하는 다수의 운영기관으로 분할하는 방안은 생산비용 측면에서 타당하다고 할 수 없다. 셋째, 여객과 화물운송부문간에 상당히 큰 범위의 경제가 존재하므로 이 두 부문을 분할하는 방안도 생산비용 측면에서 타당하다고 할 수 없다. 마지막으로 일본의 민영업체인 세 JR's와 KNR의 생산성 증가율을 비교한 결과 JR's의 생산성 증가율이 더 큰 것으로 나타났다기 때문에 경영이 자율적일수록 생산성이 높다고 할 수 있으므로, 철도산업의 시설부문과 운영부문을 수직적으로 분리한 다음 운영부문에 경쟁을 도입·촉진할 수 있는 기반을 조성하는 정책은 타당하다고 할 수 있다.

본 연구는 한국과 일본의 철도산업에 대한 비용구조 및 생산성을 분석하는데 있어 다음과 같은 두 가지 이유 때문에 한계가 있다고 할 수 있다. 먼저 한국의 KNR과 일본의 철도업체들간에는 비용구조가 상당히 다를 수 있음에도 불구하고, 국가더미와 민영화더미만으로 이를 반영하였다. 즉 패널자료 분석시 각각 다른 형태와 밀도를 가진 철도 네트워크는 높은 수준의 이질성이 존재하여 각각 다른 비용구조를 가질 수 있으므로, 관측되지 않는 기업별 이질성을 보다 더 고려할 필요가 있다²⁹⁾. 둘째, 생산성이 증가하는 요인으로 기술진보, 규모의 경제 효과, 그리고 비효율성의 개선을 일반적으로 들 수

있는데, 본 연구에서 추정된 생산성 증가율에는 비효율성의 개선에 기인한 효과가 제외되었다.

참고문헌

1. 김민정(2004), "한국 도시철도 운영기관들의 효율성과 생산성 분석-자료포락분석기법과 확률적 비용변경점근법을 이용하여", 도시계획학 박사학위논문, 서울대학교.
2. 김태승(1999), "육상화물운송업 비용특성과 탈규제의 경제적 효과", 경제학 박사학위논문, 서울대학교.
3. 박진경·김성수(2004), "일반초월대수 비용함수모형을 이용한 한국 철도산업의 규모 및 범위의 경제성 분석", 대한교통학회지, 제22권 제6호, 대한교통학회, pp.159~173.
4. 박진경·김성수(2005), "한국과 일본 철도산업의 비용구조와 생산성 분석", 대한교통학회 제50회 학술발표회, 대한교통학회, pp.106~117.
5. 배양선(1998), "한국철도산업의 규모 및 범위의 경제성 분석", 도시계획학 석사학위논문, 서울대학교.
6. 서선덕·이재훈(1994), "지역간 철도운행 비용모형의 정립", 한국교통연구원.
7. 이재훈·정경훈(2004), 『우리나라 철도산업의 효율성 분석』, 한국교통연구원.
8. 하현구·이경미(2002), "우리나라 철도산업의 비용특성에 관한 연구", 한국교통연구원.
9. 한광호·김상호(1996), "한국 제조업의 생산요소 수요구조: 생산기술, 요소의 수요탄력성 및 대체탄력성 추정", 경제학연구, 제44집 제3호, pp.137 ~163.
10. 철도청, "각 연도 경영성적보고서".
11. 철도청, "각 연도 철도통계연보".
12. 한국은행(2004), "경제통계연보".
13. 日本國土交通省鐵道局, "각 연도 鐵道統計年報".
14. Andrikopoulos, A. A. and J. Loizides(1998), "Cost Structure and Productivity Growth in European Railway Systems", Applied Economics, Vol. 30, pp.1625~1639.
15. Baltagi, H. B. and J. M. Griffin(1988), "A General Index of Technical Change", Journal of Political Economy, Vol. 96, pp.20~41.

28) 2003년 현재 선로용량을 초과하여 운행되고 있는 노선은 경부선의 서울~영등포구간, 영동선의 철암~도계구간, 함백선의 예미~함백구간, 그리고 경원선의 청량리~성북구간으로 전체 92개 구간 중 4개 구간에 불과하다.

29) Farsi, Filippini and Greene(2005) 참조.

16. Baltagi, H.B., J.M. Griffin and D.P. Rich (1995), "The Measurement of Form Specific Indexes of Technical Change", *Review of Economics and Statistics*, Vol.77, No.4, pp.654~663.
 17. Baumol, W. J., J. C. Panzar and R. D. Willig (1982), "Contestable Markets and the Theory of Industry Structure", New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc.
 18. Brown, R. S., D. W. Caves and L. R. Christensen (1979), "Modelling the Structure of Cost and Production for Multiproduct Firms", *Southern Economic Journal*, Vol. 46, pp.256~273.
 19. Caves, D. W., L. R. Christensen, and J. A. Swanson(1981), "Productivity Growth, Scale Economies, and Capacity Utilization in U.S. Railroads, 1955-1974", *American Economic Review*, Vol. 71, Issue 5, pp.994~1002.
 20. Caves, D. W., L. R. Christensen and M. W. Tretheway(1980), "Flexible Cost Functions for Multiproduct Firms", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 62, pp.477~481.
 21. Caves, D. W., L. R. Christensen, M. W. Tretheway, and R.J. Windle(1985), "Network Effects and the Measurement of Returns to Scale and Density for U.S. Railroads", In Daughety, A.F.(Ed.), "Analytical Studies in Transport Economics", U.S.A: Cambridge University Press.
 22. Farsi, M., M. Filippini and W. Greene(2005), "Efficiency Measurement in Network Industries: Application to the Swiss Railway Companies", *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 28, pp.69~90.
 23. Hayashi, Y. and H. Morisugi(2000), "International Comparison of Background Concept and Methodology of Transportation Project Appraisal.", *Transport Policy*, Vol. 7, pp.73~88.
 24. Ida, T. and M. Suda(2004), "The Cost Structure of the Japanese Railway Industry: The Economies of Network Density and of Scope and the Cost Gap Between Japan's Regional Railways After Privatization", *International Journal of Transport Economics*, Vol. 31, No. 1, pp.23~37.
 25. Kim, H. Y.(1987), "Economies of Scale and Scope in Multiproduct Firms: Evidence from US Railroads", *Applied Economics*, Vol. 19, pp.733~741.
 26. Loizides, J. and E.G. Tsionas(2002), "Productivity Growth in European Railways: A New Approach", *Transportation research part A*, Vol. 36, Issue 7, pp.633~644.
 27. Mancuso, P. and P. Reverberi(2003), "Operating Costs and Market Organization in Railway Services. The Case of Italy, 1980-1995", *Transportation Research B*, Vol. 37, pp.43~61.
 28. McGeehan, H.(1993), "Railway Costs and Productivity Growth", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 27, Part 1, pp.19~32.
 29. Oum, T. H., and W. G. Waters II (1996), "A Survey of Recent Developments in Transportation Cost Function Research", *Logistics and Transportation Review*, Vol. 32, pp.423~463.
 30. Oum, T. H. and W. G. Waters II (1997), "Recent Developments in the Cost Function Research in Transportation", In De Rus, G. and C. Nash (Eds.), "Recent Developments in Transport Economics", England: Ashgate.
 31. Oum, T. H. and W. G. Waters II (1999), "A Survey of Productivity and Efficiency Measurement in Rail Transport", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 33, Part 1, pp.9~42.
 32. Panzar, J. C. and R. D. Willig(1981), "Economies of Scope", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, Vol. 71, pp.268~272.
- ✻ 주 작 성 자 : 박진경
✻ 교 신 저 자 : 박진경
✻ 논문투고일 : 2006. 1. 25
✻ 논문심사일 : 2006. 3. 8 (1차)
 2006. 3. 30 (2차)
✻ 심사판정일 : 2006. 3. 30
✻ 반론접수기한 : 2006. 8. 31