アジア高速鉄道整備の経済・環境影響の国際比較 —旅客を考慮したSCGEモデルによる計量分析—

宮下 光宏¹・小池 淳司²・上田 孝行³

¹正会員 三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)政策研究事業本部
(〒460-8621 愛知県名古屋市中区錦3-20-27)
E-mail: miyashita@murc.jp

²正会員 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)
Email: koike@lion.kobe-u.ac.jp

³元東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

近年、アジアやわが国において、高速鉄道整備および計画が進められてきている。これらの評価は経済効果に主眼を置くものが多い。一方、高速鉄道整備の環境影響の評価は流動量や交通機関分担の変化に伴うCO₂排出量の影響といった交通部門のみに主眼を置くものが多く、高速鉄道整備による経済成長に伴う産業部門からのCO₂排出量増加を踏まえた分析事例は少ない。また、こうした評価が可能なSCGEモデルは各国で構築されているものの、国際比較による分析事例はみられない。そこで、本研究では韓国のKTX（韓国高速鉄道整備）と日本のMAGLEV（リニア中央新幹線整備）を対象として、これら双方の観点からの評価が可能なSCGEモデルを用いて、高速鉄道整備による経済効果及びCO₂排出量の計測を試み、交通機関や産業構造の観点から国際比較を行う。

Key Words : High-Speed Rail Project in East Asia, Spatial CGE model, environmental problem

1. はじめに

近年、地球環境問題への意識の高まりにより、東アジアやわが国においても高速鉄道整備および計画が進められてきている。これまで高速鉄道整備による環境への影響評価は、流動量や交通機関分担の変化に伴うCO₂排出量への影響といった交通部門のみに主眼がおかれ、高速鉄道整備がもたらす経済成長に伴う産業部門からのCO₂排出量への影響とあわせて評価した事例は少ない。

一般に、高速鉄道整備は単位あたりのCO₂排出量の多い航空や自動車からCO₂排出量の少ない鉄道への転換を促し、交通部門における環境負荷を小さくする。一方で、高速鉄道整備は、地域産業の産業活動を活性化させ経済成長を促し、それに伴う産業部門からのCO₂排出量が増すといった環境負荷を大きくする要素も含む。また、経済成長に伴う産業部門からのCO₂排出量の増加は、産業部門毎にCO₂排出量が異なるため、国の産業構造に大きく影響すると考えられる。

このように、高速鉄道整備を評価するためには、所要時間短縮による経済効果と合わせて、航空や自動車といった他の交通機関から高速鉄道への転換によるCO₂排出

量の低減と、移動コストの低減等による経済成長に伴うCO₂排出量の増加への影響の双方を踏まえた分析が重要となる。

高速鉄道整備を評価する分析手法として、空間的応用一般均衡（SCGE : Spatial Computable Equilibrium）モデルがある。SCGEモデルは、基準データとして産業連関表を用いるため、産業部門間の中間財の関係が反映でき、産業部門別に影響を分析することが可能であり、これまで高速道路や高速鉄道などの交通インフラ整備による経済効果を計測する手法として実務において適用実績のある経済モデルの一つである。

SCGEモデルの特徴の一つとして、ある時点での産業連関表及び流動データを揃えるだけで、プロジェクト評価が比較的容易にできるといったメリットがあげられる。その点、対象とする国・地域の産業連関表と財等の弾力性の設定が可能であれば、SCGEモデルを用いた国際比較への適用は比較的容易にできる。しかし、世界各地で構築されたこれまでのSCGEモデルでは、各国独自で構築・整備されたモデル・データで分析されており、国際比較した例はみられない。また、これらSCGEモデルの多くは、交通インフラ整備による時間短縮によって地域

に与える経済効果のみを評価した事例が多く、その経済成長がもたらすCO₂排出量の増加といった環境への影響まで分析した事例は少ない。

そこで、本研究では、高速鉄道整備を評価可能なSCGEモデルを用いて、高速鉄道整備がもたらす経済効果とあわせて、旅客流動量の変化および経済成長がもたらす環境への影響を分析することとする。その際、産業構造の違いによる影響を踏まえる必要があることから、韓国のKTXおよび日本のMAGLEVを対象に、両国の産業構造を踏まえて国際比較し、環境と経済の双方の観点から評価・分析を行う。加えて、国際比較をする際、現時点では、データ制約により分析者が独自でデータ設定せざるを得ない状況にある中で、今後、SCGEモデルを適用した国際比較を行う上で、どのようなデータ整備が必要となるのかについても明らかにする。

2. 高速交通プロジェクト等の経済効果分析に関する国際比較

ここでは、SCGEモデルを用いた高速交通プロジェクトの経済効果分析を行っている代表的な事例について、対象地域、対象プロジェクト、分析シナリオ、計測している効果等について整理した上で、3.でこれらを踏まえたモデル構築を行うこととする。

モデル構築の前に、まず、高速鉄道整備プロジェクトの経済効果について整理する。高速鉄道整備プロジェクトによる経済効果は、旅客輸送および貨物輸送の輸送時間の短縮と大量輸送を可能とするため単位あたり輸送コストの削減が直接効果として定義される。こうして発生した直接効果は、様々な経済活動を通じた間接効果として、経済における他の市場まで波及し、総生産の成長、産業立地変化、経済集積、通勤・居住地の変化、観光・レジャー行動の変化、コミュニケーション機会の増大、知識のスピルオーバーなどの効果として観測される。

このような高速鉄道整備の経済効果に対しては、これまでに様々なタイプのSCGEモデルにより、世界各国で実証分析がされてきている。以下、EU、ノルウェー、オランダ、中国で適用されたSCGEモデルの概要について整理する。なお、各国のSCGEモデルの特徴について、表-1から表-3に整理した。

(1) CGEurope (EU)

EUで適用されたCGEuropeモデルは、道路交通部門および鉄道交通部門が供給する輸送サービスにおける輸送マージンがモデル化されている。対象地域は、EU圏域全体を範囲とし、TEN-Tプロジェクトとして計画されている高速道路と高速鉄道のネットワーク整備による経済

図-1 鉄道整備プロジェクトによる経済効果の例

的影響を評価している。捉える輸送の対象は物流とし、都市間の財取引による物流を都市間交通として表現している。経済効果計測の視点は、総生産の成長、産業立地変化、経済集積であり、地域別産業部門別にそれぞれの視点に関する効果指標が算出されている。都市間の財取引による物流を都市間交通として表現している。人流は明示されていない。

(2) PINGO（ノルウェー）

ノルウェーで適用されたPINGOモデルは、地域内および地域間貨物輸送予測プロジェクトの一部要素として構築されたSCGEモデルであり、輸送マージンと明示的な輸送部門がモデル化されている。将来の地域内および地域間取引額がPINGOモデルにより予測され、そこで得られたOD需要を先決値として、他の物流予測モジュールによる詳細なネットワークにおける物流交通フローが予測されている。経済効果計測の視点は、総生産の成長、産業立地変化であるが、生産要素の賦存量と輸出需要を外生変数とし、これらとパラメータ値を操作して、各種変数の変化を観測することにより実行されている。Vold and Jean Hansen (2007)は、ボトムアップ型アプローチによって推定された将来の最終消費需要を外生値として入力し、2040年における財生産額と取引額の予測値を推定している。都市間の財取引による物流を都市間交通として表現している。人流は明示されていない。

(3) RAEM（オランダ）

オランダで適用されたRAEMモデルは、新経済地理学の理論的基礎を持つことにより、通勤交通がモデル化されており、また一般のSCGEモデルと同様に地域間貨物輸送量も考慮されている。輸送費用は輸送企業により生産される輸送マージンとしてモデル化されている。アムステルダムとフローニンゲンを結ぶ高速鉄道の延伸プロジェクトを対象とし、主に通勤範囲の拡大による旅客輸送と全国の土地利用構造への影響が分析された。経済効果計測の視点は、総生産の成長、産業立地変化、経済集積に加え、通勤の変化、居住地の変化であり、それぞれの視点に関する効果指標が算出されている。また、旅客

輸送と貨物輸送が明示的に区別され、都市間交通を都市間の財取引による物流に加え、居住地から通勤地への通勤旅客交通（人流）を対象としている。旅客への影響把握については、通勤トリップを含んでいるため、モデルが対象とする空間的範囲は比較的小さい。

(4) Sino-TERM (中国)

中国で適用されたSino-TERMモデルは、オーストラリアで開発されたTERM (The Enormous Regional Model) が基となるモデルで重慶鉄道プロジェクトの影響評価に適用された。このモデルにおいて、貨物輸送は地域間交易の量として扱われている。旅客輸送は地域内では各地域の旅客輸送部門の需要として扱われているが、地域間では明示的に考慮されていない。経済効果計測の視点は、総生産の成長、産業立地変化であり、総生産変化、所得変化、産業別生産額変化といった変化を計測している。地域間交易は扱われているが、人流に関して地域間の旅客輸送は明示されておらず、地域内での旅客輸送のみが考慮されている。その点では旅客への影響把握について捉える空間的な範囲は比較的小さい。

3. 経済・環境影響を計測するSCGEモデルの構築

(1) モデルの概要

アジアでは中国、韓国、台湾、日本などで高速鉄道プロジェクトが進められてきている。中国では全国約4,000kmの高速鉄道網、韓国ではソウル釜山間等を結ぶ約370kmのKTX（韓国高速鉄道）、台湾では台北－高雄間を結ぶ約350kmのT-HSR（台湾高速鉄道）、日本では東京－大阪間を結ぶ約440kmのMAGLEV（リニア中央新幹線）があり、いずれも広域的に都市間を結ぶものである。このような高速鉄道プロジェクトを評価するためには、広域的な地域間旅客輸送に着目したモデルが必要となる。2で整理したSCGEモデルのうち、旅客を対象としているモデルはRAEMやSino-TERMが挙げられるが、いずれも取り扱う空間的な範囲は通勤圏レベルと比較的小さいため、MAGLEVのような広域的な高速鉄道整備の評価は困難である。また、上記のいずれのSCGEモデルも、間接効果のうち、「観光・レジャー行動の変化」、「コミュニケーション機会の増大」といった効果は明示されていない。

本分析では、広域的な地域間旅客輸送の改善効果が計測可能な小池・上田・宮下¹²⁾が構築したSCGEモデルを適用する。なお、このモデルでは地域間の流動関係を業務トリップと自由トリップで表し、地域ごとの市場（生産要素市場、財市場）は閉じていると仮定している。

表-1 分析シナリオ等の比較

モデル	国	分析シナリオ	地域数	産業部門数
CGEurope ^{*1}	EU	TEN-T	1,341	6
PINGO ^{*2}	ノルウェー	将来物流予測	20	32
RAEM ^{*3}	オランダ	高速鉄道整備	548	14
Sino-TERM ^{*4}	中国	重慶鉄道整備	31	137

*1: Brücker et al. (2004)

*2: Vold and Jean-Hansen (2007)

*3: Knaap and Oosterhaven (2002)

*4: Horridge and Wittwer (2007)

表-2 対象・輸送のモデル化の方法等の比較

モデル	対象	輸送のモデル化の方法	表現する都市間交通	外生的変化
CGEurope	物流	輸送マージン	都市間の財取引による物流	都市間輸送費用マージンの削減
PINGO	物流	輸送マージン、明示的な輸送セクター	都市間の財取引による物流	人口変化、輸出需要変化、投資と政府消費の変化、将来の消費需要
RAEM	物流・人流	輸送マージン	都市間の財取引による物流、居住地から勤務地への労働者の通勤旅客交通	都市間の交通所要時間変化
Sino-TERM	物流・人流	輸送マージン、旅客輸送部門需要	都市間の財取引による物流、域内旅客輸送部門の需要としての旅客輸送量	鉄道旅客の輸送部門と貨物部門における資本保有量の変化、鉄道輸送マージンの削減、特定の産業部門の生産性向上

表-3 対象とする間接効果の比較

モデル	総生産の成長	産業立地の変化	経済集積	通勤の変化	居住地の変化	観光・レジャー行動の変化	機会の増大 コミュニケーション
CGEurope	○	○	○	—	—	—	—
PINGO	○	○	—	—	—	—	—
RAEM	○	○	○	○	○	—	—
Sino-TERM	○	○	—	—	—	—	—

[モデルの仮定]

- ・S個に分割された国土空間を考える。
- ・経済主体は地域毎に企業、世帯、交通企業の3主体より構成されている。
- ・企業は、中間投入財と資本、労働および業務トリップを生産要素として生産をおこなう、また、その行動は

利潤最大化行動にしたがう。

- ・世帯は企業に生産要素を提供し、対価を受け取る。そして、これらの所得から自地域で生産された財サービスに加えて、他地域で生産する財サービス、レクリエーション時間、交通サービスを同時に消費する。また、その行動は効用最大化行動にしたがう。
- ・交通企業は資本・労働を生産要素として、交通サービスを生産する。また、その行動は利潤最大化行動に従い、超過利潤は世帯に分配される。
- ・生産要素市場及び財市場は地域毎に閉じているものとする。

(2) モデルの定式化

2.で挙げた世界各国のSCGEモデルとの違いは、生産要素（労働、資本）に業務トリップで表される業務交通を含めているところにある。また、世帯の行動では、家計生産関数の概念を用いて定式化し自由トリップを扱っている。こうしたモデル化により、業務交通及び観光交通の変化による効果が把握可能となる。具体的な定式化は、小池・上田・宮下¹²⁾と同様に以下の通りとなる。

a) 企業

地域 s に立地し財 i を生産する企業は、自地域で生産

表4 本モデルの分析シナリオ

モデル	国	分析シナリオ	地域数	産業部門数
本研究	日本	MAGLEV (リニア中央新幹線)	47	6
SCGE	韓国	KTX (韓国高速鉄道)	6	6

表5 本モデルの対象と輸送のモデル化の方法等

モデル	対象	輸送のモデル化の方法	表現する都市間交通	外生的変化
本研究	人流	輸送マージン	都市間の財取引による物流	都市間輸送費用マージンの削減
SCGE

図2 モデルの構造

された中間投入財 X_{ii}^s と労働力、資本、業務トリップにより構成される生産要素 f_{ki}^s を用い、ネスティドCES型の生産構造の生産技術を用いて商品 Q_i^s を生産する。企業の生産関数は以下のように定式化できる。なお、第1レベルでは、付加価値や中間投入財のそれぞれが完全な補完関係にあることを示すレオンチェフ型技術を採用し、第2レベル以降は、各要素間の代替関係を考慮できるCES型技術とした。

$$Q_i^s = \min \left[\frac{VA_i^s}{a_{vi}^s}, \frac{X_{ii}^s}{a_{li}^s}, \dots, \frac{X_{ii}^s}{a_{li}^s}, \dots, \frac{X_{li}^s}{a_{li}^s} \right] \quad (1)$$

$$VA_i^s = \phi_{li} \left[\sum \delta_{ki} f_{ki}^s \frac{\sigma_{li}-1}{\sigma_{li}} \right]^{\frac{\sigma_{li}}{\sigma_{li}-1}} \quad (2)$$

ただし、 VA_i^s ：付加価値関数、 a_{vi}^s ：投入係数、 a_{li}^s ：付加価値係数、 ϕ_{li} ：効率パラメータ、 δ_{ki} ：分配パラメータ、 σ_{li} ：代替パラメータ、ここで、生産要素を $k=1$ ：労働力、 $k=2$ ：資本、 $k=3$ ：業務交通とする。

次に、業務交通による生産投入要素は各地域への業務交通量の関数として表現され、その選択行動は交通費用を最小とすることを選択するという以下の最小化問題として定式化できる。

$$\min \sum_{s' \in S} (p_{s'}^s + t_{s'}^s w_1^s) x_{s'i}^s \quad (3)$$

$$\text{s.t. } f_{3i}^s = \phi_{2i} \left[\sum_{s' \in S} A_{s'i}^s x_{s'i}^s \frac{\sigma_{2i}-1}{\sigma_{2i}} \right]^{\frac{\sigma_{2i}}{\sigma_{2i}-1}}$$

ただし、 $p_{s'}^s$ ：地域 s から地域 s' （相手地域）までの交通費用、 $t_{s'}^s$ ：地域 s から地域 s' （相手地域）までの交通所要時間、 w_1^s ：地域 s の時間価値、 $x_{s'i}^s$ ：地域 s から地域 s' （相手地域）までの業務交通量、 $A_{s'i}^s$ ：目的地選択に関するシェアパラメータ、 ϕ_{2i} ：効率パラメータ、 σ_{2i} ：代替パラメータ

b) 世帯

地域 s に立地する世帯は、自地域に立地する企業に生産要素（労働力、資本）を提供して、自地域の企業が生

図3 企業の生産関数構造

産した財 d_i^s およびトリップ投入型消費の合成財 Z^s (旅行先への交通需要 $x_{s'h}^s$, 旅行先でのレクリエーション時間 $t_{s'R}^s$, 旅行先での財消費 $d_{s'i}^s$ の関数) を消費し, ネスティドCES型の効用関数を持つとする. 世帯の効用関数は以下のように定式化できる.

$$V^s = \max \left[\sum_{i \in I} \left(\gamma_{ii}^s \right)^{\frac{1}{\rho_1}} \left(d_i^s \right)^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} + \left(\gamma_{IZ}^s \right)^{\frac{1}{\rho_1}} \left(Z^s \left(d_{s'i}^s, x_{s'h}^s, t_{s'R}^s \right) \right)^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \right]^{\frac{1}{\rho_1-1}} \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \sum_{i \in I} P_i^s d_i^s + \sum_{s' \in S} \sum_{i \in I} P_i^{s'} d_{s'i}^s + \sum_{s' \in S} P_{s'h}^s x_{s'h}^s = \sum_{k=1,2} w_k^s F_k^s + \pi_0^s$$

ただし, V^s : 間接効用関数 γ_{ii}^s : 最終需要に関するシェアパラメータ, γ_{IZ}^s : トリップ投入型消費の合成財に関するシェアパラメータ, ρ_1 : 消費財の代替弾力性, F_k^s : 世帯が所有する資本 $k=1,2$, π_0^s : 交通企業からの分配所得

次に, 世帯はトリップ投入型消費の合成財消費 Z^s をどの地域で消費するかを選択する. その選択行動は以下の最大化問題として定式化できる.

$$Z^s = \max_{z_{s'}^s} \left\{ \sum_{s' \in S} \left(\gamma_{2s'}^s \right)^{\frac{1}{\rho_2}} \left(z_{s'}^s \right)^{\frac{\rho_2-1}{\rho_2}} \right\}^{\frac{\rho_2}{\rho_2-1}} \quad (5)$$

$$\text{s.t.} P_Z^s Z^s = \sum_{s' \in S} P_{s'Z}^s z_{s'}^s$$

ただし, $\gamma_{2s'}^s$: 目的地選択に関するシェアパラメータ, $z_{s'}^s$: 各地域間のレクリエーション消費額, ρ_2 : 世帯の地域選択に関する代替弾力性, $P_{s'Z}^s$: 地域毎のトリップ投入型消費の合成財価格

次に, 世帯は地域毎のトリップ投入型消費 $z_{s'}^s$ (各地域への交通需要 $x_{s'h}^s$ とレクリエーション合成財 $R_{s'}^s$ の関数) の交通費用とそれ以外の費用にどれくらい割り振るかを選択する. その選択行動は以下のトリップ投入型消費に必要な費用 $C_{s'}^s$ の最小化行動として定式化できる. ここでの選択に際してはレオンチェフ型を採用する.

$$C_{s'}^s = \min \left[\left(p_{s'}^s + w_1^s t_{s'R}^s \right) x_{s'h}^s + P_{s'R}^s R_{s'}^s \right] \quad (6)$$

$$\text{s.t.} Z_{s'}^s = \min \left[\frac{x_{s'h}^s}{b_1}, \frac{R_{s'}^s}{b_2} \right]$$

ただし, b_1, b_2 : 消費割合を表すパラメータ, $P_{s'R}^s$: レクリエーション合成財の価格

最後に, 世帯はレクリエーション合成財 $R_{s'}^s$ (旅行先で消費する財消費 $d_{s'i}^s$ と旅行先で費やす余暇時間 $t_{s'R}^s$ の関数) における各財と余暇時間の消費水準を決定する. この段階での世帯の旅客行動は, そこへ出かけた際に, 世帯が自ら消費財を生産し消費していると解釈する, 家

図-4 世帯の効用関数構造

計生産関数 (household production function) の概念を用いる. この場合, 世帯行動は以下の費用最小化行動として定式化できる.

$$\min_{d_{is'}^s, t_{s'R}^s} \left(\sum_{i \in I} P_i^s d_{is'}^s + w_1^s t_{s'R}^s \right) \quad (7)$$

$$\text{s.t.} R_{s'}^s = \phi_h \left[\sum_{i \in I} \delta_{ih} d_{is'}^s \frac{\sigma_h - 1}{\sigma_h} + \delta_{0h} t_{s'R}^s \frac{\sigma_h - 1}{\sigma_h} \right]^{\frac{\sigma_h}{\sigma_h - 1}}$$

ただし, ϕ_h : 効率パラメータ, δ_{ih}, δ_{0h} : 家計生産関数における分配パラメータ, σ_h : 家計生産関数における代替弾力性

c) 交通企業

地域 s に立地する交通企業は, 自地域の世帯からの労働力 f_{10}^s , 資本 f_{20}^s を生産要素として, 交通サービス Q_0^s を生産するものとし, 以下のように完全な補完関係にあることを示すレオンチェフ型で定式化できる.

$$Q_0^s = \min \left[\frac{f_{10}^s}{c_1^s}, \frac{f_{20}^s}{c_2^s} \right] \quad (8)$$

ただし, c_1^s, c_2^s : 交通企業の投入係数

d) 市場均衡条件

本モデルは, 企業の生産に対して, 規模に関して収穫一定の技術を仮定しているため, 企業は常に需要に見合うだけの生産をおこなう. すなわち, 本モデルの均衡条件としては生産要素市場に関する均衡条件が満たされればよい. また, 全ての市場は地域内で閉じているため, 地域 s での生産要素市場に関する均衡条件は以下のようになる.

労働市場

$$\sum_{i \in I} w_1^s \left(a_{vi}^s Q_i^s(\mathbf{D}^s) f_{li}^s \right) + w_1^s \left(c_1^s Q_0^s(\mathbf{D}^s) \right) = w_1^s F_1^s \quad (9)$$

資本市場

$$\sum_{i \in I} w_2^s \left(a_{vi}^s Q_i^s(\mathbf{D}^s) f_{2i}^s \right) + w_2^s \left(c_2^s Q_0^s(\mathbf{D}^s) \right) = w_2^s F_2^s \quad (10)$$

ただし, $\mathbf{D}^s$: 地域 s の消費ベクトル

生産市場

$$\begin{bmatrix} Q_1^s \\ \vdots \\ Q_i^s \\ \vdots \\ Q_I^s \end{bmatrix} = [\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1} \begin{bmatrix} d_1^s + \sum_{s' \in S} d_{s1}^{s'} \\ \vdots \\ d_i^s + \sum_{s' \in S} d_{si}^{s'} \\ \vdots \\ d_I^s + \sum_{s' \in S} d_{sI}^{s'} \end{bmatrix} \quad (11)$$

4. 分析の考え方

本分析では、高速鉄道整備に伴う経済効果と環境への影響（CO₂排出量）の双方を計測することを目的とする。

まず、経済効果については、便益及び生産額の変化を捉える。次に、環境への影響については、交通部門と産業部門に分けて整理する。交通部門からみた影響として、本モデルでは地域間交流を交通機関別トリップで表現している。このことから、交通機関別のCO₂排出量原単位を用いることで、交通機関分担率の変化に伴うCO₂排出量を算出する。

また、産業部門からみた影響として、産業別の生産額変化量と産業別CO₂排出量原単位を用いてCO₂排出量を算出する。なお、交通部門のCO₂排出量の算出にあたって用いる交通機関分担率はSCGEモデルとは別に幹線旅客純流動データ及び韓国のKOTI作成データを用いてロジットモデルにより推計する。本SCGEモデルの特徴を活かし、高速鉄道整備の経済効果及び交通部門、産業部門のCO₂排出量といった日本（MAGLEV）と韓国（KTX）の高速鉄道整備による影響の大きさを比較して考察を行うこととする。

(1) 分析の枠組み

分析対象は、MAGLEV（リニア中央新幹線）、KTX（韓国高速鉄道）とする。概略を以下に示す。

MAGLEVは東京－大阪間、約438kmを67分で結ぶ高速鉄道で、2045年開業予定としている。競合する交通機関として、羽田－伊丹間の航空路線があるほか、東海道新幹線、自動車・高速バスが存在する。他方、KTXはソウル－釜山間、275kmを2時間で結ぶ高速鉄道で、2004年に開業した（一部既存の在来線を活用）。主な沿線都市では、テグやテジョンなどの人口100万人以上の都市を通過する。KTX開業前は航空路線も存在したが、開業後は競合する国内幹線航空路線はなく、自動車や高速バスが競合する。地域区分は、日本は47地域、韓国は6地域とし、産業部門数は、日本及び韓国の双方を7産業部門とした。

表-6 対象路線・地域数・産業部門数・

	日本	韓国
対象	MAGLEV	KTX
地域数	47都道府県	6広域圏
産業部門数	7部門	7部門
対象交通機関	鉄道・航空	鉄道・自動車
参考) 交通機関分担率 (現況)	東京－大阪 	ソウル－釜山

表-7 対象交通機関と機関分担率

	MAGLEV（日本）	KTX（韓国）
対象交通機関	航空・鉄道	鉄道、自動車
機関分担率の根拠	ロジットモデルにより推計。 without時における各OD間の所要時間、交通費用と分担率の関係から算出。	ロジットモデルにより推計。 with時における各OD間の所要時間、交通費用と分担率の関係から算出。

対象とする交通モードは、現況の交通機関分担率を参考に、導入される高速鉄道の影響が大きいと考えられる交通モードのみを扱っており、両国で異なる設定となっている。特に韓国の交通データ等のデータ制約があるため、機関分担率の設定や分析で必要となる所要時間は、現況の地域間所要時間や交通費用を勘案し、別途設定した。

(2) 交通機関分担の考え方

本SCGEモデルにおいて、OD毎の交通機関分担率は外生的に与えられる。それらは旅客データ等に基づくロジットモデル等によって、予め推計されたものであり、SCGEモデルにおいて使用される、各OD間の平均一般化交通費用（各モードの運賃及び時間の金銭価値を、当該ODの機関分担率で重み付けして足し合わせたもの。なお、ここで用いた金銭価値は収入を労働時間で除した所得近接法により全国の平均値である2,714円/時を一律に設定した。韓国においては、既存の交通機関分担、料金、所要時間から4万won/時（約2,800円/時）と設定した）を求める際に用いられる。両国における交通機関分担の考え方は以下の通りである。

なお、SCGEモデルを用いた本分析では経済指標の一つとして、OD間の代表的な所要時間や交通費用が必要となるが、本来であれば、交通データと経済データからその関係性を求めて詳細に設定する必要がある。しかし、交通と経済の関係性を示すデータが取得困難なため、今回の分析では、各モードの運賃及び時間の金銭価値を当

該ODの機関分担率で重み付けして足し合わせたものとした。また、所要時間ODにはMAGLEVと他モードとの乗換抵抗（時間、料金、頻度等）は含まれていない。

(3) 使用データ

分析に必要なデータとして、表-8で示される産業連関表、地域間流動データ及び時間・料金データとなる。

そのうち、産業部門間の取引を表す産業連関表については、日本は各都道府県の産業連関表（2000年）、韓国は、KOTI（KOREA Transport Institute）が作成した6地域間産業連関表（2000年）を用いた。地域間流動データについては、日本は幹線旅客純流動調査（2005年）、韓国はKOTIが作成した2006年データを用いた。時間・料金データについては、日本は、withoutデータとして、乗換案内により整備し、withデータとして、JR東海が公表している最新の数値をもとに整備した。韓国は、without（KTXがない）の時間表・料金表が存在しないため、KOTIが作成した現況（KTXがある）の時間表・料金表をwithデータとして扱い、withoutのデータは独自に設定した。そのため、KTX整備の分析にあたってwithoutのデータには航空機利用との競合があったと想定されるが、今回は考慮していない。

これら経済データ及び流動データをもとにキャリブレーションによりパラメータを決定している。各パラメータの設定については、企業の行動では、第1段階の生産関数、第2段階の付加価値関数は産業連関表により決定され、第3段階の地域選択は産業連関表及び流動データ、時間表・料金表で決定される。世帯の行動では、第1段階の効用関数及び第2段階の地域選択では、産業連関表及び流動データ、時間表・料金表で決定され、第3段階のレクリエーション合成財と交通需要量及び第4段階の家計生産関数については、産業連関表と家計調査等（交通費と宿泊費及びその他の費用（土産、食事代）の割合）のデータを用いて決定した。

なお、各代替弾力性（生産要素間、地域間、消費財間）の設定に関して、地域範囲の取り方で異なってくる。しかしながら、両国の価格のデータが整備されておらず、その値の測定が一般には困難であり、国内・海外の事例もないため、ここでは、大胆な仮定ではあるが、市岡¹⁵⁾の先行事例を参考に、両国ともに、生産要素間及び地域間を0.8、消費財間を0.5と設定した。この仮定では、具体数値による分析は困難であるが、日本と韓国的高速交通システムや産業構造の違いによる高速鉄道整備がもたらす経済効果とCO₂排出量（交通部門、産業部門）発現する効果の大小の傾向をみることは可能である。しかし、精緻な分析にあたっては他のデータ整備と同様に今後の課題となる。

表-8 パラメータの設定とデータ

[企業の行動]

パラメータ			データ
第1段階 生産関数	投入係数	a_{li}^s	産業連関表
	付加価値係数	a_{vi}^s	産業連関表
第2段階 付加価値 関数	効率パラメータ	ϕ_{li}	産業連関表
	分配パラメータ	δ_{ki}	産業連関表
	代替弾力性(生産要素間)	σ_{li}	0.8
第3段階 地域選択	効率パラメータ	ϕ_{2i}	産業連関表, 流動データ, 時間表・料金表
	シェアパラメータ	A_{si}^s	産業連関表, 流動データ, 時間表・料金表
	代替弾力性(地域間)	σ_{2i}	0.8

[世帯の行動]

パラメータ			データ
第1段階 効用関数	シェアパラメータ (最終需要)	γ_{li}^s	産業連関表, 流動データ, 時間表・料金表
	シェアパラメータ (トリップ)	γ_{iz}^s	産業連関表, 流動データ, 時間表・料金表
	代替弾力性(消費財間)	ρ_1	0.5
第2段階 地域選択	シェアパラメータ	γ_{2s}^s	産業連関表, 流動データ, 時間表・料金表
	代替弾力性(地域間)	ρ_2	0.8
第3段階 レクリエーション合成 財と交通需要量	シェアパラメータ	b_1, b_2	産業連関表, 家計調査
第4段階 家計生産 関数	効率パラメータ	ϕ_h	産業連関表, 家計調査
	シェアパラメータ	δ_{ih}, δ_{oh}	産業連関表, 家計調査
	代替弾力性(消費財間)	σ_h	0.5

[交通企業の行動]

パラメータ		データ
投入係数	c_1^s, c_2^s	産業連関表

[外生変数]

パラメータ		データ
総労働量	F_1^s	産業連関表
総資本量	F_2^s	産業連関表

※上記データの出典の有無

○出典が明らかなデータ
・産業連関表(日本, 韓国)
・流動データ(日本without, 韓国with)
・時間表・料金表(日本without, 韓国with)
・世帯消費に関するデータ(日本)
○データ制約のため、今回独自で仮定・設定したデータ
・代替弾力性(両国同じ)
・流動データ(韓国without)
・世帯消費に関するデータ(両国同じ)
・金融・不動産業のCO ₂ 排出量原単位(サービス業と同じ)
・韓国の交通機関(自動車とKTX)のCO ₂ 排出量原単位(日本の自動車と新幹線と同じ)

表-11 産業部門におけるCO₂排出原単位

産業部門	MAGLEV（日本）	KTX（韓国）
	tc/百万円	tc/百万ウォン
農林水産業	0.42	1.56
製造業	0.92	4.27
建設業	0.09	0.49
電力・ガス・水道	7.95	41.61
商業	0.05	4.99
金融・不動産業	0.02	0.62
サービス業	0.46	0.62

表-12 CO₂ 貨幣評価原単位の算出結果（日本）

表-12 CO₂貨幣評価原単位の算出結果（日本）

年平均最新値	3年間の移動平均最新値
1,835 円/t-CO ₂	2,822 円/t-CO ₂

※2000年購買力平価換算

年平均最新値	3年間の移動平均最新値
8,868won/t-CO ₂	13,640won/t-CO ₂

※2000年購買力平価換算

表-13 CO₂貨幣評価原単位の算出結果（韓国）

年平均最新値	3年間の移動平均最新値
8,868won/t-CO ₂	13,640won/t-CO ₂

出典：欧州気候取引所，欧州中央銀行，OECD データ

※2000年購買力平価換算

(1) 地域区分

(2) 産業部門

323

表-14 産業区分

産業部門	全国産業連関表における 34 産業部門
農林水産業	農林水産業
製造業	鉱業、飲食料品、繊維製品、パルプ・紙・木製品、化学製品、石油・石炭製品、窯業・土石製品、鉄鋼、非鉄金属、金属製品、一般機械、電気機械、情報・通信機器、電子部品、輸送機械、精密機械、その他の製造工業製品
建設業	建設
電力・ガス・水道	電力・ガス・熱供給業、水道・廃棄物処理
商業	商業
金融・保険	金融・保険、不動産
サービス	情報通信、公務、教育・研究、医療・保健・社会保障・介護、その他の公共サービス、対事業所サービス、対個人サービス、事務用品、分類不明

「交通企業」として扱うため除いている。

また、産業部門に関するデータは、各都道府県の「平成 12 年産業連関表」を用いた。なお、分割した地域（神奈川県、長野県、岐阜県）の経済データは、付加価値量（労働、資本量）は人口で按分し、投入係数などの産業構造は変わらないと仮定した。

(3) 地域間交通

本モデルにおける対象交通機関は、国土交通省「全国幹線旅客純流動調査」の代表交通機関として示されている「航空」と「鉄道」を対象とした。「幹線バス」及び「乗用車等」からの転換は考慮していない。これは、MAGLEV によって大きな影響を受けると考えられる主要都市間の業務目的の交通の大部分が、自動車以外の交通に依存している状況を踏まえたものである。また、本モデルで扱うトリップ目的のデータは、平日の「仕事目的」のものに限定している。

また、SCGE モデルで使用する各 OD 間の平均一般化費用を求めるにあたり、その根拠となる運賃及び時間の設定は、次のように行っている。

47 地域間における各交通機関の時間・運賃の設定は次のような根拠に基づいている。第一に、リニア新幹線以外の各交通モードについては、各都道府県の中心駅間の最短経路における所要時間・運賃を、「乗り換え案内」により求めた。リニア新幹線の運賃及び所要時間については、JR 東海が公表している最新の数値をもとに、リニアスキーム検討会議の検討結果なども踏まえ、独自の方法で推計している。具体的には、東京一名古屋間を 286km、40 分、また東京一大阪間を 438km、67 分としている。また、運賃については東京一大阪間を 16,000 円とした。それ以外の OD 間については、東京一名古屋一大阪を結ぶ直線上を、平均時速 430km/h で走行したという

表-15 交通機関分担率を設定するために用いたパラメータ

以下の回帰式から、最小二乗法によってパラメータ推定を行い、交通機関分担率を導出した。

$$\ln \left[P_{ij}^{air} / P_{ij}^{MAGLEV} \right] = \alpha \left(c_{ij}^{air} - c_{ij}^{MAGLEV} \right) + \beta$$

ここで、 c は一般化費用。推計結果は次のとおり。
 $\alpha = -0.011(-22.138)$, $\beta = 0.136(-11.745)$
 ここで、() 内の数値は t 値。重相関係数は 0.610。

表-16 鉄道の交通機関分担率（鉄道と航空を対象）

	without	with
東京一大阪間	73%	88%
東京一広島間	54%	62%
東京一福岡間	9%	12%

仮定に基づき、所要時間及び運賃を算出する。（注：具体的な公表値が存在しないため、リニアスキーム検討会議で検討された 15,000 円～17,000 円の中間値を採用した。）

(4) 交通機関分担

本モデルで使用する機関分担率は、全国幹線旅客純流動調査の「流動表」の分担率を、上記で設定した各交通モードの時間及び運賃を説明変数とした、独自のロジットモデルによって推定した値である。なお、新幹線から MAGLEV への転換については、MAGLEV が東海道新幹線（東京一新大阪間）ののぞみタイプ（全体の運行本数の 2/3）となることから、新幹線利用の 2/3 が MAGLEV に転換すると仮定した。また、上述した OD 間の一般化交通費用を求める際には、with, without とともに、この推定結果を用いる。

なお、ここで求められた主な OD 間の鉄道（新幹線、MAGLEV）の交通機関分担率は、表-16 のようになる。

(5) SCGE パラメータの設定

モデルで必要となる、投入係数 a_{vi}^s 、付加価値係数 a_{vi}^s 、効率パラメータ ϕ_i 、分配パラメータ δ_{ki} 等は、産業連関表、幹線旅客純流動調査、家計調査年報を用いて、キャリブレーション手法により決定した。またキャリブレーションで求められない幾つかのパラメータについては、外生的に与えている。

(6) CO₂排出量の原単位

交通部門については、国土交通省「運輸部門の地球温暖化対策」及び JR 東海環境報告書 2007 より設定した。また産業部門については、国立環境研究所データ（2000 年）で示されている産業部門別 CO₂排出量原単位を本分析の 7 産業部門に集計して設定した。

(7) 分析結果

a) 経済効果

まず、経済効果についてみると、単年度便益は 4,991 億円、総便益は現在価値換算 11.2 兆円（計算期間 50 年、社会的割引率 4%）という結果が得られた。都道府県別にみると、MAGLEV の起終点となる東京都、神奈川県及び大阪府に帰着する便益が大きい。このような地域は経済規模が大きいだけでなく、地域間旅客量、地域間所要時間の短縮率が大きいことが影響している。また、地域別便益の分布から、沿線地域を中心に、関東圏、関西圏、中部圏の効果が大きく、広く日本全体にその効果が波及している。

便益を対 GDP 比でみると、2.4%となる結果が得られた（ここで、GDP 約 487 兆円、総便益約 11 兆円）。地域別にみると、山梨県、長野県、三重県、奈良県の沿線地域で 5.0%を越え、相対的に大きい。これらの地域は経済集積の大きい大都市圏に近接していながらも MAGLEV の整備による所要時間短縮率が大きい地域であり、これらの地域の交通整備に対する限界生産性がいまだ高いことに起因している。

次に、生産額の変化をみると、全体で約 0.9 兆円の増加となり、変化率でみると 0.1%の増加となる。部門別でみると、どの分野も概ね 0.1%前後の増加が見込まれるが、特に金融・商業・サービス部門など、人的資本が重視される非製造業系の産業で変化率が高い。

b) 交通流動への影響

次に、交通部門への影響についてみると、航空と MAGLEV をあわせた総トリップ数は 5.8%増加している。これはいわゆる誘発需要の影響で、MAGLEV 整備により、旅客交通が、世帯において消費財から代替した、あるいは、企業において、生産要素から代替した結果を反映している。

一方で、トリップ×キロで示される総トリップ長は 2.7%減少している。すなわち、所要時間短縮に伴う地域選択の変化により、1 トリップあたりの移動距離が減少していることを意味している。これは MAGLEV の整備により、移動距離の長いトリップが MAGLEV を利用する移動距離の短いトリップに代替したことが要因である。

c) 地球環境への影響

最後に、地球環境への影響についてみると、交通部門からの CO₂ 排出量は全体で 0.5%減少することが示された。比較的 CO₂ 排出量が多い MAGLEV ではあるが、既

表-17 単年度便益・総便益・便益の対 GDP 比

単年度便益	4,991 億円/年
総便益	11.2 兆円 (120.6 億 US\$)
便益の対 GDP 比	2.3%

図-6 地域別便益

図-7 地域別総便益対 GRP 比

図-8 生産額の変化

図-9 産業部門別にみた生産額の変化

図-10 トリップ量の変化

図-11 トリップ・キロの変化

図-12 交通機関別 CO₂排出量の変化

存新幹線よりも、航空機からの転換が多く見込まれることにより、全体が減少する結果となっている。トリップ・キロベースでみると、CO₂排出量は増加しているが、総トリップ・キロが減少しているために、総排出量が減少している。つまり、今回の MAGLEV 路線が比較的短距離で長距離トリップからの代替あるいは航空機からの代替が多い路線であることがこの要因と考えられる。

一方で、MAGLEV 整備の結果 GDP が向上することによる産業部門からの CO₂排出量は、当然のことながら増加する。その大きさは 0.1%ほどの増加である。

(交通部門の CO₂排出量の変化)

交通部門の CO₂排出量は、全体で 6.6 万 t-CO₂/年減少 (0.6%減) を示した。交通機関別にみると、航空機は 86.1 万 t-CO₂/年減少 (9.0%減)、鉄道は 21.7 万 t-CO₂/年減少 (12.4%減)、MAGLEV は 101.1 万 t-CO₂/年の増加を示した。これを貨幣換算して置き換えると、284 百万円/年の減少として示された。

(産業部門の CO₂排出量の変化)

産業部門の CO₂排出量の変化は、13.7 万 t-CO₂/年増加 (0.1%増) を示した。産業別にみると、電力が約 60.4 万 t-CO₂/年の増加と最も多く、次いで、製造業が 36.3 万 t-CO₂/年の増加、サービス業が 33.2 万 t-CO₂/年の増加となる。電力の割合が 43.8%と最も多く占める。変化率でみると、どの産業も 0.1%の増加となるが、金融、電力、商業など、人的資本が重視される非製造業系の産業で変化率が高い。これを貨幣換算して置き換えると、387 百万円/年の増加となる。交通部門と産業部門を合計する

図-13 CO₂排出量の変化 (without=100)

図-14 トリップ・キロあたりの CO₂排出量の変化 (without=100)

図-15 産業部門の CO₂排出量の変化

図-16 産業部門別 CO₂排出量の変化量と変化率

図-17 産業部門の部門別 CO₂排出量の割合

表-18 CO₂排出量の変化量(率)と貨幣換算値

	CO ₂ 排出量	貨幣換算値
交通部門	-100,621 t-CO ₂ /年	-284百万円/年
産業部門	137,065 t-CO ₂ /年	387百万円/年
合計	36,444 t-CO ₂ /年	103百万円/年

と、CO₂排出量は約3.6万t-CO₂/年の増加、貨幣換算すると103百万円/年の増加となることが示された。

6. KTX整備(韓国)の分析

(1) 地域区分

本モデルの対象とする地域区分を6広域圏とした。韓国の人口は、2005年で4,704万人であり、そのうち、ソウルのある首都圏が2,262万人、次いで、釜山のある慶南圏の760万人となっている。また、ソウル釜山間は、KTXで約370km、自動車で約395kmである。KTXは、2004年4月に営業を開始しており、ソウル釜山を約3時間(京釜線:ソウルから南東方向)、ソウル木浦(湖南線:ソウルから南西方向)を約3時間で結ぶ。

(2) 産業区分

KOTI (KOREA Transport Institute) が作成した6地域間産業連関表を用いて、MAGLEVと同様に7産業部門で整理した。その扱いについては、日本のものと同様である。

(3) 地域間交通

2006年のソウルとKTX沿線各主要都市間の交通機関分担率をみると、ソウル釜山(慶南圏)間では、自動車が40.9%、鉄道が32.8%、航空は11.7%、ソウルテグ(慶北圏)間では、鉄道が41.9%、自動車が41.9%となっており、韓国の広域的な地域間移動は、鉄道及び自動車の割合が大きいことが特徴としてあげられる。そのため、対象交通機関は、「鉄道」と「自動車」を対象とした。「航空」及び「バス」からの転換は考慮していない。

各OD間の所要時間・運賃については、KOTIが作成した交通機関別の248地域間OD表(所要時間, 運賃, 流動量, 2006年)をもとに、6圏域に集計したものを用いる。所要時間・運賃は、withoutのデータが無い場合、現在の特急(セマウル号)の所要時間と運賃とした。すなわち、withoutは特急(セマウル号)利用、withはKTX利用と仮定した。自動車については、KOTIが作成した248地域間OD表を用い、現況(with)と変わらないと仮定した。これらの交通条件及び機関分担率を元に、各OD間の一般化交通費用を求める点は、先に述べた日本のケースと同様である。

図-18 対象地域

図-19 韓国の交通機関分担率

【所要時間 (without)】(単位: 時)

	首都圏	江原	忠清	全羅	慶北	慶南
首都圏	0.00	0.89	2.02	3.70	3.07	4.17
江原	0.89	0.00	2.66	4.33	3.73	4.86
忠清	2.02	2.66	0.00	2.42	1.44	2.29
全羅	3.69	4.33	2.07	0.00	3.21	3.68
慶北	3.06	3.73	1.43	3.09	0.00	1.29
慶南	4.18	4.86	2.29	3.67	1.29	0.00

【運賃 (without)】(単位: 万ウォン)

	首都圏	江原	忠清	全羅	慶北	慶南
首都圏	0.00	0.63	0.88	2.17	1.47	2.14
江原	0.63	0.00	1.38	2.68	1.95	2.58
忠清	0.88	1.38	0.00	1.37	0.66	1.38
全羅	2.16	2.68	1.36	0.00	1.51	1.72
慶北	1.47	1.95	0.66	1.45	0.00	0.84
慶南	2.14	2.58	1.38	1.71	0.84	0.00

【所要時間 (with: 現状)】(単位: 時)

	首都圏	江原	忠清	全羅	慶北	慶南
首都圏	0.00	0.89	1.43	3.04	2.21	3.06
江原	0.89	0.00	2.22	3.80	3.05	3.85
忠清	1.43	2.22	0.00	2.35	0.91	1.74
全羅	3.04	3.79	1.95	0.00	3.21	3.71
慶北	2.21	3.05	0.90	3.14	0.00	1.18
慶南	3.06	3.86	1.74	3.71	1.18	0.00

【運賃 (with: 現状)】(単位: 万ウォン)

	首都圏	江原	忠清	全羅	慶北	慶南
首都圏	0.00	0.63	1.15	2.48	1.90	2.59
江原	0.63	0.00	1.78	3.01	2.47	3.08
忠清	1.15	1.78	0.00	1.48	0.74	1.49
全羅	2.47	3.00	1.44	0.00	1.83	1.87
慶北	1.90	2.47	0.74	1.66	0.00	0.87
慶南	2.59	3.08	1.49	1.83	0.87	0.00

図-20 所要時間と運賃

(4) 交通機関分担の考え方

KOTIが作成した248地域間OD表（所要時間，運賃，流動量，2006年）から，「鉄道」及び「自動車」の交通機関分担率を集計ロジットモデルにより求めた．ここで求められた主なOD間の自動車とKTXの交通機関分担率は，表-20のようになる．

(5) SCGE パラメータの設定

SCGEにおける生産関数等のパラメータの設定については，韓国地域間産業連関表を元に，キャリブレーション手法で決定した．また，キャリブレーションで決定されない地域選択と消費選択の2つの代替弾力性のパラメータは，日本のモデルと同様に与えた．

(6) CO₂排出量の原単位

韓国の交通部門のCO₂排出量の原単位は，日本と同じと仮定し，国土交通省「運輸部門の地球温暖化対策」及びJR東海環境報告書2007より，設定した．

また，産業部門のCO₂排出量の原単位については，産業部門別の生産額あたりのCO₂排出量を比較している，金継紅「韓日二酸化炭素排出構造の比較」の研究結果，及び国立環境研究所データ（2000年），韓国6地域間産業連関表より独自に設定した．

(7) 分析結果

a) 経済効果

まず，経済効果についてみると，単年度便益は2兆0,296won，総便益は現在価値換算45.6兆won（計算期間50年，社会的割引率4%）という結果が得られた．地域別便益の分布をみると，首都圏，忠清圏，慶南圏の効果が大きく，KTX沿線地域で効果が波及している．首都圏は経済規模が韓国全体の半分を占めていること，首都圏と

表-19 交通機関分担率を設定するために用いたパラメータ

以下の回帰式から，最小二乗法によってパラメータ推定を行い，交通機関分担率を導出した．

$$\ln \left[P_{ij}^{car} / P_{ij}^{KTX} \right] = \alpha (t_{ij}^{car} - t_{ij}^{KTX}) + \beta (c_{ij}^{car} - c_{ij}^{KTX}) + \gamma$$

ここで， t は所要時間， c は交通費用．推計結果は次のとおり．

$$\alpha = -1.326(-5.621), \quad \beta = -1.442(-5.146), \quad \gamma = 1.968(3.685)$$

ここで，（ ）内の数値はt値．重相関係数は0.845．

表-20 鉄道（KTX）の交通機関分担率

	without	with
首都圏－慶南圏	6%	85%
首都圏－忠清圏	50%	62%
首都圏－慶北圏	12%	76%
首都圏－全羅圏	17%	40%

忠清圏は交通量が多いこと，慶南圏は韓国第二の経済集積地域であることが影響している．

便益を対GDP比でみると，6.2%という結果が得られた（ここで，GDP約755兆won，総便益約47兆won）．地域別にみると，忠清圏で特に高い値を示している．

これは，この地域がKTXの結節点であり，ネットワーク上有利な場所になっていることに起因している．すなわち，首都圏と慶南圏の双方との交通量が多い忠清圏において，大幅な所要時間短縮がもたらされた結果を示している．

次に，生産額の変化でみると，GDPへの影響は約5.1兆wonで0.28%の増加が見込まれる．部門別でみると，どの分野も概ね0.25%前後の増加が見込まれるが，特に製造業での伸び率が高い．これは，KTX整備により，沿線地域での製造業の効率化が起こったことに起因している．

表-21 単年度便益・総便益・便益の対GDP比

単年度便益	2兆0,296億won
総便益	45.6兆won (41.8億US\$)
便益の対GDP比	6.2%

図-21 地域別便益

図-22 地域別総便益対GRP比

図-23 生産額の変化

図-24 産業部門別生産額の変化

b) 交通流動への影響

次に、交通部門への影響についてみると、自動車とKTXをあわせた総トリップ数は25.3%増加している。これはいわゆる誘発需要の影響で、KTX整備により、旅客交通が、世帯において消費財から代替した、あるいは、企業において、生産要素から代替した結果を反映している。

一方で、トリップ×キロで示される総トリップ長は51.8%増加している。すなわち、1トリップあたりの移動距離が増加していることを意味している。これはKTXの整備により、より遠い地域との交流が増加したことが要因である。

c) 地球環境への影響

最後に、地球環境への影響についてみると、交通部門からのCO₂排出量は全体で0.5%減少することが示された。これはCO₂排出量の多い自動車からKTXへの転換が多く見込まれることにより、全体が減少する結果となっている。トリップ・キロベースでも、CO₂排出量の変化は減少を示している。

一方で、KTX整備の結果GDPが向上することによる産業部門からのCO₂排出量は、当然のことながら増加する。その大きさは0.3%ほどの増加である。

(交通部門のCO₂排出量の変化)

交通部門のCO₂排出量は、全体で525t-CO₂/年減少(0.5%減)を示した。交通機関別にみると、自動車は1,241t-CO₂/年減少(8.5%減)、鉄道は716万t-CO₂/年の増加(98.5%増)を示した。これを貨幣換算して置き換えると、-7百万won/年の減少として示された。

(産業部門のCO₂排出量の変化)

産業部門計のCO₂排出量の変化は、6.7万t-CO₂/年増加(0.3%増)を示した。産業別にみると、製造業が3.6万t-CO₂/年の増加と最も多く、次いで、電力が1.9万t-CO₂/年の増加となる。製造業が54.2%と最も多く占める。変化率でみると、農業、製造業、電力で0.30%の増加、それ以外は0.25%前後の増加となっている。これを貨幣換算して置き換えると、913百万won/年の増加となるこ

図-25 トリップ量の変化

図-26 トリップ・キロの変化

図-27 交通機関別CO₂排出量の変化

図-28 CO₂排出量の変化 (without=100)

図-29 トリップ・キロあたりのCO₂排出量の変化 (without=100)

図-30 産業部門のCO₂排出量の変化

図-31 産業部門別CO₂排出量の変化量と変化率

図-32 産業部門別CO₂排出量の変化量と変化率

表-22 CO₂排出量の変化量(率)と貨幣換算値

	CO ₂ 排出量	貨幣換算値
交通部門	-526t-CO ₂ /年	-7百万won/年
産業部門	66,969t-CO ₂ /年	913百万won/年
合計	66,444t-CO ₂ /年	906百万won/年

とが示された。

交通部門と産業部門を合計すると、CO₂排出量は約6.6万t-CO₂/年の増加、貨幣換算すると906百万won/年の増加となることが示された。

7. 分析結果の比較

まず、経済効果の観点から比較すると、便益の大きさは、MAGLEV(日本)の方がKTX(韓国)より3倍程度大きくなる結果が得られた。広がりを見ると、両国ともに大都市圏間を結ぶことから、経済効果は両国の経済集積最大都市圏である首都圏を中心に発現している。一方、費用の大きさは日本が韓国より4倍程度大きい¹⁶⁾。

表-23 各国高速鉄道整備効果及びCO₂排出量の変化

	MAGLEV(日本)	KTX(韓国)
便益	120.6 billion US\$ 11.2 trillion yen	41.8 billion US\$ 46.7 trillion won
費用	97.1 billion US\$ 9.0 trillion yen	19.7 billion US\$ 22.0 trillion won
B/C	1.2	2.1
便益の対GDP比	2.3%	6.2%
CO ₂ 排出量	【交通部門】 CO ₂ 変化量 CO ₂ 変化率 貨幣換算(US\$) (自国通貨)	-100,621 t-CO ₂ /年 -0.9% -3.1 million US\$/年 -284.0 million yen/年
	【産業部門】 CO ₂ 変化量 CO ₂ 変化率 貨幣換算(US\$) (自国通貨)	-526 t-CO ₂ /年 -3.4% -0.01 million US\$/年 -7.2 million won/年
	【合計】 CO ₂ 変化量 貨幣換算(US\$) (自国通貨)	137,065 t-CO ₂ /年 0.1% 4.2 million US\$/年 387 million yen/年

※合計のCO₂変化量について、日本の方のCO₂変化量が3.6万t-CO₂/年と少ないに関わらず、貨幣換算値は1.1百万US\$/年と韓国よりも大きい。これは、CO₂貨幣評価原単位の違いによるもので、CO₂の価値が国で異なっているためである。

※MAGLEVの費用には、工事費8.4兆円、維持運営費0.3兆円/年が含まれている(平成21年JR東海「中央新幹線東京都・大阪市間のデータについて」より)

これはMAGLEVが既存新幹線やKTXと比較して速度水準が格段に大きいこと、鉄軌道と技術面、資材調達面等で大きな違いがあるといわれている。そのため、B/Cでみると、費用の高いMAGLEVは1.2とKTXの2.1と比較して小さい。しかしながら、いずれも1.0を越えており、社会的効率性基準を満たしている点で、両国ともに高速鉄道整備による経済成長が期待される。

また、便益の対GDP比について比較すると、MAGLEVが2.3%、KTXが6.2%とMAGLEVの方が小さい。その理由としては、日本のGDPが韓国と比較して約4倍大きいこと、日本の高速交通ネットワークとして、MAGLEVが整備されるルートには既に東海道新幹線が整備されており、KTXに比べ、時間短縮率が小さいことが理由としてあげられる。

次に、環境への影響を比較する。交通部門についてみると、日本では航空からMAGLEVへの転換によりCO₂排出量が大きく減少している。一方、韓国では自動車からKTXへの転換によりCO₂が減少するものの、総トリップ量からみると、自動車からKTXへの転換割合は小さいため、全体として減少幅は小さく、CO₂排出量は少なくなっている。このことは、交通機関分担の設定に大きく影響する。

また、産業部門についてみると、日本のCO₂排出量は

13.7万トン/年と韓国の6.7万トン/年と比較して大きい。変化率をみると、日本が0.1%増、韓国が0.3%増と韓国の方が大きい。日本は電力やサービス業といった非製造業の排出量の変化率が大きくなっているのに対して、韓国は製造業の変化率が大きく、産業全体の排出量の半分以上を占めているためと考えられる。

以上より、交通部門のCO₂排出量は両国ともに交通機関の転換により、交通機関体系の変化に応じて減少するが、産業部門のCO₂排出量は経済成長とあわせて増加するため、全体としてはCO₂排出量が増加する可能性があることが示された。また、産業構造の違いによっても両国の環境への影響は異なることも示された。

今後、地球環境問題への対応が重要視され、高速鉄道の計画や整備は進められていくものと想定される。そうした観点からみれば、高速鉄道整備の環境への評価は、CO₂排出量原単位の小さい交通機関（高速鉄道等）への転換によるCO₂削減のみに主眼を置くのではなく、経済成長に伴う産業部門のCO₂排出量増加についても各国の産業構造を踏まえた上で高速鉄道整備の評価を行うべきといえる。

8. おわりに

本研究では旅客トリップを明示した空間的応用一般均衡モデルを適用して、MAGLEV（日本）とKTX（韓国）を対象に高速鉄道整備の経済効果を計測するとともに、高速鉄道整備による交通機関の転換と各産業部門の生産額変化にみるCO₂排出量を計測し、経済効果と環境影響の双方からの評価を国際比較により試みた。

その結果、対象地域となる産業連関表、流動データがあれば、今回用いたSCGEモデルで経済効果と環境への影響について評価することが可能であることを示した。これは同時に、国際比較による分析が可能となることも示している。特に、世界的な環境問題への対応の必要性が高まってくることから、国際比較が比較的容易なSCGEモデルは一つの評価ツールとして有益な情報を提供可能であることを示すことができた。

しかしながら、国際比較を行うにあたって、データ整備に関して、以下の5つの課題をクリアする必要がある。それは、1)韓国の流動データや世帯消費に関するデータ、交通機関別・産業部門別のCO₂排出量原単位が日本と同じと仮定していること、2)韓国のwithoutの交通データは実測値でなく独自に仮定していること、3)交通機関分担率については、両国ともに大胆な仮定（例えば、日本の場合では自動車からの転換はない、新幹線からMAGLEVへは2/3転換、韓国の場合では航空を考慮していない、既存の特急からKTXに全て転換する）のもとで

設定していること、4)代替弾力性のパラメータを両国間で同一の仮定のもとで設定していること、5)CO₂原単位が部門で異なる製造業を1部門としているなど、産業部門の細分化が必要であること、である。特に4)の代替弾力性については、どの程度の影響があるのか両国の効果の傾向は把握できるものの、大胆な仮定をしており、分析結果に影響を与えている可能性がある。

今後、国際比較によるSCGEモデルを適用した高速鉄道整備の評価をより精緻に分析するためには、前述したような流動データをはじめとして、消費データ、各種原単位、代替弾力性など各種パラメータについてのデータ整備あるいは感度分析が必要となってくる。あわせて、環境分析においては、交通機関分担の変化が重要な要素であることから、各国共通となる道路・鉄道・航空等を同時に扱う統合的な需要予測モデル等の構築、産業部門の細分化といったデータ整備が重要となる。

参考文献

- 1) Lee, J.-H. and Chang, J. S.: Effects of High-Speed Rail Service on Shares of Intercity Passenger Ridership in South Korea, *Transportation Research Record*, Vol.1943, pp.31-42, 2006.
- 2) Change, J. S. and Lee, J.-H.: Accessibility Analysis of Korean High-speed Rail: A Case Study of the Seoul Metropolitan Area, *Transport Reviews*, Vol.28, No.1, pp.87-103, 2008.
- 3) Kim, E. and Kim, K.: Impacts of the development of large cities on economic growth and income distribution in Korea : A multiregional CGE model, *Papers in Regional Science*, pp101-122, 2003.
- 4) Horridge, M. and Wittwer, G.: The Economic Impacts of a Construction Project, using Sino TERM, a Multi-regional CGE model of China, Centre of policy studies and impact project, General working paper No.G-164, 2007.
- 5) Bröcker, J., Meyer, R., Schneekloth, N., Schürmann, C., Spiekermann, K. and Wegener, M.: Modeling the Socio-economic and Spatial Impacts of EU Transport Policy, IASON, Deliverable 6, 2004.
- 6) Knaap, T. and Oosterhaven, J.: The Welfare Effects of New Infrastructure: An Economic Geography Approach to Evaluating New Dutch Railway links, Paper to the North American RSAI Meeting, Chicago, 2000.
- 7) Knaap, T. and Oosterhaven, J.: On The Development of RAEM: The Dutch Spatial General Equilibrium Model and Its First Application to A New Railway Link, Paper presented to the 41th Congress of the European Regional Science Association, 2001.
- 8) Ivanova, O., Vold, A. and Jean-Hansen, V.: PINGO - A model for prediction of regional and interregional freight transport, Institute of Transport Economics, TOI report 578, 2002 (revised in 2006).
- 9) Vold, A. and Jean-Hansen, V.: PINGO - A model for prediction of regional and interregional freight transport in Norway, Institute of Transport Economics, TOI report 899, 2007.

- 10) Gunn, H.: SCGE Models : Relevance and Accessibility for Use in the UK, with emphasis on Implications for Evaluation of Transport Investments, RAND Europe Cambridge, 2004.
 - 11) Koike, A. and Ueda, T.: Spatial Economic Damage Assessment of Great Earthquake, Welfare-metrics by the SCGE model, Chap 8 in Economics of Disaster Prevention, Tatano, H. and Takagi, A. eds., Keiso-shobo, in Japanese (防災の経済分析, 勁草書房), 2005.
 - 12) 小池淳司, 上田孝行, 宮下光宏: 旅客トリップを明示した SCGE モデルの構築とその応用, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.237-245, 2000.
 - 13) 宮下光宏, 小池淳司: 空間的応用一般均衡モデルを用いたリニア中央エクスプレス整備の経済波及効果の計測, J-RAIL, 2007.
 - 14) 上田孝行編著: Excel で学ぶ地域・都市経済分析, コロナ社, 2010.
 - 15) 市岡修: 応用一般均衡分析, 有斐閣, 1991.
 - 16) MAGLEV は JR 東海, 中央新幹線東京都・大阪市間のデータについて, 2009.10, KTX は KOTI (KOREA Transport Institute) より提供.
- (2011.2.18 受付)

COMPARATIVE ANALYSIS OF ECONOMIC AND ENVIRONMENT IMPACTS OF HIGH SPEED RAIL IN EAST ASIA

Mitsuhiro MIYASHITA, Atsushi KOIKE and Takayuki UEDA

In recent years, high speed rail has been invested rapidly in East Asia. Many of the evaluation of high speed rail have been a focus on economic effects. On the other hand, many of the environmental impact of development on high speed rail has been a focus on CO₂ emissions from transport, did not consider CO₂ emissions from economic growth. Although the SCGE model is built in each country, there are not international comparisons analyses. In this study, we calculate the economic efficiency and CO₂ emissions by SCGE model of KTX and MAGLEV. We analyze the difference of transport and industrial structure by international comparisons.