

バンコクにおける交通網整備シナリオの違いが 経済発展とCO₂排出に与える影響分析

山下 優輔¹・中村 一樹²・三室 碧人³・林 良嗣⁴・加藤 博和⁵・藤田 将人⁶

¹学生会員 名古屋大学 大学院環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2 651)

E-mail:yyamashita@urban.env.nagoya-u.ac.jp

²正会員 香川大学助教 工学部安全システム建設工学科

³正会員 (元)名古屋大学 大学院環境学研究科

⁴フェロー 名古屋大学教授 大学院環境学研究科

⁵正会員 名古屋大学准教授 大学院環境学研究科

⁶正会員 日本工営株式会社

アジア途上国大都市では、経済成長に伴うモータリゼーション進展と、工業発展による貨物輸送量増大により、都心部へ旅客・貨物交通量が集中し交通渋滞が深刻化する傾向にあり、これが経済発展を阻害する大きな要因になっている。これに対して、都市内の交通インフラ整備では、都市高速や環状道路といった道路整備が先行し、続いて鉄道整備が検討される傾向であるが、それらが渋滞解消を通して経済・環境に与えた効果は明らかにされていない。本研究では、都市内交通インフラの整備シナリオとして、鉄道と道路の優先整備順位の違いによる都市内旅客・貨物交通の変化を工業立地モデルを組み込んだ都市内交通モデルを用いて1990年から2010年まで推計し、この結果を地域経済・交通モデルにインプットして2030年における経済発展とCO₂排出に及ぼす影響を評価する。その結果、早期から鉄道を整備することで、CO₂排出削減に貢献するが、物流による経済への影響は小さいことがわかった。

Key Words : *Low-carbon transport, Transport system, Asian developing countries*

1. はじめに

近年、アジア途上国では経済成長と工業発展に伴い交通渋滞が深刻化している。これは2つの要因に大別され、1つ目はモータリゼーション進展による旅客交通需要の増大、そして2つ目は工業に伴う道路貨物輸送量の増大が挙げられる。アジア途上国における経済発展は、主に工業発展によるもので、これが貨物による道路交通需要の増大へと繋がる。よって、経済成長著しいアジア途上国では、旅客交通需要の増大に加えて、貨物の道路交通需要の増大が、交通渋滞の大きな要因となっていると考えられる。今後も経済成長と工業発展が進むと予想されるアジア途上国都市において、今後も急増する旅客・貨物の交通需要に対応しつつ、経済成長を損なわず環境面にも配慮した持続可能な低炭素交通インフラ整備は急務である。

これらを踏まえ、本研究では、アジア途上国大都市を

対象として、道路・鉄道インフラの整備時期による都市内道路交通の渋滞の変化と、それに伴う地域経済とCO₂排出量への影響を評価することを目的とする。ケーススタディとして、アジア途上国大都市の中でも特にモータリゼーションが進展し、工業発展による物流量が増大したことで深刻な交通渋滞を引き起こしたバンコクとする。道路・鉄道インフラの整備順序変化による地域経済への影響を評価する指標として、都市内平均移動速度の変化による輸送時間変化と、工業立地モデルから推計される工業立地変化を用いる。また1990年から2010年まで、2010年から2030年までの鉄道・道路交通インフラの整備順序シナリオ変化による影響を分析する。

2. 既往研究と本研究の位置付け

道路整備が製品の取引に与える影響についての日本の

研究例として、柴田ら¹⁾は日本を対象とし、交通インフラ整備の進展が産業立地にどのような影響をもたらしたかについて定量分析を行っている。

一方、途上国大都市の交通に関する既往研究として、花岡ら²⁾は、バンコクの個々の都市交通施策の効果の概要を整理している。中村ら³⁾は2050年のタイにおける鉄道整備時期の違いが自動車保有率にもたらす影響を評価している。その結果として、2010年から2030年までに鉄道網を優先整備した場合、2030年から2050年までに同様の整備を行うよりも、2050年では自動車保有率が約1割低下することを示した。また、山本ら⁴⁾は、バンコクを対象に、2005年から2050年までの道路・鉄道インフラ整備の違いによる、2050年における都市内の交通部門からのCO₂排出量の違いの推計を行っている。ここでは、旅客の移動だけでなく都市内の貨物輸送も考慮して推計を行っている。

しかし、これらの研究は道路・鉄道といった各交通インフラの整備前後での旅客・物流交通への個々の影響に注目しており、交通インフラ整備順序が旅客・物流交通双方に与える影響に着目した研究は行われていない。また、山本らの研究では、工業発展が著しいバンコクにおいて影響が大きいと考えられるバンコク周辺工業団地と地域物流拠点である港湾の間を移動するトラックの都市通過輸送は考慮されていない。

したがって本研究では、バンコクを対象に、2010年からの道路整備と鉄道整備について、その整備順序の違いによる交通渋滞の抑制と、これに伴う都市内交通起源CO₂排出量と地域間取引の変化による経済への影響を推計し、効率的な整備順序を検証する。ここでは、都市内での旅客・貨物交通だけでなく、都市内を通過する貨物交通の影響も考慮するものとしている。

3. 分析モデルの構築

本研究では、バンコク都市圏における交通需要推計モデルを適用し、交通インフラ整備順序のインプットを設定することで、工業立地分布と貨物交通需要分布の変化を推計し、バンコク都市部の道路交通における平均移動速度を算出する。工業立地モデルによって、求めた工業立地分布と輸送時間を地域間輸送モデルにインプットすることにより、CO₂排出量と地域間輸送による経済への影響を算出する。図-1にその概要を示し、以下に各モデルについて説明する。

(1) 工業立地モデル

工業立地モデルでは、新たに工業立地が可能な地点の特定は困難である。現存する各工業団地の地点を対象に、

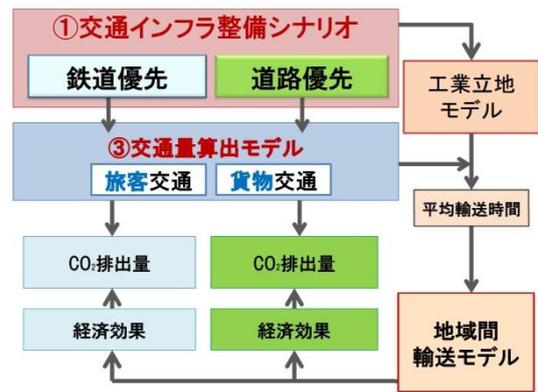


図-1 モデルの概要

交通インフラ整備順序が変化した場合の各地点の敷地面積の変化を推計する。

対象となる工業団地は、1990年から2010年に建設されたものとする。対象期間の工業立地データから工業立地モデルのパラメータを推定し、交通インフラ整備シナリオによる工業団地の敷地面積変化が変化を推計する。

モデルでは、各工業団地の立地面積は立地効用に比例するものとし、多項ロジットモデルによって定式化する(式(1))。

$$S_i = \frac{\exp(U_i)}{\sum_j \exp(U_j)} \quad (1)$$

S_i : 地点*i*の工業団地の立地面積, U_i : 地点*i*の効用, j : 工業団地の合計数

また、立地効用関数は次式(2)で定義する。

$$U_i = \alpha T_{lem} + \beta ACC_{pop} + \gamma d_{ic} \quad (2)$$

T_{lem} : レムチャバン港への所要時間, ACC_{pop} : 人口密度へのアクセシビリティ, d_{ic} : 高速道路インターチェンジまでの距離, α, β, γ : 係数

工業立地選定においては製品の輸送先へのアクセス

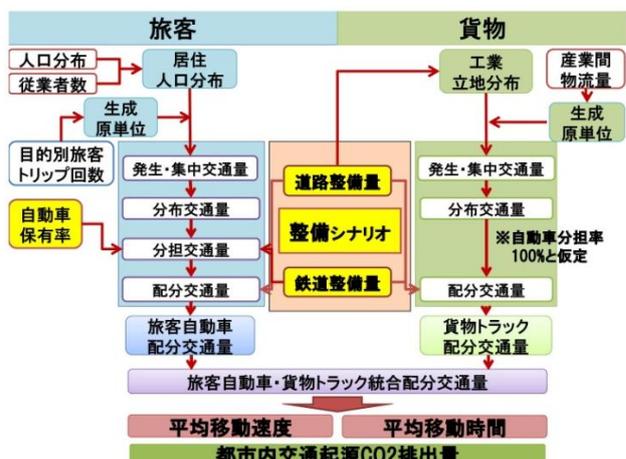


図-2 都市内交通量算出モデル

性が大きく影響すると考えられる。実際の工業団地の立地分布からも、輸送先である港湾や消費地へのアクセス性が良い地域に立地する傾向が見られる。また、主な消費地であるバンコクへのアクセス性を考慮するため、人口密度へのアクセシビリティを取り入れた。人口密度へのアクセシビリティは次式(3)で表される。

$$ACC_{popi} = \sum_j^J POP_j \exp(-\alpha gc_{ij}) \quad (3)$$

i : 対象地域 (起点), ACC_{popi} : 地点*i*における人口密度へのアクセシビリティ, POP_j : 地点*j*の人口密度, α : 距離通減パラメータ, gc_{ij} : 地域*i*から地域*j*へ移動する際の一般化費用, J : 地域数

さらにバンコク北部においては高速道路のインターチェンジから近い位置に立地する傾向があると考えられるため、高速道路のインターチェンジの距離も効用関数に加えた。

本モデルを用いて、各インフラ整備シナリオによる工業の立地効用変化を計算し工業立地面積変化を推計する。

(2) 都市内交通量算出モデル

本研究では、山本ら⁴⁾のモデルを参考に、バンコクを対象に4段階推計法による平均移動速度の推計を行う。モデルは旅客交通と貨物交通の双方を考慮したものである。またモデルは、①シナリオの設定、②人口・産業分布の推計、③交通量の推計、④平均移動速度、都市内CO₂排出量の推計からなる。図-2にその概要を示す。次項以降にて各段階の詳細を示す。

a) 空間構造設定

人口・産業を分配するゾーンの大きさは、3km×3kmメッシュを用いる。これは、おおよそ東京都やバンコク都の区に相当するスケールであり、バンコクにおいても人口データが入手しやすい。都市空間構造は都心から30km圏内の地域を対象とする。ただし、現在の大渋滞には、30km圏外からの交通による影響も大きいことが考えられるため、現況再現では最外部のゾーンに30km圏外の人口を加えることで、30km圏外からの交通の影響を評価に含める。アジア途上国における産業の分布については、人口と同レベルの空間データを得ることが難しい。このため産業の分布割合は、2005年における業種別のメッシュデータを基に、各メッシュの人口の変化に応じて都市内での旅客・貨物双方の交通量を決定するものとしている。

b) 生成交通量推計

前項の手法で分布させた人口・従業者数に生成交通量原単位を乗じることで、生成交通量を推計する。生成交通量原単位は、人口や産業規模1単位によって生成される交通量を表し、長期的将来のアジア途上国において

も通用する値を用いる必要がある。そのために、長期的な経済成長による変化が少ないと考えられる、1人が生成する目的別のトリップ数(旅客)、従業者1人が生成する輸送量(貨物)を基に原単位を生成する。貨物交通については、国際港湾であるレムチャバン港の貿易量を基に、バンコク周辺の工業団地と港湾の間の交通量を算出する。

c) 交通量推計

前項で算出した人口・産業分布と生成交通原単位を基に、4段階推定法を用いて交通量を推計する。まず、生成交通原単位を人口・従業者数と乗じることで各ゾーンの発生・集中交通量を算出する。そして、目的地選択と交通手段選択のネステッドロジットモデルによって、分布交通量を式(4)で算出する。

$$q_{pij} = q_{pi} \frac{prod_{pj} \cdot \exp(\alpha_p \cdot U_{ij} + attr_{pj})}{\sum (prod_{pj} \cdot \exp(\alpha_p \cdot U_{ij} + attr_{pj}))} \quad (4)$$

q_{pij} : ゾーン*i*から*j*への*p*を目的とした交通量[回/日], q_{pi} : ゾーン*i*における*p*を目的とした発生交通量[回/日], $prod_{pj}$: ゾーン*j*の目的*p*に関連する産業の従業者数[人], U_{ij} : i 間移動時の一般化費用[分], $attr_{pj}$: p を目的とする交通におけるゾーン*j*の魅力度, α_p : 拡散係数

旅客トリップを目的とした移動では、移動手段の選択が生じる。その選択確率は、式(5)によって定義されるものとする。

$$Prob_{mij} = \frac{\exp(\beta \cdot GCost_{mij} + attr_m)}{\sum (\exp(\beta \cdot GCost_{mij} + attr_m))} \quad (5)$$

$Prob_{mij}$: ゾーン*ij*間移動での交通手段*m*の選択確率[%], β : 拡散係数, $GCost_{mij}$: ゾーン*ij*間移動での交通手段*m*の一般化費用[分], $attr_m$: 交通手段*m*の魅力度

β は交通手段選択確率の拡散度合いを表すパラメータであり、小さいほど一般化費用の小さい交通手段を選択する確率が大きくなる。また、 $attr_m$ は各交通機関の交通費用以外の魅力を示すものであり、分担率の算出値と実データを一致させる調整係数により算出される。

目的地選択モデル(5)の説明変数として、全交通手段の一般化費用のログサム変数を用いている。 $attr_{ij}$ は各ゾーンの交通コスト以外の魅力を示し、式(4)によって算出される集中交通量と、生成原単位から算出される集中交通量を一致させるための2重制約の調整係数として算出される。 α_p は対象都市の総移動距離実データを基に推定される。

交通手段選択モデルでは、旅客トリップでは鉄道・バス・自動車・徒歩の4種類、貨物輸送ではトラックのみを対象とする。

以上の手法を用いて算出した道路OD交通量を用いて

各道路の配分交通量を算出する。配分交通量は、所要時間が最小となるよう利用者均衡配分法を用いて推計する。乗用車利用の所要時間は、道路整備量の総量と、その整備箇所により大きく左右される。本研究では、道路ネットワークは交通量が多い箇所によく配分される仕組みになっている上、高速道路ネットワークをインプットデータとして別途設定し、高速道路の有無によって配分交通量や移動速度が変化するものとなっている。以上の各段階を平均所要時間が収束するよう数回繰り返し、各交通機関のOD交通量、各OD間における乗用車の平均旅行速度をアウトプットとして得る。

以上からバンコク都市内における平均移動速度を算出し、国際港湾からバンコク周辺の工業団地間への輸送時間を算出する。

(3) 地域間輸送モデル

アジア新興国を分析対象とする地域間経済モデルには、データ量が極めて少ないことから、少量のデータセットでも消費・生産の空間構造取引構造を表現できることが必要である。したがって、本研究では消費・生産の取引関係をモデル化した中村ら⁹⁾において開発されたCALUTASモデルの一部を応用することで、アジア新興国における消費・生産の取引構造を定式化する。さらに、本研究の評価対象である低炭素交通施策を評価可能とするために、交通費用変化による空間構造変化を表現できるモデル構造の構築が不可欠である。そこで、地域間経済モデルには地域間取引係数を導入し、地域間の取引費用変化を表現可能としている(式(6))。

$$X_i^{r,t+1} = \alpha_i \left(\sum_s \sum_j a_{ij}^s X_{ij}^{r,t} T_i^{rs,t} \right) + \phi_i^{dummy} + FD^{rs,t} T_i^{rs,t} \quad (6)$$

r : 発地域, s : 着地域, i : 地域 r における産業の業種, j : 地域 s における産業の業種, t : 分析の対象年次(年), $X_i^{r,t+1}$: $t+1$ 期における地域 r 産業 i の生産額, α_i^r : 投入係数, $FD^{rs,t}$: 地域 s における地域 r からの最終需要, T_i^{rs} : 地域間取引係数, α : パラメータ

地域間経済モデルの構造は、第一項が中間需要、第二項が最終需要、第三項が地域別のダミー変数となっている。これにより、将来のGDPシナリオを最終需要変化として外生的に与えた際に、地域間取引量の変化、及び地域別の総生産額が算出可能となる。

上記の地域間経済モデルから産出される地域間取引金額から、貨物発生量を推計する。貨物発生量推計におい

ては、2030年までの長期分析を行うに当たり、貨物の高付加価値化を考慮する(式(7))。

$$Ton_{ij}^{rs} = wight_i^t \times trade_{ij}^{rs} \quad (7)$$

Ton_{ij}^{rs} : 地域 rs 間・産業 ij 間の貨物量(ton), $wight_i^t$: t 期における産業 i 発の貨物発生量原単位(ton/\$), $trade_{ij}^{rs}$: 地域 rs 間・産業 ij 間の経済取引金額(\$)

これにより、交通ネットワークの整備シナリオによる経済取引構造の変化に応じた地域間貨物量を算出可能とする。

交通手段別貨物輸送量(トンキロ)は、式(7)で算出した地域 rs 産業 ij 間の貨物量(ton), 平均輸送距離(km), 及び外生シナリオとして与える交通手段別分担率(%)を乗じることで算出する。(式(8))

$$Freight_{ij}^{rs,k} = Ton_{ij}^{rs} \times Dis^{rs} \times Share^{rs,k} \quad (8)$$

$Freight_{ij}^{rs}$: 地域 r 産業 i と地域 s 産業 j の交通手段別貨物輸送量(ton-km), Ton_{ij}^{rs} : 地域 r 産業 i と地域 s 産業 j の総貨物輸送量(ton), Dis^{rs} : 地域 r と地域 s の輸送距離(km), $Share^{rs,k}$: 地域 r と地域 s の交通手段別分担率(%)

これにより、地域 rs 産業 ij 間の交通手段別貨物輸送量(ton-km)が算出可能となる。

最後に、貨物輸送量(ton-km)からCO₂排出量を推計するモデルを構築する。式(8)で計算された地域間の総取引量(ton-km)に対して、交通手段別二酸化炭素排出原単位を掛け合わせることで排出量を算出する(式(9))。

$$E^{r,k} = Freight_{ij}^{rs,k} \times e_{CO_2}^{rs,k} \quad (9)$$

$E^{r,k}$: 地域 r における貨物交通からのCO₂排出量, $Freight_{ij}^{rs}$: 地域 r 産業 i と地域 s 産業 j の交通手段別貨物輸送量(ton-km), $e_{\alpha_2}^{rs,k}$: 交通モード別CO₂排出原単位

上記で構築した各分析モデルを用いることで、地域間貨物交通部門における低炭素性能評価を行う。

以上の都市内交通量算出モデル、地域間輸送モデルから交通インフラ整備に伴う経済への影響を示し、それに従い将来の交通インフラ整備量が変化する仕組みとなっている。また、最終的なインフラ整備量を基に、バンコク都市内における交通起源CO₂排出量、地域間輸送の輸送時間変化に伴う経済への影響をアウトプットとして算出する。

表-1 シナリオ毎の前提条件

年	シナリオ	GDP (Million \$)	人口 (万人)	自動車保有率 (台/1000人)	鉄道整備延長 (km)	道路整備延長 (km)
2010		157,385	978	159	81	3,728
2030	鉄道優先	559,607	917	196	509	9,390
	道路優先			418	81	21,373

4. 交通インフラ整備順序のシナリオの設定

(1) 対象都市の概要

対象地域であるバンコクは1990年代より、経済成長と人口増加が顕著である。2010年現在においてバンコクの人口は東京23区と同程度であり、1人あたりGDPは東京23区の半分弱という値となっている。

また、バンコクは交通渋滞の激しい都市として知られている。根本的な原因として、2004年現在で都心の道路面積率が7.2%であり、パリの25.8%、東京の21.7%といった値と比べても著しく低い値であることがわかる。1990年代においては都心部での平均移動速度は時速10キロ前後と非常に低かった。その後、交通インフラ整備によって改善はされたが、依然として深刻な状況である。鉄道整備も他国の大都市と比較しても進展が遅い状況で、バンコクの交通手段分担率に占める高架鉄道及び地下鉄の割合は6%程度と、東京の48%に比べ小さい。その原因として、整備量が不十分であること、自動車依存度が高いことが挙げられる。現在は大規模な都市内鉄道の整備計画によって交通渋滞の解消を試みている状況である。

(2) シナリオの設定

本研究で検討する2050年までの交通インフラ整備順序のシナリオとして、下記の2つを考える。

①早期鉄道整備シナリオ：2010年までの鉄道開通が10年早く開通し、のちに道路整備が行われる。また、2010年からも鉄道を優先的に整備し、2030年に2005年の東京23区と同水準となるように都市内鉄道を整備する。

②道路優先整備シナリオ：1990年から2010年まで道路を優先整備し、2010年以降都市内鉄道整備は行わず、道路のみの整備を行う。

以上の2シナリオを比較する。なお、1990年から2010年までの鉄道・道路の各インフラ整備量変化するが2010年時点では同じであり、それ以降のインフラ整備量が再び変化するものとなっている。各シナリオにおける2005年と2050年時点における人口、自動車保有率、道路総延長、鉄道総延長は表-1に示す通りである。その際、自動車保有率の変化については中村ら³⁾の手法によりシナリオ毎の自動車保有率の違いを表現している。

5. 分析モデルの推計結果

(1) 工業立地変化の推計結果

式(2)における3つのパラメータを推計する為、工業団地が集中して立地しているバンコク北部、バンコク東部、ラムチャバン港付近の中でも、代表的な合計8つの工業団地の立地傾向から係数推定を行った。その結果を表-2

表-2：式(2)の推定結果

	係数	t値	n=28
α	-0.277	-6.72	R ² 0.683
β	9.75×10^{-5}	2.04	
γ	-7.37×10^{-3}	-2.22	

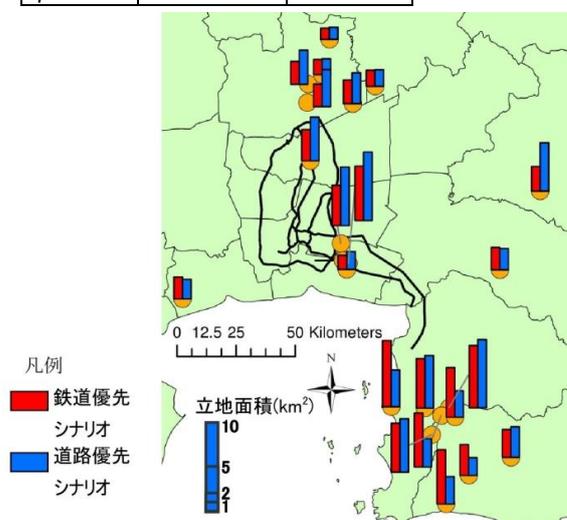


図-3：シナリオによる工業立地面積の推計結果

に示す。推定結果をみると、工業立地はラムチャバン港への所要時間が短いほど、消費地へのアクセシビリティが高いほど、そして高速道路のインターチェンジまでの距離が近いほど、効用、すなわち工業立地規模が大きくなるという傾向になった。実際の工業立地においても同様の傾向が見て取れる。

推定した係数を用いて、1990年から2010年までの各シナリオによる工業立地の変化の推計結果は以下の図-3の通りとなった。道路を優先整備することにより輸送先である港湾や消費地へのアクセス性が向上する為、結果として輸送先から離れた箇所に工業が立地する傾向が見られた。一方で鉄道を優先整備すると輸送先の近くに立地する傾向となり、輸送距離や平均輸送時間が短くなるという結果となった。

(2) 交通インフラ整備が経済へ与える影響の推計結果

前述で示した各シナリオにより交通インフラ整備状況が変化した場合、2030年の各シナリオにおけるGDP推計値は図-4の通りである。すなわち、道路優先シナリオに比べ、鉄道優先シナリオではGDPの0.2%の経済効果があることが示された。この理由として、タイが各国と取引する時間が短縮され、各国がタイと取引する魅力が増したことによるものと考えられる。また、早期に鉄道を整備した場合に都市内の平均移動速度が上昇する理由として、自動車保有率の抑制され旅客交通需要の鉄道への転換による道路交通需要の抑制が考えられる。

(3) 都市内交通起源と地域間輸送におけるCO2排出量の推計結果

シナリオ毎による2030年時点における都市内交通起源CO2排出量は図-4に示す通り、鉄道を早期に整備を行うことで、道路のみを整備した場合よりも都市内・地域間合わせてともに21%のCO2排出量の削減につながる事がわかった。その理由として、都市内においては乗用車よりもCO2排出量が少ないとされる鉄道への分担率が上昇し、乗用車の利用者数が減少したことによるものと考えられ、地域間輸送においては輸送時間が減少することが主な要因であると考えられる。

6. まとめ

本研究では、交通インフラ整備順序の違いがCO2排出量と物流の効率性変化による経済への影響を検討すべく、それを表現するモデルを構築し、アジア大都市であるバンコクに適用して長期予測を行った。これにより、都市内交通インフラ整備順序の変化が経済とCO2排出量へ影響を与えることを確認出来た。また、ケーススタディにより得られた知見は以下の通りである。

- ・鉄道を早期整備すると工業は輸送先の近くに立地する一方で、道路を優先整備すると工業立地は分散する。その結果、鉄道を早期整備した場合の方が平均輸送時間が短くなる。
- ・鉄道を優先的に整備を行うことで、港湾から工業団地間の輸送時間が短縮することで経済に影響を及ぼす。
- ・鉄道を優先的に整備を行うことにより、交通需要が道路から鉄道に転換することで、都市内・地域間の合計交通起源CO2排出量では21%減少する。

また、本研究では交通インフラ整備として、バンコク都市内における鉄道と道路整備のみを対象としてシナリオにより変化させているが、実際はバンコクから工業団地までの交通インフラ整備による輸送時間変化も考えられるので、交通インフラ整備シナリオの対象範囲を拡大することで、より正確な輸送時間変化が表現出来る。さらに、物流の輸送モードとしてトラックを考慮しているが、今後技術革新等により高速貨物鉄道の建設等も考えられるが、本研究では考慮をしていない。これらの課題

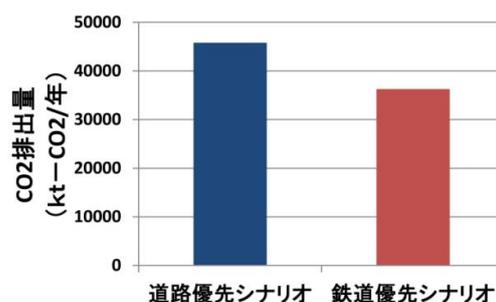


図4：2030年のシナリオ毎の都市内交通起源CO2合計排出量

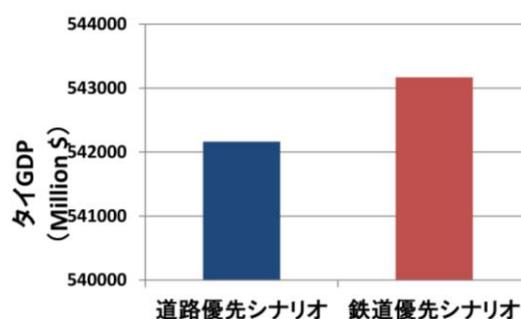


図4：2030年のシナリオ毎の経済効果

を改善し、より再現度の高いモデルの構築に努めたい。

参考文献

- 1) 柴田つばさ・小坂弘行：交通インフラのモデル分析—全国9地域間産業関連モデルを用いて—, 運輸政策研究, Vol.14, No.4, pp.13-23, 2012.
- 2) 花岡伸也：バンコクの都市交通施策の変遷とその効果, 運輸政策研究所第21回研究報告会, Vol.10, No.2, pp.79-82, 2007.
- 3) 中村一樹・加藤博和・林良嗣：アジア途上国大都市における鉄道整備時期を考慮したモータリゼーション進展の将来予測, 土木計画学研究発表会, Vol.43, CD-ROM(222), 2012.
- 4) 山本充洋・中村一樹・藤田将人・加藤博和・林良嗣：アジア途上国大都市における長期的将来の低炭素都市・交通システム構成要素の検討, 土木計画学研究講演集, Vol.46, (38), 2012.
- 5) 中村英夫・林良嗣・宮本和明：広域都市圏土地利用交通分析システム, 土木学会論文報告集, 第335号, pp.141-153

Impacts of urban transport infrastructure development on regional economy and CO2 emissions -A case study of Bangkok-

Yusuke YAMASHITA, Kazuki NAKAMURA, Aoto MIMURO,
Yoshitsugu HAYASHI, Hirokazu KATO and Masato FUJITA