

アジア開発途上国大都市における 低炭素交通の診断とQOL分析を用いた治療

中村 一樹¹・林 良嗣²・中村 文彦³・福田 敦⁴・中道 久美子⁵

¹正会員 香川大学工学部安全システム工学科 (〒761-2188 香川県高松市林町2217-20)

E-mail: knaka@eng.kagawa-u.ac.jp

²フェロー 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: yhayashi@genv.nagoya-u.ac.jp

³正会員 横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)

E-mail: f-naka@ynu.ac.jp

⁴正会員 日本大学理工学部社会交通工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

⁵正会員 東京工業大学大学院理工学研究科 (〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1-I4-12)

E-mail: nakamichi@ide.titech.ac.jp

CO₂排出の急増が見込まれるアジア開発途上国での交通の低炭素化は、国際的な重要課題の1つであるが、その実現において都市の経済や社会の利益を損なわない持続可能な開発が必要となり、その対策が急務である。しかし、大きく社会経済が変化する大都市において、長期的将来の低炭素交通システムを設計するには、従来の予測分析手法の適用は限界がある。本研究では、アジア開発途上国大都市において2050年の低炭素交通システムをAVOID、SHIFT、IMPROVEの戦略で設計するために、それぞれの戦略の重要性を診断し、低炭素交通システムのビジョンから生活の質(QOL)の分析を用いた施策評価までを治療方法として提示する。

Key Words : Asian developing megacities, low-carbon transport strategy, Quality of Life

1. はじめに

経済成長に伴いCO₂排出の急増が見込まれるアジア開発途上国において、全排出量の約20%を占める交通部門の低炭素化は国際的に極めて重要な課題である。その対策として、不必要な交通需要の抑制(AVOID)、低炭素交通モードへの利用転換(SHIFT)、交通エネルギー消費効率の改善(IMPROVE)の各戦略によるアプローチが提案されている^{1,2)}。これらの戦略の実施効果は、国土や都市の空間構成や交通システムの開発経路に依存する³⁾。多くのアジア開発途上国の大都市では、成長初期の短期的な渋滞解消対策として道路整備を優先してきたため、モータリゼーションが急速に進行した。近年、都市鉄道を中心とした大量輸送機関整備が進んでいるが、一度車依存型の開発が行われ車依存の習慣がついてしまうと、それを反転させるのは容易ではなく、この対策は急務な課題となっている。

加えて、気候変動に関する国際連合枠組条約

(UNFCCC)に代表される国際的な取り組みでも、交通部門の対策は他部門に比べ非常に遅れている。国際的に先進国から途上国へCO₂排出削減の事業への資金援助を促すクリーン開発メカニズム(CDM)では、全事業における交通部門の事業の割合はたった0.3%である⁴⁾。これは、厳格な事業評価基準に起因し、交通起源CO₂排出は交通需要により大きく変化するため評価が難しく、交通需要の誘導を伴うAVOIDやSHIFTを目的とした都市開発事業が採択されにくいためである。特に、途上国では需要予測に必要な詳細データが不足していることに加え、急速な社会経済の変化を現在のデータのみで加味するには限界がある。

一方で、近年進んでいる国際的な取り組みとして、国別緩和行動(NAMA)では、低炭素化に伴うCo-Benefitを重視して各途上国が必要としている政策を提示する仕組み作りが進められている。一般的に、途上国では環境の優先度が高いわけではないが、経済・社会面でのCo-Benefitを考慮したNAMAでは交通部門の事業割合が

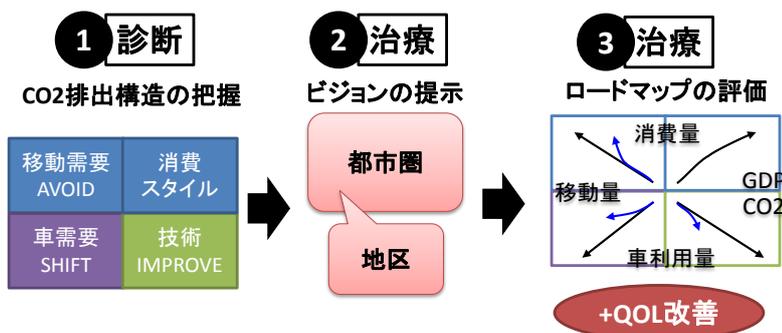


図-1 研究のアプローチ

19%と関心が高い⁴⁾。交通資金支援メカニズムも、CDMからNAMAを中心としたものへ移行しつつあり、途上国のAVOIDやSHIFTを含めた低炭素交通事業への需要は今後高まると予想される。

これらの取り組みを実現するため、アジア低炭素社会を長期的に実現しうる交通システム及び都市像を提示するとともに、そこにリープフロッグ的に至るための施策群を、バックキャストिंगアプローチとして提案する手法が提案されてきた^{5,6)}。しかし、Co-benefitの評価を含めた包括的な手法は、未だ構築されていない。

このような点を踏まえ、本研究は、アジア途上国大都市の交通システムの現状を踏まえた2050年における具体的なビジョンの提示と、その実現に向けた施策ロードマップを検証することを目的とする。研究のアプローチとして、AVOID、SHIFT、IMPROVEの各戦略について、経済成長著しいアジアのCO₂排出構造の診断を行い、アジアの低炭素交通システム構築のための治療へと繋げる(図-1)。まず、診断では、アジアの経済成長とCO₂排出構造について、アジア途上国都市の現状を日本の都市の過去のトレンドと比較することで、その欠点(病状)を特定する。続いて、治療では、バックキャストिंगアプローチに沿って、低炭素交通システムのビジョニングと、その実現のための施策ロードマップについて、低炭素性に加え住民の価値観に基づいた生活の質(QOL)指標を用いた評価を行う。本研究では、バンコクをケーススタディに分析を行うが、低炭素交通の診断手法、提示するビジョンの内容、実現施策の評価手法は、他のアジア途上国都市にも適用可能なものとなっている。

2. 都市交通起源CO₂排出構造の診断

データの限られたアジア途上国都市において、低炭素交通実現に向けた現状診断を簡易に行うことが重要である。これについて、1) 経済成長に伴う生産・消費需要の増加、2) 生産・消費需要増に対する移動需要の増加、

3) 移動需要増に対するCO₂排出量の多い自動車利用需要の増加、4) 自動車需要増に対する交通起源CO₂排出量の増加の関係を4象限の図(排出構造四象限図)で示す手法を提案する。この手法では、それぞれの象限における、2) 生産・消費需要量に対する移動距離、3) 移動距離に対する自動車走行距離、4) 自動車走行距離に対する交通起源CO₂排出量の傾きから、AVOID、SHIFT、IMPROVEそれぞれの重要度を把握することができ、都市内交通へも都市間交通へも同様に適用できる⁸⁾。

この手法による都市内交通起源CO₂排出構造の診断では、経済発展段階(GDP)、移動数(トリップ数)、移動距離(トリップ人キロ)、自動車移動距離(自動車走行台キロ)、交通起源CO₂排出量といった指標で、それぞれの関係を4象限の図で示す。これらのデータはパーソントリップ調査や陸運統計等から収集する。全ての交通機関の移動距離の情報が同様に整備される訳ではないが、各種の情報を組み合わせることで積み上げ式に推計することはできる。さらに、これらは交通の動向を示す最も一般的な指標であるため、途上国大都市でも個別調査等から推計することも可能である。

この手法を用いて、アジア途上国大都市で発展中期にあるバンコクと、人口レベルが同規模のアジア先進国都市の東京において、それぞれのCO₂排出構造の特徴を比較分析した。バンコク大都市圏と東京都のデータを用いて4象限の図を描いた結果(図-2)、トリップ当たりの移動距離と移動距離当たりの自動車移動距離がバンコクで大きいことが示された。バンコクのGDPはまだ東京の1/10程度であるにもかかわらず、移動距離と車移動距離はほぼ同等で、CO₂排出量は約2.5倍と、非常に高炭素な都市交通システムになっていることが分かった。

一方で、自動車移動距離に対するCO₂排出量は、バンコクと東京は同程度であった。これは、乗用車に比べエネルギー効率が高い2輪車利用がバンコクでより高いことに起因すると考えられるが、今後のモータリゼーションの進行により、乗用車への転換が進み、交通エネルギー消費の効率も悪化することも予想される。

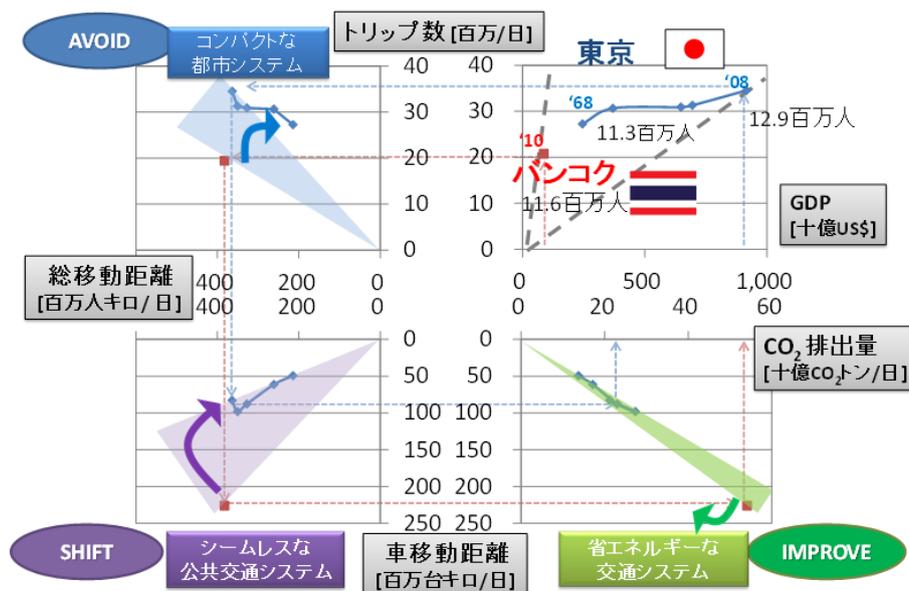


図-2 都市内交通起源 CO₂排出構造の四象限図

3. 低炭素交通システムのビジョン

CO₂ 排出構造の診断から分かるように、アジア途上国大都市における交通システムの将来ビジョンは、都市域の拡大と乗用車利用の増大を抑制するものであることが重要である。このため、アジア途上国大都市に対してより一般的な将来ビジョンを検討し、定性的な提案を行った。将来ビジョンとは、現状と想定される将来変化を組み合わせて長期的将来のあり方を示すものであり、社会的背景に関する理念的な社会ビジョンと、それを支える物理的な交通システムのビジョンとに分けられる⁴⁾。本研究では、アジア途上国都市の低炭素交通システムの将来ビジョンを、都市空間構造の改変による AVOID、交通ネットワークとモード階層の形成による SHIFT、交通モード別の技術革新による IMPROVE の戦略の組み合わせで提示した。

(1) 社会ビジョン

アジア途上国では、2050年までに1人当たり GDP は数倍に増加していくが、2030年頃から高齢化による人口減少が顕著になると予測されている⁹⁾。この背景を踏まえ、本研究では、経済的な効率性を追求した積極的な成長を遂げる発展初期から、徐々に社会的な充足性を追求する緩やかな成長を目指す発展成熟期へと向かうことを想定する。これは、生産スタイルとしては大量生産・消費から地産地消へ、ライフスタイルとして労働重視から社会活動重視へと産業構造や価値観が変化することを意味する。交通においては、現在でも生産年層と高齢

層の交通目的の違いに見られるように、通勤交通から私用交通が増加していくことが考えられる。

このようなライフスタイルの変化に伴い、交通機関や居住形態に関する価値観も変化することは考えられる。これについて具体的な将来変化の想定は困難だが、QOL 分析において、価値観は欲求の充足度と関連があり、欲求の段階に応じた価値観の変化の傾向が見られるとされている¹⁰⁾。現在の途上国大都市の住民の属性間の違いは大きいから、所得層や年齢層別に価値観の違いを比較することは、その変化の傾向を把握する上で有用である。本研究では、このような価値観の違いを QOL 分析で把握し、属性構成変化に伴う価値観変化を表現した。

(2) 交通システムのビジョン（都市圏）

このような社会像の想定から、将来の交通システムに求められるものは、需要追従方の量的な空間設計から、多様な需要に対応する高質な空間設計へと転換することであると考えられる。アジア途上国都市における急速なモータリゼーション・スプロールは、自動車依存社会を形成することにより、過度な渋滞を発生させアクセシビリティを低下させだけでなく、将来の高齢化社会におけるモビリティの確保をも難しくする。しかし、経済成長初期では、交通モビリティの改善が経済成長を大きく支え、成熟期においても社会生活でモビリティは重要であるため、交通需要の抑制 (AVOID) には限界がある。

このため、旅客交通については、交通機関の転換 (SHIFT) を軸とし、都市内の公共交通システムを整備・改善することが必要となる。このような公共交通システムは、将来の多様な移動需要の増加に適用可能であるため、高質な都市インフラのストックとして構築する



図-3 都市内交通ビジョン

表-1 駅前開発のシナリオ

		BAUシナリオ(駅前高層)	中間シナリオ(端末輸送改善)	カーフリーシナリオ
都心	徒歩圏空間	100ha 主に商業業務 高所得者用超高層住宅(100人/ha)	100ha 主に商業業務 高所得者用超高層住宅(100人/ha)	100ha 主に商業業務 多様な超高層住宅(150人/ha)
	駅勢圏空間	徒歩圏内	100~400ha 商業業務 中所得者用高層住宅	100~400ha 商業業務 多様な高層住宅
	アクセス交通	徒歩のみ	バス型輸送 2km程度	バス型輸送&シェアリング 2km程度
近郊	徒歩圏空間	100ha 若干商業 高所得者用高層住宅	100ha 若干商業 中所得者用高層住宅	100ha 若干商業 多様な高層住宅(Gated)
	駅勢圏空間	徒歩圏内	100~600ha 中所得者用中低層住宅	100~600ha 多様な中低層住宅(Gated)
	アクセス交通	徒歩のみ	バス型輸送 3km程度	バス型輸送&シェアリング 2km程度
郊外	徒歩圏空間	100ha 若干商業 中所得者用高層住宅	100ha 若干商業 中所得者用高層住宅	100ha 若干商業 多様な中低層住宅(Gated)
	駅勢圏空間	徒歩圏内	100~800ha 中所得者用中低層住宅	100~800ha 多様な低層住宅(Gated)
	アクセス交通	徒歩のみ	バス型輸送 4km程度	バス型輸送&シェアリング 4km程度

必要もある。これらは、AVOID を軽視しているわけではなく、AVOID を実現のための都市拠点を形成するためにも、公共交通整備による開発軸の形成が必要であることを示している³⁾。

これらを踏まえ、アジアの低炭素都市・交通システムのビジョンとして、技術革新に加え、高性能な大量輸送機関(MRT: Mass Rapid Transit)がパラトランジット端末交通と連携したシームレスな公共交通システムを軸にし、都市の規模に応じて、その拠点駅周辺に駅と接続性の高い魅力的な居住地開発と、郊外拠点駅を含めて都市中心機能の多極展開をしていくことが必要であると考え(図-4)。アジア途上国都市におけるビジョンの実現施策に重要なのは、MRTの整備時期と、その輸送機能性能の選定である。都市鉄道の整備可能時期は経済レベル

や人口規模で主に決定されるが¹⁾、整備有郊時期は都市拡散度や車依存度で決定される⁷⁾。また、大量輸送機関は鉄道だけでなく、LRT, BRT (Bus Rapid Transit)、普通バスと複数あるが、その有効な輸送力は現在だけでなく将来の都市成長も踏まえて判断しなくてはならない。これについて、モータリゼーションが進むアジア途上国大都市でも、早期にMRT整備を行えば鉄道が最も低炭素となるだけの需要を確保できると示されている¹²⁾。

(2) 交通システムのビジョン (地区)

上記の、都市圏スケールの交通システムのビジョンのみでは、アジア途上国大都市での実現は容易ではない。これを支える地区スケールの交通システムのビジョンとして、都心、近郊(都心地区の外縁部)、郊外(市街化

された都市域の辺縁部)それぞれで、駅前開発のシナリオを検討する必要がある(表-1)。

道路優先整備によるモータリゼーション進行により都市域が拡散したアジア途上国大都市では、車利用が習慣化しているだけでなく、既存市街地に駅が設置されるため、計画的な TOD (Transit Oriented Development) を実施することが困難となる。近年のアジア途上国大都市では MRT も進み、都心の駅周辺に民間の高層開発が進んでいる。このような開発は、MRT を利用する中所得層の居住を増やす一方で、車依存の高所得層も多く居住する傾向にあり¹³⁾、駅前開発が MRT 利用に繋がらないという問題が生じている。

このため、比較的地価の安く新規開発が可能な都心の駅間の地区や郊外においては、都心の中・低所得層や郊外の中所得層の公共交通利用を促進するため、TOD の促進とパラトランジットを活用した末端交通の充実が必要となる。また、車依存の高い郊外地区では、郊外と都心を結ぶ鉄道を高速化し、駅と居住地区をパラトランジットに加え、カーシェア、自転車シェア、電動オートバイシェア等を活用した末端交通で駅と結ぶことで、その利便性を確保することも重要である。ここでは、Gated 開発地区の片側の門を道路側に設けつつ、反対側の門を駅へのアクセスポイントにするようなデザインの工夫もビジョンの要素として考えられる。

さらに、軌道系を軸とした都市への変革をより確実なものにするためには、都心側での徹底した歩行者優先、とそれに連携した公共交通政策等を加えるというシナリオも、リープフロッグなアプローチとして必要である。都心では路線密度が高いため駅勢圏は小さくなるため、本研究では、より大胆に都心から車を排除し徒歩圏での活動を中心とするカーフリーシナリオをめざしていくことを提案する。都心歩行空間化は、短期的には周辺道路の混雑悪化を招く可能性もあるが、長期的なライフスタイルや交通行動の転換を促すようなインパクトをもたらすためには必要なオプションであると考えられる。

4. 低炭素化ロードマップの評価

(1) QOL分析

低炭素交通システムの利用を普及させるためには、低炭素だけでなく、その利用によって生活の質を上げるものでなければいけない。そこで QOL について、居住環境と交通機関の質に分け、それぞれの構成要素に対するアジア都市の住民の価値観を属性別に分析した^{14) 15)}。バンコクを対象に街頭アンケート調査を行い、このデータを用いて属性別の価値観のパラメータを推計し、居住と移動による生活の質を QOL 指標¹⁶⁾として定量化した。

この指標を用いて、車利用と鉄道利用から得られる生活の質の違いを比較し、鉄道利用普及に求められる鉄道システムや駅周辺の環境の質の改善の効果について検討することが可能となる。

本研究におけるアンケート調査は、交通手段選択と居住地選択における魅力要素への選好度合いに関する SP (Stated Preference: 表明選好) データを集めるために行った。この結果を用いて、魅力度指標を利便性・快適性・安全性で整理し、それぞれの選好度パラメータをコンジョイント分析により推定した。聞き取りにおける質問は、魅力度を規定する項目について異なる水準をもつ仮想的な2つの交通手段を提示する一対比較法を用いた。聞き取り調査は、2012年11~12月に行い、合計約1000人を対象としたサンプルを収集した。また、属性による価値観の違いを把握するため、パラメータ推定は、所得や年齢の違いによって行った。所得については、1ヶ月当たりの世帯収入が2万バーツ以下の人を低所得層、10万バーツより多い人を高所得層、それ以外を中所得層とする。中所得層については年齢による分析も行い、60歳以上を高年齢層とし、それ以外の若中年層とで分類した。

低炭素交通システムの魅力度を QOL 指標で計るため、バンコク市民の交通機関の価値観を分析した結果(図-4)、低所得層は移動コストと安全性、中所得層は移動時間、高・中所得高年齢層では移動の快適性をそれぞれ重視していることが分かった。これは、高所得層や高齢者層が所得や年齢に伴いモビリティを高めていくプロセスの中で、移動快適性の高い乗用車利用を選好していくという従来のモビリティ進展のパスを示している。一方で、交通渋滞の影響が少なく事故率も低い鉄道利用は、移動時間と安全性において利点があり、中・低所得層にとってより魅力的であることも示されている。ただし、これは駅周辺間の移動を行う場合であって、バンコクでもまだ鉄道路線が限定的でネットワークとして十分に整備・機能しておらず、末端交通として利用されるパラトランジットも十分に安全とはいえない。このように、乗用車利用は快適性において利点があるが、利便性・快適性・安全性それぞれについて都市鉄道の質改善の余地があることが分かった。

また、居住環境への価値観については、全体的に居住の安全性を重視している中、低所得層は居住コストとアクセス性を重視しているのに対し、高所得層は居住の快適性を重視していることが示された。乗用車利用の選好が高い高所得層は、郊外の大きい家に居住するライフスタイルを好むことを表していると考えられる。一方で、低所得層は乗用車保有率が低い公共交通へのアクセス性が重要となるが、都市鉄道の駅周辺駅は高級開発による車利用を中心とした高所得層の居住が増えている。このため、鉄道駅周辺に鉄道利用を選好する居住者を増

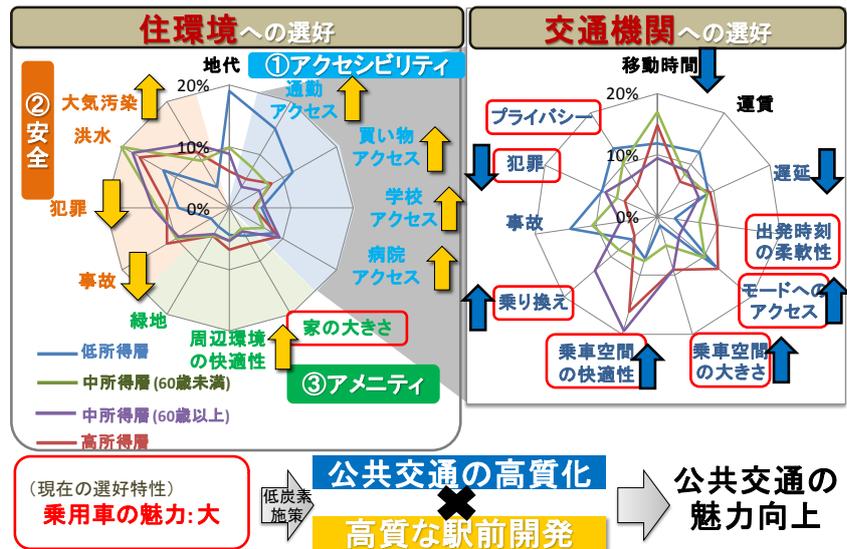


図-4 生活の質 (QOL) 指標の各要素の重要度

やす開発を行うことが重要となる。これらのことから、鉄道整備において、駅周辺に安全性・利便性・快適性の高い高質な居住空間を整備すると同時に、駐車場開発といった車利用の規制を行い、駅周辺居住による鉄道利用を中心とする新たなライフスタイルをより幅広い層に提供することが有効であると考えられる。

(2) 駅前開発シナリオの評価

属性別の価値観を踏まえて、交通システムのビジョン実現の低炭素化ロードマップと、QOL 改善における有効性を検証した。本研究では、都市の空間構成要素を考慮して 2050 年までの都市内交通起源 CO₂ 排出量推計を行うため、国立環境研究所のアジア各国の社会経済シナリオ¹⁷⁾と、アジア途上国大都市における長期的な乗用車保有率の推計値と車両技術進歩のシナリオ¹⁸⁾を用いて、バンコク都市圏の土地利用交通モデルの構築を行った¹⁸⁾。近年の土地利用交通モデルの開発は、より詳細な空間スケールで多様な行動を表すようなマイクロシミュレーションが主だが、データが十分に整備されていないアジア途上国でこれを適用するにはまだ多くの課題がある。そこで、本研究では、より単純な初期の土地利用モデルとして集計的な空間相互作用モデル (Spatial Interaction) を構築し¹⁹⁾、交通モデルとして 4 段階推計法を適用した。本モデルは、2005 年を初期値として 5 年周期でシミュレーションを行い、2050 年のアウトプットを推計する。

本モデルの特徴として、居住環境や交通機関の質の変化による QOL の変化を、属性別の居住立地選択・交通手段選択モデルに内生化する。生活の質の変化による居住・交通行動の変化を表現するため、居住地選択と交通機関選択行動の効用として、QOL 分析から算出される

属性別の QOL 指標の値を使用し、効用に対する通減パラメータも同分析から得た。

しかし、QOL は潜在的な選好を示すもので、行動の制約や習慣は表現できない²⁰⁾。そこで、モデルの妥当性として、利用可能なデータを用いて現況再現を行った。バンコクの既往調査の都市圏レベルのデータ²⁰⁾をもとに、都市圏の総トリップ数データから推計した地区別の総出発トリップ数と総流入トリップ数、都市圏の総自動車移動距離と、各交通機関の分担率のデータに整合するよう、各行動のパラメータを調整して決定した。

また、乗用車保有が交通行動に与える影響も考慮した。乗用車保有率データを QOL 調査で収集した結果、低所得層の世帯車保有率は 15%であるのに対し、高所得層は 80%と、各属性で大きく差が見られ、これが各属性の車利用に大きく反映していることが分かった。このため、交通機関選択モデルにおいて、非所有者の車利用のコストをタクシー利用のコストとし、これを保有率で掛け合わせることで、保有率の車利用への影響を表した。

将来のシミュレーションにおいては、経済成長や高齢化で属性の内訳が大きく変わること、長期的な交通需要の変化を表現した。社会経済シナリオについては、バンコクでは、60 歳以上の高齢層は 2005 年の 10%から、2050 年には 45%になるとされている。また、2005 年には、低所得層と高所得層の割合はそれぞれ 51%、4%となっているが、本研究のシナリオでは、2050 年にはそれぞれ 19%、27%まで変化するとした。トリップ数についても、バンコクの調査データから、現状のトリップ目的の内訳をインプットし、2050 年には日本のデータを参考に私的交通が増えるようシナリオ化した。

さらに、算出された行動モデルの定数項のパラメータ

は将来シミュレーションでは可変であると設定し、長期的な行動変化をより柔軟に表現した。交通機関選択モデルにおける車利用のパラメータは、車依存度を表現する変数として扱い、乗用車保有率と関連付けることで¹³⁾、車依存の影響を表した。居住立地選択モデルにおける地区別のパラメータについても、地価を表す変数として扱い、属性別の地区居住者の QOL の期待効用関数と関連付けることで²⁾、地価の影響を間接的に内生化した。

分析シナリオについては、バンコクで計画される約500kmの都市鉄道網の整備を早期に行う鉄道優先整備シナリオを設定し、その投資額²³⁾²⁴⁾を道路整備のみに投入する道路優先整備シナリオとを比較した。道路整備は、

道路容量を拡大することで渋滞を解消する (IMPROVE) ことを期待するが、道路交通の誘発需要を発生させることでその効果は低下してしまう。一方で、鉄道整備は、道路交通の需要を鉄道へと転換 (SHIFT) することで、道路需要そのものを削減することができ、渋滞解消効果がより大きいと考えられる²⁵⁾。

この渋滞抑制メカニズムについて、都心、近郊、郊外といった地区間の OD データを分析することで、鉄道整備による渋滞抑制効果を空間的に比較できる。本研究では、対象地域であるバンコク首都圏を、内環状道路内の都心、都心から外環状道路内の近郊、近郊から外の郊外、という3つの区分けで分析した。

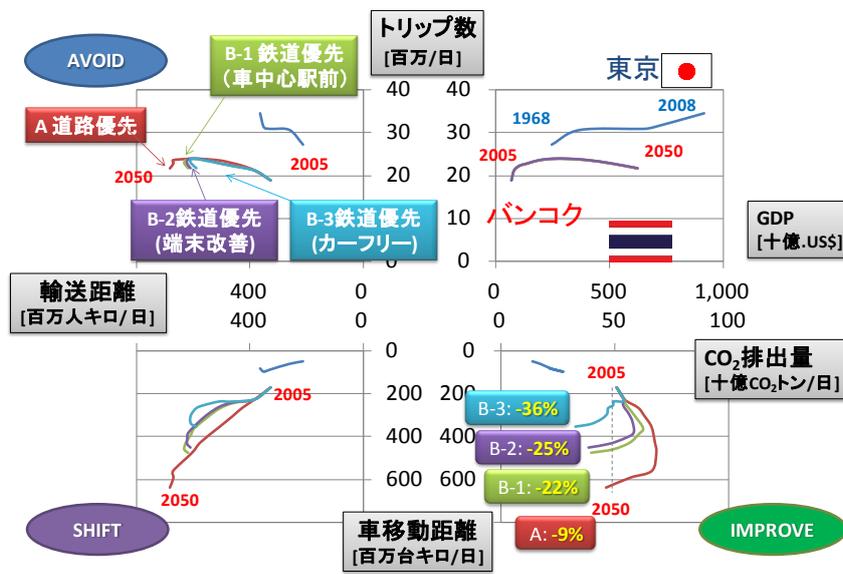


図-5 鉄道優先整備によるCO₂削減効果

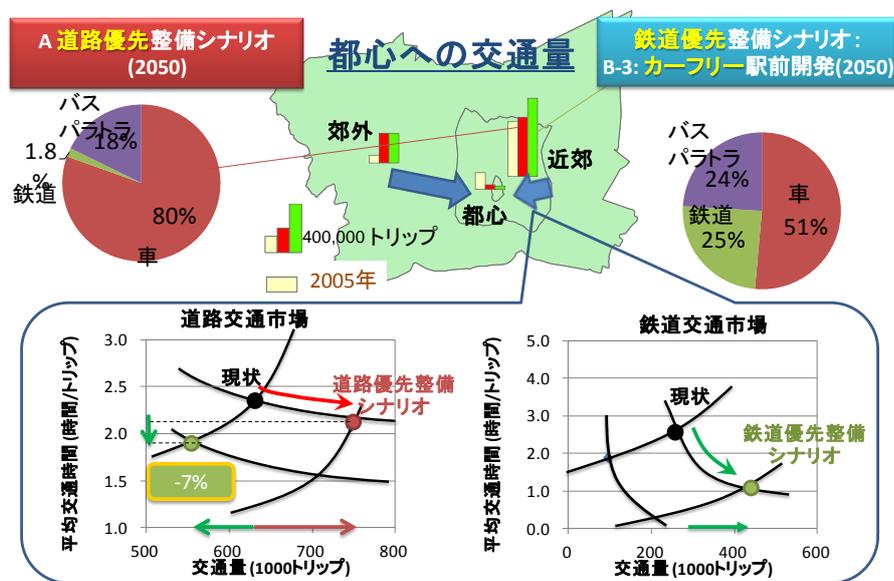


図-6 鉄道優先整備による渋滞抑制効果

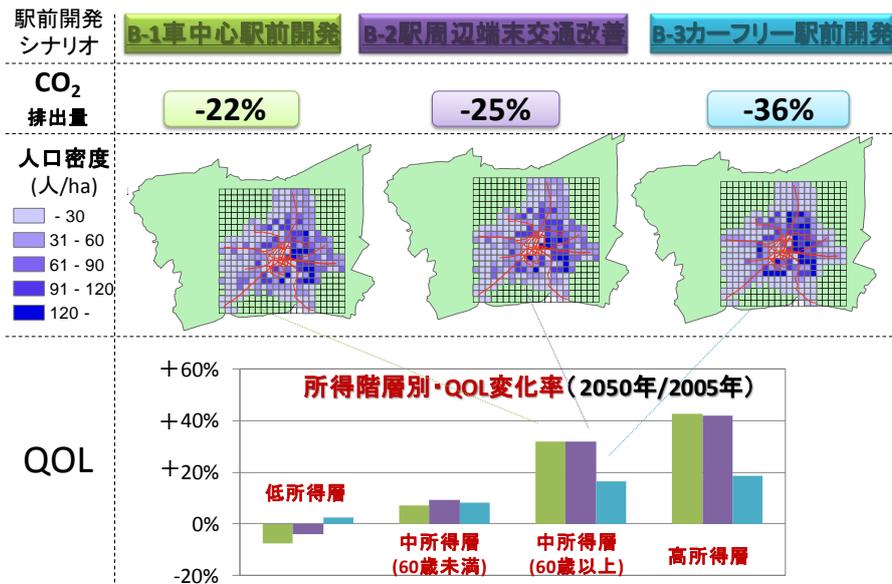


図-5 鉄道優先整備による QOL 改善効果

また、鉄道優先整備シナリオに地区スケールのビジョンとして駅前開発シナリオを組み合わせ、駅前に車依存の開発を許容する車中心駅前シナリオ、駅の周辺地区への端末交通サービスを改善する端末改善シナリオ、駅前から車利用を排除するカーフリーシナリオについて分析を行った。

これらのシナリオの分析結果を、四象限の図で示す(図-3)。道路優先整備を行った場合は、CO₂削減率は現況比 9%にとどまる一方で、鉄道優先整備の場合は、CO₂削減率は現況比 22~36%となることが示された。道路優先整備に対して鉄道優先整備は 29%の CO₂排出減となり、ここでは、移動距離を 14%、車移動距離を 45%減らすことが可能であることが分かった。鉄道優先整備シナリオの中では、トリップ数に対する輸送距離(AVOID)は大きな違いが無く、輸送距離に対する車移動距離(SHIFT)において違いが見られ、駅前から車利用を排除するカーフリーシナリオで CO₂削減が最も高い結果となった。

カーフリーシナリオの CO₂削減に伴う渋滞抑制効果の空間分布を分析した結果、25%の鉄道分担率を実現することで、都心部への乗用車交通量を道路優先整備シナリオに対して 26%減らし、その平均移動時間を 7%減らすことが可能であることが示された(図-4)。特に、都心部内での道路交通需要は 70%削減され、平均移動時間を 36%減らしその渋滞抑制効果が高いことが分かった。

一方で、カーフリーシナリオは各属性の QOL を現在より向上させることが可能であるが、高所得層や中所得高齢層にとっては駅前居住と同時に車利用が可能なかのシナリオがより QOL が高い結果となった(図-5)。

これより、これらの層にとって車利用以上に魅力的な鉄道利用のライフスタイルを提供する、高質な駅前整備が課題であることが示された。

5. 結論

本研究では、アジアの低炭素交通システム的设计手法を具体化し、現状の診断に基づくビジョンづくりから実現施策の評価までのプロセスを一貫したシステムとして提示した。アジアの長期的将来における社会経済や都市開発の変化に伴う交通需要の大きな変化を想定した上で、生活の質の評価を低炭素交通システムの分析に組み込み、その実現手法をより多面的に評価することを可能とした。

この手法を用いて分析した結果、アジア途上国大都市の都市内交通起源 CO₂排出構造の診断では、急速なモータリゼーションとスプロールで移動距離と車利用率の増大が顕著であり、AVOID・SHIFT 戦略が重要であることが分かった。また、この戦略を具体化した将来ビジョンとして、経済成長や社会生活を支える MRT 整備(SHIFT)を中心としたアプローチが必要であり、現状の車依存を許容する駅前開発の改善を含めたビジョンを提示した。さらに、2050年のビジョン実現の施策ロードマップを、バンコクをケーススタディに評価したところ、鉄道優先整備は道路優先整備より低炭素で渋滞抑制にも効果があることが分かった。加えて、鉄道優先整備における駅前開発シナリオでは、カーフリー駅前開発が最も低炭素であるが、QOL 改善効果は特に高所得層と高齢層で低くなる結果となり、車を必要としないことに

対して大きな意識転換を促すような高質な開発が必要となることが示された。

これらの分析結果の前提として、将来動向の予測（フォアキャスト）ではなく、将来ビジョンの評価（バックキャスト）であるという点に留意する必要がある。本分析は、設定した将来ビジョンの有効性を議論したもので、従来重視されてきた将来予測の妥当性については対象外としている。この点について、分析の限界も生じる。例えば、新たな提案であるカーフリー開発によって得られる歩行空間整備等による QOL の向上は、本分析では考慮できておらず、更なる手法の改良が求められる。これによって、ビジョンをより多様化していくことも重要であろう。

本研究の成果は、アジア途上国都市の低炭素都市交通実現のための海外支援に携わる際に有用であると考えられる。特に、低炭素都市・交通システムとその実現手法のメニューを、システム利用に伴う新たなライフスタイルを含めて提案できることは重要である。このため、アジア途上国大都市だけでなく、それに続いてモータリゼーションによる渋滞が深刻化し交通計画、都市計画に関するマスタープランが作成段階である多くのアジア都市においても、その適用が期待される。

謝辞：本稿は、環境省・環境研究総合推進費(S-6-5)「アジアにおける低炭素交通システム実現方策に関する研究」(代表：林良嗣)の支援により実施された。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Dalkman, H. and Brannigan, C.: Transport and Climate Change; Sustainable Transport, A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities, GTZ, 2007.
- 2) 中村英夫, 林良嗣, 宮本和明(編著): 都市交通と環境—課題と政策, 運輸政策機構, 2004.
- 3) Nakamura, K. and Hayashi, Y.: Strategies and Instruments for Low-Carbon Urban Transport: An International Review on Trends and Effects, *Transport Policy*, Vol.29, pp.264-274, 2013.
- 4) Hayashi, Y., Nakamura, K., Ito, K. and Mimuro, A. (eds.): Putting Transport Into Climate Change Agenda; Recommendations from WCTR to COP19, the *WCTRS report*, 2013
- 5) Hickman, R. Ashiru, O. and Banister, D.: Transitions to Low-Carbon Transport Futures; Strategic Conversations from London and Delhi, *Journal of Transport Geography*, Vol.19, pp.1553-1562, 2011.
- 6) 運輸政策研究機構: 低炭素社会における交通体系に関する研究報告書, 運輸政策研究機構, 2011.
- 7) 中村一樹, 林良嗣, 加藤博和, 福田敦, 中村文彦, 花岡伸也: アジア開発途上国都市における低炭素交通システム実現戦略の導出, 土木計画学論文集 D3, Vol.68, pp.I_857-866, 2012.
- 8) 林良嗣: 貨物高速鉄道指向の途上国産業コリドー形成支援による日本の世界貢献, 運輸と経済, 74 巻 2 号, pp.112-114, 2014.
- 9) United Nations: Probabilistic Population Projections based on the World Population Prospects, The 2012 Revision. <http://esa.un.org/unpd/ppp/>
- 10) 土井健司, 中西仁美, 杉山郁夫, 柴田久: QoL 概念に基づく都市インフラ整備の多元的評価手法の開発, 土木学会論文集 D, Vol.62, pp.288-303, 2006.
- 11) JICA: 都市交通計画策定にかかるプロジェクト研究, JICA レポート, 2011.
- 12) 伊藤圭, 中村一樹, 加藤博和, 林良嗣: アジア開発途上国都市の旅客交通を対象とした低炭素輸送機関選定手法, 環境共生, Vol.24, pp.23-31, 2014.
- 13) Sanit, P. Nakamura, F., Tanaka, S., and Wang, R.: The Role of Location Choice Behavior and Urban Railway Commuting of Bangkok Households, *Urban and Regional Planning Review*, Vol.1, pp.1-17, 2014.
- 14) 藤田将人, 中村一樹, 加藤博和, 林良嗣, 前田翼: アジア途上国大都市におけるインフラ整備による交通手段の魅力改善評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, 2013.
- 15) 藤田将人, 中村一樹, 加藤博和, 林良嗣, ワスタラースク・ワシニー: タイ・バンコク都における世代・収入による QOL 価値観の違いに関する研究, 第 16 回日本環境共生学会学術大会, 2013.
- 16) 戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣: トリプルボトムライン指標に基づく小学校区単位の地域持続性評価, 土木計画学論文集 D3, Vol.68, pp.I_383-396, 2012.
- 17) 藤森真一郎, 増井利彦, 松岡謙: 世界温室効果ガスの半減シナリオとその含意, 環境システム研究論文集, Vol.39, No.2, pp.243-254, 2011.
- 18) Nakamura, K., Hayashi, Y., and Kato, H.: Low-Carbon Land-use Transport to Improve Liveability of Asian Developing Cities, *The Selected Proceedings of the 13th WCTR*, 2013.
- 19) 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, 土木学会論文集, 第 335 号, pp.141-153, 1983.
- 20) Schneider, R. J.: Theory of Routine Mode Choice Decisions; An Operational Framework to Increase Sustainable Transportation. *Transport Policy*, Vol.25, pp.128-137, 2013.
- 21) OTP Thailand. *Executive summary: Transport Data and Model Center v (TDMC v)*. OIP, Bangkok, 2007.
- 22) 林良嗣, 富田安夫: マイクロシミュレーションとランダム効用理論を応用した世帯のライフサイクル-住宅立地-人口構成予測モデル, 土木学会論文集, 第 395 号, pp.85-94, 1988.
- 23) World Bank: Strategic Urban Transport Policy Directions for Bangkok, 2007.
- 24) Office of Transport and Traffic Policy and Planning: Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region, M-Map, 2010.
- 25) Hayashi, Y., Mai, X. and Kato, H.: The Role of Rail Transport for Sustainable Urban Transport, In Rothengatter, W., Hayashi, Y. and Schade, W. (Eds.) *Transport Moving to Climate Intelligence*, Springer, New York, 2011.

(2014. 8. 1 受付)

DIAGNOSIS AND TREATMENT FOR LOW-CARBON TRANSPORT DEVELOPMENT USING QOL ANALYSIS IN ASIAN DEVELOPING MEGACITIES

Kazuki NAKAMURA, Yoshitsugu HAYASHI, Fumihiko NAKAMURA,
Atsushi FUKUDA, and Kumiko NAKAMICHI

Low-carbon transport development for Asian developing countries is a globally important challenge, which requires early implementation of measures to secure local economic and social benefits for megacities. However, there are limitations in applying conventional forecasting analysis to it under rapidly-changing socioeconomic situations. This study is aimed at developing the approach of designing long-term measures with the AVOID, SHIFT, IMPROVE strategies for low-carbon transport systems in Asian developing megacities in 2050, by introducing QOL (Quality of Life) analysis. It consists of diagnosis for low-carbon transport development and treatment of measures with QOL analysis.