

課題名	H-072 持続可能な国土・都市構造への転換戦略に関する研究		
課題代表者名	林 良嗣（名古屋大学 大学院環境学研究科 都市環境学専攻 教授）		
研究期間	平成19－21年度	合計予算額	70,267千円（うち21年度 22,102千円） ※予算額は、間接経費を含む。
研究体制	<p>（1）バックキャスティング・アプローチによる国土・都市構造戦略の検討（名古屋大学）</p> <p>（2）都市圏土地利用戦略の詳細検討（香川大学）</p> <p>（3）戦略が目指す国土・都市像のビジュアル化とその情報基盤を活用した計画手法の検討（名古屋大学）</p> <p>（4）国土・都市戦略を支援する交通システムの詳細検討（宇都宮大学）</p>		
研究概要	<p>1. 序（研究背景等）</p> <p>日本の都市では、高度経済成長期以降、人口増加やモータリゼーションに合わせて、都市域のスプロールの拡大が進展してきた。スプロール型の都市域では自動車走行に起因する温室効果ガス（GHG：Green House Gas）排出が多い。また、住民の生活の質（QOL：Quality Of Life）を維持するために必要な道路や上下水道といったインフラが人口に比して多く必要であり、その維持管理・更新に伴い発生するGHGも多くなる。したがって、現状の都市空間構造では低炭素社会への対応が困難である。さらに人口減少・少子高齢化・経済成熟といった社会状況への対応の必要性を考慮すると、スプロール型の都市空間構造に起因するさまざまな問題が今後さらに顕在化してくることが懸念される。一方、ある程度の地球温暖化が進み、気候変動が起きることをあらかじめ想定し、それに伴う降水特性の変化等を織り込んだ国土・都市計画の検討も必要である。</p> <p>しかしながら、地球温暖化問題への対応策を国土・都市構造のあり方の観点から包括的に検討する試みは、国内外を見ても全くといっていいほど行われてこなかった。地球温暖化を食い止めるためには長期的に大幅なGHG排出削減が必要であることを考えると、国土・都市構造政策を地球温暖化防止の観点から見直すことは避けられない。また政策転換の効果が現れるのに時間がかかることから、対応策の検討は急を要する。</p> <p>したがって、これまで進められてきた「モータリゼーション依存型市街地拡大戦略」から脱却し、地球環境面からの制約に対応しつつ、国民が享受するQOLをアウトカム尺度とする土地生産性を高め、災害危険性の高い地域における居住を避け、人口減少下での各地域の身の丈にあったコンパクトな空間を形成する「スマート・シュリンク（かしこい凝集）」戦略が内包される国土・都市経営への転換が必要である。そしてその推進のためには、都市空間構造を提示することはもとより、その転換への取組がビジネスモデルとして成り立つような、土地市場・交通市場の環境整備や市民の広い合意形成が不可欠である。本研究は、その具体的な政策デザインを提示することを目指して行われた。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>地球温暖化防止及び気候変動への適応という観点に対応しつつ、持続可能な国土・都市を日本において実現するための新たな計画理念として「スマート・シュリンク」の概念を提案し、その実現のために必要な条件と政策パッケージ、実施に伴う効果影響を示すことを目的とする。</p> <p>各サブテーマの研究目的を以下に示す。また、研究体制と各サブテーマの役割を図-1に示す。</p> <p>（1）バックキャスティング・アプローチによる国土・都市構造戦略の検討</p> <p>気候変動やその対策の社会経済への影響を計量するモデルは、「アジア太平洋地域統合評価モデル（AIM）」に代表されるように、地球全球あるいは半球を対象に、国をいくつか含む地域を分析単位としてきた。このスケールのアプローチでは、地球環境問題を第一の目的変数として都市空間構造の計画・設計に関する工学的分析を行うことは不可能であり、都市計画や交通計画の政策ニーズに対応できない。さらに、気候変動に伴う局地単位での災害リスクの増加を考慮した都市空間構造の検討も不可能である。そこで本研究では、都市圏を対象としてその中を500mメッシュ単位に分割して考え、環境（GHG排出）、経済（市街地維持コスト）、社会（QOL）のトリプル・ボトムライン（Triple Bottom Line: TBL）を計量可能な都市の持続性評価モデルSURQUAS（Smart Urban area Relocation model for sustainable QUALity Stock）を開発する。</p>		

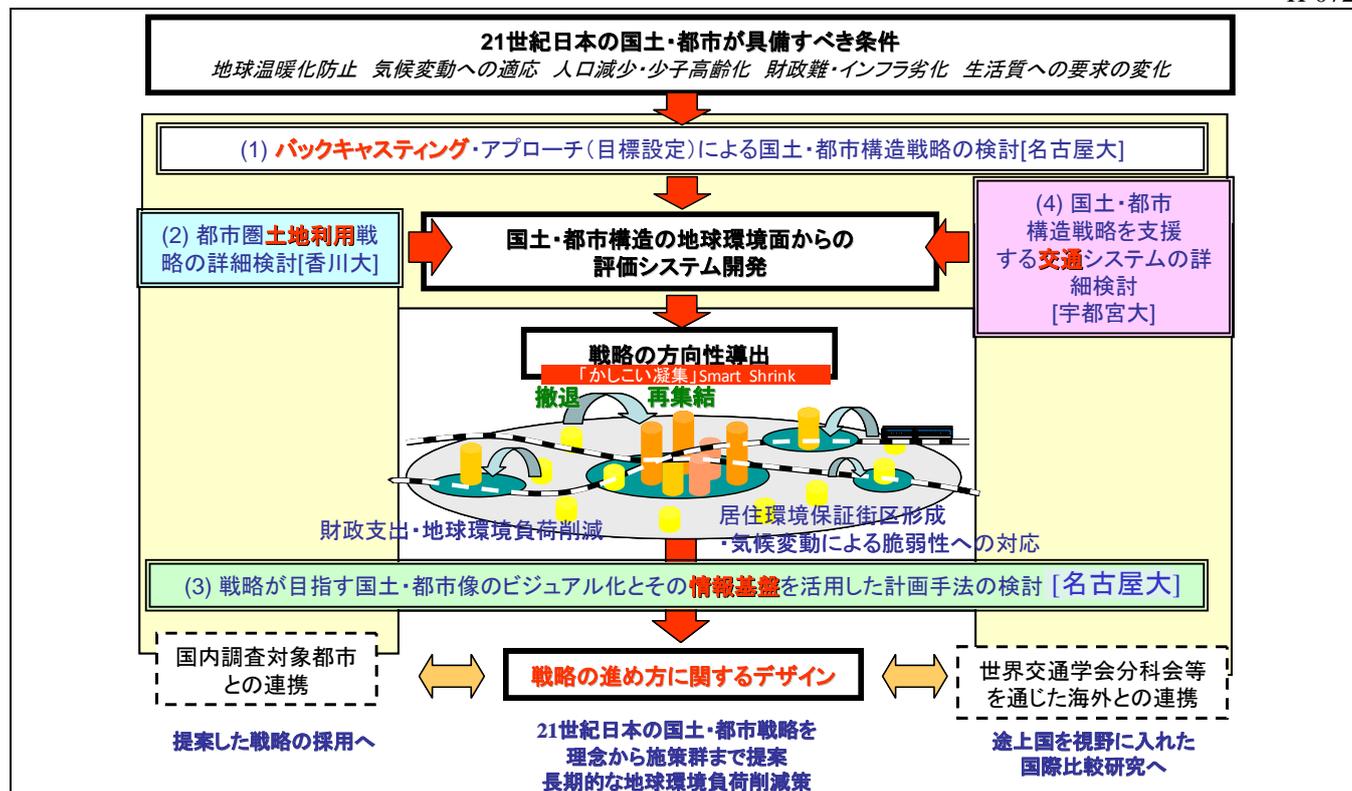


図-1 研究体制

開発したモデルを用いて、地球温暖化問題への対応を前提として、なおかつ人口減少・少子高齢化や社会資本劣化などの現在の日本が直面する諸課題に対応し、高いQOLを持続的に提供しうる都市空間構造を形成するための戦略をバックキャスティング・アプローチによって導出することを目的とする。

(2) 都市圏土地利用戦略の詳細検討

人間活動起源の温室効果物質排出の大半を占める都市圏域を対象に、目指すべき低環境負荷型空間構造を求めるために、都市圏内の居住・産業の分散・集中度合が温室効果物質排出量に及ぼす影響を定量評価するモデルを構築する。特に、都市空間構造との関係が大きいと予想される交通部門については、ケーススタディ都市において都市空間構造との関係を、交通需要予測モデルを用いて詳細に再現する。さらに、アウトカム指標として、GHG排出量のほか、供給者便益（経済）、消費者便益（社会）を合わせて算定することを可能とし、分散集中型都市構造のTBLから見た妥当性の検証につなげる。

さらに、1km²グリッドの空間解像度をもつマルチ・エージェント型の土地利用モデルを構築し、居住誘導を促すための交通戦略、エリアマネジメント手法、それを財務的に可能とするビジネスモデルについて検討する。

また、土地市場・交通市場を通じて、温室効果ガス排出削減目標を達成するための施策として環境税を取り上げ、その導入の影響を評価する都市モデルを開発し、実際の大都市圏を対象として、通勤交通に伴うGHG排出量削減目標を達成する賦課策がバックキャスティング的に与えられた場合に必要都市空間マネジメント施策について分析を行う。

(3) 戦略が目指す国土・都市像のビジュアル化とその情報基盤を活用した計画手法の検討

欧米諸国は比較的スムーズに導入されているコンパクトシティや公共交通指向型開発（TOD：Transit Oriented Development）に関する施策が、日本ではなかなか導入できていない。その一因として、国土・都市計画に対する合意形成システムの不備がある。そこで、TBLを考慮した国土・都市空間構造改変策を推進する際の合意形成を支援するツールとして、改変策が都市景観や交通行動、ライフスタイルに与える影響を、GHG削減効果や費用負担とともにビジュアルに情報提示できるシステムを、地理情報システム（GIS）をベースとして構築する。

(4) 国土・都市戦略を支援する交通システムの詳細検討

欧米では近年、土地利用施策と交通施策がパッケージングされた国土・都市政策事例が注目を浴

びているが、日本ではそれを支持する法制度や税制、補助金制度が十分に整備されていないため、双方の連携を図ることができないのが現状である。そこで、「スマート・シュリンク」を実現する土地利用・交通パッケージ施策として、公共交通指向型開発(TOD)と公共交通整備制度による分散集中型地域構造の自律的形成可能性と、それによるGHG削減効果を評価し、日本におけるその推進方策を具体的に提案する。

3. 研究の方法

(1) バックキャスティング・アプローチによる国土・都市構造戦略の検討

1) 詳細レベルの都市空間構造評価システム(SURQUAS)の開発

都市の持続可能性を環境・経済・社会のTBLの観点から評価するシステムSURQUASを構築し、名古屋都市圏および新潟県・上越市を対象としたケーススタディを実施した。市街地の範囲が現状(2005年)のまま変化しないものとして2050年までの推計を行った。

2) バックキャスティングによるスマート・シュリンク戦略の検討

名古屋都市圏を対象に、2050年時点までに、都市空間構造や交通システムの改編によってGHGを20%削減することを目標として、「居住地の集約」、「公共交通の運行頻度向上」、「住宅の長寿命化」によるその達成可能性を検討した。居住地集約政策に関しては、メッシュの中心点が駅から半径800mの円に含まれる領域を集約地区として、一定の人口容量を満たすまで、環境効率の低い地区(メッシュ)から順次、人口を移転させた。名古屋市内への人口を集約する一極集約型と、都市圏全体の人口バランスを保った多極集約型の2パターン都市空間構造を設定した。単独の施策では目標達成が不可能であったことから、施策の組合せによるCO₂削減効果を検討した。

(2) 都市圏土地利用戦略の詳細検討

1) 都市圏土地利用・交通戦略を検討するヴィジョンングモデルの構築

地域内旅客交通を対象に、そのサービス水準を内生的に決定し、総費用、総便益、あるいはCO₂排出最小となる交通機関が地域別に導出される都市交通モデルを構築した。

さらに、モデルを拡張し、人口減少下での持続可能な都市圏土地利用・交通戦略を検討する方法論として、戦略代替案を俯瞰的視点から相互比較し政策統合の方向性を検討するヴィジョンングモデルを構築した。これを用い、2030年の全国の都市圏において公共交通戦略と都市のコンパクト化がもたらすアウトカムとその地域差を分析した。

2) 詳細土地利用モデルによる集約拠点への再集積方策の検討

都心をはじめとする集約拠点への再集積を促すための方策を検討するために、上記のヴィジョンングモデルと同じ1km²グリッドの空間解像度をもつマルチ・エージェント型の土地利用モデルを構築し、高松都市圏への適用を行った。

3) バックキャスティングに基づいた環境投資の社会的便益計測モデルの構築

CO₂排出量を削減するためには新しいライフスタイルを支えるインフラへの投資が必要不可欠である。本研究では、旅客交通に伴うCO₂のうち特に多くを占める通勤を対象に、CO₂排出量に比例する税率を乗じた税(ポーモル・オーツ税)の賦課が交通需要および居住地選択に与える影響を評価する都市モデルを開発し、CO₂削減策実施に伴うバックキャスティングに基づいた社会的便益の計測方法を提案し、都市鉄道の整備効果を分析した。

(3) 戦略が目指す国土・都市像のビジュアル化とその情報基盤を活用した計画手法の検討

1) 魅力的な集住に関する事例の文献調査および現地調査

集住に関する国内外の好事例を収集し、魅力的な居住空間形成に必要な要素を文献調査によって抽出し、さらにその成功事例を現地調査した。

2) ビジュアル化による合意形成支援システムの開発と集約市街地の街区計画の提案

集約された市街地がその人口規模と面積に応じて、どの程度のボリュームをもった建築物群やインフラから構成されるかを視覚的に表現するとともに、QOL指標やGHG・費用の情報を提示することができ、街区計画案を総合的に評価可能な合意形成支援システムを開発した。

(4) 国土・都市戦略を支援する交通システムの詳細検討

1) 国内外における公共交通指向型開発(TOD)の事例整理

国内外におけるTOD施策を分析し、日本におけるTOD施策実施の問題点を把握した。

2) 公共交通の利便地域への住み替え行動のモデリングの構築

TOD実現のための住み替えインセンティブを表現する方法を検討した。各個人が余命の間に利用するモビリティを「モビリティ残存価値」と定義して、時間軸での新しいモビリティの価値を定式

化した。更にモビリティ残存価値を居住地選択モデルの説明変数として組み込むことで、当該概念に対する住民の認識の是非を検討した。

3) TODエリアの設定方法の提案

自動車依存度が高い地方都市においてTODを成功させるためには、自動車および公共交通の双方の利便性が高いことが要求される。加えて、ある程度の人口や都市基盤施設が集積しており、将来にわたって都市集積を誘導することが妥当と判断されるエリアでなくてはならない。これらを踏まえることができる、TODエリアの設定方法について検討した。

4) 都市圏レベルでみた環境負荷推移

宇都宮都市圏を対象とし、TODが導入された場合のCO₂削減効果を検討した。基準年次として京都市議定書の1990年を、目標年次として2050年を設定し、①趨勢型、②TOD型の各シナリオにおけるCO₂排出量を推計した。

5) 地区レベルでみた環境負荷推移

都市圏レベルではTOD導入は一定のCO₂削減効果が示されたが、TODエリアへの集約によって局地的には交通混雑が発生している可能性がある。そこで、マイクロ交通流シミュレーションによってTOD導入エリアの交通流を詳細に再現し、CO₂排出量を推計した。

4. 結果・考察

(1) バックキャスティング・アプローチによる国土・都市構造戦略の検討

1) ミクロレベルの都市空間構造評価システム (SURQUAS) の開発

SURQUASのアウトプットの一例として、図-2に名古屋都市圏における500mメッシュレベルでのCO₂排出量の空間分布を示す。トリプル・ボトムライン指標の傾向として、①2005年と比較して2050年には、都市全体のQOL平均値は横ばい、1人あたり市街地維持費用は増加、そして1人あたりCO₂（旅客交通+家庭部門）は減少する。②その結果、QOLを市街地維持費用で除した値である費用効率は悪化し、QOLを環境負荷で除した値である環境効率は横ばいで推移していく。③1人あたりCO₂は都心部よりも郊外部で高い値を示す傾向があるが、都心部でも1人あたりのインフラ・住宅が多めに整備されている名古屋市内の高級住宅地区や上越市の新興住宅地区では高い値を示している。④都心部では十分な広さの住宅床が確保されていないことや、商業施設や公益施設が既に郊外に展開してしまっているため、QOLは郊外部に対して必ずしも高い値とはなっていない。⑤1人あたり市街地維持費用は郊外部で高い値を示している。⑥さらに、都市的利用を中止する地区を検討するために、GHG・市街地維持費用・QOLに基づき、市街地の効率性指標を算出した結果、鉄道沿線の都心部で高い値を示した。これは、1人あたりCO₂・市街地維持費用・QOLともに郊外へ行くほど上昇するものの、その上昇割合は、効率性評価指標の分子となるQOLの方が小さいためである。すなわち、郊外は都心と比較して高いQOLが得られるものの、より大きいGHGや市街地維持費用が発生することになる。また、名古屋都市圏の効率性指標の空間分布からは、特に洪水危険地区の非効率性が明らかとなった。

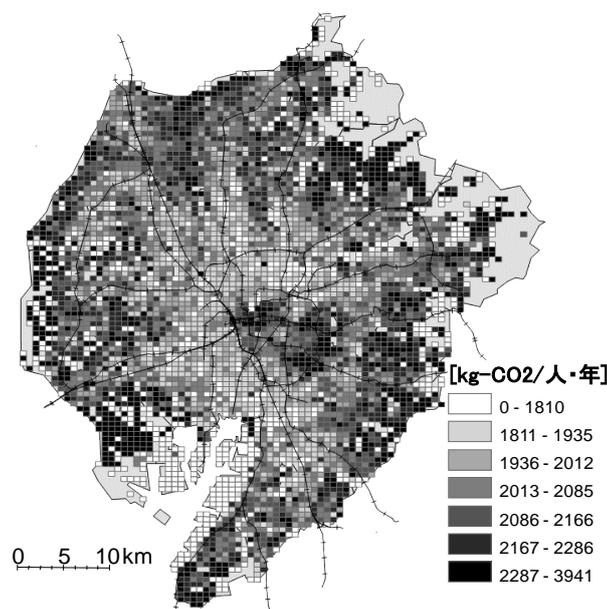


図-2 1人あたりCO₂排出量 (2050年・名古屋都市圏)

2) バックキャストイングによるスマート・シュリンク戦略の検討

一極集約型、多極集約型とも、「公共交通の運行頻度向上」、「住宅の長寿命化対策」を同時に実施することでCO₂削減目標は達成可能である。多極集約では、TBLの全てが改善される。一方、一極集約では市街地維持費用の削減率は大きいものの、QOLを低下させてしまう。つまり、地球環境制約に基づき、郊外の都市的利用を中止する場合、QOLの減少という痛みを伴う可能性がある。しかしながら、この減少は現状のライフスタイルや施設立地の状況を前提としたものであり、これらの変革にも取り組むことで都心部のQOLを増加できる可能性があり、その詳細について精査する必要がある。

(2) 都市圏土地利用戦略の詳細検討

1) 都市圏土地利用・交通戦略を検討するヴィジョンングモデルの構築

人口減少を反映させた将来予測においては、2030年時点では地方都市のほとんどにおいて自家用車がCO₂排出量の最も小さい交通機関となり、鉄道・バスの整備がCO₂削減策となりえなくなるとの結果が得られた。このことから、集約型都市構造への誘導なしには持続可能な都市・交通体系は実現しえないことが示唆された。

ヴィジョンングモデルによる分析の結果、全国平均では①交通事業の利潤最大化戦略はCO₂削減に寄与するが便益を低下させる、②CO₂最小化戦略は便益向上に寄与する、③コンパクト化はCO₂削減に寄与するが便益を低下させる可能性が示された。一方、都市圏別の結果より、①CO₂最小化戦略は大都市においては便益向上と両立しうるが地方都市では両立させにくい、②コンパクト化は地方都市においてはCO₂削減と便益向上の両立可能性を高める、③大都市のコンパクト化は混雑を悪化させCO₂排出削減量と便益を低下させる、といった傾向が示された。

以上より、ヴィジョンングモデルからは、コンパクト化の効果は都市条件で異なることが示された。東京圏ではCO₂削減・利用者便益ともに負の効果、名古屋圏ではともに正の効果、大阪圏ではCO₂削減には正、便益には負の効果があると試算された。一方、多くの地方都市ではCO₂最小化戦略をとると便益が低下するが、コンパクト化はその負の影響を緩和する効果があることが示された。このような、地域特性に即した都市・交通政策を検討することで、高いCO₂削減効果と便益改善を両立しうる政策が導出できる。

ただし、ここまでの議論は乗用車のメッシュ内LOS(Level Of Service)を固定的に扱った場合のものである。この想定では、コンパクト化によって現在混雑している地域への交通の集中が都市圏の平均的なLOSを低下させる状況は表現できるが、個別のメッシュの混雑が悪化する場合には、その影響は十分捉えられない。一方、道路整備やITS（高度道路交通システム）の進展による渋滞の緩和がメッシュ内LOSを有意に改善する状況を想定するならば、東京、大阪などの大都市圏においてもコンパクト化が便益を向上させるとの結果が期待される。

2) 詳細土地利用モデルによる集約拠点への再集積方策の検討

自動車交通費用の増加に伴い郊外部のスプロール的な立地が抑制され、市街地内部に密度の高い住宅地が誘導されることが分かった。住宅地の平均密度は、交通費用2倍のシナリオでは、現状の20.6世帯/haから24.6世帯/haへと上昇することが試算されている。また、商業機能についても、現状の拡散した中心商業地がより高密度でコンパクトな拠点へと誘導されることが示されている。

また、異種主体間の結びつきを強化する施策やエリアマネジメントの有効性について、パラメータの感度分析から考察を行った。その結果を踏まえて、具体的な施策として「グリーンBID」を提案した。「グリーンBID」とは、地域住民のQOL向上に資するグリーンインフラとしての水・緑のコリドーと公共交通コリドー（軽量軌道交通（LRT）に加え自転車・超小型電気自動車（EV）などのパーソナルモビリティを含む）を柱とし、それらの整備と街区の更新・再開発によって発生する開発利益を捕捉する仕組みを備えた制度である。

3) バックキャストイングに基づいた環境投資の社会的便益計測モデルの構築

名古屋都市圏で旅客交通起源CO₂排出10%削減を政策目標にした場合の影響について分析した。その結果、都市域集約を促進する一方で住民の効用水準が低下することを定量的に示した。

次に、名古屋市営地下鉄4号線を例に、都心部における鉄道整備効果の便益計測を行った。分析の結果、CO₂排出削減目標が厳しくなるに従って都心部や鉄道サービス水準の高い地域に人口を集約させる必要があり、それに伴って名古屋地下鉄4号線のような都心部における鉄道投資の便益は次第に大きくなることが明らかにされた。また、公共交通サービス水準を向上させればCO₂削減と効用水準維持が両立できること、が明らかとなった。

(3) 戦略が目指す国土・都市像のビジュアル化とその情報基盤を活用した計画手法の検討

1) 魅力的な集住に関する事例の文献調査および現地調査

欧米各国における近年の都市計画の特徴として、住民も参画する「協議」を重視する傾向が強くなっており、これが、欧米でTODやコンパクトシティといった施策の導入をサポートしていることが分かった。

2) ビジュアル化による合意形成支援システムの開発と集約市街地の街区計画の提案

都心と郊外のそれぞれにおける集約地区の街区計画案を設定し、システムを利用して評価を行った。図-3にそのアウトプットの一例を示す。その結果、メッシュレベルの人口条件が同一でも、建物の配置により空間イメージは大きく異なり、日照条件等を考慮するとQOL指標にも影響することが示された。また、既存の集約候補地区との比較から、街区の再構築により、人口密度を高めCO₂を削減しつつも、より高いQOLを提供しうる街区を計画することが可能であることが分かった。

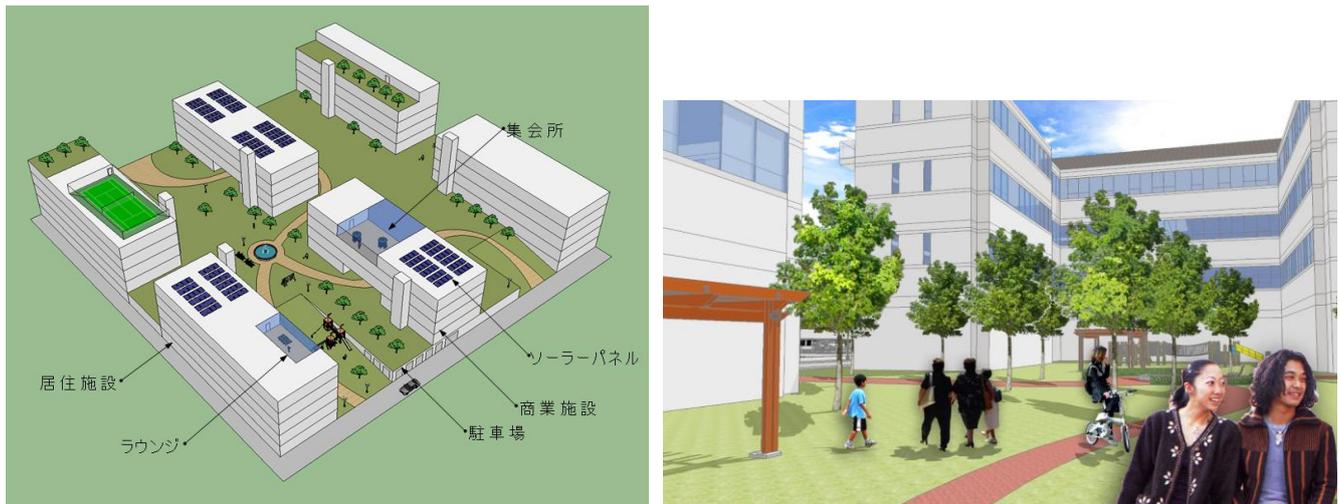


図-3 集約居住地のビジュアル化の例

また、TOD街区の魅力を伝える方法として街区の建物モデルと交通流シミュレーションを統合し、CGでLRTが走行するシーンを提示することを試み、それを見た感想について市民へのアンケート調査を行った。その結果は、ビジュアル化が合意形成の上で有効な手法であることが示された。

本サブテーマでは、スマート・シュリンク戦略の推進によって実現される、集約市街地の景観を、CO₂削減効果や追加的費用とともにビジュアルに表現する方法のプロトタイプを示している。現状の情報基盤を用いた画像処理技術では、人工物と比較して自然物の表現に計算負荷等の問題があることから、今後はフォトモンタージュ等を利用し、撤退地区に形成されるべき自然共生圏の適切なビジュアル化方法を検討する必要がある。

(4) 国土・都市戦略を支援する交通システムの詳細検討

1) 国内外における公共交通指向型開発（TOD）の事例整理

公共交通利便地域への再開発や住み替えを適切に誘導するようなインセンティブが必要であることが明らかになった。しかし、日本においてはその制度が不十分であることがわかった。

2) 公共交通の利便地域への住み替え行動のモデリングの構築

都市住民は居住地選択を検討する際に、現時点のモビリティについては考慮するが、将来を見据えたモビリティの変化まで意識が及んでいないことがわかった。

3) TODエリアの設定方法の提案

宇都宮市を対象に、いくつかの評価項目を設定し集積が適切だと判断される「集積誘導地域」を定量的に選出する方法論を構築した。算出された集積誘導地域と第二次宇都宮市マスタープラン(2009)の双方を勘案することで、将来のTODエリアを設定した。

4) 都市圏レベルでみた環境負荷推移

LRTが導入されることで、宇都宮都市圏全体で1990年比39%の削減が達成されることが分かった。また、GHGの排出量を1990年に比べ2050年までに50%以上削減するためには、TODエリア内にTOD周辺エリアの居住者を全て移住させなければならない。このためには、より強力な土地利用規制をかける必要があることが明らかとなった。

5) 地区レベルでみた環境負荷推移

地区レベルの交通マイクロシミュレーションのアウトプットの一例を図-4に示す。LRTへのモータル

シフトが十分発生しない場合、局地的な交通混雑が発生することにより、平均旅行速度が減少する効果が大きく、CO₂排出量が増加するケースがあることが分かった。この理由として、軌道導入による道路交通容量低下が挙げられる。LRT導入道路の捌き台数は減少し、大通り渋滞を回避するために選択した迂回路でも渋滞が発生した。特に、道路の交わる交差点部分がボトルネックとなっている。このため、再現エリア内で渋滞箇所が増大し、結果としてトリップ長の増大・平均旅行速度の低下そしてCO₂排出量の増加につながった。これを解消するためには、公共交通利用者を増加させる必要がある。したがって、公共交通を利用しやすい環境整備を進めることが重要であり、すなわちTODエリアの魅力度を高めていく必要がある。

また、十分なモーダルシフトが発生した場合は、導入区間における交通流の円滑化に繋がり、CO₂削減にも効果があることが分かった。

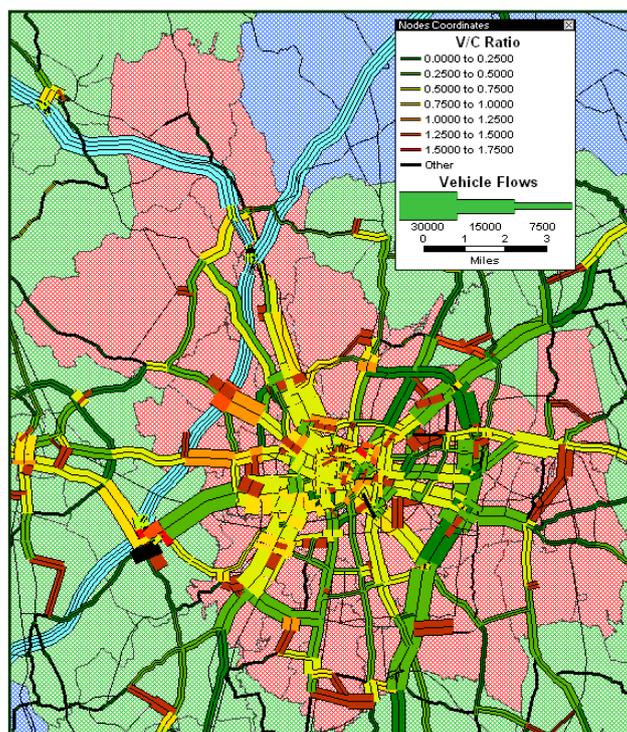


図-4 交通マイクロシミュレーションのイメージ

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

1) バックキャスティング・アプローチによる国土・都市構造戦略の検討

- ・ 人口がマクロ的には分散しつつミクロ的には集中した「多極集約型」への凝集策の妥当性を検証するために、実都市を対象として、都市空間構造とGHG排出量との関係を、詳細な空間単位で分析可能なシステムを開発している。しかも、同時にQOLや市街地維持費用も含めたTBL指標値の空間分布までも評価できるモデルシステムは世界的にも他に例を見ない。
- ・ 名古屋都市圏に適用し、2005年から2050年にかけての500mメッシュレベルでのTBLの空間分布を明らかにした。また、その結果、既存の鉄道駅周辺および都心部への縮退が持続可能性の高い都市構造の1つであることを定量的に示す結果を得た。
- ・ 居住人口を環境効率の悪い地区から駅勢圏に集約し、交通政策・住宅政策を組み合わせることによって現在よりもCO₂排出量が約20%削減可能であることを示した。ただし、中心都市への一極集約では、市街地維持費用の削減率は大きいものの、QOLを同時に低下させてしまう。一方、都市圏内の人口バランスを維持した多極集約では、TBLのすべてが改善される結果となった。

2) 都市圏土地利用戦略の詳細検討

- ・ 事業者利潤の最大化、利用者便益と事業者利潤の和の最大化、都市交通起源のCO₂排出量の最小化という3種の交通戦略目標は必ずしも相反するものではないことを確認し、特にCO₂削減は全国集計レベルで公共交通事業収支の改善および利用者便益の向上に寄与しうること示した。さらに都市圏別の分析結果を鑑みるに、地域特性に即した都市・交通戦略がより大きなCO₂削減効果と便益向上効果をもたらしうること示した。

- 1km²グリッドの空間解像度をもつマルチ・エージェント型の土地利用モデルを構築し、交通戦略やエリアマネジメントによる居住誘導効果を分析した。その結果から、都市集約を財務的に可能とするビジネスモデルとしてグリーンBIDを提案した。
- ボーモル・オーツ税の導入により将来に渡るCO₂排出削減を社会的最小費用で達成した場合の都市住民のQOLへの影響を定量的に示し、さらに、その実施がなされた場合の鉄道投資の便益の計測を行うための計量モデルを開発した。この方法論を、CO₂削減目標を達成しつつ効用水準を保つ都市空間構造と公共交通サービス水準をバックキャスト的に求める手法として整備した。

3) 戦略が目指す国土・都市像のビジュアル化とその情報基盤を活用した計画手法の検討

- 本研究で開発したビジュアル化システムは、国土・都市空間構造転換策実現に向けた課題の1つである、計画の過程における透明性と手続きの信頼性を、イメージアビリティ向上によって高めるものである。これによって、他のサブテーマで示されている戦略の実現において、ステークホルダーにとっては通常は理解困難である、様々な状況変化やその必要性に対する意識づけを高め、ステークホルダー間での価値の共有を実現させる力となる。情報基盤に基づくこのようなコミュニケーションによって、都市の持続可能性向上に資するソフトな社会インフラと位置付けられる「ソーシャルキャピタル」の地域における育成が行われ、地球環境への対応を新たな価値観としてステークホルダー間で共有できる地域社会の形成に資する。
- さらに、施設立地や交通流などの条件をビジュアル化することによって、環境等に関する定量的な数値情報との比較と合わせ、より高い生活環境を目指す点が革新的である。

4) 国土・都市戦略を支援する交通システムの詳細検討

- 人口増加期における大都市の民間電鉄沿線開発と人口減少下における地方都市のTODとでは、社会背景が大きく異なり、単なるハードの開発のみでは交通渋滞の解消や運輸部門の地球環境負荷削減にはつながらないことが、アメリカの都市の実態調査と日本の事例整理によってわかった。
- 自動車から発生するCO₂の社会的費用は内部化が困難であり、現行では誰も負担していないことが、郊外開発と比較してTODがコスト的に割高と見られる原因の1つであった。本研究では、公共交通利便地域へのインセンティブを付加することによって、相対的に郊外開発を劣勢に立たせ、見かけ上の社会的費用を内部化させるための概念を構築することができた。特に、余命までの間に利用する残存モビリティを「モビリティ残存価値」と定義して時間軸での新しいモビリティの価値を概念として構築した点は学術的な価値がある。
- 持続可能な都市を実現するための空間構造を考える上で、交通流をマクロ・ミクロの両視点で分析することは非常に重要である。2050年までの趨勢型と比較すると、LRTとTODをセットで実施することによって大きなCO₂削減効果が期待できることが、マクロ分析によってわかった。一方でミクロ的に見ると、LRTを導入しても逆にGHGが増加する場合もある。これは、現行の土地利用下でLRTやBRTといった公共交通システムを整備したとしても、自動車から公共交通へのモーダルシフトが不十分な場合、道路容量によってはかえって整備以前よりも交通渋滞やGHG発生を増大させる結果になることを示している。この問題を解決するためには、公共交通分担率を高めること、即ち、LRT及びTODの魅力度を向上させることが必要であることも明らかとなった。また、TODエリアの設定に関しては、都市機能の集約が図られている地域を可視化した集積誘導地域と都市計画マスタープランの双方を勘案することで、現在の都市機能を有効活用するような設定が可能となった。

(2) 地球環境政策への貢献

都市空間構造とCO₂排出量等持続可能性指標との関係を定量評価できるモデルシステムや、その実現のための都市計画規制・税制、公共交通整備方針をバックキャスト的に導出する手法が開発され、具体的な集約・撤退地区の場所やデザインも明らかにされた。その結果、都市計画・地区計画の検討に気候変動対応の観点を加えることが可能となった。成果の一部は、実都市の低炭素都市計画や総合計画等に活用されつつある。

本研究で得られた知見を公にアピールした主な機会を以下に挙げる。

- 「国際シンポジウム“低炭素型都市をつくる —科学と政策の架け橋—」(平成21年2月16日～18日、メルパルク名古屋、名古屋大学)において、林教授が基調講演を、加藤准教授が発表を行った。
- 「沖縄EST創発セミナー」(平成20年9月、那覇市)「中部EST創発セミナー」(平成21年11月、名古屋市)、「第3回ESTフォーラム」(平成22年2月、東京都)にて基調講演・パネリスト(加

藤准教授)

- ・ 名古屋市「低炭素都市2050名古屋戦略」の策定や、豊田市地球温暖化防止計画の策定に参画し、今後の交通政策と土地利用マネージメントの必要性を盛り込んだ。
- ・ 高松市都市計画マスタープラン策定に参画し、今後の交通政策と土地利用マネージメントの必要性を盛り込んだ。
- ・ 平成19年度の宇都宮市総合計画審議会において、本研究の成果を踏まえて「ネットワーク型コンパクトシティ」が提案され、その結果、第5次総合計画において将来の望ましい都市構造として明記された。平成20年度は都市計画マスタープラン及び都市交通戦略の策定作業が予定されており、具体的な都市・交通戦略の策定に活用された。

6. 研究者略歴

課題代表者：林良嗣

1951年生まれ，名古屋大学工学部卒業，工学博士，現在，名古屋大学大学院環境学研究科教授

参画研究者

(1) 1) : 林良嗣 (同上)

2) : 奥田隆明

1964年生まれ，名古屋大学工学部卒業，博士(工学)，現在，名古屋大学エコトピア科学研究科教授

3) : 加藤博和

1970年生まれ，名古屋大学工学部卒業，博士(工学)，現在，名古屋大学大学院環境学研究科准教授

(2) : 土井健司

1960年生まれ，名古屋大学工学部卒業，博士(工学)，現在，香川大学工学部教授

(3) 1) : 林良嗣 (同上)

2) : 加藤博和 (同上)

(4) : 森本章倫

1964年生まれ，早稲田大学理工学部卒業，博士(工学)，現在，宇都宮大学工学部准教授

7. 成果発表状況

(1)査読付き論文

- 1) H. Daimon, A. Morimoto and H. Koike: A Study of Time Varying Transit Service Area and its Influence on Modal Choice, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, pp.1707-1718, 2007.
- 2) K. Doi, M. Kii and Hi. Nakanishi: An integrated evaluation method of accessibility, quality of life and social interaction, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.35, No.6, pp.1098-1116, 2008.
- 3) 奥田隆明: 低炭素社会に向けた都市空間のマネージメント- 通勤交通からの CO₂ 排出削減-, 地球環境研究論文集, Vol.16, pp.137-144, 2008.
- 4) T. Miura, A. Morimoto, H. Koike, H. Daimon, T. Seki: A Study on the Selection of Accumulation Promotion Areas Based on Automobile and Public Transport Accessibilities, 12th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, CD, 2008.
- 5) 鈴木祐大, 加知範康, 戸川卓哉, 柴原尚希, 加藤博和, 林良嗣: 環境・経済・社会のトリプル・ボトムラインに基づく都市域の持続可能性評価システムの構築, 地球環境研究論文集, Vol.17, pp.93-102, 2009.
- 6) 戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣: 空間競争モデルを用いた人口減少・少子高齢化に伴う商業立地量変化の予測と流通費用への影響評価, 都市計画論文集, No.44-3, pp.775-780, 2009.
- 7) 佐藤晃, 森本章倫: 都市コンパクト化の度合に着目した維持管理費の削減効果に関する研究, 都市計画論文集, Vol.44, P535~540, 2009.
- 8) 小瀬木祐二, 戸川卓哉, 鈴木祐大, 加藤博和, 林良嗣: 大都市圏スケールでのインフラ維持管理・更新費用の将来推計手法の開発, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, 2010. (in press)

(2)査読付論文に準ずる成果発表 (社会科学系の課題のみ記載可)

特になし

H-072 持続可能な国土・都市構造への転換戦略に関する研究

(1) バックキャスティング・アプローチによる国土・都市構造戦略の検討

名古屋大学大学院 環境学研究科

林良嗣・加藤博和

名古屋大学大学院 エコトピア科学研究所

奥田隆明

<研究協力者>

名古屋大学大学院 環境学研究科

戸川卓哉・鈴木祐大・小瀬木祐二・後藤良太

平成19～21年度合計予算額 46,537千円

(うち、平成21年度予算額 14,794千円)

※予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 本研究は、地球環境制約を満たしながら、同時に社会や経済の観点からも持続可能な都市空間構造を、バックキャスティング・アプローチによって導出するフレームワークを確立し、モデルシステムとして整備し適用することを目的とする。

そのために、都市の温室効果ガス（GHG：Green House Gas）排出量とともに、社会的・経済的持続性を表現する生活の質（QOL：Quality of Life）の定量指標および市街地維持費用を含めた「トリプル・ボトムライン」（TBL：Triple Bottom Line）を時系列かつ500mメッシュの単位で計量可能な都市の持続性評価モデルSURQUAS（Smart Urban area Relocation model for sustainable QUALITY Stock）を開発する。

モデルを名古屋都市圏に適用し、市街地の範囲が現状（2005年）のまま変化しないものとして2050年までのTBL指標の推計を行った。その結果、各指標の空間分布から都心部と郊外の鉄道沿線では環境・費用面での効率が優れており、逆に郊外のスプロール地域の非効率性が定量的に明らかとなった。また、洪水危険地区の非効率性が顕著であることや、都心部においても1人あたりGHG排出量が多い地区があることが示された。また、時系列の推計から、気候変動に伴って洪水による期待被害額が経年的に増加することから、都市圏の西部に広がる洪水危険地区からの撤退が検討される必要があることを示した。

さらに、居住人口を環境効率の悪い地区から駅勢圏に集約し、交通政策・住宅政策を組み合わせることによって現在よりもCO₂排出量を約20%削減可能であることを示した。また、このとき、名古屋市内への一極集約では、市街地維持費用の削減率は大きいものの、QOLを同時に低下させてしまう結果となった。一方、都市圏内の人口バランスを維持した多極集約では、TBLのすべてが改善される結果となった。

[キーワード] 都市空間構造、コンパクトシティ、コーホートモデル、ライフサイクルアセスメント、トリプル・ボトムライン

1. はじめに

国土・都市の空間構造は、その上で繰り広げられる生産・生活活動や交通行動を規定する、構造的かつ根本的な要素の1つであり、そのあり方に関する戦略の方向性は、長期にわたって人間活動の地球環境へのインパクトを左右する。

日本の都市では、高度経済成長期以降、人口増加やモータリゼーション進展を背景に、都市域がスプロールの的に拡大し続けてきた。しかし、21世紀の日本は人口減少・超高齢化・経済成熟時代を迎え、市街地が供給過剰となるため、従来型の「モータリゼーション依存型市街地拡大戦略」は都市圏経営のビジネスモデルとして成り立たず、一方で、都市の低密度化はさらに進展するものと考えられる。このような都市は、自動車走行に起因するGHGが多い上、道路や上下水道といったインフラの必要量も人口に比して多くなり、その維持管理・更新活動に伴い発生するGHGも多くなる傾向があると考えられる。したがって、長期的かつ抜本的な環境負荷削減のためには、国土・都市空間構造の見直しが必要である。さらに、ある程度の地球温暖化が進み気候変動が起きることを想定し、その結果生じる降水特性変化等を織り込んだ国土・都市計画見直しの検討も併せて必要となる。

このような認識を踏まえると、地球環境面からの制約に対応しつつ、国民が享受するQOLをアウトカム指標とする土地生産性を高め、人口減少下での各地域の身の丈にあったコンパクトな空間を形成する「スマート・シュリンク」戦略が内包される国土・都市経営への転換が必要である。

しかし、環境負荷が少なくQOLの高い持続可能な都市・地域を支える空間構造として近年注目されている「コンパクトシティ」が、低環境負荷型の空間構造であるという証明が学術的には必ずしも行われていない。まず、コンパクトシティ化が諸活動によるGHGを削減する効果を実証する必要がある。そして、それが確認されたとしても、都市域を再編する際には、既存建築物の廃棄や建築物・インフラ群の新規建設によるGHGの発生が伴うことから、その考慮も必要となる。当然ながら、空間構造変更のためには多大な費用と労力が必要となることから、他の政策と比べて費用対効果が見込めるかどうかを検討する必要もあろう。そのためには、具体的な目指すべき都市の形の明示、および、その誘導策の検討も必要である。さらに、コンパクトシティよりもGHGを削減でき、かつ低費用でQOLを保証する空間構造のあり方があるかどうかについて確認することも肝要である。

2. 研究目的

(1) 都市の持続可能性評価システム (SURQUAS) の開発

気候変動やその対策の社会経済への影響を計量するモデルは、アジア太平洋地域統合評価モデル (AIM) に代表されるように、地球全球あるいは半球を対象に、国をいくつか含む地域を単位として分析してきた。このスケールのアプローチでは、都市空間構造や交通ネットワークの計画・設計に関する工学的分析を行うことは不可能である。

また、前章でも述べたように、低環境負荷型都市構造と言われ、欧米でその推進が図られてきたコンパクトシティも、実はその根拠が明確になっていない。従来のコンパクトシティ論は静学的な分析であった。すなわち、その構造自体の有効性は検討しても、それを実現するまでの過程における費用や利害対立の発生、さらに、人口・社会資本のエイジング進展という流れを踏まえた上で、それでも多大な経費と労力を必要とするコンパクトシティ化を進めなければならない理

由を動学的に検討することはほとんど行われていない。

そこで本研究では、都市圏を対象として、環境（CO₂排出）、経済（市街地維持費用）、社会（QOL）のトリプル・ボトムライン（Triple Bottom Line: TBL）^{注1}を500mメッシュ単位で計量可能な都市の持続性評価モデルSURQUAS（Smart Urban area Relocation model for sustainable QUALity Stock）を開発する。SURQUASでは、都市内の建築物・インフラの建設・維持管理・運用・更新・廃棄活動や、その上で行われる諸活動に伴い生じるGHGが都市構造によっていかに変化するかを定量的かつ包括的に推計するために、都市・地域LCA（Life Cycle Assessment）の手法を用いて、都市域のGHG排出を時系列で推計する。また、価値観の経年変化を踏まえたQOL評価手法の開発により、長期間の分析に耐えうる手法とする。これらにより、「スマート・シュリンク」戦略の必要性を動学的なフレームで検討することを可能とする。

（2）バックキャスティング・アプローチによる国土・都市構造の導出

地球温暖化のように、現在の趨勢が続けば破局的な将来が懸念される問題の場合、その破局を回避するために達成必要な目標を定め、それを将来的にクリアするために現在からどのような対策が必要かを考えて計画を立てる「バックキャスティング・アプローチ」が有効である。

本研究もこの観点に立ち、SURQUASを用いて、地球温暖化問題に対応しつつ、人口減少・少子高齢化や社会資本劣化などの日本が直面する諸課題にも対応し、高いQOLを持続的に提供しうる都市空間構造を形成するための戦略を、バックキャスティング・アプローチによって導出することを目的とする。

また、その戦略決定プロセスにおいては、SURQUASの特徴を活かし、地球温暖化の「防止」（GHG排出削減）および「適応」（気候変動への対処）の両面から都市空間構造改編戦略を導出するフレームワークを開発する。図-1にその概念図を示す。

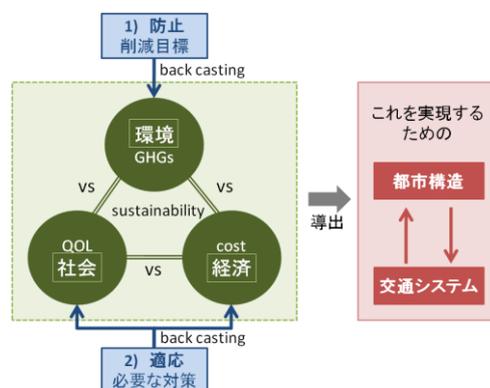


図-1 バックキャスティング・アプローチとTBL

^{注1}持続可能性を具体的に評価するアプローチの1つにトリプル・ボトムライン（Triple Bottom Line: TBL）¹⁾がある。TBLは人間活動を「経済」「社会」「環境」の3つの視点から評価するというものである。もとは企業の社会的責任（CSR：Corporate Social Responsibility）の基本的な概念として定義されたが、EUにおいても持続可能性の3要素として取り入れられており、企業活動にとどまらない評価フレームとして注目されている。また、国連持続可能な開発委員会（Secretariat of the United Nations Commission on Sustainable Development: UNCSO）²⁾が発表している持続可能性評価指標をはじめとして、持続可能性評価に関連した多くの調査・研究がTBLの3要素に着目した整理を行っている。本研究でもこの考え方に従い、「経済」は自治体の経済・財政状況、「環境」は都市活動に伴う環境負荷、「社会」は都市居住者のQOL水準及び個人格差、に対応付け、TBLの観点から都市の持続性を議論する。

3. 研究方法

(1) 都市の持続可能性評価システム (SURQUAS) の開発

1) 全体構成

詳細なメッシュ単位かつ時系列での環境負荷、QOLおよび市街地維持費用の推計システム SURQUAS (Smart Urban area Relocation model for sustainable QUALity Stock) を開発する。なお、ここでの環境負荷とは広域・地球レベルの環境に影響を与えるGHG発生量(本研究ではCO₂排出量)であり、騒音や大気汚染等の局地的な生活環境への影響はQOLを変化させるものとして評価する。

システムの全体構成を図-2に示す。都市を構成する建築物・インフラがライフサイクルで発生する環境負荷・維持費用はもとより、これらの上で行われる諸活動に伴い生じる環境負荷や住民のQOLも評価範囲として扱う。表-1に評価対象とする建築物・インフラの種類、表-2にQOLの評価項目を示す。

これらの推計のもととなる、現在および将来の居住人口、建築物・インフラの分布状況を把握するために、GIS(地理情報システム: Geographical Information System)の位置情報から、住宅延べ床面積や下水管渠延長距離などの推計に必要な情報をメッシュ単位で集計する。将来値については、コーホートモデルを用いて推計する。

推計の空間単位は、約500m四方の4次メッシュ(約0.263km²)とする。対象期間を2005年から2050年までとし、1期5年を単位として計算を行う。

将来、人口減少や高齢化が進展した場合や政策的に人口の再配置を行った場合、どのような住宅地が形成されるかを予測するために、メッシュごとに人口密度や高齢化率といった地区の特性が住宅地の形成に影響を与えるメカニズムをモデル化し、システムに組み込んでいる。ここでは住宅地を形成する要因のうち最も基礎的な戸建て住宅率と住宅床面積を推計対象とする。

また、SURQUASでは、災害危険性増大がQOL低下や市街地維持費用増加につながる形となっている。このことにより、CO₂削減による気候変動防止策のみではなく、気候変動への適応を目的とした都市空間構造の改編策の検討が可能となっている。

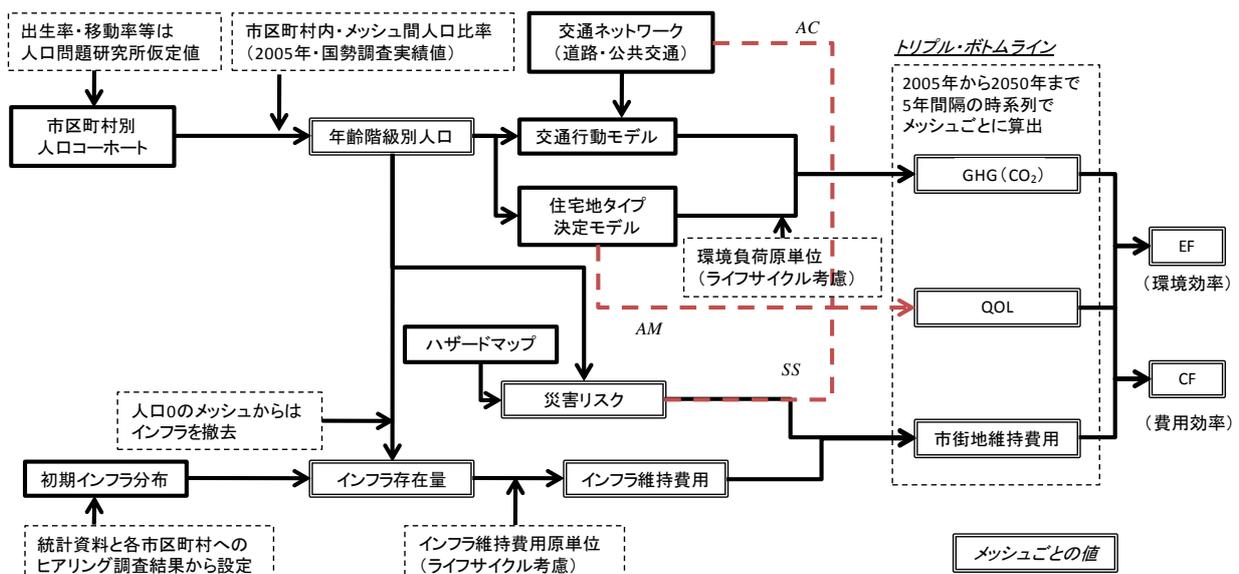


図-2 SURQUASの全体構成

2) CO₂の推計方法

本研究では、都市空間構造再編策のような計画・構想段階において、評価を行う。その際、都市全体の膨大な建築物やインフラ、諸活動の環境負荷推計に必要な各々の投入資材量等を、詳細に把握することは不可能である。そこで、各建築物・インフラについて標準的な設計を想定し、その建設・維持管理・運用・更新・廃棄活動において、その単位（例えば、住宅延べ床面積）あたりの環境負荷・建設費用・維持費用を推計して原単位とする。これにメッシュ単位で集計される建築物のライフサイクル各段階の活動の数量（例えば、住宅の更新量等）を乗じて総和をとることで、総環境負荷発生量を推計する。

旅客交通活動に伴うCO₂発生量については、国勢調査（2000年）や中京都市圏パーソントリップ調査（2001年）の結果を用いて、1人・1年あたりの原単位として整備する。その際、モーダルシフトに伴うCO₂低減効果を計測するために、機関分担率推定モデルとして、QOLの構成要素の1つであるアクセシビリティ指標を説明変数に用いたトリップエンド型のロジットモデルを利用する。

3) 市街地維持費用の推計方法

市街地維持費用は、インフラ維持費用、および災害（現段階では洪水に限定）による期待被害額から推計する。

表-1 環境負荷の推計対象とライフタイムの設定

分類	都市施設	備考	ライフタイム
建築物(住宅)	戸建住宅	木造	56年
	集合住宅	RC造	45年
交通施設	道路	生活道路	10年
処理施設	下水管渠		35年
	配水管		35年
公園	都市計画公園	・住区基幹 ・都市基幹 ・特殊公園	30年
交通活動	—	旅客交通	—

表-2 QOL 構成要素

大分類	小分類	評価指標
交通利便性 Accessibility :AC	就業施設利便性	就業場所への AC
	教育・文化施設利便性	高校、美術館・博物館、図書館への AC
	健康・医療施設利便性	病院への AC
	買物・サービス施設利便性	大型小売店への AC
居住快適性 Amenity :AM	居住空間使用性	1人あたり居住延床面積
	建物景観調和性	建物高さばらつき
	周辺自然環境性	1人あたり緑地面積
	局地環境負荷性	交通騒音レベル
災害安全性 Safety & Security :SS	地震危険性	地震による期待損失余命
	洪水危険性	洪水による期待浸水深
	犯罪危険性	年間街頭・侵入犯罪件数
	交通事故危険性	年間人身事故発生件数

インフラ維持費用に関しては、統計資料と各市区町村へのヒアリング調査に基づき、各メッシュの各インフラ存在量を設定し、それにライフサイクルを考慮して推計した各インフラの費用原単位を乗じることにより推定する。なお、本研究では生活インフラのみを対象としているため、人口減少や撤退施策の実施により人口が0となったメッシュでは、その段階でインフラもすべて撤去されるものとする。

洪水による期待被害額は国土交通省が作成した「治水経済調査マニュアル（案）」³⁾を参考にして、資産額に浸水深別被害率を乗じて求めた洪水発生時の被害額に、各規模の洪水発生確率を乗じることにより求める。本手法により、気候変動に伴う降雨強度上昇がもたらす災害危険性の上昇を市街地評価に組み込むことが可能となる。

4) QOL 指標の推計方法

QOL指標は表-2の各項目の重み付きの総和として定量化する。重みパラメータは、居住地選択に関するアンケート調査結果から、コンジョイント分析により世代別・性別に推定した結果を用いる。

(2) バックキャストによる持続可能な国土・都市構造の導出

1) バックキャストによる持続可能な都市構造導出のフレームワーク

SURQUAS の出力結果に基づき、環境効率値 $EF=QOL/CO_2$ （環境負荷排出によって得られるQOLリターン）や費用効率値 $CF=QOL/コスト$ （費用投入によって得られるQOLリターン）が低い地区の都市的利用を中止するという考え方に基づいて、バックキャスト・アプローチによる都市空間構造導出のシナリオを導出する。

導出プロセスの概念図を図-3に示す。基本的には、以下のプロセスにより持続可能な都市空間構造の導出を行う。

1. 地球環境制約に基づき分析対象都市におけるGHG削減目標を設定。
2. 現状の土地利用を継続した場合の、各メッシュにおけるGHG発生量・市街地維持費用・QOLを時系列で推定。
3. 各メッシュの効率性（ QOL/EL 、 $QOL/コスト$ ）を評価。
4. 非効率地区の都市的利用を中止し、住民が効率的な地区に移転した場合について、3要素を再び計算し、最初に設定されたGHG削減目標が達成されるかをチェック。（ここで再計算を行うのは、撤退地区からの転入によって非撤退地区の人口が増加し、非撤退地区の環境負荷やQOLが変化する可能性があるためである。）
5. GHG削減目標が達成されていない場合は、都市的利用を中止する地区をさらに拡大し、目標が達成されるまで繰り返す。
6. 最終的に、達成された都市空間構造における、住民のQOLや市街地維持費用の状況から設定した効率性指標に基づいて、施策実施の妥当性を考察する。

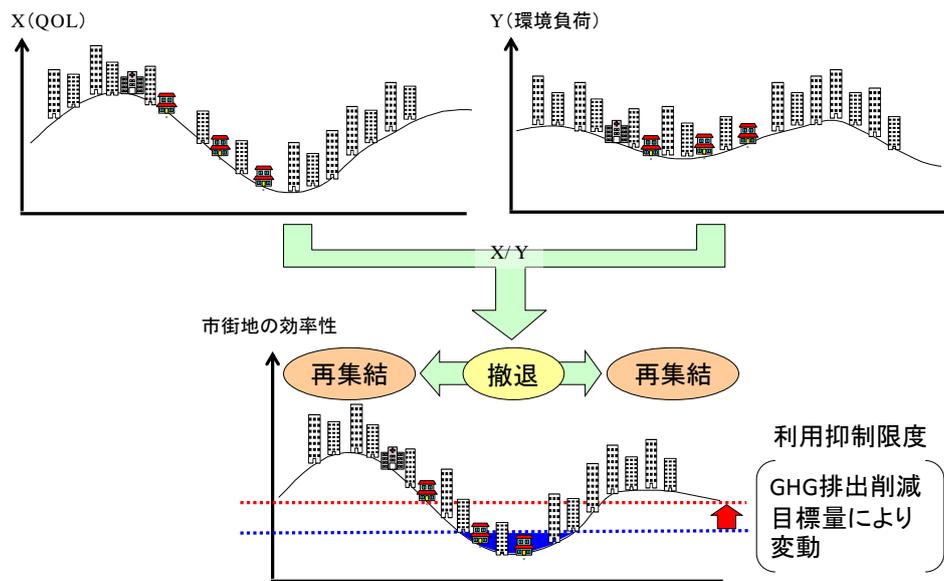


図-3 バックキャスティングによる都市域集約のイメージ

2) 環境負荷削減目標の設定

バックキャスティングにおけるCO₂削減目標は、2050年において、1990年比60%と設定する。その実現策の内訳を、都市空間構造および交通システムの改変で20%、排出技術革新で20%、人口減少で20%とし、本研究ではそのうち、都市空間構造との関連性に焦点を絞って分析を行う。

4. 結果・考察

名古屋都市圏を対象として、SURQUASによる環境負荷・QOL・市街地維持費用の推計を行い、さらに、バックキャスティングにより、CO₂削減目標を達成する都市空間構造の導出を行った。その結果、以下に示す知見を得た。

(1) 対象都市の概要

図-4に示すように、名古屋駅を中心とする半径20km圏内に概ね含まれる市町村(自治体数は2010年2月現在で31市町村)を「名古屋都市圏」と定義し、この地域を対象としてケーススタディを行った。

本推計の前提となる名古屋都市圏の人口コーホートモデルによる将来推計結果を図-5に示す。人口は2005年の462万人から2050年には368万人に減少する。また、高齢化率は2005年の18%から2050年39%に上昇する。

2050年の2005年に対する人口変化率の空間分布の特徴を以下に述べる。全体的に人口減少しているものの、日進市・長久手町など名古屋市東部地域や豊山町・甚目寺町といった名古屋市の近隣で人口増加が起こっている地区も存在する。逆に、名古屋市の西部や名古屋市内で人口減少率が高い値を示している。これらの地区では、現況で高齢化が進展していることや、転入率が低いことから、このような結果になったと考えられる。このように、地区ごとにそれぞれ特性があることから、それぞれの地区に適する施策の提案が望まれる。

(2) 都市の持続可能性評価システム（SURQURAS）の適用結果

1) 2050年におけるTBL各指標の空間分布

市区町村内のメッシュ間の人口比が現状のまま推移した場合の、2050年における1人あたり環境負荷、1人あたりインフラ維持費用、QOLの空間分布の推計結果をそれぞれ図-6～図-8に示す。



図-4 名古屋都市圏の概要

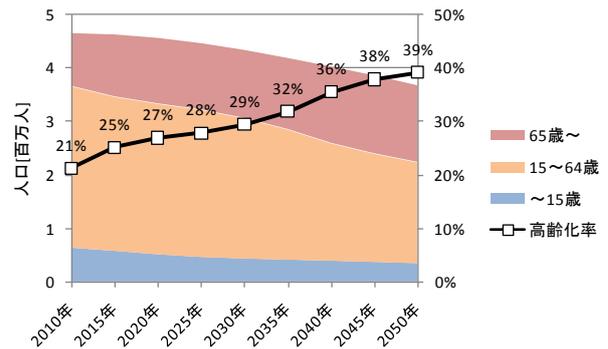


図-5 名古屋都市圏の人口推計結果

○1人あたりCO₂排出量

都心と郊外の両極で高い値を示す傾向があり、その中間にドーナツ状に低い地帯が存在している。また、鉄道沿線では都市圏の辺縁部においても低い値を示す傾向が読み取れる。郊外部で1人あたりCO₂排出量が多い理由は、自動車利用率が高いことおよび住宅が広いことである。一方、都心部で1人あたりCO₂排出量が多い理由は、鉄筋コンクリート（RC）造集合住宅の割合が高く、その建設段階に発生するCO₂が多いためである。特に、1人あたり住宅床面積が大きい名古屋市内の高級住宅地ではこの傾向が顕著である。

○1人あたり市街地維持費用

名古屋市内や周辺都市の中心部およびニュータウン地区などの夜間人口密度が高い地区では低く、郊外部において高い値となっている。特に、都市圏西部で1人あたり市街地維持費用が高い地区が広がっている。これは、この地区が海拔0m以下であり、洪水に伴う期待被害額が大きいためである。この傾向は、気候変動に伴い降雨強度が強くなるほど顕著になる。

名古屋市の中心部でも、1人あたり市街地維持費用が高い地区が見られる。この地区は商業的土地利用の属性が強く、夜間人口が少ないため、1人あたりの市街地維持費用は割高となる。

○QOL

主に都市圏西部に広がる洪水危険性の高い地区で顕著に低い値を示す。洪水危険性を他の指標でカバーすることが困難であることを意味する。

一方、QOLの高い地区としては、まず、①名古屋市都心部が挙げられる。これは、交通利便性が極めて高いうえに災害安全性（地震、水害）が高く、居住快適性（居住延べ床面積）も比較的高いためである。次に、②名古屋市の東に位置する尾張旭市、日進市、長久手町が挙げられる。これは、居住快適性（居住延べ床面積、緑地面積）と災害安全性（地震、水害、犯罪、交通事故）が高く、交通利便性も比較的高いためである。また、③名鉄犬山線、小牧線、JR中央線の拠点駅である江南駅、岩倉駅、犬山駅、小牧駅、春日井駅、勝川駅周辺地域も高い値を示している。これも、居住快適性（居住延べ床面積）と災害安全性が高く、交通利便性も比較的高いためである。さらに、④名鉄一宮駅から国府宮駅（稲沢市）付近も高い値を示している。これは、自然災害安全性が高く、交通利便性と居住快適性（居住延べ床面積、緑地面積）も比較的高いためである。最後に、⑤JR東海道線と名鉄本線沿線の豊明市、大府市が挙げられる。ここは、自然災害安全性が高く、交通快適性と居住快適性（居住延べ床面積、緑地面積）も比較的高いためである。

○環境効率・費用効率値

以上に示した、地区レベルの環境負荷・市街地維持費用・QOLに基づき、QOLを環境負荷で除した値である環境効率EFおよびQOLを市街地維持費用で除した値である費用効率CFを計算した結果を図-9、図-10に示す。

EF、CFはともに名古屋都心部や周辺都市の中心部で高い値を示している。また、災害危険性の小さい鉄道沿線地区でも高い値を示している。この結果は、都心部への縮退が環境・経済・社会の3要素を考慮した上での効率的な都市空間構造を実現することを示唆している。

さらに、具体的に4つの地点の詳細評価を行った。ここでは、図-9に示す、A. 都心住宅地区、B. 周辺拠点地区、C. ニュータウン（NT）地区、D. 洪水リスク地区と名付けた4地点を対象とした。主な特徴は以下の通りである。

- ・ 環境効率のばらつきは、費用効率と比較して小さい。
- ・ QOL評価は都心地区で最も高く、郊外拠点地区とニュータウン地区がほぼ等しい値でそれに続く。最も評価が低いのは洪水リスク地区である。
- ・ 環境効率の観点からは、周辺拠点地区が、費用効率の観点からは、都心地区が優れている。環境効率、費用効率ともに洪水リスク地区の評価が低い。
- ・ 環境負荷の内訳からは、都心地区の環境効率を悪化させている要因は、住宅起源CO₂であることが分かる。一方、NT地区の環境効率を悪化させている要因は交通起源環境負荷である。洪水リスク地区は両方とも大きい。
- ・ 郊外の洪水リスク地区よりも、都心地区の環境負荷が大きいのは、床面積はほぼ同等であり、排出原単位の大きい、RC造集合住宅の比率が都心地区の方が高いからである。

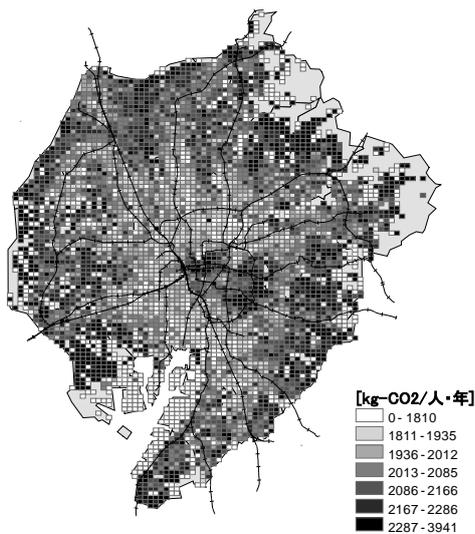


図-6 1人あたり環境負荷 (2050年)

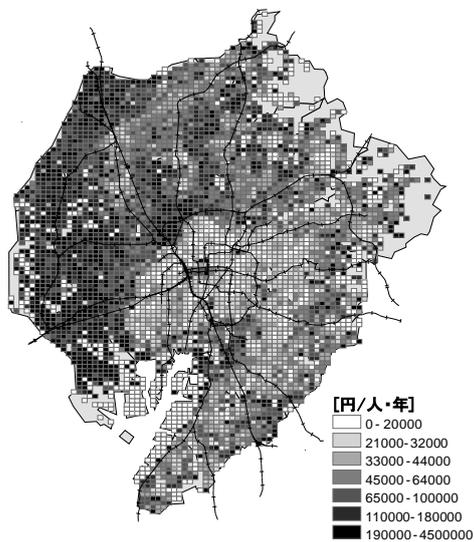


図-7 1人あたり市街地維持費用 (2050年)

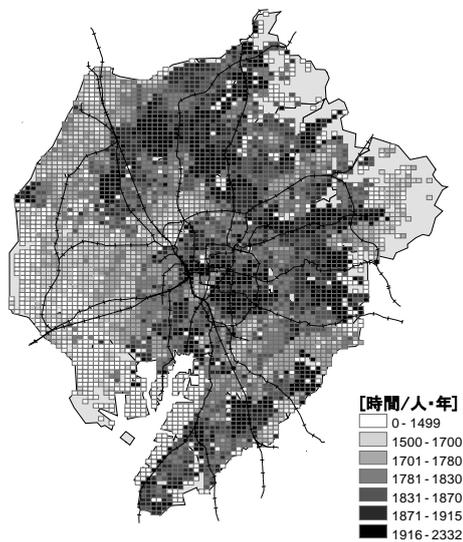


図-8 QOL指標値 (2050年)

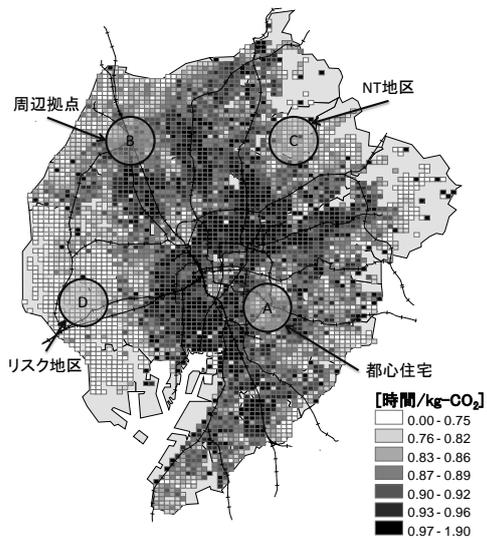


図-9 環境効率EF (2050年)

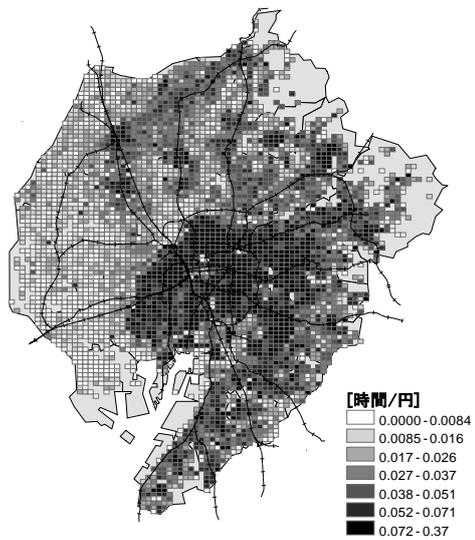
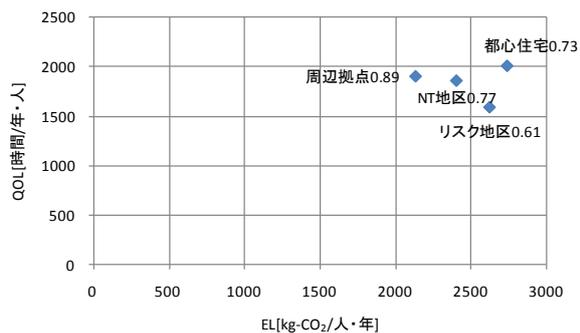
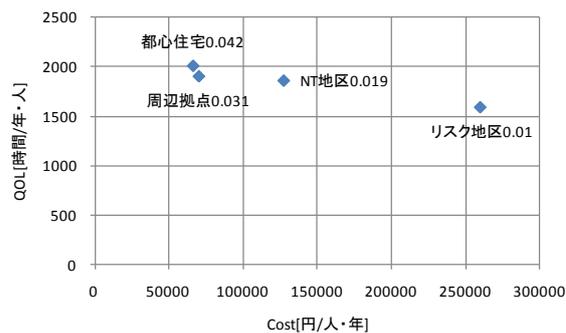


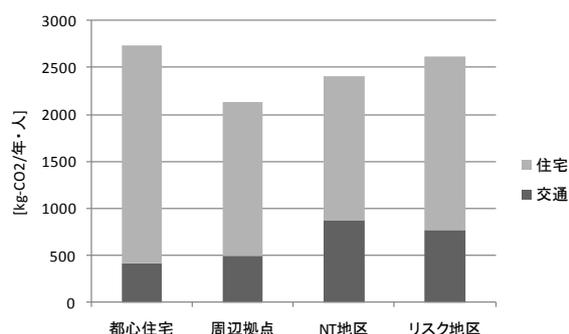
図-10 費用効率CF (2050年)



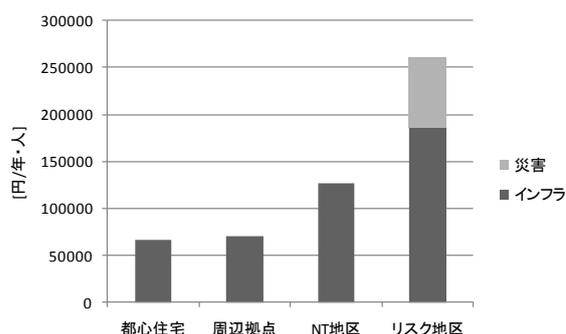
(a) 環境効率性EFの評価結果



(b) 費用効率性CFの評価結果



(c) ELの内訳



(d) コストの内訳

図-11 代表地点における効率性指標の評価結果 (2050年)

2) TBL 各指標の経年推移

1人あたり環境負荷、1人あたり市街地維持費用、QOLの都市圏全体の平均値の2005年から2050年にかけての推移を図-12に示す。

1人あたり環境負荷は、2005年から2050年まで減少を続ける。内訳を調べると交通起源環境負荷は減少しているが、住宅起源環境負荷は若干増加している。交通起源環境負荷が減少している要因としては、人口密度の低下により自動車分担率の上昇は起こるものの、高齢化に伴い総トリップ数が減少したためであると考えられる。また、住宅起源環境負荷の増加要因は、人口が木造戸建住宅の多い西部地区で減少し、RC集合住宅の多い東部地区で増加したため、全体として排出原単位の大きいRC造集合住宅の比率が増えたためである。

1人あたり市街地維持費用は、2005年から2050年に向かって大きく増加している。特に2020年以降の増加が大きい。これは、洪水リスクの増加に伴う、期待被害額が増加すること、および、人口減少にも関わらず、現状のインフラを維持していくため、1人あたりでの負担額が増加していくためである。市街地維持費用全体に占める、洪水の期待被害額は2005年の33%から2050年には41%に増加することになる。

QOLの平均値は2005年から2050年にかけて若干減少する結果となった。しかしながら、個別世代ごとに比較するとQOLの改善が起こっている。これは、地震・洪水といった災害リスクの高い都市圏の西部地区で人口が減少し、評価の高い東部で増加したためである。全体のQOLが低下するのは、評価値の低い高齢世代が増加し、全体の平均値を押し下げたことが原因である。

以上の推計結果に基づいて、費用効率と環境効率の改善度（ファクター）の値から都市圏全体

の持続可能性を検討する。2050年においては、環境負荷は約5%減少、インフラ維持費用は約41%増加、そしてQOLは約1%減少している。その結果、費用効率は0.74倍（ファクター0.74）、環境効率は1.1倍（ファクター1.1）となっており、費用効率性の観点から都市域の持続可能性が大きく低下する方向に進んでいくことがわかる。

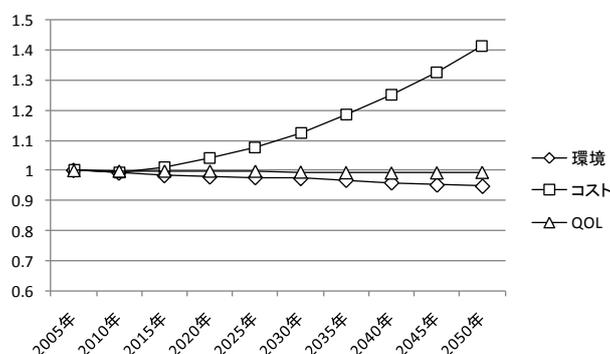


図-12 TBLの経年変化

3) 考察

TBL評価指標の推計結果から、持続可能な都市空間構造への転換戦略を検討する上で以下の示唆を得ることができた。

- ・ 洪水リスクによるQOL低下・費用増加が顕著であることから、洪水危険地帯からの撤退や防災インフラの完備が第一に検討されるべきであり、その際、気候変動の考慮も必要である。
- ・ 1人あたりCO₂排出量の地区間でのバラツキが小さい理由に、都心は住宅起源が大きく、反対に、郊外は旅客交通起源が大きいというトレードオフの関係があるため、全体が平均されていることが挙げられる。
- ・ RC造の集合住宅比率の高さが、都心地区におけるCO₂排出が大きくなっている原因である。そのため、過度の集約はCO₂を増加させることが懸念される。

(3) 都市構造戦略によるCO₂削減目標達成可能性の検討

バックキャストिंगの考え方に従い、名古屋都市圏を対象に、2050年時点までに、都市空間構造に起因する環境負荷を20%削減することを目標として、関連施策によるその達成可能性を検討した。分析対象の施策は「居住地の集約」、「公共交通の利便性向上施策」、「住宅の長寿命化対策」である。

1) 居住地の集約

2050年時点において、環境効率ELに基づいた都市域集約政策の効果を分析した。基本的には、都市圏全体を対象として、環境効率ELの低い地区から駅勢圏（800m圏）への集約を想定する。ここでは、名古屋市内の駅勢圏に集約する「一極集約」と、都市圏内で最も近い駅勢圏に集約する

「多極集約」の比較分析を行った。各シナリオにおける仮定値は表-3の通りである^{注2}。

表-3 駅勢圏（800m圏）人口密度の設定値

	名古屋市内	名古屋市外
一極集約シナリオ	200[人/ha]	50[人/ha]
多極集約シナリオ	100[人/ha]	100[人/ha]

各シナリオにおける、人口分布の状況を図-13に、1人あたりCO₂排出量の変化を図-14に示す。

現状趨勢（BAU）シナリオにおいては、人口密度の低下により、1人あたり床面積が上昇するため、民生家庭部門のCO₂排出量は増加するが、高齢化による自動車分担率の低下やトリップ頻度の減少が起るため、旅客交通部門のCO₂排出量が削減され、さらに、戸建て住宅比率が高まるため住宅建設・廃棄段階のCO₂も削減される。その結果、全体としては2005年に対して4%のCO₂が削減されている。

一極集約シナリオではRC集合住宅の割合が高まるため、住宅建設・廃棄段階や民生家庭部門から排出されるCO₂は増加するものの、公共交通利便性の高い地区への高密度配置により旅客交通部門のCO₂は大幅削減（41%）が達成される。その結果、全体としても12%のCO₂削減が達成される。

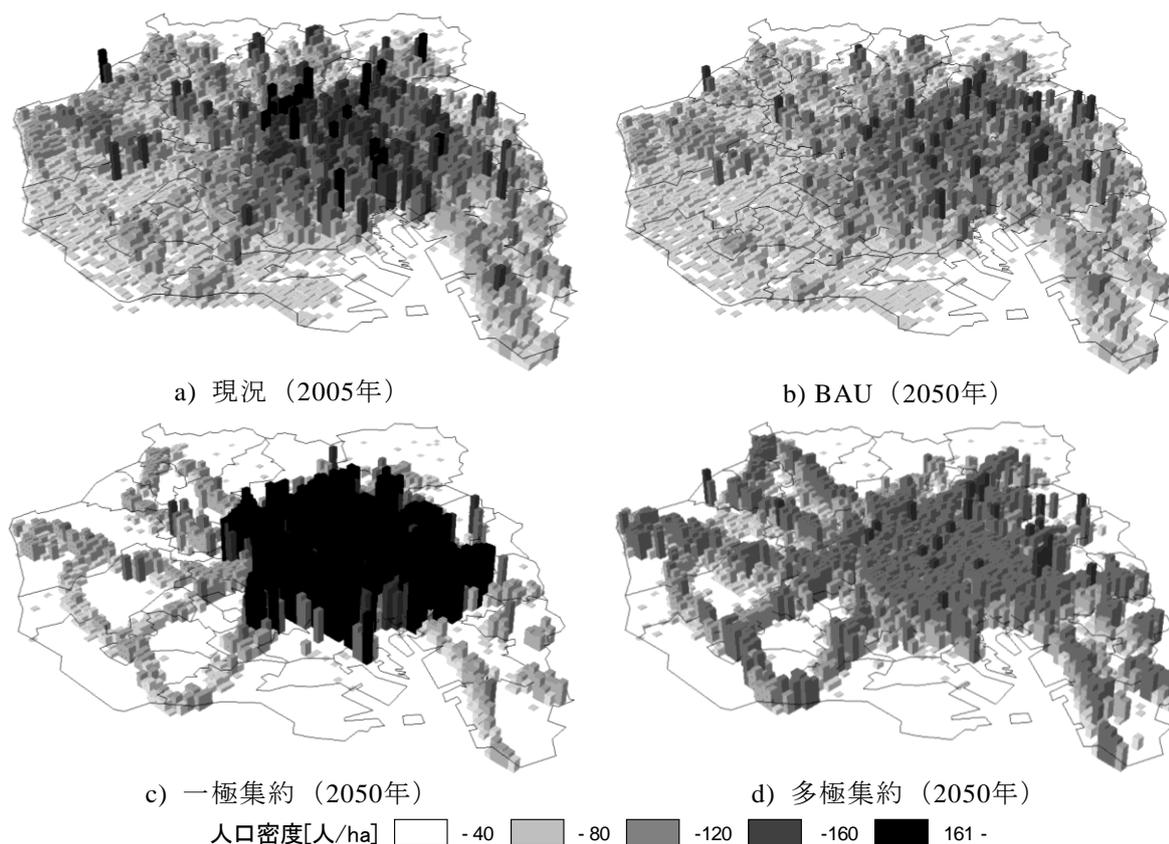


図-13 居住地集約シナリオにおける人口分布

^{注2} パリ市のヘクタール当たりの人口密度は205人（2005年）であり、二大森林を除いた20区の人口密度で見ると247人に達する。東京の中心8区（110平方キロメートル）の人口密度は131人である。

多極集約シナリオでは、戸建て住宅率を保ったまま、駅勢圏に人口を集約することができるため、旅客交通部門と住宅建設・廃棄段階のCO₂を削減することができるが、平均住宅床面積はBAUシナリオと同レベルまで上昇するため、民生家庭部門のCO₂が増加する。その結果、全体としては6%の削減にとどまる。

2) モーダルシフト施策の検討

公共交通のサービス水準向上によって、モーダルシフトに伴うCO₂排出量削減効果が期待される。その効果を分担率モデルの説明変数であるアクセシビリティ（AC）指標の増加を通じて、分析した。シナリオを表-4に示す。運行頻度向上シナリオでは、運行本数の増加が利用者の待ち時間を減らすことで、鉄道沿線地区を中心としてAC指標が増加する。一方、施設集約シナリオでは、駅から目的地までの移動距離が減少するため、鉄道沿線地区のAC指標の増加につながる。（逆に郊外地区は低下する。）分析結果を図-15に示す。両シナリオともに、BAUに対して1～2%の削減に留まっており、施策の単独実施では微小な効果しか期待できない結果となった。

表-4 評価対象となる交通施策

	設定
運行頻度上昇シナリオ	都市圏全域の鉄道運行頻度2割増加
施設集約シナリオ	駅勢圏（800m圏）外の地区の施設立地量を0にし、それらの合計値を駅勢圏に均等分布して加算する。これにより、目的地となる施設（オフィスと商業地）を駅勢圏に集約。

3) 住宅の長寿命化対策の検討

住宅寿命が現況に比べて10%伸びた場合、および20%伸びた場合のCO₂排出量削減効果について分析した。分析結果を図-16に示す。なお、BAUにおける住宅寿命は、既往研究のデータを基に住宅寿命の期待値を算出し、木造戸建住宅で55.78年、RC集合住宅で45.34年と設定している。住宅建設・廃棄段階のCO₂排出が削減されるため、20%の長寿命化で、BAUに対して3%のCO₂排出量が削減される結果となった。

4) 施策の複合効果の検討

個別の施策では、目標として設定した、CO₂排出量の20%削減を達成することができなかつたため、上記の3種類の施策を複合する効果を検討した。ここでは、一極集約型と多極集約型への居住地の集約に加えて住宅寿命の20%延長と施設集約を複合した、「一極複合シナリオ」と「多極複合シナリオ」を検討した。分析結果を図-17に示す。両シナリオともに、20%削減には届かなかったものの、18%程度削減される結果となった。居住地集約と交通施策を同時に実施する場合、個別の効果の和よりも増加しており、複合効果が現れている。

次に、各シナリオにおける、市街地維持費用とQOLへの影響を調べた。

各シナリオにおける、1人あたり市街地維持費用への影響を図-18に示す。BAUシナリオにおいては、人口減少により、26%上昇することになるが、都市域を集約すれば、郊外のインフラを撤去できるため、一極集約シナリオでは44%、多極集約シナリオでも19%の削減が可能となる。

各シナリオにおける、年齢階層・性別のQOLへの影響を図-19に示す。BAUでは、1人あたり床

面積が上昇し、現況のトレンドを維持したとしても洪水リスクの高い西部地区からの転出が進むため、QOLは上昇する。一極集約シナリオでは、アクセシビリティは改善されるものの、1人あたり床面積が低下し、地震リスクの高い都心部に人口が集中するため、QOLは低下する。一方、多極集約シナリオでは、現状が維持される結果となった。

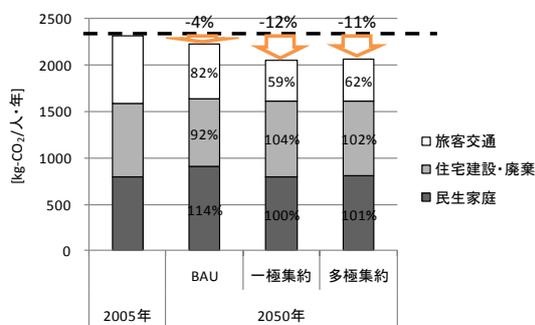


図-14 居住地集約によるCO₂削減効果

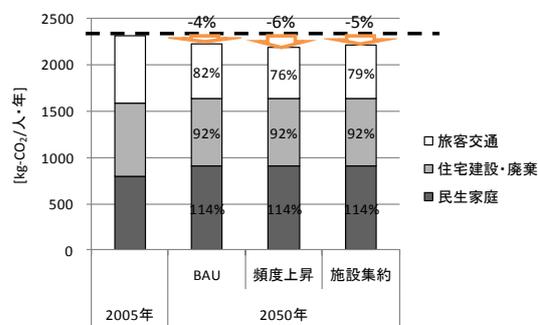


図-15 公共交通利便性向上によるCO₂削減効果

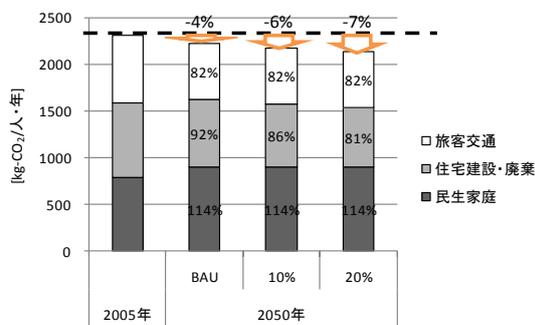


図-16 住宅の長寿命化によるCO₂削減効果

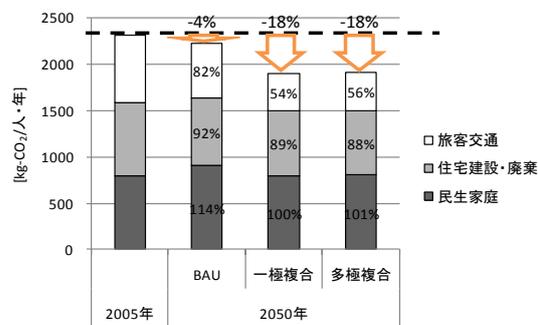


図-17 複合政策によるCO₂削減効果

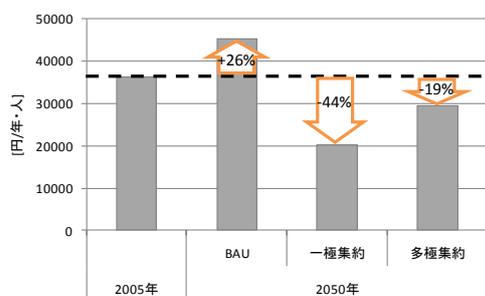


図-18 都市空間構造改編による市街地維持費用の変化

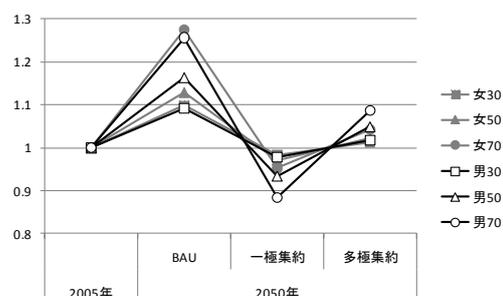


図-19 都市空間構造改編によるQOL指標の変化

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究では、地球温暖化の視点を含むTBLの3要素を考慮した分析を詳細地区単位で行うことで、日本の国土・都市の特徴に合った低環境負荷型都市構造を見出すという先進的研究である。具体的には、市街地を環境（CO₂）・経済（インフラ維持費用）・社会（QOL）の「トリプル・ボトムライン」の観点から経年的に詳細なメッシュレベルで定量評価するシステムSURQUASを構築した。SURQUASでは、都市を対象に都市空間構造とCO₂発生量との関係を、詳細な空間単位で分析可能である。しかも、同時にQOLや市街地維持費用の分布までも評価できる点は他に例を見ない。

名古屋都市圏を対象とし、市街地の範囲が現状（2005年）のまま変化しないものとして2050年までの推計を行った。その結果、TBLの空間分布からは郊外部がいずれの観点からも非効率となること、鉄道沿線部と都心部への都市域の縮退が環境・社会・経済の3要素を考慮した上での効率的な都市空間構造の1つであることを明らかにした。また、郊外部や洪水危険地区の非効率性が明らかとなると同時に、都心部も、1人あたりCO₂が大きいことが示された。さらに、気候変動に伴い、洪水リスクによるQOL低下・費用増加が顕著であることから、洪水危険地帯からの撤退や防災インフラの完備が第一に検討される必要があることを示した。

居住人口を環境効率の悪い地区から駅勢圏に集約し、交通政策・住宅政策を組み合わせることによって現在よりもCO₂排出量が20%削減可能であることを示した。

(2) 地球環境政策への貢献

- ・「国際シンポジウム“低炭素型都市をつくる ー科学と政策の架け橋ー”」（平成21年2月16日～18日、メルパルク名古屋、名古屋大学）において、林が基調講演を、加藤が発表を行った。
- ・「沖縄EST創発セミナー」（平成20年9月、那覇市）にて基調講演・パネリスト（加藤）
- ・名古屋市地球温暖化防止行動計画の改定や、豊田市地球温暖化防止計画の策定に参画し、今後の交通政策と土地利用マネジメントの必要性を盛り込んだ。

6. 引用文献

- 1) Sustainability社：<http://www.sustainability.com/>
- 2) UNCSO : Indicators of Sustainable Development: Guidelines and methodologies、2001.
- 3) 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル（案）、2005.

7. 国際共同研究等の状況

世界交通学会SIG1（土地利用と交通特別分科会）において、縮退策の検討や実施が先進的であるドイツをはじめとした各国の研究者と意見交換を行った。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 鈴木祐大, 加知範康, 戸川卓哉, 柴原尚希, 加藤博和, 林良嗣：環境・経済・社会のトリプル・ボトムラインに基づく都市域の持続可能性評価システムの構築, 地球環境研究論文

集, Vol.17, pp.93-102, 2009.

- 2) 戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣: 空間競争モデルを用いた人口減少・少子高齢化に伴う商業立地量変化の予測と流通費用への影響評価, 都市計画論文集, No.44-3, pp.775-780, 2009.
- 3) 小瀬木祐二, 戸川卓哉, 鈴木祐大, 加藤博和, 林良嗣: 大都市圏スケールでのインフラ維持管理・更新費用の将来推計手法の開発, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, 2010. (in press)

<査読付論文に準ずる成果発表> (社会科学系の課題のみ記載可)

なし

<その他誌上発表(査読なし)>

(2) 口頭発表(学会)

- 1) N.Shibahara, N.Goto, H.Kato, Y.Hayashi: A System for Estimating Life Cycle Environmental Load from Urban Areas Based on Using the Detailed Land Use Data – An Analysis of the Urban Shrinking Policy –, Proceedings of The 8th International Conference on EcoBalance, pp.261-264, 2008.
- 2) 後藤直紀, 柴原尚希, 加知範康, 加藤博和: 都市域縮退策による環境負荷削減可能性検討のための推計システム, 第16回地球環境シンポジウム講演集, pp.97-102, 2008.
- 3) 鈴木祐大, 川添豊, 柴原尚希, 加藤博和: 都市域を対象とするライフサイクル環境負荷・維持コスト・QOL推計システムの構築, 第4回LCA学会研究発表会講演要旨集, pp.102-103, 2009.
- 4) 鈴木祐大, 柴原尚希, 川添豊, 加藤博和, 林良嗣: 都市域を対象とするライフサイクル環境負荷・維持コスト・QOL推計システムの基礎的検討, 平成20年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2009.
- 5) 川添豊, 戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣: 都市域の環境・財政・QOL指標のミクロレベルでの推計に基づく持続可能な都市空間導出の方法論, 平成20年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2009.
- 6) 鈴木祐大, 加知範康, 戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣: 都市域の持続可能性評価システムの開発, 日本環境共生学会2009年度学術大会発表論文集, pp.126-131, 2009.
- 7) 戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣: 都市域における住宅地価とQOL指標との関係分析, 社団法人日本不動産学会平成21年度秋季全国大会(第25回学術講演会)論文集, pp.79-84, 2009.
- 8) 戸川卓哉, 加藤博和, 鈴木祐大, 林良嗣: 地球環境制約を前提としたバックキャストイング・アプローチによる都市空間構造導出手法, 土木計画学研究・講演集, Vol.40, CD-ROM(20), 2009.
- 9) 小瀬木祐二, 戸川卓哉, 鈴木祐大, 加藤博和, 林良嗣: 都市域におけるインフラの維持管理・更新費用の将来予測手法, 土木計画学研究・講演集, Vol.40, CD-ROM(P6), 2009.
- 10) Takuya TOGAWA, Noriyasu KACHI, Yuta SUZUKI, Hirokazu KATO, Yoshitsugu HAYASHI: SURQUAS (Smart Urban area Relocation model for sustainable QUALity Stock): Evaluation of Urban Configuration from the Viewpoints of Society, Economy and Environment, WCTRS-SIG11 International Symposium Nagoya 2009 "Transport and Climate Change (TraCC) - Recommendation from WCTRS to COP15 and Beyond -", pp.184-185, 2009.
- 11) 小瀬木祐二, 戸川卓哉, 鈴木祐大, 加藤博和, 林良嗣: 都市持続可能性評価のための環境負荷・インフラ維持費用・QOL算定システムの大都市圏への適用, 平成21年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.353-354, 2010.
- 12) 後藤良太, 戸川卓哉, 加藤博和, 加知範康, 林良嗣: 気候変動による水害リスク変化を考慮した適応政策の評価方法, 平成21年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.383-384, 2010.
- 13) 西岡直樹, 加藤博和, 戸川卓哉, 西野慧, 林良嗣: 出退店ダイナミズムを組み込んだ大規模商業施設立地モデル, 平成21年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.417-418, 2010.
- 14) 小瀬木祐二, 戸川卓哉, 鈴木祐大, 西野慧, 加藤博和, 林良嗣: 大都市圏レベルでの低炭素型空間構造検討のためのライフサイクルCO2推計システム, 第5回日本LCA学会研究

発表会講演要旨集, pp.130-131, 2010.

- 15) 戸川卓哉, 小瀬木祐二, 鈴木祐大, 加藤博和, 林良嗣: 環境・経済・社会のトリプル・ボトムラインに基づく都市持続性評価システム, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, CD-ROM(27), 2010.
- 16) 西岡直樹, 加藤博和, 戸川卓哉: 出退店ダイナミズムを組み込んだ大規模商業施設立地モデル, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, CD-ROM(315), 2010.
- 17) Takuya TOGAWA, Noriyasu KACHI, Yuta SUZUKI, Hirokazu KATO, Yoshitsugu HAYASHI : AN INTRODUCTION TO URBAN SUSTAINABILITY EVALUATION SYSTEM “SURQUAS” (SMART URBAN AREA RELOCATION MODEL FOR SUSTAINABLE QUALITY STOCK), The 12th World Conference on Transport Research, 2010. (in press)

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

「持続可能な国土・都市戦略に関するワークショップ」を開催（平成20年4月13日、名古屋大学）

(5) マスコミ等への公表・報道等

日本経済新聞（2010年5月27日、全国版、朝刊23面、林良嗣執筆記事「コンパクトシティーを考える（下）―農村・小都市にも適用を」として本研究の成果が掲載された。）

(6) その他

なし

H-072 持続可能な国土・都市構造への転換戦略に関する研究

(2) 都市圏土地利用戦略の詳細検討

香川大学

工学部 安全システム建設工学科

土井健司

<研究協力者>

名古屋大学 エコトピア科学研究所

奥田隆明

香川大学 工学部

紀伊雅敦

平成19～21年度合計予算額 7,994千円

(うち、平成21年度予算額 2,520千円)

※予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 本研究では、都市交通の低炭素化、市民生活の利便性向上、公共交通の採算性向上という3つの価値規範から持続可能な都市交通政策を立案するためのヴィジョニングモデルを構築し、全国269の都市雇用圏での分析に基づき、望ましい都市の「かたち」を実現するための土地利用・交通の統合戦略を検討している。その結果、CO₂削減の取り組みが利用者便益の向上や公共交通の採算性向上にも寄与しうることを検証した。また、高松都市圏における詳細分析の結果、多核連携型の都市構造の実現によって、現状の都市構造よりも1.6倍のCO₂排出削減が可能となることを示した。また、市民生活の利便性の観点からは、多核連携型よりもコリドー型の都市構造において利用者便益が増加することが捉えられた。

加えて、都心をはじめとする集約拠点への再集積を促すための方策を検討するために、詳細レベルおよび都市圏レベルの土地利用モデルを開発した。

詳細土地利用モデルでは、ヴィジョニングモデルと同じ1km²グリッドの空間解像度をもつマルチ・エージェント型の土地利用モデルを構築し、居住誘導を促すための交通戦略、エリアマネジメント手法、それを財務的に可能とするビジネスモデルをグリーンBIDとして提案した。

また、都市圏レベルでは、CO₂排出量を削減するためには集約拠点への居住誘導と同時に、新しいライフスタイルを支えるインフラへの投資が必要である。そこで、その妥当性を評価するため、便益計測モデルを開発した。モデルを名古屋都市圏に適用し、名古屋市営地下鉄4号線を対象にした便益計測を実施した。分析の結果、CO₂排出削減目標が厳しくなるに従って都心部や鉄道サービス水準の高い地域に人口を集約させる必要があり、これに伴って名古屋市営地下鉄4号線のような都心部における鉄道投資の便益が次第に大きくなることが明らかにされた。

[キーワード] ヴィジョニング、クロス・アセスメント、コリドー、ポーモル・オーツ税、バックキャスト

1. はじめに

低炭素社会への転換が焦眉の課題とされる中で、わが国においても都市の土地利用政策と交通

政策とを一体的に捉える統合アプローチの必要性が認識されるようになった。土地利用・交通政策における統合アプローチを推奨するA.D.メイの「意思決定者のガイドブック」¹⁾によれば、意思決定へのアプローチは計画主導型（Plan-led）、コンセンサス主導型（Consensus-led）、およびビジョン主導型（Vision-led）、の3つのタイプに大別される。欧州等では、土地利用と交通との統合戦略を考えるにあたってビジョン主導型のアプローチが重視されているが、日本においては計画主導型と合意形成主導型の組み合わせがほとんどであり、第3のアプローチであるビジョン主導型が未だ機能していない。その結果、政策間の相互補完や相乗効果を生み出すための統合アプローチが講じられていない。

今日の低炭素社会や超高齢社会という社会の境界条件の変化に対応していくためには、QOLの維持向上という明確な社会目的の下で、ビジョン主導型のアプローチとコンセンサス主導型のアプローチを併用しながらソリューションを見出すことが求められる。本研究では、こうしたアプローチを「ビジョニング」と位置付ける。ビジョニングとは、異なる価値規範を対立・相克させることなく、それらを調和させ全体知を生み出すための作業である。この作業によって、多様なアクターがそれぞれの立場から持続可能な都市の「かたち」を理解することが可能となり、その実現に向けて地域の力を結集するための統合アプローチの重要性が理解される²⁾。本研究は、そうした統合アプローチを実現するための分析手法を提供するものである（図-1）。

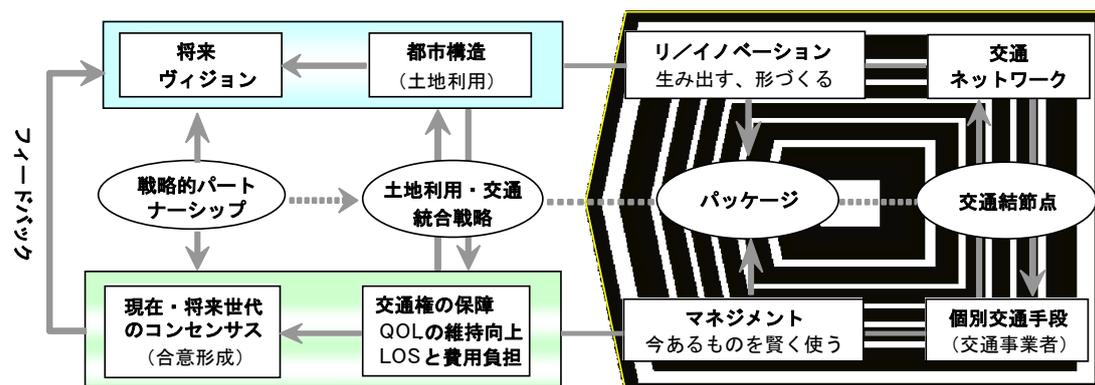


図-1 ヴィジョニングと統合アプローチの考え方

2. 研究目的

本研究は、都市交通の低炭素化、市民生活の利便性向上、公共交通の採算性向上という3つの視点から、持続可能な都市交通政策を立案するためのビジョニングモデルを構築し、全国の都市圏に適用するとともに、望ましい都市の「かたち」を実現するための統合的な土地利用・交通の戦略を検討することを目的としている。本研究で提案するビジョニングモデルとは、図-2に示すように各々の価値規範の追求が、他の規範の達成に及ぼす影響をクロス・アセスメントし、超克の可能性を探る方法論である。

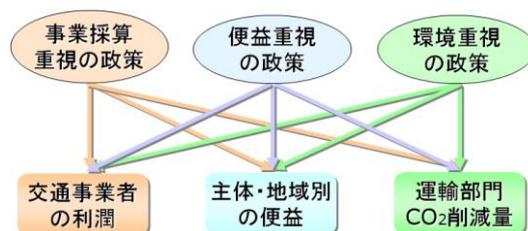


図-2 ヴィジョニングモデルの考え方：3つの価値規範の下でのクロス・アセスメント

本研究では、ヴィジョニングモデルを用いて「CO₂排出量の最小化」、「市民の社会的純便益の最大化」、「交通事業者の利潤最大化」という3つの規範が相克するものではないこと、すなわちCO₂削減の取り組みが利用者便益の向上や公共交通の採算性向上にも寄与しうることを検証することを第一の課題と位置付ける。また、このモデルを自動車依存度の高い地方都市圏での詳細分析に適用し、コリドー型や多核連携型などの具体的な市街地像の実現によって期待される環境改善効果を分析することを第二の課題とする。

加えて、都心をはじめとする集約拠点への再集積を促す方策を検討するために、詳細レベルおよび都市圏レベルの土地利用モデルを開発する。

詳細レベルでは、環境資源の浪費、災害リスクの拡大、および過剰な財政支出の増大を生み出してきた拡散的な土地利用の見直しが急務とされることから、開発密度と用途間の相互作用を内生化した詳細土地利用モデルを開発し、土地利用・交通戦略が市街地の形態、開発密度、居住者の効用（QOL）、地価等に及ぼす影響についても分析を行う。

また、都市圏レベルでは、CO₂排出量を削減するためには集約拠点への居住誘導と同時に、新しいライフスタイルを支えるインフラへの投資が必要であるが、その便益計測が可能なモデルを開発する。さらにこのモデルを援用したバックキャスティングに基づく便益計測方法を提案し、名古屋都市圏に適用する。

3. 研究方法

(1) 都市交通のヴィジョニングモデルの構築

都市のコンパクト化によるCO₂削減効果を計測するさまざまな研究^{3) -10)}が存在するが、その多くはコンパクト化に伴う交通機関毎のLOS(Level Of Service)変化の考慮が不十分であり、土地利用・交通の統合政策の検討には限界がある。本研究は、図-3に示す269の都市雇用圏¹¹⁾を対象として、交通行動を簡略化しつつも都市圏毎の交通LOS (Level Of Service) を内生化した都市交通モデル（図-4）を作成し、都市のコンパクト化と公共交通政策が持続可能性に関わる複数の評価指標に及ぼす影響のクロス・アセスメントを実施し（図-5）、各戦略のアウトカムおよびその地域分布を俯瞰的視点から評価するとともに、従来の議論では不明確であった都市のコンパクト化がCO₂排出削減に効果を持つための条件を検討する。

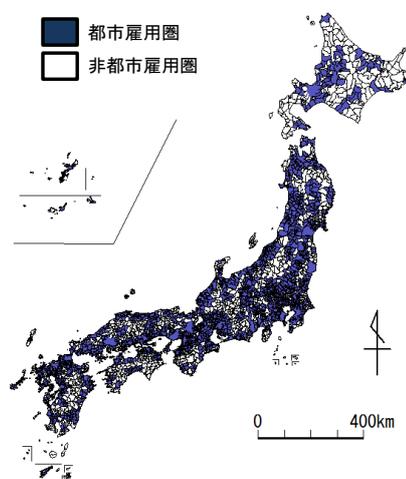


図-3 都市雇用圏の設定

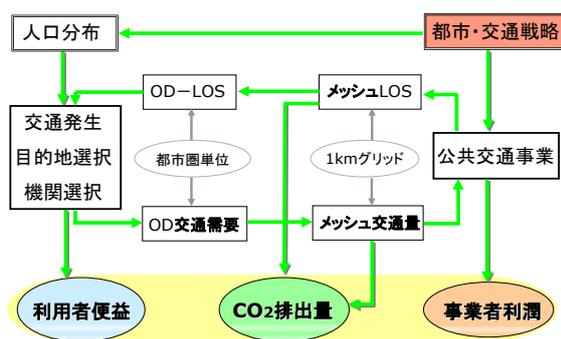


図-4 都市交通戦略分析のモデルフレーム

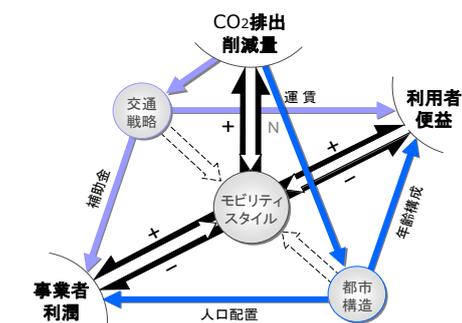


図-5 クロス・アセスメントの考え方

○アクターの定義と概念フレーム

ヴィジョニングモデルのアクターとして公共交通事業者、利用者および政府の三者を考え、各アクターの行動を以下のように想定する。

事業者

人口配置および運賃、運営補助等は政策的に所与として、利潤が最大になるよう公共交通（鉄道・バス）のLOSを決定する。

利用者

公共交通の運賃およびLOSを所与として、移動に要する一般化費用が最小となる交通機関（自動車、鉄道、バスおよび徒歩・自転車）を選択する。

政府

交通戦略を策定し、その実行に必要な財源を事業者に補助するとともに、人口の配置を誘導する。

なお、本稿では、持続可能性の3つの要素である経済・社会・環境といった基礎的な価値規範を想定し、それらに基づき次の3つの交通戦略目標を設定する。

- ① 公共交通に関わる事業者利潤の最大化（PM：Profit Maximization）
- ② 利用者便益と交通事業収支の和（社会的純便益）の最大化（NBM：Net Benefit Maximization）
- ③ 都市交通起源のCO₂排出量の最小化（CO₂）

図-5は、ヴィジョニングモデルにおける各アクターの位置づけを記し、政府がコントロールする交通戦略や都市構造の下での、事業者と利用者の両者の行動を介した都市のモビリティスタイルの決定メカニズムを抽象化し表したものである。交通戦略と対応付けると、利潤最大化は事業者の採算性を重視するものであり、社会的純便益の最大化は主に利用者便益を重視した目標となる。CO₂排出量最小化（以下、CO₂最小化と省略）は現時点では政府のコミットメントであり、利用者、事業者のメリットとは直接は無関係である。しかし、各戦略目標は全てのアウトカム指標に影響を及ぼす。すなわち、個別の価値規範の追求が他の規範の達成に及ぼす影響をクロス・アセスメントするという視方向が必要であり、本研究のヴィジョニングモデル開発はそれを具体化する試みである。

さらに、自動車依存度の高い地方中核都市として香川県の高松都市圏をとりあげ、図-6に示すような段階的な都市構造シナリオを設定した上で、都市構造の違いがCO₂排出量および利用者の便益、公共交通事業者の利潤に及ぼす影響を詳細に分析する。

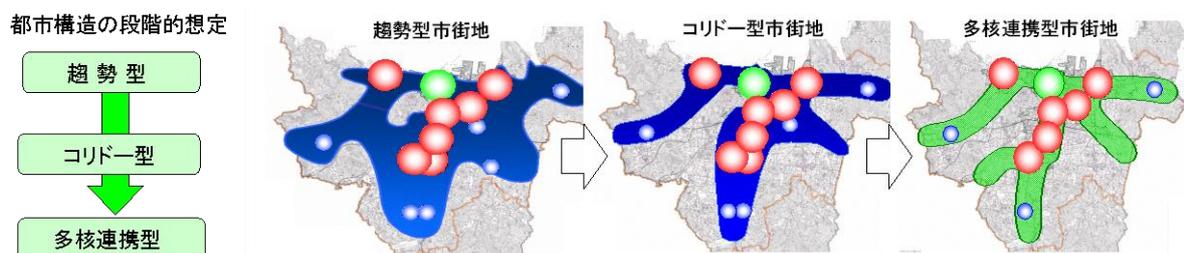


図-6 都市交通戦略分析のモデルフレーム

(2) 詳細土地利用モデルによる集約拠点への再集積方策の検討

既往研究においては、都市間の比較や交通モデルを用いた比較的単純な手法によって、都心高密度の優位性を論じたものが多い。しかし、コンパクトシティのその他の特徴、土地利用および社会階層の混合がもたらす効果はほとんど分析されていない。本研究は多様な主体間の相互作用を組み込んだマルチ・エージェント型土地利用モデルを用いて、こうした効果の把握を試みるものである。なお、既往の都市モデルや土地利用・交通モデルにおいても、都市経済学的アプローチを援用し、集積の効果を外部経済として表現したのが見られる。しかし、高密度とミクスト・ユースの効果を同時に表現したものは見られない。

本研究では、応用都市経済学モデルの枠組みを拡張し、1) 世帯の買物行動を介した居住立地と商業立地の相互作用、および、2) 居住立地や買物行動への周辺土地利用の影響、の表現を試みる。また、世帯と商業主体を、それぞれ複数のタイプに区分した上で、同種の主体タイプ間の相互作用および異種の主体タイプ間の相互作用を表現する。これにより、土地利用混合の正負の影響を多面的に捉えることを可能とする。

主体間の相互作用の影響は、主としてCA (Cellular Automaton) モデルにおいて分析されてきているが、既往のモデルは、1つの主体 (エージェント) が1つの空間を占有する状況を表わすに過ぎず、密度の表現機能を持たないものが多い^{12) -16)}。近年では、Yeh and Li¹⁷⁾ など、開発密度を考慮した研究も見られるが、都心からの距離に応じた密度の低減構造をアприオリに設定しており、限定された条件下での表現にとどまっている。

本研究で構築する土地利用モデルは、開発密度を内生化した上で、土地利用用途間の相互作用を表現している点に方法論的特徴を有する。これによって、政策分析機能の拡張を可能としている。

(3) バックキャストिंगに基づく鉄道投資の便益評価

これまで都市鉄道の便益計測のために開発されてきた土地利用モデルをベースにしなが、CO₂ 排出制約下での便益計測を行う新しい土地利用モデルを開発する。モデルの全体構成を図-7 に示す。このモデルでは、通勤者の居住地選択及び消費を記述すると同時に、土地サービス市場で決定される価格を内生的に求める。また、ポーモル・オーツ税を組み込み、CO₂ 排出削減目標を達成するようにその税率を決定する。さらに、CO₂ 排出制約下での鉄道投資が通勤者と土地所有者に与える影響を把握し、これを貨幣換算することによって鉄道投資の社会的便益を評価できるものとする。

このモデルを用いて、バックキャストिंगに基づいて鉄道投資の便益評価を行う方法を提案する。従来、鉄道投資の便益評価は現在の状況から将来の状況を考えるフォアキャストिंगの考え方に基づいて行われてきた。しかし、それぞれの都市や部門では将来に渡る明確なCO₂排出削減目標を定めた上で、これを積極的に達成することが求められるとすると、鉄道は自動車に比べCO₂排出量が少なく、厳しいCO₂排出削減目標を達成しなければならない将来の状況において、さらに有効な交通手段になると予想される。そこで本研究では、通勤交通部門において将来に渡るCO₂排出削減目標を定め、これを達成するためにはいかなる取組みが必要かというバックキャストिंगの考え方に基づいて都市鉄道の便益評価を行う。

本研究では図-8に示すような2つのステップを考える。最初のステップでは、通勤交通に伴うCO₂排出削減目標を達成するために、通勤交通をどのように変更する必要があるかを考える。削減目標達成には多くの方法が考えられるが、環境経済学の成果として、汚染排出1単位に均一な課税（ボーマル・オーツ税）を行えば、社会的最小費用で目標を達成できることが明らかにされている。そのため、本研究ではこのボーマル・オーツ税を通勤交通に導入して削減目標を達成することを考えることにする。

次のステップでは、通勤交通部門においてCO₂排出削減目標を達成することを前提とした場合、都市鉄道への投資がどのような便益を発生させるかを考える。ボーマル・オーツ税が導入されるとCO₂排出量の多い自動車交通には多くの課税が行われるため、通勤交通の手段はCO₂排出量の少ない鉄道へと変更される。しかし、鉄道サービスが供給されない地域では、これによって通勤条件が悪化することになる。また、遠距離通勤には相対的に多くの課税が行われるため、これらの地域でも通勤条件が悪化する。このように、ボーマル・オーツ税が導入されると多くの通勤者にとって通勤条件は悪化することになる。しかし、これらの地域においても鉄道投資によってCO₂排出量の少ない鉄道サービスの供給が行われれば、ボーマル・オーツ税の導入による影響を緩和することができる。つまり、こうした影響の緩和効果を便益として計測すれば、鉄道投資の便益が計測できることになる。

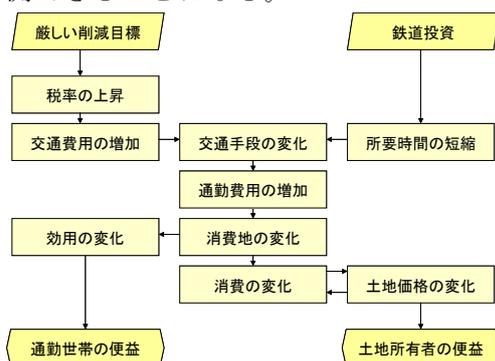


図-7 モデルのフロー

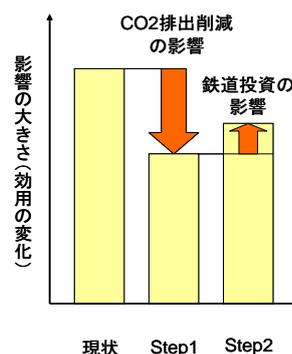


図-8 鉄道投資の便益計測

4. 結果・考察

(1) 都市交通のビジョニングモデルの構築

1) 交通戦略と都市構造変化のインパクト分析

a 全国での推計結果

本節では、前章に示した3種の交通戦略目標と2種の都市構造シナリオの下で達成しうる交通事

業収支、利用者便益およびCO₂排出量を推計し比較する。

まず、各メッシュの公共交通LOSを2000年に固定したBAU（Business as Usual）ケースと3つの戦略目標の下でのCO₂排出削減量（2000年排出量との差）の違いを図-9に示す。ここでNBM、PM、CO₂はそれぞれ社会的純便益最大化、利潤最大化、CO₂排出量最小化の戦略目標を指す。ここで言う社会的純便益とは、利用者便益と交通事業収支の和を意味する。推計結果を見ると、都市構造と公共交通LOSが2000年と同等の「2030年趨勢・BAU」でも、人口減少、高齢化を受けて、CO₂排出量は5百万トン弱削減されている。コンパクトシナリオでは排出量はさらに削減され、いずれの戦略でも趨勢シナリオより百万トンほど削減量が多い。ケース間を比較すると、当然のことながらCO₂最小化戦略の削減量が最も多いが、PMもBAUより削減されている。一方、NBMはBAUとほぼ同等であり、全国平均でみると公共交通のLOS改善はCO₂削減に必ずしも寄与しない結果となっている。

次に、公共交通事業収支を図-10に示す。ここで現状は2000年の推計値を表す。BAUでは交通需要の減少を反映し大幅な赤字だが、PMでは赤字幅は大きく縮小する。CO₂戦略でも赤字幅は大きく縮小するが、これは需要密度の低い地域で供給を削減するためである。また、図-11は2000年（現状）を基準として公共交通事業の収支の改善額を示したものである。この結果より、PM戦略のみならずCO₂戦略においても、BAUやNBM戦略に比べて大幅な収支の改善が図られることが読み取れる。さらに、図-9と図-10の結果を合成し、戦略毎のCO₂削減量と公共交通事業収支との関係を都市構造シナリオ別に示したものが図-12である（横軸および縦軸の値はそれぞれBAUとの差を示す）。この図から、3つの戦略目標のアウトカムの相互の関係が理解される。

各ケースの利用者便益を図-13に示す。ここでは2000年のLOSを基準ケースとする。図より、戦略のアウトカムの傾向は両シナリオとも同様であり、NBM戦略は正の高い値、PM戦略は負の値を示している。また、NBM戦略だけでなくCO₂戦略においてもBAUよりも高い便益が推計されている。すなわち、現在のLOSを維持するよりもCO₂を最小化するLOSの方がより高い便益を与えることがわかる。また、都市構造によるアウトカムの違いに着目すると、コンパクト化シナリオにおいて全ての戦略での利用者便益が趨勢型よりも小さいという結果が得られている。図-12と同様、図-9と図-13の結果を合成し、都市構造シナリオと戦略毎のCO₂削減量と便益との関係を図-14に示す。

以上の結果は次のように要約される。

- ① CO₂最小化戦略は公共交通事業収支の改善および利用者便益の若干の向上に寄与しうる。
- ② 利潤最大化戦略はCO₂排出量の削減に寄与するが、利用者便益を低下させうる。
- ③ コンパクト化はCO₂排出量の削減に寄与するが、利用者便益を低下させうる。

上記の①および②から、利潤最大化戦略とCO₂最小化戦略は互いに正の影響を及ぼすといえる。したがって、CO₂排出量の効果的な削減を図る上では「環境投資が経済発展を促す」との認識を醸成しつつ、事業者の利潤動機を高めるといった複合戦略が望まれる。その際に、CO₂最小化戦略においては利用者便益の向上が期待されるが、利潤最大化戦略は利用者便益を損なうというトレード・オフ関係が十分に配慮されねばならない。一方、③の結果は従来の見解には見られない。これは本節の分析結果が都市圏ごとの結果の全国集計値であることに起因しており、都市圏ごとに見ると異なる結論が導かれる。次節では都市圏単位の分析結果に基づき、CO₂削減と便益向上とが両立する地域の特徴を明らかにするとともに、都市のコンパクト化がもたらす影響を精査する。

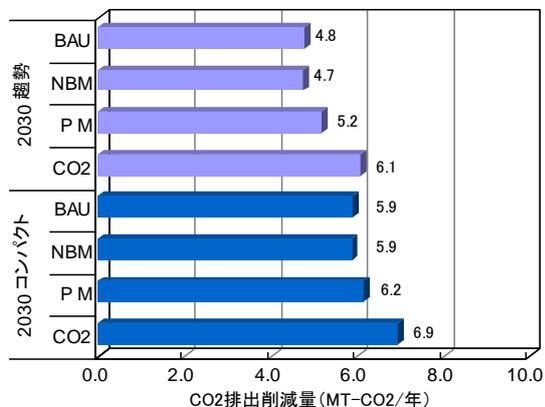


図-9 シナリオ別・戦略目標別のCO₂排出削減量の推計結果 (2000年比)

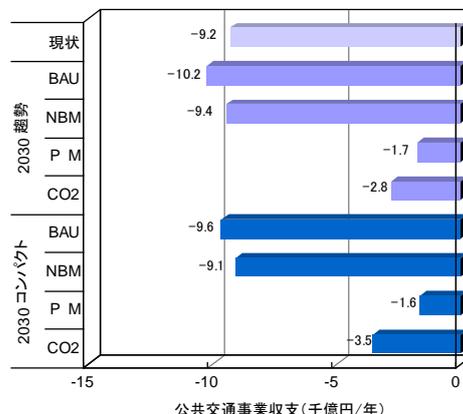


図-10 公共交通事業の収支

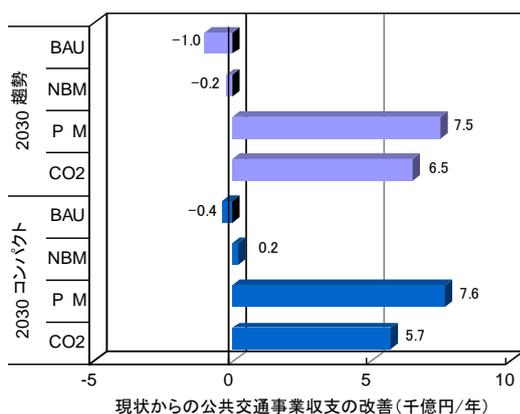


図-11 公共交通事業収支の改善

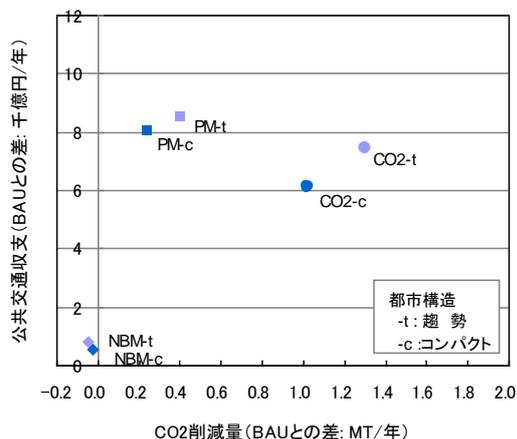


図-12 CO₂削減量と公共交通事業収支の改善

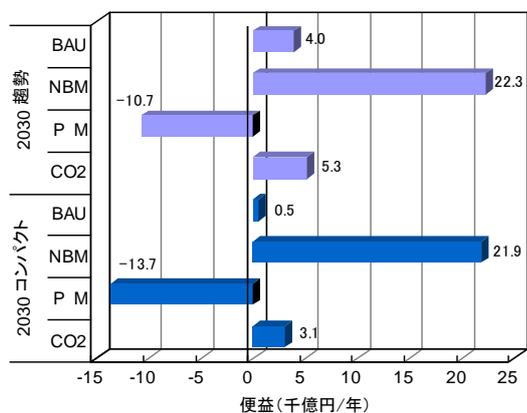


図-13 利用者便益の推計結果

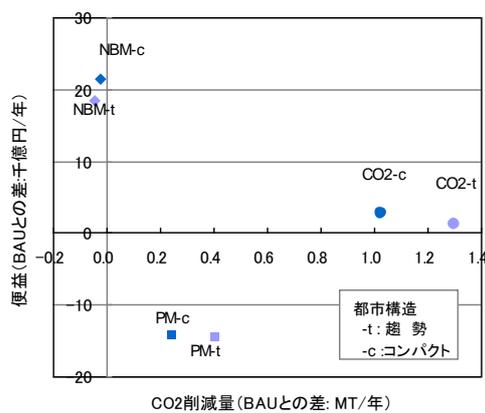


図-14 CO₂削減量と利用者便益

b アウトカムの地域差

本節では、CO₂最小化戦略に焦点をあて、図-3に示す269の地域（都市雇用圏）ごとに推計されたCO₂排出削減量と利用者便益との関係を分析し、都市構造のコンパクト化が有効となる条件を整理する。

図-15はCO₂排出削減量の地域分布を、図-16は利用者便益の地域分布を、趨勢シナリオとコンパクトシナリオごとに表示したものである。また、図-17はそれぞれについてコンパクトシナリオと趨勢シナリオとの差をとったものである。

まずCO₂削減量に着目すると、両シナリオとも大都市圏で大幅な削減がみられる。図-17の左図から大阪圏、名古屋圏ではコンパクトシナリオの削減量が大きいが、東京圏では趨勢シナリオの削減量の方が大きい。これは、東京圏では趨勢シナリオでも十分人口密度が高く、更なるコンパクト化は必ずしも交通量の削減やモーダルシフトをもたらすとは限らないことを示している。

一方、多くの地方都市ではコンパクトシナリオの方がCO₂排出削減量は多い。このためコンパクト化は多くの都市でCO₂排出削減に寄与するが、東京圏および一部の地方都市では必ずしも削減に寄与しない可能性がある。

次に、図-16の利用者便益の分布を見ると、三大都市圏ではいずれのシナリオでも便益は正であり、CO₂削減と便益向上とが両立している。しかし、趨勢シナリオでは多くの地方都市で便益が低下している。これは、人口減少に伴う交通需要密度の低下が公共交通の効率を低下させるため、公共交通の運行を減らし乗用車にシフトする方がCO₂を削減できる可能性を反映している。一方、コンパクトシナリオでは便益が負となる都市圏が相対的に少なく、またマイナスの程度も緩和されている。

図-17のシナリオ間の差に着目すると、CO₂排出削減量の差および便益差がともに正の値を示す都市圏数は123と全体の45.7%を占めている。また、削減量の差が正值、便益の差が負値となる都市圏数は74（27.5%）である。

大都市圏に注目すると、東京・大阪圏ではコンパクトシナリオでの便益が相対的に低く、名古屋圏では高いという傾向が読み取れる。前者においては、公共交通LOSがすでに十分高く、公共交通LOS向上に対する便益の弾力性が低いのにに対し、コンパクト化に伴い混雑地域での乗用車利用の相対的な増加により移動時間が増加し便益向上が抑制されているためと推察される。一方、名古屋では逆にコンパクト化に伴う公共交通LOS向上が混雑費用増加を上回っていると考えられる。なお、三大都市圏以外の便益の合計値は、趨勢シナリオよりコンパクトシナリオの方が高く、図-13に示した全国集計結果（CO₂最小化戦略において、趨勢シナリオの便益 > コンパクトシナリオの便益）は東京、大阪等の大都市圏の混雑費用を反映したものとと言える。

以上整理すると、コンパクト化の効果は都市条件で異なり、東京圏ではCO₂排出削減量、利用者便益に対しても負の効果、名古屋圏ではともに正の効果、大阪圏ではCO₂削減には正、便益に対しては負の効果があると試算された。一方、多くの地方都市ではCO₂最小化戦略をとると便益が低下するが、コンパクト化はその負の影響を緩和する効果があることが示された。このように、地域特性に即した都市・交通政策を検討することで、前節の分析よりも総合的に高いCO₂削減効果と便益改善を達成しうると考えられる。

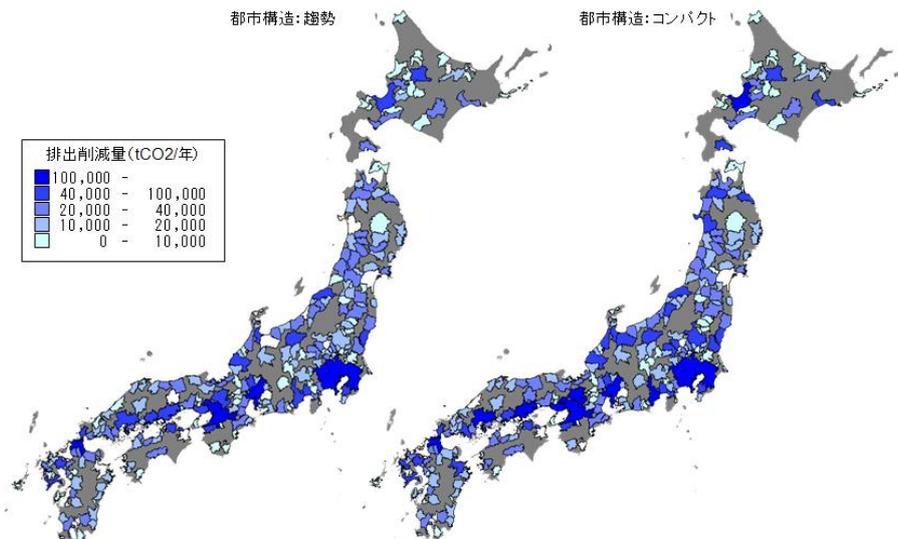


図-15 都市圏別のCO₂排出削減量（趨勢シナリオとコンパクトシナリオ）

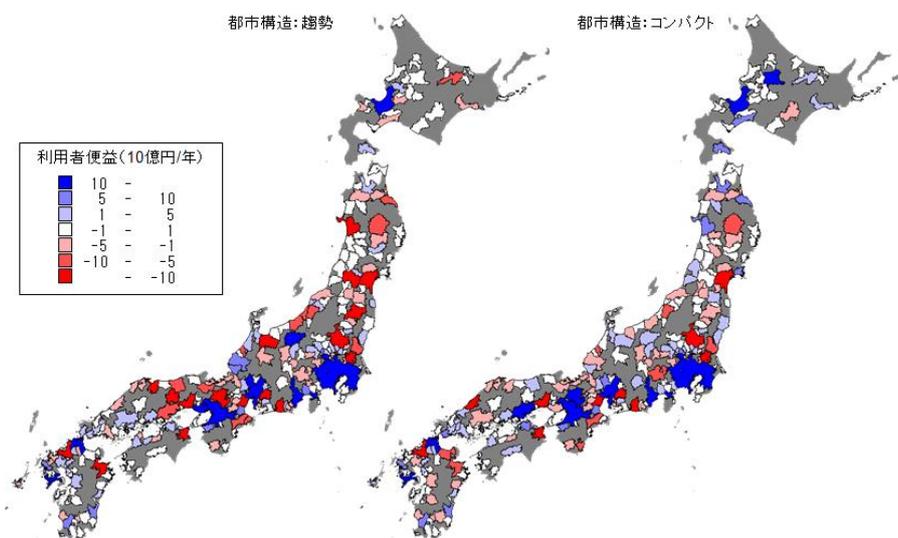


図-16 都市圏別の利用者便益（趨勢シナリオとコンパクトシナリオ）

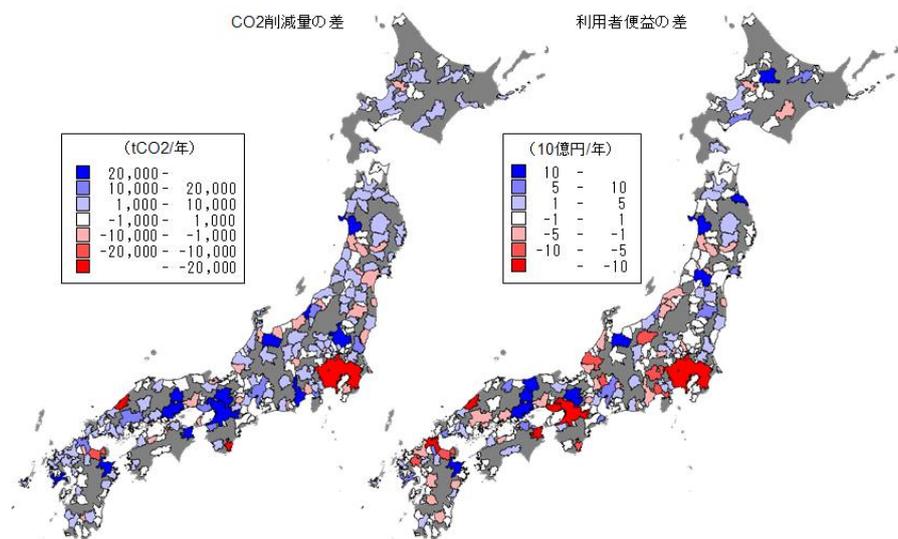


図-17 都市圏別のCO₂排出削減量と利用者便益（コンパクトー趨勢）

ただし、以上の議論は乗用車のメッシュ内LOSを固定的に扱った場合のものである。この想定では、コンパクト化により現在混雑している地域への交通の集中が都市圏の平均的なLOSを低下させる状況は表現できるが、個別のメッシュの混雑が悪化する場合には、その影響は十分捉えられない。一方、道路整備やITSの進展による渋滞の緩和がメッシュ内LOSを改善する状況を想定するならば、東京、大阪などの大都市圏においてもコンパクト化が便益を向上させるとの結果が期待される。

2) コリドーおよび多核連携型の都市構造シナリオに関する詳細分析

a 都市構造シナリオの設定

都市圏毎のアウトカムの比較に基づき、1) CO₂最小化戦略は大都市のCO₂削減と便益向上を両立させるが地方都市では両立させにくい、2) コンパクト化は地方都市のCO₂削減と便益向上の両立可能性を高める、3) 大都市のコンパクト化は混雑を悪化させCO₂排出削減量、便益を低下させる、などの結果を示した。これらの結果は、都市の人口規模や土地利用特性に応じた都市・交通の統合戦略の重要性を示唆している。

こうした留意点の下に、香川県、特に高松都市圏を対象とした都市圏土地利用の詳細分析を実施した。香川県の都市計画区域マスタープランで示された将来都市構造は、今日の拡散的な市街地の広がりから、公共交通を軸とする一次元的な集約であるコリドー、そして点を結ぶ線的な集約の多核連携型へと段階的な移行（シナリオ）を想定している。

分析にあたっては、次の5つのシナリオを設定し、その影響を捉えた。

- ① 趨勢型：現在の人口配置が維持される
- ② コリドー型（1）：コリドーエリアへ周辺地域から人口を10%再配置
- ③ コリドー型（2）：コリドーエリアに20%再配置
- ④ 多核連携型（1）：3層の集約拠点（40エリア）内に人口を再配置
- ⑤ 多核連携型（2）：人口高密度地域（10人/ha以上）に人口を再配置

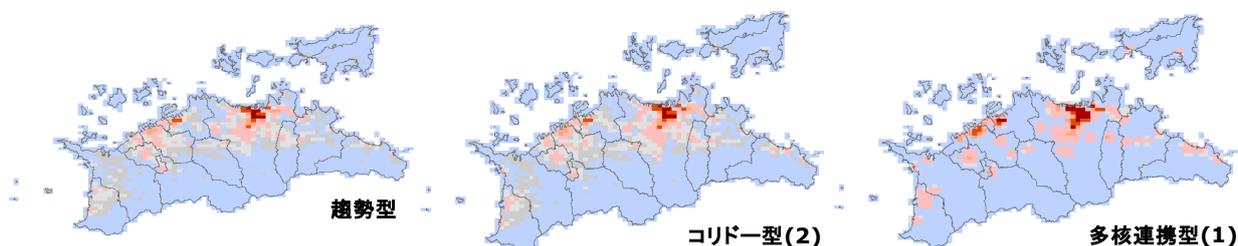


図-18 都市構造シナリオの設定例

図-18に都市構造シナリオの設定例を示す。以上のシナリオのうち、①趨勢型、⑤多核連携型（2）は前節の全国分析と同様のシナリオ設定である。高松都市圏での詳細分析においては、これらに多核連携型（1）、コリドー型（1）、コリドー型（2）を加えた5パターンでの分析を行うこととした。

多核連携型(1)、コリドー型(1)、コリドー型(2)は、現在の二次元的な面的広がりから公共交通を軸とする一次元的な集約であるコリドー、点をつなぐ線的な集約の集約拠点への時間軸を有する拠点の形成の、それぞれの段階であると考えられる都市構造シナリオを設定した。具体的には、多核連携型(1)は三層の集約拠点(40エリア)にその都市圏の全人口を集中させることとする。コリドー型(1)、コリドー型(2)では三層の集約拠点に公共交通を軸として、都市機能が带状、回廊状に配置された都市構造でその都市圏のコリドー以外のエリアの人口の10%あるいは20%を、コリドーエリアへ再配置することとする。

b モデル分析の結果

詳細分析結果を表-1に示す。

都市構造の違いが運輸部門のCO₂排出量の削減に及ぼす影響を見ると、多核連携型(1)での排出削減量が最も大きく、コリドー型(1)がそれに次ぐ結果となった。多核連携型(1)では趨勢型に比べて1.6倍の排出削減効果が推計された。

次に、利用者便益への影響に着目すると、コリドー型(1)では趨勢型に比べ便益が3割増加し、多核連携型(1)では1割増加するという結果が示された。また、事業者利潤への影響についても、コリドー型や多核連携型のコンパクト化は収支改善に寄与し、多核連携型(1)において最も改善効果が高いと推計された。

(2) 詳細土地利用モデルによる集約拠点への再集積方策の検討

1) 分析のシナリオ

都市のコンパクト化に関わる交通・土地利用・社会施策として、以下の5種類の施策を取り上げ、その影響分析を実施した。

表-1 都市構造シナリオの詳細分析結果

		CO2排出削減量		利用者便益改善		事業者収支改善	
		改善率(%)	千ton	改善率(%)	10億円	改善率(%)	百万円
趨勢型	BAU		38.50		31.92		-643.54
	NBM	-11.46	34.09	18.92	37.96	-273.93	-1762.89
	PM	-40.74	22.81	-111.58	-3.70	29.06	-456.56
	CO2	2.69	39.54	-5.78	30.08	76.02	-154.29
コリドー型(1)	BAU	10.63	42.59	3.41	33.01	25.79	-477.58
	NBM	-40.38	22.95	59.01	50.76	-852.09	-5483.57
	PM	-32.61	29.95	-112.14	-3.87	27.98	-463.49
	CO2	13.05	43.52	-2.05	31.27	94.60	-34.78
コリドー型(2)	BAU	6.91	41.16	-1.96	31.29	33.88	-425.54
	NBM	-19.19	31.11	33.31	42.56	-468.80	-3016.94
	PM	-37.53	24.05	-119.45	-6.21	31.95	-437.91
	CO2	9.33	42.09	-7.11	29.65	101.99	12.78
多核連携型(1)	BAU	28.59	49.51	-9.16	29.00	142.34	272.50
	NBM	-2.55	34.96	28.49	41.02	-558.52	-3594.34
	PM	19.01	45.82	-127.96	-8.93	212.81	725.96
	CO2	47.24	56.69	-2.66	31.07	284.06	1184.49
多核連携型(2)	BAU	25.63	48.37	-9.16	29.00	40.41	-383.51
	NBM	9.64	38.87	28.49	41.02	-440.03	-2831.76
	PM	-19.45	31.01	-127.96	-8.93	33.33	-429.08
	CO2	32.21	50.90	-2.66	31.07	99.48	-3.32

表-2 コンパクト化に関わる施策シナリオ

施策カテゴリー	モデルにおける設定と具体的シナリオ
都心方向への自動車交通費用の増加	1. 通勤交通および買物交通費用の増加 都心部での駐車料金の増徴やコードン・プライシングの実施
高密度居住およびソーシャル・ミックスの促進	2. 同じ階層の世帯間の影響の増加 クラスター型開発や街区型住宅等の集合住宅の整備 3. 異種階層の世帯間の影響を増加 ソーシャル・コンタクトを高めるための多様な社会階層の混住配置
商業機能の高密度・集積化と複合化の促進	4. 同種商業主体間の影響の増加 点在するあるいは平面的に広がった商業地の高密度化と集積化 5. 異種商業主体間の影響の増加 価格やサービスの異なる商業主体の混在化(テントミックスや複合開発)
住宅・商業のミックス・ユースの促進	6. 住商間の影響の増加 居住と商業機能の関係を強めることによる職・住・憩の近接化
市街地と農地との境界の明確化	7. 農住間の影響の減少 良好な農地の保全と宅地への転用規制の強化によるスプロールの抑制

- ① 都心方向への自動車交通費用の増加
- ② 高密度居住とソーシャル・ミックスの促進
- ③ 商業機能の高密度・集積化と複合化の促進
- ④ 宅・商業のミックス・ユースの促進
- ⑤ 街地と農地との境界の明確化

これらのうち、①は世帯の所得制約における通勤費用および買物費用の増加として表現される。また、交通費用の増加の具体的シナリオとして、都心部での駐車料金の増徴、コードン・プライシングの実施等が挙げられる。②から⑤までの施策群については、密度や用途混合はモデルの内生量であり、直接これら进行操作することはできない。そこで、本研究では、主体間影響パラメータを変化させ、感度分析によってその影響を捉えることとする。その具体的シナリオは表-2に示す通りである。なお、主体間の影響には正負の方向性があるが、ここでは全てのパラメータについて正の方向での変化を想定している。

2) 感度分析の結果

図-19および図-20は、モデルを用いて再現した高松市の市街地の現況と、施策1「自動車交通費用の増加」の実施に伴う市街地の変化を示したものである。図-20は交通費用を現状の2倍とした場合に予測される市街地形態を、土地利用分布と密度分布によって示している。図-19と図-20との比較から、自動車交通費用の増加に伴い郊外部のスプロール的な立地が抑制され、市街地内部に密度の高い住宅地が誘導されていることが読み取れる。これは主として高所得層世帯（黄緑色）の郊外からの撤退を意味する。住宅地の平均密度は、現状の20.6世帯/haから交通費用1.5倍のシナリオでは21.7世帯/haに、2倍のシナリオでは24.6世帯/haへと上昇することが試算されている。このことは現在の市街地面積が20%ほど縮小されることを意味している。また、商業機能についても、現状の拡散した中心商業地（赤色）がより高密度でコンパクトな拠点へと誘導されることが示されている。

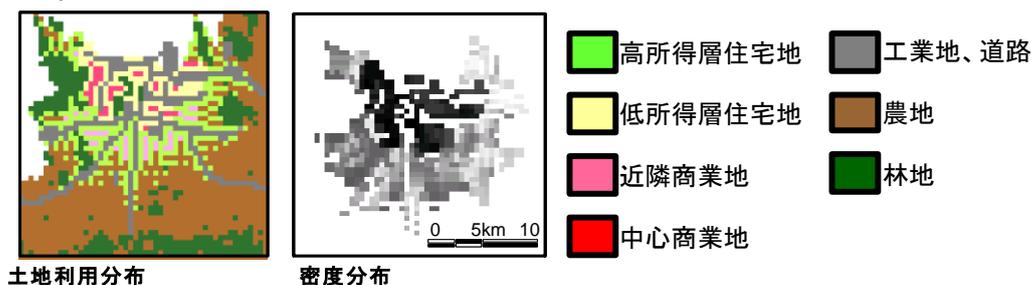


図-19 現況の設定下での市街地形態

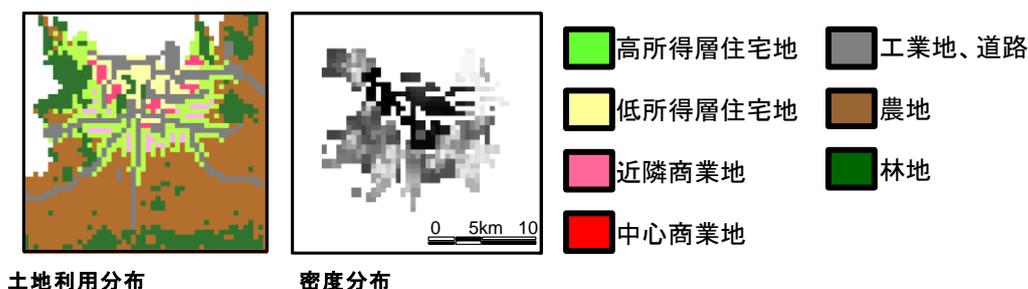


図-20 自動車交通費用2倍の下での市街地形態

交通渋滞がそれほど深刻ではない地方都市においては、自家用車が最も速達性の高い交通手段であることが多い。こうした状況において自家用車に交通費用の増加を課すための施策として、たとえば図-21や図-22に示す道路ダイエットという手法が考えられる。

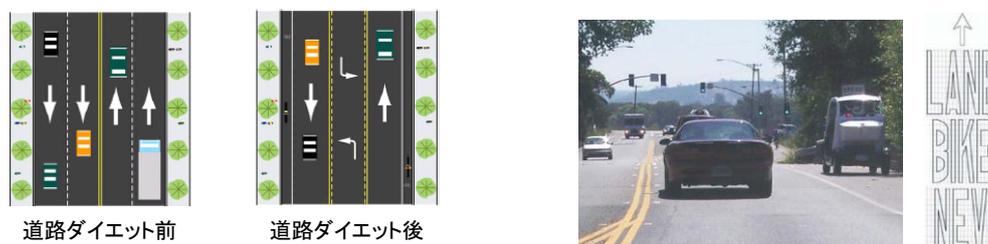


図-21 道路ダイエットによる空間の再配分 図-22 米国における超小型の低速車両の走行風景 (右は自転車とNEVの走行レーンの路面表示)

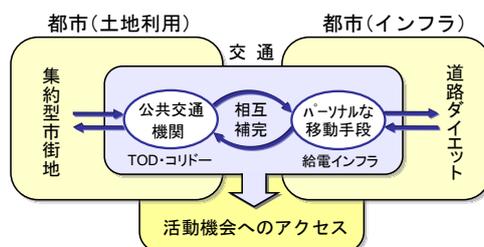


図-23 都市の土地利用・インフラと交通機関との共発展

道路ダイエットとは、主として米国のコンパクト・ストリート政策の中で行われているオールユーザーのための道路空間への利用策であり、既存の道路構造を大きく変えることなく、自動車の走行車線の削減等により自転車などの中低速モードの走行空間を生み出す手法である¹⁸⁾。

米国では、NEV (neighborhood electric vehicle) やLSV (low speed vehicle) と呼ばれる低速の超小型車両の移動ニーズの高まりを受けて、道路ダイエットで生み出した空間にこれらの超小型車両と自転車とを走行させている事例が多くのある州で見られる(図-22)。こうした事例は、徒歩・自転車と自動車との間に生まれつつある新たな交通モードを育てるものとしても注目に値する。図-23は、以上の観点から望まれる都市の土地利用・インフラと交通機関との共発展のあり方を描いたものである。

次に、表-3は表-2に挙げた7つのコンパクト化施策が市街地面積に及ぼす影響を示したものである。

表-3 各施策の市街地面積への影響

	都心方向への交通費用	居住世帯相互の影響度		商業主体相互の影響度		住商間の影響度	農住間の影響度
		同種階層間	異種階層間	同種商業間	異種商業間		
	施策1	施策2	施策3	施策4	施策5	施策6	施策7
変化の方向性	減少	—	やや減少	—	やや減少	減少→増加	減少
変化の単調性	単調	非単調	単調	非単調	非単調	非単調	単調

施策1および7については、市街地面積の減少に伴い通勤および買物に要する総移動距離も減少する傾向が示されている。このことにより、世帯の居住効用は部分的には上昇するが、施策1に関しては交通費用の負担増に伴う効用損失の方がより大きいことが試算されている。施策2～6のコンパクト化への影響は施策1や7ほど顕著ではない。同種の世帯間および商業主体間の結びつきを高める施策2や4においては、影響度と市街地面積との間には明確な関係は見られない。これは、シナリオ設定において、施策の対象地域を中心市街地に限定していないことに起因したものと考えられる。

一方、異種主体間の結びつきを高める施策3や5については、影響度の増加に伴い市街地面積は減少する傾向にある。また、施策6では、住商間の影響度の増加に対して、市街地面積はいったん減少した後増加に転じるという非単調性が示されている。

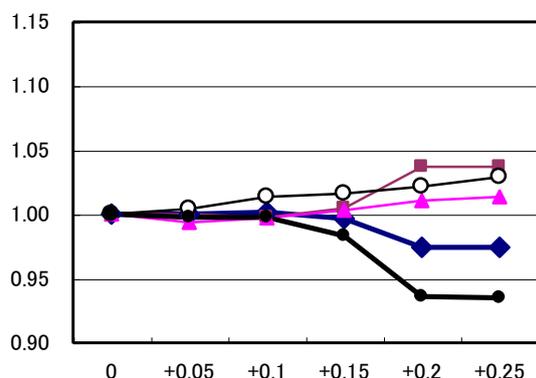


図-24 異種階層の世帯間の影響度に関する感度分析（施策3）

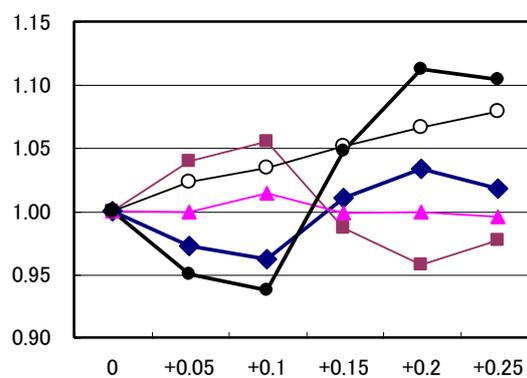


図-25 住商間の影響度に関する感度分析（施策6）

図-24および図-25は施策3と6を例として、主体間の影響度の増加が、市街地面積のみならず総移動距離、平均密度、平均地価、居住効用に及ぼす影響を多面的に示したものである。施策3については、各指標に単調な変化が見られ、市街地面積および総移動距離の減少と、密度、地価、居住効用の増加が読み取れる。これに対して施策6については、多くの指標で非単調な変化が見られる。ただし、居住効用については単調増加が示されている。

なお、施策2から6の全ての施策については、同質、異質を問わず主体間の影響度の増加に伴い居住効用が向上することが確認された。効用の増加率を所得階層間で比べると以下のような関係が見られた。

- ・ 施策2 : 低所得層 > 高所得層
- ・ 施策3、4 : 低所得層 ≒ 高所得層
- ・ 施策5 : 低所得層 < 高所得層
- ・ 施策6 : 低所得者 > 高所得層

3) グリーンBID（Business Improvement District）による市街地の集約・更新戦略

分析の結果に基づき、本研究では市街地の集約戦略として、半径2km程度のエリアでのグリーン

BIDを提案する。このグリーンBIDは、図-26および図-27に示すように、地域住民のQOL向上に資するグリーンインフラとしての水・緑のコリドーと公共交通コリドー（軽量軌道交通（LRT）に加え自転車・超小型電気自動車（EV）などのパーソナルモビリティを含む）を柱とし、それらの整備と街区の更新・再開発によって発生する開発利益を捕捉する仕組みを備えた制度である。

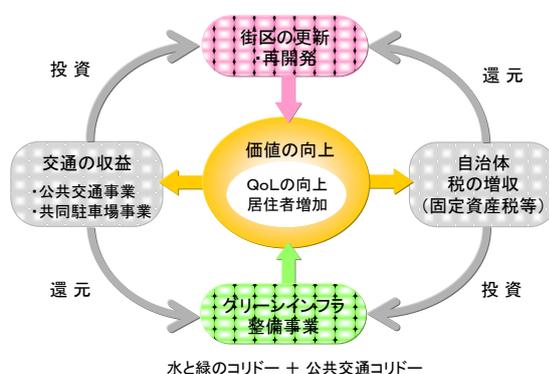


図-26 市街地集約のためのグリーンBIDの仕組み

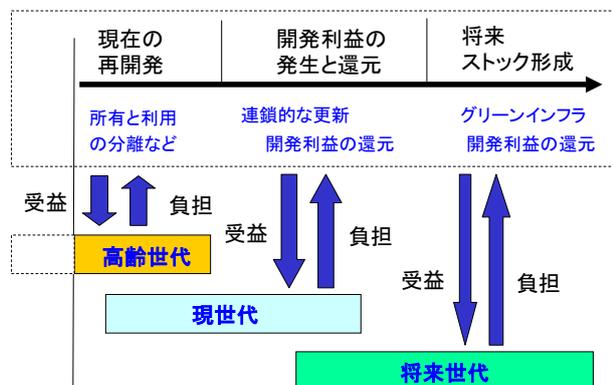


図-27 グリーンBIDにおける世代間の受益と負担

高松市の中心市街地に位置する丸亀町の小規模連鎖型再開発は、米国や欧州都市で導入されているBIDと共通した仕組みを持ち、まちづくり会社による新しい都市ガバナンスの下で自主財源による再開発事業を展開している。上記のグリーンBIDとは、こうした丸亀町の再開発モデルをベースとして、1) 水・緑のコリドーと公共交通コリドーという要素を付加し、2) クオリティ・ストックの形成がQOLの向上や土地資産価値の増価に及ぼす影響を評価した上で、3) その増価に起因した自治体の増収分を開発利益として吸収し、街区の更新・再開発に還元させる点が特徴である。

（3）バックキャスティングに基づく鉄道投資の便益評価

開発した便益計測モデルを名古屋都市圏に適用した。都市圏の範囲を図-30に示す。交通需要の特性を踏まえ、52ゾーンに分割し分析単位とした。

○対象路線

作成したモデルを用いて名古屋地下鉄4号線の便益計測を行った。名古屋地下鉄4号線は名古屋市内の大曾根～新瑞橋を結ぶ地下鉄で、2004年に供用開始され、既設の地下鉄と一体となって一周26.4km（所要時間48分）の環状線を構成している（図-28）。名古屋市の費用対効果分析によると、費用は現在価値で約3,000億円とされている。ここでは、将来、厳しいCO₂排出削減が求められる状況で、地下鉄整備がどの程度の便益を発生させるのかについて計量分析を行った。

○人口分布・土地価格の変化

まず、図-29は名古屋都市圏全体で通勤交通から排出されるCO₂を10%削減するためにボーモル・オーツ税が導入された場合、その人口分布をどのように変化させる必要があるのかについて分析を行った結果を示したものである。名古屋都市圏では、都心部を中心とした放射方向には鉄道整備が既に行われているため、都心部と都心部または都心部と郊外部を結ぶ鉄道サービス水準は高い。これに対して、郊外部と郊外部を結ぶ環状方向の鉄道整備は遅れが目立ち、その鉄道サービス水準は相対的に低い。そのため、ボーモル・オーツ税のようにCO₂排出に均一な税率の課税が行

われると、鉄道サービス水準の低い地域では交通費用が上昇し、鉄道サービス水準の高い地域に人口が集中する。他方で、名古屋都市圏の従業者分布を考えると、都心部は多くの従業者を抱えている。これらの従業者は現在、名古屋都市圏全域から通勤しているが、ボーモル・オーツ税が導入されると、これらの通勤者は都心部に近い地域あるいは都心部から鉄道で通勤できる地域に居住地を変更する。また、名古屋都市圏には豊田市や小牧市等のように郊外部にも比較的多くの従業者が分布しており、これらの地域でも人口を増加させる必要があることがわかる。

また、このようにボーモル・オーツ税が導入されると居住地が変化し、これに伴って土地価格が変化する。モデルの結果からは、都心部をはじめ、鉄道サービスが供給されている沿線地域、郊外部でも多くの従業者を抱える地域で、土地価格が上昇する。これに対して、名古屋都市圏の西部や南部では居住者が減少し、これによって土地価格も低下する。

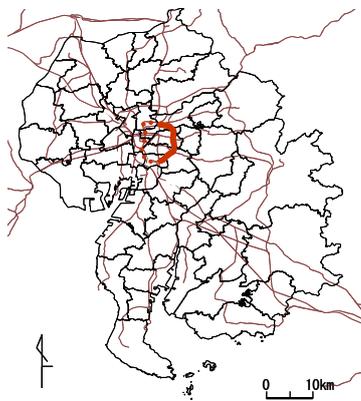


図-28 対象とする地域と路線

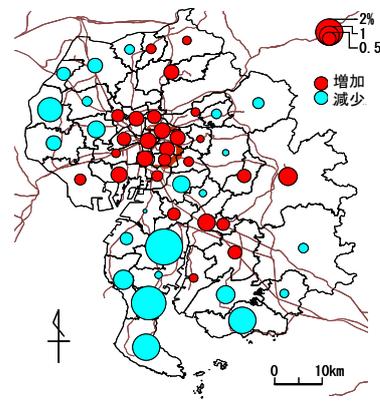


図-29 CO₂排出削減による通勤者数の変化

○効用の変化

図-30はボーモル・オーツ税の導入によって通勤者の効用がどのように変化するかを従業地毎に示したものである。通勤費用が増加すると同時に、都心部はもとより郊外部でも鉄道サービス水準の高い地域や多くの従業者を抱える地域では土地価格も上昇する。その結果、これらの地域では、通勤者の効用が大きく低下する。特に、都心部では土地価格の上昇の影響を受けて通勤者の効用が大きく低下していることがわかる。

図-31は、こうした状況において地下鉄4号線が通勤者の効用をどのように変化させるのかを示したものである。地下鉄4号線はその沿線に位置する千種区や昭和区、瑞穂区で従業する通勤者の効用を向上させることがわかる。

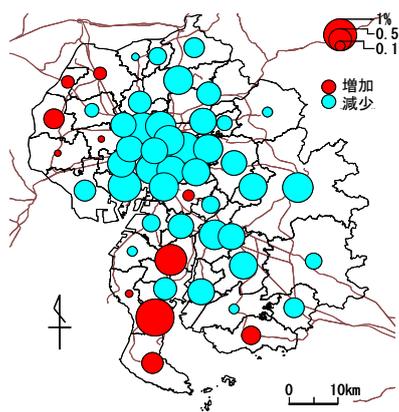
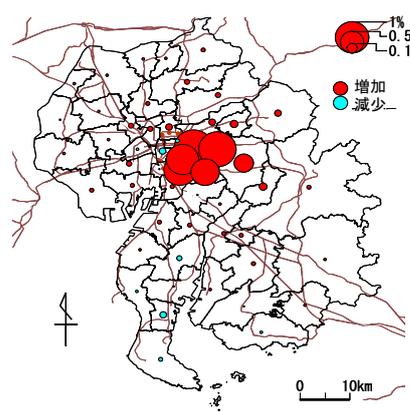
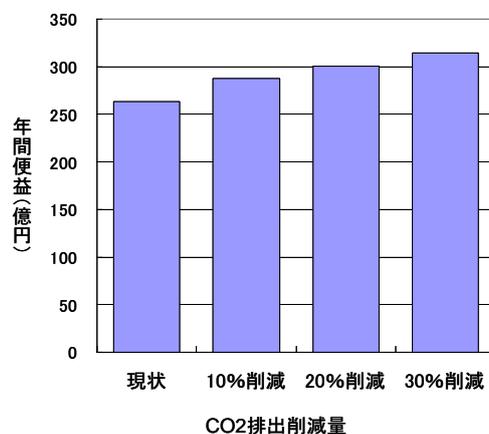
図-30 CO₂排出削減による効用の変化

図-31 鉄道投資による効用の変化

○CO₂排出削減と鉄道投資の便益

このように地下鉄4号線は、厳しいCO₂排出削減が求められる状況で、通勤者の効用を向上させると同時に、沿線の土地所有者にも利益を与える。ここでは、通勤者の効用の変化を等価変分として表し、土地所有者の収入の変化と合わせて、鉄道投資の社会的便益を求めた。図-32はこの鉄道投資の社会的便益の大きさがCO₂排出削減量によってどのように変化するかを示したものである。CO₂排出削減が要求されない現状では、鉄道投資の社会的便益が年間250億円となる。これに対して、10%のCO₂排出削減を行う場合には、鉄道投資の社会的便益が280億円となり、さらに30%までCO₂排出削減を行う場合には、310億円にまで上昇することがわかる。

図-32 CO₂排出削減と鉄道投資の便益

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- 低炭素化の取り組みは、市民生活の利便性やQOLの維持向上と両立するものでなければコンセンサスを得ることはできず、持続可能な取り組みとはなり得ない。これに関連して、著者らが開発したヴィジョニングモデルを用いて「CO₂排出量の最小化」、「市民の社会的純便益の最大化」、「交通事業者の利潤最大化」という3つの規範が相克するものではないこと、すなわ

ちCO₂削減の取り組みが利用者便益の向上や公共交通の採算性向上にも寄与しうることを検証した点に、本研究の科学的意義がある。

- ・ 本研究が注目した土地利用は、生活、生産、交流・交易等の人間活動のプラットフォームであり、各分野の科学技術のインテグレーション（統合）の場である。本研究は、都市交通と土地利用に関するモデリングに基づき、運輸部門でのCO₂の排出削減に関わる分析を行ったものであるが、このモデルは生活や生産の領域にも柔軟に拡張可能である。今後、上記のプラットフォームの再構築に必要とされる分析、評価、シミュレーション等に関する技術開発の一助となることが期待される。
- ・ バックキャストिंगに基づき将来に渡るCO₂排出削減目標を定め、ポーモル・オーツ税導入によって社会的最小費用でこれを達成することを前提に、鉄道投資を実施した場合の便益計測モデルを開発した。
- ・ 開発したモデルを名古屋都市圏に適用し、CO₂排出制約が厳しくなった状況において、地下鉄整備がどの程度の社会的便益を発生させるのかについて計量分析を行った。その結果、1) CO₂排出制約が厳しくなると都心部の地価が上昇するが、都心部に地下鉄整備を行えば、沿線の地価は上昇するものの、その他の地域では地価の上昇を緩和させること、2) その結果、沿線で働く従業者を中心にして効用の低下を補うことができること、3) さらに厳しいCO₂排出削減が求められるに従って、都心部における鉄道投資には高い社会的便益が発生すること等を明らかにした。

（2）地球環境政策への貢献

本研究は、焦眉の課題である低炭素社会の実現に向けたヴィジョン主導型的意思決定アプローチを支援するために、都市交通の政策代替案を俯瞰的視点から相互比較し統合戦略を立案するモデルを開発すると共に、市街地の集約化を図るための土地利用モデルを構築したものである。これらの分析ツールは、今後の都市レベルでの統合的な地球環境政策の検討に大きく貢献するものである。

6. 引用文献

- 1) May, A. D. : A Decision Makers' Guidebook - Developing Sustainable Urban Land Use and Transport Strategies, PROSPECTS European Commission Deliverable N.15, 2005.
- 2) 土井健司：異床同夢が導く持続可能な交通社会, IATSS Review, Vol.32, No.4, 2008.
- 3) 国土交通省都市地域整備局都市計画課都市交通調査室, 岡建雄, 鳥栖那智夫：コンパクトな市街地構造とエネルギー負荷の関係について, 交通工学, Vol.37, pp.35-42, 2002.
- 4) 中井秀信, 森本章倫：コンパクトシティ政策が民生・交通部門のエネルギー消費量に与える影響に関する研究, 土木学会論文集 D, Vol.64, No.1, pp.1-10, 2008.
- 5) 森口祐一, 松橋啓介：日本の自動車を取り巻く社会情勢の将来展望, 自動車技術, Vol.61, No.3, 2007.
- 6) Kii, M., Hirota, K., Minato, K. : A study on modal shift potential considering public transport operation, the 9th International conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 2005.

- 7) Kii, M. and Hanaoka, S.: Comparison of efficiency between private and public transport considering urban structure, IATSS Research, Vol. 27, No. 2, pp. 6-15, 2003.
- 8) Vuchic, R.V. : Urban Passenger Transportation Modes, In G.E Gray and L.A. Hael (eds.) , Public Transportation, Second Edition, Prentice Hall, 1992.
- 9) 石田東生, 谷口守, 鈴木勉, 古屋秀樹 : 交通手段の成立可能領域と有利地域に着目した交通政策の有効性の分析, 運輸政策研究, Vol.2, No.1, pp.14-25, 1999.
- 10) 中村英樹, 林良嗣, 都築啓輔, 加藤博和, 丸田浩史 : 目標設定型アプローチによる運輸起源のCO₂排出削減施策の提示, 土木計画学研究・論文集, Vol.15, pp.739-745, 1998.
- 11) 金本良嗣, 徳岡一幸 : 日本の都市圏設定基準, 応用地域学研究, No.7, pp.1-15, 2002.
- 12) Semboloni, F. : An urban and regional model based on cellular automata, Environment and planning B: Planning and Design, Vol.24, 589-612, 1997.
- 13) Couclelis, H. : From cellular automata to urban models: new principles for model development and implementation, Environment and planning B: Planning and Design, Vol.24, pp.165-174, 1997.
- 14) Besussi, E., Cecchini, A., Rinaldi, E. : The diffused city of the Italian north-east: Identification of urban dynamics using cellular automata urban models, Computers, Environment and Urban Systems, Vol.22, No.5, pp.497-523, 1998.
- 15) Clarke, K.C., Gaydos, L.J. : Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/ Baltimore , International Journal of Geographical Information Science, Vol.12, No.7, pp.699-714, 1998.
- 16) 紀伊雅敦 : 都市成長との依存関係を考慮したモータリゼーションの制御方法に関する研究, 東京工業博士論文, 2000.
- 17) Yeh, A.G., Li, X. : A cellular automata model to Environment and planning B: Planning and Design, Vol.29, pp.431-450, 2002.
- 18) たとえば, Rosales, J.A. : Road Diet Handbook Overview,
http://www.oregonite.org/2007D6/paper_review/D4_201_Rosales_paper.pdf

7. 国際共同研究等の状況

アジア交通学会EAST2009において、世界交通学会WCTR-SIG1との「土地利用・交通・環境のモデリング」共同セッションを設けた。筆者は、そのセッションオーガナイザーを務めた。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) Kenji Doi, Masanobu Kii and Hitomi Nakanishi : An integrated evaluation method of accessibility, quality of life and social interaction, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.35, No.6, pp.1098-1116, 2008.
- 2) 奥田隆明 : 低炭素社会に向けた都市空間のマネジメント-通勤交通からのCO₂排出削減-, 地球環境研究論文集, Vol.16, pp.137-144, 2008.
- 3) 紀伊雅敦, 鈴木徹也, 谷下雅義, 土井健司 : 人口減少下での持続可能な都市交通に関するヴ

イジョニングモデルの試み,土木学会論文集D, Vol.65, No.3, pp.303-316, 2009.

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 豊嶋以長, 土井健司, 山本芳明: 多核連携型コンパクトシティとチェインモビリティの実現のための土地利用交通戦略, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.37, CD-ROM, 2008.
- 2) 土井健司: 巻頭言「異床同夢が導く持続可能な交通社会」, IATSS Review, Vol.32, No.4, 2008.
- 3) 豊嶋以長, 土井健司, 伊藤由佳: 低炭素社会の実現のための土地利用と交通のコーディネーションーヴィジョニングモデルによる多核連携型都市構造の評価, 土木計画学研究・講演集 39, CD-ROM, 4p, 2009.
- 4) 土井健司, 豊嶋以長: オールユーザーのための道路活用の選択肢『道路ダイエット』, 土木計画学研究・講演集39, CD-ROM, 4p, 2009.
- 5) 林良嗣, 土井健司, 加藤博和編: 「都市のクオリティ・ストックー土地利用・緑地・交通の統合戦略」, 鹿島出版会, 2009.

(2) 口頭発表(学会)

- 1) 土井健司他: 少子高齢および低炭素社会における都市・交通ヴィジョニング, 国際交通安全学会報告会, 2010.

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム, セミナーの開催(主催のもの)

2009年11月16-19日にインドネシアのスラバヤで開催されたアジア交通学会において, 土地利用・交通・環境のモデリングに関するスペシャルセッションを設け, 先進国から途上国に跨る国際的な研究集会を開催した.

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 朝日新聞(2009年1月26日, 全国版1面トップ記事)「エコの追い風, 自転車タクシー快走 全国24都市で運行」にて, パーソナルモビリティに関する筆者のコメントが記載.

<http://www.asahi.com/eco/OSK200901260001.html>

中日新聞(2010年2月19日)「自転車中心の低炭素社会」

<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~doi/lab/news/n22.pdf>

(6) その他

なし

H-072 持続可能な国土・都市構造への転換戦略に関する研究

(3) 戦略が目指す国土・都市像のビジュアル化とその情報基盤を活用した計画手法の検討

豊橋技術科学大学 工学部 建設工学系
名古屋大学 大学院環境学研究科

中西仁美（平成19年度）
林良嗣・加藤博和（平成20～21年度）

<研究協力者>

宇都宮大学 大学院工学研究科
名古屋大学 大学院環境学研究科

森本章倫
戸川卓哉・芹澤洋史・西野慧

平成19～21年度合計予算額 7,868千円
(うち、平成21年度予算額 2,394千円)

※予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 温室効果ガス(GHG)の排出が少なく、かつ少ない費用で高い生活の質(Quality Of Life、以下QOL)が得られる持続可能な国土・都市構造への転換を図るための戦略の実施は、中長期的に非常に重要であるが、住民の短期的な立地・交通行動とは相反する場合が多いと考えられる。そのため、他のサブテーマによって示される、地球環境制約に対応した都市構造に既存の都市を近づけることは容易でない。住民の理解を得るには、その都市のかたちをイメージできるような手法を準備した上で、それを活用しながら議論を進めることが求められる。

本研究は、地球環境制約に対応した国土・都市構造への転換戦略の推進にとって重要な、住民・土地所有者・行政等ステークホルダー間の合意形成を進めるために、その戦略によっていかなる都市が形成され、生活がどのように変化するかを示すこと、つまり、戦略の「イメージアビリティ向上」を目的として、具体の都市・街区計画の過程で用いる情報基盤の構築を行う。この情報基盤には、CO₂をはじめとした環境負荷はもとより、QOLへの影響を適切に表現し得る機能が求められる。これをビジュアルに表現する方法を地理情報システム(GIS)上に整備し、集約された市街地におけるケーススタディモデルの作成およびアンケート調査を通じて、その特性について検討を行っている。その結果、操作性の高い3次元モデルは、市民にとって理解しやすい情報であることから、地球環境制約の下で都市構造の転換戦略を推進していく上で、市民の合意形成を実現するために有効に利用される可能性があることが分かった。

[キーワード] 国土・都市構造、3DVR、イメージアビリティ、QOL、合意形成

1. はじめに

国土・都市構造は、その上で活動する人間のライフスタイル、そして社会のあり方に大きな影響をもたらすとともに、簡単には変更できず、影響は長期にわたる。したがって、地球温暖化に

対応した戦略は、早急に、かつ着実に進めていくことが必要である。しかしながら、既存の都市を望ましい空間構造に近づけることは容易ではない。特に、地球環境制約は住民が直接意識しない課題であり、住民や自治体が望む都市ビジョンとは目的関数が大きく異なっていることが問題である。

本テーマで提案するスマート・シュリンキングは、国土・都市の空間構造を根本的に変えることを含んでおり、それによって地域のアイデンティティや個人の生活質（QOL）は大きな影響を受ける。そのため、計画を実現していく過程では、こうした変化を分かりやすく表現し、ステークホルダー同士のコミュニケーションを容易にする情報基盤が求められる。特に国土・都市構造は言葉だけでは理解しづらいものであることを考えると、その変更施策のビジュアル化を行うことで、住民等のステークホルダーにとってのイメージアビリティが大きく向上し、新たに実現される状況を理解しやすくなる。図-1にその概念図を示す。

国土・都市計画の大きな課題が、計画の過程における手続きの透明性と信頼性の確保にあることは一般に広く知られているところである。日本においては近年、透明性と信頼性を欠いた社会基盤整備計画プロセスに起因する対立（コンフリクト）が後を絶たない。こうした課題への対応とまちづくりへの参加意志の高まりは、例えば、住民ワークショップ等の実施が盛んになっていることにも現れている。欧米諸国においても、住民が参画し、ステークホルダーが協働してまちづくりを考え進める手法が多く行われている。しかし、そこに地球環境への対応の視点をどう組み込んでいくかという課題は全く手つかずである。

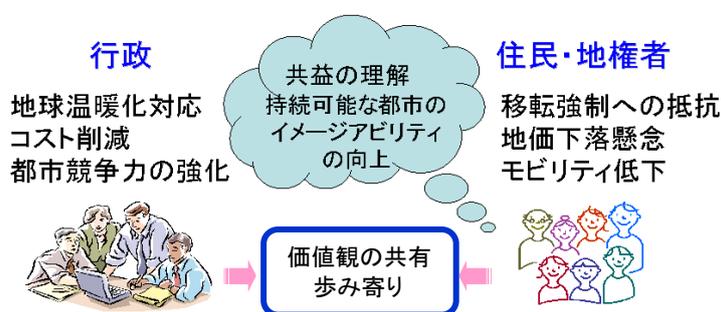


図-1 イメージアビリティの向上による透明性と信頼性の確保

2. 研究目的

本研究は、他のサブテーマで地球環境対応型国土・都市構造として提案される多極集約型都市と集約市街地、そして縮退後の自然共生圏が具体的にどのようなものとして造り出されるかをビジュアルに表現する情報基盤を構築し、それを利用した計画手法を確立することを目的としている。そのために、GISをベースに、政策実施に伴う都市圏や街区の景観イメージを具体的に表現するとともに、環境負荷や費用負担についても合わせて情報提示できるシステムを構築する。さらに、これを実際の都市計画の合意形成局面に活用するためのコミュニケーションのベースを構築し、計画プロセスの検討を行う。

3. 研究方法

以下のプロセスで研究を進めた。

- (1) 魅力的な集住に関する事例の文献調査および現地視察
- (2) 詳細地区レベルの居住環境評価モデルの開発
- (3) 居住環境評価モデルを用いた集約街区のデザインシミュレーション
- (4) 3次元モデルを用いた軽量軌道交通（LRT）のある都市景観の再現と市民への情報提示

4. 結果・考察

- (1) 魅力的な集住に関する事例の文献調査および現地視察

本研究は、CO₂削減効果はもとより、高いQOLを低コストで提供できる潜在性を有する地域に都市機能や人口を集中させることで都市域を縮退させつつ、それぞれの集約拠点が個性的魅力を持つものとして形成されるという「多極集約型」国土・都市構造を望ましいものと仮定している。しかし、空間の快適性や自然環境の質の高い居住空間を好む人々に対して高密な都市居住を促すことは容易ではない。加えて、これまでの日本の集合住宅は全国どこでもコンクリートの塊のような均一のデザインで「住みたい」と思うような魅力に溢れるものとは言えなかったのも事実である。そこで、政策を進めるためには、移転先の魅力を高め、移転のインセンティブを生む必要がある。そこで、国内外の集住に関する好事例を収集し、魅力的な居住空間形成に必要な要素を文献調査によって抽出し、さらにその成功例を視察した。

その結果から、欧米各国における近年の都市計画の特徴を表-1のようにまとめた。地球環境問題

表-1 各国の都市計画の特徴

国	特徴
イギリス	計画許可制度 戦略的眺望(strategic view) , ビューイングコリドー, ローカルビュー, グリーンベルト
フランス	アポール(歴史的記念物の周辺500mの景観規制地区), 景勝地, 保全地区, 建築・都市・景観文化遺産保存地区(ZPPAUP) 点から面へ, マルロー法, 土地占用計画(POS), 技術ノート, フュージョン規制, 景観の総合的保存システム
イタリア	ガラッソ法, イメージ風景, 環境風景 風景計画ゾーニング図(カンパーニア州), 計画のCD-ROM化(開発計画が地図内に書き込める) 100年前, 現在, 未来という図面, 「点」から「面」そして「広域」へ, 「歴史文化の要素」を各州が強調
オーストリア	風景計画システム, 土地利用計画, 地区詳細計画 周辺住民などによる「協議」 古いものと新しいものが共存 「緑の都市」, グリーンベルト「国民リング」
ドイツ	建設法典, 建築許可, 地区マスタープラン, 協議型方式, 気候解析による都市計画, 都市気候解析図作成 都市シルエット, 都市の遠望シルエット, シュタッフエル式建築条例, 面的ゾーニング規制 「自発的領域」における基本方針の合意形成, 「精神的領域」における市民の都市に「対するアイデンティティ」 自然との対置で「図」となった都市総体
アメリカ	アーバンデザイン, マスタープランとゾーニングを基本 プロセスの透明性, NPOの活躍
カナダ	多様性・共存性・アクセント⇄カオス・デカダンス・カタストロフィ 街並みの美学

についてはまだ考慮されていないものの、住民も参画する「協議」を重視する傾向が強くなっていることが読みとれる。また、例えば欧米ではユニテ・ダビタシオン（ル・コルビュジェ設計）やジーメンスシュタット団地（ワルター・グロピウス設計）等、集合住宅がメンテナンスを繰り返しながら世代を超えて住まわれている状況およびその理由を明らかにできた。これらの要因が、欧米で公共交通指向型開発（TOD）やコンパクトシティといった施策の導入をサポートしていることが示唆された。

（２）詳細地区空間データを用いた居住環境質評価システムの開発

1) システムの全体構成

都市空間構造デザインとビジュアル化の方法論を検討するために、土木工学分野における景観デザインの専門家へのヒアリング調査を行った。その結果、ビジュアル化の際にはその情報基盤を用いて何を伝えるかの視点が最も重要であり、伝える事柄によって情報基盤のスケールを使い分ける必要があるとの知見を得た。また、情報基盤の構築にあたっては、「スマート・シュリンク」による都市空間構造の変化を見せると同時に、それに伴う個人のQOLの定量的な変化を同時に提示できるものにするのが望ましいとの意見を得た。

このことを踏まえ、本研究では図-2に示すように、都市像を具体的に提示する際のコンテンツとして、1) 3次元virtual reality（3DVR）だけでは読み取れない、居住におけるQOLを表現できる定量指標、2) GHG排出量や維持費用などのデータ、3) 3DVRによる景観の表現、の3種類を考える。



図-2 街区レベルでの居住環境質評価支援システムの構成

このうち1) 3DVR作成については、Google SketchUp Proを用いて、街区スケールでの建築物のボリュームモデルおよび景観イメージを簡易に作成できるシステムを構築した。

2) QOL指標による詳細地区レベルの居住環境評価モデル

○評価項目の設定

各地区における住民のQOLが、社会資本や公共・民間施設の充実度といった、都市全体から得られる環境の物理量と、そこに居住する個人の主観的な価値観によって決定されると考え、本研究で扱う居住環境質（d-QOL: district Quality of Life）を、とりわけ住宅および近隣居住地区（500m×500mメッシュ）における快適性であると定義する。

居住環境質の構成要素である環境の物理量について、本研究では「居住環境質向上機会（AM: Amenity）」を定義する。表-2に示すように、AMは現在の都市政策の枠組みに対応した5つの機能と、維持・整備を行う主体の違いに対応した3つの環境要素を設定し、合計15の評価項目からなるものであると考える。機能として、空間使用性（LU: Land Usability）、景観調和性（LS: Landscape）、

自然環境性（NE: Natural Environment）、局所環境性（LE: Local Environment）、防災機能性（DP: Disaster Prevention）に分類し、また環境要素については住民の心理的な景観把握は住宅環境（H: House）、街路環境（S: Street）、自然環境（N: Nature）に分類して扱う。

景観の評価は個人間での好みの差が大きく、単純な指標化が難しい。したがって、ここではジェイコブス（1971）¹⁾の提唱するMixed Useなどが前提とする、用途の多様性と意匠の統一性という観点から、建物の統一性を景観調和性で、用途の多様性を空間使用性で評価できるものとした。また、天候においても、都市内での地域差が存在し、かつ全国的に快適性と結びつきやすいと考えられる夏場の気温を計測指標に考慮することとした。

d-QOLを、以上によって定義されたAMと、居住者の価値観を表す重みによる関数であると定義し、式（1）のように定式化する。

$$d-QOL_{pl} = f(\mathbf{w}_p, \mathbf{AM}_l) \quad (1)$$

ここで、 $d-QOL_{pl}$: 個人属性グループ p の地区 l でのd-QOL、 \mathbf{w}_p : \mathbf{AM} の各評価要素に対する個人属性グループ p の価値観、 \mathbf{AM}_l : 地区 l の居住環境質向上機会。

表-2 機能的・空間的分類の概念

機能	概念	環境要素
空間使用性 (LU: Land Usability)	土地利用やその容積の利用・用途など 平面レベルでの評価	私的環境 (H: House) 住宅などの個人が消費する環境
景観調和性 (LS: Landscape)	街路景観や眺めなど、 立体的な空間構成の評価	
自然環境性 (NE: natural environment)	自然や緑等の配置 緑に接する機会に対する評価	街路環境 (S: Street) オープンスペースや歩道など、 人工的かつ公的な環境
局所環境性 (LE: Local Environment)	大気や騒音など、 視覚以外のからの情報による快適性の評価	
防災機能性 (DP: Disaster Prevention)	住宅の耐震性や地震の危険性など、 地域の防災機能に関する評価	自然環境 (N: Nature) 公園など自然と接する環境

○個人の価値観の推定

個人の価値観（重み） \mathbf{w}_p はコンジョイント分析により推計する。アンケート調査から居住希望の高さを基準としたプロフィールの順位関係を得ることにより、ランクロジットモデルのパラメータを推定することによって、属性間の重みを特定した。アンケート調査の概要を表-3に示す。

アンケートの結果を用いたコンジョイント分析によって、住民が持つ各居住環境質項目に対する重みを推計し、各居住環境質評価項目1単位当たりに対する支払意志額（Willingness To Pay : WTP）の換算値を推計した。（全世代合計の結果を表-4に示す。）計測指標の単位が異なるため一概には判断できないが、それぞれの計測指標の取り得る値のオーダーから勘案して、隣棟間隔や住宅の耐震性などの防災機能性に含まれる指標に対しての重みが大きいことがわかる。

表-3 アンケート概要

調査概要	
調査対象	旧上越市内在住の20-70代男女
調査期間	2008年1月11日～1月28日
配布・回収方法	郵送配布・郵送回収
回収数	237
質問項目	
1) 個人のライフスタイルに関する質問 (12項目)	
2) 現在住んでいる地域に対する意識調査 (6項目)	
3) 現在住んでいる地域に対する満足度 (13項目)	
4) 居住環境に対する価値観調査 (25項目)	
5) 個人属性	

表-4 各居住環境質評価項目の単位当たり換算値

評価項目	WTP(円)
延べ床面積/人(m ²)	2180
庭有無(0,1)	104000
日照時間(hr)	22200
商店数(店数)	6700
街並みの揃い(0.1単位)	58500
街路樹割合(%)	2670
オープンスペース率(%)	12200
緑地 AC	244
遠景(%)	587
緑被率(%)	1710
大気温度(°C)	14800
隣棟間隔(m)	37200
住宅倒壊確率(%)	200000
想定震度(震度)	42400

○居住環境質評価とビジュアルイメージ

WTPの算定結果が居住者の感覚と一致しているかを確認するため、アンケート調査の対象都市である上越市における都心部（直江津地区）と郊外部（新道地区）の2点について検証を行う。図-3に各地点の写真画像と数値によるQOL評価結果をそれぞれ示す。これらの数値と実際の印象とを比較してみると、直江津地区においては、空間的分類では街路環境、機能的分類では土地利用性が突出して高いことがわかる。これは評価項目の中でも、商店の数がかなり多いことに引っ張られている結果である。自然環境においては、戸数密度が高いことや、大気温度が比較的高い点、緑地等があまり周辺にないことから、直江津地区でかなり低くなっている。新道地区は調整区域の広がりとともに、農地転用を重ねて広がった地域である。特に空間使用性、景観調和性などの市街地計画に影響されやすい評価項目について、景観調和性などが低く、また緑地についてもその総量に対して効率的な整備が行われていない分、それほど高くない値を示している。

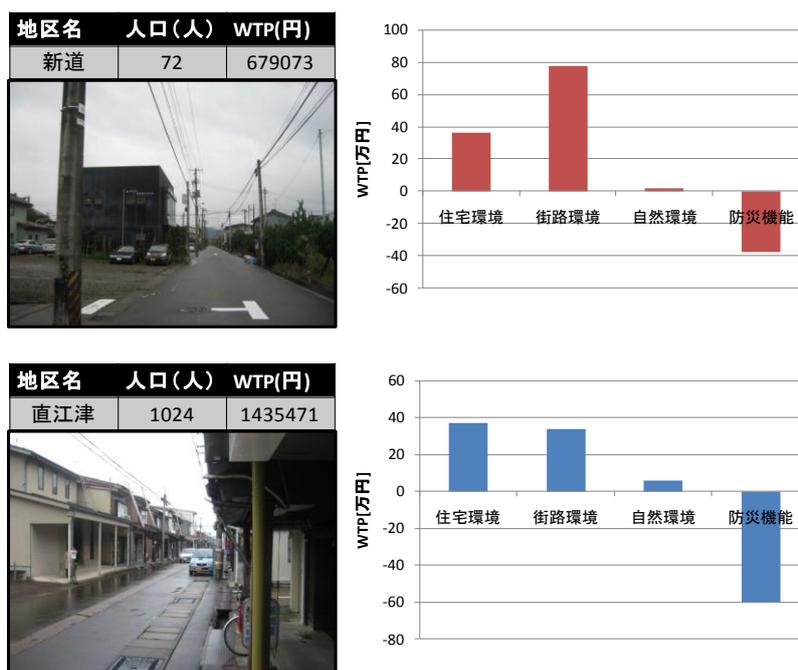


図-3 代表地点における居住環境質評価とビジュアルイメージ

3) GHG・費用評価システム

a GHG評価システム

建物（住宅と関連施設）の建設、維持管理、運用、および廃棄の各段階で発生するCO₂を推計対象とする。標準的な設計を想定した上で統計データを用いて、建築物の単位量あたり環境負荷発生量を整備し、それを原単位として計画床面積を乗じることで算出する。なお、ここで用いる手法はサブテーマ（1）の方法と同様である。

b 費用評価システム

建築にかかる費用を推計する。環境負荷と同様、標準的な設計を想定し統計データから原単位を整備し、それに計画床面積を乗じることで費用を算出する。

なお、上記以外にインフラの再構築に必要な費用などが考えられるが、今回適用する地域においては原則としてインフラの再構築は行わないものとする。

（3）居住環境評価モデルを用いた集約街区のデザインシミュレーション

前節で述べた居住環境評価モデルを、名古屋市内の再集結候補地区に適用し住居計画について検討を行った。

1) 対象地区

本研究では、都心型街区として名古屋市の長者町地区（中区）、郊外型街区として徳重地区（緑区）を対象とする（表-5）。長者町地区は名古屋市の中心部に位置する。昔は繊維問屋街として発達していたが、繊維産業の衰退中心市街地の移動により空き家・空きテナントが目立ってきた地区である。長者町地区の現況を図-4に示す。徳重地区は、平成23年3月に地下鉄桜通線が開通予定であり、今後名古屋のベッドタウンとしてさらに人口が増加することが予想され、街区の整備が急務となっている。徳重地区の現況を図-5に示す。

表-5 対象地区の概要

	長者町地区	徳重地区
対象範囲 (㎡)	44421.7	78552.0
人口 (人)	256	956
人口密度 (人/k ㎡)	5762.9	12180.3
世帯数 (世帯)	134	262
空き家・空きテナント率 (%)	13.8	3.2
商店数	64	43

2) 再構築デザイン案の設定

文献²⁾ ³⁾ ⁴⁾ を参考に都心と郊外の再構築街区のデザイン案を設定した。

a 都心型デザイン案

図-6に全体図と景観イメージを示す。100m×100mの敷地に400人程度の人口を想定する。容積率は250%程度を想定している。人工地盤を作り、オープンスペースの確保、屋上緑化の導入等を行う。また、災害時にエレベータが停止すること等を想定し、自力で上下できる7階程度の建物を想定する。

b 郊外型デザイン案

図-7に全体図と景観イメージを示す。100m×100mの敷地に200人程度の人口を想定する。容積率は150%程度を想定している。住棟間に人工地盤を造り、その下を駐車場にする。日照の確保等を優先し、4階程度の建物を想定している。人工地盤の上は緑化してパブリックファシリティのための場とする。

3) QOL評価結果

両地区における、現況と再構築案それぞれの評価指標を表-4に示す。これらを用いて評価したd-QOLを図-8、9に示す。低未利用地を減少させるため、両地区共に住棟と住棟の間に人工地盤を作り、その下を駐車場としたため、オープンスペースの増加に起因する街路環境の改善が著しい。また、高さや隣棟間隔に注意して建築物を配置しているため、日照時間の増加等、居住環境についても改善されている。さらに、自然環境についても、緑地導入を積極的に行ったため上昇している。

以上の結果、総合評価であるd-QOLは長者町地区で38%、徳重地区で26%上昇した。

4) GHG・費用評価結果

1人当たりCO₂排出量の推計結果を図-10、11に示す。徳重地区では増加する結果となった。ただし、これらは現在の施設水準によって計算されている。BEMS (Building Energy Management System) 等の、建物更新時に導入されることが想定される新技術を考慮した推計を行うことが今後の課題である。

また、再構築に係る費用の推計結果を表-6示す。

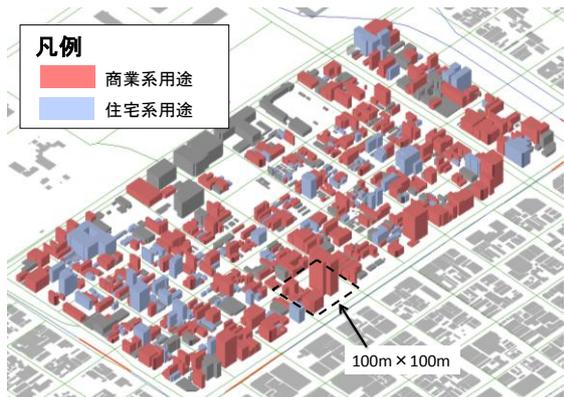


図-4 長者町地区の現況

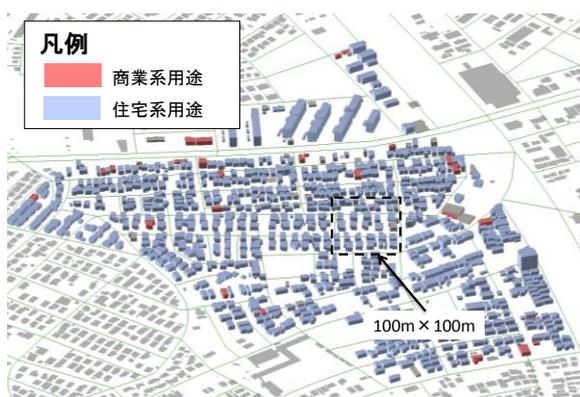


図-5 徳重地区の現況

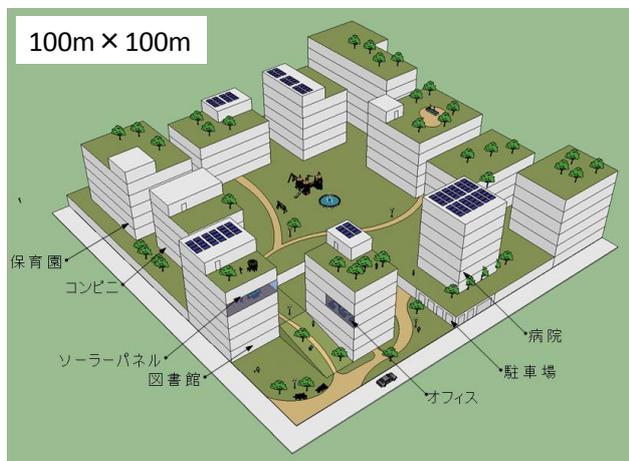


図-6 都心型デザイン案の3DVR提示

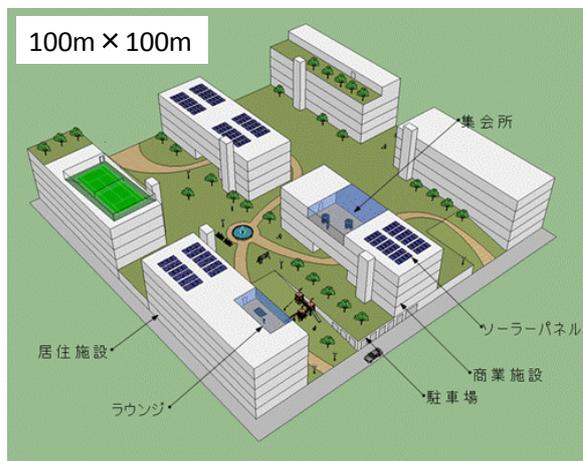
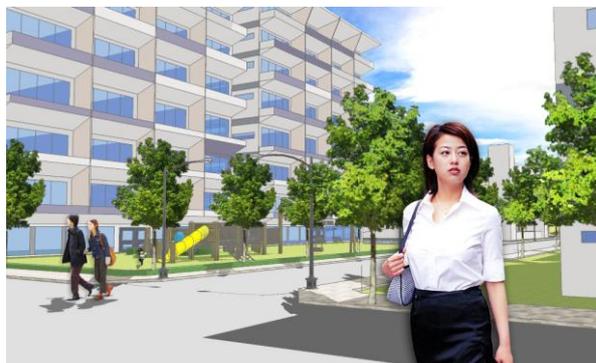


図-7 郊外型デザイン案の3DVR提示



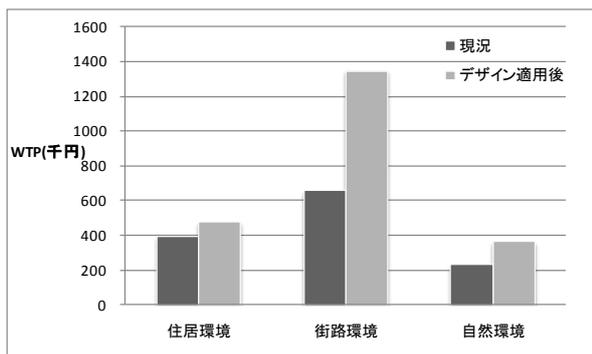


図-8 長者町地区の環境要素別d-QOL推計結果

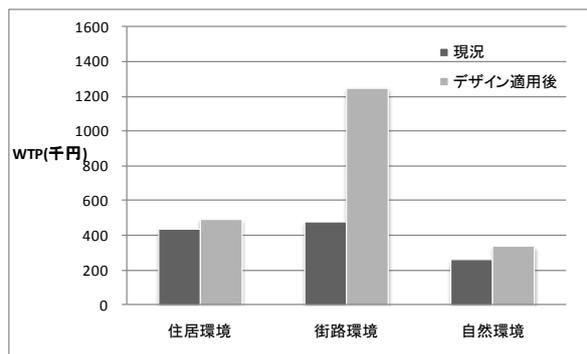


図-9 徳重地区の環境要素別d-QOL推計結果

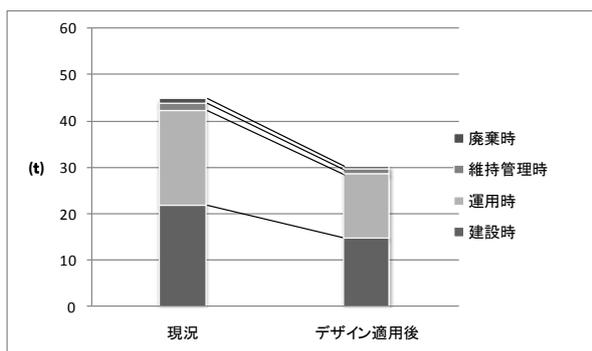


図-10 長者町地区のCO₂排出量推計結果

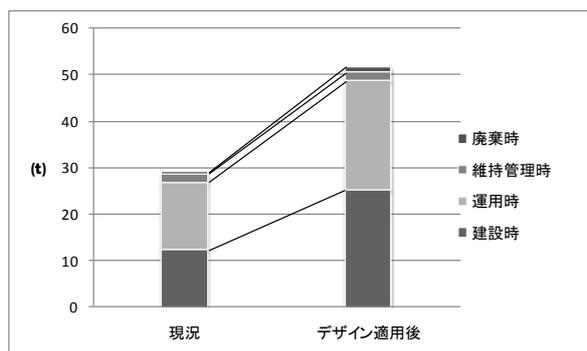


図-11 徳重地区のCO₂排出量推計結果

表-6 再構築必要費用

	長者町地区	徳重地区
再構築必要費用 (億円/ha)	346.1	306.5

(4) 3次元モデルを用いたLRTのある都市景観の再現と市民への情報提示

サブテーマ(4)で検討を行っている地方都市でのLRT導入によるTOD実施を対象に、図-12のように市街地をLRTが走る姿をCGで見せることを試みた。

対象エリアは、JR宇都宮駅から西側に伸びる駅前大通りの宮の橋から県庁前交差点までの区間と、バンバ通り、オリオン通りの一部である。このエリアは宇都宮の中心市街地であり、大通りにはLRTの導入が検討されている。

3DVRシミュレーションは、現況再現、短期的な都市のイメージ(概ね3年後を想定)、中期的な都市のイメージ(5年後)、長期的な都市のイメージ(10年後)の4段階で作成した。各都市のイメージは、大通りの交通機関と景観項目から構成し、大通りの交通機関に伴い実現可能なものをその都市イメージの景観項目とした。また、実現するのに比較的時間がかからないと思われる項目を実現可能性が高いとし、短期から順に設定した。各項目は、「宇都宮市景観計画」や、「新交通システム導入課題対応策検討調査報告書」等を参考にした。表-7に各都市イメージの構成を示す。



図-12 LRTのCG画像

表-7 各都市イメージの構成

都市イメージ	都市イメージの項目		高 実 現 可 能 性
	大通りの交通機関	景観項目	
現況	片側3車線(現状)	現状再現	
短期	bus専用レーン+2車線	短期間で実現可能	
中期	LRT(セミTM)+2車線	中期間で実現可能	
長期	LRT(フルTM)	長期的で実現可能	

都市のイメージを4段階に設定したのは、人によって求める将来像に違いがあると考え、将来像を1つに限定するのではなく、時間軸に沿った段階的な選択肢を与えるためである。3DVRシミュレーションの再現にあたり、各都市イメージの想定年数を設定して作成したが、その期間でこの都市像は「早い」、「遅い」といった理由で将来像を評価されるのを防ぐため、アンケートでは短期等の言葉を使用した。

○アンケート概要

アンケートは、屋外に常設されている大型ビジョンまたはアンケートブース内のテレビで流した3分間の動画を見てもらった後に、聞き取り調査を行った。本研究では市民意識に着目するため、全サンプル数311人うち宇都宮市民(158人)を抽出し、分析した。表-8にアンケート概要を示す。

表-8 アンケート概要

調査日	平成19年11月3日(土)
調査時間	午前10時～午後14時
調査対象	餃子祭りを訪れた来街者
調査地点	バンバ市民広場
調査対象者数	311人(うち宇都宮市民158人)
質問事項	<ul style="list-style-type: none"> ・市民意識 (現状景観の評価、景観形成の意向、LRT導入賛否) ・情報の評価 ・都市イメージの評価(短期、中期、長期について5段階評価) ・都市イメージの評価理由 (都市イメージの評価理由となる項目を複数選択)

○情報の評価

3DVRシミュレーションを用いた情報提供方法に対する評価結果は図-13の通りである。分かりやすいと答えた人は64%、分かりにくいと答えた人は10%以下であり、3DVRは市民にとって分かりやすい情報提供であると言える。

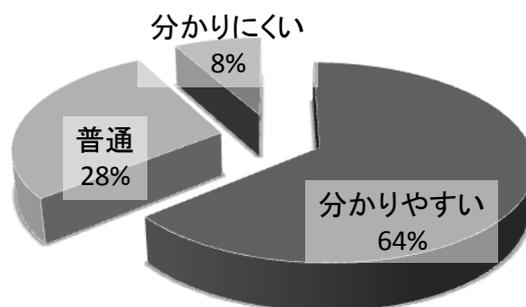


図-13 情報の評価

○都市イメージの評価

次に、各都市イメージの5段階評価の結果を図-14に示す。すべての都市イメージで良い評価（「とても良い」または「良い」）の人が65%以上という結果が得られた。また、良い評価は短期、中期、長期の順で増えており、さらに「とても良い」が最も多いのは長期であることから、長期的な都市のイメージが最も支持された都市イメージであると言える。一方で、都市イメージの評価を「普通」とする人は短期が最も多く、長期になるにつれ減少しているが、悪い評価（「とても悪い」または「悪い」）は、短期に比べ中期と長期が増加するという結果になった。よって、全体的に見て短期よりも中期と長期の方が明確な評価がされていることが分かる。ただし、悪い評価はどの都市イメージにおいても10%程度であるので、大半が高評価である。

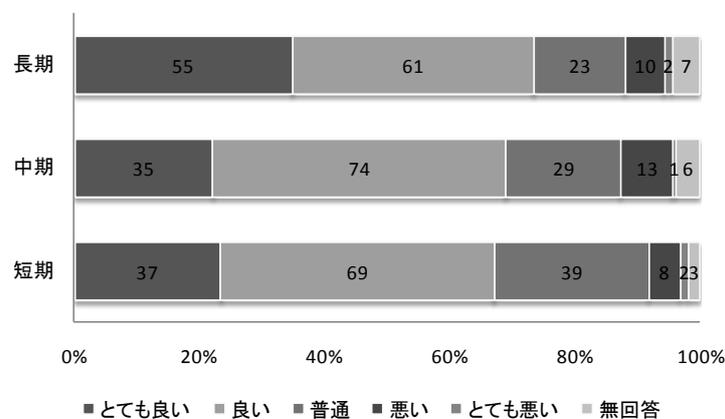


図-14 各都市イメージの評価

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究で開発したビジュアル化システムは、国土・都市構造を転換させる際の課題の1つである、計画の過程における透明性と手続きの信頼性を、イメージビリティ向上によって高めるものである。これによって、他のサブテーマで示されている戦略の実現において、ステークホルダーにとっては通常は理解さえも困難である様々な状況変化の理解やその必要性に対する意識づけを高め、ステークホルダー間での価値の共有を実現させる力となる。

集約された市街地に関する3次元モデルの作成および市民へのアンケート調査を通じて、3次元モデルが市民にとって理解しやすい情報源であり、環境制約下の都市構造戦略における市民の合意形成を実現する上で有効に利用される可能性があることを示した。

(2) 地球環境政策への貢献

本研究は、普段自らの住まい方や交通行動が環境に及ぼす影響を把握することが困難な住民にその認識を持ってもらい、国土・都市構造戦略実現の具体的な推進に参画してもらうための情報提示やコミュニケーションの手法を提案することで、CO₂低減へのインセンティブづくりを可能にする計画プロセスやそれを支援するシステム構築を行うものである。今後、メンバーが都市・地域まちづくりに参画、協力している各自治体と相談しながら、実用システムへの発展を行っていく予定である。

6. 引用文献

- 1) 小泉信一代表執筆：建築計画・設計シリーズ33集合住宅地，市ヶ谷出版社，1994.
- 2) Jane Jacobs：都市の原理，鹿島出版会，1971.
- 3) 山本理顕：「地域社会圏」という考え方，都市計画，Vol.57，2008.
- 4) Urban Task Force：Towards an Urban Renaissance，1999.

7. 国際共同研究等の状況

特になし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

特になし

(2) 口頭発表（学会）

- 1) 芹澤洋史，森田紘圭，戸川卓哉，加藤博和，林良嗣：詳細地区空間データを用いた居住環境質評価システムによる街区再構築デザイン検討，土木計画学研究・講演集，Vol.41，CD-ROM(167)，2010.

(3) 出願特許

特になし

(4) シンポジウム，セミナーの開催（主催のもの）

特になし

(5) マスコミ等への公表・報道等

特になし

(6) その他

特になし

H-072 持続可能な国土・都市構造への転換戦略に関する研究

(4) 国土・都市戦略を支援する交通システムの詳細検討

宇都宮大学大学院 工学研究科 地球環境デザイン学専攻 森本章倫

<研究協力者>

宇都宮大学大学院 工学研究科 生産・情報工学専攻 大門 創 (平成19年度)

宇都宮大学大学院 工学研究科 地球環境デザイン学専攻 吉儀和恭 (平成20～21年度)

平成19～21年度合計予算額 7,868千円

(うち、平成21年度予算額 2,394千円)

※予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 運輸部門のCO₂排出量を長期的に削減するためには、自動車依存型交通体系からの脱却が急務であり、無秩序に拡散した土地利用の見直しが必要である。本研究では、地球温暖化防止・及び気候変動への適応を含む持続可能な国土・都市の計画理念として提案する「スマート・シュリンキング」を実現するための土地利用・交通パッケージ施策を提案する。具体的には、公共交通指向型開発 (TOD : Transit Oriented Development) と公共交通整備の組み合わせによる分散集中地域構造の形成可能性及びCO₂削減効果を評価し、日本における推進方策を検討する。

まず、国内外におけるTOD施策を把握し、日本におけるTOD施策実施の可能性及び問題点を把握した。知見として、公共交通利便地域の再開発や住み替えを促すインセンティブが必要であるが、日本においてはその制度が不十分であることがわかった。そこで、TOD実現のための住み替えインセンティブを検討するために、余命までの間に利用する残存モビリティ「モビリティ残存価値」という新しい概念を定義し、それに居住地選択モデルの説明変数を組み込むことで、当該概念に対する住民の認識の是非を検討した。結果、住民は居住地選択の際に、現時点のモビリティのみ考慮し、将来を見据えたモビリティの変化まで意識が及んでいないことがわかった。

次に、都市レベルの検討として、都市域の集約が環境及び都市財政に与える影響について分析した。その結果、都市をコンパクトにすることでBAU(Business As Usual)シナリオに比べて環境・財政共に良好になることが明らかになった。その後、地区レベルの検討として、軽量軌道交通 (LRT : Light Rail Transit) の導入およびTOD実施による局地的混雑の影響を把握した。LRT導入は都市レベルでは環境負荷が削減するものの、導入路線では車線縮小による道路混雑が発生することを定量的に示した。一方で、LRT及びTODの魅力度を向上することで自動車からの転換が期待され、転換率によって局地的にも環境負荷抑制の可能性を明らかにした。

[キーワード] CO₂、公共交通、土地利用、公共交通指向型開発、交通戦略

1. はじめに

図-1は、先進国及び開発途上国の各都市における人口密度と1人当たりの自動車エネルギー消費量の関連性を示したものである。全体的に人口密度が低くなるほど1人当たりの自動車エネルギー

消費量が著しく高くなっている。東京は図-1の屈曲点に位置し、とりわけ自動車依存度の高い地方都市はそれよりも上方に位置している。このように、都市域の運輸部門CO₂排出量を削減するために、自動車依存からの脱却が急務であり、そのためには無秩序に拡散した土地利用と交通の一体的なパッケージ施策が中長期的な観点から肝要である。言い換えれば、地方都市のように、都市構造が運輸部門のCO₂排出量に与える影響は大きく、弾力性の高い地域において適切な政策を打つことが運輸部門単体での目標達成につながると考えられる。

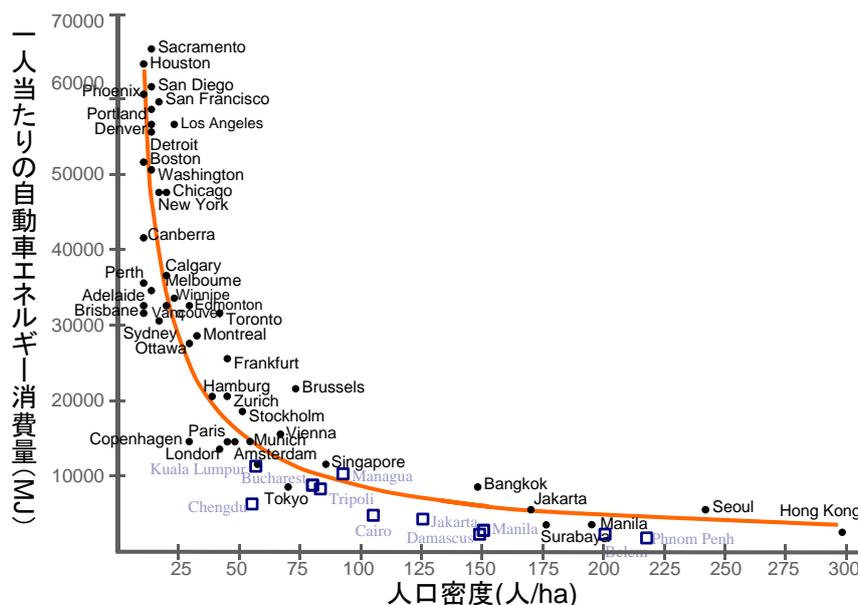


図-1 人口密度と1人当たりの自動車エネルギー消費量の関連性

2. 研究目的

欧米では近年、土地利用施策と交通施策が強力にパッケージングされている事例が注目を浴びているが、日本ではそれに相当する法制度や税制、補助金制度が十分に整備されていないため、双方の連携を図ることができない。例えば、前出の京都議定書目標達成計画の中で、運輸部門の取組として「公共交通機関の利用促進」を挙げているが、単にLRTやバス・ラピッド・トランジット（BRT）を導入しただけでは自動車からの転換を見込むことは難しく、本源的な需要である土地利用サイドを併せてコントロールしなければ、CO₂低減には結びつき難い。

そこで本研究では、地球温暖化防止・及び気候変動への適応という観点に対応しつつ持続可能な国土・都市を実現するための新たな計画理念として提案するスマート・シュリンキングを実現する土地利用・交通パッケージ施策として、公共交通指向型開発（TOD: Transit Oriented Development）と公共交通整備制度による分散集中型地域構造の自発的形成可能性と、それによる地球環境負荷削減効果を評価し、日本におけるその推進方策を具体的に提案する。

3. 研究方法

本研究は以下の5ステップで構成される。

ステップ1：国内外における公共交通指向型開発（TOD）の事例整理

ステップ2：公共交通の利便地域への住み替え行動のモデリングの構築

ステップ3：TODエリアの設定方法の提案

ステップ4：都市レベルでみた環境負荷及び都市財政

ステップ5：地区レベルでみた環境負荷と空間デザイン

4. 結果・考察

(1) 国内外における公共交通指向型開発（TOD）の事例整理

1) 海外におけるTOD事例

TODとは、1980年代にアメリカの建築家Chalthorpe、P.によって提案された概念で、駅と中心商業地から平均歩行距離が約600mの範囲に開発された複合的コミュニティと定義される。こうした公共交通指向型開発はフランスのストラスブール、ドイツのフライブルグ、アメリカのポートランド、ブラジルのクリチバ等の都市で実現されており、近年ではアメリカの大都市シアトル、サンフランシスコ、シカゴ等でも取り組みが始まっている。

各国における開発と交通との歴史的な関わりを振り返ると、20世紀初頭は公共交通が開発とセットで整備された時代があった。しかし間もなく、モータリゼーションの進行と共に、いわゆるマイカー指向の郊外開発が主流となった。その後、1960年代頃から多くの先進国は郊外化が都市の衰退を招くとの危機感を抱くようになり、マイカー依存型の郊外ニュータウン開発を中止すると共に、公共交通と開発との関連が図られるようになった。ターミナル機能を備えた結節点周辺に都市整備上の高いプライオリティを与えるという考え方である。

中でも世界一自動車依存度が高いアメリカにおいて、公共交通の重要性が認知されはじめたことで、TODの考え方は注目されるようになった。当然ながら、日本のように高度成長期に民間鉄道のビジネスモデルとして流行した沿線開発とは時代背景が大きく異なる。自動車社会が普遍化した都市において日本のモデルを実現することは難しい。そこで自動車依存社会であるアメリカのTODの取り組みが参考になるとの考えの下、カリフォルニア州におけるTODの現地調査を行ない、実現プロセスについて把握した。

調査の結果、アメリカの諸都市においてTOD施策を推し進めようとしても、民間活力は必ずしも期待できるものではなく、本来のTODの性能が十分に機能していない地域も見受けられた。一方で、公共サイド主導でTODを実現している地域やうまく民間活力を誘導している地域も存在した。いずれにせよ、過去の日本のように物的開発をすれぱうまくいくというわけではなく、地域のニーズをうまく活かした計画策定が必要不可欠であることが明らかになった。

2) 日本における集約型都市構造に対する取り組み

都市を取り巻く社会経済情勢の変化を踏まえ、今後の都市交通施策及び市街地整備施策のあり方を考える上で、無秩序拡散型の都市構造を見直し集約型の都市構造を実現する視点が重要であるとして、国土交通省の社会資本整備審議会答申（第一次答申：平成18年2月1日、第二次答申：平成19年7月20日）の中で提言された概念が「集約型都市構造」である。集約型都市構造とは、都市圏内の中心市街地及び主要な交通結節点周辺等を都市機能の集積を促進する拠点（集約拠点）として位置づけ、集約拠点と都市圏内のその他の地域を公共交通ネットワークで有機的に連携す

ることで、都市圏内の多くの人にとって暮らしやすさと当該都市圏全体の持続的な発展を確保するものである。したがって、従来のように単に中心市街地活性化を目的とする短絡的な戦略ではなく、地域特性に応じて目標を定められる点が特徴的である。

青森市や富山市は、自動車依存型の都市構造から脱却すべく、都市構造再編に特に力を入れた計画を実施している。しかし、図-2に示すように双方の目指すべき都市像は大きく異なっている。

青森市は他の多くの自治体が掲げる中心市街地活性化計画にもみられるように、駅を中心とする「一極集中型」の都市構造を政策目標としている。行政区域をInner-City、Mid-City、Outer-Cityに3区分し、Mid-CityとOuter-Cityの間に開発の限界線を設けている。青森市は特に除雪費による行政コストが高いことが市民のコンセンサスを得られている大きな理由である。

一方、富山市は、複数の核を公共交通で結節する「多極集約型」の都市構造を政策目標としている。富山市北部では2006年4月に富山ライトレールが開業した。また新幹線の高架化事業を契機として、南部の路面電車網とライトレールを結節した強力な公共交通ネットワークを結ぶことで公共交通の利便性を向上させる計画を策定している。

一極集中型の都市構造を実現するためのツールとしては主に中心市街地活性化のための歩行者や自転車に配慮した計画案を模索することになるが、多極集約型の都市構造の場合には、公共交通を生かしたTODといった政策が考えられる。

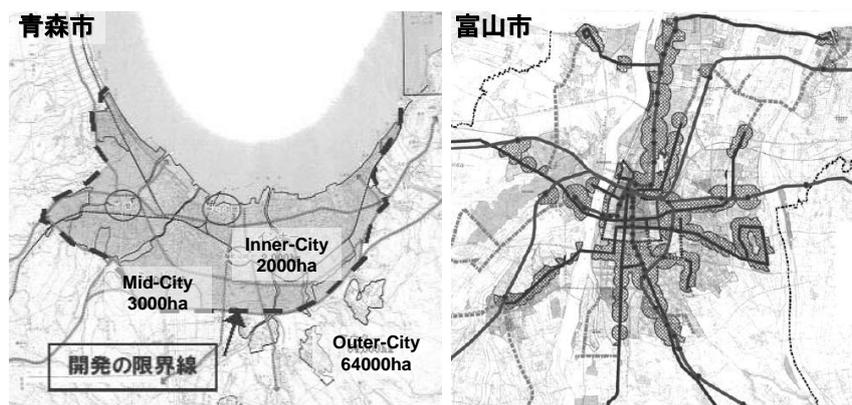


図-2 青森市（左図）と富山市（右図）の都市構造の違い

（2）公共交通の利便地域への住み替え行動のモデリング

既に自動車依存型となっている都市においては、TODを実現しようと試みても、ハード的な開発だけではTOD本来の機能を十分に発揮することはできない。これは一般的に、TODプロジェクトは郊外開発と比して、コストの高さがしばしば阻害要因とされているからである。すなわち、郊外の限られた住民のために整備された道路インフラやライフラインに伴う社会的費用が無視され、郊外開発に伴う費用が過小評価される一方で、TODに伴う費用が割高なものとして認識されるからである。言い換えれば、公平性を重んじる行政の基本理念が、内部化されない部分の社会的費用（社会的限界費用）の増大だけでなく、CO₂排出等の社会的費用については、現行法下ではだれも支払っておらず（将来の被害者が支払うことになる）、このことが自動車利用やそれに付随する郊外開発を助長しているといえる。

これに対してアメリカの諸都市では、郊外開発に伴う社会的費用が無視されることによって相

対的に劣勢に立たされているTODに対して、Location Efficiencyという概念を導入し、TOD圏域への住み替えインセンティブを付加するLEM (location Efficient Mortgage) 制度を創設している。LEM制度は、社会的費用の削減といった自治体へのメリットだけでなく、自動車関連コストを住宅費用に配分できる等、住民へのメリットも多々発生するため、当事者へ直接その恩恵が還元される合理的な仕組みとなっている。

本研究では、地方中核都市においてTODを支援するための住み替えインセンティブ概念として、「モビリティ残存価値」を定義する(図-3)。モビリティ残存価値とは余命までの間のモビリティ価値を積分値で表示したものである。モビリティ価値は利用者のライフステージによって変化し、自動車を利用可能な年齢では自動車モビリティ価値は高いが、車利用が困難な年齢になるほど低くなり、相対的に公共交通モビリティ価値が高くなる。モビリティ残存価値を居住地選択モデルの説明変数として組み込むことで、当該概念に対する住民の認識の是非を検討する。

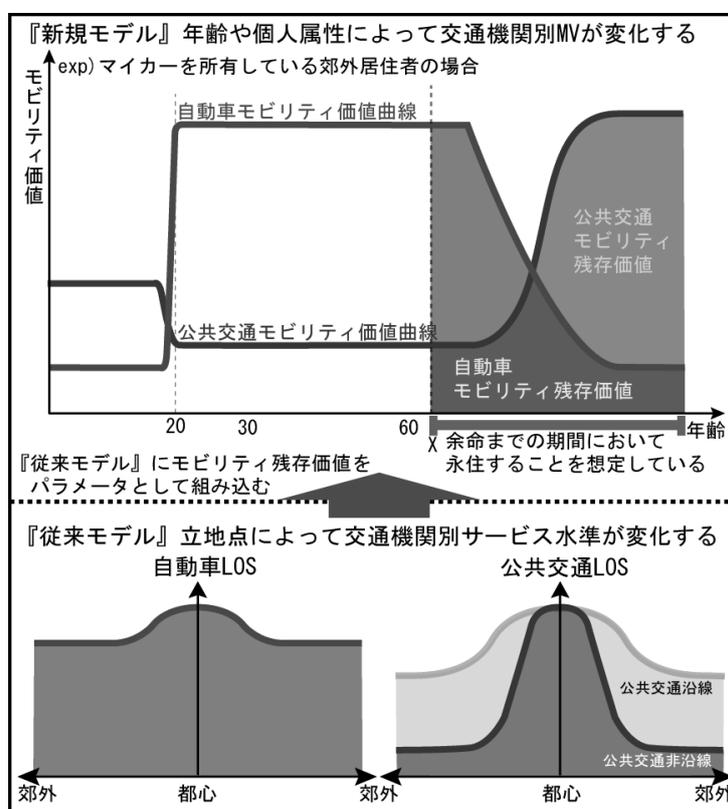


図-3 従来モデルと本モデル（モビリティ残存価値）

分析の結果、都市住民は居住地選択を検討する際に、現時点のモビリティについては配慮するが、将来を見据えたモビリティの変化までは意識が及んでいないことがわかった。逆に言えば、将来を見据えたモビリティを考慮することで、TOD圏域の立地優位性を再認識させることができる。当該概念を住み替えインセンティブとして、TODを支援する制度の一部として組み込むことで、集約型都市構造実現に資することが期待される。

(3) TODエリアの設定方法の提案

自動車依存度が高い地方都市においては、TODを成功させるためには自動車及び公共交通の双方の利便性が高いことが要求される。加えて、ある程度の人口集積や都市基盤施設が集積しており、将来にわたって都市集積を誘導することが妥当と判断されるエリアでなくてはならない。

都市計画的な視点から集積を誘導すべき地域としては、国土交通省から「広域都市機能の適正立地評価ガイドライン」(2007)が提示されている。そこで、このガイドライン(表-1)を参考に、TODエリアの設定方法について検討した。具体的には宇都宮市を対象に、表-2のような評価項目を設定することで、集積が適切だと判断された「集積誘導地域」を定量的に選出した。

表-2の評価項目を地理情報システム(GIS)上にレイヤーとして格納し、マップ上に表示することで、各レイヤーの評価値を可視化することが可能となる。その後、集積誘導地域を選定するが、現在、宇都宮市では都市計画マスタープラン策定のもと、都市的機能を集積させる地域について議論がなされており、それにおける評価値や既存の商業系用途地域の実状から、表-3のように必要な評価値を設定した。商業集積に関しては商業系用途地域外において過度な集積を防ぐことを目的として、商業系用途地域外において立地可能な商業面積を算出した。この設定値を用いて選定を行なった結果と第二次宇都宮市マスタープラン(2009)の双方を勘案することで、将来のTODエリアを設定することができる(図-4参照)。

表-1 集積誘導地域の選定に関する評価項目

周辺環境等への影響評価項目
①無秩序な周辺開発の誘引による公共コストの増加
②交通渋滞による損失
③地球環境への悪影響
④交通事故の増加
⑤自然環境への悪影響
⑥騒音、廃棄物の発生
⑦地球固有の価値の破壊

表-2 集積地域の評価項目

本研究における集積誘導地域の評価項目
1) 居住・商業機能の既存集積度
2) 公共公益施設の有効活用
3) 自動車によるアクセシビリティ
4) 公共交通の利便性
5) 郊外部の緑地・農地保全

表-3 用途地域を基にした集積誘導地域の設定値

項目	条件
人口	40人/ha以上
商業集積	商業系:上限なし、非商業系:10,000m ² /メッシュまで可
公共公益施設の利便性	最適半径重複数25以上
自動車による到達可能人口	30分当たり50万人以上
公共交通の利便性	1(=利便地域)
農振・農用地域	0(=農振・農用地域外)

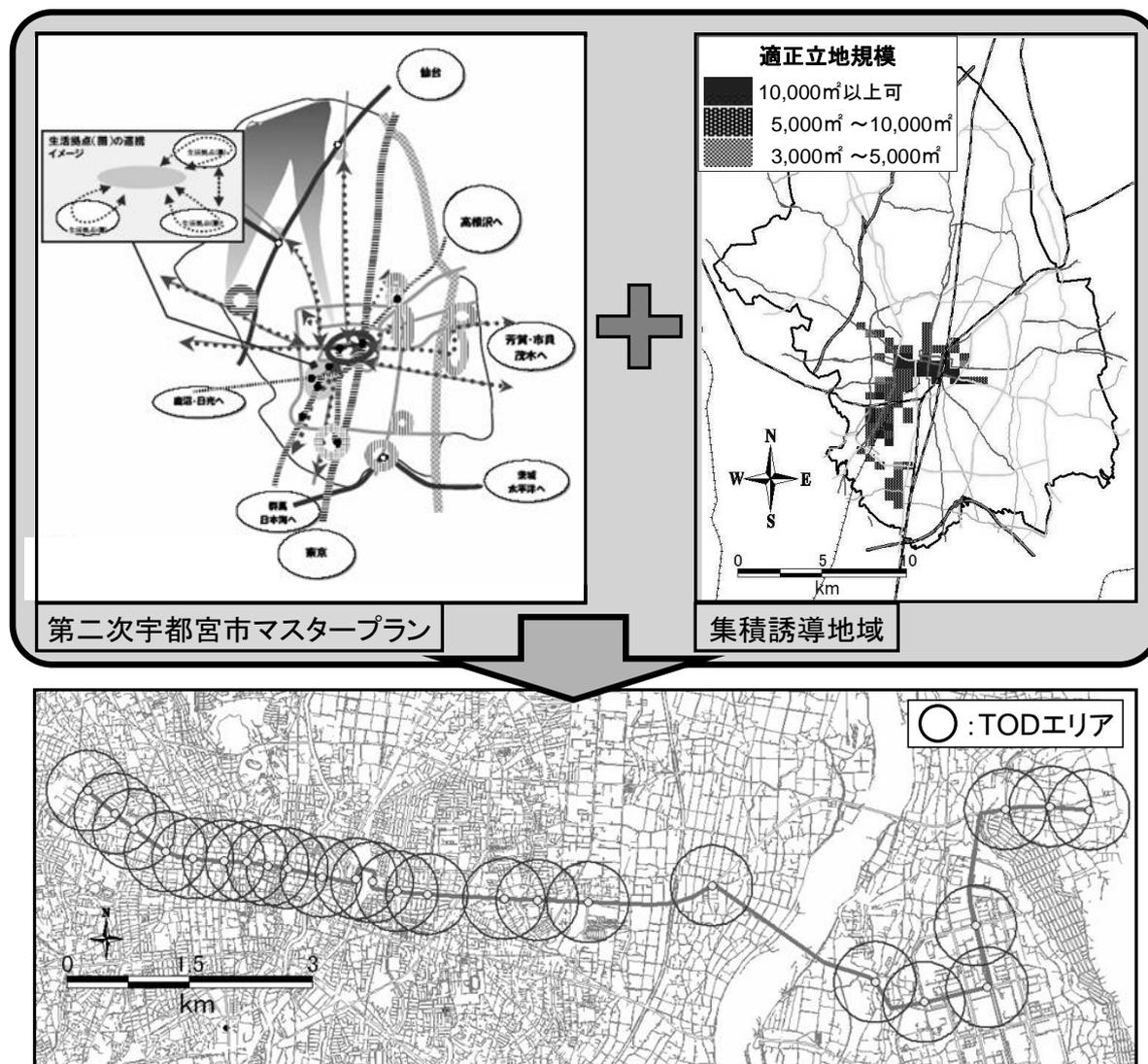


図-4 宇都宮市におけるTODエリアの設定

(4) 都市レベルでみた環境負荷及び都市財政

1) 都市のコンパクト化による環境負荷の影響について

コンパクトシティの是非については、その実現性を含めて推進派や懐疑派など様々な議論がなされている。一般的にコンパクトシティを肯定する重要な根拠のひとつとして、環境負荷低減が挙げられるが、コンパクトな都市形態がどの程度環境負荷低減に寄与するかは不明瞭な点が多い。

本節では、2050年時のCO₂排出量を50%削減させることを目標とし、コンパクトシティ政策実施によってどの程度の混雑及び環境負荷が想定されるかを把握した上で、バックキャスティングによって2050年次における宇都宮都市圏内のCO₂排出量目標を達成できる都市構造を見出す。具体的には、都市構造を維持する趨勢型シナリオ、公共交通沿線に人口を集めるTOD型シナリオを設定し、各シナリオにおけるCO₂排出量を推計した。TODの基軸となる公共交通としてはLRTを想定し、導入の検討がされている全長15kmのルートとした(図-5)。また、将来交通量の推計には第2回宇都宮都市圏パーソントリップ調査データ(1992年)を使用している。尚、2050年の将来道路網については都市計画決定された道路を含めて考慮した。

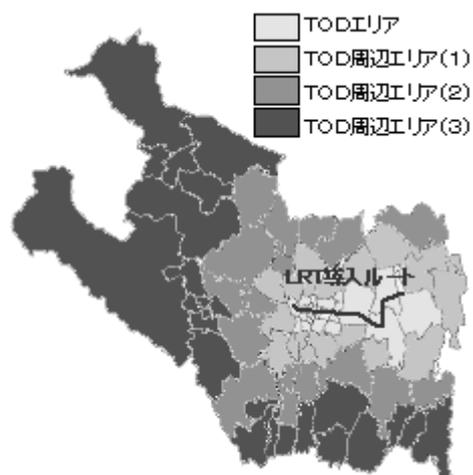
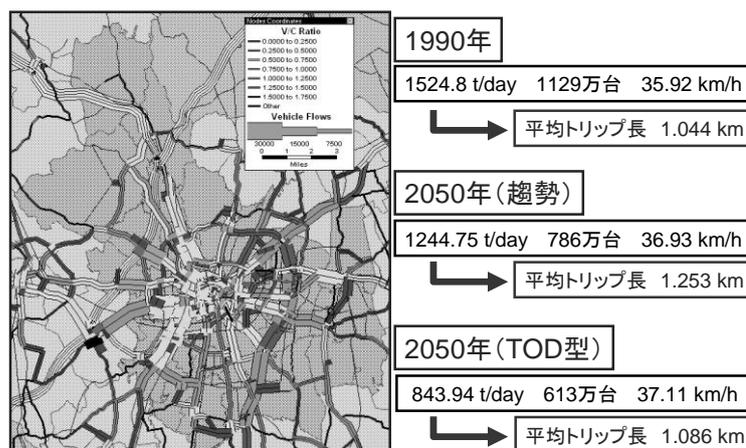


図-5 LRT導入予定ルート

図-6 宇都宮都市圏の自動車によるCO₂排出量推移

分析の結果を図-6に示す。1990年の自動車によるCO₂排出量は約1524.80 t-CO₂となり、バス・鉄道等公共交通を含めた運輸部門全体では1882.24 t-CO₂であった。以後この値を環境基準値とする。2050年の趨勢型では、自動車によるCO₂排出量は約1244.75 t-CO₂で、運輸部門全体で1551.22 t-CO₂であった。2050年のTOD型は図-5に示す4つのエリアに分類し、TOD周辺エリア(1)(2)内全ての住宅床面積をTODエリアに集約させた(以後「TOD型」と表記)。このシナリオにおいて、自動車によるCO₂排出量は約843.94 t-CO₂となり、運輸部門全体で1151.84 t-CO₂であった。LRTが導入されることで、宇都宮都市圏のCO₂排出量は1990年比38.80%削減される。更に、2050年の低公害車(ハイブリット自動車等)の普及台数を現況トレンドに基づいて設定することで、CO₂削減量は1990年比51%となる。即ち、目標の削減量を達成する為には、TODエリア内にTOD周辺エリア(1)(2)の居住者を全て移住させなければならない。これはより強力な土地利用規制をかける必要があることを意味している。

2) 都市のコンパクト化による財政の影響について

都市のコンパクト化は1)で示したように環境負荷低減に効果があるだけでなく、都市財政にも影響を及ぼす。すべてが右肩上がり成長した高度成長期には、人口増加に伴いインフラの供給を高める必要があった。都市中心部には既存施設が存在し、開発余地が無いという背景もあって、都市機能は郊外に押し出される形になった。この郊外スプロールは、今でこそ無秩序な開発と非難を受けているが、当時は人口増加に伴う税金及び大規模店舗の誘致によって法人税等、財源収入も安定していたためあまり関心が示されなかったと思われる。しかしながら、人口減少期に突入し、今後税金は減少の一途を辿る一方で、都市構造が現状通りならば維持管理費は変わらない。

本節では、宇都宮市を対象としてコンパクト化が財政に与える影響について整理する。ここでは、都市構造の変化による都市経営への影響度が大きいと判断される施設として、ある一定の範囲内の住民がその施設を利用し、利用者圏域や利用者数の把握が可能な都市拠点施設(小学校、中学校、保育所、公民館)と、圏域が存在せず、住民が生活していくうえで重要なライフラインになり得る都市基盤施設(上下水道、道路、橋梁)を設定した。維持管理費の算出方法は平成17

年度の全国763都市の各施設維持管理費用と施設諸元を基に、各施設の維持管理費用に影響を与える要因をグラフ上にプロットし、人口の変動による関係を把握し、そこから得られる近似式を用いて算出モデルの構築を行っている。また、都市構造の差異による削減効果の違いを算出するため、都市構造がそのまま移行した場合の現状維持型、そしてコンパクトシティ政策を行ないコンパクト化された場合の一極集中型の2つのシナリオを比較分析する。シナリオ1の現状維持型は2005年の都市構造が将来（2025年）まで維持され、コンパクト化等の政策による人口の移動などが行なわれないシナリオであり、シナリオ2の一極集中型は郊外部での人口増加を抑制しつつ、郊外部（市街化調整区域）の総人口の10%、20%...100%の人口が中心部（市街化区域）へ住み替えた場合を想定している。

分析結果を図-7に示す。左図はシナリオ1からシナリオ2へ、住み替え率を10%から100%まで変化させた場合の維持管理費用の合計値を、右図はシナリオ1からシナリオ2へ住み替え率を10%から100%まで変化させた場合の各施設の削減率を示している。左図は、住み替え率を上げていくにつれ、維持管理費用は徐々に削減されていき、住み替え率100%において約10億円の削減効果が得られることを示している。また、右図は都市拠点施設が住み替え率90%から100%に変化した場合の保育所のように、必要な施設数が減ったとき、大きな削減効果が得られることを示している。しかし、都市拠点施設は施設自体が中心部に多くあるため、郊外部の人口が0となっても各施設10%前後の削減効果にとどまる結果となった。また、都市基盤施設は道路橋梁が最大約39%維持管理費を削減できる結果ではあるが、上下水道は道路橋梁ほどの削減効果は得られない結果であった。この結果は、都市基盤施設はメッシュ単位の人口のみを考慮する原単位式に大きく依存する。道路橋梁の原単位式は、人口密度が高まるにつれて施設延長密度が抑えられていく曲線形を描くため、住み替え率が高くなるほど削減効果が大きくなることが考えられる。

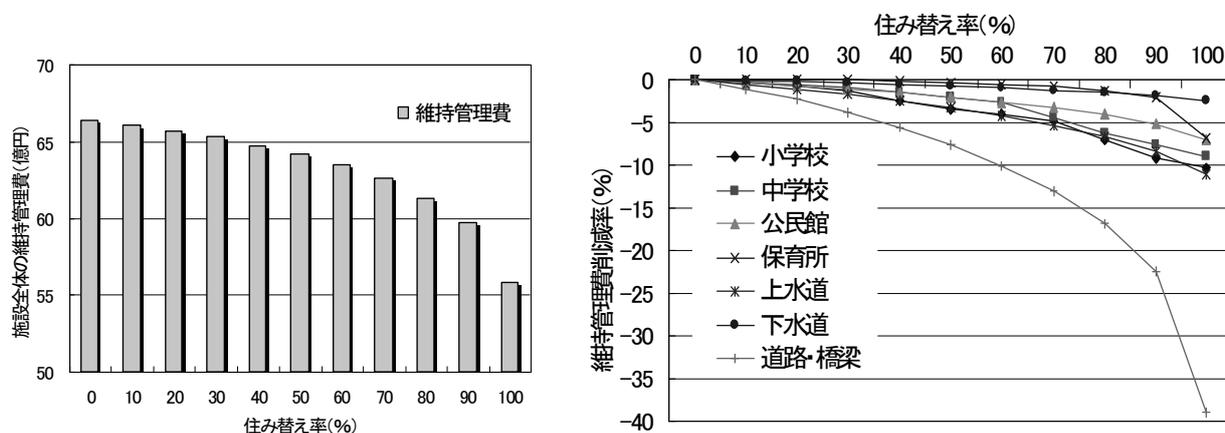


図-7 シナリオの差異による財政の削減効果

(左図：施設全体の維持管理費 右図：各施設の維持管理費削減率)

(5) 地区レベルでみた環境負荷と空間デザイン

1) 環境に与える影響について

(4)の1)において、都市圏レベルでのTOD導入によって一定のCO₂削減効果が示されたが、都市構造の改編によって局地的な交通混雑が発生している可能性は依然残されたままであり、特

にTODエリアへの集約度合いが大きいほど、その可能性は増大する。そもそも、現況のネットワークにLRTを導入することは交通容量の面からも不安は残る。そこでTOD導入エリアの都市内交通流をより詳細に再現し、CO₂排出量の推計を行なうことで局地的なCO₂増加の可能性について検討する。

対象エリアは、宇都宮市でLRT導入が検討されている2007年現在の宇都宮駅東地区である。使用データはH17センサス、車両感知器データ、交通量調査、信号機制御状況データ等を用い、再現時間帯は平日8:00~9:00とした。シナリオは現況とLRT導入による環境負荷の差異及び公共交通利用率と環境負荷の関係を明らかにするため、現況シナリオ（1パターン）とLRTシナリオ（4パターン）を設定した（シナリオ0~3）。シナリオ0~3の違いは転換率の大小である。つまり、シナリオ0は自動車からLRTへの十分なモーダルシフトが発生しないと想定したものであり、シナリオが進むにつれてモーダルシフトが大きくなるように公共交通分担率を高めている。尚、評価対象は渋滞や交通安全等があるが、ここでは平均旅行速度と総CO₂排出量に着目した。

まず、現況とシナリオ0の平均旅行速度及び総CO₂排出量を比較する。現況の平均旅行速度は27.67km/h、総CO₂排出量は5.75t-CO₂/hとなった。一方、シナリオ0は平均旅行速度が21.90km/hとなり、現況と比べると実に36%程度減少した。旅行速度の減少に伴い、総CO₂排出量は5.80t-CO₂/hと僅かに上昇した。この結果は、自動車からの転換が全く見込めない場合は、交通、環境面とも現況より悪化することを意味している。図-8右図は各シナリオ（現況及びシナリオ0~3）における平均旅行速度と総CO₂排出量の比較である。平均旅行速度について言えば、公共交通分担率を上昇させ続けた結果、徐々に回復の傾向を示し、シナリオ3で約25km/hとなり、現況の73%程度まで回復した。総CO₂排出量は、シナリオ1で現況と同等の環境負荷まで戻り、その後は減少の一途を辿って、最終的にシナリオ3で、現況値の-5.3%と推計された。以上より、公共交通分担率の増加は導入区間における交通流の円滑化に繋がり環境負荷低減にも効果があることがわかった。このように公共交通利用者を増加させるためには、公共交通を利用しやすい環境整備を進めることが重要であり、すなわちTODエリアの魅力度を高めていく必要がある。

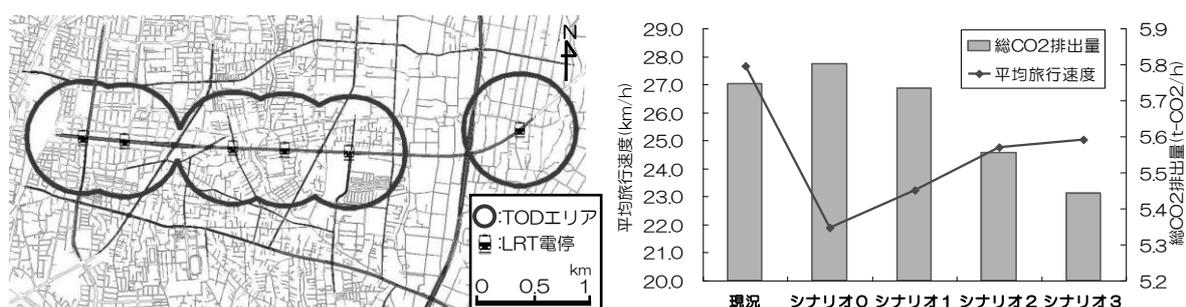


図-8 作成したネットワーク図とTODエリア（左図）及びシミュレーション出力結果（右図）

2) VRの技術を用いたTODデザインの評価

利用しやすい魅力的なTODの導入は自動車需要を公共交通へシフトさせていくのに有効な手段であるといえる。しかし、魅力的なTODといっても開発タイプは様々であり、人によってその嗜好性は異なる。さらに、TODやLRTは市民にとっては馴染みの無いものであり、イメージすることは容易ではない。ここでは、TOD空間を可視化できるよう、VR(virtual reality)の技術を用いて三次

元動画（3D動画）を作成した。作成した3D動画を市民に見てもらうことで都市像を理解してもらう際の違和感や難解さを緩和できる。これが成功すれば、TOD実現の第一歩となり、TODの成功、即ち集約型都市構造実現がより具現化すると思われる。

Chalthorpe、Pによれば、TODは土地利用が住宅、商業、オフィス等複合利用されている場所が望ましいとしている。以上を鑑み、再現エリアは宇都宮市の陽東地区と設定した。このエリアはLRTの導入予定区域に位置していることや、土地利用が商業施設、住宅、大学等と、用途が混在していることより上記の条件を十分満たしていると考えられる。尚、宇都宮市の郊外部であることから、周辺には巨大平面駐車場を有しており、十分な開発の余力を残している。

作成した動画（図-9）を用いてヒヤリング調査を実施したところ、未だ実施していない政策や、導入をしていないLRT等は動きのある情報媒体を使用することにより、理解が容易になることが分かった。さらに、一旦AVI(Audio Video Interleave)で出力した動画は持ち運びができるため、説明会等で市民に見てもらうことも容易である。このようにTODの環境空間については、市民・行政・民間事業者で共通のビジョンを持つことが必要であり、そのためのコミュニケーションツールの採用が重要である。



図-9 作成したVRから切り出したCG画像の一例

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

持続可能な都市構造を考える上で、交通流をマクロ・ミクロの両視点で分析することは非常に重要である。環境負荷の面で言えば、2050年までの趨勢型と比較すると、LRT+TODというセット開発によって、大きなCO₂削減効果が期待できることがマクロ分析によってわかり、財政の面でも都市のコンパクト化によってBAUシナリオと比べると、削減効果が望めることが明らかになった。一方で局所的にみると、LRTを導入しても逆にCO₂排出量が増加する場合もある。これは、現行の土地利用下でLRTやBRTといった公共交通システムを整備しても、自動車から公共交通へのモダリティシフトが不十分な場合、道路容量によっては却って整備以前よりも交通渋滞や地球環境負荷を増大させる結果になる可能性を示している。この問題を解決するためには、公共交通分担率を高めること、即ちLRT及びTODの魅力度を向上させることが必要であることも明らかとなった。また、TODエリアの設定に関しては、都市機能の集約が図られている地域を可視化した集積誘導地域と

都市計画マスタープランの双方を勘案することで、現在の都市機能を有効活用するようにTODを設定することが可能となった。

また、人口増加期における大都市の民間電鉄沿線開発と、人口減少下における地方都市のTODとでは、社会背景が大きく異なり、単なるハードの開発のみでは交通渋滞の解消や運輸部門のCO₂削減にはつながらないことが、アメリカの都市の実態調査と我国の事例整理によってわかった。更に、自動車から発生するCO₂の社会的費用に関しては、現行ではだれも支払っておらず、このことが郊外開発と比較してTODがコスト割高にみられる原因のひとつであった。本研究では、公共交通利便地域へのインセンティブを付加することによって、相対的に郊外開発を劣勢にたたせ、見かけ上の社会的費用を内部化させるための概念を構築することができた。特に、余命までの間に利用する残存モビリティを「モビリティ残存価値」と定義して時間軸での新しいモビリティの価値を概念として構築した点は学術的な価値がある。最後に、市民・住民・民間事業者が将来のTODイメージを共有できるよう、VRの技術を用いてTODデザインを再現した。これにより3者間でビジョンを共有することが可能になり、コミュニケーションツールとしての援用が期待できる。

(2) 地球環境政策への貢献

運輸部門の地球環境政策のひとつとして「公共交通機関の利用促進」が挙げられているが、LRTやBRT等の公共交通機関の整備が地球環境負荷に及ぼす影響は、自動車から公共交通機関への転換度合に大きく依存する。その検討においては、沿線土地利用のあり方を十分に議論しなければならない。また、TOD導入による都市構造の改編はマクロレベルで見ると環境負荷削減に寄与する。しかし、TODエリアの居住者が車利用を続けた場合には、減少した道路容量の中で渋滞が発生し、結果的に局所的な環境負荷増大につながる危険性が高い。CO₂排出削減を進めるためには地区レベルでの交通政策が重要となるとともに、居住者の行動変容を促すソフト政策も合わせて実施する必要がある。

本研究の成果を踏まえて、平成20年度から平成21年度にかけての国土交通省のいくつかの検討委員会について提言を行った。例えば、「低炭素都市づくりガイドライン検討委員会」において、集約型都市構造の実現や交通部門の環境推計に関して、「都市施設・市街地整備に関する都市計画制度のあり方検討委員会」において、公共交通軸への集積誘導などを提言した。

一方で研究対象とした宇都宮市では、平成19年度の宇都宮市総合計画審議会において、本研究の成果を踏まえて「ネットワーク型コンパクトシティ」を提案し、その結果、第5次総合計画において将来の望ましい都市構造として明記された。平成20年度から平成21年度にかけて、総合計画に基づいた第2次宇都宮都市計画マスタープランが検討され、都市構造の集約化にむけた具体的な土地利用計画を提案した。また交通分野でも平成20年度には宇都宮市都市・地域交通戦略策定協議会において、「ネットワーク型コンパクトシティ」を掲載するための新たな公共交通ネットワークが策定され、その継続的な実施を目指して平成21年度からは推進懇談会が発足している。

6. 引用文献

特に記載すべき事項はない

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) H. Daimon, A. Morimoto and H. Koike : A Study of Time Varying Transit Service Area and its Influence on Modal Choice, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, pp.1707-1718, 2007.
- 2) T. Miura, A. Morimoto, H. Koike, H. Daimon, T. Seki : A Study on the Selection of Accumulation Promotion Areas Based on Automobile and Public Transport Accessibilities, 12th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, CD, 2008.
- 3) 佐藤晃, 森本章倫: 都市コンパクト化の度合に着目した維持管理費の削減効果に関する研究, 都市計画論文集, Vol.44, pp.535~540, 2009.

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会）

特に記載すべき事項はない

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム，セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない