

課題名 1E-1202 街区型環境未来都市モデルの構築とそれに基づく都市政策提案

課題代表者名 北詰 恵一(関西大学環境都市工学部都市システム工学科)

研究実施期間 平成24～26年度

累計予算額 35,426千円(うち26年度11,597千円)
予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード 低炭素社会、街区群、都市計画、都市交通政策、エネルギーマネジメント

研究体制

- (1)社会資本ストック・マネジメントによるコンパクトな都市形成論(関西大学)
- (2)都市機能ストック・マネジメントとスマートモビリティの形成によるQOL向上(関西大学)
- (3)都市環境ストック・マネジメントによる都市代謝インフラとエネルギーインフラのリ・デザイン(関西大学)

研究概要

1. はじめに

企業や一般市民の日常の活動は、環境に優れた社会資本を基礎として行われる。そのような社会資本が普及していくためには、さまざまな環境政策のうち、日常活動に働きかける効果を知ることが重要である。社会のストックの環境上の価値が明確に認識されつつ市民全体のムーヴメントになっていくことを目指し、社会資本が元来持つ超長期性と市民の行動範囲とに密着した複数街区群をベースにした空間性を備えて市民の環境行動を細かく表現し、総合的に管理できる新たな環境未来都市ストック・マネジメントモデルを構築する必要がある。

このためには、住まい方、都市機能へのモビリティ、住宅を含めた都市機能内および機能間のエネルギーマネジメントについて、主体としての個人の行動を軸に互いに関連性を確保しつつ個々の課題を解決していく必要がある。

住まい方に関しては、業務地区においても住宅地区においても、さまざまな分野で取り組まれる低炭素社会に向けた環境政策が、都市活動を支える社会資本ストックや都市空間構成に影響されることから、環境政策だけでなく、土地利用政策や都市計画の観点から検討が求められるという点が重要となってくる。

モビリティに関しては、環境未来都市における環境に優しい都市交通政策を想定する上で、公共交通が充実している大都市と自動車中心である地方都市での、都市交通政策の検討方法が相違する点に着目することが重要となってきている。大都市圏を対象とした検討、地方都市圏を対象とした検討を行い、個々の市民の行動特性を踏まえた都市交通政策が望まれる。

エネルギーマネジメントでは、電力自由化の果たす意味を考える必要がある。特に重要なことは、この自由化された将来を見越し、計画段階からまちづくりにエネルギー計画を織り込み、よりスマートなエネルギーマネジメントを評価・提案できるツールを開発し、政策実験に基づき、その政策、技術を社会実装していく手順を構築し支援していく必要がある。同時に、新たに持続可能な都市を目指す際には、都市エネルギー(低炭素)の側面だけではなく、社会的課題となっている少子高齢化への対応やコンパクトな集住にも取り組んでいかなければならない。

本研究は、これらの背景を、個々人の行動を軸に連携していきながら、政策提案を考えていくことになる。

2. 研究開発目的

本研究開発は、このような背景を踏まえ、都市のストックの価値を高めるための市民の認識を明示的に扱いつつ、社会資本、都市機能と関わる交通、環境インフラによるエネルギーマネジメントに対する個人・世帯の行動モデルを構築し、環境政策への主体の反応をシミュレーションした結果により評価することを目的とする。

具体的には、3つのサブテーマに分かれ、次のような目的を設定した。

(1)社会資本ストック・マネジメントによるコンパクトな都市形成論

社会資本を、各ディストリクトの地域性から説明されるまちの成り立ちの視点から捉え、市民生活と密着した市民の行動・評価データをもとに政策評価を行う。そして、街区群単位の土地条件と環境行動を関連づけ、個々の環境行動を主体別に知らなくても、外形的な要因で知ることができる土地条件と政策効果の関連づけの中で政策効果推計を行う。

(2)都市機能ストック・マネジメントとスマートモビリティの形成によるQOL向上

環境未来都市における都市活動と空間移動に関する時系列的变化を交通行動者のエージェントモデルとして

構成し、環境に配慮した都市交通政策評価を行うことを目的とする。具体的には、交通行動者を自律的エージェントとして、都市活動と空間移動に関する都市モデルを構成する。このとき、街区単位での都市交通政策のインパクトを時間的・空間的に把握し、エージェントの局所的な行動の帰結として、都市活動と交通現象を表現する。特に、都市交通機関として、都市鉄道などの公共交通機関の整備が行われている大都市圏における都市交通政策と、主体的な公共交通機関がバス交通であり、自動車中心社会が構成されている地方都市圏の都市交通政策をそれぞれ検討する。

(3) 都市環境ストック・マネジメントによる都市代謝インフラとエネルギーインフラのリ・デザイン

複数の用途、属性により構成される街区群の特性を考慮した既成市街地のディストリクトベースのエネルギー需要プロファイルの推定を可能とするモデルの構築と、そのモデルを用いて長寿社会、低炭素社会に対する都市政策の効果をシミュレーションにより評価し、スマートな街区のエネルギー・マネジメント・政策提案を行うことを目的とする。

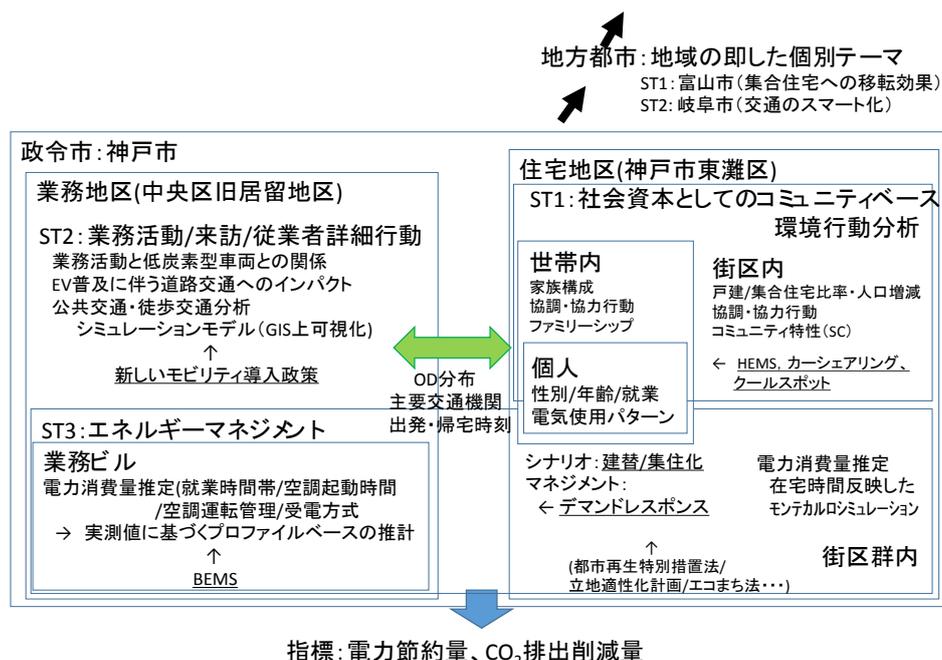


図1 本研究開発の目的

図1は、これらの目的をサブテーマの関係性を明記しながら示したものである。後述するように、詳細に検討する都市として環境政策の進む神戸市を選び、サブテーマ1の目的を達成するため、住宅地区としての東灘区を対象として社会資本としてのコミュニティベースの市民の環境行動分析を実施する。個人→世帯内→街区と枠組みを広げながら、個々の環境政策と街区群内の環境政策への対応をもとに評価する。サブテーマ2の目的を達成するため、業務地区として代表的な中央区旧居留地区を選び、都市機能をベースとした交通行動を表現するエージェントモデルをGIS上で可視化しつつ作成し、モビリティ導入政策を評価する。サブテーマ3は、両地区に対してそれぞれ業務、住宅別のエネルギー・マネジメント政策を、実測値を基に評価した。評価指標は、いずれも電力節約量あるいはCO₂排出削減量である。また、神戸市に特化した検討結果となることを避けるため、特に地方都市として富山市、岐阜市を選び、個別テーマについて検討を加えた。

3. 研究開発の方法

(1) 社会資本ストック・マネジメントによるコンパクトな都市形成論

人々の日常活動と整合し環境行動と調和する空間範囲として街区群を設定し、主に、町丁目単位の土地条件や都市計画条件と節電行動を中心とした環境行動との関係を分析することで、街区群単位の環境政策効果を明らかにする。そのために、まず、市域全体の町丁目を人口増減比率と戸建比率によって4区分し、さらに世帯構成や通勤・通学交通手段により詳細区分を行い、その市域の特徴を見出した。次に、既存統計を用いて推計した個人属性別時間帯別電力使用量分布を家族構成に基づいて家族単位の同分布を集計した。別途、全国から段階抽出した14都市に対しwebアンケートを実施し、家族構成と居住区域のコミュニティや土地条件などと家庭内外の環境政策に基づく節電行動のデータを取得した。これを用いて環境政策でよく推奨される節電行動についての家庭内協力行動による効果を推計した。

(2) 都市機能ストック・マネジメントとスマートモビリティの形成によるQOL向上

本研究では、街区型環境未来都市における都市活動と空間移動に関する時系列的变化を交通行動者のエージェントモデルとして構成し、環境に配慮した都市交通政策評価を行った。環境未来都市の都市交通政策に対して、都市交通機関として、都市鉄道などの公共交通機関の整備が行われている大都市圏における都市交通政策と、主体的な公共交通機関がバス交通であり、自動車中心社会が構成されている地方都市圏の都市交通政策をそれぞれ検討した。対象は①大都市圏の中心市街地として、神戸市旧居留地区を取り上げた。この場合多様な交通機関の分担関係が都市交通政策の基本事項となるため、特定街区を設定して交通機関別の詳細な分析を行った。一方で、②中心部・周辺部・郊外部という自動車利用による低密度な地方都市圏においては、岐阜市の都市交通政策を考えた。この場合、自動車中心社会が構成され車両本体のスマート化が期待されることから、全域的な低炭素車両(HV・EV・ULV)の普及に関するエージェントモデルを基本とした分析を行った。また、地方都市圏の場合には、中心部・周辺部・郊外部という街区環境の相違に都市交通現象が影響を受けることから、岐阜市全域を街区で構成した場合のエージェントモデルによる分析も行った。

(3) 都市環境ストック・マネジメントによる都市代謝インフラとエネルギーインフラのリ・デザイン

既成市街地のディストリクトベースのエネルギー需要(プロフィール)の推定と政策導入効果をモデルシミュレーションにより示し、効果的な政策提案を行うために、モデル・シミュレータの開発から、シナリオデザイン、技術オプション選択、アウトプット、政策評価までの一連の研究を行った。

まず、(1)エネルギー需要推定の基礎調査として、1)1年間にわたる事務所ビルの電力需要の計測とその特徴の把握、2)住居(戸建住宅、集合住宅)、業務(事務所・商業ビル)、福祉(介護福祉施設)の各対象者に対してエネルギー使用や省エネに対する取り組み状況、床面積や利用者数等のアンケート調査・分析を行った。次に(2)住居系、業務系、商業系、医療・福祉系の各用途のエネルギー需要プロフィールの推定モデルを開発した。本モデルの特徴は外出・帰宅・就寝、入社・退社・休憩、開店・閉店等のエネルギー使用と関連する活動の時間帯を地区特性(パーソントリップデータ、個人属性別の社会生活基礎調査の活用)と関連させた変動幅を持つ確率モデルとした。最後に(3)開発したモデルをケーススタディ街区に適用し、1)業務、商業の割合が卓越した都心街区における今後の再開発の規模を考慮した街区群のエネルギーマネジメント(業務・商業系のスマート化)、2)医療、商業施設で構成される街区群のエネルギーマネジメント(医療・商業系のスマート化)、3)住宅の割合が卓越した都心近郊街区における今後の人口動態、高齢化を考慮した街区群のエネルギーマネジメント(住宅・福祉系のスマート化)について検討した。

4. 結果及び考察

(1) 社会資本ストック・マネジメントによるコンパクトな都市形成論

家庭内であっても土地条件による差異が見られ、古くからの住宅地である戸建人口減地区での協力率が低く世帯単位で集計した場合の節電効果は13.8%となり、最大の節電効果を与える集合住宅人口減地区の16.0%と比較して2.2ポイントの差がみられた(図2)。さらに、家庭内のファミリーシップの違いによる効果を推計し、個人尊重(無関心)型の家族と比較して子供等を対象とした教育的指導型の家族で節電効果が20ポイント高いとの結果を得た。一方で、街区群地域内での協力行動をソーシャルキャピタルの概念から調べ、「信頼」「規範」「ネットワーク」の基本3要素のうち、集合住宅の多い地区での「ネットワーク」と戸建が多い地区での「信頼」が環境政策への反応に強い影響を与えることを明らかにした。これらの土地特性に基づく街区群区分は長期的な視点で捉えられるまちの成り立ちや公共交通拠点との距離などの都市構造と関連づけて捉えることができ、特に、街区の大きさや整形度や駅からの距離から見て、節電効果の高い集合住宅への転換ポテンシャルが今後も期待できることを確認した。神戸市東灘区を対象に、土地条件や家族構成等を踏まえて区全域で節電効果を集計したところ、環境行動により4.1%の電力削減が見込めると推計できた。

このような分析から、土地条件に即した地区分類ごとに環境政策の方向性を整理することができる(図3)。戸建比率が高く人口増加するタイプAは駅周辺から遠距離地区にまで卓越し、低層の住宅専用地域が多い。比較的新しい家を構えた子育て層が多くなっている。環境意識も高く子供を中心としたコミュニティの充実と家庭内の環境行動の効果が期待できる。集合住宅比率が高く人口増加するタイプBは、駅近隣に多く単独世帯が多くなる。必ずしも地域コミュニティとの関連が高くない。しかし、この地区は時間別電力使用パターンの異なる商業・業務などの他の土地利用も立地してそれらとの混在による電力使用の平準化が期待されることと、公共交通拠点周辺への立地誘導の重要な受け皿であることから、エネルギーマネジメントを中心とした環境政策に効果が期待できるし、また、進めていかねばならない。集合住宅比率が高く人口減少するタイプCは、タイプBの外側にあり住環境は必ずしもよくない。単独世帯も多くなっている。旧来の集合住宅に対するリフォームやリノベーションなどを通じて、効果を上げていくべき地域であろう。戸建比率が高く人口減少するタイプDは、郊外部に位置し高齢化率が高い。コミュニティも力を失いつつあり、家庭内の協力行動力も相対的に低い。本地域は、都市計画の

観点からも多くの課題を有している地域であり、家のリノベーションや新しい形態の住まい方を提案することで若返りを図り、コミュニティの力を回復することを狙うべきであろう。従って、環境政策と都市計画を一体的にマネジメントし、地区の力の回復と合わせた環境政策が望まれる。

同じ世帯属性(地域特性比較)

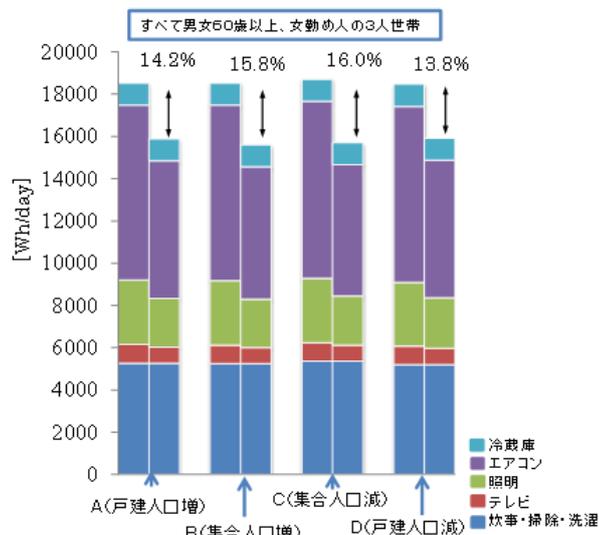


図2 同じ世帯属性における4地区タイプ別協力行動により節電効果

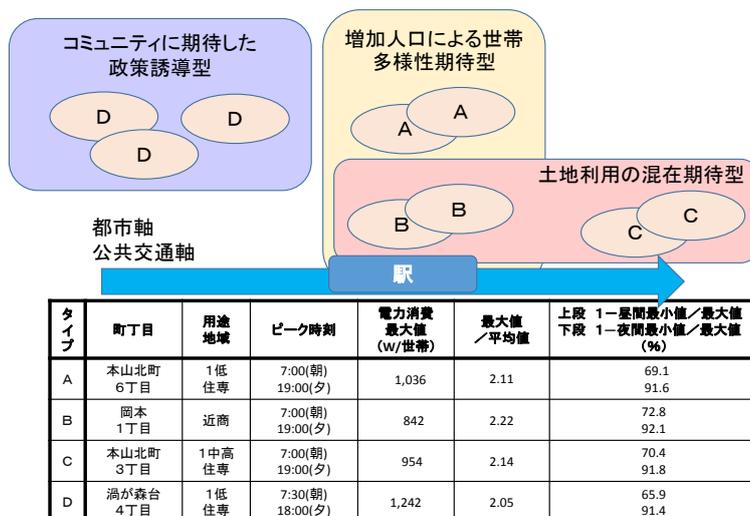


図3 土地条件と都市構造から見た環境政策効果の捉え方

(2) 都市機能ストック・マネジメントとスマートモビリティの形成によるQOL向上

神戸市旧居留地区を一街区として設定し、街区の都市活動と空間移動について、エージェント(従業者・来訪者・住民)の交通行動パターンの分析を行った(図4)。街区を単位とした環境に着目した都市交通政策に伴う、環境負荷と生活様式の変化を定量化することで、自律的な都市環境の変化を把握することができた。鉄道主体の公共交通機関の整備が行なわれている商業・業務活動が中心の街区においては、環境面に配慮した利用交通機関の多様性を確保し、アクセス交通を含めた自動車抑制型の街区内の歩行空間を確保する都市政策が重要である(表1)。

また、自動車交通中心の地方都市(岐阜市)について、構築した人工社会モデルを用いて20年間にわたるゾーン別二酸化炭素排出量及び低炭素型車両の保有状況の推移を定量的に示した(図5)。一部の郊外部では、自動車依存が顕著なため二酸化炭素排出量が大きくなることを明示できたとともに、低炭素型車両の保有状況をみてもEVと比べてHVの保有が多くなる中で、いずれも中心市街地の方で密度が高くなっていることがわかる。自動車交通中心の地方都市では、自動車抑制というより、代替的交通手段としてのカーシェアリング、超小型モビリティ、HV・EVを含むエコカーを有効活用する政策提案が重要である(表2)。さらに、低炭素社会における市民意識として、自動車種別としてのEV車両は現状では、普及促進に対応する要件が十分でないことなどがわかった。これらのことから、環境に配慮した都市交通政策においては、各種交通機関の特性と相互補完関係についての検討が必要であることがわかった。



図4 街区の歩行者分布(8:25)

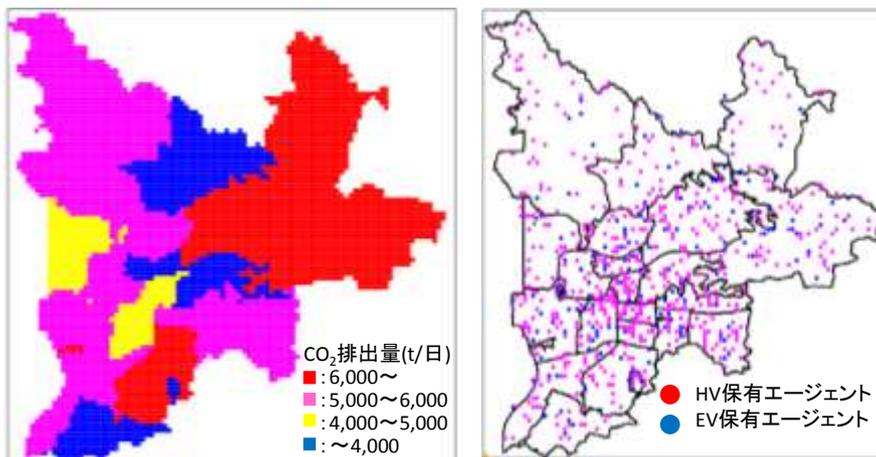


図5 最終状態(20年後)のCO₂排出量・低炭素型車両保有状況

表1 都市型街区の交通政策案

<事業>	<期待される成果>
(1) 低炭素車両の利用促進 ① 低炭素車両(HV・EV・ULV)の優先ゾーン設置 ② 業務車両のEV化 ③ EVカーシェアリング ④ 充電ポイントの拡大(商業店舗を含む)	低炭素エリアの拡大 省エネ・EV車両の活用 EV車両の活用 EVの利便性向上
(2) 公共交通サービスの向上 ① トランジットモールの設定 ② コミュニティバス(ミニバス)の導入 ③ バスサービスの向上(商業店舗を含む)	自動車抑制 アクセス利便性向上 バス利便性向上
(3) 歩行者・自転車の利便性向上 ① 歩行空間の整備(バリアフリー・景観) ② 健康の空間整備(公園・健康経路) ③ 自転車走行空間整備(自転車道・駐輪施設) ④ レンタサイクルの導入	自動車抑制・にぎわい 健康活動増大 自転車利便性向上 自転車交通の促進

表2 地方型街区の交通政策案

<事業>	<期待される成果>
(1) 集約型都市構造の実現 ① 中心部における公共交通ネットワーク拡充 ② 公共交通幹線軸の形成(LRT・BRT) ③ トランジットセンターの整備	中心部の利便性向上 バス利便性の向上 移動の利便性向上
(2) 低炭素車両の利用促進 ① 充電ポイントの拡大(商業店舗を含む) ② 超小型モビリティの優先車線設置 ③ 中心部における低炭素車両優先ゾーン設置	EVの利便性向上 ULVの利用促進 低炭素エリアの拡大
(3) 歩行者・自転車の利便性向上 ① 健康の空間整備(歩道・公園・健康経路) ② 自転車走行空間整備(自転車道・駐輪施設) ③ 中心市街地における歩行空間整備	健康活動増大 自転車利便性向上 中心市街地のにぎわい

(3) 都市環境ストック・マネジメントによる都市代謝インフラとエネルギーインフラのリ・デザイン

住宅、非住宅系のエネルギー需要の推定モデルとして、これまでほとんど見られなかった地区特性、就業特性、世帯特性に応じた変動幅を考慮した確率モデルを開発した。そのモデルをケーススタディ街区に適用した。

都心街区群では、業務・商業系の床用途だけではなく、住居系の床用途が20%程度を占めるアライアンス形成により最大電力需要を100㎡当たり0.75kW(図6)、率にして10%程度(図7)削減できることを示した。

医療、商業街区では、コージェネレーション(CGS)導入により最大電力需要を20%、エネルギー消費量(1次エネルギー換算)を10%程度削減でき(図8)、評価期間を30年とした場合、総費用を10%程度削減でき(図9)、10年未満の比較的短期で投資コストを回収できる可能性があることを明らかにした。

都心近郊街区の集住化促進シナリオは、高齢化に伴う世帯分離・在宅率の向上による家庭のエネルギー需要の増大を抑制する効果があり(図10)、さらに増加が見込まれる福祉施設と併せて推進し、一括受電、CGSの導入により、エネルギー消費量、最大電力需要とも低減でき(図11)、スマートなエネルギーマネジメントの効果を生み出せることが明らかとなった。

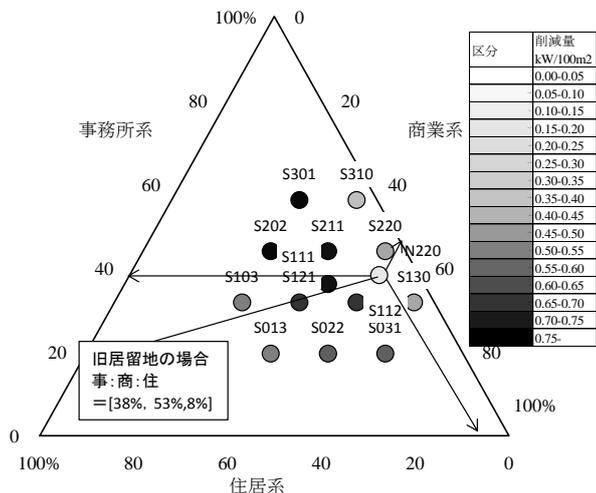


図6 都心街区の最大電力需要削減量

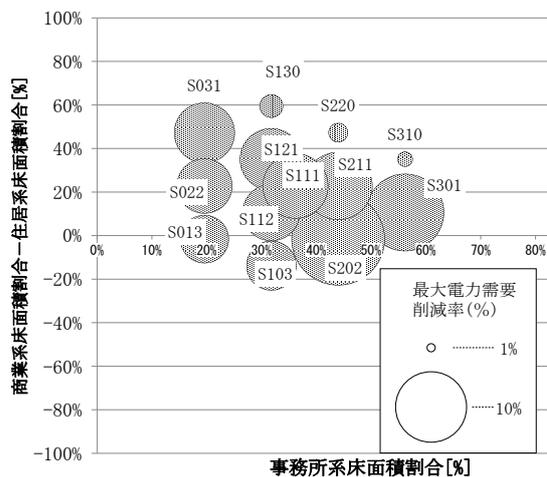


図7 都心街区の最大電力需要削減率

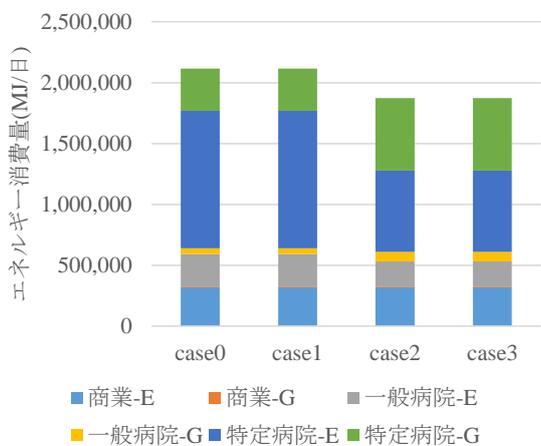


図8 医療、商業街区のエネルギー消費量

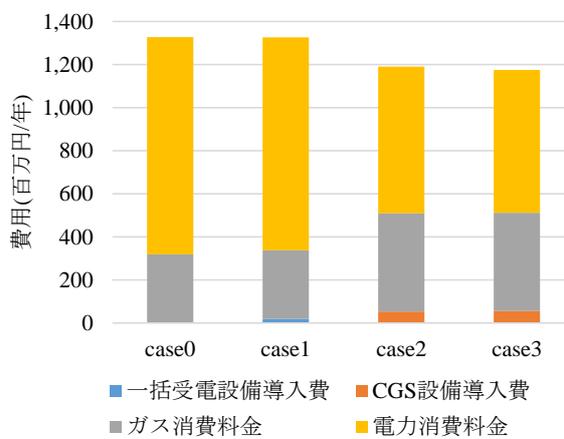


図9 医療、商業街区における設備導入費用およびエネルギー消費に伴う費用の算定結果

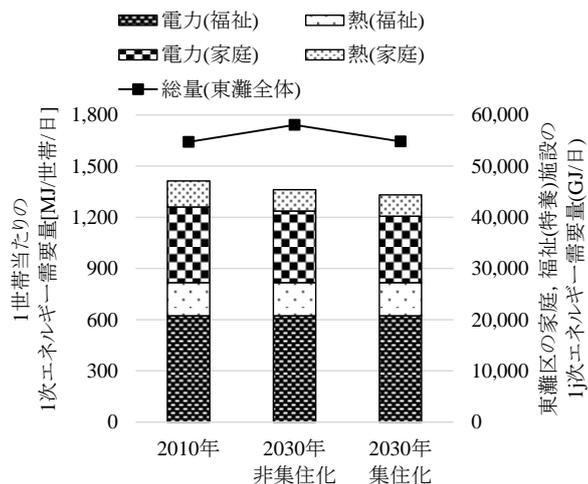


図10 都心近郊街区群における家庭、福祉(特養)施設の1次エネルギー需要量

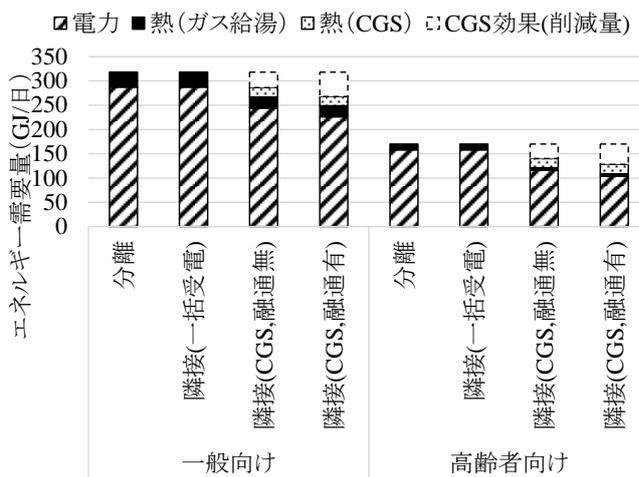


図11 集合住宅と福祉施設の連携・技術オプションによるエネルギー需要量の低減効果

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

1) これまで環境政策を評価するモデルは多く提案されてきたが、住まい方、都市機能、エネルギーを総括的に扱うエージェントベースのモデルは無い。現段階では枠組み構築に留まっているが、個々のデータはNHKの行動データや国勢調査の世帯データやパーソントリップデータなどのエージェントとして扱うことのできるレベルで

のデータを連携させた上でのモデルとなっており、それぞれの部分でのモデルの妥当性も検証された。今後、これらを実際に繋げたモデルを構築することで、エージェントベースでのトータルな政策評価が可能なプラットフォームとなるモデルが期待できる。さらに、GIS上で表現し、かつ街区単位での大縮尺での検討が可能であることから、より細かい、また、現在実証実験が進む街区型のスマート政策の評価に馴染むものとなっている。

- 2) 都市市民に対応する自律エージェントの都市交通に関する局所的意思決定結果から全域的な都市活動と空間移動の状態変化を生じる過程を表現するエージェントモデルを開発した。これにより大都市圏および地方都市圏の街区型環境未来都市における効果的な都市交通政策について実証的に検討が可能となった。
- 3) 大都市中心市街地では、鉄道主体の公共交通機関の整備が行われているため、環境面に配慮した利用交通機関の多様性を確保し、アクセス交通を含めた自動車抑制型の街区内の歩行空間の確保の重要性が高いこと、地方都市では、市民のモビリティ確保の視点から、自動車抑制というより、代替的交通手段としてのカーシェアリング、超小型モビリティ、HV・EVを含むエコカーの有効活用の重要性が高いことを指摘した。
- 4) 住宅、非住宅系のエネルギー需要の推定モデルとして、これまでほとんど見られなかった地区特性、就業特性、世帯特性に応じた変動幅を考慮した確率モデルを開発した。そのモデルは、30分毎のエネルギー需要を推定でき、都市政策や技術オプションの評価に適用できる。また、そのインプットデータは、PT調査、社会生活基本調査、国勢調査等の一般的なデータをもとに算定できる汎用性の高いモデルとして開発した。
- 5) 今後の高齢化によるエネルギー需要の増大に対して集住化施策により駅勢圏へ立地を促す高齢者向け住宅供給と福祉施設を併せて推進することにより、エネルギー消費量、最大電力需要とも低減できることが明らかとなり、街区群のスマートなエネルギーマネジメントに示唆を与えることができた。

(2)環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

- 1) 吹田市が設置した「吹田操車場跡地地区低炭素まちづくり協議会」において研究代表者が副委員長を務め、本研究の知見を活かした提案を行った。具体的には、吹田操車場跡地地区の低炭素まちづくり計画を作成するにあたり、低炭素を目指すエリアマネジメントにおける住民の役割、低炭素交通手段の利用促進に向けた総合的な交通システム、エネルギーの面的利用・管理による先導的なエネルギー街区形成について助言や提案を行い、まちづくり計画に反映した。
- 2) 西宮市が設置した「西宮市新エネルギー・省エネルギー推進計画策定委員会」において研究代表者が委員を務め、本研究の知見を活かした提案を行った。具体的には、住民の参画と協働をキーワードとしたスマートコミュニティの形成方針や推進計画の目標設定および進行管理マネジメントについて助言や提案を行い、新エネルギー・省エネルギー推進計画に反映した。
- 3) 岐阜市都市計画審議会において、都市計画道路の見直しにおいて、環境に配慮した道路づくりを展開している。また、岐阜市総合交通協議会において、環境にやさしいコンパクトシティ推奨のためのBRTの導入を推進した。また地域自律型のコミュニティバスサービスの推進に参画してきた。
- 4) 研究分担者の盛岡は、神戸市環境保全審議会会長(27年現在も会長)として、また27年3月まで環境モデル都市推進協議会会長として、神戸市の環境モデル都市推進の重要な役割を果たし、本研究の知見を活かした提案により、神戸市の環境モデル都市行動計画の策定(平成26年3月)に貢献した。
- 5) 神戸市が「スマート都市づくり計画」のモデル地区として取り組んでいる旧居留地において、地元のまちづくり組織である旧居留地連絡協議会と協力して会員企業のエネルギーマネジメントを助言し、実測とデマンド管理の支援を行い、神戸市が進める低炭素都市づくりに、研究成果を提供することができた。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究で開発したエネルギー需要プロファイルモデルは、汎用的なものであり、インプットデータも国勢調査、社会生活基本調査、パーソントリップ調査、都市計画基礎調査、住宅地図といった一般に入手可能なデータである。今後、他の地域において自治体や地域エネルギー会社(エリアマネージャー)等の各ステークホルダーがエネルギーマネジメントを計画・評価する上で活用可能である。

6. 研究成果の主な発表状況

(1)主な誌上発表

<査読付き論文>

- 1) 長谷川陽平、秋山孝正、井ノ口弘昭:交通工学研究発表会論文集(CD-ROM)、Vol.32、No.63、(2012)
「高齢層の交通行動パターンに着目した低炭素社会の構成についての考察」
- 2) T. Akiyama、H. Inokuchi:、The 6th Int. Conf. Soft Computing and Intelligent Systems、No.391、(2012)
“Multi-agent simulator in transport sector for low carbon society”

- 3) 長谷川陽平、秋山孝正、井ノ口弘昭：、第33回交通工学研究発表会論文集、pp.467-472、(2013)
「高齢者交通に着目した地方都市のスマートモビリティに関する研究」
- 4) 山口徹也、森川勇貴、盛岡通、尾崎平：土木学会論文集G(環境)、Vol.68、No.6、II_229-II_236 (2012)
「事業所の購買電力抑制と電力負荷平準化を目的とした太陽電池・蓄電池組合せシステムの費用効果算定モデルの構築」
- 5) 山本司、盛岡通、尾崎平、北詰恵一：土木学会論文集G(環境)、Vol.68、No.6、II_89-II_98 (2012)
「ごみ焼却施設の更新シナリオの構築に基づく広域化とエネルギー回収を評価する手法の開発」
- 6) 盛岡通、尾崎平：環境共生、Vol.22、84-93(2013) 平成25年度 日本環境共生学会論文賞
「ごみ焼却施設の更新シナリオ分析に基づく広域化とエネルギー回収の評価」
- 7) 森川雄貴、野田圭祐、盛岡通、尾崎平：土木学会論文集G(環境)、Vol.69、No.6、II_239-II_249 (2013)
「街区地区レベルでの太陽電池・蓄電池を用いた電力負荷平準化による費用効果算定モデルの構築」
- 8) 井ノ口弘昭、秋山孝正：交通工学研究発表会論文集(CD-ROM)、Vol.34、112、(2014)
「街区型環境未来都市における道路交通のスマート化に関する検討」
- 9) 野田圭祐、盛岡通、尾崎平：土木学会論文集G(環境)、Vol.70、NO.5、I_147-I_156 (2014)
「世帯属性別の電力需要の再現モデルの開発ー外出・帰宅・就寝行動の時間幅を考慮してー」
- 10) 尾崎平、盛岡通、野田圭祐：環境情報科学 学術研究論文集、Vol.28、107-112 (2014)
「中小事務所ビルの実測に基づく電力プロファイルの特性と推定モデルの構築ー電力需要に与える建物特性ー」
- 11) 井ノ口弘昭、秋山孝正：交通工学論文集、Vol. 1(2015) No. 2、123-132、2015.
「街区型環境未来都市の道路交通システム運用についての研究」

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) Taira OZAKI、Tohru Morioka、Keisuke Noda: First Int. Conf. on Energy and Indoor Environment for Hot Climates、(7頁) (2014)
「Cost-Benefit Performance of Photovoltaics and Battery Storage Systems to Secure Load Leveling and Peak Shaving in City Block」

(2)主な口頭発表(学会等)

- 1) 北詰恵一、盛岡通、秋山孝正、井ノ口弘昭、尾崎平：日本環境共生学会学術大会発表論文集、Vol.15、444-447 (2012)
「街区単位での都市属性空間多様性指標の構築」、
- 2) 北詰恵一：日本地域学会第50回(2013年)年次大会、(2013)
「家族・街区単位での属性別行動変化による節電効果シミュレーション」
- 3) 長谷川陽平、秋山孝正、井ノ口弘昭：日本都市計画学会関西支部第11回研究発表会、No.22、(2013)
「マルチエージェントモデルにおけるスマートシティの交通行動記述」
- 4) 尾崎平、盛岡通：第10回 環境情報科学ポスターセッション (2013) 一般の部、理事長賞
「夏期実測データに基づく事務所ビルエネルギー消費特性の考察」
- 5) 澁田優美、北詰恵一：土木計画学研究・講演集、49(2014)
「住宅地におけるコミュニティの特性が環境政策効果に与える影響分析」
- 6) 秋山孝正、井ノ口弘昭：、第42回環境システム研究論文発表会講演集、B-12、(2014)
「エージェントモデルによる街区型環境未来都市の交通政策評価」
- 7) 野田圭祐、盛岡通、尾崎平：環境システム研究論文発表会講演集、Vol.42、89-96 (2014)
「街区群特性を考慮した電力需要プロファイルの作成と考察-神戸市を対象として-

他、合計45編

7. 研究者略歴

課題代表者：北詰 恵一

東京大学工学部卒業、博士(工学)、株式会社野村総合研究所研究員、東北大学大学院情報科学研究科、東北アジア研究センター助手、関西大学工学部専任講師を経て、現在、関西大学環境都市工学部教授

研究分担者

1) 秋山 孝正

京都大学工学部卒業、工学博士、京都大学工学部助手・講師、岐阜大学工学部助教授・教授を経て、現在、関西大学環境都市工学部教授。

2) 井ノ口弘昭

豊橋技術科学大学工学部卒業、博士(工学)、関西大学助手・助教を経て、現在、環境都市工学部准教授。

3) 尾崎平

関西大学工学部卒業、博士(工学)、中央復建コンサルタンツ株式会社、関西大学工学部助手・助教を経て、現在、関西大学環境都市工学部准教授。

4) 盛岡通

京都大学工学部卒業、工学博士、大阪大学助手・助教授・教授を経て、現在、関西大学環境都市工学部教授(大阪大学名誉教授)

1E-1202 街区型環境未来都市モデルの構築とそれに基づく都市政策提案**(1) 社会資本ストック・マネジメントによるコンパクトな都市形成論**

関西大学

環境都市工学部

北詰 恵一

平成24～26年度累計予算額：13,391千円（うち、平成26年度予算額：3,173千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

人々の日常活動と整合し環境行動と調和する空間範囲として街区群を設定し、主に、町丁目単位の土地条件や都市計画条件と節電行動を中心とした環境行動との関係を分析することで、街区群単位の環境政策効果を明らかにすることを目的とした。まず、市域全体の町丁目を人口増減比率と戸建比率によって4区分し、さらに世帯構成や通勤・通学交通手段により詳細区分を行い、その市域の特徴を見出した。次に、既存統計を用いて推計した個人属性別時間帯別電力使用量分布を家族構成に基づいて家族単位の同分布を集計した。別途、全国から段階抽出した14都市に対しwebアンケートを実施し、家族構成と居住区域のコミュニティや土地条件などと家庭内外の環境政策に基づく節電行動のデータを取得した。これを用いて環境政策でよく推奨される節電行動についての家庭内協力行動による効果を推計した。この結果、家庭内であっても前述の土地条件による差異が見られ、古くからの住宅地である戸建人口減地区での協力率が低く世帯単位で集計した場合、協力率の高い集合住宅人口減地区と比較して2.2ポイントの差が見られた。さらに、家庭内のファミリーシップの違いによる効果を推計し、個人尊重（無関心）型の家族と比較して子供等を対象とした教育的指導型の家族で節電効果が20ポイント高いとの結果を得た。一方で、街区群地域内での協力行動をソーシャルキャピタルの概念から調べ、「信頼」「規範」「ネットワーク」の基本3要素のうち、集合住宅の多い地区での「ネットワーク」と、戸建が多い地区での「信頼」が環境政策への反応に強い影響を与えることを明らかにした。これらの土地特性に基づく街区群区分は長期的な視点で捉えられるまちの成り立ちや公共交通拠点との距離などの都市構造と関連づけて捉えることができ、特に、街区の大きさや整形度や駅からの距離から見て、節電効果の高い集合住宅への転換ポテンシャルが今後も期待できることを確認した。神戸市東灘区を対象に、土地条件や家族構成等を踏まえて区全域で節電効果を集計したところ、環境行動により4.1%の電力削減が見込めると推計できた。

[キーワード]

低炭素社会、街区群、まちづくり、ソーシャルキャピタル、協力行動

1. はじめに

低炭素型社会の構築は喫緊の課題であり、業務地区においても住宅地区においても、さまざまな分野でその取り組みがなされている¹⁾。そして、そのような取り組みは、都市活動を支える社会

資本ストックや都市空間構成に影響されることから、環境政策だけでなく、土地利用政策や都市計画の観点から検討が求められる。

街区群は、特に住宅地においては、住民の従来の日常の生活圏といわれる小学校区あるいは近隣住区よりも狭い範囲としてのひとつの空間単位と考えられる。一方で、複数の住民の最小単位である家族という閉じた空間ではなく外部とのコミュニケーションを必要とする最小空間単位として街区があり、その複数の集まりとしての街区群は町丁目単位とほぼ同じ大きさになる。この空間単位は、住民の日常の身近な生活のコミュニティの基本単位であり、挨拶を交わしたり町内会活動を共にしたりする共有空間である。低炭素社会を構築しようとした場合、住民の身近な生活コミュニティにおける環境行動に着目することは不可欠であり、人々の行動をベースとしたスマートシティ政策を進めていく上で、この街区群は、ひとつの重要な政策空間単位となりうる。例えば電力使用の節減に着目した場合、人→家族→街区→街区群単位での時間軸上の電力使用分布の積み上げた値を知ることは、電力使用の平準化による電力供給装置のコンパクト化、他の土地利用との混用によるピークシフトなどの環境政策評価を行う上で基礎的な情報となる。

街区群に着目した人々の環境行動特性を分析するとき、社会資本ストックとその都市空間構成は重要な要素となる。人々の行動は比較的短期に変化するものの、それを支える土地利用や建物構成は中長期的な変化となる。さらに重要なことは、旧市街地や新興住宅地などのまちの成り立ちから述べることができる超長期にわたって不変の社会資本ストックの存在である。それは人口構成の変動やコミュニティにおけるソーシャルキャピタルなどに現れる。環境政策に対する反応を人と街区内での日常行動の人々との関連性の中で捉えることで、このような社会資本ストックが果たす役割に基づく価値を知り、環境政策評価を行うことが求められよう。

これまで、宅地の土地利用計画および都市計画では、このような観点からの計画策定はあまり見られなかった。例えば、用途地域制は、住宅、商業、工業の各用途が外部不経済を発生させないように立地量や立地分布を整えることを主目的としていたし、その他の地域制も容積や構造や景観などに着目したものである。今後、あらゆる分野において環境の観点を盛り込むべきであるとする立場からすれば、このような都市政策にも環境の観点を取り入れる必要があり、とりわけエネルギー政策が厳しい状況を迎え、スマートシティ政策等を導入する上では、そのような政策効率の高い都市計画地区を見出すことも必要となる。

2. 研究開発目的

本研究は、このような背景から、街区群単位での環境行動と環境政策への反応分析を行い、特に電力使用分布集計を基礎データとして、土地条件や都市計画要因との関係分析を行うことを目的とする。これにより、土地条件や都市計画要因を踏まえた街区群単位別の環境政策効果を知ることができ、いわゆる空間政策マーケティングに繋げることを意図している。また、人々の行動はアンケート調査等の詳細な調査で知ることができるが、現在進んでいる北九州や横浜のような一部の先進的な街区群でのデータ取得方法を踏襲したのでは、今後の環境にやさしい都市形成の一般地域への広がり考えたとき、政策検討が困難になる。むしろ、国勢調査や都市計画基礎調査など、地理情報システム上で基本統計から得られる情報と環境行動との関連を確かめ、その関連性を踏まえた分析とした方が一般化しやすい。そこで、基本統計から得られる観察可能な外形特性との関連性を意識した環境行動分析に重点を置く。

対象地域は、先進的な環境政策を推進し、まちの構成としてもコンパクト化が進む神戸市の東灘区とする。ただし、構成される町丁目は非常に多いことから、典型的な土地条件や都市計画要因を反映するものを取りあげ、電力使用分布集計の違いについて検討することとする。このことにより、一般的な街区群における環境政策の効率的導入を考える上での示唆となりうると考える。また、その後の一般化を想定して、人々の行動データと土地特性との関係性は、選択的に抽出した全国の市から収集したデータをもととすることとした。

3. 研究開発方法

(1) 基本的考え方

この目的を進める上で、次のような認識に立っている。すなわち、環境に優れた社会資本が数多く整備されようとしているが、それが十分な価値を生み出す本来の意味での資産となり得ていないのが現状であり、それは社会資本が環境に優れていることが多くの(企業・一般)市民に明確に認識されておらず、市民全体のムーブメントになっていないことが原因であるという認識である。その上で、人々の日常行動と整合性のとれる空間範囲として街区群を取りあげた。ただし、本研究では、分析単位を街区群として着目するものの、よりそのメカニズムを捉えるために人→家族→街区→街区群という集計単位の構成とする。また、政策効果を明示するため、例えば神戸市の区単位の結果を集計することがある。

(2) 地域特性を反映した街区分類

分析空間単位を街区(町丁目)または街区群(複数の町丁目)として分類作業を行う。類型化指標には世帯構成・住宅体系・地域条件・交通条件・環境条件を用いる。

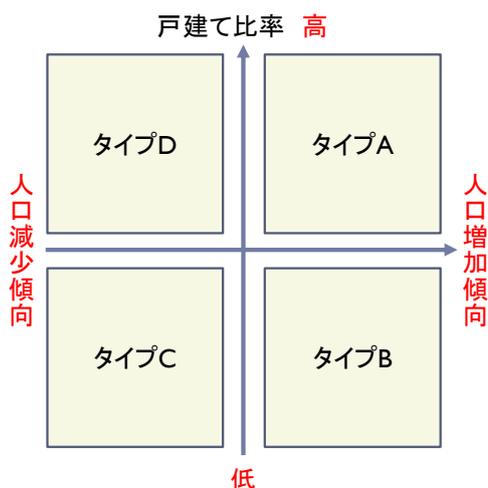
まず、世帯が属する地域特性からA~Dの4タイプに分類する。考慮する項目は、戸建比率と平成12年から平成22年の10年間における人口の増減である。戸建比率について、式(1)に示すように、戸建居住世帯数を総世帯数で除することで各地域の戸建比率を算出する。

$$\text{戸建比率} = \text{戸建居住世帯数} / \text{総世帯数} \quad (1)$$

$$\text{人口の増減} = \text{増加} / \text{増減(絶対値の合計)} \quad (2)$$

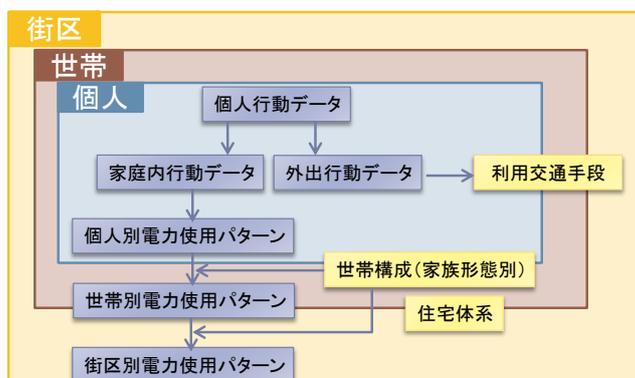
分類の際には、各市全体の戸建比率の中間値を求め、その値より高いか低いかの2分類で分類する。人口の増減については、式(2)に示すように、人口の増加を人口の増減の絶対値を合計した数で除する。これは、人口の総変動から増加のみの割合を算出することを意味している。分類については図(1)-1に示す。

タイプA地区は戸建比率が高く人口も増加傾向にあるところで、例えば、ベッドタウンや新興住宅地で都心からやや離れた戸建中心の地域を想定している。タイプB地区は、戸建比率が低いことから集合住宅中心の同様の地域、タイプC地区は、事業所などが多く混在する形成時期の古いまち、タイプD地区は、旧住宅地であり高齢化率の高い戸建中心のまちが多い。



図(1)-1 A～Dタイプの振り分け

個人属性による分類作業を行う。個人行動データから家庭内行動と外出行動の2パターンを考え、外出行動は利用交通手段のみ分析対象とする。家庭内行動は個人別電力使用パターンとし、世帯構成により世帯別電力使用パターンを算出し、街区での電力量積上げにより街區別電力使用パターンを算出することを想定する。それぞれの関係性を図(1)-2に示す。



図(1)-2 電力使用分布の関係性

評価指標には、世帯構成・利用交通手段・住宅体系を用いる。世帯構成について、単独世帯は65歳以上か否かの2パターン、2人世帯、3人以上世帯は高齢者を含むか否かの各2パターンの計6パターンで分析を行う。高齢者の有無、生活スタイルの違いによる個人・世帯別の時間帯別電力使用分布の推計が目的である。利用交通手段について、公共交通、自動車、自転車・徒歩の3パターンで分析を行う。住宅体系について、戸建、集合住宅、長屋・その他の3パターンで分析を行う。前述した地域特性による街区分類と個人・世帯属性による分類の結果を、神戸市に対して実施した結果を表(1)-1に示す。

表(1)-1 神戸市における街区分類詳細

神戸市								
タイプ	世帯分類	交通分類	数	タイプ	A	B	C	D
1	単独世帯	公共交通	787	1	32	366	310	79
2	単独世帯	自動車	25	2	0	11	6	8
3	単独世帯	自転車・徒歩	103	3	3	34	56	10
4	単独世帯(高齢)	公共交通	128	4	6	14	72	36
5	単独世帯(高齢)	自動車	5	5	0	1	1	3
6	単独世帯(高齢)	自転車・徒歩	23	6	1	2	17	3
7	2人世帯	公共交通	0	7	0	0	0	0
8	2人世帯	自動車	0	8	0	0	0	0
9	2人世帯	自転車・徒歩	0	9	0	0	0	0
10	2人世帯(高齢)	公共交通	49	10	1	1	10	37
11	2人世帯(高齢)	自動車	8	11	0	0	0	8
12	2人世帯(高齢)	自転車・徒歩	6	12	0	0	2	4
13	3人以上世帯	公共交通	1157	13	202	262	304	389
14	3人以上世帯	自動車	126	14	50	13	12	51
15	3人以上世帯	自転車・徒歩	41	15	9	11	10	11
16	3人以上世帯(高齢)	公共交通	53	16	7	0	7	39
17	3人以上世帯(高齢)	自動車	76	17	5	0	2	69
18	3人以上世帯(高齢)	自転車・徒歩	6	18	2	0	1	3
—	その他		177	—	その他			177
	合計		2770		合計			2770

(3) 個人および世帯別時間帯別電力使用分布推計

個人に、性別、年齢別、職業の有無別の属性を与え、個人属性の集合を世帯属性と位置付けることで世帯ごとの電力消費パターンを54分類作成した。個人の活動内容はNHKの国民生活時間調査(以下NHK調査)により、属性別の15分単位での活動割合を使用、世帯類型には国勢調査の分類を用いた。

消費電力には、行動に対応して消費される電力と照明電力などの行動に対応しないものがある。本研究は藤井ら²⁾の研究をもとにNHK調査から得られた活動別に使用する家電製品を仮定し電力を算出した。電力使用に関わる家庭内の活動は「炊事・掃除・洗濯」「テレビ」「起床在宅」とし、時刻別行為率を利用する。ここでNHK調査の時刻別行為率は15分単位であるが、それを30分単位に集計して利用した。

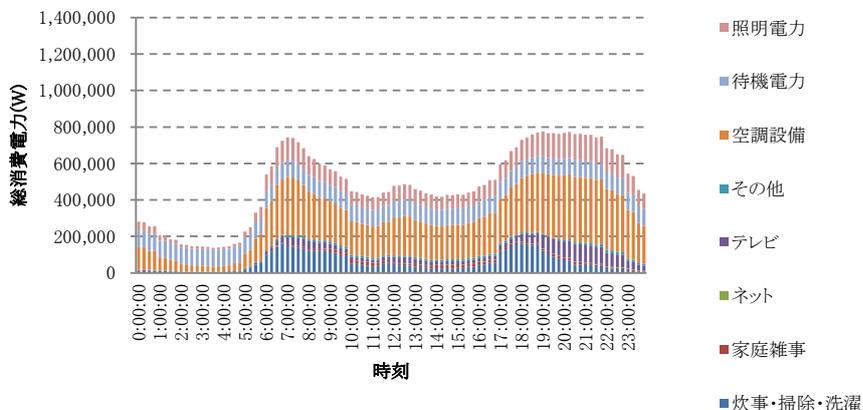
家庭内の電力使用量Wh[W]を式(1)より算出する。

$$W_f[Wh] = \left\{ \begin{array}{l} w_{tv} \times \sum A_{i,tv} + w_{lt} \times \sum A_{i,lt} + \\ w_{ac} \times \sum A_{i,ac} + w_{hw} \times N_{hw} \times \sum A_{i,hw} + W_{rf} \end{array} \right\} \quad (3)$$

w : (テレビ"tv", 照明"lt", エアコン"ac", 家電"hw")
 の消費電力[W]
 A_i : 個人*i*の行為(テレビ"tv", 照明"lt",
 エアコン"ac", 炊事・掃除・洗濯"hw")時間[時間]
 N_{hw} : 家電保有台率
 W_{rf} : 冷蔵庫の消費電力[W]

テレビ・照明・エアコンの電力使用量は、それぞれの消費電力に使用時間を掛けて算出する。その他家電は、消費電力と使用時間および家電保有率を掛けて算出する。冷蔵庫は、個人活動に関係なく電力を消費するので簡単に決定する。

国勢調査により集計したものを地区属性とする。図(1)-3は神戸市東灘区魚崎北町1丁目の集計結果である。朝の活動時間と帰宅後の活動時間に電力ピークが来ていることからわかるように、住宅にみられる電力消費の特徴が表現できた。



図(1)-3 時刻別電力使用量分布推計町丁目集計値例（魚崎町北町1丁目）

(4) webアンケート調査

家庭内外の環境行動を知るためにアンケートを実施した。概要は、表(1)-2に示す通りで、対象地域は人口・人口密度、気温の高低および都市形態を基準とした。

表(1)-2 アンケート調査概要

項目	概要
実施日時	第1回：2014/1/31～2014/2/3 第2回：2014/12/18～2014/12/22
対象地域	第1回：神戸市、明石市、札幌市、江別市、岐阜市、各務ヶ原市、富山市、射水市 第2回：千葉市、春日井市、生駒市、新潟市、八戸市、帯広市 計 14 市
方法	Web調査（マクロミル社）
回答数(合計)	3、513

	質問項目（第1回調査分）
Q1、Q7-Q10	個人属性(郵便番号、主な行き先、主な交通手段、消費電力、世帯年収)
Q2-Q6	建物属性(住宅タイプ、住宅所有形態、床面積、築年数、住宅構造)
Q11-Q16	家族構成(人数、続柄、性別、年齢、職業、主な交通手段)
Q17-Q26	日常の行動/家庭内の節電行動
第1回調査	地域コミュニティに関する調査(地区の活動状況、ソーシャルキャピタルの関係)
	環境政策に対する行動意向(環境政策に対する考え、スマートハウス認知度、導入条件)
	環境政策に対する行動意向(EV車利用状況、EVカーシェアリング利用条件、利用実態)
第2回調査	超小型電気自動車カーシェアリング関連(利用経験、利用意向、利用目的、利用条件)
	マネジメントレスポンス関連(利用意向、心理的抵抗の範囲また許容度)
	クールスポット関連(利用意向、距離の許容度、利用時の自宅状況)

(5) 家庭内協力行動分析

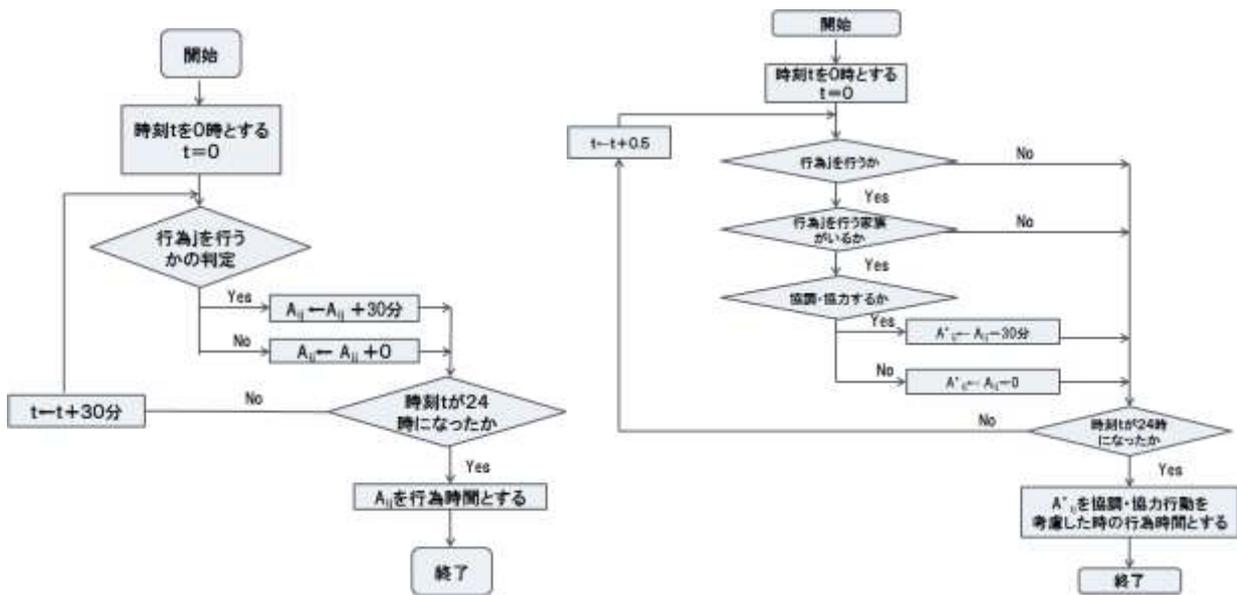
1) 家庭内協力率による分析

前述のアンケートから得られる家庭内協調・協力行動の状況を用い、世帯における合計行為時間が削減されることにより結果として節電につながると考えて推計を行った。協調・協力行動は以下の式によって表現する。

$$\begin{aligned}
 A_{ij} &= \sum (0.5 \times \delta_{it}) \\
 \delta_{it} &= If(p_{ij} > R, 1, 0) \\
 \delta'_{it} &= If(And(\delta_{it} = 1, (\sum [\delta_{it}] - \delta_{it}) \geq 1), 1, 0) \\
 A'_{ij} &= \sum (0.5 \times \delta'_{it}) \\
 \delta''_{it} &= If(And(\delta'_{it} = 1, C_{ij} > R), 1, 0)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

- p_{ij} : 個人*i*が時刻*t*に行為*j*を行う確率
- A_{ij} : 個人*i*が行為*j*に関して家族と一緒に過ごす時間[h/day]
- C_{ij} : 個人*i*が行為*j*において協調・協力行動をする確率
- R : 乱数

ここで、 C_{ij} がアンケート結果より得た数値である。また、計算のフローは、図(1)-4に示す。これにより世帯属性別に合計行為時間削減量を算出し、節電効果を推計した。



行為時間の算出

協力を考慮した時の行為時間算出

図(1)-4 協力行動を考慮した時間算出フロー

2) ファミリーシップの違いによる環境効果分析

世帯の居住する土地属性を踏まえながら、居住者の生活行動、特に家庭内の行動に焦点を当てる。家庭内の行動をターゲットにした環境政策に対する家族の反応はファミリーシップによって変わると想定した。ファミリーシップは、アンケートによって知ることができるが、最終的に環境政策を広い地域に展開することを考えるとより外形的な特徴で知る必要があると考える。

ファミリーシップには図(1)-5のような特性があると仮定する。

縦軸を共生—共感軸（自己を尊重する傾向か相手に共感する傾向か）、横軸に代表—対等軸（誰かによりリードされるか対等な関係にあるか）をとり、各象限を①無関心、②対等協力、③教育的指導、④指導的立場によるリードと呼ぶこととした。



図(1)-5 ファミリーシップの考え方

3) Quality of Life (QoL) の計測

家庭内の協力行動についてのQoLの低下について計測を行う。ここでは、個人および世帯に節電を働きかける政策を想定した。具体的には、空調の温度設定、家族が同じ部屋で過ごすことによる空調および照明の節約、テレビを一緒に見ることによる電気代の節約である。このような政策に対して、QoLとの関連で、例えば次のような質問をしている。

Q. 冷房の温度を1℃高く、暖房の温度を1℃低くすると、年間で約1,800円の節約になるとします。この場合、あなたはどのような行動をとりますか。

1. 家族から提案があっても設定温度を変えない
2. 家族と協力して、夏暑く冬寒いのを我慢して、設定温度を1℃変える
3. 家族と協力して、夏暑く冬寒いのを我慢して、設定温度を2℃変える
4. 家族と協力するなら苦にならないので、設定温度を1℃変える
5. 家族と協力するなら苦にならないので、設定温度を2℃変える

これに対し、分析手法としては、図(1)-6に示す方法をとった。QoLは、温度設定や時間などを変えても苦にならない場合は変化せず、苦になる人はある閾値を超えて低下すると想定した。図内の②と③、④と⑤は同じ表明行動を示しているが、それぞれのQoLに差があり、それをもとに金

銭として換算する。環境省の「身近な地球温暖化対策 家庭のできる10の取り組み」をもとにQoLを金銭換算し各行動の節約効果を計算することとした。



環境配慮行動	表明行動	節約効果(金銭)
冷暖房の温度設定	1°C 変える	1、800円/年
	2°C 変える	3、600円/年
冷房・照明の利用時間	1時間減らす	10、400円/年
	2時間減らす	20、800円/年
テレビの視聴時間	1時間減らす	800円/年
	2時間減らす	1、600円/年

図(1)-6 環境配慮行動に関する分析の考え方

4) 具体的都市をとりあげた環境行動要因分析

本研究は、環境行動に関するアンケートデータは全国14都市から取得しているものの、詳細な分析は神戸市（特に東灘区）で行っている。他都市において、どのような環境行動要因となるかは、アンケートに基づく基礎的な検討を行っておくこととする。対象都市は、公共交通を軸とした独自の環境政策を実施している富山市をあげ、戸建と集合住宅という住宅タイプに着目して、行うこととする。

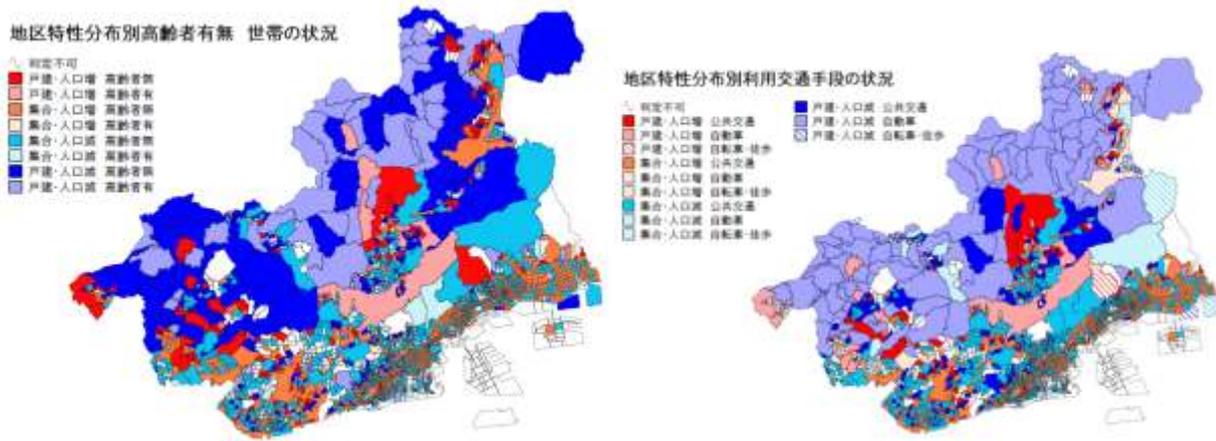
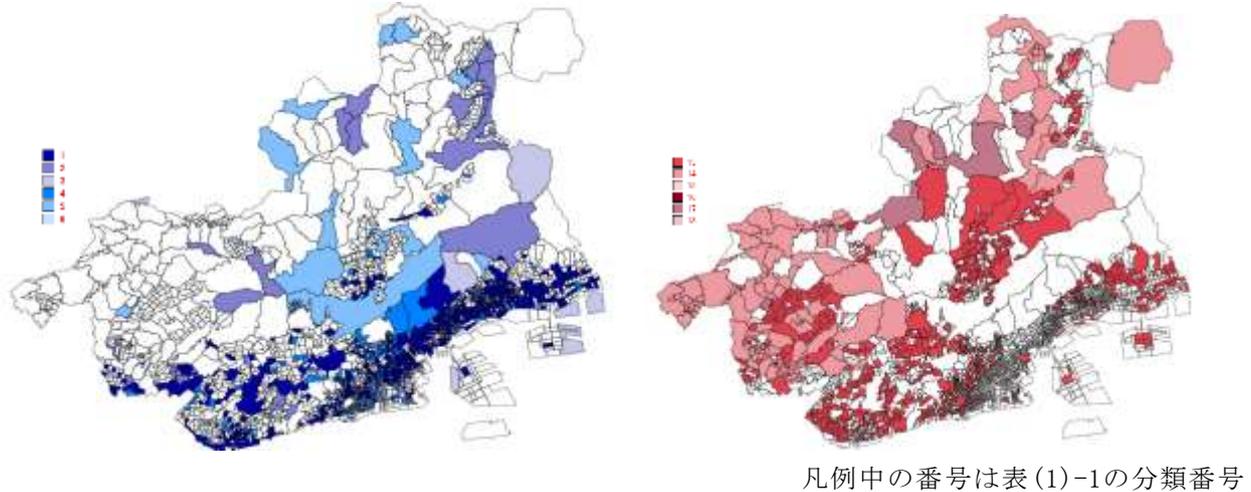
(6) 街区群地区環境行動分析

家庭外の行動として、街区群地区についての住民の環境配慮行動が地域コミュニティにおける他者の行動とどのように関係しているのかについて調べるため、Robert D.Putnamによって定義されたソーシャルキャピタルの概念を用いる。ソーシャルキャピタルを構成する重要な要素は、信頼・規範・ネットワークの3つであり、これらを先述のアンケートによって「他人への信頼について」、「地域での活動状況」、「日常的な付き合い」にそれぞれ対応させながら尋ね、地域コミュニティの高さを把握することとする。また、環境政策に対する行動意向を同時に尋ねており、ここでは具体例としてスマートハウスとEV車によるカーシェアリングをとり上げた。このソーシャルキャピタルと環境政策に対する行動意向を共分散行動分析により把握する。

具体的には、第1回のアンケート調査において回答を得られた2,396サンプルを利用して、共分散構造モデルを推定した。用いたデータはアンケート内の13項目である。共分散構造分析を行う

4. 結果及び考察

(1) 街区分類分析



図(1)-7 神戸市における街区分類結果

町丁目例

A(7%): 本山北町6丁目

- ・1種低層住専
- ・良好山手地区住宅街
- ・駅からわずかに距離
- ・夫婦・子供世帯

B(33%): 岡本1丁目

- ・近隣商業地域
- ・駅前商店街中マンション
- ・駅に近い
- ・単独世帯

C(43%): 本山北町3丁目

- ・1種中高層住専
- ・住環境が良好とはいえない
- ・駅に近い
- ・単独世帯

D(17%): 渦が森台4丁目

- ・1種低層住専
- ・昔の新興住宅地
- ・駅から遠い
- ・夫婦のみ、夫婦・子供世帯



図(1)-8 神戸市における4街区分類に分類される地区例

街区をその土地特性や卓越する家族構成等で分類することで、地域の状況を知ることができる。ここでは、神戸市全域について整理した結果を図(1)-7に示す。単独世帯タイプが神戸都心部に、夫婦と子供からなる世帯タイプが郊外に立地する典型的な都市構造を確認することができる。交通手段についても、各地区の公共交通整備水準に対応したものとなっている。ただし、詳細には、必ずしもそのような結果とはならない街区もあり、実際に環境政策を進めていくためには、個々の街区群の特性に詳細に観察したもので行う必要がある。

例えば、神戸市東灘区の主たる地区としてJR摂津本山駅周辺をとって、4つの分類別に詳細に見ると、図(1)-8のように整理できる。

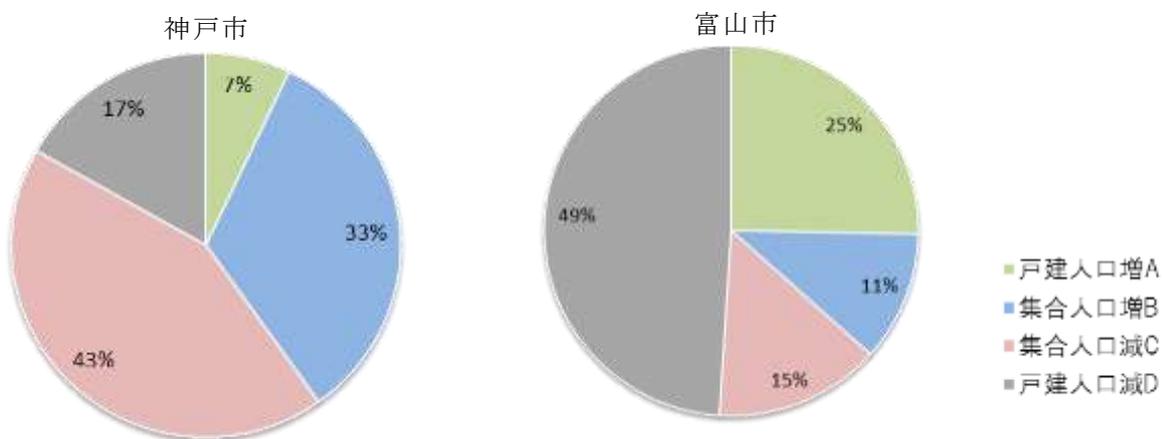
タイプAに分類される例として、本山北町6丁目を例にあげる。本地区は、戸建比率が高く人口増加をしている地区である。用途地域は第一種低層住居専用地域となっている。山手地域に属することから戸建を中心とした良好な住宅街を形成しており、駅にも比較的近いことから人口の増加が観察される場所である。家族構成は、比較的夫婦と子供からなる世帯が多いといえる。

タイプBに分類される例として、岡本1丁目を例にあげる。本地区は、戸建比率が低く人口増加をしている地区である。用途地域指定は近隣商業地域となっている。駅前商店街中にある住居であるためマンションを中心とした地域で単独世帯が圧倒的に多い地域である。

タイプCに分類される例として、本山北町3丁目を例にあげる。本地区は、戸建比率が低く人口減少をしている地区である。用途地域指定は第一種中高層住居専用地域となっている。駅に近いが、戸建の良好な住環境というわけでもなく近隣商業地区でもないことから、単身世帯が多いものの、必ずしも人口吸引力がない。

タイプDに分類される例として、渦が森台4丁目を例にあげる。本地区は、戸建比率が高く、人口減少をしている地区である。用途地域指定は第一種低層住居専用地域となっている。いわゆる昔の新興住宅地であり、当時入居した人がそのまま定住して高齢化した形となっている。夫婦のみの世帯、夫婦と子供世帯が多い。

また、神戸市だけでなく、本研究成果を地域汎用的に見るために、富山市を例に4区分のシェアを集計的に示したのが図(1)-9である。富山市で戸建タイプのシェアが高いこと、人口減少区のCタイプ、Dタイプも多いことが確認できるとともに、戸建人口増Aタイプが25%あることも知ることができる。



図(1)-9 神戸市と富山市の4街区分類シェア

(2) 家庭内協力行動分析

1) 家庭内協力率による分析

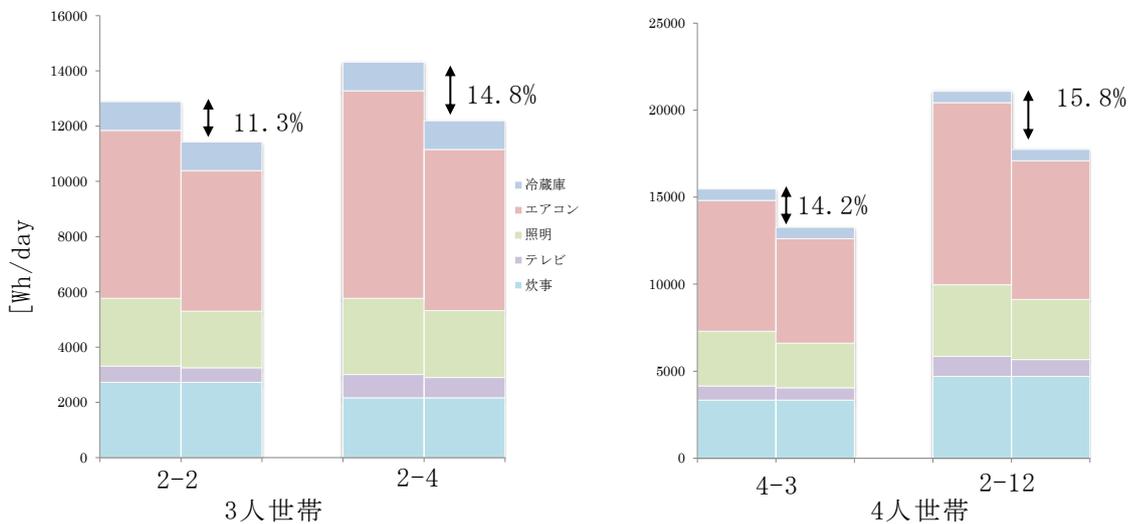
2) 家庭内協調・協力行動による電力消費節約効果推計

アンケートから得られる家庭内の協調・協力行動の行動確率は、表(1)-4のような結果を得た。女性の方が協調・協力する確率が高く、属性ごとに個々の協調・協力行動に違いがあることがわかる。

表(1)-4 協調・協力行動確率の値 (%)

個人属性	エアコン 使用時間	テレビ 視聴	家族との 団らん
学生	20.0	26.7	32.2
男勤め人	33.4	28.9	34.1
女勤め人	38.6	35.2	45.8
男無職	28.8	32.8	24.0
主婦	36.8	43.7	56.3
男60歳以上	36.7	34.8	29.4
女60歳以上	42.2	33.7	36.1

協調・協力行動を行った時と行わなかった時の世帯の電力使用量と協調・協力行動による節電量を図(1)-10に示す。比較に利用した世帯構成は2-2（学生、男勤め人、主婦）、2-4（男勤め人、男60歳以上、女60歳以上）、4-3（学生、男勤め人、女勤め人、女60歳以上）、2-12（男勤め人、男60歳以上、女勤め人、女60歳以上）である。節電効果は、電気使用量削減量の割合により比較する。

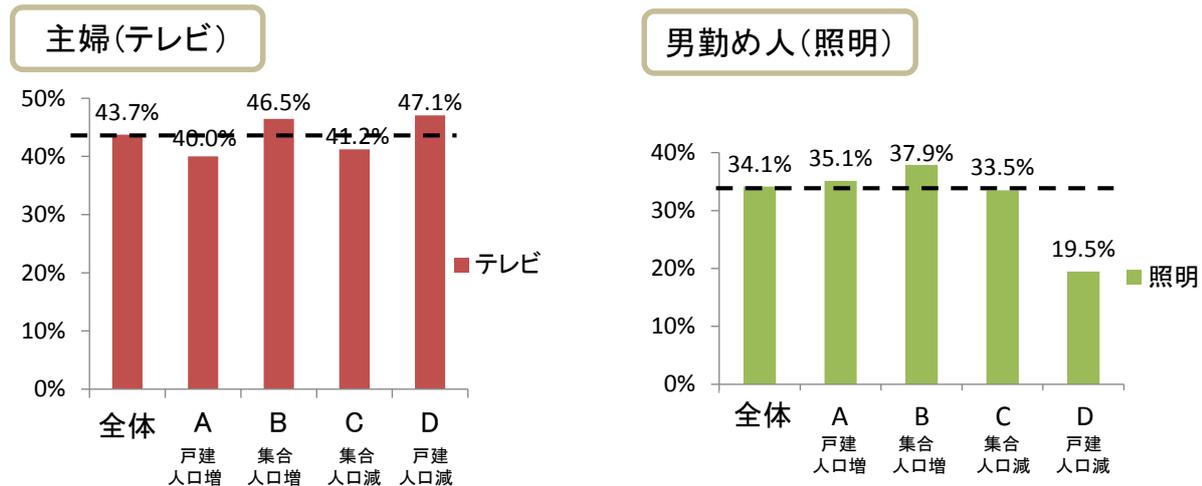


図(1)-10 節電効果推計結果

世帯人員数が多いと、電気使用量は大きくなるものの、必ずしも人員数に比例しない。節電効果は、世帯人員数が多いほど、家族内に同一の行動をしている確率が高くなり、節電効果は大きくなるように考えられるが、2-4と4-3を比較すると、節電効果は同程度である。また、2-2と2-4は、世帯人員数が同じでありながら、節電効果は3.5ポイントの差がある。これは、2-2に比べ、2-4の方が協力確率の値が全体として大きいためである。また、2-2を見ると、主婦の協力確率の

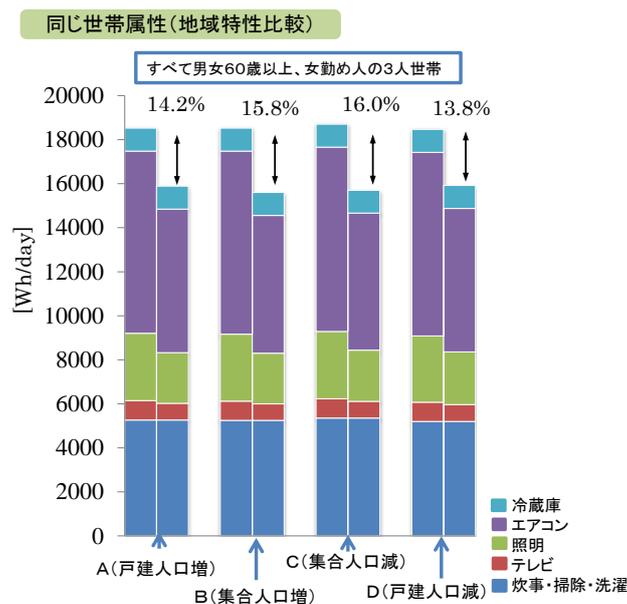
値は高いが、構成比率の高いエアコンでは60歳以上者とそれほど大きくは差がないことと、学生や男勤め人とは、時刻別行為の傾向が似通っていないため、節電効果が小さくなることが考えられる。

また、前述の地区分類別の傾向についてみると、図(1)-11に示すように、主婦のテレビ視聴に関する協力率が40.0～47.1%と7ポイントの幅で差が見られ、男勤め人の照明に関しては、戸建人口減のD地区において14ポイントも低い結果を得た。この地区では、勤め人の範囲でも比較的高年齢率が高いことが原因と推察される。



図(1)-11 節電効果推計結果

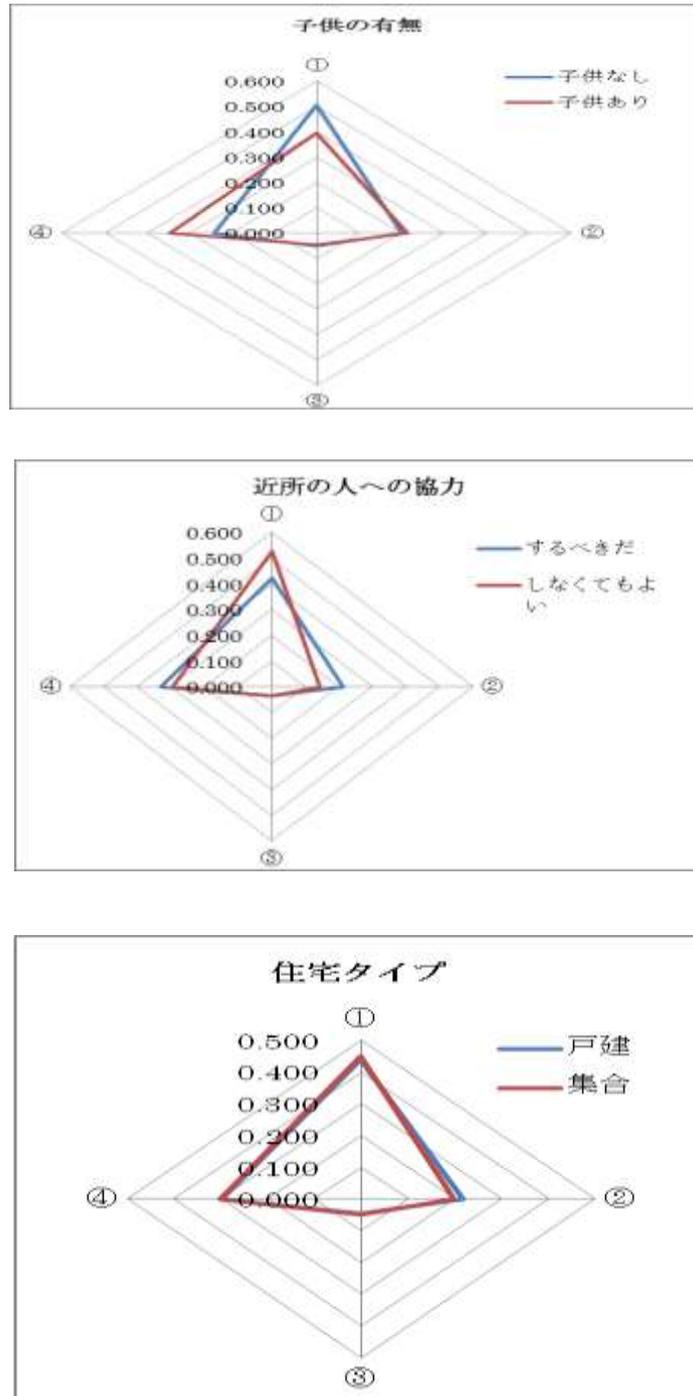
また、同じ世帯属性でも、図(1)-12に示すように、地域特性を考慮した協調・協力確率によって節約効果に、集合人口減地区の16.0%と戸建人口減地区の13.8%というように、2.2ポイントの差が生まれた。



図(1)-12 同じ世帯属性における4地区タイプ別協力行動により節電効果

2) ファミリーシップの違いによる環境効果分析

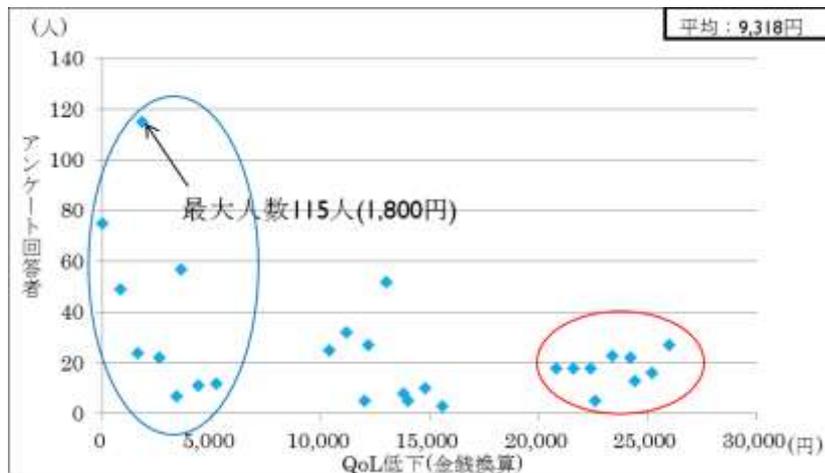
ファミリーシップを考慮した分析の結果、全体的に①共生一対等制と④共生一代表制に割合が偏り、③共感一代表制の割合が5%以下になった。つまり、共生的な家庭内行動をとる割合が多いと考えられる。図(1)-13はその他の分析結果である。子供の有無やソーシャルキャピタルに関する質問に対しては変化があったのに対し、住宅タイプ（戸建住宅／集合住宅）ではファミリーシップに影響がないといえる。



図(1)-13 ファミリーシップ分析の結果

3) QoLの計測

図(1)-14からわかるように、集計結果は選択した政策対応に応じて0円～5,200円、10,400円～15,600円、20,800円～26,000円の値群となり、次第に回答数が減少する。最も人数が多かったQoLの低下の金額は115人の1,800円である。これは冷暖房の温度設定を“我慢して1℃変える”のみを選択した回答者であり、冷房・照明の利用とテレビの視聴時間は変えない。このことから冷暖房の温度設定といった自分の生活にあまり支障のない環境配慮行動には協力するが、自分の生活を抑制されるような環境配慮行動をとるのに抵抗がある者が多いと考えられる。また、図中の青枠の低金額領域を世帯別割合で表すと表(1)-5に示すような内容となる。



図(1)-14 QoLの金銭換算値と回答数の関係

表(1)-5 低金額領域の世帯別割合

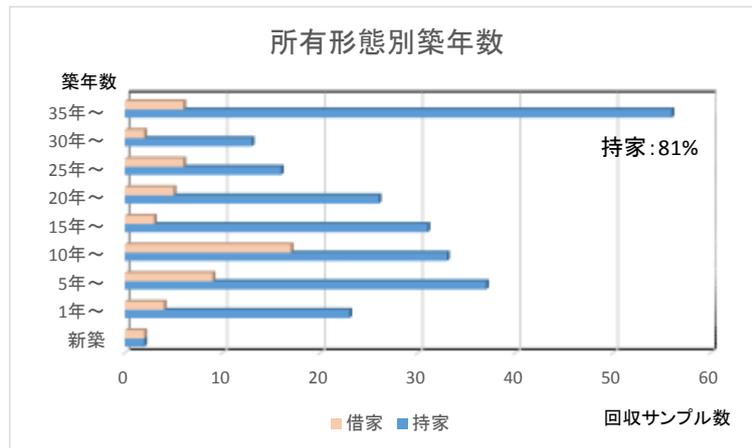
金額(円)	0	800	1,600	1,800	2,600	3,400	3,600	4,400	5,200
世帯分類									
単独世帯	14.4%	5.6%	6.7%	15.6%	5.6%	1.1%	7.8%	1.1%	2.2%
単独世帯(高齢者)	3.7%	0.0%	0.0%	22.2%	11.1%	0.0%	3.7%	0.0%	7.4%
夫婦のみ	11.8%	10.3%	4.4%	14.7%	2.9%	0.0%	4.4%	0.0%	1.5%
夫婦のみ(含高齢者)	4.9%	8.6%	1.2%	16.0%	4.9%	1.2%	6.2%	1.2%	2.5%
夫婦と子供	11.8%	5.1%	2.6%	19.0%	1.0%	0.5%	11.8%	2.1%	0.0%
夫婦と子供(含高齢者)	6.4%	8.5%	6.4%	19.1%	3.2%	2.1%	6.4%	2.1%	4.3%

注) 各金額列で最大割合を与える世帯の欄に色づけした

単独世帯は全体に金額が低いが高齢者単独世帯では相対的に大きくなる傾向にある。非単独世帯は、比較的大きな値をとり、特に子供がいることによってその値は大きくなる。

4) 富山市の環境行動要因分析

富山市の特徴となる住宅の所有形態についてたずねた結果が、図(1)-15である。築年数は持家では35年以上を経過する家が最も多く、次いで5～9年が多い。一方で、借家は10～14年が多い。持家については、特に郊外部において、代々からの持家住まいが見受けられ、田畑を持つ世帯、あるいは地域コミュニティに深く関わり続けてきた世帯が多く見られる。一方で、富山市においても比較的近郊部や旧町・村の中心地区において住宅開発が見られ、都心部とも合わせ、そこでの借家が10年来の築年数のものとして見られることになる。ただ、持家率は全体で81%となり、持家指向の強さは健在である。



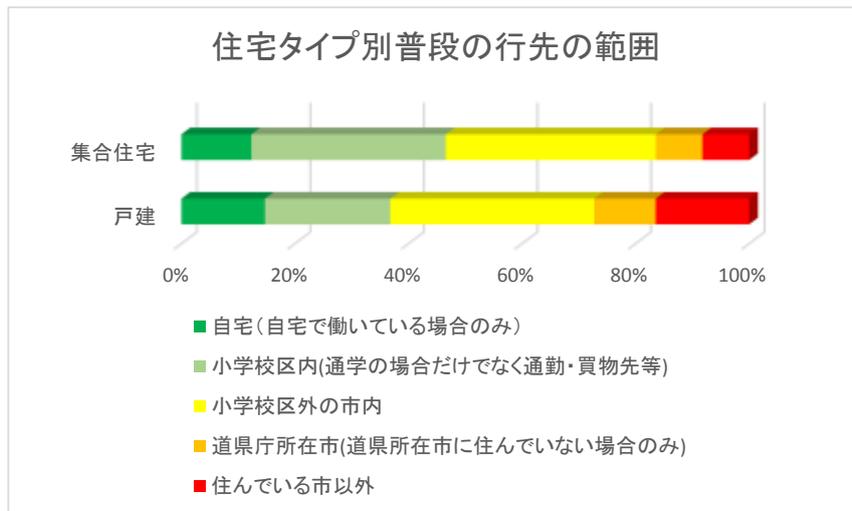
図(1)-15 所有形態別築年数

環境行動を分析するにあたり、ここでは住宅タイプに着目することとした。先述の通り、富山市が実施する公共交通沿線居住を想定すれば、戸建から一定量集合住宅が増加し、そこでの環境行動に注目すべきと考えたからである。

住宅タイプを戸建と集合住宅に分けるとすると85%が戸建である。シェアに偏りがあるが、現状の富山市の状況を示していると考え、集合住宅が少ない中でもその両者に環境行動の違いがあるかを調べた。

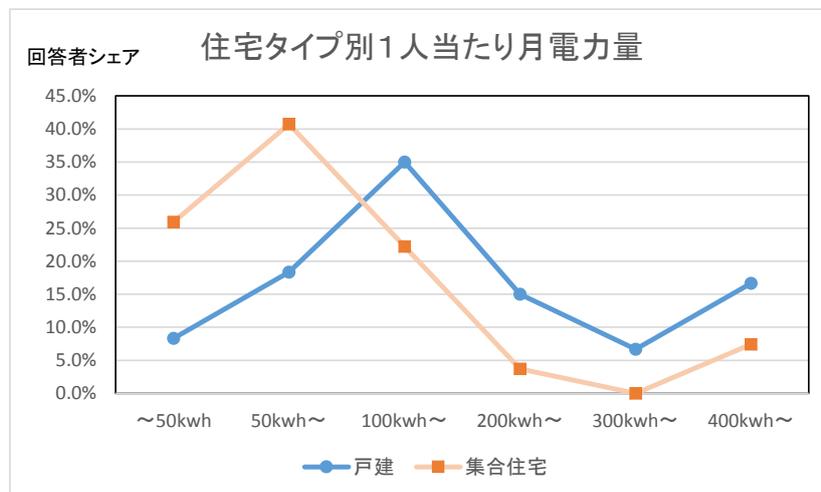
まず、回答者に「通勤や通学、買物などのときに最もよく使う交通手段は何ですか」とたずねたところ、戸建居住者も集合住宅居住者の82～83%が自動車であり、鉄道・バスを合わせた公共交通利用者は、戸建居住者の3.1%、集合住宅居住者の4.8%に過ぎない。集合住宅居住者の公共交通利用が相対的に多いものの、自動車利用から転換しているわけではない。なお、戸建居住者の自転車利用が7.5%、徒歩が5.8%であるのに対し、集合住宅居住者の自転車利用が4.9%、徒歩が12.2%である。自転車と徒歩の違いはあるが、13～17%は近隣エリアでの行動となっている。

そこで、普段の行き先の範囲を訪ねた結果が図(1)-16である。通勤・通学や買い物などで普段よく行く場所の範囲を住宅タイプ居住者別に聞いている。大きな差は見られないが、集合住宅の方が、いわゆる近隣住区としての小学校区に留まる比率が高く、一方で住んでいる市以外に向かう比率が相対的に低い結果となった。



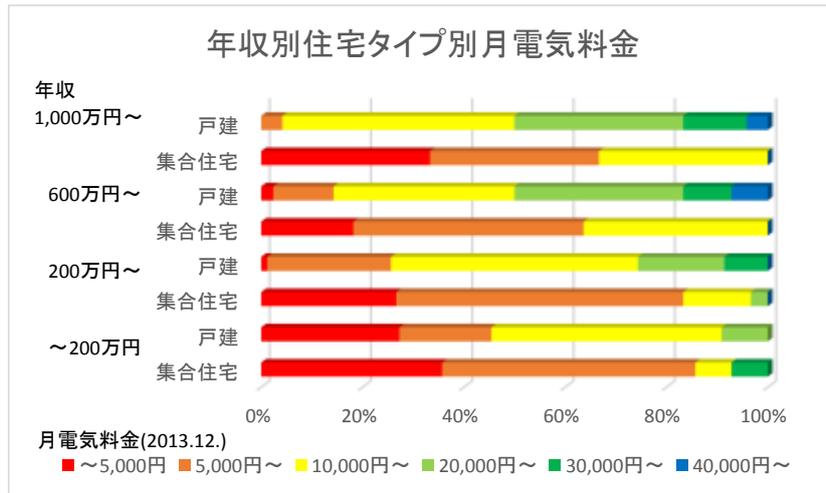
図(1)-16 住宅タイプ別普段の行先の範囲

集合住宅では、電気使用量が戸建より少ないことが知られている。本アンケートにおいても、集合住宅の月電気料金平均が7,570円であるのに対し、戸建住宅では16,890円と大きな差がある。また、図(1)-17に示すように、1人当たりで見ても集合住宅居住者の月電力使用量は、戸建住宅居住者のそれよりも低い傾向にある。ただし、その分布はいずれの住宅タイプ居住者も広く、400kwh以上の利用者も少なくはない。



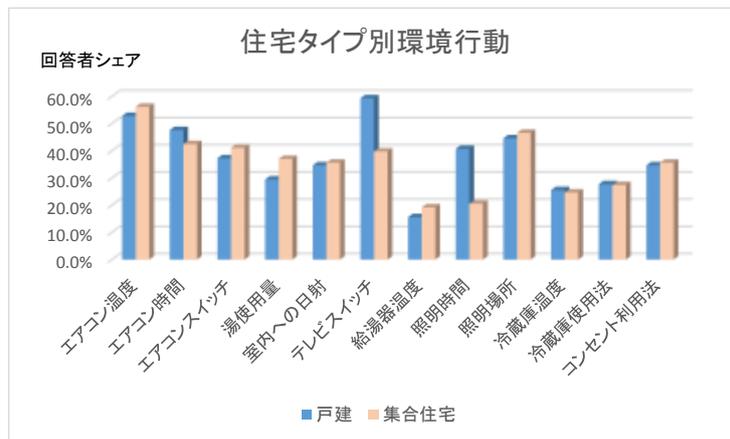
図(1)-17 住宅タイプ別1人当たり月電気使用量

集合住宅と戸建の選択については、年収が大きく影響することから、図(1)-18に示すように年収別にこの傾向を確認した。この結果、同じ年収帯であっても集合住宅の電気使用量は戸建よりも少なく、年収が増加するに従ってその差が大きくなった。



図(1)-18 年収別住宅タイプ別月電気料金

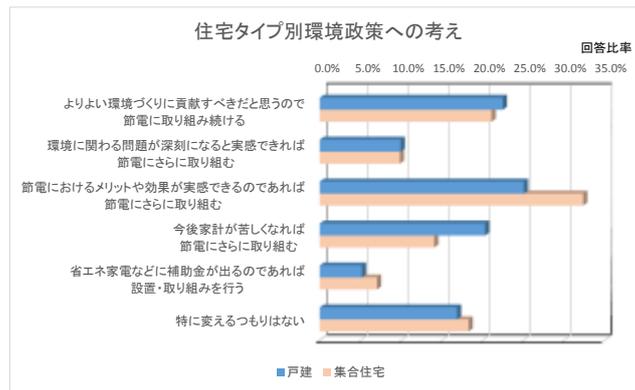
環境行動は、家庭内の家電製品に対する行動として聞いている。



エアコンの設定温度を(夏は)上げる,(冬は)下げる
エアコンの使用時間を短縮する
エアコンの使用を控える→(夏は)日中,(冬は)夜間
お湯の使用量を減らすよう心がける
室内に入る日射を(夏は)ささげる,(冬は)できるだけ日を入れる
テレビは必要なとき以外は消す
給湯器の設定温度を(夏は)下げる,(冬は)上げる
照明の点灯時間を短縮する
照明を点灯する場所を減らす
冷蔵庫の温度設定を控えめにする
冷蔵庫の扉を開ける時間を減らし、食品を詰め込まないようにする
電気製品を使わないときはコンセントから抜くもしくはエコタップを利用する

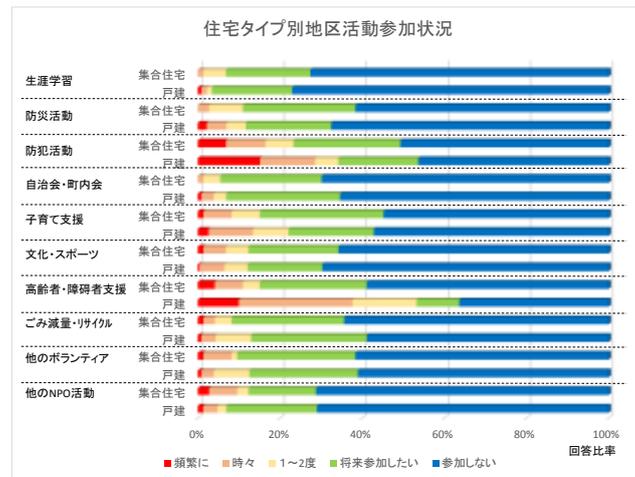
図(1)-19 住宅タイプ別環境行動

住宅タイプ別に違いが見られるのは(図(1)-19)、「テレビは必要なとき以外は消す」と「照明の点灯時間を短縮する」であり、いずれも約20ポイント戸建居住者の方が多い。温度や食生活に関わることでは大きな差がなく、生活質に直接影響しない無駄を省く程度の環境行動に違いが若干見受けられる。



図(1)-20 住宅タイプ別環境政策への考え

これらの行動のベースとなる環境政策への考えでは（図(1)-20）、「節電におけるメリットや効果が実感できるのであれば節電にさらに取り組む」において集合住宅居住者の方が7ポイント高い結果となった。これは、無駄な家電利用の効率化効果を「見える化」することで、節電効果が潜在的に期待できると考えてよいであろう。一方で、「今後家計が苦しくなれば節電にさらに取り組む」では戸建居住者が6ポイント高い結果となった。戸建居住者が必ずしも高所得者ではないことが反映していると考えられる。経済的支援による居住促進効果を期待するまでには至らないが、日常の家計状況の改善に訴えること自体は効果が期待できる。



図(1)-21 住宅タイプ別地区活動参加状況

また、地区のコミュニティ条件の違いを捉えるために、図(1)-21に示すように地区活動参加状況を聞いた。「防犯活動」、「子育て支援」、「高齢者・障害者支援」において戸建住宅居住者の方が高い参加率となった。世帯の年齢によるライフステージの影響が戸建住宅と集合住宅の別に影響していると考えられる。

これらのことから、普段の行動が近隣住区に比較的留まり、生活の質に支障のない範囲内でゆるやかな節約行動をとりながら、次のライフステージでの戸建取得の機会を伺っている様子を知ることができた。このことは、公共交通沿線居住促進事業と環境政策を組み合わせることで、より大きな効果を期待する際に有効な情報になると考えている。

(3) 街区群地区環境行動分析

街区群地区の環境行動分析は、ソーシャルキャピタルの考え方を援用して行う。

ソーシャルキャピタルと環境政策に対する考えについての関係性が道県庁所在市と衛星市でどのような違いがあるのかを測るため、表(1)-6に道県庁所在市における共分散構造分析結果、表(1)-7に衛星市における共分散構造分析結果を示す。また、因果パスを図(1)-22に道県庁所在市について、図(1)-23に衛星市について示す。まず、道県庁所在市ではパス図の全てのパスにおいて5%水準で統計的に有意であることが認められる。また、GFI=0.943、AGFI=0.895となり、AGFIのみ0.9以上を示さなかった。また、RMSEAは0.099と0.1を下回った。衛星市では、パス図の全てのパスにおいて5%水準で統計的に有意であることが認められる。また、GFI =0.922、AGFI=0.857となっておりAGFIは0.9以上を示さなかった。RMSEAについては0.110と0.1を上回った。

モデルの考察を道県庁所在市と衛星市を比較する。まず、両都市ともに「一般的信頼」、「友人への信頼」、「近隣住民の環境知識」の3項目から「信頼」を、「お世話になった人へ協力」、「地区活動恩恵の協力」、「環境への貢献」の3項目から「規範」を、「近所づきあい」、「近隣住民の暮らしぶり」、「社会活動での友人」の3項目から「ネットワーク」を導くことを前提として分析を進めたが、前提通り、潜在変数「信頼」「規範」「ネットワーク」を導くことが出来た。また、これらの3つの潜在変数の間には正の相関を確認することが出来る。また、両都市において標準化係数に大きな変化はないことから「信頼」「規範」「ネットワーク」、これら3つの関係性はどのような都市においても切り離しては考えていけないということが分かる。また、「環境政策に対する考え」に対する効果を両都市で比較すると、都道県庁所在市の方は潜在変数3つ「信頼」「規範」「ネットワーク」の中で「ネットワーク」からがもっとも強い効果を示し、衛星市では「信頼」からの効果をもっとも高いことが分かる。都道県庁所在市はマンションなどの共同住宅が多く、また比較的新しい住宅に住む世帯が多いことから世帯の入れ替わりが衛星市に比べて多いことから、短期間で近隣住民との交流を深めていかなければならない。だからこそ、実際の人と人の結び付きであるネットワークがもっとも重要な要素となり「環境政策に対する考え」に大きな効果を与えているのではないかと考えられる。さらに、道県庁所在市では自宅からあまり遠くにいかなくても全ての用事を済ますことが出来ることから近隣住民と交流のとれやすい環境を持ち合わせている点からも「ネットワーク」の重要性が伺える。衛星市においては築年数が比較的長く、一戸建ての木造建築に住む世帯が多い。昔からその地域に住んでいる世帯が多いことから、「環境政策に対する考え」が長い期間をかけて築いていく「信頼」にもっとも強い効果をもたらしていることが分かる。

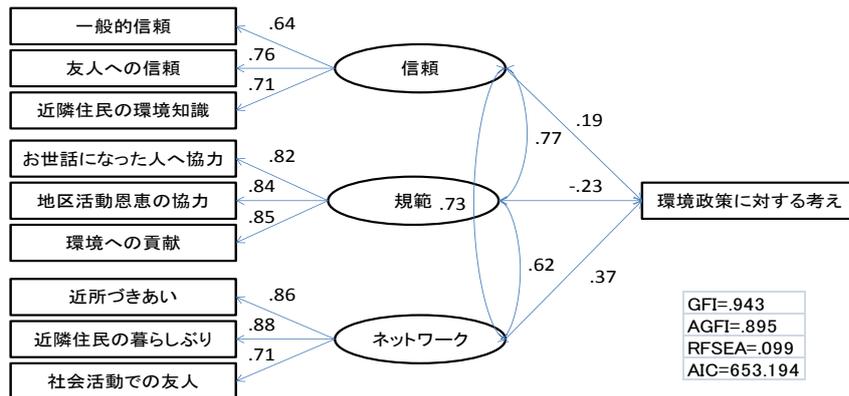
また、具体的政策として、スマートハウスとEV車によるカーシェアリングをとりあげ、道県庁所在市の同様の分析について整理した。表(1)-8がスマートハウスに対する共分散構造分析結果、表(1)-9がEV車によるカーシェアリングの同様の結果である。また、図(1)-24、25は、それぞれの政策の因果パスである。それぞれの指標は表および図に示す通りである。

表(1)-6 道県庁所在市における共分散構造分析結果

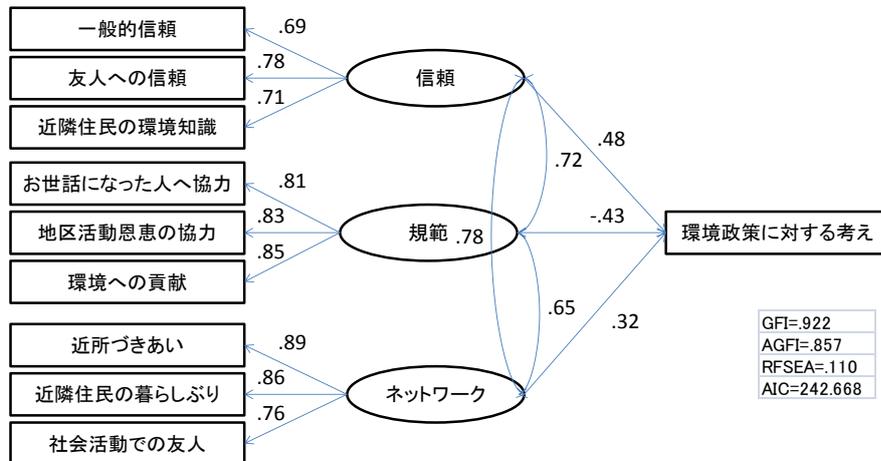
			標準化係数	標準誤差	検定統計量	確率
近隣住民の環境知識	<---	信頼	0.707			
友人への信頼	<---	信頼	0.759	0.049	28.474	***
一般的信頼	<---	信頼	0.639	0.036	24.737	***
環境への貢献	<---	規範	0.849			
地区活動恩恵の協力	<---	規範	0.844	0.022	43.35	***
お世話になった人への協力	<---	規範	0.82	0.024	41.873	***
社会活動での友人	<---	ネットワーク	0.714			
近隣住民の暮らしぶり	<---	ネットワーク	0.879	0.037	35.558	***
近所づきあい	<---	ネットワーク	0.856	0.035	34.993	***
環境政策に対する考え	<---	信頼	0.195	0.166	3.369	***
環境政策に対する考え	<---	ネットワーク	0.369	0.107	9.121	***
環境政策に対する考え	<---	規範	-0.227	0.09	-5.184	***

表(1)-7 衛星市における共分散構造分析結果

			標準化係数	標準誤差	検定統計量	確率
近隣住民の環境知識	<---	信頼	0.712			
友人への信頼	<---	信頼	0.778	0.093	14.733	***
一般的信頼	<---	信頼	0.693	0.076	13.283	***
環境への貢献	<---	規範	0.85			
地区活動恩恵の協力	<---	規範	0.829	0.048	20.171	***
お世話になった人への協力	<---	規範	0.813	0.049	19.693	***
社会活動での友人	<---	ネットワーク	0.76			
近隣住民の暮らしぶり	<---	ネットワーク	0.859	0.065	18.534	***
近所づきあい	<---	ネットワーク	0.889	0.062	19.077	***
環境政策に対する考え	<---	信頼	-0.427	0.239	-3.808	***
環境政策に対する考え	<---	ネットワーク	0.32	0.245	3.346	***
環境政策に対する考え	<---	信頼	0.481	0.443	3.05	0.002



図(1)-22 道県庁所在市におけるソーシャルキャピタルと環境政策に対する考えとの関係モデル



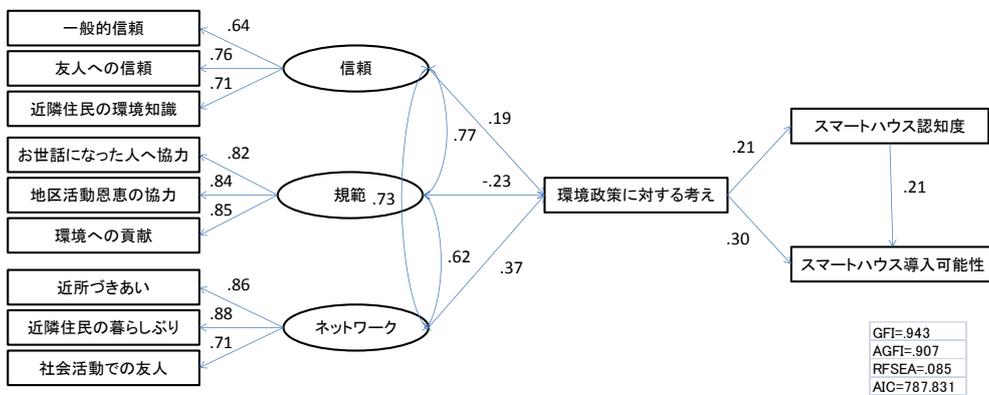
図(1)-23 衛星市におけるソーシャルキャピタルと環境政策に対する考えとの関係モデル

表(1)-8 道県庁所在市におけるスマートハウス政策への共分散構造分析結果

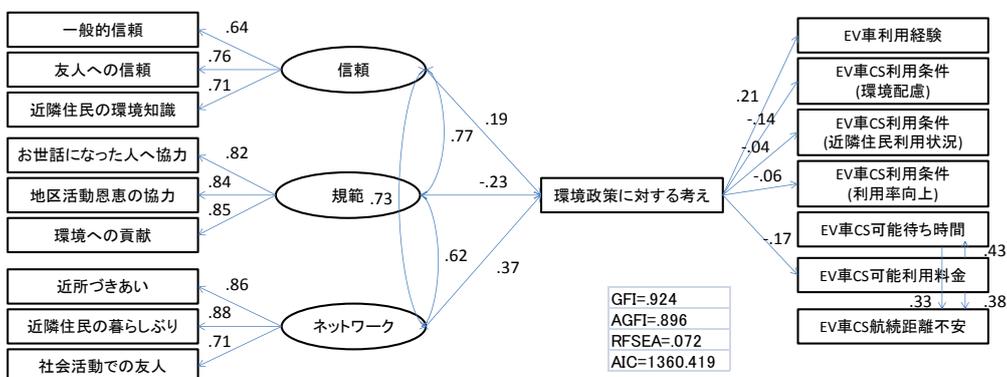
			標準化係数	標準誤差	検定統計量	確率
環境政策に対する考え	<---	信頼	0.195	0.166	3.369	***
環境政策に対する考え	<---	ネットワーク	0.369	0.107	9.121	***
環境政策に対する考え	<---	規範	-0.227	0.09	-5.184	***
スマートハウス認知度	<---	環境政策に対する考え	0.207	0.012	9.37	***
近隣住民の環境知識	<---	信頼	0.707			
友人への信頼	<---	信頼	0.759	0.049	28.474	***
一般的信頼	<---	信頼	0.639	0.036	24.737	***
環境への貢献	<---	規範	0.849			
地区活動恩恵の協力	<---	規範	0.844	0.022	43.35	***
お世話になった人への協力	<---	規範	0.82	0.024	41.873	***
社会活動での友人	<---	ネットワーク	0.714			
近隣住民の暮らしぶり	<---	ネットワーク	0.879	0.037	35.558	***
近所づきあい	<---	ネットワーク	0.856	0.035	34.993	***
スマートハウス導入可能性	<---	環境政策に対する考え	0.298	0.012	14.082	***
スマートハウス導入可能性	<---	スマートハウス認知度	0.209	0.022	9.907	***

表(1)-9 道県庁所在市におけるEV車のカーシェアリング政策への共分散構造分析結果

			標準化係数	標準誤差	検定統計量	確率
環境政策に対する考え	<---	信頼	0.195	0.166	3.369	***
環境政策に対する考え	<---	規範	-0.227	0.09	-5.184	***
環境政策に対する考え	<---	ネットワーク	0.369	0.107	9.121	***
EV車CS可能利用料金	<---	環境政策に対する考え	-0.172	0.009	-7.756	***
EV車CS可能待ち時間	<---	EV車CS可能利用料金	0.43	0.02	21.131	***
近隣住民の環境知識	<---	信頼	0.707			
友人への信頼	<---	信頼	0.759	0.049	28.474	***
一般的信頼	<---	信頼	0.639	0.036	24.737	***
環境への貢献	<---	規範	0.849			
地区活動恩恵の協力	<---	規範	0.844	0.022	43.35	***
お世話になった人への協力	<---	規範	0.82	0.024	41.873	***
社会活動での友人	<---	ネットワーク	0.714			
近隣住民の暮らしぶり	<---	ネットワーク	0.879	0.037	35.558	***
近所づきあい	<---	ネットワーク	0.856	0.035	34.993	***
EV車利用経験	<---	環境政策に対する考え	0.209	0.008	9.475	***
EV車CS利用条件(環境配慮)	<---	環境政策に対する考え	-0.143	0.004	-6.395	***
EV車CS利用条件(利用率向上)	<---	環境政策に対する考え	-0.056	0.003	-2.479	0.013
EV車CS利用条件(近隣住民利用状況)	<---	環境政策に対する考え	-0.04	0.002	-1.776	0.076
EV車CS航続距離不安	<---	EV車CS可能利用料金	0.33	0.021	15.914	***
EV車CS航続距離不安	<---	EV車CS可能待ち時間	0.327	0.021	15.782	***



図(1)-24 ソーシャルキャピタルとスマートハウスの政策関係モデル



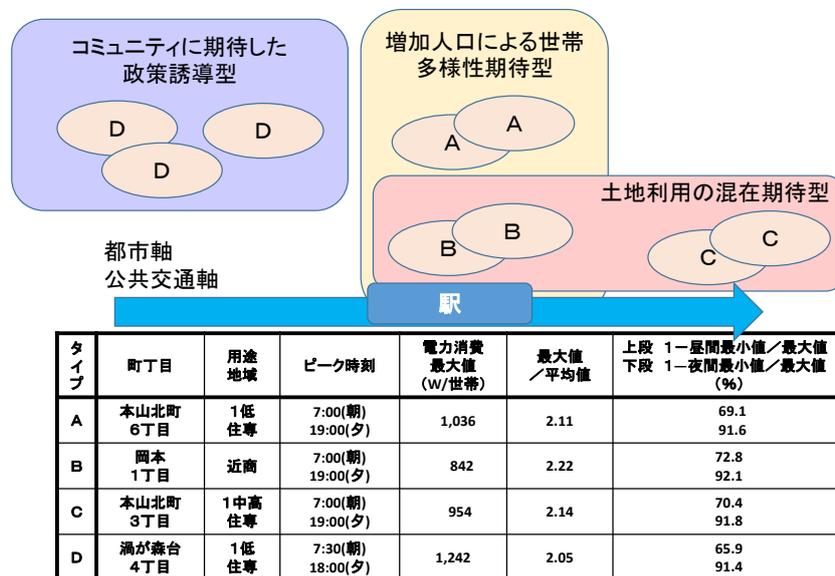
図(1)-25 ソーシャルキャピタルとEV車カーシェアリングの政策関係モデル

結果としては、「環境政策に対する考え」は「スマートハウス認知度」に直接効果を持ち、「スマートハウス導入可能性」に間接効果をもつ。一方で「環境政策に対する考え」は「スマートハウス認知度」にも直接効果を持つ。このことから、都道府県庁所在市においては、近隣住民の暮らしぶりを答えられる友人が多く近隣住民との付き合いを頻繁に行っている人ほど、環境政策に対して積極的な姿勢を見せており、実際にスマートハウスの政策にも積極的に取り組もうと考えている姿勢が確認できる。しかし、「規範」は「環境政策に対する考え」に対して負の値を示していることから、普段、地区活動から恩恵を受けていたり、住民のお世話になっていたりでその見返りとして他人への依存意識を持つことが環境政策などの独立心から行う行動には影響を及ぼさなかったのではないかと考えられる。「規範」からの影響については衛星市においても同様のことが言える。衛星市においては、近所に信頼できる友人・知人が多く、近隣住民の環境知識をよく知っている人ほど、環境政策にも積極的な姿勢を見せている。

これらの分析を土地条件からとらえ直すと、集合住宅の多い地区での「ネットワーク」と戸建が多い地区での「信頼」が環境政策への反応に強い影響を与えるということが出来る。

(3) 土地条件と都市構造からみた環境政策の効果

これまでの分析を踏まえ、家庭内外の各個人の環境行動は、土地条件や都市構造などとの関連を認められるものがあり、それらを個々に把握しなくても、土地条件や都市構造などを踏まえた街区群特性に応じた環境政策効果をカテゴライズできる可能性を示唆しているとみることが出来る。図(1)-26は、土地条件と都市構造から見た環境政策効果の捉え方のまとめである。



図(1)-26 土地条件と都市構造から見た環境政策効果の捉え方

戸建比率が高く人口増加するタイプAは駅周辺から遠距離地区にまで卓越し、低層の住宅専用地域が多い。比較的新しい家を構えた子育て層が多くなっている。環境意識も高く子供を中心としたコミュニティの充実と家庭内の環境行動の効果が期待できる。集合住宅比率が高く人口増加するタイプBは、駅近隣に多く単独世帯が多くなる。必ずしも地域コミュニティとの関連が高く

ない。しかし、この地区は時間別電力資料パターンの異なる商業・業務などの他の土地利用も立地してそれらとの混在による電力使用の平準化が期待されることと、公共交通拠点周辺への立地誘導の重要な受け皿であることから、エネルギーマネジメントを中心とした環境政策に効果が期待できるし、また、進めていかねばならない。集合住宅比率が高く人口減少するタイプCは、タイプBの外側にあり住環境は必ずしもよくない。単独世帯も多くなっている。旧来の集合住宅に対するリフォームやリノベーションなどを通じて、効果を上げていくべき地域であろう。戸建比率が高く人口減少するタイプDは、郊外部に位置し高齢化率が高い。コミュニティも力を失いつつあり、家庭内の協力行動力も相対的に低い。本地域は、都市計画の観点からも多くの課題を有している地域であり、家のリノベーションや新しい形態の住まい方を提案することで若返りを図り、コミュニティの力を回復することを狙うべきであろう。従って、環境政策と都市計画を一体的にマネジメントし、地区の力の回復と合わせた環境政策が望まれる。

地区特性			
A	B	C	D
0.98	0.77	0.75	1
ファミリーシップ(照明)			
①	②	③	④
1	0.91	0.79	0.96
住宅タイプ			
戸建	集合		
1	0.61		
単複世代			
単世代	複世代		
0.63	1		

図(1)-27 それぞれの地区特性、ファミリーシップ、住宅タイプ、家族構成による電気使用料金の比率

これらの特徴を踏まえ、街区群分類別に環境政策効果を推計した（図(1)-27）。対象を神戸市東灘区とし、同区の全町丁目別に分類特性を同定した。その上で、アンケート結果から街区群特性と家族構成の関係を捉え、地区特性、ファミリーシップタイプ、単独／非単独世帯別に1日の電気使用量を既存研究から推計し、その効果を集計した。特に、ファミリーシップの観点からは、①無関心（共生・対等）が最も節電効果が無いのに対し、②対等協力（共感・対等）が0.91、③教育的指導（共感・代表）が0.79、④指導的立場によるリード（共生・代表）が0.96の効果が期待できることがわかり、これを用いた。この結果、これらのファミリーシップに配慮した節電行動を誘引する環境政策効果により東灘区全体で4.1%の削減効果が見込めることがわかった。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

これまで環境政策を評価するモデルは多く提案されてきたが、住まい方、都市機能、エネルギーを総括的に扱うエージェントベースのモデルは無い。現段階では枠組み構築に留まっているが、個々のデータはNHKの行動データや国勢調査の世帯データやパーソントリップデータなどのエージェントとして扱うことのできるレベルでのデータを連携させた上でのモデルとなっており、それぞれの部分でのモデルの妥当性も検証された。今後、これらを実際に繋げたモデルを構築することで、エージェントベースでのトータルな政策評価が可能なプラットフォームと

なるモデルが期待できる。さらに、GIS上で表現し、かつ街区単位での大縮尺での検討が可能であることから、より細かい、また、現在実証実験が進む街区型のスマート政策の評価に馴染むものとなっている。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

- 1) 吹田市が設置した「吹田操車場跡地地区低炭素まちづくり協議会」において研究代表者が副委員長を務め、本研究の知見を活かした提案を行った。具体的には、吹田操車場跡地地区の低炭素まちづくり計画を作成するにあたり、低炭素を目指すエリアマネジメントにおける住民の役割、低炭素交通手段の利用促進に向けた総合的な交通システム、エネルギーの面的利用・管理による先導的なエネルギー街区形成について助言や提案を行い、まちづくり計画に反映した。
- 2) 西宮市が設置した「西宮市新エネルギー・省エネルギー推進計画策定委員会」において研究代表者が委員を務め、本研究の知見を活かした提案を行った。具体的には、住民の参画と協働をキーワードとしたスマートコミュニティの形成方針や推進計画の目標設定および進行管理マネジメントについて助言や提案を行い、新エネルギー・省エネルギー推進計画に反映した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

- 1) 本研究の対象地域のひとつである富山市の環境部環境政策課に対し、本研究成果を説明した。富山市が実施する公共交通を軸とした環境まちづくり政策に沿って、市民の環境行動の実態とまちづくりとの関係について報告、議論し、都市政策と呼応しながら市民の行動に着目した効果的な環境政策実施に活用されることが見込まれる。
- 2) 本研究は、家庭内外の節電を中心とした個人に着目した環境行動の効果を既存統計で観察可能な土地条件等と関連づけながら分析した。行政は、個人の環境行動を調査することなく、街区群特性を踏まえた政策マーケティングにより、より効率性の高いきめ細かな政策実施に繋げることができると考えられる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

特に記載すべき事項はない。

<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（学会等）

- 1) 北詰恵一、盛岡通、秋山孝正、井ノ口弘昭、尾崎平：街区単位での都市属性空間多様性指標の構築、日本環境共生学会学術大会発表論文集、Vol.15、444-447（2012）
- 2) 北詰恵一：街区型環境未来都市の構想、関西大学先端科学技術シンポジウム講演集、Vol.17、287-288（2013）
- 3) 北詰恵一、中馬真司、波多間瞳：統計データを用いた街區別時間帯別電力利用分布推計、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol.47、No.77（2013）
- 4) 北詰恵一：街区型環境未来都市モデルの提案とその枠組み、成25年度土木学会全国大会第68回年次学術講演会、IV-137（2013）
- 5) 北詰恵一：家族・街区単位での属性別行動変化による節電効果シミュレーション、日本地域学会第50回(2013年)年次大会、(2013)
- 6) 仲田俊亮、北詰恵一：土木計画学研究・講演集、49(2014) 「家庭内の協調・協力行動による世帯構成別節電効果の推計」
- 7) 早川諒、北詰恵一：土木計画学研究・講演集、49(2014) 「街区群の世帯構成の違いから見た電気使用量分布推計による環境政策効果分析」
- 8) 澁田優美、北詰恵一：土木計画学研究・講演集、49(2014) 「住宅地におけるコミュニティの特性が環境政策効果に与える影響分析」
- 9) 仲田俊亮、北詰恵一：土木学会関西支部年次学術講演会（2014） 「家庭内における電力節約のための属性別協調・協力行動分析」
- 10) Shunsuke NAKADA and Keiichi KITAZUME: 9th International Symposium in Science and Technology at Cheng Shiu University (2014) 「An Analysis of Cooperative Activities among Family Members to Save Electricity、(Poster)」
- 11) Keiichi KITAZUME: 9th International Symposium in Science and Technology at Cheng Shiu University (2014) 「Cooperative Activities of Neighbourhood to Save Electricity Based on Their Social Capital、(Oral)」
- 12) 北詰恵一、仲田俊亮：第17回日本環境共生学会学術大会(2014) 「街区群別のまちおよび住まい方特性による環境行動分析」
- 13) 北詰恵一：環境システム研究論文発表会講演集、Vol.42、pp.85-88(2014) 「街区群単位での電力使用分布集計値と土地条件・都市計画要因との関係分析」
- 14) 北詰恵一：日本不動産学会2014年度、秋季全国大会(学術講演会)論文集、vol.30、pp.93-96、(2014) 「富山市における環境行動の要因分析」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 研究会（2012年12月5日、関西大学 先端科学技術推進機構 2階会議室、参加者15名）
- 2) 研究会（2013年3月2日、関西大学 先端科学技術推進機構 2階会議室、参加者12名）
- 3) 街区群単位の環境政策のための都市モデル（2014年6月8日、東北工業大学八木山キャンパス、論文数7本、参加者40名） 第49回土木計画学研究発表会企画論文部門セッション
- 4) 街区型環境未来都市モデルの構築とそれに基づく都市政策提案（2014年10月29-30日、マイドームおおさか、参加者55名） 建設技術展2014近畿ポスター展示
- 5) 街区型環境未来都市モデルの構築とそれに基づく都市政策提案（2015年1月23日、関西大学千里山キャンパス 100周年記念会館、参加者17名） 報告会

(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

- 1) 平成26年度土木学会関西支部年次学術講演会優秀発表賞受賞、（2014）
仲田俊亮、北詰恵一：家庭内における電力節約のための属性別協調・協力行動分析

8. 引用文献

- 1) 環境省低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及拡大方策等検討会：低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化に向けた提言、2013.
- 2) 藤井拓郎・下田吉之・森川貴夫・水野稔：熱負荷計算を組み込んだ都市住宅エネルギーエンドユースモデルの開発、日本建築学会環境系論文集、第589号、pp. 51-58、2005.

(2) 都市機能ストック・マネジメントとスマートモビリティの形成によるQOL向上

関西大学環境都市工学部

秋山 孝正・井ノ口 弘昭

平成24～26年度累計予算額：10,182千円（うち、平成26年度予算額：3,563千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

本研究では、街区型環境未来都市における都市活動と空間移動に関する時系列的变化を交通行動者のエージェントモデルとして構成し、環境に配慮した都市交通政策評価を行う。このとき、都市鉄道などの公共交通機関の整備が行われている大都市圏における都市交通政策と、主体的な公共交通機関がバス交通であり、自動車中心社会が構成されている地方都市圏の都市交通政策は相違する。このため、①大都市圏の中心市街地として神戸市旧居留地区、②中心部・周辺部・郊外部という自動車利用による低密度な地方都市圏においては岐阜市の都市交通政策を検討する。この結果、鉄道主体の公共交通機関の整備が行なわれている商業・業務活動が中心の街区においては、環境面に配慮した利用交通機関の多様性を確保し、アクセス交通を含めた自動車抑制型の街区内の歩行空間の確保の重要性が高いことがわかった。また、自動車交通中心の地方都市においては、自動車抑制というより、代替的交通手段としてのカーシェアリング、超小型モビリティ、HV・EVを含むエコカーの有効活用を検討する必要があることがわかった。さらに、低炭素社会における市民意識として、自動車種別としてのEV車両は現状では、普及促進に対応する要件が十分でないことなどがわかった。これらのことから、環境に配慮した都市交通政策においては、各種交通機関の特性と相互補完関係についての検討が必要であることがわかった。

[キーワード]

街区型環境未来都市、都市交通政策、エージェントモデル、電気自動車

1. はじめに

本研究では、街区型環境未来都市における都市交通政策評価を検討する。公共交通が充実している大都市と自動車中心である地方都市では、都市交通政策の検討方法が相違すると考えられる。そこで、大都市圏を対象とした検討、地方都市圏を対象とした検討を行い、街区型環境未来都市における都市交通政策を提案する。

2. 研究開発目的

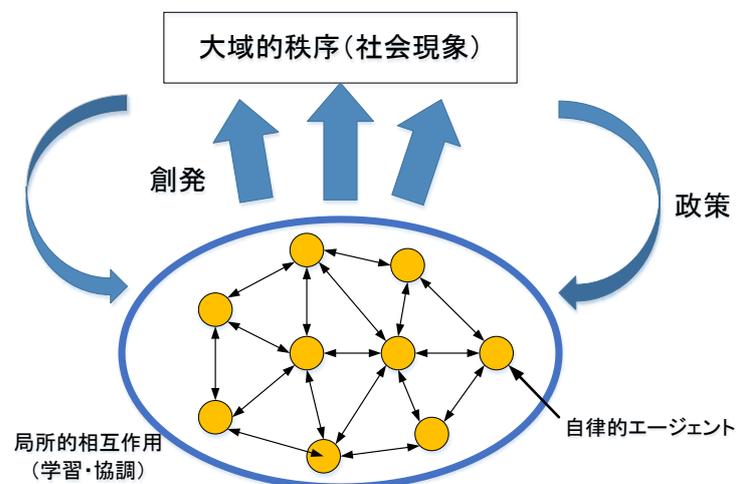
本研究では、街区型環境未来都市における都市活動と空間移動に関する時系列的变化を交通行動者のエージェントモデルとして構成し、環境に配慮した都市交通政策評価を行うことを目的とする。具体的には、交通行動者を自律的エージェントとして、都市活動と空間移動に関する都市モデルを構成する。このとき、街区単位での都市交通政策のインパクトを時間的空間的に把握する。すなわち、都市のエージェントモデルにおいては、自律的に都市活動と空間移動（アクティビティと交通行動）を行う自律的エージェントが仮定される。このとき、街区の特性に応じたエ

エージェントの行動結果の集合体として、都市活動が構成される。したがって、エージェントの局所的な行動の帰結として、都市活動と交通現象が表現されることになる。このとき、本研究では環境未来都市の都市交通政策に対して、都市交通機関として、都市鉄道などの公共交通機関の整備が行われている大都市圏における都市交通政策と、主体的な公共交通機関がバス交通であり、自動車中心社会が構成されている地方都市圏の都市交通政策をそれぞれ検討する。

そのため、①大都市圏の中心市街地として、神戸市旧居留地区を取り上げる。この場合、多様な交通機関の分担関係が都市交通政策の基本事項となるため、特定街区を設定して交通機関別の詳細な分析を行うことにした。すなわち、神戸市旧居留地区を一街区として設定し、街区の都市活動と空間移動について、エージェント（従業者・来訪者・住民）の交通行動パターンの分析を行う。街区を単位とした環境に着目した都市交通政策に伴う、環境負荷と生活様式の変化を定量化することで、自律的な都市環境の変化を把握することができる。一方で、②中心部・周辺部・郊外部という自動車利用による低密度な地方都市圏においては、岐阜市の都市交通政策を考える。この場合、自動車中心社会が構成され車両本体のスマート化が期待されることから、全域的な低炭素車両（HV・EV・ULV）の普及に関するエージェントモデルを基本とする。また、地方都市圏の場合には、中心部・周辺部・郊外部という街区環境の相違に都市交通現象が影響を受けることから、岐阜市全域を街区で構成した場合のエージェントモデルを想定する。

いずれの場合も、現実都市における都市交通政策を仮想的なマルチエージェントモデルを用いて、複雑系（人工社会）として構成することで、都市環境に関する自律的な変化の可能性を検討する。このとき、都市交通政策に伴うエージェントの局所的な変化が時系列的な経過を経て大域的な都市環境変化を与えるいわゆる創発現象を観測することで、将来都市交政策の展開を図ることが期待される。

本研究では、マルチエージェントシミュレータを応用した仮想社会モデルを作成し、エージェントの意思決定による社会の変化を検討する。知的情報処理において、複雑系とは、複数の構成要素をもち、要素の振る舞いが全体の状況により変化し、その振る舞いの変化により全体の状況が変化するという循環的な仕組みのことであり、各要素が有機的に結合している全体的なシステムである。複雑系現象の概略図を図(2)-1に示す¹⁾。



図(2)-1 複雑系現象の概念図

各要素は、お互いにそれぞれ局所的に相互作用を繰り返すことにより、社会全体に性質ができ、その性質がまた各要素に影響を及ぼす創発現象が発生する。すなわち、個人が意思決定をして自律的に行動することが、社会全体に反映される。

つぎに、マルチエージェントモデルの基本構成について説明する。複雑系モデルにおいて、人間の個人をエージェントとして、社会現象を複雑系として表現したマルチエージェントモデルが提案されている。本研究では複雑系で構成されている社会を再現した分析を行うために、マルチエージェントモデルを用いる。マルチエージェントモデルを用いることにより、一人ひとりの行動から、社会全体の変化を推測することができる。本研究では、エージェントの日常的な行動変化から都市の交通変化を表現することを目的としている。具体的には、自動車購入モデルによる電気自動車の普及、利用交通手段による街区単位での二酸化炭素排出量の変化を検討する。その結果から、都市全体の交通現象を推計し、政策の提案を検討する。

3. 研究開発方法

(1) 街区型環境未来都市における都市交通政策

1) 環境未来都市の都市交通政策事例の整理

ここでは、モデル構築のために環境未来都市における都市交通政策の事例を整理する。

2008年に環境モデル都市に選定された横浜市では、「ゼロエミッション交通・世界戦略」として、低炭素車両の導入促進やEV・自転車のシェアリングシステムの導入を行っている²⁾。超小型モビリティのシェアリングとして、「チョイモビ ヨコハマ」の名称で実証実験を実施している。超小型モビリティ車両は、定員が2名の「日産ニューモビリティコンセプト」を使用している。また、横浜市内に複数のステーションを設置し、貸出拠点以外でも返却可能なワンウェイ型のシェアリングシステムとなっている。

また、横浜市同様の2008年に環境モデル都市に選定された北九州市では、電動自転車のシェアリングシステム「シティバイク」を運用している³⁾。この事業では、北九州市中心部にサイクルステーション13箇所、電動アシスト自転車約150台を設置している。

さらに、富山市では、公共交通の活性化の推進として、図(2)-2に示すLRT (Light Rail Transit) を生かしたまちづくりを進めている⁴⁾。



図(2)-2 富山市のLRT

2) 環境未来都市の都市交通政策の類型化

公共交通が充実している大都市と自動車中心である地方都市では、実施する都市交通政策が相違すると考えられる。そこで、ここでは都市圏街区に対する政策と地方圏街区に対する政策を整理する。本研究では、都市圏街区として神戸市中央区旧居留地地区、地方圏街区として岐阜市を取り上げる。

神戸市では、平成25年3月に「環境モデル都市」に選定された。これを受けて、「神戸市環境モデル都市アクションプラン」を策定している⁵⁾。アクションプラン全体で5年間における削減目標は306千トンとされている。本アクションプランにおいて、交通に関連する政策として表(2)-1に示す政策が掲げられている。

表(2)-1 神戸市環境モデル都市アクションプランでの取り組み

3-(a) めざす交通環境の実現に向けて（神戸市総合交通計画の推進）
3-(b) 都心・ウォーターフロント、観光地の回遊性向上 ○「人」を中心とした街路環境の実現 ○新たな公共交通の検討 ○自転車を利用した新たな交通手段の仕組みづくり ○超小型モビリティを活用した新たな交通手段 ○ワンウェイ型モビリティシェアリングの導入検討
3-(c) 神戸港における陸上輸送距離短縮による温室効果ガス削減
3-(d) 鉄軌道・ロープウェイの省エネルギー化
3-(e) 次世代自動車の普及促進 ○市役所の一般公用車への次世代自動車の導入 ○市内の次世代自動車の普及促進 ○急速充電器の設置推進

本取り組みの中で、人を中心とした街路環境の実現として、神戸市は2014年11月6日・9日に旧居留地地区においてトランジットモールの社会実験を行っている⁶⁾。歩道の拡幅を見据え、3車線道路の1車線を封鎖して渋滞の発生状況を調べている。この結果、6日においては10:30～11:00の時間帯で200mを超える渋滞、9日は16時台において最大390mの渋滞が発生したが、他の時間帯は目立った混雑は見られなかったという結果が出ている。

地方都市である岐阜市は、平成25年に「岐阜市環境基本計画」（計画期間：平成25年度～29年度）を策定している⁷⁾。岐阜市の中心部である岐阜駅周辺や柳ヶ瀬などは、都市の中の自然環境を創出する地区として、公共交通ネットワークの形成など、環境に配慮したまちづくりを進めている。平成26年に策定された「岐阜市総合交通戦略」（2014-2018）では、公共交通に徒歩、自転車、自動車などを含め、総合的かつ戦略的に実施する計画と位置づけ、平成25年度に策定した岐阜市地域公共交通総合連携計画との連携を図りながら進めるとされている。表(2)-2に示す5つの戦略をもとに推進している⁸⁾。これらの政策をもとに、持続可能なまちづくりの推進を行っている。

表(2)-2 岐阜市総合交通戦略での取り組み

戦略1：公共交通 『BRTを軸とした利便性の高い公共交通ネットワークの構築』
戦略2：中心市街地 『中心市街地活性化と都市の再構築（リノベーション）に向けた交通体系の確立』
戦略3：健康・低炭素 『健康（幸）・環境負荷の少ない質の高い交通環境の創出』
戦略4：道路 『まちの活力、暮らしを支える道路整備と道路空間の活用』
戦略5：意識 『自動車を前提としない交通手段の選択が定着する活動の推進』

3) 都市交通政策の評価手順

前節のように、公共交通が充実している大都市と自動車中心である地方都市では実施する政策が相違するため、本研究では大都市を対象とした街区型モデルおよび地方都市を対象とした街区型モデルを構築し、評価する。大都市を対象とした街区型モデルでは、神戸市の中心業務地域である旧居留地地区を街区として取り上げる。ここでは、公共交通を含めた多様な交通機関の組み合わせを検討する。

地方都市を対象としたモデルでは、岐阜市を対象とする。岐阜市は24街区で構成されており、全街区を対象とする。本モデルを用いて、世帯での低炭素車両の導入、公共交通の利用などについて検討する。

(2) 都市圏街区型環境未来都市における交通政策評価

1) 都市型街区における交通特性

本研究では、業務地域の街区の例として、兵庫県神戸市の旧居留地地区を取り上げる。対象街区を図(2)-3に示す。



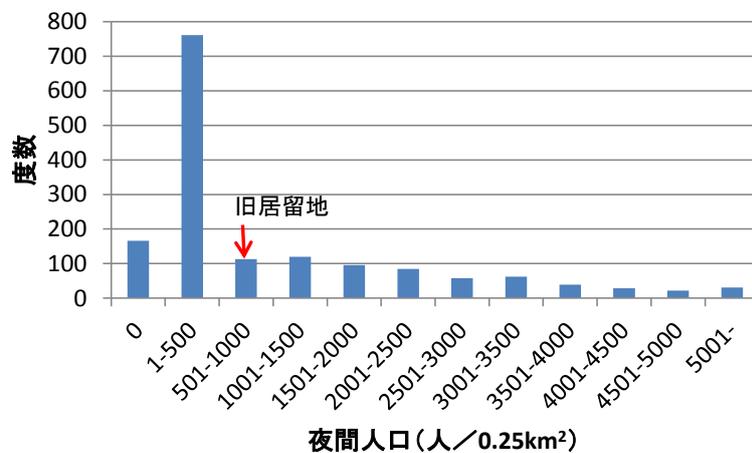
図(2)-3 対象街区の構成

図中の①～⑨は、パーソントリップ調査でのゾーン番号（郵便番号ゾーン）を表す。本街区は、

神戸市の中心駅である三宮駅の南西に位置し、面積は約0.169km²である。また、本街区は起伏が少ない地域である。街区には百貨店などの商業施設のほか、日本銀行の支店なども立地し、業務施設が多い。また、東側には神戸市役所が立地している。さらに、南側には港湾施設が立地する。街区内の事業所数は997事業所（平成21年）である⁹⁾。

本研究では、第5回近畿圏パーソントリップ調査結果（平成22年実施）を用いて活動者を分析する。なお、平日あるいは休日に街区を発着するトリップを有する活動者数は12,292サンプル（64,802人）である。パーソントリップ調査では、出発地・到着地として、街区内は9ゾーンに分割されている。

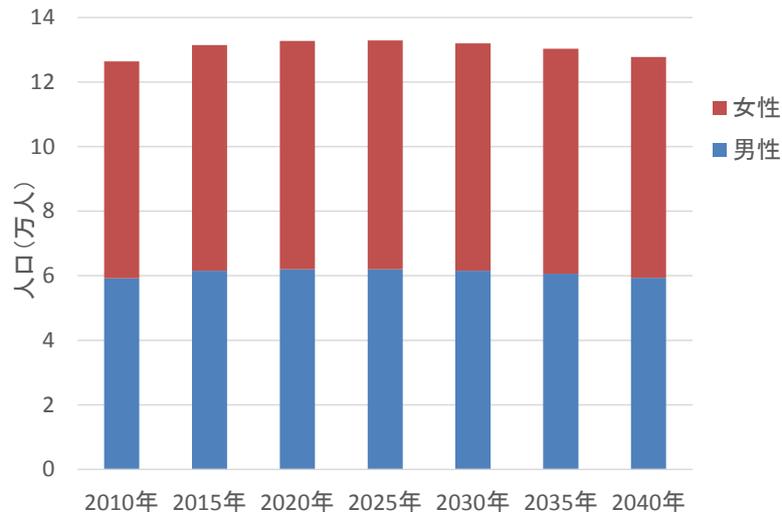
ここでは、街区の活動者特性について分析する。はじめに、旧居留地街区の夜間人口の神戸市内の位置づけを把握する。国勢調査（平成17年）の500mメッシュデータを用いた神戸市の夜間人口の分布を図(2)-4に示す。



図(2)-4 神戸市の夜間人口分布

旧居留地街区を含む4メッシュ(1km²)の夜間人口は2,696人であり、1メッシュあたりでは674人となる。神戸市内には山林があるため、夜間人口が少ない地域も多いが、旧居留地街区は可住地の中では夜間人口が比較的少ない。この4メッシュのみに着目した場合、人口集中地区の要件である人口密度4,000人/km²を満たしていない。これは、中心市街地であるため、地価が高く、住宅の立地が少ないことによる。したがって、本街区の検討では住宅を対象としたマネジメントと比べてオフィスビルを対象としたマネジメントを検討する必要がある。

つぎに、当該街区の将来推計について検討する。旧居留地が存在する神戸市中央区の将来推計人口を図(2)-5に示す（国立社会保障・人口問題研究所¹⁰⁾）。人口のピークは、2025年と推計されている。このとき、2010年と比較して5%多い。その後は減少傾向と推計されている。



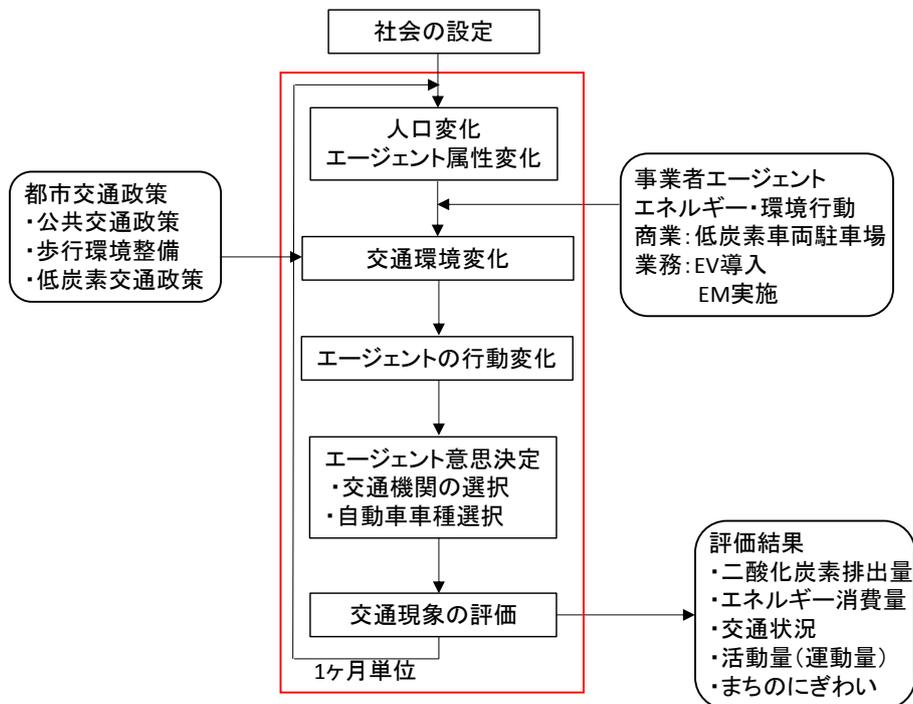
図(2)-5 神戸市中央区の将来推計人口

2) エージェントモデルの基本構成

つぎに、都市圏街区型環境未来都市の交通政策評価のためのエージェントモデルの構築について検討する。本エージェントモデルでは、交通行動者を①従業者、②業務目的来訪者、③自由目的来訪者、④居住者の4種類に分類する。さらに、事業所の意思決定を考える。

本モデルでは、政策評価の検討期間を20年間とする。交通行動者の基本属性は、第5回近畿圏パーソントリップ調査結果を用いる。対象街区に関連トリップをもつ交通行動者のサンプル数は1,285である。

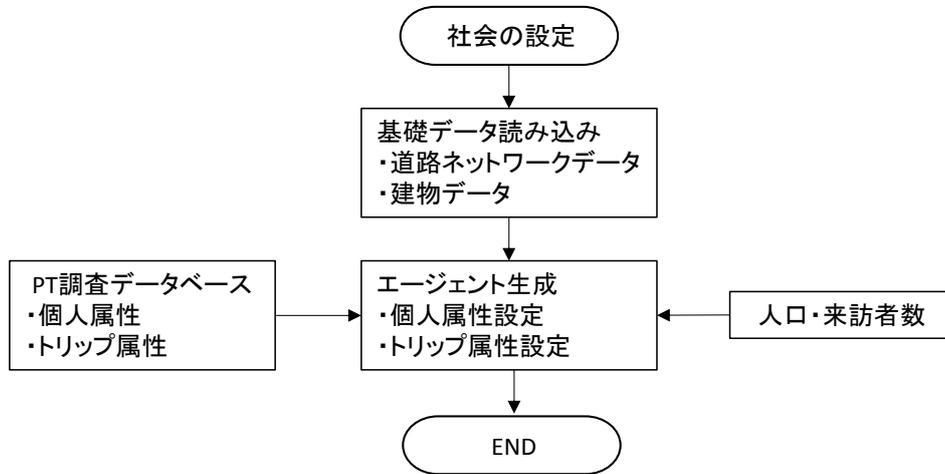
エージェントモデルの全体構成を図(2)-6に示す。



図(2)-6 神戸旧居留地エージェントモデルの構成

はじめに社会を設定する。エージェントの意思決定として、①交通機関選択、②自動車車種選択を考える。1ヶ月を単位として繰り返し計算を行うことで、社会の現象変化を観測する。

つぎに、社会の設定に関するフローを図(2)-7に示す。



図(2)-7 社会の設定

基礎データとして、対象街区における道路ネットワークデータおよび建物データを読み込む。つぎに、初期状態のエージェントを生成する。このとき、対象街区関連トリップに関して、パーソントリップ調査のデータベースを作成している。なお、パーソントリップ調査では、利用した交通機関のみのトリップデータが記録されている。そこで、公共交通機関を利用していないトリップに関しては、公共交通機関の経路探索ソフトウェアである「駅すぱあと」(ヴァル研究所)を用いて、公共交通利用時の経路・所要時間・運賃を算定している。エージェント生成時は、このデータベースを参照して、個人属性およびトリップ属性を設定する。

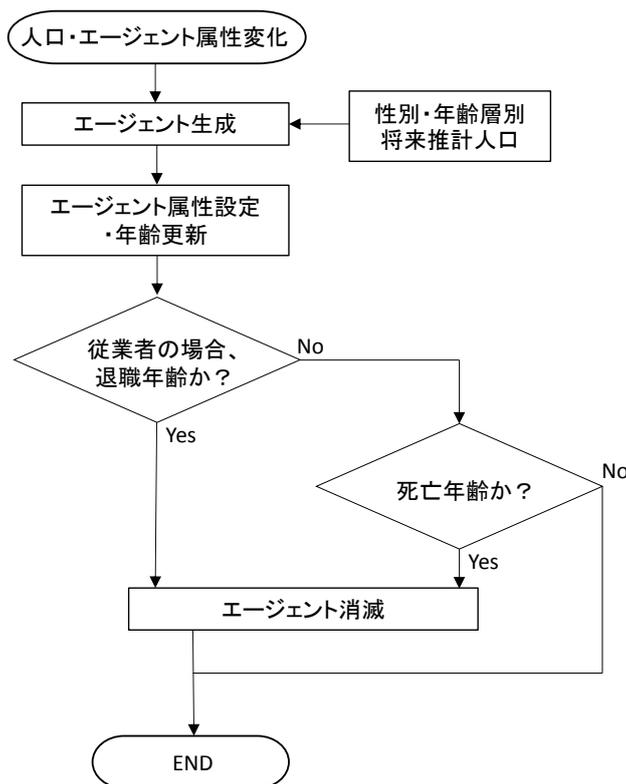
建物データは、街区内の214建物に関してデータを構築している。地区内の建物用途分類を図(2)-8に示す。



図(2)-8 街区内の建築物の用途分類

建物種別として、①業務施設、②商業施設、③業務・商業施設、④居住施設に分類している¹¹⁾。ここで、②業務施設とは、業務関連事業所のみが存在する建物である。また、②商業施設は、商業店舗のみが存在する建物である。③業務・商業施設は、業務関連事業所に飲食店・コンビニエンスストアなどの商業店舗が併設されている事業所である。④居住施設は、マンションおよびホテル等である。対象街区区内では、業務施設に商業店舗が併設された建物が多いことがわかる。また、居住施設は少ないことがわかる。

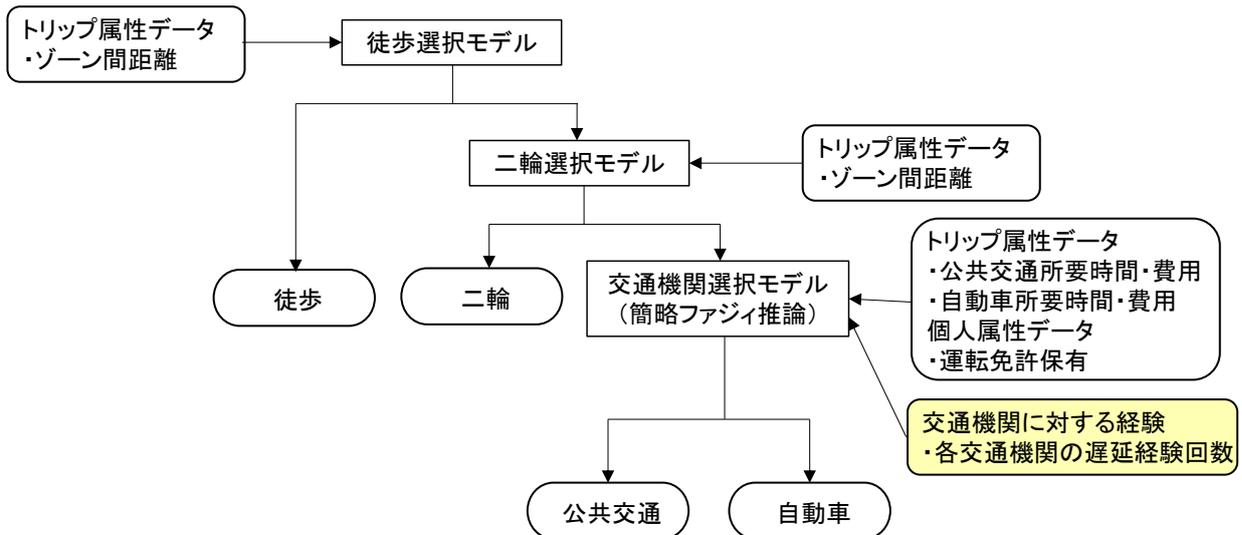
つぎに、エージェントの属性変化について検討する。属性変化のフローを図(2)-9に示す。



図(2)-9 人口変化・エージェント属性変化

エージェントは、将来人口推計をもとに生成する。このとき、①従業者は、当該街区区内に就職した時点で生成し、退職した時点で消滅するものとする。その他のエージェントは、性別・年齢層別の人口推計データを用いて、各年齢層において消滅するエージェントを設定する。

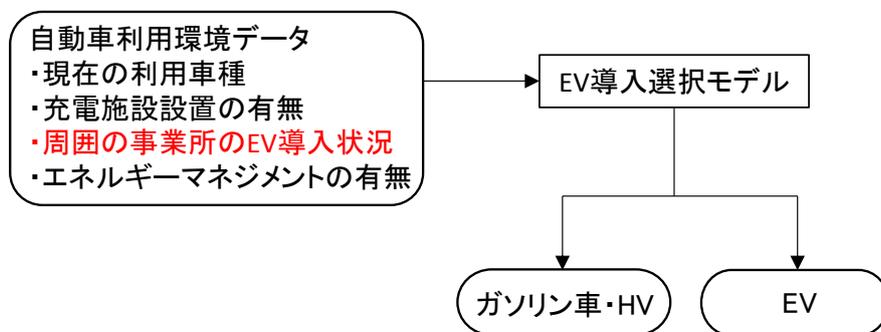
つぎに、各エージェントの交通機関選択の意思決定を検討する。交通機関選択モデルのフローを図(2)-10に示す。本モデルでは、交通機関として①公共交通、②自動車、③二輪、④徒歩としている。なお、対象地域内では公共交通端末交通としての徒歩があるが、①公共交通として分類している。



図(2)-10 交通機関選択モデル

公共交通・自動車を判別するモデルでは、エージェントの意思決定のあいまい性を考慮して、簡略ファジィ推論を用いてモデル化している。このとき、公共交通および自動車利用時の所要時間・費用の他に、個人属性および各交通機関の遅延経験を基に決定する。

つぎに、業務車両に関する車種選択のフローを図(2)-11に示す。業務車両の車種選択の際は、現在の利用車種の他に充電施設の設置状況、エネルギーマネジメントの状況、周囲の事業所のEV導入状況を基にEVを導入するかを決定している。



図(2)-11 業務車両車種選択モデル

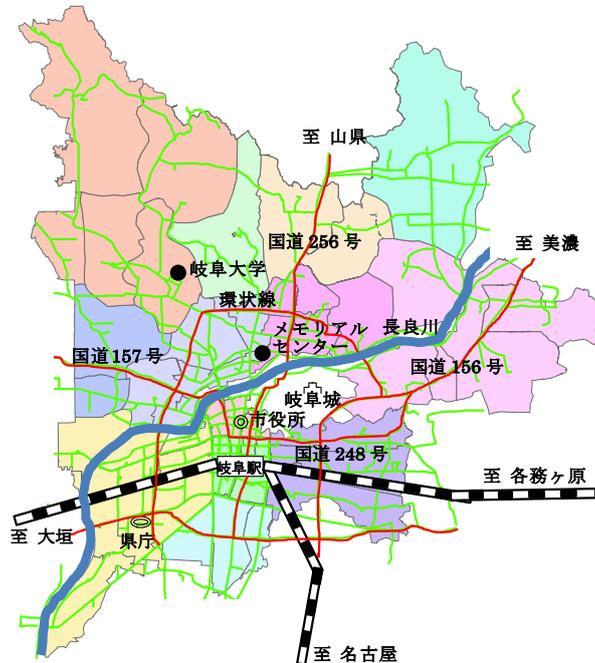
各トリップに関して交通機関・利用車種が決定された後に、各トリップに伴う二酸化炭素排出量などの評価指標が算定される。これらのエージェントの交通行動により、対象地域内の交通行動による環境へのインパクトの算定を行うことが可能である。

(3) 地方圏街区型環境未来都市における交通政策評価

1) エージェントモデルの基本構成

ここでは、岐阜市を対象としたエージェントモデルの基本構成を検討する。岐阜市は、名古屋圏の中心である名古屋市からは北へ約30km、電車で最短18分の距離に位置している。岐阜市の概

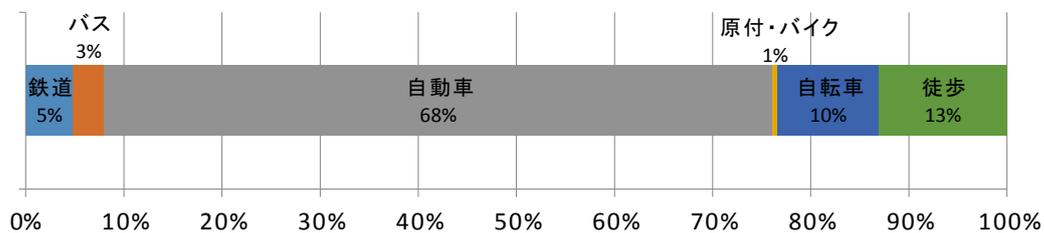
略図を図(2)-12に示す。市の南部にJRおよび名鉄の路線が位置している。また、岐阜市の市域面積は20、289haである。岐阜駅北側が中心市街地となっている。また、岐阜市の人口は約42万人、世帯数は17万世帯となっている。65歳以上の高齢化率は26%である。



図(2)-12 岐阜市の概略図

岐阜市ではモータリゼーションが進展しており、自動車利用が前提となった都市構造になっている。このような都市では、自動車から公共交通への転換は容易ではなく、車両の低炭素化を検討することが道路交通スマート化の有効な手段であると考えられる。

つぎに、第5回中京都市圏パーソントリップ調査（平成23年実施）で得られた岐阜市内発トリップの代表交通手段を図(2)-13に示す。

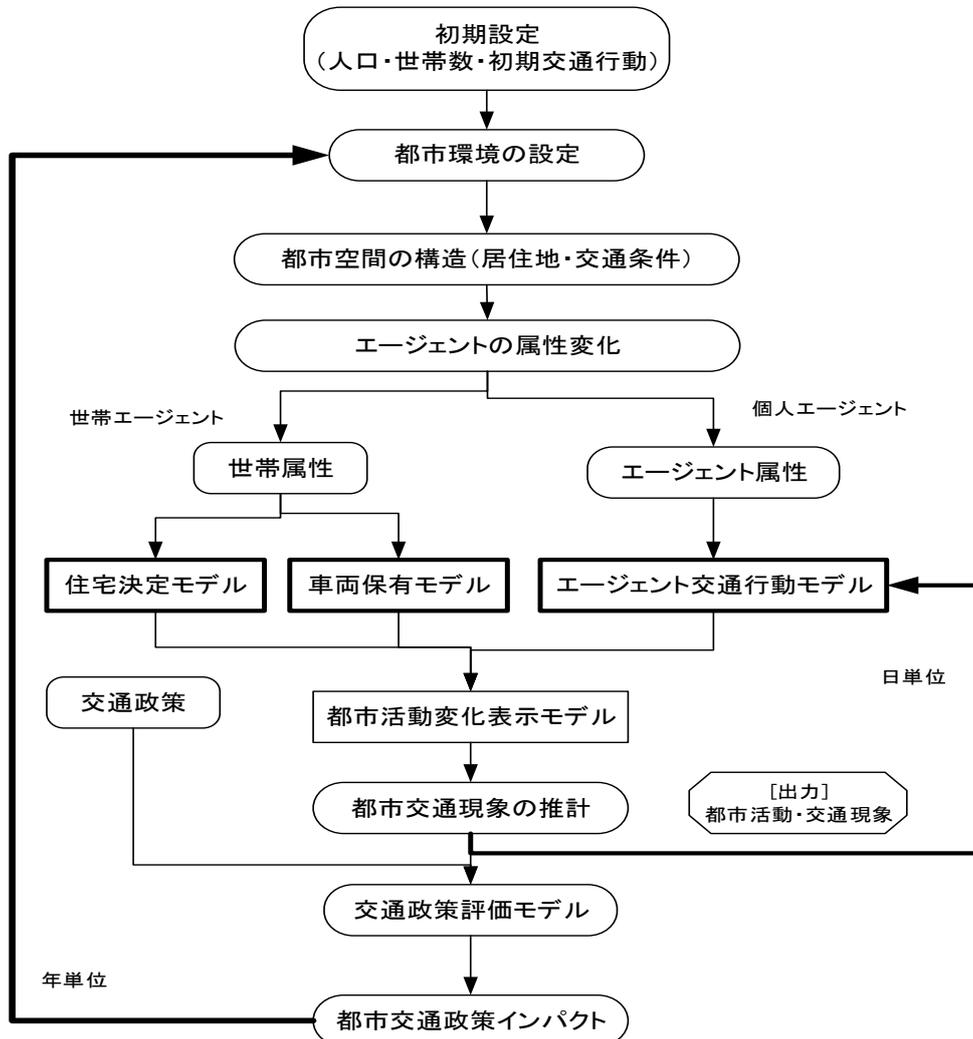


図(2)-13 トリップの代表交通手段（岐阜市）

自動車の構成割合が68%であり、公共交通の利用は少ないことがわかる。また、徒歩の割合が13%であり、大都市と比較して少ない。これは、短距離移動においても自動車を利用する傾向があるためであると考えられる。

つぎに、本研究で構築するエージェントモデルの全体構成を検討する。本エージェントモデル

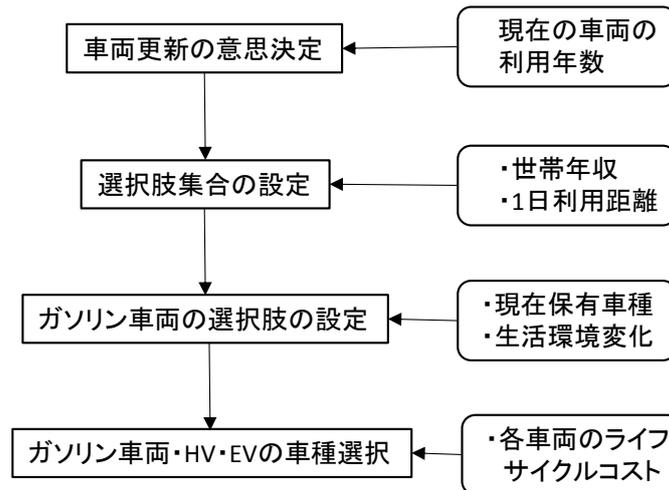
でエージェントが行う意思決定構造を図(2)-14に示す。



図(2)-14 エージェントモデルの意思決定構造

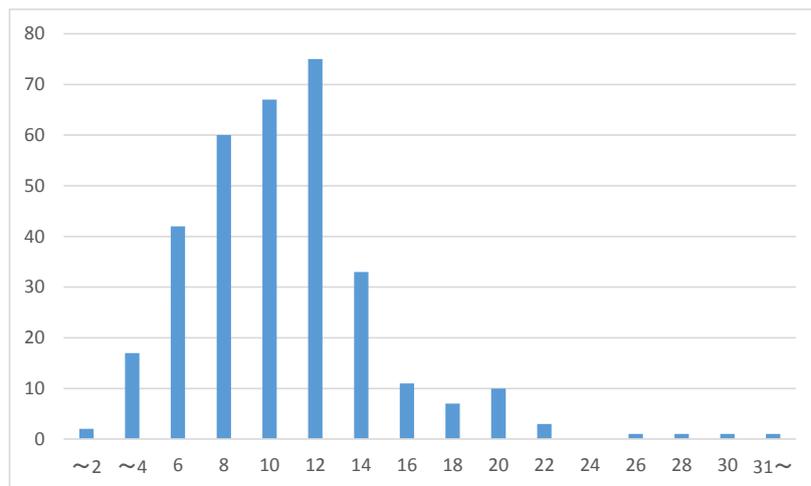
エージェントが行う意思決定は①自由活動における交通手段選択（1日単位）、②固定活動における交通手段選択（1年単位）、③自動車の購入がある。各モデルにおいて、エージェントは属性からそれぞれ意思決定を行い、行動が変化する。また、社会全体の人口が変化する。これらを20年間繰り返すことにより、社会変化を観測する。

つぎに、車両選択モデルについて検討する。車両選択のフローを図(2)-15に示す。



図(2)-15 車両選択のフロー

車両選択は、4段階で検討する。はじめに、現在保有車両の利用年数から、車両更新の意思決定を行う。このとき、アンケート調査結果から、車両の買い換え確率を定義する。アンケート調査で得られた購入からの利用想定年数の分布を図(2)-16に示す。



図(2)-16 購入からの利用想定年数の分布

本図より、10~12年の想定が最も多くなっていることがわかる。また、20年以上の利用想定は少ないことがわかる。

つぎに、選択肢集合を設定する。このとき、世帯年収により、選択肢を限定するルールを設ける。本研究で設定する選択集合設定ルールを表(2)-3に示す。

表(2)-3 選択肢集合設定ルール

世帯年収	車種選択肢
~400万円	軽・小型
~600万円	軽・小型・HV・EV
600万円~	軽・小型・普通・HV・EV

ここでは、世帯年収により、比較的車両価格が高価である低炭素型車両（HV・EV）および普通自動車を選択肢集合に含めるかを設定している。

また、現在のEVの航続可能距離は最新モデルで220km程度であること、また現実的利用による航続可能距離は100km程度であることから、1日の自動車利用距離が長い場合は、EVを選択しないと考えられる。そこで、1日あたりの平均利用距離が50kmを越える場合は、EVを選択肢集合に含めないこととする。

つぎに、ガソリン車両に関して選択肢を限定するルールを検討する。ここでは、以下に示すルールを設定する。

- 1) 現在の保有車種を基本とする
- 2) 男性&現在の車の購入時以降に就職した：軽→小型
- 3) 現在の車の購入時以降に世帯人数が2人以上増加した：軽→小型、小型→普通
- 4) 男性&無職になった：普通→小型、小型→軽

これらのルールにより、ガソリン車両の選択肢を1車種に限定する。

つぎに、ガソリン車・低炭素型車両の車種選択を実行する。このとき、車両の購入・利用コストによる比較を行う。本研究では、各車種に関して、表(2)-4に示す費用を設定する。

表(2)-4 各車種の費用の設定

	軽	小型	普通	HV	EV
車両購入費（万円）	100	150	300	200	250
燃費（円/km）	6	8	10	5	3

EVの車両購入費は、現在の水準の補助金などを差し引いた費用を想定して設定している。また、EVの燃費は、電費および中部電力の深夜電気料金を基に設定している。HV・EVに関して、車両購入費は高価であるが、燃費は安価である。したがって、小型車と比較すると、走行距離17万km以上で、購入費用と燃料費を合わせたコストがHVの方が安価となる。また、20万km以上で、EVの方が安価となる。

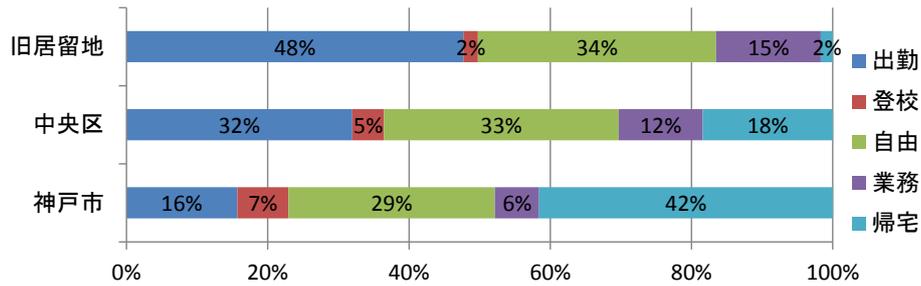
これらの車両選択に関する意思決定を人工社会モデルに組み込み、検討を行う。

4. 結果及び考察

(1) 都市圏街区型環境未来都市における交通政策評価

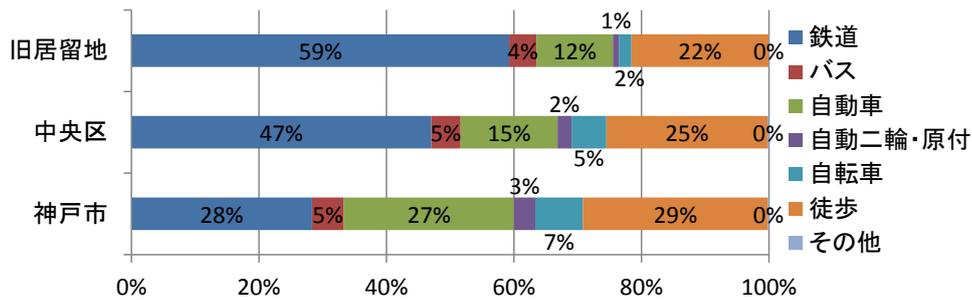
1) 都市型街区のエージェント交通分析

はじめに、旧居留地街区のトリップ特性について分析する。図(2)-17にトリップ目的別の集中交通量を示す。本分析では神戸市全体、旧居留地が位置する神戸市中央区の集計量を比較して検討する。神戸市全体では、出勤目的トリップが16%、帰宅目的トリップが42%を占め、近畿圏での平均的な傾向である。一方、到着地を都市中心市街地である中央区に限定したトリップ目的の構成割合は、出勤目的が神戸市全体の約2倍になっており、帰宅目的トリップは少ない。さらに、到着地を旧居留地街区に限定した場合、この傾向は顕著に表れ、出勤目的トリップの構成割合は神戸市全体の約3倍、帰宅目的トリップはごく僅かとなっている。したがって、旧居留地街区は神戸市全体とはトリップ目的の構成割合が大きく相違し、業務活動が中心であることがわかる。



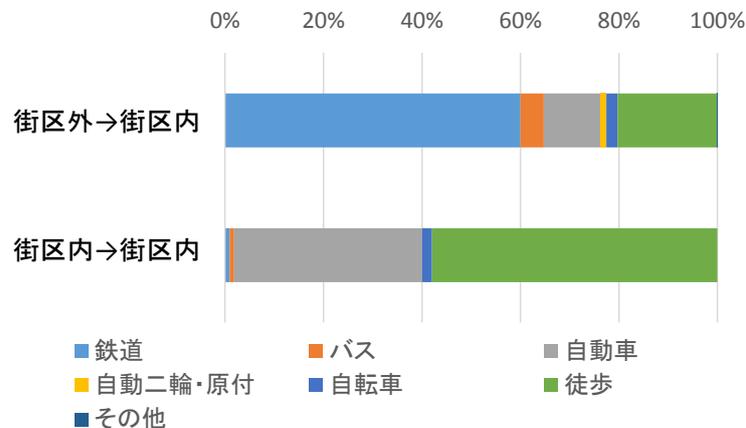
図(2)-17 トリップ目的別集中交通量

つぎに、代表交通手段別集中交通量を図(2)-18に示す。神戸市全体では鉄道が28%を占め、近畿圏全体での鉄道の分担率20%と比べて高い。一方、自動車・二輪の分担率は相対的に低い。到着地が中央区であるトリップに限定した場合、この傾向は顕著となり、鉄道の分担率は47%となり、自動車の分担率が減少する。さらに、到着地を旧居留地街区のトリップに限定した場合、鉄道の分担率はさらに高い。したがって、旧居留地街区は公共交通利用のトリップが中心であることがわかる。



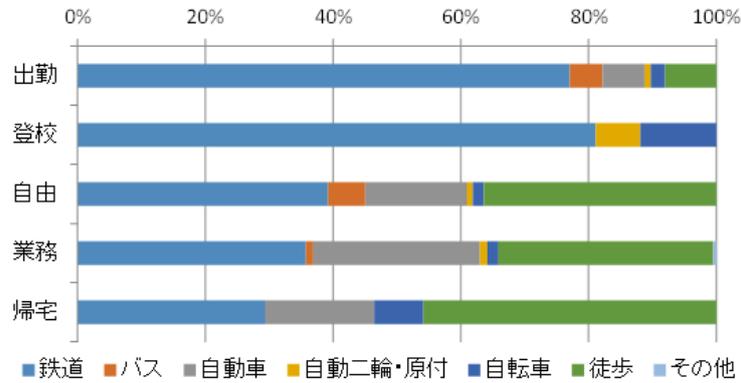
図(2)-18 代表交通機関別集中交通量

つぎに、街区の交通機関分担を街区内外および街区内の移動に分類した。図(2)-19に分類別の交通機関分担を示す。街区までの代表交通機関として、鉄道が約6割を占める。次いで徒歩・自動車の利用が多い。また、街区内の交通機関として、徒歩・自動車の利用が多くなっている。



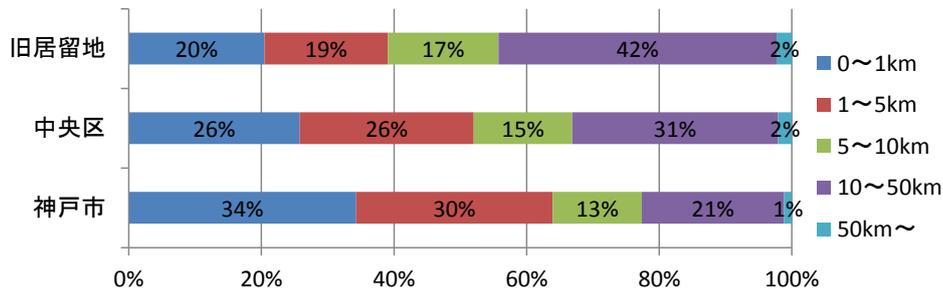
図(2)-19 街区内外交通機関別集中交通量

つぎに、旧居留地街区を目的地とするトリップについて、トリップ目的別の交通手段の構成割合を図(2)-20に示す。出勤・登校目的では鉄道が多い。また、自由・業務目的では自動車利用が見られる。したがって、トリップ目的により、交通手段の構成割合が異なることがわかる。



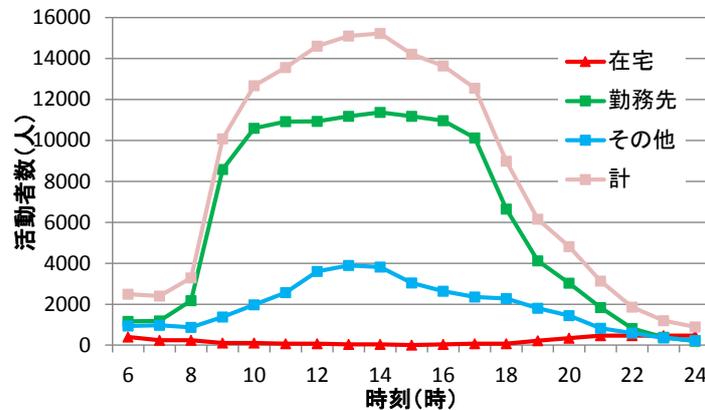
図(2)-20 トリップ目的別集中交通量 (旧居留地着トリップ)

つぎに、トリップ長の相違について分析する。それぞれの地域を到着地とするトリップ長の分布を図(2)-21に示す。神戸市を到着地とするトリップでは、1km以内のトリップが34%に対して、旧居留地街区では20%である。また、10km以上の構成割合が高い。したがって、旧居留地街区へは比較的遠い地域からの来訪が多いことがわかる。



図(2)-21 トリップ長分布

つぎに、時刻別の街区内の活動者数を図(2)-22に示す。



図(2)-22 時刻別活動者数

ここでは、活動者を在宅、勤務先、その他に分類している。その他には、買い物などの自由目的での滞在が含まれる。本図より、深夜・早朝時間帯は、街区内部での活動者が少なく、8時以降に増加することがわかる。また、活動者全体のピークは14:00である。

活動者のピーク時間である14:00における活動者分布を図(2)-23に示す。自由活動者は街区の西部に多いことが分かる。



図(2)-23 街区の活動者分布 (14:00)

また、出勤での歩行者が集中する8:25における対象街区内部の歩行者分布を図(2)-24に示す。これらの表示により、対象地域内の歩行者によるにぎわいの把握が可能である。



図(2)-24 街区の歩行者分布 (8:25)

3) 都市型街区に関する交通政策評価

つぎに、スマートモビリティの導入による交通流の変化および二酸化炭素排出量を検討するために、エージェントシミュレーションモデルを構築する。本エージェントシミュレーションモデルは、車両1台を1単位とするマイクロモデルであり、0.1秒単位で交通状況を再現している。本シミュレーションの実行画面を図(2)-25に示す。



図(2)-25 エージェントシミュレーションの実行画面

ここでは1台の車両を四角で表示している。また、街区内の主要な施設を表示している。これにより、道路交通状態を視覚的に把握可能である。また、車両単位の走行履歴情報、リンク・車線単位の15分毎の通行車両情報を集計することにより、街区内の交通状況の把握を行う。

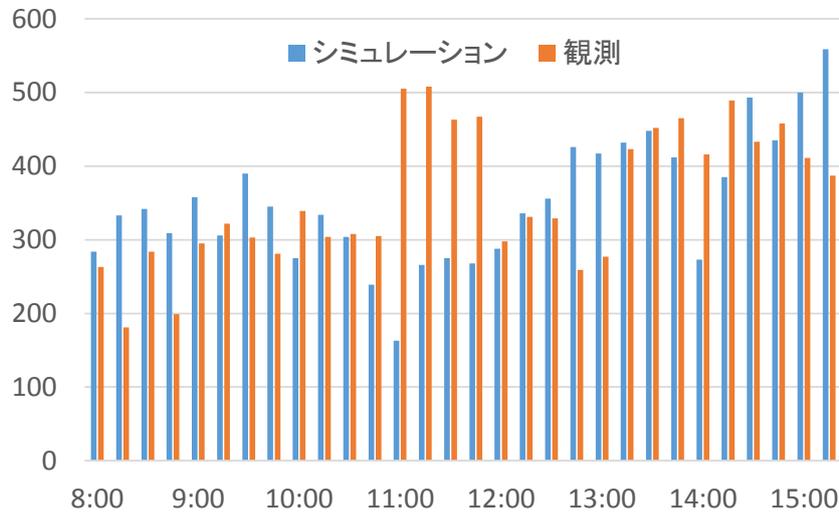
ここでは、平成26年2月10日8:00~15:30に実施した現地調査データを用いて検証する。ここでは、図(2)-26に示す①幹線道路（国道2号線）および②街区内道路に関して検討する。



図(2)-26 交通量に関する検証地点

なお、②街区内道路に関しては、10:00～10:45のみの観測結果しか存在しないため、45分間の比較を行う。

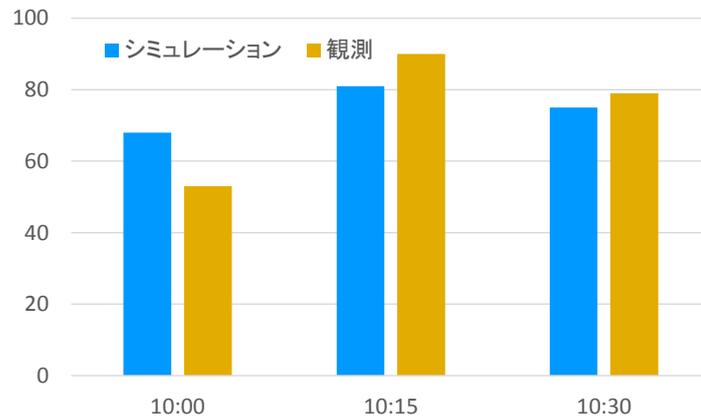
調査地点①（国道2号線）について、15分単位の交通量を図(2)-27に示す。



図(2)-27 交通量の比較 (①国道2号線 東行き)

ここでの観測データは、ビデオ撮影画像を基に台数をカウントしたものである。11:00～12:00の時間帯で相違が見られるが、時間変動の傾向は概ね再現出来ているものと考えられる。

また、調査地点②（街区内道路）について15分単位の交通量を図(2)-28に示す。

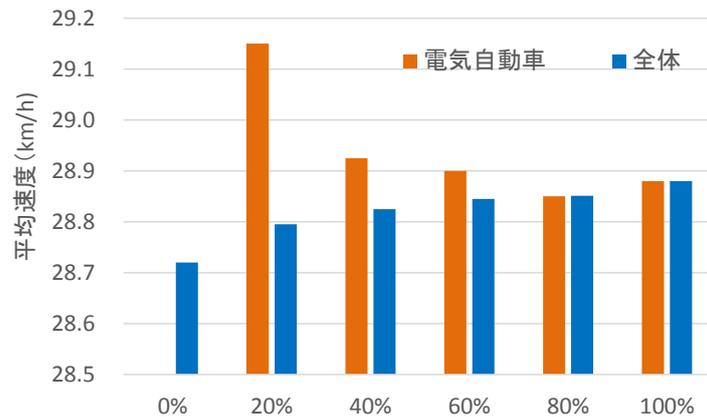


図(2)-28 交通量の比較 (②街区内道路 東行き)

ここでの観測データは、現場で調査員がカウントしたものである。観測データでは時間変動が大きいですが、シミュレーションではやや平準化される傾向がある。しかしながら、交通量は概ね再現できているものと考えられる。このとき、45分間の観測データでは、小型車（ナンバープレートの分類番号が1・2以外で始まる車両）182台、大型車（ナンバープレートの分類番号が1・2で始まる車両）39台であった。したがって、大型車混入率は18%である。

つぎに、EVの普及による交通流への影響を分析する。ここでは、EVの普及に注目するため、HVの普及率は変化しないものとする。

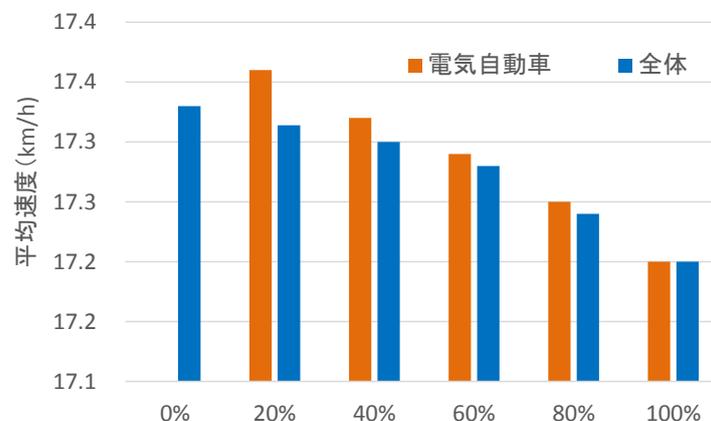
ここでは、EVの比率を0%から100%の範囲で20%ごとに設定する。はじめに、EVの普及に伴う交通流の変化として平均速度を検討する。ここで、平均速度は全車両・全時間帯に対する総走行距離を総走行時間で除して算定する。EVの比率と平均速度との関係を図(2)-29に示す。



図(2)-29 EV比率と平均速度との関係 (シミュレーション地域全体)

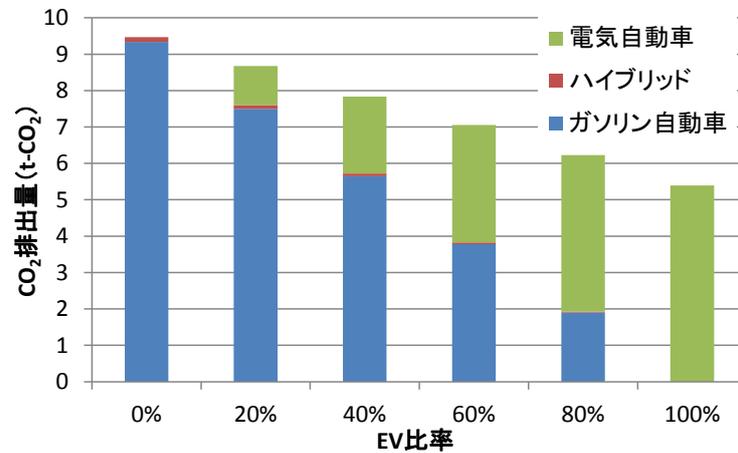
全車種については、EVの比率が高い場合に平均速度は若干向上することがわかる。これは、EVの加速性能をガソリン自動車と比べて高く設定しているためである。一方で、EVのみに着目した場合、EVの比率が20%の時の平均速度が最大となっている。また、最小はEVの比率が80%の時である。なお、シミュレーションは、乱数を用いて計算を行うため、計算結果に多少の変動が生じる。しかしながら、EVの比率が高くなると平均速度の向上が観測される。したがって、EVを普及させると、走行台数は同一であっても、若干であるが交通流の改善効果が期待できる。したがって、交通政策上もEVの普及促進は意義があるといえる。

また、図(2)-3において、①～⑨ゾーンのみに着目した平均速度を図(2)-30に示す。本図と図(2)-29を比較すると、街区内道路では平均速度が低いことがわかる。EV比率と平均速度の関係は、シミュレーション対象地域全体の平均速度の傾向と類似している。



図(2)-30 EV比率と平均速度との関係 (街区内)

つぎに、EVの普及に伴う走行時の二酸化炭素削減効果について検討する。二酸化炭素排出量は、車両単位でシミュレーション1ステップごとに計算し、集計する。EVの比率と二酸化炭素排出量との関係を図(2)-31に示す。



図(2)-31 EV比率と走行時二酸化炭素排出量との関係

EVの比率が高い場合に二酸化炭素排出量は少ないことがわかる。比率が100%の時は、0%の時の排出量の57%であり、43%の削減効果となる。このとき、大型貨物車両のEV化は、技術的課題が多く残されている。このため、現実的には乗用車のみを100%EV化した場合は、全体のEV比率は80%程度であると想定される。

したがって、EVの普及は若干の走行状態の改善、二酸化炭素排出量の大幅な削減につながる事がわかる。

つぎに、EVを対象とした専用ゾーンの設定について検討する。ここでは、EV専用ゾーン内では自動車車両はEVのみ通行可能であると想定する。本研究で設定するEV専用ゾーンの設定地域を図(2)-32に示す。本地域は、大丸百貨店・銀行が立地する地域であり、歩行者数が多い。

EV以外の車両について、本ゾーン内に発地・着地を有する場合は、図(2)-33に示すようにEV専用ゾーン周辺に発地・着地を変更する処理を行った。

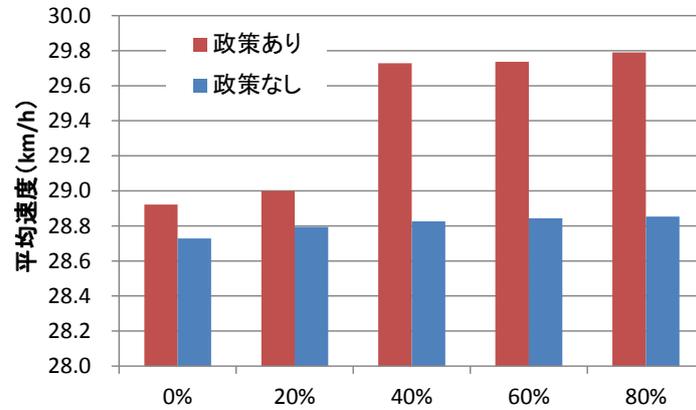


図(2)-32 EV専用ゾーンの設定地域



図(2)-33 EV専用ゾーンに伴う発地・着地変更

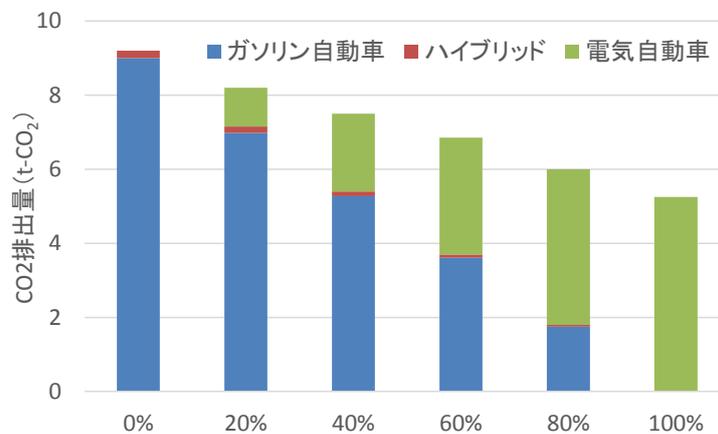
はじめに、EV専用ゾーン設定時の交通状態の変化を検討する。EV比率とシミュレーション対象エリア全体の平均速度との関係を図(2)-34に示す。



図(2)-34 EV専用ゾーン設定時の平均速度の変化

政策を行った場合は、全体的に平均速度が向上している。街区周辺において混雑の発生が少ないこと、街路が中心であるEV専用ゾーン内から幹線道路上に発地・着地を移動したことが一因であると考えられる。また、政策を行った場合、EV比率が高い場合に平均速度が向上している。

つぎに、EV専用ゾーン設定時のシミュレーション対象エリア全体の二酸化炭素排出量について図(2)-35に示す。



図(2)-35 EV専用ゾーン設定時二酸化炭素排出量

全てのケースにおいて政策導入なしの場合より排出量は若干少ない。これは、ガソリン自動車の目的地変更に伴うトリップ長の減少の影響も原因の1つである。EV専用ゾーンの設定により、EVの普及が促進されれば、二酸化炭素排出量の削減効果は大きくなる。また、車種の内訳は、政策導入なしの場合と同様の傾向である。

今回は、EV専用ゾーンとして、ガソリン自動車の流入を規制する政策として検討した。しかしながら、自律的に行動変化を促す車種別流入課金、駐車場へのEV充電施設の整備、都心周辺部の

駐車場整備、トランジットモールの整備など、様々な政策を組み合わせて実施することが有効であると考えられる。また、貨物車のEV化は技術的に課題が多く、普及が遅れると想定される。したがって、貨物車の経済活動に与える影響を考慮し、貨物車に対してはEV以外の環境配慮車両も通行可能にするなど、柔軟な運用方法の検討も必要である。また、政策に必要な費用を考慮することも必要である。

4) 都市型街区に関する交通政策提案

ここでは、都市圏を対象とした環境未来都市における交通政策を提案する。本研究で提案する交通政策案を表(2)-5に示す。

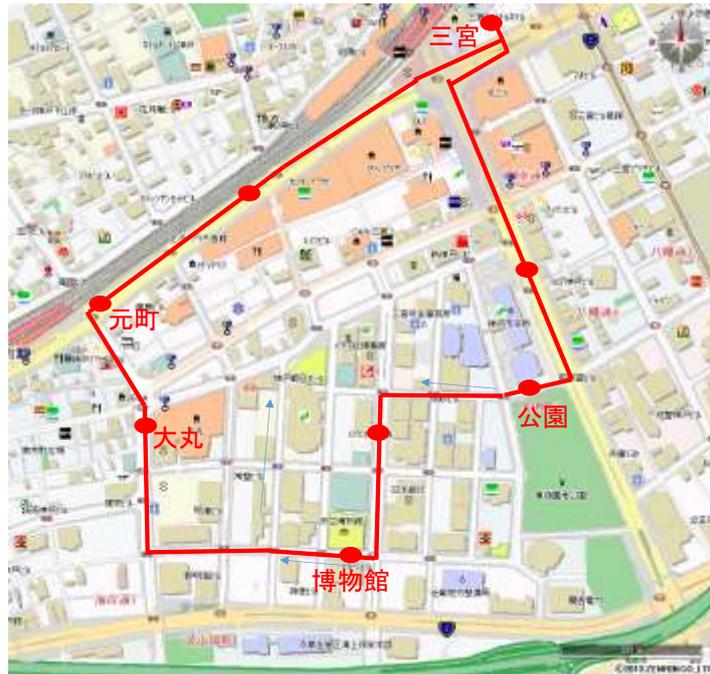
表(2)-5 都市型街区の交通政策案

<事業>	<期待される成果>
(1) 低炭素車両の利用促進 ① 低炭素車両（HV・EV・ULV）の優先ゾーン設置 ② 業務車両のEV化 ③ EVカーシェアリング ④ 充電ポイントの拡大（商業店舗を含む）	低炭素エリアの拡大 省エネ・EV車両の活用 EV車両の活用 EVの利便性向上
(2) 公共交通サービスの向上 ① トランジットモールの設定 ② コミュニティバス（ミニバス）の導入 ③ バスサービスの向上（商業店舗を含む）	自動車抑制 アクセス利便性向上 バス利便性向上
(3) 歩行者・自転車の利便性向上 ① 歩行空間の整備（バリアフリー・景観） ② 健康の空間整備（公園・健康経路） ③ 自転車走行空間整備（自転車道・駐輪施設） ④ レンタサイクルの導入	自動車抑制・にぎわい 健康活動増大 自転車利便性向上 自転車交通の促進

ここでは、(1)自動車車両に関する政策、(2)公共交通に関する政策、(3)歩行者・自転車に関する政策に分類している。(1)①低炭素車両の優先ゾーン設置の政策は、優先ゾーン以外にも影響を与え、低炭素エリアの拡大が期待される。また、③EVカーシェアリングでは、EVの利用の増加が期待されるとともに、自動車保有の減少にもつながる。

つぎに、(2)②コミュニティバスの導入について検討する。ここでは、鉄道の端末交通手段および街区内の移動手段としての利用を想定している。三宮駅から代表的商業施設である大丸百貨店までは約900mの距離であり、コミュニティバスの運行により利便性の向上が期待される。コミュニティバスの運行経路の例を図(2)-36に示す。

都市型街区においては、これらの交通政策を組み合わせることで、街区の低炭素化、まちなぎわい、健康増進につながると考えられる。



図(2)-36 コミュニティバスの運行経路

(2) 地方圏街区型環境未来都市における交通政策評価

1) エージェントの低炭素社会に関する意識調査

つぎに、地方都市を対象とした街区型環境未来都市に関して検討する。ここでは、市民を対象に実施した意識調査に関する概要を述べる。意識調査は、2種類実施している。調査①では、地方都市を対象とした自動車利用の実態把握とクリーンエネルギー自動車に対する導入意向を把握するために実施した。アンケート調査の概要を表(2)-6に示す。自動車の利用に関する実態を把握するため、調査対象者として自動車を運転している市民に限定している。調査用紙は8ページ・5問で構成される。問1では現状の自動車保有状況、世帯の状況についての質問である。問2は、自動車の購入に関する質問である。この他に、カーシェアリング・超小型モビリティ・スマートハウスの導入意向について質問している。郵送回収の方法で調査を実施し、419通の回答が得られた。

表(2)-6 環境未来都市のアンケート調査(調査①)概要

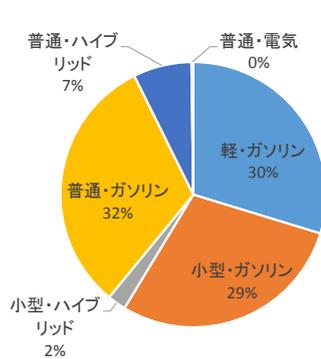
対象者	自動車を運転している岐阜市民
配布枚数	1,000通
回収枚数	419通
回収率	41.9%
設問内容	1. 個人属性(世帯・自動車保有状況) 2. 自動車購入時の車種選択 3. カーシェアリングの利用 4. 超小型モビリティの利用 5. スマートハウスの導入意向

つぎに、超小型モビリティに関する導入意向、岐阜市が実施する政策に関する賛否などを調査するため、Webによるアンケート調査を実施した。調査概要を表(2)-7に示す。Web調査では、運転免許を保有していない市民の回答も受け付けている。

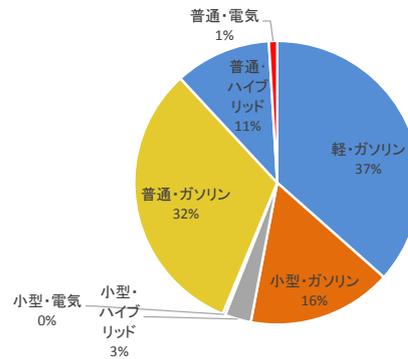
表(2)-7 Webによるアンケート調査(調査②)概要

対象者	岐阜市民
回答サンプル数	400サンプル
設問数	33問
設問内容	<ul style="list-style-type: none"> ・世帯属性 ・個人属性 ・保有自動車の属性 ・電気自動車の購入意向 ・岐阜市の交通政策に関する認知度・賛否 ・スマートハウスの居留意向

ここでは、アンケート調査結果を基に現状の車両保有状況について把握する。保有車両の車種構成を図(2)-37、38に示す。車種分類では、調査①：軽自動車30%、小型自動車31%、普通自動車39%、調査②：軽自動車37%、小型自動車19%、普通自動車44%である。日本全体の車種構成（軽自動車：33%、小型自動車：37%、普通自動車：29%）（2013年末）と比較して、普通自動車が多いことがわかる。また、エンジン形式については、調査①：ガソリン車91%、ハイブリッド自動車9%、電気自動車0.7%、調査②：ガソリン車85%、ハイブリッド自動車14%、電気自動車1.2%であり、ガソリン自動車が多数を占める。

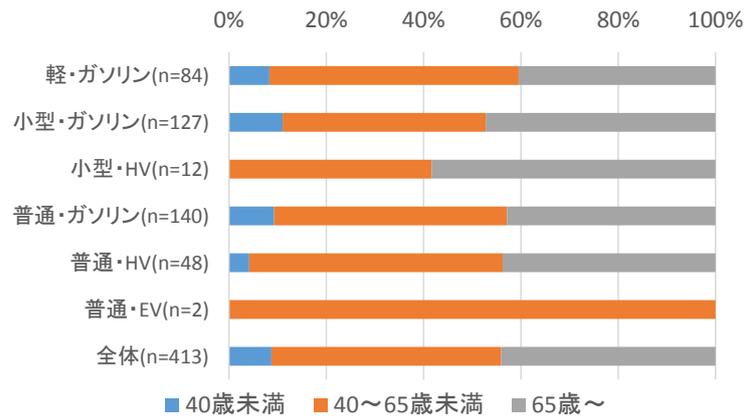


図(2)-37 車種構成割合 (調査①)



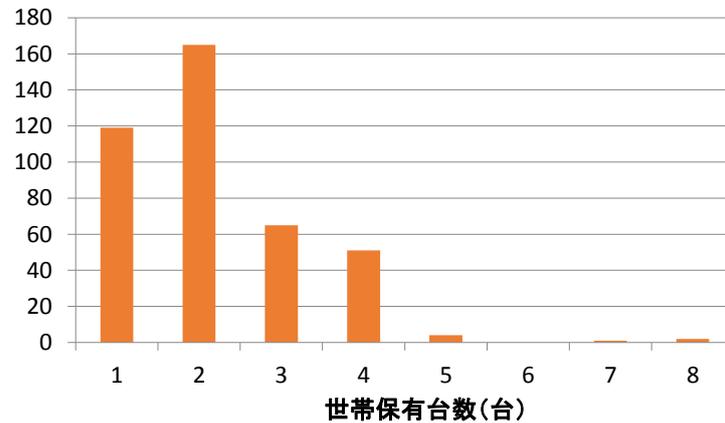
図(2)-38 車種構成割合 (調査②)

つぎに、各車種に関して、運転者の年齢構成を図(2)-39に示す。車種によりサンプル数が相違すること、アンケート回答者は相対的に高齢者が多かったことが影響するが、ハイブリッド自動車は40歳未満の利用が相対的に少ない。また、電気自動車の利用者は2サンプル得られたが、どちらも40～65歳未満であった。また、軽・ガソリン自動車の運転者は、女性の比率が他の車種と比較して多かった。



図(2)-39 各保有車種に関する年齢構成（調査①）

つぎに、世帯の自動車保有台数を図(2)-40に示す。2台の自動車を保有している世帯が41%を占める。また、3台以上の保有も多いことがわかる。



図(2)-40 世帯自動車保有台数の分布（調査①）

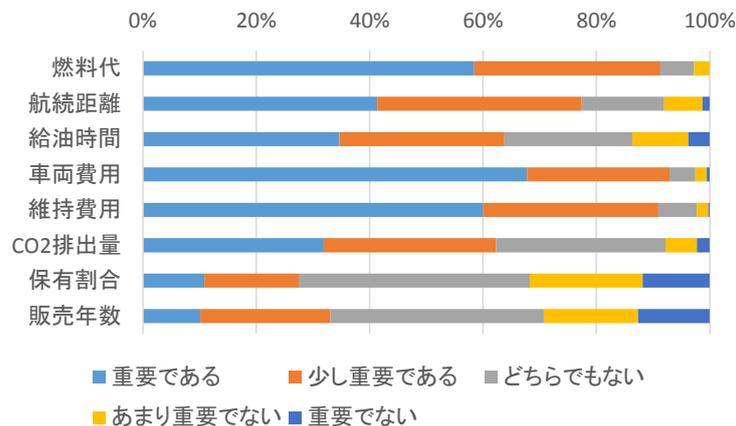
これらのことから、岐阜市ではガソリン自動車を中心に複数台の保有世帯が多いといえる。

つぎに、新規車両の購入に関する意識を把握する。アンケート調査①の間2においては、表(2)-8に示す5車種を回答者に示し、1)選択肢として考慮しない車種、2)選択肢の中の評価順位を質問している。また、乗用車購入時の評価項目の重要度について質問している。

評価項目の重要度の回答状況を図(2)-41に示す。ここでは、評価項目として①燃料代、②航続可能距離、③給油・充電時間、④車両取得費用、⑤維持管理費、⑥二酸化炭素排出量、⑦現状の保有割合、⑧実績年数を用いる。「重要である」の回答が多い項目は、④車両取得費用、⑤維持管理費、①燃料代の費用に関する項目である。⑥二酸化炭素排出量は、6割以上が重要である・やや重要であると回答しているものの、費用の項目と比較すると重要度は低い。

表(2)-8 各車両の設定条件(調査①)

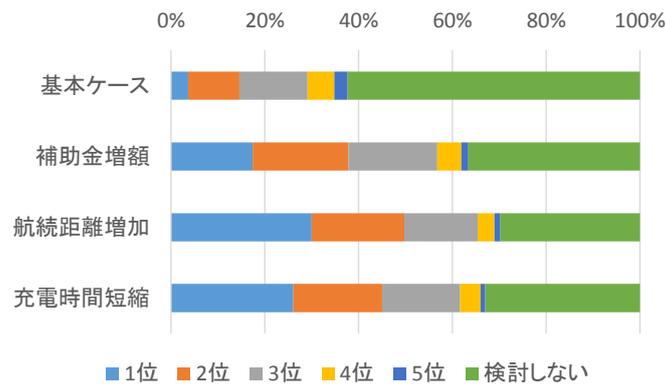
	車両A	車両B	車両C	車両D	車両E
車種	軽乗用車	小型乗用車	普通乗用車	普通乗用車	普通乗用車
原動機の種別	ガソリン車	ガソリン車	ガソリン車	ハイブリッド車	電気自動車
写真					
①1kmあたりの燃料代(150円/l程度とする)	約6円/km	約8円/km	約10円/km	約5円/km	約3円/km
②航続可能距離 ^{※1}	約700km	約800km	約750km	約1300km	約200km
③給油・充電時間	約5分	約5分	約5分	約5分	約8時間
④車両取得費用 ^{※2}	約100万円	約150万円	約300万円	約200万円	約250万円
⑤年間維持管理費 ^{※3}	約30万円	約40万円	約60万円	約40万円	約40万円
⑥1km走行時の二酸化炭素排出量	約95g-CO ₂ /km	約120g-CO ₂ /km	約140g-CO ₂ /km	約75g-CO ₂ /km (小型乗用車の約2/3です)	0g-CO ₂ /km
⑦現状の保有割合(全国)	30%	35%	25%	9%	1%
⑧販売実績年数 ^{※4}	約60年	約60年	約60年	約15年	約5年



図(2)-41 乗用車購入に対する評価項目の重要度(調査①)

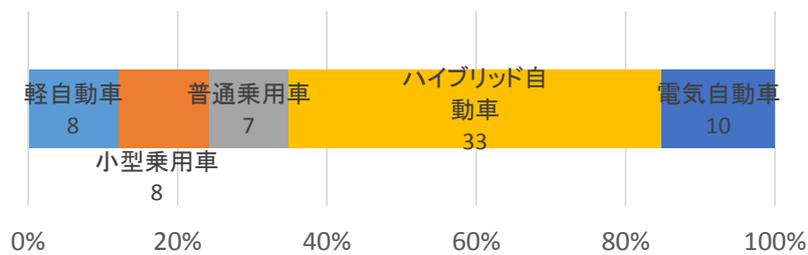
つぎに、運輸交通スマート化施策実施時の電気自動車の選択に関して分析する。アンケート調査①の問2では、表(2)-8に示す5車種を提示し、1)選択肢として考慮しない車種、2)選択肢の中の評価順位を質問している。

また、電気自動車に対する補助金額が50万円増額した場合、電気自動車の航続可能距離が約200kmから400kmに増加した場合、電気自動車の充電時間が8時間から4時間に短縮された場合のそれぞれの評価順位を聞いている。これらの場合の電気自動車の評価順位を図(2)-42に示す。基本ケースでは、電気自動車を検討しないとの回答が6割以上に対して、政策実施時は検討対象に含める回答者が2~3割存在する。また、電気自動車が1位の評価の回答者も増加している。今回の3パターンの施策の中では、航続可能距離増加(200km→400km)での効果が大きい。



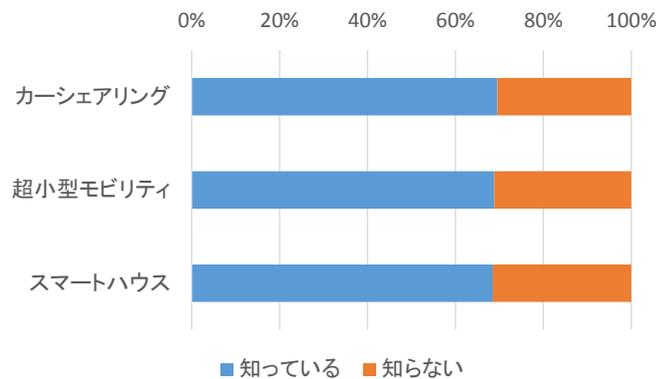
図(2)-42 スマート化施策と電気自動車の評価順位 (調査①)

また、補助金増額時に選択順位が1位であった回答者について、基本ケースでの選択順位が1位の車種構成を図(2)-43に示す。基本ケースではハイブリッド自動車を1位としていた回答者が補助金の増額により、電気自動車にシフトしたサンプルが33サンプルで最大である。



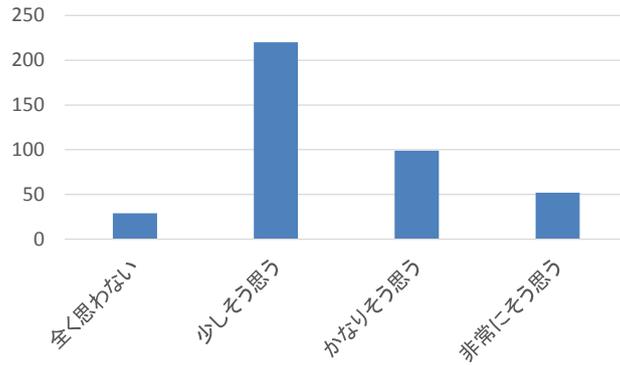
図(2)-43 補助金増額時に選択順位が1位の回答者の内訳 (調査①)

つぎに、「カーシェアリング」「超小型モビリティ」「スマートハウスについて」の認知度を図(2)-44に示す。どの用語も7割程度の人に認知されている。また、3項目とも知っている人は約半数であった。



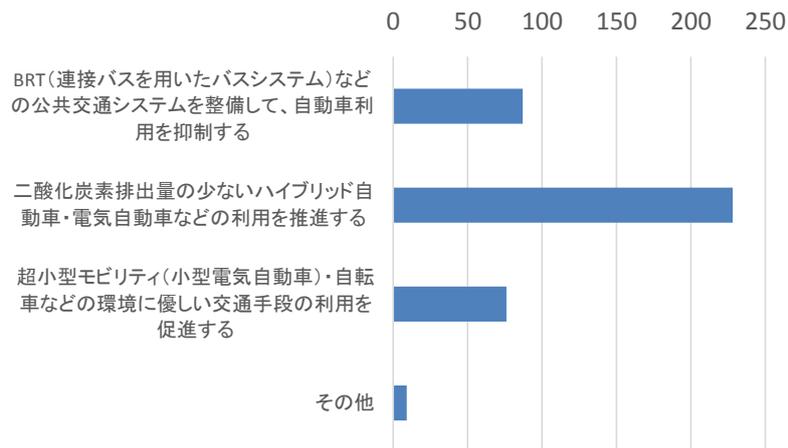
図(2)-44 キーワードの認知割合 (調査①)

つぎに、地球環境の改善(二酸化炭素の削減)には、自動車利用者ひとりひとりが努力すべきであると思うかの回答を図(2)-45に示す。「少しそう思う」の回答が55%である。



図(2)-45 地球環境改善のためのひとりひとりの努力（調査②）

つぎに、自動車が排出する二酸化炭素の削減方法のうち、どれが最も良いと思うかの回答を図(2)-46に示す。本図より、自動車利用を前提とした低炭素型車両の利用推進が57%となっている。一方、公共交通を整備し、自動車利用を抑制する回答は22%である。



図(2)-46 二酸化炭素の削減方法（調査②）

つぎに、岐阜市内で運行されている連節バスを用いた「岐阜市型BRT」に関して、図(2)-47に示す写真を提示し、「岐阜市型BRT」の認知度、賛否を質問した。



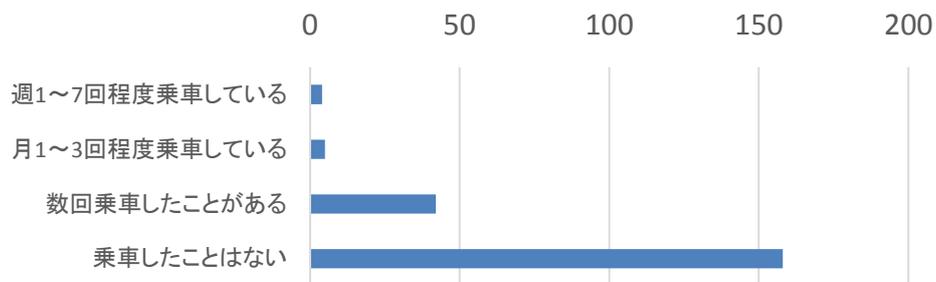
図(2)-47 連節バス（清流ライナー）（調査②）

岐阜市型BRTの認知度を図(2)-48に示す。「知っている」の回答は52%である。



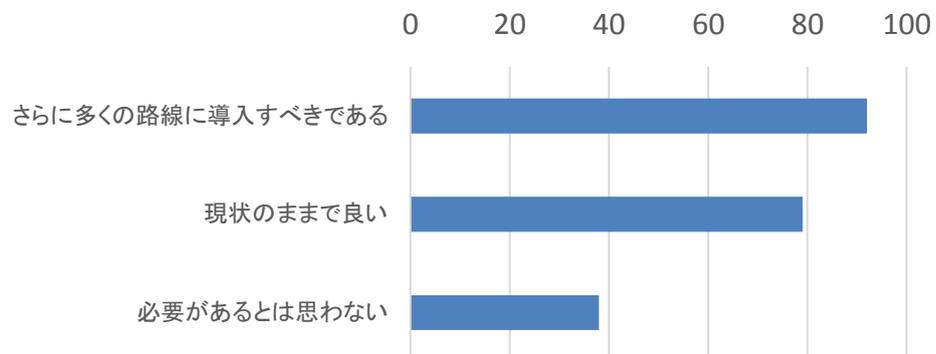
図(2)-48 「岐阜市型BRT」の認知度(調査②)

岐阜市型BRTを知っているとの回答者に対して、乗車経験を質問している。回答を図(2)-49に示す。乗車経験がある回答者は24%である。岐阜市型BRTを知らないという回答者を含めると、乗車経験のない回答者は87%である。



図(2)-49 「岐阜市型BRT」の乗車経験(調査②)

つぎに、連節バス「清流ライナー」を用いた「岐阜市型BRT」を拡充すべきかの回答を図(2)-50に示す。「さらに多くの路線に導入すべきである」の回答が44%である。一方で、「必要があるとは思わない」の回答も18%存在する。



図(2)-50 「岐阜市型BRT」拡充の賛否(調査②)

岐阜市では、市民誰もが心も体も健康で、幸せな健康(幸)都市を実現するため、スマートウエ

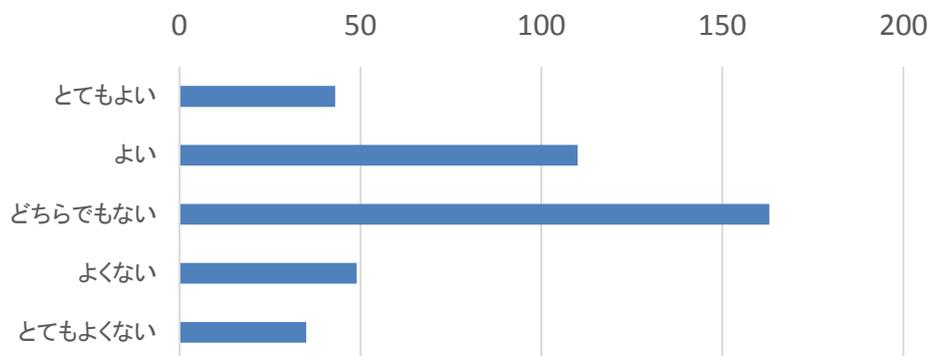
ルネスぎふを推進している。ここでは、図(2)-51に示す「スマートウェルネスぎふのまちづくり」を示し、政策提案の賛否を質問している。



政策提案① 柳ヶ瀬ウェルネスエリアを環境優先エリアとする
 環境優先エリアとは、このエリアに進入する車両に対して低炭素車両を優先するエリアのことです。たとえば、進入する車両の車種に応じて、ガソリン車は200円/回程度、ハイブリッド車は100円/回程度、電気自動車は無料などの流入課金を考えます。

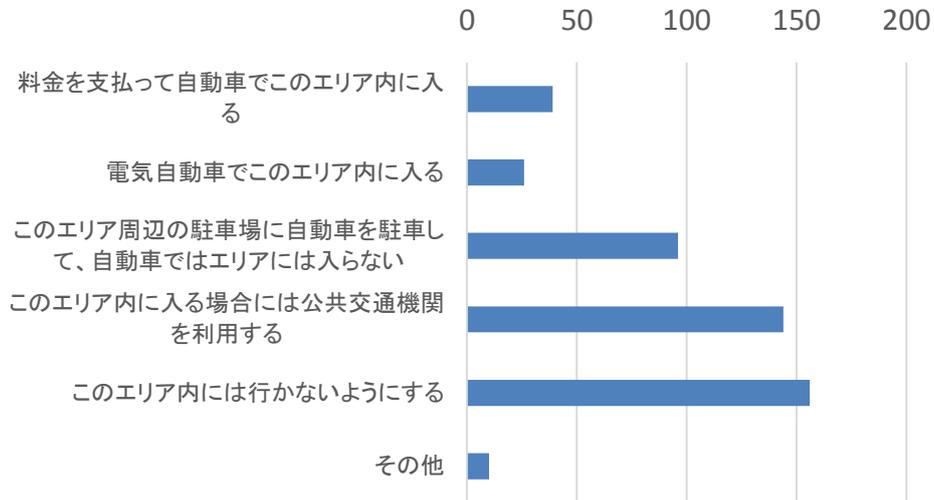
図(2)-51 スマートウェルネスぎふの政策提案 (調査②)

「環境優先エリアの設置」の賛否に対する回答を図(2)-52に示す。「どちらでもない」の回答が41%である。また、「とてもよい」・「よい」の回答は38%であり、「よくない」・「とてもよくない」の回答21%と比較して多い。



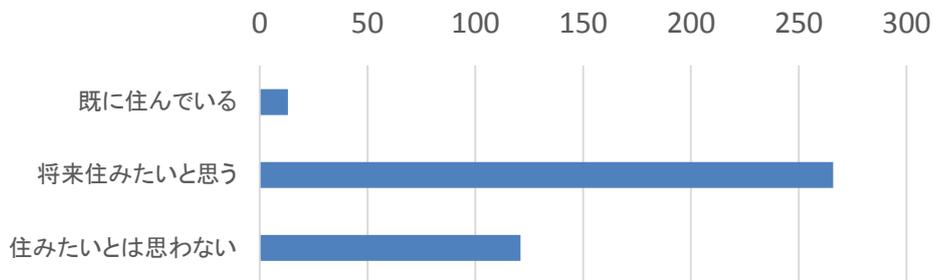
図(2)-52 「環境優先エリアの設置」政策提案に対する賛否 (調査②)

つぎに、「環境優先エリア」が実施されたときの行動を質問した（複数回答）。回答状況を図(2)-53に示す。「このエリア内には行かないようにする」の回答者は39%である。また、「公共交通を利用する」との回答は36%である。環境優先エリアの設置により、当該地域の来訪者の減少が想定されるため、政策実施の際は検討が必要である。



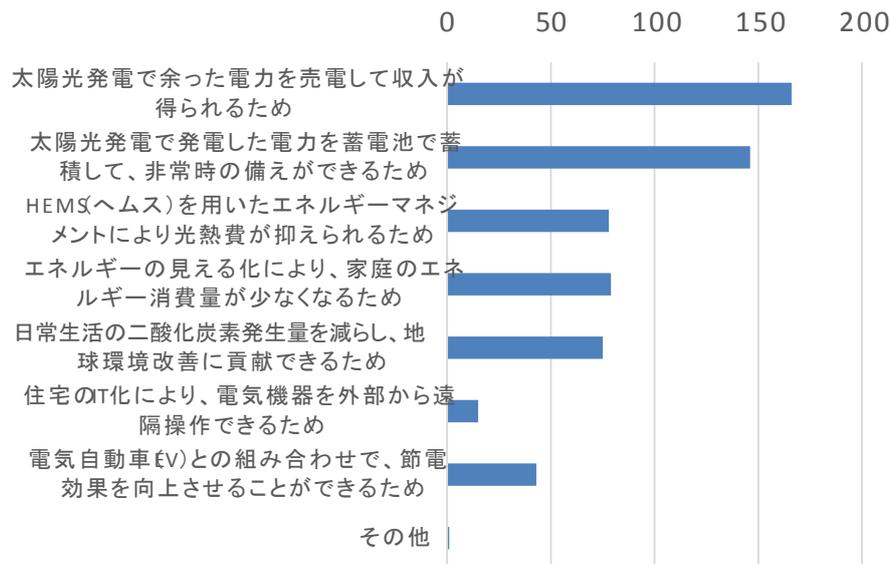
図(2)-53「環境優先エリアの設置」政策に対する行動（調査②）

つぎに、スマートハウスの居留意向について質問した。回答状況を図(2)-54に示す。「既に住んでいる」の回答者は3%であった。また、「将来住みたいと思う」の回答者は67%であり、「住みたいとは思わない」の回答と比較して多い。



図(2)-54スマートハウスの居留意向（調査②）

つぎに、スマートハウスに「既に住んでいる」「将来住みたいと思う」の回答者に対して、理由を質問した。回答を図(2)-55に示す。太陽光発電に関する回答が多いことがわかる。一方で、スマートハウスと電気自動車の組み合わせ効果を期待する割合は比較的小さい。すなわち、現状ではスマートハウスのニーズが比較的大きいが、電気自動車の車両としての有効性が十分に認知されていないため、現状での普及は難しい。



図(2)-55 スマートハウスの選択理由 (調査②)

本意識調査で分かったことを以下に示す。

- 1) 保有自動車の車種は、普通自動車が相対的に多い。また、EVの保有数は少数である。
- 2) 自動車を2台以上保有している世帯が多い。
- 3) 乗用車の購入の際は、車両取得費用、燃料代などの費用に関する項目を重視する傾向がある。
- 4) EVの航続可能距離の増加により、EVの利用者の増加が見込まれる。
- 5) 二酸化炭素排出量削減方法として、低炭素型車両の利用促進を考える回答者が多い。
- 6) 「岐阜市型BRT」である清流ライナーの乗車経験者は多くない。
- 7) 「環境優先エリアの設置」政策は、賛否が分かれるが、よいとの回答がやや多い。
- 8) スマートハウスの居留意向は高いが、EVとの組み合わせによる効果を期待する割合は小さい。

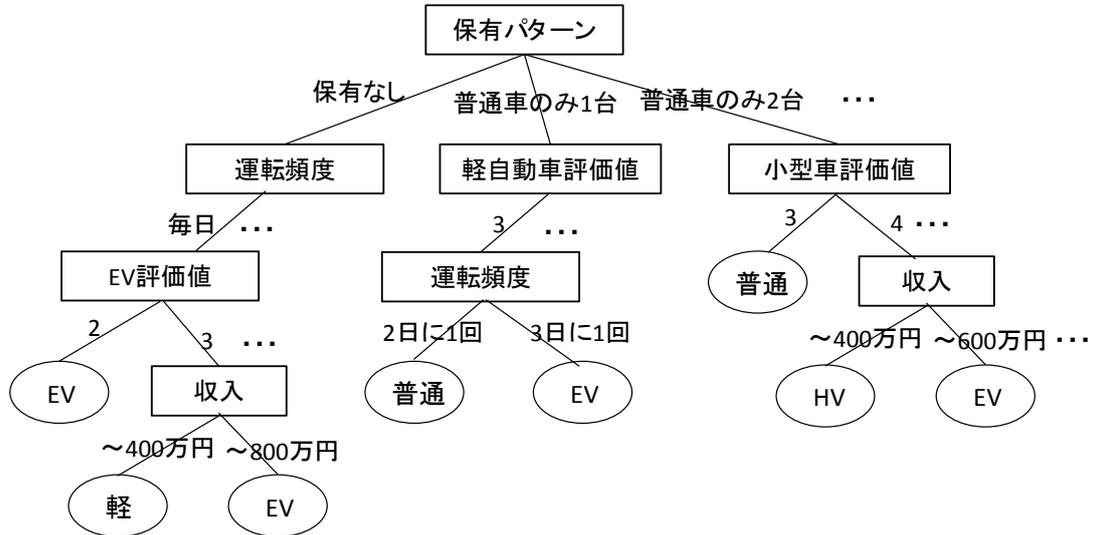
2) エージェントの行動モデルの作成

ここでは、低炭素車両の選択要因を分析するために、購入車種に関する選択モデルを構築する。選択肢は、ハイブリッド自動車・電気自動車を含む5車種とする。車種選択はさまざまな要因が複雑に関係すると考えられること、意思決定構造を分析することから、ここでは決定木を用いる。

車種選択に影響する要因として、個人属性、世帯属性、自動車利用状況などが考えられる。したがって、説明変数として①年齢層、②性別、③職業、④世帯収入レベル、⑤自動車運転頻度、⑥世帯自動車保有パターン、⑦各車種の評価値を用いる。ここでは、①年齢層は、若年者・中年者・前期高齢者・後期高齢者の4分類とする。また、③職業は、就業者・主婦・無職(学生を含む)の3分類とする。⑥世帯自動車保有パターンは、軽自動車・小型乗用車・普通乗用車の保有の組み合わせとして9分類としている。さらに、⑦各車種の評価値は、表-3に示した各車種の燃料代などの8項目に対して、各アンケート回答者の8種類の車両選択要因に対する重要度に応じて重み付けを行い、算定している。

アンケート調査において、説明変数に関連する全ての項目に漏れなく回答されたサンプルを用

いてモデルを構築する。また、決定木モデルとして基礎的モデルであるID3を用いる。構築された決定木構造を図(2)-56に示す。電気自動車を選択するルールとして、例えば「普通車1台保有」・「軽自動車評価値3」・「運転頻度3日に1回」などが抽出された。



図(2)-56 車種選択モデルの決定木構造

本モデルの的中状況を表(2)-9に示す。ハイブリッド自動車は、実績値と比較して推計値はやや多い推計となっている。一方で、電気自動車の推計値はやや少ない。

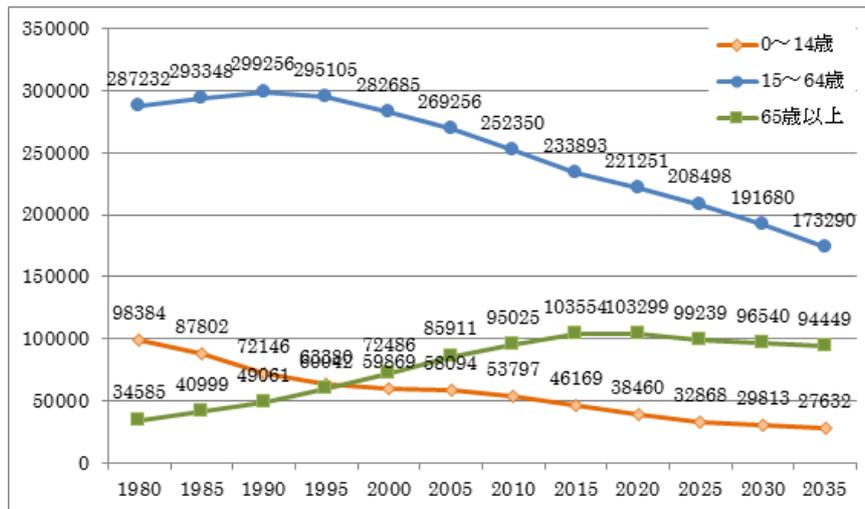
表(2)-9 車種選択モデルの的中状況

		推計					
		軽	小型	普通	HV	EV	計
実績	軽	214	5	1	12	17	249
	小型	6	155	4	9	14	188
	普通	2	5	149	14	16	186
	HV	15	19	19	504	48	605
	EV	30	23	21	113	109	296
	計	267	207	194	652	204	1524

的中率：74%

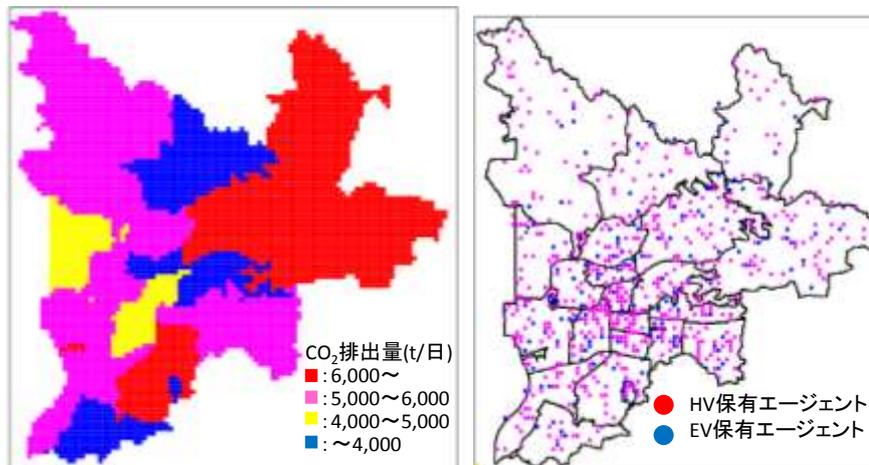
3) 地方圏街区に関する交通政策評価

エージェントモデルを用いて、経年的推移を観測するとともに、都市交通政策について検討する。本エージェントモデルでは、20年間の検討を行うことから、人口の推移を考慮することが必要である。そこで、図(2)-57に示す岐阜市の将来推計人口を用いて人口の推移を設定する¹⁰⁾。



図(2)-57 岐阜市人口の推移と将来推計人口

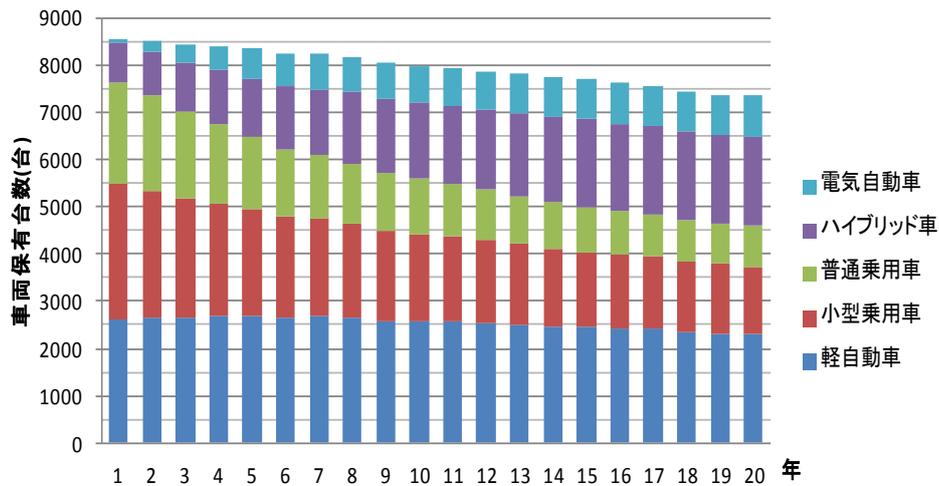
各エージェントの属性は、第5回中京都市圏パーソントリップ調査の結果を用いて設定する。つぎに、人工社会モデルを用いて経年的変化を観測する。20年後のゾーン別二酸化炭素排出量および低炭素型車両の保有状況を図(2)-58に示す。



図(2)-58 最終状態のCO₂排出量・低炭素型車両保有状況

一部の郊外部では、自動車依存が顕著なため二酸化炭素排出量が大きくなること明示できた。また、低炭素型車両の保有状況は、赤色の点がHVを保有しているエージェント、青色の点がEVを保有しているエージェントを示しており、EVと比べてHVの保有が多くなっている。また、それらは、中心市街地で密度が高くなっていることがわかる。

つぎに、車種別の自動車保有状況の経年的推移を図(2)-59に示す。



図(2)-59 車種別保有状況の経年変化

全体として、人口減少の影響もあり、車両保有台数は減少傾向である。車種の内訳では、普通乗用車の減少が観測される。一方、HVは増加している。EVは増加傾向にあるものの、HVと比較すると普及台数は少なくなっている。

4) 都市型街区に関する交通政策提案

ここでは、地方都市圏を対象とした環境未来都市における交通政策を提案する。本研究で提案する交通政策案を表(2)-10に示す。

表(2)-10 地方型街区の交通政策案

<事業>	<期待される成果>
(1) 集約型都市構造の実現 ① 中心部における公共交通ネットワーク拡充 ② 公共交通幹線軸の形成 (LRT・BRT) ③ トランジットセンターの整備	中心部の利便性向上 バス利便性の向上 移動の利便性向上
(2) 低炭素車両の利用促進 ① 充電ポイントの拡大 (商業店舗を含む) ② 超小型モビリティの優先車線設置 ③ 中心部における低炭素車両優先ゾーン設置	EVの利便性向上 ULVの利用促進 低炭素エリアの拡大
(3) 歩行者・自転車の利便性向上 ① 健康の空間整備 (歩道・公園・健康経路) ② 自転車走行空間整備 (自転車道・駐輪施設) ③ 中心市街地における歩行空間整備	健康活動増大 自転車利便性向上 中心市街地のにぎわい

地方都市においては、集約型都市構造の実現のための交通機関整備の政策が挙げられる。これには、LRT・BRTを用いた公共交通幹線軸の形成が重要である。また、地方都市においては自動車利用が中心であるため、低炭素車両の利用促進を進めることも、二酸化炭素排出量の削減には効果的である。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究では、大都市圏および地方都市圏の街区型環境未来都市における効果的な都市交通政策について実証的に検討した。大都市圏においては特定街区（神戸市旧居留地区）、地方都市圏として岐阜市（都市計画区域の街区群）を対象にエージェントモデルを用いた分析を行った。エージェントモデルでは、都市内の都市市民に対応する自律エージェントの都市交通に関する局所的な意思決定結果から全域的な都市活動と空間移動の状態変化を生じる過程を表現することができた。本研究における具体的な研究成果は以下のように整理することができる。

- ①大都市における中心市街地のように、鉄道主体の公共交通機関の整備が行なわれている街区においては、交通行動者の公共交通機関の利用割合が相対的に大きい。したがって、商業・業務活動が中心の街区においては、環境面に配慮した利用交通機関の多様性を確保し、アクセス交通を含めた自動車抑制型の街区内の歩行空間の確保の重要性が高いことがわかった。
- ②一方で、自動車交通中心の地方都市においては、市民のモビリティ確保の視点から、自律的な公共交通機関の利用が求められる。また近年の低炭素車両による運輸交通のスマート化を踏まえて、自動車抑制というより、代替的交通手段としてのカーシェアリング、超小型モビリティ、HV・EVを含むエコカーの有効活用を検討する必要があることがわかった。
- ③また、低炭素社会における市民意識として、自動車種別としてのEV車両は現状では、普及促進に対応する要件が十分でないことがわかった。また、省エネルギーの視点からスマートハウスの利用意識は高いが、一方でEV車との関連性は少ないことがわかった。また超小型モビリティの高齢者への利用可能性も示された。これらのことから、環境に配慮した都市交通政策においては、各種交通機関の特性と相互補完関係についての検討が必要であることがわかった。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

岐阜市都市計画審議会において、都市計画道路の見直しにおいて、環境に配慮した道路づくりを展開している。また、岐阜市総合交通協議会において、環境にやさしいコンパクトシティ推奨のためのBRTの導入を推進した。また地域自律型のコミュニティバスサービスの推進に参画してきた。

<行政が活用することが見込まれる成果>

岐阜市における低炭素社会に関する意識調査を共同で実行した。この成果として、自動車の代替交通手段としてULV（超小型モビリティ）が有効であること、省エネルギーを意図したスマートハウスに対する市民の期待が相対的に大きいことがわかった。これらの知見を踏まえた地域総合交通体系についての方向性の検討が期待される。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) 長谷川陽平、秋山孝正、井ノ口弘昭：高齢層の交通行動パターンに着目した低炭素社会の構成についての考察、交通工学研究発表会論文集(CD-ROM)、Vol.32、No.63、2012.
- 2) T. Akiyama、H. Inokuchi: Multi-agent simulator in transport sector for low carbon society、The 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems、No.391、2012.
- 3) 長谷川陽平、秋山孝正、井ノ口弘昭：高齢者交通に着目した地方都市のスマートモビリティに関する研究、第33回交通工学研究発表会論文集、pp.467-472、2013.
- 4) 井ノ口弘昭、秋山孝正：街区型環境未来都市における道路交通のスマート化に関する検討、交通工学研究発表会論文集(CD-ROM)、Vol.34、112、2014.
- 5) 井ノ口弘昭、秋山孝正：街区型環境未来都市の道路交通システム運用についての研究、交通工学論文集、Vol. 1(2015) No. 2、pp. 123-132、2015.

<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)>

- 1) 秋山孝正、井ノ口弘昭、長谷川陽平：交通行動パターンに着目した低炭素社会の構成についての考察、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol.45、No.318、2012.
- 2) T. AKIYAMA and H. INOKUCHI: Multi-Agent Model to Evaluate Transport Policy in Low Carbon Society、Proceedings of 7th International Symposium in Science and Technology、175-179、2012.
- 3) 井ノ口弘昭、秋山孝正：人工社会モデルを用いた地方都市の低炭素型まちづくり政策評価、ファジィシステムシンポジウム講演論文集(CD-ROM)、Vol.28、No.WM1-4、2012.
- 4) 秋山孝正、井ノ口弘昭、長谷川陽平：高齢者交通行動に着目した都市交通の持続可能性評価、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol.46、No.59、2012.
- 5) 秋山孝正、井ノ口弘昭、長谷川陽平：地方都市におけるスマートシティ開発に関する交通行動モデル、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol.47、No.16、2013.
- 6) 井ノ口弘昭、秋山孝正：街区型スマートシティにおける運輸交通についての基礎的分析、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol.47、No.15、2013.
- 7) 秋山孝正、井ノ口弘昭：スマートシティの交通政策評価のためのマルチエージェントモデル、システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集(CD-ROM)、Vol.57、No. 134-7、2013.
- 8) 井ノ口弘昭、長谷川陽平、秋山孝正：ファジィロジック統合型モデルによる都市交通機関選択の分析、システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集(CD-ROM)、Vol.57、No. 134-4、2013.
- 9) 長谷川陽平、秋山孝正、井ノ口弘昭：ファジィ推論に基づくスマートシティの交通機関選択モデル、第29回ファジィシステムシンポジウム、TF1-4、2013.
- 10) 長谷川陽平、秋山孝正、井ノ口弘昭：スマートシティに関するマルチエージェント型交通行動モデル、土木計画学研究・講演集、Vol.48、No.130、2013.

- 11) 井ノ口弘昭、秋山孝正：交通シミュレーションを用いたスマートモビリティの影響評価、システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集(CD-ROM)、Vol.58、136B-6、2014.
- 12) 長谷川陽平、秋山孝正、井ノ口弘昭：スマートシティの環境対応型車両の普及に関するモデル分析、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol.49、2014.
- 13) 井ノ口弘昭、秋山孝正：街区型環境都市における運輸交通現象記述モデルの作成、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol.49、2014.
- 14) 秋山孝正、井ノ口弘昭：エージェントモデルによる街区型環境未来都市の交通政策評価、第42回環境システム研究論文発表会講演集、B-12、2014.
- 15) 井ノ口弘昭、秋山孝正：地方都市における低炭素型車両の普及過程に関する基礎的分析、第17回日本環境共生学会学術大会、2014.
- 16) 秋山孝正、井ノ口弘昭：ファジィ推論モデルによる低炭素型車両の普及過程の推計、第30回ファジィシステムシンポジウム、MC2-3、2014.
- 17) 秋山孝正、井ノ口弘昭：運輸交通のスマート化に関する市民意識の基礎的分析、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol.50、No.100、2014.

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) 井ノ口弘昭、秋山孝正：空間情報を用いた低炭素社会の交通行動分析、土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)、No.IV-2、2013.
- 2) 長谷川陽平、秋山孝正、井ノ口弘昭：マルチエージェントモデルにおけるスマートシティの交通行動記述、日本都市計画学会関西支部第11回研究発表会、No.22、2013.
- 3) 井ノ口弘昭、秋山孝正、北詰恵一、盛岡通：街区型環境未来都市のスマートモビリティ運用に関する研究、平成25年度土木学会全国大会第68回年次学術講演会、IV-138、2013.
- 4) 井ノ口弘昭、秋山孝正、岸野啓一：街区型環境都市の運輸交通に関するエージェントモデル作成について、土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)、Vol.2014、IV-6、2014.
- 5) 井ノ口弘昭、秋山孝正：業務地区を対象としたスマートモビリティの導入効果の検討、土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)、Vol.69、IV-116、2014.

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 6) 研究会(2012年12月5日、関西大学 先端科学技術推進機構 2階会議室、参加者15名)
- 7) 研究会(2013年3月2日、関西大学 先端科学技術推進機構 2階会議室、参加者12名)
- 8) 街区群単位の環境政策のための都市モデル(2014年6月8日、東北工業大学八木山キャンパス、論文数7本、参加者40名) 第49回土木計画学研究発表会企画論文部門セッション
- 9) 街区型環境未来都市モデルの構築とそれに基づく都市政策提案(2014年10月29-30日、マイドームおおさか、参加者55名) 建設技術展2014近畿ポスター展示
- 10)

- 11) 街区型環境未来都市モデルの構築とそれに基づく都市政策提案（2015年1月23日、関西大学千里山キャンパス 100周年記念会館、参加者17名） 報告会

(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。

8. 引用文献

- 1) 井庭 崇、福原 義久：複雑系入門、NTT出版、1998.
- 2) 横浜市：環境モデル都市提案書、 2008.
- 3) 北九州市：環境モデル都市北九州市の提案のあらましとこれからのあゆみ、 2008.
- 4) 富山市：富山市環境モデル都市第2次行動計画、 2014.
- 5) 神戸市：神戸市環境モデル都市アクションプラン、 2014.
- 6) 神戸市住宅都市局：鯉川筋等交通社会実験結果概要、 2015.
- 7) 岐阜市：岐阜市環境基本計画、 2014.
- 8) 岐阜市：岐阜市総合交通戦略、 2009.
- 9) 神戸市：平成21年経済センサス基礎調査報告書、 2013.
- 10) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の市区町村別将来推計人口、<http://www.ipss.go.jp/>、2015.
- 11) 旧居留地連絡協議会：旧居留地マップ、 http://www.kobe-kyoryuchi.com/kobe_kyoryuchi/map/map.html、 2015.

(3) 都市環境ストック・マネジメントによる都市代謝インフラとエネルギーインフラのリ・デザイン

関西大学環境都市工学部

尾崎 平・盛岡 通

平成24～26年度累計予算額：11,817千円（うち、平成26年度予算額：4,825千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

本研究課題は、複数の用途、属性により構成される街区群の特性を考慮した既成市街地のディストリクトベースのエネルギー需要プロファイルの推定を可能とするモデルを構築し、長寿社会、低炭素社会に対する都市政策をエネルギーの側面から評価し、スマートな街区のエネルギーマネジメント・政策提案を行うことが目的である。本研究では、まずモデルパラメータ、シナリオデザインの基礎となる事務所ビルの電力計測ならびに戸建住宅、集合住宅、ビル、福祉施設等に対してエネルギー使用に関するアンケート調査を行った。次に住宅、非住宅系のエネルギー需要プロファイルの推定モデルとして、これまでほとんど見られなかった地区特性、就業特性、世帯特性に応じた変動幅を考慮した汎用性のある確率モデルを開発した。さらに開発したモデルをケーススタディ街区に適用し、1)業務・商業中心の都心街区群、2)医療、商業施設で構成される街区群、3)住宅中心の都心近郊街区群の街区群を対象に、都市政策シナリオと技術オプションからなるエネルギーマネジメントについて検討した。その結果、1)都心街区群では、業務・商業系の床用途だけではなく、住居系の床用途が20%程度を占めるアライアンス形成により最大電力需要を削減できること、2)医療、商業街区では、コージェネレーション（CGS）導入により最大電力需要、エネルギー消費量、総費用のいずれも削減でき、比較的短期に投資コストの回収可能性があること、3)都心近郊街区の集住化促進シナリオは、高齢化に伴う世帯分離・在宅率の向上による家庭のエネルギー需要の増大を抑制する効果があり、さらに増加が見込まれる福祉施設と併せて推進し、一括受電、CGSの導入により、エネルギー消費量、最大電力需要とも低減でき、スマートなエネルギーマネジメントの効果を生み出せることが明らかとなった。

[キーワード]

街区エネルギーマネジメント、エネルギー需要プロファイル、低炭素社会、長寿社会

1. はじめに

2013年4月に閣議決定された電力システムに関する取り決めにおいて、電力自由化は大きく3段階で行うとされている。第一段階は「広域系統運用の拡大」、第二段階は2016年頃に家庭用を含めた電力自由化を目標とした「小売り参入の全面自由化」、第三段階は2020年を目途に「送配電部門の別会社化」し、小売電気料金の規制を撤廃することを想定している。

都市のエネルギーマネジメントにおいて、電力自由化の果たす意味は、単に電力供給義務と一体化した総括原価方式を排し、需要家がPPS(特定電気事業者)等から電力を買うことができるだけではない。これまでのように域外に大規模集中型の電源施設を確保し、中央制御型で運営管理す

ることで、地域の電源選択や自立性が乏しい電力システムを変える機会となると期待される。すなわち、消費地に近い所で再生可能エネルギーを活用し、高効率のコージェネレーション（以下；CGS）のような分散型電源を配置し、双方向で需給バランスを良好に保つスマートな電力システムへとイノベーションを進めていかなければならない。これは環境エネルギーの都市側の課題である（図(3)-1）。

そのためには、計画段階からまちづくりにエネルギー計画を織り込み、よりスマートなエネルギーマネジメントを評価・提案できるツールを開発し、政策実験に基づき、その政策、技術を社会実装していく手順を学術が構築し支援していく必要がある。

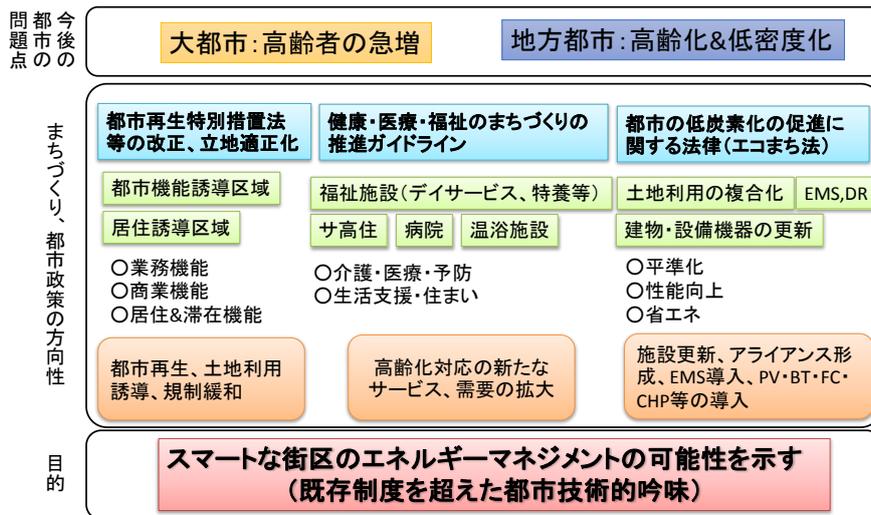
同時に、新たに持続可能な都市を目指す際には、都市エネルギー（低炭素）の側面だけではなく、社会的課題となっている少子高齢化への対応やコンパクトな集住にも取り組んでいかなければならない。いうまでもなく、財政的に厳しい現状において、それらを個別課題として対応するのではなく、関連づけ協働することで、横断的かつ相乗効果が得られるようにコベネフィット志向性を獲得する必要がある。



図(3)-1 街区群単位でのスマートなエネルギーマネジメントの必要性

2. 研究開発目的

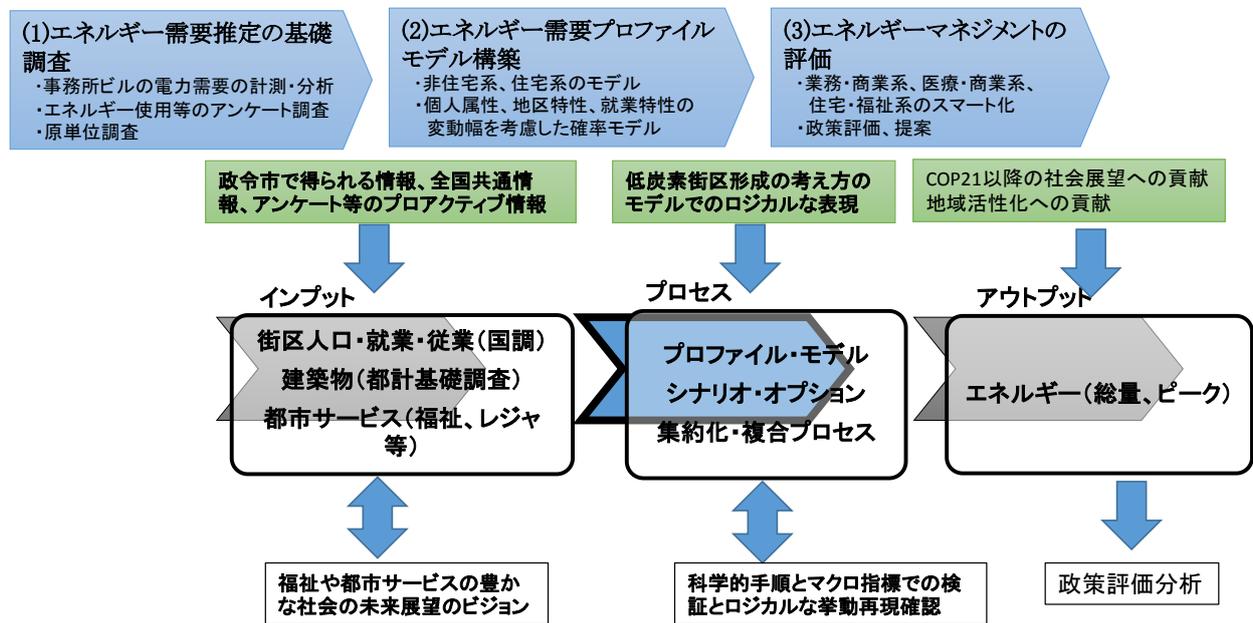
本研究では、複数の用途、属性により構成される街区群の特性を考慮した既成市街地のディストリクトベースのエネルギー需要プロファイルの推定を可能とするモデルの構築と、そのモデルを用いて長寿社会、低炭素社会に対する都市政策の効果をシミュレーションにより評価し、スマートな街区のエネルギーマネジメント・政策提案を行うことを目的とする（図(3)-2）。



図(3)-2 本研究の位置づけ・目的

3. 研究開発方法

既成市街地のディストリクトベースのエネルギー需要(プロフィール)の推定と政策導入効果をモデルシミュレーションにより示し、効果的な政策提案を行うために、図(3)-3に示すようにモデル・シミュレータの開発から、シナリオデザイン、技術オプション選択、アウトプット、政策評価までの一連の研究を行った。



図(3)-3 本研究(ST3)の研究開発方法の手順

まず、(1)エネルギー需要推定の基礎調査として、1)1年間にわたる事務所ビルの電力需要の計測とその特徴の把握、2)住居(戸建住宅、集合住宅)、業務(事務所・商業ビル)、福祉(介護福祉施設)の各対象者に対してエネルギー使用や省エネに対する取り組み状況、床面積や利用者

数等のアンケート調査・分析を行った。

次に(2)住居系、業務系、商業系、医療・福祉系の各用途のエネルギー需要プロファイルの推定モデルを開発した。本モデルの特徴は外出・帰宅・就寝、入社・退社・休憩、開店・閉店等のエネルギー使用と関連する活動の時間帯を地区特性(パーソントリップデータ、個人属性別の社会生活基礎調査の活用)と連関させた変動幅を持つ確率モデルとした。

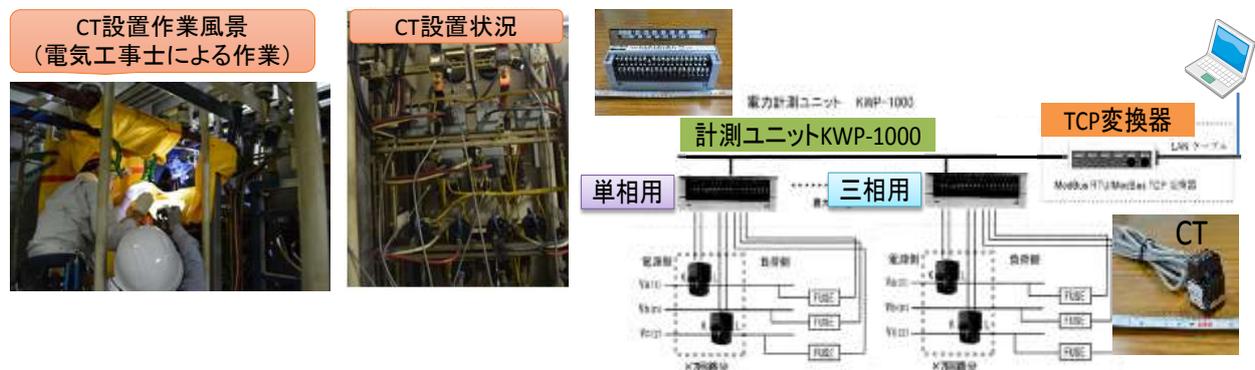
最後に(3)開発したモデルをケーススタディ街区に適用し、1) 業務、商業の割合が卓越した都心街区における今後の再開発の規模を考慮した街区群のエネルギーマネジメント(業務・商業系のスマート化)、2) 医療、商業施設で構成される街区群のエネルギーマネジメント(医療・商業系のスマート化)、3) 住宅の割合が卓越した都心近郊街区における今後の人口動態、高齢化を考慮した街区群のエネルギーマネジメント(住宅・福祉系のスマート化)について検討した。

(1) エネルギー需要推定の基礎調査

1) 事務所ビルを対象とした電力需要の計測・分析

本研究では神戸市内のSRC造の地上11階、地下1階、延床面積が約4,000m²の事務所ビルを対象とした。竣工年代は1970年代であり、1990年代にリニューアルされており、パッケージエアコンも同時期に交換されている。対象ビルは貸し事務所ビルであり、各フロアに異なる主体の事業者が入居している。空調管理はフロア単位のセントラル空調である(ビル管理者が空調のオン、オフ、温度設定を行う方式)。夏期、冬期の空調運転方法は、原則として始業開始前の午前7:30に電源が入れられ、その後、一定の設定温度で運転を行うが、各フロアの事業者から空調に関する設定温度に対して要望があった場合には対応する方式をとっている。

電力計測システムは、図(3)-4に示すとおり、計測ユニットKWP-1000(近計システム製)、分割型電流センサ(CT)、TCP変換器、データロガー用PCからなる。本計測ユニットによる測定項目は、電圧実効値[V]、電流実効値[A]、有効電力[W]、皮相電力[VA]、力率[cosΦ]、電力量[Wh]であり、計測精度は電力量で±2.5%である。対象ビルは地下1階に電気室があり、同地点において電灯電力(単相電力)、動力電力(三相電力)の2系統を別々に10分間隔で計測した。データ計測期間は2013年7月10日からの1年間である。



図(3)-4 事務所ビルの電力計測のためのシステム構成

2) エネルギー使用等に関するアンケート調査・分析

本研究では神戸市住宅都市局および環境局の協力のもと、平成26年度に表(3)-1に示すとおり神戸市内の戸建住宅の世帯主（燃料電池導入住戸、一般住戸）、集合住宅の管理組合、ビルオーナー、福祉施設の設備担当、温浴施設・スポーツクラブの設備担当にエネルギー使用等に関するアンケート調査を実施した。本アンケート結果は、延床面積とエネルギー消費量の関係（平均と分散の把握）、省エネの取り組み状況、省エネ行動に対する意向、CGSの導入状況、導入以降を把握し、エネルギー需要プロファイル推定モデルのパラメータおよび政策効果の推定時のパラメータとして利用した。

表(3)-1 エネルギー使用等に関するアンケート調査の概要

対象	発送数	回収数	回収率(%)	主な質問内容
戸建住宅 (FC導入住戸)	197	125	63	FC設置時期/規模、節電行動、8月と10月の電力/ガス使用量、延床面積、世帯人員等
戸建住宅 (一般住戸)	115	71	62	エネルギー機器の種別、節電行動、8月と10月の電力/ガス使用量、延床面積、世帯人員等
マンション (管理組合)	200	86	43	共用部の省エネへの取組状況、省エネ診断の受診、MEMS導入・一括受電・LEDの有無、8月と10月の電力使用量、マンション規模等
ビル (オーナー)	55	22	40	省エネの取組状況、省エネ診断の受診、BEMS導入状況、空調設備/熱源、CGSの種類/規模、管理者の有無、ビル規模、8月と10月の電力/ガス使用量
福祉施設 (施設管理者)	203	84	41	省エネの取組状況、省エネ診断の受診、空調設備/熱源、CGSの種類/規模、施設種別、延床面積、入浴の使用時間帯、直近の電力/ガス使用量等
温浴施設 (施設管理者)	22	6	27	省エネの取組状況、省エネ診断の受診、空調設備/熱源、CGSの種類/規模、延床面積、入浴の使用時間帯、直近の電力/ガス使用量等
スポーツクラブ (施設管理者)	38	10	26	同上

(2) エネルギー需要プロファイル推定モデルの開発

エネルギー需要プロファイル推定モデルの全体構造を図(3)-5に示す。エネルギー需要プロファイルは、住宅系（家庭）と非住宅系（業務、商業、医療、福祉）の構造をとる。

1) 非住宅系のエネルギー需要プロファイル推定モデル

非住宅系として業務系、商業系、医療・福祉系の3業種を設定し、さらにカテゴリーとして、一般オフィス、金融、物販、レストラン、喫茶店、ホテル、温浴、特定機能病院、一般病院、福祉の10種を設定した。

電力需要の算定は、0Aや照明機器、家電などの電灯機器と空調の動力機器の2種類に分けて推計を行った。非住宅系のエネルギー需要プロファイル推定モデルでは、カテゴリー別の出社・退社時刻、営業時刻、休憩時刻の平均と標準偏差を設定し、モンテカルロシミュレーションにより確率的にエネルギー需要の日間変動を表現するモデルとした。

その上で、電灯機器による電力需要は、業種別機器別の延床面積当たりの電力需要原単位データベースを構築し、30分毎の各機器の使用状況に応じた電力需要量を推計した。空調による電力需要は、外気温と空調負荷を関連付けシミュレーションを行うこととし、ビル内部の熱量の変化は、①外気温の変化に伴う入熱、②建物内部の機器による発熱、③空調機器の運転による冷暖房

熱より算定した。熱貫流率は躯体と窓（ガラス）を考慮した。

熱需要は給湯需要のみ考慮し、カテゴリー別の単位床面積当たりの給湯需要原単位データベースを作成し、給湯使用量、給湯時温度と常温の水温差から推定した。給湯使用時に使用する熱源はガスボイラーとCGSのいずれの機器も評価可能なモデルとした。

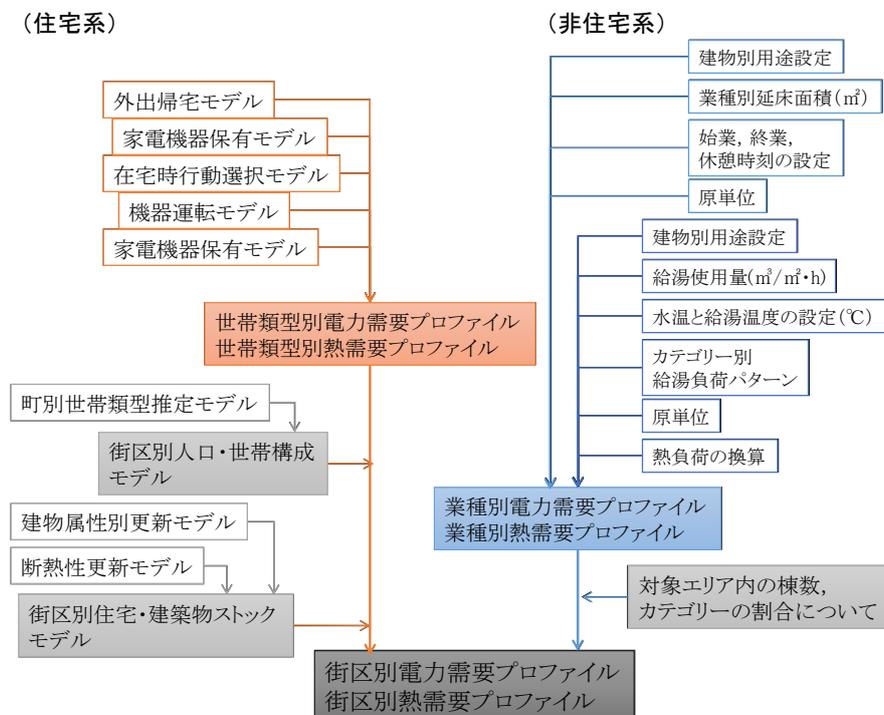
2) 住宅系のエネルギー需要プロファイル推定モデル

住宅系では、将来の世帯構成、ライフスタイルの変化、居住選択によるエネルギー需要を推定するために、世帯属性7種類、住宅形態2種類（戸建、集合）を設定した。

家庭における電力需要は、生活行動に従うと仮定し、生活行動を社会生活基本調査ベースに7種類に分類し、属性毎の生活スケジュールをパーソントリップ（PT）調査（外出、帰宅時刻）、社会生活基本調査（就寝時刻と家庭内の行動時刻）より作成するサブモデルを構築した。PT調査、社会生活基本調査のデータを活用することで、街区群特性を考慮することが可能なモデルとなっている。また、同じ属性であっても、生活行動は異なるため、外出・帰宅・就寝時刻の平均と標準偏差を属性別地区別に設定し、モンテカルロシミュレーションにより確率的にエネルギー需要の日間変動を表現するモデルとした。

家庭内の電力機器はエアコン、照明、冷蔵庫を始め生活スケジュールに対応させる形で12種類を設定した。エアコンによる電力需要は、非住宅系の空調と同様に外気温と空調負荷との関係から算定し、その他の家電機器による電力需要は、定格出力と平均所有台数、使用時間と稼働率を設定し、算定した。

熱需要は給湯需要のみ考慮し、属性別の単位床面積当たりの給湯需要原単位データベースを作成し、給湯使用量、給湯時温度と常温の水温差から推定した。



図(3)-5 エネルギー需要プロファイル推定モデルの全体構造

(3) ケーススタディ街区群への適用によるエネルギーマネジメントの評価

1) 業務・商業系街区群のエネルギーマネジメント（業務・商業系のスマート化）

政令指定都市ならびに県庁所在地の中心部に見られる業務・商業系の用途が卓越した地域におけるエネルギーマネジメント、特にアライアンス形成による一括受電契約に基づく電力需要のピークの平準化効果を推定するために、本研究では神戸市三宮駅周辺をケーススタディ街区群とした。

この街区群は、延床面積の規模で15万㎡クラスの街区群で、業種の比率は住居1に対し、事務所系5、商業系6である。百貨店の規模が大きいため、商業の比率が大きい街区群である。この地域で再開発が一体的に起こる場合を想定し（規模として100%増、トータル30万㎡）、対象とした街区群の延床面積を業種別に比率を変え（表(3)-2）、30分毎の電力需要（デマンド電力）の重ね合わせ（抱き合わせ）を行った場合の最大電力需要削減効果について推定した。想定する開発は都市更新需要であり市街地の拡大を伴わない。更新される建築物は最新の省エネ特性を持ち、ベースとなる既存街区群の周辺に何らかの一体性（電力管理主体を形成しうる近接性、経営関連性、地下街・通路・地下鉄管理空間の利用可能性）をもって建設維持される対象を想定した。

表(3)-2 検討ケース別の延床面積比率

ケースNo.	事務所	商業	住居
S310	3	1	0
S301	3	0	1
S130	1	3	0
S031	0	3	1
S013	0	1	3
S103	1	0	3
S220	2	2	0
S202	2	0	2
S022	0	2	2
S211	2	1	1
S121	1	2	1
S112	1	1	2
*S111	1	1	1

○ケース番号の3桁の数字は事務所：商業：住居の順に、0=0%、1=25%、2=50%、3=75%の比率を表す。
 ○例えば、ケースS310は、増床15万㎡を事務所：75%、商業：25%、住居0%に誘導することを意味する。
 *S111のみ、均等(各33%)に増床することを意味する。

2) 医療・商業系街区群のエネルギーマネジメント（医療・商業系のスマート化）

東京や横浜など都市エネルギー戦略を提示した地方政府の構想でも、大規模な熱需要を有する施設にはコージェネレーションシステムのような電熱併給型の分散型電源を配置し、都市における自立性の高い電源の確保やエネルギー効率の向上が試みられている。事例としては、横浜市の南区総合庁舎の移転（2016年1月予定）に併せ、近接する市立大学附属市民総合医療センターにCGSを設置し、建物間に自営線を布設し、病院から庁舎に特定供給による電力供給が予定されている。とりわけ、病院・福祉施設等の医療、介護施設においては、非常時対応の系統以外の独立した電源を確保し、機能を維持できるよう備えておく必要がある。

本研究における対象街区は2街区から構成される3つの建物群からなる。特定機能病院（以下の図表では特定病院と表記）が立地する街区の面積は約3.1ha、特定機能病院の床面積は115千㎡である。一般病院と商業施設が立地する街区の面積は約2.6ha、延床面積はそれぞれ38千㎡、20千㎡である。なお、建物床面積は、計画中的のものであり、病院内の床用途（外来や病棟等）および商業施設のテナント種別は未定のため、病院の用途別の床面積は、現存の病院を参考とし、商業施設の用途別床面積は仮想的に設定した（表(3)-3）。

本研究で対象としたエネルギーマネジメントシステムについて（図(3)-6）、Case0は、電力、ガスともに系統から供給され、かつCGSも一括受電もないケース（現状）、Case1は、一括受電の効果を評価するため、電力の受電方式を一括受電とするケース（一括受電）、Case2は、CGSの効果を評価するため、単独受電でかつ、CGS導入ケース（CGS）、Case3は、一括受電とCGSの複合効果をみるケース（一括受電&CGS）とし、電力の一括受電およびCGSを導入した場合の省エネルギー効果を推定した。

また、一括受電およびCGSによる省エネ効果、最大電力需要の削減効果の算定に加え、実現可能性を検討するために経済性の評価を行った。今後、より精緻な費用計算は行うが、ここでは簡易的な原単位法により、一括受電ならびにCGSの導入により追加的に必要となる費用（表(3)-4）と、それらの導入による省エネ効果から得られるエネルギー（電気・ガス）料金の算定を行った。なお、評価期間は30年間とし、CGSの耐用年数は15年とした。

表(3)-3 対象病院・商業施設の用途別床面積比率

	特定病院	一般病院	商業施設	
一般病棟	23%	34%	レストラン	25%
専門病棟	4%	0%	喫茶店	25%
外来	3%	3%	物販	50%
中央手術	12%	19%		
診療	7%	10%		
機械室	6%	5%		
医療事務	7%	7%		
厨房	1%	3%		
共用	7%	12%		
研究所	27%	0%		
物販	1%	5%		



図(3)-6 医療・商業系街区群のスマート化の模式図

表(3)-4 各ケースにおける一括受電、CGSの導入条件

	Case0	Case1	Case2	Case3
一括受電				
トランス	-	+4000KVA	-	+2000KVA
専用線	-	500m	-	500m
制御	-	一式	-	一式
CGS				
一般病院	-	-	400kW	400kW
特定病院	-	-	3,000kW	3,000kW

3) 住宅・福祉系街区群のエネルギーマネジメント（住宅・福祉系のスマート化）

福祉と居住の複合街区を形成し、エネルギー運営を行う効果を評価するために、ここでのケーススタディは神戸市東灘区全域とした。神戸市東灘区を対象に2030年時点の属性別世帯数と福祉施設規模を算定し（表(3)-5、6）、集合住宅の受け皿となる用地の適地を選び出す手順を示した。その上で、2030年の高齢化と世帯分離に伴って増加が予想される東灘区全体の住居（家庭部門）と福祉施設のエネルギー需要をターゲットとして、集住化と福祉施設立地シナリオのもと技術オプションとして、建物・機器の更新、一括受電、CGSを導入した場合の①最大電力需要（デマンド電力、kW）と②電力需要量（kWh/日）と熱需要（m³/日）を1次エネルギー換算したエネルギー需要量（MJ/日）を算定した。

本研究では、まず、地域全体として、①2010年（現状）、②非集住化シナリオに基づく2030年、③集住化シナリオに基づく2030年について、東灘区全体の家庭および介護老人福祉施設のエネルギー需要量を算定した。

次に、長寿社会の福祉サービスと連携した集住化に応じた街区のエネルギーマネジメントとして、表(3)-7に示す4ケースについて、抽出した開発候補地の中から、駅勢圏500m内で、集合住宅と福祉施設を隣接して建設できる任意の街区を選択し（図(3)-7）、①一般向け集合住宅と福祉施設の連携の有無、②高齢者向け集合住宅と福祉施設の連携の有無、の異なるエネルギー需要特性を持つ2種類の集合住宅と福祉施設の連携および技術オプションの効果について評価を行った。

なお、CGSの規模は、設定した福祉施設の熱需要プロファイルを作成し、活動期平均（営業時間内（8：00～16：00）に発生した熱需要の平均）とした。今回設定した延床面積4,000m²の福祉施設の活動期の平均熱需要は350kWであったため、CGSの出力、効率を設定（ヤンマー製EP370G×1台、発電効率：41%、廃熱効率：34%、定格出力は電力：370kW、熱：306.8kW）した。CGSの運転方法は熱主電従運転とし、発電した電力は自家消費し、余った電力は併設した集合住宅にのみ供給するとした。なお、CGSで賄えない熱需要は効率95%のガスボイラーを使用し、電力は系統電力から購入すると設定した。

表(3)-5 東灘区全体の人口、世帯数および福祉施設数・定員

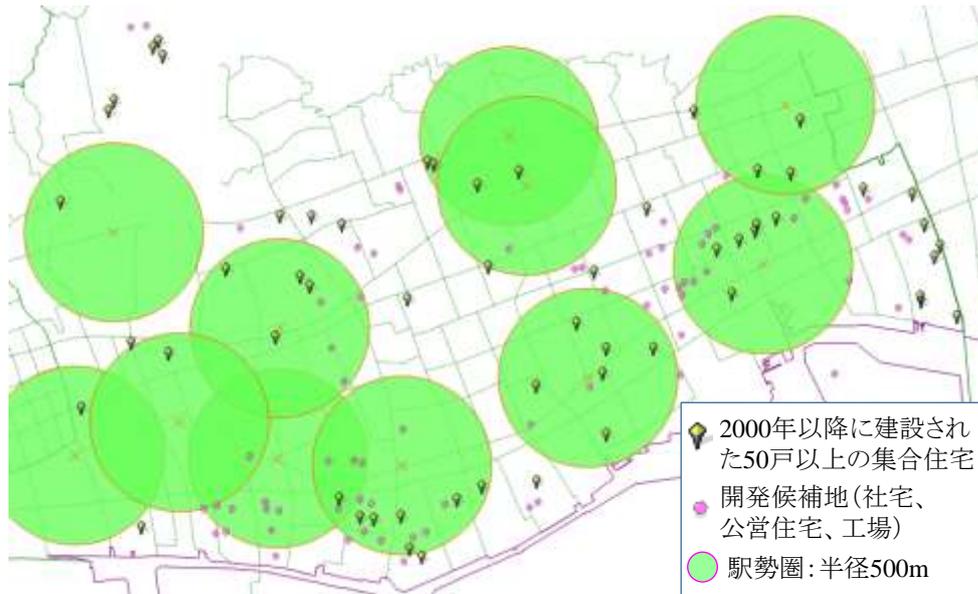
	2010年	2030年
人口（千人）	210	216
75歳以上人口（千人）	20(10%)	37(17%)
世帯数（千世帯）	93	110
介護老人福祉施設数	9	14
同上定員数（人）	510	800

表(3)-6 2010年と2030年の類型別世帯数（単位：千戸）

年度	1人世帯		2人世帯			4人世帯	
	65歳未満	高齢者	65歳未満の夫婦のみ世帯	高齢者夫婦のみ世帯	母子、父子世帯	夫婦と子供から成る世帯	核家族以外の世帯
2010	26.0	10.5	12.4	1.7	8.6	29.4	3.7
2030	30.2	18.4	15.8	2.2	9.6	28.4	3.9

表(3)-7 集合住宅と福祉施設の連携の有無・技術オプションの組合せによる評価ケースの一覧

技術 ケース	建物、機器更新	一括受電		CGS	
		集合住宅のみ	集合+福祉	融通無	融通有
分離	○	○	×	×	×
隣接(一括受電)	○	○	○	×	×
隣接(CGS、融通無)	○	○	○	○	×
隣接(CGS、融通有)	○	○	○	○	○



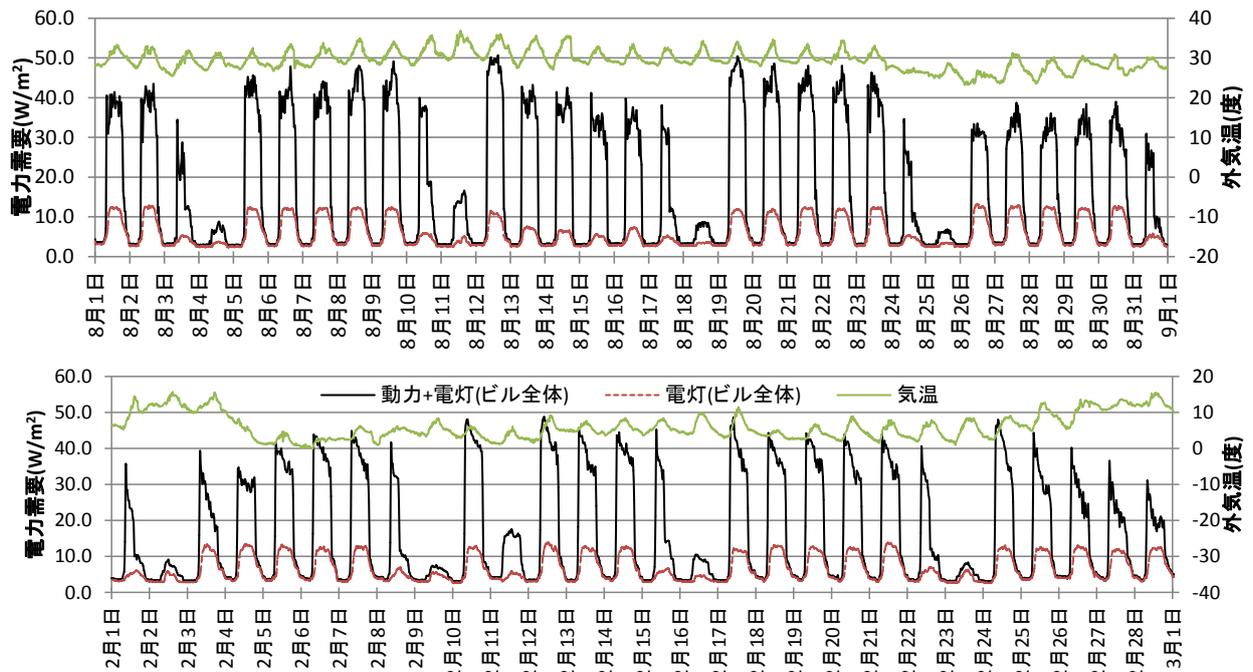
図(3)-7 神戸市東灘区内の2000年以降に建設された集合住宅と開発候補地の分布

4. 結果及び考察

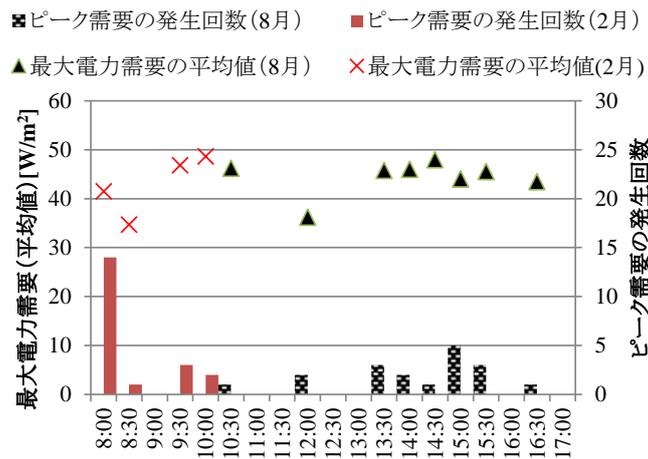
(1) エネルギー需要推定の基礎調査

1) 事務所ビルを対象とした電力需要の計測・分析

図(3)-8に8月、2月の調査期間中の電力プロファイルの測定結果を、図(3)-9に8月、2月の平日における時刻別(Δt=30分)の最大電力需要の発生回数と最大需要の平均値を示す。



図(3)-8 夏期、冬期(8月、2月)の電力プロファイルの測定結果



図(3)-9 最大電力需要と出現時刻のヒストグラム

夏期と冬期において最大電力需要の発生時刻が異なっている。夏期は午後には発生する頻度が高く、冬期は午前中、特に7:30~8:00に集中している(20日中14日)。一方、最大電力需要は、夏

期と冬期で大きな違いはない。一般に夏期における最大電力需要は14時前後であり、そのことが今回の結果からも確認された。

冬期について、9:00以降にピークが発生した回数は、5回であり、このうち4回は休日の翌日であった。これは休日明けのため、他の平日に比べ室内温度が低く、暖気に要する時間が長くなり、暖房の電力需要と業務開始に伴うOA機器や照明の電力需要とが重なるためである。7:30～8:00の間に観測された最大電力需要は、 $41\text{W}/\text{m}^2$ であるが、9:00以降の場合、約 $48\text{W}/\text{m}^2$ と1.2倍程、多くなっている。

計測結果に基づく電力需要の特性について、電力需要の抑制策のためには、どこに削減できる要因があるかを分析しなければならない。そのため、計測した電力需要プロファイルの特性を評価する必要がある。今回は、人の行動に依拠する電灯電力(OA機器や照明等)と、主に外気温や建物の熱負荷の影響を受ける動力電力(空調)に分けて考察する。

電灯電力について、人の行動に依拠するため、出退室の影響を受ける。観測結果からも9:30～17:00までの電灯電力需要は、季節に関わらず、平均値(μ): $12.1\text{W}/\text{m}^2$ 、標準偏差(σ): $0.4\text{W}/\text{m}^2$ であり、夜間(23:00～7:00)についても、それぞれ $\mu=3.2\text{W}/\text{m}^2$ 、 $\sigma=0.3\text{W}/\text{m}^2$ と概ね一定であることを確認した。なお、この値は、2013年8月1日～2014年2月28日までの平日の136日間がサンプルである。このように電灯電力は、オフィスアワーの電力需要と夜間の待機電力需要ならびに就業時間帯を把握すれば、そのプロファイルが概ね予見できる。

次に空調電力について、今回は実測結果をもとに、空調作動時間中(7:30～19:00)の電力需要(30分毎の値)と外気温の関係で表現することを試みた。ただし、計測の結果から、休日明けの朝一番の需要が大きいこと、および休日明け以外でも朝一番の需要が大きいことは確認しているため、ここでは、その2種類とそれ以外の時間帯の3種類について、それぞれ線形近似式で推定した。夏期を例に近似式を用いて動力需要のプロファイルを推定した結果、実測の全データの平均電力需要が $27.8\text{W}/\text{m}^2$ に対し、実測値と推定値のRMSは $3.6\text{W}/\text{m}^2$ であり、実測値と推定値の相関係数は81%であった(サンプル数414個)。幅はあるものの気象予報から得られる気温情報を用いて電力需要をある程度予見することは可能である。

(2) エネルギー需要プロファイル推定モデルの開発

図(3)-10に非住宅系、住宅系のエネルギー需要プロファイルの算定結果例を示す。

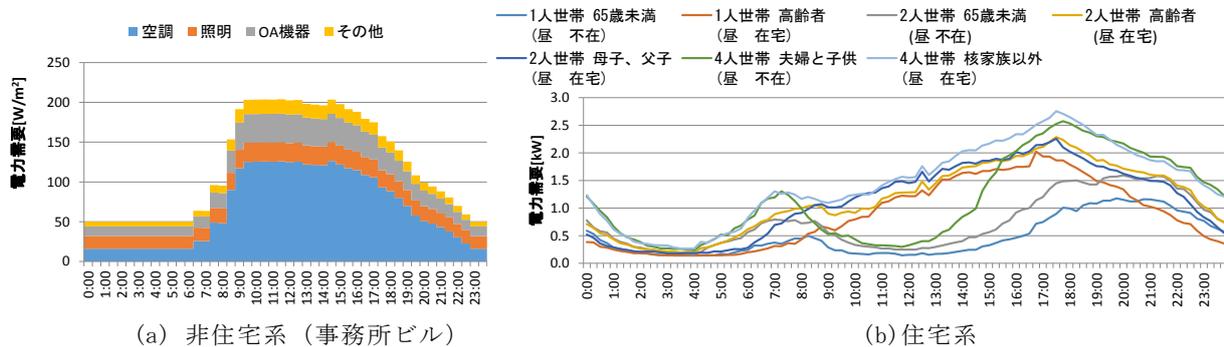
1) 非住宅系のエネルギー需要プロファイル推定モデル

図(3)-10(a)より、①就業時間以外の夜間の待機電力のほとんど変動のない様子、②始業時の機器の電源オンに伴う需要の急速な増加および③終業時の機器の電源オフに伴う緩やかな減少の様子を表現できている。

また、モデルの検証として、計測した事務所ビルを対象にしたシミュレーションの結果、夏期(2013/8/12)と冬期(2014/2/12)における電力需要量(kWh)と最大電力および平均電力需要(kW)と最大電力需要/日間電力需要の比率を比較し、計算値と実測値の比較を行った。夏期、冬期のいずれの時期においても、日間平均電力需要、最大電力需要の差違は1～2%程度であり、構築モデルが精度良く電力プロファイルを表現できていることを確認した。

2) 住宅系のエネルギー需要プロファイル推定モデル

図(3)-10 (b)より、①在宅率の高い世帯属性では日中の電力需要が高いこと、②家庭系の特徴である夕方の電力需要が高いことおよび世帯属性の違いによる就寝時間の違いによる電力需要パターンが異なることの特徴を表現できている。本モデルを使って、モンテカルロシミュレーションの各回の結果を選択的に抽出すれば、個別世帯の電力需要プロファイルが推定でき、複数回(今回は100回)の期待値を解釈すれば、同じ世帯属性のライフスタイルの多様性を考慮した電力需要が推定可能であることを示した。4人世帯の空調の運転方法ならびに高齢者世帯の起床のスケジュールリング方法に課題を残すものの、少ないサンプルとの比較を行い、起床時刻が遅い等の属性の持つ特徴を抽出条件として設定すれば、本モデルが計測された電力需要プロファイルを追従していることを確認した。



(a) 非住宅系 (事務所ビル)

(b) 住宅系

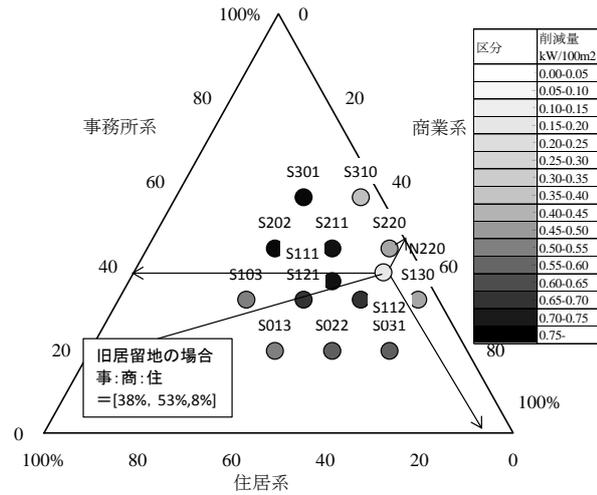
図(3)-10 非住宅系・住宅系のエネルギー需要プロファイルの算定結果例

(3) ケーススタディ街区群への適用によるエネルギーマネジメントの評価

1) 業務・商業系街区群のエネルギーマネジメント (業務・商業系のスマート化)

a) ベース街区と用途別割合が異なる都市更新の補完がもたらす規模別の効果

都市更新により増床され、その用途別割合の組み合わせの違いにより得られた最大電力需要削減効果について結果を図(3)-11に示す。チャートの三角形の各辺の尺度に事務所系、商業系、住居系の床面積割合を取ってその位置を示し、最大電力需要が多い事例は濃い円で示した。ベース街区群と同程度の増床(15万㎡)の都市更新の場合、最大電力需要削減量が最も大きかったのは、S301、S202、S211のケースで0.75[kW/100㎡]以上の削減効果があった。共通点として、削減量を大きくする要因は、電力消費の型として時間帯別に異なり業種ごとの活動を補完し合う関係であることである。他のケースでは、S310、S220、S130の削減量は0.25[kW/100㎡]と小さい結果だった。ベース街区群が元々事務所、商業系が卓越する街区群であるため、住宅を含まない用途の抱き合わせによる削減効果があらわれなかった。

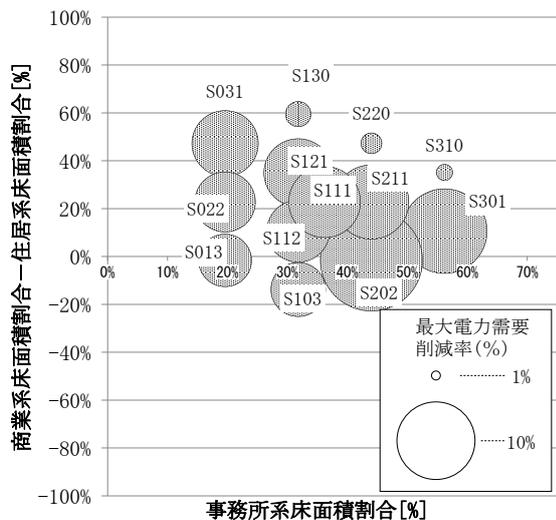


図(3)-11 最大電力需要削減量のケース別結果

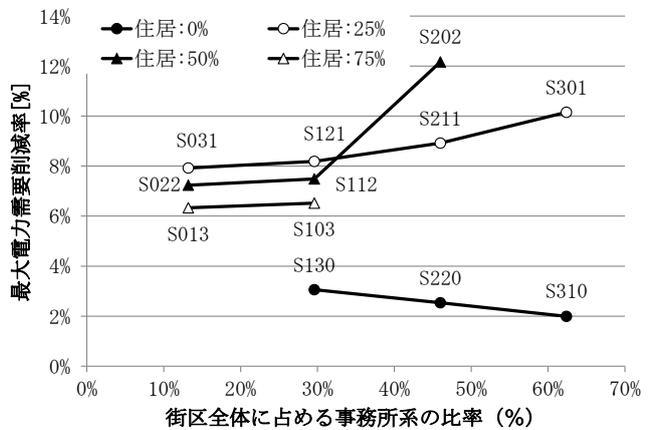
b) 最大電力需要が業種用途別床面積割合から受ける効果

街区の事務所系の延床面積の比率を横軸にとり、最大電力需要の削減率を各ケースについて表現したのが図(3)-12である。また、最大電力需要の削減率について、業種別(延床面積)割合の等値の切断面を観察すると図(3)-13のようになる。これら2枚の図を用いて考察してみる。

住居系を含むS202、S301の結果は10%以上の最大電力需要削減効果がある。これは、事務所、商業系に偏っているS130、S220、S310ではほとんど効果がなく3%程度の削減率である。図(3)-13ではケース間で最大電力需要削減率の違いを示している。S130、S220、S310は他のケースと違い住居系を含んでいないため、今回の街区群では、最大電力需要を削減率でみても効果が小さいことを表している。S013、S103のように、住居系の比率を多く含む場合であっても最大電力需要削減率は6%程度と住居系を含むケースの中では最も小さい。延床面積の占める割合が多くなり、逆に電力マネジメントの単位が全体として住居系へ偏るため削減率は小さくなった。業種への偏りをなくす規模と比率を考え、組み合わせることで10%以上の最大電力需要削減効果が得られる。



図(3)-12 ケース別最大電力需要削減率



図(3)-13 最大電力需要削減率の比較

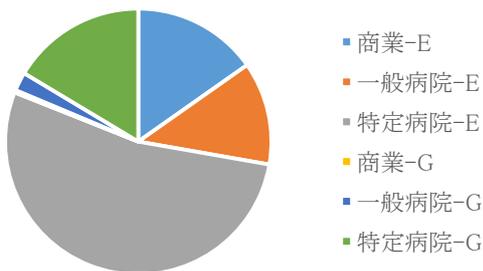
2) 医療・商業系街区群のエネルギーマネジメント（医療・商業系のスマート化）

a) エネルギー消費量の削減効果

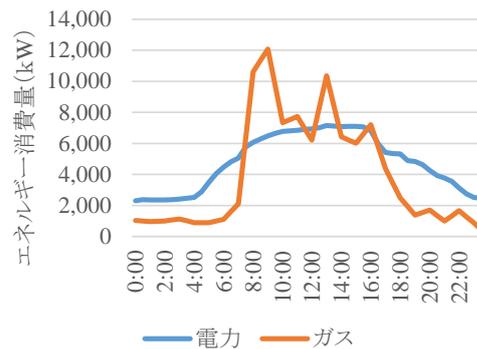
Case0（現状）における1日の熱電比を図(3)-14に示す。図中のEは電力消費量、Gはガス消費量を意味する。熱電比は2:8であり、電力需要の方が高い。また、施設別では、特定機能病院の電力が53%、ガスが16%と約7割が特定機能病院によるエネルギー需要である。

また、特定機能病院のエネルギー需要プロファイルを図(3)-15に示す。ここでは、CGSの出力規模との比較のため、表示単位をkWで示す。CGSにより発電した電力を他施設に融通するためには、給湯需要が電力需要を上回る必要がある。図(3)-15では7:30～11:00、12:30～14:00の時間帯が該当する。しかしながら、本研究では熱主運転のベースロード運転を意図し、出力規模を日平均給湯需要程度の3,000kWとしたため、同時帯ではフル稼働で発電しても、電力需要が6,000kW以上のため、全量自家消費されてしまい、他施設への融通はできない。

この結果から2つの示唆が得られた。第一は、医療施設の熱需要は、空調需要の高まる時間帯に高いため、CGSによる電力エネルギーの削減が見込めること、第二は街区単位でエネルギーセンターを構え、住宅など夕方の熱需要が高い用途も含めた街区マネジメントを行い、CGSの出力規模を拡大することで、空調需要の高まる8時、14時頃に電力の融通が可能であることが示唆された。



図(3)-14 単独受電の場合の熱電比
(Case0)



図(3)-15 特定病院の電力、ガス消費量
(Case0)

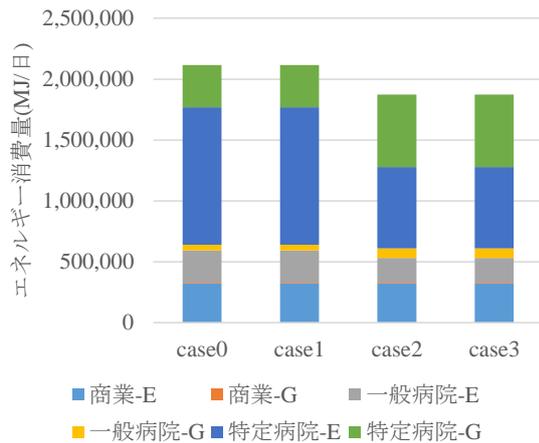
次に、各ケースのエネルギー消費量を図(3)-16に示す。なお、エネルギー消費量はすべて一次エネルギー換算後の値である。一括受電のみでは、エネルギー消費量が削減されないため、Case0と1およびCase2と3のエネルギー消費量は同量である。今回の条件設定では、CGSの導入により一次エネルギー換算で約10%のエネルギー削減効果が見込まれることを示した。

b) 最大電力需要の削減効果

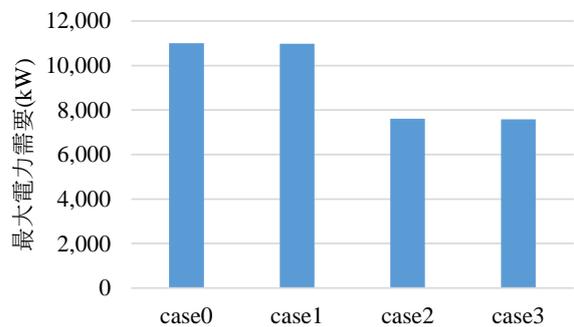
最大電力需要の削減効果の算定結果を図(3)-17に示す。

今回の医療施設と商業施設による街区形成では、いずれも14時前後の電力需要が最大となるため、一括受電による最大電力の平準化効果はほとんど得られない。

一方、CGSを導入した場合、一定の熱需要を持つ医療系施設では、CGSの発電により電力需要量の一部をまかなえるため、最大電力需要の削減効果が得られる。今回の条件では最大電力需要を2割程度低減できた。



図(3)-16 各ケースのエネルギー消費量



図(3)-17 最大電力需要の比較

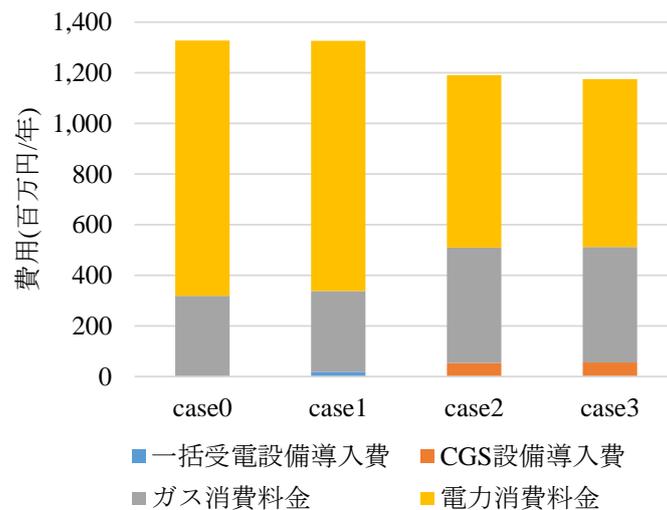
c) エネルギーマネジメント費用の試算結果

各ケースの費用を算定した結果(図(3)-18)、1年当たりの導入費とエネルギー消費に伴う費用では、圧倒的にエネルギー費用に伴う費用の方が高い。その割合は Case1(一括受電のみ)では99%、Case2(CGS)、3(一括受電&CGS)では、共に95%程度である。

次に、費用削減効果について、Case0(単独受電)とCase1(一括受電)の比較より、わずかにCase1の方が総費用は安価であるが、ほとんど差はない。これは電力料金の契約形態が高圧から特高になることにより、費用を低減できるが、今回の3施設の一括受電による電力需要の平準化効果がほとんどないため、その効果は小さい。したがって、割引率を無視した計算では、導入費用をエネルギー料金削減費用で賄えるが、評価期間30年に対して、回収可能期間(エネルギーペイバックタイム)は約28年である。

一方、CGSの効果について、Case0とCase2(単独受電&CGS導入)を比較すると、総費用を1割程度削減できる。これはCGSのガス消費に伴う料金の増加よりも、発電による自家消費に伴う電力消費の削減効果の方が大きいためである。そのためCase2のエネルギーペイバックタイムは約9年であり、比較的早期に導入費用を回収できる。

また、一括受電とCGSの併用(Case2)の効果は、Case1とCase2の単純な積み上げではなく、CGSの併用により、トランス設置費用をやや軽減できる効果も働き、Case2よりも、さらに削減効果が大きく、そのエネルギーペイバックタイムは約8年である。



図(3)-18 エネルギーマネジメント費用の算定結果

3) 住宅・福祉系街区群のエネルギーマネジメント（住宅・福祉系のスマート化）

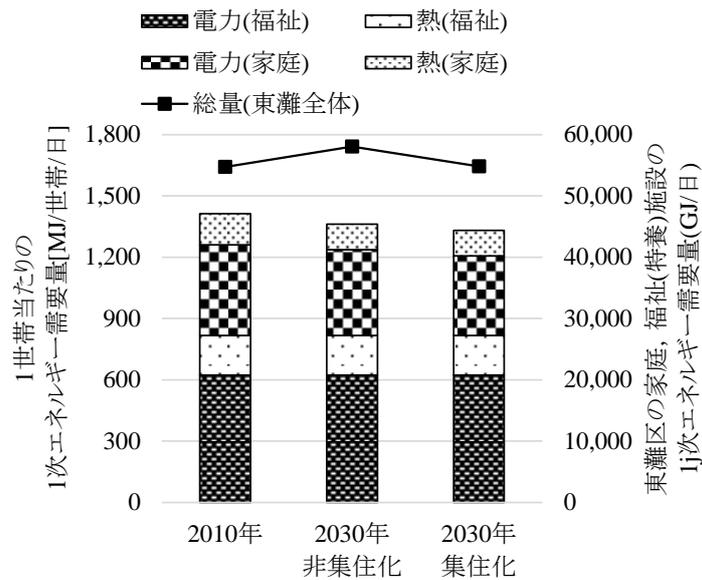
a) 東灘区全体の家庭および介護老人福祉施設のエネルギー需要量の算定に基づく集住化の効果

①2010年（現状）、②非集住化シナリオに基づく2030年、③集住化シナリオに基づく2030年の各断面での東灘区全体の家庭および介護老人福祉施設のエネルギー需要量の算定結果を図(3)-19に示す。

2010年と2030年では世帯数、福祉施設数が異なるので、比較のため1世帯当たりの1次エネルギー需要量で表現した。なお、福祉施設のエネルギー需要量は、1施設の定員数60名で除した値を1世帯当たりとした。

1世帯当たりの比較（棒グラフ）より、人口増加、世帯分離により2030年の世帯数は増加するが、1世帯当たりのエネルギー需要量は、非集住化、集住化のいずれにおいても2010年よりも小さい。

しかし、東灘区全体での家庭・福祉施設のエネルギー需要量を比較すると、集住化が促進されず、戸建て住宅を建て替え更新する場合（非集住化）では、2030年の地域全体でのエネルギー需要量は2010年よりも約6%増加する。一方、集住化を促進した場合では、2030年に人口、世帯数、福祉施設が増加しても、2010年と同程度のエネルギー需要量に留めることが可能であることを明らかにした。なお、今回の検討における東灘区の家庭と福祉施設の全体のエネルギー需要量のうち、福祉施設（特養）のエネルギー需要量は、約1%である。



図(3)-19 家庭、福祉（特養）施設の1次エネルギー需要量

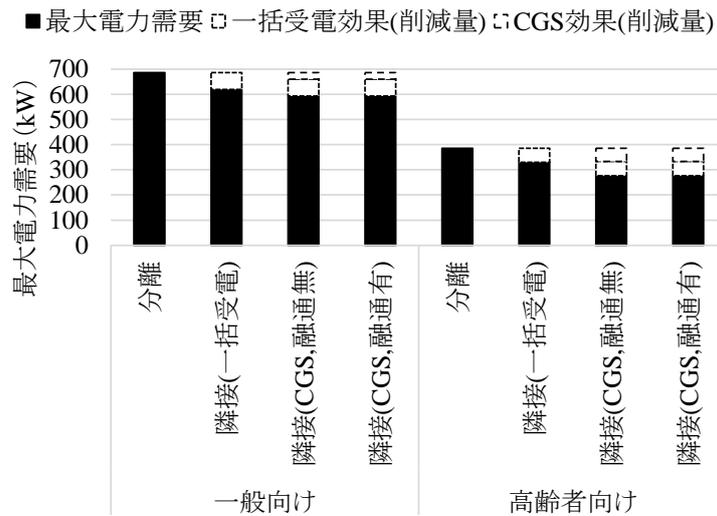
b) 集合住宅と福祉施設の連携によるエネルギーマネジメントがもたらす最大電力需要の低減効果

長寿社会の福祉サービスと連携した集住化に応じた街区のエネルギーマネジメントとして、①一般向け集合住宅と福祉施設の連携と②高齢者向け集合住宅と福祉施設の連携のそれぞれについて、一括受電、CGS導入による最大電力需要の低減効果を算定した（図(3)-20）。

一般向け集合住宅と福祉施設が、別々に建設され、集合住宅のみで電力の一括受電を行う（ケース：分離）よりも、両者が連携し、一括受電を行う方が（ケース：隣接（一括受電））、最大電力需要を10%程度低減できる。また、高齢者向け集合住宅と福祉施設の連携の場合では最大電力需要を約15%程度低減できる。

この削減効果が違う理由は、属性の異なる集団（ファミリー中心の一般向けと単独高齢者の高齢者向け集合住宅）では、ライフスタイルが異なるため、電力プロファイルが異なり、最大電力の発生時刻およびその大きさが異なるためである。すなわち、どのような主体と電力プロファイルを重ね合わせるかにより、その効果は異なる。

次に、CGS導入による最大電力需要の削減効果は5~10%程度である。今回の条件において、電力の融通の有無は最大電力需要には影響しなかった。これはCGSの運転時間を福祉施設の熱需要に併せて16時までとしているため、15:00頃の最大電力需要は低減できるものの、CGS停止後の16:00~16:30の時間帯の電力需要が最大となるためである。

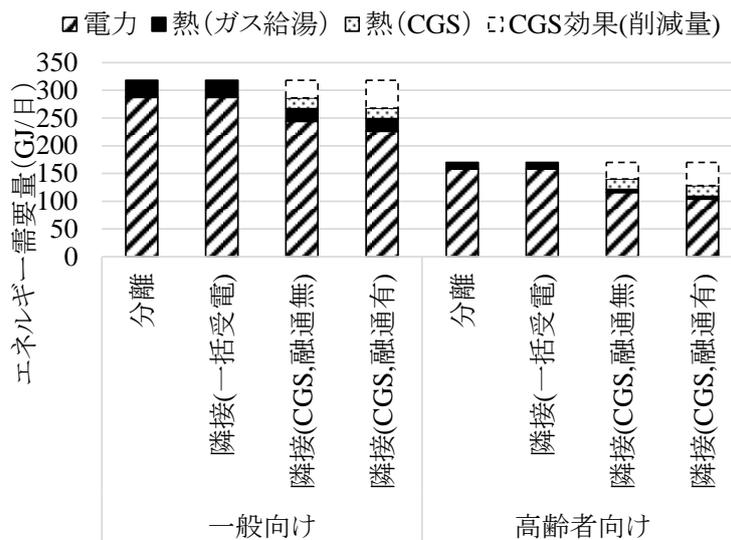


図(3)-20 集合住宅と福祉施設の連携・技術オプションによる最大電力需要の低減効果

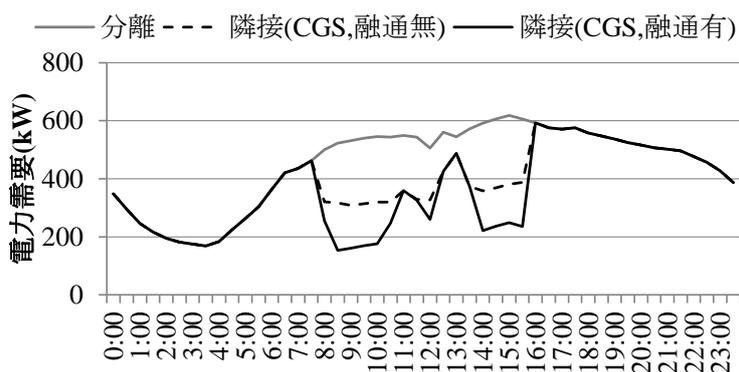
c) 集合住宅と福祉施設の連携時のCGS導入がもたらすエネルギー需要量の低減効果

CGS導入によるエネルギー需要量の低減効果を図(3)-21に示す。また、一例として、一般向け集合住宅と福祉施設の連携による電力プロファイルを図(3)-22に示す。

一般向け集合住宅と福祉施設が、それぞれ別々に建設され、個別に系統電力およびガス給湯によりエネルギー需要を賄う（ケース：分離）よりも、両者が隣接立地し、CGSを導入し、自家消費する（ケース：隣接（CGS融通無））ことで、約10%の需要量の低減効果がある。さらに、熱需要の高い時間帯には、余剰電力が生じるため、集合住宅に融通することで5%（トータル15%）程度の低減効果が得られる。また、高齢者向け集合住宅と福祉施設の場合では、自家消費により約15%程度、さらに融通することで、合計20~25%の低減効果が得られる。



図(3)-21 集合住宅と福祉施設の連携・技術オプションによるエネルギー需要量の低減効果



図(3)-22 CGSの有無および電力融通の有無による電力需要（消費量）
（一般向け集合住宅と福祉施設の連携の例）

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- 1) 事務所ビルにおいて電力需要を計測した結果、冬期の最大電力需要は、夏期の最大電力需要と大差ないことがわかった。夏期は、14時前後に空調需要が高まるため、午後に最大電力需要が観測される。一方、冬期は休日明けの始業時に暖房需要が高まり、併せてOA機器、照明等の電灯電力も重なるため、午前中に電力需要のピークを迎える。そのため、事務所ビルにおいては季節毎のエネルギーマネジメント、特に空調管理が重要であることを明らかにした。また、本研究では長期間にわたる電力計測を行ったが、今後、事務所ビルの電力需要特性を把握するためには、電灯電力と空調電力について、それぞれ1週間程度の調査で十分であることがわかった。
- 2) 本研究では、住宅、非住宅系のエネルギー需要の推定モデルとして、これまでほとんど見られなかった地区特性、就業特性、世帯特性に応じた変動幅を考慮した確率モデルを開発した。そのモデルは、30分毎のエネルギー需要を推定でき、集住化や容積率の規制緩和等の都市政策や、CGS、一括受電、空調の運転管理、デマンドレスポンスなどの技術オプションの評価に適用できる。また、そのインプットデータは、PT調査、社会生活基本調査、国勢調査等の一般的なデータをもとに算定できる汎用性の高いモデルとして開発した。
- 3) 業務・商業系を中心とした都心街区群のスマート化の検討の結果、住居系の床面積が20%程度占めるアライアンス形成ができれば、一括受電によるエネルギーマネジメントにより最大電力需要を0.75kW/100㎡程度削減できることを示した。一括受電による最大電力需要の削減は、アライアンスの拡大による床面積の増加以上に、業種間の組合せ（用途の構成割合）が重要であることを明らかにした。
- 4) 医療・商業系街区群のスマート化の結果、一括受電による最大電力需要の削減効果は小さい。一方、CGSの導入は、医療施設が一定の熱需要を必要とするため、熱主運転による廃熱、電力の利用により、ベースロード電源として運用でき、最大電力需要で約2割、エネルギー消費量で約1割削減できることを示した。また、費用面について試算した結果、CGSと一括受電の併用により、30年間の総費用を1割程度削減でき、投資コストを回収できることを示した。

- 5) 長寿社会に対応した集住化によるスマート化について、神戸市東灘区を対象とした評価の結果、現状の成り行きシナリオ（非集住化）では、ベースラインの2010年に比べ、2030年は高齢化により単身高齢世帯数の増加などによりエネルギー消費量は増加するが、集住化促進シナリオを促進することで、エネルギー消費量を2010年とほぼ同程度に留めることが可能であることを示した。
- 6) また、福祉施設と集合住宅の複合街区形成の評価の結果、一括受電とCGSの導入により最大電力需要を15～20%低減でき、エネルギー需要量（1次エネルギー換算）は約15%削減できた。この結果は、施設数・定員数の増加が見込まれる福祉施設を成り行きで建設するケースと比較して、駅勢圏へ立地を促す集住化施策と高齢者向け住宅供給とを併せて推進することにより、エネルギー消費量、最大電力需要とも低減でき、スマートなエネルギーマネジメントの効果を生み出すことが実現可能であることを意味する。

（２）環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

- 1) 研究分担者(ST3)である盛岡は、神戸市環境保全審議会会長（27年現在も会長）として、また27年3月まで環境モデル都市推進協議会会長として、神戸市の環境モデル都市推進の重要な役割を果たし、本研究の知見を活かした提案により、神戸市の環境モデル都市行動計画の策定（平成26年3月）に貢献した。
- 2) 神戸市が「スマート都市づくり計画」のモデル地区として取り組んでいる旧居留地において、地元のまちづくり組織である旧居留地連絡協議会と協力して会員企業のエネルギーマネジメントを助言し、実測とデマンド管理の支援を行い、神戸市が進める低炭素都市づくりに、研究成果を提供することができた。
- 3) 街区の規模での環境まちづくりを低炭素仕様で展開していく基本的アプローチは、集積拠点が分散した都市圏構造を持つ関西圏にはよりふさわしいとの立場から、地球環境関西フォーラムの都市圏の未来デザインを検討する際に、都市環境部会の部会やワークショップを通して、「街区型環境都市モデル」の理念とその構築方法をフォーラムと部会に提供してきた。

<行政が活用することが見込まれる成果>

- 1) 神戸市の地球温暖化対策地域推進計画（27年3月見直し中）における低炭素地区街区の形成とそのネットワークで、二酸化炭素の排出の少ない都市構造、エネルギーマネジメント等を提言し、その実装に本研究課題の成果を活用した提案を行い、活用される見込みである（平成27年6月に審議会予定）
- 2) 地球環境関西フォーラムでは、国立環境研究所の社会システム研究センターや横浜市地球温暖化統括本部あるいは北九州市環境局の取組みとともに、本研究課題の「街区型環境都市モデル」の取組みを活用することによって、部会座長を務める盛岡に加えて、平成27年度より研究代表者（北詰）、分担者（尾崎）も参加して「サステイナブルシティ2030」のデザインに取り組んでおり、過去25年のフォーラムのとりまとめの提案に研究成果を反映する予定である。
- 3) 本研究で開発したエネルギー需要プロファイルモデルは、汎用的なものであり、インプット

データも国勢調査、社会生活基本調査、パーソントリップ調査、都市計画基礎調査、住宅地図といった一般に入手可能なデータである。今後、他の地域において自治体や地域エネルギー会社（エリアマネージャー）等の各ステークホルダーがエネルギーマネジメントを計画・評価する上で活用可能である。

- 4) 本研究では、今後の社会変化を見据え、特に中心市街地のリノベーション、リ・デザイン政策や人口減少への対応、低炭素社会の構築のための集住化政策、長寿社会に対応したまちづくり政策に関して、シナリオデザインと技術オプションの選択評価を行い、エネルギー面からの評価を行った。本成果は、人口減少、低炭素化、長寿社会への対応、都市計画の見直しを行っている行政担当者に活用されると考えられる。
- 5) 医療・商業系街区のエリア・エネルギーマネジメントは、現在、実フィールドで検討中の課題である。本研究で構築したモデルおよび結果が、今後の計画検討、支援ツールとして活用可能である。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 山口徹也、森川勇貴、盛岡通、尾崎平：土木学会論文集G（環境）、Vol. 68、No. 6、II_229-II_236（2012）
「事業所の購買電力抑制と電力負荷平準化を目的とした太陽電池・蓄電池組合せシステムの費用効果算定モデルの構築」
- 2) 山本司、盛岡通、尾崎平、北詰恵一：土木学会論文集G（環境）、Vol. 68、No. 6、II_89-II_98（2012）
「ごみ焼却施設の更新シナリオの構築に基づく広域化とエネルギー回収を評価する手法の開発」
- 3) 盛岡通、尾崎平：環境共生、Vol. 22、84-93（2013）
「ごみ焼却施設の更新シナリオ分析に基づく広域化とエネルギー回収の評価」
- 4) 森川雄貴、野田圭祐、盛岡通、尾崎平：土木学会論文集G（環境）、Vol. 69、No. 6、II_239-II_249（2013）
「街区地区レベルでの太陽電池・蓄電池を用いた電力負荷平準化による費用効果算定モデルの構築」
- 5) 野田圭祐、盛岡通、尾崎平：土木学会論文集G（環境）、Vol. 70、NO. 5、I_147-I_156（2014）
「世帯属性別の電力需要の再現モデルの開発－外出・帰宅・就寝行動の時間幅を考慮して－」
- 6) 尾崎平、盛岡通、野田圭祐：環境情報科学 学術研究論文集、Vol. 28、107-112（2014）
「中小事務所ビルの実測に基づく電力プロファイルの特性と推定モデルの構築－電力需要に与える建物特性－」

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) Taira OZAKI, Tohru Morioka, Keisuke Noda: First International Conference on Energy and Indoor Environment for Hot Climates、(7頁) (2014)
「Cost-Benefit Performance of Photovoltaics and Battery Storage Systems to Secure Load Leveling and Peak Shaving in City Block」

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 盛岡通: 技苑、Vol.136、93-100 (2013)
「低炭素社会技術システム研究の展望-2012年度報告-」
- 2) 尾崎平、盛岡通、野田圭祐: 土木計画学研究・講演集、49、CD-ROM(2014)
「非住宅建築物を中心とした街区群のエネルギーマネジメントに関する一考察」
- 3) 尾崎平、盛岡通、野田圭祐: 土木計画学研究・講演集、51、CD-ROM (印刷中) (2015)
「医療施設街区の熱電併給システムによる省エネルギー効果の推定」

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) 森川雄貴、野田圭祐、盛岡通、尾崎平: 日本環境共生学会学術大会発表論文集、Vol. 15、437-443 (2012)
「地区レベルでの蓄電池を用いた電力負荷平準化による費用効果算定モデルの構築-北九州市東田地区を事例として-」
- 2) 盛岡通: 関西大学先端科学技術シンポジウム講演集、Vol. 17、273-286 (2013)
「低炭素社会技術システムの研究成果」
- 3) 窪田隼人、盛岡通、尾崎平: 環境システム研究論文発表会講演集、Vol. 41、53-58 (2013)
「パーソントリップ調査をベースとしたCO2排出量の推定によるコンパクトな街区形成の低炭素化評価」
- 4) 野田圭祐、盛岡通、尾崎平: 日本環境共生学会学術大会発表論文集、Vol. 16、173-181 (2013)
「街区レベルでの太陽電池・蓄電池を用いた夏期・冬期別電力負荷削減効果の算定」
- 5) 尾崎平、盛岡通: 第10回 環境情報科学ポスターセッション (2013)
「夏期実測データに基づく事務所ビルのエネルギー消費特性の考察」
- 6) 野田圭祐、盛岡通、尾崎平: 環境システム研究論文発表会講演集、Vol. 42、89-96 (2014)
「街区群特性を考慮した電力需要プロファイルの作成と考察-神戸市を対象として-」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 12) 研究会 (2012年12月5日、関西大学 先端科学技術推進機構 2階会議室、参加者15名)
- 13) 研究会 (2013年3月2日、関西大学 先端科学技術推進機構 2階会議室、参加者12名)
- 14) 街区群単位の環境政策のための都市モデル (2014年6月8日、東北工業大学八木山キャンパス、論文数7本、参加者40名) 第49回土木計画学研究発表会企画論文部門セッション

- 15) 街区型環境未来都市モデルの構築とそれに基づく都市政策提案（2014年10月29-30日、マイドームおおさか、参加者55名） 建設技術展2014近畿ポスター展示
- 16) 街区型環境未来都市モデルの構築とそれに基づく都市政策提案（2015年1月23日、関西大学千里山キャンパス 100周年記念会館、参加者17名） 報告会

(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

- 1) 平成25年度 日本環境共生学会論文賞(2013年9月28日)
盛岡通：ごみ焼却施設の更新シナリオ分析に基づく広域化とエネルギー回収の評価
- 2) 第10回 環境情報科学ポスターセッション 一般の部、理事長賞(2013年12月6日)
尾崎平、盛岡通：夏期実測データに基づく事務所ビルのエネルギー消費特性の考察

8. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

District-Based Modeling of Energy-Related Urban Activities towards Sustainable Cities and Proposals of Policy Measures

Principal Investigator: Keiichi KITAZUME

Institution: Kansai University
3-3-35, Yamate-cho, Suita, Osaka 564-8680, JAPAN
Tel: +81-6-6368-0892 / Fax: +81-6-6330-3770
E-mail: kitazume@kansai-u.ac.jp

[Abstract]

Key Words: Low Carbon City, Districts, City Planning, Urban Transportation Policy, Energy Management

Infrastructures which are designed from the point of environmental view should maintain the value of sustainable stocks in the future. Assessment of the value requires a tool which analyzes individual and firm activities based on city districts as a spatial unit which is matched for his/her awareness of the value. The current research develops a simulation model which consistently represents choice activities of daily lives, accesses to town facilities with modes and energy systems accompanied with a management model of infrastructures. For that reason, the research has three sub-themes as management models of infrastructure, town facilities with their accesses and city environment and covers the theory of the compact city, improvement of QoL(Quality of Life) and re-design of energy infrastructures.

First, data related to individual and firm activities are collected by not only statistics, Population Census, Person Trip Survey and so on, but also some questionnaire surveys and measurement surveys of actual electric consumption of buildings. Second, simulation models or estimation models which are able to conduct each agent, that is individual, household, driver, car, owner, tenant and so on are developed. Third, some environmental policy measures from the point of view of energy management are inputted to the models and the outputs which represent the effects on each agent.

The results are as follows,

- 1) Community has considerable relations to electric saving activities not only in a house but also in the same districts. The community is also analysed by the function to land conditions and city planning which are able to be obtained from some statistics and observations. Therefore, government can carry out effective environmental policy measures to each individuals by observing tangible conditions of each districts.

- 2) The environmental policy measures for metropolitan area is different from for a local city. In the metropolitan area, it is important that variety of new modes considering environmental point of view are much required and space for pedestrians including good accessibility with public transits should be kept. On the other hand, in a local city, public transits supported by users and citizens are required and the car-sharing, small mobility, and eco-cars are more effective to the policy.
- 3) Energy management system which simulates electric demands in detail among residents, non-residents, business, commercial, and care facilities is developed. On the base of real data and the energy consumption profiles, quantity effects of energy management policy are calculated and estimated.