

# パーソントリップ調査をベースとした CO<sub>2</sub>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

窪田 隼人<sup>1</sup>・盛岡 通<sup>2</sup>・尾崎 平<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 (株)オオバ (元関西大学大学院) (〒541-0047大阪市中央区淡路町1-7-3)

<sup>2</sup>正会員 関西大学教授 環境都市工学部 (〒564-8680大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)  
E-mail:tmorioka@kansai-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 関西大学助教 環境都市工学部 (〒564-8680大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)  
E-mail:ozaki\_t@kansai-u.ac.jp

本研究の目的は、自治体の土地利用政策が、移動に伴うCO<sub>2</sub>排出量に与える影響を明らかにし、土地の空間構成上でコンパクトな市街地形成により、モビリティの面において低炭素型の都市を形成することが可能であることを検証することである。本稿では、神戸市を対象に、過去10年間に於ける市街地開発の側面から地区群を4つのタイプに分類した。「コンパクト志向の開発が行われた地区群」は住宅機能に加え、商業や従業機能などが多様に混合し、鉄道駅勢圏で集合住宅主体の開発が進められた地区であり、他の開発地区あるいは既存地区よりもモビリティの低炭素化がなされていた。このコンパクトな市街地形成がされた地区群は、戸建中心の開発が行われた地区群と比較して、一度のトリップにおいて通勤時で約55%、自由行動時では約63%モビリティ起因のCO<sub>2</sub>排出量が少なかった。また、その様な違いをもたらす主な土地利用の要因が、通勤行動では「住まい周りの従業利便性」、自由行動の場合は「都心からの距離」であることを明らかにした。

**Key Words :** compact city, mixed-use development, mobility management, CO<sub>2</sub> emission reduction, transport oriented development

## 1. 研究の背景と目的

低炭素都市の実現に向けた検討領域には、①都市デザイン、②モビリティデザイン、③エネルギーデザイン、④生活デザインの4つがある。これらは相互に関連するが、とりわけ①都市デザインと②モビリティデザインは特に密接な関係にあるので、個別に検討するよりも、コンパクトな土地空間利用を図る市街地の構成に合わせて公共交通の利用促進を行うなど、両者の適切な組み合わせ、融合策の検討が重要となる<sup>1)</sup>。実際に、都市計画マスタープラン等の自治体の計画でも、大都市圏の中核的な都市を中心に、低炭素化を志向したコンパクトシティを目標としてまちづくりを推進する動きが加速している<sup>2)</sup>。

しかし、現実の都市の動態を観察するには数年以上の時間経過が必要であり、コンパクトな市街地の形成の効果を検証した実証的研究は乏しく、各計画を具体化し実

行に移していく上で、信頼性のある情報が不足しているという事実がある。

本研究では、阪神淡路大震災以降、復興事業等を通して計画的にコンパクトなまちづくりを図ってきた神戸市を対象地域に、地区単位で、町丁目ごとの従業者・居住者数等の統計データより過去10年における市街地開発の面から一定の手続きに基づき地区を分類する。また、地区のコンパクト性を評価する指標を既往文献を参考に作成した。分類された地区をコンパクト性指標で特徴付け、また、パーソントリップ調査のデータと結びつけてモビリティ起因のCO<sub>2</sub>排出量を算出し、両者の関係性について統計解析することにより、各地区のCO<sub>2</sub>排出特性を評価した。以上の検討から、コンパクトな土地利用政策が、モビリティの面からも低炭素型街区の形成に寄与することを本研究の目的とした。

## 2. 本研究におけるコンパクトな市街地の定義と研究の手続き

### (1) 本研究におけるコンパクトな市街地の定義

「コンパクトな市街地」の語彙には多様な概念があり、国際的・国内的に共通化された定義はない。本研究では、コンパクトな市街地を「既成市街地に向けた（要件.1）中心性の高く高密度な（要件.2）市街地開発であり、機能が複合的に混在する（要件.3）ことにより、公共交通の成立可能性や徒歩での生活利便性が高まり、自動車交通の抑制にもつながる市街地」と定義する<sup>4)</sup>。

### (2) 研究の手続き

分析の共通の空間単位は、平成22年近畿圏パーソントリップ調査の最小単位である郵便番号ゾーン（以下地区）である。対象である神戸市は、801の地区で構成される。

本研究では、神戸市の都心の核であり、高度商業・業務機能の集積地である旧居留地を中心とした東は生田川から三宮、西は元町商店街・駅南までのエリア（22地区）を旧居留地隣接地域と呼称し、この地域の都市活動に誘発されるモビリティについて、以下の流れで二酸化炭素の量と特性を評価する。

- ①コンパクト志向の開発が行われた街区群（地区）の選定：前節で定義した要件.1、要件.2を対象街区群の特徴づけに用いる。市内の過去10年における地区ごとの人口や戸建住宅、集合住宅等の増減から、計画的にコンパクトなまちづくりを図った考えられる地区の選定を行う。
- ②地区のコンパクト性の評価：①において選定を行った地区について、要件.3より地区のコンパクト性を評価する指標を作成し、地区のコンパクト性の特性を評価する。
- ③居住地区のコンパクト性とモビリティ起因のCO<sub>2</sub>排出量との関係の分析：モビリティ起因のCO<sub>2</sub>排出量を目的変数とし、トリップの出発地のコンパクト性を説明変数とした重回帰式を作成し、地区のコンパクト化のモビリティ面における政策効果を推察する。

### 3. コンパクト志向の開発が行われた地区の選定

神戸市は、阪神・淡路大震災を経て得た教訓である「地域の結び付きの重要性」や環境共生の「時代の潮流」を踏まえ、いち早くコンパクトシティ構想を打ち出し、その実現のための模索を始めてきた<sup>4)</sup>。その傾向は人口や建築床面積等に現れる。

そこで、近年における神戸市（801地区）内の市街地開発の傾向を把握するため、国勢調査の統計データに注目し、平成12年から平成22年までの10年間の開発動向によって地区の分類を行う。地区の分類の手順は以下の通

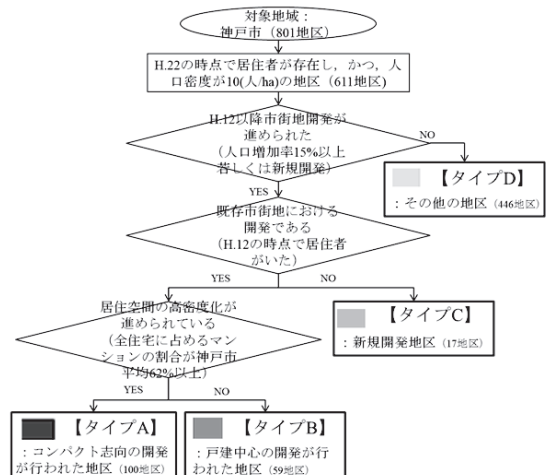


図-1 コンパクト志向の開発が行われた地区の選定までのフローチャート

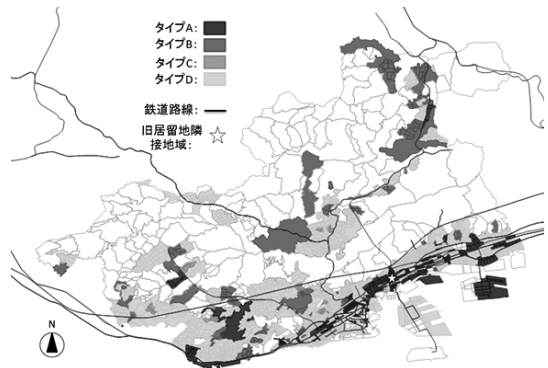


図-2 地区のコンパクト性の側面からの分類結果

りである。地区分類のフローチャートを図-1に示す。

- ①まず、神戸市内の市街地として神戸市内801地区から、平成22年の時点で居住者が存在し、かつ、人口密度が10(人/ha)以上の611地区を選出する。

この時、人口密度が10(人/ha)以上の地区を選出する理由としては、地域における市街地を特定するものとして「市街化区域」があるが、都市計画における市街化調整区域は計画論から決定されるものであり、必ずしも地域の実態を反映したものとは言えない。そのため、実態に即した市街地地域の特定のため、人口密度を線引きに用いた。今回は、神戸市の市街化調整区域とほぼ重なりを見せる人口密度10(人/ha)で線引きを行った。

- ②①で選出した611地区を対象に、H.12年以降の市街地開発として、震災以降の震災復興土地区画整理事業や震災復興市街地再開発事業地区とも重なりをみせる人口増加率15%を超える地区を区別して分類する。

- ③本研究ではコンパクトな市街地とは要件.1のように「既成市街地」での開発と定義しているため、平成12年の時点で居住者が存在した地区を区分する。

④最後に、要件2「高密度な市街地」より、本研究では、平成20年住宅・土地統計調査の結果より、神戸市全域での全住宅におけるマンションの割合62%を閾値に、この値より大きい地区を「コンパクト志向の開発が行われた地区」として選定した。

以上の手順により、神戸市内をタイプA～タイプDまでの4種類の地区に分類した(図-2)。既往研究<sup>5)</sup>によれば、集合住宅の住宅内エネルギー消費量は、戸建住宅のそれと比較して平均して6割程度に抑えられることが示されており、タイプA(コンパクト志向の開発が行われた地区)の街区群は、家庭内でのエネルギー消費においても低炭素型の都市構造と判断できる。そこで本研究では、土地利用政策に基づく種類の異なる都市開発がモビリティ由来のCO<sub>2</sub>排出量に与える影響を評価する。

#### 4. 地区のコンパクト性の分析及び評価

##### (1) 地区のコンパクト性の評価指標の作成

トリップ当たりのCO<sub>2</sub>発生量は、居住地の位置と利用交通手段によって決定されと考える。そこで、本研究では、3章で分類を行った神戸市内の611の地区に対し、居住場所の選択及び利用交通手段に影響を及ぼすと考えられる土地利用指標を以下のように作成する。

##### a) 土地利用用途の混合度合

各ゾーンにおける用途の混合度合を、Simpson's Diversity Index(式(1))を用いて算出した。既往研究<sup>6),7)</sup>では地域内の各用途の占めるボリュームを表すものとして都市計画基礎調査から用途別床面積(住居系、商業系、業務系)を用いているが、本研究では代替するデータとして平成22年国勢調査の町丁目別人口<sup>8)</sup>と平成21年経済センサス基礎調査の町丁目別産業別従業者数<sup>9)</sup>の値を用いて人口ボリュームで地域内の各用途の占めるボリュームを表現した。用途に関しては国勢調査の夜間人口を「住居系」に、表-1の経済センサスの産業別従業者数のうちで、自由行動を誘発すると考えられる産業の従業者数を「サービス系」に、その他の産業の従業者数を「商業・業務系」として、3種類の用途別床に相当させ分類した。

$$\text{土地利用用途混合度} = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{ni(ni-1)}{100(100-1)} \quad (1)$$

$n$ : 地域内の用途別人口ボリュームの構成比(住居系、サービス系、商業系人口ボリュームの構成比を使用)

##### b) 鉄道利便性、バス利便性

神戸市内の鉄道駅11カ所、およびバス停1722カ所からの一定圏域が各地区の面積に占める割合を「鉄道利便性」、「バス利便性」として算出した。一定圏域とは、既往研究<sup>8)</sup>より鉄道駅に関しては半径500m、バス停に関しては半径300mとし、各圏域が重複している個所に関しては、

表-1 「サービス系」「工業・業務系」での産業の分類

| 本研究の分類 | 経済センサスにおける産業分類        |
|--------|-----------------------|
| サービス系  | 宿泊業、飲食サービス業、教育、学習支援業  |
|        | 生活関連サービス業、娯楽、医療、福祉    |
|        | 学術研究、技術サービス業、複合サービス事業 |
|        |                       |
| 工業・業務系 | 農業、林業、漁業、情報通信業        |
|        | 鉱業、採石業、砂利採取業、運輸業、郵便業  |
|        | 建設業、金融業、保険業           |
|        | 製造業、不動産業、物品賃貸業        |
|        | 電気・ガス・熱供給・水道、卸売業、小売業  |
|        |                       |

面積も重複させて計算した。

##### c) 住まい周りの住宅集中度、商業利便性、従業利便性

トリップの出発地点である住まいの周辺における住宅地の集中度合、商業施設の充実度、従業場所の充実度を式(2)の様に算出する。

$$R_i = \sum_{j=1}^n A_j / D_{ij} \quad (2)$$

$R$ : 住まい周りの住宅集中度、商業利便性、従業利便性

$A$ : 住宅集中度(居住系人口)

従業利便性(従業員数(サービス系+業務・工業系))

商業利便性(従業員数(サービス系))

$D$ : 各町丁目間の直線距離

##### d) 都心からの距離

本研究では神戸市中心を三宮町1丁目と設定し、郵便番号ゾーンの重心までの直線距離を「都心からの距離」として算出・利用した。

##### (2) 地区のコンパクト性の算出結果

分類を行った4街区群ごとにコンパクト指標を算出した結果(平均値)を表-2に示す。タイプA(コンパクト志向の開発が行われた地区)は都心からの距離も短く、集合住宅戸数比率、サービス等へのアクセス、住居集中度、混合度等が高く、他と顕著な差がある。

このことより、タイプAはいずれのコンパクト指標の評価が高く、該当する神戸市内100の地区は住まいの周りに住宅が集中し、商業機能や従業機能も備えており、用途混合が高く、鉄道駅勢圏で集合住宅主体の開発が進められた地区と言うことができ、低炭素化街区の空間的特性を基盤として備えたコンパクトな街区群とみなせる。

表-2 地区別コンパクト指標の算出結果

|                 | タイプA<br>コンパクト志向の開発<br>が行われた地区 | タイプB<br>戸建中心の開発<br>が行われた地区 | タイプC<br>新規開発<br>地区 | タイプD<br>その他の<br>地区 |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| 地区数             | 100                           | 59                         | 17                 | 446                |
| 土地利用用途の<br>混合度合 | 0.45                          | 0.28                       | 0.07               | 0.33               |
| 鉄道利便性           | 1.42                          | 0.65                       | 0.37               | 0.64               |
| バス利便性           | 2.57                          | 1.35                       | 1.57               | 1.50               |
| 住まい周りの<br>住宅集中度 | 281.6                         | 215.0                      | 234.3              | 237.5              |
| 住まい周りの<br>従業利便性 | 194.0                         | 103.9                      | 120.8              | 125.3              |
| 住まい周りの<br>商業利便性 | 133.7                         | 71.1                       | 83.5               | 85.7               |
| 都心からの<br>距離(km) | 5.6                           | 12.2                       | 10.7               | 10.0               |

## 5. 居住地区のコンパクト性とモビリティ起因のCO<sub>2</sub>排出量との関係の分析

### (1) 分析の目的及び方法の概要

5章では、以下の2点を目的とした分析を行う。

①都市の空間開発と連携したモビリティ政策が実現し、モビリティの側面において低炭素化の効果が表れているかを明らかにすること

②総じて低炭素化の効果が表れているとすると、地区のコンパクト指標のいずれがモビリティの低炭素化に対して寄与しているかを明らかにすること

以上の目的のために、3章の4地区の類型に注目し、各地区発のパーソントリップが排出すると推定される「モビリティ起因のCO<sub>2</sub>排出量」を目的変数とし、そのトリップの発する各地区のコンパクト指標等を説明変数として、変数選択法による重回帰分析を行った。

パーソントリップ調査のデータを活用したモビリティ起因の二酸化炭素排出量と都市構造の関係性について重回帰分析を行った研究としては、既に高橋ら<sup>9)</sup>の研究があるが、これまでの街区ごとの開発過程での空間構成や用途混合の違いをパーソントリップと結びつけて解析するものではない。本研究では、それぞれの地域から都心部への通勤及び都市交流（自由行動）等の空間移動の際に、交通手段選択および二酸化炭素排出量が発地点の土地利用や属性によって異なるという点に注目し詳細に分析を行う。

今回は、対象都市の都心に相当する旧居留地隣接地域への通勤と都市交流に注目し、「平日 通勤目的」及び「休日 自由行動」のモビリティを対象とした。

### (2) モビリティ起因CO<sub>2</sub>排出量の算出

人の移動により排出されるCO<sub>2</sub>の算出には平成22年近畿圏パーソントリップ調査のデータ<sup>10)</sup>を用い、各トリップの代表交通手段と移動距離から式(3)のように算出を行った。算出の際に用いた移動手段別CO<sub>2</sub>排出原単位は表-3に示す<sup>11)12)</sup>。

このとき、本来であれば同じパーソンでなければ「平日の出勤行動」と「休日の自由行動」での比較はできないが、各サンプル属性は、自由行動には年少人口及び老年人口が含まれるものの、男女の生産年齢人口が7~9割程度を占めるというバランス自体は変わらないため、両目的の行動間の比較は可能であると判断した。

$$CO_2 \text{ 排出量} (g - CO_2 / \text{トリップ}) \\ = \text{移動距離} (km) \times \text{代表移動手段別排出原単位} (g - CO_2 / \text{人} \cdot km) \quad (3)$$

### (3) 土地利用タイプ別のモビリティ起因CO<sub>2</sub>排出量の算出結果及び考察

各タイプの地区から神戸市旧居留地隣接地域への移動の際に発生するCO<sub>2</sub>排出量の結果を表-4に示す。また、

神戸市全域を目的地とした場合の算定結果も併せて記す。

旧居留地隣接地域へのモビリティについて考察を行った結果、以下の2点が明らかになった。

①通勤行動、自由行動共にタイプA（コンパクト志向の開発が行われた地区）が最もCO<sub>2</sub>排出量が少なく、通勤時平均165(g-CO<sub>2</sub>/trip)、自由行動時平均245(g-CO<sub>2</sub>/trip)という結果が得られた。

②市内で過去10年において既存市街地での開発が進められてきたタイプAとタイプBの地区群を比較してみると、通勤時で約55%、自由行動時では約63%、タイプAに該当する地区群を発とするトリップの方が移動の際に生じるCO<sub>2</sub>排出量が少ないことが分かる。このことより、コンパクトな市街地開発がモビリティの面において低炭素型の街区群を形成しているといえる。

神戸市全域への移動の場合も、タイプAの地区群からモビリティが最も低炭素型であるという旧居留地への移動の場合と同様の傾向を示した。

ここで、全体的に出勤行動時に比べて自由行動時の排出量が高くなっている原因は、表-5に示すように自動車の利用頻度が高いことにある。通勤行動時には目的地（オフィス等）に長時間滞在するために駐車場の確保等が難しく、公共交通の利用を優先するのに対して、短時間・単発的な行動である買い物等の自由行動の場合では、自動車を利用するユーザーの好みが目立つからである。

表-3 代表交通手段別CO<sub>2</sub>排出原単位

|                                                   | 鉄道 | バス | 自動車 | バイク |    | 自転車 | 徒歩 |
|---------------------------------------------------|----|----|-----|-----|----|-----|----|
|                                                   |    |    |     | 自二輪 | 原付 |     |    |
| CO <sub>2</sub> 排出原単位<br>(g-CO <sub>2</sub> /人km) | 18 | 48 | 165 | 92  | 31 | 0   | 0  |

表-4 各タイプの地区を発とするモビリティ起因CO<sub>2</sub>排出量

|           |                                 | タイプA              | タイプB           | タイプC      | タイプD        |
|-----------|---------------------------------|-------------------|----------------|-----------|-------------|
|           |                                 | コンパクト志向の開発が行われた地区 | 戸建中心の開発が行われた地区 | 新規開発地区    | その他の地区      |
| 旧居留地隣接地域へ | 該当地区数                           | 67/100(地区)        | 26/59(地区)      | 12/17(地区) | 282/572(地区) |
|           | 通勤<br>サンプル数                     | 245               | 100            | 31        | 748         |
|           | CO <sub>2</sub> 排出量<br>(g-trip) | 164.7             | 363.8          | 203.5     | 284.3       |
|           | 自由<br>サンプル数                     | 65/100(地区)        | 19/59(地区)      | 8/17(地区)  | 238/572(地区) |
| 神戸市全域へ    | 該当地区数                           | 67/100(地区)        | 26/59(地区)      | 12/17(地区) | 282/572(地区) |
|           | 通勤<br>サンプル数                     | 292               | 91             | 15        | 788         |
|           | CO <sub>2</sub> 排出量<br>(g-trip) | 245.0             | 667.6          | 495.9     | 402.0       |
|           | 自由<br>サンプル数                     | 1512              | 736            | 159       | 6121        |
|           | CO <sub>2</sub> 排出量<br>(g-trip) | 224.9             | 479.3          | 398.7     | 373.5       |
| 神戸市全域へ    | 通勤<br>サンプル数                     | 2581              | 1419           | 262       | 11457       |
|           | CO <sub>2</sub> 排出量<br>(g-trip) | 268.9             | 452.8          | 488.1     | 341.8       |

表-5 各地区群を発とするモビリティに占める自動車分担率

|          |    | タイプA | タイプB | タイプC | タイプD |
|----------|----|------|------|------|------|
| 居留地隣接地域へ | 通勤 | 6%   | 25%  | 6%   | 9%   |
|          | 自由 | 12%  | 38%  | 35%  | 21%  |
| 神戸市全域へ   | 通勤 | 15%  | 37%  | 31%  | 25%  |
|          | 自由 | 33%  | 63%  | 63%  | 42%  |

#### (4) モビリティ起因 CO<sub>2</sub> 排出量に影響を与える要因の分析及び考察

前節では、土地利用や用途混合の違いにより、モビリティ起因の CO<sub>2</sub> 排出量が異なることを明らかにした。本節では、この結果を左右した要因を明らかにするために、変数増減法による重回帰を行った。このとき、神戸市全域をサンプルとした分析に加え、各タイプの地区群での個別的分析も併せて行った。結果を表-6 に示す。

神戸市全域のモビリティ起因の CO<sub>2</sub> 排出量を左右する要因について考察を行った結果、次の2点が明らかになった。この時、変数増減法により選択された変数のうち、有意確率が5%以下の変数(表-6：灰色)について解釈を行った。

表-6 旧居留地隣接地域へのモビリティの CO<sub>2</sub> 排出量に関する重回帰分析の結果

発地点

神戸市全域

(重相関係数:0.34, サンプル数:1124)

|         | 偏回帰係数 | 標準偏回帰係数 | 平均    | 標準偏差  | 有意確率   | 目的変数との相関 |       |       |
|---------|-------|---------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|
|         |       |         |       |       | P値     | 判定       | 単相関   | 偏相関   |
| 鉄道利便性   | -18.0 | -0.06   | 0.86  | 1.19  | 0.12   |          | -0.22 | -0.05 |
| バス利便性   |       |         |       |       |        |          |       |       |
| 用途混合度   |       |         |       |       |        |          |       |       |
| 住宅集中度   | -0.6  | -0.08   | 247.4 | 48.07 | 0.09   |          | -0.27 | -0.05 |
| 従業利便性   | -5.1  | -1.06   | 134.0 | 77.54 | 0.03*  |          | -0.31 | -0.07 |
| 商業利便性   | 6.2   | 0.91    | 93.0  | 55.15 | 0.06   |          | -0.31 | 0.06  |
| 都心からの距離 | 6.5   | 0.10    | 9.7   | 5.86  | 0.07   |          | 0.31  | 0.05  |
| 定数項     | 465.9 |         |       |       | 0.00** |          |       |       |

発地点

タイプA

(重相関係数:0.48, サンプル数:245)

|         | 偏回帰係数 | 標準偏回帰係数 | 平均    | 標準偏差  | 有意確率   | 目的変数との相関 |       |       |
|---------|-------|---------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|
|         |       |         |       |       | P値     | 判定       | 単相関   | 偏相関   |
| 鉄道利便性   |       |         |       |       |        |          |       |       |
| バス利便性   |       |         |       |       |        |          |       |       |
| 用途混合度   |       |         |       |       |        |          |       |       |
| 住宅集中度   | -1.0  | -0.13   | 269.2 | 41.16 | 0.13   |          | -0.40 | -0.10 |
| 従業利便性   |       |         |       |       |        |          |       |       |
| 商業利便性   |       |         |       |       |        |          |       |       |
| 都心からの距離 | 22.3  | 0.38    | 6.0   | 5.65  | 0.00** |          | 0.47  | 0.28  |
| 定数項     | 307.9 |         |       |       | 0.13   |          |       |       |

発地点

タイプB

(重相関係数:0.31, サンプル数:100)

|         | 偏回帰係数  | 標準偏回帰係数 | 平均    | 標準偏差  | 有意確率   | 目的変数との相関 |       |       |
|---------|--------|---------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|
|         |        |         |       |       | P値     | 判定       | 単相関   | 偏相関   |
| 鉄道利便性   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| バス利便性   | 104.1  | 0.15    | 0.73  | 0.74  | 0.12   |          | 0.15  | 0.16  |
| 用途混合度   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| 住宅集中度   | -3.4   | -0.27   | 223.5 | 41.35 | 0.01** |          | -0.27 | -0.28 |
| 従業利便性   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| 商業利便性   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| 都心からの距離 |        |         |       |       |        |          |       |       |
| 定数項     | 1044.1 |         |       |       | 0.00** |          |       |       |

発地点

タイプC

(重相関係数:0.54, サンプル数:31)

|         | 偏回帰係数  | 標準偏回帰係数 | 平均   | 標準偏差 | 有意確率   | 目的変数との相関 |      |      |
|---------|--------|---------|------|------|--------|----------|------|------|
|         |        |         |      |      | P値     | 判定       | 単相関  | 偏相関  |
| 鉄道利便性   |        |         |      |      |        |          |      |      |
| バス利便性   | 97.3   | 0.35    | 1.60 | 1.33 | 0.04*  |          | 0.25 | 0.38 |
| 用途混合度   |        |         |      |      |        |          |      |      |
| 住宅集中度   |        |         |      |      |        |          |      |      |
| 従業利便性   |        |         |      |      |        |          |      |      |
| 商業利便性   |        |         |      |      |        |          |      |      |
| 都心からの距離 | 32.3   | 0.49    | 9.2  | 5.62 | 0.01** |          | 0.42 | 0.50 |
| 定数項     | -247.5 |         |      |      | 0.10   |          |      |      |

発地点

タイプD

(重相関係数:0.28, サンプル数:748)

|         | 偏回帰係数 | 標準偏回帰係数 | 平均    | 標準偏差  | 有意確率   | 目的変数との相関 |       |       |
|---------|-------|---------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|
|         |       |         |       |       | P値     | 判定       | 単相関   | 偏相関   |
| 鉄道利便性   |       |         |       |       |        |          |       |       |
| バス利便性   | 17.5  | 0.05    | 1.77  | 1.06  | 0.15   |          | 0.02  | 0.05  |
| 用途混合度   |       |         |       |       |        |          |       |       |
| 住宅集中度   | -0.5  | -0.07   | 244.1 | 48.72 | 0.16   |          | -0.22 | -0.05 |
| 従業利便性   | -7.3  | -1.03   | 115.7 | 50.93 | 0.02*  |          | -0.27 | -0.08 |
| 商業利便性   | 8.2   | 0.81    | 79.8  | 35.53 | 0.08   |          | -0.26 | 0.06  |
| 都心からの距離 |       |         |       |       |        |          |       |       |
| 定数項     | 561.8 |         |       |       | 0.00** |          |       |       |

自由

発地点

神戸市全域

(重相関係数:0.45, サンプル数:1186)

|         | 偏回帰係数  | 標準偏回帰係数 | 平均    | 標準偏差  | 有意確率   | 目的変数との相関 |       |       |
|---------|--------|---------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|
|         |        |         |       |       | P値     | 判定       | 単相関   | 偏相関   |
| 鉄道利便性   | -37.0  | -0.08   | 0.98  | 1.23  | 0.02*  |          | -0.25 | -0.07 |
| バス利便性   | 17.5   | 0.07    | 2.22  | 2.35  | 0.03*  |          | -0.12 | 0.06  |
| 用途混合度   | -273.4 | -0.09   | 0.33  | 0.18  | 0.01** |          | -0.28 | -0.08 |
| 住宅集中度   | -1.0   | -0.08   | 255.2 | 47.08 | 0.03*  |          | -0.32 | -0.06 |
| 従業利便性   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| 商業利便性   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| 都心からの距離 | 36.1   | 0.33    | 7.8   | 5.42  | 0.00** |          | 0.44  | 0.24  |
| 定数項     | 438.4  |         |       |       | 0.00** |          |       |       |

発地点

タイプA

(重相関係数:0.54, サンプル数:292)

|         | 偏回帰係数  | 標準偏回帰係数 | 平均    | 標準偏差  | 有意確率   | 目的変数との相関 |       |       |
|---------|--------|---------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|
|         |        |         |       |       | P値     | 判定       | 単相関   | 偏相関   |
| 鉄道利便性   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| バス利便性   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| 用途混合度   | -407.9 | -0.13   | 0.45  | 0.15  | 0.04*  |          | -0.37 | -0.12 |
| 住宅集中度   | -2.4   | -0.21   | 271.5 | 40.52 | 0.00** |          | -0.45 | -0.17 |
| 従業利便性   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| 商業利便性   |        |         |       |       |        |          |       |       |
| 都心からの距離 | 26.9   | 0.29    | 5.4   | 4.95  | 0.00** |          | 0.51  | 0.19  |
| 定数項     | 940.7  |         |       |       | 0.00** |          |       |       |

発地点

タイプB

(重相関係数:0.36, サンプル数:91)

|         | 偏回帰係数  | 標準偏回帰係数 | 平均   | 標準偏差 | 有意確率   | 目的変数との相関 |       |       |
|---------|--------|---------|------|------|--------|----------|-------|-------|
|         |        |         |      |      | P値     | 判定       | 単相関   | 偏相関   |
| 鉄道利便性   | -248.7 | -0.33   | 0.63 | 0.91 | 0.00** |          | -0.31 | -0.33 |
| バス利便性   |        |         |      |      |        |          |       |       |
| 用途混合度   | -835.0 | -0.17   | 0.23 | 0.14 | 0.09   |          | -0.14 | -0.18 |
| 住宅集中度   |        |         |      |      |        |          |       |       |
| 従業利便性   |        |         |      |      |        |          |       |       |
| 商業利便性   |        |         |      |      |        |          |       |       |
| 都心からの距離 |        |         |      |      |        |          |       |       |
| 定数項     | 1018.2 |         |      |      | 0.00** |          |       |       |

発地点

タイプC

(重相関係数:0.89, サンプル数:15)

|         | 偏回帰係数   | 標準偏回帰係数 | 平均    | 標準偏差  | 有意確率   | 目的変数との相関 |       |       |
|---------|---------|---------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|
|         |         |         |       |       | P値     | 判定       | 単相関   | 偏相関   |
| 鉄道利便性   |         |         |       |       |        |          |       |       |
| バス利便性   | 357.3   | 0.82    | 1.14  | 1.13  | 0.01** |          | 0.07  | 0.72  |
| 用途混合度   | -3340.3 | -1.34   | 0.19  | 0.20  | 0.00** |          | -0.75 | -0.86 |
| 住宅集中度   | 9.4     | 0.67    | 271.1 | 34.75 | 0.03*  |          | -0.41 | 0.61  |
| 従業利便性   |         |         |       |       |        |          |       |       |
| 商業利便性   |         |         |       |       |        |          |       |       |
| 都心からの距離 |         |         |       |       |        |          |       |       |
| 定数項     | -1840.6 |         |       |       | 0.09   |          |       |       |

発地点

タイプD

(重相関係数:0.44, サンプル数:788)

|         | 偏回帰係数 | 標準偏回帰係数 | 平均   | 標準偏差 | 有意確率   | 目的変数との相関 |       |       |
|---------|-------|---------|------|------|--------|----------|-------|-------|
|         |       |         |      |      | P値     | 判定       | 単相関   | 偏相関   |
| 鉄道利便性   | -53.6 | -0.08   | 0.75 | 0.93 | 0.02*  |          | -0.22 | -0.08 |
| バス利便性   | 39.5  | 0.08    | 1.87 | 1.19 | 0.02*  |          | 0.02  | 0.08  |
| 用途混合度   |       |         |      |      |        |          |       |       |
| 住宅集中度   |       |         |      |      |        |          |       |       |
| 従業利便性   |       |         |      |      |        |          |       |       |
| 商業利便性   |       |         |      |      |        |          |       |       |
| 都心からの距離 | 45.6  | 0.41    | 8.3  | 5.39 | 0.00** |          | 0.43  | 0.39  |
| 定数項     | -17.9 |         |      |      | 0.74   |          |       |       |

## 6. 結論及び今後の課題

神戸市を対象に平成12年以降の土地利用政策に基づく市街地開発の形態から分類を行い、コンパクト性を評価し、分類した地区郡ごとに、モビリティ起因CO<sub>2</sub>排出量及びそれに関わる都市空間の要因の違いについて重回帰分析を行うことを通じて、以下の通り結果が得られた。

- ① 今回設定したコンパクト指標を用いて評価した結果、「コンパクト志向の開発が行われた街区群」(タイプA)は住宅が集中し、商業機能や従業機能も備えており、用途混合が高く、鉄道駅勢圏で集合住宅主体の開発が進めた地区であった。この結果より、この街区群は、低炭素化街区の空間的特性を基盤として備えたコンパクトな街区群とみなせる。
- ② コンパクト志向の開発がなされた街区群を発とするモビリティ起因のCO<sub>2</sub>排出量は、他の開発がなされた地区群あるいは既存の地区群に比べて最も少なく、通勤時で平均165(g/trip)、自由行動時で平均245(g/trip)という結果が得られた。「戸建中心の開発が行われた地区群」と比較すると、通勤時で約55%、自由行動時では約63%排出量が少ない。従前より、住宅内CO<sub>2</sub>排出量は、戸建てよりも集合住宅の方が少ないことは示されており、本結果により、コンパクトな市街地開発がモビリティの面においても低炭素型の街区群を形成していることが推察できた。
- ③ モビリティ起因のCO<sub>2</sub>排出量削減に最も定量的効果を持つ土地利用の要因とし、通勤目的の場合は「住まい周りの従業利便性」、自由行動(都市交流)の場合は「都心からの距離」であることを明らかにした。

今後は、モビリティと市街化開発や居住地選択との相互の関連や影響について、明らかにしていく必要がある。

謝辞：本研究を遂行するにあたりご協力頂いた、神戸市役所都市計画総局の関係各位に、厚く御礼申し上げます。

また、本研究は環境研究総合推進費(1E-1202、研究代表者：北詰恵一)の助成を得て行った研究の一部であり、関西大学 先端科学技術推進機構 健康まちづくりのためのソーシャルデザイン研究グループの活動の一環である。

## 参考文献

- 1)中央環境審議会 地球環境部会 2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会：地域づくりWGとりまとめ、2012.4.
- 2)谷口守、肥後洋平、落合淳太：都市計画マスタープランに見る低炭素化のためのコンパクトシティ政策の現状、環境システム研究論文集 第40巻、2012.10.
- 3)箱崎幸佑、久隆浩：都市構造のコンパクトシティとしての評価に関する研究、2005.
- 4)国土交通省 国土技術政策総合研究所：市街地の再生技術に関する研究、2006.3.
- 5)長谷川善明、井上隆：全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究、日本建築学会環境計論文集 第583号、22-28、2004.
- 6)高橋美保子：土地利用が都市の持続可能性に与える影響に関する研究-福岡市を事例としたLCCO<sub>2</sub>分析-
- 7)高橋美保子、出口敦、西川秀樹：移動アクティビティにより排出されるCO<sub>2</sub>と土地利用の関係に関する研究-福岡市を事例として、日本建築学会計画系論文集(588)、pp.103-109、2005.2
- 8)神戸市 HP>神戸の統計>人口統計>神戸市町別世帯数年齢(5歳階級) 別人口(平成12年、22年国勢調査)、
- 9)神戸市 HP>神戸の統計>平成21年経済センサス-活動調査>神戸市町別事業所数従業者数(民営)
- 10)京阪神都市圏交通計画協議会：平成22年近畿圏パーソナリティップ調査
- 11)交通エコロジー・モビリティ財団：運輸・交通と環境2011年度版、2011.11.
- 12)国立環境研究所：市区町村の運輸部門CO<sub>2</sub>排出量の推計手法に関する比較研究、2004

(2013. 7. 19 受付)

## CARBON EMISSION ACCOUNTING DUE TO PERSON TRIP TO BUSINESS ZONE FROM COMPACT LAND USE AREA IN KOBE

Hayato KUBOTA, Tohru MORIOKA and Taira OZAKI

The purpose of this paper is to Account CO<sub>2</sub> emission due to person trip to business zone from compact land use area. In the case of commuting, compact land use areas are compact has approximately 55% fewer CO<sub>2</sub> emission in one trip than the block group where detached housing estate was performed. In the case of free action, there are approximately 63% fewer them. I clarified the difference that a factor of the land use brought. There are two factors; "an action at the time of the commuting" and "a free action". An action at the time of the commuting is "convenience of the employment in the sphere of life". The free action is "distance from the business zone".