環境配慮建築物の性能とその地域特性に関する研究

－ 横浜市の集合住宅における CASBEE 届出データの地理空間分析 －

THE RELATION BETWEEN PERFORMANCE OF
GREEN BUILDINGS AND AREA CHARACTERISTICS

－ Spatial analysis of CASBEE assessment data on apartment buildings in Yokohama City －

鈴木 悠太*, 川久保 俊**, 出口 清孝***

Yuta SUZUKI, Shun KAWAKUBO and Kiyotaka DEGUCHI

Building usage and performance is closely tied to area characteristics. The relation between environmental performance of green buildings and area characteristics is elucidated here by analyzing numerical data on domestic land, using official statistics in Japan together with assessment data from the Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE) tool and geographic data. Apartment buildings in Yokohama City were analyzed, with hotspot analysis showing a statistically significant hotspot in northwest Yokohama. Furthermore, overlay mapping revealed that the environmental performance of apartment buildings in Yokohama varies with levels of commuting, living alone, and income.

Keywords: CASBEE, GIS, hotspot analysis, environmental performance, apartment buildings

CASBEE, GIS, ホットスポット分析, 環境性能, 集合住宅

1. はじめに

建築物の用途や性能は、建設地の地域特性と密接な関係がある。例えば、住宅や公共建築物は居住者や利用者等の利便性を考慮し、公共交通機関の沿線を中心に建設される傾向がある。また、地域の人口構造によって、当然建築物に求められる用途や性能は異なる。世帯の構成人員や居住者の年齢層、ライフステージを十分考慮し、地域ごとに必要な性能を持った用途建築が建設される。このように、建築物は様々な地域特性を加味した上で設計されている。

我が国には建築単体や周辺街区、都市の総合環境性能を評価するシステム CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) が整備されている。自治体版 CASBEE は建築物単体を対象とした CASBEE-建築 (新築) や CASBEE-戸建 (新築) などを基準としつつ、地域の特性に応じて評価項目や重み係数などに修正が加えられた評価システムとなっている¹⁾。これは地域によって気候や風土、歴史、経済構造、インフラ整備度合いに差異があり、建築物に求められる環境配慮が異なるためである。2004年に名古屋市が全国で初めて CASBEE 評価結果の届出制度を導入以降、10 年が経過した 2014 年時点で全国の 24 の自治体が CASBEE を導入しており、累積で 10,129 件の届出がされている (2014 年 3 月 31 日時点)^{注1)}。各自治体は CASBEE の評価結果に

応じて容積率緩和や住宅ローンの金利優遇、顕彰制度の創設などのインセンティブを建築主に付与している。CASBEE による建築物の評価結果は各自治体のウェブサイトにて公表されている。

自治体版 CASBEE の評価結果を整理、分析した研究は過去にも複数報告されている^{2) ~ 3)}。しかし、地域特性との関連にまで言及した研究はあまり報告されていない。研究対象と地域特性との関連を見出すための手法として近年ではしばしば地理情報システム (GIS: Geographic Information System) が用いられる。特に土木や都市工学、計画行政、地理情報などの分野で GIS を用いた研究が数多く実施されている。建築分野においても GIS の活用は広がっており、様々な用途建築の地域特性に関する研究^{4) ~ 14)}、土地利用と屋外環境に関する研究^{15) ~ 18)}、都市の人口流動に関する研究^{19) ~ 20)}、地域環境評価に関する研究^{21) ~ 22)}、市街地の防災に関する研究^{23) ~ 25)}、街路の計画に関する研究^{26) ~ 27)}、市街地におけるエネルギー消費量に関する研究^{28) ~ 29)}、特定の疾病や死者数の地域偏在性に関する研究^{30) ~ 31)}、犯罪発生パターンに関する研究^{32) ~ 33)} など数多くの研究で用いられている。

本研究では、GIS を用いて公表されている自治体版 CASBEE の評価結果を空間分析し、国土数値情報や政府統計情報と重ね合わせることで環境配慮建築物の性能と地域特性との関連性を明らかにする。

* 法政大学大学院デザイン工学研究科建築学専攻
修士課程

** 法政大学デザイン工学部建築学科 助教・博士(工学)

*** 法政大学デザイン工学部建築学科 教授・工博

Grad. Student, Major in Architecture, Graduate School of Engineering and Design,
Hosei UniversityAssistant Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering and Design, Hosei
University, Dr. Eng.Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering and Design, Hosei University, Dr.
Eng.

2. 研究概要

2.1 研究手順

GIS^{注2)}を用いて自治体版 CASBEE の数値情報を地理空間分析する。GIS とは、様々な数値情報を地図上で管理、分析し、情報の地理関係を視覚的に認識しやすくするシステムである。空間的自己相関分析をはじめとする各種空間分析を行うことが可能である他、地図を複数重ね合わせることも可能で、結果表示方法も多様である。

始めに、分析に用いるデータベースを作成するために公表されている CASBEE データの収集を行う。これらのデータは自治体版 CASBEE の導入を行っている全 24 自治体のウェブサイトから収集する。本研究で収集した項目は、建築物名称、建設地住所、建築物用途、建築主、設計者、敷地面積、延床面積、竣工年、各得点 (BEE、Q、L、SQ、SLR、Q1、Q2、Q3、LR1、LR2、LR3)^{注3)}、評価に用いられたソフト^{注4)}、届出年度の全 21 項目である。建設地住所は住居表示や地番表示などが混在しており、表記が統一されていない。GIS 上で統一的に扱うために全て緯度経度情報に変換する。

上記の手順で収集した建築物情報は GIS 上で統一的に管理する。GIS でデータを管理することによって、鉄道路線図などの他の情報と重ね合わせることが可能となる。収集した建築物のデータは原則ポイントデータとして取り扱うが、これらのポイントデータを加工せずにそのまま地図にプロットするとデータの地域偏在性が視覚的に認識しづらい。そこで、本研究においては地理空間分析の一種であるホットスポット分析を行う。ホットスポット分析を行うことによって分析前よりもデータの地域偏在性が認識しやすくなる。このホットスポット分析を行った地図に国土数値情報や政府統計情報を重ね合わせ、対象建築物の性能と地域特性の関係を明らかにする。

2.2 分析対象建築物の決定要件

各自治体が公表している CASBEE 評価データを収集し、用途別、自治体別に届出件数の集計を行う。データを統計処理するためには十分なサンプル数の確保が必要である。また、用途により建築物に求められる性能は異なるため評価結果の傾向も異なり得る。上記を鑑みて今回は届出件数の最も多い単一の用途建築を分析対象とする。

2.3 ホットスポット分析の概要

対象建築物の地域特性を見出すためにホットスポット分析を行う。ホットスポット分析とは、地理空間分析の一種でホットスポットとコールドスポットを特定するものであり、空間内のフィーチャ^{注5)}をクラスタリングする分析手法である。ホットスポットとは、ある高い値を持つフィーチャが同じ様に高い値を持つ別のフィーチャに囲まれている場所を指す。一方、コールドスポットとは、低い値を持つフィーチャが同じ様に低い値を持つ別のフィーチャに囲まれている場所を指す。あるフィーチャの周囲に高い値を持つフィーチャと低い値を持つフィーチャが混在している際はホットスポットにもコールドスポットにも属しないと解釈される。本研究では着目するフィーチャがホットスポットでもコールドスポットでもないという帰無仮説の下、BEE (環境効率: Built Environment Efficiency) 値の Getis-Ord Gi*統計値を算出する。加えて p 値と Z スコア^{注6)}を算出する。p 値が 0.05 以下 (Z スコア 1.96 以上または -1.96 以下) の時、帰無仮説は棄却される。フィーチャの Z スコアが 1.96 以上の時はホットスポット、-1.96 以下の時はコールドスポットであることを表す。以下に Getis-Ord Gi*統計値の算出式^{3,4)}を記す。

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} [-] \quad \cdots (1)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad \cdots (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad \cdots (3)$$

x_j : フィーチャ j の属性値

w_{ij} : フィーチャ i と フィーチャ j の間の空間ウエイト

n : フィーチャの総数

S : フィーチャの母集団の標準偏差

ホットスポット分析をする際に Gi*統計値の算出領域を決定する必要がある。本研究では着目するフィーチャを中心としたある固定距離^{注7)}を半径とする円内を算出領域とする。固定距離は、空間的自己相関分析^{注8)}を行うことで算出する。空間的自己相関分析では、Z スコアがピークとなる距離を計算によって算出する。Z スコアがピークとなる距離では空間内のクラスタ化が最も顕著になる。空間的自己相関分析を行うことで得られる Z スコアがピークとなる距離をホットスポット分析の固定距離として用いる。領域内に含まれる各フィーチャには上記 (1) 式の空間ウエイトに 1 を与え、領域外の各フィーチャには空間ウエイトに 0 を与える。

3. 研究結果

3.1 分析対象建築物の決定

各自治体が公表している CASBEE の評価データを用途別に整理した (図 1)。その結果、集合住宅 (42%) と工場 (14%) で約半数を占めることが明らかになった。これは多くの自治体が CASBEE 評価結果の届出を義務付ける基準として延床面積 2,000 m²以上^{注9)}を採用しているためであると考えられる。統計処理上の観点から、十分な数のサンプルが必要であるため、本研究の対象建築物を届出件数の最も多い集合住宅 (4,296 件) とした。しかし、この 4,296 件のデータには複合用途建築が混在している。複合用途建築の場合、集合住宅以外の用途に関係する部分が建築物全体の環境性能に影響を与えている可能性が考えられるため今回は分析対象から除外した。

次に自治体別に集合住宅のデータを整理した (図 2)。集合住宅の届出は名古屋市、横浜市の順に多い。本研究では、集合住宅を分析対象としたため、昼夜間人口比率^{注10)}も考慮し、相対的に住宅地の性質が強い横浜市 (昼夜間人口比率: 91.5%^{3,5)}) を分析対象とした。

続いて横浜市における集合住宅の BEE ヒストグラムとチャートを示す (図 3、図 4)。横浜市における BEE 値の最高値は 4.40 で、最低値は 0.50、延床面積による加重平均値は 1.40、中央値は 1.20、標準偏差は 0.50 である。BEE の値は大きくなるほど急激に感度が高くなり、Q や L の評価が少し良くなると BEE 値が跳ね上がるという性質がある。そのため、他に比べ極端に大きな値 (BEE: 4.40) は全体に占める数は少なくとも、他のデータに大きな影響を与えてしまうため分析対象から除外した。また、分析データの中には同一建築主による複数棟からなる集合住宅が含まれる。各棟それぞれで評価している場合と一つの集合住宅として評価している場合が混在しているため、複数棟ある集合住宅のデータに関しては統合処理を行った^{注11)}。最終的に分析対象とした建築物は計 413 件である。

3.2 分析対象建築物の空間分布

ホットスポット分析を実施する前に、横浜市に CASBEE の届出がされた集合住宅の分布を空間的に確認した。

横浜市の常住人口は約 369 万人で、東京都特別区部を除けば基礎自治体として全国最高値である³⁶⁾。また、市外への通勤通学者数は約 72 万人であり、常住人口に対する割合は 20%である。これは、政令指定都市の中でも川崎市や相模原市、さいたま市などと並んで大きな値となっている。このような居住者を考慮し多くの集合住宅は、利便性を重視して立地条件の良い場所に建設される傾向があることが考えられる。この傾向を検証するため、CASBEE 届出データを地図にプロットし、鉄道路線図と駅の位置情報を重ね合わせた。その上で駅から徒歩 15 分圏内（距離にして半径 1.2km 圏内）^{注 12)}に分布する集合住宅の割合を算出した（図 5）。その結果、本研究において分析の対象とした 413 件のうち、約 91%に相当する 375 件の集合住宅が駅から 1.2km 圏内に分布していることが確認された。

続いて、行政区域ごとに CASBEE 届出結果と横浜市が CASBEE の届出制度を開始した 2007 年度から 2013 年度までの集合住宅の新設着工戸数³⁷⁾を比較した結果を示す(図 6)。新設集合住宅着工戸数が多い区ほど、CASBEE の届出対象となる大規模な集合住宅の着工件数も多い傾向が改めて確認された。詳しく見てみると港北区、鶴見区、都筑区、青葉区、神奈川区の順に届出件数が多い。

以上より、横浜市内の集合住宅は鉄道路線の沿線、かつ市北東部、北西部、中東部^{注13)}に多く分布していることが明らかになった。

図5 横浜市内の分析対象建築物の空間分布と鉄道路線図

図6 横浜市における行政区別の CASBEE 評価結果と新設集合住宅着工戸数

3.3 ホットスポット分析の結果

ホットスポット分析の実施に先立って CASBEE 評価結果の届出のある集合住宅の BEE 値を横浜市の地図上にプロットした(図 7)。その結果、BEE 値の高い集合住宅と低い集合住宅が混在しており、この地図から集合住宅の環境性能と地域特性の関係性を直ちに把握することは容易ではない。そこで、環境性能の高い集合住宅が密集している地域や環境性能の低い集合住宅が密集している地域などの特定を容易にするため、空間内のフィーチャをクラスタリングするホットスポット分析を行うこととした。これに先立って行った空間的自己相関分析では、着目する特定のフィーチャを中心に半径距離を徐々に増やしながら分析を行うことによって Z スコアのピークを算出した。この時、距離増分は各フィーチャの平均最近隣距離^{注14)}である 360m とした。空間的自己相関分析の結果より、Z スコアのピークとなる距離は 3,388m となった。この距離を固定距離とし、ホットスポット分析を実施した結果を地図上に示した(図 8)。

濃い色で示されたフィーチャは高い BEE 値を持ち、かつ高い BEE 値を持つフィーチャに囲まれたホットスポットであることを表す。一方で、薄い色で示されたフィーチャは低い BEE 値を持ち、かつ低い BEE 値を有するフィーチャに囲まれたコールドスポットであることを表す。また、三角でプロットしているフィーチャは、ホットスポットでもコールドスポットでもないフィーチャである。

ホットスポット分析の結果を横浜市の地図上にプロットした結果、市内の北西部に位置する多くのフィーチャはホットスポットであり、市内の中東部の多くのフィーチャはコールドスポットであることが明らかとなった。その他の横浜市北東部、中西部、南西部、南東部に位置するフィーチャの多くは Z スコアが 0 近傍でホットスポットにもコールドスポットにも属さないことが明らかとなった。横浜市北西部に環境性能の高い集合住宅が密集し、市の中東部に環境性能の低い集合住宅が密集する結果となった背景には何らかの地域特性があると考えられる。

3.4 横浜市の集合住宅の環境性能と地域特性の関係

横浜市内の集合住宅の環境性能と地域特性の関係を明らかにするために市内 18 区ごとに①公示地価、②横浜市内への通勤通学者率、③単身世帯比率、④世帯年収比率を整理し、集合住宅の延床面積で加重平均をとった BEE 値と突き合わせた(図 9～図 12)。

上記 4 項目について横浜市内 18 区ごとに整理した結果を、色の濃淡で表した地図の上に 413 件の集合住宅の BEE 値を重ねた結果を示す(図 13～図 16)。さらに、ホットスポット分析の結果である BEE 値に関する Z スコアを地図に重ねた結果も示す(図 17～図 20)。以降、これらのデータをもとに、横浜市内の集合住宅の環境性能と地域特性の関係について言及する。

3.5 公示地価³⁸⁾との関係(図 9、図 13、図 17)

横浜市の住宅地における平成 22 年度の平均公示地価は約 21 万円/㎡である。これは東京都区部及び政令指定都市の中でも、東京都区部、川崎市、大阪市に次いで大きな値となっている³⁹⁾。横浜市の区ごとに平均公示地価を見ると、中区が最も高く約 29 万円/㎡で、栄区が最も低く約 17 万円/㎡という値となっている。公示地価と集合住宅の環境性能(延床面積で加重平均をとった BEE 値)との関係を見ると両者に相関は見られなかった。BEE 値や Z スコアを重ねた地図からも同様に両者に相関関係を見いだすことはできない。

3.6 横浜市内への通勤通学者率³⁶⁾との関係(図 10、図 14、図 18)

横浜市の昼夜間人口比率は 91.5%であり、日中、市外へ移動する人口が多い。その中でも、市外への通勤通学者率が横浜市北西部は平均 33%、北東部は平均 35%と、他の地域に比べて高くなっている。市外への通勤通学者率と集合住宅の環境性能(延床面積で加重平均をとった BEE 値)との関係性を市全域で分析すると、両者に強い相関は見られなかった。しかし、例えば環境性能の高い集合住宅が多く、ホットスポットとなっている青葉区では通勤通学者率が高く、BEE 値も高い。その一方、コールドスポットの多い中区や南区では同比率が低く、BEE 値も低いという傾向が見られた。

図7 横浜市の分析対象建築物の環境性能（BEE値）

図8 横浜市の分析対象建築物のBEE値に関するZスコアの分布

図9 横浜市区の平均公示地価とBEE値（延床面積による加重平均）の関係

図10 横浜市区の市外への通勤通学者率とBEE値（延床面積による加重平均）との関係

図11 横浜市区の単身世帯比率とBEE値（延床面積による加重平均）の関係

図12 横浜市区の年収500万円未満の世帯割合とBEE値（延床面積による加重平均）の関係

図 13 横浜市の平成 22 年度平均公示地価と BEE 値の関係

図 14 横浜市の市外への通勤通学者率と BEE 値の関係

図 15 横浜市の単身者世帯比率と BEE 値の関係

図 16 横浜市の年収 500 万円未満の世帯割合と BEE 値の関係

3.7 単身者世帯比率^{4 0)}との関係(図 11、図 15、図 19)

横浜市北東部・中東部はそれぞれ全体の 40%以上の世帯が単身者で構成されている。一方、横浜市北西部は北東部・中央部と比べ、2 人以上の世帯で構成されている世帯が相対的に多い。単身者世帯比率と集合住宅の環境性能(延床面積で加重平均をとった BEE 値)との関係性を見ると、両者に弱い負の相関があり、単身者世帯比率が高くなるほど、BEE 値が低くなる傾向が見られた。この傾向は、単身者世帯比率を色の濃淡で示した地図上にホットスポット分析の結果を重ねた地図上からも確認出来る。環境性能の高い集合住宅が集まっており、ホットスポットになっている横浜市北西部の単身者世帯比率は低く、その一方環境性能の低い集合住宅が多く集まっており、コールドスポットになっている市内中東部の単身者世帯比率は高くなっていることがわかる。

3.8 世帯年収^{4 1)}との関係(図 12、図 16、図 20)

市内 18 区の世帯年収のデータを整理すると年収が 500 万円未満の世帯割合は約 49%であった。同割合の最小値は都筑区の 33%で、青葉区の 36%がこれに続く。一方、同割合が最も高いのは瀬谷区で、57%である。市内全域を対象として世帯年収と集合住宅の環境性能(延床面積で加重平均をとった BEE 値)との関係を見ると、両者に直接的な相関は見られなかった。横浜市北西部に位置する区のみ特殊な傾向がみられ、青葉区と都筑区は高所得世帯が多く BEE 値の高い集合住宅が多く建設されている実態が明らかとなった。緑区における年収 500 万円未満の世帯割合は約 50%で、市内の平均値と同等であるが、BEE 値は特異的に高い傾向が観察された。

4. 結果のまとめと考察

- [1] CASBEE の届出対象となる集合住宅は、横浜市内の全域に建設されており、その約 91%は鉄道駅から徒歩 15 分圏内(=1.2km 以内)に分布している。居住者の利便性を重視して、立地条件の良い場所に集合住宅が建設される傾向が改めて確認された。
- [2] 横浜市内各区の平均公示地価に関して、集合住宅の環境性能との直接的な関係性は見出されなかった。
- [3] 横浜市内外への通勤通学者率に関しても、集合住宅の環境性能と直接的な関係性は見出されなかった。
- [4] 単身者世帯比率に関しては、集合住宅の環境性能との弱い負の相関が確認され、その比率が高くなるほど、BEE 値が低くなる傾向が見られた。
- [5] 世帯年収に関しては、集合住宅の環境性能との直接的な関係性は見られなかった。しかしながら、市内北西部の区とそれ以外の区の二群に分けて分析すると相対的に世帯年収が高い北西部の区の集合住宅の BEE 値は高く、それ以外の世帯年収の低い区の集合住宅の BEE 値は低いという傾向が見られた。

以上の結果から、横浜市の集合住宅の環境性能と直接的に関係があるのは単身者世帯比率であり、単身者は相対的に環境性能の低い集合住宅に居住している実態が明らかとなった。着目する区を限定すれば、単身者世帯比率以外にも、通勤通学者比率や世帯年収とも一定の関係があることが明らかとなった。横浜市内中東部のような、相対的に年収が低い単身者世帯が多く居住する地域にも環境性能の高い集合住宅が広く建設されるように促すためにも、より安価で、かつ環境に配慮した設計、施工方法や関連技術の発展が求められる。

5. 結論と今後の展望

環境配慮建築物の一層の普及を図るためには、その普及の実態を把握しつつ、阻害要因があればその把握に努めることが肝要である。

本研究では、その第一段階として、環境配慮建築物の普及の実態を明らかにすることを目的に据え、自治体のウェブサイト上で広く公開されている CASBEE 評価結果のデータを収集した。さらに、GIS を用いて地理空間分析を実施し、横浜市の集合住宅のデータを事例に、CASBEE 評価結果と国土数値情報をはじめとする各種統計情報と重ね合わせることによって、環境配慮建築物の性能と地域特性との関係性を明らかにした。

横浜市 18 区ごとに、①公示地価、②横浜市内外への通勤通学者率、③単身者世帯比率、④世帯年収比率のデータを整理して、集合住宅の環境性能(BEE 値)との関係を分析し、それぞれとの相関関係を定量的に把握した。これに加えて、空間内のフィーチャを統計的にクラスタリングするホットスポット分析を併用することによって、環境性能の高い集合住宅や低い集合住宅が密集する地域を地図上で特定することが容易になった。

以上のように、本研究では公開されている CASBEE 評価結果のデータを、GIS を用いて(ホットスポット分析等の)地理空間分析することにより、環境配慮建築物の普及の実態を二次元の地図上で把握する方法論を提案した。空間内のフィーチャをクラスタリングするホットスポット分析は地域全体の傾向を把握する上では有益であるが、局所的な変化や差異を捉えることを阻害するリスクもある。そのため、ホットスポット分析の結果解釈に際しては、分析実施前の結果も併せて参照する必要がある。

また、本研究では扱えなかった気候や文化、歴史など、その他の地域特性との関係性を見出すためには、これら諸条件が異なる地域のデータを日本各地から収集し、その相互比較等を行うことが必要である。これらの点を検証することが今後の課題である。

謝辞

本研究の実施にあたり、横浜市建築局建築指導部建築環境課建築環境係より CASBEE 横浜に関する諸データをご提供頂きました。また、匿名の査読者より大変有意義な修正意見を多数賜りました。本研究を進める上でご協力頂いた全ての関係者の皆様に改めて深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 遠藤純子、村上周三、伊香賀俊治、吉澤伸記、佐藤正章：自治体版 CASBEE の概要 建築物総合環境性能評価システムの開発(その 3)、日本建築学会技術報告集、第 23 号、pp.237~240、2006.6
- 2) 横山真由、菊田弘輝、羽山広文、尾身佳樹：積雪寒冷地における集合住宅の無暖房化に関する研究その 1 自治体版 CASBEE による集合住宅の統計調査、日本建築学会北海道支部研究報告集、第 84 号、pp.253~256、2011.7
- 3) 竹川慶、高口洋人：自治体版 CASBEE による評価実績に関する調査研究、日本建築学会技術報告集、第 19 巻、第 43 号、pp.1027~1030、2013.10
- 4) 鈴木竜太、谷村秀彦：GIS を利用したコンビニエンスストアの出店に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第 499 号、pp.57~62、1997.9
- 5) 大窪健之、田中俊樹、小林正美：清掃工場の立地特性に関する調査研究、日本建築学会計画系論文集、第 525 号、pp.175~182、1999.11
- 6) 趙世晨、萩島哲、出口敦、有馬隆文、佐谷宣昭：福岡市における商業施設の立地に関する一考察、日本建築学会技術報告集、第 10 号、pp.245~250、2000.6

- 7) 阪田知彦、吉川徹：GIS 建物データとメッシュシステムに立脚した東京都区部における延べ床面積規模別事業所系建築物の地理的分布の分析、日本建築学会計画系論文集、第 545 号、pp.189～196、2001.7
- 8) 坪井善道、廣田篤彦、南雲晃央：ドーム型スポーツ施設の立地特性に関する調査・分析、日本建築学会計画系論文集、第 551 号、pp.229～235、2002.1
- 9) 日高圭一郎、有馬隆文、鶴心治、坂井猛、萩島哲：地方における名所とされた神社の立地特性に関する研究－「大日本名所図録 福岡縣之部」を事例として－、日本建築学会計画系論文集、第 597 号、pp.93～100、2005.11
- 10) 奥山純子、中山徹、斉藤功子、田中智子、小伊藤亜希子、立松麻衣子：地方自治体における高齢者福祉施設の配置計画－生活圏を意識した計画の実態－、日本建築学会技術報告集、第 22 号、pp.445～450、2005.12
- 11) 伊藤悠太郎、高橋俊一、兼田敏之：名古屋圏における大規模小売店舗の立地動向分析、日本建築学会技術報告集、第 22 号、pp.463～468、2005.12
- 12) 梅林：コンビニエンスストアにおける立地特性及び施設発生予測分析、日本建築学会技術報告集、第 24 号、pp.345～348、2006.12
- 13) 田島誠、菊池秀和、大内宏友：救急医療システムにおける地域空間情報を用いた施設の適正配置について－GIS・GPS を用いた人口分布にもとづく圏域的指標の構築－、日本建築学会計画系論文集、第 73 巻、第 631 号、pp.1929～1937、2008.9
- 14) 長谷川直樹、鈴木博志：戸建住宅団地における高齢化と立地特性による住意識に関する研究－岐阜県可児市の事例研究－、日本建築学会計画系論文集、第 76 巻、第 663 号、pp.965～971、2011.5
- 15) 足永靖信、尹聖婉：東京都 GIS を用いた都市構造の統計分析と気温観測値との関連性、日本建築学会環境系論文集、第 581 号、pp.81～86、2004.7
- 16) 田中貴宏、森山正和、佐川朋子、山下卓洋：夏季の大阪市中心部における放射輝度温度分布の詳細な特徴－熱画像と GIS データを用いた夏季の大阪市中心部における放射輝度温度の解析 その 1－、日本建築学会環境系論文集、第 599 号、pp.119～126、2006.1
- 17) 松永光司、高木直樹、岩井一博：長野市環境 GIS データベースの構築と都市環境解析への応用、日本建築学会技術報告集、第 24 号、pp.233～236、2006.12
- 18) 小川琢也、村川三郎、西名大作、田中貴宏、深川健太、高橋一郎：山間地域における土地利用および日射環境が周辺の気温に及ぼす影響に関する研究－実測結果と GIS を用いた分析－、日本建築学会技術報告集、第 17 巻、第 35 号、pp.245～248、2011.2
- 19) 本間俊雄、友清貴和：複層化セルオートマトン法と地理情報システムによる地方都市の人口変動予測システムの開発、日本建築学会技術報告集、第 14 巻、第 27 号、pp.297～302、2008.6
- 20) 大佛俊泰、島田廉：平日と休日における都市内滞留者の時空間分布推定と地震被害想定への応用、日本建築学会計画系論文集、第 74 巻、第 635 号、pp.145～152、2009.1
- 21) 尹在男、若林直子、宗方淳、平手小太郎：都市生活者の地域環境評価における認知の空間的な分布に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第 574 号、pp.51～57、2003.12
- 22) 尹在男、若林直子、宗方淳、平手小太郎：地域環境評価の空間的把握手法と計画への活用可能性に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第 585 号、pp.61～67、2004.11
- 23) 今泉恭一、浅見泰司：震災時の道路閉塞推定に関する研究－防災街づくりのための密集住宅市街地整備方策の定量的比較分析－、日本建築学会計画系論文集、第 529 号、pp.225～231、2000.3
- 24) 村上正浩、鶴心治、多賀直恒：GIS を用いた木造密集市街地の防災まちづくり計画支援システムの開発、日本建築学会計画系論文集、第 547 号、pp.185～192、2001.9
- 25) 川崎昭如、吉田聡、佐土原聡：GIS (地理情報システム) を活用したハザードマップの公開・提供が市民の防災意識に与える影響に関する調査研究－横浜市民を対象としたアンケート調査と分析、日本建築学会計画系論文集、第 569 号、pp.109～115、2003.7
- 26) 大佛俊泰、内藤智之：空間相関分析法の道路ネットワーク空間への拡張、日本建築学会計画系論文集、第 74 巻、第 646 号、pp.2605～2610、2009.12
- 27) 薄井宏行、浅見泰司：GIS を用いた建物敷地の接道判定のための簡便なバッファ距離設定方法、日本建築学会計画系論文集、第 75 巻、第 651 号、pp.1175～1180、2010.5
- 28) 柳奈保子、土田えりか、藤田壮、Wong Looi Fang、山口直久：地域 GIS データベースを用いた資源循環政策の効果算定システムの構築と試行的運用、環境情報科学論文集、第 21 巻、pp.451～456、2007.11
- 29) 崔錦丹、吉田聡、佐土原聡：既成市街地における建物間熱融通の導入効果のポテンシャル把握－横浜市におけるケーススタディー、日本建築学会環境系論文集、第 78 巻、第 684 号、pp.213～222、2013.2
- 30) Michael Jerrett et al.: Spatial Analysis of Air Pollution and Mortality in Los Angeles, Epidemiology, Volume 16, Number 6, pp.727-736, 2005.11
- 31) Shamsul Azhar Shah et al.: Spatial Analysis of Colorectal Cancer Cases in Kuala Lumpur, Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, Volume 15, pp.1149-1154, 2014.3
- 32) 樋野公宏、小島隆矢：住宅侵入盗発発生率と地域特性との関係－東京都下 29 区市の町丁を対象に－、日本建築学会計画系論文集、第 616 号、pp.107～112、2007.6
- 33) Spencer Chainey et al.: The Utility of Hotspot Mapping for Predicting Spatial Patterns of Crime, Security Journal, Volume 21, pp.4-28, 2008.4
- 34) J.K.Ord, Arthur Getis: Local Spatial Autocorelation Statistics: Distributional Issues and an Application, Geographical Analysis, Volume 27, Issues 4, pp.286-306, 1995.10
- 35) 総務省統計局：平成 22 年度国勢調査、都道府県・市区町村別統計表 [WEB サイト] (最終閲覧日時：2014.5.15)
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/index2.htm>
- 36) 総務省統計局：平成 22 年度国勢調査、常驻地又は従業地・通学地による人口 (夜間人口・昼間人口) [WEB サイト] (最終閲覧日時：2014.5.15)
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/kihon4/pdf/gaiyou.pdf>
- 37) 横浜市：横浜市統計ポータルサイト、建築着工統計調査結果、着工新設住宅の種類、建て方別戸数及び延床面積 [WEB サイト] (最終閲覧日時：2014.6.14)
<http://www.city.yokohama.lg.jp/ex/stat/index2.html#5>
- 38) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス 神奈川県、平成 22 年度 [WEB サイト] (最終閲覧日時：2014.5.28)
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 39) 国土交通省土地・建設産業局地価調査課：平成 22 年都道府県地価調査、第 6 表 東京圏の東京都特別区及び人口 10 万以上の市における住宅地の平均価格、第 8 表 大阪圏の人口 10 万以上の市における住宅地の平均価格、第 10 表 名古屋圏の人口 10 万以上の市における住宅地の平均価格、第 12 表 地方圏 (三大都市圏を除く地域) の人口 10 万以上の市における住宅地の平均価格 [WEB サイト] (最終閲覧日時：2014.11.26)
<http://tochi.mlit.go.jp/chika/chousa/2010/index.html>
- 40) 総務省統計局：平成 22 年度国勢調査 [WEB サイト] (最終閲覧日時：2014.5.15)
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/>
- 41) 総務省統計局：平成 20 年住宅・土地統計調査、神奈川県、世帯の年間収入階級 [WEB サイト] (最終閲覧日時：2014.5.15)
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2008/index.htm>

注

- 注 1) 各自治体のウェブサイト上に公表されている評価結果に関するデータを収集し、確認したものである。
- 注 2) 本研究では、Environmental Systems Research Institute, Inc. の ArcGIS 10.1 for Desktop を用いた。
- 注 3) BEE は環境効率を表し、Q (建物の環境品質の総合得点) を L (建物の環境負荷の総合得点) で除したものである。評価結果 (ランク) は BEE 値に応じて C (0.0 以上 0.5 未満)、B⁻ (0.5 以上 1.0 未満)、B⁺ (1.0 以上 1.5 未満)、A (1.5 以上 3.0 未満)、S (3.0 以上) の 5 つに分類される。SQ、SLR は Q、LR 分野の得点 (1 点～5 点) を表しており、これらをもとに Q、L (0 点～100 点) が算出される。Q (Quality) は環境品質、L (Load) は環境負荷、そして LR (Load Reduction) は環境負荷低減性を意味する。CASBEE-建築 (新築) [2011 年度版] の場合、Q および L は、Q1：室内環境、Q2：サービス性能、Q3：室外環境 (敷地内)、LR1：エネルギー、LR2：資源・マテリアル、LR3：敷地外環境から構成される。Q1 から LR3 までの 6 分野は 5 段階の採点システムとなっており、レベル 5 は世間で最も先進的な取り組みレベルを、レベル 3 は、世間一般的な取り組みレベルを、レベル 1 は、最低限満たすべき取り組みレベルに相当する。
- 注 4) 横浜市の場合、2005 年度、2007 年度、2009 年度、2011 年度と 2 年

おきに改訂されており、評価項目と基準が変更されている。建物間の環境性能を純粋に比較するのであれば、現在の基準に合わせて年度ごとに補正を加える必要がある。しかし、本研究は建物間の経年劣化を加味した現在の環境性能を比較するのではなく、設計時や施工時の取り組みレベルを定量化した環境性能と地域特性との関係性を分析するのが目的であるため CASBEE の数値情報に特別な補正は加えなかった。

注 5) フィーチャとは、ポイントデータ、ラインデータ、ポリゴンデータ等を総称するものであり、本研究ではポイントデータを指し示している。

注 6) p 値は有意確率のことであり、帰無仮説の下で得られた統計量が実現する確率を意味する。 Z スコアは標準得点のことであり、平均値が 0 になるよう標準偏差を用いて統計量を変換した得点である。

注 7) 固定距離とは、フィーチャ間同士の直線距離を指す。

注 8) 空間的自己相関分析とは、フィーチャの値と位置関係の双方を考慮し、Moran's I 統計値を算出するものである。この結果より、分析対象となるフィーチャが空間的にクラスタ化しているのか分散しているのかわかる。Moran's I 統計値は -1 以上 +1 以下の値となり、+1 はクラスタ化していることを、-1 は分散しているということを表す。空間的自己相関分析の際に用いる Moran's I 統計値の算出式を以下に記す。

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad [-] \quad \cdots (1')$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad [-] \quad \cdots (2')$$

空間的自己相関分析の Moran's I 統計値をもとに Z スコアを算出する。 Z スコアの算出式を以下に記す。

$$Z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad [-] \quad \cdots (3')$$

$$E[I] = -1/(n-1) \quad [-] \quad \cdots (4')$$

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2 \quad [-] \quad \cdots (5')$$

Z_i : フィーチャ i のその平均からの偏差

$w_{i,j}$: フィーチャ i とフィーチャ j の間の空間ウエイト

n : フィーチャの総数

S_0 : すべての空間ウエイトの集約

注 9) 年間の着工件数が多く、床面積が大きい集合住宅の届出が多い。なお、自治体版 CASBEE を導入している全 24 自治体のうち、福岡市のみ届出の基準として 5,000 ㎡以上という閾値を採用している。

注 10) 昼夜間人口比率とは、常住人口（夜間人口）100 人当たりの従業地・通学地による人口（昼間人口）の比率をいう。100 を超えると夜間人口よりも昼間人口の方が多く、反対に 100 を下回ると夜間人口よりも昼間人口の方が少ない。東京都特別区部で 130.9%、名古屋市で 113.5%となっている³⁵⁾。

注 11) 複数棟の評価結果を延床面積で加重平均し、一つのデータに統合した。

注 12) 「不動産の表示に関する公正競争規約施行規則」第 5 章 表示規則 第 10 条「物件の内容・取引条件等に係る表示基準」において、徒歩による所要時間は、道路距離 80m につき 1 分間を要する（時速 4.8 km）ものとして算出した数値を表示することと定められている。今回、徒歩による所要時間を 15 分と仮定し算出した。

注 13) 北東部（港北区、鶴見区）、北西部（青葉区、都筑区、緑区）、中東部（神奈川区、保土ヶ谷区、中区、西区、南区）、中西部（旭区、瀬谷区）、南東部（磯子区、金沢区、港南区）、南西部（泉区、栄区、戸塚区）と定義した。

注 14) 平均最近隣距離とは、各フィーチャにとって最も近いフィーチャとのユークリッド距離を平均化した値である。

THE RELATION BETWEEN PERFORMANCE OF GREEN BUILDINGS AND AREA CHARACTERISTICS

– Spatial analysis of CASBEE assessment data on apartment buildings in Yokohama City –

*Yuta SUZUKI**, *Shun KAWAKUBO*** and *Kiyotaka DEGUCHI****

* Grad. Student, Major in Architecture, Graduate School of Engineering and Design, Hosei University

** Assistant Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering and Design, Hosei University, Dr. Eng.

*** Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering and Design, Hosei University, Dr. Eng.

The usage and performance characteristics of buildings have a close relation with area characteristics. The Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE), tailored to local governments enables us to evaluate the environmental performance of target buildings by taking local characteristics into account. The purpose of the study is to discover and visualize the relations between the environmental performance of the target green buildings and the area characteristics by analyzing numerical data on domestic land and other official statistics in Japan and combining these with CASBEE assessment data using a geographic information system.

Apartment buildings in Yokohama City, Kanagawa Prefecture, were analyzed in the study of the following points: (1) total number of CASBEE assessment data points, to ensure adequate data for statistical analysis, and (2) the ratio between nighttime population and daytime population to limit the focus to the characteristics of residential cities.

Initially, CASBEE assessment data were plotted together with a railway map on a map of Yokohama. Many apartment buildings were located within 15 min walking distance (1.2 km) of a station. This is important because residents typically prefer to live in convenient areas and builders take this preference into account when constructing apartment buildings.

Next, hotspot analysis was conducted to search for statistically significant hotspots (where many buildings with high environmental performance are clustered) and coldspots (analogously for buildings with low performance). Hotspot analysis showed a statistically significant hotspot area in the northwest of Yokohama and a statistically significant coldspot area in the east central part of Yokohama.

Finally, the relations between performance of green buildings and area characteristics were analyzed by the use of overlay mapping and linear regression. The following results were obtained. (1) single-person households in the east central part of Yokohama tend to be in low-performance buildings. This is because this type of resident gives higher priority to convenience than to the environmental performance of their buildings. (2) Households with more than two people who live in the northwest of Yokohama tend to live in buildings with high environmental performance, likely because they can afford to spend more money on obtaining environmental performance than people who live alone in the east central part of the city.

The study revealed that the environmental performance of apartment buildings has a relations with household composition, levels of commuting and annual income, at least in Yokohama City. To promote sustainability in the building sector, it is necessary to further develop and provide low-cost, environmentally friendly buildings that all households can afford.

(2014年7月9日原稿受理, 2015年1月9日採用決定)