

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06354

研究課題名(和文) 都市計画規制の影響を考慮した緑の建築と省エネルギーの効果を検証するVRツール

研究課題名(英文) VR system Development of home energy management system based on urban planning regulation

研究代表者

沈 振江 (SHEN, Zhenjiang)

金沢大学・環境デザイン学系・教授

研究者番号：70294543

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：スマートシティの形成は都市デザインの新しい課題となっている。サステナブルデザインの実現には、利害関係者が省エネルギーの仕組みへの理解と計画案への参加は重要である。本研究では、都市計画規制が緑の建築の省エネルギーの施策への影響を研究の内容にしている。お主な成果として、CityEngineを用いて実際の宅地において、建築可能空間を可視化し、生活行為と電気消費との関連により電気消費モデルを構築した。RevitでCityEngineにより導入した建物データに基づいて、電気消費シミュレーションを試みた。そしてSpringerにより本を出版し、多くの国際会議で論文を公表し、多くの査読論文を掲載した。

研究成果の概要(英文)：This research aims at visualising energy production and consumption in Integrated Green-Smart House using virtual reality technology to stimulate energy efficiency awareness based on urban planning regulation in Japan. Firstly, CityEngine is employed to simulate the energy consumption of recent smart house technology in the case study area of Japan. The second stage is addressed to analyse energy production and consumption in Integrated Green-Smart House using Revit. Several simulation studies have been performed to predict photovoltaic energy generation, energy consumption, ventilation and lighting, indoor thermal condition, and carbon emission. The third stage is designed for visualising The Integrated Green-Smart House environment and testing it to the smart house stake-holders. This research will contribute by improving users' awareness of energy efficiency through sustainable smart living by introducing virtual smart house in virtual reality environment.

研究分野：Urban planning support system

キーワード：スマートシティ HEMS 建築可能空間 太陽光発電パネル サステナブルデザイン 区画 エネルギー消費 居住者

1. 研究開始当初の背景

低炭素都市づくりは、地球温暖化を防ぐための重要な都市政策である。二酸化炭素排出抑制には、スマートシティの形成は都市デザインの新しい課題であり、国が関連企業と一緒にスマートシティプロジェクトを立ち上げて、都市の将来像と可能性を検討し提示している。環境への取り込みとして、サステナブルデザインが提案されており、省エネルギーを目標とした50%のCO₂の排出量削減が達成できる日本型のグリーンビルディング(緑の建築)が提唱されている。緑の建築の省エネルギーの効果を発揮するには、太陽光パネルの設置、屋上緑化と自然通風が大きな要因であるが、緑の建築の建設は、建物の建築可能な空間、例えば、最大の建築可能な用地、外壁と屋上の形や面積が敷地の都市計画の規制に制限され、特に屋根の形状が前面道路や斜線制限に大きく影響される。屋根の形状に基づいて、屋根に設置できるソーラーパネルの大きさや枚数が決められるので、低炭素都市づくりのため、都市計画規制に基づく建築可能空間と緑の建築の施策に基づく省エネルギーの効果を可視化して検証したい。

2. 研究の目的

エネルギー消費は、都市の大きな問題として指摘されてきたが、低炭素都市づくりの実現には、省エネルギーの対策として取り込んできたスマートシティの計画施策は、CO₂の減少に繋がるので、大都市にはもちろん、地方中心都市にも導入すべきものである。サステナブルデザインの実現には、民間建築物の所有者と利用者の賛同と参加がなければ成り立たないので、利害関係者が省エネルギーの仕組みへの理解と計画案への参加は重要である。本研究では、都市計画規制がもたらした緑の建築の省エネルギーの効果を研究の内容にしている。

これまでの低炭素都市づくりの技術を普及するため、多くのモデル事業地区において様々な計画施策を取り込んでいる。本研究は、VR技術を用いて都市計画規制の影響を考慮した緑の建築の省エネルギー効果との関連を可視化し、多分野のサステナブルデザインを学習することができる。そして、専門家や住民自身も、自分たちのまちで同じような事業を進める場合、仮想空間でコラボレーションデザインにより、計画代替案を検討できるようにする。

具体的には、下記のようなことが可視化システムの機能として考えられる。スマートシティを検討する地区では、まず、低炭素都市づくりの施策を導入する場合、計画代替案をコラボレーションデザインツールで検討できる。そして、まちで省エネルギーの効果やコストなどもシステム上でリアルタイム的に確認できる。また、計画代替案を検討する際、

システム上にシナリオの設計を可能とし、住民が取り込んだ施策効果の計算、関連の説明も表示できる。こういった機能により、合意形成には支援できる。

これまでの本研究グループの研究成果(基盤C、平成19-21年度と平成22-24年度)と連携すれば、地元住民や関連分野の専門家や行政には、ミクロな市街地の将来像を視覚化すること、環境影響を考慮した都市デザインを行うことにより、一連の計画関連施策の評価を行うことができるため、土地利用計画支援には有用なツールとなる可能性が高いと考えた。これまで、本研究グループでは、インターネットにおける住民参加型の街区公園デザインツール、まちづくりの町並みデザインガイドラインの支援ツール、マルチユーザ環境を用いたネットベースの遠隔デザイン審査ツールを開発してきた。本研究では、都市計画の規制に基づく建築形態の変化による省エネルギーの効果を求める「緑の建築」の計画デザイン案を検証できるシステムの研究・開発を行う。

3. 研究の方法

本研究は、都市計画規制の影響を考慮した緑の建築とその省エネルギー消費をシミュレーションできるツールを開発する。事例地区の街区における各宅地や建物の形状に基づいて建築可能空間を可視化し、ソーラーパネルの設置や省エネルギーの効果を検証するツールも開発する。なお、豊田市のスマートハウスが開発された事業地区を事例とし、都市計画規制のシナリオ別に緑の建築の環境影響評価に関する学習システムの構築を試みる。このため、下記の研究事項を行う。

研究事項1 スマートシティのモデル事業地区の調査(沈)

研究事項2 仮想空間の宅地における都市計画規制と緑の建築の形態(沈)

研究事項3 都市計画規制による緑の建築の省エネルギー効果のデザインツール(沈・杉原)

研究事項4 事例地区におけるデザインコラボレーションの学習実験(杉原・沈)

4. 研究成果

本研究では、研究事項1として、スマートシティに関する関連施策を整理するには、特にホームエネルギー管理システム(HEMS)の技術と運営実態を整理した。スマートシティのモデル事業地区、東京大学の柏キャンパス、豊田市のモデル事業地区、日立やパナソニックが推進した事例地区に適用されている緑の建築の計画施策、例えば、屋上や外壁の緑

化等の省エネルギーの効果などを調べた(沈振江,Puteri Fitriaty,曹哲静,但雨澤,2018; Puteri Fitriaty, Zhenjiang Shen, and Kenichi Sugihara, 2018) .

研究事項 2 について, 仮想地区を構築し, 都市計画規制が建築可能な空間に与える影響について, 宅地を対象に都市計画規制を適用した場合, 建築可能な空間の類型化, エネルギー消費量の予測などを検討した. 具体的には, 都市計画規制の影響を受けた関連の計画対策による効果をダイナミックで 3 次元の仮想空間で表現する(Sugihara, Kenichi, and Zhenjiang Shen, 2017; Sugihara, Kenichi, and Zhenjiang Shen, 2016) . CityEngine を用いて仮想空間の宅地における都市計画規制に基づく建築形態の推測を行い, 都市計画規制による建築の省エネルギー効果のデザインツールのプロットタイプの構築を行った. エネルギー消費のシミュレータを参考にし, 仮想なハウスエネルギー管理システム(HEMS)を構築し, シナリオによって計画・デザインを検討し, 利用者が HEMS を用いて省エネルギーの効果を確認でき, 低炭素都市づくりの計画関連施策を検討できるようなコラボレーションのデザインツールを構築した (Hangyu CHE, Zhenjiang SHEN, Kenichi SUGIHARA, Tatsuya NISHINO, Fumihiko KOBAYASHI, 2017) .

研究事項 3 に関して, Revit でシミュレーションした省エネルギーの効果を検討し, さらに CityEngine との連携により都市計画規制の適用により, 建物の形態, 発電量を可視化することができた(Fitriaty, P., Shen, Z., Sugihara, K., Kobayashi, F., & Nishino, T.2017; Puteri Fitriaty, Zhenjiang SHEN,2018 in press). 研究事項 3 では, Revit で CityEngine により導入した建物データに基づいて, 気候条件を考慮しながら電気消費と熱環境の環境シミュレーションを試みた。

研究事項 4 に関して, 島根地区の戸建て住宅の電気消費のビッグデータと国民生活調査の 15 分間データに参照に, 生活行為に基づく電気消費量のシミュレーションを行ってきた。ビッグデータによる世帯構成と世帯生活の行為とエネルギー消費の関連を検討し, エネルギー消費量から世帯構成と世帯生活行為の推測を行った。そして, 戸建て住宅の電気消費のビッグデータを用いて, 住宅地域において居住世帯の構成, 世帯の生活行為に基づくエネルギー消費量をシミュレーションによって解明することが可能となった (沈振江, 李苗裔, 刘卓, 杉原健一, 小林史彦, 西野辰哉, 2016) .

本研究の課題について, シドニー大学, 清華大学, 重慶大学, 福州大学の教員との連携により, 海外の短期留学生が金沢大学で行った共同研究を国際ワークショップで発表し

た。さらに, 国際誌 IJSSoc で特集号の編集を企画した。関連研究成果において, Springer 出版者により, 本研究関連の研究成果とアジアの緑建築の事例(Shen, Z., Huang, L., Peng, K., Pai, J.,2018)をまとめて本として出版した。

今後, HEMS, CEMS の運営に関連して, 建築可能な空間に基づく屋上の最大面積, 外壁面積を推測することにより, 太陽光発電パネルの配置可能数と垂直緑化の面積を推測し, コミュニティにおいて CEMS により住民サイトで提供できる最大電力を予測するここにより, 都市の電力施設による供給量を推測する。そして, 居住者の世帯パターンやエネルギー消費パターンとの関係をデータ解析でさらに解明する。そして, 都市計画の規制が全地区の省エネルギー対策への影響を再現できるように, 事例地区を取り上げ, 代替案の評価を行い, 必要に応じて研究事項 1-4 を繰り返して行い, システムの適用と改良を行う。

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計7件)

Puteri Fitriaty, Zhenjiang SHEN: Predicting Energy Generation from Residential Building Attached Photovoltaic Cells in a Tropical Area Using 3D Modeling Analysis, Journal of Cleaner Production, 2018, in press <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.133>

沈振江,Puteri Fitriaty,曹哲静,但雨澤: 智慧住宅的源起探究、綠色概念辨析与智能化指標体形構成,上海城市計劃,2018.1,1-8

Fitriaty, P., Shen, Z., Sugihara, K., Kobayashi, F., & Nishino, T.: 3D Insolation Colour Rendering for Photovoltaic Potential: Evaluation on Equatorial Residential Building Envelope. International Review for Spatial Planning and Sustainable Development, 2017, 5.4: 73-88.

Puteri Fitriaty, Zhenjiang Shen, and Kenichi Sugihara: How green is your smart house: Looking back to original concept of smart house, in Z.Shen, L. Huang, K. Pheng, J. Pai (Eds.), Green City Planning and Practice in Asian Cities, Springer 2018.

Kenichi SUGIHARA, Zhenjiang SHEN: Automatic Generation of 3D Building Models

by Rectification of Building Polygons. Advanced Science Letters, 2015, 21(12), 3649-3654.
<https://doi.org/10.1166/asl.2015.6565>

Sugihara, Kenichi, and Zhenjiang Shen: Automatic Generation of 3D Building Models with Efficient Solar Photovoltaic Generation. International Review for Spatial Planning and Sustainable Development Vol 5. No.1 page 4-14. (2017). DOI:http://doi.org/10.14246/irspds.5.1_4

Zhuo Liu, Zhenjiang Shen, Pan Jiang, Tatsuya Nishino and Fumihiko Kobayashi: Agent-Based Simulation of the Effects of an Environmental Tax Policy on Residential Gas Use and CO2 Emissions: Kanazawa city. International Journal of Renewable Energy Technology Research, 2016, 5(2), 14-36.

[学会発表](計 11 件)

Puteri Fitriaty, Zhenjiang SHEN: Daylight Strategies in Tropical Coastal Area; a Lesson from Vernacular Houses. Abstract Proceeding of 2017 International Conference on Spatial Planning and Sustainable Development (SPSD, Seoul) 18-20th August 2017, Page 69 (2017.08).

Puteri Fitriaty, Zhenjiang SHEN, Kenichi SUGIHARA, Fumihiko KOBAYASHI, Tatsuya NISHINO: 3D Insolation Colour Rendering Analysis for Photovoltaic Optimal Location in Equatorial Residential Building". Proceeding of 2017 Workshop on Urban Planning and Management "Planning and Environmental Management, (WUPM 2017, Tokyo) Paper No.7 (2017.2)

Kenichi Sugihara, Zhenjiang Shen: Automatic generation of 3D house models with solar photovoltaic generation for smart city, 2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC), IEEE Conference Publications, DOI: 10.1109/ICBDSC.2016.7460391

沈 振江, 李 苗裔, 刘 卓, 杉原健一, 小林史彦, 西野辰哉: The Simulation of Demand Side Energy Consumption for Households Based on the Agent-Based Modeling. Proceeding of the 39th Symposium of Information, System, Usage, and Technology. Architecture Institute of Japan, (Tokyo, 2016.12) page 67-72

Hangyu CHEN, Zhenjiang SHEN, Kenichi SUGIHARA, Tatsuya NISHINO, Fumihiko KOBAYASHI :

Preliminary Study on a Planning Support Tool for Energy Simulation of Smart House Based on CityEngine - A Case Study in Toyota City. Proceeding of 2017 Workshop on Urban Planning and Management, (WUPM 2017, Tokyo) Paper No.3 (2017.2)

K.Sugihara, Zhenjiang SHEN: Automatic Generation of 3D Town Model for Efficient Solar Photovoltaic Generation, the 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE 2016), Proceedings of the International Conference, Osaka International Convention Center, Paper 006, 6 July-8 July, 2016

Kenichi Sugihara, Zhenjiang Shen: Automatic generation of 3D house models with solar photovoltaic generation for smart city, 2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC) Pages: 1 - 7, DOI: 10.1109/ICBDSC.2016.7460391, IEEE Conference Publications, Year: 2016

Zhenjiang SHEN, Zheyu CHEN, Kenichi SUGIHARA, Hangyu CHEN: A Learning Support Tool for Building Modeling Based on Building Form Regulations and Solar Energy Generation Potential on Roof. Proceedings of Workshop on Urban Planning and Management, Sustainable Big Data and application for urban planning, page 150-159 (WUPM2016, Kanazawa) (2016.2)

Puteri Fitriaty, Zhenjiang SHEN: Passive Design and Energy Management System (EMS) Role in Achieving: Energy Efficient Residential Building in Moderate Climate of Kanazawa City, Proceedings of Workshop on Urban Planning and Management, Sustainable Big Data and application for urban planning, (WUPM2016, Kanazawa) (2016.2)

Zhenjiang SHEN, Miaoyi LI, Zhuo LIU, Yuanhe GAO, Zhou YU: Solar Power Energy Management in Japan, Proceedings of Workshop on Urban Planning and Management Sustainable Big Data and application for urban planning, (WUPM2016, Kanazawa) (2016.2)

Tracey Tailor and Zhenjiang Shen: Urban green corridor network analysis

utilizing voluntary survey data: Auckland, New Zealand, Proceedings of International Conference 2015 on Spatial Planning and Sustainable Development, (Taipei,2015.87-9)

〔図書〕(計2件)

Shen, Z., Huang, L., Peng, K., Pai, J. (Eds.):

Green City Planning and Practices in Asian Cities (Sustainable Development and Smart Growth in Urban Environments). Springer. (2018)

Y. Long and ZJ. Shen:

Geospatial Analysis to Support Urban Planning in Beijing, Springer. (2015)

〔産業財産権〕

当該なし

〔その他〕

ホームページ等

国際ワークショップ

<https://www.spsdcommunity.org/spsd-workshops/workshop-2016/>

<https://ecokanazawa-u.jimdo.com/symposium-2018/program/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

沈 振江 (SHEN, Zhenjiang)

金沢大学・環境デザイン学系・教授

研究者番号：70294543

(2)研究分担者

杉原 健一 (SUGIHARA, Kenichi)

岐阜経済大学・経営学部・教授

研究者番号：80259267