

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月13日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21760466

研究課題名（和文） 3D-CADによる熱環境及びCO<sub>2</sub>排出に関わる環境情報を用いた都市計画手法の提案研究課題名（英文） Proposed of urban planning method using thermal environment and CO<sub>2</sub> emissions information in 3D-CAD

研究代表者

佐藤 理人（SATO RIHITO）

東京工業大学大学院・総合理工学研究科・東工大特別研究員

研究者番号：50515137

研究成果の概要（和文）：

本研究では、熱環境緩和及びCO<sub>2</sub>排出の削減に関わる都市計画手法として、太陽エネルギーの利用可能性や、建物熱負荷の抑制に向けた効率的な植栽配置の検討に利用可能な日積算受熱日射量分布を用いた手法を提案した。また本手法の適用とともに、現状の熱環境や都市計画情報、ランドスケープ、歴史的な情報等の様々な都市計画に関する環境情報を多様な空間スケールや時間スケールで、3D GISを用いて可視化するツールを開発した。

研究成果の概要（英文）：

In this study, urban planning method was proposed for mitigation of thermal environment and reducing CO<sub>2</sub> emissions based on distribution of daily solar radiation. Also, this study develops an environmental information visualization system for supporting thermal environment and CO<sub>2</sub> emissions designs in urban planning. The developed system is able to display urban planning data, landscape, thermal environment and historical data in multi-scale and multi-temporal using the 3D GIS.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：都市計画・建築計画

キーワード：3D-CAD，ヒートアイランド，都市緑化，3D-GIS，都市熱環境

## 1. 研究開始当初の背景

世界的な低炭素社会への転換が迫られる中で、都市計画においても、今後問題となる人口減少や少子高齢化に対応しながら、低炭素社会や快適な都市空間を実現する具体的な手法が求められる。しかしながら、現状で

はCO<sub>2</sub>排出量や熱環境に関する環境情報も十分に整備されておらず、具体的な熱環境緩和及びCO<sub>2</sub>排出対策につながる方策の明示には至っていない。

そのため、既存の用途地域や容積率、建蔽率の指定といった都市計画諸制度において

は、熱環境や CO<sub>2</sub> 排出量との関係が深いにも関わらず、十分な対応がなされないままとなっている。したがって、実際に都市を創る当事者である行政や市民の理解が得やすいヴィジュアルなイメージと熱環境や CO<sub>2</sub> の対策の効果を具体的に示したデータの提示に基づき熱環境や CO<sub>2</sub> 排出量にも配慮した新たな都市計画手法の提示が不可欠であると考える。

## 2. 研究の目的

本研究では、熱環境及び CO<sub>2</sub> 排出に関わる環境情報を用いて、低炭素社会と熱環境緩和の実現に向けた新たな都市計画手法を提示するため、以下の3項目に取り組む。

(1) 現状の熱環境及び CO<sub>2</sub> 排出量の分布と既存の都市計画制度との関連性の分析を行い、今後の熱環境緩和及び CO<sub>2</sub> 排出量抑制対策に向けた知見を示す。

(2) 各建物における効果的な熱環境緩和及び CO<sub>2</sub> 排出量抑制対策について、都市計画制度にも応用可能な手法を提案する。

(3) 上記(1)(2)により示された現状分析や効果的な対策に向けた分析結果を、具体的な都市計画手法として進めていくための手順やビジュアルな表現方法を提示する。

## 3. 研究の方法

本研究は、以下の手順により行っていく。

(1) 現状の熱環境及び CO<sub>2</sub> 排出量分布と既存の用途地域や総合設計制度等の都市計画制度との関連性を分析するとともに、建物の竣工年代や建物用途等の情報、現状の都市計画による土地被覆の特徴や問題点を分析する。

このとき、数値解析に基づく熱環境情報としては、全表面温度分布、街区からの大気への顕熱負荷を示すヒートアイランドポテンシャル(HIP)、生活空間の熱放射環境を示す高さ 1.5m の平均放射温度(MRT)を算出し、用途別・家族類型別の CO<sub>2</sub> 排出量も各建物の階別に算出する。

(2) 各建物における効果的な熱環境緩和及び CO<sub>2</sub> 排出量抑制対策について、都市計画制度にも応用可能な手法として、3次元の日積算受熱日射量分布を用いた都市計画手法を提案する。

日積算受熱日射量分布を用いることで、太陽エネルギー利用に関する創エネルギー技術の利用可能性の検討や、表面温度の高温化抑制につながる、効果的な緑化位置の抽出、冷暖房エネルギーの削減につながる建物熱

負荷量の推定といった多岐にわたる対策が、都市・建築計画段階から検討可能である。

(3) 上記(1)(2)を具体的計画の中で進めるための支援ツールとして、現状の分析結果や効果的な対策案の提示といった多様な環境情報を、ビジュアルな表現方法で提示していくためのツールとして、3次元地理情報システム(3D GIS)を用いた可視化ツールを開発する。

本 3D GIS 上では、かつてのまちなみの様子や用途地域等の都市計画関連情報を 3D GIS 上で瞬時に切替可能とする他、夏季晴天日を想定した 3D CAD による全表面温度分布や CO<sub>2</sub> 排出量の時系列変化画像をアニメーション表示することを可能とし、表示したい環境情報が瞬時に、様々な角度で取り出せるようにする。

## 4. 研究成果

(1) 現状の熱環境及び CO<sub>2</sub> 排出量の分布と既存の都市計画制度との関連性の分析

茨城県土浦市の中心市街地を対象に現状の熱環境・エネルギー・CO<sub>2</sub>排出量の分析を進めるとともに、東京都港区南青山地区を対象とした、用途地域と熱環境との関係の分析及び緑化による熱環境緩和対策を検討した。

3D CAD対応熱環境シミュレータと新たに開発した地域特性・住まい方を考慮した家族類型別のエネルギー消費スケジュールを用いて、住宅街区を対象に夏季及び冬季晴天日を想定した熱環境及びエネルギー消費量を算出した。その結果、同一住宅であっても家族類型や住まい方の違いにより、夏季においては最大4倍、冬季においては最大約7倍のCO<sub>2</sub>排出量の差がみられる等、周辺環境とともに住まい方を考慮した環境負荷抑制対策の必要性が示された。また対象地域の特徴として、用途地域等の都市計画制度よりも、江戸時代から続く短冊状の敷地割りの影響の方が熱環境への影響が大きい結果となった。

一方、港区南青山地区を対象に、用途地域制度と熱環境の特徴との関係を考察した結果、用途地域ごとの法定容積率に対する充足率が高く、特に幅員約20mの幹線道路沿道では、10階以上の建物が大部分を占めた。ただし、道路幅員が4~6mの幹線道路後背地では容積率が制限され、2~4階の建物であった。これらの特徴を踏まえ、夏季熱環境について分析した結果、図1に示すように南北幹線道路沿道の西側高層建物では、後背地が低層なため西日の影響を強く受け、熱帯夜の形成に寄与していることなどが考察された。

(2)熱環境緩和・CO<sub>2</sub> 排出量抑制に有効な日積算受熱日射量分布による計画手法の提案  
 熱環境緩和及び2次エネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量の分析結果から、密集市街地内では、街区計画段階で建物配置を工夫し、太陽光発電や太陽熱給湯設備の設置に有効な屋上面を創り出す工夫や、建物熱負荷の抑制と屋外空間の快適性向上の双方に寄与する建築外部空間の緑化等が重要となることを明らかにした。また建築スケールでは、特に日中在室者の多い建物に関しては、建物熱負荷を抑制する対策とともに、午前中や夕方等に快適な屋外空間を創り出すことで、空調時間を短縮する対策も有効であることを示した。

またヒートアイランド現象の主要因の一つである大気への顕熱負荷と、屋外空間の熱放射環境の改善の双方を効果的に行うために、適正に緑を配置する手法の一つとして、図2に示すような日積算受熱日射量分布を参考として効果的な緑化を行う手法を提示した。

また一例として、本手法を用いて総合設計制度を利用した街区を対象に、現状と、日積算受熱日射量分布を用いて緑化計画を施した場合を比較した結果、現行の法制度のままでも、建築形状や、緑化位置の工夫によって、大気への顕熱負荷が約 50%抑制可能である等の結果が得られた。

(3)環境情報の可視化による効果的な都市計画推進のための 3D GIS ツールの開発

図3に示すように本研究において開発した3D GIS ツールは、上記(1)(2)に示した熱環境やエネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量の情報及びその抑制に有効な日積算受熱日射量の情報や、景観や歴史等のまちづくりの際に参考となる情報、そして都市計画に関わる法制度等の環境情報等の多岐にわたる情報を、3D GIS 上で一元的に表示できるようにしたものである。

また本ツールは、実際の計画段階においては、一側面ではなく、多様な環境情報を相互に比較しながら、具体的な対策へとつなげていくことを目指したものであり、市民等にもわかりやすいようにヴィジュアルに提示することを目的として、街区スケールから生活空間スケール迄の空間スケールを様々な角度から見たり、時系列データを表示したりといった、時空間情報を整備した。

以上より、本研究では、現状の都市熱環境及び CO<sub>2</sub> 排出量の特徴が特に容積率の充足率の高い都心部において都市計画制度とも大きく関係していることを明らかにした。

そしてその緩和策の一つとして、日積算受熱日射量分布を用いた都市計画手法を提示した。

また実際に様々な環境情報を用いて熱環境緩和及び CO<sub>2</sub> 排出量抑制に向けた都市計画

を支援するツールとして、3D GIS を用いた環境情報の可視化ツールを開発した。

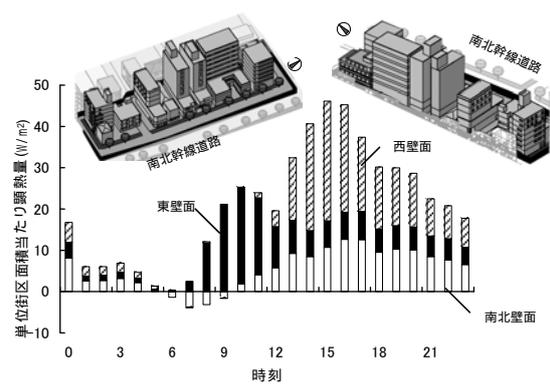


図1 夏季晴天日の南北幹線道路沿道建物における部位別顕熱量の日変化

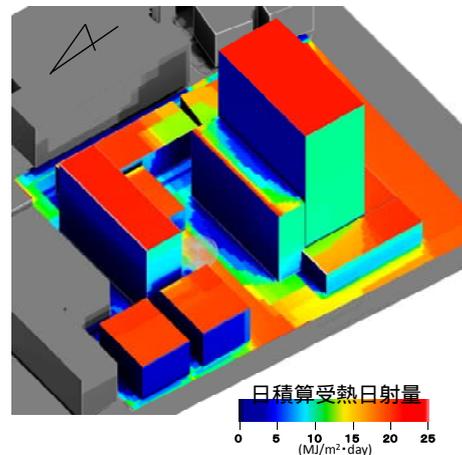


図2 日積算受熱日射量分布算出結果例

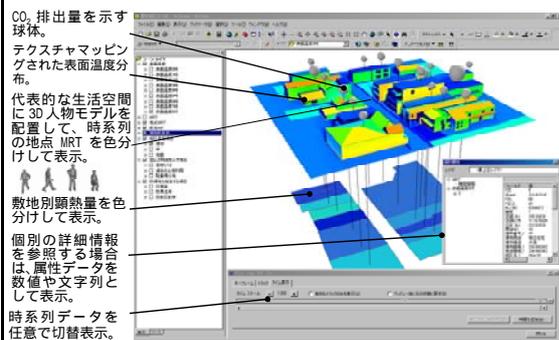


図3 3D GIS を用いた環境情報の可視化ツールの画面表示例

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

佐藤理人, 村上暁信: 3D CAD による日積算受熱日射量分布を用いた熱環境緩和のための緑化手法に関する研究, 日本造園学会ランドスケープ研究論文集, Vol.74 No.5, 2011 (査読有)

佐藤理人, 梅干野晁, 浅輪貴史: 熱環境に配慮したまちづくりのための環境情報の可視化システムの開発, 日本建築学会技術報告集, Vol.16, No.34, 255-258, 2011 (査読有)

佐藤理人, 村上暁信, 梅干野晁 (共著): 用途地域指定に伴う空間形態・構成材料の特徴が密集市街地の熱環境に与える影響 - 実在市街地を対象とした数値シミュレーションによる夏季熱環境の解析 - 2009年度日本建築学会関東支部審査付き研究報告, 2010 (査読有)

佐藤理人, 村上暁信, 梅干野晁: 3D-CAD対応熱環境シミュレータを用いた密集市街地の緑化による熱環境の緩和に関する研究, 日本造園学会ランドスケープ研究論文集, Vol.73 No.5, 601-606, 2010 (査読有)

[学会発表](計 8件)

Rihito Sato, Takashi Asawa, Akira Hoyano: Numerical analysis of thermal environment and energy consumption for an actual residential district based on various inhabitants' behavior schedules 27th International conference on Passive and Low Energy Architecture, Louvain -La -Neuve, Belgium, 2011.7.13

Rihito Sato, Akira Hoyano, Takashi Asawa: Development of environmental information visualization system for supporting thermal environment design in city planning using 3D GIS, BUEE 2010, Seoul, Korea, 2010.11.18

佐藤理人, 浅輪貴史, 梅干野晁: 多様な住まい方に基づく戸建住宅街区の夏季及び冬季晴天日における2次エネルギー消費量の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)D-1, 富山, 2010.9.10

佐藤理人, 梅干野晁, 浅輪貴史: 3D GISによる熱環境に配慮したまちづくりのための環境情報の可視化システムの開発, 第5回日本ヒートアイランド学会全国大会, 神戸, 2010.7.17

Rihito Sato, Takashi Asawa, Akira Hoyano: Proposal of Inhabitants' Behavior Schedules Aiming at Energy Demand Simulation in Actual Urban Districts, Renewable Energy 2010, P-At-26, Yokohama, Japan, 2010.6.29

Rihito Sato, Takashi Asawa, Akira Hoyano, Hidenori Kawai: Numerical Analysis of Changes in Indoor and Outdoor Thermal Environment for Historical Urban District in Past

Decades, URBI02010 International Conference, Nagoya, Japan, 2010.5.19

佐藤理人, 村上暁信, 梅干野晁: 用途地域指定に伴う空間形態・構成材料の特徴が密集市街地の熱環境に与える影響 - 実在市街地を対象とした数値シミュレーションによる夏季熱環境の解析 - , 2009年度日本建築学会関東支部研究発表会, 東京, 2010.3.6

佐藤理人, 浅輪貴史, 梅干野晁: 地域特性・家族類型を考慮した夏季における住宅のエネルギー消費スケジュールの提案 3D-CADを用いた実在街区の熱環境・エネルギー・CO<sub>2</sub>排出量の予測・評価 その1, 第4回日本ヒートアイランド学会全国大会, 神奈川, 2009.8.22

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐藤 理人 (SATO RIHITO)

東京工業大学大学院・総合理工学研究科・東工大特別研究員

研究者番号: 50515137