

平成 29 年 8 月 24 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26630261

研究課題名(和文) ユビキタス・センサネットワークによる都市熱環境の高密度モニタリング手法の開発

研究課題名(英文) High-density monitoring method of urban thermal environment by ubiquitous sensor network

研究代表者

浅輪 貴史 (Asawa, Takashi)

東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授

研究者番号：50361796

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ユビキタス・センサネットワークの考え方を都市の熱環境計測に応用し、携帯端末や小型センサ等を利用して都市空間における熱環境を高密度にモニタリング・可視化すると共に、都市に存在する“環境の価値”を収集し、市民に対して情報共有できるシステムについて開発検討を行った。開発したシステムを、首都圏の住宅地における環境情報の収集に適用した結果より一定の有用性が確認でき、萌芽的研究課題として設定した当初の目的を達成するとともに、今後の研究への展開を示した。

研究成果の概要(英文)：This study applied the idea of the ubiquitous-sensor network to the measurement of urban thermal environment, and aimed at monitor and visualize the urban thermal environment and environmental information for urban residents with high resolution using mobile phones and small sensors. The effectiveness of the system could be confirmed through the application of the system to the correction of environmental information in a residential area of Tokyo metropolitan area. The aim of this study could be achieved and the future development was shown.

研究分野：都市・建築環境工学

キーワード：熱環境 環境計測 可視化

1. 研究開始当初の背景

熱環境に配慮したまちづくりを進めていくためには、その場所の立地気候特性や環境の質や価値を把握した上で、具体的な方法を検討していくことが重要である。しかしながらこれまででは、そのような目的に資するシステムは存在していなかった。申請者らは、都市熱環境の中でも特に空間特有の“微気候”を把握するとともに“環境の価値”を可視化し、市民が情報共有するシステムを構築することが重要であると考えた。微気候の測定に関しては数多くの研究がなされているが、その多くが限られた期間での測定であったり、長期間であっても詳細な変化を追うことが困難な測定である。

測定方法に関しては、センサネットワークなど、情報処理技術を活用した環境情報の収集方法が様々提案されているが、微気候を把握できる十分な精度での測定には至っていない。

2. 研究の目的

本研究では、ユビキタス・センサネットワークの考え方を都市の熱環境計測に応用し、携帯端末や小型センサ等を利用して都市空間における熱環境を高密度にモニタリング・可視化すると共に、都市に存在する“環境の価値”として緑の情報を収集し、市民に対して情報共有できるシステムについて開発検討することを目的とする(図1)。

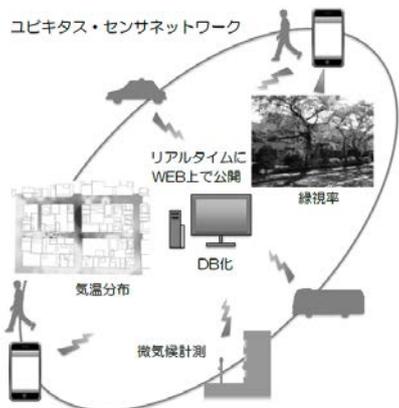


図1 ユビキタス・センサネットワークによる環境情報の取得

3. 研究の方法

まず、環境情報として収集する項目や装置、可視化システムの枠組みについて検討を行う。次に、微気候の情報を動的にモニタリング可能な小型センサによる収集方法、および携帯端末を用いて緑を中心とした環境情報を収集するツールを開発する。さらに、Web GISを用いて、収集した微気候と環境情報を視覚的に共有する可視化システムを開発する。以上を、首都圏の住宅地に適用することで、本システムの有用性を確認し、今後の課題および展開を提示する。

4. 研究成果

3年間の研究において得られた成果を、各項目について記載する。

(1)測定項目の精査と可視化システムの枠組みの検討

開発対象とする都市熱環境の高密度モニタリングシステムについて、システムの基本的な枠組みを設計したうえで、各測定項目の精査、および可視化システムの検討を行った。

具体的には、本研究で主なモニタリング対象とする微気候の測定項目(気温、湿度、風速、熱放射)に加え、ランドスケープ・都市計画の視点から環境の価値・質を評価可能な項目を精査し、実用性の面から緑化空間の評価指標として緑視率を取り上げ、それらの情報を小型装置と携帯端末を用いて計測し、WEB GIS上で可視化するシステムについて提示した。

(2)微気候の空間分布取得のための移動計測による動的モニタリングシステムの開発

都市空間における微気候として、気温や湿度、風速に加えて、これまで簡易かつ機動的な取得が困難であった長短波放射量(6方位)を小型センサを用いて測定する装置を開発した(図2)。この装置は、対象空間の全方位からの放射量を測定するために、プラスチック製の立方体ケースに簡易日射計と赤外線放射計を取り付けたものである。装置は小型かつ非常に軽量で、容易に持ち運んだり、設置することが可能である。

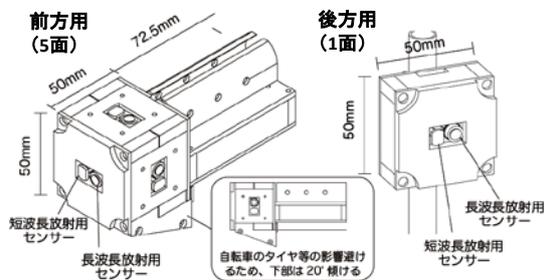


図2 開発した長短波放射計(6方位)



図3 経路別の積算での放射受照量の結果

本装置を用いることで、MRT(平均放射温度)の算出が可能となるが、MRTは、熱環

境と空間設計との関係を議論するうえで重要な指標である。これにより、移動に伴う積算での放射受照量や、MRT の変化量、MRT の空間分布も算出することが可能となった (図 3)。

開発した装置の精度検証として、精度が確保された従来の長短波放射計との比較を、天空の開けた屋上空間と実際の街路空間を対象に行い、十分な精度が得られることを確認した。

さらに、移動計測に利用するために、自転車に搭載する方法を提示し、実際の街路空間での計測を行ったうえで、その有用性を確認した。特に、継続的な測定に耐えられるように、移動計測時の精度や耐久性、耐候性についても検討を行った。MRT の測定を行う長短波放射量 (6 方位) の小型測定装置については、装置の仕様・設計、移動体への設置方法 (振動対策など) について改良を重ねたうえで、移動計測への継続的な使用が可能であることを確認した。各仕様変更に伴う測定精度への影響も検証した。

この装置は、移動での計測だけでなく、多点や定点での測定にも利用できるように装置を改良し、屋外空間において問題なく利用できることを確認した。また、ユビキタス・センサネットワークにより、小型センサーで計測した微気候等の情報を、BLE 対応センサーで携帯端末 (スマートフォン) のアプリに送信し、リアルタイムに表示するシステムを実装した。

(3) 携帯端末を用いた緑に関する環境情報収集ツールの開発

緑化空間の評価指標として設定した緑視率の測定に関しては、実用的利用を意識し、全天球カメラと携帯端末を用いて取得した魚眼写真 (RGB 情報) と位置情報から、自動的に地点の緑視率を算出するシステムを開発した。

実際の街路空間を対象に、自動車での移動計測、及び徒歩での移動計測により、緑視率の空間分布情報を取得した。これらは、一般の市民が利用する携帯端末、および実際に市販されている全天球カメラを用いているものであり、市民に協力を得た情報の整備にも適用可能なものである。

(4) Web GIS を用いた微気候・環境情報の可視化システムの開発

移動計測による微気候の動的モニタリングの結果を、Web 上のサーバにアップロードし、汎用の Web GIS にて可視化するシステムを開発した。移動計測の際には、GPS データを同時に測定し、その位置情報とともに Web 上にアップロードされ、測定値の可視化が可能となるものである。

実際の市街地の街路空間を対象に Web GIS 上での微気候の可視化を行った結果より、空間の特性による MRT や気温の高低が視覚

的に確認でき、熱的なストレスの少ない経路選択などに利用できることを示した (図 4)。

緑に関する情報として設定した緑視率については、全天球カメラと携帯端末を用いて取得・算出した情報を画像とともに Web 上にアップロードし、Web GIS を用いて可視化するシステムを開発した。緑視率とともに、全天球画像も表示可能なため、その空間の特徴を確認することができる (図 5)。緑視率は上記の微気候の情報とともに可視化されるため、緑視率と MRT や気温との関係などが視覚的に確認できるとともに、それらの指標の関係が分析できるようになった。これによって、熱環境に配慮した緑化空間の整備に資する実市街地における各種環境情報を容易に取得できるようになった。

さらに、Web GIS を用いた可視化システムを、各環境情報の階層的な表示方法を検討した。レイヤー階層構造とすることで、互いの結果を重ね合わせて比較することが可能となるようにシステムを実装した。また、強調表示の方法などを検討し、分かり易い可視化を実現した。



図 4 経路別の MRT の可視化マップ



図 5 全天球カメラを用いた緑視率の可視化マップ

(5) 住宅地を対象としたシステムの試用と有用性、および今後の課題の抽出

首都圏の住宅地を対象として、上記で構築したシステムと測定データに基づき、微気候および緑視率の測定結果と、緑化設計や空間設計との関係を分析した (表 1)。また、申請者らが実施した既存の住民のアンケート結果と比較することで、緑化を中心とした快適

な空間設計に活かせる知見を抽出した。すなわち、住民が好ましいと感じる空間や夏に涼しいと感じる空間、改善が必要と感じる空間と、それぞれの空間の緑視率や緑化の形態との関係を分析し、住民の評価の高い緑化空間の特徴を、本システムにより確認した。

これらの検討結果を踏まえ、本研究で開発したシステムが、緑化を中心とするランドスケープデザインや、微気候を踏まえた都市計画に有用な可視化情報を提供可能であることを確認した。

以上より、研究期間を通して、微気候や緑視率といった環境情報を小型装置や携帯端末を用いて移動・多点計測を行い、その結果を Web GIS 上で効果的に可視化するシステムを構築した。そして、今後の研究課題や研究展開として、GPS による位置情報のずれの補正、多点に設置されたセンサのエラー判定システムといった技術的課題や、公共交通機関との連携による効果的な情報取得といったフィージビリティスタディの実施等を提示した。

表 1 住民の意識と緑の形態との関係の分析

用途	空間の代表的な写真	居住者の意識			空間・緑の特徴				
		好きな場所	改善したい場所	散歩経路	見通し	見晴らし	緑の管理の有無	緑視率 (%)	植物面積指数 (NDVI)
道路		○	○	○	x	x	x	23.2	3.65
道路		○		○	1 方向	x	○	14.6	2.68
道路		○			1 方向	○	○	28.1	4.69
住宅街		○			1 方向	○	○	6.57	-
緑道		○	○		x	x	○	49.3	2.87
緑地		○			2 方向	x	○	23.2	-

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 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

- ①吉野瑛子、浅輪貴史、深澤朋美、中大窪千晶：郊外住宅地における通勤経路別の熱放射環境の移動実測、日本建築学会学術講演会(東海大学(神奈川県))、pp. 647-648, 2015.9
- ②中大窪千晶：パノラマカメラを用いた緑視率マップの作成、日本ヒートアイランド学会第 10 回全国大会(日本工業大学(埼玉県))、pp. 44-45、2015.8

- ③中大窪千晶、浅輪貴史、吉野瑛子：移動実測のための平均放射温度計の開発、日本ヒートアイランド学会第 10 回全国大会(日本工業大学(埼玉県))、pp. 112-113、2015.8

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

浅輪 貴史 (ASAWA, Takashi)
東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授
研究者番号：50361796

(2)研究分担者

中大窪 千晶 (NAKAOHKUBO, Kazuaki)
佐賀大学・工学系研究科・准教授
研究者番号：30515143

(3)研究分担者

村上 暁信 (MURAKAMI, Akinobu)
筑波大学・システム情報系・教授
研究者番号：10313016

(4)連携研究者

なし

(5)研究協力者

なし