

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 19 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420577

研究課題名(和文) 地域性・場所性を考慮した気象データの作成手法の構築と利用に関する研究

研究課題名(英文) Development of climate data on a site and analysis of influence of surrounding obstacles on a building

研究代表者

森 太郎 (Mori, Taro)

北海道大学・工学研究院・准教授

研究者番号：70312387

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：住生活の省エネルギー化が喫緊の課題である。解決策の一つとして太陽エネルギーの利用が注目されている。その利用方法はPVだけでなく熱利用にも大きな可能性があり、組み合わせによっては、寒冷地においても地域によっては無暖房が達成できる可能性もあるが、太陽エネルギー利用は地域性(日射量や外気温等の気象データ)だけではなく、場所(地形、周辺の建物)の強い影響を受ける。そこで、本研究では、(1)低価格レンズを利用した簡易日射受熱量予測システムの構築、(2)GISデータと気象データを用いた環境解析用気象データの作成手法の構築と作成された気象データの分析、(3)上記データを用いたシミュレーションの実施した。

研究成果の概要(英文)：Energy conservation of housing life is an urgent issue all over the world. The use of solar energy is one of the methods to solve the issue. There are great possibilities as an energy source. Although solar systems are useful, the effects are influenced by not only regional climate but also obstacles around a site.

In this research, we conducted the research on the influence of surrounding obstacles around a site by using several kinds of GIS data. The achievements are as follows. (1) Development of forecasting system for solar radiation by fish eye lens attached with a smart phone. (2) Development of the method to create a climate data for a site using GIS data and standard weather data. (3) Numerical analysis on influences of surrounding obstacles on heating, cooling energy, and solar system.

研究分野：建築環境学

キーワード：GIS 熱負荷シミュレーション 日射

1. 研究開始当初の背景

地球環境問題、生活コストの高騰の問題から住生活の省エネルギー化が喫緊の課題となっている。その解決策の一つとして太陽エネルギーの利用が注目されている。その利用方法は PV だけでなく、熱利用(太陽熱給湯、空気集熱、ダイレクトソーラーゲイン)にも大きな可能性があり、うまく組み合わせることで、寒冷地においても地域によっては無暖房が達成できるという研究レポートもある。一方で太陽エネルギー利用は地域性(日射量や外気温等の気象データ)だけではなく、場所(地形、周辺の建物)の強い影響を受ける。

そこで、本研究では、①フリーで提供されている GIS 情報と気象データを元に温熱環境・光環境解析用の気象データを作成し、②それを用いて太陽エネルギー利用システムのシミュレーションを実施した。

2. 研究の目的

応募者らは、ダイレクトソーラーゲイン(以下 DSG)の最適化に関する研究を実施してきた。そのなかで、当然ではあるが建築物の周囲の状況が室内の日射受熱量に大きな影響を与えることが分かってきた。また、近年は GIS が飛躍的に発達し、様々な地図データを所得することが可能になってきている。しかし、周辺の障害物の状況を正確に把握するためには、周辺の建物や障害物を正確にモデリングする必要があり手間が膨大である。それをなるべく少ない計算資源において実施しようとするのが本研究の目的であった。

3. 研究の方法

本研究では以下の項目を実施した。

(1)低価格レンズとスマートフォンを利用した簡易日射受熱量予測システムの構築

システムの基本的なアイデアを図1に示す。左図のような写真を作成することができ、画像処理を行うと、自動的に気象データとの重ね合わせを行い、壁面日射受熱量の解析を行うことができる。

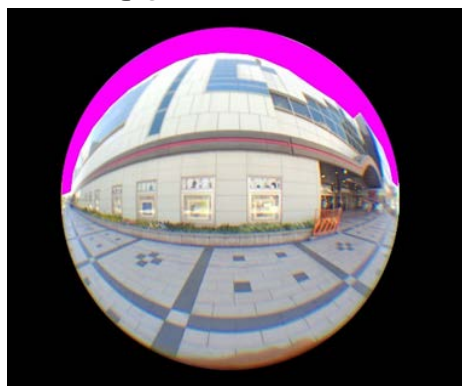


図1 魚眼画像を用いた日射受熱量の解析

(2)GIS データと気象データを用いた環境解析用気象データの作成手法の構築と作成さ

れた気象データの分析

国土地理院が提供している GIS データは建築物の外形線のポリゴンのデータを持っている。したがって、都市計画基礎調査データ等を用いて高さ情報を与えてあげれば日射侵入を阻害する障害物とすることができる(図2)。本研究では、この三次元形状を利用して下図のような周辺障害物、地形に関する正射影図を作成し、太陽位置と重ね合わせることでその場所の気象データを作成した。また、この手法を形状復元領域+計算対象建物(単純なボックスモデル)に適用し、パラメータを形状復元領域の広さとしてシミュレーションを実施し、形状復元領域の適切な広さに関して検討を行った。

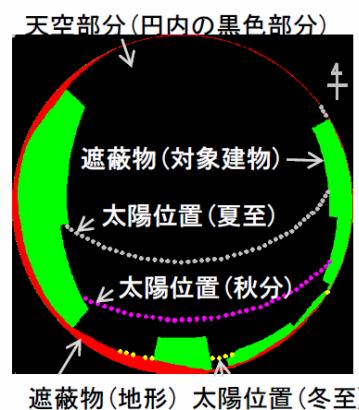


図2 その場所の気象データを作成するための画像データ

(3)上記データを用いたシミュレーションの実施

気象データの特性を把握したうえで、① energy-plus を用いたダイレクトソーラーゲインが住宅の暖房負荷と居住者の ET*に及ぼす影響把握、②太陽熱集熱装置と PCM の組み合わせ効果の把握、③太陽熱給湯システムや太陽電池発電量の検討等を実施した。

4. 研究成果

(1)低価格レンズとスマートフォンを利用した簡易日射受熱量予測システムの構築

魚眼レンズで撮影した画像から、雲、建物、樹木を分離する手法を開発した。これによって、魚眼レンズ画像から日照時間を推定できるようになった。本成果は釧路工業高等専門学校紀要に報告した。雑誌論文⑩、⑪(2)GIS データと気象データを用いた環境解析用気象データの作成手法の構築と作成された気象データの分析 重心座標を中心とした解析範囲の変化が日射量に与える影響について検討するため、対象とする敷地内より3街区を選択し、その街区内の全地点について、解析範囲を 50m から 400m まで 50m ごとに正射影画像を作成し、それぞれの日射量を算出した。図3に算出された結果を示す。縦軸は解析範囲が最も広い 400m の場合に算出される年積算日射量と横軸に示した解析範囲の場合に算出される年積算日射量の差を示

している。図内の線は1本ごとに1地点の差を示している。また、各解析範囲の差の最大値を図中に示す。解析範囲が50mの場合、日射量の差は建物ごとに異なり、最大で172.4kWh/m²となった。解析範囲が伸長するごとに日射量の差は減少し、解析範囲が200m以上になると、日射量の差は1.4kWh/m²以内に収まった。以上のことから解析範囲が200mより伸長すると算出される取得日射量の変動は非常に小さくなることが示された。そのため、本報で対象にしたエリアでは200mに設定することで最小の計算負荷で正確な日射量が算出されると考えられる。今回の検討は札幌市を対象として行っているため、札幌市において有効であり、別の地域で本手法を利用する場合、再度解析範囲を検討する必要がある。

作成したデータの精度を検証するために、EnergyPlusを用いて対象建物の解析範囲200m以内の周辺建物の形状を再現し、建物の重心位置（高さは地表面）に測定位置を設置して時刻ごとの日射量を求め、本手法を用いて得られた時刻毎日射量との比較を行った。対象建物が存在する地点として天空率が0.25の地点Aと0.75の地点Bとした。期間は1年間とし、1時間ごとに水平面全天日射量を算出した。図3下図に作成したデータをデータA、EnergyPlusより算出された結果をデータBとして示す。RMSEは地点Aが33.4Wh/m²、地点Bが42.1Wh/m²となった。対して、算出された時刻毎水平面全天日射量の最大値は地点Aが約500Wh/m²、地点Bが約850Wh/m²であるため、時刻毎水平面全天日射量の最大値に対するRMSEの値は地点Aが約7%、地点Bが約5%であることが示された。また、年積算水平面全天日射量に対する誤差も地点Aは約4%、地点Bは約5%であり、年間の暖房負荷計算で求められる有効数字2桁の精度からすれば十分な精度を有している。また、それぞれの解析に要した時間を測

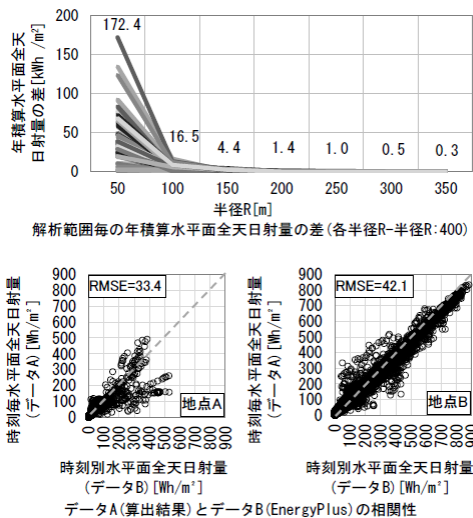
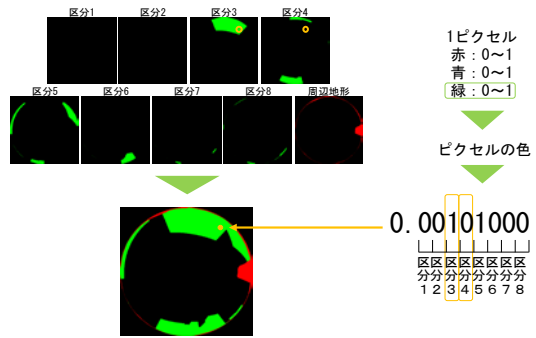
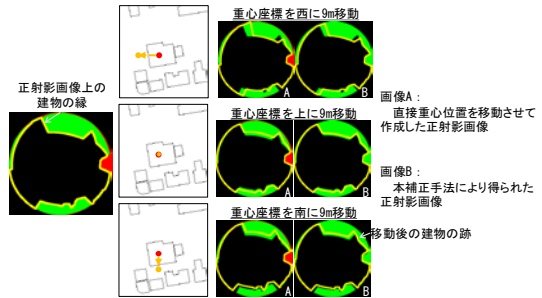


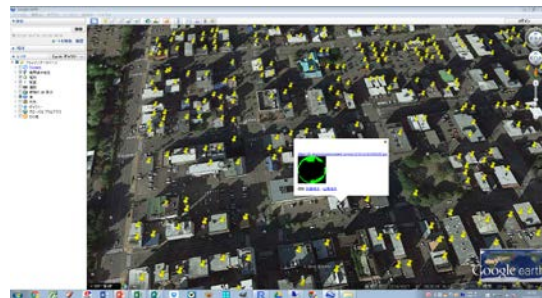
図3 GISデータから得た日射受熱量の特性



周辺建物データの保管方法



補正結果の比較



webGISを利用したデータの保管

図4 画像データベースの構築

定した結果、EnergyPlusが30分を要することに対し、本手法では1/120の15秒となった。このことから、多くの計算パターンが必要な場合、本手法の利用が有効である。

また、これらのデータをwebからダウンロードできる仕組みを構築した。図4(上図)はダウンロードするデータの概念図である。一か所(敷地)につき一画像でデータを保管し、必要に応じて視点を変化させることができるように、敷地中心から同心円状にエリアを分割し、それぞれのエリアの情報を32bitTiff形式の画像ファイルに保管した。こうすることで視点が移動しても気象データを再計算することができるようになった。図4(中図)は補正結果と補正をせずに元の視点を変更して計算した結果である。概ね良好な結果が得られている。

図4(下図)はGooglemapを利用してサーバーに保管している画像にアクセスするためのユーザーインターフェースである。雑誌論文④、⑥、⑦、⑧

(3)上記データを用いたシミュレーションの

実施

気象データの特性を把握したうえで、① energy-plus を用いたダイレクトソーラーゲインが住宅の暖房負荷に及ぼす影響把握、② 太陽熱集熱装置と PCM の組み合わせ効果の把握、③ 太陽熱給湯システムや太陽電池発電量の検討等を実施した。

本報告では①についての成果を紹介する。図 5 は床面積が 50m² の空間において、南面に 67%の窓を設置した際の室温変動と暖房負荷である。上図が南側天空率が 0.75、下図が 0.25 の際の結果となっている。日射のある時間帯の室温変動が異なっていることがわかる。

また、図 6 に暖房負荷と南側天空率の関係を示す。FF (複層ガラス)、EE (low-e 複層ガラス) のモデルに注目すると南側天空率に関わらず、狭い窓面積を有するモデルほど算出されたデータ群が下方に表示された。EFF、EEF (それぞれトリプルガラス) のモデルに注目すると約 0.9 以上の南側天空率で窓 B のデータ群が最下方に示された(以降、窓 B の暖房負荷が窓 A の値より小さくなった時の南側天空率を交差値と称す)。これらのことより南側天空率が高い地点では窓の断熱性を向上させることで、暖房負荷の抑制効果が確認できる。ただし、窓 C のデータ群が窓 B より上方に存在したことから南側天空率ごとに暖房負荷を最小にする窓面積の広さが存在すると考えられる。雑誌論文④

(4) 本研究から派生した成果

① 都市形状がオフィスの入射日射に与える影響解析

都市計画基礎調査データ、基盤地図情報、ALOS データを重ね合わせて図 7 のような解析モデルを構築し、中心の A ビルのオフィスに入射する日射量が都市形状によってどのような影響を受けるのかを解析した。

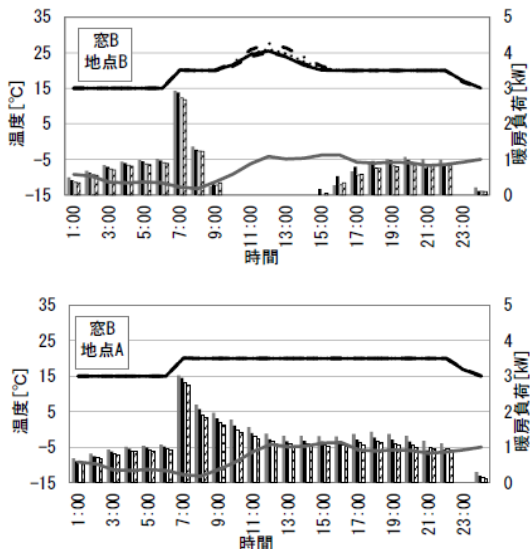


図 5 敷地の違いが室温、暖房負荷に与える影響

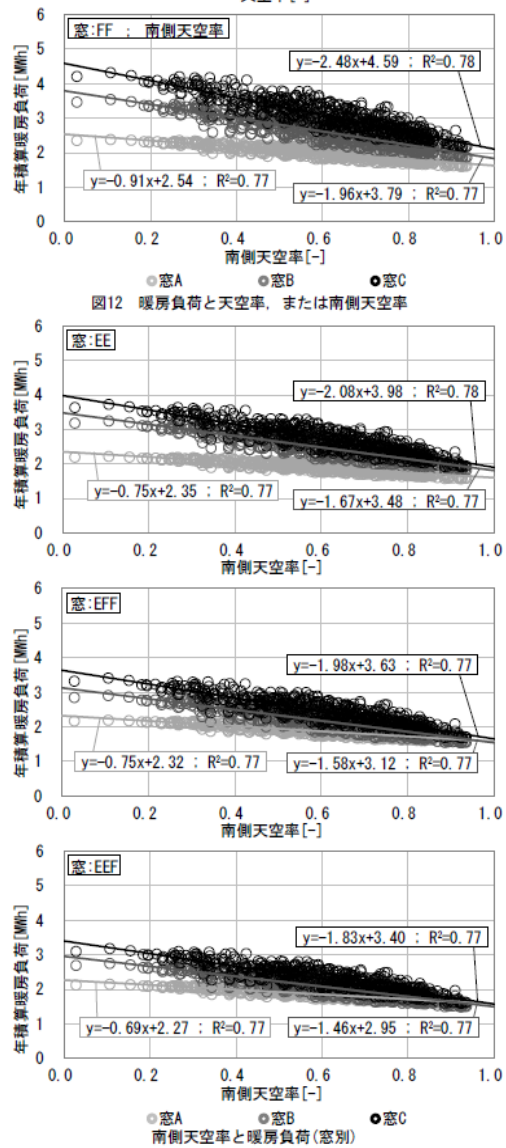


図 6 南側天空率が暖房負荷に与える影響

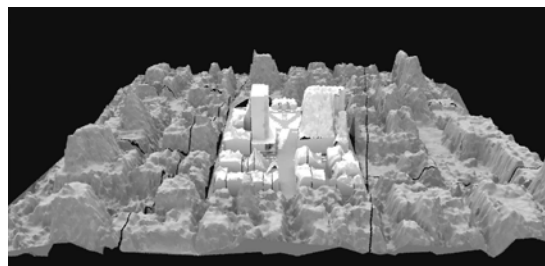


図 7 札幌駅周辺の形状モデル

② 暖房 WEP の解析

作成した画像データベースをもとに暖房 WEP (Window Energy Performance) が周辺の障害物の状況によってどのような影響を受けるかを解析した。周辺建物の状況によってはユーティリゼーションファクターが最大 0.3 まで低下することがわかった。

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 11 件)

- ①寒冷地における高断熱改修住宅を用いた中古住宅流通促進に関する研究, 紺野良文, 森太郎, 日本建築学会環境系論文集 82(736) 599-607 2017 年 6 月
- ② A Study of Home Energy Management Systems for Northern Houses, 川村淳浩, 林 裕樹, 森 太郎, 梶原秀一, 千田和範, 野口孝文, 荒井 誠, 内海 洋, Journal of the Japan Institute of Energy 96 112-120 2017 年
- ③寒冷地における厳冬期被災時の住宅と避難所の温熱環境, 森 太郎他, 日本建築学会技術報告集 22(52) 1021-1026 2016 年 10 月
- ④GIS データを利用した寒冷地住宅の暖房負荷解析 ダイレクトソーラーゲイン効果に作用する周辺建物の影響の把握, 大沢飛智, 森太郎, 濱田裕章, 緒形浩佑, 羽山広文, 菊田弘輝, 日本建築学会環境系論文集 (721) 327 - 336 2016 年 3 月
- ⑤チセとトイチセの冬期の熱環境性能に関する研究, 森太郎, 西澤岳夫, 桑原浩平, 佐藤彰治, 日本建築学会環境系論文集 (720) 189 - 197 2016 年 2 月
- ⑥GIS データによる寒冷地のダイレクトソーラーゲイン住宅の設計判断に関する研究, 緒形 浩佑, 森 太郎, 大沢 飛智, 濱田 裕章, 羽山 広文, 菊田 弘輝, 日本建築学会環境系論文集 80(708) 109-116 2015 年 2 月
- ⑦寒冷地における太陽熱空気集熱器と潜熱蓄熱材を組み合わせた外気負荷削減装置の開発: 個別要素の特性によるシステム効果の数値解析, 高山 裕香子, 森 太郎, 石戸谷裕二, 松永 潤一郎, 羽山 広文, 菊田 弘輝 日本建築学会環境系論文集 80(708) 117-126 2015 年
- ⑧建築物総合シミュレーションツールを用いた天井放射冷房システムの設計法の検討: -夏期・中間期の運用を考慮したシステム選定法の提案-, 松本 若菜, 森 太郎, 羽山広文, 菊田 弘輝, 日本建築学会環境系論文集 80(707) 21-28 2015 年
- ⑨ペレットボイラーとCO2 ヒートポンプによるハイブリッド給湯システムの最適運用方法の検討, 森 太郎, 辻 圭輔, 辻 弘明, 羽山 広文, 日本建築学会環境系論文集 80(707) 37-44 2015 年
- ⑩画像処理による日射量予測に関する検討 -建築物と植物の分離手法について-, 浅水 仁, 福島萌史, 森太郎, 釧路工業高等専門学校紀要, 第 50 号, 68-71, 2016 年
- ⑪魚眼レンズを用いた局所的な日照時間推定に関する検討, 星野祐輔, 浅水 仁, 森太郎, 釧路工業高等専門学校紀要, 第 50 号, 72-75, 2016 年

〔学会発表〕(計 26 件)

- ①GIS データを用いたダイレクトソーラーゲイン効果の数値解析に関する研究 その 5 画像データベースの構築, 大沢飛智, 森太郎,

羽山広文, 菊田弘輝, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集 (CD-ROM) 2016 年 7 月 20 日

- ②GIS データを用いた都市内における日射量分布解析 その 8 DSM データを用いた都市形状の再現と日射受熱量解析, 杉原慧, 森太郎, 大沢飛智, 羽山広文, 菊田弘輝 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集 (CD-ROM) 2016 年 7 月 20 日

- ③GIS データを用いた都市内における日射量分布解析 その 6 画像データベースの構築 森太郎, 大沢飛智, 空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集 (CD-ROM) 2016 年

- ④GIS データを用いた都市内における日射量分布解析 その 7 ALOS データを用いた都市形状の再現, 杉原慧, 森太郎, 菊田弘輝, 大沢飛智, 羽山広文, 空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集 (CD-ROM) 2016 年

- ⑤GIS データを用いた都市内における日射量分布解析 その 5 場所性を考慮した窓の選択手法, 大沢飛智, 森太郎, 杉原慧, 羽山広文, 菊田弘輝, 空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集 (CD-ROM) 2016 年

- ⑥寒冷地における簡易な地中熱利用による暖房負荷抑制効果に関する研究 北海道室蘭市内に建つ OM 高校の実例より, 大山政彦, 森太郎, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集 (CD-ROM) 2015 年 7 月 20 日

- ⑦住宅への入射日射が人体の熱的快適性に及ぼす影響, 桑原浩平, 森太郎, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集 (CD-ROM) 2015 年 7 月 20 日

- ⑧GIS データを用いたダイレクトソーラーゲイン効果の数値解析に関する研究 その 4 札幌市の住宅地に設置した北方型住宅モデルの暖冷房負荷分布の検討, 大沢飛智, 森太郎, 羽山広文, 菊田弘輝, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集 (CD-ROM) 2015 年 7 月 20 日

- ⑨GIS データにより再現される都市形状が中規模オフィスビルの日射受熱量分布と空調負荷に与える影響, 浜田裕章, 森太郎, 大沢飛智, 羽山広文, 菊田弘輝, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集 (CD-ROM) 2015 年 7 月 20 日

- ⑩太陽熱集熱器と PCM を組み合わせた外気負荷削減装置の開発 その 6 換気設定及び PCM の形状によるシステムの検討, 高山裕香子, 森太郎, 石戸谷裕二, 松永潤一郎, 羽山広文, 菊田弘輝, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集 (CD-ROM) 2015 年 7 月 20 日

- ⑪GIS データを用いた都市内における日射量分布解析 その 3 DEM データによる精度の向上, 大沢飛智, 浜田裕章, 森太郎, 羽山広文, 菊田弘輝, 空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集 (CD-ROM) 2015 年

⑬GIS データを用いた都市内における日射量分布解析 その2 オフィスビルの日射受熱量分布が暖冷房負荷に与える影響, 浜田裕章, 森太郎, 大沢飛智, 羽山広文, 菊田弘輝, 太陽/風力エネルギー講演論文集 2014年11月13日

⑭GIS データを用いた都市内における日射量分布解析 その1 札幌市における太陽熱給湯・太陽光発電の可能性検討, 大沢飛智, 森太郎, 浜田裕章, 羽山広文, 菊田弘輝 太陽/風力エネルギー講演論文集 2014年11月13日

⑮縮小する地域における低負荷, パッシブの可能性 (特集 北海道支部特集: ファシリティアマネジメントの視点に立った"統合的な環境形成"北海道からの発信) -- (北海道における最新のトピックス) 森 太郎, 空気調和・衛生工学 2014年10月

⑯GIS データを用いたダイレクトソーラーゲイン効果の数値解析に関する研究: その2 DSG 判定の定義(熱評価シミュレーション, 環境工学 II, 2014年度日本建築学会大会(近畿) 学術講演会・建築デザイン発表会), 緒形 浩佑, 森 太郎, 大沢 飛智, 濱田 裕章, 羽山 広文, 菊田 弘輝, 学術講演梗概集 2014年9月12日

⑰GIS データを用いたダイレクトソーラーゲイン効果の数値解析に関する研究: その1 南側天空率と暖房負荷の関係(熱評価シミュレーション, 環境工学 II, 2014年度日本建築学会大会(近畿)学術講演会・建築デザイン発表会), 大沢 飛智, 濱田 裕章, 緒形 浩佑, 森 太郎, 羽山 広文, 菊田 弘輝, 学術講演梗概集 2014年9月12日

⑱太陽熱集熱器とPCMを組み合わせた外気負荷削減装置の開発: その2 数値モデルによるシステムの検討(蓄熱材, 環境工学 II, 2014年度日本建築学会大会(近畿)学術講演会・建築デザイン発表会), 高山 裕香子, 森 太郎, 石戸谷 裕二, 松永 潤一郎, 菊池 洋, 羽山 広文, 菊田 弘輝, 学術講演梗概集 2014年9月12日

⑲都市計画基礎調査データを用いた建築環境シミュレーション その4 標高と地形による影響, 大沢飛智, 浜田裕章, 緒形浩佑, 森太郎, 羽山広文, 菊田弘輝, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 2014年8月25日

⑳都市計画基礎調査データを用いた建築環境シミュレーション その3 都市計画基礎調査データとRadianceを用いた都市の日射解析, 浜田裕章, 大沢飛智, 緒形浩佑, 森太郎, 羽山広文, 菊田弘輝, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 2014年8月25日

㉑太陽熱集熱器とPCMを組み合わせた外気負荷削減装置の開発 その4 実験及び実測によるシステムの検討, 高山裕香子, 森太郎, 石戸谷裕二, 菊池洋, 小笠原一隆, 羽山広文, 菊田弘輝, 空気調和・衛生工学会学術講

演会講演論文集 2014年8月25日

㉒太陽熱集熱器とPCMを組み合わせた外気負荷削減装置の開発 その2 数値モデルによるシステムの検討, 高山裕香子, 森太郎, 石戸谷裕二, 松永潤一郎, 菊池洋, 羽山広文, 菊田弘輝, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集(CD-ROM) 2014年7月20日

㉓住宅への入射日射及び床採暖が人体の熱的快適性に及ぼす影響, 桑原浩平, 森太郎 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集(CD-ROM) 2014年7月20日

㉔GIS データを用いたダイレクトソーラーゲイン効果の数値解析に関する研究 その2 DSG 判定の定義, 緒形浩佑, 森太郎, 大沢飛智, 浜田裕章, 羽山広文, 菊田弘輝 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集(CD-ROM) 2014年7月20日

㉕GIS データを用いたダイレクトソーラーゲイン効果の数値解析に関する研究 その1 南側天空率と暖房負荷の関係, 大沢飛智, 浜田裕章, 緒形浩佑, 森太郎, 羽山広文, 菊田弘輝, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集(CD-ROM) 2014年7月20日

㉖GIS データを用いたダイレクトソーラーゲイン効果の数値解析に関する研究: その3 地域と地点の日射性が暖房負荷に与える影響(環境V, 講演研究論文, 計画・技術報告) 大沢 飛智, 濱田 裕章, 緒形 浩佑, 森 太郎, 羽山 広文, 菊田 弘輝, 日本建築学会北海道支部研究報告集 2014年6月28日

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森 太郎 (MORI, Taro)

北海道大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号: 70312387

(2) 研究分担者

桑原 浩平 (KUWABARA, Kouhei)

釧路工業高等専門学校・建築学科・准教授

研究者番号: 40374582

浅水 仁 (ASAMIZU, Hitoshi)

釧路工業高等専門学校・電子工学科・准教授

研究者番号: 40369905

林 裕樹 (HAYASHI, Hiroki)

釧路工業高等専門学校・情報工学科・准教授

研究者番号: 60342440