

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26289205

研究課題名(和文) 低炭素社会実現のための東南アジアの環境設計用気象データの開発

研究課題名(英文) Development of Weather Data of Southeast Asian Countries for Planning of LCSs

研究代表者

松本 真一 (Matsumoto, Shin-ichi)

秋田県立大学・システム科学技術学部・教授

研究者番号：70209633

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：東南アジア諸国は、地球規模の低炭素社会の実現における要所である。建築などの社会基盤を環境に配慮して持続可能なように整備するには入念な設計が重要で、そのために質の高い「設計用」気象データをこれらの地域において多数整備する必要がある。我々は、日本において840地点余りの設計用気象データを開発してきた実績がある。本研究は、その活動を海外研究者との協働により、東南アジアに拡大して展開しようとする試みの端緒となるものである。本研究における詳細なデータ観測・収集・分析を通じ、既往の構築手法の適用性の確認、有用な新たな気象要素の推定方法の提案など、有益な知見を得た。これらは本格開発の糸口となる成果である。

研究成果の概要(英文)：Southeast Asian countries are keys for developing global LCSs. Developing sustainable built environment is required to realize LCSs. In this study, we have researched important design information, i.e., design weather data, for Southeast Asia. We have knowledge, skills and experiences for developing high-quality and precise weather data in Japan. Thus, it can be said that this study is a kick off feasibility study of overseas extension of our research and information exchange/collaboration with foreign researchers. Through this study, we mainly conducted precise weather data observations, acquisitions and analyses. As results, our previous methodologies for developing data in Japan were confirmed to be available for Southeast Asian countries and new estimation methods for useful weather parameters like a PAR (Photosynthetic Active Radiance) were also developed. These are typical fruits of this study expecting to lead feature achievements.

研究分野：建築気象学(建築学、建築環境・設備、熱環境)

キーワード：設計用気象データ 建築環境設計 紫外域日射 光合成有効放射 天空日射 マレーシア シンガポール 国際研究情報交換

1. 研究開始当初の背景

(1) 地球温暖化防止、ひいては低炭素社会の実現は、我が国を含む世界が目指すべき方向である。特に、東南アジア諸国における建築物をはじめとする社会基盤施設の冷房などに係る省エネルギーを推進することは、この課題のグローバルな解決に寄与するところが極めて大きい。

(2) 社会基盤施設の省エネルギーを推進するには、土地々々の気候特性を入念に掌握したデザイン手法を適用する必要がある、そのためには合理的な設計資料（シミュレーションツールの主要な入力ソース）である高品質な「気象データ」が必要である。

(3) しかしながら、東南アジアにおいて、そうした気象データの整備は遅れている。一方、我々は、日本における気象データ（拡張アメダス気象データ）の開発研究に関する長年の実績があり、その成果は合理的環境設計用の資料として、設計実務から行政施策立案まで幅広く使われている。

(4) 我々の既往の研究ノウハウを東南アジア諸国に適用することにより、当該地域の気象データを国際協働によって開発することは、社会的な意義が大きく、我が国の国際的なプレゼンスの向上に一翼を担えるであろう。

以上の概要説明に基づく計画調書を作成し、本研究は採択に至った。

2. 研究の目的

そこで、本研究は、我々が従来までに成果をあげてきた設計用気象データ等に関する研究成果を発展させ、以下の3点を主な研究課題とする研究を推進し、1章で指摘した問題の解決の端緒とすることを目的とする。

(1) マレーシア、タイ（シンガポール）の設計用気象データの研究開発：タイについては、洪水災害や政情の影響を受けて、対象から外すことになった。代替国はシンガポールである。マレーシアとシンガポールにおいて、データ開発の可能性があるのは、20地点程度である。3章（研究の方法）で述べる通り、本研究では、事例的に各国1地点ずつの開発を実施し、その成果を踏まえて多地点のデータ開発を目指す。

(2) 新たな気象要素推定モデルの確立と既往の推定モデルの検証：新たに追加する気象要素に光合成有効放射（Photosynthetic Active Radiation, PAR）を取り上げる。これは植物工場などの施設設計において重宝

するデータである。また、観測される日射量を直達（直射）成分と天空（散乱入射）成分に精度よく分離する数理推定モデルをリファインする。これらの成分データは、建物の省エネルギー計画において必須である。しかし、数少ない東南アジア用気象データ（EPWデータ）における成分データの適切性が、学術的に疑問視されており、その検討も課題としている。

(3) 対象地域拡大に関するフィージビリティ調査：現地研究者と交流することにより、東南アジア諸国の気象観測の現状を調査し、整備地点の拡大可能性を検討する。

3. 研究の方法

研究の方法と手順は、以下のとおりである。

(1) 詳細観測のための観測ステーションの開設とデータ分析：PAR センサ、成分別日射などの精密機器で構成される観測ステーションをマレーシア、シンガポールに1か所ずつ開設する。開設に際しては、現地の研究者との協働を敢えて考慮する。この研究方法項目は、2章（研究の目的）で述べた全ての課題に関係する重要なものである。

(2) 既往の欠測補充方法、要素補充方法の検討：我々の既往の研究成果であるこれらの方法（ノウハウを含む）を、①精度の向上、②オートメーション化の観点から研究する。具体的には、データのコンピュータ処理の各種アルゴリズムや統計的推定手法の精査を机上で実施して、①と②を定量的に評価するものである。この項目は、2章(1)と(2)の課題との関係が深い。

(3) 新しい気象要素の推定モデルの提案：あまり観測実績のないPARのような要素を精細に観測してデータを整備し、これを使わず、一般的に観測される他の要素から推定するモデルを構築する。特に注目する気象要素は、先述のPAR、紫外域日射（UV-A、UV-B）である。誤差の適切な評価が大切であるため、精細な観測データの蓄積を必要とし、方法(1)との関連も大きい。

(4) 既往の気象要素の推定モデルの検証とリファイン：研究方法は、上の(3)と同様である。日射の成分分離モデル、天空放射輝度分布モデルなどが対象である。また、斜向日射の計算方法の高精度化も課題である。

(5) 気象データのフォーマットの確立、気象データの操作プログラム類の作成と公開プラットフォームの整備：Webサイトによる情報公開を想定し、コンパクトなフォーマット、ユーザーフレンドリーな操作プログラム群を構築する。

(6) 国際情報交換および文献調査：東南アジアにおける気象観測の現状とコンパイル可能な気象データについて調査し、気象データを構築可能な地点の拡大について検討する。

4. 研究成果

3章の研究の方法に示した順に、成果を簡潔に記す。

(1) 詳細観測のための観測ステーションの開設とデータ分析：マレーシアペトロナス工科大学構内、シンガポール国立大学構内に観測ステーションを開設した。図1、図2にそれぞれの観測ステーションの概要を示す。

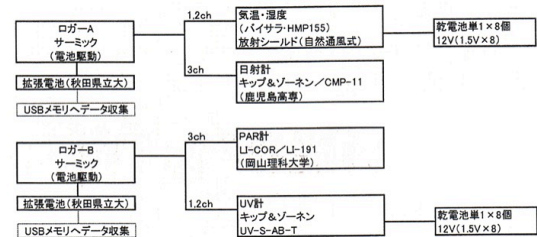


図1 マレーシア (ペトロナス工科大学) 観測ステーション

当初、シンガポールは設置候補地ではなく、タイ国カセサート大学への設置を計画していたが、災害や政情の問題があつて変更した。研究計画においては、1カ年の精細データを収集する予定であったが、セキュリティの問題や現地における電源の安定供給の問題もあり、研究完了時点では、1カ年に到達していないが、平行して分析を実施した。現地の研究者との契約により、2地点における観測は今後も継続することになっている。

データ分析の結果、日射の直散成分に関して、先(2章(2))に述べた疑問への解答に繋がる知見を得つつあり、時期を見て学術論文としてまとめる予定である。

(2) 既往の欠測補充方法、要素補充方法の検討：本研究では特に、風速データの欠測補充方法に関して、大きな進展が見られた。具体的な成果については、図書①における一連の技術解説書(PDF)を参照されたい。

(3) 新しい気象要素の推定モデルの提案：当初の計画のとおり、PARとUV-A、UV-Bの推

定モデルを開発し、学術論文として公開した(雑誌論文①、②および学会発表②参照)。これらは、水平面全天日射量と可降水量(絶対湿度)の観測値から推定可能なモデルで、直達成分と天空成分ごとに求めることができる点で画期的な成果であり、国際的に高く評価されている。

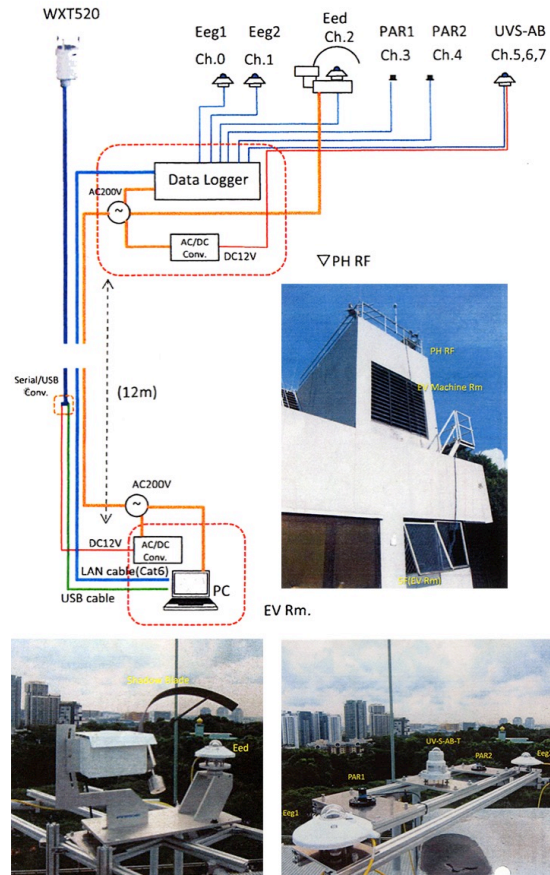


図2 シンガポール (シンガポール国立大学) 観測ステーション

今後、マレーシアおよびシンガポールにおける観測データが十分蓄積された時点で、それらのデータを用いた照合評価を実施し、これらの推定モデルが、地点と無関係にグローバルに適用可能であることを検証し、学術論文としてまとめる予定である。

(4) 既往の気象要素の推定モデルの検証とリファイン：日射の発光効率の推定に関して、顕著な進捗があり、より精度の高い推定モデルを構築することができた(Igawa_Dモデル、雑誌論文①、②および学会発表②参照)。このモデルによれば、より精度の高い天空輝度・放射輝度分布を得ることができ、斜面日射量などが精確に求められる。そのため、太陽光発電パネルの最適配置計画やオフィスビルなどにおける昼光利用計画で用いるシミュレーション予測計算結果に及ぼす影響は大きく、重要な成果の一つと言える。図3に旧モデルと新モデルによる天空輝度分布の相違を示す。

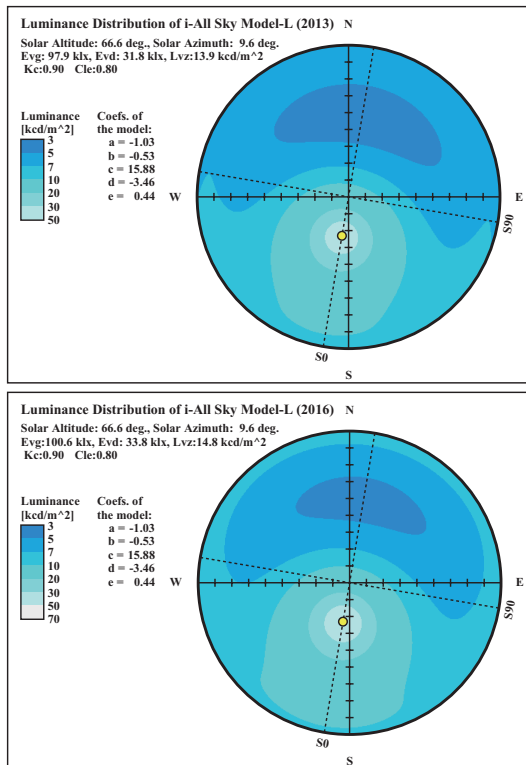


図3 新旧モデルによる天空輝度分布推定結果の相違（上：旧モデル、下：本研究に基づく新モデル）

(5) 気象データのフォーマットの確立、気象データの操作プログラム類の作成と公開用プラットフォームの整備：本研究における関連する成果は、いち早く図書①に反映されている。

本研究により、新しい斜面日射量の計算ツールの開発に着手できた点を特筆したい。これは、魚眼レンズによる天空画像と天空メッシュ分割を重ね合わせて、メッシュごとの放射輝度に基づいて計算するものである。障害物の影響も加味することができ、高精度な予測値を得ることが可能となるため、今後の実用化が大いに期待されよう（図4参照）。

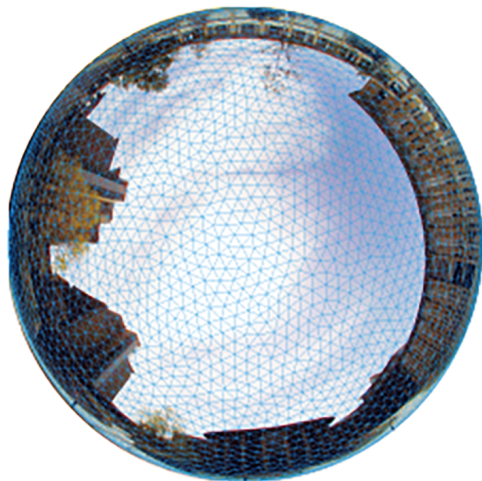


図4 天空メッシュによる斜面日射精細計算ツールの開発過程

当面、情報公開用のプラットフォームは、本研究組織に所属する研究者の多くが経営に参画している、大学発ベンチャー企業（株）気象データシステム）における手法を応用することを考えている。物理的にはサーバーの収録メモリ空間を借りる予定で、目下作業を進めている。

(6) 国際情報交換および文献調査：(1)で述べた観測ステーションの開設（実際に開設に至らなかったタイ国における交渉も含む）により、10人程度の研究者と交流することができた。交流により、文献や既往のデータを入りやすくなった。文献調査の結果をまとめるため、本研究のフォローアップ研究を企図している。

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 2 件）

- ① 井川憲男、永村一雄、Craig Fahnham、日射量による昼光照度、PAR、UV-A、UV-Bの推定、査読有、日本建築学会環境系論文集、81、2016、pp. 679-685
DOI:10.3130/aije.81.679
- ② N. Igawa, IMPROVING THE ALL SKY MODEL FOR THE ILLUMINANCE AND RADIANCE DISTRIBUTIONS OF THE SKY, Peer Reviewed (査読有), Solar Energy, 105, 2014, pp. 354-372
DOI:10.1016/j.solener.2014.03.020

〔学会発表〕（計 26 件）

- ① 中山哲士、細淵勇人、環境建築対応型気象データの開発 その1 シンガポールにおける気象データ観測システムの構築、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学）、D-2、2017.9.1、広島工業大学（広島）、pp. (N/A)（発表予定）
- ② 中山哲士、細淵勇人、水出喜太郎、石野久彌、環境建築の測定法、査読無、日本建築学会第12回建築設備シンポジウム（選抜講演論文）、2016.10.12、建築会館（東京）、pp. 53-58
- ③ 二宮秀典、永村一雄、窪田真樹、赤坂裕、外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その172）30年拡張アメダス気象データ、査読無、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（オーガナイズドセッション、選抜講演論文）、5、2016.9.15、鹿児島大学（鹿児島）、pp. 13-16
- ④ 松本真一、井川の All Sky モデルによる斜面日射量計算のための天空分割メッシュ、査読無、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、5、2016.9.15、鹿児島

- 大学 (鹿児島)、pp.185-188
- ⑤ Jihui Yuan, Md Ashraful Alam, Kazuo Emura, Craig Farnham, FREQUENCY ANALYSIS OF ANNUAL MAXIMUM HOURLY PRECIPITATION IN JAPAN, No Reviewed (査読無), Annual Meeting of AIJ (Organized Session, Selected Paper), D-2, 2016.8.25, Fukuoka University (Fukuoka), pp.1081-1084
- ⑥ 井川憲男、永村一雄、Craig Farnham、日射量から推定する昼光照度・PAR・UV、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学) (オーガナイズドセッション、選抜講演論文)、D-2、2016.8.25、福岡大学 (福岡)、pp.1085-1088、
- ⑦ Md Ashraful Alam, Jihui Yuan, Kazuo Emura, Craig Farnham, PROBABILITY ANALYSIS OF ANNUAL MAXIMUM MONTHLY RAINFALL IN BANGLADESH, No Reviewed (査読無), Annual Meeting of AIJ (Organized Session, Selected Paper), D-2, 2016.8.25, Fukuoka University (Fukuoka), pp.1089-1092
- ⑧ 福留信高、標準年気象データ開発における気候変動特性の検討 2000年以降の気温上昇率の停滞期における気象データの比較、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学) (オーガナイズドセッション、選抜講演論文)、D-2、2016.8.25、福岡大学 (福岡)、pp.1097-1100
- ⑨ 松本真一、斜面日射量詳細計算のための天空分割モデル その2 日射受熱量の精度に関する Delaunay 三角形メッシュの検討、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学)、D-2、2016.8.24、福岡大学 (福岡)、pp.191-192
- ⑩ 松本真一、斜面日射量詳細計算のための天空分割モデル その1 Delaunay 三角形メッシュの検討、査読無、日本建築学会東北支部研究報告集 (計画系)、No. 79、2016.6.18、東北大学青葉山キャンパス (仙台)、pp.5-11
- ⑪ 福留信高、設置密度を高めた簡易気象観測ネットワークの構築と活用に関する研究 外気利用に着目した観測データの多地点比較、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学)、D-2、2015.9.5、東海大学湘南キャンパス (平塚)、pp.993-996
- ⑫ 細淵勇人、気象観測データの継続性についての検討、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学)、D-2、2015.9.5、東海大学湘南キャンパス (平塚)、pp.989-992
- ⑬ 窪田 真樹、二宮 秀典、標高を考慮した住宅の省エネルギー基準の地域区分に関する考察 その3 暖房・冷房度日による地域区分の提案と検証、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学)、D-2、2015.9.5、東海大学湘南キャンパス (平塚)、pp.997-1000
- ⑭ 細淵勇人、長谷川兼一、高木理恵、松本真一、波長別日射量推定モデル開発に関する基礎的検討-秋田県立大学観測データを用いた既往モデルの検証、査読無、日本建築学会東北支部研究報告集 (計画系)、No. 78、2015.6.20、山形大学小白川キャンパス (山形)、pp.21-22
- ⑮ 松本真一、25年間の拡張アメダス気象データと付属プログラム GTwin による地中温度の計算例、査読無、日本建築学会東北支部研究報告集 (計画系)、No. 78、2015.6.20、山形大学小白川キャンパス (山形)、pp.17-20
- ⑯ 松本真一、村上周三、赤坂 裕、井川憲男、永村一雄、武田和夫、二宮秀典、窪田真樹、外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発 (その131) BEST で使用される拡張アメダス気象データ関連ツール類の開発状況、査読無、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (オーガナイズドセッション、選抜論文)、5、2014.9.4、秋田大学 (秋田)、pp.5-8
- ⑰ 松本真一、25年間の拡張アメダス気象データに基づく浅層地中温度の計算、査読無、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、5、2014.9.4、秋田大学 (秋田)、pp.121-124
- ⑱ 細淵勇人、松本真一ほか、A 領域紫外域日射観測データによる UV-A 推定モデルの精度検証、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学)、D-2、2014.9.12、神戸大学 (神戸)、pp.29-30
- ⑲ 二宮秀典、紫外線 UV-A, B の推定方法に関する基礎的研究、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学)、D-2、2014.9.12、神戸大学 (神戸)、pp.27-28
- ⑳ 松本真一、太陽視赤緯・均時差計算に関する筆者の方法の精度検証、査読無、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学)、D-2、2014.9.12、神戸大学 (神戸)、pp.25-26
- ㉑ S. Matsumoto, N. Igawa, H. Nimiya, H. Akasaka, K. Emura, K. Takeda, and M. Kubota, RECENT DEVELOPMENT OF WEATHER DATA AND THEIR NAVIGATION TOOLS FOR OPTIMIZING BUILDING ENVIRONMENTAL DESIGN IN JAPAN, Proc. of IBPSA Conf. on Building Simulation and Optimization 2014, Peer Reviewed (査読有), 2014.6.23, London (UK), pp. (N/A)
- ㉒ 松本真一、太陽視赤緯と均時差の計算法に関する補遺、査読無、日本建築学会東北支部研究報告集 (計画系)、No. 77、2014.6.21、福島コラッセ (福島)、pp.49-56

〔図書〕(計 1件)

- ① 赤坂 裕、二宮秀與、松本真一、永村一雄、井川憲男ほか、拡張アメダス気象データ 2001-2010 プログラム操作マニュアル・技術解説・使用例(PDF)、(株)気象データシステム、2016、2017、400 頁超

〔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

(準備中)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松本 真一 (MATSUMOTO, Shin-ichi)

秋田県立大学・システム科学技術学部・教授

研究者番号：70209633

(2) 研究分担者

二宮 秀與 (NIMIYA, Hideyo)

鹿児島大学・理工学域工学系・教授

研究者番号：90189340

野澤 宏大 (NOZAWA, Hiromasa)

鹿児島工業高等専門学校・一般教育科
理系・准教授

研究者番号：60138972

永村 一雄 (EMURA, Kazuo)

大阪市立大学・大学院生活科学研究科・
教授

研究者番号：60138972

井川 憲男 (IGAWA, Norio)

大阪市立大学・大学院生活科学研究科・
客員教授

研究者番号：80398411

中山 哲士 (NAKAYAMA, Satoshi)

岡山理科大学・工学部・准教授

研究者番号：90264598

(3) 連携研究者

赤坂 裕 (AKASAKA, Hiroshi)

鹿児島大学・理工学域工学系・名誉教授

研究者番号：20094112

(平成26年度から27年度まで研究分担者、
平成28年度より連携研究者)

細淵 勇人 (HOSOBUCHI, Hayato)

秋田県立大学・システム科学技術学部・
助教

研究者番号：20581292

福留 信高 (FUKUDOME, Nobutaka)

東京工芸大学・工学部・助教

(平成26、27年度：首都大学東京、都市
環境学部・特任助教)

研究者番号：30599808