

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 25 年 6 月 5 日現在

機関番号:12103

研究種目:基盤研究(C)

研究期間:2010~2012

課題番号:22560582

研究課題名(和文)アジア主要都市における建築環境解析用気象データベースに関する研究

研究課題名(英文)STUDY ON WEATHER DATABASE FOR BUILDING ENVIRONMENTAL ANALYSES OF MAIN ASIAN CITIES

研究代表者

張 晴原(CHO SEIGEN)

筑波技術大学・産業技術学部・教授

研究者番号:70227346

研究成果の概要(和文):本研究では、アジア主要都市における 2000 年~2009 年間の観測気象データを入手し、研究代表者が開発した日射量推定モデル、水平面全天日射の直散分離モデル、外気温度と湿度の補間手法などを改良し、アジア主要都市における建築環境解析用データベースと設備設計用気象データを開発した。それによって、アジア地域の建築シミュレーションと建築の熱解析の基礎を築き、建築の省エネルギーと地球環境保全に寄与できる。

研究成果の概要(英文): In this study, the typical meteorological year database for main Asian cities was developed using the observed meteorological data in 2000 - 2009. The model to estimate solar radiation was improved from the model for Beijing, China, which was developed by the author. Also, the weather data for air-conditioning design was developed for the Asian cities. This study lays a foundation for building simulation and air-conditioning design for main Asian cities and will contribute to global environmental protection and energy savings in buildings.

交付決定額

(金額単位:円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| 2010 年度 | 1,800,000 | 540,000 | 2,340,000 |
| 2011 年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 2012 年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,400,000 | 1,020,000 | 4,420,000 |

研究分野:工学

科研費の分科・細目:建築学、建築環境・設備

キーワード:アジア・観測気象データ・建築環境解析・データベース・シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

シミュレーションによる建築の室内環境予測やエネルギー消費性能解析を行う際、建物所在地の気象データが不可欠である。日本では 1980 年代から標準年気象データが開発されてきた。近年、拡張アメダス気象データなどが開発され、整備されている地点数が 800 以上に達している。アメリカでも Typical Meteorological Year(TMY)データが開発され、建物の熱解析や省エネルギー手法の開発

に活用されている。研究代表者が中国における 360 箇所の標準年気象データを開発し、主要都市における建物のシミュレーションができるようになった。

しかし、世界人口の半分以上を占めるアジアでは、発展途上国がほとんどであるため、建築環境解析用気象データの整備が遅れている。これらの国々では、建物のシミュレーションができないため、冷暖房負荷、建築エネルギー消費量の解析、太陽エネルギー利用

を代表とする種々のパッシブ手法の有効性の検討が困難である。

現在、地球温暖化などの地球規模の環境問題が顕在化し、最終エネルギー消費の大きなウェートを占めている民生部門、取り分け建築物の省エネルギーが緊急な課題になっている。アジア地域における低炭素社会を構築するために、建築環境解析用気象データの開発は緊急かつ不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、アジアにおける主要都市での観測気象データを入手し、研究代表者が開発した日射量推定モデル、水平面全天日射の直散分離モデル、外気温度と湿度の補間手法などを改良し、アジア主要都市における建築環境解析用データベースを開発する。それによって、アジア地域の建築シミュレーションと建築の熱解析の基礎を築き、建築の省エネルギーと地球環境保全に寄与する。

3. 研究の方法

ソースデータとしてアジア主要都市における観測気象データを入手し、研究代表者が中国地点標準年気象データを開発する過程で構築した温度、湿度の1日2回の調和分析による補間方法、3変数日射量推定モデル、Gompertz関数による水平面全天日射量の直散分離モデル、標準月の選出方法などをアジア各地点のソースデータに合わせて改良し、欠測データの内挿、日射量の推定から完成までルーチン化し、対象となる地点の標準年気象データを開発する。また、各月の標準日気象データと設備設計用気象データを開発し、これらの気象データをウェブで公開することによって、アジア地域の建築シミュレーションをできるようにし、建築の熱解析、省エネルギーと設備設計に寄与する。

4. 研究成果

(1) ソースデータの入手とデータの補間

ソースデータとしてインド、インドネシア、イラン、バングラデッシュ、パキスタン、ベトナム、タイ、カンボジア、フィリピン、マレーシアなどの東南アジア、南アジアの主要国における主要地点の2000-2009年間の観測気象データを入手した。

入手した観測気象データは1時間と3時間間隔があり、3時間観測データに対して研究代表者が開発した1日2回の調和分析法を用いて補間を行った。

(2) シミュレーション用気象データの開発

ソースデータには外気温度、湿球温度、風向、風速、雲量、気圧などの気象要素が含まれているが、日射量データが含まれていないため、毎時日射量の推定は重要な課題となる。研究

代表者は外気温度、雲量、相対湿度などを用いて、中国主要都市における毎時日射量の推定式を提案した。

本来であれば、対象となる各都市の毎時観測日射量で日射量推定式の中の各常数を校正すべきであるが、これらの都市のほとんどは毎時日射量観測データが存在しないか、入手できていない。そのため、研究代表者が開発した北京の推定式を用いて各地の毎時日射量を推定し、World Radiation Data Center (以下 WRDC と称する) で公表している観測日射量の日積算値 I_d との相関を調べた。両者の間には高い相関があり、原点回帰をすれば、次の式で示す回帰直線が得られる。

$$I_d \approx \psi I'_d = \psi \sum_{n=1}^{24} I'_n \quad (1)$$

ψ は北京の推定式による毎時日射量の修正係数であるとともに、日積算日射量の修正係数でもある。

日積算日射量の推定値と観測値を比較し、両者がおおむね一致していることがわかる。ソウル、バンコク、ニューデリー、アフマダーバードにおける日積算日射量の観測値 I_d と式(1)による推定値の相関を求め、平均二乗誤差 RMSE の範囲は 594~829 となっており、式(1)による推定誤差は許容範囲内にあると言える。

次に、研究代表者が開発した直散分離モデルを用いて水平全天日射量に対して直散分離を行い、直達日射と天空日射を得ている。東南・東アジア主要都市における標準年気象データを作成している。

(3) ケーススタディ：中国における戸建住宅の暖房負荷の検討

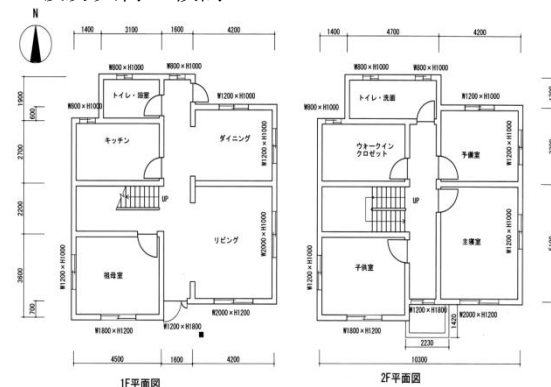


図1 シミュレーション用戸建住宅平面図

研究代表者らによって開発された中国の標準年気象データを用いて想定した戸建住宅(図1)のシミュレーションを行った。4つの断熱パターンにおける360地点の年間暖房負荷を求め、これらの断熱パターンにおける

戸建住宅の暖房負荷の地域分布を明らかにした。また、厳寒地区、寒冷地区、夏暑冬寒地区、夏暑冬暖地区と温和地区に異なる断熱条件を適応させ、中国における戸建住宅の暖房負荷マップを作成した(図 2)。東部では、緯度の増大につれて、暖房負荷が増えていく傾向にある。西部では、暖房負荷が緯度のみならず、地形の影響も強く受けている。

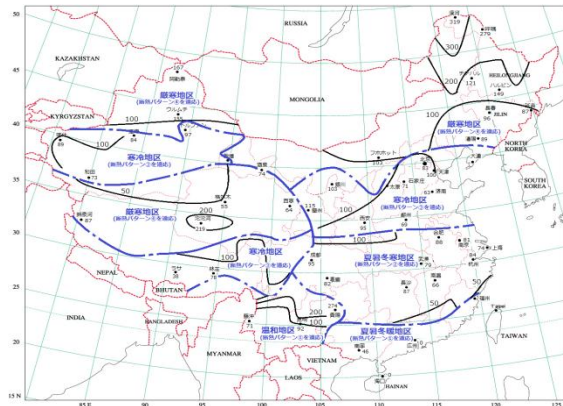


図 2 異なる断熱レベルを適応させた場合の中国における戸建住宅の暖房負荷

厳寒地区にパターン④、寒冷地区にパターン③、夏暑冬寒地区にパターン②、夏暑冬暖地区と温和地区にパターン①をそれぞれ適応すれば、ほとんどの地域では年間暖房負荷が 200MJ/m²以下になり、寒さに応じて断熱を加減することで暖房負荷の均等化が図れる。熱損失係数、日射熱取得係数、暖房デグリーデー、暖房期日射量をパラメーターとした中国における戸建住宅の年間暖房負荷を推定する回帰式を作成した。

$$L_H = 1.52 + 0.05371 \cdot Q \cdot HDD - 0.86842 \cdot \mu \cdot I_H$$

L_H は平米あたりの年間暖房負荷(MJ/m²)、 Q は熱損失係数(W/m²K)、 HDD は室温を 18℃とした場合の暖房デグリーデー(度日)、 μ は日射熱取得係数(-)、 I_H は暖房期積算水平面日射量(MJ/m²)である。

この式を使用すれば、任意の地点での様々な断熱仕様における暖房負荷が求められる。

(4) 設備設計用気象データの開発とアジアの地域区分

対象地点における危険率別の毎時温度、湿度、日射量を算出し、冷房と暖房の設備設計用気象データとした(図 3 と図 4)。また、月平均気温が 10℃以下は暖房、24℃以上は冷房が必要とし、アジア主要部を冷房地域、暖房地域、冷暖房地域に分類した(図 5)。

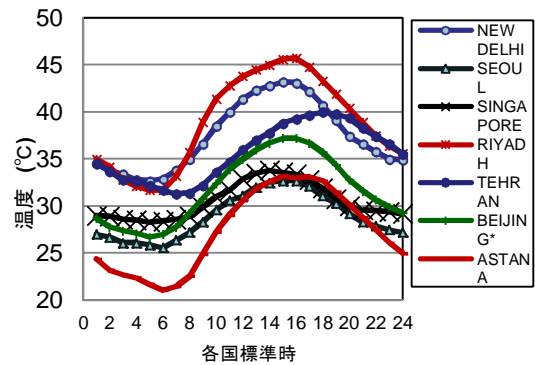


図 3 New Delhi, Ulaan Baator, Seoul, Singapore and Riyadhなどの冷房 TAC1.0%温度

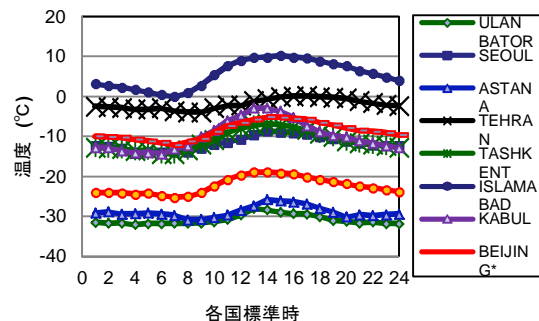


図 4 Ulaan Baator, Astana, Tehran, Tashkent などにおける暖房時 TAC1.0%温度

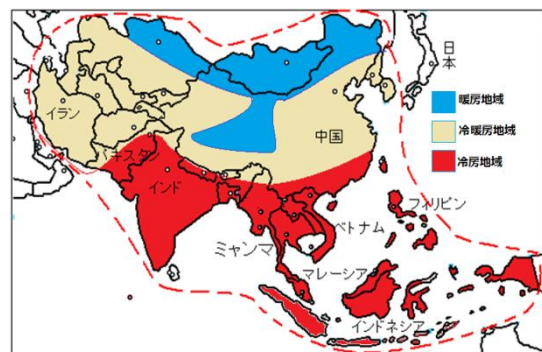


図 5 アジアの地域区分

これらの地点の標準年気象データおよび設備設計用気象データを建築環境工学分野の研究者をはじめ、日本及び世界の研究者に公開し、東南・南アジア各都市における住宅の温熱環境のシミュレーション、建築物の省エネルギー設計、建築の自然エネルギー利用などに寄与できると期待している。

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 張晴原、中国における戸建住宅暖房負荷の地域特性に関する研究、空気調和・衛生工学会論文集、査読有、179 巻、2012、11-18
- ② 張晴原、中国における設備設計とシミュレーション用気象データベースに関する研究 第2報 日射量の推定と360 地点における冷房設計日射量、空気調和・衛生工学会論文集、査読有、161 巻、2010、11-18

[学会発表] (計 10 件、うち招聘講演は 7 件)

- ① 張晴原、日本の建築業界について、西北工業大学土木建築学院、2013 年建築学シンポジウム(招聘講演)、 2013 年 3 月 13 日、 西北工業大学 (中国)
- ② 張晴原、中国の建築熱解析用気象データの開発、西安建築科学技術大学環境と市政工程学院 2013 年学術シンポジウム(招聘講演)、 2013 年 3 月 12 日、 西安建築科学技術大学 (中国)
- ③ 張晴原、アジアにおけるシミュレーションと設備設計用気象データベースの開発、日本建築学会アジア建築エネルギー環境シンポジウム(招聘講演)、2013年1月21日、 日本建築学会(東京)
- ④ 張晴原、アジア主要都市の標準年気象データの開発(その 1)毎時日射量の推定、日本太陽エネルギー学会、 査読なし、北九州国際会議場(福岡県)、2012 年 11 月 8 日
- ⑤ 張晴原、アジアの標準年気象データと設備設計用気象データに関する研究 その 1 研究概要と日射量の推定方法、日本建築学会、 査読なし、2012 年 9 月 12 日、(名古屋大学)
- ⑥ 張晴原、Development of Weather Data for Air-conditioning Design, Hong Kong Polytechnic University Seminar, 2012 年 2 月 17 日(招待講演)、(中国)
- ⑦ 張晴原、住宅のパッシブクーリング、(中国)重慶大学建築学セミナー(招聘講演)、2010 年 9 月 20 日、 重慶大学城市建设および環境工程学院(中国重慶市)
- ⑧ 張晴原、日本の建築界と建築設備、(中国)西北工業大学建築系セミナー(招聘講演)、2010 年 9 月 16 日、 西北工業大学建築系(中国西安市)
- ⑨ 張晴原、Potential of Photovoltaic Power Generation in Residential Houses in China, Renewable Energy 2010, 2010 年 7 月 1 日、Pacifico Yokohama (横浜)
- ⑩ 張晴原、Development of Weather Database for Building Energy Analyses in China, Seminar at Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California (招聘講演)、2010 年 2 月 7 日 (米国)

[図書] (計 1 件)

- ① 張晴原、楊洪興、建築用標準気象データベースハンドブック、中国建築工業出版社、2012、301

6. 研究組織

(1)研究代表者

張 晴原 (CHO SEIGEN)
筑波技術大学・産業技術学部・教授
研究者番号：70227346