

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44）
EA 気象データと将来気象データの開発について

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST(Part44)
Development of EA Weather Data and Future Weather Data

正会員 曾我 和 弘（鹿児島大学） 特別会員 村上 周 三（建築研究所）

正会員 赤坂 裕（鹿児島工業高等専門学校） 正会員 二宮 秀 與（鹿児島大学）

Kazuhiro SOGA^{*1} Shuzo MURAKAMI^{*2} Hiroshi AKASAKA^{*3} Hideyo NIMIYA^{*1}

^{*1}Kagoshima University ^{*2}Building Research Institute ^{*3}Kagoshima National College of Technology

Two kinds of projects to develop weather data for building energy calculation are introduced in this report. The one is compilation of the EA weather data for 7 years from 2001 to 2007 by using past weather data observed by Japan Meteorological Agency (JMA). The other is development of new future weather data for building energy prediction. The future weather data from 2031 to 2050 and from 2081 to 2100 have been made experimentally by combining the past EA weather data with future variation of climatic data calculated from Global Warming Projection of the JMA.

はじめに

建築環境シミュレーションに利用できるEA気象データとして、これまでに1981～2000年までの20年間のデータ^{1,2)}が整備され、BEST用の入力気象データとしても活用されている。2001年以降のEA気象データについては、現在、2001～2007年を対象とした開発が進行中であり、近年の気候変化を考慮したシミュレーションへの応用が期待される。また、過去の気象データベースの整備を継続する一方で、地球温暖化による未来の気候変化を考慮したシミュレーションへの応用を目的として、新たに将来気象データの検討が進められている。これは1981～2000年の過去のEA気象データと気象研究所による将来の地球温暖化予測情報³⁾を合成することで、2031～2050年と2081～2100年に相当する将来気象データを造成する試みである。本報では、2001～2007年のEA気象データの開発と将来気象データの試作状況について報告する。

1. 2001～2007年のEA気象データの開発状況

2001～2007年のEA気象データの整備は、図-1に示す4つのステップにしたがって進められている。そのうち、Step1は既に完了しており、現在はStep2の欠測補充処理が実施されている段階である。これまでの経過を以下に報告する。

1.1 2001年以降の開発対象地点と期間

Step1では、データソースに用いるアメダス4要素観測地点と気象官署の移転・廃止や観測要素の変更、風速計高さ変更等の地点情報の履歴を調査して、2001年以降

の開発対象とする地点や期間を決定した。

1981～2000年のEA気象データの収録地点は842地点あるので、これらの全地点を対象に2001～2007年における地点情報の変更履歴を調査した。その結果、移転による観測地点名の変更が41地点に見られたので、それに対応してEA気象データの地点名も変更した。また、表-1に示す船泊、計根別、川崎、筑波山のアメダス観測地点については、2001～2005年の期間に観測地点が廃止されたことが判明したため、これらの4地点はEA気象データの整備を表-1の期間に限定、あるいは2001年以降のデータ整備を行わない方針とした。さらに、表-1の新木場と豊中の2地点については、2001～2007年の気温、降水、風向・風速の観測が行われていたが、日照時間が観測されていないことが判明したため、日射量と大気放射量の推定・補充が困難と判断し、2001年以降のデータ整備の対象から除外することにした。

以上の結果、2001～2007年のデータ補充によって、1981～2007年まで27年間EA気象データを整備できる地点は836地点となり、残りの表-1の6地点については、データの収録期間が20～24年に限られることになった。

1.2 欠測補充処理

(1) アメダス観測地点の欠測状況

図-1のStep2では、アメダスの気温、風向・風速、降水、日照に含まれる欠測の補充と異常値の修正を行う。2001～2007年のアメダス4要素観測地点における欠測状況を要素別に調べて、表-2に整理した。7年間を合計した欠測時間数は、気温が最小で51679[h]、最大は日照で107187[h]であった。時間数で見ると欠測がかなり多いよ

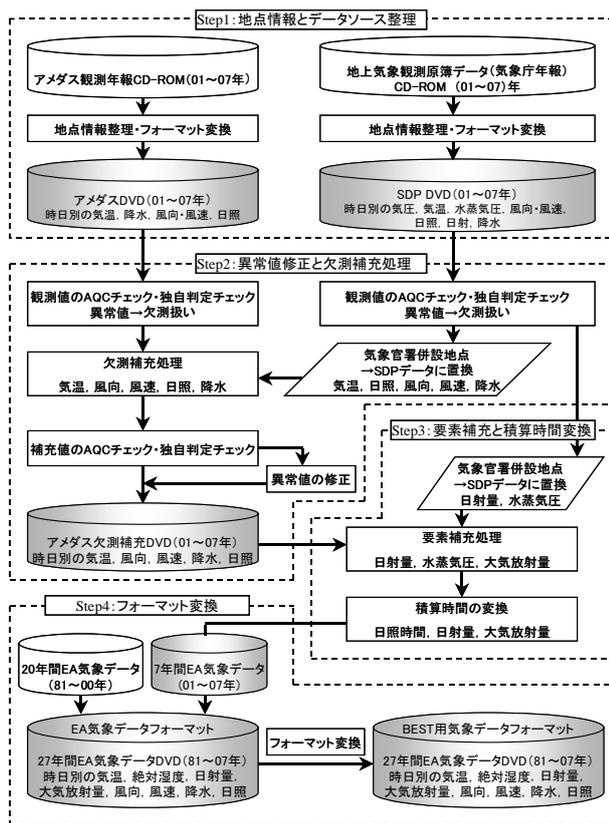


図-1 EA 気象データの開発フロー

表-1 EA 気象データの整備期間が 27 年未満となる地点

地点番号	地点名	EA 気象データ整備期間	備考
2	船泊	22年間(1981~2002年)	2003年10月観測廃止
96	計根別	同上	同上
256	川崎	24年間(1981~2004年)	2005年10月観測廃止
316	筑波山	20年間(1981~2000年)	2001年12月観測廃止
364	新木場	同上	2001~2007年日照未観測
564	豊中	同上	同上

表-2 アメダスの欠測状況

	年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	合計
		欠測時間数[h]	16312	12280	7659	11729	10557	11488	
降水	欠測率[%]	0.22	0.17	0.10	0.16	0.14	0.16	0.12	0.15
日照	欠測時間数[h]	19911	16141	15070	11926	11535	16582	16022	107187
	欠測率[%]	0.27	0.22	0.21	0.16	0.16	0.23	0.22	0.21
気温	欠測時間数[h]	9033	5050	5139	7118	8021	9644	7674	51679
	欠測率[%]	0.12	0.07	0.07	0.10	0.11	0.13	0.10	0.10
風向	欠測時間数[h]	19547	11512	8254	11631	14650	16806	10241	92641
	欠測率[%]	0.27	0.16	0.11	0.16	0.20	0.23	0.14	0.18
風速	欠測時間数[h]	13352	11363	7780	10777	12857	13463	10181	79773
	欠測率[%]	0.18	0.16	0.11	0.15	0.18	0.18	0.14	0.16

※船泊、計根別、川崎、筑波山、新木場、豊中を除く

うであるが、気温の欠測が全データに占める割合は 0.1%、欠測が最大の日照でも 0.21%の割合である。表-2の欠測は、2000年以前のEA気象データの開発時と同様の欠測補充法²⁾により補充処理が進められている。

(2) 気象官署に併設のアメダス地点の異常値と欠測

約 150 地点ある気象官署に併設されたアメダス地点では、アメダス観測値が欠測の場合でも気象官署の観測値が存在することがある。このようなケースは、2001~2007年において、降水で 58[h]、風向で 47[h]、風速で 51[h]、日照で 16813[h]さらに気温で 46[h]検出された。これら

の欠測は、全て気象官署の観測値で置換して補充する方針とした。また、本来、気象官署併設のアメダス観測値は、気象官署の観測値と一致するはずであるが、2001~2007年において一致しないケースが、気温で 139[h]、風向で 3981[h]、風速で 64[h]、降水で 9[h]、日照で 19[h]見つかった。なお、風向の不一致データのうち、3883[h]は熊本地方気象台のアメダスで検出されたものである。これらのアメダス観測値は、データ通信時に生じたエラー等に起因した異常値の可能性が高いため、全て気象官署の観測値で置換して、品質を向上させる方針とした。

1.3 今後の計画について

現在進行中の Step2 の欠測補充と異常値修正を完了させ、気象データソースのクオリティを高めた上で、Step3 の日射量、大気放射量、湿度の補充処理へ移行していく。以上の補充処理を施したデータは、最後に Step4 において、フォーマット変換されて、一般公開される予定である。なお、標準年気象データについては、現在、1981~1995年と 1991~2000年の EA 気象データから作成された 2 種類があるが、今回の 2001~2007年のデータ補充に伴う標準年気象データの更新は予定されておらず、2010年までの EA 気象データの整備が完了した後に更新される計画である。

2. 気候変化を考慮した将来気象データの開発

IPCCは、100年後には地球の平均気温が約 1.8~4.0 上昇する予測⁹⁾を発表しており、今後建設される建築物は、そのライフサイクルにおいて、このような気候変化に直面する可能性が高い。気温上昇等の気候変化は、建築物の室内環境やエネルギー消費等に影響を及ぼすため、ライフサイクルにわたる建築・設備の省エネルギー性や室内環境の快適性・健康性等を検討する場合は、何らかの方法で未来の気候変化を考慮することが望ましい。既存の標準年気象データは、過去のデータに基づくものであるから、これで将来気象を代表させて、建築環境の将来評価を行うことは困難である。そこで、将来にわたる建築物の環境性能評価に利用できる気象データとして、新たに温暖化による気候変化を考慮に入れた将来気象データの開発に着手した^{5),6)}。

2.1 地球温暖化予測情報の利用

気象庁は、将来の社会活動の変化、温室効果ガスの濃度変化を仮定したシナリオに基づいて、将来の気候変化を定量的に予測し、2005年に地球温暖化予測情報第6巻として公開した。本研究では、これをデータソースに利用した将来気象データの開発を着想した。

地球温暖化予測情報第6巻には、気象研究所の地域気候モデル(RCM20)を用いて、日本周辺の 11881 格子(東西方向 109×南北方向 109、東西・南北方向とも約 20kmの水平解像度)を対象に計算された日別の気温(平均・最高・最低)、湿度、風向、風速、雲量(高層・中層・下

層) 降水量等の46要素が収録されている。これは、概ねアメダスの4要素観測地点の分布密度に匹敵するもので、空間密度が高く収録要素も豊富である。また、RCM20データは1981～2000年の過去の気象を再現計算した日別再現値ファイルと、2031～2050年及び2081～2100年の将来の気象を予測計算した日別予測値ファイルから構成され、これらから将来の気象変化を定量的に算出することができる。なお、RCM20の計算では、温室効果ガス排出が高水準で地球温暖化の進み方がより顕著だと考えられる場合の気候変化を見るために、温室効果ガスの長期排出シナリオとして、A2シナリオ⁷⁾が採用されている。地球温暖化予測情報第6巻は、以上のような特徴を持つが、日射量と大気放射量が収録されていないので、これらを推定・補充することができれば、データの応用範囲がさらに広まると考えられる。

2.2 地球温暖化予測情報による将来気象データの試作

(1) 将来気象データの整備地点と期間

RCM20データから気象観測値の蓄積があるアメダスの4要素観測地点に距離が最も近い格子データを選択して、約840地点を対象に将来気象データの整備を試みる。選択された格子の中心とアメダス観測地点の平均距離は約8kmである。また、データの整備期間は、1981～2000年を基準としたときに50年後と100年後に相当する2031～2050年と2081～2100年を対象とした。

(2) 将来変化を考慮する気象要素

本報では、地球温暖化予測情報の日平均気温、日平均絶対湿度、日平均風速、日平均雲量をデータソースに利用した。また、日射量と大気放射量の日別値は未収録なので、日平均気温、日平均絶対湿度、日平均雲量をもとに将来の日積算日射量と日平均大気放射量を推定した。本報では、日積算日射量の推定に、雲量および水蒸気圧による近藤の日射量推定式⁸⁾を使用した。その際、太陽定数の将来変化は仮定していない。また、大気放射量については、Brunt型実験式⁹⁾で快晴日の大気放射量を求め、それを雲量とPhilipsの雲高係数によって任意天候の大気放射量に補正した。さらに大気放射量から夜間放射量を算出し、地球温暖化予測情報に補充した。

(3) 気象変化量の算出と合成

地球温暖化予測情報は、気候モデル特有の系統誤差を含んでいるので、予測値をそのまま利用することは適切ではない。そこで、系統誤差を極力除去するために、式(1)により2031～2050年及び2081～2100年の日別気象予測値から、同じ気候モデルに基づいて計算された1981～2000年の日別気象再現値を差し引き、1981～2000年に対する50年後と100年後の気象変化量(W)を算出してデータソースに利用した。本報では、式(1)による気象変化量(W)を、日平均気温、日平均絶対湿度、日平均夜間放射量、日平均風速の場合は式(2)により、日積算

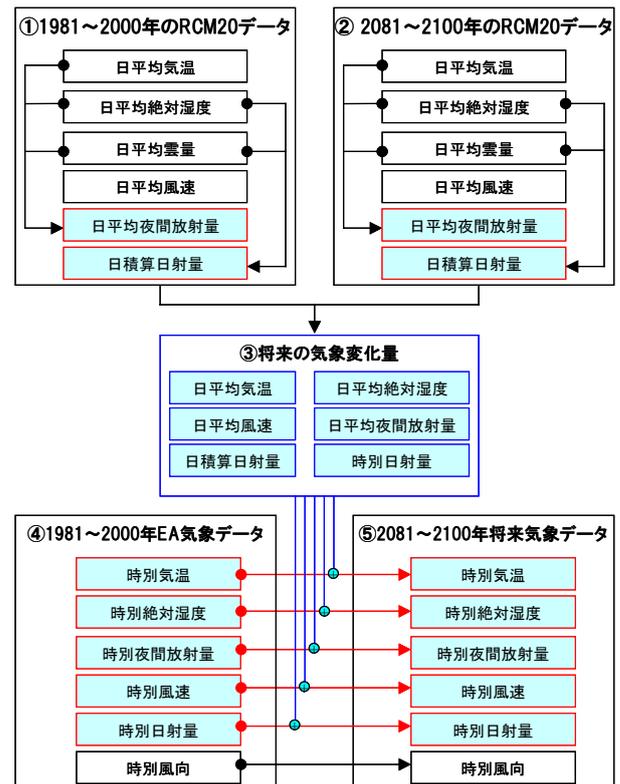


図-2 100年将来気象データ作成フローの例

$$\Delta W_{e,\Delta y,n} = RCM20_{e,y+\Delta y,n} - RCM20_{e,y,n} \quad (1)$$

$$FW_{e,y+\Delta y,n,h} = EAW_{e,y,n,h} + \Delta W_{e,\Delta y,n} \quad (2)$$

$$FW_{e,y+\Delta y,n,h} = EAW_{e,y,n,h} + r_h \Delta W_{e,\Delta y,n} \quad (3)$$

ここに、

ΔW : 気象要素の将来変化量

RCM20 : RCM20による気象予測値

FW : 特別将来気象データ

EAW : 特別EA気象データ

r_h : h時の日積算全天日射量に対する比率¹⁰⁾

e : 気象要素種別(1=気温,2=絶対湿度,3=日射量,4=夜間放射量,5=風速)

y : 西暦(1981～2000年)

y : 将来年数(50年または100年)

n : 年間通日(1～365日)

h : 時刻(1～24時)

日射量の場合は式(3)によって、1981～2000年の特別EA気象データ²⁾(EAW)と合成し、2031～2050年と2081～2100年に相当する特別の将来気象データを試作した。その作成フローを図2に例示する。なお、本報の将来気象データの風向は、将来変化を考慮しておらず、EA気象データの特別値を利用した。

2.3 気象要素の将来変化

1981～2000年に対する50年将来と100年将来の月平均の気温、絶対湿度、日積算日射量、日積算夜間放射量、雲量および風速の将来変化量を算出し、842地点の平均値と標準偏差を図-3に示した。気温の50年変化、

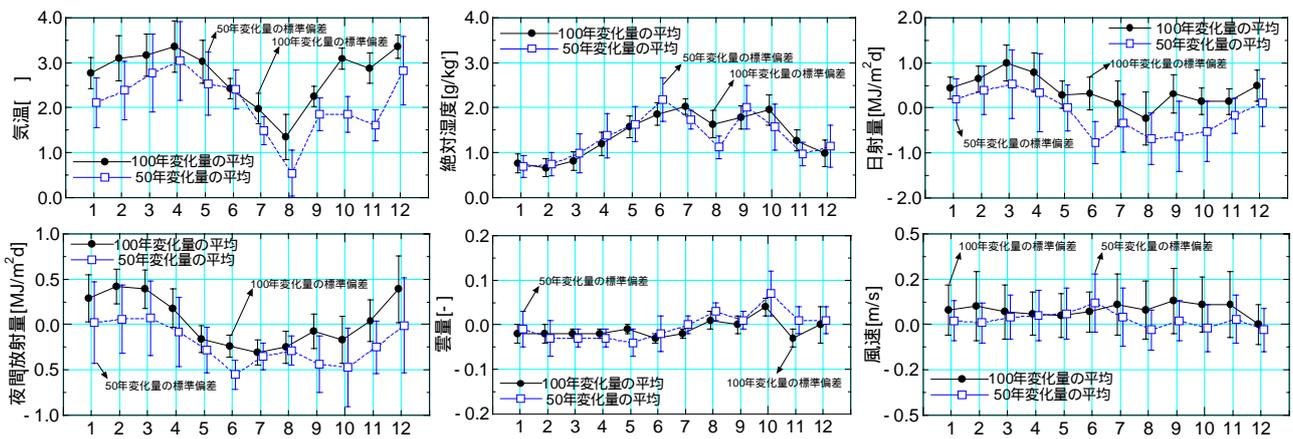


図 - 3 1981～2000年に対する50年将来と100年将来の気象変化

100年変化はともに上昇傾向にあり、冬季と中間季に上昇が大きい。50年変化の平均は0.5～3.0、100年変化の平均は1.4～3.4であり、現在から50年将来までの上昇が、50年将来から100年将来までの上昇より大きい。絶対湿度は全体的に上昇傾向にあり、夏期は平均で約2g/kg'の上昇が予測されている。50年と100年変化量に大差はない。日射量は、1月～5月に上昇、それ以降に減少傾向が見られる。50年後と100年後の雲量の差は小さいに関わらず、50年後の日射量が100年後よりも小さいのは、地球温暖化予測情報の50年後の雲高が100年後に比べて低層傾向にあることによる。夜間放射量の将来変化は、湿度が上昇傾向にある5～10月に減少し、気温上昇の大きい12～4月に増加傾向が見られる。風速の将来変化は0.1m/s前後で変化が少ない。

2.4 将来気象データによる空調熱負荷計算

図-3の気象変化を考慮した将来気象データを用いて、6都市を対象にオフィスビルの年間空調熱負荷を試算した。計算条件は既報⁶⁾と同じとした。1981～2000年、2031～2050年および2081～2100年の年間空調熱負荷の平均値を求めて図-4に示した。図-3の気象変化を受けて、冷房負荷の増加と暖房負荷の減少の将来変化が見られ、東京では、50年将来の空調負荷が1981～2000年の鹿児島と同程度まで変化している。図-4の将来傾向としては、高緯度都市では冷房負荷増加と暖房負荷減少が相殺され、年間熱負荷の将来変化は比較的小さいが、低緯度都市では冷房負荷の増加が暖房負荷の減少を上回る場合があり、年間空調熱負荷の増加につながる可能性が読み取れる。このように将来気象データを応用すれば、未来の空調熱負荷を定量的に予測することが可能となる。

3. まとめ

開発中の2001～2007年のEA気象データと将来気象データの概要を述べた。実用化に向けて、今後もデータの品質と汎用性を高める検討を継続する必要がある。

【謝辞】本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BESTコンソーシ

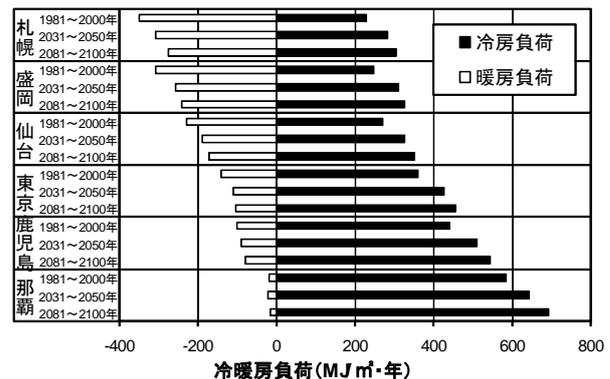


図 - 4 将来気象データによる年間空調熱負荷の計算例

アム」・「BEST企画委員会(村上周三委員長)および専門版開発委員会(石野久彌委員長、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長、気象データWG(赤坂裕主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表すものである。気象データWG名簿(順不同)主査:赤坂裕(鹿児島高専)、幹事:二宮秀與(鹿児島大学)委員:井川憲男(大阪市立大学)、石野久彌(首都大学東京名誉教授)、永村悦子(園田学園女子大学)、永村一雄(大阪市立大学)、郡公子(宇都宮大学)、曾我和弘(鹿児島大学)、武田和大(鹿児島高専)、松本真一(秋田県立大学)、荒井良延(鹿児島建設)、事務局:生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

参考文献

- 1)赤坂他, 拡張アメダス気象データ, AIJ, 2001
- 2)赤坂他, 拡張アメダス気象データ 1981-2000, AIJ, 2005
- 3)気象庁:地球温暖化予測情報 第6巻, 2005
- 4)IPCC:IPCC第4次評価報告書統合報告書, 2007
- 5)曾我, 窪田, 地球温暖化の影響を考慮した将来気象データに関する研究 その1 地球温暖化予測情報を利用した将来気象データの作成, 日本建築学会研究報告九州支部環境系, 48号 2, pp.133 136, 2009
- 6)窪田, 曾我, 地球温暖化の影響を考慮した将来気象データに関する研究その2 100年後の将来気象データに基づく空調熱負荷計算, 日本建築学会研究報告九州支部環境系, 48号 2, pp.137 140, 2009
- 7)IPCC:IPCC Special Report Emissions Scenarios, 2000
- 8)竹内, 近藤, 地表に近い大気, 東京大学出版会, pp.82-83, 1981
- 9)山本義一, 大気輻射学, 岩波書店, 1954
- 10)Manuel Collares-Pereira, Ari Rabl, The average distribution of solar radiation-correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values, Solar Energy, 22-2, pp.155-164, 1979