

1 分値気象データの開発

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST(Part 21)

1 minute interval EA Weather Data for the BEST

正会員 ○二宮 秀 典 (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 井 川 憲 男 (大阪市立大学)

正会員 永 村 一 雄 (大阪市立大学)

Hideyo Nimiya^{*1}, Shuzo MURAKAMI^{*2}, Hiroshi AKASAKA^{*3}, Norio IGAWA^{*4}, Kazuo EMURA^{*4}^{*1}Kagoshima University, ^{*2}Building Research Institute,^{*3}Kagoshima National College of Technology, ^{*4}Osaka City University

To improve the accuracy of the simulation, the calculation logic corresponding to the short time interval weather data was introduced in BEST. In this report, the property of the 1-minute interval weather data measured by Japan Meteorological Agency is described. And the adaptive smoothing of solar irradiation data and the imputation of missing values for development of 1-minute interval data are described.

1. はじめに

BEST では 1 時間より短い時間ステップに対応した計算ロジックが導入されている。これに対応するために 1 分値気象データの開発を進めている。1 分値を整理できればこれをベースに任意の時間間隔 (5 分、10 分、等) データも作成できる。これまでは短時間間隔の気象データの要請はあっても、基になる気象データが 1 時間間隔のものしか公開されていなかったため、便宜的にデータを補間する手段が取られてきた。現在、気象庁ではアメダス 10 分値データと気象官署における 1 分値データを収集・公開している。现阶段では、データの蓄積は少ないが短時間間隔の気象データを整理する際の有効な資料として期待される。

本報では現在開発中の 1 分値気象データの整理方法とその特徴について報告する。

2. 気象庁から入手可能な短時間間隔の気象データ

気象官署の 1 分値データは、JMA-95 型地上気象観測装置が導入された地点から順次整備されており、最も早い東京で 1996 年 2 月 19 日から、最も遅い久米島が 2004 年 10 月 1 日からのデータ公開となっている。1 分値データの気象要素は、風向・風速、降水量、気温、湿度、日照時間、積雪深、全天日射量、直達日射量、視程である。全天日射量に関しては日射観測地点 (67 地点) のみが対象となる。直達日射に関しては太陽追尾式日照計による観測値であり、直達日射量の精度は保証されているものではない。アメダスの気象要素は気温、風

向・風速、降水量、日照時間の 4 要素(一部積雪深)であるが、地上気象官署に併設されたアメダスの 10 分値データには日照時間が含まれない。

図 1 は 1 分値データに収録されている全天日射量と直達日射量の 1 日の変動を示した例である。図のように 1 分値の日射量はステップ状の変動を示していることが分かる。また直達日射が観測されている時間に全天日射量が 0 になっているデータも見られる。1 分積算値は具体的には日積算カウンターを基準として 1 分ごとに前時間との差分をとったものであり、 $[0.01\text{MJ}/\text{m}^2]$ 単位で記録されている。1 分積算値は最大でも $0.08202\text{MJ}/\text{m}^2$ (太陽定数 $1367\text{W}/\text{m}^2 \times 60\text{s}$) 以下であり、絶対値に対して記録精度が粗い。このため昼間に全天日射量が 0 値になるケースが生じている。このように 1 分値としての日射量は分解能が低い、積算時間を少し長くすると日射の変動成分が読み取れるようになる。

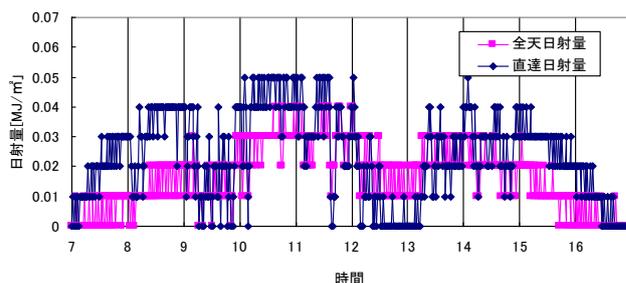


図 1 全天日射量および直達日射量の 1 分値の例
(東京管区気象台 1999 年 1 月 23 日)

3. 気象庁の観測データについて

気象データの時間間隔が短時間になると、計器の時定数や観測方法の影響が顕在化してくる。このため気象データの持つ特徴をまず把握しておく必要がある。表1はJMA-95型地上気象観測装置¹⁾による1分値気象データの概要である。気温、湿度の1分値は前1分間の平均値、風向・風速は前10分の平均値、降水量と日射量は前1分間の積算値として処理されている。風向・風速の1分値が前10分の平均値であることは特に注意が必要である。

4. 1分値日射量の補正

1分値ファイルの日射量は表1に示すように、1分積算値を0.001MJの位で四捨五入し、0.01MJ単位で記録している。この操作に伴う日射量の変化の様子を図2に示す。これは大坂市立大学で観測²⁾した10秒間隔日射量を気象庁と同じ手順で編集したものである。図のように気象庁形式1分値データは、原データに雑音(四捨五入操作に起因)がのった時系列データと見なせる。そこでこ

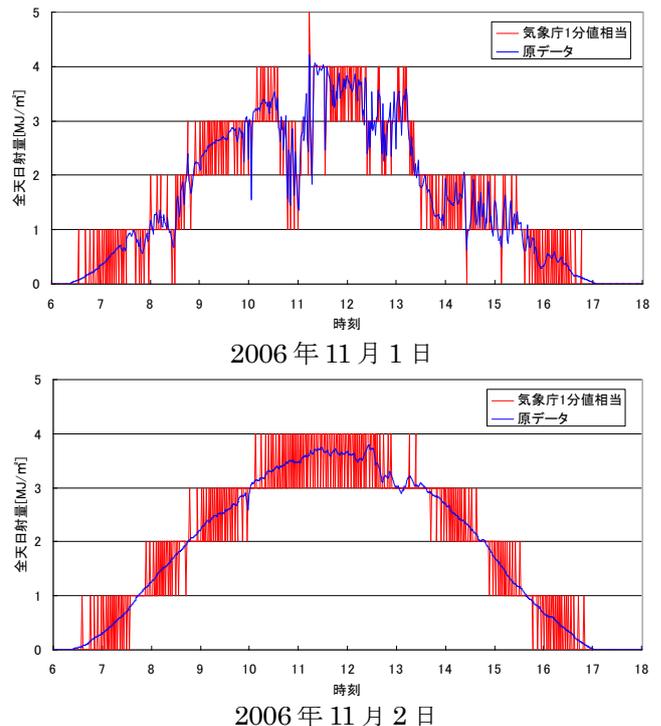


図2 全天日射量1分値データの特性(大阪市立大学)

表1 気象データの観測方法¹⁾

要素	観測方法	要素	観測方法
気温	測器：電気式温度計(白金抵抗型)。 時定数は約40秒。感部付近の通風速度は約5m/sに設定してある。 高さ：地上1.5m(多雪地は雪面上1.5m) ・ 温度計の抵抗値を1秒毎にサンプリング。 ・ データ変換装置で気温に換算し、正10秒時の値をデータ処理装置に出力。 ・ 前1分間にデータ変換装置が出力する正10秒毎の値(6個)を平均し、気温の正10秒値とする。 ・ 正1分値、正10分値、正時値は対応する時刻の正10秒値	風向・風速	測器：風車型風向風速計 高さ：地上10m (1) データ変換装置 ・ 風向風速計が出力する信号(グレイコード及びパルス)を0.25秒毎にサンプリング。 ・ 正10秒毎に前10秒間の40個のサンプリングデータを処理し、以下のデータをデータ処理装置に出力。 ① 風速(40個)の中の最大値 ② ①と同一サンプリング時刻の風向 ③ 風速(40個)の中の最小値 ④ 風程は風速×0.25(40個)の積算値(単位はm) ⑤ 風向(単位ベクトル)(40個)の東西成分の積算値 ⑥ 風向(単位ベクトル)(40個)の南北成分の積算値 ⑦ 風向(40個)の中の時計回り(CW)の最大振幅 ⑧ 風向(40個)の中の反時計回り(CCW)の最大振幅 (2) データ処理装置の処理 ・ データ変換装置が出力する正10秒毎の①の値を瞬間風速の正10秒値とする。 ・ データ変換装置が出力する正10秒毎の②の値を瞬間風速の風向の正10秒値とする。 ・ 風速(10分平均)は、正10秒毎の風程④を正1分毎に前10分積算して求めた値とする。 ・ 風向(10分平均)は、正10秒毎の⑤⑥の値を正1分毎に前10分積算した値のベクトル平均値とする。 ・ 正1分値、正10分値、正時値は対応する時刻の10分平均値
	測器：電気式湿度計(静電容量型)。 感部付近の通風速度は約4m/sに設定してある。 高さ：地上1.5m(多雪地は雪面上1.5m) 1ヶ月に1回、携帯用通風乾湿計と比較観測を行い点検。 ・ 湿度計が出力するアナログ信号(電流)を1秒毎にサンプリング。 ・ データ変換装置で相対湿度に換算し、正10秒時の値をデータ処理装置に出力。 ・ 前1分間にデータ変換装置が出力する正10秒毎の値(6個)を平均し、相対湿度の正10秒値とする。 ・ 露点温度および蒸気圧は気温および相対湿度の10秒値から求める。 ・ 正1分値、正10分値、正時値は対応する時刻の正10秒値		測器：全天電気式日射計 ・ 日射計の出力信号を正10秒毎に受信。(直達日射量の観測を行う官署では全天日射計の出力を1秒毎にサンプリング) ・ データ変換装置が出力する正10秒毎の値を演算し、10秒間日射量[kJ/m ²]とし日射量積算カウンタを積算。 ・ 正1分毎に前1分間の日射量積算カウンタの差を求め、得られた値を全天日射量の1分値とする。 ・ 全天日射量は[MJ/m ²]単位の1/100の位まで求める。
湿度	測器：転倒ます型雨量計 降水量0.5mm毎に1パルス出力 ・ 雨量計からのパルス信号を1秒毎に積算カウンタで積算。 ・ データ変換装置は正10秒時の積算カウンタをデータ処理装置に出力 ・ 正10秒毎の積算カウンタから正1分毎に、前1分間の積算カウンタの差を求め、得られた値を降水量の正1分値とする。	全天日射量	測器：全天電気式日射計 ・ 日射計の出力信号を正10秒毎に受信。(直達日射量の観測を行う官署では全天日射計の出力を1秒毎にサンプリング) ・ データ変換装置が出力する正10秒毎の値を演算し、10秒間日射量[kJ/m ²]とし日射量積算カウンタを積算。 ・ 正1分毎に前1分間の日射量積算カウンタの差を求め、得られた値を全天日射量の1分値とする。 ・ 全天日射量は[MJ/m ²]単位の1/100の位まで求める。

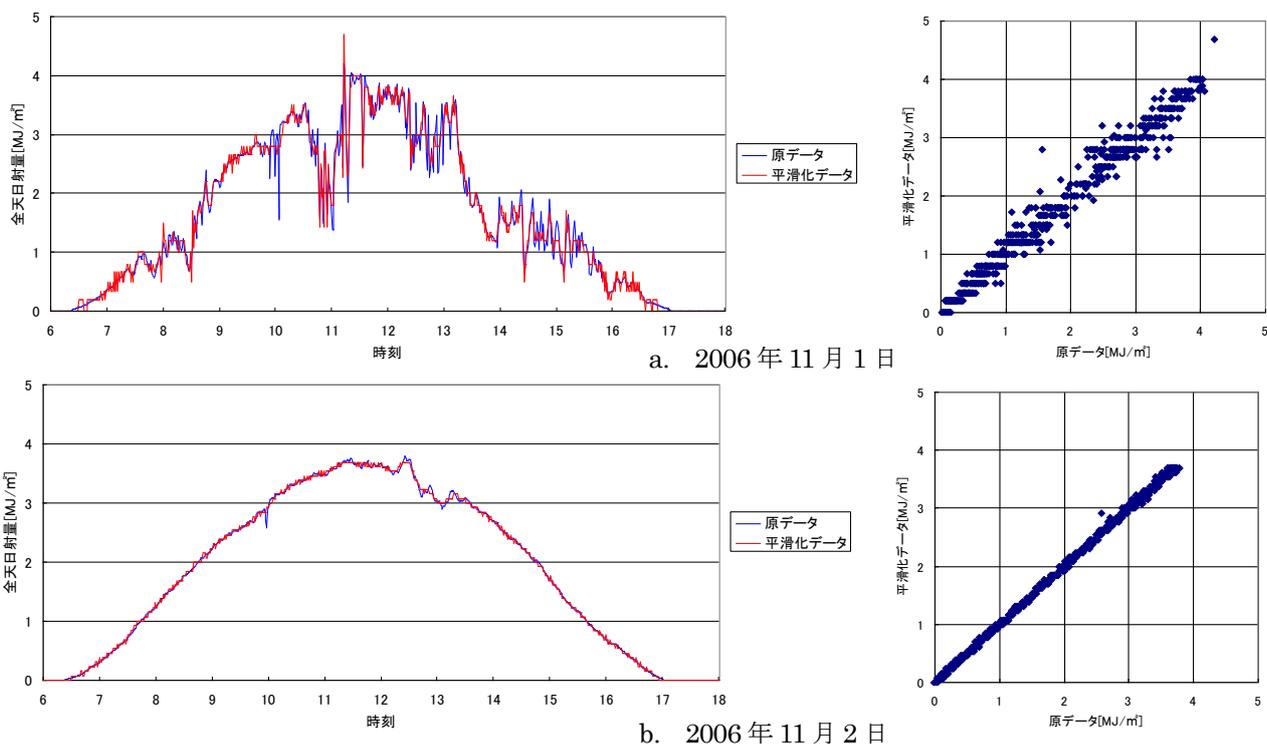


図3 1分値全天日射量への適応平滑化法の適用

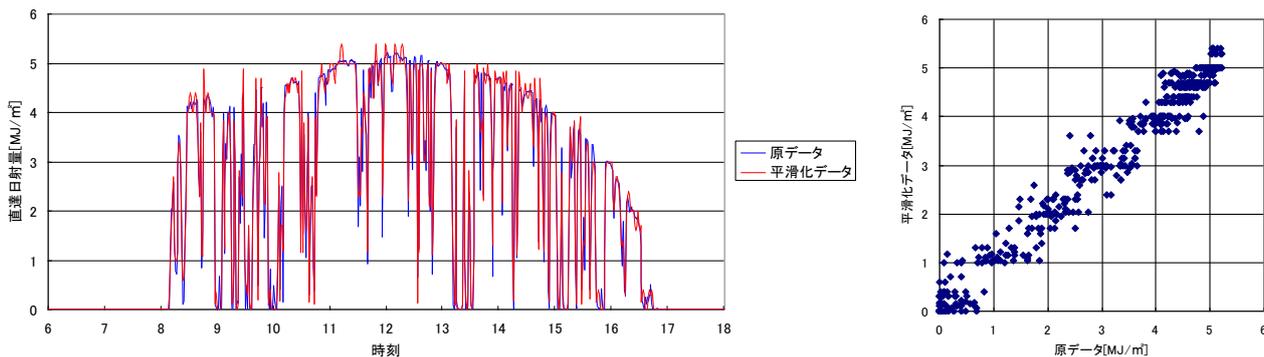


図4 1分値直達日射量への適応平滑化法の適用 (大阪市大 2006年11月7日)

のデータに雑音除去法(適応平滑化法³⁾)を適用し、原データの再現性を検討した。図3が全天日射量の結果である。日射の変動が大きくなると原データとの偏差も大きくなるが、それでも短時間の変動はある程度再現できていると言える。図4は直達日射量に適応平滑化法を適用した例である。ここでは短時間の変動が大きい日を例として示した。このように日射の変動の大きい場合でも、ある程度の再現性は得られており、全天日射量を観測していない気象官署についても、直達日射量から1分値日射データを整理できると考えている。

適応平滑化法の原理は、雑音の分散(V_0)が既知であるとして、時系列データのある区間(NP)の局所的な分散(V_{np})が V_0 より小さければ、信号成分は区間 NP の移動平均値に近く、 V_{np} が V_0 より大きければ信号成分は測定値に近くなるというものである。このため適応平滑化法による推定精度は、平滑化の区間(NP)の取り方と雑音の分散に依存する。NP, V_0 を変化させて推定精度を比

較すると、図3bのように天気が安定している場合はNPを長く(13ステップ)取った方が推定精度は良く、図4のように短時間の変動が大きい場合はNPを短く(3ステップ)した方が良い。最適なNPと V_0 の決定方法については今後の検討課題である。

5. 大気放射量の推定

大気放射量は館野高層気象台でのみ観測が行われている。公開されているデータは時別値であり、1分値ファイルには大気放射は含まれていない。しかし良く知られているように大気放射量の日変動は小さく、ある程度の誤差を許容するならば時別値の線形補間でも実用上問題は小さいと考えられる。そこで大気放射量の時別値をEA気象データと同じ手法で推定し、得られた時別値から分データを補間する方法を検討した。

図5に大阪市大におけるL↓分データの推定観測値と推定値を示す。推定値は時別値を分データに直線補間したものである。また夜間については前日・日没時の推定

値と当日・日出後の推定値を直線補間したものである。このため夜間の推定精度が劣ることと、昼間についても細かい変動までは再現できていない。しかしながら全体的な変動はだいたい再現できており、観測値との差も最大でも 50W/m^2 程度であり、オーダーとしては実用的な精度が得られていると考えられる。

6. 欠測処理

1 分値データは気象官署の観測値であり、アメダスと比較すると長期のデータ欠測は少ない。しかしシステム上のエラーも含め、短時間の欠測は相当数発生している。具体的な欠測時間数は気象要素・年によって異なるが、東京のデータでも欠測が多い年は延べで 1000 分を上回っている。ただし欠測にはシステム上のエラーによるものも含まれているので、1 分値が欠測でも日原簿データやアメダス 10 分値には正常値が記録されている場合もある。そこで 1 分値の欠測処理では、まず、日原簿、アメダス 10 分・1 時間値を参照して、当該時間が欠測かどうかを判断し、正常値がある場合にはこれで置き換える作業を行った。次に要素毎に以下のような欠測処理を適用した。

気温・湿度：欠測時間が 120 分未満の場合は、前後の観測値から直線補間で推定。長時間の欠測に対しては、まず EA 気象データの欠測処理と同様の手法で時別値を推定し、さらに分単位に直線補間する。

日射量：短時間の欠測は直線補間。2 時間以上の欠測に関しては同じ地点の観測データから類似日を探して代用。

降水量：近隣の気象官署またはアメダスの観測値で代用。アメダスで代用する場合は、10 分積算値を 0.5mm の倍数値になるように分データに分配。

風向・風速：ベクトル表現とし欠測は両者を同時に処理する。まず毎正時に欠測を含む 24 時間(1 日)を対象に、1 時間値によるスプライン補間を行い、これをもって 1 時間値の欠測を補充する。補間条件は 4 階 3 次 B-spline で両端の毎正時を 4 重度、他を 1 重度の接点とする。なお、欠測が 12 時間を超える場合には、対象期間を 48 時間に拡大し、同様のスプライン補間を適用する。次にこのスプライン補間で推定された変動成分を 1 分値観測データから差し引いて、1 日の確率的変動成分を求める。これに時系列モデルを当てはめ、モデルにより推定された値で 1 分値を補充する。時系列モデルの推定にあたっては、事前に単位根検定で定常性を確認し、モデルの次数は AIC 基準で求める。1 日を超える長時間の欠測は EA 気象データと同様に周りの観測地点のデータから時別値を推定し、これに時系列モデルによる分変動成分を合成する。図 6 に東京 2006 年 1 月 21 日の欠測補充の例(欠測 10:17~10:32)を示す。

参考文献

- 1) 気象庁：地上気象観測指針，2002

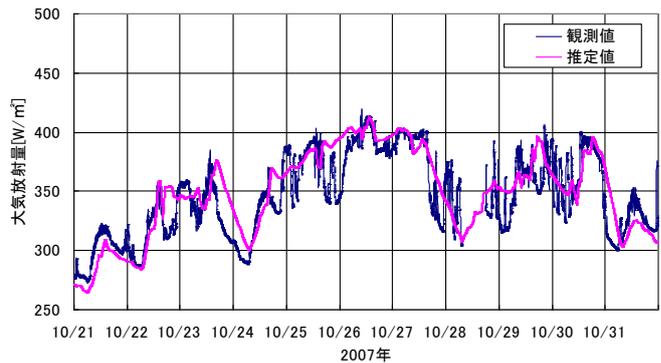


図5 大気放射量の観測値と推定値の比較(大阪市大 2007 年 10 月)

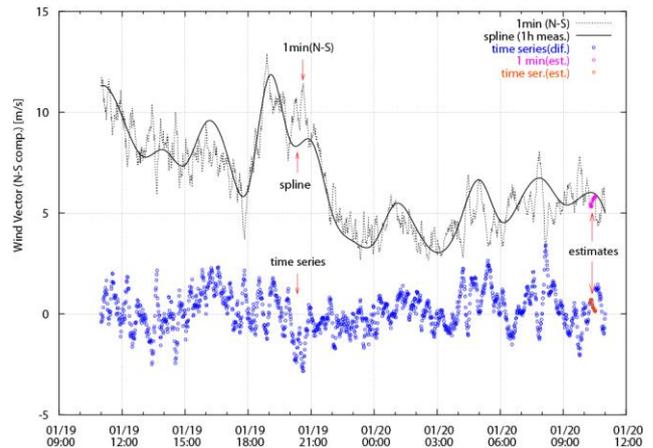


図6 風 1 分値の欠測補充の例(東京 2006 年 1 月)

- 2) Igawa, N., Emura, K., Nimiya, H., and Kikuchi, T: A Solar Radiation and Daylight Measurement System in Osaka, Japan, Proc. of 26th session of the CIE, Beijing, pp. D3.191 - D3.194, 2007.7.

- 3) 南茂夫：科学計測のための波形データ処理，CQ 出版社，1986

- 4) 永村まか：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 9~11)，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(2007)

- 5) 永村一雄・永村悦子：風向風速の 1 分値気象観測データの欠測補充—大阪・東京の作成事例—，日本建築学会大会、環境(2008)

- 6) たとえば、永村一雄：気象データの時系列表現と熱負荷計算への応用—擬 ARIMA を用いた外気温のモデル化—，日本建築学会大会、環境，pp. 705-706(1990)

【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 開発普及事業研究会(村上周三委員長)」ならびにアーキテクチャ検討部会(坂本雄三部会長)、気象データ作業部会(赤坂裕部会長)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。気象データ作業部会名簿(順不同)部会長：赤坂裕(鹿児島高専)、幹事：二宮秀典(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(鹿児島大学)、松本真一(秋田県立大学)、荒井良延(鹿島建設)、事務局：野原文男、篠原奈緒子(以上、日建設計)、諏佐庄平、生稻清久(建築環境・省エネルギー機構)