

## 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79）

## 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 (Part79)

## Development of 1-min Interval Data

正会員	○井川 憲男（大阪市立大学）	特別会員	村上 周三（建築研究所）
技術フェロー	石野 久彌（首都大学東京）	技術フェロー	赤坂 裕（鹿児島工業高等専門学校）
技術フェロー	永村 一雄（大阪市立大学）	技術フェロー	曾我 和弘（鹿児島大学）
技術フェロー	二宮 秀與（鹿児島大学）	技術フェロー	松本 真一（秋田県立大学）

Norio IGAWA\*<sup>1</sup> Shuzo MURAKAMI\*<sup>2</sup> Hisaya ISHINO\*<sup>3</sup> Hiroshi AKASAKA\*<sup>4</sup>Kazuo EMURA\*<sup>1</sup> Kazuhiro SOGA\*<sup>5</sup> Hideyo NIMIYA\*<sup>5</sup> Shinichi MATSUMOTO\*<sup>6</sup>\*<sup>1</sup>Osaka City University \*<sup>2</sup>Building Research Institute \*<sup>3</sup>Tokyo Metropolitan University\*<sup>4</sup>Kagoshima National Collage of Technology \*<sup>5</sup>Kagoshima University \*<sup>6</sup>Akita Prefectural University

The short time intervals meteorological data is required, because of the improvement of the building simulation. About ten years of 1-min interval data are provided by JMA at the present stage. The formats of irradiance data are different according to the collection year. The irradiance data before June 24, 2008 is shown by the difference of the integrated value, and is inconvenient in actual use. In this report, the method of estimating the 1-min interval irradiance value from the irradiance data shown by difference value is introduced.

## はじめに

BEST ではシミュレーションの精度の向上を図るために、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要求されている。これに対応するためには可能な限り短時間間隔の気象データが必要となる。このため、1分間隔の気象データの開発に着手した。1 分値気象データが得られれば、これを基に任意の時間間隔（5 分、10 分、1時間等）のデータを作成することができる。これまで、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いため、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、10分値データを収集・公開している。現段階では、データの蓄積期間は多くないが、短時間間隔の気象データを整理する上で有効な基礎資料となると期待される。

なお、1分値気象データのフォーマットは、2008年6月24日以前（以下、前期と記す）と2008年6月25日以後（以下、後期と記す）では配列順が異なっている。また、前期の日射量データは積算値の前時間との差を四捨五入されたMJ/m<sup>2</sup>単位で示されており、そのままでは使用に不都合が生じる。本報では、気象庁で公開されている1 分値気象データの現状と、特に日射量のデータ整理方法について報告する。

## 1. 気象庁が公開している短時間間隔の気象データ

JMA-95 型地上気象観測装置の導入に伴い、地上気象観測データの1 分値データが順次公開されている。最も早い東京では1996 年2 月19 日からデータが公開され、その後順次公開され、現在は155 気象官署のデータがすべて公開されている。

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、気圧、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ない。

なお、10分値地上気象観測データも、2008年6月から気象庁年報に収録・公開されている。

アメダスも1997 年から10 分値データが公開されている。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、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、前期（2008年5月1日）の東京における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 日の変化を示した例である。1 分積算値は具体的には日射量積算カウンターの値の1 分ごとの差を示しているため、1 分値の日射量はステップ状の変化となっており、昼間に全天日射量が0 になっている場合もある。

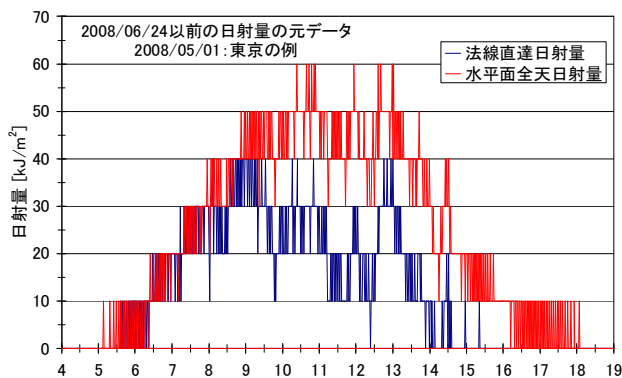


図1 2008年6月24日以前の1分値日射量の表示

前期の日射量は[0.01MJ/m<sup>2</sup>]単位で収録されている。後期は[1kJ/m<sup>2</sup>]単位で、積算値の差ではなく通常の絶対値で収録されている。したがって、後期以降は日射量の1分値データを修正する必要はない。

## 2. ステップ状日射量データの修正

1分値日射量は、1分値の記録が開始されてから2008年6月24日までは、前述のように積算値の前時刻との差、すなわち、ステップ状のデータとして表されており、直ちに利用するには不都合がある。2008年6月25日以後のデータは、1分間隔の絶対値となっているため、そのまま利用することができる。

気象データは、可能な限り長期間のデータを使用することが望まれる。このため、以前よりステップ状の日射量データの修正を試みているが<sup>1)</sup>、今回、全国55地点の約8.5年分のデータを修正することとした。

これに先立って、大阪における詳細な実測データを基に、ステップ状日射量から通常の時系列データを推定することを試みその妥当性を確認する。

大阪市立大学では、2006年1月1日から、日射量・照度・温度・湿度・風向・風速などを連続的に測定している。当初はCIE（国際照明委員会）のIDMP（国際昼光測定プログラム）に準じて1分間隔で測定を開始したが、1分間隔の状況を把握するにはさらに短時間間隔の測定データが必要と判断し、2006年10月末から10秒間隔で測定を継続している<sup>2)</sup>。

この実測データを基に、ステップ状データの雑音を除去し、絶対値で表す1分間隔データへの修正を試みる。

まず、10秒間隔の連続測定データを基に、積算日射量を算出し、1分間隔のステップ状データを作成する。気象庁の1分値データの日射量は、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。図のように気象庁形式の1分値データは、元データに雑音（四捨五入操作に起因）が乗った時系列データと見なせる。そこでこのデータに雑音除去法として適応平滑化法<sup>3)</sup>を適用し、

元データの再現性を検討する。

ステップ状信号 $x(i)$ が信号成分 $s(i)$ と雑音成分 $n(i)$ の和とすると、次式で表せるとする。

$$x(i) = s(i) + n(i)$$

雑音 $n(i)$ を平均値0、分散 $\sigma_n^2$ をもつ不規則定常雑音とし、信号も短い区間内で定常と仮定する。最小2乗誤差を満足する信号（日射量）の推定値 $\hat{s}(i)$ は次式で表せる。

$$\hat{s}(i) = \frac{\sigma_x^2(i) - \sigma_n^2}{\sigma_x^2(i)} \{x(i) - \bar{x}(i)\} + \bar{x}(i)$$

$$\bar{x}(i) = E\{x(i)\}, \sigma_x^2 = E\{(x(i) - \bar{x}(i))^2\}$$

$E\{\}$ は、時間軸 $i$ 方向の局所的な平均。

$\bar{x}(i)$ はある幅 $M$ の単純移動平均とし、この幅の中で測定波形の分散 $\sigma_x^2(i)$ を計算すれば、信号成分の推定値が得られる。

気象庁データを基にした、日射量の推定においては、直達日射が雲の影響で大きく変動する場合と、雲の影響が小さい場合とで雑音除去法に若干の工夫が必要となる。

$M$ を平滑化区間（今回の計算上では、時系列のデータ点数）とすると、この区間の設定により、平滑化の状況が異なることになるため、その状況を確認し、適切な区間を設定する必要がある。

そこで、大阪市立大学で測定した10秒間各データを1分間隔データに変換し（Original Data）、これを気象庁のステップ状データに変換（OCU\_JMA）する。OCU\_JMAデータを基に、平滑化区間を各種変えた場合の推定日射量が、Original Dataとどの程度の相違があるか確認する。ここでは、平滑化区間（データ点数）を、3、5、9、15、33の5種類とした場合の、2010年9月20日の全天日射量の推定例を図2～図6に示す。

図2に示す、3点の平滑化区間（当該時刻とその前後1点）で推定すると、変動が大きい時間帯はかなり高精度に推定しているが、変動の小さい（直達日射がない）時間帯は推定値が暴れていることが確認できる。

図3の5点による推定値は、3点による推定と同様な傾向があるが、変動の大きい時間帯は図2に比べて推定精度がやや低い。また、変動の小さい時間帯の推定値は図2より改良されているが十分とはいえない。

図4の9点による推定値は、変動の小さい時間帯の推定精度は5点より改良されているが、変動の大きい時間帯の推定精度がかなり低下している。

図5の15点による推定は、変動の小さい時間帯の推定値はかなり再現性が高く、推定に適用可能と思えるが、変動の大きい時間帯はピーク、ディップが消滅してなだらかな状況を示している。

図6の33点になると、全体が非常に滑らかでどかな変動となり、現実には起こっている現象と乖離した状況になっている。特に変動の大きい時間帯の再現性は全く期待できない状況である。

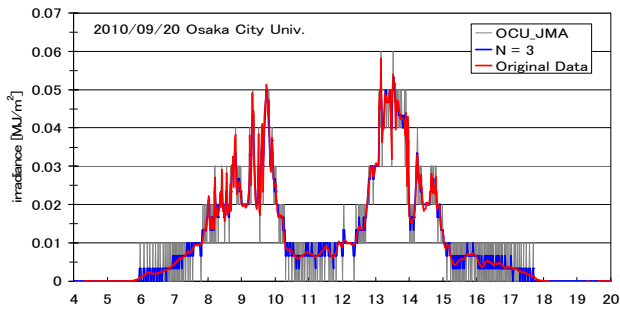


図2 平滑化区間を3とした場合の全天日射量の推定

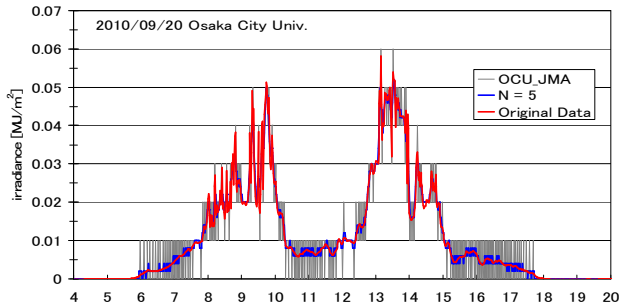


図3 平滑化区間を5とした場合の全天日射量の推定

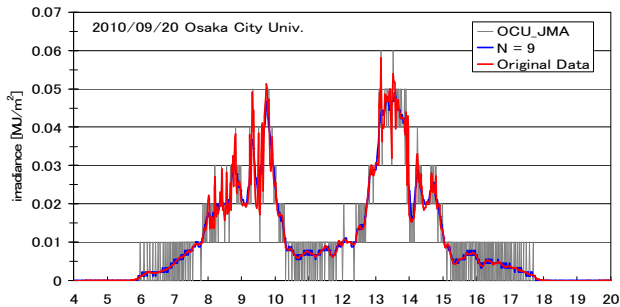


図4 平滑化区間を9とした場合の全天日射量の推定

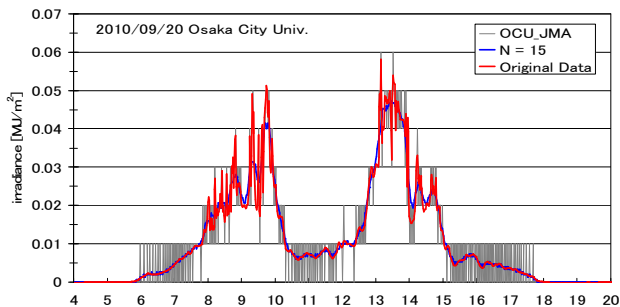


図5 平滑化区間を15とした場合の全天日射量の推定

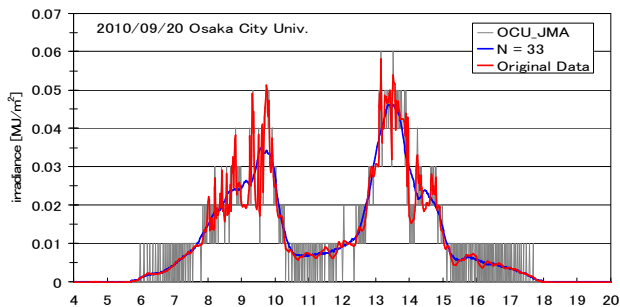


図6 平滑化区間を33とした場合の全天日射量の推定

以上のような状況から、一種類の平滑化区間で日射量を推定することは適切でないと判断できる。

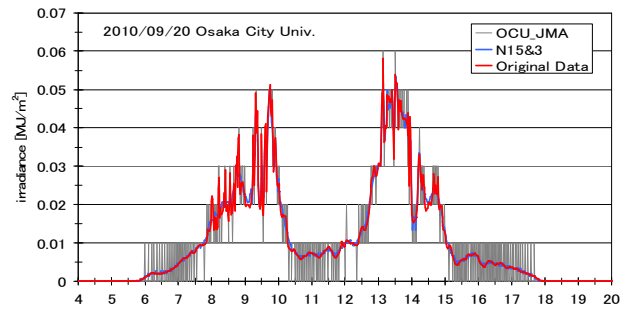


図7 平滑化区間を15と3とした場合の全天日射量

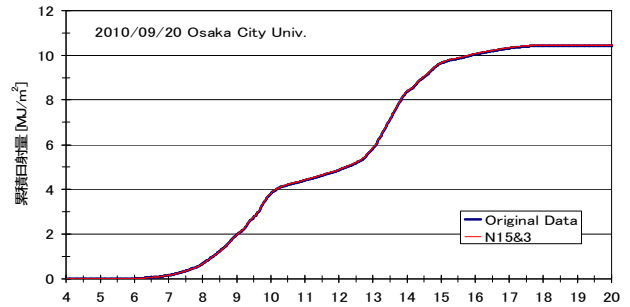


図8 元データと推定値の累積全天日射量の比較

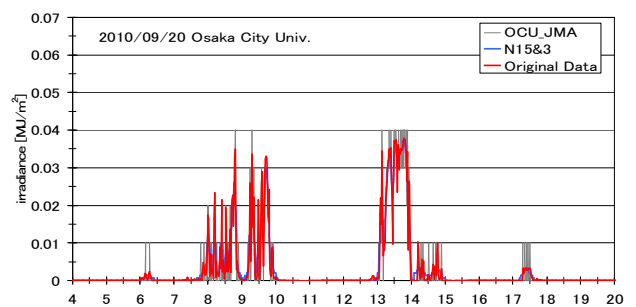


図9 平滑化区間を15と3とした場合の法線直達日射量

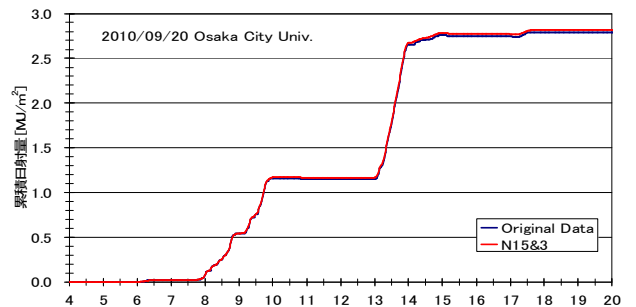


図10 元データと推定値の累積法線直達日射量の比較

そこで、変動の大きい時間帯と、変動の小さい時間帯によって、平滑化区間を変えることとする。ここでは、ステップ状日射量の前後の差が $0.025\text{MJ/m}^2$ 以上ある場合を変動が大きい時間帯とし、 $0.025\text{MJ/m}^2$ 未満の場合を変動の小さい時間帯とし、それぞれ3点と15点の平滑化区間を選択して日射量を推定する。これにより推定した日射量を図7に示す。かなり、良好に推定していると思われる。

次に、元データと推定値の累積日射量を比較したものを図8に示す。1日の時系列の推定値の累積値は元データの累積値に比して1.002となっており、推定値の熱負荷計算に及ぼす誤差は非常に小さいと思われる。

全天日射量と同様の方法を適用して推定した法線直達日射量とその累積日射量を、図9、図10に示す。この場合、時系列の推定値の累積値は元データの累積値に比して1.007であり、1%未満の差異となっている。

以上により、ステップ状で表された1分値データを通常の1分値データとして変換することが可能になった。この手法を気象庁1分値データに適用する。

### 3. 各地点の1分値データの修正

前章の方法を気象庁1分値データに適用し、前期のステップ状日射量データをすべて通常の1分値に変換する。

都道府県庁所在都市を中心に、1分値データを購入し、表1に示す55地点における、2000年から2009年までの10年間分について日射量を整備する。

気象庁1分値データの修正について、東京の晴天例として2008年5月6日の気象庁1分値データと推定により修正した全天日射量を図11に、法線直達日射量を図12に示す。晴天でもあるが、かなりきれいに推定できている。

なお、2008年6月25日以後の1分値データの日射量はステップ状の表現ではないため、そのまま使用することができる。すなわち、上記のような推定・修正は、気象庁が提供する1分値データの過渡的状況に対応したものであり、現時点以後に入手するデータには不要である。

なお、1分値データにも欠測があるため、日射量以外の他のデータも含めた欠測補充が必要であるが、拡張アメダス気象データ作成における欠測補充法が適用できると思われる。

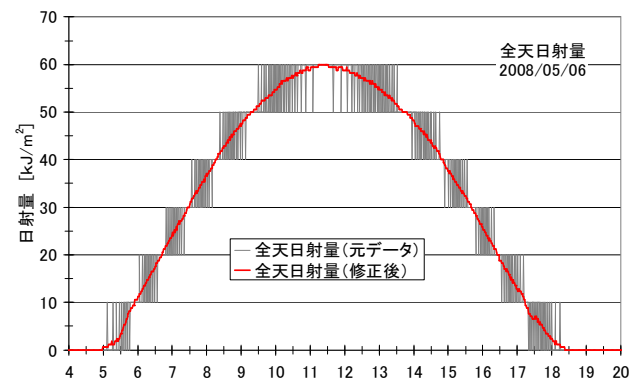


図11 全天日射量の気象庁データと推定値（東京）

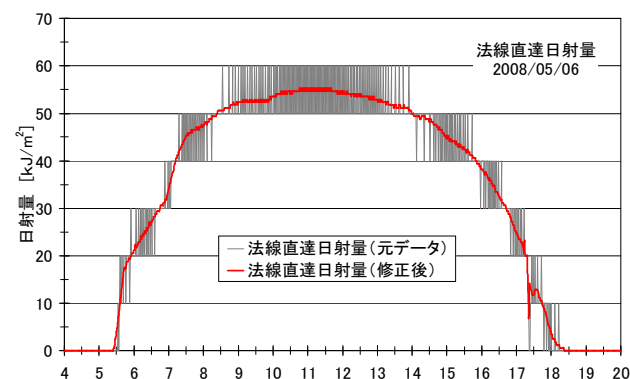


図12 法線直達日射量の気象庁データと推定値（東京）

表1 1分値データの観測地点一覧

No.	地点番号	地点名	No.	地点番号	地点名
1	47407	旭川地方気象台	29	47772	大阪管区気象台
2	47417	帯広測候所	30	47770	神戸海洋気象台
3	47412	札幌管区気象台	31	47780	奈良地方気象台
4	47575	青森地方気象台	32	47777	和歌山地方気象台
5	47582	秋田地方気象台	33	47651	津地方気象台
6	47584	盛岡地方気象台	34	47761	彦根地方気象台
7	47590	仙台管区気象台	35	47759	京都地方気象台
8	47588	山形地方気象台	36	47768	岡山地方気象台
9	47595	福島地方気象台	37	47765	広島地方気象台
10	47646	高層気象台	38	47741	松江地方気象台
11	47629	水戸地方気象台	39	47744	米子測候所
12	47615	宇都宮地方気象台	40	47746	鳥取地方気象台
13	47624	前橋地方気象台	41	47895	徳島地方気象台
14	47626	熊谷地方気象台	42	47891	高松地方気象台
15	47662	東京管区気象台	43	47887	松山地方気象台
16	47648	銚子地方気象台	44	47893	高知地方気象台
17	47682	千葉測候所	45	47762	下関地方気象台
18	47670	横浜地方気象台	46	47784	山口測候所
19	47618	松本測候所	47	47807	福岡管区気象台
20	47610	長野地方気象台	48	47815	大分地方気象台
21	47638	甲府地方気象台	49	47817	長崎海洋気象台
22	47656	静岡地方気象台	50	47813	佐賀地方気象台
23	47636	名古屋地方気象台	51	47819	熊本地方気象台
24	47632	岐阜地方気象台	52	47830	宮崎地方気象台
25	47604	新潟地方気象台	53	47827	鹿児島地方気象台
26	47607	富山地方気象台	54	47936	沖縄気象台
27	47605	金沢地方気象台	55	47918	石垣島地方気象台
28	47616	福井地方気象台			

注)入手済みの地点を示す。データは、2000年から2009年まで

### 4. まとめ

気象庁の1分値データの使用を前提としたとき、2008年6月24日以前の日射量データに修正の必要性があった。このため、詳細な実測データを基に修正法を検討し、日積算日射量で1%未満の推定誤差で修正することが可能となった。この手法を取得した55地点の10年間の1分値データに適用し、ステップ状日射量を修正・整備した。なお、気象庁の提供する1分値データには欠測期間がある。各要素の欠測補充は、今後の作業による。

### 参考文献

- 1) 二宮秀興ほか: 建築エネルギー・環境シミュレーションツールBESTの開発、第2報 1分値気象データの開発、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1029-1030, 2008. 9.
- 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

### 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コンソーシアム」・「BEST企画委員会(村上 周三委員長)」及び、専門版開発委員会(石野 久彌委員長)、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。

なお、本研究は文科省科学研究費補助金基盤研究(B)「建築環境シミュレーションの高度化に対応できる新たな気象データの開発に関する研究」(代表者: 井川憲男)の援助を受けた。記して謝意を表す。