

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 11)

1 分値気象データ開発のための風・気温の欠測補充

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems,
the BEST (Part 11)

Imputation of Missing Values in Wind Velocity, Direction, and Temperature
for Development of Weather Data with 1-Minute Interval

正会員 永村一雄 (大阪市立大学)

特別会員 村上周三 (慶応義塾大学)

正会員 赤坂 裕 (鹿児島工業高等専門学校)

正会員 永村悦子 (園田学園女子大学短期大学部)

Kazuo EMURA*¹, Shuzo MURAKAMI*², Hiroshi AKASAKA*³, and Etsuko EMURA*⁴

*¹Osaka City University,

*²Keio University,

*³Kagoshima National College of Technology,

*⁴Sonoda Women's College

The BAST requires 1-minute interval data. AMeDAS data set consists of measured values such as temperature, wind velocity, and wind direction. These contain a lot of missing values. This paper discusses the imputation of missing values for development of 1-minute interval data from AMeDAS data set.

1 はじめに

本報は、総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」で用いられる 1 分値気象データのうち、風と気温の開発にあたっての基礎的検討を述べたものである。

品質を保持したうえで広範囲に気象データを整備したものに赤坂ら[1]の拡張アメダス気象データがあって、建物の熱負荷計算に適用すべく 1 時間間隔のデータ整備が行われてきた。本報が扱う「BEST」では、時間間隔を 1 分値にまで縮めることで、空調の予測制御をシミュレーションするなど、新たな展開が可能となる。

また、環境の変化による都市気候の特性把握などにおいては、詳細で高品質な気象データが求められるようになってきており、細密な時空間間隔の気象データに期待が高まっている。

地点間の観測値は、AMeDAS 観測地点が増えない限り空間補間が必要となり、温度に関しては、パリオグラムを用いた空間補間の可能性を永村[2]が報告しており、将来的には他要素への拡張も期待できよう。本報では、もうひとつの時間間隔補充[3]について検討した概略を述べる。

2 問題点の整理

前報[4]で示したように、現在は AMeDAS 観測地点の 2 割弱で 1 分値観測データが取得できる。他方、残り 8 割が 10 分値観測に留まっている。

拡張アメダス気象データでは、整備する気象データと同じ時間間隔の AMeDAS 観測値を用いることができたが、「BEST」の 1 分値気象データ開発では、1 分値観測

が存在する地点はその欠測補充を、存在しない地点は 10 分値の欠測補充と 1 分値への時間間隔補充をそれぞれ必要とする。したがって、今回の 1 分値気象データ整備には、表-1 のように、時間間隔補充のためのあらたな処理が必要となる。

表-1 1 分値気象データ作成の流れ

元データ AMeDAS	欠測 補充	間隔 補充	1 分値 気象 データ
10 分値 (81%)	→ 長期 短期	→ 短期	→
1 分値 (19%)	→ 短期	→	→

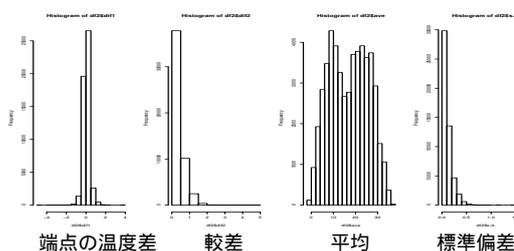


図-1 気温の毎 10 分値統計量 (大阪 2006)

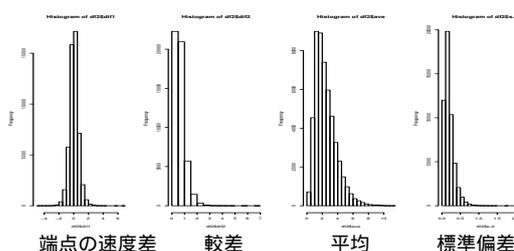


図-2 風速の毎 10 分値統計量 (大阪 2006)

2.1 気温

気温の時間間隔と変動について、松本[5]は変動係数、曾我[6]は直線補間、スプライン補間、多項式補間を考察し、直線補間で時間間隔補充しても大きな困難は生じないことを報告している。

毎10分間で直線補間により時間間隔補充した1分値データの場合、簡単な推察より、当該の10分値区間の分散は端点の温度差の二乗に比例する。大阪のAMeDAS 1分値(2006年)を用いて、毎10分値間の端点の温度差、較差、平均、標準偏差の分布を求めてみると図-1となる。端点の温度差と標準偏差はともに0.5以内に収まっており、毎10分値間の変動も差も微小である。よって、もっとも簡略な直線補間を行っても、1分値気温データの精度はほぼ確保できることになる。

なお、10分値の欠測補充については、推定精度の向上とともに構造安定性を確保した永村[2]のバリオグラムによる欠測補充を検討する。というのも、拡張アメダス気象データの気温は、欠測補充に期待値を保存する回帰系を用いており、推定値は約1の残差に収まっている[7]ものの、多重共線性の問題が内在しているからである。

2.2 風向・風速

周囲地形物の影響をもっとも強く受ける気象要素でありながら、たとえば大阪管区气象台のように、気温などの観測点である露場から数キロ離れた建物の高所で別途風向・風速の観測が行われているなど、風と他の気象要素間で観測位置の同一性が確保されていない地点が存在する。

また、風速の変動成分による換気移動量の推定など、細密な時間間隔であれば従来と異なる気象データの活用も考えられるため、風の場合は平均的性質のみを保存する時間間隔補充ではかならずしも十分とはいえないであろう。

図-2は、風速に関して毎10分値間の端点の差、較差、平均、標準偏差を求めたもので、気温と比べて10分間でさえ変動が残留している様子がうかがえる。風向もほぼ同様の変化を示すため、風の時間間隔補充では、ある区間の統計量を保存する補充を行う必要がある。そこで風速を例に、大阪のAMeDAS 1分値(2006年)を用いて、1分値、10分値、1時間値の日平均と日分散の散布相関図を描いてみたものが図-3である。

時間間隔を異にした平均と分散の散布をみると、いずれも対応はよく、とくに1分値と10分値の間で相関がきわめて高いことから、補充にあたっては、1時間値よりも10分値を用いて1分値の基本統計量を推定し、これを保存する補充を行えばよいことがわかる。

なお、10分値の欠測補充にあたっては、二宮[8]に倣って

開発された従来の三木[9]、西岡[1]の補充法では、沿岸部で推定量の品質を確保しがたく、その向上が課題となっていたが、永村[10]により観測時刻の非同時性と非線型性を考慮した欠測補充が示されたので、これの援用を検討する。

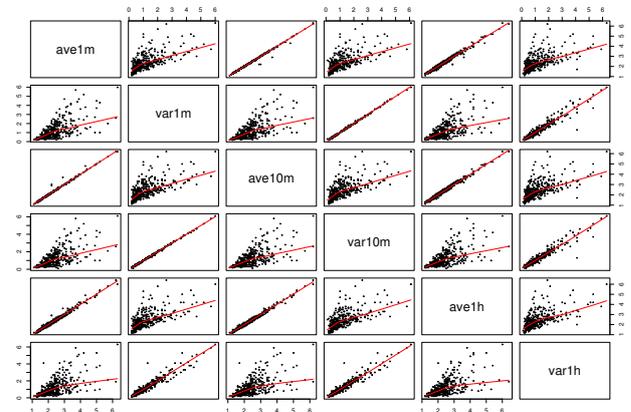


図-3 風速の1分値、10分値、1時間値の日平均と日分散

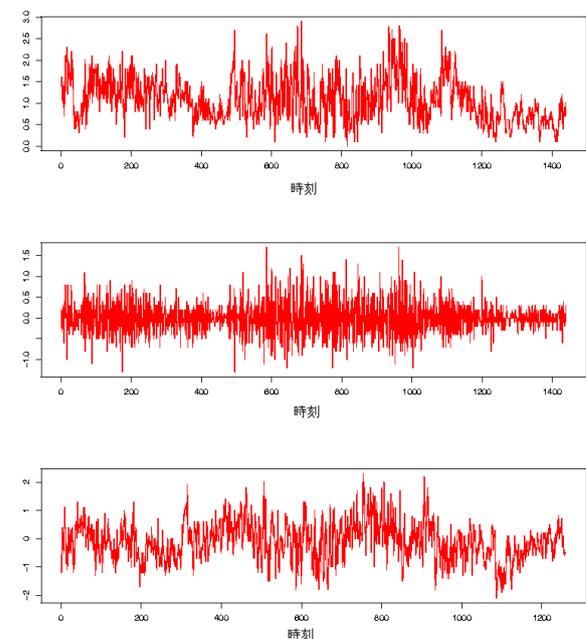


図-4 1日の1分値風速変動(大阪 2006/1)
(上から日変動、階差、調和除去)

3 時系列モデルによる風の時間間隔補充

気温の時間間隔補充は、前章の検討により直線回帰で済むが、風のそれは、10分値のある区間の変動成分を考慮した補充が求められる。そうした用途に時系列モデル[11]が用いられてきた。

季節調整に代表される周期性を考慮したARIMA[12]や、誤差項のパワーをモデル化して不均一分散を扱ったARCH系[13]、尤度推定に工夫を凝らしたSV系[14]を検討する予定である。

図-4は、1分値のある1日の風速の変動と、階差と調和分析により周期性を除いた時系列の事例である。図-5はその自己相関で、階差を利用すると十分に安定した自己相関関数が求まることがわかる。

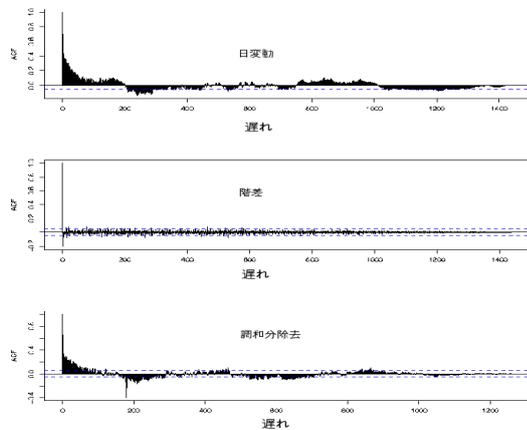


図-5 風速の自己相関関数
(上から日変動、階差、調和分除去)

4 気象要素間の連関

これまで補充にかかわる処理には、同一気象要素内での閉じた補充を考えてきた。むしろ異なる要素間で関係が確認できれば、相関を有する他要素も用いた補充も検討課題となる。そこで、全気象要素間やその基本統計量間の関連をみるべく、散布相関図を調べたところ、同時刻間での散布状況をみる限り、要素間の顕著な連関はみられない。

図-6に示す基本統計量間では、風速の平均や分散において同一統計量間で相関はみられるものの、他の気象要素とのめだった関連はなく、風のモデル化にあたって、他の気象要素をあえて考慮する必要は少ないと判断している。

5 ベクトル相関を用いた候補地選定

風の10分値の欠測補充では、相関の高い地点の組を見出す必要がある。ここではベクトル相関を導入し、類似した候補地の組を簡易に選定することを考える。

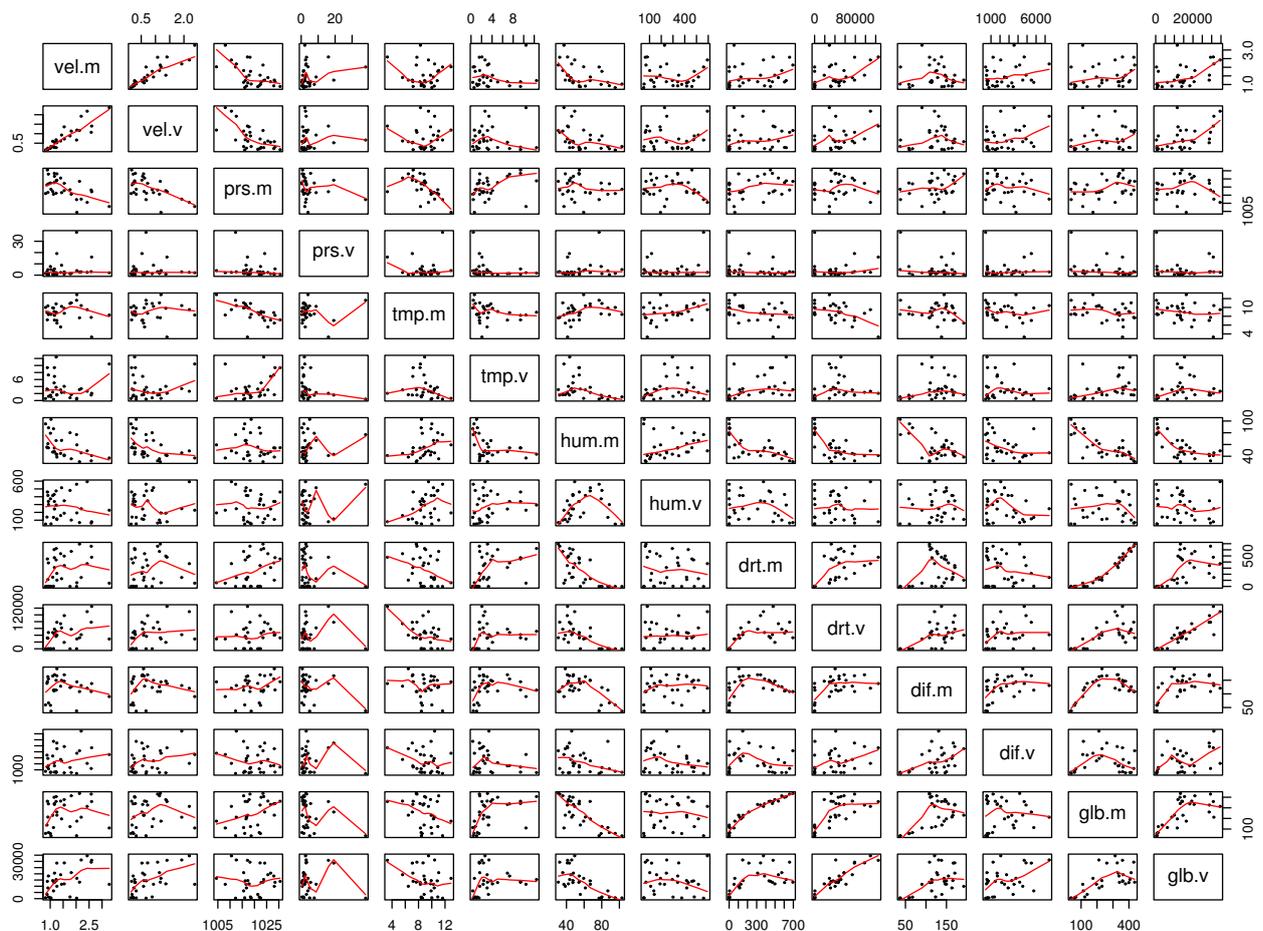


図-6 平均・分散の気象要素間の散布相関図
(風速、気圧、気温、湿度、直達、天空、全天の平均と分散)

A、B 地点の東西と南北の各成分分離後の風を v_{Ai}, v_{Bi} (i は時刻) とすると、その相関 ρ は

$$\rho = \frac{\frac{1}{N} \sum (v_{Ai} - \bar{V}_A)(v_{Bi} - \bar{V}_B)}{\sigma_A \sigma_B} = \cos \theta$$

$$= \frac{\mathbf{v}_A^T \mathbf{v}_B}{|\mathbf{v}_A| |\mathbf{v}_B|} = \frac{|\mathbf{v}_A| |\mathbf{v}_B| \cos \theta}{|\mathbf{v}_A| |\mathbf{v}_B|} \quad (1)$$

ここに、 \mathbf{v} は、各地点の、東西と南北の各成分分離後の、時刻 $i = 1, \dots, N$ で構成されたベクトル。 θ はそのなす角。ここで、両地点のある時点 i の風ベクトル w_i を

$$w_i = (\text{東西成分}, \text{南北成分})$$

と 2 次元ベクトルで表記すれば、全時点 ($i = 1, \dots, N$) にわたる相関 ρ^* は、式 (1) の類推より下式となる。

$$\rho^* = \frac{\sum |w_{Ai}| |w_{Bi}| \cos \phi_i}{\sum |w_{Ai}| |w_{Bi}|} \quad (2)$$

全地点毎に、ベクトル相関がもっとも高くなる地点の組を計算して累積したものが図 1 である。10 分値の欠測補充では回帰系を用いるから、相関で 0.7(寄与率にして約 5 割) を確保できる地点の組は約 80% で良好だが、0.7 未満の地点の組が 2 割も存在する。10 分値の欠測補充にあっては、低相関の場合に別途対応が必要かもしれない。

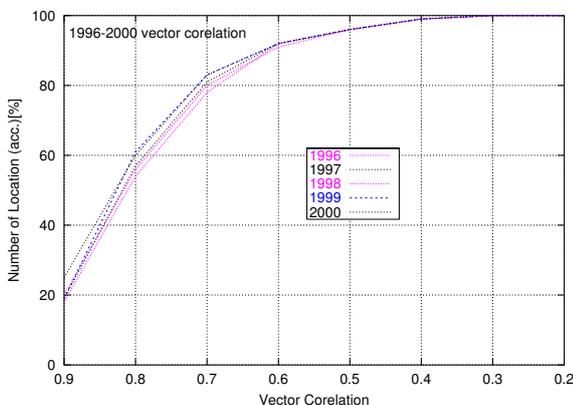


図-7 地点間のベクトル相関

6 まとめ

「BEST」1 分値気象データの開発にあたり、風・気温を対象に時間間隔を 1 分値とする時間間隔補充法の基礎的検討を行った。

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るものである。

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: 二宮秀與(大阪市立大学)、委員: 井川憲男(大阪市立大学)、石野久彌(首都大学東京)、永村悦子(園田学園女子大学短期大学部)、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、生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)。

なお、本研究は文科省科学研究費補助金基盤研究(B)「拡張アメダス気象データを増強するための気象測定と気象要素の推定法の研究」(代表者 井川憲男 大阪市立大学教授)の援助を受けた。記して感謝します。

参考文献

- [1] 赤坂ほか: 拡張アメダス気象データ 1981-2000、鹿児島 TLO (2005)
- [2] 永村: 気温データ整備における欠測補充の検討-その 3 推定結果の検討-、日本建築学会大会、環境-II、pp.61-64 (2003)
- [3] 永村ほか: 風・気温の欠測補充について-1 分値 EA 気象データ作成の検討-、日本建築学会大会、環境-II (2007)
- [4] 井川ほか: 実測データによる時間間隔が異なる各種気象データの特性(その 10)、空気調和・衛生工学会大会 (2007)
- [5] 松本: 気象データの時間間隔が熱負荷計算に及ぼす影響 その 2 サンプリング間隔の短い年間気象データの作成、日本建築学会大会、環境-II、pp.67-68 (2004)
- [6] 曾我: 気温と相対湿度の毎分補間の検討、BEST 気象データ部会 資料 (2006/6/24)
- [7] 永村: 建築環境設計への AMeDAS の応用 その 2 欠測データの処理(外気温)、第 27 回熱シンポジウム、pp.9-14、日本建築学会 (1997)
- [8] 二宮ほか: AMeDAS データを用いた標準気象データの作成法に関する研究 その 5 欠測データの処理、空気調和・衛生工学会大会、pp.229-232(1994)
- [9] 赤坂ほか: 拡張アメダス気象データ、丸善 (2000)
- [10] 永村: 風向・風速の欠測補充について-非同時性と非線形変換の適用-、日本建築学会大会、環境-II、pp.269-270 (2006)
- [11] たとえば、永村: 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)
- [12] たとえば、D. Ladiray and B. Quenneville: Seasonal Adjustment with the X-11 Method, Springer-Verlag (2001)
- [13] たとえば、R. Engle: ARCH; Selected Readings, Oxford Univ. Press (1995)
- [14] たとえば、E. Ghysels et al.: Stochastic Volatility, in "Statistical Models in Finance"(G.S. Maddala & C.R. Rao eds.), North Holland (1996)