

分間隔拡張アメダス気象データの作成

— 2011～2020 年分間隔実在年 EA 気象データ

及び

2020 年版分間隔標準年 EA 気象データの作成 —

2023 年 8 月 31 日

(株)気象データシステム

赤坂 裕

目次

	ページ
1. 分間隔気象データ作成に至る経緯	1
2. 海外の代表的なシミュレーションプログラムでの分間隔気象データの使われ方	2
3. 国内での分間隔気象データの使われ方	3
4. 1分値気象データ作成の基本方針	4
5. 2011～2020 実在年 1分値 EA 気象データの作成の概要	6
6. 気象庁 1分値の欠測の確認、変換、欠測処理	7
6. 1 1分値の欠測の集計	
6. 2 1分値データの位置情報	
6. 3 1分値 EA 気象データへの変換	
6. 4 1分値 EA 気象データのリマーク	
6. 5 6気象要素の1分観測値の欠測補充	
6. 6 相対湿度、大気放射量、風向(16方位)、風速の1分値の補充	
6. 7 1分降水量、日照時間の欠測の補充	
6. 8 長期間継続する1分観測値の欠測の補充値と1時間値 EA 気象データの比較	
7. 2011～2020 実在年 1分値 EA 気象データの欠測補充法のまとめ	11
8. 各種気象要素の1分値の推定	13
8. 1 全雲量, 低層雲量, 雲高の推定	
8. 2 積雪深の推定と時系列変動特性	
8. 3 推定した各種1分値気象データの時系列変動特性	
9. 2020年版1分値 EA 気象データ標準年の作成	17
10. 1～60分間隔の EA 気象データの作成	17
11. 分間隔 EA 気象データの使用方法	19
【文献】	
【資料】 別添	

分間隔拡張アメダス気象データの作成

1. 分間隔気象データ作成に至る経緯

建築物の熱負荷や建築設備が消費するエネルギーの数値シミュレーションは、これまで半世紀にもわたって、各地域の標準的な1年間の1時間間隔の気象データを外界条件として行われてきた。これらの気象データを、海外では Reference Year(RY), Test Meteorological Year(TMY)等と、国内では標準年気象データ^{注1注2}と呼んでいる。2000年1月に日本建築学会から公開された標準年と年別の拡張アメダス気象データも1時間間隔の気象データである。

気象現象は様々な気象要素のデータの集合により表されるが、要素の中には、日射量、屋外照度、風向・風速のように短時間で急激に変化する要素もある。日射量は日射熱取得に、屋外照度は屋内照度に、風向・風速は隙間風量や通風量に影響し、建物の熱負荷やエネルギー消費の要因となる。シミュレーションプログラムの中には分間隔のシミュレーションを行えるものもあるが、その場合は1時間間隔の気象データを直線補間して分間隔値を求めているようである。しかし、別添【資料9】の観測値に基づく1分から60分までの気象データの時間変化の比較図に見られるように、分間隔気象データの変動は不規則であって、1時間値を直線補間して表わすことができないのは明らかである。

我々がこれまで公開してきた拡張アメダス気象データ(EA気象データ)は、気象庁の1時間間隔の観測気象データをソースデータとする1981年以降の1時間値(1時間値EA気象データ)である。1時間値EA気象データに基づいて、日別値、設計用気象データ等の統計値、様々なシミュレーションプログラムのフォーマットにしたがった1時間値の気象データも作成してきたが、上述したような1時間より短い気象データへのニーズに応えてはいなかった。これまでも1分値気象データの整備は試みられてきた【文献6, 7】が、気象庁から入手できる1分間隔の観測気象データが限定的であったため、満足できる1分値気象データの提供には至らなかった。

このような状況下で、気象庁は2008年11月より1分間隔の観測気象データの公開を始めた【文献8, 9】。我々にとって、分間隔の気象データを作成し、シミュレーションサイドに提供するための最も基盤となる条件が満たされたことになる。この1分間隔の観測値をソースデータとし、2011年~2020年の10年間の分間隔EA気象データと標準年EA気象データを作成した。

本技術解説では、分間隔気象データの作成に用いた技術的な手法と得られた知見をまとめた。

また、本解説を要約した梗概及び論文を建築学会と空衛学会に投稿して報告した【文献20, 21】。

注1 当初は標準気象データと呼ばれていた。

注2 1973年に(公社)空気調和・衛生工学会によって東京の標準気象データが作成されて以来、同学会に加え日本気象協会、建設省建築研究所、研究者等により全国40地点余の標準気象データが作成された【文献1, 2】。

(一社)日本建築学会は、気象庁の気象官署等及びアメダス地点の観測気象データに基づき、全国約840地点の1995年版、2000年版拡張アメダス気象データ標準年(EA標準年)及び1981~2000年の実在年拡張アメダス気象データ(EA実在年)を公表した【文献3, 4】。その後、拡張アメダス気象データ(EA気象データ)の作成は(株)気象データシステム(MetDS)が受け継ぎ、1981~2020年のEA実在年、2010年版EA標準年、2020年版EA標準年、2086年版EA将来標準年【文献5】を公表している。

2. 海外の代表的なシミュレーションプログラムでの分間隔気象データの使われ方

(1) EnergyPlus

EnergyPlus は U.S.Department of Energy(DOE), Building Technology Office(BTO)の資金提供を受け、米国の National Renewable Energy Laboratory(NREL)が管理しているフリーでオープンソースのプログラムである。EnergyPlus の気象データフォーマットが EPW フォーマットである。

① EPW フォーマットの分間隔気象データへの対応

EPW フォーマットには、分のフィールドが設けられている。EnergyPlus は、分のフィールドを設けた理由として、ここ数 10 年間でシミュレーションプログラムの能力は大幅に向上したにも関わらず TMY2, WYEC2, TRY 等の気象データは、気象庁や気象台が特定の場所で観測した 1 時間間隔のデータから得られる typical な 1 年間のデータであること、軽量の建築部材（注：熱容量が小さい建築部材、窓、膜構造等を指す）は 1 時間より短い日射の変化に敏感に反応すること、5 分毎の照度データと 1 時間間隔の照度データを用いた室内照度の予測値を比較すると、両者は 40% 近く異なるという報告があること、都市の屋外を歩行する人は短時間に变化する強風や風向にさらされること、等を挙げている【文献 10】。このように、EPW フォーマットでは 1 時間間隔に限らず分間隔の気象データも読み込める仕様となっている。1 時間当りの気象データ数 (Number of Records per Hour) は EPW フォーマットの DATA PERIODS で指定し、1 分間隔なら 60、10 分間隔なら 6 である。

② Timestep【文献 11】

EnergyPlus では、建物外皮の動特性、内部熱取得のスケジュール、サーモスタットの設定、機器の稼働率等に対応するため、気象データを補間して短い時間間隔の計算を行っている。この時間間隔を Timestep (ZoneTimestep) と呼ぶ。Timestep はシミュレーションの精度を向上させるために導入されたもので、1 時間当りの計算回数であり、IDF Editor により、60 の約数 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30, 60) から指定する。1 は空調システムを伴わない場合、精度を必要としない場合、計算時間を短くしたい場合等に限って指定し、通常は 4~60 とする。EnergyPlus は Timestep の指定に応じて気象データを補間して分間隔値を得る。補間法は式(2.1)~(2.3)のような直線補間である。この補間は気象データのみ適用され、屋内スケジュールには適用されない。式(2.1)~(2.3)による補間の当該時刻と前時刻の値にかかる重み係数(weight)の例を表 2.1 に示す。

$$\text{ValueTimeStep} = \text{LastHourValue} \cdot \text{WeightLastHour} + \text{ThisHourValue} \cdot \text{WeightThisHour} \quad (2.1)$$

$$\text{WeightThisHour} = \text{CurrentTimeStep} / \text{Number of TimeSteps in Hour} \quad (2.2)$$

$$\text{WeightLastHour} = 1.0 - \text{WeightThisHour} \quad (2.3)$$

表 2.1 各タイムステップの値を求めるための重み係数 (15 分間隔で補間する場合)

タイムステップ	時刻(分:秒)	前時刻の値にかかる重み係数	現時刻の値にかかる重み係数
1	00:01 to 15:00	0.75	0.25
2	15:01 to 30:00	0.5	0.5
3	30:01 to 45:00	0.25	0.75
4	45:01 to 60:00	0	1.0

EnergyPlus には System Timestep と呼ばれるもう一つの Timestep がある。System Timestep は HVAC 及びプラントシステムのモデリングのための駆動タイムステップで可変長である。ユーザーは

System Timestep を直接制御することはできない。

③ Number of Records per Hour と TimeStep (ZoneTimestep) の関係

Number of Records per Hour と Timestep は異なるものであり、Number of Records per Hour (1時間当りのデータ数) は EPW フォーマットの DATA RECORD で指定し、Timestep は IDF Editor で指定する。Timestep は気象データが分間隔であっても指定するから、その指定にあたっては Number of Records per Hour との整合性を考慮すべきである^{注3}。

(2) TRNSYS

TRNSYS (A Transient System Simulation Program) は、米国 Wisconsin 大学の SEL (Solar Energy Laboratory) が開発した 40 年の歴史を持つエネルギーシミュレーションを行うソフトウェアパッケージで、現在 (2017 年公開) のバージョンは 18 である。TRNSYS は専用の気象データフォーマットを持たないが、その技術解説では以下のように説明している【文献 12】。

TRNSYS は既存の様々なフォーマットの気象データに対応している。Type15 では、TMY, TMY2, TMY3, EPW, IVEC, Meteonorm, German TRY の標準フォーマットを処理することができる。ユーザーが定義する数だけの全天日射量, 直達日射量, 天空日射量, 地面反射日射量, 直達日射入射角, 面の傾斜角と方位角を計算し、暖房や冷房の季節, 月別や年別の最高気温, 最低気温, 平均気温などを出力することができる。Type99 または Type9 と Type16 の組合せにより、ユーザーの気象データファイルを読むことができる。Type99 は、ユーザーが用意した気象データファイルの単位系を変換し、任意数の斜面の直達日射と天空日射を計算することができる。気象データファイルは csv 形式で一定時間間隔でなければならないが、間隔は 1 時間に限らない。

3. 国内での分間隔気象データの使われ方

(1) 空調熱負荷と室内温熱環境の計算プログラム

現状では、国内の熱負荷と室温等の室内温熱環境の計算のプログラムの殆どが 1 時間間隔のシミュレーションを行っている。シミュレーションプログラムの目的が空調熱負荷計算であって、昼光照明, 太陽光発電, 通風等を扱わないものも多い。しかし、ZEB, ZEH では、これらを取り込んだシミュレーションが求められる。空調熱負荷や室温の計算プログラムで分間隔のシミュレーションを行う場合は、1 時間間隔の気象データを補間しているが、これは、現状では観測値に基づく分間隔値を入手する方法がないから、やむをえず補間しているともいえる。室内外の温熱環境が人体に与える影響を評価している研究者にとっては、1 時間間隔の気象条件は粗すぎて不十分である。

(2) エネルギーシミュレーション【文献 13】

LSEM では 1 時間間隔, BEST では 5 分間隔, ACSES/Cx では 1 分間隔等, 1 時間またはそれより短い時間間隔でのシミュレーションが行われているようである。建物熱負荷シミュレーションと建築設備システムのシミュレーションを分離し、建物熱負荷シミュレーションで得られた 1 時間間隔の計算結果を建築設備システムのシミュレーションプログラムに受け渡して分間隔に補間して設備システムのシミュレーションを行うこともある。このような場合、熱負荷シミュレーションは 1 時間間隔

注3 EPW フォーマットの分間隔気象データの時間設定については、1 1. (5) を参照のこと。

の計算でよいという見解もあるが、建物によっては1時間間隔と分間隔で計算した空調熱負荷にかなりの違いが生じる。建築設備に空調だけでなく照明も加えて証明による消費エネルギーのシミュレーションを行ったり、太陽光発電設備による節電効果のシミュレーションも行ったりするならば、熱負荷シミュレーションの段階から分間隔のシミュレーションを行っておく必要がある。

(3) ビル・エネルギー管理システム (BEMS) との関係

BEMS が測定する室内や屋外環境データは1分間隔が主流になってきている。エネルギーシミュレーションと BEMS を整合させる観点からは時間間隔は同じとすることが望ましく、エネルギーシミュレーションも、次第に、1分間隔に移行していくと予想されている。

4. 1分値気象データ作成の基本方針

(1) 1時間値 EA 気象データとの整合性をとること

1分値気象データは、既に公開している1時間値 EA 気象データ【文献14】^{注4}との整合性を保持するように作成することが重要である。ここにいう整合性とは、1分値 EA 気象データから算出した1時間値が既に公開している1時間値 EA 気象データと一致するという意味である^{注5}。そもそも、1時間値 EA 気象データのソースデータは気象庁の1分間隔観測気象データであるから、1分値気象データから求めた1時間値は1時間値 EA 気象データと一致するはずである。しかし、以下の①～④の理由により両者は完全には一致しない。

- ① 1時間値 EA 気象データを作成した場合と1分値気象データを作成する場合とで、気象庁の1分値ソースデータの欠測判定方法を変えたこと^{注6}、
- ② 全天日射量のように1分値を積算して1時間値を求める際には、欠測補充値も含めて60個の1分値を用いるため、1時間値 EA 気象データとは食い違いが生じる場合があること、
- ③ 1分値をそのまま1時間値として用いる場合でも、その1分値が欠測補充値であれば1時間値 EA 気象データとは一致しないこと、
- ④ 標準年を作成するときの平均月の接続部は、接続部前後6時間の範囲で平滑化（スムージン

注4 公表済みの EA 気象データは、1時間値であることを表記していなかったが、今後1分値と区別する必要がある場合には、1時間値 EA 気象データと表記することにする。

注5 1分値気象データと1時間値気象データの整合性を取ることにより、1分値を用いたシミュレーションと1時間値を用いたシミュレーションの結果にずれが生じた場合には、そのずれが1時間値気象データには現れない1分値気象データの変動によって生じたものであると判断することができる。

注6 気象庁の1分値気象データが正常か異常かは各1分値に付された利用フラッグにより判定できる。しかし、気象庁の1分値を調べてみたところ、利用フラッグが『異常』のデータの前後等に、利用フラッグが『正常』であっても『異常』と疑われるデータが含まれていることがわかった。そのため、1時間値 EA 気象データの作成では、利用フラッグが『正常』であっても、その一部を『異常』と見なし欠測扱いとした。1時間間隔の EA 気象データの作成には1分値の全部を必要としないため、このような扱いが可能であった【文献15】。一方、1分値データの作成では、『異常』と見なし欠測扱いとしたデータは、全てを補充しなければならない。そのため、気象庁の利用フラッグが『正常』のデータはそのまま用いることにし、欠測補充量を減らすことにした。欠測補充には多かれ少なかれ推定誤差に伴うリスクが伴うが、欠測補充量を減らすことによりこのリスクを軽減したという意味もある。

グ)する。すなわち、1時間値なら12個のデータ、1分値なら720個のデータをスムージングするが、1時間値をスムージングした12個の値と、1分値をスムージングした720個のうちの毎正時の値(12個)は一致しない場合があること。

(2) 名称を1分値拡張アメダス気象データ(1分値EA気象データ)とすること

以上のように、1分値気象データは1時間値EA気象データと関連させながら作成するので、その名称にもEAを付し、1分値EA気象データと呼ぶことにする。

(3) 作成地点は全天日射量の観測地点とすること

2011~2020年において、全天日射量が観測されたのは表4.1に示す全国48地点である。これらのうち、南鳥島を除く47を1分値の作成対象地点とする^{注7}。

表 4.1 2011~2020年に全天日射量が観測値された気象官署等の一覧

| EA地番・地点名 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 30 稚内 | 230 旭川 | 460 札幌 | 820 網走 | 1210 帯広 | 1400 室蘭 | 1540 函館 | |
| 1710 青森 | 1960 秋田 | 2240 盛岡 | 2550 仙台 | 2740 山形 | 2830 福島 | 3190 つくば | |
| 3330 宇都宮 | 3430 前橋 | 3630 東京 | 3661 南鳥島 | 3690 父島 | 3740 銚子 | 3930 長野 | |
| 4200 甲府 | 4360 静岡 | 4470 名古屋 | 4980 新潟 | 5220 富山 | 5390 福井 | 5490 彦根 | |
| 5650 大阪 | 5880 奈良 | 6320 広島 | 6410 松江 | 6720 高松 | 6820 松山 | 6940 高知 | |
| 7180 下関 | 7260 福岡 | 7410 大分 | 7550 長崎 | 7630 佐賀 | 7710 熊本 | 7940 宮崎 | |
| 8060 鹿児島 | 8210 名瀬 | 8310 那覇 | 8330 南大東 | 8350 宮古島 | 8400 石垣島 | | |

注1: 5560 舞鶴では2011、2012年に全天日射量が観測されたが、2013年以降は観測が廃止された。

注2: 南鳥島は気象官署等には含まれないが、全天日射量の観測が行われているのでこの一覧表に含めた。

(4) 1分値全天日射量の観測値の信頼性を高めるための補正を行うこと

注5で述べたように、気象庁の1分値にはフラッグが正常であっても異常と疑われるデータが稀に含まれる。1分値EA気象データには、直達日射、天空日射、昼光照度、天頂輝度、PAR、紫外線A,Bが含まれるが、これらは全天日射量から推定されるため、もし全天日射量の1分値が異常であれば、これらのデータもすべて異常となる。全天日射量の1分値の信頼性を高める方法として、ここでは、1分値全天日射量の観測値及び欠測補充値から計算した晴天指数(全天日射量を大気外水平面日射量で除した値)が1.1を超える場合、及び晴天指標Kc値【文献18~22】が1.2を超える場合は異常と判定し、それぞれ1.1, 1.2になるように全天日射量を修正することにした。

(5) 1分から1時間の中間の時間間隔のEA気象データも作成すること

1分値EA気象データが完成すれば、1分値のデータをサンプリングしたり、複数の1分値の平均を取ったり積算したりすることにより、1時間までの中間的な時間間隔のEA気象データを作成することが可能となる。中間的な時間間隔としては、EnergyPlusのTimeStepと同様に、60の約数の全部とすることもできるが、実用性を考慮し、煩雑さを避けるため、3分、5分、10分、15分間隔を選択し、1分値に加え、3分、5分、10分、15分間隔のEA気象データを作成することにした。これらを総称し、分間隔EA気象データと呼ぶことにする。

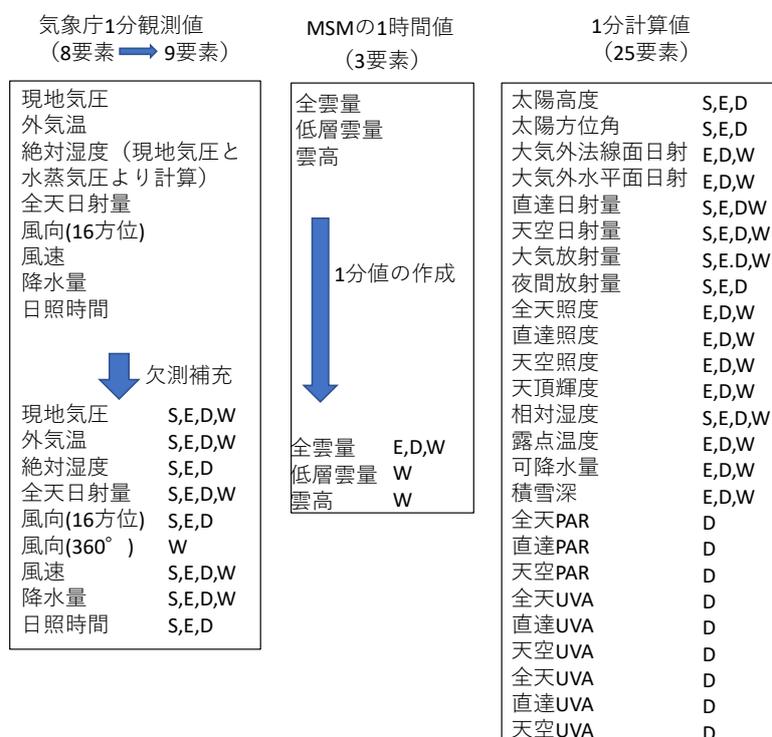
注7 2020年12月の時点でアメダスが併設されている気象台または特別地域気象観測所は全国に154あるが、それらの中で日射量が観測されているのは47地点である。表4.1には、気象台または特別地域気象観測所には含まれないが、日射量が観測されている南鳥島を加えた。詳細は【文献14】参照のこと。

5. 2011～2020 実在年 1 分値 EA 気象データ作成の概要

1 分値気象データの作成の流れを図 5.1 に示す。EA 気象データは可能な限り観測データに基づいて作成される。そのため、1 分値実在年 EA 気象データの作成において最も重要なデータは気象庁の 1 分観測値である。図 5.1 の MSM とは気象庁が公開しているメソスケールモデルによる 1 時間間隔の推定値で、EA 気象データの全雲量、低層雲量、雲高の 1 分値は、MSM の 1 時間間隔の雲量データから作成される。直達日射量、天空日射量は、Perez モデル【文献 24～26】を用いた直散分離計算により全天日射量から得られる。大気放射量は近藤のモデル【文献 15, 23】により、照度、天頂輝度、PAR (光合成有効放射量)、紫外線 A、紫外線 B は井川のモデル【文献 18～22】により、積雪深は二宮【文献 17】の日別積雪深の予測式を応用した分間隔積雪深のモデルにより推定される。

実在年1分値EA気象データでは、図 5.1 のように全部で 37 種類の気象要素のデータが作成され、4 種類のフォーマット (EA標準, EA拡張, EA詳細, EAEPW) で出力される。各フォーマットの詳細は表 8.1 を参照のこと。EA標準フォーマットは一般的な空調熱負荷計算に用いることを想定している。EA 拡張フォーマットはEAEPWフォーマットと同等の気象要素を含んでおり、昼光利用等を含めたシミュレーションに適している。EA 詳細フォーマットに含まれる PAR (光合成有効放射)、紫外線A, 紫外線Bのデータは、生体影響、内装材や什器類の劣化診断、植栽計画の評価に有効である。またEAEPWフォーマットのデータは、そのままEnergyPlusの入力データとして使用できる。

1 分値気象データベースはバイナリ形式であるが、ユーザーは、地点、年、フォーマット、及び様々な条件を指定し、csv ファイルとしてそれぞれのパソコンに取り込むことができる。



注 S,E,D,W は、それぞれ EA 標準, EA 拡張, EA 詳細, EAEPW フォーマットを表す。フォーマットによって出力される気象要素は異なるが、図中の各要素名の右に記載されている S,E,D,W は、当該フォーマットでその気象要素のデータが出力されることを表している。

図 5.1 1 分値 EA 気象データ作成の概要

6. 気象庁 1 分値の欠測の確認, 変換, 欠測処理

6. 1 1 分値の欠測の集計

気象庁の 1 分観測値はバイナリ形式であり, 1 分値データが1日1地点1ファイル(246,240バイト)に収録されている【文献 8, 9】。収録された気象データの全部に利用フラッグが付されており, 利用フラッグ0~3 が『品質が正常』, 『統計値が正常値』であることを示している。

気象庁の1分値には多くの気象要素等のデータが含まれているが, 1分値EA気象データに取り込むのは, 海面気圧, 現地気圧, 気温, 水蒸気圧, 相対湿度, 全天日射量, 風向(16方位), 風速, 降水量, 日照時間の10要素である。それらに付された利用フラッグが0~3 以外は欠測と見なす。全47 地点について, 2011~2020年の年別及び10 年間の継続分別の欠測発生回数を集計し【資料 1】に示す。

【資料 1】には気象要素別の最大欠測継続分と欠測分の発生率(%)も記載した。

6. 2 1分値データの位置情報

気象庁の観測値地点の位置情報(緯度, 経度, 標高, 風速計高)は不定期に変わることがあるため, 気圧の影響を受ける絶対湿度, 及び風速の地上高さの変換の計算には1分毎の位置情報を用いる。

6. 3 1分値 EA 気象データへの変換

- (1) 気象庁の気圧には海面気圧と現地気圧がある。気象庁の現地気圧とは気圧計高さの気圧であって観測地点の標高の気圧ではない。EA気象データでは現地気圧を観測地点の標高の気圧と定義しており, EA気象データの現地気圧は気象庁の海面気圧を高さ補正^{注8}して求める。
- (2) 気象庁の1分値データには絶対湿度が含まれていないため, 絶対湿度を(1)で求めた現地気圧と1分値水蒸気圧から計算する。
- (3) 気象庁の風速は WMO (世界気象機関)に従って地上10m高さの風速に統一されているが, もともとアメダスの風速が地上6.5m高さの風速だったこと等により, 地上10m高さの風速でないことがある。そのような場合は, 1/4 べき乗測により地上高さ10mの風速に変換する。
- (4) 気象庁の風データは風向・風速であり, そのままでは欠測補充や平滑化の処理を行うことが難しい。そのため, 風向・風速をu風速(風の東西成分), v風速(風の南北成分)に変換して欠測補充や平滑化の処理を行い, 処理後に風向, 風速に再変換する。

6. 4 1分値 EA 気象データのリマーク

EA 気象データの欠測補充は, 欠測状況によって補充方法が異なるため, 以下のように 1 分値 EA 気象データの全部にリマーク(RMK)を付し, 観測値, 補充値, 補充方法を区分する。

- ① RMK=0 : 観測値
- ② RMK=1 : 短時間(1分または2分)の欠測を直線補間により補充したデータ
- ③ RMK=2 : 3分以上の欠測を補充したデータ
- ④ RMK=3 : 論理チェックにより全天日射量, 絶対湿度, 相対湿度を補正したデータ
- ⑤ RMK=5 : ソースデータに含まれない気象要素のデータを推定式により補充したデータ

注8 気象庁, 気象観測の手引き, pp.38-39

6. 5 6 気象要素の1分観測値の欠測補充

6 気象要素とは、現地気圧、気温、絶対湿度、全天日射量、u 風速、v 風速をいう。

(1) 短時間欠測の補充

直線補間により短時間欠測の補充を行う。短時間欠測とは1分間及び2分間の欠測をいう。

(2) 調和解析による確定成分の推定

3分以上の欠測（長時間欠測と呼ぶ）の補充では、まず、公開済みの1時間値 EA 気象データを調和解析によって滑らかに接続し、1分値の確定成分を求める。調和解析とはフーリエ級数展開により離散時系列値を補間する方法であり、ここでは注8のように計算した注9。確定成分の計算は、1分値の欠測の有無にかかわらず年間全時刻について行う。実際は年間全時刻をまとめて行うのではなく、日別24個の1時間値 EA 気象データに適用し、これを1年間繰り返す。しかし1日の気象データの開始時と終了時の値は異なることが多いから、1日24時間のデータはフーリエ級数展開が前提とする周期関数であるという条件を満たさない。そのため、1日24時間の前後それぞれに2時間分のデータを追加して28個のデータとし、これらの線形成分を除去して調和解析により1分値を求めた後、除去しておいた線形成分を加算して1分値の確定成分を計算する、という手順によった。

1時間 EA 気象データと、1時間値 EA 気象データから調和解析により計算した1分値 EA 気象データの確定成分の比較例を【資料2-1~2-6】に示す。【資料2-4】の全天日射量の確定成分には夜間に0でない値が出現することがある。これは調和解析による接続の影響であるため、これらは0に置き換える。

注9 関数 $f(x)$ を式(1)のように N 個の sine, cosine で近似させる。

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^N (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)) \quad \dots(1)$$

$a_0/2$ は $f(x)$ の平均値 $\bar{f}(x)$ であるから、あらかじめ

$$f_1(x) = f(x) - \bar{f}(x) \quad \dots(2)$$

により、 $f(x)$ から $\bar{f}(x)$ を引いておき、 $f_1(x)$ について a_n, b_n を求めることにする。

周期 2π の間に、等間隔に K 個の x ($2\pi \times 0.5/K, 2\pi \times 1.5/K, \dots, 2\pi \times (k-0.5)/K, \dots, 2\pi \times (K-0.5)/K$) をとり、 x に対応する関数の値 $f_1(2\pi \times 0.5/K), f_1(2\pi \times 1.5/K), \dots, f_1(2\pi \times (k-0.5)/K), \dots, f_1(2\pi \times (K-0.5)/K)$ から、 a_n を以下のように計算する。

$$a_n = \frac{1}{\pi} \left\{ f_1\left(\frac{2\pi}{K} \cdot 0.5\right) \cos\left(n \frac{2\pi}{K} \cdot 0.5\right) \frac{2\pi}{K} + \dots + f_1\left(\frac{2\pi}{K} (k-0.5)\right) \cos\left(n \frac{2\pi}{K} (k-0.5)\right) \frac{2\pi}{K} + \dots + f_1\left(\frac{2\pi}{K} (K-0.5)\right) \cos\left(n \frac{2\pi}{K} (K-0.5)\right) \frac{2\pi}{K} \right\} \quad \dots(3)$$

$$a_n = \frac{2}{K} \sum_{k=1}^K \left\{ f_1\left(\frac{2\pi}{K} (k-0.5)\right) \cos\left(n \frac{2\pi}{K} (k-0.5)\right) \right\} \quad \dots(4)$$

同様にして、

$$b_n = \frac{2}{K} \sum_{k=1}^K \left\{ f_1\left(\frac{2\pi}{K} (k-0.5)\right) \sin\left(n \frac{2\pi}{K} (k-0.5)\right) \right\} \quad \dots(5)$$

ただし、 $n=1 \sim N$ で $N=K/2$ とする。

a_n, b_n として式(4), (5)による値を用いれば、式(6)により、任意の x ($x=0 \sim 2\pi$) に対する $f(x)$ を求めることができる。

$$f(x) = \bar{f}(x) + \sum_{n=1}^N (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)) \quad \dots(6)$$

(3) ランダム成分の補充

3分以上継続する欠測データのランダム成分を推定し、(2)で作成した確定成分に加算することにより、6気象要素の欠測補充を完成させる。ランダム成分の推定は、EA地点別に以下の手順で行う。

- ① 同じEA地点において、欠測日の前後20日の欠測分を含む時刻と同じ時刻を候補時刻とする。候補時刻数は40であるが、欠測が含まれる場合は除外する。
- ② 公開済みの1時間値EA気象データから、代用気象要素の候補時刻と欠測時刻との差を取り、その絶対値が最も小さい候補時刻を代用時刻とする。ここに、代用気象要素は、現地気圧、気温、絶対湿度、全天日射量、u風速、v風速ともに現地気圧とする。6気象要素の代用気象要素を現地気圧に統一するのは、気圧が天気予報における最も基本的な気象要素であることに加え、3分以上の欠測は複数の気象要素で同時に発生し、長く継続する傾向があることから、そのようなケースでのランダム成分の同時生起性を保存するためである。
- ③ 代用時刻の60個の分値に含まれる線形成分を除去し^{注10}、ランダム成分を抽出する。
- ④ 確定成分にランダム成分を加算する。この加算値は全60分に対して計算されるが、欠測分のみ適用して欠測補充値が完成する。ただし、絶対湿度の欠測補充値が飽和絶対湿度を超過する場合は飽和絶対湿度に置き換える。また、全天日射量の欠測補充値が晴天指数の1.1倍、または晴天指標(Kc値)の1.2倍を超える場合は、それぞれが1.1倍、1.2倍になるように全天日射量を補正する^{注11}。
- ⑤ 欠測補充値(リマークが2)と観測値(リマークが0)の接続部の平滑化は、確定成分の作成段階で行なっているので、ランダム成分に関しては不要と見なし、行わない。

以上を適用して作成した1分値と1分観測値の比較例を【資料3-1~3-8】に示す。【資料3】で比較したのは、東京、2011年の4つの3日間(1月31日~2月2日、5月24日~26日、8月6日~8日、11月15日~17日)である。これらの期間の1分値には欠測はないが、1日目の13時から3日目の12時59分までが欠測と仮定し、(1)で述べた方法で補充した1分値と比較している。

6.6 相対湿度、大気放射量、風向(16方位)、風速の1分値の補充

- ① 相対湿度は、5.2で作成した現地気圧、気温、絶対湿度の1分値より計算する。計算値が100%を超える場合は100%とする。
- ② 大気放射量は、5.2で作成した現地気圧、気温、絶対湿度、雲のファクター^{注12}の1分値より計算する。雲のファクターは、1時間値EA気象データの時刻別大気放射量から計算する。
- ③ 風向(16方位)・風速は、5.2で作成したu風速、v風速の1分値より計算する。

注10 ここにいう線形成分とは、60個の分値から得られる線形回帰式をいう。線形成分は既に作成した確定成分に含まれるため、ランダム成分からは除去する。

注11 4(4)で述べたように、これらの修正は1分欠測補充値だけでなく1分観測値にも適用する。晴天指数1.1倍までを許容したのは観測値でも大気外水平面日射量を超える場合があることによる。

注12 雲のファクターとは、大気放射量の推定式に現れるファクター C_t をいう【文献15】の注9参照。

6. 7 1分降水量，日照時間の欠測の補充

降水量の1分値は0.5mm間隔の離散値で，降水がない場合は0，降水がある場合は殆どが0.5mmである。1mm以上の1分間降水量は，豪雨等の限られた場合にしか発生しない。1時間値は1分値と同じく0.5mm刻みであり，多い場合は数10mmに達する。また日照時間の1分値は10秒間隔の離散値で，その1時間値は日照率で表され，0～1まで広く分布し，夜間は0である。降水量と日照時間の1分値の欠測補充は，このような降水量，日照時間の観測値の特性を考慮して行わなければならない。

【資料4】に降水量の1分値と1時間値の2次元度数分布，及び日照時間の1分値と1時間値の2次元度数分布を整理した。また，1時間降水量に対する1分降水量の出現率，及び1時間日照率に対する1分日照時間の出現率の関係を表す図を示した。これらは，2011～2020年の全47地点の1時間降水量と1分降水量，1時間日照率と1分日照時間に基づいて作成した。

【資料4】の関係を考慮し，1分降水量の欠測補充を以下のように行う。

- ① 1分間の欠測は欠測直前の1分値と同じとする。
- ② 2分間欠測の1分目は欠測直前の1分値，2分目は欠測直後の1分値と同じとする。
- ③ 3分以上の欠測では，欠測分を含む時刻の1時間降水量に対応する降水量1分値の降水量別出現回数を求める（【資料4】による）。次に降水量分値の発生分を，昼間では晴天指数の降順に，夜間では相対湿度の昇順に並べ替え，降水量分値の積算値が1時間降水量に達するまで，降水量欠測分に並べ替えた分値を適用していく。

同様に【資料4】の関係を考慮し，1分日照時間の欠測補充を以下のように行った。

- ① 1分間の欠測は欠測直前の1分値と同じとする。
- ② 2分間欠測の1分目は欠測直前の1分値と，2分目は欠測直後の1分値と同じとする。
- ③ 3分以上の欠測では，欠測分を含む時刻の1時間日照率に対応する日照時間1分値の日照時間別出現回数を求める（【資料4】による）。次に日照時間分値の発生分を，晴天指数の昇順に並べ替え，日照時間欠測分に並べ替えた分値を適用していく。

以上により作成した降水量，日照時間の1分値の補充値と1分観測値の比較例を【資料5-1, 5-2】に示す。【資料5】で比較したのは，東京，2011年の4つの3日間（2月27日～3月1日，6月10日～12日，10月4日～6日，11月18日～20日）である。これら4つの3日間は降水量のある時間が含まれるように選択した。3日間の降水量，日照時間の1分値には欠測はないが，1日目の13時から3日目の12時59分までを欠測と仮定し，（3）で述べた方法で補充した1分観測値と比較している。

6. 8 長期間継続する1分観測値の欠測の補充値と1時間値EA気象データの比較

【資料3】，【資料5】では，1分値の欠測が無い数日間の1分値が欠測であったと仮定して欠測補充を行って観測値と比較したが，【資料6-1～6-8】では，【資料1-4(2)】の2011～2020年(10年間)47地点の集計表に含まれる最長の欠測が発生した年・地点について1分値の欠測を補充し，1時間値EA気象データと比較した。【資料6】には，最長ではないが，2019年の名瀬に次いで相対湿度，絶対湿度の欠測の継続分（3593分）が長かった盛岡の2013年も加えた。

7. 2011～2020 実在年 1 分値 EA 気象データの欠測補充法のまとめ

1 分値の欠測は、作成・公表済みの EA 実在年の 1 時間値との整合性をできるだけ保つように作成する。2011～2020 実在年 1 分値 EA 気象データの欠測補充法を表 7.1 に要約した。表 7.1 の 1. において代用日探索用気象要素として現地気圧を採用した理由については表 7.2 を参照のこと。

表 7.1 2011～2020 実在年 1 分値 EA 気象データの欠測補充法のまとめ

1. a. 現地気圧, b. 気温, c. 絶対湿度, d. 全天日射量, e. u風速, f. v風速				
気象要素	補充の流れ	代用する分値の探索の範囲	代用日探索用気象要素	補充値の論理チェック
a	(1) 2分以内の欠測は直線補間。	(1) 同じEA地点の前後20日を代用候補日とする。代用候補日の数は40。代用候補時刻は欠測分を含む時刻と同じとする。 (2) 代用候補時刻が欠測を含む場合は代用候補から除外する。 (3) 残った代用候補時刻について、代用探索用気象要素の欠測時刻との差をとり、その絶対値が最も小さい候補時刻を代用時刻とする。	現地気圧	—
b	(2) 3分以上の欠測補充の方法。			—
c	① 日別に実在年EA気象データの1時間値を調和解析により滑らかに接続し、1分値の確定成分を作成。			飽和絶対湿度以下とする。
d	② 代用時刻(右欄参照)の60個の分値から線形トレンドを除去し、ランダム成分を抽出。			①太陽高度0以下では0。 ②1.1×晴天指数以下。③1.2×晴天指標(Kc)以下(観測値にも適用)
e	③確定成分とランダム成分の加算値(補充値)を欠測分に適用。			—
f	④観測値と補充値の接続部の平滑化は行わない。			—
2. g. 相対湿度, h. 大気放射量, i. 風向(16方位, 360°), j. 風速				
気象要素	補充の流れ	計算に用いる1分値気象データ		補充値の論理チェック
g	補充法1で補充した1分値を用いて計算する。	現地気圧, 気温, 絶対湿度		100%以下とする。
h		現地気圧, 気温, 絶対湿度, 1時間値雲のファクターを補間した1分値雲のファクター		—
i, j		u風速, v風速		
3. k. 降水量, l. 日照時間の補充				
気象要素	補充の流れ			補充値の論理チェック
k	(1) 1分間欠測は欠測直前の分値と同じとする。			降水量分値の欠測補充値は、観測値が0.5mm刻みの離散値であることから、0.5mm刻みとする。ただし、MSMの特別降水量による補充値は連続値のため、分値補充値も連続した数値となる。
	(2) 2分間欠測は、1分目は欠測直前、2分目は欠測直後の分値と同じとする。			
l	(3) 欠測継続分が3分以上の場合は、以下の手順により補充する。			日照時間分値の欠測補充値は観測値に合わせ、10秒刻みとする。太陽高度が負で日照時間分値が正となっている場合は、ゼロに置き換える。
	① 特別降水量と降水量分値の出現回数の2次元度数分布を作成する。			
	② 降水量欠測分を含む時刻の降水量に対応する降水量分値の出現回数を求める。			
	③ 降水量分値の発生分を、昼間では基準化水平面日射量の降順に、夜間では相対湿度の昇順に並べ替え、降水量分値の時間積算値が特別降水量に達するまで、降水量欠測分に並べ替えた分値を適用していく。			
l	(1), (2)は k(降水量)の(1), (2)と同じ。			
	(3) 欠測継続分が3分以上の場合は、以下の手順により補充する。			
	① 特別日照率(0~1.0)と日照時間分値(秒)の2次元度数分布を作成する。			
	② 日照欠測分を含む時刻の日照率に対応する日照時間分値の出現回数を求める。			
l	③ 日照時間分値の発生分を、基準化水平面日射量の昇順に並べ替える。			
	④ 日照時間欠測分に、③で並べ替えた分値を適用していく。			
4. リマーク				
0: 観測値, 1: 1分または2分欠測補充値, 2: 3分以上の欠測補充値,				
3: 論理チェックによる補正(全天日射量, 絶対湿度, 相対湿度),				
4: 平滑化(標準年の閏年の2月28日及び月と月の接続部), 5: 要素補充(大気放射量の全部, ただし平滑化の場合は4)				

表 7.1 のように、代用日探索用の気象要素は、現地気圧、気温、絶対湿度、全天日射量、u、v 風速ともに現地気圧とした^{注13}。6 気象要素の代用日の探索を現地気圧に統一した理由は以下の通り。

- ① 気圧が天気予報における最も基本的な気象要素【気象庁、気象観測の手引き】であること、
- ② 代用日の探索に同じ気象要素を用いれば、複数の気象要素が同じ時点で欠測である場合の代用日・時も同じとなり、気象要素間のランダム成分の相関性を保存することができること、
- ③ 表 7.2 の 3. 熊本のように、特に長期の欠測は複数の気象要素で同時に発生するケースが多く、そのような場合のランダム成分の相関性の保存が重要であること。

1 分値が欠測の場合に、そのランダム成分を代用する日の探索の結果を表 7.2 に例示する。

表 7.2 1 分値ランダム成分の欠測を補充した代用月・日の例（時刻は欠測時刻と同じ）

1. 東京2011年				
欠測気象要素	欠測月・日	時刻	欠測継続分	代用月・日
現地気圧・気温・絶対湿度	2月22日	16時	19分間	2月23日
	4月27日	15時	36分間	5月10日
	6月29日	16時	31分間	7月14日
現地気圧・気温・絶対湿度・全天日射量・u風速・v風速	7月13日	16時	18分間	6月27日
	9月27日	17時	22分間	10月3日
現地気圧・気温・絶対湿度	10月12日	10時	27分間	9月29日
	11月8日	10時	20分間	11月14日
2. 前橋2016年				
欠測気象要素	欠測月・日	時刻	欠測継続分	代用月・日
現地気圧・気温・絶対湿度・全天日射量・u風速・v風速	1月28日	9時	28分間	1月29日
現地気圧・気温・絶対湿度	2月24日	10時	51分間	2月23日
	5月20日	10時	59分間	5月19日
	11月28日	10時	51分間	12月15日
3. 熊本2013年（欠測期間1月12日4時14分～1月13日9時38分）				
欠測気象要素	時刻	代用月・日	欠測時刻	代用月・日
現地気圧・気温・絶対湿度・全天日射量・u風速・v風速	12日 4時	2月1日	12日 5時	1月21日
	12日 6時	2月1日	12日 7時	2月1日
	12日 8時	2月1日	12日 9時	1月28日
	12日10時	2月1日	12日11時	1月10日
	12日12時	2月1日	12日13時	2月1日
	12日14時	1月10日	12日15時	1月4日
	12日16時	1月15日	12日17時	1月4日
	12日18時	1月4日	12日19時	1月4日
	12時20時	1月4日	12日21時	1月4日
	12日22時	1月4日	12日23時	1月4日
	13日 0時	1月10日	13日 1時	1月27日
	13日 2時	1月28日	13日 3時	1月6日
	13日 4時	1月15日	13日 5時	1月7日
	13日 6時	1月15日	13日 7時	2月2日
	13日 8時	1月9日	13時 9日	1月8日

注1：現地気圧は海面気圧、気温、標高から、絶対湿度は、現地気圧、気温、水蒸気圧から計算する。気温が欠測なら、現地気圧、絶対湿度も欠測となる。そのため、現地気圧、気温、絶対湿度の欠測は殆どが同時に発生する。

注2：全天日射量、u,v風速の欠測の発生は、現地気圧、気温、絶対湿度とは必ずしも一致しない。表の東京2011年、前橋2016年の全天日射量とu,v風速の欠測は、現地気圧、気温、絶対湿度と一致した場合のみを取り上げている。（東京2011年、前橋2016年の全天日射量、u,v風速の欠測は、表に掲載したもの以外にもかなりある。）

注3：熊本2013の長期欠測は6要素で共通に発生している。

注13 当初、全天日射量の代用日の探索には日射に与える雲の影響が大きいことを考慮し、雲のファクターを用いていたが、その後、全天日射量にもランダム成分の同時生起性の保存を拡張し、現地気圧による探索に切り替えた。

8. 各種気象要素の1分値の推定

図 5.1 のように、1分値 EA 気象データには、多くの気象要素の推定値が組み込まれている。

8. 1 全雲量, 低層雲量, 雲高の推定

EPW フォーマットの気象データには、雲に関するデータとして、全雲量その他、低層雲量と雲高を登録することができる。これに倣って1分値EA 気象データにもこれらのデータを含めることにする。MSM (メソスケールモデル) の気象データには、低層雲量, 中層雲量, 高層雲量が含まれているが、図 5.1 に示した作成の概要のように、これらを用いて全雲量に加え、低層雲量, 雲高の相当値を推定する。その方法は、【文献 17】で述べた通りである。

8. 2 積雪深の推定と時系列変動特性

日積雪深(cm)の推定法は【文献 17】に説明されている。この方法を応用して時刻別、分別積雪深を推定する^{注14}。積雪は時間とともに重みで沈むが、積雪深の推定値はその影響を無視し、単に雪となった降水量で表している。積雪深の観測値は気象庁のホームページで公開されている。日積雪深の観測値と推定値の比較例を図 8.1 に示す。

8. 3 推定した各種1分値気象データの時系列変動特性

(1) 露点温度と可降水量

外気温, 露点温度, 可降水量の 1 分値の変動例を図 8.2 に示す。

注14 前日との日積雪深差 DS_d (cm), 前時刻との特別積雪深差 DS_h (cm), 前分との分別積雪深差 DS_m (cm)を以下のように推定する。この差を逐次積算していくことにより、当該日, 時刻, 分の積雪深を求めることができる。

$$DS_d = 0.476W_d' - 1.176T_d' - 0.763 \quad \dots (1)$$

ただし, W_d' : 特別気温が 2°C 以下の特別降水量 W_h (mm)の日積算値

$$T_d': \text{日平均気温} (T_d' < 0 \text{ なら } T_d' = 0)$$

$$DS_d = 0.476 \sum_{h=1}^{24} W_h' - 1.176T_d' - 0.763 \quad \dots (2)$$

$$DS_h = \frac{DS_d}{24} = (0.476 \sum_{h=1}^{24} W_h' - 1.176T_d' - 0.763) / 24 \quad \dots (3)$$

$$DS_h = 0.476W_h' - 0.049T_d' - 0.0318 \quad \dots (4)$$

ただし, $T_h > 2^\circ\text{C}$ なら $W_h' = 0$, $T_h \leq 2^\circ\text{C}$ なら $W_h' = W_h$

$DS_h \geq DS_{h-1}$ のとき (特別積雪深が増加するとき)

$$DS_m = DS_{h-1} + (DS_h - DS_{h-1})C_m \quad \dots (5)$$

ただし, W_m : 1分間降水量 (mm)

$$C_m = W_m / W_h \quad \dots (6)$$

$$W_h = \sum_{m=1}^{60} W_m \quad \dots (7)$$

$DS_h < DS_{h-1}$ のとき (特別積雪深が減少するとき)

$$DS_m = (DS_h - DS_{h-1}) / 60 \quad \dots (8)$$

(2) 直達日射量, 天空日射量

大気外水平面全天日射量, 水平面全天日射量, Perezモデルによる直散分離により得られた法線面直達日射量, 天空日射量の1分値の変動例を図 8.3 に示す。

(3) 全天照度, 直達照度, 天空照度

全天照度, 法線面直達照度, 天空照度は, それぞれ, 全天日射量, 法線面直達日射量, 天空日射量に, 井川の発光係数【文献19, 21】を乗じて求める。これらの1分値の変動例を図 8.4 に示す。

(4) 天頂輝度

井川【文献19, 21, 22】は, 太陽高度, 晴天指数, 澄清指標の重回帰式で表した全天の相対輝度分布に, 天空日射量とその発光効率を乗じて天頂輝度を計算する方法を示している。井川の方法によって推定した天頂輝度と天空照度の1分値の変動例を図 8.5 に示す。

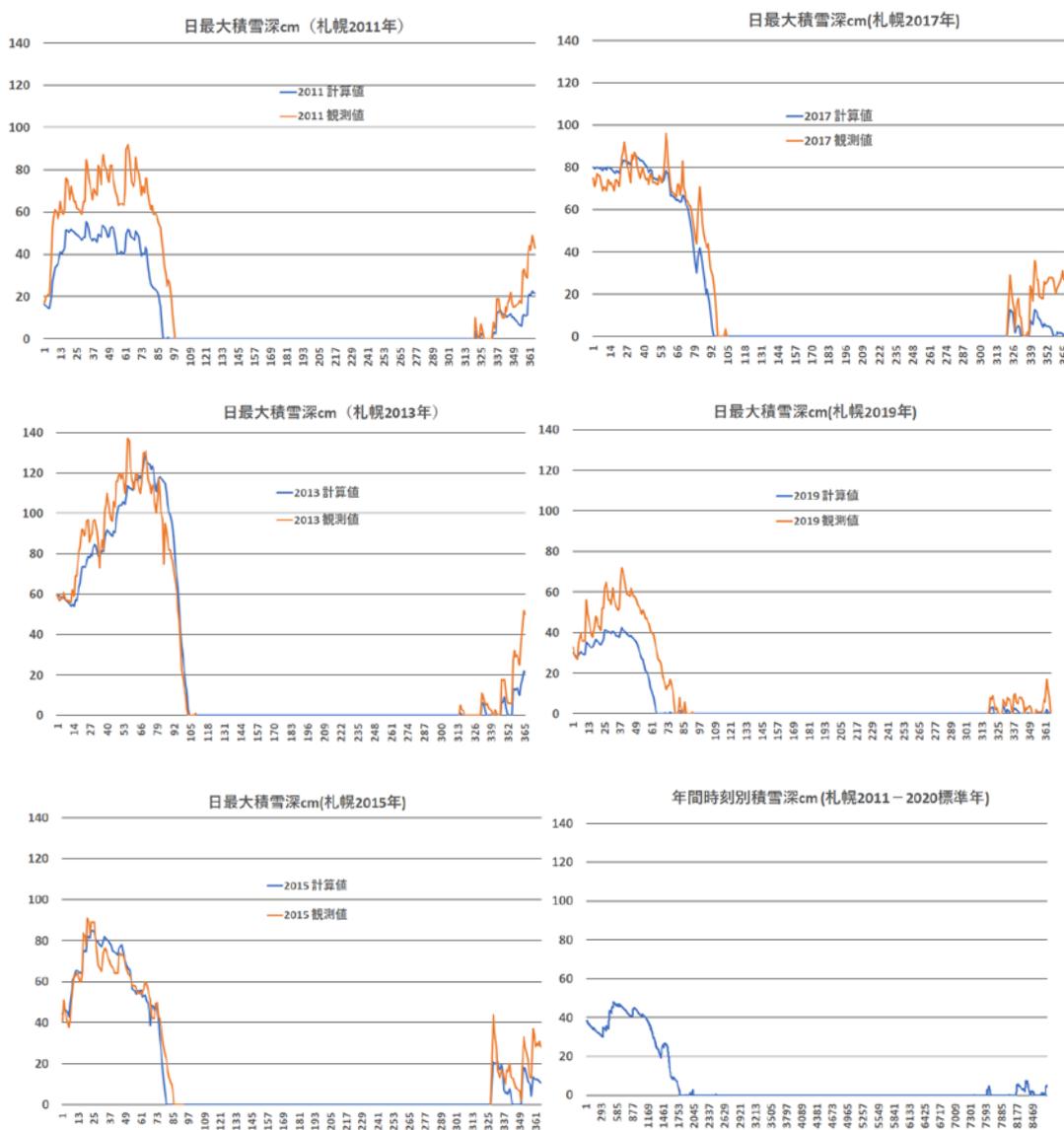


図 8.1 日最大積雪深 (cm) の観測値と推定値の比較
(札幌 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 年, 札幌 2020 年版標準年)

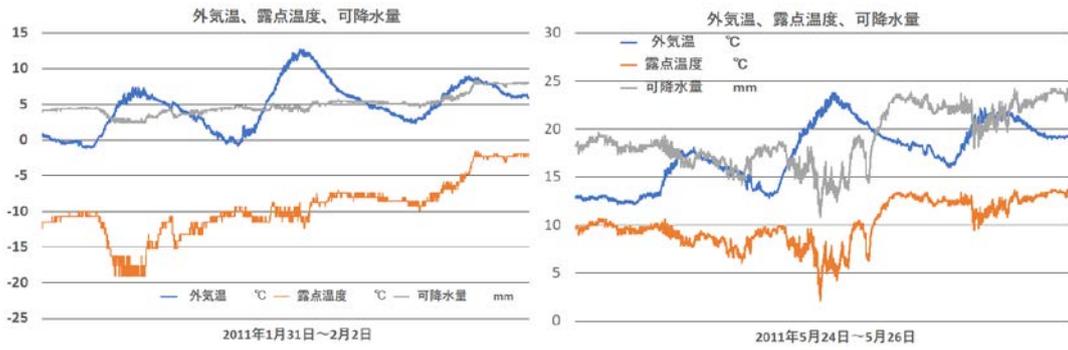


図 8.2 外気温, 露点温度, 可降水量 (東京 2011 年 1 月 11 日~2 月 2 日, 5 月 24 日~5 月 26 日)

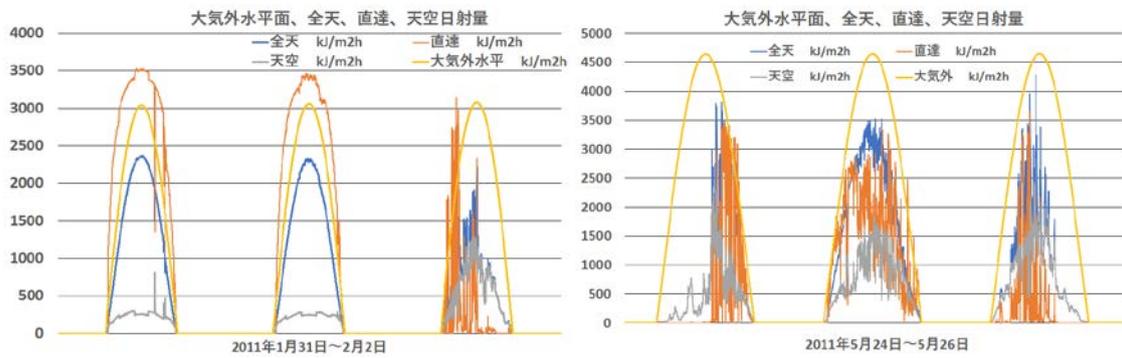


図 8.3 水平面大気外, 全天, 直達, 天空日射量 (東京 2011 年 1 月 31 日~2 月 2 日, 5 月 24 日~26 日)

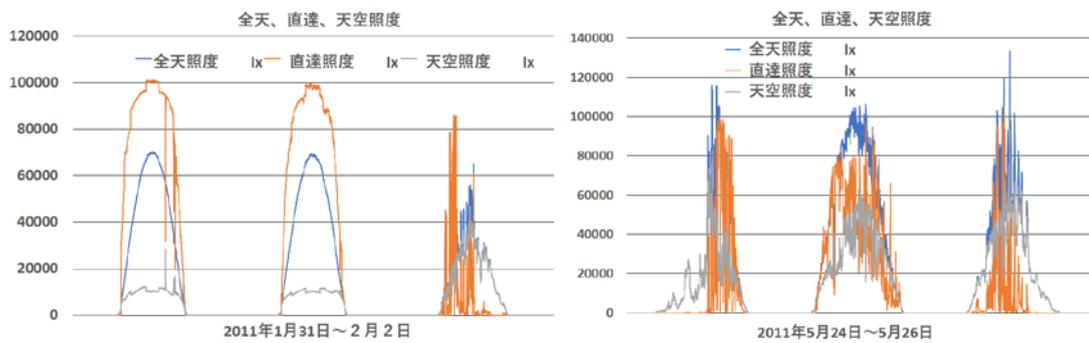


図 8.4 全天照度, 直達照度, 天空照度 (東京 2011 年 1 月 31 日~2 月 2 日, 5 月 24 日~26 日)

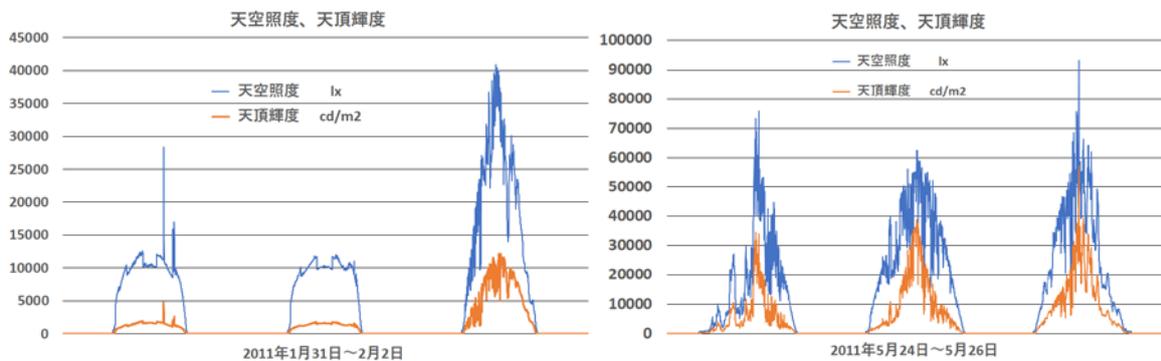


図 8.5 天空照度, 天頂輝度 (東京 2011 年 1 月 31 日~2 月 2 日, 5 月 24 日~26 日)

(5) 光合成有効放射量 (PAR)

井川[文献 19, 21] は, 全天, 直達, 天空日射量にそれぞれ PAR 効率を乗じ, 全天 PAR, 直達 PAR, 天空 PAR を推定する方法を開発している。この方法により推定した PAR を図 8.6 に示す。

(6) 紫外線 A (UVA)

井川[文献 19, 21] は, 全天, 直達, 天空日射量にそれぞれ UVA 効率を乗じ, 全天 UVA, 直達 UVA, 天空 UVA を推定する方法を開発している。この方法により推定した UVA を図 8.7 に示す。

(7) 紫外線 B (UVB)

井川[文献 19, 21] は, 全天, 直達, 天空日射量にそれぞれ UVB 効率を乗じ, 全天 UVB, 直達 UVB, 天空 UVB を推定する方法を開発している。この方法により推定した UVB を図 8.8 に示す。

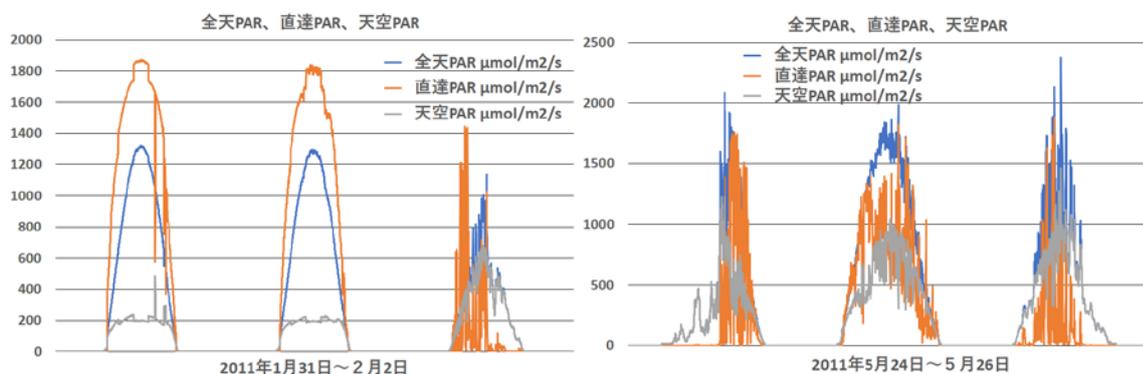


図 8.6 光合成有効放射量 PAR (東京 2011 年 1 月 31 日～2 月 2 日, 5 月 24 日～5 月 26 日)

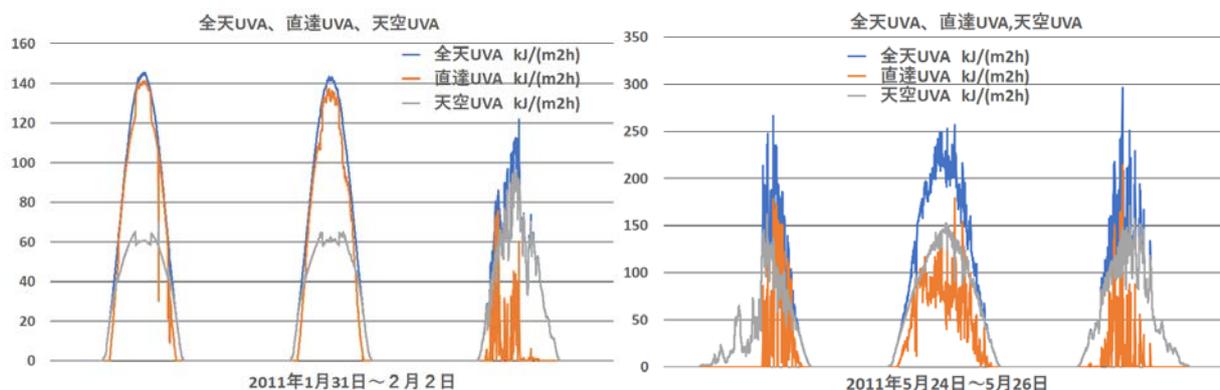


図 8.7 A 領域紫外線 UVA (東京 2011 年 1 月 31 日～2 月 2 日, 5 月 24 日～5 月 26 日)

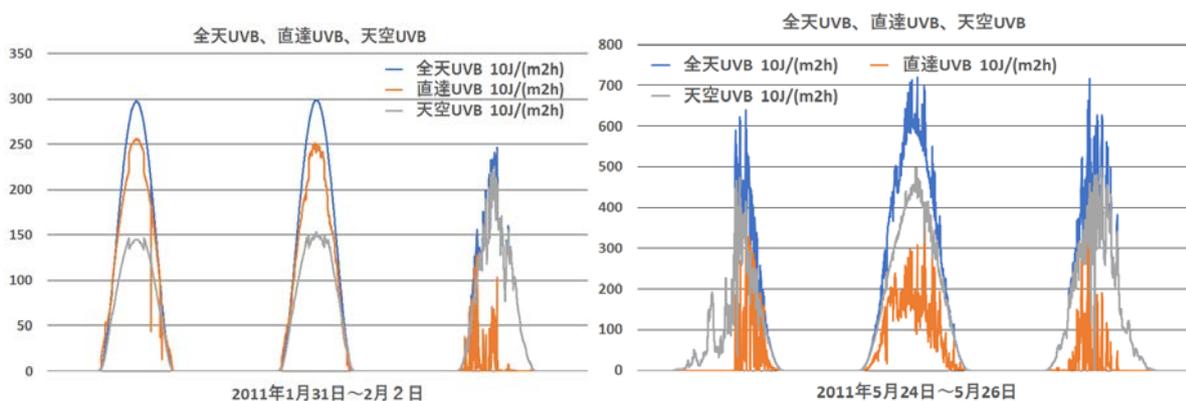


図 8.8 B 領域紫外線 UVB (東京 2011 年 1 月 31 日～2 月 2 日, 5 月 24 日～5 月 26 日)

9. 2020年版1分値EA気象データ標準年の作成

(1) 標準年の表記法

2020年版1時間値EA標準年と同じくPRY1120 (Past Reference Year 2011-2020) と表記する。

(2) 平均月^{注15}について

既に作成した2020年版1時間値EA気象データ標準年の平均月【文献16】と同じとする。

標準年は平年(閏年でない年)と定義している。そのため、平均月に閏年が含まれている場合を想定し、EA実在年の閏年では2月28日と29日の1分値を滑らかに接続(smoothing)し、2月28日の1分値としておく。2月28日と29日を平滑化した例を【資料7-1, 7-2】に示す。

(3) 標準年の位置情報

平均月に選ばれた西暦年は一般に月ごとに異なるため、標準年の位置情報は、選択対象期間の中央年の位置情報(2020年版では2015年)を用いる^{注16}。(1時間間隔EA標準年と同じ)

(4) 曜日と祝祭日の設定

曜日は、日曜:1, 月曜:2, ..., 7:土曜のように、1~7の数値で表す。標準年の曜日は、1月1日を日曜とすると定義している。この定義に従い、PRY1120の曜日、祝祭日は、2011~2020年の間の、平年であって1月1日が日曜日である2017年と同じとする。このように選択することにより、曜日と祝祭日のずれを防ぐことができる。

(5) 月と月の接続部の平滑化(smoothing)

平均月に選ばれた年は月によって異なる場合が多い。この場合の月と月の接続部の不連続性をなくすため、1時間値EA標準年と同じく、接続部前後6時間の範囲で平滑化【文献5】^{注17}を行う。720個の1分値について平滑化を行うことになる。冬季の空調熱負荷のシミュレーションのように、標準年の12月から1月にかけてシミュレーションを行うような場合を想定し、12月31日の19時から1月1日6時も平滑化する。これも1時間EA標準年と同じである。平均月の平滑化を行った例を【資料8-1~8-7】に示す。

(6) 風向・風速の平滑化

風データの平滑化はu風速, v風速で行い、平滑化後に風向(16方位)、風速に変換する。

10. 1分~60分間隔のEA気象データの作成

2011~2020年の1分値実在年EA気象データ及び2020年版1分値標準年EA気象データに基づいて、1分から1時間までの間の分間隔EA気象データを作成することができる。以下にその方法を述べる。

注15 平均月とは、候補年(2020年版標準年では2011~2020年の10年)から、1~12月の月別に最も平均的であると判定された年をいう【文献5】。

注16 太陽位置は年によってわずかに異なる。そのため、太陽位置の計算に用いる仮の西暦年は、標準年を選択した期間(PRY1120では2011~2020年)の中間年であって平年とすることになっている。

注17 【文献5】には複数の技術解説文書が含まれているが、平滑化に関しては、「2020年版標準年EA気象データの作成方法」のpp.5-6を参照のこと。

(1) 分間隔の取り方

1分値に加え、3、5、10、15分間隔のEA気象データを作成する。

(2) 1分値EA気象データに基づく3～60分間隔EA気象データの作成方法

- ① 現地気圧、気温、相対湿度、絶対湿度、風向、風速の分間隔値は1分間隔値をサンプリングしてそのまま用いる。すなわち、分間隔値は、1分値の当該分（例えば、3分間隔なら、3、6、9、・・・54、57分、及び次の時刻の0分。10分間隔なら、10、20、30、40、50分、及び次の時刻の0分）の値と同じである。
- ② EAフォーマットの全天日射量、大気放射量の分間隔値は、当該分前後の平均値である。すなわち、3分間隔なら当該分及び前後の分の値の平均値、5分間隔なら当該分及び前後それぞれ2分の値の平均値、10分間隔なら当該分及び前5分、後4分の値の平均値、15分間隔なら当該分及び前後7分の値の平均値、60分間隔なら当該分及び前30分、後29分の値の平均値である。分間隔EA気象データの全天日射量、大気放射量の単位は1時間値の単位と同じく $\text{kJ/m}^2\text{h}$ である。
- ③ EAフォーマットの日照時間の分間隔値のサンプリング方法はEAフォーマットの全天日射量、大気放射量と同じであるが、値は平均値でなく積算値である。分間隔日照時間の単位はs（秒）である。
- ④ EAEPWフォーマットの全天日射量、大気放射量の分間隔値は、当該分前の平均値である。すなわち、3分間隔なら当該分及び前2分の値の平均値、5分間隔なら当該分及び前4分の値の平均値、10分間隔なら当該分及び前9分の値の平均値、15分間隔なら当該分及び前14分の値の平均値、60分間隔なら当該分及び前59分の値の平均値である。分間隔EAEPW気象データの全天日射量、大気放射量の単位は1時間値の単位と同じく W/m^2 である。
- ⑤ EAEPWフォーマットには直達日射量、天空日射量、照度（グローバル、直達、天空）、天頂輝度が含まれるが、これらは全天日射量から推定された値であるため、全天日射量と同じく当該分前の平均値である。EAEPWの大気外法線面日射量、大気外水平面日射量も、日射量、放射量、照度、天頂輝度との整合性を取るため、当該分前の平均値としている。
- ⑥ 降水量は、EAフォーマット、EAEPWフォーマットにかかわらず当該分前の積算値で、単位はmmである。

東京の2020年版1分値EA気象データ標準年から、ここで述べた方法により、3、5、10、15分、及び60分値を求めた。それらの比較図を【資料9-1～9-13】に示す。

(3) 1時間値EA気象データと60分間隔EA気象データの関係

1時間値EA気象データと、1分値EA気象データから10(2)の方法で求めた60分間隔のEA気象データを【資料10-1, 10-2】で比較する。両者はほぼ一致するが食い違いも見られる。食い違いの理由は注5で述べた通りである。注5に記したように、気象庁の1分値気象データの欠測判定は、1時間間隔EA気象データを作成した場合の方が厳密で、1時間値の信頼性は、1時間値EA気象データの方が、1分間隔値から求めた1時間値より高い。そのため既に公開している1時間値EA気象データを標準値とし、1分値から求めた60分間隔のEA気象データは参考値と位置づける。

1 1. 分間隔 EA 気象データの使用法^{注18}

(1) ユーザーによるフォーマット等の指定

分間隔 EA 気象データは、地点別、年別にバイナリ形式で収録されている。ファイル総数は 47 地点 × (2011~2020 年の 10 年間 + 標準年) = 517。ユーザーは、EADDataNavi_M01 にフォーマット等の出力条件を入力 (指定) し、csv 形式の気象データを取得する。選択可能なフォーマットは、表 11.1 に示す EA 標準、EA 拡張、EA 詳細及び EAEPW の 4 種類である。EADDataNavi_M01 とは分間隔 EA 気象データを操作するプログラムで、ユーザーが指定したフォーマット、地点、年のバイナリファイルを読み込み、必要な計算処理を行ってユーザーのコンピュータに分間隔気象データを csv 形式で出力する。

ユーザーが指定する出力条件は、以下の通りである。

① フォーマットの選択

EA 標準、EA 拡張、EA 詳細、または EAEPW フォーマットからひとつを選択する。

② 標準年、実在年の種別の選択

標準年なら PRY1120、実在年(EAD)なら 2011~2020 年のどれかを選択する。

③ EA 地点番号の選択

表 4.1 の 47 地点のうち、どれかの地点を選択する。

④ 1 時間の分の数 (Number of Records per Hour, Records/h) の選択

60, 20, 12, 6, 4, 1 から選択する。それぞれ、1 分間隔、3 分間隔、5 分間隔、10 分間隔、15 分間隔、60 分間隔を意味する。Records/h は一定で、全データに同じ Records/h が適用される。60 分間隔は 1 時間間隔と同じであるが、4 (1) で述べた通り、Records/h を 1 として得られる 60 分間隔 EA 気象データは、公表済みの 1 時間値 EA 気象データと完全には一致しない。

⑤ 風速地上高さ(0.1m)の入力

バイナリファイルの風速は地上 10m 高さの風速である。もし気象庁の風速計の地上高さが 10m でない場合は、1/4 べき乗測により 10m 高さに変換した風速が収録されている。地上高さ 10m 以外の風速を必要とする場合は地上高さを入力し、その地上高さの風速に変換する。

⑥ 出力開始月・日、出力終了月・日の入力

データを出力する期間を月・日で指定する。標準年を選択した場合、例えば出力開始月・日を 11・1、終了月・日を 3・1 のように指定することもできる。このように終了月・日が開始月・日より早い場合、EADDataNavi_M01 は、12 月 31 日までのデータを出力した後に、1 月 1 日から終了月・日までのデータを出力する。

(2) EA 標準フォーマット

EA 標準フォーマットの csv 出力例を表 8.2 に示す。表 11.2 は札幌 2020 実在年の 1 月 1 日 0 時 15 分~10 時 45 分で、ファイル名は StnEA_EAD2020_0460_4_0200_001_366.csv。StnEA は EA 標準フォーマット、EAD2020 は 2020 実在年、0460 は地点番号(札幌)、4 は Records/h、0200 は風速地上高が 20.0m、001、366 は出力開始日、終了日 (年間通日表示) を表す。

注18 使用方法の詳細は、本ホームページの分間隔拡張アメダス気象データの使用法 (マニュアル) を参照のこと。

(3) EA 拡張フォーマット

EA 拡張フォーマットのcsvファイル出力例を表 11.3 に示す。ファイル名の ExtEAは拡張フォーマットであることを示す。他は標準フォーマット (StnEA) と同じである。表11.3では夜間放射量～日照時間の列を表示していないが、これらは表11.2の標準フォーマットと同じである。

(4) EA 詳細フォーマット

EA詳細フォーマットのcsvファイル出力例を表 11.4 に示す。ファイル名の DetEAは詳細フォーマットであることを示す。他は標準フォーマット (StnEA) と同じである。表11.4では夜間放射量～積雪深の列を表示していないが、これらは表11.2, 表11.3と同じである。

(5) EAEPW フォーマット

EAEPWとはEA 気象データと同様の手順で作成されたEPWフォーマットのデータである。EA EPWフォーマットの出力例を表 11.5 に示す。EAEPWフォーマットのデータは、そのままEnergy Plusの入力データとして使用できる。EAEPWフォーマットは、1～5行がヘッダー行、6,7行がコメント行、8行目はData Recordsで、計算期間の数、1時間当りの分の数 (Records/h^{注19})、計算開始月日、計算終了月日) が含まれる (表11.1)。3～7行は長いので表11.5では折り返して全部を表示した。9行目以降はデータ行で、見やすくするためエクセル形式で表示した。データ行のフィールド (列) 1～5は、年、月、日、時、分^{注20}で、フィールド7以降は気象要素の値である。視程、気象状況、大気の光学厚さのように、EPWフォーマットではフィールドが割り当てられているが、EAEPWフォーマットには含まれない気象要素がある (表11.1)。実際のEAEPWフォーマットのcsvファイルではこれらの列に欠測コードを入れているが、表11.5では欠測コードが入っている列は表示していない。【行番号】、【9行目以降の各行のデータ (一部)】、及びデータ行の前にある年、月、日、時刻、分、気象要素を表記した行は、csvファイルには含まれていない。

10 (2) で述べたように、EAEPWフォーマットは、日射量、大気放射量、照度、輝度の時間平均値の取り方がEAフォーマットとは異なる。すなわち、EAフォーマットでは、当該時の値を、当該時を中心とする前後のサンプル時刻の半分の時間幅に含まれる全データの平均値としているが、EAEPWフォーマットでは前時刻と当該時の間にある全データの平均をとっている。直散分離の計算、照度、輝度の計算に必要な太陽位置は、EAフォーマットでは当該時のものが適用されるが、EAEPWフォーマットでは、前時刻と当該時との中央の時刻の値が適用される。そのため、EAとEAEPWでは、太陽位置、日射量、及び日射量から推定される照度、天頂輝度にずれが生じ、データの時間間隔が長くなるにしたがってこのずれも大きくなっていく。この関係を図8.9 (東京2011年2月1日、快晴日) に例示した。

注19 2(1) ③で述べたように、気象データが1時間間隔なら TimeStep は4～60 を選択すればよい。しかし、気象データが分間隔の場合は、Records/h が4 (15分間隔)、6 (10分間隔)、12 (5分間隔)、20 (3分間隔)、60 (1分間隔) なら、TimeStep もそれぞれ4, 6, 12, 20, 60 とし、両者を整合させる方が無難であろう。

注20 EPW フォーマットの時刻のフィールドには1～24が入り、0～23は許容されない。気象データが1時間間隔であれば分のフィールドの数値は無視され、0として扱われるが、分間隔なら分のフィールドの数値が有効となる。この場合1～60は許容されるが0は許容されない。この制約のため、EAEPWの年間時刻は1月1日1時1分に始まり12月31日24時60分に終了する。24時1分～24時60分は翌日の0時1分～1時0分に相当する。不自然ではあるがEnergyPlus (V23-1-0)の制約のためやむを得ない。一方、EAフォーマットの年間データの時刻は1月1日0時1分に始まり、12月31日24時0分に終了する。時刻の決め方はこの方が自然である。

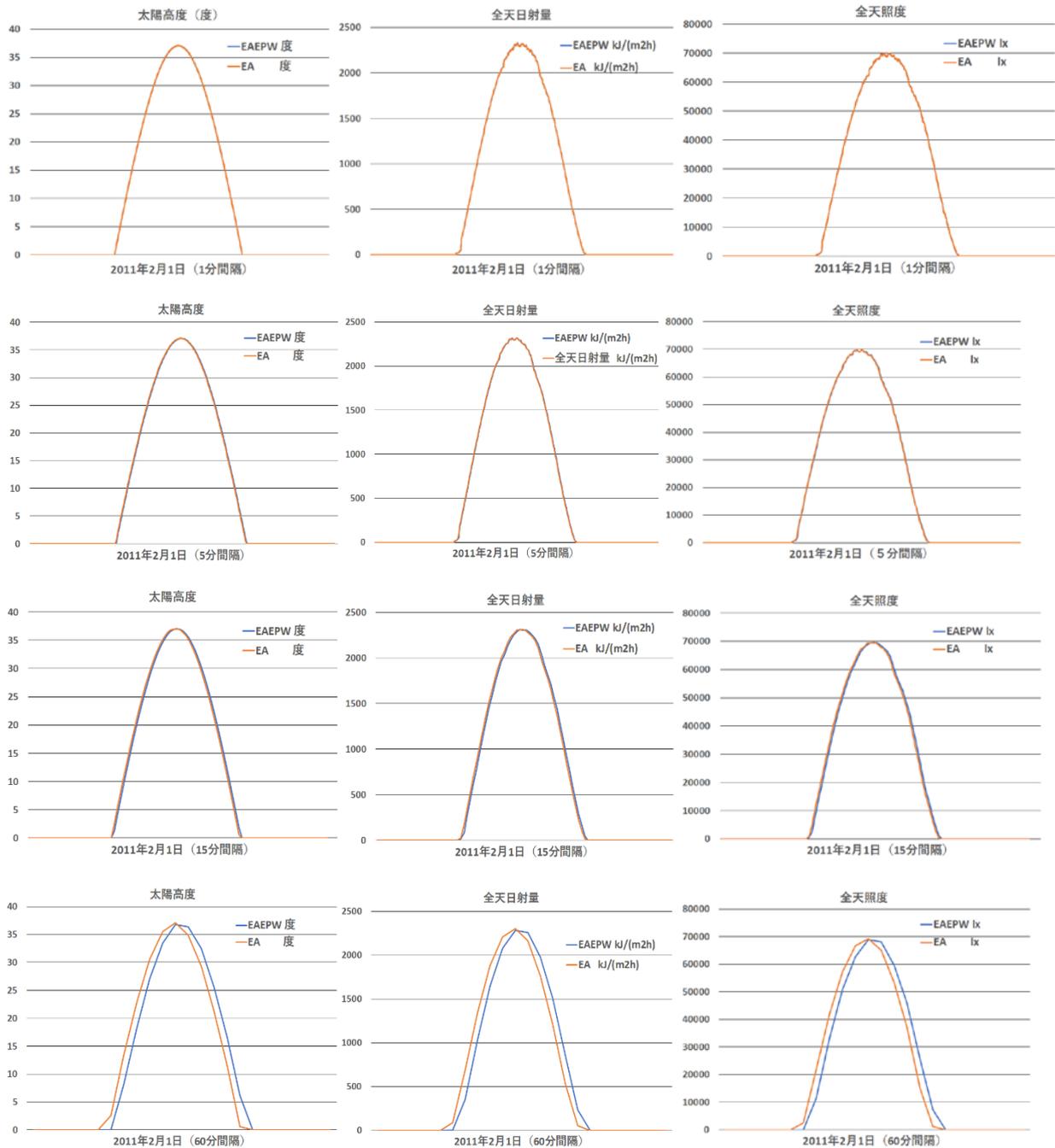


図8.9 EAフォーマットとEAEPWフォーマットの太陽高度，全天日射量，全天照度の時間のずれ
 左が太陽高度，中央が全天日射量，右が全天照度で，上段から1分間隔，5分間隔，15分間隔，60分（1時間）間隔である。図のように2011年2月1日の東京は快晴日である。1分値ではEAとEPWフォーマットの差は生じない。5分では2.5分のずれ，15分では7.5分のずれであるが，図では重なって見える。60分ではずれが30分となるため，図でもずれが明確に読み取れる。

表 11.1 分間隔拡張アメダス気象データ (分間隔 EA 気象データ) のフォーマット

EAフォーマット				EAEPWフォーマット		
行番号	EA標準 (StnEA)	EA拡張 (ExtEA)	EA詳細 (DetEA)	行番号	EAEPW	
1	データの名称, フォーマットの名称, 著作者の名称			1	ヘッダー行1(地点名,位置等)	
2	①EA地点番号,②地点名,③データ区分+西暦年 ^{注1} ,④緯度(°) ^{注2} , ⑤経度(°) ^{注2} ,⑥標高(m) ^{注2} ,⑦風速計高(m) ^{注2} ,⑧風速高(m), ⑨データ出力開始日(月・日),⑩同終了日(月・日),⑪Records/h ^{注3} 注1: yyyy実在年はEADyyyy, 2020年版標準年はPRY1120 注2: ④~⑦(位置データ)は年最終日(12月31日)のもの。 注3: 1時間当りの分の数(例: 1分間隔なら60, 10分間隔なら6)			2	ヘッダー行2(設計条件,0)	
				3	ヘッダー行3(標準/過酷期間)	
				4	ヘッダー行4(地中温度)	
				5	ヘッダー行5(休日・祝日等)	
				6	コメント行1(著作権等)	
				-		
3	ヘッダー行1 (各列のデータの名称)			7	コメント行2(地中温度計算条件)	
4	ヘッダー行2 (各列のデータの単位)			8	Records/h、開始・終了日等	
5行目以降の各列のデータ				9行目以降の各列のデータ		
列番号	各列のデータ		単位	列番号	各列のデータ	単位
1~4	月,日,時,分			1~5	年,月,日,時,分	
5	曜日+祝日			6	リマーク	
6	太陽高度		°	7	外気温	°C
7	太陽方位角		°	8	露点温度	°C
8	現地気圧		hPa	9	相対湿度	%
9	外気温		°C	10	現地気圧	Pa
10	相対湿度		%	11	大気外水平面日射量	W/m ²
11	絶対湿度		g/kg	12	大気外法線面日射量	W/m ²
12	EA標準フォーマットと同じ	EA標準フォーマットと同じ	kJ/[m2h]	13	大気放射量	W/m ²
13			kJ/[m2h]	14	全天日射量	W/m ²
14			kJ/[m2h]	15	法線面直達日射	W/m ²
15			kJ/[m2h]	16	水平面天空日射	W/m ²
16			kJ/[m2h]	17	全天照度	lx
17			16方位	18	法線面直達照度	lx
18			m/s	19	天空照度	lx
19			mm	20	天頂輝度	cd/m ²
20			s	21	風向	0~360(°)
21			-	EA拡張フォーマットと同じ	kJ/[m2h]	22
22	kJ/[m2h]	23			全雲量	0~10
23	°C	24			低層雲量	0~10
24	lx	26 ^{注4}			雲高	code
25	lx	29 ^{注4}			可降水量	mm
26	lx	31 ^{注4}			積雪量	cm
27	cd/m ²	34 ^{注4}			降水量	mm
28	mm	注4: EA/EPWの25, 27, 28, 30, 32, 33, 35列には欠測コードが入っている。				
29	0~10	EPWフォーマットでは, 25列は視程(Visibility),				
30	cm	27列は気象状況(Present Weather Observation), 28列は気象コード(Present Weather Condition), 30列は大気の光学厚さ(Aresol Optical Depth), 32列は最後の積雪からの日数(Days Since Last Snowfall), 33列はアルベド, 35列は降水積算期間(Liquid Precipitation Quantity)。				
31~33	-	PAR (全天,直達,天空)	microMol /[m ² s]			
34~36		紫外線A (全天,直達,天空)	kJ/[m ² h]			
37~39		紫外線B (全天,直達,天空)	J/[m ² h]			

EAフォーマットとEA/EPWフォーマットでは, 本表のように, ヘッダー情報等, 気象要素等が異なることに加え, 気象データの平均方法・積算方法が異なる(11(2)参照のこと)。

表 11.2 EA 標準フォーマットの出力例 (460, 札幌, EAD2020, 風速地上高 20.0m, Records/h 4 (15 分間隔))

Expanded AMeDAS Weather Data (EA Weather Data). EA Standard Format. March 2023. Meteorological Data System (MetDS) Co. Ltd. Japan. All Rights Reserved.

EA_StN=	460	札幌	DType=	EAD2020	LatiN(deg.)	43.06	LongiE(de	141.328	StH(m)=	17	AnemoH(r	59.5	WvH(m)=	20	SDate(M:f	1	1	EDate(M:f	12	31	Records(/	4
月	日	時刻	分	曜日・祝E	太陽高度	太陽方位角	現地気圧	外気温	相对湿度	絶対湿度	全天日射量	直達日射量	天空日射量	大気放射量	夜間放射量	風向	風速	降水量	日照時間			
				度	度	hPa	°C	%	g/kg	kJ/m2h	kJ/m2h	kJ/m2h	kJ/m2h	kJ/m2h	16方位	m/s	mm	s				
1	1	0	15	0	0	0	1010.1	-6.7	78.6	1.8	0	0	0	933	96	12	1.1	0	0			
1	1	0	30	0	0	0	1010	-6.5	73.1	1.7	0	0	0	936	96	9	0.6	0	0			
1	1	0	45	0	0	0	1009.8	-6.1	62.6	1.5	0	0	0	940	98	14	1.5	0	0			
1	1	1	0	0	0	0	1009.9	-6	58	1.4	0	0	0	941	99	14	1.3	0	0			
1	1	1	15	4	0	0	1010.1	-6.2	58.9	1.4	0	0	0	944	93	14	2.4	0	0			
1	1	1	30	4	0	0	1010.4	-6.4	64.1	1.5	0	0	0	950	83	15	1.4	0	0			
1	1	1	45	4	0	0	1010.7	-6.5	68.9	1.6	0	0	0	954	78	16	2.1	0	0			
1	1	2	0	4	0	0	1010.9	-6.7	74.3	1.7	0	0	0	958	71	15	2	0	0			
1	1	2	15	4	0	0	1011.1	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	957	69	15	2	0	0			
1	1	2	30	4	0	0	1011	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	957	69	16	1.8	0	0			
1	1	2	45	4	0	0	1011.1	-7.1	85.6	1.9	0	0	0	955	68	16	1.2	0	0			
1	1	3	0	4	0	0	1010.9	-7	85	1.9	0	0	0	956	68	15	1	0	0			
1	1	3	15	4	0	0	1010.6	-7	80.5	1.8	0	0	0	956	68	15	2	0	0			
1	1	3	30	4	0	0	1010.6	-6.9	75.4	1.7	0	0	0	957	69	15	1	0	0			
1	1	3	45	4	0	0	1010.6	-6.8	74.9	1.7	0	0	0	957	70	14	1.7	0	0			
1	1	4	0	4	0	0	1010.6	-7	76	1.7	0	0	0	955	69	14	2.4	0	0			
1	1	4	15	4	0	0	1010.7	-7	76	1.7	0	0	0	956	68	15	1.5	0	0			
1	1	4	30	4	0	0	1010.7	-7.1	76.6	1.7	0	0	0	955	68	15	1.5	0	0			
1	1	4	45	4	0	0	1010.9	-7.1	81.1	1.8	0	0	0	958	65	13	0.6	0	0			
1	1	5	0	4	0	0	1010.9	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	959	67	16	0.1	0	0			
1	1	5	15	4	0	0	1010.9	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	962	64	6	1	0	0			
1	1	5	30	4	0	0	1010.9	-6.8	79.3	1.8	0	0	0	967	60	16	0.1	0	0			
1	1	5	45	4	0	0	1011	-6.7	78.7	1.8	0	0	0	971	58	4	0.5	0	0			
1	1	6	0	4	0	0	1011.1	-6.7	78.7	1.8	0	0	0	973	56	16	1	0	0			
1	1	6	15	4	0	0	1011.1	-7.1	85.6	1.9	0	0	0	975	48	15	0.6	0	0			
1	1	6	30	4	0	0	1011	-7.2	86.3	1.9	0	0	0	978	43	1	0.2	0	0			
1	1	6	45	4	0	0	1010.8	-7.2	86.3	1.9	0	0	0	983	38	3	0.5	0	0			
1	1	7	0	4	0	0	1010.9	-7.1	85.6	1.9	0	0	0	990	33	6	2.1	0	0			
1	1	7	15	4	0.5	-57	1011	-7.1	85.6	1.9	8	0	8	990	33	5	1.5	0.5	0			
1	1	7	30	4	2.8	-54.4	1011.2	-7	85	1.9	21	0	21	990	34	5	1.5	0	0			
1	1	7	45	4	5	-51.7	1011.2	-7.1	85.6	1.9	46	0	46	988	35	5	2.1	0	0			
1	1	8	0	4	7.1	-49	1011.3	-6.9	88.8	2	104	0	104	990	36	5	1.5	0	0			
1	1	8	15	4	9.1	-46.1	1011.3	-6.8	88.1	2	112	0	112	991	36	5	1.1	0	0			
1	1	8	30	4	11	-43.2	1011.2	-6.8	88.1	2	161	0	161	990	37	5	1	0	0			
1	1	8	45	4	12.9	-40.2	1011.4	-6.7	87.4	2	171	0	171	991	38	3	0.6	0.5	0			
1	1	9	0	4	14.6	-37.2	1011.5	-6.7	87.4	2	239	0	239	990	39	4	1.5	0.5	0			
1	1	9	15	4	16.2	-34	1011.4	-6.7	83.1	1.9	368	4	367	991	38	4	1.1	0	0			
1	1	9	30	4	17.6	-30.7	1011.6	-6.4	85.4	2	386	1	386	992	41	5	0.2	0	0			
1	1	9	45	4	19	-27.4	1011.6	-6.2	84.1	2	461	21	454	993	44	8	0.5	0	0			
1	1	10	0	4	20.2	-23.9	1011.4	-6.1	87.7	2.1	519	106	482	994	44	3	0.5	0	0			
1	1	10	15	4	21.2	-20.4	1011.3	-6.1	83.5	2	525	78	497	992	46	4	1	0.5	0			
1	1	10	30	4	22.1	-16.8	1011.2	-6.1	83.5	2	523	9	520	990	48	5	0.5	0	0			
1	1	10	45	4	22.8	-13.2	1011	-5.9	82.2	2	634	31	623	988	53	6	0.8	0	0			

表 11.3 EA 拡張フォーマットの出力例 (460, 札幌, EAD2020, 風速地上高 20.0m, Records/h 4 (15 分間隔))

Expanded AMeDAS Weather Data (EA Weather Data). EA Extended Format.March 2023. Meteorological data System (MetDS) Co. Ltd. Japan. All Rights Reserved.

EA_Stn=	460	札幌	DType=	EAD2020	LatN(deg)	43.06	LongE(deg)	141.328	StH(m)=	17	AnemoH(r)	59.5	WvH(m)=	20	SDate(M:f)	1	1	EDate(M:f)	12	31	Records(/	4		
月	日	時刻	分	曜日・祝日	太陽高度	太陽方位角	現地気圧	外気温	相对湿度	絶対湿度	全天日射量	直達日射量	天空日射量	大気放射量	大気外法射量	大気外水平	露点温度	全天照度	直達照度	天空照度	天頂輝度	可降水量	全雲量	積雪深
					度	度	hPa	°C	%	g/kg	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	°C	lx	lx	lx	cd/m2	mm	0~10	cm
1	1	0	15	0	0	0	1010.1	-6.7	78.6	1.8	0	0	0	933	5094	0	-8.7	0	0	0	0	5	6	1
1	1	0	30	0	0	0	1010	-6.5	73.1	1.7	0	0	0	936	5094	0	-9.4	0	0	0	0	4.8	6	1
1	1	0	45	0	0	0	1009.8	-6.1	62.6	1.5	0	0	0	940	5094	0	-10.8	0	0	0	0	4.4	6	1
1	1	1	0	0	0	0	1009.9	-6	58	1.4	0	0	0	941	5094	0	-11.5	0	0	0	0	4.1	7	1
1	1	1	15	4	0	0	1010.1	-6.2	58.9	1.4	0	0	0	944	5094	0	-11.5	0	0	0	0	4.1	7	1
1	1	1	30	4	0	0	1010.4	-6.4	64.1	1.5	0	0	0	950	5094	0	-10.8	0	0	0	0	4.4	7	1
1	1	1	45	4	0	0	1010.7	-6.5	68.9	1.6	0	0	0	954	5094	0	-10	0	0	0	0	4.6	7	1
1	1	2	0	4	0	0	1010.9	-6.7	74.3	1.7	0	0	0	958	5094	0	-9.4	0	0	0	0	4.8	6	1
1	1	2	15	4	0	0	1011.1	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	957	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	6	1
1	1	2	30	4	0	0	1011	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	957	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	6	1
1	1	2	45	4	0	0	1011.1	-7.1	85.6	1.9	0	0	0	955	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	6	1
1	1	3	0	4	0	0	1010.9	-7	85	1.9	0	0	0	956	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	6	1
1	1	3	15	4	0	0	1010.6	-7	80.5	1.8	0	0	0	956	5094	0	-8.7	0	0	0	0	5	6	1
1	1	3	30	4	0	0	1010.6	-6.9	75.4	1.7	0	0	0	957	5094	0	-9.4	0	0	0	0	4.8	6	1
1	1	3	45	4	0	0	1010.6	-6.8	74.9	1.7	0	0	0	957	5094	0	-9.4	0	0	0	0	4.8	6	1
1	1	4	0	4	0	0	1010.6	-7	76	1.7	0	0	0	955	5094	0	-9.4	0	0	0	0	4.8	6	1
1	1	4	15	4	0	0	1010.7	-7	76	1.7	0	0	0	956	5094	0	-9.4	0	0	0	0	4.8	6	1
1	1	4	30	4	0	0	1010.7	-7.1	76.6	1.7	0	0	0	955	5094	0	-9.4	0	0	0	0	4.8	6	1
1	1	4	45	4	0	0	1010.9	-7.1	81.1	1.8	0	0	0	958	5094	0	-8.7	0	0	0	0	5	7	1
1	1	5	0	4	0	0	1010.9	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	959	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	6	1
1	1	5	15	4	0	0	1010.9	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	962	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	6	1
1	1	5	30	4	0	0	1010.9	-6.8	79.3	1.8	0	0	0	967	5094	0	-8.7	0	0	0	0	5	6	1
1	1	5	45	4	0	0	1011	-6.7	78.7	1.8	0	0	0	971	5094	0	-8.7	0	0	0	0	5	5	1
1	1	6	0	4	0	0	1011.1	-6.7	78.7	1.8	0	0	0	973	5094	0	-8.7	0	0	0	0	5	5	1
1	1	6	15	4	0	0	1011.1	-7.1	85.6	1.9	0	0	0	975	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	6	1
1	1	6	30	4	0	0	1011	-7.2	86.3	1.9	0	0	0	978	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	6	1
1	1	6	45	4	0	0	1010.8	-7.2	86.3	1.9	0	0	0	983	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	7	1
1	1	7	0	4	0	0	1010.9	-7.1	85.6	1.9	0	0	0	990	5094	0	-8.1	0	0	0	0	5.3	7	1
1	1	7	15	4	0.5	-57	1011	-7.1	85.6	1.9	8	0	8	990	5094	47	-8.1	293	0	293	23	5.3	8	1
1	1	7	30	4	2.8	-54.4	1011.2	-7	85	1.9	21	0	21	990	5094	249	-8.1	750	0	750	166	5.3	7	1
1	1	7	45	4	5	-51.7	1011.2	-7.1	85.6	1.9	46	0	46	988	5094	443	-8.1	1619	0	1619	636	5.3	7	1
1	1	8	0	4	7.1	-49	1011.3	-6.9	88.8	2	104	0	104	990	5094	629	-7.5	3507	0	3507	1330	5.5	7	1
1	1	8	15	4	9.1	-46.1	1011.3	-6.8	88.1	2	112	0	112	991	5094	807	-7.5	3874	0	3874	1511	5.5	6	1
1	1	8	30	4	11	-43.2	1011.2	-6.8	88.1	2	161	0	161	990	5094	976	-7.5	5478	0	5478	2109	5.5	7	1
1	1	8	45	4	12.9	-40.2	1011.4	-6.7	87.4	2	171	0	171	991	5094	1134	-7.5	5894	0	5894	2296	5.5	7	1
1	1	9	0	4	14.6	-37.2	1011.5	-6.7	87.4	2	239	0	239	990	5094	1282	-7.5	8060	0	8060	3076	5.5	8	1
1	1	9	15	4	16.2	-34	1011.4	-6.7	83.1	1.9	368	4	367	991	5094	1419	-8.1	11935	80	11913	4270	5.3	8	1
1	1	9	30	4	17.6	-30.7	1011.6	-6.4	85.4	2	386	1	386	992	5094	1544	-7.5	12593	21	12586	4585	5.5	8	1
1	1	9	45	4	19	-27.4	1011.6	-6.2	84.1	2	461	21	454	993	5094	1656	-7.5	14877	471	14724	5150	5.5	8	1
1	1	10	0	4	20.2	-23.9	1011.4	-6.1	87.7	2.1	519	106	482	994	5094	1756	-6.9	16711	2347	15902	5090	5.7	8	1
1	1	10	15	4	21.2	-20.4	1011.3	-6.1	83.5	2	525	78	497	992	5094	1842	-7.5	16973	1793	16325	5443	5.5	8	2
1	1	10	30	4	22.1	-16.8	1011.2	-6.1	83.5	2	523	9	520	990	5095	1914	-7.5	16939	230	16852	6039	5.5	8	2
1	1	10	45	4	22.8	-13.2	1011	-5.9	82.2	2	634	31	623	988	5095	1972	-7.5	20127	728	19845	6693	5.5	8	2

表 11.4 EA 詳細フォーマットの出力例 (460, 札幌, EAD2020, 風速地上高 20.0m, Records/h (15 分間隔))

Expanded AMeDAS Weather Data (EA Weather Data). EA Detailed Format.March 2023. Meteorological data System (MetDS) Co. Ltd. Japan. All Rights Reserved.

EA_StN=	460	札幌	DType=	EAD2020	LatN(deg)	43.06	LongE(deg)	141.328	StH(m)=	17	AnemoH(r)	59.5	WvH(m)=	10	SDate(M:t)	1	1	EDate(M:t)	12	31	Records(/	4	
月	日	時刻	分	曜日・祝E	太陽高度	太陽方位角	現地気圧	外気温	相対湿度	絶対湿度	全天日射量	直達日射量	天空日射量	大気放射量	全天PAF	直達PAF	天空PAF	全天UVA	直達UVA	天空UVA	全天UVE	直達UVE	天空UVE
					度	度	hPa	°C	%	g/kg	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	μmol/m2	μmol/m2	μmol/m2	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	kJ/(m2h)	J/(m2h)	J/(m2h)	J/(m2h)
1	1	0	15	0	0	0	1010.1	-6.7	78.6	1.8	0	0	0	933	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	30	0	0	0	1010	-6.5	73.1	1.7	0	0	0	936	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	45	0	0	0	1009.8	-6.1	62.6	1.5	0	0	0	940	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	1009.9	-6	58	1.4	0	0	0	941	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	15	4	0	0	1010.1	-6.2	58.9	1.4	0	0	0	944	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	30	4	0	0	1010.4	-6.4	64.1	1.5	0	0	0	950	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	45	4	0	0	1010.7	-6.5	68.9	1.6	0	0	0	954	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	2	0	4	0	0	1010.9	-6.7	74.3	1.7	0	0	0	958	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	2	15	4	0	0	1011.1	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	957	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	2	30	4	0	0	1011	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	957	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	2	45	4	0	0	1011.1	-7.1	85.6	1.9	0	0	0	955	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	3	0	4	0	0	1010.9	-7	85	1.9	0	0	0	956	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	3	15	4	0	0	1010.6	-7	80.5	1.8	0	0	0	956	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	3	30	4	0	0	1010.6	-6.9	75.4	1.7	0	0	0	957	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	3	45	4	0	0	1010.6	-6.8	74.9	1.7	0	0	0	957	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	4	0	4	0	0	1010.6	-7	76	1.7	0	0	0	955	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	4	15	4	0	0	1010.7	-7	76	1.7	0	0	0	956	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	4	30	4	0	0	1010.7	-7.1	76.6	1.7	0	0	0	955	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	4	45	4	0	0	1010.9	-7.1	81.1	1.8	0	0	0	958	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	5	0	4	0	0	1010.9	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	959	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	5	15	4	0	0	1010.9	-6.9	84.3	1.9	0	0	0	962	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	5	30	4	0	0	1010.9	-6.8	79.3	1.8	0	0	0	967	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	5	45	4	0	0	1011	-6.7	78.7	1.8	0	0	0	971	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	6	0	4	0	0	1011.1	-6.7	78.7	1.8	0	0	0	973	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	6	15	4	0	0	1011.1	-7.1	85.6	1.9	0	0	0	975	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	6	30	4	0	0	1011	-7.2	86.3	1.9	0	0	0	978	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	6	45	4	0	0	1010.8	-7.2	86.3	1.9	0	0	0	983	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	7	0	4	0	0	1010.9	-7.1	85.6	1.9	0	0	0	990	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	7	15	4	0.5	-57	1011	-7.1	85.6	1.9	8	0	8	990	5	0	5	0.8	0	0.8	5	0	5
1	1	7	30	4	2.8	-54.4	1011.2	-7	85	1.9	21	0	21	990	12.9	0	12.9	2	0	2	14	0	14
1	1	7	45	4	5	-51.7	1011.2	-7.1	85.6	1.9	46	0	46	988	27.8	0	27.8	4.3	0	4.3	35	0	35
1	1	8	0	4	7.1	-49	1011.3	-6.9	88.8	2	104	0	104	990	60.3	0	60.3	8.9	0	8.9	77	0	77
1	1	8	15	4	9.1	-46.1	1011.3	-6.8	88.1	2	112	0	112	991	66.2	0	66.2	9.9	0	9.9	102	0	102
1	1	8	30	4	11	-43.2	1011.2	-6.8	88.1	2	161	0	161	990	93.7	0	93.7	13.6	0	13.6	154	0	154
1	1	8	45	4	12.9	-40.2	1011.4	-6.7	87.4	2	171	0	171	991	100.4	0	100.4	14.6	0	14.6	183	0	183
1	1	9	0	4	14.6	-37.2	1011.5	-6.7	87.4	2	239	0	239	990	137.6	0	137.6	19.4	0	19.4	259	0	259
1	1	9	15	4	16.2	-34	1011.4	-6.7	83.1	1.9	368	4	367	991	204.6	1.7	204.1	26.9	0	26.9	377	1	376
1	1	9	30	4	17.6	-30.7	1011.6	-6.4	85.4	2	386	1	386	992	215.2	0.4	215.1	28.5	0	28.5	426	0	425
1	1	9	45	4	19	-27.4	1011.6	-6.2	84.1	2	461	21	454	993	254	9.9	250.8	33.3	0.2	33.2	521	4	519
1	1	10	0	4	20.2	-23.9	1011.4	-6.1	87.7	2.1	519	106	482	994	285.8	48.1	269.3	38.6	1.3	38.2	631	19	624
1	1	10	15	4	21.2	-20.4	1011.3	-6.1	83.5	2	525	78	497	992	289.6	36.6	276.3	39.4	1	39	663	14	658
1	1	10	30	4	22.1	-16.8	1011.2	-6.1	83.5	2	523	9	520	990	287.6	4.8	285.8	37.7	0.1	37.6	656	2	655
1	1	10	45	4	22.8	-13.2	1011	-5.9	82.2	2	634	31	623	988	341.8	15.7	335.7	43.3	0.4	43.1	764	5	762

表 11.5 EAEPW フォーマットの出力例 (460, 札幌, EAD2020, 風速地上高 20.0m, Records/h 4 (15 分間隔))

【行番号 1~8】

LOCATION,Sapporo,Ishikari,JPN,Expanded AMEDAS Weather Data Year 2020,0460,43.060,141.328,9.0,17.0

DESIGN CONDITIONS,0

TYPICAL/EXTREME PERIODS,6,Summer - Week Nearest Max Temperature For Period,Extreme,9/3,9/9,Summer - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,7/8,7/14,Winter - Week Nearest Min Temperature For Period,Extreme,2/4,2/10,Winter - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,2/22,2/28,Autumn - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,11/11,11/17,Spring - Week Nearest Average Temperature For Period,Typical,5/6,5/12

GROUND TEMPERATURES,3,0.5,0.62,2000.0,1660.0,0.36,0.62,2.87,5.62,9.51,13.74,16.76,19.02,18.60,14.32,9.48,3.44,2.0,0.76,2100.0,1162.0,8.28,

6.74,6.12,6.41,7.24,8.68,10.37,12.02,13.27,13.45,12.41,10.58,4.0,1.16,2200.0,1318.0,10.57,9.90,9.24,8.76,8.54,8.58,8.91,9.43,10.06,10.64,10.97,10.92

HOLIDAYS/DAYLIGHT SAVINGS,No,0,0,18,New Year's day,January 1,Coming-of-Age Day,January 13,National Foundation Day,February 11,

The Emperor's Birthday,February 23,observed holiday,February 24,Vernal Equinox Day,March 20,Showa Day,April 29,

Constitution Day,May 3,Greenery Day,May 4,Chiriden's Day,May 5,observed holiday,May 6,Marine Day,July 23,

Sports day,July 24,Mountain Day,August 10,Respect-for-the-Aged Day,September 21,Autumnal Equinox Day,September 22,

Culture Day,November 3,Labor/Thanksgiving Day,November 23

COMMENTS 1,"Expanded AMEDAS Weather Data -- Original Source Data,Meteorological Data System, Co., Ltd, Kagoshima, Japan. All rights reserved as noted in the License Agreement and Additional Conditions. Revised 2023.06.30 "

COMMENTS 2, -- Ground temperatures produced with default soil diffusivities of 0.187E-06[m**2/s] at 0.5[m] depth, 0.311E-06[m**2/s] at 2.0[m] depth and 0.400E-06[m**2/s] at 4.0[m] depth. The ground temperatures are calculated without any disturbance of construction and not considered appropriate for calculations of building losses. Wind Speeds are the values at 20.0[m] height above the ground.

DATA PERIODS,1,4,Data, Sunday,1/1,12/31

【9 行目以降の各列のデータ (一部)】 (は欠測コード)

年	月	日	時刻	分	リ マ ー	外気温	露点温 度	相対湿 度	現地気 圧	大気外 水平面	大気外 法線面	大気放 射量	全天日 射量	直達日 射量	天空日 射量	全天照 度	直達照 度	天空照 度	天頂輝 度	風向	風速	雲量	低層雲 量	視程	雲高	気象状 況	気象 コード	可降水 量	大気光 学厚	積雪量	積雪後 日数	アルベ ド	降水量	降水期 間
2015	1	1	7	15	-	-0.9	-10.4	48.4	101810	0	1414	289	1	0	1	121	0	121	30	293	3.1	6	4	9999	4500	9	1E+09	4.5	0.999	38.1	99	999	0	99
2015	1	1	7	30	-	-2	-7.7	64.9	101880	44	1414	291	6	0	6	714	0	714	171	315	3.7	6	5	9999	4500	9	1E+09	5.4	0.999	38.1	99	999	0	99
2015	1	1	7	45	-	-2.6	-5.4	80.7	101880	98	1414	288	12	0	12	1508	0	1508	464	315	2.1	6	5	9999	4500	9	1E+09	6.3	0.999	38.1	99	999	0	99
2015	1	1	7	60	-	-2.5	-4.9	83.3	101900	151	1414	290	34	0	34	3935	0	3935	1379	294	2.4	6	5	9999	4500	9	1E+09	6.6	0.999	38	99	999	0	99
2015	1	1	8	15	-	-2.3	-4.9	82.1	101910	201	1414	291	55	17	53	6312	863	6189	1925	315	2.7	6	5	9999	99999	9	1E+09	6.6	0.999	38	99	999	0	99
2015	1	1	8	30	-	-1.9	-5.4	76.7	101920	249	1414	291	56	0	56	6618	0	6618	2405	292	3.2	6	4	9999	99999	9	1E+09	6.3	0.999	38.3	99	999	0.5	99
2015	1	1	8	45	-	-1.8	-5.4	76.1	101940	295	1414	290	77	4	76	8937	250	8885	3088	294	3.2	5	4	9999	99999	9	1E+09	6.3	0.999	38.5	99	999	0.5	99
2015	1	1	8	60	-	-1.7	-5.4	75.6	101950	337	1414	288	147	203	99	15498	11691	12712	2160	293	4.3	4	3	9999	99999	9	1E+09	6.3	0.999	38.5	99	999	0	99
2015	1	1	9	15	-	-1.6	-5.4	75	101970	376	1414	286	174	239	111	18270	14707	14357	2339	315	5	4	3	9999	99999	9	1E+09	6.3	0.999	38.5	99	999	0	99
2015	1	1	9	30	-	-1.4	-5.4	73.9	101980	412	1414	283	242	482	101	25073	37217	14220	1943	315	4.9	3	3	9999	99999	9	1E+09	6.4	0.999	38.5	99	999	0	99
2015	1	1	9	45	-	-1.5	-5.4	74.5	101980	445	1414	280	284	717	58	32146	72874	9211	1202	315	4.9	3	3	9999	99999	9	1E+09	6.4	0.999	38.5	99	999	0	99
2015	1	1	9	60	-	-1.3	-6.5	67.5	101980	474	1414	276	306	717	66	34087	71105	10244	1341	315	4.5	3	3	9999	99999	9	1E+09	5.9	0.999	38.5	99	999	0	99
2015	1	1	10	15	-	-1.2	-7.7	61.2	101980	500	1414	276	333	651	103	35386	58174	14830	2008	315	4.2	4	3	9999	99999	9	1E+09	5.4	0.999	38.5	99	999	0	99
2015	1	1	10	30	-	-0.5	-8.3	55.4	101980	521	1414	278	411	662	167	42997	57415	21826	3528	315	5	4	3	9999	99999	9	1E+09	5.2	0.999	38.4	99	999	0	99
2015	1	1	10	45	-	-0.7	-7.7	59	101980	539	1414	280	274	269	172	29196	19891	21610	3633	315	5	4	4	9999	99999	9	1E+09	5.4	0.999	38.4	99	999	0	99
2015	1	1	10	60	-	-0.8	-6.5	65.1	101970	553	1414	280	270	230	180	29087	17217	22351	4007	315	4.9	4	4	9999	99999	9	1E+09	5.9	0.999	38.4	99	999	0	99
2015	1	1	11	15	-	-1.2	-5.9	70	101980	563	1414	281	132	0	132	15694	0	15694	5867	315	3.6	5	4	9999	4500	9	1E+09	6.1	0.999	38.4	99	999	0	99
2015	1	1	11	30	-	-1.1	-5.9	69.4	101960	569	1414	284	112	0	112	13617	0	13617	5215	315	3	5	4	9999	4500	9	1E+09	6.1	0.999	38.4	99	999	0	99
2015	1	1	11	45	-	-1.3	-5.9	70.5	101970	571	1414	287	100	0	100	12289	0	12289	4762	315	4	5	4	9999	4500	9	1E+09	6.1	0.999	38.4	99	999	0	99
2015	1	1	11	60	-	-1.6	-5.9	72	101970	569	1414	290	80	0	80	10079	0	10079	3960	315	3	6	4	9999	4500	9	1E+09	6.1	0.999	38.4	99	999	0	99

【文献】

1. 空調設備基準委員会, 標準気象データに関する研究, 空気調和・衛生工学第 48 巻第 7 号, 1974 年
2. 赤坂裕, 標準気象データと拡張アメダス気象データ, 学会誌「太陽エネルギー」特集記事収録集, 第三分冊, 太陽エネルギー直接・間接利用技術, pp16-24, 日本太陽エネルギー学会, 1998 年
3. 赤坂裕他, 拡張アメダス気象データ, 日本建築学会, 2000 年 1 月
4. 赤坂裕他, 拡張アメダス気象データ 1981-2000, 日本建築学会, 2005 年 8 月
5. 赤坂裕, 2010 年版, 2020 年版標準年 EA 気象データ, 2086 年版将来標準年 EA 気象データの作成方法, 2010 年版, 2020 年版 EA 気象データの基礎知識, 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, <https://metds.co.jp>
6. 二宮秀典他, 1 分値気象データの開発, 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 21), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.1085-1088, 2008 年 8 月
7. 井川憲男他, 1 分値気象データの開発, 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), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2011 年 8 月
8. アメダス 1 分値ファイル (2008 年 11 月 18 日以降), 気象庁, format_amedas.pdf
9. 地上気象観測 1 分値ファイル (2008 年 6 月 25 日以降), 気象庁, format_surface.pdf
10. EnergyPlus, Auxiliary Programs, Weather Converter Program
11. EnergyPlus, Input Output Reference
12. TRNSYS18_04_mathematical Reference
13. 吉田治典他, 空調システムシミュレーション評価法ガイドライン制定委員会, SHASE G 0023-2022_建物エネルギーシミュレーションツールの評価手法に関するガイドライン, (公社) 空気調和・衛生工学会, 2022 年
14. 赤坂裕, 2020 年版 EA 気象データの基礎知識, 拡張アメダス気象データ (EA 気象データ) の概要, 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, <https://metds.co.jp>
15. 赤坂裕, 2011~2020 年 EA 気象データの欠測補充と要素補充の方法, 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, <https://metds.co.jp>
16. 標準年の平均月のリスト (2020 年版), 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, <https://metds.co.jp>
17. 赤坂裕, 2020 年版 EA 気象データの EPW フォーマットへの変換, pp.11-12, 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, <https://metds.co.jp>
18. 井川憲男, 天空輝度, 放射輝度分布を推定する天空モデルの整備, 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No.687, pp.393-399, 2013 年 5 月
19. 井川憲男, 永村一雄, Crag Farnham, 日射量による昼光照度, 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, PAR, UV-A, UV-B の推定, 日本建築学会環境系論文集, 第 726 号, pp.679-685, 2016 年 8 月

20. 井川憲男, 日射量から昼光照度への変換, 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, <https://metds.co.jp>
21. 井川憲男, 日射量から昼光照度、PAR、UV-A、UV-B への変換, 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, <https://metds.co.jp>
22. 井川憲男, 天空放射輝度分布、天空輝度分布の推定, 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, <https://metds.co.jp>
23. 近藤純正, 中村亙, 山崎剛: 日射量及び下向き大気放射量の推定, pp.41-48, 天気, 1991年1月
24. R.Perez, P.Ineichen, R. Seals, J.Michalsky and R. Stewart: Modeling Daylight Availability and Irradiance from Direct and Global Irradiance, Solar Energy, Vol.44, No.5, pp.271-289 (1990)
25. 赤坂裕, 直散分離と斜面日射の計算, 技術解説, 拡張アメダス気象データ, (株) 気象データシステム, <https://metds.co.jp>
26. 赤坂裕, 井川憲男, 武田和大, 各種日射直散分離と傾斜面日射の計算法の比較, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集第5巻, 2020年9月
27. 赤坂裕, 武田和大, 三田井隆樹, 分間隔拡張アメダス気象データの作成, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.995-996, 2023年9月
28. 赤坂裕, 武田和大, 三田井隆樹, 分間隔拡張アメダス気象データの作成, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 第5巻, pp.57-60, 2023年9月