

2011～2020年EA気象データの 欠測補充と要素補充の方法

1. 気象庁1分値ソースデータに基づく1時間値の作成

2011～2020年のEA気象データ1時間値は、気象庁の地上気象1分値及びアメダス1分値^{注1}から作成した。この1分値データにはデータの品質を表す利用フラッグが付されているので、2011年以降のEA気象データの作成には、当初、利用フラッグが『正常』^{注2}の1分値を用いることにし、それ以外の1分値は欠測扱いとしていた。しかし、正常データの前後に欠測や欠測扱いとしたデータ（両者をまとめて1分値欠測と呼ぶ）があると、正常とはいえないデータが含まれる場合があることが判明した。そのため、正常な1分値と1分値欠測が混在する時系列データから以下のようにして1時間値を作成することにした。この1時間値は欠測を含んでおり、**一次処理データ**と呼ぶことにする。

(1) 全天日射量, 日照時間

正時前30分、正時後30分の1分値にそれぞれ1つまでの欠測を許容し、欠測がある場合は欠測を除いて積算した後、 $30 / (30 - \text{欠測数})$ を30分積算値とする。欠測が2つ以上の場合は30分積算値を欠測とする。EA気象データの全天日射量と日照時間は正時前後30分積算値で、EA/EPWの全天日射量は正時前60の積算値である。そのため、正時前及び正時後の積算値が揃った場合のみ両者を合計し1時間積算値とするが、それ以外は欠測として扱う。

(2) 気圧, 気温, 水蒸気圧, 風向, 風速

正時の値を1時間値とするが、正時前後30分、計60個のデータに3つ以上の欠測があれば1時間値は欠測とする。更に、正時前後10分以内に1つでも欠測がある場合も1時間値は欠測とする。

(3) 風向, 風速

風向, 風速については、(2)に加え、風向, 風速のどちらかが欠測であれば他方も欠測とする。

(4) 降水量

降水量は正時前60分の積算値であるから、正時及び正時前59分の1分値を積算して1時間値を生成する。1分値に3つ以上の欠測がある場合は1時間値を欠測とする。

2. 短時間欠測補充【1】

短時間欠測とは継続時間が3時間までの欠測をいう。すべての気象要素について、短時間欠測は直線補間により補充する。短時間欠測を3時間までとしたのは、3時間までであれば近似的に直線補間を適用できると考えられるからである。直線補間の際には以下の点に注意する。

(1) 風向以外の直線補間

風向以外の気象要素は、欠測直前、欠測直後のデータを単純に直線補間する。ただし、絶対湿度に関しては、直線補間した絶対湿度から求めた相対湿度が100%を超えることがあるので、その場合は直線補間により得られた絶対湿度を飽和絶対湿度に置き換える。

注1 format_surface.pdf, format_amedas.pdf

注2 利用フラッグは多くの値が設定されているが、地上気象, アメダスともに、利用フラッグが0または1の場合が正常である。

(2) 風向の直線補間

風向 (16 方位) ^{注3}については、風向 16 と 1 が連続した風向であるにもかかわらず数値的に不連続になる点を考慮し、風向差が 8 以内であれば、欠測直前、欠測直後の風向を単純に直線補間するが、風向差が 9 以上であれば、欠測直前、欠測直後の風向のうち小さいほうの風向に 16 を加えたのち、欠測直前、欠測直後の風向を直線補間する。直線補間した風向が 16 を超える場合は 16 を引く。

3. 長時間欠測補充【1】

(1) 気温の欠測の代用補充処理

EA 地点 (EA 地点番号を ssss とする。) を囲む MSM^{注4}の 4 グリッドを ssss_00, ssss_01, ssss_10, ssss_11 で表す。これらの 4 グリッドの同時刻の気温を、気温減率^{注5}を考慮して EA 地点の標高の気温に変換した後、距離補正^{注6}し、気温の推定値を求める。この方法は、欠測を同時刻の MSM グリッドの値に置き換える (MSM グリッド値で代用する) ことから、代用補充と呼ぶことにする。

(2) 風向・風速の欠測の代用補充処理

EA 地点を囲む MSM の 4 グリッドの同時刻の u (東西成分) 風速, v (南北成分) 風速を距離補正した後、風向 (16 方位) と風速に変換する。

(3) 降水量の欠測の代用補充処理

EA 地点を囲む MSM の 4 グリッドの同時刻の降水量を距離補正し、降水量の推定値とする。

(4) 日照率の重回帰式による推定

EA 気象データでは、全天日射量の推定にアメダス地点の時刻別日照率を用いている。全天日射量を観測している気象台等でも、日射量が欠測の場合は時刻別日照率から全天日射量を推定している。1981～2010 年では、日照時間が欠測の場合はその補充を行なった後、全天日射量の推定に使用していたから、全天日射量の作成上日照率の欠測補充は重要なステップであった。しかし、2011～2020 年では、日照時間が欠測の場合は、2011～2017 年までは全天日射量を MSM の雲量等による重回帰式で推定し、2018 年以降は MSM の全天日射量で代用補充することが可能となり、全天日射量の推定のために日照率の欠測を補充する必要はなくなった。しかし、日照時間は気温や降水量と共に、季節の天気を表す指標等としてよく使われており、EA 気象データの基本要素の一つに位置付けられていることから、その欠測を補充する。

日照時間の欠測は、1981～2010 年では近隣の EA 地点の日照時間で代用補充していた【2】。しかし、東北地方太平洋沖地震のように広域的に EA 地点が被災した場合は近隣に代用補充地点が存在し

注3 風向・風速の欠測補充では、風向・風速から u (東西成分) 風速, v (南北成分) 風速を求め、それぞれを直線補間した後、風向、風速に変換する方法も考えられる。しかし、短時間欠測の補充では、簡単のため風向・風速を連動させないことにし、風速は単純な直線補間により補充した。なお、風向が 0 の場合は風速が 0 のため風向は不定であるが、この場合も風向が 0 としてそのまま上記の方法を適用する。

注4 MSM の時刻は協定世界時 (UTC) 基準のため、JMT とは 9 時間の時差があることに注意を要する。

注5 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ とする。

注6 ここでの距離補正とは、EA 地点を囲む 4 つの MSM グリッドの値を、EA 地点と MSM との距離の逆数で重みづけした平均値を求めることをいう。

ない。そのため、代用補充によらない欠測補充法を開発することにした。日照計は、直達日射に一定の閾値を設定して日照有無をカウントしている。この点を考慮し、日照時間の欠測は、EA 地点の全天日射量を補充した後、全天日射量を直散分離して時刻別直達日射量を求め、直達日射量の重回帰式^{注7}により補充する【1】。直散分離法としては、直達日射を直接推定する宇田川モデルを使用することにした。

(5) 南鳥島の例外処理

EA 地点番号 3661 の南鳥島は気象官署ではないが、日射が観測されている気象台等と同様に、EA 気象データの作成に必要な気圧、外気温、水蒸気圧、全天日射量、風向、風速、降水量が観測されている。しかし、南鳥島は MSM グリッドの範囲外に位置し、MSM のグリッドデータによる欠測補充ができない。そのため、これらの欠測については、前日と翌日の同時刻の観測値のアンサンブル平均値で置き換えることにより補充する。前日も欠測の場合は観測のある日まで遡る。翌日が欠測の場合は、同様に観測値のある日を逐次探索する。

(6) 欠測補充値の平滑化 (スムージング)

長時間欠測補充では、代用補充前後の観測値と代用補充値の接続部に不自然な不連続性が発生する。これを避けるため、欠測開始直前の観測値と欠測開始後 3 時間の推定値を用い、欠測後 1, 2 時間の値を平滑化 (スムージング) する。同様に欠測終了直後の観測値と欠測終了前 3 時間推定値を用い、欠測前 1, 2 時間の値をスムージングする。2 時間の範囲でスムージングを行うのは、長時間欠測補充が欠測の継続時間が 4 時間以上に適用されるため、欠測前後の補充が 2 時間以内であれば、前後の欠測補充が重複して行われなかったことによる。スムージングは、風向以外の気象要素では直線補間により行う。ただし、直線補間した水蒸気圧、絶対湿度が飽和を超過する場合は飽和の値に置き換える。風向では短時間欠測で行ったのと同じ方法により行う。

4. 気象要素の補充

(1) 現地気圧の欠測の代用補充処理

気圧の一次処理データは海面気圧である。そのため、海面気圧に欠測があれば MSM グリッドデータにより補充する。その方法は気温の長時間欠測を代用補充する方法と同じであり、EA 地点を囲む MSM の 4 グリッドの同時刻の海面気圧を距離補正し、海面気圧の推定値を求める。現地気圧は、海面気圧、EA 地点の標高、及び気温のデータを用いて求める【3】。

注7 直達日射量より日照率を推定する式は以下の通り。

$$Ibf < 0.001 \quad \text{なら} \\ SDE = 0.0 \quad \dots (1)$$

$$0.001 \leq Ibf \leq 0.65 \quad \text{なら} \\ SDE = -0.0038 + 5.29 \times Ibf - 9.67 \times Ibf^2 + 6.0 \times Ibf^3 \quad \dots (2)$$

$$0.65 < Ibf \quad \text{なら} \\ SDE = 1.0 \quad \dots (3)$$

ただし、Ibf は法線面直達日射量を大気外法線面直達日射量で割った値。

(2) 水蒸気圧の欠測の代用補完処理【4】

EA 気象データには、絶対湿度と相対湿度が含まれているが、一次処理データに含まれる湿度データは水蒸気圧であり、絶対湿度と相対湿度は水蒸気圧から計算している。気象台等では一次処理データの水蒸気圧に欠測があればそれらを補完する。アメダス地点では湿度は観測されていないので、全時刻の水蒸気圧を推定する。水蒸気圧の推定は、次の①、②のどちらかにより行う。

- ① 水蒸気圧は大気中に含まれる水蒸気量を表す指標のひとつである。大気に含まれる同時刻の水蒸気量は、近隣であって、特に大きな水蒸気の発生源がなければそれ程変わらない。そこで、EA 地点を囲む MSM の 4 グリッドの水蒸気圧を気温と相対湿度から計算する。得られた 4 グリッドの水蒸気圧が EA 地点の飽和水蒸気圧を超える場合は、それらを飽和水蒸気圧に置き換える。MSM の 4 グリッドの水蒸気圧を距離補正した水蒸気圧を、EA 地点の水蒸気圧の推定値とする。
- ② MSM の気温は数値モデルによる推定値であり、気温の推定誤差が大きければ①の方法で得られる水蒸気圧の推定誤差も大きくなる。そのため、EA 地点の気温観測値と 3(1)の方法で得られる EA 地点の気温推定値を比較し、その差が一定値以上大きい場合は水蒸気圧の推定誤差が大きいと見なし、①の方法にはよらず、MSM の 4 グリッドの相対湿度を距離補正して得られた相対湿度を EA 地点の相対湿度の推定値とする。この相対湿度の推定値から計算した水蒸気圧を EA 地点の水蒸気圧の推定値とする。

EA 地点の気温観測値と MSM による EA 地点の気温推定値の差の閾値を 1℃とし、差が 1℃より小さければ①によって水蒸気圧の推定値を得る。1℃より大きければ②によって相対湿度及び水蒸気圧の推定値を得る。

(3) 相対湿度の計算

EA 地点の飽和水蒸気圧と水蒸気圧の推定値から相対湿度を計算する（4(2)②では計算済み）。

(4) 絶対湿度の計算

現地気圧と水蒸気圧の推定値から絶対湿度を計算する。

(5) 大気放射量の推定【5】【6】【7】

大気放射量は特定の気象台等^{注8}のみ観測されており、それ以外の気象台等及びアメダスでは観測されていない。4 地点において放射量が長時間欠測の場合及び放射量が観測されていない EA 地点では、以下の手順により大気放射量を推定する。

- ① EA 地点を囲む MSM 4 グリッドの低層雲量、中層雲量、高層雲量を、それぞれ距離補正する。補正した雲量を低層、中層、高層の順に加算していき、10 に達した時点で加算を打ち切る。打ち切ったときの雲量を各層の雲量の推定値とする。
- ② 近藤らの推定式^{注9}に各層の雲量を用い、大気放射量を推定する。

注8 札幌（2020年11月まで）、つくば、福岡、石垣島の4地点。

注9 近藤らの（下向き）大気放射量の推定式は以下の通り。

$$R = \sigma T^4 \left[1 - \left\{ 1 - \left(\frac{R_f}{\sigma T^4} \right) \right\} C_f \right] \quad \dots (1)$$

R_f : 快晴時の大気放射量 [W/m²]

C_f : 下向き大気放射量に与える雲の効果を表すファクター[-]

R_f は次式で計算する。

- ③ 雲量, 気温, 露点温度, 水蒸気圧は正時の値を用いているから, 推定した大気放射量は正時前後 30 分の積算値である。

(6) 日照率に基づく全天日射量の推定【8】【9】【10】【11】

全天日射量が日照時間と高い相関を持つことは従来からよく知られている。EA 気象データではこの関係を利用し, 時刻別全天日射量を日照時間の観測値から推定している^{注10}。脚注 10 の一次回帰式には多くの回帰係数が含まれているが, これらの回帰係数は, 全国の気象台等の全天日射量観測値を用いて同定される。気象台等とアメダス地点で使用されている日照計は, 年代とともに, 初期型太陽電池式, 回転式日照計 1, 太陽追尾式, 回転式日照計 2 と変更されているが, 日照計によって感度が異なるため, 一次回帰式の係数も変わる。そのため, それぞれの日照計に応じた係数が整理されている。2010～2020 年では多くの地点で回転式日照計 2 が使用されているが, この期間内に太陽追尾式から回転式日照計 2 に切りかえられた地点もある。切り替え年月日の前後で回帰係数が異なるので, 観測に使用された日照計の回帰係数を用いなければならない。

(7) 日別日照率の計算に関する補足

$$R_f = \sigma T^4 (0.74 + 0.19ft_d + 0.07ft_d^2) \quad \dots (2)$$

ft_d は露点温度 t_d により次式で表される。

$$ft_d = 0.0315t_d - 0.1836 \quad \dots (3)$$

t_d : 露点温度[°C]

C_f は次式で計算する。

降雨時・降雪時以外では

$$C_f = 1 - (0.75 - 0.005P_v)C_l/10 - (0.63 - 0.004P_v)C_m/10 - (0.45 - 0.008P_v)C_h/10 \quad \dots (4)$$

降雨時・降雪時では

$$C_f = 1 - (0.85 - 0.007P_v)C/10 \quad \dots (5)$$

水蒸気圧 P_v の単位は hPa。

雲量は 0～10。式(4), (5)では 10 で割ることにより 0～1 の値としている。

注10 日照時間等による時刻別全天日射量の推定式は, 式(1)のように, 時刻別日照率が 0 と 1 の場合の時刻別水平面全天日射量を, 当該時刻の日照率で重みづけした平均値で表される。

$$TH_{h(SD_h)} = TH_{h(SD_h=0)}(1 - SD_h) + TH_{h(SD_h=1)}SD_h \quad \dots (1)$$

ただし,

$TH_{h(SD_h)}$: 時刻別日照率が SD_h のときの水平面全天日射量

$TH_{h(SD_h=0)}$: 時刻別日照率 SD_h が 0 のときの水平面全天日射量

$TH_{h(SD_h=1)}$: 時刻別日照率 SD_h が 1 のときの水平面全天日射量

時刻別日照率 SD_h が 0 または 1 のときの時刻別水平面全天日射量は, 天気 (降雨・降雪・積雪無, 降雨有, 積雪有) 別に定めた一次回帰式に当該時刻の日別日照率, 太陽高度の正弦, 日平均気温を代入して計算する。

$TH_{h(SD_h=0)}$ の近似式

$$\text{降雨・降雪・積雪無} : TH_{h(SD_h=0)} = a_1 \times TH_{0h} + b_1 \quad \dots (2)$$

$$\text{降雨有} : TH_{h(SD_h=0)} = a_2 \times TH_{0h} + b_2 \quad \dots (3)$$

$$\text{降雪有} : TH_{h(SD_h=0)} = CF_{sf}(a_1 \times TH_{0h} + b_1) \quad \dots (4)$$

$$\text{積雪有} : TH_{h(SD_h=0)} = CF_{sc(SD_h=0)}(a_1 \times TH_{0h} + b_1) \quad \dots (5)$$

$TH_{h(SD_h=1)}$ の近似式

$$\text{積雪無} : TH_{h(SD_h=1)} = a_3 \times TH_{0h} + b_3 \quad \dots (6)$$

$$\text{積雪有} : TH_{h(SD_h=1)} = CF_{sc(SD_h=1)}(a_3 \times TH_{0h} + b_3) \quad \dots (7)$$

TH_{0h} は h 時の大気外水平面日射量。各式に現れる回帰係数の求め方と係数値は文献【11】を参照のこと。

注 10 のように、日照時間等による全天日射量の推定には、日別日照率が必要である。EA 地点は地形や人工物などの日照障害物に囲まれており、これらの障害物が日別日照率に影響を与える。EA 地点が移動すれば、これらが日照に与える影響も変化する。そのため日別日照率を計算するには、日照障害物の影響を考慮した可照時間（日出時刻、日没時刻）を知る必要がある。

日照障害物を考慮した可照時間（実質可照時間と呼ぶ）は、各 EA 地点について、長期にわたって、太陽方位角別に日照のあった太陽高度を調べることにより推定できる。すなわち、調査期間で日照があった最も太陽高度の低い時刻が障害物を考慮した日出、日没の時刻であり、これらの差が実質可照時間である。EA 地点の移動（水平移動、高さ移動）があれば、障害物との位置関係がずれ、日出時刻、日没時刻も変化する。したがって、EA 地点の移動に伴って日出、日没時刻も変わるから、EA 地点が移動する度に実質可照時間を更新する必要がある。ただし、移動が短期間で発生した場合は、調査期間が不足のため、正確な日出、日没時刻が得られない。そのような場合は長期間のデータに基づく日出、日没時刻をそのまま使用する。

全 EA 地点について、2011～2020 年の太陽方位角別の日照障害物による太陽高度を整理したファイルを作成し^{注 11}、このファイルに基づいて、日別の実質可照時間を計算した。

(8) MSM グリッドの雲量等による全天日射量の推定【12】

日照率等による全天日射量の推定（6）は、日照率が欠測の場合は使えない。2011～2017 年で日照率が欠測のため（6）の方法が適用できない場合には、MSM グリッドの雲量等から全天日射量を求める重回帰式^{注 12}を用いた。注 12 の係数値は文献【12】を参照のこと。文献【12】では、MSM の 5km グリッドのどの範囲までの雲量を用いるかを検討し 45km の範囲の雲量を用いるのが適切であるとしているが、その違いはわずかであることから、EA 地点の全天日射量の推定ではこの方法をとらず、各 EA 地点を囲む MSM の 4 つのグリッドの雲量を距離補正した雲量を用いている。また、MSM の雲量は当該時刻の瞬時の値であるが、日射量は 1 時間の積算値である。そのため、重回帰式の説明変数の値として、当該時刻、及び前時刻と当該時刻の平均値をとった 2 つの場合を比較したが、その違いもわずかであったため、各雲量は当該時刻の値を用いている。

(9) MSM グリッドの全天日射量による推定（代用補充）

2011～2017 年で日照率が欠測の場合には、MSM グリッドの雲量等から全天日射量を推定したが、2018 年以降は MSM に全天日射量が加わったため、EA 地点の日照率が欠測の場合は EA 地点を囲む MSM の 4 グリッドの全天日射量を距離補正して EA 地点の全天日射量の推定値とした。MSM の全天日射量は毎正時前 1 時間の積算値であり、EA の全天日射量は正時前後 30 分の積算値であるから、

注11 実質可照時間には、観測地点周囲の地物の高度角と方位角のほか、観測地点の標高も影響する。これらの影響を考慮した実質可照時間のファイルの作成は二宮による。

注12 時刻別全天日射量を式(1)で推定する。

$$TH_h = TH0(a \times C_L + b \times C_M + c \times C_U + d \times AM + e \times T + f \times \varphi + g)$$

ただし、

TH_h : 水平面全天日射量

$TH0$: 大気外水平面日射量

C_L, C_M, C_U : 低層雲量, 中層雲量, 高層雲量 (0～10)

AM, T, φ : 大気路程 (エアマス), 気温 (°C), 相対湿度 (%)

a, b, c, d, e, f, g : 係数 (-)

MSM の全天日射量を正時前後 30 分の積算値に変換する^{注13}。

5. 観測値と推定値の比較

(1) 4都市の2014年と2018年の観測値と推定値の比較

図1(a)～(d), 図2(a)～(d), 図3(a)～(d), 図4(a)～(d)で, それぞれ, 札幌, 東京, 福岡, 那覇の時刻別観測値と推定値を比較した。

図1～図4の(a)は, 2014年の現地気圧, 外気温, 相対湿度, 絶対湿度, 全天日射量, 大気放射量の比較図である。ここでの全天日射量の推定値とは, 日照率等の回帰式(脚注10の式)によって推定した値である。図1～図4の(b)では, 2018年について(a)と同じ比較を行っている。図1～図4の(a), (b)では, 横軸が観測値, 縦軸が推定値である。

図1～図4の(c)は, 2014年と2018年の時刻別風向(16方位)の観測値と推定値の出現度数, 及び風速の観測値と推定値の比較図である。風速は横軸が観測値, 縦軸が推定値である。

図1～図4の(d)は, 2014年と2018年の時刻別日照率(0～1)の観測値と推定値の出現頻度, 及び降水量の観測値と推定値を比較図である。降水量は横軸が観測値, 縦軸が推定値である。

大気放射量は, 4地点のうち札幌, 福岡では観測されているが, 東京, 那覇では観測されていない。そのため, 東京, 那覇の大気放射量は, それぞれ, つくばと石垣島の観測値と推定値を比較している。観測値と推定値を比較し, 以下のような知見を得た。

① 現地気圧

4地点とも観測値と推定値はよく一致している。

② 外気温

4地点とも観測値と推定値は比較的よく合っている。地点, 年による分布も類似している。

③ 相対湿度

地点及び年によって観測値と推定値の関係に違いがみられる。札幌, 東京では分布の範囲は広いものの, 分布の偏りは小さい。しかし, 福岡, 那覇では, 相対湿度が低い場合は推定値が大きく, 相対湿度が高い場合は推定値が小さくなる傾向がある。この傾向は福岡の2014年に顕著にみられる。

④ 絶対湿度

4地点とも観測値と推定値は比較的よく合っている。地点, 年による分布もほぼ同じであるが, 東京の2018年では推定値がやや小さく, 福岡の2018年ではやや大きい。

⑤ 全天日射量

4地点とも観測値と推定値は比較的よく合っている。地点, 年による分布もほぼ同じであるが, 福岡の2014年では推定値がやや大きい。

⑥ 大気放射量

4地点とも観測値と推定値は比較的よく合っているが, 全体的に推定値は観測値より小さい。

⑦ 風向・風速

各風向の推定値の最多頻度は観測値の最多頻度と比較的よく合っている。特に那覇の2018年では

注13 EPW フォーマットの全天日射量は正時前1時間積算値であるから, MSMの全天日射量から推定した値をそのまま使用することができる。

1～16 方位の風向の最多頻度が観測値の最多頻度とすべて一致している。風速の推定値と観測値の関係は地点によって異なり、札幌の推定値は小さめで、福岡、那覇では大きめである。風が局地性の強い気象要素であるにも関わらず、MSM の代用補充値は観測値をよく再現しているとみられる。

⑧ 日照率・降水量

日照率の観測値は 0 と 1 の出現頻度が高い。推定値はこの点をよく再現している。しかし、観測値の 0.1～0.9 の最大出現頻度は、推定値では日照率が高い側にずれている。降水量の MSM による代用補充値と観測値にはかなりの違いがみられる。これは降水量の観測値が極めて局地性が高い気象要素であり、局地的な強雨等を再現するのは難しいことによる。

(2) MSM の雲量等による全天日射量の推定値、及び MSM の全天日射量の代用値について

既に述べたように、全天日射量は日照率の観測値が得られる場合は日照率等の回帰式により推定したが、日照率が欠測の場合は、2011～2017 年では MSM の雲量等による回帰式、2018～2020 年では MSM の全天日射量で補充した。

図 5(1)では、札幌、東京、福岡について、2014 年の全天日射量の観測値と MSM 雲量等による推定値、2018 年の全天日射量の観測値と MSM の全天日射量による補充値を比較した。また、図 5(2)では、同様の比較を那覇、長野、新潟について行った。

図 5(1)、(2)において、MSMCC とは MSM の雲量等による全天日射量の推定値、MSMSR とは MSM の全天日射量による EA 地点の全天日射量の代用値を意味する。

MSMCC は 6 都市とも全天日射量を大きい側に推定している。逆に、MSMSR は小さい側に推定している。MSMSR では、推定値の最多頻度は那覇を除き、観測値とほぼ一致しているように見える。日照率等の重回帰式による推定値に比べると、MSMCC の推定値、MSMSR の代用値共に、偏りが大きく、分布域も広く、推定の精度が劣る。

【参考文献】

- 【 1】 赤坂裕，武田和大，三田井隆樹：拡張アメダス気象データの欠測補充と要素補充，空気調和・衛生工学大会学術講演論文集，第 5 巻， pp.57-60， 2021
- 【 2】 曾我和弘，赤坂裕，二宮秀與：AMeDAS の時刻別日照時間の欠測処理，日本建築学会計画系論文集，No.515, pp.41-48， 1999
- 【 3】 気象庁，気象観測の手引き， pp.33-39
- 【 4】 二宮秀與，赤坂裕，松尾陽：アメダスのデータへの時刻別水蒸気圧の追加方法，空気調和・衛生工学論文集，No.62, pp.39-51， 1996
- 【 5】 二宮秀與，赤坂裕，松尾陽：AMeDAS のデータを用いた時刻別大気放射率の推定法，空気調和・衛生工学会論文集，No.60, pp.133-144, 1996
- 【 6】 近藤純正，中村亘，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
- 【 7】 Kondo Junsei, Analysis of solar radiation and downward long-wave radiation data in Japan, Science reports of the Tohoku University, Ser.5, Geophysics, Vo.18, No.3,1967-3
- 【 8】 赤坂裕：日照率・雲量等による時刻別日射量の推定，日本建築学会論文報告集，No.352, pp.352,pp.20-31， 1985
- 【 9】 二宮秀與，赤坂裕，須貝高，黒木荘一郎：AMeDAS のデータを用いた時刻別日射量の推定法，空気調和・衛生工学会論文集，No.39,pp.13-23,1989
- 【10】 二宮秀與，赤坂裕，松尾陽，曾我和弘：AMeDAS のデータを用いた時刻別日射量の推定法，一改良型太陽電池式日照計への適用一，空気調和・衛生工学会論文集，No.65,pp.53-65,1997
- 【11】 北迫茂樹，二宮秀與：水平面全天日射量の推定方法に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集， pp.825-826， 2021 年 9 月
- 【12】 徳満涼輔，二宮秀與，飯泉元気：MSM 及び気象衛星画像を用いた水平面全天日射量及び大気放射量の推定方法，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学， pp.823-824， 2021 年 9 月

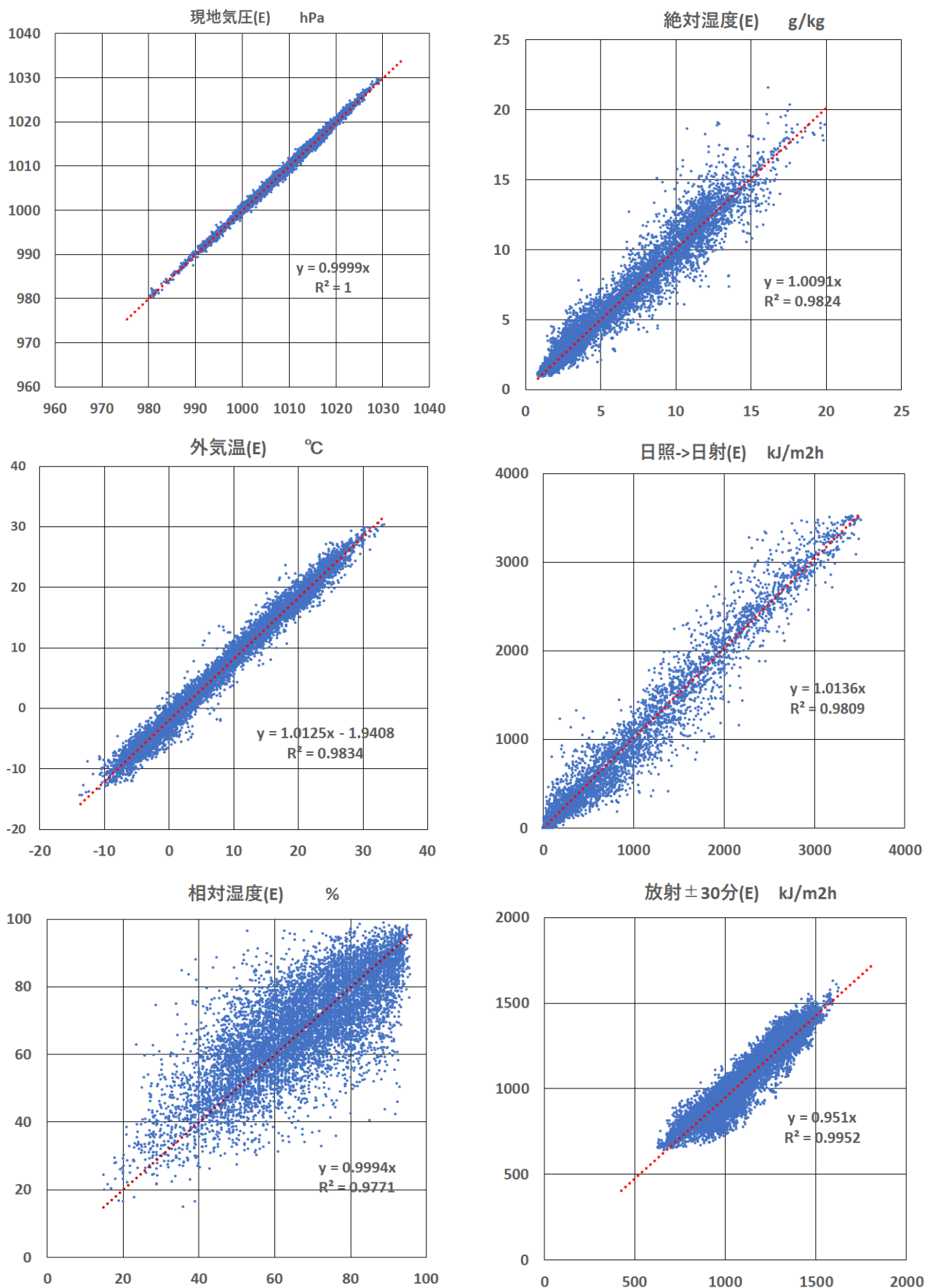


図 1(a) 時刻別観測値と推定値の比較（横軸：観測値，縦軸：推定値）（札幌 2014 年）

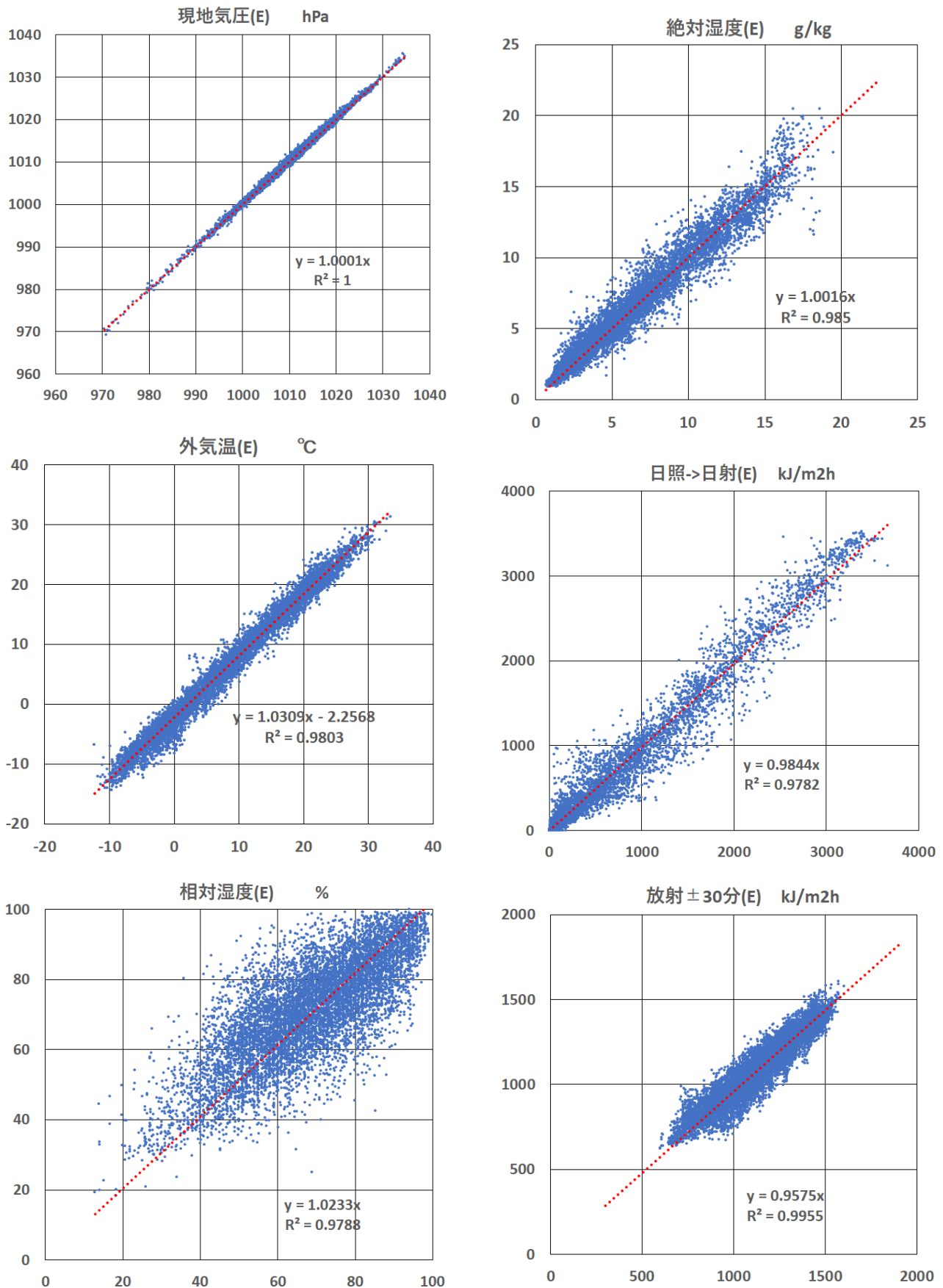


図 1(b) 時刻別観測値と推定値の比較 (横軸：観測値, 縦軸：推定値) (札幌 2018 年)

風向の観測値と推定値の出現時間数の分布 (札幌、2014年)

| 推定値 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 推定値 出現率% |
|-------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|----|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 13 | 17 | 12 | 17 | 9 | 11 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 11 | 38 | 17 | 1.9 |
| 2 | 0 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 10 | 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 6 | 13 | 11 | 1 |
| 3 | 0 | 5 | 5 | 3 | 10 | 19 | 10 | 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 10 | 7 | 1.1 |
| 4 | 0 | 1 | 4 | 8 | 18 | 25 | 9 | 4 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 10 | 5 | 1.1 |
| 5 | 1 | 4 | 4 | 9 | 18 | 53 | 62 | 16 | 1 | 1 | 4 | 3 | 0 | 5 | 5 | 13 | 9 | 2.4 |
| 6 | 1 | 4 | 5 | 15 | 38 | 135 | 213 | 138 | 28 | 6 | 6 | 3 | 7 | 3 | 3 | 20 | 12 | 7.3 |
| 7 | 5 | 6 | 5 | 5 | 34 | 128 | 514 | 545 | 100 | 32 | 17 | 4 | 6 | 6 | 5 | 19 | 12 | 16.5 |
| 8 | 2 | 9 | 6 | 9 | 21 | 57 | 185 | 139 | 59 | 27 | 14 | 6 | 5 | 4 | 12 | 16 | 8 | 6.6 |
| 9 | 0 | 6 | 4 | 8 | 14 | 36 | 123 | 125 | 53 | 31 | 16 | 7 | 14 | 16 | 10 | 14 | 7 | 5.5 |
| 10 | 8 | 7 | 7 | 6 | 14 | 24 | 69 | 102 | 44 | 40 | 41 | 23 | 18 | 12 | 7 | 12 | 10 | 5.1 |
| 11 | 6 | 8 | 9 | 4 | 12 | 17 | 55 | 80 | 71 | 52 | 41 | 62 | 54 | 24 | 23 | 23 | 17 | 6.4 |
| 12 | 4 | 17 | 5 | 15 | 20 | 23 | 40 | 62 | 43 | 41 | 29 | 119 | 184 | 148 | 85 | 59 | 30 | 10.5 |
| 13 | 2 | 10 | 14 | 6 | 15 | 22 | 17 | 31 | 20 | 12 | 12 | 34 | 121 | 186 | 277 | 114 | 33 | 10.6 |
| 14 | 4 | 12 | 7 | 12 | 8 | 10 | 9 | 12 | 6 | 3 | 3 | 9 | 18 | 49 | 403 | 290 | 41 | 10.2 |
| 15 | 1 | 18 | 13 | 13 | 6 | 10 | 3 | 8 | 5 | 2 | 2 | 3 | 9 | 14 | 176 | 559 | 70 | 10.4 |
| 16 | 0 | 14 | 11 | 8 | 13 | 13 | 11 | 6 | 6 | 1 | 1 | 3 | 7 | 4 | 34 | 114 | 61 | 3.5 |
| 観測値 出現率% | 0.4 | 1.6 | 1.4 | 1.6 | 3 | 6.7 | 15.3 | 14.7 | 5.1 | 2.9 | 2.2 | 3.2 | 5.2 | 5.5 | 12.1 | 15.1 | 4 | 100 |

注：太数字は各風向の観測値の出現頻度に対する推定値の最大出現時間数。対角要素の出現時間数は観測値の風向と一致する時間数を表す。

風向の観測値と推定値の出現時間数の分布 (札幌、2018年)

| 推定値 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 推定値 出現率% |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 23 | 16 | 11 | 13 | 15 | 31 | 19 | 12 | 3 | 8 | 13 | 15 | 11 | 43 | 65 | 45 | 3.9 |
| 2 | 2 | 18 | 13 | 12 | 27 | 25 | 38 | 30 | 18 | 10 | 6 | 12 | 8 | 15 | 20 | 37 | 37 | 3.7 |
| 3 | 4 | 16 | 14 | 24 | 32 | 42 | 57 | 61 | 27 | 9 | 11 | 5 | 9 | 11 | 12 | 29 | 27 | 4.5 |
| 4 | 9 | 12 | 10 | 19 | 42 | 58 | 109 | 60 | 28 | 17 | 5 | 11 | 10 | 12 | 13 | 32 | 23 | 5.4 |
| 5 | 2 | 6 | 6 | 16 | 61 | 149 | 196 | 120 | 51 | 22 | 10 | 9 | 6 | 4 | 8 | 24 | 24 | 8.2 |
| 6 | 1 | 5 | 3 | 7 | 50 | 165 | 414 | 234 | 42 | 16 | 8 | 9 | 3 | 6 | 10 | 27 | 5 | 11.5 |
| 7 | 2 | 2 | 5 | 11 | 12 | 69 | 335 | 434 | 72 | 18 | 8 | 4 | 3 | 2 | 7 | 10 | 8 | 11.4 |
| 8 | 1 | 2 | 0 | 2 | 6 | 34 | 74 | 84 | 43 | 26 | 10 | 7 | 6 | 4 | 1 | 9 | 7 | 3.6 |
| 9 | 3 | 1 | 5 | 1 | 5 | 8 | 37 | 47 | 33 | 25 | 12 | 10 | 7 | 3 | 7 | 9 | 2 | 2.5 |
| 10 | 0 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 39 | 38 | 44 | 33 | 20 | 13 | 4 | 8 | 6 | 7 | 6 | 2.7 |
| 11 | 1 | 4 | 2 | 6 | 4 | 17 | 25 | 36 | 21 | 25 | 18 | 36 | 25 | 16 | 12 | 13 | 5 | 3 |
| 12 | 2 | 13 | 5 | 5 | 8 | 13 | 9 | 22 | 21 | 19 | 24 | 54 | 64 | 62 | 40 | 23 | 14 | 4.5 |
| 13 | 3 | 15 | 8 | 10 | 6 | 11 | 20 | 27 | 15 | 11 | 17 | 43 | 103 | 187 | 171 | 80 | 29 | 8.6 |
| 14 | 2 | 17 | 7 | 1 | 8 | 4 | 10 | 17 | 13 | 7 | 7 | 23 | 62 | 109 | 315 | 200 | 20 | 9.4 |
| 15 | 0 | 16 | 10 | 3 | 11 | 9 | 10 | 9 | 4 | 7 | 10 | 21 | 21 | 54 | 248 | 494 | 65 | 11.3 |
| 16 | 6 | 27 | 16 | 9 | 8 | 13 | 11 | 17 | 13 | 4 | 2 | 11 | 15 | 38 | 80 | 168 | 65 | 5.7 |
| 観測値 出現率% | 0.4 | 2.1 | 1.4 | 1.6 | 3.4 | 7.3 | 16.2 | 14.3 | 5.2 | 2.9 | 2 | 3.2 | 4.1 | 6.2 | 11.3 | 14 | 4.4 | 100 |

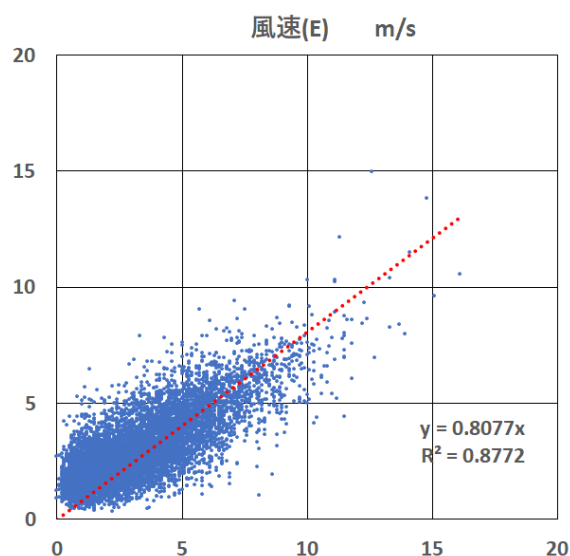
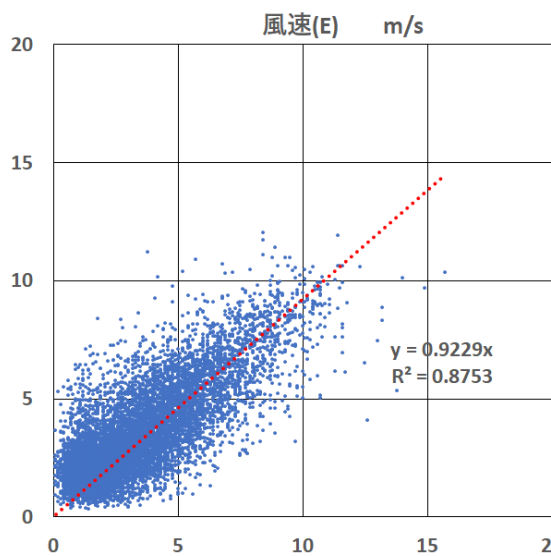


図 1(c) 風速 (札幌。左 2014 年, 右 2018 年)

日照率の観測値と推定値の出現時間数の分布（札幌、2014年）

| 推定値 | 0.0-.05 | .05-.15 | .15-.25 | .25-.35 | .35-.45 | .45-.55 | .55-.65 | .65-.75 | .75-.85 | .85-.95 | .95-1.0 | 推定値 出現率(%) |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|---------------|
| 0.0-.05 | 5089 | 12 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58.3 |
| .05-.15 | 376 | 36 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.8 |
| .15-.25 | 230 | 55 | 30 | 16 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.8 |
| .25-.35 | 110 | 56 | 31 | 23 | 8 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.6 |
| .35-.45 | 39 | 44 | 53 | 25 | 22 | 12 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2.3 |
| .45-.55 | 35 | 28 | 39 | 37 | 39 | 33 | 9 | 1 | 5 | 0 | 0 | 2.6 |
| .55-.65 | 8 | 14 | 25 | 18 | 32 | 36 | 12 | 10 | 7 | 6 | 2 | 1.9 |
| .65-.75 | 5 | 12 | 14 | 26 | 34 | 38 | 28 | 31 | 13 | 14 | 10 | 2.6 |
| .75-.85 | 2 | 1 | 5 | 6 | 24 | 37 | 36 | 26 | 27 | 20 | 49 | 2.7 |
| .85-.95 | 9 | 0 | 4 | 8 | 9 | 24 | 33 | 42 | 44 | 38 | 102 | 3.6 |
| .95-1.0 | 54 | 9 | 13 | 8 | 3 | 5 | 12 | 41 | 79 | 125 | 944 | 14.8 |
| 観測値 出現率% | 68 | 3 | 2.6 | 1.9 | 2 | 2.1 | 1.5 | 1.8 | 2 | 2.3 | 12.6 | 100 |

注：日照率0.0-0.5の観測値の出現総時間数には夜間で日照がない時間数4187時間が含まれている。

日照率の観測値と推定値の出現時間数の分布（札幌、2018年）

| 推定値 | 0.0-.05 | .05-.15 | .15-.25 | .25-.35 | .35-.45 | .45-.55 | .55-.65 | .65-.75 | .75-.85 | .85-.95 | .95-1.0 | 推定値 出現率% |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| 0.0-.05 | 5259 | 10 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60.2 |
| .05-.15 | 430 | 30 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.3 |
| .15-.25 | 193 | 61 | 10 | 9 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.1 |
| .25-.35 | 118 | 50 | 42 | 18 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.7 |
| .35-.45 | 83 | 46 | 49 | 28 | 21 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.6 |
| .45-.55 | 29 | 29 | 40 | 50 | 31 | 9 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2.3 |
| .55-.65 | 14 | 13 | 20 | 34 | 36 | 23 | 14 | 4 | 8 | 2 | 0 | 1.9 |
| .65-.75 | 11 | 8 | 9 | 31 | 28 | 31 | 26 | 21 | 17 | 8 | 4 | 2.2 |
| .75-.85 | 2 | 2 | 7 | 8 | 27 | 32 | 31 | 27 | 19 | 13 | 19 | 2.1 |
| .85-.95 | 8 | 3 | 2 | 1 | 13 | 18 | 44 | 32 | 33 | 39 | 50 | 2.8 |
| .95-1.0 | 48 | 2 | 12 | 8 | 2 | 9 | 19 | 56 | 92 | 138 | 904 | 14.7 |
| 観測値 出現率% | 70.7 | 2.9 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.4 | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 2.3 | 11.2 | 100 |

注：日照率0.0-0.5の観測値の出現総時間数には夜間で日照がない時間数4186時間が含まれている。

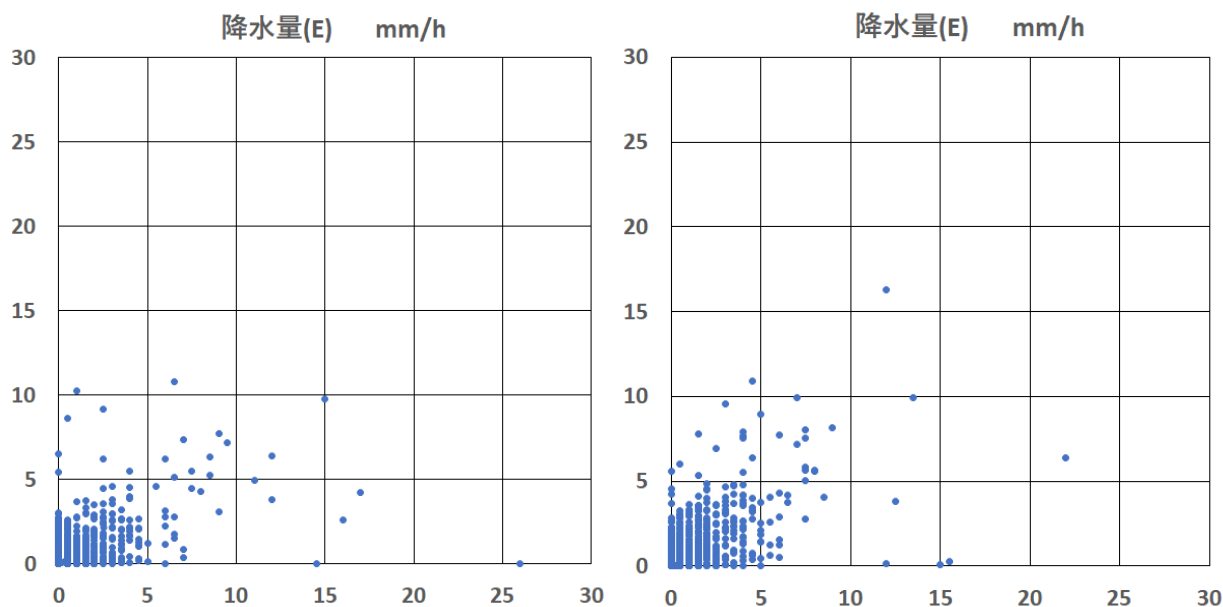


図 1(d) 降水量（札幌。左 2014 年，右 2018 年）

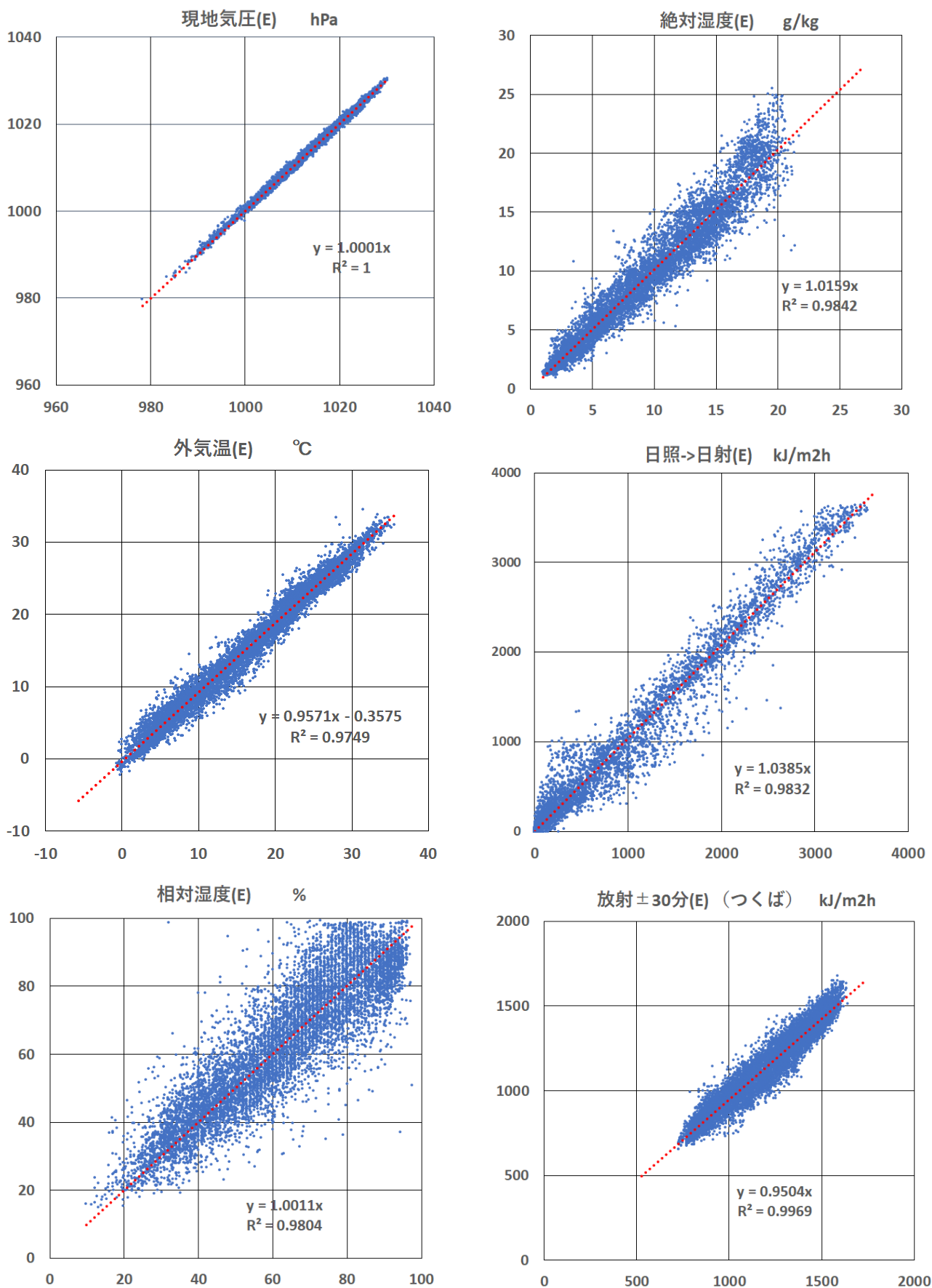


図 2(a) 時刻別観測値と推定値の比較 (横軸：観測値, 縦軸：推定値) (東京 2014 年) 大気放射量はつくば。

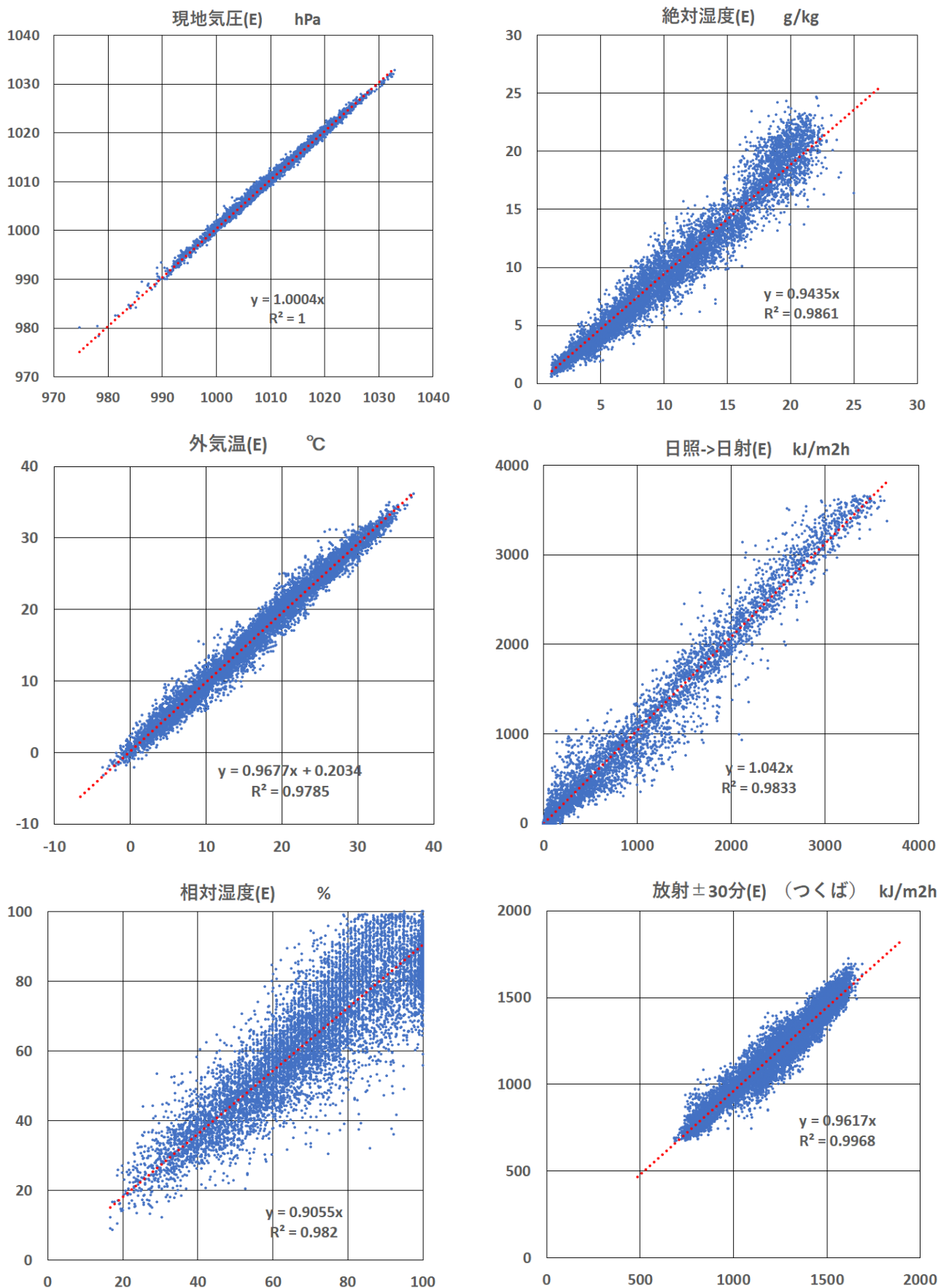


図 2(b) 時刻別観測値と推定値の比較（横軸：観測値，縦軸：推定値）（東京 2018 年）大気放射量はつくば。

風向の観測値と推定値の出現時間数の分布（東京、2014年）

| 推定値 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 推定値 出現率% |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 162 | 91 | 26 | 13 | 6 | 4 | 8 | 9 | 6 | 0 | 4 | 4 | 17 | 39 | 131 | 106 | 7.2 |
| 2 | 0 | 99 | 128 | 63 | 20 | 8 | 6 | 6 | 8 | 1 | 2 | 1 | 2 | 9 | 17 | 36 | 26 | 4.9 |
| 3 | 0 | 32 | 67 | 79 | 41 | 18 | 10 | 11 | 9 | 3 | 0 | 2 | 3 | 8 | 15 | 16 | 17 | 3.8 |
| 4 | 0 | 9 | 28 | 48 | 49 | 44 | 36 | 30 | 8 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 5 | 13 | 7 | 3.3 |
| 5 | 2 | 11 | 22 | 18 | 34 | 23 | 56 | 50 | 12 | 2 | 4 | 2 | 5 | 8 | 4 | 14 | 4 | 3.1 |
| 6 | 0 | 4 | 3 | 11 | 6 | 20 | 95 | 123 | 42 | 12 | 7 | 3 | 3 | 5 | 8 | 7 | 3 | 4 |
| 7 | 0 | 8 | 5 | 7 | 4 | 10 | 104 | 269 | 122 | 18 | 8 | 5 | 1 | 0 | 4 | 4 | 10 | 6.6 |
| 8 | 0 | 6 | 5 | 4 | 4 | 7 | 67 | 317 | 417 | 122 | 26 | 11 | 5 | 12 | 15 | 9 | 7 | 11.8 |
| 9 | 0 | 10 | 3 | 3 | 1 | 5 | 9 | 42 | 276 | 215 | 32 | 18 | 11 | 10 | 14 | 12 | 5 | 7.6 |
| 10 | 1 | 4 | 5 | 1 | 0 | 0 | 3 | 14 | 43 | 61 | 19 | 8 | 10 | 21 | 10 | 10 | 4 | 2.4 |
| 11 | 2 | 10 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 4 | 19 | 36 | 24 | 12 | 10 | 17 | 13 | 9 | 0 | 1.8 |
| 12 | 1 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 13 | 19 | 26 | 14 | 11 | 28 | 12 | 11 | 6 | 1.8 |
| 13 | 0 | 8 | 4 | 2 | 0 | 0 | 1 | 4 | 7 | 14 | 9 | 11 | 22 | 44 | 38 | 29 | 6 | 2.3 |
| 14 | 1 | 21 | 10 | 3 | 1 | 1 | 4 | 8 | 13 | 9 | 11 | 6 | 10 | 114 | 187 | 115 | 22 | 6.1 |
| 15 | 1 | 75 | 28 | 11 | 7 | 7 | 3 | 17 | 8 | 9 | 7 | 7 | 12 | 100 | 388 | 899 | 141 | 19.6 |
| 16 | 2 | 142 | 65 | 23 | 8 | 5 | 3 | 9 | 9 | 1 | 4 | 2 | 5 | 31 | 115 | 562 | 205 | 13.6 |
| 観測値 出現率% | 0.1 | 6.9 | 5.3 | 3.4 | 2.2 | 1.8 | 4.6 | 10.5 | 11.6 | 6.1 | 2.1 | 1.2 | 1.3 | 4.9 | 10.1 | 21.4 | 6.5 | 100 |

注：太数字は各風向の観測値の出現頻度に対する推定値の最大出現時間数。対角要素の出現時間数は観測値の風向と一致する時間数を表す。

風向の観測値と推定値の出現時間数の分布（東京、2018年）

| 推定値 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 推定値 出現率% |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|----|-----|-----|-----|------|------|-----|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 194 | 125 | 54 | 22 | 15 | 7 | 8 | 7 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 44 | 96 | 103 | 7.9 |
| 2 | 0 | 74 | 128 | 61 | 24 | 16 | 10 | 9 | 5 | 3 | 3 | 2 | 1 | 10 | 11 | 25 | 34 | 4.7 |
| 3 | 0 | 18 | 61 | 94 | 52 | 13 | 13 | 12 | 15 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 12 | 5 | 8 | 3.6 |
| 4 | 0 | 8 | 18 | 27 | 46 | 44 | 43 | 24 | 13 | 5 | 0 | 2 | 1 | 2 | 5 | 5 | 5 | 2.8 |
| 5 | 0 | 7 | 9 | 20 | 33 | 29 | 62 | 42 | 16 | 2 | 3 | 1 | 2 | 8 | 6 | 4 | 6 | 2.9 |
| 6 | 1 | 3 | 11 | 4 | 8 | 22 | 116 | 116 | 45 | 15 | 5 | 2 | 3 | 6 | 3 | 1 | 2 | 4.1 |
| 7 | 1 | 3 | 2 | 2 | 6 | 17 | 139 | 206 | 110 | 24 | 8 | 3 | 4 | 4 | 8 | 2 | 1 | 6.2 |
| 8 | 0 | 0 | 2 | 4 | 1 | 5 | 89 | 269 | 491 | 137 | 16 | 5 | 3 | 7 | 3 | 5 | 7 | 11.9 |
| 9 | 1 | 1 | 5 | 0 | 2 | 3 | 9 | 27 | 354 | 292 | 39 | 13 | 5 | 7 | 3 | 1 | 2 | 8.7 |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 8 | 34 | 68 | 35 | 12 | 9 | 11 | 8 | 8 | 4 | 2.3 |
| 11 | 0 | 4 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | 12 | 31 | 18 | 22 | 15 | 14 | 11 | 4 | 2 | 1.6 |
| 12 | 0 | 5 | 5 | 1 | 0 | 0 | 3 | 4 | 5 | 10 | 17 | 15 | 15 | 29 | 16 | 12 | 3 | 1.6 |
| 13 | 0 | 7 | 6 | 2 | 2 | 2 | 1 | 5 | 13 | 8 | 9 | 8 | 17 | 35 | 44 | 17 | 11 | 2.1 |
| 14 | 0 | 13 | 12 | 7 | 2 | 3 | 7 | 6 | 8 | 6 | 5 | 9 | 17 | 96 | 191 | 67 | 30 | 5.5 |
| 15 | 0 | 84 | 39 | 22 | 8 | 9 | 9 | 7 | 10 | 8 | 10 | 5 | 14 | 94 | 451 | 625 | 166 | 17.8 |
| 16 | 2 | 218 | 127 | 60 | 19 | 8 | 10 | 19 | 8 | 5 | 1 | 2 | 7 | 35 | 219 | 431 | 247 | 16.2 |
| 観測値 出現率% | 0.1 | 7.3 | 6.3 | 4.1 | 2.6 | 2.1 | 5.9 | 8.7 | 13.1 | 7 | 2 | 1.2 | 1.4 | 4.2 | 11.8 | 14.9 | 7.2 | 100 |

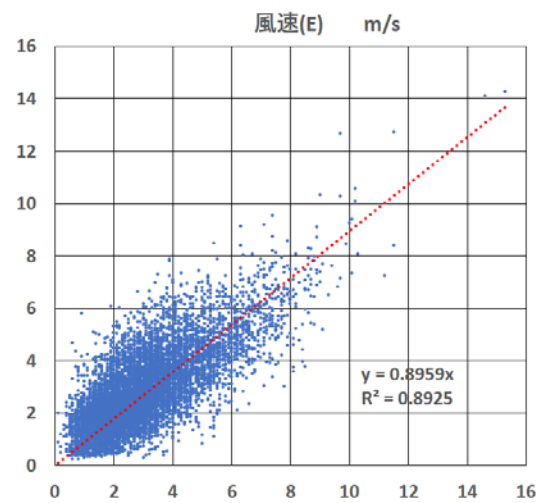
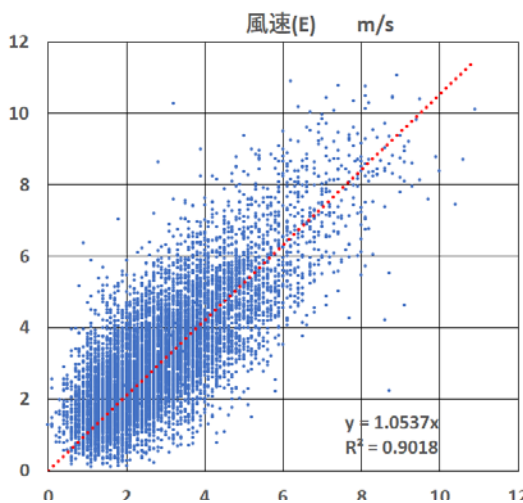


図 2(c) 風速（東京。左 2014 年，右 2018 年）

日照率の観測値と推定値の出現時間数の分布（東京、2014年）

| 推定値 | 0.0-.05 | .05-.15 | .15-.25 | .25-.35 | .35-.45 | .45-.55 | .55-.65 | .65-.75 | .75-.85 | .85-.95 | .95-1.0 | 推定値 出現率% |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| 0.0-.05 | 5328 | 14 | 8 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 61.3 |
| .05-.15 | 304 | 25 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.9 |
| .15-.25 | 152 | 38 | 13 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2.4 |
| .25-.35 | 74 | 42 | 27 | 12 | 5 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.9 |
| .35-.45 | 35 | 31 | 35 | 29 | 13 | 11 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1.8 |
| .45-.55 | 11 | 25 | 33 | 36 | 25 | 21 | 12 | 4 | 4 | 1 | 0 | 2 |
| .55-.65 | 5 | 9 | 25 | 25 | 26 | 40 | 23 | 8 | 7 | 3 | 0 | 2 |
| .65-.75 | 6 | 6 | 15 | 17 | 15 | 37 | 32 | 27 | 10 | 11 | 7 | 2.1 |
| .75-.85 | 5 | 2 | 4 | 13 | 10 | 20 | 26 | 47 | 27 | 23 | 32 | 2.4 |
| .85-.95 | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 | 8 | 28 | 51 | 59 | 46 | 128 | 3.8 |
| .95-1.0 | 25 | 2 | 1 | 4 | 2 | 5 | 10 | 26 | 44 | 125 | 1205 | 16.5 |
| 観測値 出現率% | 67.9 | 2.2 | 2 | 1.7 | 1.2 | 1.7 | 1.5 | 1.9 | 1.7 | 2.4 | 15.8 | 100 |

注：日照率0.0-0.5の観測値の出現総時間数には夜間で日照がない時間数4241時間が含まれている。

日照率の観測値と推定値の出現時間数の分布（東京、2018年）

| 推定値 | 0.0-.05 | .05-.15 | .15-.25 | .25-.35 | .35-.45 | .45-.55 | .55-.65 | .65-.75 | .75-.85 | .85-.95 | .95-1.0 | 推定値 出現率% |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| 0.0-.05 | 5265 | 17 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60.4 |
| .05-.15 | 341 | 23 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.2 |
| .15-.25 | 158 | 39 | 26 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.6 |
| .25-.35 | 69 | 47 | 42 | 21 | 9 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.2 |
| .35-.45 | 34 | 35 | 38 | 33 | 13 | 8 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1.9 |
| .45-.55 | 17 | 17 | 25 | 33 | 27 | 11 | 9 | 7 | 2 | 0 | 0 | 1.7 |
| .55-.65 | 9 | 5 | 28 | 33 | 42 | 40 | 14 | 14 | 6 | 6 | 2 | 2.3 |
| .65-.75 | 8 | 1 | 15 | 9 | 12 | 29 | 23 | 17 | 17 | 7 | 15 | 1.7 |
| .75-.85 | 4 | 0 | 5 | 5 | 12 | 18 | 42 | 41 | 25 | 23 | 25 | 2.3 |
| .85-.95 | 4 | 6 | 4 | 3 | 5 | 12 | 27 | 31 | 53 | 65 | 106 | 3.6 |
| .95-1.0 | 27 | 6 | 7 | 2 | 3 | 8 | 8 | 19 | 59 | 123 | 1236 | 17.1 |
| 観測値 出現率% | 67.8 | 2.2 | 2.3 | 1.7 | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 1.9 | 2.6 | 15.8 | 100 |

注：日照率0.0-0.5の観測値の出現総時間数には夜間で日照がない時間数4247時間が含まれている。

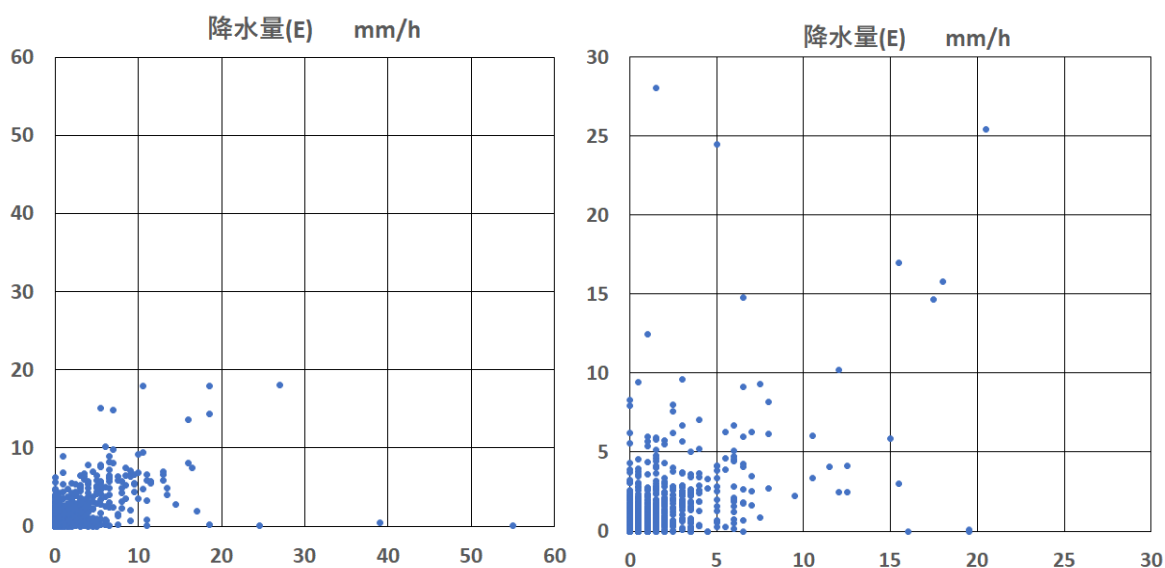


図 2(d) 降水量（東京。左 2014 年，右 2018 年）

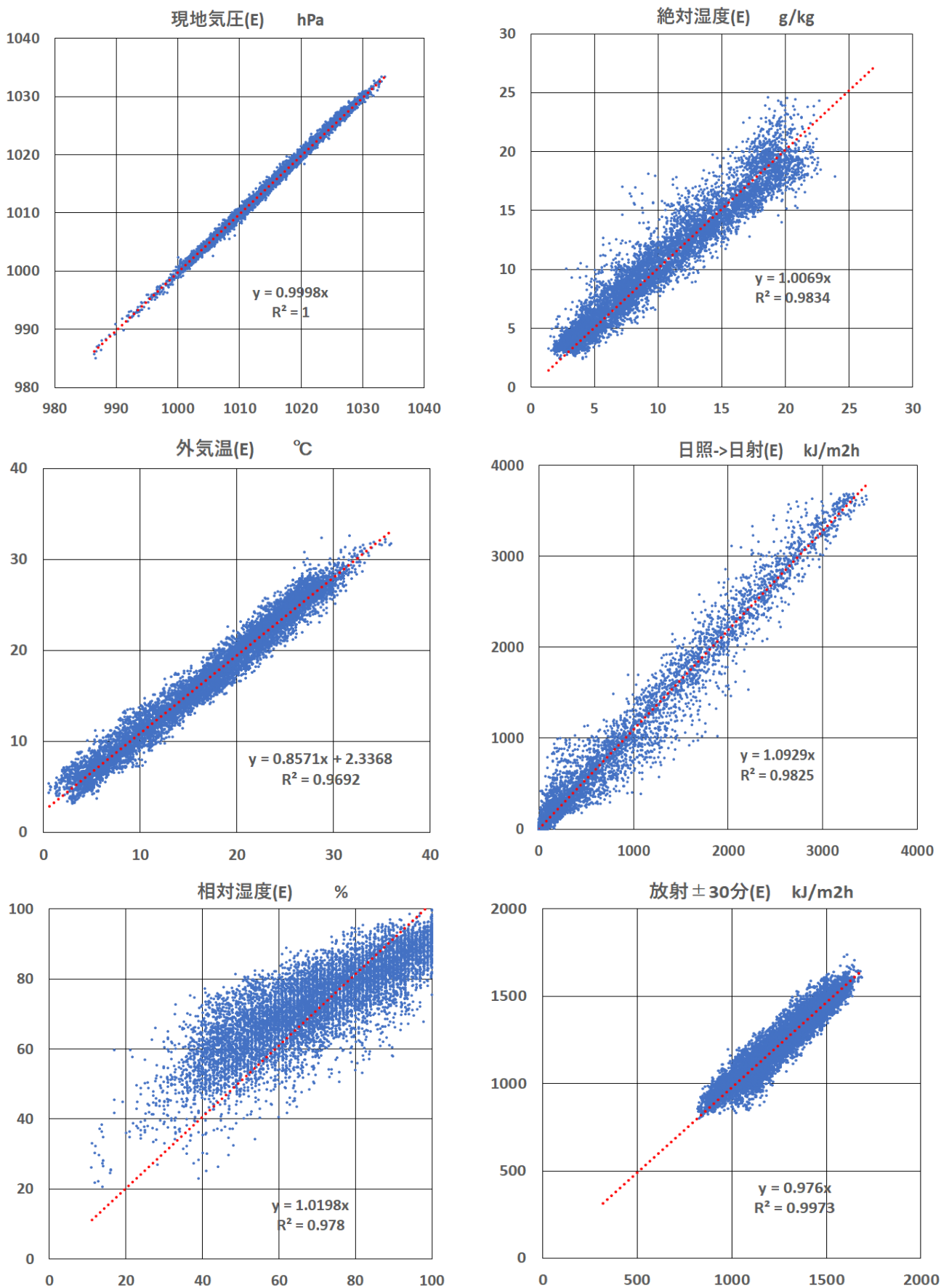


図 3(a) 時刻別観測値と推定値の比較 (横軸：観測値, 縦軸：推定値) (福岡 2014 年)

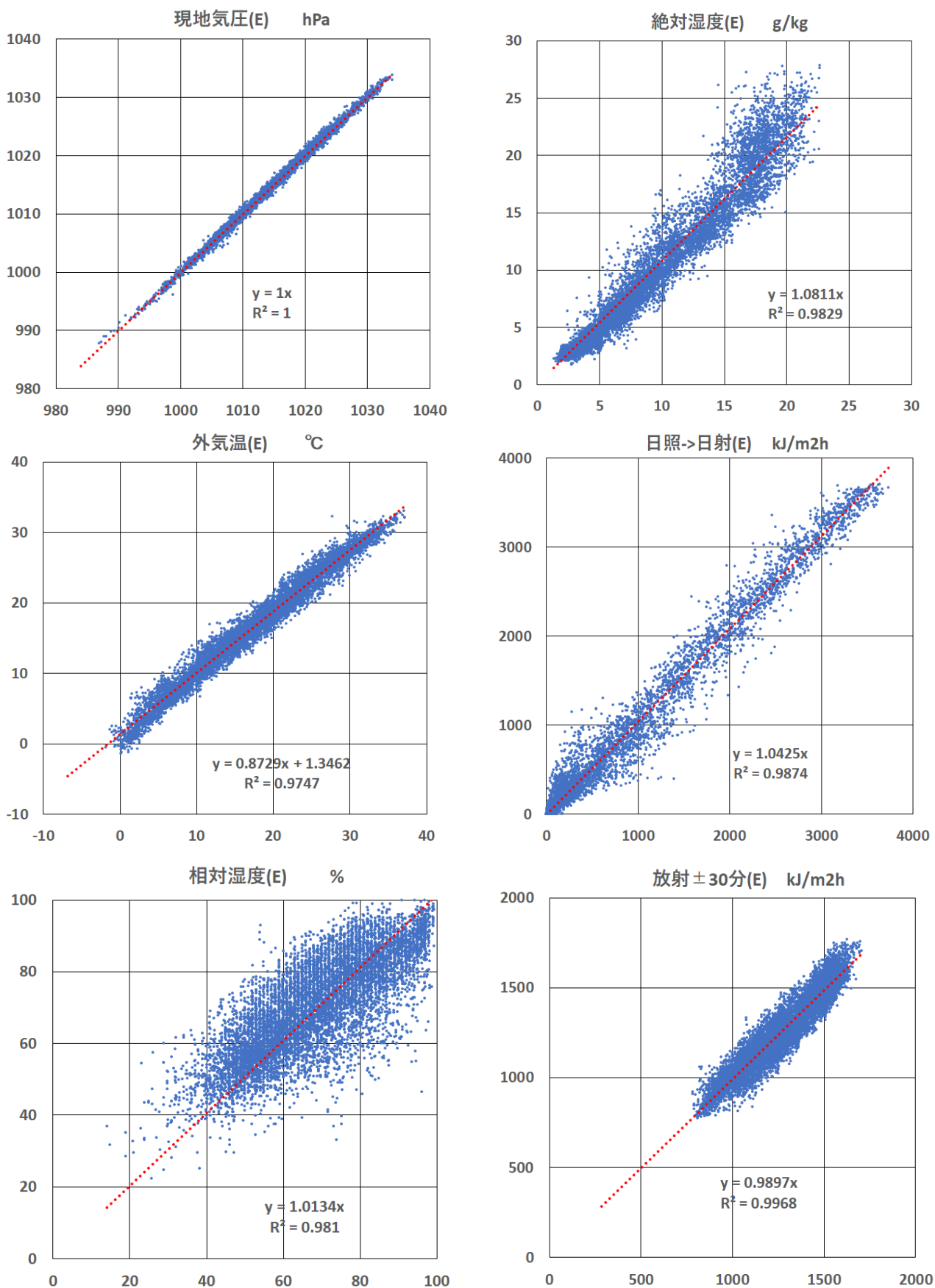


図 3(b) 時刻別観測値と推定値の比較 (横軸：観測値, 縦軸：推定値) (福岡 2018 年)

風向の観測値と推定値の出現時間数の分布（福岡、2014年）

| 推定値 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 推定値 出現率% | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|------|-------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 182 | 28 | 6 | 5 | 1 | 3 | 8 | 7 | 20 | 35 | 21 | 13 | 12 | 19 | 47 | 222 | 7.2 | |
| 2 | 1 | 161 | 129 | 39 | 14 | 7 | 13 | 16 | 13 | 21 | 35 | 22 | 5 | 11 | 10 | 21 | 102 | 7.1 | |
| 3 | 4 | 34 | 89 | 64 | 25 | 32 | 40 | 34 | 27 | 21 | 38 | 24 | 7 | 4 | 5 | 9 | 31 | 5.6 | |
| 4 | 1 | 9 | 17 | 22 | 27 | 41 | 61 | 59 | 27 | 16 | 16 | 10 | 1 | 4 | 5 | 6 | 22 | 3.9 | |
| 5 | 3 | 13 | 5 | 5 | 18 | 81 | 159 | 80 | 32 | 31 | 14 | 5 | 2 | 5 | 1 | 7 | 16 | 5.4 | |
| 6 | 2 | 10 | 3 | 1 | 15 | 127 | 268 | 150 | 67 | 22 | 22 | 6 | 4 | 3 | 3 | 8 | 16 | 8.3 | |
| 7 | 1 | 8 | 4 | 6 | 14 | 65 | 234 | 225 | 81 | 27 | 15 | 7 | 2 | 1 | 6 | 9 | 10 | 8.2 | |
| 8 | 1 | 6 | 3 | 4 | 6 | 54 | 128 | 128 | 76 | 36 | 14 | 6 | 3 | 5 | 5 | 6 | 11 | 5.6 | |
| 9 | 3 | 6 | 0 | 2 | 1 | 26 | 74 | 54 | 42 | 34 | 12 | 6 | 3 | 2 | 6 | 3 | 10 | 3.2 | |
| 10 | 0 | 5 | 0 | 0 | 3 | 13 | 41 | 40 | 30 | 35 | 20 | 9 | 7 | 1 | 0 | 3 | 8 | 2.5 | |
| 11 | 1 | 7 | 2 | 1 | 3 | 13 | 24 | 21 | 19 | 30 | 40 | 33 | 10 | 7 | 4 | 6 | 9 | 2.6 | |
| 12 | 1 | 7 | 3 | 1 | 1 | 14 | 27 | 26 | 12 | 16 | 38 | 70 | 72 | 57 | 29 | 11 | 14 | 4.6 | |
| 13 | 0 | 12 | 3 | 2 | 3 | 9 | 22 | 32 | 13 | 34 | 52 | 66 | 90 | 249 | 116 | 86 | 66 | 9.8 | |
| 14 | 0 | 17 | 6 | 1 | 1 | 9 | 25 | 37 | 15 | 15 | 23 | 16 | 23 | 52 | 156 | 258 | 184 | 9.6 | |
| 15 | 0 | 22 | 7 | 1 | 0 | 8 | 19 | 21 | 14 | 10 | 13 | 7 | 11 | 9 | 42 | 191 | 305 | 7.8 | |
| 16 | 0 | 54 | 17 | 2 | 3 | 7 | 4 | 8 | 13 | 5 | 16 | 10 | 7 | 14 | 28 | 128 | 451 | 8.8 | |
| 観測値 出現率% | 0.2 | 6.3 | 3.6 | 1.8 | 1.6 | 5.8 | 13 | 10.7 | 5.6 | 4.3 | 4.6 | 3.6 | 3 | 5 | 5 | 9.1 | 16.9 | 100 | |

注：太数字は各風向の観測値の出現頻度に対する推定値の最大出現時間数。対角要素の出現時間数は観測値の風向と一致する時間数を表す。

風向の観測値と推定値の出現時間数の分布（福岡、2018年）

| 推定値 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 推定値 出現率% | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 145 | 24 | 5 | 3 | 6 | 14 | 15 | 8 | 12 | 27 | 7 | 7 | 4 | 15 | 53 | 270 | 7 | |
| 2 | 0 | 117 | 80 | 33 | 13 | 14 | 14 | 19 | 14 | 28 | 33 | 16 | 8 | 6 | 13 | 16 | 79 | 5.7 | |
| 3 | 4 | 28 | 55 | 41 | 20 | 23 | 34 | 27 | 21 | 33 | 30 | 16 | 2 | 2 | 7 | 9 | 21 | 4.3 | |
| 4 | 3 | 10 | 24 | 32 | 37 | 63 | 87 | 66 | 25 | 22 | 18 | 15 | 5 | 5 | 6 | 16 | 17 | 5.1 | |
| 5 | 2 | 12 | 17 | 5 | 36 | 130 | 228 | 127 | 36 | 26 | 16 | 8 | 2 | 3 | 7 | 8 | 13 | 7.7 | |
| 6 | 1 | 6 | 9 | 7 | 29 | 125 | 279 | 159 | 46 | 19 | 14 | 7 | 6 | 3 | 9 | 5 | 10 | 8.4 | |
| 7 | 2 | 1 | 1 | 5 | 9 | 88 | 250 | 153 | 56 | 20 | 12 | 5 | 7 | 2 | 1 | 5 | 7 | 7.1 | |
| 8 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 27 | 103 | 94 | 64 | 46 | 10 | 10 | 1 | 4 | 1 | 8 | 6 | 4.5 | |
| 9 | 0 | 5 | 3 | 1 | 2 | 20 | 44 | 39 | 47 | 70 | 8 | 8 | 2 | 3 | 9 | 5 | 4 | 3.1 | |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 9 | 54 | 17 | 16 | 36 | 14 | 10 | 4 | 2 | 4 | 5 | 8 | 2.1 | |
| 11 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 13 | 34 | 24 | 15 | 16 | 27 | 31 | 11 | 2 | 6 | 7 | 11 | 2.3 | |
| 12 | 1 | 8 | 2 | 2 | 1 | 7 | 14 | 18 | 14 | 29 | 31 | 91 | 62 | 50 | 20 | 17 | 9 | 4.3 | |
| 13 | 1 | 13 | 3 | 1 | 4 | 12 | 19 | 18 | 15 | 28 | 29 | 62 | 139 | 254 | 125 | 66 | 43 | 9.5 | |
| 14 | 0 | 11 | 5 | 4 | 2 | 7 | 15 | 25 | 10 | 23 | 25 | 20 | 27 | 51 | 168 | 330 | 168 | 10.2 | |
| 15 | 0 | 19 | 6 | 3 | 3 | 15 | 23 | 16 | 5 | 11 | 28 | 15 | 7 | 18 | 62 | 339 | 382 | 10.9 | |
| 16 | 2 | 55 | 12 | 7 | 3 | 10 | 14 | 23 | 7 | 14 | 13 | 14 | 2 | 11 | 22 | 123 | 350 | 7.8 | |
| 観測値 出現率% | 0.3 | 5 | 2.8 | 1.7 | 1.9 | 6.5 | 14 | 9.6 | 4.6 | 4.9 | 3.8 | 3.8 | 3.3 | 4.8 | 5.4 | 11.6 | 16 | 100 | |

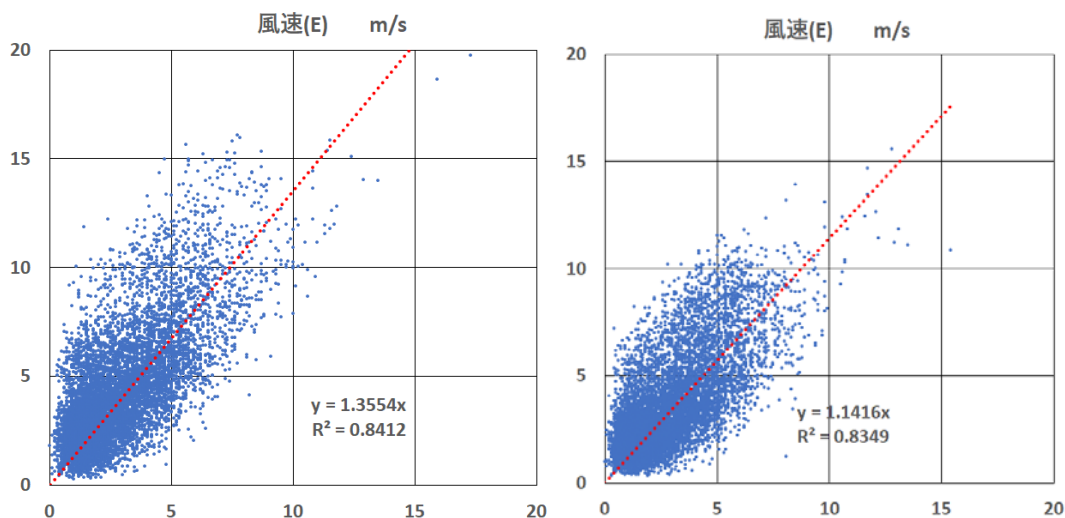


図 3(c) 風速（福岡。左 2014 年，右 2018 年）

日照率の観測値と推定値の出現時間数の分布（福岡、2014年）

| 推定値 | 0.0-.05 | .05-.15 | .15-.25 | .25-.35 | .35-.45 | .45-.55 | .55-.65 | .65-.75 | .75-.85 | .85-.95 | .95-1.0 | 推定値 出現率% |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| 0.0-.05 | 5563 | 22 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63.8 |
| .05-.15 | 368 | 69 | 18 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.2 |
| .15-.25 | 124 | 68 | 45 | 24 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.1 |
| .25-.35 | 52 | 40 | 50 | 31 | 16 | 7 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2.3 |
| .35-.45 | 22 | 29 | 35 | 31 | 40 | 18 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2.1 |
| .45-.55 | 9 | 2 | 9 | 33 | 51 | 36 | 18 | 17 | 4 | 4 | 2 | 2.1 |
| .55-.65 | 4 | 1 | 5 | 14 | 36 | 31 | 21 | 39 | 15 | 10 | 11 | 2.1 |
| .65-.75 | 5 | 0 | 2 | 3 | 6 | 27 | 42 | 39 | 21 | 14 | 21 | 2.1 |
| .75-.85 | 6 | 1 | 1 | 0 | 2 | 13 | 36 | 38 | 23 | 31 | 58 | 2.4 |
| .85-.95 | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 9 | 31 | 50 | 47 | 169 | 3.7 |
| .95-1.0 | 22 | 11 | 3 | 5 | 3 | 1 | 1 | 8 | 31 | 65 | 831 | 11.2 |
| 観測値 出現率% | 70.5 | 2.8 | 2 | 1.7 | 1.8 | 1.6 | 1.6 | 2 | 1.6 | 2 | 12.5 | 100 |

注：日照率0.0-0.5の観測値の出現総時間数には夜間で日照がない時間数4213時間が含まれている。

日照率の観測値と推定値の出現時間数の分布（福岡、2018年）

| 推定値 | 0.0-.05 | .05-.15 | .15-.25 | .25-.35 | .35-.45 | .45-.55 | .55-.65 | .65-.75 | .75-.85 | .85-.95 | .95-1.0 | 推定値 出現率% |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| 0.0-.05 | 5374 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61.5 |
| .05-.15 | 297 | 57 | 13 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.2 |
| .15-.25 | 124 | 69 | 32 | 13 | 4 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.8 |
| .25-.35 | 50 | 46 | 46 | 37 | 10 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.2 |
| .35-.45 | 16 | 24 | 43 | 36 | 22 | 14 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.8 |
| .45-.55 | 13 | 9 | 25 | 24 | 37 | 16 | 7 | 8 | 3 | 3 | 1 | 1.7 |
| .55-.65 | 7 | 2 | 6 | 26 | 24 | 37 | 18 | 9 | 3 | 6 | 2 | 1.6 |
| .65-.75 | 1 | 0 | 3 | 9 | 13 | 28 | 35 | 20 | 8 | 27 | 10 | 1.8 |
| .75-.85 | 2 | 1 | 3 | 3 | 11 | 20 | 33 | 41 | 22 | 16 | 44 | 2.2 |
| .85-.95 | 6 | 1 | 3 | 3 | 6 | 16 | 25 | 37 | 44 | 48 | 107 | 3.4 |
| .95-1.0 | 31 | 8 | 6 | 6 | 3 | 4 | 3 | 21 | 54 | 123 | 1212 | 16.8 |
| 観測値 出現率% | 67.6 | 2.6 | 2.1 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.5 | 1.6 | 1.5 | 2.5 | 15.7 | 100 |

注：日照率0.0-0.5の観測値の出現総時間数には夜間で日照がない時間数4213時間が含まれている。

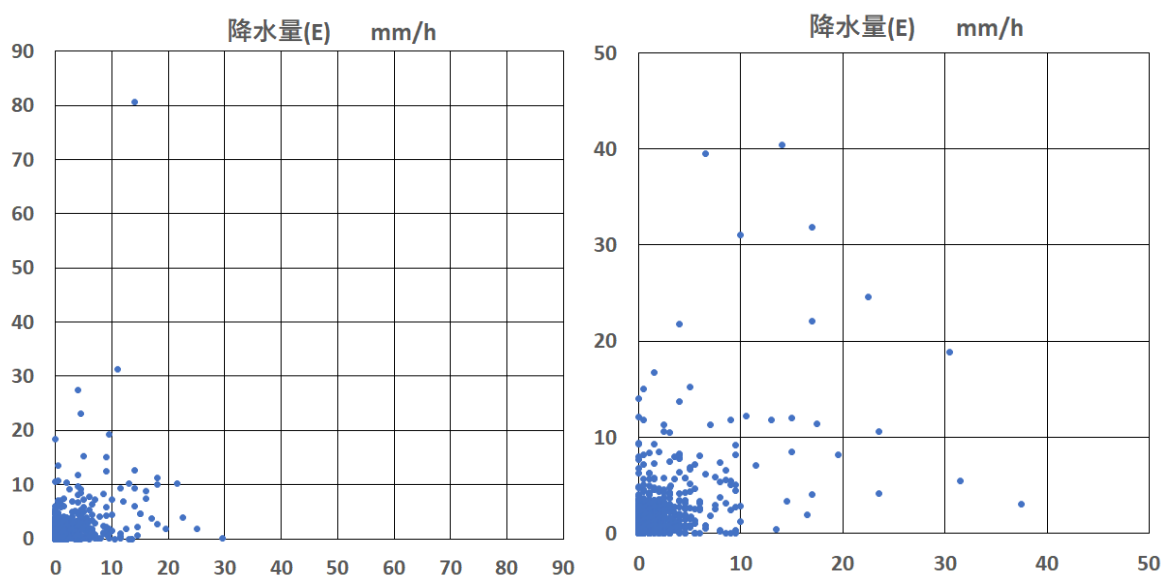


図3(d) 降水量（福岡。左2014年，右2018年）

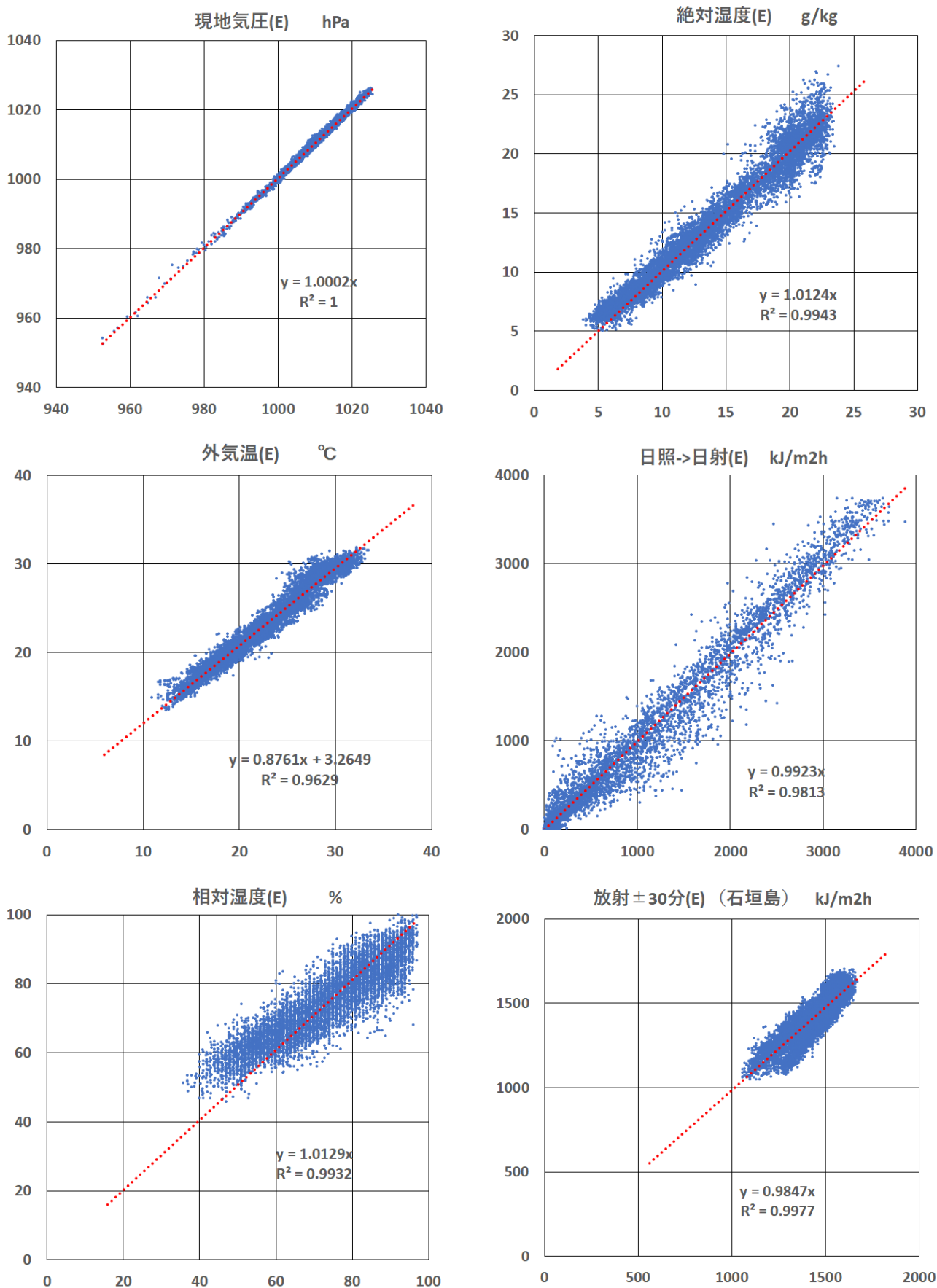


図 4(a) 時刻別観測値と推定値の比較 (横軸：観測値, 縦軸：推定値) (那覇 2014 年) 大気放射量は石垣島。

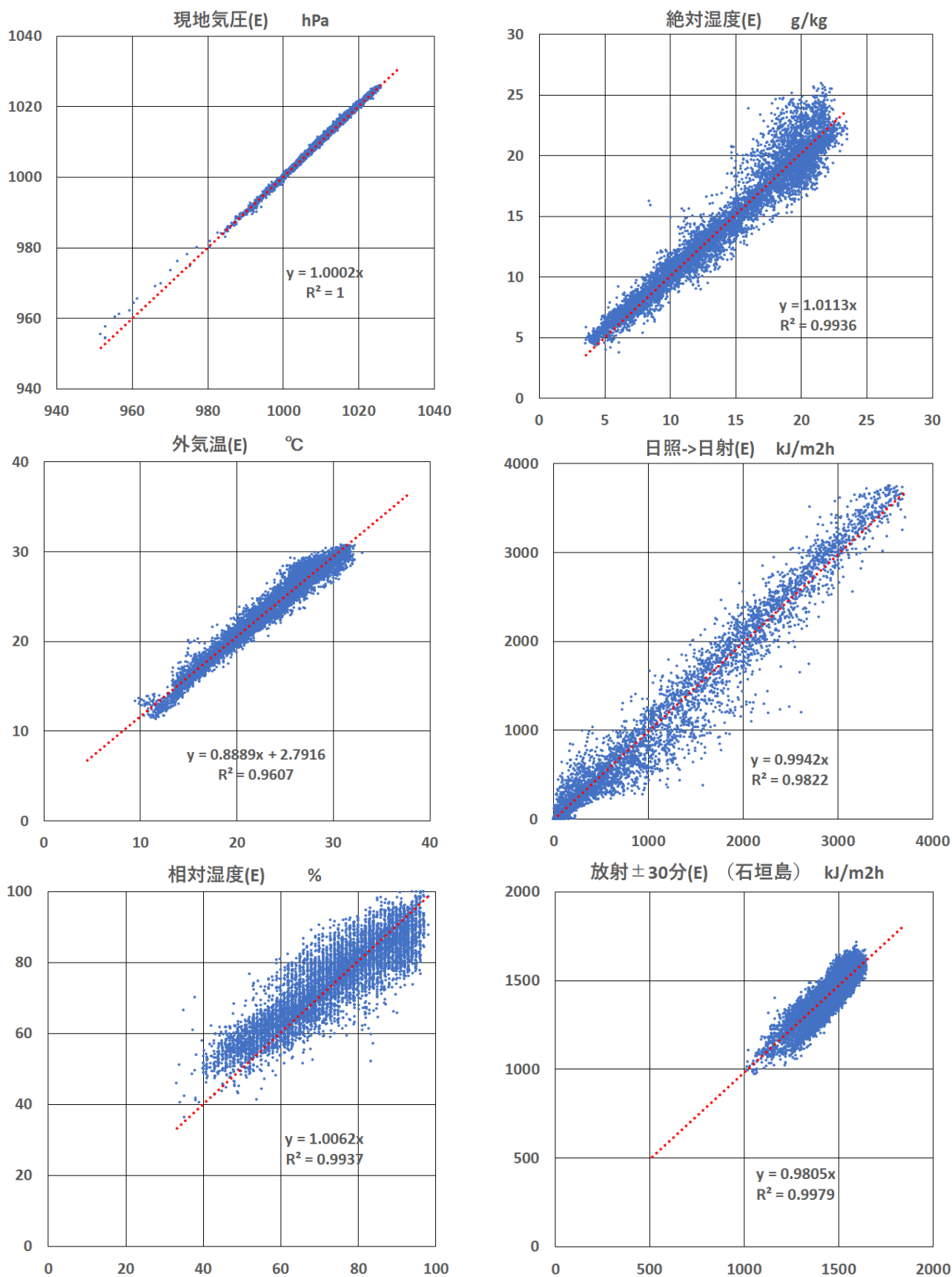


図 4(b) 時刻別観測値と推定値の比較 (横軸：観測値, 縦軸：推定値) (那覇 2018 年)。大気放射量は石垣島。

風向の観測値と推定値の出現時間数の分布（那覇、2014年）

| 推定値 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 推定値 出現率% |
|-------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 483 | 168 | 38 | 15 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 6 | 8 | 98 | 9.4 |
| 2 | 1 | 270 | 328 | 98 | 42 | 10 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 3 | 33 | 9.1 |
| 3 | 2 | 66 | 141 | 275 | 158 | 42 | 9 | 3 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 | 6 | 9 | 8.2 |
| 4 | 1 | 22 | 25 | 93 | 425 | 234 | 20 | 6 | 4 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 3 | 9.6 |
| 5 | 0 | 9 | 9 | 18 | 147 | 335 | 98 | 5 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | 7.2 |
| 6 | 1 | 8 | 1 | 9 | 22 | 138 | 246 | 19 | 5 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 5.3 |
| 7 | 0 | 1 | 6 | 5 | 9 | 35 | 281 | 169 | 18 | 4 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 6.2 |
| 8 | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 | 11 | 56 | 208 | 192 | 54 | 7 | 4 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 6.2 |
| 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 4 | 6 | 45 | 180 | 221 | 75 | 11 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 6.3 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 2 | 5 | 2 | 5 | 8 | 28 | 129 | 156 | 36 | 12 | 5 | 3 | 3 | 0 | 4.5 |
| 11 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 | 6 | 15 | 34 | 83 | 67 | 17 | 9 | 8 | 4 | 2 | 2.9 |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 10 | 20 | 31 | 21 | 20 | 17 | 14 | 1 | 1.7 |
| 13 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 5 | 16 | 18 | 60 | 28 | 17 | 5 | 1.8 |
| 14 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 2 | 5 | 8 | 15 | 21 | 83 | 63 | 16 | 2.6 |
| 15 | 0 | 15 | 5 | 6 | 3 | 3 | 8 | 3 | 1 | 6 | 0 | 6 | 3 | 4 | 29 | 253 | 287 | 7.2 |
| 16 | 0 | 247 | 38 | 16 | 5 | 5 | 5 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 | 32 | 665 | 11.7 |
| 観測値 出現率% | 0.1 | 12.9 | 8.3 | 6.4 | 9.6 | 9.4 | 8.6 | 5.5 | 5.3 | 5.4 | 4.1 | 2.1 | 1.1 | 1.5 | 2.2 | 4.7 | 12.9 | 100 |

注：太数字は各風向の観測値の出現頻度に対する推定値の最大出現時間数。対角要素の出現時間数は観測値の風向と一致する時間数を表す。

風向の観測値と推定値の出現時間数の分布（那覇、2018年）

| 推定値 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 推定値 出現率% |
|-------------|---|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 543 | 199 | 21 | 11 | 7 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5 | 127 | 10.5 |
| 2 | 0 | 411 | 550 | 98 | 27 | 6 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 32 | 13 |
| 3 | 0 | 59 | 156 | 338 | 199 | 25 | 2 | 2 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 5 | 9.1 |
| 4 | 1 | 18 | 29 | 113 | 512 | 192 | 8 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 10.1 |
| 5 | 0 | 6 | 5 | 6 | 112 | 441 | 103 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 8 | 7.9 |
| 6 | 0 | 3 | 3 | 4 | 18 | 157 | 371 | 23 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 6.7 |
| 7 | 0 | 2 | 1 | 1 | 7 | 23 | 256 | 188 | 30 | 7 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0 | 6 |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 0 | 6 | 10 | 52 | 165 | 175 | 39 | 12 | 3 | 4 | 0 | 2 | 2 | 3 | 5.4 |
| 9 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 10 | 37 | 174 | 230 | 49 | 14 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 6.1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 5 | 25 | 121 | 136 | 43 | 6 | 4 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 7 | 39 | 75 | 13 | 6 | 9 | 4 | 4 | 1.8 |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 16 | 42 | 48 | 11 | 11 | 6 | 0 | 1.6 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 4 | 8 | 25 | 57 | 25 | 2 | 2 | 1.5 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 6 | 0 | 26 | 65 | 62 | 11 | 2 |
| 15 | 0 | 4 | 2 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 7 | 33 | 238 | 121 | 4.7 |
| 16 | 0 | 184 | 19 | 5 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 | 68 | 541 | 9.6 |
| 観測値 出現率% | 0 | 14.1 | 11 | 6.7 | 10.3 | 10 | 9.3 | 5 | 4.8 | 4.7 | 3 | 2.2 | 1.2 | 1.3 | 2 | 4.6 | 9.8 | 100 |

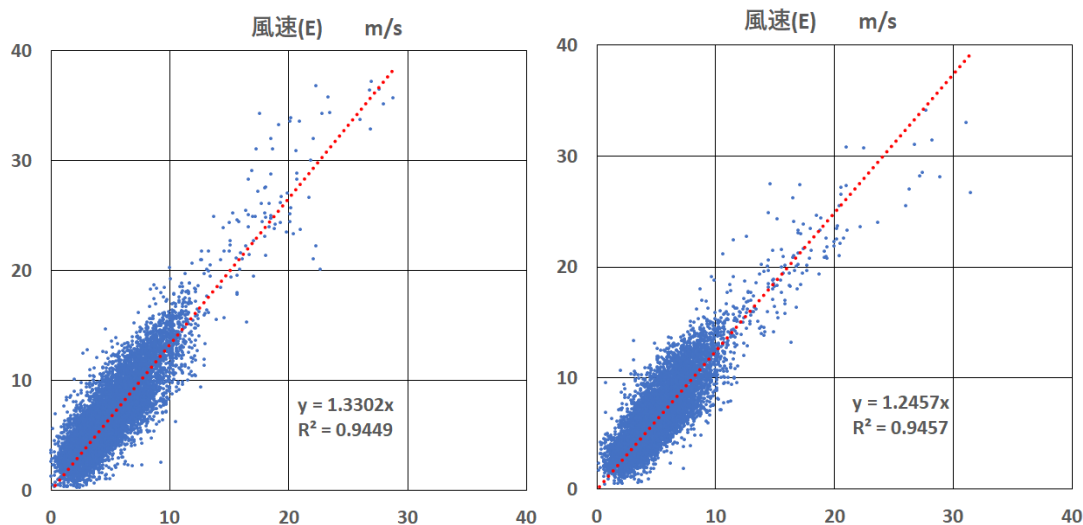


図4(c) 風速（那覇。左2014年，右2018年）

日照率の観測値と推定値の出現時間数の分布（那覇、2014年）

| 推定値 | 0.0-.05 | .05-.15 | .15-.25 | .25-.35 | .35-.45 | .45-.55 | .55-.65 | .65-.75 | .75-.85 | .85-.95 | .95-1.0 | 推定値 出現率% |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 0.0-.05 | 5179 | 23 | 9 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59.5 |
| .05-.15 | 383 | 37 | 9 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.9 |
| .15-.25 | 162 | 56 | 21 | 8 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.8 |
| .25-.35 | 73 | 73 | 49 | 23 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.6 |
| .35-.45 | 43 | 45 | 51 | 29 | 20 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.2 |
| .45-.55 | 23 | 28 | 48 | 50 | 44 | 16 | 9 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2.5 |
| .55-.65 | 6 | 11 | 22 | 51 | 63 | 36 | 27 | 6 | 2 | 1 | 1 | 2.6 |
| .65-.75 | 7 | 7 | 14 | 27 | 58 | 61 | 31 | 18 | 13 | 6 | 4 | 2.8 |
| .75-.85 | 3 | 1 | 4 | 11 | 26 | 65 | 70 | 59 | 19 | 19 | 10 | 3.3 |
| .85-.95 | 5 | 1 | 3 | 2 | 8 | 23 | 86 | 112 | 78 | 48 | 50 | 4.7 |
| .95-1.0 | 28 | 5 | 6 | 6 | 6 | 3 | 18 | 43 | 137 | 274 | 513 | 11.9 |
| 観測値 出現率% | 67.5 | 3.3 | 2.7 | 2.4 | 2.7 | 2.4 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 4 | 6.6 | 100 |

注：日照率0.0-0.5の観測値の出現総時間数には夜間で日照がない時間数4141時間が含まれている。

日照率の観測値と推定値の出現時間数の分布（那覇、2018年）

| 推定値 | 0.0-.05 | .05-.15 | .15-.25 | .25-.35 | .35-.45 | .45-.55 | .55-.65 | .65-.75 | .75-.85 | .85-.95 | .95-1.0 | 推定値 出現率% |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 0.0-.05 | 5085 | 32 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58.5 |
| .05-.15 | 349 | 36 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 |
| .15-.25 | 182 | 56 | 24 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.1 |
| .25-.35 | 88 | 78 | 48 | 22 | 7 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.8 |
| .35-.45 | 50 | 48 | 46 | 35 | 29 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.5 |
| .45-.55 | 15 | 26 | 29 | 51 | 26 | 21 | 6 | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| .55-.65 | 9 | 10 | 25 | 53 | 51 | 30 | 24 | 8 | 6 | 1 | 0 | 2.5 |
| .65-.75 | 5 | 6 | 8 | 19 | 50 | 48 | 35 | 24 | 12 | 5 | 3 | 2.5 |
| .75-.85 | 3 | 3 | 7 | 7 | 23 | 73 | 72 | 43 | 23 | 23 | 13 | 3.3 |
| .85-.95 | 8 | 2 | 4 | 4 | 3 | 30 | 79 | 108 | 84 | 56 | 48 | 4.9 |
| .95-1.0 | 23 | 7 | 8 | 7 | 14 | 2 | 16 | 57 | 163 | 264 | 613 | 13.4 |
| 観測値 出現率% | 66.4 | 3.5 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 2.8 | 3.3 | 4 | 7.7 | 100 |

注：日照率0.0-0.5の観測値の出現総時間数には夜間で日照がない時間数4141時間が含まれている。

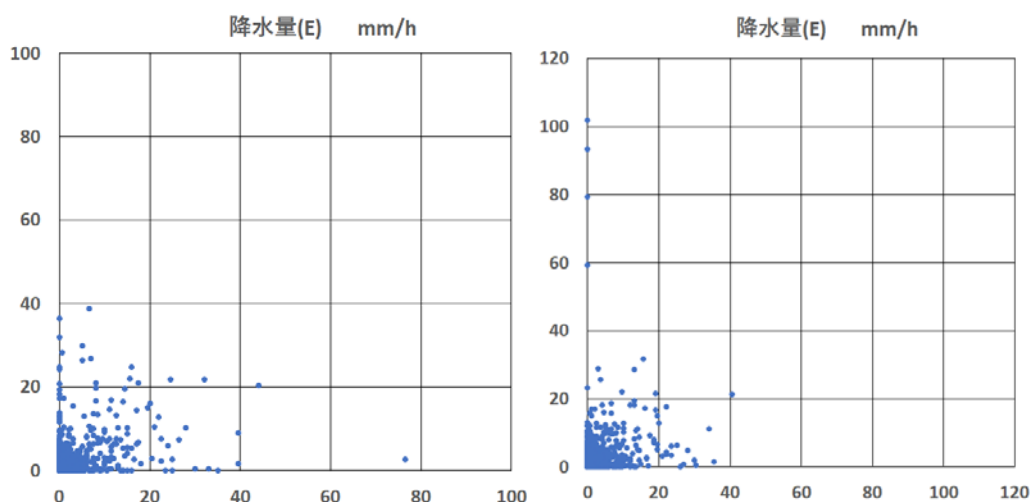


図 4(d) 降水量（那覇。左 2014 年，右 2018 年）

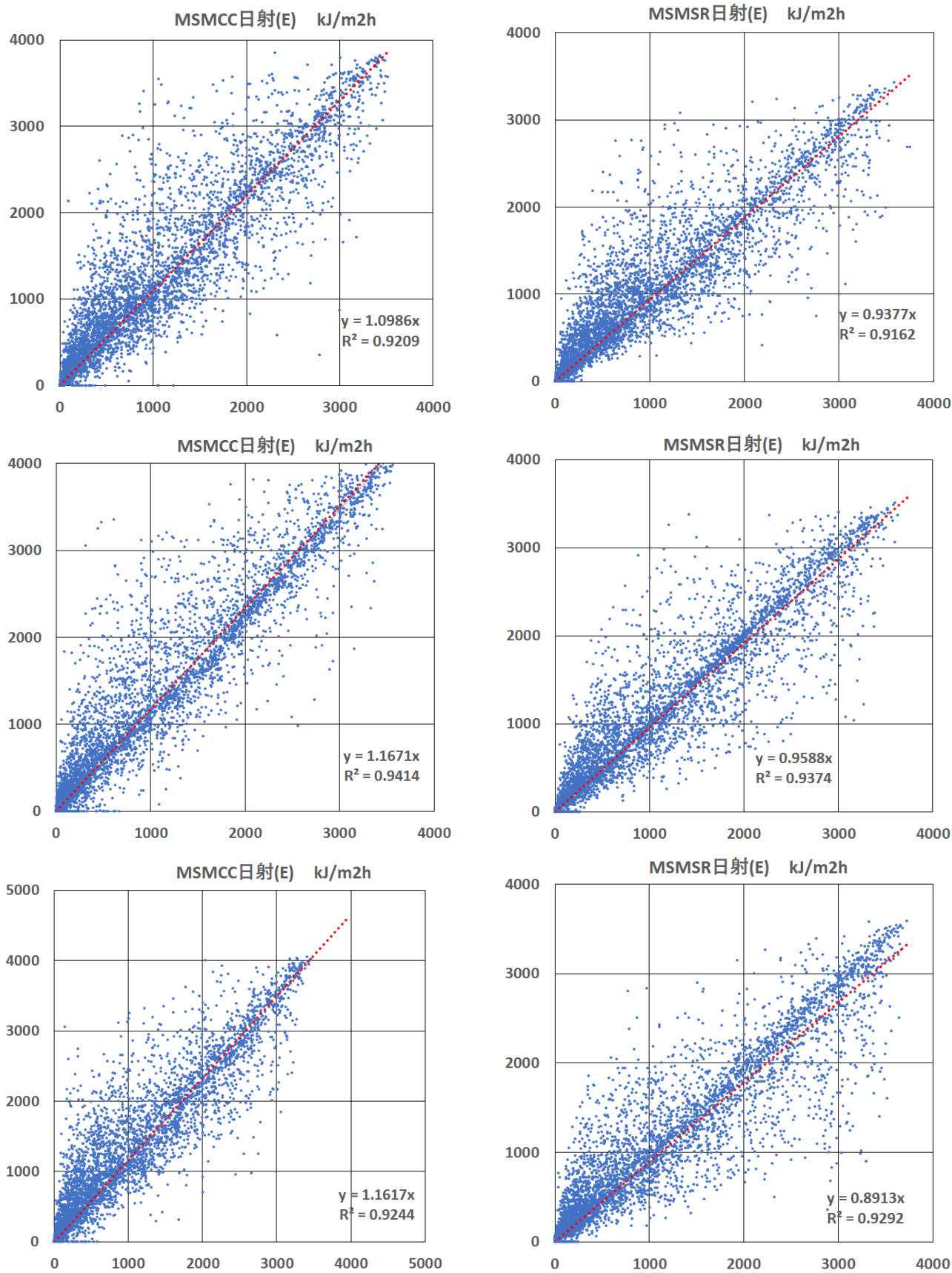


図 5(1) 全天日射量の観測値と推定値の比較（上段は札幌，中段は東京，下段は福岡。左図は 2014 年。右図は 2018 年。2014 年の推定値は雲量の重回帰式による。2018 年の推定値は MSM の全天日射量。

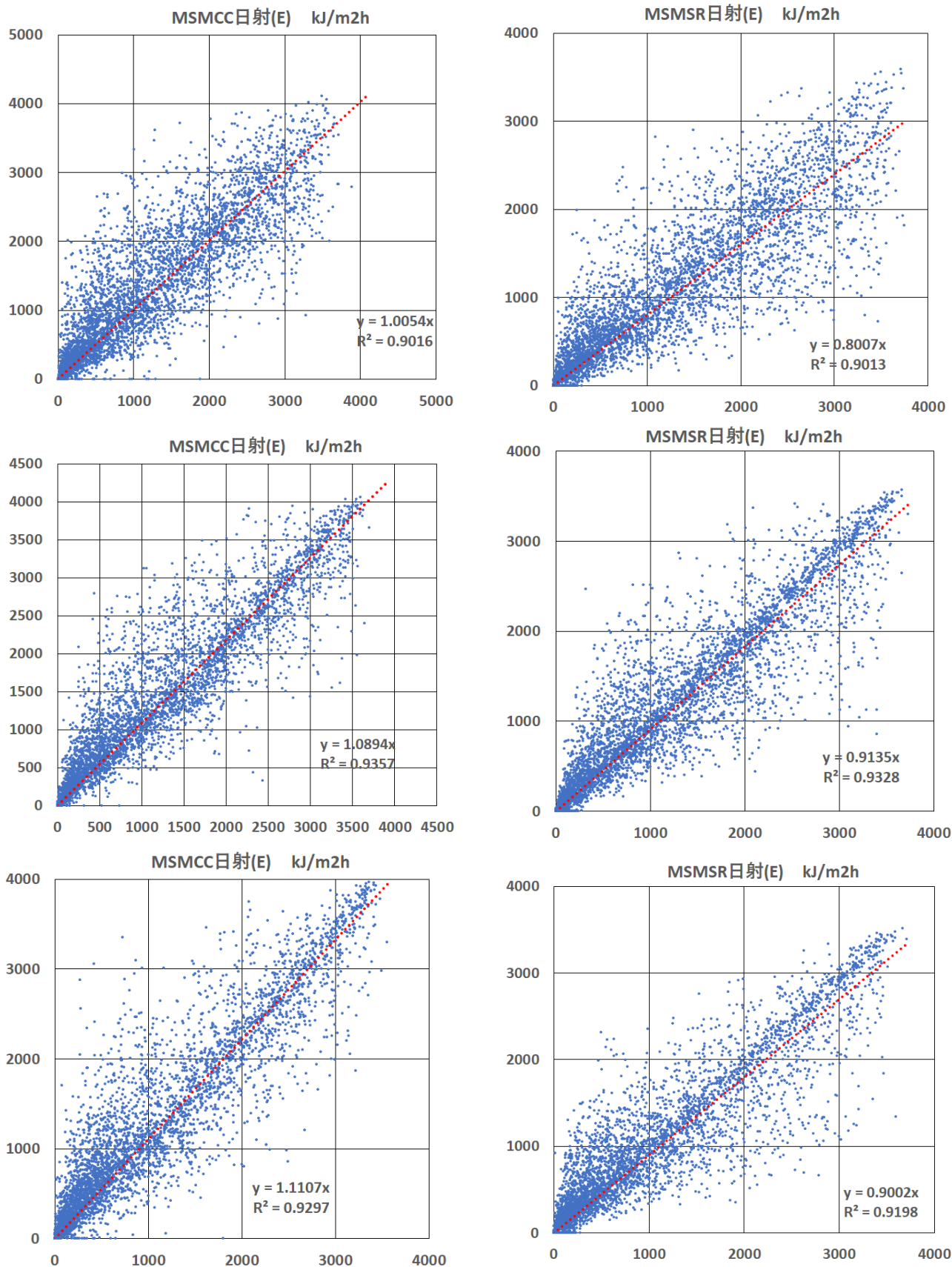


図 5(2) 全天日射量の観測値と推定値の比較（上段は那覇，中段は長野，下段は新潟。左図は 2014 年。右図は 2018 年。2014 年の推定値は雲量の重回帰式による。2018 年の推定値は MSM の全天日射量。