

WEADAC の欠落気象データの補充

WEADAC の 2 つのソースデータ^{注1)}BMO ^{注2)}, JMA ^{注3)} には、当初 WEADAC を作成した時点で、かなりの気象データの欠落があった¹⁾。そのため WEADAC3.0 では、可能な限り気象データの欠落を補充し、補充できない地点はソースデータから除外することにした。

ソースデータの欠落の補充はまず手入力により行い、次いで気象要素の相関関係を確認した上で、それをプログラムに組み込んで補充するという 2 段階で行った。

1. 手入力による欠落データの補充

1. 1 気温の補充

- (1) WEADAC 保有している気温のデータは、日最高気温の月平均 Tm, 日最低気温の月平均 Tn, 日最高気温の月最高 Tme, 日最低気温の月最低 Tne の 4 種類であり、気温の欠落は、12 月分の Tm,Tn (系列 1) がすべて欠落している場合、または 12 月分の Tme,Tne (系列 2) がすべて欠落している場合が多くみられた。
- (2) 系列 1 または系列 2 において、12 か月のうちの特定月のデータが欠落しており、適切と思われる値が前後のデータから判断できる場合は、手入力により補充した。
- (3) 気象庁の ClimatView (月別値) には 2005 年以降、系列 1 のデータが収録されているから、WEADAC の系列 1 の気温が欠落しており、その地点が ClimatView (月別値) に登録されている場合は ClimatView (月別値) で補充した。ClimatView (月別値) の登録は 2005 年以降であり WEADAC のソースデータが 1990 年以前であることから、補充には 2005 年の ClimatView (月別値) を用い、2005 年に系列 1 のデータが登録されていない場合は 2005 年にできるだけ近い 1 年間を選んで補充した。一部の地点については、ClimatView (日別値) (2018 年より公開のためこの作業を行う時点で入手できたのは 2018 年 1~4 月までの日別値) により気温月別値を求めて補充した。
- (4) (2), (3) を経て、Tm,Tn,Tme,Tne のそれぞれについて補充ができない月が一つでもある場合は、それぞれの 12 月分の全部のデータを欠落扱いとした。
- (5) 以上を行った結果、BMO の地点番号 2029, 2038 の 2 地点、JMA の地点番号 15061, 16119 の 2 地点、計 4 地点は、12 か月分の系列 1 及び系列 2 がすべて欠落したままとなった。熱負荷計算上、気温は最も重要な気象データであることから、これらの 4 地点はやむを得ず削除することにした。BMO, JMA の地点番号は大陸別の通し番号となっているが、以上の 4 つの地点番号は欠番とした。
- (6) 気温が欠落している地点については、以上を経た、系列 1 または系列 2 のどちらかの系列

注1) WEADAC のソースデータの詳細は、技術資料『WEADAC の時刻別データの作成法』を参照のこと。

注2) BMO は英国気象局の月別気象データをベースとし、風向・風速、雲量、日射量を補充したソースデータである。

注3) JMA は気象庁の月別気象データをベースとし、日射量を補充したソースデータである。

のデータを 12 月分揃えることができた。残された気温欠落のパターンは、12 月分の系列 1 がすべて欠落している場合、または 12 月分の系列 2 がすべて欠落している場合である。これらについては、2. 1 により、欠落の無い系列のデータから推定式により補充した。

1. 2 湿度の補充

- (1) WEADAC が保有している湿度データは、月別の、最高（相対）湿度の発生時刻、最高（相対）湿度、最低（相対）湿度の発生時刻、最低（相対）湿度である（以下、相対は省略）。これらのうち、最高湿度の発生時刻と最低湿度の発生時刻は、WEADAC による時別湿度の作成には使用しないため、発生時刻の欠落は補充せず、最高湿度、最低湿度の欠落のみを補充することにした。なお湿度の欠落は BMO に多く、JMA ではごく少数であった。
- (2) 気温と同様に、少数ではあるが、ある地点の 12 か月の湿度のうち特定の値が欠落している場合がある。そのような場合は、前後の月別値から妥当と思われる値を手入力した。JMA の湿度の欠落はこの手入力によりすべて補充した。
- (3) 気温と同様に、BMO の湿度の欠落も、12 か月分の月別相対湿度がすべて欠落している場合が多い。そのような場合は、気温と同様に手入力による補充は困難であり降水量による推定式で補充した（2. 2 を参照のこと）。BMO の降水量の欠落はごく少数であり補充が可能であった。

1. 3 風向・風速の補充

- (1) BMO, JMA には、風向として、月別最多風向と月別の時刻別最多風向、風速には月平均風速、月別時刻別の平均風速が収録されている。ここに時刻別とは、0 時、6 時、12 時、18 時の 4 つの時刻のことである（以下同じ。）BMO, JMA ともに、時刻別値にはかなり多くの欠落があるが、月別値の欠落はごくわずかであった。
- (2) 月別の時刻別値が欠落しており、かつ月別値で補充できる場合は月別値で代用補充した。
- (3) (2) により例外的に補充できない場合は前後の値より適切と思われる値を挿入した。
- (4) 以上により、風向・風速の欠落はすべて補充した。

1. 4 雲量の補充

- (1) BMO, JMA には、月平均雲量と月別の時刻別平均雲量が収録されている（時刻別の意味は風向・風速と同じ）。月平均雲量の欠落はわずかだが、時刻別値にはかなり多くの欠落があった。時刻別値の欠落には、12 か月のすべてが欠落している場合と一部が欠落している場合があった。
- (2) 月別時刻別値が欠落しており月平均雲量で補充できる場合は、月平均雲量で代用補充した。
- (3) 月平均雲量の欠落を補充できない月がある場合は 12 か月分の月平均雲量をすべて欠落として扱い、推定式による月平均雲量で補充する方針とし、図 2 のように推定式を作成したが、(2) により月平均雲量はすべて補充され、推定式による補充は不要となった。

1. 5 降水の補充

- (1) BMO, JMA には、降水のデータとして、月間降水量と月間降水日数が収録されている。降水データの欠落は、BMO ではごく少数であるが、JMA ではかなり多く見られた。
- (2) 暖房負荷計算用の日射量は、大気透過率を小さくとる（大気透過率を 0.1 とする）ことで、日射量が少ない日を想定して推定している。しかし、降水量または降水日数が少なく、大気透過率を 0.1 と仮定することが妥当でないと考えられる場合には、当該月の平均的な日射量を用いている。WEADAC の時別値の作成において、月間降水量、月間降水日数を用いているのは、大気透過率を 0.1 と仮定することが妥当か否かの判定だけである。また降水量のデータが無い場合（欠落コード-9 の場合）は、月平均（日積算）日射量を用いることにしている。以上のことから、降水量または降水日数の欠落の影響は小さいとみなしうるため、月間降水量の補充を行ったのは次の（3）の場合だけである。なお月間降水日数は、上記の点に加えて補充が困難なこともあり、その補充は行っていない。
- (3) 12 か月の降水量のデータの一部が欠落しており、直線補間が可能な場合は、直線補間により適切と思われる値を挿入した。

1. 6 日射量

- (1) 日射量にデータの欠落は無く、補充の必要も無かった。

2. 推定式による欠落データの補充

手入力による補充後に、気象要素の相関に基づき、プログラム処理により欠落データを補充した。

2. 1 気温月別値の推定と補充

BMO, JMA の気温のデータを用いて調べた月平均気温 T_a (°C) と較差比 Tr の関係を図 1 (a) ~ (c) に示す。ここに、 T_a は、系列 1, 系列 2 のそれぞれについて式 (1), (2) により推定した。

$$T_m, T_n \text{ (系列 1) では, } T_a = (T_m + T_n) / 2 \quad \dots (1)$$

$$T_{me}, T_{ne} \text{ (系列 2) では, } T_a = (T_{me} + T_{ne}) / 2 \quad \dots (2)$$

較差比 Tr は次式によった。

$$Tr = (T_{me} - T_{ne}) / (T_m - T_n) \quad \dots (3)$$

BMO, JMA の気温の欠落の補充には図 1 (c) の一次式を用いることにした。すなわち、

$$Tr = -0.0391 \times T_m + 3.083 \quad \dots (4)$$

T_m, T_n (系列 1) から T_{me}, T_{ne} (系列 2) を推定する場合は、それぞれ次式となる。

$$T_{me} = T_a + Tr \times (T_m - T_a) \quad \dots (5)$$

$$T_{ne} = T_a - Tr \times (T_a - T_n) \quad \dots (6)$$

T_{me}, T_{ne} (系列 2) から T_m, T_n (系列 1) を推定する場合は、それぞれ次式となる。

$$T_m = T_a + (T_{me} - T_a) / Tr \quad \dots (7)$$

$$T_n = T_a - (T_a - T_{ne}) / Tr \quad \dots (8)$$

2. 2 相対湿度の推定と補充

理科年表プレミアム²⁾に掲載された世界全地点(240地点)のうち、気温 T_a (°C)、相対湿度 RHa (%), 降水量 Pa (mm/月)の月別平年値(2018年)がすべて登録されている地点について、相対湿度と降水量、気温、海拔高度 ALT (m)の関係を調べた。得られた関係を図3(a), (b)に示す。これらの関係から、 RHa が欠落している場合の RHa を式(9)~式(13)により推定することにした。

$T_a < 3.0$ のとき

$$RHa = 5.539 \times \ln(Pa) + 58.97 \quad \dots (9)$$

$3.0 \leq T_a < 28.0$ のとき

$ALT \leq 50$ では

$$RHa = 1.847 \times \ln(Pa) + 67.98 \quad \dots (10)$$

$50 < ALT \leq 300$ では

$$RHa = 6.079 \times \ln(Pa) + 47.10 \quad \dots (11)$$

$300 < ALT$ では

$$RHa = 7.091 \times \ln(Pa) + 36.56 \quad \dots (12)$$

$28 \leq T_a$ のとき

$$RHa = 9.064 \times \ln(Pa) + 28.22 \quad \dots (13)$$

式(9)~(13)において、 \ln は自然対数を表す。対数の真数は正の数でなければならないため、降水量 Pa (mm)が0のときは、 $Pa=1$ (mm)として計算した。

2. 3 月平均雲量の推定と補充

BMOの月平均雲量 CCa と降水量 Pa (mm)の関係を調べた。得られた関係を図2に示す。図2の関係から、 CCa が欠落している場合の CCa を次式により推定することにした。

$$CCa = 9.134 \times \ln(Pa) + 20.57 \quad \dots (14)$$

式(14)において、 \ln は自然対数を表す。対数の真数は正の数でなければならないため、降水量 Pa (mm)が0のときは、式(9)~(13)と同様に、 $Pa=1$ (mm)として計算する。

1. 4(3)で述べたように、雲量の補充はすべて手入力により行うことができたため、式(14)を用いる機会は生じなかった。

【参考文献・参考資料】

- 1) 赤坂 裕, 荒井良延, 世界の任意地点における設計および平均熱負荷計算のための気象データに関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, 第1報—世界37,00地点余の月東経気象データファイルの作成, No.45, 1991年2月
- 2) 理科年表プレミアム, 1925-2018, 個人版, 国立天文台編, 丸善出版

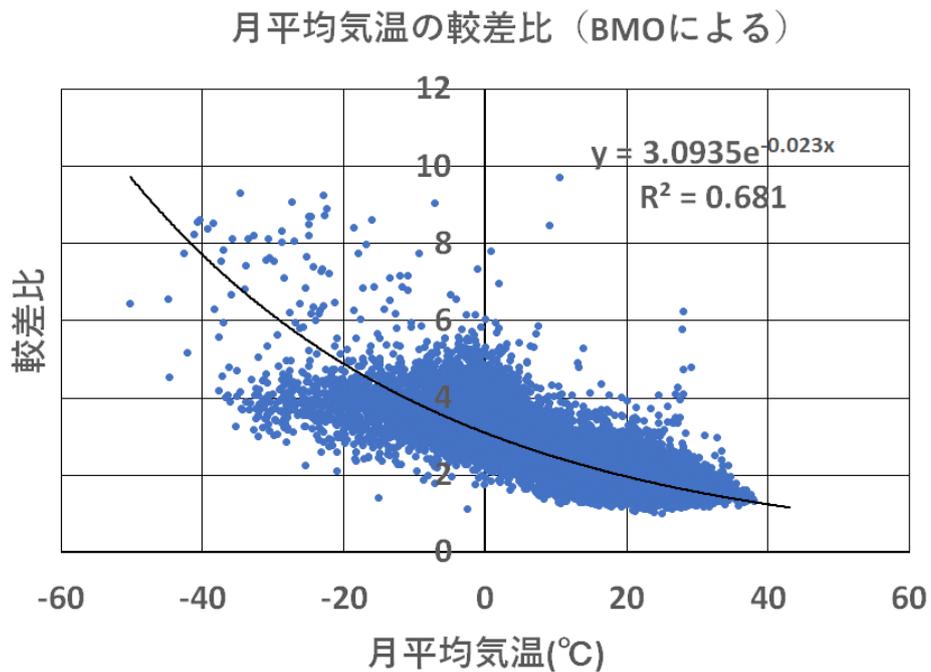


図 1 (a) 月平均気温の較差比（BMO による）

較差比の定義は（日最高気温の月最高一日最高気温の月最低） / （日最高気温の月平均一日最低気温の月平均）。この図のように、BMO からは指数関数的な傾向が現れた。

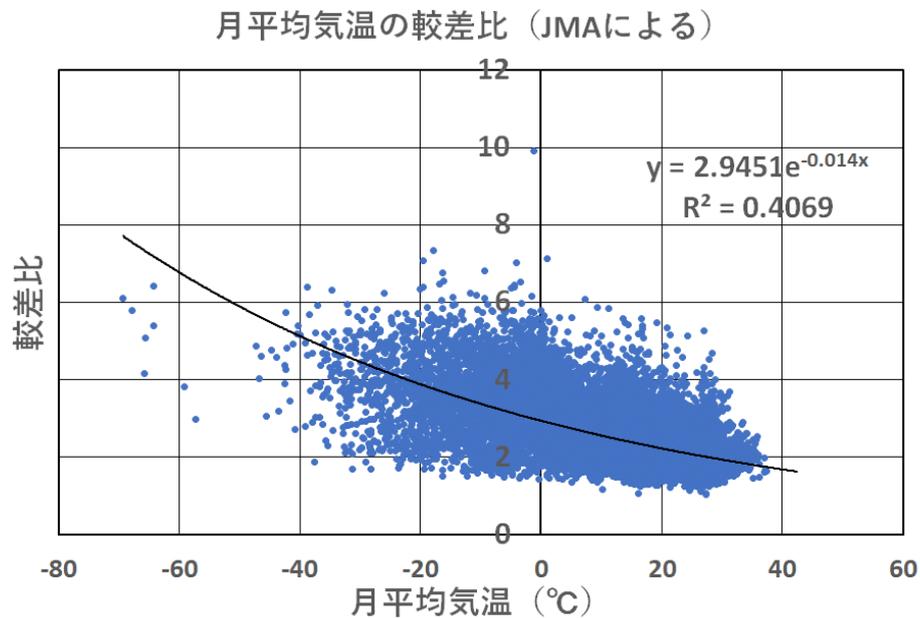


図 1 (b) 月平均気温の較差比（JMA による）

較差比の定義は図 1 (a)と同じ。この図では JMA にも BMO と同様に指数関数を適用した。JMA でも BMO と似た傾向がみられるが、月平均気温に対する傾きがやや小さい。

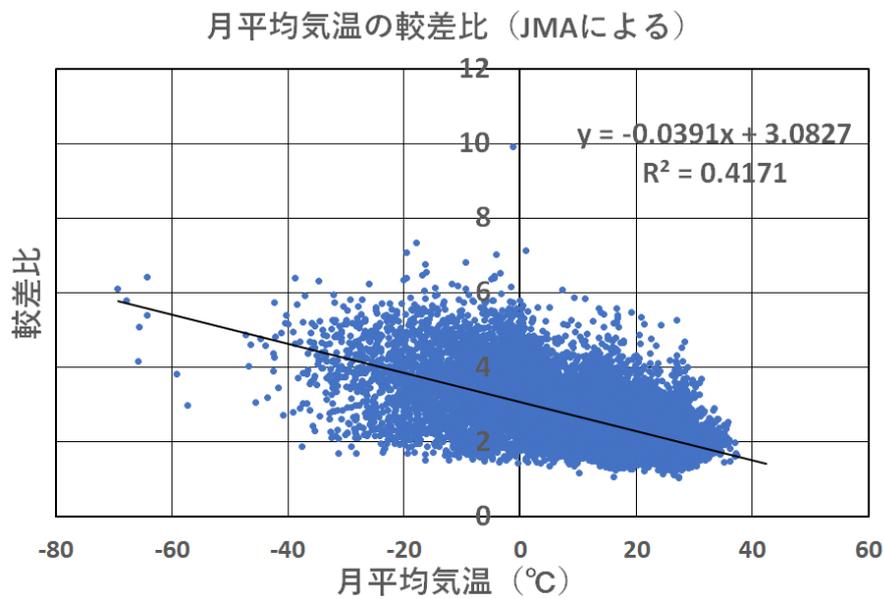


図 1 (c) 月平均気温の較差比 (JMA による)

較差比の定義は図 1 (a)と同じ。図 1(b)のように、JMA では BMO 見られたに指数関数的な傾向が弱いため、この図では直線回帰式を求めた。格差の一方がわかっているときのもう一方を推定する式としては、図 1 (c)の直線回帰式を用いることにした。

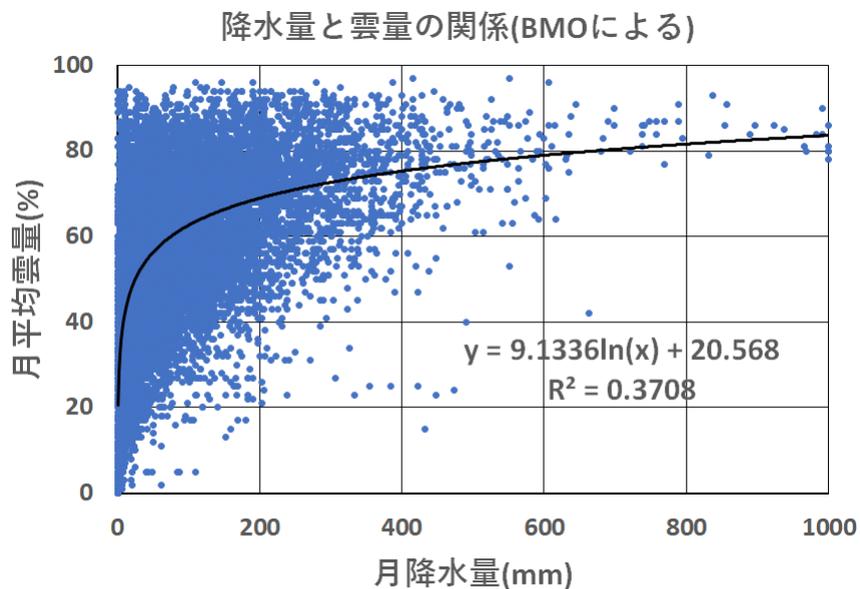


図 2 降水量と雲量の関係 (BMO による)

月降水量と月平均雲量の相関。降水量が小さい場合は、雲量のばらつきが大きく、降水量が増えるにしたがって、雲量は 80%あたりに収束する。対数近似は降水量が 0 の場合は適用できないため、一律に 1mm を追加して近似式を求めた。

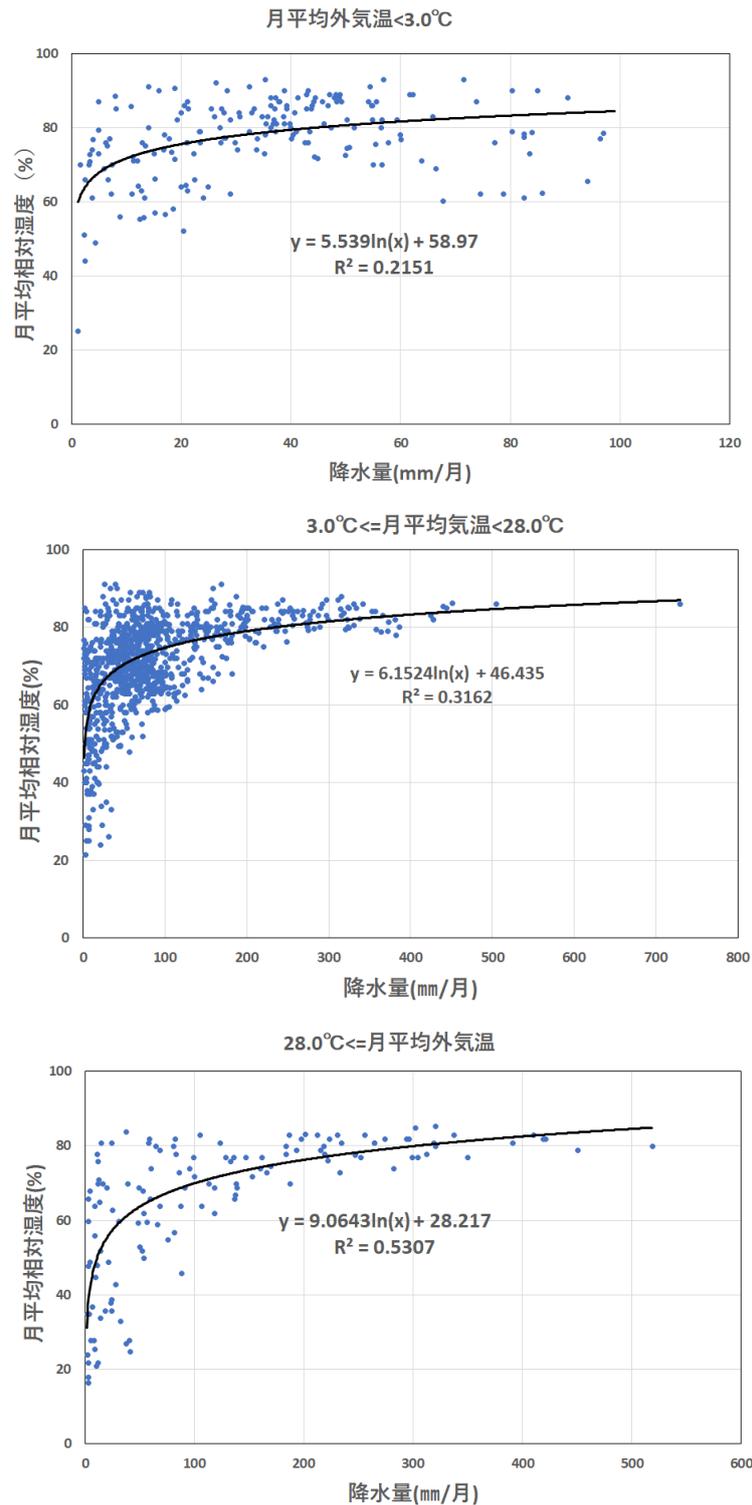


図 3(a) 月間降水量と月平均相対湿度の関係（月平均気温による分類）

月間降水量が増えるにしたがって月平均相対湿度も上昇する。月平均気温が低い場合は月間降水量が少なくても月平均相対湿度はあまり低下しない。一方月平均気温が高い場合には月平均相対湿度はやや低くなる。

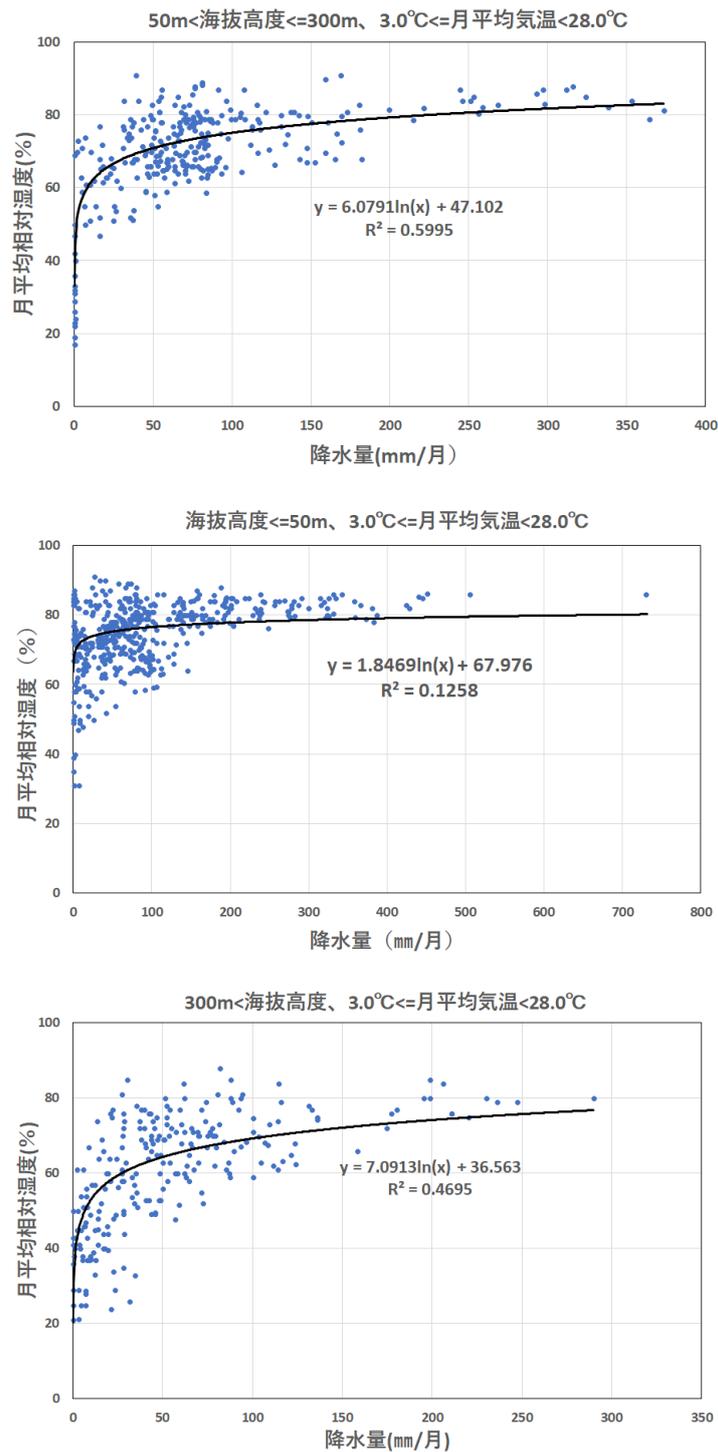


図 3(b) 月間降水量と月平均相対湿度の関係

(海拔高度(m)による分類、3.0°C ≤ 月平均気温 < 28.0°C)

図 3(a) の中段の図のように、3.0°C < 月平均気温 ≤ 28.0°C では気温による分類が困難なので、海拔高度による分類を試みた。図のように、海拔高度が高くなるにしたがって月平均相対湿度はやや低くなる傾向がある。