

富士癒しの森研究所における降水量の推定

蔵治光一郎^{*1}・藤原章雄^{*2}・村瀬一隆^{*3}・西山教雄^{*2}

齋藤暖生^{*2}・辻 良子^{*2}・山本清龍^{*3}

Precipitation estimation in the Fuji Iyashinomori Woodland Study Center

Koichiro KURAJI^{*1}, Akio FUJIWARA^{*2}, Kazutaka MURASE^{*3}, Norio NISHIYAMA^{*2},
Haruo SAITO^{*2}, Ryoko TSUJI^{*2}, Kiyotatsu YAMAMOTO^{*3}

I. はじめに

富士癒しの森研究所 (FIWSC) は、富士演習林の名称のもと 1925 年に山梨県南都留郡山中湖村に設置され、冷温帯の冷涼な気候下であり、寒地性樹種の生育実験など森林・林業に関する多くの教育研究が行われてきた¹⁾。これら教育研究を進める基盤となるデータのの一つとして気象観測データがある。FIWSCで保管されている最古の気象観測野帳は1943年10月13日のものであり、気象観測露場にて職員が毎朝10時に乾球温度、湿球温度、日最高気温、日最低気温、湿度、雲量、天気、降水量を観測して記録していた。1953年1月からは職員が毎朝9時に気圧、乾球温度、湿球温度、日最高気温、日最低気温、地下10cmの地温、湿度、雲量、降水量、積雪量、風速、風向及び雑象を記録した気象月報が作成・保管され、その結果を要約した気象年報が雑誌「演習林」にて公表されてきた²⁾³⁾⁴⁾。1989年以降は気象月報も雑誌「演習林」及びWebページにて公表されている。2001年には自動気象観測システムが導入されたが、諸事情により2014年1月6日に観測が中止されている。しかし中止後もFIWSCにとって気象データが研究教育の基盤となるデータとして重要であることに変わりはない。

過去に気象観測を行っていたが、現在は中止している地点の気象データを推定したい場合は、近隣で気象観測を続けている地点のデータから推定する手法がとられる。日平均気温については、近傍の観測地点(気象庁アメダス山中)とFIWSCで過去に観測されたデータの相互関係を用いて、FIWSCの日平均気温を推定する式がすでに提案されている⁵⁾。しかし日平均気温のデータ以外の気象データについては、このような推定式が提案されたことはない。気温と並んで重要な気象データとして降水量が挙げられる。FIWSCの降水量データは、FIWSCで行われている教育研究に資するだけでなく、山中湖の気象学・水文学的基礎研究⁶⁾⁷⁾や、山中湖に流入する河川の大雨時の土砂災害⁸⁾の研究にとっても重要な基盤となる、価値の高いデータであり、それを正確に推定することは有意義である。

そこで本研究では、FIWSCの降水量を推定することを目的とし、年降水量、季節別降水量、

*1 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林企画部

Executive Office, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

*2 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林富士癒しの森研究所

Fuji Iyashinomori Woodland Study Center, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

*3 元所属：東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林富士癒しの森研究所

Former affiliation: Fuji Iyashinomori Woodland Study Center, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

大雨日降水量、階級別に合計した日降水量を対象として、近隣の降水量観測地点で過去に観測された降水量データと FIWSC で観測されたデータの関係を解析した結果を報告する。

Ⅱ. 使用したデータ

FIWSC における過去の降水量観測の経緯の概要を表-1 に示す。

本研究では FIWSC においてヒーター付き転倒マス式降水量計で観測されたデータを用いた。対象期間は 2003 年 12 月～2013 年 12 月の 10 年 1 カ月間とした。2004～13 年の 10 年間に 2003 年 12 月の 1 カ月間を加えた意図は、後述するように本論文の冬季降水量は 12 月から翌年 2 月までと定義するため、2003 年 12 月の 1 カ月を対象期間に含めないと冬季降水量の解析対象データは 9 年間分のみとなるが、2004 年の直前である 2003 年 12 月のみを加えることによって、冬季降水量の解析対象データを 1 年分増やして 10 年間分とすることができるためである。

この期間中、2005 年 6 月 1～21 日、9 月 1 日～10 月 1 日、2007 年 3 月 2 日～4 月 5 日、2009 年 2 月 2～10 日は欠測であった。いずれの期間も、日界午前 9 時の貯留式指示雨量計の日降水量データが得られたので、前後の日を含めた日界の違いの影響がない期間を選定し、貯留式指示雨量計で観測された降水量の合計を、後述する山梨県県土整備部治水課が「山中湖」地点で観測した日降水量の値で比例配分して補完した。

表-1 FIWSC における過去の降水量観測の経緯

Table 1 Record of precipitation monitoring at FIWSC

年	月	日	事由
1943	10	13	現存する最古の気象観測野帳の観測開始日
1953	1	1	貯留式指示雨量計による観測記録の気象月報掲載を開始
1998	1	1	冬季の降水量の観測を終了
2000	11	30	転倒マス降水量計(ヒーターなし)(大田計器 34-T)とデータロガー(Campbell 社 CR-10X)を組み合わせたシステムによる観測を開始
2003	4	15	転倒マス降水量計(ヒーターなし)(大田計器 34-T)を転倒マス降水量計(ヒーター付き)(大田計器 34-HP-T)に置き換え
2007	12	31	指示雨量計による観測の終了
2014	1	6	観測終了

Ⅲ. 方法

FIWSC で観測された降水量データと、近隣の降水量観測地点で観測された降水量データとの関係から推定式を求めた。年降水量、季節別降水量、大雨日降水量、階級別に合計した日降水量を対象とし、単回帰により一次関係式を作成し、その予測精度を求めた。さらに、その結果に基づき、地点間の降水量の違いを生み出している要因について考察した。

近隣の降水量観測地点として以下の 2 地点を選定した。

- ① 気象庁山中地域気象観測所 (アメダス) (以下、JMAY とする)

気象庁 Web サイトで公表されているデータを用いた。この観測では、ヒーターを備えた溢水式降水量計 (RT-4) を使用していた。2010 年 7 月 11 日～9 月 23 日に降水量計の不調が疑われたので、この期間を除いたデータを用いた。

- ② 山梨県都留土木事務所山中湖雨量・水位観測局 (以下、YPY とする)

データは「山梨県雨量・水位情報」Web サイトで、過去 1 日分の時間降水量が公表されているが、

表-2 本研究で用いる気象観測点の情報

Table 2 Information of meteorological observation fields used in this study

Site	Latitude (North)	Longitude (East)	Elevation (m)	Size of Observation Field (m)	Height of Precipitation Gauge (m)	Distance from FIWSC (m)	Owner
FIWSC	35°24' 27.4"	138°51' 51.6"	996	6.4×6.4	0.5	0	Fuji Iyashinomori Woodland Study Center, The University of Tokyo Forests
JMAY	35°26' 16.1"	138°50' 15.6"	992	4.8×3.8	2.0	4,140	Japan Meteorological Agency
YPY	35°24' 37.2"	138°51' 49.7"	984	2.6×10.1	4.5	305	Yamanashi Prefectural Government



図-1 FIWSC, JMAY, YPY の3地点の降水量計 (2020年6月24日撮影)

Fig. 1 Pictures of the precipitation gauging station at FIWSC, JMAY and YPY (taken on 24 June 2020)

それ以前のデータは公表されていないため、山梨県県土整備部治水課に依頼してご提供いただいた。この観測では、ヒーターなしの転倒マス式降水量計（横河電子機器（株）K5606QJ）を使用していた。2007年9月6日及び2008年4月7～8日に降水量計の不調が疑われたので、この期間を除いたデータを用いた。

FIWSC, JMAY 及び YPY の3地点の位置、標高、露場のサイズ、降水量計の地表面からの高さ、FIWSC から JMAY 及び YPY までの直線距離、管理者を表-2に、2020年6月24日に撮影した3地点の写真を図-1に示す。FIWSC の降水量計が置かれた露場の周りは全方向とも樹冠高約18mの森林に覆われていた。JMAY の降水量計が置かれた露場の北東側は車が2台駐車するスペースを隔てて平屋建ての建物があり、その奥には樹冠高約8mの森林があった。南西側は道路を挟んで樹冠高約10mの森林があった。北西側、南東側は直線道路で遮るものがなかった。YPY の降水量計は山中湖畔の駐車場脇に設置された観測小屋の側面から上に伸ばしたポールの上に設置されており、北西側が湖面、南東側は樹高10mに満たない樹木がまばらに生えている広場となっていた。

年降水量は JMAY と YPY に欠測があった2007, 2008, 2010年を除いた7年間の年降水量を解析対象とした。季節降水量は3カ月ごとに集計した降水量と定義し、春（3～5月、以下 MAM）、夏（6～8月、以下 JJA）、秋（9～11月、以下 SON）、冬（前年12月～当年2月、以下 DJF）について解析した。MAM 降水量は、YPY に欠測があった2008年を除いた9年間を、JJA 降水量は、JMAY に欠測があった2010年を除いた9年間を、SON 降水量は、YPY に欠測があった2007年、JMAY に欠測があった2010年を除いた8年間を、DJF 降水量は10年間を、それぞれ解析対象とした。

大雨日降水量は、2004～2013年で FIWSC, JMAY, YPY の日降水量データに欠測や不調がなく、かつ、FIWSC の日降水量が150mmより大きい日の降水量と定義し、この定義に該当した17日の日降水量を解析対象とした。階級別に合計した日降水量は、FIWSC で観測された降水量と JMAY 及び YPY で観測された降水量との関係が、日降水量の階級ごとに異なるかどうかを知ることが目的として、2004～2013年で FIWSC, JMAY, YPY の日降水量データに欠測や不調がなく、かつ、固体降水の影響が無視できない DJF を除いた月の日降水量データを FIWSC の日降水量の順に並べ替え、10mm刻みの階級ごとに合計し、同じ日に JMAY 及び YPY で観測された日降水量の合計との比を求め、日降水量との関係を調べた。

IV. 結果

1. 年降水量

FIWSC の年降水量と JMAY 及び YPY の年降水量との関係を図-2に示す。すべての年で FIWSC の年降水量は JMAY 及び YPY より大きかった。その差は JMAY の方が大きく、最小343, 最大675mmであり、この差が FIWSC 年降水量に占める割合は15～22%の範囲に入っていた。FIWSC と YPY の差は最小19, 最大171mmであり、この差が FIWSC 年降水量に占める割合は1～10%であった。単回帰による予測式を求めたところ、予測式の傾きは JMAY, YPY がそれぞれ1.132, 0.965であり、FIWSC 年降水量との差は JMAY では年降水量が大きいほど大きくなり、YPY では年降水量が大きいほど小さくなる傾向にあった。誤差範囲は信頼度95%で JMAY が-15～+14%, YPY が±8%であった。

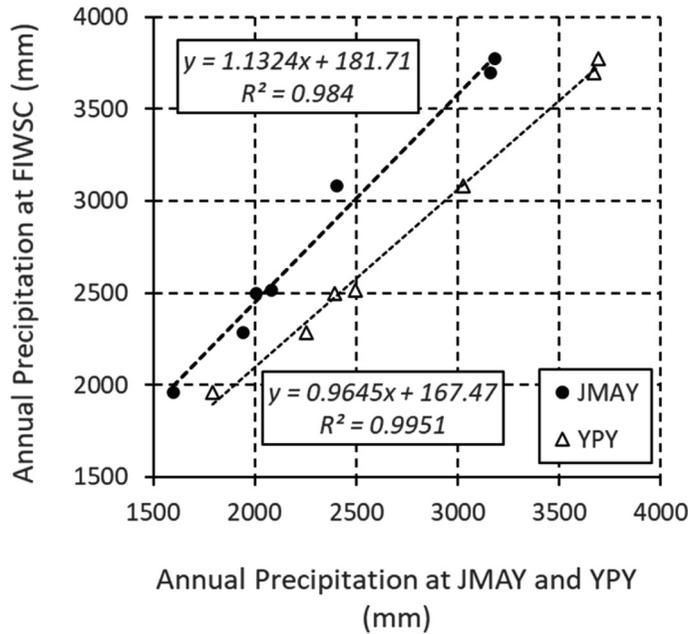


図-2 FIWSCの年降水量とJMAY及びYPYの年降水量との関係

Fig. 2 Relationship between annual precipitation at FIWSC and annual precipitation at JMAY and YPY

2. 季節降水量

1) MAM 降水量

FIWSCのMAM降水量とJMAY及びYPYのMAM降水量との関係を図-3に示す。すべての年でFIWSCのMAM降水量はJMAY及びYPYより大きかった。その差はJMAYの方が大きく、最小76、最大325mmであり、この差がFIWSCのMAM降水量に占める割合は13～81%の範囲であった。FIWSCとYPYの差は最小1、最大191mmであり、この差がFIWSCのMAM降水量に占める割合は0～19%であった。単回帰による予測式を求めたところ、予測式の傾きはJMAY、YPYがそれぞれ1.264、1.021であり、FIWSCのMAM降水量との差はJMAY、YPYともMAM降水量が大きいはど大きくなる傾向にあった。予測式の誤差範囲は信頼度95%でJMAYが-30～+22%、YPYが-18～+15%であった。

2) JJA 降水量

FIWSCのJJA降水量とJMAY及びYPYのJJA降水量との関係を図-4に示す。すべての年でFIWSCのJJA降水量はJMAY及びYPYより大きかった。その差はJMAYの方が大きく、最小60、最大284mmであり、この差がFIWSCのJJA降水量に占める割合は19～48%の範囲であった。FIWSCとYPYの差は最小3、最大88mmであり、この差がFIWSCのJJA降水量に占める割合は0～10%であった。単回帰による予測式を求めたところ、予測式の傾きはJMAY、YPYがそれぞれ1.194、1.154であり、FIWSCのJJA降水量との差はJMAY、YPYともJJA降水量が大きいはど大きくなる傾向にあった。予測式の誤差範囲は信頼度95%でJMAYが-15～+19%、YPYが-12～+10%であった。

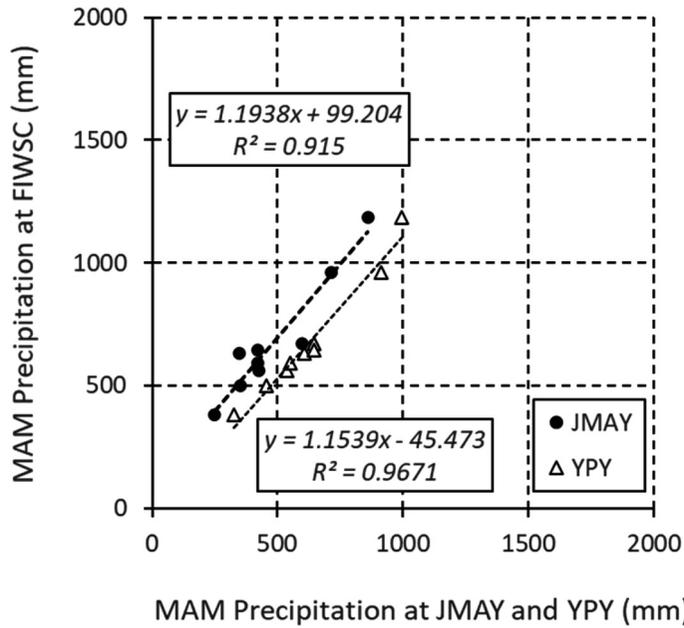


図-3 FIWSCのMAM降水量とJMAY及びYPYのMAM降水量との関係
 Fig. 3 Relationship between MAM precipitation at FIWSC and MAM precipitation at JMAY and YPY

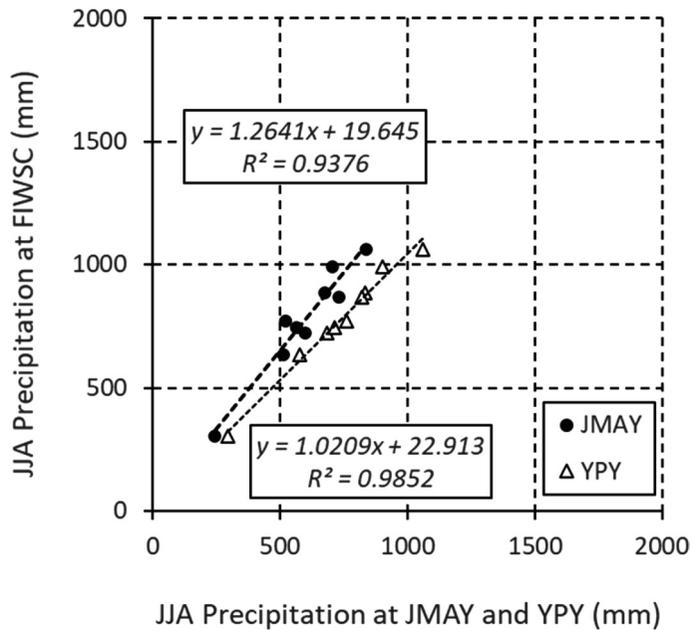


図-4 FIWSCのJJA降水量とJMAY及びYPYのJJA降水量との関係
 Fig. 4 Relationship between JJA precipitation at FIWSC and JJA precipitation at JMAY and YPY

3) SON 降水量

FIWSC の SON 降水量と JMAY 及び YPY の SON 降水量との関係を図-5 に示す。FIWSC の SON 降水量はすべての年で JMAY より大きく、その差は最小 19、最大 170 mm であり、この差が FIWSC の SON 降水量に占める割合は 2～25% の範囲であった。一方、FIWSC の SON 降水量は 2008、2009 年の 2 年を除き YPY より小さく、その差は最小 -112、最大 19 mm であり、この差が FIWSC の SON 降水量に占める割合は -7～14% であった。単回帰による予測式を求めたところ、予測式の傾きは JMAY、YPY がそれぞれ 1.034、0.937 であり、FIWSC の SON 降水量との差は JMAY では SON 降水量が大きいほど大きくなり、YPY では SON 降水量が大きいほど小さくなる傾向にあった。予測式の誤差範囲は信頼度 95% で JMAY が -11～+10%、YPY が -5～+5% であった。

4) DJF 降水量

FIWSC の DJF 降水量と JMAY 及び YPY の DJF 降水量との関係を図-6 に示す。FIWSC の DJF 降水量はすべての年で JMAY より大きく、その差は最小 56、最大 133 mm であり、この差が FIWSC 年降水量に占める割合は 20～56% の範囲であった。FIWSC の DJF 降水量は 2007 年を除き YPY より大きく、その差は最小 -5、最大 98 mm であり、この差が FIWSC の DJF 降水量に占める割合は -1～51% であった。単回帰による予測式を求めたところ、予測式の傾きは JMAY、YPY がそれぞれ 1.136、0.856 であり、FIWSC の DJF 降水量との差は JMAY では DJF 降水量が大きいほど大きくなり、YPY では DJF 降水量が大きいほど小さくなる傾向にあった。予測式の誤差範囲は信頼度 95% で JMAY が -25～+28%、YPY が -28～+19% であった。

3. 大雨日降水量

FIWSC の大雨日降水量と、同じ日の JMAY 及び YPY の日降水量との関係を図-7 に示す。FIWSC の大雨日降水量は 2011 年 5 月 29 日、9 月 1 日、2 日を除いた 14 日で、同じ日の JMAY の日降水量より大きく、その差は最小 -5、最大 90 mm であり、この差が FIWSC の大雨日降水量に占める割合は -2～57% の範囲であった。FIWSC の大雨日降水量は 17 日中 9 日で同じ日の YPY の日降水量より小さく、その差は最小 -42、最大 52 mm であり、この差が FIWSC 大雨日降水量に占める割合は -15～27% であった。単回帰による予測式を求めたところ、予測式の傾きは JMAY、YPY がそれぞれ 0.779、0.759 であり、FIWSC の大雨日降水量との差は JMAY、YPY ともに大雨時日降水量が大きいほど小さくなる傾向にあった。予測式の誤差範囲は信頼度 95% で JMAY が -21～+12%、YPY が 20～+12% であった。

4. 日降水量階級別降水量

FIWSC の日降水量が 150 mm 以下の降水日について、FIWSC 日降水量の階級別に合計した降水量と同じ日の JMAY 及び YPY の合計降水量との比と、FIWSC 日降水量との関係を図-8 に示す。YPY については、日降水量が大きくなるにつれて FIWSC に対する比が増加し、やがて 1 を超える階級も出現するようになった。それに対して JMAY については、YPY で見られたような増加傾向は見出されなかった。なお、前項で示した FIWSC の日降水量が 150 mm 以上の日について、JMAY 及び YPY の 17 日合計降水量の FIWSC の 17 日合計降水量に対する比は、それぞれ 0.89 と 1.00 であり、YPY の合計降水量は FIWSC の合計降水量と等しかった。またこの 17 日の

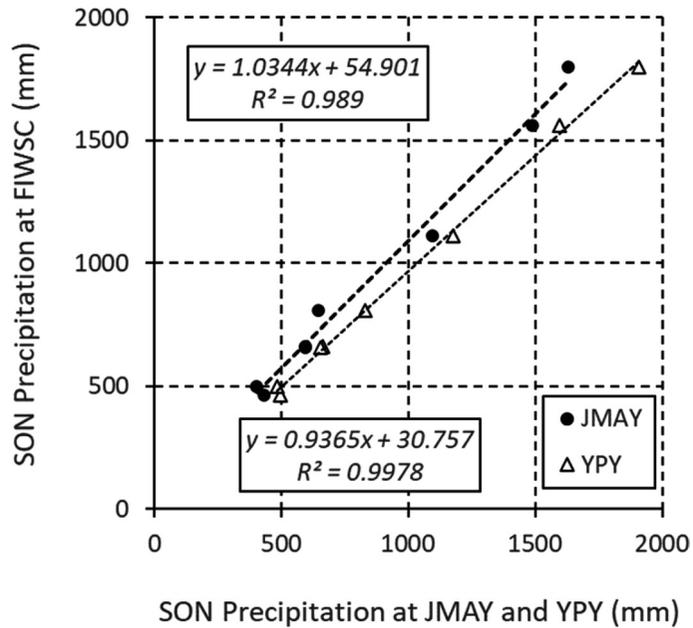


図-5 FIWSC の SON 降水量と JMAY 及び YPY の SON 降水量との関係

Fig. 5 Relationship between SON precipitation at FIWSC and SON precipitation at JMAY and YPY

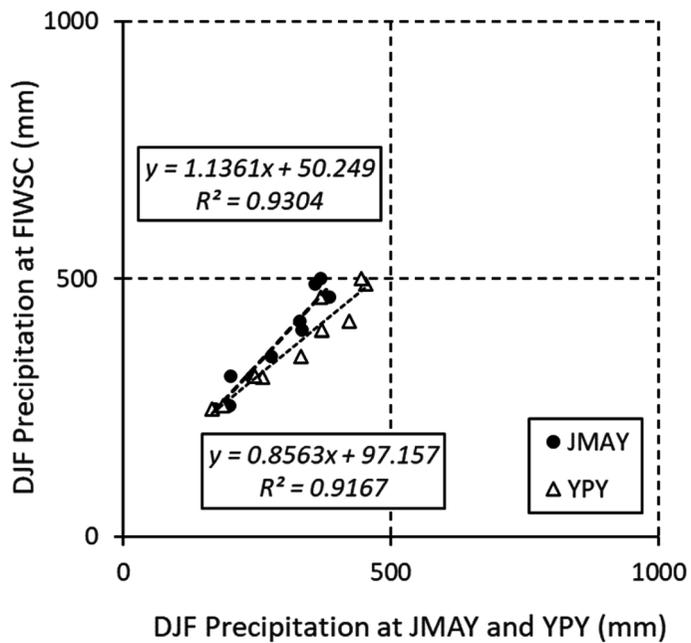


図-6 FIWSC の DJF 降水量と JMAY 及び YPY の DJF 降水量との関係

Fig. 6 Relationship between DJF precipitation at FIWSC and DJF precipitation at JMAY and YPY

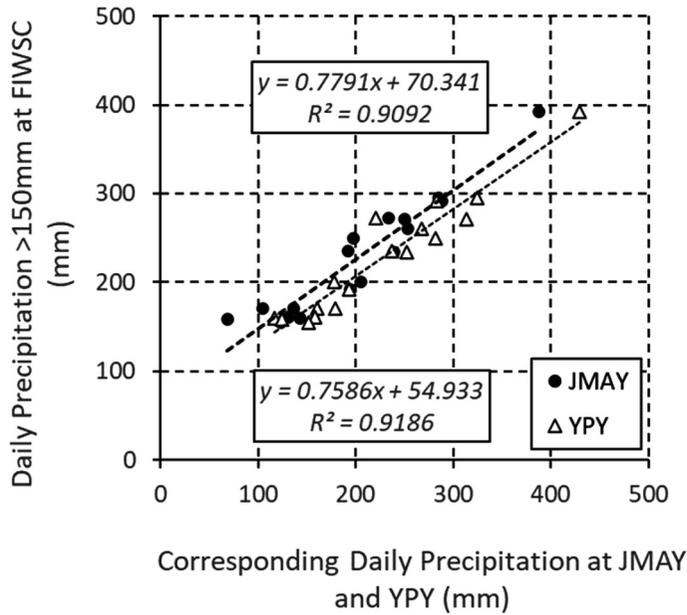


図-7 FIWSCの大雨日降水量と同じ日のJMAY及びYPYの日降水量との関係
 Fig. 7 Relationship between daily precipitation over 150 mm at FIWSC and corresponding daily precipitation at JMAY and YPY

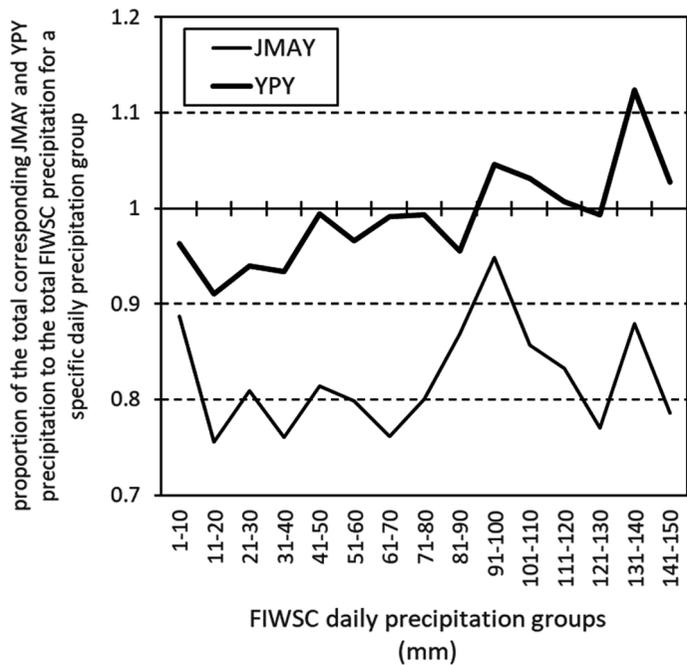


図-8 FIWSC日降水量の階級別に合計した降水量と同じ日のJMAY及びYPYの合計降水量との比、FIWSC日降水量の階級との関係
 Fig. 8 Relationship between the proportion of the total FIWSC precipitation for a specific daily precipitation group to the total corresponding JMAY and YPY precipitation and the FIWSC daily precipitation groups

うち9日はSONに発生していた。

V. 考察

本研究では、近接する3地点の気象観測露場で観測された降水量データを比較した。このようなデータの比較においては一般に、降水量計のタイプの違い⁹⁾、観測地点周囲の建物・樹木による影響の違い¹⁰⁾、自然現象としての降水量が地点ごとに異なっている可能性¹¹⁾の3点を検討する必要がある。本考察では、これらの3点について検討する。

1. 降水量計のタイプの違い

最も大きな違いは、FIWSCとJMAYの降水量計には固体降水を融解するための加熱装置であるヒーターがついていたが、YPYの降水量計にはついていなかったことである。加熱装置がついている降水量計の場合、加熱による水の蒸発が起きるため、降水量を過小評価することが知られている。世界気象機関(WMO)は国際比較観測の結論の一つとして固体降水の測定においては加熱による蒸発損失が無視できないため、加熱装置付き自動観測装置は推奨できないとしている⁹⁾。加熱装置がついていない降水量計の場合、加熱による蒸発は発生しないが、固体降水が自然に融けてから転倒マスに入るため、降水から融解までのタイムラグが発生する。また集水容器の中に、集水容器の深さと同じ深さの固体降水が残存している場合に降雪があると、降雪が集水装置をオーバーフローすることとなるため、欠測となる¹²⁾。

本研究の結果によれば、DJFの降水量は、FIWSCの降水量が少ない年はJMAYとYPYの降水量がほぼ同じ値であるが、FIWSCのDJFの降水量が多くなればなるほど、JMAYよりもYPYの降水量が大きくなっていく傾向にあった。このような傾向は他の季節降水量には現れていないことから、降水量計のヒーターの有無が影響している可能性が高い。もし集水容器の中の固体降水の深さが容器の深さを上回ったことにより、降雪が集水装置をオーバーフローする事象が発生していれば、FIWSCの降水量が多い年にJMAYよりもYPYのDJF降水量が小さくなるはずであるが、本研究の結果はそれとは逆の傾向を示したことから、降水量が多い年にはヒーターつき降水量計で発生する蒸発損失量が大きくなったことにより、FIWSCやJMAYの降水量計が真の降水量を過小評価し、その一方で、YPYのヒーターなし降水量計では加熱装置による蒸発損失が発生しなかったため、降水量の総量としては、より真値に近い値を観測した可能性が高いと考えられる。FIWSCでは降水量と同時に気温を観測しているが、2004～2013年のDJFの日最高気温の月平均が0℃を下回ったことはなく、ヒーターなし降水量計に捕捉された固体降水は、降水後数日間のうちに融解したと考えられることも、本研究の結果と整合している。

2. 降水量計受水器の地表面からの高さ、観測地点周囲の建物・樹木による影響の違い

降水量計受水器の地表面からの高さや、降水量観測地点周囲の建物・樹木は降水量の観測に影響を与える。降水量計受水器によって気流の乱れが生じ、風速が強まることによって捕捉率は低下することが知られており¹³⁾、受水器の地表面からの高さが高いほど、受水器周辺の風速が大きくなるため、捕捉率が低下していく可能性がある。降水量計周辺の建物・樹木によっても気流の乱れが生じ、捕捉率が低下する可能性がある。一方で、周囲の建物・樹木が風よけとして働く場合は、降水量計近傍の風速が弱まり、風よけがない地点に比べて捕捉率が高くなる可能性もある。

FIWSCの降水量計が置かれていた露場は樹冠高約18mの森林に囲まれていたため、樹木が風よけとして作用していた可能性がある。JMAYの降水量計の置かれている露場の北西側、南東側には遮るものがなく、風が吹き抜ける環境であった。2003年12月から2013年11月までの季節別平均風速は、MAMが 1.4 m s^{-1} 、JJAが 0.9 m s^{-1} 、SONが 0.8 m s^{-1} 、DJFが 1.1 m s^{-1} であり、春に比べて夏と秋は風速が弱かった。卓越風向は春から秋が南東風（山中湖から富士吉田に向かう方向）、冬が北西風（富士吉田から山中湖に向かう方向）であり、風が吹き抜ける方向と卓越風向が一致していた。YPYは湖畔広場と山中湖の間に位置しており、全方向からの風が吹き抜ける環境であった。

本研究の結果から、風が比較的強いMAMと、比較的弱いJJA及びSONとで、JMAYの季節降水量とFIWSCの季節降水量の関係に大きな違いは見出されなかった。このことは、JMAYの雨量計の捕捉率は本研究の結果に大きな影響を及ぼしていないことを示唆している。

本研究の結果から、日降水量150mm以下の降水日には、FIWSCとYPYの日降水量の関係に日降水量依存性があることが見出された。日降水量が小さい場合はYPYよりFIWSCの日降水量が大きいが、日降水量が大きくなると、両者の差が小さくなり、大小関係が逆転する降水も出現するようになった。このような関係はFIWSCとJMAYとの間には見られなかったことから、FIWSCとJMAYに比べてYPYの日降水量は、日降水量が小さい場合に過小評価する傾向があるか、大きい場合に過大評価する傾向があるか、またはその両方である可能性が考えられる。さらに、直線距離で305mしか離れていないFIWSCとYPYの降水量には大きな違いはないことを考え合わせると、YPYでは日降水量が小さい場合に降水量を過小評価する傾向がある可能性が高い。YPYの降水量計受水器の地表面からの高さが4.5mと高く、JMAYの降水量計につけられている風よけがついていないことも、YPYで捕捉率低下が著しい原因の一つとして考えられる。日降水量が大きくなるにつれて、FIWSCとYPYの差が小さくなる傾向があることから、YPYにおける捕捉率低下に伴う過小評価が、日降水量が大きくなるにつれて相対的に小さくなった可能性がある。降水量と捕捉率の関係についての既往研究では、弱い雨のほうが強い雨よりも捕捉率低下が起きやすいことが知られており¹³⁾、日降水量が小さい条件下では、YPYの降水量計がFIWSCやJMAYの降水量計に比べて捕捉率低下が起きやすくなっている可能性がある。一方で、FIWSCの降水量計受水器の高さは0.5mと低いため、気象観測露場周辺の樹木の樹冠が強風時に激しく揺さぶられることにより、樹冠から吹き飛ばされた雨滴が降水量計に捕捉されてしまい、降水量を過大評価した可能性も否定できない。

一方、日降水量150mm以上の大雨日降水量についてみると、図-7に示したように、FIWSCとJMAY及びYPYの日降水量との関係の回帰直線の傾きは負であり、日降水量が大きくなればなるほど、FIWSCの降水量は他の2地点と比べて相対的に小さくなっていた。この関係は図-8に示した傾向と同じ傾向であるが、ばらつきも大きかった。この傾向は日降水量150mm以下の場合とは異なり、JMAYとYPYの両地点に共通してみられたことから、YPYの捕捉率低下に伴う過小評価は相対的に小さくなり、JMAYと同程度になるが、それ以上にFIWSCにおける樹冠から吹き飛ばされた雨滴の捕捉による過大評価が相対的に小さくなった可能性が示唆された。FIWSCとYPYでは風向や風速のデータがないため、これ以上の詳細な検討はできないが、大雨日降水量が発生する際の風速や風向の違いが、図-7に見られるばらつきに現れていると考えられた。

3. 自然現象としての降水量

互いに305mしか離れていないFIWSCとYPYでは自然現象としての降水量はほぼ同じと考えられる。観測データの差は、観測地点周囲の建物・樹木による影響の違いによって生じている可能性が高く、それに加えて冬季は降水量計のタイプの違いによる差が生じている。FIWSCの降水量計は前述した樹冠から吹き飛ばされた雨滴の捕捉による過大評価の可能性を除き、概ね自然現象としての降水量を観測できていると推測されるが、冬季にはヒーターの加熱による蒸発損失が生じており、真の降水量を過小評価していると考えられる。

FIWSCと4km以上離れており、周辺の地形条件も異なるJMAYは、自然現象としての降水量がFIWSCと異なることは十分に考えられる。本論文の著者のうちFIWSCに所属した経験のある者は、JMAY地点からFIWSCに車で移動する際、JMAY地点で降水がなくてもFIWSCでは降水があること、あるいはJMAY地点よりもFIWSCの方が強い降水になっていることが多いことを経験的に知っている。年降水量の予測式の傾きが1.132と1を超えていることから、両地点の年降水量の差は、年降水量が大きい年ほど大きいといえる。季節別では特にJJAの降水量の予測式の傾きが1.264と大きい。この原因として、夏季には湖面と湖岸での温度差が大きくなることによる湖陸風循環や、周辺の山岳からの斜面風などの局地循環⁶⁾が、山中湖周辺域の局地的な対流性降水を励起ないし増幅する効果をもたらしている可能性が示唆される。夏季の降水量の日周変動特性を解析することによって、この可能性をより深く検討することが可能になると考えられる。

VI. 結論

本論文の目的は、2014年1月6日に観測を終了したFIWSCの降水量を推定することであった。年降水量、MAM降水量、JJA降水量及びSON降水量は、YPYの降水量データを用いた方がJMAYの降水量データを用いるよりも予測精度が高かった。一方、DJF降水量は、全体的には年降水量、MAM降水量、JJA降水量及びSON降水量に比べて予測精度は低かったが、JMAYの降水量データを用いた方がYPYの降水量計のデータを用いるよりも予測精度が高かった。その主な理由は、DJF降水量に関しては、YPYの降水量計にヒーターがついていないためである可能性が考えられた。FIWSCで観測された10mm刻みで150mmまでの階級ごとの合計日降水量と同日のYPYの合計日降水量との比は、日降水量が大きくなるにつれて増加し、やがて1を超える階級も出現するようになったが、同日のJMAYの合計日降水量との比には変化傾向が見られなかった。一方、日降水量150mmを超える大雨日降水量は、FIWSCの日降水量増加量に比べて、JMAY及びYPYの日降水量増加量が大きくなる傾向があり、これはJMAYとYPYに共通の傾向であった。

FIWSCの降水量を推定するという本論文の目的に対する結論として、JMAYやYPYの降水量データがFIWSCの降水量データの代替になるのかどうかを判断する必要がある。本研究から、信頼度95%で誤差範囲10%以内という基準を設けた場合、JMAYの降水量データは、いずれの期間の降水量も、FIWSCの降水量データの代替にならないと考えられた。一方、YPYの年降水量及びSON降水量に関しては、一次換算式を適用することでYPYの降水量がFIWSCの降水量の代替になりうるが、SON以外の3カ月間降水量及び大雨日降水量に関しては代替にならないと考えられた。

今後、FIWSCの正確な降水量を知りたいという教育研究上のニーズが発生した場合、FIWSC

で降水量の観測を再開させることが望ましいが、その場合でも現在の露場は周辺環境が自然現象としての降水量を正確に測定できる環境とはいえないため、別の適地に移設する必要がある。またヒータ付き降水量計は蒸発により降水量を過小評価するが、大雪の場合はオーバーフローによる欠測が危惧されるため、風よけのついたヒータ付きとヒータなしの降水量計を並列して観測を行うことが理想である。FIWSC で過去に観測されたデータを使用する際には、これらの点を十分に踏まえたうえで使用することが必要である。

謝辞

本論文は、東京大学演習林に2009年5月27日に設置された研究推進委員会気象データ解析研究会の成果の一部である。本論文で使用したFIWSCのデータは、FIWSCの歴任教職員の日々の業務に支えられて得られたものであり、特にご尽力いただいた千島茂氏及び算用子麻未氏に深甚なる謝意を表す。YPYの降水量データ及び降水量観測のメタデータをご提供いただいた山梨県県土整備部治水課に感謝する。

引用文献

- 1) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林富士癒しの森研究所 (2012) 富士癒しの森研究所第4期教育研究計画 (2011 (平成23) 年度～2020 (平成32) 年度). 演習林 (東大) 51 : 397-429.
- 2) 農学部附属演習林 (1985) 富士演習林気象報告 (自昭和28年至昭和58年). 演習林 (東大) 24 : 219-283.
- 3) 農学部附属演習林 (1987) 富士演習林気象報告 (自昭和59年至昭和60年). 演習林 (東大) 25 : 113-119.
- 4) 農学部附属演習林 (1992) 東京大学演習林気象報告 (自1985年至1989年). 演習林 (東大) 29 : 141-204.
- 5) 蔵治光一郎・鎌田直人・芝野博文・山田利博・山本清龍・山中千恵子・算用子麻未 (2012) 東京大学演習林富士癒しの森研究所・千葉演習林における年平均気温の長期データの推定. 東大演報 127 : 45-56.
- 6) 加藤隆之・日下博幸 (2012) 山中湖で観測された気流の三層構造の発生メカニズム. 日本気象学会 2012年度秋季大会予稿集 : 212-212.
- 7) 濱田博美・北川義人 (2010) 山中湖における水温・水質の季節変化と水収支に関する研究. 千葉大学教育学部研究紀要 58 : 371-380.
- 8) 高村忠久 (2012) 平成22年「台風9号」による土砂災害について (土砂災害の解消を目指して). 砂防と治水 44 (6) : 40-43.
- 9) Goodison B. E., Louie P. Y.T. and Yang D, 1998: WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison Final Report, WMO, 299pp.
- 10) 牛山素行 (編) (2000) 身近な気象・気候調査の基礎. 古今書院, 195pp.
- 11) 三隅良平 (2017) 雨はどのような一生を送るのか. ベレ出版, 307pp.
- 12) 横山宏太郎・大野宏之・小南靖弘・井上聡・川方俊和 (2003) 冬期における降水量計の捕捉特性. 雪氷 (日本雪氷学会誌) 65 (3) : 303-316.
- 13) 山口弘誠・中北英一・野中理伸 (2013) 39m² 巨大雨量計の開発による地上雨量計の捕捉率の評価. 土木学会論文集 B1 (水工学) 69 (4) : I_307-I_312.

(2020年 6月30日受付)

(2020年 11月18日受理)

要旨

東京大学演習林富士癒しの森研究所 (FIWSC) の降水量を推定することを目的として、2004～2013年に山中湖村内でFIWSC、気象庁、山梨県により観測された年降水量、季節別降水量、大雨日降水量、階級別に合計した日降水量の関係を解析した。年降水量、春・夏・秋季の降水量は山梨県のデータを用いた方が、冬季降水量及び大雨日降水量は気象庁のデータを用いた方が、

予測精度が高かった。FYWSC の日降水量の階級ごとの合計日降水量と同日の山梨県の合計日降水量との比は、日降水量が大きくなるにつれて増加する傾向にあった。

キーワード：富士癒しの森研究所，山中湖，降水量，大雨

Summary

To estimate precipitation at the Fuji Iyashinomori Woodland Study Center (FIWSC), the University of Tokyo Forests, precipitation data from 2004 to 2013 observed around the Yamanakako village by the FIWSC and data from the Japan Meteorological Agency and the Yamanashi Prefectural Government were compared in terms of annual, seasonal and heavy precipitation and total precipitation classified by daily precipitation. Yamanashi Prefecture precipitation data have higher predictability than the precipitation data from the Japan Meteorological Agency for annual, spring, summer and autumn precipitation at the FIWSC. On the other hand, the Japan Meteorological Agency precipitation data have higher predictability than the precipitation data of the Yamanashi Prefecture for winter precipitation at the FIWSC. As daily precipitation at the FIWSC increased, the proportion of the total FIWSC precipitation for a specific daily precipitation group to the total corresponding precipitation of the Yamanashi Prefecture increased.

Keywords: Fuji Iyashinomori Woodland Study Center, Lake Yamanakako, Precipitation, Heavy Rainfall