

短報 (Note)

気温の測定頻度による日平均値の比較および長期傾向値への影響

竹内由香里¹⁾*

Comparison of daily mean air temperatures based on the different measurement intervals and the effect on the long-term trends.

Yukari TAKEUCHI¹⁾*

Abstract

Meteorological observation has been carried out at Tohkamachi Experimental Station (37° 08' N, 138° 46' E), Niigata Prefecture, since 1917. Daily mean air temperature has been calculated based on minute-by-minute data since 1990 when automatic measurement started. Before then, observation was undertaken manually at fixed times, and the interval between these times had changed over time. In this study, I compared daily mean air temperatures based on different statistical methods, in order to investigate the influence of their differences on the long-term trends of annual mean air temperature or winter mean air temperature. Hourly air temperatures from 1997 to 2007 were used for the comparisons. I found that the mean air temperature based on more than six temperature measurements per day was equal to the mean of hourly measurements. On the other hand, the mean value of three measurements per day or the mean value of daily maximum and minimum air temperatures became higher than the mean of hourly measurements. The mean differences for the 11 years were 0.2 °C for the mean value of three measurements per day and 0.5 °C for the mean value of daily maximum and minimum air temperatures. The differences for the winter mean air temperature (from December to February) were 0.2 °C and 0.4 °C, respectively. The annual mean air temperature and winter mean air temperature from 1927 to 1989 were corrected using these results. Then I estimated that the rising rate of air temperature from 1918 to 2007 will increase by 0.03 °C / 100 yr for annual mean and by 0.07 °C / 100 yr for winter mean compared with the present rate without correction.

Key words : daily mean air temperature, statistical methods, long-term trends, Tohkamachi

1. はじめに

森林総合研究所十日町試験地では、1917年3月に林業試験場十日町森林測候所として開設されて以来、治山治水や雪氷災害防止の基礎資料とするため、また地球科学研究の基礎データとするために気象観測が継続されてきた。長期にわたるデータは10年ごとにとりまとめられ、最新の報告は1918年～2007年までの気象90年報(竹内ら, 2008)として公表されている。この中に記されたとおり、観測場所は90年間変わっていないが、統計の方法は観測の頻度に応じて変更された。気温の日平均値は、1990年5月以降は観測が自動化されたので、1分毎の観測値にもとづいて算出している。それ以前は職員の手により定時観測されていて、1日の観測回数は、1918年1月～1920年12月は2時間毎に12回、1921年1月～1926年12月は4時間毎に6回、1927年1月～1942年3月は7、14、21時の3回、1942年4月～

1990年4月は1日1回(1952年までは10時、1953年からは9時)と時代によって異なっていた。そのため、日平均値の算出方法もTable 1のように変更された。観測回数が1日1回となった1942年4月～1990年4月は、日最高気温と日最低気温の平均値を日平均値としていた。気温は、利用頻度の高い基本的な気象データであり、地球温暖化などの気候変動や異常気象に対する社会の関心が高まっていることもあって、長期間の変動傾向を知るために利用されることも多いようである。その際、1日の観測回数の違いによって日平均気温に系統的な差異が生じるとすれば、日平均気温をもとに算出する年平均気温の長期的な変動傾向に影響するかもしれない。過去のデータの特性を認識しておくために、測定頻度による日平均気温の差異と、年平均気温の長期変動傾向への影響を調べた。

原稿受付：平成22年8月5日 Received 5 August 2010 原稿受理：平成22年11月1日 Accepted 11 November 2010

1) 森林総合研究所十日町試験地 Tohkamachi Experimental Station, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* 森林総合研究所十日町試験地 〒948-0013 新潟県十日町市辰乙614 Tohkamachi Experimental Station, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), Tatsuo-otsu 614, Tohkamachi, 948-0013, Japan

Table 1. 日平均気温の統計方法
Statistical methods of daily mean air temperature

期 間	統計方法
1918.01 ~ 1920.12	2, 4, 6...24時の12回の観測値の平均
1921.01 ~ 1926.12	2, 6, 10...22時の6回の観測値の平均
1927.01 ~ 1942.03	7, 14, 21時の観測値の平均
1942.04 ~ 1990.04	最高気温と最低気温の平均
1990.05 ~	1分毎の観測値の平均

2. 方法

解析には、当試験地で測定した1997年～2007年の1時間毎の気温および日最高、日最低気温のデータを使用した。気温の測定間隔は1分で、2002年4月までは1分毎の測定値60個の平均値を1時間値とした。同年5月以降は1分毎の測定値の毎正時までの5分間の平均値を1時間値とした。日最高、日最低気温は、1分毎の

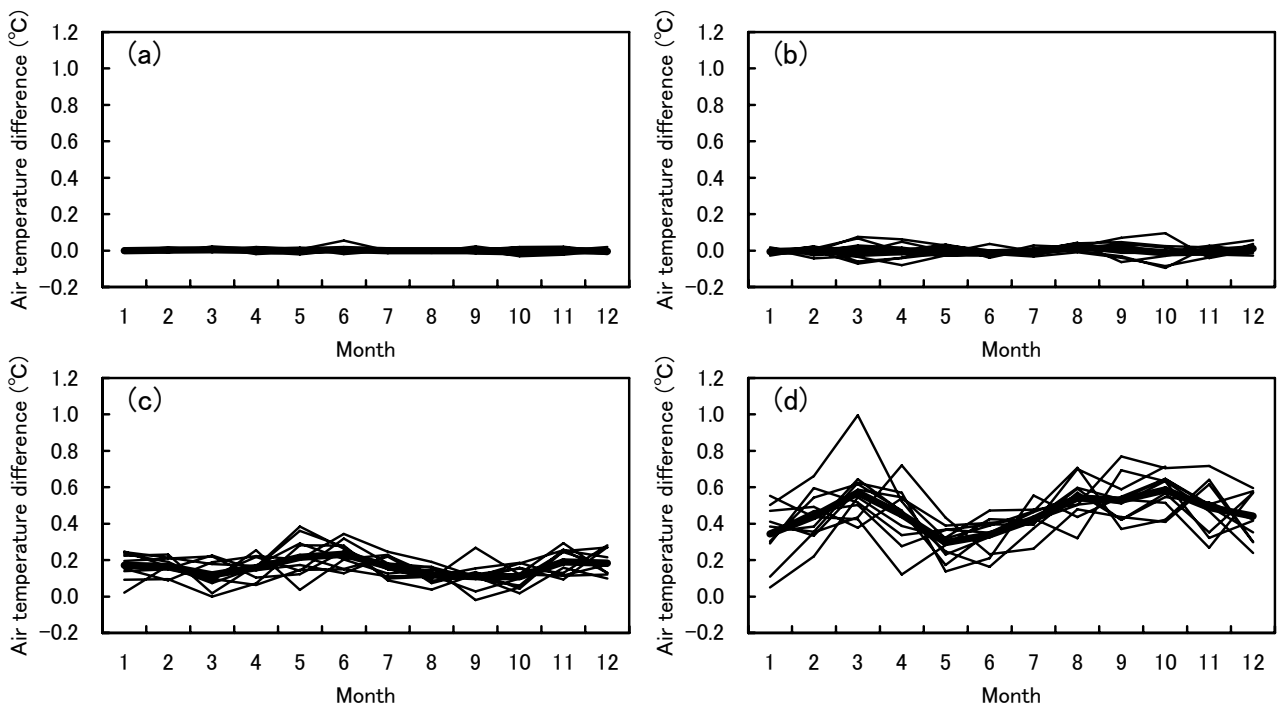


Fig.1 統計方法による日平均気温の比較。(a) 2, 4, 6...24時の12データの平均値(T_{12})、(b) 2, 6, 10...22時の6データの平均値(T_6)、(c) 7, 14, 21時の3データの平均値(T_3)、(d) 日最高気温と日最低気温の平均値(T_2)。1時間値から求めた日平均気温(T)との差($T_n - T$)を月ごとに平均した。1997～2007年の11年分を重ねて表示。太線は11年間の平均値。

Comparison of daily mean air temperatures based on the different methods of statistics. (a) Mean of twelve data of 2, 4, 6...24 h (T_{12}). (b) Mean of six data of 2, 6, 10...22 h (T_6). (c) Mean of three data of 7, 14, 21 h (T_3). (d) Mean of daily maximum and minimum air temperatures (T_2). The differences with the daily mean air temperature (T) based on the hourly data are shown averaged in each month. Data for 11 years from 1997 to 2007 are shown and the thick lines indicate the mean values of the 11 years.

測定値の最高、最低値である。1997年～2007年までの気温の日平均値を当試験地において過去に採用された統計方法と同様に a) 2, 4, 6...24時の12データの平均値(T_{12})、b) 2, 6, 10...22時の6データの平均値(T_6)、c) 7, 14, 21時の3データの平均値(T_3)、d) 日最高気温と日最低気温の平均値(T_2)、の4通りの方法で計算し、1時間値24データから求めた日平均値(T)と比較した。

気温の観測は当試験地の観測露場に設置した百葉箱において、原則として気象庁の地上気象観測法(例えば、中央气象台, 1956; 気象庁, 1988)に準拠した方法で実施されてきた。1978年4月までは水銀温度計および二重管ガラス製最高温度計と最低温度計、同年5月からは白金測温抵抗体気温計で、自然通風の状態で測定した。

3. 結果 統計方法による日平均値の差異

4通りの方法で計算した日平均気温(T_{12} 、 T_6 、 T_3 、 T_2)と1時間値から求めた日平均気温(T)の差($T_n - T$)を1997～2007年の11年間のデータで算出し、月ごとに平均してFig. 1に示した。Table 2には11年間の平均値をまとめた。12データの平均値である T_{12} は T との差がほとんどなかった。Fig. 1bの T_6 は月平均値では時々

Table 2 統計方法の違いによる日平均気温の差 (1997～2007年の平均). T: 1時間値から求めた日平均値, T_{12} : 12データの平均値, T_6 : 6データの平均値, T_3 : 3データの平均値, T_2 : 日最高気温と日最低気温の平均値. 冬期平均は12、1、2月の平均値. Differences in daily mean air temperatures by statistical methods (mean values from 1997 to 2007). T: daily mean air temperature based on the hourly data, T_{12} : mean of twelve data, T_6 : mean of six data, T_3 : mean of three data, T_2 : mean of daily maximum and minimum air temperatures. Winter mean: mean of December, January and February.

月	T_{12} -T(°C)	T_6 -T(°C)	T_3 -T(°C)	T_2 -T(°C)
1	0.0	0.0	0.2	0.3
2	0.0	0.0	0.2	0.4
3	0.0	0.0	0.1	0.6
4	0.0	0.0	0.2	0.5
5	0.0	0.0	0.2	0.3
6	0.0	0.0	0.2	0.3
7	0.0	0.0	0.2	0.4
8	0.0	0.0	0.1	0.5
9	0.0	0.0	0.1	0.5
10	0.0	0.0	0.1	0.6
11	0.0	0.0	0.2	0.5
12	0.0	0.0	0.2	0.4
年平均	0.0	0.0	0.2	0.5
冬期平均	0.0	0.0	0.2	0.4

±0.1°Cの差が見られたが、年平均にすると差は0.0°Cとなり、年平均気温への影響はなかった。一方、3データで算出した T_3 はほとんどの月でTより高い値になった。その差は5～6月にやや大きいが顕著な季節変化は見られず、年平均にすると0.1～0.2°Cであり、11年間の平均は0.2°Cであった (Table 2)。日最高気温と日最低気温の平均値である T_2 は、全ての月でTより高くなった。その差は0.1～1.0°C (Fig. 1d) で、年平均値で0.4～0.5°C、11年間の平均は0.5°Cであった。 T_2 とTとの差は5～6月に小さく、3月と8～10月に大きくなる傾向が見られた。

このように、日平均気温を6つ以上のデータで算出すれば、年平均気温は現行の値と差がないことがわかった。一方、日平均値を3つのデータや日最高・日最低気温の平均値とした場合には、年平均気温が11年間の平均で各々0.2°C、0.5°C高くなった。

当試験地の気象データは、特に降雪や積雪との関連で見ることが多いため、冬期 (12、1、2月) の平均気温についても同様に解析した。日平均気温を6つ以上のデータで算出した場合には、年平均気温と同じく現行の値と差がないが、日平均値を3つのデータや日最高・日最低気温の平均値とした場合には、冬期の平均気温が11年間の平均で各々0.2°C、0.4°C高くなった。

なお、2章に記したように、1997～2007年のうち2002年4月以前と同年5月以降では、1時間値の算出方法が異なるが、年平均気温や冬期平均気温の差には影響がないことを確認した。

4. 考察 統計方法による長期間の変動傾向への影響

以上の結果にもとづき、十日町試験地の過去の年平均気温を補正してみた。1日3回の観測値から日平均値を算出していた1927～1941年の年平均値は-0.2°C、日最高気温と日最低気温の平均を日平均値としていた1942～1989年の年平均値は-0.5°Cの補正をした。Fig. 2aに1918年～2007年までTable 1の方法で算出した日平均気温の年平均値 (●) と1927～1989年について補正した値 (○) を比較して示した。冬期の平均気温については、1927～1941年は-0.2°C、1942～1989年は-0.4°Cの補正をして比較した (Fig. 2b)。

1918年～2007年の変動を1次式で近似すると、年平均気温は1.03°C/100年の割合で上昇している傾向が見られた。補正した場合には1.06°C/100年の割合となり、100年で0.03°C上昇速度が大きくなる。冬期の平均気温の上昇は1.52°C/100年で、年平均気温より上昇速度は大きい。補正すると1.59°C/100年となり、100年で0.07°C大きくなった。

1918～1926年までは1日の観測回数が6回以上であり、現行の日平均気温と差がなかったため、1918年からの変動傾向をみると上述の結果になった。仮に、「昭和以降の」あるいは「戦後の」など1927年以降の期間の気温変動の傾向を1次式で近似すると、補正の有無による上昇速度の差はもっと顕著に表われる。例えば、気象庁のアメダスが開始された1976年から2007年までの年平均気温の上昇速度は1.20°C/100年であるが、補正すると3.51°C/100年 (冬期平均気温はそれぞれ1.91°C/100年と3.72°C/100年) となり、補正の有無で大きな差が生じた。統計方法の違いによる長期間の変動傾向への影響は、対象とする年代によって異なることも留意する必要がある。

5. 結論

気温を1日6回以上の頻度で測定して日平均気温を算出すれば、年平均気温、冬期平均気温ともに1時間値に基づいた値と差がなかった。一方、1日3回の観測値や日最高・日最低気温の平均値を日平均値とした場合には、年平均気温は11年間の平均で各々0.2°Cと0.5°C、

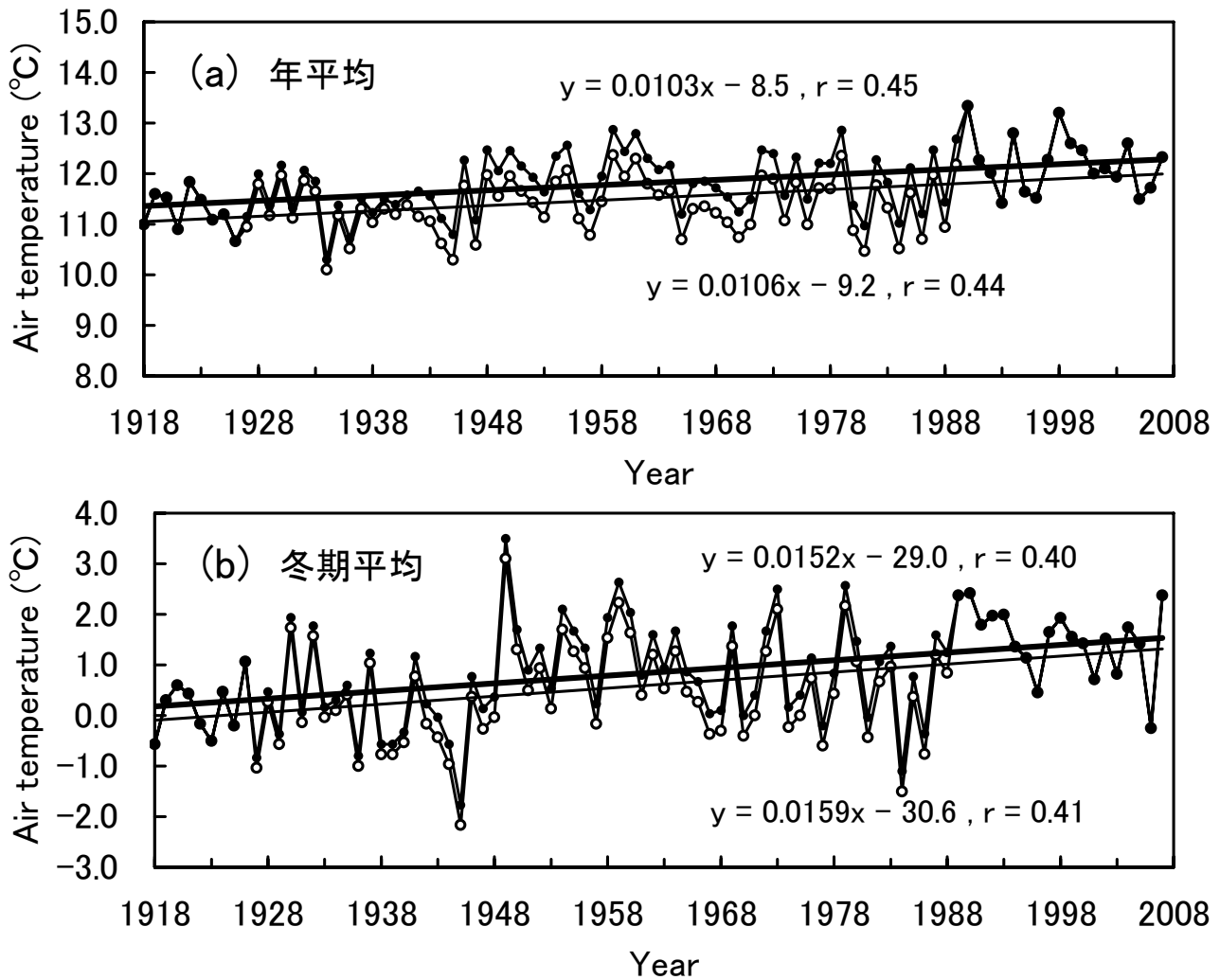


Fig. 2 (a)1918～2007年の年平均気温. ○は1927～1989年の補正值. (b)同冬期(12、1、2月)の平均気温.

(a) Annual mean air temperature from 1918 to 2009. The open circles indicate corrected data from 1927 to 1989.

(b) Mean air temperature during winter period from 1918 to 2007.

冬期平均気温は同じく0.2℃と0.4℃高くなることがわかった。これに基づき、1927～1941年の年平均値は-0.2℃、冬期平均値も-0.2℃、1942～1989年の年平均値は-0.5℃、冬期平均値は-0.4℃の補正をした。1918年～2007年の気温の変動を1次式で近似すると、年平均気温は1.03℃/100年、冬期平均気温は1.52℃/100年の割合で上昇している傾向がある。それぞれ補正した場合には、上昇速度は1.06℃/100年と1.59℃/100年になった。補正の有無、すなわち統計方法による気温の上昇速度の差を小さいと考えるか大きいと考えるかはデータの使用目的によるが、データを見るときには、このようなデータの特性を認識しておくことは必要である。

謝 辞

森林総合研究所十日町試験地における気象観測は、当試験地創設以来の多くの職員により継続されてきた。観測やデータの整理と保管に尽力された先輩職員の方々に

心からの敬意と謝意を表します。自動観測のシステムは遠藤八十一氏(元十日町試験地)の尽力で整備され、2002年4月までのデジタルデータは小南裕志氏(当研究所関西支所)ならびに山野井克己氏(同北海道支所)により回収、保存されました。本データ解析は、防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの石坂雅昭氏からのご指摘がきっかけとなりました。遠藤八十一氏には原稿を読んでいただき、有益な助言をいただきました。記して感謝申し上げます。

引用文献

中央気象台編(1956)地上気象観測法, 気象協会, 193p.

気象庁(1988)地上気象観測法, 日本気象協会, 212p.
竹内由香里・庭野昭二・村上茂樹・山野井克己・遠藤八十一・小南裕志(2008)新潟県十日町市の気象90年報(1918年～2007年), 森林総合研究所研究報告, 7, 187-244.