

---

## 報 告

---

# 地上気象観測地点「東京」の露場移転について (その2 平年値の更新について)

観測部 1

### 要 旨

2014年(平成26年)12月2日に行った地上気象観測地点「東京」(以下、「東京」という.)の露場移転では、移転前に実施した新露場(以下、「北の丸公園露場」という.)と旧露場(以下、「大手町露場」という.)との同時比較観測により、両露場の気温等の観測値には統計的に有意な差が認められたことから、その結果に基づき、「東京」の従来の平年値を補正し、露場移転と同時に同平年値を更新した。

本稿では、この同時比較観測の結果に基づく「東京」の平年値の更新について、同時比較観測値の統計的評価結果や、平年値を更新するための補正值と新平年値の算出方法、及び新・旧両平年値の比較結果等を報告する。

### 1. はじめに

平年値は、その時々々の気象(気温、降水量、日照時間等)や天候(冷夏、暖冬、少雨、多雨等)を評価する基準として利用されると共に、その地点の気候を表す値として用いられる。

平年値は、西暦年の1位が1の年から数えて、連続する30年間について算出した累年平均値<sup>2</sup>をいう。また、平年値は、その統計期間に引き続く10年間使用し、10年ごとに更新する(気象庁、2005)。現在使用する平年値は、1981～2010年の資料から算出した2010年平年値(気象庁観測部観測課統計室、2011)である。

平年値は、現在の観測値と比較して使用するた

め、平年値を算出するために使用した観測値の観測環境と、現在の観測値の観測環境は同一であることが前提となる。このため、移転等により、ある地点の観測環境が変わった場合には、平年値の算出に使用した観測値のうち、観測環境変化前の値を観測環境変化後の値に補正し、その補正した値を使用して当該地点の平年値を再作成(以下、「更新」という.)する。通常、地上気象観測の統計においては、移転等により観測環境に変化があった場合には、原則として、その翌年から数えて5年経過後に、その地点の観測環境変化前の観測値を観測環境変化後の値に補正する値(以下、「補正值」という.)を求めて、平年値を更新する。

---

1 中島 幸久(観測部計画課情報管理室(現 予報部情報通信課データネットワーク管理室))  
(平成28年3月30日発行)

2 累年の平均値(以下、「累年平均値」という.)は、日、半旬、旬、月、3か月、季節及び年の統計値を、年ごとに合計した値をその期間(累年の年数)で割った値をいう(気象庁、2005)。

補正值は、通常の場合、気温、相対湿度、蒸気圧、日照時間の補正では「主成分分析による方法<sup>3)</sup>」、風速の補正では「単純比較による方法<sup>4)</sup>」、及び現地気圧の補正では「海面更正による方法<sup>5)</sup>」を用いる。しかし、同時比較観測に相当する資料があるなど他に適切な方法がある場合は、別の方法を用いることもある(気象庁、2005)。

「東京」は、2014年12月2日に大手町露場から北の丸公園露場に移転した(気象庁観測部・東京管区気象台,2014; 気象庁・東京管区気象台,2016)。その際、2011年8月1日から大手町露場と北の丸公園露場とで同時比較観測を実施した(気象庁・東京管区気象台,2008; 気象庁・東京管区気象台,2011)。この同時比較観測の結果に基づき、両露場の観測値に有意な差が現れた「気温」及び「相対湿度」、並びに、相対湿度と依存関係がある「蒸気圧」について、移転前の観測値を補正し、「東京」の平年値を更新することとした。

また、「東京」の「日照時間」、「風」については、2007年11月に観測場所を大手町合同庁舎第3号館(気象庁本庁舎の隣)の屋上から北の丸公園の科学技術館の屋上に移転し、移転の翌年から5年が経過していることから、同地点の露場移転に併せて、通常の方法で平年値を更新した。

「東京」の露場移転に伴い、同地点の平年値を更新した項目を「付録A」に示す。

なお、「降水量」や「積雪・降雪」は、移転の影響に比べ年々の天候による違いの方が大きいことから、補正值を精度よく求めることができないことから、観測場所の移転等により観測条件に変化があった場合でも、平年値の更新は行わないこととしている。

## 2. 同時比較観測値の統計的評価結果

### (1) 評価期間

大手町露場と北の丸公園露場の同時比較観測は

2011年8月から開始した。しかし、2012年3月までは、観測装置点検に伴う基盤や感部の交換、観測値の一部に欠測等が生じたことから、これらの影響を除くため、2012年4月～2014年3月までの2年間を同時比較観測の評価期間とした。

### (2) 観測値の代表性

同時比較観測の評価期間(2012年4月～2014年3月)に得られた観測値(気温、相対湿度、蒸気圧)が、平年値を評価するための代表性を有しているかを検証した。第1図に、大手町露場の月平均値の平年差又は平年比と、両露場(大手町露場、北の丸公園露場)の月平均値の差又は比を示す。同図(a)及び(b)によると、平年差又は平年比の大小にかかわらず、両露場の月平均値の差又は比は一定(単回帰式(久米ほか,1997)の傾きが0で評価期間内の天候による偏りはない)とみなせることから、評価期間の2年間分の観測値(気温、相対湿度、蒸気圧)は、標本として平年値(母平均値)を評価するための代表性を有していると判断した。

また、同図(a)の単回帰式から、「大手町露場の月平均値の平年差が0に対応する回帰予測値(単回帰式 $y = ax + b$ において、 $x = 0$ としたときの $y$ の値)」(以下、「月平年差0に対する回帰予測値」という。)は、日最低気温の月平均値が $-1.4^{\circ}\text{C}$ 、月平均気温が $-0.9^{\circ}\text{C}$ 、日最高気温の月平均値が $-0.2^{\circ}\text{C}$ となった。同様に、同図(b)の単回帰式から、大手町露場の月平均値の平年比が1に対応する回帰予測値(単回帰式 $y = ax + b$ において $x = 1$ としたときの $y$ の値)」(以下、「月平年比1に対する回帰予測値」という。)は、月平均相対湿度が1.05、月平均蒸気圧が0.99となった。

同様に、日別値(気温)を用いた観測値の代表性に関する評価結果を「付録B」に示す。

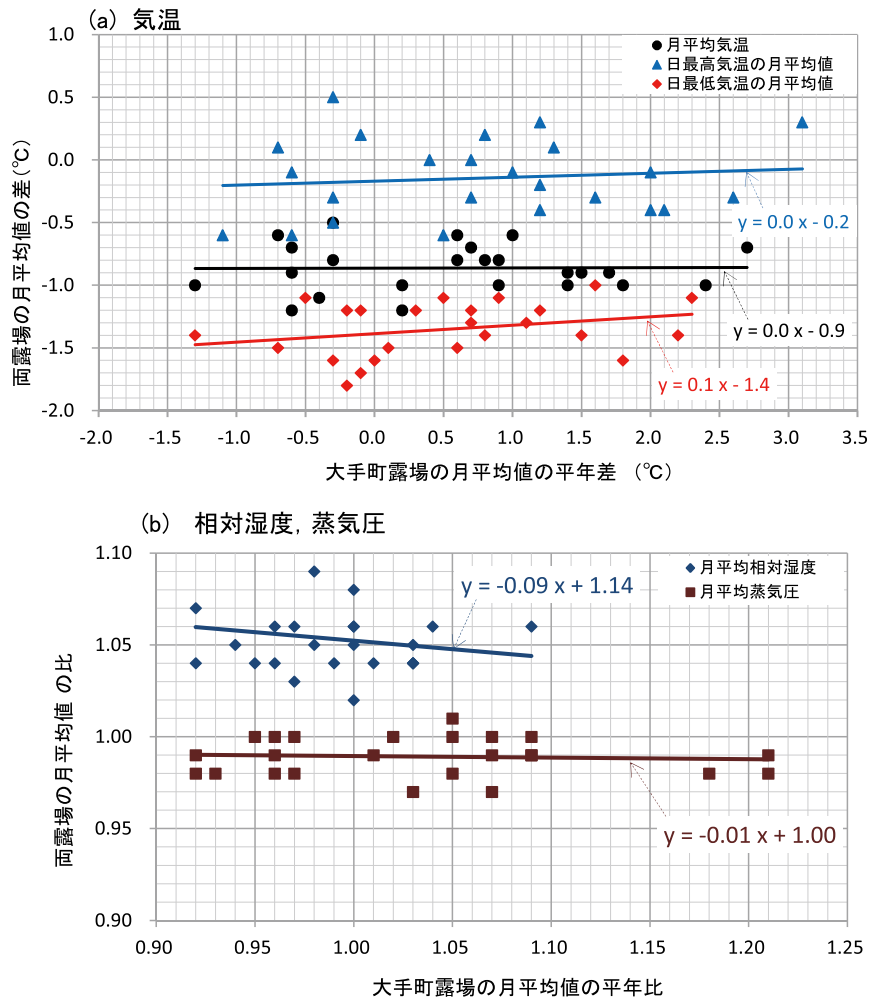
### (3) 気温差、相対湿度差、蒸気圧差の相関性

気温、相対湿度、蒸気圧ごとに、両露場における時別観測値の差の2年間平均値を第2図に示す。

3 主成分分析による方法：数十年間にわたる全国地点の月別値をもとに主成分分析を行い、全国規模から地域規模まで様々なスケールの年変動パターンを解析。その結果をもとに、観測条件の変化がある地点における、移転による影響(主成分得点の組み合わせでは表現しきれない量)を推定する方法(気象庁観測部観測課統計室,2001)。

4 単純比較による方法：様々なスケールの年変動などを考慮しないで単純に該当地点の統計値を比較する方法。

5 海面更正による方法：高度補正により理論的に求められる値に更正する方法。



第1図 大手町露場の月平均値の年平差又は年平比と、両露場（大手町露場、北の丸公園露場）の月平均値の差（（北の丸公園露場の月平均値）－（大手町露場の月平均値））又は比（（北の丸公園露場の月平均値）/（大手町露場の月平均値））。評価期間は2012年4月～2014年3月。（a）は要素が月平均気温（黒色）、日最高気温の月平均値（青色）、日最低気温の月平均値（赤色）で、差の比較。（b）は要素が月平均相対湿度（紺色）、月平均蒸気圧（茶色）で、比の比較。直線（実線）と一次式は各要素の単回帰直線と単回帰式（xは大手町露場の月平均値の年平差又は年平比、yは両露場の月平均値の差又は比）を示す。

同図において、気温差が負の場合におけるその絶対値（以下、「気温差の度合い」という。）は、北の丸公園露場で観測した気温が大手町露場で観測した気温よりも低くなる度合いに相当する。気温差の度合いは、昼間の10時に最小（気温差：0℃）、夜間の18時～翌5時は最大でほぼ一定（気温差：-1.3～-1.2℃）で、18～19時、24時、3～5時には極大（気温差：-1.3℃）となった。

湿度差は、気温差と負の相関を示し、大手町露場に比べて北の丸公園露場の気温が低くなると、

北の丸公園露場の相対湿度は高くなった。湿度差は、10時に最小（湿度差：0.6%）、明け方5時に極大（湿度差：4.9%）となった。このことから、両露場で湿度差が発生することは、主として両露場で気温差が発生することに対応しているものと考えられる。

蒸気圧差は、気温差とわずかな正の相関を示し、大手町露場に比べて北の丸公園露場の気温が低くなる18時から明け方5時には、北の丸公園露場の蒸気圧はわずかに低くなった（蒸気圧差：-0.3

～ -0.2hPa).

第 2 図に示した両露場の時別気温差について、月別に比較した結果を第 3 図に示す。同図 (a) によると、3～9 月では気温差の度合いは 10～15 時が最小でほぼ一定で、3～4 月の同時間帯の気温差は正值となり、北の丸公園露場の気温は大手町露場の気温よりも高くなった。18 時から翌 5 時は、気温差の度合いは最大でほぼ一定 (気温差: -1.4～-1.1℃) となった。同図 (b) によると、10～2 月では 10 時に気温差の度合いは最小で、11～2 月では 10 時の気温差は正值 (気温差: 0.1～0.5℃) となった。その後、徐々に気温差の度合いは増加し、17～18 時に極大 (気温差: -2.0～-1.1℃) となり、翌朝 6 時まで気温差の度合いは最大の状態ではほぼ一定となった。

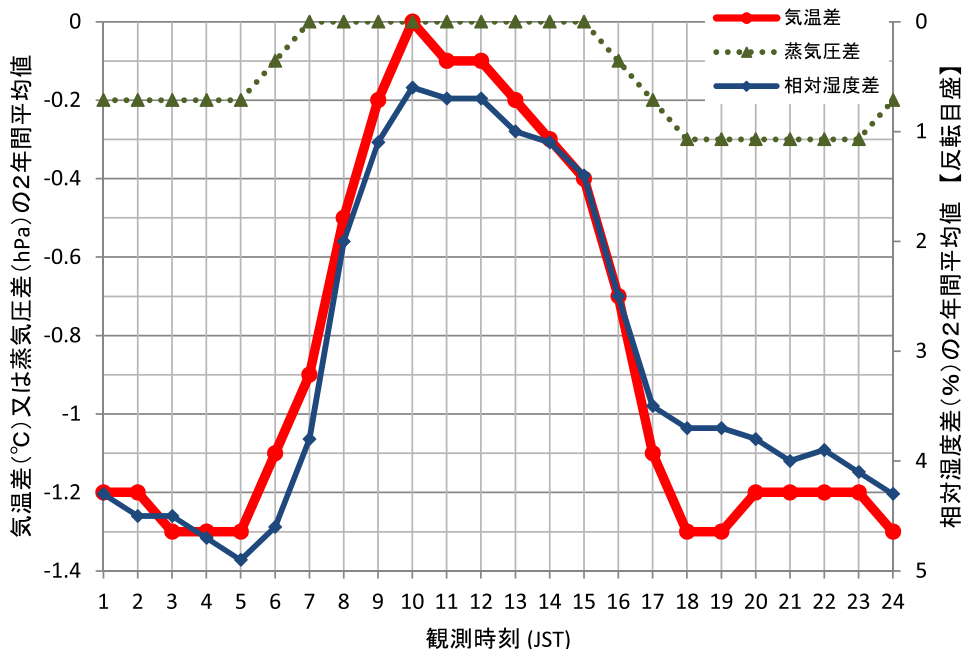
(4) 母平均値の違いの検定

評価期間内 (2012 年 4 月～2014 年 3 月) の日別値を使用して、両露場 (大手町露場, 北の丸公園露場) の母平均値に違いがあるかを統計学手法

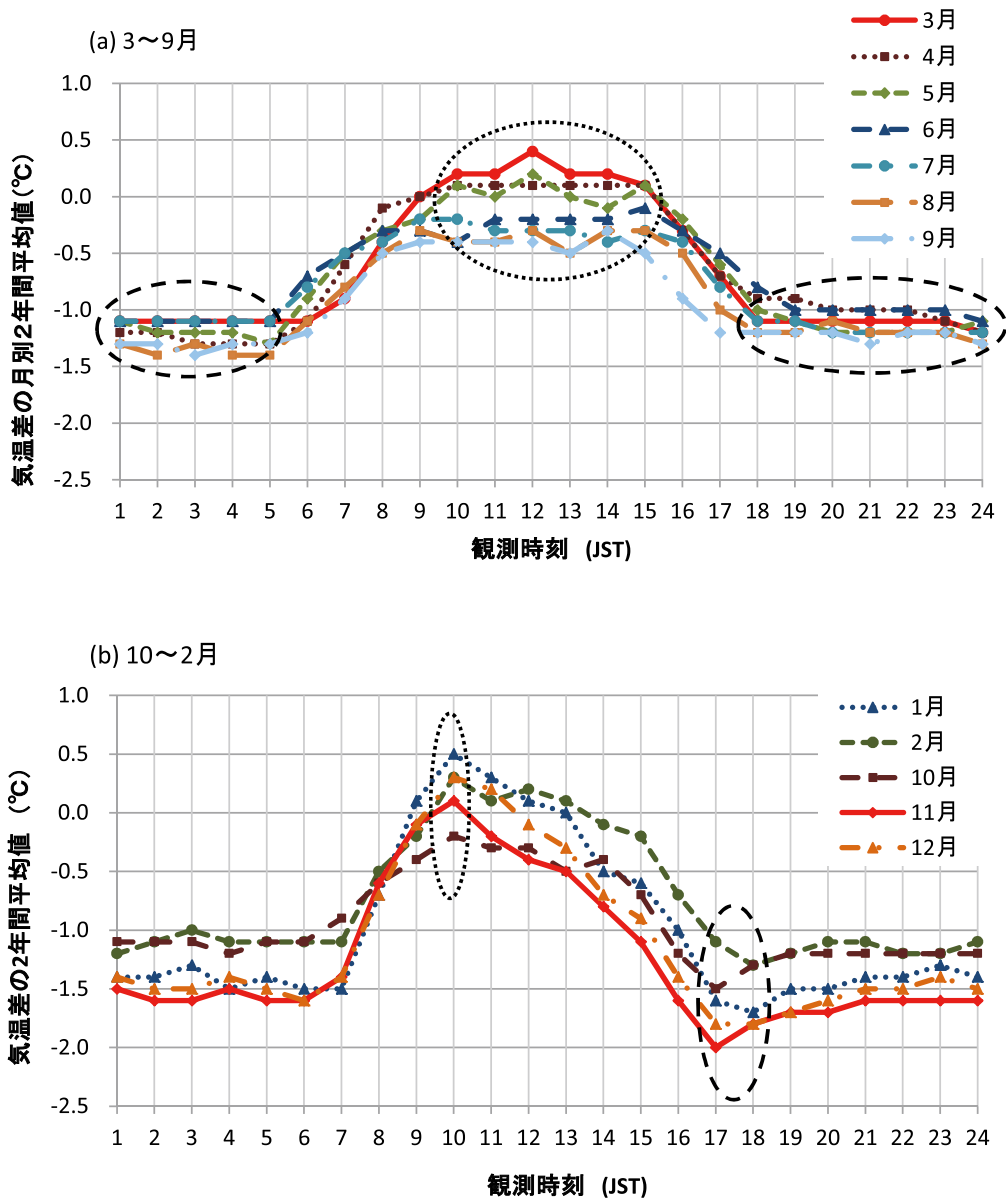
(和田, 1980) で検定した。この検定では、2 組の母集団がそれぞれ正規分布に従うことと、2 組の母集団の母分散が等しいことがそれぞれ前提となるため、最初に母集団の正規分布への適合性の検定 (以下, ア) と、2 組の母分散が等しいことの検定 (以下, イ) をしたうえで、2 組の母平均値の違いを検定 (以下, ウ) した。

ア 正規分布への適合性検定

両露場 (大手町露場, 北の丸公園露場) の観測値が正規分布に適合するかを検定した ( $\chi^2$ 検定)。その結果を第 1 表に示す (詳細な検定方法は「付録 C」に示す)。同表によると、有意水準 1% において、評価期間内における両露場の日最低気温は正規分布に従うと見なせる。その他の要素も、有意水準 1% において、一部の月を除いて、正規分布に従うと見なせる。このため、両露場における日最低気温, 日平均気温, 日最高気温, 日平均相対湿度及び日平均蒸気圧の母集団は、正規分布に従うと仮定した。



第 2 図 両露場 (大手町露場, 北の丸公園露場) における時別観測値の差 ((北の丸公園露場の時別観測値) - (大手町露場の時別観測値)) の 2 年間平均値。評価期間は 2012 年 4 月～2014 年 3 月。要素は気温差 (赤色の実線), 相対湿度差 (紺色の実線), 蒸気圧差 (緑色の点線)。気温差と蒸気圧差は左目盛り, 相対湿度差は右目盛り (目盛反転)。



第3図 両露場（大手町露場，北の丸公園露場）における気温差（（北の丸公園露場の特別気温）－（大手町露場の特別気温））の月別2年間平均値．評価期間は2012年4月～2014年3月．点線で囲んだ時間帯は北の丸公園露場の気温が大手町露場の気温より低くなる度合いが最小となる時間帯，破線で囲んだ時間帯は北の丸公園露場の気温が大手町露場の気温より低くなる度合いが最大となる時間を示す．(a)は3～9月．(b)は10～2月．

イ 母分散が等しいことの検定

両露場（大手町露場，北の丸公園露場）の日別値の母分散が等しいことを検定した（F検定）．その結果を第2表に示す（詳細な検定方法は「付録D」に示す）．同表によると，各要素（日最低気温，日平均気温，日最高気温，日平均相対湿度，日平均蒸気圧）とも，有意水準10%，5%，1%のいずれにおいて

も，両露場の母分散に有意な差はなかった．

ウ 母平均値の違いの検定

両露場（大手町露場，北の丸公園露場）の日別値の母平均値に違いがあるかを検定した（t検定）．その結果を第3表に示す（詳細な検定方法は「付録E」に示す）．同表によると，日最低気温は，有意水準10%ではすべての月で，有意水準5%及び1%でも一部の月を除いて，両露場の

第1表 正規分布への適合性検定結果（ $\chi^2$ 検定）．評価期間は2012年4月～2014年3月．標本は月別に2年間分の日別値．検定した要素は，日最低気温，日平均気温，日最高気温，日平均相対湿度，日平均蒸気圧．○印（背景色は緑）は「有意でない（正規分布に従うと見なせる）」，×印は「有意である（正規分布に従うと見なせない）」ことを示す．(a)は，日最低気温，日平均気温，日最高気温の検定結果．(b)は日平均相対湿度及び日平均蒸気圧の検定結果．

(a) 気温

有意水準	日最低気温						日平均気温						日最高気温						
	大手町露場			北の丸公園露場			大手町露場			北の丸公園露場			大手町露場			北の丸公園露場			
	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%	
1月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	×	×	○
2月	×	○	○	×	×	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○
4月	○	○	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	×	×	○
5月	○	○	○	×	○	○	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	×	×	○
6月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○	
7月	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	
8月	×	×	○	×	○	○	×	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	
9月	×	×	○	×	×	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	
10月	○	○	○	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	
11月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○	○	
12月	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	×	○	×	×	○	○	○	○	

(b) 相対湿度，蒸気圧

有意水準	日平均相対湿度						日平均蒸気圧					
	大手町露場			北の丸公園露場			大手町露場			北の丸公園露場		
	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%
1月	×	○	○	○	○	○	×	×	○	×	×	○
2月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○
3月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6月	×	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○	○
7月	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×
8月	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	○
9月	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○
10月	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	×	○
11月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12月	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	×	×

母平均値には有意な差がある。日平均気温と日平均相対湿度も、有意水準 10% で、一部の月を除いて、両露場の母平均値に有意な差がある（有意水準 5%、1% でも母平均値に有意な差がある月がある）。これに対して、日最高気温と日平均蒸気圧は、有意水準 10%、5% 及び 1% のいずれにおいても、両露場の母平均値に有意な差はない。

このように、日最低気温、日平均気温の母平均

値に有意な差があることから、統計的な整合性を保つため、母平均値に有意な差がない日最高気温を含めて、「気温（平均気温、最高気温、最低気温）」の平年値を更新することとした。「相対湿度」にも両露場の母平均値に有意な差があることから、相対湿度と依存関係がある「蒸気圧」を含めて、平年値を更新することとした。

第 2 表 母分散が等しいことの検定結果（F 検定：両側検定）。評価期間は 2012 年 4 月～2014 年 3 月。標本は月別に 2 年間分の日別値。検定した要素は、日最低気温、日平均気温、日最高気温、日平均相対湿度、日平均蒸気圧。○印は両露場の当該要素の母分散に「有意な差はない」ことを示す。

有意水準	日最低気温			日平均気温			日最高気温			日平均相対湿度			日平均蒸気圧		
	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%
1 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12 月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

第 3 表 母平均値の違いの検定結果（t 検定：両側検定）。評価期間は 2012 年 4 月～2014 年 3 月。標本は月ごとに 2 年間分の日別値。検定した要素は、日最低気温、日平均気温、日最高気温、日平均相対湿度、日平均蒸気圧。○印は両露場の当該要素の「母平均値の間には有意な差はない」、×印（背景色は赤）は両露場の当該要素の「母平均値の間には有意な差がある」ことを示す。

有意水準	日最低気温			日平均気温			日最高気温			日平均相対湿度			日平均蒸気圧		
	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%	10%	5%	1%
1 月	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2 月	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3 月	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4 月	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5 月	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6 月	×	×	×	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
7 月	×	×	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○	○	○
8 月	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○
9 月	×	×	○	×	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○
10 月	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11 月	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○
12 月	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○

### 3. 同時比較観測による補正值の算出と平年値の更新

同時比較観測の結果から「東京」の平年値を更新するために、最初に以下の手順で「月別補正值」及び「日別補正值」を算出した。次に、両補正值を用いて、気象観測統計指針（気象庁，2005）に基づく通常の方法で平年値を更新した。「月別補正值」及び「日別補正值」の算出手順の流れを第4図に、算出した「月別補正值」及び「日別補正值」から、北の丸公園露場における新平年値（日別平年値，半旬別平年値，旬別平年値，月別平年値，3か月別平年値，年別平年値）を算出した具体的な方法を「第4表」に示す。

#### (1) 月別平均値の再計算

最初に、一方の露場（大手町露場又は北の丸公

園露場）の統計要素の日別値が正常値でない場合（欠測，資料不足値，準正常値又は疑問値となった場合）は，その日の両露場の当該要素の日別値を共に除外し（第5表），正常値のみを使用して，各露場の「月別平均値」を再計算した。

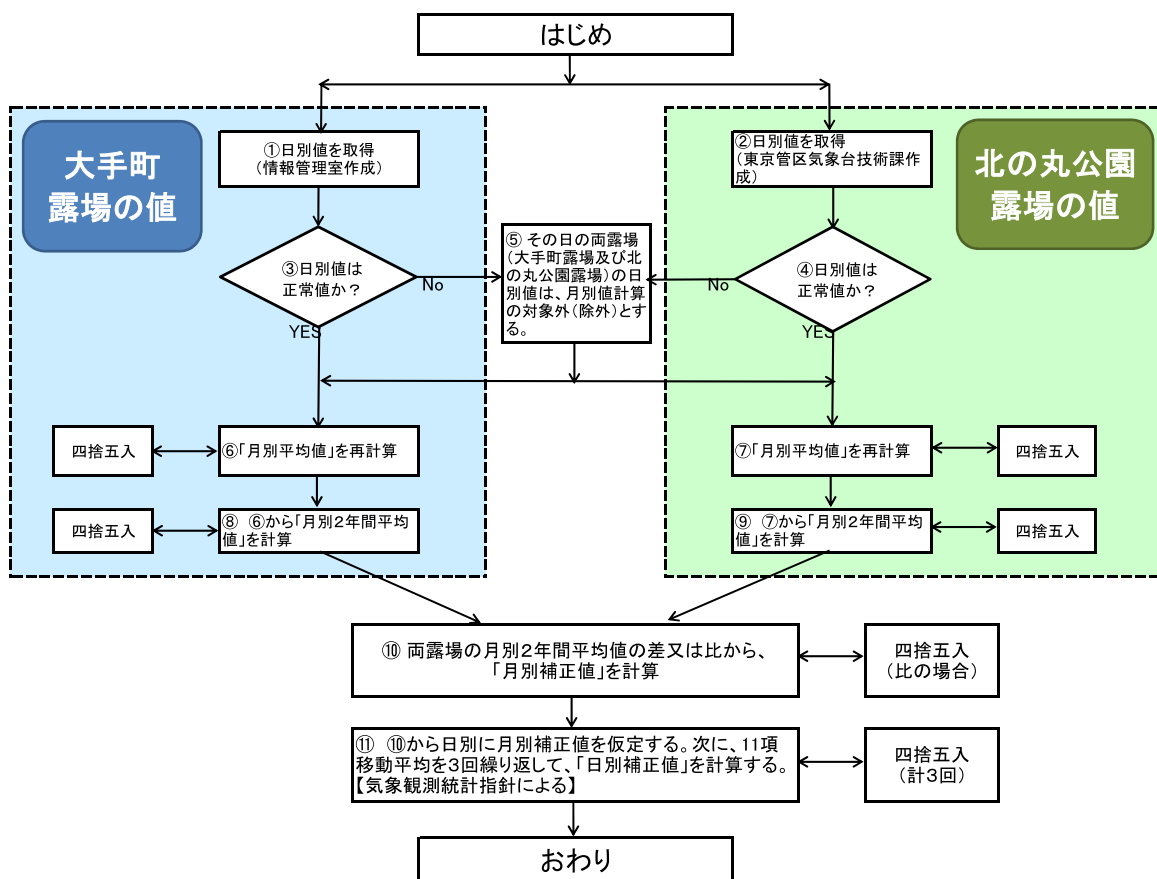
#### (2) 月別2年間平均値の算出

上記(1)で求めた月別平均値から，各露場の「月別2年間平均値」を算出した。

#### (3) 月別補正值の算出

通常の方法（気象観測統計指針による方法）で平年値を更新する場合，月統計値の補正において，気温には月別補正值を「足す（差の補正）」，相対湿度及び蒸気圧には月別補正值を「掛ける（比の補正）」としている（第6表）。

同時比較観測の結果に基づく「月別補正值」は，



第4図 同時比較観測値による月別補正值及び日別補正值の算出手順（統計処理）の流れ。「大手町露場の値」の点線枠内（背景色は淡紺色）は、同時比較観測の評価期間（2012年4月～2014年3月）における大手町露場の観測値に関する処理部分、「北の丸公園露場の値」の点線枠内（背景色は淡緑色）は、同時比較観測の評価期間（同）における北の丸公園露場の観測値に関する処理部分。丸付き数字は、処理の実施順序を示す。



第 4 表 「東京」の平年値の更新方法. 気象観測統計指針(気象庁, 2005)から引用したうえで, 一部を追記又は今回の「東京」の平年値更新に無関係な記述は記載を省略(一部の項番を繰上げ).

統計期間	統計要素	補正方法
日	平均気温 最高気温 最低気温 日照時間	① 月別補正值から日別補正值を求める. 日別補正值は, まず月別補正值を仮定し, それに 11 項移動平均を 3 回繰り返して求める. ② ①で求めた日別補正值を日別累年値に加える(気温)又は乗じる(日照). ③で求めた日別累年値を用いて日別平年値を求める.
半月	平均気温・最高気温 最低気温・日照時間	① 補正して求めた日別平滑平年値を平均・合計して半月別平年値を求める.
旬	平均気温・最高気温 最低気温・日照時間 平均風速 平均相対湿度	① 月別補正值を旬別累年値に加える(気温)又は乗じる(日照・風速・湿度). ②で求めた旬別累年値を用いて旬別平年値を求める.
月	平均気温・最高気温 最低気温・日照時間 平均風速 平均相対湿度 平均蒸気圧	① 月別補正值を月別累年値に加える(気温)又は乗じる(日照・風速・湿度・蒸気圧). ②で求めた月別累年値を用いて月別平年値を求める.
月	気温階級別日数 日照率 40%以上日数	① 補正して求めた日別累年値から再計算する.
3か月	平均気温・日照時間 気温階級別日数	① 補正して求めた月別累年値から 3 か月別累年値を求める. ② ①で求めた 3 か月別累年値を用いて 3 か月別平年値を求める.
年	平均気温・最高気温 最低気温・日照時間 平均風速・平均蒸気圧 平均相対湿度 気温階級別日数 日照率 40%以上日数	① 補正して求めた月別累年値から年別累年値を求める. ② ①で求めた年別累年値を用いて年別平年値を求める.

第 5 表 月別平均値を求める際に日別値を除外した期日と対象要素. ×印は月別平均値を計算する際に両露場の当該要素の日別値を除外したことを, 斜線は日別値を除外しない(日別値は正常値である)ことを示す.

両露場の日別値を除外した期日			日別値を除外した要素					備考
年	月	日	日平均気温	日最高気温	日最低気温	日平均相対湿度	日平均蒸気圧	
2012	4	25	×	/	/	×	×	北の丸公園露場の日別値が欠測になったことによる.
2012	6	7	×	/	/	×	×	同
2012	12	14	×	×	/	×	×	同
2012	12	27	×	×	/	×	×	同
2013	10	30	×	/	/	×	×	同

通常の方法と同様に、気温は以下のア項により両露場の月別2年間平均値の「差」(差の補正)、相対湿度と蒸気圧は以下のイ項により両露場の月別2年間平均値の「比」(比の補正)としてそれぞれ算出した(第7表)。

ア 気温の月別補正值

気温の月別補正值 $b_{sa}(e, m)$ は、(1)式により、両露場の月別2年間平均値の「差」(最小位数は小数点第1位)とした。ここで、 $m$ は月、 $e$ は統計要素、 $X(e, m)$ は大手町露場の月別2年間平均値、 $Y(e, m)$ は北の丸公園露場の月別2年間平均値である。

$$b_{sa}(e, m) = Y(e, m) - X(e, m) \quad (1)$$

イ 相対湿度、蒸気圧の月別補正值

相対湿度、蒸気圧の月別補正值 $b_{hi}(e, m)$ は、(2)式により、両露場の月別2年間平均値の「比」(最小位数は小数点第2位)とした。ここで、 $m$ は月、 $e$ は統計要素、 $X(e, m)$ は大手町露場の月別2年間平均値、 $Y(e, m)$ は北の丸公園露場の月別2年間平均値である。

$$b_{hi}(e, m) = \frac{Y(e, m)}{X(e, m)} \quad (2)$$

(1)式及び(2)式で算出した統計要素の月別補正值と使用した同時比較観測値を第8表に示す。同表によると、要素ごとに平均すると、日最低気温の月平均値の補正值は $-1.4^{\circ}\text{C}$ 、月平均気温の補正值は $-0.9^{\circ}\text{C}$ 、日最高気温の月平均値の補正值は $-0.2^{\circ}\text{C}$ 、月平均相対湿度の補正值は1.05、月平均蒸気圧の補正值は0.99となる。この結果は、第1図における「月平年差0に対する回帰予測値」及び「月平年比1に対する回帰予測値」と一致する。また、この結果は、第2図でみたとおり、北の丸公園露場の気温が大手町露場の気温に比べて低くなる度合いが、日最高気温が記録される時間帯(10~15時)に最小となり、日最低気温が記録される時間帯(18時~翌5時)に最大となることに対応する。

月別補正值の月ごとの変化を第5図に示す。日最低気温の月平均値の補正值は $-1.6 \sim -1.1^{\circ}\text{C}$ の範囲で変化し、11月~1月は、同補正值が $-1.6^{\circ}\text{C}$ で絶対値は最大となる。これに対して、日最高気温の月平均値の補正值は、3月~5月が正值( $0.1 \sim 0.3^{\circ}\text{C}$ )、7~1月が負値( $-0.6 \sim -0.2^{\circ}\text{C}$ )となる。

第6表 通常の場合における月別補正值の算出方法と補正方法(気象庁, 2005)。

観測要素	統計値	補正值の算出方法	補正值	
			補正方法	最小位数
気温	月平均気温	主成分分析による方法	足す	0.1
	日最高気温の月平均値			
	日最低気温の月平均値			
相対湿度	月平均相対湿度	掛ける	0.01	
蒸気圧	月平均蒸気圧			

第7表 大手町露場と北の丸公園露場での同時比較観測の結果に基づく月別補正值の算出方法と補正方法

観測要素	統計値	補正值の算出方法	補正值	
			補正方法	最小位数
気温	月平均気温	両露場の月別2年間平均値の「差」	足す	0.1
	日最高気温の月平均値			
	日最低気温の月平均値			
相対湿度	月平均相対湿度	掛ける	0.01	
蒸気圧	月平均蒸気圧			

第 8 表 同時比較観測の結果から算出した月別補正值と使用した同時比較観測値（大手町露場及び北の丸公園露場）. 評価期間は 2012 年 4 月～2014 年 3 月（各月とも 2 年間）. (a) は日最低気温の月平均値, (b) は月平均気温, (c) は日最高気温の月平均値, (d) は月平均相対湿度, (e) は月平均蒸気圧. (a),(b),(c) の月別補正值（差）は, 両露場の月別 2 年間平均値の差（（北の丸公園露場の 2 年間平均値）－（大手町露場の 2 年間平均値））, (d),(e) の月別補正值（比）は, 両露場の月別 2 年間平均値の比（（北の丸公園露場の 2 年間平均値） / （大手町露場の 2 年間平均値））を示す. 月欄の「平均」は, 各月（1～12 月）の月別補正值を平均した値.

(a) 日最低気温の月平均値

月	月別補正值 (°C) (差)	2 年間平均値 (°C)		日最低気温の月平均値 (°C)					
		大手町露場	北の丸公園露場	2012 年		2013 年		2014 年	
				大手町露場	北の丸公園露場	大手町露場	北の丸公園露場	大手町露場	北の丸公園露場
1	-1.6	2.2	0.6			1.8	0.3	2.5	0.9
2	-1.2	2.8	1.6			2.7	1.5	2.8	1.6
3	-1.2	7.3	6.1			7.9	6.8	6.7	5.4
4	-1.3	10.9	9.6	11.0	9.8	10.8	9.3		
5	-1.4	16.1	14.7	16.1	14.9	16.0	14.5		
6	-1.1	19.3	18.2	18.6	17.5	20.0	18.9		
7	-1.2	23.9	22.7	23.5	22.4	24.2	23.0		
8	-1.5	26.2	24.7	26.3	24.7	26.0	24.6		
9	-1.4	22.6	21.2	23.3	21.9	21.8	20.5		
10	-1.2	16.6	15.4	16.2	14.8	17.0	16.0		
11	-1.6	9.7	8.1	9.6	8.0	9.8	8.1		
12	-1.6	4.4	2.8	3.8	2.4	4.9	3.1		
平均	-1.4								

(b) 月平均気温

月	月別補正值 (°C) (差)	2 年間平均値 (°C)		月平均気温 (°C)					
		大手町露場	北の丸公園露場	2012 年		2013 年		2014 年	
				大手町露場	北の丸公園露場	大手町露場	北の丸公園露場	大手町露場	北の丸公園露場
1	-0.9	5.9	5.0			5.5	4.6	6.3	5.3
2	-0.8	6.1	5.3			6.2	5.4	5.9	5.2
3	-0.7	11.3	10.6			12.1	11.4	10.4	9.8
4	-0.7	14.8	14.1	14.3	13.8	15.2	14.4		
5	-0.7	19.7	19.0	19.6	18.9	19.8	19.0		
6	-0.7	22.2	21.5	21.4	20.8	22.9	22.1		
7	-0.8	26.9	26.1	26.4	25.8	27.3	26.4		
8	-1.0	29.2	28.2	29.1	28.2	29.2	28.2		
9	-1.0	25.7	24.7	26.2	25.2	25.2	24.2		
10	-1.0	19.7	18.7	19.4	18.4	19.9	19.0		
11	-1.2	13.1	11.9	12.7	11.5	13.5	12.3		
12	-1.1	7.9	6.8	7.4	6.4	8.3	7.2		
平均	-0.9								

第 8 表 続 き

(c) 日最高気温の月平均値

月	月別補正值 (°C) (差)	2年間平均値 (°C)		日最高気温の月平均値 (°C)					
				2012年		2013年		2014年	
		大手町 露場	北の丸 公園露場	大手町 露場	北の丸 公園露場	大手町 露場	北の丸 公園露場	大手町 露場	北の丸 公園露場
1	-0.3	10.1	9.8			9.6	9.3	10.6	10.3
2	0.0	10.1	10.1			10.3	10.5	9.8	9.7
3	0.3	15.5	15.8			16.4	16.7	14.5	14.8
4	0.2	18.9	19.1	18.5	19.0	19.2	19.2		
5	0.1	23.9	24.0	23.6	23.8	24.1	24.2		
6	0.0	25.7	25.7	24.8	24.9	26.5	26.4		
7	-0.2	30.8	30.6	30.1	30.1	31.4	31.0		
8	-0.3	33.2	32.9	33.1	33.0	33.2	32.8		
9	-0.3	29.3	29.0	29.8	29.5	28.8	28.5		
10	-0.3	23.0	22.7	23.0	22.8	23.0	22.6		
11	-0.6	16.9	16.3	16.3	15.7	17.4	16.8		
12	-0.5	11.7	11.2	11.3	10.7	12.1	11.6		
平均	-0.2								

(d) 月平均相対湿度

月	月別補正值 (比)	2年間平均値 (%)		月平均相対湿度 (%)					
				2012年		2013年		2014年	
		大手町 露場	北の丸 公園露場	大手町 露場	北の丸 公園露場	大手町 露場	北の丸 公園露場	大手町 露場	北の丸 公園露場
1	1.07	46	49			47	50	45	48
2	1.06	50	53			48	50	52	55
3	1.02	54	55			55	56	52	54
4	1.03	59	61	62	65	55	57		
5	1.06	63	67	65	69	61	64		
6	1.04	74	77	73	76	74	77		
7	1.05	74	78	75	78	73	77		
8	1.03	70	72	69	71	70	73		
9	1.06	71	75	73	76	69	73		
10	1.04	69	72	65	68	72	76		
11	1.09	57	62	58	63	55	61		
12	1.08	52	56	52	55	52	56		
平均	1.05								

第 8 表 続 き

(e) 月平均蒸気圧

月	月別補正值(比)	2年間平均値(hPa)		月平均蒸気圧(hPa)					
				2012年		2013年		2014年	
		大手町露場	北の丸公園露場	大手町露場	北の丸公園露場	大手町露場	北の丸公園露場	大手町露場	北の丸公園露場
1	0.98	4.4	4.3	/		4.3	4.2	4.4	4.4
2	0.98	4.9	4.8			4.7	4.6	5.0	5.0
3	0.97	7.4	7.2			8.0	7.8	6.8	6.6
4	0.99	10.1	10.0	10.5	10.5	9.6	9.5	/	
5	0.99	14.6	14.5	14.8	14.9	14.3	14.1		
6	0.99	19.6	19.5	18.5	18.5	20.7	20.4		
7	1.00	26.1	26.0	25.9	25.8	26.3	26.2		
8	0.98	27.9	27.4	27.7	27.0	28.0	27.8		
9	0.99	23.6	23.3	24.7	24.2	22.5	22.3		
10	0.99	15.9	15.7	14.8	14.5	17.0	16.9		
11	1.00	8.7	8.7	8.6	8.5	8.8	8.8		
12	0.98	5.6	5.5	5.4	5.3	5.7	5.6		
平均	0.99								

補正值が正值になることは、第3図でみたように、当該月の10～13時は、北の丸公園露場の気温が大手町露場の気温より高くなることに対応している。

(4) 日別補正值の算出

気温の「日別補正值」は、気象観測統計指針（気象庁，2005）に基づく通常の方法（第4表）で、まず月別補正值を仮定し、それに11項移動平均を3回繰り返して算出した（第6図）。

(5) 新平年値の算出

新平年値は、気象観測統計指針（気象庁，2005）に基づく通常の方法（表4）により、以下のとおり算出した。

ア 日別平年値

日別補正值を「東京」の平年値の算出に使用した大手町露場の日別累年値（1981～2010年）に「加える（気温）」又は「乗じる（日照時間）」ことで、補正した日別累年値（1981～2010年）を算出した。次に、この補正した日別累年値（1981～2010年）を用いて、新しい日別平年値を算出した。

なお、日別平年値は、移動平均<sup>6</sup>によって平滑化した日別平滑平年値を算出して、これを使用した。

イ 半旬平年値

新しい日別平年値を平均・合計して、新しい半旬別平年値を算出した。

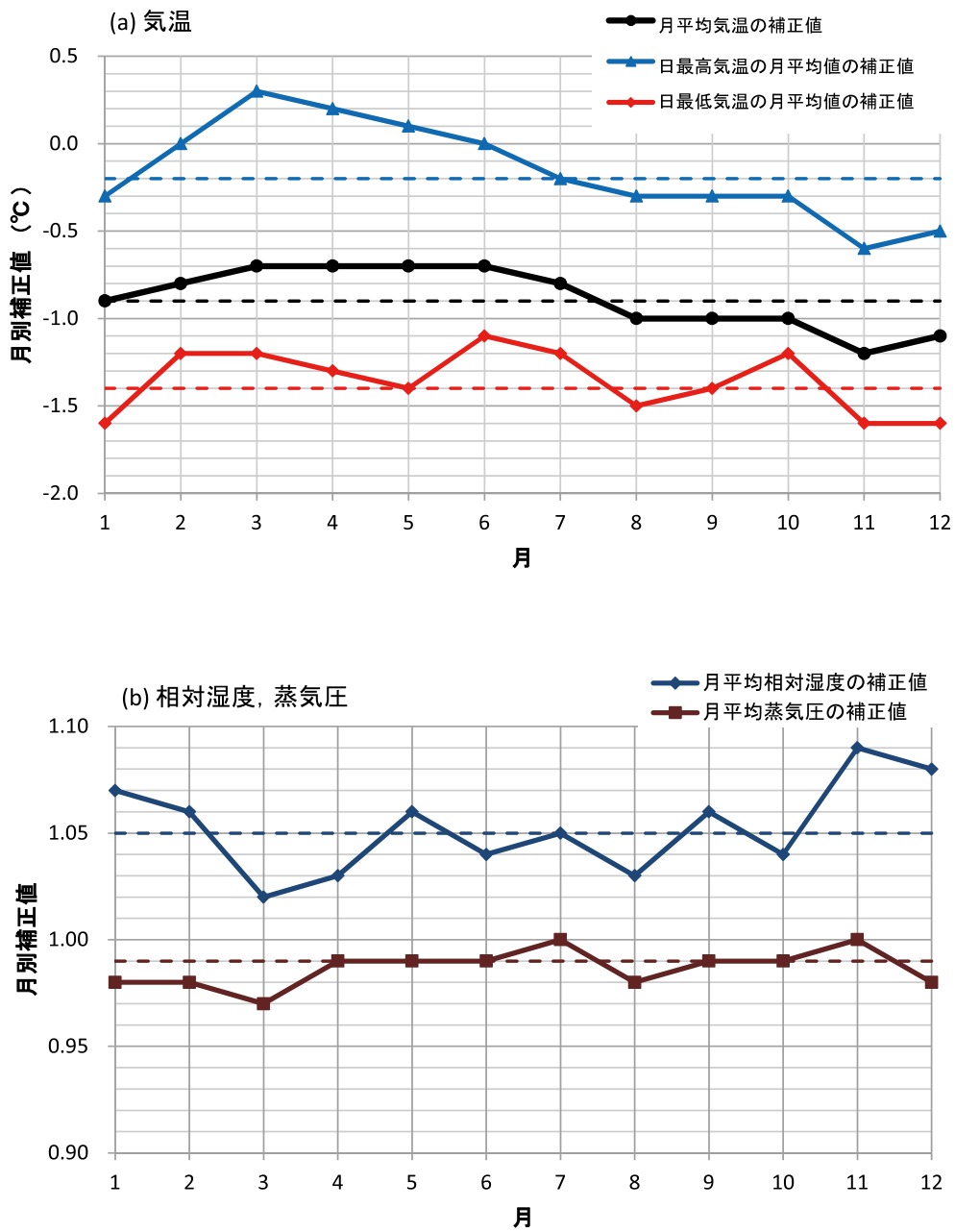
ウ 旬別平年値

月別補正值を「東京」の平年値の算出に使用した大手町露場の旬別累年値（1981～2010年）に「加える（気温）」又は「乗じる（日照時間・風速・相対湿度）」ことで、補正した旬別累年値（1981～2010年）を算出した。次に、この補正した旬別累年値を用いて、新しい旬別平年値を算出した。

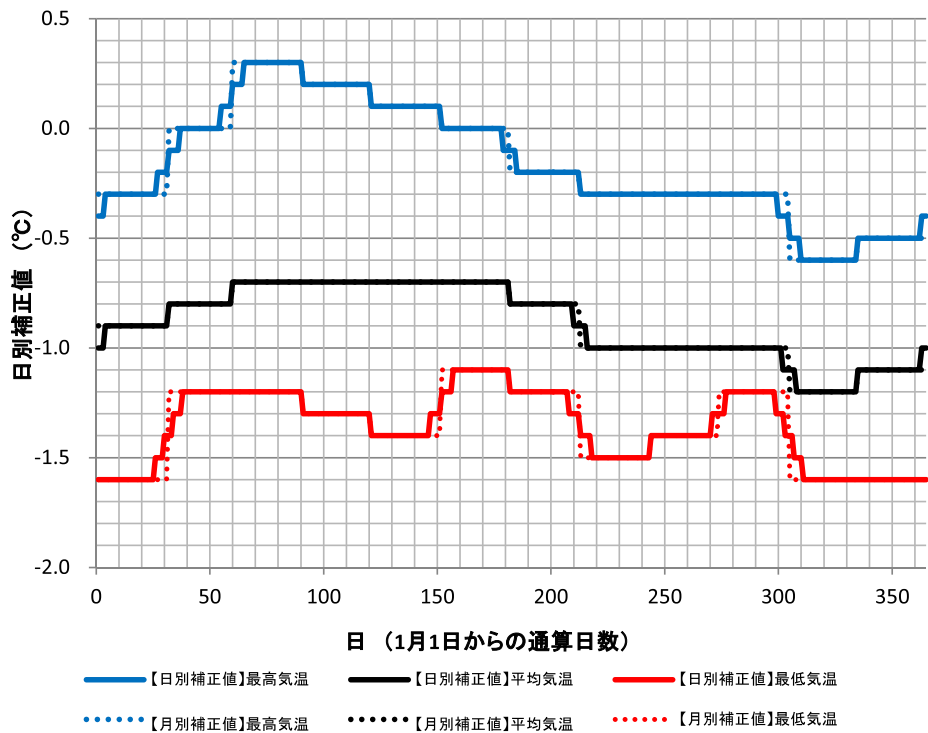
エ 月別平年値

月別補正值を「東京」の平年値の算出に使用した大手町露場の月別累年値（1981～2010年）に「加える（気温）」又は「乗じる（日照時間・風速・相対湿度・蒸気圧）」ことで、補正した月別累年値（1981～2010年）を算出した。次に、この補正した月別累年値を用いて、新しい月別平年値を算出した。

<sup>6</sup> 移動平均には「KZ（Kolmogorov-Zurbenko）フィルタ」（単純移動平均を数回繰り返す方式をいう。日別の累年平均値に対して9日間移動平均を3回行う。）を日別、日別7、14、28日間の各項目（平均値、標準偏差、階級区別値）に対して用いた。



第5図 同時比較観測結果（大手町露場，北の丸公園露場）から算出した月別補正值．評価期間は2012年4月～2014年3月．(a)は月平均気温（黒色），日最高気温の月平均値（青色），日最低気温の月平均値（赤色）の月別補正值（最小位数は小数点第1位）．(b)は月平均相対湿度（紺色），月平均蒸気圧（茶色）の月別補正值（最小位数は小数点第2位）．実線は各要素の月別補正值を結んだもの，点線は各要素の月別補正值の平均値．



第 6 図 第 5 図の月別補正值 (点線) から算出した気温の日別補正值 (実線)。日別補正值は、まず月別補正值を仮定し、それに 11 項移動平均を 3 回繰り返して求める。要素は、日最低気温 (赤色)、日平均気温 (黒色)、日最高気温 (青色)。実線は 11 項移動平均を 3 回繰り返した後の「日別補正值」、点線は移動平均を行う前に仮定した「月別補正值」。日は 1 月 1 日からの通算日数で示す。

なお、一部の統計要素 (気温階級別日数等) は、補正した日別累年値から、新しい月別平年値を算出した。

オ 3 か月別平年値

補正した月別累年値から 3 か月別累年値を算出した。次に、この算出した 3 か月別累年値を用いて、新しい 3 か月別平年値を算出した。

カ 年別平年値

補正した月別累年値から年別累年値を算出した。次に、この算出した年別累年値を用いて、新しい年別平年値を算出した。

4. 新・旧両平年値の比較結果

北の丸公園露場における新平年値 (気象庁 (編), 2014) と大手町露場における旧平年値 (気象庁 (編), 2011) を比較した結果を第 9 表に示す。同表によると、新平年値は旧平年値に比べて、日最低気温の年平均値は 1.4℃、年平均気温は 0.9℃、日最高気温の年平均値は 0.2℃それぞれ低くなる。また、年平均相対湿度は、比にして 5% (数値では 3%) 高くなり、年平均蒸気圧は、比にして 1% (数値としては 0.1hPa) 低くなる。

階級別日数<sup>7</sup>では、新平年値は旧平年値に比べ

<sup>7</sup> 気温、風、降水量、雲量などの統計値を階級 (例えば、日最高気温 30℃以上など) に分けてその出現日数を統計したものを特に「階級別日数」という。階級別日数は、定められた階級に該当する場合は集計し、該当しない場合は集計しないため、もとの観測値には小さな差しかない場合でも、階級別日数には大きな差として現れる場合がある。

て、日最低気温が 25℃以上の年間日数は 16.5 日減少し、日最低気温が 0℃未満（冬日）の年間日数は 14.7 日増加する。これに対して、日最高気温が 35℃以上（猛暑日）の年間日数は 0.8 日、日最高気温が 30℃以上（真夏日）の年間日数は 2.1 日、日最高気温が 25℃以上（夏日）の年間日数は 1.3 日それぞれ減少するものの、大きな差はな

い。

なお、泉・稲村（2012）が 2009 年～2010 年（2 年間）に皇居のほぼ中央に位置する大道庭園で実施した調査によると、皇居（大道庭園）と東京（当庁の大手町露場）では、月最高気温は大きな差は見られないものの（2 年間平均 - 0.2℃：皇居の方が値は低い）、月最低気温は 2 年間平均で - 1.7

第 9 表 新・旧両平年値の比較（主要要素の月別・年別平年値）. 新平年値は北の丸公園露場の値. 旧平年値は大手町露場の値. (a) は気温（最低気温, 平均気温, 最高気温）, (b) は相対湿度, (c) は日最低気温の階級別日数, (d) は日最高気温の階級別日数. (a),(b),(d) の差は、新・旧平年値の差（（新平年値）-（旧平年値））を、(b) の比は、新・旧平年値の比（（新平年値）/（旧平年値））を示す.

(a) 気温（最低気温, 平均気温, 最高気温）

月	日最低気温の月・年平均値(℃)			月・年平均気温(℃)			日最高気温の月・年平均値(℃)		
	旧平年値 (大手町露場)	新平年値 (北の丸公園露場)	差	旧平年値 (大手町露場)	新平年値 (北の丸公園露場)	差	旧平年値 (大手町露場)	新平年値 (北の丸公園露場)	差
1	2.5	0.9	-1.6	6.1	5.2	-0.9	9.9	9.6	-0.3
2	2.9	1.7	-1.2	6.5	5.7	-0.8	10.4	10.4	0.0
3	5.6	4.4	-1.2	9.4	8.7	-0.7	13.3	13.6	0.3
4	10.7	9.4	-1.3	14.6	13.9	-0.7	18.8	19.0	0.2
5	15.4	14.0	-1.4	18.9	18.2	-0.7	22.8	22.9	0.1
6	19.1	18.0	-1.1	22.1	21.4	-0.7	25.5	25.5	0.0
7	23.0	21.8	-1.2	25.8	25.0	-0.8	29.4	29.2	-0.2
8	24.5	23.0	-1.5	27.4	26.4	-1.0	31.1	30.8	-0.3
9	21.1	19.7	-1.4	23.8	22.8	-1.0	27.2	26.9	-0.3
10	15.4	14.2	-1.2	18.5	17.5	-1.0	21.8	21.5	-0.3
11	9.9	8.3	-1.6	13.3	12.1	-1.2	16.9	16.3	-0.6
12	5.1	3.5	-1.6	8.7	7.6	-1.1	12.4	11.9	-0.5
年	13.0	11.6	-1.4	16.3	15.4	-0.9	20.0	19.8	-0.2

(b) 相対湿度, 蒸気圧

月	月・年平均相対湿度			月・年平均蒸気圧		
	旧平年値 (大手町露場) (%)	新平年値 (北の丸公園露場) (%)	比	旧平年値 (大手町露場) (hPa)	新平年値 (北の丸公園露場) (hPa)	比
1	49	52	1.06	4.6	4.5	0.98
2	50	53	1.06	4.9	4.8	0.98
3	55	56	1.02	6.6	6.4	0.97
4	60	62	1.03	10.0	9.9	0.99
5	65	69	1.06	14.1	14.0	0.99
6	72	75	1.04	19.0	18.8	0.99
7	73	77	1.05	24.2	24.2	1.00
8	71	73	1.03	25.8	25.3	0.98
9	71	75	1.06	21.0	20.8	0.99
10	66	68	1.03	14.1	14.0	0.99
11	59	65	1.10	9.3	9.3	1.00
12	52	56	1.08	5.9	5.8	0.98
年	62	65	1.05	13.3	13.2	0.99



第 9 表 続 き

(c) 日最低気温の階級別日数

月	日最低気温<0℃ 月・年間日数(日)			日最低気温≥25℃ 月・年間日数(日)		
	旧平年値 (大手町露場)	新平年値 (北の丸公園露場)	差	旧平年値 (大手町露場)	新平年値 (北の丸公園露場)	差
1	3.0	10.6	7.6	0.0	0.0	0.0
2	2.3	6.5	4.2	0.0	0.0	0.0
3	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	-0.1
7	0.0	0.0	0.0	9.0	4.1	-4.9
8	0.0	0.0	0.0	15.1	6.2	-8.9
9	0.0	0.0	0.0	3.4	1.0	-2.4
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.4	2.2	1.8	0.0	0.0	0.0
年	5.8	20.5	14.7	27.8	11.3	-16.5

(d) 日最高気温の階級別日数

月	日最高気温≥25℃ 月・年間日数(日)			日最高気温≥30℃ 月・年間日数(日)			日最高気温≥35℃ 月・年間日数(日)		
	旧平年値 (大手町露場)	新平年値 (北の丸公園露場)	差	旧平年値 (大手町露場)	新平年値 (北の丸公園露場)	差	旧平年値 (大手町露場)	新平年値 (北の丸公園露場)	差
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.2	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	8.9	9.3	0.4	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
6	17.3	17.2	-0.1	2.9	2.8	-0.1	0.0	0.0	0.0
7	26.4	26.0	-0.4	15.5	14.8	-0.7	1.1	0.9	-0.2
8	29.7	29.6	-0.1	22.0	21.3	-0.7	1.7	1.3	-0.4
9	21.6	20.9	-0.7	7.7	7.1	-0.6	0.3	0.2	-0.1
10	4.8	4.3	-0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.2	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
年	110.0	108.7	-1.3	48.5	46.4	-2.1	3.2	2.4	-0.8

℃の差（皇居の方が値は低い）が見られたとされており、今回得られた新・旧両平年値の差と同様の傾向が得られている。

### 謝辞

本報告をまとめるにあたり、気象研究所 藤部文昭 環境・応用気象研究部長（現：首都大学東京都市環境学部地理環境コース特任教授）には有益な助言及び指摘をいただいた。東京管区气象台の方々には、同時比較観測の結果に基づく「東京」の平年値の更新について協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

### 参 考 文 献

- 泉岳樹・稲村友彦(2012)：露場の周辺環境が気象観測に与える影響に関する一考察，東京（大手町）露場の移転を念頭に．日本気象学会 2012 年度春季大会講演予稿 ,101,457.
- 気象庁(2005)：気象観測統計指針．(www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/index.html, 気象観測統計の解説, 2015 年 10 月 8 日参照)
- 気象庁・東京管区气象台(2008)：東京の露場の移転先について．報道発表資料(平成 20 年 9 月 18 日)．(www.jma.go.jp/jma/press/0809/18a/rojo080918.html, 2015 年 10 月 8 日参照)
- 気象庁・東京管区气象台(2011)：東京（北の丸公園）における気象観測施設の完成について．報道発表資料（平成 23 年 7 月 28 日）．(www.jma.go.jp/jma/press/1107/28a/20110728.html, 2015 年 10 月 8 日参照)
- 気象庁・東京管区气象台(2014)：地上観測地点「東京」の移転について．報道発表資料（平成 26 年 10 月 3 日）．(www.jma.go.jp/jma/press/1410/03b/20141003\_tokyo\_rojo.html, 2015 年 10 月 8 日参照)
- 気象庁観測部・東京管区气象台(2016)：地上気象観測地点「東京」の露場移転について（その 1 移転までの経緯について）．測候時報, **83**, 1-6.
- 気象庁（編）(2011)：気象庁観測平年値（1981-2010 年）第 3 版．気象業務支援センター．(CD-ROM)
- 気象庁（編）(2014)：気象庁観測平年値（1981-2010 年）第 4 版．気象業務支援センター．(CD-ROM)

気象庁観測部観測課統計室(2001)：2000 年統計における官署移転等の取り扱いについて（2000 年統計で採用した補正の方法）．測候時報, **68**, 1-23.

気象庁観測部観測課統計室(2011)：2010 年平年値の作成方法について．測候時報, **78**, 48-56.

久米均・飯塚悦功(1997)：回帰分析，シリーズ入門統計的方法 2．第 11 版，岩波書店，242pp.

和田秀三(1980)：統計入門，サイエンスライブラリ理工学系の数学 =20. 初版第 2 版，サイエンス社，93-119.

付録A 「東京」の露場移転に伴う2010年平年値の更新項目

「東京」の平年値を更新した項目を第A表に示す。

第A表 「東京」の平年値を更新した項目. ■(背景色は緑)は同時比較観測結果により平年値を更新した項目, ●(背景色は黄)は通常の方法で平年値を更新した項目, ○は平年値を更新しない項目, 空白は平年値がない項目. (a)は地上気象観測平年値, (b)は地域気象観測平年値.

(a) 地上気象観測  
(合計、平均値)

項目	3か月別				年・月別				旬別				暦日 半旬別	通年 半旬別	日別			日別 7日間		日別 14・28日間		日別 7,14,28日間
	平年 値	同 標 準 偏 差	階 級 区 分 値	地 域 階 級 *	平年 値	同 標 準 偏 差	階 級 区 分 値	地 域 階 級 *	平年 値	同 標 準 偏 差	階 級 区 分 値	地 域 階 級 *	平年 値	平年 値	平年 値	同 標 準 偏 差	階 級 区 分 値	平年 値	階 級 区 分 値	平年 値	階 級 区 分 値	地 域 階 級 *
海面気圧					○	○	○		○	○	○											
現地気圧					○	○	○															
気温	■	■	■	○	■	■	■	○	■	■	■	○	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○
日最高気温					■	■	■		■	■	■		■	■	■	■	■					
日最低気温					■	■	■		■	■	■		■	■	■	■	■					
特別気温(3時間毎)															○							
相対湿度					■	■	■		■	■	■											
蒸気圧					■	■	■															
平均風速					●	●	●		●	●	●											
最多風向					○																	
雲量					○	○	○		○	○	○				○							
日照時間	●	●	●	○	●	●	●	○	●	●	●	○	●	●	●			●	●	●	●	○
全天日射量					○	○	○		○	○	○		○	○	○							
降水量	○	○	○	○	○	○	注	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○
降雪の深さ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○			○	○	○	○	○
降雪の深さ日合計の最大					○	○	○															
積雪の深さの最大	○	○	○		○	○	○		○	○	○				○							

注: CLIMAT通報のための5分位値も含む(但しデータ収録のみ)

地域階級\*: 地域平均階級区分値(平年差・平年比の広域予報区及び地方予報区の地域平均階級区分値)

(階級別日数)

項目	期間	3か月別				年・月別				日別	日別 7日間	日別 14・28日 間	日別 7・ 14・ 28日 間
		平年 値	平年 値	階 級 区 分 値	地 域 階 級 *	平年 値	平年 値	階 級 区 分 値	地 域 階 級 *	平年 値	階 級 区 分 値	平年 値	階 級 区 分 値
日平均気温 <0°C			■										
≥25°C			■										
日最高気温 <0°C		■	■										
≥25°C		■	■										
≥30°C		■	■										
≥35°C		■	■										
日最低気温 <0°C		■	■										
≥25°C		■	■										
日最大風速 ≥10m/sec			○										
≥15m/sec			○										
≥20m/sec			○										
≥30m/sec			○										
日平均雲量 <1.5(/10)			○										
≥8.5(/10)			○										
日照率 ≥40%		●	●	○	●	●	●	●	●	●	○		
日降水量 ≥0.0mm			○										
≥0.5mm			○										
≥1.0mm			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
≥10.0mm			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
≥30.0mm			○										
≥50.0mm			○										
≥70.0mm			○										
≥100.0mm			○										
日最深積雪 ≥0cm			○										
≥5cm			○										
≥10cm			○										
≥20cm			○										
≥50cm			○										
≥100cm			○										

(大気現象日数、季節現象初終日、等)

項目	期間	年・月別		
		平年 値	階 級 区 分 値	地 域 階 級 *
不照日数		○		
霧日数		○		
雷日数		○		
雪(降雪)日数		○		
雪の初終日		○		
霜の初終日		○		
結水の初終日		○		
初冠雪		○		
6,7月合計降水量(沖縄・奄美を除く)		○	○	○
5,6月合計降水量(沖縄・奄美)		○	○	○

- 平年値を更新した項目(同時比較観測の結果による)
- 平年値を更新した項目(通常の方法による)
- 平年値を更新しない項目
- 平年値がない項目

第 A 表 つづき

(b) 地域気象観測

(合計、平均値)

項目	3か月別			年・月別			旬別			暦日 半旬別	通年 半旬別	日別			日別 7日間	
	平 年 値	同 標 準 偏 差	階 級 区 分 値	平 年 値	同 標 準 偏 差	階 級 区 分 値	平 年 値	同 標 準 偏 差	階 級 区 分 値	平 年 値	平 年 値	平 年 値	同 標 準 偏 差	階 級 区 分 値	平 年 値	階 級 区 分 値
気温	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
日最高気温				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
日最低気温				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
平均風速				●	●	●	●	●	●							
最多風向				○												
日照時間	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
降水量	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○
積雪前1時間差合計	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○				
積雪の深さの最大	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○				

(階級別日数)

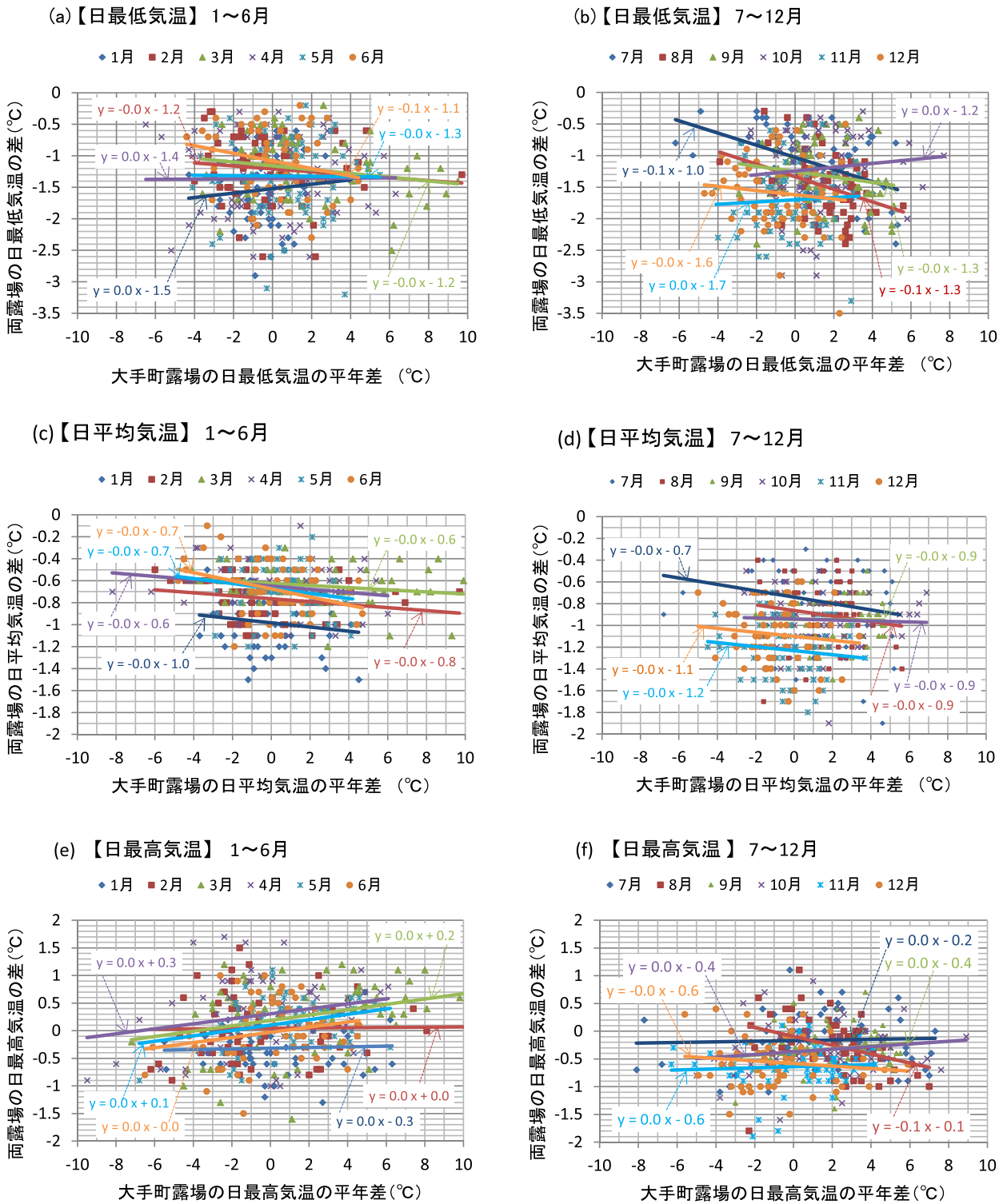
項目	期間	3か月別			年・月別		
		平 年 値	平 年 値	階 級 区 分 値	平 年 値	平 年 値	階 級 区 分 値
日平均気温	<0°C		■				
	≥25°C		■				
日最高気温	<0°C	■	■				
	≥25°C	■	■				
	≥30°C	■	■				
	≥35°C	■	■				
日最低気温	<0°C	■	■				
	≥25°C	■	■				
日最大風速	≥10m/s		○				
	≥15m/s		○				
	≥20m/s		○				
	≥30m/s		○				
日照率	≥40%		●	●			
日降水量	≥1.0mm		○	○			
	≥10.0mm		○	○			
	≥30.0mm		○	○			
	≥50.0mm		○	○			
	≥70.0mm		○	○			
	≥100.0mm		○	○			
日最深積雪	≥5cm		○	○			
	≥10cm		○	○			
	≥20cm		○	○			
	≥50cm		○	○			
	≥100cm		○	○			

- 平年値を更新した項目(同時比較観測の結果による)
- 平年値を更新した項目(通常の方法による)
- 平年値を更新しない項目
- 平年値がない項目

付録 B 日別気温の代表性

同時比較観測結果の評価期間(2012年4月~2014年3月)における観測値が、平年値(30年間の平均値)を評価するための代表性を有しているかを気温の日別値で検証した。第B図に、大手町露場で観測した日別気温(日平均気温、日最高気温、日最低気温)の平年差と、両露場(大手町露場、北の丸公園露場)の日別気温差を示す。同図によると、日別気温の平年差の大小にかかわらず、両露場の日別気温差は一定(単回帰式の傾きが0で評価期間内の天候による偏りはない)とみなせることから、評価期間内の2年間分の日別気温は、平年値(母平均値)を評価するための代表性を有していると判断した。

なお、第8表で求めた月別補正值と、第B図の単回帰式から求めた「大手町露場の日別値の平年差が0に対応する回帰予測値(単回帰式 $y = ax + b$ において、 $x = 0$ としたときの $y$ の値)」(以下、「日平年差0に対する回帰予測値」という。)を比較した結果を第B表に示す。同表によると、一部に推定誤差があるものの、月別補正值と日平年差0に対する回帰予測値は基本的に一致している。



第B図 大手町露場の日別気温（日最低气温，日平均気温，日最高気温）の平年差と，両露場（大手町露場，北の丸公園露場）の日別値の差（（北の丸公園露場の日別値）－（大手町露場の日別値））．評価期間は2012年4月～2014年3月．直線（実線）と一次式は各要素の単回帰直線と単回帰式（ $x$ は大手町露場の日別気温の平年差， $y$ は両露場の日別気温の差）．単回帰式の色は，月ごとの日別気温のマーカ色に対応（マーカ色と同一）．(a)は1～6月の日最低气温（月別），(b)は7～12月の日最低气温（月別），(c)は1～6月の日平均気温（月別），(d)は7～12月の日平均気温（月別），(e)は1～6月の日最高気温（月別），(f)は7～12月の日最高気温（月別）．

第 B 表 気温の月別補正值と日平年差 0 に対する回帰予測値の比較. 月別補正值は第 8 表による. 日平年差 0 に対する回帰予測値は第 B 図の各月の単回帰式 ( $y=ax+b$  において,  $x=0$  としたときの  $y$  の値) から求めた.

月	日最低気温		日平均気温		日最高気温	
	月別補正值 (°C)	日平年差 0 に対する回帰予測値 (°C)	月別補正值 (°C)	日平年差 0 に対する回帰予測値 (°C)	月別補正值 (°C)	日平年差 0 に対する回帰予測値 (°C)
1	-1.6	-1.5	-0.9	-1.0	-0.3	-0.3
2	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	0.0	0.0
3	-1.2	-1.2	-0.7	-0.6	0.3	0.2
4	-1.3	-1.4	-0.7	-0.6	0.2	0.3
5	-1.4	-1.3	-0.7	-0.7	0.1	0.1
6	-1.1	-1.1	-0.7	-0.7	0.0	0.0
7	-1.2	-1.0	-0.8	-0.7	-0.2	-0.2
8	-1.5	-1.3	-1.0	-0.9	-0.3	-0.1
9	-1.4	-1.3	-1.0	-0.9	-0.3	-0.4
10	-1.2	-1.2	-1.0	-0.9	-0.3	-0.4
11	-1.6	-1.7	-1.2	-1.2	-0.6	-0.6
12	-1.6	-1.6	-1.1	-1.1	-0.5	-0.6

付録 C 正規分布への適合性検定 ( $\chi^2$ 検定)

$A_1, A_2, \dots, A_k$ のいずれかの属性が現われ,  $A_i \cup A_j = \varphi$  (空事象) とし, これらが現れる母比率をそれぞれ  $p_1, p_2, \dots, p_k$  とする. また, 大きさ  $n$  の標本中  $A_i$  が現れる度数を確率変数  $X_i$  とする. いま, 帰無仮説

$$H_0 : p_i = p_{i0} \quad (i = 1, 2, \dots, k)$$

を仮定すると,

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(X_i - np_{i0})^2}{np_{i0}} \tag{C1}$$

は, 自由度  $k - 1$  の  $\chi^2$  分布に従う. ただし,  $np_{i0} \geq 5$  である. また  $p_i$  を定めるために, 他の  $l$  個のパラメータ  $\theta_1, \dots, \theta_l$  を必要とし, これら  $\theta_j$  が標本から推定できるときは, (C1) 式の自由度はさらに小さくなって,  $k - l - 1$  となる (和田, 1980).

(C1) 式により, 大手町露場で観測した月別 2 年間分 (2013 年 1 月及び 2014 年 1 月) の日最低気温が正規分布に適合するかを検定した結果を第 C 表に示す. この際, 期待度数が 5 より小さな数の階級に対しては,  $\chi^2$  検定が使えないので, 端から加えて 5 より大きな値にする. それにしたがって, 度数もまとめる. このようにして, (C1) 式から, 大手町露場で観測した 1 月の 2 年間分の日最低気温に対する  $\chi^2$  値は,

$$\chi^2 = \frac{(13-12.6)^2}{12.6} + \frac{(15-15.5)^2}{15.5} + \frac{(22-16.8)^2}{16.8} + \frac{(7-11.2)^2}{11.2} + \frac{(5-5.9)^2}{5.9} = 3.31$$

第 C 表 大手町露場で観測した 2013 年 1 月及び 2014 年 1 月の 2 年間分の日最低気温における正規分布への適合検定の結果. 「検定結果」の 10%, 5%, 1% は有意水準, ○印 (背景色は緑) は「正規分布に従う」ことを示す.

日最低気温の階級上端 (°C)	度数		標準化した値 $z$	累積分布関数 $F(z)$	期待累積度数 $nF(z)$	期待度数	$\chi^2$ 値	自由度	$\chi^2$ 分布の逆関数			検定結果				
									0.1	0.05	0.01	10 %	5 %	1 %		
-3.0	0	13	-3.69	0.00	0.01	0.01	12.6	0.01	2	4.61	5.99	9.21	○	○	○	
-2.0	0		-2.97	0.00	0.09	0.08										
-1.0	1		-2.26	0.01	0.74	0.65										
0.0	3		-1.55	0.06	3.79	3.05										
1.0	9		-0.83	0.20	12.59	8.80										
2.0	15	15	-0.12	0.45	28.13	15.54	15.5	0.02								
3.0	22	22	0.60	0.73	44.96	16.83	16.8	1.59								
4.0	7	7	1.31	0.91	56.13	11.17	11.2	1.56								
5.0	3	5	2.03	0.98	60.68	4.55	5.9	0.13								
6.0	1		2.74	1.00	61.81	1.13										
7.0	1		3.46	1.00	61.98	0.17										
8.0	0		4.17	1.00	62.00	0.02										
9.0	0		4.88	1.00	62.00	0.00										
10.0	0	5.60	1.00	62.00	0.00											
計	62					62	62	3.31								

となる.

なお, ここで, 正規分布<sup>8</sup>では2つの母数 $\mu, \sigma^2$ を標本から推定するので, 自由度は $5 - 2 - 1 = 2$ となる. この結果,

$$3.31 < \chi_2^2(0.10) = 4.61, 3.31 < \chi_2^2(0.05) = 5.99, 3.31 < \chi_2^2(0.01) = 9.21$$

であるから, 有意水準 10%, 5%, 1% のいずれも帰無仮説 $H_0$ は棄却されない. すなわち, 有意水準 10%, 5%, 1% のいずれも, 大手町露場で観測した 1 月の 2 年間分 (2013 年 1 月及び 2014 年 1 月) の日最低気温は正規分布に従うと見なせる.

付録 D 母分散が等しいことの検定 (F検定)

2 組の正規母集団 $N(\mu_1, \sigma_1^2), N(\mu_2, \sigma_2^2)$ に対して, 母分散 $\sigma_1^2, \sigma_2^2$ に差異があるかどうかを検定する. それぞれの正規母集団から抽出した大きさ $n_1, n_2$ の標本に対する不偏分散を $U_1^2, U_2^2$ とする. このとき, 帰無仮説

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

の下で, 不偏分散比

8 確率変数 $X$ が, 平均値 $\mu$ , 分散 $\sigma^2$ の正規分布に従うとき, 記号で $X$ は正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ に従うと書く.

$$F = \frac{U_1^2}{U_2^2} \tag{D1}$$

は、自由度( $n_1-1, n_2-1$ )のF分布<sup>9</sup>に従う。

対立仮説は

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

に対して検定するので、両側検定である。有意水準 $\alpha$ に対する棄却域は

$$F < F_{n_1-1}^{n_2-1} (1 - \frac{1}{2}\alpha) \quad \text{及び} \quad F > F_{n_1-1}^{n_2-1} (\frac{1}{2}\alpha)$$

である。この際、不偏分散比 $U_1^2, U_2^2$ の実現値 $u_1^2, u_2^2$ の大きい方を小さい方で割って、あらかじめ(D1)式のF値を1より大きくしておく、棄却域は $F > F_{n_1-1}^{n_2-1} (\frac{1}{2}\alpha)$ のみを考慮すればよくなる(和田, 1980)。

(D1)式により、両露場(大手町露場, 北の丸公園露場)で観測した日最低気温の母分散に違いがあるかを月別に検定した結果を第D表に示す。同表によると、有意水準10%, 5%, 1%いずれもすべての月で、両露場の日最低気温の母分散には有意な差は無い。

第D表 両露場(大手町露場と北の丸公園露場)における日最低気温の母分散の違いを月ごとに検定した結果。  
標本は2012年4月~2014年3月で月別に2年間分の日別値。不偏分散比で下線はF値が1より大きい値でF検定に使用した値。検定結果欄の10%, 5%, 1%は有意水準、○印は、「母分散に有意差はない」ことを示す。

月	不偏分散		標本数		不偏分散比 F		自由度		F分布の逆関数 (片側確率)			検定結果		
	$U_1^2$ 大手町 露場	$U_2^2$ 北の丸 公園露 場	$n_1$ 大 手 町 露 場	$n_2$ 北 の 丸 公 園 露 場	$\frac{U_1^2}{U_2^2}$	$\frac{U_2^2}{U_1^2}$	$n_1 - 1$	$n_2 - 1$	0.05	0.025	0.005	10%	5%	1%
1	1.96	2.40	62	62	0.815	<u>1.227</u>	61	61	1.529	1.660	1.951	○	○	○
2	6.26	6.21	56	56	<u>1.008</u>	0.992	55	55	1.564	1.201	2.024	○	○	○
3	13.80	13.49	62	62	<u>1.024</u>	0.977	61	61	1.529	1.190	1.951	○	○	○
4	11.44	12.14	60	60	0.943	<u>1.061</u>	59	59	1.540	1.674	1.974	○	○	○
5	6.87	7.46	62	62	0.922	<u>1.085</u>	61	61	1.529	1.660	1.951	○	○	○
6	5.03	5.09	60	60	0.988	<u>1.012</u>	59	59	1.540	1.674	1.974	○	○	○
7	7.04	6.07	62	62	<u>1.159</u>	0.863	61	61	1.529	1.660	1.951	○	○	○
8	3.00	2.70	62	62	<u>1.110</u>	0.901	61	61	1.529	1.660	1.951	○	○	○
9	8.65	8.60	60	60	<u>1.006</u>	0.994	59	59	1.540	1.674	1.974	○	○	○
10	9.67	10.93	62	62	0.885	<u>1.130</u>	61	61	1.529	1.660	1.951	○	○	○
11	7.06	7.58	60	60	0.931	<u>1.074</u>	59	59	1.540	1.674	1.974	○	○	○
12	4.83	4.68	62	62	<u>1.032</u>	0.969	61	61	1.529	1.660	1.951	○	○	○

<sup>9</sup> 自由度( $n_1, n_2$ )のF分布において、確率 $\alpha$ に対して、 $P(F \geq F_0) = \alpha$ であるとき、 $F_0 = F_{n_1}^{n_2}(\alpha)$ と書く場合がある。



付録 E 母平均の違いに関する検定 (母分散が未知の場合) ( $t$  検定)

2組の正規母集団 $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ ,  $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ は、母分散は未知であるが、等しいことが検定されているとする (付録 D の方法で第 2 表のとおり母分散は等しいことを検定した)。このとき、それぞれ大きさ  $n_1, n_2$  の標本を抽出し、標本平均をそれぞれ  $\bar{X}_1, \bar{X}_2$  とし、不偏分散をそれぞれ  $U_1^2, U_2^2$  とする。

このとき、

$$U^2 = \frac{(n_1 - 1)U_1^2 + (n_2 - 1)U_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (\text{E1})$$

とすると、

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{U^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \quad (\text{E2})$$

は自由度の  $n_1 + n_2 - 2$  の  $t$  分布に従う。(E2) 式から、母平均の差  $\mu_1 - \mu_2$  について検定する。  
帰無仮説

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

を対立仮説

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

のもとで検定するので、両側検定である (和田, 1980)。帰無仮説のもとで、(E2) 式は、

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{U^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \quad (\text{E3})$$

となる。

(E3) 式により、両露場 (大手町露場, 北の丸公園露場) で観測した日最低気温の母平均値の違いを月別に検定した結果を第 E 表に示す。同表によると、有意水準 10% ではすべての月で、有意水準 5% 及び 1% でも一部の月を除いて、両露場で観測した日最低気温の母平均値には有意な差がある。

第 E 表 両露場（大手町露場と北の丸公園露場）で観測した日最低気温の母平均値の差を月ごとに検定した結果。標本は 2012 年 4 月～2014 年 3 月で月別に 2 年間分の日別値。検定結果の 10%、5%、1% は有意水準。検定結果欄の○印は「母平均値の間に有意差はない（帰無仮説は採択される）」ことを、×印（背景色は赤）は「母平均値の間に有意差がある（帰無仮説は採択されない）」ことをそれぞれ示す。

月	平均		不偏分散		標本数		t 値	自由度 $n_1 + n_2 - 2$	t 分布の逆関数 (両側確率)			検定結果		
	$\bar{X}_1$ 大手町露場	$\bar{X}_2$ 北の丸公園露場	$U_1^2$ 大手町露場	$U_2^2$ 北の丸公園露場	$n_1$ 大手町露場	$n_2$ 北の丸公園露場			0.01	0.05	0.01	10%	5%	1%
1	2.2	0.6	1.96	2.40	62	62	6.031	122	1.657	1.980	2.617	×	×	×
2	2.8	1.6	6.26	6.21	56	56	2.543	110	1.659	1.982	2.621	×	×	○
3	7.3	6.1	13.80	13.49	62	62	1.809	122	1.657	1.980	2.617	×	○	○
4	10.9	9.6	11.44	12.14	60	60	2.074	118	1.658	1.980	2.618	×	×	○
5	16.1	14.7	6.87	7.46	62	62	2.912	122	1.657	1.980	2.617	×	×	×
6	19.3	18.2	5.03	5.09	60	60	2.679	118	1.658	1.980	2.618	×	×	×
7	23.9	22.7	7.04	6.07	62	62	2.609	122	1.657	1.980	2.617	×	×	○
8	26.2	24.7	3.00	2.70	62	62	4.946	122	1.657	1.980	2.617	×	×	×
9	22.6	21.2	8.65	8.60	60	60	2.611	118	1.658	1.980	2.618	×	×	○
10	16.6	15.4	9.67	10.93	62	62	2.081	122	1.657	1.980	2.617	×	×	○
11	9.7	8.1	7.06	7.58	60	60	3.240	118	1.658	1.980	2.618	×	×	×
12	4.4	2.8	4.83	4.68	62	62	4.087	122	1.657	1.980	2.617	×	×	×