

3. 3 気象庁プロダクトを用いた WBGT 観測値の推定精度の検討

WBGT 観測値は、黒球温度を観測することができれば、気象庁の観測データと併せることによりリアルタイムで公開することができるが、黒球温度の設置されている観測点は、本年度から観測を始めた八王子・練馬を加えても 8 地点であり、独自の観測ネットワークを運用する地方公共団体（草津市・多治見市・大府市）や研究機関（NIES など）の観測施設を併せても 10 地点程度である。

この項では、過去の解析および気象庁が現在配信しているデータを用いて、どの程度の WBGT 推定値を提供できるか、また、その精度がどの程度かの検討を行った。

平成 19 年度の本調査で、日射量または日照時間から黒球温度を推定する方法について検討を行ったが、平成 20 年度より気象庁の観測機器が変更（順次変更）されており、同様の手法により、日照時間から日射量を推定し WBGT を計算する場合の、推定式精度について検証を行った。

2009 年 5 月 18 日時点で日射量の観測を行っている観測地点は表 3-5 に示す 56 地点で、同年 6～9 月の 6:40～17:30 の間の 10 分間隔観測データについて、前 10 分日照時間と全天日射量の関係を統計した。なお、網走・帯広・名古屋・舞鶴・広島・潮岬・長崎・熊本・宮崎については、日射量の観測データに欠測が多いことから解析からは除外した。

表 3-5 日射量を観測している気象官署(2009 年 5 月 18 日)

稚内	函館	輪島	館野	舞鶴	福岡	高松
旭川	青森	新潟	銚子	彦根	佐賀	高知
網走	秋田	富山	御前崎	下関	大分	名瀬
札幌	盛岡	宇都宮	静岡	広島	長崎	石垣島
帯広	酒田	福井	東京	大阪	熊本	宮古島
根室	山形	前橋	大島	潮岬	鹿児島	那覇
室蘭	仙台	名古屋	八丈島	奈良	宮崎	南大東島
浦河	福島	甲府	松江	厳原	松山	父島

平成 19 年度調査では、前 10 分間日照時間と前 10 分間の積算全天日射量を比べており、今回も同様の比較を行った。

ある地点の、前 10 分間日照時間を sun とし、前 10 分間の積算全天日射量（1 時間日射量に換算）の第一推定値 S_1 を式(3.8)で定義する。また、その地点で晴天日に予想される日射量 S_0 を計算し、前 10 分日照時間別に S_0 と S_1 の比を比べる（図 3-6）。

$$S_1 = S_0 \times (sun/10) \quad (3.4)$$

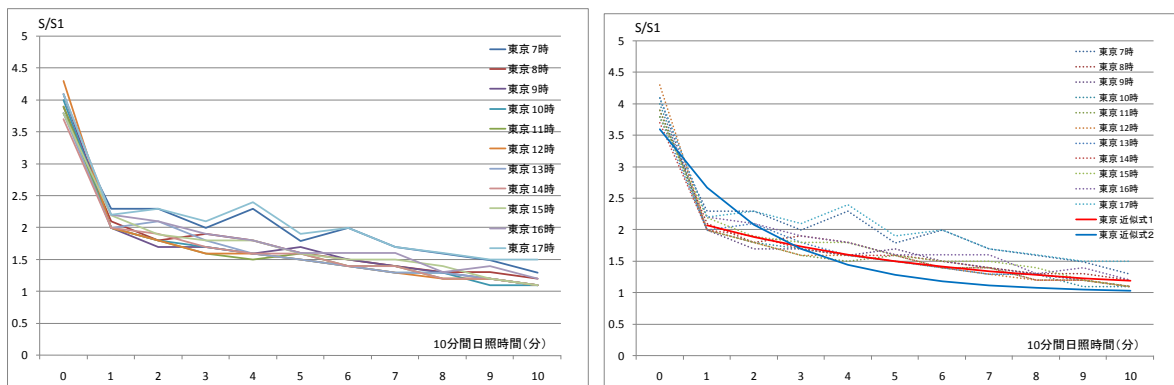


図 3-6 S_0 と S_1 の比 (2009 年 6～9 月、東京)

S_0/S_1 は図 3-6 に示すように、日照時間が 10 分に近い時はほぼ 1 となり、日照時間が少なくなるほど 1 より大きくなり、日照時間 0 分では日照時間 1~10 分と大きく異なる。 S_0/S_1 が

$$S_0/S_1 = 1 + a \times \exp(-b \times \text{sun}) \quad (3.5)$$

の式で近似した場合の係数 a、b を、東京について最小自乗法により求めると、

$$a = 1.3 \quad , \quad b = 0.19 \quad (\text{sun}=1\sim 10 \text{ データについての近似曲線 1})$$

$$a = 2.6 \quad , \quad b = 0.44 \quad (\text{sun}=0\sim 10 \text{ データについての近似曲線 2})$$

であった。図 3-6 (右) には、近似曲線 1 および 2 での値も併せて図示した。

近似式の推定結果では、日照時間 0 時間の場合を除外した方が推定精度が良く、日照時間から日射量 S_2 を推定する際の各観測地点における推定式は式(3.6)とした。

$$S_2 = S_0 / c \quad (\text{sun}=0 \text{ のとき})$$

$$S_0 / \{1 + a \times \exp(-b \times \text{sun})\} \quad (\text{sun}=1\sim 10 \text{ のとき}) \quad (3.6)$$

各地点別に求めた、式(3.9)の係数、a、b、c は表 3-6 に示した。

表 3-6 日射量二次推定値 (S_2) の係数 (2009 年夏)

	a	b	c		a	b	c		a	b	c
稚内	1.1	0.20	3.7	輪島	1.3	0.20	4.1	大阪	1.4	0.21	3.5
旭川	1.4	0.23	4.1	新潟	1.1	0.19	3.5	奈良	1.5	0.21	3.9
網走	1.2	0.25	2.2	富山	1.2	0.20	3.9	巖原	1.8	0.23	4.3
札幌	1.5	0.25	3.9	宇都宮	1.4	0.22	3.9	福岡	1.6	0.22	4.1
根室	0.8	0.16	3.9	福井	1.2	0.20	3.9	佐賀	1.7	0.27	3.8
室蘭	1.0	0.20	4.0	前橋	1.3	0.19	4.0	大分	1.5	0.21	4.1
浦河	0.8	0.15	3.7	甲府	1.3	0.22	3.8	鹿児島	1.7	0.26	3.3
函館	1.1	0.19	4.0	銚子	1.0	0.21	3.5	松山	1.2	0.18	3.9
青森	1.2	0.25	3.1	御前崎	1.0	0.17	3.5	高松	1.2	0.19	3.7
秋田	1.3	0.23	4.0	静岡	1.1	0.21	2.7	高知	1.3	0.20	3.7
盛岡	1.4	0.24	4.1	東京	1.3	0.19	4.0	名瀬	1.5	0.21	3.6
酒田	1.1	0.21	3.8	大島	1.0	0.21	3.1	石垣島	1.3	0.23	3.2
山形	1.5	0.23	3.9	八丈島	1.3	0.24	3.6	宮古島	1.9	0.26	3.7
仙台	1.4	0.22	4.5	彦根	1.2	0.17	2.1	那覇	1.4	0.25	1.9
福島	1.4	0.23	4.2	下関	1.4	0.21	4.0	南大東島	1.6	0.23	3.6

次に、式(3.6)および式(3.1)および(3.2)を用いて、2009年6月~9月の東京、大阪、福岡の黒球温度を推定した。

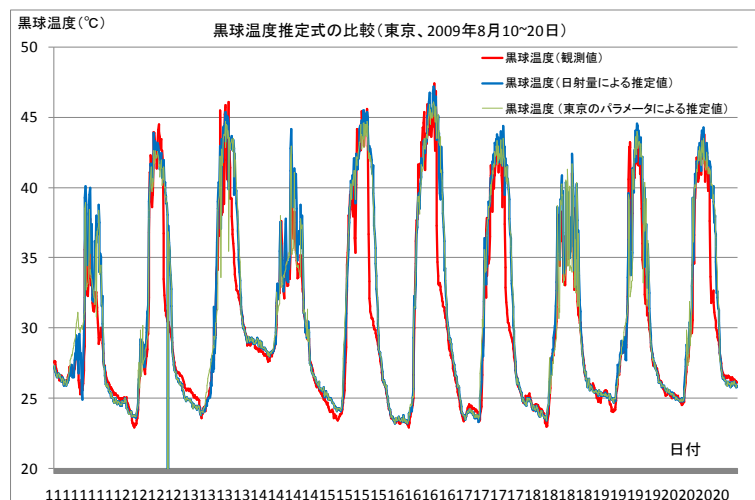


図 3-7(a) 日照時間を用いた黒球温度の推定結果 1 (2009 年 8 月、東京)

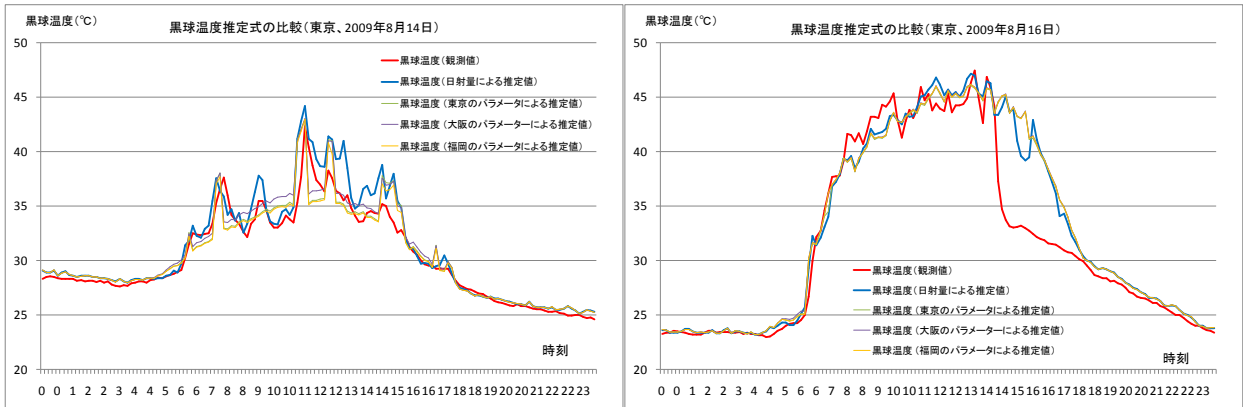


図 3-7(b) 日照時間を用いた黒球温度の推定結果 2 (2009 年 8 月、東京)

図 3-7(a)には、2009 年 8 月 10 日～20 日の期間について、黒球温度の観測値、日射量を用いた推定値、日照時間を用いた推定値を示した。雲がほとんど出ない日は差が小さく、日中雲が出たり消えたりを繰り返す(グラフのデコボコが多い)日には、予測式により差が大きいが、ある程度の精度で黒球温度を推定出来た。

図 3-7(b)に、同期間の 8 月 14 日(左)と 16 日(右)について、それぞれの予測式による黒球温度を示した。日照時間を用いた推定式は日射量を目的変数とするので、日射のない夜間については、各推定式の差はない。また、晴天日にはほとんどの時間で前 10 分間の日照時間が 10 分となるので、やはり推定式による差は大きくない(16 日)。一方、雲が出たり消えたりを繰り返す場合には、推定式が日照時間の変化に伴って大きく変動するため日射量による推定式に比べより変化が大きくなる傾向にある。また、図 3-7(b)には、日照時間の推定式において大阪・福岡の係数で東京の日照時間から日射量を推定した場合の結果も示したが、大阪の係数を用いた推定式で日照時間が少ない場合に高めに推定する傾向があるが、福岡ではその差はあまり顕著ではない。

表 3-7 に、日照時間を用いた黒球温度推定式の推定結果と観測値の月別平均の差を示した。東京では、日射量推定式とほぼ同程度のバイアスとなっているが、大阪・福岡では、日射量による推定式よりも約 1°C 程度低めに黒球温度を推定する傾向にある。

表 3-7 日照時間を用いた黒球温度推定式のバイアス (推定値－観測値)

日照時間		東京	大阪	福岡
2009年				
6月	平均	0.7	-0.9	-0.9
7月	平均	0.9	-1.0	-0.9
8月	平均	0.7	-0.8	-1.3
9月	平均	0.6	-0.9	-1.3

日射		東京	新潟	名古屋	大阪	広島	福岡
2009年							
6月	平均	0.7	0.6	-0.2	0.3	0.0	0.1
7月	平均	0.9	0.5	-0.2	0.4	0.2	0.3
8月	平均	0.7	0.4	-0.3	0.3	0.3	-0.2
9月	平均	0.7	0.5	0.1	0.0	0.3	-0.6

毎時黒球温度の観測値と推定式の差

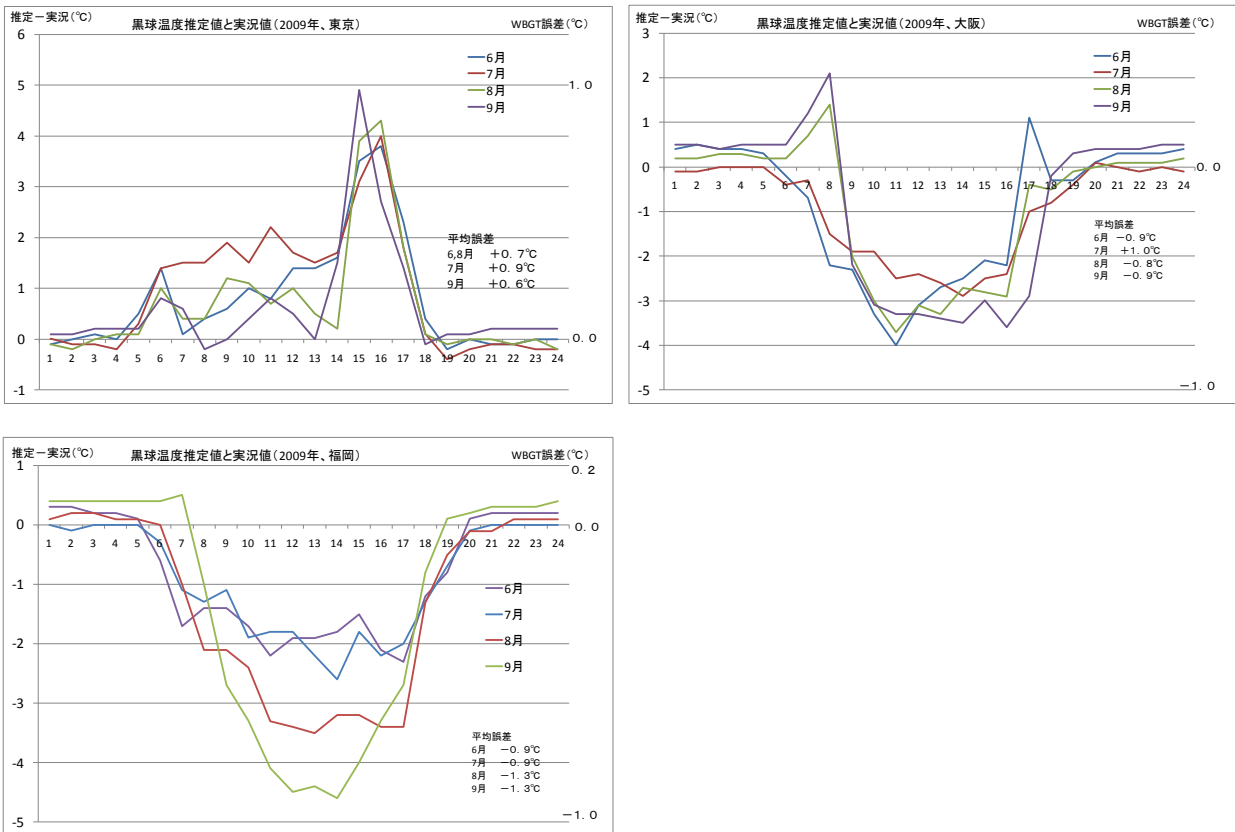


図 3-8 黒球温度推定値の時刻別変化(2009年、日照時間による)

次に、時刻別・月別の推定値と観測値の差を図 3-8 に示した。東京は日射量による推定式とほぼ同様の傾向にあるが、大阪と福岡では日中の日射量が少なめに推定され黒球温度が 2~3°C 程度 (WBGT で 0.4~0.6°C 程度) 低めに推定される傾向にある。これは、日照時間が 10 分に近い領域での一次推定値と計算式による日射量 S_1/S_0 が大きいことにより日射量を少なめに見積もられているためであり、平成 19 年度調査と同様に、日照時間 9~10 分の領域で S_1/S_0 を 1 とする、あるいは、1 に近い係数を採用するか、近似曲線を用いず実際の観測比率で推定することで精度は向上すると考えられる。なお、表 3-8 には、時刻別・月別の推定値と観測値の差について、平均および最大・最小を示したが、日射量で推定する場合よりも、最大・最小値の幅が大きくなる。

表 3-6 に示すパラメータについて、東京・大阪・福岡のパラメータを用いた場合の推定精度を表 3-9 に示したが、パラメータが異なることにより 1°C 程度黒球温度の推定値が異なるが、パラメータ a および c が 0.3 程度、パラメータ b が 0.03 程度変化しても、黒球温度の推定誤差は 1°C 程度見込まれる。日照時間しか観測のない観測点で黒球温度 (日射量) を推定する場合、パラメータはなるべく近くの観測所の係数を用いた方が良いが、パラメータが多少異なっても、それほど大きな誤差にはならないと考えられる。

表 3-8 月別・時刻別の推定値バイアス統計表（2009年、日照時間による）

平均は正時24個、最大・最小は10分間隔のデータによる

2009年	東京	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	平均	最大	最小
6月	平均	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.5	1.4	0.1	0.4	0.6	1.0	0.8	1.4	1.4	1.6	3.5	3.8	2.3	0.4	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.7	6.7	-3.6
6月	最大	0.9	1.3	1.6	0.9	1.6	5.4	3.1	4.4	5.2	5.3	5.4	5.2	4.8	5.6	8.4	10.5	6.7	2.7	0.9	1.8	0.9	1.0	1.7	1.3	2.3	10.5	-0.3
6月	最小	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	0.0	-0.3	-8.9	-4.8	-4.5	-4.3	-5.5	-2.3	-2.3	-3.3	-2.2	-2.2	-1.1	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	2.1	-8.9
7月	平均	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.3	1.4	1.5	1.5	1.9	1.5	2.2	1.7	1.5	1.7	3.1	4.0	1.8	0.1	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.9	6.9	-2.8
7月	最大	2.4	0.8	0.6	0.5	1.4	4.5	4.3	4.2	5.0	5.4	7.3	6.7	5.8	5.1	7.6	9.2	6.4	2.0	0.4	0.4	1.0	1.5	1.0	0.7	1.8	10.1	-0.3
7月	最小	-0.5	-0.8	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	-2.6	-2.9	-6.1	-4.5	-2.7	-3.3	-5.6	-3.0	-2.2	-0.8	-1.3	-0.6	-0.9	-1.0	-0.8	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	3.3	-8.0
8月	平均	-0.1	-0.2	0.0	0.1	0.1	1.0	0.4	0.4	1.2	1.1	0.7	1.0	0.5	0.2	3.9	4.3	1.8	0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.7	7.7	-4.3
8月	最大	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	3.7	2.5	6.8	5.5	5.2	5.2	6.3	8.7	4.3	11.5	10.0	6.0	1.9	0.6	0.6	0.7	0.9	0.9	0.7	1.8	11.5	-0.5
8月	最小	-0.9	-1.0	-0.8	-0.6	-0.7	-1.9	-4.2	-4.6	-4.7	-4.5	-5.4	-6.1	-4.8	-3.3	-1.8	-0.3	-1.1	-1.0	-0.7	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9	-0.5	3.6	-11.1
9月	平均	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.8	0.6	-0.2	0.0	0.4	0.8	0.5	0.0	1.5	4.9	2.7	1.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	7.2	-3.6
9月	最大	1.0	1.1	1.9	1.8	1.2	3.6	3.9	2.7	4.1	5.0	5.8	4.7	5.0	5.1	11.5	7.7	4.2	1.3	0.8	0.8	1.3	1.4	1.8	2.0	1.8	11.7	-0.3
9月	最小	-0.7	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-0.3	-1.6	-3.0	-7.4	-3.5	-3.9	-4.1	-5.3	-3.8	-1.7	-1.0	-0.2	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-0.6	-0.4	2.9	-7.4

平均は正時24個、最大・最小は10分間隔のデータによる

2009年	大阪	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	平均	最大	最小
6月	平均	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	-0.2	-0.7	-2.2	-2.3	-3.3	-4.0	-3.1	-2.7	-2.5	-2.1	-2.2	1.1	-0.3	-0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.4	-0.9	3.0	-7.3
6月	最大	1.6	1.9	1.7	1.5	2.2	3.0	4.7	1.8	1.1	0.5	0.3	0.1	1.1	0.9	1.2	0.7	5.3	2.8	1.2	1.7	2.4	2.3	2.1	1.8	0.5	5.8	-2.5
6月	最小	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.7	-1.8	-3.8	-5.2	-6.3	-8.9	-12.5	-9.9	-8.0	-9.0	-6.2	-5.0	-3.6	-2.2	-1.1	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-2.5	0.7	-12.5
7月	平均	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.3	-1.5	-1.9	-1.9	-2.5	-2.4	-2.6	-2.9	-2.5	-2.4	-1.0	-0.8	-0.4	0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-1.0	3.3	-6.9
7月	最大	1.1	0.4	0.5	0.8	1.1	2.3	4.8	3.9	1.9	1.8	0.0	2.3	1.7	1.0	0.2	1.7	4.8	2.1	0.7	1.8	0.9	1.0	0.8	1.3	0.0	7.8	-2.7
7月	最小	-0.6	-0.6	-0.7	-0.5	-0.5	-1.7	-3.2	-4.6	-7.6	-7.7	-8.9	-10.3	-8.6	-7.0	-7.0	-4.9	-3.5	-2.6	-0.9	-0.8	-0.5	-0.8	-0.7	-0.7	-1.9	0.1	-10.3
8月	平均	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.7	1.4	-2.0	-3.0	-3.7	-3.1	-3.3	-2.7	-2.8	-2.9	-0.4	-0.5	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	-0.8	4.5	-7.1
8月	最大	1.3	1.3	1.5	1.1	1.3	1.6	4.4	10.4	2.2	2.2	0.1	0.3	-0.2	0.7	2.1	1.0	4.6	2.3	1.7	1.3	1.0	1.0	1.1	0.1	0.1	10.4	-1.4
8月	最小	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.7	-2.9	-3.6	-7.3	-7.0	-10.2	-9.0	-7.6	-6.1	-7.2	-6.6	-3.9	-1.9	-0.7	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-2.2	0.2	-11.2
9月	平均	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	1.2	2.1	-2.2	-3.1	-3.3	-3.4	-3.5	-3.0	-3.6	-2.9	-0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	-0.9	3.4	-7.4
9月	最大	1.9	1.6	1.6	1.6	1.8	1.9	3.7	6.1	0.9	0.2	0.1	0.2	0.0	2.5	1.2	0.0	0.0	0.8	1.2	1.6	1.8	1.4	1.5	1.7	0.0	6.7	-2.5
9月	最小	-0.5	-0.4	-0.5	-0.3	-0.3	-0.7	-1.2	-2.9	-5.2	-8.1	-7.8	-6.7	-6.9	-7.0	-8.5	-7.2	-7.4	-1.3	-0.5	-0.7	-0.5	-0.7	-0.3	-0.4	-1.7	0.6	-18.8

平均は正時24個、最大・最小は10分間隔のデータによる

2009年	福岡	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	平均	最大	最小
6月	平均	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	-0.6	-1.7	-1.4	-1.4	-1.7	-2.2	-1.9	-1.9	-1.8	-1.5	-2.1	-2.3	-1.2	-0.8	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	-0.9	1.7	-5.8
6月	最大	1.3	1.6	1.0	1.3	1.3	1.2	0.9	1.5	2.2	2.4	0.7	2.5	3.5	2.4	2.3	0.7	0.3	0.3	0.1	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	0.1	3.5	-1.7
6月	最小	-0.6	-0.9	-0.6	-0.8	-1.0	-1.8	-4.1	-5.5	-5.2	-8.2	-8.5	-8.2	-8.8	-6.5	-6.2	-6.2	-4.8	-2.6	-1.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-2.3	-0.4	-9.7
7月	平均	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	-1.1	-1.3	-1.1	-1.9	-1.8	-1.8	-2.2	-2.6	-1.8	-2.2	-2.0	-1.3	-0.7	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9	1.9	-6.2
7月	最大	0.8	0.7	0.8	1.3	1.3	0.8	0.6	1.8	2.8	2.5	3.0	2.1	3.0	2.3	3.2	4.2	1.5	0.5	1.1	1.4	1.1	1.1	1.0	0.9	0.3	4.2	-1.2
7月	最小	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.7	-3.1	-5.4	-5.9	-8.9	-8.6	-9.7	-8.5	-6.0	-7.8	-7.0	-4.6	-2.7	-2.0	-1.2	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-2.7	0.0	-9.7
8月	平均	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	-1.0	-2.1	-2.1	-2.4	-3.3	-3.4	-3.5	-3.2	-3.2	-3.4	-3.4	-1.3	-0.5	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	-1.3	1.4	-7.4
8月	最大	1.1	1.0	1.1	1.0	1.5	1.3	1.7	0.8	0.5	3.4	0.0	0.8	0.1	2.6	2.1	1.4	-0.4	0.7	0.8	1.2	1.5	1.2	1.1	1.2	-0.2	4.1	-3.8
8月	最小	-1.0	-0.7	-0.7	-0.9	-0.7	-1.0	-4.0	-4.3	-7.4	-6.9	-9.3	-9.4	-7.8	-7.7	-9.4	-6.9	-6.9	-3.1	-1.3	-1.0	-0.9	-0.7	-0.6	-0.9	-2.4	0.2	-11.5
9月	平均	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	-1.0	-2.7	-3.3	-4.1	-4.5	-4.4	-4.6	-4.0	-3.3	-2.7	-0.8	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	-1.3	1.6	-6.6
9月	最大	1.2	1.4	1.6	1.6	1.4	1.5	1.9	0.6	0.1	0.5	-0.3	-0.3	-0.1	0.0	-0.4	0.3	0.2	0.2	1.0	1.6	1.4	1.3	1.3	1.3	-0.3	2.8	-2.0
9月	最小	-0.2	-0.5	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	-1.1	-3.5	-7.8	-6.8	-7.5	-10.2	-7.4	-9.6	-6.9	-6.3	-6.0	-2.2	-0.5	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-2.1	0.5	-10.7

表 3-9 パラメータの違いと推定値バイアス (2009 年、日照時間による推定式)

東京のパラメータによる 平均は正時24個、最大・最小は10分間隔のデータによる

2009年	東京	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	平均	最大	最小
6月	平均	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.5	1.4	0.1	0.4	0.6	1.0	0.8	1.4	1.4	1.6	3.5	3.8	2.3	0.4	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.7	6.7	-3.6
6月	最大	0.9	1.3	1.6	0.9	1.6	5.4	3.1	4.4	5.2	5.3	5.4	5.2	4.8	5.6	8.4	10.5	6.7	2.7	0.9	1.8	0.9	1.0	1.7	1.3	2.3	10.5	-0.3
6月	最小	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	0.0	-0.3	-8.9	-4.8	-4.5	-4.3	-5.5	-2.3	-2.3	-3.3	-2.2	-2.2	-1.1	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	2.1	-8.9
7月	平均	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.3	1.4	1.5	1.5	1.9	1.5	2.2	1.7	1.5	1.7	3.1	4.0	1.8	0.1	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.9	6.9	-2.8
7月	最大	2.4	0.8	0.6	0.5	1.4	4.5	4.3	4.2	5.0	5.4	7.3	6.7	5.8	5.1	7.6	9.2	6.4	2.0	0.4	0.4	1.0	1.5	1.0	0.7	1.8	10.1	-0.3
7月	最小	-0.5	-0.8	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	-2.6	-2.9	-6.1	-4.5	-2.7	-3.3	-5.6	-3.0	-2.2	-0.8	-1.3	-0.6	-0.9	-1.0	-0.8	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	3.3	-8.0
8月	平均	-0.1	-0.2	0.0	0.1	0.1	1.0	0.4	0.4	1.2	1.1	0.7	1.0	0.5	0.2	3.9	4.3	1.8	0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.7	7.7	-4.3
8月	最大	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	3.7	2.5	6.8	5.5	5.2	5.2	6.3	8.7	4.3	11.5	10.0	6.0	1.9	0.6	0.6	0.7	0.9	0.9	0.7	1.8	11.5	-0.5
8月	最小	-0.9	-1.0	-0.8	-0.6	-0.7	-1.9	-4.2	-4.6	-4.7	-4.5	-5.4	-6.1	-4.8	-3.3	-1.8	-0.3	-1.1	-1.0	-0.7	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9	-0.5	3.6	-11.1
9月	平均	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.8	0.6	-0.2	0.0	0.4	0.8	0.5	0.0	1.5	4.9	2.7	1.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	7.2	-3.6
9月	最大	1.0	1.1	1.9	1.8	1.2	3.6	3.9	2.7	4.1	5.0	5.8	4.7	5.0	5.1	11.5	7.7	4.2	1.3	0.8	0.8	1.3	1.4	1.8	2.0	1.8	11.7	-0.3
9月	最小	-0.7	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-0.3	-1.6	-3.0	-7.4	-3.5	-3.9	-4.1	-5.3	-3.8	-1.7	-1.0	-0.2	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-0.6	-0.4	2.9	-7.4

大阪のパラメーターによる 平均は正時24個、最大・最小は10分間隔のデータによる

2009年	東京	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	平均	最大	最小
6月	平均	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.6	1.6	0.6	0.9	1.2	1.6	1.5	2.0	1.9	2.0	3.9	4.1	2.5	0.5	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	1.0	6.9	-3.0
6月	最大	0.9	1.3	1.6	0.9	1.7	5.5	3.5	5.0	5.4	6.1	6.3	6.1	5.6	6.3	8.4	10.5	6.8	2.7	0.9	1.8	0.9	1.0	1.7	1.3	2.6	10.5	-0.3
6月	最小	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	0.0	0.0	-8.4	-4.2	-3.8	-3.5	-4.6	-1.4	-1.5	-2.5	-1.6	-1.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.4	2.9	-8.4
7月	平均	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.4	1.6	1.9	2.0	2.4	2.0	2.7	2.2	2.1	2.2	3.5	4.3	2.1	0.3	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	1.1	7.1	-2.3
7月	最大	2.4	0.8	0.6	0.5	1.5	4.7	4.5	4.8	5.7	6.3	7.4	7.5	6.7	5.9	7.7	9.3	6.5	2.1	0.4	0.4	1.0	1.5	1.0	0.7	2.1	10.2	-0.3
7月	最小	-0.5	-0.8	-0.7	-0.6	-0.3	0.2	-0.5	-2.7	-5.4	-3.7	-1.8	-2.4	-4.7	-2.3	-1.6	-0.3	-0.9	-0.5	-0.9	-1.0	-0.8	-0.9	-0.7	-0.6	-0.1	3.6	-7.2
8月	平均	-0.1	-0.2	0.0	0.1	0.1	1.1	0.7	0.8	1.6	1.5	1.1	1.4	0.9	0.5	4.2	4.6	2.0	0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.8	7.9	-3.8
8月	最大	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	3.8	2.8	6.8	5.6	6.0	6.1	7.2	8.8	4.9	11.6	10.1	6.1	1.9	0.6	0.6	0.7	0.9	0.9	0.7	2.1	11.6	-0.5
8月	最小	-0.9	-1.0	-0.8	-0.6	-0.7	-1.7	-3.9	-4.1	-5.0	-3.6	-4.6	-5.2	-4.0	-2.5	-1.2	0.1	-0.8	-0.9	-0.7	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9	-0.3	4.0	-10.3
9月	平均	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.9	0.8	0.0	0.2	0.6	1.1	0.8	0.4	1.8	5.2	2.9	1.5	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	7.4	-3.4
9月	最大	1.0	1.1	1.9	1.8	1.2	3.6	4.0	3.1	4.5	5.7	6.5	5.4	5.8	5.2	11.5	7.9	4.3	1.3	0.8	0.8	1.3	1.4	1.8	2.0	2.1	11.7	-0.3
9月	最小	-0.7	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-0.3	-1.5	-2.8	-6.9	-2.9	-3.8	-3.4	-4.6	-3.2	-1.2	-0.7	-0.1	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-0.6	-0.2	3.0	-6.9

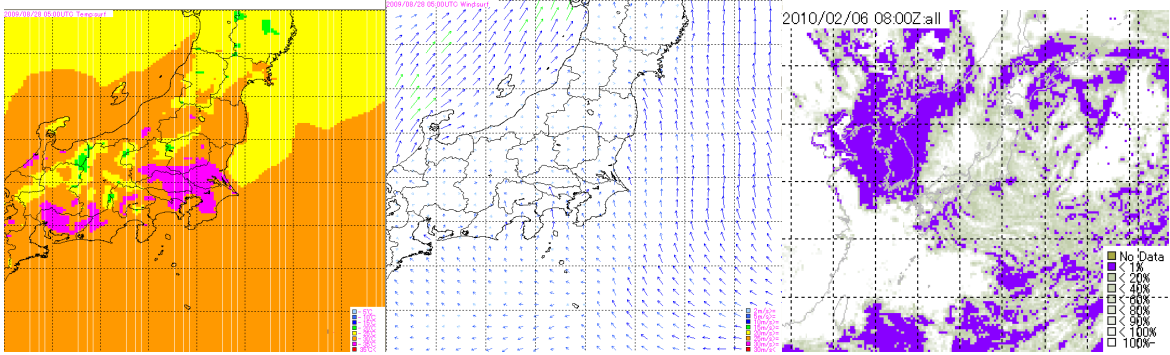
福岡のパラメーターによる 平均は正時24個、最大・最小は10分間隔のデータによる

2009年	東京	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	平均	最大	最小
6月	平均	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.5	1.3	0.2	0.3	0.5	0.9	0.7	1.3	1.3	1.5	3.5	3.7	2.2	0.4	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.7	6.6	-3.6
6月	最大	0.9	1.3	1.6	0.9	1.6	5.5	3.0	4.3	5.1	5.2	5.3	5.0	4.6	5.4	8.3	10.5	6.8	2.7	0.9	1.8	0.9	1.0	1.7	1.3	2.3	10.5	-0.3
6月	最小	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.1	-0.3	-9.0	-4.9	-4.6	-4.5	-5.6	-2.4	-2.5	-3.4	-2.3	-2.3	-1.2	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.8	2.0	-9.0
7月	平均	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.3	1.4	1.4	1.4	1.8	1.4	2.1	1.5	1.4	1.7	3.0	3.9	1.8	0.1	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.9	6.8	-2.9
7月	最大	2.4	0.8	0.6	0.5	1.4	4.6	4.4	4.1	4.9	5.3	7.3	6.5	5.7	5.2	7.6	9.3	6.5	2.1	0.4	0.4	1.0	1.5	1.0	0.7	1.8	10.1	-0.4
7月	最小	-0.5	-0.8	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	-2.4	-3.1	-6.2	-4.7	-2.8	-3.5	-5.7	-3.2	-2.3	-0.9	-1.3	-0.6	-0.9	-1.0	-0.8	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	3.2	-8.1
8月	平均	-0.1	-0.2	0.0	0.1	0.1	1.0	0.3	0.3	1.1	1.0	0.6	1.0	0.3	0.0	3.8	4.3	1.8	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.6	7.5	-4.5
8月	最大	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	3.8	2.4	6.8	5.5	5.1	5.1	6.2	8.8	4.2	11.6	10.0	6.1	1.9	0.6	0.6	0.7	0.9	0.9	0.7	1.8	11.6	-0.5
8月	最小	-0.9	-1.0	-0.8	-0.6	-0.7	-1.9	-4.3	-4.7	-5.5	-4.6	-5.6	-6.2	-5.0	-3.4	-1.9	-0.4	-1.2	-1.0	-0.7	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9	-0.5	3.5	-11.2
9月	平均	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.8	0.6	-0.3	-0.1	0.1	0.7	0.3	-0.1	1.4	4.9	2.6	1.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	7.1	-3.8
9月	最大	1.0	1.1	1.9	1.8	1.2	3.6	4.0	2.6	3.8	4.8	5.6	4.5	4.9	5.1	11.5	7.8	4.3	1.3	0.8	0.8	1.3	1.4	1.8	2.0	1.8	11.7	-0.3
9月	最小	-0.7	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-0.3	-1.6	-3.2	-7.5	-3.7	-3.8	-4.3	-5.5	-3.9	-1.8	-1.1	-0.3	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-0.6	-0.4	2.9	-7.5

気温

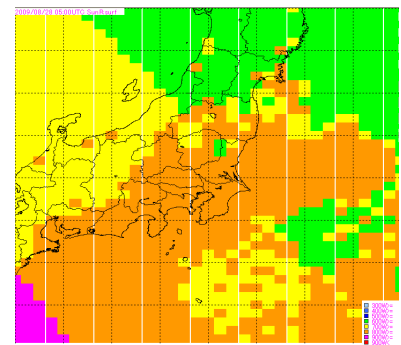
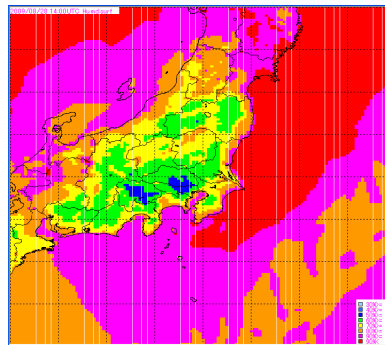
風

雲



湿度

日射量



乾球温度

湿球温度

黒球温度

WBGT

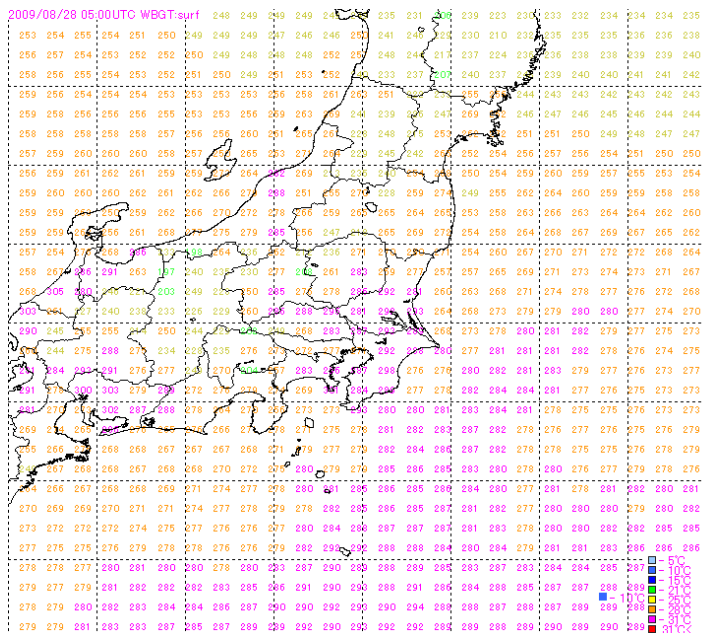


図 3-9 面的な WBGT の推定フロー

表 3-10 気象庁から配信される再解析値等

要素	データの種類	解像度	更新間隔
気温	再解析値	5km メッシュ	1 時間
風	再解析値	5km メッシュ	1 時間
雲量	雲再解析値	20km メッシュ	1 時間
湿度	MSM	5km メッシュ	3 時間(予測は 1 時間間隔)
気圧	MSM	5km メッシュ	

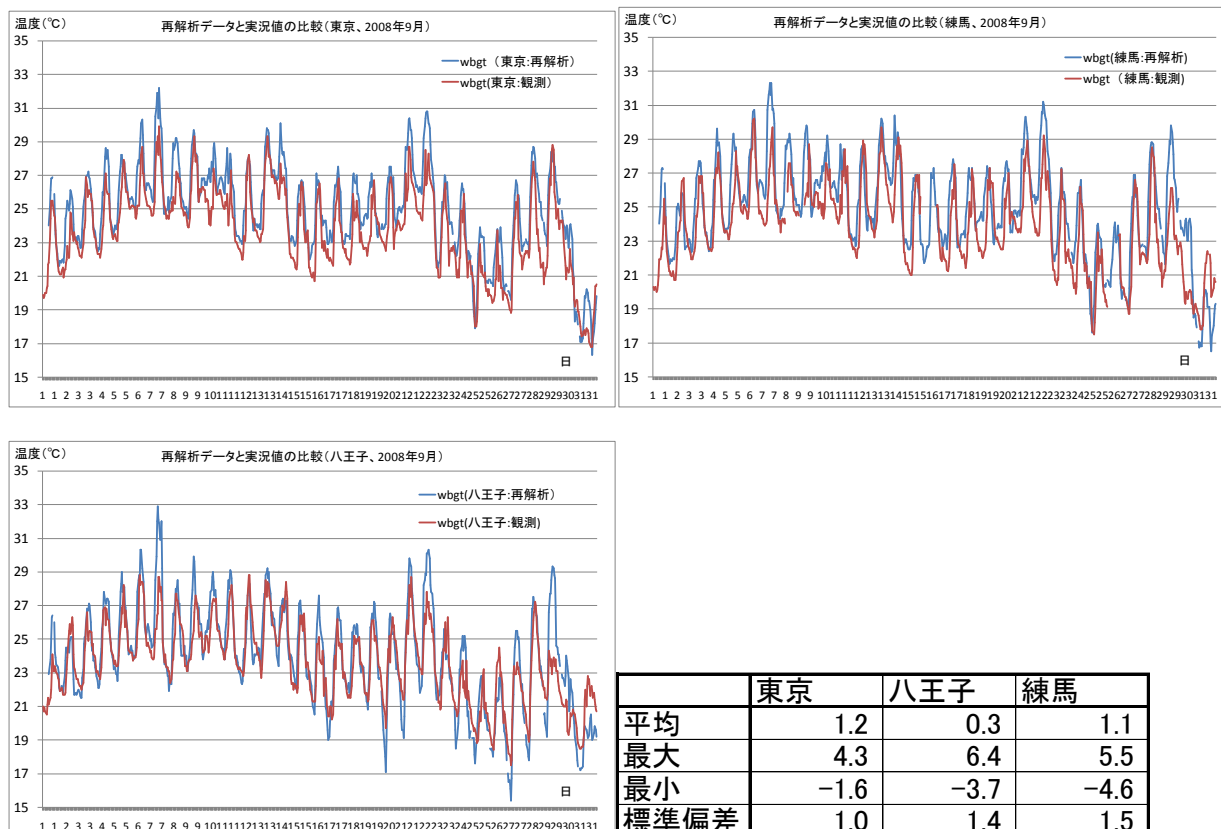


図 3-10 再解析データを用いた WBGT の推定精度 (2009 年 8 月)

続いて、気象庁が発表している、気温・風・雲の再解析値、および、3 時間ごとに更新される MSM モデルの湿度および気圧を用いて、面的な WBGT の推定を行った。WBGT の推定フローは図 3-9 に示したとおりである。解析にあたっては、グリッドポイントから各地点への内挿は線形内挿で行い、湿度・気圧については、MSM のイニシャル時刻から 0・1・2 時間後の解析値・予測値を用いて計算を行い、解析期間は 2009 年 8 月とした。

図 3-10 によると、再解析データによる WBGT 推定値は、基本的にプラスバイアス（実況よりも高め）にできる傾向）があるが、標準誤差 1°C 程度の精度で WBGT を推定することができ、周囲の地点との相対的な比較や、大まかな変化傾向をつかむ程度であれば利用可能な精度にあると言える。また、地点別では、東京の標準偏差が小さく、八王子・練馬で大きい。同期間の WBGT 観測値の標準偏差は、東京と練馬が 2.5°C、八王子が 2.3°C とほぼ同程度であり、現段階ではその理由は不明である。よりデータ蓄積をしたうえで、ほかの期間・地点での検討結果も加え、再検討する必要がある。

図 3-11 と表 3-11 に、WBGT を構成する気温・湿球温度・黒球温度それぞれについて同様の統計を行った結果を示した。気温は推定精度が高く、また、黒球温度も比較的推定精度が高いが、湿球温度については、1℃程度高めに推定する傾向にある。これは、予測値がプラスバイアスを持つと同様に、モデル内の湿度が日中で実況よりも高めであることによると考えられる。

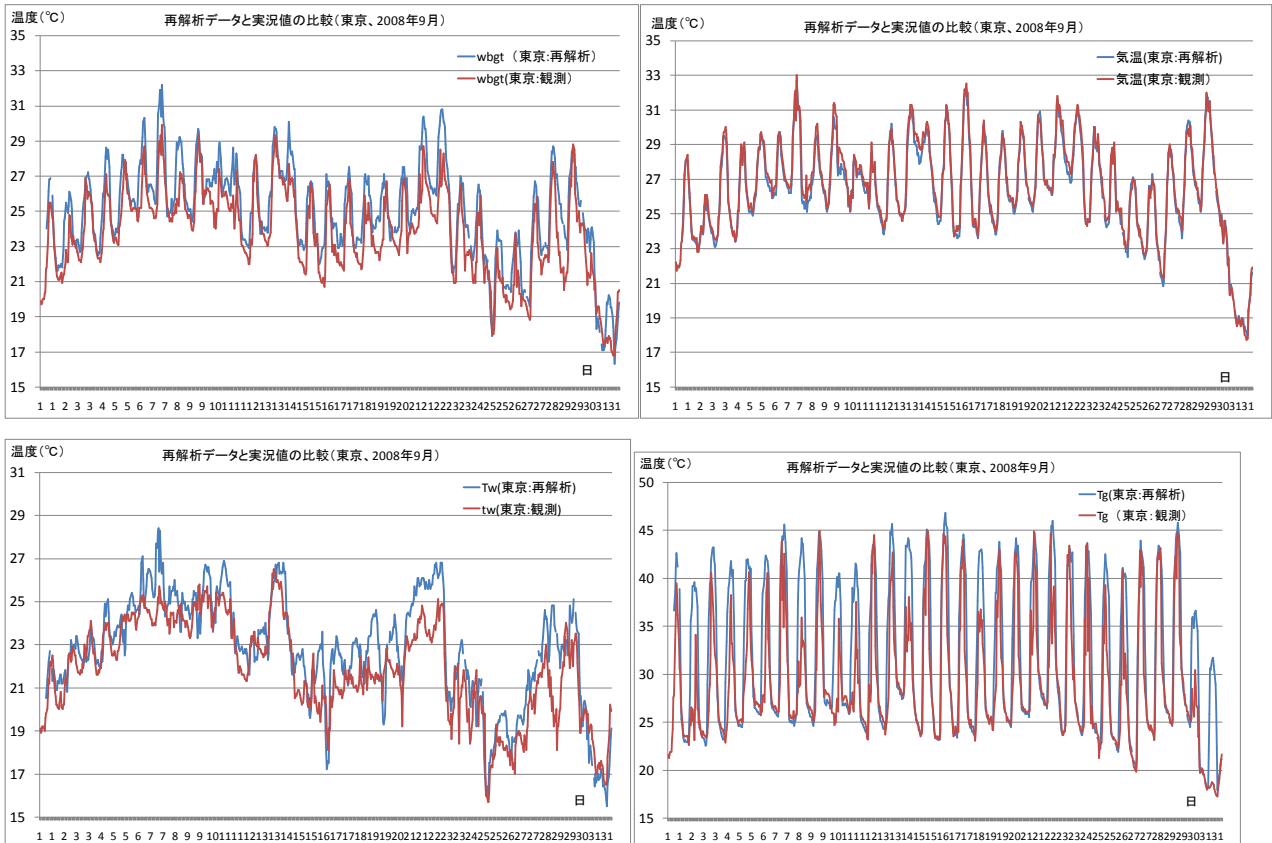


図 3-11 再解析値の要素別の精度 (2009 年 8 月)

表 3-11 再解析値の要素別精度

	WBGT	気温	湿球温度	黒球温度
平均	1.2	-0.2	0.8	3.0
最大	4.3	0.7	5.6	16.6
最小	-1.6	-1.5	-2.7	-1.4