

東京における気温日較差の長期変動

三 上 岳 彦* 宇田川 満 伊 藤 政 志
(*非常勤研究員)

要 旨

東京における過去約 120年間の、日最高気温、日最低気温及び気温日較差の長期変動を明らかにするとともに、変動要因の一つと考えられる雲量の長期変動との関連について分析を行った。その結果、気温日較差は、1870年代以降、年々の変動を繰り返しながらも1940年代までは、8.5～9.0℃の範囲で推移していたが、1950年代以降は顕著な減少傾向を示し、現在では7.0℃程度にまで低下していることが明らかになった。

気温日較差の減少傾向は秋と冬に大きく、夏の減少傾向がもっとも小さい。冬の場合、1950年代以降の日最低気温の上昇が著しいが、日最高気温は1960年代以降むしろ低下傾向を示しており、そのために最近では気温日較差の減少傾向が一段と明瞭となってきている。夏については、日最低気温の上昇傾向が、1900年頃から始まっており、1960年代以降は上昇傾向が緩やかになっている。

気温日較差と雲量の長期変動の間には、Karl et al. (1993) が指摘するような逆相関は、夏の場合に1960年代頃までは認められるが、季節や年代によっては必ずしも明瞭でないことが判明した。少なくとも、都市化の影響があまり強くない1940年代以前については、気温日較差の変動に雲量の増加・減少が影響していたと考えられる。しかし、最近の冬の気温日較差の著しい減少は、伊藤ほか(1992)でも指摘しているように、ヒートアイランドの強化にともなう日最低気温の急激な上昇が大きく寄与している。

Long term Variations of the diurnal Temperature Ranges in Tokyo

Takehiko Mikami* , Mitsuru Udagawa, and Masashi Ito.

*Associate researcher, Tokyo Metropolitan University.

Summary

An attempt was made to clarify long term variations in daily maximum and minimum temperatures, and the diurnal temperature ranges in Tokyo for the last 120 years, in relation to the variation of cloud amounts. The results show that the diurnal temperature ranges were 8.5 to 9.0 °C from 1870s to 1940s with year-to-year fluctuations. Following a remarkable decreasing trend after 1950s, the present diurnal temperature ranges are around 7.0 °C.

The decreasing trend in diurnal temperature ranges is the most significant in autumn and winter, and the least significant in summer. In winter, the daily minimum temperatures have been increasing rapidly since 1950s, although the daily maximum temperatures show increasing trend since 1960s.

Therefore the decreasing trend in diurnal temperature ranges has been intensified in recent years.

As for summer season, the increasing trend of daily minimum temperatures was recognized from as

early as 1900s, in contrast with a weak increasing trend since 1960s.

As pointed out by Karl et al. (1993), a negative correlation between diurnal temperature ranges and mean cloud amounts was recognized in summer, until 1960s. However, such negative correlation is not clear for other seasons and years. It would have been possible that the changes in diurnal temperature range were affected by the variations in cloud amounts before 1940s. However, an extreme decreasing trend of the winter diurnal temperature range, which was pointed out by Ito et al. (1992), could be attributed to the rapid increase in daily minimum temperatures due to the intensified urban heat island effects.

1 はじめに

都市化が進むにつれて都市内部の気温は上昇し、いわゆるヒートアイランドが拡大する。また、二酸化炭素などの温室効果気体の増加によって、地球規模の平均気温も上昇しつつあるが、東京のような巨大都市の場合は都市気候の影響の方が明瞭に現れると考えられる。東京の年平均気温は最近約100年間で2℃以上も上昇しており、グローバルな平均気温の上昇をはるかに上回っている(伊藤、1992; 伊藤ほか、1992)。

最近、日最高気温・最低気温や両者の差である気温日較差の長期変動が、地球規模の温暖化や都市気候との関係で注目されている(Karl et al., 1993; 野口, 1994)。

従来、気温の長期変動を議論する場合、日平均気温を用いることが多かったが、日最高気温と日最低気温の月平均値や年平均値が異なった長期的変動傾向を示すこともあるため、両者の変動を区別して議論する必要がある。Karl et al. (1993)によれば、最近約40年間に、世界の多くの地域で日最高気温がやや低下傾向にあるのに対して、日最低気温は上昇傾向が顕著であるため、気温の日較差が小さくなる傾向にあるという。都市化の影響も考えられるが、日較差の低下をもたらしている直接的要因はまだ解明されていない。

そこで、都市規模が大きく、長期間の気象データが得られる東京について、過去約120年間の日最高気温、日最低気温及び気温日較差の長期変動傾向を明らかにするとともに、変動要因の一つと考えられる雲量の長期変動との関連性を検討する。

2 資料と解析方法

用いたデータは、東京管区気象台(千代田区大手町)の日最高気温と日最低気温の月平均値及び雲量の月平均値で、1877年(明治10年)から1994年(平成6年)までの118年間の値である。この間に官署の移転と露場の移

動が3回ある。1875年の創立当初は、赤坂葵町(海拔高度19.1m)にあったが、1882年に麴町区旧本丸北桔橋(海拔21.0m)に移転し、さらに1923年に現在地(海拔4.1m)に移転した。また、1964年には露場の移動(海拔5.3m)があった。最高気温、最低気温は、創立当初より24時を日界として最高温度計、最低温度計によって測定され変更はない。一般に、気温は降水量などと比べると局地性が小さいため、観測地点の移動の影響は受けにくいと考えられるが、得られた結果を解析するには注意する必要がある。

上記の月平均データ(最高・最低気温の日平均値)を12か月平均して年平均値を求めるとともに、各季節別の平均値を求めた。季節区分は、12月・1月・2月の平均値を冬季、3月・4月・5月の平均値を春季、6月・7月・8月の平均値を夏季、そして9月・10月・11月の平均値を秋季とし、冬季については1月・2月を含む年で表示した。例えば、1993年12月は1994年の冬季に含まれる。

気温日較差は、単純に日最高気温の平均値から日最低気温の平均値を差し引いて求めた。東京のデータは1876年から得られるが、冬季については1875年12月のデータが得られないため、1877年から1994年までの118年間の分析の対象とした。東京については、長期変動傾向をみるために、11年間の移動平均値をあわせて求めた。一方、都市化の影響が小さいと考えられる千葉県銚子地方気象台の気温(日最高気温・日最低気温)と雲量の観測データについても変動傾向を調べて東京との比較を行った。

ただし、データの得られるのは1951年以降1994年までの44年間である。期間が短いため、5年間の移動平均値から変動傾向を読みとった。

3 結果と考察

(1) 気温日較差の長期変動傾向

図1は気温日較差の年平均値の長期変動を示している。

1870年代以降、年々の変動をくり返しながらも1940年代までは、8.5~9.0℃の範囲で推移していたが、1950年代以降は顕著な減少傾向を示し、現在では7.0℃程度にまで低下している。

季節別に見ると、図2に示されるように、変動傾向にはやや差異が認められる。日較差の減少傾向が最も明瞭なのは冬季 (DJF) で、1950年代までは9.5~10℃であったのが1960年代以降に急減し、1970年代から現在までは春季 (MAM) とほぼ一致した変化を示し、最近では7.5℃程度にまで低下している。春季については、1960年代以前は冬季よりも0.5℃程度低かった。夏季 (JJA) は気温日較差がもっとも小さくなるが、1950年代までは7.5℃前後で推移していたのがその後減少傾向を示し、最近の日較差は6.5℃程度に減少している。118年間を通

してもっとも減少傾向が明瞭なのは秋季 (SON) で、1920~1940年代を除いてほぼ一方的な日較差の減少傾向が読みとれる。以上のように、日較差の減少傾向は秋季と冬季にもっとも大きく、夏季の減少傾向がもっとも小さい。この結果は、Karl et al. (1993) が示した1951年以降のグローバルな気温日較差の変動傾向とも一致している。

(2) 最高気温と最低気温の変動傾向

気温日較差の減少は、日最高気温が低下傾向にある場合や、日最低気温が上昇傾向にある場合にもっとも明瞭に現れるが、両者が複合すればさらに顕著な日較差の減少が生ずる。あるいは、日最高気温・日最低気温がともに上昇傾向にあっても、後者の傾向がより大きければ日較差は減少するであろう。両者が低下傾向にある場合でも、日最高気温の低下傾向がより大きければ日較差は減少する。したがって、気温日較差の変動傾向曲線だけからその要因を求めるのは困難である。

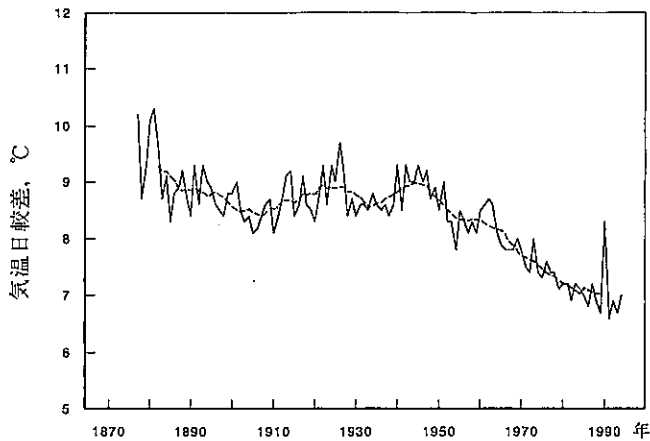


図1 東京における気温日較差の年平均値の長期変動：1877~1994 (破線は11年移動平均値)

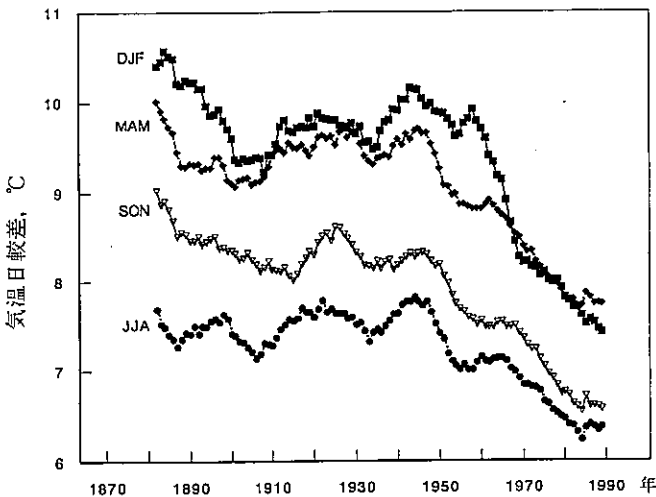
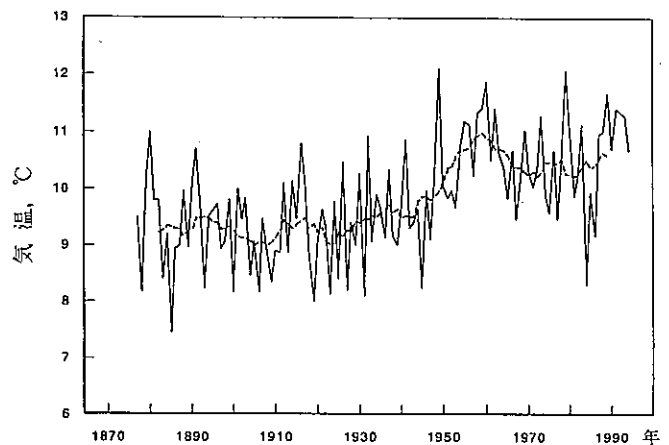


図2 東京における季節別の気温日較差の長期変動傾向 (11年移動平均値)
DJF: 冬 (12、1、2月)、MAM: 春 (3、4、5月)
JJA: 夏 (6、7、8月)、SON: 秋 (9、10、11月)

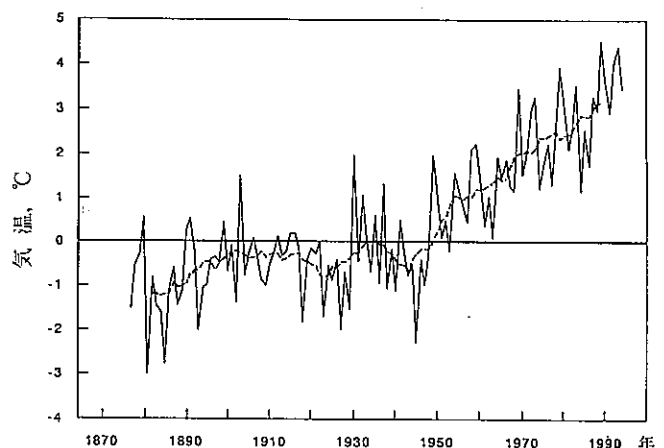


図3(a) 冬季 (12~2月) の日最高気温・日最低気温の長期変動：1887~1994 (破線は11年移動平均値)

そこで、気温日較差の減少傾向がもっとも明瞭な冬季（12-2月）と減少傾向がもっとも緩やかな夏季（6-8月）について、それぞれ日最高気温と日最低気温の長期変動傾向の特性を調べた。

図3(a)に冬季の日最高気温と日最低気温の変動曲線を示す。最高・最低気温ともに1940年代までは大きな変化は認められないが、1950年代以降、日最低気温の上昇が著しい。1950年以前の冬季最低気温の平均値は大半が氷点下であったが、1950年代以降はプラスに転じ、最近では3℃前後まで上昇している。一方、日最高気温は1940年代から50年代にかけて約1℃程度上昇したが、その後はやや低下の傾向にある。したがって、1960年代以降は日最高気温が低下、日最低気温が顕著な上昇を示すことによって、気温日較差の減少が一段と明瞭になっている。

図3(b)は夏季の日最高気温と日最低気温の変動傾向を示しているが、冬季とはやや異なった傾向を示している。冬季の場合、日最低気温の上昇傾向は1950年代以降に現

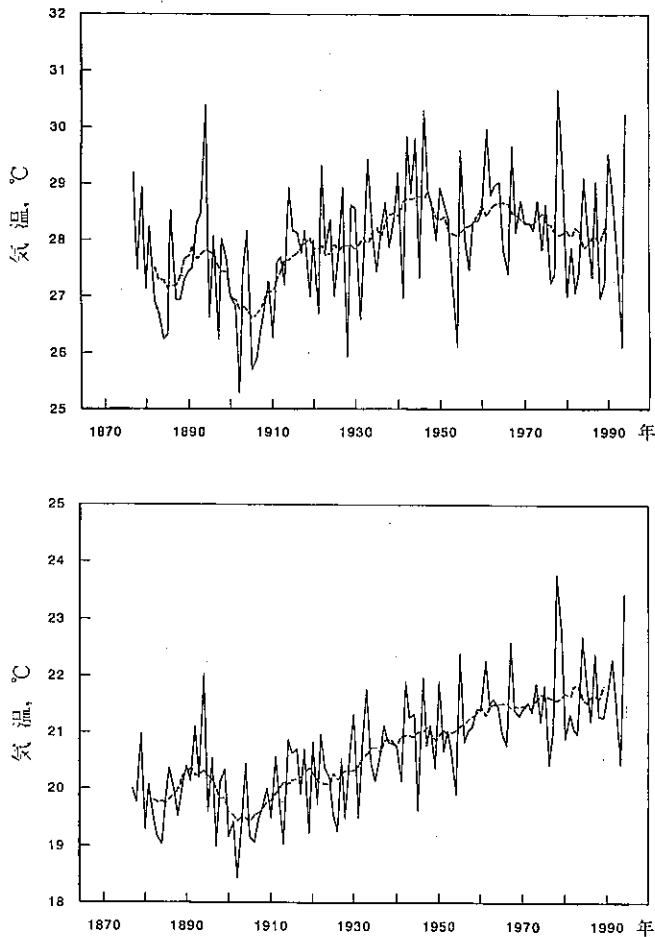


図3(b) 夏季(6~8月)の日最高気温・日最低気温の長期変動: 1887~1994(破線は11年移動平均値)

れたが、夏季の場合は1900年頃から上昇傾向が始まり、1960年代以降はむしろ上昇傾向が緩やかになっている。一方、日最高気温は1940年代までは日最低気温と類似の変動傾向を示していたが、1950年代以降は緩やかながら低下の傾向にある。したがって、気温日較差は前述のように1950年代以降は減少傾向を示している。

(3) 気温日較差と雲量の関係

これまで見てきたような気温日較差の長期的変動の要因はいくつか考えられる。Karl et al.(1993)は、世界各地の気温日較差の変動に影響を及ぼすと考えられる要因として、局地効果(ヒートアイランド、灌漑、砂漠化)と気候効果(積雪面積、風速、雲量、日射量など)を挙げ、気候効果の中では雲量が気温日較差の変動と最も関係が深いとしている。都市化にともなうヒートアイランド現象の影響については、都市の規模が大きくなるほど日最低気温を上昇させる効果が強まるが、グローバルに見た場合、気温日較差の減少傾向との関連性は不明瞭であるとしている。また、近年問題になっている二酸化炭素等の増加による温室効果の影響については、特に低層の雲量の増加が、間接的に温室効果ガスの増加や大気中のエアロゾルの増加と結びついているのではないかと推論している。いずれにせよ、多くの要因が重なって気温日較差を減少させていると考えられるが、ここでは長期間のデータが得られる雲量の変動との関係を検討する。

図4は、東京における気温日較差(実線)と雲量(破線)の長期変動傾向(11年移動平均値)を、(a)年、(b)冬季、(c)夏季についてそれぞれ示している。年平均の気温日較差と雲量の変動傾向をみると、1950年代までは、雲量が増加すると気温日較差が減少し、雲量が減少すると気温日較差が増大するというように、両者の間には逆相関が認められたが、最近40年間ほどについては、気温日較差の急激な減少と並行して雲量も緩やかに減少している。

気温日較差の減少が著しい冬季(b)についてみると、全体的な変動傾向は年平均の場合と類似しているが、雲量は1930年代に減少した後、変動を繰り返しながらもやや増加の傾向が読みとれる。一方、夏季(c)の場合、1960年頃までは、気温日較差と雲量の間にも明瞭な逆相関が認められるが、1960年代以降は両者の関係は不明瞭である。

以上の解析結果から、東京における気温日較差と雲量

の長期変動との間には、Karl et al.(1993) が指摘するような逆相関は、季節や年代によっては必ずしも明瞭でないことが判明した。そこで、両者の関係が大きく変化したと考えられる1950年を境に、気温日較差と雲量、日最低気温の関係を検討してみた。図5は、1877~1950年の期間について、気温日較差と雲量の年平均値の関係をプロットしたものである。決定係数（相関係数の平方）

が0.395で、それほど高いとは言えないが、両者の間には負の相関関係が認められる。したがって、少なくとも都市化の影響があまり強くない1940年代以前については、気温日較差の変動に雲量の増加・減少が影響していたと考えられる。

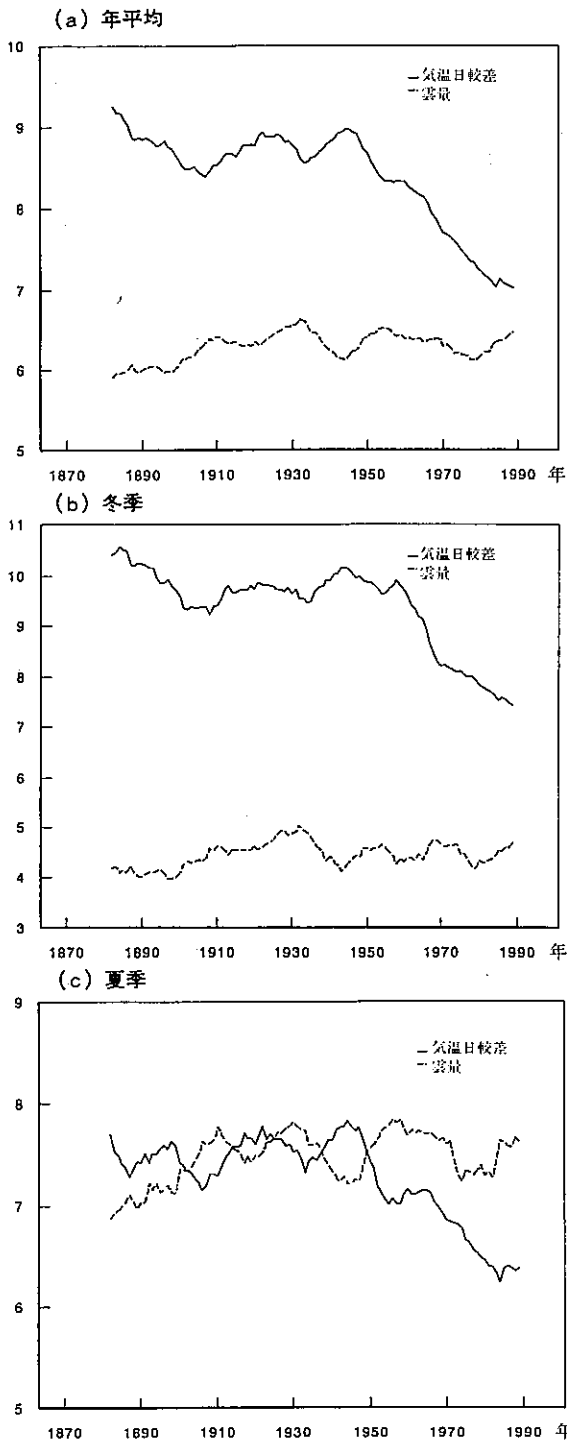


図4 東京における気温日較差(実線)と雲量(破線)の長期変動傾向(11年移動平均値)

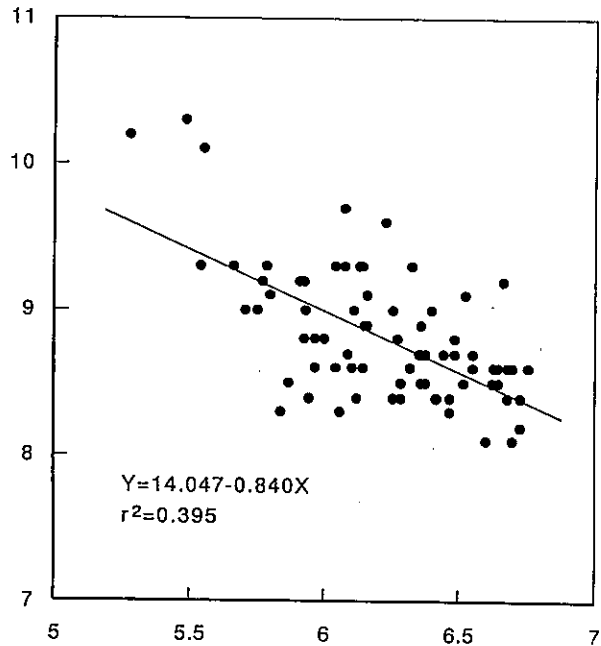


図5 1950年代以前の東京における年平均気温日較差と雲量の関係1877~1950

一方、最近では都市のヒートアイランドの強化によって、特に冬季の日最低気温は顕著に上昇しており(例えば、三上, 1979; 小元, 1988; 野口, 1994)、それが気温日較差の減少に大きく寄与している可能性が高い。図6で示すように、1951年以降に限れば、冬季の気温日較差と日最低気温の間には高い負相関(決定係数0.597)が認められる。換言すれば、最近の冬季気温日較差の著しい減少は、伊藤ほか(1992)でも指摘しているように、ヒートアイランドの強化にともなう日最低気温の急激な上昇が大きく寄与していると言える。

(4) 東京と銚子の比較

これまでは東京管区気象台の観測データに基づいて、気温日較差や雲量の長期変動について述べてきたが、東京に比較的近く、しかも都市化の影響が小さいと考えられる千葉県銚子地方気象台の観測データ(1951~1994)について、日最高気温・最低気温、気温日較差及び雲量の変動傾向を調べ、東京との比較を通して、特に気温変動に及ぼす都市気候の影響を考察してみたい。銚子は海洋性の気候の影響を強く受けるため、最高気温は低いが、最低気温が比較的高く、日較差は東京に比べて小さ

い。

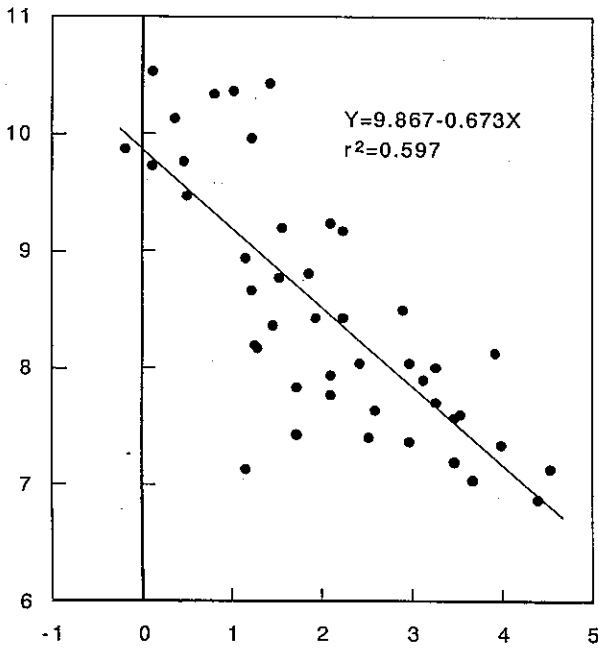


図6 1950年代以降の東京における冬季気温日較差と日最低気温の関係:1951~1994

図7は東京と銚子における日最高気温と日最低気温の年平均値の変動傾向(5年移動平均値)を示したものである。この間の変動傾向の差を表現するために、それぞれの気温累年値に回帰直線をあてはめてある。

日最高気温、日最低気温ともに、年々の変動傾向は並行しているが、44年間の直線的傾向には差異が認められる。日最高気温の場合、東京、銚子ともに低下傾向にあるが、銚子の方がより明瞭な気温低下傾向を示している。

一方、日最低気温については、逆に両者とも上昇傾向を示すが、東京の上昇傾向が著しく、1950年代には約1℃東京の方が低かったが、最近では銚子よりも高い最低気温を記録することが多くなっている。このことから、東京の日最低気温の上昇に都市化(ヒートアイランドの強化)の影響が強くと現れていることが分かる。

前述のように、東京では、都市気候の影響が小さかった年代(1877~1950年)における気温日較差の変動には雲量の増減が比較的大きく影響していたことから、東京に比べてはるかに都市気候の影響が小さい銚子では、現在でも雲量との負相関が認められる可能性がある。そこで、銚子についても、気温日較差と雲量の変動傾向を調べてみた(図8)。銚子においても、1960年代後半から気温日較差が減少傾向を示しているが、逆に雲量は1970年代から現在まで緩やかに増大しており、明瞭な負相関

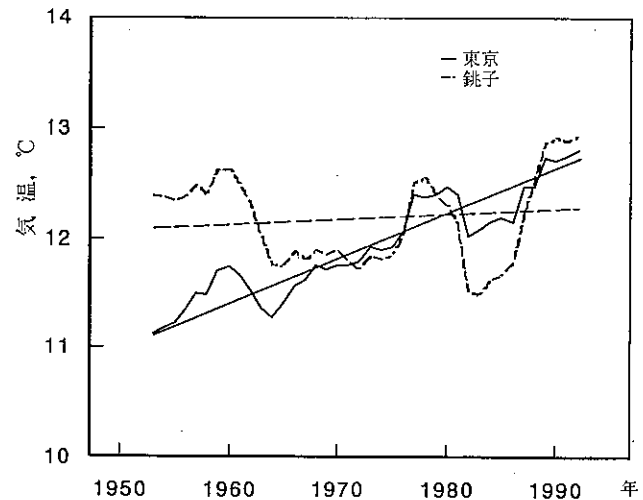
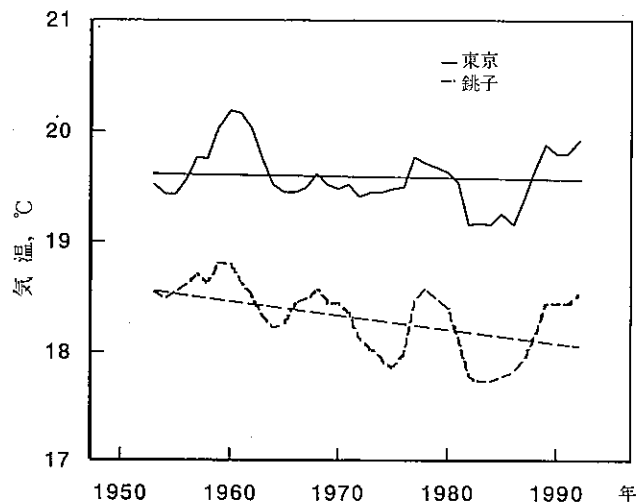


図7 東京都と銚子における年平均の日最高気温(上図)と日最低気温(下図)の変動傾向(5年移動平均値)

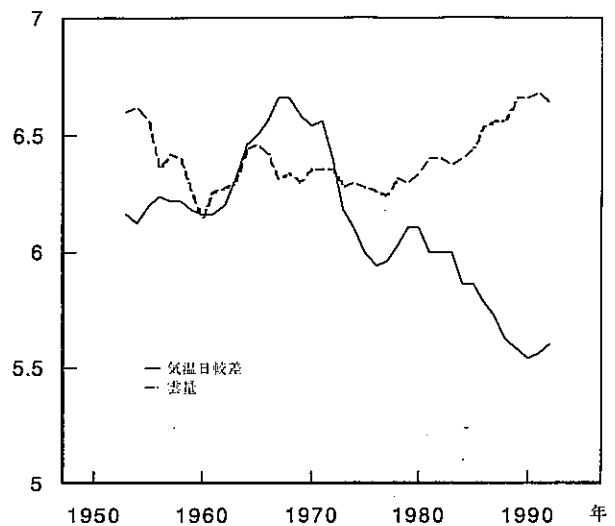


図8 銚子における年平均気温日較差と雲量の変動傾向(5年移動平均値)

が認められる。図7で見たように、銚子における気温日較差の減少は、主として日最高気温の低下傾向に依存しており、日中の雲量増加による日射量の減少が影響している可能性が高い。

4 おわりに

以上、東京における気温日較差の長期変動傾向について、日最高気温・最低気温や雲量の長期変動ともあわせてその実態を明らかにし、日較差減少の要因について若干の考察を試みた。今回は、東京に焦点をあてて解析を試みたが、他の観測点についても同様の解析を行う必要がある。気温日較差の変動要因は複雑であり、今後は雲量だけでなく他の気象要素との関係についても検討していきたい。

参考文献

- 1) 伊藤政志：ヒートアイランド、環境管理NO.16、東京都環境保全局、p.75-81,1992.
- 2) 伊藤政志ほか：最近の東京における都市気温分布の変化について（その2）、東京都環境科学研究所年報1992、p.39-43.,1992.
- 3) Karl et al. : A new perspective on global warming : A Symetric trends of daily maximum and minium temperature, Bulletin of the American Meteorological society, V01.74, p.1007-1023, 1993.
- 4) 野口泰生：日最高・最低気温の永年変化に与える都市化の影響、天気、V01.41、D.123-135、1994.
- 5) 三上岳彦：東京およびその周辺域における気温変動の時間的・空間的構造、京大学教養学部人文科学科紀要、NO.69,p30-49,1979.
- 6) 小元敬男：都市と気候—人間活動と気候変化—、気象研究ノート、NO.162,p.403-423,1988.