

東京における長期間データを用いた降雨の日変化形の経年変化

Secular Variation of the Diurnal Precipitation Pattern at Tokyo from 1890 to 2004

北海道大学工学部環境社会学科 ○ 学生員 和田卓也(Takuya Wada)
北海道大学大学院工学研究科准教授 正 員 山田朋人(Tomohito Yamada)

1. はじめに

近年、地球温暖化、都市化やヒートアイランド現象が新聞やテレビで取り上げられることが多くなっている。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第4次報告書でも、人間活動による地球温暖化はほぼ確実であると指摘されている。

このような地球環境の変化に伴い、降雨特性の変化が論じられている。具体的には降雨量の年々変動や地域差が大きくなり、短時間降雨は暖候期に強度を増し、豪雨災害が頻発するのではないかと考えられている(樫田、2003)。実際にも、練馬区で1999年7月21日15～16時に1時間131mmという記録的な豪雨が発生し、1人の方が亡くなっている。また、地球温暖化、都市化といった地球環境の変化は大気を不安定化させ、対流活動を促進させる方向に働くことで、集中豪雨の激化が見出されている(山元、1999)。さらに都心では暖候期の正午～夕方に“強い降雨”の頻度偏差が大きく、“強い降雨”は対流性降雨とみなすことができ、対流性降雨の偏差が正午～夕方に大きいことは、ヒートアイランドの性質に合致しているという報告もある(藤部、1998)。しかし、これらの報告は可能性として示唆されているものであって、確実な結論を導くまでには慎重な見極めが必要あり、降雨の日変化形の経年変化を確認するには至っていないなど、統計事実がまだ不足している(藤部、1998)。

またこのような研究の多くはすでにデジタル化されている AMeDAS 導入(1976年～)以後においてや、比較的入手しやすい日降雨量データが用いられている。2.1章にて詳しく取り上げるが、樫田(2003)の論文では本研究のデータの元となる110年の時間降雨量データを用いている。しかし、110年間全体としての降雨回数、時間帯による降雨量についての特徴を捉えるには至っていない。降雨の日変化のなかで、前述したように午後の短時間強雨に増加傾向が見出せたのならば、豪雨対策にも繋がるだろう。そこで本研究では、世界的にみても希少である約115年分の時間降雨量データを用い、降雨特性の経年変化を特に日変化形に注目し調べた。

2. 使用データ

2.1 解析対象資料

本研究で対象としたのは、1890～2004年までの約115年の東京(大手町)の時間降雨量観測データである(1953～1955年のデータは欠損)。1976～2004年のデータは、気象庁監修による『アメダス再統計値』のCD-ROMより、1時間降雨量のデータ(東京)を用いることにした。1890

～1975年のデータについては2003年当時東京大学大学院に所属していた樫田氏が気象庁6階の統計室に保管されているマイクロフィルムよりデジタル化したデータを用いさせていただいた。

2.2 データの継続性

観測地点の移動、観測機器の変遷については表1-1、1-2に示す。

期間	北緯	東経	海拔
1876～1882.6.30	35°40'	139°45'	-
1882.7.1～1922	35°41'	139°45'	19.7m
1923～1995	35°41'	139°46'	4.1m

表1-1 東京観測地点の移動(2003, 樫田より)

期間	種類	測定単位
1876～1885頃	直径4inch貯留型雨量計	0.1mm
1886頃～1965.9	直径20cm貯留型雨量計	0.1mm
1965.10～1990	直径20cm転倒ます型雨量計	0.5mm
1976～	AMeDAS	1mm

表1-2 東京観測地点における観測機器の変遷(2003, 樫田より)

観測地点の移動に関しては表1-1に示したように1km以内程度であるため、移転が気象観測に及ぼす影響は小さいものと考えられる。測定機器の変遷によるデータの継続性については後の3.1にて考察する。

3. 降雨の経年変化の解析

3.1 降雨量の日変化形の経年変化

都市域において夏期の午後に集中豪雨が増えている(藤部、1998；三上、2005)と言われているが、降雨量の日変化形の経年変化を探っている研究は非常に少ない。また本研究と同様に東京のデータを用い降雨量の日変化形の時代差を検証した藤部(1998)による研究が行われているが、用いられたデータは50年程度のものであり、経年変化を捉えるほどの統計事実の不足も指摘されている。よって本研究においては豊富な量のデータの有意性を活かし降雨量の日変化形の経年変化を検証していく。

図-1は1890～1919、1920～1949、1950～1979、1980～2004年の6～10月を対象期間とし、各々の対象期間における東京の日平均時間降雨量に対する偏差を示している。また6～10月を対象としたのは、単純にその他の期間では降雨量が少ないということ、また前述したように

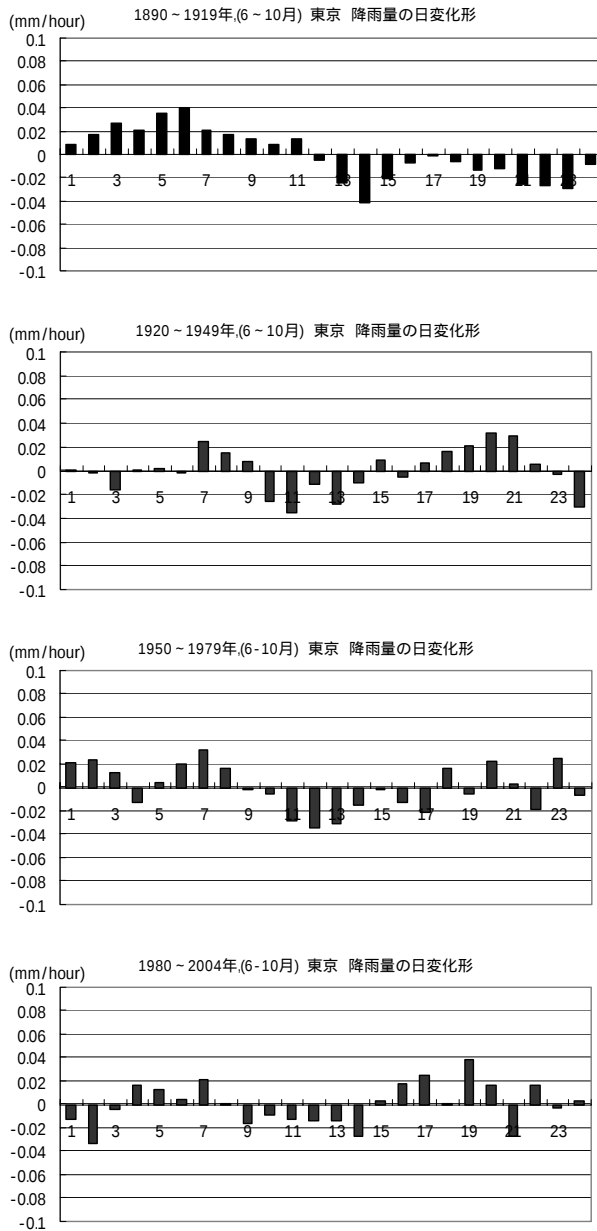


図-1 1890 年からの 30 年程度ごとの 6～10 月の
東京の平均時間降雨量の偏差

暖候期の降雨特性に変化が見られているという理由による。

また、図-1 に記したように経年変化を見てみると、1890～1919 年がその他の期間とは異なった特徴を有するということが挙げられる。この期間では午前には正、午後は常に負の偏差を示しており、明け方に正、正午と夜半に負のピークを有するなだらかな変化である。またここで述べた、なだらかな変化のような周期性を有する特徴を今後“平滑さ”と定義する。午後に常に負となっているのは 1890～1919 年のみであり、この期間と近年を比べると、午後の降雨量の日降雨量に対する比率の増加が確認される。また偏差の変動をみても最も昔の期間は平滑な変化を見せているのに対しその他の期間では数時間程度で偏差の変動が大きくなっているところ(例えば、1950～1979 年 17 時～24 時、1980～2004 年 17 時～22 時)

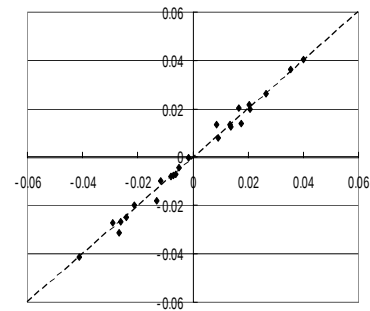


図-2 測定単位 0.1mm から 1mm への変換による
平均時間降雨量の変化における散布図

時刻	貯留式	AMeDAS	繰越雨量
1	0.3mm	0.0mm	0.3mm
2	0.8mm	1.0mm	0.1mm
3	0.4mm	0.0mm	0.5mm
4	2.7mm	3.0mm	0.2mm
5	0.0mm	0.0mm	0.2mm
6	0.8mm	1.0mm	0.0mm

表 2-1 測定単位の変化による測定量の違い

が見受けられる。これらは経年変化を捉えるうえで興味深い結果であり、後の 3.1.(1)、3.1.(2) で検討する。

しかし、平滑になる要因として、表 1-2 に示したように測定機器の変遷による測定単位の増加が考えられる。そのため 1890～1919 年を対象とし現在の測定単位 1mm にデータを変換し散布図を作成した(図 2)。測定単位 0.1mm から 1mm への変換については表 2-1 に示したように繰越雨量を用いて行った。図 2. から確認できるように、測定単位の変遷はほとんど日変化形の特徴をつかむ上では影響しないと言えるだろう。

3.1.(1) 午後の降雨特性の経年変化

まずは午後の降雨量について検討する。前述した通り 1890～1919 年と近年を比べると午後の降水量の比率が高まる傾向があると言える、しかし 1920～1949 年や 1950～1979 年と 1980～2004 年を比べると明確に変化があるとは言えない。さらに言うなら、変化が最も明確に現れているのは 1890～1919 年と 1920～1949 年の間である。そのため、この観点から考えると、日降雨量に対する午後の降雨量の比率の増加と温暖化や都市効果を関連づけることはできないだろう。

3.1.(2) 日変化形の平滑さにおける経年変化

次に各々の期間での偏差の平滑さに注目する。図 1. を見る限り、近年に近づくにつれ平滑さは損なわれている。特に 1980～2004 年と 1950～1979 年の午後から夜半にかけて値のばらつきが大きくなっている。30 年という長期間の平均を表しているのに、値にばらつきが現れるのは興味深い。要因を考えると、1 時間の差で値の変動が大きいということは、短時間降雨の影響が強くなったと言え、これは夏期の短時間強雨の増加(三上,2005)との関連があると思われる。しかし、短時間“降雨”の影響は考えられても、それを単純に短時間“強雨”と関連づける

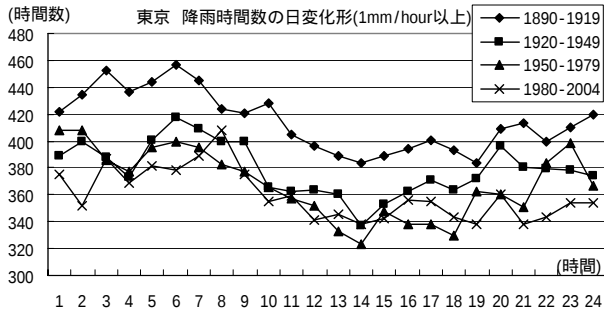


図-3 対象とする4期間(30年程度)の6～10月の東京の降雨時間数の日変化形。時間降雨量1mm以上の時間を降雨時間と定義した。

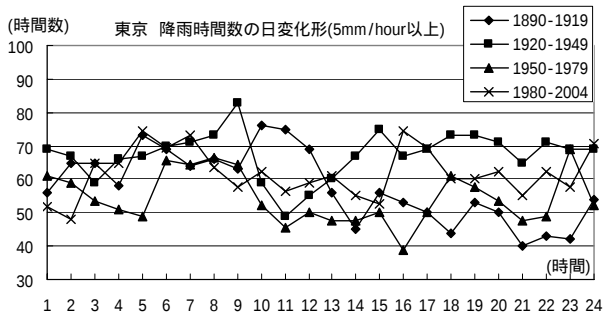


図-4 対象とする4期間(30年程度)の6～10月の東京の5mm以上降雨時間数の日変化形。時間降雨5mm以上の時間を5mm以上降雨時間と定義した。

	1890-1919	1920-1949	1950-1979	1980-2004
豪雨時間数 (時間数)	8	19	20	31

表2-2 対象とする4期間(30年程度)の6～10月、15時～24時の東京の豪雨回数。時間降雨量30mm以上の時間を豪雨時間と定義した。

	1890-1919	1920-1949	1950-1979	1980-2004
総降雨量	26621(mm)	27853(mm)	24515(mm)	26799(mm)

表2-3 対象とする4期間(30年程度)の6～10月の東京の総降雨量

のには疑問が残る。よって3.2節では短時間強雨をより明確に捉えることを目的に、時間総降雨量と降雨頻度の経年変化を検討する。

3.2 時間総降雨量と降雨時間数の経年変化

降雨時間数を計るうえで、測定機器の変遷による測定単位の変化は明らかに影響を与えると容易に考えつく。従って、データはどの期間においても測定単位1mmに変換したものをを用いた。その上で時間降雨量が1mm以上を降雨時間、また5mm以上の時間を5mm以上降雨時間と定義し、各々の時間回数をカウントすることとした。図-3は図-1と同様に30年程度ごとの6～10月期間を選択し、降雨時間数を、図-4では同様に5mm以上降雨時間数を示した。また図-5では対象期間における時間総降雨量と降雨時間数を示した。表2-2では、時間雨量30mm

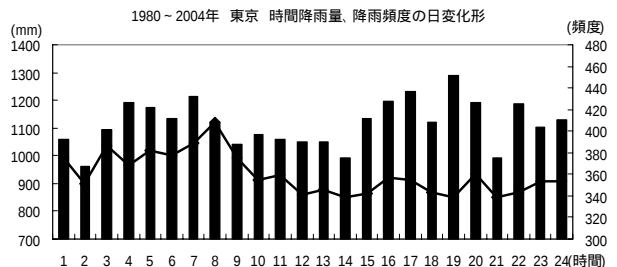
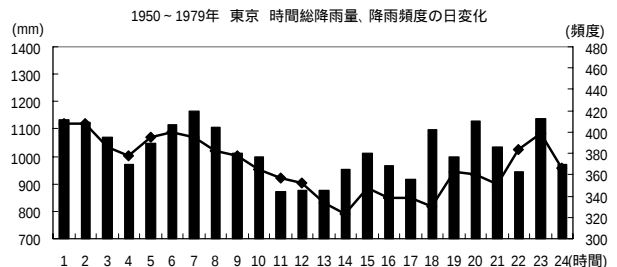
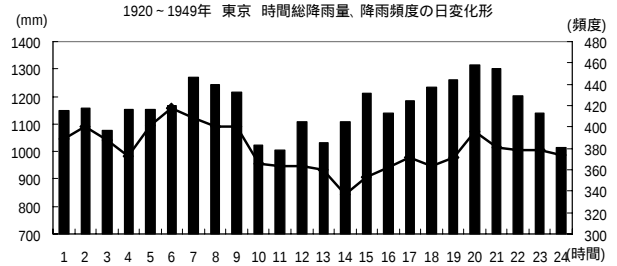
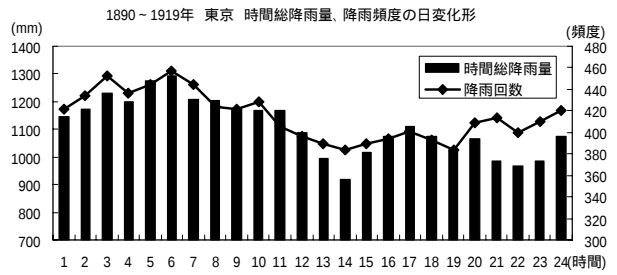


図-5 対象とする4期間(30年程度)の6～10月の東京の時間総降雨量と降雨時間数の日変化形

以上の降雨を豪雨と定義し、対象期間の15～24時を抽出し豪雨時間数を示した。表2-3は対象期間の6～10月の総降雨量である。それぞれの対象期間で期間の長さの差を補正するため「降雨時間数(総降雨量)」×(30/(対象期間年数))とした。なお、以下の文中では「降雨時間」と「5mm以上降雨時間」の混乱を避ける為、「5mm以上降雨時間」を「5mm時間」と表記する。

図-3の経年変化を見ると、1890～1919年の降雨時間数が他の期間と比べて、どの時間帯でも大きくなっている。しかし表2-2を見る限り、総降雨量は、1950～1979年に少ない傾向を示すが、30年という期間を考えればどの期間でも同程度と言えるのではないかと。そのため、1890～1919年の降雨時間数が大きくなっているのは弱い雨が多かった、また弱い雨の継続時間が長かったということ

を示していると考えられる。これは図-4 における 5mm 時間数と図-3 を比べた場合、1890～1919 年の時間数の減少がその他の期間と比べ、大きくなっていることから推測できる。さらに、ここで図-5 の同期間に目を向けると降雨時間数と時間総降雨量に相関関係が見て取れる。この特徴はその他の期間では明確には現れていない。従って、この期間はその他の期間と比べ、降雨強度が弱く、かつ時間帯による降雨強度の変化も少ないと言えるだろう。

さらに、図-3 から推測できることとして、近年になるほど降雨時間数が少なくなり、特に夕方～夜半にその特徴が強いことだろう。1920～1949 年、1950 年～1979 年、1980～2004 年の 3 つの期間を対象に考えると 1 時～15 時では、近年ほど降雨時間数が少なくなる傾向こそあれ、それぞれの期間に大きな差は見られない。15 時～24 時の間では降雨時間数の差が大きくなっており、19 時～23 時では 1980～2004 年が常に少なくなっている。このような各々の期間の差が午前より午後に大きくなる特徴は図-4 にも言える。しかし、5mm 時間数に関しては、近年になるほど少なくなるという特徴は見られない。この期間における降雨時間数の特徴をより明確に捉える為にも、時間総降雨量と降雨時間数の関係(図-5)を検討したい。

図-5 でも前述の 3 つの期間を見てみると、すべての期間に言えることとして、午後の降雨時間数が午前よりも少なくなっているのに対し、午後の降雨量が午前ものと同様かそれよりも大きくなっている傾向が見える。1890～1919 年には見られない傾向であり、午後の降雨強度の増加が言えるだろう。これは 15 時～24 時の豪雨回数の変化(表 2-2)から見て捉えられる特徴である。さらに、藤部(1998)の暖候期の夕方に降雨量の増加が確認され、それが主として強い降雨によるものであるという特徴と一致しているだろう。また降雨時間数が少ないということは、降雨継続時間が短いことにも繋がる。よってこれらの事実は、3.1 章での近年の午後の短時間“降雨”の増加と一致していると考えられ、またそれが短時間“強雨”の増加にも関連づいていると言うことができるのではないだろうか。ただ総合的観点で考えるならば 3.1 章と同様に特徴的な変化が現れているのは 1890～1919 年と 1920～1949 年の間であるため、近年の降雨時間数の減少や、降雨強度の増加を地球温暖化や都市化と関連づけるのは難しいと言えるだろう。

4. まとめ

今回見出された特徴は、20 世紀前半と比べた場合に確認できる近年の降雨時間数の減少、短時間降雨の増加であり、それが特に午後の降雨強度の増加にも繋がっているということである。これは三上(2008)による、温暖化の影響を受け日本国内で日降雨量 50mm 以上の大雨日が増えたとともに、雨の降らない日や日降雨量 1～20mm の普通の雨が少なくなる、つまり降るときは大雨で、降らないときはまったく降らないといった極端な雨の降り方になるという報告と同様の傾向を有している。さらに 1 章でも取り上げた藤部(1998)の、都心の暖候期の正午～夕方における“強い降雨”の増加という報告とも一致し

ていると考えられる。

本研究における長期間(115 年)のデータだからこそ言えることとして、三上(2008)、藤部(1998)が変化の要因として挙げている地球温暖化や都市化の影響に関することである。近年 30～50 年程度のデータ期間では図-4 を見ると確かに午後の降雨強度の増加が確認できる。しかし 3.1、3.2 節でも述べたように、長期のデータを用いて降雨特性の日変化形の経年変化を捉えると、1890～1919 年と 1920～1949 年の間に変化が明瞭に現れている。このことは、地球温暖化や都市化が降雨特性に影響を与えているという報告と必ずしも一致しないものである。図-3 を見ると、近年になるほど午後の降雨時間数が減少しているため、地球温暖化や都市化の影響が要因の 1 つであるとは考えられるが、そのような地球環境の変化が主要因となっているのであれば、近年ほど特徴的な変化が見られるべきである。

3.1 節でも取り上げた日変化形の経年変化(図-1)に関して言えば、近年になるほど平滑さが失われトレンドが表れていない。一般に気候値は 30 年という期間を平均すればトレンドが見出せると言われている。この観点から考えても、トレンドが失われた要因を導き出すことは興味深い。本研究ではトレンドが見出せなくなった要因として、近年の短時間強雨の増加による影響を挙げた。しかし、要因の一つとしては考えられるが、30 年という時間スパンを考えた場合、それだけの影響でトレンドが見出せなくなるものなのかという疑問が残る。従って、要因に関する更なる検証は今後の必須課題であると言える。また本研究では、台風などの総観規模擾乱の影響などを考えてはいない。より具体的に経年変化を探るには、そのような影響を排除する必要があるだろう。さらに、元日本気象協会技師の森田正光氏が、“平日の都市活動が、週末に雨を降らせる”と推測しているように、単純に期間を選択するのではなく、都市活動の盛んな期間、そうでない期間などを選びすぐり、検討するのも今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 藤部文昭、1998：東京における降水の空間偏差と経年変化の実態 - 都市効果についての検討 -、天気、45、pp.7-18
- 2) 藤部文昭、坂上公平、中鉢幸悦、山下浩史、2002：東京 23 区における夏季高温日午後の短時間強雨に先立つ地上風系の特徴、天気、49、pp.395-405
- 3) 榎田爽、2003：東京における明治以来の時間降水量特性、卒業論文、東京大学大学院工学研究科
- 4) 三上岳彦、大和広明、安藤晴夫、横山仁、山口隆子、市野美夏、秋山裕佳里、石井康一郎、2005：東京都内における夏の局地的大雨に関する研究、東京都環境科学研究所年報 2005、pp.33-42
- 5) 三上岳彦、2008：都市型集中豪雨はなぜ起こる？ - 台風でも前線でもない大雨の正体 -、技術評論社
- 6) Kanae, S., Oki, T. and Kashida, A., 2004：NOTES AND CORRESPONDENCE - Changes in Hourly Heavy Precipitation at Tokyo from 1890 to 1999 -、*Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol.82, No.1, pp.241-247