



Tokyo Gakugei University Repository

東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

Title	関東地方の夏期降水出現の時系列（30年間）に関する地域性(fulltext)
Author(s)	澤田,康徳
Citation	東京学芸大学紀要. 人文社会科学系. II, 69: 43-49
Issue Date	2018-01-31
URL	http://hdl.handle.net/2309/148751
Publisher	東京学芸大学学術情報委員会
Rights	

関東地方の夏期降水出現の時系列（30年間）に関する地域性

澤田 康徳*

地理学分野

(2017年8月30日受理)

要 旨

降水出現の長年における時系列は、降水の日変化や年々の変化の合成である。すなわち、降水出現の時系列が類似する地域性の把握は、降水出現に関する日変化や長期的な変動に関わる因子を考察する手掛かりとなりうる。しかし、長年における降水出現の時系列の地域性は明確ではない。本研究では、関東地方の夏期30年間（1980～2009年）における毎時降水出現の時系列に関する地域的特徴を明らかにし、それを降水出現の日変化や年々変化から検討した。毎時降水出現の時系列に対してクラスター分析を施した結果、時系列型が類似する地域は北部山岳域、その山麓域、北関東平野域、および南関東の平野～沿岸域の4つに区分された。時系列型ごとの30年間の時系列に対する相関係数はいずれも有意な値が得られた。ただし、北部山岳域と南関東に位置する時系列型は相関が若干弱い。年々変化においても全ての時系列型で正の相関を示す。しかし、他の時系列型と相関が弱い場合、年々変化の相関は強いが日変化は強い負の相関を示す時系列型があった。すなわち、全体的な年々変化傾向の中に日変化の類似性が関わって時系列型が区分されたことを示唆している。また、北関東より南関東で一日あたりの日照時間が短い場合に降水が出現しやすい。さらに、関東地方における毎時の降水出現地点数は、1地点以上の局所的降水を含む場合は経年的に減少しているが、広域（100地点≦）の降水出現頻度は増大している。近年における降水出現の変動に、総観規模擾乱に伴う広域曇雨天の場の形成が一因となっていると考えられる。

キーワード：降水出現、時系列、日変化、経年変化、関東地方

1. はじめに

降水出現に関する時間的な規則性は、日変化（安田 1970；田上 1990；立平・保科 1993など）および年変化や経年変化（Yonetani 1982；高橋 2003）のいくつかの時間スケールに関して捉えられている。関東地方は山岳や山麓および平野と沿岸を内包し、降水出現の時間的特徴に関して様々な地域性が指摘されている。特に降水量が多い夏期における研究がなされており、以下ではその端緒を述べる。

関東地方における夏期降水量の日変化は、南関東では振幅は明瞭でないが、夜間～早朝に多い（澤田 2000）。また、山岳域では夕方に降水出現頻度の極大が認められ、山麓では山岳より遅れて降水出現頻度の

極大時刻を示す（斎藤・木村 1998など）。他方、降水出現に関する年々および経年変化の傾向は、都市域とその郊外で異なるという指摘もあるが（佐藤ほか 2006）、日変化で指摘される沿岸・平野・内陸といった地域スケールより大きく南関東一帯で強雨頻度が増大傾向を示すこと（高橋 2003）や、降水量の年々変化の増大傾向は都心を中心にその周辺にも認められること（藤部 1998）が示されており、変化型が類似する空間的な広がり数十km～である。さらに、降水の日変化においても、東京都心とその周辺における南関東では、午後の降水量の増大傾向が指摘されている（Fujibe et al. 2009）。対流性降水出現が多い北部山岳域を中心とする北関東（堀江・遠峰 1998）では、関東地方における対流性降水出現日において、相対的に降

* 東京学芸大学 人文科学講座 地理学分野（184-8501 小金井市貫井北町4-1-1）

水出現頻度の割合が増大傾向を示すこと (澤田 2016) が指摘されている。ただし、日変化 (立平・保科 1993; Fujibe et al. 2005; 2009 など) に対して、年々変化 (高橋 2003; 澤田 2016 など) は年々の降水出現頻度の差が大きく、明瞭な規則性が認められているわけではない。このような降水出現の時間的特徴の把握について、日変化は毎時に関して数十年程度の平均で、経年変化は降水出現を年々でまとめた解析が多い。毎時の降水出現の時系列を長期的に捉えた場合、降水出現の時系列は降水の日変化や年々の変化が合わさっていることになる。降水出現の時系列が類似する地域性は、降水出現やその因子の長期的な変動を考察する手掛かりとなる。しかしながら、従前の研究では降水出現の日変化を含む長期的な傾向に関する地域性やその境界は明確にされていない。

本研究では、関東地方の夏期30年間に於いて毎時の降水出現の時系列が類似する地域的特徴を明らかにし、地域的特徴を降水出現の日変化や年々変化から検討する。

2. 資料と解析手順

資料として、1980～2009年の30年間に於ける夏期7、8月の毎時アメダスの降水量および日照時間の資料を用いた。対象地域およびアメダス観測地点を図1に示す。対象地域は島嶼部を除いた関東地方で、アメダスの降水量観測地点は116地点、日照時間観測地点

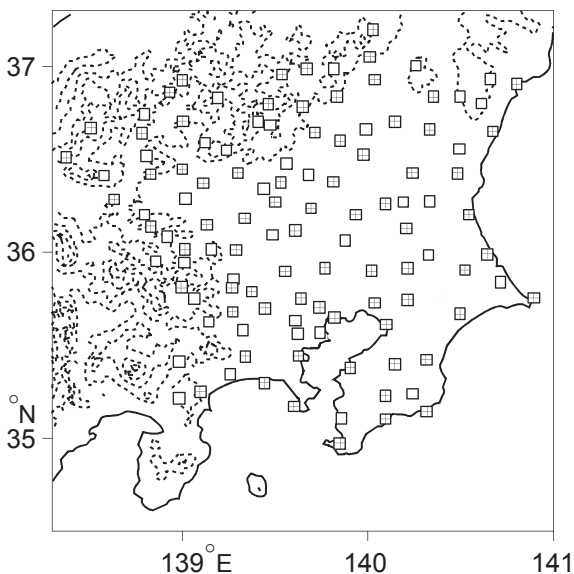


図1 対象領域とアメダス観測地点の分布
降水量を□で、日照時間を観測している地点を+で示した。等高線は500m間隔である。

は77地点を対象とした。

解析の手順として、まずアメダス各地点における降水出現の時系列が類似する空間的まとまりを把握する。降水量1mm/h以上を降水出現時とし、それ未満の降水量0mm/hを非降水出現時とした。なお、2007年まではアメダスの降水量観測値の最小単位が1.0mm、2008年以降は0.5mm単位の記録であり、2008年以降の降水量を2007年以前の資料に合わせ小数点以下の値は切り捨てた。そして、30年間の毎時降水出現の時系列に対してクラスター解析を施し、時系列を類型化する。その上で、類型化された地点に関する降水出現頻度の日変化および年々変化の特徴を捉える。類型化された時系列型ごとに日照時間別の降水出現頻度を提示する際、領域全体における地点の時間変化の関係を相対的に概観するために、対象領域内における相対的な多寡も抽出する。関東地方における日および年々や経年変化の傾向は絶対値だけでなく相対値によって認められる解析があり (藤部 1998; 澤田 2016 など)、絶対値や相対値に認められる傾向の差異についても議論する。

3. 30年の毎時降水出現の時系列における地域性

3.1 地域性について

クラスター解析法は、個体間の相違を距離として定義し、距離の指標の最も小さいものから結合していく多変量解析法である。降水出現時 (1)、非降水出現時 (0) を連続した30年の時系列についてWard法によるクラスター解析を施した。

図2にクラスターの結合過程と距離の指標を示す。距離の指標は、3から4個目の箇所まで不連続に拡大しており結果として降水時系列が類似する地点を4個に類型化した。

図3は、同じクラスターに属する地点を同じ記号で示したもので、それぞれのクラスターに属する地点の分布を示している。同じクラスターに類型化された地点は以下のように空間的に連続している。すなわち、北部山岳域南部～西部山岳域東部を中心とした山麓域にはI型 (●) が、八溝山や赤城山周辺の北部山岳域にはII型 (○) の時系列型が分布している。さらに平野域には、南関東の平野～沿岸域にIII型 (▲)、およびI型の平野域側である北関東～多摩の平野域にIV型 (△) の時系列型がまとまって分布している。このように、時系列型が類似する地域的まとまりは北部山岳域から西～北方向に広がる山岳やその山麓に対応するように扇状に伸長して認められ、沿岸にかけて地点が

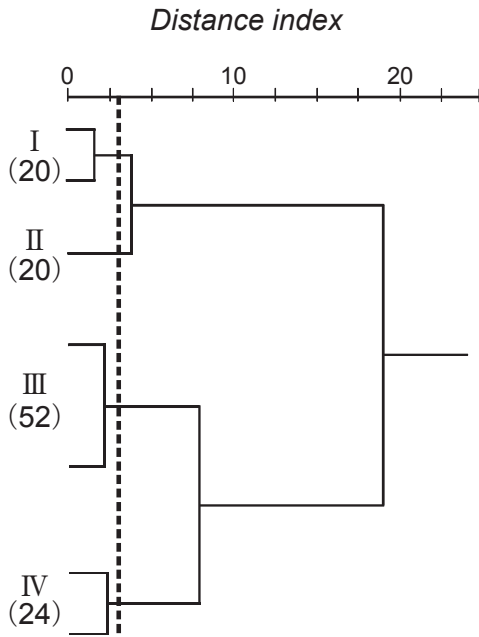


図2 降水出現の時系列に関するクラスターが結合する場合のクラスター間の距離の指標
() 内の数値は地点数を示す。

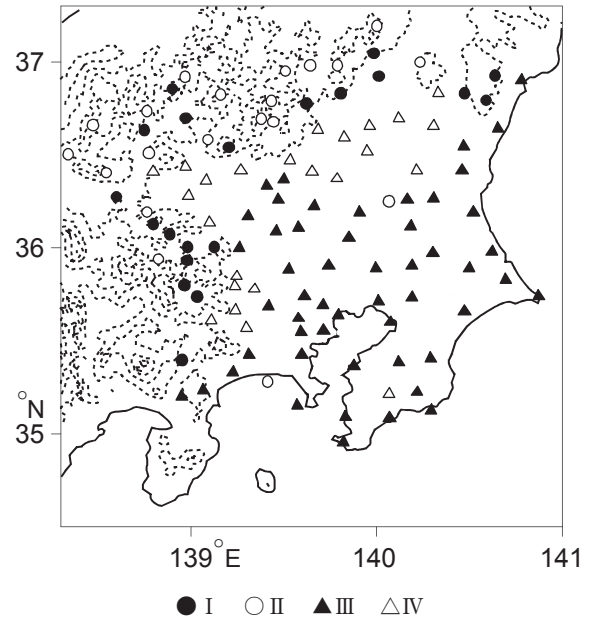


図3 クラスター分析に基づく時系列型の分布
等高線は500m間隔である。

類型化されている。北部山岳域（Ⅱ型）やその山麓域（Ⅰ型）と平野域（Ⅳ型）は、標高の高い山から平野への遷急地点で地形にほぼ対応している。一方、北関東平野域（Ⅳ型）および南関東（Ⅲ型）には、その境界に地形の対応は認められない。

表1aに、時系列型ごとの降水出現時と非降水出現時の時系列30年間（282988h）における相関係数を示す。北部山岳域（Ⅱ型）と南関東の平野～沿岸（Ⅳ型）は0.78、山麓域（Ⅰ型）と南関東の平野～沿岸（Ⅲ型）で相関係数は0.72、北部山岳域（Ⅱ型）と南関東の平野～沿岸（Ⅲ型）は0.63で最小である。ただし、全ての時系列型で有意な相関係数を示し、夏期

表1 降水出現時（282988h）の時系列の相関係数

a				
Type	I	II	III	IV
I	-	-	-	-
II	0.87	-	-	-
III	0.72	0.63	-	-
IV	0.87	0.78	0.83	-

b				
Type	I	II	III	IV
I	-	-	-	-
II	0.10	-	-	-
III	-0.60	-0.80	-	-
IV	0.34	-0.52	-0.02	-

bは時系列型の出現頻度に対する関東地方全体における降水出現頻度の割合の相対値である。

30年間の降水出現時系列はおおよそ類似していることになる。

表1bは、対象領域全体の降水出現頻度を求め、時系列型ごとにそれに対する各地点あたりの比を算出した値から求めた相関係数を示す。いずれの時系列型においても、ほかの時系列型と負の相関を示しているものがある。特にⅡ型とⅢ型とで相関係数の大きい絶対値が得られた（ $r=-0.8$ ）。すなわち、降水出現頻度の実数の時系列は関東地方全域で類似の傾向を示すが、相対的多寡では時系列型の傾向が北部山岳域（Ⅱ型）と南関東の平野～沿岸（Ⅲ型）とで降水出現の時系列が逆傾向を示す。降水出現に関する時間的な変化は、頻度の実数だけでなく雨の降り方として割合によって捉えられている（藤部 1998；澤田 2016など）。降水出現の時系列は、降水の日変化や年々の変化によることが想定され、以下では降水出現の時系列の類似性を日および年々変化から検討する。

3. 2 日変化および経年変化

図4には、時系列型ごとに毎時の降水出現頻度を求め、1地点あたりの日変化を示した。Ⅰ型およびⅡ型は、夕方～夜間に降水出現頻度の極大が認められる。一方、Ⅲ型は早朝に降水頻度の極大が認められる。Ⅰ型およびⅡ型とⅢ型の間に位置しているⅣ型の日変化は、両者の中間的な値を示し夕方～早朝に極大が認め

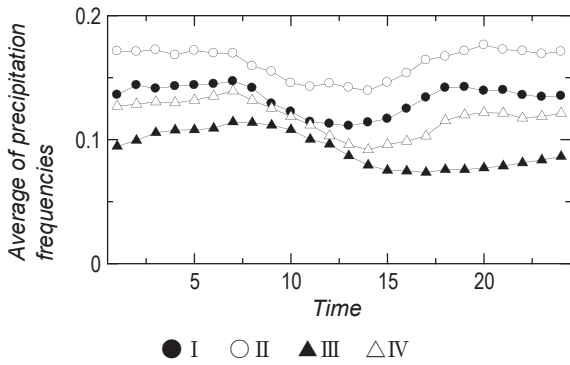


図4 降水出現頻度の日変化

られる。日中の降水出現頻度が増大し始める時刻は、北に分布するⅡ型(11時)で早く、それより南に分布するⅠ型(13時)およびⅢ型で遅くⅢ型は18時である。

時系列型における降水出現の日変化の類似性を把握するために、表2に時系列型ごとの降水出現頻度の日変化の相関係数を示す。Ⅰ型およびⅡ型とは強い正の相関 ($r=0.77$) を示す一方で、Ⅰ型とⅢ型 ($r=-0.91$) およびⅡ型とⅢ型 ($r=-0.89$) で負の相関を示す(危険率0.5%で $r=0.55$ で有意の場合)。以上より、最も沿岸に位置するⅢ型と内陸に位置するⅠ型およびⅡ型では降水出現の日変化は逆傾向を示している。

次に、毎時資料に基づく日あたりの年降水出現頻度(1地点あたり)の年々変化を図5aに示す。降水出現頻度は、年による変動がいずれの時系列型においても大きい。時系列型ごとの平均降水出現頻度の差は大きく、Ⅱ型が最大値を示し(2.33回)、Ⅰ型(2.05回)、Ⅳ型(1.76回)で、最小はⅢ型(1.39回)である。ただし、平均降水出現頻度が最大のⅡ型と最小のⅢ型に着目すると、降水出現頻度の差が小さい年と大きい年が認められる。そこで、図5bにⅡ型に対するⅢ型の降水出現頻度の比(Ⅱ型/Ⅲ型)に関する年々変化を示した。降水出現頻度の小さい年において比が大きく、大きい年において比が小さい。すなわち、関東地方において時間降水出現頻度が小さい年ほど、Ⅱ型が多く分布する北部山岳域で相対的に降水出現比率は大きい。なお、降水出現頻度の年々の増減傾向は明瞭でない。

次に、時系列型の年々変化について関東地方におけ

表2 降水出現頻度の日変化の相関係数

Type	I	II	III	IV
I	-	-	-	-
II	0.77	-	-	-
III	-0.91	-0.89	-	-
IV	-0.40	-0.60	0.28	-

る相対的な変化を捉える。図6には、各時系列型について年降水出現頻度に対する領域全体の降水出現頻度の比を1地点あたりの値として算出したものを示す。Ⅱ型は経年的に降水出現頻度がやや減少している。Ⅰ型およびⅣ型では、降水出現頻度の経年的な増減傾向は明瞭でない。また、Ⅲ型においても降水出現頻度は微増傾向が認められる程度で顕著な増大傾向を示すわけではない。ただし、年々の変化に着目するとⅡ型で降水出現頻度が増大(減少)していれば、Ⅲ型では減少(増大)しており、南北間で降水出現頻度の年々の変化は逆傾向を示す。年々の逆傾向を示す比の大小は、図5bで示したⅡ型に対するⅢ型の降水出現頻度の比(Ⅱ型/Ⅲ型)と対応している。本研究では、全ての降水を対象としているが、北部山岳域では関東地

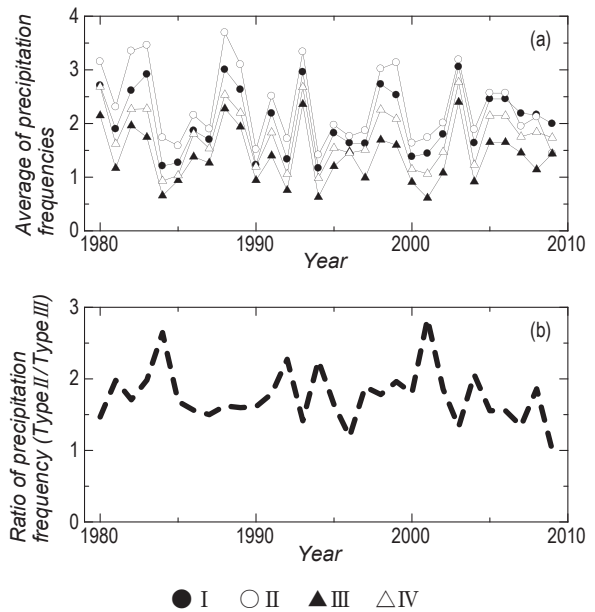


図5 降水出現頻度の年々変化

aは毎時降水頻度に基づく日あたりの年降水出現頻度(1地点あたり)で、bはⅡ型に対するⅢ型の降水出現頻度の比(Ⅱ型/Ⅲ型)を示す。

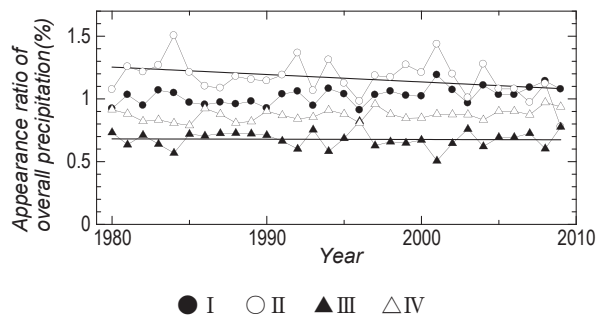


図6 降水出現頻度割合の年々変化

年あたりの時系列型の降水出現数に対する領域全体の降水出現回数(1地点あたり)を示す。

方における対流性降水の多発域であることから（堀江・遠峯 1998）、関東地方の南北で降水出現頻度の増減に関する背景が異なる可能性を示唆していることが考えられる。

時系列型ごとの降水出現頻度の年々および経年変化の類似性を捉えるために、表3には時系列型ごとの降水出現頻度の年々変化の相関係数を示す。図5では、全体的な年々の変化傾向は類似していた。相関係数は、いずれの時系列型とも有意な相関が得られ、Ⅱ型とⅣ型との相関係数は0.90、相関係数が小さいⅡ型とⅢ型でも0.87であった。図6で算出した関東地方における降水出現頻度の相対値の年々変化の相関を表4に参考までに示す。南関東に分布するⅢ型と北関東に分布するⅠ型およびⅡ型とで負の相関を示し、Ⅱ型とⅢ型とで強い負の相関を示す（ $r=-0.83$ ）。このように、北関東に分布する時系列型（Ⅰ型およびⅡ型）と南関東に分布するⅢ型とで負の相関を示す。長年の時系列の相関は、いずれも有意であるものの大小の差異があり、Ⅱ型とⅢ型で相関は弱かった（ $r=0.63$ ）。この場合、日変化では負の相関、年々変化では他の時系列より弱い相関を示していた。Ⅰ型とⅢ型の時系列の相関は0.73であった。この場合年々変化では0.94、日変化は-0.91である。それに次いで時系列型で相関係数が小さかったⅡ型とⅣ型は0.78で、年々変化では、0.90で日変化では-0.6であった。Ⅱ型とⅢ型との年々変化の相関係数（ $r=0.94$ ）は、Ⅱ型とⅣ型（ $r=0.90$ ）より大きい、時系列の相関はⅡ型とⅣ型（0.78）より小さい（0.73）。日変化の相関係数がⅡ型とⅣ型（-0.6）より強い負の相関を示しており（-0.89）、降水出現の時系列の地域性は基本的には年々の類似する傾向の中に日変化が関わっていることを示唆していると考えられる。また、Ⅱ型に対するⅢ型の降水出現頻度の比（Ⅱ型／Ⅲ型）

表3 降水出現頻度の年々変化の相関係数

Type	I	II	III	IV
I	-	-	-	-
II	0.93	-	-	-
III	0.94	0.87	-	-
IV	0.98	0.90	0.96	-

表4 降水出現頻度（比）の年々変化の相関係数

Type	I	II	III	IV
I	-	-	-	-
II	0.34	-	-	-
III	-0.75	-0.83	-	-
IV	0.28	-0.36	-0.12	-

相関係数は、年ごとに時系列型の出現頻度に対する関東地方全体における降水出現頻度の割合から算出した。

の年々変化と降水出現頻度の年々変化はおおよそ対応し、関東地方における全ての降水出現頻度の多寡の地域差は、降水出現に関わる大気条件の差異を反映している可能性が考えられる。以下では、降水出現の大気条件を降水出現分布と夏期日照時間とから検討する。

4. 降水出現分布と降水指標の年々変化

4.1 降水出現分布の年々変化

時系列型ごとの降水出現頻度の年々変化の値（図6参照）に対してクラスター解析施し（Ward法）、降水出現分布型を3つに分類した。表5にはタイプごとの降水出現分布型のパタンを示す。北関東で降水出現頻度が高いパタン i と南関東で降水出現頻度が高いパタン iii、およびその漸移的な分布型としてパタン ii に類型化された。

表6に、降水出現分布型のパタンの年々変化を示す。Ⅲ型における降水出現頻度が小さい年は1900年

表5 降水出現分布型ごとの降水出現割合

Type	I	II	III	IV
i	0.20	0.22	0.37	0.22
ii	0.20	0.25	0.35	0.21
iii	0.21	0.30	0.29	0.20

各パタンの割合の合計が1である。

表6 降水出現分布型ごとの降水出現割合の年々変化

Year	Type	I	II	III	IV
1980	i	22.4	22.8	34.7	20.2
1981	iii	19.9	30.1	30.2	19.8
1982	ii	18.4	24.3	35.8	21.5
1983	ii	20.7	25.9	33.1	20.3
1984	iii	20.3	33.6	27.7	18.3
1985	ii	19.0	27.6	35.2	18.2
1986	i	17.6	22.3	38.6	21.4
1987	ii	18.5	24.7	36.0	20.8
1988	ii	20.0	23.6	36.8	19.6
1989	ii	18.7	24.1	37.5	19.7
1990	i	18.5	23.1	36.5	21.8
1991	ii	19.9	25.4	33.3	21.5
1992	ii	20.5	27.5	30.7	21.4
1993	ii	17.4	25.8	36.8	20.0
1994	iii	20.9	28.5	29.1	21.5
1995	ii	19.8	24.4	34.8	21.0
1996	i	17.2	21.0	42.1	19.7
1997	i	20.7	23.6	32.9	22.8
1998	ii	20.1	24.1	33.2	22.6
1999	ii	18.9	24.0	37.8	19.2
2000	ii	19.8	24.3	34.5	21.4
2001	iii	21.4	28.5	28.0	22.1
2002	ii	21.0	24.5	33.0	21.5
2003	i	18.8	20.6	39.1	21.5
2004	ii	21.1	26.3	32.2	20.4
2005	i	20.1	22.3	35.6	21.9
2006	i	20.1	22.3	35.8	21.9
2007	i	21.3	19.8	37.5	21.4
2008	i	22.1	23.1	31.3	23.5
2009	i	20.6	15.6	40.0	23.8

代後半に多く、降水出現頻度が大きい年は2000年に入ってから増大している。一方で、I型およびII型で降水出現頻度が高い降水出現分布型は1900年代後半に認められる。これは、南関東(Ⅲ型)と負の相関を示す北関東山地域(Ⅱ型)においては年々変化が逆傾向を示していたことと整合している。すなわち、相対的な降水出現頻度の年々変化(図6)は降水出現分布型と対応している。この場合、2000年以降は南関東で相対的に降水出現頻度が高い降水出現分布型がみられるようになったと解釈できる。関東地方における降水量分布型(藤部ほか2003)の年々変化と降水出現頻度の年々変化との関連を示していると考えられる。

澤田(2016)では、対流性降水出現日に限定し、北関東は降水発現割合が若干ながら増大傾向を示すことを指摘している。本研究で北関東に分布するII型やI型は山岳や山麓に分布し対流性降水の出現が多い領域である。澤田(2016)では、対流性降水の出現を太陽の日射加熱条件(日照時間)で抽出している。そこで、以下では時系列型と日照時間との対応を捉える。

4. 2 降水出現地点数の年々変化と日照時間別の降水出現頻度について

夏期における降水出現は地表面の日射加熱による降

水や総観規模擾乱に伴う降水に大別される(藤部ほか2002, 2004; 澤田 2016など)。前者の場合日照時間によって日射加熱の有無をおおむね想定できる。また、両者は降水域の空間スケールが異なり、前者は局地的で後者は広域で降水が出現する。関東地方における降水出現地点数によって定性的に局地的降水か広域的な降水か判断できる。そこで、図7に時系列型の降水出現頻度に対する関東地方全体の降水出現頻度の割合を日照時間別ごとに示す。南関東に分布するⅢ型およびⅣ型では、日照時間が多いほど降水出現頻度は小さく、北関東に分布するI型とII型では日照時間が多いほど降水出現頻度が多い。すなわち、北関東では太陽の日射加熱の影響を受けた降水が多数出現し、南関東では広域曇雨天時に降水が出現している。北関東では局地循環による降水出現が多く(木村 1994; 木村ほか 1997)、したがって夕立などの日射加熱による対流性降水と広域で曇雨天になる総観規模擾乱に伴う降水が降水分布型を規定しその年々変化が降水出現分布の年々変化と対応すると解釈できる。

図8に毎時における降水地点数の経年変化を示す。関東地方全域の毎時における降水地点数を1地点~全地点数でまとめた。降水出現地点が1地点以上の場合、値は経年的に減少傾向を示す。また、地点数が占

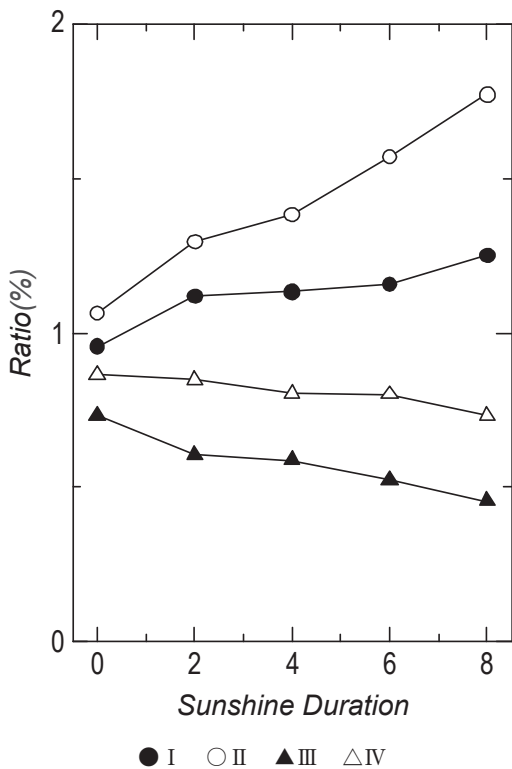


図7 日照時間別の降水出現頻度

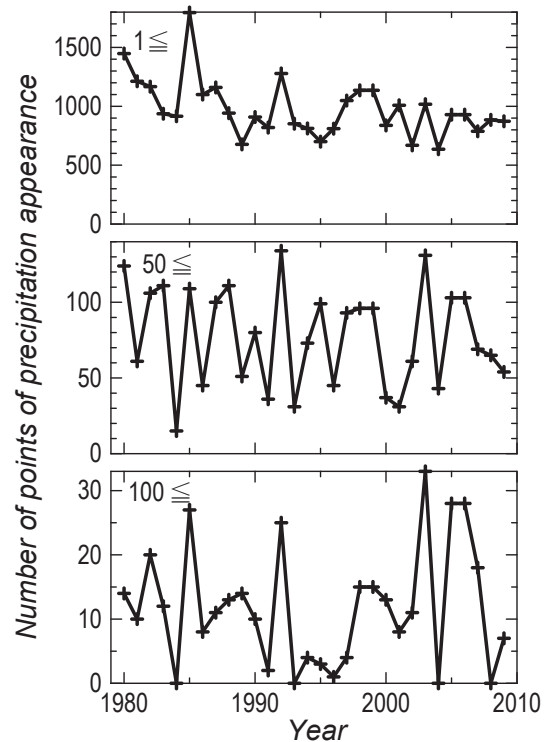


図8 毎時における降水地点数の年々変化
1地点以上、50地点以上、100地点以上について示した。

める割合が約半数の50地点以上の場合増減傾向は明瞭でない。一方、関東地方ほぼ全域で降水が出現している100地点以上の場合、年々の変動は大きいが増加傾向が認められる。このことは、局地的な降水出現頻度は減少し、広域における降水出現回数が増大していることを意味する。ただし、広域降水出現時の頻度は、1地点以上の場合と比べて小さく、総降水出現頻度としては現れない可能性が考えられる。降水分布型は、南関東で多いパターンが近年増大傾向を示していた（表5）。また、北関東より南関東で日における日照時間が短い場合に多く出現していた（図6）。これは、広域における曇雨天の増大と降水分布型の経年変化が対応関係がある可能性を示している。総観規模擾乱に伴って広域で降水雲が形成される。近年における降水出現頻度の変化は、総観規模擾乱の有無に伴う広域および局所的曇雨天の場の形成と関連する可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究は、夏期の関東地方における降水出現の時系列の空間的特徴を提示した。得られた結果を以下に示す。

- ① 降水出現の時系列は、北部山岳域やその山麓域、北関東平野域および南関東の平野～沿岸域に区分される。この場合、北部山岳域やその山麓域は標高の高い山から平野への遷急地点で地形に対応している。
- ② 時系列型ごとの相関はいずれも有意な値が得られた。ただし、北関東に位置するⅠ型およびⅡ型と南関東に位置するⅢ型は相関が若干弱い。Ⅱ型とⅢ型とは日変化および年々変化でも相関は弱い。Ⅰ型とⅣ型とでは年々変化の相関は強いが日変化は強い負の相関が得られた。全体的な年々変化の傾向の中に日変化の類似性が関わって時系列型が区分されたと考えられる。
- ③ 降水分布型は、南関東で頻度が高い型が近年増大傾向を示す。また、北関東より南関東で日における日照時間が短い場合に多く出現する。したがって、局所的降水は北関東において、総観規模擾乱に伴った広域曇雨天の場の形成は南関東の降水出現と関連する可能性が考えられる。

本研究結果は、日本地理教育学会第64回大会で発表した内容を骨子とした。

文 献

- 木村富士男 1994. 局地風による水蒸気の水平輸送. 天気 41 : 13-20.
- 木村富士男・谷川亮一・吉崎正憲 1997. 関東北部の山岳地域における晴天日の可降水量の日変化. 天気 44 : 37-44.
- 斎藤智興・木村富士男 1998. 中部関東域における夏期の対流性降水の日変化. 天気 45 : 47-54.
- 佐藤友徳・寺島司・井上忠雄・木村富士男 2006. 東京都市域における夏季の降水システムの強化. 天気 53 : 479-484.
- 澤田康徳 2000. 関東地方とその周辺域における降水の日変化. 新地理 48 (1) : 45-53.
- 澤田康徳 2016. 夏期の関東地方における対流性降水の発現率の経年変化. 地理学評論 89 : 107-117.
- 高橋日出男 2003. 東京とその周辺域における夏季（6～9月）日降水量の階級別出現特性の経年変化. 天気 50 : 31-41.
- 田上善夫 1990. 日本列島における降水出現の日変化. 地理学評論 63A : 407-430.
- 立平良三・保科正男 1993. 大雨発生度数の日変化に現れた地域的特性. 天気 40 : 325-333.
- 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 : 7-18.
- 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 : 395-405.
- 藤部文昭・瀬古弘・小司禎教 2003. 関東平野における夏季高温日午後の降水分布と地上風系の関係. 天気 50 : 777-786.
- 藤部文昭 2004. ヒートアイランドが降水におよぼす影響—夏の対流性降水を中心にして—. 天気 51 : 109-115.
- 堀江晴男・遠峰菊郎 1998. 関東地方における熱雷の発生移動について. 天気 45 : 441-453.
- 安田清美 1970. 日本における強雨（50mm/hr以上）の気候学的特性. 天気 17 : 19-28.
- Fujibe, F., N. Yamazaki and M. Katsuyama 2005. Long-term trends in the diurnal cycles of precipitation frequency in Japan, *Pap. Meteor. Geophys.*, 55: 13-19.
- Fujibe, F., H. Togawa and M. Sakata 2009. Long-term Change and Spatial Anomaly of Warm Season Afternoon Precipitation in Tokyo, *SOLA*, 5: 17-20.
- Yonetani, T. 1982. Increase in number of days with heavy precipitation in Tokyo urban area, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 21: 1466-1471.