

岐阜地方における降雨の時間的集中度の経年変化

岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 ○鈴木正人
信州大学工学部 社会開発工学科 正会員 寒川典昭

1. はじめに

温暖化に代表されるように地球規模の気候変動が問題視されている。さらに都市においては自動車やエアコンなどの熱源が集中することによるヒートアイランド現象の存在が指摘されている。著者らは、東海地方を対象に温暖化現象の検証を行った結果、岐阜の日平均気温の年平均値について 1883～1997 年を一まとめに取り扱った場合で 100 年あたり 1.4 度の上昇、特に温暖化が激しくなっているとみなされる 1932～1997 年では 100 年あたり 2.3 度の上昇であることを示した¹⁾。これら気温の上昇は都市域における水文環境を変化させることが予想され、水害対策においても従来の計画手法を見直すことが必要ではなかろうか。そこで、本研究は雨の降り方の変化に着目し、時間降水量が短い時間に集中して降る程度を、時間的集中度、という指標で表現し、その経年変化を検証することを目的とする。

2. 対象データ

本研究は岐阜地方に限定したものの、今後解析対象を全国へと広げること、また時間的のみならず空間的な集中度の検証も行うことを想定して、データが多く、地点である程度の期間に渡って観測されていることを条件に、アメダス観測値²⁾を用いることにした。岐阜地点で観測された 1976～2000 年の 25 年間の時間降水量を対象とした。各年ごとに時間降水量を大きいものから 10 個抜き出し、抜き出した時間降水量を含む一雨のハイトグラフを解析対象とする。すなわち、10 個×25 年=250 個のハイトグラフが対象になる。一雨の定義の仕方は議論の余地があるが、ここでは、時間降水量が 0mm から再び 0mm になるまでのハイトグラフを一雨として用いた。したがって、ピークが二つある場合でも途中で降水量が 0mm とならない場合は一雨として取り扱っている。各一雨に対して、時間最大降水量、総降水量、継続時間、時間的分散（後述）の 4 つの指標について相互関係および経年変化を求めた。なお、これらデータの中には、1976.9 の長良川水害時の降雨（時間最大で 84mm）、2000.9 の東海豪雨の降雨（継続時間 30 時間、時間最大 30mm）といった特異と思われるデータも含まれている。

3. 時間的集中度の計算方法と経年変化の検証手法

降雨量によらずハイトグラフの形状がなだらかな場合は時間的集中度が弱い雨、反対にハイトグラフの形状がとがっている場合は時間的集中度が強い雨と考える。具体的には、次式のように、時刻 t における降水量 R_t を総降水量 R で割ることで基準化し、基準化した降雨 r_t を対象に時間的な分散 v_r を求めることで集中度を表現する。

$$v_r = \sum_t t^2 r_t - \bar{t}^2, \quad \bar{t} = \sum_t t r_t, \quad r_t = \frac{R_t}{R}, \quad R = \sum_t R_t$$

なお、自明ではあるが時間的分散が小さいほど集中して雨が降っていることになり、最も集中している場合は継続時間が 1 時間で分散は 0 となる。計算例として時間的集中度の弱い降雨を図-1 に、集中度の強い降雨を図-2 に示す。図-1 は降雨の継続時間が長く時間的分散も大きな値を示している。図-2 は継続時間が短く分散の値も小さくなっている。時間的分散は降雨を基準化して求めているので降雨量の大小には左右されないが、継続時間が長いほど大きくなる傾向にある（もちろん、継続時間が

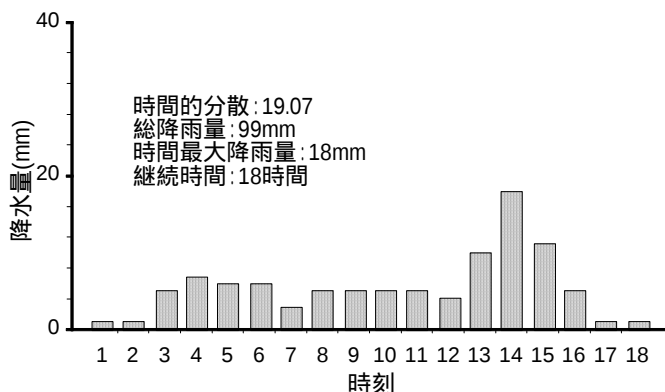


図-1 時間的集中度の弱い雨(1981.3.25)

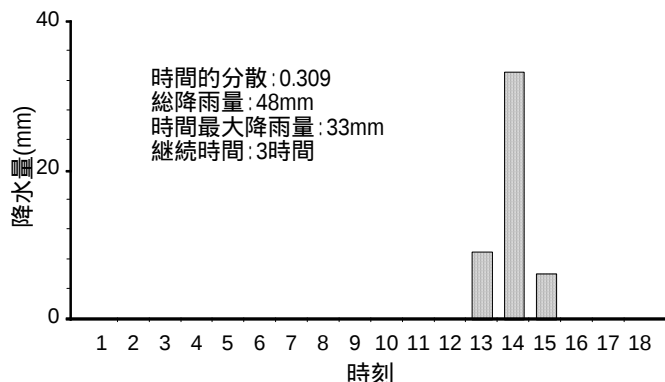


図-2 時間的集中度の強い雨(1999.7.3)

キーワード 集中度, 経年変化, 降水量,

連絡先 〒501-0495 岐阜県本巣郡真正町 岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 鈴木正人 TEL058-320-1397

同じでもハイレートグラフの形状により分散値は変化する）。

なお、求められた各指標に対し、西暦を独立変数、指標を従属変数とした直線回帰を行い、得られた回帰直線の傾きで経年変化を検証する。

4. 解析結果

(1)各指標間の相関について 各指標間の相関係数を表-1に示す。時間的分散と相関が高いのは継続時間である。継続時間が最小の1時間の場合に分散が0となり、継続時間が長いとハイレートグラフの形状がなだらかになり分散も大きくなることの現れであろう。また、時間的分散と総降雨量との相関も高くなっている。これは総降雨量が多い雨は継続時間が長い場合が多い（両者の相関係数が0.739）ので、結果として総降雨量が多い雨は時間的なばらつきも大きくなると考えられる。時間的分散と時間最大降雨量の間にはほとんど相関が認められない。時間的な分散以外の指標では、総降雨量と継続時間、総降雨量と時間最大降雨量との相関が高い。逆に、時間最大降雨量と継続時間との間にはほとんど相関が認められない。

(2)時間的分散の経年変化について 時間的分散の経年変化を図-3に示す。図による限り、明確な減少傾向は見られない。西暦を説明変数にした直線回帰分析の結果、傾きは-0.1077と減少傾向であることを示しているが、回帰分析の有効性の指標である分散比は2.124であり、有意とはみなされない（分散比は5%有意で3.8以上、1%有意で6.7以上が必要）。各年で抜き出した10降雨のうち、継続時間が長い雨が一つでもあると、時間的分散が大きくなってしまい経年変化を不明確にしていると思われる。

そこで、各年ごとに時間的分散が小さいものから9個抜き出して（時間的分散が大きな1個を除外して）図化したのが図-4である。1975～85年の間は依然として時間的分散が大きいものが存在しているのに比べ、1990年以降は、全体的に時間的分散の小さな雨が多くなっている。直線回帰の結果も5%有意となった。

(3)他の指標の経年変化について

他の指標も含めて経年変化の傾きと回帰直線の分散比を表-2に示す。「豪雨除く」とは、特異な現象と思われる、1976.9の長良川水害時のデータおよび2000.9の東海豪雨のデータを除外した場合である。いずれの指標も減少傾向であるが、有意とみなされるのは「豪雨」を含む場合の総降雨量の減少傾向である。これは全データのうち総降雨量で346mmと最大を示した雨が解析期間の最初の年に起きているからであろう。豪雨を除いた結果では、分散比の比較で、最も有意なのは時間的分散であり、近年になり降雨が時間的に集中して降るようになっていることを示唆する結果となった。

5. おわりに

今回は岐阜についての解析であったが、同様の解析を全国に地点を広げて行うことで都市による差異が現れれば、都市における水文環境の変化と温暖化（特にヒートアイランド現象）との関係が見出されるのではないかと。また、時間的な集中度に加え、空間的な集中度についても検証を行ってきたい。

参考文献 1)鈴木正人・寒川典昭・小池一臣：トレンドの折れ曲がり考慮したモデルによる東海地方の温暖化現象の検証 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集第2部，pp.692-693，1999. 2)気象庁編：アメダス観測年報 CD-ROM1976～2000年，(財)気象業務支援センター。

表-1 各指標間の相関係数

	時間的分散	総降雨量	時間最大	継続時間
時間的分散	1	0.611	-0.030	0.891
総降雨量	0.611	1	0.550	0.739
時間最大	-0.030	0.550	1	0.018
継続時間	0.891	0.739	0.018	1

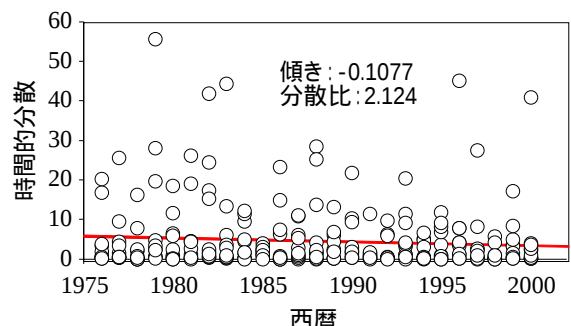


図-3 時間的分散の経年変化

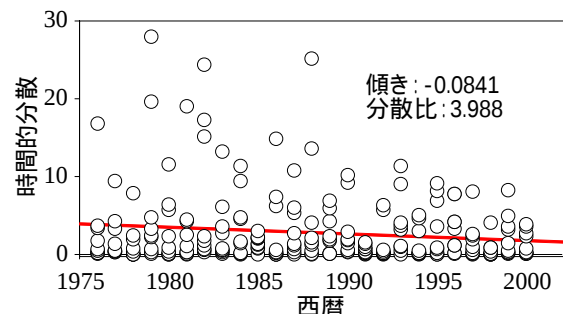


図-4 時間的分散の経年変化(分散各年下位9個)

表-2 経年変化の傾きと回帰直線の分散比

	豪雨含む		豪雨除く	
	傾き	分散比	傾き	分散比
時間的分散	-0.1077	2.1238	-0.1195	2.7644
総降雨量	-0.6834	3.8079	-0.4362	2.3646
継続時間	-0.0547	1.1828	-0.0538	1.2218
時間最大	-0.0776	0.7753	-0.0215	0.0689