

第4回 インフラマネジメントテクノロジーコンテスト

経済調査会「建設マネジメント技術賞」受賞

水も滴るいい女の プラチナ賞の受賞 にあたって



(前) 福井工業高等専門学校 環境都市工学科 教授 ののむら よしたみ
(現) 大和大学 理工学部 建築学専攻 教授 野々村 善民

1. 受賞チームの紹介と研究目的

本校、福井工業高等専門学校の私が指導したチームは、2020年の第1回からインフラマネジメントテクノロジーコンテスト（以下、「インフラテクコン」という）に参加しており、2022年の第3回ではグランプリを受賞した。インフラテクコンでの受賞を通じて、国内の砂留に関して調査を行い、今後発生するだろう大雨に備えるには、過去の降雨イベントの予測が重要であることを知った。これまでの一連の研究内容は、「大雨と歴史的事象の解明」を最終目標としていた。過去の降雨イベントを予測することで、昭和30年代以降の高度経済成長期の確率降水量が予測できる。また、この予測値と現在の確率降水量を比較すると、現有の都市インフラに対する増強の必要

性が高まることがわかる。

それを受け、今回のインフラテクコン2023では、1年生を主体とした女子学生がチーム「水も滴るいい女」を結成、『今から晴れるよ』と題して技術提案を行った。チームのメンバーたちと民間のコンサルタント会社、株式会社サンワコンに在籍する本校の卒業生社員が共同して取り組んだプロジェクトで、現在の気象データを用いて、過去から現在にかけての確率降水量を明らかにする「確率降水量算出プログラム」の提案である。目標は、高専生でも確率降水量が算出できることをアピールし、実務に確率降水量算出プログラムが気軽に利用できることを明らかにすることである。

確率降水量の算出プログラムは、Microsoft Excel VBAを用いて作成した。このVBAは広く普及しているWindows PCの多くで利用できる環境にある。



図ー1 観測点の配置図（瀬戸内海西部）

今回、本提案の対象地域は図－１に示すように瀬戸内海沿岸の福山市と岡山市とした。両市には興味深い歴史的事象がある。福山市には江戸時代中期に建造された国内外最古の砂留が、岡山市には羽柴秀吉による備中高松城の水攻めがある。そこで、本提案では現在の気象データから過去の確率降水量を予測し、歴史的事象と降雨イベントの関係を明らかにした。

2. 研究計画

図－１に示すように、本提案で用いた気象庁の観測点数は合計 15 点ある。解析に用いた気象データは各観測点における日最大 1 時間降水量 X_1 である。

表－１は各観測点の観測期間を示している。最も長い観測期間は図－１の広島(広島地方気象台)の 134 年間 (1889 ～ 2022 年) である。本提案では X_1 の発生頻度を算出する際、二つのグループ (瀬戸内海 A と瀬戸内海 B) に分けた。地域における降雨の分布は雨雲の移動によって変化する。そのため、本提案では、まず、図－２に示すように、複数の観測点において同じ年月日のデータから X_1 の最大値を抽出する。次に、 X_1 の発生頻度を作成し、超過発生頻度、超過確率と再現期間などが算出される。

瀬戸内海 A (以下、「福山」という) の観測点数は、大竹から虫明までの 13 点、瀬戸内海 B (以下、「岡山」という) の観測点数は、福山から姫路までの 8 点である。本提案では、確率降水量を

算出するための解析期間を 10 年間とした。例えば、1991 年の確率降水量の解析期間は 1991 ～ 2000 年である。表－２に、本稿で用いる記号表を示す。

表－１ 各観測点の観測期間

地点	観測期間
大竹	1976 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
広島	1889 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
呉	1920 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
倉橋	1976 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
呉市蒲刈 (くれしかまがり)	2009 年 2 月 25 日～ 2022 年 12 月 31 日
竹原	1976 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
生口島 (いくちじま)	1976 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
福山	1942 年 3 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
笠岡	1976 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
倉敷	1976 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
玉野	1976 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
岡山	1933 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
虫明 (むしあげ)	1976 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
姫路	1950 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日
家島	1976 年 1 月 1 日～ 2022 年 12 月 31 日

表－２ 記号表

記号	説明
S_1	1 年間に 1 回発生する日最大 1 時間降水量, 単位 mm/h
R^2	決定係数, 単位 -
X_1	日最大 1 時間降水量, 単位 mm/h
Y_1	年最大 1 時間降水量, 単位 mm/h

瀬戸内岡山における 日最大 1 時間降水量 [mm/h]				各観測点における 日最大 1 時間降水量 [mm/h]					
年	月	日	最大値		岡山	福山	姫路	笠岡	倉敷
2017 年	1 月	7 日	0		0	0	0	0	0
2017 年	1 月	8 日	6	←	6	3	1	3	3
2017 年	1 月	9 日	0		0	0	0	0	0
2017 年	1 月	10 日	0		0	0	0	0	0
2017 年	1 月	11 日	0		0	0	0	0	0
2017 年	1 月	12 日	0		0	0	0	0	0
2017 年	1 月	13 日	0		0	0	0	0	0

図－２ 複数の観測点を用いた日最大 1 時間降水量の発生頻度の作成方法 (イメージ図)

3. 解析結果

(1) 瀬戸内海北部地域における年最大1時間降水量の経年変化について

気象庁で記録されている年最大1時間降水量 Y_1 を用いて、図-3 に福山における Y_1 の経年変化を示す。図中に示すように、 Y_1 は年数に比例して増加傾向となっている。この経年変化のグラフに近似直線を当てはめた場合、近似直線の決定係数は0.2692となり、その相関性は低くなる。

次に、図-4 に岡山における年最大1時間降水量 Y_1 の経年変化を示す。図-3 と同様に、 Y_1 は年数に比例して増加傾向となっている。図中の近似直線の決定係数は0.2166となり、その相関性は低くなる。

以上から Y_1 は年数に比例して増加傾向となることがわかる。そのため、本提案では確率降水量の解析期間を10年間としている。

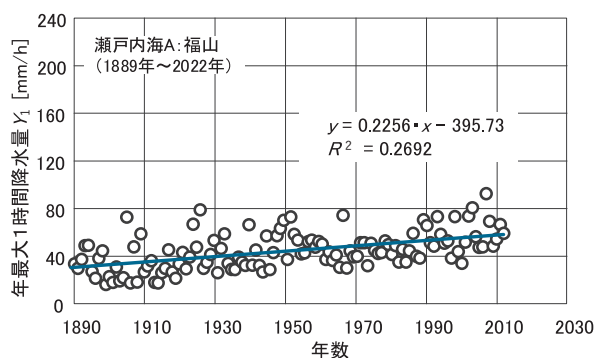


図-3 年最大1時間降水量の経年変化
(瀬戸内海 A：福山)

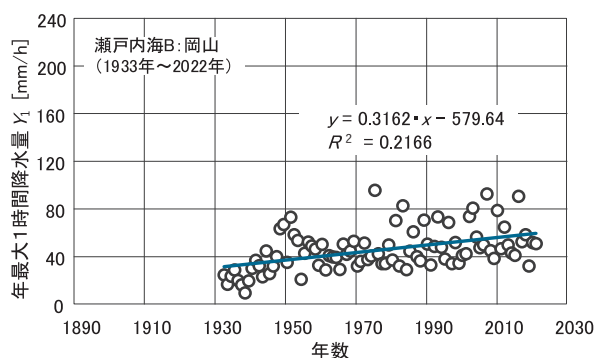


図-4 年最大1時間降水量の経年変化
(瀬戸内海 B：岡山)

(2) 1年間に1回発生する日最大1時間降水量の経年変化について

図-5 は、福山の1年間に1回発生する日最大1時間降水量 S_1 の経年変化を示したものである。図中の近似直線の決定係数は0.8666となり、 S_1 と年数の関係は高い相関によって降水量の増加傾向を示すことがわかる。なお、図中の近似式を内挿すると1941年の S_1 は38.5 mm/h、外挿すると2022年の S_1 は54.6 mm/hとなる。つまり、福山において2022年の S_1 は1941年の場合と比べて約1.4倍となる。

図-6 は、岡山の1年間に1回発生する日最大1時間降水量 S_1 の経年変化を示したものである。図中の近似直線の決定係数は0.7188となり、図-5と同様に、 S_1 と年数の関係は高い相関によって降水量の増加傾向を示すことがわかる。なお、図中の近似式を内挿すると1941年の S_1 は34.6 mm/h、外挿すると2022年の S_1 は51.9 mm/hとなる。つまり、岡山において2022年の S_1 は1941年の場合と比べて約1.5倍となる。

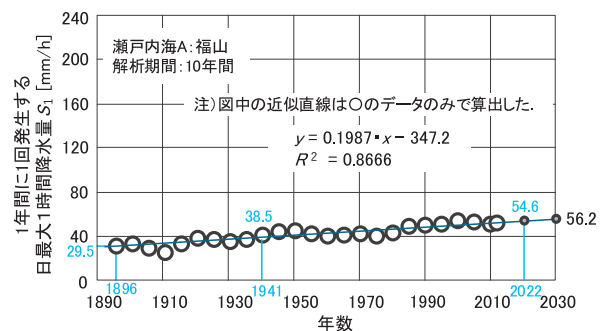


図-5 S_1 の経年変化 (瀬戸内海 A：福山)

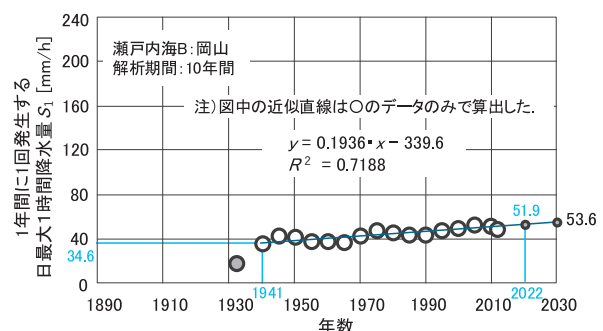
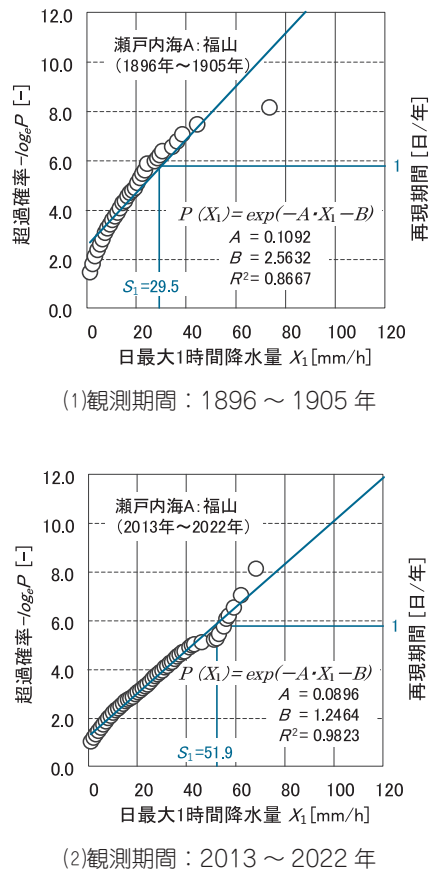


図-6 S_1 の経年変化 (瀬戸内海 B：岡山)

(3) 過去と現在の確率降水量について

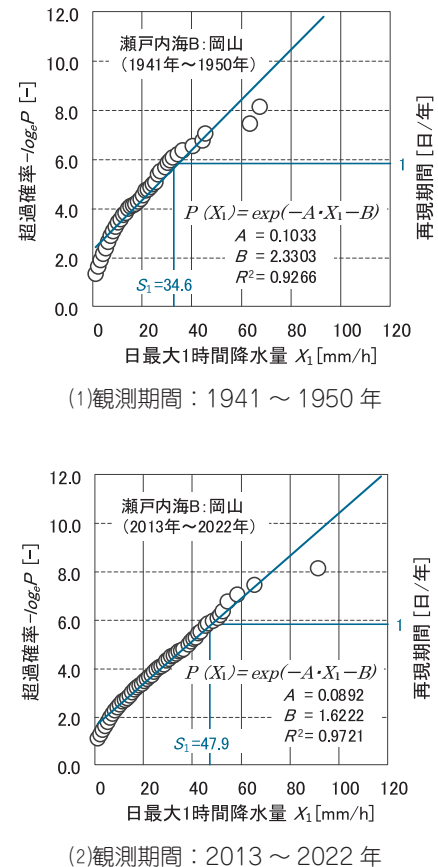
図－7は、福山における過去と現在の日最大1時間降水量 X_1 の再現期間（超過確率）を示している。なお、1年間に1回発生する日最大1時間降水量 S_1 は図中の近似式を内挿して算出する。1896年の S_1 (29.5 mm/h) は2013年の S_1 (51.9 mm/h) と比べて約0.6倍となる。



図－7 日最大1時間降水量の超過確率
(瀬戸内海 A: 福山)

図－8は、岡山における過去と現在の日最大1時間降水量 X_1 の再現期間（超過確率）を示している。なお、1941年の S_1 (34.6 mm/h) は2013年の S_1 (47.9 mm/h) と比べて約0.7倍となる。

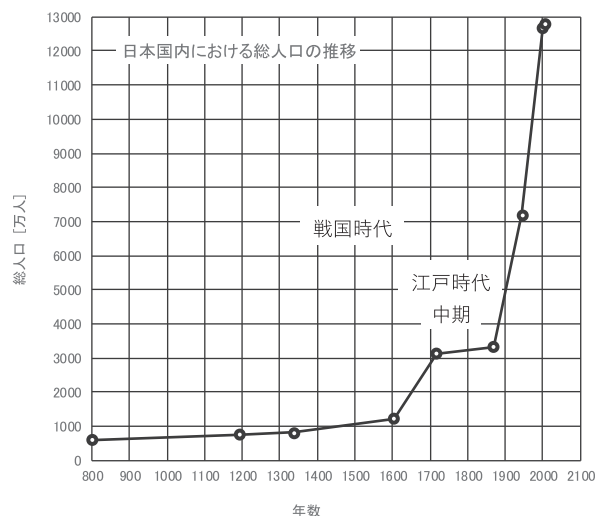
現在の気象データを用いて確率降水量を算出した結果、過去の S_1 は現在の場合と比べて約0.6～0.7倍となる。本提案は過去の S_1 が戦国時代と江戸時代の場合とおおむね同じであることを前提としている。この前提に基づくと、江戸時代以前の降水量は現在の場合と比べて少ないことが想



図－8 日最大1時間降水量の超過確率
(瀬戸内海 B: 岡山)

定できる。

図－9に示すように、戦国時代の日本国内の推定人口は約1000万人、江戸時代中期の推定人口は約3000万人であった。当時の日常生活の燃料は薪だったため、江戸時代には樹木の伐採が禁止



図－9 日本国内の総人口の推移文献³⁾

されていた。したがって、江戸時代以前の山は「はげ山」であった。江戸時代以前の日本国内においては、土石流などが頻繁に発生したように思われる。

4. 期待される効果

国内の多くの市街地において、都市洪水の発生が危惧されている。地方自治体は既存の市街地において大雨時に対応できる雨水の一時貯留の機能増強を検討している。一方、地球温暖化による都市洪水の危険性について、一般市民には定量的な把握が困難となっている。そこで、本提案は歴史的事象と降雨イベントの関係を明らかにすることによって、過去に建造された都市インフラに対する増強の必要性を社会に周知できるものと考えている。

5. 今後の展望

外水氾濫の予測は流出解析によっておおむね予測できる。この流出解析の入力データとして、本提案で提示した1年間に1回発生する日最大1時間降水量 S_1 が利用できる。また、内水氾濫を流出解析によって予測する場合、降雨の継続時間と日積算降水量の再現期間の検討が必要となる。これまでに本提案で開発したプログラムにより、降

雨の継続時間と日積算降水量などの超過確率を算出できる。以上から、本研究における今後の展望は、日本国内において降雨に関わる新たな歴史的事象を見つけ出すことである。

【参考・引用文献】

- 1) 野々村善民, 島脇優里: 神戸地方気象台における確率降水量に関する研究 淀川チャネル型大雨の影響を受ける再現期間 100 年の降水量の算出方法, 日本建築学会・情報システム技術委員会 第 43 回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2020 論文集, pp.364-369, 2020 年 12 月
- 2) 気象庁: 各種データ・資料, <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>, 2024 年 5 月
- 3) 総務省: 我が国における総人口の長期的推移, 2022 年 5 月 12 日 確認, https://www.soumu.go.jp/main_content/000273900.pdf
- 4) 野々村善民, 寺前海斗, 萩原春親: 戦国時代の備中高松城水攻め時の降雨イベントに関する研究, 日本建築学会・情報システム技術委員会 第 46 回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2023 論文集, pp.472-477, 2023 年 12 月
- 5) 野々村善民: 写真測量と CFD を用いた戦国時代の一乗谷における外水氾濫に関する研究, 一般財団法人経済調査会 建設マネジメント技術, 2022 年 10 月号 pp.77-81, 2022 年 10 月
- 6) 野々村善民, 寺前海斗, 萩原春親: 戦国時代の城下町の水害対策に関する研究 城壁として建造された上城戸による治水効果, 日本建築学会・情報システム技術委員会 第 45 回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2022 論文集, pp.260-265, 2022 年 12 月 2 日