

## 北海道における短時間降雨の頻度解析

Frequency analysis of hourly rainfall density in Hokkaido.

北見工業大学工学部 ○学生員 清水裕介 (Yusuke SHIMIZU)  
 北見工業大学 正員 中尾隆志 (Takashi NAKAO)  
 北見工業大学工学部 非会員 小松洋暁 (Hiroaki KOMATSU)

## 1. はじめに

## 1.1 調査の背景と目的

近年、排気ガス等により全球的に気温が上昇しているのではないかと懸念がなされ、干ばつ、局所豪雨というような極端な気象変化が起こっているように思われる。例えば昨年、日本では全国的に短時間局所豪雨（マスコミ用語ではゲリラ豪雨と呼ばれる）がみられる地域と、逆に雨不足により取水制限が行われるといった対極化するような現象が多く報道されてきている。本年度でも東京都の伊豆大島で局所豪雨の発生により、大規模な土砂崩れが発生し、その結果多くの死傷者が出ている。川内ら<sup>1)</sup>はひと雨を定義し、北海道のひと雨の解析を行っている。

本論文では北海道において雨の降り方がどのように変化しているのかを1時間降水量を用いて解析を行い、特徴の抽出を行った。このような調査は治水対策上必要なものであり、地理的要因も考慮して考察を行う。

## 2. 使用データと閾値、欠測値処理

## 2.1 本研究で用いるデータ

本研究では、1時間降水量を取り扱うため気象庁のホームページ<sup>2)</sup>よりデータを取得し1時間降水量のデータベース（以下データベースとする）を作成した。1時間降水量が欠測の場合は、データベースに-99.9を格納している。なおデータベースの更新は2013年11月に行った。調査対象の観測官署は、第2章第4節B)にあげる北海道22観測官署とし、観測開始年から2010年までとする。

## 2.2 閾値のとりかた

本研究で取り扱う1時間降水量データはある値以上の年間の出現回数を主として解析するため、このある値以上の閾値の決定が重要となる。気象庁によると1時間降水量が10 (mm/h)以上続く時、土砂災害等の気象災害に注意が必要との事から、閾値を10 (mm/h)以上とした。なお10 (mm/h)はやや強い雨に分類されるが、さらに気象災害が発生しやすい強い雨と分類される20 (mm/h)以上を閾値に採用すると、データがほとんど出現しない為、本論文の北海道における解析では10 (mm/h)以上を採用する事とした。

## 2.3 欠測の取り扱い方

前節において記述した通り、データベースには欠測値

が含まれており、欠測値の処理が必要となる。最初に対象年が閏年かそうでないかの判別を行い、次に欠測でない有効な1時間降水量の年合計回数が本来あるべき年間回数（閏年の場合は8,784時間分、その他は8,760時間分）の8割に満たない場合は、該当年を欠測扱いとした。逆に8割以上得られた場合は、比例配分による欠測処理を行った。また閏年は年間日数を365日であるとして、**図-1**に示すような処理を行った。ここに1時間降水量が閾値10 (mm/h)を超える年間出現回数を $N$ 回、年間欠測回数を $M$ 回、補正年間出現回数（以降出現回数とする）を $\tilde{N}$ 回とする。従って、出現回数は整数にならない場合もあるが、上に求めたような値を使い、以降比較検討を行った。

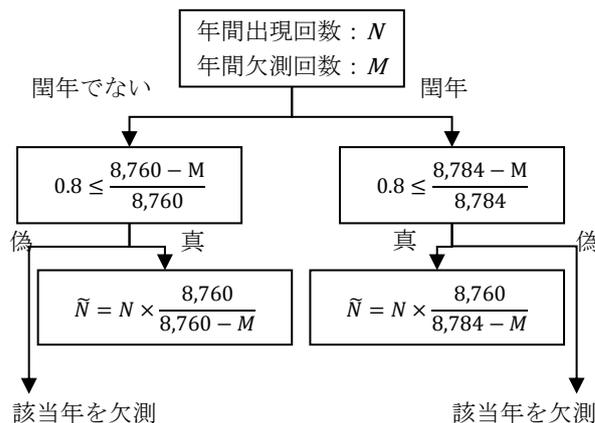


図-1 欠測データを有する場合の欠測処理方法

## 2.4 本研究での解析項目

本研究では観測開始年から2010年まで時間的にどのように出現回数に変化してきているのか、および各観測官署の地理的条件が影響しているか否かを検討するために、以下の2点について着目し解析を進める。

## A) 期間

近年と昔とでは、出現回数がどのように変化しているのかをより詳細に見る為、**表-1**に示すように観測開始年から2010年までを30年ごとに4つの区分に分類し、その特徴を考察した。

## B) 観測官署の地理的影響

観測官署が海から離れているか、あるいは山脈等の地形を条件に**図-2**に示すように北海道を1つの地域が3~5観測官署になるように6つの地域に分割し、

その特性の抽出を行った。

期間	観測期間
I 期	1,891 年～1,920 年
II 期	1,921 年～1,950 年
III 期	1,951 年～1,980 年
IV 期	1,981 年～2,010 年

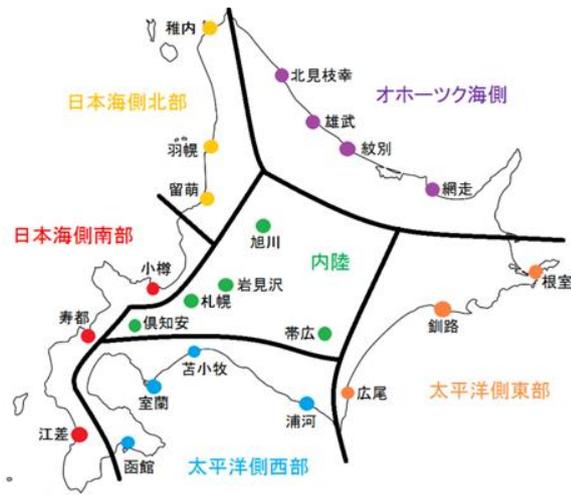


図-2 北海道 22 観測官署の地域分類

### 3. 時系列解析

#### 3. 1 出現回数

前章では出現回数の算出方法を示したが、ここでは観測開始年が古く、より多くのデータを得ることができ、傾向を調べることができると思われる札幌における出現回数の時系列変化を図-3 に示す。

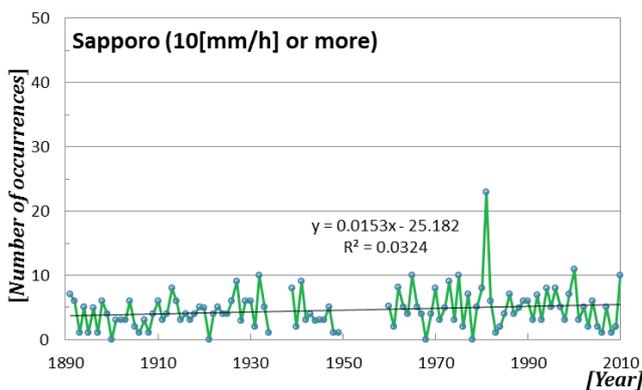


図-3 出現回数の時系列データ (札幌)

この図からは、1,981 年における出現回数が他の年に比べて突出しているが、この要因としてはこの年の8月4日～5日にかけて台風12号が道内に上陸し、その後続けて同月23日に台風15号が同じく上陸した影響により出現回数が増加した。札幌以外の観測官署においても、

この年については羽幌、留萌、小樽、苫小牧、岩見沢の5つの観測官署においても出現回数第1位を記録している。これらの値は異常値 (outlier) である可能性もあり、標本値として含めるか否かの検定を今後行うべきであると考えている。図-3 中には時系列の直線回帰式を示しており、増加傾向が見られるが、寄与率  $R^2$  の値が0.0324と非常に小さく、出現回数が増加しているとはいえない。他の観測官署においても直線回帰式の寄与率は0.1以下である場合が多く、比較的高く見られたのは雄武の0.202のみであり、回帰直線は増加傾向となっている。

紙面の関係上省略するが、時系列グラフの結果から出現回数が他の観測官署と比べて飛躍的に多いと判断されたのは広尾であり、地形的要因として背後にある日高山脈の影響が強いものと考えられる。

#### 3. 2 各期による出現回数

前節で出現回数に変化があるのかを知ることができなかった為、第2章第4節A)に示すように、各期ごとによる平均値の算出を行った。第IV期に関してはどの観測官署も30年間に於いて29年分以上のデータが得られ、有効なデータが十分に揃っている。しかし第I期～第III期に関してはデータが不十分である観測官署が多い為、全ての観測官署について第IV期を基準 (=1) とした平均値のジャンプの考察を行う。今回は各期間で30年中10年以上データが得られたもののみを検討の対象としている。図-4には各期ごとの平均値のジャンプが顕著であった観測官署を示している。

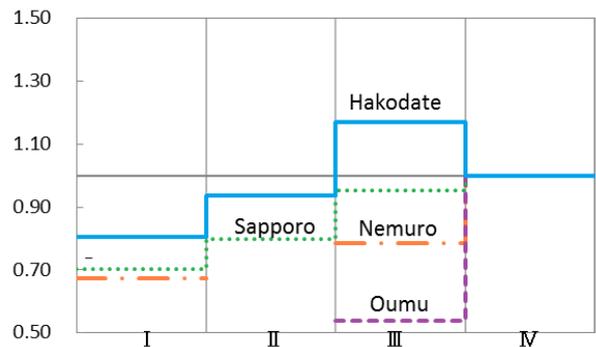


図-4 各期ごとによる出現回数

図-4 からは札幌、根室に関しては、出現回数が増加傾向であると考えられる。雄武については、第III期から第IV期にかけて1.38倍出現回数が増えているが雄武の第IV期のデータ数は12年分と欠落しているため注意が必要であり、また第III期、第IV期分みのデータである為、今後どのように変化しているのか、注意する必要がある。他の観測官署に関しては日本海側南部の3つの観測官署全てにおいて平均値のジャンプがほとんど無く、変化が1割以下である事が分かった。また同様に、太平洋側に関しては一番西に位置する函館と一番東に位置する根室を除く5観測官署で変化がほとんどないことが分かった。その他の観測官署に関しては日本海側北部とオ

ホーツク海側は増加傾向にあり、内陸は旭川と倶知安を除き増加傾向であった。

### 3. 3 周期性の検討

時系列における出現回数の周期性の検討には自己相関係数を用いた解析(コレログラム)<sup>3)</sup>を行った。 $X_i$ を*i*番目の出現回数、 $\bar{X}$ を平均値とすると自己相関係数 $r_k$ は次式で定義される。ここに*k*はタイムラグを示す。

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} \{(X_i - \bar{X})(X_{i+k} - \bar{X})\}}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \dots (1)$$

このような解析方法は連続した時系列データを用いる必要があるため、欠測年が連続して2回以内であれば欠測でない前後の値の比例配分を行って、欠測処理を行った。前節において各期ごとにおける平均値のジャンプが一部見られた事から、コレログラムも各期ごとに分けて分析を行った。気象変化に影響を及ぼすと言われる太陽黒点相対数<sup>4)</sup>は周期性が強く、ほぼ11年周期で変化していることが知られているが、コレログラムによる周期性の解析では*k*=11で $r_k=0.646$ となった。周期性の解析では釧路が第IV期のみデータのデータから*k*=5で $r_k=0.468$ 、苫小牧が第III期のみデータのデータから*k*=2で $r_k=0.449$ と一部高いところがみられたが、その他の観測官署では $r_k$ の値が0.4を超えるような観測官署は見られなかった。コレログラムによる周期性の解析から、周期性はほとんど無いものと考えられる。先の釧路、苫小牧は太平洋側にあることから、気象庁のホームページ<sup>2)</sup>より釧路沖の表面海水温データを取得し、同等に周期性の解析を行ったが目立つような周期性はさほど見られなかった。今後この2つの観測官署の周期性については、社会的要因(人口の増減、産業構造の変化)等の他の要素を含めて考察する事を課題としていこうと考えている。図-5に釧路におけるコレログラムの結果を示す。図が示す釧路のデータ内に欠測年は無かった。

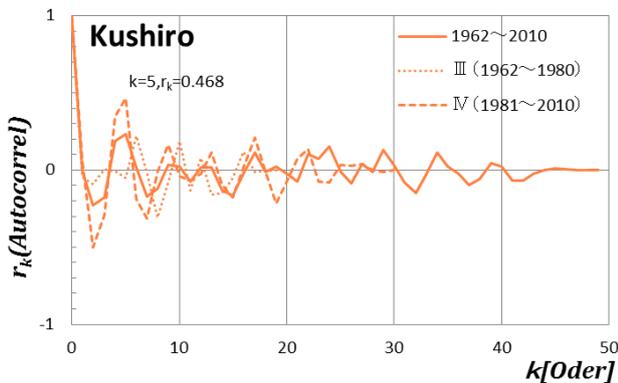


図-5 コレログラム結果(釧路)

## 4. 頻度解析

### 4. 1 ヒストグラムと分布型

出現回数の確率密度関数(pdf)を求めるため、出現

回数からヒストグラムを作成しpdfの推定を行った。こちらも連続した時系列データが必要なため、連続した欠測が2年以内であれば比例配分による欠測処理を行った。欠測処理後も連続データが30個に満たない場合はヒストグラムを作成しないものとした為、今回は江差、紋別、雄武、倶知安の4観測官署については行っていない。ヒストグラムの作成にあたっては、階級の個数の参考にスタージェス<sup>5)</sup>の式を用いた。標本数が*n*個であるとき、階級の個数*k*区分の目安は次の経験式(2)で示される。

$$k = 1 + \frac{\log_{10} n}{\log_{10} 2} \dots (2)$$

ヒストグラムからグンベル分布<sup>6)</sup>の適用ができると判断した。グンベル分布のpdfである*f(x)*は式(3)で定義される。

$$f(x) = \frac{1}{a} \exp\left[-\frac{x-c}{a} - \exp\left(-\frac{x-c}{a}\right)\right] \dots (3)$$

ここに、

$$\text{平均値; } \mu = c + 0.5772a \dots (4)$$

$$\text{分散; } \sigma^2 = \frac{\pi^2}{6} a^2 \dots (5)$$

室蘭のヒストグラムにグンベル分布を適用した例を図-6に示す。この図に示す室蘭のデータ内に欠測年は無かった。

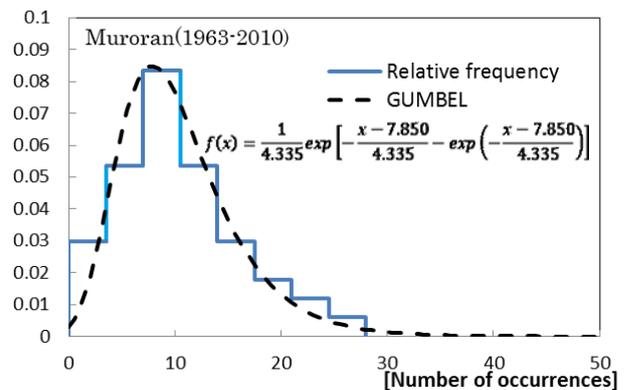


図-6 ヒストグラムとグンベル曲線(室蘭)

### 4. 2 Q-Qプロット

出現回数のヒストグラムとグンベル分布との適合度を判定するためにQ-Qプロットを作成し、目視による判断を行った。今回は前節で分布型としてグンベル分布を適用した為、グンベル分布の累積分布関数(cdf)が必要となる。グンベル分布のcdfである*F(x)*は式(6)のようになる。

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-c}{a}\right)\right] \dots (6)$$

次にプロットイング・ポジション公式であるが、グンベル分布における適合度の検定を行っていない為、全ての確率分布系に使用可能な折衷案として提案されているカナン (Cunnane) 式を利用した。ここに  $N$  を標本数、 $i$  は標本値を大きさの順に並べたときの小さいほうからの順位、 $x_{(i)}$  を  $i$  番目の順位標本値とおくとカナン式は式 (7) で示される。

$$F[x_{(i)}] = \frac{i-2/5}{N+4/5} \dots (7)$$

図-7 に室蘭における出現回数の Q-Q プロットを示している。縦軸はカナン式の値、縦軸はグンベル分布の cdf の値となっている。これらのグラフより、適合度が高いことがわかる。

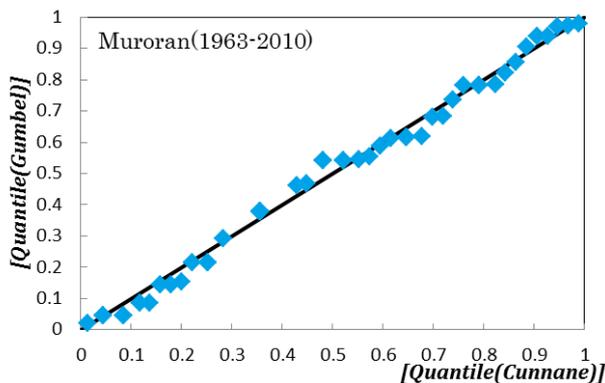


図-7 Q-Q プロット (室蘭)

#### 4. 3 100年に1度の最多出現回数

ここでは、 $p$  年に1度起こるような最多の出現回数を推測するため、式 (6) を逆変換したクオンタイル式が必要となる。式 (8) にグンベル分布におけるクオンタイル式を示す。

$$x_p = c - a \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{p}\right)\right] \dots (8)$$

100年に1起こるような最多の出現回数を求めるため、式 (8) の  $p$  の値を 100 とした。この場合、広尾が 44.5 回と最も多く、次いで苫小牧が 29.2 回となった。このように出現回数 20 回を上回るのは室蘭から広尾にかけての太平洋側の 4 観測官署であった。逆に網走が 10.2 回と最も出現回数が少ないが、やはりオホーツク海側に分類される観測官署では発生回数が他の観測官署に比べて少ない傾向にあることが分かった。

#### 5. 結論

本研究では、1 時間降水量が閾値 10 (mm/h) 以上である年間の出現回数の解析を行った。本研究の結果を要

約すると、以下の3点にまとめる事ができる。

- (1) 北海道内の 22 観測官署中、15 観測官署において近年、閾値 10 (mm/h) 以上である年間の出現回数が増加しているのではないかとされる。今回解析の対象としていない 2,011 年~2,013 年 11 月末までの平均出現回数は、観測開始年から 2,010 年までの全期間の平均出現回数より江差を除く全ての観測官署で上回っていることが分かった。また網走に関しては平均出現回数が 2 倍を上回っている。この事から出現回数については今後も注意していく必要がある。
- (2) 地理的な面として、北海道内の 22 観測官署での出現回数は太平洋側が多く、オホーツク海側が少ない傾向となっている事が分かった。
- (3) (1) で示したように北海道においては 10 (mm/h) 以上の出現回数について増加傾向が見られたが、なぜこのような現象が生じているのか、また周期性については社会的要素も考えられるが、その詳細な検討を行っていない為、今後はこれらも考慮して出現回数の検討を行おうと考えている。

#### 参考文献

- 1) 川内啓夢・中尾隆志；北海道におけるひと雨降雨パターンの地域特性，平成 24 年度 土木学会北海道支部論文報告集 CD-ROM 版 (B-15)，2,013.
- 2) 気象庁ホームページ (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)
- 3) 小椋将弘；Excel で簡単統計 Excel 2007 対応版，講談社，2,011.
- 4) 理科年表平成 24 年 (机上版)，国立天文台，2,012.
- 5) 田代嘉宏・脇本和昌・大崎絃一；確率と統計要論，森北出版，1,979.
- 6) 星清；洪水ピークの確率評価法について，開発土木研究所月報 (解説)，No539, p.34-40, 1,998.