

北海道における無降雨連続時間の月別特性解析

Analysis of Monthly Characteristics of Continuous Non-rainfall Time in Hokkaido

北見工業大学工学部 ○学生員 黒木直路 (Naomichi KUROKI)
北見工業大学 正 員 中尾隆志 (Takashi NAKAO)
北見工業大学工学部 鈴木応徳 (Masanori SUZUKI)

1. はじめに

1.1 研究背景

近年、気候変動に伴い、全国的に局所的豪雨の増加や、地球温暖化による、渇水や干ばつの影響を鑑みなければならないと考える。特に北海道は、渇水や干ばつにいたった場合、全国的に農業の割合が高いため、生活用水の枯渇に加え、農業への甚大な被害をもたらすと懸念される。したがって、過去のデータを解析し、傾向を把握し、今後の危機予測につなげるべきだと考え、本報告では、北海道内 13 官署に着目し、各地の無降雨連続時間（雨が連続して降らなかった時間）を、気象庁地上観測データ¹⁾（観測開始年~2015 年）に基づき解析をおこなった。

1.2 目的とその手法

本解析では干がいの対応性が高い気象現象として長期間続く無降雨に着目し、それらの継続時間や発生回数、地理的特性について検討した。ここでの干がいの定義は「長期間にわたる降水量の不足によっておこる産業と生活上の災害」とし、無降雨の定義は、気象庁、天気予報の晴雨判別の基準を参考に「1 時間雨量 0mm」とした。また、無降雨連続時間の定義は「6 時間以上 0mm が続いたとき」とした。

2. 解析対象領域の概要および期間

本解析で取り扱うデータは、気象庁地上気象観測データから収集し、道内 13 気象官署の観測開始年から 2015 年までの 5 月から 10 月までの無降雨連続時間のデータを取り扱う。なお、5 月から 10 月としたのは、年によっては寒候期のデータが存在しないためである。図 1 に道内 13 気象官署の位置図を示す。北海道は、大雪山およびそこから南へ連なる日高山脈が中央部にあり、日本海、オホーツク海および太平洋に囲まれた地域で気象条件にそれぞれ違いがあると予測されるため、全 13 官署を日本海、オホーツク海、太平洋東部、西部、南部、北部、および内陸の 5 つのエリアに分類した。エリア分類および各官署の観測期間は表 1 に示す。

3. 無降雨連続時間の発生回数および平均値

まず、無降雨連続時間が 1 年間で発生した回数と、その平均値からグラフを作成し、それをもとに線形回帰分析をおこなった。分析をおこなったグラフの一例として、発生回数と平均時間における絶対値の相関係数がともに高かった札幌のグラフを図 2 に示す。札幌を含めた 13 気象官署の発生回数と平均時間をまとめたものを表 2 に

示す。

図 2 の札幌をみると、発生回数は減少傾向にあるが、平均時間は増加傾向であったが、相関係数が高いとは言えないため断言はできない。表 2 をみると、無降雨連続時間の発生回数は、室蘭を除く 12 官署で減少傾向であり、無降雨連続時間の平均時間は、全官署において増加傾向であったが、相関係数が低く、相関性はみられなかった。これにより、無降雨連続時間が北海道内全体的に、大きくなってきており、長期間の渇水を予測するために最大値に着目し、次章では年最大無降雨連続時間について解析をおこなった。

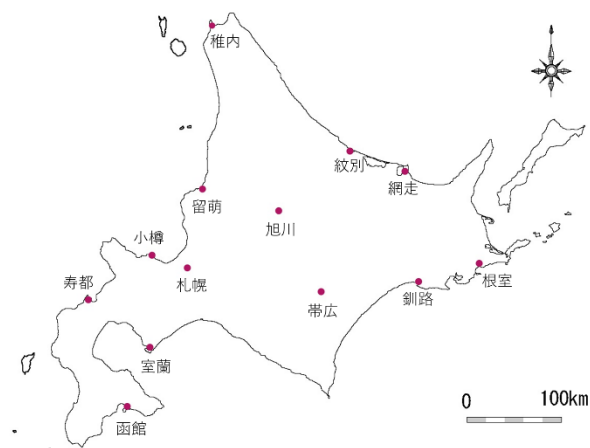


図 1 観測地点位置図

表 1 各官署の観測期間

エリア	観測所	観測開始年	データ年数
オホーツク海側	網走	1944	72
	紋別	1956	60
太平洋東部	釧路	1950	66
	根室	1940	76
太平洋西部	室蘭	1950	66
	函館	1950	66
日本海側南部	寿都	1950	66
	小樽	1950	66
日本海側北部	留萌	1950	66
	稚内	1940	76
内陸	札幌	1939	77
	帯広	1950	66
	旭川	1950	66

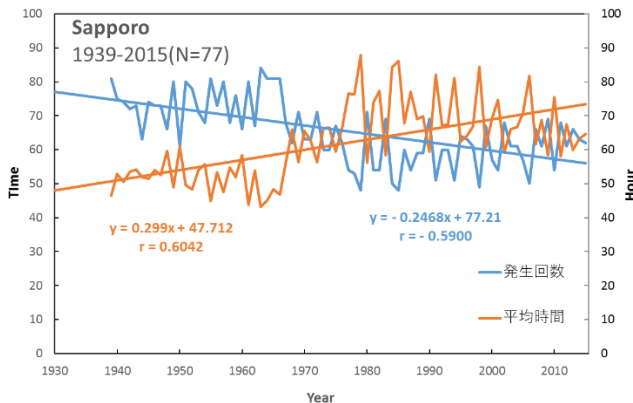


図2 無降雨連続時間の発生回数および平均時間

表2 無降雨連続時間の発生回数および平均時間の線形回帰分析結果

エリア	観測所	発生回数		平均時間	
		傾き	相関係数	傾き	相関係数
オホーツク海側	網走	-0.1729	-0.3791	0.2143	0.4276
	紋別	-0.0807	-0.1500	0.1269	0.2163
太平洋東部	釧路	-0.237	-0.4686	0.2582	0.5081
	根室	<u>-0.2775</u>	-0.5451	0.3518	0.5385
太平洋西部	室蘭	<u>0.0013</u>	<u>0.0032</u>	<u>0.0651</u>	<u>0.1404</u>
	函館	-0.112	-0.2291	<u>0.3989</u>	0.4445
日本海側南部	寿都	-0.1208	-0.2746	0.2095	0.3824
	小樽	-0.1717	-0.3791	0.2058	0.4306
日本海側北部	留萌	-0.1021	-0.2071	0.1591	0.3353
	稚内	-0.2392	-0.4704	0.2772	0.4818
内陸	札幌	-0.2468	<u>-0.5900</u>	0.299	<u>0.6042</u>
	帯広	-0.2584	-0.4896	0.3201	0.4472
	旭川	-0.1359	-0.2811	0.1751	0.3897

表中の太字，下線は絶対値の**最大**，**最小**を表す。

4. 年最大無降雨連続時間の解析

4.1 年最大無降雨連続時間の時系列変化

前章で無降雨連続時間の発生回数，平均時間がともに増加傾向であることから，渇水予防の観点から，最大値に着目するため，年最大無降雨連続時間の解析をおこなった。図3では札幌における年最大無降雨連続時間の年々変化を示す。

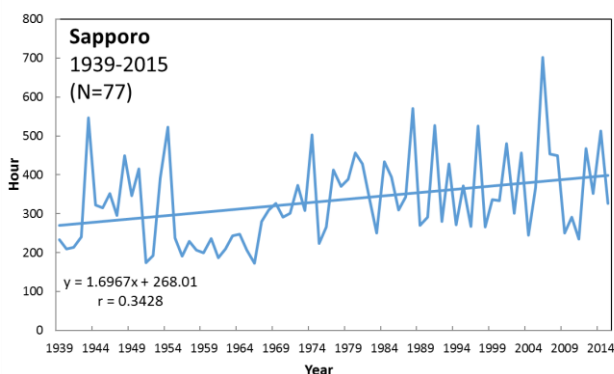


図3 年最大無降雨連続時間の年々変化

さらに，表3には各官署の年最大無降雨連続時間における年々変化から線形回帰分析を行い，相関係数と傾きをまとめたものを示す。結果，増加傾向がみられたが，相関係数が高い値はみられず，相関性があるとはいえなかった。

表3 年最大無降雨連続時間の線形回帰分析結果

エリア	観測所	傾き	相関係数
オホーツク海側	網走	0.9532	0.2163
	紋別	1.8341	0.2946
太平洋東部	釧路	1.104	0.2214
	根室	0.822	0.1658
太平洋西部	室蘭	<u>0.4595</u>	<u>0.0990</u>
	函館	1.216	0.1897
日本海側南部	寿都	1.4257	0.2454
	小樽	<u>2.2097</u>	<u>0.3909</u>
日本海側北部	留萌	1.2323	0.2311
	稚内	2.1075	0.3359
内陸	札幌	1.6967	0.3428
	帯広	1.3212	0.2339
	旭川	1.1905	0.2500

4.2 10年確率年最大無降雨連続時間

10年確率を求めるためにまず，年最大無降雨連続時間データからヒストグラムを作成し，確率密度関数(PDF)を求め，PDFの推定をおこなった。ヒストグラムの作成するにあたっては，階級の個数の決定にはスタージェスの式を用いた。最適確立分布の算出にあたっては，グンベル分布と対数正規分布を使用した³⁾。算出の過程で使用するプロットング・ポジション公式は，すべての確率分布形に運用可能なCunnane(カナン)式を用いた。これらを踏まえて計算したPDFの結果を図4に示す。

次にPDFの結果をもとに算出された累積分布関数(CDF)を，プロットング・ポジション公式の対応する値から，Q-Qプロットを作成し，図5に示す。使用した対数正規分布，グンベル分布の式は(1)～(4)に示す。

対数正規分布

$$\text{PDF} : f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{\log x - \mu_y}{\sigma_y}\right]^2\right\} \quad (1)$$

$$\text{CDF} : f(x) = \int_{-\infty}^x \left(\frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{\log x - \mu_y}{\sigma_y}\right]^2\right\}\right) \quad (2)$$

グンベル分布

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

$$(a>0, -\infty < x < \infty)$$

$$\text{CDF} : f(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-c}{a}\right)\right] \quad (4)$$

$$y = \log_{10} x, \mu_y: y \text{の平均値}, \sigma_y: y \text{の標準偏差}$$

$$a: 85.794 \quad c: 284.661$$

最適かどうかの検定は、10 年確率を求めるため、0.1(10 年に一度の発生確率)の部分に注目し、45 度線に近似されている分布形を採用した。図 5 の札幌ではグンベル分布を採用した。

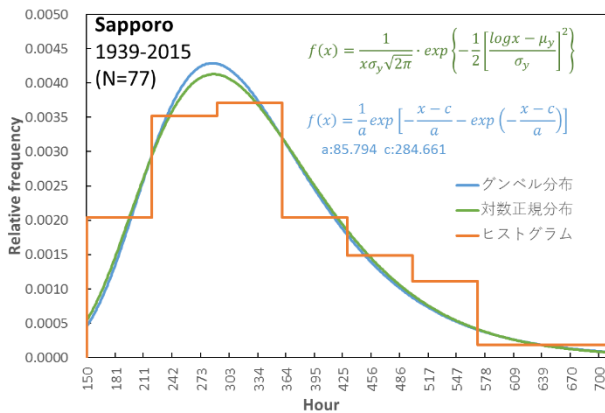


図 4 ヒストグラムとグンベル曲線, LN 曲線

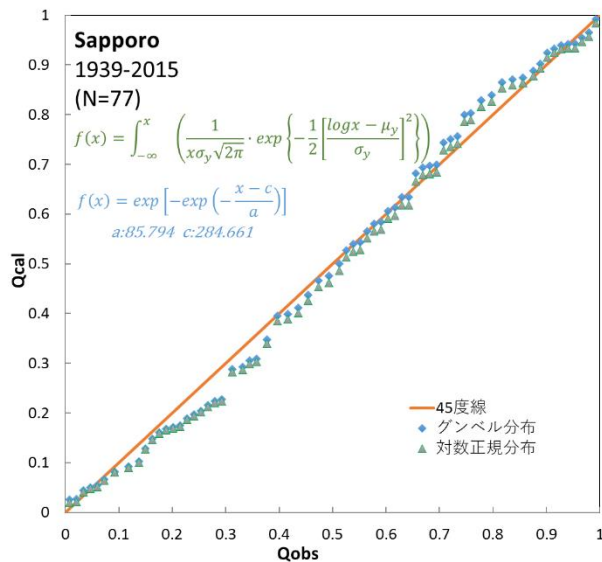


図 5 Q-Q Plot

13 気象官署の 10 年確率年最大無降雨連続時間を求めるにあたって、CDF の 0.1 にあたる部分は前後の比例配分によって求めた。得られた結果、および採用した分布形は表 4 に示す。

5. 月別特性の解析

5.1 年最大無降雨連続時間

前章までの結果から、年最大無降雨連続時間の経年変化をみると相関係数が低いため、非定常であるとは言えないが増加傾向にあるため、今後の無降雨連続時間に注視する必要があることがわかった。そのうえで、年最大無降雨連続時間が月別で見た場合の特性を検討した。

ここで、年最大無降雨連続時間に対して、どの月に発生することが多いのかをみるため、各 13 気象官署の発生月に対する度数分布図を図 6 に示す。なお、年最大無

降雨連続時間の期間が月をまたいでいる場合は、無降雨連続時間が終わった時の月を発生月とした。5 月と 10 月に関してはこの限りでなく、月のはじめ、終わりで区切っているため、4 月や 11 月にまたがることはないものとした。

表 4 10 年確率年最大無降雨連続時間および採用分布

	観測所	採用分布	Hour	Day
オホーツク海側	網走	対数正規分布	210.8038	8.7835
	紋別	グンベル分布	202.5722	8.4405
太平洋東部	釧路	グンベル分布	218.8089	9.1170
	根室	グンベル分布	<u>193.5333</u>	<u>8.0639</u>
太平洋西部	室蘭	グンベル分布	221.1455	9.2144
	函館	対数正規分布	<u>241.0099</u>	<u>10.0421</u>
日本海側南部	寿都	グンベル分布	227.1779	9.4657
	小樽	対数正規分布	219.0698	9.1279
日本海側北部	留萌	グンベル分布	217.2141	9.0506
	稚内	対数正規分布	216.6842	9.0285
内陸	札幌	グンベル分布	213.0850	8.8785
	帯広	グンベル分布	217.9031	9.0793
	旭川	対数正規分布	198.0834	8.2535

表中の太字、下線は最大、最小を表す。

表 4 より、採択された分布形において対数正規分布とグンベル分布はほぼ同数であった。

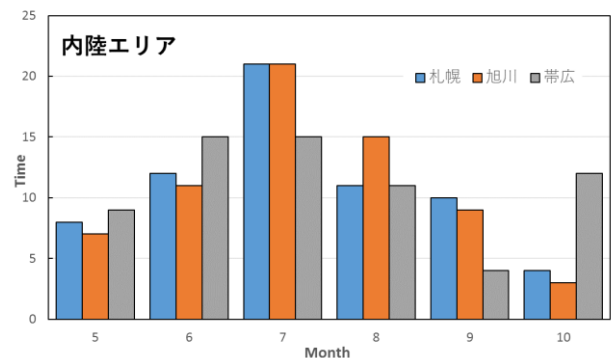


図 6 年最大無降雨連続時間の月別度数分布図

図 6 より、内陸エリアにおいては 7 月を中心に発生割合が山なりになっていることがわかる。これは他のエリアでも同じ傾向がみられる。

ただし、無降雨連続時間の期間が月をまたいでいる場合は、後ろの月を発生月としているため、月ごとに区切った場合を次節で検討した。

5.2 月ごとに分けた無降雨連続時間

5.1 では無降雨連続時間が月をまたいでいた場合は後ろの月を発生月としているため、月ごとに区切って算出した無降雨連続時間の延べ時間を解析した。月別総無降雨連続時間の年々変化を 24 時間あたりで示したものが図 7 である。また、24 時間あたりの月別総無降雨連続時間の平均をとり、月ごとの変化を表したものが図 8、図 9 である。

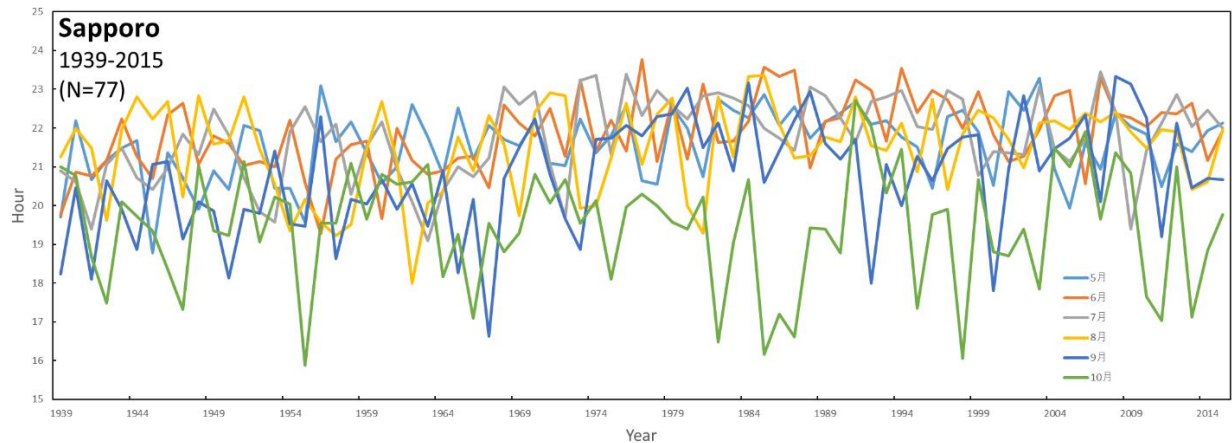


図7 月別総無降雨連続時間 24時間あたりの年々変化

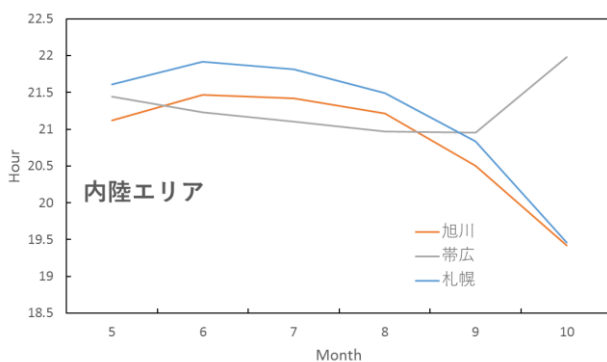


図8 月別総無降雨連続時間 24時間あたりの平均推移(内陸)

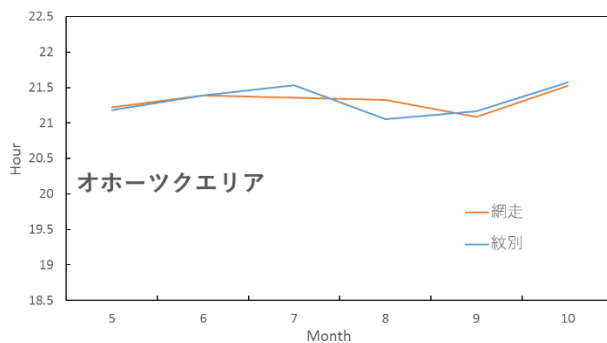


図9 月別総無降雨連続時間 24時間あたりの平均推移(オホーツク海)

以上の結果より、オホーツク海エリアではあまり変化はみられなかったが、内陸エリアでは帯広は増加傾向、札幌、旭川では減少傾向がみられた。

6. 結論

本論文は北海道内 13 官署の 1 時間データを用いて無降雨連続時間の解析をおこなった。本解析で得られた結論を要約すると以下ようになる。

- (1) 無降雨連続時間の平均時間は室蘭を除く 12 気象官署において増加傾向にあり、発生回数は減少傾向にあるが、相関係数が低く、相関性はみられなかった。
- (2) 年最大無降雨連続時間は全官署において増加傾向がみられたが、相関係数が低く、相関性がみられなかった。
- (3) 10 年確率年最大無降雨連続時間で採用した分布形からはエリアごとの差異はみられなかった。
- (4) 10 年確率年最大無降雨連続時間の分析の結果、函館の 241 時間が最大であった。
- (5) 年最大無降雨連続時間が月をまたいだ場合に発生月をあとの月とみなして分析した場合は多くのエリアで7月を中心に山なりのグラフがみられたが、年最大無降雨連続時間を月ごとに区切って分析した場合は、エリアごとに変わった特性がみられた。

7. 参考文献

- 1) 気象庁ホームページ
(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>)
- 2) 杉山一郎:北海道内降水量の非正常性と確率降水量の変動特性, 北見工業大学博士論文, 2007.
- 3) Gerald J. Hahn, Samuel S. Shapiro:Statistical Models in Engineering, 1976.