

北海道における年降水量の経年変化解析

Time Series Analysis of Annual Precipitation in Hokkaido

北見工業大学工学部 ○学生員 梅津佳 (Kei UMETSU)
北見工業大学 正会員 中尾隆志 (Takashi NAKAO)

1. はじめに

近年、北海道では極端な雨や雪の降り方が観測されていると思われる。記憶に新しい事として2013年の台風26号¹⁾や、2012年9月の岩見沢における24時間降水量116mm²⁾といった、観測記録を更新するような降水量が表れている。北海道は、周囲を3つの海に囲まれ、道南の一部地域では温暖湿潤気候がみられ、その他のほぼ全域が亜寒帯湿潤気候である。更に、北海道には東西を分割するようにして中心部に1,000メートルを超える山々が連なっている。このため、北海道では地域毎にそれぞれ異なる気象現象が発生することは珍しくはない。

こうした状況の中でも、土木工事の経費削減が求められている。治水の立場からは、より効率的な事業計画が必要であり、一方、利水の立場では、第一次産業、第三次産業が特に盛んな北海道にとり、降水の特性を理解しておくことは産業、経済や観光、交通面などで重要である。こうした観点から、本研究は北海道内22官署の降水量のデータを解析し、北海道の降水の年々変化、地域的特性を明らかにすることを目的とした。

2. 解析データ

本研究では気象庁が公開している観測データのうち、年降水量のデータ³⁾を用いて解析を行った。各官署におけるデータのトレンドを詳細に検討することを目的とし、表-1に示すように観測期間を30年毎に区分し、各期の考察を行った。

表-1 観測期間の分割

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

ここで、観測データが、休止や測器の故障等により得られない場合、または明らかに誤差が大きく間違っていると確定できる場合のデータを欠測値とする処理が施されるが、本研究では、30年間を1期分としてまとめたデータの内に、欠測年が7年以上(標本数が8割以下)含まれる場合、資料不足による影響を考慮し、これに該当する期は欠測とした。

一般に降水は海洋や地形によって大きく左右されることが知られており、フェーン現象に代表されるように、

地形がトリガーとなることが多い。北海道はおおよそ東西に500Km、南北に400Kmの大きさであり、山脈の位置、海岸からの距離といった因子が降水量に影響する可能性は十分考えられる。こうしたことから、北海道の地域的な特徴を検討するために、道内22官署を山脈、海岸からの距離といった地形的特徴に考慮し、図-1に示すように6つの地域に分類した。

以降、期間ごと、および全期間の観測データをもとに道内22官署、各6地域について解析し、比較を行った。先に述べた欠測データの取り扱いにより第I期では8官署、第II期では11官署、第III期では広尾を除いた21官署、第IV期では22官署となっている。

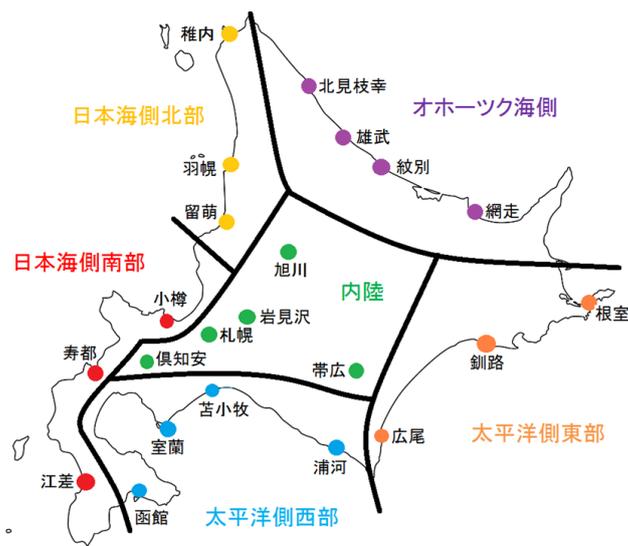


図-1 北海道22気象官署の地域

3. 各官署における時系列データ解析

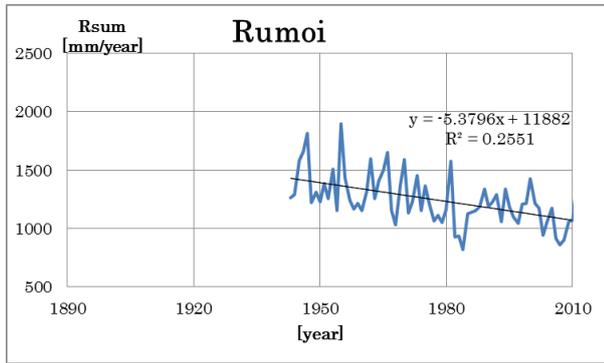
3.1 全期間のトレンド成分の比較

トレンド成分の抽出には線形回帰分析を適用した。図-2に留萌の観測開始年から2010年までの時系列データ、図-3には同じく寿都の時系列データを示す。

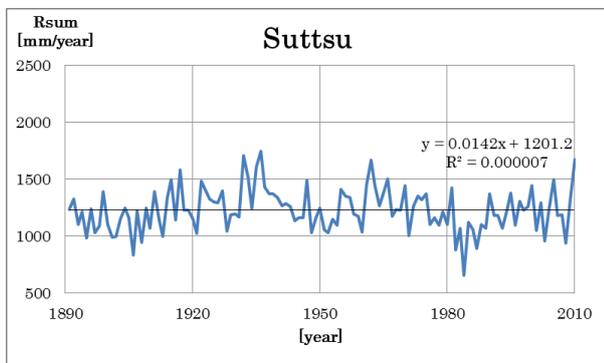
留萌の線形近似直線の傾きが-0.538の値に対し、寿都の傾きは0.014であった。この2つの値は北海道内全22官署の最小と最大の傾きとなっている。しかし、留萌を含む22官署すべての寄与率(決定係数)が0.5を下回るため、これに対しては有意な傾向があるとは言えない。

留萌を除く他官署は線形近似直線の傾きが絶対値で2.2を超える数値はみられなかった。また、日本海側北

部では全ての官署がマイナスの傾きであった。この値がプラスの傾きをとる官署は小樽、寿都、室蘭、根室、網走、旭川、札幌の7官署であった。



図一 留萌の年合計降水量の時系列データ



図一 寿都の年合計降水量の時系列データ

3.2 各期ごとのトレンド成分の抽出

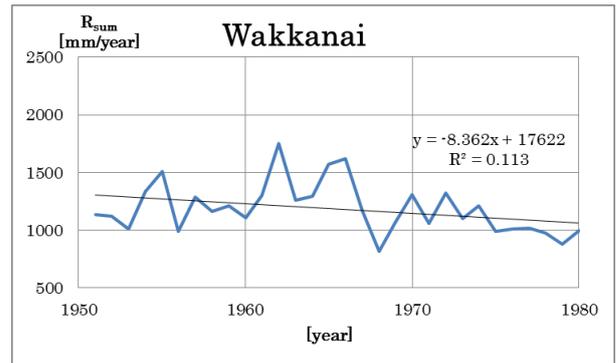
第I期での線形近似曲線の傾きはいずれの官署でもプラスの値をとり、釧路、根室、網走では8.5を超えている。第II期では羽幌、釧路、根室、旭川でプラスの値、第III期では函館、苫小牧、網走を除く官署でマイナスの値、第IV期では羽幌、留萌、北見枝幸を除く官署でプラスの値となっている。第III期と第IV期共にマイナスの値となっている官署は羽幌、留萌、北見枝幸であり、反対に第III期と第IV期が共にプラスの値となっている官署は函館、苫小牧、網走である。

特に、第III期での稚内、留萌ではその傾きが-8以下の値である。第IV期の寿都では9.95となっている。

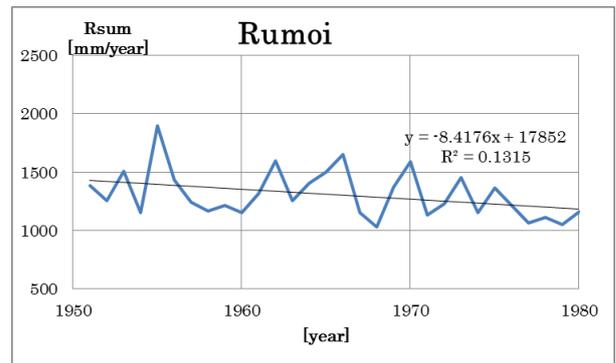
しかし、いずれの場合にも寄与率（決定係数）が0.5を下回っていた。図-4、5に第III期の稚内、留萌の時系列データ、図-6に第IV期の寿都の時系列データを示す。

3.3 平均値、分散の検討

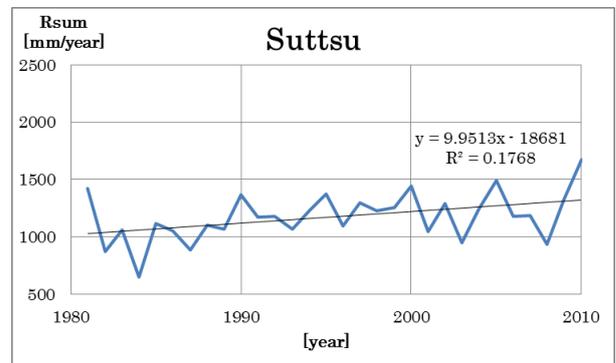
北海道22官署、全期間分の降水量を平均すると1,171.8mm/yearであった。分散は35,991.1mm²/year²となっている。官署毎にみた場合、最も平均値が高い官署は広尾で1,722.9mm/yearであり、反対に最も低い官署は網走で830.9mm/yearとなっている。同様に、分散に関しては高い官署は広尾で92,150.7mm²/year²、低い官署は網走で19,495.8mm²/year²となっている。



図一 稚内の年合計降水量の時系列データ（第III期）



図一 留萌の年合計降水量の時系列データ（第III期）



図一 寿都の年合計降水量の時系列データ（第IV期）

次に、各期ごとの比較の結果を示す。ここで、全期間分の平均値を μ 、分散を σ^2 と表し、 μ_1 を第I期の平均値、 σ_2^2 を第II期の分散のように表すこととする。

表一は、第IV期を基準とした全期間及び各期間との比をまとめた表となっている。また、背景が赤の数値は1.1以上の場合、青の場合は0.9以下の数値を表している。

この表より平均値についてみると、 μ_3/μ_4 の数値が全て1以上となっている。その他の平均値における比を確認しても、1を下回る数値が表れているのは小樽の μ_1/μ_4 、寿都の μ_1/μ_4 、室蘭の μ_1/μ_4 、 μ_2/μ_4 、根室の μ_1/μ_4 、 μ_1/μ_4 、札幌の μ_1/μ_4 、 μ_1/μ_4 のみとなっている。このことから、第IV期となる近年30年間は他の期と比較して降水量が減ってきているといえる。

分散については比が1以上の官署は σ^2/σ_4^2 で7官署、 σ_1^2/σ_4^2 で4官署、 σ_2^2/σ_4^2 で1官署、 σ_3^2/σ_4^2 で5官署となっている。また、 σ_3^2/σ_4^2 については日本海側北部のすべての官署で1を超えており、稚内、留萌では特に高い数値がみられる。反対に、日本海側南部では数値は低くなっている。

大まかに全体を通してみたところ、平均値との比が1

以上の場合が多く、分散との比が1以下の場合が多数みられる。このことから、近年30年間はそれ以前に比べて降水量が少なくなり、かつ、年々の変動が大きくなっている官署が多いといえる。

表—2 第IV期に対する全期間および各期ごとの平均および分散比

地点名	IV期		全期間				I期				II期				III期			
	μ_4	σ_4^2	μ	μ/μ_4	σ^2	σ^2/σ_4^2	μ_1	μ_1/μ_4	σ_1^2	σ_1^2/σ_4^2	μ_2	μ_2/μ_4	σ_2^2	σ_2^2/σ_4^2	μ_3	μ_3/μ_4	σ_3^2	σ_3^2/σ_4^2
稚内	1062.7	24422.7	1129.3	1.063	35791.8	1.466	—	—	—	—	—	—	—	1186.1	1.116	46351.5	1.898	
羽幌	1282.0	36329.6	1324.7	1.033	35276.2	0.971	—	—	—	1324.8	1.033	27179.2	0.748	1353.6	1.056	37586.7	1.035	
留萌	1127.0	28568.7	1243.6	1.103	46321.2	1.621	—	—	—	—	—	—	—	1306.9	1.160	40365.7	1.413	
小樽	1232.0	39377.1	1230.1	0.998	29492.1	0.749	—	—	—	—	—	—	—	1238.9	1.006	22402.5	0.569	
寿都	1177.1	41958.0	1229.0	1.044	34899.4	0.832	1175.1	0.998	26653.9	0.635	1310.6	1.113	32636.1	0.778	1253.1	1.065	25516.5	0.608
江差	1197.3	42085.0	1231.7	1.029	33497.1	0.796	—	—	—	—	—	—	—	1279.3	1.069	24158.5	0.574	
函館	1151.7	37350.6	1168.7	1.015	26315.0	0.705	1164.6	1.011	17045.2	0.456	1202.0	1.044	28998.4	0.776	1156.5	1.004	20302.8	0.544
室蘭	1184.8	34688.7	1182.5	0.998	32595.3	0.940	—	—	—	—	1133.5	0.957	28742.7	0.829	1225.9	1.035	29963.9	0.864
苫小牧	1197.9	36011.7	1225.3	1.023	31879.4	0.885	—	—	—	—	—	—	—	1240.6	1.036	25126.7	0.698	
浦河	1072.3	37837.2	1112.4	1.037	38019.2	1.005	—	—	—	—	1075.1	1.003	39927.7	1.055	1182.3	1.103	29066.1	0.768
広尾	1698.5	97186.3	1722.9	1.014	92150.7	0.948	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
釧路	1042.9	34387.3	1074.7	1.031	33164.4	0.964	1109.2	1.064	42491.8	1.236	1048.2	1.005	27731.4	0.806	1104.0	1.059	25714.1	0.748
根室	1020.8	41938.4	1010.8	0.990	36414.8	0.868	961.2	0.942	42949.6	1.024	1035.1	1.014	25552.8	0.609	1070.6	1.049	31301.6	0.746
網走	787.6	17858.5	830.9	1.055	19495.8	1.092	818.3	1.039	28698.0	1.507	866.9	1.101	15142.7	0.848	839.0	1.065	14292.2	0.800
紋別	810.1	23490.0	843.5	1.041	22454.0	0.956	—	—	—	—	—	—	—	875.3	1.080	19747.2	0.841	
雄武	864.8	23638.2	907.4	1.049	22667.3	0.959	—	—	—	—	—	—	—	945.7	1.094	22504.0	0.952	
北見枝幸	1150.0	32106.0	1201.2	1.045	35744.0	1.113	—	—	—	—	—	—	—	1262.5	1.098	40299.4	1.255	
旭川	1042.0	30545.8	1095.6	1.051	26068.8	0.853	1072.8	1.030	17559.8	0.575	1091.9	1.048	21379.6	0.700	1157.9	1.111	27943.6	0.915
岩見沢	1162.5	46079.9	1219.5	1.049	40723.3	0.884	—	—	—	—	—	—	—	1248.3	1.074	21512.6	0.467	
札幌	1106.5	31337.9	1093.6	0.988	25108.4	0.801	1008.9	0.912	19203.1	0.613	1119.3	1.012	17992.4	0.574	1158.1	1.047	21285.1	0.679
倶知安	1477.1	40728.8	1558.8	1.055	43859.4	1.077	—	—	—	—	—	—	—	1630.8	1.104	39808.6	0.977	
帯広	887.8	25896.5	935.1	1.053	29166.4	1.126	966.3	1.088	37893.1	1.463	929.3	1.047	17460.6	0.674	951.7	1.072	32093.8	1.239

3. 4 周期性の抽出

周期性の抽出には、同一官署に対して得られるラグ相関を以下の式（ピアソンの積率相関係数）により求めた。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \dots \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad \dots \quad (2)$$

$$S(x, x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \dots \quad (3)$$

$$S(y, y) = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad \dots \quad (4)$$

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad \dots \quad (5)$$

$$r = \frac{S(x, y)}{\sqrt{S(x, x)S(y, y)}} \quad \dots \quad (6)$$

ラグ数の増加によるデータ数の減少が相関係数に与える影響を考慮し、ラグ数は時系列データの総数の半分ま

でとした。相関係数の評価基準として柳井⁴⁾は表—3のような目安を提案している。

表—3 相関係数から見た説明変数と目的変数との相関性

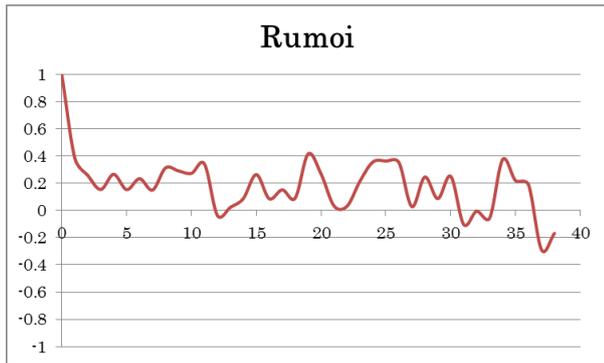
相関係数	評価
±0.7～±1.0	かなり強い関連がある
±0.4～±0.7	かなり関連がある
±0.2～±0.4	やや関連がある
±0～±0.2	ほとんど関連がない

これをもとに、全期間分、22官署の自己相関係数が絶対値で0.4を超える留萌、小樽の自己相関係数を図—7, 8に示す。

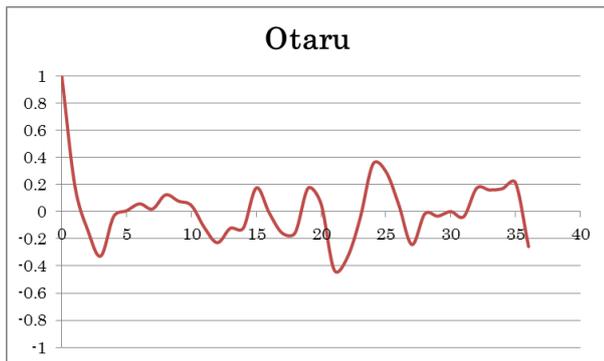
図—7より、留萌ではラグが19年での相関係数が0.417となっている。図—8より、小樽ではラグが21年での相関係数が-0.427となっている。

次に、相関係数が絶対値で0.4を下回るが、ある程度の周期性がみられると思われる苫小牧の場合を図—9に示す。この苫小牧の自己相関係数のうち、絶対値で最も高い数値はラグが11年での相関係数が-0.384である。2番目に高い数値としてはラグが20年での-0.297となっている。一般に、気象変動は太陽黒点の相対数と関係していることが知られており、これには約11年周期があるとされている。太陽黒点の総対数の周期と苫小牧の周期が一致していると思われるが、苫小牧を除く他の官署ではその傾向がみられず、この11年周期は他の何らかの要因（社会的要因）が考えられるため、その事につ

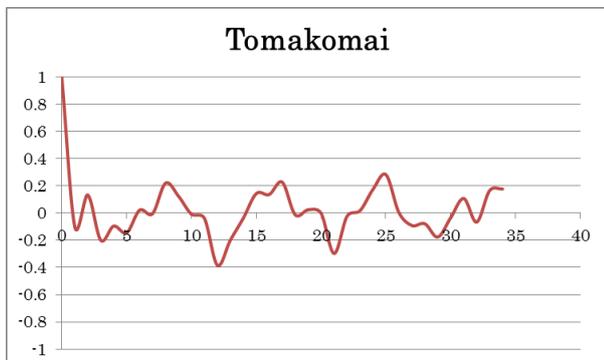
いては今後さらなる検討が必要であると思われる。



図一七 留萌の自己相関係数



図一八 小樽の自己相関係数



図一九 苫小牧の自己相関係数

また、これらの傾向の有意性については各期ごとの平均値、分散の有意検定を議論する予定である

参考文献

- 1) 毎日新聞 2013, 10, 16.
- 2) 北海道新聞 2012, 9, 12.
- 3) 気象庁ホームページ
(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)
- 4) 柳井晴夫, 高根芳雄: 多変量解析法, 朝倉書店, 1987.
- 5) 笠原一浩, 山本美孝: Visual Basic 6.0 入門 — 基礎編 —, ソフトバンクパブリッシング, 2000.
- 6) 松山洋, 谷本陽一: UNIX/Windows/Macintosh を使った 実践! 気候データ解析 第二版, 古今書院, 2008.
- 7) 田代嘉宏: 確率と統計要論, 森北出版, 2001.
- 8) 理科年表平成 24 年(机上版), 国立天文台, 2012.

4 結論

本研究では北海道内 22 気象官署における年降水量データを用いて北海道の年降水パターンの解析を行った。本研究で得られた結果を要約すると以下ようになる。

(1) 過去と比べて近年 30 年間は降水量が減ってきており、年々の変動が激しくなっている官署が多い。太平洋側北部では第IV期は第III期よりも降水量が減ってきてはいるものの、年々の変動は少なくなっている。その傾向は特に稚内で顕著にみられた。

(2) 留萌では 19 年周期での変動、小樽では 21 年周期の変動、苫小牧では 11 年のある程度の周期変動が確認されたが、これには各官署付近の人口の増減や産業構造の変化といった理由が含まれることが予想されるため、今後さらに詳細な検討が必要であると思われる。