

新潟県における年最大積雪深の統計的性質

水文気象研究室 大山 知紘
指導教官 陸 旻皎

背景と目的

現在、道路や建築物の耐雪設計において、最重視されているのが 1 冬期間の観測値の最大値である年最大積雪深である。年最大積雪深の研究において、年最大積雪深の統計的性質を説明するためにはどの確率分布モデルを用いて表わせば良いのかというのが良く議論されている。この年最大積雪深の統計的性質について研究した例として、前田（1980）が北陸地方の数地点について極値 型・ 型および対数正規分布を用いて検討し、これらの地点では対数正規分布がよく適合するとしている。また、新潟県が作成した積雪マップでは岩井法、石原・高瀬法を用いた対数正規分布や極値分布の GungeI 分布など 6 種類の確率分布を用いて検討し、岩井法を用いた 3 母数対数正規分布が既往最大値との比較で最もよく適合するとしている。

ここで問題となるのは、今まで行われてきた統計解析には数種類の手法しか用いておらず、現在さらに多くの統計解析手法が提案されているということである。

そこで本研究では、新潟県の年最大積雪深の統計的性質を調べるためにこれまで検討されてきた確率分布モデルも含めて 12 種類の確率分布モデルと母数推定法の組み合わせを用いて統計解析を行い、

プロットイング・ポジションに対して最も適合度の良いと考えられる確率分布モデルを提案する。そして、現在まで使用されている確率分布モデルと本研究で提案された確率分布モデルの統計学的性質を比較、検討をする。

以上のことから、耐雪設計において、より適切な確率積雪深を推定し、耐雪設計に寄与していくものとする。

使用データ

今回解析に使用した気象データの内容としては、観測所の標高、緯度・経度（世界測地系）及び各観測所における最大積雪深であり、データを収集する観測所は新潟県内 325 箇所の新潟県管轄観測所（土木事務所、役場、小中学校、消防署等）気象台管轄観測所（気象台）である。観測期間は 1892 年～2002 年までで、最短 1 年～最長 96 年、平均 30 年である。

最大積雪深のデータにおいて、1 年はその年の 11 月から翌年の 4 月までとする。

欠測日数が 20% を超える月は、その月の最大積雪深を欠測扱いとし、かつ、ひと月でも欠測の月がある場合には、その年の最大積雪深は欠測扱いとした。

統計解析手法

財団法人国土技術研究センターより公開されている水文統計ユーティリティーを使って12種類の確率分布モデルと母数推定法の組み合わせで統計解析を行う。

確率分布モデル	母数推定法
指数分布	L積率法
グンベル分布	L積率法
平方根指数型最大値分布	最尤法
一般化極値分布	L積率法
対数ピアソン型分布	実数積率法
	対数L積率法
3母数対数正規分布	岩井法
	石原・高瀬法
	クオンタイル法
	積率法
2母数対数正規分布	L積率法
	積率法

プロットイング・ポジション公式

個々のデータを、確率紙のどの位置にプロットしていくかを定めるための公式をプロットイング・ポジション公式といい、これまで様々なものが提案されている。その代表的なものを以下に示す。M個のデータを降順に並べたとき、i番目のデータに対する非超過確率の推定値を $F[x_{(i)}]$ とすると、

$$F[x_{(i)}] = \frac{i - \alpha}{N + 1 - 2\alpha}$$

になる。ここでMは標本数、iは標本値を大きさ順にならべたときの小さいほうからの順位、 $x_{(i)}$ はi番目の順位標本値、 $F[x_{(i)}]$ は非超過確率、 α はカナンカナンの公式より0.4と設定した。

適合度の評価方法

適合度の評価にはSLSC（標準最小二乗規準）を用いた。SLSCは採用分布形の理論クオンタイルと標本順序統計量との誤差度合を測る指標で、次式によって定義される。

$$SLSC = \frac{\sqrt{\xi^2}}{|s_{0.99} - s_{0.01}|}$$

$$\xi^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s_i - r_i)^2$$

$s_{0.99}, s_{0.01}$ ：非超過確率0.99と0.01に対する当該確率分布の標準変量

N：標本の大きさ

s_i ：順序統計量データ $x_{(i)}$ を推定母数で変換した標準変量

r_i ：プロットイング・ポジションに対応した理論クオンタイルを推定母数で変換した標準変量

SLSCの値が小さいほど良く適合している。SLSCの実際の計算においては、プロットイング・ポジション公式として何を採用するかで、SLSCが変化する（本研究ではすべての確率分布形に適用可能な折衷案として提案されたカナンカナンの公式を使用）。

水文統計ユーティリティーで計算できない例

正規分布を基にした確率分布モデルでは以下のようなエラーが起こる。年最大積雪深のヒストグラムの形状において、ひずみ係数が0に近いヒストグラムでは左右対称の分布となる。つまり、一般に、ひずみ係数0.3の場合はヒストグラム

が対称分布だとして、正規分布を利用することができる。

一方、ひずみ係数がマイナスの場合、ヒストグラムは左に裾を引くようになり、プラスの場合はヒストグラムは右に裾を引く形になる。この場合、ひずみ係数が

± 0.3 以上の場合には対称分布とはならず、正規分布が利用できなくなる。そのためこの分布は不適合とみなし、母数推定の段階でエラーとなる。

統計解析手法の決定

各確率分布モデルの適合性を SLSC を用いて評価し、さらに水文統計ユーティリティを使用して母数推定不可能でエラーとなったエラー数も考慮し最も適合度が良いと考えられる確率分布モデルを提案する。図は各観測所の SLSC を平均したものとエラー数を表した図である。

エラー数を考えずに見ると最も適合度の良い確率分布モデルは LogP3 である。しかし、この確率分布モデルはエラー数が多く安定していないため、多くの

観測所でこの確率分布モデルを使用することは不可能である。そこで、まずエラー数の多い LogP3 から LN2PM までを除いて、最も適合度が高く標準偏差も小さい安定している確率分布モデルを見つめる。その結果、エラー数が 1 個、SLSC が 0.034、標準偏差が 0.013 で GEV が最も適合度の良い確率分布モデルだとした。

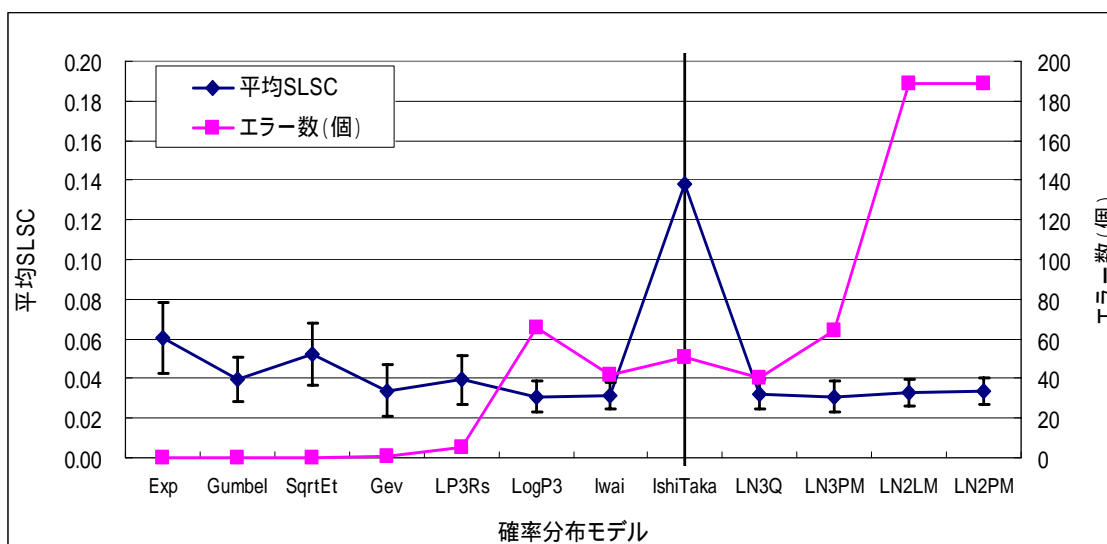


図 1 . 各確率分布モデルの平均 SLSC とエラー数

GEVを用いた検討

30年確率年最大積雪深の比較

ここではIwaiとGEVを比較するために、GEVで推定した30年確率の年最大積雪深からIwaiで推定した30年確率の年最大積雪深を引いて差を表した図を示す。

全体的にIwaiで推定した30年確率年最大積雪深の方が多く推定していることがわかった。実際にその差を見てみると7cmだけ岩井法で推定した30年確率の年最大積雪深の方が多かった。

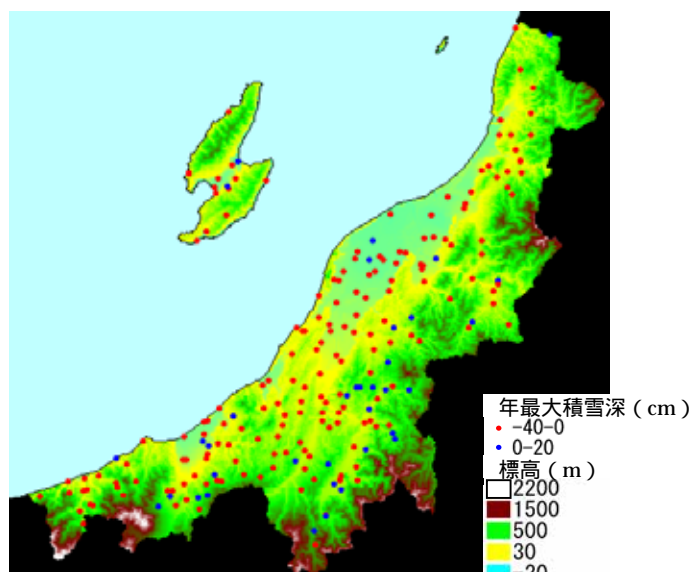


図2. 30年確率年最大積雪深の比較

GEVのパラメータの検討

k については標高の低い地域では対数極値分布型(フレツェ分布)にあたり、標高が高い地域では対数極値分布型(ワイブル分布)になると思われる。 a と c については一定の標高より高いか低いかでパラメータに大きな差が現れると思われる。これらのことから一般化極値分布のパラメータは標高や地域に依存する可能性がある。

結論

最も適合度の良い確率分布モデルはGEVである。今回決定したGEVと今まで用いられていたIwaiを用いて30年確率年最大積雪深を求めたところIwaiの方が多く推定していることがわかった。GEVのパラメータに関しては、標高や地域に依存する可能性がある。

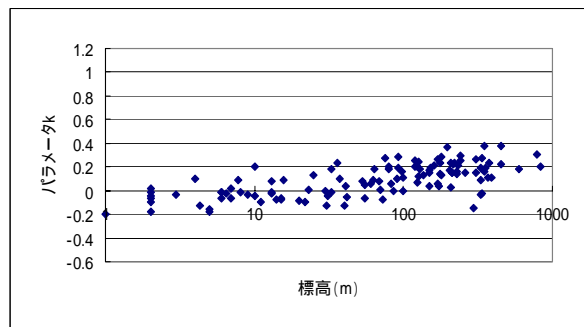
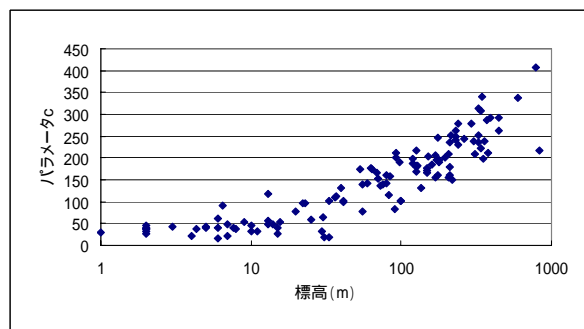
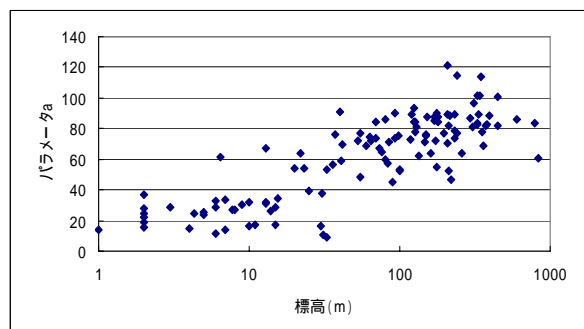


図3. パラメータと標高の関係