

Project

brief 1 プロジェクト紹介

大量アンサンブルデータによる 不確実性を考慮した確率雨量の算定

舩屋 繁和

MASUYA Shigekazu
株式会社ドーコン
副社長



はじめに

平成28年8月、北海道において観測史上初めて1週間に3個の台風が上陸し、さらに台風10号の接近により、石狩川水系や十勝川水系などの9河川で堤防が決壊したほか、79河川で氾濫が生じるなど、甚大な被害が発生しました。これを受けて開催された「平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会」において、気候変動を考慮した治水計画の必要性が提言されています¹⁾。

現在の我が国における治水計画は、実績降雨を確率評価して得られた確率雨量を基に立案されていますが、気候変動を考慮した治水計画を立案するためには、気候モデルの出力降雨を確率評価して得られる確率雨量を用いる必要があります。

本プロジェクトでは十勝川帯広基準地点を対象とし、気象予測データベースd4PDF²⁾が提供する領域20kmの気候モデルRCM20の出力降雨を用いて、現在の気候下と地球の平均気温が4℃上昇した後の気候下における不確実性を考慮した確率雨量を算出し、将来の気候下における確率雨量の変化を提示します。

使用データ

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次報告書では4つの気候変動シナリオが示されており、その中でも最も気温上昇が高くなるRCP8.5が想定される最悪のシナリオです。d4PDFは、全球60kmの気候モデルおよびRCM20を用いた気候モデル実験出力データベースであり、日本周辺領域の過去実験60年(1951~2010年)×50アンサンブルメンバー(集団値)の合計3,000年、RCP8.5の2090年に相当する4℃上昇実験60年×90アンサンブルメンバーの合計5,400年のデータを提供しています。

本プロジェクトでは、d4PDFが提供するRCM20の出力値を境界条件とし、スーパーコンピューターである地球シミュレーターを使って、北海道領域を対象に領域5kmの気候モデルで力学的ダウンスケーリングされた降雨³⁾を用いました。

過去実験の確率雨量の算出

過去実験の50アンサンブルメンバーを対象に、各アンサンブルメンバー60年分の年最大雨量を1標本とし、確率分布モデルの1種であるGumbel分布と、一般化極値であるGEV分布を用いて確率雨量を算出

しました。併せて、実績降雨の年最大雨量を標本とした確率雨量も算出しました(図1)。

十勝川の河川整備基本方針計画規模である1/150確率雨量(150年に1回の確率で発生するであろう最大雨量)でみると、過去実験50アンサンブルメンバーの確率雨量はGumbel分布で183~286mm/72hr、GEV分布で180~416mm/72hrの間に分布しています。

一方、実績降雨の確率雨量はGumbel分布で226mm/72hr、GEV分布で266mm/72hrとなっています。

仮に、実績降雨の確率雨量が過去実験50アンサンブルメンバーの幅から大きく外れる結果となった場合、過去実験の実績再現性に疑問が生じますが、本プロジェクトで得られた結果は、Gumbel分布、GEV分布のいずれも、確率雨量の幅の中に位置しています。この幅は、過去の気象(1951~2010年)を50回繰り返し戻したときに、海面水温等の初期条件や境界条件の違いによって確率雨量が取り得る幅であり、実績降雨による確率雨量は、過去60年を繰り返し経験した場合に、取り得る可能性があった確率雨量の一つと解釈することができます。

また、実績降雨カナンプロットと

Gumbel分布による実績降雨確率雨量を比較すると(図1a上図)、実績最大降雨の284mm/72hrの非超過確率が、両者で大きく異なることがわかります。なお、カナンプロットとは、観測値と確率分布モデル(Gumbel分布、GEV分布等)が適合しているかを判定するために用いられるプロットングポジション公式の一つで、観測値の個数・順位と確率の関係を経験的に求めて数式化したものです。いくつかの式が提

唱されていますが、カナンプロットは多くの確率分布モデルによく適合すると言われています。

仮に、実績最大規模の降雨が今後発生した場合、実績降雨のGumbel分布による確率評価結果からは、約1/1000確率雨量と評価することとなります。しかしながら、約60年分の実績雨量標本から得られる1/1000確率雨量は、信頼性が高いとは言えないものです。一方、大量アンサンブルデータを用いて確

率雨量の取り得る幅を考慮すると、約1/1000確率雨量ではなく、例えば1/150確率雨量として発生し得る降雨か否かを判断することが可能となります。

このように、大量アンサンブルデータを用いた不確実性を考慮した確率雨量の導入は、将来の気候下における確率雨量の把握が可能となるのみではなく、現在の気候下での確率雨量を算出することにより、これまで想定外としていた降雨

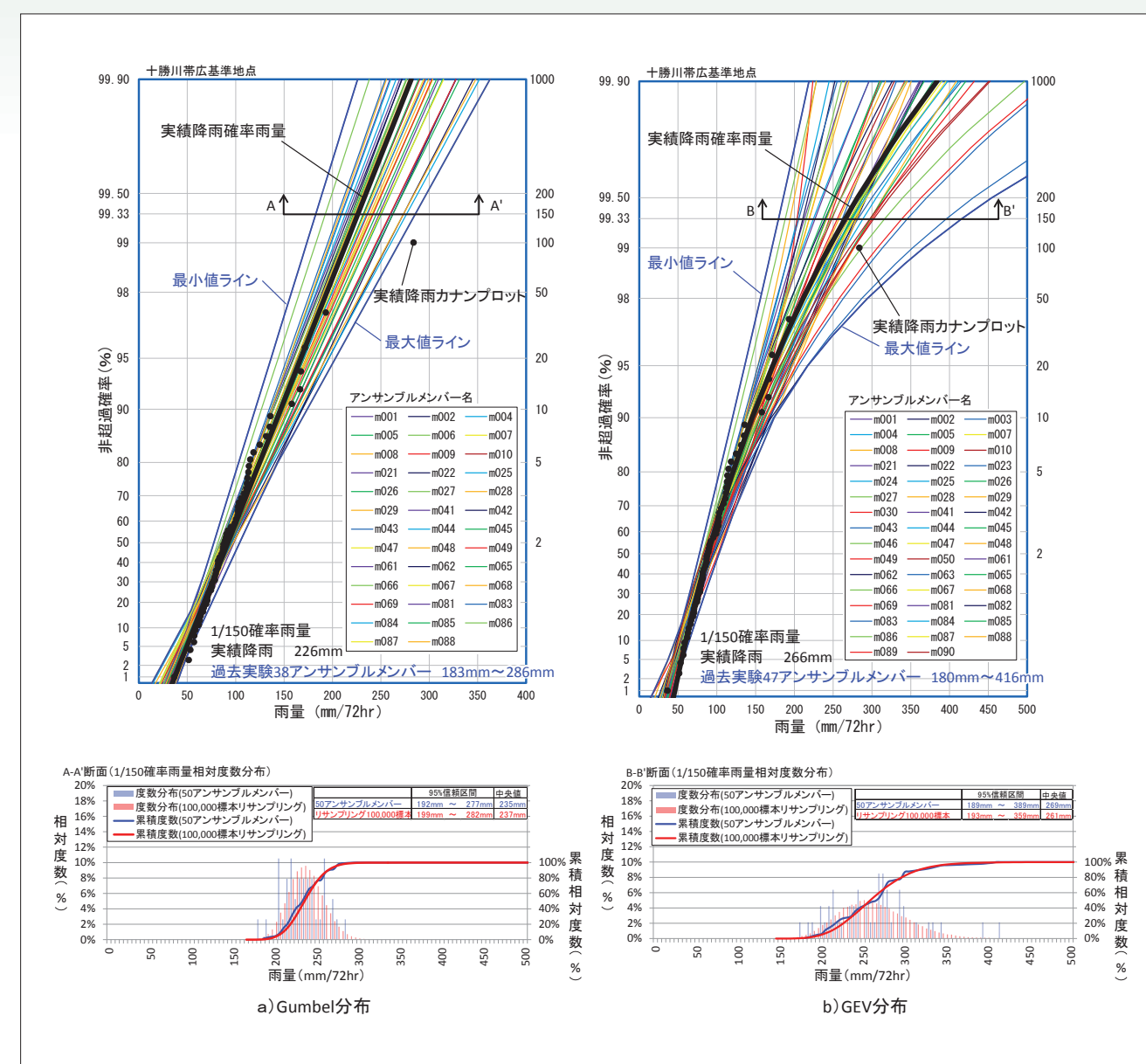


図1 過去実験50アンサンブルメンバーの確率評価結果

を想定内の降雨として捉えることが可能となります。

確率雨量の度数分布の鮮明化

過去実験と4℃上昇実験の確率雨量の取り得る幅を明確にするため、リサンプリングと呼ばれる手法で確率雨量の度数分布を鮮明化しました(図1)。

過去実験は、1951～2010年の海面水温の観測実績を境界条件とした気候モデルの出力値です。リサン

プリングにあたっては1951年から毎年、50アンサンブルメンバーから1つの年最大雨量の抽出を2010年まで繰り返し、60年分の年最大雨量が1標本となるように10万標本を作成し、それぞれに対して確率評価を行いました。中央値や95%信頼区間を確認すると、50アンサンブルメンバーの確率評価から得られた確率雨量の分布と、リサンプリングで作成した10万標本から得られた確率雨量の分布は概ね一致しており、

以降の将来気候下における確率雨量の変化の議論には、リサンプリングにより得られた確率雨量の分布を用いることとしました。

4℃上昇実験の確率雨量のリサンプリングも、過去実験の確率雨量のリサンプリングと同様の手法で行いました。4℃上昇実験の90アンサンブルメンバーの計算には、気候変動後に予測される海面水温として、日本を含む6つの異なる世界の機関が推計した海面水温変化パターン

が用いられています。現時点では、実際に地球の平均気温が4℃上昇した場合に、それぞれの機関が予測した各海面水温変化パターンのうち、どの海面水温変化パターンが発現するかは不明です。このことから、本プロジェクトでは、各海面水温変化パターンの発生確率は等価であると仮定し、各年の90アンサンブルメンバーから1つの年最大雨量を抽出して、60年分の年最大雨量が1標本となるようにリサンプリングを行いました。

Gumbel分布とGEV分布を比較すると、95%信頼区間の幅はGumbel分布よりGEV分布の方が大きくなっています。これは、治水計画立案時に選択する確率分布モデルによって、治水対策に大きな違いが生じる可能性があることを示しています。

過去実験と4℃上昇実験を比較すると、Gumbel分布、GEV分布に関わらず、同一規模の確率雨量の分布が一部で重複しています。このことは、仮に4℃上昇後を見越した治水計画を立案する場合であっても、計画対象として選択する降雨量によっては、現在の気候下の同一確率規模で発生し得る降雨量を選択することも可能であることを示しています。このように、確率雨量の取り得る幅を示すことによって、現在と4℃上昇後の両者を見据えた計画降雨量の選択が可能となります。

- ① 実績降雨から算出した確率雨量は、過去実験の降雨から算出した確率雨量の取り得る幅に収まる。
- ② 4℃上昇実験の十勝川帯広基準地点1/150確率雨量の中央値は、過去実験に対してGumbel分布で約1.33倍、GEV分布で約1.37倍となる。
- ③ GEV分布で算出される各確率雨量の95%信頼区間の幅は、Gumbel分布を用いた場合と比べて大きくなる。
- ④ 確率雨量の取り得る幅を示すことで、現在と4℃上昇後の両者を見据えた計画降雨の選択が可能となる。

今後は、気候変動を考慮した治水計画の社会実装に向けて、他のRCPシナリオでの不確実性を考慮した確率雨量を把握するとともに、将来の気候下における洪水流量の算定と、それに対応した適応策に関する一連の検討手法の構築が必要となります。

<参考文献>

- 1) 平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防対策検討委員会：平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた今後の水防対策のあり方、2017。
- 2) 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース：http://www.miroc-gcm.jp/pub/d4PDF/index.html。(閲覧日：2019年8月)
- 3) 山田朋人、星野剛ら：北海道における気候変動に伴う洪水外力の変化、河川技術論文集、第24巻、2018。

気候変動後の確率雨量の変化

過去実験と4℃上昇実験について、リサンプリングで作成した10万標本の確率雨量の分布を比較しました。

1/150確率雨量(図2)をみると、Gumbel分布の95%信頼区間は、過去実験で199～282mm/72hr、4℃上昇実験で260～380mm/72hrとなっています。また中央値は、それぞれ237mm/72hr、316mm/72hrであり、4℃上昇実験は過去実験の約1.33倍となりました。

一方、GEV分布の95%信頼区間は、過去実験で193～359mm/72hr、4℃上昇実験で259～520mm/72hrとなっています。また中央値は、それぞれ261mm/72hr、357mm/72hrであり、4℃上昇実験は過去実験の約1.37倍となりました。

おわりに

本プロジェクトでは、気候変動を考慮した治水計画の立案に向けて、大量アンサンブル気候予測データに基づく不確実性を考慮した確率雨量の評価手法と、同手法を用いた将来の気候下での確率雨量の変化を示しました。

本プロジェクトで得られた主な成果を以下に列記します。

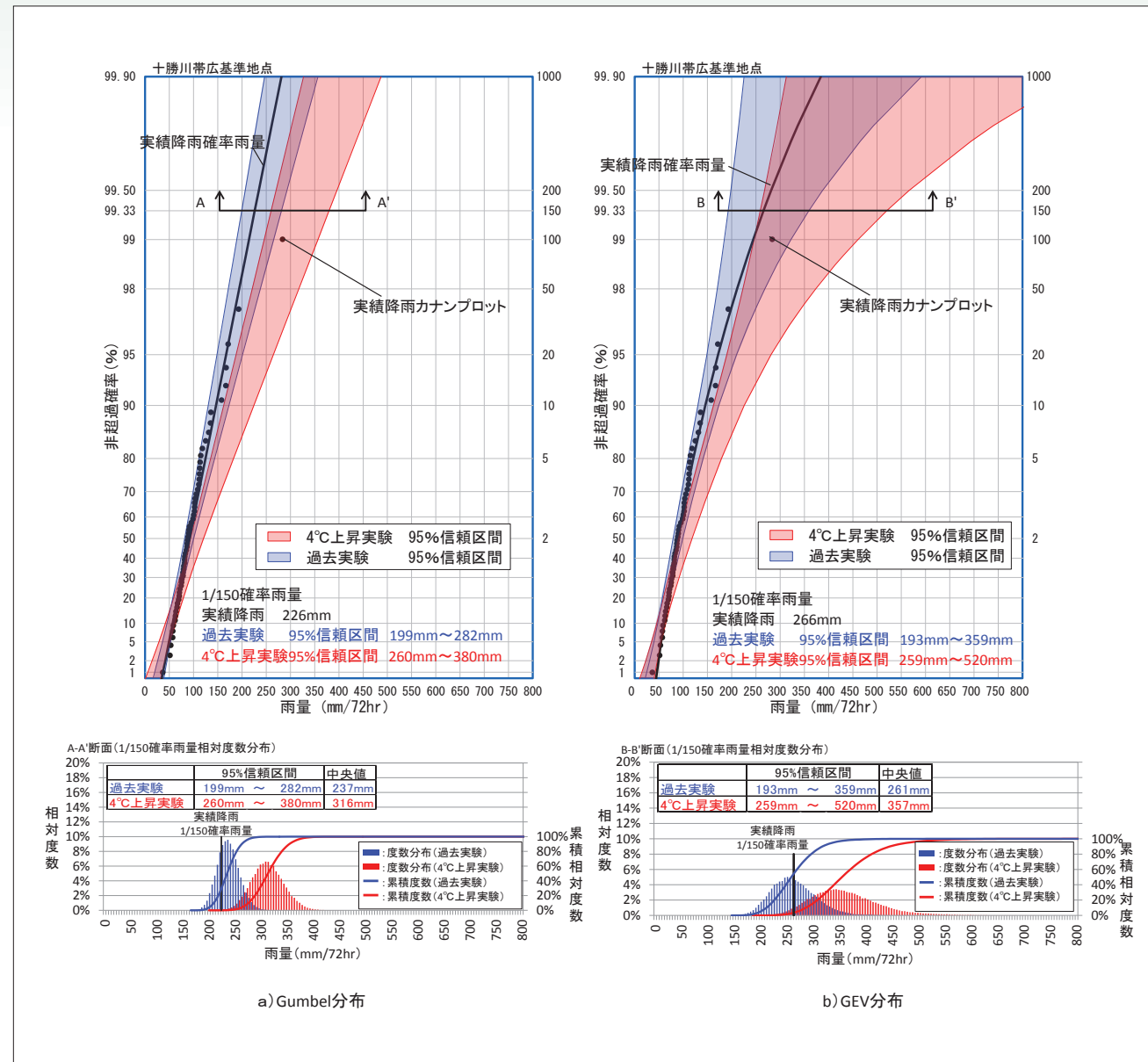


図2 不確実性を考慮した4℃上昇後の確率雨量の変化