

拡散モデルによる多様な時空間分布特性を備えた降雨データ生成の試み A Challenge to Generate Rainfall Data with Various Spatio-Temporal Patterns by Using a Diffusion Model

○皆川裕樹* 福重雄大* 相原星哉*

○MINAKAWA Hiroki・FUKUSHIGE Yudai・AIHARA Seiya

1. はじめに

毎年のように豪雨に伴う水害が生じており、流域治水の取組みも相まって防災に向けたハード/ソフト対策の重要性が増している。これらの対策では、様々な降雨外力を想定した流出解析等から得られる河川流量や被害量等の情報が、計画規模等を決定する指針となる。流出解析では、一般に、計画の対象範囲が一級河川流域のように広域にわたる場合は豪雨時においてもエリア内で雨量のばらつきが時間・空間方向ともに大きく、それが種々の解析結果に影響を与えうる。しかし一般に豪雨は観測数が少ないため、観測データだけでは多様な解析・検討を実施できない。そのため、気候モデル出力や統計的な降雨模擬発生手法等を活用して、影響評価用の模擬データを増やすといった対応がなされる。本研究では大きな計算コストをかけずに効率的に大量の降雨データを得ることを目指し、データ生成にAI技術を適用する。そのプロトタイプモデルを構築し、対象域の多様な豪雨の時空間分布特性の生成を試みた結果を報告する。

2. 対象地区と解析雨量データ

ここでは山形県の一級河川最上川を対象流域に選定し（流域面積約 7,000 km²）、その全域を含む東西方向約 120 km、南北方向約 200 km の矩形エリアを解析対象とした（Fig.1）。本エリアにおいて、後述する生成モデルの学習と検証に用いるため、2008年～2020年までの解析雨量データを入手した（1 km メッシュ、1 時間単位）。期間中、流域内の AMeDAS 地点のいずれかで 70mm 以上の日雨量が観測された日を豪雨発生日とした。その地点において豪雨発生日を起点とし前後に 1 日ずつずらしながら雨量をチェックし、下限値（ここでは 5 mm/d に設定）以下になった日を豪雨終了日として、イベント期間中の全メッシュの時間雨量を抽出した。その結果、合計で 60 イベント（547 日分＝13128 時間分）が抽出され、これを学習用データセットとした。

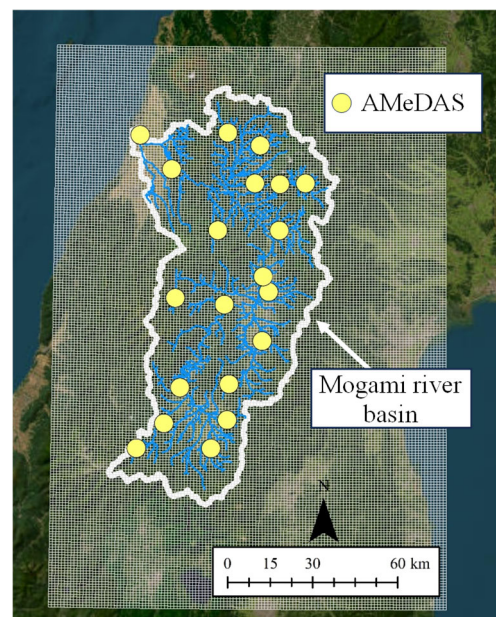


Fig.1 解析雨量データ対象域
Target area of the Radar-AMeDAS rainfall

3. 構築した生成モデルと学習方法

学習/生成には、生成モデルの中でも、データ生成プロセスをデータからノイズへの変換の逆変換とみなす拡散モデルを適用した。それらの処理に用いる U-Net 構造には、降雨空間分布の時間発展の特徴をうまく捉えるための 3 次元畳み込み演算を実装しており、学習時は、空間方向だけでなく時間方向の降雨分布の特徴も抽出できるよ

* (国研) 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO
キーワード：流域治水、豪雨災害、拡散モデル、降雨時空間分布

うにモデルを設計した。

3. 結果と生成データの特徴

ここでは学習の空間サイズを 64 km×64 km、降雨継続時間は 24 時間に固定した。構築したモデルの学習曲線を見ると順調に学習が進行し、2500 epoch で損失が 0.01 程度となった (Fig.2)。この学習済みモデルで、学習時の設定と同じ領域の降雨時空間データを生成させた。結果を見ると、ある程度の雨量が生じている領域が時間と共に変化する事が確認できるなど、多様な降雨パターンを生成できていることが確認された (Fig.3)。また生成イベントのある 1 メッシュに着目した地点ハイトグラフでは、観測データと似た自己相関特性を備えた時系列データが生成できていることも確認された (Fig.4)。ただし、各生成イベントの総雨量を学習データと比較したところ、生成データでは無降雨のメッシュが少なく、0.1 mm/h 未満等の小さい雨量値のメッシュが多く生成されている影響で、総雨量が学習データより大きい傾向が確認された。このような課題を解消するために、学習データの与え方の工夫や、データ生成後の補正法等の検討が必要である。

4. まとめと今後の予定

多様な降雨時空間特性を生成するプロトタイプモデルが構築できた。現時点では、効果的な学習データの与え方や時空間方向への適用性のさらなる検証が必要である。これらの課題が整理された後に、様々な降雨状況を考慮する各種解析の入力としての活用方法の検討を進める。

謝辞：本研究の一部は科学研究費補助金（基盤(C)21K05841、代表：皆川裕樹）および内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期「スマート防災ネットワークの構築」（研究推進法人：国立研究開発法人防災科学技術研究所）によって実施された。また生成モデル構築にあたって、いであ株式会社の阿部真己氏、高橋巧氏に尽力いただいた。ここに記して深謝の意を示す。

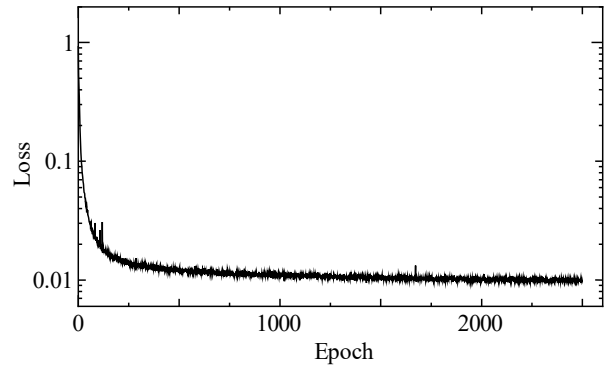


Fig. 2 学習曲線の推移
Change process of a learning curve

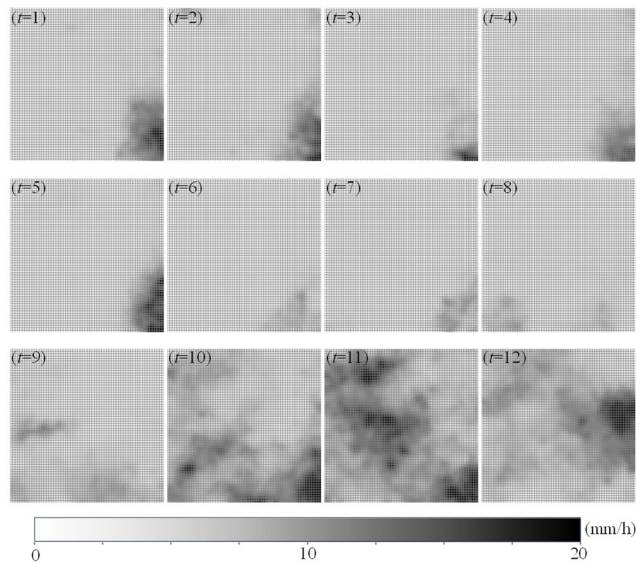


Fig. 3 生成データに見る降雨空間分布の時系列変化例（サイズ：64×64）
An example of time-series variation of rainfall spatial distribution in generated data

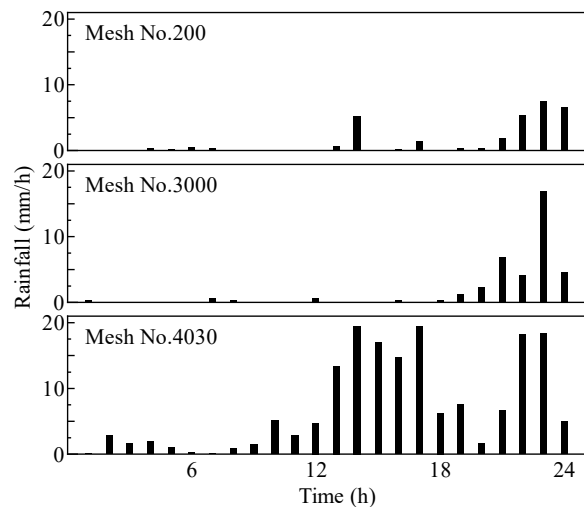


Fig. 4 生成データの地点ハイトグラフ例
Example of point hyetographs in generation data