

京都大学工学研究科 正員 ○ 市川 温
 京都大学工学部 学生員 長谷川 智一
 京都大学工学研究科 正員 椎葉 充晴

1 はじめに 国土交通省や気象庁が全国的なレーダー雨量計網を整備・拡充するとともに、最近では地方自治体でもレーダー雨量計を備えるところが増えている。このように、雨量に関する情報が格段に充実して来ているが、その空間的な分解能は、現時点では1~5km程度であり、地形情報のそれ(50~500m)と比べると、かなり粗いといえる。地形モデルがいくら精緻になったとしても、降水の特性が正しくとらえられていなければ、流出現象を正しく表現することはできない。そこで本研究では、レーダー雨量データと分布型流出シミュレーションモデルを用いて、流出計算で考慮すべき降水空間分布スケールを明らかにすることを試みる。

2 検討手法 まず、レーダー雨量データをもとに分布型流出モデルを用いて流出計算を行い、この結果を基準値とする。次に、レーダー雨量データのある領域ごとにシャッフルおよび平均化する。その後、加工されたレーダーデータを用いた流出計算結果と基準値を比較する。

3 使用した流出モデル 本研究では市川ら^[1]が開発したモデルを使用した。このモデルでは、まず、山腹斜面を矩形の斜面素片の集合体として表現する。その後、各斜面素片に圃場容水量を考慮した kinematic wave モデル^[2]を適用し、流域地形に即して上流側の斜面素片から下流側の斜面素片へと順に流出計算を行う。

圃場容水量 γ_c を用いた、斜面方向単位幅当たりの水分量 $h[m]$ と自由水水分量 $h_f[m]$ との関係式は、

$$h = h_f + \gamma_c D \left\{ 1 - \left(\frac{\gamma_c D - h_f}{\gamma_c D} \right)^{N_f} \right\}^{\frac{1}{N_f}} \quad (1)$$

と表せる。ここで γ_e は、有効間隙率であり、土層の空隙率を n とするとき、 $\gamma_e = n - \gamma_c$ と表される。自由水水分量 h_f が中間流・地表面流統合型の流量・流積

関係式^[3]に従うと考えると、

$$q = \begin{cases} ah_f & (0 \leq h_f \leq \gamma_e D) \\ \alpha(h_f - \gamma_e D)^m + ah_f & (h_f > \gamma_e D) \end{cases} \quad (2)$$

とかける。ここで、 a は中間流の流速、 $\alpha(\geq 0)$ 、 $m(\geq 1)$ は定数である。

また、流量の連続式は、時刻 t 、斜面要素上端からの距離 x 、側方流入量 $q_l(t)$ とすると、

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = q_l(t) \quad (3)$$

と表される。

以上の(1)、(2)および(3)式から構成される偏微分方程式を差分法を用いて解く。

4 結果および考察 桂川流域を対象流域とし、深山レーダー雨量計によって観測された1989年9月2日0時から9月5日0時のデータ(一辺3kmの正方形メッシュデータ)およびそれを加工したデータを使用して流出シミュレーションを行った。

図1から図6に流出計算結果を示す。図1、図2は、集水面積がそれぞれ47.5km²、74.5km²の地点における2×2のメッシュ内で平均化およびシャッフルしたデータを用いた流出計算結果と基準となる流出計算結果である。また、図3、図4は、同様の地点での3×3の場合の流出計算結果と基準となる流出計算結果、図5、図6は、同様の地点での4×4の場合の流出計算結果と基準となる流出計算結果である。

図7から図10は、加工したデータを用いたシミュレーション結果と基準値の相違を示したものである。

集水面積が大きくなるにしたがって、加工したデータを用いた流出計算結果と基準値の相違は小さくなる傾向にある。しかし、2×2のメッシュ内で加工したデータを用いた流出計算結果と基準値の相違がほとんどみられないことに対して、3×3、4×4のメッシュ内で加工したデータを用いた場合は、集水面積が大きくなっても、基準値の相違が5%程度ではあるが残り、両者が一致することはなかった。

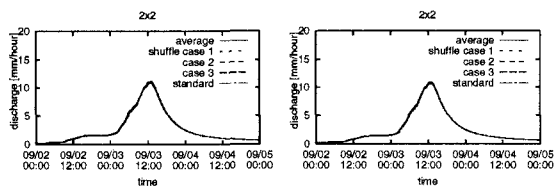


図1 集水面積47.5km²地点 図2 集水面積74.5km²地点

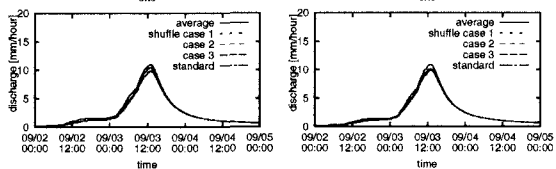


図3 集水面積47.5km²地点 図4 集水面積74.5km²地点

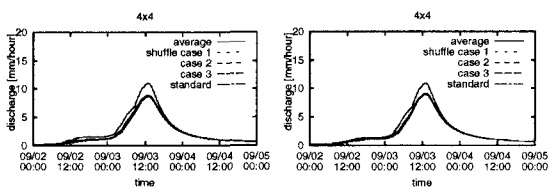


図5 集水面積47.5km²地点 図6 集水面積74.5km²地点

このように、 2×2 のメッシュ内で加工したデータを用いた流出計算結果と 3×3 および 4×4 のメッシュ内で加工したデータを用いた流出計算結果の間に、精度の差がみられることは、降水場の空間分布に起因すると考えられる。そこで、降雨強度の空間相関係数を求め、対象とする降雨場における空間分布の程度を調べたところ、空間相関長さは5kmから8kmであった(図11)。この結果から 2×2 のメッシュ内でデータを加工しても実際の降雨の空間分布をおおまかにはとらえることができているため、基準となる流出シミュレーション結果と加工したデータを用いた流出計算結果の間に相違が少なかったと考えられる。逆に、 3×3 、 4×4 のメッシュ内でデータを加工すると、実際の降雨の空間分布と異なることになるため、流出シミュレーション間の相違が大きくなったと考えられる。

5 結論 本研究では、レーダー雨量データおよびレーダー雨量データを平均化・シャッフルの二通りの手法で加工して流出計算を行い、基準となる計算結果と比較することによって、流出計算で考慮すべき降水空間分布スケールを明らかにすることを試みた。以下に本研究の結論を述べる。

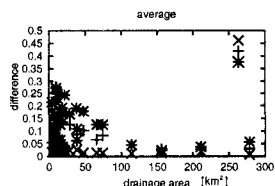


図7:平均化

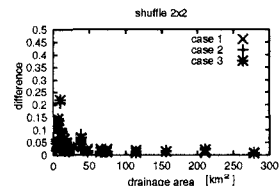


図8: 2×2 , シャッフル

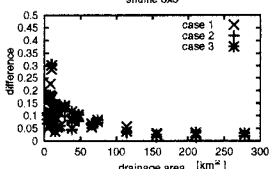


図9: 3×3 , シャッフル

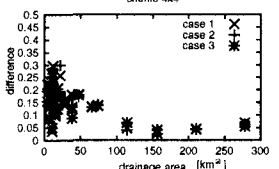


図10: 4×4 , シャッフル

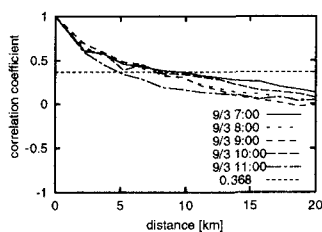


図11 空間相関係数, 9/3 午前7時から11時

集水面積が大きくなると小スケールの降水空間分布が流出計算に与える影響は小さくなる傾向にあるといえる。しかし、降水場の相関長さ程度を越えたスケールで加工したデータを用いて流出計算を行なうと、基準値との相違が顕著となり、集水面積が大きくなっても基準値との相違がなくなる。逆に、降水場の相関長さ程度の空間分布がとらえられていれば、実際の降雨の空間分布をおおまかにはとらえることができているため、集水面積が50km²付近になると基準値との相違がほとんどみられなかった。したがって、少なくとも、降水場の相関長さ程度の空間分布を考慮した上で流出計算を行う必要があるといえる。

参考文献

- [1] 市川 温・立川 康人・椎葉 充晴: 河川流域地形の新たな数理表現とそれに基づく分布型流出モデルの構成, 第17回日本自然災害学会学術講演会概要集, pp. 133-134, 1998.
- [2] 椎葉 充晴・立川 康人・市川 温・堀 智晴・田中 賢治: 圃場容水量・パイプ流を考慮した斜面流出計算モデルの開発, 京都大学防災研究所年報, 第41号, B 2, pp. 229-235, 1998.
- [3] 椎葉 充晴: 流出系のモデル化と予測に関する基礎的研究, 京都大学博士論文, 1983.