

山梨大学大学院 学生会員 青木 謙治
 山梨大学工学部 正会員 砂田 憲吾
 三重県土木部 藤村 拓夫

1. はじめに

近年、水文観測技術の進歩や地理情報システムの充実に伴い、分布流出モデルの適用が可能になっている。この場合、流域モデルは実河川を忠実に再現したもの、気象系との歩調や他の流域情報の精密さに合ったものが望ましく、流域モデルの粗視化の可能性についての検討も必要である。本研究では、分布型流出モデルの構成において、その要素の規模が流出応答特性にどのように影響するかについて検討した。

2. 擬河道網と粗視化

数値標高モデル(DEM :Digital Elevation Model)に基づき、流域に満ちた雨水を周囲のメッシュ点 8 方向のうち最急勾配に追跡することでメッシュ点間を結ぶ落水線を決め、すべてのメッシュ点から流域出口まで辿ることにより擬河道網が算出する。次にメッシュ点に連結する河道の数を通過回数と呼び、1、2、3...のメッシュ点を水源とする、と定義してできる河道網を順に source1、2、3...として粗視化する。

対象流域は富士川支川の早川流域 (509km²) である。早川流域では流域モデルとして、250m メッシュでは source10、500m メッシュでは source3 が実河川の地形的性質をより忠実に再現し得る。本研究では、メッシュサイズのみ異なる 250m メッシュ source1 と 500m メッシュ source1、さらに、実流域を忠実に再現し得るモデルである 250m メッシュ source10 と 500m メッシュ source3 を比較する。

3. 到達時間

山地斜面形および擬河道網系からなる流域全体で表面流出をモデル化し、斜面と河道のそれぞれに対して Kinematic wave 理論を適用し到達時間を算出する。ここで、メッシュ間の流路は幅広矩形断面とする。

3.1 斜面の到達時間： 斜面では降雨が地表面を流下する地表流、非常に透水性の高い斜面表層内を流下する中間流の 2 つの場合について個別に検討する。中間流水深は表層厚を越えないものと仮定する。

$$t_s = \left(\frac{L_s r^{1-m}}{a} \right)^{1/m} \quad (1)$$

地表流： $a = \sqrt{\sin q} / n_s \quad m = 5/3 \quad (2)$
 中間流： $a = K_s \sin q \quad m = 1 \quad (3)$

ここに、 r ：有効降雨強度、 q ：斜面勾配、 n_s ：Manning の粗度係数、 K_s ：見かけの透水係数、 t_s ：斜面の到達時間、 L_s ：斜面長、 a および m はそれぞれ流れの抵抗に関する定数である。

ここで、source1 のモデルでは消去した点がないため、 L_s (：斜面長) はメッシュサイズの 1/2 であるが、それ以外のモデルでは消去した点の影響を考慮する必要がある。

3.2 河道の到達時間： モデルスケールの大きさの影響に注目していることから、河道においてはまずは定常降雨の場合のみを考えることにすれば、到達時間は次式で表される。

$$t_c = \frac{L}{w} \quad (5) \quad w = pv = \frac{p}{n} (h^{2/3} i^{1/2}) = \frac{p}{n} \left(\frac{nra}{B\sqrt{i}} \right)^{2/5} i^{1/2} \quad (6)$$

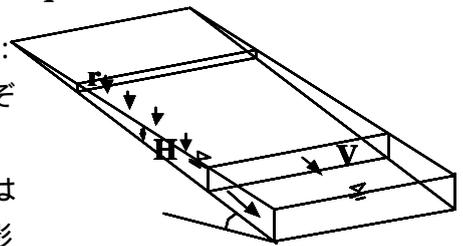


Fig.1 地表流

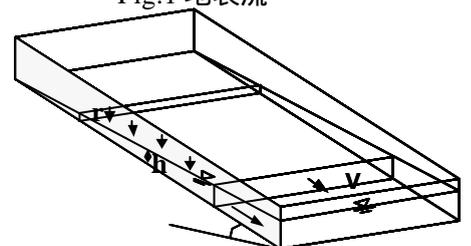


Fig.2 中間流

Keywords：DEM、到達時間、分布型流出モデル

〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 TEL 055-220-8522 FAX 055-220-8773

ここに、 t_c ：単位河道区間の到達時間、 w ：伝播速度、 L ：単位流路長、 I ：河道勾配、 v ：流速、 h ：水深、 n ：Manningの粗度係数、 B ：河幅、 a ：集水面積であり、Manning則より $p=5/3$ になる。

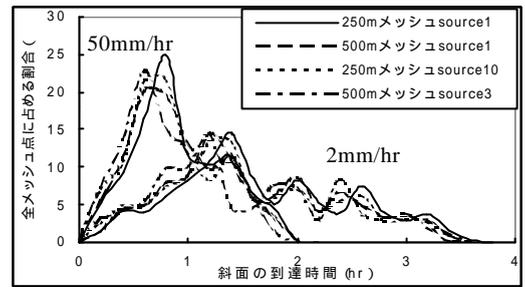
この式を流域出口まで追跡計算し河道の到達時間を算出する。
 3.3 解析結果：河道の粗度係数を 0.04、斜面においては地表流の場合、粗度係数を 0.2、中間流の場合は見かけの透水係数 1.0cm/sec として、流域内のすべてのメッシュ点からの到達時間を算出し、到達時間分布を示したのが Fig.3 である。

斜面流が地表流の場合、降雨強度 2mm/hr、50mm/hr のそれぞれどちらの場合も到達時間分布は類似した傾向を示すがメッシュスケールによる差が生じている。中間流の場合、式(1)、(3)よりわかるように降雨強度が影響しない。source1 同士を比較すると分布形状に大きな差があることがわかる。実河川を再現したモデルを比較すると分布形状は類似しているものの 500m メッシュ source3 のほうが右にシフトしている。

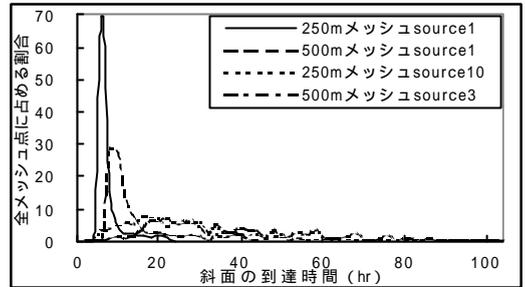
河道の到達時間は定常降雨では斜面流に関わらず同じになる。降雨強度 2mm/hr、50mm/hr のそれぞれどちらの場合も類似した傾向を示しているが、メッシュスケールにより到達時間に差が生じている。

4. 等価なモデルパラメータ

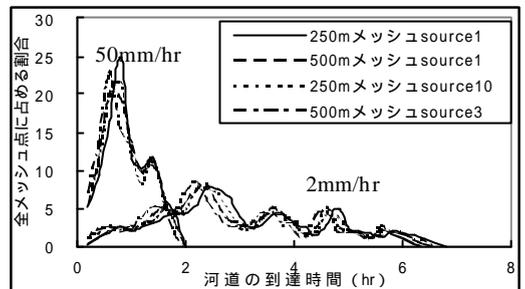
流域のモデルパラメータが要素のスケールに依存することが示された。続いて、逆に同等な到達時間を示す等価なモデルパラメータはどのようになるか調べた。Fig.4 にその一例を示す。



(a)斜面流出（地表流）

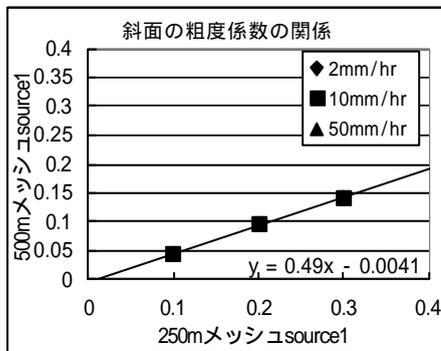


(b)斜面流出（中間流）

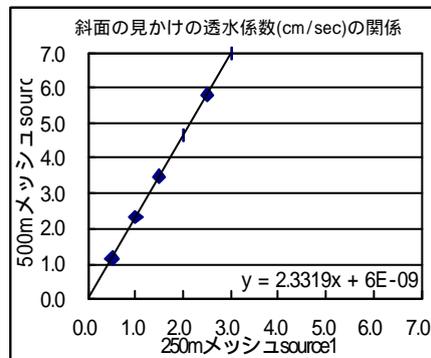


(c)河道流出

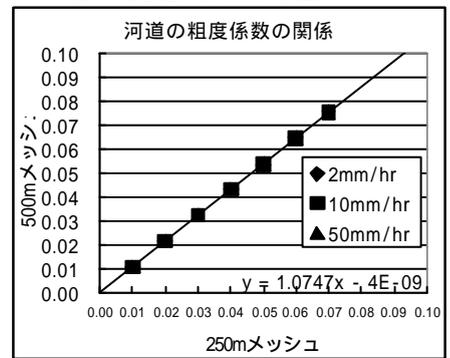
Fig.3 到達時間分布図



(a)斜面流出（地表流）



(b)斜面流出（中間流）



(c)河道流出

Fig.4 モデルパラメータの関係

source1 のものを比較すると、斜面流出が地表流の場合、500m メッシュの斜面の粗度係数は 250m メッシュの約 0.49 倍のもの、中間流の場合は 500m メッシュの斜面の見かけの透水係数は 250m メッシュの約 2.33 倍のもの、河道について 500m メッシュの河道の粗度係数は 250m メッシュの約 1.07 倍のものをいれれば等価な平均到達時間を得ることができる。

5. おわりに

本研究では早川流域において、定常降雨のもとメッシュサイズにより到達時間に及ぼす影響を調べた。また、逆に等しい到達時間を得るための等価なモデルパラメータについても考察した。しかし実流域の斜面において、すべて中間流又は地表流であることは無く、強い降雨のもとでこの両方の流出が生じる場合があり、今後は地表面流・中間流の共存するモデルで解析することが必要であるため、さらに検討を重ねていきたい。

参考文献：1)福井史応・砂田憲吾：流出応答特性の評価に与える流域要素スケールの効果について、水工学論文集 Vol.42、1998 2)洪水の数値予報：日野幹雄・砂田憲吾・太田猛彦・渡辺邦夫 pp1-51、pp85-119、森北出版、1989