

II-5

擬河道網作成における水源の定義に関する検討

北見工業大学大学院 学生員 田中裕樹

北見工業大学工学部 正 員 早川 博

北見工業大学工学部 正 員 内島邦秀

1. はじめに

近年、地理情報システム(GIS)の整備が進み、降雨流出モデルも DEM(Digital Elevation Model)をベースにした分布型流出モデルが主流になりつつある。DEMによる擬河道網作成の手法は、これまで種々提案されているが¹⁾、従来の擬河道網の水源の定義として、水源までの集水面積を閾値にしていた。この定義では実河道網のように特定部分の河道網が密になったり疎になったりすることまで再現できず、また、外部リンクの河道長が地形図の河道に比べて短くなる傾向が見られた²⁾。本研究では、擬河道網の水源の定義を新たに提案し、従来の方法による擬河道網と比較検討を行った。

2. 面積閾値による擬河道網

2. 1 水源の定義

国土数値情報等のメッシュ標高データを基に擬河道網を作るためには落水線図を作成する必要がある。その作成方法は、まず、対象とする点の周り8方向の最も低い点に雨水が流れるものとして、その方向を落水線方向とする。同様に各々の点について落水線方向を決定してその方向をたどっていけば、やがて河口に到達することになる。この様にして流域の落水線図が完成する。従来の定義による擬河道は、この落水線図を基に、各々のメッシュ点に流入してくる落水線の累積値(メッシュ点の累積値)、つまり水源まで集水面積を計算し、この累積値がある値(閾値)より大きな点を水源として抽出したものである。これは、レジーム理論で集水面積が流量に密接に関係するという発想に基づいている。これを面積閾値と呼ぶことにする。

2. 2 面積閾値による擬河道網と地形図の地形量

著者らはこれまで国土数値情報の250mメッシュ標高データを基に、渚滑川(滝上、立牛)、網走川(美幌、津別)、常呂川(置戸)、留萌川の6地点の流量観測所流域を解析対象流域として、2万5千分の1の地形図の河道網と、この河道網と水源の個数、すなわち、Magnitude を等しくした面積閾値による擬河道網の地形量解析を行ってきた²⁾。そこで指摘したのは、表-1に示す各々の流域の地形図の河道網と擬河道網の地形量は、両者ともほとんど違いがないが、図-1,2 に示すように、Hackの法則として知られる流域面積(A)と河道長(L)の関係($L=cA^d$)において、地形図と擬河道網では、水源を有する外部リンクと流域面積の係数に違いが見られた、ということであった。これは水源の定義が原因であり、地形図では比較的尾根線付近まで河道が存在するにもかかわらず、擬河道網では尾根線付近までの河道がそれほど多く存在していない。図-4は津別流域の地形図を落水線図に重ねて調べた水源の累積値のヒストグラムを示す。ハッチングしたものが地形図によるものである。面積閾値は、当然、定義した閾値以外の値をとらないのでヒストグラムは一つの階級幅に集中することになるが、地形図の方は様々な階級幅に分布し、水源の集水面積が水源毎に違うことを表している。このことは、道口らが、地形図の実河道網を忠実に再現するためには、閾値を上流域、中流域、下流域で変化させなければならないと指摘している¹⁾ことを裏付けるものである。これが面積閾値を使った擬河道網によって河道を再現するときの欠点である。そこで、この点を改善するために、次節では、流域の勾配(斜面、河道)の要素に重みを置いた水源の定義について検討する。

3. w/l による擬河道網

3. 1 水源の定義

今回、新たに定義する水源は、角屋が地形図において、より実河川に近い河道網を得るために定義した値³⁾、 w/l をメッシュデータに適用出来るように改良したものである。ここで、 w は図-5に示すように谷の幅、 l は谷のわん入長であり、深い谷であるほど w/l は小さく、尾根線付近は w/l は大きくなる性質を持っている。角屋は地形図において w/l の値が1~2となる地点を水源とするのが、標準的な河道網を得るのに最適であるとしている³⁾。この w/l の値は流路の縦断勾配 θ_c と流路の法線方向の左右岸横断勾配 θ_{s_l} 、 θ_{s_r} を用いて、 $w/l = \theta_c / \theta_{s_l} + \theta_c / \theta_{s_r}$ と変換することができる。したがって、メッシュ標高データに適用する際には、対象とするメッシュ点の落水線方向の縦断勾配と横断勾配から、その点の w/l を計算し、この w/l の値がある閾値より小さくなるメッシュ点を水源と定義する。これは、勾配の要素から水源を定義しようとする考えである。

しかし、落水線図自体が、最急勾配方向に雨水が流れるという考えで作成されていることから、従来の面積閾値による方法も全く勾配の要素が含まれていないわけではない。また、 w/l による方法も、対象とする点に上流から複数の落水線が流入してくる場合、面積累積値が最も大きな値である点を選んで縦断勾配を求めていることから、全く集水面積を考慮していないわけではない。よって、面積閾値による擬河道網は集水面積に重みを置いているのに対し、 w/l によるものは集水面積よりも勾配に重みを置いて作成した擬河道網であると言える。

3. 2 w/l による擬河道網と地形図の地形量

ここで、常呂川支川富里ダム流域(約7km²)の2万5千分1の地形図から作成した50mメッシュ標高データと、現地調査による同流域の実河川のデータを用いて解析を行う。図-6に富里ダム流域の現地調査による河道網を示す。この流域の地形図による河道網ではMagnitudeが2であったが、図のように平常時に存在している河道のMagnitudeは30であり、尾根線付近まで河道が延びていることが分かった。このときのMagnitudeを一致させ、面積閾値によるものと、 w/l を閾値として使った擬河道網が図-7,8であり、両者ともよく実流域を再現していることが分かる。また、このときの w/l は1.66で、角屋の定義とほぼ同じ値になっており、 w/l による方法の妥当性を示している。

一方、2.2節と同じ6流域の河道網についても w/l による擬河道網の地形量を求め、表-1に併記したが、大きな違いは見られない。しかし、図-4による津別流域の水源の累積値に関するヒストグラムを見ると、点線部分の w/l によるものは、地形図とよく似た分布になっている。図-3の流域面積(A)と河道長(L)の関係も、面積閾値では再現できなかった外部リンクの回帰係数 c 、 d が、地形図の値とよく一致しており、 w/l を使うことによって地形図の水源をよく再現できていることが分かる。また、表-2に示すように、津別流域以外の流域においても同様の結果が得られた。しかし、この方法は、面積閾値にくらべ計算量が多くなり、手間がかかるという欠点がある。

4. 結論

本研究では、擬河道網における水源部を定義する方法を提案した。その結果をまとめると、(1)角屋が地形図で使用した w/l がメッシュ標高データに適用できることが分かった。(2)面積閾値で作成した河道網も、 w/l で作成した河道網も見た目には違いがないように見えるが、流域面積とリンク長の関係や水源までの集水面積に違いがみられ、 w/l を使う方が地形図とよく一致することが分かった。(3)面積閾値も w/l も、おおそ地形図に記載されている河道網を再現できてはいるが、これ以上よく河道網を再現するためには、(a)今回、富里ダム流域で行ったように標高データのメッシュのサイズを小さくして擬河道網を作成する、(b)面積閾値と w/l の両方のメリットを持つ新たな水源の定義を考える、(c)土壌や植生などの流域の場の特性を考慮する、などが必要であろう。

今後、この面積閾値と w/l で作成した河道網を用いて、流出特性の観点から両者の違いを検証していきたい。

【参考文献】

- 1)道口・藤田：国土数値情報による模擬河道発生手法について，土木学会北海道支部論文報告集，第46号，1990.
- 2)早川・田中・内島：流域斜面の地形量特性に関する解析，土木学会北海道支部論文報告集，第49号，1993.
- 3)角屋：流出解析手法（その1），農業土木学会誌，第47巻，第10号，1979.

表-1 2万5千分の1の地形図と擬河道網の地形量計測結果

流域名	地図の種類	縮尺	Magnitude	総流域面積 (km ²)	平均サブ流域 面積(km ²)	平均サブ流域 河道長(km)	河川密度	分岐比	河道長比	面積比	勾配比
美幌	地形図	1/25000	28	203.8	3.775	2.914	0.772	3.158	1.643	1.831	-----
	擬河道網	面積 30	28	199.3	3.760	2.722	0.630	3.158	1.543	1.641	2.240
		w/l 0.2	30	199.3	3.436	2.228	0.648	3.187	1.630	1.784	2.004
置戸	地形図	1/25000	55	429.8	3.980	2.203	0.554	3.063	1.786	1.845	-----
	擬河道網	面積 36	55	421.7	3.978	2.021	0.508	3.908	1.677	1.672	1.999
		w/l 0.38	55	421.7	3.905	2.056	0.527	3.744	2.337	2.516	1.833
留萌	地形図	1/25000	56	274.8	2.476	1.934	0.781	3.903	2.013	1.879	-----
	擬河道網	面積 22	56	268.7	2.443	1.773	0.726	3.810	1.901	1.655	2.722
		w/l 0.21	55	268.7	2.465	1.704	0.691	3.853	1.959	1.857	2.480
滝上	地形図	1/25000	76	238.1	1.577	1.361	0.864	4.114	2.917	3.088	-----
	擬河道網	面積 15	75	236.7	1.621	1.191	0.734	4.139	2.651	2.581	2.115
		w/l 1.14	75	236.7	1.599	1.268	0.793	4.220	2.806	2.931	2.058
立牛	地形図	1/25000	53	165.1	1.588	1.192	0.751	3.968	1.315	1.429	-----
	擬河道網	面積 16	54	160.7	1.530	1.089	0.711	4.074	1.367	1.360	2.031
		w/l 0.46	53	160.7	1.575	1.236	0.785	3.810	1.358	1.274	2.017
津別	地形図	1/25000	105	573.2	2.756	1.808	0.656	3.160	1.736	1.764	-----
	擬河道網	面積 23	106	571.0	2.732	1.780	0.651	3.102	1.556	1.544	1.738
		w/l 0.33	106	571.0	2.732	1.736	0.635	4.583	2.344	2.359	1.979

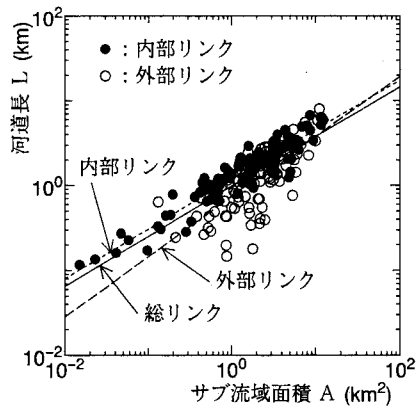


図-1 1/25,000地形図の L-A の関係 (津別)

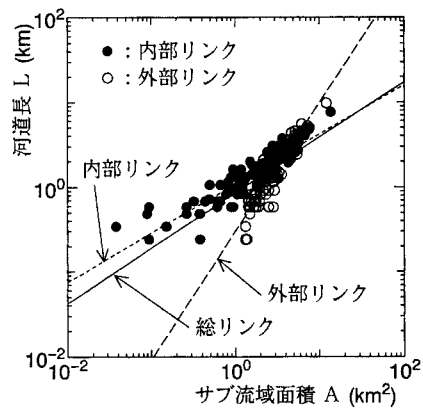


図-2 面積閾値による擬河道網の L-A の関係 (津別)

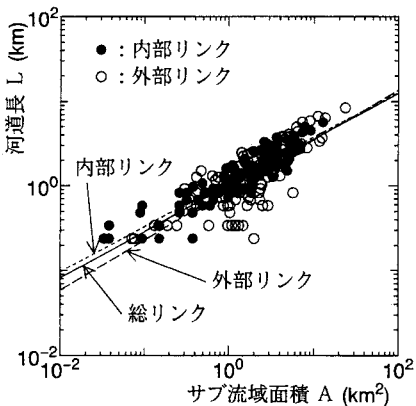


図-3 w/l による擬河道網の L-A の関係 (津別)

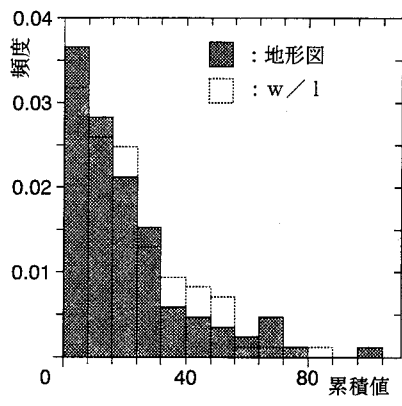
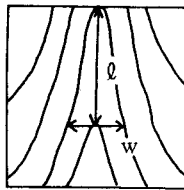


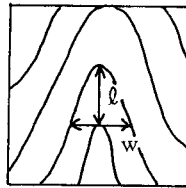
図-4 水源の累積値 (集水面積) のヒストグラム (津別)

表-2 6つの流域についての回帰式 $L=cA^d$ の回帰係数 c, d の値

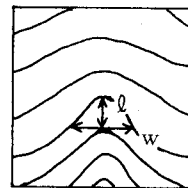
流域名	地図の種類	縮尺	c			d		
			総リンク	内部リンク	外部リンク	総リンク	内部リンク	外部リンク
美幌	地形図	1/25000	1.342	1.491	0.826	0.576	0.539	0.898
	擬河道網	面積 30	0.905	1.179	0.299	0.755	0.737	1.495
		w/l 0.2	1.146	1.155	1.187	0.515	0.595	0.434
置戸	地形図	1/25000	0.983	1.162	0.655	0.575	0.554	0.795
	擬河道網	面積 36	0.734	0.982	0.142	0.660	0.605	1.674
		w/l 0.38	0.905	0.983	0.790	0.615	0.593	0.679
留萌	地形図	1/25000	1.066	1.204	0.793	0.637	0.609	0.876
	擬河道網	面積 22	0.960	1.216	0.377	0.603	0.601	1.365
		w/l 0.21	1.001	1.221	0.685	0.568	0.549	0.816
滝上	地形図	1/25000	1.022	1.206	0.862	0.633	0.647	0.705
	擬河道網	面積 15	0.801	1.083	0.433	0.645	0.602	1.436
		w/l 1.14	0.982	1.069	0.883	0.558	0.541	0.660
立牛	地形図	1/25000	0.926	1.228	0.639	0.496	0.573	0.767
	擬河道網	面積 16	0.781	1.073	0.410	0.590	0.605	1.384
		w/l 0.46	0.983	1.045	0.963	0.530	0.612	0.443
津別	地形図	1/25000	0.977	1.185	0.741	0.588	0.585	0.710
	擬河道網	面積 23	0.856	1.096	0.299	0.654	0.582	1.513
		w/l 0.33	1.013	1.120	0.898	0.545	0.529	0.591



$$\frac{w}{l} = \frac{1}{2}$$



$$\frac{w}{l} = 1$$



$$\frac{w}{l} = 2$$

図-5 谷の幅 w と谷のわん入長 l の関係

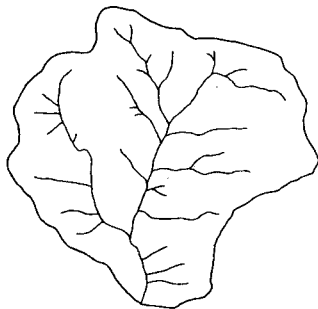


図-6 富里ダム流域の実河道網

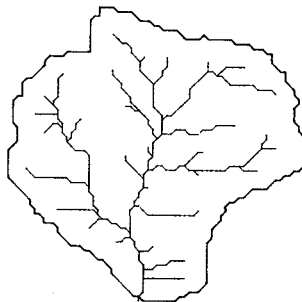


図-7 富里ダム流域の
面積閾値による擬河道網

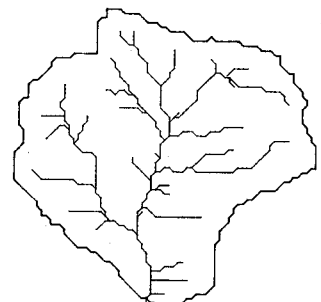


図-8 富里ダム流域の
 w/l による擬河道網