由良川の地形量特性について

京都大学工学部　正　員　高棹琢馬
京　都　市　正　員　○和田章仁
京都大学大学院　学生員　川村元康

1．はしがき　洪水流出を解明するにあたり，複雑な流域地形の特性を定量的に把握しなければならない。この地形量算定は，地形図に表示されている河道によりなされている。しかしながら，市販されている地形図における河道で解析する場合，地形図の作製過程において，図化機によって図化されたものを地形図に仕上げる際の作図が極めて主観的であることから，その表示精度については信頼性が薄い。一方，洪水時には河道流が河川最上流端の河谷から生ずることに注目する必要がある。以上の2点から，由良川水系土師川上流における市販されている1/25000の地形図（図-1）に河谷を河道表示して得られた地形図（図-2）により地形量算定を試みた。

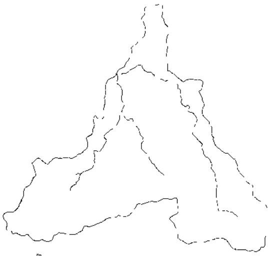
図-1

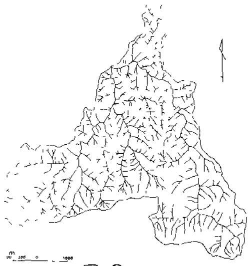
図-2

2、河谷の河道表示と等高線の精度　河谷を河道として表示する場合，河谷における等高線の夾角が90度以下のものを河道とした。事実，対象地域の現地踏査によって，河谷が存在すれば洪水時にはそこから流出の生じることを確認した。ゆえに，等高線の精度が重要な要素となる。1/25000（1色刷）の地形図の作製は平板測量により行なっているので，等高線は有限個の地点の標高測定値から大局的な地形を補間描画したものである。したがって，これら等高線精度を確かめるために対象地域の空中写真を実体視した。この結果，かなり詳細な部分まで正確なことが判明した。なお，河道長と集水面積の測定には，測機舎製のDigital Coordinatorを使用して，測定誤差を極力抑えることにした。

3、流域の計量特性

a)河道長と集水面積の関係　Eagleson は幹川長と面積の間に $\frac{A_k}{L_m^2}=\frac{1}{3}$ ------(1) の関係を見い出している。この幹川長(Mainstream length)の定義は幾分あいまいであるが，流域の下流端から最上流端までの距離としている。以上のような関係を対象流域における地形量によって検討した。すなわち，両対数紙上に $\log A=a\log L+b$ ----(2) という直線関係を想定して，幹川長と集水面積および河道区分と集水面積の2通りを最小二乗近似解法によって係数 a および b を算出した。これらの結果は次に示す通りである。

$A_1 \leftrightarrow L_1$　$\log A_1=1.082\log L_1+2.006$ ----(3)

$A_2 \leftrightarrow L_2$　$\log A_2=0.778\log L_2+3.184$ ----(4)　$A_2 \leftrightarrow L_1+L_2$　$\log A_2=1.335\log(L_1+L_2)+1.474$ -----(5)

$A_3 \leftrightarrow L_3$　$\log A_3=0.913\log L_3+3.151$ -----(6)　$A_3 \leftrightarrow L_1+L_2+L_3$　$\log A_3=1.474\log(L_1+L_2+L_3)+1.138$ ----(7)

ここに，L_1，L_2，L_3は河道区分であり，L_1+L_2，$L_1+L_2+L_3$は幹川長で，下流端から最上流端

までの最長距離である。以上の結果より位数間の幹川長と集水面積の関係はあまりなく，各位数については式(1)のEaglesonの実証的研究は成り立たないようである。それより興味深いのは，比較的幹川長より明確な河道区分と集水面積の関係である。これら式(3),(4),(6)を図3,4,5に示した。位数間の河道区分と集水面積の間には傾きがほぼ1なる関係があるので，面積と河道区分の比が一定または位数の関数になることを見い出した。

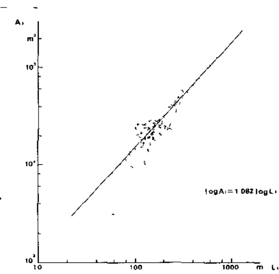

図-3

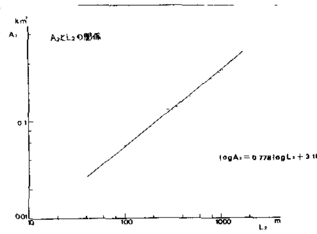

図-4

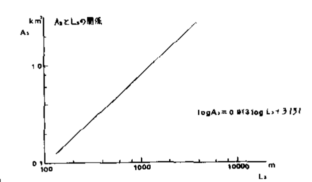

図-5

b)単位セルの特性　Hortonは地表面流の流下長の平均$\overline{L_g}$は単位面積あたりの河道長の2倍の逆数に等しいとし，勾配による補正を加えて，$\overline{L_g}=1/2D(1-\overline{\theta_c}/\overline{\theta_g})^{1/2}$-----(8)　の関係があることを示した。ここで，$\overline{\theta_c}$は河道勾配，$\overline{\theta_g}$は斜面勾配の平均で，単位は［度］である。式(8)を単位セルについて修正すると，$\overline{L_{g1}}=1/2D_1(1-\overline{\theta_{c1}}/\overline{\theta_{g1}})^{1/2}$----(9)　が得られる。ところで，上式において$\overline{\theta_{c1}}/\overline{\theta_{g1}}$，すなわち単位セルにおける河道勾配の平均と斜面勾配の平均の比で表わされる補正項は小さいとすれば　$\overline{L_{g1}}=\frac{1}{2D_1}$----(10)　となる。対象流域において，$\overline{L_{g1}}=0.154$ Km----(11)　$D_1=4.224$/Km を測定した。式(10)にD_1を代入すると$\overline{L_{g1}}=1/2D_1=0.118$Km----(12)　が得られる。一方，単位セル67個を選んで10m間隔の等高線を判読して，図-6に勾配で示した。測定値は　$\overline{\sin\theta_{c1}}=0.309$　，$\overline{\sin\theta_{g1}}=0.474$　これらの値を度にすると

$\overline{\theta_{c1}}=18.0$度，$\overline{\theta_{g1}}=28.3$度　したがって，これを式(9)の補正項に代入すれば，$\overline{L_{g1}}=1/2\times4.224\times(1-18.0/28.3)^{1/2}\fallingdotseq0.196$Km----(13)　が得られる。したがって，補正項を考慮した値(13)と補正項を小さいとした値(12)の両値の中程に$\overline{L_{g1}}$の測定値(11)が存在する。

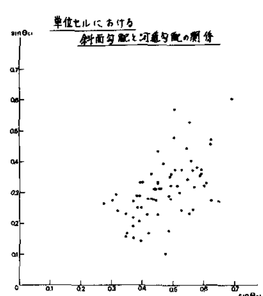

図-6

4．あとがき　河道長と集水面積の関係についてはEaglesonが幹川長と面積の間の関係を実証的に見い出しているが，これは多くの研究を整理統合しただけのことであり，また幹川長のとり方もあいまいである。ここでは，位数間において面積と関係あるのは幹川長ではなく河道区分であった。一方単位セルにおける地表面流の流下長の平均の測定値は，補正項を無視した場合の計算値と補正項を考慮した場合の計算値の中間に存在することが認められた。これは，Hortonの示した式における勾配の補正項が理論的なものでなく，経験的に得られたものであるからであろう。ゆえに，今後は河道区分と集水面積との関係を明確にすることと，単位セルの地表面流の流下長の平均について，勾配による補正項を確立すべきであろう。

［参考文献］　高棹琢馬；洪水流出系の分析と総合に関する基礎的研究，昭和46

P.S.Eagleson；Dynamic Hydrology, sixteen　McGrow-Hill Book Company 1970

V.T.Chow；Handbook of Applied Hydrology, section 4-II, McGrow-Hill Book Company 1964