(Ⅱ －12)　　流域平均降雨量の推定誤差に関する研究

中央大学理工学部　池永　均、山田　正、○本田尚史
北見工業大学工学部　内島邦秀　中央大学大学院　坂　憲浩

1.はじめに: 流域平均降雨量は、地上雨量計による観測値をその周辺領域の代表値として算定されている。しかし、ﾚｰﾀﾞ雨量計観測から得られる降雨量の空間分布を見ると、かなり小さい領域においてまで、一様ではなく、斑（むら）のある分布を構成していることがわかる。斑のある分布特性は流域平均降雨量の真値と、点雨量から一つの領域内を代表させた流域平均降雨量の推定値の間に誤差を生じせしめている。本研究は、このような対象領域の空間ｽｹｰﾙ変化による流域平均降雨量の推定誤差に関して、自己相似性もったﾌﾗｸﾀﾙ雨域ﾓﾃﾞﾙを構成し、その雨域ﾓﾃﾞﾙを基に推定誤差に対する考察を行った。

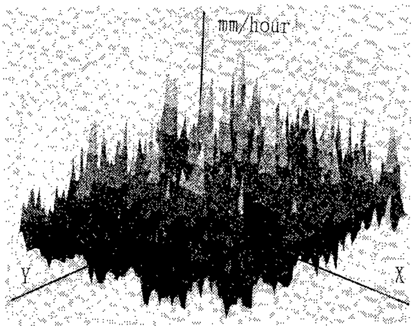


図1 ﾚｰﾀﾞ雨量計からの降雨分布ﾃﾞｰﾀ

2.フラクタル雨域モデル　(1) フラクタルについて: ﾌﾗｸﾀﾙとは自己相似性をもつ集合のことであり、自己相似性とは全体と部分が同じ形状をするという性質である。つまり、対象となる集合内でｽｹｰﾙを変えて対象集合の要素を見た場合、同形状で要素が構成されているということである。このようなﾌﾗｸﾀﾙ集合では、その対象を計る異なるｽｹｰﾙrと計った対象の評価量Vとﾌﾗｸﾀﾙ次元Dというﾊﾟﾗﾒｰﾀの間に(1)式のような一律の関係が成り立つ。即ちﾌﾗｸﾀﾙ集合ならば、rを変化させてもVとrの組み合わせにおいて(1)式に代入するとﾌﾗｸﾀﾙ次元Dが同数で得られる。また、ﾌﾗｸﾀﾙ次元Dは、その対象の存在する空間を充填する度合いを表している。つまり、ﾌﾗｸﾀﾙ次元Dが大きいほど斑の多い分布になることを表している。

$$V \propto (1/r)^D \qquad (1)$$

従って、対象がﾌﾗｸﾀﾙ集合であるかどうかを確認するには、ｽｹｰﾙを変えたときに求められるﾌﾗｸﾀﾙ次元Dがほぼ同じ数値を示すかどうか確かめればよい。本研究ではﾚｰﾀﾞ雨量計による降雨強度の空間分布に関して(2)式によるﾌﾗｸﾀﾙ次元Dを測定する。

(2) レーダ雨量計による降雨のフラクタル次元の測定:ﾌﾗｸﾀﾙ次元を測定する一般的な方法としてﾎﾞｯｸｽ次元の定義による次元測定[1]がある。立方格子(ﾎﾞｯｸｽ)を降雨分布の集合の存在する空間中に満たし、その中で降雨分布集合の要素を含むﾎﾞｯｸｽの数(N_{Boxn})をを数えて対象である降雨分布の評価量($V=N_{Boxn}$)とする。このようにｽｹｰﾙと評価量の組み合わせを複数作り(1)式により導かれた(2)式を用いてﾌﾗｸﾀﾙ次元Dを算定する。

(A)ﾚｰﾀﾞ雨量ﾃﾞｰﾀ

(B)ﾌﾗｸﾀﾙ降雨ﾓﾃﾞﾙﾃﾞｰﾀ

図2 (A),(B)ﾚｰﾀﾞ雨量ﾃﾞｰﾀ、ﾌﾗｸﾀﾙ降雨ﾓﾃﾞﾙﾃﾞｰﾀの等雨量線群における分布の斑の様子

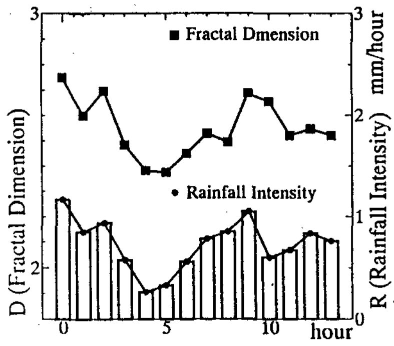
$$N_{Box1}/N_{Box2}=(r_2/r_1)^D \qquad \{r_1, N_{Box1};\text{スケール1のスケールとそのボックス数}, \; r_2, N_{Box2};\text{スケール2のスケールとそのボックス数}\} \qquad (2)$$

(2)式においてｽｹｰﾙrの組み合わせによって一個のﾃﾞｰﾀから複数のﾌﾗｸﾀﾙ次元Dを算定し、それらを平均してそのﾚｰﾀﾞﾃﾞｰﾀによるﾌﾗｸﾀﾙ次元とする。図3は、ﾚｰﾀﾞ雨量ﾃﾞｰﾀにより求めたﾌﾗｸﾀﾙ次元Dの時系列分布である。同図3におけるﾌﾗｸﾀﾙ次元Dの平均は2.55であり、2.3から2.8までの変動があることがわかる。また流域平均降雨量の時系列分布と対応して変動していることも確認できる。これは、流域平均降雨量が高いほど、ﾌﾗｸﾀﾙ次元

が高くなり降雨の空間分布の斑が多くなり流域平均降雨量が低いとﾌﾗｸﾀﾙ次元も低くなるということを示している。

2-2. フラクラル降雨モデルの作成:ﾚｰﾀﾞ雨量ﾃﾞｰﾀによりﾌﾗｸﾀﾙ次元を測定し、そのﾌﾗｸﾀﾙ次元を基に降雨の空間分布ﾓﾃﾞﾙ(ﾌﾗｸﾀﾙ降雨ﾓﾃﾞﾙ) を構築する。本ﾓﾃﾞﾙは、ｱﾙｺﾞﾘｽﾞﾑとして中点変位法(1を採用する。ﾓﾃﾞﾙの領域は正方形状とし、格子の四隅に既知ﾃﾞｰﾀを設定する。ここでは誤差の考察で最適と思われる256×256の自己相似性を有するﾃﾞｰﾀを配置させﾌﾗｸﾀﾙ雨域ﾓﾃﾞﾙとする。

3. フラクタル雨域モデルによる推定誤差の考察:ﾚｰﾀﾞﾃﾞｰﾀにより算出したﾌﾗｸﾀﾙ次元の範囲において、ﾌﾗｸﾀﾙ次元の上限(D=2.8)、平均値(D=2.55)、下限(D=2.3)についてﾓﾃﾞﾙをそれぞれ複数作成し推定誤差の考察を行った。



(1995.9.17 0:00〜13:00)

図3 ﾌﾗｸﾀﾙ次元と流域平均降雨量の時系列分布

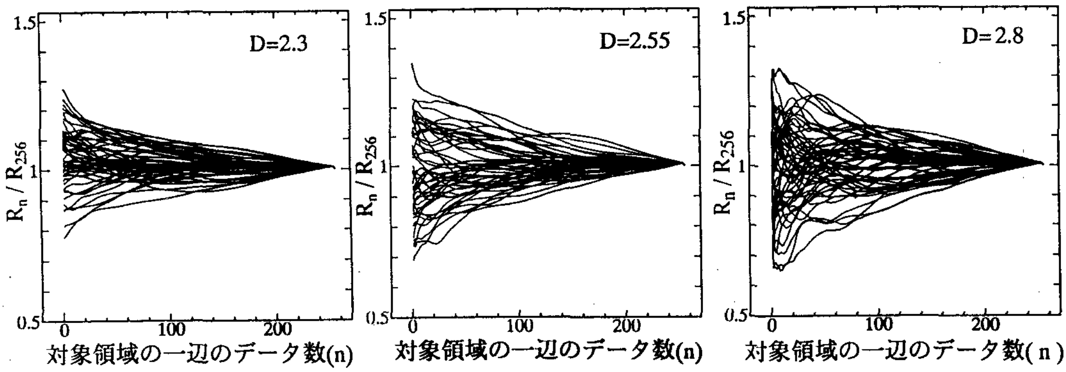


図4 対象領域を変化させた時の流域平均降雨量の最大対象領域の流域平均降雨量に対する誤差
(R_n:各対象領域の流域平均降雨量, R_{256}最大対象領域の流域平均降雨量)

図4は降雨ﾓﾃﾞﾙの全領域から求まる流域平均降雨量を基準にし、対象領域の大きさを変えた時の流域平均降雨量との誤差である。それぞれのｸﾞﾗﾌにおいて、誤差のとる範囲が異なることが分かる。最小対象領域との比較において、D=2.8では約±32%、D=2.55では±26%、D=2.3では±20%の誤差幅を取ることが分かった。よって、最大対象領域の流域平均雨量に対しての対象領域を変化させたときの流域平均降雨量との誤差はﾌﾗｸﾀﾙ次元が高いほど大きくなることが分かる。また、流域平均降雨量が大きくなるほどﾌﾗｸﾀﾙ次元が高くなることから、流域平均降雨量が高いと誤差範囲が大きくなる。 したがって、地上雨量計から算定される1m²程度の流域平均降雨量と5〜10km²といった数km²ﾚﾍﾞﾙの広領域における流域平均降雨量の誤差は、その流域の降雨分布の分布特性であるﾌﾗｸﾀﾙ次元に対応した誤差範囲(例えば、対象領域のﾌﾗｸﾀﾙ次元がH=2.55なら誤差範囲は±26%であると考える)をとる。

4. まとめ(1)降雨の空間分布はﾌﾗｸﾀﾙ集合であり、ﾌﾗｸﾀﾙ次元Dは、解析したﾃﾞｰﾀにおいて2.3<D<2.8であり平均値はD=2.55である。(2)流域平均降雨量の推定誤差はﾌﾗｸﾗﾙ次元D=2.3で、±20%、D=2.55で±25%、D=2.8で±33%とﾌﾗｸﾀﾙ次元の増加により誤差範囲も増加する。(3)流域平均降雨の増加に伴ってﾌﾗｸﾀﾙ次元も増加する。

謝辞.本研究は文部省科学研究費一般研究(c) (代表 山田正(中央大学))の補助を受けている。ここに記し感謝の意を表す。 参考文献.(1)H.-O.Peitgen/D.Saupe:The Science of Fractal Images,springer-verlag,1988.,(2)Lovery,S.and Ness,J.W.van:Fractal propaties of rain and a fractal model,Tellus 37A,pp.209-232,1968.,(3)菊地泰隆、鈴木敦、日比野忠史、山田正:降雨観測における観測面積と観測時間の与える影響第21回土木学会関東支部,pp.196-197,1994.