

アメダス雨量データを用いた解析 (関東甲信越地方の確率降雨量)

社会システム事業部 技術開発部 開発1課

鈴木史浩

1. はじめに

AMeDAS とは Automated Meteorological Data Acquisition System の略で、1974年から気象庁によって全国展開された自動気象観測システムである。

観測点は全国に約 1300 地点以上あり、平均 300km² に 1 地点の割合で設置されている。雨量は全ての観測点で毎時観測されており、そのうち約 840 ヶ所の観測点では、風向風速、気温、日照時間も観測されている。また積雪の多い地方では積雪の深さも測定される。これらのデータは毎時自動的に東京大手町にあるセンターに集められ気象予報、警報などに利用されている。

現在、過去の観測結果は(財)気象業務支援センターを通じて入手することが可能である。アメダスデータの長所としては、以下の様な点があげられる。

- 全国に観測点が分布している
- 各観測点の各観測要素について 1 時間毎のデータが得られる
- CD-ROM にまとめられており、同一フォーマットで収録されているためコンピュータによる処理が容易

今回はこのように有益な気象情報であるアメダスデータを用いた解析の一つとして確率降雨量の計算を行った。

2. 河川計画と確率降雨

今年の 7 月から 9 月にかけて日本各地で豪雨による被害が多数発生した。

短時間の豪雨による都市型の洪水で下水道の排水量の限界を越え市街地に浸水が起こった例や、台風や前線に伴う集中豪雨により土砂崩れや堤防決壊等が起こった。わが国では毎年、降雨に関係する災害が頻繁に起きており、この対策は非常に重要である。

一般に自然災害対策を立てる上で必要なものとして短期的な予測もしくは速報と長期的な予測が考えられる。前者は AmeDAS や流量観測所等のリアルタイム観測より予測される雨量や河川の流量から洪水の発生を察知し、警報や注意報の発令、ダムのコントロール、住民避難などに生かされるものであり、後者は過去の観測データから起こりうる降雨の規模を推定し、河川計画等に生かされるものである。この場合には対象データの年最大値などの極値を扱う事が多い。

確率降雨量は長期的な河川計画をたてる上で最も基本的なデータの一つである。確率降雨量は L 年 k 時間確率降雨量などと表現される。ここで k は降雨継続時間を表し、L は確率年を表している。簡単に言えば確率的に見て L 年に一回程度起こる k 時間雨量の事を L 年 k 時間確率降雨量という。

計画対象河川の規模により重要となる計画降雨の降雨継続時間は異なる。これらは流域の大きさ、洪水の継続時間、降雨の原因等によって検討される。一般に大河川においては24から48時間程度の継続時間を考える。

3. 解析手法について

確率降雨量を求めるにはその地点の過去の観測データを元に降雨の確率密度関数を求める。これは普通、降雨継続時間によって異なる。

今回、確率密度関数の推定法として、確率水文学の推定に広く利用されている岩井法を用いた。岩井法の特徴は、確率分布形に下限値 b を持つ対数正規分布(図1)を仮定し、この下限値 b を観測データから推定する事にある。

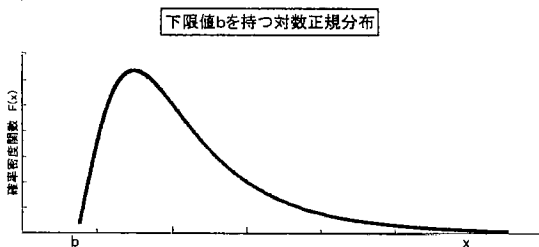


図1 下限値 b を持つ対数正規分布

岩井法による確率密度関数の計算法及び確率降雨量の計算は Appendix1 を参照していただきたい。確率密度関数が得られれば、対象降雨量の値まで積分する事で非超過確率が計算できるので、

その降雨の確率年を計算する事ができる。

4. 解析結果

今回の解析では確率分布を計算するためのデータとして1976年から1995年までのアメダスデータを用い、1996年から1998年の最近3年間に起こった最大降雨量がどの程度の確率値を持つのか計算する。対象地点は関東、甲信越地方でデータの欠損等が少ない125点を対象とし、降雨継続時間は1時間と1日(24時間)を対象とした。

各観測地点の日雨量と1時間雨量の1996～1998年における最大値を図2、図3に表す。また、それぞれの確率年の分布を図4、図5に表す。

これらの図をみると、ほとんどの地点では過去3年の最大降雨は50年確率降雨量以下である事がわかる。

全地点中で確率年が200年以上となっているのは1時間降雨では6地点、日降雨では3地点である。特に那須では1998年8月27日に日雨量の確率年が約2万年と非常に大きくなっている。この8月末の豪雨は福島県、栃木県等の多数の中小河川が越水・決壊の被害及び、JR上越線の不通、橋梁の流出による道路の分断等を引き起こし、茨城県那珂川流域では、水戸市39,400人、ひたちなか市1,616人、郡山市180世帯に対し、災害対策基本法に基づき避難指示が出されている。表1に確率年

表1 最大雨量の確率年が100年以上を越えた地点と主な災害

観測地点	日時	降雨量	確率年	被災状況
那須(栃木県)	1998/8/27	607mm/day	23797	堤防決壊、橋梁流出等
館山(千葉県)	1996/9/22	314mm/day	94786	河川氾濫、家屋浸水、死者12名
黒原(千葉県)	1996/9/22	365mm/day	127	同上
前橋(群馬県)	1996/9/11	102mm/hour	442	浸水家屋140棟

出典) 建設省ホームページ、気象年鑑

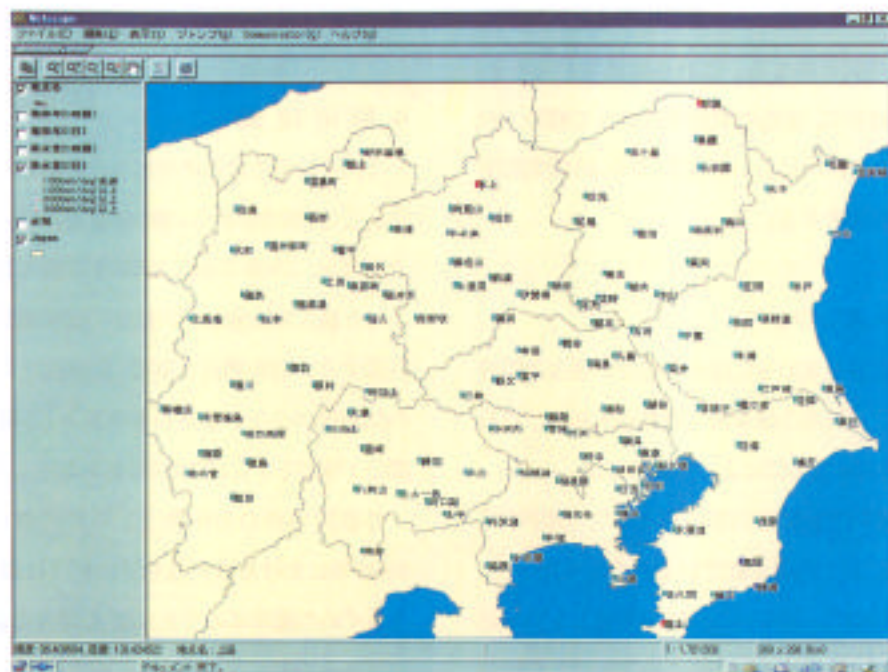


図2 1996~1998年 最大日降雨量

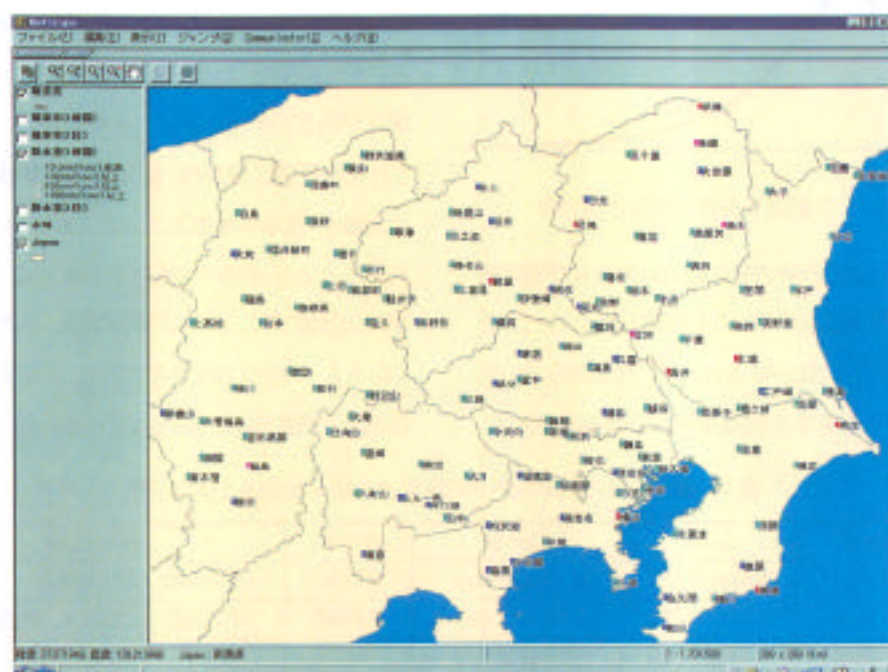


図3 1996~1998年 最大1時間降雨量

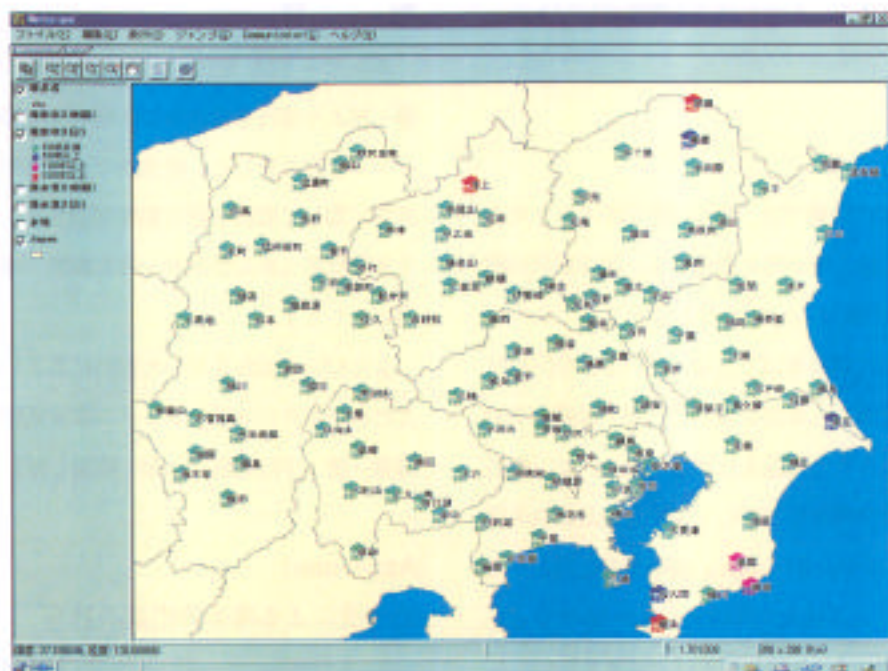


図4 1996～1998年 最大日降雨量の確率年

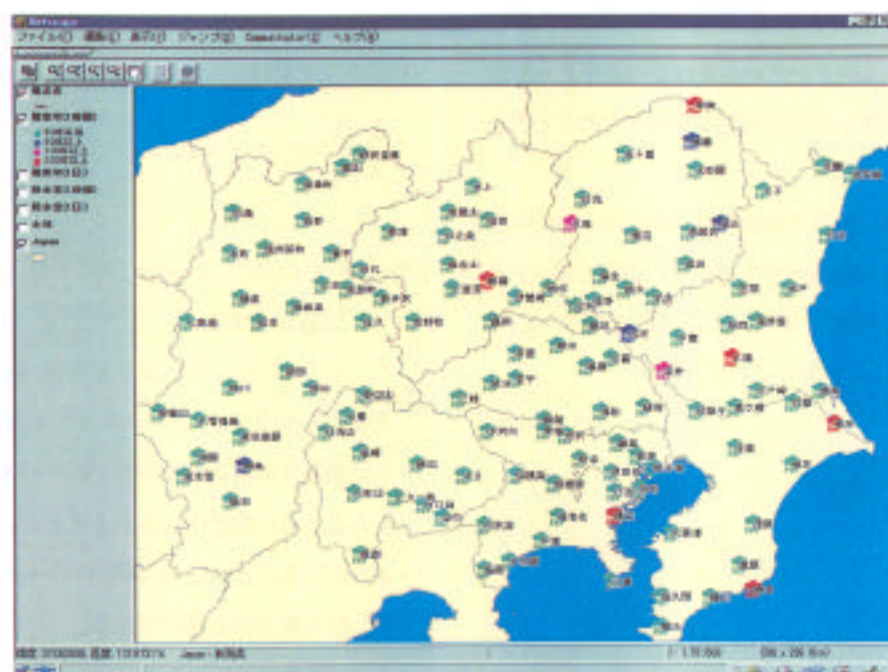


図5 1996～1998年 最大1時間降雨量の確率年

が非常に大きかった主な地点と災害の状況をまとめた。

5. ま と め

実際の河川計画では、河川の重要度により考えるべき降雨量の確率年は変化する。建設省河川砂防技術基準(案)によれば、最も重要な河川については基本的に200年以上となっている。今回の計算結果では過去3年間に於いて日最大雨量が200年確率雨量を大幅に越えた地点が見られた。解析結果からは確率年で判断して豪雨と判断される降雨と水害の対応が見られた。確率年値に関しては計算するための過去の降雨データが20年分とまだ少ない事から、必ずしも正確とは言えない。しかしアメダスデータは今後も蓄積されつづけるため、より多くのデータを用いて正確な確率降雨量を計算する事が可能になると考えられる。

アメダスデータは、観測地点数の多さ、入手の容易さ、全てがデジタル化されている事から解析に利用しやすい非常に有用なデータであると考えられる。

なお今回の結果の表示には AutoDesk 社の GIS 製品である MapGuide を用いた。結果表示システムと MapGuide 製品の詳細については Appendix2 を参照していただきたい。

謝 辞

本レポートは、建設省 土木研究所 水文研究室 様より委託を受けました確率降雨解析業務がヒントとなりました。岩井法による確率降雨量の計算に関して業務を通じ御指導頂きました建設省 土木研究所 水文研究室 鈴木俊朗 様に深く感謝いたします。

また MapGuide を用いた解析結果表示に協力いただきました当社社会システム事業部技術開発部 開発一課 宇江昭浩氏に深く感謝いたします。

Appendix 1

岩井法による確率降雨量の計算

今、生起確率が年一回のデータ、例えば年最大 k 時間雨量について考える。

ここで n 年分の年最大 k 時間雨量 x_i ($i = 1 \sim n$) があるとすると、その総データ数は n 個である。

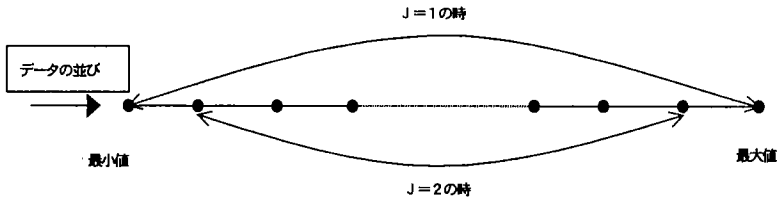
(1) X_i を常用対数化し、仮の平均値 x'_0 を求める

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_{10} x_i = \log_{10} x'_0$$

(2) x'_0 と 2 つのデータを含むデータセットを用いて下限値 b_j を求める。

ここで J がこのように決まるのは、確率降雨量等を求める場合は、データの中でも最大値もしくは最小値の付近約 10 パーセント程度の範囲に入るものが重要となるからである。J をこのようにとることにより、両端のデータの値を反映した b_j 値を得る事ができる。

$$b_j = \frac{x_0'^2 - x_{sj} \cdot x_{tj}}{2x_0 - (x_{sj} + x_{tj})} \quad J = 1 \sim J, J \cong \frac{n}{10}, \text{整数}$$



(ここで x_{ij} はデータの最小値から j 番目のデータ値, x_{kj} はデータの最大値から j 番目のデータ値)

(3) b_j の平均値をとり下限値 b とする。

$$b = \frac{1}{j} \sum_{i=1}^j b_i$$

(4)(3) で計算した下限値 b を用いて, 真の平均値 x_0 を求める。

$$\log_{10}(x_0 - b) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log_{10}(x_i - b)$$

この式から x_0 を求められる。

(5) 分散 σ'^2 を求める。

$$\sigma'^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left\{ \log_{10} \left(\frac{x_i - b}{x_0 - b} \right) \right\}^2$$

(6) 下限値付き対数正規分布の式を求める。

分散と平均値が分かったので, 対数正規分布に従っているとして各確率年ごとの降雨量を求める。

確率年を L 年とすると, $1/L$ の非超過確率となる降雨量を求めればよい。

$1/L$ の非超過確率の降雨量とは L 年に一回その大きさ以上の降雨量が発生することが期待されるということである。

(7) 正規分布に関する表から非超過確率が $1/L$ となる U を求める。

ここに U は, 対数正規分布が平均 0, 分散 1 となるように変換された変数である。

(8) 上で求められた U から, 下の関係式を用いて実際の k 降雨継続時間 L 年確率降雨量 P_{kl} をもとめる。

$$U = \frac{\log_{10}(P_{kl} - b) - \log_{10}(x_0 - b)}{\sigma''}$$

σ'' : 標準偏差

* $U, x_0, b, \sigma'' (= \sqrt{\sigma'^2})$ 既知であるので P_{kl} を求めることができる。

(9) 確率密度関数 $f(x)$ は以下のようになる。

$$f(x) = \frac{\log_{10} e}{(x-b)} \cdot \frac{1}{2\pi\sigma''} e^{-u'^2/2}$$

ここで

$$u' = \frac{\log_{10}(x-b) - \log_{10}(x_0-b)}{\sigma''}$$

Appendix 2

Autodesk MapGuide について

Autodesk MapGuide は, Web 上にベクタ/ラスタ地図をベースとした GIS アプリケーションを迅速に構築し, 効率的に維持管理できる, 強力なソリューションである。

今回は, 解析結果のアメダスデータを観測点単

位で空間的な位置情報とともにRDBで管理し、ベクトル地図との連携をとった。降雨量、確率年等、分析のテーマ毎にレイヤを構成しているため、これらの表示のON/OFFや重ねあわせは容易である。観測点を選択することで、より詳細な情報を参照することもできる。このように解析結果を地図上にマッピングすることで、空間的・地域的な傾向が一目瞭然となり、より高度で効率的な分析検討が可能である。また、他の関連情報を重ねあわせることも容易であり、多様な方向からの分析も可能となる。

またデータの更新や登録処理が容易なため、データが毎年追加されていくような処理を行うのに非常に強力なツールである。

そのほか環境分野へのWeb-GISの利用としては、環境に係る種々の設備管理への導入や、植生図・生息図等の環境マップの構築はもちろんのこと、例えば、海域・河川・陸域等のシミュレーション結果を即座に地図へ反映させ、多方面の人々に迅速に提供することで的確な意思決定を支援するなど考えられる。

以下にAutodesk MapGuideの概要を示す。

(1)特長

- Web-GISのために一から設計された製品
既存のGIS製品は、スタンドアロン版をベースにWeb向けの製品化を行っているため、アプリケーション開発効率、システムの操作性、性能等、多くの面で真のWeb-GIS製品としてのパフォーマンスを発揮できていない。

(2)MapGuideのコンポーネント

①Autodesk MapGuide Viewer

地図を見るためのWebブラウザのプラグイン。Autodesk社のWebサイトから無償でダウンロードできる。MapGuide Serverが配信する地図情報の表示や検索を行う。

- Windows95/98/NTブラウザ用プラグイン
- Netscape, Internet Explorerの対応(Java, JavaScript, Html, ActiveXのサポート)
- 豊富な地図操作機能と700以上の豊富なAPIの公開
- Web-GIS向け最適化の例
 - ビューワに表示する必要最小限の地図情報をダウンロード
 - 地図キャッシュ機能による高速化

②Autodesk MapGuide Author

Web向け地図情報を作成するためのオーサリングツール。

- Windows95/98/NT対応
- WYSIWYGで地図編集(Viewerと全く同じ地図表示のため効率的にオーサリング可能)
- データベースで管理している地図情報の取り込み、連携
- 既存地図資産(図面等)の有効活用(AutoCAD Mapとの強力な連携)
- レイヤー単位(ベクタ/ラスタ)のセキュリティ設定
- イン트라ネット/インターネットを通したリモートオーサリングが可能
- Web-GIS向けの最適化の例
 - 縮尺に応じてレイヤの表示/非表示
 - ネットワークバンド幅の有効活用

③ Autodesk MapGuide Server

Webサーバと連動してMapGuide Authorで作成したWeb向け地図データを配信するサーバ。

- WindowsNT環境で稼働
- Microsoft及びNetscape Webサーバサポート、CGI, NSAPI, ISAPI対応
- Server Administrator機能(Server起動・停止, ユーザ管理, アクセスログ記録など)
- Web-GIS向け機能の例
 - Web上のデータベース検索・登録・更新とGISの強力な連携
(Allaire's COLD FUSIONをバンドル)
 - リクエストブローカによる高度なクリアリング機能
 - レイヤ単位で分散サーバ運用が可能

(3)デモストレーションサイト

<http://www.2apptec.co.jp/>

参考文献

1. 「アメダスデータを用いた確率降雨量分布図の作成」; 鈴木俊朗, 寺川陽, 土木技術資料38-12, 1996, 編集 建設省土木研究所, 発行 財団法人 土木研究センター
2. 「気象の事典 平凡社版」; 平凡社
3. 「水質データの統計的解析」; 岩井重久編 森北出版株式会社
4. 「応用水文統計学」; 岩井重久, 石黒政儀共著 森北出版株式会社
5. 「河川工学」; 高橋裕著 東京大学出版会
6. 「建設省河川防犯技術基準(案)」; 建設省河川局監修 日本河川協会編
7. 建設省ホームページ(<http://www.moc.go.jp/index-j.html>)
8. 気象年鑑 1997, 1998; 気象庁監修 日本気象協会編

