

A M e D A S による等危険度線マップの作成

Regional Analysis on Parameters of Equi-Risk Lines using AMeDAS

近畿大学理工学部 江 藤 剛 治
近畿大学理工学部 中 西 祐 啓
近畿大学大学院 池 田 吉 隆

1. はじめに

著者らは以前、所与の治水安全度を確保するのに必要な排水施設の容量と貯留施設の容量との関係を表わす曲線（等危険度線）の式を理論的に導いた¹⁾。また、大阪の時間雨量資料を用いて標準等危険度線の作成手法、利用方法について提示し、等危険度線の理論が有効に、かつ簡便に使用できることを示した²⁾。

等危険度線の式は、3つのパラメーターのみで表わされる。全国の雨量資料に適用し、これらのパラメーターを等高線で表示しておけば（等危険度線マップ）、1地点のみならず全国各地における治水計画において、さらに有効かつ簡便に利用できると考えられる。

等危険度線を求めるには、連続した時間雨量資料が必要である。気象庁によりAMeDASが運用されはじめて約10年になる。この雨量資料を用いて各観測地点の等危険度線に必要なパラメーターを求め、これを等高線で表示する。

2. AMeDAS資料

AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System, 地域気象観測システム) は、雨・雪・風などの気象状況を地域的に細かく監視し、気象災害を防止・軽減するために開発され、1974年11月1日より観測が開始された。

現在降水量の観測所は、全国1317地点に設置されており、全国平均で約17kmメッシュ（約300km²）に1つの割合で観測所が設置されていることになる。このうち839地点では風向・風速、気温、日照も観測しており、177地点では積雪深も観測している。

これらの観測所は、気象官署を除きほとんど無人で作動しており、毎正時（00分）になると各観測所から東京の地域気象観測センターに電話回線を通して前1時間のデータが送られる。データはセンターの電子計算機によって誤りの有無などの品質管理のチェックを受ける。その後用途別に編集され、各気象官署や部外ユーザー等に配信される。契約すれば、電話回線を通じて即時データの配信を受けることも可能である。

（以上参考文献4）より抜粋、観測所数は参考文献5）による）

我々が利用したいのは時々刻々の資料ではなく、すでに観測された連続した水文量資料である。1976年以降の資料であれば日本気象協会を通じて入手することができる。磁気テープが媒体として用いられており、必要な資料をピック・アップ、また標準IBMフォーマット等希望のフォーマットでコピーしてもらうことができる。

表-1 入手したAMeDAS雨量資料

	file1	file2	file3
MT 1	1976年	1977年	1978年
MT 2	1979年	1980年	1981年
MT 3	1982年	1983年	1984年
MT 4	1985年	=====	=====

1976年～1985年の10年間のAMeDASの雨量資料を入手した。表-1に示すように、4本の磁気テープに分れており、1年分ずつの資料が1セットになって1ファイルに入っている。ファイル内には、月別に観測所番号の若いほうから順番にデータが並んでいる。資料解析を行うため、地点ごとに整理しなおして使用する。1レコー

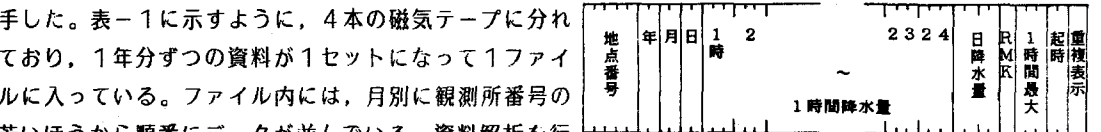


図-1 AMeDAS雨量資料のフォーマット

ドは図-1に示すようなフォーマットになっている。AMeDASの観測所は5桁の数字(観測所番号)で表わされており、上位2桁は都、府、県、支庁(北海道・沖縄)を表わし、下位の3桁はある基準に基づいて決められている⁵⁾。それに引き続いて西暦年の下2桁・月・日・雨量資料と並んでいる。欠測の場合には「999」という数字が記録され、RMK欄に「1(一部欠測)」、8(1日全て欠測)」の数値が入る。

治水問題を対象として雨量資料の解析を行うという観点から、少なくとも10年間分の資料は必要であると考えられる。1976年の資料を調べてみると、ほとんどの地点で観測が開始されている。しかし冬期には、欠測という表示もなく、資料のまったく存在しない地点が多く見られる。欠測の記録も資料とみなして、

1976年に年間を通じて資料の整っている地点は、420地点(全観測点数の約1/3)でしかない。すなわち10年間の全資料を用いて解析を行うことのできる地点は、多くても420地点ということになる。資料の存在しない地点は北海道や東北などの寒冷地に偏っている。また実際に資料を調べると、常識的には考えられないような大きな値が入っている場合などもあって、この状態のままただちに全国を対象とした等危険度線マップを描くことには問題が多いと考えられる。よって本論文では、1976年～1985年までの10年間の資料の整っている地点が比較的多く、問題のある結果がでた場合に、著者らの直感的な判断のはたらく近畿圏(滋賀・京都・大阪・兵庫・奈良・和歌山)46観測所における資料を解析し、等危険度線マップを作成する。ここで発生した問題点に対して考察を行い、全国を対象とした等危険度線マップを作成するための1ステップとする。

3. 等危険度線の概要

3.1 標準等危険度線²⁾

都市河川においては、比較的小さな流域内に多くの治水施設と多くの洪水防衛地点がある。各治水施設の計画の都度、あるいは防衛地点ごとに等危険度線を描くことは面倒である。よって1流域について時間雨量に対する等危険度線の式を1つだけ求めておき、これに適当な係数を乗じて任意の地点の治水効果の評価、施設規模の決定に利用することができればたいへん実用的なものとなる。

都市河川における洪水到達時間は数10分ないし2～3時間である。また流出率は流出の全期間を通じて不浸透面積率にほぼ等しい。よって時間単位で見れば、ハイエトグラフとハイドログラフの相似性は高い。したがって、時間雨量ハイエトグラフをそのまよういて等危険度線を描き(標準等危険度線)、それを流量単位に変換すればよい。雨量換算排水容量、雨量換算貯留容量をそれぞれ y_{or} (mm/h単位)、 z_{or} (mm単位)とすると、標準等危険度線の式は次式となる。

$$\frac{Z_{or}}{Z_{or}^0} = \left(\frac{y_{or}^0 - y_{or}}{y_{or}^0} \right)^S \quad \dots\dots\dots (1)$$

もとの容量 y_0 (mm/h単位)、 z_0 (mm単位)に変換するには次式を用いればよい。

$$y_0 = \frac{1}{3.6} f_p A i_s y_{or} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$z_0 = 1000 f A z_{or} \quad \dots\dots\dots (3)$$

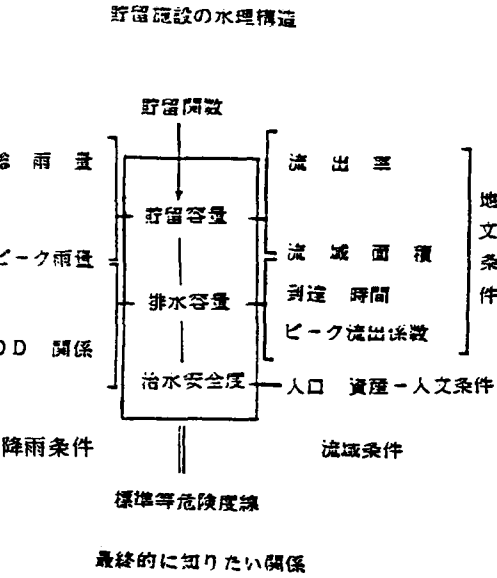


図-2 標準等危険度線の概念的説明図

式(2)は合理式である。式(3)は雨量に流出係数を乗じたものを、貯留量に換算したものである。ここに、 A は流域面積(km^2)、 f は流出率、 f_p はピーク流出係数、 i_s はDD関係から決まる補正係数である。たとえば洪水到達時間が短いほど設計降雨強度は大きくとる必要がある。洪水到達時間がちょうど1時間のとき $i_s = 1$ であり、1時間より短いとき i_s は1以上、大きいとき1以下の値となる。

y_{or} 、 z_{or} も、式(2)、(3)で流量単位に変換することができる。

標準等危険度線の考え方を簡単に図示したものが図-2である。降雨特性の内、治水計画に強く影響する性質は、ピーク雨量、降雨継続時間およびDD関係に集約されていると考えている。

3. 2 標準等危険度線の補正²⁾

1時間雨量資料は1時間の平均的な雨量を表わしている。正時間での1時間雨量のピーク値と任意時間で最大となる1時間雨量(以後60分雨量と呼ぶ)では、任意時間の方が大きくなる。等危険度線の理論は60分雨量を想定している。AMEDASの雨量資料は正時間の時間雨量であるから、これを60分雨量に換算する必要がある。

このことより、1時間ピーク雨量と60分ピーク雨量との平均的な比率を求めておき、ピーク雨量を評価するとき、1時間雨量資料を使って求めた確率雨量にこの係数を乗じて実際のピーク雨量に変換する必要がある。すなわち、等危険度線図上では、ピーク雨量の軸である y_{or} 軸をこの係数分だけ引き伸ばす。この引き伸ばし率は大阪の雨量では約14%になった。その他の地点については、60分雨量を入手していないので、今回はこの補正は行っていない。

また、標準等危険度線を利用するには、式(2)中の i_s を求めておく必要がある。 i_s は得られた色々な時間単位の確率降雨強度を1時間降雨強度で割ったものである。このように基準化すると、どの確率に対する i_s の値も、ほぼ一定値と見なすことができる。これを基準化降雨強度曲線と呼ぶ。

3. 3 パラメータの推定法²⁾

式(1)中の s の値は貯留施設の放流方式によって異なる。一定量放流の場合理論的に s の値は約3となる。しかし実際の雨量資料を用いた場合の値の理論値との偏差はどの程度なのかを確認しておく必要がある。詳しい推定法は参考文献2)に書いているが、実資料から s の値を求める方法についてのみ簡単に示す。

① 雨量換算排水施設容量 y_{or} を仮定する。

② 各一雨について必要な貯留容量を求め、その年最大値系列を作成する。これに平方根指数型最大値分布をあてはめ、所与の治水安全度に対応する z_{or} を求める。

③ y_{or} を変えて、 z_{or} を求める。そうすると、仮定した y_{or} の数だけ(y_{or} 、 z_{or})の組み合わせが得られる。これらより、最小自乗法を用いて、 s の値を決定する。

式(1)の両辺の対数をとれば、 s は単に直線の勾配を表すパラメーターとなり簡単に求めることができる。しかし値がばらついていると、両対数紙上ではうまく近似できたとしても、もとの座標系にプロットしてみるとずれて現われる場合がある。したがってここでは、対数をとった場合と、もとの座標系のまま最小自乗法を用いた場合の両方で s の値を求めることにする。

1年以内に仮定した排水容量 y_{or} より大きな時間雨量が無ければ、その年の必要貯留容量は0になる。10年間の内1年でもそのような年があると、それを考慮した統計解析が必要となる。参考文献2)ではその方法を示している。良い方法であるとも言いがたいので、ここでは必要貯留容量が0になる年がでてきたときには、資料数は少なくなるが、それより大きい y_{or} に対する計算は行わないで s の値を推定することにした。

4. 近畿圏の等危険度線マップ

前述の手順により、標準等危険度線のパラメーター(y_{or} 、 z_{or} 、 s)の値を推定した。

図-3に s を推定するための図を示す。紙数の関係で、平均再帰間隔 $T = 5$ 年、観測点番号の若い方から順に10番おきにピックアップ・アップしたものだけを示している。黒丸は、実測の資料から得られた雨量換算排

水容量と貯留容量の関係を示している。実線は式(1)のまま最小自乗法を用いて s の値を推定(s_0 で表わす)して描いた曲線で、破線は式(1)の両辺の対数を取り(図中右上) s の値を推定(s_L で表わす)したものである。表-2に48観測点で求めた s の値の統計量を示す。また、図-4~7に平均再帰間隔 $T=5$ 年の各パラメーターを等高線表示したものを示す。

図-3より次のことが解る。

- ① s_L の値はすべての観測点で s_0 に比べてやや小さくなっており、座標上ではやや上に描かれている。
- ② ほとんどの地点で、推定した s の値を用いて描いた等危険度線と実資料から得られた等危険度の点とはかなりうまく一致している。大きくはずれる観測点(田辺、御坊)の図で最大の差を見ると、 y_{or} 方向で2~3 mm/h程度、 z_{or} 方向で10mm程度である。逆に郡家では s_0 と s_L の値はほとんど同じであり、実測の資料によるプロットともよく一致している。

実資料によりプロットした点は以下のような一定の傾向が見られる。

- ③ 対数座標を見ると、ほとんどの地点で下に凸の形になっている。
- ④ もとの座標系では、 s を推定して描いた曲線より、 y_{or} が小さいときには小さな値をとり、 y_{or} が大きときには大きな値をとっている。

表-2より次のことが解る。

- ① s_0 と s_L の差は、平均値で見ると0.4程度である。
- ② 平均再帰間隔 $T=5$ の時に s_0 の値は2.51(2.25)~4.81(4.22)の間に分布しており、平均値は3.49(3.09)となっている(カッコ内は s_L)。
- ③ 平均再帰間隔別に見ると平均値で $T=10$ の時の方が s の値は大きくなっている。これは参考文献6)で行ったシミュレーションの結果と同じである。

図-4、5より次のことが解る。

- ① 兵庫の山沿いと京都から琵琶湖の東側にかけて s の値は4程度と大きくなっている。
- ② 南紀・若狭付近では s の値は3~4程度である。
- ③ 大阪周辺は2.5~3となっており、全体に比べれば小さな値になっている。

図-6、7より次のことが解る。

- ① ピーク雨量は、南紀~鈴鹿山脈にかけて45~50 mm/h、総雨量は140~180 mmとなっており、大きな雨が降りやすいことを示している。
- ② 大阪周辺と日本海側ではピーク雨量で20~40 mm/h程度、総雨量で100mm程度と比較的小さな値になっている。

5. まとめ

以上より次のようなことが結論できる。

- ① 等危険度線の理論によると s の値は3~3.2になる¹⁾²⁾。実測値から推定した値(ただし s_0)の平均値は3.5程度となっており、理論よりやや大きい、ほぼうまく一致している。
- ② 実資料から作った等危険度線には下に凸という、現在の等危険度線の式では表現できない一定の傾向が現れている。これは60分雨量と1時間雨量の差の補正²⁾をしていないことが原因の1つである。しかしこの補正を行ってもこの傾向は残るものと考えられる。ただし、標準等危険度線の式は、雨量換算排水容量 y_{or} と貯留容量 z_{or} の関係を大局的にとらえるためのものであり、実用上はこの問題もそれ程大きな問題にはならないと考えている。

以上より、計画段階では $s=3$ の値を用いれば、ほとんどの地点で安全側の計画になる。最終的に描いた近畿圏の等危険度線マップは、一般的な気候区分とほぼ一致しているようである。全国における等危険度線マップを作成すれば、都市河川における治水計画に有効に利用できる。

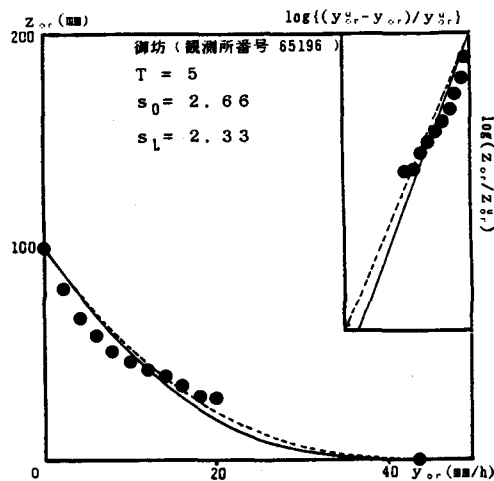
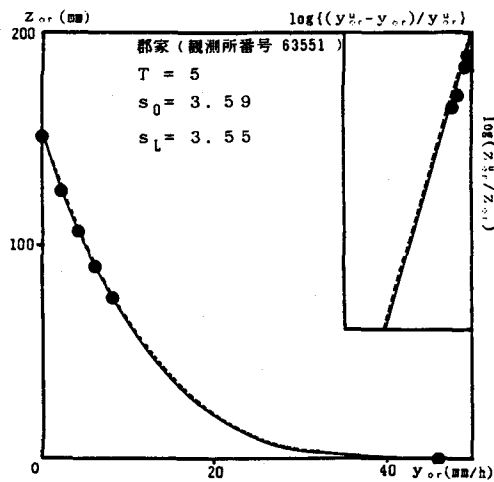
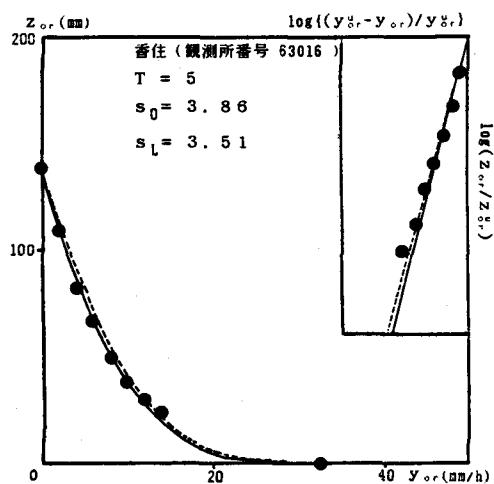
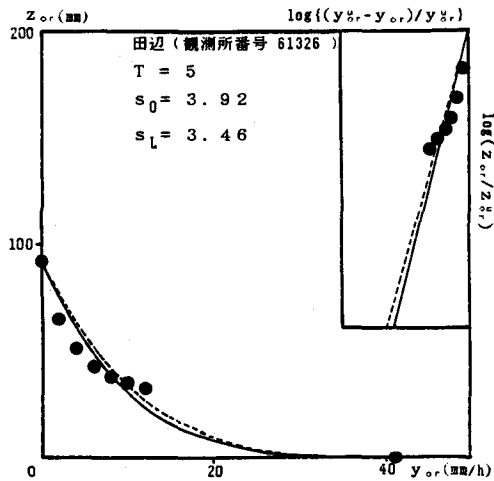
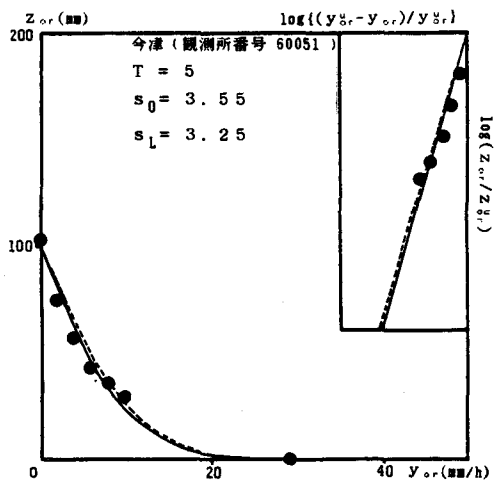


表-2 sの統計量

平均再帰間隔		5 年	10 年
平均値	s_0	3.49	3.86
	s_L	3.09	3.44
標準偏差	s_0	0.51	0.67
	s_L	0.44	0.55
最大値	s_0	4.81	5.79
	s_L	4.22	4.78
最小値	s_0	2.51	2.59
	s_L	2.25	2.45

図-3 パラメーターsの推定

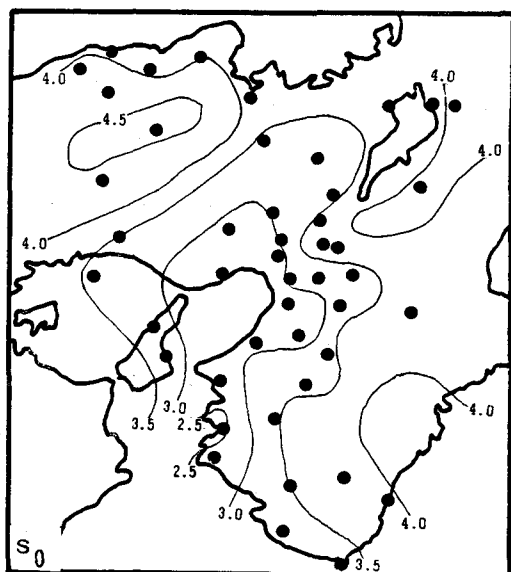


図-4 等危険度線マップ (S_0 , $T=5$)

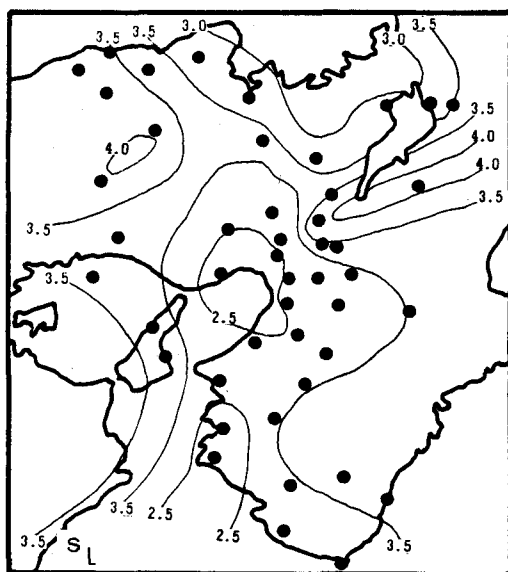


図-5 等危険度線マップ (S_L , $T=5$)

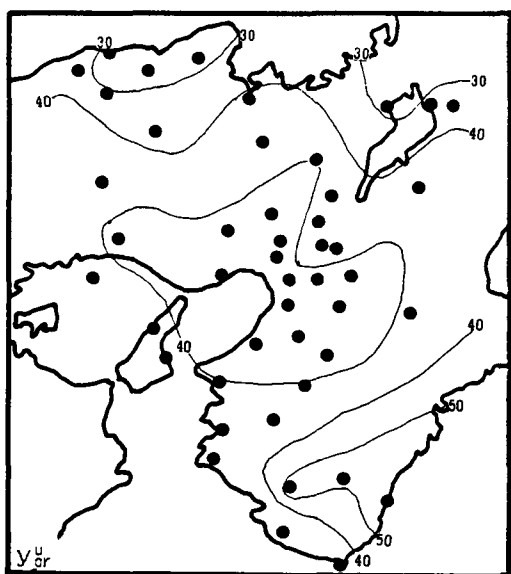


図-6 等危険度線マップ (Y_{or}^u , $T=5$)

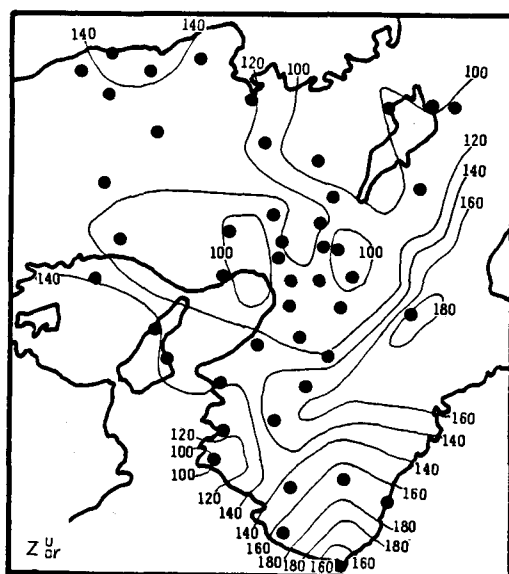


図-7 等危険度線マップ (Z_{or}^u , $T=5$)

(参考文献)

- 1) 江藤剛治・室田 明：一雨降雨の1確率模型，土木学会論文集，第 345号，pp.101-109，1984.5.
- 2) 室田 明・江藤剛治・中西祐啓：標準等危険度線による都市河川の治水安全度評価，土木学会論文集，第 369号，pp.155-164，1986.5.
- 3) 江藤剛治・室田 明・米谷恒春・木下武雄：大雨の頻度，土木学会論文集，第 369号，pp.165-174，1986.5.
- 4) 北 健：AMeDASの話，地理，vol.30，pp.170-173，1985.3.
- 5) 気象庁：地域気象観測システム 観測所一覧表
- 6) 江藤剛治・室田 明・柳本速雄：貯留施設と排水施設を併用した高水計画の安全性，第28回水理講演会論文集，pp.359-367，1984.2.