

気象庁が提供する大雨・洪水警報の危険度分布

太田琢磨（気象庁予報部予報課気象防災推進室）

1. はじめに

気象庁では、平成 29 年（2017 年）7 月 4 日から、「大雨警報（浸水害）の危険度分布」「洪水警報の危険度分布」の提供を開始した。従来から提供している「土砂災害警戒判定メッシュ情報」とともに、これらの危険度分布情報は、雨による災害発生リスクの高まりを評価する技術として、近年、気象庁が重点的に開発を進めてきたものである。

危険度分布の柱となる技術は主に 2 つある。1 つは気象レーダーや雨量計などの雨量観測データから作成される解析雨量・降水短時間予報をもとに災害危険度を定量化する技術（指数化）である。具体的には、土砂災害の危険度指標として土壌雨量指数（岡田，2002）、浸水害の危険度指標として表面雨量指数（太田・牧原，2015）洪水害の危険度指標として流域雨量指数（田中ほか，2008）という 3 つの指数がある。もう 1 つの柱となる技術は、過去災害に基づく災害発生リスクの高まりの評価である。気象庁では統計的手法に基づいて想定災害レベルに応じた基準をあらかじめ設定し、指数と比較することで災害

発生リスクの高まりを評価している。危険度分布は、それを地図上に色分けして表示したものである（図 1）。

本講義では、危険度分布の技術的背景となる「指数の計算原理」や「基準の設定方法」を解説するとともに、危険度分布の特徴や利用上の留意点について具体的事例を交えて説明する。

2. 指数の計算原理

2.1 タンクモデル

3 つの指数のベースとなっているのは、流出モデルの 1 つである「タンクモデル」である。

タンクモデルは、流域を何段かのタンクに置き換え（3 段か 4 段のタンクを鉛直方向に直列に並べる例が多い）、タンクに 1~2 個の横穴と 1 個の底穴をも設けて、横穴からの流出を河川流出に、底穴からの流出をより深層への浸透になぞらえたモデルである。タンク内の水位の総和を土壌雨量指数、横穴からの流出量を表面雨量指数、それを河川に沿って流下・合流させたものが流域雨量指数となる（図 2）。

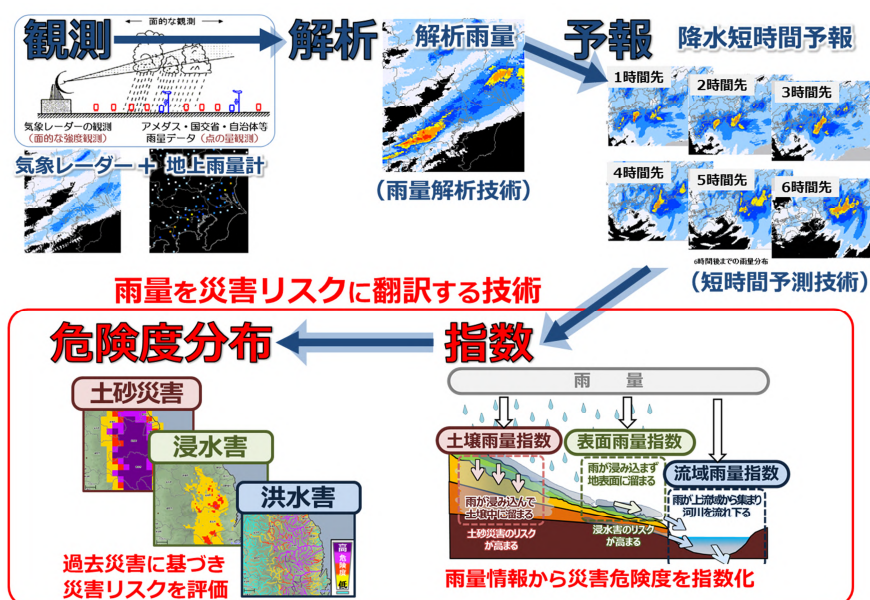


図 1 危険度分布を構成する技術

気象レーダーや雨量計による観測から始まり、雨量の解析予報、災害危険度の指数化、過去災害によるリスク評価等、様々な技術に基づいて危険度分布が作成される。

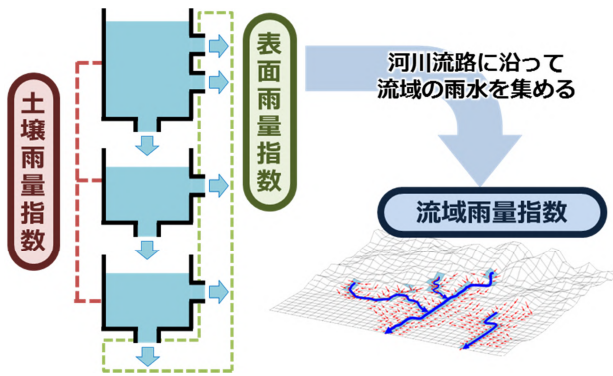


図2 タンクモデルと3つの指数

タンクモデルの導入により、単純な積算雨量（例えば24時間雨量など）や流域平均雨量では表現できない、地下の貯留・浸透に伴う流出の時間遅れや地質・土地利用といった災害発生の素因の違いを評価することが可能となり、災害発生のタイミングをよりの確に推定することができるようになった。

2.2 表面雨量指数

表面雨量指数は、タンクモデルによる流出量に地形補正係数を乗じて算出した浸水危険度を表す指標である。流出量は地面の被覆状態（アスファルトか否か）によって大きく変わるので、表面雨量指数では急速な河川流出を表現する都市用タンクモデルと地下への浸透が考慮される非都市用タンクモデルを土地利用に応じて使い分けている。一方、地形補正係数は、地形勾配が急であるほど降雨を速やかに下流に排出するという傾向を表すための係数である。

このように表面雨量指数は、土地利用や地形勾配といった浸水害に関連の深い素因の情報を計算処理に取り込んでいる。このため、大雨が降ったとしてもそれが山間部であるならば、非都市用タンクモデルによる浸透や地形補正の効果により、都市部と比べて相対的に表面雨量指数の値が小さくなるという特徴がある。

2.3 流域雨量指数

流域雨量指数は、国土数値情報に登録されている約21,000の河川を対象に、タンクモデルによる流出計算と水の流れの水理計算（マンニングの平均流速公式、連続の式）に基づいて算出した洪水危険度を表す指標である。最終的には、任意の地点で河川の流量に相当する量が得られるが、気象庁ではその平方根をとったものを流域雨量指数としている。

流域雨量指数は、1kmごとの地理パラメータ（地質・地形勾配・土地利用など）や降水分布を反映することができる分布定数系モデルに分類され、単なる流域平均雨量とは異なり、洪水の流下時間や河川の合流関係などを的確に表現することができる。このため、流域雨量指数は河川水位との相関が高いという特徴がある。

2.4 指数の予測精度

指数計算の入力に雨量予測値（降水短時間予報等）を与えることで指数の予測値を算出しているが、指数の予測精度は単純に雨量の予測精度に依存するわけではない。

短い予測時間の場合は、まだタンク内に過去に降った雨（解析雨量）が含まれているため、雨量の予測誤差を緩和する効果が生じる。したがって、指数の予測精度は、その時間スケール（短いほど解析雨量の寄与率が大きくなる）に応じて、雨量よりも予測精度が高くなるという特性がある。

流域雨量指数の場合は、このようなタンクの時間的積算効果に加え、流下にかかる時間（洪水到達時間）も反映されるため、解析雨量の寄与率はさらに高まる。また、流域内であれば、予想雨量の位置誤差もある程度吸収することができる（これらは流域面積が大きい河川ほど、その効果が大きい）。

3. 基準の設定方法

3.1 基準設定の考え方と作業の流れ

気象庁は、表面雨量指数や流域雨量指数などの災害との対応の良い指数（気象要素）の開発に取り組んでいるが、指数の大きさだけで災害発生に結びつくかを直接判断することはできない。指数による災害発生のおそれは、過去災害に基づいて設定した「基準」と比較して判断する必要がある。

基準値は、過去20年分以上の災害発生/非発生時の指数値を統計的に調査して設定する。指数の計算にインフラの整備状況は考慮されていないが、それら対策の効果は災害頻度や被害規模として現れるので、災害実績に基づき設定する基準値に、その効果が間接的に反映される（例えば、整備が進んでいる等の理由から過去に災害が発生していない地域では、基準値は高く設定される）。したがって、基準値の妥当性は定期的に確認・評価（1年に1回、最新の災害資料等を追加して、災害との関係を精査）

するとともに、必要に応じ、適切な基準値への見直しを行うことが重要となる。

3.2 コストロスモデル

過去 20 年以上の膨大な災害データを用いて、全国 1800 弱の市町村の基準を設定するにあたっては作業量もかなり膨大なものになることから、効率的・客観的な作業を行うために、基準設定にあたっては「コストロスモデル」の概念を導入している。

コストロスモデルは、被害に重みをつけて、発表コストとの兼ね合いで最適な基準値を定めるというもので、コストロス比の設定を調節することによって、警報基準のように災害捕捉を重視した基準を算出することができ、逆に空振りが少なくなることを重視した基準を算出することもできる。

3.3 基準設定方法

大雨警報（浸水害）の基準は、コストロスモデルに基づき、過去に発生した浸水害と表面雨量指数の関係を調査して設定する（表 1）。対象となる災害は、短時間強雨等により雨水の排水能力が追いつかず発生する住家浸水等であり、被害規模に応じて警報の

対象になるものと注意報の対象になるものとをそれぞれ分けて、基準値を設定している。

一方、洪水警報の基準は、災害の発生タイプに応じて 2 種類の基準を設定する（表 2）。外水氾濫に対応するものとして流域雨量指数基準、河川の水位が高いため周辺の水が排水できずに発生する内水氾濫に対応するものとして複合基準がある。ただし、洪水予報河川については、指定河川洪水予報により氾濫への警戒を呼びかけるので、流域雨量指数基準は設定していない。

なお、大雨・洪水警報の危険度分布の基準には、災害発生確度の高い（適中率を重視した）警報の一段上の基準（基準）も設けている。

4 危険度分布

4.1 危険度分布の概要

図 1 に示したように、危険度分布とは、雨量情報から災害危険度を「指数化」し、それを過去災害に基づく「基準」で判定して地図上に表示したものである。危険度分布の色は、3 つの基準を（色塗りなしも含め）5 つの色で塗り分けている（図 3）。

表 1 大雨警報（浸水害）の危険度分布の基準設定方法

基準	基準要素	基準設定手法
警報相当	表面雨量指数基準	（河川に起因しない）大雨による重大な浸水害を <u>高い確度で適中させる</u> ように市町村単位で設定。
	表面雨量指数基準	（河川に起因しない）大雨による重大な浸水害を <u>見逃さない</u> ように市町村単位で設定。
注意報相当	表面雨量指数基準	（河川に起因しない）大雨による浸水害（警報相当にまで至らない軽微なもの）を見逃さないように市町村単位で設定。

表 2 洪水警報の危険度分布の基準設定方法

基準	基準要素	基準設定手法
警報相当	流域雨量指数基準	河川流域で発生した外水氾濫に起因する重大な浸水害を <u>高い確度で適中させる</u> ように設定。（調査対象期間に災害が発生していない河川は、基準 と基準 の比が「災害発生ありの河川」と同程度になるように設定。）
	流域雨量指数基準	河川流域で発生した外水氾濫に起因する重大な浸水害を <u>見逃さない</u> ように設定。（調査対象期間に災害が発生していない河川は、「30年確率値」を設定。）
	複合基準 表面雨量指数 + 流域雨量指数	河川流域で発生した内水氾濫に起因する重大な浸水害を見逃さないように設定。（調査対象期間に災害が発生していない河川は、設定しない。）
注意報相当	流域雨量指数基準	河川流域で発生した外水氾濫に起因する浸水害（警報まで至らない軽微なもの）を見逃さないように設定。（調査対象期間に災害が発生していない河川は、基準 の 7～8割に設定。）
	複合基準 表面雨量指数 + 流域雨量指数	河川流域で発生した内水氾濫に起因する浸水害（警報まで至らない軽微なもの）を見逃さないように設定。（調査対象期間に災害が発生していない河川は、設定しない。）

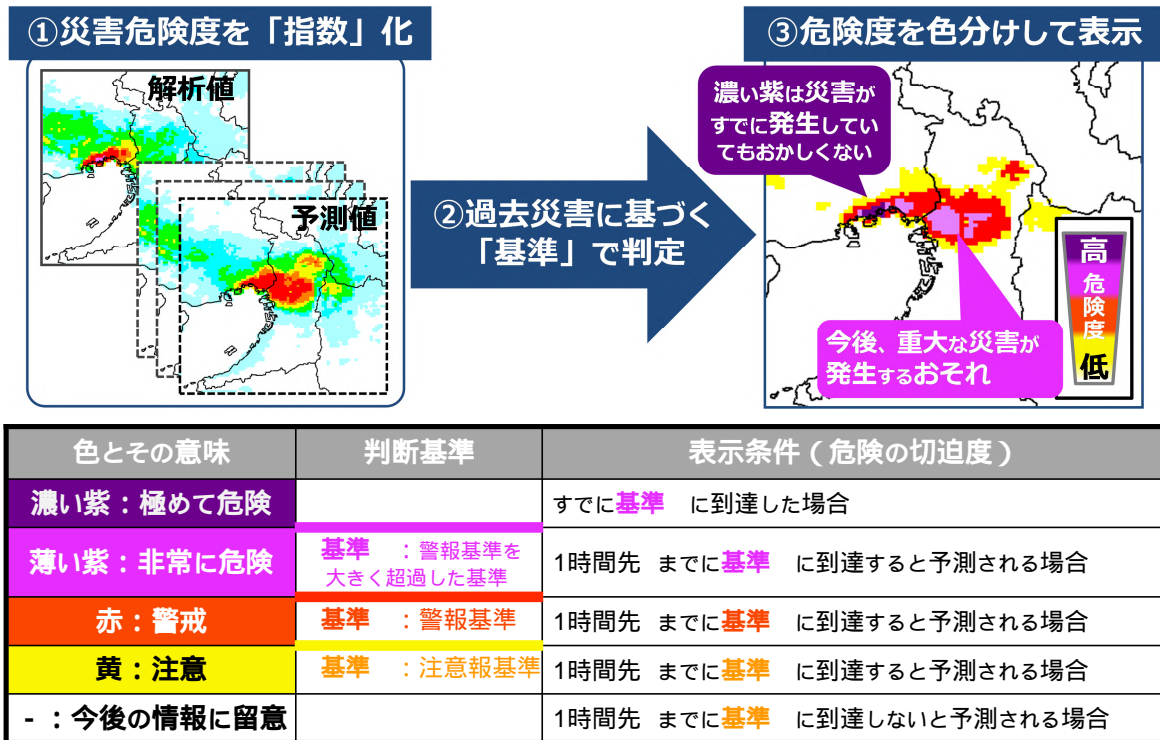


図3 危険度分布の概要

大雨警報（浸水害）の危険度分布の場合。土砂災害警戒判定メッシュ情報は2時間先まで、洪水警報の危険度分布は3時間先までの予測値を利用。

危険度分布の判定に関して2つの留意点がある。1つは、危険度の判定には解析値だけではなく予測値も用いている点である。すなわち、危険度分布の表示は「今が危険」ということではなく、「今後危険度が高まる」ことを意味していることに留意する。もう1つは、警報基準よりも高い基準に実況で到達した場合には、それを明示的に濃い紫として表示するようにしている点である。基準は災害発生の高蓋然性が高い基準であり、濃い紫が表示された場合は、災害がすでに発生しているにもかかわらずという状況を表している。したがって、濃い紫が出てからではなく、赤や薄い紫の時点で早めの安全確保行動をとることが重要となる。

4.2 危険度分布の特徴

ここでは特に洪水警報の危険度分布の特徴について述べる。

図4に、平成28年（2016年）台風第10号における洪水警報の危険度分布を示す（事後に検証したもの）。本事例では、岩手県岩泉町を流れる二級河川の小本川流域で200ミリを超える大雨が降り、小本川

沿いの高齢者施設で9名が犠牲となった。

図4をみると、8月30日昼過ぎから小本川の上流域で危険度が高まり、「警戒」を示す赤や「非常に危険」を示す薄い紫が出現していたことがわかる。30日夕方になると、下流でも赤や薄い紫が出現し、上流域では「極めて危険」を示す濃い紫が現れはじめた。被害が発生した夜のはじめ頃には、下流でも濃い紫が広がっていた。

このように、上流に降った雨が、支川を流れ下って徐々に下流に集まって伝播する様子が表現されることが、洪水警報の危険度分布の大きな特徴であり、上流側の危険度に着目することで、自分の身に迫る危険性を早期に覚知することがグラフィカルな表示と相まって容易になっていることが大きな特徴である。加えて、全国の約21,000河川に対して計算区間毎に危険度を表示しており、水位計が設置されていない河川の洪水危険度についても把握することができるようになっている。

5. おわりに

最後に今後の展望について述べる。

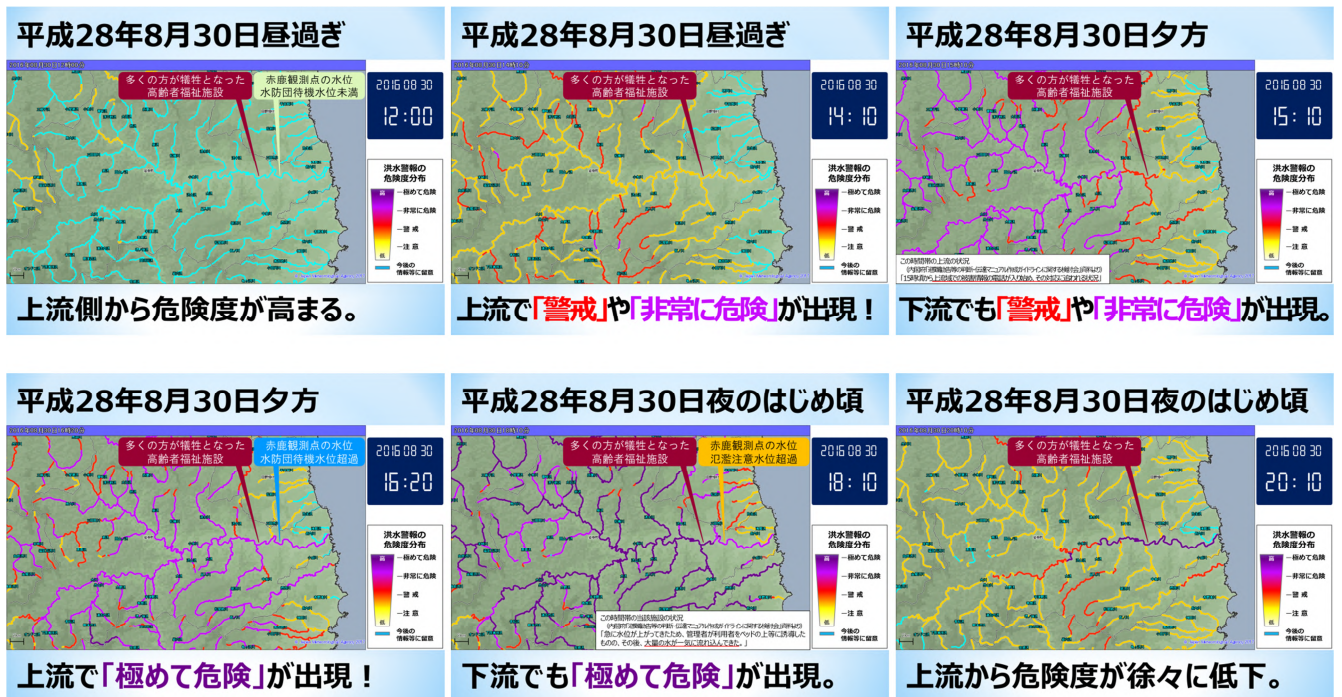


図4 平成28年(2016年)台風第10号における洪水警報の危険度分布

平成29年7月九州北部豪雨を受けて日本災害情報学会調査団が実施した自治体へのヒアリング調査によると、危険度分布の算出方法や危険度の色の意味が自治体の防災担当者にきちんと伝わっていなかったことが報告されている。また、「初めて見たのでピンと来なかった。」「有効な情報と思われるが、避難勧告等に直接利用するためには勇気がいる。」など、情報の精度、活用法について課題があると考えている自治体も多かった。

今後は、危険度分布を「理解・活用」してもらうための取組を加速させていく必要がある。自治体支援をより一層推進するとともに、自治体・関係機関と一体となって、納得の上で避難の判断材料として危険度分布を活用していくことが重要であろう。

参考文献

岡田憲治, 2002: 土壌雨量指数. 測候時報, 69, 67-100.
 太田琢磨・牧原康隆, 2015: 大雨警報における浸水雨量指数の適用可能性 -タンクモデルを用いた内水浸水危険度指標-. 気象庁研究時報, 65, 1-23.
 田中信行・太田琢磨・牧原康隆, 2008: 流域雨量指数による洪水警報・注意報の改善. 測候時報, 75, 35-69.