

防災情報としての気象予報

立平 良三

1. ま え が き

気象庁の仕事の中で最もポピュラーなものは、やはりテレビやラジオで放送される天気予報であろう。内容は主として都府県ごとの明日（または明後日）までの天気予報である。このほか、大雨や暴風雨などの烈しい気象現象が予想されるときに発表される各種の注意報・警報がある。

日本で警報が初めて発表されたのは明治16年のことであるが、天気予報はその翌年からである。ある意味では、気象庁の最も重要な業務は注意報・警報であるとも言えるかも知れない。

注意報は、「災害が起こるおそれのある場合にその旨を注意して行なう予報」であり、警報は、「重大な災害の起こるおそれのある旨を警告して行なう予報」と定められている。これらの予報は、まさに「防災情報」である。

警報は、災害の原因となる気象現象、およびそれにより引き起こされる海や川の諸現象によって次のように分類されている。

大雨(雪)警報 } 気象警報
 暴風雨(雪)警報 }
 津波警報
 高潮警報
 波浪警報

洪水警報

以上は、「一般の利用」に供するために発表されるものであるが、このうち大雨、暴風雨、高潮、洪水の各警報は、建設省や都道府県などの防災担当機関の「水防活動の利用」にも供せられる。このほか、「航空機および船舶の利用」のための警報を発表するのも気象庁の任務となっている。注意報については、警報よりももっと多くの種類があるが、ここでは詳述しない。

2. 大雨の警報とは

話を具体的にするため、この節以降では大雨に関する注意報・警報を例にとって説明しよう。たとえば、長崎県の大雨注意報・警報は、雨量が次の基準のどれかを越えると予想されたときに発表される。

	大雨注意報	大雨警報
1時間雨量基準	30ミリ以上	50ミリ以上
3時間 "	60ミリ "	100ミリ "
24時間 "	90ミリ "	150ミリ "

各都道府県にも、雨量の差は多少あるものの、上と同様な基準が定められている。この基準は、過去の大雨による災害の起こり方を調査して決定されたものである。

注意報・警報は原則として都府県単位のものであり、担当する都府県内のどこかで基準値を超える雨量が予想されたら発表される。だから、ある

たてひら りょうぞう 気象庁 海洋気象部

〒100 千代田区大手町1-3-4

1986 年 9 月号

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会。無断複写・複製・転載を禁ず。

(29) 555

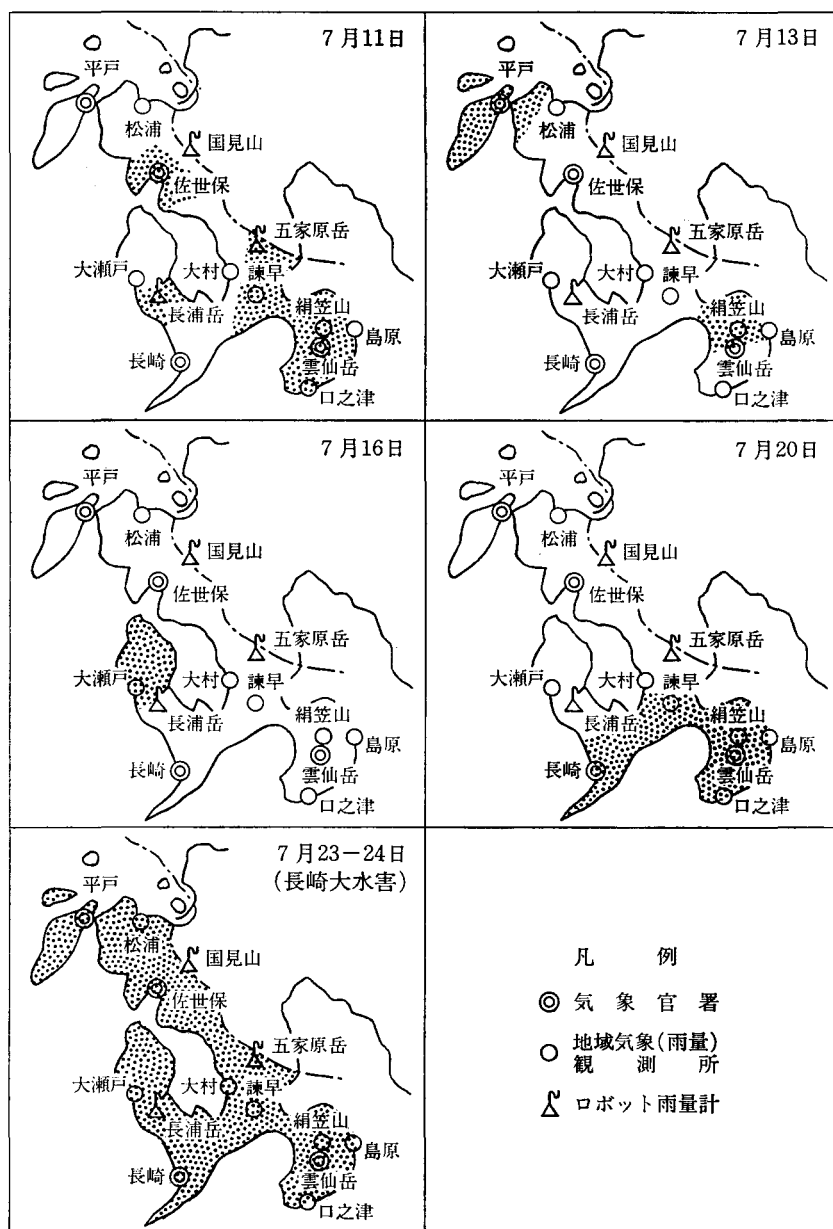


図 1 昭和57年 7 月に長崎県で大雨警報が発表された時の降雨状況。警報基準値以上の雨量のあった地域に陰影をつけてある。[1]

県に警報が発表されても、県内の一部の地域では大雨の降らないことがままある。

図 1 は、昭和57年 7 月中に長崎県で発表された 5 回の大雨警報について、県内で実際に基準値以上の大雨が降った地域を示したものである。7 月 23～24 日の大雨は、有名な長崎大水害のもので県内の大部分で基準以上に達しているが、他の 4 例

では、ごく一部の地域でのみ基準に達している。

これらの大雨警報を、長崎県が水防活動用の防災情報として使った場合は図 1 の 5 例とも一応空振りではなかったわけであるが、たとえば長崎市の住民にとってみれば、5 回のうち 2 回しか大雨はなかったという感じをもつことだろう。

3. 大雨警報の検証

「大雨警報は担当域内のどこかで基準を超える雨量が予想されるとき発表する」という規定に準拠して、大雨警報の「空振り率」を調べてみると、平均して40%程度である[1]。つまり大雨警報を100回出したら、そのうち約40回は担当府県内のどこにも基準を越える大雨は降らなかったということである。

これではせっかくの大雨対策が無駄になるから「空振り率」を減らしたということになるが、そうすると、基準に達してから警報を出す、いわゆる「出し遅れ」が増える。「空振り率」と「出し遅れ率」はトレードオフの関係にあり、一方を改善すれば一方が悪化する。現在のように空振り率が40%程度で警報が運用されている状況に、おいては、出し遅れ率は15%程度の値を示している[1]。空振りをもっと減らすため、基準に達するかどうかじっくり見きわめようとする、出し遅れ率は15%よりもっと大きな値になるだろう。

上の議論で「空振り率」というのは、担当域全体で見た場合で、個々の住民にとっての空振り率は図1からも察せられるようにもっと大きくなる。関東地方で調べた結果によると、この意味での空振り率は90%程度になっている[2]。だから、個々の住民の感覚としては「大雨警報が出てもなかなか大雨が降らない」という、いわゆる「狼少年」的になりがちである。

防災対策のために、どの程度の「空振り率」「出し遅れ率」に設定するのが適切かということは重要な問題であるが、現時点では次のような定性的な方針しか示されていない。つまり、「出し遅れ」は無防備のまま大雨に襲われることになるので、極力減らすようにせねばならない。そのために「空振り」が多少増えても止むを得ないという方針である。

出し遅れも空振りも両方減らせればベストであ

るが、予報技術の大幅な進歩が必要である。予報技術改善の努力は着実に続けられているものの、急速な進歩はむずかしく、当分は両者のトレードオフ関係が続こう。

防災対策にもいろいろの種類があろうから、種類ごとに違った「空振り率」の警報が適切であるという状況も考えられる。個々の防災担当者向けに違った警報をとというのは实际的でない、この問題の解決には後出の確率予報の利用を考えるべきであろう。

4. 防災情報の先行時間

前節まで、大雨災害を例にとって、防災情報としての大雨警報の現状を説明してきた。大雨警報は、雨量が基準に達する数時間前に出すことを目標とするよう指導されている。現象発生のどれくらい前に予報を出すかを「先行時間」と呼んでいる。

つまり、大雨警報の先行時間は数時間を目標としているわけである。実際には平均して3時間程度の先行時間で発表されている。

防災対策の種類によっては、数時間よりもっと時間のかかるものもある。この種の対策については大雨警報では間に合わないことになる。逆にすぐ行動を起こせるような種類の対策に対してはぎりぎりの警報でも有用であろう。

このように、防災情報としてはいろいろの長さの「先行時間」をもった大雨予報が必要になるものと思われる。

このようなニーズにもとづき、気象庁の大雨に関する防災情報は、警報も含めて、次のようなシステムで発表されている。

(1) 全般大雨情報(先行時間：半日～1日)

気象庁より発表されるもので、関東とか東海といった程度の範囲について、半日～1日前に大雨の可能性を知らせる。

(2) 大雨警報および大雨注意報(先行時間：数時間)

原則として各都府県ごとに担当の地方気象台から発表される。

(3) 府県大雨情報(大雨の現況が中心)

担当の地方気象台から各地点における雨量の現状を中心にして発表される。

では、昭和57年の長崎大水害のときに、上の3種類の情報がどのようなタイミングで発表されたかを見よう。

- (1) 全般大雨情報第1号 7月23日 4時50分
- (2) 大雨注意報(長崎県) " 15時25分
- (3) 大雨警報(長崎県) " 16時50分
- (4) 警報基準を越す雨量発生 " 17時00分
- (5) 長崎県大雨情報第1号 7月23日 20時40分
第20号 7月25日 5時45分

- (6) 大雨警報解除(長崎県) 7月25日 6時25分

(1) の全般大雨情報は、「23日の午後から翌朝にかけて、九州北部を中心として西日本で大雨が予想される」という内容であった。大雨の約12時間前の予想であるから、時間的にも地域的にもこのような粗いものになってしまう。まだ、大雨が長崎県に起こるとは限定できていない。

(2) の注意報は、長崎に大雨があるのは確からしいが、警報の基準を越えるかどうかはまだはっきり予想できない段階で発表されている。

(3) の警報は、警報基準の雨の発現直前の10分前に発表されている。もっとも、(4) の警報基準の雨は、県北部でまず降り出したもので、問題の長崎市で基準を越える大雨が始まったのは2時間後の19時からであった。

(5) の長崎県大雨情報は、防災活動に資するため県内各地の雨量の実況と今後の変化の見通しを報らせるものである。大雨の最盛期にほぼ毎時発表されている。

5. 大雨発生の確率と先行時間

前節の全般大雨情報では、九州北部に大雨のあることを12時間前に予告しているが、九州北部のどこで起こるかはまだ限定できない。九州北部全

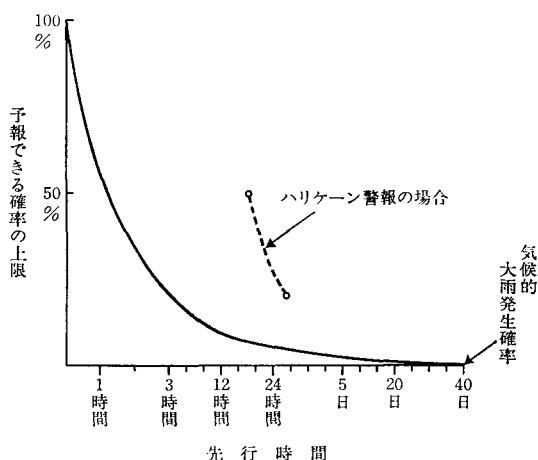


図2 予報可能な大雨確率の上限と先行時間の関係(実線)。ハリケーン確率予報の確率の上限も破線で記入してある。

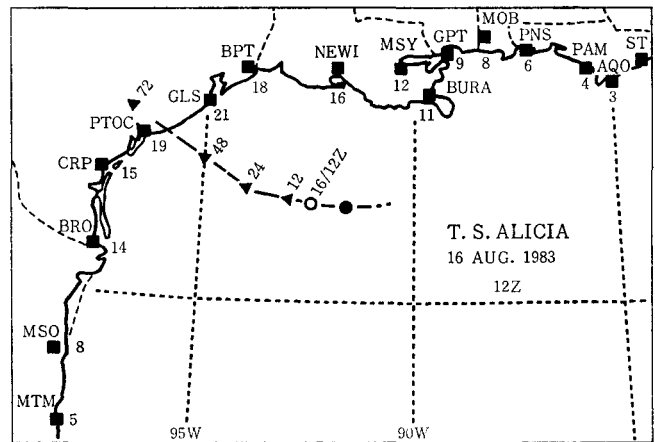
域に大雨ということは稀で、普通の大雨域は1つの県の面積以下である。九州北部のどこかで大雨が降る可能性は大きいものの、それが長崎市周辺であるという特別な証拠資料はこの時点ではまだない。だからこの時点で、長崎市周辺で大雨の降る可能性はと聞かれたら、九州北部と長崎市周辺地域の面積比を考慮して、せいぜい5%程度の小さな数字を答えざるをえない。

先行時間が3時間程度の警報の場合では、空振り率が40%程度(3節)であることから、平均して60%程度のかかなり高い大雨の可能性を示していると見てよい。もっとも、これは府県内のどこかで降る可能性であって、個々の住民の立場からすると、3節で述べたように平均して10%程度の可能性である。

以上のように、大雨がどれくらいの確からしきで予報できるかは、先行時間によって大きく変化する。この様子を、現在の予報技術の水準を念頭に置いてモデル的に示すと図2のようになる。

図2で、上限を示す曲線は先行時間0で100%であることは当然だが、そのあと先行時間とともに低下し、次第に気候的な大雨発生確率に近づいてゆく。つまり、数十日も先の予報ともなれば、気候統計的な確からしきでしか大雨の発生を予報

図 3 T. S. (熱帯低気圧) ALICIA の
進路予想 (太破線)
と沿岸各都市のハリケーン 確率予
報 [3]



できないということである。この気候値は季節により、また地域により異なるが数分の1%程度のきわめて小さなものである。

誤解のないよう繰返しておくが、図2は個々の住民が自分の頭の上に大雨が降ってくるかどうかを、防災情報から判断しようとする場合の確からしさを示すものである。

米国ではトルネード（竜巻）による被害が大きく、年間100人程度の死者もでている。このため、トルネード警報が発表されたら、その地域の住民は直ちに地下室などへ避難することになっている。しかし、本当に避難しなければ危険だったケースは、個々の住民にとってみれば、100回の警報のうち1回程度という話を聞いた。トルネード警報の先行時間は1時間以下であるから、図2の大雨の場合よりもっと確率が低いことになる。これはトルネードが集中豪雨よりもさらに1桁スケールの小さい、せいぜい幅数百m程度の現象であることが主原因である。

6. 警報の確率表現

一般に気象に関係する防災情報の確度は、図2のように先行時間に大きく依存する。防災情報を利用して防災対策の意思決定をするさいには、この特性を十分に理解しておかねばならない。先行時間の長い防災情報は、空振りが意外に大きいという事実をよく認識したうえで、効果的な対策を

考える必要がある。

さらに、図2は防災情報の確度の上限を示すだけであって、時にはもっと低い確度の情報も情況によってはありうる。結局、効果的な対策をとるためには、警報ごとにその確度を知ることができれば最も便利であろう。これはつまり、警報の確率予報化である。

確率予報のメリットが認識されはじめて久しく、日本でも昭和57年から全国的に降水確率予報が発表されている。この確率予報は利用者に好評である一方で、正しい意味を理解するのがむずかしいという声もある。

警報の場合は、正しく理解してもらうことが防災対策上不可欠の前提条件なので、確率予報化が考えられるとしても、まず専門的な防災機関向けに限られることになろう。

米国では、降水確率予報は世界に先がけて1966年から開始されていたが、1983年からは警報の確率化の最初の試みとしてハリケーンの確率予報が始まった[3]。ちなみに、ハリケーンというのは、日本の台風と同じく、気象学的には熱帯低気圧と称されるものに属し、その中でも勢力の強いものを指している。

この確率形式の警報も、今のところは行政機関やハリケーン災害に関係の深い企業などを主なユーザーとして発表されており、一般向けのものではない。

7. ハリケーン警報の確率表現

米国におけるハリケーンの被害は海岸地帯に多発し、主として暴風やそれによって引き起こされる高潮などによるものである。これらの災害が予想される場合には、以前からハリケーン警報が発表されてきていた。

ハリケーン警報の基礎になるのは、もちろんハリケーンの進路予報であるが、アメリカの進路予報の誤差は、1970～79年の平均で、24時間予報202 km, 48時間予報452 km, 72時間予報699 kmとなっている。ここで誤差というのは、予報されたハリケーンの中心位置と、実際に中心が進んだ位置との間の距離を指す。日本の台風進路予報の誤差も同程度である。

したがって、たとえば48時間前に沿岸のA市がハリケーンの暴風圏に入るかどうかについて、確定的なことが言えない場合が多い。そこで、「～日～時から～時の間の12時間内にA市が暴風圏に入る確率は20%」といった形の警報が、従来の形式のものと併行して発表されるようになった[3]。

図3は確率予報形式のハリケーン警報の一例である。1983年8月16日12Z(グリニジ標準時)、メキシコ湾に熱帯低気圧アリサがあり、破線のように西北西へ進んで、48時間後から72時間後の間にテキサス州の海岸に上陸するという進路予報になっている。沿岸の各都市について、「今後72時間以内にハリケーンに襲われる確率」が図示されている。最も確率の高いのは、テキサス州ヒューストンの近くにあるG L S (ガルベストン市)であるが、それでも21%に留まっている。

現在のハリケーン進路予報の精度からすると、12～24時間前でも暴風に襲われる確率の上限は50%程度であり、36～48時間前ともなると20%程度が上限になると言われている。ここでも図2に示されているような「先行時間と現象発生確率」の関係が見られるわけである。ただし、ハリケーンの場合は、暴風雨域の直径が200km程度もあり、

日本の集中豪雨に比べスケールが大きく、また寿命も長い。だから図2に示すように大雨の場合よりは大きな確率を示すことは当然である。

8. おわりに

本文では、気象情報を例にとって、誤差を含んだ防災情報を防災対策の意思決定に利用するにはどのような配慮が必要かを考えてみた。効果的な利用には情報に含まれる誤差を的確に把握しておくことは必須であるし、また先行時間とともにどのように誤差が変化してゆくかなど、誤差の諸特性をよく理解しておく必要がある。

確率予報形式は、情報の効果的利用を促進するうえで有用と思われるが、実施面ではいろいろの細かい配慮が必要であろう。また一方では、このような防災情報を使いこなすため、情報に応じてどのような防災対策が可能か、その対策に要する時間、費用、効果はなど、量的な分析が必要なことは言うまでもない。

参 考 文 献

- [1] 桑原 豊：大雨に関する防災気象情報について、災害の研究 15(1983), 63-73
- [2] 饒村 曜：大雨警報の検証に対する一考察。研究時報 36(1984), 151-158
- [3] Sheets, R. C.: The National Weather Service Hurricane Probability Program. Bulletin A. M. S., 66(1985), 4-13

× × ×

× × ×