

リードタイムを尺度として降水量予報の 社会的インパクトを評価する試み

富 山 芳 幸*

1. はじめに

豪雨予測に関しては、予測の改善という困難な問題のほかに、改善された予測をどう減災に活用できるのかという問題がある。「暖候期の降雨など予測情報の経済的・社会的インパクトは定量的に把握されていない」(Fritsch and Carbone, 2004) のが現状である。この短報では、現在気象庁から発表されている降水量予報の社会的インパクトを、リードタイムを尺度として評価することを試みる。

第2節ではリードタイムを定義した上で、リードタイムを客観的に評価するために情報に求められる条件を明らかにする。第3節では、リードタイムを評価する情報である「大雨事象のアラーム」の作成について述べる。第4節では、降水量予報のリードタイムへの寄与を、大雨事象のアラームを介して評価する。第5節では、降水量予報の社会的インパクトの可能性を確認した上でその実現の問題に触れる。

2. 降水量予報とリードタイム

災害予測情報のリードタイムは情報の発表から災害の発現までの時間である。この場合リードタイムの始点は情報の発表時刻であるが、防災当事者の意思決定のリードタイムを問題にする場合には、始点は意思決定の時刻になる。終点はいずれの場合も災害の発現時刻である。ここでは避難勧告の意思決定を想定し、その判断に利用できるような情報のリードタイムについて考える。

降水量予報の直接のインパクトを評価するためと、リードタイムの客観的評価のために大雨事象という概

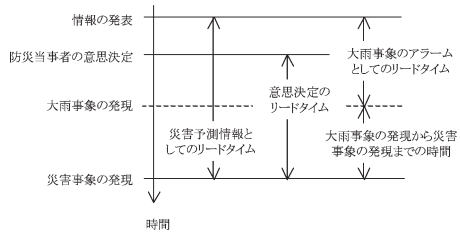
念を導入し、その予報について考える。大雨事象とは特定の災害事象に結びつくような降水現象である。ここで扱う災害事象としては洪水氾濫を考え、どの川が氾濫してどの市町村に被害を与えたかが特定されているものとする。平成16年(2004年)7月新潟・福島豪雨を例にいえば、新潟県中之島町にとっての刈谷田川の氾濫というのが災害事象になる。市町村名は当時のものである。これに結びついた大雨事象を、空間区分と時間区分および降水量閾値によって「刈谷田川上流域を代表する10 km メッシュ平均の3時間積算降水量が90 mm を超える」こと、というふうに表示。このように定義した大雨事象の予報は、気象庁の降水短時間予報とMSM降水量を合成して作成する。MSMはメソ数値予報である。これを評価するための実況はレーダー・アメダス解析雨量(以下、「解析雨量」とする)から作成する。これによって、対象とする災害事象に関する大雨事象の予報と実況が1対1に対応する。

降水短時間予報は6時間先までの予報があるので、場合によっては大雨事象発現の6時間前に、予報時間(FT)=6で大雨事象「あり」の予報が出ることがある。一般に予報の精度は予報時間とともに低下する。これを FT 劣化と呼ぶことにする。予報の信頼性については社会的要請があるので、 $FT=6$ で出た予報が必要な信頼性の水準を満たすものであるとは限らない。避難勧告の意思決定に利用できる情報を想定しているため、その重大性にみあう水準の信頼性が要請される。予報には見逃しもあるわけだが、ここでは出された予報の半分以上が適中することが要請されているものとする。バランスのとれた予報の場合、POD(検出率)が0.5、FAR(空振り率)が0.5ということになる。スレットスコアは0.33である。これらスコアの定義については「補. 検証スコア」にまとめた。大

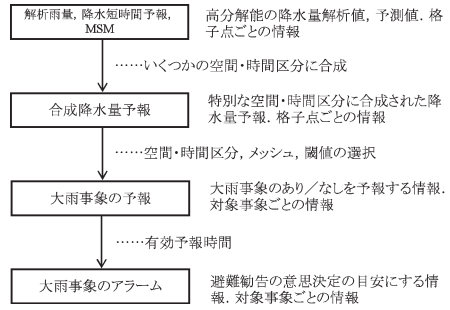
* (株)ウェザーニューズ。

—2006年3月27日受領—

—2006年7月20日受理—



第1図 リードタイムの測り方。情報の2種類のリードタイムと意思決定のリードタイムを示した。時間は下方方向に経過する。



第2図 大雨事象のアラームができるまでの過程。

雨事象の予報がこの信頼性の水準を保つ予報時間の範囲を有効予報時間と呼ぶことにする。有効予報時間の範囲で大雨事象「あり」の予報が出たときアラームを発表するものと想定する。これを大雨事象のアラームと名づける。

大雨事象のアラームは、降水量予報の社会的インパクトを評価するために用意される仮想的な情報である。大雨事象のアラームの場合、リードタイムの始点はアラームの発表された時刻、終点は大雨事象が発現した時刻になる。洪水氾濫の場合、大雨事象の発現と災害の発現との間にはラグがある。第1図に、災害予測情報と大雨事象のアラームについてリードタイムの測り方を示した。情報の発表が同時であるとする、リードタイムは大雨事象のアラームより災害予測情報の方が長くなる。

3. リードタイムを評価する情報の作成

大雨事象のアラームができるまでの過程を第2図に整理した。もともになる情報として、気象庁から発表されている解析雨量、降水短時間予報およびMSMの降水量を利用する。解析雨量は、気象レーダー観測とアメダスなどによる降水量の観測から、時間降水量の面的分布を解析したものである(山田・國次, 2002)。降水短時間予報は解析雨量を初期値として実況補外の方法によって数時間先までの時間降水量を予測するもので、予報時間の後半はMSMに連続するようにつくられている(山田・國次, 2004)。調査の対象とした期間は2004年7月1日から同年10月31日の4か月間である。MSMは調査対象期間の途中、9月1日に、それまでの静力学モデルから非静力学モデルにかわっている(気象庁予報部, 2004)。

まず、解析雨量と降水短時間予報を一定の空間・時間区分に合成する。第2図の上2つはメッシュ情報だ

が、下2つ「大雨事象の予報」と「大雨事象のアラーム」は対象事象ごとの情報である。対象事象ごとの情報とは、中之島町にとっての刈谷田川の氾濫というような特定の災害事象を大雨事象に置き換えた情報だということである。したがって、これを用意するためには、大雨事象を代表できるような合成降水量予報の空間・時間区分とメッシュを選択し、閾値を決めてやる必要がある。メッシュ情報である合成降水量予報を検証すれば、スレットスコアのFT劣化がわかり、それから有効予報時間が決まる。

第1表のように、空間区分として2つ、時間区分として2つで4つの合成降水量予報を用意する。空間区分は、洪水氾濫へのインパクトを考慮して、領域平均値をとっている。そのそれぞれに2つずつの閾値を設定する。小さい方の閾値を超える実況の降水の頻度は、各合成降水量予報とも、1mm以上の降水の頻度と比べて約百分の一である。大きい方の閾値の場合、各合成降水量予報とも、数百分の一程度になる。

1時間ごとの発表を想定して1時間ごとに合成降水量の予測値と実況値を作成した。それぞれの予報は $FT = 1, 2, \dots, 6$ と $FT = 9$ に対する予測値をも

第1表 合成降水量予報の空間・時間区分と閾値。括弧内が閾値で、各区分に対して2つずつ用意した。

| | | 時間区分 | |
|------|-------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| | | 3時間積算値 | 6時間積算値 |
| 空間区分 | 10 km 四方平均値 | 10 km 四方平均 3時間積算降水量 (90 mm/60 mm) | 10 km 四方平均 6時間積算降水量 (150 mm/100 mm) |
| | 30 km 四方平均値 | 30 km 四方平均 3時間積算降水量 (70 mm/50 mm) | 30 km 四方平均 6時間積算降水量 (120 mm/80 mm) |

つ、領域は1°×1°の矩形領域7つを対象とした。これらの領域は北陸から九州にまたがり、いずれもこの期間に重大な災害につながるような豪雨が起きている。予報時間のはじめのほうでは、積算降水量は解析雨量の空間平均値と降水短時間予報の空間平均値を加算したものとなる。FT=9はMSMのみによって作成した。この予報は1日24回の想定発表機会のうち16回について作成できる。

4. リードタイムの見積もり

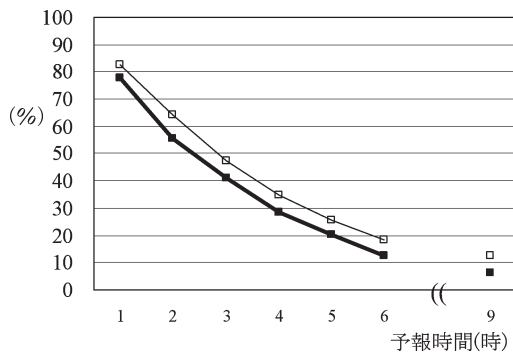
合成降水量予報のスレットスコアが予報時間と共に劣化する様子を第3図に示した。この場合の合成降水量予報は、10 km 四方平均6時間積算降水量である。閾値150 mmの場合、有効予報時間は3時間と確認できる。この検証のサンプル数は約100万、そのうち上記のように定義された大雨事象があった事例数は約400である。資料は省略するが、10 km 四方に対する時間降水量の予報のスレットスコアは、閾値を30 mmとした場合、FT=1でも0.3に達しない。MSMのFT劣化は小さいがスレットスコアは全予報時間を通じて0.05に達しない。

第2表は大雨事象の予報例である。2004年7月13日の事例で、災害事象を中之島町における刈谷田川の洪水氾濫としている。刈谷田川上流域を代表する10 kmメッシュ（第4図の太枠）に対する空間平均3時間積算降水量予報を用いた。それがaである。閾値を90 mmとして1/0のカテゴリー予報にしたのがbで、これが大雨事象の予報である。したがってこの場合の大雨事象とは、第4図に示した10 km 四方の空間平均3時間積算降水量が90 mmを超えること、となる。さ

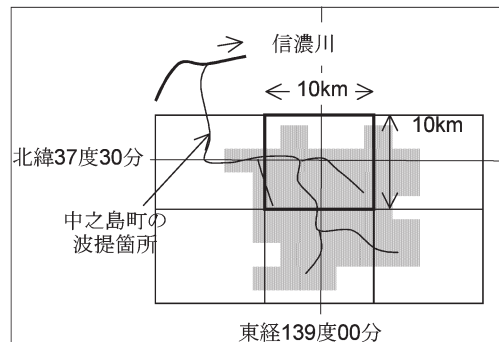
第2表 大雨事象の予報例。10 km 四方平均3時間積算降水量予報 (a) と閾値を90 mmとした大雨事象の予報 (b)。 (a) の単位はmm, (b) は2値のカテゴリー予報で、“1”は大雨事象あり、“0”は大雨事象なしを表す。対象メッシュは刈谷田川の上流域にあたる（第4図参照）。予報時間=0は実況値にあたる。

| a) 10 km 四方平均3時間積算降水量予報 | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|---|
| 初期時刻 (JST) | 予報時間 (時) | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 | 12 | 20 | 30 | 40 | 46 | 44 | 34 | 17 | |
| 4 | 19 | 31 | 40 | 46 | 43 | 42 | 42 | | |
| 5 | 38 | 47 | 55 | 48 | 55 | 57 | 53 | | |
| 6 | 36 | 34 | 15 | 20 | 31 | 40 | 34 | 6 | |
| 7 | 37 | 48 | 77 | 104 | 103 | 89 | 67 | 5 | |
| 8 | 55 | 102 | 154 | 151 | 127 | 92 | 68 | 5 | |
| 9 | 94 | 118 | 94 | 55 | 26 | 14 | 9 | 4 | |
| 10 | 128 | 124 | 104 | 78 | 60 | 49 | 43 | | |
| 11 | 127 | 104 | 98 | 91 | 83 | 52 | 23 | | |

| b) 大雨事象の予報 | | | | | | | | | |
|------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 初期時刻 (JST) | 予報時間 (時) | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



第3図 予報精度のFT劣化。10 km 四方平均6時間積算降水量の場合。横軸は予報時間。太線は閾値150 mm, 細線は100 mm。



第4図 流域と参照メッシュ。網掛けは、中之島町の波提箇所から見た刈谷田川の上流域で、解析雨量の2.5 kmメッシュを単位として示した。上流域を覆う6個の四角形のうち太線で示したものが合成降水量予報の参照メッシュ。

第3表 有効予報時間 (FT) とリードタイムの期待値 (LT). 単位はいずれも時間. A 欄は降水短時間予報を用いたとき, B 欄は用いないとき, C 欄の LT は正味の値で, A から B を引いたもの.

| 空間・時間区分 | 閾値 | A | | B | | C |
|--------------------------|-----|----|-----|----|-----|-----|
| | | FT | LT | FT | LT | LT |
| 10 km 四方平均 6 時間 積算降水量 | 150 | 3 | 2.6 | 1 | 0.6 | 2.0 |
| | 100 | 4 | 3.3 | 2 | 1.1 | 2.2 |
| 30 km 四方平均 6 時間 積算降水量 | 120 | 3 | 2.6 | 1 | 0.6 | 2.0 |
| | 80 | 4 | 3.4 | 1 | 0.6 | 2.8 |
| 10 km 四方平均 3 時間 積算降水量 | 90 | 1 | 0.8 | 0 | 0.0 | 0.8 |
| | 60 | 2 | 1.5 | 1 | 0.3 | 1.1 |
| 30 km 四方平均 3 時間 積算降水量 | 70 | 2 | 1.6 | 0 | 0.0 | 1.6 |
| | 50 | 2 | 1.6 | 0 | 0.0 | 1.6 |
| 平均 | | | 2.2 | | 0.4 | 1.8 |

きほどの10 km 四方平均 6 時間積算降水量の有効予報時間は3時間であったが, この場合の有効予報時間は1時間とわかっている (資料省略), $FT=1$ で予報が出たときに, アラームありとする. アラームは8時に出たことになる. 大雨事象の発現は9時と確認できる. 資料は省略するが, 代表メッシュでなく流域平均の3時間積算降水量でみると, 90 mm を超えたのは10時になる. 代表メッシュの値は流域平均値よりやや大きめになっている.

1時間ごとの発表を想定しているので個々のリードタイムは0時間か1時間である. 全体としてのリードタイムは期待値という形で各合成降水量予報ごとに求められる. 期待値を求めるには予報時間ごとのPODを用いる.

リードタイムの期待値を第3表に示した. 10 km 四方平均 6 時間積算降水量を閾値150 mm で大雨事象の予報に用いる場合, アラームとしてのリードタイムの期待値は2.6時間である. 閾値100 mm だと3.3時間とやや長くなる. 30 km 四方平均でもあまりかわらない. 3時間積算の場合には短くなっている. 積算値には実況値もはいつているので, 降水量予報がなくても有効予報時間がありうる. それによる幻のリードタイムを引いたものが正味のリードタイムである. そうすると, さきほどの2.6時間は2.0時間に減る. リードタイムの期待値を各空間・時間区分と閾値で単純平均すると, 1.8時間となる. これが, 降水量予報の正味の寄与によって得られるリードタイムについての目安を与える.

5. 議論

ここで考察してきたリードタイムは, 洪水氾濫に際して避難勧告の意思決定に利用できるような情報についてのものである. その可能性を第1図にもどって確認しよう. 大雨事象のアラームとしてのリードタイムはその発表から大雨事象の発現までの時間である. このリードタイムは降水量予報によって得られるものである. ここに寄与している降水量予報は降水短時間予報である. それとは別に, 災害事象の発現にはタイムラグがあるので, 大雨事象に関する実況がわかれば得られるリードタイムがある. これを加えたのが災害予測情報としてのリードタイムである.

得られるリードタイムはせいぜい数時間の程度のものであるが, 現在気象庁から発表されている降水短時間予報には有益な社会的インパクトがあることが確認できた. だが, この有益なインパクトは可能性にとどまっていると考えられる. 実態は牛山ほか (2003) が台風に伴う豪雨災害について調査して報告しているように, 避難勧告・避難指示の半数以上は被害発生の情報を得てから出されているからである.

2005年にアメリカを襲ったハリケーン・カトリーナでは, 観測・予報の成功にもかかわらず1,000人を超える犠牲が出た. 予報が正確でもそれを社会の安全に結びつける仕事ももう一方にある. 精度の高い予報を社会の安全に活かして気象情報の価値を実現するために必要なことが2つあると考えられる. ひとつはユーザに即した気象情報の翻訳である. この考察で大雨事象のアラームという仮想的な情報を用意し, それを防災当事者ごとの災害事象を想定して決めていることがそれに相当する. 豪雨災害対策総合政策委員会 (2005) は, 送り手情報から受け手情報への転換という言葉でこのことに触れている. 気象情報の価値を実現するために必要なもうひとつは, ユーザに即した情報伝達である.

6. まとめ

気象庁から発表されている降水量予報の社会的インパクトの評価を試みた. 洪水氾濫に際して市町村が避難勧告の意思決定に利用できるような情報のリードタイムを評価尺度として用いた. 降水量予報の寄与をみるために, 降水量予報からリードタイムを評価するための仮想的な情報を作成し, これを大雨事象のアラームと呼んだ.

大雨事象のアラームを与えるリードタイムは調べた

範囲で0.8時間から2.8時間であった。このリードタイムは降水量予報によって得られるものである。ここに寄与している降水量予報は気象庁の降水短時間予報である。

謝 辞

本短報の完成までに、査読者から具体的で建設的なコメントを頂きました。また、立平良三先生からは、量的な議論に関して繰り返しご意見を賜りました。ここに記して感謝いたします。

補. 検証スコア

2値のカテゴリ予報に対する検証スコアのうち、本文で用いたものを紹介しておく。2値を「あり」と「なし」とする。予報が「あり」で実況も「あり」の回数を a 、予報が「あり」で実況が「なし」の回数を b 、予報が「なし」で実況が「あり」の回数を c 、予報が「なし」で実況も「なし」の回数を d とする。バイアススコア (BS)、スレットスコア (TS)、POD (検出率)、FAR (空振り率) はそれぞれ次のように定義される。

$$BS = (a + b) / (a + c),$$

$$TS = a / (a + b + c),$$

$$POD = a / (a + c),$$

$$FAR = b / (a + b).$$

参 考 文 献

- Fritsch, J. M. and R. E. Carbone, 2004: Improving quantitative precipitation forecasts in the warm season, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **85**, 955-965.
- 気象庁予報部, 2004: 平成16年度数値予報研修テキスト, 気象業務支援センター, 74pp.
- 社会資本整備審議会河川分科会豪雨災害対策総合政策委員会, 2005: 総合的な豪雨災害対策の推進について (提言), 16pp. <http://www.mlit.go.jp/river/index.html.<2005/8/25>>.
- 牛山素行, 今村文彦, 片田敏孝, 越村俊一, 2003: 豪雨時の自治体における防災情報の利用, *水工学論文集*, **47**, 349-354.
- 山田真吾, 國次雅司, 2002: 降水短時間予報, 平成14年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 40-45.
- 山田真吾, 國次雅司, 2004: 降水短時間予報, 平成16年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 44-47.

A Trial Estimation for Social Impacts of Quantitative Precipitation Forecasts Using Warning Lead Time

Yoshiyuki TOMIYAMA *

* *Weathernews Inc., 1-3, Nakase, Mihama-ku, Chiba-shi, 261-0023, Japan.*

(Received 27 March 2006 ; Accepted 20 July 2006)

Abstract

The improvement of quantitative precipitation forecasts (QPF) is expected to contribute to the disaster mitigation. However, the economic and social impacts of warm-season QPF have not been quantified. The purpose of this study is to estimate for social impacts of available QPF using the warning lead time as the measure.

Such warnings as helpful to the decision making of evacuation counsel for disaster are focused in this study. The contribution of QPF to the warning lead time is estimated as 0.8~2.8 hours.