

レーダーおよび適応制御理論を用いた降雨量予測例

大阪大学工学部	正 員	室田 明
近畿大学理工学部	正 員	江藤剛治
電力中央研究所	正 員	○下垣 久

1. レーダー雨量計

本研究はレーダー雨量計による降雨量予測の可能性を検討したものである。

現状の流域降雨量の測定法は、適当に配置された地上雨量計により観測された地点雨量をティーセン法などにより平均面積雨量に換算する方法である。しかし降雨現象、なかなく豪雨は極めて局地性の強いものであり、降雨量は空間的に極度に偏在する場合が多い。よってこのような方法により降雨量の空間分布を正確に把握するためには多大な労力と施設を必要とする。

レーダー雨量計は現在ではまだ若干の課題を残してはいるが、上記の問題を解消する有効な手段と考えられる。原理はレーダーから発射されたパルスとしての電波が水滴に当たって反射・散乱されることを利用して、受信エコーの所要時間から雨滴までの距離を出し、その強さから降雨強度を算出する。したがって、流域の地点雨量・面積雨量を瞬時に定量測定可能である。また雨域の広がり、移動、消長も把握できるので、流域内の降雨量分布状況の変化を予測することも可能となる。なお、レーダー雨量計理論の詳細はその方面の成書に譲る。

2. 降雨パターンの取り扱い方

降雨状況の変化予測をできるだけ客観的に行なうためには、次の2つの課題を解決しなければならない。(i)降雨パターンの「識別・分類」問題、(ii)その各カテゴリーを規定する特徴の「定量化」とその予測手法。

前者はパターン認識上の重要な課題であるがここでは考察を加えていない。本報告では後者について次の2手法を検討した。(i)単離した降雨セルを2変数正規密度関数で表示する手法。(ii)複雑な降雨パターンの総観的变化過程を、いくつかの変形ベクトルで表示する手法。

(1)セル状に単離している場合

単離した単峰性降雨域に注目すると、高強度降雨域の周囲をこれよりランクの低い雨域が取り囲んでいて、ちょうど2変数確率密度関数における確率楕円に類似している。これより、2変数正規確率密度関数によって降雨量分布を近似的に再現し、その関数を規定するパラメータをカルマン・フィルタ理論により逐次予測して降雨量に変換することを考える。この場合、各セル形状を規定するパラメータは $\mu_x, \mu_y, \sigma_x, \sigma_y, \rho$ であるが、これらを各映像より同定するには各メッシュ雨量を総雨量で除した基準値をもって生起確率とみなせばよい。

(2)総観的な場合

引続く 2 つの映像について、ひとつのメッシュに関する変形の種類は、(i) 平行移動、(ii) 回転移動、(iii) 剪断的歪、(iv) 膨張などを考えることができる。もとのひとつのメッシュと変形後のメッシュの面積にその基準化降雨強度を乗じた値をそれぞれ、 V と V' とするとき、両者は近似的に等しくなるはずである。したがって、画面内の全てのメッシュについて、 $\sum (v-v')^2 \Rightarrow \text{minimum}$ となるように変形ベクトルのパラメータを非線形最小化手法を用いて同定する。この同定したパラメータをカルマン理論により逐次予測して、総観的な降雨変化を予測する。変形後の各座標値は次式により計算されるはずである。式中の各パラメータは図-1 参照。

$$x = x_0 + v_x \cdot t + (x_0 - c_x) e_x \cdot t - r \sin \omega t \cdot \sin \theta + (y_0 - r_y) \varphi_x \cdot t$$

$$y = y_0 + v_y \cdot t + (y_0 - c_y) e_y \cdot t + r \sin \omega t \cdot \cos \theta + (x_0 - r_x) \varphi_y \cdot t$$

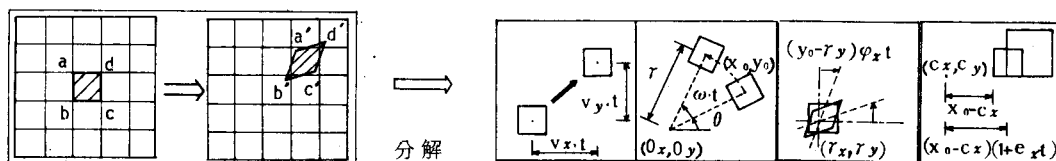


図-1 メッシュの変形

3. 結果

セル状降雨量分布に関する解析結果を示す。

(i) 再現性 図-2 において、(a) は実測の降雨量分布であり、(b) は関数変換により再現した一例であるが、実用上十分な再現性を示している。

(ii) 予測結果 図-3 の (a) はセルの時間変化を同一画面上に合成したものであり、(b) と (c) はそれぞれカルマン理論により予測した 30 分、1 時間先のパラメータ値に基づいた予測降雨量分布である。

DISTRIBUTION OF RAINFALL

1976 9 11 15 : 0

REAL FIGURE

```
00000000000000000000
000000000000011111
0000000000001111100
00000000111111222100
000000123233211000
000023332221111000
001335331000001000
00215564110000000000
00123442000000000000
00011111100000000000
00111100000000000000
00000000000000000000
```

(a)

TRANPOSED FIGURE

```
00000000000000000000
00000000000001111100
00000000000011111000
000000000000112221000
00000000112333211000
0000112344321100000
0011344432110000000
00112343321000000000
00122221000000000000
00111100000000000000
00110000000000000000
00000000000000000000
```

(b)

図-2 降雨量分布の再現性

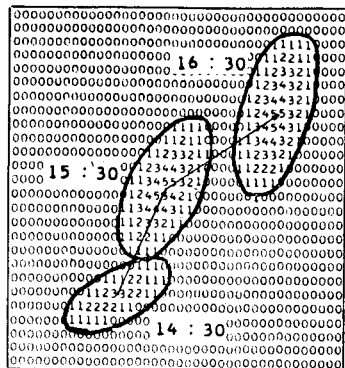


図-3 (a) セルの時間変化



(b) 30分予測



(c) 1時間予測

4. 謝辞 本研究にあたり、建設省関東地建・利根川ダム統合管理事務所より貴重な資料を頂いた。ここに記して謝意を表したい。