月別発雷エコー頂高度^{*}

宮崎忠臣 西田 靖 国分里美 川俣修一郎

宇都宮大学・工学部^{††}

Observations on thunderclouds have been continued for 8 years since 1973 in Utsunomiya district by using lightning-flash counters and a X-band PPI weather radar, in order to clarify the relations between the altitude of radar echo top and the lightning activity, focusing on the initial stage of formation of thunderclouds. These kinds of observations are expected to be useful for forecasting the onset and the magnitude of lightning activity.

Thunderstorms strike Utsunomiya area in the seasons including from late spring to early fall, and the most active periods are in August. It is revealed that the radar echo of EL-3 (corresponding to 16 mm/h rain fall intensity) is mirroring the thunderclouds most plausibly and the echo-top height at the onset of lightning has the average value of about 7-8km through the seasons.

The abovementioned echo-top height is found to correspond to -20°C layer regardless of seasons, although it has a slight dependence on the evolution process of the thundercloud, showing even larger values in a heat thundercloud compared with the case in a frontal thundercloud.

1. 緒論 夏季の雷に関しては、積乱雲の上空への発達程度を知ることが、発雷あるいは雷活動規模の予測を行なうために重要な要素の1つとなる。

我々は栃木県地方における、発雷予測あるいは雷活動規模の予知を行なうための資料を作成する目的で過去8年間、PPI気象レーダを用いてエコー頂高度の発達過程と、発雷時期及び雷活動規模との関係を測定してきた。

本論文では、明らかに発雷したと思われる雷雲の発雷初期のエコー頂高度を測定し、それを月別、かつ成因別に分け統計処理を行なった結果を報告する。

* On the Echo-top Height of Thundercloud in Each Month.

†† T. Miyazaki, Y. Nishida, S. Kokubu, and S. Kawamata,
Department of Electrical Engineering, Utsunomiya University,
Utsunomiya, Tochigi 321, Japan.

2. 観測方法 使用レーダは波長 3.2 cm のPPI表示方式で、アンテナは 12 rpm のパラボラ形である。

雲頂高度は1つの雷雲セルに注目し、レーダアンテナの高度角を徐々に上昇させエコーの消える直前の高度角とその直距離より算出した。エコーレベルの判定にはレーダ付設の等エコー装置を用いた。

図1に各レベル別エコーの垂直断面の模式図を示す。

発雷の判定は同時観測を行なっている空電信号の受信記録より、また確認はエコー存在下の地域への電話照合等により行なっている。以上のような発雷判定の行なえた直後から5分以内のデータに限定して発雷エコー頂高度として集計、処理を行なった。この理由は、わずか5分間でエコー頂高度が 3000 m 程度も上昇することも珍しくないためである。

3. 観測例

図2に1979年7月12日の雲頂高度経時変化を各レベル別に描いたものを示す。

縦軸に高度、横軸に時刻及び対応する空電信号を描いてある。

マラン式カウンタ(Malan: 1958)で受信した空電信号をペンレコーダ上に記録したもののうち 3 mm 以上の振幅をもつものを実時間、実長で示した。図より、この例では12:20ごろ発雷していることがわかる。

以上のようにして得た発雷直後のエコー頂高度を月別かつ成因別にプロットした。

Fig. 1. Schematic of vertical section of thundercloud. Rain fall intensity of 4, 16 and 64 mm/h corresponds to EL1, EL3 and EL5, respectively.

Fig. 2. Time evolution of echo-top height observed on July 12, 1979. "Amp" is the sferics amplitude recorded on a chart of a pen-recorder through the Malan type counter. Here, the amplitude over 3 mm were plotted.

図3 (a) に熱雷の場合を、
(b) に界雷の場合を、(c) には
全成因のエコー頂高度を同一の図
に表わしてある。 図中、横の線
は各月の中旬から次の月の中旬ま
での発雷エコー頂高度の平均値を
表わす。

図3 (a) から明らかなように
熱雷の平均発雷高度は8月までは
徐々に高くなるが、9月には幾分
下がる。

それに対して、界雷の場合には
(b)に示すように、9月にエコー
頂高度はピークに達し、かつ発雷
ひん度も最大となる。

更に、界雷のエコー頂高度は、
熱雷のそれより幾分低い。

熱界雷は上記の両者の中間の値
をとるようである。

以上の事実は、各雷雲の形成過
程の特徴を表わしている。

表1は、図3 (c)を成因別に数
値表示したものである。

界雷の平均発雷エコー頂高度
は他の成因の雷雲より低いこと
は前記した通りである。

全成因の集計値を第四欄に示
す。 月毎に平均発雷高度が異
なることが明らかであろう。

図4に EL3 の発雷エコー頂
高度に対応する上空の気温を示
す。 温度のデータは、茨城県
館野町にある高層気象台(宇都
宮市の南南東約60km)より発
行されているデータを用いて求
めた。 図中、横線は、図3と
同様の方式により求めた平均値

Fig. 3. Echo-top height at the ini-
tiation of lightning vs. months. (a)
A case of heat thunderstorm, (b) that
of frontal thunderstorm, and (c) the
combined ones of all thunderstorms.

Horizontal lines in the figures show
the average value in each interval.

Table 1. Average value of echo-top
height on thunderclouds (EL 3).

kinds of thunder -storm	Heat	Heat- frontal	Frontal	Com- bined
Period				
May 16~June 15	6.6 (km)	7.8 (km)	6.5 (km)	6.9 (km)
June 16~July 15	7.4	7.9	6.8	7.6
July 16~Aug. 15	8.8	8.4	6.8	8.2
Aug. 16~Sept. 15	8.4	8.5	7.6	7.9

である。

データのバラツキは大きい
が、平均気温はほぼ -20°C
で一定である点は興味を持た
れる。

4. 討論

発雷直後のエコー頂高度を
求めるために、大きな不確定
要素が入る。すなわち、現在
は1個所の観測点における空
電信号の開始及び雷雲直下と
思われる地域居住ボランティ
アによる、雷鳴聴取とから発
雷を判断しているが、前記し
たように5分間のあいまい差
はエコー頂高度にして2~3

kmの誤差を生ずる可能性が大きい。しかしながら、発雷エコー頂高度の平均値における季節差は明らかであり、かつ、エコー頂高度に対応する上空気温は -20°C 近辺で一定であることは興味を持たれる。熱雷のエコー頂高度が、8月にピークを示すのは地上気温の季節変化とも対応し、成因からしてうなづける。エコー頂高度を用いて、発雷予測を行なうことも可能であろう。上述のように、発雷の判定に困難を伴うことから、精度の良い予測は容易ではないように思われる。現状では、時刻をも考慮した精度の良い発雷予測の方法が無いことから、上述の方法も、発雷予測の一情報を与えるであろう。

その場合には、季節補正が必要であると思われる。

5. 結論 発雷エコー頂高度を成因別かつ月別に統計処理して求めると、熱雷の場合には8月に、界雷の場合には9月に最高高度となった。また全成因を1つにしてエコー頂高度を出した場合も、季節による高度差が出た。この高度差は、温度高度の季節変化に対応している。エコー頂高度が -20°C 付近の温度高度に達すると、季節によらず発雷することが推定される。

Fig. 4. Atmospheric temperature corresponding to the echo-top height shown in fig. 3. Horizontal lines show the average value in each interval.

References

- Japan Meteorological Agency, Aerological Data of Japan.
Malan, D. J., Recent Advances in Atmospheric Electricity,
Pergamon Press, (London), 557-563, 1958.

(Received October 10, 1981;
revised February 17, 1982;
accepted March 27, 1982)