

## 日本における雷頻度の時刻別経年変化

藤 部 文 昭\*<sup>1</sup>・山 崎 信 雄\*<sup>2</sup>・勝 山 税\*<sup>3</sup>

### 要 旨

気象官署における1961～2002年の目視観測資料を使って、雷頻度の時刻別の経年変化を調べた。冬と春は1日を通じて雷が増加しているのに対し、夏の雷は南西諸島を除いて減少し、特に15時の雷頻度は全国平均で-10%/(10年)すなわち40年間で40%という高率で減少している。日平均頻度を1とした相対頻度についても、夏は15時に-0.08/(10年)程度の減少傾向があり、年平均においても15時に同程度の減少がある。15時ごろは内陸域を中心として雷の頻度が最も高くなる時間帯であるが、上記の変化の結果、近年は午後の頻度極大が弱まり、あるいは遅れる傾向がある。

### 1. はじめに

雷の頻度は対流活動の気候学的特性を反映する指標の1つである。過去数十年間に、関東内陸域の夏の雷日数は減少傾向、日本海沿岸の冬の雷は増加傾向にあることが見出されている (Kitagawa, 1989 ; 工藤, 2001 ; 吉田, 2002)。一方、雷の頻度は時間帯によって異なり、世界的に見て陸上では午後によく海上では夜半ごろに多い傾向がある (Dai, 2001)。日本でもほぼ同様であり、内陸域では雷は夕方に集中し沿岸域では夜半～明け方に多い (Fujibe, 1988)。雷頻度の時間的特性が長期的にどのように変化してきたかという問題は、近年の対流活動の特徴の一端を知る上で興味深いテーマである。

Fujibe *et al.* (2005) は、気象官署における1961年以降の目視観測資料を使って降水の時刻別頻度の長期変化を調べ、全国的な傾向として夜間の降水頻度が相対的に増加していることを示した。本稿では同じ資料を使って雷頻度の経年変化を示す。

### 2. 資料

対象期間を、気象官署の目視観測資料が気象庁 CD-ROM に収録されている1961年以降、2002年までとした。目視観測は地点や期間によって3時間ごと (03, 06, …, 24時 ; 以後すべて日本時間) の場合や6時間ごと (03, 09, 15, 21時) の場合のほか、夜間には行われない場合もある。また、24時の観測は1995年3月末に全官署で打ち切られている。本研究では、上記42年間を通じて24時を除く3時間ごとの目視観測資料が得られる地点を選び、必要に応じて6時間ごとの資料が得られる地点を加えた。ただし若干の欠測期間がある地点もあるので、各年・各季節の各時刻について10回以内の欠測を許した。南西諸島 (奄美・沖縄) については、沖縄県の1963年までの資料が収録されていないので、対象期間を1964～2002年とし、南西諸島の資料は全国平均の統計から除いた。

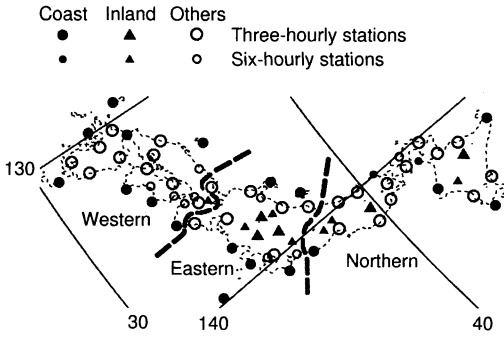
これにより、対象地点数は南西諸島を除く全国 (以下これを便宜上「全国」と表記する) で3時間ごとの観測官署が52地点、6時間ごとの官署が18地点で合計70地点になった。第1図はその分布を示す。図中、沿岸地点・内陸地点等の区別は後に第6図で用いるもので、その定義は「内陸度」すなわち

\*<sup>1</sup> 気象研究所予報研究部。 \*<sup>2</sup> 気象研究所気候研究部。

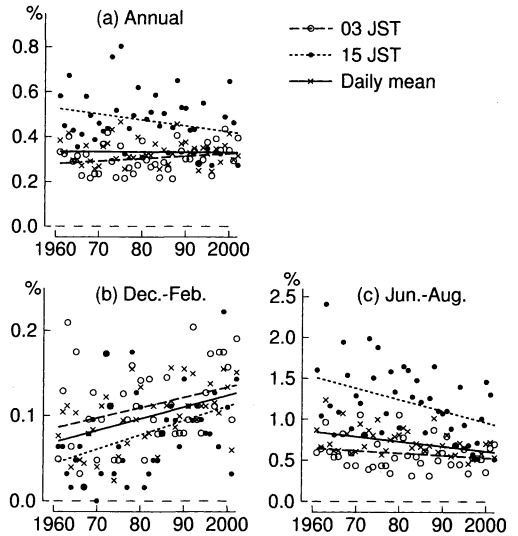
\*<sup>3</sup> 気象庁観測部。

—2004年10月18日受領—

—2004年12月6日受理—



第1図 対象地点の分布. 太い破線は北日本（北海道・東北）、東日本（関東・中部・三重県）、西日本（三重県以外の近畿～九州）の境界を示す. ●, ▲, ○はそれぞれ沿岸・内陸地点およびその他の地点を示し, その大きさは3時間観測と6時間観測の区別を表す. 図の範囲外に南西諸島の5地点（名瀬, 石垣島, 宮古島, 那覇, 南大東島）がある.



第2図 雷頻度（全国平均）の経年変化. 各点は年平均値あるいは年ごとの季節平均値を表し, 直線はそれらの1次回帰を表す.

$$a = \frac{\iint \exp\left\{-\left(\frac{r}{r_0}\right)^2\right\} w(x, y) dx dy}{\iint \exp\left\{-\left(\frac{r}{r_0}\right)^2\right\} dx dy} \quad (1)$$

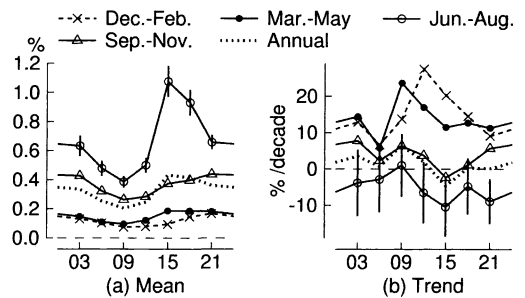
に基づく.  $x$  と  $y$  はそれぞれ各地点を原点とする東西・南北座標,  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $r_0 = 25$  km であり,  $w(x, y)$  は点  $(x, y)$  が陸ならば1, 水域ならば0とする. そして,  $a \geq 0.95$  ならば内陸,  $a < 0.5$  ならば沿岸とした. 一方, 南西諸島は3時間または6時間ごとの資料が得られる5地点（名瀬, 石垣島, 宮古島, 那覇, 南大東島）を利用した.

雷の発現は現在天気 (ww) の数字符号が17 (= 雷電, 降水なし) または95~99 (= 雷電, 降水等を伴う) である場合とした. 以下,  $n$  年の  $j$  時における雷頻度の統計値を  $P_j(n)$  と表し, 日平均頻度を  $\bar{P}(n)$  と表す.

### 3. 結果

まず全国的な傾向を見るため, 第2図に全国平均の雷頻度 (03時, 15時および日平均) の経年変化を年平均と冬 (12~2月), 夏 (6~8月) について示す. 雷頻度は冬には増加し夏は減少していること, 夏の減少率は03時よりも15時に大きいことが分かる. 年平均においては, 03時はやや増加しているが, 15時は減少している.

第3図は解析期間の初年と終年 (1961年と2002年) を  $n_1, n_2$  として, 雷頻度の累年平均値  $A_j$  とトレンド  $B_j$

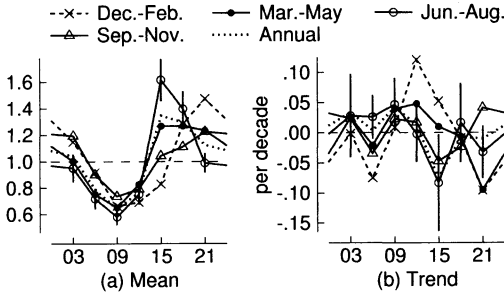


第3図 雷頻度（全国平均）の累年平均値 (式 (2) の  $A_j$ ) と経年変化率 ( $B_j/A_j$ ). 季節別. 夏については95%信頼区間を縦棒で示す.

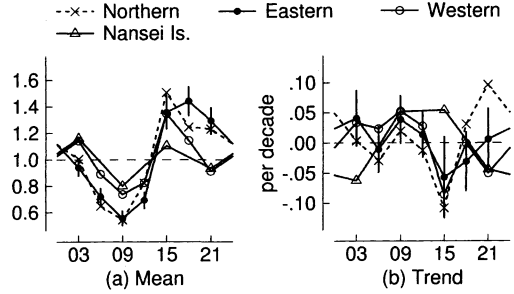
を最小2乗条件

$$\sum_n [P_j(n) - \{A_j + B_j(n - \frac{n_1 + n_2}{2})\}]^2 \rightarrow \min., \quad (2)$$

で求め,  $A_j$  と経年変化率  $B_j/A_j$  をグラフで示したものである. とともに%という単位が使われているが, 累年平均値 = 1%とは「100回に1回の率で雷が観測される」こと, 経年変化率 = 1%/ (10年) とは「雷の観測頻度が10年間に1.01倍あるいは0.99倍になる」ことであって, 「%」の意味は異なる. 冬と春は各観測時刻で雷が増えているのに対し, 夏は午後の雷の減少が目立ち, 15時の減少率は  $-10.4\% / (10年)$  である. その95%信頼幅は  $8.1\% / (10年)$  であり, 減少は5%水準で有意



第4図 日平均頻度を1とした雷頻度(全国平均)の累年平均値(式(3)の $a_j$ )と経年変化率( $b_j$ )。季節別、夏については95%信頼区間を示す。



第5図 第4図と同じ、ただし年平均、地域別。東日本については95%信頼区間を示す。

である(以下この場合には\*をつけて示す)。6時間観測の官署を含めると15時の減少率は $-11.4\%/(\text{10年})^*$ である。年平均においては、03~12時にはやや増加しているのに対して15時だけは若干減少傾向になっている。

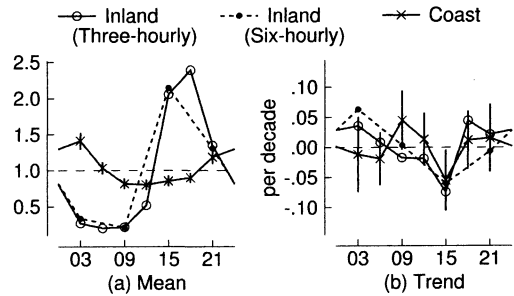
ついでながら、冬の雷は主として沿岸域に限られ、第2図や第3図の冬の増加傾向は沿岸での増加を反映したものである。冬は日本海側だけでなく、太平洋側の地点でも増加傾向が見られる(図は省略)。また、南西諸島は春を除いて雷頻度が増加しており(年平均で $13\%/(\text{10年})^*$ )、全国的な傾向とは異なっている(図は省略)。

第3図bの年平均値のグラフは、夏のグラフをほぼそのまま上へずらしたような形をしている。言い替えると、夏の経年変化と年平均の経年変化の違いは、主に日平均頻度の変化の違いであり、日平均に対する相対頻度は夏も年平均も似た経年変化をしていることがうかがえる。そこで、時刻別の相対頻度を抽出するため、日平均頻度 $\bar{P}(n)$ で規格化した値すなわち $p_j(n) = P_j(n) / \bar{P}(n)$ の経年変化を調べた。

第4図は最小2乗条件

$$\sum_n [p_j(n) - \{a_j + b_j(n - \frac{n_1 + n_2}{2})\}]^2 \rightarrow \min., \quad (3)$$

で与えられる $p_j(n)$ の累年平均値 $a_j$ と経年変化率 $b_j$ を季節別に示したものである。上記の議論から予想されるように、夏の経年変化率のグラフと年平均のグラフはほぼ一致し、ともに15時に $-0.08/(\text{10年})^*$ 程度の極小を持つ。第3図では夏は21時にも $-10\%/(\text{10年})$ 近い減少があったが、第4図では15時の極小だけが目立つ。秋もまた、15時に $-0.05/(\text{10年})$ の極小がある。冬と春は変化の時間特性が異なるが、夏に比べて雷頻



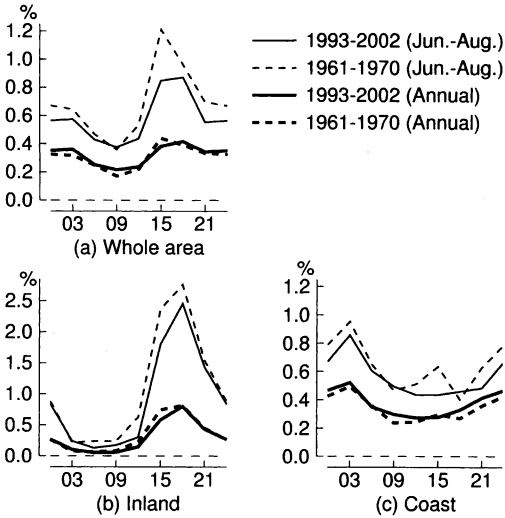
第6図 第4図と同じ、ただし内陸と沿岸。沿岸については95%信頼区間を示す。

度が小さいため年平均にはあまり反映していないものと考えられる。

第5図は累年平均値 $a_j$ とトレンド $b_j$ のグラフを地域別に示す(地域区分は第1図参照)。南西諸島を除いた全国で15時に $-0.05 \sim -0.1/(\text{10年})$ の極小がある(西日本は有意)。一方、南西諸島は昼間(09, 15時)に相対的な増加傾向があり、他の地域とは変化傾向が異なる。

第6図は内陸地点と沿岸地点の比較である(定義は第2節と第1図参照)。内陸は3時間観測の官署が5地点しかないで、6時間観測の官署を含む12地点の結果を併記する。雷頻度の日変化形は内陸と沿岸とで大きく異なり、それぞれ午後の強い極大と夜間の弱い極大が特徴であるが、経年変化率は両方とも15時に $-0.05 \sim -0.07/(\text{10年})$ の極小を持つ(沿岸は有意)。

なお、夏について地域別の図や内陸・沿岸別の図を作ってみると、第5, 6図に比べて地域ごとの差が大きくなるが(図は省略)、これはデータ数が少ないためのランダムなばらつきを含んでいる可能性がある。夏の雷頻度の時刻別経年変化が多様な地域性を持つ可能



第7図 対象期間の最初の10年間(1961~1970)と最後の10年間(1993~2002)の雷頻度の比較。

性も否定はできないが、本稿ではこの点には深入りしないでおく。

最後に、15時の雷頻度の相対的減少によって日変化形がどのように変わったかを見してみる。第7図は解析期間の初めの10年間(1961~1970)とあとの10年間(1993~2002)について、全国平均・内陸・沿岸の雷頻度の日変化を示したものである。内陸では午後の極大がやや小さくなるとともにその時刻が後ろにずれている。沿岸では、1960年代にはあった15時の極大が、近年はなくなっている。第2図でも見たように、年平均において、かつ1日を平均すれば雷頻度はほとんど変化がしていないが、近年は午後の頻度極大が弱まり、あるいは遅れる傾向があることが分かる。

#### 4. まとめと課題

雷頻度の日変化形の経年変化は15時の相対的減少という点に最大の特徴がある。これは夏・秋および年平均について、南西諸島を除く全国で見られるものであり、その減少率は日平均頻度を1として $-0.1/(10年)$

弱である。このうち、夏は日平均においても雷が減っているため、15時の雷頻度は $-10\%/(10年)$ 、すなわち40年間では $-40\%$ という高率で減少している。

今回の結果を降水頻度の時刻別経年変化(Fujibe *et al.*, 2005)と比べると、降水頻度は昼間(09時, 15時)の相対的減少、雷頻度は15時だけの減少という違いがある。また、降水頻度の変化の特徴(上記)はすべての季節に共通して見られるが、雷頻度の変化の時間的傾向には季節的な違いがある。降水頻度はごく弱い降水の変化の特徴を反映するのに対し、雷は対流性の降水活動の特徴を反映し、この違いが時間的な変化傾向の違いに表れたことが考えられよう。今後は、降水量のデータを利用して降水の強さとその日変化特性の長期変化との関連を明らかにすることが課題である。

#### 謝辞

本研究の実施に当たり日本学術振興会科学研究費補助金「首都圏の短時間豪雨をもたらす降水システムの研究」(基盤研究(C)(2)課題番号14540411)の交付を受けた。

#### 参考文献

- Dai, A., 2001: Global precipitation and thunderstorm frequencies. Part II: Diurnal variations, *J. Climate*, **14**, 1112-1128.
- Fujibe, F., 1988: Diurnal variation of precipitation and thunderstorm frequency in Japan in the warm season, *Pap. Meteor. Geophys.*, **39**, 79-94.
- Fujibe, F., N. Yamazaki and M. Katsuyama, 2005: Long-term trends in the diurnal cycles of precipitation frequency in Japan, *Pap. Meteor. Geophys.*, **55** (in press).
- Kitagawa, N., 1989: Long-term variations in thunder-day frequencies in Japan, *J. Geophys. Res.*, **D94**, 13183-13189.
- 工藤正哲, 2001: 秋田の高層気温と雷日数の経年変化, *気象庁研究時報*, **53**, 27-35.
- 吉田 弘, 2002: 日本列島における雷日数の地理的分布とその長期的傾向, *天気*, **49**, 279-285.

---

## Long-term Trends in the Diurnal Cycles of Thunder Frequency in Japan

Fumiaki FUJIBE\*<sup>1</sup>, Nobuo YAMAZAKI\*<sup>2</sup>  
and Mitsugi KATSUYAMA\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> (*Corresponding author*) *Meteorological Research Institute, Tsukuba 305-0052, Japan.*  
*E-mail : ffujibe@mri-jma.go.jp.*

\*<sup>2</sup> *Meteorological Research Institute, Tsukuba 305-0052, Japan.*

\*<sup>3</sup> *Observations Department, Japan Meteorological Agency, Tokyo 100-8122, Japan.*

(Received 18 October 2004 ; Accepted 6 December 2004)

### Abstract

Long-term changes in diurnal variation patterns of thunder frequency were analyzed using visual observation data (present weather) for 42 years (1961–2002) in Japan. The thunder frequency has increased throughout a day in winter and spring, while that in summer has a decreasing trend, which is largest at 15 JST with a value of  $-10\%$  per decade. The 15 JST frequency relative to the daily mean has also decreased at a rate of about  $-0.08$  per decade in summer and for the annual mean. As a result the afternoon peak of thunder frequency has weakened or delayed in the recent decade in comparison to the 1960's.

---