

日本列島スケールで見た雷頻度の季節的变化と気候学的背景

吉 田 弘*

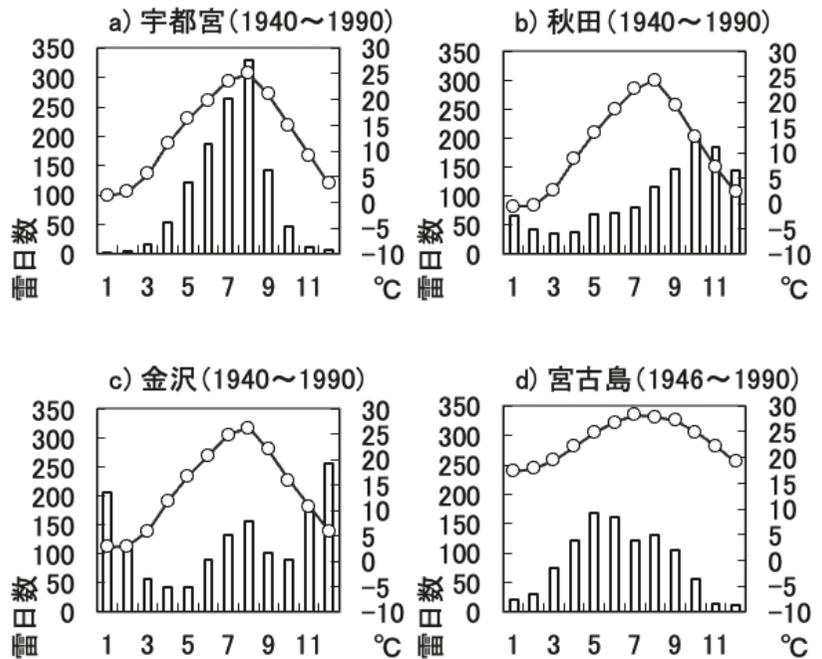
1. はじめに

雷現象はその要因となる積乱雲の水平の大きさが10～20km程度の小スケールの現象であるが、南北に長い日本列島ではそれぞれの地域の気象学的環境場の影響を受け年雷日数やその季節変化が多様であるなどその発生状況は複雑なものになっている (吉田 2002).

また日本海を挟んでユーラシア大陸の東側に位置する日本列島では、その影響を受け大陸からの季節風の気温と日本海の海面水温の差が大きくなり、大気が不安定化し雷日数が多くなるなど雷発生様式はより複雑なものになっていると考えられる(吉野 2002).

気象官署の長期にわたる月別雷日数分布パターン(以下、分布パターン)をみると、より広い範囲の観測点で類似の分布パターンが認められる。これらを概観すると、以下の4分布パターンに大別することができる。

①地上平均気温が最高となる夏季(7～8月)に雷



第1図 a) 宇都宮, b) 秋田, c) 金沢, d) 宮古島における、それぞれの官署の表題に示す期間の月別の雷日数と地上平均気温。棒グラフは雷日数(単位、日)、線グラフは気温を示す。

日数も最大となる分布パターン(第1図a):宇都宮雷・気温(1940～1990).

②地上平均気温が最高となる季節を過ぎた秋季以降(9～11月)に雷日数が最大となる分布パターン(第1図b):秋田雷・気温(1940～1990).

③夏季及び冬季に雷日数が極大となる分布パターン(第1図c):金沢雷・気温(1940～1990).

④4月～9月にかけて長い期間で雷日数が多くなる分布パターン(第1図d):宮古島雷・気温(1946～1990).

* 所属なし.

namazu0166@jcom.home.ne.jp

—2022年7月29日受領—

—2022年12月11日受理—

ここでは各分布パターンの主な特徴をもとに各観測点を、次の3グループに分類した。

- 1) 月別雷日数の極大が年1回ある単極大型 (第1図 a, b)
- 2) 月別雷日数の極大が年2回ある双極大型 (第1図 c)
- 3) 月別雷日数の顕著な極大期が無く暖候期に月別雷日数の多い時期が継続する型 (第1図 d)

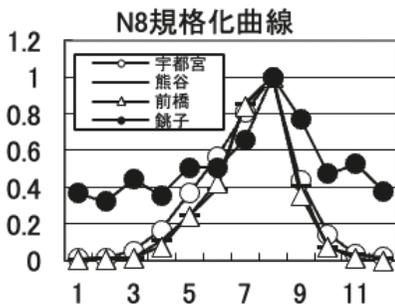
以下、本報告では、分類の詳細、ならびにその地理的分布を示し、気象学的環境場との関連について考察したので報告する。

なお、吉田 (2002) では年雷日数をもとに雷発生の長期変化特性を調査したが、本報告では主に月別雷日数 (N) と地上平均気温 (T) との関係に基づき、及び8月の雷日数 ($N8$) で各月の雷日数 (N) を規格化した曲線により各地域の雷発生の特性の多様性を明らかにした。

2. 調査に用いたデータ

調査に用いた雷日数データおよび地上平均気温データは気象庁のホームページ「各種データ・資料—過去の気象データ・ダウンロード」(<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl> 2019.11.19閲覧) からダウンロードした。また2021年の旬平均海面水温のデータ (画像) も同じく気象庁のホームページ「各種データ・資料—海洋の健康診断表」(<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/index.html> 2022.3.10閲覧) からダウンロードした。

多くの官署のデータは1940~1990年までのものであるが、いくつかの官署についてはもう少し短い期間のものがある。



第2図 N8規格化曲線の比較。○は宇都宮、—は熊谷、△は前橋、●は鉾子を示す。

3. 月別雷日数分布パターンによる分類

さまざまな事象の客観的分類には、クラスター分析が用いられるが、ここでは主観的な分類を試みた。

調査対象の全地点について月別雷日数と月別地上平均気温のグラフ (第1図 a~d) を作り、これらについていくつかの官署を1つのグループとして分類する基準となる特性を視認により抽出し、これをもとに各官署をいくつかのグループに分類した。分類にあたって、あるグループに分類されるかどうか判断するのが難しい官署については、その官署の8月の雷日数 ($N8$) で各月の雷日数を規格化したグラフ ($N8$ 規格化曲線) を作成しその特徴とあるグループ内のいくつかの官署の $N8$ 規格化曲線の特徴とを視認により比較し同じグループに分類するかどうかを判断した (第2図)。

3.1 単極大型

3.1.1 夏季単極大型

第1図 a に宇都宮の月別雷日数および月別平均気温のグラフを示す。

この図から次の2特性をグループ分類の基準とした。

- a. 雷日数および地上平均気温が最大となる月が両者とも8月
- b. 雷日数は気温が最低となる1月ころに最小となり季節の推移に伴う気温の上昇・下降に伴い単調に増加・減少

そのほか次のような特徴が認められる。

- c. 6月の雷日数が9月の雷日数より多い ($N(6) > N(9)$)
- d. 気温上昇期 (5→8月) と下降期 (8→10月) では同じ温度に対する雷日数は前者の方が多い

グループの分類基準である a, b の特性および次のような差異 (雷日数の最小となる月が1~3月, 雷日数の最大となる月が7月か8月, $N(6) > N(9)$ ではなく $N(6) < N(9)$ など) を含む分布パターンを夏季単極大型とする。

夏季単極大型の雷発生様式は日本海側を除く東北地方、関東地方の内陸部、東海・中部地方・近畿地方、中国地方の瀬戸内側および四国の東部の官署など多くの官署で認められ日本における主要な雷発生様式の1つと考えられる。

なお上述のように同じグループへの分類が難しい官署については第2図に示すように $N8$ 規格化曲線の特徴の相似性を考慮し判断した。図では夏季単極大型の宇都宮、熊谷、前橋はほぼ同じ曲線 (特徴) を示すが鉾子は離れており、鉾子は関東の夏季単極大型のグ

グループには分類しなかった。

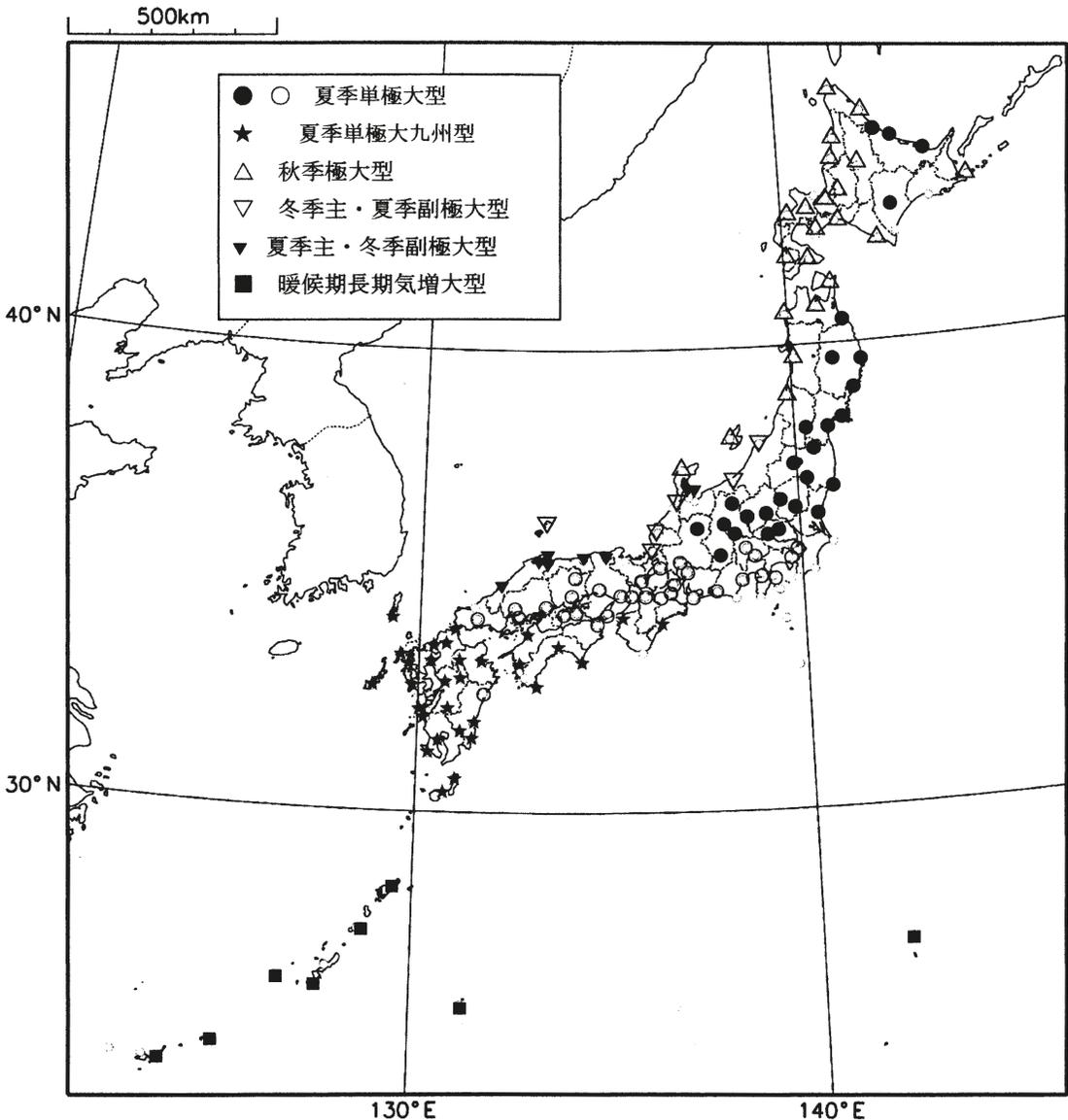
また、関東の南岸の館山、勝浦、島嶼部の大島、八丈島、三宅島および東海の石廊崎、御前崎でのN8規格化曲線（図は省略）は隣接する夏季単極大型のグループの曲線の特徴とは離れており、これらの官署も夏季単極大型のグループには分類しなかった。

a. から d. の特徴をもつ夏季単極大型の官署を第3図に示す。●の官署は第1図aに示すように $N(6) > N(9)$ となる特徴がある。一方○の官署では第4図a

に示すように $N(6) < N(9)$ となる特徴がある。この2つの特徴について●と○の官署における差異をより視覚的にとらえるため、それぞれの月別雷日数 (N) 対月別地上平均気温 (T) の曲線 ($N-T$ ダイアグラム) を作成し比較すると○の官署では第4図bのように気温上昇期と下降期で交差しており、○の官署での特徴の1つと考えられる。

3.1.2 夏季単極大九州型

分布パターンが3.1.1に述べる夏季単極大型の特性



第3図 各分布パターンを示す気象官署の分布図。

のうち項目 a の特性はもつが、項目 b については第 5 図 a に示すように他の夏季単極大型の特性とは異なり気温上昇期の 5 月に雷日数が減少する、あるいは 3~4 月の雷発生の割合が他の夏季単極大型の官署と比較しかなり多いように見える特徴を持つ官署がある。このことを判断するため夏季単極大型の高松の N8 規格化曲線との比較で考察した。第 5 図 b に示されるように 3~4 月を除いては両官署の曲線はほぼ同じであり、これらの官署では 3~4 月に雷発生の割合がかなり多くなっていると考えられる。また多くの官署では第 3 図の○の官署と同じく $N(6) < N(9)$ となっている。これらの分布パターンを夏季単極大九州型と定義した。このような発生様式を示す官署を第 3 図に★で示す。これらの官署はほぼ九州全域および四国の一部と広い範囲に分布していることから、局所的な現象というよりはより広い地域の気象学的環境場との関連で興味深い。

3.1.3 秋季単極大型

3.1.1 で述べた夏季単極大型の第一の特性は月別平均地上気温の最大となる時期と月別雷日数の最大となる時期がほぼ一致していることである。しかしなが

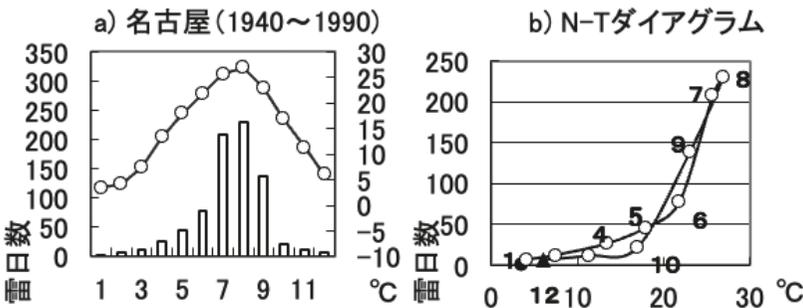
ら、秋田の月別雷日数と平均気温（第 1 図 b）に示すように、雷日数が最大となる時期が平均気温の最大となる時期より遅れて出現する官署がある。これらの官署は北海道・東北の日本海側に分布しており、これを秋季単極大型とする。

これらの官署では、雷日数は 3 月ころを最小に季節の推移とともに単調に増加し、気温が最大を過ぎ下降期に入る 9~10 月に最大となりその後単調に減少する。N-T ダイアグラム（第 6 図 a）は季節の推移とともに左回転しており、これが秋季極大型の特徴の 1 つと考えられる。このような特徴は、夏季単極大型（第 4 図 b）には見られない。これらの官署を第 3 図に△で示す。第 6 図 b に示す N8 規格化曲線をもとに秋季単極大型の雷発生様式の特徴について考察する。雷日数のピークとなる月は稚内（9 月）、寿都・深浦・秋田（10 月）、新潟（11 月）と南下しており、秋季における雷日数の増加は大陸からの寒気の流入の影響が大きいと考えられる（川上 1998；吉野 2002）。

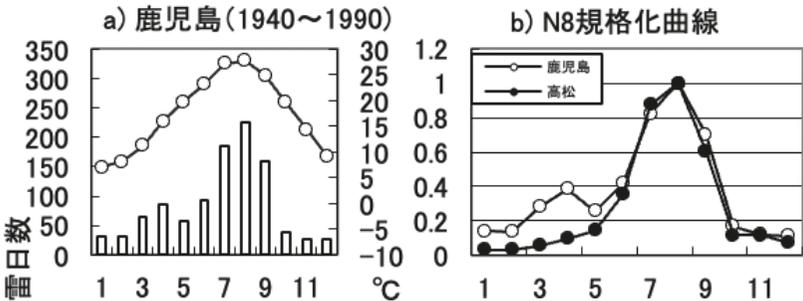
また、第 6 図 c に示すように稚内および羽幌（図省略）の日本海沿岸の 2 官署では雷日数の最大は 9~10 月の 2 か月に限られ他の月では非常に少ない。また、

1~3 月における道北・道東の官署の雷日数および平均気温は稚内（4：-5.7~-1.6℃）、羽幌（5：-5.6~-1.4℃）、北見枝幸（0：-6.8~-2.8℃）、雄武（0：-7.2~-3.3℃）、紋別（0：-6.4~-2.6℃）、網走（1：-6.6~-2.8℃）であり 1~3 月における雷日数が極端に少ないという特徴がある。またこれらの官署では周辺海域の海面水温が 5℃以下と低く、雷雲の発生が少ないと考えられる気象学的環境との関連で興味深い（吉野 2002）。

なお、雄武、紋別、網走のオホーツク海沿岸および帯広の 4 官署では雷日数の最大の時期と平均気温の最大の時期が一致し、N8 規格化曲線の図（第 6 図 d；夏季単極大型の盛岡も併記）からも夏季単



第 4 図 a) 名古屋の月別雷日数および平均気温。b) 名古屋の N-T ダイアグラム。数字は月を示し、区別のため 1 月を●、12 月を▲で示す。



第 5 図 a) 鹿児島月の月別雷日数および平均気温。b) N8 規格化曲線。鹿児島 (○) 高松 (●)。

極大型の官署の特徴を示し、夏季単極大型に分類する。

3.2 双極大

第1図cに示すように雷日数の極大が夏季と冬季と年2回ある官署があり双極大型とする。極大の時期および大きさにより次の2つに分類する。

3.2.1 冬季主極大・夏季副極大型

この型の官署では第7図に示すように冬季の雷日数が夏季の雷日数より多くなっているが富山および伏木では冬季の雷日数はそれほど多くない(川上 1998; 田中 1999)。

これらの官署を第3図に▽で示す。この地域の雷発生様式についてN8規格化曲線により考察する。

第7図から冬季における雷日数のピークは新潟が先行し、高田、金沢、福井と西進していることが示され、この地域においても寒気の南下が示唆される。

3.2.2 夏季主極大・冬季副極大型

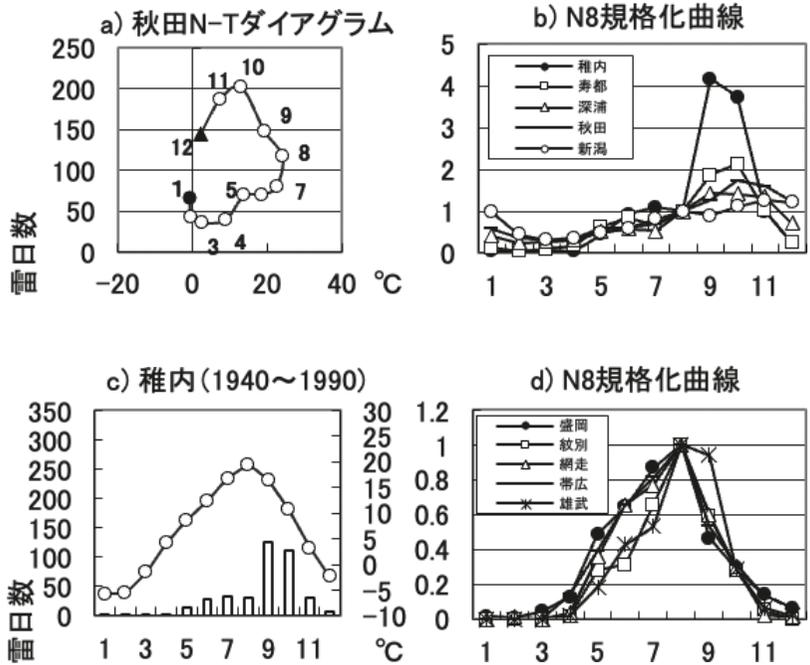
第8図aに示すように雷日数が夏季および冬季に極大を示すが、3.2.1の冬季主極大・夏季副極大型とは逆に夏季における雷日数が冬季におけるものより多い官署があり第3図に▼で示す。

これらの官署では第8図bに示されるように、3月から10月までのN8規格化曲線は夏季単極大(岡山参照)のものと同様であり雷発生様式も同様と考えられる。一方、11月から3月くらいまでは寒気の流入の影響を受け雷日数は増加するが、その影響は北陸の官署ほど大きくはないと考えられる。

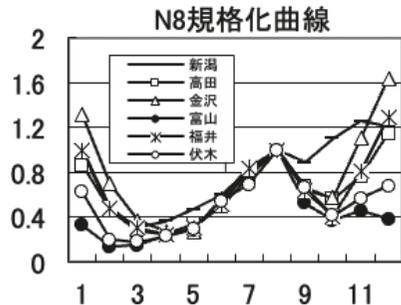
3.3 暖候期長期増大型

3.1および3.2で述べた月別雷日数分布のパターンは年1回または2回の顕著な極大を示すが、第9図aに示すように顕著な極大はなく、3月から9月にかけての暖候期に雷日数が多い期間が継続する官署があり暖候期長期増大型とする。これらの官署を第3図に■で示す。

このパターンを示すグループは南西諸島が中心であ



第6図 a) 秋田のN-Tダイアグラム。数字は月を示し、区別のため1月を●、12月を▲で示す。b) 日本海側の都市(稚内、寿都、深浦、秋田、新潟)におけるN8規格化曲線。c) 稚内の月別雷日数および平均気温。d) 夏季単極大型に分類された都市(盛岡、紋別、網走、帯広、雄武)におけるN8規格化曲線。



第7図 北陸地方における都市(新潟、高田、金沢、富山、福井、伏木)のN8規格化曲線。

る。第9図bのN8規格化曲線で見ると宮古島・石垣島・与那国の西部と那覇・名瀬・南大東島の東部では4→7月における発生様式が異なっているように見え、このことについては今後の課題としたい。

なお、父島(図略)では雷日数の多い期間は7~9月と南西諸島に比べやや短くなっている。

4. 考察

4.1 夏季単極大型における気温変化と雷日数変化
 夏季単極大型の月別雷回数と地上平均気温との対応は第10図に見られるように非常に良く、特定の気温

(T_0) を境に2本の直線で近似できる(第10図は東海地方の例). 平均気温の変化量に対する雷日数の変化量 (dN/dT) は大きく異なり, T_0 を超えると雷日数は急増する. この関係は各地域における雷発生様式を考

える上で興味深い. 各地域における T_0 , dN/dT の概要を第1表に示す. ($dN/dT = k_1$; $T < T_0$, k_2 ; $T > T_0$)

この表から T_0 , k_1 , k_2 について特に地域的な特徴はないが, T_0 は緯度が低いほどやや大きい傾向にあり, k_1 は地域的な差が小さく k_2 は地域的な差が大きい傾向にあることがわかる.

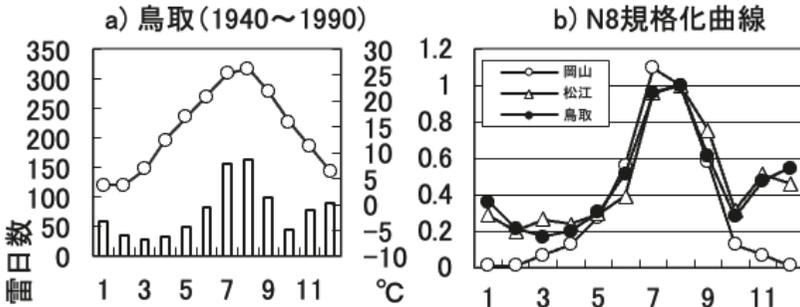
4.2 日本海側における雷日数と海面水温

日本海沿岸の官署では第11図にみられるように1~3月の雷日数の変化と海面水温度の変化の傾向の対応はよく, 海面水温の影響が示唆される. なお, 海面水温はダウンロードした画像から各観測点近傍の値を読み取った.

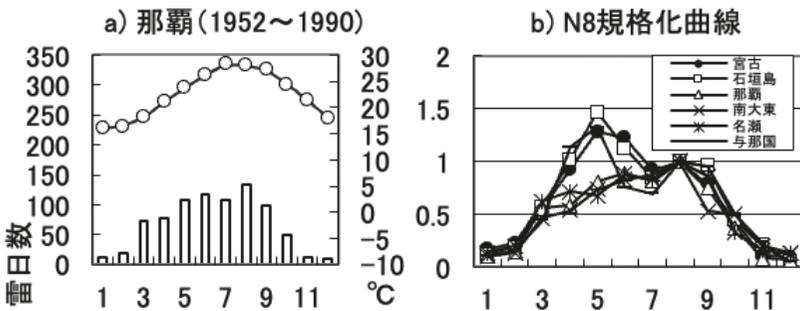
5. まとめ

気象官署の月別雷日数と地上平均気温をもとに第12図のように分類した. 分類にあたり, ある官署の8月の雷日数(N8)で各月の雷日数を規格化したN8規格化曲線の特徴の比較は有効である. 以下, それぞれの分類の特徴を記す.

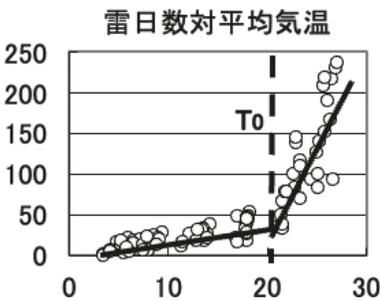
夏季単極大型では月別雷日数と地上平均気温との対応は非常に良く, 地域ごとに求められる気温を境に月別雷回数と地上平均気温とは2本の直線で近似できる. 日本海側における秋季以降の雷日数は大陸からの寒気の流入の影響を受け大気が不安定化し雷日数



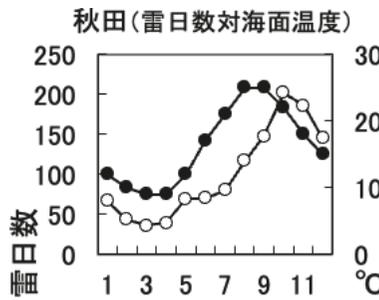
第8図 a) 鳥取の月別雷日数および平均気温. b) 夏季主極大・冬季副極大型の都市(岡山, 松江, 鳥取)のN8規格化曲線.



第9図 a) 那覇の月別雷日数および平均気温. b) 南西諸島の都市(宮古, 石垣島, 那覇, 南大東, 名瀬, 与那国)のN8規格化曲線.



第10図 東海地方の静岡, 三島, 網代, 浜松, 名古屋, 岐阜(期間 各地点1940~1990), 伊良湖(期間1847~1980)における1~12月の月別平均気温と雷日数の散布図. 2つの近似直線の分岐となる気温を T_0 で示す.



第11図 秋田における月別の雷日数(○)と近傍の海面水温平均値(●).

が多くなり、季節の推移とともに北海道から山陰へと進行していることが認められる。日本海沿岸の官署では特に1～3月の月別雷日数と海面水温との相関は高いと推定される。

謝 辞

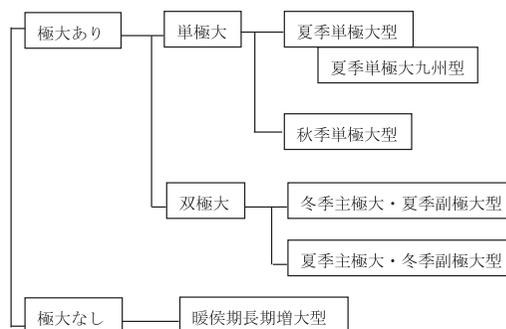
二宮洸三博士には雷発生様式と気候について様々なご助言を頂きました。また匿名の査読者と中村 哲編集委員には原稿を丁寧に読んでいただき論旨を明確にする上で貴重なコメントをいただきました。記して感謝いたします。

参 考 文 献

- 川上正志, 1998: 北陸周辺の冬の雷. 気象, 42.1, 34-48.
 田中明夫, 1999: 冬季雷増加の背景について. 東京管区気象研究会誌, (31), 248-249.
 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.
 吉野正敏 監, 2002: 日本の気候 I (気候影響・利用研究会 編). 二宮書店, 130pp.

第1表 地域ごとに算定した、平均気温の変化量に対する雷日数の変化量 k が大きく変わる分岐点となる気温 T_0 , およびその前後の k の値 k_1, k_2 (詳細は本文参照).

地域	T_0	k_1	k_2
東北	10	1.3	9.4
関東	15	3.0	15.3
甲信	15	2.2	18.5
東海	20	2.2	25.5
近畿	20	1.6	16.1
山陽	20	1.5	11.4



第12図 雷発生様式分類.

Seasonal Changes in Thunder-Day Frequencies over the Japan Islands and Related Background Climatological Conditions

Hiromu YOSHIDA*

* no affiliation

(Received 29 July 2022; Accepted 11 December 2022)