

第3の台風のカテゴリー「高温台風」の諸特性 —雨台風・風台風との比較—

鈴木パーカー明日香* 日 下 博 幸** 渡 来 靖*

キーワード：台風、高温、雨、風、極端現象

1. はじめに

台風は甚大な災害をもたらすことがある。台風による被害は雨と風、そして高潮に伴うものが大多数を占める。一般的に、大雨によって大きな被害をもたらした台風は「雨台風」と呼ばれ、暴風によって大きな被害をもたらした台風は「風台風」と呼ばれている。例えば、カスリーン台風（1947年）や狩野川台風（1958年）は歴史的な「雨台風」として広く認知されており、近年では2016年に東北や北海道に相次いで上陸し大雨をもたらした台風7、11、9号（日本接近順）などが記憶に新しい。「風台風」の事例としては、東北・北陸地方を中心に広い範囲で暴風被害をもたらした1991年台風19号などが挙げられる。

一方で、台風は顕著な高温をもたらすことがある。台風による高温の要因として、南方からの暖気移流、フェーン現象、いわゆる“台風一過の晴天”に伴う場合、そして間接的には台風の通過とともに梅雨明けする場合、などが考えられる。地球温暖化と高齢化に伴って暑熱による健康被害が増大しているが（例えば、藤部 2013）、台風の接近や通過に伴う高温も健康被害の一端を担っている可能性は否定できない。しかしながら、台風に伴う高温に関する研究は、著者らが知りうる限り見当たらない。

そこで本研究は、台風接近に伴う高温の特性について明らかにすることを目的とする。具体的には、台風接近日における全国の気温偏差を算出し、その地理的特性、ならびに降水や風との相違点を把握する。さらに、極端な高温をもたらす高温台風の抽出を行い、これらの時空間変動について極端な降水や暴風をもたらす雨台風や風台風との比較検討を行う。

2. 使用データと解析手法

気象庁は、台風の中心が全国いずれかの気象官署等の300km圏内に入った場合を台風の接近と定義している。この定義に従い、全国いずれかの気象官署等から300km以内に台風の中心が位置していた日を抽出し、これを台風接近日とした。解析の便宜上、解析対象期間は2002-2016年の15年間とした。接近台風の抽出には、気象庁の台風ベストトラック、ならびに全国の気象官署等の緯度・経度を用いた。ここで解析対象とした気象官署等は地点番号47から始まる気象庁観測地点で、解析対象期間を通じて観測値が得られる地点（155地点）とした。

本研究は、台風接近日における気温や降水量などの気候偏差に着目する。それぞれの台風接近日について、解析対象期間各年の前後10日間を気候値の統計期間とし、台風接近日の観測値との偏差を算出した（図1）。例えば、2008年7月1日を台風接近日とした場合、この接近日の気候値の統計期間は2002-2016各年の6月21日から7月11日となる。気候値の算出は、解析対象期間中全ての台風接近日に対し、全ての各々の気象官署地点で行った。解析対象とした気象要素は、日平均気温、日最高気温、日最低気温、日最高風速、そして日積算降水量である。

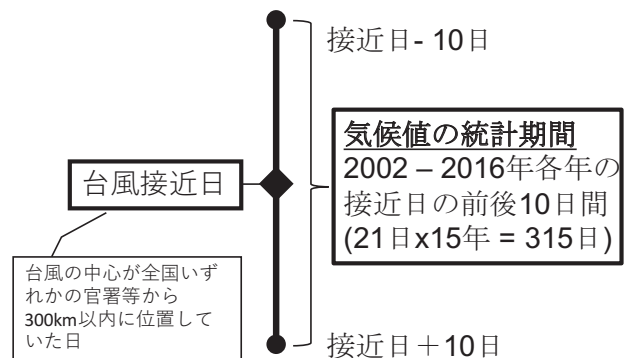


図1：台風接近日と気候値の統計期間の図説

* 立正大学地球環境科学部

** 筑波大学計算科学研究センター

次に、極端な高温をもたらす台風（以後、「高温台風」と呼称）の抽出を行った。抽出条件は、全国の気象官署等20地点以上で台風接近日の日平均気温が気候値の95%ile値を上回っていたものとした。この条件設定の根拠についてはAppendixに記述してある。雨台風と風台風も同様に、20地点以上で台風接近日の日最大風速と日積算雨量が気候値の95%ile値を上回っていた台風として抽出を行った。

3. 結果

3.1. 全接近台風日の気候偏差

解析対象期間中、日本に接近した台風は179個であった。年別では、2004年が最も接近台風が多く（19個）、2010年が最も少なかった（7個）。これらの台風による累積台風接近日数は475日に達した。

全台風接近日の平均気温偏差を図2に示す。日平均気温偏差は全国的に0.2-0.6℃の正の値となっている（図2a）。つまり、極端な高温をもたらす台風が否かに関わらず、台風接近時は全国的に高温となりやすいということである。北陸地方は特に顕著な高温偏差が見られ、最高偏差は新潟県高田で0.7℃であった。一方、沖縄地方は低温偏差となっている。

日最高気温と日最低気温も、台風接近時には、全国的に高温傾向となっている（図2b、c）。偏差の全国平均は、日最高気温と日最低気温でそれぞれ0.2℃、0.5℃であり、日最低気温偏差の方が高くなっている。日最低気温では0.5℃以上の偏差となる地域が中国地方から北陸地方に広がっており、最高偏差は三重県上野で0.9℃である。一方、日最高気温では0.5℃以上の偏差となる地域は東北地方の日本海側に限られており、西日本を中心に偏差が小さい（-0.2~0.2℃）地点が多く見られる。以上をまとめると、日平均気温、日最高気温、日最低気温いずれも台風接近時は全国的に高温偏差となり、その傾向は北陸地方で強く、日最高気温より日最低気温で顕著となる。ただし、沖縄地方のみ低温偏差である。

気温と同様に、風速と降水量についても全ての台風接近時における偏差を調査する。日最高風速は全国的に正の偏差となっており、特に関東から沖縄にかけての太平洋側で偏差が大きくなっている（図3a）。日積算降水量も西日本の太平洋側で偏差が大きいが、偏差の特に大きい地点が日最高風速よりも局地的である（図3b）。なお、ここでは風の変数として日最高風速を用いているが、日平均風速や最大瞬間風速でも同様の水平分布であったこ

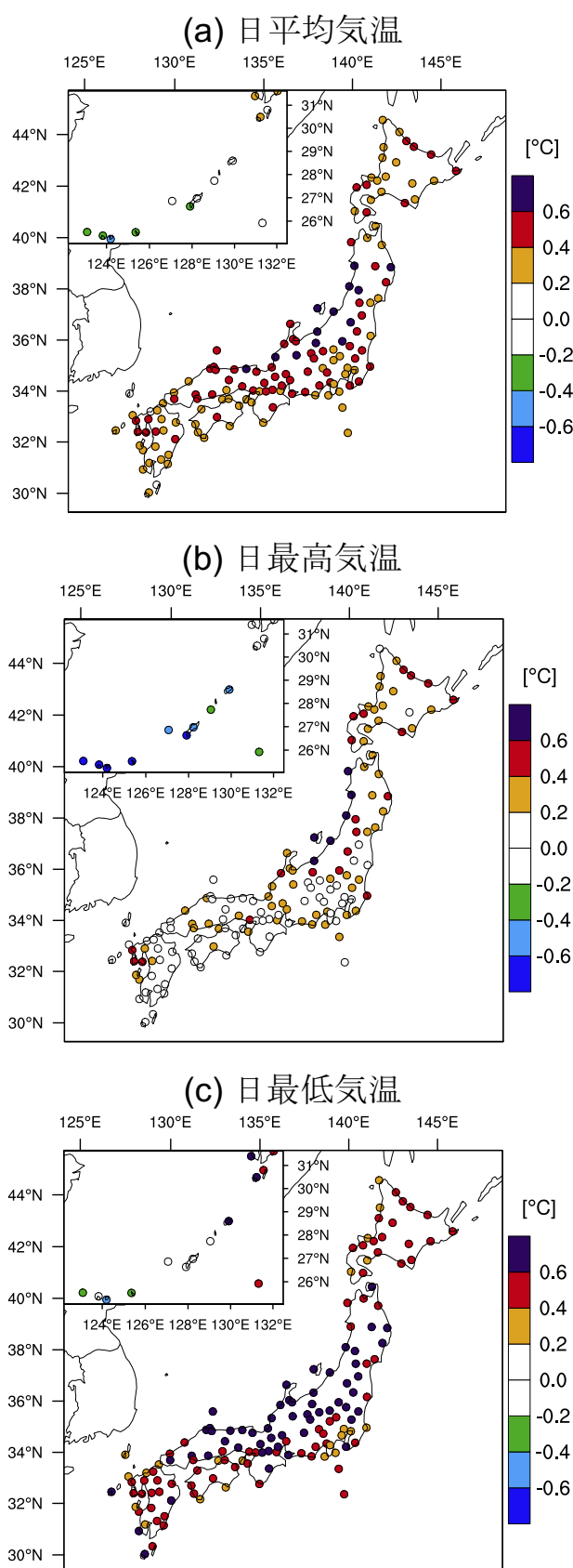


図2：全台風接近時における気温偏差の水平分布。偏差はそれぞれの台風接近日の観測値から、2002-2016年各年の接近日前後10日間平均を差し引いた値として算出している。(a) 日平均気温、(b) 日最高気温、(c) 日最低気温

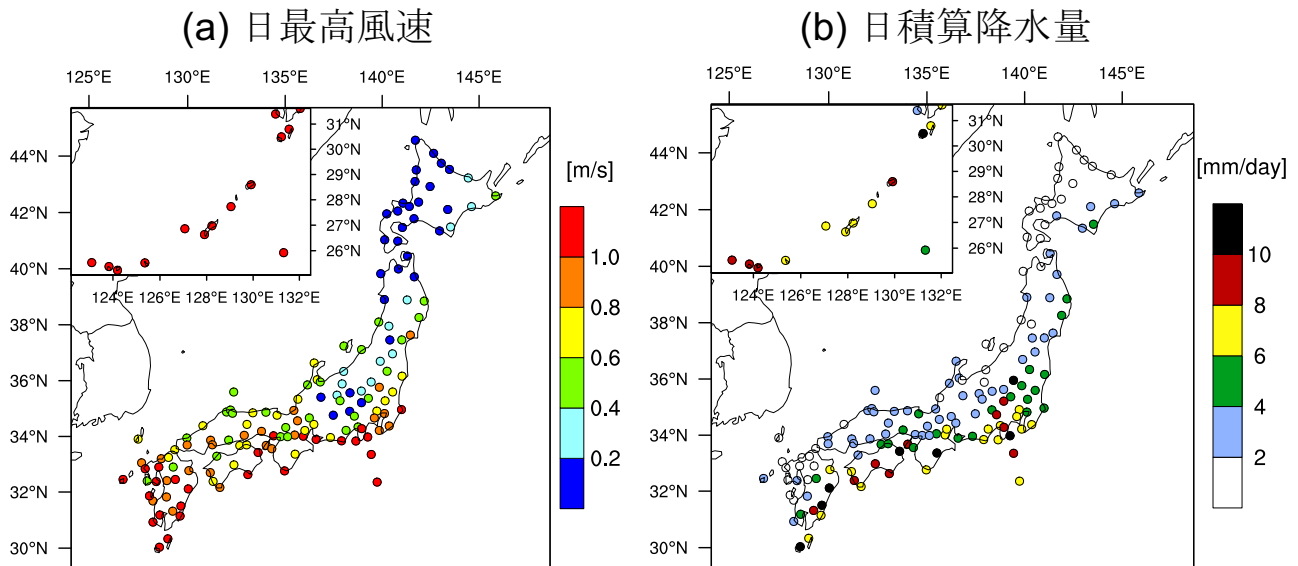


図3：全台風接近時における風速と降水量の偏差の水平分布。偏差はそれぞれの台風接近日の観測値から、2002-2016年各年の接近日前後10日間平均を差し引いた値として算出している。(a) 日最高風速、(b) 日積算降水量

とを付記しておく。

以上から、台風の接近に伴って高温となりやすいのは日本海側であり、太平洋側に高偏差が現れやすい風速と降水量とは明瞭な違いがあることが明らかとなった。

3.2. 高温台風接近時の気候偏差

高温台風に同定された台風は、179個の全接近台風のうち、53個(30%)であった(表1)。図4aに高温台風接近時の日平均気温偏差を示す。高温台風接近時の偏差

の空間分布は、全台風接近時の偏差に類似している(図3a、4a)。しかし、偏差は高温台風接近時の方が大きく、本州は1.0~3.4℃の高温偏差となっている。全台風接近時と同様、高温偏差が特に大きいのは中国地方から北陸地方にかけての日本海側であり、沖縄は負の偏差となっている。この地理的な傾向は、日最低气温と日最高气温でも同様であった(図省略)。全国平均で見ると、気温偏差は日最高气温(1.9℃)より日最低气温(2.2℃)の方が高く、中央値についても同様であった(図4b)。

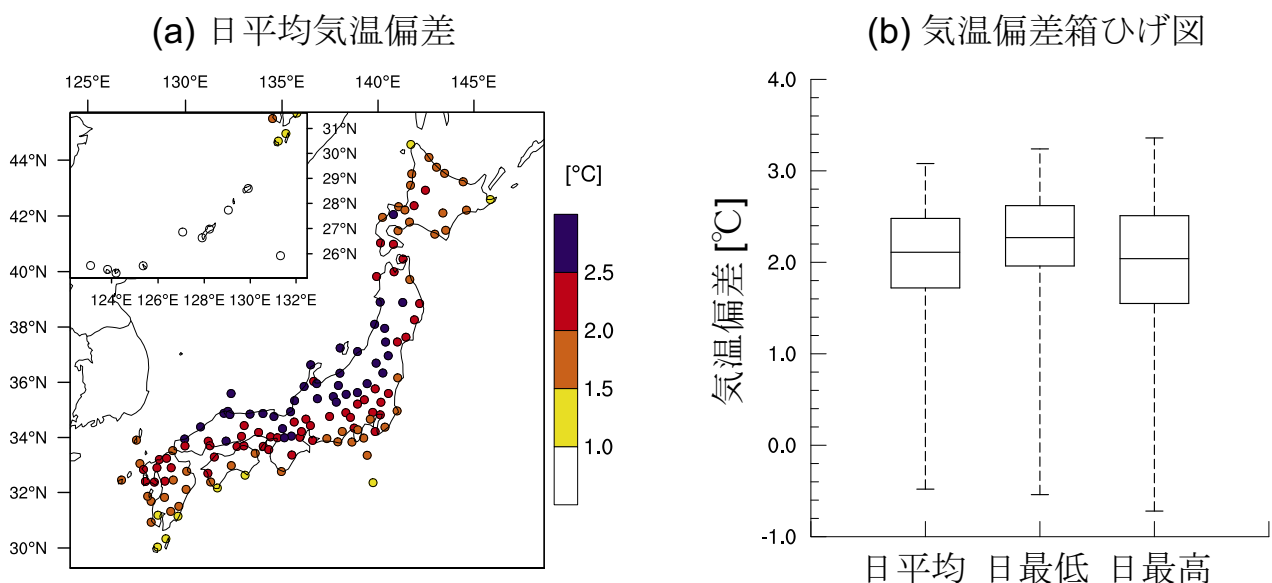


図4：高温台風接近時における日平均気温偏差の(a) 水平分布、(b) 日平均気温偏差・日最低气温偏差・日最高气温偏差の箱ひげ図。箱ひげ図は、全国の気温偏差の空間変動を示す。箱の上下境界線はそれぞれ75%、25%値を示し、中央横線は中央値を示す。ひげの上下端はそれぞれ最大、最小値である。

表1：高温台風・風台風・雨台風の個数。高温&風は、高温台風と風台風の抽出条件を満たした台風個数である。他の条件の組み合わせも同様。

高温台風 53			風台風 84			雨台風 81		
高温のみ 16	高温&風 34	高温&雨 23	風のみ 7	風&高温 34	風&雨 63	雨のみ 15	雨&高温 23	雨&風 63
高温&風&雨 20								

3.3. 高温台風・雨台風・風台風の時空間変動

高温台風の抽出条件を日最高風速と日積算降水量に適用し、雨台風と風台風の抽出を行った。その結果、雨台風、風台風に同定された台風は、それぞれ81個（45%）、84個（47%）となった（表1）。「20地点以上で台風接近時の観測値が気候値の95%ile値を超える」という同一条件下では、雨台風・風台風の個数が高温台風よりも多く抽出される結果となった。三つのカテゴリーの台風個数を合計すると全接近台風の個数（179個）を超えてしまう。これは単一の台風が複数の台風カテゴリー条件を満たす場合があるためである。例えば、雨台風と風台風の条件を両方とも満たす台風は63個であった。高温台風・雨台風・風台風全ての条件を満たす台風も20個確認された。他の条件の組み合わせによる台風個数は表1に示す通りである。

高温台風・雨台風・風台風の個数について、これらの年々変動を図5に示す。どの台風カテゴリーも2005-2010年にかけて個数が少ないが、これは日本に接近する台風そのものの個数が少なかったためである（図6）。雨台風・風台風と比較すると、高温台風の個数は総じて

少ない。高温台風が全く抽出されない年（2009、2014年）がある一方で2013年は雨台風・風台風より高温台風の方が多くなっているなど、三者の出現比率は一定ではない。全接近台風に対する三者の出現比率を見てみると、どのカテゴリーも大きな年々変動があることが分かる（図6）。高温台風・雨台風・風台風の出現比率は、その年の台風の傾向（発生タイミングや経路）、停滞前線や太平洋高気圧の動態などによって大きく左右されることが示唆される。一方で、高温台風と風台風の出現比率の間には、有意な相関が認められた（ $r=0.53$, $p<0.05$ ）。高温台風の条件を満たした接近台風は53個であったが、そのうち64%にあたる34個が風台風の条件も満たしており（表1）、このために高温台風と風台風の間に有意な年々変動の相関が現れた。

最後に、高温台風・雨台風・風台風別の移動経路を示す（図7）。雨台風・風台風と比較すると、高温台風は太平洋側のコースをとるものが比較的少ないことが分かる。高温台風の経路は、日本海や東シナ海を通過するパターン、太平洋側を通過するパターン、そして台湾に接近（または上陸）して中国福建省付近に上陸するパターン

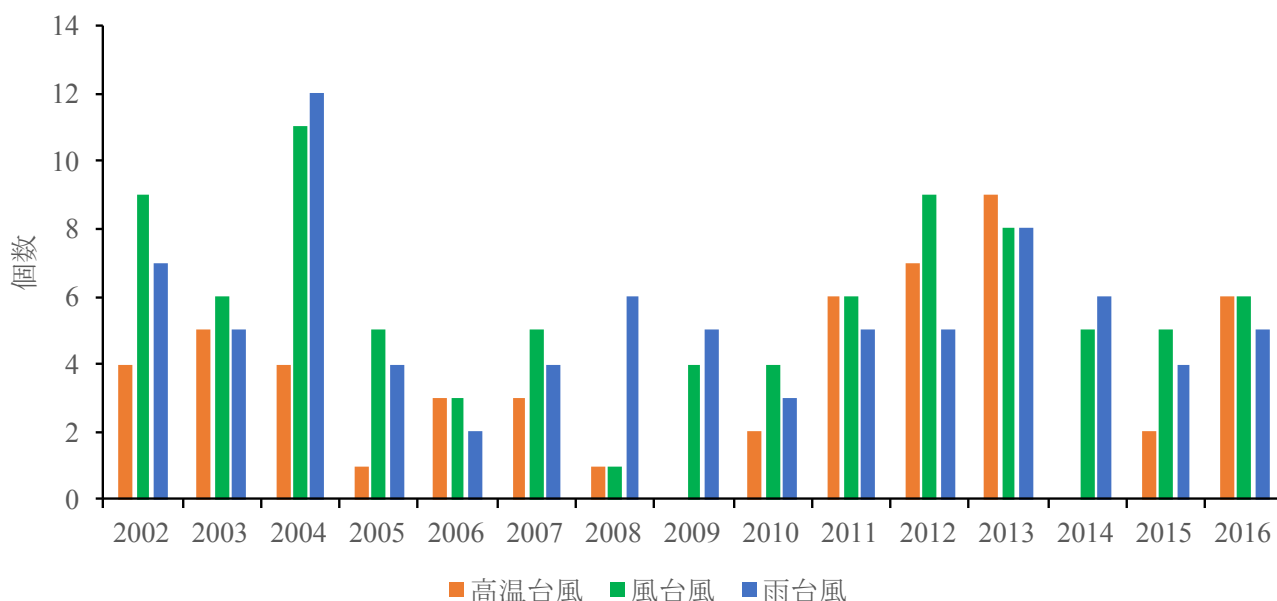


図5：高温台風・風台風・雨台風の年間個数

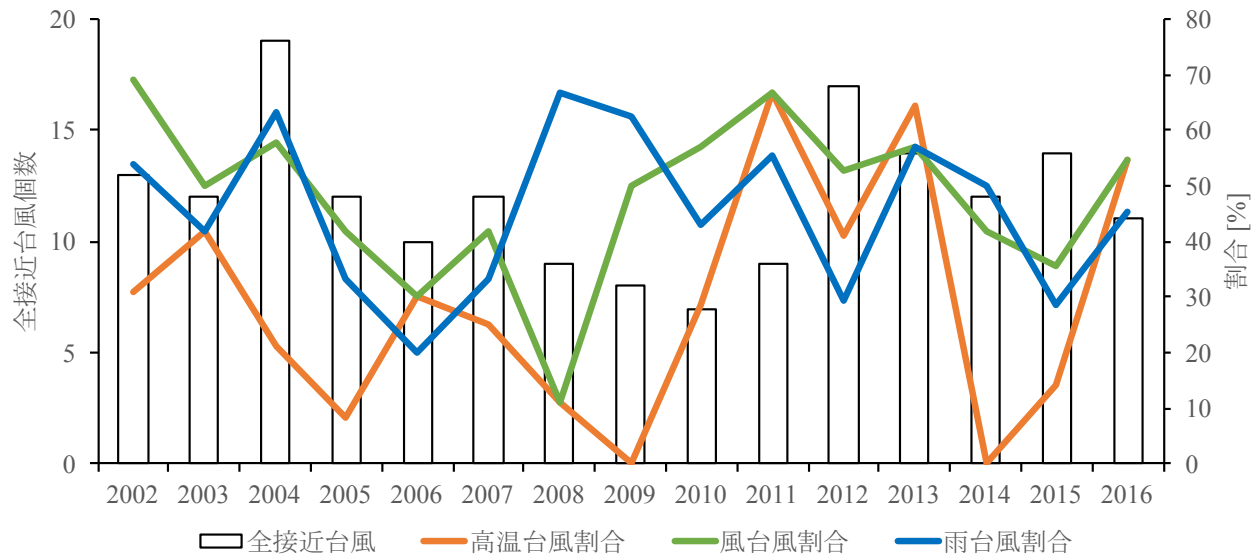


図6：各年の全接近台風個数、ならびに、高温台風・風台風・雨台風の全接近台風に対する割合

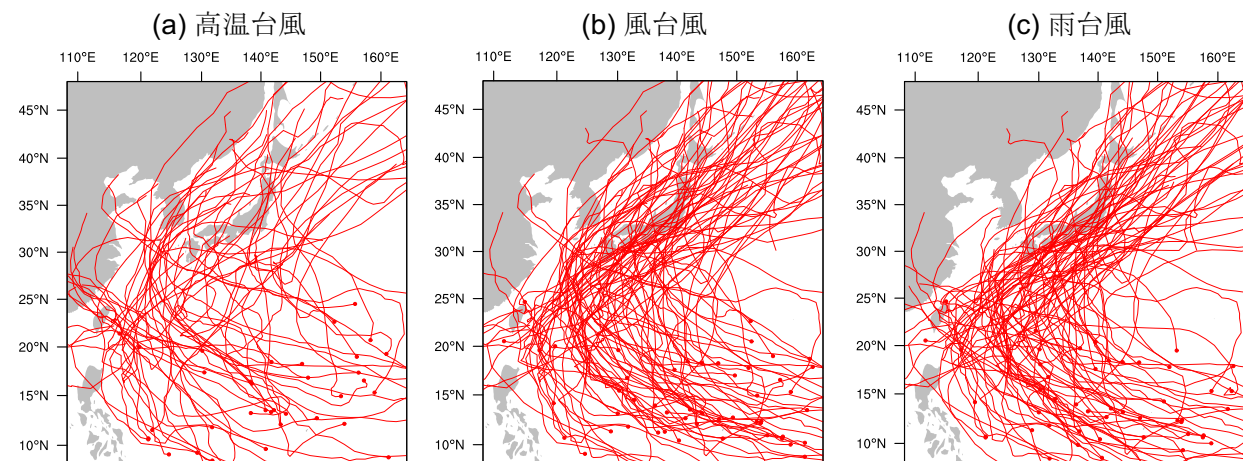


図7：(a) 高温台風、(b) 風台風、(c) 雨台風それぞれの経路図。丸印は経路の始点を示す。

ンの三つに大別される。このため、各台風カテゴリーの経路を三つのパターンに分類してその個数をカウントした(図8)。雨台風・風台風と比較して、高温台風は日本海と東シナ海を通過するパターンと台湾から中国福建省付近に上陸するパターンの経路をとる台風が多く、両

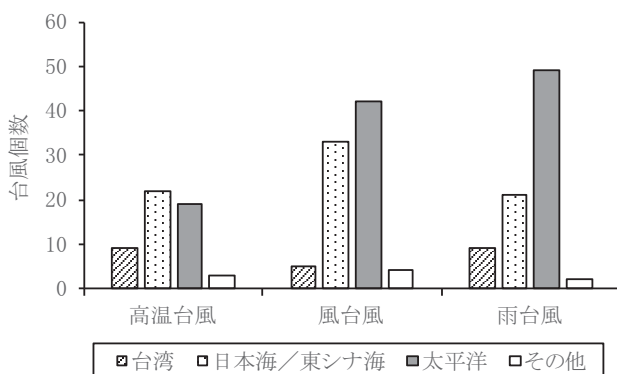


図8：経路パターン別の高温台風・風台風・雨台風の個数

者を合わせて58%となる。対して雨台風・風台風は太平洋側を通過するパターンが最も多くなっている。各台風カテゴリーの三つの経路パターン割合の差について χ^2 検定を行ったところ、高温台風と雨台風の間で有意水準 $p < 0.05$ で差が認められた。高温台風と風台風の間、風台風と雨台風の間では、台風経路パターンの割合の差に有意な差が認められなかった。

4. 議論

極端な高温をもたらすか否かに関わらず、台風接近時には、全国的に高温傾向となることが明らかになった(図2)。これは、大局的には台風による暖気の移流によるが、局地的には地形や気温の日変化と台風通過のタイミングなどの影響もあり得る。北陸地方などの日本海側では、台風や低気圧が日本海を通過する際にフェーン現

象が発生することがある（例えば、Arakawa et al. 1982; Inaba et al. 2002; Kusaka and Fudeyasu 2017）。本研究では、台風接近時の高温傾向は太平洋側より日本海側で顕著になるという結果が得たが（図2、図4）、これにフェーンが影響しているであろうことは想像に難くない。高温台風は比較的日本海側の経路を取りやすい傾向（図8）の存在もこの考察を支持する。高温傾向が日中より夜間に顕著になる点については気温や局地風の日変化と台風接近のタイミングの兼ね合いを考慮する必要がある、日別値に基づく本研究の結果のみから判断できることは限られている。Arakawa et al. (1982) は、一般風と局地風循環のカップリングにより、北陸地方のフェーン現象は日中より夜間に卓越しやすいことを指摘しているが、台風接近に伴うフェーン現象でも同様のメカニズムが働いている可能性がある。また、台風の通過に伴い夜間曇天となった場合は、放射冷却の緩和が高温偏差を引き起こしている可能性もある。最後に、いわゆる台風一過の晴天にともなう気温上昇の影響の可能性もあるが、本研究は日別値に基づく解析であるため、台風接近の前と後を区別した解析は行っていない。

高温台風は日本海側の経路をとる割合が大きい、台湾から中国福建省付近に上陸する経路をとる台風の割合も比較的高い（図8）。この経路では台風本体は本州に接近していないため、台風以外の要因が高温をもたらしている可能性が高い。高温台風で台湾から中国福建省付近に上陸する経路をとった台風は10事例あった。この10事例について総観規模の状態を調査したところ、うち3事例は台湾に向かう台風とは別の台風が本州に接近していた事例であった。他の5事例では本州付近に停滞前線が認められるため、前線に向かう暖気移流によって高温となっていた可能性がある。複数の台風が接近している場合や、台風を直接の要因としない高温現象が混在している場合については、今後検討する必要がある。

5. まとめ

本研究は、台風接近時の気温偏差（主に高温偏差）の特徴を調査した。台風接近時の気温偏差・降水偏差・風偏差の比較から、以下の傾向が明らかになった。

- ・台風接近時は全国的に高温偏差となり、その傾向は北陸地方で顕著である。この地理的特性は、太平洋側で偏差が大きくなりやすい風と降水とは明瞭に異なる。
- ・高温偏差は、日最高気温より日最低気温の方が大きい。

い。

また、極端な高温をもたらす高温台風を抽出し、これらの時空間変動について極端な降雨や強風をもたらす雨台風や風台風との比較検討を行ったところ、以下の結果が得られた。

- ・高温台風と風台風の年々変動には有意な相関が認められた。これは、本研究で用いた抽出条件下では高温台風の64%が風台風の条件を満たすためである。
- ・風台風や雨台風と比較すると、高温台風の経路は、日本海を通過する割合と台湾に上陸する割合が大きい。前者は日本海側にフェーン現象をもたらすなど直接的な影響によって高温をもたらすと考えられるが、後者は本州に接近しないため台風直接の要因以外で高温となっている可能性が高い。

本研究は日別値の解析に終始しているため、今後は特別値を用いたさらなる解析が必要である。特に、フェーン現象や台風通過後の晴天に伴う高温の頻度と程度を把握するために、接近前後の区別、台風と高温発生との位置関係を精査することが肝要である。さらには、解析対象期間を拡大し、経年変化について見ることも重要である。最後に、雨・風に続く“第三の台風被害形態”としての高温の実態を把握するため、台風接近時の暑熱による健康や農業の影響被害の実態を明らかにする必要がある。

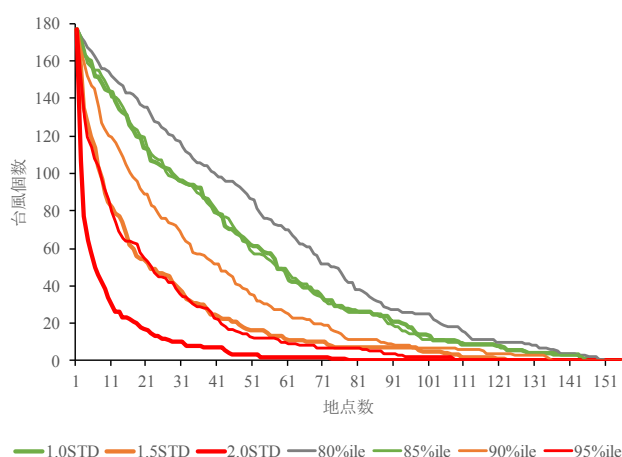
謝 辞

本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「次世代農林水産業創造技術」（管理人：農研機構生物系特定産業技術研究支援センター）の支援を受けた。

Appendix

本研究は、高温台風（極端な高温をもたらす台風）の抽出の際、「20地点以上の気象官署等地点で 日平均気温が気候値の95%ile値を超える」という条件を付した。しかし、日平均気温の代わりに日最高気温や日最低気温を用いる、95%ile値ではなく他の閾値を用いることも可能である。また、閾値超過の地点数の設定にも大きな幅がある。例として、閾値と地点数による高温台風個数の感度を図A1に示す。抽出個数は地点数に準じて指数関数的に減少していることが分かる。極端現象の抽出では95%ile値が閾値として多用されていること、また本研究では高温台風の気候的な時空間変動を明らかにするのが目的であることに鑑み、ある程度サンプル数が確保出来る抽出条件として「20地点以上で95%ile値を超過」を採用

用した。



図A 1：日平均気温が各閾値を超過した地点数による高温台風抽出個数の依存性。気候値から標準偏差の1倍、1.5倍、2倍を超過した場合（1.0STD、1.5STD、2.0STD）、そして、80、85、90、95ile%値を超過した場合についてプロットしてある。

同条件を日最高風速と日積算降水量に適用し、雨台風・風台風の抽出を行った。雨台風・風台風に関する公的機関による統計は存在しないが、参考として気象庁ホームページ「災害をもたらした気象事例」（気象庁、2017）より“大雨”や“暴風”の記述のある台風を抽出し、本研究で抽出された雨台風・風台風が含まれているか確認を行った。気象庁統計に含まれている台風34個の

うち、30個については本研究の条件で抽出ができていた。抽出できなかった4個は、局地的に大雨をもたらした台風であったため、「20地点以上」という条件を満たしていなかった。本研究で抽出した台風個数は気象庁統計より大幅に多い。これは、気象庁統計は消防庁から死傷者や建物の倒壊・破損等の気象被害が報告された台風についてまとめているためである。本研究で用いた抽出条件は、サンプル数を担保した上で高温台風・雨台風・風台風の抽出を行うという目的を充分クリアしている。

参考文献

- Arakawa, S., K. Yamada and T. Toya, 1982: A study of foehn in the Hokuriku district using AMeDAS data. *Pap. Met. Geophys.*, **33**, 149-163.
- 藤部文昭, 2013: 暑熱（熱中症）による国内死亡者数と夏季気温の長期変動. *天気*, **60**, 371-381.
- Inaba, I., R. Kawamura, T. Kayahara, and H. Ueda, 2002: Extraordinary persistence of Foehn observed in the Hokuriku district of Japan in the 1999 summer. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, 579-594.
- 気象庁, 2017: 災害をもたらした気象事例（平成元年～本年）. http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html (2017.11.25閲覧).
- Kusaka, H., and H. Fudeyasu, 2017: Review of downslope windstorms in Japan. *Wind & Structures*, **24**, 637-656.

Characteristics of third typhoon category “high-temperature typhoons” —Comparisons with rain and wind typhoons—

SUZUKI-PARKER Asuka*, KUSAKA Hiroyuki**, WATARAI Yasushi*

* Faculty of Geo-environmental Sciences, Ritssho University

** Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

Key words: Typhoon, high temperature, rain, winds, extreme events