

1900年から2014年における日本の台風上陸数

熊澤里枝*1・筆保弘徳*2・久保田尚之*3

1. はじめに

気象庁は、1951年以降における台風のベストトラックデータを作成している。1950年以前は、中央气象台がまとめた1891-1940年の日本颱風資料（中央气象台1944）の記録はあるが、海上のデータを作成できるほど十分な観測資料はないことや、台風の定義が現在と異なっているため、ベストトラックデータは作成されていない。1945年までは熱帯で発生する強い低気圧をすべて「台風」と呼んでいたが、1946年以降は度々その基準が変更されて、現在の台風の定義（最大風速17.2 m/s以上の熱帯低気圧）になったのは1951年である（饒村1979）。

しかし、死者が1000人を超えるような甚大な被害を起こした台風は、室戸台風（1934）、枕崎台風（1945）など、1950年以前に多い。当時の地上観測資料や天気概要を示す資料は残っているため、日本に上陸した台風（以後、上陸台風と記す）に限ると、それらを用いた1950年以前の統計資料の作成は可能である。

そこで本研究は、独自の定義を用いて、1900年から2014年における日本に上陸した台風を検出することを目的とする。115年間にわたり、地上気象観測データに基づく統一した定義を用いることで、均質な基準で上陸台風を検出する。さらに、この100年を超える長期間での視点で、上陸台風の個数や強度の長期的な変化を検出し、エル・ニーニョ/ラ・ニーニャ南方振動

（ENSO）や太平洋十年規模振動（PDO）との対応を調べる。

2. 手法

2.1 用いた資料

1900年から1950年の期間は、主に以下の4つの資料を用いた。

- ・気象要覧（中央气象台 1900-1950）
- ・中央气象台月報（中央气象台 1900-1956年4月）
- ・八十年來颱風路徑圖（台湾中央气象局 1973）
- ・台風経路図（中央气象台 1951）

気象要覧は、1900年から定期刊行されている資料で、1か月間の気象・地象・水象などの概説や統計値がまとめられている。中央气象台月報は、気象官署での地上観測データを記載している。時代とともに気象官署の数や観測頻度は変わる。中央气象台月報やその後の気象庁月報（気象庁 1956-2014）によると、1900年時点で気象官署は74地点のデータが存在し、そのうち太平洋側の主要な14地点では毎時観測を行っていた。1900年以降で観測地点数は増加して、1948年で最も多い179地点となる。1950年からは150地点前後であり、地点数の増減は小さい。ただし、2000年以降はその多くが無人工化され、有人官署は約60地点に減少し、現在に至る。

八十年來颱風路徑圖（台湾中央气象局 1973）は、台湾中央气象局が作成した資料だが、1896年から1945年の期間は、日本の中央气象台が観測と記録を行っていた。また、1945年から1947年は中央气象台と同じ方式で気象観測が行われていた。台風経路図（中央气象台 1951）は、1940年から1950年の11年間の台風経路が記載された資料である。1951年に中央气象台によって発行されたもので、天気図の原画やその他の資料を統合して決定した経路が記載されている。これは、6

*1 横浜国立大学大学院。

*2 (連絡責任著者) 横浜国立大学大学院。
fude@ynu.ac.jp

*3 東京大学大気海洋研究所/海洋研究開発機構。
—2015年12月3日受領—
—2016年7月5日受理—

時間間隔の中心位置と24時間間隔の中心気圧を記載している。

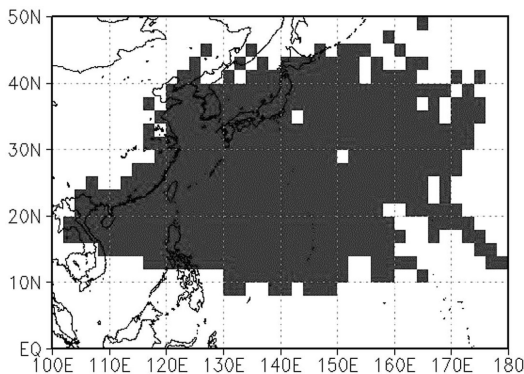
1951年以降は、気象庁のベストトラックデータも参考にした。また、気象庁や地方気象台が発行している各種資料や、米軍合同台風警報センターのベストトラックデータも適宜参照した。

2.2 上陸台風の検出

本研究では、日本に上陸した台風を以下の手順で検出した。

1. 上記資料に記載されている低気圧のうち、月別の台風領域で発生・通過した低気圧を「熱帯低気圧もしくは台風」と分類する。
2. 上記資料により、熱帯低気圧もしくは台風のうち、日本に接近した低気圧を検出し、接近した地点を推定する。
3. その推定地点付近にある気象官署の風向変化を調べる。低気圧の通過に伴い、気象官署では風向が回転するように変化するが、隣り合う気象官署で風向の変化が逆回転している場合、低気圧はこの2つの気象官署の間を通過したと特定する。天気図より、その風向変化が前線通過に伴うものではないことも確認する。
4. 2つの気象官署の上陸時の気圧を確認し、どちらかが1000 hPa 以下であれば「日本に上陸した台風」とする。

最初の検出過程で用いる台風領域は、1977年から2013年のベストトラックデータを用いて作成した、各月での台風通過域である。第1図は、その一例として8月の台風領域を示している。台風領域は、経緯度2



第1図 8月の台風領域。2度間隔の領域でみて、37年間で通過した台風の数1つ以上の領域を示している。

度間隔の領域でみて37年間で一つでも台風が通過した領域を指す。その領域の外側で発生・移動する低気圧は、台風ではないと判断した。

本研究では、上陸時においても台風かどうかを、最大風速ではなく最低気圧によって区別した。気圧データは、風速データと比較して地形などの環境条件の影響を受けにくく空間一様性が大きいいため、精度よく観測ができる。測器の性能も20世紀初期から高い。また、最低気圧と最大風速には線形関係があること (Atkinson and Holliday 1977)、気象庁発表の1951年以降に上陸した台風のうちほぼ全てが海面気圧1000 hPa 以下であることから、台風の定義として観測された最低の海面気圧が1000 hPa 以下とした。

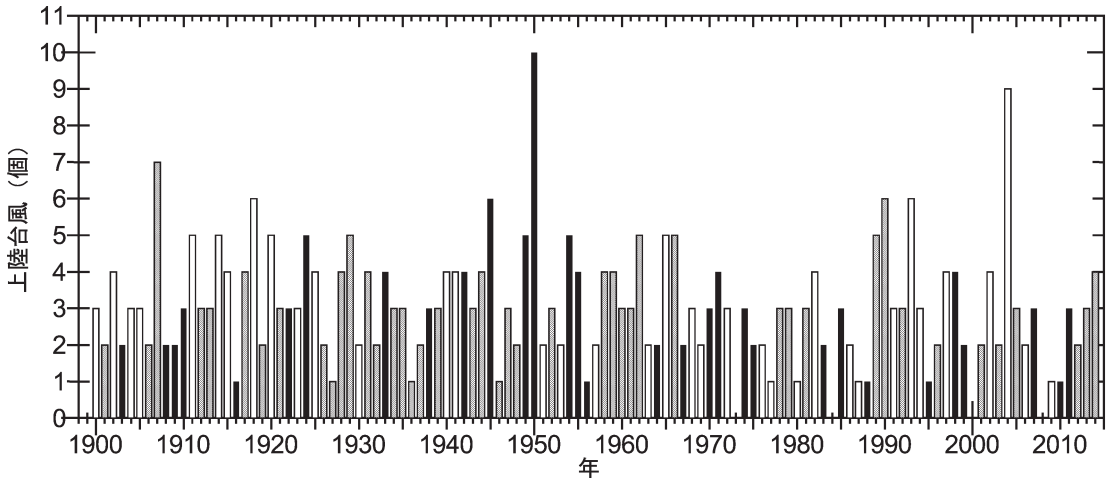
上陸の検出では、隣り合う気象官署での風向変化の逆回転が上陸台風の定義とした。地上の風向データでは、台風が通過する際の回転の変化だけでなく、前線通過が原因とみられる急激な風向の反転が記録されたデータも存在した。この場合は、台風の同心円構造を維持しているとは見なさず、前線を伴うことから温帯低気圧と判断した。地上天気図も適宜参照し、天気図の等圧線から傾圧構造を確認した。等圧線が明らかに傾圧帯の影響をうけて同心円構造を示していない場合、温帯低気圧と判断した。

3. 結果

3.1 気象庁との比較

まず、1951年以降の上陸台風について、気象庁が発表した上陸数などと比較し、本研究の上陸台風の定義や検出法の妥当性を調べる。

第2図は、本研究で検出した1900年から2014年における年別台風上陸数である。1951年から2014年の64年間の台風上陸数は、本研究の定義では178個 (平均2.8個)、気象庁の定義では182個 (平均2.8個) となり、ほぼ同等であった。しかし、本研究と気象庁で上陸の判断が異なる台風が16個存在した。本研究では上陸と判断したが気象庁の発表では上陸とされていない台風は、1957年9号 (T5709と略す)、T6210、T8608、T8615、T0204、T1326である。そのうちT5709、T6210、T8615は、気象庁は上陸直前に温帯低気圧化したと見なしているが、本研究では近くの気象官署で海面気圧が1000 hPa を下回って観測されているため、台風としている。また、T8608、T0204、T1326は、台風トラックが海岸付近を通過しており、気象庁の発表では上陸とされていないが、本研究では気象官署の



第2図 1900年から2014年における年別台風上陸数。白抜きバーがエル・ニーニョ (EL)，黒のバーがラ・ニーニャ (LA)，灰色のバーが NESO でない年 (NT) を表す。

風向変化から海岸線より陸側を通過した、つまり上陸したと判断した。その判断の例として T8608 を挙げる。第 1 表は T8608 の上陸時前後の勝浦と千葉における観測データを示している。勝浦では 7 月 18 日 9 時以降の風向変化は、東北東→南→南南西と時計回りである。一方千葉では、7 月 18 日 9 時から 21 時にかけての風向変化は、北北西→西南西→南西→東と反時計回りである。勝浦のほうが千葉よりも最低の海面気圧が低く、999.2 hPa と 1000 hPa を下回っていることから、T8608 は勝浦と千葉の間に上陸し、上陸地点に最も近い気象官署は勝浦であると判断した。しかし気象庁は、T8608 は上陸していないと判断している。これは、千葉と勝浦の間に位置する東京と横浜を含めた 4 地点の同日時付近の風速が非常に弱いことや、三宅島のほうがより低い気圧を記録していることが根拠であると考えられる。本研究では、地上風速は観測地点の地形の影響や時間平均の変遷や測器の精度に大きく影響を受けると考え、風速は考慮せずに風向変化で上陸台風を判断している。また、離島のデータは上陸の根拠には採用していない。そのため、気象庁は上陸していないと判断しているが、本研究では統一した基準に

第 1 表 1986 年台風 8 号の上陸時前後の気象官署のデータ。時刻は日本時間。

年月日時	勝浦		千葉	
	海面気圧 (hPa)	風向	海面気圧 (hPa)	風向
1986/7/18 0:00		南西		西南西
1986/7/18 3:00		南南西		東北東
1986/7/18 6:00	1003.0	西南西	1002.5	北北東
1986/7/18 9:00	1001.2	東北東	1001.0	北北西
1986/7/18 12:00	999.2	南	999.9	西南西
1986/7/18 15:00	1000.1	南南西	1000.1	南西
1986/7/18 18:00	999.7	南南西	999.6	南西
1986/7/18 21:00	1002.4	北北東	1002.9	東
1986/7/19 0:00		北東		東

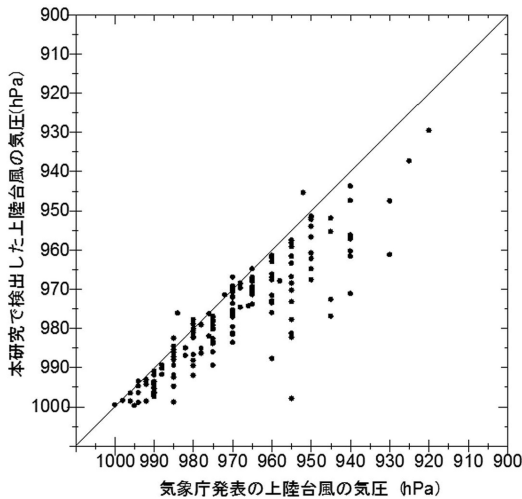
基づき、上陸とみなした。

一方、本研究では上陸していないと判断したが気象庁の発表では上陸としている台風は、T5603, T5609, T6019, T6215, T6715, T7306, T7813, T8813, T0404, T1009 の 10 個であった。これは、上陸地点付近の片側の気象官署しかないことや、気象官署の海面気圧の観測値が 1000 hPa より高いことが原因で生じた。

第 3 図は、1951 年以降の上陸台風の上陸時の海面気圧を、本研究と気象庁発表で比較した散布図である。本研究は上陸地点に一番近い気象官署の最低気圧であるのに対し、気象庁は上陸地点の気圧を記録していることから、当然として気象庁の方が低い値を示す傾向にある。本研究と気象庁の気圧差は平均で 6.7 hPa、標準偏差は 7.5 hPa であった。台風強度ごとに比較す

ると、上陸時の台風の気圧が低くなるにつれて、差は大きくなる様子がみられた。920 hPa 台で10.9 hPa、990 hPa 台で3.3 hPa の差が確認されている。

また、年代別で調べると、1950年代では6.3 hPa の差に対して、2000年代では4.0 hPa となり、年代が古いほど差が大きくなる。しかしその差は大きくても10 hPa 程度であり、後述する台風強度の年変化の解析に大きな影響はないと考えている。

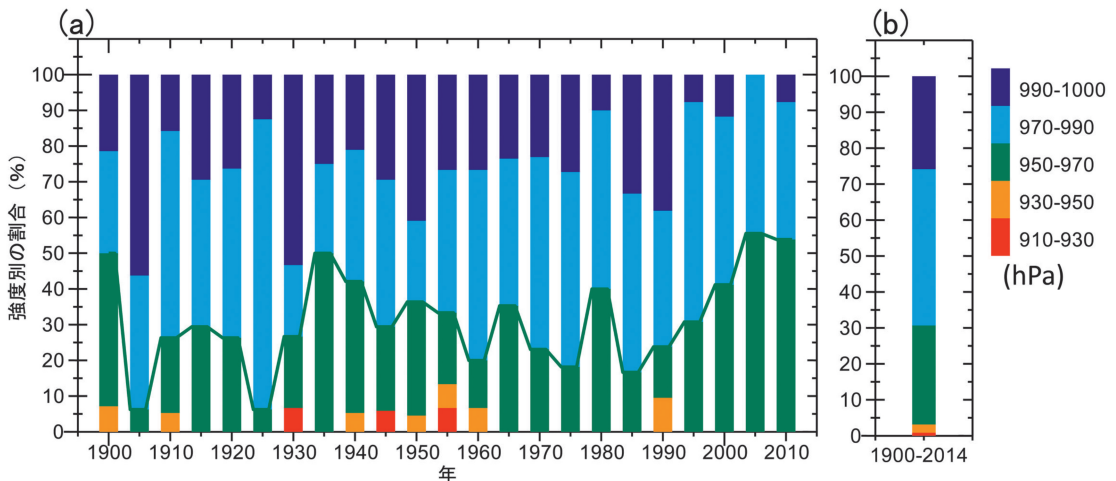


第3図 1951年から2014年における上陸台風の
上陸時の気圧。横軸は気象庁発表の上陸地
点の気圧、縦軸は本研究で検出した上陸
地点に最も近い気象官署の最低気圧。

3.2 上陸台風の長期的変化

第2図より、上陸数は115年間を通して増加または減少する傾向は見られなかった。全期間における上陸数は352個（年平均3.1個）で、最大上陸数は1950年の10個であった。1951年以降における気象庁発表の年間最大台風上陸数は、2004年の10個である。この数に匹敵する年間上陸数の存在が、1950年以前を調べることで明らかになった。言い換えれば、10個程度の上陸数は約50年に一度の割合とも言える。さらに、台風上陸数が3番目に多い年は1907年の7個、4番目に多い年は1918年、1945年、1990年、1993年の6個であり、1950年や2004年の上陸数が異常に多いことが分かる。一方、最小数は1973年、1984年、2000年、2008年の0個である。1900年から約70年間は一度も起きなかったが、その後の40年間には10年に一度の頻度で起きている。各年の月別上陸数を調べたが、長期的なトレンドは検出されなかった（図省略）。

上陸台風の強度別の割合を5年ごとに示したグラフが第4図aである。1930年代前半、1940年代後半、1950年代後半に見られる930 hPa 未満の上陸台風は、それぞれ室戸台風（1934）、枕崎台風（1945）、伊勢湾台風（1959）に対応する。第4図bの115年間の平均では、970 hPa 未満の上陸台風の割合は約30%である。1990年代以降、970 hPa 未満の上陸台風の割合が増加傾向にあり、特に2000年代後半からは50%を超えている。これは、近年日本に上陸する台風が強くなっていることを示している。しかし、1900年代前半や



第4図 1900年から2014年における台風上陸時の気圧別の割合。(a) 5年ごと、(b) 115年間の平均値。気圧の区分は、カラーバーで示す左の数字以上で右の数字未満。線は970 hPa 未満の割合を示す。

1930年代後半にも970 hPa 未満の上陸台風が約50%も存在していること、1960年以降は930 hPa 未満で上陸した台風はないことから、近年のみ強い上陸台風の割合が高いのではないことがわかる。

3.3 ENSO や PDO の関係

本研究では、Trenberth (1997) の方法に基づいて ENSO を分類した。エル・ニーニョ (EL) が36年、ラ・ニーニャ (LA) が34年、そうでない年 (NT) が45年であった (第2図)。第2表は、115年間の各 ENSO 別での平均年間上陸数、さらに6・7月と8・9月に分類した結果である。平均年間上陸数でみると、EL が LA よりもやや多いが、その差は顕著にみられなかった。この結果は、Wu *et al.* (2004) で報告された、日本と朝鮮半島の上陸数が EL と LA で有意な差がないことと一致している。しかし6・7月では、EL の台風上陸数は0.94個であり、LA や NT の0.53個よりも約2倍も多く、その差はt検定では有意水準5%で有意であった。一方8・9月では、ENSO によ

る上陸数の明確な差は見られなかった。しかし、第5図のように上陸時の気圧で比較すると、8・9月は、LA に比べて EL に上陸する台風が比較的に強いことが分かった。この6・7月と8・9月に区分して台風上陸数・強度と ENSO との関係性を調べた結果は、用いたデータや上陸定義が少し異なるが、Fudeyasu *et al.* (2006) の結果と一致している。

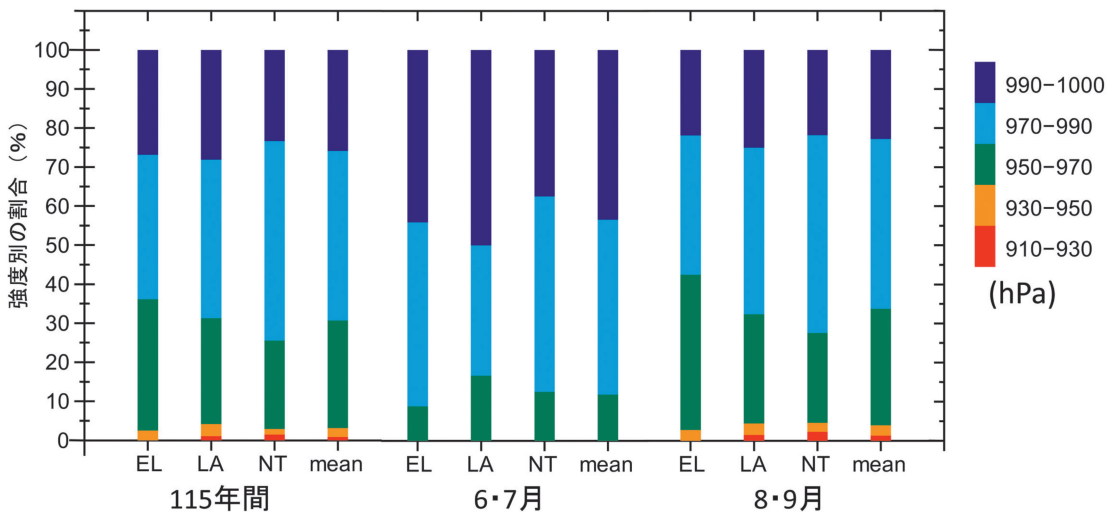
本研究は、PDO と上陸台風に関しても調べた。PDO の定義は Mantua *et al.* (1997) を参照し、正の期間は1900-1941年と1977-1997年、負の期間は1942-1976年と1998-2014年に分類した。Kubota and Chan (2009) は、PDO の負の期間でフィリピンの上陸数割合が EL (LA) に減少 (増加) する傾向を指摘している。第3表では、PDO の正負の期間ごとに平均上陸数を、ENSO で分類している。PDO 負の期間であ

第2表 EL, LA, NT, 115年全期間の平均台風上陸数。年間と6・7月と8・9月ごとに分けて算出している。

	EL	LA	NT	115年間
年間	3.31	2.82	3.04	3.06
6月・7月	0.94	0.53	0.53	0.66
8月・9月	2.03	2.00	1.93	1.98

第3表 PDO の各期間の ENSO 別平均台風上陸数の平均値。

	EL	LA	NT	全期間
1900-1941 (正)	3.93	2.78	2.95	3.24
1942-1976 (負)	2.56	3.64	3.33	3.30
1977-1997 (正)	2.78	1.40	3.57	2.71
1998-2014 (負)	4.00	2.17	2.29	2.65



第5図 1900年から2014年における ENSO 別の台風上陸時の気圧別割合。左から年間、6・7月、8・9月に分けて、EL, LA, NT, 全期間 (mean) に算出している。気圧の区分は、カラーバーで示す左の数字以上で右の数字未満。

る1942年から1976年では、平均上陸数はLAが多く、ELが少ない。しかし、PDO負の期間の1998年から2014年では、ELの上陸数が多かった。このように、PDOとENSOのそれぞれの位相によって一貫した説明が可能になるような差異は得られなかった。

4. まとめ

本研究では、台風の上陸に対して独自の定義を設定し、1900年から2014年における台風上陸数を検出した。そして、115年間での台風上陸数や強度の変化や、ENSOやPDOとの対応について調べた。本研究の結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 本研究では115年間で352個（年平均3.1個）の上陸数が検出された。
- (2) 1951年以降の上陸台風について気象庁の結果と比較すると、上陸数は概ね一致していた。しかし、上陸について、気象庁の判断と異なる台風が16個存在した。
- (3) 1900年から2014年における年別台風上陸数は、115年間を通して増加または減少する傾向は見られなかった。
- (4) 年別最大台風上陸数は1950年の10個であった。このような異常な台風上陸数の年は、約50年に一度の頻度である。
- (5) 台風の上陸がない年は、1973年までは存在しないが、それ以降は約10年に一度の頻度である。
- (6) 1990年代以降に、強い台風の上陸数の割合が増加している。しかし、過去にも強い台風の上陸数の割合が高い時期は存在している。
- (7) 上陸する台風のENSOによる違いを検証した結果、6・7月はエル・ニーニョ年で上陸数が多く、8・9月はエル・ニーニョ年で強い台風の上陸数の割合が高い。
- (8) PDOの期間ごとで台風上陸数を検討したが、顕著な差は確認できなかった。

確かに古い時代になるほど、台風の資料や観測結果の質や量は落ちてくる。しかしながら、本研究では気象官署の地上観測データから得られる日本に上陸した台風に着目することで、観測手法（航空機観測や気象衛星）の変化や最大風速推定方法の変化に大きくは影響されず、100年を超える長期的な視点で台風の変化が議論できた。

今後の課題としては、T8608の例のように上陸台風を判断する際に、総観場では捉えられない前線に伴う

メソ擾乱による局地的な風向変化を考慮することで、より正確な上陸判断を行うことが挙げられる。また、時代と共に進歩した台風観測技術が天気図等に反映されているため、使用する資料の精度の差を検証することも、今後必要である。

本研究で検出した上陸台風のリストは以下のWeb上に公開する（2016年6月7日掲載：<http://www.fudeyasu.ynu.ac.jp/member/thesis/2015-kumazawa/List-tclandfall.pdf>）。

謝辞

本研究では、気象庁図書館の篠原吉雄様をはじめ皆様のご協力により、多くの資料をご提供いただきました。また、Ateneo de Manila UniversityのGemma Narisma准教授、首都大学東京の藤部文昭特任教授、海洋研究開発機構の研究者の皆様には大変有益なご助言を頂きました。さらに、京都大学の林 泰一教授と気象予報士の土井修二氏には有益な資料をご提供いただきました。感謝申し上げます。本研究の一部はJSPS科研費（25282085, 15KK0030, 26220202, 16H04053, 16H03116）の支援を受けて実施されました。

参考文献

- Atkinson, G. D. and C. R. Holliday, 1977: Tropical cyclone minimum sea level pressure/maximum sustained wind relationship for the western North Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, **105**, 421-427.
- 中央気象台, 1900-1950: 気象要覧.
- 中央気象台, 1900-1956: 中央気象台月報.
- 中央気象台, 1944: 日本颱風資料.
- 中央気象台, 1951: 台風経路図.
- Fudeyasu, H., S. Iizuka and T. Matsuura, 2006: Impact of ENSO on landfall characteristics of tropical cyclones over the western North Pacific during the summer monsoon season. *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L21815, doi:10.1029/2006GL027449.
- 気象庁, 1956-2014: 気象庁月報.
- Kubota, H. and J. C. L. Chan, 2009: Interdecadal variability of tropical cyclone landfall in the Philippines from 1902 to 2005. *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L12802, doi:10.1029/2009GL038108.
- Mantua, N. J., S. R. Hare, Y. Zhang, J. M. Wallace and R. C. Francis, 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 1069-1079.

- 饒村 曜, 1979: 台風の年間発生数及び台風の最低中心気圧の統計—台風を統計的に取り扱う場合の注意—. 測候時報, 46, 263-270.
- 台湾中央気象局, 1973: 八十年來颱風路徑圖.
- Trenberth, K. E., 1997: The definition of El Niño. Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 2771-2777.
- Wu, M. C., W. L. Chang and W. M. Leung, 2004: Impacts of El Niño-Southern Oscillation events on tropical cyclone landfalling activity in the western North Pacific. J. Climate, 17, 1419-1428.

Tropical Cyclone Landfall in Japan during 1900–2014

Rie KUMAZAWA^{*1} • Hironori FUDEYASU^{*2}
Hisayuki KUBOTA^{*3}

^{*1} *Graduate School of Education, Yokohama National University.*

^{*2} (*Corresponding author*) *Graduate School of Education, Yokohama National University. 79-2 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama, 240-8501, Japan.*

^{*3} *Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo / Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology.*

(Received 3 December 2015; Accepted 5 July 2016)
