

スーパー台風

坪木 和久*

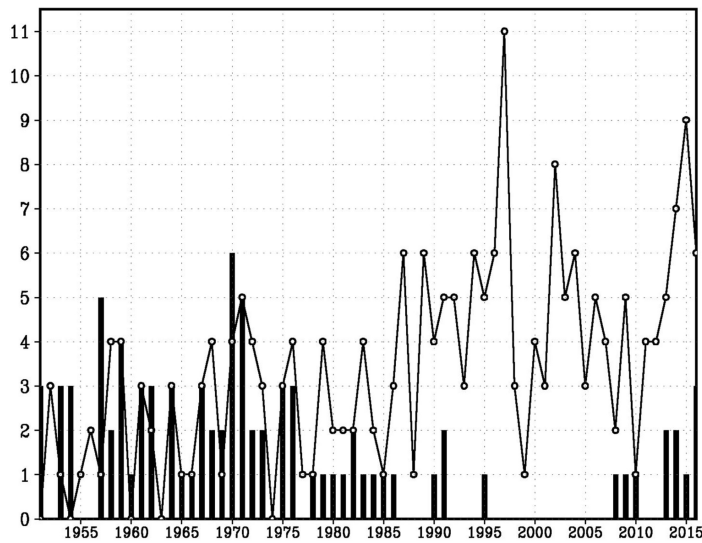
日本では一般に台風の強度を表すのに、中心気圧を用いることが多い。しかし、日本だけでなく米国などの諸外国においても台風の強度階級は、最大地上風速を用いて定義される。これは気圧よりも風速の方が災害に直接関係するからである。気象庁は台風の強度階級を、10分平均の最大地上風速を用いて、「強い」(64 kts 以上, 85 kts 未満; $1 \text{ kt} = 0.5144 \text{ m s}^{-1}$)、「非常に強い」(85 kts 以上, 105 kts 未満), および「猛烈な」(105 kts 以上) と分けている。一方、米国の合同台風警報センター (JTWC (Joint Typhoon Warning Center)) は、1分平均の最大地上風速を用いて、西部北太平洋の熱帯低気圧を tropical depression (34 kts 未満), tropical storm (34–63 kts), typhoon (64–129 kts), および super-typhoon (130 kts 以上) のように階級分けしている。この最大強度階級の “super-typhoon” の日本語訳が「スーパー台風」である。これは気象庁の「猛烈な」台風より強く、Saffir-Simpson Hurricane Scale (<https://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>) の4の上限付近から5に相当する。スーパー台風とは、台風の強度階級の一つを表すもので、個々の台風を区別するものではない。スーパー台風は最大強度の台風であるということだけではなく、その多くが急発達を経ることや、明瞭な眼、発達した眼の壁雲など、特別な性質や構造を有している。また、多くのスーパー台風は上層と中層の2つの暖気核を持つことや (Kieu *et al.* 2016), しばしば多重壁雲を持つことも知られている。

スーパー台風は地球上の熱帯低気圧のなかで最大強度のものなので、そのメカニズムや構造について多く

の研究者の学術的興味を引きつけている。また、上陸すると大災害をもたらすことがあるので、防災の観点から強度や予測についての研究が行われてきた。近年のスーパー台風で最もよく知られているのは、2013年にフィリピンに上陸して甚大な被害をもたらした Haiyan (30号) であろう。Haiyan は津波のような大規模な高潮を引き起こし、暴風とともに大災害をもたらした (Mori *et al.* 2014)。その報道映像は一般の人にも、スーパー台風の脅威を見せつけた。Lin *et al.* (2014) は最大地上風速170 kts を記録した Haiyan を最も強いスーパー台風として、現在定義されている最強階級のさらに上の “Category-6” に位置づけることを提案し、その発達の原因として西太平洋の海洋の昇温 (Pun *et al.* 2013) の効果を指摘した。実際、JTWC のベストトラックで1945–2013年の最大地上風速は Haiyan の170 kts である。ただし最近になって Meranti (2016年14号) が同じ最大地上風速を記録した。気象庁のベストトラックでは、Tip (1979年20号) の140 kts (10分平均) が最大地上風速で、Haiyan は Bess (1982年10号) と Megi (2010年13号) と並んで2番目である。この Megi についても多くの研究があり、形成時の熱帯擾乱 (Fang and Zhang 2016), 急速強化の問題 (Wang and Wang 2014; Chang and Wu 2017), 海面水温分布の強化過程への効果 (Kanada *et al.* 2017), 進路の急変化の理由 (Shi *et al.* 2014) などさまざまな研究がある。これら以外では、熱帯低気圧の最低中心気圧を記録している Tip (Dunnavan and Diercks 1980), 宮古島の風力発電施設の倒壊など甚大な被害をもたらした Maemi (2003年14号) (Lin *et al.* 2005), 非常に強い勢力で東海地方に上陸した Flo (1990年19号) (Merrill and Velden 1996; Wu and Cheng 1999), 台湾に上陸する前に特徴的なループ状の進路を描いた

* Kazuhisa TSUBOKI, 名古屋大学宇宙地球環境研究所. tsuboki@nagoya-u.jp

© 2018 日本気象学会



第1図 気象庁（棒グラフ）とJTWC（折れ線グラフ）のベストトラックデータから数えた1951～2016年のスーパー台風の発生数。横軸は年、縦軸は個数。JTWCの1973年以前の最大地上風速の値については、Emanuel (2005) の補正をしてあり、気象庁のデータについては、0.88で割って1分平均にしたものを用いた(Kamahori *et al.* 2006)。また、1976年以前の気象庁のデータには最大地上風速がないため、Atkinson and Holliday (1977) の関係を用いて、中心気圧から推定している。

Haitang (2005年5号) (Jian and Wu 2008) などの代表的なスーパー台風についてさまざまな研究がある。

それでは実際のところスーパー台風は、年間どれほどの数が発生しているのであろうか？米軍の航空機観測が終了した1987年以降は、衛星観測の雲パターンから強度を推定するドボラック法により強度推定が行われるようになったため、発生頻度の少ないスーパー台風の強度推定には大きな誤差が含まれるようになったと考えられる。第1図は気象庁とJTWCのベストトラックから数えた1951～2016年のスーパー台風の発生数である。数の差は1951～1986年の期間では平均0.25個/年であるのに対して、1987～2016年では4.3個/年で、JTWCの方が多い。これらの違いについては、航空機などによる直接観測がないために、気象庁とJTWCのどちらの誤差が原因となっているのかは分からない。すなわちスーパー台風の発生数や強度は正確に知ることができないのが現状である。

この問題は、さらに気候変動がスーパー台風にどのような影響を与えているのかを、ベストトラックから解析することを困難にしている。Mei and Xie (2016) は気象庁のベストトラックを補正して、JTWCの

データと合わせて台風の強度の増大を示したが、直接観測による検証はなされていない。スーパー台風の数の将来変化については未解明であるが、Tsuboki *et al.* (2015) は、今世紀後半の温暖化した気候では、スーパー台風の最大強度が増大するとともに、スーパー台風が日本の本州付近まで達することを示した。Kossin *et al.* (2014) も台風の最大強度の位置が北上していることを示しており、これらのことは日本を含む中緯度地域において台風のリスクが増大していることを示唆している。

2007～2011年に松野太郎先生の主導で文部科学省21世紀気候変動予測革新プログラムが実施された。この

プログラムは毎年一般向けの成果公開講演会を開催しており、それがスーパー台風という言葉を一 generally に広げるきっかけとなった。専門用語には受け入れられやすいものとそうでないものがあるが、スーパー台風という用語はイメージがつかみやすく、専門外の人にも受け入れられやすいものであった。昨今、専門家コミュニティには一般への成果説明が強く求められるようになった。スーパー台風は分かりやすさの点で、台風の強さの説明に非常に有効な用語である。気象学会に限らず一般に専門家コミュニティは、マスコミから普及してきた言葉を学術用語として受け入れることに慎重である。たとえば「ゲリラ豪雨」などはその例であろう。そのようにすることは専門用語の厳格使用という点で正しい姿勢である。幸いにして「スーパー台風」という言葉は、そのハードルを越えつつあるようだ。

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.

- Chang, C.-C. and C.-C. Wu, 2017: On the processes leading to the rapid intensification of Typhoon Megi (2010). *J. Atmos. Sci.*, **74**, 1169-1200.
- Dunnavan, G. M. and J. W. Diercks, 1980: An analysis of Super Typhoon Tip (October 1979). *Mon. Wea. Rev.*, **108**, 1915-1923.
- Emanuel, K. A., 2005: Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, **436**, 686-688.
- Fang, J. and F. Zhang, 2016: Contribution of tropical waves to the formation of Supertyphoon Megi (2010). *J. Atmos. Sci.*, **73**, 4387-4405.
- Jian, G.-J. and C.-C. Wu, 2008: A numerical study of the track deflection of Supertyphoon Haitang (2005) prior to its landfall in Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, **136**, 598-615.
- Kamahori, H., N. Yamazaki, N. Mannoji and K. Takahashi, 2006: Variability in intense tropical cyclone days in the western North Pacific. *SOLA*, **2**, 104-107.
- Kanada, S., S. Tsujino, H. Aiki, M. K. Yoshioka, Y. Miyazawa, K. Tsuboki and I. Takayabu, 2017: Impacts of SST patterns on rapid intensification of Typhoon Megi (2010). *J. Geophys. Res. Atmos.*, **122**, 13245-13262.
- Kieu, C., V. Tallapragada, D.-L. Zhang and Z. Moon, 2016: On the development of double warm-core structures in intense tropical cyclones. *J. Atmos. Sci.*, **73**, 4487-4506.
- Kossin, J. P., K. A. Emanuel and G. A. Vecchi, 2014: The poleward migration of the location of tropical cyclone maximum intensity. *Nature*, **509**, 349-352.
- Lin, I.-I., C.-C. Wu, K. A. Emanuel, I.-H. Lee, C.-R. Wu and I.-F. Pun, 2005: The interaction of Supertyphoon Maemi (2003) with a warm ocean eddy. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 2635-2649.
- Lin, I.-I., I.-F. Pun, and C.-C. Lien, 2014: "Category-6" supertyphoon Haiyan in global warming hiatus: Contribution from subsurface ocean warming. *Geophys. Res. Lett.*, **41**, 8547-8553.
- Mei, W. and S.-P. Xie, 2016: Intensification of landfalling typhoons over the northwest Pacific since the late 1970s. *Nature Geosci.*, **9**, 753-757.
- Merrill, R. T. and C. S. Velden, 1996: A three-dimensional analysis of the outflow layer of supertyphoon Flo (1990). *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 47-63.
- Mori, N., M. Kato, S. Kim, H. Mase, Y. Shibutani, T. Takemi, K. Tsuboki and T. Yasuda, 2014: Local amplification of storm surge by Super Typhoon Haiyan in Leyte Gulf. *Geophys. Res. Lett.*, **41**, 5106-5113.
- Pun, I.-F., I.-I. Lin and M.-H. Lo, 2013: Recent increase in high tropical cyclone heat potential area in the western North Pacific Ocean. *Geophys. Res. Lett.*, **40**, 4680-4684.
- Shi, W., J. Fei, X. Huang, X. Cheng, J. Ding and Y. He, 2014: A numerical study on the combined effect of midlatitude and low-latitude systems on the abrupt track deflection of Typhoon Megi (2010). *Mon. Wea. Rev.*, **142**, 2483-2501.
- Tsuboki, K., M. K. Yoshioka, T. Shinoda, M. Kato, S. Kanada and A. Kitoh, 2015: Future increase of supertyphoon intensity associated with climate change. *Geophys. Res. Lett.*, **42**, 646-652.
- Wang, H. and Y. Wang, 2014: A numerical study of Typhoon Megi (2010). Part I: Rapid intensification. *Mon. Wea. Rev.*, **142**, 29-48.
- Wu, C.-C. and H.-J. Cheng, 1999: An observational study of environmental influences on the intensity changes of Typhoons Flo (1990) and Gene (1990). *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 3003-3031.