

2025 年度正野賞の受賞者決まる

受賞者: 栃本英伍（気象庁気象研究所）

研究業績: 顕著現象をもたらす温帯低気圧の階層構造と環境場に関する研究

選定理由: 中緯度の天気にも多大な影響を与える温帯低気圧についてはこれまで数多くの研究が行われてきている。温帯低気圧には多様な形態があり、日本でも梅雨期の豪雨の原因となる梅雨前線上のメソ低気圧（以下、梅雨低気圧）や、冬季に短時間で発達し暴風雪や高波を生ずる寒気内低気圧などについて、近年も活発に研究が行われてきている。栃本氏は、このように多岐に渡る重要性を持つ温帯低気圧（以後、低気圧と表記）および低気圧に関わる多様なスケールの現象を対象に研究を行ってきた。

梅雨前線上のメソ低気圧(BFD)を対象とした研究では、数値シミュレーションによる事例解析や感度実験を行い、低気圧の構造や発達機構、環境場の特徴等を調べた（業績 1, 2, 3）。その結果、東経 140 度より西で最盛期を迎える BFD では潜熱加熱が重要で、非断熱ロスビー波あるいは非線形 CISK 的な性質を持ち、東西鉛直断面でのトラフの傾きが小さいのに対し、東経 140 度以東で最盛期を迎える BFD は湿潤傾圧不安定の性質を持ち、トラフは明瞭な西向きの傾きを持つことを明らかにした。

栃本氏はさらに、竜巻がしばしば低気圧の暖域で発生することに着目し、水平スケール数 1000km の低気圧の中で、数 10km スケールのスーパーセルが生じ、さらにその中で直径 100m 程度の竜巻が発生するまでの階層構造の解明を進めた。米国では低気圧の暖域で竜巻が多数発生して大きな被害をもたらす現象がしばしば見られるが、栃本氏は竜巻を伴った低気圧を、15 個以上の竜巻を伴ったもの（OC: Outbreak cyclone）と 5 個以下しか伴わなかったもの（NOC: Non-outbreak cyclone）に分け、両者の構造と環境場の違いを調べた。その結果、OC では対流有効位置エネルギー（CAPE）やストームに相対的な環境場のヘリシティ（SREH）などのスーパーセル発生に適した環境パラメータが NOC に比べて有意に大きいことをコンポジット解析で示し（業績 4）、さらに理想化数値実験により検証した（業績 5）。また栃本氏は、Energy Helicity Index という指標に用いられる CAPE にエントレインメントを考慮すると、その分布が竜巻の発生位置とよく対応することを示

した（業績 6）．栃本氏は同様の手法を用いて、日本付近で竜巻をもたらす低気圧の構造と環境場の特徴も明らかにした（業績 7, 8）．日本では米国で発生する藤田スケール 4 以上の激しい竜巻の発生記録がないが、栃本氏はその要因として、日本は粗度が小さく地表面加熱が緩やかな海洋に囲まれているため、低気圧の暖域における CAPE や SREH が米国に比べて小さいことを突き止めた．この業績が評価され、栃本氏は 2018 年に気象集誌論文賞を受賞した（業績 7）．

栃本氏は竜巻の発生機構に関する研究においても優れた業績を有している．2015 年 9 月に弱い低気圧の東に位置する対馬海峡で発生した漁船の海難事故について、その原因をレーダー観測と数値シミュレーションにより調べた結果、これまで世界で報告されていないタイプのメソ β スケールの渦状擾乱（メソ β 渦）に伴って複数の竜巻状渦が発生し、被害が起きた可能性を指摘した（業績 9）．さらにアンサンブル予報実験や感度解析により、強いメソ β 渦を生じる低気圧の環境場の構造と特徴を明らかにした（業績 10）．栃本氏はまた、「準線状の対流系の中央部に伴う竜巻」の再現実験に世界で初めて成功し、周囲の鉛直シアと地表付近の摩擦による水平渦度が竜巻の回転の源であることを示した（業績 11）．

これら一連の研究が評価され、米国気象学会の創立 100 周年記念の「激しい対流現象に関する解説」に共著者として参加した（業績 12）ほか、カナダの大気海洋学会誌の特別号において竜巻の発生環境場に関する総説論文の執筆者に抜擢された（業績 13, 14）．近年も、低気圧の多様な特徴に関する最先端の研究で成果を着実に挙げている（業績 15, 16, 17, 18）．

このように栃本氏は、顕著現象をもたらす多様な温帯低気圧に関する研究から先駆的な竜巻研究に至るまで、幅広いスケールの現象に関して独創的かつ世界的にも優れた研究を行ってきた．以上の理由により、栃本英伍氏に 2025 年度正野賞を贈呈するものである．

主な論文リスト

1. Tochimoto, E. and T. Kawano, 2017: Numerical investigation of development processes of Baiu frontal depressions. Part I: Case studies. J. Meteor. Soc. Japan,

95, 91-109.

2. Tochimoto, E. and T. Kawano, 2012: Development processes of Baiu frontal depressions. SOLA, 8, 9–12.
3. Tochimoto, E. and T. Kawano, 2017: Numerical investigation of development processes of Baiu frontal depressions. Part II: An idealized study. J. Meteor. Soc. Japan, 95, 217-237.
4. Tochimoto, E. and H. Niino, 2016: Structural and environmental characteristics of extratropical cyclones that cause tornado outbreaks in the warm sector: A composite study. Mon. Wea. Rev., 144, 945-969.
5. Tochimoto, E. and H. Niino, 2017: Structural and environmental characteristics of extratropical cyclones that associated with tornado outbreaks in the warm sector: An idealized numerical study. Mon. Wea. Rev., 145, 117-136.
6. Tochimoto, E., K. Sueki and H. Niino, 2019: Entraining CAPE for better assessment of tornado outbreak potential in the warm sector of extratropical cyclones. Mon. Wea. Rev., 147, 913-930.
7. Tochimoto, E. and H. Niino, 2018: Structure and environment of tornado-spawning extratropical cyclones around Japan. J. Meteor. Soc. Japan, 96, 355-380.
8. Tochimoto, E., M. M. Miglietta, L. Bagaglini, R. Ingrosso and H. Niino, 2021: Characteristics of extratropical cyclones that cause tornadoes in Italy: A preliminary study. Atmosphere, 12(2), 180.
9. Tochimoto, E., S. Yokota, H. Niino and W. Yanase, 2019: Mesoscale convective vortex that causes tornado-like vortices over the sea: a potential risk to maritime traffic. Mon. Wea. Rev., 147, 1989-2007.
10. Tochimoto, E., S. Yokota, H. Niino and W. Yanase, 2022: Ensemble experiments for a maritime meso- β -scale vortex that spawned tornado-like vortices causing shipwrecks. J. Meteor. Soc. Japan, 100, 141-165.

11. Tochimoto, E. and H. Niino, 2022: Tornadogenesis in a quasi-linear convective system over Kanto Plain in Japan: A numerical case study. *Mon. Wea. Rev.*, 150, 259-282.
12. Brooks, H. et al., 2019: A century of progress in severe convective storm research and forecasting. *Meteor. Monogr.*, 59, 18.1-18.41.
13. Tochimoto, E., 2022: Environmental controls on tornadoes and tornado outbreaks. *Atmos.-Ocean*, 60, 399-421.
14. Lin J., T. et al., 2022: Current challenges in climate and weather research and future directions, *Atmosphere-Ocean*, 60, 506-517.
15. Tochimoto E. and H. Niino, 2022: Comparing frontal structures of extratropical cyclones in the Northwestern Pacific and Northwestern Atlantic storm tracks. *Mon. Wea. Rev.*, 150, 369-392.
16. Tochimoto, E. and H. Niino, 2024: A composite study of extratropical cyclones accompanied by split fronts in the Northwestern Pacific. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 150(763), 3428–3449.
17. Tochimoto, E. and S. Iizuka, 2023: Impact of warm sea surface temperature over a Kuroshio large meander on extreme heavy rainfall caused by an extratropical cyclone. *Atmospheric Science Letters*, 24(2), e1135.
18. Tochimoto, E., S. Iizuka and T. Ohigashi, 2022: Influence of an upper-level trough on the formation of a Baiu frontal depression that caused a torrential rainfall event in southern Kyushu, Japan on July 4, 2020. *SOLA*, 18A, 1–7.