

「平成30年台風第21号」通過時の近畿～中部地方の 大気構造と地形が伊勢湾周辺の暴風に及ぼした効果

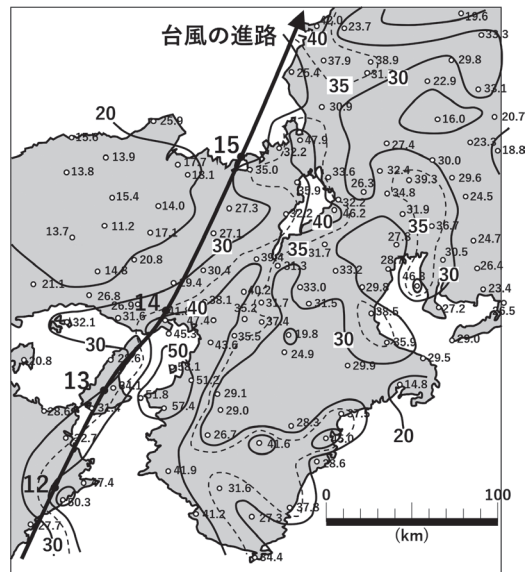
伊 藤 忠*

1. はじめに

「平成30年台風第21号」(以後、台風1821等と表記)が大阪湾を通過したとき、タンカーの空港連絡橋への衝突、家屋の損壊など、暴風による被害が各地で発生した(内閣府 2018)。第1図は、気象庁の気象官署およびアメダスの10分毎の観測値(気象庁 2019a)をもとに、2018年9月4日11時から18時(日本時間;以後、時刻は日本時間で示す)の間における最大瞬間風速の分布を示したものである。台風1821の進路に近い大阪湾周辺各地で40m/sを超える最大瞬間風速を観測した。一方、伊勢湾周辺では、進路から100km以上離れていたにもかかわらず、大阪湾周辺での最大瞬間風速に匹敵する35~40m/sを観測した。進行する台風の進路の右側(危険半円)は、進路の左側に比べて風速が大きくなることが知られている(光田 1980; 立平 1981; 村松 1982a; 藤部 1996)。この伊勢湾周辺における暴風は、台風の進路の右側に入ったためということもあるが、進路から100km以上も離れていても大阪湾周辺での暴風に匹敵する風速を観測したのは、伊勢湾周辺の地形と、それがもたらしたであろう台風周辺のメソスケールの大気構造が関係したと思われる。

台風が日本に接近・上陸すると、温帯低気圧化の開始(村松 1982b)と地形の効果によって、台風の構造がメソスケールの的に変化し、地上の風速はその変化を反映した分布になる。Shibagaki *et al.*(2003)は紀伊半島を通過した台風9426のメソ構造をMU(middle and upper atmosphere)レーダー観測で調べた。立平(1981)は台風7920の中心が新潟県にあったとき、関東南部で風速10~20m/sの強風になったが、これにはメ

ソスケールの地形が寄与したことを指摘した。藤部(1993)は台風9119とその類似台風である洞爺丸台風、第2室戸台風とを比較し、メソ寒冷前線や下層の安定層破壊といったメソ的な構造が強風に寄与したことを指摘した。Mashiko(2008)は台風0422(Ma-on)が南関東を通過したとき、関東山地の効果によって相模湾に向かう北風が低層ジェットとなることにより、進路の左側の領域に強風をもたらしたことを報告している。以上の先行研究の例から、日本に接近・上陸する台風によってもたらされるメソスケールの強風は、台風によってそれぞれメカニズムが異なっていることがわかる。藤部(1993)も指摘しているように、「危険半



第1図 台風1821が通過した2018年9月4日11時から18時の間の最大瞬間風速の分布。気象庁10分毎地上観測値による。風速の単位は m/s。

* Tadashi ITO 気象予報士会東海支部。
spf927z9@hm.aitai.ne.jp

© 2020 日本気象学会

円)、「温帯低気圧化」といった単純なキーワードで一括できるものではない。

台風が伊勢湾付近を通過するときは伊勢湾周辺で暴風(気象庁 1961; 愛知県・名古屋地方気象台 2009; 気象庁 2018a)となることは違和感なく理解できる。しかし、台風が伊勢湾から離れて、近畿地方を通過する場合でも伊勢湾周辺で暴風になることが多い。このような台風については、通過地域である近畿地方の気象についての詳細な調査はあるものの(中島ほか 1980; Shibagaki *et al.* 2003)、伊勢湾周辺での暴風の要因についての調査例は少ない。本調査では、近畿地方を通過した台風1821について、台風周辺の大気構造と地形効果について調べ、伊勢湾周辺での暴風の要因についての知見を増やすことにより、防災の一助とすることを目的とする。

2. データの収集について

地上の観測データは、気象官署およびアメダスの観測値(気象庁 2019a)を用いた。気象衛星雲画像は、気象庁のWebサイト(気象庁 2018b)に公開されたものを利用した。地上の解析図について、台風の位置と中心気圧は気象庁発表のものを用い(気象庁 2019b)、等値線は筆者が主観解析し描画した。気温・

湿位・風断面図や湿数(気温 T と露点温度 T_d との差)の断面図に用いた高層データは、株式会社ウェザーニューズ(2019)のWebサイト「MyWeather Solution」にアメダス地点のエマグラムで表示されている気象庁メソモデル(MSM)解析データを読み取って用いた。エマグラムからの読み取りであるので、 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 程度の誤差を含み、等値線の描画は筆者の主観解析によるものであるが、大略の気象状況は把握できるものとする。

3. 伊勢湾周辺の大気構造

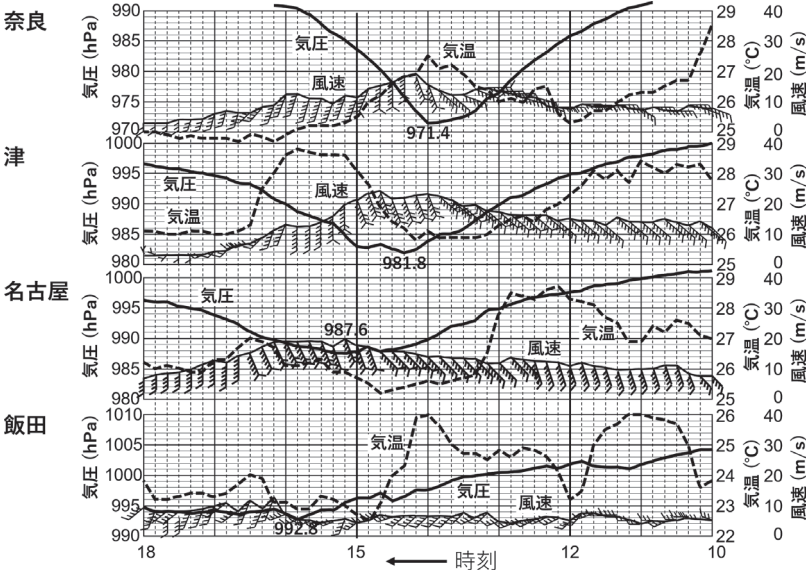
3.1 地上の気圧・気温・風の時系列変化

台風位置表(気象庁 2019b)によれば、2018年9月4日9時に四国の南海上にあった台風1821は、正午ごろ徳島県南部に上陸したのち、四国東部をかすめて淡路島、大阪湾へと進み、14時ごろ神戸市付近に再上陸した。15時ごろには若狭湾に達し、その後、日本海を北東に進んだ。第2図は、奈良、津、名古屋、および飯田における9月4日10時から18時にかけての地上の気圧・気温・風の時系列変化を示したものである。ここで、時刻はグラフの右から左に流れている。このように表示することにより、各地点を通過した現象の構造(今回は北東に進んだ台風の構造)を直観的に把握

することが可能となる(図の右側が構造の北東、図の左側が南西と見立てられる)。

気圧変化と風速変化との対応を見ると、名古屋では最低気圧を観測した時刻とほぼ同時に、他の各地では最低気圧を観測した時刻より10~20分遅れて最大風速を観測している。ただ、飯田では最低気圧の観測後も気圧の上昇が鈍いので、気圧の低い時間帯に最大風速も観測したとみることもできる。

風速変化と気温変化との対応を見ると、奈良では最大風速観測時の10分前に気温が極大となった。飯田では、最大風速を観測した20



第2図 奈良、津、名古屋、および飯田における9月4日10時から18時にかけての気圧・気温・風の時系列変化。矢羽根の向きは北を上として風向を表し、羽根の数はビューフォート風力階級(大谷・斎藤 1957)を日本式表示で表す。

分後に気温が極大となった。一方、伊勢湾沿岸の津および名古屋では、最大風速観測時には気温が上昇中であり、その約1時間後になって気温の極大点を迎えている。グラフの図形的には、津と名古屋では「風速の山」の左側に「気温の山」がある。このことは、伊勢湾周辺で最大風速を観測したとき、伊勢湾の南西側に高温域があったことを示唆する。

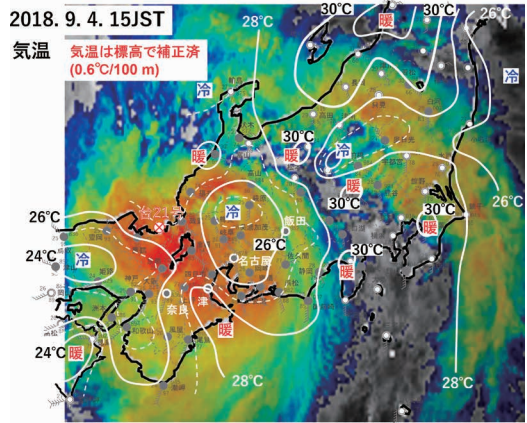
第3図は、伊勢湾周辺で最大風速を観測した時刻に近い9月4日15時における、近畿地方から関東地方にかけての気温分布図に気象衛星雲画像(雲頂強調画像)を重ねたものである。ここで、気温は、気象官署およびアメダスによる観測値を0.6°C/100mで標高補正した値をプロットした。伊勢湾周辺は、志摩半島から北西に突っ込む28°C線で表される暖気と、岐阜県から愛知県に張り出す26°C線で表される冷気との間の気温傾度の大きい領域に対応しており、第2図からの推察を支持している。

なお、台風の観点から気温分布を見ると、気温の高い所は台風の内部コアの積乱雲の発達した所やレインバンド間の雲の少ない所に、気温の低い所は内部コアの縁辺部に対応している。この対応は、12時から15時の間で台風が移動してもほぼ維持されていた。

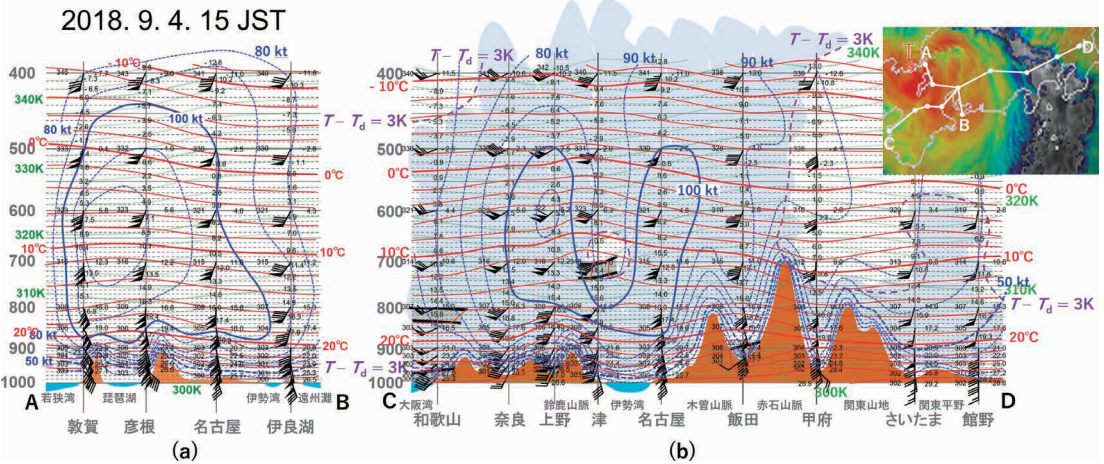
3.2 伊勢湾周辺の大気の断面構造と伊勢湾周辺で暴風となった要因

3.1では伊勢湾周辺で最大風速を観測した時間帯に、

その南西側の地域で地上気温が高いことを示した。上空のどの高さまでこの傾向があるか、気温の分布が風速の分布とどのような関係があるかを調べるために、気象庁のMSM解析データ(株式会社ウェザーニューズ2019)を用いて第4図に示す気温・温位・風の断面図を作成した。津など伊勢湾周辺で最大風速を観測し



第3図 9月4日15時における気温分布と気象衛星雲画像(雲頂強調画像)。気温は気象庁の観測値を0.6°C/100mの標高補正したものをプロットした。白実線は2°Cごとの、破線は一部の奇数温度の等温線を示す。気象衛星雲頂強調画像は気象庁による。



第4図 伊勢湾周辺での風向にほぼ平行な方向 (a)、および伊勢湾周辺での風向にほぼ垂直な方向 (b) の気温・温位・風の断面図。高層データは株式会社ウェザーニューズのWebサイトにエムグラム形式で提供されている気象庁MSM解析データの読み取りによる。風速は、旗が50ノット、長い棒が10ノット、短い棒が5ノットを表す。 $T - T_d < 3K$ 領域内が雲域であることを、雲をイメージできるように雲形でイラスト的に表示した。挿入図は気象衛星雲頂強調画像(気象庁)による。

たのは14時から15時ごろであったので、その直近の15時の解析データを用いた。右上の挿入図に示したように、第4図aは伊勢湾周辺での風向（南東～南南東）にほぼ平行な方向 AB、第4図bは伊勢湾周辺での風向にほぼ垂直な方向 CD の断面図である。

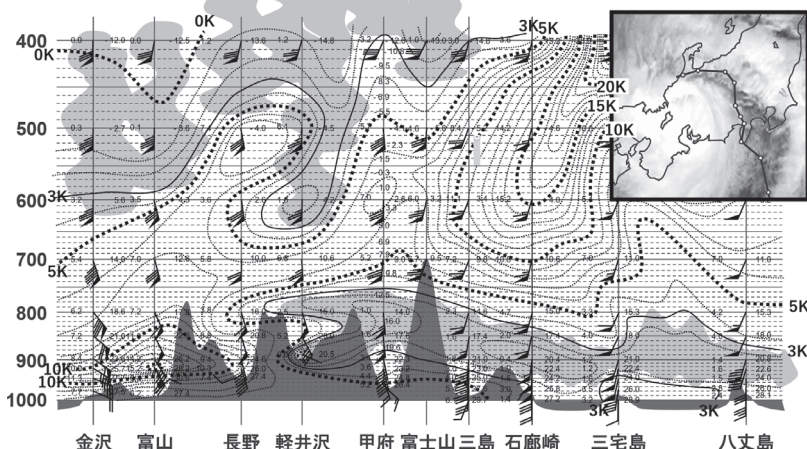
第4図aを見ると、台風を中心に近い敦賀から彦根にかけては風の鉛直シアが比較的小さく、最大風速が600～700hPa 高度にあるという、台風がその勢力を維持しているときの風速分布(村松 1982a)が見られる。その一方で、名古屋から伊良湖にかけては、850hPa 高度付近で100ノット(50m/s)の等風速線が風上側に張り出している。第4図bを見ると、津と名古屋で400～800hPa 高度付近にかけて下層に向かって風速が大きくなっている。特に津ではそれが顕著である。すなわち、伊勢湾周辺で上空の強風域が下層に降りてきているような風速分布である。第4図bの気温分布を見ると、特に750～500hPa 高度で津の西側、すなわち鈴鹿山脈付近で気温が高く、甲府付近にかけて次第に気温が低下している。すなわち、伊勢湾周辺での風に対して左側で気温が高く、右側で低くなっている。温度風の関係を考慮すると、この気温分布が下層での大きな風速を維持させたと考えられる。

このような気温分布の原因について考えてみる。台

風に吹き込む南寄りの暖湿流が伊吹・養老山地および鈴鹿山脈によって強制上昇すると、そこで積乱雲が発達する。発達した積乱雲中では水蒸気の凝結潜熱によって大気が加熱される。一方、第4図の挿入図（雲頂強調雲画像）からもわかるように、甲府付近は、内側レインバンドの外縁部にあたっている。第4図bに湿数 ($T - T_d = 3K$) のラインを太い破線で示し、 $T - T_d < 3K$ の領域を雲領域(下山・伊東 2007)として、雲をイメージできるように、同領域内を大略覆う雲形を用いてイラスト的に図示した。甲府はちょうど $T - T_d$ が中層域(700～400hPa 高度)で3Kより大きい。第5図にレインバンド間の比較的雲の少ない領域での風の流れにほぼ沿った方向の湿数断面図を示した。伊豆諸島から伊豆半島にかけて湿数10K以上の乾燥空気が上層から中層域にかけて垂れ下がるように分布している。この乾燥空気が台風のまわりの南寄りの風によって移流することにより、甲府付近にかけての中層が比較的乾燥したものと考えられる。一方、甲府付近は約400hPa 高度より高層で3K以下の湿潤域(雲域)となっている。このような状態で、高層の雲から降水があると、中層域で蒸発する。このときの蒸発潜熱で中層域が冷却される。

このように、鈴鹿山脈付近で加熱され、内側レインバンドの外縁部で冷却されることにより、中層域で伊勢湾周辺をはさんで気温が西側で高く東側で低い分布が形成されたものと考えられる。この結果、温度風の関係により、下層で比較的风速が大きい風の分布が形成され、その影響が地上まで及ぶことにより、台風を中心から離れていても伊勢湾周辺で暴風となるひとつの要因となったものと考えられる。

2018. 9. 4. 15 JST



第5図 内側および外側レインバンド間における風の流れにほぼ沿った方向の湿数断面図。株式会社ウェザーニューズのWebサイトにエマグラム形式で提供されている気象庁MSM解析データの読み取りによる。風速の矢羽根表示は第4図と同様。 $T - T_d < 3K$ 領域内が雲域であることを、雲をイメージできるように、第4図同様、雲形でイラスト的に表示した。挿入図は気象衛星赤外雲画像(気象庁)による。

4. 地形効果

4.1 風の通り道

濃尾平野から伊勢湾周辺にかけての地域は、その西側には伊吹・養老の山地と鈴鹿山脈があり、東側には

中部山岳があって、冬季には季節風の通り道となり、北西風が強い地域である。今回の事例のように勢力の強い台風が近畿地方から若狭湾に抜ける進路の場合、伊勢湾周辺における風向は冬季の季節風とは反対方向の風向となる。流路を逆方向に気流が流れるだけであるので、台風に吹き込む南東風が比較的強く吹く傾向にあったと推察できる。

4.2 中部山岳の効果

中部山岳は、その高さ対流圏の厚さの数分の1にも及ぶので、台風の循環にも影響を与えるものと思われる。それが地上の気圧配置にどのように現れているかを調べるため、台風1821が近畿地方に接近・通過中の9月4日11時～17時の毎正時における近畿地方から関東地方の気象官署およびアメダスによる地上観測値を用いて地上天気図を作成した。第6図はそのうちの11時から15時までの毎正時および17時のものを示したものである。

11時には中部山岳の南側には南寄りの風が吹き付けており、伊豆半島から静岡市付近にかけて気圧の峰が形成された。この状況は15時になっても継続されていた。一方、台風はあまり衰えることなく北東に進行したので、静岡市付近にかけての気圧の峰と台風とはさまれた伊勢湾周辺での気圧傾度は台風の接近ととも

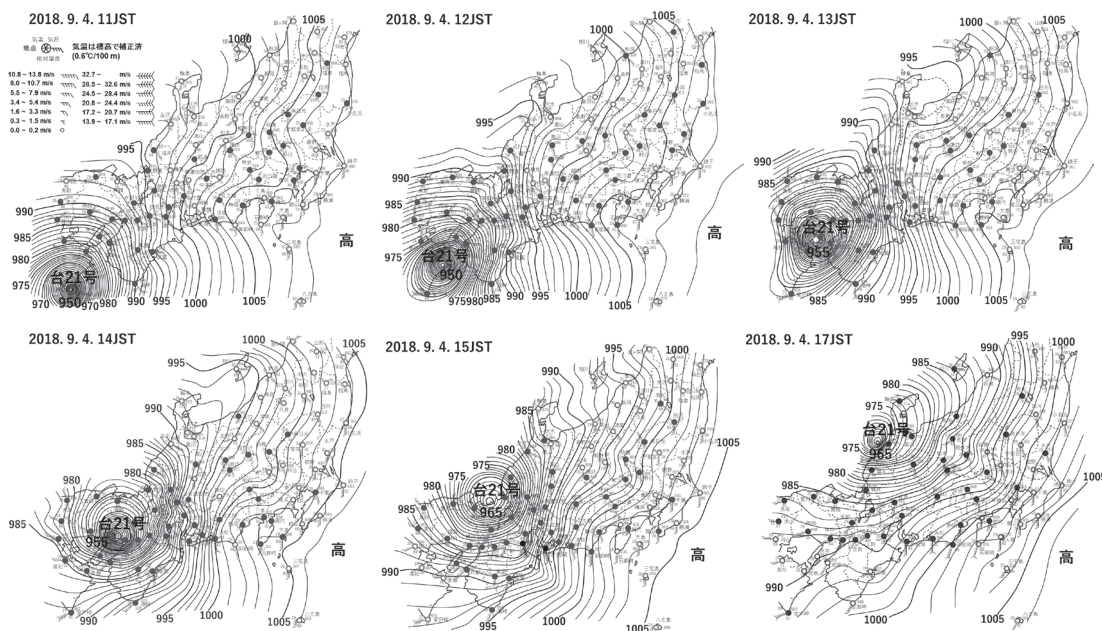
に増加し、15時前後には気圧傾度は0.2hPa/kmに達した(15時における津および伊良湖での気圧の海面更正値はそれぞれ982.9hPa, 993.6hPa(気象庁 2019a)、両地点間の距離は約48km)。このとき、伊勢湾周辺の各地で最大風速を観測した。17時になると、この気圧の峰は不明瞭となった。これは、第2図で津および名古屋で16時を過ぎて風速が急激に減少したのに対応している。

5. まとめ

台風1821が近畿地方を通過中の2018年9月4日14時から15時ごろにかけて台風を中心から100km以上離れた伊勢湾周辺でも暴風になった。これは、伊勢湾周辺が進路の右側に入ったということのほかに、台風接近時の伊勢湾周辺の大気構造および地形効果が次のように作用したと考えられる。

(伊勢湾周辺の大気構造)

台風に吹き込む南寄りの暖湿流が伊吹・養老山地および鈴鹿山脈によって強制上昇することによって形成された発達した積乱雲中で凝結潜熱が解放されることによる加熱と、伊豆諸島から甲府付近にかけての内側レインバンド外縁部での降水の蒸発による冷却によって形成された西に高く東に低い中層域の気温分布によ



第6図 9月4日11時から15時までの毎正時および17時の近畿地方～関東地方にかけての地上天気図。気象官署およびアメダスによる地上観測値をプロットし、主観解析により等圧線を描画した。

る温度風の効果によって、伊勢湾周辺に下層ほど風速が大きい風速分布が形成された。この風速分布の影響が地上まで及ぶことによって風速が強化された。

(地形効果)

中部山岳に吹き付ける南寄りの風によってその南に気圧の峰が継続的に形成されている中で、台風があまり衰えることなく北東に進んだので、この気圧の峰と台風とにはさまれた伊勢湾周辺での気圧傾度が極端に増加した。これに、伊吹・養老山地と鈴鹿山脈および中部山岳にはさまれた伊勢湾・濃尾平野地域が南東から北西に向かう風の通り道となる効果が加わって風速が強化された。

以上のように、近畿地方を台風が北東に通過するとき、伊勢湾周辺では「台風の危険半円側」という効果のほかに、風速を強化させるこの地方独特の効果が存在すると思われるので防災上注意を要する。

6. おわりに

この報告では述べなかったが、第6図と同様の地上天気図を作成した結果、「第2室戸台風」や、名古屋で伊勢湾台風次に最大瞬間風速を観測した「平成10年台風第7号(台風9807)」の事例でも、4. で述べた地形効果があったと思われる。上層の気象まで含めた調査は今回の事例しか行っていないので、近畿地方を通過する他の台風についても調査を継続したい。

なお、今回の調査報告は、一般社団法人日本気象予報士会第11回研究成果発表会(2019年2月24日実施)で発表した内容に、その後の調査結果を加筆して報告するものである。同発表会でご討論いただいた関係者の方々に感謝します。また、株式会社ウェザーニューズにはそのWebサイトのコンテンツの高層データの利用を許可していただきました。感謝します。

参 考 文 献

- 愛知県, 名古屋地方気象台, 2009: 平成21年10月7日～8日の台風第18号による農業被害. 愛知県農業気象災害速報第1号, 17pp.
- 藤部文昭, 1993: 台風9119による東北地方の強風の特徴. 天気, 40, 403-412.
- 藤部文昭, 1996: 移動する台風の風速分布を表す計算式について. 天気, 43, 671-680.
- 株式会社ウェザーニューズ, 2019: MyWeatherSolution. http://labs.weathernews.jp/EMAGRAM_fcst/index.cgi?DISP=LIST (2019.4.30閲覧).
- 気象庁, 1961: 伊勢湾台風調査報告. 気象庁技術報告, (7), 427pp.
- 気象庁, 2018a: 災害をもたらした気象事例. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/1979/19791010/19791010.html> (2019.6.2閲覧).
- 気象庁, 2018b: 気象衛星(高頻度). <https://www.jma.go.jp/jp/gms150jp/> (2018.9.4閲覧).
- 気象庁, 2019a: 過去の気象データ検索. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2019.4.30閲覧).
- 気象庁, 2019b: 台風位置表. http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/position_table/index.html (2019.4.30閲覧).
- Mashiko, W., 2008: Formation mechanism of a low-level jet during the passage of typhoon Ma-on (2004) over the southern Kanto district. J. Meteor. Soc. Japan, 86, 183-202.
- 光田 寧, 1980: 台風とそれに伴う強風について. 京都大学防災研究所年報, 23A, 17-42.
- 村松照男, 1982a: 台風7916号(OWEN)の成熟期の構造. 天気, 29, 1115-1128.
- 村松照男, 1982b: 成熟した台風の温帯低気圧化の過程について. 天気, 29, 1199-1212.
- 内閣府, 2018: 平成30年台風第21号に係る被害状況等について. <http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon21/index.html> (2019.4.30閲覧).
- 中島暢太郎, 光田 寧, 後町幸雄, 田中正昭, 藤井 健, 文字信貴, 1980: 台風7916号について. 京都大学防災研究所年報, 23B-2, 87-111.
- 大谷東平, 斎藤将一, 1957: 天気予報と天気図. 法政大学出版局, 第4図, p.10.
- Shibagaki, Y., M. D. Yamanaka, M. Kita-fukase, H. Hashiguchi, Y. Maekawa and S. Fukao, 2003: Meso- α -scale wind field and precipitating clouds in typhoon 9426 (Orchid) observed by the MU radar. J. Meteor. Soc. Japan, 81, 211-228.
- 下山紀夫, 伊東讓司, 2007: 天気予報のつくりかた. 東京堂出版, 275pp.
- 立平良三, 1981: アメダスの風資料から見た台風域内の風速分布(台風7920号の場合). 気象庁研究時報, 33, 201-204.