

統計分析による竜巻注意情報の鉄道防災への活用に関する検討

○ [土] 荒木 啓司 福原 隆彰 (公益財団法人鉄道総合技術研究所)

A Discussion about Utilization of Hazardous Wind Watch based on Statistical analysis
for Railway Disaster Prevention

○Keiji Araki, Takaaki Fukuhara (Railway Technical Research Institute)

To discuss about utilization of Hazardous Wind Watch released by the Japan Meteorological Agency for railway disaster prevention, authors collected and organized about 6,000 data of Hazardous Wind Watch and conducted a statistical analysis. As a result, the predictive value of the Hazardous Wind Watch was less than 10%, and it was evaluated that it would be difficult to immediately utilize it for disaster prevention of railways.

キーワード：竜巻注意情報，適中率，総観場

Key Words：Hazardous Wind Watch, Predictive Value, Synoptic Scale

1. はじめに

突風に対して注意を呼びかける情報として、気象庁より竜巻注意情報が発表されている。しかしながら、その適中率の低さや発表対象領域の粗さ等の理由から、竜巻注意情報を鉄道防災へ利活用する動きは活発とはいえないのが現状である。2008年3月の竜巻注意情報の提供開始から10年以上が経過し、発表実績が蓄積されてきた。本稿では、竜巻注意情報の発表履歴を用いた統計分析を行い、鉄道防災への利活用の可能性に関する検討を行った。

2. 分析に用いた竜巻注意情報

2.1 竜巻注意情報とは

竜巻注意情報とは、積乱雲の下で発生する竜巻、ダウンバーストなどの激しい突風（以下「竜巻等」）に対して注意を呼びかける情報で、雷注意報を補足する情報として気象庁より発表される情報である¹⁾。竜巻注意情報は、竜巻発生確度ナウキャスト¹⁾で発生確度2が現れた地域に発表しているほか、目撃情報が得られて竜巻等が発生するおそれが高まったと判断した場合にも発表されており、情報の有効期間は発表から約1時間となっている。

気象庁は、2008年3月26日から竜巻注意情報の発表を開始した。また、同情報の発表開始当時、その発表区域は県単位であったが、2016年12月16日より「〇〇県南部」などの天気予報と同じ区域（一次細分区域²⁾）に細分化さ

れている³⁾。

2.2 竜巻注意情報の発表履歴の収集と整理

竜巻注意情報の発表履歴は気象庁のホームページにて公開されており⁴⁾、今回の分析でもこれを使用した。具体的には、竜巻注意情報の発表が開始された2008年3月26日から2020年8月31日までの計4,542日間に全国で発表された竜巻注意情報の履歴を収集した。この履歴には、竜巻注意情報の対象地域、発表開始および終了の日時分、発表開始から終了までの間に発表された竜巻注意情報の数（通数）、突風発生の有無、突風発生時刻と場所、突風の規模（FスケールまたはJEFスケール）などの情報が網羅されている。突風発生の有無については、①情報未発表かつ突風発生あり、②突風報告なし、③情報の有効期間・対象地域内に最大瞬間風速20m/s以上を観測、④情報の有効期間・対象地域外に突風が発生、⑤情報の有効期間・対象地域内に突風が発生、の5種類のフラグが付記されており、今回の分析ではこれらを用いて竜巻注意情報の適中率を評価した。なお、竜巻注意情報の鉄道防災への利活用を検討する目的に照らし、海上で発生した突風に関わる竜巻注意情報については分析の対象から除外した。

また、竜巻注意情報がそれぞれどのような気象状況の時に発表されたのかを分析しようと考えたが、竜巻注意情報の履歴には同情報の発表中の気象状況に関連する記載がない。その一方で、気象庁の竜巻等の突風データベース⁵⁾には各突風事例が発生したときの気象状況に関連する情報と

して低気圧や前線、台風といった「総観場」の情報が網羅されている。そこで、竜巻注意情報の履歴にて、前述した④情報の有効期間・対象地域内に突風が発生した事例を竜巻等の突風データベースにて特定し、「総観場」の情報を収集、整理した。

最終的に、本分析にて収集した竜巻注意情報の発表数(前述した①～④のフラグが付記された数)の総計は6,108件となった。

3. 竜巻注意情報の履歴を用いた統計分析

3.1 竜巻注意情報の発表状況

2008年3月26日から2020年8月31日(計4,542日間)の竜巻注意情報の発表状況を年別(図1)および月別(図2)に示す。

図1をみると、年による発表数の変動が大きく、系統的特徴に乏しい。気象庁も竜巻注意情報の精度評価において、突風が発生する気象の環境は年による変動が大きいことや一年間に発生する回数が少ないことなどから、竜巻注意情報の評価結果は年によって大きく変動するとの見解を示している³⁾。なお、2008年および2020年はそれぞれ集計日数が281日と244日で他の年より少ないことに注意されたい。ちなみに、2008年と2020年を除いた11年間での竜巻注意情報の発表数を単純平均すると517件/年となり、毎日全国のどこかで1件以上の竜巻注意情報が発表されていたことになる。

図2をみると、竜巻注意情報の月別の発表状況には特徴があるように見える。各月の発表数を単純平均すると509件/月であり、6～10月の概ね暖候期に相当する期間ではこの月別平均発表数と同等もしくはそれ以上、1～5月と11～12月の概ね寒候期に相当する期間では月別平均発表数を下回る傾向であった。一般的には、暖候期のほうが大気の状態が不安定になりやすく、すなわち突風の発生が予想される気象場が形成されやすい。図2はこのような気象的背景を反映している可能性がある。ただし、図2は全国で発表された竜巻注意情報をひとまとめに統計しているため、例えば太平洋岸地域と日本海地域とに区別して統計をとるなどすると、これとは違う傾向が現れる可能性がある。実際、冬季の日本沿岸域で突風を発生させる気象場に関して、大気よりも高い水温をもつ日本海上で大気の状態が不安定化して対流雲が発達する高いポテンシャルを有していることを指摘している研究例もある⁶⁾。

3.2 竜巻注意情報の適中率

気象庁は、竜巻注意情報の適中率を同情報の発表数のうち、有効期間内に突風(竜巻、ダウンバースト、ガストフロント)の発生があった発表の数の割合と定義している³⁾。本分析もこれに倣い、発表された竜巻注意情報のそれぞれに付記された突風発生の有無に関する①～④のフラグを用いて適中率を統計した。

まず、6,108件の竜巻注意情報の発表履歴のそれぞれに対して付記された突風発生の有無に関する①～④のフラグ

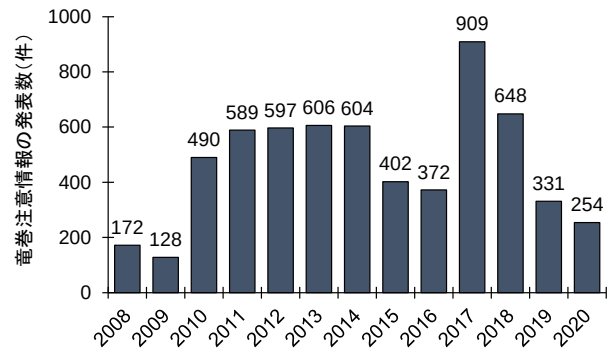


図1 竜巻注意情報の年別発表状況

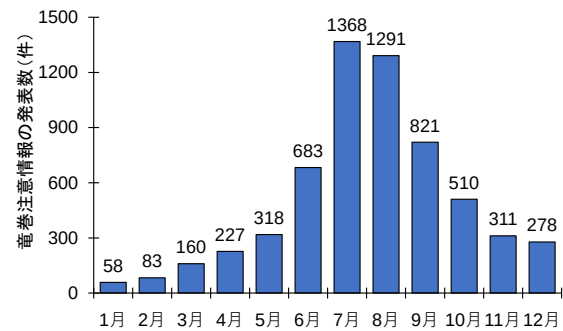


図2 竜巻注意情報の月別発表状況

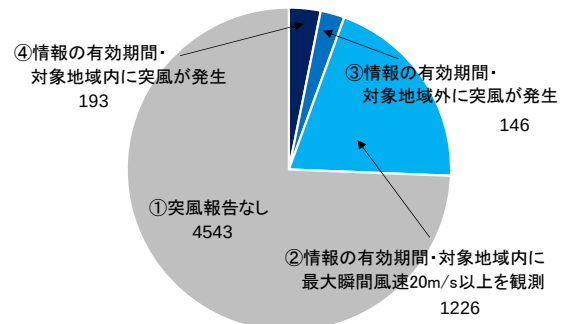


図3 竜巻注意情報の発表状況と突風発生の有無の内訳

の内訳を図3に示す。同図によると、6,108件のうち4,543件(74%)が①の突風報告なし、1226件(20%)が②情報の有効期間・対象地域内に最大瞬間風速20m/s以上を観測、146件(2%)が③情報の有効期間・対象地域外に突風が発生、193件(3%)が④情報の有効期間・対象地域内に突風が発生となり、統計期間総計での適中率は3%となった。また、④情報の有効期間・対象地域内に突風が発生、に②情報の有効期間・対象地域内に最大瞬間風速20m/s以上を観測、を含めた適中率は23%となった。なお、これ以降、竜巻注意情報の発表数のうち、④情報の有効期間・対象地域内に突風が発生した発表数の割合で示した適中率を適中率A、これに②情報の有効期間・対象地域内に最大瞬間風速20m/s以上を観測した発表数を含めた割合で示した適中率を適中率Bと表記する。

次に、年別および月別に求めた竜巻注意情報の適中率を

図4および5に示す。図4より、適中率Aは年変動をするものの1～7%で推移し、いずれの年でも低い値となった。適中率Bに関しては18～31%で適中率Aに比較して年変動の幅が大きかった。また図5より、月別にみても適中率Aは低調で0～6%であり、例えば一般的に突風の発生が予想される気象場が形成されやすい暖候期に高い適中率を示すといったような傾向もみてとることはできなかった。その一方で適中率Bは寒候期の適中率が高く、1～2月はいずれも52%、3月と12月はそれぞれ46%および48%となった。すなわち、寒候期に竜巻注意情報が発表されると、突風そのものの発生は多くないものの、最大瞬間風速が20m/s以上となるような強風がほぼ発表数の半数程度の頻度で発生するという統計的特徴が伺える。

4. 竜巻注意情報の鉄道防災への活用に関して

前章に示した通り、約6000件の竜巻注意情報の適中率（特に適中率A）は年別にみても月別にみても低く、期待していた結果は得られなかった。現時点で、この適中率を有する竜巻注意情報を即座に鉄道の防災に活用することは現実的ではないと考えるが、今後の参考のために、どのような気象状況の時に発表された竜巻注意情報が適中していたかを確認した結果について述べる。対象は、竜巻注意情報の発表されたとき、当該情報の有効期間・対象地域内に突風が発生していた193件（図3）とした。この193件のそれぞれについて、前述したとおり竜巻等の突風データベースから該当する突風事例を特定し、総観場の情報を関連付けた。その結果を月別に整理して表1に示す。なお、竜

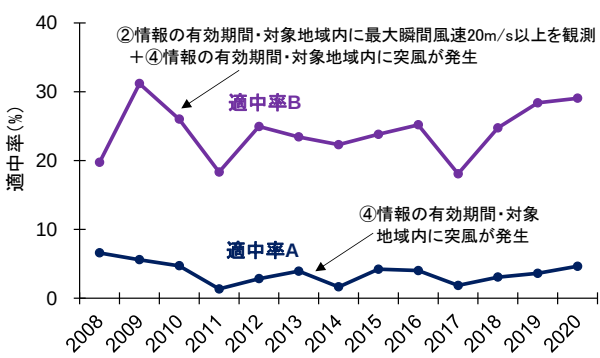


図4 竜巻注意情報の年別適中率

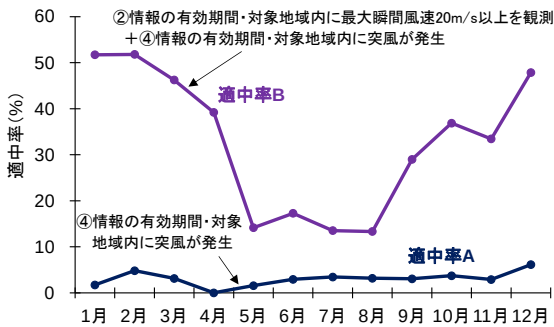


図5 竜巻注意情報の月別適中率

巻等の突風データベースでは、一つの突風事例に対して必ずしも一つの総観場が対応している訳ではなく、例えば「日本海低気圧、寒冷前線」のような2つ以上の総観場の情報

表1 竜巻注意情報が適中した突風事例における総観場とその内訳

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
総観場													
太平洋高気圧							1	2					3
日本海低気圧	1		1			2	2	1	1			3	11
東シナ海低気圧		1	1										2
南岸低気圧		2							1		1	1	5
二つ玉低気圧									1				1
気圧の谷			1		3	4	4	3	1	4	1	1	22
寒冷前線	1	2					1	2	1	7	7	8	29
停滞前線			1				5	8	5	2			21
梅雨前線						8	9						17
閉塞前線												1	1
前線帯									1				1
その他前線			1					1					2
寒気の移流			1		3	6	11	5	2	4		1	33
暖気の移流		2	1		1	4	15	8	5	8	3	4	51
局地性じょう乱							1						1
雷雨(熱雷を除く)								3			1		4
雷雨(熱雷)						1	20	18	2	1			42
台風					1	1	2	5	11	3			23
熱帯低気圧(台風以外)								1					1

が関連づけられている例がある。本分析ではこれらを重複してカウントしたため、表1の総数は193以上となっている。

竜巻注意情報が適中し、当該情報の有効期間内および対象区域内で実際に突風が発生した時の総観場として最も多かったのは暖気の移流の51例、次いで雷雨（熱雷）の42例、寒気の移流の33例、寒冷前線の29例、台風の23例、の順に多かった。ここに挙げた総観場のうち、雷雨（熱雷）と台風は暖候期に特徴的な総観場である一方で、その他は比較的通年にわたって発生する総観場であった。例えば雷雨や台風はその影響を受ける地域に差があることから、竜巻注意情報の発表区域ごとに同情報の発表状況および実際の突風発生実績を分析することで、地域限定になるかもしれないが竜巻注意情報の活用方が見いだせる可能性がある。

5. まとめ

本稿では、気象庁より発表される竜巻注意情報について、鉄道防災への活用方を議論するために2020年8月31日までの計4,542日間に全国で発表された約6000件を收集整理して統計分析を行い、その適中率を評価した。その結果、同情報の適中率は10%未満であり、即座に鉄道の防災への活用は難しいと評価した。しかしながら、一般に無償で入手できる竜巻注意情報は、突風に対する数少ない注意喚起情報として貴重であり、たとえ限定的な活用方になったとしても今後も同情報の活用方に関する検討は継続していきたい。

今回の分析を通じて、竜巻注意情報の発表状況および実際の突風発生状況の地域特性を考慮したより丁寧な分析が必要と考えており、今後これに取り組む予定である。

参 考 文 献

- 1) 気象庁：竜巻注意情報・竜巻発生確度ナウキャスト，気象庁 HP，
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/tatsumaki.html>，(2020.09 アクセス)。
- 2) 気象庁：気象警報・注意報や天気予報の発表区域，気象庁 HP，
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/saibun/>，(2020.09 アクセス)。
- 3) 気象庁：竜巻注意情報の精度について，気象庁 HP，
http://ds.data.jma.go.jp/fcd/tatsumaki/tatsumaki_hyoka_top.html，(2020.09 アクセス)。
- 4) 気象庁：竜巻注意情報の発表状況，気象庁 HP，
http://ds.data.jma.go.jp/fcd/tatsumaki/tatsumaki_jyoho_rireki.html，(2020.09 アクセス)。
- 5) 気象庁：竜巻等の突風データベース，気象庁 HP，
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/index.html>，(2020.09 アクセス)。
- 6) 楠 研一，今井 俊昭，保野 聡裕，竹見 哲也：小型ドップラー気象レーダーによる鉄道安全運行のための突風探知システムの基礎的研究 運輸分野における基礎的研究推進制度 平成19年度報告書，独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構，(2010)