

## L-Band Radar で観測した台風 201217 号の強風構造\*

福島大学 渡邊 明

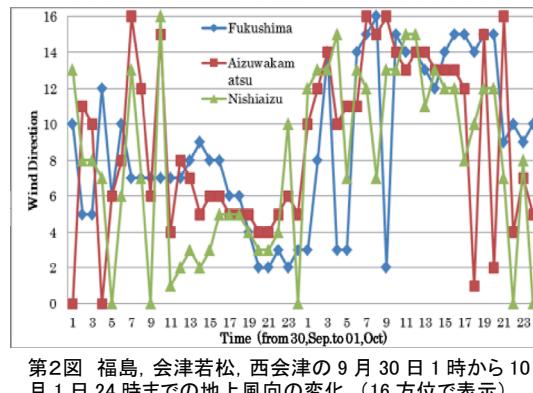
### 1. はじめに

2012年9月29日から10月1日にかけて強い台風1217号が本州南岸を東寄りに進み、30日19時ごろ、愛知県東部に上陸した。台風の上陸は今年2回目で、各地で強風による負傷者が相次ぎ、交通網も混乱した。台風17号は第1図に示す通り上陸後急速に北東進速度を速め、30日の深夜から10月1日にかけて東北地方を通過し、北海道南部の太平洋岸を通過し、10月2日には千島列島に抜けた。



第1図 台風 201217 号の経路図

図の公表された経路であるとすると、台風の進路方向の東部に当たる福島市では時計回り、西部に位置する会津若松市や西会津では反時計回りに変化するはずである。第2図に、9月30日0時から10月1日24時までの地上の風向変化を示す。福島市と西会津を比較すると、9月30日12時から台風の中心が接近してくる21時頃まで福島市は反時計回りの風向変化を示している。また、台風の中心西部に位置する会津若松市でも福島市と類似する変動を示している。さらに、台風中心より西部に位置する西会津では、9月30日10時ごろから15時ごろまでは時計回りの風向変化を示すものの、台風が接近してきた17時頃からは、前述の2地点と同様な風向変化を示している。こうした風向変化は基本的に地形の影響を受けているものと考えられるが、同時に台風自身が変形している可能性も高く、上層の構造も含めて観測することが、台風理解の一つとして重要である。



第2図 福島、会津若松、西会津の9月30日1時から10月1日24時までの地上風向の変化（16方位で表示）

福島大学では1993年3月からL-band Radarが設置され、連続運転を行い、そのデータを1日遅れで <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/radar-group/blr/fukushima/data/blrdata> で公開している。このデータを用いて台風201217号の上空での強風構造を解析した結果を報告する。

### 2. 台風の発生状況

杉(2009)は地球温暖化に伴う台風の変動を数値実験で検討し、台風の発生数は減少するが、台風の中心気圧はこれまで以上に低下し、強風が発生することを示した。第3図は近年の台風発生個数の推移を示した

この間、沖縄などでは瞬間最大風速60m/s以上、平均最大風速40m/s以上が観測されたものの、本州付近での強風は観測されず、上陸後、特に雨台風として静岡県内で1時に120mm程度の短時間強雨が観測され被害をもたらした。福島県では、中心が近づいた9月30日21時から24時にかけて6m/sから8m/s程度の平均風速が出現し、農作物等への被害が発生したもの、その他の被害はほとんど発生しなかった。降水量も福島県北部の鶴倉などで1時間降水量33mm程度があったものの、洪水や土砂災害などは発生しなかった。

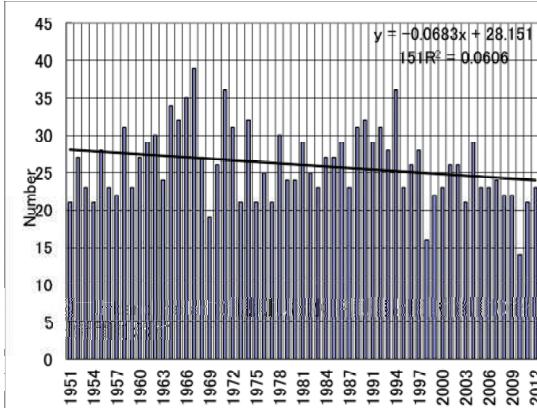
この台風が福島県を通過した時の風向変化は、第1図の公表された経路であるとすると、台風の進路方向の東部に当たる福島市では時計回り、西部に位置する会津若松市や西会津では反時計回りに変化するはずである。第2図に、9月30日0時から10月1日24時までの地上の風向変化を示す。福島市と西会津を比較すると、9月30日12時から台風の中心が接近してくる21時頃まで福島市は反時計回りの風向変化を示している。また、台風の中心西部に位置する会津若松市でも福島市と類似する変動を示している。さらに、台風中心より西部に位置する西会津では、9月30日10時ごろから15時ごろまでは時計回りの風向変化を示すものの、台風が接近してきた17時頃からは、前述の2地点と同様な風向変化を示している。こうした風向変化は基本的に地形の影響を受けているものと考えられるが、同時に台風自身が変形している可能性も高く、上層の構造も含めて観測することが、台風理解の一つとして重要である。

福島大学では1993年3月からL-band Radarが設置され、連続運転を行い、そのデータを1日遅れで <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/radar-group/blr/fukushima/data/blrdata> で公開している。このデータを用いて台風201217号の上空での強風構造を解析した結果を報告する。

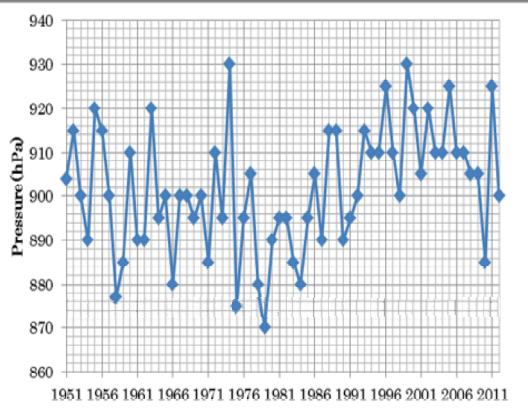
### 2. 台風の発生状況

杉(2009)は地球温暖化に伴う台風の変動を数値実験で検討し、台風の発生数は減少するが、台風の中心気圧はこれまで以上に低下し、強風が発生することを示した。第3図は近年の台風発生個数の推移を示した

\* A Gale structure of the typhoon 201217 that we observed with L-Band Radar  
by Akira Watanabe



第3図 台風の発生数の経年変化



第4図 台風の最低気圧の経年変化

ものである。杉(2009)の指摘のとおり発生数は 100 年で 6.8 個の割合で減少している。なお、これらの中心気圧の変動をみると各年で発生した台風の最低気圧の変動を示したのが第 4 図である。1980 年頃まで低下傾向を示しているが、その後台風の最低気圧は高化し、2000 年まで上昇傾向を示している。そして再び減少傾向を示すといった変動をしている。過去 61 年間の平均的な変動を直線回帰で表現すると、100 年で 23hPa の上昇傾向を示し、杉(2009)が指摘しているような変動とは異なっている。これは必ずしも台風発生時の海水温が一様に上昇しているわけではないこと、特に、最低気圧出現時の海水温との関係を求める必要がある。日本に上陸した台風の中心気圧の変動と海水温との関係では多くの研究がなされているが、Tsutsui (2008) は海水温が 27°C から 30°C の範囲で、海水温が 1°C 変化すると 45 hPa もの中心気圧の変動があることを示している。従って、最低気圧が生じた時の海水温との比較を正確にしないと図 4 の変動は理解できない。海水温の全球的な変動より、発生場所での海水温が影響している。

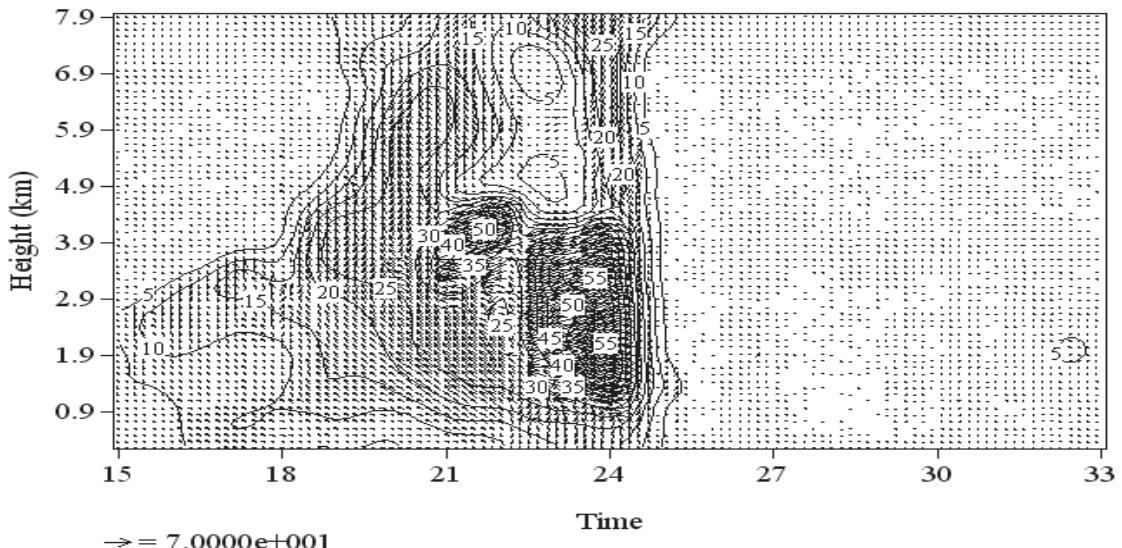
### 3. L-band Radar 観測

前述のような台風の変動で、強風域の構造がどのようにになっているのか、特に、上陸後の構造を理解することは台風による豪雨災害や強風災害を予測するために必要である。

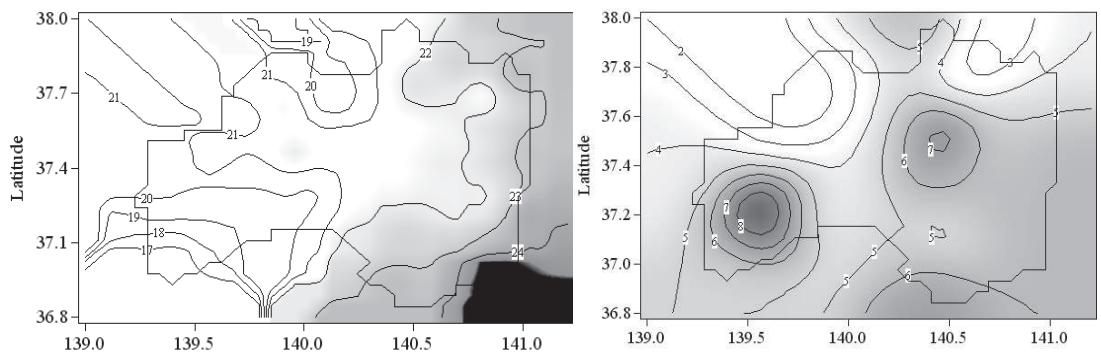
福島大学では、1993 年 3 月に L-band radar を導入し、2007 年まで連続して観測してきたが、制御器の代替ができず、その後観測ができない状況が続いた。2010 年から住友電気工業の L-band radar にリプレースされ、観測が継続されるようになった。この radar の送信周波数は 1357.5MHz と従来どおりであるが、送信出力は 380.2W とこれまでの出力の 1/3 に減少したものの、パルス圧縮をすることで、地上 300m から 7.9km までの 3 次元風向・風速を高度分解能 100m で 1 分毎に観測している。公開データは気象庁の観測と合わせて 10 分ごとの平均値を用いている。この radar は、空気の屈折率のゆらぎ(空間変動)によって生じる電波の散乱を受信することによって、上空の風を測定するもので、大気中に電波の波長の 1/2 の空間スケールをもつ乱流が存在し、それによって屈折率のゆらぎが生じると、プラグ散乱によりごく微弱ではあるが電波が戻ってくる(加藤ほか、1982)。また、空気屈折率の鉛直勾配が大きいほど電波は多く散乱される。空気屈折率は気温・気圧・水蒸気量の関数であるが、対流圏では空気屈折率の鉛直勾配はほぼ水蒸気量の鉛直勾配によって決定される(Tsuda et al., 2001)。従って、反射強度は大気の可降水量に対応する。こうした radar を用いて、台風 201217 号の観測を行った。

### 4. 観測結果

第 5 図に 2012 年 9 月 30 日から 10 月 1 日 9 時までの L-band radar により観測された水平風の鉛直一時間断面を示す。台風通過に伴う観測地点での降水は 9 月 30 日 19 時から 10 月 1 日 3 時まで、9 月 30 日 23 時は 1 時間に 21.5mm の強い降水を記録している。水平風の鉛直一時間断面から、台風 201217 号による 10m/s 以上の強風域は 9 月 30 日 15 時ごろ高度 1.9km から 3km に南風として出現し、台風通過時の 9 月 30 日 21 時から 10 月 1 日 1 時ごろまでは地上 1km から 4.5km までに 50m/s の東風が卓越している。この東風は時間と共に高度を下げており、台風接近に伴う変化と考えられ、最も強風域の出現高度が低下した 10 月 1



第5図 L-band radar で観測した水平風の高度一時間断面 当直線は水平風速(m/s)を示す。



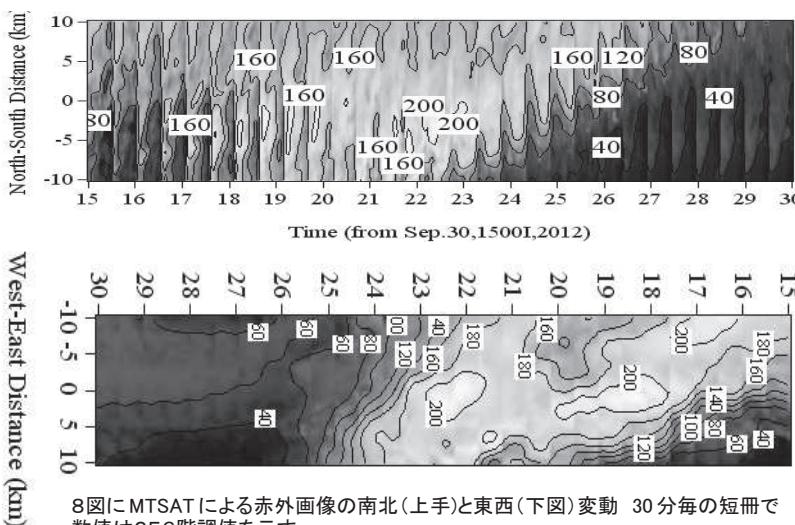
第6図 9月30日21時の地上気温分布(°C)

第7図 9月30日21時の風向分布 数値は16方位を示す。

日 0 時ごろに中心が通過したものと考えられる。しかし、この台風の強風域出現はかなり特徴的に団塊状を示している。渡邊(1995)は、すでに L-band radar で 1994 年の台風 26 号の観測をしており、この時の台風は日本海を通過したものの、強風構造は比較的鉛直に同様な風系が観測され、通過と共に南東風から南、南西風と規則的に変動していた。福島市上空とはいえ 50m/s 以上という強風が団塊状に出現しているのは特異なケースである。

第6図は2012年9月30日21時の地上気温の分布図である。これを見ると、ほぼ22°Cを境に西部で低温、東部で高温になっていることがわかる。一方、16方位で表現した風向分布図を第7図に示す。福島県全体として北東から東、南、南西と時計回りの風向分布が確認でき、風向分布としては低気圧の存在が推定できる分布になっている。しかし、第2図に示した風向の時間変動では台風に伴うような時間変化は確認できなかった。すなわち、台風というよりは低気圧の存在としての風向変化と考えられる。

第8図にMTSATによる赤外画像の南北変動と東西変動を30分毎の短冊にして、その変動を示したものである。21.5mmの降水量をもたらした23時頃を中心に階調値215(220K)が出現しており、館野の高層観測結果と比較すると、この時の対流圏界面が約16kmで、雲頂は13kmまで発達した雲が通過したことがわかる。この発達した雲域は、20時頃南部から侵入し、北部へ移動していることを示している。また、東西変動では基本的に16時頃発達した雲が時間とともに東進し、19時頃一つの発達した雲が通過するが、その後21時頃からもう一つの発達した雲が東進し、22時頃二つの発達した雲域がまとまり、東進している。この後半の雲の移動速度は10km/hour程度である。公表されている台風の進路を考え、かつ台風を取り巻く雲バンドを考えると、



8図にMTSATによる赤外画像の南北(上手)と東西(下図)変動 30分毎の短冊で数値は256階調値を示す。

いる。この強風コアが台風によるものとすれば、台風接近にともなう中心に向かう動径方向の風と考えられる。

## 5.まとめ

台風が上陸することによって台風構造が変形し、軸対象も変形することが、Teshiba et al(2001), Shibagaki, et al(2003)や山下, 石原 (2005) らによって既に観測されている。また、高度 1km 以上で強風が出現することが指摘されており、今回の観測と一致している。特に、今回の台風 201217 号は福島近辺では台風構造に伴う強風構造は確認できなかった。しかし、地形摩擦がなくなる高度 1km 以上では 55m/s 以上の風速が出現していた。この時、高度 13km 付近まで発達した雲が通過して、1 時間 22.5mm という降水をもたらしている。強風域は東風で、団塊状に出現しており、強い対流によって形成されている可能性もある。地上気温の空間分布は、西部で相対的に低温、東部で高温となっており、前線構造を示している。地上の風向分布でも台風構造は認められなかった。ただし、MTSAT 画像からは台風中心付近の雲の塊が存在しており、その東側からは顕著な南風、西側から顕著な北風にともなう雲塊が確認できる。

すなわち、総合的にこれらのデータを解釈すると、今回の台風に伴う福島上空の強風は、台風が温帯低気圧化する途中の状況で、活発な積雲対流構造とも関連して出現した強風構造と考えられる。近年、温暖化に伴い、寒気の南下も顕在化しており、より低緯度での温帯低気圧化も強風をもたらす構造として注目する必要があり、今後より多くの台風について強風の出現実態を解析する必要がある。

## 引用文献

- 加藤進, 福山 薫, 若杉耕一, 佐藤 亨, 深尾昌一郎, 1982 : 大型レーダーによる中層大気の観測. 気象研究ノート, No.144, 1–55.
- Shibagaki, Y., M. D. Yamanaka, M. Kita-Fukase, H. Hashiguchi, Y. Maekawa, and S. Fukao, 2003: Meso-alpha-Scale Wind Field and Precipitating Clouds in Typhoon 9426 (Orchid) Observed by the MU Radar, J. Meteor. Soc. Japan, Vol.81, 211-228.
- 杉正人, 2009: 温暖化で台風はどうなる? <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/hurricane>.
- Teshiba, M., H. Hashiguchi, S. Fukao, and Y. Shibagaki, 2001: Typhoon 9707 observations with the MU radar and L-band boundary layer radar, Annales Geophysicae, Vol.19, 925-931.
- Tsuda, T., M. Miyamoto and J. Fumimoto, 2001: Estimation of a humidity profile using turbulence echo characteristics, J. Atmos. Oceanic Tech., Vol.18, 1214–1222.
- Tsutsui, J., 2008: Maximum potential intensity of tropical cyclones derived from numerical experiments using the Community Climate System Model (CCSM3), J. Disaster Reserch. Vol.3 25-32.
- 渡邊明, 1995 : 境界層レーダーによる台風 26 号の強風の構造観測, 東北地域災害科学的研究, Vol.31, 15-19.
- 山下順也, 石原正仁, 2005: ウィンドプロファイルが捉えた台風 0416 号の風の場の変化, 天気, Vol.52, No.7, 539-547.

観測地点は進行方向の東部に位置するため、発達した雲域は南部から接近するか、または東部から接近する可能性が高く、西から東への変動は考えにくい。また、この雲域の移動は台風が 10月 1 日 0 時頃会津若松付近を 60km/hour で進行したとする移動とは整合性がない。

観測されている地上の風向・風速変化でも同様、上空においても明確な風向変化は観測されず、福島上空では南風領域に 50m/s 以上の強風がコアとなって出現して