

藤原効果：T0917 と T0918 の相互作用

下川信也*, 飯塚 聡*, 栢原孝浩*, 鈴木真一*, 村上智一*

Fujiwhara effect; the interaction between T0917 and T0918

Shinya SHIMOKAWA*, Satoshi IIZUKA*, Takahiro KAYAHARA*,
Shinichi SUZUKI*, and Tomokazu MURAKAMI*

Project for "Study on Long-term Prediction of Typhoon Disaster"

Storm, Flood, and Landslide Research Department,

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan

simokawa@bosai.go.jp, iizuka@bosai.go.jp, kayahara@bosai.go.jp, ssuzuki@bosai.go.jp, tmurakami@bosai.go.jp

Abstract

Typhoon No.17 in 2009 (T0917) caused severe damage to various parts of the Indochinese Peninsula, especially in the Philippines because it remained stagnant around Luzon for a very long time with complex movement due to interaction with Typhoon No. 18 in 2009 (T0918). The interaction between two typhoons is called the Fujiwhara effect. We clarified the process of the interaction between T0917 and T0918 by using satellite images and typhoon tracks. The southward movement of T0917, which is a typical consequence of the Fujiwhara effect, was observed.

Key words : Typhoon, Fujiwhara Effect, Interaction, Southward movement

1. 台風オンドイとペペンの自然科学的特性

2009年の台風16号(T0916, アジア名:ケッツァーナ(Ketsana), フィリピン名:オンドイ(Ondoy))は, 9月26日に発生し, その後, フィリピンルソン島からインドシナ半島に上陸し, フィリピン, ベトナム, カンボジア, ラオスなど各地に大きな被害をもたらした後, 最終的に, 9月30日にインドシナ半島付近で熱帯低気圧に変化した. 特に, フィリピンのマニラ首都圏での雨量は, 26日の降り始めからの9時間で410.6 mmを記録し, マニラ首都圏の8割近くが冠水した. これは, 1967年6月に記録された24時間で334 mmの最大雨量を42年ぶりに上回るものであった. 最低気圧は960 hPa, 最大風速は35 m/sであった.

引き続き, 台風17号(T0917, アジア名:パーマ(Parma), フィリピン名:ペペン(Pepeng))が, 9月29日に発生し, その後, フィリピンルソン島に上陸・離陸・再上陸をくりかえした後(図1参照), 南シナ海に抜け, 一端, 熱帯低気圧に変わった後, 再度台風となり, 中国南海島に上陸し, 最終的に, 10月14日にトンキン湾付近で熱帯低気圧に変化した. 最低気圧は930 hPa, 最大風速

は50 m/sであった.

両台風はインドシナ半島の各地, 特にフィリピン近郊に大きな被害をもたらした. これは, 台風17号が強大な台風であったこともあるが, 台風16号, 17号と連続して2つの台風が発生・上陸したことで台風17号が18号との相互作用によりフィリピン付近に長期間複雑な動きを伴いながら停滞したことが大きいと考えられる. これらの一連の台風における自然科学的特性として興味深いのは, 後者の台風17号と18号の相互作用(藤原効果と呼ばれる-1921年に当時の中央気象台所長藤原咲平博士により提唱された-Fujiwhara, 1921)であろう.

2. 藤原効果

藤原効果とは元々は「2つ以上の台風(より一般には, 同じ回転方向を持つ2つ以上の渦)が接近して存在する場合(約1,000 km以内)に, それらの中間のある点のまわりで相対的に低気圧性の(より一般には, もとの渦と同じ回転方向に)回転運動をすること」のことであるが, 近年では, より一般に, 「2つ以上の台風が接近して存在する場合に,

* プロジェクト「台風災害の長期予測に関する研究」

独立行政法人 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部



図1 台風17号のフィリピン・ルソン島付近での経路(2009年11月27日のフィリピン・コーディリア地区市民防衛局事務所のMs. Olive Luces (Regional Director, Cordillera Administrative Region, Office of the Civil Defense, Regional Disaster Coordinating Council of Philippines)のプレゼンテーションから)。

Fig. 1 Track of T0917 around Luzon (from the presentation by Ms. Olive Luces (Regional Director, Cordillera Administrative Region, Office of the Civil Defense, the Regional Disaster Coordinating Council of the Philippines) in Cordillera, Philippines on 29 November, 2009).

それらの台風が互いに影響しあう現象」のことを指すことが多いようである。実際の台風の動きは、単純な回転運動だけでなく、互いの距離や大きさ、そして環境場の風の影響などを受け、非常に複雑になることが多い。そのパターンは、次のような6つの型に分類されている(饒村, 1986)。

- 相寄り型：一方の台風が極めて弱い場合、弱い台風が強い台風にかきこまれ急速に衰弱し、一つに融合する。
- 指向型：一方の台風の循環流が(環境場の)指向流と重なって、他方の台風の動きを支配し、自らは衰弱する。
- 追従型：東西二つの台風のうち、まず一方の台風が先行し、その後を同じような経路を通過して、他方の台風が追従する。
- 時間待ち型：東西二つの台風のうち、発達しながら北西進している東側の台風が、北に位置するのを待って、西側の台風も北上する。
- 同行型：二つの台風が並列して同じ方向に進む。
- 離反型：二つの台風が同じくらいの強さの場合に起き、一方は加速し北東へ、一方は減速し西へ進む。

ただし、一連の台風が、その発達に伴って複数の型を示すことも多い(例えば, Lander and Holland, 1993, および, 次節参照)。また、この分類は、一般に認められている唯一の分類というわけではない。例えば, Dritschel と Waugh (1992) は、2つの渦の相互作用を次の5つに分類している：(1) complete merger (完全な併合), (2) partial merger (部分的な併合), (3) complete straining out (完全な濾過), (4) partial straining out (部分的な濾過), (5) elastic interaction: EI (弾性的な相互作用)。この分類は、力学的な視点からの分類であり、上記の分類と1対1に対応するわけではない。Prietoら(2003)は、この分類に基づき台風の数値実験の解析を行っている。

3. 台風17号と18号の相互作用

衛星画像を見ると、台風17号と18号の相互作用の型は、時間待ち型→相寄り型→指向型→離反型の順で変化したと考えられる。より具体的には、まず、台風17号と18号は9月29日頃に連続してそれぞれカロリン諸島・マーシャル諸島近海で発生した。このとき台風17号の東側に18号が存在し、両台風共に東風に流されながら太平洋を西進する。次に、17号がフィリピン・ルソン島に上陸する頃、18号の進行が速く17号に近づいたことで、藤原効果が発生し、17号の進行がルソン島付近に停滞する(時間

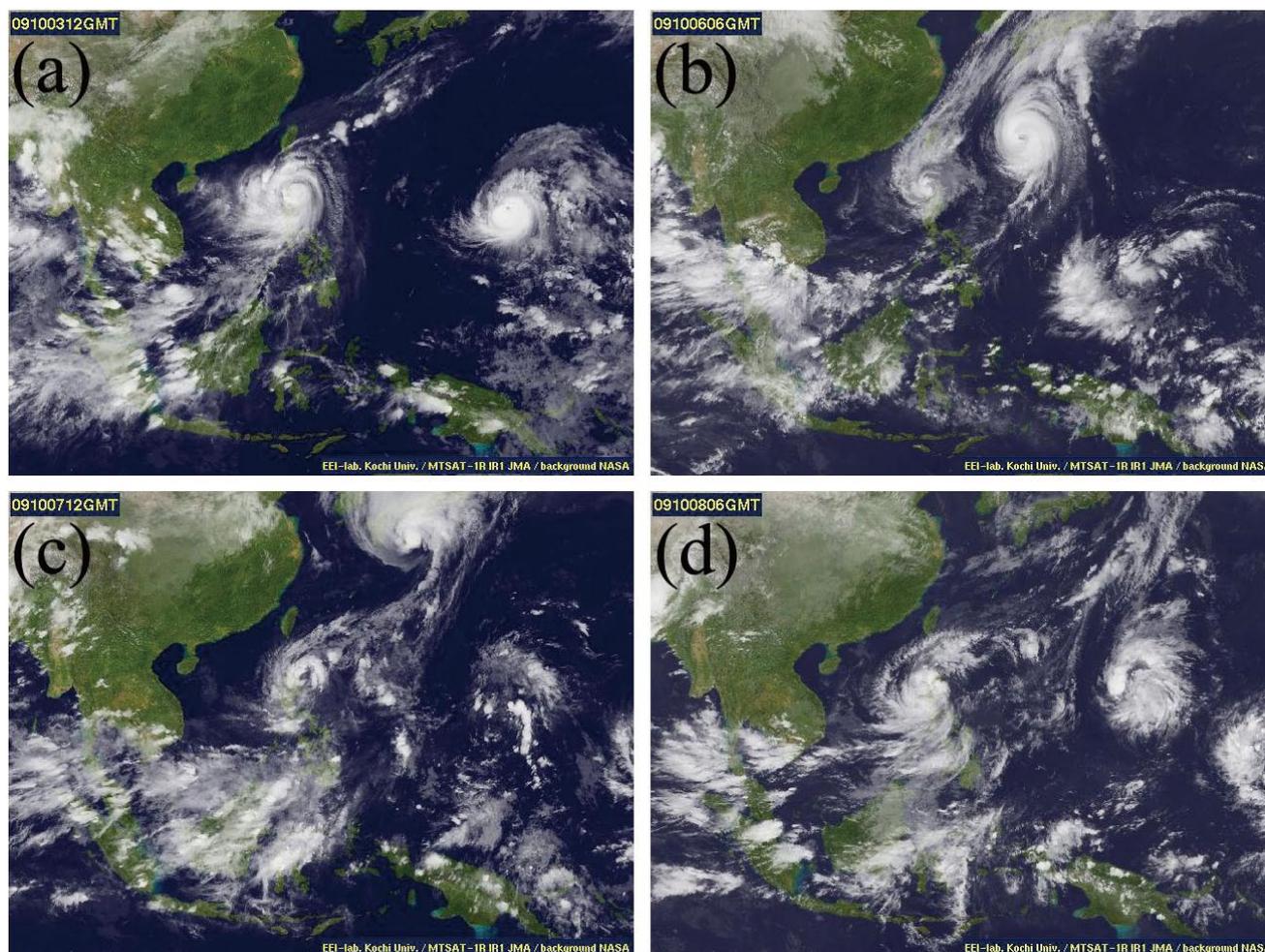


図2 「ひまわり6号」(MTSAT-1R)による東南アジア域の赤外衛星画像(IR1: 10.3-11.3 μm)。2009年10月の(a)3日12時、(b)6日6時、(c)7日12時、(d)8日6時。(c)では、日本列島上に被さっているのが台風18号である。(d)では、台風18号は既に領域外にある。画像は、高知大学気象情報頁(<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)による。

Fig. 2 Infra-red satellite images of South-East Asia taken by the Multi-functional Transport Satellite (MTSAT-1R)(IR1: 10.3-11.3 μm) in 2009. (a) 12:00, 3 Oct., (b) 06:00, 6 Oct., (c) 12:00, 7 Oct., (d) 06:00, 8 Oct. In (c), T0918 is over the Japanese islands. In (d), T0918 is outside the frame of the image. These images were obtained from the Kochi University meteorology website (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>).

待ち型：10月3-4日頃，図2a)。次に，18号が沖縄付近を進む頃，17号が18号に吸引されるように，急激に衰弱し(相寄り型：10月5-6日頃，図2b)，かなり勢力の弱まった17号は，(環境場と18号による)北風に流されて南下する(指向型：10月7日頃，図2c。南下については，次節，および，図1と図3も参照)。次に，18号が北東進し17号が南下し両者の距離が離れると，17号は勢力を取り戻し，東風に流されて西進した(離反型：10月8日頃，図2d)。その後，18号は日本に上陸し，2009年に日本に上陸した唯一の台風となった。

4. 台風17号の南下

図3に，日本の気象庁による台風17号の経路を示す。図3の経路は，図1に示したフィリピンの地域災害調整委

員会 (Regional Disaster Coordinating Council of Philippines) によるものと同様に，10月5-8日頃に台風の南下を示している。ただし，10月7-8日頃ルソン島に再上陸した際の挙動が若干異なっている。フィリピンのものは反時計回り，日本の気象庁のものは時計回りに回転しつつ再南下している。その差異の理由は明確でないが，いずれにせよ，台風17号は南下したことになる。

単一の台風は，通常，南下することはないので，このような台風の南下は，藤原効果の顕著な表れと考えることができる。同様の現象は，2000年9月6日に発生した台風15号 (Bopha) においても，その直前に発生した台風14号 (Saomai) との相互作用として，観測されたことがある (Wu *et al.*, 2003)。

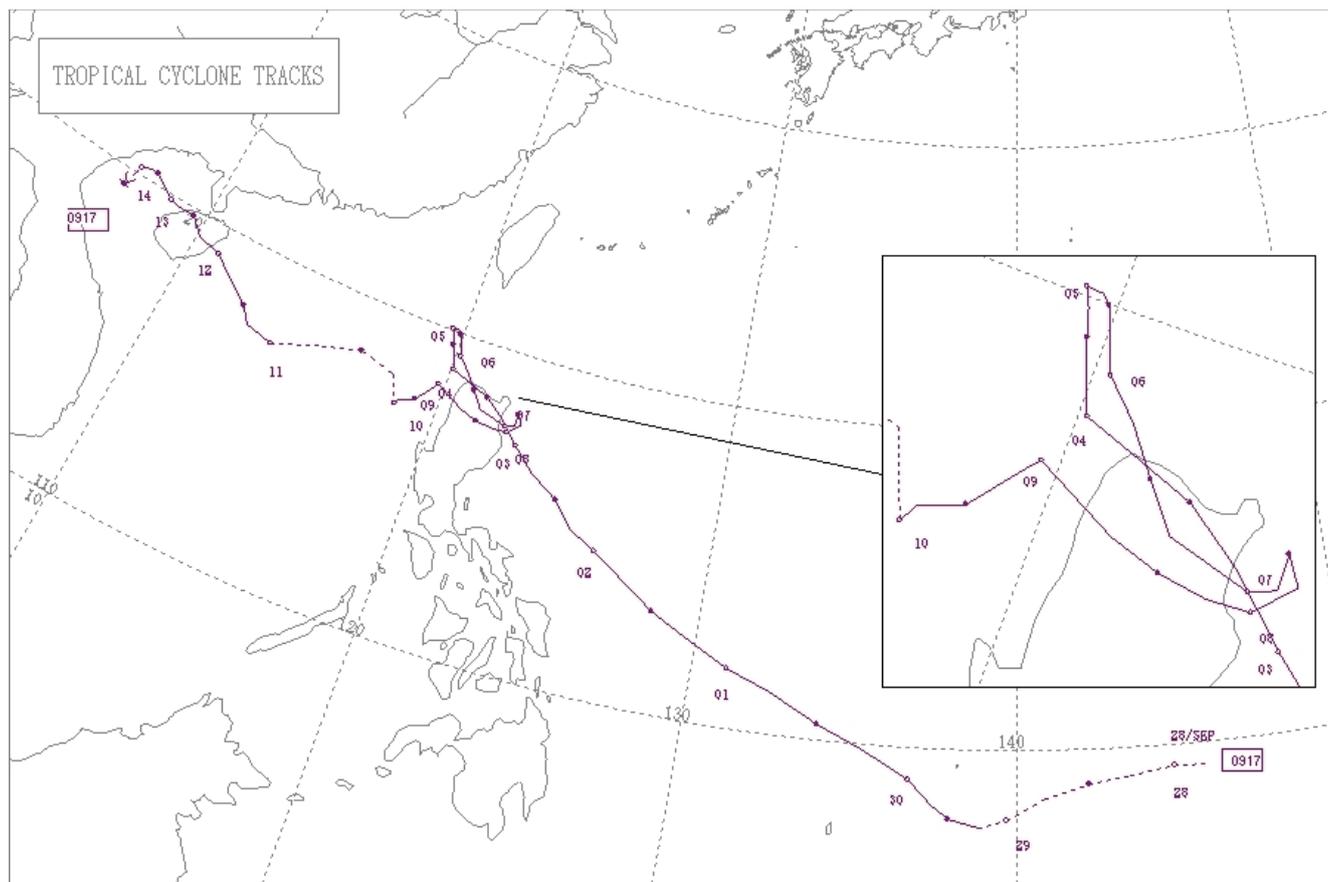


図3 台風17号の経路(気象庁による：http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route_map/index.html)
 Fig. 3 Track of T0917 by Japan Meteorological Agency (http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route_map/index.html).

5. まとめと考察

2009年の台風17号と18号の相互作用(藤原効果)の詳細を衛星データと台風経路図をもとに明らかにした。2つの台風の相互作用の型は、時間待ち型→相寄り型→指向型→離反型の順で変化したと考えられる。その過程で、台風17号は、通常の台風では観測されない南下のために、フィリピン・ルソン島への上陸・離陸・再上陸をくりかえし、その付近に長期間停滞したため被害を大きくしたと考えられる。

近年、地球温暖化とその自然災害への影響が社会的に大きな問題となっている。その地球温暖化により、台風は強化化するが、その数は減少すると考えられている(IPCC, 2007)。しかし、それらの予測には大きな不確定性があり、数値モデルによっては、逆の結果を示しているものもある(例えば、温暖化による強大な台風の減少：Knutson *et al.*, 2008)。そのため、地球温暖化によって、本稿で述べたような現象が、将来的に増加するのか減少するのかといったことは簡単に述べることは難しい。しかし、防災という観点からは、それらを想定した災害への影響評価の研究が重要となるであろう(例えば、下川ほか2009, Murakami *et al.*, 2011)。

注：最低気圧と最大風速は、気象庁による値。降雨量は、現地報道による値。日付は、グリニッジ標準時(GMT)での値。

参考文献：

- 1) Dritschel D.G. and D. W. Waugh (1992) : Quantification of inelastic interactions of vortices in two-dimensional vortex dynamics. *Phys. Fluids A.*, **4**, 1737-1744.
- 2) Fujiwhara, S. (1921) : The natural tendency towards symmetry of motion and its application as a principle in meteorology. *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, **47**, 287-292.
- 3) IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)(2007): *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press, 996 pp.
- 4) Knutson, T.R., J. J. Sirutis, S. T. Garner, G. A. Vecchi and I. M. Held, (2008): Simulated reduction in Atlantic hurricane frequency under twenty-first-century warming conditions, *Nature Geoscience*, **1**, 359-364.
- 5) Lander, M. and G. J. Holland (1993) : On the interaction of tropical-cyclone-scale vortices. I: Observations , *Q. J.*

- Roy. Meteor. Soc., **119**, 1347-1361.
- 6) Murakami, T., J. Yoshino, T. Yasuda, S. Iizuka and S. Shimokawa (2011) : Atmosphere-Ocean-Wave Coupled Model Performing 4DDA with a Tropical Cyclone Bogussing Scheme to Calculate Storm Surges in an Inner Bay, *Asian J. Environment and Disaster Management*, **3**, (in press).
- 7) 饒村 曜(1986) : 台風物語 - 記録の側面から -. クライム気象図書出版
- 8) Preito, R., B. D. Mcnoldy, S. R. Fulton, and W. H. Schubert (2003): A Classification of Binary Tropical Cyclone-Like Vortex Interactions, *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 2656-2666.
- 9) 下川信也, 飯塚 聡, 栢原孝浩, 鈴木真一(2009) : 防災科学技術研究所における台風とその災害に関する研究. 防災科学技術研究所研究報告, **75**, 33-40.
- 10) Wu, Chun-Chieh, Treng-Shi Huang, Wei-Peng Huang, and Kun-Hsuan Chou, (2003): A New Look at the Binary Interaction: Potential Vorticity Diagnosis of the Unusual Southward Movement of Tropical Storm Bopha (2000) and Its Interaction with Supertyphoon Saomai (2000), *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1289-1300.
- (原稿受理：2010年11月25日)

要 旨

2009年の台風17号(T0917)は、フィリピンに大きな被害をもたらしたが、それは台風18号(T0918)との相互作用により、フィリピン付近に長期間複雑な動きを伴いながら停滞したことが主な要因である。この2つの台風の相互作用は、藤原効果と呼ばれる。衛星データと台風経路図を用いて、台風17号と18号の相互作用の過程を明らかにした。その過程において、藤原効果に特徴的な台風の南下が観測された。

キーワード：台風，藤原効果，相互作用，南下