



温暖化ウォッチ (15) ～データから読み取る～

台風やハリケーンは将来どのように変わるのか

気象研究所 気候研究部 主任研究官 吉村 純

1. 地球温暖化が「カトリーナ」を生んだのか？

2005年8月下旬に米国ルイジアナ州・ミシシッピ州などを襲った強力なハリケーン・カトリーナによってもたらされた甚大な被害は世界に衝撃を与えた。また、奇しくもその直前と直後というタイミングで発表された論文 (Emanuel 2005; Webster et al. 2005) によると、過去30年間程度の期間において北西太平洋、北大西洋、およびその他の海域で、台風やハリケーンなど(以下、熱帯低気圧と総称する)の勢力が顕著に増大しているという。これらの現象は地球温暖化の影響ではないのかと懸念されている。特に米国では、ブッシュ政権が京都議定書に象徴される地球温暖化対策について極度に消極的な政策を続けていることへの痛烈な批判材料となることもあり、熱帯低気圧の勢力増大と地球温暖化との関係は大きな社会問題とされているようである。

ただ、実際には、カトリーナのような単発の現象に関して地球温暖化の影響を論ずることは困難であり、2004年の日本で10個の台風が上陸したという異常な現象についても温暖化との関係を見出すことは難しい。一方、長期的な変化傾向から温暖化との関係を探ることは原理的に可能であり、上記のような過去30年程度の変動を調べた研究はその一環となりうるはずなのだが、現存する観測データには多様な系統的誤差が含まれており精度が不十分であるという意見も専門家の間では根強い (Landsea et al. 2006 など)。さらに、全球的な熱帯低気圧の解析に必要となる気象衛星による観測データは30年程度しか揃っておらず、期間の長さが不十分であるため、温室効果ガス増大など人為的影響から自然変動の影響を区別するための決定的な証拠を得ることも無理ではないかと思われる。このようなことから、観測データの解析とは別に、コンピュータを用いた数値シミュレーションによって温暖化と熱帯低気圧の関係について理解を深めることが必要である。

2. 気候モデルによるシミュレーション研究

気候変化のシミュレーション研究には、大気(や

海洋)の3次元構造を全球的に表現し、その変化を計算する気候モデルが広く用いられている。普通の気候モデルでは、大気の水平分解能はせいぜい100 km程度であり、熱帯低気圧の詳細な空間構造を表現することは望むべくもないが、それでも、モデル大気中に特に強制力を与えなくても、現実の熱帯低気圧によく似た渦の生成・発達・衰弱をシミュレートすることが可能であり、このような気候モデルを用いて将来の熱帯低気圧活動の変化を探った研究は多数発表されている。

筆者らの研究グループでは、文部科学省「共生プロジェクト」の課題の一部として、水平分解能約20 kmの全球大気モデルを用いた地球温暖化シミュレーションに取り組んできた (Oouchi et al. 2006 など)。これは、世界でもっとも高性能なスーパーコンピュータの一つである「地球シミュレータ」を利用することにより膨大な計算量を要する数値実験が実現したもので、全球気候モデルとしては前例がないほど高分解能である。このモデルを用いた現在気候の数値実験では、眼の壁雲(熱帯低気圧の眼を取りまく積乱雲)などの熱帯低気圧の空間構造をかなり良く表現できるようになり、現実の大気中と同様に、強い熱帯低気圧も出現するようになった。地球温暖化が進行した21世紀末を想定した数値実験を行い、現在気候実験と比較した結果、熱帯低気圧の地理的分布に大きな変化は見られないが、全球的な熱帯低気圧発生数は約30%減少していた。しかし、全体的な傾向とは逆に、非常に強い熱帯低気圧だけは温暖化実験において出現頻度が顕著に増加していた。特に強いケースについて調べると、温暖化実験の方が最大風速も増大していることがわかった。

気温が上昇すると空気中に含まれる水蒸気量(飽和水蒸気量)は増加する。このことから、地球が温暖化するにつれ、大気中の平均的な水蒸気量が増加し、熱帯低気圧が出現した際に供給される水蒸気も平均的に見れば増加するものと考えられる。この水蒸気は積乱雲の中で凝結して熱を発生させ、熱帯低気圧にとまなう大気循環を駆動す

る巨大なエネルギー源となる。凝結する水蒸気が増えれば地上に達する降水も強くなり、また、熱帯低気圧を発達させるエネルギーも増大することになる。強い熱帯低気圧が出現しやすくなるという上記のシミュレーション結果は、このような考えによって定性的に理解することができる。一方、全球的な熱帯低気圧の発生数が減少するという傾向については、熱帯大気の温度構造が安定化する効果や、平均的な積雲対流活動の強さなどにもとづいて説明されている (Sugi et al. 2002; Yoshimura and Sugi 2005)。

3. 日本にも強い台風がやってくる

シミュレーション研究には不確実性がつきものである。非常に高分解能のモデルによる実験結果であっても現実大気と注意深く比較してみれば食い違っている点はいくつも見つかる。モデルがより忠実に現実大気(や海洋)を再現できるように今後も改善に向けた努力が必要である。しかし、モデルが不完全なものであったとしても、そこで表現された現象を物理的な説明により理解することで、現実の気候システムに対する理解を深めることになり、将来予測に関する信頼を高めていくことにもなる。

気候モデルを用いた熱帯低気圧活動の長期変化の研究についても、比較の対象となる観測データの品質に不安もあり、現時点での不確実性は小さ

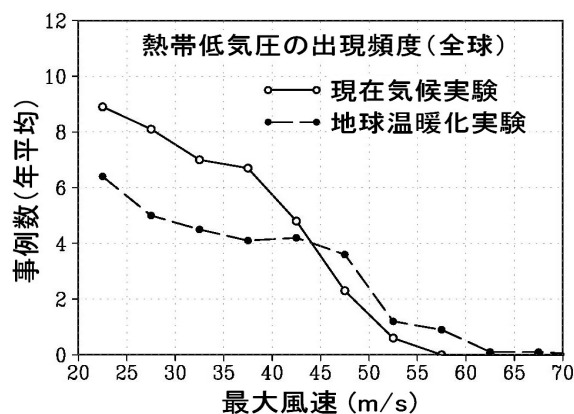


図 高分解能全球大気モデルによりシミュレートされた熱帯低気圧に関する、強度(横軸:海上/地上の最大風速)別の出現頻度分布。全球を対象に各熱帯低気圧を1回ずつ、強度が最大値に達した時点で数えたもの。現在気候実験(実線)に比べ、温暖化実験(破線)では最大風速45 m/sを超える事例が顕著に増加している。Oouchi et al. (2006)の実験結果より。

くない。しかし、他の手法(概念的モデルや領域大気モデルを用いた研究)による結果も含め、これまでに得られた知見を総合すれば、今後、地球温暖化が進行するにつれ、熱帯低気圧にともなう暴風や大雨は激しくなると考えるべきである。平均的な海面水位が上昇することも考慮すれば、高潮の深刻化にも特に警戒が必要であろう。なお、大規模な災害が、平均的な熱帯低気圧よりも、非常に強い熱帯低気圧によってもたらされることが多いという事実を考えれば、全体的な熱帯低気圧の発生頻度が減少したとしても災害が軽減されるとは期待できない。

台風が生まれる北西太平洋は、世界でもっとも多数の熱帯低気圧が発生する海域であり、カトリナ級の台風が出現することも多い。日本でも、1934年の室戸台風や1959年の伊勢湾台風を超えるような強大な台風が襲来する可能性を考慮すべきである。地球温暖化対策を加速させることはもちろん、従来型の台風防災のための対策を強化していく必要がある。

引用文献

- Emanuel, K. A. (2005) Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686-688.
- Landsea, C. W., Harper, B. A., Hoarau, K., Knaff, J. A. (2006) Can we detect trends in extreme tropical cyclones? *Science*, 313, 452-454.
- Oouchi, K., Yoshimura, J., Yoshimura, H., Mizuta, R., Kusunoki, S., Noda, A. (2006) Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20-km-mesh global atmospheric model: Frequency and wind intensity analyses. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 84, 259-276.
- Sugi, M., Noda, A., Sato, N. (2002) Influence of the global warming on tropical cyclone climatology: An experiment with the JMA Global Model. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 80, 249-272.
- Webster, P. J., Holland, G. J., Curry, J. A., Chang, H.-R. (2005) Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment. *Science*, 309, 1844-1846.
- Yoshimura, J., Sugi, M. (2005) Tropical cyclone climatology in a high-resolution AGCM - Impacts of SST warming and CO₂ increase. *SOLA*, 1, 133-136. doi:10.2151/sola.2005-035