

## 台風経路の違いによる風水害への影響について

### Influences of Typhoon Tracks on the Severity of Rain and Wind Storms

竹見哲也

Tetsuya TAKEMI

#### Synopsis

The severity of meteorological disasters spawned by typhoons critically depends on not only the intensity but also the track of typhoons. A slight change of the track of typhoons would induce a large difference in the intensity and spatial distribution of heavy rainfall and high winds. The present study explores the influences of typhoon tracks on the representations of heavy rainfall and high winds in numerical simulations of typhoon-induced events with the use of a regional meteorological model. The analyses are focused on high-impact typhoons over the Kanto Plain. A nesting capability is used to resolve convective storms embedded in typhoons at the 1-km horizontal grid spacing. A large variability in the representations of heavy rainfall and high winds is demonstrated.

**キーワード:** 台風, 台風経路, 風水害, 気象モデル

**Keywords:** typhoon, typhoon track, typhoon disaster, meteorological model

#### 1. はじめに

台風は、日本において風水害をもたらす最も顕著な現象である。風水害による保険金支払額の上位は台風によるものが占めている。台風による風水害への影響を予測しそのリスクを評価することは防災対策において極めて重要である。

台風による強雨・強風の発現特性は、台風の強度と経路の双方に強く依存している。特に日本のように地形が急峻かつ複雑な地理的特徴をもつ場合には、経路が異なることで風の吹き方が異なり、それが陸上での強雨や強風の現れ方に大きく影響している。

経路の違いによる風水害の発現特性を把握するためには、過去の被害をもたらした台風について統計的に調べる方法が考えられる。しかしながら、過去の顕著な台風の事例は数が限られるため、統計的に評価する上では必ずしも十分な事例数を確保できるとは言えない。そこで本研究では、気象モデルを用いて台風経路を変化させる数値実験を行い、数値モデルで生成された台風が異なる経路を取った場合の

風水害の出現特性を調べる。まずは、関東平野で顕著な降水をもたらしたいくつかの台風の事例を対象として数値実験を行ったので、以下に報告する。

#### 2. 数値実験の設定と解析対象の台風

本研究で行う数値実験に用いた気象モデルは、米国国立大気研究センター (NCAR) で開発された非静力学気象モデルである Weather Research and Forecasting (WRF)モデルのAdvanced Research WRF (ARW) Version 3.3.1 (Skamarock et al., 2008) である。本研究では関東地方に顕著な風水害の影響を及ぼした台風を対象とするため、主たる解析対象領域は関東地方およびその周辺領域とした。このため、WRFモデルのネスティング機能を用いて3重ネスト領域を設定し、日本列島の大部分および日本の南海上をカバーする領域を親領域 (領域1; Domain 1) としてその内側に東日本領域 (領域2; Domain 2)、さらにその内側に関東領域 (領域3; Domain 3) を設定した (Fig. 1)。ネスティング機能による高分解能化につ

いては、降水現象の再現計算において有用性を調べている（竹見，2010）。高分解能計算をすることの目的は、地形の微細な起伏をより正確に表現することで気流の微細な変動を再現することにある。Fig. 2に領域3の地形を示す。3段階のネスト領域での水平格子間隔は、9 km/3 km/1 kmというように高分解能化した。鉛直のレベル数は52であり、大気下層ほど細かく解像した。

数値実験のための初期値・境界値には、米国環境予測センター（NCEP）による最終解析値（Final Analysis）を用いた。ネスト領域間のデータのやりとりは、親領域と子領域との双方向としている（2-wayネスティング）。モデルの地形および土地利用の表現にはUS Geological Survey (USGS)全球30秒値を用いた。

気象の素過程のモデル化としては、雲微物理過程はWSM6スキーム、積雲過程はKain-Fritschスキーム（ただし第1領域のみ）、短波放射・長波放射はそれぞれDudhiaスキーム・RRTMスキーム、陸面過程にはNoahスキーム、境界層乱流過程にはノンローカル型のYSUスキームを用いた。これらスキームの詳細はSkamarock et al. (2008)に説明されている。

解析の対象とした台風は、2001年台風15号(T0115)、2002年台風21号(T0221)、2004年台風22号(T0422)、2007年台風9号(T0709)の4事例である。気象庁のホームページに掲載されている資料によると、以下の通りに報告されている。

- T0115 (Danas)：東海から関東山沿いを中心に大雨。
- T0221 (Higos)は関東から北日本の太平洋側で暴風、東海・関東から東北南部の山沿いで大雨。
- T0422 (Ma-on)：台風の中心付近では猛烈な雨や風。静岡県や関東南部でがけ崩れや浸水害が多数発生、横浜市で突風発生。
- T0709 (Fitow)：関東甲信地方から北海道にかけての各地と東海地方、北陸地方の一部で大雨。東海地方から北海道の各地で暴風。

それぞれの台風について経路を操作する数値実験を行う。それぞれの台風の発生初期段階から日本に接近または上陸するまでの4～5日間程度の期間の数値シミュレーションを実行した。台風の発生初期段階から転向点を通して日本に接近・上陸するまでを計算することから、経路を完全にコントロールすることは困難である。しかしながら、発生位置が違ふことで台風が発達した時の強度やその経路は異なることとなり、様々な経路を取る台風が及ぼす風水

害の影響を評価する上では有益な情報数であると考えられる。経路の操作には、簡単な台風ボーガス渦を初期場に置き、ボーガス渦の位置をずらしたり、総観場の影響を取り込むスペクトルナッジングの特定数を変化させたりすることで、仮想的な台風経路を創出した。なお、渦位変換法に基づく台風ボーガスの手法については別途開発されており、河川の流出計算など影響評価に適用されている（Ishikawa et al. 2013）。



Fig. 1 Nested computational domains for the present numerical experiments.

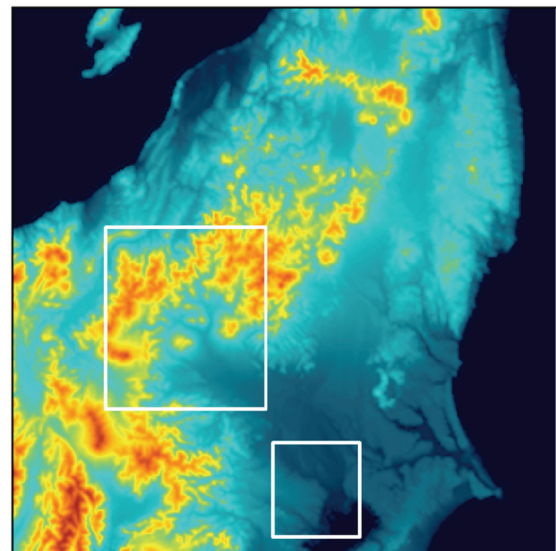


Fig. 2 Topography of Domain 3. White squares indicate the mountain area and the plain area for the later analyses. See text for details.

### 3. 経路操作実験の結果

最初に、解析対象とした台風について、経路操作によって生成された仮想台風の経路を台風別にFig. 3-6に示す。各台風のベストトラックデータによる位置および強度の情報を考慮して初期場にボークス渦を埋め込み、総観場の影響を強めに導入するためにスペクトルナッジングの時定数を大きく設定することで現実台風と似た経路を通るようにした実験をコントロール実験とみなす。このコントロール実験に対し、渦の初期位置をずらしたり、スペクトルナッジングの時定数を変化させたりし、各台風の経路を仮想的にずらしている。

Fig. 3-6を見ると、これらの設定条件の違いにより、台風の経路がおおきくばらついている様子が見てとれる。台風に伴う強雨・強風の分布は経路に依存して大きく変化するため、Fig. 3-6のように仮想的に台風をモデル計算上に生成することにより、多数のサンプルから台風経路と強雨・強風分布との関連について調べることが可能となる。また、台風による強雨・強風分布は事例毎に異なる場合があるため、本研究のアプローチを複数の台風事例に適用することが有用である。このような観点で、それぞれの台風の経路の違いによる雨・風の分布を調べる。

雨の降り方は地形に大きく依存する。台風の経路が異なれば、地形に対する風向が変わることになり、卓越風向の変化による風の収束のしかたや水蒸気量

の流入のしかたも変化する。このことから、異なる経路の場合の地形性の降雨は大きく変化するものと考えられる。このため、経路の違いによる降雨の違いを調べるため、Fig. 2の山間部の白い実線で囲んだ矩形領域で面的に降雨の違いを比較することにする。

一方、強風の災害影響の評価にあたっては、地形による減速効果が顕著でない平野部を対象とすることとする。経路の違いによる強風の違いを調べるには、Fig. 2の関東平野部の白い実線で囲んだ矩形領域において評価する。

Fig. 7-10は、山間部領域での領域平均積算降水量・領域内最大積算降水量・領域内最大降水強度の時系列を台風別に示す。台風毎に異なる色の時系列を重ねて示しており、それぞれ同一台風の異なる経路を意味している。ここではそれぞれの経路がどの色の時系列に対応しているかは問わない。経路の違いによって降水量の時系列が大きく変化する点に注目したい。特に、降水量でも領域平均の積算で評価するのか、領域内の地点の中で最大値で評価するとどうなるのか、さらに時間雨量で評価するとどう変わるのか、といった観点から言えば、降水量の見かたによって経路の違いによるインパクトは異なって現れることが分かる。

さらに平野部での強風が台風経路の違いによってどのように現れるかについて調べた。ここではT0115の場合の結果についてのみ示す。Fig. 11は、平野部の領域において領域平均した地上風速と領域内での

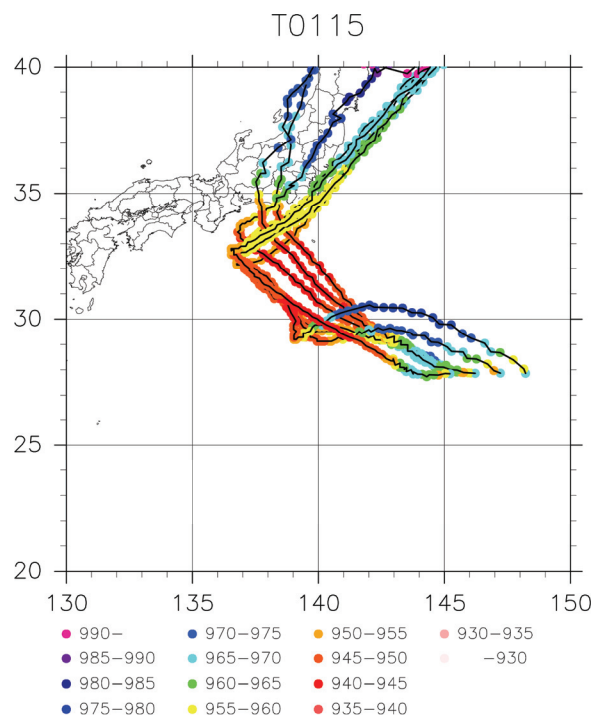


Fig. 3 Tracks and central pressures of T0115 generated by the present numerical experiments.

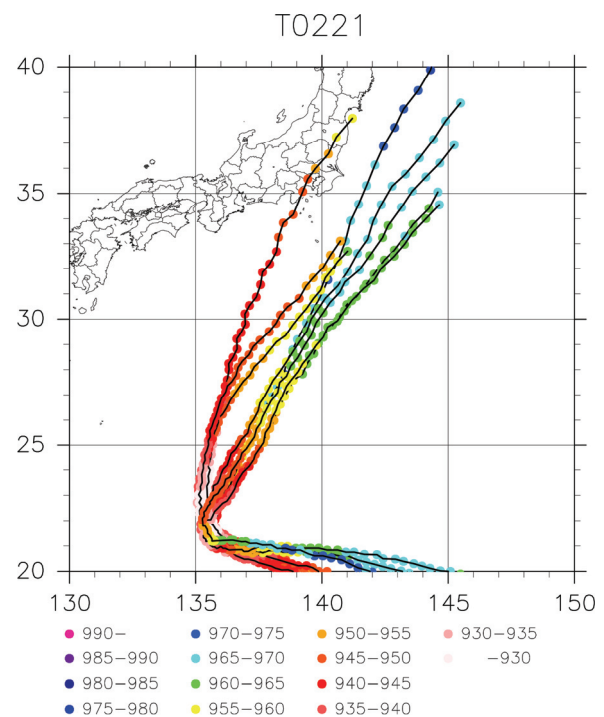


Fig. 4 The same as Fig. 3, except for T0221.

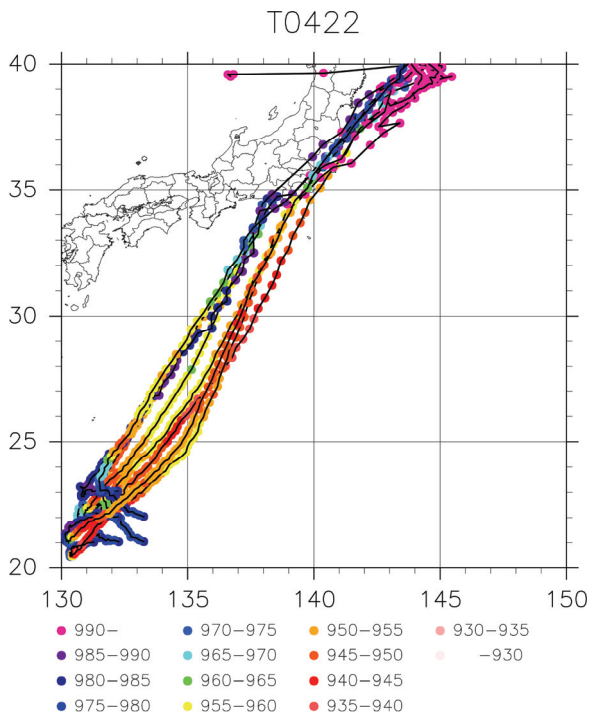


Fig. 5 The same as Fig. 3, except for T0422.

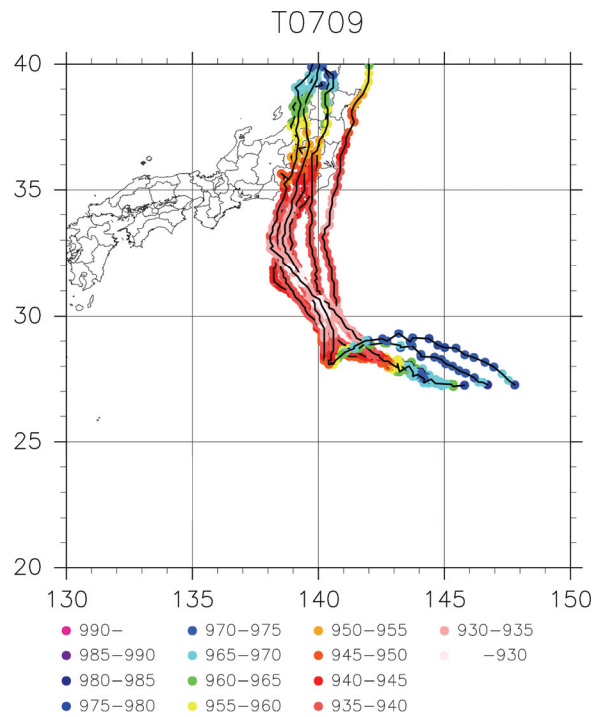


Fig. 6 The same as Fig. 3, except for T0709.

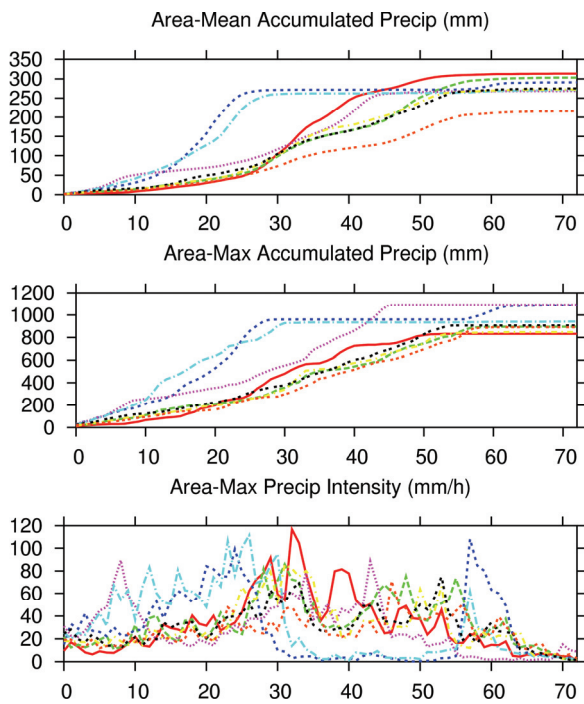


Fig. 7 Time series of area-mean accumulated precipitation (upper panel), area-maximum accumulated precipitation (middle panel), and area-maximum precipitation intensity (bottom panel) for the T0115 case.

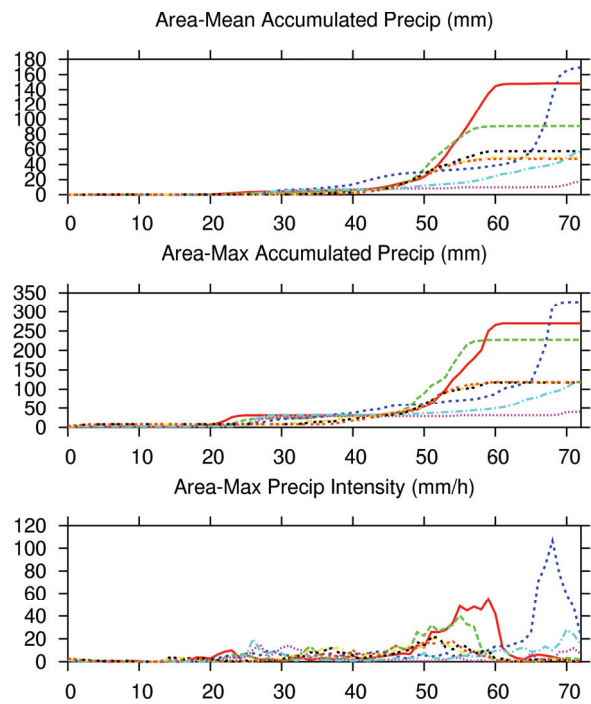


Fig. 8 The same as Fig. 7, except for the T0221 case.

地上の最大風速の時系列を示す。領域平均風速と領域内最大風速とは、絶対値としては最大風速のほうが大きいものの、時間変化のパターンは似通って

る。同じ台風T0115の降水量の時系列の経路の違いを示したFig. 7と比べると、地上風速については経路の違いの現れ方が平均風速でも最大風速でも系統的に

変化しているが、降水量は領域平均か最大化、積算か強度（時間雨量）かによって経路の違いの現れ方は不規則に変化することが分かる。

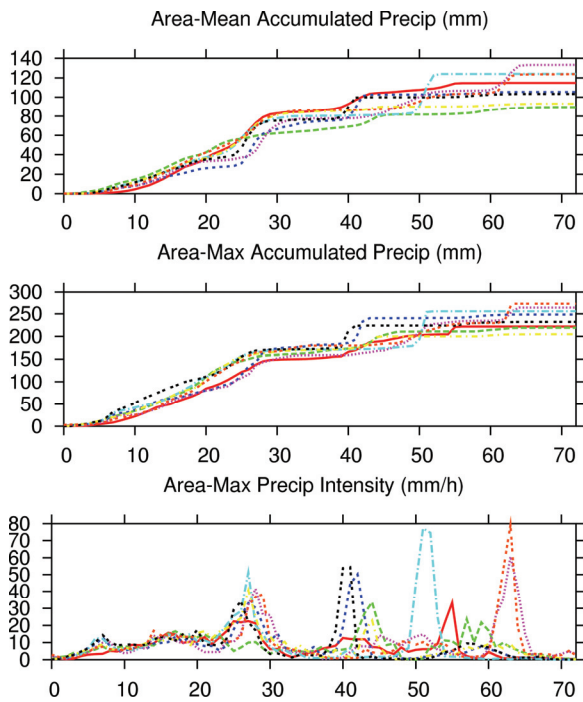


Fig. 9 The same as Fig. 7, except for the T0422 case.

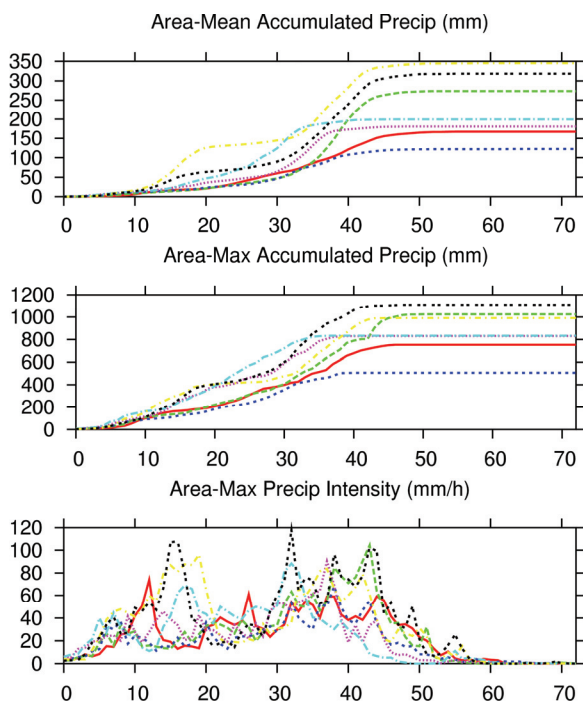


Fig. 10 The same as Fig. 7, except for the T0709 case.

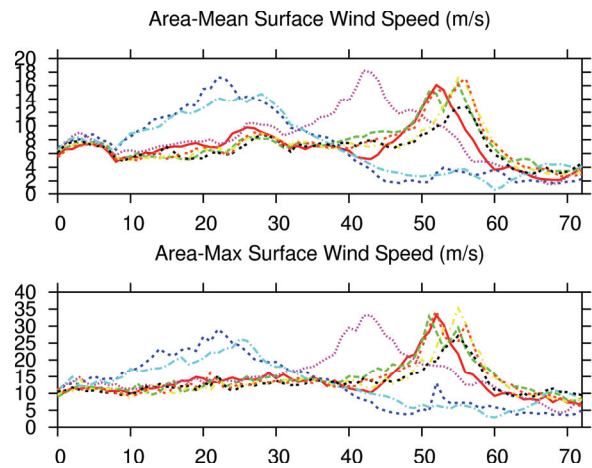


Fig. 11 Time series of area-mean surface wind speed (upper panel) and area-maximum surface wind speed (bottom panel).

#### 4. まとめ

非静力学気象モデルを用いた領域気象シミュレーションにより台風の経路を仮想的に操作し、異なる経路の場合の強雨・強風の現れ方について複数の台風を解析対象として調べた。

雨については、領域平均の積算雨量と領域最大の積算雨量とで最大値をもたらす台風経路は異なり、また領域最大の時間雨量の最大値をもたらす経路もまた異なるものとなっている。一方、風については、領域平均の風速と領域最大の風速とで最大値をあたえる台風の経路は共通していることが分かった。このように、雨と風の現れ方に及ぼす台風経路の影響は、それぞれで大きく異なることが数値シミュレーションにより示された。

気象モデルは考えられる大気物理過程を取り込んだ数値モデルであるため、数値シミュレーションによって生成された台風は現実のものを模した物理構造を持っていると言える。このように物理モデルに根差した数値シミュレーションにより多数のサンプルを生成することができれば、現実にはないような数の顕著台風を仮想的に作り出すことで確率的な評価に繋げることができると考えられる。

ここで問題になるのは、風災害と水災害とで悪影響を及ぼす台風の経路や強度をどのように考えるべきか、という点である。災害への影響を評価する立場からは、風災害と水災害とで想定すべき台風経路と強度が大きく異なったものになってしまう。このような経路や強度に対する不確実性の高い台風に伴う強雨・強風を取り扱う際には、領域毎の強風・大雨の出現特性をまず把握し、極端台風のサンプルを仮想数値実験により増やし、「最大級」の中から「最

悪」のシナリオを設計するという考え方が有効であると言える。気候変動リスク情報創生プログラムの「課題対応型の精密な影響評価」においては、この点についてのブレークスルーが求められている。

### 謝 辞

本研究は、文部科学省委託研究「気候変動リスク情報創生プログラム」による領域研究課題「課題対応型の精密な影響評価」のサブ課題「気候変動に伴う気象災害リスクの評価」の一環として実施されました。領域代表者の中北英一教授、関係の皆様へ感謝いたします。

### 参考文献

文部科学省研究開発局（2013）：課題対応型の精密な影響評価 平成24年度研究成果報告書，平成25

年3月。

竹見哲也（2010）：詳細地形表現による局地豪雨の100 mメッシュ高解像度計算，京都大学防災研究所年報，第53号B, pp. 337-343.

Ishikawa, H., Oku, Y., Kim, S., Takemi, T., and Yoshino, J. (2013): Estimation of a possible maximum flood event in the Tone River basin, Japan caused by a tropical cyclone. *Hydrological Processes*, (in press)

Skamarock, W., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., Huang, X.-Y., Wang, W., and Powers, J. G.(2008): A description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR/TN-475+STR, 113 pp.

（論文受理日：2013年6月11日）