

## WWRP North Western Pacific Tropical Cyclone Ensemble Forecast Project の紹介

山口 宗彦・中村 誠臣 (気象研・台風)

はじめに -THORPEX, TIGGE とは-

THORPEX (THE Observing-system Research and Predictability EXperiment)は台風や豪雨などの社会・経済への影響が大きな顕著現象を重点として、その1日~2週間先までの予報精度の向上を目的とする研究計画である (<http://www.wmo.int/thorpe/>, 余田 2007)。世界気象機関(World Meteorological Organization: WMO) は第14回世界気象会議において、2005年からの10年計画の国際研究開発計画として THORPEX を承認した。THORPEX は、WMO の大気科学委員会(Commission of Atmospheric Sciences: CAS) の下の世界天気研究計画(World Weather Research Programme: WWRP) のプロジェクトの一つとして推進されており、顕著現象の予測可能性と力学過程の研究、新しい観測システムの開発、データ同化と観測手法の研究、社会・経済への影響評価、という4つの柱からなる。

THORPEX 統合予報アンサンブル(THORPEX Interactive Grand Global Ensemble: TIGGE)はアンサンブル予報データの提供基盤をなし、アンサンブル技術と観測技術や応用技術とを相互に連携させる将来の数値予報システム「全球双方向予報システム(Global Interactive Forecast System: GIFS)」の実現に不可欠な構成要素と期待されている (<http://tigge.ecmwf.int>)。2005年3月に開催された第1回 TIGGE ワークショップでの検討を受けて、GIFS-TIGGE 作業部会が THORPEX 国際運営委員会(International Core Steering

The screenshot shows the TIGGE Data Retrieval interface. It includes a navigation menu with links like 'About Us', 'Products', 'Services', 'Research', 'Publications', and 'News/Events'. The main content area is titled 'TIGGE Data Retrieval' and contains several sections: 'Type of level' with a note about accepting conditions of use; 'Select date' with a date range selector from 2006-10-01 to 2012-12-24; 'Type of forecast' with a 'Select a list of month' option and a calendar grid; 'Data usage' with a 'Select All of Class' option; 'See also...' with a 'Select Origin and Base time' table; and 'Select Time step' with a grid of time intervals.

図1. ECMWFのTIGGEポータルサイト

(<http://tigge-portal.ecmwf.int/d/tigge/lev?type=sfc/type=cf/>)。数値予報センター、アンサンブルメンバー、予報時間、要素、領域、解像度等を指定することでデータを取得することができる(簡単なユーザー登録が必要。サイト上でユーザー登録することができる)。データフォーマットはgrib2。バッチモードでもデータを取得することができる(1度データをダウンロードするとバッチモード用のサンプルのスク립トがポータルサイト上に用意される)。2006年10月1日に遡ってデータを取得することができる。

Committee: ICSC) の下に設置された。2006年には、主要な数値予報センターの全球アンサンブル予報結果の交換・公開が開始された(図1, Bougeault et al. 2010)。2012年12月現在、オーストラリア気象局(Bureau of Meteorology: BoM)、中国気象局(Chinese Meteorological Administration: CMA)、カナダ

気象局 (Canadian Meteorological Center: CMA)、ブラジル天気予報気候研究センター (Centro de Previsao de Tempo e Estudos Climaticos: CPTEC)、ヨーロッパ中期予報センター (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: ECMWF)、気象庁 (Japan Meteorological Agency: JMA)、韓国気象局 (Korean Meteorological Administration: KMA)、フランス気象局 (Meteo-France: MF)、米国環境予測センター (National Centers for Environmental Prediction: NCEP)、英国気象局 (United Kingdom Meteorological Office: UKMO) の 10 の数値予報センターがデータを提供している。

### Cyclone XML

**grib2** 形式による全球アンサンブル予報結果の交換・公開が開始された 2 年後の 2008 年、熱帯低気圧の予測結果に焦点を当てたデータの交換も開始された (<http://cawcr.gov.au/projects/THORPEX/TC/index.html>)。データの容量を小さくし、データ交換を容易にするために、データ形式には XML が採用された (以下 Cyclone XML データ、CXML データと呼ぶ)。TIGGE データは予報の初期時刻から 2 日から 3 日程度遅れてデータが公開されるのに対して、CXML はほぼリアルタイムでデータが公開されている。

2012 年 12 月現在、カナダ気象局、中国気象局、ヨーロッパ中期予報センター、気象庁、米国環境予測センター、英国気象局が CXML データを提供している。

### NWP-TCEFP

2009 年、CXML データを利用した「北西太平洋熱帯低気圧アンサンブル予報プロジェクト

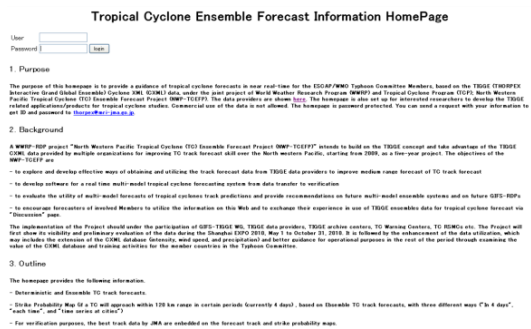


図 2. NWP-TCEFP のウェブサイト

(<http://tparc.mri-jma.go.jp/cyclone/login.php>)。 [thorpex@mri-jma.go.jp](mailto:thorpex@mri-jma.go.jp) 宛てにメールを送ることで、ユーザー ID とパスワードが取得できる。

(North Western Pacific Tropical Cyclone Ensemble Forecast Project: NWP-TCEFP)」が WWRP の研究プロジェクトとして承認された。NWP-TCEFP は、アンサンブル手法による熱帯低気圧予測情報の利用促進や有効性調査、プロダクトの作成・改良を主な目的としている。また、複数のアンサンブル予報結果を合わせてアンサンブルを構成するマルチセンターグランドアンサンブルの有効性調査も目的の一つである。気象研究所はこのプロジェクトのリードセンターとしてウェブサイトを立ち上げ、CXML データを日々取得して台風予測に関するプロダクトを作成して公開している (図 2)。

ウェブサイトでは、各数値予報センターのアンサンブル予報結果毎に、

- 台風進路予測図
- 台風接近確率予測図
- 地点別台風接近確率時系列図

を公開している。またマルチセンターグランドアンサンブルによる上記 3 つのプロダクトや高解像度モデルによる決定論的台風進路予測図も公開している。

この他、CXML データや CXML データを平易なテキストデータに変換したデータをアーカイブしており、ウェブサイトからダウンロードできる (CXML データ : <http://tparc.mri-jma.go.jp/cxmldata/cxml/>, テキストデータ : <http://tparc.mri-jma.go.jp/cxmldata/dat/>)。

### マルチセンターグランドアンサンブル

Yamaguchi et al. (2012) は、TIGGE データを用いてマルチセンターグランドアンサンブルによる台風進路予測の有効性を調査した。調査では 3 種類のアンサンブルを作成し、それぞれ精度を比較した。1 つは各国の数値予報センターが運用するアンサンブル予報 (シングルモデルアンサンブル)、2 つ目は各国の数値予報センターが運用するアンサンブル予報のコントロールメンバー (摂動を加えていないアンサンブルメンバー) を集めてアンサンブルとするマルチセンターアンサンブル、3 つ目は各国の数値予報センターが運用するアンサンブル予報を集めてアンサンブルとするマルチセンターグランドアンサンブルである。検証対象の台風は 2008 年から 2010 年に発生した全 58 個の台風である。また検証には太平洋台風センターのベストトラックデータを使用した。

マルチセンターグランドアンサンブルのシングルモデルアンサンブルに対する利点に関して主に以下の 3 つが明らかになった。

1. 台風接近確率予測では、3 日から 5 日の中期予測では、最も精度の良かったシングルモデルアンサンブル (ヨーロッパ中期予報センターのアンサンブル予報) よりもマルチセンターグランドアンサンブルの方が高精度である (ブライアスコアが大きい)。

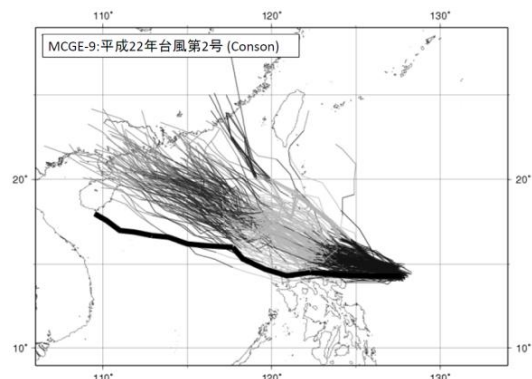


図3. マルチセンターグランドアンサンブルによる台風進路予報 (細線)。2010年7月12日1200UTC初期値の平成22年台風第2号 (Conson) の事例。太線は実際の台風進路を表わす。

2. 予報の信頼度情報に関して、予報精度の良い複数のシングルモデルアンサンブルが同時にアンサンブルスプレッドを小さく予測した場合、予報の信頼度が向上し、大きな予報誤差となる確率が最も精度の良いシングルモデルアンサンブルよりも減少する。
3. 予報精度の良い複数のシングルモデルアンサンブルによるマルチセンターグランドアンサンブルのアンサンブル平均は、5 日予報において最も精度の良いシングルモデルアンサンブルより誤差が小さい (しかし、統計的に有意な差ではなかった)。

また本調査では図 3 が示すようにどの数値予報センターのどのアンサンブルメンバーも実際の台風進路を捕捉していない事例が存在すること、また多くの数値予報センターに低緯度を西進中の台風を極側へ移動させ過ぎてしまう系統誤差 (北上バイアス) があることが分かった。

## 今後の課題

通常、計算機資源の制約から、アンサンブル予報の結果は高解像度モデルによる予報結果よりも遅れて利用可能となる。Elsberry (2010) は、マルチセンターグランドアンサンブルの有効性を認めただけで、この遅延時間を考慮した検証が重要であると述べている。Qi 氏(私信) は、アンサンブル予報結果が利用できる時間が遅いことを逆手に取った検証を行っている。アンサンブル予報結果が利用できる時間には最新の観測データがあるので、アンサンブル平均予測を考える際、観測に近いアンサンブルメンバーにより大きい重みをかけてアンサンブル平均をとるというものである。このような、アンサンブル予報結果の現業での利用を目指した検証は今後重要な課題であると考えている。

現在は、台風の進路に着目したプロダクトを公開しているが、今後台風の発生等の現象に関しても検証を進め、新しいプロダクトの公開を行いたいと考えている。

## 参考文献

余田, 2007: THORPEX, 天気, **54**, 156-162.

Bougeault, P., and Coauthors, 2010: The THORPEX interactive grand global ensemble, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **91**, 1059–1072.

Elsberry RL. 2010. Critical time requirements for operational use of deterministic and ensemble tropical cyclone track forecasts. *Asian-Pacific J. Atmos. Sci.* **46**: 217–220.

Yamaguchi, M., T. Nakazawa, and S. Hoshino, 2012: On the relative benefits of a multi-centre grand ensemble for tropical cyclone track prediction in the western North Pacific, *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, In Press