

WWRP-THORPEX/WCRP Subseasonal to Seasonal Prediction Project の紹介

高谷 祐平（気象庁地球環境・海洋部気候情報課）

1. はじめに

本稿では WWRP-THORPEX と WCRP が共同で実施する研究プロジェクト「季節内から季節時間スケールの予測研究プロジェクト (Subseasonal to Seasonal Prediction Project)」（略称：S2S）について紹介する。

本研究プロジェクトがターゲットとする予測時間スケールは季節内から季節（2週間から2か月程度）である。これまで、この時間スケールの予測研究は週間、季節スケールの予測研究に比べ注目されてこなかった。そのため、各国の現業予報機関では2週間から2か月程度の予測を目的とした予測システムが運用されている一方で、TIGGE のような予測研究のためのデータベースが構築されていない。そこで本プロジェクトでは TIGGE と同様に2週間から2か月程度の予測データをアーカイブし、準リアルタイムで研究者に公開することにより、当該時間スケールの予測可能性、予測技術の研究を支援し推進することを目的とする。

以下にこれまでの経緯と研究テーマなど研究計画、データベースの概要等について紹介する。

2. これまでの経緯

平成 20 年 12 月に開かれた第 15 回世界気象機関大気科学委員会(WMO CAS)による季節内から季節時間スケールの予測研究の推進の要請に基づき、平成 22 年 12 月にイギリス・エクセターにおいて WWRP/THORPEX、WCRP が季節内から季節時間スケールの予測研究に関する国際ワークショップを共催した。ワークショップでは、各国気象機関における予

測システム、研究開発の現状についてのレビュー、当該スケールの予測可能性、今後期待される研究分野等について議論された¹。また、このワークショップにおいて「季節内から季節時間スケール予測プロジェクト」の実施が提言された²。提言を受け、各国現業気象機関、WWRP/THORPEX、WCRP、CBS および CCI 等の WMO 組織の代表者を含む計画グループが設立され、研究プロジェクト実施計画案を策定した³。実施計画案は WMO の執理事会(平成 24 年 4 月)、および、WWRP と WCRP の合同科学委員会（平成 24 年 4 月、6 月）にお



2010 年 12 月に開催された研究実施計画グループの会合における集合写真
WMO 本部、ジュネーブにて。共同議長は Frederic Vitart 氏（前列右端）と Andrew Robertson 氏（前列左端）。

¹http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/THORPEX_calendar_2010.html

²http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/recommendations_final.pdf

³http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/Implementation_plan_V6.4_nolinenos.pdf

いてそれぞれ承認され、プロジェクトの実施が決定された。

3. 研究計画概要

本節では研究計画の概要について述べる。本プロジェクトを進めるにあたり、以下の点を実施する計画である。

- ・研究、現業コミュニティの代表者からなるプロジェクト実施グループを設立する。実施グループはプロジェクトの実施に関与する。
- ・日々の活動の調整、ワークショップおよび会合のロジ等を担当するプロジェクトオフィスを設置する。
- ・季節内予測（予測 60 日まで）のマルチモデルアンサンブル予測のデータベースを TIGGE のプロトコルに従って構築する。データベースの技術的課題に関するワークショップを開催する。
- ・社会的、経済的に影響の大きい事例を重視して予測精度が高くなる機会「好機到来 (windows of opportunity)」の特定を含む季節内時間スケールの現象の潜在的予測可能性を評価する。また、発展途上国での農業・食料安全に関わる浮の季節内の特徴の予測などにも着目して研究する。
- ・季節内から季節時間スケールの予測に関する科学ワークショップを開催する。第1回のトピックは "Sources of predictability at the subseasonal timescale - windows of opportunity for applications" とする。
- ・WWRP SERA と共にいくつかの最近の顕著現象とその影響についてデモンストレーションプロジェクトを行う。

研究プロジェクトは5年計画で行われる。5年経過後にさらに5年延長するかどうか検討を行う。

本研究プロジェクトの中核となる活動は

TIGGE と同様に各国現業予報センターより予報データを収集し、研究に利用できるようにすることである。このデータは上述したスペシャルプロジェクトのほか、週間から1か月予報における顕著現象の予測可能性研究に広く貢献できるものと期待される。次項に関連すると思われる研究テーマについて挙げる。

3. 1. 研究テーマ

3. 1. 1 研究対象とする現象

季節内時間スケールは、初期値問題としての第一種予測可能性と境界値問題としての第二種予測可能性の両者が影響する時間スケールである。この時間スケールは予測が比較的困難であり、しばしば「予測可能性の砂漠 (predictability desert)」と言われることさえある。そのような中でも以下に挙げるようなマッデン・ジュリアン振動やテレコネクション、定常ロスビー波伝播をはじめ、予測シグナルと考えられている現象が存在する。これらの現象の理解、予測可能性と予測システムによる再現性を理解することは、季節内時間スケールの精度向上、高度化に貢献すると期待されている。もちろん、研究する現象は以下のテーマに限らない。自由に、積極的に研究に活用いただければ幸いである。

- ・予測可能性
- ・マッデン・ジュリアン振動/季節内振動
- ・テレコネクション
- ・モンスーン
- ・降水変動と顕著事例
- ・極域の予測と海氷
- ・成層圏過程

3. 1. 2 モデリングの課題

モデリングの分野においても取り組むべき課題がある。週間時間スケールより長い時間ス

ケールではモデルの気候ドリフトによる系統誤差の影響が増大する。そうしたモデルの問題点を特定し、予測システムの改善につなげることも期待される。また、大気・海洋結合による予測精度の改善なども季節内時間スケール予測の開発課題である。本研究プロジェクトでは以下のような予測技術の研究を行う。

- ・初期値化
- ・アンサンブル摂動生成
- ・解像度
- ・系統誤差
- ・大気・海洋結合
- ・スプレッド-スキルの関係
- ・予測システムの設計
- ・評価検証

3. 2. データアーカイブ・配信

前項で述べたような研究テーマ、および、社会的・経済的に影響の大きい現象の予測、応用利用の研究のため、マルチモデルによるアンサンブル予測データのアーカイブ、配信を実施する。

主要な現業気象機関では、季節内時間スケールをターゲットとした現業予測を行っている。各国の予測システムは TIGGE で扱った 2 週間までの予測システムに比べ、運用仕様の相違点が多い。例えば、予測実行日時やアンサンブル作成方法も異なる。気象庁では毎週水曜日、木曜日の 12UTC を初期値とした予測を行い、時間ずらし摂動法(LAF 法; Lagged Average Forecasting method; Hoffman et al. 1983)と BGM 法(Breeding of Growing Mode method, Toth and. Kalnay 1993)を併用してアンサンブル初期値を作成している。一方、ECMWF、UKMO などは木曜日の 00UTC を初期値としているし、NCEP は毎日 00, 06, 12, 18UTC を初期値とする各 4 メンバーを積分し、アンサン

ブル予測を行っている。このように予測システムの違いは見られる、JMA、ECMWF、EC、CAWCR、NCEP、UKMO の 6 機関は木曜日を初期値とする予測を出しているといった共通点がある。主要な 12 の気象機関は WMO の枠組みのもと Global Producing Centres (GPC)として季節予測を世界各国の現業気象機関に提供する役割を担っている。上述の既に季節内時間スケールの予測システムを現業運用する機関だけでなく、そのほかの GPC についても可能であれば参加する計画である。

データのアーカイブについては TIGGE の技術的な資産を活かすため、ECMWF のサーバーで行うことが有力候補である。データセットは TIGGE 同様に GRIB2 フォーマットで保存する。要素については、表 1 のとおりである。TIGGE に比べ要素は少ないものの、総観場の予測、社会的・経済的に影響の大きい現象の予測を研究するために必要な要素を検討して選定した。また、大気海洋結合モデルによる予測研究の促進のため、結合モデルについては海洋内部の要素のデータ提供も計画されている。また、準リアルタイムの予測データのみならず、再予報(高谷, 2012)による過去事例の予測データについてもアーカイブする。再予報データの提供は、過去長期間(20 年程度)にわたる予報実験データを解析できることを意味し、研究者にまさに「宝の山」とも言えよう。これらの再予報データは予測精度の評価、システムの検証に使えるだけでなく、予測可能性研究、気象現象の解析データとして使い道が多いデータであろう。

データの配信については、登録された研究者が選択した時間の要素をダウンロードできるようにする。解像度は最大 1.5 度とする⁴。デ

⁴ ECMWF のデータ配信のインターフェースには自動で解像度を変換する機能がある。

ータ公開は参加機関のデータポリシーを考慮し、少なくとも3週間遅らせて公開することと決定された。

データ配信のインターフェース(インターネットによる)についても、利用者の利便性に配慮しTIGGEと同じにするのが望ましい。これによりTIGGEデータと本プロジェクトのデータを組み合わせた解析が容易になると期待される。

4. 結び

本稿では「季節内から季節時間スケールの予測プロジェクト」について概要を紹介した。本プロジェクトではデータの研究利用が最重要である。季節内時間スケールの予測データ、ならびに長期間にわたるハインドキャストデータは、気象・気候研究者にとっても言わば「宝の山」とも言えよう。TIGGEでは日本において盛んに研究が行われ、高く評価されているところである。本プロジェクトにおいても、日本人研究者がデータを積極的に活用し、世界に向けて日本の研究コミュニティが存在感を示すことができれば大変素晴らしい。

気象庁は世界に先駆けて現業1か月予報を開始し、この分野における草分け的な立場として技術開発を進めてきた。近年では世界各国の気象機関が季節内時間スケールの現業予測を開始し、季節内時間スケールの予測も週間予報、季節予報同様に予測精度の競争に晒されるようになりつつある。今後とも本プロジェクトを通じて研究者の方々と現業機関との研究協力、連携が進み、現業予測の精度向上につながる成

果が得られることを切に望むところである。私も微力ながらそのようなお手伝いをできればと思う次第である。

参考文献

Hoffman, R. N. and E. Kalnay, 1982: Lagged average forecasting, an alternative to Monte Carlo forecasting. *Tellus*, 35A, 100-118.

Kirtman, B. and A. Pirani, 2009: The State of the Art of Seasonal Prediction: Outcomes and Recommendations from the First World Climate Research Program Workshop on Seasonal Prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 90, 455-458.

Toth, Z. and E. Kalnay, 1993: Ensemble forecasting at NMC: The generation of perturbations. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 74, 2317-2330.

高谷 祐平 2012: 再予報・ハインドキャスト. *天気*, 56, 6, 81-83.

表1 多面データの提供要素
xはアーカイブする要素を示す。

要素	単位	時刻	1000hPa	925hPa	850hPa	500hPa	300hPa	200hPa	100hPa	50hPa	10hPa
ジオポテンシャル高度	gpm	00Z瞬間値	x	x	x	x	x	x	x	x	x
比湿	kg kg ⁻¹	00Z瞬間値	x	x	x	x	x	x			
気温	K	00Z瞬間値	x	x	x	x	x	x	x	x	x
東西風	m s ⁻¹	00Z瞬間値	x	x	x	x	x	x	x	x	x
南北風	m s ⁻¹	00Z瞬間値	x	x	x	x	x	x	x	x	x

表2 単面データの提供要素

要素	単位	時刻
ポテンシャル渦度(320K面)	$K m^2 kg^{-1} s^{-1}$	00Z瞬間値
10m高度東西風	$m s^{-1}$	00Z瞬間値
10m高度南北風	$m s^{-1}$	00Z瞬間値
CAPE	$J kg^{-1}$	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
海陸マスク	割合	1度
地形標高	gpm	1度
スキン温度	K	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
積雪水当量	$kg m^{-2}$	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
降雪水当量	$kg m^{-2}$	日毎、積算量
土壌水分	$kg m^{-3}$	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
地上日最高気温	K	日毎
地上日最低気温	K	日毎
地上気温	K	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
地上気圧	Pa	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
大気上端外向き長波放射	$W m^{-2} s$	日毎、積算量
地表面潜熱フラックス	$W m^{-2} s$	日毎、積算量
地表面正味短波放射	$W m^{-2} s$	日毎、積算量
地表面正味長波放射	$W m^{-2} s$	日毎、積算量
地表面顕熱フラックス	$W m^{-2} s$	日毎、積算量
全雲量	%	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
降水量	$kg m^{-2}$	日毎、積算量
対流性降水量	$kg m^{-2}$	日毎、積算量
地表面南北風応力	$N m^{-2} s$	日毎、積算量
地表面東西風応力	$N m^{-2} s$	日毎、積算量
海面更正気圧	Pa	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)

表3 海洋データの提供要素

要素	単位	時刻
海面水温	K	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
海面塩分	psu	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
20°C深度	m	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
海水域	割合	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
表層300m貯熱量(平均水温)	°C	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
表層300m平均塩分	psu	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
表面東西流速	$m s^{-1}$	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
表面南北流速	$m s^{-1}$	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)
海面高度	m	日平均(00,06,12,18Z瞬間値平均)