



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                                                                           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | Evaluation methods of prediction skill and predictability in the Madden-Julian oscillation phase space [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review] |
| Author(s)           | 市川, 悠衣子                                                                                                                                                                   |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                                                                     |
| Degree Name         | 博士(理学)                                                                                                                                                                    |
| Dissertation Number | 甲第13135号                                                                                                                                                                  |
| Issue Date          | 2018-03-22                                                                                                                                                                |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/69417">https://hdl.handle.net/2115/69417</a>                                                                                         |
| Rights(URL)         | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a>                                                       |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                                                                           |
| File Information    | Yuiko_Ichikawa_abstract.pdf, 論文内容の要旨                                                                                                                                      |



# 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 市川悠衣子

## 学 位 論 文 題 名

Evaluation methods of prediction skill and predictability in the Madden-Julian oscillation phase space  
(マッデン・ジュリアン振動相空間における予測精度と予測可能性の評価手法)

マッデン・ジュリアン振動(MJO)は熱帯の主要な季節間内変動のなかでも主要なものであり、惑星規模の循環場が対流系と結合した現象である。MJO はテレコネクションを通じて世界各地の気象に影響を及ぼし、また多くの場合規則的に5メートル毎秒で東進する性質から、季節内予報においてMJOは重要であると考えられている。気象予測は一般的に、ある予報時間において予測が真値とどの程度一致するかを評価する予測精度と、初期値誤差の拡大によって予測対象のシグナルが不分明になるまでの期間を評価する予測可能性の観点から評価されてきた。本博士論文は慣例的にMJO相空間と呼ばれるMJOの状態を表現する2次元相空間上において予測精度と予測可能性の一般的な評価手法について調査した。

予測精度の評価には、二変数二乗平均平方誤差(bivariate root-mean-square error, 以下RMSE)と二変数アノマリ相関係数(bivariate anomaly correlation coefficient, 以下BCC)の組み合わせが慣例的に使われてきたが、これらの評価方法はモデルバイアスを評価できない。それだけでなく、BCCはMJOの振幅に強く依存するので、ある相でMJOのシグナルが減衰する傾向にあるモデルにおいてBCCを使うことは適切ではない。そこで平均誤差ベクトルによってモデルの平均移動速度誤差とRMSEを結びつけることでこの問題を解決する。たとえば気象庁の予報モデルは、MJO相空間上で一様な左向きベクトルであらわされる平均誤差を持ち、その振幅はRMSEと関係づけられる。この場合、MJOの予報精度の評価においては、RMSEと平均誤差の組み合わせを用いるべきである。

予測可能性は慣例的に完全モデルを仮定し、初期値に小さな、成長しやすいよう最適化した擾乱を与えたアンサンブル予報のスプレッドを用いて推定されてきた。しかしながら、完全モデルの仮定はMJO相空間においてバイアスをもつモデルに対しては必ずしも成立しない。また完全モデルの仮定のために、マルチモデルアンサンブル予報を用いて予測可能性を推定することは困難だった。ここでは完全モデルの仮定を用いずに予測可能性を推定する手法を提案する。まず理論的な考察にもとづいて、平均誤差ベクトルを用いてバイアス補正した予報値と、初期値依存性誤差が取りえる最大値に結びつけた。この手法は完全モデルを仮定しないので、スプレッドを用いず、マルチモデル平均予報から予測可能性を推定することが可能である。それに基づく予測可能性の推定値は、ヨーロッパ中期予報センター(ECMWF)、日本気象庁(JMA)、米国国立環境予測センター(NCEP)いずれの現業モデルにおいても相空間上での振幅が1以上の時に長くなった。これはスプレッドを用いた従来の手法による推定値と大まかに一致する結果である。この手法はマルチモデル平均予報に対しても適用可能であるので、マルチモデル解析も行われた。初期値依存性のMJO相空間上の相依存性も議論された。

この博士論文はMJOのような数値予報においてバイアスの大きい現象に適した予測精度(Chapter 2)と予測可能性(Chapter 3)の新しい評価手法を独自に提案し、それらを2次元のMJO相空間上に射影したマルチモデル予報データに適用することで検証した。MJOの振幅に対して不安定なBCCに代わって、モデルの系統的な誤差の指標となる平均誤差ベクトルを用いることが推奨された。平均誤差ベクトルを予報の状態ベクトルから除去するという簡易なバイアス補正であってもある程度の予報の改善が見込めることが分かった。例えば中高緯度からのロスビー波の侵入がMJOの生成に与える影響のような外的要因を考慮することによって、さらにバイアス補正の効率を高めることも可能と考えられるが、この研究では行わなかった。その一方、予測可能性推

定の新手法は 2015 年に立ち上がった季節内から季節予報プロジェクトにおいて、マルチモデル解析を行った初の試みである。その結果からは、“maritime continent barrier”として知られる問題が潜在的な予報限界によるものではなく、数値モデルにおける不十分な MJ0 の再現を原因とするものであることが示唆された。これは同時に、モデルの改善によってこの問題が解消されうることを意味する。これらの結果は十分に確からしいが、初期値依存性誤差の時間成長の目安の与え方に依存しているため、ほかの現象にこの手法を適用する際には注意が必要である。