

インドネシア海洋大陸域における客観解析データの精度評価

田畑悦和¹, 橋口浩之¹, 山本真之¹, 山本衛¹, 柴垣佳明²,
下舞豊志³, 山中大学⁴, 森修一⁴, Fadli Syamsudin⁵,
Timbul Manik⁶, Erlansyah⁶

1: 京大生存研, 2: 大阪電通大, 3: 島根大理工, 4: 海洋研究開発機構,
5: BPPT, Indonesia, 6: LAPAN, Indonesia

1 研究の背景

インドネシア海洋大陸は、世界最高の海水面温度により水蒸気供給が豊富で、さらに強い太陽放射加熱により世界で最も対流活動の活発な地域の一つであり、大気大循環の駆動源の役割を果たしている。このように気象学的に重要な地域である海洋大陸の風速変動を調べる時空間的に連続したデータとして客観解析データが広く利用されている。客観解析データは観測データを同化しているが、海洋大陸における高層気象観測はインドネシア国内では12ヶ所と非常に少ない。このことから、インドネシアにおける客観解析データの精度は日本に比べて劣ることが予想される。よって客観解析データの精度を定量的に評価する必要がある。

客観解析データの精度を評価した先行研究はいくつかあるが、海洋大陸では Seto et al. (2009) がある。NCEP(National Center for Environment Prediction)/NCAR(National Center for Atmosphere Research) 再解析データ(700hPa)を赤道大気レーダー(Equatorial Atmosphere Radar:EAR)と比較して精度評価を行っており、パダンでラジオゾンデ観測が行われ、データ同化に用いることができる時にNCEP/NCAR 再解析データの精度が良くなることを述べている。また、NCEP/NCAR 再解析データの振幅が小さく表現されていることも述べている。この特徴がどの程度の水平スケール・鉛直スケールに及んでいるか、また、他の客観解析データについては明らかでなく、本研究はそれらを明らかにすることを主な目的とする。

2 使用データ及び解析手法

2.1 NCEP/NCAR 再解析データ

NCEP/NCAR 再解析(Reanalysis1) 水平風データはNCEP が中心となって行った1948年からの再解析プロジェクトによるデータである。時間分解能6時間(0・6・12・18UT)で、水平分解能は $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 、気圧レベル17層(1000–10hPa)からなる。

2.2 JCDAS データ

日本の気象庁と電力中央研究所が1979年から2004年の期間における過去の気候解析(JRA-25: Japanese 25-year Reanalysis Project)を実施し、それを同じシステムで計算するデータ同化サイクルを現在まで延長したものである。時間分解能6時間(0・6・12・

18UT) で、水平分解能は $1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ 、気圧レベル 23 層 (1000–1hPa) からなる。

2.3 ウィンドプロファイラーデータ

スマトラ島のコトタバン (100.32°E, 0.20°S, 海拔 865m) に位置する京都大学の赤道大気レーダーは 2001 年 6 月より中心周波数 47MHz (VHF 帯)、ピーク電力 100kW で運用されているウィンドプロファイラーレーダー (WPR) である。通常は時間分解能 90 秒、高度分解能 150m でデータが記録されている。観測範囲は高度 1.5–20km である。

2005 年より始まったプロジェクトである「地球観測システム構築推進プラン」の「海大陸レーダーネットワーク構築」により、カリマンタン島のポンティアナ (109.37°E, 0.00°S)、スラウェシ島のマナド (124.92°E, 1.55°N)、ニューギニア島の北にある島のピアク (136.10°E, 1.18°S) にそれぞれ設置された WPR は 1357.5MHz (UHF 帯)、ピーク電力 2800W で運用されている。時間分解能は 1 分で、高度分解能は 100m である。概ね高度 4km まで連続したデータが取得可能で、降雨時には降雨のエコーを受け、それより上の高度でも観測ができる。

これらの WPR データは再解析データのデータ同化には用いられていない。

2.4 ラジオゾンデデータ

ラジオゾンデ観測では気球に繋がれたセンサーにより、高層の風速・温度・湿度を直接観測する。インドネシア国内では観測地点が 12ヶ所あり、データは全球気象通信回線システムにより国際的に配信されている。本研究では 90°E–150°E, 10°S–10°N の範囲にあるラジオゾンデデータを使用した。

2.5 解析手法

客観解析データ (NCEP/NCAR 再解析・JCDAS) と観測データ (ウィンドプロファイラー・ラジオゾンデ) の比較を行った。高度は客観解析データについては 850hPa・700hPa を用い、ウィンドプロファイラーについては対応する海拔高度 1.2–1.8km 平均、2.8–3.5km 平均データを用い、ラジオゾンデデータは当該指定気圧面データを用いた。ウィンドプロファイラーのデータを平均することにより局地的・局時間的な影響が軽減されることが期待できる。ただし、赤道大気レーダーの 850hPa はデータがとれないため比較の対象から除外した。さらに Biak の 700hPa についてもデータの品質が悪いため比較の対象から除外した。客観解析データのグリッドは観測地点に最も近いグリッドを比較に用いた。また、ウィンドプロファイラーは客観解析データの分解能に合わせて前後 3 時間、合計 6 時間平均した値を比較に用いた。データ期間は 2007 年・2008 年の 2 年間である。比較方法として、相関係数・散布図の回帰直線・誤差の標準偏差を算出した。

3 結果

EAR と NCEP/NCAR 再解析水平風速データの散布図及び回帰直線を図 1 に示す。注目すべきは東西風の傾きが 0.75 と低い値を示すことである。特に EAR で 10m/s 前後の強い西風が観測されたときに NCEP/NCAR 再解析データがそれほど強い西風を示していないのが散布図から分かる。相関係数が東西風の方が良く、標準偏差が南北風の方が小さいのは風速の振幅が東西風の方が大きいことが原因と考えられる。南北風の回帰直線の傾きは 0.94 と概ね振幅が等しく表現されている。

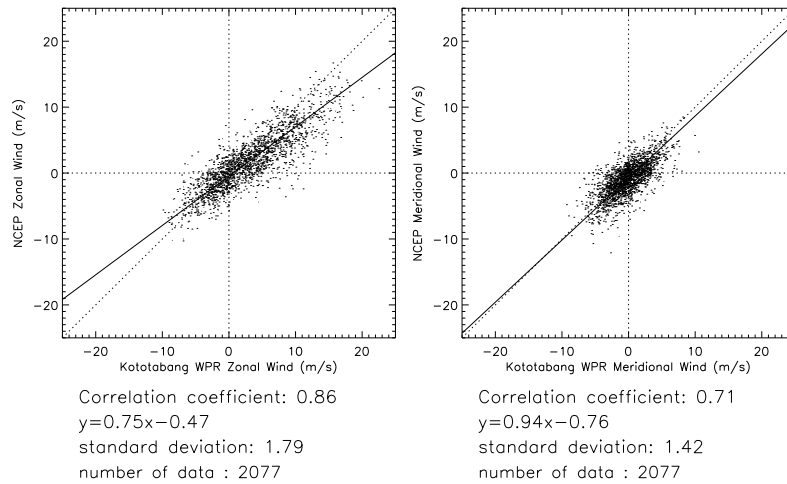


図 1: NCEP/NCAR 再解析 700hPa データ（縦軸）と EAR データ（横軸）の散布図。左が東西風で右が南北風である。

EAR と JCDAS データの散布図及び回帰直線を図 2 に示す。東西風の回帰直線の傾きが 0.64、南北風の回帰直線の傾きが 0.82 である。NCEP/NCAR 再解析の結果と比べ、東西風・南北風の振幅が小さく表現されている。このために東西風の振幅が著しく小さく表現されている。相関係数・標準偏差は NCEP/NCAR 再解析の結果と比べて若干良い。

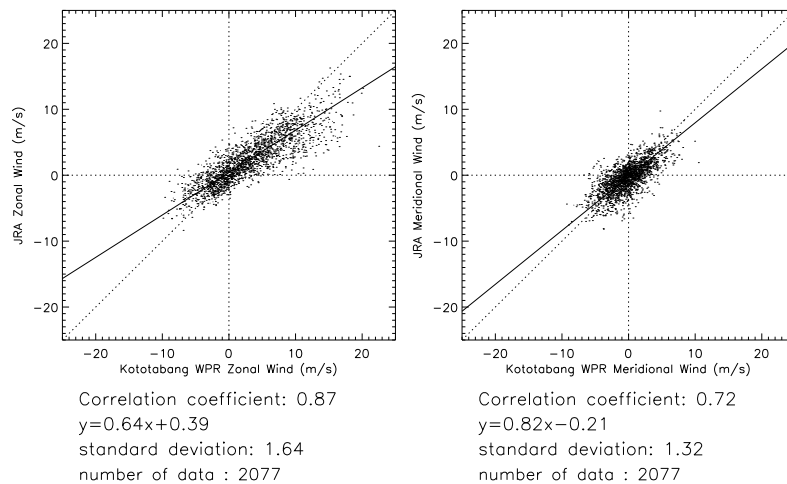


図 2: JCDAS（縦軸）と EAR（横軸）の比較であることを除いて図 1 と同じ。

Pontianak、Manado、及び Biak の WPR データを用いて同様の精度評価を行った。東西風についての結果を表 1 および表 2 に示す。

この結果から次の 3 点がいえる。

- 回帰直線の傾きは 1 より小さい。客観解析の東西風の振幅が他の地点でも小さく表現されている。
- JCDAS の方が傾きが小さい傾向があることから、JCDAS データは NCEP/NCAR 再解析データに比べ、東西風の振幅がより小さく表現されている傾向がある。
- 700hPa よりも 850hPa の方が傾きが大きく、850hPa 風速の振幅の方が良く表現されている。このことは、850hPa の方は地表の摩擦の影響で 700hPa よりも風速の振幅自体が小さいことが影響していると考えられる。

表 1: 4 地点の WPR と NCEP/NCAR 再解析で東西風を比較した結果。

データ	データ数	相関係数	標準偏差	傾き	切片
EAR 700hPa	2077	0.86	1.79	0.75	-0.47
Pontianak 700hPa	2199	0.85	1.86	0.87	0.19
Manado 700hPa	298	0.87	1.73	0.85	-1.02
Pontianak 850hPa	2347	0.81	1.60	0.96	-0.49
Manado 850hPa	302	0.80	1.84	0.82	-1.64
Biak 850hPa	1946	0.81	2.35	0.82	-0.66

表 2: JCDAS と WPR で比較したことを除いて表 1 と同じ。

データ	データ数	相関係数	標準偏差	傾き	切片
EAR 700hPa	2077	0.87	1.64	0.64	0.39
Pontianak 700hPa	2199	0.89	1.54	0.82	-0.67
Manado 700hPa	298	0.89	1.50	0.72	-1.51
Pontianak 850hPa	2347	0.84	1.41	0.88	-1.22
Manado 850hPa	302	0.82	1.77	0.85	-2.00
Biak 850hPa	1946	0.80	2.39	0.81	-1.60

これまで 4 地点について調べた結果、NCEP/NCAR 再解析データと JCDAS データは風速の振幅が小さく表現されており、JCDAS の方がより小さい傾向があることが分かった。他の客観解析データの比較対象として、海洋大陸とその周辺で行われているラジオゾンデ観測が挙げられる。しかし、ラジオゾンデ観測はその瞬間の風速を観測するために局所的局時間的な影響を受けやすい。このために、ラジオゾンデデータを比較に用いることが妥当かを確認する必要がある。パダンのラジオゾンデ観測所は EAR の南約 70km に位置し、EAR とラジオゾンデデータを比較することで妥当性の検証ができる。そこで、

EAR700hPa 東西風とパダンのラジオゾンデ東西風データの散布図の回帰直線を求めたところ、傾きが 1.00 であった（図省略）。同様にポンティアナ WPR 東西風データとその北東約 200km に位置するクチンのラジオゾンデデータを同様に比較したところ、700hPa・850hPa とともに回帰直線の傾きが 1.07 であり（図省略）、このことからラジオゾンデ東西風データを比較に用いることは妥当といえる。

東西風の振幅が小さいという特徴がどの程度の範囲に及んでいるかを調べるために海洋大陸周辺で行われているラジオゾンデ観測の東西風データを NCEP/NCAR 再解析および JCDAS データと比較した。図 3 に 700hPa の結果を、図 4 に 850hPa の結果を示す。

これらの図から、東西風の振幅が小さく表現されている傾向は海洋大陸及びその周辺の広範囲に及び、特にインドネシア国内で顕著であった。700hPa では JCDAS データの方が振幅がより小さく表現されている。

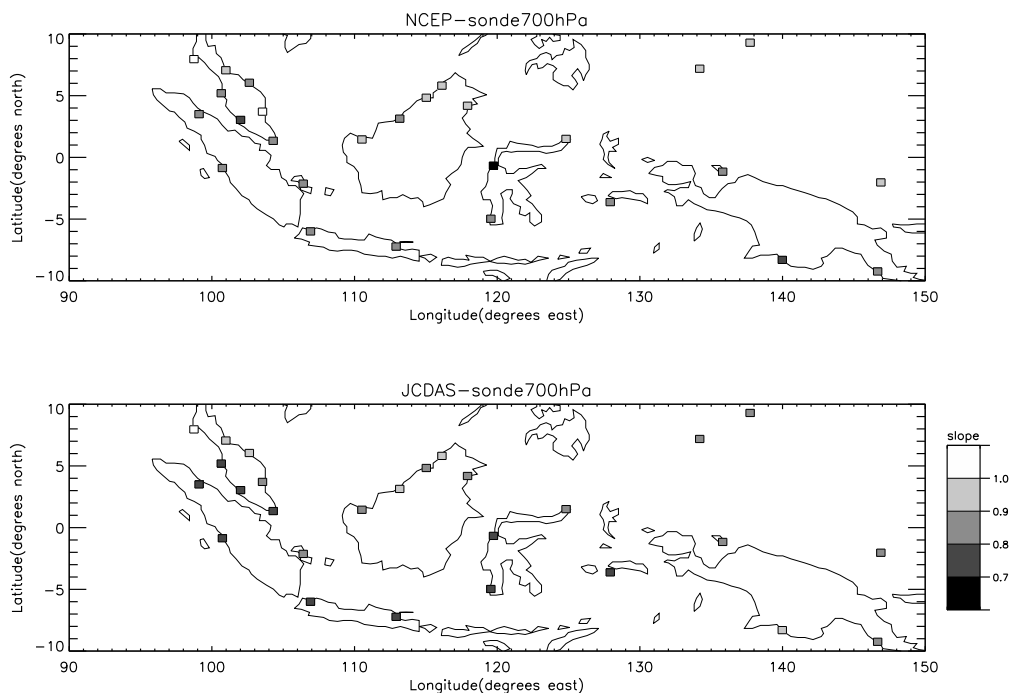


図 3: インドネシアとその周辺地域について、NCEP/NCAR 再解析（上）、JCDAS（下）東西風速データを縦軸にとり、ラジオゾンデ観測データを横軸にとって散布図をとったときの回帰直線の傾きの分布。対象高度は 700hPa。

4 まとめと今後の課題

海洋大陸において NCEP/NCAR 再解析データ及び JCDAS データを WPR データと比較してその精度を評価した。特に 700hPa において客観解析データの東西風の振幅が小さくなっている傾向が明らかになった。海洋大陸及びその周辺で同様にラジオゾンデ観測

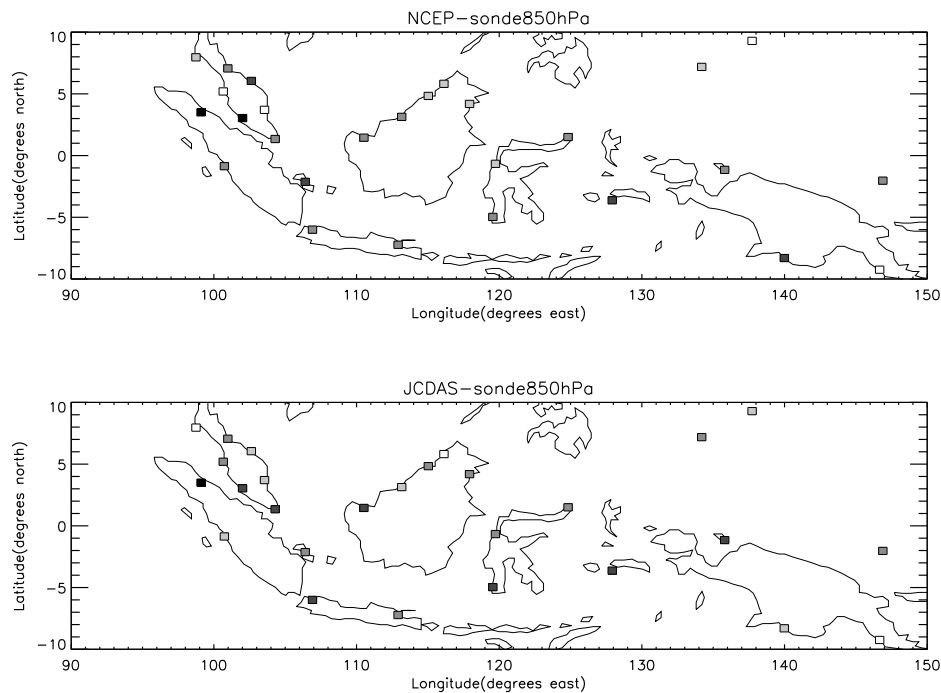


図 4: 850hPa の比較であることを除いて図 3 と同じ

データを用いて客観解析の精度評価を行った。広範囲に渡って客観解析データの東西風の振幅が小さく表現されており、これも 700hPa において顕著であった。JCDAS データの方が客観解析データの振幅が小さく表現されており、この傾向はインドネシア国内で特に顕著であった。

今後は ERA-Interim や NCEP/NCAR Reanalysis2 との比較、さらに他の高度についての比較を行う。さらに、客観解析データによる東西風の再現性と季節内変動の関係についても調べていく。

参考文献

Seto, T.H., Y. Tabata, M.K. Yamamoto, H. Hashiguchi, T. Mega, M. Kudsy, M.D. Yamanaka, and S. Fukao, Comparison Study of Lower-Tropospheric Horizontal Wind over Sumatera, Indonesia Using NCEP/NCAR Reanalysis, Operational Radiosonde, and the Equatorial Atmosphere Radar, SOLA, 5, 021-024, doi:10.2151, 2009