

氏名（本籍）	イ デワ ニョマン ヌルウェダ プツラ I Dewa Nyoman Nurweda Putra (インドネシア共和国)
生年月日	1983年6月14日
授与学位	博士(工学)
学位記番号	理工博甲第618号
学位授与年月日	平成25年9月4日
学位授与の要件	学位規則第4条1項
研究科，専攻の名称	理工学研究科(博士後期課程)システム設計工学系専攻
学位論文題目	The Local characteristics of Indonesian Seas and Its Possible Connection with ENSO and IOD : Ten Years Analysis of Satellite Remote Sensing Data
論文審査委員	主査 山口大学 教授 小河原 加久治 山口大学 教授 三浦 房紀 山口大学 教授 齊藤 俊 山口大学 教授 南 和幸 山口大学 特命教授 田中 佐 山口大学 助教 石田 春磨

## 【学位論文内容の要旨】

The general characteristic of the Indonesian seas was reported with the satellite remote-sensing dataset (I Ketut Swardika et al. 2012). It concluded that the ocean characteristics, the sea surface temperature (SST), zonal-component of wind speed (U-WS) and rain rate (RR), are very stable in the Equatorial areas, while their seasonal variability appears as increasing the latitude in both the north and south hemispheres. The two abnormal ocean phenomena have been studied since the 1990s: the El Nino-Southern Oscillation (ENSO) and the Indian Ocean Dipole (IOD). ENSO is the anomaly of the wide weather system including ocean, atmosphere and land. Its indicator, or the ENSO index, is the SST in the central tropical Pacific Ocean (Trenberth et al. 1998; Diaz et al. 2001). IOD is the similar phenomenon as ENSO and its indicator is the SST difference between the eastern and western tropical Indian Ocean (Saji and Yamagata 2003). It is of great interest whether the ENSO and IOD affect the local characteristics of the Indonesian Seas.

The aim of this study is to analyse the ocean characteristics and to show the temporal variability of ocean characters for the local areas in the Indonesian Seas. Then, we compare those temporal variabilities with the ENSO and IOD indices to consider their influence to the Indonesian Seas. We also show the locality of those variabilities and the correlation of indices.

In order to analyze the local characteristics, the Indonesian Seas is divided into three regions with twelve areas. These three regions represent the south subtropical region, the near-equatorial region and the north subtropical region. The twelve local areas are: area A covers the southeast Indian Ocean (100° E - 110° E, 20° S - 15° S); area B covers the southwest Pacific Ocean (150° E - 160° E, 20° S - 15° S); area C covers the Equatorial region of Indian Ocean (90° E - 100° E, 7° S - 2° S); area D (108° E - 118° E, 7° S - 2° S), area E (122° E - 132° E, 7° S - 2° S) and area F (132° E - 142° E, 10°

S - 5° S) cover the inner Indonesian Seas; area G (155° E - 165° E, 7° S - 2° S), area H (130° E - 140° E, 0° - 5° N) and area I (150° E - 160° E, 0° - 5° N) cover the Equatorial region of Pacific Ocean; area J (170° E - 180° E, 3° S - 3° N) covers the ENSO Index area; area K (130° E - 140° E, 10° N - 15° N) and area L (150° E - 160° E, 10° N - 15° N) cover the northwest Pacific Ocean.

We reveal the ocean characteristics from the monthly SST, U-WS and RR in 10 years (December 1999 - November 2009) by satellites observation. Those three data show the clear cyclic variability of the ocean characteristics (I Ketut Swardika et al. 2012).

To detect the seasonal variability, we calculate the 6 months moving averages in which no 6 months variability appears. If there exists a longer than 12 months cyclic variability, it appears in the 12 months moving averages. Thus we calculate the 6 and 12 months moving averages.

To detect the 6 months variability, we calculate the 3 months moving averages. If a seasonal variability exists, it also appears in the 6 months moving averages. But we can distinguish the 6 months variability from the seasonal variability by carefully expecting the average.

The ENSO index is defined with the 3 months moving averages of SST in the central tropical Pacific Ocean. If we compare the indices in the Indonesian Seas with the ENSO index, we should take account of both 6 months and seasonal variabilities. For the comparison, we need the indices free from the 6 months and seasonal variabilities. Thus, the connections of indices with the ENSO signal are observed by the 6 months moving averages of the deseasonalized indices.

The analyses results indicate that the seasonal variability of the indices is strong in the High latitude region and the inner Indonesian Seas. The 6 months variability of SST is weakly detected in the several areas of the Equatorial region. The inner Indonesian Seas has a strong correlation among indices, but the lag times among indices vary and we can not find out any discernment regarding them. The ENSO signal of SST can be detected in the High latitude Pacific Ocean and the Equatorial region, except for the inner Indonesian Seas. The inner Indonesian Sea only shows the ENSO signal of SST in the year 2007, but it, rather, might be caused by the positive IOD. We show the variabilities and connections of the 12 areas to the ENSO and IOD, but the responses of indices are different in each area. One typical locality is the SST difference between the areas D and E. The inner Indonesian Seas, areas D, E and F, show the seasonal variability of all indices. However, the area D has more stable SST than the area E, while both areas have a similar U-WS pattern.

## 【論文審査結果の要旨】

温暖化をはじめとする地球規模気候変動に対し、インドネシア海域が及ぼす影響が大きいことがかねがね指摘されている。しかし同海域自身の特性については断片的に南東モンスーン・北東モンスーン、ジャワ島南岸湧昇について知られていただけである。また国土が広範囲にわたることから地上観測が限られ、同海域全般の特性についてデータに基づく報告はほとんどなかった。人口衛星リモートセンシングは1990年代後半以降世界の宇宙機関が協力して、そのデータを処理・保存・公開してアーカイブとし整備してきた。これらの長期・広域データからインドネシア海域の全体特性を明らかにするのが本研究の目的である。

これまでの研究でインドネシア海域の海面温度 (SST)、東西風速度 (U-WS)、降水率 (RR) は赤道付近で安定であるが、南北に高緯度になるにしたがって季節依存性が強まることがわかっている。しかし、エルニーニョ南方振動 (ENSO)、インド洋ダイポール (IOD) などの特異現象が、インドネシア海域特有の気象現象にどのような影響を与えているかは明らかではなく、近年大きな注目を集めている。ここ

で、ENSO とは数か月から数十か月の持続期間を持つ地球規模での自然現象の総称であり、大気に着目した場合には「南方振動」、海洋に着目した場合には「エルニーニョ現象」と呼ばれる。

本研究では、人工衛星リモートセンシングにより得られた 1999 年 12 月から 2009 年 11 月までの 10 年間のデータを用い、インドネシア海域気象現象の時間変動特性を明らかにしようとするものである。インドネシア海域内でも地域の特徴が存在すると考えられるので、海域を 12 分割し 3 つの領域(南亜熱帯域、赤道地域、北亜熱帯域)に分類して、その特性を、衛星リモートセンシング観測が対象地域で開始されて以来蓄積されたデータを移動平均法で解析し、比較検討する。移動平均の区間は 3 ヶ月、6 ヶ月、12 ヶ月を用いたが、赤道付近と高緯度地域とは明らかな差異が認められ、その解析手法の有効性を明らかにしている。

本研究の結果、インドネシア付近の太平洋西部海域では、明瞭な季節変動が見られないことが判った。一方、インドネシア内海および高緯度地域では SST,U-WS,RR に強い季節依存性が存在し、特にインドネシア内海では、それぞれの指標間に強い相関があることが明らかとなった。また、北亜熱帯域では SST 指標から ENSO 現象を明瞭にとらえることができることが分かった。過去 10 年間分のデータ解析だけでは ENSO 等の特異現象の詳細な解析・予測は難しいが、今後の継続的の衛星リモートセンシングによるデータ集積により、本研究は高密度の地上観測が困難な地域での気象予測に資する研究であると考えられる。

#### 【本審査及び公聴会における主な質問内容】

- ① 季節依存変動は太陽高度による影響が大きいと考えられるが、6 ヶ月平均、3 ヶ月平均は何に依存するものなのか。
- ② ENSO は SST に依存すると考えられるが、U-WS との相関を見ているのはなぜか。
- ③ この研究成果を、具体的に応用することは考えているか。
- ④ 海洋の深さにより熱容量に差があり、海面温度である SST、海表面風速である U-WS との相関だけでは説明できない現象もあるのではないか。

などの質問に、いずれも適切に回答した。以上より、本研究は実用性、創造性、有効性、信頼性ともに優れ、博士(工学)の学位論文に十分値するものと判断した。