

# DMSP/VNIRによる夜間の海の輝度分布と レーダ観測による漁船分布の比較

杉原滋彦\*<sup>1</sup>・渡辺俊輝\*<sup>2</sup>・吉田 剛\*<sup>3</sup>

## Comparison of Distribution of Night Sea Radiance sensed remotely by DMSP/VNIR with Fishing Boat Distribution detected by Radar

Shigehiko Sugihara\*<sup>1</sup>, Toshiteru Watanabe\*<sup>2</sup>, and Gou Yoshida\*<sup>3</sup>

In order to study quantitatively the relation between night sea radiance sensed remotely by Visible and Near Infrared (VNIR) sensor on Defence Meteorological Satellite Program (DMSP) and distribution of fishing boat using fishing lamps, radar of research vessel "Kuroshio" belonging to Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center observed fishing boat distribution off the San-in coast of Yamaguchi Prefecture on Aug. 7 and 28, 2000. A great number of boats, which equipped themselves with fishing lamps, were recorded around "Kuroshio". The distribution of boat detected by the radar are compared with distribution of radiance sensed remotely by VNIR. The results show a good coincidence between them suggesting that fishing boats using fishing lamps can be detected by VNIR during the night.

The number of fishing boats observed by the radar is calculated within each mesh size of 5 km square, and radiance obtained by VNIR are averaged over the same mesh. The correlation between the number of boats and radiance is found. This suggests that radiance is mainly determined by the number of boats using fishing lamps in each mesh rather than variation of lamp intensity with fishing boat. This results in possible estimation of number of fishing boat from remotely sensed night sea radiance.

### 1 はじめに

米国の防衛気象衛星DMSPに搭載された可視・近赤外検出器 (VNIR) によって、夜間における地球上の光の分布が広域にわたって検出できるようになった。このVNIRは漁船に装備された集魚灯からの光の分布も把握できることが、清藤ら<sup>1)</sup>、伊藤ら<sup>2)</sup>、杉原・吉田<sup>3)</sup>によって報告されている。さらに杉原・吉田は、晴天で普通の大気混濁状態であれば、大部分の日において集魚灯漁船からの光の分布が得られる可能性の大きいことを示した。

従来、夜間の漁船分布を把握するにはレーダあるいは目視観測に頼る以外に方法が無かった。また船舶からのレーダ観測範囲が半径約20kmと比較的狭いことを考えると、人工衛星によって集魚灯漁船分布を広域において把握する方法は画期的と言える。しかも、この分布が分かれば、好

漁場の位置も推定できることになり、水産学上はもとより、行政上も大変貴重な基礎資料を提供するに違いない。

しかし、1画素内に占める集魚灯漁船の隻数と輝度との関係は、いまだに定量化されていないのが現状である。DMSPのVNIRの1画素当たりの地上分解能は、最小で2.7km四方と大きいため、特に、好漁場においては1画素内に複数の漁船が存在している場合が考えられる。この場合には、センサは1画素内に位置する各集魚灯漁船からの光のすべてを測定していることになる。したがって、もし集魚灯の発する光強度が各漁船の集魚灯において一定であれば、1画素内に存在する漁船の数にほぼ比例した光がセンサに到達することになる。このことは逆に、1画素内の漁船の数を、衛星資料から推定できる可能性を持っている。

一方、1画素内に1隻の漁船だけ存在しても、その集魚

2003年10月27日受付。Received October. 27. 2003.

\* 1 水産大学校海洋生産管理学科資源環境計画学講座 (Laboratory of Marine Resources and Environmental Planning, Department of Marine Science and Technology, National Fisheries University)

\* 2 山口県水産研究センター (Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center)

\* 3 山口県柳井水産事務所 (Yanai Fisheries Management Office of Yamaguchi Prefecture)

灯からの光を検出できるのか、あるいは何隻以上の集魚灯漁船が存在して初めて検出できるのかなど、いまだに明確になっていない。

そこで、DMSPのVNIRから得られた光強度と漁船分布との関係を定量的に取り扱うため、DMSPの通過時にレーダで漁船分布を観測し、両者を比較検討することにした。

## 2 可視資料とレーダ観測

### 2.1 可視資料

VNIRの幾何補正にはアフィン変換式を用いて座標変換した。アフィン変換式の係数を決定するために、赤外画像上で20地点以上の基準点（GCP：ground control point）を使用した。また、前に述べたように、VNIRの地上分解能は最小で2.7km四方であるが、座標変換後は、すべての画素につき1画素当たり2.5km四方とした。2000年8月7日21時01分と8月28日21時30分に得られた資料を使用した。

また、CCT（computer compatible tape）値からエネルギーの値に変換するには、変換式の係数を知る必要がある。しかし、この係数が不明なので、本報ではCCTの値をそのまま用いた。したがって、以下に述べる輝度の強弱に関する記述は相対的なものである。

### 2.2 レーダによる観測

2000年8月7日に山口県萩市の北北東約8.5海里において、また同年8月28日に川尻岬の北北西約11海里において、山口県水産研究センター調査船「くろしお（総トン数119トン）」のレーダで半径12海里の円内の集魚灯漁船の分布を観測した。

8月7日においては19時30分に、また8月28日には21時に観測したので、これらの観測時刻はDMSP衛星の上空飛来時よりも、それぞれ約1時間30分と30分早い。

レーダ画像から漁船の位置を記録するため、レーダ画面の上に透明紙を置き鉛筆で画像を写し取った。なお、レーダ画面上の大部分の船影は連ならず互いに独立していたので、レーダ画面から正しい分布が得られたものとする。

## 3 可視画像における光の分布

2000年8月7日と8月28日に得られた光の分布の中で、日本海西部の34°Nと36°N、および130°Eと132°Eに囲まれた範囲を切り出したのが、それぞれFig. 1 (a)とFig. 1 (b)である。図中の白線は海岸線、赤い点線は100m等深

線を示す。まず全体的な光の分布を見ると、Fig. 1 (a)には山口県萩市沖の北北西約50海里から、川尻岬の西約40海里まで南西方向に強い光が帯状に密集している。その帯状分布の中は約25kmと広い。また、その南西端からは、ほぼ同じ巾を持つ光の帯が響灘まで南下している。この光の帯の総面積は山口県の面積に匹敵するほど広い。この強い光の集団より弱くて規模の小さな数個の光の集団が島根県西部と山口県東部の約10海里沖に見られる。この集団の水平方向の広がりには5～10kmである。この集団の一つを形成する山口県東部沖のものは、図上で赤い実線で示した「くろしお」のレーダの観測範囲内にあり、船の北北東に位置している。さらに、山口県西部の山陰沿岸に沿って、2.5～5kmの中を持つかなり強い光が分布しており、その東部が「くろしお」のレーダ観測範囲に入っている。

一方、Fig. 1 (b)では、島根県西部の山陰沖から響灘までの100m等深線付近とその外側の水域に、規模が大きいかつ強い光の集団が5～6箇所分散している。その中で山口県西部沖の集団は100m等深線と沿岸の間に分布して、その大部分が赤い実線で示す「くろしお」のレーダ観測範囲に入っている。また、これらの大規模な集団の他に100m等深線の内側に規模の小さな光がいくつか分布している。

Fig. 1 (a)とFig. 1 (b)におけるレーダ観測対象域に対応する海域の光の分布を取り出し拡大したのが、それぞれFig. 2 (a)とFig. 2 (b)で、図ではCCT値を5段階に分類して表した。Fig. 2 (a)において、レーダ中心から北北東8海里付近にやや強い光が分布している。この強い光から東西、および南北に光が連なって、比較的規模の大きな集団を形成している。この集団は東西方向に約20km（約11海里）、南北方向に約7.5km（約4海里）の長さで広がっている。また、中心の東方1海里から5海里まではやや強い光が分布しているが、この集団の規模は小さく、2.5km（約1.4海里）巾で東西方向に7.5km（約4海里）の長さの範囲である。このやや強い光の集団より光は弱い約2倍の面積を持つ光の集団が、中心から西南西8海里付近にも見られる。

一方、Fig. 2 (b)においては、強い光が、中心から東約4海里の水域から南南西12海里の水域まで、幅広い帯状の強い光が分布している。特に中心の南東3海里から、南西12海里にわたって非常に強い光が分布している。また、中心から南部にも光が分布して、帯状の光の分布と連なっている。さらに、中心から東方にも光が分布している。これらの光の集団はすべて連なっていて、その総面積は500km<sup>2</sup>

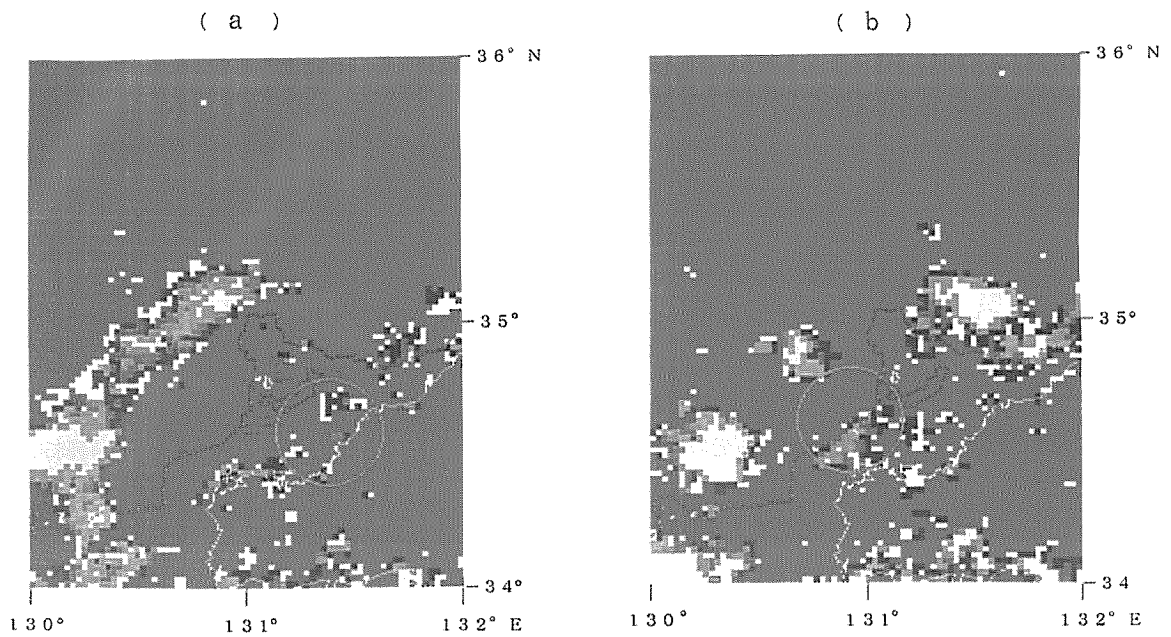


Fig. 1. Radiance distribution obtained by DMSP/VNIR in the areas of western Honshu and the sea of Japan at 21:07 on Aug. 7 (a) and 21:30 on Aug.28 (b), 2000. Red circle shows maximum range of 12 miles for radar on research vessel "Kuroshio".

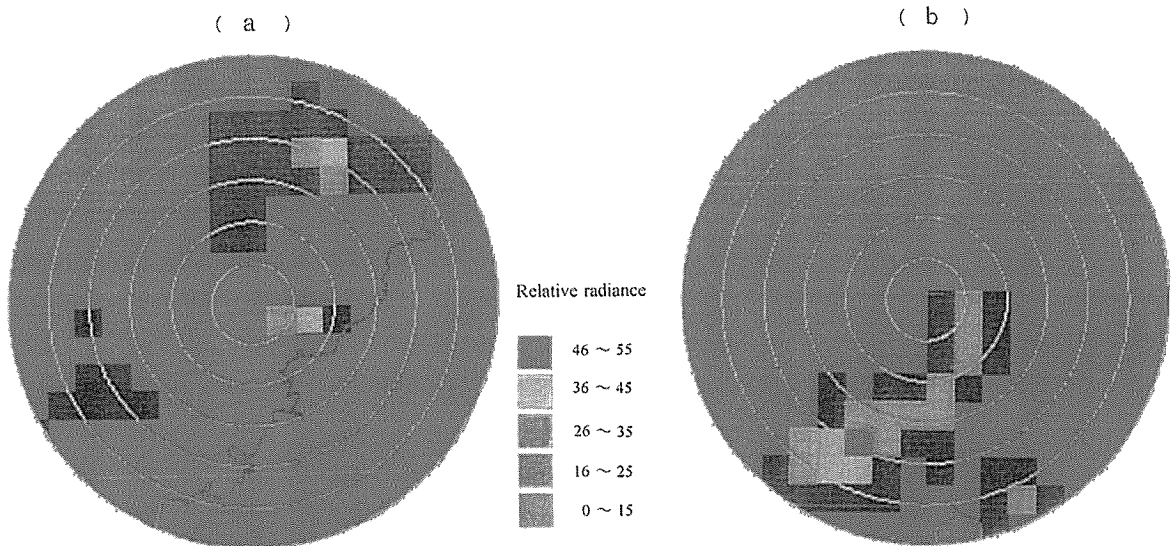


Fig. 2. Enlarged radiance distribution within the radar range as shown in Fig. 1.

以上である。

#### 4 レーダによる集魚灯漁船の分布と衛星画像との比較

Fig. 3 (a)は8月7日のレーダ画面から得られた漁船の分布を示す。南東側は陸域である。水域の北東から南西にわたって漁船が数多く広く分布しているが、いくつかの集団に分類できる。レーダ中心から12海里北東から北にわたって漁船が密集している。これは衛星画像から得られた北北東8海里を中心とする比較的広域にわたる光の分布に相当する。また東方2海里から4海里の間には、比較的狭い海域に漁船が密に分布している。これはFig. 2 (a)の中心から1~5海里東方に見られるやや強い光で規模の小さな光の分布に相当している。さらに、西南西6海里付近にも漁船が密集している。これは衛星画像上で同じ位置の光の集団に相当する。以上のようにFig. 3 (a)に示される集魚灯漁船分布と、衛星から得られる光の分布がよく一致している。

Fig. 3 (b)は8月28日におけるレーダから得られた集魚灯漁船の分布である。ほとんどの集魚灯漁船は、レーダ中心から北東及び南西を結んだ線より南東側に位置している。特に、北東4海里から南南西10海里にかけて、約4海

里の幅を持った帯状の水域に漁船が密集している。この分布は、衛星から得られた光の分布と位置がほぼ一致している。ただし、レーダから得られた分布には、中心から北西6海里付近に4隻の船が認められるが、衛星による光の分布には対応する分布が見られない。

以上のように、レーダ観測から得られた船の分布と衛星から得られた光の分布は、よく一致した。但し、8月7日のレーダ観測では、8月28日よりも船が多く密集しているにもかかわらず、衛星による光の分布は8月28日のほうが強い。この原因は大気状態の違いか、レーダ観測と衛星通過時刻が、特に、8月7日においては、約1時間30分と大きく異なるためであろう。

レーダで観測した船の分布から、衛星画像の1画素の面積と同じ2.5km<sup>2</sup>内に何隻の船が占めているかを計算し、各画素内の隻数分布を、Fig. 4 (a) (8月7日19時30分)とFig. 4 (b) (8月28日21:00)に示した。これらの分布と衛星から得られた分布を比べると、Fig. (a)では、北東、東、南西の密集地帯が両者で一致しているが、衛星画像で非常に小さな輝度を示す水域にも、レーダから得られた画像には漁船が分布している。一方、Fig. (b)においては、北東から南西に密集した漁船の分布が衛星画像の分布と非常によく一致している。

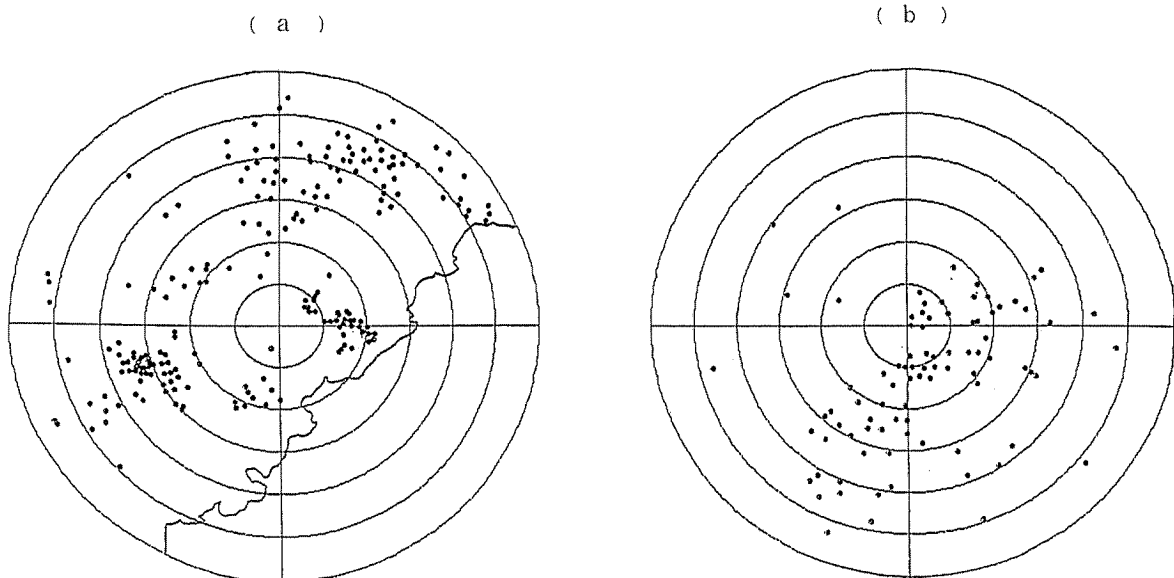


Fig. 3. Boat distribution based on radar image in the same areas as those in Fig. 2.

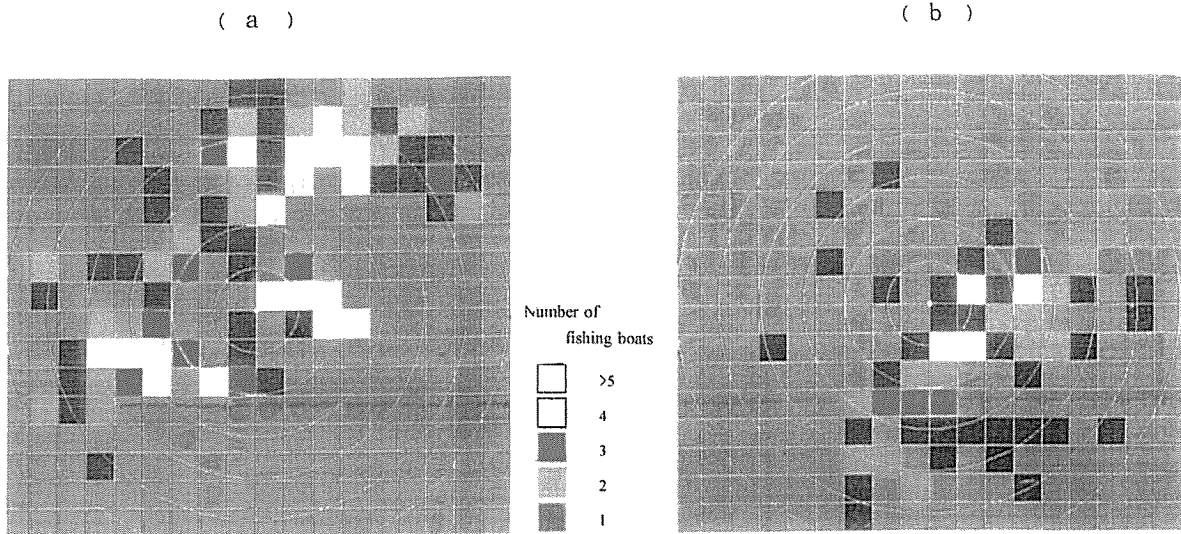


Fig. 4. Number of boats in each 5 km square mesh in the same areas as those in Fig. 2.

### 5 考察

8月28日においては、レーダ観測時と衛星通過時の時間差は、約30分と比較的少ないので、両者から得られた集魚灯漁船の分布は良く一致した。そこで、レーダで観測した1画素内の集魚灯漁船数と衛星から測定した輝度を定量的に比較した。この場合、1画素内の集魚灯漁船数を増大させるためと、両観測結果における位置の相違を減少させるため、1画素を5 km 四方とした。1画素内の集魚灯漁船数と輝度との関係を、Fig. 5 に示す。分散は大きいものの両者に正の相関が見られる。

最小二乗法で得られた回帰直線の傾きは、3.6である。したがって、一隻の集魚灯漁船は、平均的に輝度を3.6増加させることになる。この場合、残差標準偏差は約8.0であるから、1画素内に2隻の集魚灯漁船が増加しても、輝

度の増加は残差標準偏差以下である。このことは、遠隔計測した輝度値から各画素内の集魚灯漁船数を見積もると、2～3隻の誤差を含む可能性の多いことを示唆しているが、人工衛星によってこの精度で集魚灯漁船数を広域に把握できる利点は大きい。本報で用いた衛星資料とレーダ資料の取得時刻には時間差があり、また資料数が十分でないため、定量化した値を結論づけることはできない。今後、多くの衛星資料とレーダ資料を同時に取得して、比較検討する必要がある。

### 謝 辞

レーダによる集魚灯漁船分布の観測では、山口県漁業調査船「くろしお」の南野栄一船長はじめ乗組員の皆様に、ご協力をしていただきました。ここに感謝いたします。

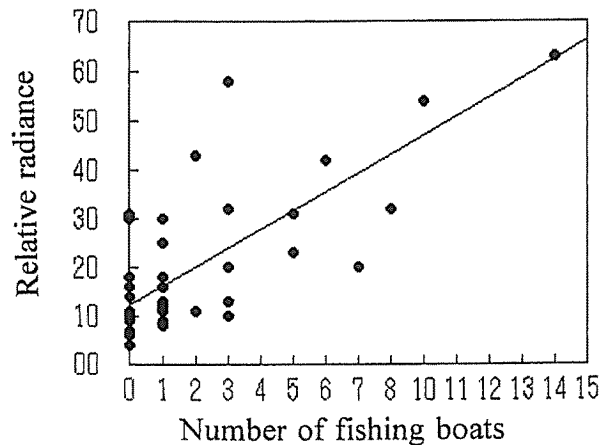


Fig. 5. Relation between the number of fishing boat based on radar image and radiance obtained by DMSP/VNIR in 5 km square mesh on Aug.28, 2000. Regression line with correlation coefficient of 0.71 is expressed by  $y=3.61x+12.3$ .

## 文 献

- 1) 清藤秀理・斉藤誠一・桜井泰憲・甬喜本司・米田国三郎・長幸平：津軽海峡周辺海域におけるイカ漁船の分布特性，1999年度日本海洋学会秋季大会講演集，pp. 257-257 (1999).
- 2) 伊藤涼・長幸平・下田陽久・坂田俊文：DMSP/OLS夜間可視画像を用いた日韓漁業協定の効果評価，日本リモートセンシング学会第27回学術講演会論文集，pp. 143-143 (1999).
- 3) 杉原滋彦・吉田剛：日本海西部における集魚灯漁船のリモートセンシング，水産大学校研究報告，52(1)，1-9 (2004).