

人工衛星で観測した夜間光をパラメータとするエネルギー消費の推定に関する研究 ～Suomi NPPのDay/Night・Band (DNB)の感度評価とDMSP/OLS夜間データとの比較～

○原 政直^{*1}, 澤向 麻里絵^{*1}, 胡斯勒因^{*2}, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo^{*3}
*1 (株)ビジョンテック
*2 東海大学 情報技術センター
*3 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

1. 背景と目的

2011年10月28日(UTC09:48:01Z)に米国カリフォルニア州のヴァンデンバーグ空軍基地からSuomi NPP (Suomi National Polar-orbiting Partnership=以下S-NPPという)が打ち上げられ、高度824kmの太陽同期軌道に投入された。このS-NPPはNOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)が運用するPOESとDoD (Department of Defense)が運用するDMSP (Defense Meteorological Satellite Program)のOLS (Operational Linescan System)およびNASA (National Oceanic and Atmospheric Administration)が運用するEOS (Earth Observing System)のMODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer)を統合し、気象環境観測の継続性とその経済性向上を目指した先駆けとなる衛星である。このS-NPPにはVIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) というセンサが搭載されているが、そのうちOLSを継承したセンサとしてDNB (Day Night Band) がある。

そこで本研究では、今後のDMSPの運用が停止することを想定し、これまで行ってきたOLSの夜間可視画像から得られる輝度情報を用いた電力消費量の推定に関する手法の開発などの研究成果を、S-NPPのDNBに適用するためのセンサ特性の比較評価など本研究課題の継続的推進を目的とした基礎的調査を実施した。

2. 使用データ

本研究では、表1に示す東シナ海から北海道利尻島西部までの日本海海域で操業する中型イカ釣り漁船の操業記録に対応するDMSP/OLSとS-NPP/DNBのデータを使用した。なお、DMSP/OLS(図1)ならびにS-NPP/DNB(図2)は米国NGDC (National Geophysical Data Center)より提供を受けた。また、篤志船の操業記録は福井県に船籍を置く2隻(A=図3, B)の協力により操業位置情報(トラッキングデータ=図4)の提供を受けた。

表1 使用した衛星データと観測日

観測時期	衛星データ	観測データ	篤志船A 篤志船B
2012年	6月25日～7月3日	DMSP/OLS	東シナ海
7月8日～7月30日	DMSP/OLS	S-NPP/DNB	東シナ海
8月10日～8月27日	DMSP/OLS	S-NPP/DNB	東シナ海
9月7日～9月28日	DMSP/OLS	S-NPP/DNB	東シナ海
10月6日～10月28日	DMSP/OLS	S-NPP/DNB	大和台
11月5日～11月26日	DMSP/OLS	S-NPP/DNB	大和台・島尻島沖
12月2日～12月3日	DMSP/OLS	S-NPP/DNB	島尻島沖
12月13日～12月19日	DMSP/OLS	S-NPP/DNB	大和台
12月21日～12月25日	DMSP/OLS	S-NPP/DNB	大和台
2013年	1月8日～1月24日	DMSP/OLS	大和台



図1 DMSP/OLSの夜間可視画像



図2 S-NPP/DNBの夜間可視画像



図3 篤志船Aの集魚灯



図4 篤志船A, Bのトラッキングデータ

3. 解析方法

中型イカ釣り船による操業は、夜間、集魚灯を用いて行われるが、TAC (Total Allowance Catch)の協定により、その総光力は最大250kwと定められている。従って、DMSPならびにS-NPPで観測される夜間可視近赤外バンドの画像データを用いて操業中のイカ釣り船の集魚灯のDN値を計測すれば、一定の値を示すはずである。

そこで、2隻の篤志船の集魚灯の総光力を基準として、2012年から2013年にかけての漁期中に観測されたOLSならびにDNBのデータの中で、被雲の影響の少ないデータ(比較対象のOLSも観測されている)103シーンをを用いて、観測時期、観測場所、月齢(輝照面積)や太陽高度などの観測条件の変動に対するセンサゲインの自動調整の精度評価を篤志船の集魚灯のDN値を計測し、安定したデータが得られるかを評価した。

船名	船種	船長	船員数	船体寸法
篤志船 A	イカ釣り船	25m	12名	全長 25.0m、全幅 6.0m、全高 3.0m
篤志船 B	イカ釣り船	25m	12名	全長 25.0m、全幅 6.0m、全高 3.0m

表2 篤志船A, Bの仕様一覧

4. 解析結果と評価

1. 輝度値の一様性

中型イカ釣り船の集魚灯の総光力は250kwに制限されており、従ってDNBで観測された同一シーン内に認識される集魚灯の輝度値(DN値)は一定の値を示すはずである。そこで観測された同一シーン内の集魚灯のDN値を計測した。図5はDNBで観測されたシーンのサンプルとして選択した集魚灯群を示す。また、DN値の計測は半径3kmの円形マスクをかけ、マスク内のDN値の平均を代表値としたが、この例では、サンプル数20で、平均DN値が65239.55(サンプル数20、最大65373、最少65934、 $\sigma=109.53$ となり、図6のヒストグラムを見てもほぼ一様な値を示した。

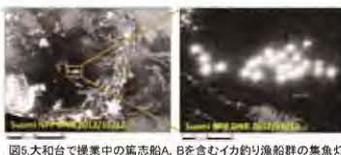


図5 大和台で操業中の篤志船A, Bを含むイカ釣り漁船群の集魚灯

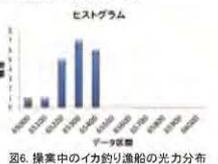


図6 操業中のイカ釣り漁船の光力分布

2. 時系列な輝度値の変動

観測位置や観測時期などの観測環境が変化した場合の計測値の一様性を評価するために篤志船Aと篤志船Bの集魚灯の輝度値の時系列な計測をDNBとOLSデータを用いて行った。図7-aはDNBを使用した計測結果で、図7-bはOLSによる計測結果を示したものである。篤志船Aの光力と篤志船Bの光力はほぼ等しいため、理論的にはいずれの結果も1点に集中するはずであるが、DNBでは $Y=0.899x+5576.6$ の回帰直線で、決定係数が0.8021となり、OLSでは回帰直線が $Y=0.8508x+3.0616$ で、決定係数が0.7466を示し、予想に反してバラつきが多い結果となった。そこで太陽高度や月齢等の変化が影響していると考え、図8-aとbでは、DNBとOLSそれぞれから得られる光力(DN値)と太陽高度や月齢の関係を示した。さらに、図4で示したように巡回しているイカを追い操業しているため時期によって操業位置が変わる。そこで時期で分類すれば結果的に位置で分類したものとほぼ等しくなる。図9は、光力の計測結果を6-8月、9-11月、12-1月の3時期に分類してまとめたものである。6-9月にかけてバラつきが非常に大きく不安定で、10-12月にかけては期間前後でバラつきがあるものの概して安定した値を示している。12-1月は非常に安定した計測ができる傾向であった。

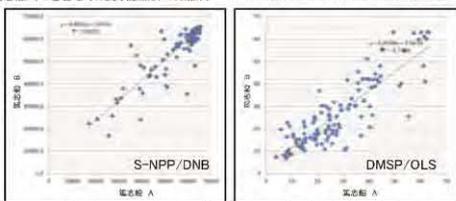


図7-a 篤志船AとBの集魚灯の輝度値

図7-b 篤志船AとBの集魚灯の輝度値

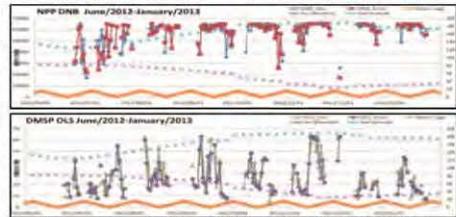


図8-a, b (DNB, OLS) 篤志船A, Bの集魚灯の光力と太陽高度・月齢との関係

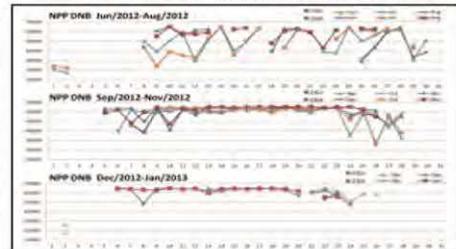


図9 篤志船A, Bの集魚灯の光力の時期の違いによるDN値の安定度(上から、夏、秋、冬)

5. まとめ

DNBは空間分解能が740m/画素で、各画素の量子化が最大14bitsとなり、これまでのOLSの空間分解能2.7km/画素、量子化6bitsに比べて大幅に性能向上が図られた。特に、14bitsの量子化により輝度観測のダイナミックレンジが大幅に拡大された。OLSでは、この狭いダイナミックレンジで低輝度から高輝度までを観測するために、地上局から衛星にコマンドを投じてセンサゲインのオフセットを制御する方式で観測が行われているが、軍事気象衛星という性格もあり、その詳細については公開されていない。そのため、定量的な輝度計測への利用のための研究が多くなされてきた。これに対し、DNBのゲイン調整はオンボードコンピュータを利用した制御システムにより、完全自動でスイッチングが行われハレーションも起こさず低光力のセンシングをも可能にしており、基本的な仕様や特性については公開されている。

本研究では、それらのロジックやシステムが場所、時間などの観測環境に関係なく、如何に高性能に働かせるか、公海上で集魚灯を利用して操業する篤志漁船2隻の既知の光力をツールズデータとして、漁期を通してその操業位置の通報データをトラッキングして、DNBで計測を行い評価検証した。その結果は、OLSに比べて極めて優れた性能を持つセンサであることが確認できた。一方で、夏場の太陽高度が高い時のスイッチングが完全でないと思われる結果も得られ、今後、究明すべき課題として残った。

参考文献

- *S. D. Miller, S. P. Mills, C. E. Elvidge, D. T. Lindsey, T.F. Lee, J. D. Hawkins, Suomi satellite brings to light a unique frontier of nighttime environmental sensing capabilities, PANAS, vol.109, No.39, pp.15706-15711
- *T.F. Lee, S. D. Miller, F.J. Turk, C. Schueler, R. Julian, S. Deyo, P. Dills, S. Wang, The NPOES VIIRS Day/Night visible sensor, American Meteorological Society BAMS, February 2006, pp.191-199
- *Goddard Space Flight Center, Joint Polar Satellite System Ground Project Code 474-00027

*原政直, 岡田周平, 市塚正彦, 重原好次, 森山隆, 杉原謙宏, DMSP/OLS夜間可視画像を用いたイカ釣り漁業のモニタリング, 海洋理工学会, Vol.9, No.2, pp. 99-108, 2004