

DMSP/OLSで観測され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 ～東日本大震災時の停電下におけるDMSP/OLS-VISセンサの感度評価～

○原 政直^{*1}, 胡斯勒^{*2}, 松井佑介^{*1}, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo^{*3}

*1 (株)ビジョンテック リサーチインテュート,

*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

米国のDMSP(Defense Meteorological Satellite Program)のOLS(Optical Line Scanning)の可視センサ(以下DMSP/OLS-VISという)による夜間光の観測データは、電力消費量の推定やその推定値を利用した二酸化炭素排出量の推定などの研究にも用いられている。その推定に用いるDMSP/OLS-VISデータは、被雲の影響を除去するために時間合成法などの方法によって被雲の影響を除去した年単位の雲なしデータが利用されることが多い。筆者らは2011年3月に発生した東日本大震災時の大規模停電が発生した際のDMSP/OLS-VISの単一画像と発電電力量の間に高い相関があることを示した。この感度特性が一定の精度で得られれば、これまで行ってきた年単位の電力消費や電力消費起源の二酸化炭素排出量の推定の精度向上や車から排出される二酸化炭素排出量の推定等への利用が期待できる。

そこで、この震災を挟んでDMSP/OLS-VISの単一観測データとその観測時間に最も近似する時間の東北電力管内(配電区分内)の発電電力量を用いてその感度特性を調べることが目的とした。

2. 使用データ

本研究で使用した発電電力量のデータは、東北電力管内における2010年1月1日の0:00amから2012年12月31日23:00pmまでの時別の電力使用実績データを東北電力のホームページからダウンロードして使用した(<http://setsuden.tohoku-epco.co.jp/download.html>)。

また、DMSP/OLS-VISデータは米国NGDC(NOAAの National Geophysical Data Center)により、幾何補正済の分解能1km/pixel/6bitで配信されたデータのうち震災前の2010年1月1日から震災翌年に2012年12月31日までの3年間に観測された1,095シーンから、被雲の影響や海面反射光の少ないデータを目視で選択し、表1に示す年月日に観測された3年分23シーンを使用した。なお、対象域とした東北電力管内は、その配電区分図によって範囲を確定した。

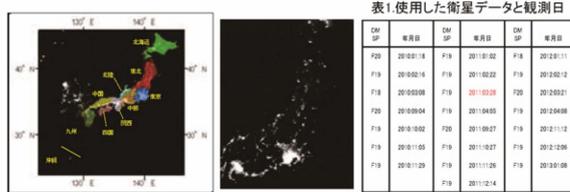


表1 使用した衛星データと観測日

DMSP	年月日	DMSP	年月日	DMSP	年月日
F20	20100118	F18	20110202	F18	20120111
F19	20100215	F18	20110202	F18	20120212
F18	20100308	F18	20110202	F20	20120221
F20	20100904	F18	20110405	F18	20120408
F18	20101002	F20	20110927	F18	20121112
F18	20101105	F18	20111027	F18	20121206
F18	20111129	F18	20111126	F18	20130108
F18		F18	20111214		

図1. 電力会社の配電区分図 図2.DMSP観測画像

3. 解析方法

収集されたDMSP/OLS-VISデータに海マスク処理をし、東方電力管内を配電区分で切り出し(図2に2011.3.13に観測された画像を示す)、解析を行った。解析は、光力(輝度値)と発電電力量との感度特性について、DMSP/OLS-VISデータにバックグラウンド処理を実施したものと、しないものとの比較、また、DMSP/OLS-VISのDN値の空間分布の状態の影響を見るためにDN値の積算値と平均値による比較などの評価を行った。また、シーン単位で利用可能な衛星データが極めて少なかった(被雲や海面反射など)ことにより、震災年、ならびに、震災前後の同時期に観測されたデータを用いて、その直線性の評価を行った。

4. 解析結果と評価

東北電力によると、平成23年3月11日に発生した東北地方を中心とした東日本大地震の影響を受けた女川原子力発電所(宮城県女川町)では、運転中だった1号機から3号機まですべて原子力発電設備が自動停止し、また、東通原子力発電所は定期的な点検に入っていたため運転されておらず、以来、そのほとんどが火力発電により賄われている。図3で示す東北電力管内の発電実績を見ると、平成23年3月11日に原子力発電が停止し、それ以外の発電電力量も大きく低下していることが分かる。

そこで、DMSPのF18、F19、F20の観測時間帯が大凡、19時から20時であることから、この時間帯の発電電力量を抽出し、DMSP/OLS-VISの輝度値との関係を調べた。

平成22年1月1日から平成24年12月31日までの毎19時の時系列発電電力量のグラフにDMSP/OLS-VIS画像から得られた東北電力管内の輝度値の積算DN値をプロットしたものが図4で、また、DMSP/OLS-VISのバックグラウンドノイズを除去するために閾値(DN=50)をセットし、レベルスライスを行った後、積算輝度値を有輝度画素数で除することによって平均輝度値とし、その結果を前述の毎19時の発電電力量のグラフにプロットしたものが図5である。

それぞれ積算DN値も平均DN値もトレンドとしては発電電力量の変化を反映している。さらに詳細な回帰分析を行ったものが図6である。図の①～③は震災年をまたぐ3年間について、また、④～⑥は震災年だけについて、閾値処理なし平均DN値(①、④)、閾値処理後の平均DN値(②、⑤)、閾値処理なしの積算DN値(③、⑥)とそれぞれ対応する日時の電力消費との回帰分析を行った。3年通期の①～③の結果では、決定係数がそれぞれ0.8308、0.8677、0.8885と高い相関を示している。しかし、回帰直線から見ると閾値処理をすることにより、低輝度値がカットされダイナミックレンジが狭く高い方に引っ張られる傾向となる(②)。また、積算DN値によるものは空間的なパラメータが欠如するためダイナミックレンジは広がるが空間的乱ノイズの影響を受けやすいことが考えられる。ここでは閾値処理を行わない平均DN値が比較的良好な特性を示している。

一方、震災年についての結果を見ると、それぞれの決定係数は0.4484、0.5488、0.9321となった。被雲により使える衛星データが極端に少なく、統計的な判断は極めて難しいが、停電によって低輝度となることから、バックグラウンドノイズの影響を受けやすくなり、従って、このS/N比が低下したことが決定係数を低くさせた原因と考えられる。

5. まとめ

本研究では、観測データに被雲のないデータを選択した単一画像を使用し、観測時の瞬時値に近い発電電力量データと比較することにより高い相関性があることが示された。しかし、低輝度においては相対的にS/N比が低下し、したがって閾値設定によるレベルスライスなどの単純な方法によるバックグラウンドの除去法では、ダイナミックレンジを狭め感度低下を来す。これは高光域におけるハレーションの問題と同様に解決すべき要件となる。停電時や小規模な林野火災などの防災面での利用を考えると、この低輝度域の感度が重要となり、この低輝度域の情報はどう抽出するかは今後の課題である。

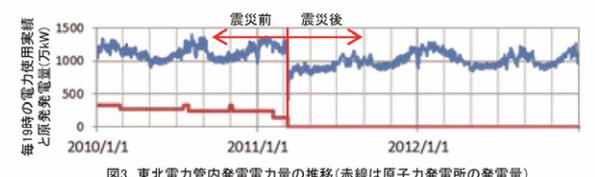


図3. 東北電力管内発電電力量の推移(赤線は原子力発電所の発電量)

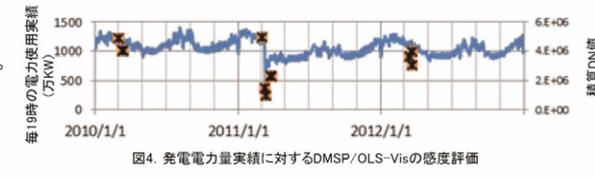


図4. 発電電力量実績に対するDMSP/OLS-VISの感度評価



図5. 発電電力量実績とDMSP/OLS-VISのDN値(ポイント)との関係

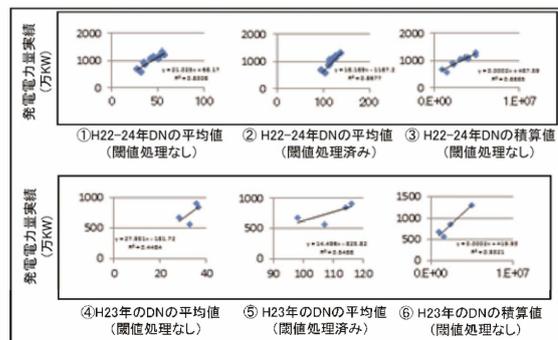


図6. 発電電力量実績とDMSP/OLS-VISのDN値(直線性)の評価

参考文献

- *1 H. Letu, M. Hara, H. Yagi, K. Naoki, G. Tana, F. Nisio, and S. Okada, "Estimating energy consumption from nighttime DMSP/OLS imagery after correcting for saturation effects," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 31, pp. 4443-4458, 2010.
 *2 原政直, 岡田周平, 八木浩, 森山峻, 重原好次, 杉森康宏, 時系列衛星画像のノイズ除去アルゴリズムの開発と評価, 写真測量学会, Vol.42, No.5, pp. 48-59, 2003.
 *3 胡斯勒, 原政直, 岡田周平, 八木浩, 神武寛典, 直木, 和弘, 西電文彦, DMSP/OLS夜間画像における定常光の抽出, 海洋理工学会, Vol.14, No.2, pp. 21-28, 2008.
 *4 原政直, 岡田周平, 市塚正彦, 重原好次, 森山峻, 杉森康宏, DMSP/OLS夜間可視画像を用いた小規模のモニタリング, 海洋理工学会, Vol.9, No.2, pp. 99-108, 2004.