

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 ～DMSP/OLS-VISセンサの感度特性とそのダイナミックレンジについて～

○原 政直*1, 胡斯勒因*2, 西尾文彦*3, 松井佑介*1
*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

2011年3月11日午後2時46分頃、三陸沖を震源とする国内観測史上最大のM9.0の大地震が発生。それに伴う津波の発生により、岩手県、宮城県、福島県、茨城県を中心に壊滅的な被害を与えた。この様なライフラインへの影響が大きい大規模自然災害には被災状況を早期に把握することが求められ、短時間に広域を観測することができる衛星リモートセンシングによる観測は極めて有効な手段と言える。
特に、ライフラインの中でも電力の喪失は市民生活や交通運輸を始め、産業界、経済界など人間社会に大きな影響をもたらす。その中で米国の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は、停電域の把握とそれに基づく大凡の被災域の推定、あるいはその復旧計画の立案などに資する情報として利用することができる。
そこで、本研究ではこの震災時の状況を観測したDMSP/OLSデータを用いて、発電電力量の定量的計測への可能性調査を行うことにより、その感度特性を知ることを目的とした。

2. 使用データについて

本研究では、DMSP-F18号のOLS-Visの表1に示す日時に観測されたデータ(図1)、ならびに、各電力会社の発電電力量の表2に示す。

表1. 使用データ一覧表

観測日時
2010年3月 3日 19時24分
2011年3月 2日 19時18分
2011年3月 4日 18時54分
2011年3月13日 18時47分
2011年3月28日 19時 9分
2011年3月29日 18時57分

図1. 衛星画像

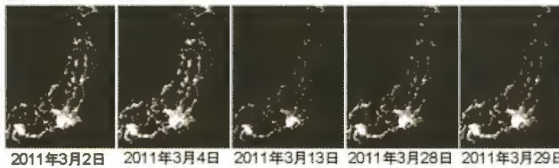


表2. 発電電力量

東北電力			東京電力		
DATE	TIME	変量(万kW)	DATE	TIME	変量(万kW)
2010/3/3	19:00	1210	2010/3/3	19:00	4267
2012/3/2	19:00	1273	2011/3/2	19:00	4828
2011/3/4	18:00	1387	2011/3/4	18:00	4823
2011/3/13	18:00	887	2011/3/13	18:00	3245
2011/3/28	19:00	918	2011/3/28	19:00	3457
2011/3/29	18:00	919	2011/3/29	18:00	3368

東北電力 電力使用量実績データ:
<http://setsuden.tohoku-epco.co.jp/download.html>
東京電力 電力使用量実績データ:
<http://www.tepco.co.jp/forecast/html/download-j.html>

3. 解析方法

DMSP/OLSは1日1回～2回の観測が行われているが、3月11日の発災日以前の3月1日から3月31日までの1月間にDMSP-F18号で観測された夜間観測モードデータから、被災の影響の少ないデータを選択し、海マスクをかけた上で、東京電力、東北電力管内が含まれる範囲を切り出しデータセットとした。このデータセットについて、各電力会社の配電区分毎に輝度値(DN)の積算を行い、その積算値を配電区分面積で除して平均化処理を行い、得られた値とその観測時間に対応する各電力会社の発電電力量との回帰分析を行い、DMSP/OLSのVis夜間モードの感度特性の評価を行った。

4. 解析結果と評価

東北電力によると11日午後8時時点で、青森、岩手、秋田県は全域で停電、宮城、山形県もほぼ全域で停電となり、また、東京電力管内でも福島原子力発電所の被災をはじめ、その他の発電所の停止も続いた(朝日新聞3月12日)。図2に発災前の2011年3月2日と震災後の同年3月13日のDMSP/OLS-Vis画像を示すが、東北電力管内の発災前後の夜間光を比較すると、新聞発表のとおり、ほとんど夜間光は見られず東京電力管内においても夜間光が大きく減少していることが定性的に分かる。

そこで、DMSP/OLS-Vis画像から得られた東北・東京電力管内の積算DN値とそれぞれの日単位の発電電力量について定量的な分析として回帰分析を行った。

東北電力管内では図3に示すとおり、回帰直線は、 $Y=0.0036X+9,998.8$ となり、決定係数は $R^2=0.8754$ であった。一方、東京電力管内では図4に示すとおり、回帰直線は $Y=0.0082X+37,203$ で、決定係数が $R^2=0.8711$ であった。東北電力管内の決定係数が高い値を示したのに比べ、東京電力管内の決定係数がかなり低めに出た。その原因として、東京電力管内では、3月13日以降の供給力が3,100万キロワットまで落ち込むことが予測され、地域ごとに順番に停電する「輪番停電」が計画され、その輪番実施予定地域が発表され、実施された(朝日新聞3月14日)が、その正確な開始や終了の日時が不明であることや実勢発電電力量との不整合が考えられる。そこで、ここでは決定係数の高い東北電力管内について、さらに解析を行った。

まず、東北電力管内のDMSP/OLS-Visデータセットから、管内の震災前後の平均DN値の時系列変動パターンを求めた。結果を図5に示す。次に、東北電力の公表している別発電電力量実績表(表2)から、使用したDMSP/OLS-Visデータの観測時間に最も近い時間帯の実績発電電力量を抽出し、時系列な変化を調べた。結果を図6に示す。

ここで、当該年(2011年)と前年(2010年)とでDN値に大きな変化がないかを確認するために、3月3日のデータについては前年のDMSP/OLS-Visデータを使用した。結果、前年(3月3日)と当該年(3月2日)のDN値に、顕著な差が認められなかったため震災前までの発電電力量は前年並みであるとした。さらに、震災前後の平均DN値の変化をみると、震災直後の3月13日のデータでは、通常時の約50.26%という急激な落ち込みを見せ、その約3週間後には、通常時の約67.15%までの回復を見せていることが読みとれた。また、東北電力が公表している別発電電力量実績表(表2)から、DMSP/OLS-Visの観測時間における発電電力量を調べると図6に示す結果が得られた。この図6で示された変動パターンは図5で示したDN値の変動パターンに近似している。そこで、そのDN値と発電電力量の実績値との回帰分析を行うと図7に示すとおり、回帰直線が $Y=15.645X-92.6$ で決定係数が $R^2=0.9919$ という高い値を示した。

この分析結果から、発電電力量とDMSP/OLS-Visで観測された夜間光(DN値)との間には極めて良い線形の関係があり、発電電力量の変動を良く検知していることが示された。

5. まとめ

これまでのDMSP/OLS-Visで観測された夜間光を用いた研究では、年単位や10日間、月間単位の最大値時間合成法により生成された量な画像が使用されていたため、夜間画像の観測時間と参照データ発生時との間には対応する時間的な変動が考慮されず、それぞれの期間の統計量(積算値や平均値等)として扱われてきた。

本研究では、観測データに被災のないデータを選択した単一面像を使用し、観測時の瞬時値に近い参照データを用いたこと、また、使用したデータの観測時(3/2, 3/3, 3/4, 3/13, 3/28, 3/29)の月齢は27, 28, 29, 8.3, 23.3, 24.3であったが、13日(上弦)を除いて月の出がなかった(仙台を中心とした場合)ため月光の影響が極めて少なかったことなどから、DMSP/OLS-Visのセンサ特性がかなり良いセンシティビティがあると評価できた。

一方で、福島原子力発電所の被災事故の影響もあり、その混乱の影響もあって各電力会社の発表した被災後のデータには不整合な部分が多かった。

今後、このような場合にも衛星リモートセンシングで観測されたデータが補完的に利用できるよう高精度な定量化へ向けてのデータ処理手法の開発を進めていく。

参考文献

- *1 H. Laha, M. Hara, H. Yagi, K. Naoki, Q. 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, 西尾文彦, 八木浩, 藤山隆, 豊原好次, 杉野康史, 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. 46-56, 2003
- *3 胡斯勒因, 原政直, 西尾文彦, 八木浩, 特許発明, 度次, 知財, 西尾文彦, 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, 西尾文彦, 藤山隆, 豊原好次, 藤山隆, 杉野康史, DMSP/OLS夜間可視画像を用いた約1秒進のモニタリング, 海洋理工学会, Vol.9, No.2, pp. 99-106, 2004

図2. DMSP/OLS-Vis画像

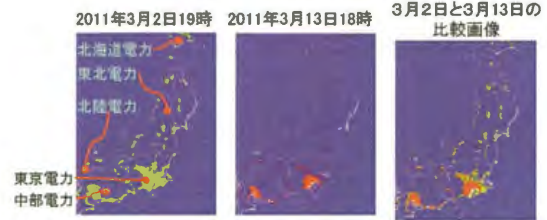


図3. 東北電力管内 衛星-実績データの相関

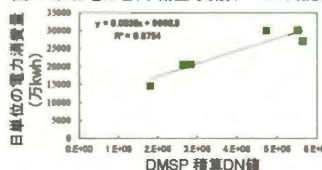


図4. 東京電力管内 衛星-実績データの相関

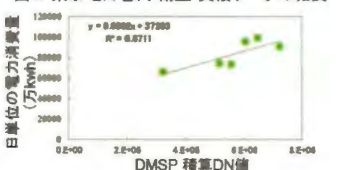


図5. DMSP/OLS-Visの時系列変化

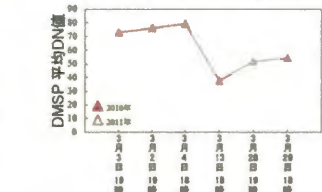


図6. 発電電力量の時系列変化

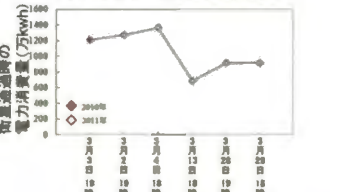


図7. 時別の衛星-実績データ

