

夜間光をパラメータとする二酸化炭素排出量の推定

- 東アジア地域における二酸化炭素の排出量の変動について -

原 政 直
(株) ビジョンテック

1. 背景と目的

温室効果ガスによる地球温暖化問題に関して、京都議定書後の新たな枠組みづくりが議論されている。特に、二酸化炭素ガス(CO₂)の排出量の削減については、2007年6月のG8サミットで「2050年までに世界の排出量を半減させる」という目標を軸として2009年までに新たな枠組みを作ることが確認された。京都議定書では、先進国にこのCO₂の排出削減責任を課しているが、途上国とされている中国をはじめ主要排出国のすべてが削減に向かう必要がある(図1)。現在、各国のCO₂排出量は統計的データとして集積されているが、その統計量の集積時期やその精度にばらつきがあり、また、データが空白となっている国や地域もある。また、このCO₂は経済活動に伴うエネルギー消費、特に、化石燃料の転換エネルギーである電力の消費による比率が高い(図2)。

そこで、夜間の人工光は電力消費やCO₂排出量と一定の相関がある^{1,2}ことを利用して、米国極軌道周回型気象衛星DMSP (Defense Meteorological Satellite Program)のOLS (Operational Linescan System)で観測された過去12年間の夜間人工光のデータを用いて、センサ特性の正規化を行った上で、東アジア地域における光力(輝度)とCO₂排出量の変動との関係、および、経済成長の指標であるGDP(Gross Domestic Products)との関係を調べ、データ空白の地域、国の排出量の推定や精度のバラツキの補正など、客観的で均一な精度でCO₂の排出量の推定を行うことを目的とした。

2. 使用データ

- 衛星データ : DMSP/OLS 1kmメッシュ年単位グローバルデータセット(1992年-2003年、米国NGDC)から北緯60度～南緯20度、東経60度～170度の範囲を切り出して使用した(図3)。
- ベクターデータ : CIP(The International Potato Center (Centro Internacional De LA PAPA)
- 統計データ : 国際連合世界統計年鑑(2000年版、2005年版)、国際連合統計局編 2003 Energy Statistics Yearbook United Nations

3. データセットの正規化

12年間のDMSP/OLS夜間光データはF10、F12、F14、F15の4機で観測されたもので、センサの劣化の影響やセンサ特性の違いにより、輝度値にバラつきがある。このバラつきを補正してセンサ間の正規化を図るために、F12の1999年の特性を基準とし、各画像中の輝度値が「0」となる地点、すなわち、周辺の光の影響のない湖沼の中心点と、年間を通じてセンサゲインの調整により、輝度の消失や飽和がない地点をランダムに選択(表1)、基準センサと各補正対象センサで得られた同一地点の輝度値を計測し(図4)、その直線回帰により得られた回帰パラメータ(図5)を用いて正規化した。

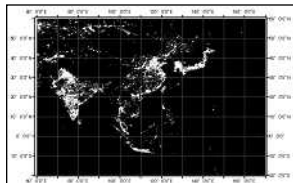


図3. 解析範囲

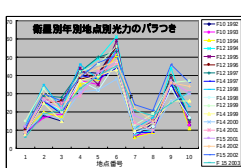


図4. 衛星別年次別センサ特性のバラつき

表1. 輝度計測地点一覧

緯度	経度	緯度	経度	緯度	経度	緯度	経度
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76
35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76	35.68	139.76



図5. 輝度計測地点

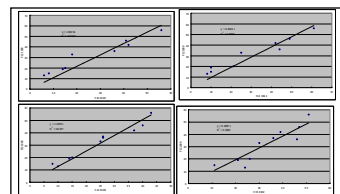


図6. F12に対する各センサ特性の相関

4. 国別の夜間光とCO₂排出量およびGDPの変動との関係

正規化された夜間光画像(図6)を用いて、国別輝度値の年次変動(図7)、世界統計による国別のCO₂排出量(図8)とGDPの年次変動(図9)を示す、また、図10には、国別輝度値とGDPと関係を示し、図11には、国別輝度値とCO₂排出量との関係を示した。

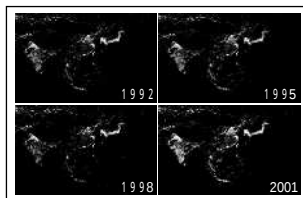


図7. 年次別正規化夜間光画像

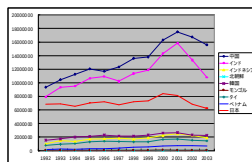


図8. 国別輝度値の変動

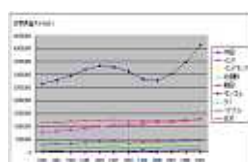


図9. 統計による国別CO2排出量

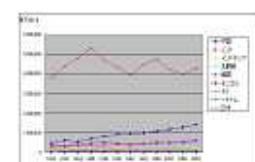


図10. 統計による国別GDP

輝度変動を見ると、絶対量、増加率ともに中国、インドが高い値を示しており、日本は緩やかな増加基調を示している。しかしながら、2002年、2003年の輝度が急激な下降基調に変化していることが認められる。また、統計量で見るCO₂排出量では、中国、インドは増加基調を、また、日本が緩やかな増加基調と傾向としては輝度変動に大よそ一致している結果が得られた。しかし、中国をはじめ1997年以降、下降基調になり、2000年から上昇基調に転じている。この原因は、1997年にタイ・バーツが変動相場制へ移行したことを発端としたアジア通貨危機が影響しているものと考えられる。この影響は、GDPについても同様のことが言える。しかし、中国のGDPが波状変化を示し、インド、日本との差が大きくなっていくなど、必ずしも輝度変化とは一致していない。

年次別の輝度値とGDPの散布図を見ると、中国、インドは輝度値が高くなる傾向にありながらGDPが低い、これに対して、日本はGDPが高い割りに輝度値が低い、これは日本の生産効率が良い(単位GDP当たりのエネルギー消費量が低い)という見方もできる。一方、輝度値とCO₂排出量の散布図を見ると、日本は輝度値とCO₂排出量の差が年次によって変化していないことが伺える。これに対してインドは輝度値の変化がある割りにCO₂の変化が小さい、もともと水力発電への依存度が高いことがその理由に上げられる。また、中国は輝度、CO₂排出量共に大きく変化をしていることが伺える。図12は2000年の輝度値を国別に示したものである。また、図13は1992年の各国における輝度値を基準として、2000年における変化の度合いをカラーで示したものである。赤が強くなるほどその変化が大きいことを示している。これによると東南アジア地域の変化が著しく、中国、インドがそれに続いていることがわかる。日本や北朝鮮はほとんど変化がない、これは北朝鮮のエネルギー事情や、日本における省エネルギー化が進んでいることを裏付けるものと考えられる。

5. まとめ

OLSによる夜間画像で得られる輝度値は、CO₂排出量の傾向を良くあらわしていることが認められた。しかしながら、長期にわたるモニタなどを行う場合、衛星センサの特性の違いを十分に考慮した補正をするなど、精度の高い情報抽出には、さらに考慮すべき点がある。図14はF10、F12、F14、F15のセンサ特性を示すものであるが、センサ間でその特性がかなり違う。過去のデータを一連のものとして使用するためには、このセンサ特性の補正が今後の課題である。

参考文献

- ¹ Doll, C.N.H., Muller, J.P. and Elvidge, C.D., Nighttime Imagery as a Tool for Global Mapping of Socioeconomic Parameters and Greenhouse Gas Emissions, Ambio, 29(3), 157-162, 2000.
- ² Masanori Hara, Shuhei Okada, Hiroshi Yagi, Takashi Moriyama, Koji Shigehara and Yasuhiro Sugimori, Progress for Stable Artificial Lights Distribution Extraction Accuracy and Estimation of Electric Power Consumption by mean of DMSP/OLS Nighttime Imagery, Remote Sensing and Earth Sciences, 1(1), 31-42, 2004.

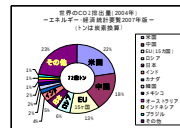


図1. 世界のCO₂排出量(2004)

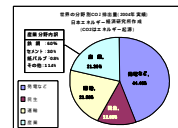


図2. 世界の分野別CO₂排出量(2004)



図10. 国別輝度値とGDPとの関係

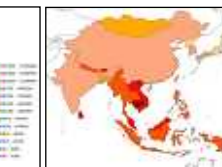


図11. 国別輝度値とCO₂との関係



図12. 2000年の輝度値画像



図13. 1992年を基準とした2000年の輝度値変化度

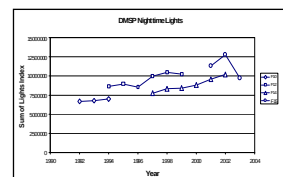


図14. F10,F12,F14,F15のOLS夜間モードセンサの特性