

47. 夜間光衛星画像データ DMSP によるアジアの地域別経済活動強度推定

Estimation on Regional Intensity of Economic Activity in Asia: An Application of Nocturnal Light Image by DMSP/OLS

一ノ瀬俊明¹・松村寛一郎²・中谷友樹³・中野泰臣⁴・Chris ELVIDGE⁵

ICHINOSE Toshiaki¹, MATSUMURA Kan'ichiro², NAKAYA Tomoki³, NAKANO Yasutomi⁴

and Chris ELVIDGE⁵

ABSTRACT; Nowadays many of the urban areas in Asian countries give more priority to economic development than to environmental issues. Information showing developing stages of urban area are generally restricted to published statistics by governments. Thus it is difficult to collect cross-sectional urban environmental indicators under a common criteria.

DMSP (Defensive Meteorological Satellite Program)/OLS (Operational Linescan System) Stable Light Image (SLI) shows frequencies of light observation on the earth during nighttime. This study proposes a method to estimate spatial distribution of economic activity using SLI defined as an accessible indicator of light observation.

From the enormous archives in NOAA National Geophysical Data Center (NGDC), the authors established temporal data sets in Asian region for 1992-3, 1996, 1998 and figured out impacts of

- Asian economic crisis (1997)
- stress in the marginal zone between India and Pakistan
- temporal variability of fisheries in the Japan Sea (the Eastern Sea)

through the analyses on these data sets.

They also compared these data sets summed up in each province in China with some published statistics on socio-economic factors. Intensity of the nocturnal light showed high alterability for GDP and consumption of electricity (per km²).

KEYWORDS: DMSP, economic activity, urbanization, Asia, remote sensing

1 はじめに

一般的に途上国アジアにおいては地域別各種統計データの整備が遅れており、その入手・利用は困難である。とりわけ開発の進行に伴う都市環境の悪化など、その時系列変化を追いかけるデータは皆無に近い。また、既存の統計資料には信憑性のないものも多い。

1 (独) 国立環境研究所 National Institute for Environmental Studies, 16-2, Onogawa, Tsukuba 305-0053, Japan
/ 華東師範大学 East China Normal University, Shanghai, China

2 東京大学生産技術研究所 Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Tokyo, Japan

3 立命館大学 Ritsumeikan University, Kyoto, Japan

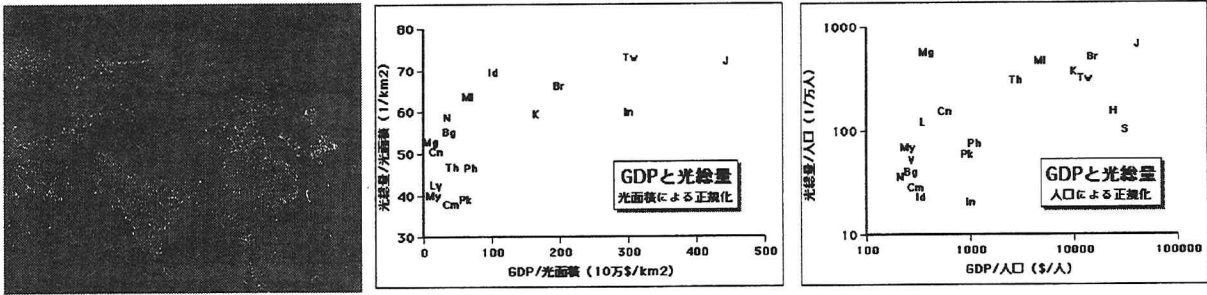
4 東京大学工学部 Faculty of Engineering, The University of Tokyo, Tokyo, Japan

5 NOAA, Boulder, Colorado, USA

経済活動の度合を示す指標にしても、市街地の水平的拡大を捉えるのに用いられているLANDSAT
らよく知られた衛星画像からは、その作成が困難である。このような事情に鑑み、場所を問わずア
ジア（あるいは世界）の各都市に適用可能な都市の発展段階の定量化手法の開発が必要である。リ
モートセンシングから得られる情報をGIS上で行政界単位に集計し、既存統計資料の代替とする手
法は、その代表例といえる。

米国の軍事気象衛星により撮影された夜の地球表面の光強度画像データ（DMSP/OLS: Defensive
Meteorological Satellite Program / Operational Linescan System）は、東西冷戦後の軍事技術
の民需転用の流れの中、ナショナルジオグラフィックマガジン（1998）等で紹介され、近年その存
在が有名になりつつある。このデータは、夜間における可視～近赤外領域の弱い放射（VNIR;
0.4-1.1 μ m）を、30秒（約560m）の解像度でカバーしている。ここで捉えられる放射は、月光を反
射する雲、都市や工業地帯の照明、ガス田の炎、山火事、雷光を反射する雲などである。しかし現
在まで、アジア地域における夜間光衛星画像は、1時点分しか構築されていなかった。それは1994
年中旬～1995年中旬に撮影された256シーンのうち、光が存在したところと存在しなかったところ
をパーセンテージで示したもの（256シーンすべてに光が撮影されていた場合は100）であり、既に
都市域の拡大（Imhoff *et al.*, 1997）、人口（Nakaya, 1999）、エネルギー消費量（Elvidge *et al.*,
1997a）の推定に用いられてきた（Fig.-1）。

著者ら（2000）は、経済活動の活発な地域ほど夜間の光強度が強いとの仮定のもとに、光強度と
マクロ経済指標との整合性を検証した。アジアの20ヶ国を対象とした解析の結果、両者の関係は対
数曲線で表現された（Fig.-2; Fig.-3）。この関係を用いれば、地域別経済統計データの有無にか
かわらず、シームレスに地球表面上の経済活動の分布を捉えることが可能であると思われる。一方こ
のデータを時系列データとして入手することが可能となれば、各種の経済活動強度分布の時系列変
化を捉えることができるのではないかという仮説にもとづき、世界に先駆けて、NOAAの膨大なアー
カイブより、アジア地域における3時点（1992～1993, 1996, 1998）のデータセットを構築した。
このデータセットを中国の省級行政区単位に集計して指標化し、既存の社会経済統計指標と比較し
て、その代替性について検討した。



左：Fig.-1 DMSP/OLS Stable Light Image (1994-5)

中：Fig.-2 光面積により正規化されたGDPと光総量の関係

Bg：バングラデシュ、Br：ブルネイ、Cm：カンボジア、Cn：中国、H：香港、Id：インド、In：インドネシア、
J：日本、K：韓国、L：ラオス、Mg：モンゴル、Ml：マレーシア、My：ミャンマー、N：ネパール、Ph：フィ
リピン、Pk：北朝鮮、S：シンガポール、Th：タイ、Tw：台湾、V：ベトナム（Fig.-3も共通）

右：Fig.-3 人口により正規化された GDP と光総量の関係

2 データ処理の流れ

今回のデータ処理は、以下のようなものである。

- ①デジタル化されている 1990 年代以降のアーカイブデータのうち、1992 年 (F10 衛星)、1996 年 (F12 衛星)、1998 年 (F12 衛星) の 9 月～11 月の下弦から上弦 (Moon Light 50%以下) のデータを抽出する。
- ②太陽光がセンサーに入って生じるグレアを削除 (切り取り及びマスキング) する。
- ③幾何補正を行う。
- ④観測された熱赤外バンドより求められる地表面温度が異常に低く、実際の地表面温度と乖離している個所を雲域とみなし、雲と陸地の判別を行う。
- ⑤重ね合わせ処理により、非輻射定標夜間灯光平均強度データ (Non radiance-calibrated average light intensity data) の作成を行う。これは、光の頻度のみを表現する安定灯光データ (Stable Light Data; Elvidge *et al.*, 1997b) と光の強度までも表現できる輻射定標夜間灯光強度データ (Radiance-calibrated Low-light Data; Elvidge *et al.*, 1999) の中間的な位置付けである。

3 結論

こうして得られた非輻射定標夜間灯光平均強度データ画像 (Fig.-4) からは、アジア通貨危機 (1997) の影響や、インド・パキスタン国境の緊張度、日本海における漁船の分布の変化等が確認され、DMSP データ時系列解析の有用性が示された。例えばバンコク周辺地域では、1992-93 年から 1996 年にかけて弱い光強度、つまり開発途上にあったとみられる地域の多くにおいて、1998 年にはその光が見られなくなっている。1993 年から 1996 年にかけて光強度・面積とも明らかに増加しているが、その増加した地域で光強度の減少が著しく見られる。もともと市街地であった地域の光量の変化は小さい。つまり、近年になって開発された地域が、経済危機の影響を強く受けたものと推定される。

また、このデータセットを中国の省級行政区単位に集計して指標化し、既存の社会経済統計指標と比較して、その代替性について検討した。今回作成されたデータセットは 1994 年中旬～1995 年中旬の事例と違い、撮影されている光の強度も反映されるような処理を行ったものである。このデータセットより加工された中国の省級行政区別年次別の灯光指数と、中国統計年鑑などに掲載されたいくつかの社会経済統計指標を比較した結果、単位面積当たり GDP や単位面積当たり電力消費量との間に高い相関関係が見出せた (Fig.-5)。ここで、灯光指数は灯光強度と灯光面積の線形結合 (陳ら, 2002) である。ただし、ここでは上海市など一部の高度に開発された地域を除いていることや、国単位での解析例にも見られるとおり、一定の経済水準に達した地域では光量が飽和してしまう傾向があるため、こうした明瞭な相関関係が成立する地域や空間スケールに留意する必要がある。なお現在、地級・県級行政区を単位とした事例への適用や、経年変化を追いかけるためのレベルの補正手法などを検討中である。都市化レベル複合指標 (曾・孫, 1999) は都市化因子 (非農業人口比率, 第二・三次産業 GDP 比率, 建成区面積比率など) の線形結合であるが、灯光指数と都市化レベル複合指標との相関式を用い年次間の差を補正 (陳ら, 2002) した場合、1997 年経済危機の影響は消えてしまうようである。このような補正の必要性を含め、今後の検討課題は多い。

灯光指数データの作成に関し、北京師範大学の陳晋副教授にご指導いただいた。本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (C) 12650537「夜間光衛星画像データ DMSP によるアジアの地域別経済活動強度推定」(代表・一ノ瀬俊明) の一部である。

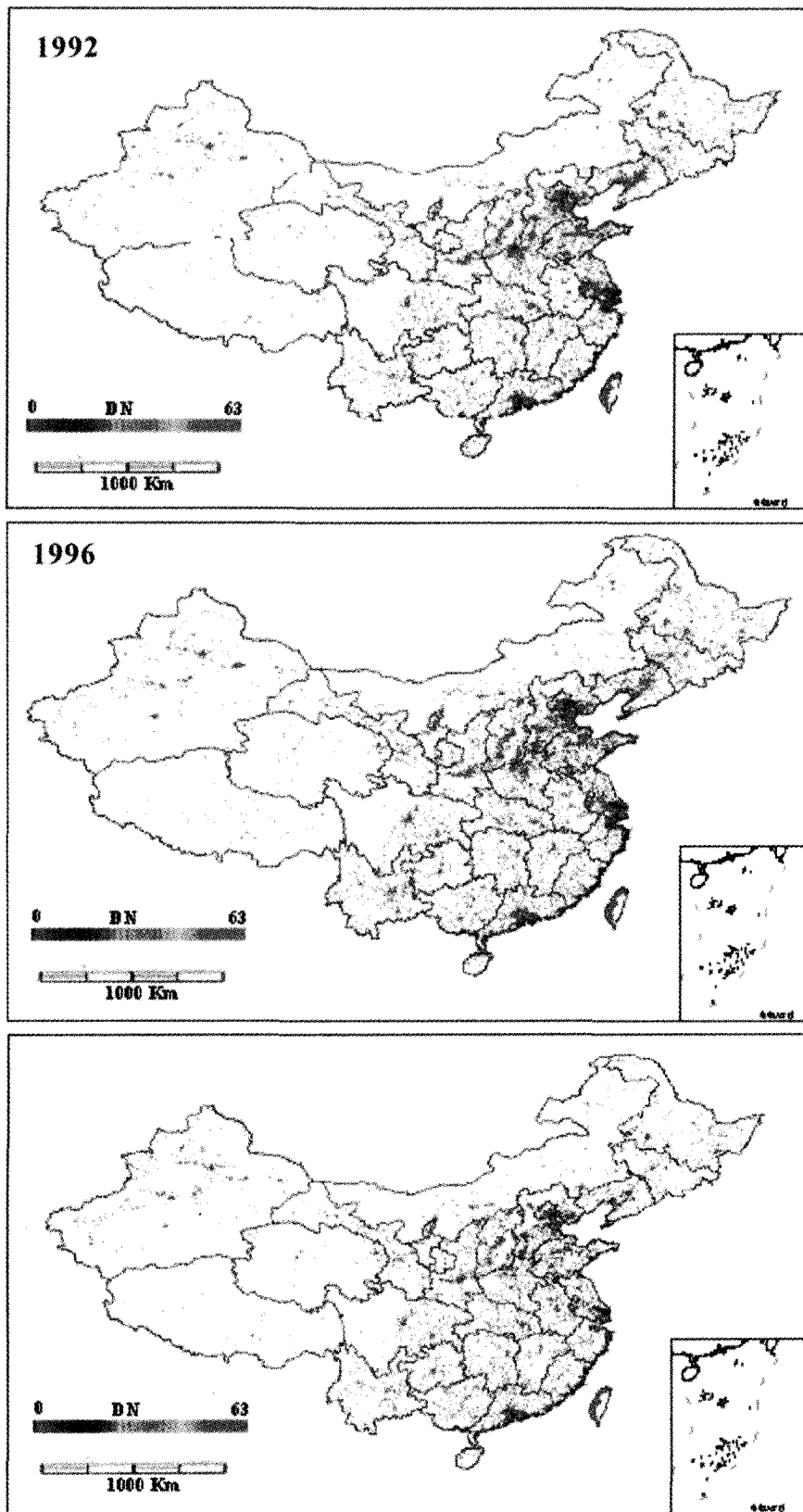


Fig.-4 1992, 1996, 1998 年非輻射定標夜間灯光平均強度データ

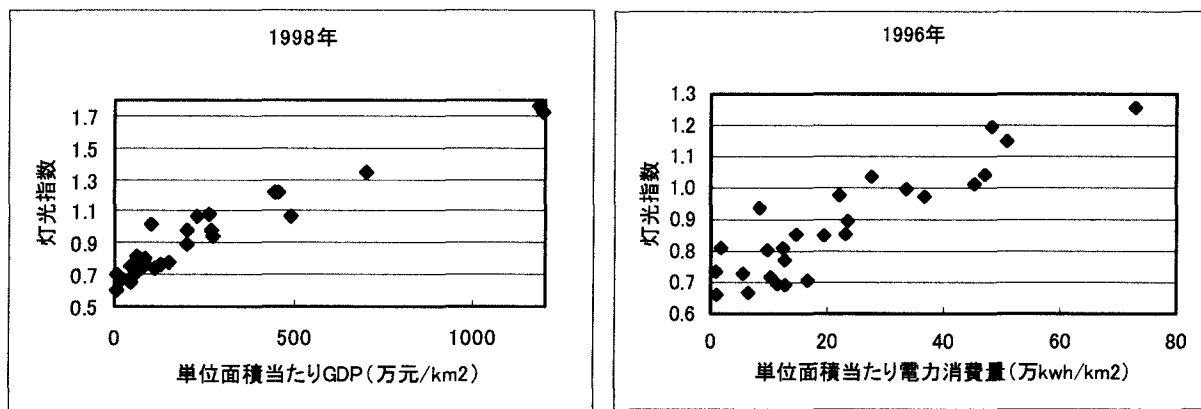


Fig.-5 中国の省級行政区を対象とした解析例

参考文献

- Elvidge *et al.* (1997a): *International Journal of Remote Sensing*, 18, 1373-1379.
 Elvidge *et al.* (1997b): *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63, 727-734.
 Elvidge *et al.* (1999): *Remote Sensing and Environment*, 68, 77-88.
 Ichinose *et al.* (2000): *Global Mapping Forum 2000*
 Imhoff *et al.* (1997): *Remote Sensing and Environment*, 61, 361-370.
 Nakaya (1999): *CGER-Report*, CGER-I038-'99, 13-23.
 曾・孫 (1999): 四川測繪, 22 (2), 68-71. (中国語)
 陳ら (2002): 遥感学報 (中国語: 印刷中)