

## 米国軍事気象衛星データを用いたアジア地域の人間活動分析

Evaluations and Analyses of Human Activities in Asia by Utilizing DMSP Data

中 野 泰 臣\* 松 村 寛 一 郎\*\* 玄 場 公 規\* 中 谷 友 樹\*\*\* 一ノ瀬 俊 明\*\*\*\*

Author(s) Yasutomi Nakano\*, Kan-ichiro Matsumura\*\*, Kiminori Gemba\*,

Tomoki Nakaya\*\*\*, Toshiaki Ichinose\*\*\*\*

**Abstract ;** Many of the urban areas in Asian countries give more priority to economic development than to environmental issues these days, which leads to the serious environmental deterioration. Under those circumstances it is needed to develop the material to measure the levels of economic development and of environmental preservation in order to balance the two. However in urban areas in developing countries, survey of the environment and statistical maintenance are not well established yet, which makes it difficult to collect cross-sectional urban environmental Indicators under common criteria. Another problem is the credibility of those data; many of the existing data are said to be unreliable. Consequently, it is indispensable to develop a methodology to quantify developing stages of urban areas in Asian countries, or possibly in other cities in the world. Here we propose an alternative method; It is a method to gather information through remote sensing, and process it on the geographic Information system in units of the administrative area. Here we verify the coherence of association between light intensity and the macroeconomic indicators using nighttime light intensity data measured by one of US Military satellites (DMSP; defense meteorological satellite programs). This study has been made on the premise that economically more dynamic areas show stronger light intensity. The total light amount is defined as the product of light intensity, rated on a scale of 256, and the light surface area.

### 1. 序論

アジア各国の経済発展が加速化している。とりわけ世界人口の40%を超える中国・インドにおける人口増加と経済発展は、世界の環境および経済システムに対して深刻な影響を及ぼすことが推測される。同時に、アジア各国において都市化が進展し、大都市周辺のスラム化などの深刻な事態が進行している。この事態を改善し、持続可能な経済発展を実現するために、どの地域でどの程度の都市化・経済発展が見られ、そしてどのような事態が起きようとしているのかを的確に把握せねばならない。しかし、一般的にアジアの途上国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。また、既存の統計資料には信憑性のないものも多い。そのような状況のもと、リモートセンシングは調査のコストを抑えながら

---

\*東京大学工学系研究科アクセントゥア寄付講座 Accenture Endowed Chairs, School of Engineering, the Univ. of Tokyo \*\*東京大学生産技術研究所 Institute of Industrial Science, the Univ. of Tokyo \*\*\*立命館大学文学部 Department of Geography, Ritsumeikan University \*\*\*\*独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

も、定量的かつ横断的に都市の発展段階を把握する非常に有効な手段として期待されている。その中でも新しい手段として、米国の軍事気象衛星 DMSP により撮影された夜間の地球表面の光画像が有望である。夜間の光の強度は経済活動に伴うエネルギー消費水準と密接に関係していると考えられるためである。夜間光衛星画像を時系列的に把握することにより、各種の経済活動強度の変化を捉えることができるのではないかと、いう仮説に基づき、米国海洋気象局 NOAA の協力を得て、世界で初めてアジア地域における 3 時点(3ヶ月間の合成画像)の DMSP 都市光強度データセット(図 1-1~1-4)を構築した。その結果、アジア通貨危機の影響(図 1-5)、緊張の高まるインド・パキスタン国境地帯、95 年日韓漁業協定を反映した日本海のスルメイカ釣り漁船分布変化(図 1-6)などが捉えられ、時系列解析の有用性を示した。

## 1.1 DMSP

DMSP とは米国軍事気象衛星プログラム(Defense Meteorological Satellites Programs)の略である。昼夜とわず、雲などの気象情報を収集することを目的として、米国空軍が運用している。DMSP は夜間の光量抽出が可能な OLS センサー(近赤外と遠赤外の 2 バンド)を有している。近赤外バンド(8bit)の解像度は 550m であるが、米国空軍の規制によって一般研究者の利用は普通 2.7km の解像度データに限られる。

## 1.2 作成データの範囲と時期

作成データは、92-93 年、96 年、98 年の各 9 月から 11 月の 3 ヶ月間の合成データであり、定常夜間安定都市光強度データである。但し 92、93 年次は欠損が多く、92-93 年の合成データとした。92-93 年次は F10 衛星、96 年及び 98 年次は F12 衛星によるものである。作成範囲は E65-E150、N0-N55 であり、主要アジア地域が網羅されている。データは MoonLight50%以下のものを使用した。

## 1.3 作成データ

5、6 ページに記載。

## 2. タイ

### 2.1 アジア経済危機前後のタイにおける土地利用変化と DMSP データの変化

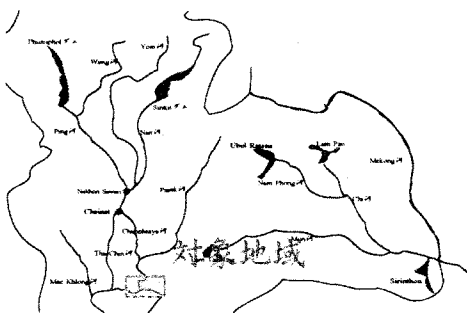


図 2-1 対象地域

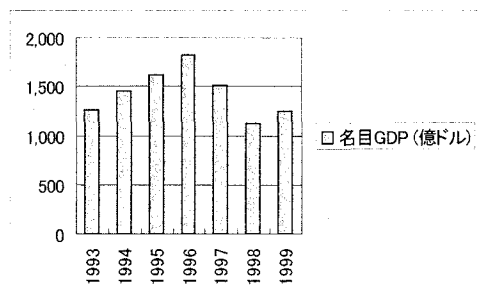


図 2-2 タイの名目 GDP

97 年に起こったアジア経済危機前後の、タイ・チャオプラヤ河口域を対象地域として、DMSP と他衛星画像(Landsat/TM(93.12.25)、ADEOS/AVNIR(96.12.27)、JERS/OPS(98.4.13))の比較検証を試みた(図 2-3)。図 2-3 の上 3 枚の画像は、各 3 時点における土地利用図(桃:市街地、茶:裸地、緑及び黄緑:緑地、青:水域)

である。図 2-4 より、市街地と裸地の増減がよく対応している。96 年までは裸地域の市街地化が進んでいたが、97 年の経済危機以降は市街地化が止まったとことが分かる。

ここで、同地域を各年次の DMSP 画像と比べてみる。93 年から 96 年にかけての経済バブル期には、夜間工事等のエネルギー消費増加により、特に既成市街地外の裸地・緑地域の光強度について顕著な増加が見られる。逆に、通貨危機後の 98 年には、バブル期に光強度の増加が見られた地域の多くが、光強度の顕著な減少が見られる。97 年の経済危機以降、バンコク郊外では、建設途中であった別荘などが放置されているのをよく見かける(図 2-5)。96 年の建設ラッシュ時には、夜間工事や居住に伴う光が DMSP 光強度図にも反映されていたものと思われる。

これらの結果より、DMSP は、既成市街地の評価よりむしろ既成市街地外域にある都市化前線地域の評価に優れているのではないかと考察できる。

### 3. マレーシア

タイにおいて発生した通貨危機がアジアの広範囲に影響を及ぼしたが、アジア各国を共通のものさしによって影響の度合いを定量的に把握することが求められている。マレーシアの首都であるクアラルンプール周辺について、得られたデータの解析を行った。

図 3-1 は、クアラルンプール周辺域における、LANDSAT により捉えられた地表面の様子である。都市域の拡大傾向が見られるが、この画像からでは、経済活動の変化を捉えることは困難である。そこで、92-93 年、96 年、98 年の 3 時点についての、DMSP データでの検証を試みた。図 3-3 はクアラルンプール周辺部のみを切り出した画像である。都市部の拡大と 98 年には光強度が減少していることが分かる。なお、98 年のデータについて、雲の影響により、クアラルンプール中心域の一部が欠損している。

図 3-3 中の DMSP 画像について、欠損している時点の面積

を除いた光強度毎の面積計算を行った。光強度毎の面積推移を図 3-4 に示した。その結果、経済指標の動きと同様に、光強度が 92-93 年から 96 年にかけて増加傾向を示し、96 年から 98 年にかけては減少傾向にあることが示された。

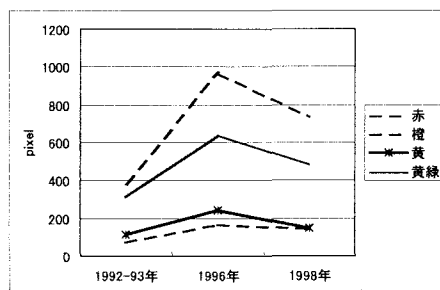


図 3-4 光強度毎のクアラルンプールにおける光強度面積の推移

### 4. まとめと今後の発展

本研究では、アジア地域における時系列の DMSP データを分析し、当データが経済活動を表す一つの指標となりうることを示唆した。ただし、アジア地域の時系列 DMSP データの分析は、世界でも初の試みであるため、今回は、おおまかな傾向や定性的な評価に止まった。DMSP の経済指標としての有効性を更に検証するためにも、各国・地域のセンサスデータを収集し、より詳細な定量分析を行う必要がある。

更に、雲や森林火災などの除去アルゴリズムや、データのキャリブレーション手法を模索するなどして、データ自体の精度を高めなければならない。

今後は、リアルタイムな夜間環境モニタリングを可能なものとし、多分野での一層の利用を図るためにも、インターネット上での定常夜間都市光の配信システムの構築についても探っていきたいと思う。

## 参考文献

- 1) Kanichiro MATSUMURA and Kiminori GEMBA and Fumio KODAMA: Is "construction" Core Competence of Steel Industry?,  
Proceedings of International Conference on Steel and Society, pp.325-329, June 2000
- 2) Kanichiro MATSUMURA and Kiminori GEMBA "Global Risk Management on the WEB",  
Proceeding : Application Area of Internet Workshop on Asia Pacific Advanced Network and its Applications IWS 2000, p163, February 2000
- 3) ICHINOSE Toshiaki, MATSUMURA Kan'ichiro, NAKAYA Tomoki, NAKANO Yasutomi, Chris ELVIDGE, Marc IMHOFF , "Development of Methodology to Quantify Developing Stages of Urban Area - Applicable Methodology to Cities in the World -", Proceeding: Global Mapping Forum2000, November2000
- 4) 児玉文雄、松村寛一郎、玄場公規：資金の環境に対する影響評価、日産科学振興財団研究報告書、Vol.24 平成 13 年度、pp.69-72,2001.8

## 謝辞

データ作成に当たっては、US Air Force Weather Agency、NOAA/NGDC DMSP Research Group (代表 Dr.Chris Elvidge)、宇宙開発事業団 (NASDA) 及び京都大学農学部三野研究室、鳥井研究室のご協力を頂いた。

本研究には、平成 11～12 年度日産学術研究助成：『マレーシアを対象とした持続可能型経済システムへの展開に向けての環境学的研究』（代表：東京大学児玉教授）、および平成 12～13 年度、文部省科学研究費（代表：一ノ瀬俊明国立環境研究所主任研究員）『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』の一部を利用させて頂いた。

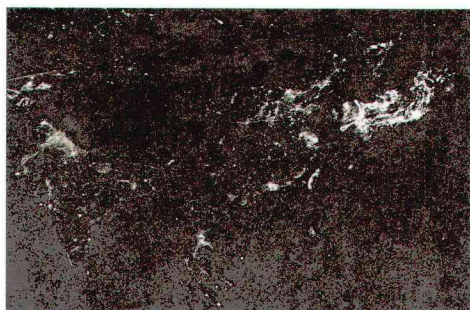


図 1-1 92-93 年都市光図(モノクロ)

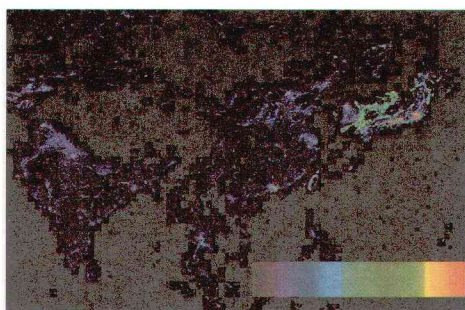


図 1-2 92-93 年都市光図

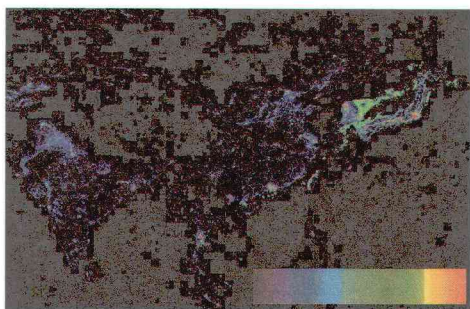


図 1-3 96 年都市光図



図 1-4 98 年都市光図

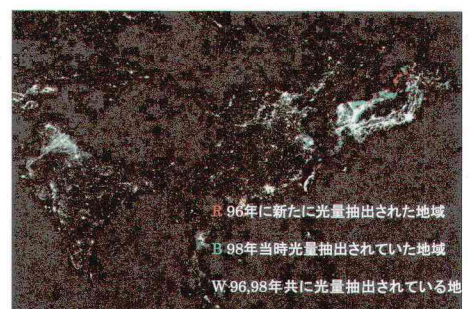


図 1-5 96 年と 98 年比較

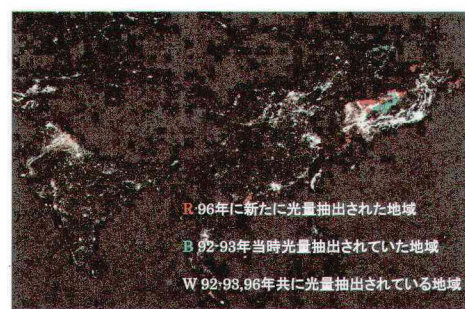


図 1-6 92-93 年と 96 年比較

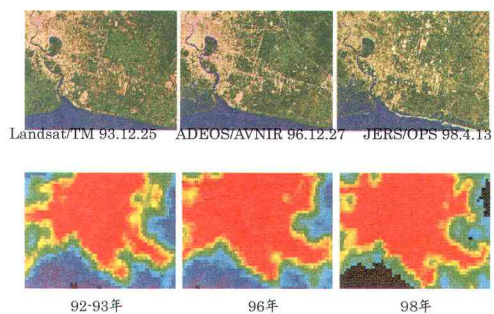


図 2-3 土地利用図と DMSP 画像

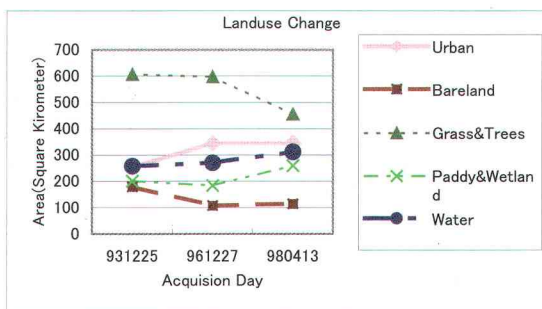


図 2-4 土地利用変化

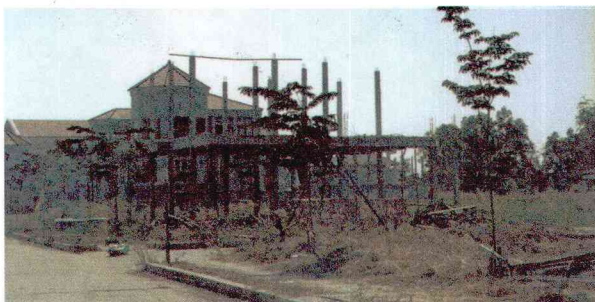


図 2-5 バンコク郊外の通貨危機後放置された家々(99 年 12 月撮影)

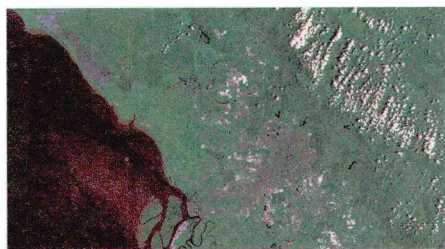
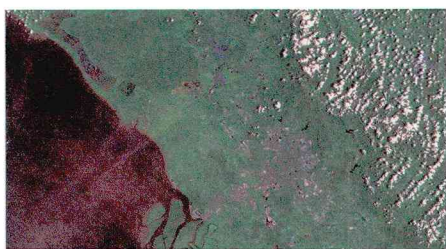


図 3-1 クアラルンプール周辺域の Land Sat TM 画像 (右 : 1988 年、左 1998 年)

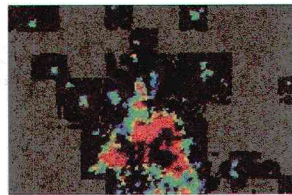
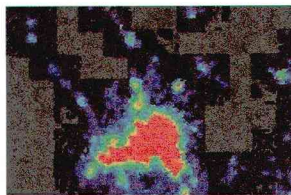
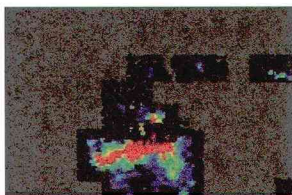


図 3-2 マレーシアの DMSP 画像 (1992-93 年 : 左端、96 年 : 中央、98 年 : 右端)

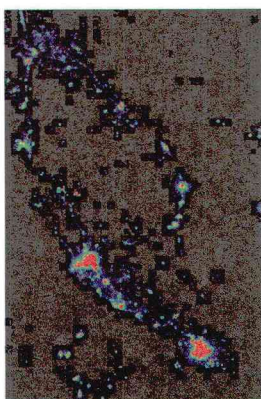
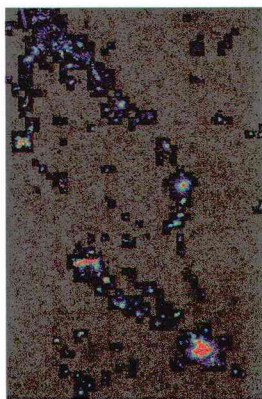


図 3-3 クアラルンプールの DMSP 画像 (1992-93 年 : 左端、96 年 : 中央、98 年 : 右端)