

NOAA衛星データによる広域諸環境の観測

THE OBSERVATION FOR REGIONAL ENVIRONMENT BY USING NOAA SATELLITE

風間聡^{*}， 沢本正樹^{**}， 多田毅^{*}

So KAZAMA, Masaki SAWAMOTO and Tsuyoshi TADA

ABSTRACT;The satellite data is very useful for observation of the regional environment. However, it has been rather difficult to obtain quantitative data from satellite image data. Recently the number of ground observing stations has been increasing. The interpretation of the image data became easier and clearer. This report shows some examples how to utilize the NOAA data for observation of environment. i.e., the observation of snow covered area, estimation of evapotranspiration and evaluation of NPP are shown as examples. Snow covered area can be obtained correctly by comparing multi-spectral sensor. Snow map made from some images makes possible to evaluate snow storage. Evapotranspiration can be estimated by considering the correlation with NDVI which is calculated from the satellite data. The distribution of NDVI also makes possible to evaluate Net Primary Production.

KEYWORD : NOAA SATELLITE, HYDRO-ENVIRONMENT, SNOW, EVAPOTRNSPIRATION

1. はじめに

地球環境の観測に人工衛星が有効であることは広く知られている。その観測例は豊富であり、アマゾン流域の開発や極地での雪氷の変化などを我々に知らせてくれる。衛星観測の優れた点は、広域における定時観測の点であり、日々刻々と変化する状況を逐次知らせてくれる。

従来の衛星観測は、センサやソフトの開発の遅れから定性的な評価が多く、定量的な評価や地上物理量との関係については、あまり報告例がなかった。近年、衛星データが簡易に安価で入手できるようになり、解析例は増えてきている。これはグランドトゥースデータが豊富に得られるようになったことにも起因している。特に日本では気候特性が変化に富んでおり、また、地上データの整備から物理量の変換の作業は行いやすい。そこで本報告では、NOAA衛星を用い、地上の環境を評価しうる諸量の観測例を報告する。

2. 水循環に関する物理量の観測

2. 1 積雪域の観測

陸域における水循環は大きく分けると、降水、貯留、蒸発散、流出の4つに分けられる。積雪域の観測は水循環の中の貯留についての情報を得ることが出来る。また、極域の積雪域が気候変動と一致することもよく知られたことである。衛星から観測できるのは主に面的情報であるが、積雪域を正確に求めるには幾つかの手順が必要である。

* 東北大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Tohoku University

** 東北大学工学部土木工学科 Dept. of Civil Engineering, Tohoku University

積雪域は肉眼で見てもわかるように、可視波長の白い部分とそうでない部分で区別できる。しかし、その境を決めるのは容易ではない。確率的手法によれば100%積雪域と認められる領域と100%無雪域の中間値を選ぶことが多い。しかし、画素内に占める積雪域の割合が必ずしも比例ではないため、その閾値を決定するのは困難である。確実に決定するにはGTD(Ground Truth Data)を用いた決定法である。これは積雪域がある部分と無い部分の輝度値を調べ、決定する方法である。図-1に1989年2月15日に東北地方で適用した結果を表す。この際、可視波長帯だけでは、同色の雲や霧等は区別できない。そこで多

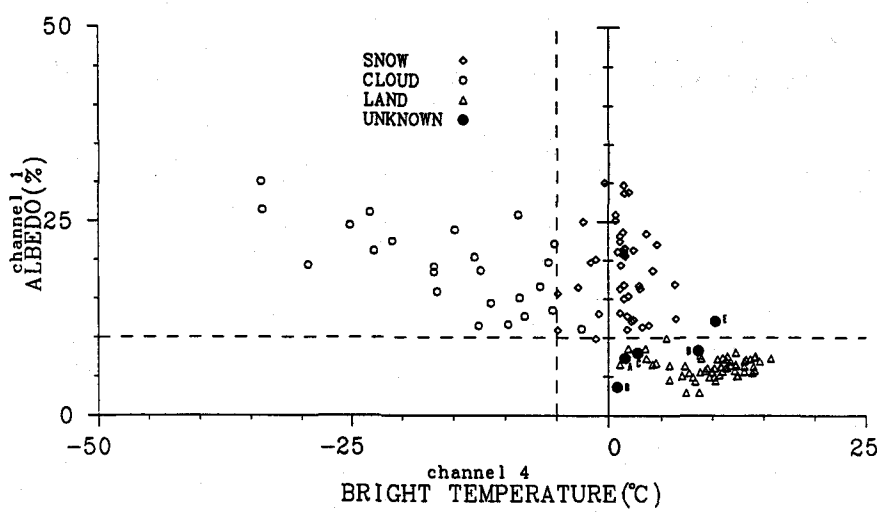


図-1 対象物別の反射輝度と輝度温度の関係

表-1 時期別の積雪域閾値

	雪・雲 ch1 (ALBEDO)	低層の雲 ch3* (MOISTURE)	高層の雲 ch4 (BRIGHTNESS TEMPERATURE)
1月18日	8.0% 以上	10.0℃ 以上	-
1月30日	9.0% 以上	10.0℃ 以上	-
2月15日	10.0% 以上	16.0℃ 以上	-
2月23日	11.0% 以上	16.0℃ 以上	-
3月26日	13.0% 以上	16.0℃ 以上	-10.0℃ 以下
4月 2日	14.0% 以上	22.0℃ 以上	-

* ch3は輝度温度値で表わされる。値が大きいほど反射量が多い。

波長を用いることで雲域の判別を行う。高層の雲は低温であるため熱赤外の波長帯を用いることで判別ができる。低層の雲はその構成が水粒であるため、中間赤外の波長帯を用いることで判別ができる。また、太陽高度によって輝度値が変化するため各時期毎に閾値を決定してやらなければならない(表-1)。これらの閾値で画像を識別すると、無雪域、積雪域、雲域の3つに区別できる。しかし、雲の下の状態を知ることは出来ないため、何日かの画像の雲でない領域を重ね合わせることである時期の積雪状態を知ることが出来る。この方法で作成されたものを積雪マップといい、更にこれを利用することで積雪深の分布が求められる。雪線からの標高差が積雪深に比例する関係を用いて求めた積雪深分布が図-2である。これらを時系列で解析することで水資源計画や洪水流出の予測、気候変動の把握等に利用できるだろう。

2. 2 蒸発散の分布推定

蒸発散量を支配する因子には、気温、湿度、風速、日照時間、土壌水分といったものが挙げられるが、これらは全てその地域の植生に強く影響を与えており、また植物自身も蒸発散量に影響を与えている。そこで、植生をパラメータとして中、長期の蒸発散量を推定できることが予想される。我々は、NOAA-AVHRR のデータから算出される NDVI を用いて広域からの蒸発散量分布を推定する手法を開発中である。

NDVIとは Normalized Differencec Vegetation Index の略で、植生指標と訳される。植物の葉は可視光の赤色域を多く吸収し、近赤外域を反射または透過する性質がある。そこで NOAA-AVHRR の Cannel-1(可視)と Channel-2(近赤外)のデータから、以下の式で NDVI が定義される。

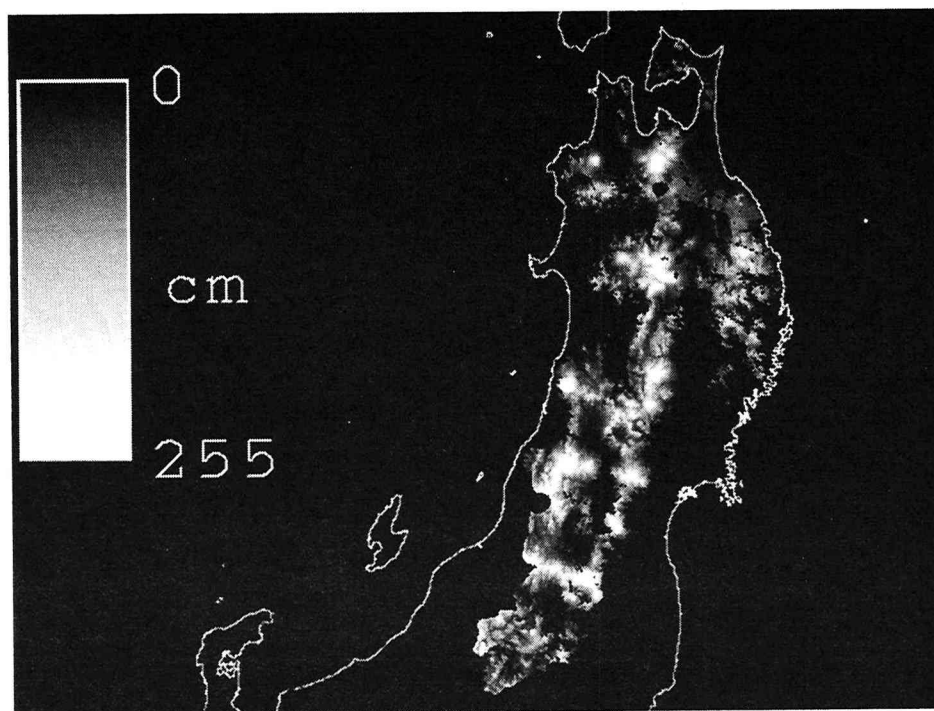


図-2 1989年2月15日の積雪深分布

$$\text{NDVI} = (\text{Ch.2} - \text{Ch.1}) / (\text{Ch.2} + \text{Ch.1})$$

この値が大きいほど植物の活性度が高いと判断できる。

まず、気象情報が整備された東北地方の森林を主体とする3流域について、既存の手法を用いて蒸発散量を推定した。そしてその蒸発散量と、衛星から観測された各流域での NDVI の季節変動との関係を重回帰分析により解析することにより、流域毎に NDVI と蒸発散量との関係を算出した。ある時点におけるNDVI分布画像に対し、各画素毎にこの関係を適用することで、その時点での蒸発散量の分布図が得られる。流域単位ではほぼ妥当な精度が得られている。

これまでの解析から、いずれの流域においても NDVI と蒸発散量とはほぼ比例関係にあるといえるが、全流域を通じて完全に一定であるとはいえない。流域間の格差の原因としては、森林を構成する樹種の違い、緯度、標高といった地理的条件の違い等が考えられるが、その詳細は不明であり、現在研究中である。

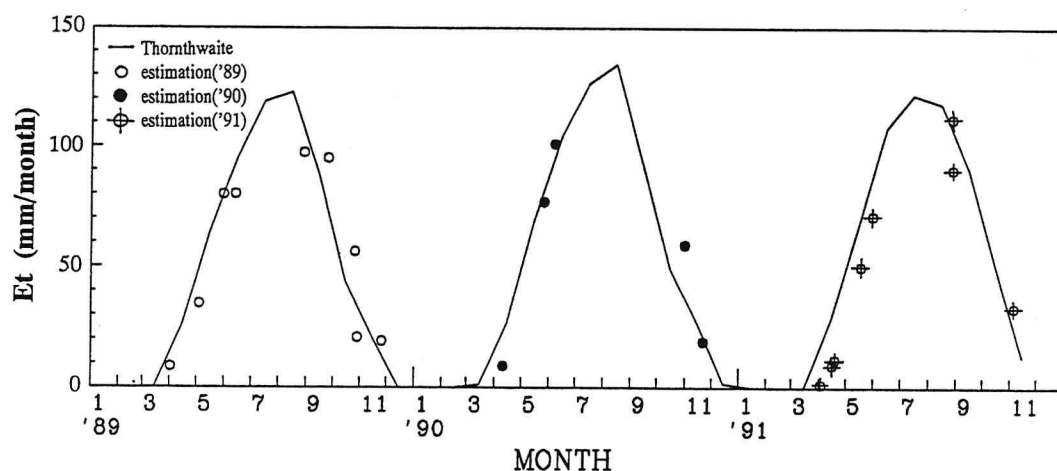
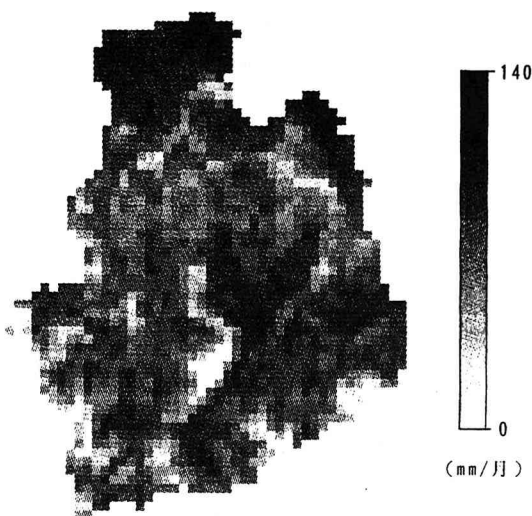
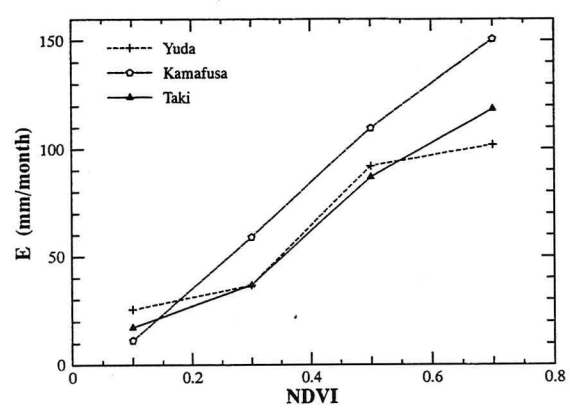


図-3 滝ダム流域における気象データによる推定値とNDVIによる蒸発散量推定値

朝鮮半島全域についても同様の解析を行い、良好な結果が得られている。こちらは様々な地覆が混在する大きな流域を対象としており、比較的地覆の均一な小さな流域を対象とした日本での解析にくらべ、流域間の格差は小さくなっている。



図－４　NDVIによる滝ダム流域蒸発散分布
(1989年6月)



図－５　３流域におけるNDVIと蒸発散の関係

3. 植物環境の評価

植生指標の最も簡単な利用法として地覆分類があげられる。日本の場合、GIS(Geophysical Information System)データが利用できるが、途上国や地上観測ができないような地域では衛星データを利用する方法が有効である。また、GISデータにはない落葉樹林と常緑樹林の違いの判定や衛星データの即時性からGISデータの訂正にも効果がある。

植生指標は植物の活性度を表しているが、定性的なものであり定量化はなされていない。ある期間のNDVIの和はiNDVI(the time integral NDVI)と呼ばれ、キビや麦等の農作物の生産性と相関の良いことが多く報告されている。このiNDVIの値とNDVIの季節変化を比べると常緑樹と落葉樹、水田、都市域、水域の区別が明瞭に行うことが出来る。また、このiNDVIは物理量NPP(Net Primary Production)に変換することが出来る。清野らは日本のNPP分布を求めており、県毎のTNP(Total NPP)を求めた。これを用いてiNDVIからNPPを求める係数を以下の式で決定する。

$$TNP_j = \varepsilon_j \times \sum^{pixel} A_j \times iNDVI$$

- TNP_j :カテゴリーjの TNP
- ε_j :カテゴリーjの補正係数
- A_j :ピクセルのカテゴリーjの面積
- $iNDVI$:ピクセルの iNDVI

この方法で決定された係数を用いれば他の地域のNPPも求めることが出来、広域において比較検討することが可能である。この結果で東日本を分類したのが図-6である。

また、これとは別にNDVIの変化は地上付近でのCO₂と図-7のような関係がある。植物の活性度の変化量とC O₂の変化量と関係が読みとれる。この関係から初期値をNPPとしたCO₂の変化モデルの作成が試みられている。

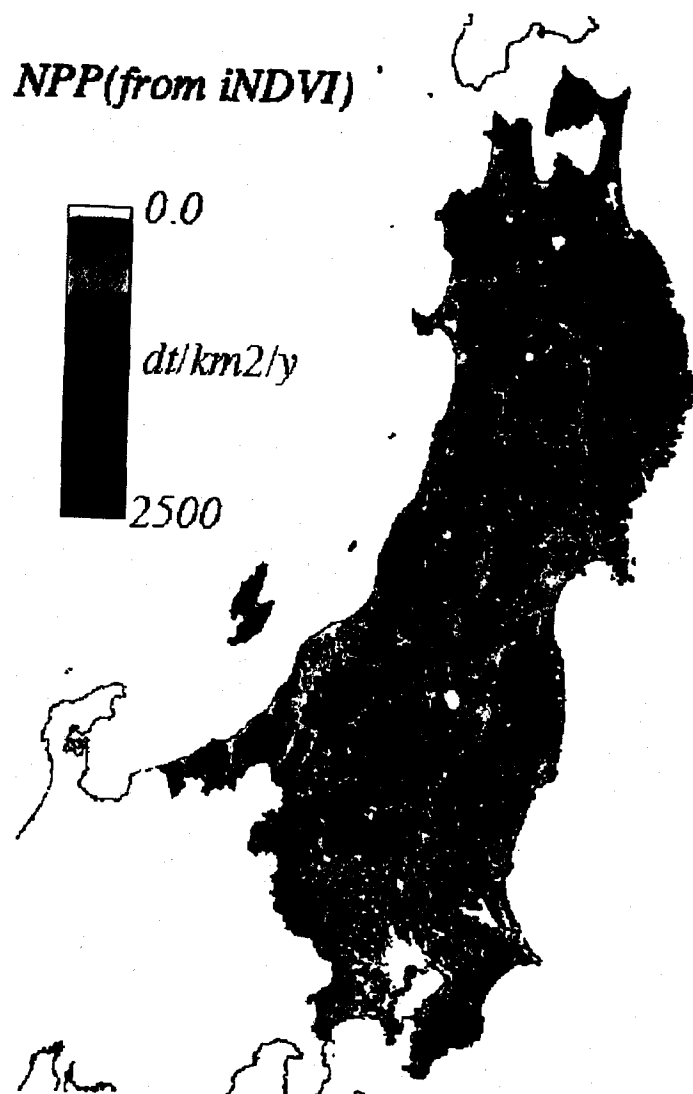


図-6 東日本のNPP分布図

4. おわりに

衛星観測による環境観測は様々な形で行われており、ここで示したのはほんの数例でしかない。今回は最も容易に入手できると考えられるNOAA衛星を用いたものを示した。近年はマイクロ波を用いた全天候型の観測衛星も利用されている。衛星を使う際には、利用する時間スケールと空間スケールによって利用する衛星が異なることに気をつけなければならない。また、衛星データを物理量に変換する作業も今後は特に必要になるだろう。

これらが整備されたとき、広域環境の観測やシステムの解明が更に前進するものと考えられる。

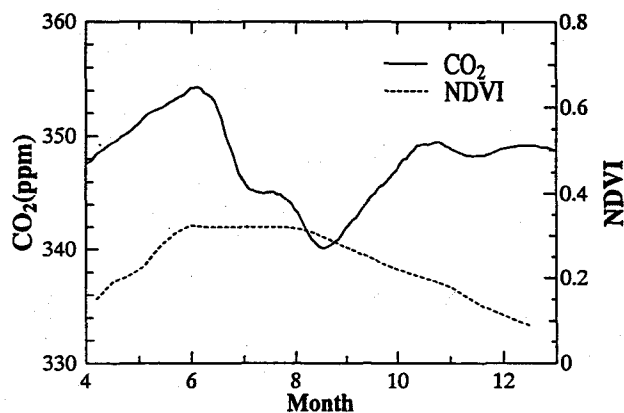


図-7 CO₂とNDVIの季節変化

参考文献

- 1)川村宏・風間聡・枝松芳枝・沢本正樹：AVHRR/NOAAデータによる積雪域抽出手法の研究，日本リモートセンシング学会誌，Vol. 12, No. 1, pp. 31-41, 1992.
- 2)風間聡・川村宏・枝松芳枝・沢本正樹：AVHRR/NOAAデータによる積雪域抽出パラメーターの経時変化，Vol. 12, No. 4, pp. 59-69, 1992.
- 3)KAZAMA, So, M. SAWAMOTO and H. KAWAMURA, SNOW AREA DETECTION BY USING AVHRR/NOAA, IGARSS' 93, Vol. IV, pp. 1830-1832, 1993.
- 4)風間聡・沢本正樹：衛星データを用いた東北地方の積雪水資源量推定，水工学論文集，第38巻，pp. 107-112, 1994.
- 5)多田毅・風間聡・沢本正樹：NDVIを用いた広葉樹林帯の蒸発散分布推定，水文・水資源学会誌，Vol. 7, No. 3, pp. 114-119, 1994.
- 6)多田毅・風間聡・沢本正樹：NDVIを用いた蒸発散分布推定，水工学論文集，第38巻，pp. 155-160, 1994.
- 7)美濃憲・風間聡・沢本正樹：iNDVIを用いた環境評価について，環境システム研究，Vol. 21, pp. 40-45, 1993.
- 8)美濃憲・風間聡・沢本正樹：国土数値情報を利用した東日本におけるiNDVIによるNPPの評価，水工学論文集，第38巻，pp. 771-776, 1994.