

10. 長江流域と東シナ海の相互作用について

INTERACTION BETWEEN CHANGJIANG RIVER CATCHMENT AND EAST CHINA SEA

渡辺 正孝* ・村上 正吾* ・林 誠二* ・王 権*

Masataka WATANABE*, Shogo MURAKAMI*, Seiji HAYASHI*, WANG Quan*

ABSTRACT; NOAA data and vegetation index NDVI have been used to estimate the flood area and volume in Changjiang river catchment during July and August flood period in 1998. Also these data have been used to estimate turbidity distributions in East China Sea and it was found that fresh water from Changjiang river reached to the coast of Kyushu and Japan Sea after August flood in 1998. The interaction between Changjiang catchment and East China Sea will be the important issue for the environmental management of coast sea in Japan and for the environmental security.

KEYWORDS; Climate change, Flood, Changjiang river catchment, East China Sea,
Integrated environmental management

1 はじめに

長江流域は中国全土の食料生産及び GNP の約半分以上を担っており、今後も活発な経済活動(特に三峡ダム建設等の水資源開発・エネルギー開発や土地利用形態の変化、沿岸域への人口集中等)の増大が計画されている。このことは長江流域－東シナ海の結合システムにおける大気－水－土壌－生態系を通じての水・エネルギー・物質循環の急激な変動が予想される。さらに長江流域－東シナ海の結合システムは日本近海にも多岐にわたる影響を及ぼしており、モデリングによる総合解析は今後の東アジアにおける地球環境管理にとって重要課題と考えられる。1998年6月から8月にかけて中国長江流域では1954年に次ぐ2番目の規模の全流域的洪水が発生した。東アジア・モンスーン域に属する長江流域では降水量増大とエルニーニョや地球温暖化など地球規模での気候変動との関係が指摘されている。さらに上流域での森林伐採にともなう保水能力の欠如と土砂流出増大、洞庭湖等湖沼の干拓や土砂堆積による貯水緩衝能力低下等が大きな原因と考えられる。ここでは NOAA 衛星画像 AVHRR を用いて長江中下流域での洪水状況及び濁水の東シナ海・日本海への伝播現象を解析するとともに、陸－海相互システムとしての流域の環境管理の重要性について述べたい。

2. 長江流域の大洪水による湛水面積・湛水容量推定

洞庭湖は、近年の急激な干拓により湖表面積は急激に減少し、その多くは水田へと転用されている。このため、氾濫期に洞庭湖周辺をはじめとする低平地において洪水により著しい被害が生じることは、不回避となっている。広く用いられている植生指標(NDVI)を可視域反射率 R 及び AVHRR のチャンネル 3 の値とともに用いることにより、長江中流域に位置する洞庭湖及び鄱陽湖を対象として、洪水氾濫期における湛水面積・容量の推定方法を検討した。

AVHRR 画像データは、国立環境研究所の受信施設(つくば・黒鳥)で得られたものである。同一領域に

*国立環境研究所水圏環境部 Division of Water and Soil Environment, National Institute for Environmental Studies
16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-0053, Japan

ついて 1 日 2 回受信出来るため高頻度なデータ入手が可能であり、また観測幅が 2,700km であることから広範囲な領域を対象とした画像解析に適している。さらに、研究所内の検索システムを用いて氾濫期に相当する画像データの中から、雲の影響が少ない画像を出来るだけ多く選出した。

(a) TeraScan によるデータ補正

画像解析ソフトウェア TeraScan(Seaspace 社製)を用い、選出した各画像データそれぞれの第一義的な幾何補正並びに輝度や天頂角等についてのデータ補正を行った。

(b) GCPs の選定と高精度な幾何補正

画像解析ソフトウェア EARDAS IMAGINE を用いて、より精密な幾何補正を行った。補正方法としては、土地利用画像データ (縮尺 25 万分の 1 もしくは 50 万分の 1 に相当)から正確な地上基準点(GCPs)を選定し、それと画像上の対応する点との関係から座標変換式(補正式)を作成、適用するものである。また、この時に変換結果の有する誤差が AVHRR データの 1 ピクセル以内になるようにした。

(c) 氾濫域算定手法の開発と適用

画像データからの氾濫域の検出には、植生指標として用いられる NDVI 値を用いた。NOAA AVHRR データにおいて NDVI 値は次式から算出される。

$$NDVI = (R2 - R1) / (R2 + R1) \quad (1)$$

ここで R1, R2 はそれぞれ AVHRR のチャンネル 1、チャンネル 2 の反射率。

NDVI 値はうす雲がかかる程度の雲の影響が小さい条件下で、水域に関して 0 以下の値となる。実際の氾濫域検出に際しては、水域と陸上の物体との混合状態から氾濫域を判読しなければならず、この過程において NDVI 値に関するしきい値が設定される必要があり、その決定を行う。また、NDVI 適用のため雲の影響を判別する指標としては可視域反射率(R: Visible Reflectance)を用い、雲の影響を強く受けた画像データ中のピクセルを計算の対象外とする。可視域反射率は以下の式から算出される。

$$R = 0.426 R1 + 0.574 R2 \quad (2)$$

ほとんどの陸上の対象物に対してこの可視域反射率は 20%以下となるものの、高濁度の氾濫濁水については 20%以上の値を示すことが想定される。この値は雲の強い影響を受けた場合と大きな差が無く、可視域反射率のみでは高濁水域を見落とす危険性があることから、これを補うために AVHRR のチャンネル 3 の値を両者の判別のために用いた。また、検出された氾濫域と土地利用データを重ね合わせることによりその妥当性を検討し、山地森林域に氾濫水域が検出された場合等については、状況に応じてその結果を計算エラーとして取り除く。以上の作業を同時期の複数の画像データにおいて実施し、最終的にそれらの合成を行った。

(d) 氾濫による影響評価の推定

1998 年 8 月の洞庭湖及び鄱陽湖周辺において出来るだけ雲の影響が少ない氾濫域全体を表した画像を作成した。

氾濫による影響評価の把握として、地理情報システム上でこの算定結果と詳細な標高、土地利用の各データを組み合わせることにより、氾濫域の冠水量や冠水深、などへの被害算定が可能である。1998 年 8 月 20 日には武漢において洪水水位がピーク(水位 29.43m)に達した。ここでは洪水ピーク時の 1998 年 8 月 22 日の AVHRR データと土地利用データを ARCINFO を用いて重ね合わせるにより土地利用別湛水面積を求めた。(表 1)。洞庭湖及び鄱陽湖を中心とした領域での総湛水面積は 1998 年 8 月 22 日において約 183 万 ha に達し、その中で最も被害が大きいのが水田(77.8 万 ha)と畑(60.8 万 ha)である。過去最大の被害を出した 1954 年の大洪水において農地 317 万 ha が被災したとの報告があることから、1998 年の推定はほぼ妥当な結果と言える。さらに AVHRR データと標高図を重ね合わせるにより洞庭湖、鄱陽湖を中心とした長江中流域での湛水容量を約 1,794 億 m³ と推定した。これは三峡ダムの計画洪水調整貯水量(221.5 億 m³)の約 8 倍にあたる量であり、洪水調節の困難さを示している。

表1 1998年の大洪水(8月22日)による
湛水面積(単位:hectare)

土地利用	
水 田	778,689
畑	608,580
果樹園	218,002
草 地	83,869
湿 地	142,494
合 計	1,831,634



Scale
100 0 100 Kilometers

図1. 1998年8月22日の NOAA 衛星画像

3. 長江流域の大洪水による濁水の東シナ海・日本海への伝播

近赤外～可視光長波領域は色素及び粒子の量に対応して反応することが知られている (Stumpf and Tyler, 1988)。NOAA 衛星 AVHRR の Band1 は広い波長領域幅を持ち、可視光長波領域だけではなく他の因子の影響も受けている。しかし Band2/ Band1 の比は色素を持つ植物プランクトンと粒子を総合した濁度の相対的濃度変化を見るのに適している。1997年10月10日～10月20日及び1998年5月14日～6月3日にかけて長江河口域(上海から 100 km沖)での日中共同調査を行ったが、その期間中に取得された濁度分布(図 2)によれば、長江由来の高濁度域は中国沿岸に沿って分布していた。この分布はほとんどの季節において類似の分布を示していることが判明した。しかし1998年7月～8月に発生した長江史上2番目の大洪水は8月20日には武漢においてピークに達し、最大水量約 86,000 m³/s にも達した。この大量の長江河川水は東シナ海に流入し、1998年9月8日には濁水のほとんどは九州、四国沿岸及び日本海に到達していたことが判明した(図3)。又長江史上最大の洪水があった1954年の東シナ海での塩分観測値から長江由来の河川水が表層 10m 厚さで東シナ海を横切り、日本海にまで到達していたことが判明した。これは古来洪水期には長江河川水は日本海、四国・九州沿岸に到達していた事を示すものである。

4. おわりに

長江流域での農業生産、工業開発等経済発展は多量の汚濁・汚染物を東シナ海へと排出している。又洪水時には東シナ海を越え日本に到来していることは古くから九州沿岸の漁業関係者の間では良く知られていたが、このような明確なデータは示されてこなかった。しかし酸性雨に代表される大気越境汚染も重慶を中心とする長江流域の経済活動が主原因であることから日本の環境保全を日本だけの問題として論じることとは不可能であり、長江流域の環境保全と結合させて考える必要に迫られている。これは地球環境安全保障を考える上での重要なケーススタディーと位置づけられる。

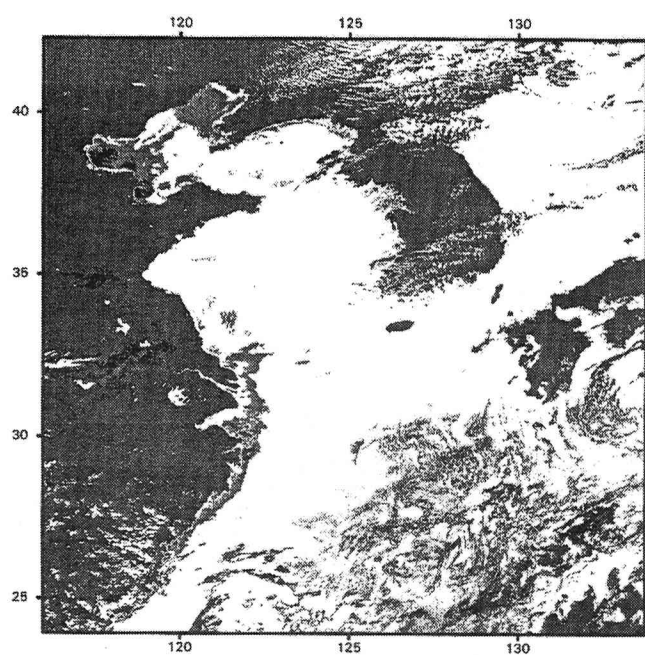


図 2. AVHRR データ(Band 2/ Band 1)による濁度分布
(1997 年 10 月 17 日)

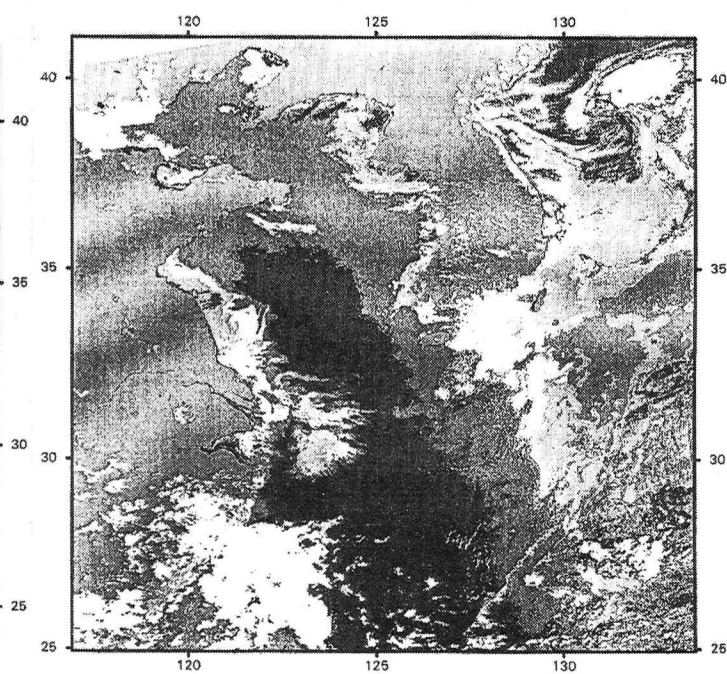


図 3. AVHRR データ(Band 2/ Band 1)による濁度分布
(1998 年 9 月 8 日)

参考文献

Stumpf, R. P. and Tyler, M. A. 1988. Satellite detection of bloom and pigment distributions in estuaries. Remote Sensing of Environment 24, 385 - 404.