

平成 12 年度 学位論文

人工衛星搭載マイクロ波放射計  
計測による湿った地域の  
湛水面積率の推定に関する研究

お茶の水女子大学大学院

人間文化研究科 人間環境学専攻

田中美枝子

2001 年 3 月

## 要旨

地球環境を守ろうという意識がここ 10 年くらい、世界中で非常に高まっている。今や「地球環境」という言葉は科学分野のみならず、政治・経済分野においてもキーワードとなり、私たちの生活にも随分馴染んでいる。地球環境を守るには、まず地球の様子を知る必要がある。人工衛星や航空機に搭載された観測センサで得られたリモートセンシングデータは、地球の様々な状態を大局的に捉える手段として、大変貢献してきたものの一つである。

従来、洪水観測としては、可視域・赤外域・熱赤外域の観測センサを用いるのが一般的であった。しかし、これらでは雲があると地表の様子が遮られて見えないという難点があった。洪水発生時は当然雲のかかっていることが多いため、概ね雲を透過するマイクロ波帯（約 300 GHz 以下の周波数帯域）のセンサが望まれ、合成開口レーダの利用が研究されるようになった。だが、合成開口レーダは高分解能であるが故にデータ量が非常に多く、運用上・経済上、全世界の常時観測は現実的ではない。

一方、データ量が少なく、現時点でも全世界の常時観測がほぼ可能なマイクロ波放射計データを洪水観測に応用した研究としては、洪水域を検出するものが報告されているが、低分解能なために、実際的な応用例はほとんど無い。

本論文は、昼夜及びほぼ全天候に亘って観測可能な人工衛星搭載マイクロ波放射計データを用い、洪水による災害の多い地域における水に覆われる面積（湛水面積）を定量的に推定する方法を新しく考案し、低分解能のマイクロ波放射計でも湛水面積のモニタリングに充分実用できることを示したものである。

湛水面積の推定方法としては、次の 3 種類を考えた。

- (1) 単一チャンネルデータで地表面タイプによる放射率の違いを利用する方法。
- (2) 2 周波数帯の放射率の差を利用する方法。
- (3) 水平・垂直偏波における放射率の違いを利用する方法。

推定精度の検証は、空間分解能の小さいセンサデータや、現地の水位データ等を用いて行った。

最初に洪水観測に応用したのは、1987 年に打ち上げられた我が国初の国産海洋観測衛星（MOS）搭載マイクロ波放射計（MSR）データを使ったもので、1988 年から 1990 年のバンラデシュでの洪水変動を扱った。ここでは 23.8GHz と 31.4GHz の 2 周波数帯データを用いて、上記（2）の推定方法により湛水面積を推定し、良好な結果が得られた。

次に、1998年夏に発生した中国の大洪水について米国防省気象衛星搭載の DMSP-SSM/I を用いた解析を行った。ここでは、主に 37GHz 水平偏波データを用いて、上記(1)の推定方法により湛水面積を推定し、良好な結果が得られた。

そして、熱帯地方の陸域内にあり、毎年洪水と干ばつを繰り返す、トンレサップ およびメコンデルタ 領域における湛水面積の算出方法を、DMSP-SSM/I データを使って研究した。ここでは、37GHz 水平偏波データを単独に用いる上記(1)の推定方法と、37GHz の水平・垂直偏波データの差分を用いた上記(3)の推定方法により湛水面積を推定し、実用化の見込める良好な結果が得られた。

さらに、世界最大の人口湖であるガーナ・ボルタ湖の、季節毎に変動する湖水面積をトンレサップとメコンデルタでの場合と同様に2種類の推定方法を用いてモニタリングした事例も示した。

これらの研究事例より、現時点で運用されている DMSP-SSM/I に関しては、単一チャンネルデータのみでも良好な推定結果が得られることが分かった。

今や、マイクロ波センサを用いて洪水状況の監視をするという方法は、マイクロ波センサの陸域利用の主要な方法の1つになったといえる。マイクロ波放射計は一般に空間分解能が数十 km のオーダーなので、今のところここで取り上げた程度の規模に対しての応用が可能である。今後マイクロ波放射計においてさらに高解像度化が進めば、小規模ながら例年発生するような洪水に対しても監視手段として有効になる可能性がある。

**Study of the Estimation  
of Water Surface Ratio  
by Using the Microwave Radiometer  
on Satellite**

School of Human Environmental Science,  
The Graduate School of Humanities and Sciences,  
Ochanomizu University  
**Mieko TANAKA**

March, 2001

## ABSTRACT

Remote sensing data obtained by the observation instruments on satellite or airplane is one of those, which have contributed very much, as a means to catch various states of the earth globally. Since the observation from a satellite can observe the whole earth regularly repeatedly, it is especially best to the monitoring of environmental change.

Usually, as flood observation, it is common to use the remote sensing sensors of a visible, an infrared, or thermal infrared band. However, in these, on cloudy weather it is difficult to observe the ground situation. Then as another method to observe a flood condition, it has been considered to use Synthetic Aperture Radar (SAR), an active sensor with the microwave band about 300GHz or less. Because of observing by a microwave sensor, it can observe mostly covering all the weathers and all the day. But, using SAR, we must deal many amounts of data because of its high resolution, therefore it is difficult to observe regularly and economically around the world.

On the other hand, the microwave radiometer, a passive sensor, has not so many data quantity because of its low resolution. So it is easy to observe regularly and economically around the world.

This paper is studied about the new methods of estimating water-covered area by the flood using microwave radiometer data.

The following three kinds were considered as the method of water area estimation.

- (1) The method uses the emissivity difference between land and water by single channel data.
- (2) The method uses the emissivity difference between two frequency bands-data.
- (3) The method uses the emissivity difference between horizontal and vertical polarized data of the same frequency.

It is the first research to observe the flooded area in Bangladesh in 1988 to 1990 on all-weather condition using MOS-1/MSR data, the first microwave sensor of our country launched in 1987. Here, using the method of the above (2), the good result is obtained.

Next, the observation using DMSP-SSM/I about the heavy flood in China generated in summer of 1998 was performed. Here, mainly, using 37GHz horizontal polarized data,

the water area is estimated by the method of the above (1), and the good result was obtained.

And, the estimation method of water area in Tonle Sap and Mekong Delta was studied using DMSP-SSM/I data. Here, the water area is estimated by the method of the above (1) using only 37GHz horizontal polarized data, and the method of the above (3) using 37GHz horizontal and vertical polarized data, and the good results were obtained from the both methods.

Furthermore, the example that carried out the monitoring of the Volta Lake, which is the greatest artificial lake of the world in Ghana, is also shown by the two methods of the above (1), (3) same as Tonle Sap case study.

As For these studies, about DMSP-SSM/I currently being in operation, only single channel data showed good estimation of water covered area.

It can be said that now the method of monitoring a flood situation using a microwave radiometer was set to one of the main methods of land area use of a microwave radiometer.

# 人工衛星搭載マイクロ波放射計計測による 湿った地域の湛水面積率の推定に関する研究

## 目次

1. 序論	1
2. マイクロ波放射計の観測原理	4
2. 1 人工衛星搭載観測センサ	4
2. 2 マイクロ波放射計の観測原理	12
3. 湛水面積率の推定方法	17
3. 1 単一チャンネルデータを用いる推定方法	17
3. 2 2周波数帯データを用いる推定方法	18
3. 3 同一周波数帯の偏波差を用いる推定方法	19
4. MOS/MSR によるバングラデシュの 1988-1990 年洪水の観測	21
4. 1 概要	21
4. 2 使用データ	21
4. 3 湛水面積の変化	25
4. 4 まとめ	31
5. DMSP-SSM/I データによる中国の 1998 年洪水の観測	32
5. 1 概要	32
5. 2 使用データ	32
5. 3 洪水域の変化	33
5. 4 JERS-1/SAR データを用いた湛水面積率の検証	34
5. 5 まとめ	39
6. DMSP-SSM/I データによるトンレサップとメコンデルタの 1997-1999 年洪水の 観測	40

6. 1 概要	40
6. 2 トンレサップとメコンデルタ領域の水分地質学	41
6. 3 単一チャンネルデータを用いた湛水面積率の推定	45
6. 3. 1 使用する周波数帯と偏波の検討	45
6. 3. 2 観察時間帯の検討	45
6. 3. 3 参照輝度温度の設定	46
6. 4 偏波による違いを用いた湛水面積率の推定	47
6. 5 トルースデータとしての NOAA/AVHRR による湛水面積	53
6. 6 DMSP-SSM/I と NOAA/AVHRR からの湛水面積の回帰分析	56
6. 7 1997年5月から1999年4月までの算出湛水面積の変動	61
6. 8 メコンデルタ領域における降水量と水位の地上測定値との比較	65
6. 9 まとめ	68
7. DMSP-SSM/I データによるボルタ湖の湖水面積の測定	69
7. 1 はじめに	69
7. 2 SSM/I37GHz の偏波差によるボルタ湖の面積	69
7. 3 湖水面積の最小値と最大値の推定	73
7. 4 SSM/I 偏波差データによる乾季のボルタ湖湖水面積測定の問題点	76
7. 5 まとめ	76
8. 結論	77
謝辞	79
参考文献	80
付録A. 略語、頭字語一覧	83

## 図目次

図 2.1 リモートセンシングに利用される電磁波 .....	6
図 2.2 各周波数帯における反射・放射特性と主なセンサの観測周波数帯 .....	6
図 2.3 海洋観測衛星 1 号及びその主要諸元 .....	7
図 2.4 マイクロ波放射計データ取得概念図及びその主要諸元 .....	8
図 2.5 MOS-1 搭載マイクロ波放射計の外観 (エンジニアリング・モデル) .....	9
図 2.6 米国防省気象衛星 DMSP .....	10
図 2.7 アンテナ輝度温度と地表面からの放射との関係 .....	14
図 3.1 放射率・反射率の計算値と入射角との関係 .....	20
図 4.1 バングラデシュ地図 .....	23
図 4.2 バングラデシュ周辺における MSR パス 50 のデータ取得範囲とテストエリア	24
図 4.3 1998 年 5 月から 1989 年 1 月までの MSR 輝度温度画像 .....	27
図 4.4 MSR 輝度温度差画像 (23GHz-31GHz、Offset=100K) における 1988 年 5 月から 1990 年 5 月までのバングラデシュ洪水領域の変化 .....	28
図 4.5 MSR から算出した湛水面積とミルバラックにおける水位データとの比較 ----	29
図 4.6 1988 年洪水シーズンにおけるガンジス川、ブラマプトラ川、メグナ川の水位デ ータ .....	30
図 5.1 中国全土地図 .....	35
図 5.2 1998 年夏の中国東部の SSM/I37GHz 水平偏波輝度温度画像 .....	36
図 5.3 中国東北部の洪水時の NOAA/AVHRR 画像 .....	37
図 5.4 1998 年 7 月 28 日揚子江流域の SSM/I37GHz 水平偏波輝度温度画像 .....	38
図 6.1 (a) トンレサップとメコンデルタの研究対象エリアの高度図 .....	43

図 6.1 (b) インドシナ半島地図	44
図 6.2 1997 年 5 月から 1999 年 4 月までの SSM/I37GHz 水平偏波輝度温度画像	49
図 6.3 陸地、湖、海の SSM/I37GHz 水平偏波輝度温度の傾向図	50
図 6.4 1997 年 5 月から 1999 年 4 月までの SSM/I37GHz 輝度温度偏波差画像	51
図 6.5 陸地、湖、海の SSM/I37GHz 輝度温度偏波差の傾向図	52
図 6.6 雨季のトンレサップ領域における湛水域	54
図 6.7 乾季のトンレサップ領域における湛水域	55
図 6.8 (a) トンレサップにおける SSM/I37GHz 水平偏波輝度温度データから算出した湛水面積と、AVHRR データから算出した湛水面積のグラフ	57
図 6.8 (b) トンレサップにおける SSM/I37GHz 水平偏波輝度温度データから算出した湛水面積と、AVHRR データから算出した湛水面積の相関図	58
図 6.9 (a) トンレサップにおける SSM/I37GHz 輝度温度偏波差データから算出した湛水面積と、AVHRR データから算出した湛水面積のグラフ	59
図 6.9 (b) トンレサップにおける SSM/I37GHz 輝度温度偏波差データから算出した湛水面積と、AVHRR データから算出した湛水面積の相関図	60
図 6.10 1997 年 5 月から 1999 年 4 月までの、トンレサップにおける SSM/I37GHz 水平偏波輝度温度データから算出した湛水面積と、SSM/I37GHz 輝度温度偏波差データから算出した湛水面積のグラフ	62
図 6.11 メコンデルタにおける第 6.10 図同様のグラフ	63
図 6.12 1997 年 5 月から 1999 年 4 月までの、トンレサップとメコンデルタにおける、SSM/I37GHz 水平偏波輝度温度データから算出した湛水面積のグラフ	64
図 6.13 メコンデルタ周辺の 4 観測地点における月平均降水量の過去の平均グラフ	65
図 6.14 プノンペンにおけるメコン川の平均水位	67
図 7.1 ガーナ地図	71
図 7.2 ボルタ湖の SSM/I37GHz 水平偏波輝度温度画像	72
図 7.3 ボルタ湖の SSM/I37GHz 輝度温度偏波差画像	73
図 7.4 1995 年乾季と雨季のボルタ湖の NOAA/AVHRR 画像	74
図 7.5 ETOPO5 高度モデルによるボルタ湖満水時の画像	75

## 表目次

表 2.1	DMSP-SSM/I 性能一覧	-----	11
表 2.2	DMSP-SSM/I のデータ取得期間	-----	11
表 2.3	マイクロ波受動観測に適している主な周波数と主要マイクロ波放射計の周波数帯	-----	16