

ランドサットTMデータを用いた北方四島の土地被覆分類と天気調査

Land Cover Classification and Weather Survey for
Northern Territory Four Islands Using Landsat TM Data

佐渡公明*, 児島正洋**, 広田昌一***

By Kimiteru SADO, Masahiro KOJIMA and Shoichi HIROTA

At present we have little information about the Northern Territory Four Islands (Kunashiri, Habomai, Sikotan, and Etorofu) and also it is difficult to carry out a ground truth. In this study, the land cover classification for four islands was carried out by using multi-level slice classifier. The characteristics of the four islands' land covers were cleared by comparing each land cover classification results. Then a weather survey method by using satellite cloud coverage data of full-scene were developed. The variation coefficient of cloud coverage and the probability distribution model of clear rate, for Four Islands and eastern part of Hokkaido, were obtained.

Keywords: Landsat TM data, Northern Territory Four Islands, land cover classification, cloud coverage, weather survey

1. はじめに

1988年に閣議決定された北海道開発庁の1988年から10カ年の第5期北海道総合開発計画では、北方領土に関し「計画的な開発整備を進め得る段階において、総合開発の基本方向を示す」としている¹⁾。このような自然に配慮した開発計画の作成のためには、あらかじめ北方領土四島（国後島、歯舞諸島、色丹島、択捉島；以下「北方四島」という）の自然環境やインフラストラクチャー整備の現状を把握しておかなければならないことはいうまでもない。

最近の我が国における北方四島に関する調査研究事例としては、まず北海道開発庁が、北海道立文書館、開拓記念館、北海道大学、国立国会図書館など国内に残っている北方四島の地図などの戦前の資料を収集し整理を行い、北方四島の地形、自然環境、漁業資源、さらに戦前の集落の配置や道路、漁港、港湾などインフラストラクチャーの形態を調査している。しかし調査結果は未公開である。また、建設省国土地理院は、前身の陸地測量部が行った大正11年の測量にもとづく北方四島地図の復刻版に、昭和63年～平成2年迄のスポット1号とランドサット5号の画像を処理して得られた情報を加えて作成した5万分の1地形図²⁾を1992

* 正会員 工博 北見工業大学教授 工学部土木開発工学科 (〒090 北見市公園町165)

** 学生会員 工修 北見工業大学 工学部土木開発工学科 (〒090 北見市公園町165)

*** 正会員 株式会社西村組研究開発室 (〒099-64 紋別郡湧別町栄町133)

年8月1日に刊行している。この地図は、北方四島に関する情報の乏しい現時点においては有効な資料である。以上のように、著者らの知る範囲において、我が国における北方四島の土地被覆分類や天気についての調査研究事例は見あたらない。

そこで本研究では、ランドサット5号のTMデータを用いて、北方四島の土地被覆分類と天気調査を行うことを目的とする。教師付き分類法に属する多次元レベルスライス法を用いて、グランドトルースができない北方四島の土地被覆分類を行い、四島の比較検討を行うことにより、土地被覆の特徴を明らかにする。次に、衛星の雲量データのみを用いた天気調査法を示し、ランドサット5号が打ち上げられてからの北海道東部と北方四島の全フルシーンの雲量データを用いて、快晴、晴れ、曇りの出現率、雲量の変動係数および晴天率の確率分布モデルを求める。これにより、北海道東部と北方四島は夏期に天気が悪いこと、北方四島は北海道東部に比べ天気が悪く安定していることを明らかにする。

2. 北方四島のランドサットTM画像

2. 1 解析対象TMフルシーン

衛星データを用いて土地被覆分類を行うには、一般に対象地域に積雪がなく植生が成長している夏期が良く、雲量は0%であり、しかもできるだけ最新のデータが望ましい。北方四島をカバーするランドサット5号のフルシーン番号は、図-1のカバーレッジマップに示すように、パス104～105、ロウ28～30である。1984年3月1日にランドサット5号が打ち上げられてから1994年5月25日までに観測されている北方四島のランドサットTM (Thematic Mapper) データを、宇宙開発事業団 地球観測センターのSINFONIA (地球観測衛星データインベントリ情報システム)³⁾を用いて調べた。その結果、北方四島各島について観測されたフルシーン数は約160個あり(後掲の表-3を参照)、それらの中から本研究で用いたTMデータは表-1に示す通りである。

2. 2 幾何補正

ランドサットTMデータの画像処理に用いたソフトウェアは、REMOTE-10⁴⁾である。まず、国後島の場合、北部、中部、南部の3区域に一部重複するように分割し、表-1のフルシーン(パス105,ロウ29,シーンセンターが南へ2/4移動)から最大間引き率5で切り出し、ディスプレイ上の512ピクセル×400ラインの範囲に表示させた。次に、画像の輪郭が経線、緯線に平行となる地形図適合のTM画像を得るための幾何補正処理として、

表-1 北方四島の解析対象TMフルシーン

	フルシーンのパス/ロウ	サブシーン	観測年月日
国後島	105/29 (シーンセンター2/4移動)		1990.07.02
歯舞諸島	105/30	2	1989.09.01
色丹島	104/30	1	1986.08.01
択捉島(北部)	104/28	4	1990.07.27
" (中南部)	104/29		"

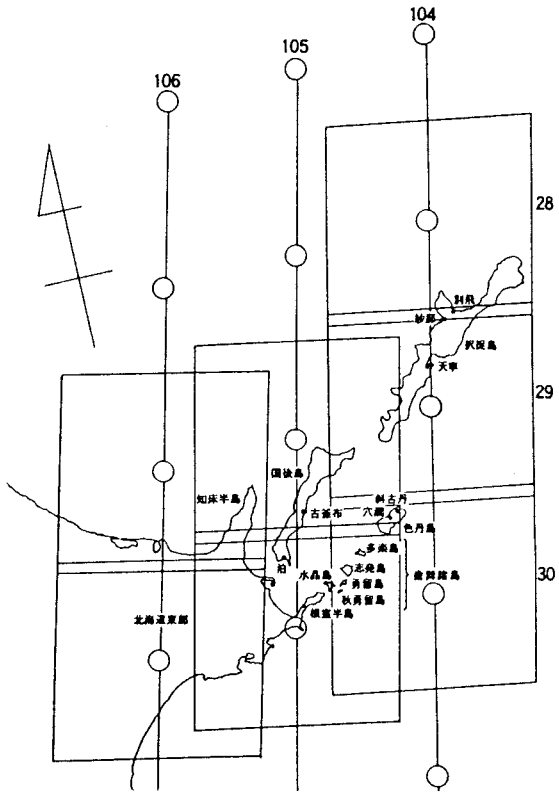


図-1 北海道東部と北方四島のランドサット5号カバーレッジマップ

アフィン変換を用いた。アフィン変換係数を決めるための GCP（地上基準点）としては、岬の先端や特定しやすい海岸線、湖岸線を候補に上げ、北部、中部、南部に対しそれぞれ 8, 9, 13 地点を選定した。UTM（ユニバーサル横メルカトル）座標から画像座標を計算するアフィン変換式の精度、すなわち画像座標の計算値と測定値の誤差は、RMS(Root Mean Square) 誤差で表すと、北部のピクセル、ラインに対しそれぞれ 0.46, 0.28 画素、同様に中部に対し 0.30, 0.22 画素、南部に対し 0.64, 0.97 画素といずれも 3 ピクセル以内であり満足できる結果であった。幾何補正済みの画像は、ニアレストネイバー法によりリサンプリングし、最終的に北部、中部、南部に対しそれぞれ東西方向 37'30" × 南北方向 25'0" (約 50km × 46km、ディスプレイ上では 400 ピクセル × 320 ライン) の地形図適合の TM 画像が得られた。

歯舞諸島の場合、表 - 1 のサブシーン 105/30, 2 を用い、水晶島、秋勇留島、勇留島、多楽島については間引き率 1 で切り出し、志発島については全島が間引き率 1 では幾何補正後の画像範囲 (400 ピクセル × 320 ライン) に納まらないので、北西部、北東部、南部の 3 部分に一部重複するように分割して間引き率 1 で切り出した。各島毎に GCP を 7 ~ 9 地点選定し、アフィン変換の RMS 誤差はピクセル、ラインに対しそれぞれ 0.32 ~ 1.25 画素、0.62 ~ 1.22 画素であった。以上により、水晶島、秋勇留島、勇留島、多楽島については、東西方向 11 ~ 14km × 南北方向 9 ~ 11km の地形図適合の TM 画像がディスプレイ上 400 ピクセル × 320 ラインに得られ、志発島については、3 画像合成した東西方向約 14km × 南北方向約 11km の地形図適合画像が 512 ピクセル × 400 ライン上に得られた。

色丹島も同様に、表 - 1 のサブシーン 104/30, 1 から間引き率 3 の画像 1 枚を切り出し、GCP を 15 地点選定し、アフィン変換の RMS 誤差はピクセル、ラインに対しそれぞれ 0.83, 0.88 画素となり、ディスプレイ上 400 ピクセル × 320 ラインに東西方向約 32km × 南北方向約 29km の地形図適合 TM 画像が求められた。

北方四島で最大の島、択捉島については、表 - 1 のフルシーン 104/29 とサブシーン 104/28, 4 が、図 - 1 から分かるように一部重複しているので、これらを接続した。その後、最大間引き率 5 でフルシーンから南部、中南部、中北部の 3 枚、サブシーンから北西部、北東部の 2 枚、合計 5 枚を互いに一部重複するように切り出した。この 5 枚の画像に対し、GCP を 6 ~ 8 地点選び、アフィン変換の RMS 誤差はピクセル、ライン方向に対しそれぞれ 0.84 ~ 2.03 画素、0.51 ~ 1.42 画素であった。以上により、1 枚の大きさが東西方向 60 km × 南北方向 48km (約 45'07" × 26'01", ディスプレイ上 400 ピクセル × 320 ライン) の地形図適合の TM 画像 (1 画素が 150m) が 5 枚求まった。さらに 5 枚の画像の互いの重複部分を切り取って合成し、間引き率 3 で間引いて最終的に 1 画素 450m の択捉島全島の TM カラー写真が得られた。

3. 北方四島の土地被覆分類

3. 1 教師付き分類の多次元レベルスライス法

本研究の土地被覆分類は、2.2 で述べた幾何補正済み画像に対し、教師付き分類に属する多次元レベルスライス法を用いた。TM の 1 ~ 4 バンド輝度値から成る 4 次元特徴空間において、各土地被覆分類カテゴリに対するトレーニングデータの領域がオーバーラップする部分は、標準化ユークリッド距離による最短距離法を用いて分類した。ソフトウェアは REMOTE-10 を用いた。トレーニングデータを得るための北方四島における現地調査は、現時点では難しい。

まず、国後島の場合、表 - 1 のフルシーン (シーンセンターが南へ 2/4 移動) に土地被覆が類似していると思われる根室半島や知床半島が写っているので (図 - 1 参照)、1991 年 5 月 27 ~ 29 日に根室半島で、1991 年 10 月 15, 16 日に知床半島でそれぞれグランドトルースを行った。その結果、分類カテゴリーは、広葉樹林、針葉樹林、混交林、住宅地、草地、野草地、湿地、裸地、水域の 9 個とし、トレーニングエリアをこれらグランドトルースの調査範囲から決定した。

開発されていない自然のままの草地を野草地とし、牧草地のように利用されている場所を草地として区別した。この9カテゴリーのトレーニングデータによるバンド1～4のスペクトル輝度分布を用いて2.2で得られた国後島の北部、中部、南部の地形図適合のTM画像に対し土地被覆分類を行い、これらを合成し重複部分をカットして得られた国後島の土地被覆分類結果が表－2の小分類である。土地被覆分類のカラー写真も得られているが、発表会当日に示す。国後島の土地被覆は、面積の大きい方から第1位が混交林30.3%、2位針葉樹林29.7%、3位野草地14.9%であり、森林が66.7%、森林、草地、湿地を合計した緑被率は83.3%を占め、住宅地はわずか1.2%である。未分類が13.1%と比較的多かった最大の原因は、裸地のカテゴリーが1個だけでは爺爺岳の新旧火山活動の影響する地域を充分識別できなかったことにある。

国後島の土地被覆分類については、他の三島も同様であるが、調査研究事例が他にはないので、ここで得られた結果を比較できない。また、得られた結果の検証のための現地調査は今のところ難しい。そこで本研究で行う土地被覆分類手法の検証のために、知床半島の知床横断道路を中心とした地域を選定し、上記国後島と全く同じ手法で同じトレーニングデータを用いて土地被覆分類を行った。結果は、雲、雲の影、未分類がそれぞれ1.2,0.1,13.3%含まれていたが、これらを除くと2万5千分の1地形図や5万分の1現存植生図⁵⁾およびグランドトルースの資料と一致し、

本土土地被覆分類の手法が妥当であることが確認された。

歯舞諸島、色丹島の土地被覆分類のためのグランドトルースは、1992年8月5～7日に根室半島で実施した。表－1の歯舞諸島のサブシーン105/30,2には、根室半島付け根の春国岱周辺まで写っている。したがって、分類カテゴリーとしては、根室半島でトレーニングエリアが得られる広葉樹林、針葉樹林、混交林、住宅地、草地、野草地、笹原、湿地、水域以上9カテゴリーとした。この9カテゴリーのトレーニングデータによるバンド1～4のスペクトル輝度分布を用いて、歯舞諸島の土地被覆分類結果は表－2のように得られた。歯舞諸島は野草地が30～59%と最も多く、ついで草地、湿地、笹原の順であり、森林は針葉樹林約2%、広葉樹林約1%、混交林0%と非常に少ない。なお、歯舞諸島と同じ

9カテゴリーのトレーニングデータのスペクトル輝度分布を用いて、検証のために行った根室半島の土地被覆分類結果は満足できるものであった。

色丹島のサブシーン104/30,1には根室半島の先端が写っていたので、歯舞諸島と同じトレーニングデータが使えるのは、住宅地の納沙布岬だけである。そこで、広葉樹林、針葉樹林、混交林のトレーニングエリアは、「千島森林誌」⁶⁾の5万分の1色丹島林相図を参考に色丹島から選び、草地、野草地、笹原、湿地、水域のトレーニングエリアは、上記の歯舞諸島の土地被覆分類結果から選定した。以上の結果、得られた土地被覆分類割合を表－2に示す。色丹島の土地被覆は、草地27%、混交林23%、野草地19%、笹原13%、広葉樹林8%、針葉樹林5%、住宅地、湿地、水域がそれぞれ1%である。

択捉島の場合、2.2で述べた幾何補正済みのTM画像5枚に対し、土地被覆分類を行った。このとき広葉樹

表－2 北方四島の土地被覆分類の比較

カテゴリー		国 後 島		色 丹 島		択 捉 島		水 晶 島	
大分類	小分類	割合 (%)		割合 (%)		割合 (%)		割合 (%)	
森 林	広葉樹林	66.7	6.7	35.9	8.2	44.2	4.2	2.2	0.3
	針葉樹林		29.7		4.8		27.2		1.9
	混交林		30.3		22.9		12.8		0.0
住 宅 地	住宅地	1.2	1.2	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2
草 地	草 地	15.1	0.2	58.8	27.1	13.9	—	65.8	29.2
	野草地		14.9		18.7		1.0		34.0
	笹 原		—		13.0		12.9		2.6
荒 地	湿 地	2.4	1.5	0.9	0.9	6.4	1.6	28.9	28.9
	裸 地		0.9		—		4.8		—
水 域	水 域	1.5	1.5	0.9	0.9	15.9	15.9	0.7	0.7
未 分 類	雲	13.1	0.0	2.6	0.0	18.7	4.8	1.2	0.0
	未分類		13.1		2.6		13.9		1.2
合 計 (ピクセル数)		100.0 (80,660)		100.0 (36,142)		100.0 (166,976)		100.0 (15,302)	
カテゴリー		勇 留 島		秋 勇 留 島		多 楽 島		志 発 島	
大分類	小分類	割合 (%)		割合 (%)		割合 (%)		割合 (%)	
森 林	広葉樹林	3.8	1.5	4.5	1.7	2.1	0.6	1.3	1.3
	針葉樹林		2.3		2.8		1.5		0.0
	混交林		0.0		0.0		0.0		0.0
住 宅 地	住宅地	1.1	1.1	1.3	1.3	0.4	0.4	1.5	1.5
草 地	草 地	88.3	20.7	86.8	29.2	80.9	32.1	62.3	28.9
	野草地		58.6		30.4		48.5		33.0
	笹 原		9.0		27.2		0.3		0.4
荒 地	湿 地	6.2	6.2	6.2	6.2	15.9	15.9	30.6	30.6
	裸 地		—		—		—		—
水 域	水 域	0.2	0.2	0.0	0.0	0.3	0.3	2.0	2.0
未 分 類	雲	0.4	0.0	1.2	0.0	0.4	0.0	2.3	0.0
	未分類		0.4		1.2		0.4		2.3
合 計 (ピクセル数)		100.0 (11,915)		100.0 (2,178)		100.0 (13,466)		100.0 (71,919)	

林、針葉樹林、混交林、住宅地、野草地、笹原、湿地、裸地、水域以上9カテゴリーのトレーニングエリアは、次の5項目を総合的に考慮して決めた。1) 水域、雲のように画像上で明白に区別できる、2) 択捉島のフルシーン104/29に写っている国後島北端部の土地被覆分類結果、3) 国後島のフルシーン105/29に写っている択捉島南端部への国後島と同一トレーニングデータによる土地被覆分類結果、4) 5万分の1の地形図²⁾、5) TMバンド1のシュードカラーによる針葉樹林と広葉樹林の区別。

得られた5枚の土地被覆分類画像を南部、中部、北部の3枚に合成し重複部分をカットし、択捉島全島の土地被覆分類画像を求めた。この土地被覆分類割合を表-2に示す。針葉樹林が27%と最も多く、ついで水域16%、笹原13%、混交林13%、以下5%未満で裸地、広葉樹林、湿地、野草地、住宅地の順である。雲の影は未分類に入れているが、それ以外に水域や湿地の一部が未分類と判定されたため、未分類が14%と多くなった。

3. 2 北方四島の土地被覆分類の比較

北方四島各島の土地被覆分類の比較をするには、分類カテゴリーを統一する必要がある。しかし、3.1の分類結果は、草地、笹原、裸地を各島毎にカテゴリーに入れたり、入れなかったりしている。そこで、表-2にあるように、これまでのカテゴリーを小分類とし、新たに大分類を設定した。すなわち、広葉樹林、針葉樹林、混交林を大分類の森林とし、住宅地と水域はそのまま大分類として用い、草地、野草地、笹原をまとめて草地とし、湿地、裸地は荒地、雲と未分類をまとめて未分類とした。表-2から次のことが分かる。

- 1) 森林の占める割合は、歯舞諸島だけが1~5%と少ないが、他は色丹島が36%と同島の中で第2位、択捉島は44%で第1位、国後島は67%で第1位と多い。歯舞諸島を除く三島の中で最も南に位置する色丹島は混交林の割合が多いが、中間に位置する国後島は混交林と針葉樹林の割合がほぼ等しく、最も北に位置する択捉島は針葉樹林が最も多い。また、広葉樹林の割合は高緯度ほど少ない。以上の森林分布は、択捉島と得撫島間の択捉海峡にあるといわれている宮部ライン⁷⁾を境に、植物分布が豊富な日本植物区系から貧弱なカムチャツカ区系へと変化していることの一端を示唆しているものと思われる。
- 2) 住宅地、は各島で0.4~2%と非常に少ない。
- 3) 草地は、歯舞諸島と色丹島で最も多く占めており、それぞれ62~88%、59%と半分を超えているが、国後島、択捉島は10%台である。
- 4) 荒地は、歯舞諸島の志発島で31%、水晶島で29%、多摩島で16%とそれぞれ第2位を占め多いが、それ以外は6%以下である。
- 5) 択捉島には北方四島で第2位の水表面積を持つ得茂別湖をはじめとする多くの湖沼があるため、水域は16%と際だって多いが、それ以外は2%以下である。

4. 北方四島の天気

4. 1 衛星の雲量データを用いた天気調査法

気象庁では、雲量にもとづく天気の分類について、全雲量が1以下の場合を快晴、2以上8以下を晴れ、9以上の場合雲形により薄曇りと曇りに区別している⁸⁾。一般に衛星画像フルシーンの雲量は0から100%まで10%刻みで表されているが、これを10で割ると、上記0から10までの整数で表された雲量と等しくなる。本論文では、この気象庁の雲量による天気の分類に倣って、ランドサット TMの1フルシーンに対応する地域の平均的な天気を、フルシーン画像の雲量が10%以下の場合を『快晴』、20%以上80%以下を『晴れ』、

90%以上の場合衛星データでは雲形は分からないので一律に『曇り』と分類することにする。気象庁の天気の種類は、観測地点の地上から空を見渡したときの雲量に基づいている。本研究では、ランドサットが観測した1フルシーン内の雲量に基づいて気象庁と同様の基準で天気を分類している。衛星から見た1フルシーンの雲量と、そのフルシーン内に含まれる多数の地点の雲量との関係は、衛星高度、地点位置、雲の位置等を考慮したかなり複雑な幾何学的関係により決定される。フルシーン内に含まれる地点数は非常に多い。また、太田・篠原⁹⁾によれば、目視観測による雲量は±1程度の誤差はまぬがれない。以上のことを考慮して本研究では、TM 1フルシーンの雲量は、そのフルシーン内に含まれる多数の地点で観測した雲量の平均値を表すものと仮定し、天気調査を行った。

さて、雲量の時系列データから移動平均を求めることにより、そのフルシーン地域の天気のトレンド(傾向)を理解することができる。また、長期間の雲量のヒストグラムを求めて、これに適合する雲量の確率分布モデルを推定し、快晴、晴れ、曇りの発生確率を計算することができる。雲量の標本値から平均値と標準偏差を求めると、平均値は当然そのフルシーン地域が天気が良いか悪いかを示し、標準偏差は天気の変わり易さすなわち安定性を示す。さらに変動係数(=標準偏差/平均値)は、天気が良く適当に変わり易いときに(ほとんど晴れでときどき曇り)値が大きく、天気が悪く安定しているときに(いつも曇り)値が小さいので、変動係数は天気と人間生活の快適性との関係を表す1つの指標になると思われる。

4. 2 北方四島への適用

北方四島の季節毎の天気を調べる。まず四季の分け方については一般的に統一されたものはないので、次に示す最も単純な、気候学における北半球の中緯度の季節区分を用いる。春：3, 4, 5月, 夏：6, 7, 8月, 秋：9, 10, 11月, 冬：12, 1, 2月。

表 - 3 ランドサットTMフルシーンの雲量から推定した北海道東部と北方四島の天気の比較
(1984.3.1~1994.5.25)

場 所	フルシーン Path/Row	データ数	快晴の出現率(%)					晴れの出現率(%)					曇りの出現率(%)				
			春	夏	秋	冬	年間	春	夏	秋	冬	年間	春	夏	秋	冬	年間
道 東	106/30	161	4.3	3.1	3.1	7.5	18.0	13.7	11.8	14.3	9.9	49.7	9.3	12.4	5.6	5.0	32.3
択 捉 島	104/28,29	326	1.5	0.3	0.6	0.3	2.7	11.3	6.7	9.8	7.1	34.9	12.9	20.0	12.9	16.6	62.4
歯 舞 諸 島 ・ 色 丹 島	104/30	163	3.1	1.2	1.2	0.6	6.1	8.6	6.8	12.3	10.4	38.1	14.1	19.0	9.8	12.9	55.8
国 後 島	105/29	156	3.2	0.6	1.9	1.3	7.0	11.5	9.6	12.2	5.8	39.1	11.5	17.3	10.3	14.8	53.9
四島平均			2.3	0.6	1.1	0.6	4.6	10.7	7.5	11.0	7.6	36.8	12.9	19.0	11.5	15.2	58.6

ランドサット5号が打ち上げられた1984年3月1日から1994年5月25日までの期間にわたって、TMのフルシーンの雲量から判断した、北海道東部と北方四島の天気の比較を表-3に示す。図-1より国後島のフルシーン105/29は、同島南端部を除外し知床半島を含んでいるが、国後島の大部分がこのフルシーンに含まれているので、このフルシーンの雲量から国後島の天気を推定した。北海道東部、択捉島、歯舞諸島・色丹島、国後島、以上4地域の天気を比較すると、快晴と晴れの年間出現率は、北海道東部>国後島>歯舞諸島・色丹島>択捉島の関係があり、曇りの年間出現率は逆に、北海道東部<国後島<歯舞諸島・色丹島<択捉島の順に大きい。すなわち、高緯度および太平洋に近いほど天気が悪いことが分かる。北方四島平均は北海道東部に比べ快晴、晴れの年間出現率が共に13%小さく、曇りの年間出現率は26%大きい。以上より、北方四島は北海道東部より天気の悪いことが明らかである。また、季節別にみると、4地域とも夏に快晴・晴れの出現率が小さく曇りの出現率が大きいので、夏の天気が悪いことになる。

表-4は同じデータを用いて求めた雲量の平均値(%), 標準偏差(%), 変動係数を示している。北海道東部、北方四島共に夏期に雲量が大きく、北方四島の春期の雲量が小さい。4地域の比較では、択捉島>歯舞諸島・色丹島=国後島>北海道東部の順に年間の雲量平均値が小さい。釧路の気象官署の月別平年値から計算した季節毎の雲量は春:63%, 夏:84%, 秋:56%, 冬:42%, 全年:61%となり、表-4の北海道東部と比

較してみると夏を除いてほぼ一致している。図－2より、雲量の平均値と標準偏差の間には、負の相関のあることが分かる。すなわち天気が良いほど不安定で雲量のバラツキが大きく天気が変わり易いこと（変動係数は大）、および天気が悪いほど安定していること（変動係数は小）を表している。同図より明らかに、北に位置するほど変動係数が小さくなり、天気が悪く安定していることが分かる。なお、変動係数は図－2において、プロットした点と原点を結ぶ直線の傾きを表す。また図－2では、国後島は図が繁雑になるため除いたが、歯舞諸島・色丹島とはほぼ同じ特性を示す。

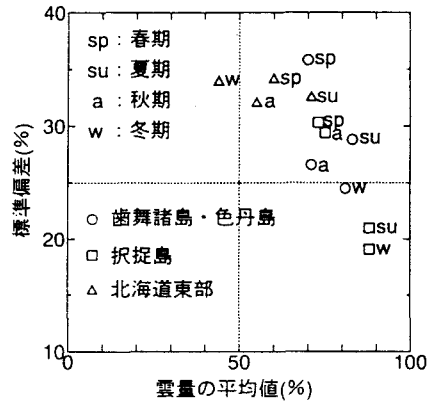
次に、雲量Cを用いて晴天率xを、 $x = 10 - C/10$ で定義する。すなわち、雲量の0, 10, ..., 90, 100%に対し、晴天率は10, 9, ..., 1, 0となる。表－3と同じ雲量データを用いて得られた晴天率の相対度数 分布図を図－3 a, bに示す。これらのヒストグラムに最適な確率分布モデルを決めるために母平均、母分散をそれぞれ標本平均、標本分散で推定し、表－5に示す4つの良く知られている確率分布モデルを考えた¹⁰⁾。得られた母数の推定値は表－5に示す通りであり、表中のRMSは各晴天率に対する観測相対度数 f_i と確率分布の理論値 e_i との平均2乗誤差、 $\{\sum (f_i - e_i)^2 / n\}^{1/2}$ を表す。平均2乗誤差から判断すると択捉島と歯舞諸島・色丹島は指数分布が、北海道東部は一様分布が最も良く適合している。なお、正規分布と二項分布もあてはめてみたが、いずれも表－5の4つの確率分布よりRMS誤差が大きかった。前述のように低緯度地域ほど天気が良いので、確率分布は図－3に示すように非対称の指数分布から一様分布へと変化することになる。ただし、適合度に関するカイ2乗検定を行うと、仮定した分布はいずれも妥当でないという結果になった。これは11個ある晴天率の中で1～2ヶ所で観測度数と理論度数の差が極端に大きくなるためである。

表－4 北海道東部と北方四島の雲量の
(a)平均値(%), (b)標準偏差(%), (c)変動係数
(1984.3.1～1994.5.25)

(a) 平均値					
	春	夏	秋	冬	年間
北海道東部	60	71	55	44	58
択捉島	73	88	75	88	81
歯舞諸島・色丹島	70	83	71	81	77
国後島	68	84	72	83	77
四島平均	71	86	73	85	79

(b) 標準偏差					
	春	夏	秋	冬	年間
北海道東部	34.1	32.5	32.0	33.9	35.0
択捉島	30.3	21.0	29.4	19.1	25.4
歯舞諸島・色丹島	35.8	28.8	26.6	24.5	29.5
国後島	33.7	20.7	29.0	25.2	28.7
四島平均	32.4	22.8	28.4	20.8	27.4

(c) 変動係数					
	春	夏	秋	冬	年間
北海道東部	0.568	0.458	0.582	0.770	0.603
択捉島	0.415	0.239	0.392	0.217	0.314
歯舞諸島・色丹島	0.511	0.347	0.375	0.302	0.383
国後島	0.496	0.246	0.403	0.304	0.373
四島平均	0.456	0.265	0.389	0.245	0.347



図－2 雲量の平均値と標準偏差の関係

表－5 晴天率の確率分布モデルと平均2乗誤差(RMS)

	択捉島	歯舞諸島・色丹島	北海道東部
指数分布 $f(x)=\frac{1}{\lambda}e^{-\frac{x}{\lambda}}$	$\lambda=1.9$ RMS=0.053	$\lambda=2.3$ RMS=0.061	$\lambda=4.2$ RMS=0.057
ポアソン分布 $p(x)=\frac{\mu^x}{x!}e^{-\mu}$	$\mu=1.9$ RMS=0.105	$\mu=2.3$ RMS=0.130	$\mu=4.2$ RMS=0.103
一様分布 $f(x)=\frac{1}{b-a}$	$b-a=8.8$ RMS=0.121	$b-a=10.2$ RMS=0.115	$b-a=12.1$ RMS=0.056
幾何分布 $p(x)=p(1-p)^{x-1}$	$\frac{1}{p}=1.9$ RMS=0.234	$\frac{1}{p}=2.3$ RMS=0.148	$\frac{1}{p}=4.2$ RMS=0.234

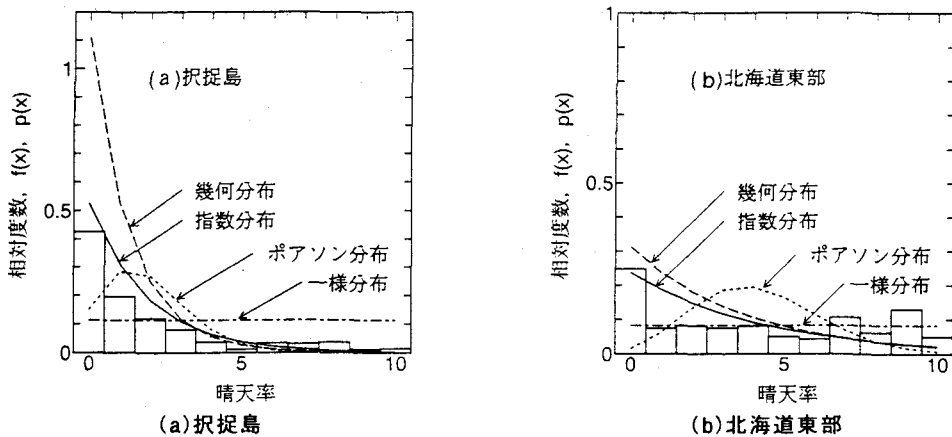


図 - 3 晴天率のヒストグラムと確率分布モデル

5. 結 論

北方四島に関するランドサット TM データを用いた衛星画像の作成、土地被覆分類および天気について述べた。これらの結果はパソコンで容易にみることができ、北方四島の現状把握、環境に配慮した開発計画作成などにおいて貴重な基礎資料となるであろう。本研究で得られた成果を以下に要約する。

- 1) 多次元レベルスライス法を用いて北方四島の土地被覆分類を行い、四島を比較検討し、特に森林、住宅地、草地、荒れ地、水域の特徴を明らかにした。
- 2) 衛星の雲量データを用いた天気調査の方法を示し、北方四島は高緯度ほど雲量の変動係数が小さくなり、天気が悪く安定していることを明らかにした。
- 3) 晴天率についての相対度数と確率分布の理論値との平均 2 乗誤差を最小にする確率分布モデルを求めると、択捉島と歯舞諸島・色丹島は指数分布が、北海道東部は一樣分布が最も良く適合している。

なお、2)、3) については 1984 年 3 月 1 日～1994 年 5 月 25 日までの期間における結論であり、この結論の一般性についてはより長期間にわたって調査しなければならない。

参考文献

- 1) 第 5 期北海道総合開発計画研究改編 (1989): 第 5 期北海道総合開発計画, (財)北海道開発協会, 390p.
- 2) 国土地理院 (1992): 5 万分の 1 地形図 (北方四島 42 枚), 国土地理院.
- 3) 宇宙開発事業団 地球観測センター編 (1991): 地球観測情報システム (EOC-IS) 操作説明書, 宇宙開発事業団地球観測センター, 97p.
- 4) 日本リモートセンシング学会出版委員会編 (1989): パソコンによるリモートセンシングデータ解析, 啓学出版, 291p.
- 5) 環境庁 (1988): 5 万分の 1 現存植生図 (知床半島 5 枚, 根室半島 4 枚), 環境庁.
- 6) 帯広営林局 (1959): 千島森林誌, 帯広営林局, 344p.
- 7) 北方ライブラリー製作委員会編 (1993): われらの北方四島・自然編, (社) 千島歯舞諸島居住者連盟, 424p.
- 8) 気象庁 (1971): 地上気象観測法, 気象庁, 266p.
- 9) 太田正次・森原武次 (1969): 実地応用のための気象観測技術, 地人書館, 270p.
- 10) アルフレド, H-S. A. ・ウイルソン, H. T. 著, 伊藤学・亀田弘行訳 (1984): 土木・建築のための確率・統計の基礎, 丸善, 412p. Alfredo, H-S. A. and Wilson, H. T. (1977): *Probability concepts in engineering planning and design vol.1 basic principles*, John Wiley & Sons, New York.