

衛星データを用いた水害地形分類図の 作成手法に関する研究 (第一報)

植原茂次、幾志新吉、大倉 博、諸星敏一、佐藤照子

国立防災科学技術センター

大矢雅彦、春山成子

早稲田大学教育学部

土屋 清、三輪卓司、石山 隆

千葉大学隔測情報研究センター

Study on the Application of Satellite Data to Geomorphological Classification Map for Flooding (First Report)

by

* S. Uehara, S. Kishi, H. Ohkura, T. Morohoshi, T. Sato

** M. Oya, S. Haruyama

*** K. Tsuchiya, T. Miwa, T. Ishiyama

* *National Research Center for Disaster Prevention, STA
3-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki 305 Japan*

** *Faculty of Education, Waseda University
1-6-1 Nishi-Waseda Shinjuku, Tokyo 160 Japan*

*** *Remote Sensing and Image Research Center, Chiba University
1-33 Yayoi-cho, Chiba-shi, Chiba 260 Japan*

Abstract

This report describes studies on the application of Landsat TM data to the geomorphological classification map for flooding of Nakagawa river basin by means of photo-interpretation of the satellite images and analyzing CCT data.

The results obtained are as follows :

- (1) Landsat TM data taken in winter season which show clear geomorphological features of land surface due to the atmospheric conditions and the smallest vegetation cover are found to be most effective to utilizing for geomorphological classification, especially short wave infrared bands, Band 5 and 7 are useful.
- (2) In the case of photo-interpretation of satellite images, composite color images with the scales of 1/100,000 and 1/200,000 including Band 5 and 7 are very effective. for example, composite color image with Band 3(B), 5(G), 7(R) from the viewpoint of clear judgment of micro-geomorphological features in detail as well as a whole area. Eleven categories of geomorphological features are classified and mapped.

- (3) In the case of analyzing CCT data, the basic framework of geomorphological features which correspond to the ground heights relating to flooding can be delineated through slicing the CCT counts of Band 5 into four steps based on the spectral characteristics of the ground covers relating to geomorphological features.
- (4) These four classified geomorphological features were overlaid on the topographical maps with the scales of 1/50,000 and 1/25,000. The maps can indicate precise geographical locations of the geomorphological features and classified areas as the lowest ground height well coincide with the areas of the past maximum flooding.
- (5) However, various complicated problems on both methods of photo-interpretation and of analyzing CCT data, as well as on the risk evaluation of flooding seem to remain over the urbanized areas in the low lying land.

目 次

序 言

1. ランドサットTM画像の判読による中川流域の水害地形分類図の作成について	4
1.1 はじめに	4
1.2 中川流域の地域概観	4
1.3 判読に利用したランドサットTM画像について	7
1.4 ランドサットTM画像による地形分類	8
(a) 1/5万・バルク補正画像	8
(b) 1/5万・地形図範囲精密補正画像(縮率0.25)	8
(c) 1/10万・バルク補正画像	15
(d) 1/20万・バルク補正画像	15
1.5 ランドサットTM画像を用いた水害地形分類図と空中写真を用いた水害地形分類図の特徴	23
1.6 まとめ	23
付 記	24
2. ランドサットTM画像解析による水害地形分類図の作成について	24
2.1 はじめに	24
2.2 ランドサットTM画像の処理・解析	25
(1) 処理・解析に用いたTMデータの前処理	25

(2) 微地形及び地上被覆の代表的トレーニングエリアの分光特性	25
2.3 TMバンド5 レベルスライスによる水害地形分類図の作成	27
(1) スライスレベルの設定	27
(2) スライスによる分類画像と地図への重合	29
2.4 浸水実績図との対応	29
3. 結 論	39
参照文献	39

序 言

本研究は、科学技術庁の振興調整費によって、昭和59、60年度の2か年にわたって実施された「リモートセンシング技術の利用実証に関する総合研究（第Ⅱ期）」の一環として行われたものである。

本研究は、下記の作業グループメンバーの分担による共同研究として行われ、現地調査も合同で2回実施している。

機 関 及 び 参 加 者	分 担 作 業
国立防災科学技術センター 植原茂次，幾志新吉，大倉 博， 諸星敏一，佐藤照子	衛星データの収集 CCTデータの処理・解析による水害地形分類図 の作成
早稲田大学教育学部 大矢雅彦，春山成子	衛星写真画像の判読による水害地形分類図の作 成
千葉大学隔測情報研究センター 土屋 清，三輪卓司，石山 隆	判読研究のための各種カラー合成画像の調製

本報告の全体の調整・取まとめは植原が担当したが、1章についての執筆は、大矢・春山が担当している。

なお、本研究を始めとする「衛星データを用いた水害地形分類図に関する研究」は、同じく振興調整費による「アセアン諸国との共同研究によるリモートセンシング技術の高度化」の一環として、現在実施中の「タイ中央平原の水害地形分類」として引き継がれており、また、国内的にも、MOS-1・MESSRデータを用いた阿賀野川下流平野等の水害地形分類に関する研究として現在実施中である。これらの成果は、順次、速報として取りまとめ公表する予定である。

1. ランドサットTM画像の判読による中川流域の水害地形分類図の作成について

1.1 はじめに

調査対象とした中川流域は日本の代表的な低湿地の一つであり、今までに多方面からの研究がなされてきた。科学技術庁(1961)では治山治水総合対策のための基本調査の一環として「中川流域低湿地の地形分類と土地利用」を公表している。ここでは基図を1/5万・縮尺の地形図として、沖積低地を重点的に分類している。この地形分類図は都市化の波を受ける前の資料を基礎としており、人工改変以前の地形環境を知る上で極めて貴重なものである。

1960—1980年では、地形には様々な方面から手が加えられてきた。土地表面の刻々の変化は、東京都の近郊としての中川流域低湿地の変貌に顕著にあらわれている。そこで、今回は1961年における地形分類図を基礎として、ランドサット画像にはどのような土地の情報が読みとれるのかを吟味した。また、最新の土地事象のデータを載せるランドサット画像において、地形変化はどのように表現されるのかを読みとることとした。

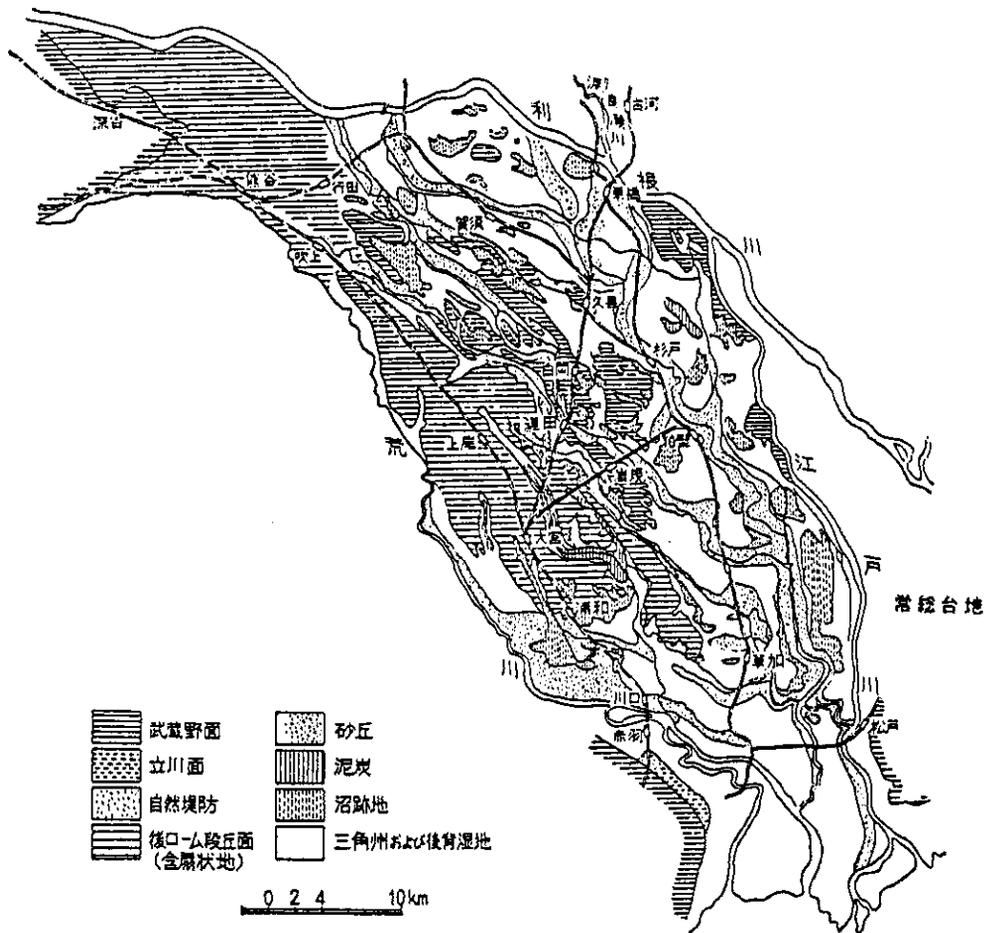
1.2 中川流域の地域概観

中川は関東平野のほぼ中央部を北は羽生市から、南は江戸川区に至るまでの地域を蛇行を繰り返しながら流下して東京湾に注いでいる。ほぼ古利根川の流路にあたり、流域面積は約1,250km²におよぶ。

中川流域(図1)は西側を海拔20—30m程度の大宮台地、東部および北部を常総台地に囲まれる、かつての利根川下流地域である。北部地域の羽生市～久喜市は関東造盆地運動による地盤沈下が激しく、洪積台地が沖積地下に埋没している。この埋没台地上には自然堤防状の微高地が形成されており、埋没台地を刻む谷には旧河道および沼沢地がみられる。これより下流の久喜市～春日部市～草加市北部では、比較的大規模な自然堤防がよく発達している。自然堤防の背後は後背湿地、沼沢地が広く分布しており、泥炭層の堆積が厚く、極めて低湿な地域となっている。最近では沼沢地は干拓、埋立てなどの人工改変が進み、その姿はわからなくなっている。

草加市では東西方向に砂州状の微高地がみられ、これより下流側には広大なデルタがひろがっている。地形面勾配が極めて緩やかであるため、河川の蛇行、分流が著しく、規則性の無い流れ方となっている。中川の最下流部は近世以降の干拓、および戦後の臨海部の大規模な埋立てで平野面積が拡大された。

中川流域は低湿地という大特性をもつために自然災害としては水害をうけやすい。昭和33年(1958年)9月の台風22号による中川流域の浸水氾濫をもとに作成された「中川、綾瀬川流域の洪水実績図」(図2)と地形分類図とを照合させると、後背湿地、沼沢地、デルタ、



科学技術庁資源局・中川流域低湿地の地形分類と土地利用（1961）より

図1. 中川流域地形区分図

Fig.1 The map of major geomorphological features of the Nakagawa river basin

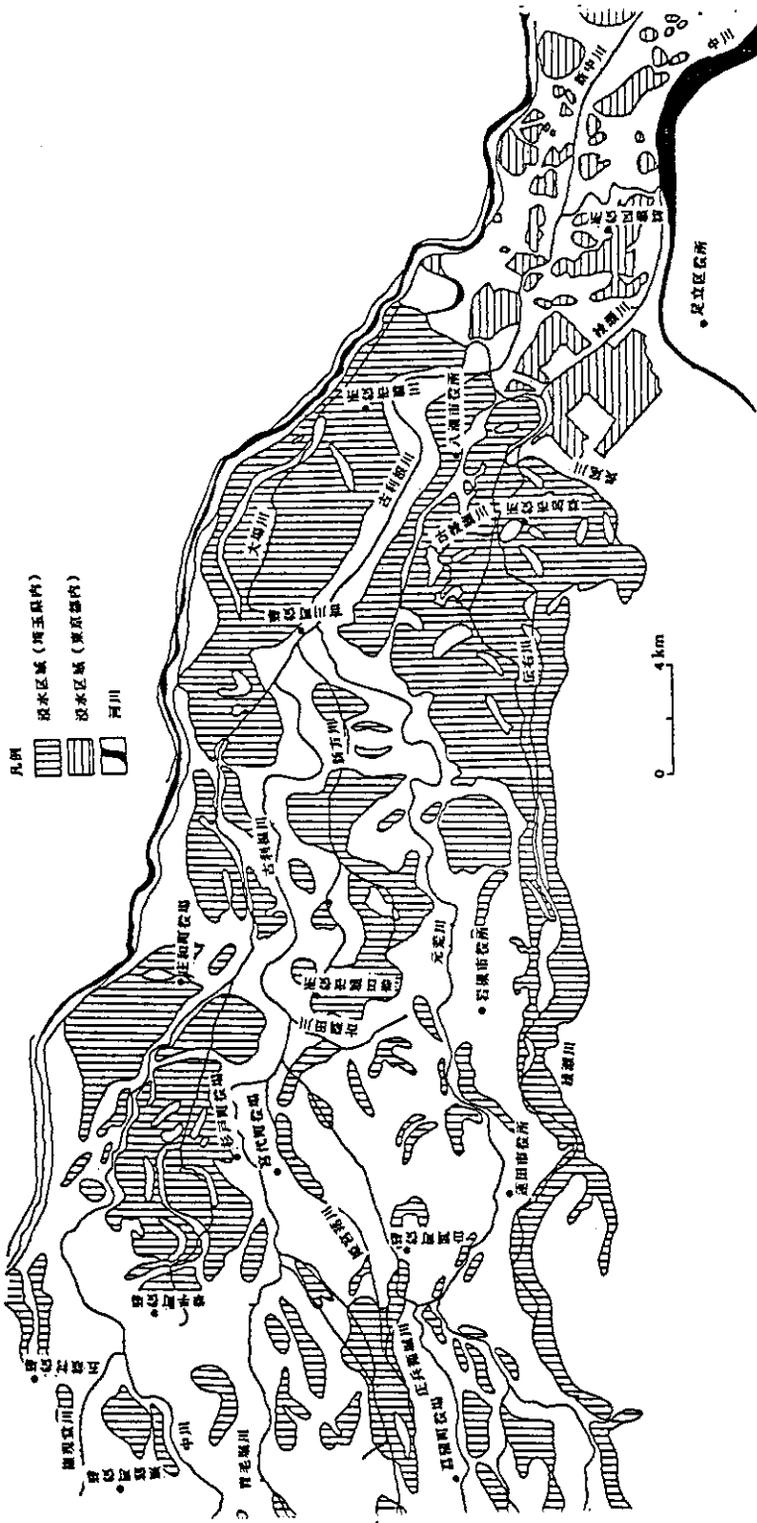


図2 中川流域浸水氾濫図
Fig. 2 The map of past flooding over the Nakagawa river basin

台地を刻む谷底平野での湛水状況がわかる。

1.3 判読に利用したランドサットTM画像について

本研究において、水害地形分類図の判読・試作に用いたランドサットTM画像は、表1に示すものの中で、用途が判読と記しているものである。

表1 水害地形分類判読及び解析に用いた中川流域の衛星画像データ
Table 1. Satellite data used for the study on geomorphological classification map for flooding

縮尺	図幅名	原データ		処理データ			用途及び図番号
		受信日	種類	幾何補正	使用バンド	加色	
1/5万 画像	草加付近	'84. 7. 31	CCT	バルク	2, 3, 4	B, G, R	判読
	越谷付近	"	"	"	3, 5, 7	"	"
	春日部付近	'84. 11. 4	"	"	2, 3, 4	"	"
	久喜付近	"	"	"	3, 5, 7	"	" 図3, 一, 6
1/2.5万 ・地形図 範囲の画 像(縮率 = 0.43)	越谷	'84. 7. 31	CCT	GCP精密	3, 5, 7	B, G, R	判読・解析
	野田市	"	"	"	5	color	9-level slice
	岩槻	"	"	"	5	B/W	4-level slice
	"	'84. 11. 4	"	"	3, 5, 7	B, G, R	判読・解析
	"	"	"	"	5	color	9-level slice
	"	"	"	"	5	B/W	4-level slice
"	'85. 1. 23	"	"	3, 5, 7	B, G, R	判読・解析	
"	"	"	"	5	color	9-level slice	
"	"	"	"	5	B/W	4-level slice	
"	"	"	"	"	"	写真5(a)(b)	
"	"	"	"	"	"	図14(a)(b)	
1/5万 地形図範囲 の画像 (縮率= 0.25)	野出	'85. 1. 23	CCT	GCP精密	3, 5, 7	B, G, R	判読・解析
	大宮	"	"	"	5	B/W	4-level slice
1/10万 画像	中川	'85. 1. 23	9in. ネガ・フルシーン	"	4	B/W	判読
	中・下	"	"	"	5	"	"
	流域	"	"	"	7	"	"
	"	"	"	"	2, 3, 4	B, G, R	"
	"	"	"	"	2, 4, 3	"	"
	"	"	"	"	3, 4, 7	"	" 写真2
"	"	"	"	3, 5, 7	"	" 図8	
1/20万 画像	中川	'85. 1. 23	9in. ネガ・フルシーン	"	4	B/W	判読
	流域	"	"	"	5	"	" 写真2
	"	"	"	"	7	"	"
	"	"	"	"	2, 3, 4	B, G, R	"
	"	"	"	"	2, 4, 3	"	"
	"	"	"	"	3, 4, 7	"	" 図9
"	"	"	"	3, 5, 7	"	" 写真3	

1.4 ランドサットTM画像による地形分類

(a) 1/5万・バルク補正画像

草加，越ヶ谷，春日部，久喜付近の各画像（図3-6）についての地形分類の試作を行った。1/5万・画像においては，1984.11.4，TMバンド3(B)5(G)7(R)の画像が最もみやすいため，これを基礎として，1984.7.31，TMバンド3(B)5(G)7(R)の画像を参考にした。

上記4画像は古利根川を中心として，沖積低地である自然堤防，後背湿地，デルタ，谷底平野が分布しており，一部地域に洪積台地がみられる。一般に，1984.11.4，TMバンド3(B)5(G)7(R)画像においては，各微地形は自然堤防が紫色，後背湿地および谷底平野は薄紫色，旧河道は緑色のドットに取り囲まれ，薄黄緑～薄紫色に，台地縁辺の斜面は緑，台地平坦面は紫色，水面として河川および沼沢地は濃紺で表現されている。

これらの色彩に対し，人工改変が広く行なわれた地形面については，白く反射している。また，ゴルフ場のように緑地を残した改変地の場合は緑色であるが，平坦地としたところはやはり白色が強いようである。

いずれの画像にしても人工的に手の加えていない地域は読図が容易であるのに対して，埋立，切り土，などが行なわれた住宅密集地域については読図が困難となるため，草加付近の画像における微地形判読はかなり難しい。

この縮尺の画像におけるの被害地形分類図作成については，上記のような微地形ごとの被害の想定にあわせて，改変された微地形をどのように評価していくかが問題となってくる。とくに，市街地における内水氾濫想定，後背湿地に盛土をした場合，自然堤防とほぼ同一高度になるが，これらに対する評価，台地上の切り土地の周辺に及ぼす影響についてなどである。

これらの人工改変地における問題点は，1/5万という縮尺ではかなり個々にクローズアップされると思われる。そこで，ランドサットが空中写真以上の精度の表現力を持ち，十分な立体視が可能であれば，微地形解析は進めうると思われるが，単に粒子が拡大されただけでは画像判読はかなり困難である。

(b) 1/5万地形図範囲精密補正画像（縮率0.25）

1/5万・地形図範囲精密補正画像（縮率0.25），野田，大宮，水海道，鴻巣，の各画像についての読図を行ない，野田図幅のみ被害地形分類図の試作を行なった。この画像では85.01.23，TMバンド3(B)5(G)7(R)画像（写真1）を基礎として，84.11.04，TMバンド3(B)5(G)7(R)画像を参考とした。野田図幅（図7）では常陸台地，下総台地，古利根川および元荒川流域の沖積低地を含んでいる。

常陸台地では台地面は緑および黄褐色，灰色で表現されているが，住宅密集地域は灰色，畑作地域が黄褐色，林樹地が緑というパターンであり，ゴルフ場などのように大規模な人工改変で切り土，平坦化された地域は白く反射している。台地を刻む谷底平野はおおむね薄緑

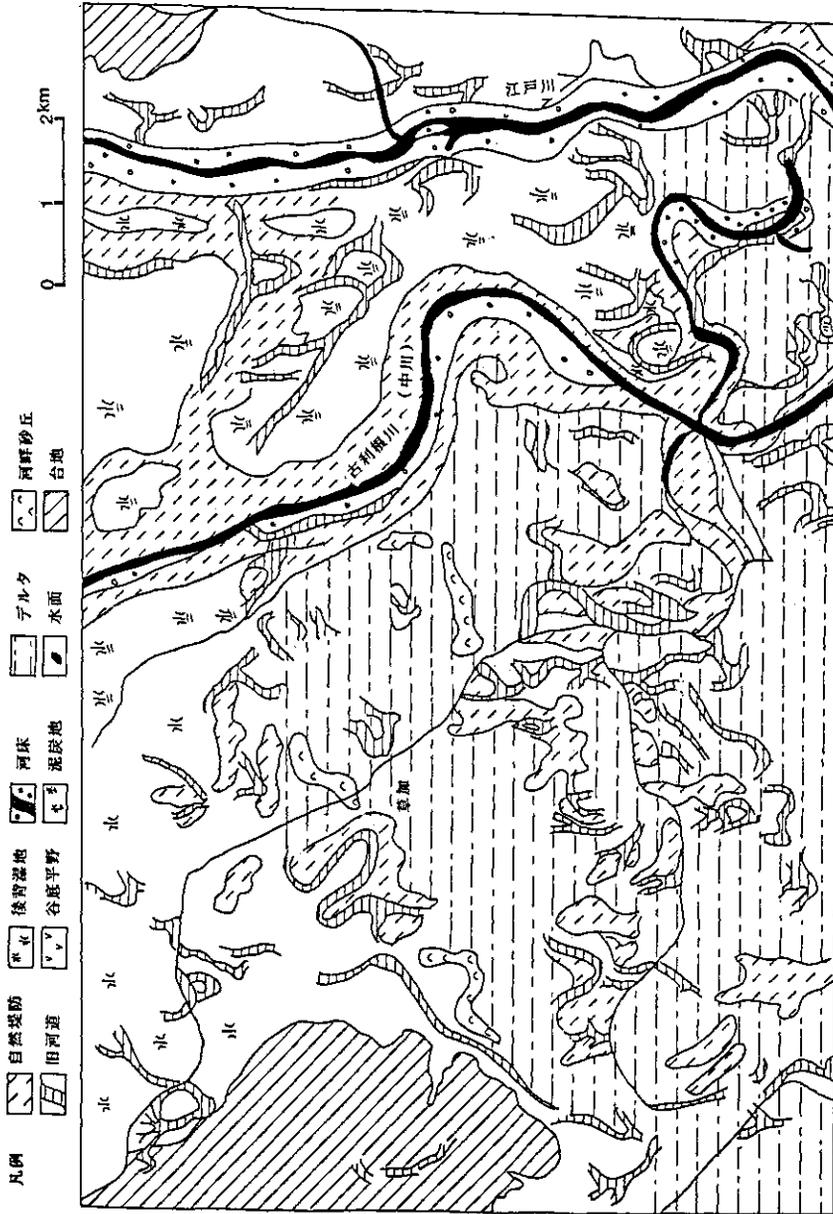


図3 1/5万・草加付近水害地形判読図 (印刷縮率54%)
 Fig. 3 Geomorphological classification map for flooding with 1/50,000
 in scale of the vicinity area of Soka City made by photo-
 interpretation of TM composite image (print scale : 54%)

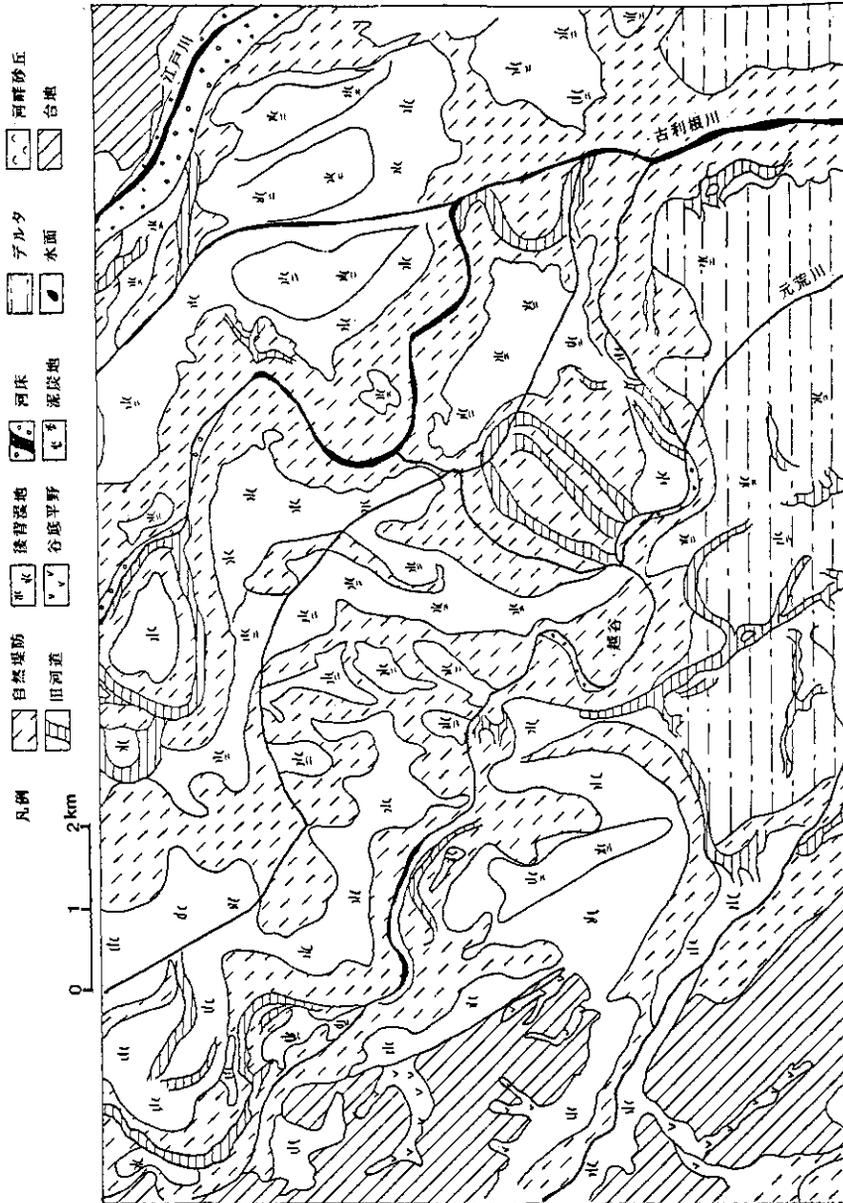


図4 1/5万・越谷付近水害地形判読図 (印刷縮率54%)
 Fig. 4 Geomorphological classification map for flooding with 1/50,000
 in scale of the vicinity area of Koshigaya City made by photo-
 interpretation of TM composite image (print scale : 54%)

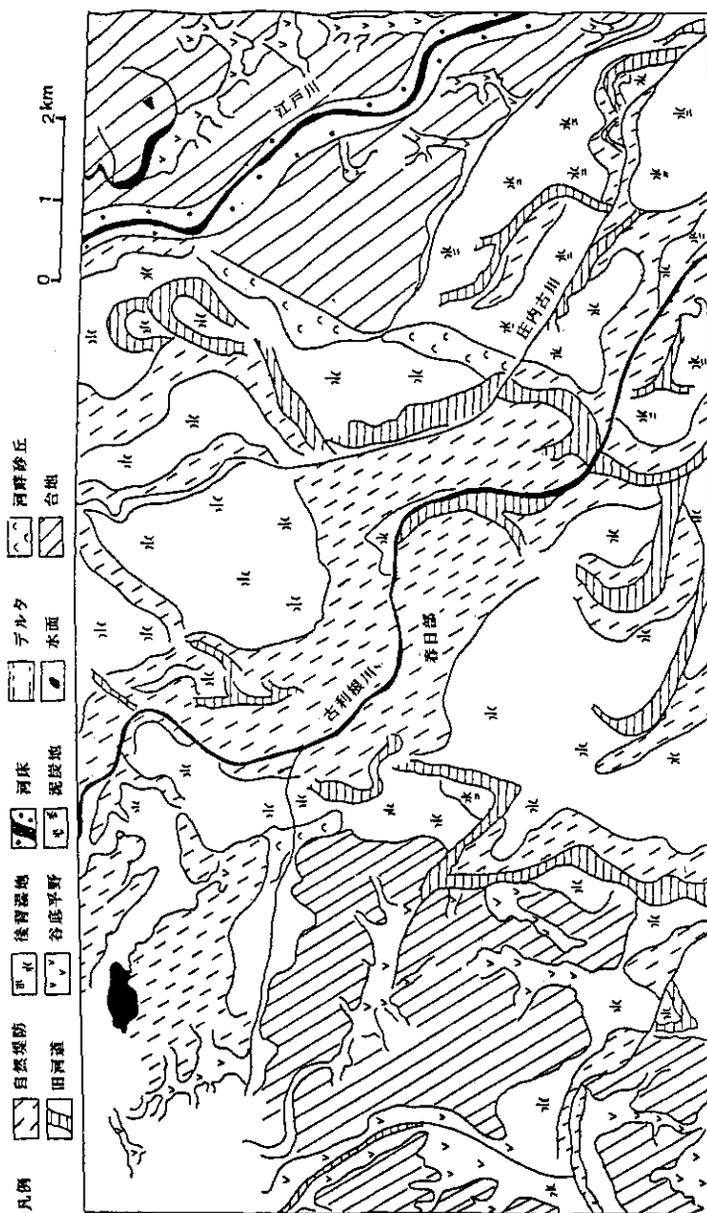


図5 1/5万・春日部付近水害地形判読図 (印刷縮率54%)
 Fig. 5 Geomorphological classification map for flooding with 1/50,000 in scale of the vicinity area of Kasukabe City made by photo-interpretation of TM composite image (print scale : 54%)

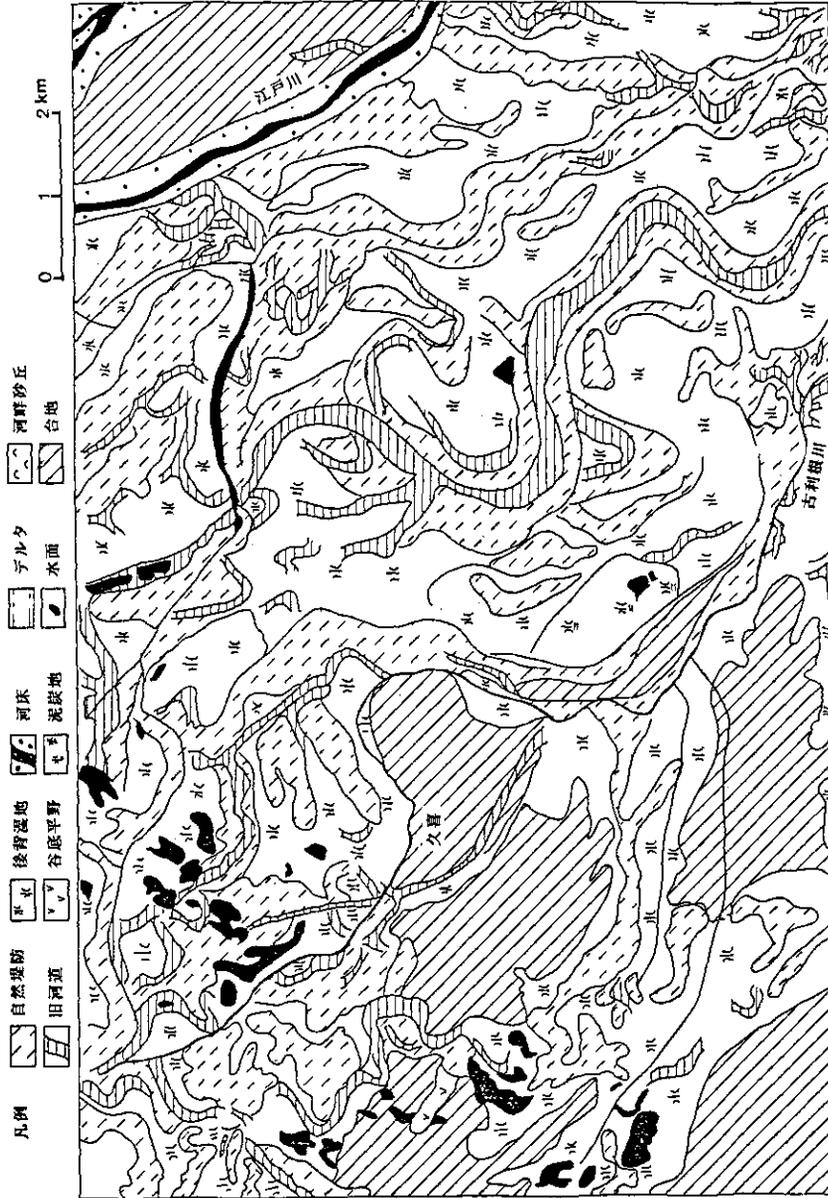


図6 1/5万・久喜付近水害地形判読図 (印刷縮率54%)
 Fig. 6 Geomorphological classification map for flooding with 1/50,000
 in scale of the vicinity area of Kuki City made by photo-
 interpretation of TM composite image (print scale : 54%)

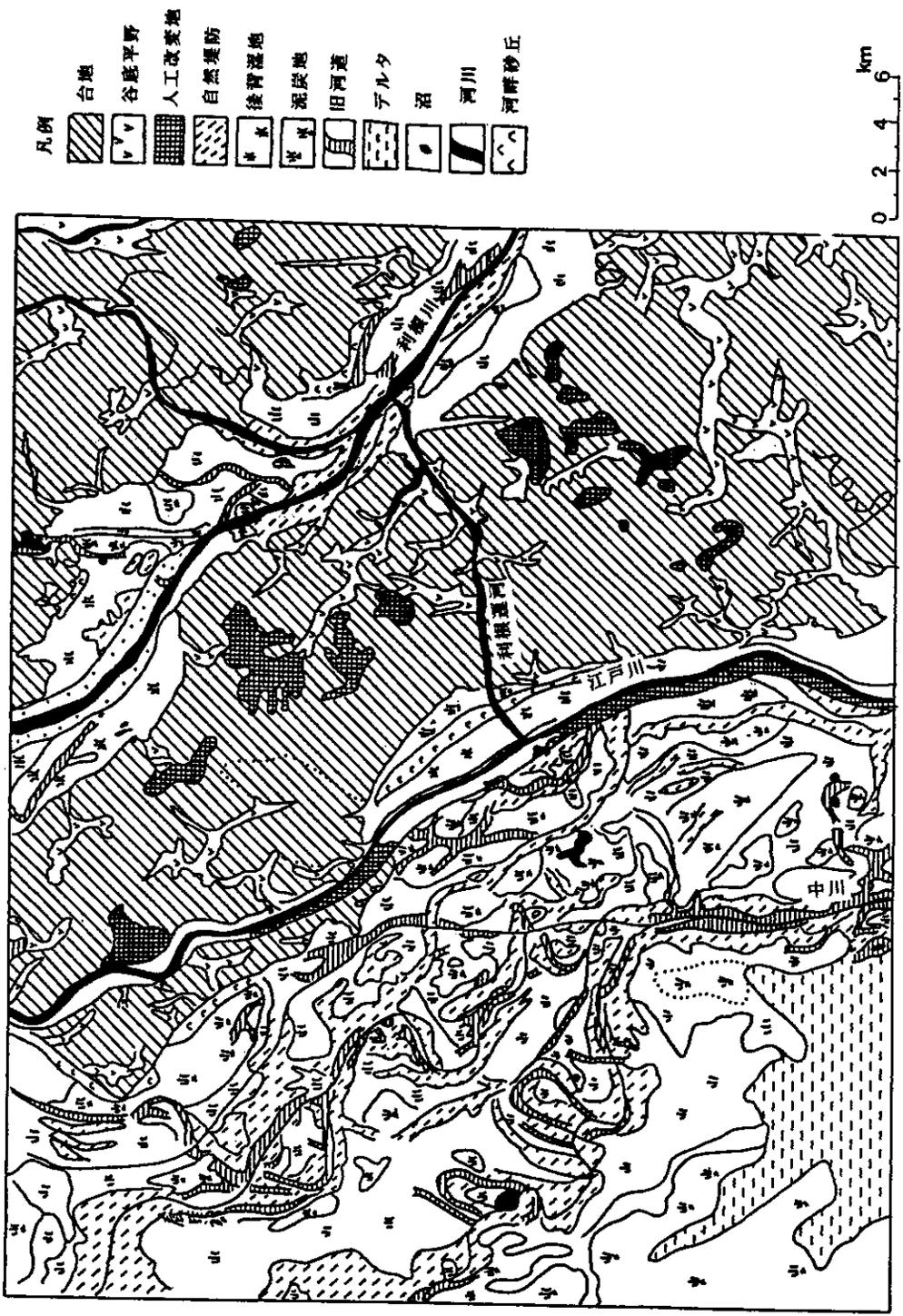


图 7 1/5万・野田图幅範圍縮小画像水害地形判別図 (印刷縮少率70%)
 Fig. 7 Geomorphological classification map for flooding corresponding to the topographical map of Noda Area with the scale of 1/50,000 made by photo-interpretation of TM image (print scale : 70%)



写真1 1/5万・地形図野田図幅範囲TM合成カラー画像 バンド3(B), 5(G), 7(R) (印刷縮率: 70%)

Photo.1 Composit color image of TM corresponding to the topographical map of Noda Area with the scale of 1/50,000 Band 3(B), 5(G), 7(R) (print scale : 70%)

であるが、沼沢地をかかえている地域は濃紺色で示される。低湿地では自然堤防地帯は緑のドットに灰色がかかった色で帯状を示し、後背湿地は黄褐色を呈するが、このうち泥炭層を厚く堆積させていると思われる地域については濃黄褐色となっている。低湿地では最近住宅地が拡大し、工場進出がさかんになったため、土地改変が進み、人工的に改変された地域は灰色がかっているようである。水面としては用排水路、河川、池沼が濃紺で示されている。

次章で述べるTMバンド5 CCT処理画像の濃度スライスで見ると、

- (1) 「55～」ランクでは後背湿地、泥炭地、谷底平野、現河床、デルタなどが入る。
- (2) 「50～54」ランクでは自然堤防および後背湿地上の人工改変地を示す。
- (3) 「42～49」ランクは自然堤防、および自然堤防上ならびに後背湿地上における人工改変地を示す。
- (4) 「0～41」ランクは河川、用排水路、道路、台地上の平坦面を示す。

濃度スライス画像においては、おおむね微高地と低湿地との区別はなされるが、全てが微地形と一致するわけではない。そこで、水害地形分類図とするには不完全である。今後、微地形が詳細に写し出されるようにランク分けの階級をもう少し細かに設定することが必要と考えられる。

(c) 1/10万・バルク補正画像

1/10万・幾何補正図ではTMバンド2(B), 3(G), 4(R), TMバンド2(B), 4(G), 3(R), TMバンド3(B)5(G)7(R), TMバンド3(B)4(G)7(R), TMバンド4, TMバンド5, TMバンド7の各画像がある。それぞれ、表現される色は異なり、それぞれ長短がある。このなかでは85. 1.23, TMバンド3(B)5(G)7(R)が微地形判読には最も適性があると考え、これを基図として、その他の図を参考にして、水害地形分類図(図8)の試作をした。この図幅では古利根川、元荒川、荒川、江戸川流域の低湿地が含まれており、洪積台地では大宮台地、下総台地が入ってくる。

台地面は緑と一部に灰色および黄緑で表現されており、ゴルフ場などの大規模人工改変地は白く反射している。また、住宅密集地域は灰色をかぶせた色で示される。低湿地については後背湿地が黄褐色で、泥炭地は濃黄褐色、自然堤防地帯は緑のドットに灰色がかかった色、市街地は灰色に紫色がかかった色として写し出されているが、工場用地として大規模な造成を行った土地に関しては白く反射している。また、旧河道は緑色でとり囲まれて薄い水色を呈しているが、グラウンド等の埋土した土地は白く反射している。水面は全て濃紺色である。デルタは緑、黄緑、灰色などの複合色で示されているが、これは首都圏の都市化と一致するもので、自然地形の判読は困難となっている。

(d) 1/20万・バルク補正画像

1/20万・画像も(c)1/10万・画像と同様に、TMバンド2(B), 3(G), 4(R), TMバンド2(B), 4(G), 3(R), TMバンド3(B)5(G)7(R), TMバンド3(B)4(G)7(R), TMバンド4, TMバンド



写真2 1/10万・中川中・下流域TMバンド5 B/W画像 (印刷縮率60%)
Photo. 2 B/W image of TM Band 5 with the scale of 1/100,000 (print scale : 60%)

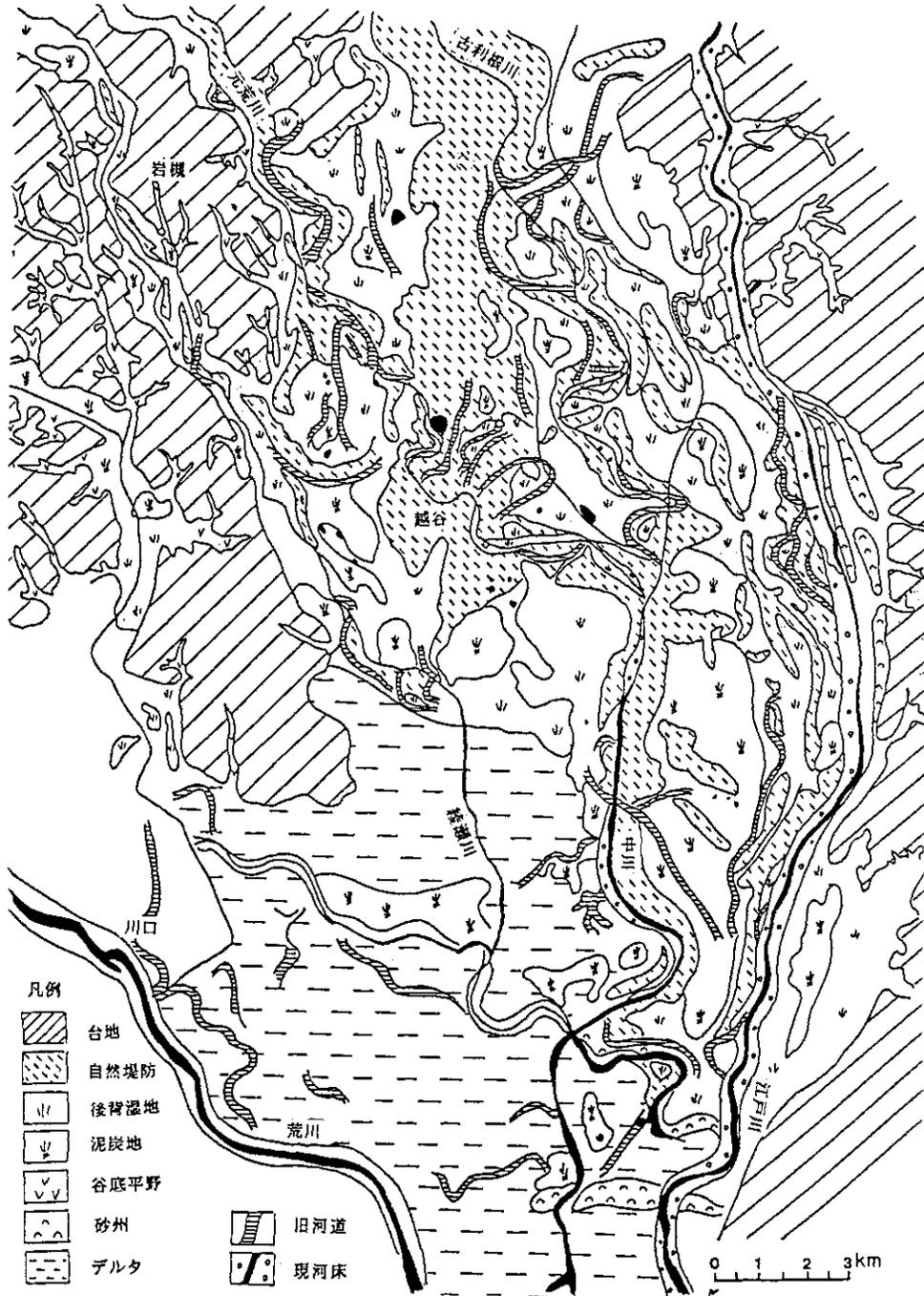


図8 1/10万・中川中・下流域水害地形判読図（印刷縮率60%）
 Fig.8 Geomorphological classification map for flooding with the scale of 1/100,000 made by photo-interpretation of TM image (print scale : 60%)

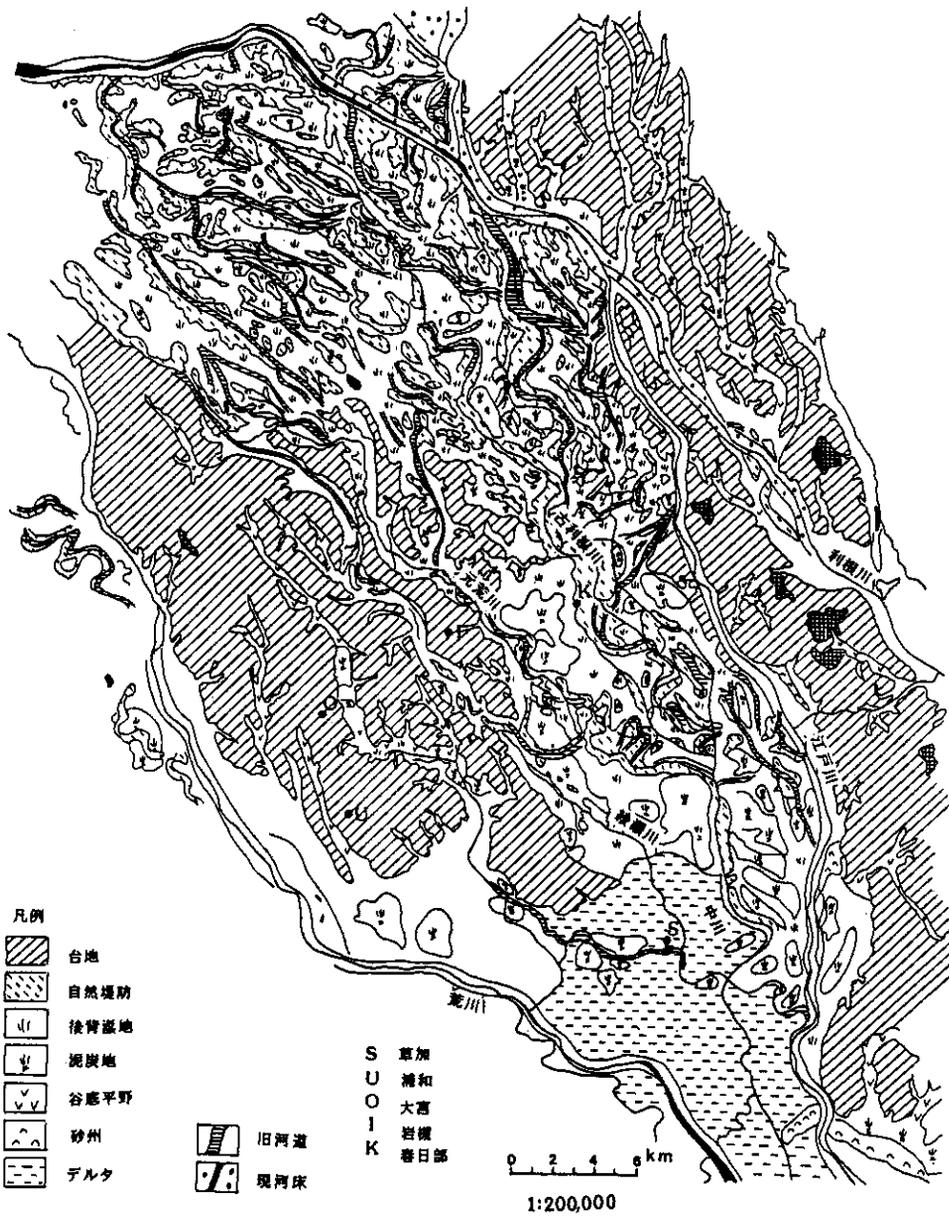


図9 1/20万・中川流域水害地形判読図 (印刷縮率56%)
 Fig. 9 Geomorphological classification map for flooding with the scale of 1/200,000 made by photo-interpretation of TM image (print scale : 56%)



写真3 1/20万・中川流域TM合成カラー画像（印刷縮率：56%）
バンド3(B), 5(G), 7(R)

Photo. 3 Comoposite color image of TM with the scale of 1/200,000
Band 3(B), 5(G), 7(R), Nakagawa river basin (print scale: 56%)

5, TMバンド7の各画像が処理されているが, このうちの85. 1. 23, TMバンド3(B) 5(G) 7(R) (写真3) を用いて, これを基図とし, その他を参考とした。

中川流域図幅としては最下流部を除く, かなりの部分を画面に入れている。そこで, 主な地形要素ごとの色のかかり方は1/10万・画像と同じであるが, 利根川, 江戸川との関係, かつての主流路分布についての判読が容易にできる。また, 台地の位置, 自然堤防, 後背湿地, デルタなどが流域のどの位置にあり, 相互にどのような関連があるのかを知るのにも便利である。

以上, 1/5万・縮尺から1/20万・縮尺に至るまでのランドサットTM画像を利用して, 図3~9の水害地形分類図の試作を行なった。これらの作業を通してわかった事は次の点である。

- (1) 縮尺ごとにみて, 地表面の判読をそれぞれの縮尺での誤差を含めて, 最も正確に出せるのは1/20万・バルク補正画像であった。
- (2) 季節別画像でより微地形を読みとりやすいのは冬の画像(11月もしくは1月)である。
- (3) 各波長と加色の関係で微地形をより読みやすいものとしては, 1/20万, 1/10万・画像ではTMバンド3(B) 5(G) 7(R)のものであった。1/5万・画像では1984. 11. 04, TMバンド3(B) 5(G) 7(R)のものであった。この判読は研究の初期であったため, 1985. 01. 23の画像は使われていない。その後, 1/5万・縮小画像の判読では, 01. 23のTM精密補正画像バンド3(B) 5(G) 7(R)を用いている。
- (4) 日本のような国の場合, すでに空中写真, 大縮尺地形図を利用できるという点において, 1/5万・バルク補正画像は空中写真利用より精度がおちるということ。この精度という面からすると, 空中写真の縮尺1/4万・に対応する1/5万・縮尺の地形図を基図として作ることができる水害地形分類図までは, ランドサット画像の精度は低い。
- (5) 全流域全体を考察するためには, ランドサットは均質に全体を見渡すことができるため, 今までの空中写真にはない利点がある。すなわち, 1/10万, 1/20万・縮尺の画像においては流域像を容易につかめる。また, 水害予測という立場からは, 単に一地域での水の動きを論じるのは不十分である。そこで, 上流部から下流部までの地形のつながり, 相互関係を図面の中で把握しうることが必要となる。たとえば, 河道内での増水が下流へどのように伝播するのか, ひとたび堤内地へ洪水氾濫したときの水の流走方向はどうか, 水はどの地域により湛水しやすいのか, その時に用排水路はどの程度に役に立つのか, 人工地形の配置からして, 自然地形での氾濫とはどこが異なっているのか, などである。これらを考察していく上で, 流域全体を同じ精度で時を同じくして考察できるというのは, ランドサットの大きな利点である。そこで, 日本のように, すでに空中写真が全国をカバーしている国においてのランドサットの有用性がでてくる。
- (6) 画像処理上, 濃度スライス画像は低地, 微地形などの区分をするのにかなり有効である。

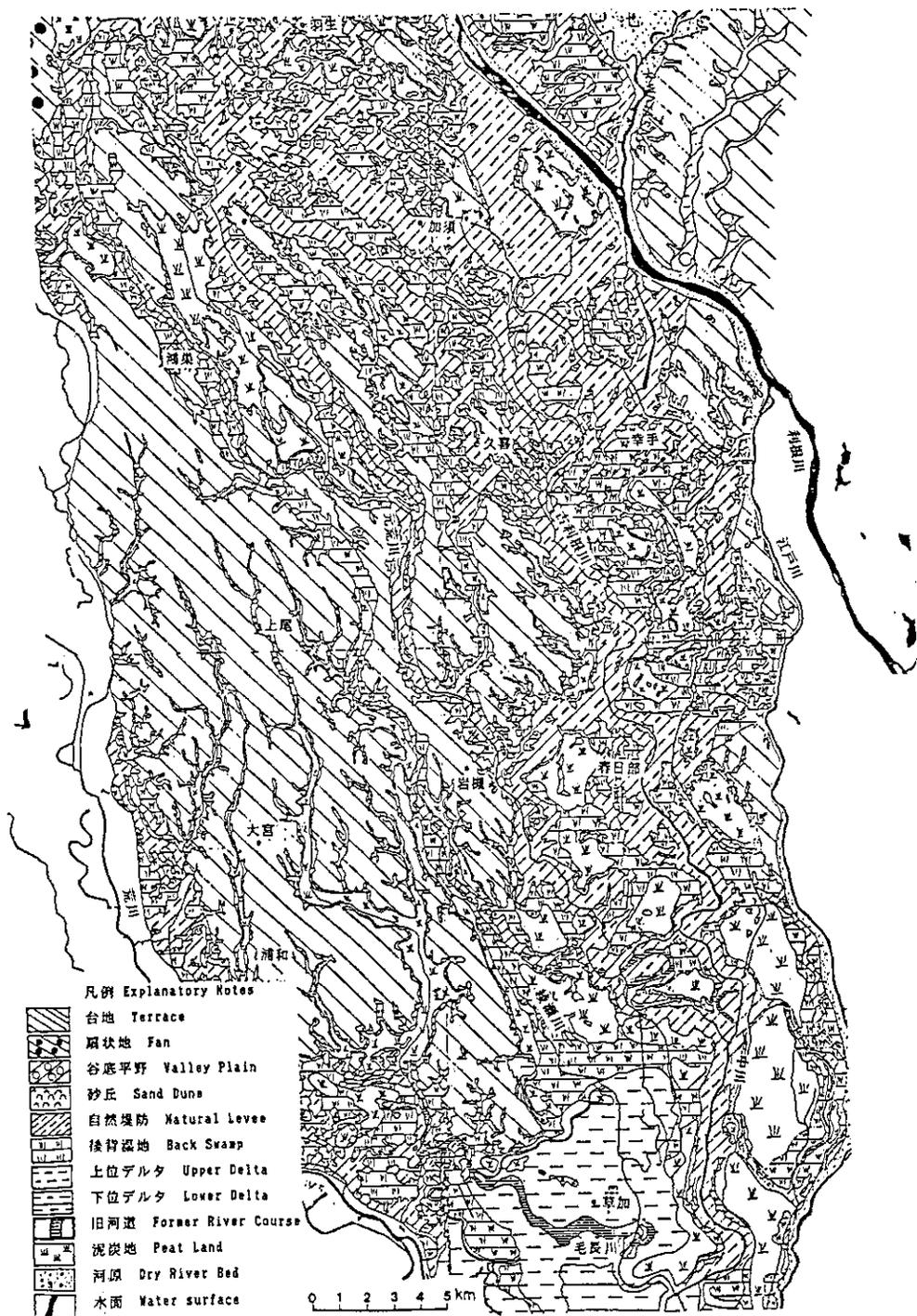


図 10 1961年作成中川流域地形分類図
 Fig. 10 Geomorphological classification map for flooding of Nakagawa river basin made in 1961

しかし、現在の4段階のスライス画像では地形要素を識別しにくい。そこで、ランク別けをもう少し細くすることがのぞましい。

1.5 ランドサットTM画像を用いた水害地形分類図と

空中写真を用いた水害地形分類図の特徴

中川流域は関東平野のほぼ中央部をなし、首都近郊の重要な地域にあたるため、すでに多くの調査、研究がなされている。水害地形分類図としては、科学技術庁資源局（1961）の「中川流域水害地形分類図」（図10）が作成された。1961年当時においては、まだ、首都圏30km圏内における都市化現象は激しくなかったため、この地形分類図（図10）は中川流域の自然地形がよく表現されている。

しかし、現在、首都圏40～50km圏内までが都市化の現象の進行する地域となったため、人工改変地は低地にも台地にも急速度で拡大してきている。ここでは、自然地形としての低湿地の地形要素である後背湿地、泥炭地などが干拓、埋立て、盛土などによって大きく変化し、台地斜面がゴルフ場などの建設によって変形を受けている。そこで、現在での中川流域の水害地形分類図を作成するためには、1961年当時に作成された水害地形分類図に人工改変地を記載し、評価して行かなければならない。また、低湿地の土地改変を本川、支川、用排水路、盛土、干拓、切土の各方面から降水、洪水との対応において、情報を記載していく必要がある。

このような点を踏まえて、今後の水害地形分類図の作成について考えると、ランドサットTM画像の重要性が浮び上がってくる。今回の水害地形分類図の試作（図3～9）では、自然地形にのみ注目して、ランドサットTM画像から判読しうる情報を記載した。しかし、これを将来的には、土地にかかわる新しい情報を全て盛り込むことはランドサット画像の最新のものを利用することで可能となってくる。ランドサット画像は、新たに手の加わった人工改変地の検出、あるいは洪水への対応についての即時性についてはきわめて効果的であると思われる。また、今ひとつは、空中写真、地形図においては流域全体での水害の姿をつかまえにくいということに対して、ランドサット画像の小縮尺の精密幾何補正のものを利用することによって、全体像は容易に把握されうる。

そこで、今後は、この情報をどのように記載していくかが課題となろう。

1.6 まとめ

ランドサットTM画像を利用した水害地形分類図作成について、今までの研究で、即時性、全体像を把握しやすいなどの利点があること、一方、従来から用いられてきた大縮尺の水害地形分類図と比較すると、画像粒子を引きのばした分だけ読み取りにくさ、空中写真との比較の上で精度が劣るという点がでてきた。

今後、ランドサット画像を利用して、水害地形分類図を作成するにあたっては、次のような点を吟味しなくてはならない。まず、ランドサットの即時性を生かして、刻々と変化する地表面をとらえて、この人工改変地が出水時にどのように洪水流と対応していくのか、これらを出水時のランドサット画像において解析していくこと、また、小縮尺で、その縮尺における精度を高めることによって、河川流域を面的に明確にとらえていくこと、などである。また、濃度スライス画像処理ではランク区分を細かくして、地形要素、人工改変地の表現能力をも高めていくことのもぞまれる。

また、最後に、ランドサット画像を空中写真同様に立体視ができるようになることが、今後の重要な課題とも思われる。

付 記

今回は都市化の著しい中川流域において水害地形分類図をランドサットを用いて試作した。ランドサットの有用性の一つとして広い地域を一度に見ることができ、また、入手にあたっての制約がない。そこで発展途上国たとえばタイ、インドネシアなどのように土地が広大でしかも空中写真の入手の困難な所での水害地形分類図の試作には有効と考える。また、雨季で洪水氾濫があった場合、乾季になっても日本と異なり氾濫が続いているので、この時の写真を用いれば、洪水状況図の作成にも有効である。

2. ランドサットTM画像解析による水害地形分類図の作成について

2.1 はじめに

1.で述べられた水害地形分類図を、ランドサットTM画像の判読により作成する手法と並行して、TMのCCTデータの画像処理・解析による作成手法を検討し、その結果を、判読手法による成果と比較するとともに、現地調査による解析結果の確認、及び浸水実績図との対比による実用上からの問題点の考察等を行った。

以下、順を追って述べるが、その目的とするところは、専門家が判読により行った微地形の特徴抽出が、画像処理・解析の一般的手法でどこまで可能であるかを確かめること、解析結果を地形図上にプロットで重ね表示し、地理的位置を明確にすること、判読手法との相互補間の利用による水害地形分類図作成の効率化である。

ここでは、未だ最終的な目的としての手法の統合化までは行えなかったが、画像の処理・解析手法の可能性を示めすことができたと考えられる。

2.2 ランドサットTM画像の処理・解析

(1) 処理・解析に用いたTMデータと前処理

用いたTMデータは、表1の用途及び図番号の欄に、解析と表示され、9及び4 level sliceと表示されたもので、原データは、1984年7月31日、11月4日、及び1985年、1月23日のCCTデータである。

画像は最終的に解析結果を地形図上にプロットで重合することを目指しているため、地形図の図幅と同一の画像範囲として、1/2.5万・地形図では、越谷、野田市、岩槻の3図幅、1/5万・地形図では、野田、大宮、水海道、鴻巣の4図幅について、それぞれ画像を作り、処理・解析を行った。

1/2.5万・地形図は、経度差7'30"、緯度差5'00"で作成されている。TMデータの地上分解能は約30mであるので、経度方向を400等分し、緯度方向を320等分すれば地図座標のメッシュ間隔は、それぞれ1.125"、0.9375"となり、緯度35°付近では、約29m×29mとなり、TMデータの画素単位の寸法とほぼ一致し、画像解析用のディスプレイの画像のピクセル・ライン数512×320で十分処理可能である。

1/2.5万・地形図幅範囲のTM画像の精密幾何補正は、各図幅毎にGCP(Ground Control Point)を数か所選定し、その地形図座標を1/2.5万・地形図上からデジタルで読み取り、それに対応する点をディスプレイ上の画像上で確認して、画像座標を読み取り、両座標値を用いて、アフィン変換により画像座標系から地図座標系(UTM)への変換式を作成し、それを全画面に適用して地理的位置を補正する。同時に、地図座標上の画素データは、ニャレストネイバー法(nearest neighbor)により、画像座標上の画素データからリサンプリングする。この結果、GCPにおける補正後の地図座標との残差は、1画素以内に納まっている。

1/5万・地形図の図幅範囲の画像の場合は、メッシュの寸法は1/2.5万・地形図の場合の2倍にとれば、上記と同様に処理できるが、リサンプリングはバイリニア法(bi-linear)で、地図座標各メッシュの画素データとしては、それに隣接する各画像座標との距離を考慮した加重率均値を用いている。

(2) 微地形及び地上被覆の代表的トレーニングエリアの分光特性

水害地形としての微地形は、洪水氾濫の起り易い後背湿地、旧河道、谷底平野、デルタ、沼沢地等があり、通常の氾濫では浸水しない自然堤防、砂丘地、扇状地の高所、浸水の全く起り得ない段丘、台地等が考えられている。

都市化が顕著でなかった1950年代までは、土地利用は自然の微地形に対応しており、中川流域でも、低地は水田として利用され、自然堤防上は市街地や村落が形成され、低い自然堤防では水利の便もあって畑地として利用されてきた。しかし、都市化の進展は、低平地の盛土により、住宅地や市街地の造成を促がし、中川の中・下流部は著しい微地形上の変化がみられる。

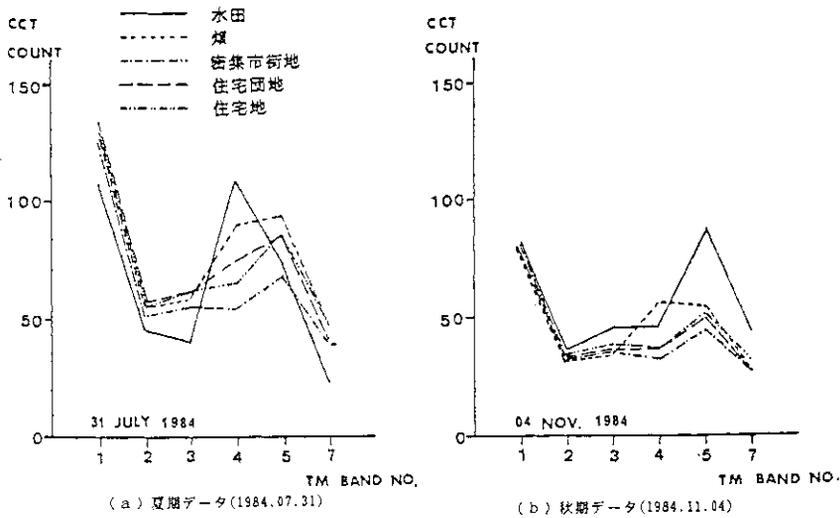


図 11 微地形に関連した土地利用の分光特性

(a) 夏期データ (1984.07.31)

(b) 秋期データ (1984.11.04)

Fig. 11 Spectral characteristics of the land uses relating to micro-geomorphological features

(a) Summer season (1984.07.31)

(b) Fall season (1984.11.04)

都市化地域の盛土は、一般的には数10cmから1m程度であるが、所によっては、殆んど自然堤防の高さまで、比高2~5m程度の大規模なものもみられる。

低地のスプロールの都市化は、浸水を回避するため、後発の造成地程盛土高を厚くし、比高を稼ぐ必要があるものとみられるが、このような盛土は、必然的に元の水田等低地域の貯水容量を削減し、流域の遊水機能を低下させ、内水氾濫の解決とはなっていない。

以上のことを念頭において、最初の段階では、1984年7月31日及び11月4日のTM画像を、夏期及び秋期の比較として解析した。

微地形は土地利用に反映するものとして、水田、畑、密集市街地、住宅団地、住宅地について、上記画像上に各土地利用サラゴリー毎に、幾つかのトレーニングエリアを採り、その分光特性を調べたものを、図11(a), (b)に示す。

これから次のことが分かる。

- (a) 植生の多い夏期は、当然のことながら、バンド4に土地利用上の特性が現われている。一方、秋期はバンド5が他バンドに比して分離度が良い。
- (b) 低地を代表する水田は、バンド5及び7では夏期に低く、冬期に高い値を示し、他のカテゴリに比して分離度が良い。
- (c) 高い地盤を代表する市街地は、夏期は低地代表の水田に近く輝度が低いが、秋期には他

の категорияに比して最低の輝度を示し、水田の高輝度と対照的である。

(d) 秋期のバンド5が、微地形の高低と比較的良好な対応がみられる。

以上のことから、秋期のTMバンド5のレベルスライスで微地形の大枠の分類が可能という見透しを得た。

このような検討を進めている内に、1988年1月23日に明瞭なTM画像が撮られたので、それに対する処理・解析を行った。冬期画像に関しては、夏・秋期の研究結果を踏まえ、微地形条件を意識したトレーニングエリアを定め、その分光特性を調べた。即ち、低地として水田、及び谷底平野、微高地として畑地、自然堤防（主として集落、畑地等の混合した状態）、住宅地（低地に発展した一般住宅地）、市街地及び台地（住宅地、畑、森林等が混在している）の7カテゴリーを選定した。それらの分光特性を図12に示す。

この図から、バンド3、バンド5で微地形に対応した分光特性が良く現われているが、特にバンド5が分離度が良いことが明らかとなり、秋期よりも良い結果が得られる見透しを得た。

2.3 TMバンド5 レベルスライスによる水害地形分類図の作成

(1) スライスレベルの設定

目視判読による水害地形分類の category は、1に述べられているように、11種類となっている。

TMバンド5データの輝度スライスのみで、上記の11種類の category に対応させることはできない。それは判読分類が、専門的知見に基づいて、合成カラー画像の色調、粗度、輪郭、形状等の情報判断を総合的に行うことにより行われるのに対して、単バンドのレベルスライスは、その輝度段階にのみ依存することから、当然と云えよう。

そこで、9段階と、表2及び図12に示す4段階のレベルスライスを行ってみた。9段階スライスは、1月23日の画像に対して、輝度の低い方から0~39, 40~44, 45~49, 50~54, 55~59, 60~69, 70~79, 80~89, 90~とし、色分けして示した。11月4日に対するものも含めて結果は次のとおりである。

- (a) 輝度の低い密集市街地の分布が良く現われている。
- (b) 水田等の輝度の高い所には、河川敷、運動場の裸地が含まれており、水田と同様に低地に一括しても問題はない。
- (c) 全般として詳細に過ぎ、自然堤防等の重要な微地形が判然としない。

以上の点から、表2及び図12に示す4段階レベルスライスに統合し、4段階のグレースケールを割当てて表現した。なお、4段階のレベルスライスは、表2の1月23日に対する各段階に対応して、11月4日の場合は、それぞれ、80以上、60~79, 50~59, 0~49であり、夏期の7月31日は、輝度が反対となるので、それぞれ、0~79, 80~89, 90~99, 100以上である。しかし、前述したように、微地形対象に関する分光特性が、冬期画像が最も明

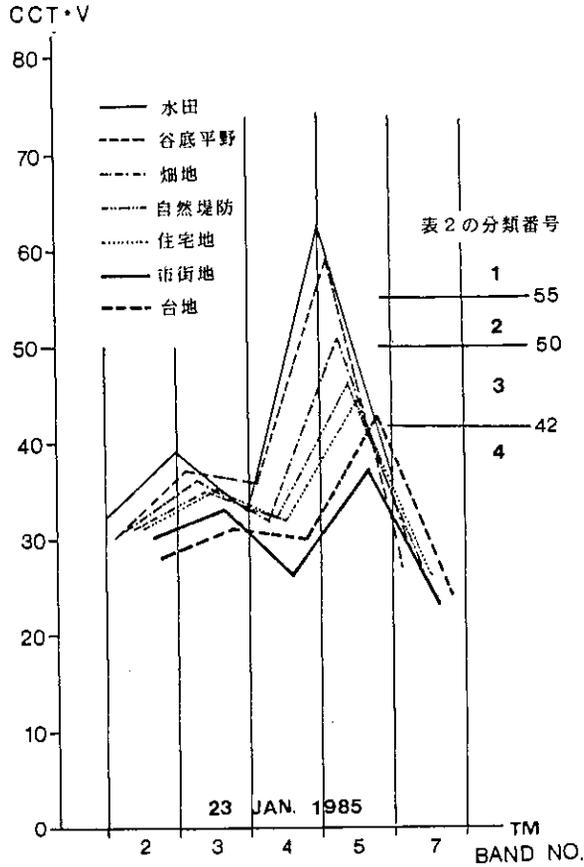


図12 微地形に対応した地表対象物の分光特性
冬期：1985.01.23

Fig.12 Spectral characteristics of the ground objects relating to micro-geomorphological features in winter season (1985.01.23)

表2 TMバンド5 (冬期) のレベルスライスにより分類された微地形
Table 2. Micro-geomorphological features classified by level slicing of the TM Band 5 (winter season)

グレイスケール	CCTカウント	微地形等
1 黒	55以上	後背湿地、旧河道、河川敷、谷底平野
2 暗灰色	50 - 54	(上記低地における薄盛り土)、 自然堤防周辺地
3 淡灰色	42 - 49	自然堤防、(低地の住宅地)、台地周辺地
4 白	41以下	台地、(密集市街地)、(高い盛り土)、 (住宅団地、工場)、河川水面

() 内は人工改変地

際であることから、最終的には1月23日のデータを用いることに決定した。

(2) スライスによる分類画像と地図への重合

写真4(a), (b), (c), (d)は、4段階グレースケールで表わした、1/5万・地形図相当の分類画像で、(a)大宮、(b)鴻巣、(c)野田、(d)氷海道の図幅であり、(a)(b)、(c)(d)が南北、(a)(c)、(b)(d)が西東の組合せとなる。

上記に対応して、青、黄、橙、白で1/5万・地形図上にプロットしたものが、図13(a), (b), (c), (d)である。

1/2.5万・地形図相当の分類画像は、TMの分解能をもち、バルク処理の原データのCCTカウントをニアレストネイバー法でサンプリングしていることから、最も情報量が多いとみられるもので、写真5(a), (b)に越谷、野田市の図幅範囲を示している。これに対応する地形図上への色分け重合したものを、図14(a), (b)に示す。

2.4 浸水実績図との対応

中川流域については、昭和36年3月に、科学技術庁資源局資料第40号「中川流域低湿地の地形分類と土地利用」において、水害地形分類図とともに、等高線図および洪水状況図として、1/5万・地形図上に、昭和33年9月の台風22号（狩野川台風）による浸水区域と浸水深を詳細に調査し、表示した図が付図として公表されている。

建設省は中川流域の総合治水の観点から、流域の治水協議会として、上記と同じ浸水図を洪水実績図として公表し、流域住民の水害防止に関する啓発に資している。

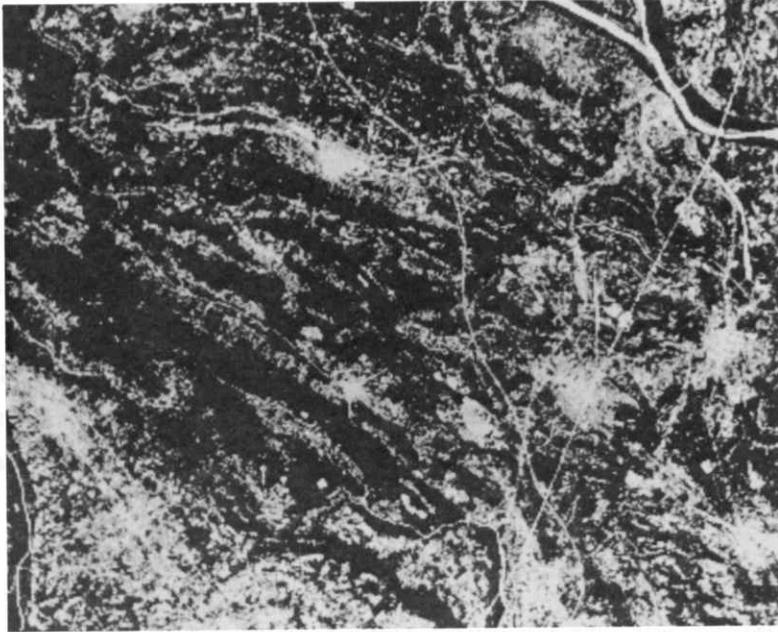
ここでは、2.3で作成した水害地形分類図が、洪水実績図と比較照合して、その実用的意義を明らかにすることを試みた。

そのため、図13(a), (b), (c), (d)の各図幅に重合するように、浸水範囲の輪郭を透明紙に描き、図15(a), (b), (c), (d)を作成した。

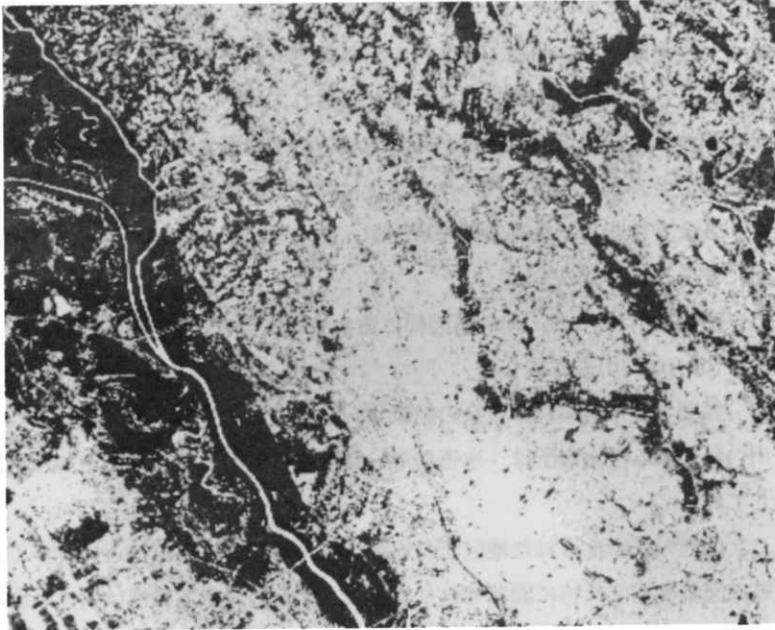
水害地形分類図と浸水実績図の重合の結果は、以下のとおりである。

- (1) 狩野川台風による浸水箇所は、水害地形分類図で、低地として分類された地区と良い一致を示している。
- (2) しかし、低地の都市化された地区で浸水区域に入る部分は東京に近い程多く、1/5万・地形図野田図幅範囲では特に顕著であり、それら地区の浸水危険性は大きいとみられるが、その評価はこの図のみでは困難である。
- (3) 現河道及び旧河道沿いに形成されている自然堤防とみなされる地帯は、浸水区域には入っていない。

以上の結果からみて、冬期TMのバンド5データの処理・解析により作成した水害地形分類図は、低地微地形の特徴をかなり良く表現しており、浸水実績図と併用することにより、地域の水害危険度評価に利用できるものとみられる。



(b) 鴻巣



(a) 大宮

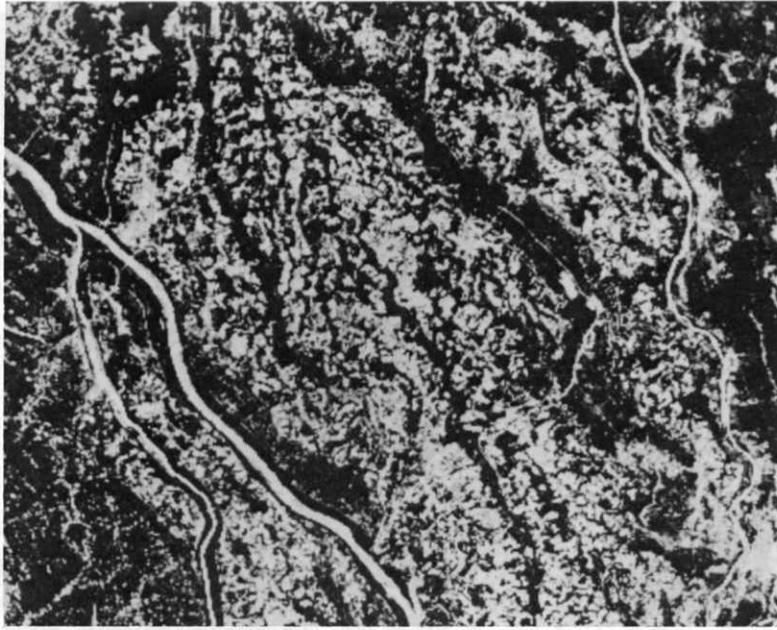
黒55— 暗灰色50—54 淡灰色42—49 白0—41

写真4 1/5万・地形図幅範囲TMバンド5のレベルスライスによる
4段階分類のB/W水害地形画像

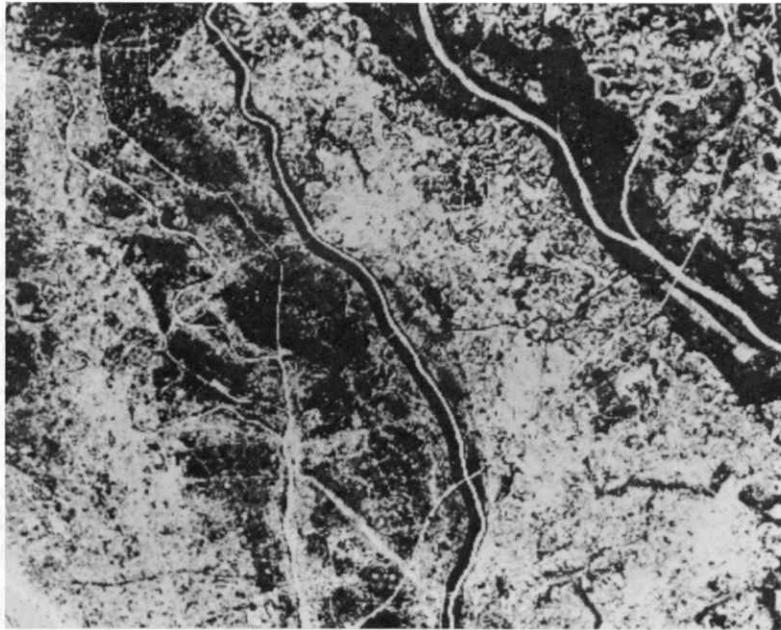
(a)大宮 (b)鴻巣 (c)野田 (d)水海道

Photo. 4 B/W images showing geomorphological features for
flooding with four gray scales classified by level
slicing TM Band 5 data corresponding to topographical
maps with the scale of 1,50,000

(a)Oomiya (b)Koonosu (c)Noda (d)Mitsukaido



(d) 水海道



(c) 野田



(b) 野田市



(a) 越谷

黒55— 暗灰色50—54 淡灰色42—49 白0—41

写真5 1/2.5万・地形図幅範囲TMバンド5のレベルスライスによる
4段階分類のB/W水害地形画像

(a)越谷 (b)野田市

Photo. 5 B/W images showing geomorphological features for
flooding with four gray scales classified by level
slicing TM Band 5 data corresponding to topographical
maps with the scale of 1/25,000

(a)Koshigaya (b)Noda-City



(b) 鴻巣



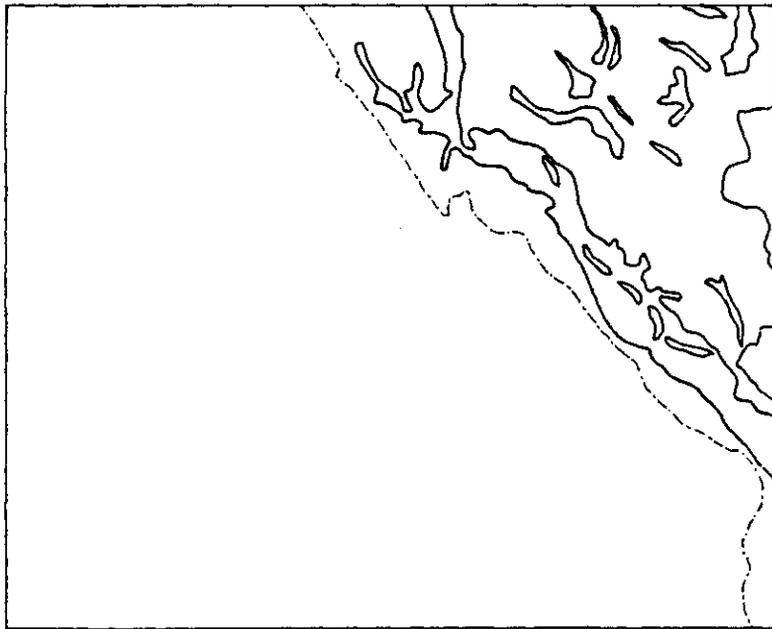
(a) 大宮

図13 TMバンド5のレベルスライスによる水害地形分類の1/5万・地形図への重合
(a)大宮 (b)鴻巣 (c)野田 (d)水海道

Fig. 13 Overlaid map of the four geomorphological categories delineated by level slicing of TM Band 5 CCT data to topographical maps with the scale of 1/50,000
(a)Oomiya (b)Koonosu (c)Noda (d)Mitsukaido

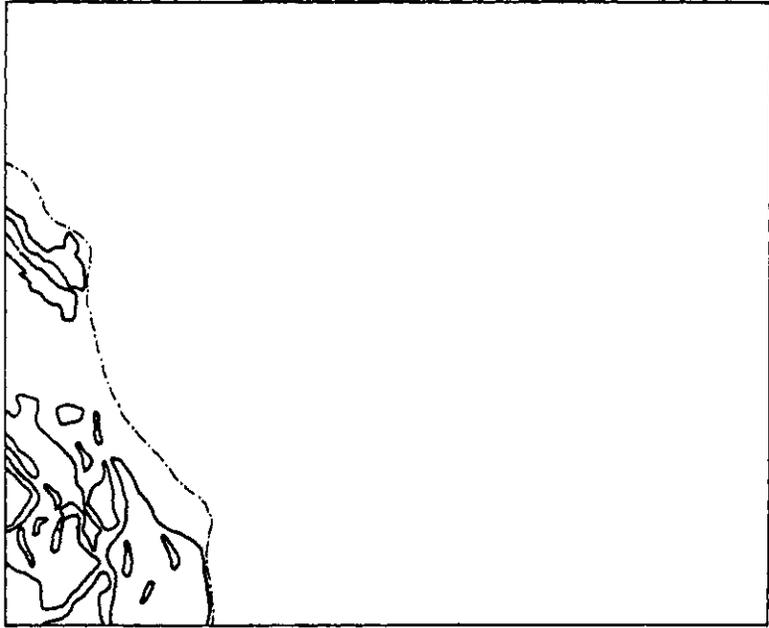


(b) 鴻巣



(a) 大宮

图15 1/5万・地形図範囲浸水実績図 (a) 大宮 (b) 鴻巣 (c) 野田 (d) 水海道
Fig. 15 Past maximum flooding maps of Nakagawa river basin with the scale of 1/50,000
 (a) Oomiya (b) Koonosu (c) Noda (d) Mitsukaido



(d) 水海道



(c) 野田



(d) 水海道



(c) 野田



(b) 野田市



(a) 越谷

図 14 TMバンド5のレベルスライスによる水害地形分類の1/2.5万・地形図への重合
(a)越谷 (b)野田市

Fig. 14 Overlaid map of the four geomorphological categories delineated by level slicing of TM Band 5 CCT data to topographical maps with the scale of 1/25,000 (a)Koshigaya (b)Noda-shi

3. 結 論

ランドサットTMデータを用いて、中川流域の水害地形分類図作成に対する適用研究を、写真画像の目視判読及びCCTデータの処理・解析の手法により実施した。

得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 水害地形分類には、ランドサットTMデータの場合冬期の地表状況が明瞭に撮られたデータが良く、特にバンド5及び7の短波長赤外域が有効である。
- (2) 目視判読は、1/10万～1/20万・縮尺のカラー合成写真画像が、微地形判読及び流域全体からみた地形判読上からみて有効であり、特にバンド5及び7の短波長赤外域を含む合成カラー画像が有効である。最適な画像はバンド3, 5, 7 (B, G, R)の合成画像であった。判読分類のカテゴリーは11種類である。
- (3) CCTデータの処理・解析による場合は、微地形と対応する土地利用等地上対象の分光特性に基づき、バンド5の4段階レベルスライスにより、微地形の骨格的特徴を抽出分類することができる。
- (4) 1/5万及び1/2.5万・地形図に合致させて、精密幾何補正を施した上記分類結果を、地形図上に色分けし重合することにより、微地形の地理的位置を精確に表現することができる。地形図上に表現された分類結果を、昭和33年9月の狩野川台風による浸水実績図と対応させたところ、低地に分類された地区と、浸水区域は良い一致をみた。
- (5) 都市化の著しい低地の水害地形分類は、写真判読及びCCTデータの処理・解析上も問題が多いが、特に浸水に関する評価については、浸水実績図等の併用が必要である。

参 照 文 献

1. 科学技術庁資源局（1961）：中川流域低湿地の地形分類と土地利用，資源局資料第40号
2. 大矢雅彦（1975）：地形分類による関東地方の河成平野の比較研究，日本大学地理学科五十周年記念論文集，pp. 75～89.
3. 中川・綾瀬川流域総合治水対策協議会：中川・綾瀬川流域浸水実績図（1/50,000），建設省関東地方建設局