2001年　3月
APA No. 78-3
財団法人 日本測量調査技術協会

地理情報データベースの利活用に関する研究

加　藤　久　幸

１．はじめに

近年の情報技術の目覚ましい発展により、社会の情報化が急速に進んでいる。地理情報システム（以下GIS）においても、ハードウェア及びソフトウェアの高性能・低価格化により、各自治体や民間企業で導入が進んできており、業務の効率化、高度化、サービスの向上などの効果をあげている。

この様な中、GISを利用する際の課題の一つとして、地図データの作成費用が高価であるということがあげられてきたが、最近では、一般に入手できる数値地図が国土地理院を始め民間企業からも数多く刊行されてきており、これらの地図を利用することでデータ作成費用が抑えられるようになってきている。

しかし、これらの数値地図の中には、非常に有用なデータを持ちながら十分に活用されているとはいえないものもあるのが現状である。

本研究では、10mメッシュで土地利用状況及び５年ごとの経年変化が把握できる細密数値情報（10mメッシュ土地利用）と、防災対策や土地利用計画に関しての情報が盛り込まれた土地条件図に注目し有効な利活用方法を検討した。

２．研究概要

2.1　研究目的及び概要

国土地理院から発行されている細密数値情報（10mメッシュ土地利用）及び土地条件図の有効的な利用方法を提示し、利用の一助とすることを本研究の目的とした。

本研究では、GISを利用してこれらの数値地図を重ね合わせることにより、土地条件図の地形分類と土地利用状況及び土地利用変化の関連について定量的に把握することを試みた。この際、台地と平地では土地利用形態に違いが見られると考え、研究対象地域を台地と平地とに分けて関連を調査した。

これにより、防災対策等に利用可能な土地条件上の災害を受けやすい地域での土地利用状況やその変化の把握が可能になると考えられる。

また、本研究では、データ変換、重ね合わせ、集計などの作業においてGISを利用しているが、作業手順が複雑で作業量もかなり多く、これらの処理の効率化を図るため、プログラムにより機能の組み合わせを行うカスタマイズを行った。

この際、作業に手間をかけず簡単に結果が得られることを示し利用の一助とすることも研究目的の一つと考え、作成したカスタマイズプログラムは、単にこの研究の作業の効率化を図るだけでなく、対象地域外でも同様の作業が簡易に行えるようなものとした。

2.2　研究対象地域

本研究では、細密数値情報データと土地条件数値データの整備範囲が重なる茨城県南部のつくば市周辺において、細密数値情報の図郭（４km×３km）24枚分にあたる南北18km、東西16kmの区域を設定した。さらに、台地と平地に分けて集計を行うため、この区域内の主な台地と平地を囲みこれを研究対象地域とした。面積は約255km^{2}である（図１）。

図１　研究対象地域

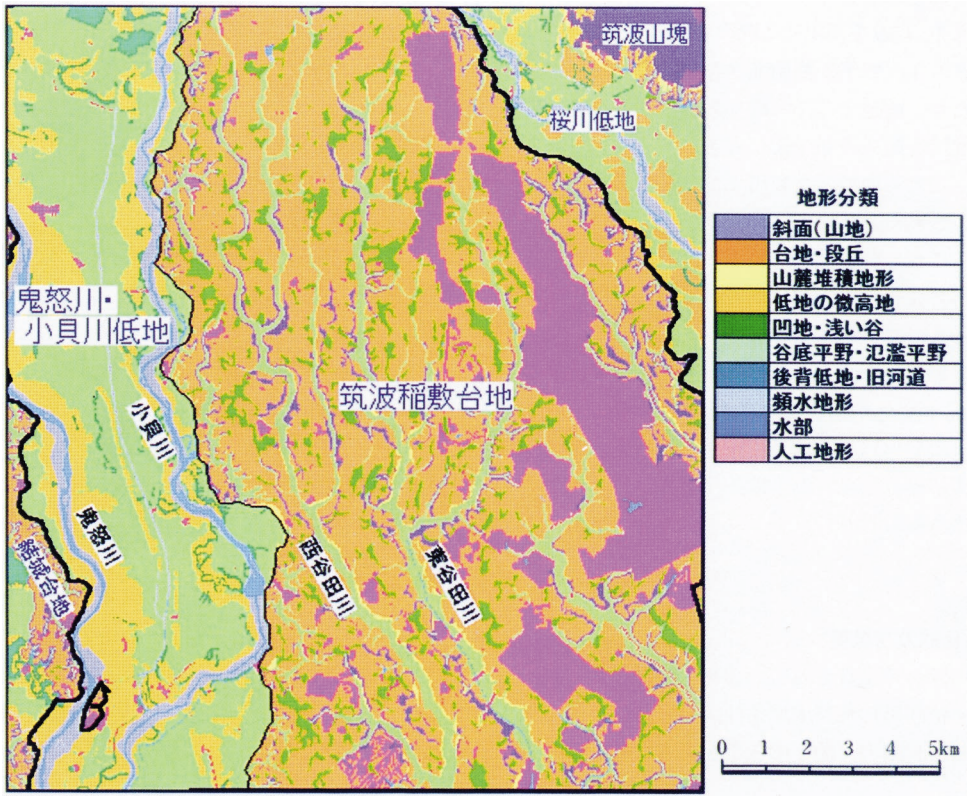

図２　研究対象地域内の地形区分および地形分類

図２は対象地域内の地形分類を示している。地区の東側は筑波稲敷台地、西は鬼怒川・小貝川低地が占めており、台地と平地が明瞭に区分できる。

対象地域内の筑波稲敷台地は、標高20ｍ～30ｍの明瞭な平坦面を持った台地であり、東谷田川、西谷田川が台地をほぼ南北に縦断し台地を分断している。これらの河川の上流部では谷壁が不明瞭になり谷底部のみを持つ浅い谷類似の谷となる。さらに、最上流部では谷底と台地の境も不明瞭となり浅い谷となっている場合が多い。

一方、鬼怒川・小貝川低地は、結城台地の東縁を南流する鬼怒川と、筑波稲敷台地の西縁を南流する小貝川によって形成された沖積低地である。両河川に沿って自然堤防が連続的に発達しており、小貝川の流域には旧河道が多く見られる。

2.3　使用データ

本研究で使用した資料を以下に示す。

①細密数値情報（10ｍメッシュ土地利用）

・首都圏1984年

・首都圏1994年

約５年毎に行われた過去４回の宅地利用動向調査をもとに作成された土地利用に関する数値情報である。

宅地利用動向調査は、宅地関連情報の体系的整備の一環として、宅地需給の逼迫している首都圏、中部圏、近畿圏の主要部を対象に、宅地等の利用の現況及び変化の状況を数値情報として整備し、宅地関連政策に必要な基礎情報を得るために、国土地理院が建設省建設経済局の協力を得て開始した調査である。

本データは、10ｍメッシュで、空中写真から判読した土地利用情報を15種類の土地利用分類にコード化し、平面直角座標系のもと、３km×４kmを１ファイルとしてテキスト形式で整備されている。

研究対象地域の大部分の区域が、1984年以降のみの整備区域となっているため、本研究では、土地利用変化の把握も考慮して1984年と1994年の２時期のデータを国土地理院より提供していただき使用した。

また、本データには、10ｍメッシュの中心点の行政区域コードをデータとして採用したテキスト形式の行政区域データが添付されている。本研究では、ポリゴンデータに変換された行政区域データを国土地理院から特別に提供していただき使用した。

②土地条件数値データ

・1:25,000土地条件図　土浦　（1975年調査・編集）

・1:25,000土地条件図　水海道（1977年調査・編集）

国土地理院では、防災対策や土地利用・土地保全・地域開発等の計画策定に必要な、土地の自然条件等に関する基礎資料を提供する目的で、昭和35年から継続して土地条件調査を実施しており、この成果は土地条件図と報告書にまとめられている。

土地条件図は、(１)地形分類、(２)地盤高、(３)各種機関及び施設の３つの要素で構成されており、特に地形分類は、土地をその形態、成り立ち、性質などから分類したもので、その土地が山地であるか、台地であるか、低地であるか、また、同じ低地のなかでも高乾な土地であるか、低湿な土地であるか、あるいは自然の地形を人工的にどのように改変しているかなどを、一見して分かるように分類表示したものである。

現在、国土地理院では既存の土地条件図の数値化が進められており、地形分類はベクター形式の面データとしてデータ化されている。この土地条件数値データは、整備中のため一般には提供されていないが、本研究のため国土地理院から特別に提供していただいた。

③数値地図25000（地図画像）

・数値地図25000（地図画像）　水戸

・数値地図25000（地図画像）　宇都宮

国土地理院発行の２万５千分の１地形図を、スキャナを用いてデジタル画像化（ラスタデータ）したものである。

本研究では、国土地理院より提供していただき背景図として利用した。

2.4　使用機材等

本研究で使用した主要機材及びソフトウェアを以下に示す。

①地理情報システム

・SIS空間情報システム Ver5.0 （株式会社インフォマティクス）（以降SISと表記）

SISでは処理の効率化を図るため、プログラムによりSISの機能の組み合わせを行うカスタマイズが可能である。カスタマイズプログラム開発ソフトは次に示す。

表１　使用データの仕様

データ名称	データ形式	座標系
細密数値情報（10ｍメッシュ土地利用）	メッシュデータ	平面直角座標系第Ⅸ系
土地条件数値データ（地形分類）	ベクタデータ	日本測地系

②カスタマイズプログラム開発ソフト

・Microsoft Visual Basic 6.0（Microsoft 社）

③表計算ソフト

・Microsoft Excel 97（Microsoft 社）

３．研究内容

3.1　土地条件数値データの変換

本研究で利用するデータは、表１に示すようにデータ形式と座標系が異なっている。これらのデータを重ね合わせ面積の集計を行うために、土地条件数値データを平面直角座標系第Ⅸ系の 10m メッシュデータに変換する作業を行った。

変換方法には、処理時間が短いメッシュの中心点の地形分類区分を使用する方法を採用した。これは、本研究で使用する土地条件数値データは 1:25,000 土地条件図をもとに作成されており、変換するメッシュが 10m（1:25,000 図上で 0.4mm）と小さいため、メッシュ内を占める面積の大きい地形分類区分を採用する方法でなくても問題ないと判断したためである。変換作業の方法は以下の通り。

土地条件数値データのうち地形分類データを読み込

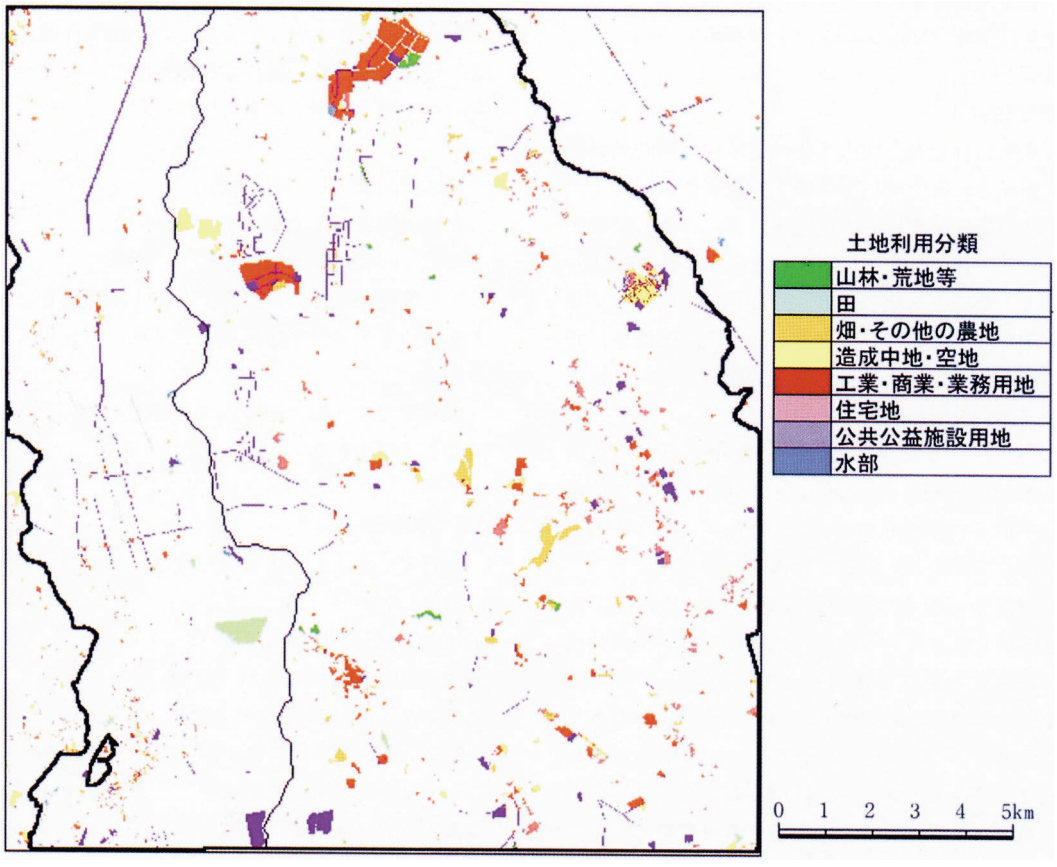

図３　土地利用変化（1984～1994 年）

表２　土地利用分類と集計用の区分

コード	大分類	中分類	小分類	集計コード	集計区分名
1	山林・農地等	山林･荒地等		1	山林･荒地等
2		農地	田	2	田
3			畑･その他の農地	3	畑･その他の農地
4	造成地	造成中地		4	造成中地･空地
5		空地		4	造成中地･空地
6	宅地	工業用地		5	工業･商業･業務用地
7		住宅地	一般低層住宅地	6	住宅地
8			密集低層住宅地	6	住宅地
9			中高層住宅地	6	住宅地
10		商業･業務用地		5	工業･商業･業務用地
11	公共公益施設用地	道路用地		7	公共公益施設用地
12		公園･緑地等		7	公共公益施設用地
13		その他の公共公益施設用地		7	公共公益施設用地
14	河川･湖沼等			8	水部
15	その他			7	公共公益施設用地
16	海			8	水部
17	対象地域外			9	対象地域外

み、平面直角座標系第Ⅸ系で表示した。10mメッシュの中心にポイントデータを発生させ、この位置の地形分類区分をポイントデータに付加した。このポイントデータの地形分類区分を使用して10mメッシュデータを作成した。作成された地形分類メッシュデータの図郭は細密数値情報と同じ３km×４kmとした。

上記の変換作業において、カスタマイズによる処理の自動化を行い効率化を図った。

3.2　土地利用変化データの作成

細密数値情報（10mメッシュ土地利用）の首都圏1984年と首都圏1994年を重ねて演算処理を行い、この間に土地利用が変化した範囲を抽出した。この範囲を用いて首都圏1994年の土地利用データを切り出して、土地利用変化（1984～1994年）という新たなメッシュデータを作成した（図３）。

上記の作業において、カスタマイズによる処理の自動化を行い効率化を図った。

3.3　地形分類別の土地利用状況の把握

細密数値情報首都圏1994年と地形分類メッシュデータ用いて、地形分類別に土地利用状況の面積を取得し集計表を作成した。

１）作業方法

土地利用分類と地形分類の区分は、土地利用の傾向を把握するには細かすぎるため、土地利用分類（表２）は、17区分から集計コードに示す９区分に、地形分類（表３）は、27区分から集計コードに示す10区分にまとめた。なお、表３では土地条件図には掲載されているが対象地域内には存在しない地形分類区分は省略した。

細密数値情報首都圏1994年に研究対象地域内の筑波稲敷台地の範囲を重ね、範囲内を切り出した。このデータに地形分類メッシュデータの地形分類別に作成したエリアを重ね、エリア内の範囲を切り出した。この地形分類毎に切り出された細密数値情報首都圏1994年について土地利用分類毎に面積を取得し表計算ソフトに出力した。

表計算ソフト上で「土地利用面積」と「土地利用面積比率」及び「地形分類別土地利用面積比率」等を集計しグラフを作成した（図４）。また、同時に地形分類毎に切り出された土地利用メッシュデータも作成した。

表３　地形分類と集計用の区分

コード	地形分類区分		集計コード	集計区分名
10101	斜面（山地）		1	斜面（山地）
10302	台地・段丘	上位面	2	台地・段丘
10303		中位面	2	台地・段丘
10304		下位面	2	台地・段丘
10305		低位面	2	台地・段丘
10401	山麓堆積地形	麓屑面	3	山麓堆積地形
10402		崖錐	3	山麓堆積地形
10501	低地の微高地	扇状地	4	低地の微高地
10503		自然堤防	4	低地の微高地
10504		砂丘	4	低地の微高地
10601	凹地・浅い谷		5	凹地・浅い谷
10701	低地の一般面	谷底平野・氾濫平野	6	谷底平野・氾濫平野
10703		後背低地	7	後背低地・旧河道
10704		旧河道	7	後背低地・旧河道
10802	頻水地形	高水敷	8	頻水地形
10803		低水敷・浜	8	頻水地形
10804		湿地	8	頻水地形
10901	水部	水部	9	水部
11001	人工地形	平坦化地	10	人工地形
11002		農耕平坦化地	10	人工地形
11003		切土斜面	10	人工地形
11004		盛土斜面	10	人工地形
11005		高い盛土地	10	人工地形
11006		盛土地	10	人工地形
11007		埋土地	10	人工地形
11008		干拓地	10	人工地形
11010		改変工事中	10	人工地形

鬼怒川・小貝川低地についても同様の作業を行った（図５）。

上記の作業では、多くの繰り返し操作が発生するため、カスタマイズにより処理の自動化を行い効率化を図った。作成したカスタマイズプログラムは、集計結果を出力するExcelファイルに指定された土地利用分類と地形分類の集計コードを参照して、その区分で集計できるように作成した。それにより集計区分を変更して集計し直すことが可能になった。また、グラフも集計コードに指定した色で自動的に作成されるようにした。

２）結果

対象地域内の筑波稲敷台地の面積は約18,000haであり、主な地形分類についてみると、台地が約51%、人工地形が約18%、谷底平野・氾濫平野が約13%、凹地・浅い谷が約10%を占めている。筑波研究学園都市を中心として広い面積を占めている改変工事中の区域を人工地形として扱ったため人工地形の割合が多くなっている。

地形分類毎の土地利用については、台地・段丘では畑・その他の農地が約45%、山林・荒地等が約19%、住宅地が約17%、工業・商業・業務用地及び公共公益施設用地が約15%を占めており、住宅地などへの利用

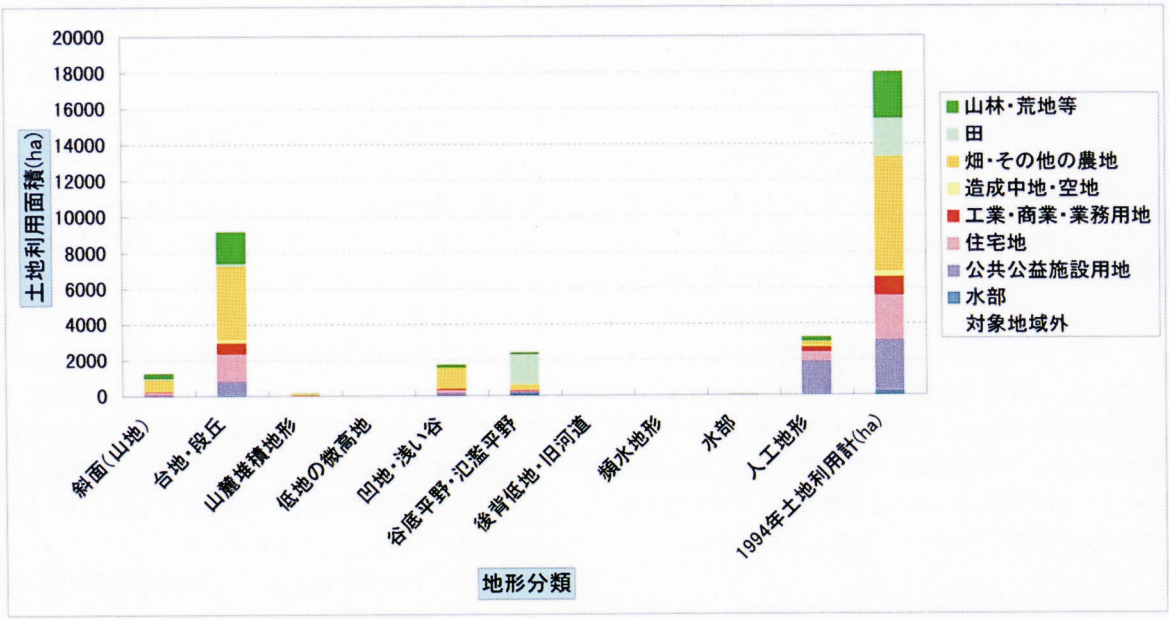

図４　土地利用面積（台地）

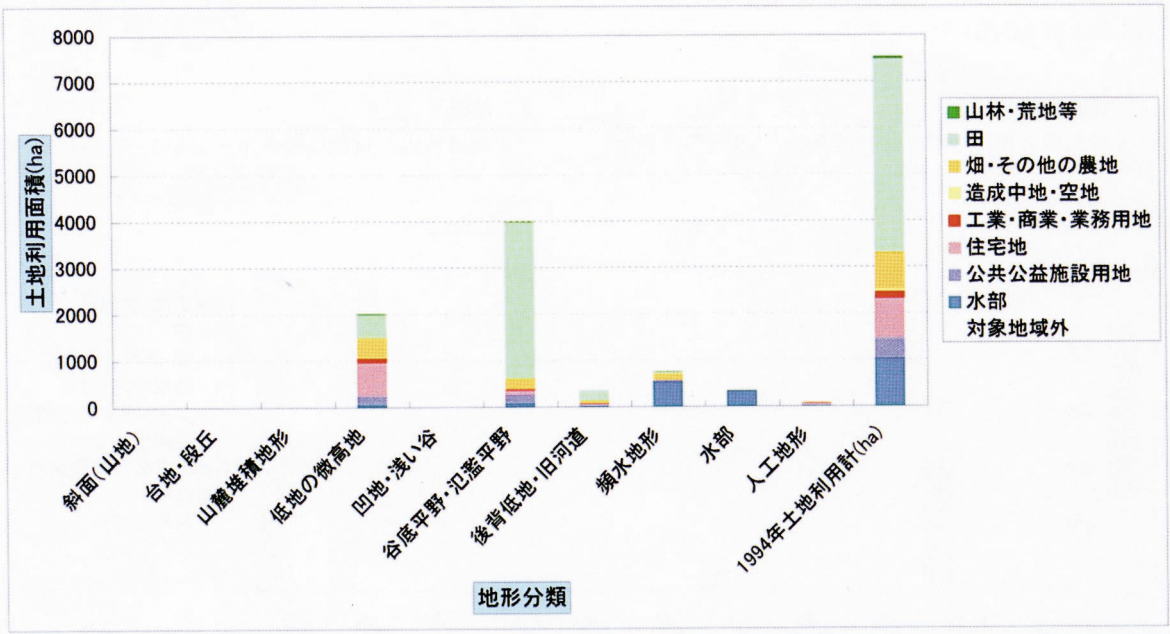

図５　土地利用面積（平地）

が進んでいる。谷底平野・氾濫平野では水田が約71%、山林・荒地等及び畑・その他の農地が約15%を占めている。谷底平野・氾濫平野のうち一部は埋め立てられて、工業・商業・業務用地、住宅地、及び公共公益施設用地として利用されており、これらが約７%を占めている。

一方、対象地域内の鬼怒川・小貝川低地の面積は約7,500haである。主な地形分類は、谷底平野・氾濫平

野、低地の微高地、後背低地・旧河道であり、それぞれ約53%、約27%、約５%の面積を占めている。低地の微高地は、ほぼすべてが鬼怒川、小貝川に沿って発達した自然堤防である。

地形分類毎の土地利用の特徴は、谷底平野・氾濫平野では約85%が水田、約５%が畑・その他の農地、約７%が住宅地、工業・商業・業務用地、公共公益施設用地として利用されている。一方、後背低地・旧河道では約66%が水田、約11%が畑、約15%が住宅地、工業・商業・業務用地、公共公益施設用地として利用されており、氾濫平野・谷底平野に比べ住宅地等としての利用が進んでいる。低地の微高地では、約半分の面積が住宅地、工業・商業・業務用地、公共公益施設用地として利用されている。土地利用別に見ると住宅地の約82%が低地の微高地上にあることが分かる。

3.4　地形分類別の土地利用変化の把握

土地利用変化（1984～1994年）と地形分類メッシュデータ用いて、地形分類別に土地利用変化面積を取得し集計表を作成した。

１）作業方法

土地利用分類と地形分類の区分は、3.3地形分類別の土地利用状況の把握と同様に、土地利用分類（表２）は17区分から９区分へ、地形分類（表３）は27区分から10区分へまとめた。

３．２土地利用変化データの作成で作成した土地利用変化（1984～1994年）に研究対象地域内の筑波稲敷台地の範囲を重ね、範囲内を切り出した。このデータに地形分類メッシュデータの地形分類別に作成したエリアを重ね、エリア内の範囲を切り出した。この地形分類毎に切り出された土地利用変化（1984～1994年）について土地利用分類毎に面積を取得し、表計算ソフトに出力した。表計算ソフト上で「土地利用変化面積」と「土地利用変化面積比率」及び「地形分類別土地利用変化面積比率」等を集計しグラフを作成した（図６）。また、同時に地形分類毎に切り出された土地利用変化メッシュデータも作成した。

鬼怒川・小貝川低地についても同様の作業を行った（図７）。

上記の作業も3.3地形分類別の土地利用状況の把握で作成したカスタマイズプログラムを用いて効率化を図った。

２）結果

対象地域内の筑波稲敷台地の面積18,000haのうち

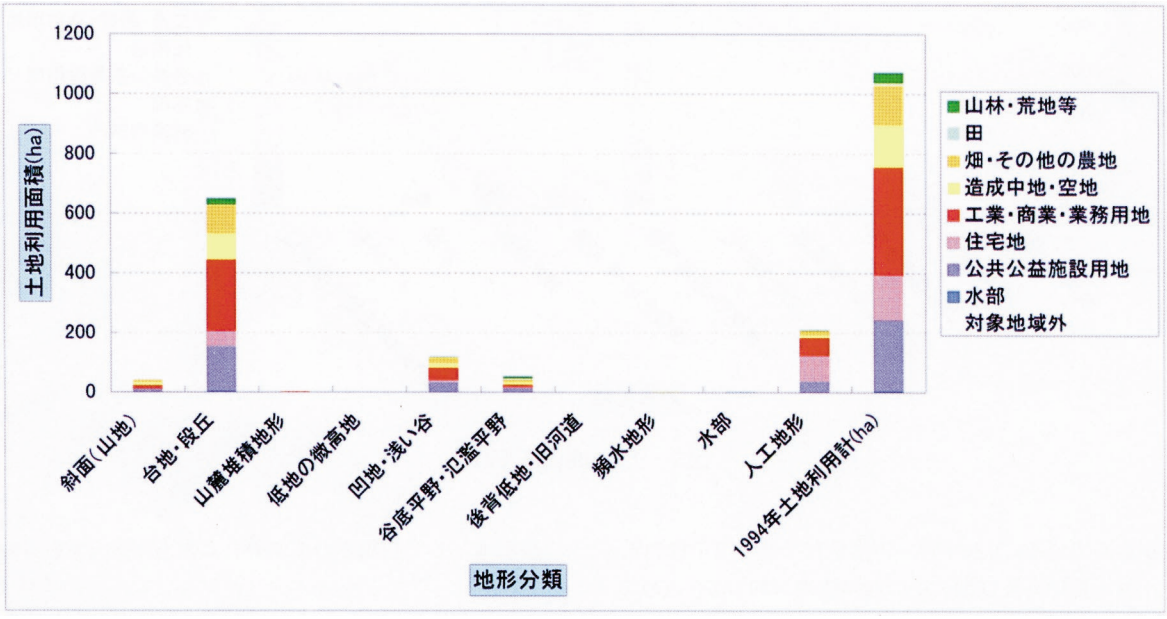

図６　土地利用変化面積（台地）

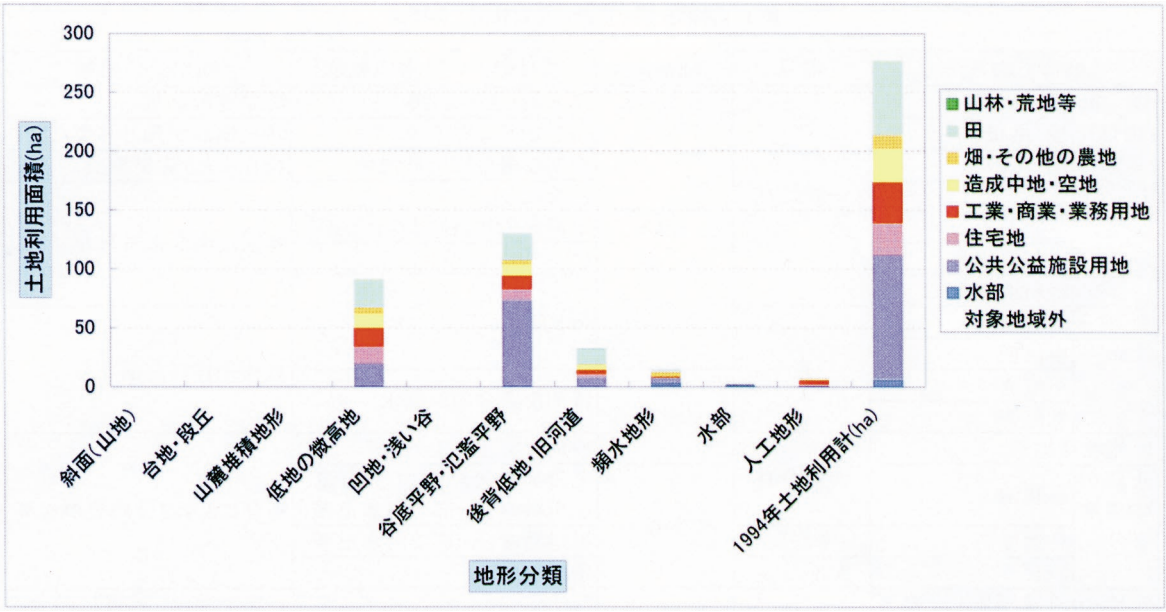

図７　土地利用変化面積（平地）

1,070haで土地利用変化が見られ、台地全体の土地利用変化率は約6.0%である。

主な地形分類別に土地利用変化面積をみると、台地・段丘が約650ha、凹地・浅い谷が約120ha、谷底平野・氾濫平野が約52ha、人工地形が約210haとなっている。

土地利用変化率をみると、台地・段丘、凹地・浅い谷、人工地形が６～７%の土地利用変化率を示しているのに対し、谷底平野・氾濫平野は土地利用変化率が約2.2%と低く、土地利用変化の速度が鈍いことが分かる。

一方、対象地域内の鬼怒川・小貝川低地の面積は約7,500haであり、そのうち280haで土地利用変化が見らる。平地域全体の土地利用変化率は約3.7%であり、台地と比べ低い値となっている。

主な地形分類別に土地利用変化面積をみると、谷底平野・氾濫平野が約130ha、低地の微高地が約91ha、後背低地・旧河道が約32haとなっている。

土地利用変化率をみると、氾濫平野・谷底平野は約3.3%、低地の微高地は約4.5%の土地利用変化率を示しているのに対し、後背低地・旧河道の土地利用変化率は約9.0%と高い。これは、水海道市東町における圃場整備と考えられる空き地から水田への変化が約13haと、後背低地・旧河道の変化面積の約４割を占めているのが原因である。

3.5　防災対策への応用

3.3地形分類別の土地利用状況の把握及び3.4地形分類別の土地利用変化の把握の結果を利用して、災害を受けやすい地形分類内の土地利用状況を把握し、防災対策に役立つ情報を得ることを試みた。

地形分類別に、受けやすい災害や土地利用上の注意事項についてまとめたものを表４に示す。

ここでは、洪水に対する防災施設が必要な氾濫平野・谷底平野、後背低地・旧河道、頻水地形、水部における1994年の土地利用状況を図８に示した。また、これらの地形分類において1984年から1994年の10年間で変化した地域を図９に示した。

図８から水害に注意すべき住宅地の分布が分かる。氾濫平野・谷底平野、後背低地・旧河道、頻水地形、水部における住宅地の分布は、筑波稲敷台地では広く点在して見られる一方、鬼怒川・小貝川低地では、水海道市市街地周辺や石下町の南石下駅周辺に比較的多くみられる。

また、図９より1984年から10年間で住宅地に変化した地区が把握できる。面積は、筑波稲敷台地内では

表４　地形分類と災害・土地利用との関係

地形分類区分		地盤	地盤高	受けやすい災害の種類	利用上の問題
斜　面（山地）	極・急谷型	一般に良	高い	土石流・土砂崩壊	防災施設必要
	極・尾根型			殆どなし	防災施設が殆ど必要なし
	極・直線型			特別な場合に土砂崩壊	場合により防災施設が必要
	緩斜谷型			一般になし 上流部の状況により土石流	特別な場合以外はなし
	緩斜尾根型			なし	
	緩斜直線型			殆どなし	
台地・段丘	上位面	良			水利条件に注意する
	中位面				
	下位面		かなり高い	特別な場合のみ冠水	
	低位面				
山麓堆積地形		大部分良		特別な場合に土石流	場合により防災施設が必要
低地の微高地※	扇状地		やや高い	上流部の状況により土石流、河川洪水、一部で内水氾濫	
	自然堤防	やや良		河川洪水、一部で内水氾濫	
	砂丘	大部分良		殆どなし	
低地の一般面	谷底平野・氾濫平野	やや不良	低い	谷底平野・氾濫平野	一部で洪水、地震に対する防災施設が必要
	後背低地・旧河道	極めて不良	極めて低い	河川洪水、内水氾濫、地震、地盤沈下等	洪水、地震、地盤沈下等に対する防災施設が必要
頻水地形					
人工地形		工法によって異なる	工法によって異なる	工法によって異なる	場合により一定でない

約５ha、鬼怒川・小貝川低地では約12haとなっている。10年間で変化した地区は水海道市市街地周辺、石下町南石下駅周辺、千代川村役場周辺に比較的多く見られる。

ここでは地形分類のみで水害との関連を判断しいるため、実際の危険性や防災対策の必要性の有無を判断するには不十分であるが、広い範囲から防災対策のための調査地域を絞り込むといった目的には利用可能だと考えられる。

４．考察及び課題

細密数値情報と土地条件数値データを重ね合わせることにより、データ作成の費用をかけずに、広域的に土地利用状況や土地利用動向を定量的に把握することができた。また、災害の危険度が高い地域の土地利用状況やその変化などを数値と地図で表現するこにより、防災対策の基礎資料としての有用性を示すことができた。これらにより細密数値情報と土地条件数値データを利用することの有効性が確認できたといえる。

今回は、時間的制約もあり詳細な応用事例を示せなかった。本研究では地形分類だけで災害との関連を判断しているため、相対的な安全性を知ることはできても絶対的な安定・安全性を知るには不十分であり、実際の被害がどこまで及ぶかを判断することは困難である。今後、地盤高等の要素を取り入れることで、より詳細な危険度判定に発展させることが可能であると考える。

また、本研究では非常に手間のかかる集計作業が必要なため、カスタマイズプログラムによる作業の効率化の効果は大きかった。作成したプログラムは、細密数値情報と土地条件数値データが整備されている地域であれば、任意の範囲を指定して、短時間で簡単に集計することができるようにしたので、別の地域でも同じような集計を行い比較してみることも興味深い。

現在、細密数値情報をベクタデータで整備することが検討されており、将来的には土地条件数値データとベクタデータ同士の重ね合わせが可能となる。今後これらのベクタデータを用いた利活用方法も求められる。

今回の作業の問題点としては、細密数値情報と地形

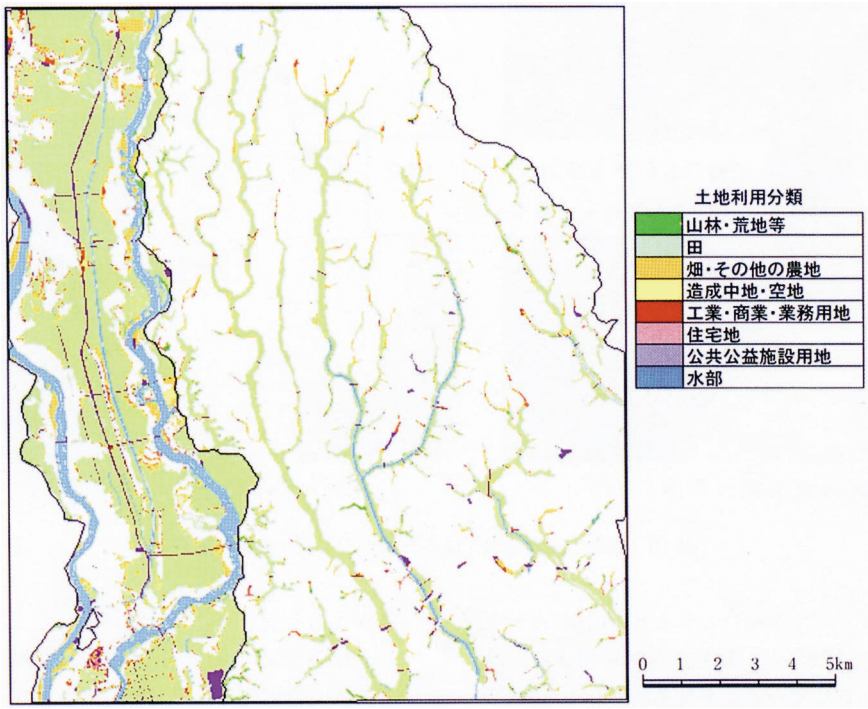

図８　氾濫平野・谷底平野、後背低地・旧河道、頻水地形、水部における土地利用状況（1994 年）

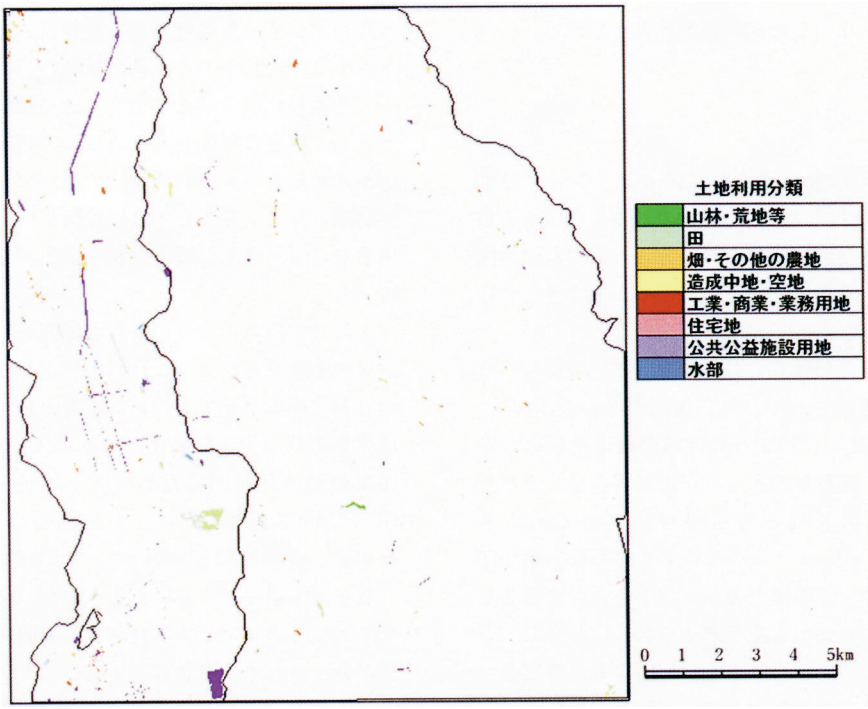

図９　氾濫平野・谷底平野、後背低地・旧河道、頻水地形、水部における土地利用変化（1984 ～ 1994 年）

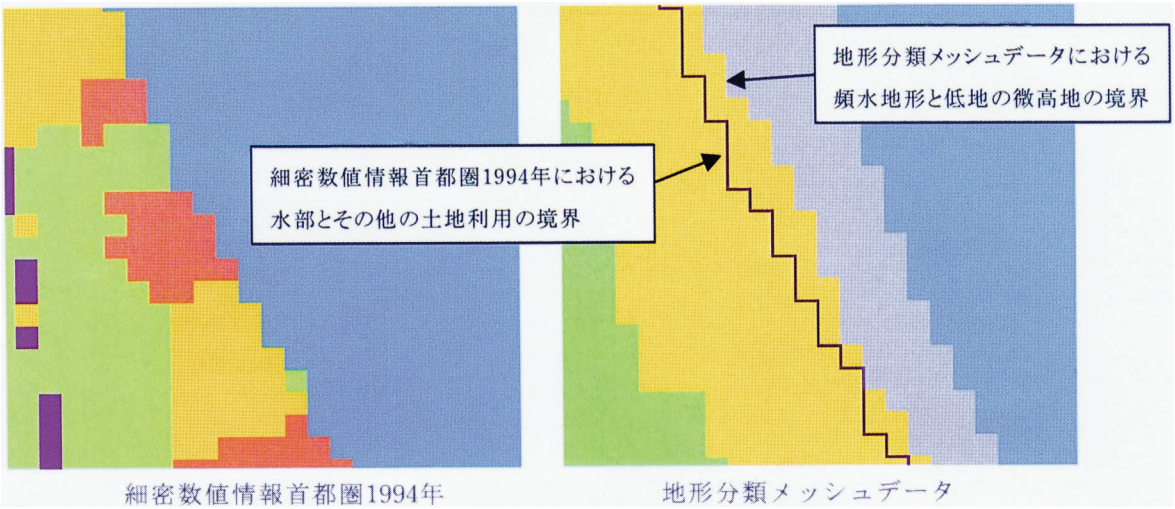

図10　細密数値情報と土地条件メッシュデータの不整合

分類メッシュデータを重ね合わせると、河川の境界など本来一致すべき境界が一致しない場所があるため、集計結果にはある程度の誤差が含まれてしまったことがあげられる。これは、細密数値情報は縮尺1:2,500～1:10,000の基本図等を利用して作成されており、1:25,000土地条件図とは精度が異なるため、境界部分が完全に一致しないことが原因だと考えられる。一例を図10に示す。

５．おわりに

本研究では、細密数値情報（10mメッシュ土地利用）及び土地条件図の有効的な利用方法を提示する目的で作業を行ったが、作業を通じてこれらの数値地図データを利用する際の課題も浮かび上がってきた。以下に気づいた点を述べる。

利用した細密数値情報については、TDViewという表示ソフトが添付されており、地図画像の表示の他、BMP形式での出力、特定行政区域の検索及び表示ができる。また、複数年のデータがある場合は、土地利用変化やその項目別の表示が可能である。このTDViewによりGISソフトがなくても簡単な表示や印刷が可能であり、この様な表示ソフトを添付することは利用の促進に有効であると考えられる。しかし、このTDViewでは、ユーザの多くが利用すると想定される面積値の集計ができないので、利用の促進につなげるためにも、面積値の集計が可能な機能を追加する必要があると感じた。

土地条件図については、現在は紙地図のみの提供であるが、数値化作業が進められており、今後土地条件数値データとして提供されるようになれば普及が進むものと期待される。

細密数値情報と土地条件数値データをGISで利用する際において、前処理なしで直接読み込めるGISソフトが少ない現状がある。利用価値の高い市販の地図データを簡単に読み込むことができる機能は、GISソフトとして重要な機能と考えられる。細密数値情報と土地条件数値データが利用価値の高いデータであることが認識されて、これらの数値地図データが簡単に読み込めるGISソフトが増え、利用が広がることを期待する。

また、本研究のように複数の地図を重ね合わせてデータの集計を行うような利用を想定した場合、多くの繰り返し操作が発生し、ある程度の量をこなすためには作業の効率化（自動化）は不可欠となる。しかし、作業の効率化を図るためカスタマイズを行うには、GISソフトの操作やプログラム作成についての専門的な知識が要求され、一般のユーザが同じ様な集計を行うことは困難であるといえる。また、使用するGISソフト毎にカスタマイズプログラムの開発言語や開発方法が異なるため、本研究で作成したカスタマイズプログラムは非常に有効であるが、SIS以外のGISでは使用できないのが残念である。

謝辞

本研究は、平成12年７月１日から平成12年10月31日まで「建設省研修所等部外研究員受け入れ規程」（昭和55年４月１日建設省訓令第３号第８条）に基づいて行った。

研究にあたり、国土地理院地理調査部地理第一課小白井課長をはじめ課員の方々には、研究開発環境の準備やデータ提供などに多大な御協力を頂いた。また、企画部企画調整課、財団法人日本測量調査技術協会の関係各位に様々なご尽力をいただいた。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

１）建設省国土地理院、1:25,000土地条件図の見方と使い方、国土地理院技術資料D･1-No.294、1990

２）建設省国土地理院、土地条件調査報告書（土浦・佐原地区)、1978

３）建設省国土地理院、土地条件調査報告書（古河地区)、1980

４）大矢雅彦、丸山裕一、海津正倫、春山成子、平井幸弘、熊木洋太、長澤良太、久保純子、岩橋純子、地形分類図の読み方・作り方、古今書院、1998

５）武内和彦、恒川篤史、環境資源と情報システム、古今書院、1994

６）矢野桂司、地理情報システムの世界、(株)ニュートンプレス、1999

７）厚川美久、地形分類データの利活用に関する研究開発、ＡＰＡNo.75-1、2000

（株式会社協同測量社）