

氾濫解析及び被害推定への国土数値 情報の利用可能性についての検討

建設省 ○ 吉本俊裕
建設省 筈田俊治

1. はじめに

わが国では人々の生活や経済活動の大部分が河川の氾濫原において展開され、その傾向は現在もさらに強まっている。それは潜在的な氾濫被害が増加していることを意味し、河川の処理能力を上回る洪水が発生した場合に、今まで以上に大きな被害が発生する可能性がある。従って、氾濫によってどのような被害が発生するかを推定し、いろいろな対策を事前に講じておくことが重要である。

氾濫被害を推定するためには、まず最初に氾濫水の挙動を推定することが必要であるが、数値シミュレーションによる氾濫解析が精度も良く有効である。しかしながら氾濫解析を行うためには、氾濫原の地盤高などの地形条件のデータを細かく取る必要があり、これを地形図等から手作業により作成するには膨大な時間と労力が必要である。また、氾濫解析に用いる氾濫原の粗度係数は、氾濫原の土地利用状況から経験的に設定される場合が多いが、この土地利用状況についても地形図等からデータを作成するには膨大な時間と労力を必要とする。

さらに、氾濫解析の結果を使って氾濫被害を推定するためには、解析で使用したメッシュ単位での氾濫原の人口分布や資産分布が必要であるが、これらのデータを作成する場合も地盤高や土地利用状況データの作成と同様なことがいえる。また、これらのデータのなかには膨大な時間や労力をかけても、事業所の資産など、事実上作成が難しいものがある。このようなデータについては、その分布に近いと考えられる土地利用の分布に比例すると仮定して便宜的に求められることが多いが、この場合もやはり膨大なデータが必要となる。

以上のように氾濫解析にせよ、氾濫被害の推定にせよ、それらを行うためには膨大なデータの準備が前提となり、この作業をなるべく簡単にできるかどうか、治水計画や防災計画の立案に氾濫解析を中心とした検討が大幅に取り入れられるかどうかの一つのキー・ポイントになっている。

これらのデータを簡単に作成する方法として考えられるのは既存のデータベースを利用することであるが、利用できそうな既存データベースとしては国土数値情報が現在のところ唯一である。国土数値情報の利用については多くの研究事例があるが、対象としている地形は、標高差が大きい山地を含むものがほとんどで、洪水の氾濫原のように、標高の変化が小さい地形のみを対象とした研究は行われていない。このように、国土数値情報を氾濫解析や氾濫被害を推定することに使う目的で研究した事例はなく、これらの目的にかなう形で利用が可能かどうかを確認する必要がある。本文は、国土数値情報を使って、氾濫解析に使用するメッシュ平均地盤高データを作成する手法とその適合性及び氾濫解析の粗度係数設定や氾濫被害算定に使用するメッシュ土地利用データの作成手法とその利用方法に関する研究成果を取りまとめたものである。

2. 標高データの利用

(1) 氾濫解析と標高データ

氾濫解析を行う場合には、氾濫原を流域の規模や解析結果の使用目的に合わせて適切なメッシュに切り、メッシュの平均地盤高を求める必要がある。平均地盤高以外にも様々な境界条件（堤防の高さ、盛土の高さ、水路断面の大きさなど）のデータが必要であるが、この平均地盤高データの作成がデータの数も多く、最も手間のかかる作業である。従って、国土数値情報のデータのなかで、氾濫解析のデータとして使えかつデータの作成を大幅に簡単にできる可能性のあるものは、標高データということになる。そこで、本章では国土

数値情報の標高データを、氾濫解析の平均地盤高データとして使った場合の精度や利用の可能性について分析する。

(2) 国土数値情報の標高データ

国土数値情報は地図情報を数値化するものであるが、そのために地図に表現されている項目（例えば標高等）を数値化、符号化するとともに、位置についても数値化している。この位置を指示する方法として、「標準地域メッシュ」を採用している。標準地域メッシュは、区画割の大きさに応じて、第1次地域区画（日本の中央付近で約80km四方）、第2次地域区画（同10km）及び第3次地域区画（同1km）の3種類があり、第3次地域区画のことを「標準地域メッシュ」或は「第3次メッシュ」と呼んでいる。

国土数値情報の標高データ（KS-110-1）は、計測基図として1/25,000地形図（第2次地域区画に相当）を用い、これに縦横10等分する区画線（第3次メッシュに相当）を描き、さらに各第3次メッシュ上に、これを縦横に4等分（計16等分）する細分区画線を描いて、各細分区画線の左下隅（計測点）の標高値を等高線から判読している。従って、データのサンプリング間隔は約250mピッチとなる。一方、国が管理する一級河川等の氾濫解析は氾濫原を1辺250m程度のメッシュに切って行われることが多いから、サンプリング間隔については、国土数値情報の標高データはほぼ条件を満たしているといえる。

次に、国土数値情報の標高データの等高線からの判読方法は、次のようなルールで行われている（図1）。

- ① 標高値は原則として10m単位で、計測点より低位にある等高線で当該点に直近のものの標高値とする。
- ② ただし、等高線（主曲線＝10mピッチの等高線）の水平間隔が図上1cm（約250m）以上の場合は、計測点とこれを挟む直近の各等高線との水平距離に応じ標高を比例配分し、計測点の標高値をm単位で求める。
- ③ 計測点が水面上のときは、標高値を記載しない。

以上のルールに従えば、地形勾配が1/25以上では10m単位、それ以下では1m単位の標高データとなっていることが分かる。氾濫解析の対象となる氾濫原のほとんどは1/25以下の傾斜であるから、本研究の目的のために必要な箇所の標高データは1m単位のデータになっていると考えられる。氾濫解析を行ううえで1m単位のデータは粗いと考えられるし、ましてや、このデータが10mピッチの等高線の内挿から求めたものであると、さらに精度は悪くなることが予想される。そこで、以下の節において、国土数値情報の標高データと、詳細な地形図から別途手作業により標高を読み取って得たデータとを比較し、さらに、両方のデータを使って氾濫解析を行い、解析結果にどのような影響が出るかを分析した。

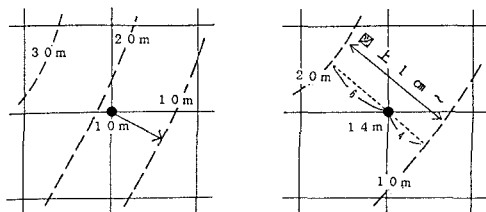


図1 国土数値情報の標高データ作成方法

鶴見川の流域の一部（約4km四方）について、一辺250mのメッシュ（16×16＝256メッシュ、標高データ数＝17×17＝289）のデータで比較した。対象とした流域は、中央部を本川が流れ、右岸側は比較的平坦な氾濫原で、左岸側は氾濫原の中央に小高い丘陵がある比較的複雑な地形となっている。手作業による標高データ作成は、1/2,500地形図を計測基図として使用し、1mピッチで記載されている等高線と、0.1m単位で記載されている単点標高をもとに0.5mピッチの等高線を描いたうえで、標高値の読み取りは、国土数値情報のメッシュに対応する点について、その点を挟む2本の等高線から水平距離内挿により0.05m単位で行った。

(3) 標高データによる比較

鶴見川の流域の一部（約4km四方）について、一辺250mのメッシュ（16×16＝256メッシュ、標高データ数＝17×17＝289）のデータで比較した。対象とした流域は、中央部を本川が流れ、右岸側は比較的平坦な氾濫原で、左岸側は氾濫原の中央に小高い丘陵がある比較的複雑な地形となっている。手作業による標高データ作成は、1/2,500地形図を計測基図として使用し、1mピッチで記載されている等高線と、0.1m単位で記載されている単点標高をもとに0.5mピッチの等高線を描いたうえで、標高値の読み取りは、国土数値情報のメッシュに対応する点について、その点を挟む2本の等高線から水平距離内挿により0.05m単位で行った。

図2は、手作業による標高データと国土数値情報の標高データとの関係をプロットしたものである。国土数値情報の標高データの作成ルールから予想されることであるが、10m単位でのデータが1列に並んでいる。また、国土数値情報が手作業より小さい方に多数現れることが予想されるが、標高が大きい部分では多少その傾向があるものの、標高の小さい部分ではむしろ逆の傾向となっている。この理由としてはいくつか考えられるが、国土数値情報では水面上のデータを読み取っていないため、陸地のデータのみで標高データが作成されている可能性がある。

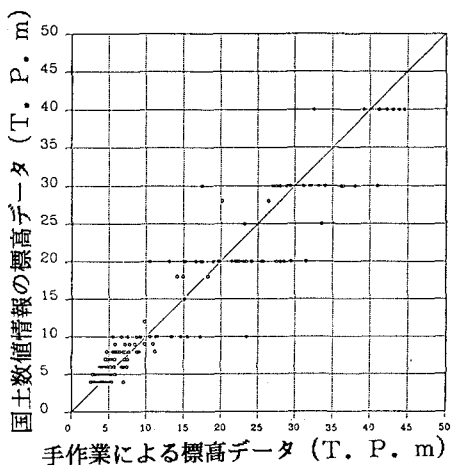


図2 標高データの比較

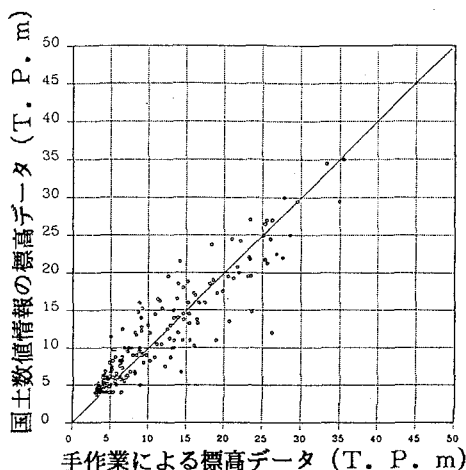


図3 平均地盤高の比較

以上は単点同士の生データの比較であったが、実際の氾濫解析では単点標高ではなく、メッシュの平均地盤高に加工して使用するのが普通である。そこで、前記の単点標高からそれぞれ平均地盤高に直し、比較したのが図3である。基本的な傾向は単点標高の場合と同じであるが、データの分布としては平均化されている。

(4) 氾濫解析による比較

(3) では地形情報段階における比較を行った。本節ではそれらの地形情報を使って氾濫解析を行い、氾濫水の挙動段階にまで踏み込んで比較を行う。対象流域は、氾濫水の挙動まで考えたとき、国土数値情報の標高データ誤差がはつきり出ると予想される流下型の流域を選定することとし、筑後川の流域の一部を取り上げた。当該流域は筑後川の左岸に属し、南北約4km、東西約15km(250mメッシュで16×60)で、氾濫域には盛土等の大きな不陸は比較的少ない。なお、解析には二次元不定流モデル¹⁾を使用している。

解析ケースは、表1に示すように3ケースである。手作業による平均地盤高を使用して計算するケース1を真値と考えてケース2及び3を比較した。ケース2は国土数値情報から作成した平均地盤高をそのまま使用するものであり、ケース3は国土数値情報から作成した平均地盤高を河道沿いの1メッシュに限って手作業による平均地盤高によって置き換えたものである。各ケースの氾濫流量を図4に、流量フラックスを図5に示す。図4のケース1と2の氾濫流量を比較すると分かるように、ケース2はケース1に比べて非常に小さな流量しか氾濫していない。河道の水位は両ケースとも同じであるから、このような結果になったのは国土数値情報から作成した氾濫地点のメッシュの平均地盤高が手作業によるものより大きかった(本ケースの場合は0.5m)からであり、このような結果になるのは前節の分析からも明らかである。氾濫流量の違いを反映して流量フラックスも大きな違いが出ている。従って、国土数値情報から作成した平均地盤高をそのまま使うだけでは、まったく実用にならないといえる。

次に、河道沿いの1メッシュに限って国土数値情報のデータを手作業のデータに置き換えて計算したケース3については、次のようなことがいえる。まず、氾濫流量については、図4に示すようにケース1とほぼ同じである。また、流量フラックスについては、図5に示すように、細かくみると流域内の小水路付近における流量フラックスの方向や大きさが異なり、また氾濫水の到達域も若干異なっているが、概ねケース1に近いものが得られている。

以上のことから、流域全体の氾濫状況を大局的に把握するような目的のために氾濫解析の結果を利用するのであれば、河道沿いのメッシュについて、国土数値情報から作成した平均地盤高を手作業のものに置き換えることによって実用に供せると考えられる。なお、手作業によって地盤高を別途作成するのは二重手間と

表1 氾濫解析のケース

ケース	地盤高
1	詳細地形図から手作業により求めたデータ
2	国土数値情報から求めたデータ
3	ケース2の河川沿いデータをケース1で修正

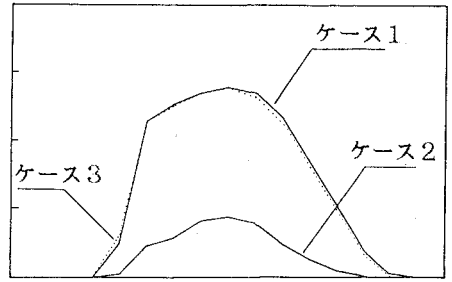


図4 破堤地点の氾濫流量比較

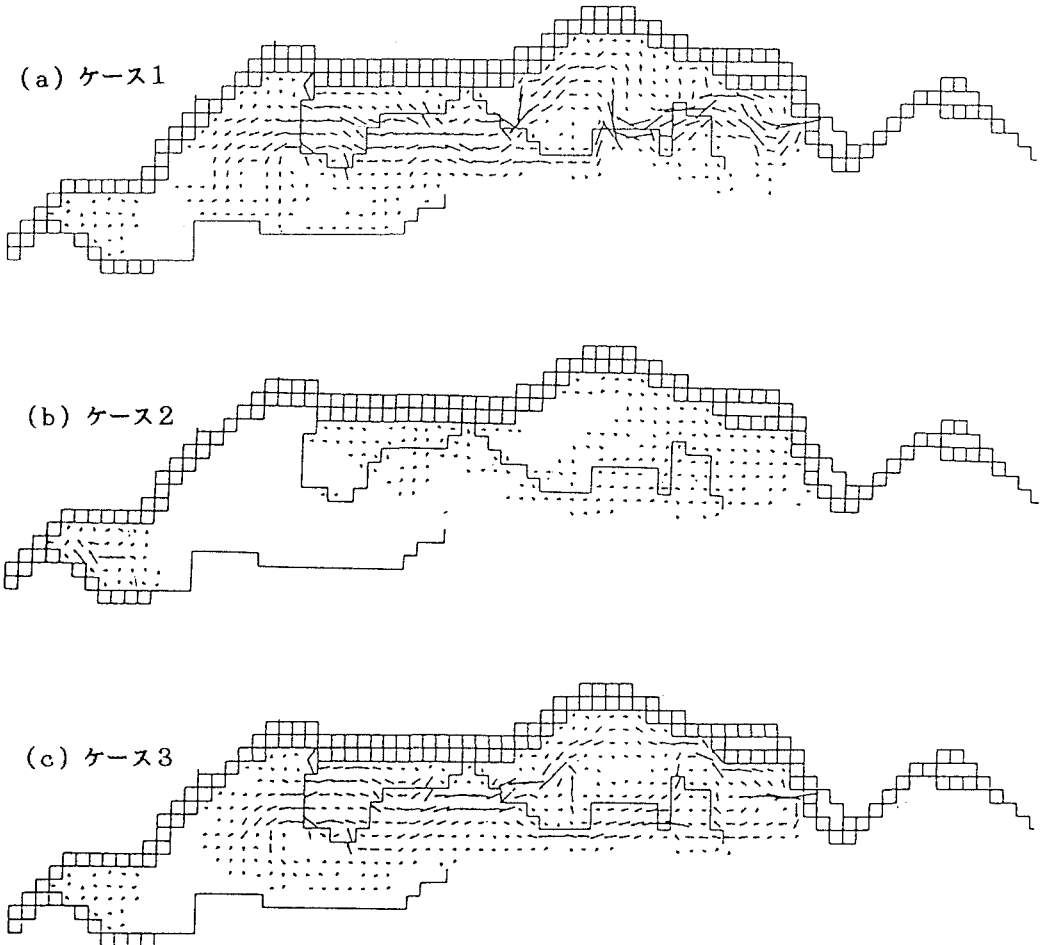


図5 流量フラックス

なるが、国が管理する河川等においては河道の横断図が完備しており、この図面に堤内地の地盤高も示されていることから、それほどの作業増加にはならないと考えられる。

3. 土地利用データの利用

(1) 土地利用データの利用可能性

流域内の土地利用分布データの作成には二つの目的がある。表2 地目別マニングの粗度係数(例) 一つは流出解析の流出率や氾濫解析の粗度係数を土地利用分布から経験的に推定することであり、もう一つは氾濫被害のポテンシャルとして流域内の人口分布や資産分布を推定することである。前者については、表2に示すような土地利用と関連づけたマニングの粗度係数が氾濫原粗度としてよく使われている。また後者については、二つの背景がある。一つは、人口データのように詳細な流域調査を別途実施することによって得られるデータについて、得られるのは得られるけれども、それを実際に行おうとすると膨大な労力と時間とを必要とし、その作業をなるべく簡単にすることが求められていることである。また、もう一つは、そのような調査を行っても、事業所の資産や各戸の資産データのように、データそのものを得ることが難しいものがある。そのようなものについては、それらを推定するための代替手法を別途考えなければならないということである。

地 目	宅 地	水田・畑	山 林
マニングの n	0.040	0.025	0.060

幸いなことに、人口データ等については「国勢調査地域メッシュ統計」に第3次メッシュの人口が記録されているので、このデータを氾濫解析で多用されている250mメッシュ程度まで再配分できれば、実用的に使用可能となる。人口の分布は宅地面積の分布と相関性が高いと考えられるので、土地利用の分布が分かれば、

$$\text{当該メッシュ内人口} = \text{第3次メッシュ内人口} \times \frac{\text{当該メッシュ内宅地面積}}{\text{第3次メッシュ内宅地面積}}$$

のような工夫をすることにより、人口分布を推定することができる。また、事業所資産の分布等については、就業者数の分布と同一であると仮定すると、同じく国勢調査地域メッシュ統計に第3次メッシュの産業分類別就業者数が記録されているので、人口と同じようにして当該メッシュ内事業所資産を求めることができる。

以上のような人口や資産分布の推定過程を考えたとき、土地利用の分布がこれらのデータ推定の基礎になっており、土地利用の分布を簡便に精度よく求める手法が必要であることが分かる。

(2) 国土数値情報の土地利用データ

国土数値情報の土地利用に関するデータファイルのうち、集計をメッシュで行っているKS-200とKS-202を対象とする。KS-200は集計単位が第3次メッシュであり、KS-202は第3次メッシュをさらに縦横10等分した細分区画(約100m四方)の土地利用を記録している。ただし、KS-200は当該第3次メッシュ内の土地利用面積を海水域を除く14分類で記録している(表3)が、KS-202は細分区画内の土地利用区分のなかで最大の面積を占めるもののみを記録している。従って、KS-202によって第3次メッシュ内の土地利用分布をモザイク状に知ることができるが、KS-202のデータを土地利用毎に第3次メッシュで集計した場合に、KS-200の面積と完全に一致しない。氾濫計算は250mメッシュ程度が多用されるから、集計値としてはKS-200のデータを活かしながら、土地利用の分布はKS-202で把握する方法が考えられる。そこで、次節で述べるようにKS-202のKS-200に対する過不足量を計算し、これを調整する方法の精度等について検討した。

(3) メッシュ土地利用データの誤差とその調整

KS-202のKS-200に対する過不足量を、次のような手順で計算する。

① 国土数値情報の土地利用分類は海水域を除いて14分類であるが、本研究で目的としている粗度係数の推定や人口・資産分布の推定には、もう少し大まかな分類で充分なので、KS-200もKS-202も表3に示すように4分類に集約する。

② 4分類したKS-200のデータについて、第3次メッシュ内での百分率を計算する。

- ③ 同様に、4分類したKS-202の細分区画メッシュを、それぞれの分類毎にメッシュ数を合計し、メッシュ数の比率によって第3次メッシュ内での百分率を計算する。
- ④ KS-200の百分率を基準として、KS-202の百分率の過不足量を計算する。

このようにして得られた過不足量を調整するには、これらの誤差がどこで発生しているかを確認する必要があるが、一義的に確定するための情報は国土数値情報の中にはない。しかし、誤差の大きさや誤差の発生の仕方には何らかの傾向があると考えられるので、全国及び代表地域（男鹿、新潟、甲府、東京（郊外）、東京（都心））を選定して、誤差発生の特徴を調査した。なお、代表地域は第2次メッシュ4つ分の範囲（第3次メッシュ数で400個）とした。

この結果を図6に示すが、次のような点が指摘される。

- ① KS-200とKS-202の間の誤差は、概ね±5%の範囲にある。
- ② 各地域別にみると、東京の誤差が相対的に大きい。これは、土地利用が他の地域に比べて規模が小さいために、細分区画では把握しきれない部分が多いからだと考えられる。
- ③ 土地利用別にみると、地域によって多少の差はあるが、全体的にみて「その他」に誤差が出やすい傾向にある。これは「その他」の土地利用の内容が多種多様であるため、他の土地利用に比べて土地利用の規模が小さい（例えば、幹線交通用地など）ためであると考えられる。また、地域固有の傾向として、東京（郊外）で「宅地」に、また新潟で「田」に比較的大きなマイナスの誤差が出ている。これらは、その地方で需

表3 土地利用に関する氾濫計算に
用いる4分類と国土数値情報の
15分類との対応関係

4分類	15分類
1.宅地	7.建物用地（A） 8.建物用地（B）
2.田	1.田
3.畑	2.畑
4.その他	3.果樹園 4.その他の樹木畑 5.森林 6.荒地 9.幹線交通用地 10.その他の用地 11.湖沼 12.河川地（A） 13.河川地（B） 14.海浜 15.海水域（不明）

表4 各土地利用間の相関係数

地名	区分	宅地	田	畑
男鹿	田	-0.0836	-	-
	畑	0.0087	-0.1982	-
	その他	-0.3248	-0.7236	-0.4139
新潟	田	-0.3437	-	-
	畑	-0.2055	-0.4091	-
	その他	-0.3196	-0.5443	-0.1147
甲府	田	-0.2216	-	-
	畑	-0.0256	-0.3302	-
	その他	-0.5990	-0.5696	-0.0651
東京（郊外）	田	-0.3650	-	-
	畑	-0.2619	-0.2069	-
	その他	-0.7011	-0.1810	-0.1518
東京（都心）	田	-0.1725	-	-
	畑	-0.2895	-0.1365	-
	その他	-0.8763	-0.0943	-0.0859

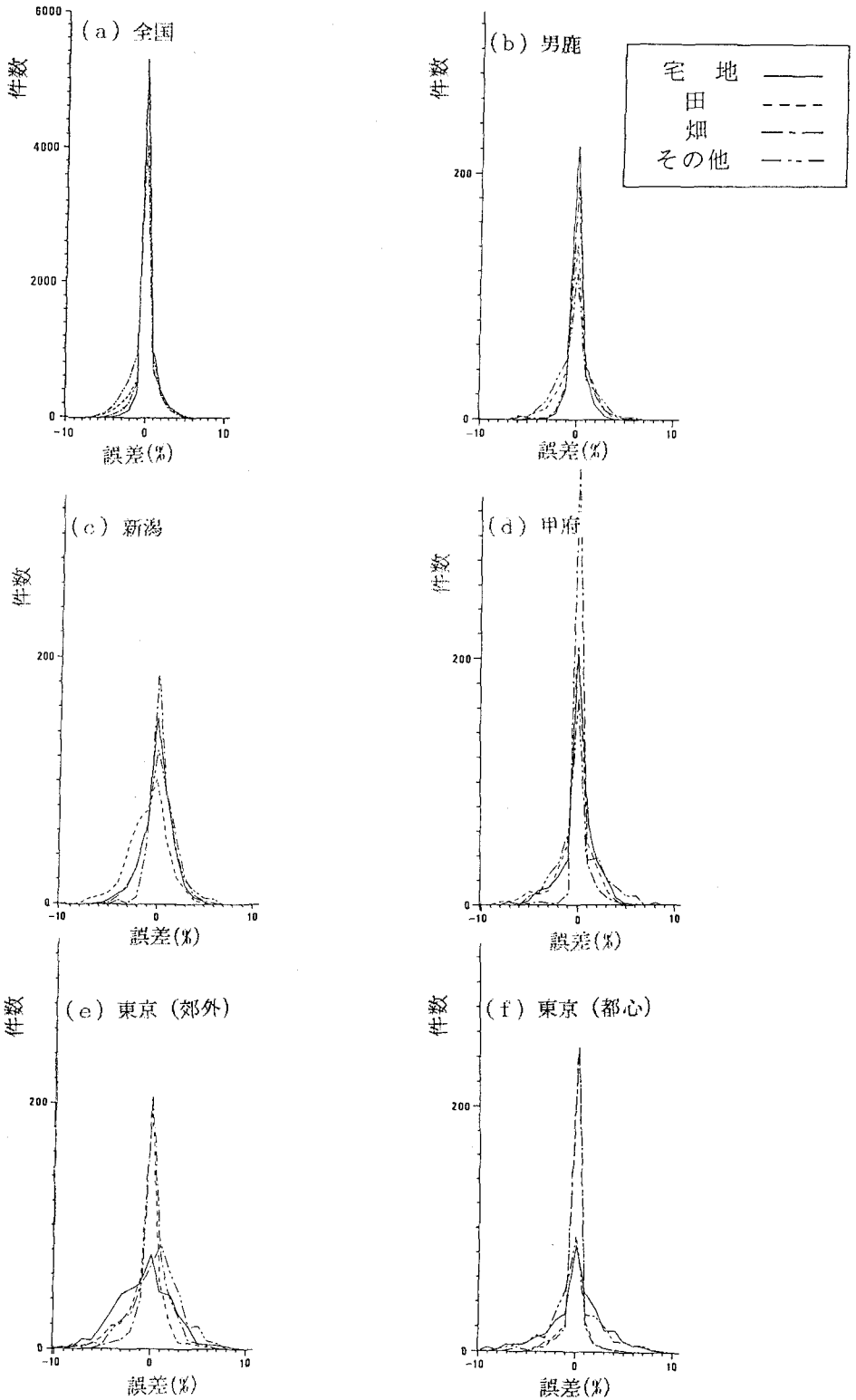


図6 KS-200とKS-202の各土地利用の誤差の頻度

要の大きい、または大きかった土地利用であり、当該土地利用から他の土地利用へ虫喰い的に転換している、或は当該土地利用が虫喰い的に進行しつつあることが原因であるとも考えられる。

このような分析を踏まえ、どの土地利用からどの土地利用へ誤差がしわ寄せされているかをさらにはつきりさせるため、二つの土地利用の誤差間で一次相関を取り、その相関係数を求めた(表4)。逆相関が強いものとして、相関係数が-0.5以下のものを抽出すると、東京(郊外)及び(都心)では「宅地」と「その他」の間に、男鹿及び新潟では「田」と「その他」の間に、甲府では「宅地」或は「田」と「その他」の間に、その関係がある。これは、誤差の発生がその地方を代表するような面積の大きい土地利用と「その他」との間で発生することを意味している。

以上のような誤差の発生の傾向を考えると、誤差の調整の仕方は次のようにして行うのがよいと考えられる。

<調整方法1>

KS-200とKS-202の誤差は、ここでの利用目的からして無視できると考えて、KS-202のデータをそのまま利用する。

<調整方法2>

- ① 誤差の修正は、面積が過剰な土地利用の全ての細分区画を、不足している土地利用で均等に一部置き換えることによって行う。すなわち、面積が過剰な土地利用単一の細分区画であったものが、複数の土地利用が存在する細分区画になる。
- ② 過剰な土地利用が一つで不足する土地利用が三つの場合、或はその逆の場合には、選択の余地がないので①に従って修正する。
- ③ 過剰な土地利用と不足する土地利用が二つずつの場合には、どの土地利用をどの土地利用に変換するかを選択する必要がある。変換の優先順位をつける必要があるが、誤差の逆相関が強かった「その他」をまず優先し、次に土地利用面積比の大きいものとする。
- ④ 以上の調整を行った後、細分区画を必要なメッシュサイズに集計しなおして土地利用データを作成する。

4. おわりに

洪水氾濫を数値的に解析するにしても、解析結果を使ってその被害を求めるにしても、流域の膨大な諸データを準備しなければならない。従って、その膨大なデータを簡単に準備できれば、氾濫解析をさらに一般的に広範囲に使うことができるようになる。本研究では、国土数値情報の標高データと土地利用データを使って、それが氾濫の分野にどの程度適用できるかを示し、また適用にあたっての工夫の方法を示した。

しかし、氾濫水の挙動は地形の微小な変化に左右されるものであり、国土数値情報の10mピッチの等高線を基にするデータはいかにも粗いといわざるを得ない。今後、このような微小地形を記録したデータベースの整備が望まれる。

最後になりましたが、本研究を実施するにあたって建設省京浜工事事務所及び筑後川工事事務所の協力があつたことを申し添えます。

[参考文献]

- 1) 岩佐義朗、井上和也、水鳥雅文：「氾濫水の水利の数値解析法」、京都大学防災研究所年報第23号B-2、昭和55年4月