

図 2・2 江戸の地形と水系 (1460年頃; 確認ずみのみ) と海岸線 ^{2・22)}

図 2・3 江戸期の水系図の領域

図 2・4 東京区部の低地と台地の代表的な地質構造

図 2・5 洪積層表面の等高線 ^{2・6)}

図 2・6 地盤の応答解析をおこなった地点

図 2・7 沖積層の基底深度 (H) と地盤の卓越周期 (p) との関係

図 2・8 地盤の卓越周期 (p) と地表最大加速度 ($\alpha_{s, max}$) との関係

図 2・9 有楽町層上部層厚分布図 (砂層分布図) ^{2・33)}

図 2・10 入力地下水面図 ^{2・33)}

図 2・11 沖積層中に礫層が分布する地域

図 2・12 関東地震 (1923) での家屋被害分布図の領域

表 2・1 国土地理院発行の微地形分類図の種類

表 2・2 土地条件図 (昭和45年版) での微地形分類

(建設省国土地理院: 「1:25,000土地条件図の見方と使い方」, 1970
からの抜粋)

表 2・3 選択された土地条件図の微地形区分

表 2・4 土地分類図の区分と特徴

(東京都土木技術研究所: 東京都地盤地質図 (23区内) ^{2・6)} による)

表 2・5 旧版地形図の種類と測図 (修正) 年次

表 2・6 旧版地形図による湿地・水田分布図の区分

表 2・7 旧版地形図による水系図の区分

表 2・8 江戸期の水系図の区分

表 2・9 沖積層の基底等深線図の区分

表 2・10 沖積層基底深度の区分と地表最大加速度

表 2・11 砂層分布図の区分

表 2・12 関東地震での家屋被害分布図の区分

表 2・13 関東地震での地盤被害分類図の区分

表 2・14 収集したボーリング資料の帰属と本数

第3章 地図/ボーリング情報の数値ファイル化

3.1 はじめに

この章では第2章で選択された情報を, どのように数値ファイル化して計算機でもとりあつかえるデータに変換するかという, 技術的な方法について述べる. 選択された情報は, その表現されているかたちから, 地形図や地質図, 関東地震の被害分布図などのように地図として表現されている情報と, ボーリング柱状図のように文字と数字によって記載されている情報にわけられる.

地図情報の数値ファイル化は, コンピュータ・グラフィック処理の問題である. 地図の入力方法としては, デジタイザ入力とスキャナ入力との2つの方法があり, 使用する機器だけでなく入力されるデータの構造も異なっている. このため, 入力しようとする地図の形態やデータの利用の仕方によって, 入力法を選択する必要がある. 入力する地図には, その縮尺や地図の図郭が現在の地形図とは異なっているものもふくまれている. これらの地図は計算機上で補正することによって, 同一の縮尺と図郭の地図として表わすことができる.

ボーリング資料については, 文字や数字で記載された情報のコード化が問題となる. コード化と入力には人手によらなければならないことから, エラーを検出しやすいように多少の冗長性をもったデータとした. これによって計算機でも, かなりコーディング・エラーを検出できたが, 最終的なエラー・チェックは手作業による必要があった.

これらの情報を入力するにあたっては, データ管理のためのメッシュ系を最初決めておく必要がある. メッシュ系としては地図の経緯度にしたがう分割法と, 一定の距離によってグリッドをひく方法があり, それぞれ特徴をもっている. メッシュ系の選択はデータベース・システムが採用する座標系と地図の縮尺, 基図となる地形図の種類とも関連することから, その選択はデータベースの利用のしやすさにも密接に関連する.

3.2 座標系とメッシュ系

3.2.1 概説

入力された地図やボーリング・データを迅速に検索するためには、メッシュによってデータを管理しておくのが便利である。メッシュ系は地図をいくつかに分けたものであり、単独のシステム内でのデータ管理だけを考える場合はメッシュ系を任意に設定することができる。過去の地震被害予測では、このような任意のメッシュ系を使用している例^{3.1.2)}もあるが、他のデータとの互換性やメッシュごとに判定される予測結果の利用のしやすさを考えると、できるだけ一般化されたメッシュ系を使用するのがのぞましい。

メッシュは地図を等分して作られると述べたが、このことはメッシュ系の選択は地図の座標系を選ぶことにもつながることを意味する。現在発行されている地形図の座標系には、経緯度座標系と平面直角座標系の2つが用いられている。経緯度座標系は国土地理院の地形図など一般の地図に使用されている座標系であり、地図上の位置は緯度と経度によって表示されている。これにたいして、平面直角座標系は原点^{3.2)}からの距離によって位置を規定する方法であり、国土基本図などがこの座標系にしたがっている。

*) 昭和53年(1978)に公表された東京都防災会議の被害想定報告^{3.1)}では、国土地理院1:25,000地形図の東京首部の南西端(北緯35°40', 東経139°45')を基点として1kmごとに区切られたメッシュ系が使われている。このメッシュ系は想定基礎資料であった、東京都土木技術研究所の地盤地質図^{3.2)}のメッシュ系を準用したものである。このようなメッシュ線のひかれた地図を数多く作るにはかなり手数がかかるとともに、想定結果の応用も制約される可能性がある。異なるメッシュ間での判定結果の複写については、2.6の既存の地震被害予測図の利用に、その例を示した。

**) 平面直角座標系の原点については3.2.3で述べる。

経緯度系の地図と平面直角座標系の地図は、投影法としてはガウス・クリューガー法によっており、基本的にはおなじ地図であると考えられるが、問題は地図の図郭と地図内にひかれた基準線のちがいにある。メッシュ線を簡単にひくには、地図に表示されている基準線にしたがうのが便利かつ正確である。経緯度線と平面直角座標系の基準線とは、おなじ投影法の地図上では斜交することから^{3.3)}、経緯度法による地図上に一定の長さのメッシュを形成する、あるいはその逆の操作をおこなうには複雑な計算が必要になる。

標準化された地図のメッシュ分割法としては、経緯度座標系にしたがったグリッドを使用する標準地域メッシュ系^{3.4)}と、平面直角座標系にしたうメッシュ系の2つがある。標準地域メッシュ系ではメッシュの形は東西方向にはそ長い長方形であり、緯度によって面積が異なるが、日本全土をおおうことのできる体系である。これにたいして、平面直角座標系にしたがうメッシュ系では正方形でかつ等面積のメッシュを形成することができるが、多くの県にまたがるような大領域を対象とすることはできない。

地図情報の入出力や管理は、特定の基図の図郭を単位としておこなうのが便利である。このため、メッシュ系の選択は基図としてどのような縮尺の地図を使用するかということにも、密接に関連する。現在発行されている大・中縮尺の地形図にはいくつかの種類があるが、大縮尺の地形図は平面直角座標系に、中縮尺の地形図は経緯度系に、ほぼ対応している。

一般に利用できる大縮尺と中縮尺の地図としては、表3.1の種類が用意されている。1:2,500国土基本図と1:5,000国土基本図は、主要な都市と平野部をそれぞれカバーしている。東京都内については測量の重複をさけるため発行されていないが、国土基本図とはほぼ同規格の地図として1:2,500都市計画図と1:10,000都市計画図が東京都から発行されている。これらの地図はいずれも平面直角座標系にしたがっており、図郭は原点からの距離によって区切られている。国土地理院が発行している1:10,000地形図と1:25,000地形図、1:50,000地形図は経緯度系にしたがっているが、1:10,000地形図には平面直角座標系の原点からの距離が1kmのメッシュとして表記されている。また、国土地理院の1:25,000土地条件図にも同様の表記がある。

一方の座標系で入力された地図データを計算機上で他の座標系に変換すること

表 3.1 基図あるいは作業図に利用できる地形図の種類

| 種別 | 縮尺・名称 | 発行機関 | 図郭の切りかたと大きさ (東西方向×南北方向) | 目的・内容 |
|--------|-------------------|----------|--------------------------------|---|
| 大縮尺地形図 | 1:2,500 国土基本図 | 国土地理院 | 平面直角座標系の原点からの距離 2km×1.5km | 各種の施設と事業計画の基礎資料として、都市計画区域などを対象としている。東京都内は未刊行である。 |
| | 1:2,500 都市計画図 | 東京都都市計画局 | 平面直角座標系の原点からの距離 2.5km×1.5km | 1:2,500 国土基本図とほぼ同一基準で作成されている。 |
| | 1:5,000 国土基本図 | 国土地理院 | 平面直角座標系の原点からの距離 4km×3km | 平野とその周辺地域を対象としている。東京都内は未刊行である。 |
| | 1:10,000 地形図 | 国土地理院 | 経緯度線 3' 45" × 2' 30" | 1:25,000地形図を補間する詳細な基本図であり、主要な都市地域を対象としている。図中に平面直角座標系の原点からの距離が線で表示されている。 |
| | 1:10,000 都市計画図 | 東京都都市計画局 | 平面直角座標系の原点からの距離 10km×6km | 1:2,500 都市計画図を編集した地図。 |
| 中縮尺地形図 | 1:25,000 地形図 | 国土地理院 | 経緯度線 7' 30" × 5' | 日本全土を統一した規格と精度でおおうもつとも縮尺の大きな地図。 |
| | 1:50,000 地形図 | 国土地理院 | 経緯度線 15' × 10' | 日本全土を統一した規格と精度でおおう地図。 |

も可能ではあるが、かなり複雑な作業を必要とすることから現実的ではない。このため、データ管理のメッシュ系の選択にあたっては、入力される地図の縮尺や出力するときの地図の図郭なども考慮しなければならない。また、作業の過程では数多くの地図が必要になることから、基図としては入手しやすい地図を選ぶ必要がある。

地震時の地盤危険度をメッシュ単位に評価する場合には、データ管理のメッシュが評価の基本単位となる。地盤の評価がメッシュ単位でおこなわれている場合、これを他のメッシュ系に変換することは不可能であるため、メッシュ系の選択は判定結果の利用のしやすさにも影響することになる。

3.2.2 経緯度座標系にもとづく標準地域メッシュ系^{3,4)}

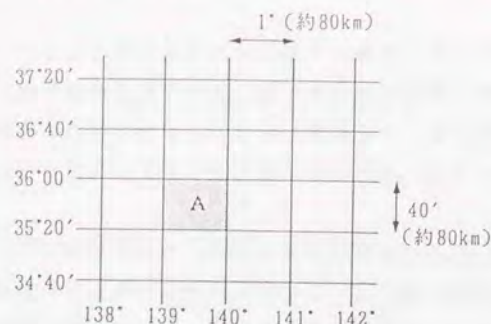
標準地域メッシュ系は国土地理院発行の地形図の大きさにしたがって、階層的に分割された体系である。分割のしかたは経緯度法ともよばれているもので、一定の経線と緯線で地域を網の目状に区画する方法である。分割された区画は「標準地域メッシュ」とよばれている。

標準地域メッシュ系では地球全体を連続的におおうことができるとともに、地図に印刷されている経緯度線にしたがって簡単にメッシュ分割をおこなうことができる。しかし、緯度の間隔は地球上のどこでもほとんどおなじであるのに対して、経度の間隔は南北極に近づくにつれてせまくなるため、面積の等しいメッシュはおなじ緯度帯内でしか作れない。たとえば、高緯度にある札幌では鹿児島より16%ほど小さな面積のメッシュとなる。

第1次地域区画は図 3.1に示すように、経度差1度、緯度差40分で分割される範囲であり、20万分の1地勢図の図郭の大きさがこの区画に相当する。日本の中央付近での大きさは、縦横とも約80kmとなる。第1次地域区画のメッシュ・コードは4桁からなり、最初の2桁はメッシュの南西端の点の緯度を1.5倍した数字が、次の2桁はおなじ点の経度の下2桁の数字が対応する。20万分の1地勢図の「東京」のメッシュ・コードは5339となる。

第2次地域区画は第1次地域区画を縦横とも8等分したもので、1:25,000地形図の図郭の大きさ(約10km×10km)がこの区画に対応する。区画の範囲は経度

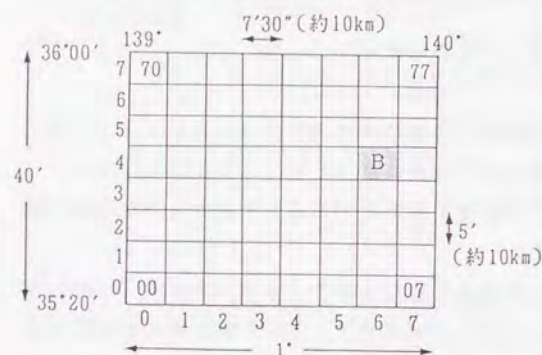
(1) 第1次地域区画のコード



第1次地域区画は4桁のコードがつけられており、最初の2桁はメッシュの南西端の点の緯度を1.5倍した数字、次の2桁は同じ点の経度の下2桁の数字となっている。

たとえばAのメッシュのコードは
53 39
139°
35° 20' × 1.5

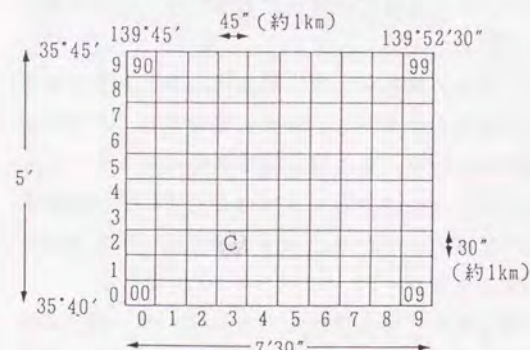
(2) 第2次地域区画のコード



第2次地域区画は第1次地域区画を縦横とも8等分したものである。コードのつけかたは0から7までの数字を縦横の順にならべた2桁の数字で表わされる。

たとえばBのメッシュのコードは
5339-46
第2次地域区画のコード
第1次地域区画のコード

(3) 第3次地域区画のコード
(基準地域メッシュ)



第3次地域区画は第2次地域区画を縦横とも10等分したものであり、コードのつけかたは0から9までの数字を縦横の順にならべた2桁の数字で表わされる。

たとえばCのメッシュのコードは
5339-46-23
第3次地域区画のコード
第2次地域区画のコード
第1次地域区画のコード

図 3-1 標準地域メッシュの区画とコードのつけかた

差7分30秒、緯度差5分である。第2次地域区画のメッシュ・コードは0から7までの2桁の数字で表わされる(図3-1参照)。25,000分の1地形図の「東京首都」のメッシュ・コードは5339-46となる。

第3次地域区画は第2次地域区画を縦横とも10等分したものであり、その範囲は経度差45秒、緯度差30秒である。この区画の大きさは約1km×1kmであり、東京周辺では東西1129m～1134m、南北924mとなる。一般にこの区画は「基準地域メッシュ」あるいは「第3次メッシュ」とよばれている。「第3次メッシュ」をさらに細分化する分割地域メッシュとして、2分の1地域メッシュと4分の1地域メッシュ、8分の1地域メッシュが規定されている。また、「第3次メッシュ」を統合するメッシュとしては2倍地域メッシュと5倍地域メッシュ、10倍地域メッシュがある。

なお、標準地域メッシュ系とメッシュ・コードは行政管理庁告示第143号として、昭和48年(1973)に告示されているとともに、J I Sにも「地域メッシュコード(X0410)」として採用されている。

3.2.3 平面直角座標系にもとづくメッシュ系

一般の地図では地理学上の経緯度によって位置を表示しているのに対して、平面直角座標系は位置を特定の原点からの距離で表示する体系である。座標系の原点としては局地的なひずみを少なくするため、現在では図3-2に示す19系が規定されている^{3・5)}。座標系のX軸は原点での子午線に一致する軸として真北を正にとり、Y軸はX軸に直交する軸として真東を正にとる。ひとつの座標系は東西320km、南北600kmの範囲をおおうことができ、ほぼ県単位で帰属する座標系が決められている。東京都は小笠原諸島などをのぞいて第Ⅹ系に属しており、原点は野田市付近(北緯36度、東経139度50分)におかれている。

平面直角座標系にしたがうメッシュ系には2つの体系がある。ひとつは、各座標系の原点からの距離にしたがってグリッドを形成するものであり、500mあるいは1kmなど任意の大きさのメッシュを等面積で作成することができる。メッシュ・コードについては特に規定している告示等がないことから、原点からの距離を組合せてメッシュ・コードとするか、あるいは独自のメッシュ・コードを付加す

ることになる。

平面直角座標系にしたがうもうひとつのメッシュ系は、国土基本図の図郭識別番号によるものであり、3段階に階層化されている^{3・9)}。第1段階の区画は、図3・3に示すように東西に各160kmを40kmごとに、南北に各300kmを30kmごとに区切るグリッドによってあたえられる。各グリッドは東西にAからHまで、南北にAからTまでのアルファベットを割当て、南北、東西の順に組合せて区画名がつけられている。

第2段階である1:5,000国土基本図の図郭は、第1段階の区画の両辺を10等分する範囲であり、東西4km、南北3kmの大きさとなっている。この図郭には2桁の数字が割当てられている^{3・7)}。

第3段階の地図情報レベル500の図郭は、1:5,000国土基本図の図郭の両辺をさらに10等分することであたえられる。このメッシュは東西400m、南北300mの大きさがあり、2桁の数字で識別する。国土基本図の図郭から割出されるメッシュとしては、このほかに東西800m、南北600mとする地図情報レベル1000の図郭がある。このメッシュ系は空中写真からデジタル化された地図を作成するときなどに使用されている。

平面直角座標系は国土調査法施行令第2条および建設省告示第279号によって昭和29年(1954)に13系が定められ、その後19系に改められている^{3・5)}。また、国土基本図の図郭識別番号による地図情報区画は、国土地理院を中心とした調査研究委員会により、昭和62年(1987)に「デジタルマッピング作業要領・同補則(案)」として公表されている^{3・9)}。

3.2.4 座標系とメッシュ系の決定

今までに公表されている地震被害想定のうち、メッシュ系として標準地域メッシュを採用しているものとしては川崎市防災会議(1979)^{3・8)}や埼玉県(1982)^{3・9)}、千葉県(1982)^{3・10)}、神奈川県(1986)^{3・11)}、国土庁(1988)^{3・12)}などがある。また、平面直角座標系の第X系にしたがう正方形のメッシュ系を使用している例としては、東京都都市計画局(1984)^{3・13)}や東京都防災会議(1985)^{3・14)}、横浜市防災会議(1986)^{3・15)}の報告などがある。平面直角座標系

にしたがうメッシュ系のうち、国土基本図の図郭識別番号によるメッシュ系を地震被害想定に使用した例は、今までのところ見当たらない。このメッシュ系は縮尺が1:10,000や1:2,500といった大縮尺の地図を分割するのに適しており、既存の被害想定にはこのような大縮尺のものがいないためであると考えられる。

標準地域メッシュ系と平面直角座標系にしたがう正方形のメッシュ系を比較すると、このデータベース・システムが対象とする東京の低地程度の広さの領域では、特にどちらかが優れているという点は見出せない。

一方、入力を予定している地図の大部分は縮尺1:25,000のものであり、地図の図郭も国土地理院の地形図に準拠している。また、道路や鉄道、行政区のデータとして利用する国土数値情報も標準地域メッシュによって管理されている。このような理由から、メッシュ系としては標準地域メッシュを選択することにした。メッシュの最小単位としては、第3次メッシュを細分化した2分の1地域メッシュ(ほぼ500m×500mのメッシュ)とした。2分の1地域メッシュの東京周辺での大きさは、東西564.5m~566.9m、南北462.1mとなる。

メッシュ系を標準地域メッシュとした結果、入力される情報の位置はすべて経緯度座標系によって管理されることになる。また、入力する地図の大部分が縮尺1:25,000であることから、基図としては国土地理院が発行する1:25,000地形図とし、入力する情報の精度もこの縮尺での表現に耐えられる水準に設定した。

3.3 地図の入力法とデータの構造

3.3.1 概説

地図を磁気データ化する方法は、使用する機器によってデジタルタイザ入力とスキャナ入力に2つに分けられる。デジタルタイザを使用する場合、地図上の点や線、面の境界線は人間が認識して入力しなければならないが、スキャナでは機械が微小な区画を自動的に認識する。

デジタルタイザ入力で基本となるのは点の情報であり、点をむすぶことで線が、線にかこまれることで面が形成される。点と点とをむすぶ情報が方向性をもつこ

とから、ディジタイザーで入力された情報はベクトル情報とよばれている。これにたいして、スキャナー入力では微小な区画である画素（ピクセル）が情報の単位となっており、情報自体には線あるいは面の境界線であるという認識はない。スキャナーによって入力された情報は、テレビ画面での映像信号のように配列があり、配列の順番で地図上の位置が決められることからラスタ情報とよばれている。

ディジタイザー入力とスキャナー入力は入力手段のちがいでだけでなく、磁気データ化されたときのデータ構造も大きく異なるため、入力しようとする地図の性格や情報の利用のしかたによって入力方法を選択する必要がある。

磁気データ化された地図の種類としては、このほかに、地図上の分類にしたがって入力データに属性を付加するかどうかでも2分される。これはディジタイザー入力とスキャナー入力のどちらにも共通した入力上の処理のちがいであり、地図の凡例がコードとして認識されている場合は、地図上の分類にしたがった検索が計算機によっても可能となる。地図の凡例が属性として付加されていないデータでは、計算機は地図に表記されている分類を認識することができないので、凡例による検索はできなくなる。この場合、計算機から出力される地図は紙に印刷された一般の地図とおなじ性格のものであり、地図に表記されている分類は目視によってしか識別することができない。

地図の凡例による面積集計や地図の重ね合わせといった地図情報処理に欠かせない操作は、前者のデータの場合のみ可能となる。このため、このデータベース・システムでは、すべての地図について、凡例にしたがった属性をつける入力法を採用した。

3.3.2 ディジタイザー入力とベクトル情報

前節でも述べたように、ディジタイザーによって直接入力されるのは点の位置に関する情報である。図3・4に示すような領域に区分される地図では、領域の境界線となる点の位置と、その点が線の終始点か接続点であるかのコードが入力される^{3・16)}。地図が図郭で接続されている場合には、該当する点に図郭の接点コードがつけられる。



図 3・4 ディジタイザーによる数値化

ベクトル情報は入力された点の情報にたいして、線あるいは面の認識をあたえることで作成される。線や面を認識するデータ構造にはいくつかの方法があるが、代表的なものとして標準モデル^{3.6)}の考え方がある。標準モデルはデータ構造の標準化を目的として提案されているモデルであり、さまざまな利用方法にも対応できる構造となっている。

標準モデルではベクトル情報は位置・形状の情報と位相情報、属性の情報によって構成されている。このうち位置・形状の情報は点や線、面を認識する情報であり、点と線、面の番号とその位置の座標が記憶される。また、位相情報には点や線、面の相互関係が入力される。属性の情報には点や線、面の凡例に対応する情報が収められる。

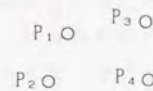
標準モデルには、その具体的なモデルとして①個別点モデルと②個別線モデル、③個別面モデル、④ネットワークモデル、⑤領域分割モデルの5つの構造化モデルが提案されている。図 3.5にみられるように、①個別点モデルは地理的対象物を独立した点の集合として、②個別線モデルは対象物を独立した線として認識するモデルである。

③個別面モデルは対象物を独立した面（線の集合）としてとらえるモデルであり、線と面の関係が位相情報として表わされている。面を構成する点の列は、対象とする面を右にみる方向として順序づけられている。④ネットワークモデルでは対象物は点と線の関係として認識されることから、この関係が位相情報として表わされる。このモデルでは、点の順列についての規則はない。最後の⑤領域分割モデルは連続した複数の面を対象としており、位相情報には点と線、面の相互関係が入力されている。

これらのモデルうち、ある広がりをもった領域の入力には③個別面モデルと⑤領域分割モデルが選ばれる。③個別面モデルは戸籍図や住宅地図といった、個別の領域の入力に使用される。また、このシステムで入力対象とする分類図のように、複数の領域がつながって表現されている地図は、⑤領域分割モデルとして入力される。

領域分割モデルでは図 3.5 (2)にみられるように、領域の境界は線番号とその線を構成する点の座標位置によって認識される。また、線の終始点（ノード）については、点の番号とその座標位置が入力される。1本の線は左右2つの領域の

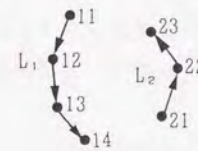
① 個別点モデル



点の集合

| 点番号 | X | Y | Z |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| P ₁ | X ₁ | Y ₁ | Z ₁ |
| P ₂ | X ₂ | Y ₂ | Z ₂ |
| P ₃ | X ₃ | Y ₃ | Z ₃ |
| P ₄ | X ₄ | Y ₄ | Z ₄ |

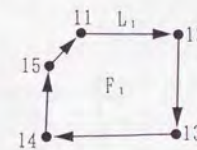
② 個別線モデル



線の集合

| 線番号 | X | Y | Z |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| L ₁ | X ₁₁ | Y ₁₁ | Z ₁₁ |
| L ₁ | X ₁₂ | Y ₁₂ | Z ₁₂ |
| L ₁ | X ₁₃ | Y ₁₃ | Z ₁₃ |
| L ₁ | X ₁₄ | Y ₁₄ | Z ₁₄ |
| L ₂ | X ₂₁ | Y ₂₁ | Z ₂₁ |
| L ₂ | X ₂₂ | Y ₂₂ | Z ₂₂ |
| L ₂ | X ₂₃ | Y ₂₃ | Z ₂₃ |

③ 個別面モデル



線の集合

| 線番号 | X | Y | Z |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| L ₁ | X ₁₁ | Y ₁₁ | Z ₁₁ |
| L ₁ | X ₁₂ | Y ₁₂ | Z ₁₂ |
| L ₁ | X ₁₃ | Y ₁₃ | Z ₁₃ |
| L ₁ | X ₁₄ | Y ₁₄ | Z ₁₄ |
| L ₁ | X ₁₅ | Y ₁₅ | Z ₁₅ |

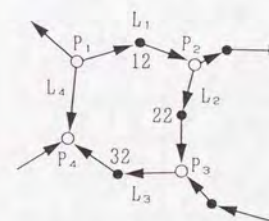
標準位相情報

| 線番号 | 面番号 |
|----------------|----------------|
| L ₁ | F ₁ |

面の集合

| 面番号 |
|----------------|
| F ₁ |

④ ネットワークモデル



線の集合 (リンク)

| 線番号 | X | Y | Z |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| L ₁ | X ₁ | Y ₁ | Z ₁ |
| L ₁ | X ₁₂ | Y ₁₂ | Z ₁₂ |
| L ₁ | X ₂ | Y ₂ | Z ₂ |
| L ₂ | X ₂ | Y ₂ | Z ₂ |
| L ₂ | X ₂₂ | Y ₂₂ | Z ₂₂ |
| L ₂ | X ₃ | Y ₃ | Z ₃ |
| L ₃ | X ₃ | Y ₃ | Z ₃ |
| L ₃ | X ₃₂ | Y ₃₂ | Z ₃₂ |
| L ₃ | X ₄ | Y ₄ | Z ₄ |
| L ₄ | X ₄ | Y ₄ | Z ₄ |

標準位相情報

| 線番号 | 始点の点番号 | 終点の点番号 |
|----------------|----------------|----------------|
| L ₁ | P ₁ | P ₂ |
| L ₂ | P ₂ | P ₃ |
| L ₃ | P ₃ | P ₄ |
| L ₄ | P ₄ | P ₁ |

点の集合 (ノード)

| 点番号 | X | Y | Z |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| P ₁ | X ₁ | Y ₁ | Z ₁ |
| P ₂ | X ₂ | Y ₂ | Z ₂ |
| P ₃ | X ₃ | Y ₃ | Z ₃ |
| P ₄ | X ₄ | Y ₄ | Z ₄ |

図 3.5(1) ベクトル情報による標準モデル

(日本測量調査技術協会編：デジタルマッピング^{3.6)}，1989による)

⑤ 領域分割モデル

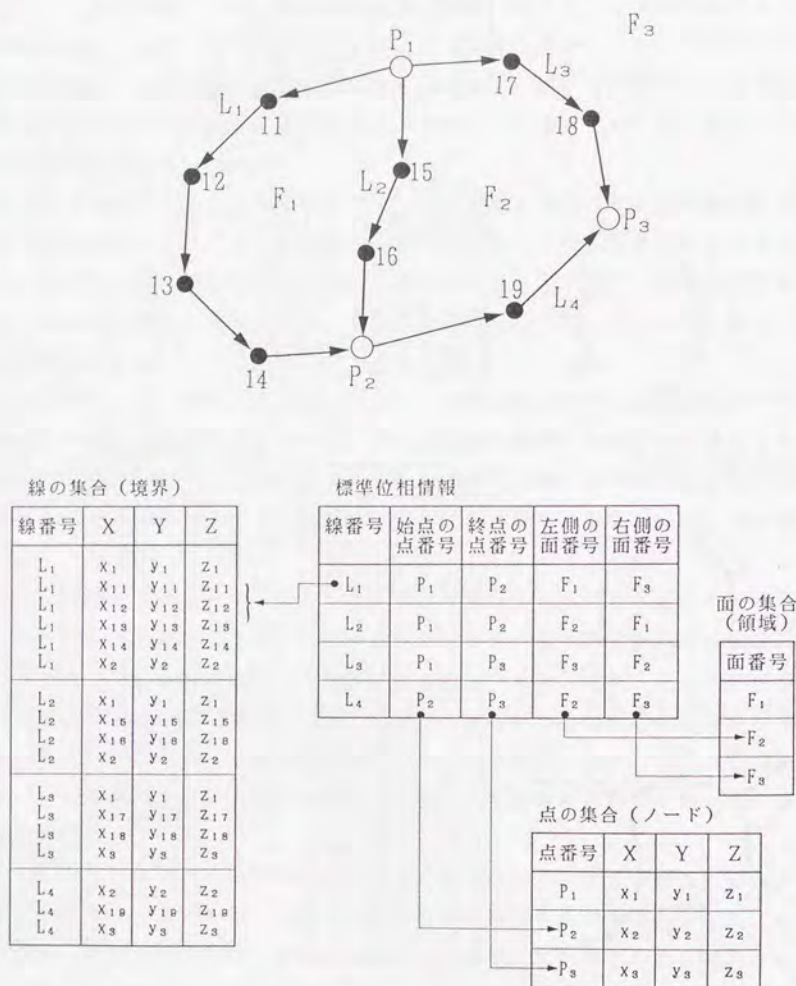


図 3-5(2) 標準モデルによるベクトル情報(領域分割モデル)
(日本測量調査技術協会編: デジタルマッピング^{3・6)}, 1989による)

境界線となっており, 点の配列の順序からだけでは面を規定することができないので, 点の順列についての制約はない. ひとつの領域は, 線番号と線の左右の面番号からなる位相情報によって認識される. 対象する地図に表記されている領域の分類は, 面番号に凡例を属性情報として結びつけることによって入力することができる.

ディジタイザ入力では, 領域の境界線は直線によって近似される. この近似誤差はディジタイザ入力の誤差のなかでも大きなものであり, 入力された地図の精度をたもつためには近似誤差を一定の基準値内におさめなくてはならない. 国土数値情報^{3・4)}では, 大部分の地図でこの基準値を 1 mm以内と規定している.

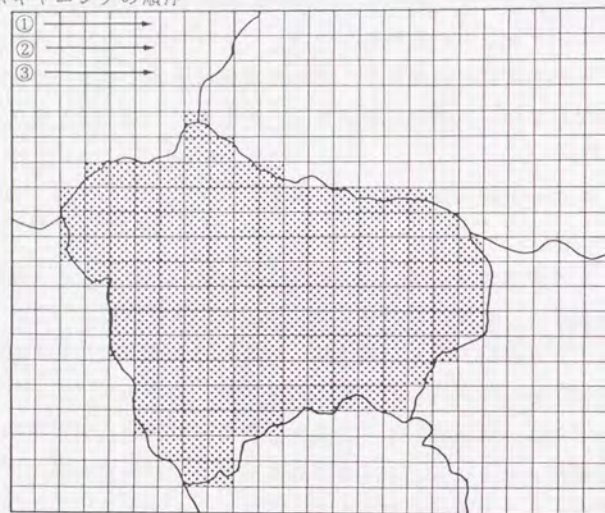
3. 3. 3 スキャナー入力とラスタ情報

スキャナー入力の概念は, 図 3-6にみられるように, 対象とする地図に細かい網目をかけると考え, ひとつの網目ごとに領域の分類を属性コードとして読取する方法である. このスキャンの操作は, 地図のいちばん上のラインから横におこなわれ, 順次下のラインに移動して入力される. このため, スキャナーによって入力されたデータの構造は, ライン番号と横方向の網目の数だけならぶ属性コードによって構成される. 入力の単位であるひとつの網目を画素(ピクセル), ラインごとに横にならぶ画素の順番をポイントとよんでいる^{3・17)}.

スキャナーによって入力された情報の位置は, ライン番号とポイント数から, 入力した地図上での相対的な座標としてあたえられる. 経緯度などの絶対座標は別に入力された地図の四隅の座標から, 計算によって求める必要がある.

ラスタ情報では入力される情報の形状が点あるいは線, 面であるという区分は, 特につけられてはいない. 点の情報はひとつの画素の属性コードとして入力されるが, 多種類の属性コードをつけるときの負担が大きいことから, 属性の異なる多数の点の入力には向いていない. 線の情報は連続したおなじ属性の点として, 計算機によっても認識できる. 画素の大きさによっては線が途中でとぎれてしまうことがあるが, 線のとぎれは計算機との対話処理などによって補正することができる. 面の情報は同じ属性の点の集合として表現されることから, 同一属性の面を個々に識別することはできない.

スキヤニングの順序




図の中央の領域は  の部分として数値化される

図 3・6 スキヤナーによる数値化

スキヤナーによって地図を入力する場合、読取りは機械が自動的におこなうので手間はかなりはぶける。しかし、ふつう入力原図には、入力しようとする分類だけでなく地名などさまざまな情報が印刷されている。このため、スキヤナー入力にあたっては、入力しようとする分類の境界線だけをトレースしたものを用意する必要がある。

スキヤナー入力された地図の精度は、入力の基本単位である画素の大きさによって規定される。国土数値情報では0.4 mmの正方形の画素によって読取りをおこなっている。縮尺が1:25,000の地図を入力するとき、この画素の実際の大きさは約10m×10mの広さのメッシュに相当する。

ラスター情報は計算機上でベクトル情報に変換することができる。1980年代半ば以降、大量のラスターデータを指向したハードとソフトの開発がすすみ、ベクトル情報の読取りにもかなりスキヤナーが利用されるようになっている^{3・18)}。

3.3.4 入力法の決定

ディジタイザー入力とスキヤナー入力について、分類図のような面的にひろがった領域を入力するときの比較を表 3・2に示す^{3・17)}。

入力に要する人手としては、ディジタイザー入力では地図上の点の入力に、スキヤナー入力ではトレース作業と属性のコーディングに多くの時間が必要とされる。領域の境界が複雑な地図の入力では、ディジタイザーによる点の入力では近似誤差を小さくする必要から長時間かかるのにたいして、トレース作業に要する時間はあまりかわらない。一方、領域の境界は単純なかたちであるが分類数の多い地図では、点の入力は短時間でおこなえるが、スキヤナー入力が必要とされる属性コーディングにはかなり長い時間を要する。このことから、領域の境界が複雑で分類数が多い地図ではスキヤナー入力、領域の境界が単純で分類数の多い地図についてはディジタイザー入力が適していると考えられる。

このほかの入力上の違いとしては、スキヤナー入力ではデータ量が多くなることがあげられる。同一の属性コードが連続している画素数をかぞえ、その分のデータを圧縮するランレングス圧縮などの手法^{3・18)}によって、地図の空白域や広い領域についてはデータ量を縮小できるが、ディジタイザー入力によるデータ量

表 3・2 デジタイザー入力とスキャナー入力との比較

| | | デジタイザー入力 | スキャナー入力 |
|------|--------|--------------------------|---|
| 人 | トレース | 不 要 | 必 要 背景図をのぞく必要がある。 |
| | コード付 | 必 要 入力原図に領域番号をいれる。 | 不 要 中心点の位置をプロットする。 |
| | 入 力 | 長時間かかる | 短時間ですむ |
| | 修 正 | 必 要 | 必 要 場合によっては再入力の方が早い |
| | コーディング | 不 要 | 必 要 中心点に領域番号をつける。 |
| 機械処理 | 入 力 | 長時間占有する 地図の複雑さに影響される。 | 短時間の占有ですむ 地図の大きさだけに規定され、 複雑さには影響されない。 |
| | 処 理 | 早 い | お そ い データ量に規定される。 |
| データ | 入力精度 | 高 い | 高 い |
| | データ量 | 少 な い | 多 い |

表 3・3 ベクトル情報とラスタス情報の比較

| 点の 情報 | 認識 | ベクトル情報 | | ラスタス情報 | |
|----------|-----------|--|--|--|--|
| | | 線 | 面の情報 | 線 | 面の情報 |
| 点の 情報 | 認識 | 点の座標位置と点番号によって認識する。 | 点の座標位置と点番号によって認識する。 | 座標位置を中心とすると面積をもった点と属性コードによって認識する。 | 座標位置を中心とすると面積をもった点と属性コードによって認識する。 |
| | 長所と 欠点 | 面積のない点を表現でき、 点を個別に識別できる。 | 面積のない点を表現でき、 点を個別に識別できる。 | 数多くの点を個別に識別するのは向いていない。 | 数多くの点を個別に識別するのは向いていない。 |
| 線の 情報 | 認識 | 点をつないだ太さのない線と線番号によって認識する。 | 点をつないだ太さのない線と線番号によって認識する。 | 面積をもった線と属性コードで認識する。 | 面積をもった線と属性コードで認識する。 |
| | 長所と 欠点 | 面積をもたない線を表現できることから、地区境界や地図上の目録物としての道路・鉄道の表示に適している。曲線の精度は読取り間隔に左右される。線の長さを簡単に求められる。 | 面積をもたない線を表現できることから、地区境界や地図上の目録物としての道路・鉄道の表示に適している。曲線の精度は読取り間隔に左右される。線の長さを簡単に求められる。 | 細線にいつでも面積をもつ領域として表現できることから、小さな川をふくんでいる水系などの表示に適している。曲線も精度よく表現できる。線の長さの計算には多少問題がある。 | 細線にいつでも面積をもつ領域として表現できることから、小さな川をふくんでいる水系などの表示に適している。曲線も精度よく表現できる。線の長さの計算には多少問題がある。 |
| 面の 情報 | 認識 | 線にかこまれた面と面番号によって認識する。 | 線にかこまれた面と面番号によって認識する。 | 面と属性コードを直接認識する。 | 面と属性コードを直接認識する。 |
| | 長所と 欠点 | 面を個別に識別することもできる。地籍図や住宅地図なども表現することができる。面積集計や重ね合わせ、ある点かどの領域にふくまれるかなどの計算は複雑になる。 | 面を個別に識別することもできる。地籍図や住宅地図なども表現することができる。面積集計や重ね合わせ、ある点かどの領域にふくまれるかなどの計算は複雑になる。 | 同一の属性コードの面は個別には識別できないという欠点があるが、地形分類図や地質図などの分類図の表示では特に障害とならない。領域の面積集計や重ね合わせ、ある点かどの領域にふくまれるかなどの計算は容易である。 | 同一の属性コードの面は個別には識別できないという欠点があるが、地形分類図や地質図などの分類図の表示では特に障害とならない。領域の面積集計や重ね合わせ、ある点かどの領域にふくまれるかなどの計算は容易である。 |

にくらべれば、はるかに多くなる。このため、入力に要する機械処理時間はスキヤナー入力の方が長くなる。

入力されたデータの使いやすさについて、ベクトル情報とラスター情報を比較したものが表 3・3である。点の情報については、ベクトル情報は面積をもたない正確な点を多数認識できることから、ベクトル情報の方が優れている。

線の情報については、その利用方法によって評価がわかる。ラスター情報では細い線にも面積をもたせることができ、曲線もかなり精度よく表現できることから、小河川などを面積をもつ領域として認識できる。これにたいしてベクトル情報は面積をもたない線を途中でとぎれることなく表現することができ、線の長さも簡単に計算できることから、行政界や道路・鉄道などの認識には有利である。

面の情報では、地図上の分類にしたがった面積集計や地図の重ね合わせといった操作は、ラスター情報の方が容易である。

このような検討から、ボーリング地点などの点の情報についてはディジタイザー入力を採用した。また、面の情報としては、入力対象とした地図がすべて分類図の一種であり、領域の境界が複雑なわりに分類数があまり多くないことからスキヤナー入力とした。線の情報のうち、小河川などは面積をもつ領域として表現する必要があることから、面の情報とともにスキヤナーによって入力した。行政界や道路・鉄道については地図からの読取りをおこなわず、ベクトル情報である国土数値情報を借用して入力した。

前に述べたように、ラスター情報は計算機上でベクトル情報に変換できるが、このシステムではこのような変換はおこなわず、ラスター情報のまま利用している。

3.4 地図情報の数値ファイル化

3.4.1 概説

この節では地図として表現されている情報の数値ファイル化について、ややくわしく述べる。数値化の対象とした地図は土地条件図と土地分類図、湿地・水田

分布図、明治42年(1909)と大正14年(1917)、昭和12年(1937)の水系図、江戸期の水系図、沖積層基底等深線図、砂層分布図、地下水位分布図、礫層分布図、関東地震家屋被害分布図、関東地震地盤被害分類図である。

地図の入力にあたっては、それぞれの地図に表記されている分類に対応した属性コードを、あらかじめ設定しておかなければならない。数値化された地図データでは、入力する地図の表示には分類がない空白の地域と、対象地域の外部についても識別する必要がある。このため、それぞれに属性コードをあたえて分類に加えた。

数値化の方法としては、前節で述べたようにスキヤナー入力を採用した。スキヤナー入力については3.3.3でも概説したが、実際の入力ではこのほかに、領域と属性の結合(属性マッチング)や地図上の位置を補正するための正規化などの処理が必要になる。

入力する地図のうち旧版の地形図では、縮尺や図郭の切りかたが現在の地形図とは異なっている。このため、計算機上ですべての地図の縮尺を等しくするとともに、地図の図郭も同一になるようにデータを編集した。統一的な地図の縮尺と図郭としては、国土地理院発行の現在の1:25,000地形図を基準においた。

3.4.2 地図情報の数値化^{3・17)}

数値化の機械処理をはじめるまえに、入力する地図の分類に対応する属性コードを設定した。属性コードとしては国土数値情報^{3・4)}で使用されている地形分類や表層地質分類などのコードと、ディジタルマッピング作業要領・同補則(案)の表現分類コード^{3・6)}が提案されている。しかし、このシステムで入力の対象としている地図には、これらのコードに該当しない分類が多いため、独自のコードを定めた。各地図ごとの属性コードは、第2章に示した地図区分の表中に「コード」として併記されている。

地図入力上の注意点としては、このほか、入力原図では分類があたえられていない領域の処理がある。土地条件図や土地分類図のように、対象地域全域にわたって分類があたえられている地図では問題はないが、そのほかの入力原図には分類のない領域もふくまれている。磁気データ化された地図では、地図内のすべて

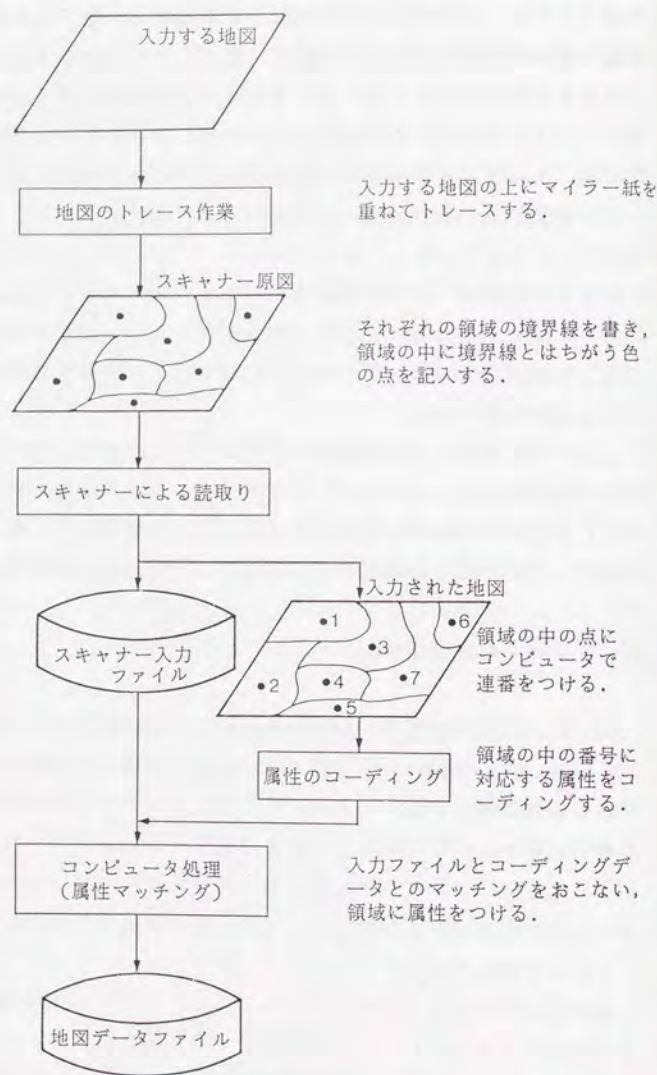


図 3.7 スキャナーによる地図入力フロー

の領域になんらかの属性コードをあたえなければならないことから、分類のない領域は「その他の地域」に区分してコードをつけた。

入力原図の範囲外の領域は「対象地域外」として区分し、コードを付加した。「対象地域外」の属性コードは、原図が対象地域全域をおおっていない地図について、その地図の範囲を識別するために利用される。

計算機による地図の読取りは、図 3.7 に示すフローにしたがって作業をすすめた。入力しようとする原図には地名や記号が表示されているだけでなく、表示が重複する部分では転位（位置をずらす）や間断（線を省略する）などの修正もおこなわれている。また、入力対象とする分類も、地図上ではハッチや線などさまざまな記号によって表現されている。領域に属性をつけて入力する場合、このような原図をそのままスキャナーによって読取することはできないので、入力しようとする分類の境界線だけをマイラー紙にトレースした。このトレース図には、境界線によってかこまれた領域を計算機が認識できるように、境界線とはちがう色で領域ごとに点が記入される。

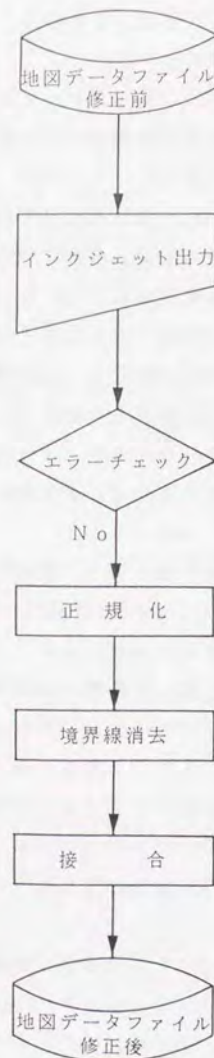
トレースされた地図は $0.2\text{mm} \times 0.2\text{mm}$ の大きさの画素によって数値化した。読取られる画素の数は、1:25,000 地形図の大きさで上下が約 1850 個、左右が約 2260 個であり、地図の形状や紙の伸縮によって一定の数とはならない。

トレース図の境界線が数値ファイル化されたのち、計算機上で領域の中の点に連番がつけられる。次に、この連番に対応した原図の区分を、あらかじめ決めておいた属性コードから選んでコーディングする。入力した属性のデータと境界線のデータを計算機上で結合することによって、地図データファイルが作成される。

入力された地図データファイルは図 3.8 に示すフローにしたがって、エラー修正と正規化、境界線消去、接合などの操作を経て、完成されたデータファイルとなる。

入力時のエラーは、インクジェット出力機によって入力原図と同縮尺の出力図を作成し、原図と重ね合わせて目視によっての検出した。検出されたエラーは、グラフィック上でマウス操作によって修正された。さいわい、トレース図から再入力しなければならないほどの、重大な入力エラーは検出されなかった。

エラー修正された磁気データは、計算機上で正規化による変換をおこなう必要がある。入力する地形図はもともと長方形ではなく、地理的な位置によって形と



入力された地図データはインクジェット図化機によって出力し、目視でエラーチェックをおこなう。軽度のエラーはグラフィックディスプレイ上で修正するが、エラーの程度がひどい場合はデジタイザーで再入力する。

地形図はもともと長方形ではなく、地理的な位置によっても形と面積がことなっている。このほか、地図が印刷されている紙の伸び縮みによる誤差を修正するため、地図データの正規化をおこなう必要がある。

入力した地図は境界線によって領域が区切られている。境界線も面積をもち、属性が規定されていないことから、このデータをノイズとして消去する必要がある。属性が規定されていない画素の属性は、その周辺の8個の画素の属性を多数決することで決められる。

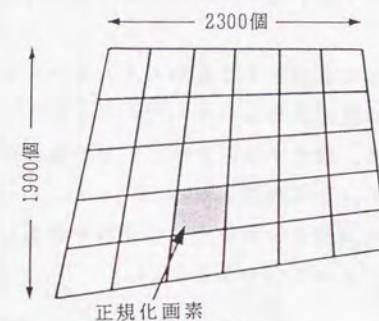
各図幅の接合部分では、原図のくいちがいやトレースのずれにより、相互のコードが一致しない場合がある。このため、各図幅の接合部分を一定の幅で抽出し、グラフィックディスプレイ上で修正する。

図 3・8 地図データの修正と正規化のフロー



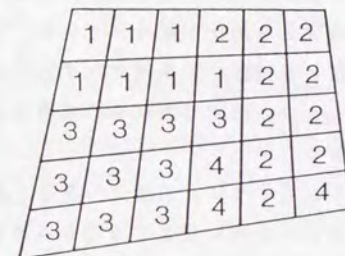
(1) 計測された原データ

地図は0.2mm ピッチでスキニングされるが、紙の収縮や地図が本来もっている地理的な位置による形と面積のちがいがから、正確に等分されているわけではない。原データ画素についている1,2,3,4の数字は地図の区分の識別コードを示している。



(2) 正規化格子

正規化格子は地図の図郭の上辺と下辺をM等分、左辺と右辺をN等分した点を結んだ直線によって規定される。今回の処理では、国土地理院の2万5千分の1地形図の図郭を想定したとき上下辺を1900に、左右辺を2300に分割している。この正規化格子の面積は原データ画素の面積よりもやや小さい。



(3) 正規化データ

正規化画素の識別コードは、それぞれの正規化画素から中心距離がもっとも近い原データ画素の識別コードが選ばれる。

図 3・9 読取られた画素を正規化するフロー

面積が異なっている。また、地図が印刷されている紙の伸縮によっても、誤差が生じている。ことため、スキャナーによって読取られた原データの画素数も、ラインによってその数がそれぞれ異なっている^{3・4)}。

入力された地図の正規化は、概念的には図 3・9にみられるように、原データの地図に正規化格子を重ね、正規化格子の画素（正規化画素）にデータを変換することによっておこなわれる。正規化格子は地図の図郭の上辺と下辺をM等分、左辺と右辺をN等分した線によって規定される^{3・4)}。今回の処理では1：25,000地形図の図郭に相当する大きさを、上下辺は1900に、左右辺は2300に分割した正規化格子とした。正規化画素の識別コードは、それぞれの正規化画素の中心点にもっとも近い原データ画素が選ばれる。

このあと、地図データは境界線消去の処理がおこなわれる。スキャナー入力では領域の境界線も面積をもち、その属性が決められていないことから、このデータをノイズとして消去する必要がある。属性が規定されていない画素の属性は、その周囲8個の画素の属性の多数決によって決定される。

境界線消去のあと、入力した地図の図幅の接合部分でのずれを修正し、完全な地図データファイルとして磁気テープにおさめられる。

3. 4. 3 地図の縮尺と図郭の統一

入力した地図のうち、旧版地形図を基図としている湿地・水田分布図や明治・大正・昭和の水系図は、それ以外の地図とは縮尺が異なっている。また、旧版地形図の図郭の経度には、現在の地形図とは10秒4の系統的なずれがみられる。このため、統一的な地図の縮尺と図郭として、国土地理院発行の現在の1：25,000地形図を基準においてデータを編集した。

縮尺と図郭の統一は図 3・10にみられるように、磁気データ化された地図を計算機上でつなぎ合わせ、基準となる地図の図郭に相当する部分の画素を切取ることによっておこなわれる。正規化された地図データでは、図郭内の画素数が等しくなっていることから、地図の接合による画素のずれは発生しない。

今回の入力では画素の大きさをすべて0.2mm×0.2mmとしていることから、縮尺が1：25,000よりも大縮尺の地図では、その画素数は縮小比率に応じて数多く

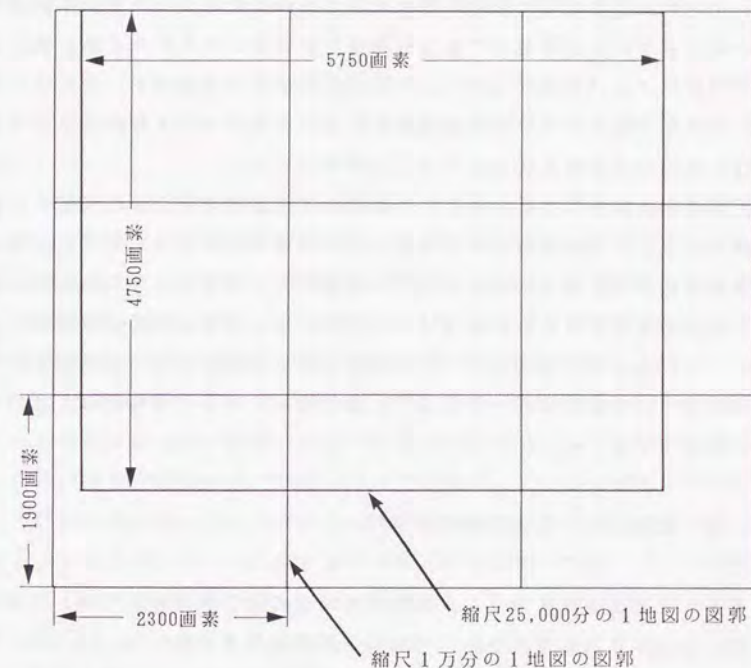


図 3・10 入力した地図の縮尺と図郭の統一

入力した地図には縮尺や図郭の経緯度がことなっているものがある。縮尺と図郭の統一は入力した地図を計算機上でつなぎ合せ、25,000分の1地図の図郭に相当する部分の画素を切取ることによっておこなわれる。この図は1万分の1地図を25,000分の1に縮小するときの例である。

なっている。地図の種類によって画素数にちがいはあることは、地図の出力といったデータの利用面では必ずしも障害とはならないが、データの管理上は統一した画素数になっている方が便利である。特にこのデータ・ベースでは、地図をパーソナル・コンピュータのグラフィック上に表示することを予定している。この場合、グラフィックのドット数の制限から、ある程度の広さを同縮尺で表現するためには、地図の画素数を統一しておく必要があった。

基準となる画素数としては、入力した大部分の地図での正規化画素数にあわせ、国土地理院の1:25,000地形図の大きさで上下辺を1900個、左右辺を2300個とした。画素数の圧縮は、概念的には大縮尺の地図データの上に、1900×2300に分割した新たな画素を重ねることによっておこなわれる。新たな画素の属性は、この画素にふくまれる大縮尺の地図データの画素から、多数決によって決定される。この操作によって画素数は統一されるが、地図のもっていた情報量は、圧縮比にしたがって低下する。

3.4.4 数値化された地図情報の精度

数値化された地図の精度のうち、機械的な処理による誤差としては、スキャナーの画素の大きさによる近似があげられる。画素の大きさは0.2mm×0.2mmとしており、この広さは1:25,000地形図では一片が約5mのメッシュに相当することから、このデータベースの目的からは十分な精度があると考えられる。ただし、小川や用水路といった幅のせまい小河川については、精度上の問題が残されている。もともと小河川の地図上の表記は位置を示す記号であり、線のふとさは川幅に対応しているわけではない。明治・大正・昭和の水系図では、入力段階での画素の幅を実際の長さで約2mに、1:25,000地形図に編集した段階では約5mとしている。このため、小河川の幅を実際より広く表現しているだけでなく、面積集計では水系の面積を過大に見積もっている可能性がある。

地図の精度としては機械的な処理によるものよりも、入力図を作成する段階での誤差の方が、はるかに大きい。入力図はすべて原図をトレースしたものであることから、地図の境界線は多少の誤差をふくんでいる。この誤差は地図を磁気データ化する際に避けられないものであり、ディジタイザー入力を採用しても同程

度の誤差は生じる。また、通常の手作業による地図の利用でもトレースのずれ以上の誤差が発生する可能性があり、無視できる誤差と考えてよいであろう。

トレースをおこなう際に誤差を生む原因として、原図の折り目によるトレースのずれがある。土地条件図は判が大きいことから、市販されている地図は折畳まれたものであった。このため、国土地理院から折り目のない地図を借用して入力原図とした。

江戸期の水系図と関東地震での家屋被害分布図では、原図をかなり拡大して入力している。また、湿地・水田分布図では目視による地図の複写をおこなっていることから、これらの地図の精度は他の地図とくらべて、やや低くなっている。この3種類の地図は、データベース・システムの精度目標である縮尺1:25,000での表現に耐えられる水準には達していない。

出力図と入力原図を目視で比較したかぎりでは、入力した地図の精度は十分満足のいくものであった。紙の伸縮による原図のずれも正規化によって補正されているため、地図を重ね合せた場合でのずれが特に目立つことはなかった。明治・大正・昭和の水系図では、3世代の水系が用水路などの小河川でもほぼ一致した位置に出力されており、小規模な土地の人工的な改変についても、かなり正確に読取ることのできる情報となっている。

3.5 ボーリング情報の数値ファイル化

3.5.1 概説

多数のボーリング資料を対象として液状化指数(P_L)などの強度指標を計算することを前提とすると、ボーリング柱状図や土質試験結果の内容をコードに変換し、計算機であつかえるようにしておくときわめて便利である。同様に地質図の作成過程でも、ボーリング資料の電算化は有利となる。地質図はボーリング柱状図を基準線にそってならべた断面図をもとに作成されるが、この過程では同縮尺の柱状図をメッシュごとに整理した柱状図台帳が必要になる。ボーリング位置にしたがった柱状図資料の編集や同縮尺での出力は、計算機を利用することによ

って短時間で正確におこなうことができる。また、地下水位や礫層の分布といった表現が単純な地質図については、数値ファイルから平面図に直接出力して、作業用の原図を作成することもできる。

数値ファイル化されたボーリング資料を地質図の作成にも利用することを考えると、柱状図に表記されている土質名や記事などの文字による記載を、できるだけ忠実に磁気データ化することが望ましい。磁気データ化する方法としては、土質名や記事に対応するコードを設定して入力するのが、現時点では有利であると判断した。土質名などに対応するコードは、種類を多くするほど情報を忠実に変換することができる。しかし、柱状図の図形表示や液状化指数（ PL ）などの計算ではコードのとりあつかいが複雑になるため、コードの種類には一定の制限を設ける必要がある。

土質試験結果としては物理試験結果のみを入力した。地震時の地盤被害の典型である液状化については、簡易解析法を選択すれば粒度試験結果と単位体積重量だけから予測することができる。また、物理試験はその結果の解釈が力学試験にくらべると容易であり、データ数も多い試験である。地震時の被害予測では多くのボーリング資料について解析しなければならず、計算機によってある程度機械的な判断を下すことも必要であると考えた。また、設計の場合ほど厳密な解析は必要ではないことから、土質試験としては物理試験結果を入力すれば十分であると判断した。

ボーリング柱状図の入力にあたっては、原則としてその深度を地表から-20mまでとした。これはボーリング柱状図の主要な利用目的を、地震時の液状化や地盤変形の予測においたためである。東京の低地では、液状化しやすい軟弱な砂層や腐植土の分布は、ほぼこの深度までに限られている。軟弱な沖積層は地表からおよそ-60mまで堆積しているが、沖積層の層厚は沖積層規定等深線図としてすでに入力されていることから、個々のボーリング資料としては地表から-20mまで入力すれば十分に目的を達成できると判断した。ただ、この判断は工学的な見地からというよりも、予算上の制限に大きく規定されたものであった。

土質名のコード化や入力は人手によっておこなうことから、ある程度のエラーの発生は避けられない。このため、入力するデータに冗長性をもたせることによって、計算機でもエラーの検出ができるように設定した。計算機によるエラー検

出は、入力されたデータから相互に矛盾するコードや数値を抽出するプログラムを作成しておこなった。

3.5.2 ボーリング資料の編集と位置の数値化

収集・整理されたボーリング資料は、ボーリング地点の位置によつメッシュ番号と地点番号を割当て、編集する必要がある。この編集作業は図 3-11 のフローにしたがっておこなった。

2.5.2でも述べたように、ボーリング資料は3つの収集区分にわけて整理されている。ボーリング地点の位置図はこの収集区分ごとに作成し、位置の読取った。収集区分2と3の位置図の基図としては、精度を高めるため1:10,000都市計画図を使用した。地図を約1km×1kmのメッシュ線によって分割して仮のメッシュ番号をつけたのち、帰属先ごとに記号でボーリングの位置をプロットした。各ボーリング地点には仮のメッシュ番号と地点番号を割当てるとともに、ボーリング資料に付加されている通し番号との対照表を作成した。収集区分1の資料については、下水道局によって1:2,500都市計画図を基図とした位置の読取りと対照表の整理が完了していたので、この結果を使用した。読取られたボーリングの位置は、マイラー紙に入力図と同縮尺で出力し、位置と仮のメッシュ・地点番号のエラーチェックと修正をおこなった。

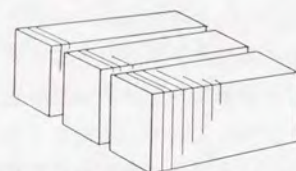
ボーリング資料のデータ自体のコーディングは、この仮のメッシュ番号と地点番号にしたがって平行して作業をすすめた。このため、コーディング時でのエラーチェックと修正には、「仮のメッシュ・地点番号と通し番号との対照表」を利用した。

ボーリング位置は都市計画図をもとに数値化されているため、平面直角座標系による座標値によって表わされている。このデータベース・システムは座標系として経緯度系を採用していることから、この後、計算機上で経緯度座標系の座標値に変換した。同時に「仮のメッシュ・地点番号と経緯度座標系での位置の結合テーブル」を作成した。

ボーリング位置を経緯度座標系に変換したのち3つの収集区分のファイルを結合し、標準地域メッシュ系にしたがった正規のメッシュ番号と地点番号を、各ボ

収集区分ごとに資料を集める。

① ② ③

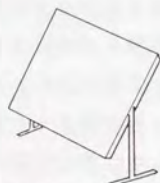


収集した資料をグループ化し、ボーリング柱状図に通し番号をつける。

グループ・ボーリング柱状図の通し番号と仮のメッシュ・地点番号とを交換するテーブル



地図に位置をプロットするとともに、地図内のメッシュ番号にしたがって仮のメッシュ番号と地点番号を与える。



地図上の位置をデジタイザーで数値化する。



地図内正規化をおこなう。座標を平面直角座標系から経緯度系に変換する。入力図と同縮尺のマイラー紙に出力し、位置と仮のメッシュ・地点番号が正しいかチェックする。

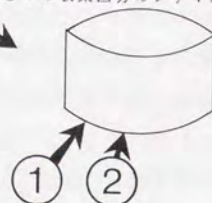
仮のメッシュ・地点番号と経緯度系による位置を結合するテーブル

正規のメッシュ・地点番号と仮のメッシュ・地点番号とを交換するテーブル

正規のメッシュ・地点番号と経緯度系での位置を結合するテーブル



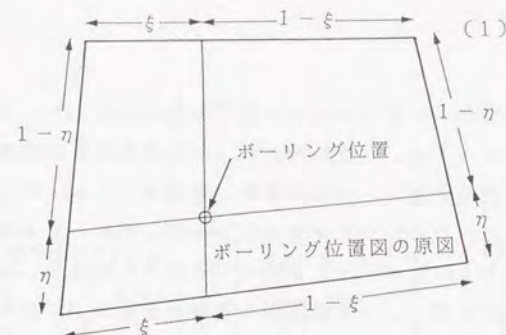
3つの収集区分のファイルを結合する。



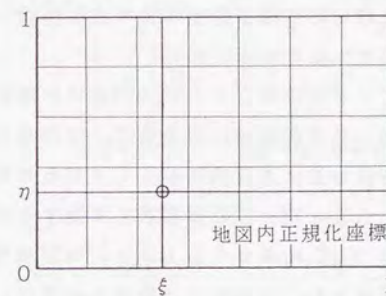
① ②

標準地域メッシュ系にしたがって正規のメッシュ番号と地点番号を与える。

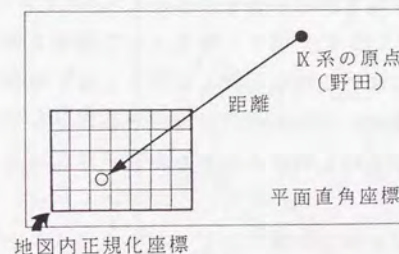
図 3.11 ボーリング資料の位置の数値化とメッシュ番号・地点番号を決めるフロー



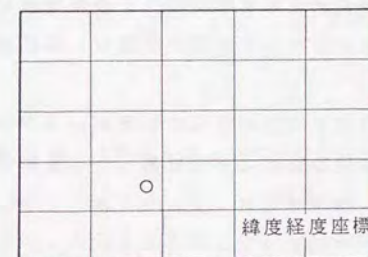
(1) ボーリング位置図での座標の読取り



(2) 位置図内での正規化



(3) 平面直角座標系の第Ⅹ系での位置の計算



(4) 緯度経度座標系への変換

図 3.12 ボーリング位置の正規化と座標変換

ーリング地点に割当てた。ここで作成される「正規のメッシュ・地点番号と経緯度座標値の結合テーブル」と、「仮のメッシュ・地点番号と経緯度座標値の結合テーブル」から「正規のメッシュ・地点番号と仮のメッシュ・地点番号との変換テーブル」を作成した。この変換テーブルによって、平行して入力されているボーリング資料のデータと位置のデータを結合することができる。また、この変換テーブルは数値化されたボーリング情報から原資料を検索するときにも必要であり、最終的なエラー修正と重複した資料の確認に使用された。

ボーリング位置図から読取った平面直角座標系の座標値は、図 3・12 のフローにしたがって経緯度座標系での値に変換した。

収集区分2と3のボーリング位置は、1:10,000都市計画図上の点をディジタイザによって読取ったが、この測定値は各図葉ごとに個別の座標系をもっている。また、地図には紙の伸縮などによる誤差がふくまれるため、地図の正規化によって位置を補正するとともに、統一した座標系に変換する必要がある。

地図上の点の正規化は図 3・12 にみられるように、地図の四隅の座標を真値とした四辺形を基準にして計算する。正規化された点の位置は、地図上のボーリング位置を通り、地図の上下辺を同一の比 ξ : $1-\xi$ ($0 \leq \xi \leq 1$) に、左右辺を同一の比 η : $1-\eta$ ($0 \leq \eta \leq 1$) に分割する線によって規定される。正規化されたボーリング位置の座標（地図内正規化座標）は (ξ, η) となる^{3・4)}。なお、収集区分1のボーリング位置は1:2,500都市計画図を基図としており、地図には紙の伸縮などによる誤差は小さいと判断されたため、正規化による補正はおこなわなかった。

ボーリング位置図は都市計画図を基図としており、地図の四隅には平面直角座標系の第Ⅹ系での座標値があたえられている。この座標値をもとに、地図内正規化座標によって表示されているボーリングの位置は、第Ⅹ座標系での位置に統一することができる。

平面直角座標系の第Ⅹ座標系で表示されているボーリング位置の、経緯度系への変換は資料 1に挙げた変換公式によって計算した。最終的なボーリングの位置は図 3・13 に示すように、標準地域メッシュと4次メッシュ内の正規化座標によって表示されている。標準地域メッシュのうち4次メッシュは3次メッシュを4等分したものであり、図 3・14 に示す2桁のコードをあたえた。

| 標準地域メッシュ | | | | 地点番号 | 4次メッシュ内正規化座標 | |
|----------|-----|-----|-----|------|--------------|-------|
| 1次 | 2次 | 3次 | 4次 | | x値 | y値 |
| I 4 | I 2 | I 2 | I 2 | I 3 | F 6.4 | F 6.4 |

図 3・13 ボーリング・データに付加される正規のメッシュ番号と座標位置

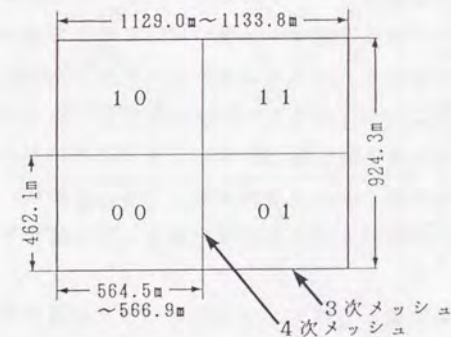


図 3・14 4次メッシュの大きさとコードのつけかた

地点番号は4次メッシュ内のボーリング位置にたいして、西から東に番号を割当てた。これは、地点番号順に柱状図を出力するとき、近似的な地質断面図が描けることを目的としている。4次メッシュ内のボーリング位置は、メッシュの西南端を原点とし、東西および南北の辺長をそれぞれ1に基準化したメッシュ内正規化座標によって表示されている。メッシュ内正規化座標に変換しておくことによって、出力図の縮尺が変化しても容易にボーリング位置を出力できるようになっている。

3.5.3 ボーリング柱状図と土質試験結果の数値化

(1) 土質名コードと記事のコード

ボーリング柱状図に記載されている土質名は、基準化したコードを設定して入力した。表3・4に土質名コードの凡例を示す。コードの設定にあたっては、土木技術研究所での実施例^{3・19)}を参考にするとともに、液状化の発生に関係の強い砂質系の土については道路橋示方書^{3・20)}に準じて細分化した。

4桁の数字からなるコードのうち2から4カラムは粒径による土質名となっており、粒径の順に0から9までの数字が割当てられている。このうち、第4カラムは主体となる土質名を、第2、第3カラムは主体を形容する土質名を表わしている。例えば粘土混じりシルト質細砂という土質名は、b235(bはブランクを示しており、土質名コードは空欄であることを意味する)というコードによって表現される。

第1カラムには表土や盛土、ヘドロといった粒径区分のむずかしい土質名や、粒径以外で主体を形容する互層、固結、凝灰質などを割当てた。例えば凝固質粘土は、6bb2によってコード化される。

土質名コードは数字によって表わされているが、0をふくんでいるためブランクと区別する必要がある。計算機による読取りや分類などにあたっては文字コードとして処理した。

土質名が表土や盛土などの表現だけの場合には、この土層の粒径や性質が不明となってしまう。このため、ボーリング柱状図に記載されている記事・観察欄の

表 3・4 土質名コード

| コード | 第1カラム 単独名, 地層構成 | 第2カラム ～混じり | 第3カラム ～質 | 第4カラム 主な土質名 |
|-----|--------------------|---------------|-------------|----------------|
| 0 | ヘドロ | 腐植土混じり | 腐植土質 | 腐植土 |
| 1 | 表土 | ローム混じり | ローム質 | ローム |
| 2 | 埋土・盛土・残土 | 粘土混じり | 粘土質 | 粘土 |
| 3 | 砂盤(固結砂) | シルト混じり | シルト質 | シルト |
| 4 | 互層 | 微細砂混じり | 微細砂質 | 微細砂 |
| 5 | 土丹・泥岩 | 細砂混じり | 細砂質 | 細砂 |
| 6 | 固結・凝固 | 中砂混じり | 中砂質 | 中砂 |
| 7 | 貝殻混じり | 粗砂混じり | 粗砂質 | 粗砂 |
| 8 | 凝灰質 | 砂混じり | 砂質 | 砂 |
| 9 | 素掘り | 礫混じり | 礫質 | 礫 |

用語からも土質名を入力できるように、記事コードを設定した。表 3・5にみられるように記事コードは8桁のカラムからなり、該当する項目の記載がある(1)、またはない(ブランク)によって識別する。この記事コードによって、盛土や表土についても主体となる土質の粒径がほぼ推定できる。記事コードは表土や盛土以外の土質にも適用して、地層の構成が明瞭にとらえられるようにした。また、記事コードの第1カラムは砂層と礫層についてのみ適用されることから、土質名コードと組合せてコーディング時のエラーも検出できるものとなっている。

コードの設定にあたっては、事前に50本程度の柱状図についてテストをおこない、基準化の妥当性をチェックしたのち決定した。約1万本の柱状図の中には、まれに「空洞」や「コンクリート床版」といったような、コード化が不可能な名称もあったが、このような名称については、土質名コードと記事のコードを組合せることで対処した。(ちなみに「空洞」では土質名コードを「素掘り(9)」として、「コンクリート床版」では土質名コードを「埋土・盛土・残土(2)」とし、記事コードの「人工物が混じっている(第6カラム)」があるとコード化することによって処理している)

土質名コードと記事コードをボーリング柱状図から読取る作業には判断を加える部分があり、ある程度の専門知識が必要とされる。このため、コード化は土木技術者によっておこない、コードを直接原図に記入したのちコーディングをおこなった。読取りの作業では、土質名が表土や盛土のみの場合でも、記事欄の記載から表土や盛土を構成する土質が判別できるものについては、できるだけ土質名に加えるように配慮した。

(2) ボーリング柱状図と土質試験結果のコーディング

ボーリング柱状図に記載されている土質名と層厚、N値、N値の測定深度などと物理試験を中心とした土質試験結果は、表 3・6のコーディング仕様にしがってコーディングをおこなった。コーディングとパンチをおこなうときのミスを少なくするため、図 3・15 のコーディング・シートをあらかじめ印刷しておき、作業をすすめた。また、コードは数字だけでなく英字も部分的に組入れることにより、ミスパンチを発見しやすいようにした。

表 3・5 記事コード

| カラム | 記事の記載 | コード | |
|-------|---------------------------------|------|------|
| | | 記載あり | 記載なし |
| 第1カラム | 砂の粒子が均一である | 1 | ブランク |
| | 砂の粒子が不均一である | 9 | ブランク |
| 第2カラム | 粘土またはシルトが混じっている | 1 | ブランク |
| 第3カラム | 砂が混じっている | 1 | ブランク |
| 第4カラム | 礫が混じっている | 1 | ブランク |
| 第5カラム | 腐植物・有機物・泥炭・木片が混じっている | 1 | ブランク |
| 第6カラム | 人工物が混じっている (コンクリート・レンガ片・瓦礫等) | 1 | ブランク |
| 第7カラム | 浮石・軽石・パミス・スコリア・凝灰質が混じっている | 1 | ブランク |
| 第8カラム | 貝殻が混じっている | 1 | ブランク |

地質柱状図情報

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|----|----|----|---------|
| 記入年月日 | 年 | 月 | 日 | 氏名 | 担当 | 図号 | 地質柱状図情報 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>地質柱状図情報</p> <p>地層名</p> <p>地層番号</p> <p>地層厚</p> <p>地層下層</p> <p>地層上層</p> <p>地層平均</p> <p>地層標準</p> <p>地層偏差</p> <p>地層変動</p> <p>地層変化</p> <p>地層特性</p> <p>地層説明</p> <p>地層備考</p> </div> <div> <p>地質柱状図情報</p> <p>地層名</p> <p>地層番号</p> <p>地層厚</p> <p>地層下層</p> <p>地層上層</p> <p>地層平均</p> <p>地層標準</p> <p>地層偏差</p> <p>地層変動</p> <p>地層変化</p> <p>地層特性</p> <p>地層説明</p> <p>地層備考</p> </div> </div> | | | | | | | |

コーディングの仕様はボーリング資料を識別するコントロールデータ（C）とボーリングデータ（B），N値データ（N），土質試験データ（S）に4区分されている（表 3・6参照）。

コントロールデータのうち「メッシュNo.とボーリングNo.」には，ボーリング地点をプロットした位置図から読取られた仮のメッシュ番号と地点番号を記入する。この番号と「処理コード」とを組合せることで，個々のボーリング資料が識別される。「基準」は調査地点の標高の基準を区分するコードであり，東京湾平均海面（T.P.）と霊岸島量水標（A.P.）を区別するとともに，標高が記載されていないデータについては地図から標高を読取ったことを識別する。一般に通常の土木・建築物の地盤調査では東京湾平均海面が，堤防などの河川・海岸構造物の調査では霊岸島量水標が，標高の基準に選ばれている例が多い。

「掘削」はボーリングの掘削方式を無水掘りと泥水掘りに区分するコードである。これは，無水掘りのボーリングで測定された孔内水位は泥水掘りのものにくらべて信頼性が高いことから，特に区分を設けた。昭和30年代のボーリングには，砂やシルトといった粒径の区分が現在の基準と大きく異なっている資料があることから，調査年月についても入力して基準のちがう資料を選別できるようにした。このほかコントロールデータには地層総数とN値総数，サンプリング総数を記入して，コーディング時のエラーを検出できるようにした。

ボーリングデータには土質名コードと記事コードが記入される。地層の厚さとしては層厚と地層名が変る深度を入力することにより，コーディングとパンチをおこなうときのエラーを発見できるようにしている。N値データには標準貫入試験のN値と測定点の上端の深度が記入される。標準貫入試験ではN値が50未満の場合には測定深度の幅が30cmとなることから，測定点の下端の深度は入力していない。また，貫入不能のN値については99のコードをあたえ，通常のN値と区分できるようにした。

土質試験データとしては，採取された試料の上下端の深度と物理試験結果を入力した。試料のサンプリングは複数の地層にまたがる場合もあることから，採取深度は上端だけでなく下端も入力している。入力した試験項目は礫・砂・シルト・粘土の含有率と最大粒径，塑性指数，土粒子の真比重，自然含水比，単位体積重量・湿潤密度，飽和度，60%粒径，30%粒径，10%粒径，均等係数，平均粒径

表 3-6 ボーリング柱状図のコーディング仕様 (その1)

| 原 資 料 と の 対 照 | | |
|---------------|--|----|
| 項 目 | 指 示 | 桁数 |
| 原資料番号 | 原資料から転記 (パンチしない)。 | — |
| ボーリングNo. | 原資料から転記 (パンチしない)。 | — |
| コントロールデータ (C) | | |
| 項 目 | 指 示 | 桁数 |
| メッシュNo. | Y方向2桁, X方向2桁を右づめで記入。 | 4 |
| 地 点 No. | 右づめで記入。 | 2 |
| 処理コード | 表 2-14にある帰属先のコードを記入。(D, G, K, L, T) | 1 |
| 通 番 | データのある行ごとに「01」から連番で記入。(データのない行には記入しない) | 2 |
| 区 分 | データの区分を記入。 C: コントロールデータ B: ボーリングデータ N: N値データ S: 土質試験データ | 1 |
| 総 枚 数 | 記入されたデータの総行数を記入。 | 2 |
| 基 準 | 調査地点の標高の基準を記入。 T: 東京湾平均海面 (T.P.) A: 雲岸島量水標零位 (A.P.) M: 地図から読まれた T.P. (A.P. = T.P. - 1.1344m) | 1 |
| 地 盤 高 | 調査地点の標高を記入。小数第3位以下四捨五入で (—) があるときのみ (—) を記入する。 | 5 |
| 孔内水位 | ボーリング孔内で測定された地下水位を記入。小数第2位以下四捨五入で (—) があっても記入しない。 | 4 |
| 掘 削 | ボーリングの掘削方式を記入。 A: 無水掘り ブランク: 泥水掘り (無水掘りのボーリング孔で測定された地下水位は泥水掘りのそれに比べて信頼性が高い) | 1 |
| 調査年月 | 調査期間の始まりの年 (昭和) 月を記入。 | 4 |
| 地層総数 | 「B (ボーリングデータ)」の総数を記入。(「層番号」の最後の数と同じになる) | 2 |
| N 値総数 | 「N (N値データ)」の総数を記入。(区分「N」の「番号」の最後の数と同じになる) | 2 |
| サンプリング総数 | 「S (土質試験データ)」の総数を記入。(区分「S」の「番号」の最後の数と同じになる) | 2 |
| 詳 細 | 動的土質試験の有無を記入。 1: 動的試験あり ブランク: 動的試験なし | 1 |

表 3-6 ボーリング柱状図のコーディング仕様 (その2)

| ボーリングデータ (B) | | |
|---|---|----|
| 項 目 | 指 示 | 桁数 |
| 層 番 号 | ボーリング柱状図の各層ごとに「01」から連番で記入。 | 2 |
| 地層下限深度 (m) | 各層の下限深度を記入。 | 5 |
| 層 厚 (m) | 各地層の層厚を記入。ある層の上位の層の下限深度と層厚の和が、この層の下限深度となる。 | 4 |
| 土質名コード | 表 3-4の土質名コードを記入。 | 4 |
| 記事コード | 表 3-5の記事コードを記入。 | 8 |
| N 値 (標準貫入試験) データ (N) | | |
| 項 目 | 指 示 | 桁数 |
| 番 号 | 貫入試験の深度ごとに「01」から連番で記入。 | 2 |
| 測定上限深度 (m) | 貫入試験の測定上限深度を記入。 | 5 |
| N 値 (回) | 測定されたN値を記入。小数点以下は四捨五入し、貫入不能は99を記入 | 2 |
| 土 質 試 験 デ ー タ (S) | | |
| 項 目 | 指 示 | 桁数 |
| 資料番号 | 土質試験結果一覧表から転記 (パンチしない)。資料番号はボーリングNo.と対応している。 | — |
| 番 号 | 同一資料番号で深度が変わるごとに「01」から連番で記入。 | 2 |
| 採取上限深度 (m) | 採取された試料の上限深度を記入。 | 5 |
| 採取下限深度 (m) | 採取された試料の下限深度を記入。 | 5 |
| 砂分 (%) シルト分 (%) 粘土分 (%) | 小数点以下四捨五入で記入。シルトと粘土の合計が記載されているときはシルト分をブランクとし、合計値を粘土分に記入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 8 |
| 最大粒径 (mm) | 小数点第4位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 5 |
| 塑性指数 | 小数点以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 3 |
| 土粒子の真比重 | 小数点第4位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 4 |
| 自然含水比 (%) | 小数点第3位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 5 |
| 単位体積重量・ moist density (g/cm ³) | 小数点第4位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 4 |
| 飽和度 (%) | 小数点第3位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 5 |
| D ₁₀ % 粒径 (mm) | 小数点第4位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 5 |
| D ₃₀ % 粒径 (mm) | 小数点第4位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 5 |
| D ₅₀ % 粒径 (mm) | 小数点第5位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 5 |
| 均等係数 | 小数点第2位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 4 |
| D ₆₀ % 粒径 (mm) | 小数点第4位以下を四捨五入。試験不能のときは第1カラムに9を記入。 | 5 |

である。試験結果のないデータについてはブランク、試験が不能であった場合には先頭に 9 を記入することによって、通常のデータと区分している。

粒土試験結果のうち平均粒径 D_{50} はデータシートに記入欄がないことから、事前に粒径加積曲線から読み取っておき、コーディングした。この読取りは粒径加積曲線が残されている全資料についておこない、60% 粒径や 30% 粒径、10% 粒径の値から計算によって平均粒径を求めることはしなかった。

3.5.4 数値化されたデータのエラー検出と修正

入力したボーリング柱状図のデータは、計算機と目視によってエラーを検出し、修正を加えた。計算機によるエラー検出は、入力されたデータのうち相互に矛盾するコードや数値を抽出するプログラムを作成しておこなった。このプログラムは実際にエラーの検出をおこなう過程で何度か修正する必要があったが、表 3-7 のエラーチェック・リストの項目にはほぼ収斂した。

エラーチェックの項目は理論的にありえない組合せと、一般的にとりうる値の幅からの逸脱を検出している。主なチェック項目のうちボーリングデータでは、地層の層厚の累積量と地層境界の深度を照合し、エラーを検出する。N 値データでは測定深度の順序とその間隔を検査している。土質試験データでは、資料の上下端での深度の順序と深度幅を確認した。また、粒度試験結果では粒径の大小関係と均等係数の組合せにより、エラーを検出している。

初期のエラーチェック・プログラムでは値の許容幅がせますぎたこともあり、1 回目のチェックでは半数以上のデータになんらかの異常値が検出された。検出されたエラーは原資料と照合して修正を加え、ふたたび計算機によるエラー検出をおこなった。特に調査したわけではないが、エラーは柱状図から土質名と記事コードを読取るときに最も多く発生しており、コーディングとパンチ作業でのミスはきわめて少なかった。土質試験結果では平均粒径のエラーが多く、対数グラフからの読取りで錯誤が発生しやすかったようである。また、1 度検出されたエラーを修正した際に、ふたたびミスをくりかえす例もかなり多くみられた。

計算機によるエラーチェックをおこなうことによって、地層の層厚や N 値の測定深度、土質試験の採取深度、土質試験結果などはほぼ正確な値に修正すること

表 3-7 ボーリング柱状図データのエラーチェック・リスト (その 1)

| チ ャ ッ ク 項 目 | |
|-------------|---|
| 1 | 英文字、数字が指定されたカラムに入っている。 |
| 2 | メッシュ No. と地点 No., 処理コード |
| 2-1 | 「処理コード」が G のとき「メッシュ No.」の最初の 2 桁は 0 から 4 4 の間にあり、あとの 2 桁は 1 から 3 4 の間にある。「メッシュ No.」の最大値は 4 4 2 1 である。 |
| 2-2 | 「処理コード」が D, K, L, T のとき、「メッシュ No.」の最初の 2 桁は -2 から 2 9 の間にあり、あとの 2 桁は 6 から 3 2 の間にある。 |
| 2-3 | 同一の「処理コード」に含まれる「メッシュ No.」と「ボーリング No.」の組合せには同じ数字は現われない。また、「ボーリング No.」には原則として欠番はない。 |
| 3 | 処理コード |
| 3-1 | 「処理コード」は D, G, K, L または T |
| 4 | 通番と区分、総枚数 |
| 4-1 | 「通番」は「総枚数」の数までシリアルに配列されている。 |
| 4-2 | 「総枚数」+ 1 枚目のカードの「区分」は C である。 |
| 4-3 | 「通番」が 1 のカードの「区分」は C である。 |
| 4-4 | 「区分」は C または B, N, S のいずれかである。 |
| 5 | 地盤高と基準 |
| 5-1 | 「基準」は A または T, M, ブランクのいずれかである。 |
| 5-2 | 「地盤高」は -5.0m から 60.0m の間にある。 |
| 6 | 孔内水位 |
| 6-1 | 「孔内水位」は 0.0m から 10.0m の間にある。 |
| 7 | 掘削方式 |
| 7-1 | 「掘削方式」は A またはブランクである。 |
| 8 | 調査年月 |
| 8-1 | 「調査年」は 35 から 60 の間にあり、「調査月」は 1 から 12 の間にある。 |
| 9 | 詳細試験の有無 |
| | 「処理コード」が G または T のとき「詳細試験の有無」はブランクである。 |
| 10 | 地層の下限深度と層厚、層番号、地層の総数 |
| 10-1 | 「地層の下限深度」は 0.1m 以上である。 |
| 10-2 | 「層厚」は 0.1m 以上である。 |
| 10-3 | 「層番号」を 1 から「地層の総数」まで変化させたとき、それぞれの「地層の下限深度」はその層までの「層厚」の和に等しい。 |
| 10-4 | 「地層の総数」+ 1 番目のデータはブランクまたは「区分」が N のデータである。 |

表 3.7 ボーリング柱状図データのエラーチェック・リスト (その2)

| チ ャ ッ ク 項 目 | |
|-------------|--|
| 1.1 | 土質名コードと記事コード |
| 1.1-1 | 「土質名コード」は4カラムともブランクになることはない。 |
| 1.1-2 | 「土質名コード」の2, 3, 4カラムに同一の数字は現れない。 |
| 1.1-3 | 「土質名コード」の第2カラムがブランクでないときは第4カラムもブランクではない。 |
| 1.1-4 | 「土質名コード」の第3カラムがブランクでないときは第4カラムもブランクではない。 |
| 1.1-5 | 「土質名コード」の第1カラムが4(互層)6(固結・凝固)7(貝ガラ混り)8(凝灰質)のとき、第4カラムはブランクではない。 |
| 1.1-6 | 「土質名コード」に8*8(凝灰質砂)は現れない。 |
| 1.1-7 | 「土質名コード」の第1カラムが4(互層)のとき、「記事コード」の2, 3, 4カラムのいずれかに1がなければならない。 |
| 1.1-8 | 「記事コード」の第1カラムは1または9, ブランクのいずれかである。また、第2カラムから第8カラムまでは1またはブランクである。 |
| 1.1-9 | 「記事コード」の第1カラムが1または9のとき、「土質名コード」の第4カラムは4(微細砂)5(細砂)6(中砂)7(粗砂)8(砂)9(礫)のいずれかである。 |
| 1.2 | N値の総数とN値の番号 |
| 1.2-1 | 「N値の番号」は1から「N値の総数」までシリアルに配列されている。 |
| 1.2-2 | 「処理コード」がGのとき、「N値の番号」は21以下である。 |
| 1.2-3 | 「N値の総数」+1番目のデータはブランクまたは「区分」がS, または「処理コード」と「ボーリングNo.」がことなるデータである。 |
| 1.3 | N値の測定深度 |
| 1.3-1 | 「N値の測定深度」は0.1m以上である。 |
| 1.3-2 | 「N値の測定深度」は「N値の番号」にしたがって大きくなり、0.3m以上の差がある。 |
| 1.4 | N値 |
| 1.4-1 | (「N値」は50以下であるか99である。) |

表 3.7 ボーリング柱状図データのエラーチェック・リスト (その3)

| チ ャ ッ ク 項 目 | |
|-------------|--|
| 1.5 | 土質試験の番号とサンプリング総数、採取深度 |
| 1.5-1 | 「土質試験の番号」は1から「サンプリングの総数」までシリアルに配列されている。 |
| 1.5-2 | 「サンプリングの総数」+1番目のデータは「処理コード」と「ボーリングNo.」のことなるデータである。 |
| 1.5-3 | 「採取上限深度」は0.0m以上である。 |
| 1.5-4 | 「採取下限深度」-「採取上限深度」は0.1mから1.1mの間にある。 |
| 1.5-5 | 「採取下限深度」は30.0m以下である。 |
| 1.6 | 粒度組成 |
| 1.6-1 | 「礫分」と「砂分」, 「シルト分」, 「粘土分」のすべてがブランク(データなし)あるいは90(試験不能)の場合をのぞき, 「礫分」+「砂分」+「シルト分」+「粘土分」は96から104の間にある。 |
| 1.6-2 | 「最大粒径」はブランク(データなし), 90(試験不能), 50.8mm, 38.1mm, 25.4mm, 19.1mm, 9.52mm, 4.76mm, 2.00mm, 0.84mm, 0.42mm, 0.25mm, 0.105mm, 0.074mmのいずれかである。 |
| 1.6-3 | 「D ₁₀ 」が9で「D ₃₀ 」, 「D ₅₀ 」, 「D ₉₀ 」がすべて90の場合(試験不能)と, 「D ₁₀ 」, 「D ₃₀ 」, 「D ₅₀ 」, 「D ₉₀ 」がすべてブランク(データなし)をのぞき 0<「D ₁₀ 」<「D ₃₀ 」<「D ₅₀ 」<「D ₉₀ 」である。 |
| 1.6-4 | 「D ₁₀ 」または「D ₃₀ 」がブランク(データなし)または90(試験不能)ではない場合に, 「D ₅₀ 」または「D ₉₀ 」がブランクまたは90となることはない。 |
| 1.6-5 | 「D ₁₀ 」と「D ₉₀ 」がブランク(データなし)または90(試験不能)ではない場合に, 「D ₃₀ 」または「D ₅₀ 」がブランクまたは90となることはない。 |
| 1.6-6 | 「均等係数」がブランク(データなし)または900(試験不能)ではないとき, 1<「均等係数」<150である。 |
| 1.6-7 | 「均等係数」がブランクまたは900ではないとき, $0.95 < \text{「均等係数」} \times \text{「D}_{10}\text{」} / \text{「D}_{90}\text{」} < 1.05$ である。 |
| 1.7 | その他の土質定数 |
| 1.7-1 | 「塑性指数」ブランク(データなし)または900(試験不能)ではない場合は, 0と150の間にある。 |
| 1.7-2 | 「土粒子の真比重」がブランク(データなし)または9(試験不能)ではない場合は, 1.0と3.0の間にある。 |
| 1.7-3 | 「自然含水比」がブランク(データなし)または900(試験不能)ではない場合は, 5から200の間にある。 |
| 1.7-4 | 「単位体積重量」がブランク(データなし)または9(試験不能)ではない場合は, 1.0から2.5の間にある。 |
| 1.7-5 | 「飽和度」がブランク(データなし)900(試験不能)ではない場合は, 0から110の間にある。 |

ができた。これにたいして、土質名コードと記事コードは部分的に理論矛盾を検出しているものの、計算機によるエラーチェックだけでは十分ではなかった。またN値については、計算機によってエラーを検出することはできなかった。これらのデータについては、基本的には手作業によって原資料と照合し、精度の確認をおこなう必要があった。

3. 5. 5 数値化されたボーリング情報の信頼性

数値化されたボーリング情報のうち、位置の情報は1:10,000と1:2,500都市計画図から読取っており、このシステムの精度目標である1:25,000の縮尺で表現したときの精度は満足されている。ボーリングの位置およびボーリング番号との接続も出力図によってエラー修正をおこなっていることから、ほぼ正確であると考えられる。

ボーリング柱状図のデータについては技術者の判断を要する部分もあり、最もエラーの発生しやすい部分である。計算機によるエラーチェックをおこなうとともに手作業による校正にも時間をかけたが、かならずしも完璧であるとは断言できない。しかし、1万本以上のボーリング柱状図のうち、計算機によるエラーチェックで最終的に異常をだすデータを10本程度まで少なくすることができた。

ボーリング資料の重複については収集区分を設けて重複を避けるようにしたが、柱状図台帳を出力した段階で50本程度の重複がみられた。これらのボーリング資料は原報告書に参考資料として添付されていたものであり、このためボーリング資料の帰属先にエラーが生じたものであった。重複が発見されたボーリング資料は、最終的な数値ファイルを作成する段階で一方を削除した。

3. 6 まとめ

この章では選択された地図情報とボーリング柱状図の情報を数値ファイル化する上での、技術的な方法について述べた。

数値ファイル化をおこなうにあたって、入力したデータを管理するためのメッ

シュ系を決定しておく必要があった。メッシュ系はデータベース・システムの基本となるものであり、この選択はデータベースが採用する座標系（経緯度座標系と平面直角座標系）や、基図の縮尺や図郭といった情報の入出力の形式にも関連している。また、地盤の危険度評価をメッシュ単位におこなう場合には、データ管理のメッシュが評価の基本単位となる。メッシュ系としては、国土数値情報などで採用されている標準地域メッシュ系を選択することにし、最小のメッシュ単位としては約500m×500mのメッシュ（2分の1地域メッシュあるいは4次メッシュ）とした。この結果、入力される情報の位置はすべて経緯度座標系によって管理されることになる。また、基図としては国土地理院が発行する1:25,000地形図とし、入力する情報の精度もこの縮尺での表現に耐えられる水準に設定した。

地図情報を数値ファイル化する方法としては、ディジタイザー入力とスキャナー入力の2つがある。形成される磁気データもディジタイザー入力ではベクトル情報、スキャナー入力ではラスター情報とデータ構造に大きな違いがあることから、入力しようとする地図の性格や情報の利用法によって入力方法を選択する必要があった。2つの入力法を比較した結果、ボーリング位置など点の情報はディジタイザー入力に、その他の地図の情報は小河川など線の情報もふくめてスキャナー入力とした。道路や鉄道、行政界などはディジタイザー入力によるベクトル情報のほうが利用しやすいことから、ベクトル情報によって作成されている国土数値情報から該当するデータを借用し、入力した。

入力した旧版の地形図では縮尺や図郭の切りかたが、現在の地形図とは異なっているものがみられた。このため、国土地理院発行の現在の1:25,000地形図を基準にして、計算機上ですべての地図の縮尺を等しくするとともに、地図の図郭も同一になるようにデータを編集した。

ボーリング柱状図情報のうち、ボーリング位置については入力したのち標準地域メッシュにしたがって編集し、ボーリング番号をあたえた。ボーリング番号とその位置は、標準地域メッシュと4次メッシュ内の正規化座標によって表示した。

ボーリング柱状図に記載されている土質名などはコードに変換し、物理試験結果とともに入力した。土質名などのコード化は技術者の判断が必要であり、コーディングとパンチは手作業によっておこなわれることから、入力されたデータにはかなりのエラーもふくまれることが予想された。このため、計算機によるエラ

ーチェック・プログラムによってエラーの検出をおこなった。このエラー検出はかなり有効であったが、最終的には手作業によるチェックが必要であった。

参考文献

- 3・1) 東京都防災会議：東京区部における地震被害の想定に関する報告書，1978.
- 3・2) 東京都土木技術研究所：東京都地盤地質図（23区内），東京都地質図集2，1969.
- 3・3) 消防科学総合センター：地域防災データ総覧，防災地図編，第1章 防災のための地図の基礎知識，1990.
- 3・4) 建設省国土地理院地図管理部：国土数値情報の概要，1983.
- 3・5) 日本測量協会編：測量学事典，日本測量協会，1990.
- 3・6) 日本測量調査技術協会編：デジタルマッピング，1989.
- 3・7) 日本測量協会編：国土基本図図式規定の解説，日本測量協会，1974.
- 3・8) 川崎市防災会議地震専門部会：川崎市の地震防災に関する調査報告Ⅱ，1979.
- 3・9) 埼玉県：埼玉県地震被害想定策定調査報告書，1982.
- 3・10) 千葉県：千葉県大規模地震被害想定調査（第1時調査）報告書，1982.
- 3・11) 神奈川県：神奈川県地震被害想定調査報告書，1986.
- 3・12) 国土庁：南関東地域震災応急対策活動要領，参考資料，1988.
- 3・13) 東京都都市計画局：地震に関する地域危険度測定調査報告書，（区部第2回），1984.
- 3・14) 東京都防災会議：多摩地域における地震被害の想定に関する報告書，1985.
- 3・15) 横浜市防災会議：横浜市地域防災計画，地震対策編，1986.
- 3・16) 星 仰：地図情報処理学，p. 111，森北出版株式会社，1991.

- 3・17) 社会調査研究所：地図情報の画像処理概要書，社会調査研究所の内部資料による，1984.
- 3・18) 日本地図センター：数値地図ユーザーズガイド，pp. 5-25，1982.
- 3・19) 徳善 温，中山俊雄，石村賢二，小川 好：地質柱状図の電算化について，昭和51年度東京都土木技術研究所年報，PP. 133-139，1977.
- 3・20) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，p. 114，1990.

図表リスト

- 図 3・1 標準地域メッシュの区画とコードのつけかた
- 図 3・2 平面直角座標系
- 図 3・3 国土基本図によるメッシュとコードのつけかた
- 図 3・4 デジタイザーによる数値化
- 図 3・5(1) ベクトル情報による標準モデル
（日本測量調査技術協会編：デジタルマッピング^{3・61}，1989による）
- 図 3・5(2) ベクトル情報による標準モデル（領域分割モデル）
（日本測量調査技術協会編：デジタルマッピング^{3・61}，1989による）
- 図 3・6 スキャナーによる数値化
- 図 3・7 スキャナによる地図入力フロー
- 図 3・8 地図データの修正と正規化フロー
- 図 3・9 読取られた画素を正規化するフロー
- 図 3・10 入力した地図の縮尺と図郭の統一
- 図 3・11 ボーリング資料の位置の数値化とメッシュ番号・地点番号を決めるフロー
- 図 3・12 ボーリング位置の正規化と座標変換

図 3-13 ボーリング・データに付加される正規のメッシュ番号と座標位置

図 3-14 4次メッシュの大きさとコードのつけかた

図 3-15 ボーリング資料のコーディング・シート

表 3-1 基図あるいは作業図に利用できる地形図の種類

表 3-2 デジタルタイザ入力とスキャナ入力との比較

表 3-3 ベクトル情報とラスター情報の比較

表 3-4 土質名コード

表 3-5 記事コード

表 3-6 ボーリング柱状図のコーディング仕様

表 3-7 ボーリング柱状図データのエラーチェック・リスト

第4章 地盤にかかわる基礎情報の出力と重ね合わせ

4.1 概説

数値化された地図／ボーリング情報は計算機によっていくつかの処理を加えることで、地盤被害の予測に利用できる情報となる。この処理は数値化された地図（地図情報ファイル）の運用と、数値化されたボーリング柱状図（ボーリング柱状図ファイル）の運用、および地図情報ファイルとボーリング柱状図ファイルを組合せた運用の3つの作業に分けておこなった。

地図情報ファイルとして入力されている地形図や地質図、関東地震での被害分類図などは同一の縮尺と図郭の地図として出力しておくことで、はじめて地震時の被害予測に利用できる情報となる。被害予測にあたっては、地図の区分に対応する地域がどの程度の面積に広がっているかという集計値も、重要な判断材料になる。この面積集計は2種類の地図を重ねて計算することもでき、一方の地図に関東地震での家屋被害分布図や地盤被害分類図を使用することで、どのような地形・地質の区分のところに被害が発生したかを調べることができる。

ボーリング情報ファイルの利用としては、ボーリング柱状図台帳の作成と地質図作成のための基礎データの出力がある。ボーリング柱状図台帳は入力したボーリング資料を地図のメッシュ系にしたがって編集したものであり、ある地域の地盤がどのような地層構成をしているかの検索や、地質図の作成などに利用される。地質図のうち対象とする分類が比較的単純なものについては、計算機によって柱状図から該当する項目を選び出し、ボーリングの位置に直接出力することもできる。第2章で選択した地質図のうち、沖積層中の礫層の分布図と地下水位分布図、表層分布図は、このような基礎データの出力図をもとに作成した。

ボーリング柱状図ファイルから計算される地盤の強度指標としては、液状化の解析値を対象とした。地盤の液状化は地震時の地盤被害のうち顕著なもののひとつであり、解析法も簡易な方法が提案されている。ボーリング柱状図をもとにした情報としては、このほか地盤の卓越周期なども考えられるが、重要度と被害予

測への適用のしやすさから、ひとまず液状化だけを選択した。

ボーリング情報ファイルの利用としては、このほかに土質試験結果の頻度分布の集計がある。簡易解析法による液状化の計算では、土質定数として単位体積重量と平均粒径などを使用する。しかし、収集したボーリング柱状図は液状化の解析を目的としたものではないことから、柱状図の地層ごとに実験値がある資料はきわめてまれである。このため、試験結果のない地層については、あらかじめ土質名ごとに土質定数の標準値を設定しておき、この標準値を代入して解析をおこなう必要がある。土質定数の標準値は、ボーリング情報ファイルから土質名ごとに土質試験結果を検索し、出力した頻度分布をもとに設定した。

地図情報ファイルとボーリング柱状図ファイルは、柱状図の座標位置をもとに計算機上で結合することができる。この操作によって、ボーリング柱状図にはその調査地点での地形・地質の区分や関東地震での被害の情報が付加される。

簡易解析法による液状化の計算では、あらかじめ地表面での最大加速度を決めておく必要がある。このシステムではボーリング地点に結合されている地図情報を利用して、地表最大加速度は沖積層基底等深線図から、地下水位は地下水位分布図からそれぞれの地点での値を入力することにした。また、計算された液状化指数 (P_L) と液状化抵抗率 (F_L) については、入力されている地図の区分ごとに頻度分布を集計するサブ・システムを作成した。このサブ・システムを使用することで、どのような地形・地質の区分の場所では液状化が発生しやすい、あるいは発生しにくいという評価をおこなうことができる。

4.2 地図情報ファイルの出力と面積集計

4.2.1 同一縮尺での地図の出力

磁気データ化した地図を判読する方法としては、パーソナル・コンピュータなどのCRTに出力する方法と、紙などの媒体に印刷する方法がある。このうち紙に印刷された地図は精度も高く、とりあつかいも簡単であることから、主要な入力図については地図出力をおこなった。磁気データ化した地図は国土地理院の現



| | | |
|-----------------|------------------|---------------|
| 赤 羽 533955 | 草 加 533956 | 松 戸 533957 |
| 東京西部 533945 | 東京首都 533946 | 船 橋 533947 |
| 東京西南部 533935 | 東京南部 533936 | 浦 安 533937 |
| 川 崎 533925 | 東京国際空港 533926 | |

図 4.1 支援システムの対象領域と国土数値情報のメッシュ・コード
「この地図は国土地理院発行の20万分の1地形図(東京)を使用したものである。」

在の1:25,000地形図を基準として編集されており、利用上もこの図郭が便利であることから、出力図はこの縮尺と図郭にしたがって作成した。図4・1に出力図の図郭と地図名、国土数値情報によるメッシュ・コードを示す。出力方法はインクジェット・プリンターによるカラー出力とした。

1:25,000地形図の図郭の大きさは位置によって多少異なるが、対象とする地域がそれほど広くないことから、出力図の図郭の大きさとしては対象地域内の平均的な値とした。この図郭の大きさは東京首都での図郭にほぼ等しく、周辺では1mm程度の誤差を生ずるが、紙の伸縮による誤差などを考慮すれば実用上は十分な精度があると判断した。

地形図や地質図などの一般の分類図では、その基図には地名のほか海岸線や隅田川、荒川といった河川も記入されているため、注目する地点の位置を簡単にとらえることができる。しかし、今回は磁気データ化にあたって地名の情報が除外されているだけでなく、大部分の地図では海岸線や河川の位置も入力されていない。このため、出力図だけでは地図上の位置を理解しにくいものとなっている。出力にあたっては媒体をマイラー紙とし、1:25,000地形図と重ね合わせることで位置を確認できるようにした。マイラー紙に出力していることから複数の出力図を重ねて見ることも可能であり、例えば関東地震での被害と地形・地質の関係や地形の変遷なども理解できるものとなっている。

4.2.2 地図の区分による面積集計

入力した地図の基本的な統計量のひとつに、地図の区分ごとの面積がある。この面積集計によって、地震時に危険性があると判断される地形・地質の区分がどの程度の広さで分布しているかを判断することができる。例えば、地形分類のうちの旧河道は地震時に地盤被害が発生しやすい場所と考えられているが、土地条件図によると都内の低地に分布する面積は1.33km²程度しかなく、全域での地盤被害からみるとそれほど影響のある因子ではないことが理解される。

面積の集計は地図情報ファイルに収録されている地図から、該当する区分の画素を数えることで求めることができる。1:25,000地形図は東西方向に2300、南北方向に1900の画素に分割されていることから、ひとつの画素の面積は23.9m²と

なる。この画素の面積も地図の出力の場合と同様に、厳密には位置によって大きさは異なるが、実用上は平均的な大きさから計算しても問題はないと判断した。

入力された地図の区分ごとの面積は、第2章に掲げた地図の区分の表に「面積」として示されている。

4.2.3 地図の重ね合わせによる面積集計

関東地震での家屋被害分布図や地盤被害分類図と地形・地質図を重ね合わせ、その面積を集計することによって、どのような地形・地質の区分のところで被害が発生したかを定量的に求めることができる。

図4・2は家屋被害分布図と江戸期の水系図との関係を示したものである。家屋被害の発生率としては、江戸期の水系図の各区分内にしめる家屋被害のあった地域の面積と「その他の地域」の面積との比として求めた。江戸期の水系図は海についても「隅田川と東京湾」として区分されており、家屋被害分布図の「その他の地域」にふくまれる海は面積集計からは排除されている。江戸期の水系図の対象地域は関東地震での家屋被害分布図にすべて内包されていることから、この面積集計の対象地域は江戸期の水系図の対象地域と等しくなっている。

関東地震での家屋被害は1460年頃の沼沢地や湿地、水系で多く発生しており、1460年頃の完全な陸地に比べて3倍程度の発生率となっている。また、1460年以降に陸化した地域での家屋被害の発生率は、1460年頃の完全な陸地に比べても特に高い比率とはなっていない。なお、図4・2のうち「隅田川と東京湾」の区分には関東地震当時の海もふくまれていることから、被害率としては意味のない数値である。

関東地震の地盤被害分類図と砂層分布図との関係を示したのが図4・3である。砂層分布図の各区分での被害発生率としては、液状化などの地盤被害が発生した地域の面積と、地盤被害が発生しなかったことが確認された地域の面積の比として表わしている。地盤被害分類図の「その他の地域」には、未調査地域のほかに台地や海などもふくまれているが、地盤被害が発生しなかったことが確認された地域が判明していることから、被害の発生率を定量的に求めることができた。図4・3に示すように、砂層の層厚と液状化などの地盤被害の発生とはよい相関がみ

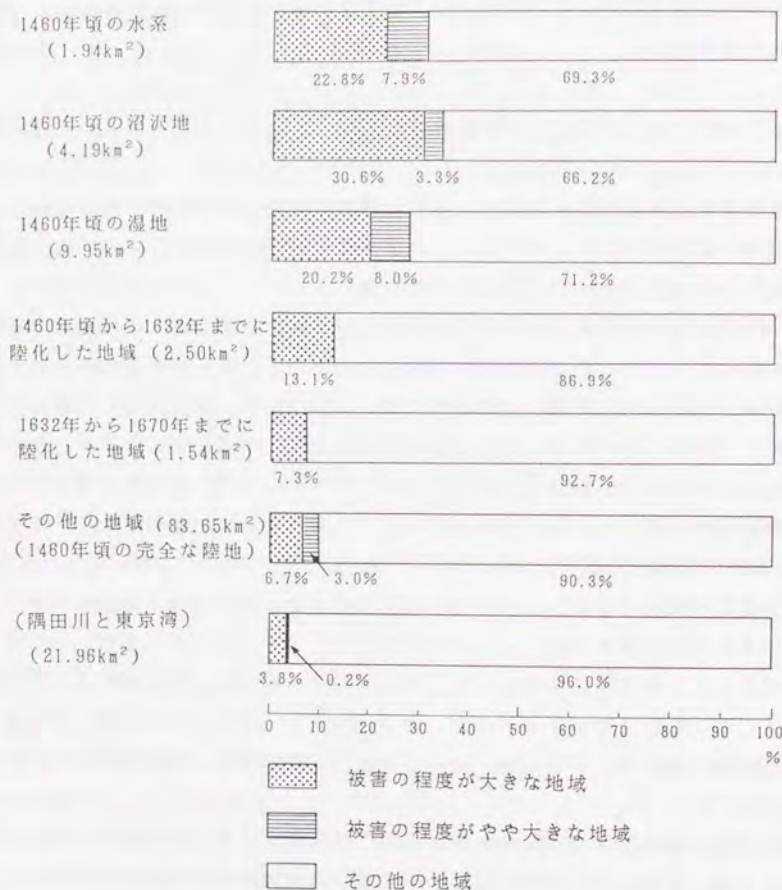


図 4-2 関東地震の家屋被害分布図と江戸期の水系図との関係

られ、層厚が 10m 以上の地域では 4m 未満の地域にくらべて、およそ 3 倍の発生率となっている。

過去の地震での被害率を地形・地質の区分ごとに定量的に求めるためには、被害が発生した地域だけでなく、対照地域となる無被害の地域についてもひとつの区分として入力しておく必要がある。家屋被害分布図では、被害が顕著でなかった地域を海などとともに「その他の地域」として区分したため、被害率の計算には使いにくいデータとなってしまった。江戸期の水系図では「隅田川と東京湾」が独立した区分として入力されていることから、重ね合せによる被害率の計算が可能となった。しかし、この計算でも「隅田川と東京湾」以外の地域にはすべて均等に家屋が分布していたと仮定されている。江戸期の水系図は都心部を対象領域としていることから、この仮定にはさほど無理はないと考えられるが、より正確な被害率の計算をおこなうためには、関東地震当時の家屋分布も家屋被害分布図にふくめて入力すべきであった。

地盤被害分類図では対照地域として無被害が確認された地域を選んでいる。調査対象とする地震が 60 年以上も前の関東地震であることから、地盤被害の発生した地域をすべて見つけ出すことは不可能であると考えられた。対照地域として被害が確認された地域以外の地域を選択できないため、調査段階から無被害が確認された地域の確定につとめた。このため、地形・地質の区分による被害率の計算もかなり正確であると考えられる。

しかし、この集計方法にもいくつか問題点がある。被害地域と無被害が確認された地域との面積比から被害率を求めているため、被害率は地形・地質の区分についての相対的な評価となっている。地盤被害分類図で液状化の発生が確認された地域の面積は約 19.1km² であり、面積あたりの液状化発生率としては図 4-3 に示された発生率より、はるかに小さいものである。また、調査によって得られた情報の確からしさの区分は、面積集計では特に考慮されていない。液状化が確認された地域の面積のうち、「地点を確認できる」領域と「地点までは確認できないが地域までは確認できる」領域、「地域としておおよそ確認できる」領域の面積比は、それぞれ 6% と 44%、50% であり、被害率は確からしさのあまり高い情報によって強く影響をうける結果となっている。

液状化などの地盤被害の情報は、一般に被害地点の情報として収集されており、

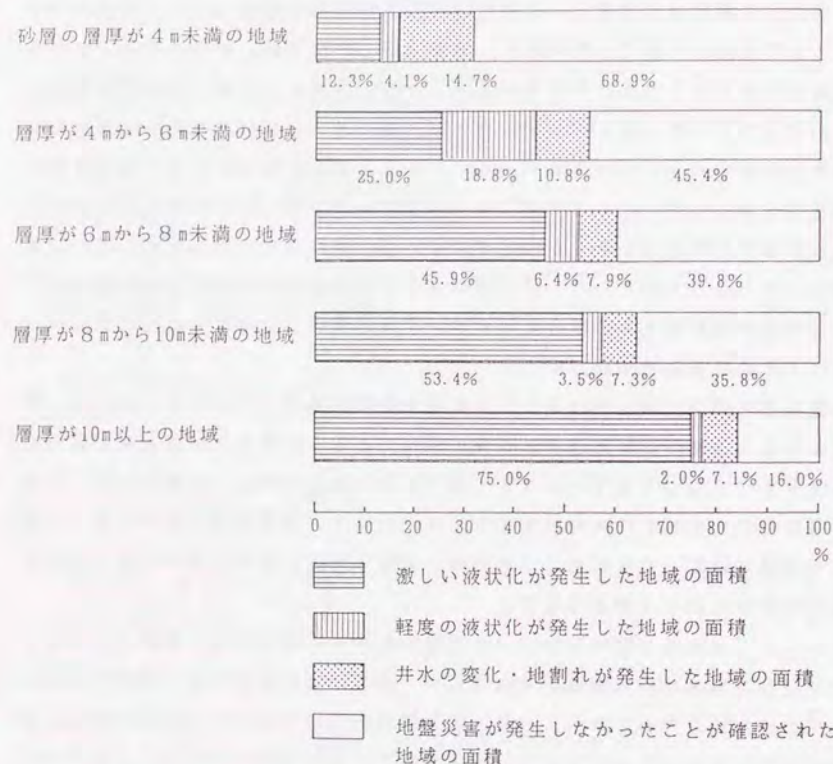


図 4-3 関東地震の地盤被害分類図と砂層分布図との関係

地形・地質との関係も点の数の比率として評価されている例が多い。被害地域を点としてとらえる場合、ひとつの点が代表する領域の大きさをどう考えるかによって、集計結果にも差のことが考えられる。被害地域を面積をもった領域としてあつかうことによって、このような問題は回避することができた。

4.2.4 地図の重ね合せによる出力

入力した地形・地質図の区分から地震時の地盤被害に関連のある項目だけを選び出し、重ね合せて出力することによって地震危険度分布図を作成することができる。重ね合せによる表現法としては、およそ次の2つの方法が考えられる。

第1の方法は地図の各区分に地盤災害に寄与する程度をウエイトとしてあたえておき、重ね合わせる地図すべての合計値を1枚の地図として出力する方法である。この場合、ある地域の危険度はウエイトの合計値によって評価されることから、地盤災害の寄与度は線形結合ができることが前提となっている。この方法では地盤災害の危険度を定量的に表現することができるが、重ね合わせる地図の区分ごとに設定する寄与度のウエイトを決めるのがむずかしいという問題がある。

第2の方法は地盤災害に寄与する程度にしたがって地図の区分に優先順位をつけ、この順位にしたがって地図を重ね合わせる方法である。この場合、優先順位は各区分の相対的な危険度評価だけで決定でき、地図の区分もその区分名のまま表現することができる。この方法では優先順位が下位の区分の情報は、より上位に区分がある場合にはその情報によって消されてしまうこと、また、出力される結果はあくまで定性的なものであるという欠点がある。

この支援システムでは作成が比較的容易であることと、重ね合せた地図の区分が読取れる出力図の方が利用範囲が広いと判断したことから、第2の方法によって危険度分布図を作成した。実際の出力例については、6.5で解説する。

4.3 ボーリング情報ファイルによる基礎情報の出力

4.3.1 ボーリング柱状図台帳の出力

ボーリング柱状図台帳は作業時間と経費を節減するため、汎用計算機のプリンタによって出力した。柱状図の土質名に対応する図形パターンも計算機に内蔵されている固定ハッチを使用し、プログラム作成の簡素化をはかった。

固定ハッチを利用した結果、～質や～混じりの表現では一般の土質柱状図の表記にみられる記号を作成することができなかった。このため、図4.4に示すように1本の柱状図を4列に分け、土質名コードの第1カラムから第4カラムをそれぞれに対応させて表示する出力形式とした。柱状図のいちばん右の列には主体となる土質名が、2, 3列には主体を形容する～質と～混じりという土質名がそれぞれ表示されている。土質名の図形パターンと出力形式は通常の土質柱状図とかなりちがうものとなったが、利用上は特に問題はなかった。

柱状図にはN値のほか、粒度試験結果がある場合には平均粒径と細粒分含有量が、測定深度に出力されている。柱状図の上部には東京湾平均海面(T.P.)に変換した調査地点の標高と孔内水位を表示するとともに、コーディング時の仮のメッシュと地点番号も出力し、原資料を検索できるようにした。

出力は標準地域メッシュにしたがい、4次メッシュごとに標準ストックフォーム1枚に5本の柱状図を印字した(図4.5参照)。4次メッシュ内のボーリング番号は西から東に向かって順にふられていることから、この順に出力されたボーリング台帳は地盤の断面を連続的にイメージできるものとなっている。

ボーリング柱状図の位置図は、国土地理院の1:25,000地形図とおなじ縮尺と図郭で出力した。この図には4次までの標準地域メッシュのメッシュ線を記入するとともにマイラー紙を使用し、柱状図の位置を確認しやすいようにした。位置図は柱状図の位置を知るだけでなく、砂層分布図などの地質図を作成するときの基図としても利用された。

汎用計算機のプリンタを利用することで、プログラムの作成については時間と経費を節約することができた。しかし、柱状図の出力には予想をはるかに上回る時間がかかったため、計算機を長時間にわたって占有する結果となった。

メッシュ内の調査地点番号 → 地点 002
調査地点の標高 → 地盤高(T.P.) m 2.68
帰属先コード → 182002
地表から5層の土質名コード →

コーディング時のメッシュと地点番号

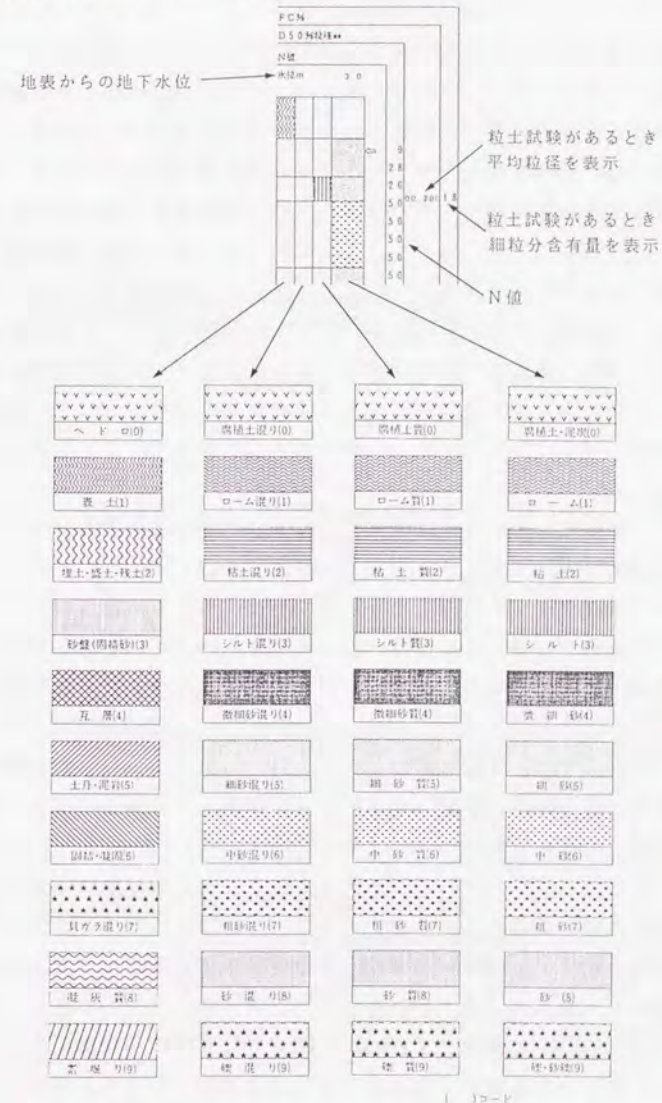


図4.4 ボーリング柱状図の出力例

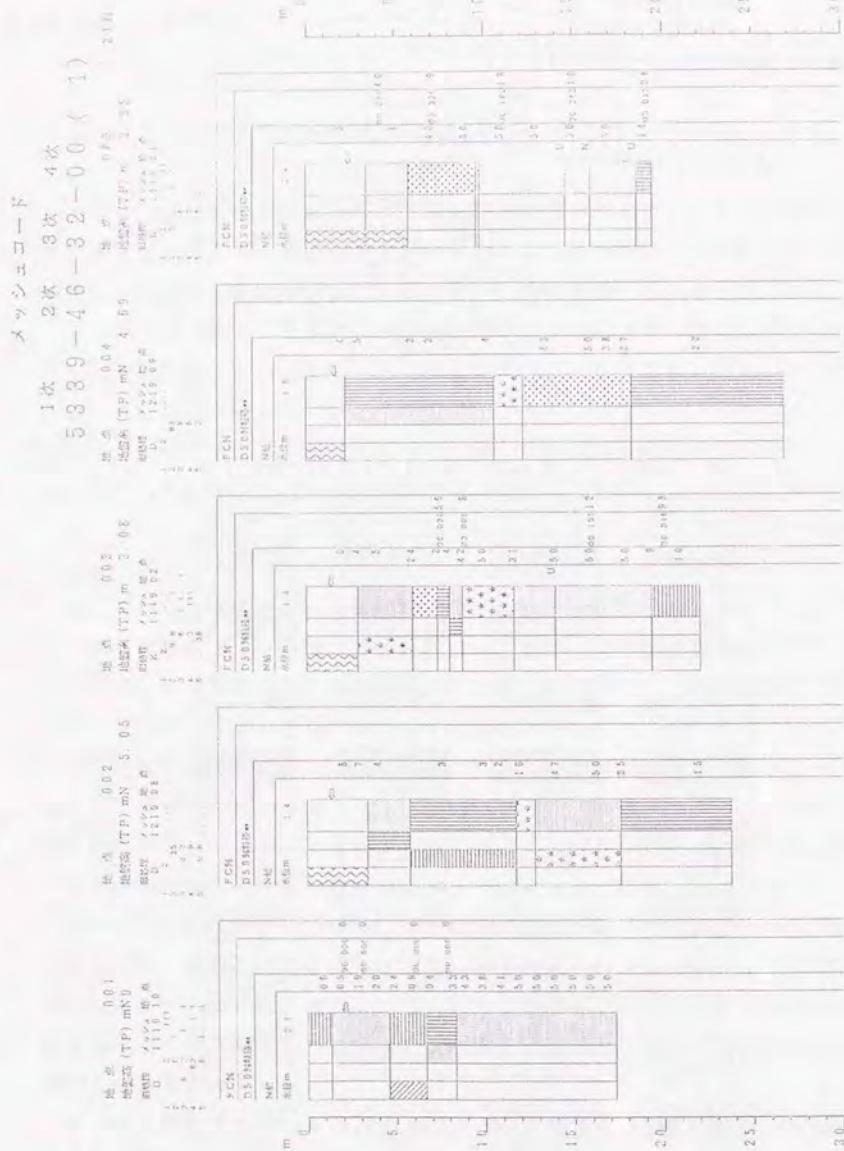


図 4-5 ボーリング柱状図各部

4.3.2 地質図作成のための基礎データの出力

入力した地質図のうち砂層分布図と地下水位分布図、礫層分布図、表層分布図は適当な既存の地図がなかったため、収集したボーリング柱状図から新たに作成する必要があった。砂層分布図をのぞいた3種類の地質図は、その主題が地下水位や礫層の有無といった単純なものであることから、計算機上でボーリング柱状図ファイルから主題の検索をおこない、地図上のボーリング位置に結果を出力することで作業図を作成することができた。

作業図の縮尺と図郭は国土地理院の1:25,000地形図と同一とし、XYプロッタによって出力した。出力図はマイラー紙を使用することで、地形図と重ね合わせて位置を確認できるようにした。地下水位分布図と礫層分布図の入力原図は、この作業図に区分の境界線を直接書込むことで作成した。このためマイラー紙への出力を裏書きとし、境界線の記入や削除によって出力された印字が消えないようにした。

地下水位分布図の作業図では柱状図ファイルから孔内水位を読み取り、0mから2mまでは50cmごとに、2mから5mまでは1mごとに区分し、数字コードをあたえた。出力にあたっては、識別しやすいように数字コードを区分にしたがって色別している。ボーリングの掘削方式のうち、無水掘りによる孔内水位は泥水掘りにくらべて測定精度が高いことから、記号をつけて無水掘りによるデータであることを区別できるようにした。

礫層分布図については、表4.1に示す礫の出現深度を出力する区分にしたがって柱状図ファイルを検索し、作業図を出力した。礫層の上面の出現深度が0m以上5m未満と5m以上10m未満、10m以上の3区分について分布する地域を確認したのち、5m未満の分布域の境界線を記入して入力図とした。

表層の土質としては、土質名コードに1(表土)または2(埋土・盛土・残土)として区分されている層の層厚の和を数字コードで表示するとともに、その材質を「すべて砂質土」と「一部砂質土」、「すべて粘性土・瓦礫」に3区分し、数字コードと色で識別して出力した(表4.2参照)。表層分布図はこれらの区分から「すべて砂質土」と「一部砂質土」のみを入力することとし、ボーリング位置を中心とした直径100mの円として表示した。この図は計算機上でボーリング柱状

図ファイルを識別し、該当する画素に直接コードを付加することで作成した。

ボーリング柱状図ファイルから作成した作業図としては、このほか表層付近の砂層の層厚図がある。この図は表 4・3に示すように、地表から6mまでと15mまでの深度に存在する砂層について、砂質土の表層をふくめて合算した層厚と砂層上端の出現深度を表示したものである。

2・3・5でも述べたように、砂層分布図としては有楽町層上部の層厚図を採用している。有楽町層上部の性質や分布は詳細に調査されており、層厚図も縮尺が1:25,000の断面図^{4・13}として出版されている。しかし、平面図としての有楽町層上部の層厚図には大縮尺のものがなかったため、1:25,000の縮尺で砂層分布図を作成する必要がある。表 4・3にしたがって出力した作業図とボーリング柱状図台帳は、砂層分布図を作成する際に利用された。

表 4・1 礫の出現深度を出力する区分

| 土質名コード区分 | 深度区分 | 出力コード |
|--|--------------------------------------|----------------|
| 表土、盛土以外の土質名コードを対象とする。 Aグループ 3*** (砂盤・固結砂) 5*** (土丹・泥岩) 6*** (固結・凝固～) ***9 (礫、～質礫) Bグループ **9* (礫質～) *9** (礫まじり～) *は0～9またはブランクの意味であり、判定条件にはならないものである。 | 0.0m以上5.0m未満 | A ブループ 赤色の1 |
| | | B グループ 赤色の2 |
| | 5.0m以上10.0m未満 (5.0m未満に対象の地層がない) | A ブループ 緑色の3 |
| | | B グループ 緑色の4 |
| | 10.0m以上20.0m未満 (10.0m未満に対象の地層がない) | A ブループ 青色の5 |
| | | B グループ 青色の6 |

表 4・2 表層の土質と層厚を出力する区分

| 土質名コード区分 | 層厚区分 | 出力コード |
|---|--------------|----------------------------|
| 表土と埋土・盛土・残土のみを対象とする。これらの人工的な地層を A:すべて砂質土 B:一部が砂質土 C:すべて粘性土と瓦礫 に3区分し、層厚の和をもとめる。 (A) すべて砂質土 1**4～8 (微細砂～粗砂からなる表土) 2**4～8 (微細砂～粗砂からなる盛土) 1 or 2**b で記事コードに砂があり、粘土と礫がないもの。 (B) 一部砂質土 AとCが混在するもの。 (C) 粘性土と瓦礫 1**0～3, 9 (ロームかシルト、粘土、砂礫からなる表土) 2**0～3, 9 (ロームかシルト、粘土、砂礫からなる盛土) 1 or 2**b で記事コードに砂がないもの。 *は0～9, ブランクの意味であり判定条件にはならないものである。 bはブランク(土質名コードが空欄)の意味である。 | 0.0m以上1.0m未満 | A:赤色の0 B:茶色の0 C:緑色の0 |
| | 1.0m以上2.0m未満 | A:赤色の1 B:茶色の1 C:緑色の1 |
| | 2.0m以上3.0m未満 | A:赤色の2 B:茶色の2 C:緑色の2 |
| | 3.0m以上 | A:赤色の3 B:茶色の3 C:緑色の3 |

表 4-3 砂層の層厚と出現深度を出力する区分

(1) 6 m以浅での土質を対象とした場合

| 土質名コード区分 | 層厚区分 | 出力コード |
|---|------------------------|-------------------------|
| 砂層として定めた土質名コードを つけ、その層厚と出現深度を 選択する。また、記事コードに *は0~9, ブランクの意味であり 判定条件にはならないものである。 bはブランク(土質名コードが空欄) の意味である。 | 砂層が存在しない 場合 | 黒色で9を 印字 |
| | 砂層の層厚が1.0m 未満 | 黒色で上限 深度を印字 (0~6) |
| | 砂層の層厚が1.0m 以上2.0m未満 | 青色で上限 深度を印字 (0~5) |
| | 砂層の層厚が2.0m 以上3.0m未満 | 緑色で上限 深度を印字 (0~4) |
| | 砂層の層厚が 3.0m以上 | 赤色で上限 深度を印字 (0~3) |

(2) 15 m以浅での土質を対象とした場合

| 土質名コード区分 | 層厚区分 | 出力コード |
|---|-------------------------|--------------------------|
| 砂層として定めた土質名コードを つけ、その層厚と出現深度を 選択する。また、記事コードに *は0~9, ブランクの意味であり 判定条件にはならないものである。 bはブランク(土質名コードが空欄) の意味である。 | 砂層が存在しない 場合 | 黒色で99 を印字 |
| | 砂層の層厚が4.0m 未満 | 黒色で上限 深度を印字 (0~15) |
| | 砂層の層厚が4.0m 以上8.0m未満 | 青色で上限 深度を印字 (0~11) |
| | 砂層の層厚が8.0m 以上12.0m未満 | 緑色で上限 深度を印字 (0~7) |
| | 砂層の層厚が 12.0m以上 | 赤色で上限 深度を印字 (0~3) |

4.3.3 土質試験結果の頻度分布の出力

ボーリング柱状図について簡易解析法による液状化解析をおこなうためには、平均粒径や単位体積重量などの計算パラメータをすべての地層にあたえなければならない。収集した1万本あまりのボーリング資料は液状化解析を目的としたものではないことから、1本あたりの土質試験結果は多くても3つ程度であった。このため、柱状図の土質名ごとに試験結果を集計し、その頻度分布から計算パラメータを決定した。

対象とした土質試験結果は平均粒径と細粒分含有量、地下水面下の単位体積重量、地下水面上の単位体積重量の4種類であり、170の土質名の組合せにたいして頻度分布を出力した。平均粒径と地下水面下の単位体積重量は土質名の区分によって比較的よく分類することができたが、「砂礫」や単なる「砂」の区分ではばらつく結果が得られた。細粒分含有量については、ヒストグラムは広い範囲に分布するものの、最頻値は土質名の区分と整合する結果が得られた。これにたいして、地下水面上の単位体積重量ではデータ数が少ないため、ヒストグラムから標準値を決定することはできなかった。

地下水面上の単位体積重量をのぞく3つのパラメータについてはヒストグラムの最頻値をもとに、170の土質名の組合せにたいして最終的に68種類の標準値を決定した。このうち土質名が「盛土・表土」に該当するものについては、土質名コードだけでなく記事コードもふくめて標準値を求めている。また、地下水面上の単位体積重量については、地下水面下の単位体積重量から0.2を引いた値として設定した。

4.4 地図情報とボーリング情報の結合と液状化解析

4.4.1 地図情報ファイルとボーリング情報ファイルの結合

地図情報ファイルとボーリング情報ファイルは、入力した段階ではそれぞれ独立したファイルであり、相互の関係は入力されていない。しかし、地図情報ファ

イルとボーリング情報ファイルとはもともと相互に関係のある内容をふくんでおり、これらのファイルを結合することによって液状化解析を効率的におこなうとともに、危険度判定に有用な情報を引出すことができる。

この2種類の情報ファイルは、地図情報ファイルに収録されている地図の区分を、ボーリング情報ファイルに属性として付加することによっての結合することができる。具体的にはボーリング位置の経緯度をもとに、計算機上で各地図の該当する経緯度の区分を読み取り、その区分コードをボーリング情報ファイルに付加することによっておこなわれる。

この操作によってすべてのボーリング柱状図には、その調査地点の地形・地質図や関東地震での被害分類図の区分がつけられることになる。また、地図の区分にしたがって、計算機上でボーリング柱状図を検索することも可能になる。

4. 4. 2 ボーリング地点での液状化解析

簡易解析法による液状化解析は、基本的にはボーリング柱状図の情報だけで計算することができる。しかし、地震危険度予測では地盤のちがいによって地表最大加速度を変化させて液状化解析をおこなう必要があり、ボーリング情報ファイルに結合されている地図情報ファイルを利用することで、容易に地表最大加速度を設定することができる。同様に、地下水位についても柱状図に記載されている数値を計算に使用することもできるが、地下水位は一般に季節変動の幅が大きいたことが予測上の問題となる。このため、地図情報ファイルに入力されている平均的な地下水位をもとに解析をおこなった方が精度の高い予測になると考えられる。

ボーリング地点での液状化抵抗率 (F_L) と液状化指数 (P_L) は、図 4.6 のフローにしたがって計算した。解析上の地盤モデルはボーリング柱状図ファイルの情報をもとに設定される。標準貫入試験の N 値が測定されている深度と同一の地層に土質試験結果がない場合は、計算パラメータを設定するテーブルを参照して、土質名から平均粒径などの計算パラメータを決定する。

計算上の地表最大加速度は沖積層基底等深線図をもとに設定される。ボーリング情報ファイルに付加されている等深線図のコードから、深度ランクと地表最大加速度を結びつけるテーブルを介して最大加速度が読み込まれる。深度ランクと

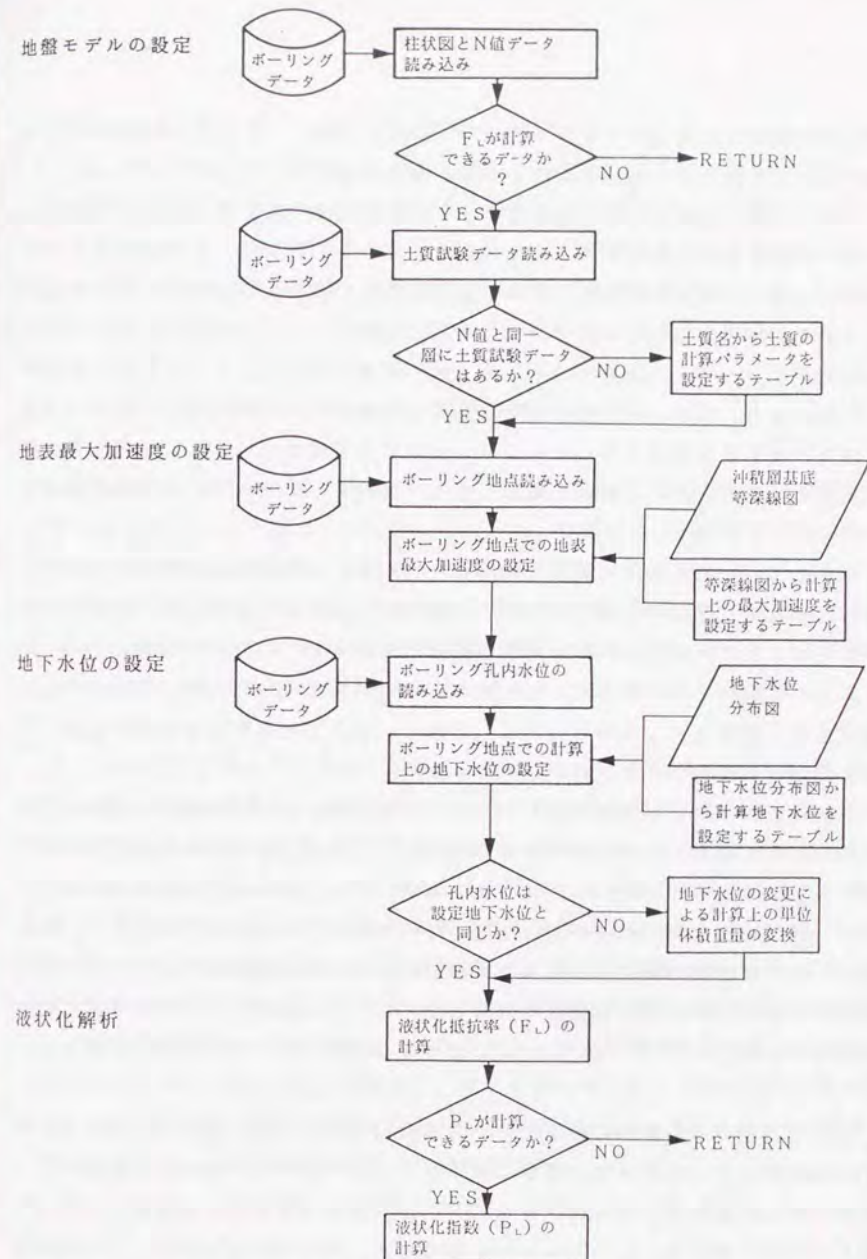


図 4.6 ボーリング地点での液状化抵抗率 (F_L) と液状化指数 (P_L) 計算のフロー

地表最大加速度の結合テーブルを介在させることによって、複数の基盤最大加速度に対応する地表最大加速度についても、液状化解析ができるようになる。

計算上の地下水位は地下水位分布図をもとに設定される。ボーリング情報ファイルに付加されている地下水位分布図のコードから、計算地下水位を設定するテーブルの数値が読み込まれる。計算に使用する地下水位は季節変動の幅を見込み、安全のため地下水位分布図の区分よりも浅く設定した。この地下水位はテーブルの設定値によってあたえられ、もっとも浅い地域では0.7m、もっとも深い地域でも2.5mとした。また、柱状図に記載されている地下水位が設定値よりも浅い場合は柱状図の数値を使用することにより、液状化の可能性としては安全側の解析結果となるようにした。このあと設定した地下水位にしたがって、単位体積重量の変換がおこなわれる。

地盤モデルと解析条件の設定をおこなったのち、N値が測定されている深度で液状化抵抗率(F_L)の計算をおこなう。液状化の簡易解析式のうち、液状化強度の推定式としては既存の式と土木技術研究所の提案式^{4・2)}の5種類から、メニューによって選択できるようにした。また、地震時荷重についても、低減係数 r を従来がら標準値として用いられている値と、東京の地盤特性を考慮した値^{4・2)}の2種類から選択できるプログラムとした。

液状化指数(P_L)の計算にあたっては、対象とする柱状図が液状化指数の計算に適合したものかどうかの判定をおこなった。これは、液状化指数の積分範囲が0mから-20mであるのたいして、収集したボーリング資料には掘削深度が浅いものや、N値の測定開始深度がかなり深いものがふくまれていたためである。判定条件としては①掘削深度が5m未満の資料、②N値の測定総数が5か所未満の資料、③N値の測定開始深度が6m位深の資料とし、これらの資料については液状化指数の計算から除外した。このチェックによって258本のボーリング資料が排除された。

液状化指数の積分範囲は地下水位から深度-20mまでとし、地下水位の位置に液状化抵抗率(F_L)の値がない場合は地下水位より下位のもっとも近い位置の F_L 値をもとに計算をおこなった。また、 F_L 値があたえられている深度が-20mまで達していない場合は、もっとも深い深度での F_L 値が-20mまで連続していると仮定して計算した。

液状化解析のプログラムは汎用計算機用とパーソナル・コンピュータ用の2種類を用意した。前者のプログラムは大量処理によってすべてのボーリング資料についての計算をおこなうためのものであり、後者は小領域のデータを個別に計算するために使用した。プログラム言語はどちらもFORTRANである。計算された結果はボーリングのメッシュ番号と地点番号、N値の測定深度ごとの F_L 値、 P_L 値が、磁気テープあるいはフロッピーにひとつのファイルとして収められる。

4.4.3 液状化解析結果のボーリング地点での出力

計算によって得られた解析結果のファイルから、液状化指数(P_L)と液状化抵抗率(F_L)をボーリング地点の位置図に出力した。解析結果をボーリング地点に出力するとき問題となるのは、平面図ではある地点に1つの数値あるいは属性しか表現できないことである。 P_L 値は地盤全体での液状化程度を表わす指数であり、1個の数値であたえられるので出力上は特に問題とはならないが、 F_L 値は深度ごとに数値をもっているため、そのままでは地点での情報として表示することはできない。

ボーリング地点での F_L 値の表示法としては、地表から6mまでの深度を対象とし、砂層の層厚と組合せて液状化の可能性を評価する出力とした。これは、木造家屋や埋設管の液状化被害、道路の陥没といった被害は、比較的浅い深度に分布するゆるい砂層の液状化と密接に関連していることを考慮したものであり、その背景として石原の液状化判定法^{4・3)}の考え方を参考にしている。表4・4に示すように、 F_L 値については0.8と1.0を基準にとり、深度3m位浅と3mから6mの間の砂層中に出現する F_L 値によって区分する。この区分では数字の小さいものが優先される。砂層層厚の判定と区分は、地表から6m以浅の砂層厚を出力する区分と同様に1mと2m、3m、3m以上の4分類とし、数字の色で表現している(表4・3参照)。

P_L 値の出力は小数第1位を四捨五入して整数表示とし、表4・5にみられるように P_L 値が5と15を基準に数字の色をかえている。

出力図の縮尺と図郭は国土地理院の1:25,000地形図と同一とし、マイラー紙に裏書きで出力した。

表 4・4 砂層の層厚と F_L 値の組合せで液状化の可能性を出力する区分

| F_L 値の範囲とその深度 | 深度6m以内に分布する砂層の層厚h | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | $0\text{m} \leq h < 1\text{m}$ | $1\text{m} \leq h < 2\text{m}$ | $2\text{m} \leq h < 3\text{m}$ | $3\text{m} \leq h \leq 6\text{m}$ |
| 深度3m以浅で $F_L \leq 0.8$ | 黒の1 | 青の1 | 緑の1 | 赤の1 |
| 深度3m以浅で $0.8 \leq F_L < 1.0$ | 黒の2 | 青の2 | 緑の2 | 赤の2 |
| 深度3m以深6m以浅で $F_L \leq 0.8$ | 黒の3 | 青の3 | 緑の3 | 赤の3 |
| 3m以深6m以浅で $0.8 \leq F_L < 1.0$ | 黒の4 | 青の4 | 緑の4 | 赤の4 |
| 深度6m以浅では $F_L \geq 1.0$ | 黒の5 | 青の5 | 緑の5 | 赤の5 |

表 4・5 P_L 値を出力する区分

| P_L 値の範囲 | 色と数字の表示 |
|---------------------------|-------------------|
| $0 \leq P_L$ 値の整数部 < 4 | 緑で P_L 値の整数部を表示 |
| $5 \leq P_L$ 値の整数部 < 14 | 青で P_L 値の整数部を表示 |
| P_L 値の整数部 ≥ 15 | 赤で P_L 値の整数部を表示 |

P_L 値は小数第1位を四捨五入する

4. 4. 4 入力した地図の区分による液状化解析結果の出力

地図情報ファイルとボーリング情報ファイルの結合によって、地図の区分にしたがったボーリング柱状図の検索が可能となっている。これを利用して、計算された液状化指数(P_L)と液状化抵抗率(F_L)を、入力されている地図の区分ごとの頻度分布を集計するサブ・システムを作成した。このサブ・システムによって、入力した地形・地質図や関東地震での被害分類図のうち、どのような区分の場所では液状化が発生しやすい、あるいは発生しにくいという評価をおこなうことができる。

サブ・システムに入力するデータの流れを示したのが図 4・7である。ボーリング情報ファイルから P_L 値と F_L 値が計算され、その結果は「解析結果ファイル」に収められる。「解析結果ファイル」は設定する最大加速度の違いや判定式の種類に応じて、複数のファイルが作成される。このファイルにはボーリング地点を識別するための2次から4次までの標準地域メッシュと地点番号、 P_L 値、 F_L 値が1以下となるときの値が小さい順に5個までが収録されている。

「ボーリング地点+地図ファイル」はボーリング情報ファイルに結合されている地図の区分から作成される。このファイルにはボーリング地点の標準地域メッシュと地点番号、入力した12種類の地図の区分コードが読み込まれる。

地図の区分ごとの P_L 値と F_L 値の頻度分布は、「ボーリング地点+地図ファイル」の情報にしたがって、パーソナル・コンピュータ上で「解析結果ファイル」を検索することで集計される。地図の区分にしたがった検索は、複数の地図の組合せについてもおこなえるようにプログラム化した。これは、液状化しやすい地域は1種類の地図の区分だけでなく、いくつかの地図の重ね合わせによって抽出される可能性があることを考慮したものである。また、地図の重ね合わせによる検索は、関東地震での地盤被害分類図と P_L 値との関係を求める際に、盛土地などの人工改変地を除外するのに利用された。

地図の区分にしたがって液状化解析結果を出力するときの、条件設定テーブルを図 4・8に示す。条件設定テーブルに各地図の区分コードを入力することで、選択する地図の区分が指定される。地図の重ね合せとしては、同一の地図の区分では和集合が、異なる地図の区分では積集合が適用される。また、1つもコードが

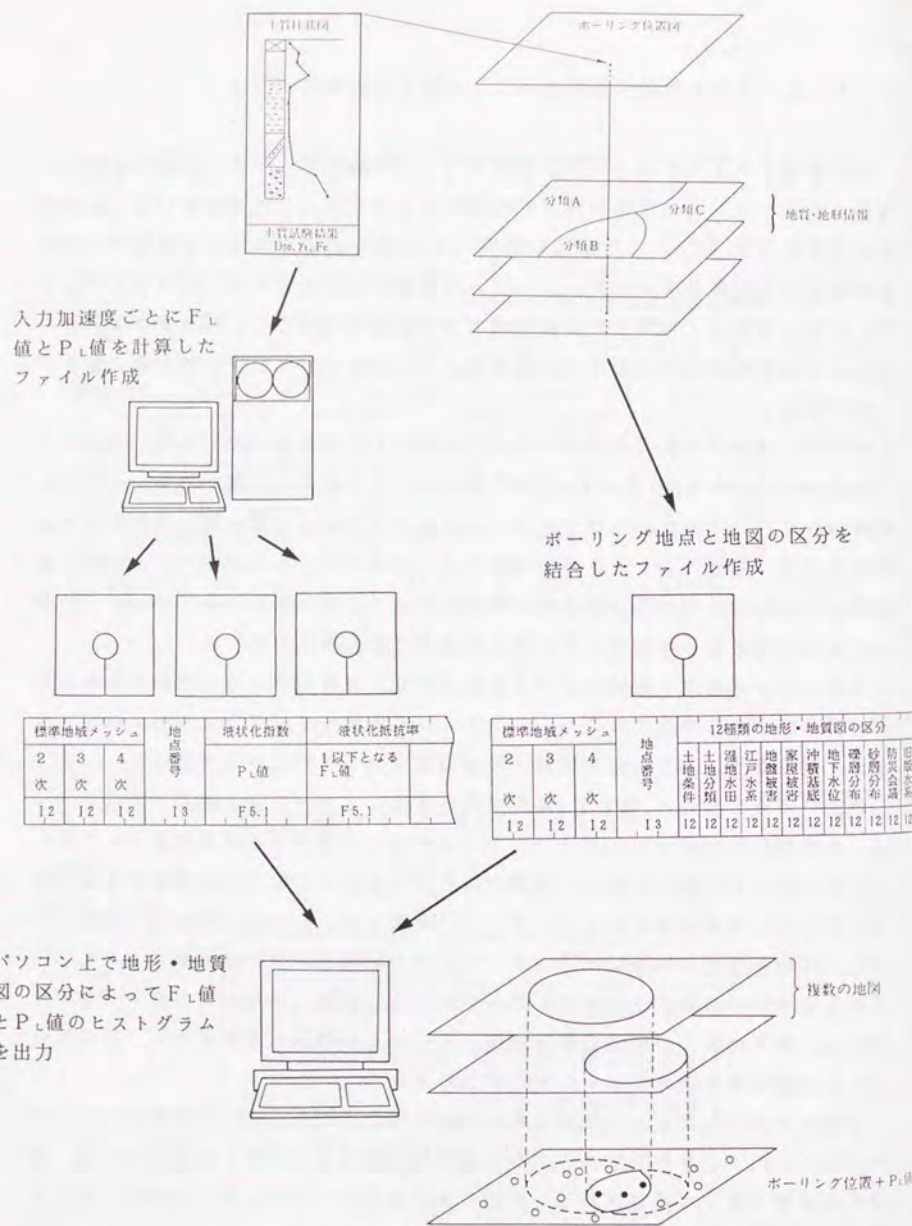


図 4.7 地図の区分によってボーリング地点での P_L 値と F_L 値を検索するフロー

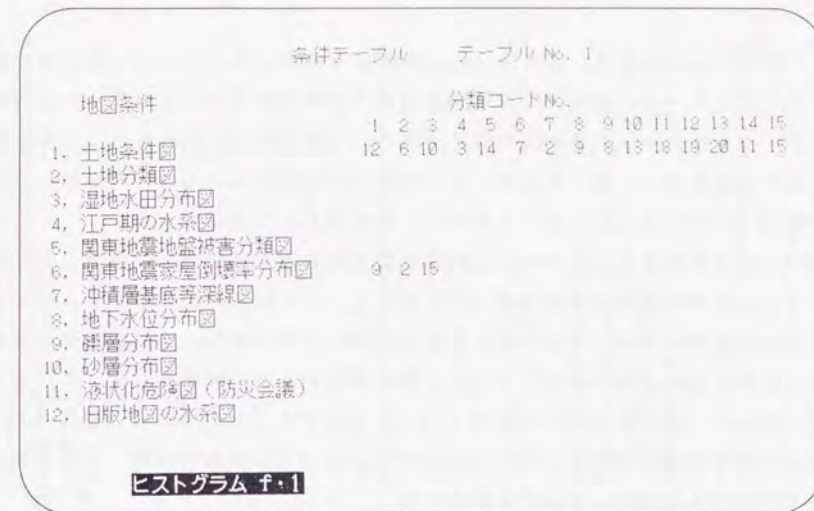


図 4.8 地図の区分によって液状化解析結果を出力するサブ・システムの条件設定テーブル

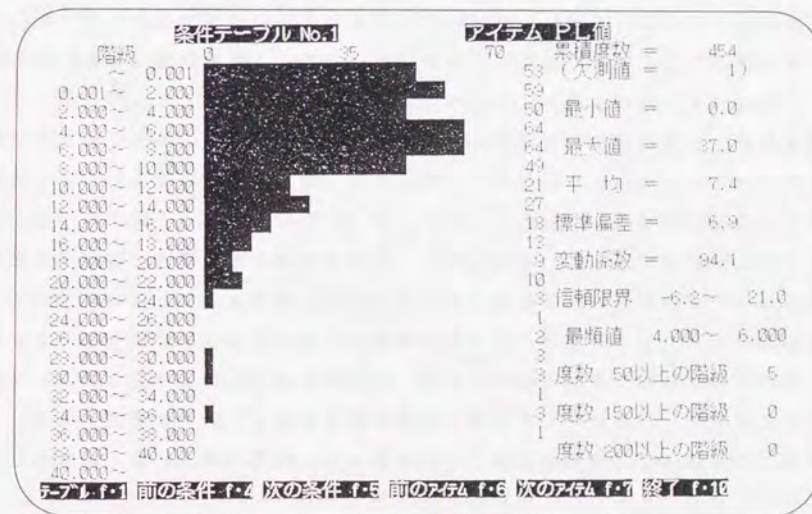


図 4.9 条件設定テーブルにしたがった P_L 値の出力例

入力されていない地図は、その地図の区分をすべて選択することで、重ね合わせから除外されている。図 4・8の例は関東地震での家屋被害分布図の区分にしたがって P_L 値を抽出するときの条件設定であり、土地条件図と組合せることで、調査地点が台地や河川、海にあるボーリング資料を排除している。集計された P_L 値は図 4・9に示すように、ヒストグラムと統計量として表示される。

図 4・8の条件設定にしたがって、関東地震での家屋被害分布図の区分ごとに集計した P_L 値の累積頻度曲線を図 4・10 に示す。この図の P_L 値は、6・4で述べる低地の液状化予測の場合と同じ条件で計算した値である。また、対象地域から河川や海などの水面をはずしたのは、被害がなかったと考えられる「その他の地域」から P_L 値が高くなる水面でのデータを除外するためである。被害のあった地域は関東地震当時は陸上にあったはずであり、「その他の地域」を対照領域として使用するためにこの条件を設定した。

「被害の程度が大きな地域」と「被害の程度がやや大きな地域」にボーリング地点のある P_L 値は、「その他の地域」の P_L 値にくらべて、大きな値がいは認められない。細かくみれば、 P_L 値が10程度までは被害のみられた地域のほうが累積百分率は小さくなっており、相対的に液状化しやすい地盤であると考えられるが、その差はさほど顕著ではない。これにたいして、「土地が陥没した地域」での P_L 値は「その他の地域」にくらべて、きわめて大きな値となっている。

関東地震で土地が陥没した地域は、面接調査の結果からも広範囲に液状化が発生していたことが判明している^(4・4・4・5)。また、地質調査所の報告^(4・6)にも噴砂や泥水の噴出が記載されていることから、図 4・11 にみられる土地の陥没は、地盤の液状化に起因するものと考えられる。被害地域の一部は現在の多摩川の流路とかさなっているが、これは多摩川の流路改変の結果であることは当時の地形図から知ることができる。土地の沈下量は当時の大森町の埋立地では少なくとも30 cm、羽田町鈴木新田や多摩川沿いの地域、六郷村では30 cm程度であったことが報告されており^(4・6)、おそらく大規模な水平移動も発生していたと推定される。この地域では地震による護岸の破損ともかさなって、海水の侵入による浸水が10月までつづく状態にあったことが記録に残されている^(4・7・4・8)。

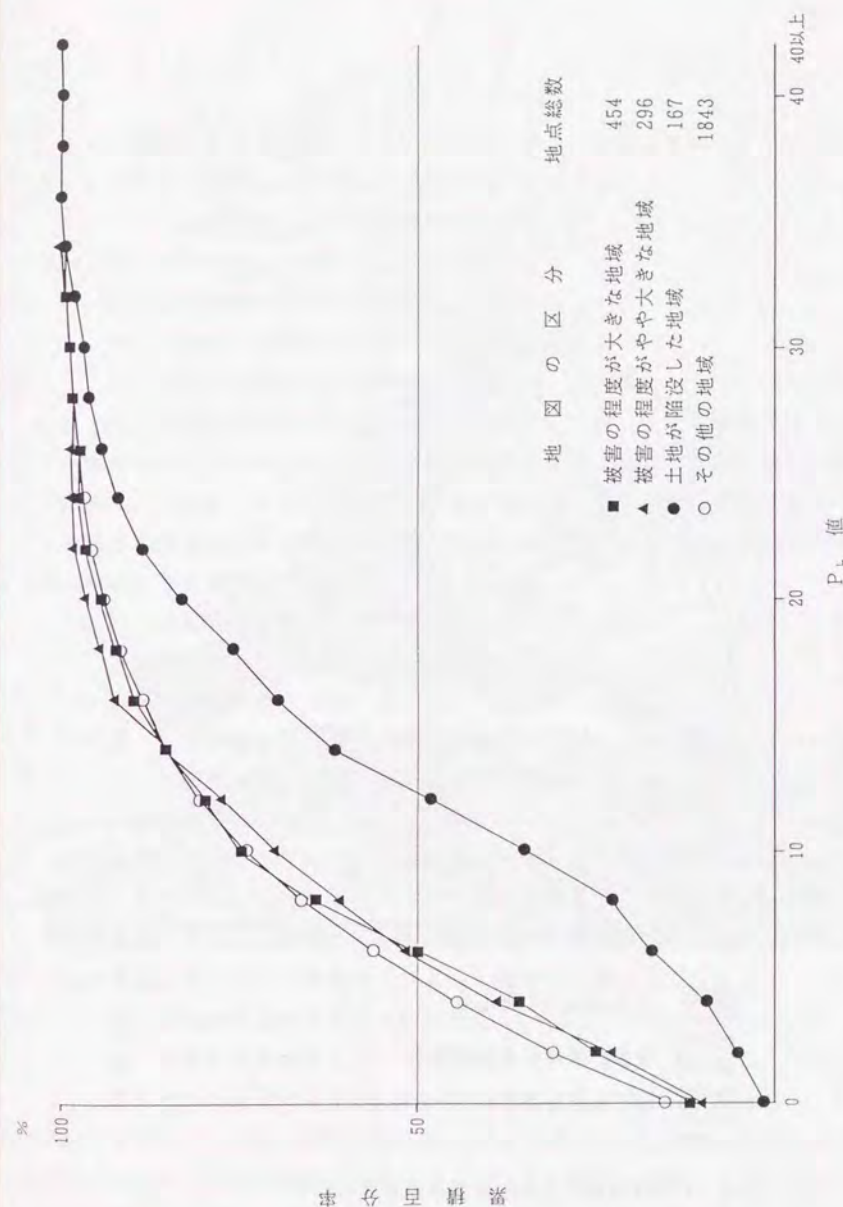
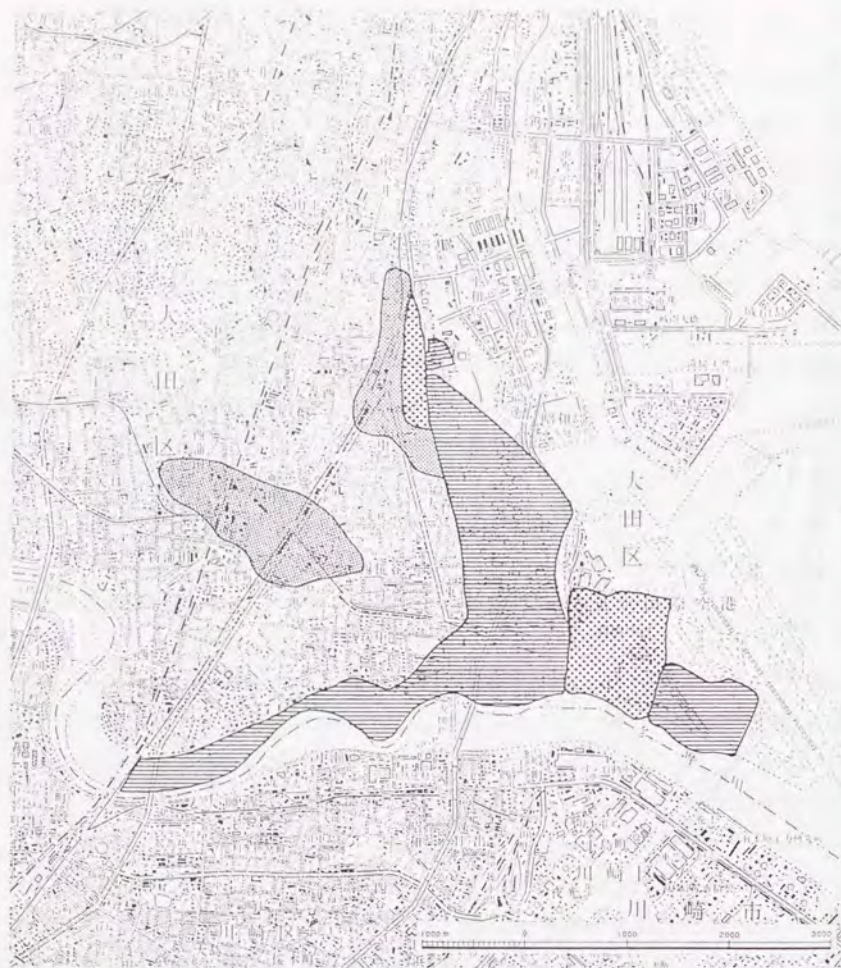


図 4・10 関東地震での家屋被害分布図と P_L 値との関係






-  土地が陥没した地域
-  被害の程度が大きな地域
-  被害の程度がやや大きな地域

図 4-11 関東地震で土地の陥没がみられた地域

「この地図は国土地理院発行の5万分の1地形図（東京東南部、東京西南部）を使用したものである。」

4.5 まとめ

この章では、数値化されたファイルを地震時の地盤被害予測に利用できる情報とするための、いくつかの計算機処理について述べた。

このうち、地図情報ファイルの運用としては、

- ① 同一の縮尺と図郭による地図の出力
- ② 地図の区分に対応する地域の面積集計
- ③ 2種類の地図の重ね合わせによる面積集計
- ④ 複数の地図の重ね合わせによる出力

をおこなった。地図の重ね合わせによる面積集計では、一方の地図に関東地震での被害分布図をおくことによって、家屋被害や液状化がどのような地形・地質の区分の場所で発生しやすいかを評価することができる。計算例として関東地震での家屋被害分布図と江戸期の水系図との重ね合せと、地盤被害分類図と砂層分布図の重ね合せの結果を示した。

ボーリング情報ファイルの運用としては、

- ① ボーリング柱状図台帳の作成
- ② 地質図作成のための基礎データの出力
- ③ 土質試験結果の頻度分布を集計することにより、簡易解析法による液状化解析で必要となる標準的な土質定数の設定

の3つの作業をおこなった。

地図情報ファイルとボーリング柱状図ファイルは、柱状図の座標位置をもとに計算機上で結合することができる。この操作によって、ボーリング柱状図にはその調査地点での地形・地質の区分や関東地震での被害の情報が付加される。

地図情報とボーリング情報のファイルを組合せた運用としては、

- ① 簡易解析法による液状化解析
- ② 液状化解析結果のボーリング地点での出力
- ③ 地図の区分にしたがった液状化解析結果の頻度分布の出力

をおこなった。液状化の計算では、地表最大加速度は沖積層基底等深線図から、地下水位は地下水位分布図から個々のボーリング地点での値を入力した。また、解析結果の出力では P_L 値だけでなく、 F_L 値についても砂層の層厚と組合せて出

力し、液状化の危険度評価をおこなう上での基礎資料とした。

計算された P_L 値と F_L 値については、入力した地図の区分ごとに頻度分布を集計するサブ・システムを作成した。このサブ・システムを使用することで、液状化の発生する可能性は、地形・地質の区分によってどの程度のちがいがあのかを評価することができる。適用例としては、関東地震での家屋被害分布図と P_L 値の関係を示し、考察を加えた。

参考文献

- 4・1) 東京都土木技術研究所：東京都地盤地質図（23区内），東京都地質図集2，1969.
- 4・2) 東京都土木技術研究所：東京低地の液状化予測，第4章 土質調査に基づく液状化解析，土質工学会，1987.
- 4・3) 東京都防災会議：東京区部における地震被害の想定に関する報告書，第4章 地盤の液状化現象，1978.
- 4・4) 東京都土木技術研究所：東京低地の液状化予測，第3章 関東地震の液状化履歴，文献4・2と同じ.
- 4・5) 草野 郁：関東地震における東京低地の液状化履歴，土木学会論文集，第406号／Ⅲ-11，pp. 213-222，1989.
- 4・6) 商工省地質調査所：関東地震調査報告，地質調査所特別報告，第1号，丸善株式会社，1925.
- 4・7) 大森区役所：大森区史，p. 1153，1939.
- 4・8) 大田区立羽田小学校編集：羽田郷土史，pp. 475-476，1954.

図表リスト

- 図 4・1 出力図の図郭と地図名，国土数値情報によるメッシュ・コード
- 図 4・2 関東地震の家屋被害分布図と江戸期の水系図との関係
- 図 4・3 関東地震の地盤被害分類図と砂層分布図との関係
- 図 4・4 ボーリング柱状図の出力例
- 図 4・5 ボーリング柱状図台帳
- 図 4・6 ボーリング地点での液状化抵抗率（ F_L ）と液状化指数（ P_L ）計算のフロー
- 図 4・7 地図の区分によってボーリング地点での P_L 値と F_L 値を検索するフロー
- 図 4・8 地図の区分によって液状化解析結果を出力するサブ・システムの条件設定テーブル
- 図 4・9 条件設定テーブルにしたがった P_L 値の出力例
- 図 4・10 関東地震での家屋被害分布図と P_L 値との関係
- 図 4・11 関東地震で土地の陥没がみられた地域

- 表 4・1 礫の出現深度を出力する区分
- 表 4・2 表層の土質と層厚を出力する区分
- 表 4・3 砂層の層厚と出現深度を出力する区分
- 表 4・4 砂層の層厚と F_L 値の組合せで液状化の可能性を出力する区分
- 表 4・5 P_L 値を出力する区分

5.1 はじめに

磁気データ化した地図とボーリング柱状図の情報は、パーソナル・コンピュータに入力できるデータに変換するとともに、パソコンの表示機能と解析機能を利用したデータベースを構築した。パソコンによるデータベースは、おもに地盤の液状化の予測を目的としていることから、液状化予測の支援システムと名づけた。システムに“支援”とつけたのは、液状化の判定そのものは人間がおこない、計算機には判定に必要な情報を提示する機能をもたせることを意図したためである。

パソコンによる支援システムには2つの機能をもたせた。第1の機能は入力した各種情報の表示であり、磁気データ化したすべての地図と、ボーリング情報ファイルをもとに計算された液状化指数 (P_L) の値が表示される。データを表示する位置はメッシュ番号を入力することで検索されるとともに、メニュー方式で地図や P_L 値を選択できるようにして、危険度判定に必要なとされる情報が対話形式で表示されるように設計した。

支援システムの第2の機能は判定結果の入力と集約である。4次メッシュ単位に選択された地図や P_L 値にたいして判断される個々の危険度は、キーボードから判定値を入力することで自動的に記憶される。この支援システムでは、メッシュの総合的な危険度は地図から判断された判定値と、 P_L 値から決められた判定値との組合せによって決定する方法を採用している。この組合せをクロス・テーブルの値として事前に設定しておくことで、自動的に総合的な危険度が導かれる。システムに判定結果の集約の機能をもたせることによって、予測作業を省力化するとともに、集約作業でのミスの発生をふせぐことができる。

表示の媒体として現状でもかなり普及しているパソコンを利用することで、地震時の地盤危険度を示すデータの表示や危険度判定の作業は、特に場所をえらばなくてもおこなえるものとなった。また、必要なデータをすべてパソコンのフロッピーに変換した結果、データの保存や移動、複写もかなり容易になっている。

5. 2 パソコンによる支援システムと東京低地の液状化予測

この支援システムを地震被害予測に応用した例としては、東京低地の液状化予測^{5・1)}がある。この液状化予測では、液状化の可能性がある場所を領域として表示した領域判定法による予測図と、メッシュごとに液状化の程度を評価したメッシュ判定法による予測図を作成している。このうち、メッシュ判定法による液状化予測の作成には、ここで述べるパソコンによる支援システムの機能を直接利用している。

東京低地の液状化予測の結果については、すでにいくつかの報告書にまとめられている^{5・2, 5・3, 5・4)}。そこで、この論文ではパソコンによる支援システムの構築と利用のうち、データベースの技術的なとりあつかいの部分について述べることにする。技術的な問題のうちパソコンによる支援システムの設計についてはこの章で、また、利用の方法については第6章で解説する。

5. 3 パソコンによるシステムの仕様とデータ変換

5. 3. 1 パソコンによるシステムの仕様

パソコンによる支援システムの作動環境は以下の条件となっている。ハードウェアのうち本体はPC-9801シリーズであり、主記憶は256KB以上が必要である。補助記憶装置はフロッピーディスク・ユニットまたはハードディスク装置で2ドライブ以上を使用する。グラフィック・ディスプレイは14インチの専用高解像度CRT(640×400ドット)を使用し、ハードコピーを取る場合にはシリアルプリンタとコンパチブルなカラー・インクジェット装置かカラー・プリンタ装置が必要となる。

ソフトウェアとしてはMS-DOSバージョン2.0以上を使用している。プログラム言語の大部分はMS-FORTRANであるが、一部にC言語の部分もふくまれている。

パソコンに表現できる色彩は白と黒をふくめて8色であるため、土地条件図と

関東地震地盤被害分類図では、地図の区分を集約して表示する必要があった。表5・1に示すように、土地条件図では表示上の凡例として、地盤被害が発生しやすいと考えられる旧河道と頻水地形をそのまま表現することにし、盛土地は過去の水面が人工改変された場所である旧水面上の盛土地と、一般の盛土地に区分した。低地については、微高地である自然堤防と砂(礫)州・砂(礫)堆、緩扇状地をひとつに集約するとともに、谷底平野をふくめた低地の一般面をまとめて表示することにした。このほか、地盤災害が発生しにくい台地は対象領域外とともに1区分とし、河川などの水面を加えて合計8区分とした。

関東地震地盤被害分類図では確度の区分のうちの「地点を確定できる」と「地点は確定できないが地域までは確定できる」を統合することで8区分にまとめた。また、関東地震家屋被害分布図では、原図の縮尺による区分を同色で表示することにした。

表 5・1 パソコン表示上での土地条件図の凡例

| 土地条件図の凡例 | パソコンでの凡例 | 色表示 |
|------------------------------|-----------|------|
| 旧河道 | 旧河道 | 赤 |
| 河川、水涯線および水面 | 河川、水涯線、水面 | 青 |
| 旧水面上の盛土地+埋土地、旧水面上の高い盛土地、干拓地 | 旧水面上の盛土地 | シアン |
| 頻水地形(高水敷+低水敷・浜+湿地+落堀+潮汐平野) | 頻水地形 | マゼンタ |
| 凹地・浅い谷、谷底平野、氾濫平野、三角州海岸平野、凹陥地 | 平地全般 | 緑 |
| 自然堤防、砂(礫)堆・砂(礫)州、緩扇状地 | 自然堤防 | 黄 |
| 盛土地、高い盛土地 | 盛土地、高い盛土地 | 白(黒) |
| 台地・段丘+平坦化地+台地斜面、麓斜面、対象地域外 | 台地、その他、都外 | 黒(白) |

()内の色表示はハードコピーの反転色を示す

パソコンに地図を表示するときの問題としては、このほか1画面に表示する図郭の大きさの設定がある。地図の画面表示で精度を落とさないためには、地図情報ファイルの画素数がディスプレイに表示されるドット数に対応している必要がある。編集された地図ファイルの基準である国土地理院の1:25,000地形図の図郭は、東西方向には2300個、南北方向には1900個の画素によって正規化されている。グラフィック・ディスプレイに表示できるドット数には横640、縦400の制限があることから、画面に表示する画素数としては1:25,000地形図の画素数を東西・南北とも5等分した数である東西方向460個、南北方向380個とした。この大きさは、パソコンに表示される地図の領域としては、3次メッシュを縦横に2個ずつに区切った範囲(1:25,000地形図を東西と南北にそれぞれ5等分した範囲)に相当する。画面上の縮尺はほぼ18,000分の1となる。

ボーリング地点での P_L 値の画面では、位置だけでなく数値も表示しなければならないことから、4次メッシュを表示範囲とした。このため、ボーリング位置の画面上の縮尺は約4,500分の1となっている。

5.3.2 パソコンに表示するためのデータ変換

地図情報ファイルとボーリング柱状図ファイルの内容は、パソコンに表示するためのデータ変換をおこなったのち、フロッピーに収納した。フロッピーに収められたデータの構造を、図5.1に示す。

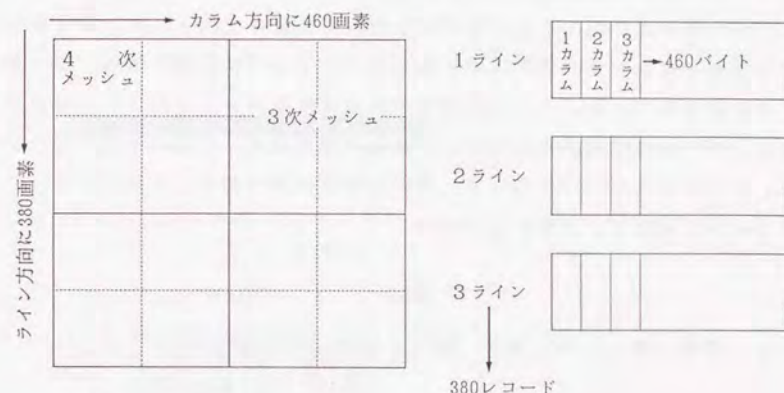
ボーリング地点での P_L 値のデータは、3次および4次のメッシュコードと地点番号、4次メッシュ内の正規化座標、 P_L 値によって構成される。1つのファイルには地図の表示の図郭である3次メッシュ4個分の範囲内のデータが収められる。ファイル名としては1次・2次メッシュと、3次メッシュのうち左下のメッシュの番号、およびデータの種別が P_L 値であることを識別するための拡張子があたえられる。

地図の情報としては、3次メッシュ4個分のデータが1つのファイルとしてまとめられている。このデータは横方向に460個、縦方向に380個の画素から構成されている。1つの画素の情報は1バイトのデータによって表現できることから、

(1) ボーリング位置での P_L 値

| メッシュ | | 地点番号 | 4次メッシュ内正規化座標 | | P_L 値 |
|------|----|------|--------------|------|---------|
| 3次 | 4次 | | x値 | y値 | |
| 12 | 12 | 13 | F6.4 | F6.4 | F5.1 |

(2) 地図



(3) 背景図の区境界と鉄道、道路

| 3次メッシュ4個の図郭の 地図内正規化座標 | | 表示 コード | 終 始 点 コ ー ド |
|--------------------------|--------|-----------|----------------------------|
| x 値 | y 値 | | |
| F6.4 | F6.4 | 11 | 11 |

図5.1 パソコン表示用に変換されたデータの構造

1ラインあたり460カラム（バイト）のデータを380ライン（レコード）ならべたデータ構造としている。ファイル名にはP_L値のデータと同様にメッシュの番号をつけるとともに、拡張子によって地図の種類を識別する。1つの地図を表示するためのデータ数はおよそ190 KBであり、1 MBのフロッピーには5枚の地図を収納することができる。

背景図として使用する行政界と道路・鉄道の情報も、地図の情報とおなじく3次メッシュ4個分のデータを1ファイルに収納した。原資料である国土数値情報では、行政界などの位置は2次メッシュ内の正規化位置によってベクトル情報としてあたえられている。このため、該当する範囲の情報を切り出したのち、3次メッシュ4個の図郭内の正規化座標に変換して位置の情報とした。各位置には行政界と道路・鉄道を色別に表示するためのコードと、終始点を識別するためのコードが付加されている。ベクトル情報の表示は開始点コードのついた地点から始められ、データの配列順にしたがって色別の線をひき、終点コードによって終了する。ファイル名のつけかたはP_L値の場合と同様であり、拡張子によって背景図ファイルであることを識別している。

5. 4 情報の表示と判定値の入力

5. 4. 1 ボーリング地点での液状化解析結果の表示と判定値の入力

入力されている地図とボーリング地点でのP_L値は、図5.2のメニューから選択することによって表示される。対象とする位置はメッシュコードに2次から4次までのメッシュ番号を入力することで検索することができる。

グラフィック・ディスプレイに表示されたボーリング地点でのP_L値の例を、図5.3に示す。表示されている位置はメッシュコードが46（2次）12（3次）01（4次）によって検索された、中央区日本橋小網町の付近である。

ディスプレイ上には一辺が約500mの4次メッシュ内に分布するボーリングの位置と、P_L値が出力される。また、画面にはこのメッシュにふくまれるP_L値のヒストグラムと、平均値などの簡単な統計量が表示される。

B: コンティニュー リバース

0. メッシュコードの入力 99. 終了

1. 柱状図位置のP_L値と統計量（500mメッシュ）
2. 土地条件図（昭和46年）
3. 土地分類図（昭和59年）
4. 江戸期の水系図（文献資料）
5. 湿地水田分布図（明治13年）
6. 旧版地図の水系図（明治42年）
7. 旧版地図の水系図（大正14年）
8. 旧版地図の水系図（昭和12年）
9. 関東地震地盤被害分類図（昭和60年調査）
10. 関東地震家屋被害分布図（地質調査所）

メッシュコードを指定してください（2次-3次-4次）

メッシュコード? ■

B. 前のメニューへ戻る F. 次のメニューへ進む OP. オプション

メッシュコードが指定されていません

B: コンティニュー リバース

0. メッシュコードの入力 99. 終了

1. 沖積層基底等深線図（昭和59年）
2. 地下水位分布図（昭和60年）
3. 表層分布図（昭和60年）
4. 砂層分布図（昭和60年）
5. 礫層分布図（昭和60年）
6. 液状化危険メッシュ図（昭和53年防災会議）
7. 総合危険度判定の表示（2kmメッシュ）
8. 総合判定クロステーブル
9. 総合危険度判定作業（P_L+地図）

作業の番号を指定してください

番号? ■

B. 前のメニューへ戻る F. 次のメニューへ進む OP. オプション

現在のメッシュコード（2次-3次-4次）: 46-12-01

図 5.2 パソコンによる支援システムのメニュー

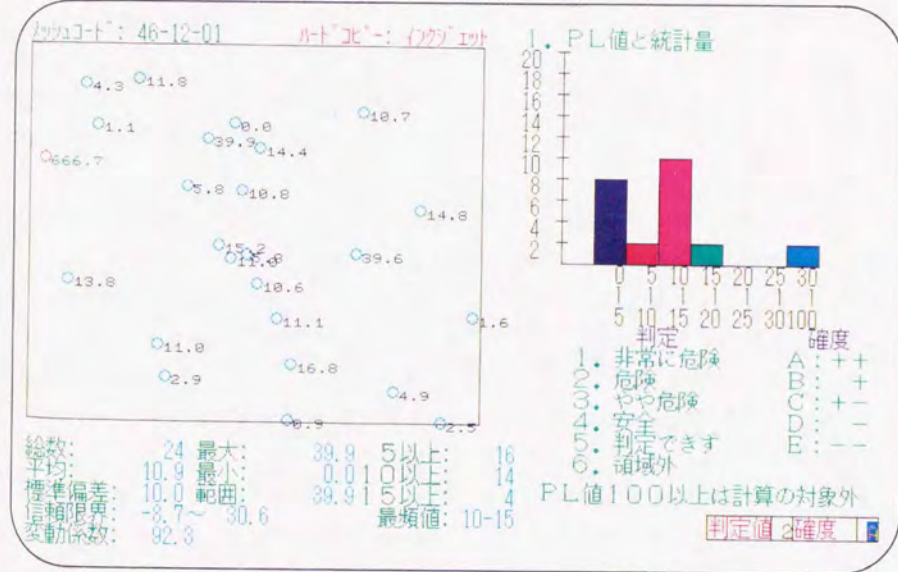


図 5.3 パソコンによる支援システムの出力例（ボーリング地点でのPL値と統計量）

P_L 値の分布から判断されるこのメッシュの判定結果としては、2種類の判定基準にしたがった値が入力できるようになっている。そのひとつは液状化危険度の判定値であり、「非常に危険」から「安全」まで4ランクの危険度と、「判定できず」、「領域外」の判定結果が入力できる。もうひとつの判定基準は液状化発生の判定値にたいする確度であり、「++」から「--」までの5ランクが用意されている。

液状化危険度の判定値は文字どうりメッシュ内の液状化の程度を判定して入力するものであり、P_L 値の平均値あるいは最大値などから判定値を決めることができる。これにたいして、判定値の確度は選択された液状化危険度の判定値の代表性あるいは確からしさの指標となるものであり、メッシュ内にあるボーリング地点の数とその分布から決められる。ボーリング地点が多く、その分布もメッシュ内に均等に配置されている場合の確度は高いと判断されるのにたいして、地点数が少ない、あるいは分布する場所がかたよっているメッシュでは、その精度は当然低いものと考えなければならない。

入力された液状化の危険度と確度から、4次メッシュごとの判定結果のファイルが自動的に作成される。ファイル名は2次から4次までのメッシュ番号と、判定結果であることを識別する拡張子がつけられる。

5. 4. 2 地図の表示と判定値の入力

地図の画面表示のうち、土地条件図の例を図 5.4に示す。選択されているメッシュコード461201をふくむ3次メッシュ4個の図郭の土地条件図が出力されるとともに、該当する4次メッシュの位置が枠にかこまれて表示される。枠の色は地図の色区分との混同を避けるため、キーボードからの入力によって変化させることができる。

出力された地図の右側には該当する4次メッシュにふくまれる区分の凡例と、各区分が4次メッシュ内に占める面積の比率が示されている。また、地図の下側には、この4次メッシュについてすでに入力されている判定値が表示される。

土地条件図からは、この地域の大部分は過去に海であった場所を埋立てた場所（シアン）であり、一部に陸上の盛土地（黒）や低地の微高地（黄）も分布して

いるのがみられる。

図 5-5から図 5-12 には、このほかの地図についての出力例を示す。表示されている位置はすべて土地条件図とおなじメッシュである。土地分類図（図 5-5）では自然堤防のような低地の微高地を除いているため、すべて三角州として表示されている。対象としているメッシュは都心部に近いことから、江戸時代からさかんに海の埋立てがおこなわれていた。このようすは、図 5-5に示した江戸期の水系図から読取ることができる（凡例にない白の部分は1632年から1670年までに陸化した地域である）。

対象としている場所がふるくから都市化されていたことは、湿地・水田分布図（図 5-6）にもみることができ、この時代にはすでに湿地、水田ともなくなっている。また、都市化がすでに一段落しているのは水系図にも表われており、明治の水系図（図 5-6）と大正の水系図（図 5-7）の間にはほとんど変化が認められない。この地域の水面は、第Ⅱ次大戦後にふたたび埋立てがおこなわれている。昭和12年（1937）の水系図は大正の水系図にくらべて、いくつかの小河川が埋立てられているものの、土地条件図にみられる現在の水面にくらべると、河川や運河もかなり残されている。

関東地震での地盤と家屋の被害図を図 5-8に示す。地盤被害分類図では東南の一角に軽度の液状化が発生した地域（黄）が分布するとともに、井水の変化・地割れが発生した地域（青）も点在しているが、液状化の非発生が確認された地域（緑）がもっとも広く分布している。これにたいして、家屋被害はかなり多く発生している。

地質の情報のうち、沖積層の層厚（図 5-9）はあまり厚くはないが、砂層の層厚（図 5-10）は8~10mとかなり厚く堆積している所もみられる。また、沖積層中の礫層（図 5-11）も広く分布している。

図 5-12 にはP_L値の分布図の背景図として、行政界と道路・鉄道を表示した例を示した。他の地図にくらべていくぶん位置が確認しやすくなったが、行政界や道路・鉄道の線だけでは位置を正確に知ることはできなかった。位置を確認する上では現状に近い土地条件図がもっとも有効であるが、正確さの点では4次メッシュの線をひいた国土地理院の地形図を手元に用意しておく必要があった。

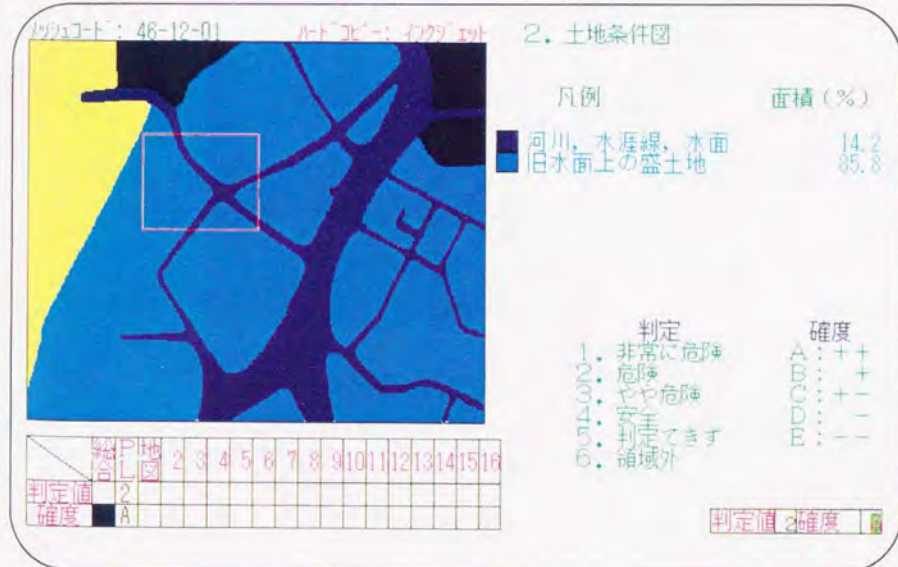


図 5-4 パソコンによる支援システムの出力例（地図上のメッシュ位置と土地条件図）

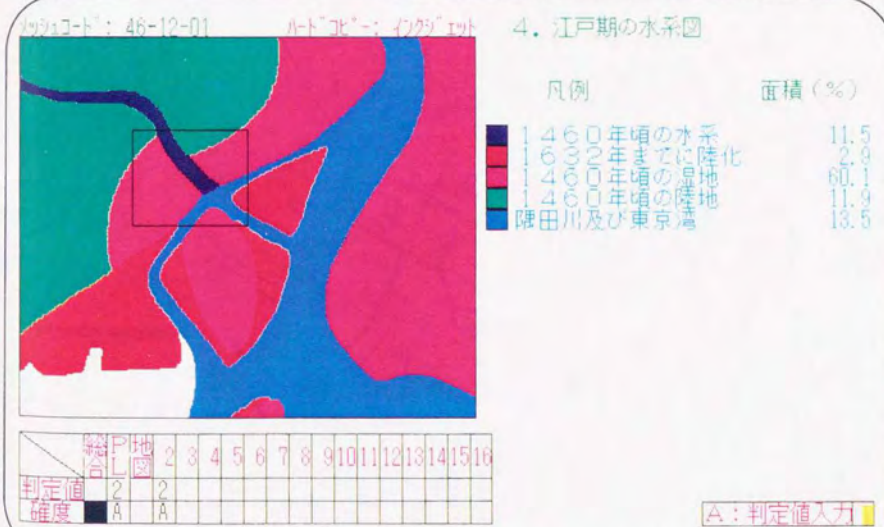
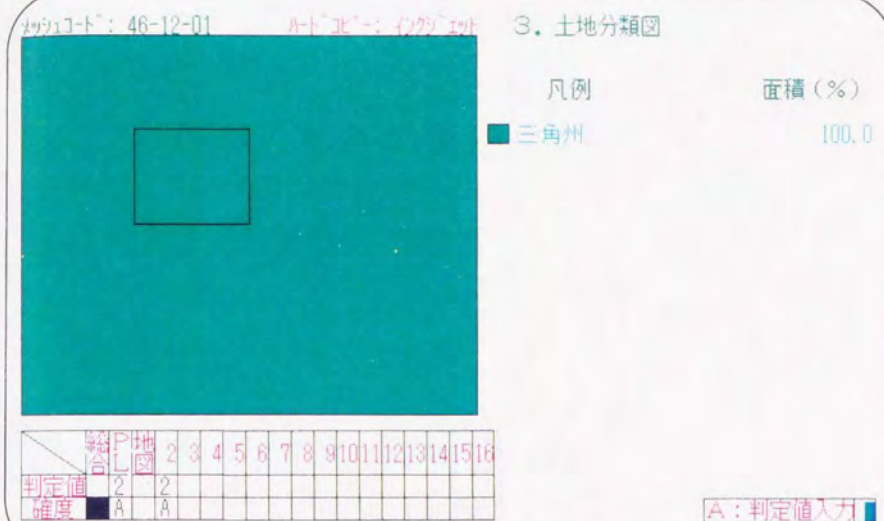
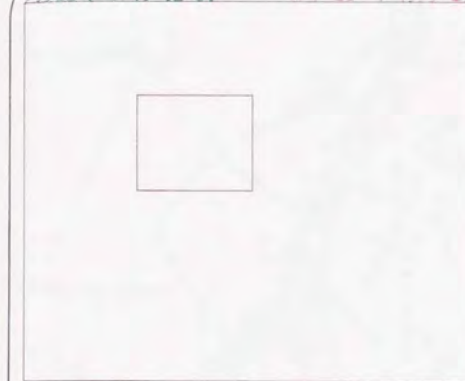


図 5.5 パソコンによる支援システムの出力例（土地分類図と江戸期の水系図）

メッシュコード: 46-12-01

ハートコピー: インクジェット

5. 湿地水田分布図



| 凡例 | 面積 (%) |
|-----------|--------|
| □ その他, 都外 | 100.0 |

| 総計 | 地 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 判定値 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 確度 | A | A | E | | | | | | | | | | | | | |

A: 判定値入力

メッシュコード: 46-12-01

ハートコピー: インクジェット

6. 明治期の水系図



| 凡例 | 面積 (%) |
|-----------|--------|
| □ その他, 都外 | 82.6 |
| ■ 水域 | 17.4 |

| 総計 | 地 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 判定値 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 確度 | A | A | E | | | | | | | | | | | | | |

A: 判定値入力

図 5.6 パソコンによる支援システムの出力例 (湿地・水田分布図と明治期の水系図)

マッシュコード: 46-12-01

ルート番号: インクジェット

7. 大正期の水系図



凡例

面積 (%)

■ その他, 都外
■ 水域

84.8
15.2

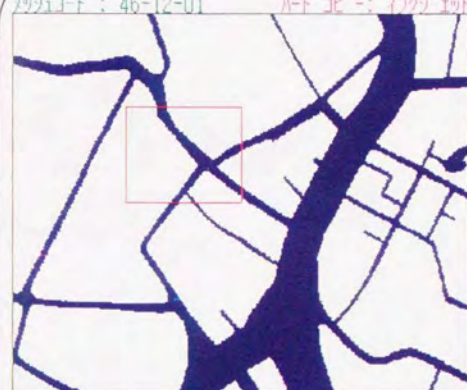
| 判定値 | 確度 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 判定値 | 確度 | 2 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | | | | |
| 判定値 | 確度 | A | A | A | E | | | | | | | | | | | |

A: 判定値入力

マッシュコード: 46-12-01

ルート番号: インクジェット

8. 昭和期の水系図



凡例

面積 (%)

■ その他, 都外
■ 水域

82.7
17.3

| 判定値 | 確度 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 判定値 | 確度 | 2 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | | | | |
| 判定値 | 確度 | A | A | A | E | | | | | | | | | | | |

判定値 確度 8

判定 確度
1. 非常に危険 A: ++
2. 危険 B: ++
3. やや危険 C: +-
4. 安全 D: -
5. 判定できず E: --
6. 領域外

図 5.7 パソコンによる支援システムの出力例 (大正期の水系図と昭和期の水系図)

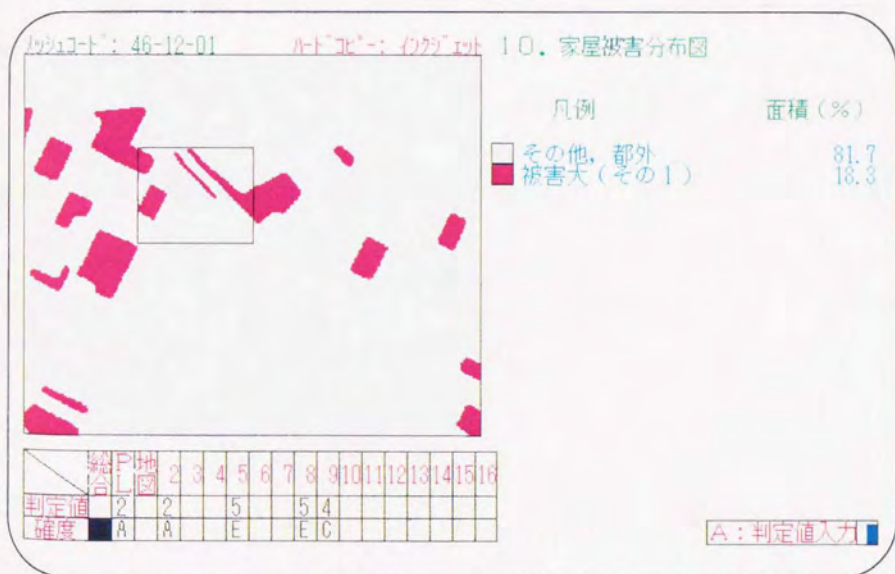
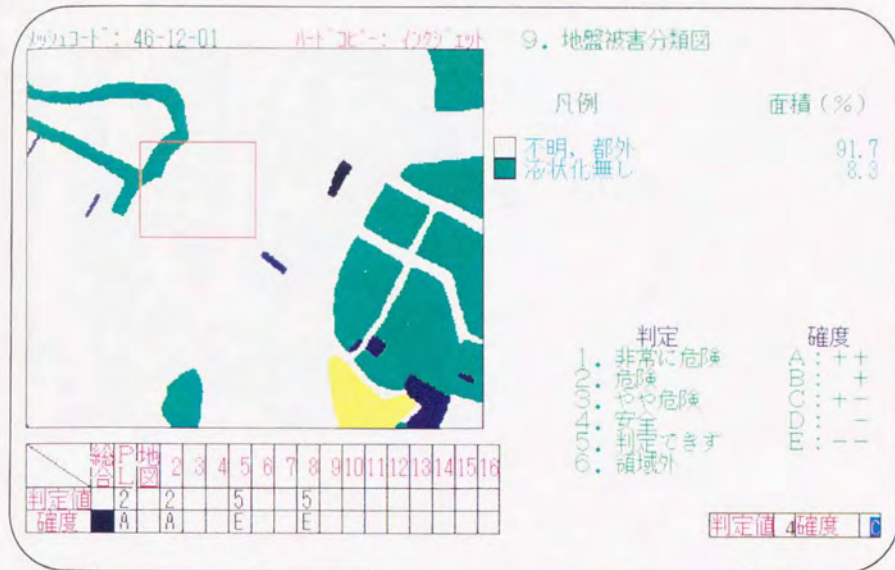
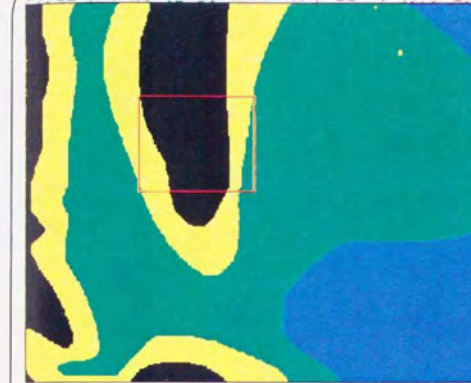


図 5.8 パソコンによる支援システムの出力例（地盤被害分類図と家屋被害分布図）

プロジェクト: 46-12-01 プロジェクト: 4222 1.1. 沖積層基底等深線図



凡例

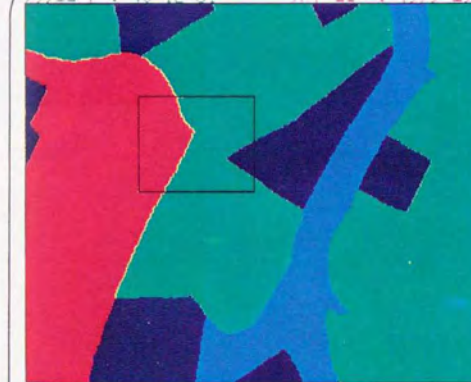
面積 (%)

| | | |
|---|-------------|------|
| ■ | -20 ~ -30 m | 7.3 |
| ■ | -10 ~ -20 m | 27.7 |
| ■ | 0 ~ -10 m | 65.0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| | 総計 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 判定値 | 2 | 2 | | 5 | | | | 5 | 4 | | | | | | | |
| 確度 | A | A | | E | | | | E | C | | | | | | | |

A: 判定値入力

プロジェクト: 46-12-01 プロジェクト: 4222 1.2. 地下水位分布図



凡例

面積 (%)

| | | |
|---|-------|------|
| ■ | 1.5 m | 4.9 |
| ■ | 2.5 m | 35.9 |
| ■ | 2.0 m | 59.2 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| | 総計 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 判定値 | 2 | 2 | | 5 | | | | 5 | 4 | | | | | | | |
| 確度 | A | A | | E | | | | E | C | | | | | | | |

A: 判定値入力

図 5.9 パソコンによる支援システムの出力例（沖積層基底等深線図と地下水位分布図）

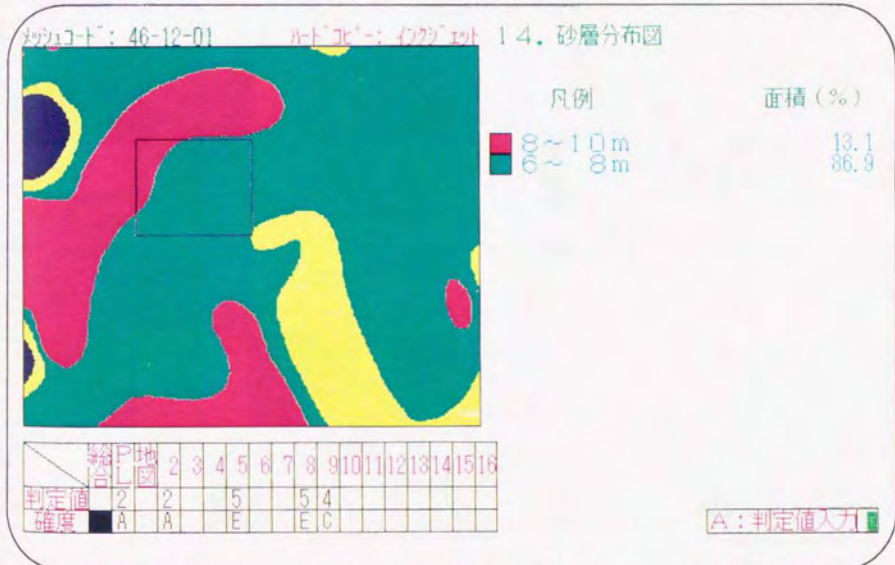
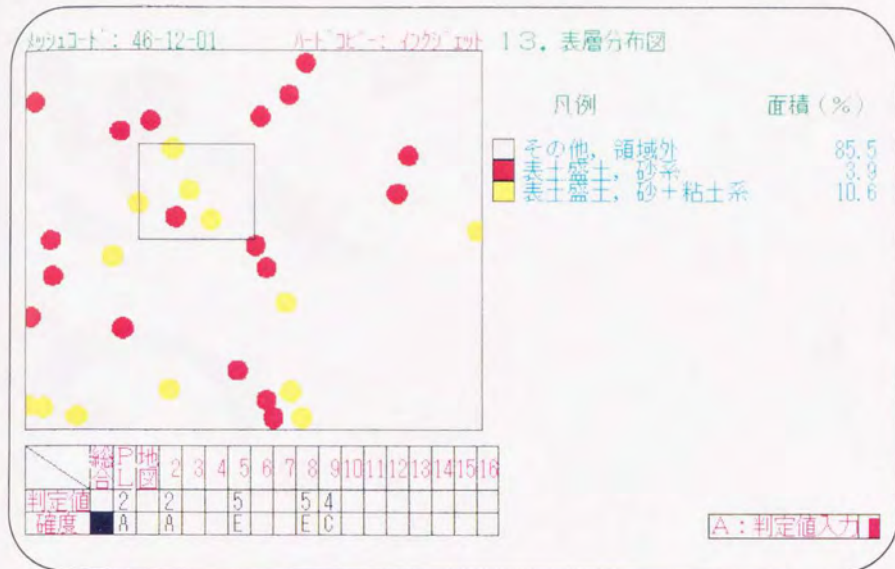
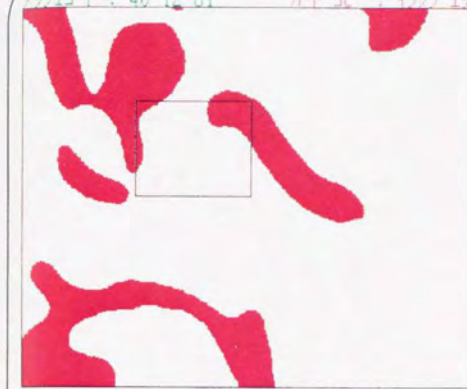


図 5-10 パソコンによる支援システムの出力例（表層分布図と砂層分布図）

メッシュコード: 46-12-01 ハートナンバー: 12345678910111213141516 15. 礫層分布図



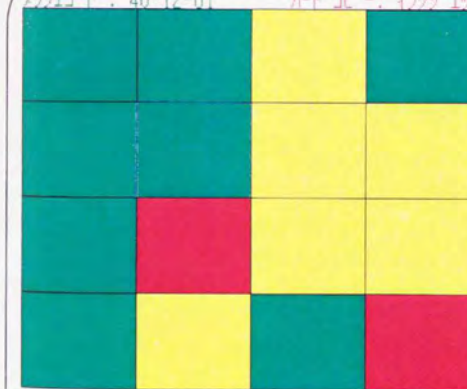
| 凡例 | 面積(%) |
|-----------|-------|
| □ その他、領域外 | 85.0 |
| ■ 礫層有り | 15.0 |

| 判定 | 確度 |
|----------|-------|
| 1. 非常に危険 | A: ++ |
| 2. 危険 | B: + |
| 3. やや危険 | C: +- |
| 4. 安全 | D: - |
| 5. 判定できず | E: -- |
| 6. 領域外 | |

| 判定値 | 確度 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 判定値 | A | 2 | 2 | 5 | 5 | 4 | | | | | | | | | | |
| 確度 | A | A | E | E | C | | | | | | | | | | | |

判定値 4 確度 C

メッシュコード: 46-12-01 ハートナンバー: 12345678910111213141516 16. 液状化危険メッシュ図



| 凡例 |
|---------------|
| ■ 液状化の可能性大 |
| ■ 液状化の可能性小 |
| ■ 液状化の可能性殆ど無し |
| □ 領域外 |

| 判定値 | 確度 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 判定値 | A | 2 | 2 | 5 | 5 | 4 | | | | | | | | | | |
| 確度 | A | A | E | E | C | | | | | | | | | | | |

A: 判定値入力

図 5-11 パソコンによる支援システムの出力例（礫層分布図と既存の液状化予測図）

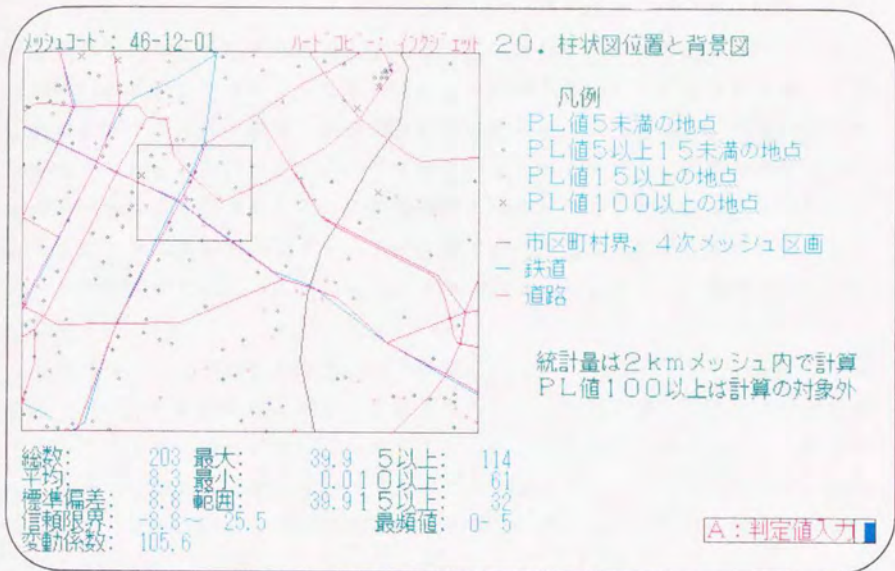


図 5.12 パソコンによる支援システムの出力例（ボーリング位置でのPL値と背景図）

地図の情報から判定される結果は、 P_L 値の場合と同様に危険度と確度の2種類の判定値が入力できるようになっている。このうち、危険度の判定値はメッシュ内に分布する地形・地質などの区分から、地震時に危険である、あるいは安全であると判断される区分があるかどうかを判定して入力する。確度は危険度の判定値の代表性あるいは確からしさの指標であることから、危険あるいは安全と判断した区分の面積率から決定するのが妥当であると考えられる。この判定をおこなうときの指標として、凡例には4次メッシュに定める各区分の面積率が表示されている。

各地図について入力された地盤の危険度と確度は、該当するメッシュの判定結果のファイルを自動的に作成して記録される。また、判定結果のファイルがすでに作成されている場合には、そのファイルに判定結果が追加される。この判定結果のファイルは P_L 値の判定結果を収録するファイルと共通のものであり、各地図の判定結果はメニューの順番にしたがったファイル上の位置に記録される。

5.5 判定値の集約と予測結果の決定

5.5.1 概説

この支援システムの基本的な意思決定法は、複数の地図情報から判定された危険度と、ボーリング地点の P_L 値から判定された危険度との重ね合わせによって最終的な危険度を評価するものとなっている。また、個々の地図やボーリング地点の P_L 値から判断される結果としては、地盤被害の危険度の判定値だけでなく、判定の根拠となった情報の確度も評価することになっている。

判定は4次メッシュ単位におこなわれることから、判定結果はこのメッシュ内の地域の代表的な危険度を表わすものとなる。メッシュの境界線は人為的に設定したものであり、このなかにはさまざまな危険度をもった地盤がふくまれる。例えば、過去の地震被害から安全な地形であるとされている台地と、被害が多く発生している河谷底が同一のメッシュ内に混在している場合、メッシュの危険度をどのように判定するかが問題となる。危険度判定を危険側の河谷底から決定する

か、平均的な危険度とするかは、予測の目的や判定者の考え方によって選択されることになる。いずれの場合にも、判定結果にある程度の“あいまいさ”がふくまれることは避けられない。

メッシュによる判定にはこのような“あいまいさ”がふくまれるという短所はあるが、その一方で、数多くの情報から危険度を決定できるという長所ももっている。数多くの情報を重ね合わせることで、例えばこの地域は過去に湿地であり、その湿地は砂質土で盛土されたとか、あるいは砂層の厚い地域であったなど、地盤の性質を多角的にとらえることができる。情報の重ね合わせが多くなるほどメッシュ内の全体像が明瞭になることから、個々の情報についての危険度を数值的に評価することができれば、危険度の合成から総合的な判定値を決定することが可能となる。

もちろん、個々の情報について危険度を定量的に評価する点にも問題がないわけではない。もともと個々の地形・地質図の区分には、危険度を正確に定量化するだけの明確な根拠はない。過去の地震被害例や、第4章で述べた集計結果などが参考にはなるが、評価自体は判定者の判断にまかされることから、ここにもある程度の“あいまいさ”がふくまれる。しかし、多くの情報を重ね合わせることによって、大局的な判断としてはそれほど誤りのない予測結果が得られると考えられる。

個々の情報について危険度を定量的に評価する上では、危険度の評価項目だけでなく、地図の区分の面積やボーリング地点の分布から求められている確度という評価項目も有用となる。特に、数多くのメッシュについて危険度評価をおこなう場合には、判定結果はできるだけ均質になっている必要がある。判定結果の均質性は、判定の基準と判定結果を集約するルーチンを明確にしておくことで達成できる。しかし、もともと個々の危険度判定に“あいまいさ”がふくまれていることから、この“あいまいさ”を定量化した確度の判定値は、判定結果を集約する過程で重要な指標になると考えられる。

個々の情報についての危険度と確度を合成するために、この支援システムは2つのデータ集約テーブルを用意している。そのひとつは地図による判定値の集約テーブルであり、個々の地図にたいして下された判定結果を表示することによって、地図の総合的な危険度と確度を決定しやすくするためのものである。もうひ

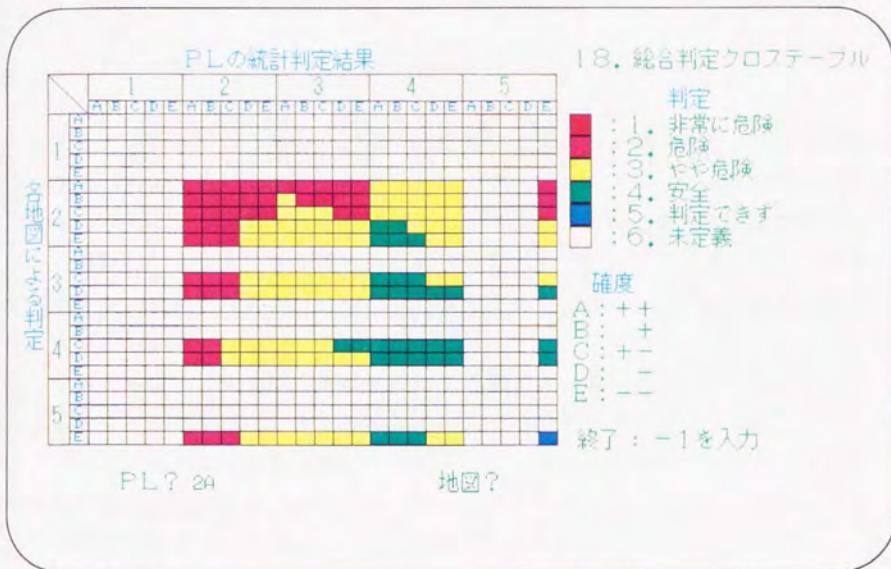
つは集約された地図の判定結果と P_L 値の判定値を結合するクロステーブルであり、事前に判定者によって入力されたクロステーブルの値にしたがって、地図の判定結果と P_L 値の判定値から最終的な判定結果が求められる。このクロステーブルによって、最終的な判定結果のファイルが自動的に短時間で作成できるだけでなく、クロステーブルの値を変化させて得られる何種類かの判定結果から、妥当と思われる判定結果を試行錯誤によって求めることができる。

5.5.2 地図による判定値の集約

地図による判定値の集約テーブルは、メニューの19を指定することで呼出される。図5.13の下段の例にみられるように、画面にはすでに判定結果のファイルに入力されている地図ごとの判定値と確度が表示される。これらの判定値と確度をもとに、地図の総合的な危険度と確度が決定されるが、この評価は判定者の判断にまかされている。このため、いくつかのメッシュにわたって判定値の集約をおこなう場合には、事前に判断の基準を定めておく必要がある。

地図の判定値を集約する作業は、ルーチン化して計算機で自動的に処理する方法も考えられる。しかし、対象とする構造物や予測しようとする被害の形態は、それぞれの判定者によって違うことから、機械的な処理はきわめてむずかしいと判断した。実際にこのシステムを予測作業に使った例でも、この部分の作業にはかなりの試行錯誤をくりかえす必要があった。このため、判断までプログラム化するのは将来の課題として残し、個々の地図での判定値や P_L 値での判定値と同様に、判定者の判断によって入力する方法をとっている。

入力された地図の総合的な危険度と確度は、判定結果のファイルに追加されるとともに、地図の判定結果と P_L 値の判定値を結合するクロステーブルの値にしたがって、最終的な危険度が表示される。この最終的な危険度も判定結果のファイルに収録される。



マシコト: 46-12-01

ハト北: インクイ

19. 総合危険度判定作業

| | 総合 | PL | 地図 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 判定値 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | | | 5 | 4 | | | | | | | 4 | |
| 確度 | | A | D | A | | E | | | E | C | | | | | | | C | |
| 担当者 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- 判定
- 1. 非常に危険
 - 2. 危険
 - 3. やや危険
 - 4. 安全
 - 5. 判定できず
 - 6. 領域外

- 確度
- A: ++
 - B: ++
 - C: +-
 - D: -
 - E: --

- 地図の種類
- 2. 土地条件
 - 3. 土地分類
 - 4. 江戸水系
 - 5. 湿地水田
 - 6. 明治水系
 - 7. 大正水系
 - 8. 昭和水系
 - 9. 被害分類

- 10. 家屋倒壊
- 11. 基底等深
- 12. 地下水位
- 13. 表層分布
- 14. 砂層分布
- 15. れき層分布
- 16. 防災会議

地図による 判定値 ? 2

確度 ? D

担当者 (8文字以内) ?

図 5.13 パソコンによる支援システムの出力例

(総合判定クロステーブルと、地図による判定結果を集約するテーブル)

5. 5. 3 クロステーブルでの予測結果の決定

地図の総合的な判定結果と P_L 値の判定値を結合するクロステーブルの入力例を、図 5・13 の上段に示す。このクロステーブルは、メニューの18を指定することで呼出される。最終的な地盤の危険度としては、「非常に危険」と「危険」、「やや危険」、「安全」の4ランクと、「判定できず」、「未定義」の6区分が設定できる。最終的な判定では確度の評価項目はなくなっており、危険度の区分だけに集約される。

クロステーブル上の値は、地図による判定値と P_L 値による判定値がクロスする位置にカーソルをおき、1から6までのコードをキーボードから入力することで、パソコン内部に記憶される。メニューの19が呼出されて地図の総合的な判定値と P_L 値による判定値が入力されると、クロステーブル上の値にしたがって最終的な危険度が求められる。

5. 5. 4 予測結果のファイル化と表示

判定された最終的な危険度は、メニューの17によって表示される。図 14 の上段に示すように、この画面では3次メッシュ4個（4次メッシュ16個）について、地図による総合的な判定値と P_L 値による判定値、最終的な危険度がコードで表わされている。この画面によって、現在判定しているメッシュの危険度が周辺のメッシュでの危険度と整合がとれているかの評価をおこなうことができる。

メニューの27では、図 14 の下段にみられるように、判定された最終的な危険度が色区分で画面に表示される。このメニューが呼出されると、最終判定結果ファイルが自動的に作成され、画面に表示されている4次メッシュ16個分の判定結果が記録される。ファイル名としては1次メッシュと2次メッシュ、左下の3次メッシュのコードと、最終判定結果ファイルであることを識別するための拡張子がつけられる。このファイルは判定結果の公表など、最終的な危険度だけを取り出すときに利用される。

メッシュコード: 46-12-01

ハートビート: インクジェット 17. 総合危険度判定の表示

| | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 46-12-10 3 3 2 A E | 46-12-11 2 2 2 A D | 46-13-10 3 3 2 C D | 46-13-11 4 4 4 D C |
| 46-12-00 4 4 2 A D | 46-12-01 2 2 2 A D | 46-13-00 3 3 2 C D | 46-13-01 3 3 2 C C |
| 46-02-10 3 3 2 A C | 46-02-11 3 3 2 C D | 46-03-10 2 2 2 B D | 46-03-11 3 3 2 D D |
| 46-02-00 3 3 2 A D | 46-02-01 3 3 2 B D | 46-03-00 3 3 2 C C | 46-03-01 2 2 2 B D |

凡例

メッシュコード

総 P 地
合 L 図

* : 未入力
X : ファイル無し

上段: 判定値
下段: 確度

- 判定
- 非常に危険
 - 危険
 - やや危険
 - 安全
 - 判定できず
 - 領域外

確度

A: ++
B: +
C: +-
D: -
E: --

リターン -> メニュー画面へ戻る

メッシュコード: 46-12-01

ハートビート: インクジェット 27. 2kmメッシュ
サマリーファイル作成

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| 46-12-10 | 46-12-11 | 46-13-10 | 46-13-11 |
| 46-12-00 | 46-12-01 | 46-13-00 | 46-13-01 |
| 46-02-10 | 46-02-11 | 46-03-10 | 46-03-11 |
| 46-02-00 | 46-02-01 | 46-03-00 | 46-03-01 |

凡例

- 非常に危険
- 危険
- やや危険
- 安全
- 判定できず
- 領域外

リターン -> メニュー画面へ戻る

図 5-14 パソコンによる支援システムの出力例

(メッシュごとの判定結果の表示と、カラーによる総合判定結果の表示)

5. 6 まとめ

この章ではパーソナル・コンピュータを利用した支援システムの設計について述べた。

パソコンによる支援システムには、情報の表示と判定結果の集約の2つの機能をもたせた。情報の表示では、入力したすべての地図とボーリング情報ファイルをもとに計算された液状化指数 (P_L) 値を、対話形式で検索することができるようにプログラム化した。

この支援システムでは、複数の地図情報から判定された危険度と P_L 値から判定された危険度とを重ね合わせて、地盤の危険度を評価する方法を採用している。地図や P_L 値にたいしてあたえられた判定値は、キーボード入力によって自動的にファイルに記録される。判定結果を集約する機能としては、地図と P_L 値の判定値をクロステーブルを介して結合し、最終的な判定結果を得られるように設計した。システムに情報の表示機能だけでなく、判定結果の入力と集約の機能ももたせることによって、大量のメッシュについても比較的短時間で判定がくだせるようになっている。

個々の地図やボーリング地点の P_L 値から判断される結果としては、地盤被害の危険度の判定値だけでなく、判定の根拠となった情報の確度も評価することにした。メッシュによる地盤の危険度判定では、判定結果はメッシュ内の地域の代表的な地盤危険度を表わすものとなる。メッシュの境界線は人為的に設定したものであり、このなかにはさまざまな危険度をもった地盤がふくまれることから、危険度の判定値にはある程度の“あいまいさ”が残されている。確度の判定値は危険度の判定値の信頼性あるいは代表性を評価した値であり、“あいまいさ”を数量的に表わしたものである。個々の地図や P_L 値にあたえられた確度の判定値は最終的な危険度評価ではおもてに表われないが、多数のメッシュについて危険度を判定するときの評価の均質性を保持するためには、この確度の判定値は重要な指標となる。

磁気データ化した情報をパソコンに移植したことで得られた長所のひとつは、データを手軽に持運べることである。規格に合ったパソコンのある場所ならどこでも入力した地図やボーリング地点での P_L 値を表示できることから、地震時の

地盤危険度や液状化の予測結果を視覚的に説明することができる。また、すべてのデータをフロッピーに収めることができるため、データの保存や複写もかなり容易になっている。

一方、パソコンには表示できる色彩に制限があるため、地図の区分を集約しなければならないという欠点もみられる。表示されている地図の位置を知るための情報としては、国土数値情報から行政界と道路・鉄道を表示するメニューを設けたが、位置を確認する上ではこの情報だけでは不十分であった。

参考文献

- 5・1) 東京都土木技術研究所：東京低地の液状化予測，土質工学会，1987.
- 5・2) 草野 郁，阿部 博，小川 好，中山俊雄：東京低地の液状化予測，土木学会論文集，第418号／Ⅲ-13，pp. 95-104，1990.
- 5・3) Kusano, K., Abe, H., Ogawa, Y. and Nakayama, T.: Liquefaction Potential Map in Tokyo Lowland, Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering, Vol. II, pp. 157-162, 1988.
- 5・4) 草野 郁：東京低地の液状化予測手法に関する研究，名古屋工業大学博士論文，1990.

図表リスト

- 図 5・1 パソコン表示用に変換されたデータの構造
- 図 5・2 パソコンによる支援システムのメニュー
- 図 5・3 パソコンによる支援システムの出力例（ボーリング地点での P_L 値と統計量）
- 図 5・4 パソコンによる支援システムの出力例（地図上のメッシュ位置と土地条件図）
- 図 5・5 パソコンによる支援システムの出力例（土地分類図と江戸期の水系図）
- 図 5・6 パソコンによる支援システムの出力例（湿地・水田分布図と明治期の水系図）
- 図 5・7 パソコンによる支援システムの出力例（大正期の水系図と昭和期の水系図）
- 図 5・8 パソコンによる支援システムの出力例（関東地震での地盤被害分類図と家屋被害分布図）
- 図 5・9 パソコンによる支援システムの出力例（沖積層基底等深線図と地下水位分布図）
- 図 5・10 パソコンによる支援システムの出力例（表層分布図と砂層分布図）
- 図 5・11 パソコンによる支援システムの出力例（礫層分布図と既存の液状化予測図）
- 図 5・12 パソコンによる支援システムの出力例（ボーリング位置での P_L 値と背系図）
- 図 5・13 パソコンによる支援システムの出力例（総合判定クロステーブルと、地図による判定結果を集約するテーブル）
- 図 5・14 パソコンによる支援システムの出力例（メッシュごとの判定結果の表示と、カラーによる総合判定結果の表示）

表 5・1 パソコン表示上での土地条件図の凡例