



IT技術を活用した地盤情報管理の システム化と活用技術に関する研究

荻本孝久* 山本俊雄** 菊地敏男*** 杉本 實 ***
岩楯敏広 **** 松田馨余*****

Research on information management for systematization and practical use technology of soil structure using IT technology

Takahisa Enomoto* ** Toshio Yamamoto*** Toshio Kikuchi***
Minoru Sugimoto***** Takahiro Iwadate***** Iware Matsuda*****

概要:1995年兵庫県南部地震、2000年鳥取県西部地震、2001年芸予地震の発生は、我が国が世界でも有数な地震災害の多発国であることとともに、地震被害における地盤条件が大きく影響していることを再認識させた。これらの地震災害からの教訓を十分に認識し、地震被害を低減させ、安全かつ安心できる社会環境を整備して共通のコンセンサスを構築していくことは、現在から将来への重要な課題である。このため地震災害を考える上で基本的で重要な地盤情報は、IT技術を利用してデジタル化して蓄積、管理し有効活用する必要があると考える。従来から、点情報として得られる地盤情報については、多数の点情報を集めて面に広げた分析が求められている。本研究は、GISを活用して面的に広げ震災時の被害予測、震災後の被害実態の解明・復旧活動の支援などに有効利用することを目的としている。

Abstract: The foundation conditions in earthquake damage made a new appreciation of having influenced greatly, as for the occurrence of the 1995 Hyogo southern part earthquake, the 2000 Tottori western earthquake, and the 2001 Geiyo earthquake, have with our country being a frequent occurrence country of an earthquake calamity leading also in the world. It is an important subject from present to the future to fully recognize the teachings from these earthquake calamities, to reduce earthquake damage, to improve safety and the social environment about which he can feel easy, and to build common consensus.

For this reason, I think that it is necessary to use foundation information fundamental when considering an earthquake calamity, and important, and it needs to be accumulated, and it is necessary to digitize and manage it, and it needs to use IT technology effectively.

The analysis which collected many point information and was extended from the former to the field about the foundation information acquired as point information is called for. This research aims at utilizing GIS, extending in field and using effectively for support of elucidation / restoration activities of the damage prediction in case of an earthquake disaster, and the damage actual condition after an earthquake disaster etc.

1. まえがき

地震災害に地盤構造は大きく関係している。一般に、地盤構造は深部地下構造と表層地盤構造に分けて考えられる。最近では、深部のマクロな地下構造解明のため国レベルで大都市周辺の活断層・地下構造調査などが実施されて深部地下構造の情報も得られつつある。

一方、表層地盤の地盤構造を検討する場合は、主として土質ボーリングデータが重要な情報源となり、分散的ではあるが多数の地点でデータが得られている。

*助教授, 建築学科

Associate Professor, Dept. of Architecture and Building Engineering

**助手, 建築学科

Research Associate, Dept. of Architecture and Building Engineering

***大林組(株)研究所

Reserch Institute of Technology, Obayashi

****元横浜市環境科学研究所

Yokohama Environmental Science Reserch Institute

*****教授, 東京都立大学

Professor, Tokyo Metoroporitan University

*****教授, 関東学院大学

Professor, Kanto Gakuin University

土質調査ボーリングデータについて、(旧建設省)土木研究所・(旧通産省)産業技術研究所などが中心となって全国のデータを使って地質情報のデータベース化を行う試みを展開したが、広域的であることからデータの所有権や管理の問題など困難な点が多く進展していない。

しかし地震災害などに対する地域の防災環境を考える場合に基本的な表層地盤の情報は不可欠であるにも関わらず分散的に存在しているだけで有効活用が計られていないのが現状である。

一方、現在のIT技術の根幹をなす情報通信技術の進展は目覚ましく、情報の蓄積・管理により一元化を可能とするとともに、適切な情報管理のもとにデータの共有化と有効活用が計れる可能性が広がっている。

以上の観点から、下記のような早期に着手すべき研究項目があげられる。

- 地盤関連情報のプロトタイプ情報管理技術の構築による均質化。
- IT技術を利用したデータベースの構築によるデータ管理の高精度化。
- データの活用による地盤構造の補完技術の高精度化。
- IT技術を利用したデータの視覚表示化による情報活用の効率化。
- 地震防災に関連する地盤環境情報の共有化。
- 防災に関連する有効な防災教育への活用と展開。

以上の事より将来的には、行政・大学・企業などが共同して地盤関連情報を収集・分析するとともに精度を高める地盤調査を補完的に展開し、IT技術を利用して表層地盤の関連データの蓄積と公開技術を視野に入れた地盤情報管理のプロトタイプシステムを開発することと活用技術を構築することが必要であり、本研究は、そのためにIT技術を利用した地盤情報のデータベースを作成することを目的とした。

2. 地盤情報の管理システムの概要

まえがきに述べたように、表層地盤の情報は地震防災上重要であるにもかかわらず有効な情報管理が実施されていない。この大きな原因は、これまでIT技術のような高度な情報通信システムがなかったこと、大学のような地域に密着し利害関係の少ない中立的な立場で情報管理を行える中心的活动組織が存在しなかったことなどによるものと考えられる。

本研究では、表層地盤を対象とした地盤情報管理のシステム化を目指すとともに情報管理の中心的活动組織を確立して活用するために、まず、共同して分散した土質ボーリング資料を収集し、収集したボーリングデータ資料を基に、GIS(地理情報システム)を用いて各種地盤の抽出や推定堆

積層厚の地域的分布などの面的な分析と管理及びその結果の視覚的な表示形態について検討する。

このため、自治体・民間会社などの協力を得て、ボーリング柱状図、土質試験結果、PS検層など既存の地盤関連データを収集・整理して正確に保存するとともに高度な地盤調査を補完的に実施してGISにより地盤情報を統一化したデジタル形式の地盤情報管理プロトタイプ技術の構築を図る。

効果的な地盤情報管理のプロトタイプシステムを適用するパイロット地域としてまず、データ収集が容易であるため、当初は神奈川県内の横浜市、逗子市、藤沢市、平塚市、南足柄市など数市町村単位で、地盤調査報告書収集を実施しており既に資料収集は進んでいる。

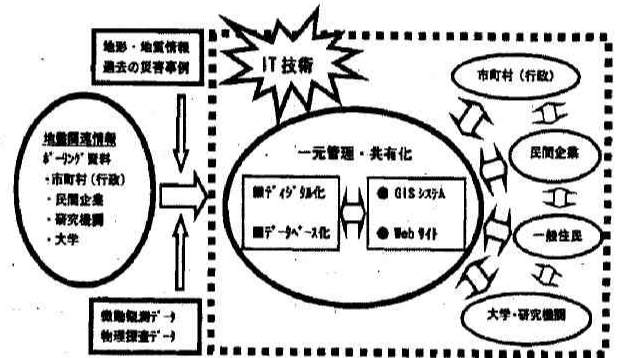


図1 研究手順フローチャート

3. 地盤情報データベース化

地盤情報のデータベース化の標準化はきわめて重要である。ここでは、図1に示す研究手順フローチャートに従って情報の正確性、継続性および利用性を考えて以下のようにした。

(1) 地盤情報収集法

データベース化を行ったボーリングデータは平塚市、小田原市、南足柄市、大井町、開成町、松田町、山北町の3市4町防災関係部署の協力を得て収集した。

データベースを構築するためには、次の3点に注意してデータを抽出を行う必要がある。

- 位置情報が正確に示してあるデータ。
- 調査概要が記述してあるデータ。
- N値が明確に示してあるデータ。

これら上記の3点が確実に記載されていることを確認してから以下に示す6項目が正確に記述されている資料を収集する。

- ①表紙：調査件名，調査年月日，調査担当企業名を記載した表紙。

南足柄市で128本、大井町で7本、開成町で31本、松田町で77本、山北町で48本のデータベースとして可能な2178本の資料が収集できデータベース化を行った。

(2) 収集資料整理

1) データ分類内容

収集された資料を次の1)ボーリング地点、2)土質試験結果のデータ、3)標準貫入試験結果(N値)の3分類に分けデータシートを作成する。

ボーリング地点のデータシートは、調査名、調査地点、ボーリング孔番号、標高、標高種別、坑内水位、緯度経度を記入する項目を表記する。

土質試験結果のデータシートは、土質名、土質記号を入力する項目について表記し、表1に示す土質記号一覧を参考に示す(表1に示す)。

N値のデータシートは、1m深度ごとの標準貫入試験結果を記入できるように表記する。

以上、3分類のデータシートにデータを次に示す順番で入力を行う、

(3) データ入力

1) ボーリング地点データの入力

ボーリングデータ採取地点の情報入力を次の9項目について表2に示すように入力を行った。

表1 土質記号一覧

土質記号	色	色番号	パターン	地質名
101	焦げ茶	8388609	0	表土
102	焦げ茶	8388609	0	盛土
103	焦げ茶	8388609	0	埋土
104	オレンジ	16728064	0	ローム
105	クリーム	16777088	0	軽石
106	黄色	16776960	0	砂
107	黄色	16776960	0	粗砂
108	黄色	16776960	0	中砂
109	黄色	16776960	0	細砂
110	黄色	16776960	0	微細砂
111	ピンク	16711935	0	まさ土
112	水色	65535	0	シルト
113	青色	16639	0	粘土
114	濃紺	192	0	固結シルト
115	濃紺	192	0	固結粘土
116	濃紺	192	0	土丹
117	茶色	12595200	0	レキ
118	茶色	12595200	0	砂レキ
119	紫色	9437376	0	腐植土
120	紫色	9437376	0	PEAT
201		0	18	砂質
202		0	31	シルト質
203		0	21	粘土質、ローム質
204		0	56	有機質
205		0	55	腐植質
206		0	63	凝灰質
207		0	51	火山灰質
208		0	54	玉石混り
209		0	67	レキ混り
210		0	52	砂混り
211		0	29	シルト混り
212		0	19	粘土混り、ローム混り
213		0	56	有機質混り
214		0	55	腐植物混り
215		0	69	軽石混り、スコリア混り
216		0	65	貝殻混り
217		0	51	火山灰混り

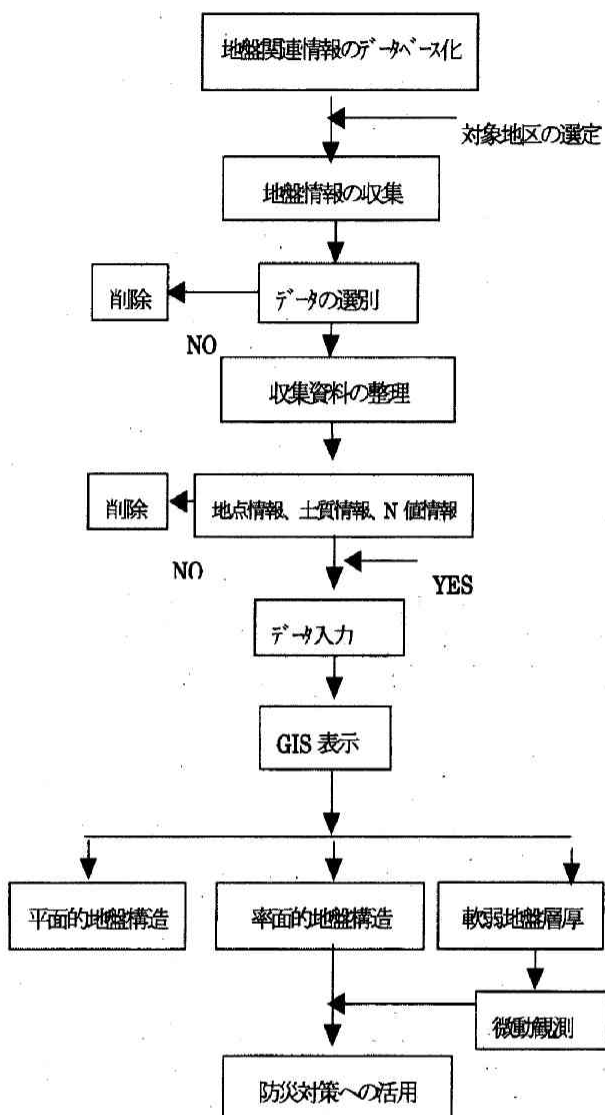


図2 データベース作成フローチャート

②調査概要：発注者、調査件名、調査場所名、内容(調査方法、調査本数等)、調査期間、調査担当を記載してある調査概要。

③案内図：縮尺1/50000地形図、1/25000地形図などで、地図上に調査地域が記載してある案内図。

④調査位置詳細図：1/10000~1/250の地図上にボーリング地点各点の詳細位置が記載してある詳細図。

⑤ボーリング柱状図：調査結果の土質名、N値、孔内水位、標高などが記載して柱状図。

⑥土質試験結果：ふるいわけ試験、コンシステンシー、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、圧密試験等の結果一覧が記載してある土質試験結果。

これら6項目の全データが揃っている資料だけを選択し収集した。その結果、平塚市で1000本、小田原市で823本、

- 工事コードをボーリングデータ情報の統一番号として入力する。
- 調査件名は、調査名称、目的、地点についてのデータをそれぞれ入力を行う。
- 調査地点については、ボーリング孔の所在地を住所で入力する。
- ボーリング坑番号は、所在地の住所入力された工事コード番号で、なお、同一地点のボーリングデータについては坑ごとに番号入力を行う。
- 標高は、各ボーリング坑位置の標高を入力する(単位m)。
- 標高種別は、海面標高を入力する(単位m)。

- 坑内水位は、孔口から坑内水位までの標高差を入力する。
- 調査開始・終了年月日の西暦入力は、例えば1999年1月10日の場合は19990110と入力を行う。(表2参照)
- 緯度経度は、データに記載がある場合は、10進法で入力、記載なしの場合は、デジタイザを使用し読み取り入力を行う、その例は、35° 15' 19. 2" の場合、35. 255311のように入力をする。(表2参照)

2) 土質試験結果データの入力

- ボーリング地点の各層の土質記号、土質名、深度を入力する。このデータはGIS表示の土質柱状図の基になる(表3参照)。
- 工事コードは、ボーリング地点データ入力コードに対

表2 調査名・地点データ入力表

工事コード	調査件名	調査地点	工事コード	標高	標高種別	孔内水位	調査開始年月日	調査終了年月日	緯度	経度
X35-Y02-01	久野公園管理棟	小田原市久野4859-9	1 X35-Y02-01	305.66	1	16.9	19990914	19990916	35.255556	139.111161
X35-Y02-02	久野公園管理棟	小田原市久野4859-9	2 X35-Y02-02	305.64	1	16.5	19990918	19990919	35.255311	139.110900
X37-Y09-01	平成4年度防火	小田原市久野地内	B-1 X37-Y09-01	145	1	0	19920508	19920511	35.270572	139.117322
X37-Yay-01	平成4年度防火	小田原市椋府川地内	B-1 X37-Yay-01	181	1	1	19920508	19920508	35.201144	139.118333

表3 土質試験結果の入力概要

工事コード	深度(01)	土質記号(01)	土質名(01)	深度(02)	土質記号(02)	土質名(02)	深度(03)	土質記号(03)	土質名(03)	深度(04)
X35-Y02-01	0.2	101	表土	8.8	104	ローム	128	206113	凝灰質粘土	14.5
X35-Y02-02	0.2	101	表土	8.85	104	ローム	128	206113	凝灰質粘土	14.8
X37-Y09-01	0.75	103	埋土	1.8	117	転石	2.5	201104	砂質ローム	5
X37-Yay-01	1.3	101	表土	7.45	104	ローム				

表4 貫入結果の入力概要

工事コード	深度(01)	N値(01)	深度(02)	N値(02)	深度(03)	N値(03)	深度(04)	N値(04)
X35-Y02-01	1.15	6	2.15	6	3.15	9	4.15	11
X35-Y02-01	21.15	50	22.15	50				
X35-Y02-02	1.15	6	3.15	5	4.15	9	5.15	10
X37-Y09-01	1	50	2.15	2	3	50	4.15	50



図3 南足柄市、大井・開成・松田・山北町ボーリングデータ位置

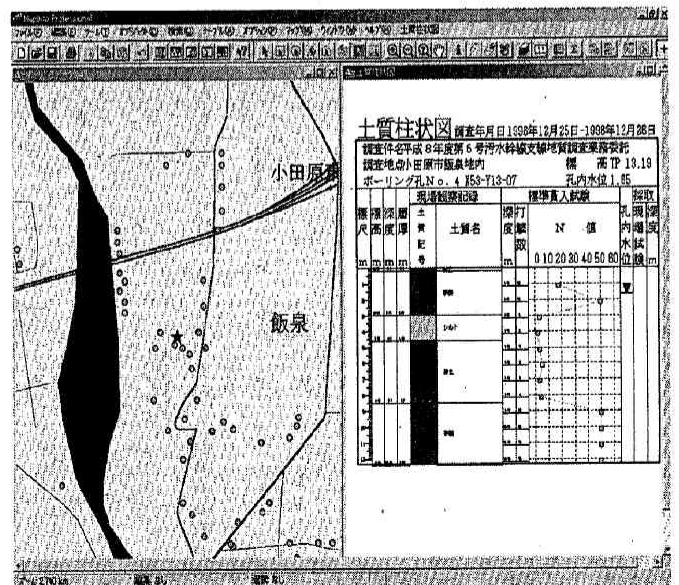


図4 GIS表示の一例

応するコードを入力する、このコード番号でデータ表示がされる。

- 深度は、各層の最下部深度を入力する。
- 土質記号は、1層目が表示される土質パターン番号の入力を行う。
- 土質名は、1層目の土質種別を入力する。
- 以下同様に上記の順に入力を最終深度まで行う。

3) 標準貫入試験結果(N値)データの入力

ボーリング地点の工事コード、各層の深度、N値をそれぞれ入力する(表4に示す)。

- 工事コードは、ボーリング地点データ入力コードに対応するコードを入力する。
- 深度については、1層目の最下部深度の入力を行う。
- N値は、1層目のN値を入力する。
- 以下同様に最深深度まで入力を行って終了する。

4. GIS表示

(1) ポイント入力

エクセル形式でデータベース化したデータをGIS上に緯度経度でリンクするようにポイントを管理しシンボルマーク●を設定する。

(2) ポイント表示方法

GISの電子地図上の道路、河川、鉄道名と土地条件などが表示されるボーリング地点の●をクリックすると入力された情報が図4のように表示され、左画面には、選択した地点周辺の地図と場所が★印で表示される、右画面ではN値を含んだ土質柱状図と土質情報が表示される。一例として図3に足柄平野北部のデータを示す。

平野の長さは約12km、幅は約4kmで、北西から南東に広がり、規模は大きくはなく平野を形成した主要河川は酒匂川で、扇状地性の氾濫原を構成している。

扇頂部の標高は80mほどであるので、平均的な傾斜は6~7/1000とかなり急である。

平野の南東部の酒匂川左岸には、鴨宮台地と呼ばれる標高10~15mの台地が分布し、その東には千代台地が島状に残されている。海岸沿いには砂州が発達しているため、平野の西部に流下する山王川や、東部を流れる森戸川河口は閉塞され、湿地が形成されている。

5. データベースによる表層地盤の検討例

今報告では、足柄平野南部の表層地盤の検討を行った一部と平塚市でのボーリングデータからの推定地盤断面図の検討を行った結果を紹介する。

(1) 足柄平野の南部

① 足柄平野の地形・地質

地形：足柄平野は北東と北を国府津-松田断層に境され、大磯丘陵や丹沢山地に接している。一方、西側は、箱根火山のなだらかな斜面に接している。

地質：平野の主体をなす酒匂川氾濫原の表層部は厚さ10m前後の砂礫層で構成され、その下部には砂層とシルト・粘土層の互層からなる沖積層が厚く分布する。

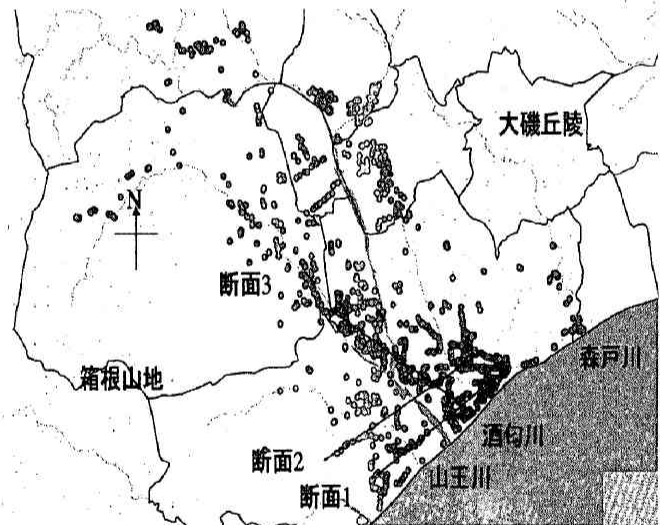
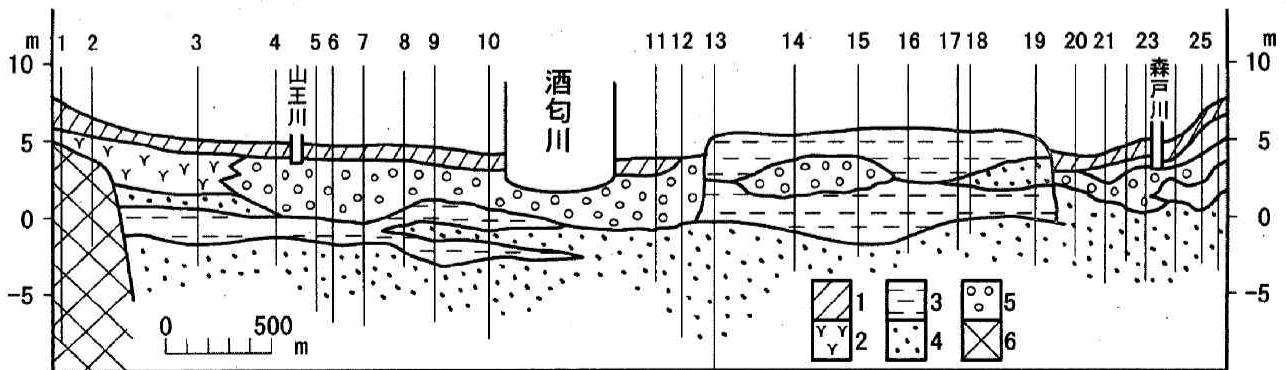


図5 ボーリングデータ位置と断面位置図



1. 表土・盛土 2. 腐植土・有機質粘土 3. 粘土・シルト 4. 砂 5. 砂礫 6. 基盤

図6 推定断面1

鴨宮台地は2300年前に富士山から流下した御殿場泥流に覆われる。

御殿場泥流の下位には北部では砂礫層が卓越するが、南部ではシルト層が卓越し、御殿場泥流の流下直前には、足柄平野の南部は汽水域になっていたと考えられる。また、千代台地は、箱根新期軽石流堆積物からなり、上部に15m~20mのスコリア質ローム層が分布している。

(2) 地質断面図の作成・検討(足柄平野南部)

小田原市では、文献⁹⁾に示すように断面図が作成されているが、さらに詳細に地盤特性を検討するために、前述したGIS地盤情報を使用して、比較的ボーリングデータが集中している箇所を選んで、地質断面を作成した。

図6は、そのうちの1例で、平野の南部を南東から北西に横断している。作図されている範囲は、低地のみである。また、得られているボーリング柱状図は浅いものがほとんどで、-5mあたりまでしか達していないので、沖積層の基底となる礫層までは到達していない。No.13~17にかけてが鴨宮台地の部分で、表層部の粘土・シルト層が御殿場泥流の堆積物である。

断面には現れていないが、他のボーリング資料によると礫が含まれていることもある。泥流の下位にも粘土・シルト層が分布し、細粒物質の層厚は10mに達するところもある。また、泥流の下位に礫層(円礫)や砂層が分布する所もある。

No. 4~12にかけてが、平野の主要部を構成している酒匂川の氾濫原である。表層部は厚さ約5mの砂礫層からなる。この砂礫層は御殿場泥流を切って堆積している。礫層の下位には粘土・シルト層と砂層が互層をなし、ところどころに礫を含んでいる。No. 2~3付近は山王川の右岸側に位置し、表層部は有機質粘土層もしくは腐植土層からなり、地盤は悪い。ここは、No. 4以東に分布する礫層からなる高まりの後背地になっているし、その上、山王川の河口が砂州で閉塞されていたために形成された。No. 1と2には、基盤岩が現れているが、沖積層の基盤という意味であり、N値は13前後の箱根新期軽石流である。No. 20以東は森戸川の低地である。標高数mに分布する薄い礫層は、酒匂川の氾濫原の礫層と同様に、御殿場泥流を切って堆積している。この低地も礫層の下位は、砂層と粘土・シルト層の互層からなるが、細粒物質が多くなる。足柄平野南部は表層地盤から見ると、厚い礫層からなる酒匂川の氾濫原、薄い礫層と粘土・シルト層が分布する森戸川低地、軟弱な有機質粘土からなる山王川低地、御殿場泥流がのる鴨宮台地に大別できる。

なお、酒匂川と森戸川の氾濫原の表層部に分布する礫層の下位にある堆積物と、御殿場泥流の下位の堆積物との関係が明確には把握できていない。泥流の流下前の状

況を復元する必要があるが、今後の課題としておく。また、より下部の地盤状況についても同様である。

(2) 相模平野西部の推定地盤断面

①地形・地質平塚市の東方に広がる相模平野の南部は、約6500年前の縄文海進期以降の海退に伴い厚い砂層から成る砂州・砂丘地帯があり、北部には河川により運ばれた砂礫層や砂層から成る自然堤防と細かな泥が堆積している後背湿地が存在している。

また相模平野の西部は、細粒な物質しか流さない小河川沿いのため腐植物に富む泥質な地層が厚く堆積し軟弱な地盤を形成し、北部から南部に伊勢原台地・北金目台地・大磯丘陵が存在する。^{7) 8)}

②地質断面の作成

平塚市は地形から3地域に大別される。断面線の位置の検討をするに当たり、少なくない1000本の地盤情報を有効に利用するため、相模平野の常時微動観測結果から得られた卓越周期分布図を参考にし、周期の長い地域で平塚市に属する地域に絞り、さらにボーリングデータが比較的密に点在する地域を検討した。

相模平野の南西部は、平塚市内において比較的長い卓越周期が分布する特徴が表れているため、できるだけこの地域に重なるように地盤断面位置を決定した。¹³⁾

その結果、平塚駅周辺地域をNo. 1断面、万田地内から金目川・渋田川をはさみ中原地内に向かう地域をNo. 2断面、豊田地内から鈴川・渋田川・花水川沿岸地域をNo. 3断面と決め、3地質断面を作成した。

地盤断面線位置図を図7に示す。断面線は直線ラインで、断面を切るに当たり採用した地盤情報はライン上のシンボル●印で表した。(図7に示す)

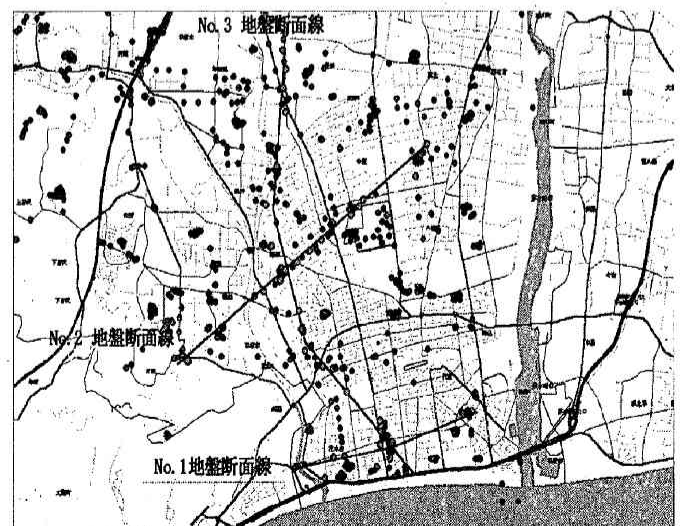


図7 相模平野ボーリングイチと断面位

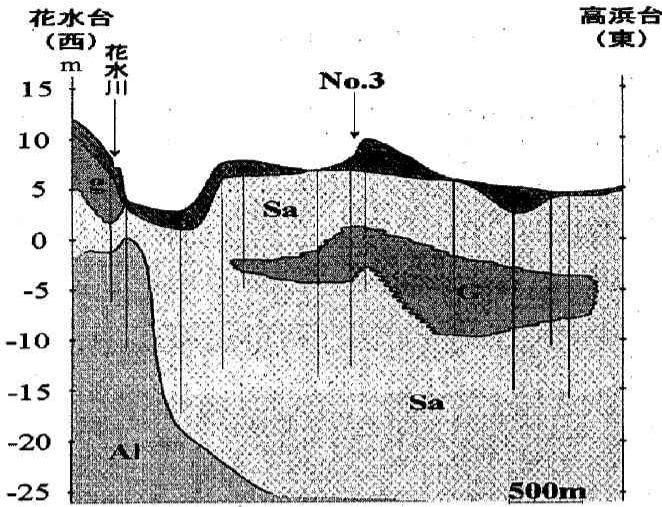


図8 推定断面図1

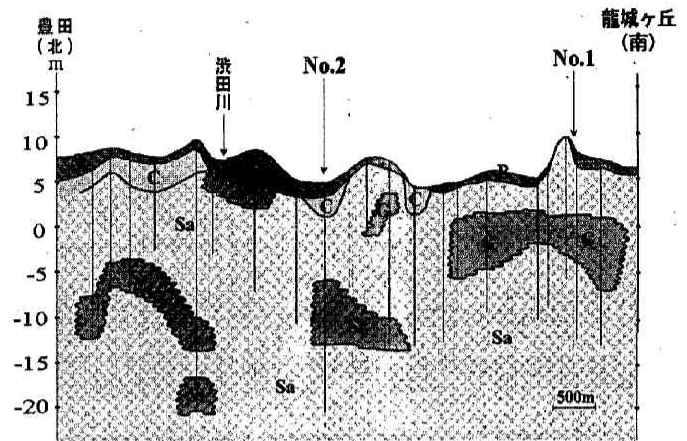


図10 推定断面図3

《凡例》

表土	Sa 砂
C 粘土	シルト
腐植土	A1 沖積地盤
砂レキ(海成)	砂レキ(河成)

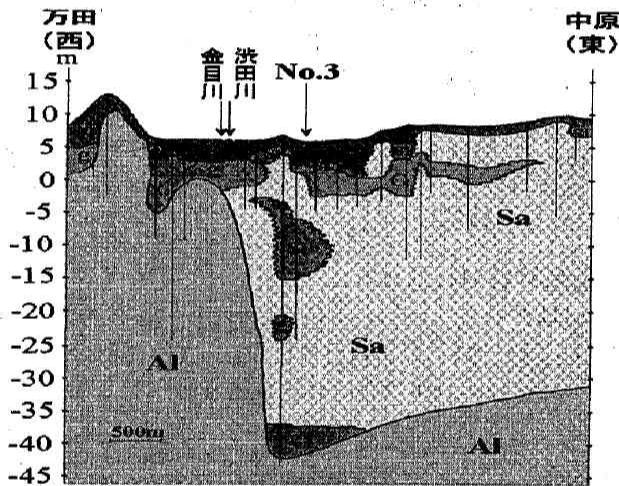


図9 推定断面図2

1) No. 1地盤断面は、平塚駅周辺地域で、花水台西側から花水川を挟み高浜台地東側に向かう地域である。花水川以東の砂レキは河成であり、西側の砂レキは海成である。海成の砂レキは葦平から高浜台にわたって標高+3m~-10mに堆積している。

また、沖積地盤(A1)が花水川付近から急激に深くなっているのは、平塚市東側に位置する大磯丘陵の比較的浅い沖積地盤(A1)の張り出しが花水川によって削られてきたことが原因で花水川以西の沖積地盤は高浜台にむかって深くなっていくことが推測される。

沖積地盤(A1)を西側から見ていくと、花水川以西では標高0~-3m付近に堆積し花水川以東400~500m離れた地点では標高-20~-25m付近に堆積している。このように地盤断面からもわかるように沖積地盤(A1)は花水川付近を境に急激に堆積深度を下げている。(図8参照)

2) No. 2地盤断面は、万田地内の西側から金目川・洗田川

を挟み中原地内東側に向かう地域である。

万田地内には腐植土が存在し、細粒な物質を流す小河川沿いの台地が形成されている。

金目川・洗田川を境界に河成層と海成層の砂レキ層で、図中央下部のレキは海成層を削り込んで河成のレキが堆積している。

全体的に標高+5m~-5m付近にレキが堆積し、シルトを挟みつつ砂が堆積し、No. 1地盤断面と同様に大磯丘陵の沖積地盤の張り出しを河川が削っているが、この沖積地盤は一度標高-5m付近まで沈み金目川付近で一度盛り上がりまた沈んでいる。

また沈んだ沖積地盤上に河成の砂レキが堆積し、洗田川付近の砂レキ層は切れたように終わっている。

さらに、沖積地盤(A1)を見ると金目川・洗田川以西550m付近で一度標高-5m付近まで堆積深度が深くなるが、金目川・洗田川以西では沖積地盤(A1)は標高+10m~-5mに堆積しているのに対し、金目川・洗田川以西ではここでも急激に沖積地盤(A1)の堆積深度は深くなり、中原地内までに標高にして-25m~-43m付近に堆積する。(図9参照)

No. 3断面は、豊田地内北側から洗田川を挟み龍城ヶ丘地内南側に向かう地域である。

洗田川以北の粘土層は腐植物に富んでおり、後背湿地の特徴がよくあらわれている。

一方、洗田川以南の地域は砂州・砂丘地帯で、標高が+10m~+5mの付近で波をうつように上下している。

その地表面の谷間部分は、表土下部に粘土層が堆積している。これは縄文海進期の海退により凸凹した地盤構造が形成され、その後砂丘に植生が進み、比較的堅固な地盤となった、逆に砂州の谷間には粘土等が堆積したと推定され、標高-20mまでに沖積地盤(A1)は確認できない。

NO3地盤断面から次のような事が言える、海岸線の西は花水台から東は高浜台、北の東海道本線付近まで標高+3m~-10mにわたり、砂層の間に海成の砂レキが堆積していること北部中里から渋田川以北の御殿に標高-15m~-20mでシルトが南北方向に細長く堆積している、また沖積地盤(AI)に関しては、大磯丘陵の張り出しから、河川を境に、深い位置にある。金目川以西(南)は大磯丘陵など台地と谷底平野で形成され、ほとんどが自然堤防地帯と砂州・砂丘地帯である。(図10参照)これらを総合すると、金目川以东(北)の地域は金目川を境界として沖積地盤(AI)は河川に削られ深い位置に堆積し、一方で、No. 1とNo. 2の地盤断面を見比べるとより海岸沿いに位置するNo. 1地盤断面では沖積底は沖積地盤(AI)の底は確認できなかった。No. 2地盤断面では標高-30m~-45m付近に沖積地盤(AI)の底があり、そこから東に向かい沖積地盤(AI)の深度が浅くなり、東西方向では、急激に沖積地盤(AI)が深くなる部分は花水川・金目川に沿っており、南北方向では沖積地盤(AI)は海岸沿いで、相模川河口に向かって深く堆積するのに対し、相模川河口を北上するに従い、浅く堆積していると考えられる。

6. 高密度微動観測

(1) 観測方法

観測はサーボ型速度計(3台)で構成されたSPC-51を使用し、水平2方向(NS・EW)と上下方向(UD)計3成分の観測を行った。サンプリング周波数100Hz、観測時間180秒間、データ数18000個の速度データを観測した。(写真1にその微動測定の様子を示す)

(2) 位置・期間

観測位置は足柄平野(小田原市)をJISで規定されている方法(JISX0410)の4分の1地域メッシュ(縦231m、横285m)

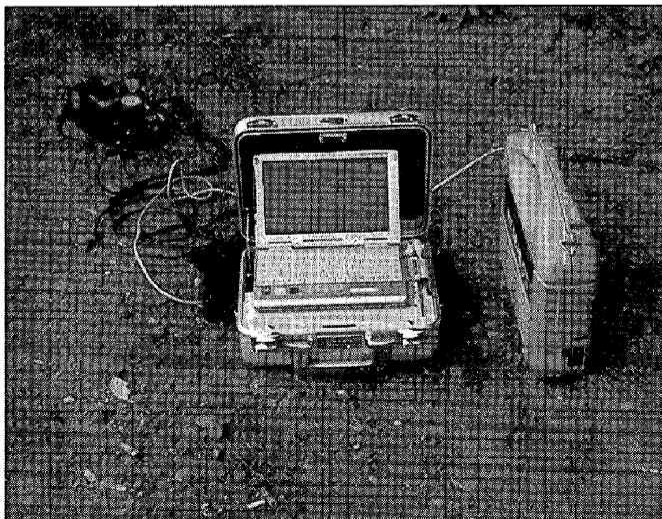


写真1 微動観測測定器一式

でメッシュに区切り東西側線と南北側線の交点を観測点とした。

観測期間は2003年3月4日~8月22日の計21日間で、観測困難地点を除く計551地点の観測データが得られた。なお、足柄平野北部については、南部と同様な位置決めで1992年、1993年で合計265点観測済みである。(図11に観測点位置を示す。)

(3) 方法

観測結果の180秒間のデータを用いて、20.48秒間を1セットとし10秒ずつシフトさせ合計15個のデータセットを抽出し、各データセットを高速フーリエ変換によりスペクトルを求めた。バンド幅0.3HzのParazen Windowにより平滑化を行ったのち、水平平均2成分の相乗平均スペクトルを上下平均スペクトルで除して、H/Vスペクトル比を作成した。

(4) 既存の地質断面図5)

地質断面は文献5を使用し、比較検討には卓越周期が特に異なる地域を選び、NS-7・NS-9の南北方向に2本、EW-7の東西方向に1本の合計3本を用いた(図12)。断面NS-7は礫質土、粘性土・砂質土のコントラストが良い地質構成(北側)と硬い層に一部粘性土が堆積する地層構成(南側)が狩川を境にし広がっており、最北部で粘性土・礫質土が互層になっている。断面NS-9はコントラストの良い地層構成を示し、酒匂川付近には礫質土が主に堆積している。断面EW-7は西からコントラストの良い地層構成、砂質土・粘性土が互層になっている地質構成を示した。また西から東に向かって堆積層が厚くなっている。

(5) 周期の算定結果

卓越周期はH/Vスペクトル比の卓越周期から算定する方法をとった。一部算定が困難なデータは、水平動スペクトルからの算定との比較による検討で決定した。

その結果、酒匂川の右岸河口部・左岸の北側では0.20~0.49(s)程度、それ以外の場所では0.30~0.69(s)程度となった。

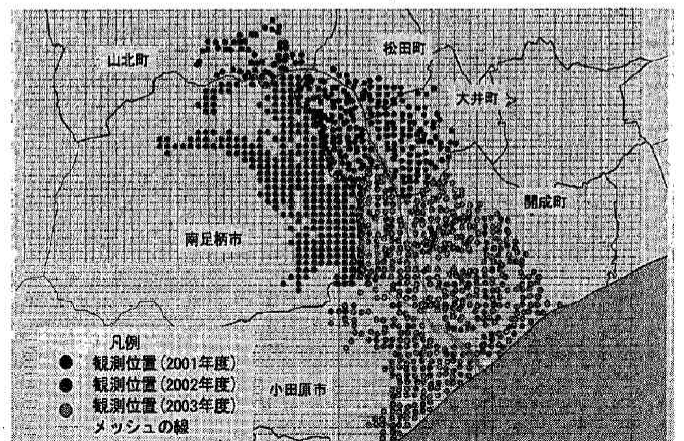


図11 各年度常時微動観測点位置

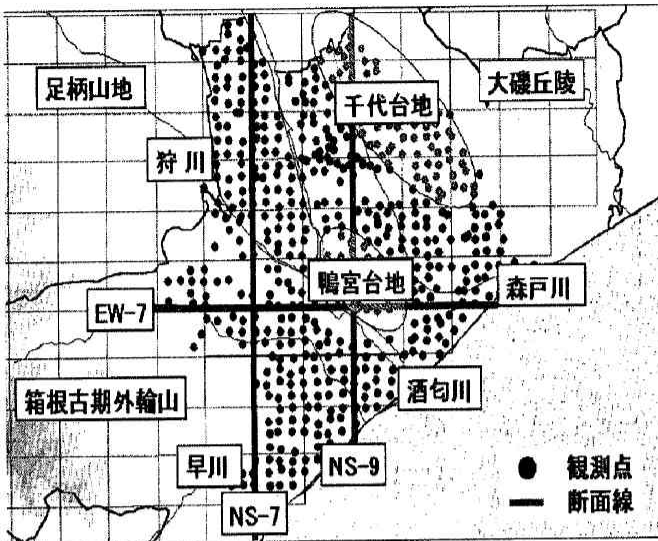


図12 足柄平野南部の地形・微動観測点及び地質断面図位置

また左岸側の一部で0.50~0.79(s)程度になった(図13)。

次にH/Vスペクトル比の形状を大町他⁶⁾のレイリー波のH/Vスペクトル比特性から分類する方法を参考に、鋭いピークが確認できる逆N字型、鋭いピークが複数個確認できるW型、ピークはないが鋭い谷が確認できるルート型、これら3つの型に該当しないその他の4種類に分類し、形状分布図を作成した(図14)。小田原市においては、広範囲で逆N字型に区別出来たが、北部ではW型が逆N字型と同程度分布している結果となった。

6. 表層地盤振動特性の評価

断面図と観測結果を比較するとコントラストの良い地層構成では逆N字型、堅い層と柔らかい層の互層になっている地層構成ではW型を示していた。

また堆積層厚の変化と卓越周期の変動にも整合性が見られた。

以上の事から微動観測結果は地盤構造と良く対応し地盤振動特性を良好に反映している事が明らかとなった。

7. 推定断面図との適合性

作成した推定断面図(図5)との整合性を確認する。観測結果と断面図の位置を図12にH/Vスペクトル比の例を図14に示す。

No1断面図と比較してみると砂礫層が現れるボーリング番号4以降からピークが不明瞭になり、酒匂川を越えたボーリング番号13では厚い粘土・シルト層があり卓越周期も長くなっている。

またボーリング番号19より東側については主に礫・砂が堆積しており卓越周期も短くなっている。

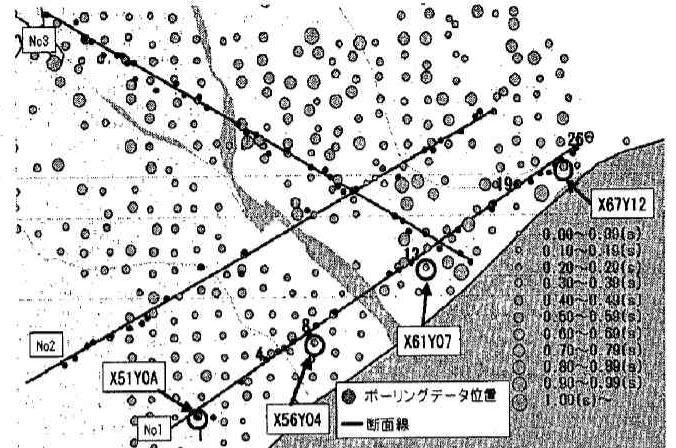


図13 足柄平野南部の微動観測結果と推定断面図の位置

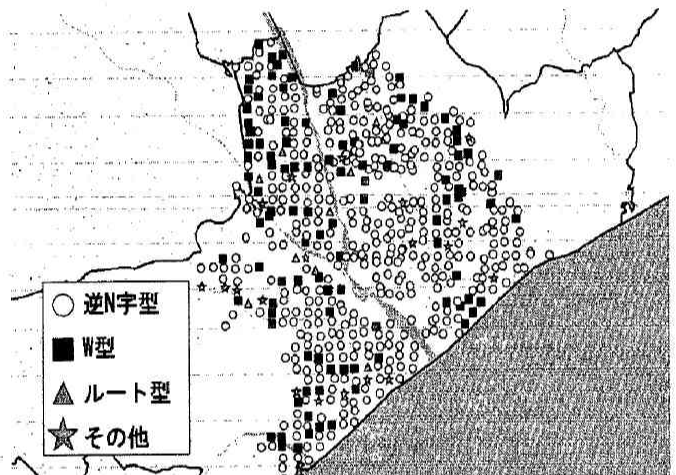


図14 H/Vスペクトル比形状分布図

以上の事から微動観測結果は推定断面図ともよく整合しているといえる。

8. まとめ

地盤情報データベース化を行うための手法を整理し標準化を図った。

データベースとして使用可能なボーリングデータは、神奈川県内3市町で2178本が収集されベース化が出来GIS表示が可能になった、さらに、足柄平野と相模平野の一部について推定断面図が作成できた。以上のことから地盤構造の平面的・立体的地盤構造が一部明らかになった。

足柄平野南部の卓越周期は酒匂川の右岸河口部・左岸河口部の山側・左岸の北側では0.20~0.49(s)程度、その他の場所は0.30~0.69(s)程度であった。

左岸側は0.79(s)以上の場所もあった。

また酒匂川を境にして卓越周期が変動していることが確認できた。さらに、H/Vスペクトル比の分類(図15)によると小田原市の広範囲で逆N字型で北部ではW型が逆N字型と同程度分布していることが分かった。以上のことから

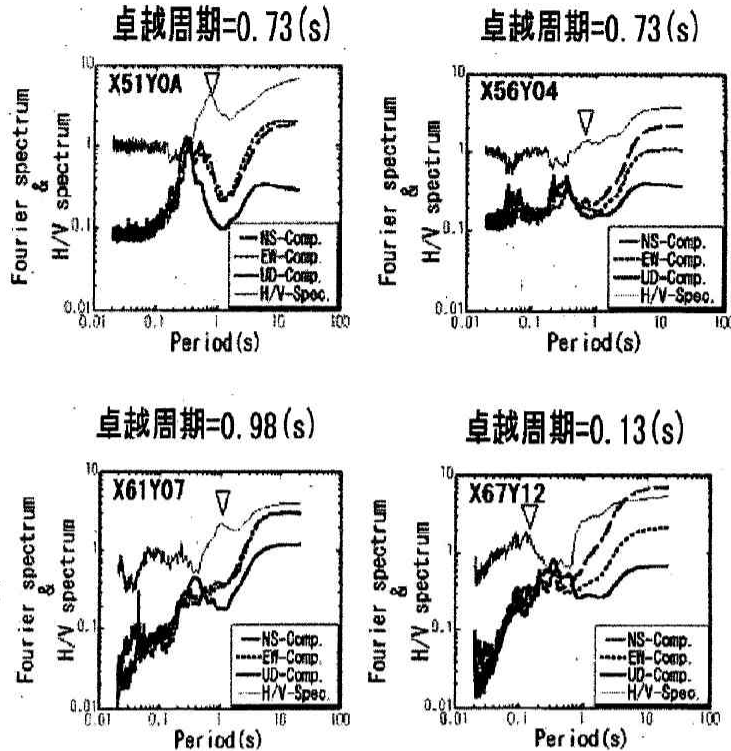


図15 スペクトル比の分類

地質断面と高密度微動観測による地盤振動特性の結果の妥当性、比較検討を行った結果、表層の地盤構造と微動の卓越周期には整合性があり、H/Vスペクトル比の形状も表層地盤と良く対応する結果が得られた。このことは、IT技術を利用した地盤調査情報のデータベース化が地震防災に不可欠であり、同時にまた高密度微動観測の結果と調査によりその有効性が確認出来たものと思われる。神奈川県内の一部の地域について紙ベースの地盤情報からCISによるデータ管理システムを構築することが出来たが、地盤情報については、地方自治体所有のデータベース化のみで他の公的機関、民間の機関が所有している多くの情報収集は行われていない、今後は組織的なプロジェクトとして情報収集を行う必要がある。

さらに、データベースの有効活用に関しては、IT技術によって情報を公開できるように検討中である。

防災面の取り組みについては、高密度常時微動観測結果の表層地盤振動特性と地盤情報を対応させながらサイスミック・マイクロゾーニングを進め地震防災に役立つように進めることが重要な課題で、今後は、さらに、資料の蓄積と推定断面の評価を行い足柄平野と相模平野を含めた神奈川県内について、同様にデータベース化された資料を基に多くの断面を作成し表層地盤をさらに分析し、データベース化を進める予定である。

謝辞

本研究実施に当たり、小田原市役所検査室、元南足柄市歴史資料館・内田智雄氏、平塚市博物館・森真一氏より多くの資料、ご指導を頂きましたことを心より感謝いたします。また大学院生松澤共良君、卒業生富田佳代、奥田顕子さん田幸正君にはデータ解析に協力して頂き感謝しております。なお、本研究は工学研究所(2002年度年共同研究)の援助を受けて実施されたものである。ここに記してお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 山崎晴雄・水野清秀「国府津・松田断層の最新活動史と地震テクトニクス」、第四紀研究、Vol. 38, 447-460, 1999、
- 2) 小田原市「小田原市史 別編 自然」、2001、
- 3) 神奈川県「神奈川県地下構造調査」、1999、
- 4) 神奈川県「神奈川県地震被害想定調査」、1999、3、
- 5) 小田原市防災対策課「小田原市地震対策基礎調査—地盤の基礎調査・地質断面図集」1991年、
- 6) 内田智雄「箱根火山東麓とその周辺地域の地形・地質」、1990、
- 7) 森真一「平塚市域における相模沖積平野の微地形1993、
- 8) 森真一・鈴木茂「相模川沖積低地から産出した軟体動物化石1995、
- 9) 田中江見他「ボーリングデータと高密度微動観測による足柄平野北部の表層地盤振動特性その1、その2」日本建築学会梗概集、pp279-282、2003、9、
- 10) 大町達夫他「常時微動の水平動と上下動のスペクトル比を用いる地盤周期推定方法の改良と適用」、土木学会論文集 no489/1-27 PP251-260、1994、4、
- 11) 松澤共良他「ボーリングデータと高密度微動観測による足柄平野北部の表層地盤振動特性の検討」、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、P279 ~282、2003、9、
- 12) 山本俊雄他「地盤関連情報のデータベース化とその活用に関する研究」、地域安全学会春季大会、2004、6、
- 13) 山本俊雄他「高密度微動観測による相模平野の地盤振動特性の検討、第一回日本地震工学学会梗概集pp106、2001、1、