

平成13年度

(3) 地理情報システム(GIS)普及セミナーin佐賀

日時： 平成14年2月8日(金)

10:00~17:00

会場： 佐賀市文化会館

主催： 国土交通省 国土地理院九州地方測量部

地理情報システム（GIS）普及セミナー in 佐賀

1. 開催日時 平成14年2月8日（金）
10:00～17:00 【入場無料】
2. 開催会場 佐賀市文化会館 〒849-0923 佐賀市日の出1丁目21-10
TEL 0952-32-3000
3. 主催 国土交通省 国土地理院九州地方測量部
4. 後援 佐賀県、地理情報システム学会
5. プログラム

10:00～10:10	開会挨拶	国土地理院 九州地方測量部次長 平出美則 佐賀県 企画部地域・情報課課長 小川久人
10:10～10:40	講演1	「GISの基礎と国の取り組み」 国土地理院 九州地方測量部国土情報管理官 坪井達雄 企画部GIS推進室普及指導係長 折笠幸平
10:40～11:10	事例紹介1	「佐賀市下水道台帳管理システム」 佐賀市 環境下水道部下水道課管理係長 真子正秀
11:10～12:00	特別講演1	「GISによる地図情報と地盤情報の融合」 佐賀大学 研究支援推進員 今西 肇
12:00～13:00	昼食	
13:00～14:00	特別講演2	「地方自治体のGIS導入のための留意点」 九州大学 教授 江崎哲郎
14:00～15:50	GIS体験コーナー	
15:50～15:55	休憩	
15:55～16:25	事例紹介2	「福岡市都市計画情報システム」 福岡市 都市整備局都市計画部都市計画課 富田久仁彦
16:25～16:55	講演2	「統合型GISについて」 総務省 自治行政局地域情報政策室 山崎伸泰
16:55～17:00	質疑 閉会挨拶	

GISによる地図情報と地盤情報の融合

～ 佐賀低平地の事例 ～

佐賀大学 低平地防災研究センター

林 重徳・今西 肇

1. はじめに

有明海沿岸に分布する有明粘土が世界的にも有数の鋭敏な粘土で、佐賀平野の超軟弱な地盤を形成していることは良く知られている。しかし、佐賀平野の軟弱地盤がすべて有明粘土だけで構成されるわけではない。

佐賀平野の地盤は、主に、阿蘇山や九重山系等の火山噴出物（火山灰や火砕流堆積物等）および内陸の湖沼に堆積した珪藻土などが、筑後川・菊池川や嘉瀬川・六角川などの河川によって運ばれ、反時計回りの湾流をもつ南北に細長い特異な形の内海・有明海的环境下で堆積し、形成されたものである。したがって、河川流と潮流の分級作用などにより非常に細粒のシルト～粘土が約20mを越す厚さで堆積している地域もあれば、旧河道・河口や氾濫原域では、シルト質砂層や礫混じり砂層が相当な厚さで分布している場所もある。

また、佐賀平野の地盤は、完新世の海面高差が数十mに達する海進・海退の影響により、海水中で堆積した粘土（有明粘土層）と非海水環境で堆積した土層（蓮池層）があり（図-1参照）、その性質が大きく異なることが最近の研究で明らかにされている。さらに、佐賀平野の現在の海岸線は、人々の生活痕が明らかな縄文時代の貝塚分布線からでも、自然の干陸化や人工的な干拓によって、最大で約20kmも前進している。

地下水位の低下による地盤沈下、地震時の液状化や流動・陥没ならびに地盤の揺れによる建物の倒壊など、地盤災害とその被害を予測し、適切な防災・減災対策を計画するためには、地盤の状態を精度良く把握し、モデル化しなければならない。

ここでは、佐賀大学低平地防災研究センターで構築を進めている佐賀平野の地盤情報データベースと地理情報システムを用いた大規模地震時の被害予測の事例を紹介する。

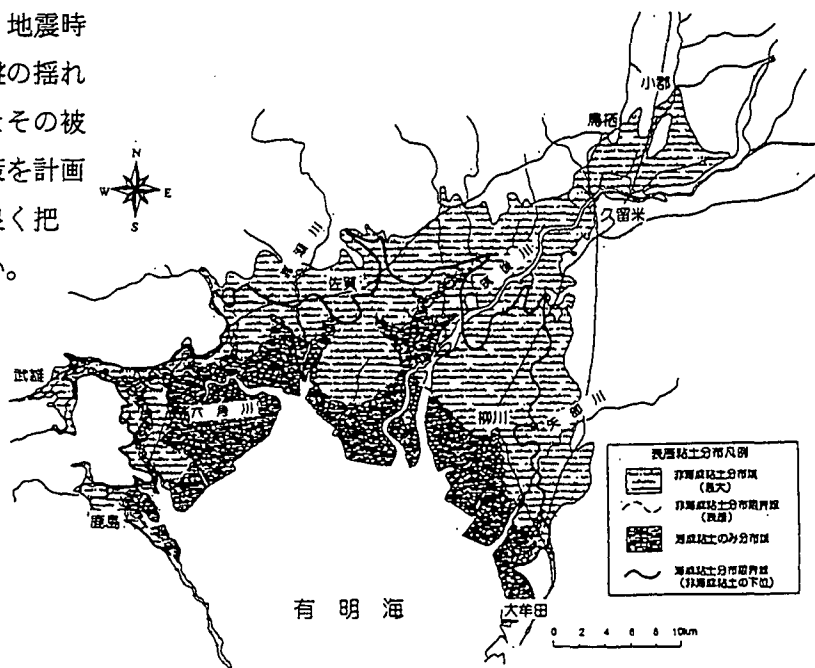


図-1 佐賀平野の海成粘土と非海成粘土の分布

2. 地盤情報データベースの構築

2.1 地盤情報データベース (DIG) の概要

複雑な地盤構成の佐賀平野における地盤沈下対策や地域防災計画を支援するために、各機関に保管されている既存のボーリング調査データを収集し、地盤情報データベース（DIG：Data-base system for Information of Ground）の構築を進めている。

DIGの入力対象とする調査・試験内容の一覧を、図-2に示す。DIGのシステム構成は、ローカルデータベースとホストデータベースで構成されている。個々のボーリングデータは、主にMS-DOS環境で作動するパーソナルコンピュータで入力を行い、FDまたはHDにローカルデータベースとして保存している。ホストデータベースは、今後データの増加を考慮し大容量のデータを蓄積可能なワークステーションで管理している。なお、本研究で用いている「DIG」の基本ソフトは、財団法人大阪土質試験所により開発されたものである。

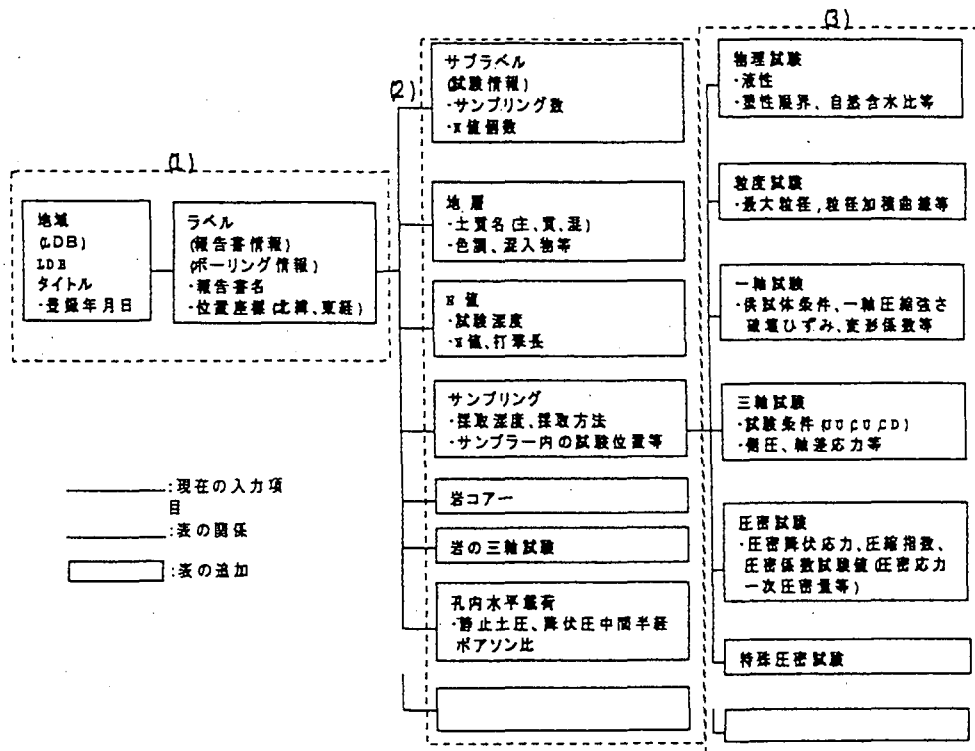


図-2 DIGの入力対象とする調査・試験内容の一覧

図-3には、これまでに入力された佐賀県下約2,500本のボーリング位置を示す。

佐賀平野部では、約1,700本である。

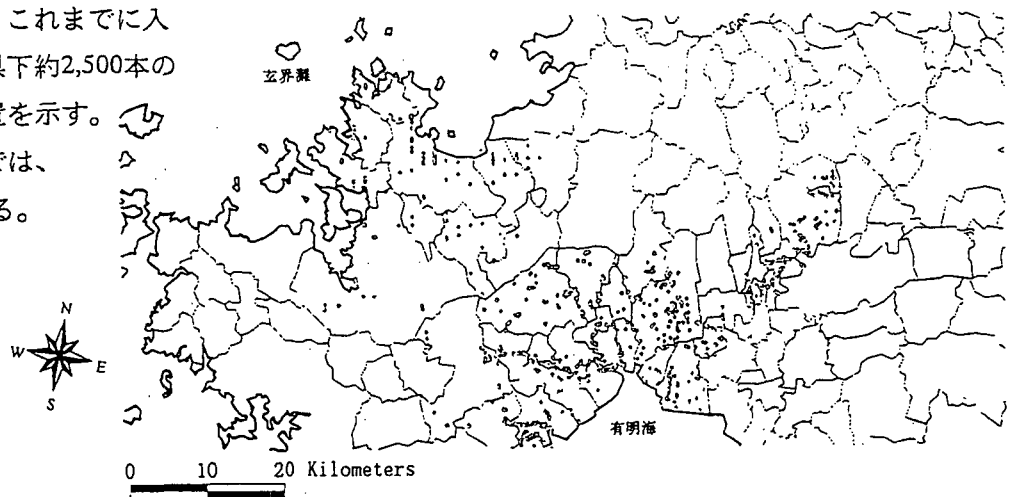


図-3 現在 (1999年12月) 入力されているボーリング位置

2.1 佐賀平野の地盤特性

(1) 沖積層の分布

佐賀平野の沖積層は有明粘土層と蓮池層の二種類に区分されるが、この沖積層の層厚分布図を作成したものが図-4である。図のように佐賀平野の沖積層は、佐賀県南西部および南東部に厚く堆積している(最大27m)。この地区の沖積層が厚く堆積している原因は、海退期に下位の洪積層が浸食され、再び沖積層が堆積した結果、比較的他の地域より厚く分布したためと考えられる。

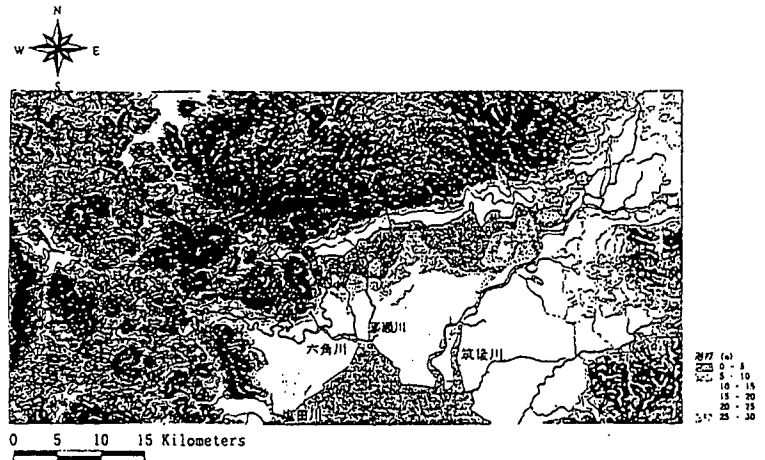


図-4 佐賀平野における沖積層の層厚分布

(2) 砂層の累計層厚分布

佐賀平野に堆積する砂層を地表面から深度10m以浅、20m以浅に区分し、その累計層厚の分布を、図-5に示す。図-5(a)の深度10m以浅の累計砂層厚分布では、鳥栖地区、嘉瀬川上流部、佐賀市近辺において約4~6mと厚く分布し、図-5(b)の深度20m以浅の分布図でも同地区でにかけての累計砂層厚は約10~16mと厚く分布している。

このように佐賀市近辺での累積砂層は深度10m以浅で約4~6m、深度10~20m以浅にかけて約4~6m程度、存在することが確認された。図-5(b)においては、縄文海進ピーク時の海岸線の付近において砂層が厚く存在している。これらの鳥栖地区、嘉瀬川上流部、佐賀市近辺域に分布する砂層は、河川氾濫原における河口性堆積物であったと考えられる。

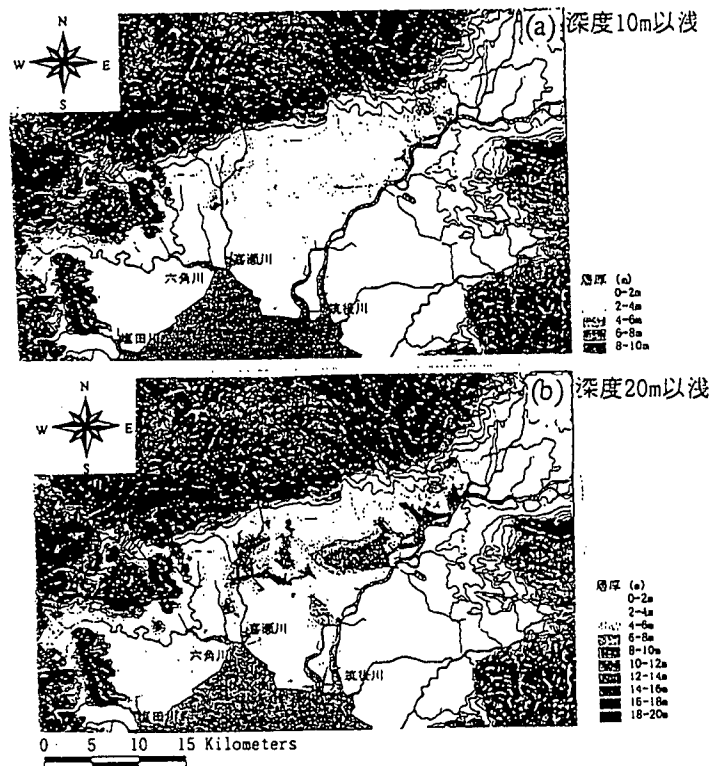


図-5 佐賀平野における砂層の累計層厚分布

2.2 液状化の危険度評価

飽和した緩い沖積砂層は、地震時に液状化する危険性がある。液状化が発生すると、斜面の不安定化、過大な土圧の発生、側方流動などとともに、構造物基礎の地盤支持力が失われ、構造物に大きな被害を及ぼす。したがって、実際の地盤が液状化するか否かの予測を行うことは、地盤上に立つ構造物の安全性と防災対策を検討する上において重要である。

次に、構築している地盤情報データベースを基に、道路橋示方書で提案されている液状化判定法を用いて、佐賀平野の液状化危険度予測を行った。

(1) 砂質地盤の液状化判定>

i) 液状化判定を行う必要のある砂質土層

条件1 地下水位が現地盤から10m以内にあり、かつ現地盤から20m以内の深さに存在する飽和土層

条件2 細粒分含有率が35%以下の土層、又はFCが35%を越えても塑性指数Ipが15以下の土層

条件3 平均粒径D50が、10mm以下かつ、粒径D10が1mm以下である土層

条件1～3を満たすものは以下に示す方法で、液状化の判定を行う必要がある。

ii) 液状化の判定

i) により液状化の判定を行う必要がある土層に対して、液状化抵抗率（FL）を算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するものとする。しかし、各深度毎に評価したFL値（液状化抵抗率）の最も低い値を、平面的当該箇所の液状化危険度とすると、過大評価となることが指摘されている。そこで、平面的な各地点の液状化危険度評価には、深さに対する重みの関数にFL値を乗じて深さ方向に積分し求めて得られる値（PL値）を、用いることとした。

iii) 液状化の危険度予測

佐賀平野における液状化危険度評価（PL値の分布）結果を、図-6に示す。同図において、最も液状化の危険度が大きいと予測された地区は、佐賀市を中心とした地域である。この地域には、地表面から20m以浅に砂層が、厚いところで16m程度と厚く堆積している。（図-5参照）

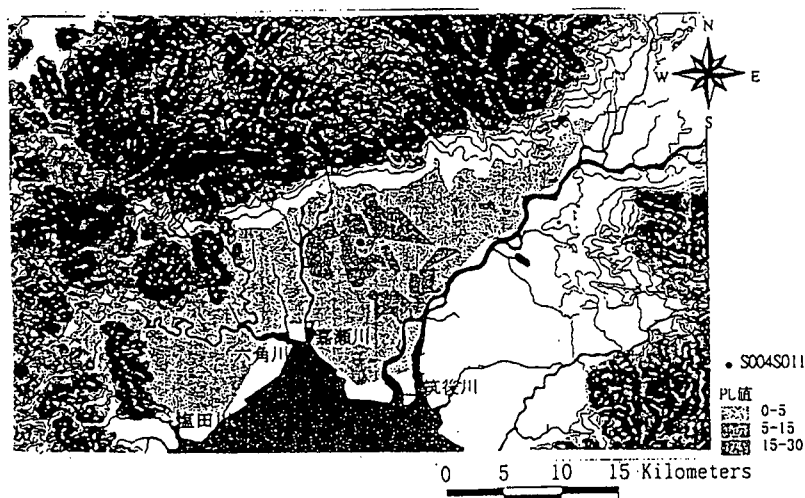


図-6 佐賀平野における液状化危険度評価（PL値の分布）

3. GISの利用事例

ー地震災害のシミュレーションー

3.1 概要

ここでの用語としての「GIS」は、主に地上のデータ(地理情報)をデータベース化し、保管・検索・更新などを便利に管理するシステムのこと、地下の地盤情報データベースは「DIG」と呼ぶ。本研究で用いたGISのソフトは、ESRI社製のArc/InfoおよびArcviewである。

佐賀大学低平地防災研究センターでは、地盤情報データベース（DIG）と地理情報データベース（GIS）を結合させ、低平地防災支援システムを構築している。図-7は、低平地防災支援システムの構成および役割を示したものである。このシステムの主な特徴は、地下の情報と地上の情報をリンクさせ、迅速なデータ検索、用途や目的に応じた解析を可能にしている点である。

また、このシステムの開発目的は、

- 1) 災害時の被害予測：(地震動災害、地盤沈下災害、洪水災害等)
- 2) 防災施設整備計画：(救助シミュレーション、避難計画、防災都市計画等)
- 3) 資機材管理：(危険物施設管理、備蓄倉庫管理等)

《地上の情報》

地理情報データベースシステム

(GIS:Geographic Information System)

《地下の情報》

地盤情報データベースシステム

(DIG:Data Base system Information for Ground)

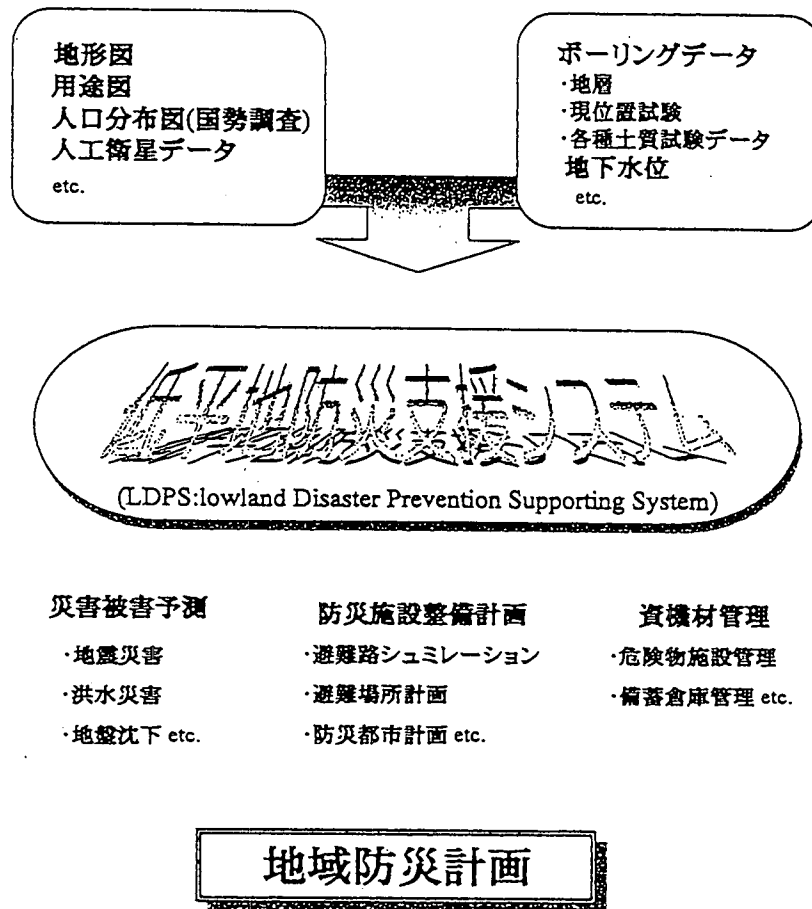


図-7 低平地防災支援システムの構成

であり、これらを統合した地域防災計画の作成を支援することである。

以下に、佐賀平野で想定される断層地震による佐賀市の被害予測の事例を紹介する。

3.2 佐賀市内の土地利用特性等

(1) 建物の分布特性

本研究で使用した建物情報は、平成2年度のデータで、建物の階数、用途、木造および非木造の判別、建物面積などが入力されている。これらの情報を基にメッシュ(100m)毎に集計し、木造建物混成率、非木造建物混成率、用途別分布図、建べい率などの作成を行った。また、この建物情報には建築年代が入力されていなかったため、昭和45年度の用途図と建物情報(平成2年度)を建物一件毎に比較し、昭和45年を基準とした建物の年代区分を行っている。

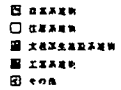
<建物メッシュ>

建設省で告示されている平面直角座標系での第2系を原点とし作成したメッシュ(100m)を、建物データにオーバーレイして建物メッシュ図とする。

<建物用途>

佐賀市における建物用途は29種用途に区分されている。また、これらのものを同じ系列で大まかに区別すると以下のように分類することができる。

- ①.商業系建物・・・業務施設, 商業施設, 宿泊施設, 娯楽施設, 遊技施設, 商業用途複合施設
- ②.住居系建物・・・住宅, 共同住宅, 店舗併用住宅, 店舗併用共同住宅, 作業所併用共同住宅, 事務所併用共同住宅
- ③.文教厚生施・・・官公庁施設, 文教厚生施設(A), 文教厚生施設(B),
- ④.工業系建物・・・重工業施設, 軽工業施設, サービス工業施設, 自動車修理工場施設, 家内工業施設, 危険物貯蔵・処理施設
- ⑤.その他・・・運輸倉庫施設, 自動車車庫施設, 営業用倉庫施設, 農業林業用施設, その他



以上のように分類したものを、図-8に示している。佐賀市の商業地区は、JR佐賀駅から佐賀県庁(唐人町通りおよび中央通り)にかけての通り沿いに集中し、この地域を佐賀市では防火地域に指定している。また、これらの地区の周辺地域は、住居系建物で占められている。

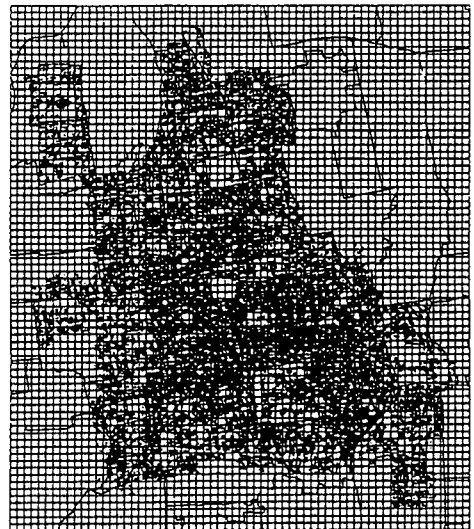


図-8 佐賀市内の建物用途分布

<建ぺい率>

建ぺい率とは、建物の敷地面積に対する建物面積のことであるが、ここで用いる建ぺい率は1ha(100mメッシュ)に対する建物面積の割合のことである。佐賀市が指定している建ぺい率は、住居専用地域で50%~60%、商業地域で80%、工業地域で60%、文教地区で60%を標準としている。特に建ぺい率の高い地域は、松原地区の40%~60%、多布施・赤松の40%~60%の地域である。

<建物構造分布>

構造区分には、木造と非木造構造物の2種類の分類で入力されている。構造別建物分布を示した図-9より、JR佐賀駅から佐賀県庁にかけての地域の周辺部は木造家屋で構成されていることが分かる。つぎに、木造・非木造に分類された建物面積をメッシュ毎に集計し、面積割合(百分率)にした図を得ることができる。

建ぺい率の比較的高い地区において、木造建物の割合が20%以上の値を示し、商業系建物地区(中央通り一帯)では非木造建物の割合20%以上の割合を示している。

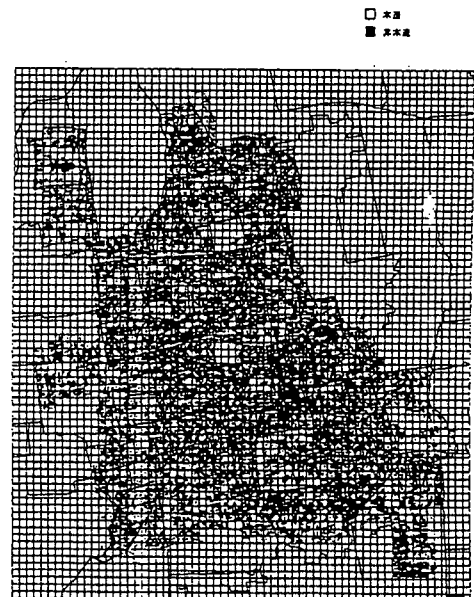


図-9 佐賀市内の建物構造分布

(2) 人口分布特性

人口データには、平成2年度に実施された国勢調査データを基に作成している。このデータには、メッシュ単位またはデータと基本単位区（市町村界）で集計されたデータがある。

メッシュ単位データには、一次メッシュ、二次メッシュ、三次メッシュ、四次メッシュがある。本研究では、その中でもメッシュサイズの最も小さい四次メッシュを用いて、佐賀市内の人口分布図や災害弱者の分布図を作成している。ここで定義する災害弱者とは、0～9歳および60歳以上の年齢層を指している。佐賀市の人口分布図からは、佐賀市の人口が住宅地が密集する松原・水ヶ江・多布施地区集中していることが確認される。図-10の災害弱者の分布からは、昭和45年以前の木造建物の密集する松原地区、水ヶ江地区、八戸地区、高木瀬地区に弱者が集中していることが分かる。これらの地区の大半は60歳以上の老人で構成されている。

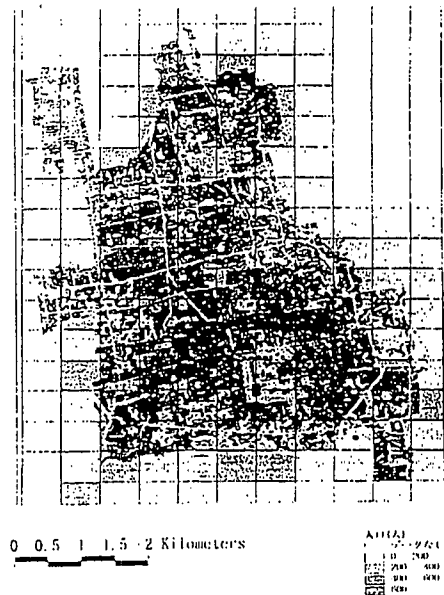


図-10 佐賀市内の災害弱者の分布

3.3 想定地震規模と地盤動特性

(1) 震源断層と地震規模

“兵庫県南部地震”のような直下型地震となる可能性の最も高い地震として、山地と佐賀平野の境界に存在する都渡-川久保断層を震源とする地震を想定した。

<地震規模（マグニチュード）の想定>

地震規模の予測は、地表地震断層における長さ（L）と活断層帯から発生する最大のマグニチュードを用いて、求められた経験式を採用することにした。

$$M=(\log L+4.409)/0.789$$

なお、地震源を想定する都渡-川久保断層は、長さ=8.8km、走向=ENEである。この式より求められる都渡-川久保断層による地震の規模は、約M=6.8である。

(2) 地表面加速度分布

断層からの地表面加速度を求める手法として、加速度記録の波形特性と地震諸元および地盤条件の影響等を考慮し、多変量統計解析により定量的に評価された震央距離とマグニチュードの関係をを用いる。平成2年度以降の道路橋示方書では、第一種～第四種の地盤種別を第Ⅰ種～第Ⅲ種と区分するように改正されている。

しかし、この第Ⅱ種地盤に有明粘土と呼ばれる極めて軟弱な地層で形成されているということを考慮するならば、上式のみでは的確に筑紫平野の地震時の振動特性を表現できないと考えられる。そこで、筑紫平野の第Ⅱ種地盤に相当する沖積粘土の地盤特性を評価するために、第Ⅱ種および第Ⅲ種の中間に値する沖積層を層厚5mに対して地表面加速度を補正を行った。得られた地表面加速度の分布を図-11に示している。

(3) 最大速度分布

最大速度は、地表面加速度を変換して求めている。図-12は、沖積層の層厚の影響を補間する方法で、断層からの距離と最大速度の関係を求め、最大速度の分布図を作成したものである。

3.4 地震時の被害予測

(1) 建物の被害予測

地震による建物の倒壊危険度は、地盤の性状と建物の構造の相対特性に依存するため、その立地点の地震動特性と建物の動特性を把握し、考慮する必要がある。ここでは、震源断層を想定した地震による地表面加速度および最大速度を用いて、建物の被害予測を行った。被害予測方法には、“兵庫県南部地震”において求められた最大速度と倒壊率の関係をを用いる。さらに、木造建物の建築年代による倒壊率の差異を考慮するために、昭和45年以前と昭和45年以降の木造建物の被害率を区分して求めている。また、得られた各年代別の倒壊率は、メッシュ毎にそれぞれの倒壊率が与えられるため、各メッシュ毎の年代別建物面積割合に年代毎の倒壊率を乗じ、その合計をメッシュの倒壊率として表示している。非木造建物の被害率については、国土庁で提案されている地震時被害想定の結果を用いている。

また、建物被害に液状化の影響を考慮するため、液状化が生じると判定された砂質土層地盤では、液状化に対する抵抗率FL値に応じて耐震設計上の土質定数(DE)を低減させる方法を採用して、被害予測を行った。液状化を考慮した木造建物の倒壊率分布を、図-13に示す。

(2) 人的被害予測

人的被害予測式には様々なものがあるが、本研究で採用する予測式は、呂によって提案されたものを、人口構成の変化を加味できるように修正したものである。基本となる呂の式は、過去の地震被害例をもとに回帰式によって求められた式である。

$$Y2 = a \cdot \exp(A2 + B2 \cdot X2)$$

属性係数(a) = ⊕(対象地域における

男女別の年齢層別人口 / 総人口 ×
危険度係数(di))

$$\text{危険度係数}(dj) = \alpha_j \times (Dj/Mj) \div \oplus(Di/Mi) \times n$$

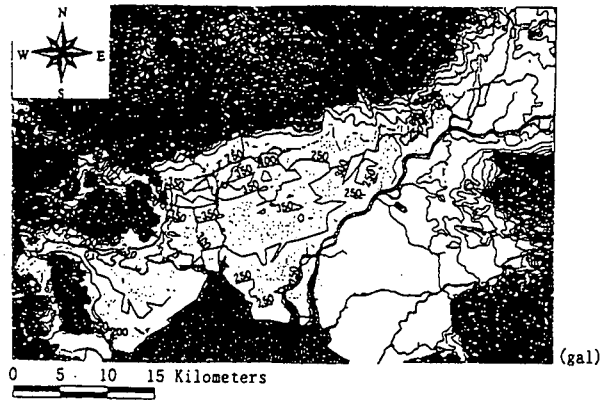


図-11 佐賀平野の地表面加速度分布

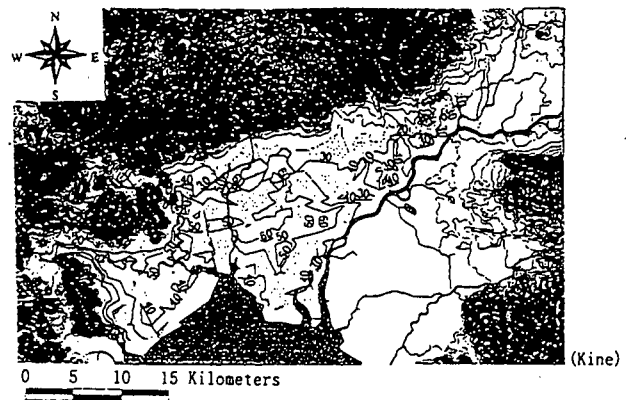


図-12 佐賀平野の最大速度分布

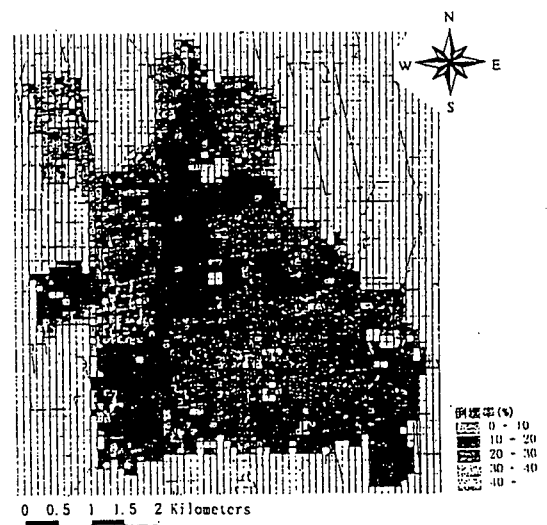


図-13 佐賀市内の木造建物倒壊率分布
(液状化を考慮した場合)

Y2：人的被害率（死亡者率、又は負傷者率）

a：属性係数（式5.7により算定）

X2：振動による家屋被害率

A2、B2：震源距離に関する係数

a_j ：各人口区分の1980年と1990年の人口構成比

D_i ：同人口区分の死亡者数（又は負傷者数）の被災率評価値

M_i ：同人口区分の1980年人口比率

n：人口区分(n=10)

図-14は、液状化を考慮した建物の倒壊に伴う人的被害を予測した結果である。

更に、災害弱者の分布ならびに地震発生の時間帯等を考慮することによって、救助・救援活動の優先地域を選定することも可能である。

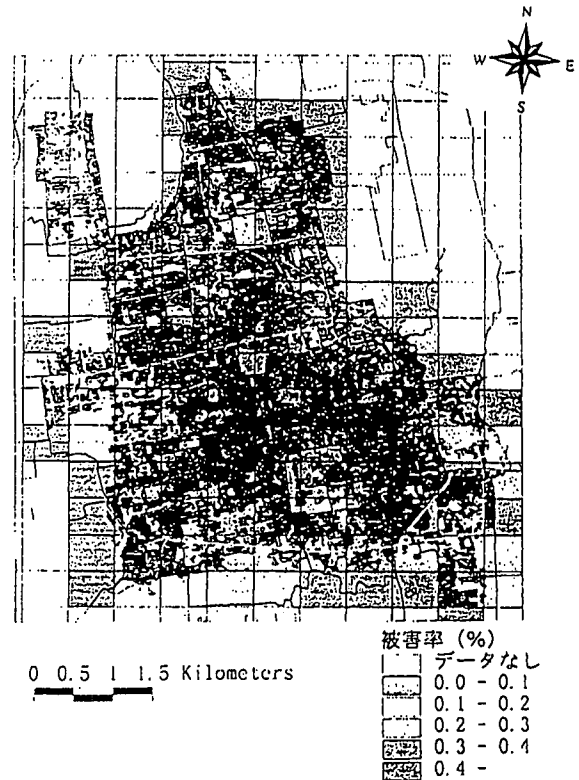


図-14 佐賀市内の人的被害予測

4. おわりに

地盤情報データベースとGISを結合させた「低平地防災支援システム」は、地域防災計画などのように広域計画の立案支援、および災害発生時など緊急時の避難誘導、救助活動などに必要な最新の情報と蓄積された情報を重層的に考慮して、迅速かつ確かな判断・指示を行うために、極めて有効なツールである。しかし、その利用価値は、関連する様々な情報が、如何に豊富に、どれだけ精度良く、データベース化・入力されているか、どうか懸っている。しかも、多くのデータは経時的に変化するものであり、新たなデータの収集入力とともに、既存データの修正など、根気の要る地道な作業が、必要不可欠である。

参考文献

- 1) 陶野：佐賀平野の自然と環境の変遷、佐賀大学公開講座「佐賀平野～土と水の技術史」、pp.1-14、平成3年
- 2) 下山・大坪：中北部九州の堆積環境と軟弱地盤、地盤工学会九州支部50年記念誌、九州・沖縄の地盤工学－あゆみと展望－、pp.69-74、1999年
- 3) 林他：佐賀県南西部における地盤情報データベースの構築とその利用、土木学会西部支部平成8年度研究発表会講演集、1997
- 4) 林他：佐賀県南西部における地盤情報データベースの構築とその利用、土木学会西部支部平成8年度研究発表会講演集、1997
- 5) 林他：佐賀平野における地盤情報データベースの構築と地盤特性、第32回地盤工学研究発表会講演集、1998
- 6) 南：低平地防災支援システムの構築と地震時の被害シミュレーション、佐賀大学大学院博士前期課程（修士）学位論文、1998