

第48回 社内技術発表会

特別講演 「地震防災情報の活用とGIS→JAVA?」

福和 伸夫

名古屋大学工学部建築学科助教授

自己紹介



ただいま紹介をいただきましたが、自己紹介をさせていただきます。

下の図は主な経歴です。私は清水建設(株)で10年間鍛えられてきました。ゼネコンというのはなんでも屋を養成するところで、私もその例にもれず、“人に言われたことはなるべく断らずに、どんな仕事にも一生懸命取り組む”という人生を10年間続けてきました。

ゼネコンでは、建物の種類でいえば宇宙構造物から

1981	1991	1996
名古屋大学 学生	清水建設(株) 大崎研究室	名古屋大学 教官
シェル理論	構造物-地盤の相互作用	構造物の波動伝播解析
3次元弾性体の グリーン関数	不整形地盤の解析 免震構造	オブジェクト指向構造解析 交通振動
	建物の捻れ動 基礎の浮き上がり	即時地震被害予測 柔軟浮遊構造物の大変位振動問題
BEM	Hybrid法	建物の弾塑性解析
FEM	剥離非線形解析 (地盤)	伝達行列法 (構造物)
		オブジェクト指向 GIS
原子力発電施設 新型炉	加速器・放射光施設 宇宙構造物	交通振動対策
	超高層建物 ゴジラ	地震防災 建築物の耐震改修 免震・耐震診断改修の評価 原子力の耐震
	軟弱地盤の杭基礎	

**Design Dynamics Computation
Research Engineer**

主なもくじ

はじめに.....	9
1-なぜオブジェクト指向か.....	10
2-なぜGISか.....	18
3-地震防災への適用と現状.....	26
4-いま建築物は.....	29
5-名大での動き.....	32
<hr/>	
◇自己紹介.....	8
◇宇宙構造物とオブジェクト指向.....	10

地下構造物まで、ありとあらゆる物をやりますし、振動と名が付けば、どんな振動も扱うというように、さまざまな問題に取り組んでいます。たとえばゴジラが超高層ビルを尻尾でたたいた時に、超高層ビルはどのような揺れ方をするかを調べるといったこともありました。

私が在職しておりました大崎研究室は、東大名誉教授である大崎順彦先生が主宰しておられます。大崎先生は地震震動のスペクトル解析入門、あるいは大崎スペクトルとか、東京地盤図を作られた方で、ご存知の方も多いかと思います。

こういう経歴もあって、現在もいろいろなことに取り組んでおります。そのため、現在関わっている委員会等もたいへん多くあります。その中で主要なものとしては、建築構造物の設計法がこれまでの仕様規定から、性能規定に変わっていきますので、総プロで基準法の見直しをしています。それで新建築構造体系の開発ということで、私は地震荷重の分野に参加しています。

それからもう一つは、愛知県、名古屋市などの地域で、消防防災が主としてやっている地震被害想定作業に参加しています。

また建築屋の立場から、官や民の建物の耐震診断・耐震改修の仕方に関する委員会、他には原子力関連とか、建築センターの免震の評定といったことなどに加わっています。

そうした中で、応用地質さんとはいろいろなところで一緒に仕事をしております。

■はじめに

今日は、「地震防災情報の活用とGIS→JAVA?」というテーマで話をさせていただきます。

GISについてお話しする前に、今私が取り組んでいることのバックグラウンドを紹介した上で、オブジェクト指向、およびそれをういたデータの活用術などを説明いたします。

そして、最近では点的な物とか、面的な物をどのように扱うとか、事前の問題から事後の問題への一貫性とか、マクロとマイクロの一貫性とか、それから特に兵庫県南部地震の後、リアルタイムという言葉が広まったことや、最近流行しているインターネットを用いた情報活用について、私の出身である建築分野での最近の動きを絡ませながら、広く浅く話をしたいと思います。

1-なぜオブジェクト指向か

■成長可能なシステムづくりを

最初に、なぜ「オブジェクト指向」ということでお話します。

「オブジェクト指向」という言葉と私のつながりを説明して、オブジェクト指向の便利さをわかっていただこうと思います。

そもそも私がオブジェクト指向とかかわるきっかけとなったのは、宇宙構造物との出会いです。今から、7~8年くらい前だったと思いますが、“もう建設業には将来がない”と言われた時代がありました。その時に新しいフロンティアを開拓しようということで、“ニューフロティア”が盛んに言われ、ニューフロティアのひとつには、応用地質

さんが得意とされるジオフロントがありましたし、同様に“宇宙に建設業は出ていこう”ということがありました。

当時、私は「もうこれから地震工学はやることはないし、やっても無駄だよ。地盤もやめて、別のことをやったら?」と上司からサゼッションされて、その時にたまたま、宇宙構造物を検討する共同研究の機会がありました。

そうして飛び込んだ当時の宇宙構造物の世界は、始めたばかりですから、あまりにも多くのことをやらないといけない状況でした。普通の方法ではできないというので、新しいタイプの解析法を作っていこうということになりました。

その時に初めて、いろんな解析法とか、最新の研

宇宙構造物とオブジェクト指向

宇宙構造物について、もう少し説明を加えておきます。

今まで宇宙構造物といえば、人工衛星のようなものが打ち上げられてきました。だいたい、大きさが数m位で、重さは100kgからせいぜい2トン位の、ごく小さなものです。これらはいわば剛体の塊で、しかもロケットの中に完成品を積み込んで打ち上げるものでした。

しかし最新の、そろそろ打ち上げが始まりますが、宇宙ステーション「フリーダム」の大きさは100mクラスです。重さも200トン位あるので、とても1回のロケットで完成品を持って行くことはできません。数mくらいの大きさであれば、超精密機械の塊としていけるのですが、100mクラスの大きさになると、電気屋さんの世界では無理で、われわれのような建築屋が担当しないとできない世界になってきます。宇宙に持って行ってから組み立てますから、クレーンをどうするかとか、どうやって宇宙空間でステーションをつくるかという建築屋のノウハウが必要になっ

てくるわけです。フリーダムの後には、日本を含めた世界の電力事情を考えますと、太陽光発電衛星を作らざるを得ないという話もあります。この発電衛星は、数100m位の巨大なものになります。これらのイメージとしては、図-Bの右上がフリーダムで、左側が太陽光発電衛星のイメージです。こういうものが実際にある程度具体化されています。

図-Cは、清水建設で設計したもので、日本の建設業が提案している宇宙ホテルというものです。これも100mを超えるクラスのもので、建築構造物とか、あるいは橋梁を考えていただければ良いのですが、土木構造物と共通した柔軟な構造形式のものが採用されています。

大型宇宙構造物と構造形態		宇宙構造物のサイズと構造形式	
剛体	数m	人工衛星	$V, M \propto L^3$
ビーム、プレート	数百m	宇宙ステーション プレート状発電衛星	$V, M \propto L^{2-3}$
膜・ケーブル	数~数十km	(張力による安定化、畳込みの技術)	
・圧縮部材		展開太陽電池アレイ	$M \propto L^2$
・遠心力や内圧			
・重力勾配や太陽輻射圧		テザー衛星、ソーラーセイル	$M \propto L^{1-2}$
建築構造物との構造形式の共通性			

図-A

何故オブジェクト指向？

宇宙構造物との出会い・既存の解析システムの限界

- ↓ 最新の研究成果・各種の解析法・成長可能なシステム
- ↓ 清水→大学 オブジェクト指向構造解析

大学でのシステム資産継承の不具合さ

- ↓ オブジェクト指向有限要素解析・波形解析

地震防災の総合性と既存学問分野との遊離

- ↓ 地震工学問題のオブジェクト指向分析

各種都市情報・地図情報との融合の重要性

- ↓ オブジェクト指向GIS (名大・名古屋圏) / WWW

図1-1

究成果とかを取り込むことのできる、成長可能なシステムづくりということで、これからお話しするオブジェクト指向を用いることを思いつきました。

清水建設時代にこうしたことを始めまして、大学に戻って見ますと、大学というのは毎年毎年、膨大な数のプログラムを書くのですが、同時に毎年毎年同じ数のプログラムが死滅していくという場所でもあります。

そこで今度はシステム資産をいかに残していくかという立場からオブジェクト指向のことを、少しかじりました。さらには有限要素法とか、波形解析をオブジェクト指向でやってみました。そうこうしている間に、オブジェクト指向というのは、もっと複雑な問題に対応できるということがわかってきました。

それで最も複雑な問題のひとつである地震防災とか、地震工学の問題にオブジェクト指向を組み入れていくことを5年くらい前から始めました。

ですから、実際には建築屋とか、土木屋がどんどん参加していかないと宇宙構造物の設計はできない状況になっています。実際、アメリカでは宇宙構造物の構造設計に携わっている人の半分はシビルエンジニアになっています。

そういう状況で、とりあえず宇宙構造物の世界に参入したものの、実際はかなり大変だということがわかってきました。それは常に新しい研究成果を組み込んで応答解析をしていかないと、宇宙構造物の設計に寄与できないということ、それから宇宙では外力が全然ありませんから、宇宙へ行くと成立するけれども、地上に置くと、自分の重さで宇宙構造物は壊れてしまいます。当然、実験することができませんから、解析が全ての世界です。さらに宇宙構造物は宇宙へ運んでから、宇宙空間を利用して、そこで作りますから、ほんの些細な振動があってもいけません。

そうした理由で、宇宙構造物の設計は、振動や解析のウエートが高い分野で、常に最新の研究成果を導入したり、新しいパラダイムを入れる必要がある分野です。

そこで、AIあるいはオブジェクト指向に取り組まざるを得なくなりました。ということで宇宙構造物の話が最初に出てきたわけです。

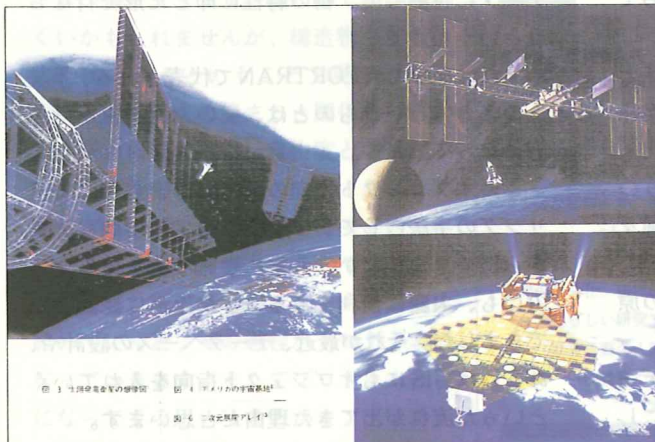


図-B

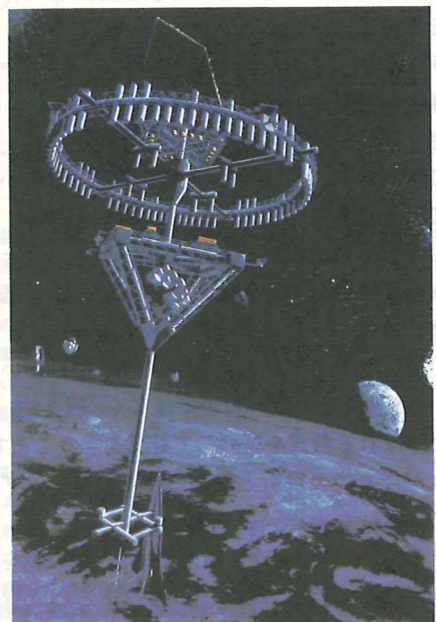


図-C

■今やオブジェクト指向の時代

そうして取り組んでいるうちに、いろいろなデータベースが利用できるようになりました。データベースをどう扱うかというときに、オブジェクト指向データベースという言葉がよく出てきます。またデータベースをどう活用するかという段階では“GIS”ということが出てきますが、“オブジェクト指向GIS”という言葉も出てきました。

そして、最近話題になっているものに“JAVA”があります。これはインターネットを通じて、利用する時の仕組みのひとつですが、これもオブジェクト指向と言われています。というようなことから、最近の流れというのは、オブジェクト指向にあるということが言えるかと思えます。

■オブジェクト指向の考え方

オブジェクト指向やAIを用いると、従来の汎用コードではできなかった解析を自分たちでできるようになります

それでは、そのオブジェクト指向とは何かということを説明いたします。

私は建築屋なので、建物の例で説明します。図1-2にあるように、3階建

であればどんな建物も、1階・2階・3階からできています。

もう少し簡略なモデルにすると、柱と梁と床という要素に分解できます。この分解の際の基本単位は、あくまで物の単位で行っております。

一方、私たちが通常に使っている解析というのは、物を主体としているのではなく、何々法、何々法と呼ばれる数式を羅列して計算をすることです。それが今までの解析と実際の物とのギャップの原因ではないかと思えます。

そこで、オブジェクト指向では、一個の物をデータを主体とした1つのオブジェクトという塊にします。何か“計算をする”という際も、その物の

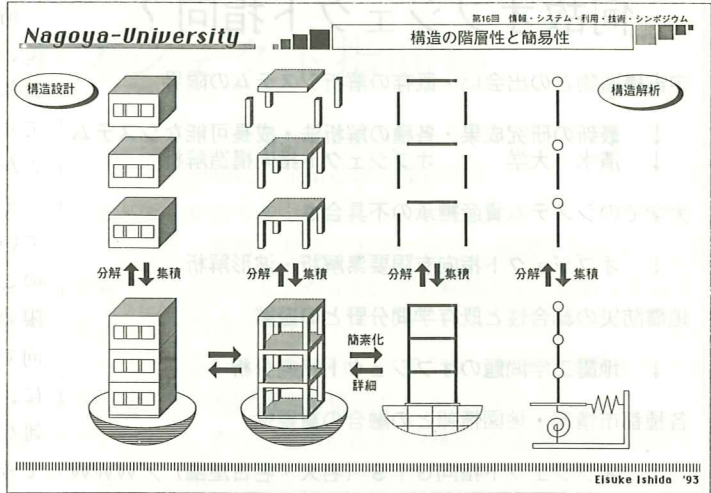


図1-2

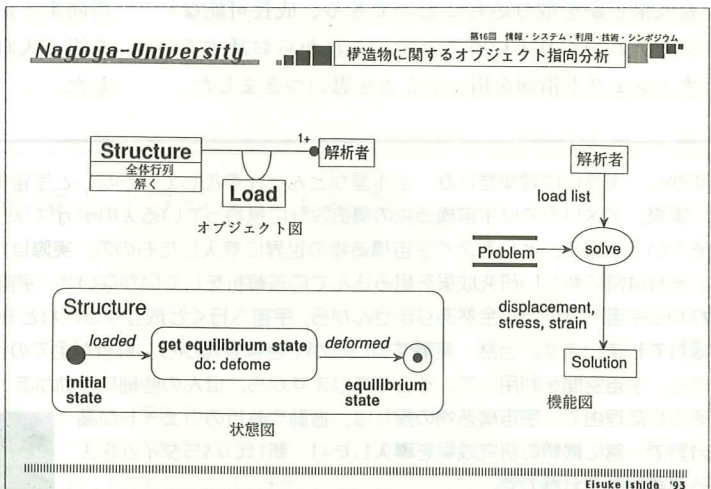


図1-3

データに付随して、物の特性に即した形で行なおうというものです。

それはかつてのFORTRANで代表される、手続きの集合体というものとは、ずいぶん違った考え方になっています。

このオブジェクト指向の考え方は、当初はモデリングの手法として、ソフトウェア工学的な分野から出てきましたが、非常に複雑な物を分析するのに、大変に便利であることが徐々に認識されてきました。それが最近、データベースの設計や、あるいはGISにもオブジェクト指向を入れていくといった流れが出てきた理由だと思います。

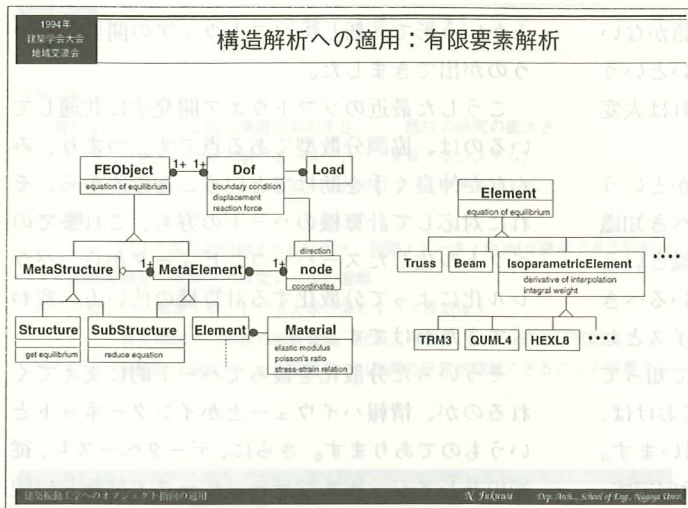


図1-4

■オブジェクト指向の応用手順

ごく単純な例ですが、図1-3に即してオブジェクト指向の基本的な応用手順を説明いたします。たとえば構造物の荷重計算するという時には、解析者と構造物との間に荷重という関係を持ってリンクが張られていく。構造物は初期状態からつり合い状態まで変化をしていきます。

一方、機能という意味からすると図中の右側のように書けます。こういった3つに分けた書き方で、物事を分析していくことがオブジェクトの世界で、よく行われています。

こうした考え方を使って、われわれが応答解析計算によく使う有限要素という物を表現してみると、図1-4に示す有限要素法のプログラムが書けてきます。絵だけでわかりにくいかもしれませんが、構造物は要素の集合体であるということで見えます。要素は節点の集まりと関係しています。節点の集まりは、自由度と関係していて、構造物とかエレメントとかは、共通な有限要素という性質を持っているということを図式で表したものです。

こうした図式を書いて、さらに詳細に詰めていくと、その過程がプログラムになっていきます。そしてプログラム表現になってくることがオブジェクト指向の特徴です。

とりあえず今の段階では、物を中心に分析を進めているというイメージが解っていただければ十分です。

■背景(1) 高くなった分野間の垣根

一方、建築の分野から、地震工学の近辺を見ていきますと、いろいろな問題があります(図1-5参照)。特に耐震安全性とか、都市の地震防災というのは、われわれにとって永遠のテーマであります。実際にやろうとすると、断層の話から最終的には、部材の応力の話まで、大

変に広範囲な学問領域の、しかも深い知識が必要で、とても一人でやれる能力を超えてしまいます。

活断層のデータを扱う一方で、最終的には鉄筋何本というところまで、扱わないといけません。

こうした問題に対処するためには、異なる分野のエキスパートの知見をうまく活かすことができる枠組をつくっていく必要があります。

一例を挙げますと、都市防災で地震被害想定をやろうとすると、最新の知見が必ずしも生かされないという恐れがあります。それはそれぞれの研究分野が専門性を持ちすぎて、いわば分野間の垣根がどんどん高くなってしまったことによると思います。

個々の分野ですばらしい研究成果が数多く出て

1994年 建築学会大会 地域文芸会

背景 (1)

建築物の耐震安全性・都市の地震防災 : 建築構造に携わるものの永遠のテーマ

- ・広範な学問領域の深い知識が必要 : 一個人の能力を超える
- ・各種のデータの利用 : データ活用・融合不十分, データの所在
 - 異なる分野のエキスパートの知見を活かすことのできる枠組の必要性
- データ・知識(経験的知識・ノウハウ)・アルゴリズム(公理的知識・数理)
- ・分かりにくさ, 使いにくさ → ビジュアルライゼーション, インタラクティブ

c.f. 地盤震動シンポジウム : 点から面へ, リアルタイム

研究の細分化, 研究分野間の共通の言葉 → 情報の通訳の必要性

- ・素晴らしい研究であっても他者は理解できない : 大いなる損失
- ・「隣接分野の人間が知るべき知識」と「個別の研究者にとって重要な知識」

外部情報: インターフェース 内部情報: 個別知識の隠蔽
(本質的情報を受け渡し付随する情報は隠蔽)

1994年 建築学会大会 地域文芸会

図1-5

いるにもかかわらず、研究分野間の共通語がないために、他分野で活用することができないという時代になっているような気がします。これは大変な損失です。

それでは具体的にどう対処するとよいかということですが、まず、他の人たちと交換すべき知識と、自分たちだけで持っていればいい知識というのを区別することです。他の人も知っているべき情報が外部情報、すなわちインターフェイスとして持っている物であって、自分たちだけで知っていればいい知識は個別知識として隠蔽しておけば、情報の渦の中に巻き込まれずに済むと思います。これを実現していくのが、オブジェクト指向です。

■周辺の動き

図1-6にもう少し周辺の動きについてまとめました。東大に人工物工学研究所という施設があります。今の吉川総長がつくった研究所です。ここでは、これまでの工学があまりに細分化されて、結局スパゲティシンドロームになってしまった現状に対して、物を作る立場で個々の工学に横糸を張るような学問が必要であるという見地から、オブジェクト指向につながることを提唱しています。

これを実現するための世界として、人工現実感とか、人工生命とか、GUIとか、インタラクティブとかいうような言葉が出てきています。さらに最近オブジェクト指向とか、エージェント指向

とかいう形で、新しいソフトウェアの開発法というのが出てきました。

こうした最近のソフトウェア開発法に共通しているのは、協調分散型である点です。つまり、みんなが仲良く手を助けてということですから、それに対応して計算機のハードの方も、これまでのベクトル化したスーパーコンピュータから、パラレル化によって分散化する計算機の使い方へ変わってきたわけです。

そういった分散化を後ろでハード的に支えてくれるのが、情報ハイウェーとかインターネットというものであります。さらに、データベースも、従来のリレーショナルなデータベースでは新しい使い方に対応できないので、データ構造をより網羅した、オブジェクトデータベースを取り入れていくことになります。

さらにそれを地図と組み合わせると、地図情報に活用するといった流れも急激に進んでいます。

こうした流れは、われわれの建築土木では、あまり感じないのですが、もう少し別の世界へ行くと痛切に感じるがあります。ですから、われわれはこの環境の変化をしっかりと把握しておかないと、時代遅れになってしまいます。

■大学の事情

ここで今の私の仕事に関連しますが、大学の事情はどうかということを図1-7にまとめました。

大学でもけっこう大きな問題を抱えております。たとえば、マスターコース2年間で、修士論文までもっていくのは大変です。今は、勉強しないといけないことがたくさんありすぎて、勉強している間に2年間で過ぎてしまいます。ですから、何かを研究しながら、一方で勉強する人を育てるシステムが必要だと考えています。

毎年、ゴミプログラムと呼ばれるほど大量のプログラムが死滅していることの対策も必要ですし、知識やデータの伝承もうまくいっていません。

さらに深刻なのは、民間に比べて、レ

周辺の動き	
ものを作る学問	人工物工学 : スパゲティシンドロームの回避, モジュール化 人工現実感, 人工生命 : GUI, Interactive
既往のソフトウェア開発法の限界	構造化プログラミング → オブジェクト指向 協調分散型 → エージェント指向 FORTRANの死滅
計算機のハード性能の限界	: パラレル化, WSの分散環境・ネットワーク
情報ハイウェイとインターネット	: インターネットをエージェントが動き回る
データベース	: RDB → OODB, 地理情報...

図1-6

1994年
建築学会大会
地域文芸会

背 景 (2)

大学の現状

- ・新たな研究を始める前の準備期間の不足 : 既往の研究の膨大さ
→ 分析をしながら学べるシステム (人を育てるシステム)
- ・プログラム資産の欠如 : 毎年多くのプログラムが死を迎える
- ・知識・データの伝承
→ 既往の成果を何時でも取り出せ、知識・データ・PGMが継承できる枠組み
- ・民間研究機関と大学との研究レベルの遊離
地震工学・構造工学における大学の果たすべき役割は?
→ 教育機関? (高級技術者養成・社会人再教育) or 高等研究機関?
→ 独創的な研究? or 接着剤? (民間の研究が理解できることも重要?)

建築学会1号へのオンライン投稿の例 A / Jstnau Sep. 94

図1-7

ベルが落ちてきているということです。こうした事態を打開するためにも、何か新しい枠組を作らねばならないと思います。

■地震防災への活用

いろいろな状況をお話しましたが、オブジェクト指向の防災への活用という視点で次に進めたいと思います。(図1-8参照)

先にも触れたように、防災、地震工学の問題というのが大変な理由のひとつは、構造物の地震時挙動予測ひとつをとってみても、それぞれで専門知識に裏づけられたデータ、手続きが一体となったシステムの集合体ですので、こうした複雑なシステムを経なければ、建物の応答問題に対処することはできません。

しかしそうしたデータと手続きは、一体の物、つまりひとつのオブジェクトの集合でもあるわけです。ですから、オブジェクト指向の原則通りに、ひとつのデータと手続きからなる物をひとつのシステムとして、そのシステム中心に物事を考えていくという作業を不断に行なっていけば、より大きな問題が小さな問題に分解され、さらにそれが小さな問題に分解されるとい

う、問題の階層性ができることとなります。

結論として、各分野のさまざまな知識とか情報と、コンピュータの両方をうまく利用して、新しい枠組を構築するための方法として、オブジェクト指向的な考え方をしていくと、地震防災とか、耐震設計でも役立つ可能性があるということです。

計算機屋さんたちの中で言われている言葉に、ASEという用語があります。この意味は、図1-8に示すように、分析→統合→評価(エバルエーション)というプロセスを通して問題を解決する手法です。

■情報の整理

この手法を地震応答問題について言えば、各々のシステムが細分化されてしまっていることに問題があります。ですから、最初の段階で各々のシステム間で受け渡す情報は何かということを整理した上で、それぞれのシステムや分野に個別の研究成果が明確に出てくれば、それらを統合して問題解決にあたることができるようにすることが必要です。

よく考えてみれば、当たり前のことですし、すでにやっていることかもしれませんが、そうした

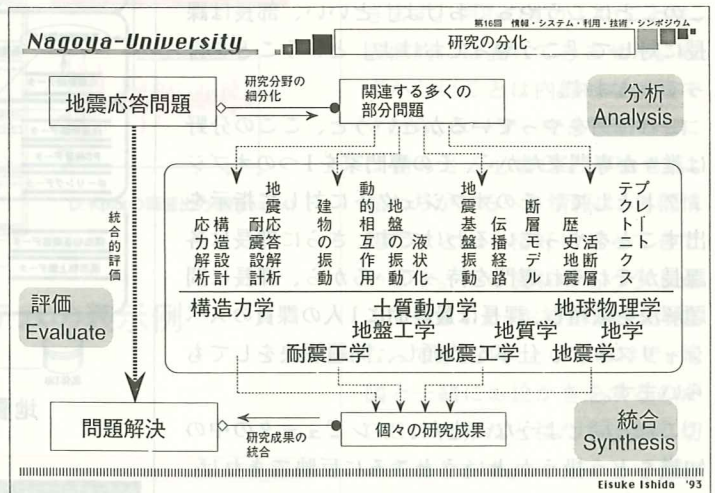


図1-8

情報の受け渡しの整理が非常に重要です。

これもごくあたりまえの話ですが、どんな複雑なシステムも単純なシステムからなっていますし、それをどんどん突き詰めていけば、非常に単純な要素からなっています。

要するに、全体の問題は部分の問題の集まりであり、部分という共通の物があります。または共通の世界の中の1個として、それぞれのシステムというのがあるともいえます。

各システムには必ず共通してやっていることがあります。われわれはどんなシステムを扱うときでも、物理的に意味がある物を抽出します。そのためいろいろな知識ベースとかデータベースを利用しているわけです。

そういった抽象化された物に対して、何らかの解析を選択して行い、実際に行なった解析のデータを評価しています。だから共通な物は共通な物として、全体の中で明確に位置づけられる必要があります。

方法論が、組織モデルというものによって、物事を解決していくエキスパートシステムの考え方です。今のようなことを順番に進めていけば、オブジェクト指向を使って、物事が整理されていくわけです。

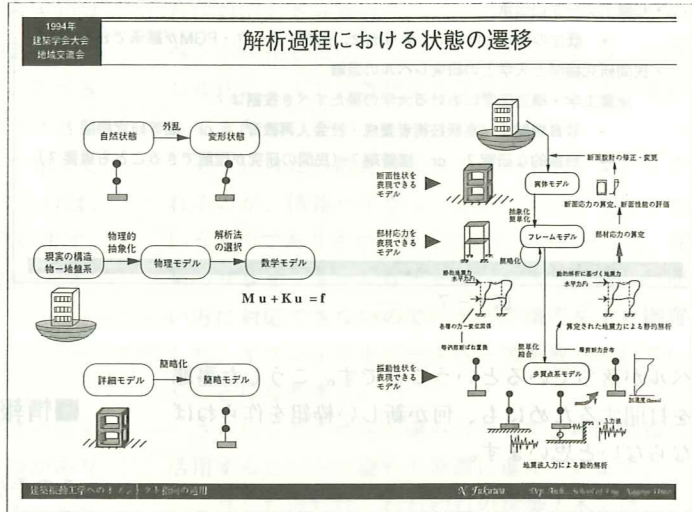


図1-9

■組織に例えると

問題を解決する方法論として、われわれが組織の中でやっていることに例えてみましょう。

組織の中では、社長が部長に対して「おまえこのことはこうやっておけよ」といい、部長は課長に対して「こうやっておけよ」ということを言っています。

これは何をやっているかというところ、この分野は誰々が専門家だから、その専門家を1つのオブジェクトとして、そのオブジェクトに対して指示を出すことをやっているわけです。さらに部長は各課長がそれぞれ専門を持っているから、課長に問題解決を依頼し、課長は最終的に1人の課員のスペシャリストに、仕事を依頼し、問題解決をしてもらいます。

これと同じようなことが、コンピュータの中の知識をどう扱うかというところに反映できれば、知的な問題解決ができるのかもしれない。この

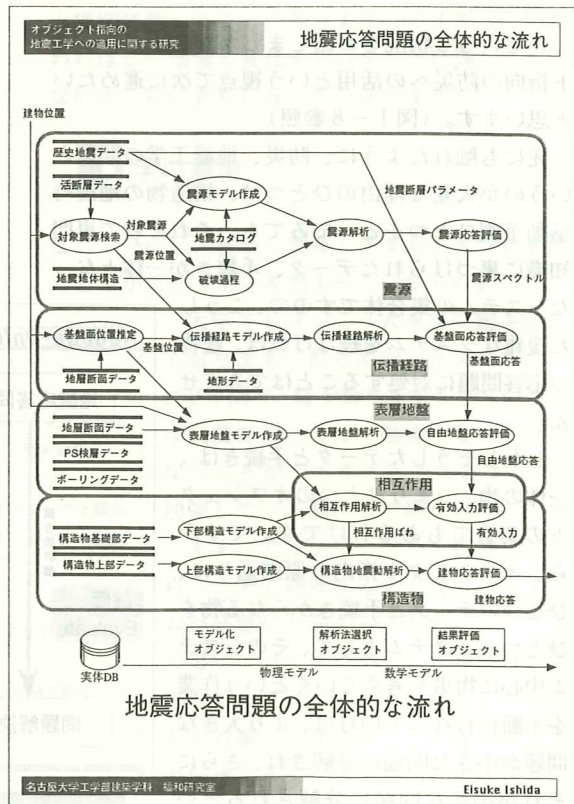


図1-10

■別の事例として

それから、私たちは解析等を行なう際に、共通にやっていることがあります。それは何らかの外乱を与えて何か起こすということで、自然状態から、たとえば変形へと考えます。そうしたプロセスを簡略化したものを図1-9に示します。

もう1つは、現実の物を必ず、最終的に数式に置き換えていくということをしています。図の右側は建築構造物でよくやっているモデル化の流れです。結局こういうモデルをいっぱいやっている中で、共通してやっていることは、左側の3つのプロ

セスということになります。今のような作業を進めてでき上がったものを少しずつ整理していくとすっきりしてくるということで、地震の発生から最終的な構造物の応答までの全体を1つの絵としてまとめてみたのが図1-10です。

図1-10はそれぞれの四角ごとが、1つのシステム、すなわちと1つの大きなオブジェクトになっていて、左から右に行くにしたがって、実体から数式に近づくという形で書いてあります。これも全部、オブジェクト指向で分析するためのツールとして書いてあります。

今のような物を、たとえば有限要素の解析に使

ったりとか、あるいは地震防災に使ったりとか、あるいはいろいろな波形の解析に使ったりしております。

余談になりますが、マッキントッシュというのは、オブジェクト指向の塊です。ウィンドウシステムもだいたい同じですから、今申し上げましたような作業を進めているうちに、ウィンドウ上で物事をいろいろやっていくようなスタイルの物ができてきます。これも、波形をどうやって解析するかということを考えていくと、図1-11のようなお絵かきソフトのような、格好になってきます。何もむずかしいことは、表面的には表れてきません。むずかしいことは内部的な情報ですから、ユーザーである私たちには知らせる必要はありません。私たちが知るべき情報は、外部情報だけという格好になってきています。この流れがもう少し進んできますと、お絵かきのようになってきます。というわけで、地図と一緒にお絵かきをするのがGISの世界だと私たちは割り切っております。

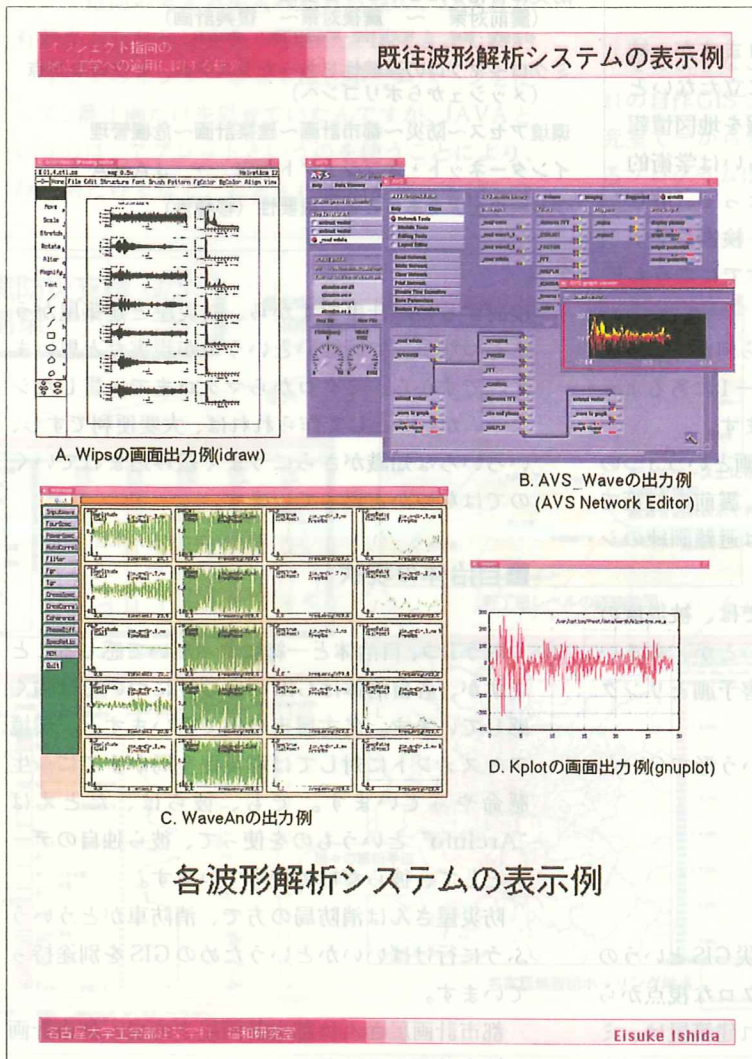


図1-11

2 - なぜGISか？

Geographic Information System (地理情報システム)

今からGISの話に移りたいと思います。
 昨年兵庫県南部地震の際、京都大学の防災研で作られた「DiMSIS」というGISのシステムが、瓦礫の撤去に活用されて多大な成果を挙げました。これがきっかけになって、防災分野でもGISが大きな注目を集めて、防災に関係している人たちが急に“GIS”、“GIS”と言うようになりました。

現在、いろいろな被災情報がありますが、結局、地図としてもっていないと役に立たないといわれております。各地の都市情報を地図情報に埋め込むことができるとか、あるいは学術的な知見をバックにもたせることによって、解りやすく使い分けて研究成果が利用、検索しやすいようにするといったことです。すでにこうしたことは広く行なわれております。

こうした経緯から、GISを使ったら何ができるのかというふうに考えてみると、図2-1にあるように、ずいぶんいろんなことができます。

震前の対策、震後の対策、復興計画という3つのフェイズで全部共通して使えます。震前の対策では、例えば被害想定とか、あるいは避難訓練のシミュレーションです。

それから震災の直後という想定では、被災度の判定結果を机上で整理していきたいとか、あるいは早期被害予測、リアルタイム被害予測とリンクしていくとかいったことです。

復興計画の段階では都市計画という形でGISが利用できます。

■マクロとミクロ

しかし現状ではGIS、あるいは防災GISというのはどうも、防災といったかなりマクロな視点からなされるものが大部分で、われわれ建築屋は、ミクロの視点から1つ1つの建物に対して、一生懸命

何故GIS？

各種の都市情報と地図情報との融合

既往の学術的知見の有効利用 → 分かりやすさ

電子化地図情報 (国土数値情報・住宅地図など) の統一

兵庫県南部地震における有効活用: ガレキ撤去

防災に特化したGISの必要性

(震前対策 ~ 震後対策 ~ 復興計画)

被害想定・訓練 被災度判定・早期被害予測 都市計画

ミクロ~マクロの連続性をもったシステム、ミクロな視点 (メッシュからポリゴンへ)

環境アセス~防災~都市計画~建築計画~危機管理

インターネット・オブジェクト指向 → JAVA

フリーウェアであることの重要性 (移植性)

図2-1

検討するのが仕事ですから、防災屋と建築屋がうまくつながっていないというのが現実だと思います。ですから、ミクロからマクロまで一貫したシステムがGISとして作られれば、大変便利です。いろいろな知識がさらにうまく組み込まれていくのではないかと考えています。

■自治体の現状

もう1つ、自治体と一緒にやっているとありますが、各自治体はGISの必要性については強く感じています。名古屋市の例で言いますと、環境アセスメントに対しては環境保全局がすでに一生懸命やっています。でも、彼らは、たとえば“ArcInfo”というものを使って、彼ら独自のデータとして、彼らだけで使っています。

防災屋さんは消防局の方で、消防車がどういふふうに行けばいいかというためのGISを別途持っています。

都市計画屋さんは都市計画屋さんで、都市計画の基本計画をGIS化しています。

建築屋さんには、たとえば確認申請されたものをデータベース化してやっていく、というような形で、それぞれの部署で、別々にデータベースにし、別々の地図データを利用し、別々のGISを作り始めているのが実態です。しかし、これらは同じようなことをそれぞれでやろうとしているわけであり、全部が調整がとれた形に持っていくことが大事になってきます。

■ JAVA

それから最近の流れでは、そういったGISをインターネット上で使える格好にして、かつオブジェクト指向の考え方を入れられる点で、JAVAが有効かもしれないという雰囲気が出てきました。

今までのインターネットは、ホームページを使って、静止画だけを見せていたんですが、JAVAというのは、アプレットというのを使うことにより、静止画だけでなく、たとえば何かボタンを押した

ら、それに反応するようなものを作ることができます。

そうすると、たとえばGISのシステムをJAVAの上に乗せることによって、世界中の誰でもGISの機能を使うことができるかもしれません。ただし当然GISのソフトを買わないと使えませんし、そのソフトは大変高価ですので、普及するのはまだまだ遠いと思います。そのためには、フリーなソフトを作らないといけないと考えています。

(JAVAとは:米サン・マイクロシステムズが開発したネットワーク向きの新しいプログラミング言語。ホームページ上で絵や画像を動かすためのソフト。)

■ 自作GISソフト

そのようなことで作り始めているのが、われわれの自作GISソフトです。図2-2は、私たちの研究室で一から全部手作りで作りしました。売っているプログラムは1本も使っていませんので、誰にで

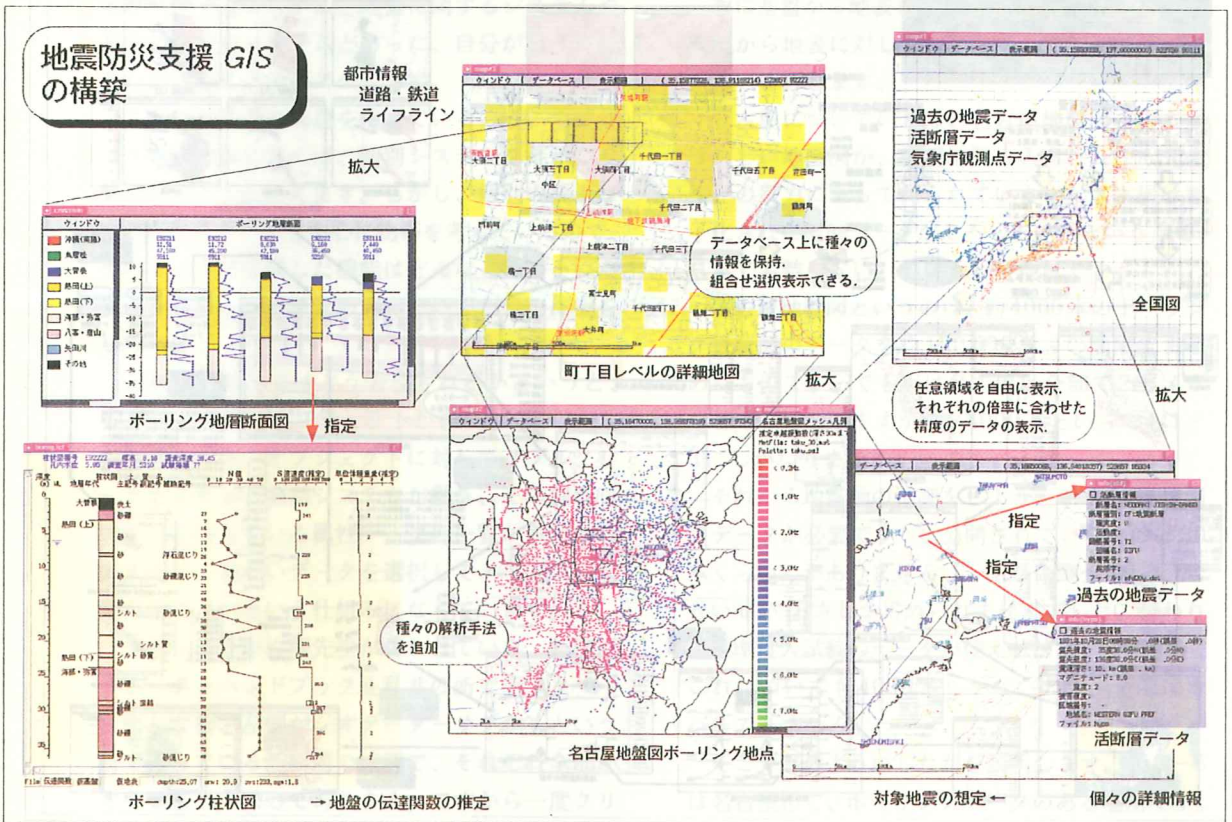


図2-2

も無料でお渡しすることができるという意味で、移植性に優れております。ただし、素人が作っていますので、完成度は高くありません。

一般にGISのソフトは何でもやれますので、防災だけに使おうとすると、無駄な機能がありますが、これは自分たちで作りましたので、防災に最適です。

図2-2は概念を示しますが、活用法の一例を簡単にご説明いたします。地震があるところとか、あるいは活断層のあるところとか、過去の断層パラメーターがわかっているモデルとか、この画面の中のある部分を拡大して、その部分に任意に設定した震源から自分のサイトへの地震動を予測すれば、基盤地震動がわかっているので、地盤のモデル化を通して地表の地震動を予測することまで可能です。

これを用いると、たとえば名古屋市内の揺れやすさを調べるということが簡単にできるわけです。

J map

図2-3は、まだ完成していませんが、地盤情報に加えて、建物の情報も同じようにGISの上に組み込んで、建物の耐震性についての情報も埋め込んでいます。

本日(5月18日)は、展示会場にノート型のワークステーションを持ち込んできておりますので、マウスでクリックすることにより、さまざまな情報を引き出せることを体験していただけます。

このシステムにはまだいい名前がなくて、とりあえず「Jマップ」という名前になっております。

GISを構築する際に一番大事なのは、自分は何がしたいかということと、データの明確な分析をしていくこと、の2点が重要です。

私たちはこれまで見てきたように、オブジェクト指向を取り入れることによりさまざまなデータ

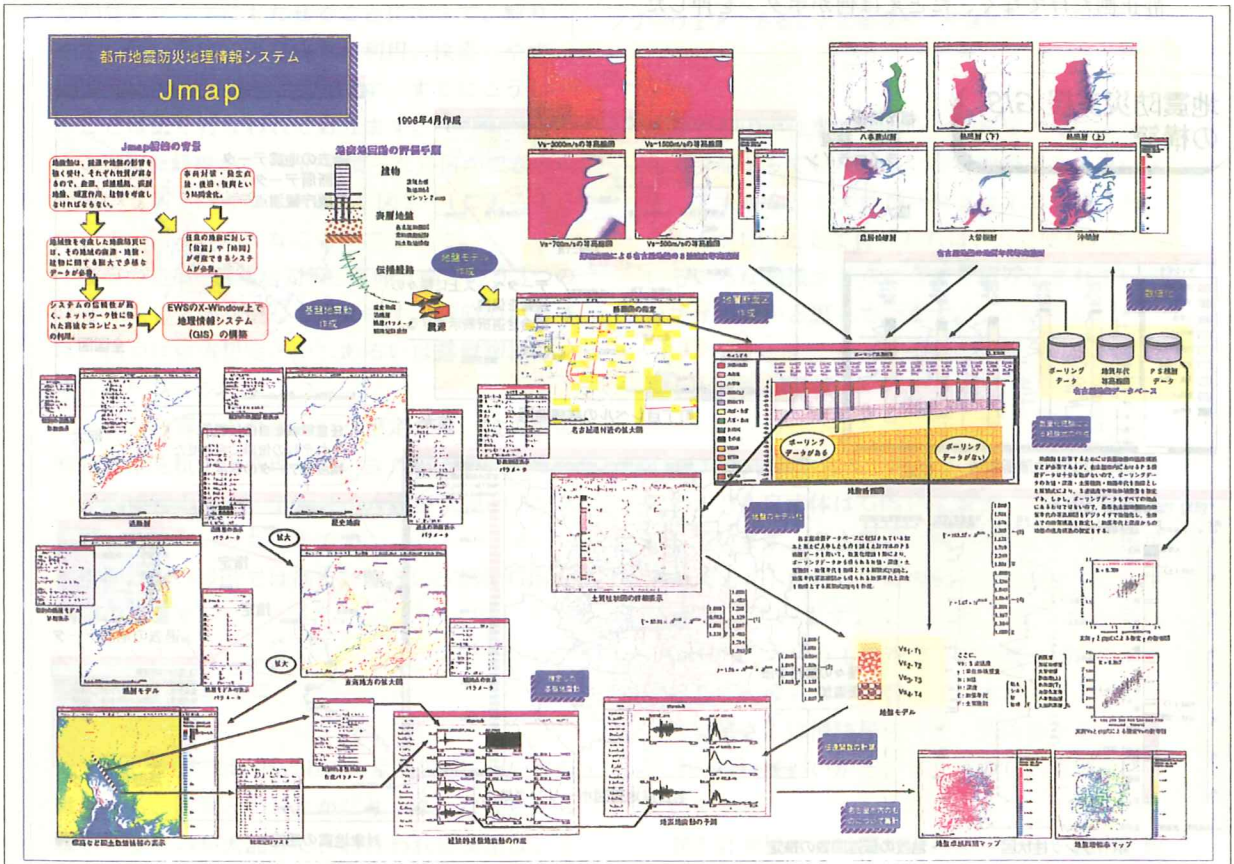


図2-3

の分析をすることができました。ここでは詳細には申し上げられませんが、全体のデータをどう処理するかとか、震源や家屋といった個別のデータをどう組み込むかを考えていきました。

今私たちが何を使っているかという、例えばここにあります震源に係わるデータとか、活断層や断層モデルのデータとか、気象庁の強震観測記録、地盤のボーリングデータ、地層データ、地形データ、表層地質のデータ、それからわれわれがとった常時微動の記録といったものです。

構造物に関しては、家屋台帳やゼンリンの住宅地図です。ライフライン関係のデータの入力も進めておりますが、公共建物についての台帳化が進んでおりませんので、国土数値情報や、自分たちで入手したデータを用いています。

基本的な構成としては、地図のシステムと個別のシステムをリンクさせて表示しています。個別のシステムというのは例えばどんなものかと言いますと、活断層に係わるシステムとか、あるいは地震に関するシステム、地盤に関するシステムや家屋に関するシステムといった、自分が扱うそれぞれの対象ごとのシステムです。

これらは共通の構造を持っているので、オブジェクト指向的に言えば、個別システムを継承した個別システムといえます。しかし、個別の要素はそれぞれにデータを中心に物事を考えているので、そのデータに付随した機能はどんなものかという視点からメソッドを埋め込んでいくという作業をしています。

これが絵の上ではどう表現されるかという、各レイヤー毎にオブジェクトが書かれています。この中の見たいオブジェクトに対してダブルクリックをすると、個別システムが動き、その個別システムが持っている属性データの一覧が表示されますので、見たいデータを選択してメソッドを起動すればよいという仕組みになっています。

例は、右上が佐藤先生が書かれている、断層パラメーターハンドブックを私共の所でデータベース化した物、左側がジオデータサブライという所で売っている活断層の情報で、それぞれ全部がオブジェクトにしてあります。ですから一度クリックすれば、見たい断層の情報がすぐに表示され

ます。右側の所は断層パラメーターについての情報です。

■過去の被害地震データ

それから、過去の地震震源位置も図2-4に表示されてきます。この中で、ある地震を選んでやります。自分の観測サイトを選んでやって、指示します。ここでたとえば大崎スペクトルを使って、基盤地震動を推定しようとかいう、推定するための簡単なルーチンが入っています。これで距離減衰を与えて、地震動が入力されます。その際に大崎スペクトルではスペクトル形状しかわかりませんから、位相情報を得たい時は、たとえばここに入力されている過去の地震動の位相をもとにして、基盤の地震動を予測することが可能です。

■ボーリングデータと地震動

次に基盤から地表までの流れが必要になります。基盤から地表に対しては、各所に地盤のデータがいろいろあります。

名古屋についていえば、名古屋地盤図という素晴らしい地盤図が、応用地質に入られた松沢先生などの努力によって作られています。名古屋は電子化された地盤データがそろっているという点で、日本でも数少ない、素晴らしい地域です。

名古屋地盤図というのは、約4000本のボーリング柱状図のデータを約100メッシュの間隔でまとめたものです。でも実は名古屋は全部で2万メッシュくらいありますから、4000本といっても1/5にしかありません。

それから地震動の予測をしようとするPS検層のデータが必要ですが、公開されているものは30本くらいしかありません。一生懸命調べましたが、せいぜい70本しか集められませんでした。代わりに標準貫入試験のデータが使えればよいのですが、これについても4000本しかないの、全部はカバーできません。

そこでどのようにしたかを説明します。図2-5は名古屋市で、ボーリングデータのある場所です。大変都合がいいことに、名古屋地盤図には、地層

境界の等高線が入っていますので、この等高線をデジタイザーで呼び込んで、デローニ分割という有限要素三角形自動分割の手法をうまく使って、空間的に補間すれば、地層境界の面が出てきます。これを組み合わせて絵を描くということをはじめています。

これは何かというと、GIS上で、ボーリングデータがあるメッシュを表示すると同時にその裏に背景として数値地図の地図情報を重ねていることになります。

たとえば、このワークステーション上で、任意にマウスでクリックすると地層断面図が出てくるシステムを今実現しております。このシステムでは、深さ方向も、地盤構造も同じように入れてありまして、深度方向まで出てきます。こうした形で空間的に補間することにより、数少ないデータから足りない部分を補うという形で有効活用するシステムを作っております。

たとえば、ボーリングデータがあるところをクリックすると、詳細な情報が出てくるという形です。ただ、N値だけでは役に立ちませんので、N値とS波速度との相関関係を用いることにより、速度構造を予測しています。このシステムには伝達関数ボタンとか、地震動予測ボタンが付いていて、これを操作すると伝達関数が出てきますので、先程出てきた地震動を掛け合わせれば、地表の地震動が出てくる流れになっています。

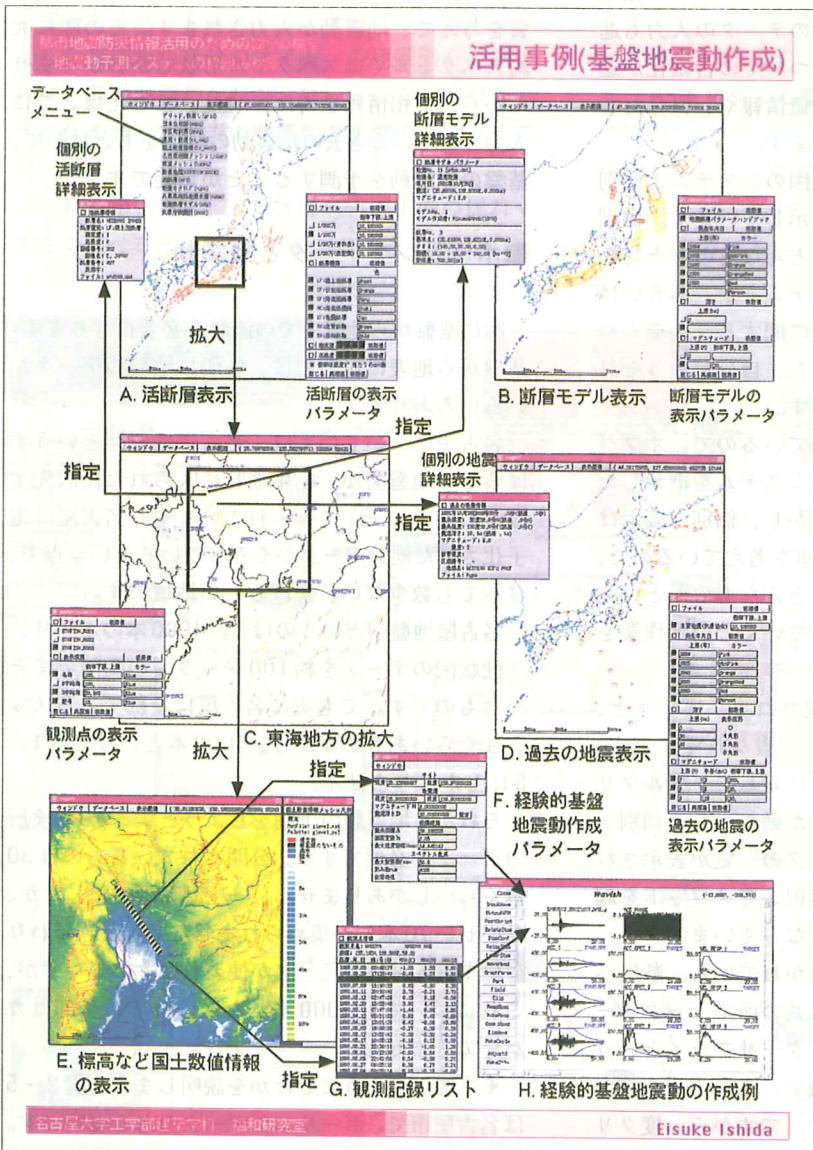


図2-4

■地盤データの補間方法

ここで、図2-5に関連して地盤データの補間の仕方についてお話いたします。

図2-5は、名古屋市内のボーリングデータの分布を示したものです。図2-5の上の図は、名古屋市内の沖積層の深さをわれわれの方で読み込んで補間したものです。下の図は、ボーリングデータに入っていた地層境界を深さによって色分けした

ものです。二つの図がほとんど重なっているということは、前述したように、デローニ分割して補間した地層の深さというものがほぼ合っていることを証明しています。こういったデータを使って、名古屋市内の任意地点の地盤構造、深さ方向の地盤構造をGIS上で補間し、それに対して速度構造も推定できるわけです。

話が飛びますが、建物についても同じようなことができます。今、建築屋の間では、既存不適格建築がどのくらいあるかということが問題になっ

ています。こうした問題についても、500mメッシュごとに何年から何年の間に建てられた建物の数が何棟あるかというデータを持っているので、先程の地盤データとを重ねて、どこが危険かということをやって見せる。そのパッと見せる。そのパッと見せるというのがすごく大事で、自治体の人たちに、パッと見せて瞬間的に判断を仰ぐということが、よりよい街づくりの大切なことではないかと感じます。

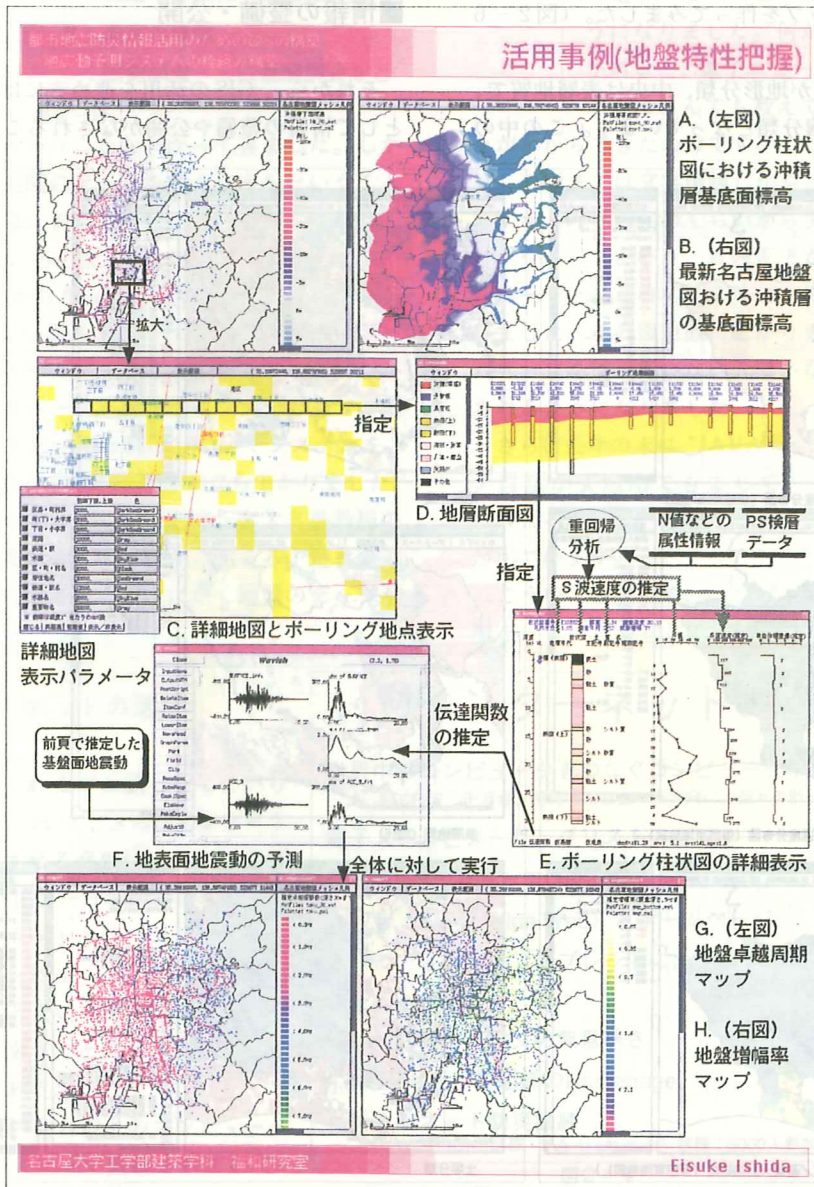


図2-5

■地震動予測マップ

もう一つ活用例を挙げてみました。図2-6の上図は、応用地質さんが愛知県に納められた仮想東海地震における地表面の加速度マップです。愛知県ではこれしか公開していないので、リアルタイムで地震被害想定をするときは、すぐに計算ができないという困ったこととなります。そこで私の方で、東海地震の基盤の地震動を出しまして、後々、簡単に計算できるように、地盤における地震動の増幅度マップを作ってみました。(図2-6の下図)

図2-7は、上が地形分類、中央は表層地質で、それから下が土壤分類となっています。この中の

土壤分類と、図2-7の増幅度マップを重ねますと、絵が重なりあってきます。

建築屋にとって、これから建築の基準が変わって、性能保証の方へ設計法が変わったときに、それぞれの地盤でどうやって地震動を推定するかという問題が起こってきます。そのときに、こうしたGISがあると、地盤の適切な動的モデルの作成が可能となります。また、たいへん説得力のある、わかりやすい形で示すことができるわけです。

■情報の整備・公開

それから、GISの活用を進めるには、その前提として情報の整備や公開がなされることが必要条

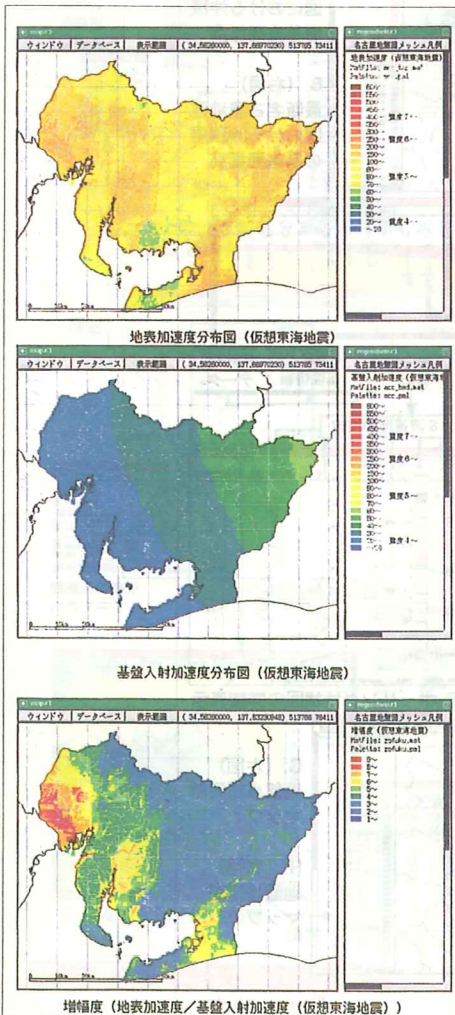


図2-6

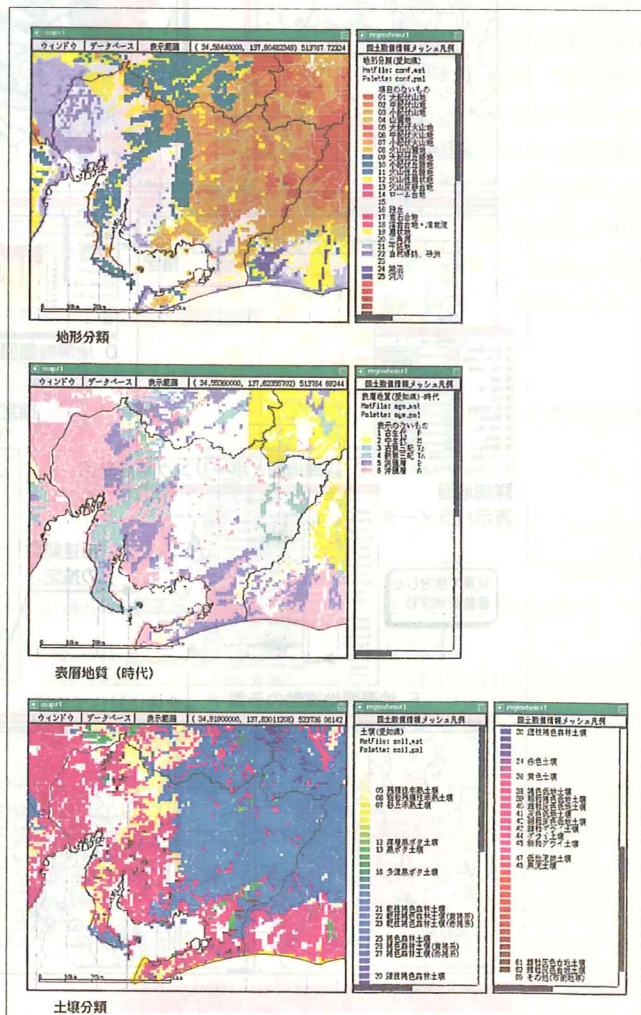


図2-7

情報の整備・公開

地図情報：国土数値情報，数値地図10000，ゼンリン住宅地図等
地図情報の一元化

活断層：ジオデータサプライ，今後の調査結果の反映

過去の地震の震源：気象協会

気象庁強震記録：気象協会

断層モデル：断層パラメータハンドブック

地盤データ：名古屋地盤図（4千）→環境保全局（25千）

建物データ：課税台帳，官庁施設台帳

ライフライン：道路下埋設物（道路維持課）

強震ネットワーク：東京の事例

人口データ：国勢調査・人口動態調査など

図2-8

件である、ということがわかってきました。しかもどういった地図のデータを使うべきかということも大事だと思います。（図2-8参照）

ちなみに、名古屋市では今までN値データが4000本分しかなかったんですが、この4月から名古屋市が新しい委員会を作って、2万4千本のデータをデータベース化することになりました。しかもそのデータベースを地理情報システム上で、他の環境データと一緒に利用していくシステムを3ヶ年計画でつくるということが立ち上がりました。これは大変にすばらしいことで、名大名誉教授の植下先生を委員長に、これから始まる予定とのこと。名古屋の良さはとにかく地盤のデータが豊富にあるということです。

■インターネットの活用

つぎに、これまでお話ししてまいりましたGISについて、さらにインターネットで活用させる必要性についてお話しします。（図2-9参照）

インターネットとは、コンピュータをつなぐコンピュータ・ネットワークで、TCP/IPというプロトコルという通信規則を使うことによって、互いに通信ができます。

現在、1000万台以上のコンピュータがインターネットで接続されていて、

それぞれのコンピュータの通信基盤を介して、いつでも自由に双方向の通信ができるという便利なものであります。

今から7～8年前に、電子メールが登場した時、ファックスや電話を急に使わなくなりまして、まるでわれわれの世界が変わってしまったように感じたものです。この便利さは何にも替えられないと当時は思いました。

そうこうしているうちに4～5年前から電子ニュースというのも使われるようになりました。何かわからないことがあると、電子ニュースに投稿すれば、すぐになんでも教えてくれるということ

がわかってきたわけです。

この頃までは文字情報しかやっていなかったんですが、昨年の初めくらいから突然、ワールドワイドウェブという、WWWとか、あるいはホームページと言われているものが世の中に出てまいりました。その後急激に広がりまして、今やホームページを使っていない人はいないくらい、利用されるようになりました。

さらに去年の末に“JAVA”というプログラミング言語が突然出てきて、もうすでにこのJAVAを使っているいろんなことをやろうという動きが出ています。

こういった感じで、コンピュータをとりまく状況というのは急速に進んでいます。そうすると、

インターネットの活用

世界中のコンピュータをつなぐコンピュータネットワーク

(TCP/IP, 千万台, 何時でも自由に双方向に, 個々の計算機に通信基盤をもつ)

電子メールとメーリングリスト

電子Newsとニュースグループ

WWW (World Wide Web) とホームページ

さらに, JAVA (アプレットによるインタラクティブ動作) へ

情報の即時性, 論文の無意味さ

fj.misc.earth, 各組織のHomepage

インターネット防災訓練

(WISHBONE訓練・IAA (I am alive) 訓練: 6000人参加)

図2-9

情報が大変な速さで流れてきますので、論文を書いていることの意味がまったくなくなるような感じになってきました。

■兵庫県南部地震がきっかけ

私たちの周囲でインターネットが身近になったのは、兵庫県南部地震がひとつのきっかけだと思います。なぜかという、あの時、インターネットを通じて数多くの情報が流れたからです。

たとえば、東大の地震研究所を含めて、いろいろな所でホームページがあって、そのホームページの上にいるような情報が流れました。あの時、ホームページやニュースを見ることができた人と、できなかった人とでは、持っている情報量に雲泥の差があったわけです。この時を機にインターネットの情報機能の重要性が認識されました。

■インターネットによる防災訓練

それから、インターネットを使った防災訓練が、

今年の1月17日に行われました。この訓練には、ウィッシュボーン訓練というのと、アイアムアライヴ訓練というものの2つがあります。私も含めて6000人が参加しました。

ウィッシュボーン訓練とは何かというと、インターネットがどのくらい回復力があるかを調べるための訓練です。インターネットの1つの回線をわざとハード的に落として、どれだけの時間で回復できるかということをチェックします。

アイアムアライヴ訓練というのは、インターネットを使って、“自分が今、どこで生きているか”をやりとりする訓練です。私は誰々で、どこどこで生きている、あるいは私の知っている地震関連の情報はこういうものです、ということを経験として送るわけです。そうすると、これを管理している方は、誰が生きているかとか、送られてきたさまざまな情報というものを検索できるようなシステムを作って、いろいろな人の生存情報とか、あるいは地震関連情報を受け渡すことができるようにするわけです。

3 - 地震防災への適用と現状

■マクロもミクロもひとつに

前項で紹介したように、インターネットの利用が進んでいきますから、これを地震防災にうまく利用していこうという話をつぎにします。

地震防災の特徴は、図3-1にまとめたいように、取り扱う対象が大変に不確定であるとか、しかもデータの精度がかなりばらついているとか、ある程度マクロな視点でやらなければいけないとか、あくまでも経験学であるとか、たくさん挙げられると思いますが、そうした環境の下で地震防災被害想定が行われています。

しかし、現状は兵庫県南部地震が終わ

った瞬間、自治体が急に地震防災の被害想定をせざるを得なくなったため、何も新しい成果をいれ

地震防災の特徴

不確定な地震断層・地盤が対象

地震のオーダーはLog, 地盤のオーダーは数割, 建物は数%?

広範な解析対象

プレート、活断層、地震基盤、表層地盤、相互作用、建物、機器破壊、材料非線形、幾何学的非線形、2相系、無限媒体、異物質の連成

不確定な外力

データの精度とモデルの詳細さ

データの品質や、モデルの限界を踏まえた解析

全体としてバランスの良い解析

一部のみ精度を高めることの無意味さ

マクロな視点、しかしミクロへの連続性を持たせる

あくまでも、経験学

図3-1

ることなく、既存の知見で動かざるを得なかったと思います。そのために応用地質さんも悲惨な思いをされているはずで、金子副所長なんかは、たぶん寝る間もなくすごしていらっしゃると思います。1人で5個とか、10個の自治体をカバーされているという実態を、たぶん発注された各自治体の方は知らないと思います。うまくやってくれるものと思っているんでしょうけれども、こういう状況で当の技術担当者は、新しい知見を入れるにも勉強する時間すらないのではないかと思います。

それでは、これから何が必要かということになりますが、いろいろある中で大事なことは、とりあえずミクロとマクロとの間の連続性を作っていくことです。

たとえば、500mメッシュで作った図面を、250mメッシュにもっていかうとすると、もう1回全部やり直さないといけません。250mメッシュをもっと細くすることは、とてもじゃないが、で

きないわけです。しかし、何としても図3-2に示すようにマクロとミクロをつなげないと、たとえば建築屋、土木屋が一生懸命やったことが、防災の中で全然生きないという不都合を生じます。

■名大→名古屋市→日本へ

ここで一つ例をとると、名大のキャンパスのGISシステム上のデータを、ゼンリンの住宅地図上のデータを介して、たとえば数値地図10000とか、国土数値表というデータで表現でされる名古屋市のレベルにとり込んでいく、さらに日本全国に成果を還元していくという一貫した連続の流れが、必要になってくると思います。こうした流れには、メッシュではなくてポリゴンという形で物事を考えていくが必要になってくるでしょう。

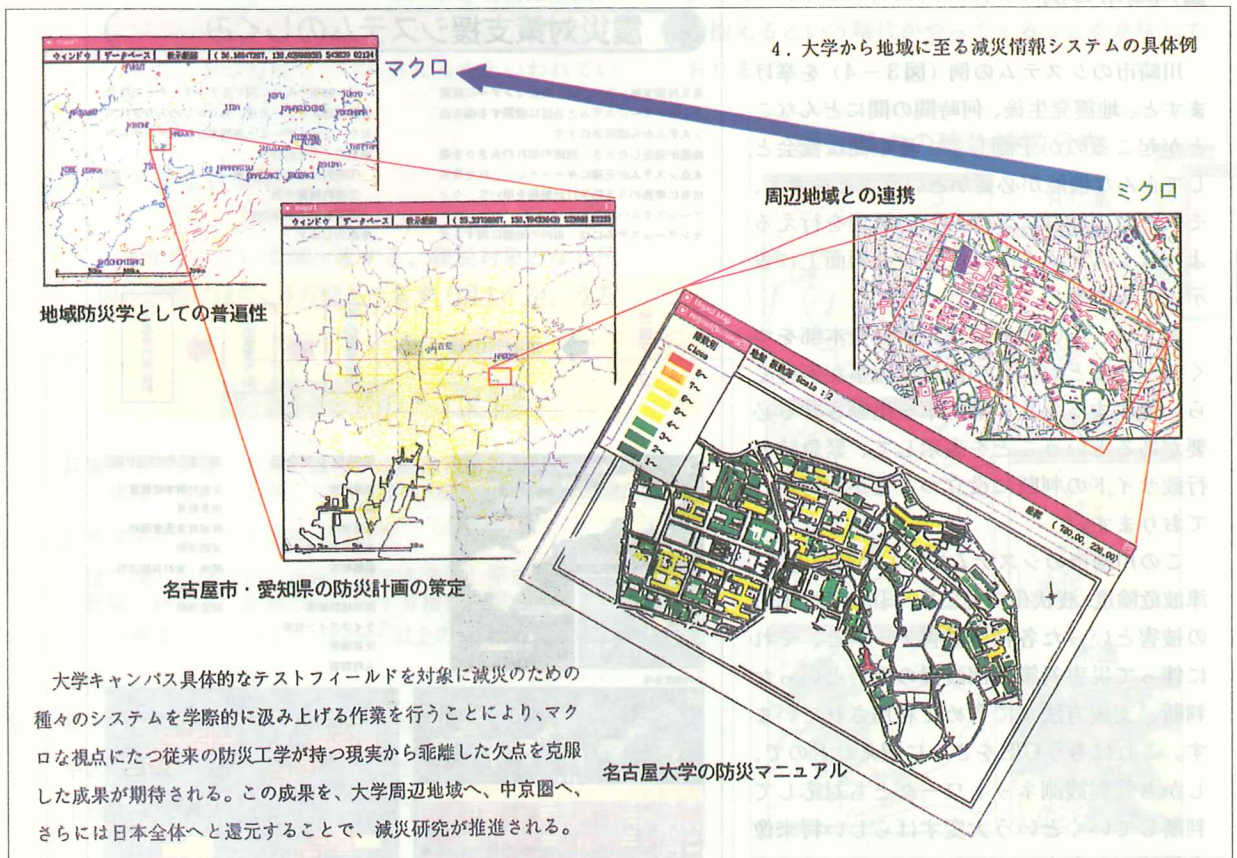


図3-2

大学キャンパス具体的なテストフィールドを対象に減災のための種々のシステムを学際的に汲み上げる作業を行うことにより、マクロな視点にたつ従来の防災工学が持つ現実から乖離した欠点を克服した成果が期待される。この成果を、大学周辺地域へ、中京圏へ、さらには日本全体へと還元することで、減災研究が推進される。

■早期地震被害予測システム

それからもうひとつ、防災の中でよく言われている「リアルタイム地震被害予測」についてお話しいたします。

このリアルタイム地震防災というのは何かといいますと、強震計とコンピュータのネットワークにGISを接続させたものです。図3-3にまとめたように、東京ガスとかJRではすでに稼動しております。また、行政も消防庁や川崎市で、動いていますし、他にも開発中の所はこんなにあります。

残念ながら、東海地域では自治体は動いていないという現状です。このリアルタイム地震被害想定の話は、たとえば「ユレダス」であれば、地震が起こった際に、P波がやってくるのをキャッチして、次にくるS波が到達する前に新幹線を止めてしまおうとかいう話であります。

■川崎市の例

川崎市のシステムの例(図3-4)を挙げますと、地震発生後、何時間の間になんかことが起こるのか予測して、その間に社会としてどんな機能が必要かということを考え、それぞれの時間でふさわしい処理を行えるようなシステムをコンピュータ画面上に表示するのです。

例えば、〇〇地域には災害対策本部をつくるべきだとか、この地域は火事が何件ぐらい発生するから、消防車を出動させる必要があるということを表示して、緊急時の行政サイドの判断に役立つことが期待されております。

この川崎市のシステムでは、地震の速報・津波危険度・液状化の発生度・斜面崩壊・木造の被害といった各種の被害データと、それに伴って災害対策本部設置の要否といった判断、支援方法まで含めて利用されています。これはもうGISをさらに超えたもので、しかも強震観測ネットワークとも対応して判断していくという大変すばらしい将来像を見せています。

地震計ネットワークと 早期地震被害予測システム

(1) 民間における活用事例

東京ガス地震時導管網警報システム：SIGNAL
JR地震警報システム：UrEDAS

(2) 行政・自治体における活用事例

東京消防庁「地震被害予測システム」
川崎市「震災対策支援システム」
埼玉県「地震被害予測情報システム」
神奈川県「地震観測テレメータシステム」

(3) 開発中のもの

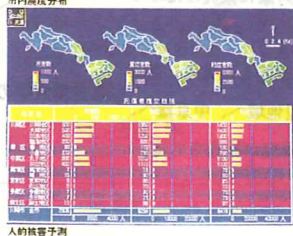
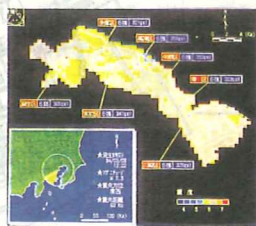
気象庁
科技庁防災科技研「全国強震ネットワーク」
東京都、東京消防庁
横浜市
京都市
国土庁

図3-3

震災対策支援システムのしくみ

震災対策支援システムは、防災センターに設置するセンターステムと各区に設置する端末システムから構成されます。
地震が発生したとき、地面の揺れの大きさを端末システムが正確にキャッチし、これを電気信号に変換のうえ防災行政無線を用いて、センターステムへ送ります。
センターステムには、市内の地盤に関するデ

ータ、建物や人口に関するデータ、そして防災計画に関するデータが、あらかじめ入力されており、これらデータと各端末システムからの地震データを総合し、
①市内全域の震度分布
②市内被害予測
③災害緊急対策指針
を出力します。



●被害予測項目

- 津波危険
- 液状化危険
- 斜面崩壊
- 木造・非木造被害
- 道路被害
- 橋梁被害
- 河川堤防被害
- ライフライン被害
- 火災被害
- 人的被害

●災害緊急対策指針項目

- 災害対策本部設置
- 職員動員
- 救出救急医療活動
- 消防活動
- 給水・食料供給活動
- 避難活動
- 調査活動



図3-4

4 いま、建築物は

■建築物の耐震診断

次に建築物について現状をお話ししておきます。兵庫県南部地震では、多くの建築物に被害がたくさん出てしまったために、建築分野でも多くの問題が出ました。特に既存不適格建築物と呼ばれる旧耐震基準で作られた建物の被災度が大変に多かったために、図4-1にありますような新しい法律が昨年できました。建築物の耐震改修の促進に関する法律という、非常に重いものであります。この法律により、旧基準で作られた3階建て以上で、かつ1000㎡以上の特定用途の建築物は、耐震改修をするようにという努力義務が課せられるようになりました。

この旧耐震基準で作られている建築物は全国に2400万棟ぐらいですが、そのうち耐震上問題があるのは、1400万棟ぐらいあるだろうといわれています。

■大変な仕事になる

愛知県について調べますと、課税対象となる民間の建物だけで、5万棟あります(図4-2)。うち

名古屋市内は2万5千棟です。これは近い将来、2万5千棟に対する耐震診断の仕事が動く可能性があるということを意味しています。たとえば名古屋市の中区ではRC系の建物のうち、41.5%の建物がこの法律に触れる建物になります。そうなると、愛知県内だけで5~6万棟の建物の耐震診断がこれから発生するだろうということです。全国でいうと、300万棟くらい動きますから、ものすごい数です。

一方で、建築物の耐震診断をする人は何人いるのか、といいますと、たとえば愛知県下には1級建築士が1万4千人おりますが、そのうち構造設計ができる人は数%しかいません。耐震診断までできる人という、もっともっと少ない。だから数十人くらいで、1万、2万、3万という数の耐震診断を抱えるという時代がやってくることを意味しております。

耐震診断・改修

兵庫県南部地震における既存不適格建築物の被災
(建設年度による明らかな耐震性の違い、潜在的地震危険度)

公共建築物などの防災拠点の被災

「建築物の耐震改修の促進に関する法律」平成7年10月27日制定
「耐震診断および耐震改修に関する指針」平成7年12月25日施行
旧規準・3F以上・1000㎡以上の特定用途の建築物

全国に1400万棟?

県下に促進法に該当する課税対象建物は約5万、市内に2.5万棟
中区では41.5%が該当する。今年度県下で約千の官庁建物の診断
1級建築士の数は、全国25万、県下1.4万、評定できる者は?

図4-1

愛知県内の建物棟数分布

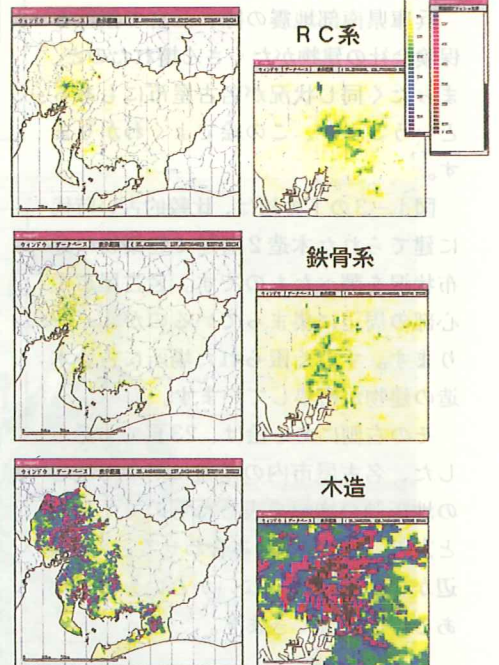


図4-2

この法律に対して、まずわれわれが対処することは、地域別に建物の所在状況を調べることです。私たちが作成した各地域別に耐震診断、耐震改修を要する建物の数をまとめたリストがあります。愛知県下で、一番多いのは中区で、次に多いのは東区です。このように当該建物がどこにあるかということ調べる上でもGISが活躍しています。

図4-3の上はRC造の建物のうち、不適格な建物の分布を示していますが、名古屋市の中心である広小路通り沿いに数多くあるのがわかると思います。この広小路通り沿いと錦通り沿いの両側を見ると、銀行と保険会社の建物がひしめいております。こういう金融関係の企業は耐震設計が十分に工学の中に根づく前にお金を持っていたものですから、早い時期に12階建てとか、立派な建物を作っています。しかしそうした早い時期に作った建物は耐震性に劣っています。

兵庫県南部地震の際、三宮で銀行と保険会社の建物がたくさん壊れたのと、まったく同じ状況が名古屋市にもあるということが、この絵でよくわかります。

図4-3の下の絵は、比較的古い時代に建てられた木造2階建て建築物の分布状況を調べたものです。名古屋市中心部の周辺に集まっているのがよく解ります。すごく限られた場所に古い木造の建物が密集しています。

その右側にある絵は、23頁でお話した、名古屋市内の基盤に対する地表の地震動の増幅を表したものです。右と左の2枚の絵を組み合わせると、どの辺が相対的に良くないかということがある程度解ってきます。

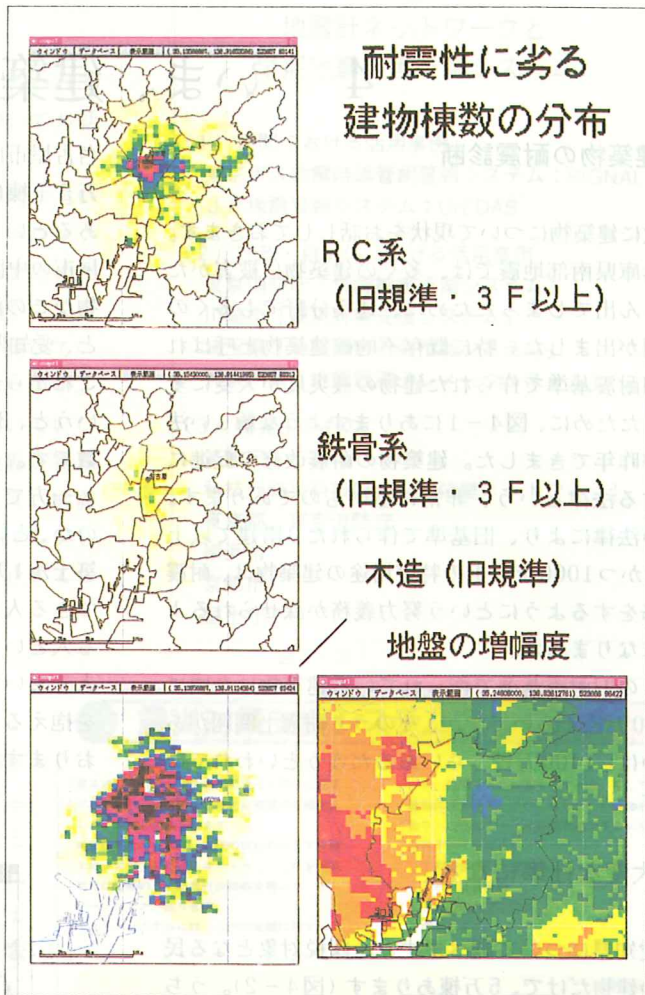


図4-3

構造規定から性能規定へ

わが国の建築体質への外圧の一環
構造規定は貿易障壁の一種、性能規定へ

こと細かな構造の規定から「想定される地震に安全なように」
行政の責任から設計者・施工者の責任へ

設計者のグレード分け

建物の目標性能に応じ、地震の想定から地震動の設定まで実施
地震・地盤のデータの充実

建設省・総プロ「新建築構造体系の開発」 3~10年?

生き残る設計者は極くわずか? 技術の有るものだけが残る。

図4-4

■性能規定へ

建築屋の立場からもう一つ、設計法における仕様規定から性能規定への変化についてお話しします。

なぜこうした話が出てきたかということですが、図4-4にまとめたように、まず第一に、近年諸外国から、日本の建設市場の公開性を確保するための一環として、いわゆる構造障壁になっている仕様規定を性能規定に改めるように要求されています。第二に、兵庫県南部地震でかなり多くの建物がダメージを受けたことも原因となって、性能評価で建物を設計することを求める動きが出てきました。

このように規定が変わると、設計者に要求されることは、想定される地震に耐える建物を造るということに集約されてきます。しかも、設計者が全て責任を負う形になるという点で、設計に携わる者にとっては大変なことです。

設計者は500年安全なのか、100年安全なのか、50年安全なのか、という性能を明示した上で設計しなさい、ということになります。たとえば、500年で破壊確率何%の設計をしようとする、500年

再現期待値の地震危険度というのを調べないといけないことになります。

■細かい地盤情報が必要

私が参加している総プロでも、今、一生懸命議論しているんですが、建物の目標性能に応じて、地震の想定から地震動の設定まで、設計者がやらないといけないわけです。当然、地震だけでは増幅特性は解りませんので、地盤の情報が必要になってきます。

今までの建築設計は、地盤に係わらず、“震度いくつ”ということによって地震力を決めるということをやっていたんですが、これからはそうした手法では通用しません。そうすると全国至る所、地盤の状況を十分にデータベース化しない限り、設計者は、設計ができないということになってきます。裏を返すと、応用地質さんが稼げる場所が大変増えるということになります。

たぶん、ここ3年から10年の間に性能規定が取り入れられてくると仮定すると、現在いる建築構造設計者の何割が生き残るのか、よくわからない状況になります。これが建築分野の動きです。



講演中の福和先生

5 - 名大での動き

最後に名大の動きについてお話いたします（図5-1参照）。

今回、文部省の研究基盤重点設備の一環としての「都市における地震被害の予測・制御に関する

研究」について、構造物振動挙動実験システムというのが名大にできました。

それから、愛知県には、ゼネコンの技術研究所もないし、国立研究機関もありませんし、防災の中心となる機関が全くありません。それで今、研究センターの設立を一生懸命要求していますが、かなり苦しい状況であります。

それから、名大ではすぐ近くで地下鉄と高速道路の工事が始まり、振動対策などのいろいろな問題ができています（図5-3）。その中で、われわれが大学内につくりましたGISのシステムについて紹介いたします。

図5-2は、名古屋大学キャンパス内の振動測定地点を示したもので、図5-4にシステムをまとめました。強震観測とリアルタイム地震被害想定を、

名大の動き

文部省研究基盤重点設備

「都市における地震被害の予測・制御に関する研究」
 構造物振動挙動実験システム
 （代表：地圏環境工学専攻・松尾稔教授）

上下・水平2軸振動台 + 強震観測 + 早期被害想定
 インターネットを介した実験・観測・解析・DB・知識・設計・研究の融合

研究センターの概算要求

地下鉄・高速道路に対する振動対策
 26地点の振動モニタリング、振動源の特定

文部省科学研究費補助金

都市直下の地震による災害の防止に関する基礎研究・社会基盤システムの実時間制御技術
 オブジェクト指向GISによる地盤DBと微動記録の融合に基づく名古屋地盤構造の解明

図5-1



図5-2

地下鉄・高速道工事の振動、研究にどんな影響が...

名大ピリピリ

地震計使い調査へ

名古屋大学の構内で進む地下鉄4号線の工事現場。名古屋大学は市内に3つのキャンパスがあり、それぞれのキャンパス間はNICEというインターネットが張られているので、強震計をこの回線に接続させました。そして、われわれの研究室にあるワークステーションのハードディスクにTCP/IPというプロトコル言語を使ってマウントして、強震計の記録がHDに直接入るようにしました。

超精密機器に障害は磁場変動発生も心配

超精密機器に障害は磁場変動発生も心配。地下鉄工事の振動による影響を調査するために、名古屋大学構内に設置された強震計の記録が、ワークステーションのハードディスクに直接入るようにしました。




名古屋大学の構内で進む地下鉄4号線の工事現場。名古屋大学は市内に3つのキャンパスがあり、それぞれのキャンパス間はNICEというインターネットが張られているので、強震計をこの回線に接続させました。そして、われわれの研究室にあるワークステーションのハードディスクにTCP/IPというプロトコル言語を使ってマウントして、強震計の記録がHDに直接入るようにしました。

図5-3

相互にインターネットを介して一体的に利用しようというシステムです。名古屋大学は市内に3つのキャンパスがあり、それぞれのキャンパス間はNICEというインターネットが張られているので、強震計をこの回線に接続させました。そして、われわれの研究室にあるワークステーションのハードディスクにTCP/IPというプロトコル言語を使ってマウントして、強震計の記録がHDに直接入るようにしました。

ワークステーション上には、ある場所の強震記録が3点以上でとれたということがファイルの生成により、確認できますので、強震記録を確認すると、自動的に震源の位置を推定いたします。

残念なことに、現在の観測地点が、名古屋市内の狭い3点しかないため、震源が完全には決定できないんですが、とりあえず何らかの形で震源決定をします。その震源決定結果に基づいて、名古屋市地震被害想定を実施するシステムになっています。

構造物・地盤振動挙動モニタリングシステム

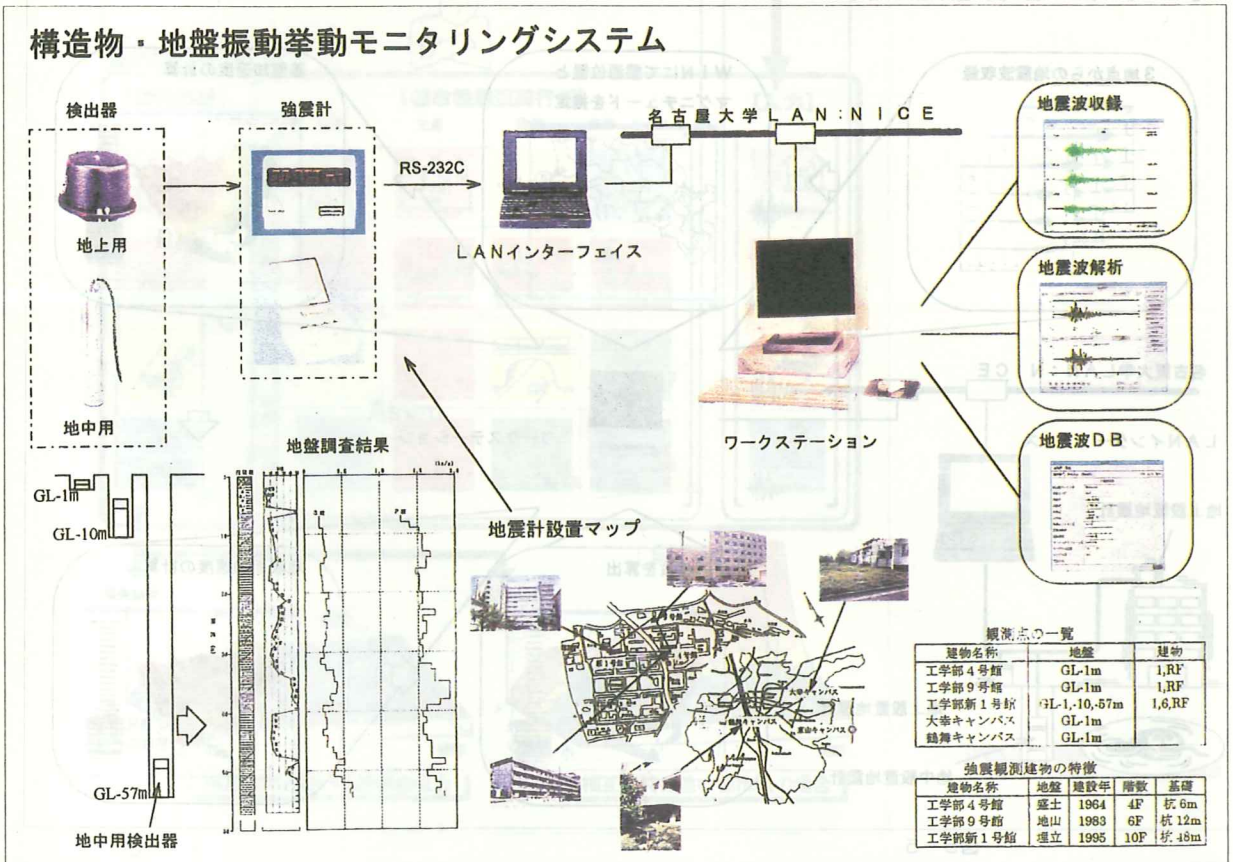


図5-4

それでは図5-5にまとめた簡単な流れを説明します。

このシステムは、インターネット上に強震観測機器を配置し、途中にパソコンを介する形で実現しています。これで、3点以上の地震波が収集できると、WINという自動震源決定のプログラムを使って震源を推定します。マグニチュードと震源がわかりますので、次に基盤の加速度値を推定します。

それに対して、基盤に対する地表の加速度増幅度を計算し、それを掛けて、地表面の加速度の推定をします。一方で、500mメッシュで年代別、それから構造別の建物の棟数分布を持っており、それと一般的な加速度と建物の被害との間の被害率曲線を使いまして、被害棟数を予測するという形で、とりあえず即時地震被害想定システムの流れを作り始めました。

今、名古屋大学では以上のような形で、インターネット等をうまく利用しながら、地震工学あるいは環境振動とかを勉強していこうという体制を少しずつ進めています。

■都市がダウンするときとは

以上の他にも、何人かの先生と一緒に、たとえば都市と防災とか、あるいは都市の多元性を考慮した防災のあり方の研究を少しずつ進めています。

これはどんなものかと言いますと、都市を多元のダイナミックスと捉える方法です。多元ということは、都市をいろいろな側面からなる連立方程式にたとえまして、その方程式の中にさまざまな社会的経済的な都市機能が入っています。(図5-6)

方程式に結びつけられた諸機能の連鎖が互いに

オンライン被害想定の流れ

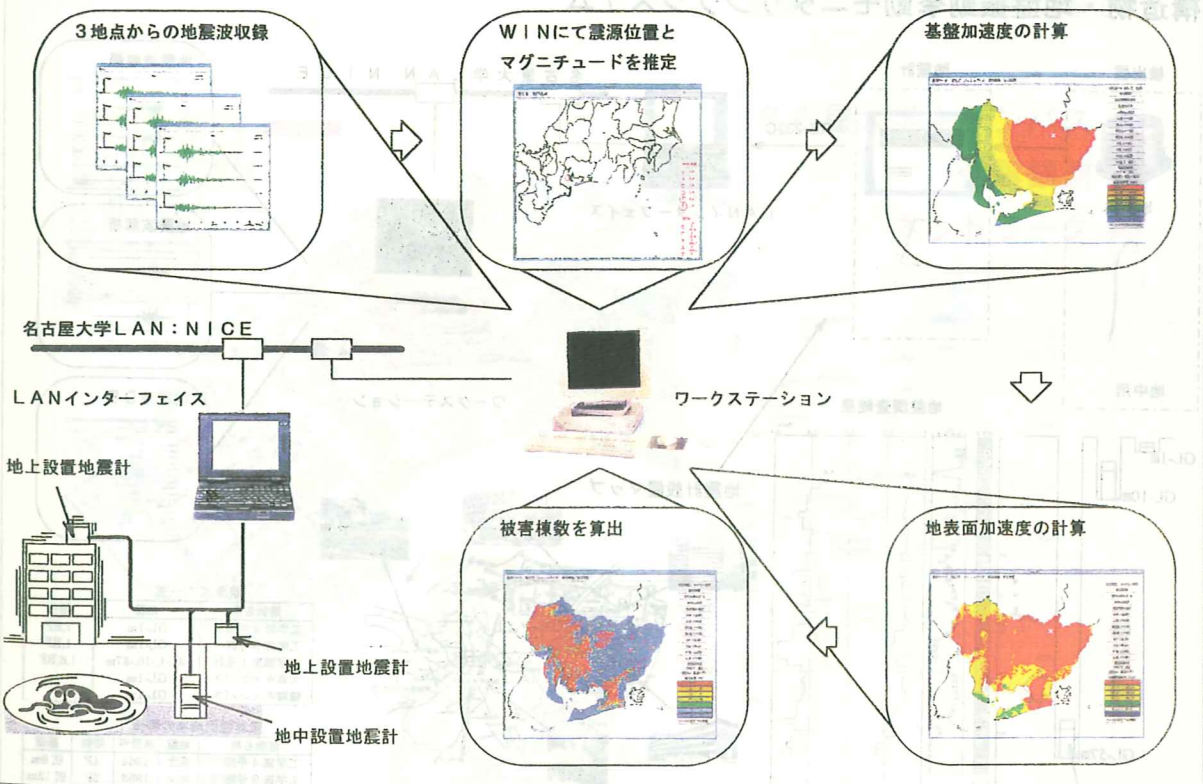


図5-5

どう相関しているかを明らかにすることができれば、そこに入ってくる入力がかうだから、アウトプットは結局こうなりますということを示すことができます。

それでアウトプットが破綻してしまうのは、どういふときなのか、どういふ入力があると都市がダメになってしまうのか、どこまでだったら都市が破綻しないのか、というようにことを調べるわけです。これは都市の多元動力学と言われている

ですが、これを名大の何人かの先生方といっしょに進めています。

そういう相関が非常に強くなっていくのが、大都市ですから、どういふ外乱が作用すると、都市の破綻につながっていくか、というように流れを明らかにできないかと、現在一生懸命取り組み考えているところであります。

(おわり)

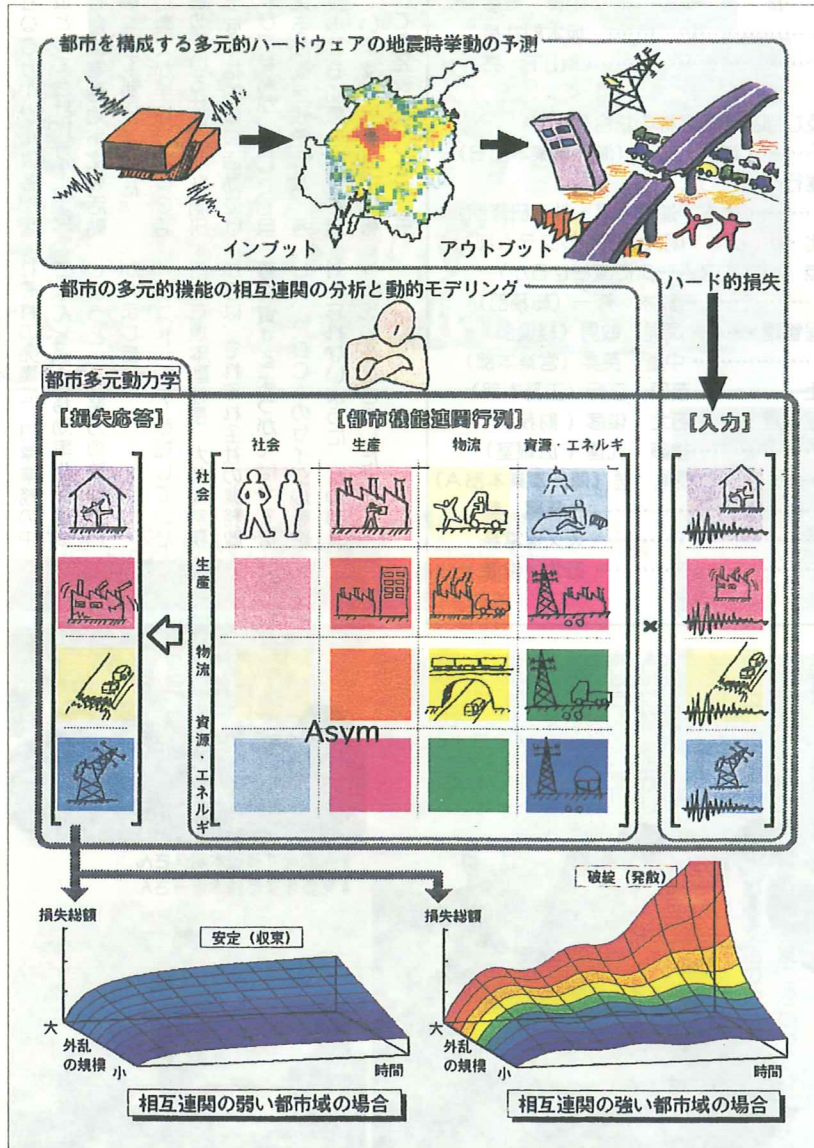


図5-6