

第1章 地域防災研究センター組織・設備

1. 地震防災コンソシアムの組織

本プロジェクトは産学連携研究推進事業であり、その目的は産学連携の元に、新たなる技術の開発、地場産業の育成、地域の活性化を図る事です。このような事業を推進するために地震防災に実績のある企業の方々の参加をいただきコンソシアムを組織しました。また、地域防災研究にご活躍の名古屋大学災害対策室の先生方にも参加いただき学との連携も図ることとしました。参加いただいた方々は以下のとおりです。

清水建設株式会社技術研究所および名古屋支店

応用地震計測株式会社

株式会社ファルコン

名古屋大学災害対策室

愛知工業大学大学院工学研究科

なお、地震計設置、地震防災システム（防災端末）設置にご協力いただいた企業の皆様には、「地震に強いものづくり地域を考える会」に参加いただき、本コンソシアムにかかわっていただく予定です。

本学からは以下のメンバーが参加しております。

・プロジェクトリーダー兼センター長

都市環境学科建築環境学専攻教授 正木和明

・研究スタッフ

都市環境学科土木工学専攻教授 長瀧重義

都市環境学科土木工学専攻教授 成田国朝

都市環境学科建築学専攻教授 岡田久志

都市環境学科土木工学専攻教授 奥村哲夫

都市環境学科建築環境学専攻教授 建部謙治

都市環境学科建築学専攻教授 曾我部博之

都市環境学科建築環境学専攻助教授 中村満喜男

都市環境学科土木工学専攻講師 小池則満

情報科学科経営情報システム学専攻講師 小橋 勉

工学研究科地域防災研究センター研究員 廣内大助

工学研究科博士後期課程大学院生 倉橋 奨

また、耐震実験センターの皆さんには学内共同研究者として協力を頂いております。地震防災コンソシアム内に、全体委員会（コンソシアム全スタッフ）と運営委員会（学内スタッフ）を設置し、円滑な運営を計る予定です。また、外部評価委員会を設置し、研究の推進・成果について評価頂く予定です。本プロジェクトはH16年度～H20年度にわたる5年間のプロジェクトです。3年目終了時に文科省による中間評価が行なわれます。高い評価が得られますよう努力いたします。

2. 地域防災研究センターの構造と設備

・今回計画建物は、地域防災研究の新しい拠点であると同時に、この建物自体も十分な耐震性と災害時に対応した設備を備えた施設として計画されています。

・耐震性に関しては、柱梁のないシンプルな箱体を6つの免震装置で支えた免震構造とし、減衰性の高いゴムを積層した免震装置を採用しています。

これにより非免震建物とした場合に比べて、建物の揺れを 1/4~1/9 にまで減少させることが可能となっています。

また地震計を建物の基礎地盤面・1階床及び屋上に設置し、実際の地震時に建物の揺れを測定、実証できるようにしています。

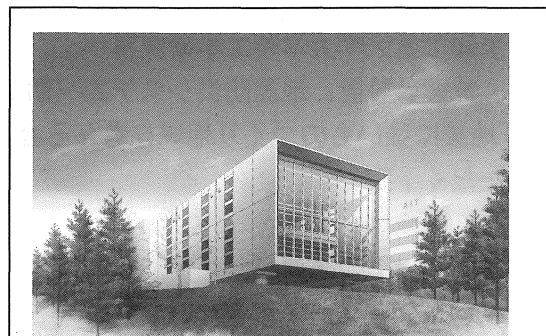
・災害時に対応した設備に関しては、約 1.5t の水を蓄えられる受水槽と重要電源のバックアップ用自家発電設備を備え、災害時でも一定期間継続した研究活動を可能としています。

建物概要

- ・建築面積 319.29 m²
- ・延床面積 522.31 m²
- ・階数 地下0階
地上2階
- ・軒高 9.987m
- ・最高高さ 10.212m

構造概要

- ・構造種別 RC造(免震構造)
- ・基礎形式 杭基礎(PHC埋込杭)
- ・架構形式 東西方向:ラーメン構造
南北方向:ポイドラーメン構造



外観パース

高減衰積層ゴム

・減衰性の高いゴムを使用した積層ゴムで、内部ゴムによって地震エネルギーを吸収できる免震装置です。

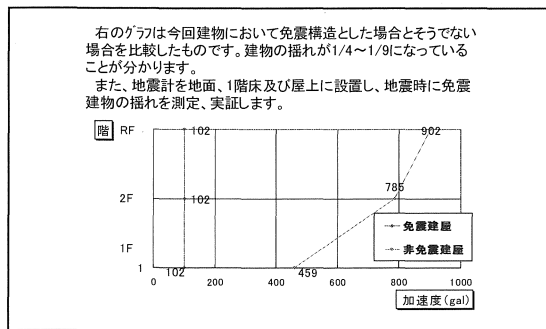
積層ゴム

内部ゴム
内部鋼板
減衰ゴム

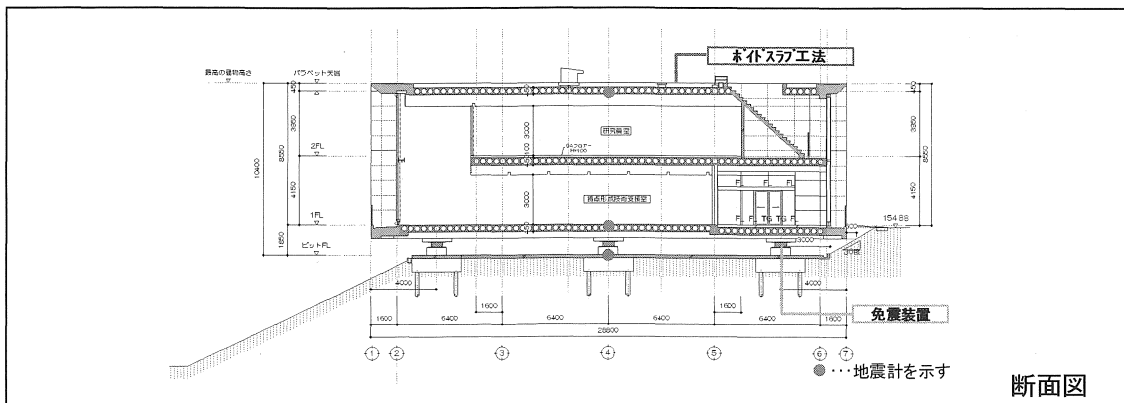
ボルト穴

フランジ

免震装置



免震建物と非免震建物の揺れの比較



断面図

3. 地震観測網と地震情報収集システムの構築

三河地区の地震性状を把握できるように、5～10 km程度の間隔で30地点に及び高精度な地震計を設置した(図1参照)。地震計にはPHSもしくはISDNが繋がれており、地震発生後、大学側から全地点に対して電話接続し、波形データを回収する仕組みとなっている。これにより、今まで比較的手薄であった三河地域の地震時の揺れ方の違いの有無を検証することができるようになると思われる。

また、本プロジェクトに賛同いただいた企業のうち30箇所に企業の地震防災に活用して頂くためのリアルタイム地震情報端末装置を配備した(図1参照)。リアルタイム地震情報端末装置は、パソコン端末1台、警報装置(回転灯、接点BOXなど)1台、小型地震計2台、ネットワークカメラ2台から構成されている(写真1参照)。愛知工業大学が代表して、気象庁から緊急地震速報を受信し、インターネット経由でこれを参加企業に配信することで、実際に大きく揺れる前に知らせる仕組みである。また、平時にもこの装置を介して、この地域の地震防災力の向上に対して、産学間で情報交換を行う仕組みである。今後は、企業が求める情報の内容やそのタイミングなどについて情報交換を進めることで、システムのアップグレードを進め、防災力向上に役立つものにしていく必要がある。

このほかに三河地区を囲むように、南知多、渥美、田原、音羽、豊田南の5地点には、愛知工業大学にインターネット経由で逐次データが送れるリアルタイム独自地震計を設置した(図1参照)。愛知工業大学では、気象庁から緊急地震速報に加え、独自の観測による2次的な付加情報を流すことで、多面的な判断が下せるものとする。

免震構造の愛知工業大学地域防災研究センター内に、三河地区を中心に配置した機器を遠隔監視したり、情報を配信・収集するための様々なサーバ群を整備した。また、サーバ間で蓄積されたデータは相互にやり取りされ、より有益な情報を配信できるように向上されるものとする。

なお、緊急地震速報システム、及び企業に設置した地震情報端末装置の構成は、本プロジェクトにご参加頂いている名古屋大学で開発された技術を応用させていただいたものである。また、当プロジェクトに対してご賛同を頂き、ご参加された企業・団体におきましては、機器設置に多大なご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

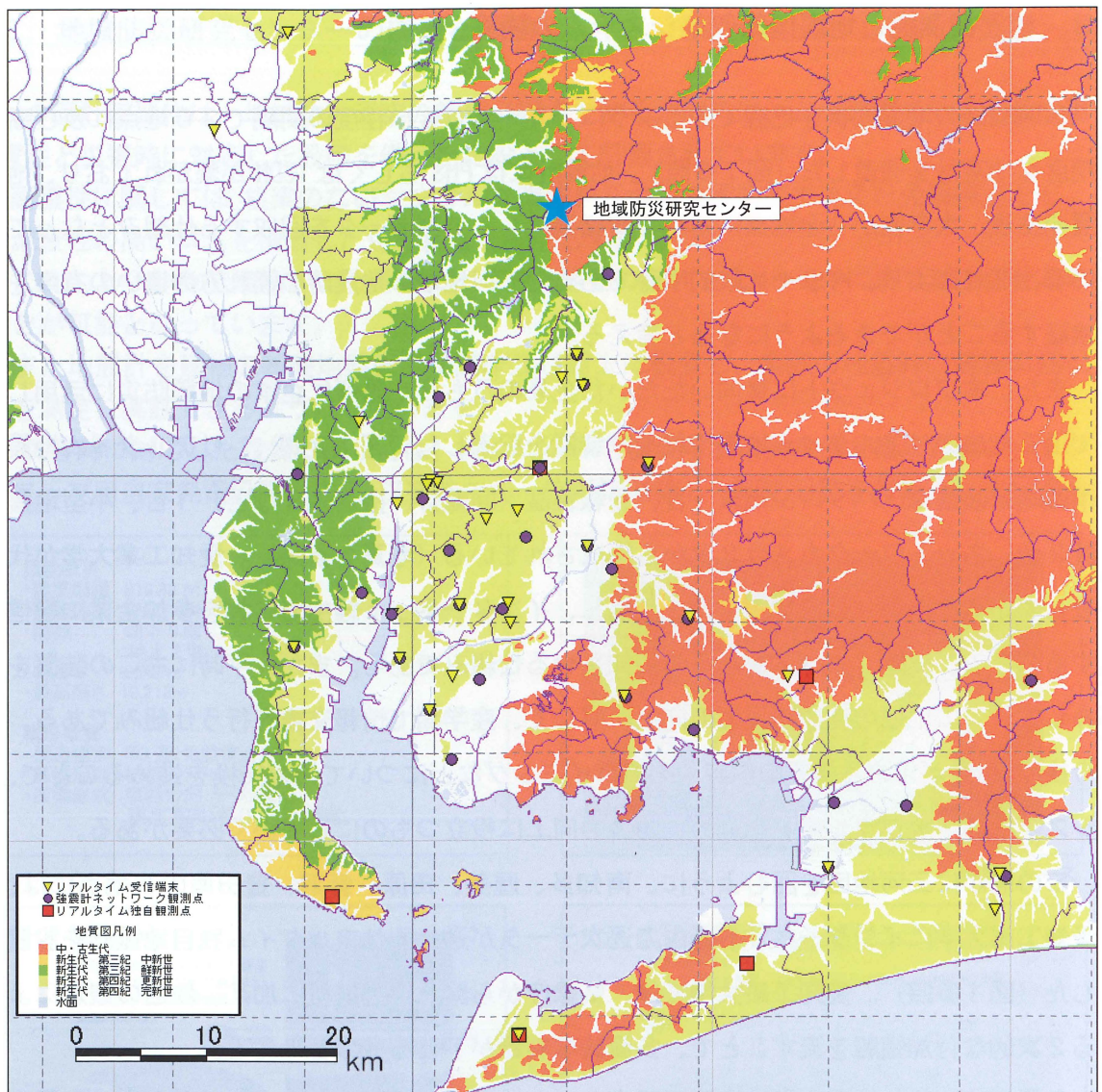


図1. 地震計やリアルタイム地震情報端末装置の分布図



写真1. リアルタイム地震情報端末装置

4. 小型地震計開発

4-1 開発の背景

防災コンソシアムの目的を果たす上で、建物や設備に設置して、トリガー時リアルタイムで地震情報を発信すると共に、地震の波形を記録する機能を有し、かつインターネットを介して通信が出来る地震計でかつ、低価格であるという地震計の開発が必要であった。

防災コンソシアムの主要メンバーである東海理化(株)では、予ねて名古屋大学の指導を受けながら、自社でエアバッグ用センサーを高感度化した半導体加速度計を開発し、この加速度計用いた小型地震計の開発を行ってきており、小型地震計 TRQX03 を開発していた。この開発には本プロジェクトのメンバーである野場電工(株)、応用地震計測(株)も参画していたが、実用化の1歩手前で開発を終えていた。本プロジェクトでは、この小型地震計開発の開発資源を有効に活用しながら、新しい小型地震計を開発することが可能であった。

TRQX03 は廉価な装置とするためギリギリの設計がされており、新たな機能を追加することは不可能であった。そこで、ハードウェアを一新して、新たな開発を行った。

4-2 主な開発課題

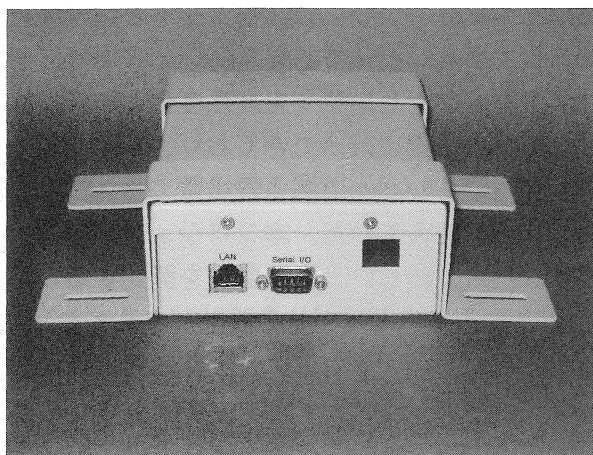
今回開発では、TRQX03 に多くの機能を新たに追加し、最終的に以下の仕様の小型地震計を実現した。

- ① センサーの成分数を水平2成分から上下動を加えて、合計3成分に変更した。
- ② センサーとして航空電子の半導体加速度を使用、フルスケールは水平成分が2G、上下動成分が1Gであり、ノイズレベルは水平1ガル、上下動2ガルである。
- ③ TRQX03 の機能を生かし、波形収録の機能と共にトリガー時リアルタイム地震情報、震度階、計測震度(いずれも相当値)、SI値、最大加速度を発信する機能を実現した。
- ④ RS232C 及びLAN を標準装備し、LAN ではTCP/IP、UDP のプロトコルを装備した。
- ⑤ 震度階相当値、計測震度相当値、動作状況を示す表示器を追加した。
- ⑥ ADクロックの精度を改善、NTPによる時刻校正機能と併せて時刻精度を向上した。
- ⑦ 無電圧接点3ポートをつけ、加速度、SI値、震度で設定可とした。
- ⑧ 停電時バックアップ時間を延長、乾電池(単3×4本)と電源制御回路により、設置条件に合わせた停電時バックアップ時間管理を可能とした。
- ⑩メモリを増設し、1地震100秒の地震記録を64波収録できるようにした。メモリが満杯の場合、古い順又は計測震度の小さい順に消去する機能も入れた。
- ④1個の地震を最低100秒収録し、長い地震の場合1個の地震としてヘッダーを作成する。
- ⑨ 通信機能として、下記機能を実現した。
 - ・ PHS、携帯により、上位からダイヤルアップ接続し、データを取得する。PHSの場合はISDNルータとする必要がある。
 - ・ 固定アドレスを取得、インターネット接続して、サーバとの間でデータの送受を行う。
 - ・ RS232C 又はLAN 接続して、トリガー時リアルタイムで地震情報を発信できる。

4-3 Ecatcher の外観写真

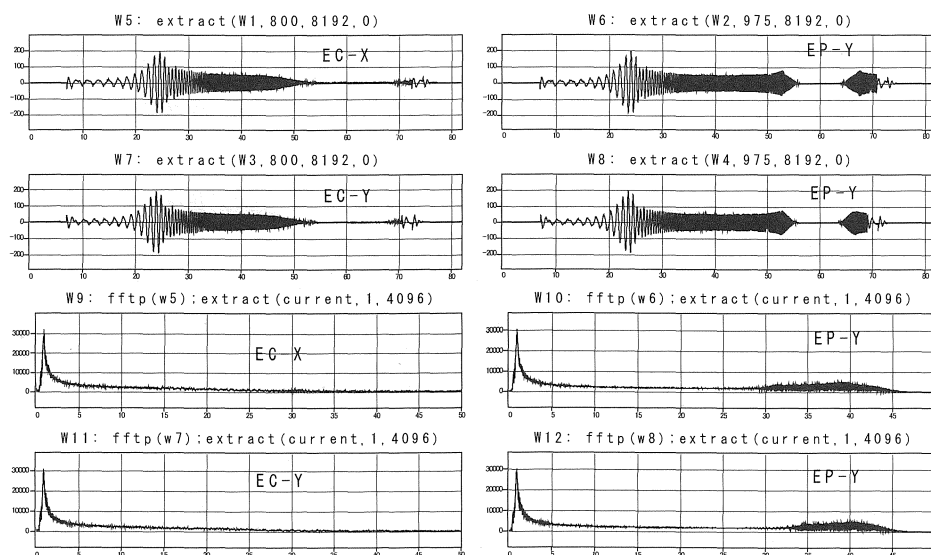
正面左から LAN ポート、シリアルポート、表示器である。

反対側に連動、接点ポートがある。



4-4 スイープ波形による加振記録

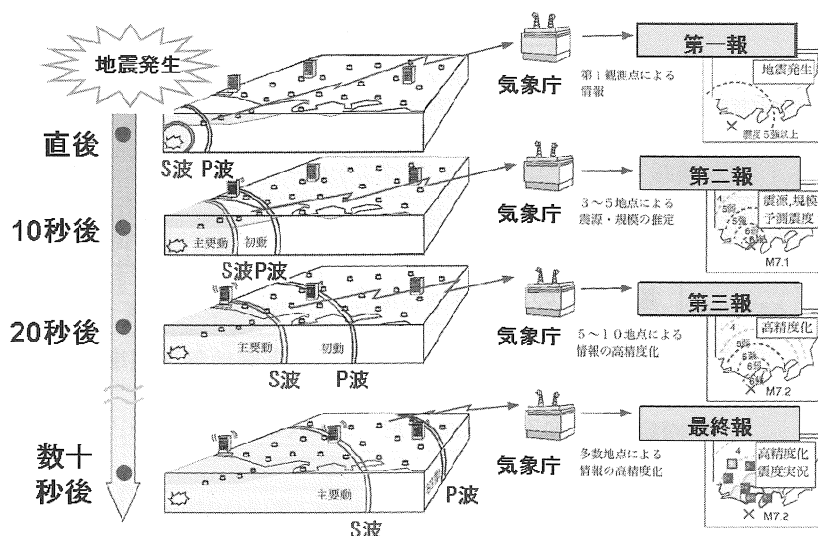
下図は、高精度加速度計エピセンサーと Ecatcher を振動台に載せ、スイープ波形を収録したものである。左側が Ecatcher、右がエピセンサー、上から、X 成分、Y 成分、X 成分、Y 成分のパワースペクトルである。エピセンサーの記録には 35Hz~45Hz に振動台の特性と見られる高周波数のノイズが出ているが、Ecatcher には現れていない。これは両者の周波数特性の差を示している。



5. 緊急地震速報活用システムの開発

(1) 緊急地震速報とは

緊急地震速報とは、気象庁が平成16年2月25日から試験配信を行っている情報であり、近い将来に正式な運用が開始される予定である。これは、日本全国（一部は整備中）に配置された地震計により、地震が発生するとその震源や地震の規模、あるいは各地の震度や大きな揺れの到達時刻を瞬時に推定し、ネットワークを介して配信するものである。震源からやや離れた地域であれば、地震の大きな揺れが到達する前にこの緊急地震速報を入手することができるため、地震被害軽減のための直前対策への活用が期待されている。



緊急地震速報の概要（下記資料をもとに加工）

http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/press/0303/06a/nowcast-shiryo01.pdf

(2) 緊急地震速報の活用

緊急地震速報と類似のシステムを既に実用化している例としては、大きな地震の発生時に列車を自動的に止めるために使われている“ユレダス”等がある。

本コンソシアムでも独自に設置する地震計から得られる情報をもとに、企業防災端末（e-catcher）や携帯メール等でユーザに情報を伝達し地震への対応を促す他に、生産ライン等各種設備を制御する、あるいは防災関係設備を起動するなど、設備・機器の自動制御への活用を検討する予定である。また地震直前の対応に活用するだけでなく、比較的精度の高い震源や震度の推定情報が得られることから、それらの情報をもとに地震や被害の状況を素早く予測・提示し、地震直後の対応での活用も検討している。

本コンソシアムの地震計から得られる情報に加えて緊急地震速報も併用することで、システムの多重化を図り、また情報の信頼性や精度を向上させることが可能となる。

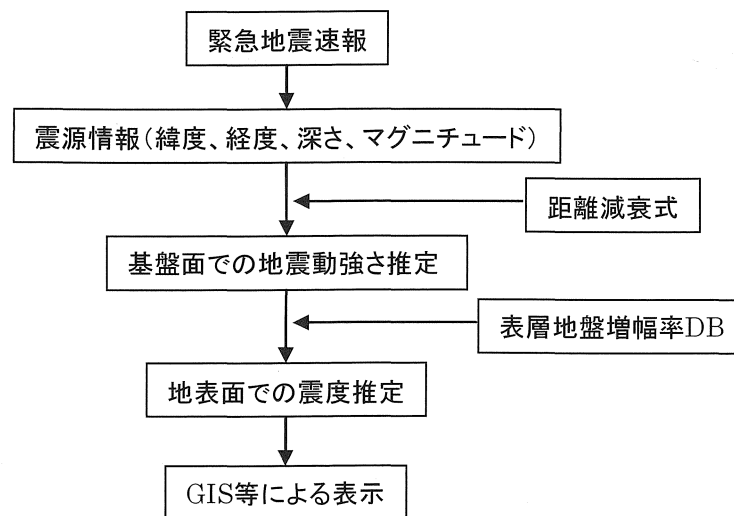
(3) 簡易震度分布推定システム

本年度は緊急地震速報の活用方法の一つとして、簡易震度分布推定システムを開発した。これは緊急地震速報の震源情報をもとに、震源周辺地域の震度分布を数秒から数十秒程度

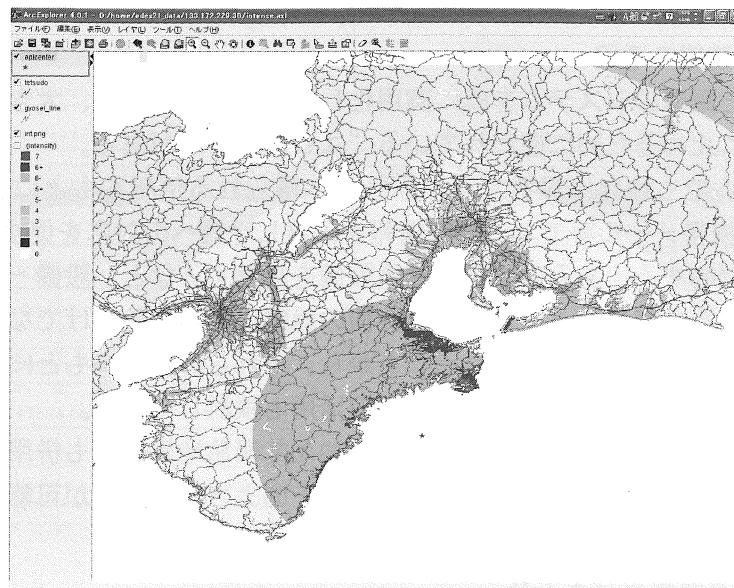
の時間で簡易に推定するものである。地震の規模（マグニチュード）や震源からの距離に基づいて基盤面での地震動強さを推定し、さらに3次メッシュ（約1km四方）または4次メッシュ（約500m四方）毎に整備された表層地盤の増幅率等を考慮することで、地表面の震度を推定し、提示する。

入力する震源情報は緊急地震速報に限らず、任意の地震を想定することが可能なので、想定地震に対する対策を事前に検討する際の基礎資料とすることも可能である。

今後は本コンソシアムで設置した地震計の情報をもとに震度や被害を推定するシステムや、防災情報活用GISシステムを通じてそれらの情報を提供するシステムの構築を進めていく予定である。



簡易震度分布推定システムのフロー



震度分布推定結果の表示例

6. 防災ポータルから Web-GIS へ向けて

Web による情報提供で、三河地区企業の防災力向上を支援するポータルサイトのプロトタイプ構築を行った。最終的には「このサイトを訪れれば三河地区に関する防災情報のすべてを入手できる」ポータルの構築を目標とする。

次年度から Web-GIS を併用し、想定地震に基づく三河地区の震度分布予測、被害想定や、会員企業向けの地震発生時における実測震度に基づく被害想定などの地図表示サービスなども可能とする。

＜プロトタイプポータルのトップ画面＞

The screenshot shows the homepage of the 'Regional Disaster Research Center' (地域防災研究センター) at Aichi University of Science and Technology. The page is organized into several columns and sections:

- Header:** '地域防災研究センター' (Regional Disaster Research Center) and '愛知工業大学 地震防災コンソーシアム' (Aichi University of Science and Technology Earthquake Disaster Consortium).
- Left Column (Main Menu):**
 - ホーム (Home)
 - 地域防災ニュース (Regional Disaster News)
 - 防災イベント、催し (Disaster Events, Activities)
 - AIT防災コラム (AIT Disaster Column)
 - 地震防災に関する質問集 (FAQs on Disaster Preparedness)
 - 地震防災関連リンク集 (Links Related to Disaster Preparedness)
- Center Column (Main Content):**
 - 企業の防災力の向上を目指します (Aiming to Improve Corporate Disaster Preparedness):** Text about the 'Earthquake Disaster Project' and a link to '地震防災コンソーシアムとは' (About the Consortium).
 - 各地の揺れ分布(愛工大測定値マップ) (Shake Distribution in Various Areas (AIT Measurement Value Map)):** Information about a recent earthquake on Jan 9, 2017, and a link to '地図表示' (Map Display).
 - 画像 (Images):** List of images related to tsunami drills and house collapses.
 - 世界の地震情報(最新) (World Earthquake Information (Latest)):** List of recent earthquakes from USGS.
- Right Column (User Services):**
 - ログイン (Login):** Fields for 'ユーザ名' (Username) and 'パスワード' (Password), with a 'ログイン' button and a link for 'パスワード紛失' (Forgot Password).
 - 新規登録 (New Registration):** Link for '新規登録'.
 - サービス(地震発生時) (Services (During Earthquake)):** Links for '三河地区揺れ分布' (Shake Distribution in the Three River Region) and '避難所' (Evacuation Sites).
 - 企業防災(平常時) (Corporate Disaster Preparedness (Normal Times)):** Links for '企業防災カルテ作成支援' (Support for Creating Corporate Disaster Preparedness Cards), '企業防災力評価支援' (Support for Corporate Disaster Preparedness Evaluation), and '企業防災計画作成支援' (Support for Creating Corporate Disaster Preparedness Plans).
 - 企業防災(地震発生時) (Corporate Disaster (During Earthquake)):** Links for '被害想定' (Damage Estimates), 'オンライン防災マニュアル' (Online Disaster Manual), and '携帯電話サービス' (Mobile Phone Service).
- Bottom Section:**
 - インターネット地震情報 (Internet Earthquake Information):** Links to 'Hi-net高感度地震観測網' (Hi-net High-Sensitivity Earthquake Observation Network), '気象庁地震情報' (METI Earthquake Information), '日本気象協会地震情報' (Japan Meteorological Association Earthquake Information), '気象庁東海地震関係情報' (METI Tokai Earthquake Related Information), 'goo', and 'yahoo'.
 - インターネット津波情報 (Internet Tsunami Information):** Link to '気象庁津波予報' (METI Tsunami Forecast).

ポータルサイトは、一般に公開する情報と会員企業毎に提供する情報がある。後者に関しては企業毎にユーザ名、パスワードなどを与え、各企業独自の情報は非公開とする。

また会員企業に提供するサービスにはオプションなど幾つかのレベルを設け、サービスの選択が可能なものとする（将来の事業化なども考慮）。

防災ポータルが提供するサービスとして、以下のものを計画している。

(1) 一般向け公開情報

●防災コラム：専門家による防災に役立つ記事を毎月掲載。

●防災マップ

三河地区の地盤、活断層、防災施設・避難場所・危険箇所などの防災関連情報

●地域防災活動情報

地域で開催されている防災活動などのニュース、イベント（セミナー）ほか

● 防災に関する情報

防災に関する質問集、関連情報

(2) 会員企業向けサービス

1) 平常時のサービス

●企業防災カルテ作成支援

Web-GIS を使った自社防災カルテ作成を支援

●企業防災力評価支援

企業の防災力をオンラインで評価・診断し、防災力向上を支援

● 企業防災計画（防災マニュアル）作成支援

企業の防災マニュアル作成をオンラインで支援

2) 地震発生時のサービス

●実測揺れ分布

三河地区の地震計からの計測震度分布を Web-GIS を使って地図で表示

●避難所

避難所を Web-GIS 上に表現することで、最寄りの施設や状況を即座に把握

<企業毎>

●被害想定

実測震度に基づいて三河地区全般の被害想定を行い、地図で表示するととも

に、会員企業毎の工場、支店、社員宅などの被害想定もシミュレーション

●オンライン防災マニュアル（オプション）

会員企業ごとに、地震発生時に必要な情報を提供する（緊急連絡先、社員管理、

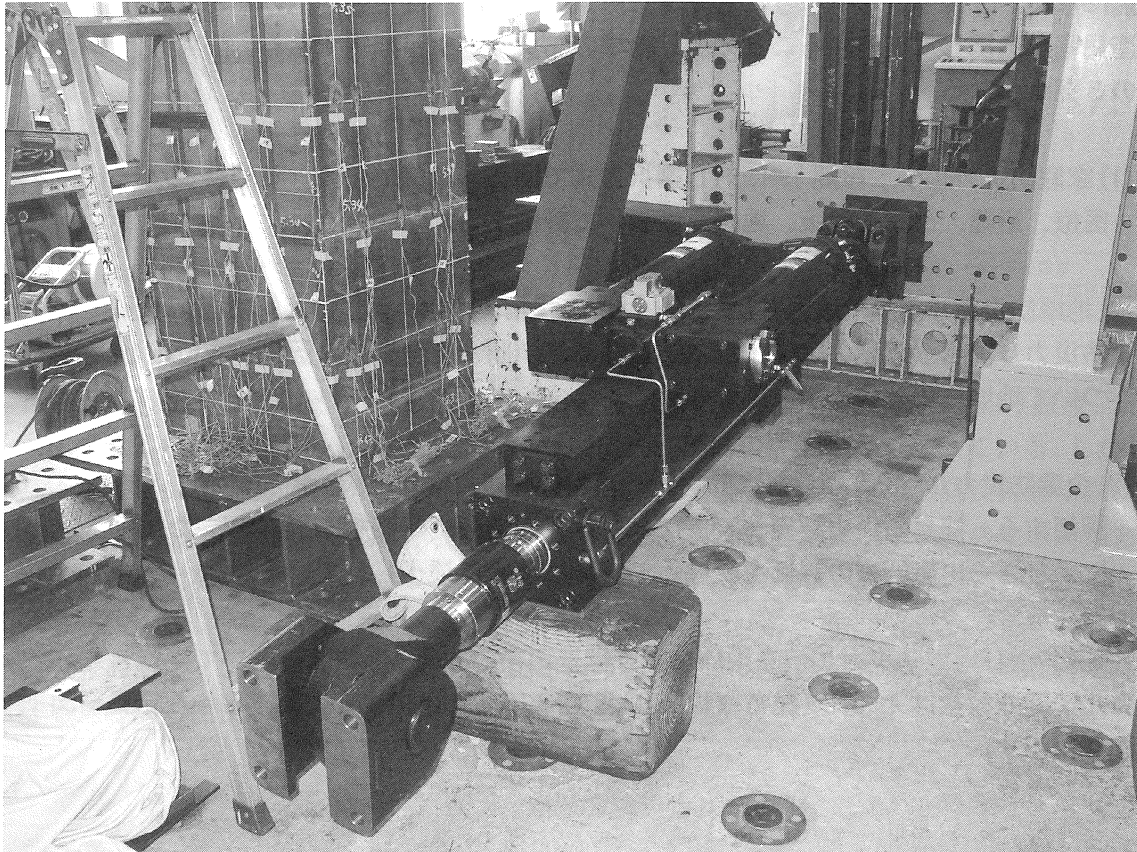
関連先情報、確認事項、避難経路など）

●携帯電話サービス（オプション）

大規模地震と連動した社員安否確認、被害状況の報告が可能。

7. 25 t f MTS 動的アクチュエーターの設置

地震時には、各種構造物の被害ほか、生産設備、受電設備等の各種設備、格納庫の被害もある。構造物の地震時被害に関する研究は従来から非常に多くあるが、生産設備、個人住宅等の地震時被害や耐震、免震装置の開発は遅れているといえる。今回購入のMTS社製動的アクチュエーターは、実地震波を入力して阪神大震災レベルの地震力に対しても耐震性能実験できるもので、本学耐震実験センターにすでに所有の25 t f 動的アクチュエーター1基と合わせ2基同時に用いて、実地震に近い水平2方向地震に対する地震時応答、各種免震装置に対する耐震性能実験等に使用する。試験対象は重さ数 t f 程度の小型の設備、個人住宅などで、主な研究課題は簡単で、経済的、かつ効果的な免震装置の開発を行うことである。



25 t f MTS 動的アクチュエーター（愛知工業大学耐震実験センターにて、倉橋奨撮影）