

3.1.3 ED-Net における協調データシステムの構築

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 1 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成16年度業務目的

(2) 平成16年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
 - 1) NEESgrid を用いた遠隔協調実験の実施
 - 2) 協調データシステム用ネットワークの検討
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

(3) 平成16年度業務のまとめ

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 E D - N e t における協調データシステムの構築

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
慶應義塾大学理工学部	教授	三田 彰	mita@sd.keio.ac.jp
	助手	西 宏章	west@sd.keio.ac.jp
	大学院生	Xie, Liyu	liyuxie@gmail.com

(c) 業務の目的

大型振動台実験のような多数の研究者の協力を必要とする実験において、実験場所にいない研究者でもネットワークを通じて容易に参画することを可能とすることを目的として、実験と解析を遠隔地同士でリアルタイムに協調実施するための仕組みを構築する。

(d) 1 カ年の年次実施計画

1) 平成 16 年度：

NEESgrid を用いた遠隔協調実験を実施すると共に、協調データシステム用ネットワークの検討を行った。

(e) 平成 16 年度業務目的

大型振動台実験のような多数の研究者の協力を必要とする実験において、実験場所にいない研究者でもネットワークを通じて容易に参画することを可能とすることを目的として、実験と解析を遠隔地同士でリアルタイムに協調実施するための仕組みを構築するための基礎検討を行う。

(2) 平成 16 年度の成果

(a) 業務の要約

次の業務を行った。

- ・ NEESgrid を用いた遠隔協調実験の実施

遠隔協調実験を目的として開発が推進されている NEESgrid のネットワークツールを用いて、梁の小型模型と小型サーボモータを使った擬似動の実験を実施した。ネットワークを通じて解析と実験をリアルタイムに協調しながらの実験・解析実施が可能なシステムの基本的枠組みを構築して、検証実験を行った。

- ・ 協調データシステム用ネットワークの検討

実験データや解析データを統合的にネットワークにおいて通信するためのプロトコルおよびその記述言語について、NEESgrid の開発を担当するイリノイ大学アーバナシャンペーン校に 2 週間滞在し、調査を行った上で検討結果をまとめた。

(b) 業務の実施方法

担当者の専門を考慮して、下記のように分担して行った。

- NEESgrid を用いた遠隔協調実験の実施
三田彰、Xie, Liyu
- 協調データシステム用ネットワークの検討
西宏章

(c) 業務の成果

1) NEESgrid を用いた遠隔協調実験の実施

本研究では、NEESgrid システムを用いて、遠隔地における物理実験とシミュレーションとを協調する際の可能性と問題点とを抽出するための実験システムを構築した。さらに構築した実験システムを用いて、検証実験を行った。その概要を以下に述べる。

a) 実験装置概要

構築した実験装置は4層の建物モデルである。柱と梁とはL字の留め具で留め、実験装置のサイズは1040×300mmのアルミニウム基盤の上に組んだ。接続された2つのステッピングモータによって水平方向の「変位」を加えられるように設計した。図1に実験装置全体の概観を示す。

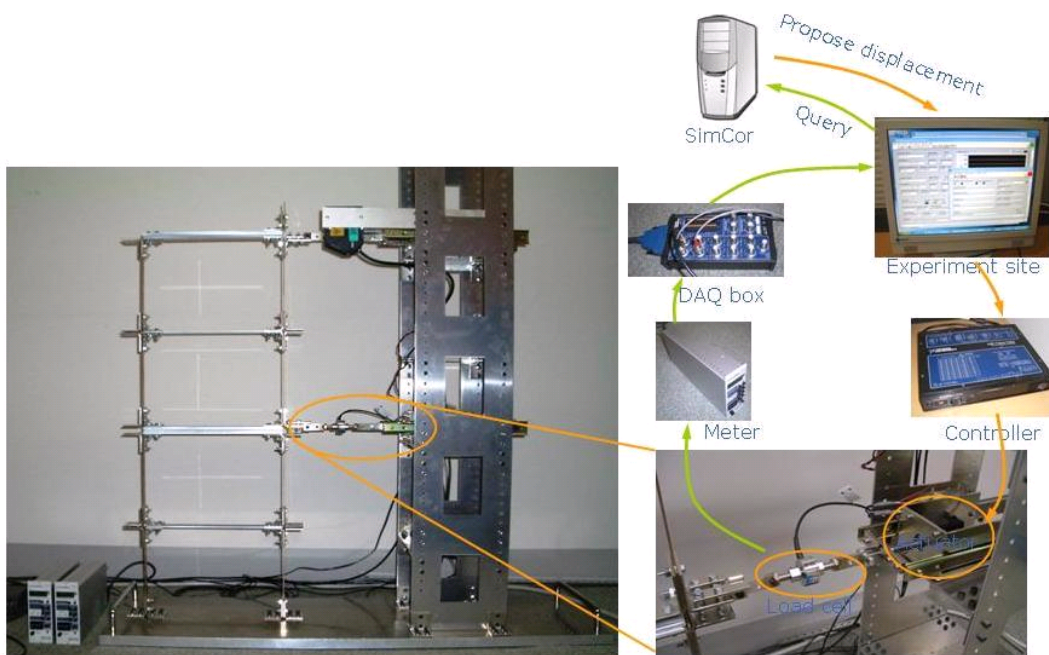


図1 実験装置全体の概要

• アクチュエータ

アクチュエータとして用いたステッピングモータは HSI Size 23 Non-Captive Linear Actuator である。この双極性ステッピングモータは10インチ(約25.4cm)の長さの送りネジ(lead screw)をもっていて、±3インチ(約7.62cm)のストロークで駆動できる。1ステップの動作は0.002インチ(約0.0508mm)であり、入力電圧は5ボルトの直流である。最

大推進力は 25 lb.である。

送りねじの回転を防ぐために、L 字のアンチスピン・メカニズムとしてリニアガイドを用いた。図 2 に示すように、ステッピングモータの送りネジは、位置決めネジ(set screw)によってアンチスピン・メカニズムへ固定されている。次にこのアンチスピン・メカニズムが線形ガイドを備えたモーターボックスに接続している。

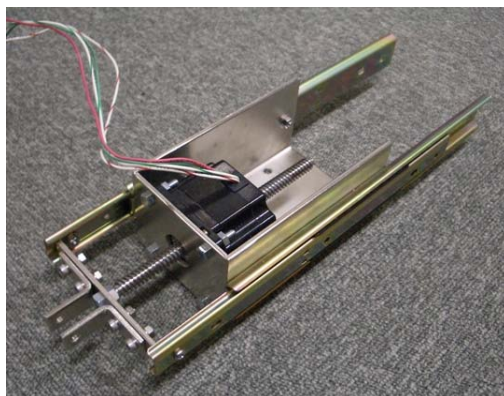


図 2 HIS Size 23 Non Captive 57000 ステッピングモータとリニアガイド

ステッピングモータを動かすために、図 3 に示した NI(National Instruments)社の MID-7602 ステッピングモータ・ドライブを採用した。この装置によって 2 つのステッピングモータを操作することが可能である。この装置は、動作 I/O 信号のための接続(通信)と、UMI(universal motion interface : 他社製のアンプやエンコーダなどとのインタフェース)とを提供している。



図 3 MID-7602 ステッピングモータドライブ

・制御ボード

図 4 にアクチュエータを制御するために使用したボード NI の PCI-7342 ボードを示す。このボードはステッピングモータや DC モータの制御だけでなく、複雑な多軸モーション制御にも適している。また、DAQ(data acquisition)と映像システムとを容易に統合することも可能で、LabVIEW によってプログラミングする機能も備えている。このボードによって、デジタル・エンコーダもしくは外部アナログ・フィードバックを用いて、ステッピングモータをリアルタイムにコントロールすることを可能となる。

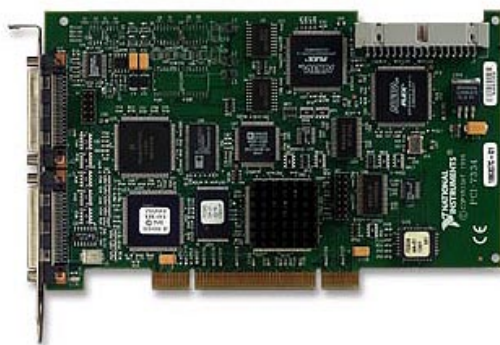


図4 PCI-7342 モーションコントロールボード

- ・ DAQ ボード

図5に実験データ収録に用いたDAQボードを示す。ここで用いたのは、NIのPCI-6036E DAQ Boardである。16ビットDAQデバイスであって、最大200kS/秒のレートでディスクに転送を行う。このPCI-6036Eは、16個の16ビットアナログ入力と2つの16ビットアナログ出力を装備しており、さらに8つのデジタルI/Oラインと2つの24ビット20MHzカウンタ/タイマも搭載している。NI-DAQドライバで構成および計測が簡単に実行可能であり、またLabVIEW開発環境との優れた統合性も持つ。



図5 NI PCI-6036E DAQ ボード

- ・ コネクタボックス

図6に本実験装置に用いたNI BNC-2110 BNC Connector Boxを示す。このデバイスは信号名がラベル表示されたI/O接続用BNCコネクタを持つ、シールドされたコネクタブロックである。



図6 NI BNC-2110 BNC コネクタボックス

- ・ロードセルおよびアンプ

実験模型を变形させた結果生ずる反力の測定に小型ロードセルである **KYOWA LUR-A-200NSA1** を2つ用いた。図7に写真を示す。ひずみゲージ式変換器である引張圧縮両用型のロードセルである。図8には **DPM-713B** 動ひずみアンプを示す。ロードセルのアンプとして本装置を2台用いた。



図7 共和 LUR-A-200NSA1 ロードセルと設置状況



図8 共和 DPM-713B 動ひずみアンプ

- ・レーザ変位計

キャリブレーション用にキーエンスの **LK-080 CCD** レーザ変位計を用いた。本センサは **65mm** から **95mm** の幅での計測が可能である。

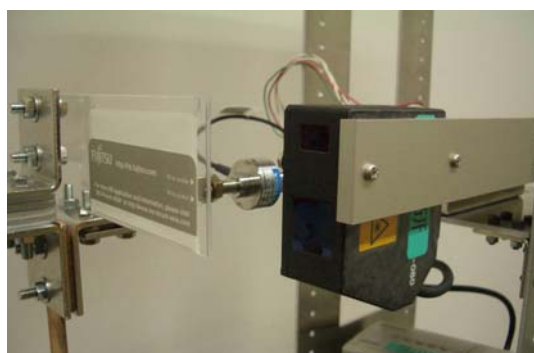


図9 キーエンス LK-080 CCD レーザ変位計と設置状況

- ・ 実験制御用コンピュータ

実験制御用のコンピュータは、ステッピングモータ制御とデータ収録のために用いると共に、実験とシミュレーションコーディネータとのあいだの NTCP 通信にも利用する。本実験には、デルの Dimension8300 を用いた。Windows XP の OS をインストールし、2.6GHz の CPU、512MB のメモリ、80GB のハードディスク、2 つの PCI スロットを装備したコンピュータである。このコンピュータには、下記ソフトを実装した。

- LabVIEW フルパッケージ :

本実験に主に用いる LabView ソフトウェアは、NEESpop と通信するための “Control Daemon”、ステッピングモータ制御を行う “Control Program”、そしてセンサデータのデータ獲得を行う “DAQ” である。これらのソフトウェアは NEESgrid システムインテグレータ(SI)チームによって開発された。

- LabVIEW Internet Toolkit :

このツールボックスの使用により、XML、CGI、FTP 転送などのさまざまなデータ通信機能を Virtual Instrumentation アプリケーションへ簡単に組み込むことができる。

- NI Motion Assistant for Motion Control Programming :

モーションアプリケーションを構築するための柔軟かつ容易に使用できる開発ツールである。これによりモーション制御システムを迅速に開発することが出来るようになる。

- ・ シミュレーション用コンピュータ

シミュレーション用のソフトウェアは MATLAB6.5 で書かれている。実験中には、少なくとも 1 つのシミュレーションコンピュータがマスターモジュールを走らせるために必要となる。しかし、多数のコンピュータノードが含まれる場合は、マスターとスレイブの両モジュールを走らせることになり、それらを 1 つのコンピュータで走らせることも複数のコンピュータで分散させて走らせることも選択可能である。シミュレーション用のコンピュータは、少なくとも 1.0GHz の CPU、256MB のメモリを装備し、MATLAB6.5 をインストールしてある必要がある。本実験では、複数のノートパソコンやデスクトップパソコンを利用した。本コンピュータには下記のソフトウェアを実装した。

- MATLAB6.5 :

MATLAB6.5 は、MATLAB バックエンドソフトウェアを走らせたり、また SimCor を動作させるために必要とされる。

- SimCor :

MATLAB に基づいたソフトウェアであり、実験全体におけるコマンドセンターとして振舞う。シミュレーションコーディネーターであり、主にモジュールの制御と統合を行う。

- NEES-SAM :

構造解析ソフトウェアのためのインタフェイスアプリケーションである。例えば、ZEUS-NL、OpenSees などに用いられる。

—ZEUS-NL :

非線形フレーム解析ソフトウェアであり、GUI を提供する。モデルの入力ファイルを編集するために、このソフトウェアをインストールする必要がある。

• NEESpop Server

NEESpop サーバは、実験における必須サービスを提供するための NEESgrid ソフトウェアをインストールした Linux サーバのことである。CHEF、グリッドサービス、NTCP などのパッケージがここには含まれており、主に端末サイトのインタフェースとされる。このサーバは少なくとも、1.0GHz のデュアルプロセッサを備えた CPU スピード、1GB の RAM、2 つの PCI スロット、36GB の SCSI ハードディスク、デュアルギガビット・イーサネットカードの装備と、Redhat Linux enterprise のインストールとが必要とされている。本実験装置ではデルの PowerEdge 400sc を用いた。実装されるソフトウェアは次の通りである。

—NEESgrid3.2 :

NEESgrid3.2 は、NEESpop に必用とされるソフトウェアである。

—Plug-ins :

2 つのプラグイン、MATLAB(M)プラグインと LabVIEW(LV)プラグイン、がインストールする必要がある。M プラグインは、MATLAB バックエンドソフトウェアと NTCP サーバとを通信する。そして LV プラグインは LabVIEW バックエンドソフトウェア “Control Daemon” と NTCP サーバとを通信するために必要である。

b) 協調実験システムの検証

NEESgrid で開発されたシステムでは、アクチュエータが 1 つしか利用できない制約があった。そこで、ここでは、複数のアクチュエータが利用できるようなソフトウェアを拡張して、今回製作された実験システムに設置された 2 つのアクチュエータを同時に駆動できるようにした上で実験を実施した。

対象とした構造物を図 10 に示す。左図の示すように 2 層のせん断構造物に 1 層のせん断構造物が梁で接続された形態である。この構造物を右図に示すように 3 つに分割して、2 層部分は実験で、1 層部分と接続する梁はシミュレーションとしてそれぞれを協調して擬似動的実験を行った。図 11 に本実験システムの概要を示す。

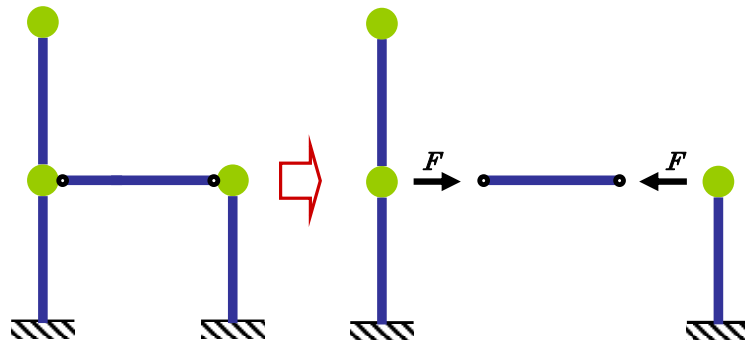


図 10 PSD 実験モデル

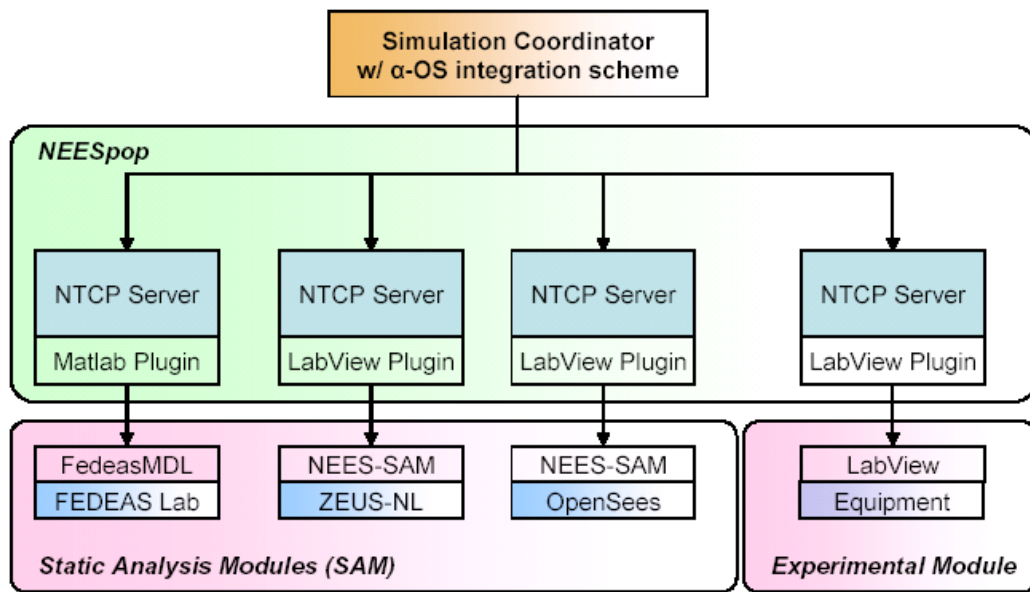


図 1 1 協調実験システムの概要

本協調実験の手順は次の通りである。

- i. 実験システムを待機状態にしたうえで、遠隔操作によって通信に使用するポートを設定、開放する。(NEESpop においては、DAQ との通信用に LabVIEW plugin を使用し、部材プログラムとの通信用にも LabVIEW plugin を使用する。Plugin やポートの設定に注意が必要。)
- ii. 次に Simulation PC を用いて部材シミュレーションプログラムを走らせる。
- iii. シミュレーション統合プログラムは NEESpop を介し DAQ システムと通信する。
- iv. DAQ システムは、振動実験装置 (Experimental specimen) を動作させ、そのデータを取得する。
- v. データを取得した DAQ システムは、そのデータを再び NEESpop を介して Simulation Coordinator マシンへ送る。
- vi. 一方、シミュレーション統合プログラムは NEESpop を介して Simulation PC とも通信する。
- vii. Simulation PC から部材シミュレーション情報を取得し、再び NEESpop を介して Simulation Coordinator マシンへ送る。
- viii. DAQ によるデータと Simulation によるデータとを協調、統合させる。
- ix. iii～viiiの通信が繰り返され、プログラムに記述のステップ数により実験を終了。

また、シミュレーション側の準備作業としては次のものがある。

- i. Simulation PC において NEESpop PC に遠隔アクセスを行い、ログインを行う。(putty というソフトウェアを用いて行った、SSH 通信である。)

- ii. 使用するポートが空いていないことを確認し、LabVIEW Plugin と通信できる設定で、NTCP ポートを 3 つ開放する。(DAQ 用に 1 つと、Simulation 用に 2 つである。)
- iii. ポートが空いたら NEES-SAM を開き、ZEUS-NL にて記述された部材プログラムを立ち上げる。(2 つのプログラムを別々のウィンドウで立ち上げる)
- iv. また一方で MATLAB ウィンドウを開き、統合用プログラム SimCor を用意する。
- v. 部材プログラムを走らせた後に、統合用プログラムを走らせる。
- vi.

2 層建物頂部の応答を実験と解析を比較して図 1 2 に示す。3 つの部分構造に分割して実施した協調実験が全体構造をよく再現していることが確認できる。

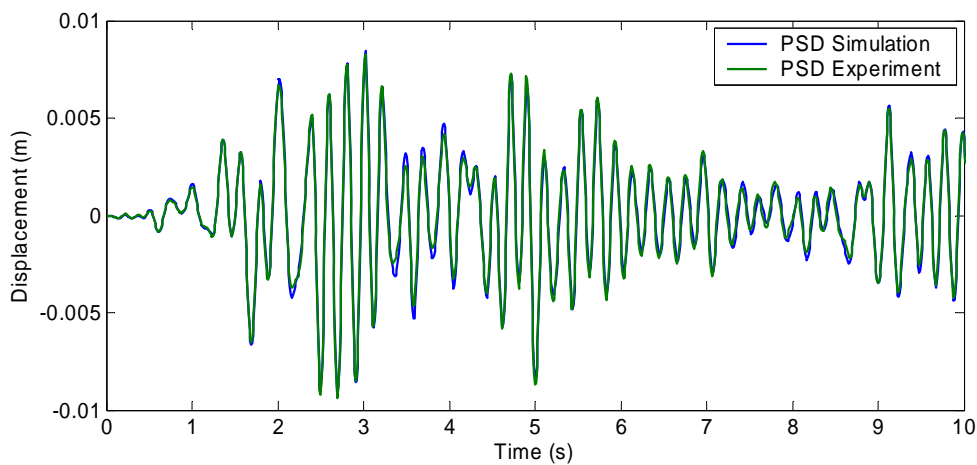


図 1 2 実験と全体システムのシミュレーションの比較

c) 協調実験システムに関するまとめ

NEESgrid を利用した協調実験システムを構築し、複数のアクチュエータを用いての実験も可能なようにソフトウェアを拡張した上で、構造物を 3 つに分割した協調実験を行った。構築された協調実験システムによる実験は全体構造物の応答とよく整合しており、協調実験システムとして、問題なく稼動することが確認された。

2) 協調データシステム用ネットワークの検討

E-Defense は過去不可能であった規模の実大振動試験を可能としており、今後の防災研究に多大な貢献がなされることが期待されている。このような重要な施設で行われる実験データの価値は非常に高いため、極力公開することで我が国の防災技術発展の一端を担うことができ、さらにインターネットを利用することで国際貢献として有益な情報を共有することが可能となる。また、被試験構造物が巨大であるために取得される情報量も従来よりも数倍から数十倍と見積もられ、取得したデータのもつ対価や重要性を考えると、データの消去や破壊などがあっては決してならない。

このような観点から、実験データや解析データを統合的にネットワークで通信することで情報の共有手段を提供するとともに、スループットの高いデータ収集・配信システム、データセキュリティも考慮した新しい通信システムおよびプロトコル、さらにはその記述言語について検討が必要であった。

ここでは E-Defense 用の IT インフラを EDgrid と呼ぶことにする。

a) 検討手順

まず、情報共有手段、高スループット収集・配信システム、セキュリティ、記述言語といった、4 つの視点から従来提案されている手法の検討とシミュレーションによる要求スペックへの到達度を検討した。検討においては次の点に着目した。

・情報共有手段

現時点において情報を柔軟、低コスト、最大多数で共有可能な手段は、インターネットの利用以外にないと考えられ、大規模演算処理が求められる様々な分野で成果を挙げている計算 Grid システムを基本とし、インターネット上で運営・応用することがシステム構築における最短距離であると考えた。特に、Disaster Grid と呼ばれる災害時からデータを守る Grid システムも提案されており、これらの Grid システムが持つ基本能力を備えており、それほど IT に精通していない防災技術者でも平易に扱うことができるシステムを構築する必要があると考えられる。米国において NEESgrid の構築が行われており、振動台実験などの実験データの蓄積と協調シミュレーションへの応用が検討されている。システム構築の進捗状況としては EDgrid より先発であるため先を進んでいるが、EDgrid に必要ないくつかの機能(セキュリティ・ヘテロ構造など)・能力(スループットなど)が欠落しているため、利用は困難である。

・高スループット収集・配信システム

実験設備の規模、および既設置の情報収集設備を考えると、高精細ビデオカメラ 4 基、NTSC 通常カメラ 12 基、16bitA/D 出力 1000 チャンネル、その他被試験構造物に埋め込まれるセンサノードより出力される位置等の付随情報などを考慮に入れなければならない。まず、各機器毎の生成する情報量は、高精細カメラ(1920 x 1080 画素・29.97Hz・32bit フルカラー) 約 2Gbps、通常カメラ(640 x 480 画素・29.97Hz・32bit フルカラー) 約 0.22Gbps、センサ(16bit 1KHz サンプリング) 約 16Kbps、その他付随情報 約 4Kbps、と見積もることができる。これらを台数分合計すると、非圧縮時で約 9Gbps となり、これは

66GBytes/分に相当する。一般的な実験時間として、5 分の実験を想定すると、この時間内に獲得される総情報量は 330GBytes となる。この膨大な情報量を直接配信することは非現実的であるため、部分情報の切り出しによる部分情報のオンタイム・リアルタイム配信と、データのキャッシュ転送、データマイグレーション、分散共有管理といったオフタイム・バックグラウンド配信の双方の機能が必要となる。

- ・セキュリティ

データのセキュリティに関しては、前述のオフタイム・バックグラウンド配信を応用し、お互いにコピーを持ち合うことで非常時に対処するといった方法が考えられる。従来の Grid システムの一部にはこのような機能を有するものがあるが、リアルタイム配信との両立については検討されていない。オンタイム配信とオフタイム配信はお互いに独立したのではなく、オンタイム配信したデータは配信先ノードにおいて優先的に保管させることで退避先の有力候補とみなすことができる。このような画一的な情報制御モデルが必要である。

- ・記述言語

従来、XML がデータベースの記述や情報の公開において広く利用されており、XML をベースとしたデータ記述言語、データ配信制御言語、データ管理言語の構築が妥当であると考えられる。振動台実験データという特殊性を考慮した有効なクエリを提供する必要がある。

このような要求および現存技術の状況を踏まえて、EDgrid の基本構造を検討した。

b) 検討概要

図 1 3 に想定される EDgrid 全体のシステム構成図を示す。以下に、その概要を述べる。

- ・情報共有手段

米国において構築が行われている NEESgrid システムとの親和性を考えて、NEESgrid が備える情報共有手段も取り込む構成が必要である。その上で、NEESgrid ではパフォーマンスが期待できないため、それを補うシステム構成が必要である。全体のシステム構成（図 1 3 参照）は次の通りである。

この図においては黄色が NEESgrid との親和性を保つために必要な部位であり、青色が既に構築もしくは提案されている部位、白色は新規開発が必要な部位である。最下位層はデータ取得レイヤである。E-Defense に備え付けのアナログセンサ群、ハイビジョンカメラ等のイメージデバイス、大量のセンサを効率よく管理可能とするセンサグリッドも含まれる。アナログセンサは専用のデータ取得サービスと LabView により管理する。イメージデバイスは、先ほど述べたシステムを構築する。センサグリッドについても LabView と同等のインタフェースを提供構築する。その上位層はプレゼンテーションレイヤにおいてどのアプリケーションを選択するかにより決定する。MATLAB を選択する場合は、MATLAB プラグイン・NTCP・MATLAB ディストリビューションを選択する。より MATLAB から利用する。NEESgrid との協調シミュレーションは、SimCor の利用が考えられ、LabView プラグインから NTCP を介して SimCor とアクセス可能とする。データ

を直接高速に入手したい場合は、RBNB データタービンにより RBNB クライアントを利用して取得するか、専用の動画配信ストリームプロトコルにより行う。NEESgrid と共通化したインタフェースを利用したい場合は、LavView 向けの独自インタフェースと、NMDS・NFMS 向け独自インタフェースを介して chef によりアクセス可能とする。この場合、HDCC ネイティブなアクセス方法も利用可能とする。

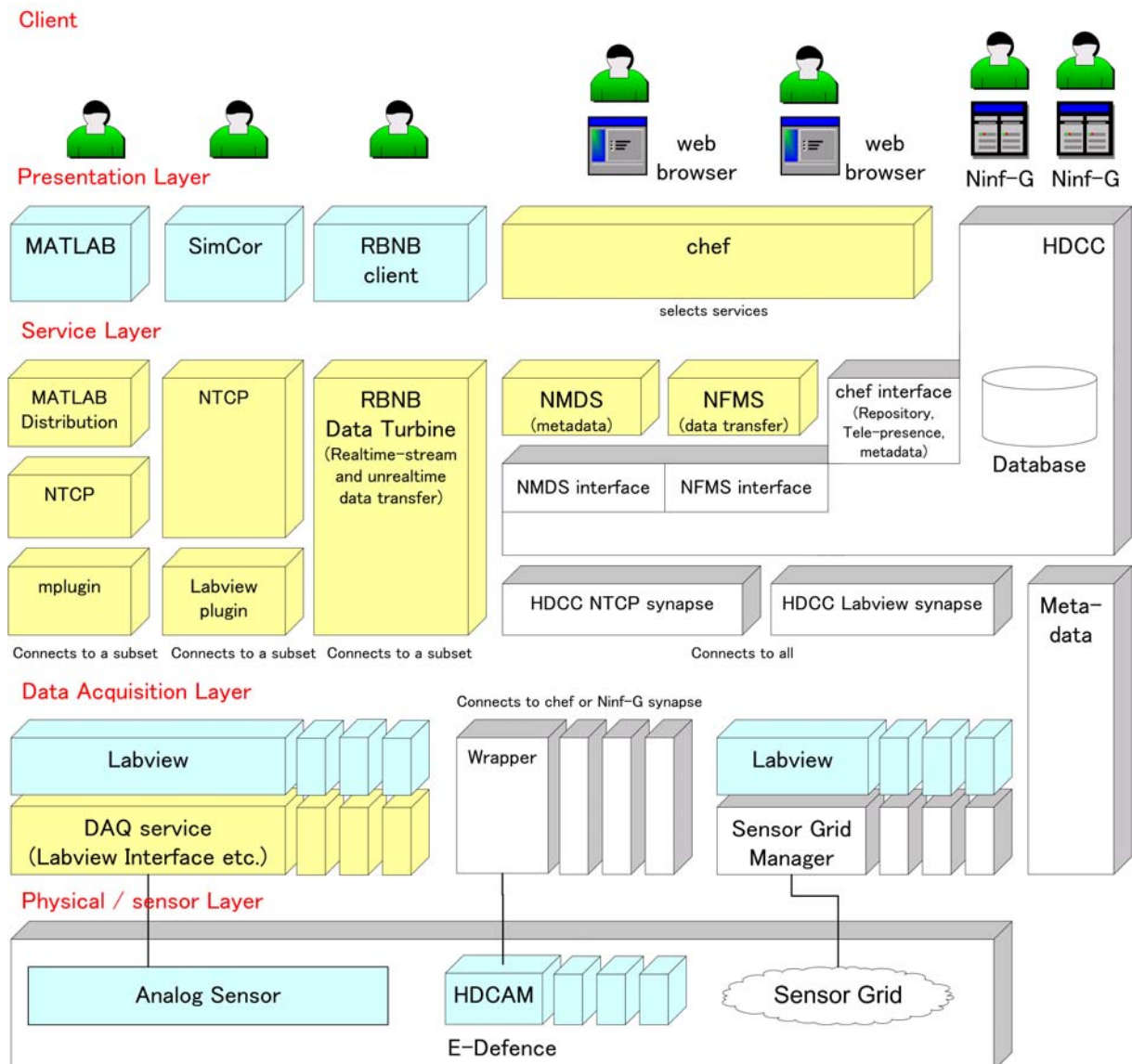


図 1 3 EDgrid 全体のシステム構成図

・高スループット収集

5 分の実験で 330Gbytes 必要であることから、中央集中型でデータを蓄えることは非常に困難であり、分散 RAID システムの構築が必要である。また、蓄えたデータの運営を考えてデータベースも構築する必要がある。例えば MySQL 等の一般的なデータベースシステムでは求められている 66Gbytes/分といったスループットを得るのは困難であり、商用の Oracle であればスパコンやクラスタコンピュータサポートによりある程度可能と思わ

れる。とはいえ、実現できたとしてもコストばかりが目立つシステムになってしまうと考えられる。そこで、最もスループットが必要なカメラの情報をデータベースに直接管理することをやめて、カメラ映像の各種プロパティのみデータベースで管理する手法を考える。プロパティは例えばカメラパラメータ、座標、状況、解像度、フレームレート、時間、映像についてのコメント、研究者コメント等である。各カメラにストレージホストを設け、集中的にイメージを獲得せず分散して獲得する。各ホストがもつモニタから映像を確認することができるのと同時に、中央ホストからのアクセスも受け入れ、抽出したプロパティのみデータベースに登録する。この様な構造にすることで、リアルタイムビデオ配信を受けたい場合は、各カメラのホストに直接接続すれば映像を確認可能であり、データ取得と同時にホストのストレージにリアルタイムに蓄えることはローカルバスを利用するため容易に実現可能である。実験終了後、映像のプロパティをデータベースに登録し、獲得した映像データをリアルタイムではなくゆっくりと分散 RAID および GRID システムに転送しコピーを持ち合う。この様にシステムは同一機能を有するものが集まったものではなく、カメラを有する特殊なノードなど異種なノードを混ぜて構成することにより求められている高スループットのデータを管理可能なシステムが構築可能となる。この様なシステムを HDCC(Distributed Heterogeneous Computing Cluster)と呼ぶ。

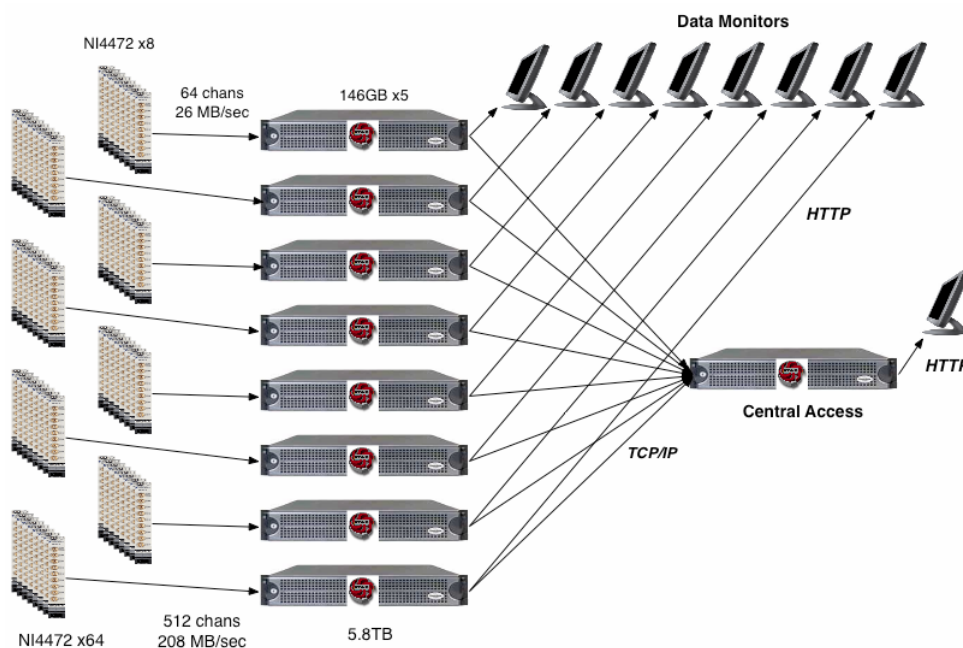


図 1 4 高スループットを実現する構成例

・配信システム

リアルタイムデータを扱うのか、データベースアクセスを行いたいのか、データを登録したいのか等の作業内容により接続に必要なスループットや計算資源量が異なる。そこで、HDCC では、どのホストに接続するかにより受けられるサービスを異なるものとし、受けたいサービスに適切な(過剰でない)スループットと計算量を該当するサービスの提供にシステムから与えることを可能とする。また、HDCC は、サービスに伴うアクセスを管理す

ることで、どのサービスがどの程度求められているかを見積もることが可能である。この見積もりを元に、データのコピーをどの場所にどの程度配置するかを求めることができる。即ち、データのコピー数と配置問題を解くことが可能となる。この様な最適化問題の解によって常に最適なデータ配置、データ量を保つことを可能とする。

- ・セキュリティ

同時にコピーを持ち合うことで、データの破壊や紛失に対応することができる。そこで、先ほどの最適化問題の解を得る際にデータの重要性も加味することで、重要なデータはコピー数を多く取るなどの対応が可能となる。

- ・記述言語

記述言語は汎用性を考え、普及している XML を用いたデータ記述、データ配信制御、データ管理を行うことが必要である。振動台実験データという特殊性を考慮した有効なクエリとして、実験の実施者情報、実験場所・時間・気温・湿度・などの情報、実験設備に関する情報、被実験構造部に関する情報、センサ群に関する情報、リアルタイム動画データなどデータベースには直接含まれていない内容に対する情報、該当するデータを閲覧・利用した研究者のコメント情報等を蓄えることが必要である。また、新しい項目の追加も柔軟に行えなければならない。

(d) 結論ならびに今後の課題

遠隔協調実験を目的として開発が推進されている NEESgrid のネットワークツールを用いて、梁の小型模型と小型サーボモータを使った協調実験システムを構築した。さらに、実験サイト 1、シミュレーションサイト 2 を用いて、実験とシミュレーションを協調した擬似動的実験を実施して、構築したシステムの性能を検証した。本システムは NEESgrid のオリジナルシステムを複数のアクチュエータに対応可能なように拡張したシステムである。

NEESgrid における実験データや解析データを統合的にネットワークにおいて通信するためのプロトコル等について、調査を行った上でその評価検討を行った。その結果を元に E-Defense に適した IT インフラの基本構成の提案を行った。

NEESgrid で構築された IT インフラは、まだプロトタイプの段階であって使いにくい分が多いことが判明した。慎重な評価を行った上で、日本の実験環境にあったシステム構築が必要とされる。

(e) 引用文献

なし

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Xie, Liyu 三田彰 上林雅子	Remote System Identification and Control of a Closed-Loop System Based on NEESgrid	Smart Structures Technologies and Earthquake Engineering (SE04)	平成 16 年 7 月

(g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 16 年度業務のまとめ

NEESgrid の仕組みを調査、研究してグリッド技術に基づく協調実験システムを構築し、検証実験を行った。さらに、1 自由度対応であった仕組みを多自由度に対応できる仕組みに拡張した。その結果は、グリッド技術を用いた実験支援のための IT インフラ構築するための基本構想の策定に貢献した。また、米国の NEES チームと密に連携を取り、国際的に共有可能な知的 IT インフラの実現に向けた基盤ができた。