

## - 13 EDgrid (E-Defense Grid) におけるデータモデルの開発

## Development of a Data Model for EDgrid (E-Defense Grid)

矢吹信喜<sup>1</sup>・吉田善博<sup>2</sup>

Nobuyoshi Yabuki, Yoshihiro Yoshida

**抄録** : E-Defense では, 貴重な震動台実験データを実験終了一定期間後には, 広く地震工学研究者らに公開して利用できる仕組みを構築することとしている. EDgridはそのために構築する最新のIT技術を駆使したサイバーインフラストラクチャであり, 米国のNEESitと協調的に進められている. 本研究では, EDgridのセントラルリポジトリに実験に関するデータを正確かつ効率的, 効果的に貯蔵する為のデータモデルを構築した. 本データモデルは, 特に今後の諸設備の拡張, 更新や諸外国のデータベースとの連携を意識して, イベントに基づくリレーショナルデータモデルを基礎として構築した.

**Abstract**: E-Defense is developing a system which enables all earthquake engineering researchers to freely access to valuable experimental data obtained during shake table tests executed there after some period. EDgrid is a cyberinfrastructure being developed for this purpose by using the cutting-edge information technology with NEESit in the United States of America. In this research, a data model has been developed for storing all the data related to experiments performed at E-Defense in the EDgrid central repository correctly, effectively and efficiently. The data model was developed on the basis of the event-based relational data model theory to correspond to possible future facility expansion and collaboration with other databases in various countries.

**キーワード** : EDgrid, E-ディフェンス, データモデル, データベース, NEES, NEESit

**Keywords** : EDgrid, E-Defense, data model, database, NEES, NEESit

## 1. はじめに

EDgrid (E-Defense Grid) は, 米国のNEES<sup>1)</sup> (George E. Brown, Jr. Network for Earthquake Engineering Simulation) のNEESgridから刺激を受けて, 日本でE-ディフェンス (E-Defense)<sup>2)</sup> のために構築する最新のIT技術を駆使したサイバーインフラストラクチャである. このサイバーインフラストラクチャとは, 将来にわたって土木分野が成長し発展出来るよう, 社会基盤施設を対象としたインターネットや各種情報技術による仮想的な情報世界のことである<sup>3)</sup>. E-Defenseとは, 独立行政法人防災科学技術研究所が兵庫県三木市に建設した世界最大の実大三次元震動破壊実験施設で2005年に完成した. E-Defenseでは大型震動台を利用して得られる貴重な実験データを各プロジェクト参加関係者のみの狭い範囲で利用するのではなく, 実験終了後の一定期間後には, 他の地震工学研究者らに公開して利用出来る仕組みを構築することとしている. EDgridはこのような背景の下, 2005年4月から開始した研究プロジェクトであり, 図-1のような研究体制で米国のNEESit (itはinformation technologyの略) と協調的に進められている. E-Defenseには, 960個のセンサー, 27台のカメラ, 2台のHD (High-Definition) カ

メラがあり, 1回の震動台実験で莫大な量のデータが生成される. データはEDgridDAQ (DataAcquisition) によって取り込まれ, リポジトリに蓄えられる. その後, EDgridで定められたデータフォーマットに変換され, データチェックの後, EDgridのセントラルリポジトリに永久的に保存され, 一定期間後膨大な量の実験データを地震工学研究者らに一般公開する<sup>4)</sup>. 本研究では, データ管理者及びシステムユーザにとって正確, 柔軟でわかりやすく, 検索しやすい形でデータをEDgridのセントラルリポジトリに貯蔵する為, E-Defenseの実験に関するあらゆるデータを格納する為のデータモデルの開発を行った.

## 2. NEESで開発されたデータモデル

### (1) NEES

NEESとはGeorge E. Brown, Jr. Network for Earthquake Engineering Simulationの略称であり, 地震に関する研究のさらなる高度化を目的に作られた, 米国における地震工学に関する実験的研究及び教育に関する次世代ネットワーク資源である. NEESは, 全米に広がる15個の実験施設, 共同で使用出来るツール類, 中央データリポジトリ, 及び地震シミュレーションソ

1 : 正会員 Ph.D. 室蘭工業大学 助教授 工学部建設システム工学科

(〒050-8585 北海道室蘭市水元町27-1, Tel : 0143-46-5219, E-mail : yabuki@news3.ce.muroran-it.ac.jp)

2 : 学生会員 室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻

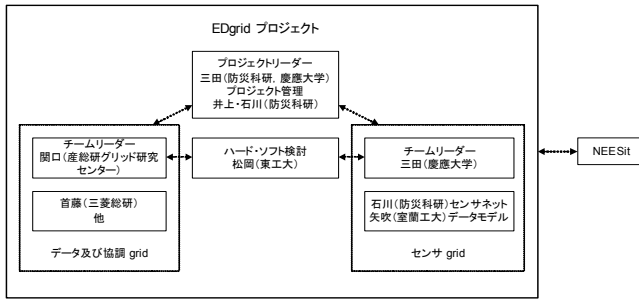


図-1 EDgrid プロジェクト組織図

ソフトウェアによって構成される。NEES の最終目的は、全米各地に散らばる NEES の地震工学に関する実験施設と実験データへ地震工学研究者らが自由にアクセスして、実験装置を遠隔から制御したり、実験データを閲覧したりすることである。

NEESit は、現在カリフォルニア大学サンディエゴ校 (UCSD) のサンディエゴスーパーコンピュータセンタ (SDSC) 内にその組織が存在する。NEESit は、地震工学実験とシミュレーションのための、いわば分散した仮想的な「協調実験研究所」すなわちサイバーインフラストラクチャ (Cyberinfrastructure) を構築するための組織である。

## (2) NEESgrid のデータモデル

EDgrid のデータモデルの開発に当たっては、まず NEESgrid 用に開発されたデータモデルを調査・検討した。NEESgrid におけるデータモデルは、図-2 に示すように、まず、最上部に位置する NEES が米国各地に散らばる各研究施設 (Site) とリンクし、次にそれら各研究施設とそれらの施設で行われる各種実験 (Experiments)、試験 (Trials)、装置 (Equipment)、実験関係者 (People) がリンクし、各実験は、それぞれの分野の試験体 (Specimen) とリンクする。さらに、それらの試験体はセンサ (Sensors) や設備 (Units) 試験体に関する記述や図 (Descriptions) とリンクし、それらは最終的に図-2 の最下部にあるデータ (Data) とリンクするという考えに基づいて、スタンフォード大学において開発された<sup>5) 6) 7)</sup>。また、NEESgrid では実験データについて、実験前、実験後のそれぞれのデータも実際に実験を行って得られるデータと同様に重要であると見なされている。NEESgrid のデータモデルについては、オントロジーを用いたオブジェクトデータモデル及び複数のリレーションによって構成されるリレーショナルデータモデルの2種類が開発された。両モデルは数多くのネットワーク化された実験施設の連携や膨大なデータを表現出来るものである。

オブジェクトデータモデルは、オントロジーの概念を取り入れ、各クラス間の関係はそのオントロジーに

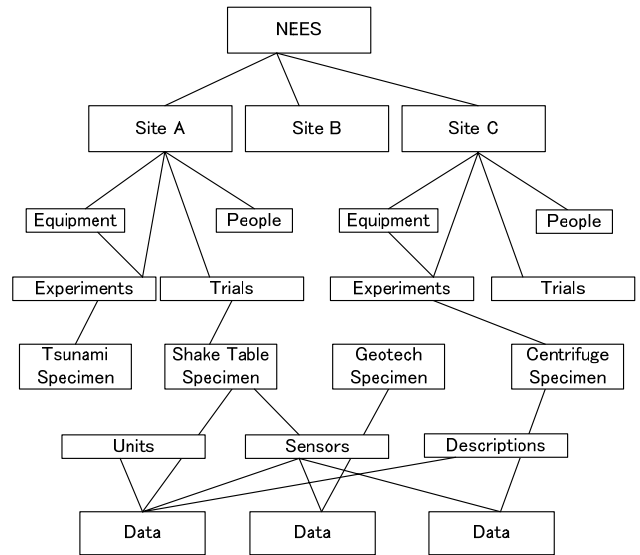


図-2 データモデリング概要図

基づいて定義される。実装には、RDF, OWL に対応したデータモデリングツールである Protégé2000<sup>8)</sup> (スタンフォード大学医学部で開発) が使用されている。

リレーショナルデータモデルでは、表 (テーブル) と各テーブルの関係 (リレーション) によってモデルを定義する。図-3 にスタンフォード大学が開発したリレーショナルデータモデルの図を示す。このデータモデルは図-4 に示すように、Project を頂点とし、それ以下に Task, EventGroup, Event を配置した4層構造のモデルである。図-3 のデータモデルの全体構成は、図-4 で示される Project, Task, EventGroup, Event という4つのテーブルを中心として、他のテーブルを Project レベル, Task レベル, EventGroup レベル, Event レベルの階層毎に関連付ける形で作成されている。

## (3) NEESgrid データモデルの評価と応用

NEESgrid の2つのデータモデルの内、オブジェクトデータモデルについては、一般の地震工学研究者には理解することがやや困難であり、開発や運用がリレーショナルデータモデルに比べて難度が高いことから、NEESit では、リレーショナルデータモデルをセントラルリポジトリのデータモデルとして使用する計画である。そこで、EDgrid 用のデータモデルの開発においても、NEESgrid と EDgrid は将来ネットワーク上で連動することになっていることから、NEES と同様にリレーショナルデータモデリングの概念に基づいてデータモデルを開発することとした。

開発に当たっては、NEESgrid のデータモデルに対して種々のシミュレーションを行い、データモデルとしての柔軟性・拡張性に関する検討を実施した。

### a) データモデルの評価

本研究では、NEESgrid のリレーショナルデータモデルについて、将来的にデータモデルに何かしらの変更

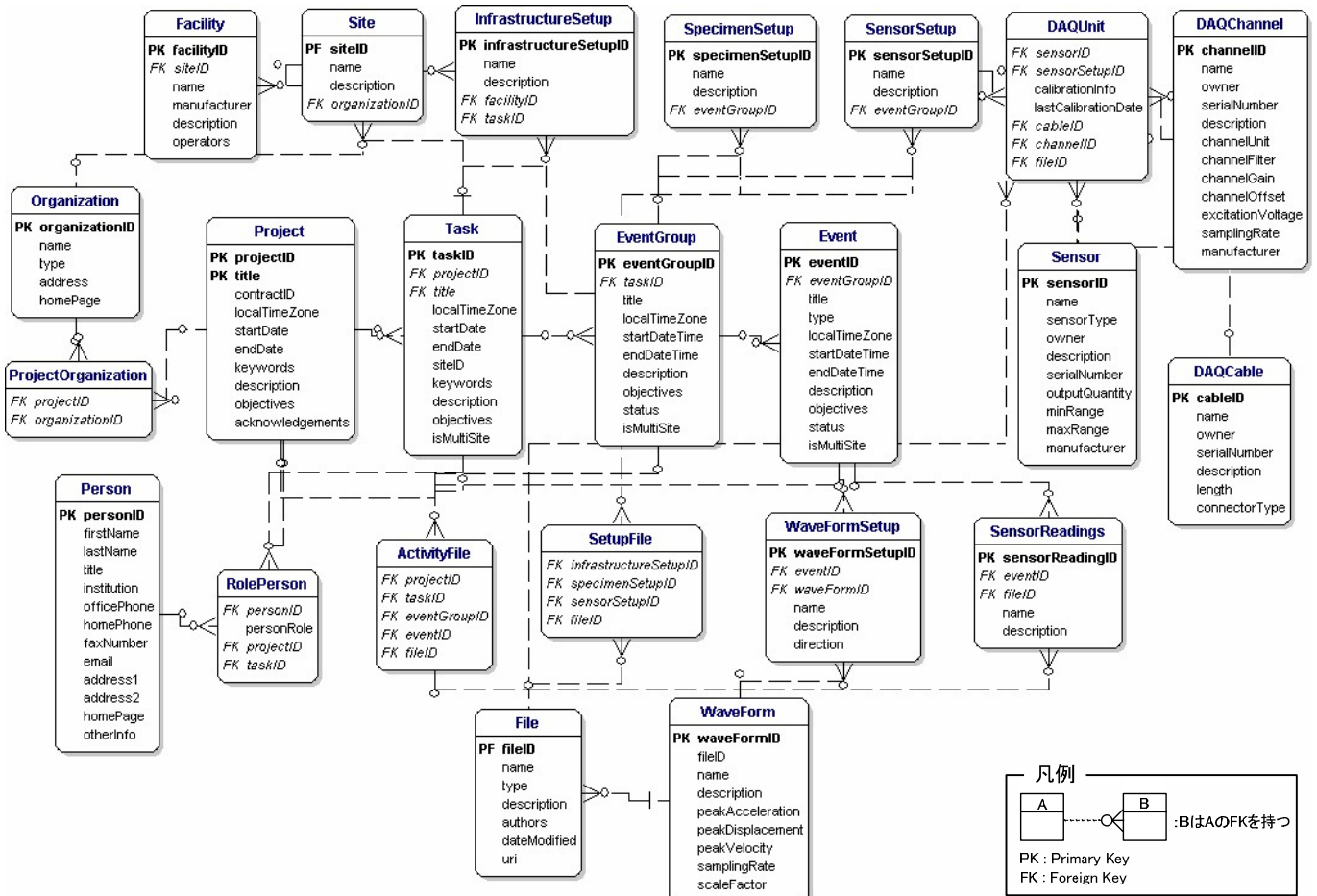


図-3 NEESgrid のリレーショナルデータモデル

(テーブルの追加やそれに伴う新たなリレーションの定義等)があった場合に、その変更が容易に行えるかという点について検討を行った。スタンフォード大学が開発したデータモデルは、各テーブル間のリレーションが複雑に絡み合っている。これはデータモデルの柔軟性・拡張性の問題に直接影響を及ぼすものであり、この複雑さの為に NEESgrid のデータモデルは柔軟性・拡張性が懸念された。

**b) EDgrid システムへの適用における問題点**

EDgrid システムにおいては、複数のシステムの連動によって1つのシステムを構築おり、その基盤を成しているのは、データモデル及びデータベースである。データモデルが柔軟性・拡張性に欠けるということは、将来的にデータモデルの変更によって、他のシステムに大幅な再構築が必要になる恐れがある。

また、NEESgrid のモデルにおいては時刻データを管理するテーブルが存在しない為に、データベース内のデータに変更・更新があった場合に変更前のデータと変更後のデータの前後関係が把握出来ないという問題や、データベース内のデータ更新後には、変更前のデータが完全に失われてしまうという問題があった。これらの検討結果から、本研究ではスタンフォード大学

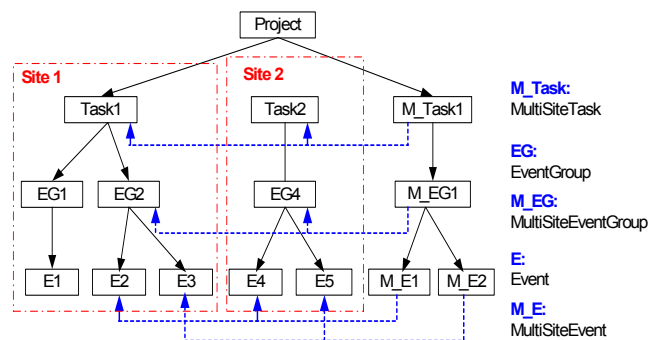


図-4 NEESgrid のデータモデルの概念図

が作成したデータモデルを、そのまま EDgrid のデータモデルとして使用するのには困難があり、新たなアプローチでデータモデルを作成する必要があると考えた。

**3. イベントに基づく新しいデータモデル**

EDgrid と NEESit との共同研究の中で従来の NEESgrid のデータモデルの問題点を解決する為に、イベントに基づくデータモデル<sup>9)</sup>への変更が提案され、検討することとなった。イベントに基づくデータモデ

ルとは、イベントという要素をモデルの中心に配置し、その要素の周囲に配置された要素がイベント要素と連結されるスター型構造のデータモデルであり、リレーショナルデータモデルの1つの形である。

イベントに基づくデータモデルの目的は、個々の要素の全ての変更をたどり、全てのデータとメタデータの変更履歴情報を提供することである。例えば、「人」と「施設」という要素に対するクエリによって、ある研究者がある時転職したとしても、現在働いている施設についても過去に働いていた施設についても知ることが出来る。つまり、イベントに基づくデータモデルでは、過去の情報を失うことなく、データベースの属性とリレーションシップを変更することが可能である。

イベントに基づくデータモデルを用いて NEESit と共に作成した初期の簡単なデータモデルを図-5に示す。図-5では、「イベント」テーブルが中心となり、その周囲のテーブルの外部キーを保持する形で設計されている。イベントに基づくデータモデルにおけるイベントの役割は、図-5に示すように、「イベント」テーブルに、その周囲のテーブルのキーを保持させることにより、「イベント」テーブル以外の各テーブルを「イベント」テーブル内でリンクさせることである。こうすることにより、全体の構造は2階層の単純なスター型となり、かつ各テーブル間のリレーションも単純なモデルになっている。しかし、イベントテーブルの下にプロジェクト、実験、試験のテーブルが順にリンクされている為、完全なスター型にはなっていない。また、図-5は、イベントという概念を基礎にして作られるデータモデルの基本となるテーブルのみを配置したものであり、震動台実験におけるデータモデルとして使用するには更にテーブルを追加する必要がある。

#### 4. EDgrid のデータモデル

##### (1) E-Defense

E-Defense は、阪神・淡路大震災からちょうど10年後の2005年1月に完成した「実大・三次元・破壊」をキーワードとした世界最大の震動実験施設である。本設備では、土木建築構造物の実物大の模型を作成し、非常に強い震動を三次元的に与えて実際に破壊させ、その過程を調査することが出来る。こうした実験を通して、現状の耐震設計基準や解析手法、解析ソフトウェア、入力データ等の検証ができ、大地震から構造物被害軽減に貢献することが期待されている。表-1に震動台の基本的な仕様を示す<sup>2)</sup>。

##### (2) EDgrid

EDgrid は、E-Defense を利用して得られるデータを効率的かつ安全に保存し、インターネットを通したリモートアクセスの実現を目標とした研究プロジェクト

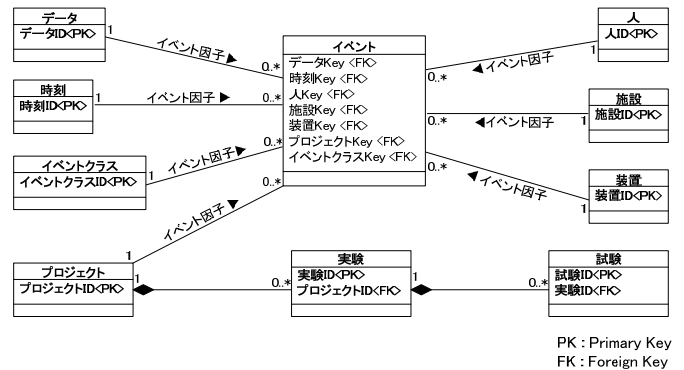


図-5 イベントベースのデータモデル

表-1 震動台の基本仕様

項目	仕様
最大搭載質量	1,200ton
搭載面積	20m×15m
最大加速度	水平：900cm/s <sup>2</sup> ，鉛直：1500cm/s <sup>2</sup>
最大速度	水平：200cm/s，鉛直：70cm/s
最大変位	水平：±100cm，鉛直：±50cm
許容モーメント	水平軸回り：150MNm，鉛直軸回り：40MNm
駆動方式	アキュムレータ蓄圧/電気油圧制御

である。本プロジェクトは、データ及び協調 grid とセンサ grid の2つのサブシステムによって構成される。EDgrid のデータリポジトリシステムである EDgrid Central のシステムアーキテクチャを図-6に示す。本研究では、図-6で示されるシステムのうち、そのバックエンドとなる RDBMS (Relational DataBase Management System) のデータモデルを開発した。尚、本研究では、開発したデータモデルの実装にオープンソースの RDBMS である MySQL<sup>10)</sup> を使用した。

##### (3) イベントに基づくデータモデルの検討

前述のように、イベントに基づくデータモデルは、NEESgrid のデータモデルに比べ、各テーブル間のリレーションが単純化されており、柔軟性・拡張性に優れたものであると我々は考え、本研究ではイベントという抽象的概念を取り入れて EDgrid のデータモデルを開発することとした。開発に当たっては、まず NEESgrid のデータモデルと同様にデータモデルとしての柔軟性・拡張性に関する検討を実施した。

検討の結果、柔軟性・拡張性について、イベントに基づくデータモデルはスター型であることから、NEESgrid のデータモデルに比べ、テーブルやリレーションの変更を比較的容易に行うことが可能だと推測された。また、イベントに基づくデータモデルは、最初のデータモデルの開発の段階で、基本となるテーブル

を予め漏れなく定義することが容易なので、将来的に大幅な変更が必要になるようなデータモデルになりにくいと考えられた。もし仮に変更が必要になった場合でも、容易にその変更を行うことが可能であり、更に、その変更をイベントとして登録しておくことが出来ることから、他のシステムに与える影響は少ないものと考えられる。

#### (4) データモデルの最適化

本研究で行った検討の結果、イベントに基づくデータモデルは、柔軟性・拡張性に優れた汎用的なものであると判断し、EDgrid のデータモデルの開発における新たなアプローチとしてこの概念を取り入れることとした。また、将来 EDgrid, NEESit のデータは互いに公開・共有されるということから、両データモデルには親和性が要求される。そこで EDgrid のデータモデルの開発に当たっては、スタンフォード大学及び NEESit と互いに意見・情報交換を行うとともに、E-Defense から提供していただいた実際のデータを利用して図-5の初期のデータモデルを修正し、試行錯誤しながらデータモデルの開発を行った。

本研究で開発したデータモデルを図-7に示す。本モデルの主な特徴を以下に記す。

- 装置の設定データを管理する為に、設定テーブルを追加した。1つのテーブルとして定義することで、異なる複数の装置で同じ設定がされている場合に、同じ設定IDを各装置IDとリンクさせることを可能

とした。これは、図-5の初期のモデルでは不可能であった。

- 各試験における担当者の役割を管理する為のテーブルとして、実験グループテーブルを追加した。図-5の初期のモデルでは一人の人間に対して、担当データの属性が一つしかなかった為、この問題を解決する為に、実験グループテーブルという1つのテーブルとして定義することで、個人の担当を試験毎に分けることを可能とした。
- 図-5の初期のモデルでは、プロジェクトテーブルのみがイベントテーブルにリンクしているため、プロジェクトレベルでしかデータ管理ができなかった。そこで、プロジェクト、実験、試験間のリレーショ

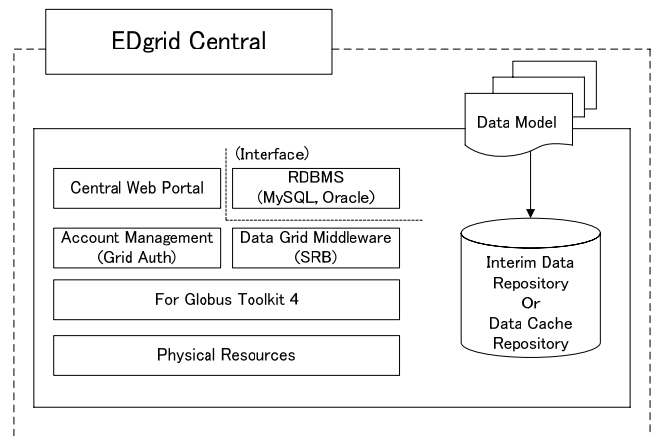


図-6 EDgrid システムアーキテクチャ

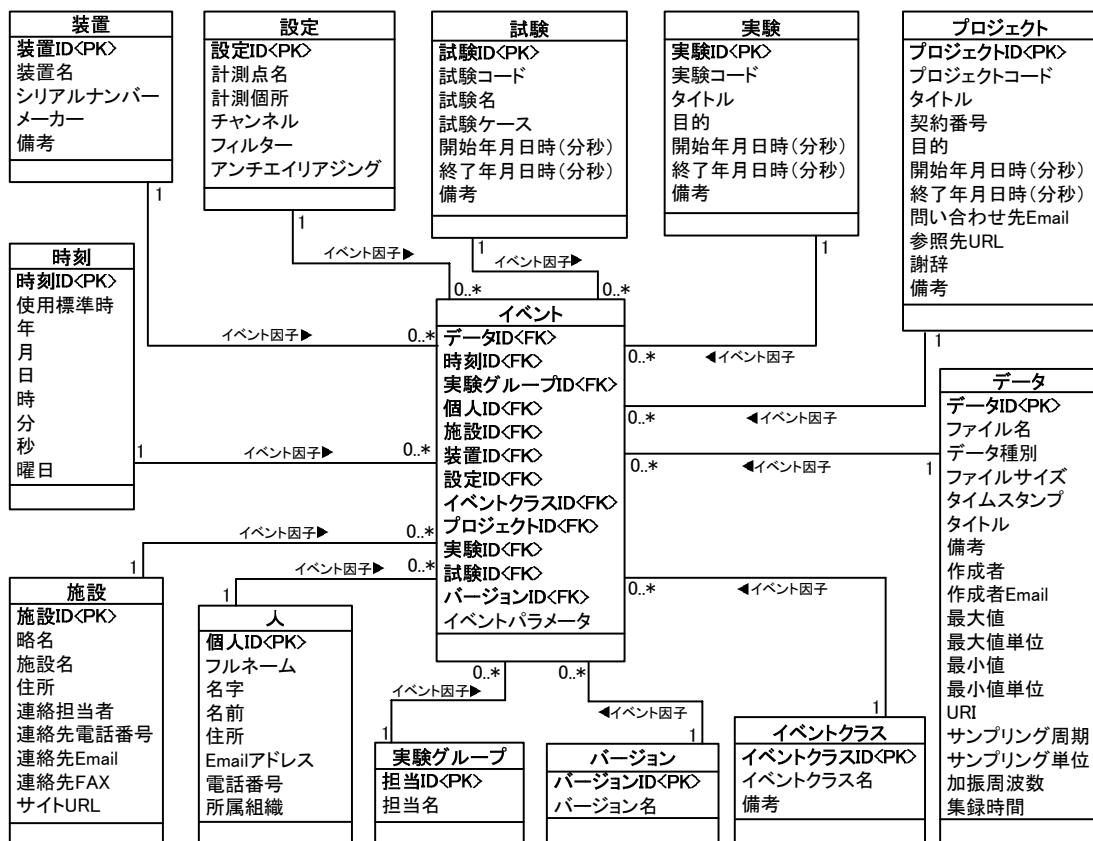


図-7 EDgrid のデータモデル

表-2 イベントテーブルにおける各 ID の関連付け

装置ID(PK)	装置名	シリアルナンバー
392	加速度計	AC1
502	変位計	DP1

設定ID(PK)	計測点名	計測箇所	チャンネル	フィルター	アンチエイリアシング
13	91	振動台X方向	32	on	off
393	12	振動台Y方向	12	off	off
401	456	振動台Z方向	43	off	on
598	65	振動台X方向	56	off	off

試験ID	試験コード	試験名	試験ケース	開始年月日時(分秒)	終了年月日時(分秒)	備考
11	TRL20050706_001	周波数特性試験	ランダム波	2005/7/6 9:00:00	2005/7/6 10:30:00	
12	TRL20050706_002	周波数特性試験	ランダム波	2005/7/6 13:00:00	2005/7/6 14:00:00	
13	TRL20050708_001	地震波	koubeNS	2005/7/8 10:00:00	2005/7/8 11:45:30	
14	TRL20050726_001	試験体特性把握試験	ランダム波	2005/7/26 10:30:00	2005/7/26 12:10:00	
15	TRL20050727_001	地震波加振(応用制御)	釧路波-NS	2005/7/27 9:30:00	2005/7/27 11:30:00	

データID	実験グループID	時刻ID	個人ID	施設ID	装置ID	設定ID	イベントクラスID	プロジェクトID	実験ID	試験ID	イベントパラメーター
					392	13				11	
					502	393				11	
					392	13				13	
					502	598				13	

ンを排除し、各テーブルが直接イベントテーブルに外部キーを持つようにすることで、データモデル全体の構造が単純な2層構造になり、プロジェクト、実験、試験の各レベルでデータを管理することが可能となった為、より詳細なデータ管理が可能となった。

- データの概略を示す為の属性として、最大値、最小値という属性をデータテーブル内に追加した。また、これら2つの属性については、この属性に対応したデータが数値として処理可能なように単位という属性を別に設定した。

## 5. EDgrid データモデルの適用例

E-Defense のデモ実験データを、本研究で開発したデータモデルに適用し、検証を実施した。

### (1) センサ出力データ

センサ出力データの管理方法について、表-2の装置、設定、試験、イベントテーブルを用いて説明する。装置テーブル内では、装置のタイプやシリアルナンバー等を管理し、設定テーブルでは、設定に関するデータを管理する。試験テーブルでは、その試験の試験名、試験日時等を管理し、これら3つのテーブルの各IDを表-2の中の一歩下の表で示されるイベントテーブル内でリンクさせる。このリンクによって、各試験で用いられた装置とその設定内容をイベントテーブルで表現することが可能である。表-2のイベントテーブルでは、設定IDが13の設定データが、試験IDが11と13の試験で使用されている。このように、設定テーブルは、装置テーブルとは異なるテーブルとして定義されている為、例えば繰り返し行われる試験のような場合は、以前の試験で使用した装置の設定を再度利用

日付(年月日)	時刻(時分秒)	加速度 (cm/s/s)
2005-11-15	09:15:00.00000	1.030000000000000
2005-11-15	09:15:00.01000	-0.52806244950202
2005-11-15	09:15:00.02000	0.14515958735064
2005-11-15	09:15:00.03000	0.04865171102717
2005-11-15	09:15:00.04000	0.25213525678815
2005-11-15	09:15:00.05000	-0.30563957891646
2005-11-15	09:15:00.06000	-0.79380155583873
2005-11-15	09:15:00.07000	-0.34439991847798
2005-11-15	09:15:00.08000	0.36189959108080
2005-11-15	09:15:00.09000	1.07372017013149
2005-11-15	09:15:00.10000	1.02225275795905
2005-11-15	09:15:00.11000	-0.08528954703312
2005-11-15	09:15:00.12000	-0.68121178405656
2005-11-15	09:15:00.13000	0.11009846413430
2005-11-15	09:15:00.14000	-0.33580332724757
2005-11-15	09:15:00.15000	-2.37471264646424

図-8 センサ出力データの一部

することが可能であり、同じ設定データを何度も入力するという必要がない。従って、データ管理者は、同じ設定データに関しては、IDのみで管理することができ、リポジトリに格納されるデータ量も軽減することが出来る。NEESgridのデータモデルでは、センサ及びその設定に関する部分のデータモデルは、複数のテーブルのリレーションによって構成されているが、本研究で開発したデータモデルは、センサと設定という2つのテーブルによってデータの管理を行うことが出来るので、データ管理者にとって理解し易いモデルとなっている。

データベースには、データモデルに基づいてセンサ出力データのメタデータのみが格納される。図-8にE-Defenseで行われた、デモ実験で得られた加速度センサ出力データの一部を示す。図-8のようなデータは、データテーブルを使用してURI (Uniform Resource

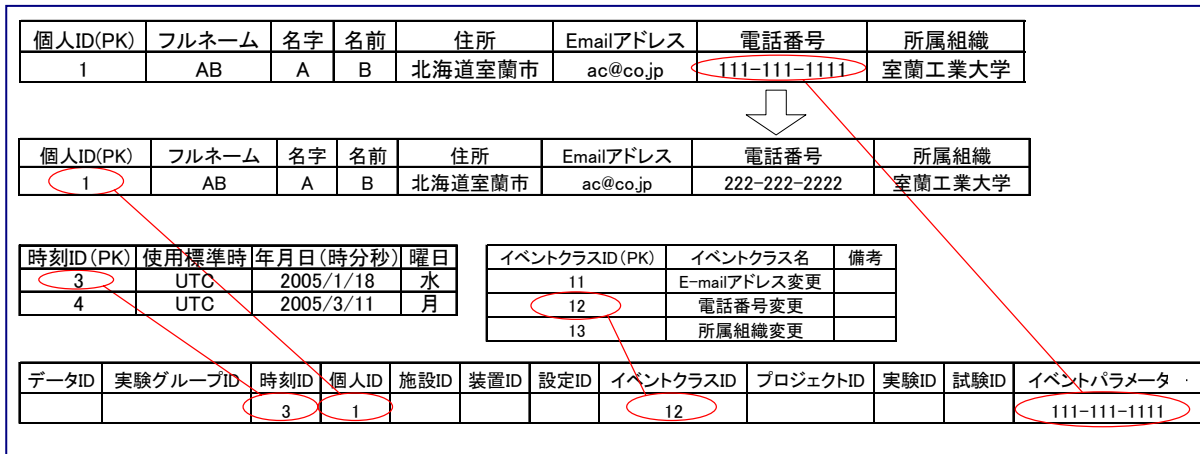


図-9 イベントパラメータを用いたデータ変更履歴の管理

Identifier) がメタデータとして管理される。他のデータ（ドキュメント、図面等）についても、同様の管理手法が用いられ、データテーブルを用いてその URI をメタデータとしてデータベース内で管理する。従って、ワードプロセッサソフト等を使用して記述された実験計画書、報告書や CAD ソフトを使用して描かれた実験に用いられた模型の図面等のファイルは全て、そのままデータリポジトリの中に貯蔵され、そのメタデータをデータテーブル内に記録する。ファイルを閲覧するには、URI のファイルを開くことになる。

## (2) 履歴管理

データベース内のデータの変更例を図-9 の人、時刻、イベント、イベントクラステーブルを用いて説明する。個人テーブルは、氏名や Email アドレス等を管理するテーブルであり、時刻テーブルは、日時分秒、曜日のデータを管理する。イベントテーブルは、各テーブルの ID をリンクさせる為のテーブルである。

イベントクラステーブルについて簡単に説明する。イベントテーブル周囲に配置されたテーブルの一つであるこのテーブルは、イベントテーブル内でリンクされるキーの組み合わせの内容を明示する為に存在する。

次にイベントテーブル内のイベントテーブルという属性について簡単に説明する。図-9 においては、個人テーブル内の電話番号に変更があり、個人テーブル内では変更後のデータを管理し、変更前のデータはイベントテーブル内のイベントパラメータを使用して管理している。このように、イベントテーブル内のイベントパラメータは、データベース内のデータに変更があった場合に、その変更前データを管理し、履歴管理を行うものである。図-9 では、イベントテーブル内でリンクされているイベントクラステーブルのイベントクラス名は、電話番号変更であり、イベントテーブル内でのキーの組み合わせが何を意味しているのかを示している。尚、イベントパラメータに格納されるデータのデータタイプは、全てのデータタイプに対応可

能とする為に、文字データタイプとした。

イベントベースのデータモデルでは、このようにデータベース内のデータの変更履歴を管理することが可能であり、イベントクラステーブルを使用することで、そのイベントを明示することも可能である。図-3 に示した NEESgrid のデータモデルでは、このような履歴管理をする為のテーブルは存在しなかった。従って、本モデルは、変更に対して柔軟に対応可能である。

## (3) データモデルの拡張

将来的に、現在のテーブルでは管理出来ないデータが出現した場合のデータモデルの拡張について説明する。図-7 で表されているデータモデルは、全てのテーブルがイベントテーブルにのみ外部キーを持つ完全な 2 階層のリレーショナルデータモデルであり、データモデルの拡張は単純に行うことが可能である。

テーブルの追加については、図-10 に示すように、新たなテーブル（追加テーブル）を配置し、その主キーを追加テーブル ID とする。次に、イベントテーブル周囲に配置されたテーブルと同様にイベントテーブルに追加テーブル ID を外部キーとして持たせる。属性の追加についてもテーブルの追加と同様に行うことが可能である。図-11 に示すように、試験というテーブルに新たな属性を追加するケースを考える。属性の追加が必要なテーブルの直下に新たなテーブル（追加属性テーブル）を配置し、属性の追加が必要なテーブルの外部キー（試験 ID）を持たせる。このようにすることで、2 階層の単純なスター型を崩すことなく、イベントテーブル以外のテーブルとの新たなリレーションを組む必要もなく、新たなテーブルを追加することが可能である。図-3 に示した NEESgrid のデータモデルでは、データモデル全体のリレーションが複雑に絡み合っており、またイベントベースのデータモデルに比べテーブルの数も多いことから、データモデルの拡張を行う際には、新たにリレーションを複数組み直す必要が生ずる可能性が高い。従って、イベントベ

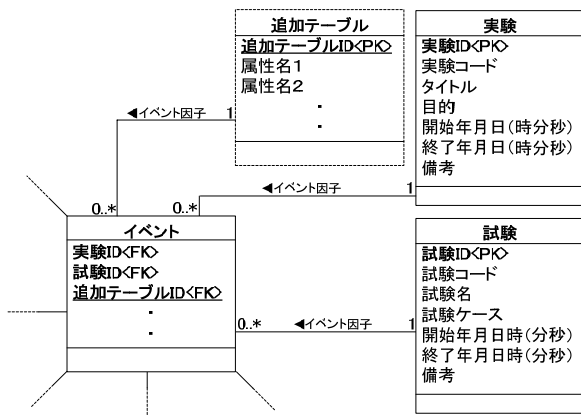


図-10 テーブルの追加

ースのデータモデルは、比較的容易にデータモデルの拡張を行うことが可能である。イベントベースのデータモデルでは、データモデルの拡張は単純に行うことが出来るが、このような変更を頻繁に行くとデータモデルが複雑な形になってしまうため、なるべく変更の必要がないデータモデルを構築することが重要である。

## 6. まとめ

本研究では、E-Defense で得られた実験データを地震工学研究者らに公開するシステムに向けたデータモデルのプロトタイプの開発を行った。本研究で開発を行った EDgrid のデータモデルについては以下のような特徴が挙げられる。

- NEESit では、提案のみで、実際のデータモデルには適用されていなかったイベントという概念を、EDgrid 用のデータモデルに適用し、データモデルの開発を行った。
- スタンフォード大学によって開発された NEESgrid のデータモデルに比べ、複雑なリレーションシップを排除することができ、モデル全体が単純化された。
- NEESgrid のデータモデルにおいては、時刻管理が不可能であったが、本研究で開発したデータモデルにおいては、データベース内に格納されているデータに対して変更、更新があった場合にその時刻データを管理しておくことが可能である。
- イベントパラメータを使用することでデータの変更前データをデータベース内に保持しておくことを可能とした。

2005 年度末には、EDgrid において、本研究で開発したデータモデルを用いたデータベースを MySQL によ

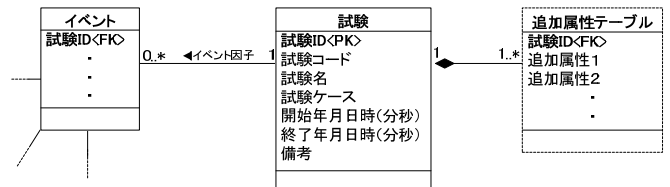


図-11 属性の追加

り開発し、実際の実験データの一部を入力し、システムの検証を実施した。検証の結果、本研究で開発したイベントをベースとしたデータモデルは、E-Defense でのあらゆる実験データを取り扱うことが可能であることが確認され、システムユーザに実験に関する様々なデータを提供することが可能であることが確認された。また、本研究で開発したデータモデルは、モデル全体が単純化されている為、データ管理者にとってわかりやすく、データの管理が容易に行えるという点が確認された。

今後の課題としては、データのバージョン管理、センサ類の配置などの表現方法を検討し、データモデルをより適切な形に改善していくことが考えられる。

**謝辞:** 本研究は、(独) 防災科学技術研究所が進める、「実大三次元震動破壊実験施設 (E-ディフェンス) を活用した国内外共同モデル研究」の援助にて実施しました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) NEES : <http://www.nees.org/index.php>
- 2) E-Defense : <http://www.bosai.go.jp/hyogo/index.html>
- 3) 矢吹信喜: サイバーインフラストラクチャ構築による価値創造に向けて, 土木学会論文集, No.805/VI-69, pp.1-13, 2005.12.
- 4) Mita, A. : Edgrid as Cyber Infrastructure for E-Defense, Proc. The First Int'l Symp. on Innovation & Sustainability of Structures in Civil Engineering, Nanjing, China, pp.255-260, 2005.
- 5) Peng, J. and Law, K.H. : A Brief Review of Data Models for NEESgrid, NEESgrid TR-2004-01, 2004.
- 6) Law, K.H. : Summary Report on NEESgrid's Data Curation Summit, NEESgrid TR-2004-43, 2004.
- 7) Peng, J. and Law, K.H. : Validity and Usability of the NEESgrid Reference Data Model, NEESgrid TR-2004-44, 2004.
- 8) Protégé2000 : <http://protege.stanford.edu/>
- 9) Warnock, T. : NEES Data Architecture, NEESit TR-2005-49, 2005.
- 10) MySQL : <http://www.mysql.com>

(2006.5.19受付)