

スマートシティ向けIT基盤における異種システム連携機能

山本 秀典^{†1} 矢野 浩仁^{†1} 河田 洋平^{†1} 水野 善弘^{†1}

^{†1} (株) 日立製作所

筆者らはスマートシティを実現する上での「多種多様性への対応」「信頼性への対応」「都市の成長、長期維持への対応」等の要件を満たすための、スマートシティ向けIT基盤を開発している。本稿では上記のスマートシティ向けIT基盤を適用するスマートグリッド環境において異なる目的・業務のシステムもしくは異なる事業者のシステムとの連携によるユースケースと要件を挙げて、これらに対応する異種システム連携機能について述べる。本異種システム連携機能は、各々異なる標準規格に準拠する個々の制御システムと連携するための制御系連携と、異なる事業者等のセンタシステム間で連携するためのセンタ間連携にて構成される。特にこれらの機能の開発時および実践時に直面した課題への対応を通じて得られたプラクティスを紹介する。

1. はじめに

近年、低炭素化社会の実現に向けた再生可能エネルギーやEV (Electric Vehicle) 等の大量導入に伴う電力の安定供給や効率的な発電、需要予測を含んだ「スマートグリッド」に関する取り組みが進められている。最近では、電力のみならずエネルギー、水、交通等の都市インフラすべてをスマート化する「スマートシティ」構想が注目を集めており、日本も含めた複数の国々で実証実験が行われている[1]。スマートシティを支える、電力、交通、水等の社会インフラシステムには、従来からの安定供給、安定稼働だけでなく、「多種多様性への対応」「信頼性への対応」「都市の成長、長期維持への対応」も求められる。筆者らは、これらの要件を満たすためのスマートシティ向けIT基盤の開発と、スマートシティの実現と拡大に向けた上記基盤の提供を進めている[3]。スマートシティ向けIT基盤はスマートシティの社会インフラにかかわるさまざまな機器や設備、社会インフラの提供運営のためのアプリケーションをつなぐための基盤である。

本稿では特に、上記のスマートシティ向けIT基盤の適用先として取り組んでいるスマートグリッド環境でのソリューションにおける、異なるシステム間の連携が必要となる場合のユースケースと要件を挙げて、これに対応するためのスマートシティ向けIT基盤の異種システム連携機能の開発と実践における課題と対応について紹介する。

以降の章では、第2章にてスマートシティ向けIT基盤のアーキテクチャと主要機能の概要を述べる。第3章に

てスマートシティ向けIT基盤の適用事例の1つとして、スマートグリッド環境におけるユースケースを述べる。また本ユースケースにおける基盤側の要件と対応機能である異種システム連携機能について述べる。第4章にて第3章にて述べる異種システム連携機能の実装上の課題と対応について述べる。第5章にて第3章にて述べるユースケースへの異種システム連携機能の適用と課題について述べる。最後に第6章にてスマートシティ向けIT基盤および異種システム連携機能の今後の課題と展開方針について述べて、本稿のまとめとする。

2. スマートシティ向けIT基盤

本章では第1章にて述べた、スマートシティ向けIT基盤の概要について述べる。スマートシティ向けIT基盤の概要を図1に示す。本基盤は、社会インフラにおける供給側と需要側のシステムと相互連携するエネルギーマネジメントシステム等に導入する。

本基盤では、多種多様な機器からの情報を容易に収集・蓄積する機能、各種の業務アプリケーションに上記情報を提供する機能、機器のメンテナンスの効率化のための機能、等を提供する。特にエネルギー、水、モビリティ等の社会インフラに対応した設備の構成情報、稼働情報(状態、履歴)、計画情報を汎用データモデルとして管理する。また機器とアプリケーションの間での信頼性を保証した高速な情報伝達、高度なセキュリティを提供する。さらに制御システムと情報システムとの連携や異なる標準規格間の相互接続、等も実施する。

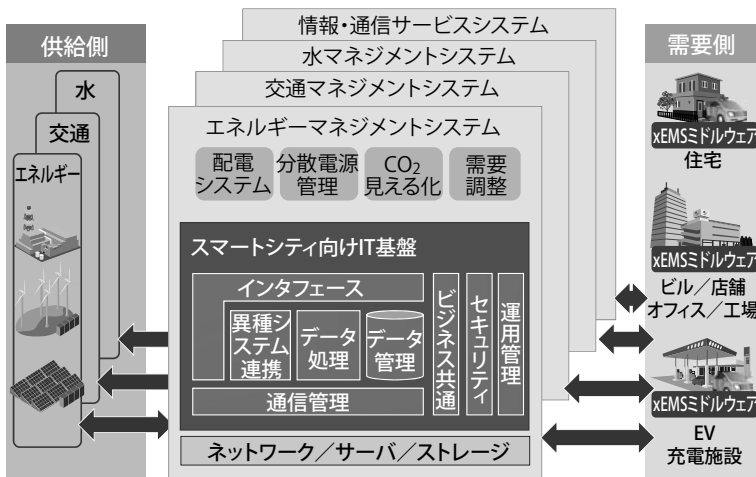


図1 スマートシティ向けIT基盤の概要

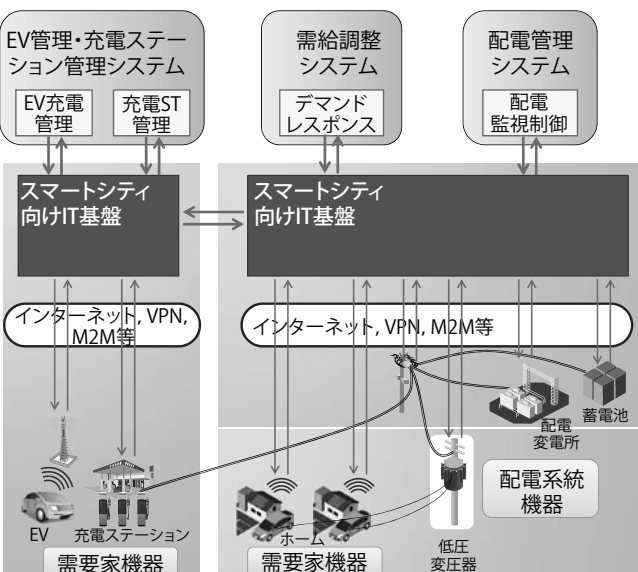


図2 ユースケースにおけるシステム構成例

3. ユースケースに対する要件定義

3.1 ユースケース (スマートグリッド環境)

スマートシティ向けIT基盤の適用事例の1つとして、筆者らは再生可能エネルギーやEVを大幅に導入するスマートグリッド環境でのソリューションに取り組んでいる[4]。ユースケースの1つとして、特に上記環境における、地域全体での省エネ・再生可能エネルギー有効利用のための、異なる事業者の、異なる業務システム間の連携によるデマンドレスポンス[5]の例を挙げる。たとえば電力会社の需給調整システムと、EV (Electric Vehicle) 会社のEV管理・充電ステーション管理システムとの連携である。本ユースケースにおけるシステム構成例を図2に示す。需給調整システムはスマートシティ向けIT基盤上に構築し、ネットワーク (インターネット, M2M等) を介して、業務実施のために多数の家庭やビル等の

需要家との間でデータ収集や配信を行う。また配電管理システムが配電系統機器の監視制御を実施するために配電系統機器から収集するデータもスマートシティ向けIT基盤を介して参照する。EV管理・充電ステーション管理システムも同様にスマートシティ向けIT基盤上に構築し、ネットワークを介して、業務実施のためにEVや充電ステーションとの間でデータ収集や配信を行う。再生可能エネルギーを使用する環境にて、電力会社では需給調整システムにより配電系統安定化や需給調整のためのデマンドレスポンスを実施する。このため継続的に家庭、ビル等の需要家機器や配電系統機器の稼働情報

や電力使用状況情報を収集し、需要予測や制御のための計画作成等に使用する。上記により作成された計画情報は需要家側へと配信される。

EV会社ではEV管理・充電ステーション管理システムが充電ステーションの充電機器の状態管理や充放電制御、個々のEVの状態管理、EVの最適な充電ステーションへの誘導等を実施する。このために同じく継続的に充電ステーション機器やEV機器の稼働情報等を収集している。

ここで需給調整システムがデマンドレスポンスをより高度に実施するために、EV管理・充電ステーション管理システムが管理する充電ステーションの稼働情報やEV充電スケジュール等を定期的に取得し需要予測やデマンドレスポンス計画作成に活用する。またEV管理・充電ステーション管理システムも最適なEVの誘導・充電スケジュールを作成するために需給調整システムが管理する需給予測情報や給電上限電力情報等を定期的に取得する。上記のように事業者を跨いで業務システム間でデータのやり取りを行う。

3.2 要件と対応機能

3.2.1 要件

3.1節で述べたユースケースにおける基盤側の要件と対応機能について述べる。本ユースケースではデータ収集のために、(1) 配電系統機器や家庭内機器またはEVや充電ステーション設備、等の異なるシステムにおける多種多様な機器と接続することが必要である。また業務に必要なデータをより多く取得するためには、(2) 電力会社とEV会社における異なる目的・業務のシステムとの連携、または事業者を跨いでのシステムの連携がある。すなわち異種システム間の連携が必要であり、上記

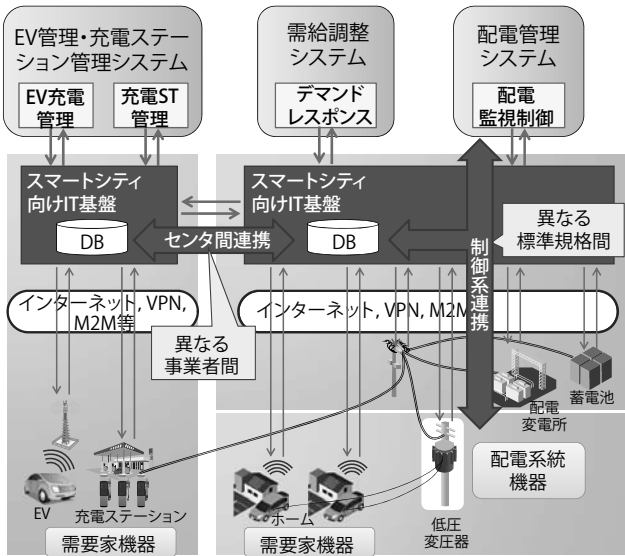


図3 異種システム連携の位置付け

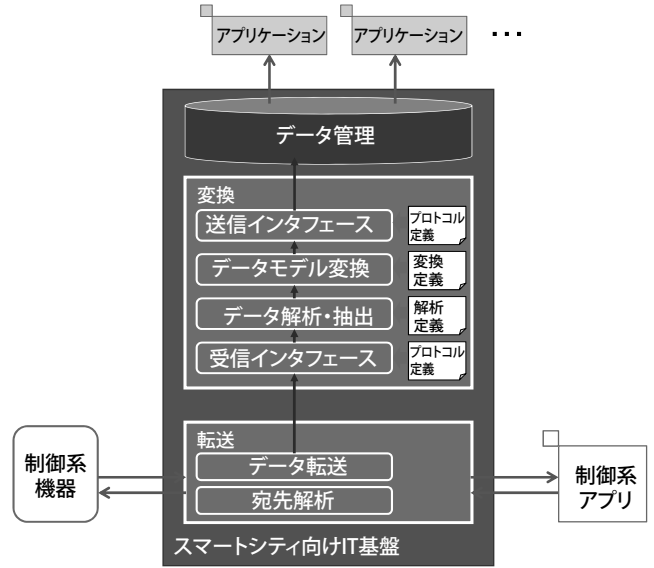


図5 制御系連携

でセンタ側の他業務システムへの連携を行う。ゆえに状況によってはセンタ側の他業務システムが制御システムからのデータにアクセスできなくなる場合もあり得る。また図4に示すように各々のシステムや、各々の領域における機器等は、すでに多数の異なる標準規格に準拠して稼働しているだけでなく（電力関係だけでも多種多岐にわたる[6]）、新しい規格への移行や規格自体の更新も頻繁に発生し得る。

異種システム (2) に関しては、センタ間で連携する大量のデータが所定のタイミングで同期、一致化することが必要である。

上記の要件に対応するため、スマートシティ向け IT 基盤において異種システム連携機能を開発した。異種システム (1) に対応するのが制御系連携（規格間相互変換）機能、異種システム (2) に対応するのがセンタ間連携機能であり、異種システム連携機能はこれらの機能で構成される。これらの機能の詳細は以降にて述べる。

3.2.2 異種システム連携機能（制御系連携）

制御系連携は、複数の異なる標準規格（IEC等）や業界標準の間での相互接続・変換を行う機能である。なお本機能は、制御システムのデータを、センタ側の他の業務システムやサービス等に提供し、有効活用することを目的としており、元々の制御システムにおける厳しい性能要件を満たすものではない。図5に本機能の概要を示す。ここでは制御系機器と制御系アプリケーションとの間で送受信されるメッセージデータを抽出・転送し、変換を実施した後にデータ管理のDBに格納し、変換後のデータをアプリケーションに提供する。図5に示すように、大きく“転送”、“変換”の2つのモジュールで構成

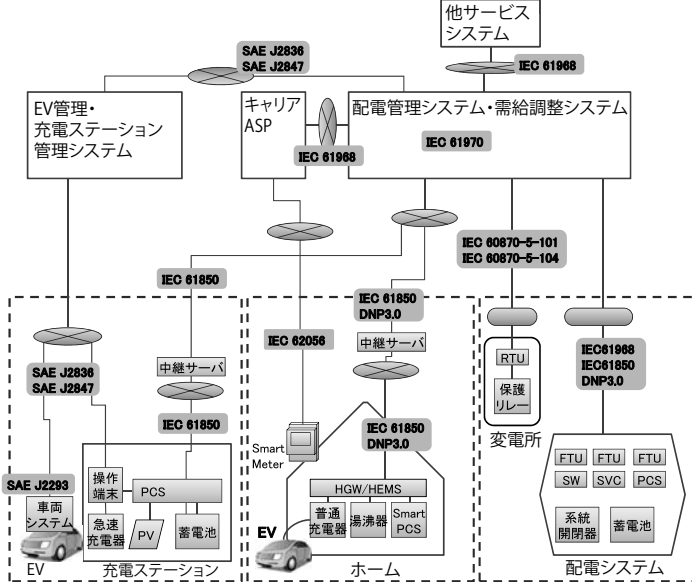


図4 多種多様な標準規格

に対して個別の作り込みを少なくして連携に対応できること、各アプリケーションは連携先のアドレスや仕様等を意識せずとも連携したデータにアクセスできることが要件となる。ここで上記において異種システムとは、(1) 各々異なる標準規格に準拠する個々のフィールド側の制御システム（需要家機器を制御するシステム、配電システム機器を制御するシステム、等）とセンタ側の他業務システムのこと、および (2) 異なる事業者（配電会社とEV会社）のセンタシステム間のことを指す。なおこれらの連携相手は可変であり得る[7],[8]。図3に異種システム連携の位置付けを示す。

特に異種システム (1) に関しては、制御システムの本来の処理の性能や信頼性を維持することを優先した上

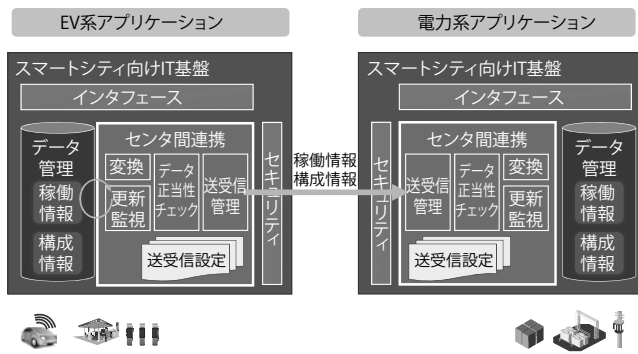


図6 センタ間連携

する。“転送”モジュールは、制御系機器と制御系アプリケーションとの間で送受信されるメッセージを宛先解析の上、抽出、複製し、“変換”モジュールにも転送する。ここで元々の制御システムでのメッセージ送受信の性能要件（周期、レイテンシ、等）を損ねないことが必須である。このため転送の際には、制御系機器と制御系アプリケーションとの間で送受信される元のメッセージ自体には何も処理せず、指定された宛先にトンネリングするのみである。ただし上記転送処理に起因する遅延は多少なりとも生じるため、連携対象の制御システムは性能要件が厳しくないことが必要である。

また“変換”モジュールは、上記の制御システムから抽出したデータをDBに格納し、センタ側の他業務システムまたはサービスのアプリケーションに提供するために、定義に従ってデータ構造解析とデータモデル変換を行う。ここで制御システムにおける個々のデータをセンタ側の業務システムにて活用できる情報となるように、集約、構造化していく。

3.2.3 異種システム連携機能（センタ間連携）

センタ間連携は、事業者ごとにシステム内で収集・蓄積したデータ（フィールド側機器の構成情報、稼働情報やその他業務情報、等）を異なるセンタシステム間で共有する機能である。図6に概要を示す。本機能は異なる事業者間の契約に基づいた連携を想定している。共有する対象データの項目および範囲、共有のためのデータ抽出および送受信のタイミング、失敗時の再送設定等を、連携する各センタ側にそれぞれ定義することにより実施する。データ共有実施の際には、指定されたタイミングで大量のデータを一括して送受信する。連携先のDB・テーブルにおける形式・データ構造にて格納できるようにデータ形式やID空間の変換、データ項目のマッピングを実施する。連携するセンタ間で共有データの一致化、整合性を保つため、データ送受信状態の監視と失敗時の

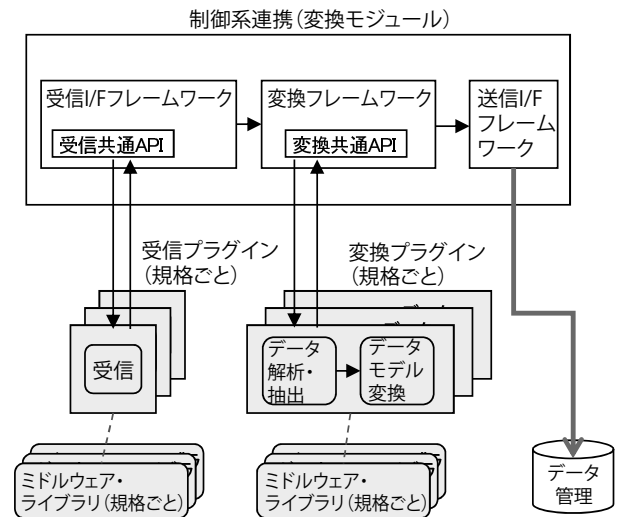


図7 変換モジュールのフレームワーク構成

再送、データ正当性チェックを行う。また連携先にてデータを使用するアプリケーション等がデータソースである機器を正しく認識できるように、更新監視を行い、連携元システムにて機器の構成情報の変更を検出したら、連携先との構成情報の同期・一致化を実施する。

4. 異種システム連携機能の実装上の課題と対応

4.1 異種システム間のデータモデルのマッピングおよび変換の定義

3.2.2で述べた異種システム連携機能における制御系連携（規格間相互変換）に関して、実装上の課題と対応を述べる。

4.1.1 課題

本機能では、異なる標準規格のデータモデル間の相互変換として、各々のデータモデルにおけるデータクラス・属性間のマッピングおよび値、単位等の変換を実施する。従来は相互変換する標準規格の組合せごとにマッピングおよび変換の処理を個別にアプリケーションにて作り込んでいた。また個々の標準規格におけるデータモデルのデータクラス仕様が膨大である上に、実際にデータクラス・属性のどの部分をどのように使用するかは適用先システムやアプリケーションに大きく依存する。このため相互接続するシステムや標準規格の組合せが増えるほど、開発負荷がかかっていた。

4.1.2 対応

4.1.1にて述べた課題に対応するため、図5に示した制御系連携における変換モジュールは、図7に示すようなフレームワーク構成とする。図7に示すように転送モジ

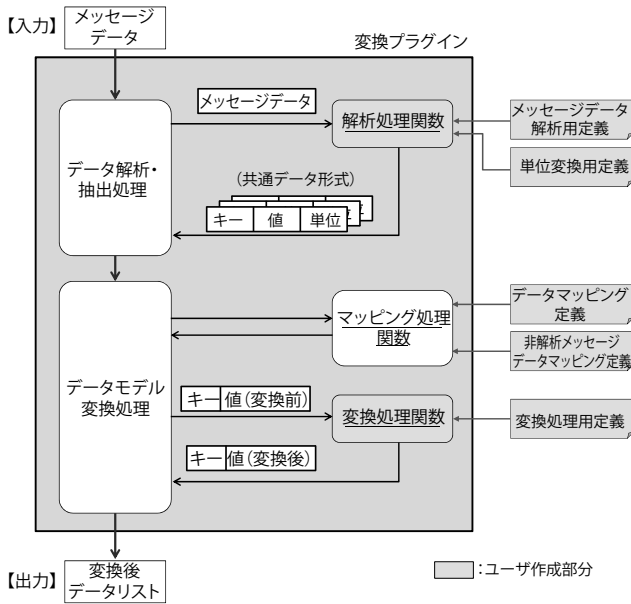


図8 データモデルマッピングおよび変換処理の概要

ユーロから転送されるメッセージを各々の準拠する通信プロトコルにて受信するための受信I/Fフレームワークと、上記メッセージから抽出したデータを指定された規格によるデータモデルへと変換するための変換フレームワーク、変換後のデータを送信するための送信I/Fフレームワークとから構成される。各フレームワークには、入力データおよび変換後のデータの準拠する規格ごとに、該当する処理を作り込むプラグインを個別に作成し、組み込む。プラグインにおける各処理が必要とするミドルウェアやライブラリは個別に読み込むものとする。

ここで特に変換プラグインの概要を図8に示す。変換プラグインでは入力メッセージデータの解析およびデータ抽出の処理と、指定されたデータモデルへのマッピングおよび変換の処理を実施する。ユーザーが作成するマッピングおよび変換に関する定義の一覧として表1にまとめる。これらは本変換プラグインにて使用する。またマッピング定義の例を図9に示す。

図8に示すように、変換プラグインでは最初に、入力のメッセージデータに対してデータ解析・抽出処理を実施する。本処理では、ユーザー作成の解析処理関数を呼び出す。本処理関数では、ユーザーが各々作成する定義(表1の#1,2)を参照し、共通データ形式(“キー”, “値”, “単位”)に、入力メッセージから抽出した個々のデータ項目を格納して出力する。ここで入力メッセージデータ構造は準拠する標準規格により異なり、データ構造に対してどのようにデータを格納するかはアプリケーションにより異なり得る。このため表1に挙げたメッセージデータ解析用定義とユーザー作成解析関数を使用可能とするこ

表1 マッピングおよび変換の定義一覧

#	定義	内容
1	メッセージデータ解析用定義	入力メッセージのデータ構造等に関する定義。ユーザーが作成する解析処理関数にて参照する。
2	単位変換用定義	単位の対応付けに関する定義。ユーザーが作成する解析処理関数にて参照する。
3	データマッピング定義	入力データに含まれるデータ項目を変換後のデータ構造でのデータ項目へとマッピングするための定義。
4	非解析メッセージデータマッピング定義	変換不可能な入力データ(非解析メッセージ)を変換後のデータ構造でのデータ項目へとマッピングするための定義。
5	変換処理用定義	データ値の変換に必要なパラメタ情報等の定義。ユーザーが作成する変換処理関数にて参照する。

```
Target1= $Calculator$(Key1.value, *, 10); Key1.unit
Target2= Key3.value;
Target3= Key4;
```

【書式】

- ・ (変換先データ項目名)=(値);(単位)
- ・ (単位)を省略する場合も「;」は記載要。
- ・ 共通データ形式のデータ項目を指定可。値は「(キー名).value」, 単位は「(キー名).unit」と記載する。
- ・ 変換処理関数名は'\$'で区切る。(変換処理関数はユーザー作成関数および共通関数)

図9 マッピング定義例

とで、個別対応可能としている。

データ抽出処理が出力した共通形式による個々のデータ項目に対して、データマッピングおよび変換処理を実施する。本処理では、表1に挙げたユーザー作成のデータマッピング定義を参照して、変換先のデータ項目にマッピングする。データ値の変換やデータ構造の変換等が必要なデータ項目に対しては、ユーザー作成の変換関数を呼び出し、個別の変換処理を実施する。なお入力メッセージのデータ内容の参照および抽出が不可であるものは、表1に挙げたユーザー作成の非解析メッセージデータマッピング定義を参照して、データ構造および値は無変換のままマッピングのみを実施する。これらの処理も表1に挙げたユーザー作成の定義とユーザー作成の変換処理関数を使用可能とすることで、個別対応可能としている。

上述のデータマッピングおよび変換処理を実施後のデータすべてをリストとして出力する。

4.1.3 効果と残項目

4.1.2にて述べた対応により、制御系連携における変換モジュールをフレームワーク構造とすることで、相互接続する標準規格の組合せごとに、変換前のメッセージデータの構造解析およびデータ抽出処理、抽出したデータの変換後のデータモデルへのマッピングおよび変換に関する一連の処理のすべてを個別に作り込まずともよ

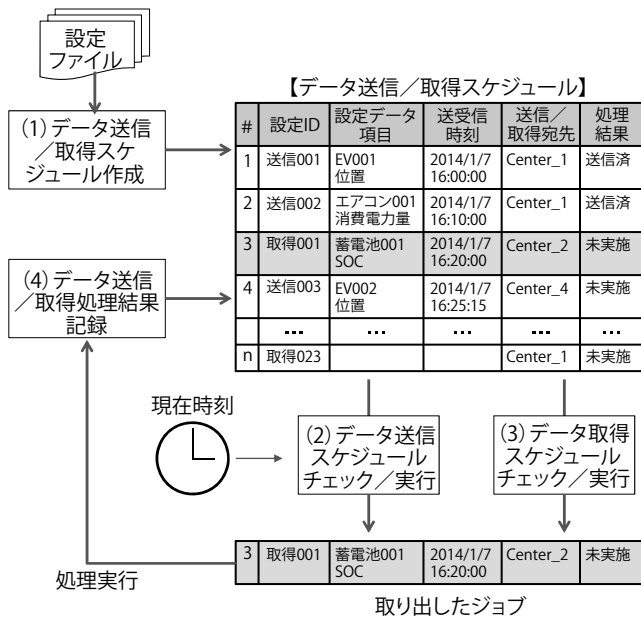


図 10 データ同期処理の概要

い、定義作成と解析、変換に関する必要な処理関数の組み合わせのみで対応可能とした。

一方で、入力したメッセージデータより抽出する変換前のデータを格納する共通データ形式では、機器の階層構造に起因するデータの階層構造を表現することはできず、これらのデータの階層構造は別に管理する必要がある。

4.2 異種システム間のデータ同期タイミング調整

3.2.3にて述べた異種システム連携機能におけるセンタ間連携に関して、実装上の課題と対応を述べる。

4.2.1 課題

本機能は、異なるシステムのデータ蓄積用DB間でデータのコピーおよび同期を行う。これによりあるシステムで個別に収集、蓄積した設備稼働データ等を他システムとも共有し、他システムでの業務でも活用可能とする。ここでシステムを跨るために、コピー元のシステムにて設備稼働データが収集され、DBに蓄積、更新される周期・タイミングとコピー先のシステムにて業務アプリケーションが上記データを参照する周期・タイミングとは同期していない。また個々の業務アプリケーションごとにもデータを参照する周期・タイミングや参照範囲が異なり得る。このため業務アプリケーションが他システムのデータの値を必要なタイミングで取得できない場合があり得る。上記に対する対応の一例として、データ同期の周期を小さくすれば、データの複製先システムにおける業務アプリケーションは必要なタイミングでより最新のデータを取得できるが、この場合、システム間の通信や

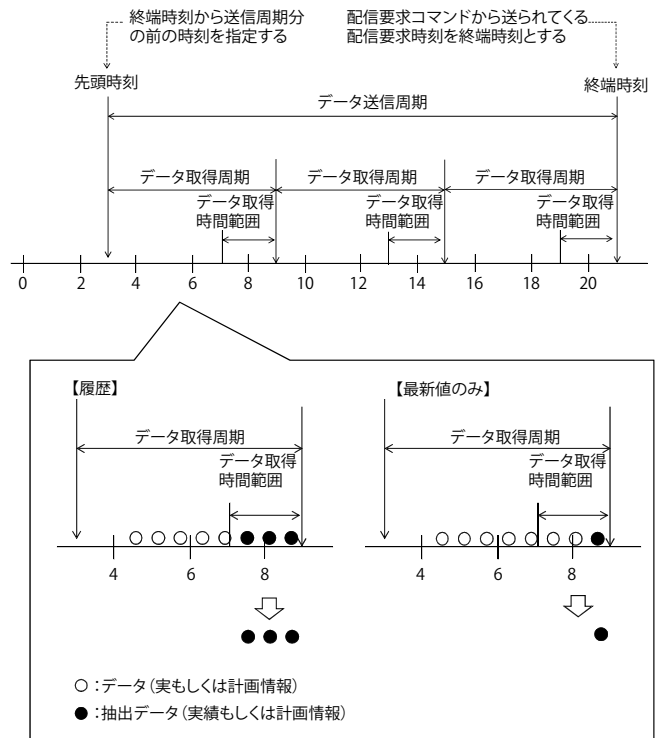


図 11 データ取得および送信のタイミング

DB入出力の負荷がかかり、システムの動作に影響を与え得る。

なお業務アプリケーションが正常に動作するためには、タイミングが合うだけでなく、タイミングごとに正当なデータがそろっていることが不可欠である。

4.2.2 対応

4.2.1にて述べた課題に対応するために、データ項目ごとにデータ同期ジョブを登録可能とする。ジョブとしてデータ同期のためのデータ送信および取得タイミング、データ同期の対象範囲、連携先を定義可能とする。データ同期処理の概要を図10に示す。図10に示すように、設定された送信設定、取得設定に基づき、(1) ジョブごとの送受信を行うスケジュールを作成する。作成されたスケジュールのうち、現在時刻で実施すべきジョブを取り出し、(2) (3) データ取得および送受信の処理を実行する。(4) データ取得および送信処理の実行結果は記録され、失敗時の再送処理等を行う。上記により複製先システムにおける各々の業務アプリケーションが参照するデータ項目および参照の周期・タイミングから、各々のデータ項目ごとにデータ同期のための、最適なデータ送信および取得タイミングを算出して、ジョブとして定義するものとする。

データ同期のためのデータ取得および送信のタイミングの概要を図11に示す。本処理のために、データ取得周期、送信周期、データ取得時間範囲、データ取得種別

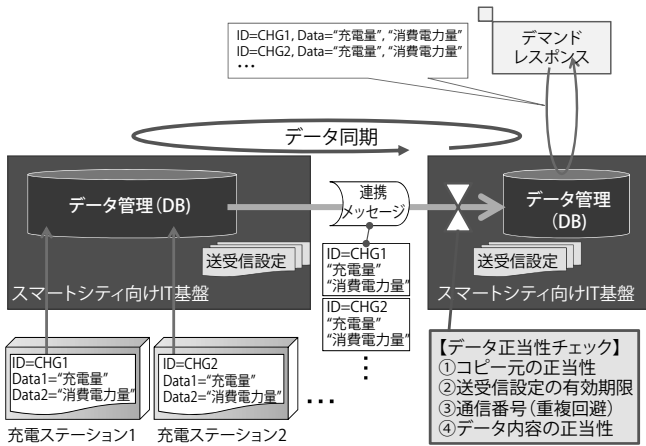


図 12 データ同期におけるデータ正当性チェック

(履歴／最新値)等を定義する。データ取得時間範囲はデータ取得周期ごとのタイミングにて取得すべきデータの時間範囲を指定し、データ発生・更新タイミングとデータ取得タイミングのずれによるデータ取得漏れを回避する。データ取得種別はデータ取得時間範囲内のデータをすべて取得する(履歴)か、最新値のみを取得する(最新値)かを指定し、業務アプリケーションにとって必要なデータの値のみ提供する。

また本機能にて、センタ間で共有されるデータの正当性保証のため、同期用のメッセージ送受信のたびにデータ正当性チェックを実施する。概要を図12に示す。図12の例では、電力会社側のデマンドレスポンスアプリケーションがEV会社側の充電ステーションからの情報(充電量、消費電力量等)を定期的に参照する。データ正当性チェックとして、①コピー元の正当性確認(ID照合)、②メッセージの送受信設定の有効期限確認、③メッセージに付与される通信番号の照合による重複受信回避、④データ内容(データソースの設備のID、データ項目、時刻範囲)の確認を実施する。

4.2.3 効果と残項目

4.2.2にて述べた対応により、センタ間連携におけるデータ同期に関して、他システムからのデータを使用する業務アプリケーションごとに、必要なデータを必要な周期・タイミングで参照でき、かつデータ同期に伴うシステムへの負荷が最小となるように、データ項目ごとに同期を実施可能とした。

一方で、今回は2つのセンタシステム間の1対1の連携のみを実施した。スマートシティでは、複数の社会インフラが存在し、それらの間でデータ共有・同期することが考えられる。ゆえに複数のセンタシステム間の多対多の連携にも対応していく必要がある。

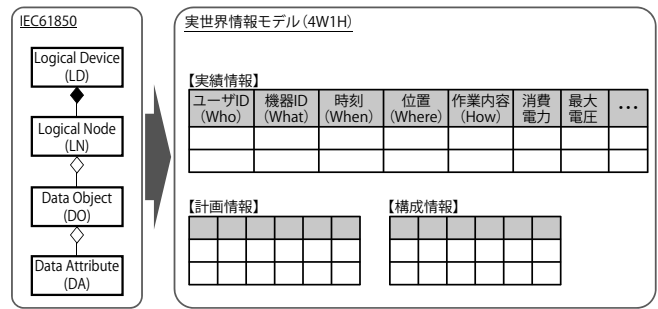


図 13 規格間相互変換 (IEC61850 → 実世界情報モデル)

\$ (テーブル名), (カラム名) = (データ名称:IEC61850)
 "実績情報", "消費電力" = LD1/LN0\$FC\$DOx\$DAY

図 14 マッピング定義例 (IEC61850 → 実世界情報モデル)

5. ユースケースにおける適用と課題

5.1 制御系連携

3.1節で述べたユースケースにて、需要家機器からデータを収集する際に、3.2.3, 4.1節で述べた制御系連携機能を適用する事例について述べる。

一例としてIEC61850[9]に準拠する需要家機器からのデータを収集する。これをスマートシティ向けIT基盤にて実世界情報[2],[3]に変換して蓄積し、変換後のデータモデルにてセンタ側アプリケーションに提供する。ここで図13に示すように、IEC61850では機器のデータに関して、“Logical Device (LD)” / “Logical Node (LN)” / “Data Object (DO)” / “Data Attribute (DA)”の階層構造を有している。一方、実世界情報モデルは実績情報、計画情報、構成情報に分類され、4W1H (Who: 誰によって, What: どの機器が, When: いつ, Where: どこで, How: どのように)を基本的なインデックスとするフラットな構造を有する。これらのデータモデル間の変換を行うために作成したマッピング定義例を図14に示す。今回はこれらの構造の違いを吸収するため、IEC61850のデータモデルでの階層構造における最下層の個々のデータ項目に対して、実世界情報モデルにおけるデータ項目(カラム)をマッピングさせることとした。このように基盤機能としては共通化を意図してデータマッピングおよび変換の処理および定義書式を設計するため、実際の個々の規格間のデータ構造の差異の吸収は個別対応となった。

5.2 センタ間連携

3.1節で述べたユースケースにて、異なる事業者(電

力会社とEV会社)のセンタ間でデータ共有する際に3.2.3, 4.2節で述べたセンタ間連携機能を適用する事例について述べる。ここでは図12に示したデータの共有・同期を実施した。ここで共有するデータの量・サイズが大きくなるほど、4.2.2にて述べたデータ正当性チェックにおける④データ内容の確認に要する時間が増大する。このためアプリケーション要求に基づき送受信設定にて指定するデータ送信周期が小さい値の場合、達成できなくなり得る。同期するデータの量・サイズやアプリケーションが要求するタイミング(データ送信周期)を設計時点で想定することは困難である。このためこれらの設定値の調整は、適用先およびアプリケーションごとに、データ量・サイズや計算機性能等を考慮して、個別に実施することとなった。

6. おわりに

6.1 本稿の結論

本稿ではスマートシティ向けIT基盤の適用先として取り組んでいるスマートグリッド環境でのソリューションにおける、異なるシステム間の連携によるユースケースと要件を挙げた。これに対応するための本基盤における異種システム連携機能(制御系連携, センタ間連携)に関して、機能概要と開発および実践における課題と対応について紹介した。

制御系連携に関しては、より多数の標準規格に対して共通的に活用できるような、データモデルのマッピングおよび変換の処理および定義に述べた。センタ間連携については、複数の業務アプリケーションの要求やシステムのセンサデータ等の収集状態に対して、より適当なデータ同期タイミングを調整できるような、データ同期の処理および定義について述べた。

6.2 今後の展開

最後に今後の展開方針として、本稿にて述べた異種システム連携機能に関して、電力・スマートグリッドだけでなく、水、交通等の社会インフラの他分野でのユースケースおよび適用形態も検討して、具体方式をブラッシュアップしていく。また連携すべき異種システムの種別として、ビッグデータ分析, EAM (Enterprise Asset Man-

agement)等の、制御とは異なる他の業務システムとの接続, 連携等のための機能拡張を進めていく。

参考文献

- 1) Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J. and Morris, R.: Smarter Cities and Their Innovation Challenges, IEEE Computer, 44(6), pp.32-39 (2011).
- 2) 河田洋平, 矢野浩仁, 水野善弘, 寺田博文: スマートシティ向け情報管理基盤におけるデータアクセス制御方式の提案, 研究報告マルチメディア通信と分散処理(DPS), Vol.2012-DPS-152, No.28, pp.1-8 (2012).
- 3) 水野善弘, 矢野浩仁, 大河内一弥, 真下祐一: 社会インフラを支えるIT基盤, 日立評論, Vol.93, No.12, pp.58-63 (2011).
- 4) 小林 朗, 江村文敏, 斎藤政人, 和島直哉, 林 真希, 富上忠浩: 「ハワイにおける日米共同世界最先端の離島型スマートグリッド実証事業」の開始, 日立評論, Vol.94, No.3, pp.56-57 (2012).
- 5) 多田昌雄, 露崎正雄: 社会インフラを支える電力需要調整サービスソリューション, 日立評論, Vol.95, No.4, pp.25-29 (2013).
- 6) 山岡和雄, 大谷哲夫: IEC TC57 標準化動向その1 (全般, IEC61968 シリーズ, 61970 シリーズ), 平成 21 年電気学会電子・情報・システム部門大会予稿集, pp.541-546 (2009).
- 7) Jamshidi, M.: Theme of the IEEE SMC 2005, Waikoloa, Hawaii, USA, <http://ieeesmc2005.unm.edu> (2005).
- 8) Corod, A.: System-of-Systems Engineering Management: A Review of Modern History and Path Forward, IEEE Systems, Vol.2, Issue4, pp.484-499 (2008).
- 9) IEC61850 (Communication Networks and Systems in Substations) series of standard: IEC61850-7-3,7-4.

山本 秀典 (非会員) hidenori.yamamoto.tx@hitachi.com

2001年東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。同社横浜研究所にて、産業、電力、鉄道、スマートグリッド等の情報制御システムを対象とした研究開発に従事。

矢野 浩仁 (正会員) kojin.yano.xs@hitachi.com

1996年京都大学大学院工学研究科数理工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。同社横浜研究所にて電力、交通分野の情報システムを対象とした研究開発に従事。日本オペレーションズ・リサーチ学会会員。

河田 洋平 (非会員) yohei.kawada.tb@hitachi.com

2002年神戸大学大学院自然科学研究科機械工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。現在、同社スマート情報システム統括本部にて、スマートシティ・スマートコミュニティ向けシステム基盤の開発に従事。

水野 善弘 (非会員) yoshihiro.mizuno.yh@hitachi.com

1991年関西大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。現在、同社情報・通信システム社にて、スマート情報システムのシステムアーキテクチャ設計に従事。

採録決定: 2014年4月21日

編集担当: 神竹孝至 ((株)東芝)