

分散型電源システムの通信規格（IEC 61850）のWeb拡張

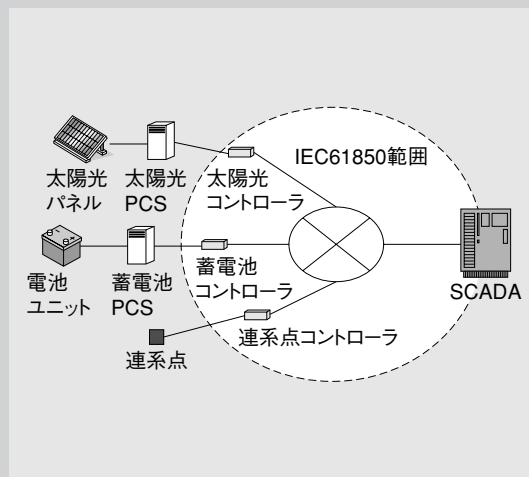
🔊 IEC 61850, IEC 61400-25, 監視制御システム, Webサービス, 太陽光発電, スマートグリッド

* 大谷哲夫 Tetsuo Otani * 遊佐博幸 Hiroyuki Yusa * 千家雅之 Noriyuki Senke
 ** 新井 裕 Yutaka Arai *** 林 孝則 Takanori Hayashi
 **** 星 靖之 Yasuyuki Hoshi *** 奥野義道 Yoshimichi Okuno

概 要

通信サーバのプロタイプを開発し、スマートグリッドの規格で注目を浴びているIEC 61850の通信規格の大規模太陽光発電システムへの適用性を評価した。

- (1) 設備データモデル及びこれを伝送する通信プロトコルに対して、IEC 61850及びWebサービス通信規格IEC 61400-25-4を適用
- (2) 試験用クライアントを作成し、データモデル及び通信プロトコルについて、IEC 61850の規格適合試験を実施
- (3) 試験の結果、データモデルと通信プロトコルのいずれについても、通信サーバが規格に適合することを確認
- (4) 大規模太陽光発電システムの運転へのIEC 61850の適用性を確認



IEC 61850適用範囲

1. ま え が き

近年、CO₂などの温室効果ガスによる地球環境への影響、太陽光発電・風力発電などの新エネルギー増加に伴う電力供給信頼性の向上への対応の観点から、スマートグリッドに対する関心が高まっている。スマートグリッドでは、複数メーカーによる多様な電力系統設備間を相互接続し運用することが求められている。しかし、現状ではこのような設備間の接続にはメーカー固有の通信プロトコルが使用されており、複数メーカー間設備の相互接続性が課題となっている。

この相互接続性を向上させるため、近年国際標準規格IEC 61850^{(1)~(6)}を適用した監視制御システムによる運用が注目されている。本規格は元来、変電所内で使用される多数のメーカーが提供する電子

装置間の情報交換を標準化し、相互運用を達成するために制定されたものである^{(6)~(7)}。しかし本規格の概念は総括的で、電力系統の他分野にも十分適用可能なため、スマートグリッドに関する標準化の中核となりつつある。

当社は(財)電力中央研究所との共同研究において、スマートグリッドのエネルギー供給設備の一つとして、近年その開発が顕著な大規模太陽光発電をモデルに設定し、その監視制御システムにIEC 61850を適用したシステムを試作した（以下、試作システム）。大規模太陽光発電システムをはじめとした分散型電源システムは、設備が広範囲に分散されて設置されるため、インターネット経由で通信を行う場合も想定される。そのためシステム開発では、単にIEC 61850を適用するのではなくWebサービスを適用した通信を実現した。本通信

* (財)電力中央研究所 ** 電力技術部 *** システム技術研究所 **** 製品開発部

方式については、IEC 61850をベースに策定された風力発電用規格であるIEC 61400-25⁽⁸⁾で規定されている。さらに試験用通信クライアントを作成し、これを用いて試作システムのデータモデル、及び通信プロトコルについてIEC 61850の規格適合試験⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾を実施した。本稿では、開発した試作システムとその適合試験について紹介する。

2. 大規模太陽光発電システムへのIEC 61850適用

大規模太陽光発電システムへのIEC 61850の適用は、以下の手順により実施した。

2.1 IEC 61850適用範囲

大規模太陽光発電システムにおいて、SCADA⇔制御端末間、及び制御端末⇔PCS間や接点・計測点間の通信が階層として存在するが、Web通信の適用可能性が高いSCADA⇔制御端末間の通信をIEC 61850の適用対象とした。

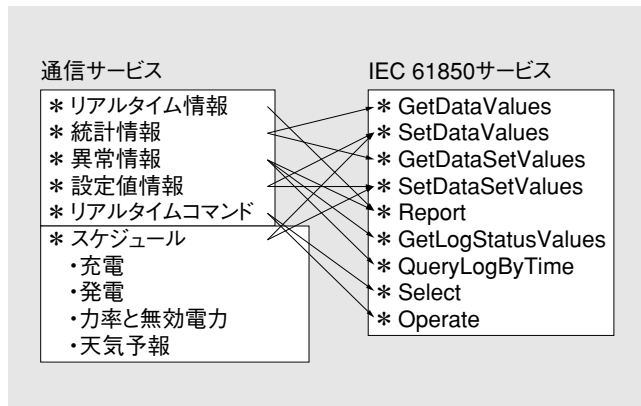
2.2 通信サービスへのマッピング

大規模太陽光発電システムのアプリケーション機能から、通信を必要とする機能を抽出し、第1図に示すようにIEC 61850（通信方式としてWebサービスを適用するためIEC 61400-25を含む）で定義される通信サービスへのマッピングを実施した。

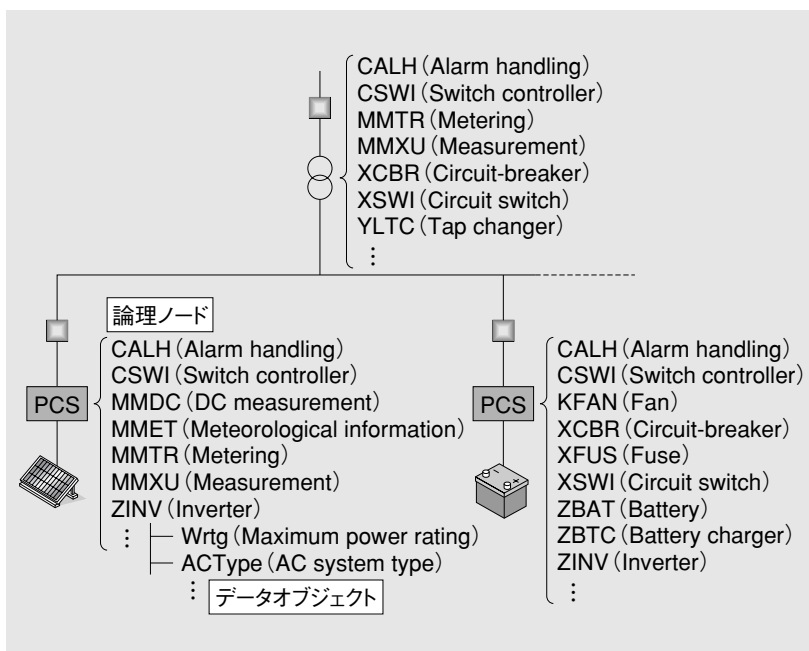
2.3 データモデルへのマッピング

IEC 61850-7-4とIEC 61850-7-420で定義された要求事項に従い、大規模太陽光発電システム内での情報（設備情報と通信データ）をモデル化した。前者の規格が変電所関連設備に関するデータモデル、後者が分散型電源設備に関するデータモデルを規定する。両規格で定義が重複する設備も存在するが、その場合は後者の定義を優先している。

第2図にデータモデルへのマッピングのイメージを示す。IEC 61850では第2図に示すようにデータモデルが論理ノード（LN）とその構成要素であるデータオブジェクト（DO）の階層構造で定義されている。LNは、アプリケーション機能により利用されるデータのコンテナに例えることがで



第1図 通信サービスへのマッピング
通信サービスとIEC 61850サービスの対応を示す。



第2図 太陽光発電システムの論理ノード割り当てイメージ
太陽光発電システムにIEC 61850で定義されるデータの割り当てイメージを示す。

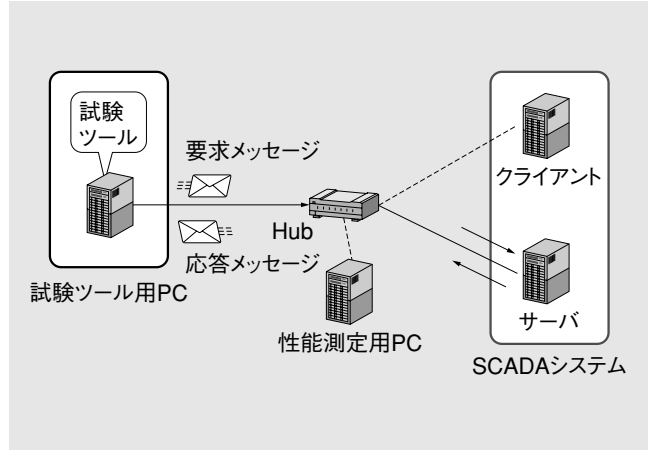
きる。DOは、型を持つデータを規定する手段を提供する（計測値などの実際の値は、DOにデータ属性値として定義される）。第1表に大規模太陽光発電システム設備へのLN割り当てリストを示す。

大規模太陽光発電システムでは、蓄電池容量を全容量に示す割合（%）で表現しているが、IEC 61850で定義されている蓄電池LN（ZBAT）には該当するDOが存在しない。そのため、内部電圧・内部電流・蓄電池温度の3点のDOを割り当て、計算値として算出可能な変数として定義した。また蓄電池PCSは各種制御モード（潮流変動抑制制御モード、送電電力一定制御モードなど）が存在する。しかしIEC 61850では、それら制御モードについて考慮されていない。そのため今回は、IEC

第1表 太陽光発電システムの論理ノード割り当てリスト

太陽光発電システムの設備に対して割り当てたIEC 61850の論理ノード一覧を示す。

	Grid connection	PV PCS	Battery PCS
CALH (Alarm handling)	○	○	○
CSWI (Switch controller)	○	○	
MMET (Meteorological information)		○	
MMDC (DC measurement)		○	
MMTR (Metering)	○	○	
MMXN (Non-phase-related measurement)	○	○	
MMXU (Measurement)	○	○	
KFAN (Fan)			○
XCBR (Circuit-breaker)	○		
XFUS (Fuse)			○
XSWI (Circuit switch)	○		○
YLTC (Tap changer)	○		
ZBAT (Battery)			○
ZBTC (Battery charger)			○
ZINV (Inverter)		○	○



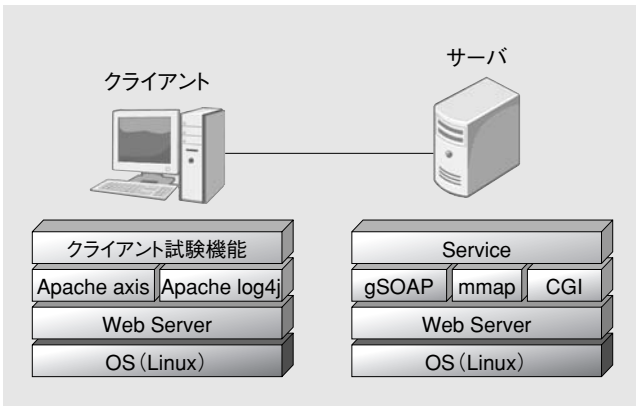
第5図 コンフォーマンス試験システム構成
IEC 61850の評価試験時の装置構成を示す。

61850定義上全ての設備に割り当てなくてはならないLN (LLN0) のDO (Loc: Local control behavior) にモードを示す状態変数を割り当てている。

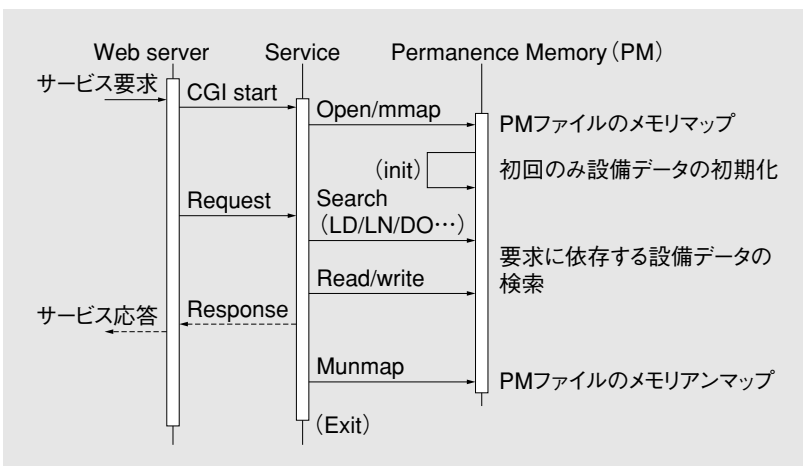
2.4 試作システム実装

第3図に試作システムの構成を示す。試作システムはCGI (Common Gateway Interface) 形式のWebサービスとして構築しており、SOAP (Simple Object Access Protocol) ライブラリにはgSOAPを使用した。gSOAPはSOAPエンジンとして軽量であり、OSを問わず利用することができる。

試作システムはCGI形式のWebサービスとしているため、クライアント～サーバ間の一つのリクエスト～レスポンスでセッションが終了してしまい、セッション間での情報を共有することができない。これを解決するために、サーバにおいてファイルをメモリ空間にマッピングして情報の保持を行った。第4図にサーバの動作フローを示す。



第3図 試作システムの構成
試作を行ったシステムのHWとSWの構成を示す。



第4図 サーバの動作フロー
SOAPサーバソフトウェアにおける処理フローを示す。

3. コンフォーマンス試験

試作システムの機能性と性能について第5図に示す試験システムを構築、IEC 61850の規格適合試験を実施した。

試験システムでは、Webサービスによる監視制御機能を検証する機能試験装置 (試験用通信クライアント) と、通信サービスの応答時間を測定する性能試験装置を分離した構成としている。試験結果については、いずれも規格に適合することを確認した。試験内容は、以下の通りである。

3.1 機能検証

機能検証では、IEC 61850で定義されているLN・DOのデータ構造に適合しているかを検証するデータモデル検証、及び正常/異常パラメータによるサービス応答結果を検証する通信サービス検証の2つに分類して実施した。

(1) データモデル検証 試作システムにおける検証対象となるLN数は約2000個、DO数は約12,000個となる(一つのLNに対し、平均6つのDOを保持)。しかし、全てのLNが異なるDOパターンを保持している訳ではなく、共通のDOパターンを持つLNも存在する。その特長を利用し、以下の検証手順により検証を効率化した。

- (a) 試作システムが保持する全LNを取得し、DOパターンごとにLNを分類
- (b) 分類したグループの中から一つのLNの全DO取得
- (c) 取得したDOに対し、規格に準拠していることを確認

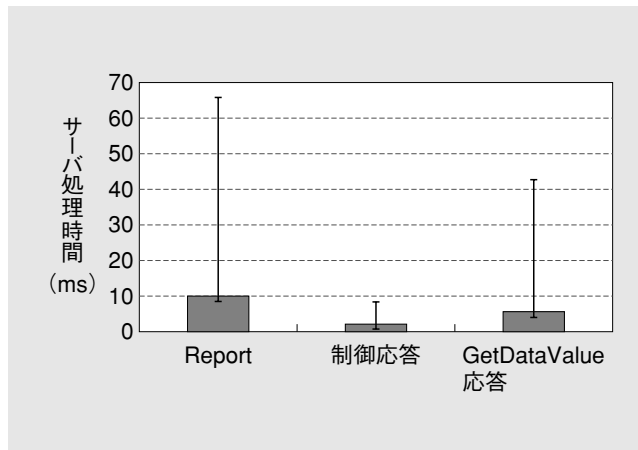
これにより、検証対象となるLNを約50個に集約し、それぞれのLNとDOについて正しく割り当てられていることを確認した。

(2) 通信サービス検証 試作システムの設備監視・操作、現在値取得に対する通信サービスを以下のように検証し、規格に準拠した要求・応答メッセージが交換できることを確認した。

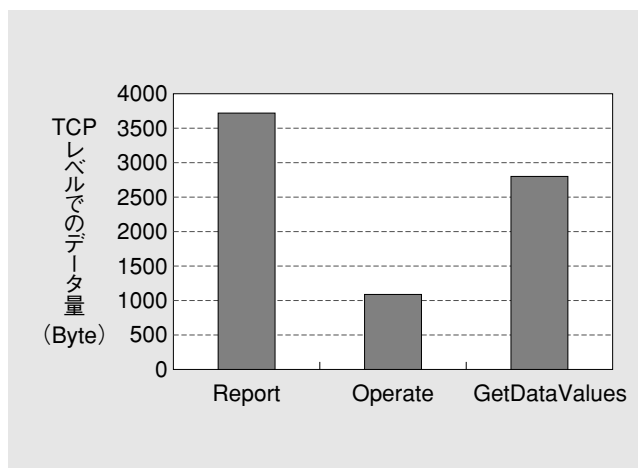
- (a) クライアントより正常/異常パラメータを定義した要求メッセージをサーバに送信
- (b) サーバからの応答メッセージが、送信した要求メッセージに対応したものか確認

3.2 性能検証

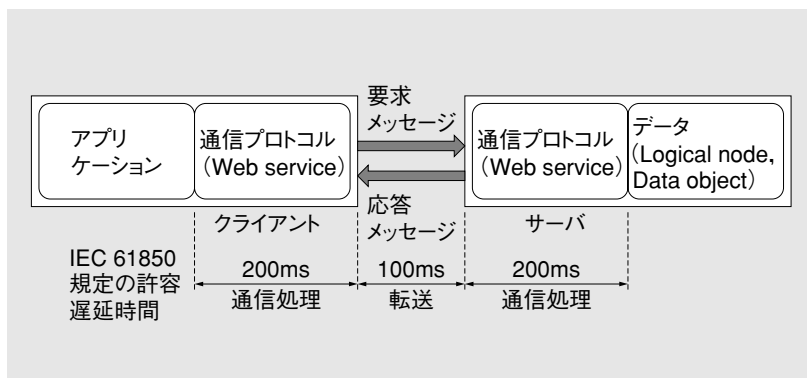
性能検証では、試作システムの設備監視 (Report)・操作 (Operate)・現在値取得 (GetDataValues) サービスについて、サーバがクライアントにメッセージを送信する際のサーバでの処理時間 (第6図) とその際のメッセージデータ量 (第7図) を測定した。処理時間については、10回計測した平均値を示している。データ量については、TCP (Transmission Control Protocol) レベルでの計測値である。



第6図 サービス処理時間
IEC 61850サービスごとのサーバ側処理時間を示す。



第7図 サービスメッセージデータ量
IEC 61850サービスごとの通信データ量を示す。



第8図 IEC 61850規定の許容遅延時間
IEC 61850で規定される通信箇所ごとの遅延時間を示す。

処理時間については、IEC 61850における処理時間要求 (第8図) である200msを超過しないことを確認した。伝送時間については、256kbps以上の回線を用いれば伝送時間要求 (第8図) である100msに収まることを確認した。ただし設備監視 (Report) に関しては、そのサービスの要求パ

ラメータにおいて、応答メッセージに含むデータサイズを指定することができることから、そのデータサイズに応じた伝送速度を確保することが必要である。

4. 試作システム IEC 61850適用の課題と対策

大規模太陽光発電システムへIEC 61850を適用するにあたり、規格の解釈に困難な部分があった。以下にその一例を示す。

(1) サブDO存在時の値の取得 IEC 61850では、LNの構成要素としてDOが定義されていることは先にも述べたが、DOの階層下に更にDO(サブDO)が定義される場合もある。IEC 61850ではDOの値を取得するGetDataValuesサービスが存在する。このサービスに関して、「参照された(指定した)DOのデータ属性値を取得するためにGetDataValuesを使用する。」という規定がIEC 61850-7-2で規定されている。そのため、先述したサブDOを持つDOをこのGetDataValuesサービスの操作対象にした場合、どのように対処するのか曖昧な点が存在した。

試作システムでは、GetDataValuesサービスの操作対象にしたDOのデータ属性値のみ取得できるものと解釈した。

5. む す び

今回、大規模太陽光発電システムへのIEC 61850の適用性を評価するために試作システムを開発した。本構成では、設備のデータモデル及びこれを伝送する通信プロトコルに対して、IEC 61850-7-2, 7-3, 7-4, 7-420, 及びWebサービス通信規格としてIEC 61400-25-4を適用した。また試作システムに対し、IEC 61850-10に基づいたコンFORMANCE試験を実施した。その結果、データモデルと通信プロトコルのいずれについても試作システムが規格に適合することを確認し、大規模太陽光発電システムへIEC 61850を適用できることを確認した。

IEC 61850は、今後もスマートグリッド分野における様々な環境への適用が進むと同時に、規格自身も更なる発展・内容の充実が図られることが予想される。このような状況の中、我々も各種委

員会などへの参加を通じ、規格適用時の課題の解決に微力ながら尽力する所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

(注記)

注1. Association: クライアントとサーバ間のセッションを確立するための処理、又はセッションそのものを示す。

《参考文献》

(1) IEC: "Communication networks and systems in substations - Part 7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Abstract communication service interface (ACSD)," IEC 61850-7-2 Ed.1, 2003

(2) IEC: "Communication networks and systems in substations - Part 7-3: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Common data classes," IEC 61850-7-3 Ed.1, 2003

(3) IEC: "Communication networks and systems for power utility automation - Part 7-4: Basic communication structure - Compatible logical node classes and data object classes," IEC 61850-7-4 Ed.2, 2010

(4) IEC: "Communication networks and systems for power utility automation - Part 7-420: Basic communication structure - Distributed energy resources logical nodes," IEC 61850-7-420 Ed.1, 2009

(5) IEC: "Communication networks and systems in substations - Part 10: Conformance testing," IEC 61850-10 Ed.1, 2005

(6) 出口雄規・小山敬之・萩山哲平・北原英樹: 「IEC 61850適用変電所監視制御システムの開発」, 電気学会研究会 PPR-10-41, 2010, pp.87-92

(7) 炭田義尚・福嶋和人・片山茂樹・高橋玲: 「IEC 61850規格の変電所自動化システムへの適用と課題」, 電気学会研究会資料 PPR-10-43, 2010, pp.99-103

(8) IEC: "Wind turbines - Part 25-4: Commu-



nications for monitoring and control of wind power plants – Mapping to communication profile”, IEC 61400-25-4, 2008

(9) 星靖之・林孝則・奥野義道・新井裕・大谷哲夫・遊佐博幸・千家雅之・大場英二：「大規模太陽光発電運転用システムへのIEC通信規格の適用～Webサービス型システムの開発～」，平成23年電

気学会全国大会，6-211，2010

(10) 遊佐博幸・大谷哲夫・千家雅之・大場英二・新井裕・奥野義道・林孝則・星靖之：「大規模太陽光発電運転用システムへのIEC通信規格の適用～IEC 61850コンFORMANCE試験ツールの試作～」，平成23年電気学会全国大会，6-210，2010

《執筆者紹介》



大谷哲夫 Tetsuo Otani
(財)電力中央研究所



新井 裕 Yutaka Arai
電力システム関連の技術開発に従事



遊佐博幸 Hiroyuki Yusa
(財)電力中央研究所



林 孝則 Takanori Hayashi
情報通信関連の開発に従事



千家雅之 Noriyuki Senke
(財)電力中央研究所



星 靖之 Yasuyuki Hoshi
情報通信関連の開発に従事



奥野義道 Yoshimichi Okuno
情報通信関連の開発に従事