

エネルギーの最適利用を可能にする

スマートコントローラ

永山 伸行

Nobuyuki Nagayama

草川 慎一

Shinichi Kusagawa

1. はじめに

近年、電力の見える化は広く一般に認識され、需要家の間にも普及している。見える化によって特定の時間に電力のピークが出ていることや、割安な夜間電力が有効活用できることに気付くことができるようになってきた。これによりデマンドや電力料金を抑えるためのピークカット・ピークシフトが求められ、省エネやCO₂排出量の削減、またBCP（事業継続計画）にも効果を発揮する再生可能エネルギーや蓄電池などの分散電源を導入し、エネルギーを有効利用する機運が高まってきている。しかし、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの出力は地域特性に大きく影響し、図1に示すように急峻かつ変動量も大きい⁽¹⁾。

特定規模電気事業者（PPS）に於いては、送電で既存の系統を利用する場合、お客さまの電力需要量と発電による電力供給量を30分間で±3%の範囲で同時同量とする規定があるが、単純に蓄電池を導入するだけでは図1に示す変動を抑えることはできない。これらの対策としてエネルギーマネジメントシステムが開発され、実証試験が行われているが、天候によっては蓄電池等のスケジュール運転ではカバーしきれない場合がある。

東光高岳では再生可能エネルギー、蓄電池、コージェネ型電源などの分散電源を迅速かつ効率的な手法を適用して開発した高度な制御アルゴリズムによって、このような課題に対応できる小型の制御装置「スマートコントローラ」を開発した。

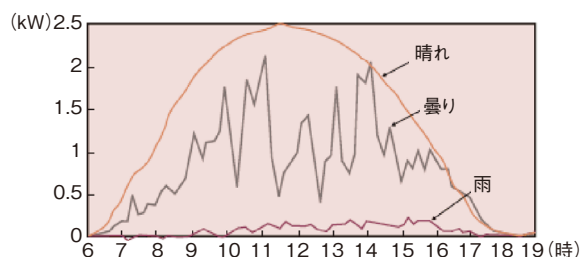
2. スマートコントローラの概要

スマートコントローラは小型で廉価なエネルギーマネジメント用の制御装置である。設備状態や運転状況を確認しながら、再生可能エネルギーや蓄電池などの分散電源を制御することによって受電電力を調整し、エネルギーコストの削減や安定した受電電力の維持に貢献する。

制御方法や料金形態により効果は異なるが、デマンドを下げるのと同時に夜間電力の有効利用による電力量料金の削減、分散電源の出力変動による受電電力の変動を抑えるなどの効果を発揮する。また、蓄電池の状態を監視して充放電制御を適切に実施することで、対策を施さない場合と比較して寿命の延長効果が期待できる。

一般的に汎用のコントローラは使用設備や制御方法が

太陽光発電の出力変動(春季)



風力発電の出力変動(冬季)

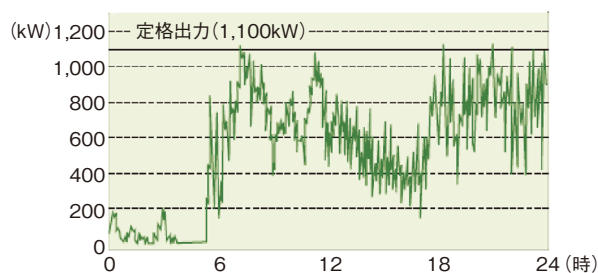


図1 再生可能エネルギーの出力変動例

予め決められており、電源設備などを追加する場合、システムに対応した制御ロジックの再構築が必要となる場合が多々ある。本コントローラは分散電源などの制御にモデルベースデザイン手法で開発した高度な制御アルゴリズムを実装しており、需要家の設備やニーズにマッチしたアルゴリズムを素早く提供できる。

太陽光発電、風力発電の出力変動を抑制し、電力事業者との連系点における受電量と送電量を3分間で±3%の範囲で同時同量とすることを目標とした実証が行われており⁽²⁾⁽³⁾、これと同等以上の制御が行えるよう、制御周期を最速100msで動作可能としている。

2.1 システム構成

スマートコントローラのシステム構成例を図2に示す。

パワーコンディショナやリモートI/Oを介して太陽光発電、蓄電池などの分散電源やその他の負荷設備を監視・制御して受電電力を調整することで、エネルギーコストの削減や安定した受電の維持に貢献する。設備監視制御システムMUDICシリーズと連携し、スマートコントローラで収集したデータをMUDICの画面上に表示することが可能である。

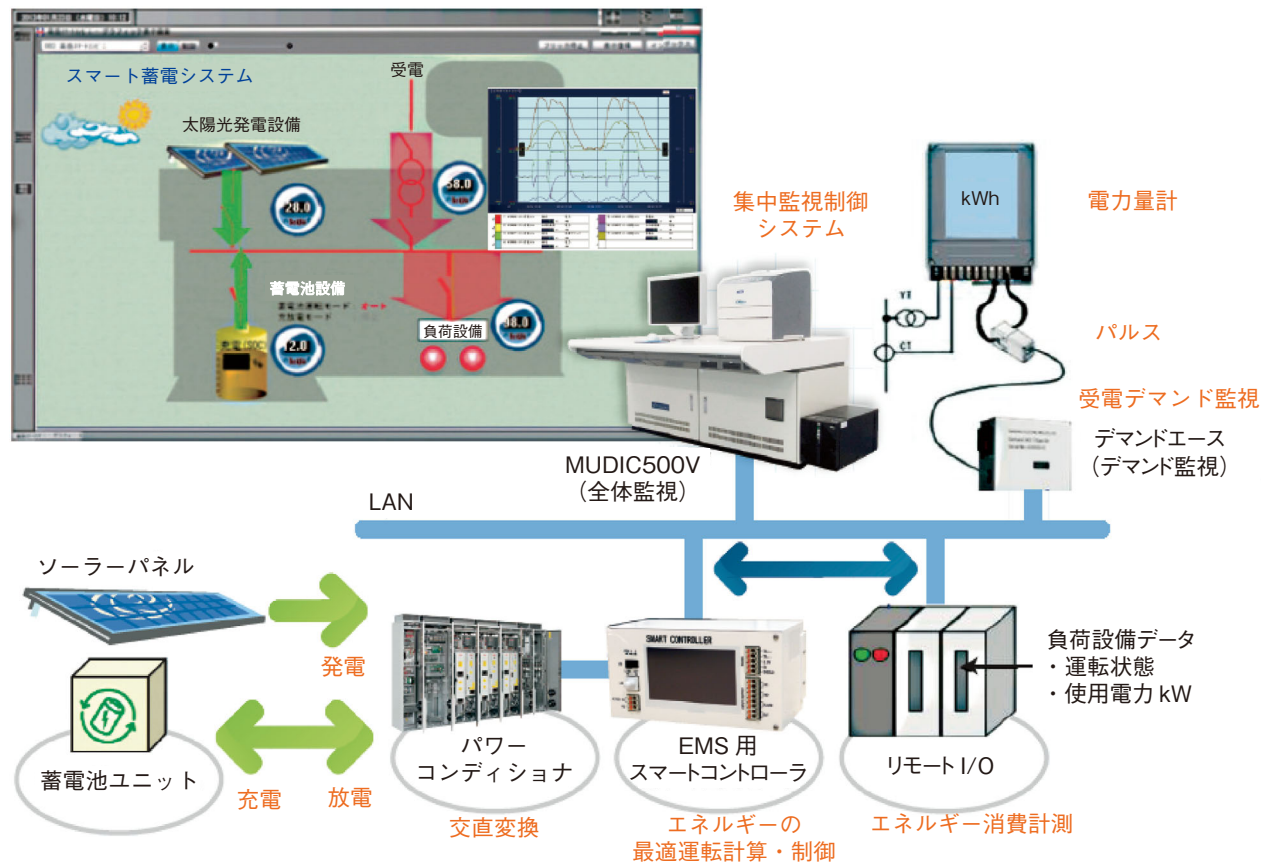


図2 システム構成例

2.2 装置構成

スマートコントローラは盤内設置のためコンパクトにすると共に、既存のPLC（シーケンサ）と併設することを考慮した高さ／奥行き寸法になっている。また、DIN レールによる取り付けも可能とした。制御対象の中心は、蓄電池の充放電や分散型電源などの出力制御、太陽光発電の出力調整などに関わるパワーコンディショナであるため通信インターフェースはEthernet やRS-485 をサポートしているほか、汎用の外部入出力接点、液晶パネル（オプション）などを搭載している。スマートコントローラの外観および仕様を図3、表1に示す。

2.3 機能概要

スマートコントローラには各種分散電源などの制御のほか、帳票やWebサーバ機能も搭載している。また、クラウドのストレージサーバに計測データを蓄積する機

表1 仕様

項目		Type-A	Type-B
電源電圧		AC100 V ± 10%, 50 Hz/60 Hz ± 1 Hz	
消費電力		最大 30 W	
LCD		なし	4.3 インチ LCD
使用環境	周辺温度	0 ～ 55℃	
	周辺湿度	20 ～ 80% RH（結露なきこと）	
防塵防水等級		IP30	
インターフェース	シリアル	RS-485	
	LAN (Ethernet)	RJ 45（100 BASE-TX/10 BASE-T, AUTO-MDIX 対応）	
	USB	USB 2.0	
	SD	microSD スロット	
外部接点		入力：2 点，出力：1 点	
制御方式		ソフト PLC ^{注1}	
外形寸法（※突起物は除く）		W 105 × H 100 × D 100 mm	W 190 × H 100 × D 100 mm
重量		約 800 g	約 1100 g



図3 スマートコントローラの外観

能を搭載しており、複数拠点のデータを一元管理することが可能となっている。
実装した主な機能を表2に示す。

表2 機能

ソフト PLC 機能	IEC61131-3 ^{注2} 規格のソフト PLC 機能を実装。FBD, LD ^{注3} などのPLCプログラミング環境にて開発した制御アルゴリズムを搭載する。
ホスト間連携機能	パワーコンディショナ, MUDIC, デマンドエース, リモート I/O と各種プロトコルにより, データ通信を行う。通信ポートはイーサネット, RS-485 に対応。
帳票機能	運転データから日報, 月報, 年報を編集し, CSV ファイルにて提供。
メール送信機能	設定したアドレスに対して帳票や警報メールを送信。
Web サーバ機能	Web ブラウザによるステータス表示および設定情報を変更。
データ蓄積機能	IEEE1888 (FIAP) の G/W 機能を搭載し, クラウドのストレージサーバにデータを蓄積。 複数拠点のデータを一元管理。

2.4 制御アルゴリズム

制御アルゴリズムはモデルベースデザイン手法によって開発している(図4参照)。また, 上流設計にて制御対象とする太陽光発電, 風力発電, 蓄電池などもモデル化している。例えば蓄電池のモデルでは, 極力実機に即した制御応答特性や定格出力電力のパラメータなどを変更可能とすることで, 多様な電池の検証が実施できる仕組みになっており, 開発の初期段階からシミュレーションによる検証を可能とした。

需要家の設備に合わせてモデル化した制御対象を組み合わせ, 制御アルゴリズムをニーズにマッチするように形成し, 繰り返しシミュレーションを行うことで早期検

証を行い, 信頼性の高い制御アルゴリズムを開発した。アルゴリズムは, 自動コード生成によって信頼性を維持すると共にスマートコントローラへスムーズに実装することができ, 開発時間の短縮やヒューマンエラー削減の役目も果たしている。また, 制御対象の組み合わせに応じてシミュレーションできることから, 既設の受変電設備と有機的な連携が可能となり, 予算にマッチする段階的な設備導入, 更新を容易にしている。

2.5 動作検証

スマートコントローラの動作検証例として東光高岳小山事業所の実証試験場⁽⁴⁾を対象モデルとした。本試験場には電源設備として, 太陽光発電, 蓄電池が設置されており, 電力会社およびこれらの電源により負荷に電力を供給する。

基本的な4つの制御アルゴリズムを適用した場合の動作状況を監視システムであるMUDICと連携して表示した結果を図5に示す。負荷電力と太陽光発電電力は春期のある日(天候:晴天)に取得した実測データを用いている。いずれの制御アルゴリズムにおいても, 目標受電電力に対して実際の受電電力はほぼ追従しており, 目標としている同時同量±3%内を実現できている。

図5(a)の受電一定制御の例では, 分散電源で補償すべき電力は

$$\text{補償電力} = \text{目標受電電力} - \left[\text{負荷電力} + \left(- \text{太陽光発電電力} \right) \right]$$

となり, 急峻な変動には応答性の良い蓄電池, 緩やかな変動にはガスエンジンなど(図5(a)ではその他電源と表記)を活用して, 協調して補償するように制御してい

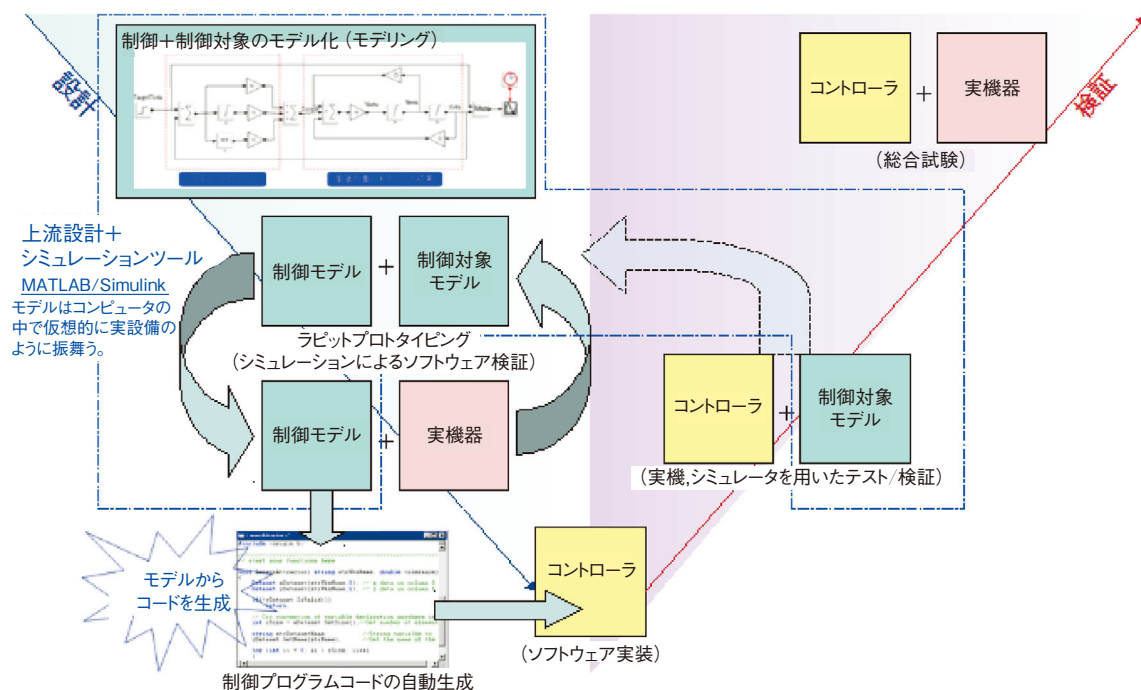


図4 モデルベース開発に基づく開発サイクル

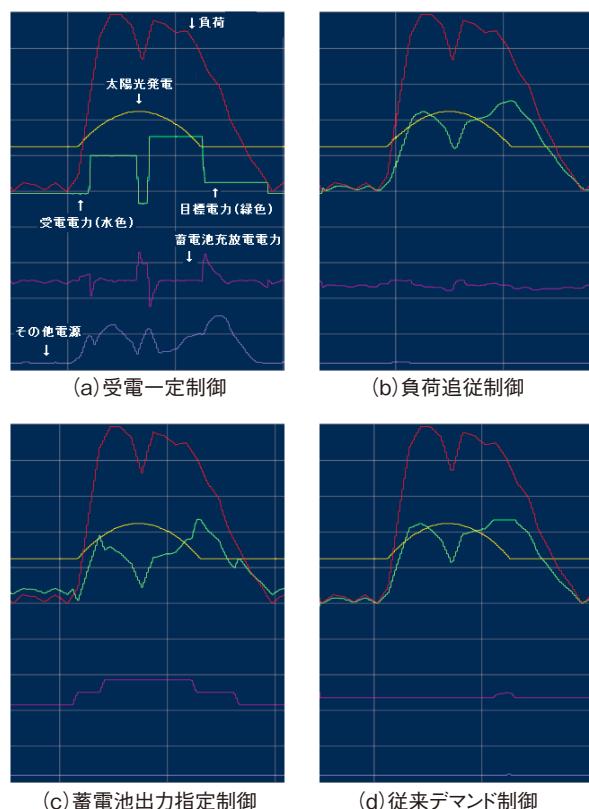


図5 検証結果

る。

受電一定制御の場合、目標値の設定は過去の運転実績や需要家のニーズにより決定し、その他の制御パターンでは受電電力に応じて自動的に設定する。将来的には負荷需要や太陽光の発電電力の簡易な予測制御を導入することで、より適した目標値を自動で設定することを目指す。

3. おわりに

本稿では高圧受電の需要家として、東光高岳 小山事業所の1エリアを対象としたシミュレーション結果を紹介した。太陽光発電や負荷などの被制御器を模擬するシミュレータとの連携も実施しており、制御周期 100 ms にて望む目標を実現できる可能性を確認できた。対象となる需要家の設備構成や導入される制御対象機器の応答特性が十分であれば実機での運用にも対応できると考える。

今後はシミュレーションにて得られた結果を踏まえ、実システムとして、小山事業所に設置して実機による動作検証およびデータ収集を進めると共に、ヒートポンプやEV用急速充電器などのモデル化を行い、制御対象機

器を充実させる。また、対向するパワーコンディショナやセンサー機器とのプロトコルを適宜開発していく。さらには、高圧受電と対象の異なる小山事業所内のある居室規模（低圧受電）を対象に、デマンドエースのデマンド制御と空調機器の間欠制御を組み合わせたエネルギー最適制御アルゴリズムも開発が完了しており、省エネ、ピークカット・ピークシフトに寄与できるラインアップを拡げていく予定である。

参考文献

- (1) 中部電力株式会社 ホームページより
http://www.chuden.co.jp/energy/ene_energy/newene/ene_data/dat_hendo/#
- (2) 分散型電源によるマイクログリッドシステムの開発清水建設研究報告（第82号平成17年10月）
- (3) S. Kusagawa et al.: "Frequency Spectrum Based Coordinate Control Scheme for Several Types of Distributed Power Generation Systems in a Micro Grid", Proc. the 12th EPE-PEMC Conference 2006 in Portoroz, Slovenia, (2006).
- (4) 高岳レビュー 175号 次世代配電ネットワーク実証試験設備の紹介

語句説明

注1) ソフト PLC：ソフトウェアによるプログラマブルロジックコントローラ。

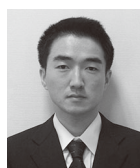
注2) IEC61131-3: PLC用の5種類のプログラム言語を定義したもの。

http://ja.wikipedia.org/wiki/IEC_61131-3

注3) FBD (Function Block Diagram), LD (Ladder Diagram)：PLC用のグラフィカルなプログラム言語で、IEC61131-3標準で定義される5言語のうちのひとつ。



永山 伸行
エネルギーソリューション事業本部
ソリューション製造部 開発グループ 所属
エネルギーマネジメントシステムの開発に従事



草川 慎一
技術開発本部
技術研究所 プロジェクト推進グループ 所属
次世代配電ネットワーク技術の開発に従事
工学博士