

# アグリゲーションシステムへの ブロックチェーン適用検討

■ 岡井 由香利  
Yukari Okai

■ 高田 晃平  
Kohei Takada

■ 細谷 雅樹  
Masaki Hosoya

■ 中山 匡  
Tadashi Nakayama

電力システム改革<sup>(1)</sup>により、各地域の電力会社が一括で管理していた事業が、発電・送配電・小売と分離化する体制へと移行した。また、需要家のリソースを集めて需給調整用の電力を市場などへ供出する事業者（アグリゲーター）も新たに登場した。このことにより、電力取引市場に多くの需要家とそれを束ねるリソースアグリゲーター（以下、RA<sup>注1)</sup>）、さらに上位のアグリゲーションコーディネーター（以下、AC<sup>注2)</sup>）が参入し、多くの事業者が関与するアグリゲーションシステムが構築された。本稿では、多くの事業者が関与するアグリゲーションシステムを一例に、ブロックチェーンの適用検討を行った結果を報告する。

## 1 はじめに

東北地方太平洋沖地震以降、原子力発電所の停止に伴い、電力需要逼迫下での電力安定供給への不安や、電気料金の上昇による経済への影響など、さまざまな課題が見えてきた。この状況を解決するため、政府は2015年4月より電力システム改革を進めてきた。

その結果、図1に示すとおり、各地域の電力会社が発電から小売までを一括で行う体制から、発電・送配電・小売を分離化した体制へと移行した。なお、送配電は安定供給などの観点から、引き続き各地域の電力会社（以下、送配電事業者）が担うことになっている。

電力システム改革により、電力業界に多くの事業者が新規参入してきた。各需要家からのデマンドレスポンス（以下、DR<sup>注3)</sup>）により確保した電力をまとめて取引するアグリゲーターも新たに登場し、多くの事業者によるアグリゲーションシステムが構成された。そこで、各

事業者の取引について、信頼性を担保しながら情報の共有ができる仕組みをもつ「ブロックチェーン」を活用できるのではと考えた。

東光高岳は、これまでDR制御装置（DR shifTer）の開発を行い、2021年4月に開設した需給調整市場に向けた実証試験を行ってきた。そのため、アグリゲーションシステムに関する知見がある。

そこで需給調整市場におけるアグリゲーションシステムを一例とし、ブロックチェーン技術を適用した検証システムの構築評価を行った。その結果について報告する。

## 2 需給調整市場

### 2.1 需給調整市場

需給調整市場では、送配電事業者が電力系統安定化のため、調整力を調達している。調整力とは、需要と供給を一致させるために使用する電力のことを指す。

調整力の調達は従来、送配電事業者が占有する地域でのみ行えたが、2021年4月より日本全域で行えるようになった。各事業者との取引が日本全域で行えることにより自由競争を促し、調整力を調達するためのコスト低減が期待されている。

### 2.2 アグリゲーションシステムの構成

図2は、需給調整市場での取引を想定したアグリゲーションシステムの構成例である。送配電事業者の配下には複数のACが、ACの配下には複数のRAが、RAの配下には複数の需要家がいる階層構造となっている。

アグリゲーションシステムにおける需給調整シーケンスを表1に示す。送配電事業者はAC・RAを介して、需要家にDR指令を発令する。需要家がDR制御した結果（以下、実績値）は送配電事業者と管理元のAC・RAにのみ共有される。また実績値は、AC・RAごとに集計されたうえで送配電事業者に報告され、送配電事業者から実績に応じた報酬が支払われる。

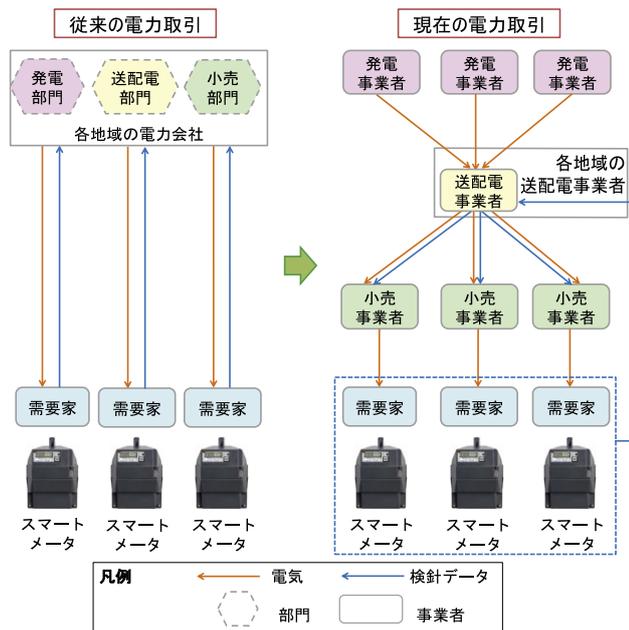


図1 従来と現在の電力取引

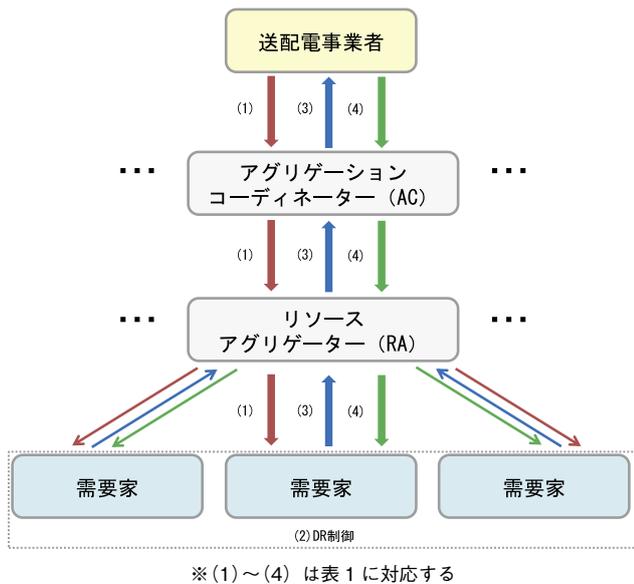


図2 需給調整市場におけるアグリゲーションシステム構成例

表1 アグリゲーションシステム シーケンス

(1)	DR 指令	送配電事業者が、DR 指令を発令する
(2)	DR 制御	DR 指令に従い、需要家が DR 制御を行う
(3)	実績報告	需要家からの DR 制御の結果（実績値）を集計したうえで報告する
(4)	報酬	送配電事業者が、DR 制御に応じた報酬を支払う

### 3 ブロックチェーン

本章では、ブロックチェーンの特徴と、アグリゲーションシステムへのブロックチェーン適用検討について記す。

#### 3.1 ブロックチェーンの特徴

図3に、現状よく使われるシステム（以下、現状のシステム）と、ブロックチェーンを適用した分散システムのイメージを示す。現状のシステムには、データの管理を担う中央のコンピュータが存在する。これは、データの整合性を保つために必要である。

一方、ブロックチェーンで構築されたシステムでは、複数のコンピュータ（以下、ノード）によるデータの分散管理が可能で、分散管理をしつつ整合性を保つことができる。

ブロックチェーンによる分散システムは、履歴ベースのデータ構造と、複数のノードを協調させる仕組みにより、以下の特徴を実現する。

高い耐障害性

各ノードが相互に通信して動作し、一部のノードが

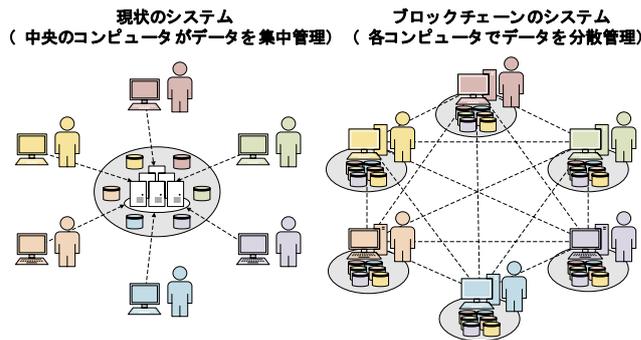


図3 現状のシステムとブロックチェーンを適用したシステム

故障してもシステムは停止しない。

高い透明性

データの変更履歴が必ず残る仕組みをもつため、特定のノードにデータや権限が偏らず、全体として中立性が高い。

高度な耐改ざん性

データの改ざんが困難な仕組みをもつ。

これらの特徴により、ブロックチェーンによる分散システムは、データの信頼性を担保しながら、データの共有が行える。

#### 3.2 アグリゲーションシステムへのブロックチェーン適用検討

アグリゲーションシステムへのブロックチェーン適用検討を行った。検討の結果、以下の項目を考慮すべきであることがわかった。

- ・契約に必要な情報を共有したうえで、実績値の集計処理を自動化する
- ・実績値は、共有範囲を限定する

今回は適用検討のため、アグリゲーションシステムとは分けて、ブロックチェーンを構築する。なおアグリゲーションシステムとブロックチェーンを併せたシステムを、検証システムとよぶ。

検証システムにおいて活用したブロックチェーン技術について以下に記す。

##### (1) スマートコントラクト

ブロックチェーンにおけるスマートコントラクトとは、ブロックチェーン上でプログラムを実行する仕組みである。

スマートコントラクトを検証システムに適用した場合、ブロックチェーンに参加するすべての事業者が契約内容を共有したうえで、自動実行することが可能となる。また、契約にともなう取引の履歴は残され、いずれの事業者とも透明性のある取引が行える。

(2) プライベートトランザクション

ブロックチェーンでは、ネットワークに参加するすべての事業者と取引処理（以下、トランザクション）を共有することで、データの透明性を高めている。しかし、ある事業者にはデータを共有したいが、ほかの事業者にはデータを共有したくない場合にデータの秘匿性が保てない。

このときに使用するのがプライベートトランザクションである。プライベートトランザクションとは、特定のグループ内でトランザクションを共有する仕組みである。スマートコントラクトの共有範囲を限定することで、データにアクセスできるユーザを制限できる。

プライベートトランザクションを検証システムに適用した場合、送配電事業者や AC・RA において管理下にある実績値のみを閲覧可能とし、データの秘匿性を保つことが可能となる。

4 検証システムの構築

検証システムの構成イメージを図 4 に示す。ブロックチェーン上には、各事業者のノードを配置する。

アグリゲーションシステムから、以下のデータをブロックチェーンに登録する。

- ・調整力を調達するための需要家情報（以下、DR 宣言）
- ・各需要家に設置されたスマートメータで計量した実績値

この二つのデータをブロックチェーンに登録することで、DR 宣言の内容に沿って自動的に実績値が AC・RA ごとに集計される。

このとき、ブロックチェーンに登録された実績値を BC 実績値、AC・RA ごとに集計された実績値を BC 集計値とする。また、アグリゲーションシステムで登録さ

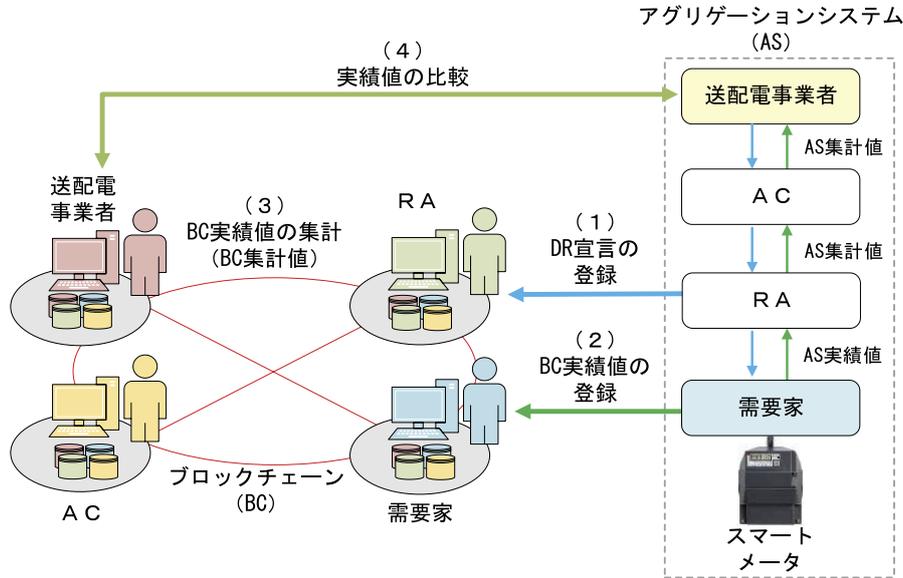


図 4 検証システムの構成イメージ

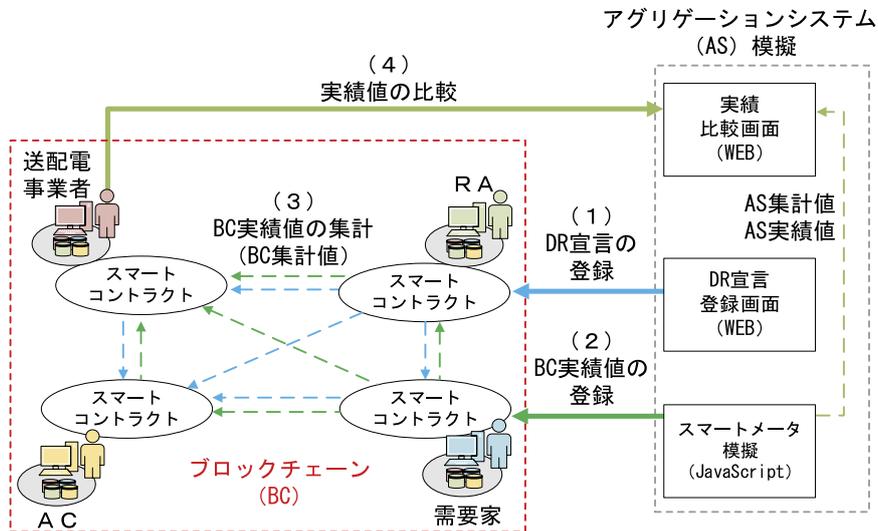


図 5 検証システムの構築

れた実績値を AS 実績値, AC・RA ごとに集計された実績値を AS 集計値とする。検証システムでは, それぞれの実績値を確認できる仕様とした。

今回は適用検討のため, 表 2 に示すアグリゲーションシステムの機能を模擬したうえで, 図 5 に示す検証システムの構築を行った。

表 2 アグリゲーションシステム機能の模擬

実績比較画面	送配電事業者が実績値を確認する WEB 画面
DR 宣言登録画面	DR 指令 (表 1 の (1)) を受け取った RA が, DR 宣言を登録する WEB 画面
スマートメータ模擬	需要家に設置されたスマートメータを模擬

※以下, アグリゲーションシステム模擬とする

また, DR 宣言の登録, BC 実績値の登録, BC 実績値の集計を定義したスマートコントラクトをブロックチェーン上に配置した。

検証システムのシーケンスは, 以下のとおりである。なお, 図 4, 図 5 中の (1)~(4) に対応している。

- (1) DR 宣言登録画面より, DR 宣言をブロックチェーンに登録する。
- (2) スマートメータ模擬機能により, BC 実績値をブロックチェーンに登録する。
- (3) (1) の DR 宣言に沿って, スマートコントラクトが BC 実績値を AC・RA ごとに集計する。
- (4) 実績比較画面に, ブロックチェーンに登録された BC 実績値と BC 集計値, アグリゲーションシステム模擬より登録された AS 実績値と AS 集計値を表示する。

DR 宣言や BC 実績値, BC 集計値は, 3.1 節で述べたブロックチェーンの特徴により, ブロックチェーン上に公開される。またデータの共有範囲は, プライベートトランザクションで定められた範囲に限定される。

## 5 検証システムの評価結果

検証システムについて評価を行った。スマートコントラクト機能により, 各事業者は契約内容を把握したうえで取引が自動実行され, データが共有されることを確認した。また, プライベートトランザクション機能により, BC 実績値の共有範囲を定め, データの秘匿性を保てることを確認した。

実績比較画面の一例を図 6 に示す。実績比較画面では, ブロックチェーンに登録された BC 実績値と BC 集計値, およびアグリゲーションシステム模擬で登録された AS 実績値と AS 集計値, すべての結果を表示する。

この結果が WEB 画面で可視化され, 値が一致することを確認した。

名称	指令ID	日時	時刻	BC集計値	AS集計値
AC (1)	1	2021/01/14	00:00	4kWh	4kWh
AC (1)	1	2021/01/14	00:01	3kWh	3kWh
AC (1)	1	2021/01/14	00:02	5kWh	5kWh
AC (1)	1	2021/01/14	00:03	10kWh	10kWh
AC (1)	1	2021/01/14	00:04	2kWh	2kWh

図 6 実績比較画面

また, プライベートトランザクション機能を適用し, 図 7 に示すとおり共有範囲をグループ分けした送配電事業者・AC・RA が, 管理下にある需要家の BC 実績値のみ閲覧でき, かつ管理下でない需要家の BC 実績値を見られないことを確認した。

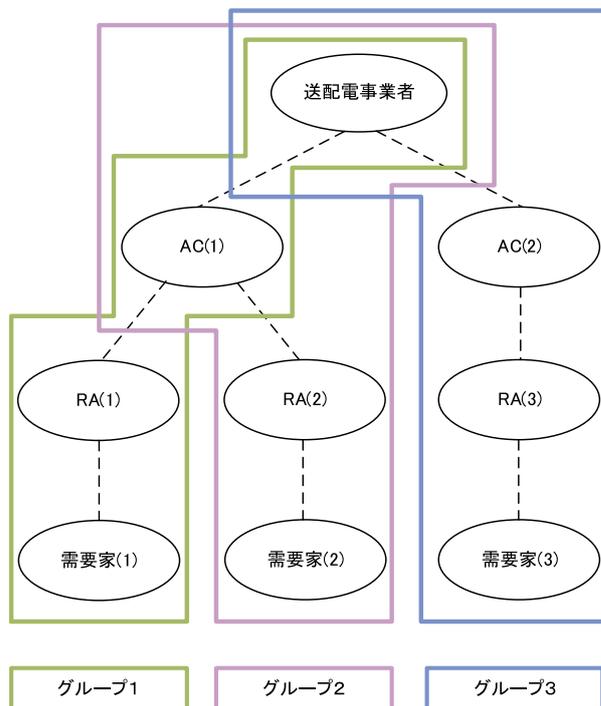


図 7 プライベートトランザクションの共有範囲

送配電事業者はすべてのグループに所属するため, 需要家 (1)~(3) すべての BC 実績値が閲覧可能となる。AC (1) はグループ 1 と 2 に所属するため, 需要家 (1) と需要家 (2) の BC 実績値が閲覧可能となる。RA (1) はグループ 1 に所属しているため, 需要家 (1) の BC 実績値が閲覧可能になることをそれぞれ確認した。

## 6 おわりに

需給調整市場でのアプリケーションシステムを一例に、ブロックチェーン技術の適用検討を行った。アプリケーションシステムにおける事業者間の取引について、信頼性を担保しながら情報の共有ができることを確認した。

今後は、電力取引へのブロックチェーン適用検討に留まらず、世の中の課題解決のためにブロックチェーンが活用できるか模索していく所存である。

### ■参考文献

(1) 電力システムに関する改革方針  
(平成 25 年 4 月 2 日閣議決定)  
[https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11445532/www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/electric/system\\_reform002/pdf/20130515-2-2.pdf](https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11445532/www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/system_reform002/pdf/20130515-2-2.pdf)

(2) 細谷雅樹, 中山匡, 田中晃司:「2019 年度 VPP 実証への取り組み (DR ShifTer の改良)」、東光技報, Vol.7, pp.10-14 (2020)

### ■語句説明

注 1) AC : Aggregation Coordinator の略称。アグリ

ゲーションコーディネーター。RA が制御した電力量を束ね、送配電事業者などと直接電力取引を行う事業者

注 2) RA : Resource Aggregator の略称。リソースアグリゲーター。需要家とサービス契約を直接締結してリソース制御を行う事業者

注 3) DR : Demand Response の略称。ディマンドレスポンス。需要家が有するエネルギーリソースを束ね、制御することで電力の需要パターンを変化させること

---

### 岡井 由香利

技術開発本部  
技術研究所 ICT 技術グループ 所属

### 高田 晃平

技術開発本部  
技術研究所 ICT 技術グループ 所属

### 細谷 雅樹

技術開発本部  
技術研究所 ICT 技術グループ 所属

### 中山 匡

技術開発本部  
技術研究所 ICT 技術グループ 所属