

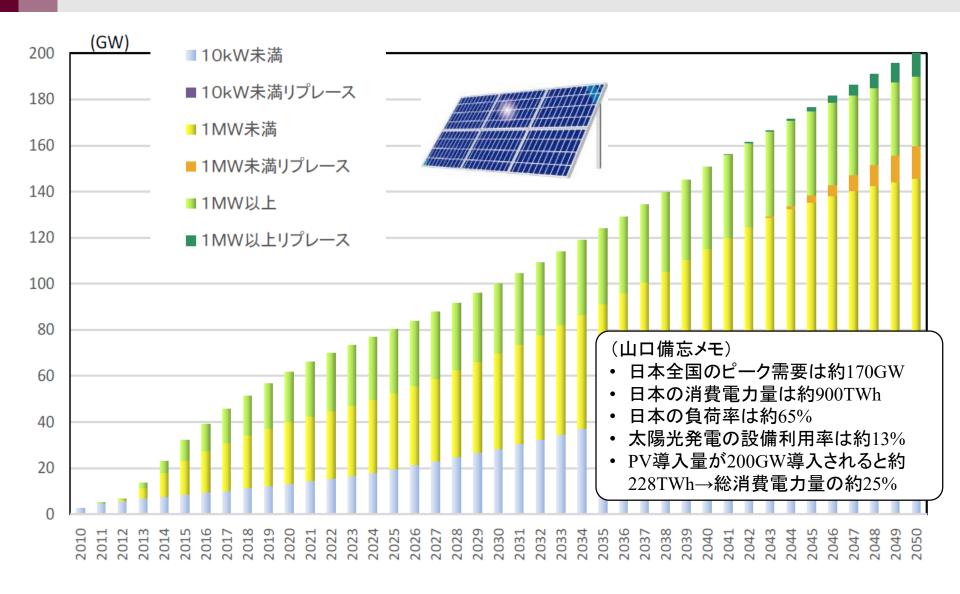


分散型PV余剰電力取引システムにおける 配電系統混雑管理 ~ブロックチェーンの使い方の一検討~

京大再工ネ講座 部門A 第3回研究会 2019年10月28日

東京理科大学 工学部電気工学科 准教授 山口 順之(やまぐち のぶゆき)

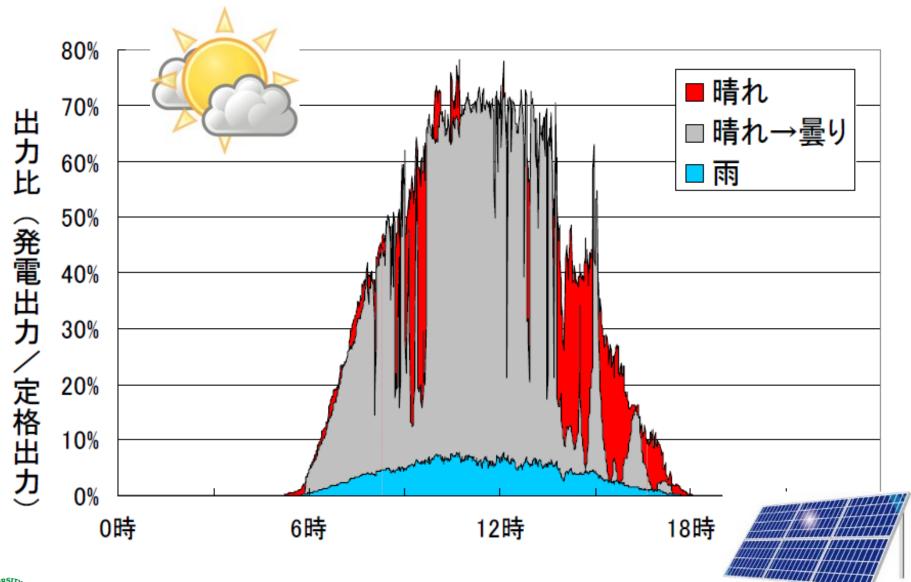
太陽光発電の導入量見通しの例





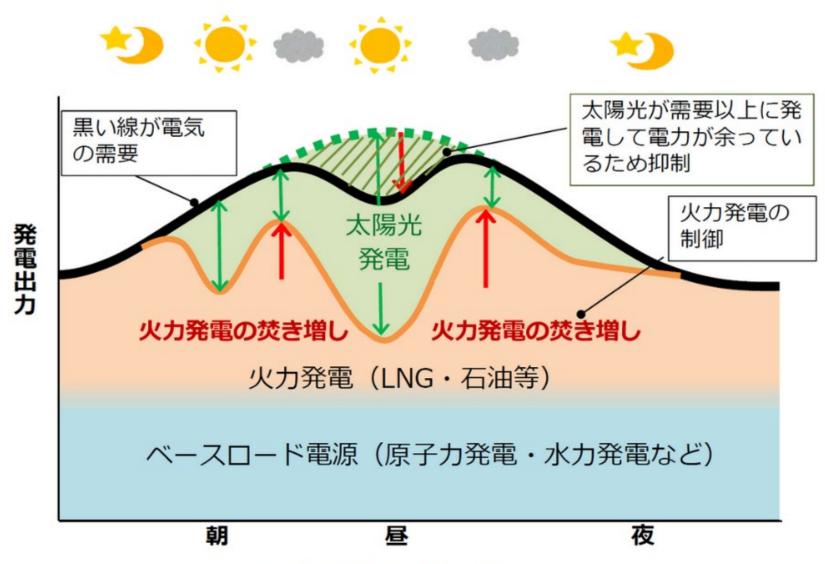
出所) JPEA PV OUTLOOK 太陽光発電2050年の黎明

太陽光発電の出力の例





太陽光発電の課題:広域編



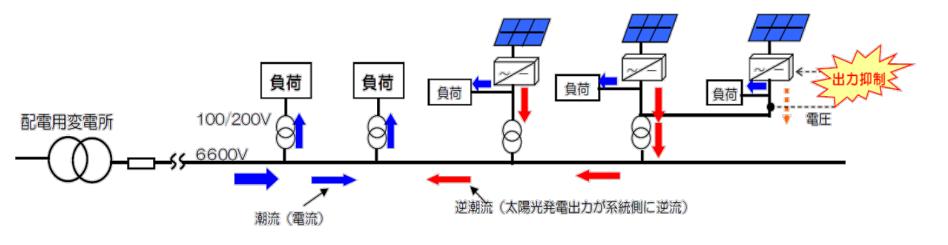


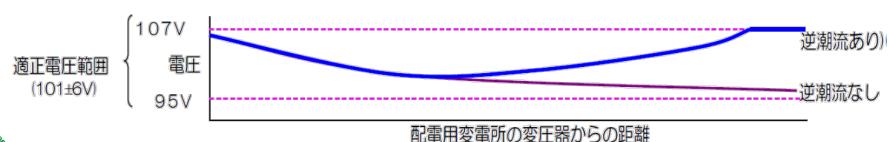
出所) 経済産業省

電力需給のイメージ

太陽光発電の課題:ローカル編

- 電圧は一定の範囲で維持しなければならない。
- ・送電端(送り側)から受電端(受け側)へ電力が流れることを前提に設計・運用・制御
- 逆向きに流れても電圧が一定範囲に収まるか

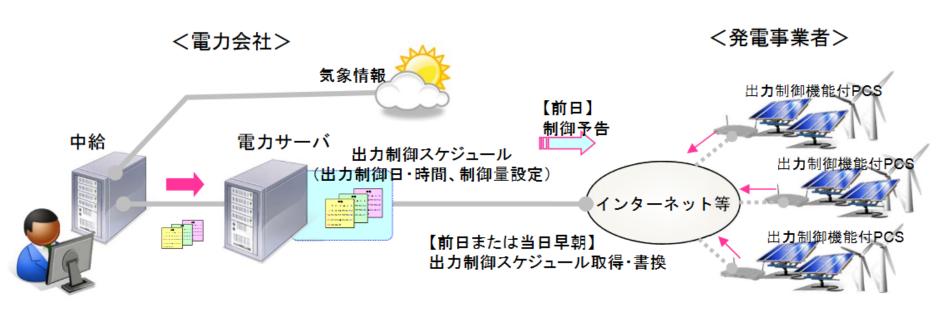






太陽発電問題の解決方針

- 太陽光発電が余るときには太陽光発電を止める
 - ・ 余っていても火力発電所は運転している→もったいない



追加的に電気を使ってくれる人(電気設備)を探す →これだ!



どうやって実現する?

- ・電気を「追加的に」使ってもらう
 - ・従来の電力設備を賢く使う
 - 空調,ユーティリティ (換気,上下水処理など)





- ・将来の電力設備を賢く使う
 - EV, 蓄電池
- ・電気を安く売る



- 売り手と買い手を「マッチング」させる
- ・電気設備を「自動制御」する
- 精算をする
 - → 自動で動く電力取引システムを作ろう!



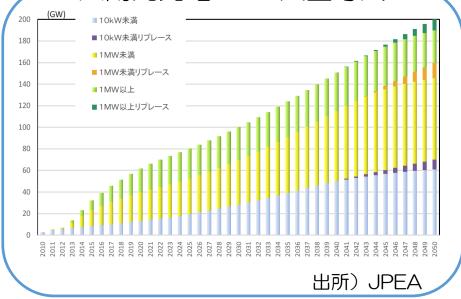


太陽光発電 「余剰電力」取引システムの 提案

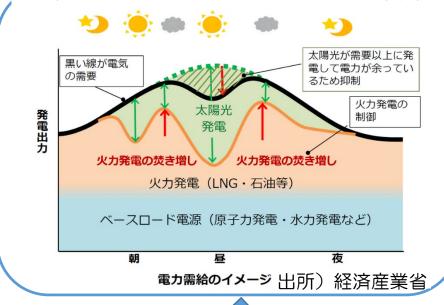


背景と目的

太陽光発電PVの大量導入



余剰電力の発生によるPV出力抑制





太陽光発電PV出力制御システムの構築が進められている



PVの更なる有効活用

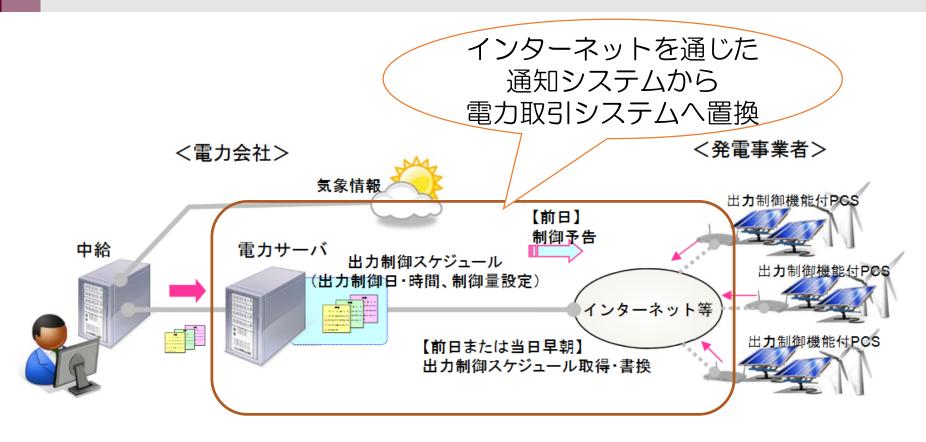
電力需要をシフトさせPV出力制御を回避させる

目的:電力取引を可能とするシステムの構築

仮想通貨の基盤技術である<u>ブロックチェーンと</u> スマートコントラクトを活用



出力制御システムの置換箇所



- 1. 電気会社が発電事業者へ出力制御を前日までに予告
- 2. 当日の需給想定に基づいて出力制御スケジュールをサーバ上にアップロード
- 3. PCSがサーバ上の出力制御スケジュールを元に出力を調整

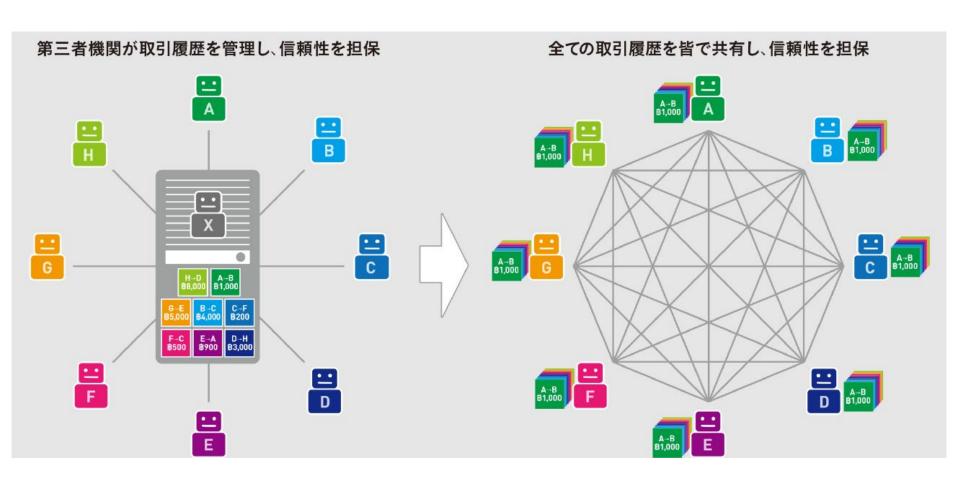


ブロックチェーン

- 分散型台帳技術
 - Distributed Ledger Technology (DLT)
- 台帳(大辞泉)
 - 1) 商店で売買の金額などを記載しておく帳簿。大福帳。
 - 2) ある物事の基礎的な事実を記載しておく帳簿。
 - ・3) 歌舞伎の上演用脚本。…(略)
- 利点
 - ・改ざんが極めて困難
 - 実質ゼロ・ダウンタイムなシステム
 - (安価に構築可能とする人もいるが、それは不明)



第三者機関が不在の分散システム



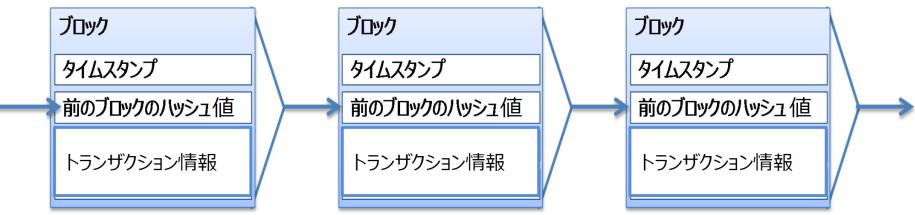
出所) METI 2016, 経産省 商務情報政策局 情報経済課:「平成27年度我が国経済社会の情報化・サービス化に係る基盤整備(ブロックチェーン技術を利用したサービスに関する国内外動向調査)」, 平成28年4月28日



ブロックチェーン技術

- ビットコインを実現させるために生まれた技術であり、いくつかの暗号技術がベース
- P2Pネットワークを利用してブロックチェーンデータを共有し、中央管理者を必要と せずにシステムを維持することを実現

ブロックチェーン概念図



- ・トランザクション情報の集合等を含んだブロックがチェーン状に連なっているもの
- ・ネットワーク上の複数ノードが、新しいブロックを相互に承認し、チェーンに足していく

トランザクション情報

ビットコインでは、アドレスAから アドレスBへ5BTC移動等の取引情報



スマートコントラクト概論



スマートコントラクト

プログラミングできる契約

例:自動販売機

- ・購入したいジュースのお金を投入
- 購入したいジュースのボタンを押す

2つの条件(契約)が合致すると、自動 的に自動販売機からジュースが出力





スマートコントラクト:メリット

- 契約内容を改ざんできない
- ・ 契約に基づき資産や権利の移譲を自動執行できる
- ・ 契約違反時の罰則を自動執行できる
- 仲介者が不要となるため、詐欺や二重売買などの 仲介トラブルが減る
- ・契約手数料を削減できる
- 誰でも契約内容や権利移譲を検閲できる



Ethereumの概要

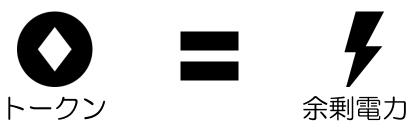
- ブロックチェーン・ネットワークの一つ
 - Bitcoin, Hyper Ledgerなどと並ぶ
- ・暗号通貨 Etherの他、新たなトークンやスマート コントラクトを作成し実行することができる
 - Ethereum Virtual Machine (EVM)
- 合意形成(コンセンサスアルゴリズム)がBitcoinと異なる
- Transactionデータだけでなく、口座情報などを もつ「State」という共通データベースを持つ (これもBitcoinと異なる点)

Multiplier	Name
10^{0}	Wei
10^{12}	Szabo
10^{15}	Finney
10^{18}	Ether



余剰電力取引システムの概要

トークンを余剰電力としてブロックチェーン上で取引



(例)

- 1時間前に20%の出力制御命令がでたら、PV容量の20% 分のトークンが付与される
- 1時間後までにトークンの消費先を決めれなければ出力制御

トークン取引市場をスマートコントラクトで作成

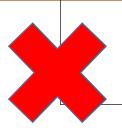


→ 近隣の需要家との電力取引ができる。



出力制御が必要となる状況の例





変電所

需給バランスを保てないので 系統側に電力を流さないでほしい



出力抑制

PV発電事業者





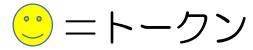




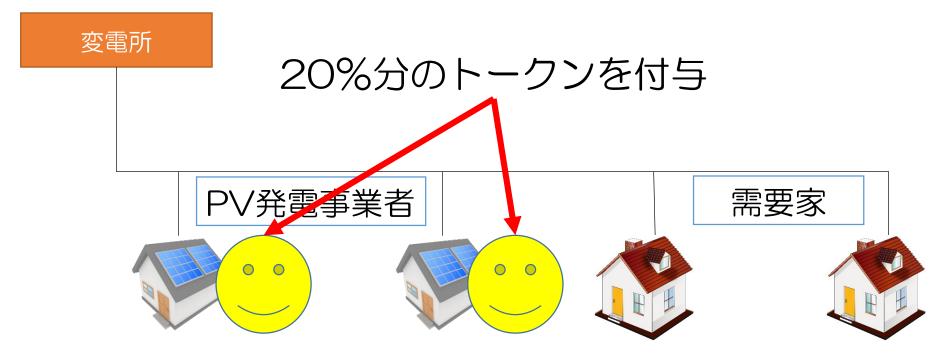


出力制御回避方法:トークン配分

1時間後に20%出力制御



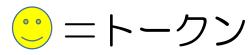
※制御される余剰電力量に相当するポイント





出力制御回避方法:市場開場

1時間後に20%出力制御



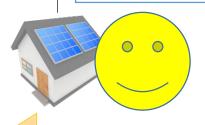
※制御される余剰電力量に相当するポイント

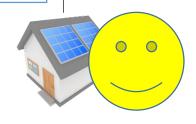
変電所

20%分のトークンを付与

PV発電事業者











1時間後の 余剰電力 売電します スマートコントラクト市場にて約定

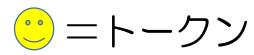
トークンを介して1時間後の電力取引

余剰電力、買電します



出力制御回避方法:約定処理

1時間後に20%出力制御



※制御される余剰電力量に相当するポイント

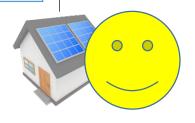
変電所

20%分のトークンを付与

PV発電事業者











取引成立

スマートコントラクト市場にて約定

取引成立

トークンを介して1時間後の電力取引



出力制御回避方法:電力受渡し

出力制御期間

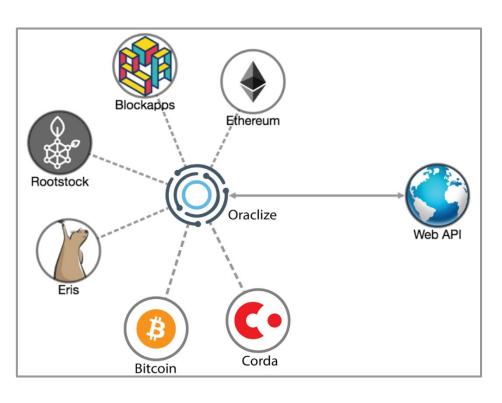


※制御される余剰電力量に相当するポイント





オラクルの導入



従来手法

最適潮流計算・約定処理に 多額の手数料がかかった

外部取得した情報は真正性が無かった



オラクル

BC<mark>外部から</mark>現実世界に関するデータを、 BC内部に提供するサービス

安価で真正性のある情報を外部取得可能に



構成要素



- ➤ Smart Contractの実装
- トークンの取引
- ▶ 仮想通貨を使用した決済システム

▶ 余剰電力取引システムの開発/管理

> 取引の妥当性の担保





- **ノーダルプライス**の算出 (配電系統制約の考慮)

- **約定処理**(板寄せ方式)



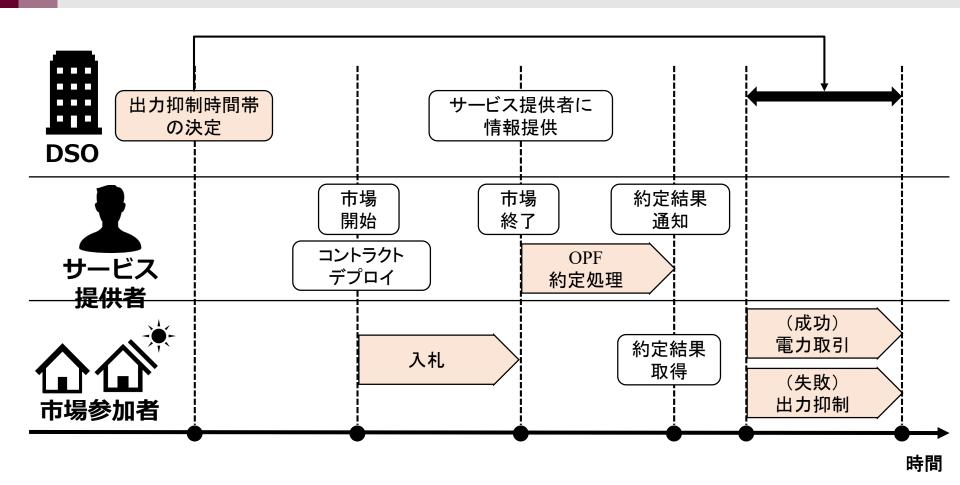
- > 追加需要の創出(買い手)
- ➤ 余剰電力の生成(売り手)



- 配電系統情報の提供(潮流計算に必要)
- 調整力の提供(同時同量のため)



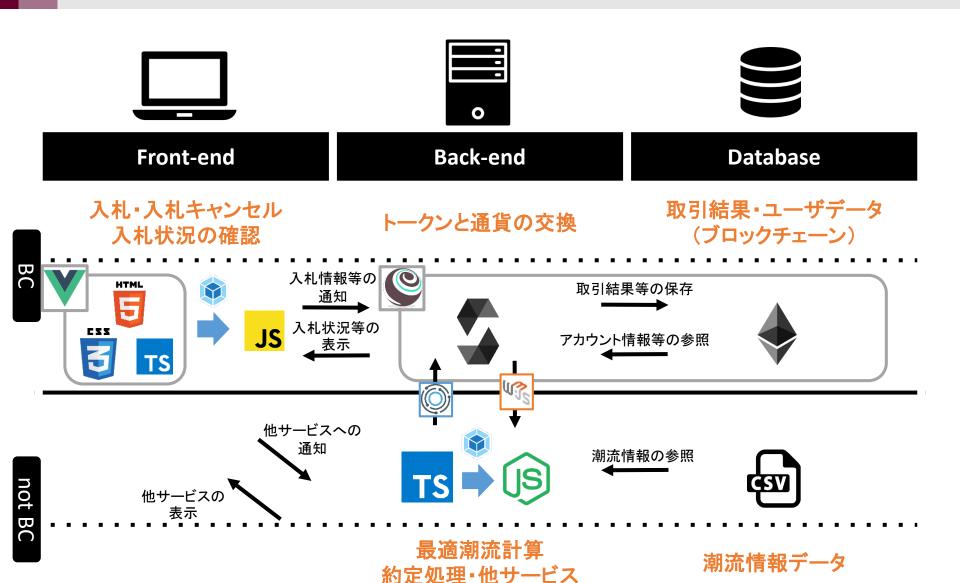
取引の流れ



出力制御時間帯の決定ト入札トOPF・約定処理ト電力取引・出力抑制

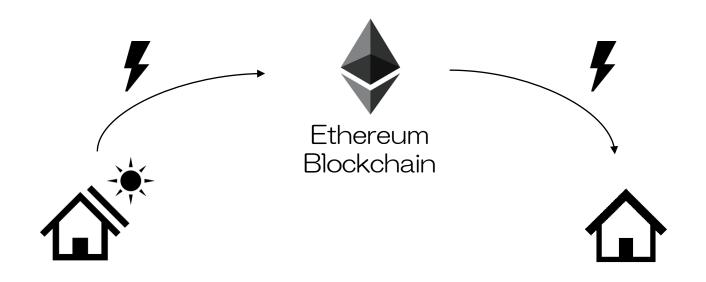


アプリケーションモデル





まとめ:Blockchainによる取引市場の構築



- ✓ 適正コストで運営されていても、証明が困難
- ✓ 大量の小口取引の処理が必要
- ✓ 供給側から需要側の管理が困難・高コスト
- ✓ 送電制約の考慮が必要
- 最適潮流計算に多大な手数料 BC外部化が必要
- ブロックチェーンは外部情報の取得ができない

ブロックチェーン

スマートコントラクト

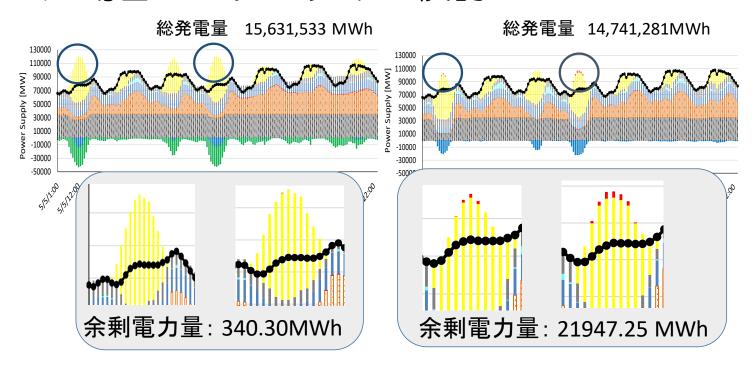
重み付き価格

オラクル



展望(課題)

- ・ 需給予測が外れた場合の補填の検討
- BCとスマートメータなどの外部デバイスとの連携 手法の検討
- 電力取引後の電力消費・出力抑制を適切に行えなかった場合のペナルティの検討





→余剰電力を活用することが出来ている