

# VPP における確実・高効率かつ公平な 電力マネジメント制御手法の開発 —アニーリングによる VPP スケジュール最適化—

## 1. 背景

2050 年のカーボンニュートラル実現に向けては、太陽光・風力・地熱・中小水力・バイオマスといった再生可能エネルギーを最大限導入することが期待される。一方、再生可能エネルギーは天候や季節、時間帯によって電力の供給量が不安定になるという懸念がある。ゆえに、再生可能エネルギーを導入するためには需給バランス能力を補う手法が不可欠である。需給バランス能力を補う手法としてディマンドレスポンス (DR) という手法がある。DR には需要家に電力使用の抑制を要求する「下げ DR」や需要家に電力使用を推進する「上げ DR」、余剰電力を蓄電池で貯めておき、供給電力量不足時に蓄電池より電力を供給する「逆潮流」の 3 種類がある。上記 3 種類を使い分けることで電力マネジメントを行う事業者をアグリゲータと呼ぶ。また、アグリゲータによる需給バランスは、あたかも発電所のような役割を振舞うことからヴァーチャル・パワー・プラント (VPP) と呼ばれている。VPP においては、需要家と呼ばれる電力リソースに対し、アグリゲータが司令塔となり、電力の供給や節電に参加してくれる需要家を決まった時間に決まった量だけ束ねることで需給バランスを行う (図 1 参照)。これはテトリスというゲームに例えることができる。テトリスは様々な形のブロックを隙間なく積み上げていくゲームであるが、このブロックの横方向の長さを時間、縦方向の長さを電力量と考えればよい (図 2 参照)。テトリスは 4 行以上、あるいは 8 列以上の枠に対し、使用するブロックが指定された場合にそのゲームをクリアできるか否かを判定する問題は NP-Hard に分類されることが知られている。ゆえに、ブロックの数や種類が増えてくると隙間なく積み上げる組み合わせを瞬時に求めることは困難になると考えられる。一方、VPP は束ねる需要家の数が大きいほど、需給バランス能力の向上が期待される。現状我が国における VPP は、いまだ実証段階であり、本格的に普及するのは 2030~40 年頃だと想定されている。現状は需要家も少数であり、かつ、ある程度まとまった時間 VPP に参加できる需要家に限定されている。一方、普及期においては、一つの街が対象となり、参加する需要家数は数千~数万となり、まとまった時間を確保できない需要家の参加も想定される。ゆえに、VPP 普及期を見据えると、需要家の日常生活も考慮しつつ、効率的に多くの需要家を束ねるという複雑な最適化問題を扱うことになる想定される。加えて、より多くの需要家に参加してもらうという観点では、需要家が参加しやすい、あるいは参加したくなるような仕組みづくりも重要である。

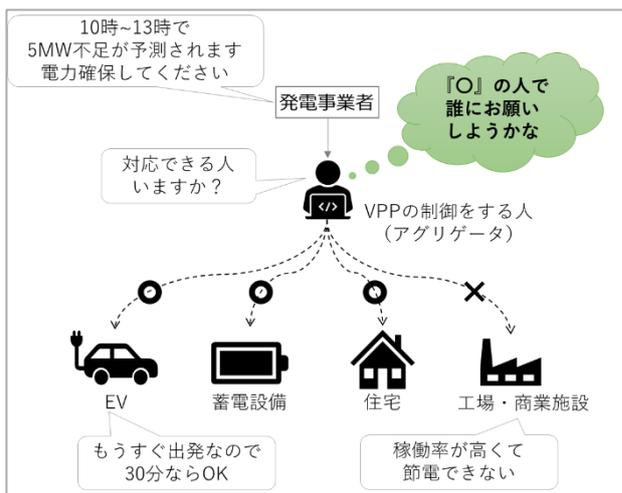


図1 VPP 制御



図2 テトリスとのアナロジー

## 2. 目的

本プロジェクト実施の目的は、「VPP の需給バランス能力を最大化しつつ、多くの需要家が参加できるようにするためには、膨大な組み合わせの中からどのように需要家を選択すべきか」という問題をアニーリングで求解する制御システムを開発することである。

## 3. ソフトウェア開発内容

①VPP の需給バランス能力最大化と②多くの需要家が参加できる・参加したくなるVPP の実現という2点の課題を解決するべく、アニーリングにより、需要家の選択・スケジューリングを行う VPP 制御システムを開発した。本ソフトウェアは、発電事業者からの指令、需要家からの応答に基づき、アニーリングにより VPP スケジューリングを行い、スケジュールを需要家へ通知する VPP 制御システムである(図3参照)。



図3 開発したプロダクトの概念図

本ソフトウェアの機能は大きく4つある。1点目が発電事業者からの指令、需要家からの応答に基づき、アニーリングにより指令値とあうように（＝同時同量と呼ばれる）、VPP スケジューリングを行い、スケジュールを需要家へ通知する「同時同量・スケジューリング機能」である（図4参照）。2点目が電力系統にも優しいスケジューリングにするため、需要家の割り当てが細切れとなるようなスケジューリングは避け、ある程度まとまった時間割り当てるようにする「コマ切れ出力抑制機能」である（図5参照）。3点目は、多くの需要家が継続的にVPPに参加してくれるよう、需要家に対して効果的にインセンティブを与えるため、需要家の割り当て当選機会を公平にする「当選機会均等化機能」である。4点目は、需要家の応答状況を間隔で一定監視し、需要家の総応答量の合計値が、発電事業者からの指令値と比較し、一定値以上の不足が見られた場合に、乖離量を補填できるよう、再度スケジューリングを行う「再スケジューリング機能」である（図6参照）。これらの4つの機能を組み合わせることで、確実かつ効率的かつ公平なVPP制御を行う。

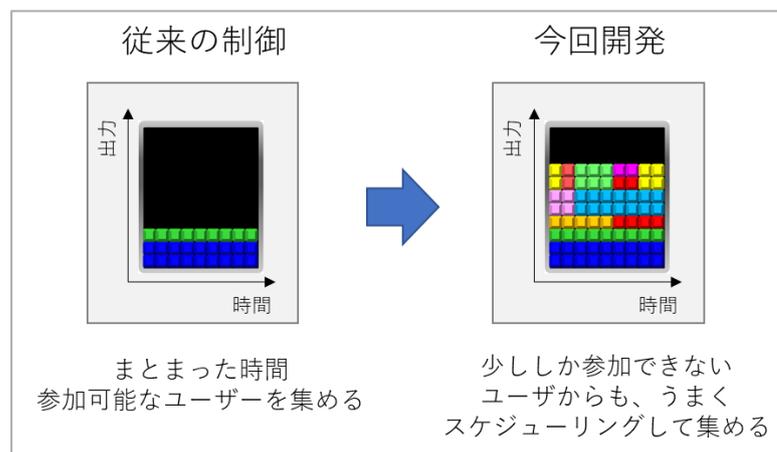


図4 スケジューリング機能イメージ

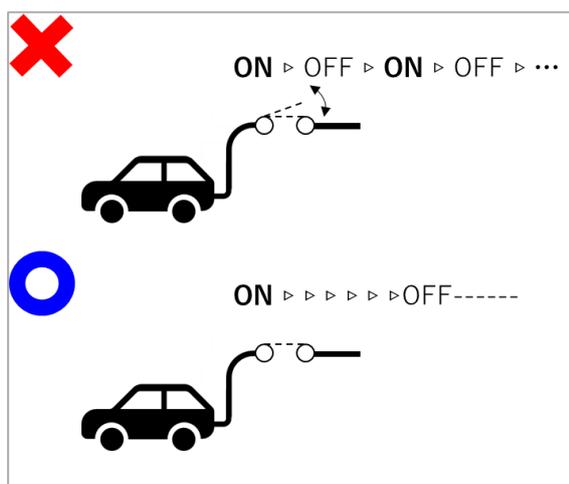


図5 コマ切れ出力抑制機能イメージ

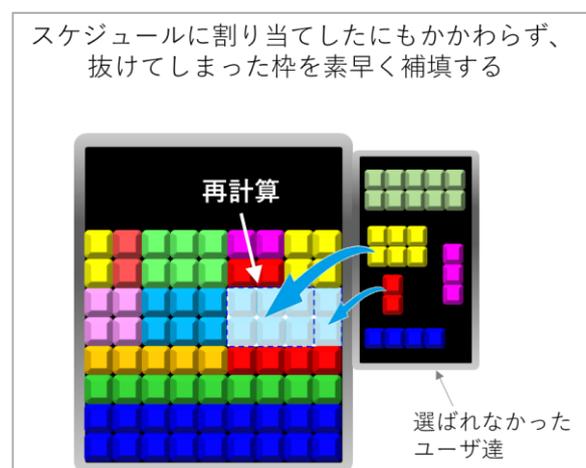


図6 再スケジューリング機能

#### 4. 新規性・優位性

カーボンニュートラルに向けた新たな取り組みとして、VPP 制御という古典的手法では求解が困難な複雑かつ大規模かつ高速に解くべき計算課題をアニーリングで求解した。VPP 制御にアニーリングを適用した事例は過去にない。ゆえに、本ソフトウェアは新規かつ過去の制御と比較し優位なものである。

#### 5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

- ・ 想定するユーザー  
アグリゲータ

- ・ ユーザーが享受する価値

以下 4 点による収益増、および事業者としての信頼性向上

1. スケジューリング機能により集めることができる電力増が最大 2.5 倍に増加
2. 細切れ出力抑制機能により、集める電力の品質も向上
3. 当選機会均等化機能により、需要家収益性を確保
4. 再スケジューリング機能により、要求値からの乖離する不確実性に対応

#### 6. 氏名（所属）

志水 聖 （株式会社デンソー）  
藤田 祐樹（株式会社デンソー）