

2017/10/31

Panasonic

モデル予測制御を用いた 蓄電池エネルギーマネジメント制御開発

パナソニック株式会社

オートモーティブ&インダストリアルシステムズ社

技術本部 エネルギーソリューション開発センター

統合システム開発部 開発1課

加納 潤一

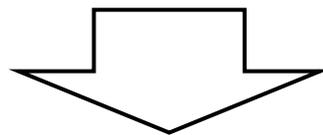
1. 会社紹介
2. エネルギーマネジメント制御の開発背景, 課題
3. モデル予測制御を用いたエネルギーマネジメント制御
4. MATLAB[®]/Simulink[®]を活用した開発
5. まとめ

- 1. 会社紹介**
2. エネルギーマネジメント制御の開発背景, 課題
3. モデル予測制御を用いたエネルギーマネジメント制御
4. MATLAB[®]/Simulink[®]を活用した開発
- 5. まとめ**

「より良い暮らし」と「持続可能な地球環境」の両立に向け、
クリーンなエネルギーでより良く快適にさせる社会を目指し、

**パナソニックは使うエネルギーの削減と、
それを超えるエネルギーの創出・活用を進めます**

- エコでスマートな生活空間の提供
- エコでスマートな移動・輸送への貢献
- 資源の有効活用の促進
- CO2ゼロの工場づくり



再生可能エネルギーの導入拡大

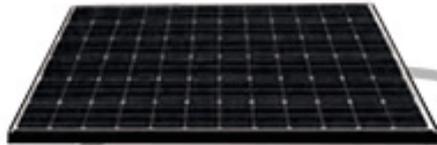
【出展】パナソニック株式会社.パナソニック環境ビジョン2050. 2017

<<http://news.panasonic.com/jp/press/data/2017/06/jn170605-1/jn170605-1.html>>

- パナソニックの保有する技術，エネルギーを創る，貯める，測る技術を最大限に活用すべくエネルギーを操る方法
= エネルギーマネジメント制御開発

【創る】

高効率な
太陽電池モジュール



【貯める】蓄電池



【操る】創蓄連携可能な
パワコン

【測る】

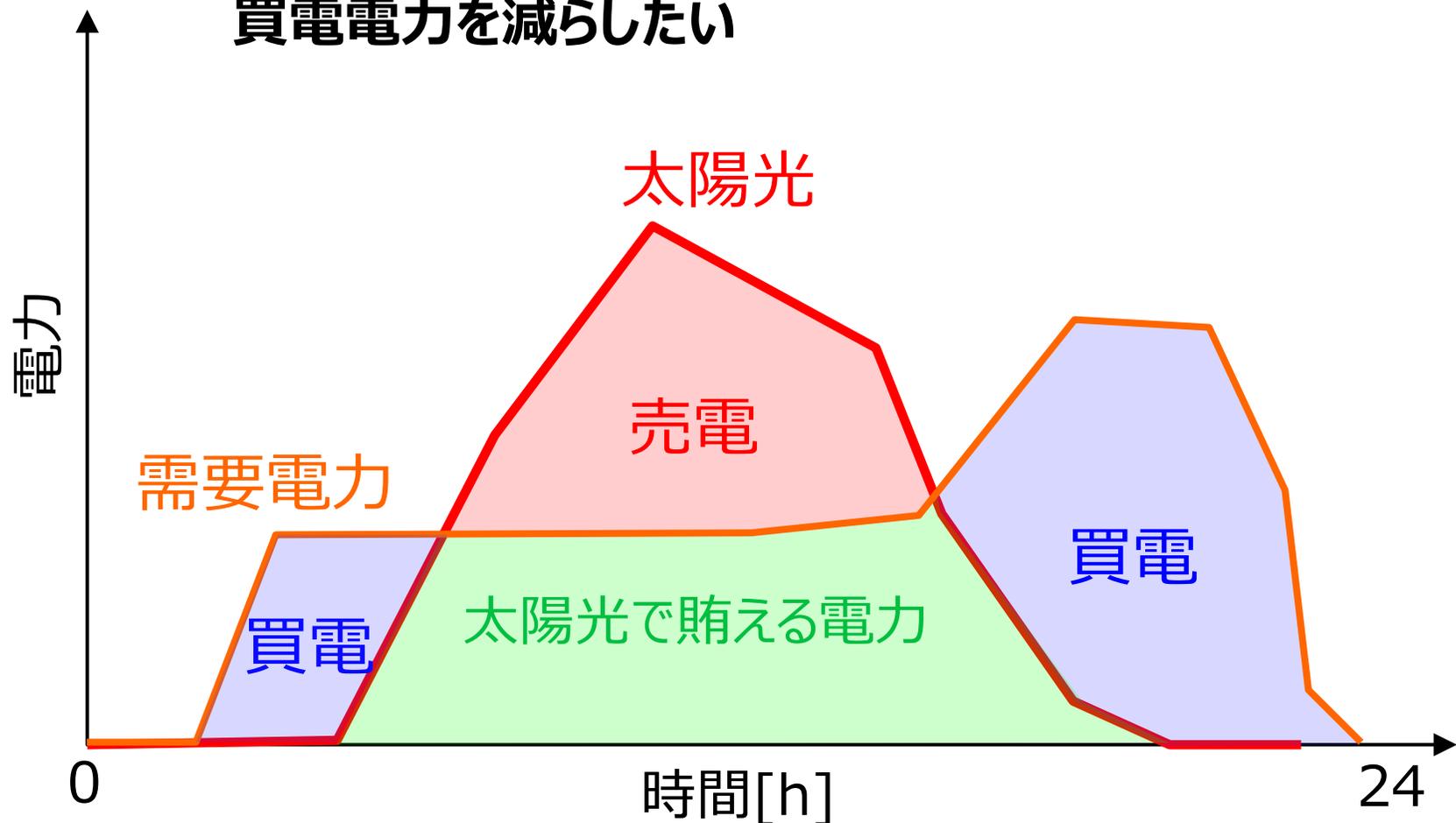
エネルギー見える化ツール



1. 会社紹介
2. エネルギーマネジメント制御の開発背景
3. モデル予測制御を用いたエネルギーマネジメント制御
4. MATLAB[®]/Simulink[®]を活用した開発
5. まとめ

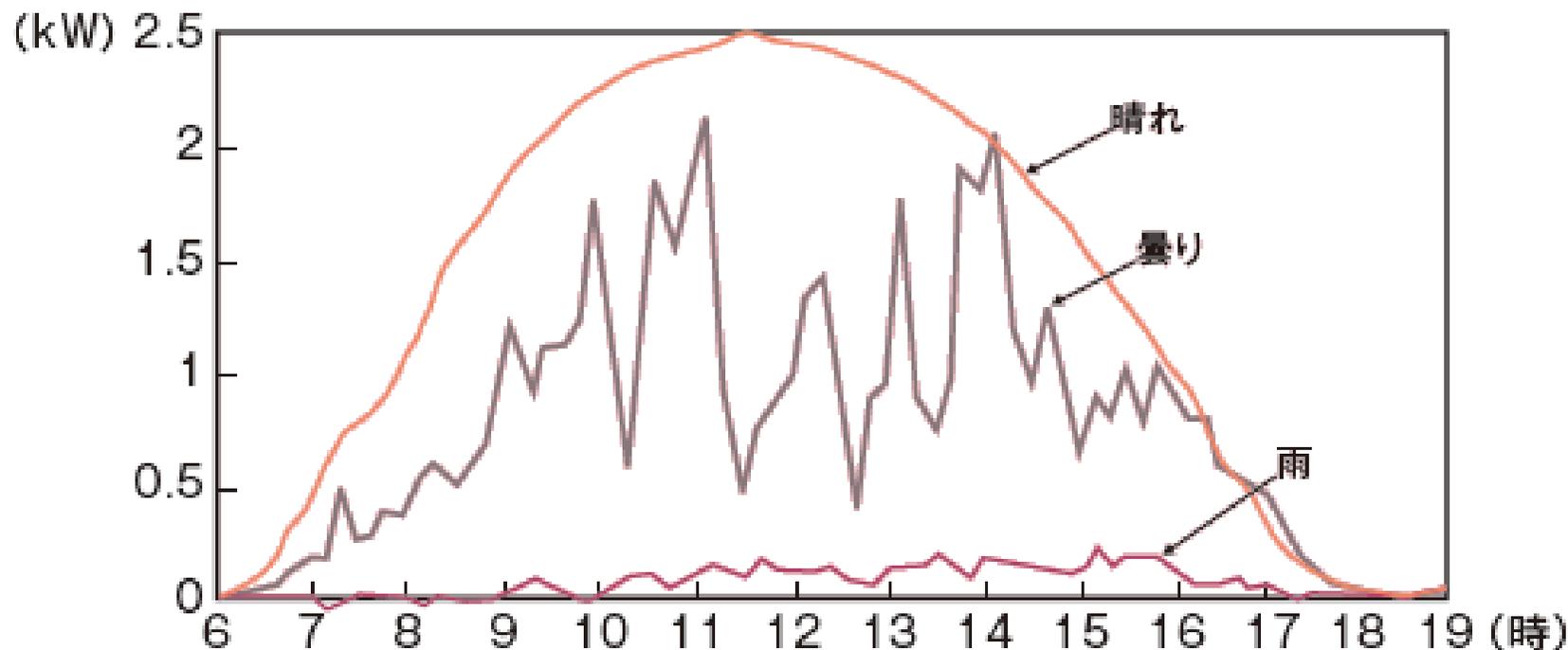
再生可能エネルギー導入の課題：FITの終了

- 固定価格買取制度（FIT）が2019年に終了
 - 再生可能エネルギーの売電価格 < 買電価格
 - 再生可能エネルギーの余剰電力を売らずに自己消費し、買電電力を減らしたい



再生可能エネルギー導入の課題：急峻な変動

- 日時や天候による再生可能エネルギーの急峻な変動
 - 電力需給バランスが崩れ，送配電系統の不安定化
 - 再生可能エネルギーの導入量を増やすべく，電力変動を吸収し系統の不安定化を避けたい



容量3.2kW、北緯34.4°、東経132.4°、方位角0°(真南)、傾斜角30°の場合

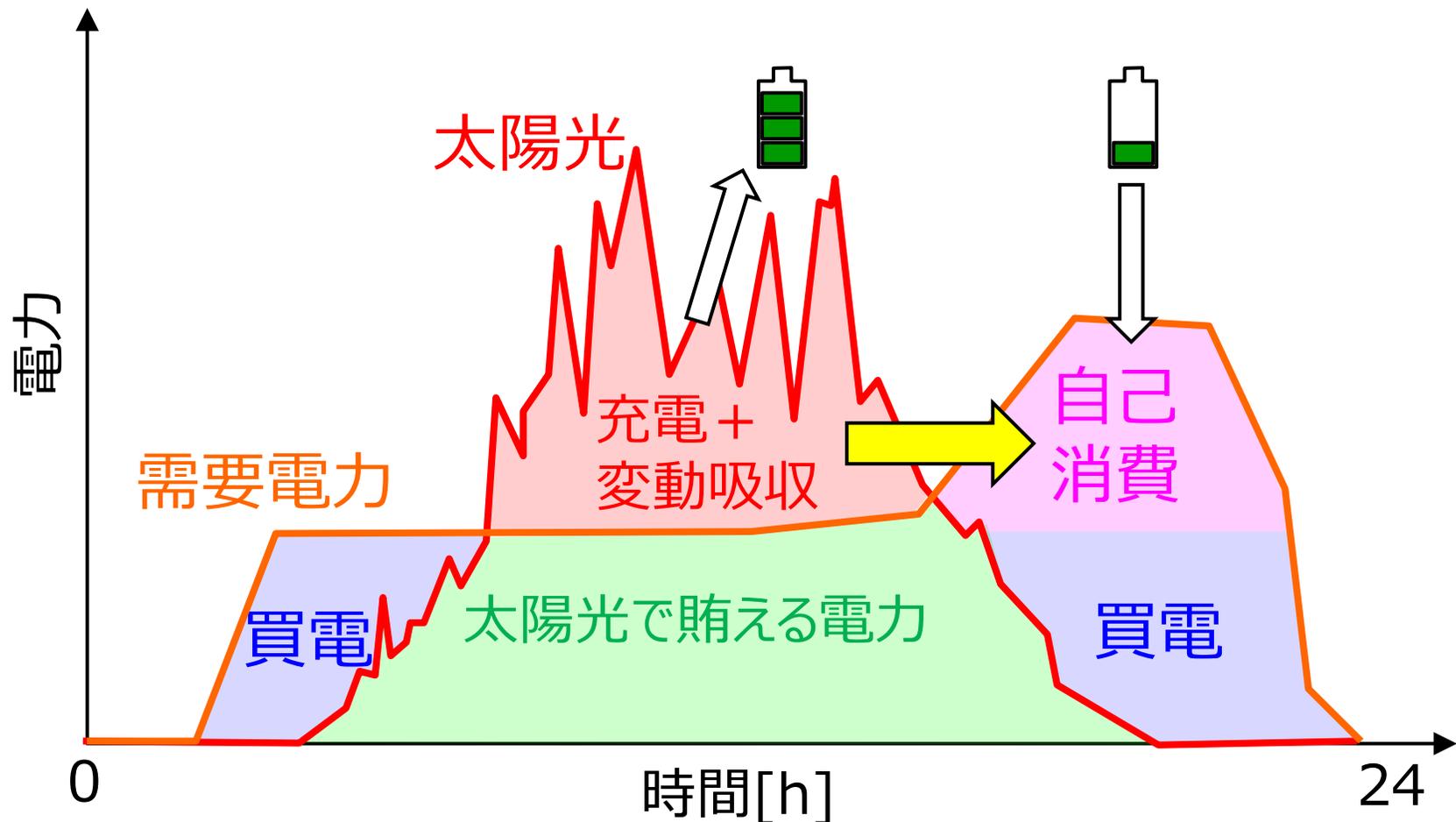
【出展】日本原子力文化財団.原子力・エネルギー図面集. 2016

<http://www.ene100.jp/map_3>

エネルギーマネジメント制御

■ 蓄電池の充放電を制御し，再生可能エネルギーを

- 貯めて，自己消費にまわす
- 変動を吸収する



1. 会社紹介
2. エネルギーマネジメント制御の開発背景, 課題
- 3. モデル予測制御を用いたエネルギーマネジメント制御**
4. MATLAB[®]/Simulink[®]を活用した開発
5. まとめ

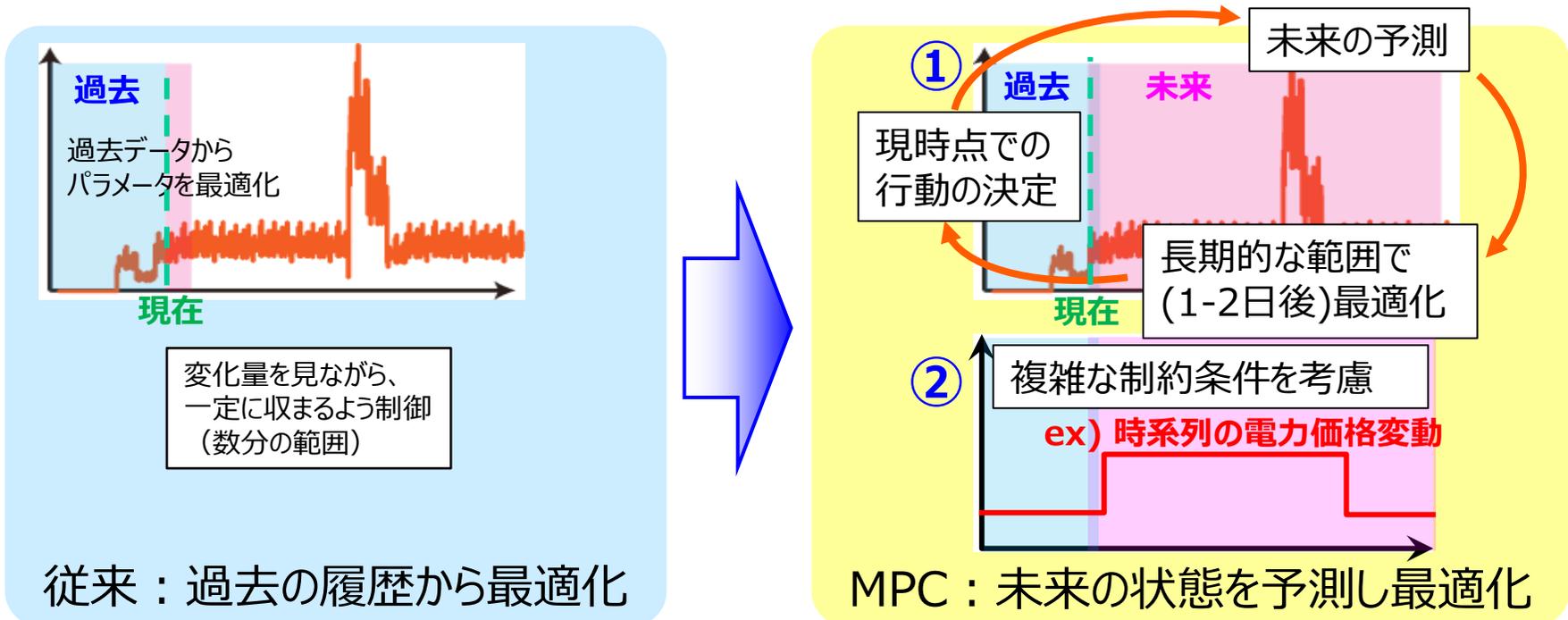
モデル予測制御 (MPC : Model Predictive Control)

■ 予測される未来変化も含めて

最適 (= 系統電力使用量の最小化) になるよう

設備 (= 蓄電池) を**コントロール**する技術

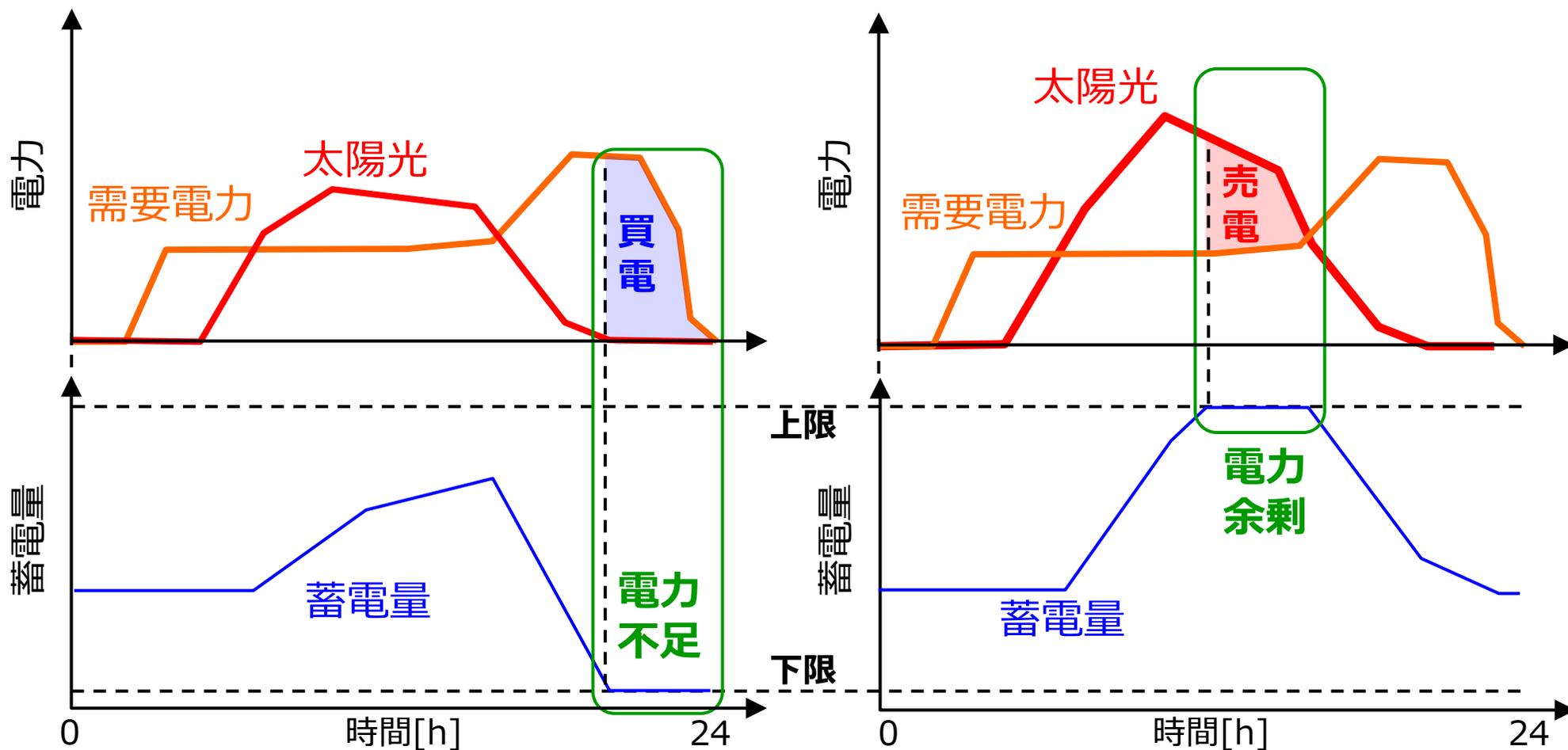
- ① 最適制御を時々刻々更新 (従来: 制御設計値は事前に最適化)
⇒システム自体が時間的に変化しても, 自律的に最適化
- ② 制約条件を考慮した制御可能
⇒複雑な条件下 (電力価格変動/電池寿命etc.) での最適化が可能



MPCがない場合の課題例

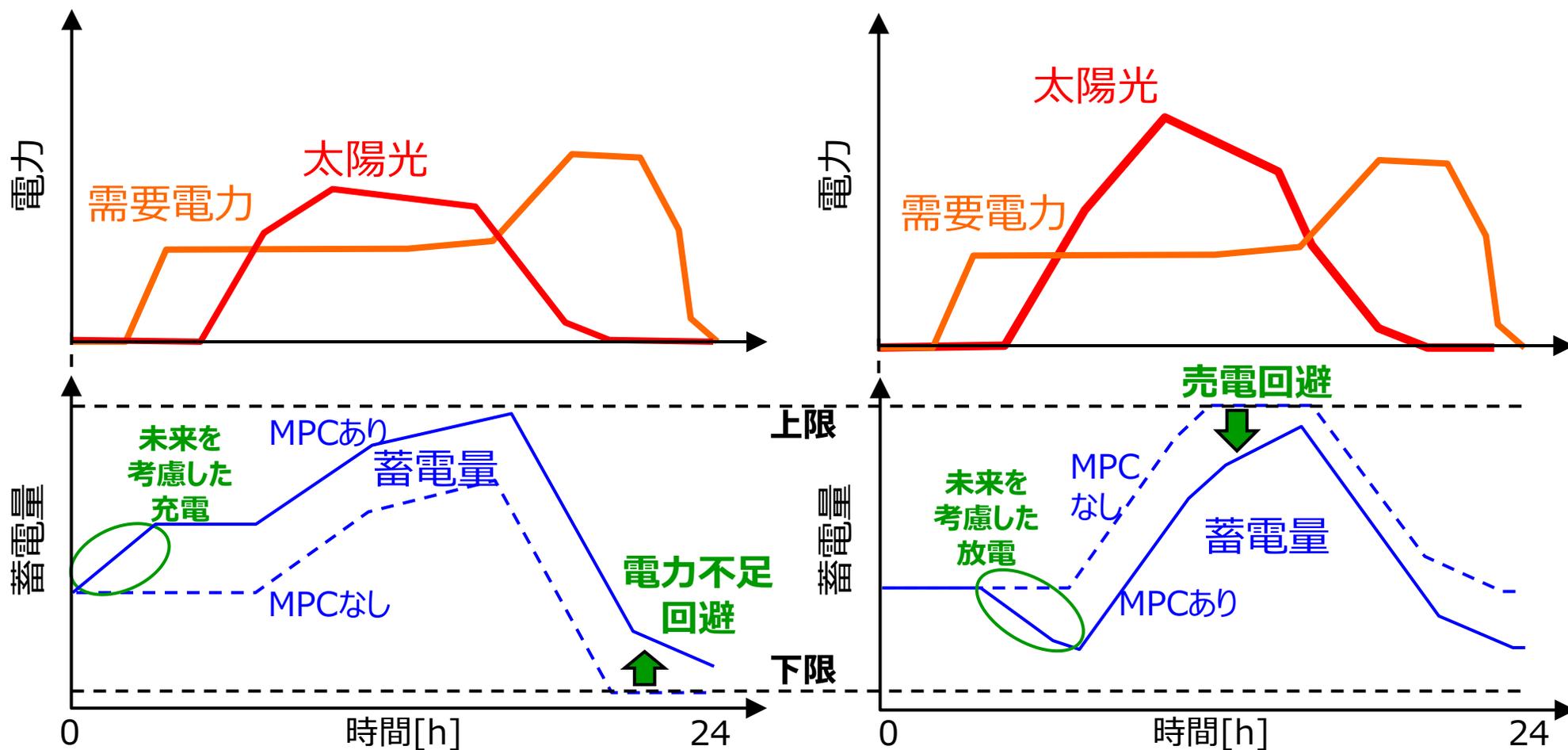
■ 日々の電力変動に対応するには余裕を持った蓄電池容量がないと

- 太陽光余剰電力の充電だけでは蓄電池容量が不足し買電発生
- 蓄電池が満充電になり太陽光余剰電力を充電できず売電発生



■ 未来を考慮した充放電制御により蓄電池容量の過不足回避

- 未来の需要電力と太陽光発電量を考慮して不足分を充電
- 未来の需要電力と太陽光発電量を考慮して売電回避するために放電

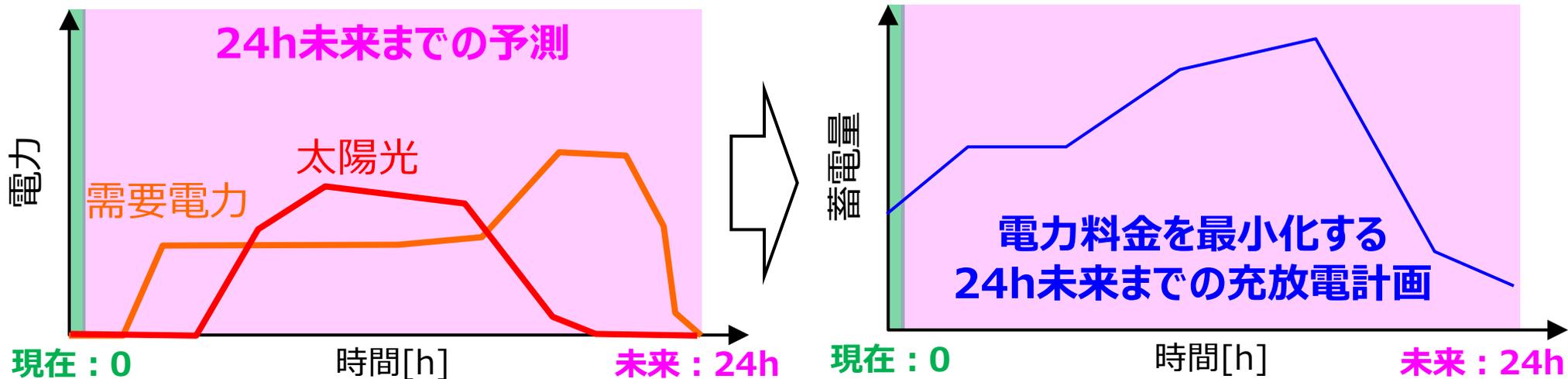


問題定義

■ 一定時間未来までの創るエネルギー(太陽光)の最大活用を実現する蓄電池の最適な充放電計画を求める

一定時間未来 = 24hとすると

- 太陽光の最大活用 = 余剰電力を自己消費 (売電価格 < 買電価格)
= 24h未来までの電力料金最小化
- 24h未来までの予測される需要電力, 太陽光電力に対して, 電力料金を最小化する24h先までの蓄電池の最適な充放電計画を求める



■ 混合整数計画問題として定式化し、最適な蓄電池の充放電計画を計算

- 目的関数：一定時間未来までの電力料金（売電価格 < 買電価格）
- 制御変数：一定時間未来までの蓄電池の充放電計画
- 制約条件

✓ 系統安定化

- 電力需給バランス
- ピークカット電力（買電上限）

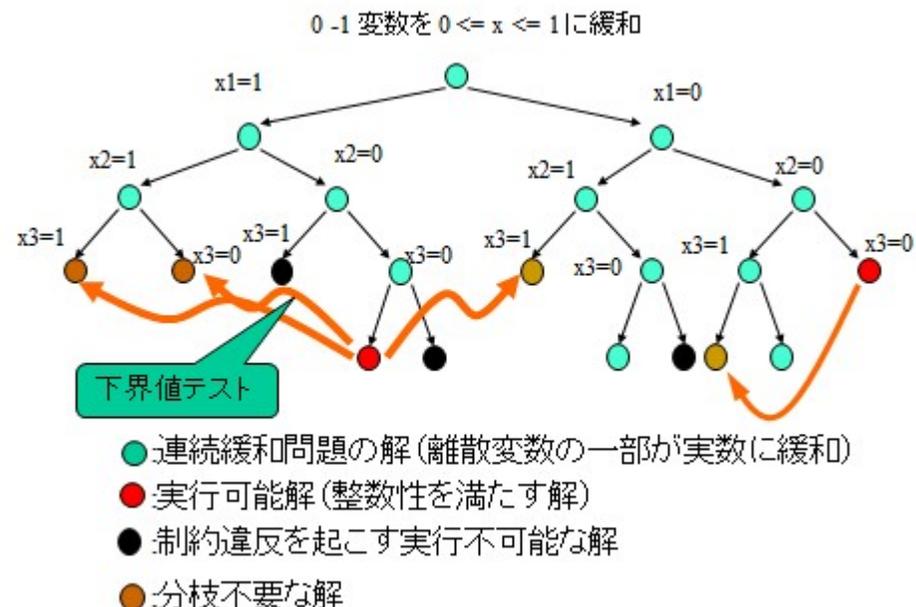
✓ 蓄電池ハード制約

- 蓄電量上下限
- 充放電電力上限

✓ 法規制

- 蓄電池からの逆潮流防止

etc.



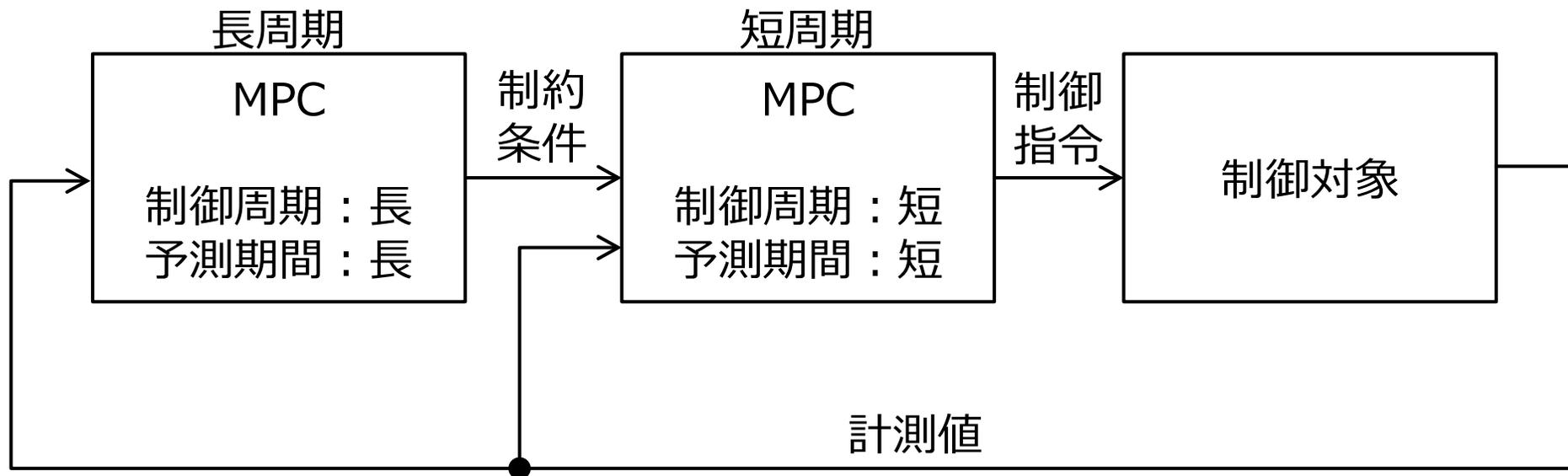
【出展】NTT DATA.混合整数線形計画法. 2013

<<http://www.msi.co.jp/nuopt/introduction/algorithm/mip.html>>

■ 長周期制御の制御指令を短周期制御の制約条件に反映

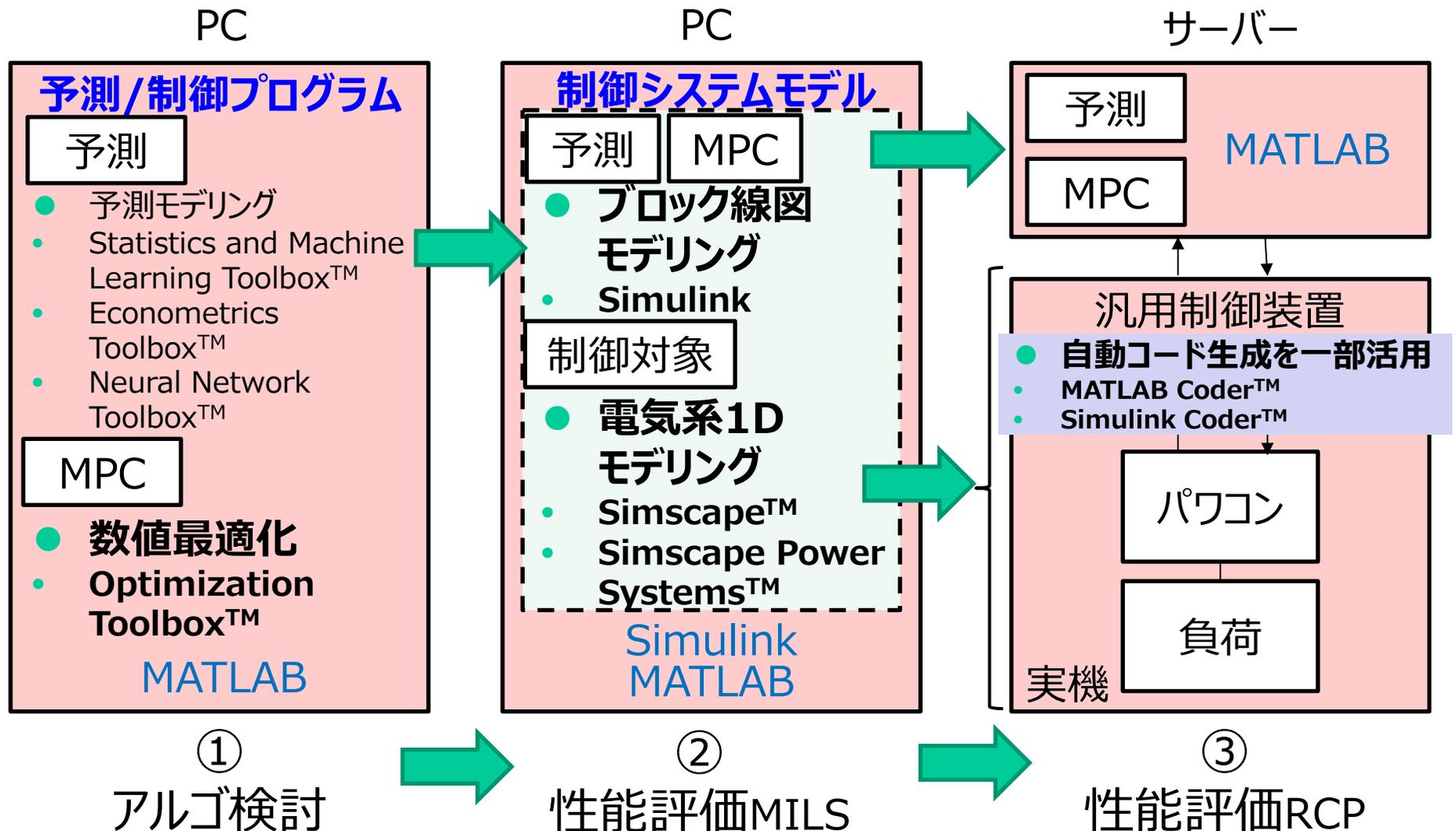
ex) 長周期制御：太陽光の24h電力変動

短周期制御：需要電力の急変，電気機器異常，FastDR etc.



1. 会社紹介
2. エネルギーマネジメント制御の開発背景, 課題
3. モデル予測制御を用いたエネルギーマネジメント制御
- 4. MATLAB[®]/Simulink[®]を活用した開発**
5. まとめ

■ 下記MATLAB, Simulink環境を使用



【発表内容】

- **MATLAB/Simulink環境を活用し、モデル予測制御による蓄電池エネルギーマネジメント制御効果を実証**
 - モデルベース開発環境を活用し、効率的な開発を実現
 - 制御対象含めたシステム統合シミュレーション環境による制御性能評価
 - 用途にあわせた複数の制御周期、予測期間の組み合わせ
 - 長期的な蓄電池容量過不足回避 + 短期的な電力急変に追従

【今後について】

- **MATLAB/Simulink環境を活用した予測技術開発**
- **複数制御対象内の電力最適化**