



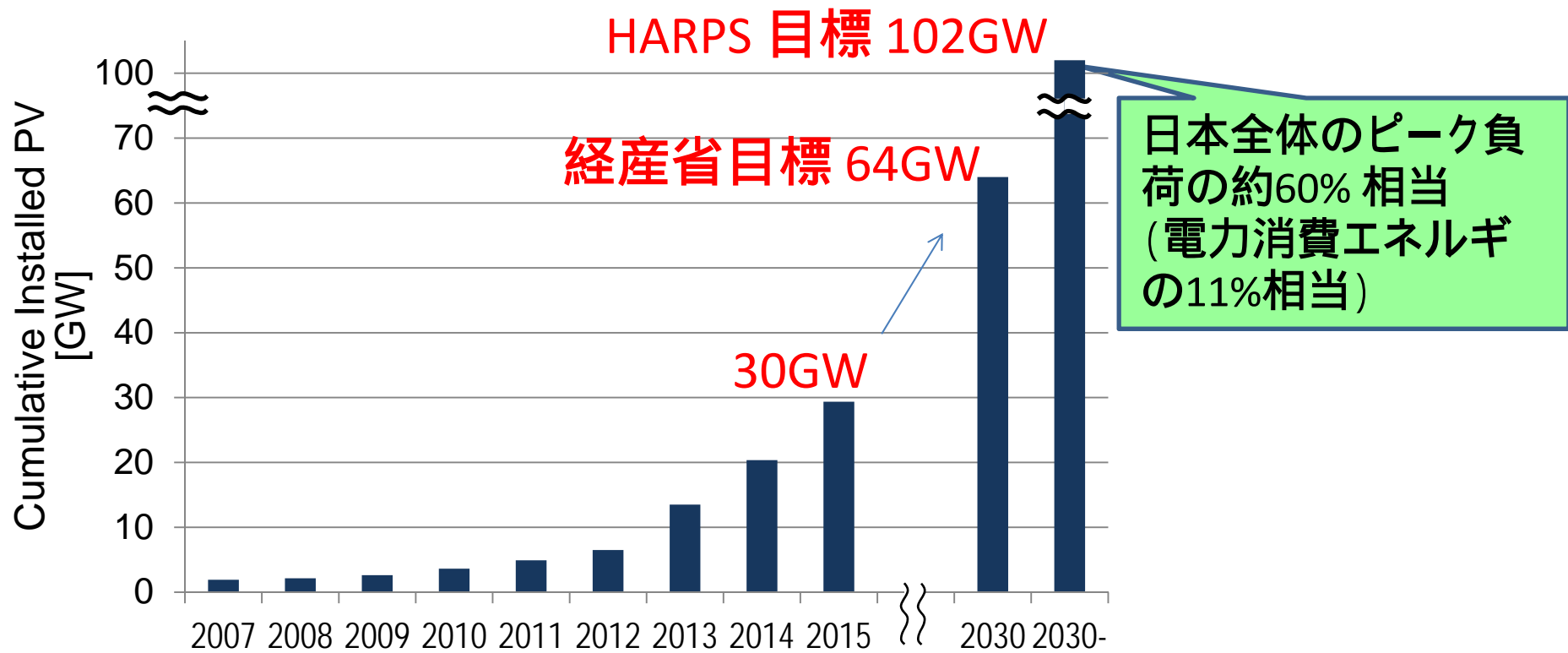
JST CREST EMS領域

HARPS

太陽光発電予測に基づく  
調和型電力系統制御  
のためのシステム理論構築

研究代表者 井村順一（東工大）

# 背景1 日本の太陽光発電導入量



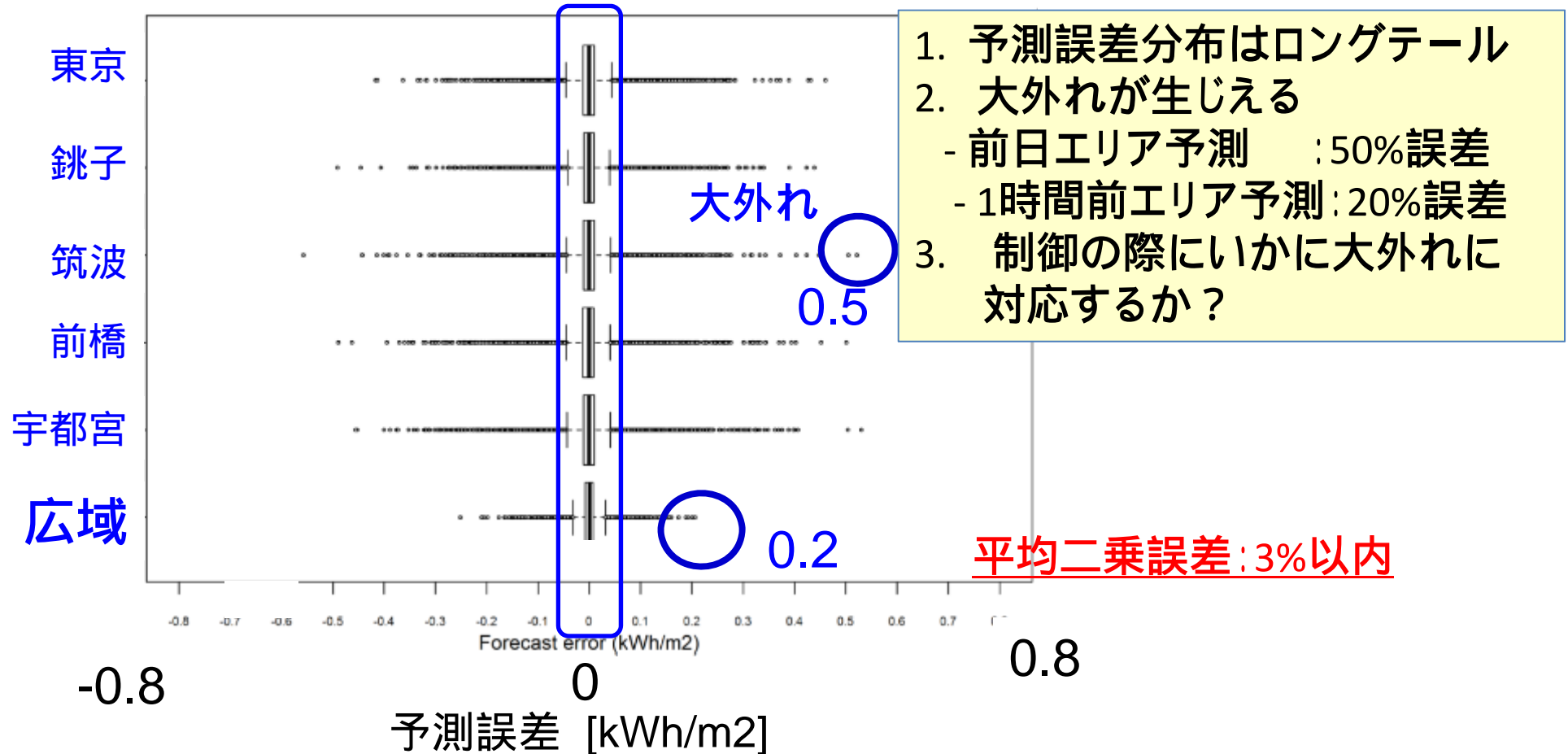
このように大量のPVが導入すると

- いかにPV予測を活用するか？
- いかに蓄電池を活用するか？

# 背景2: 太陽光発電予測技術の現状評価

数値気象予測と機械学習を用いた手法(村田・大関グループ)による日射予測の誤差評価

1時間先予測の予測誤差の箱ひげ図



産総研提供

# 背景3: 次々世代電力システムシステム構造

電力小売り全面自由化 (2016年4月開始) . . .

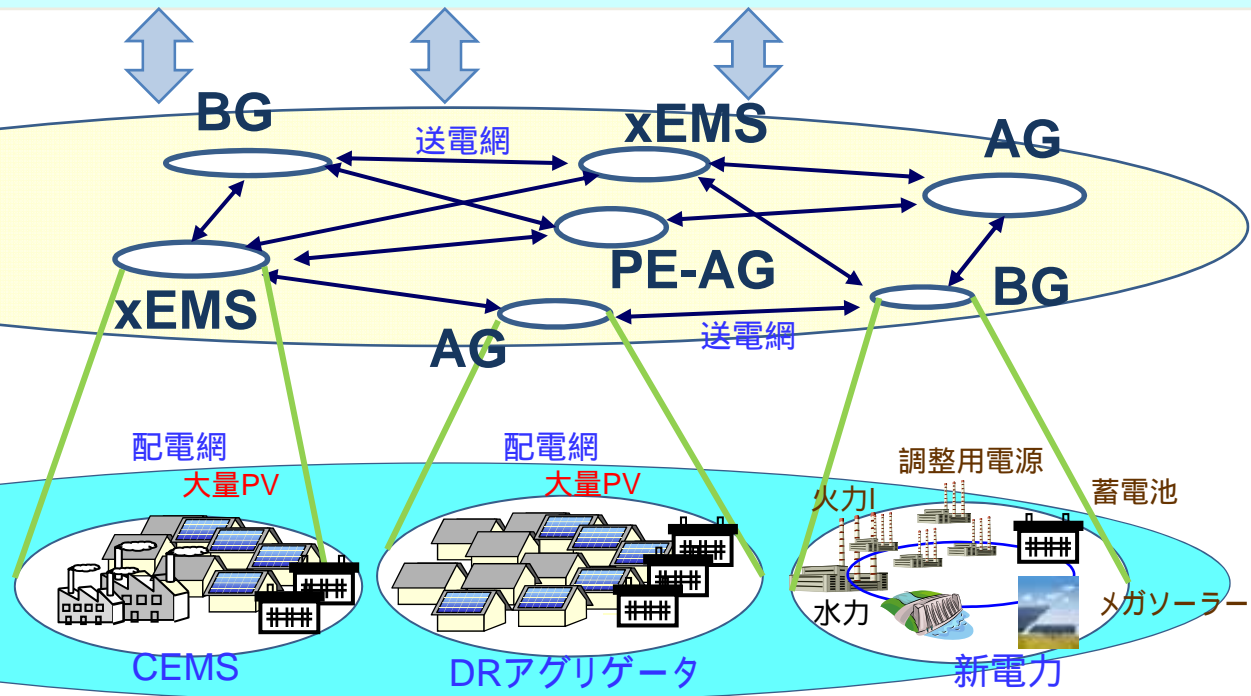
系統  
運用層

- ・**経済性・環境性・公平性・快適性**を考慮した安定供給の実現
- ・**予測と市場**(前日, 1時間前, リアルタイムなど)を活用した次々世代の系統制御(UC/EDC/LFC/GF, 送電制御、配電の電圧制御など)

中間層

パワーアグリゲータ

ユーザー層



# 研究目的

太陽光発電の大量導入および、調和した電力供給を実現するために、太陽光発電予測 / 需要予測に加えて、需要側エネルギーマネジメントシステム、協調パワーコンディショナー、デマンドレスポンスアグリゲータといった様々な様態が想定される中間層（調和型アグリゲータ）の機能や特性を活用した、次々世代の電力系統制御のためのシステム・予測・制御の基盤理論・技術を構築する

## 状況設定

- ・ PV102GW導入を標準として、PV330GWまでを見据える
- ・ 蓄電池：適宜設定

# 実施状況

1. PV大量導入時の需給運用評価
2. PV予測誤差対応
3. 階層システム構造の中のサイバー層設計

# 1. PVが大量に導入された需給運用評価

## モデル系統: 関東地方を想定

一定出力で運転	}	原子力	9,000 MW (夏季) / 6,000 MW (他)
		水力	1,200 MW
UCの対象		火力	60,850 MW (168 units)
			LFC調整容量 -> 2% (負荷需要), 2% (PV)
想定導入量		PV	0 ~ 100,000 MW (=100GW) (日本全体で0 ~ 300 GWに相当)

負荷データ : 東京電力, 1時間値, 2010年

日射データ : 地上気象官署, 1時間値, 2010年

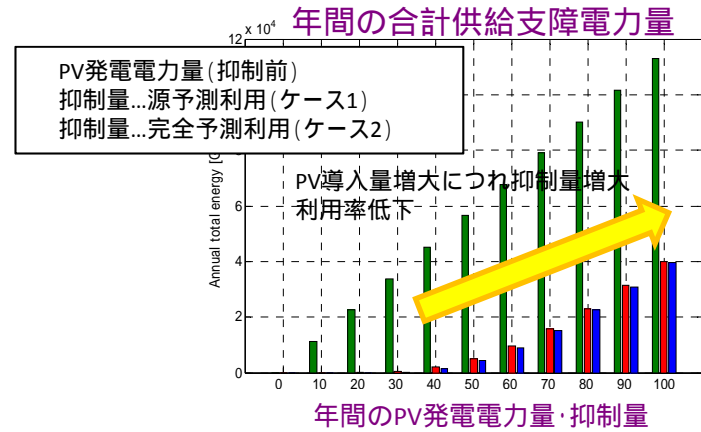
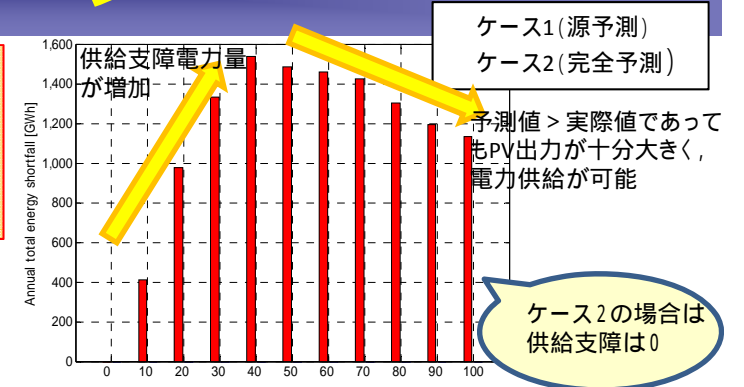
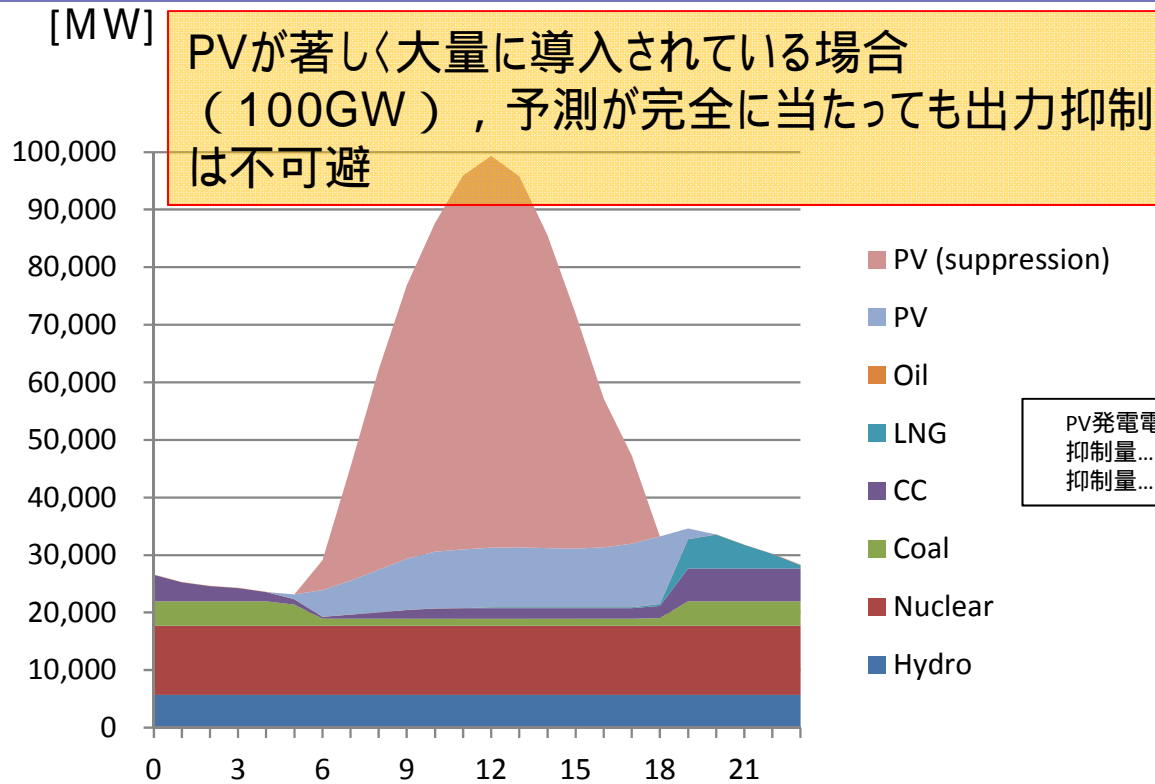
予測データ : 前日予測, 1時間値

ケース1: 前日のPV出力予測値を用いてUC作成

ケース2: 当日のPV出力実際値を用いてUC作成 (予測が完全であると仮定)

共に当日運用は, 最適負荷配分 (起動停止は計画通りで, 燃料費最小化)

# 日負荷曲線イメージ

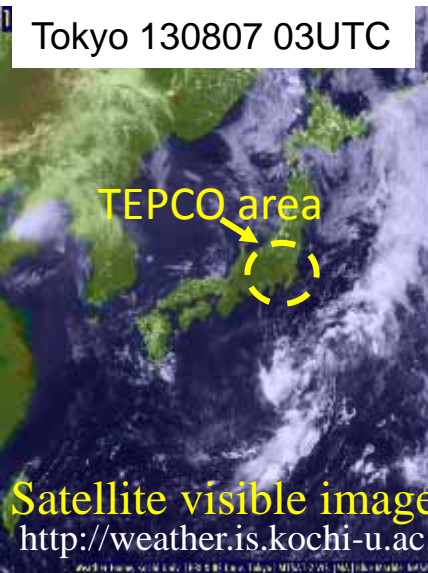
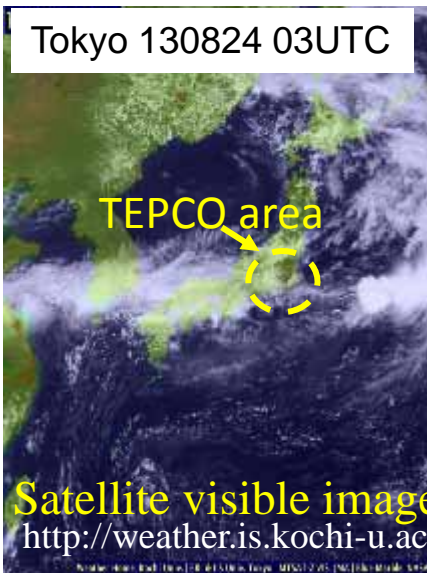


PV導入量	供給支障電力量		余剰電力量	
	完全予測	源予測	完全予測	源予測
30GW(全日本で90GW相当)	0	増加	1%	2%
40GW(全日本で120GW相当)	0	ピーク	3%	5%
100GW(全日本で300GW相当)	0	減少	35%	35%

・PV導入量が小規模 系統大予測精度が重要  
・PV導入が大規模 蓄電池の活用必須

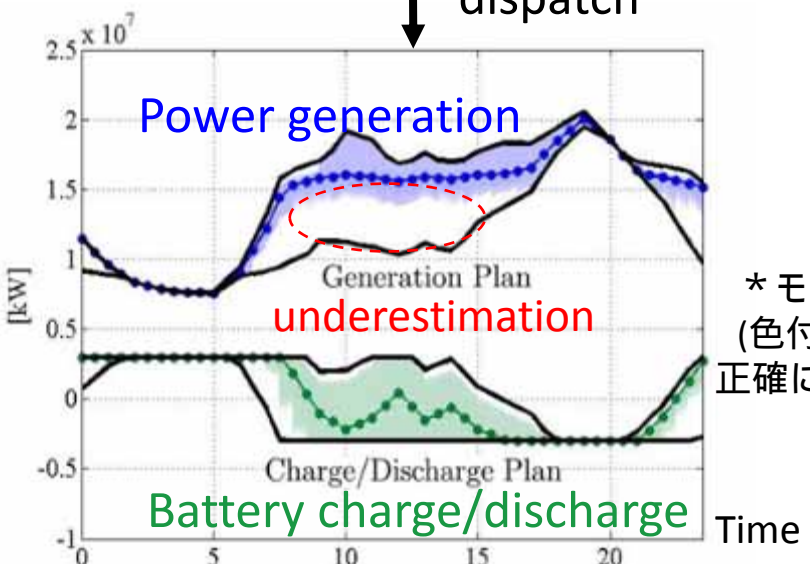
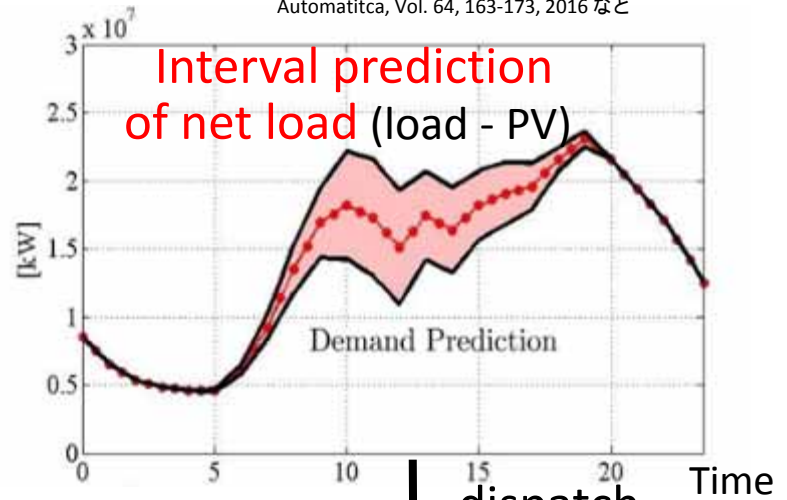


# 2. PVの信頼度付区間予測手法の開発

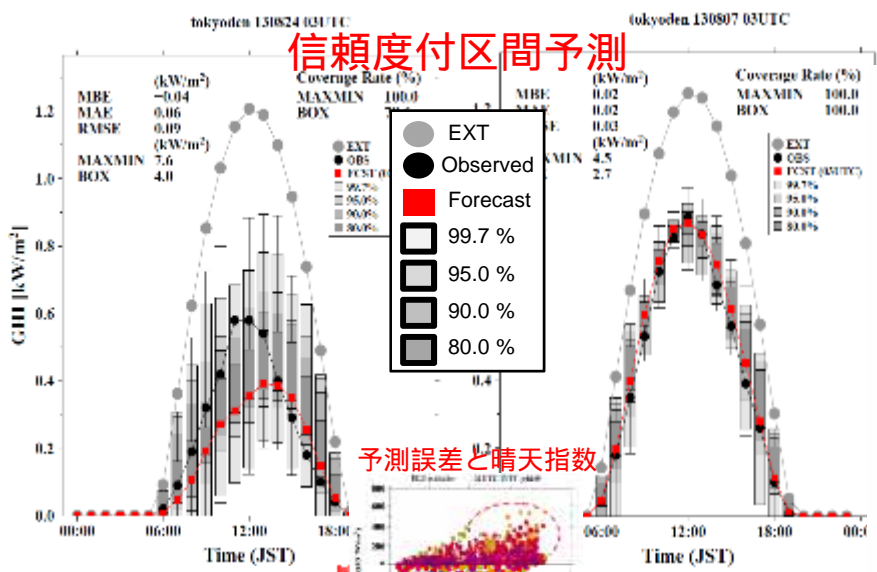


正味負荷(負荷-PV)の前日区間予測(例: 95%信頼度) が与えられたもとで, 最適な火力機発電計画と蓄電池の充放電計画

T. Ishizaki, M. Koike, N. Ramdani, Y. Ueda, T. Masuta, T. Oozeki, T. Sadamoto, J. Imura  
 Automatitca, Vol. 64, 163-173, 2016 など



\* モンテカルロ法 (色付き領域)では 正確に求められない



H. Ohtake et al., Energy Procedia, Vol. 59, pp.278-284, 2014

単調性解析により, 厳密な上下限値を効率よく求める手法を開発

# 3 . 階層化分散制御 ~ 全体と個別の共最適化

役者	系統運用者 OCCTO, 取引委員会, 送配電事業者	発電事業者	小売事業者	自治体 大口需要家 小口需要家
サービス層	託送サービス, 需給バランス, アンシリサービス, 出力抑制	発電 VPP	電力調達 デマンドレスポンス 省エネサービス	
サイバー層	市場, 電力取引 (前日, 1時間前, リアルタイム市場) 需給計画・制御	バランスグループ, 再エネ発電予測, ビッド作成	バランスグループ, アグリゲータ, 仮想蓄電池, 需要予測, ビッド作成	CEMS BEMS, FEMS HEMS
物理層	送配電網	火力, 大型蓄電池, コジェネ, メガPV, 風力	大型蓄電池	PV 蓄電池, 蓄熱 ZEB, ZEH EV, PHV
評価	安定供給, 環境適合性, 経済性, 公平性, リスク, 整合性	経済性, インバランス回避, 出力抑制回避, リスク	インバランス回避, 快適性, 公平性, 経済性, リスク	購入電力・ガス料金削減, 快適性, インセンティブ

全体 ←→ 全体最適化vs個別最適化

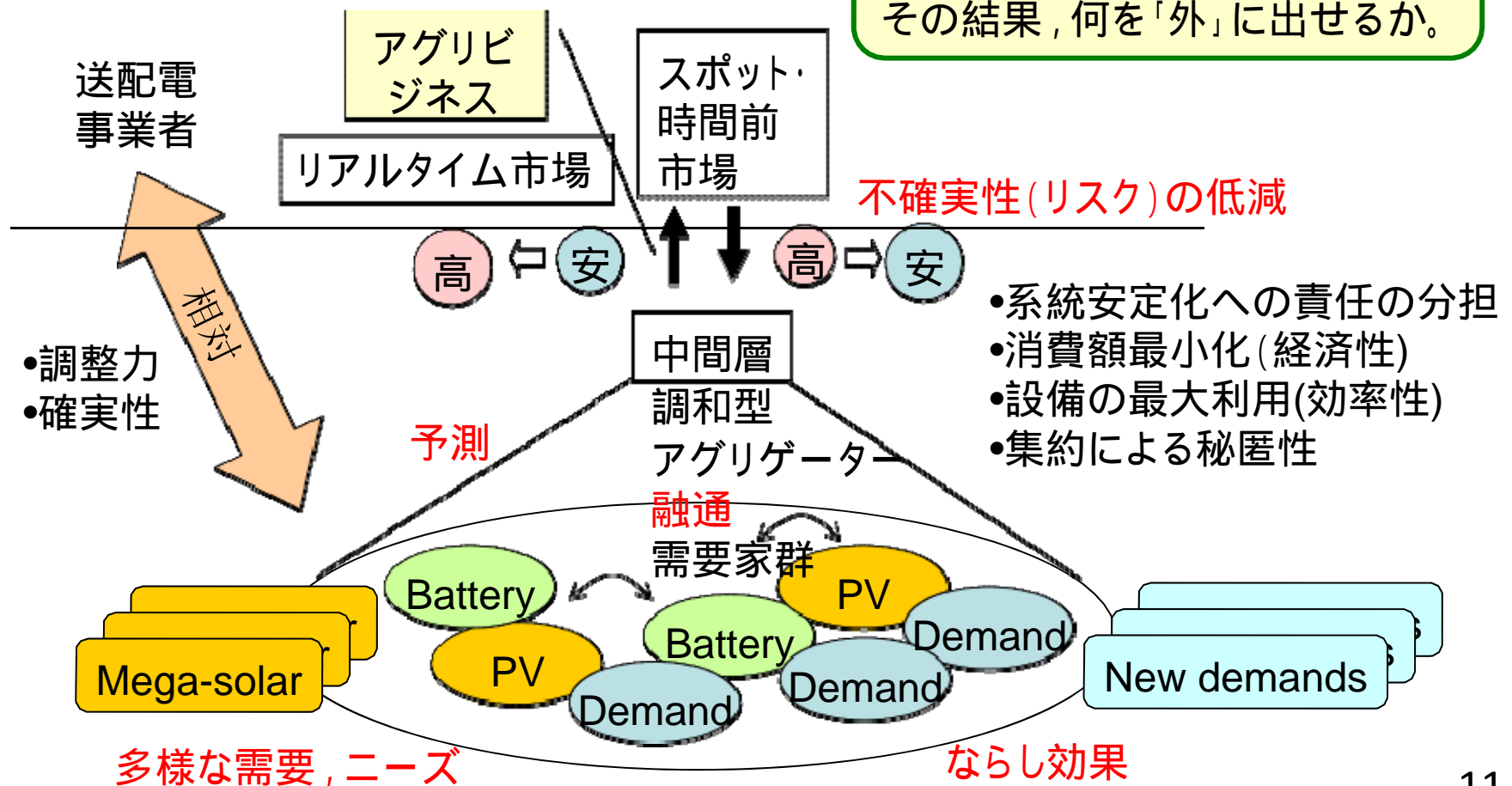
中間 ←→ 個  
 効用と価格による階層間適合  
 時空間分解能による階層間整合

# 3. 階層化分散制御 ~ HARPSが考える中間層

植田G

調和型アグリゲーターの性能:外に対する調整力を決める要素  
 手法:集約のやり方(個性), 管理能力(思い通りに動かせる能力),  
 対象:ディスパッチャビリティ(機器の可制御性)

何を集めるか? (内側)  
 どう動かすか? (内側)  
 その結果, 何を「外」に出せるか。



# 今後の課題のまとめ

## 大量導入されたPVのもとでの電力系統制御の課題

### ・PV予測技術の高度化

- ・大外れ対応 信頼度付区間予測, 衛星データによる局所予測

### ・中間層を含む電力システム構造

#### 運用者-中間層-ユーザー層から成る階層化分散制御

- ・中間層 運用者層: 市場メカニズムデザイン  
全体と個の共最適化(汎用と価格による適合, 多分解能による整合),  
kWh市場とkW市場の共最適化, . . .
- ・中間層 ユーザー層: 集約・融通の動的資源配分制御  
集約形態(規模, 種類), リスク低減化, 秘匿性, . . .

### ・次々世代電力系統制御

- ・PV大量導入下での蓄電池を利用した余剰電力活用方法
- ・信頼度区間付予測に基づく系統制御