



# 広域に分散配置された太陽光発電の 総出力の短期予測技術

2022.10.06

稲毛 真一

福岡大学 工学部 機械工学科

# 背景および目的

## ■ 背景

- ・ 太陽光発電の予測が難しい出力変動の調整のため、火力発電が無負荷状態で待機している。
- ・ 1時間先程度の再生可能エネルギーの出力変動を予測できれば、待機運転を大幅に削減できる可能性がある。

## ■ 目的

- 1) 20分～1時間先の日射量の時間変化の予測技術、特にニューラルネットワーク(NN)を活用した予測技術の開発
- 2) 開発した技術を九州北部に適用し、検証
- 3) 普及シナリオに関する検討

# 内容

---

①広域に分散配置された太陽光発電の総出力の短期予測技術

②開発予測技術の普及シナリオの検討

# 内容

---

①広域に分散配置された太陽光発電の総出力の短期予測技術

②開発予測技術の普及シナリオの検討

# ストラテジーとヒント

## ■ストラテジー

- ①気象衛星による日射量予測を補間できる新技術
- ②既設の太陽光発電出力をセンサーに使えるか？

## ■ヒント:

- ①PVパネルに雲が映る箇所の発電量は低い＝雲の可視化

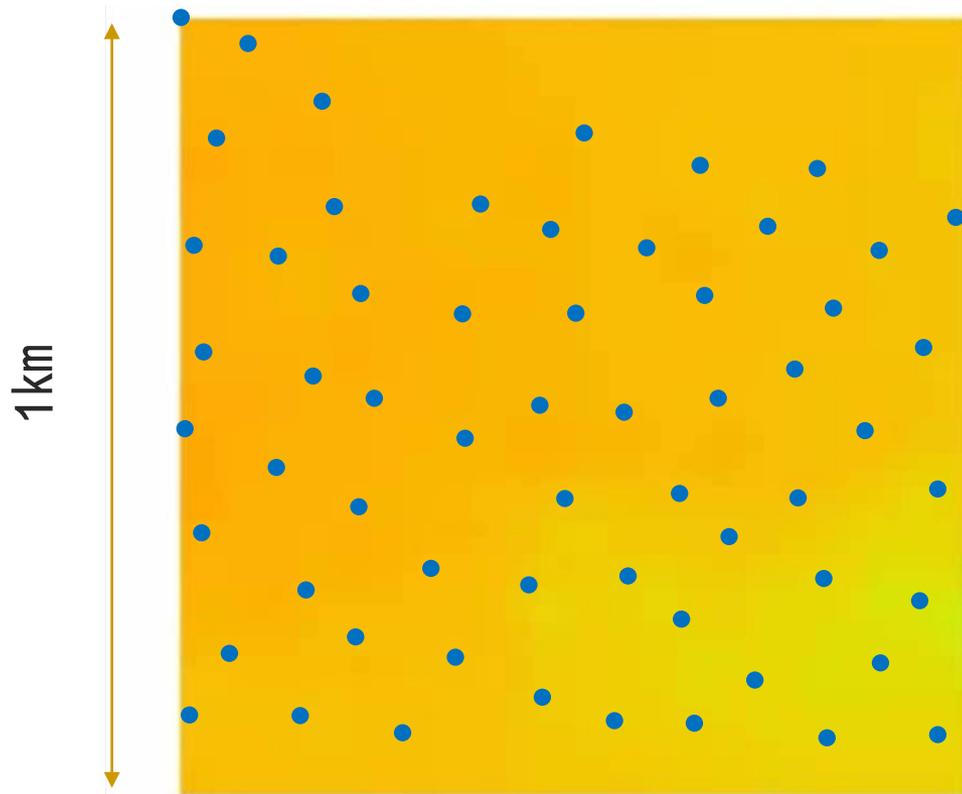
雲の影



PVパネル

# PV出力による雲の可視化例

実際のPV出力変化の可視化事例(九州内某所)

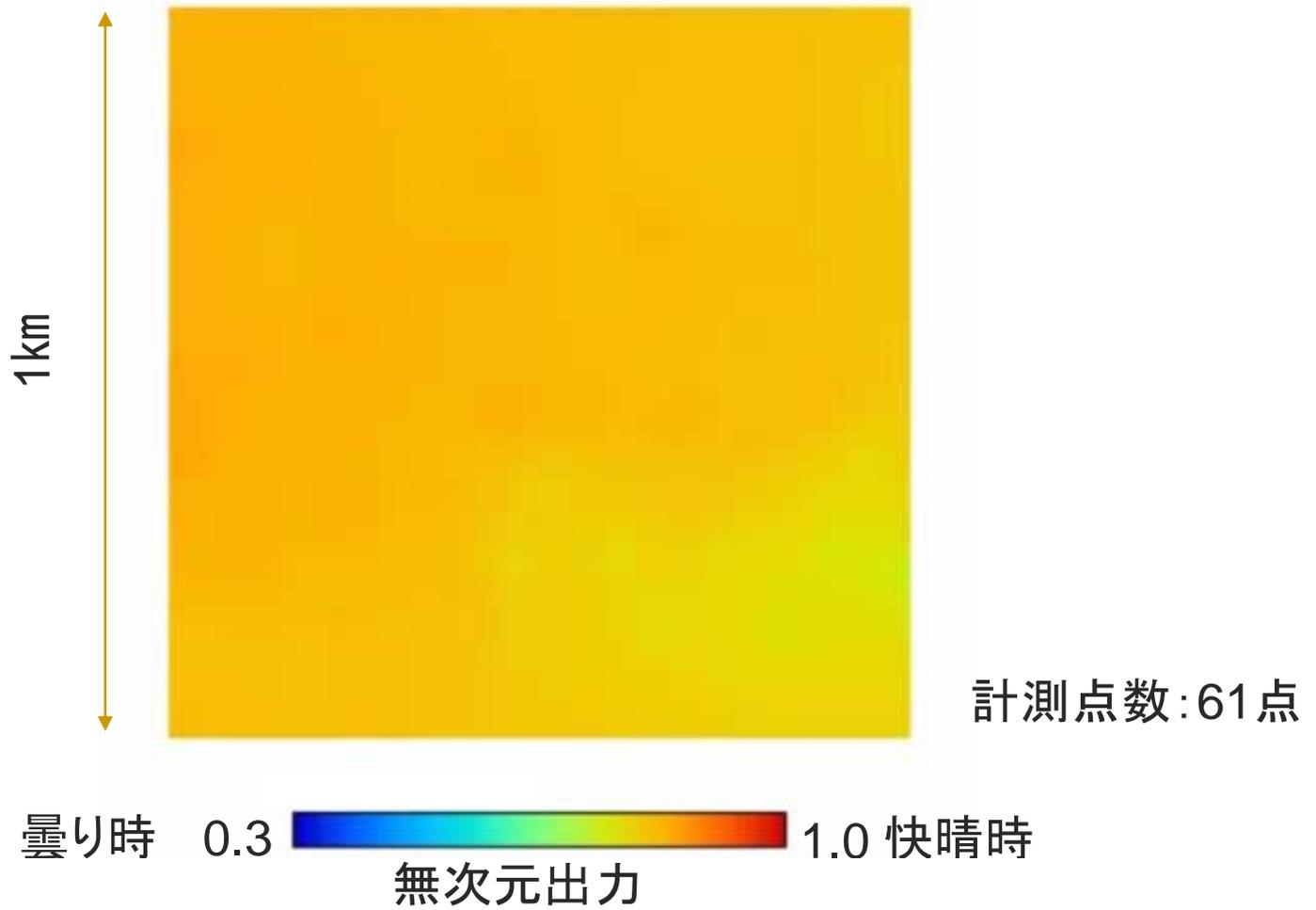


計測点数:61点



# PV出力による雲の可視化例

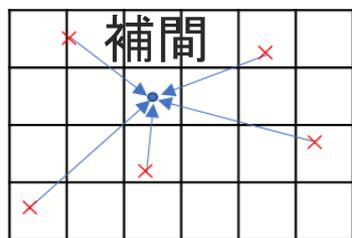
PV出力変化の可視化で、雲の可視化が可能であることを確認



# 開発した日射量予測技術の概念①

## 【STEP-1】:

対象領域のグリッド分割  
および計測点日射データの  
のグリッド重心への補間



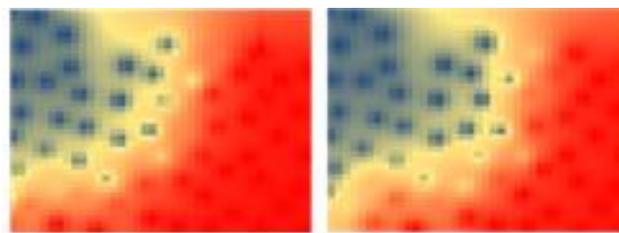
x 計測点

対象領域

補間: シェパード法

## 【STEP-2】:

各時刻における日射  
分布(雲移動)可視化



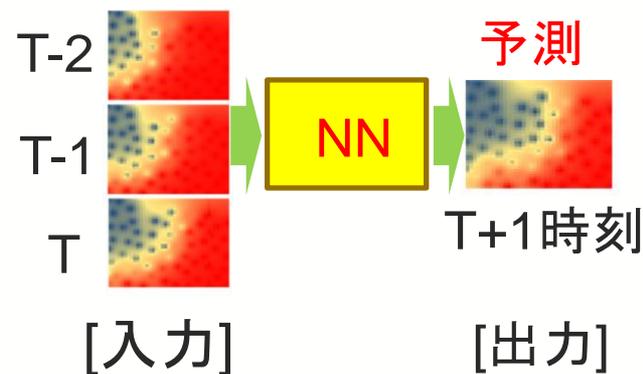
時刻1

時刻2...

日射量分布から雲の位置、  
移動速度を評価

## 【STEP-3】:

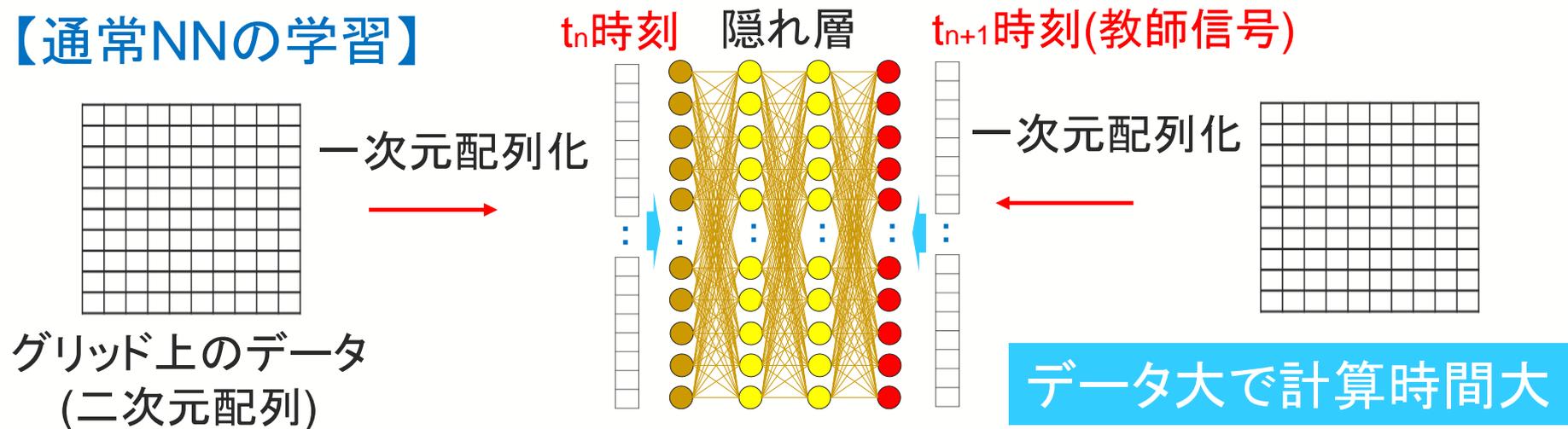
過去の日射量分布から  
将来日射量分布を予測



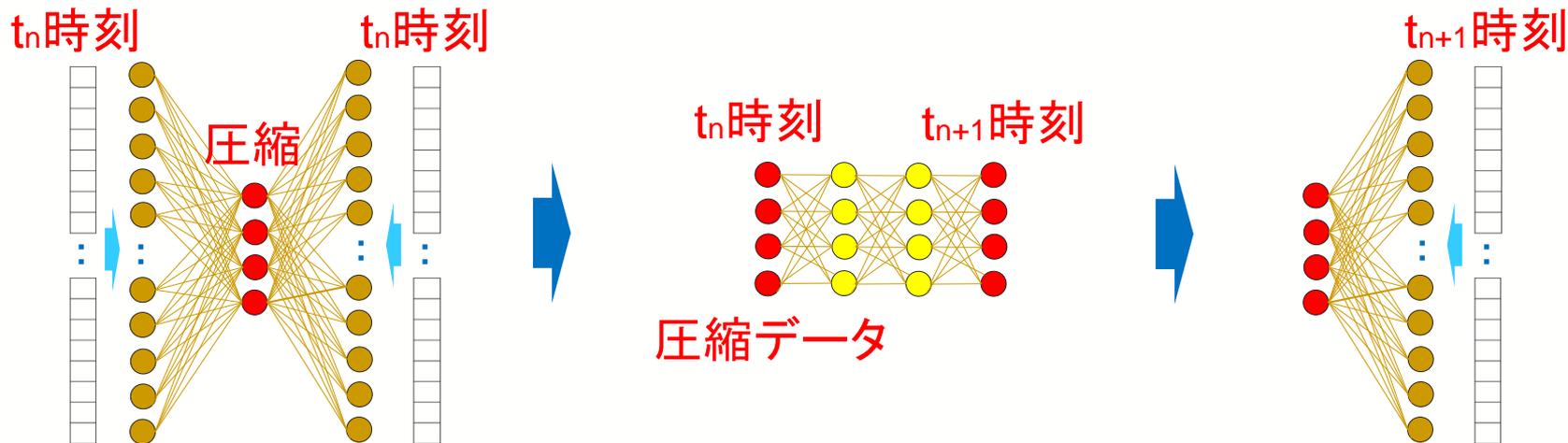
過去時刻日射量分布から  
雲の移動を定量的にNN  
で評価し、将来を予測

# 開発した日射量予測技術の概念②

## 【通常NNの学習】



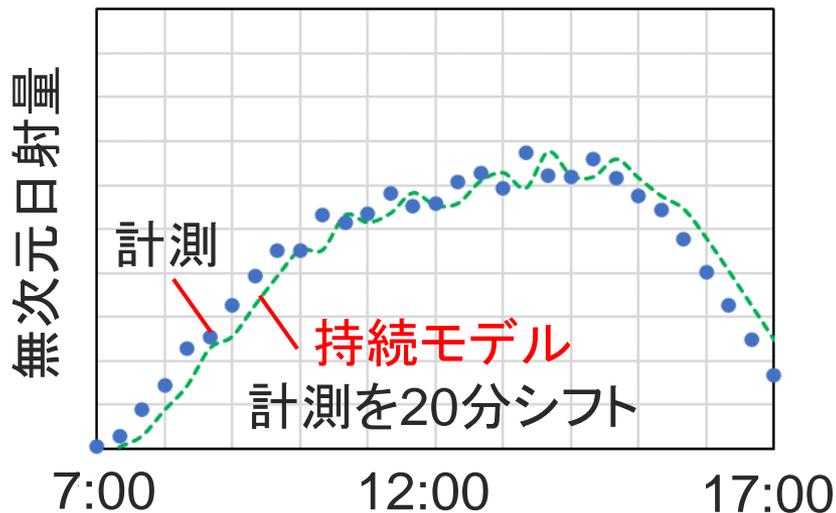
## 【オートエンコーダー付きNN】



# 比較するベンチマーク予測手法

## 【持続モデル】

次の予測時刻の日射量に現時刻の日射量を適用



20分先の予測事例

## 【スマート持続モデル】

**前処理:**

同時期の「快晴時日射量変化」で対象日射量変化を割る

: CSI (Clear Sky Index); 晴天指数

**予測処理:**

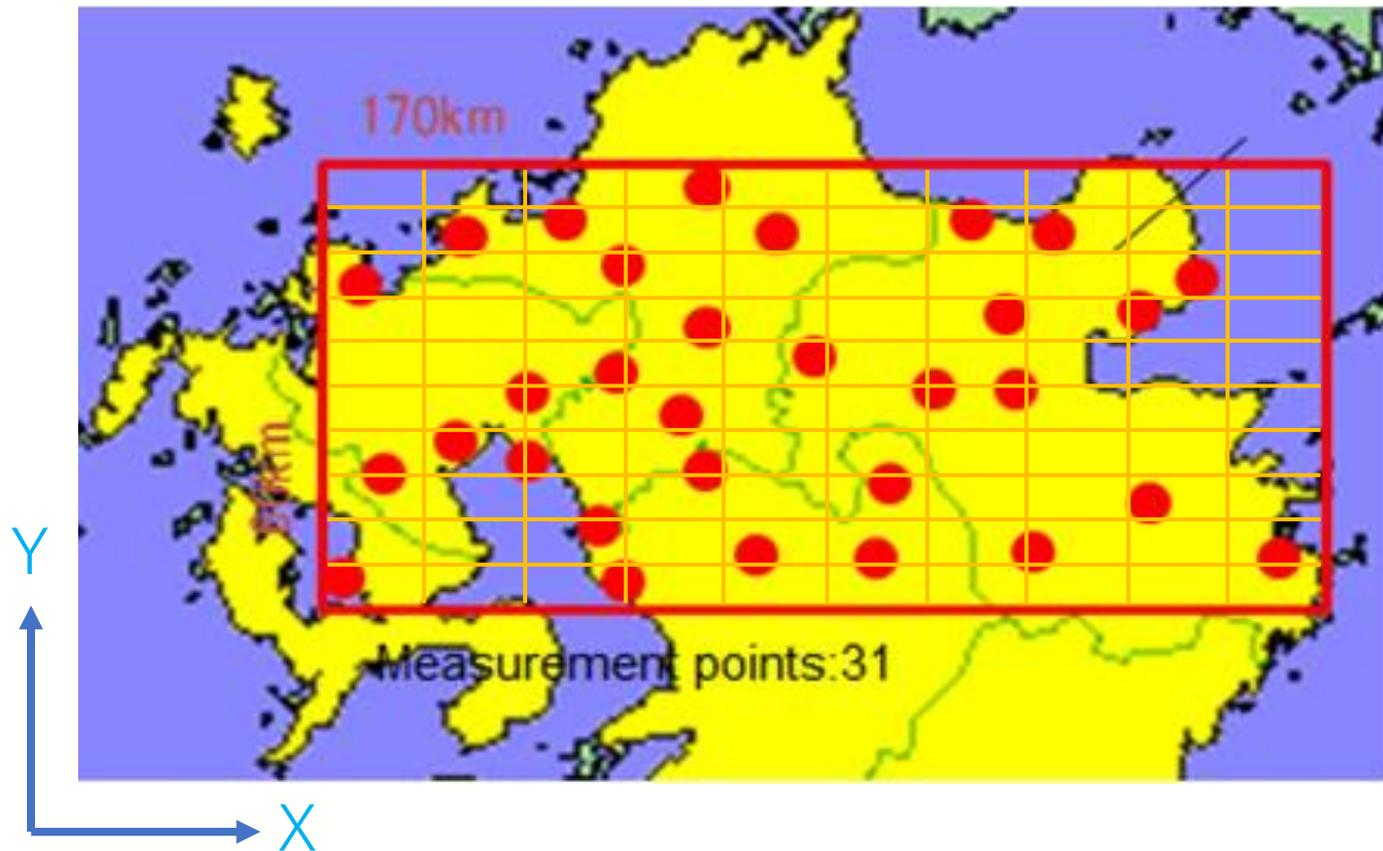
次の予測時刻のCSIに現時刻のCSIを適用(持続モデル)

**後処理:**

予測したCSIに快晴時日射量変化を掛けて、日射量変化に変換

# 九州北部の広域への適用による検証

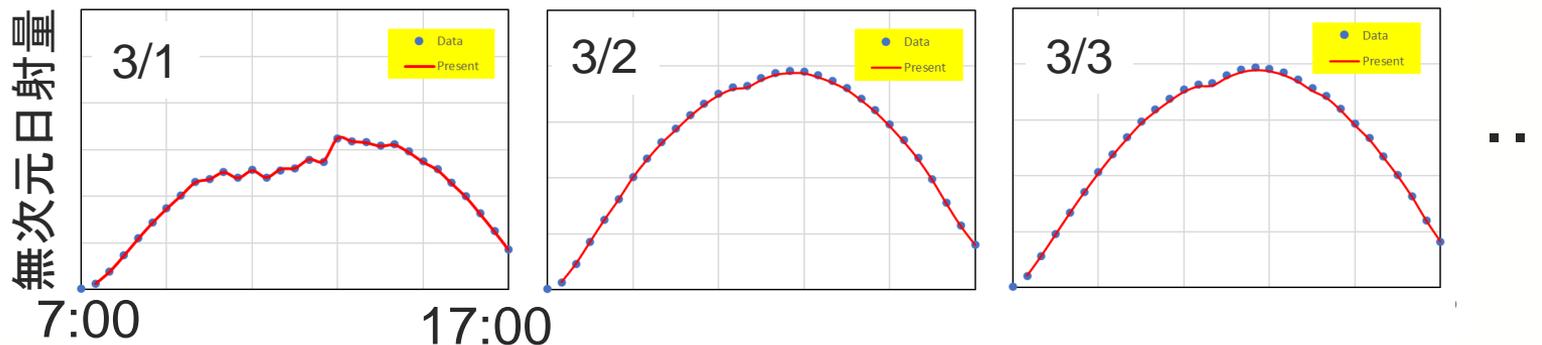
九州北部の170km × 60kmの地域に適用  
この領域の中には31カ所の計測点を設置



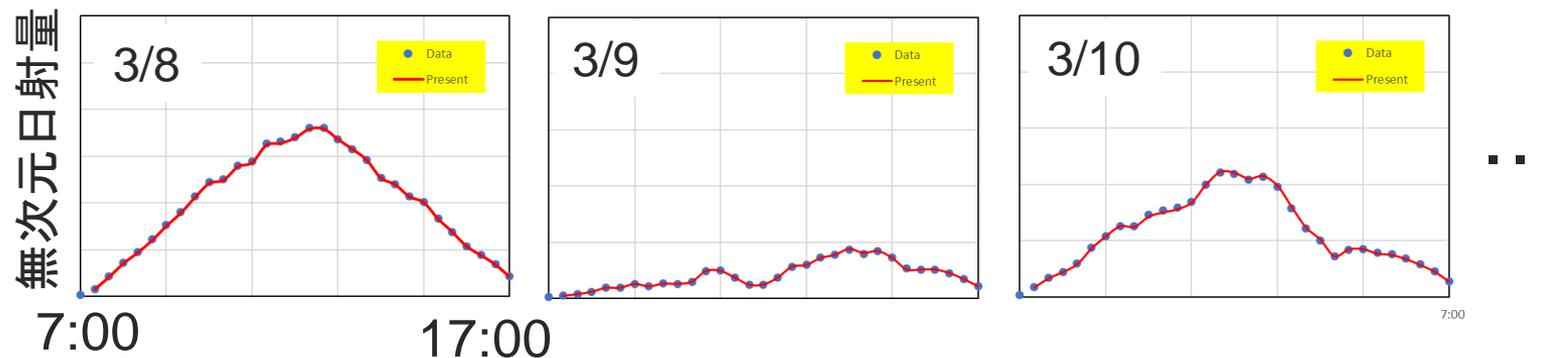
# オートエンコーダーおよびデコーダーの検証

3/1～3/7の日射量変化を基に最適化したオートエンコーダーで圧縮した3/8～3/14の日射量変化を、デコーダーで解凍すると、オリジナルを良く再現

【オートエンコーダーによる(圧縮→解凍)学習結果の検証(3/1～3/7分データ)



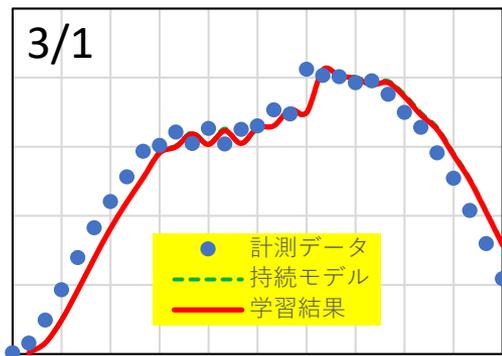
【デコーダーにおける(圧縮→解凍)テスト結果の検証(3/8～3/14分データ)



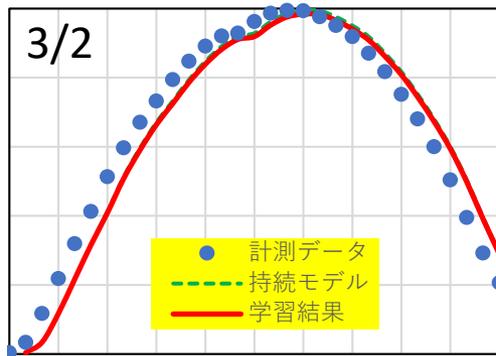
# 圧縮したデータを用いたNNでの検証結果①

日射量を用いた予測：持続モデルとの一致を確認

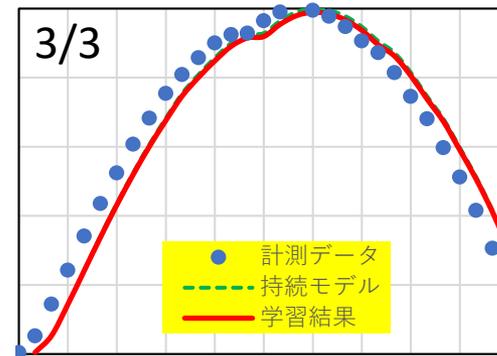
無次元日射量



7:00 17:00



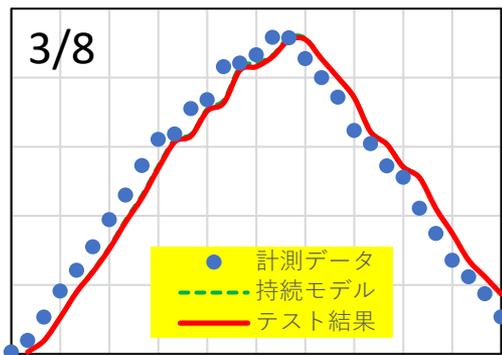
7:00 17:00



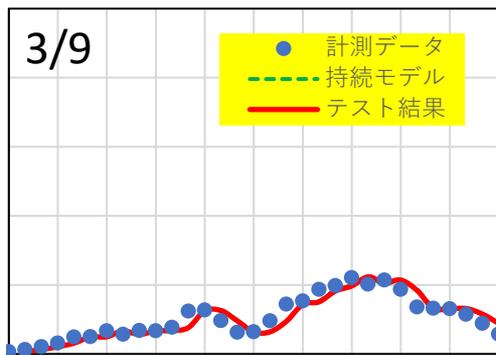
7:00 17:00

... 学習

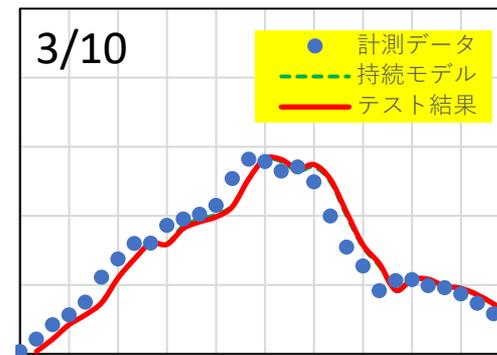
無次元日射量



7:00 17:00



7:00 17:00



7:00 17:00

... 予測

時刻

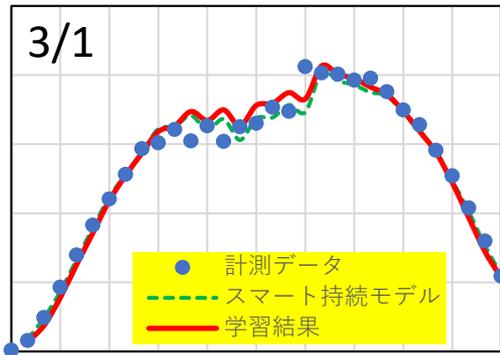
時刻

時刻

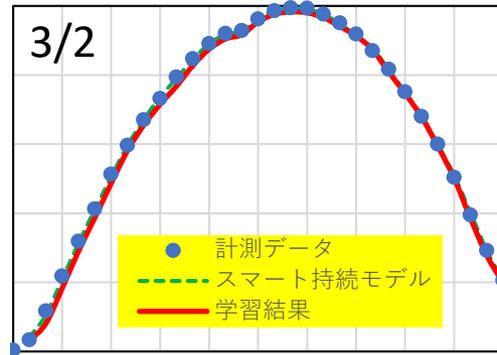
# 圧縮したデータを用いたNNでの検証結果②

CSIを用いた予測: スマート持続モデルとの一致を確認

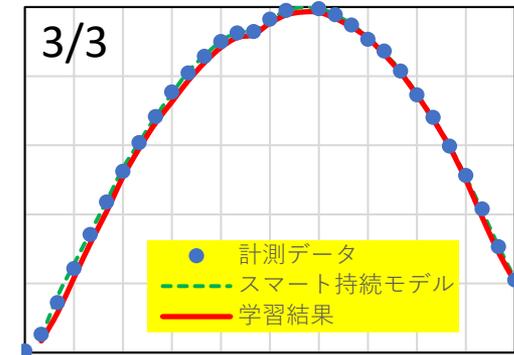
無次元日射量



7:00 17:00



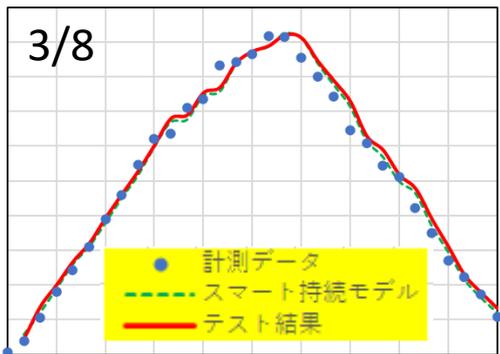
7:00 17:00



7:00 17:00

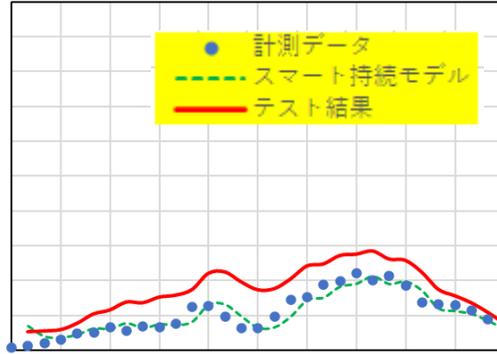
■■■ 学習

無次元日射量



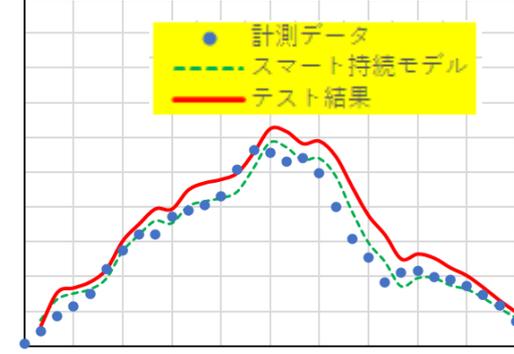
7:00 17:00

時刻



7:00 17:00

時刻



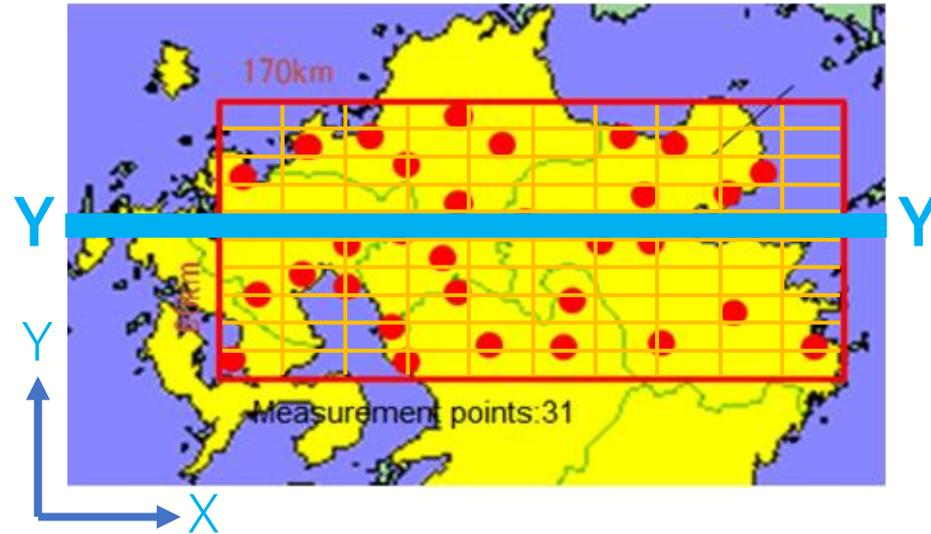
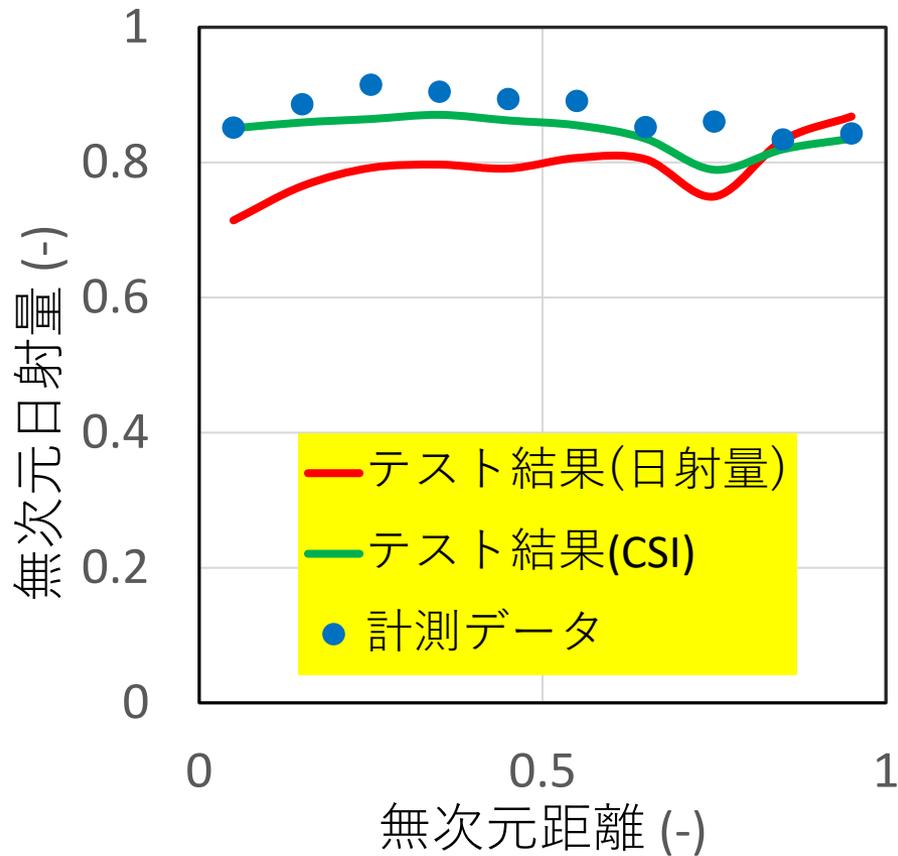
7:00 17:00

時刻

■■■ 予測

# 圧縮したデータを用いたNNでの検証結果③

空間分布の比較: 計測データとの±10%で再現



3月8日のテスト結果のY-Y断面

# 開発予測技術のポテンシャル

## ① PV普及のインセンティブ増加

より多くのPV導入



予測精度の向上  
(∵センサー数の増加)



PV普及へのインセンティブ

- ・予測可能なPV発電
- ・大規模導入による  
スミージング効果増大

## ② 太陽発電出力で、急激な雲の変化を捉えられる付加価値 →ゲリラ豪雨予測への応用の可能性 (PV出力データが売れる?)



# 日射センサの開発による精度向上



## 問題

- ・ 局所ゲリラ豪雨予測が困難

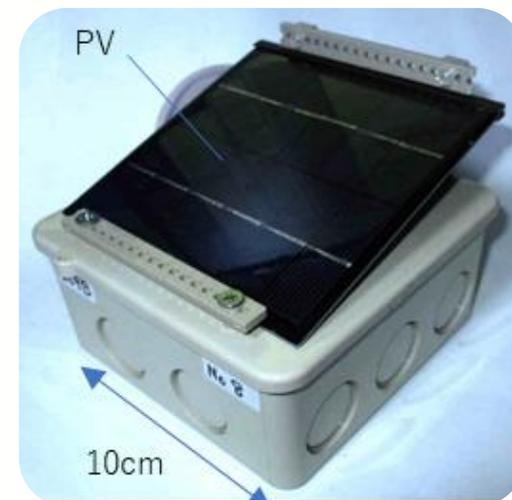


急激な雲拡大の評価で予測できないか？



## 現状

- ・ 都市部においてはPV数が不足



## 解決案

- ・ 自前電源と通信機能を持った太陽光発電センサを設置

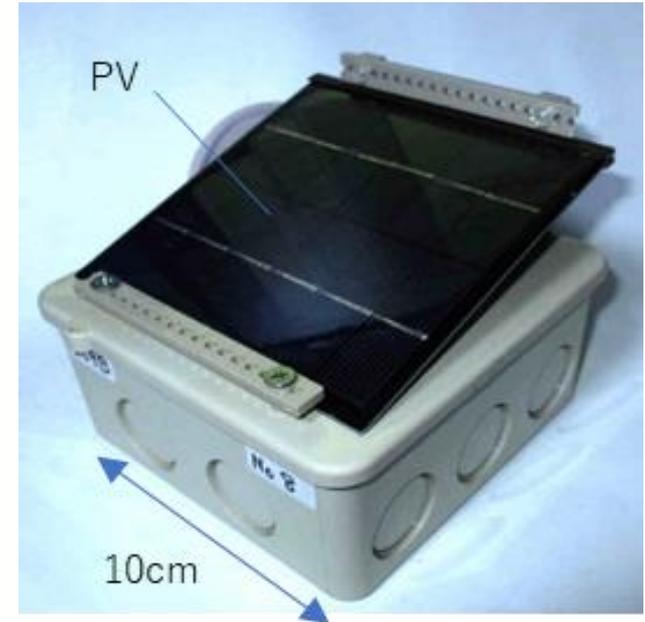
# 開発したセンサーの概要

## 【要求仕様】

- ①どこでも設置可能なコンパクトで、防水自立型  
→130Wx130Dx65Hmmの防水boxに収納
- ②ソーラーパネルは、防水box上に設置  
→116Wx116Dx3tmmの6V 2W×330mA市販品

## 【主電子回路の構成要素】

- ①電圧レギュレータ(PQ20RX05)
- ②無線モジュール(IM920)
- ③リアルタイムクロック(AE-RX8900)
- ④全体制御用PICマイコン(PIC16F18326)
- ⑤Liイオンバッテリー(3.7V860mAh)

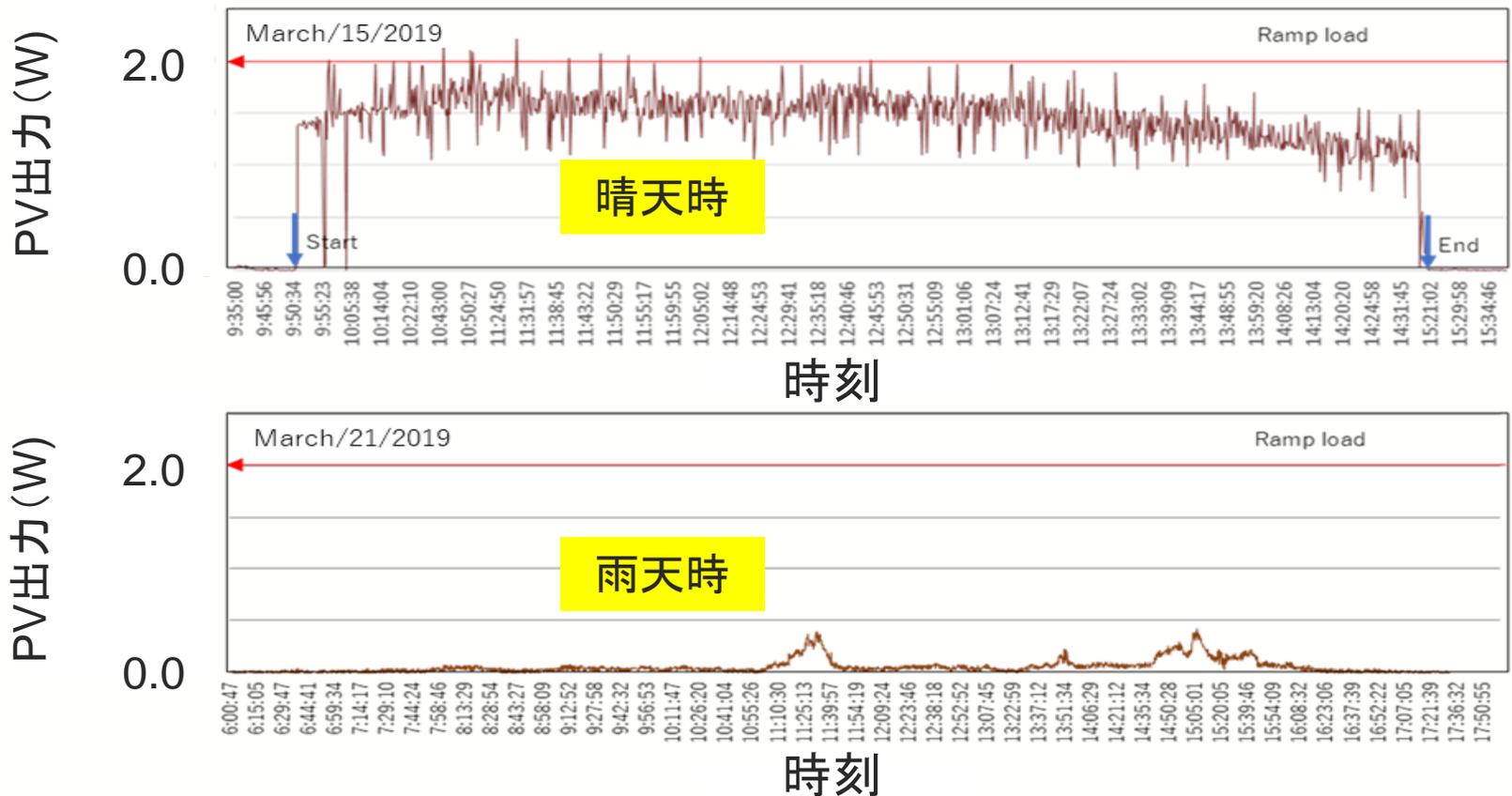


開発センサー外観

# 日射センサの実験結果

【晴天時と雨天時でのPV出力の比較】

平均PV出力に小型PV故のノイズが見られるが、2つの異なる天候のPV出力の傾向を確認



# 内容

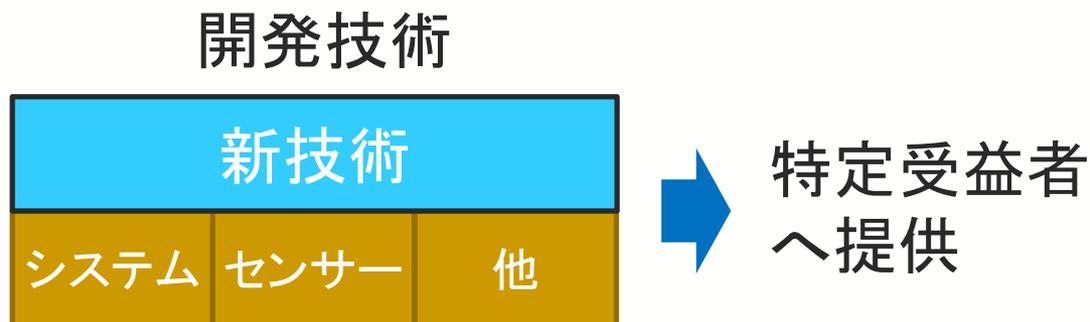
---

①広域に分散配置された太陽光発電の総出力の短期予測技術

②開発予測技術の普及シナリオの検討

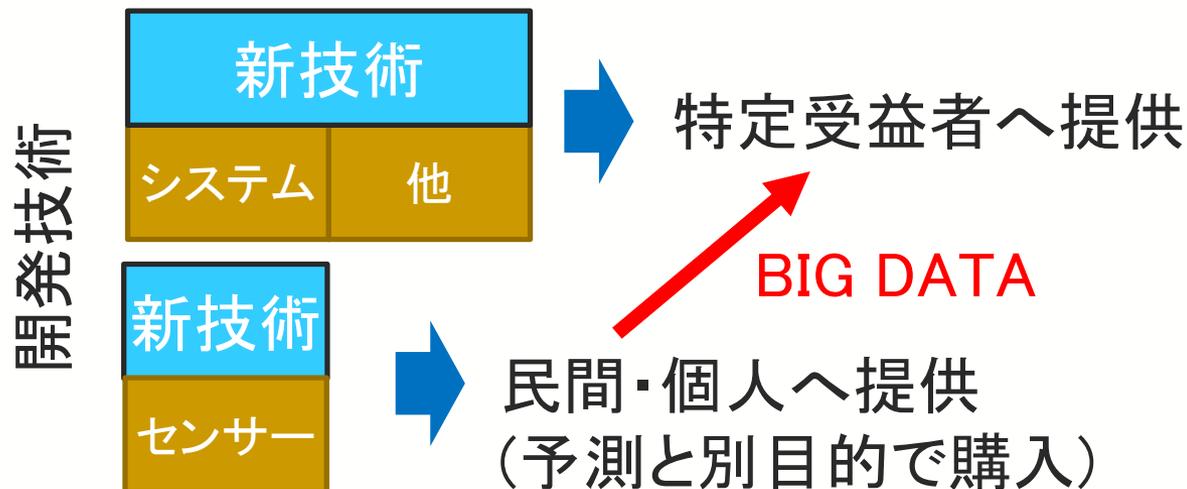
# 普及シナリオの検討

## 【従来】



投資額の拡大  
↓  
持続可能な対策？

## 【提案】



投資額の圧縮  
↓  
全員参加型でより  
持続可能  
全体が幸福度を  
上げながら対策

# 試作例①：換気を促すCO<sub>2</sub>チェッカー

## 【コンセプト】

- 窓にPVを貼り付け、発電した電気を二酸化炭素チェッカーで使用する。
- 人が集まる室内に設置し、室内の二酸化炭素の濃度を測る。
- 二酸化炭素の濃度を表示することで、室内の換気を目安にしてもらう。
- データ受信で時間を合わせる時計や気温・湿度の表示などの機能を付け、より快適な空間作りを目指す。



# 換気を促すCO<sub>2</sub>チェッカーの更なる付加価値の検討

センサーの監視アプリで、離れた場所に住む家族の生活を見守

る。監視アプリで部屋の中のCO<sub>2</sub>濃度の変化を離れた場所からも確認

- 離れて暮らす高齢の家族や独り暮らしをしている家族の生活を、アプリを通して見守ることが可能

| 日時       | 気温 [°C] | CO2 | 紫外線   |
|----------|---------|-----|-------|
| 16:00:00 | 24.26   | 889 | 12.7  |
| 17:00:00 | 24.32   | 916 | 12.71 |
| 18:00:00 | 24.08   | 641 | 12.84 |
| 19:00:00 | 23.63   | 458 | 13.28 |



# 試作例②:ドライブレコーダー付センサー

センサーのケース



↑3Dプリンターで作成(Wood樹脂)

- ・車のサンシェードの裏にOPVを貼り付け
- ・OPVからの電力によってドライブレコーダーを起動
- ・サンシェード効果で車内の高温化防止

OPV & ドライブレコーダー



# ドラレコ付センサーの更なる付加価値の検討

## ■ 盗難防止（購入したドライブレコーダーの機能）

### ・ 常時録画

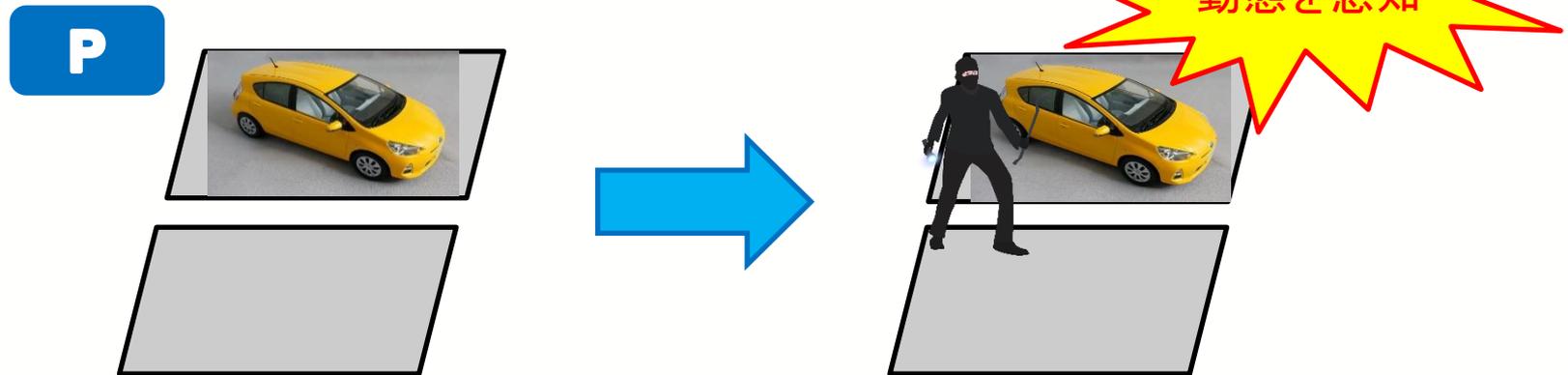
→ 本機の電源ONから電源OFFまで常に録画

### ・ イベント記録

→ 本機が衝撃を検知すると常時録画から切り替わり、イベント録画を別のファイルで記録

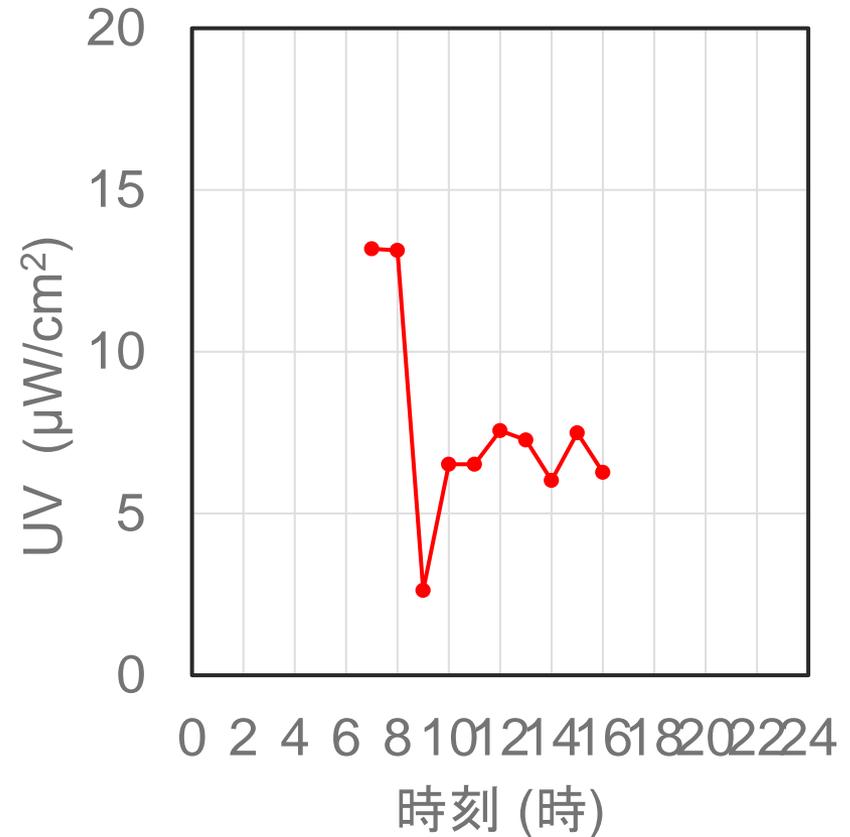
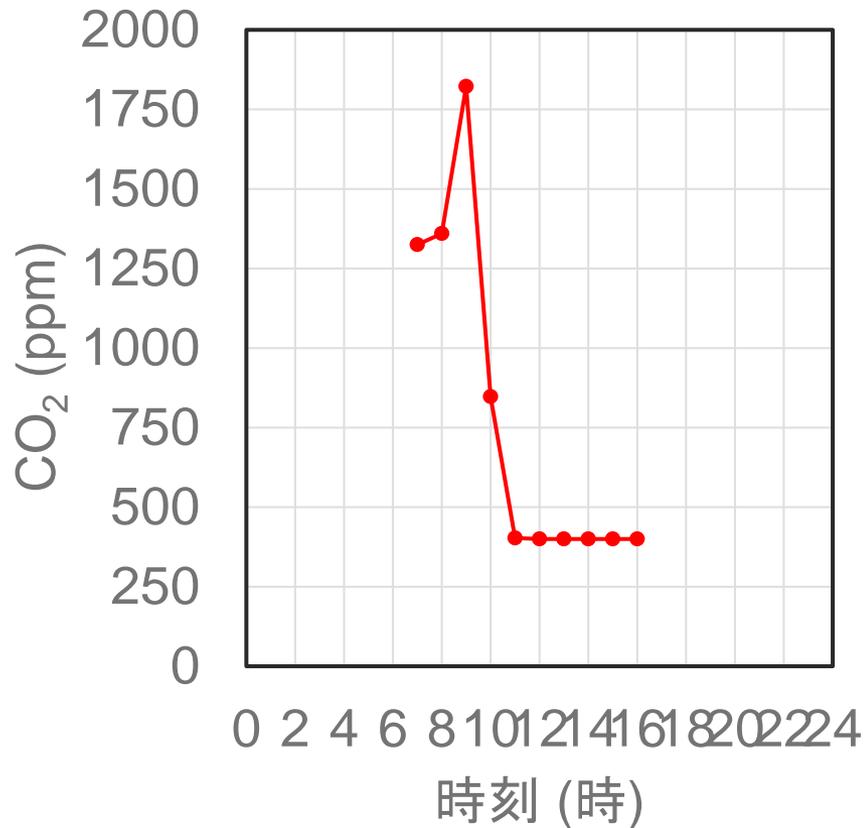
### ・ 駐車録画

→ 衝撃が加わると駐車録画の開始



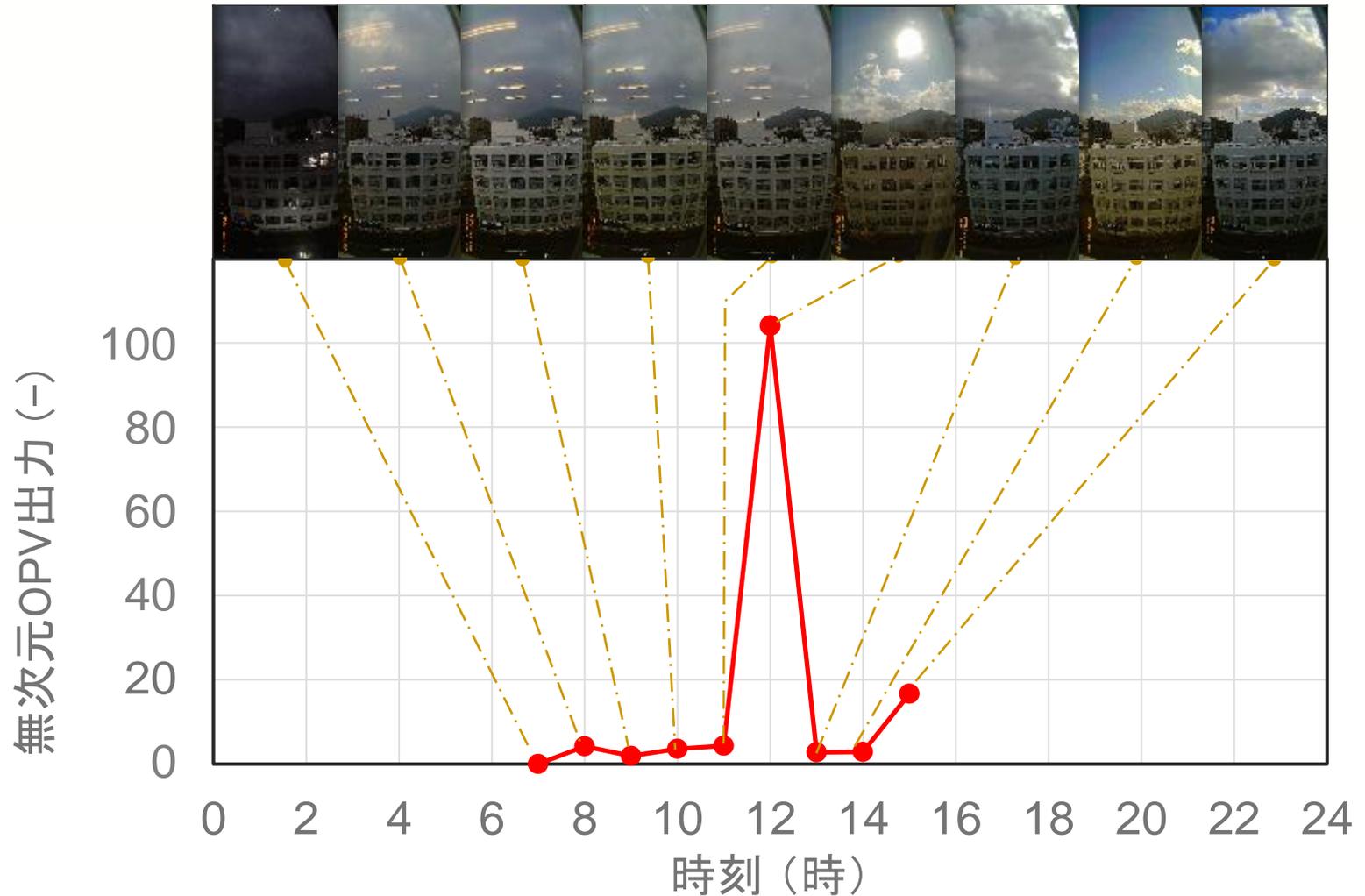
# 計測例①: CO<sub>2</sub>チェッカー付センサー計測状況

OPVを用いたCO<sub>2</sub>の濃度と紫外線の量の計測を達成



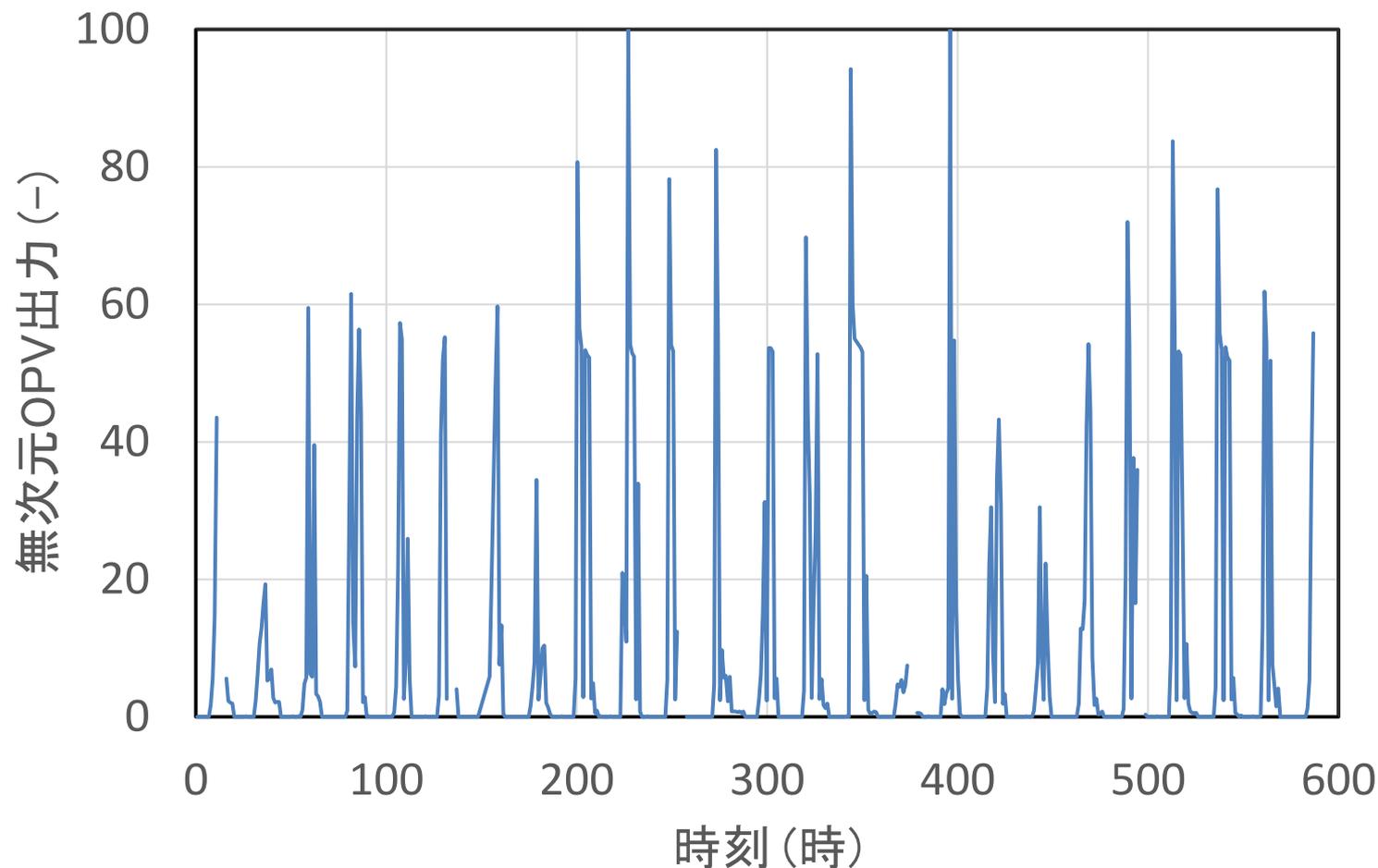
# 計測例②：ドラレコ付センサー計測結果

2W-OPVに接続し、SigFoxでDATA送受信を確認



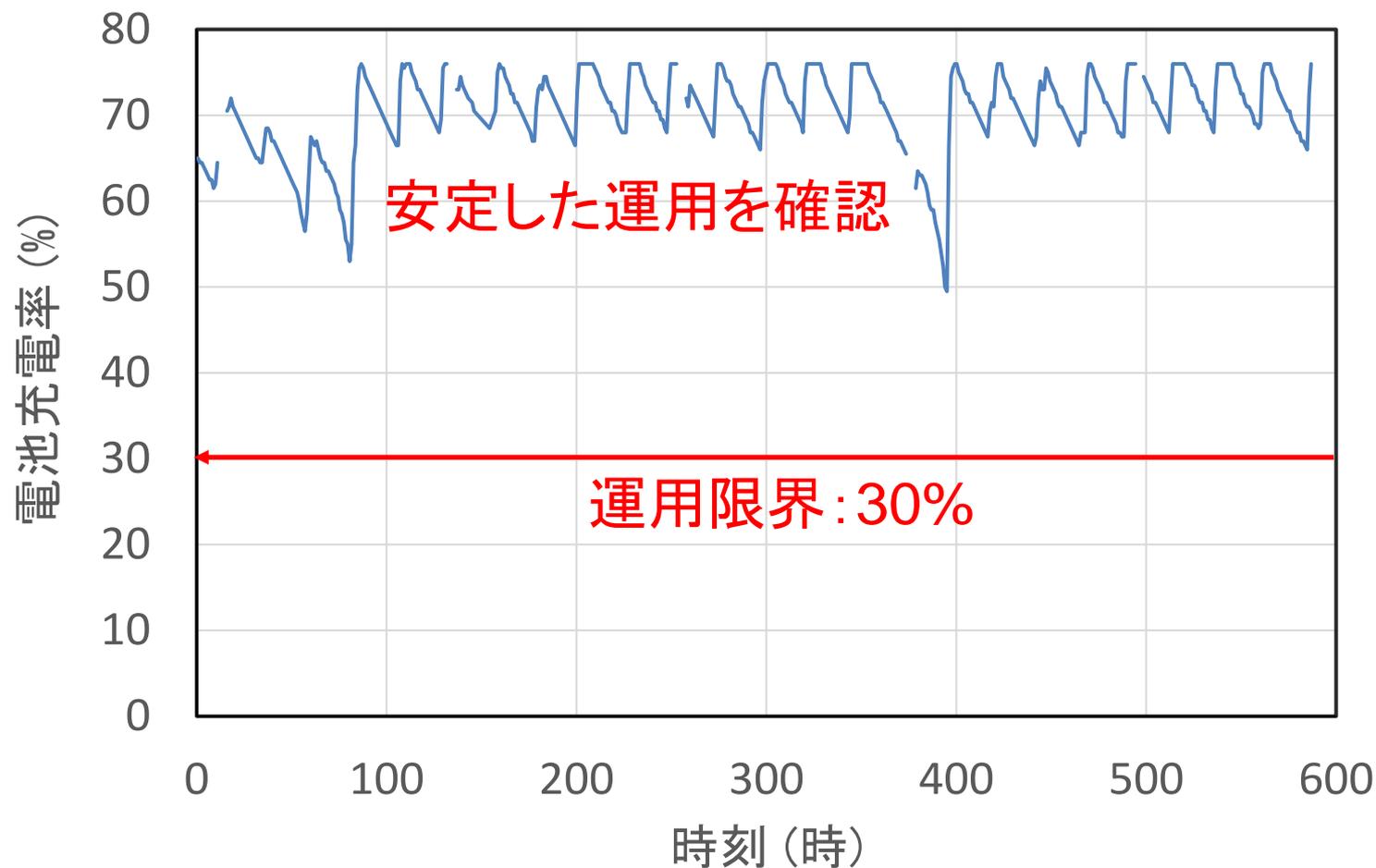
# ドラレコ付センサーによる連続計測事例

ドラレコ付センサーで連続した24日分の結果(OPV出力):



# ドラレコ付センサーによる連続計測事例

ドラレコ付センサーで連続した24日分の結果(電池充電率):



# 結言

---

既存太陽光発電出力をセンサーにして、短時間の太陽光発電出力変化の予測技術を開発し、さらに以下をご提言させて頂きました。

- 1) 再生可能エネルギーは自然由来であるが故に、その得られる出力データを気象予測データやゲリラ豪雨の予兆などに活用できないか？
- 2) 受益者がセンサーなどを導入するのではなく、第三者が自身の興味、或いは普段使いを目的にセンサーの「付加価値」を求め、そのデータを受益者が使うというシナリオで、特定の受益者だけにコスト負担を負わせることなく、再生可能エネルギーのより良い導入方法を実現できないか？

今後とも、ご指導・ご鞭撻のほど、何卒よろしくお願い申し上げます。