

## 2021年度成果報告会

# 風力発電等技術研究開発/ 風力発電高度実用化研究開発/ 風車運用高度化技術研究開発

(国) 東京大学 先端科学技術研究センター

(国研) 産業技術総合研究所 人工知能研究センター

(学) 中部大学

再委託:

(学) 早稲田大学, (一社) 日本風力発電協会, (株) 東洋設計

問い合わせ先:

東京大学先端科学技術研究センター 飯田誠

E-mail: [iida@eco.rcast.u-tokyo.ac.jp](mailto:iida@eco.rcast.u-tokyo.ac.jp)

TEL: 03-5452-5099

# 事業概要

## 1. 期間

開始 : 2018年7月

終了(予定): 2021年9月

## 2. 最終目標

- 風車稼働率を97%以上に向上させる技術を確立させ、国内風車のダウンタイム及び運転維持コストの低減を図る。
- 発電量向上を目指した技術開発を行うことで、発電コスト低減を図る。

## 3. 成果・進捗概要

- 各要素技術を活用し風車データ利活用分析に加えて、風力発電事業者の利活用を促すアクセス性、データ秘匿性を機能装備するデータベースプラットフォームの開発。データの複合利用による風車状態判断の考え方を事業者に提示し、各種の風車運用データの収集や風力発電事業者・メンテナンス会社へ大学研究機関の最新分析技術を提供することを可能にした。
- 学習時間を短縮させるため転移学習など最新のAI技術を用いた高度異常検知技術を開発。機械学習を用いた異常検知、故障検知は、検知率80%超を達成。世界最先端の競争力を有する要素技術開発を実現。
- 国内風力発電設備の実データにもとづく風車稼働率への影響を明らかにするとともに対策を支援する技術・アプリケーションを開発。雷データの国内データ分析として、唯一稼働率の影響として停止しなくてもよいダウンタイムが平均4.2%あることを明らかにした。

# 実施項目

- ① 風力発電情報データベースプラットフォームの設計と構築
- ② 風力発電情報データベースプラットフォームの試験運用と効果の検証
- ③ SCADAデータ・メンテナンス作業記録データ利活用アプリケーションの研究開発
- ④ CMSデータ利活用アプリケーションの研究開発
- ⑤ 雷トラブル停止時間短縮にむけたアプリケーションの研究開発

## 実施項目の位置づけ

目標: 時間稼働率97%以上⇒ダウンタイムの低減、適切な運用改善が必要



### ○必要な要素技術研究

- 風力発電所運用データ、風車状態データ(SCADA/CMS)による故障トラブル予測技術の高度化(高信頼性診断評価技術、データ必要期間の短縮化技術)【実施項目③、④】
- 雷トラブル停止時間短縮化技術研究【実施項目⑤】

### ○上記要素技術の適用、実施を支援するための基盤開拓

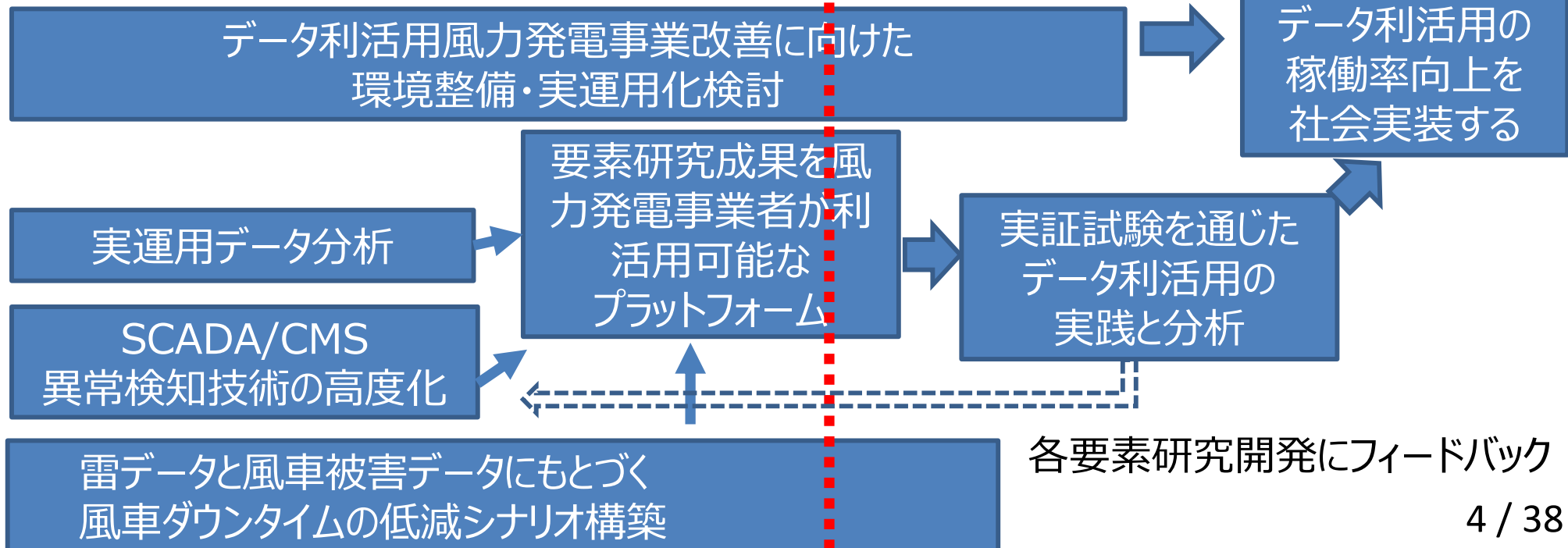
- 風力発電事業の実態を科学的に分析可能で、現場で活用するための基盤整備検討風力発電事業者、メンテナンス事業者などが参加、活用できる「風力発電情報データベースプラットフォーム」の構築に向けた検討【実施項目①、②】

# 事業全体構成(参考)

- ① DBプラットフォームのプロトタイプを構築し、アプリケーションの機能の動作確認
  - ② 実証試験に向けた実証試験シナリオの構築
  - ③ 実証及び運用におけるリスクの抽出と対応方法
  - ④ 異常検知機能の高度化を行いプラットフォームに実装可能な性能にする
  - ⑤ 雷データ分析で風車運転停止アルゴリズムに必要なデータ項目を整備する
- ①―③はデータ利活用の仕組みを整備し運用、④は異常検知の誤検出を低減しAIを育てる。⑤は雷対応をシステムとして確立する

▶～2019年度：要素開発・構築フェーズ

▶2020年度：実証効果検証フェーズ  
⇒稼働率改善などの確認を実施する





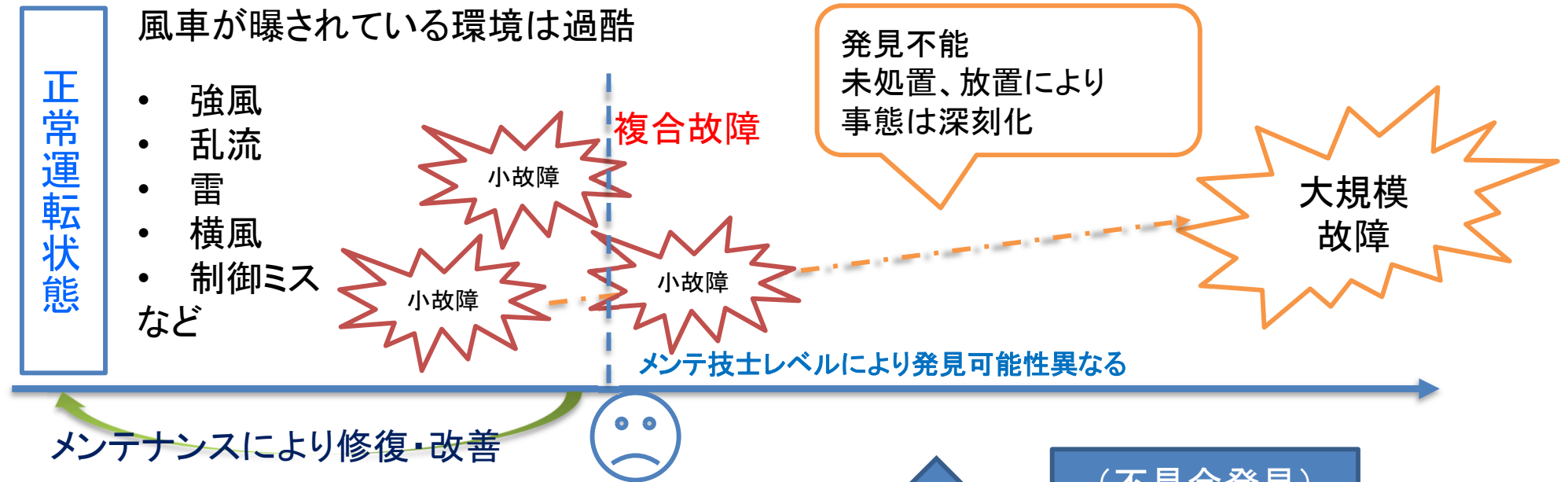
## 本事業の社会的背景

- 国内風車メーカー不在の中、国内風車産業展開の一つとして、風車のO&Mは事業コストの35%以上の割合があり、産業経済効果が高く風車低コスト化に貢献できる重要な分野である
- 他方、O&Mの取り扱い範囲は風力発電設備全般に渡るため、また、技術開発進展も早いことから、関連国内企業の技術的な支援を可能とする社会システムづくり、O&M企業への新たな知見、技術支援、そして有用なO&M支援サービス、要素技術を有する企業の参入を後押しすることは、国内の風力発電事業の運用高度化において重要である。

## 本事業成果の意義

欧州では風力発電メーカー以外でも、人員配置、拡張技術を発電事業に活用できており、低コスト化、信頼性向上へ寄与している。我が国の風力発電事業でも、将来を見据え最新技術の早期導入による産業競争力、発電コストの低減、信頼性の向上を実現できる開発が求められている。本技術開発による大学・研究機関で開発されたO&M支援分析技術、統合プラットフォーム化は、世界最先端のO&M技術を開発することと共に、最新の分析技術・雷対策技術を早期に国内風力発電企業へ提供する枠組みをも構築することができた。

# 風車のダウンタイム増大の一因と修繕フロー



予期しない故障による停止がダウンタイム増大の一因  
ダウンタイムを抑える効率的なO&Mが必要

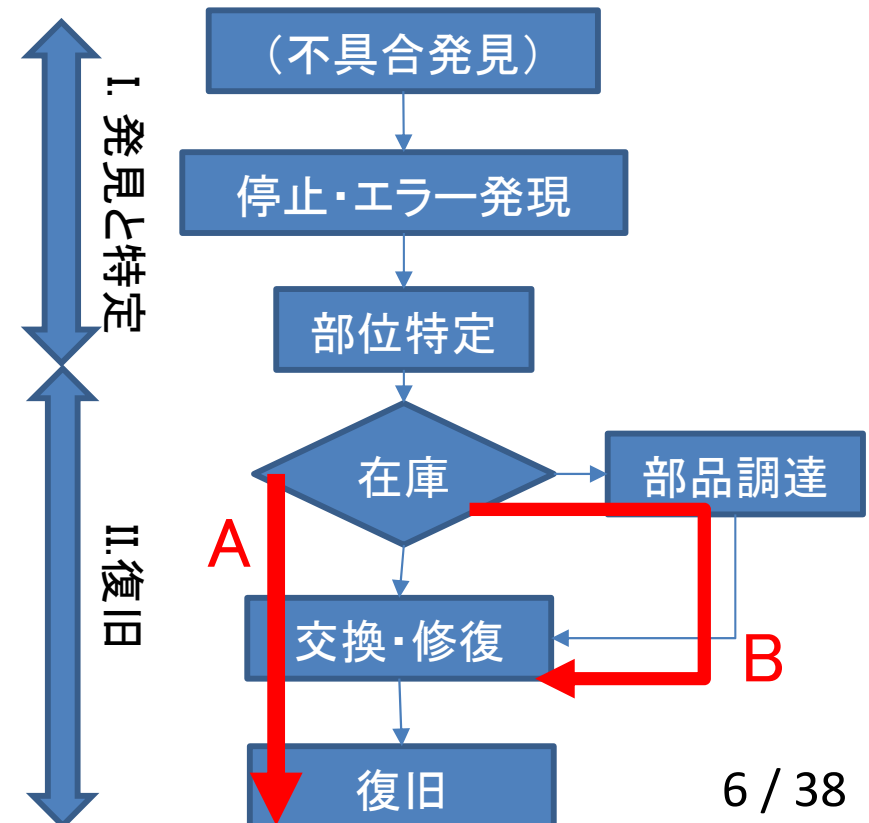
## メンテナンス(トラブルシューティング)フロー

### I. 発見と特定

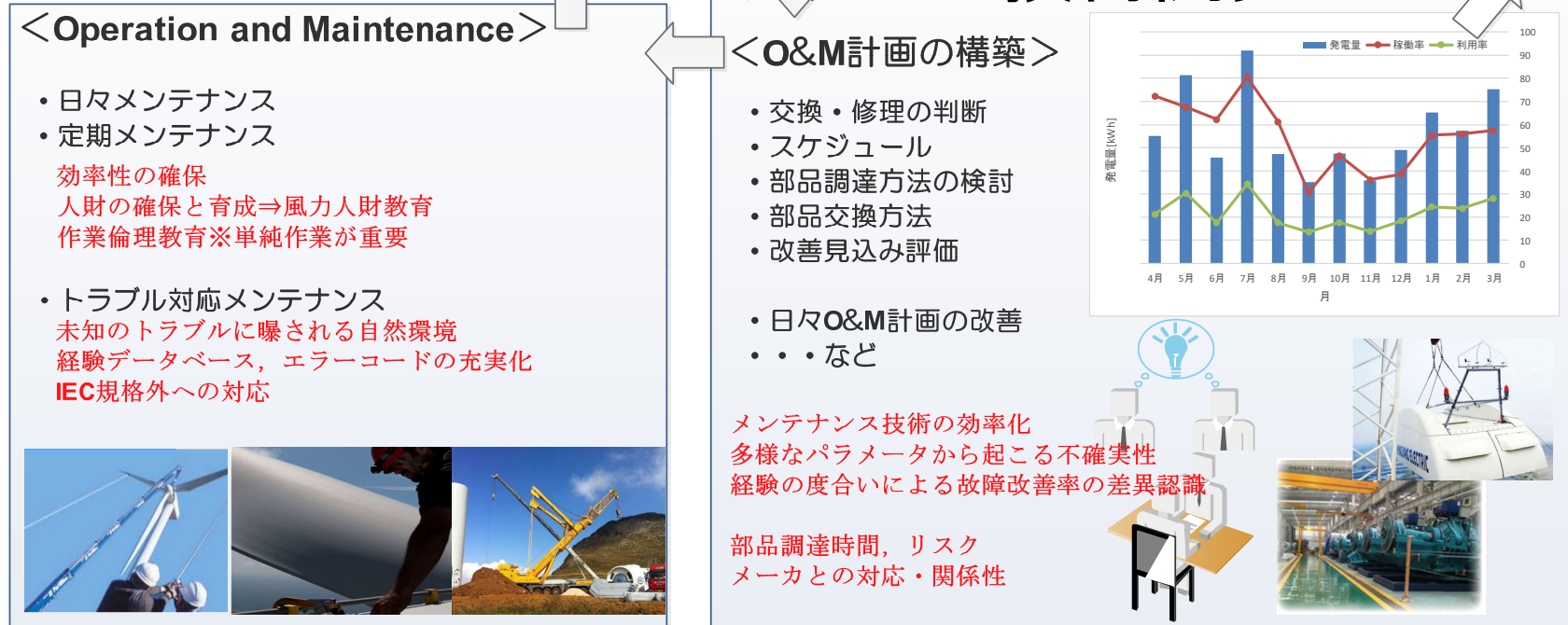
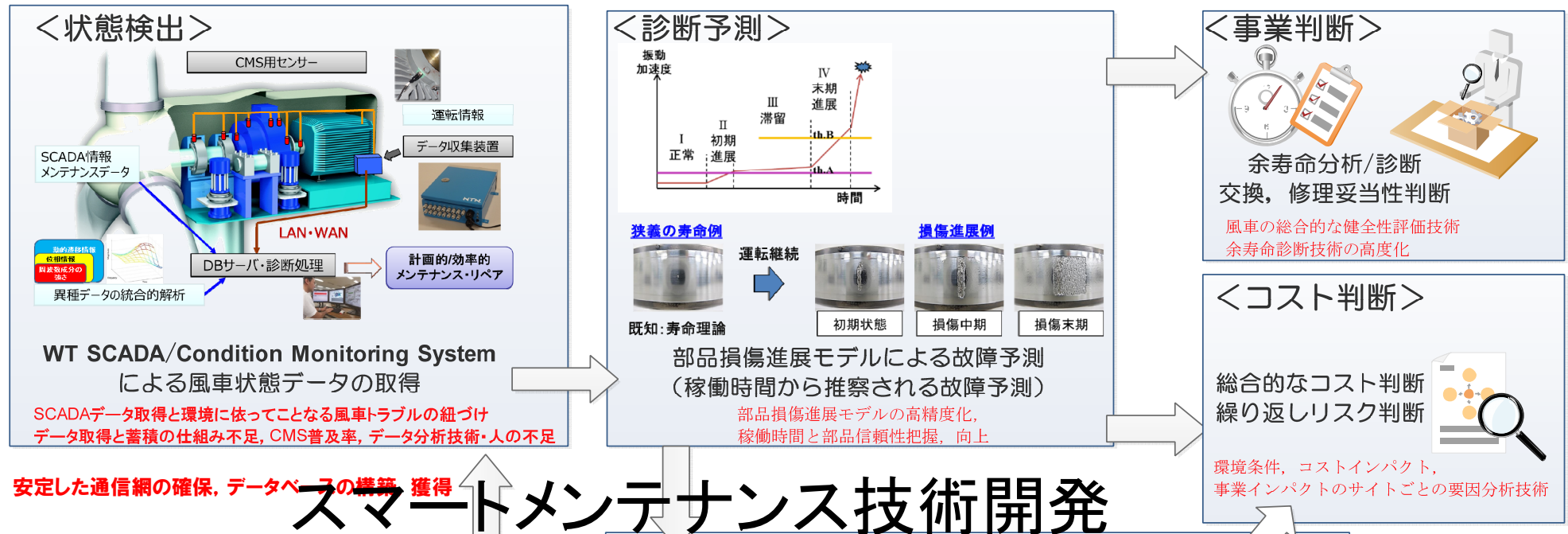
- A: 過去に経験がある・  
メーカーマニュアルで特定可: **1週間以内**
- B: 初めての経験、原因・部位特定から  
行う必要がある: **2週間以上**

### II. 復旧(部品調達):

- A: 在庫がある場合: **1~2日程度**で修復
- B: 在庫が無い場合: **1~3ヶ月程度**必要

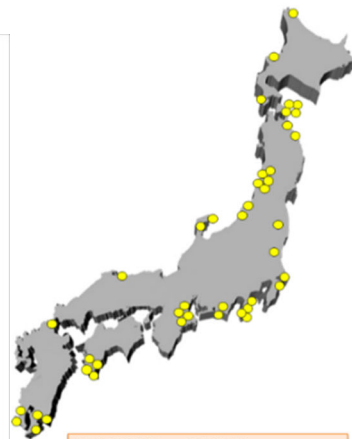
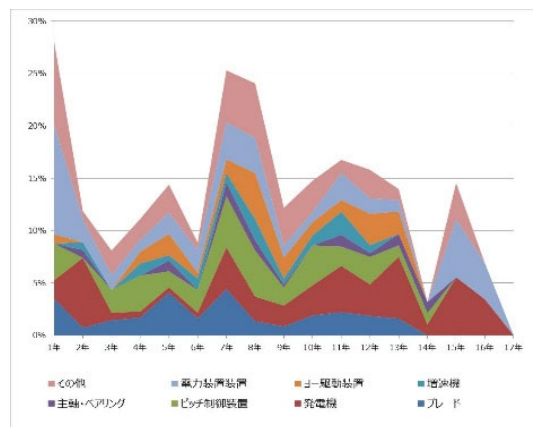


# IoT (CMS/SMS)を利用した風車メンテナンス技術開発

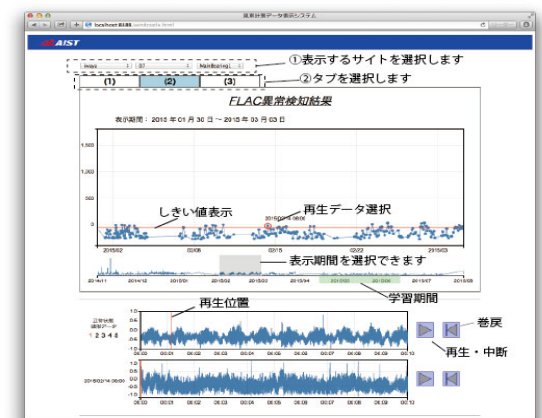
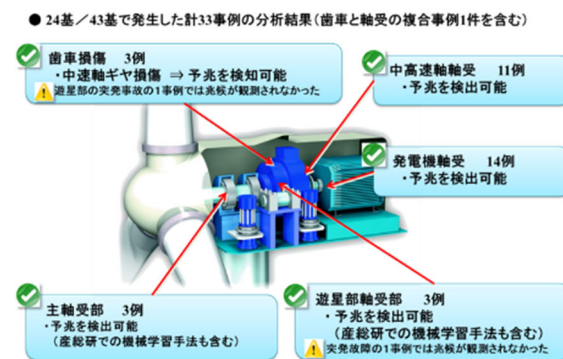


# (参考)NEDO風力発電高度実用化研究開発 「スマートメンテナンス技術研究開発(リスク分析)」

- ❑ 風力発電事業の稼働率低下要因として、故障事故の増加や修繕・メンテナンスに係る風車停止時間の増大が課題
- ❑ スマートメンテナンス事業では、故障トラブルの部位別リスクを把握するとともに、単機の風車を対象にAI技術を駆使して、主に伝達系-発電機(主軸・増速機・発電機)部分の故障予測技術を開発・評価を実施
- ❑ 9事業者27サイト43基の風車(平均1.6基/サイト)で実証し、CMS(部品レベル)で9割程度の確度(従来の検知技術では7割程度)で1~3ヶ月前に故障トラブルを発見可能で、SCADAデータ取得サイトでも部位レベルで同様に事象の発見可能であること、これらの技術により稼働率向上を確認。



協力事業者 9事業者  
設置サイト数 27サイト  
設置台数 合計 43台  
(10メーカー、16機種)

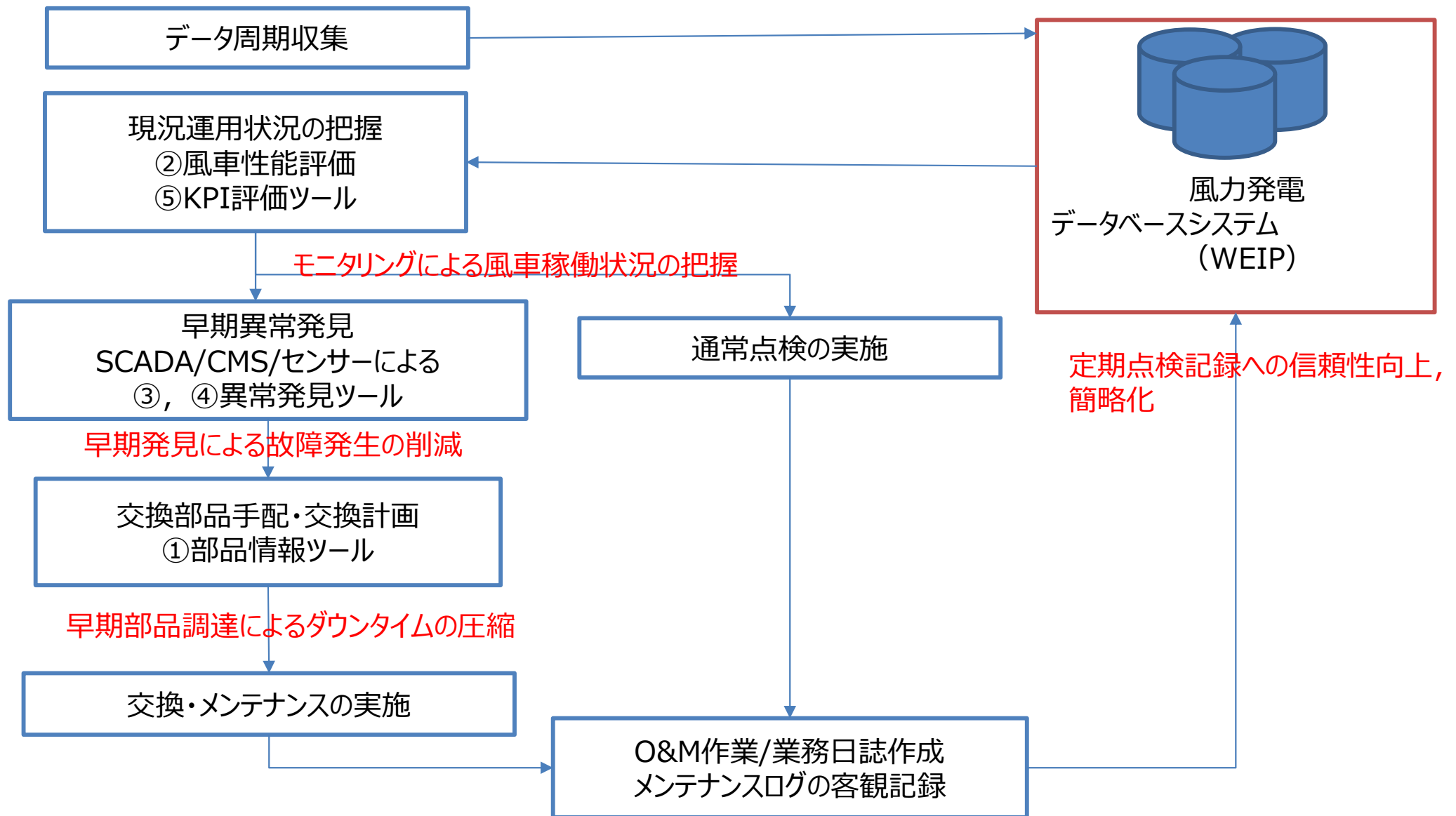


要素技術の適用、実施を支援するための基盤開拓

## 風力発電情報データベースプラットフォーム

- ①設計と構築
- ②試験運用と効果の検証

## データベース利用による目標稼働率達成フロー



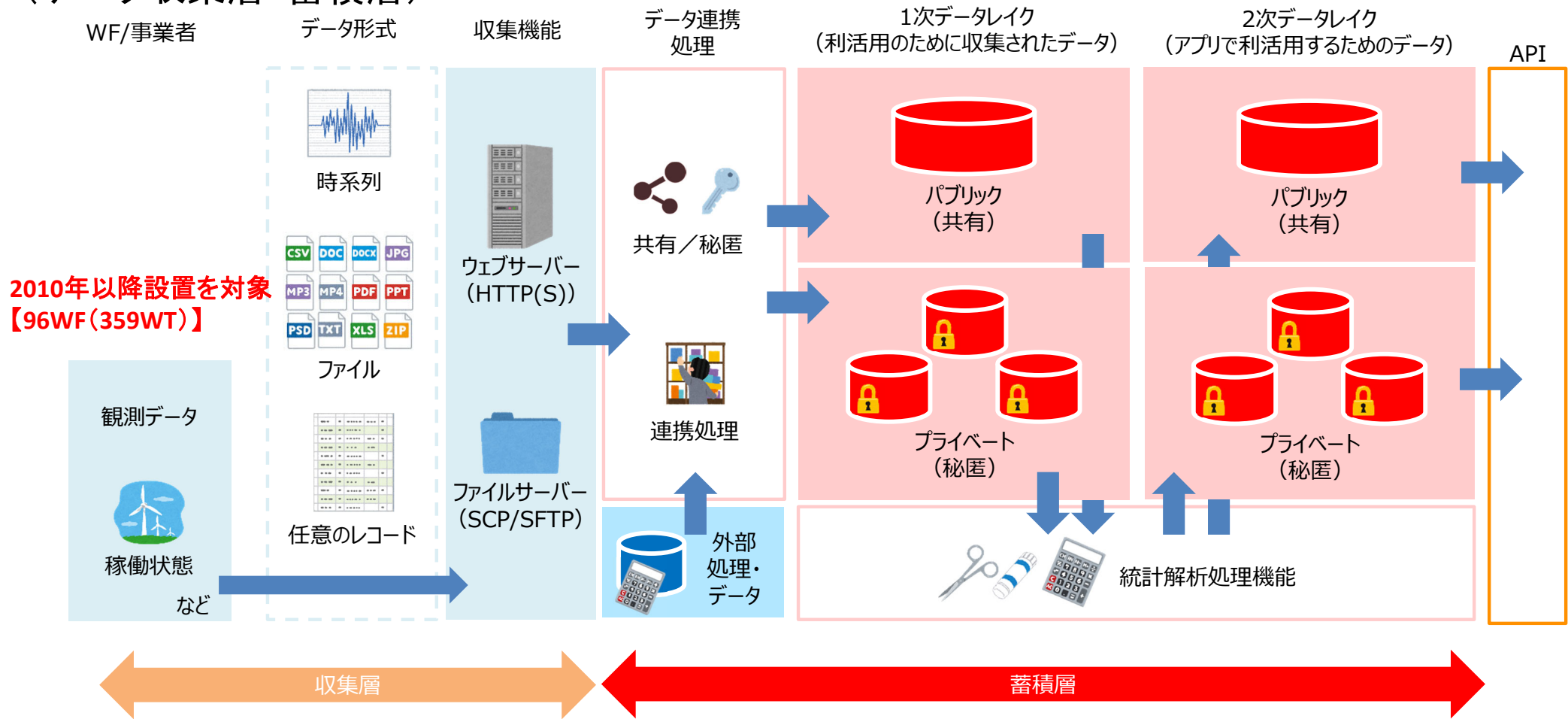
各種データと予測, 分析ツールによる稼働率の監視と早期対応を実現



# ①②データベースプラットフォーム設計と構築・試験運用と効果の検証

## 2020-2021年度成果と進捗：プラットフォームの概況

(データ収集層・蓄積層)



### ■プラットフォーム構築概況(2021年8月現在):

収集層:2020構築完了済 オフラインでデータ登録

☆SCADAデータ(87基数分、延べ期間 約109.8年(1318か月)収集)

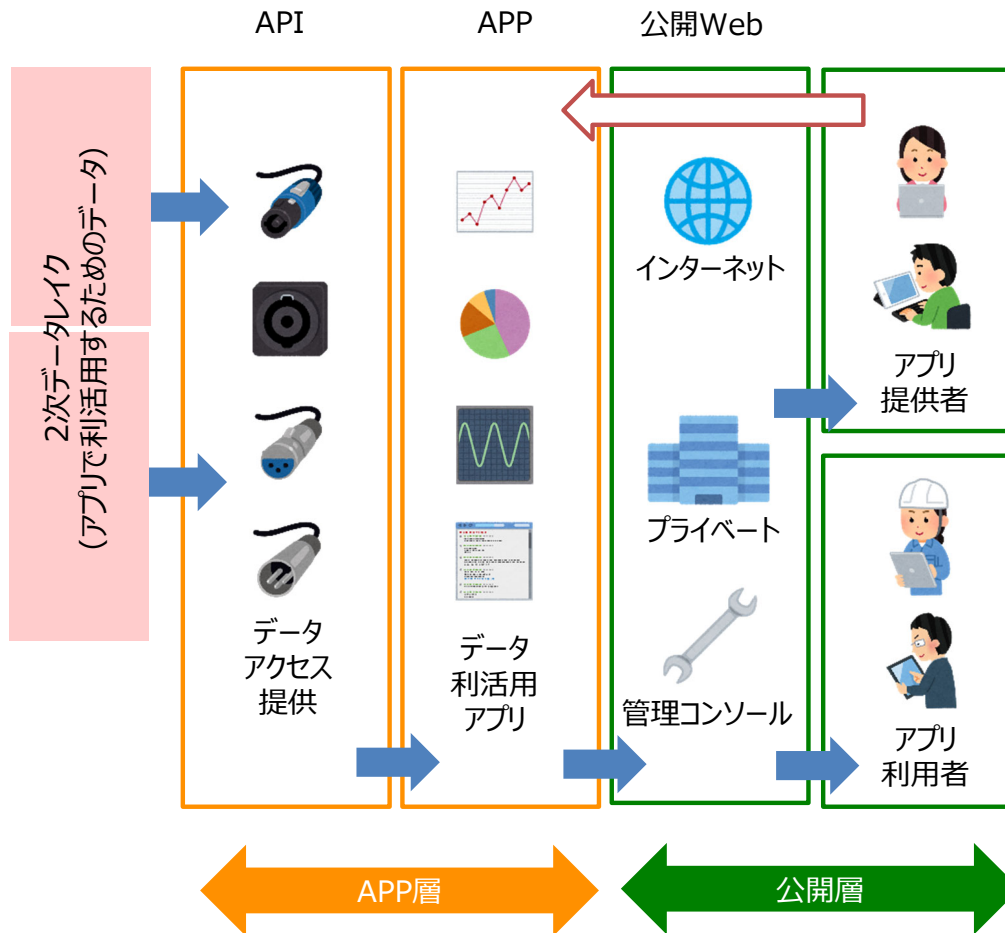
☆CMSデータ(72基数分 収集済)

CMSメーカーサーバと産総研サーバで連携。一部オフライン登録

➡ : データの主な流れ  
(逆向きの流れも一部想定されるがここでは省略)

## 2020-2021年度成果と進捗：プラットフォームの概況

(API・APP層)



### ■標準アプリケーションの整備

- WF情報表示⇒性能・稼働率
- SCADA異常診断ツール
- CMS異常診断ツール
- 雷トラブル検出・アラートツール

：データの主な流れ  
(逆向きの流れも一部想定されるがここでは省略)

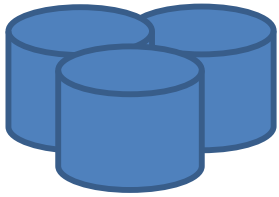
### ■プラットフォーム構築概況(2021年8月現在)：

API：アクセス制御用APIなど実装

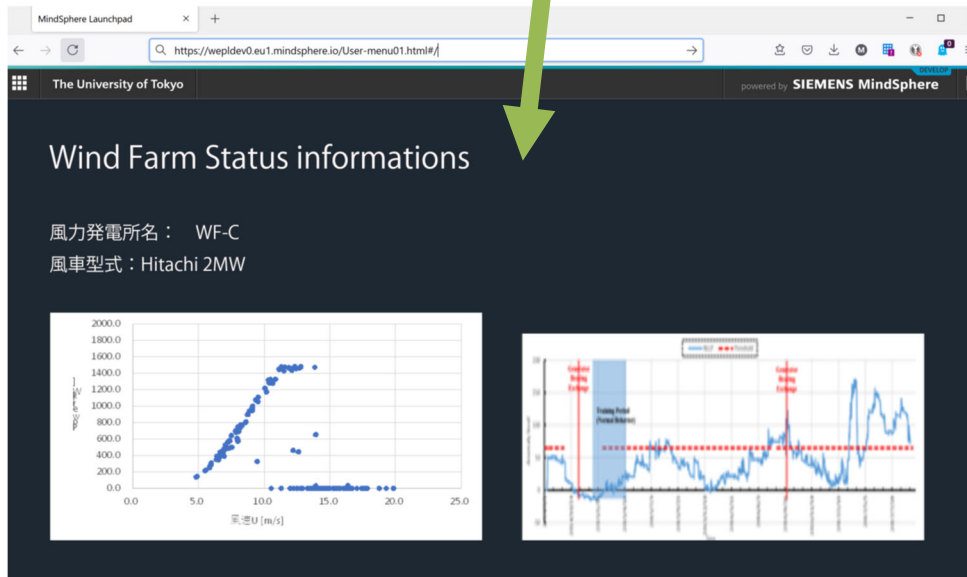
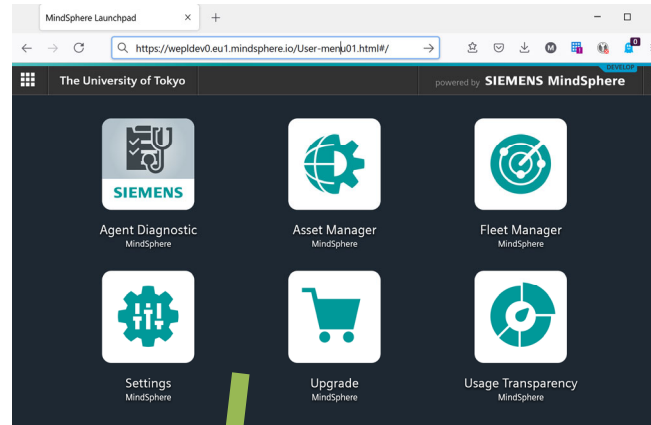
APP：CMS APP実装, SCADA/雷 DBと連携させたアプリケーションを構築



## データベース利活用ツールの 整備と利用状況



風力発電  
データベースシステム  
(WEIP)



現況運用状況の把握  
②風車性能評価  
⑤KPI評価ツール

早期異常発見  
SCADA/による  
③, ④異常発見ツール

交換部品手配・交換計画  
①部品情報ツール

目標稼働率達成フローを実行するための  
各種機能

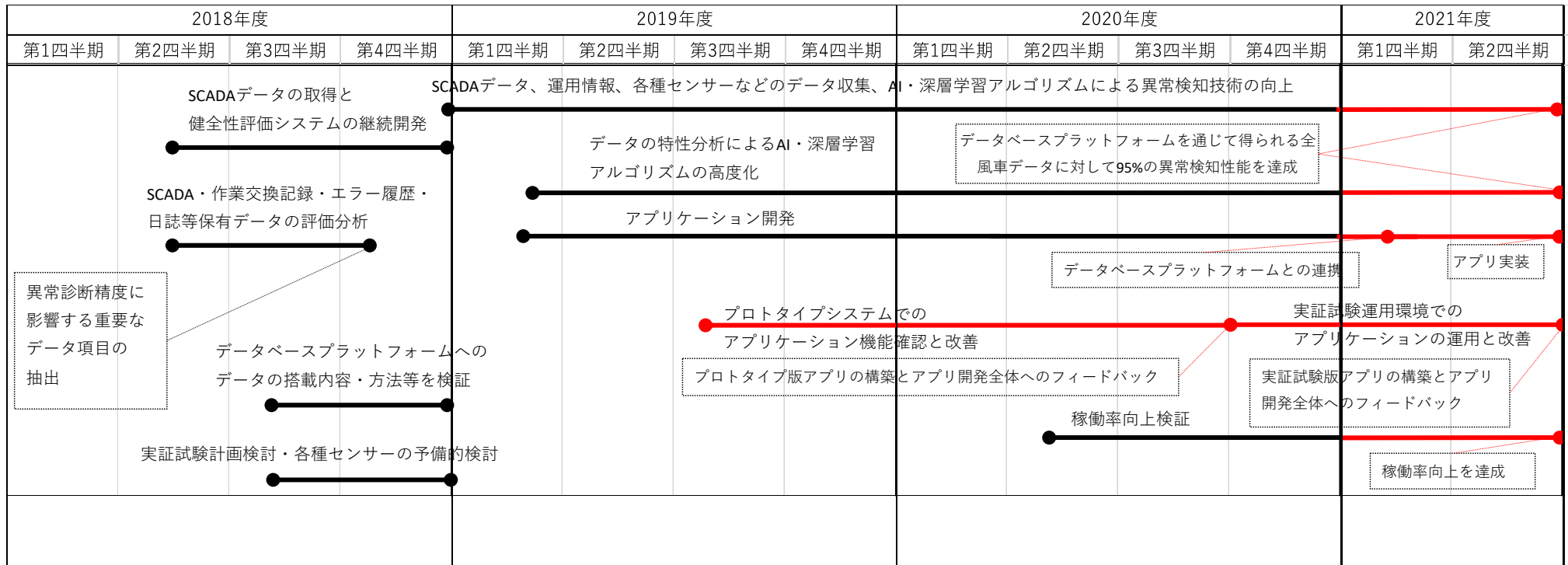
<以下実装済>

- ・ 風車状態・稼働率評価
- ・ SCADA異常スコア表示
  - ・ 風速変動
  - ・ 発電量変動
  - ・ エラー履歴表示
- ・ 風車メンテナンス支援ツール
  - ・ CMS異常検知(後述)
  - ・ 雷アプリ(後述)

要素技術研究

### ③SCADAデータ・メンテナンス作業記録データ 利活用アプリケーションの研究開発

## 2020-2021年度の研究状況

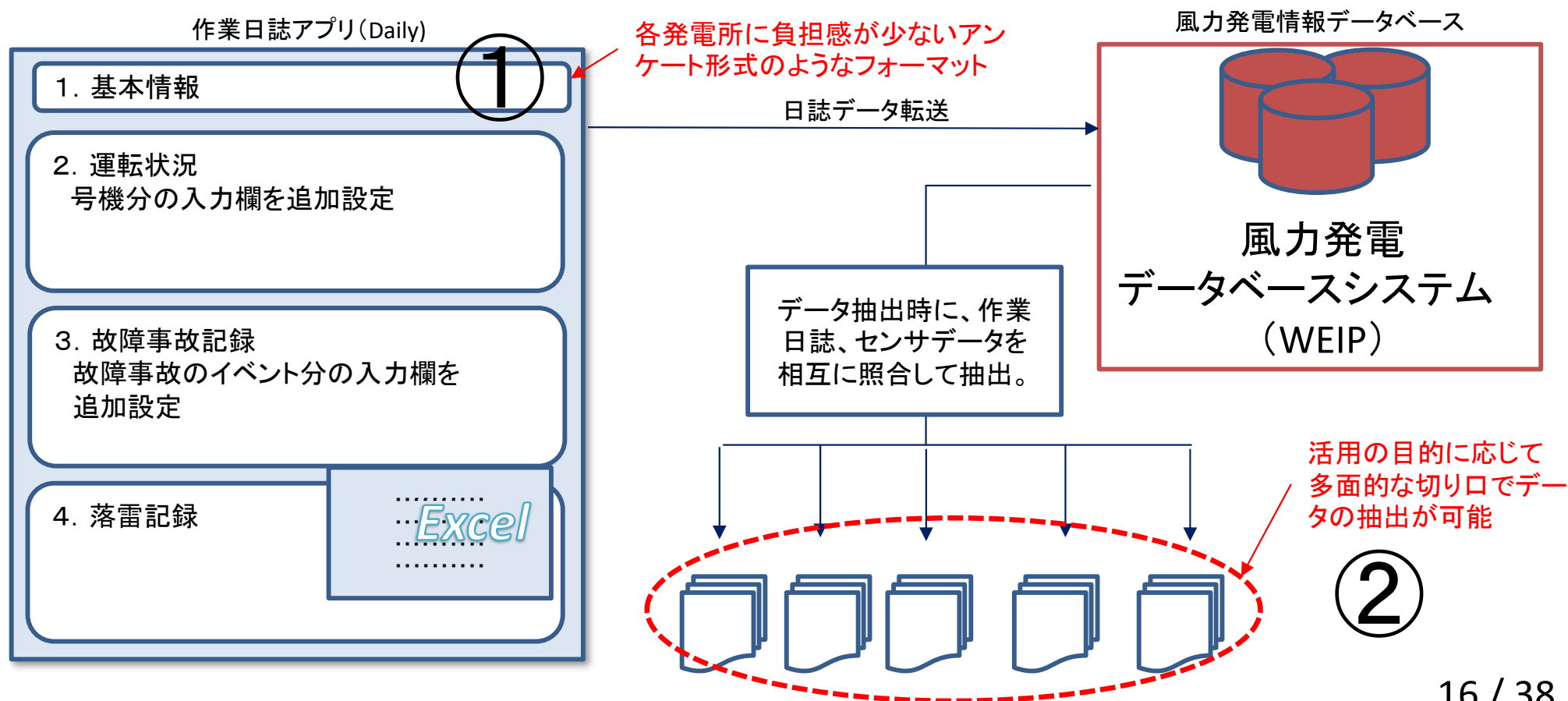


### ■概況(2021年8月現在):

- SCADAデータ利活用異常スコアツールを開発、オフラインデータの追加、データベース連携を実施
- 現在は、実証試験版アプリの改良(データ項目の追加と再整理)と風車状態分析ツールに対するヒアリングを実施

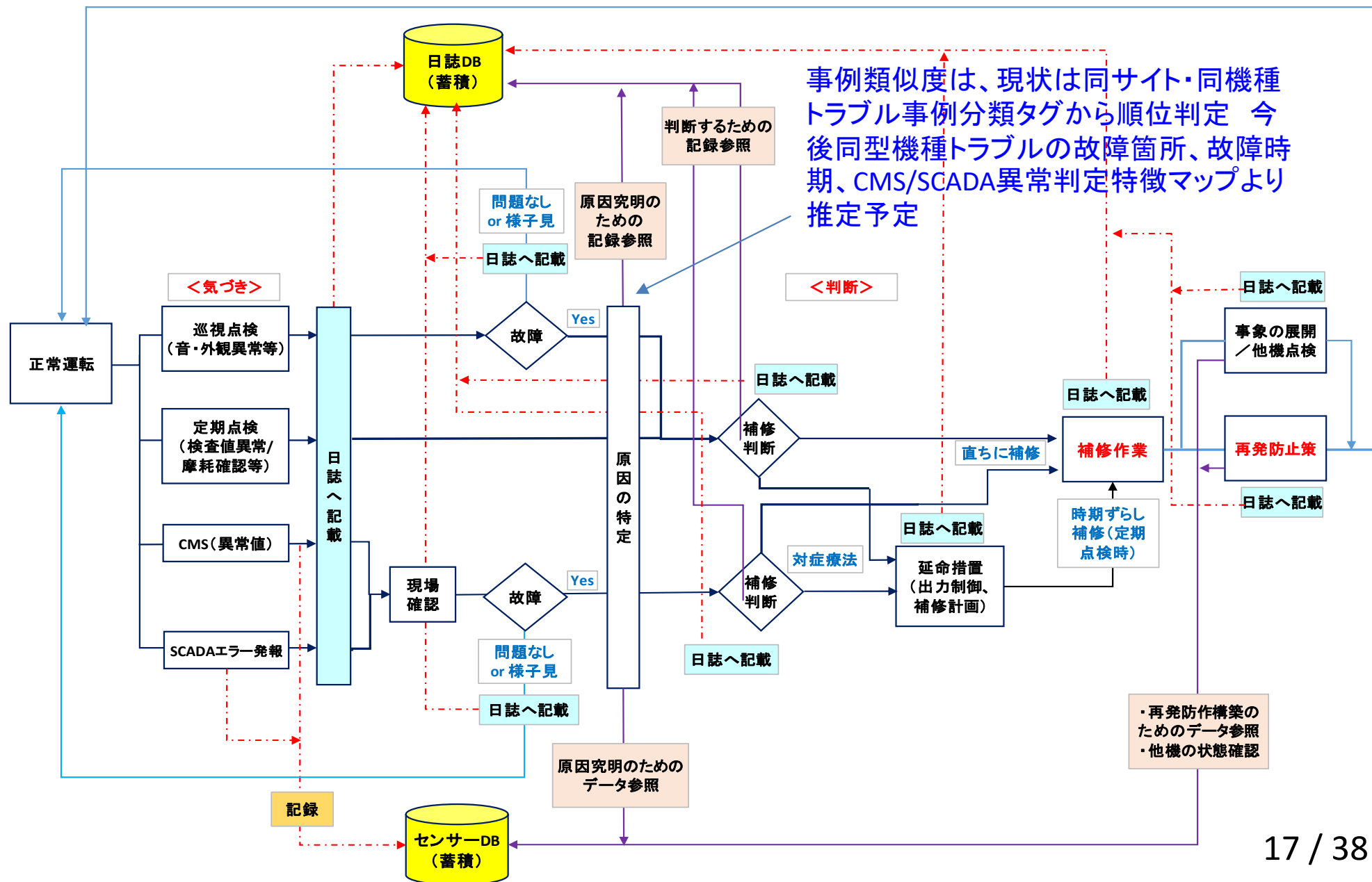
## 作業日誌アプリの開発と活用(概要)

- ・毎日の作業日誌をPCから入力できるアプリを開発する(標準フォーマット化)。入力データはDPにて蓄積
- ・WEIPからデータの活用目的(抽出の切り口)ごとに必要なデータを抽出。その際、作業日誌データとセンサデータ(SCADA、CMS等)のデータを照合して抽出する。
- ・抽出するデータは自社分および抽出目的にマッチングする他発電所のデータ(匿名)をアプリレベルで利用可能。  
(ex 機械学習の特徴量など1次処理された非連結データにより匿名化を実装)



## 現場の点検・作業フロー（日誌とセンサーの協調）

発電所の現場においては、①不正常的の気づき→②状況の把握→③対処の判断→④正常への復帰というプロセスが、多数のパターンにより繰り返される。①②についてはセンサーの機能に負うところが大きいが、③④については人の判断に基づいており、日誌に記録し、また過去の日誌データを参照することで的確な判断と最適な対処により正常な運転維持につなげている。



要素技術研究

## ④CMSデータ利活用アプリケーションの研究開発

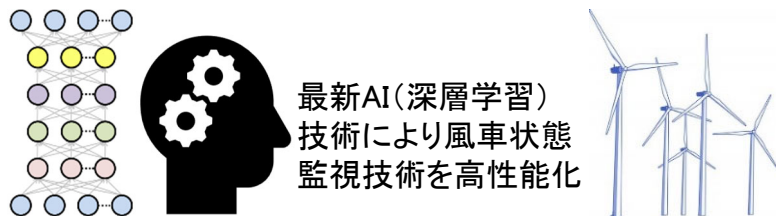
## ④CMSデータ活用アプリケーションの研究開発

- ・スマートメンテナンスの成果であるAIによる風車状態監視基盤技術の高度化を行うとともに、それらを活用したWebアプリケーションに必要な要件を精査するため要素研究として検討
- ・事業者・運用現場のフィードバックや専門知識を逐次学習することで、**持続的なシステム高度化とメンテナンス利便性向上**を実現

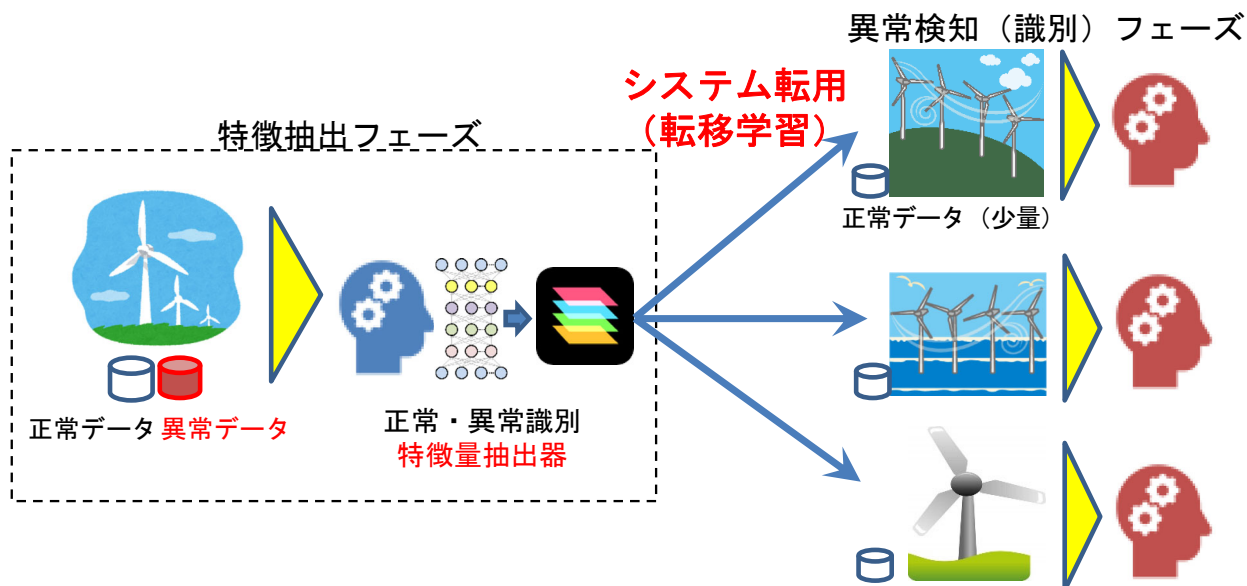
### 問題意識

- ・現状のAI異常検知は、個別環境(風車・機器、運用条件等)ごとの大規模データ集積、学習が前提。
- ・様々な実機風車に適用・運用する上では「性能面」だけではなく「実用面」での技術革新が必要。

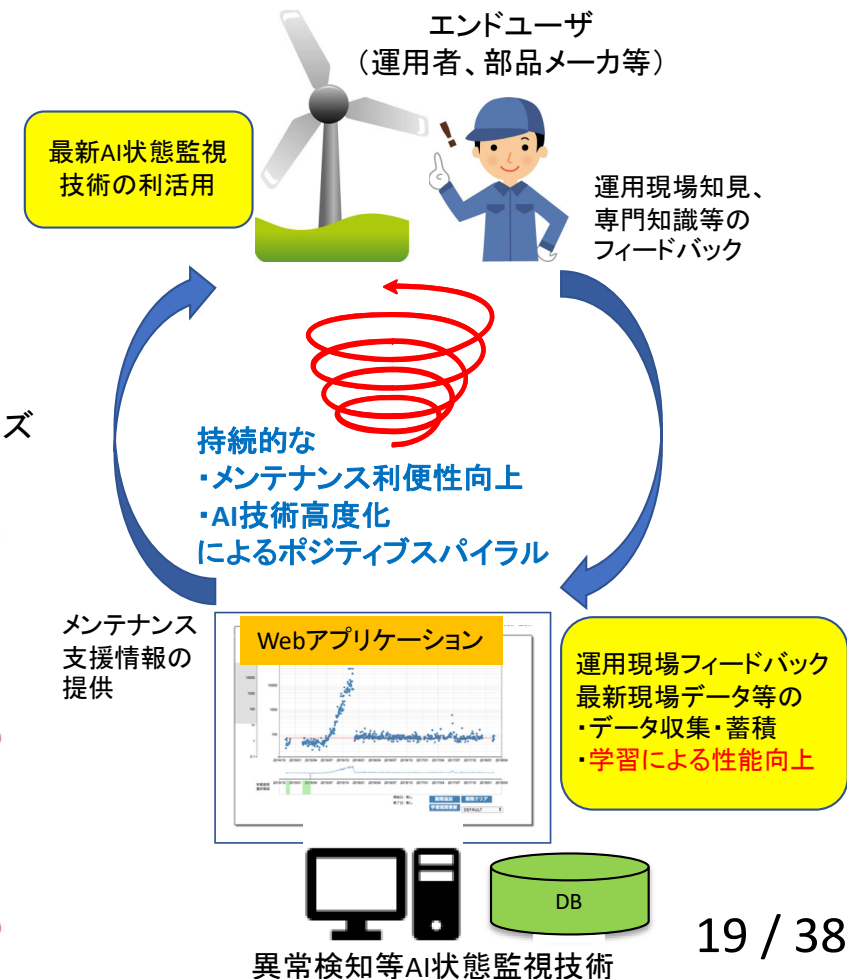
### (1) 風車状態監視基盤技術の高度化



「転移学習」に基づく「実用的」風車異常検知技術の研究開発



### (2) 風車状態監視Webアプリケーションの研究開発



#### ④CMSデータ活用アプリケーションの研究開発

### AI異常検知(データ駆動型異常検知)方式の整理

本研究では、できるだけ性能を担保しつつ利便性の高い異常検知技術を新たに開発 → **様々な環境において早期運用を実現**

利便性・  
実現可能性

低

高

- 正常・異常学習方式 (Siemens Gamesa、2017)
  - 大規模な正常・異常データを学習に利用
  - 自社展開する実機風車から損傷事例を大量に収集
    - 異常すなわち損傷データが事前に大量に入手できることが前提
    - 想定以外(自社展開以外)の風車には基本的に適用できない
- 転移学習方式①
  - 少量でも異常データがある場合、それを有効活用する
  - タンデム接続型異常検知手法(学習を2つのフェーズに分離)
    - 特徴抽出: **ある条件での正常・異常データ**を利用して学習
    - 異常検知: 転用先の少量の正常データを利用して学習
- 転移学習方式②
  - 異常データを利用しない転移学習方式
  - 複数機器の大量正常データから特徴量を抽出
    - 特徴抽出: **複数条件での正常データ**を利用して学習
    - 異常検知: 転用先の少量の正常データを利用して学習
- 正常学習方式
  - ある風車機器の正常データのみを用いて学習
  - スマートメンテナンスPJ
    - 独自特徴量(FLAC)を導入することで従来手法より高い異常検出率を達成
    - 一方、機器の損傷以外のイベントにも反応するなど過検出の傾向もあり

異常検知性能  
期待度

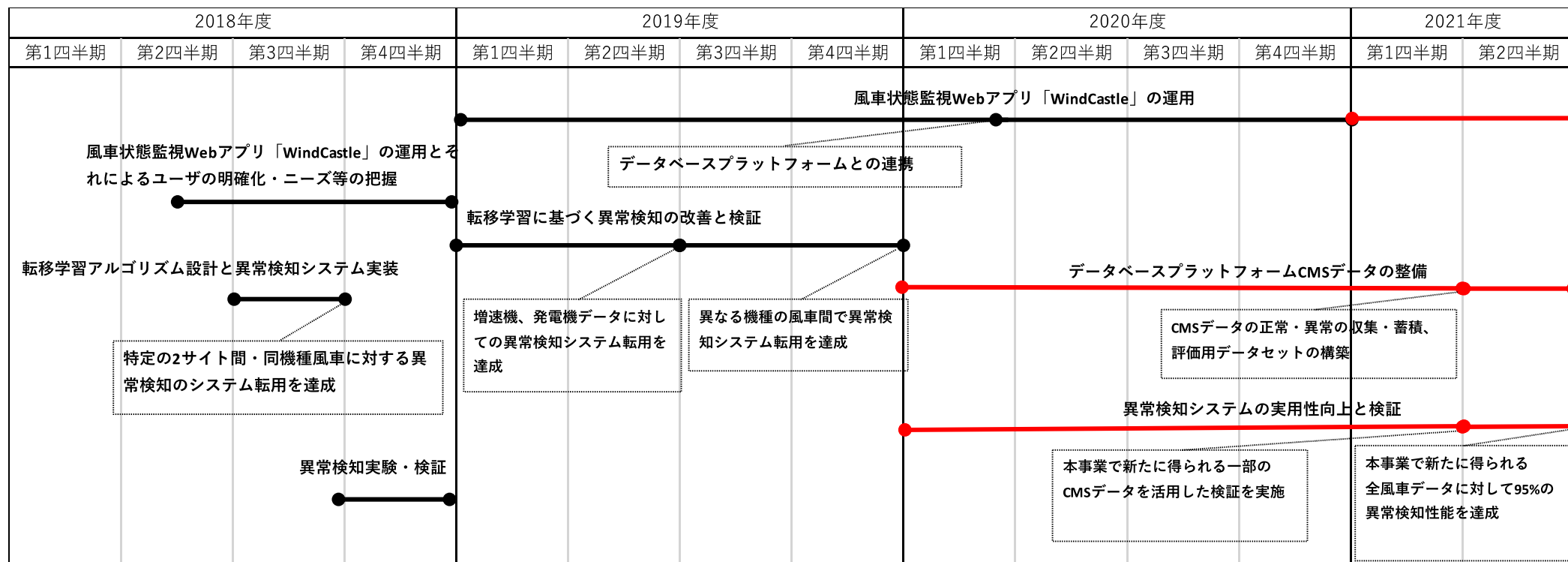
高

本事業において  
着目、研究開発  
を行う方式

低



# 2020-2021年度の研究状況



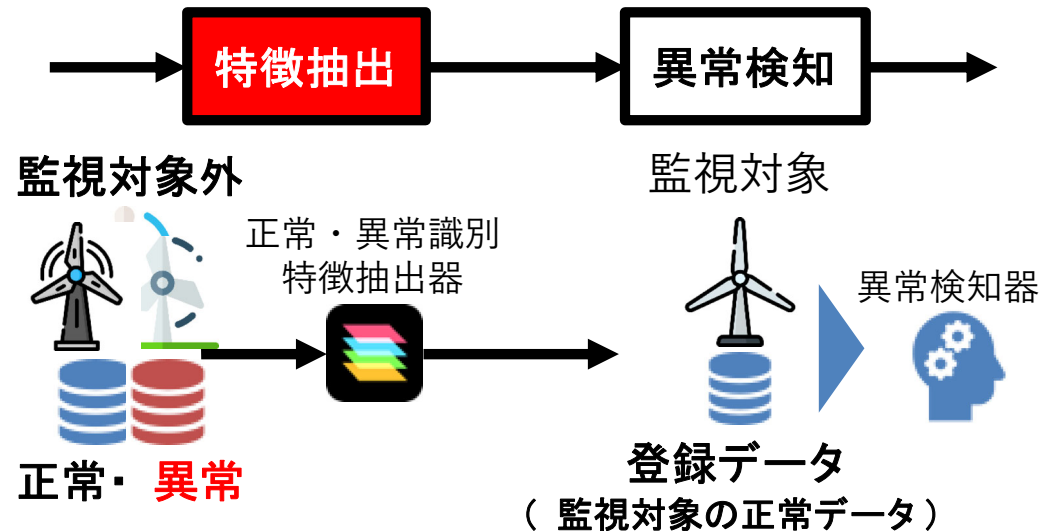
## ■概況(2021年8月現在):

- 新たにデータ収集される全風車データに対して検証を実施し、異常検知性能(損傷に係る異常予兆をいかに検知でき、かつ誤検知をいかに抑えることができたか、の両方を加味した指標)を定量的に評価
- CMSデータを活用した風車状態監視アプリケーション「WindCastle」をデータベースプラットフォームへ実装完了

## 異常検知システムの実用性向上と検証

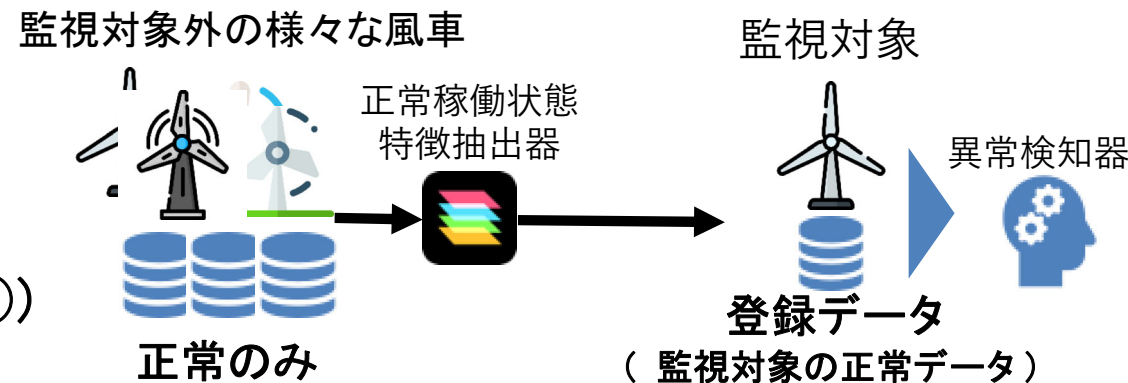
転移学習に基づく  
風車異常検知  
【概要】

**DNN/GMM  
tandem**  
(転移学習方式①)



本実験で採用する方式

**AE/GMM  
tandem**  
(転移学習方式②)



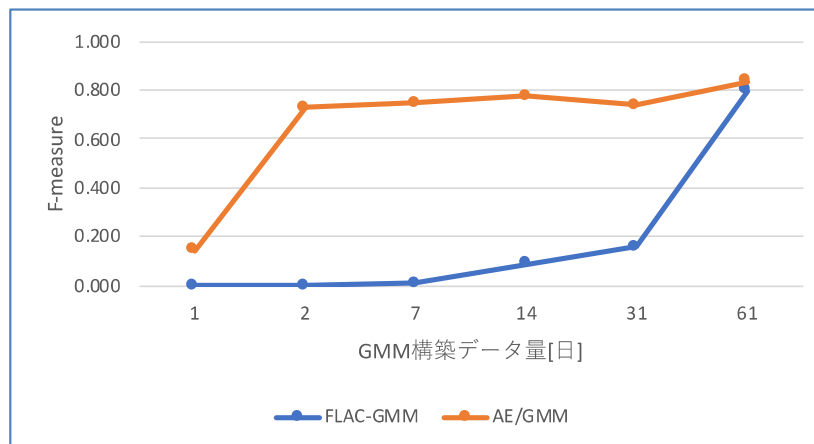
- ・ 異常データがなくても、転移学習による高精度な異常検知を実現。
- ・ 風車や環境の違いの影響が極力排除された特徴抽出器を様々な風車正常データから学習・構築。これは監視対象のあらゆる風車に汎用的に適用でき、異常検知システム構築の迅速化・効率化につながる。

## 異常検知システムの実用性向上と検証

### 異常検知システムの定量的評価

- 本事業で開発した「転移学習に基づく異常検知方式」の評価を実施
- 監視対象となる風車における必要データ量をいかに少なく抑え、異常検知性能を担保できるか
  - 転移学習方式における後段の異常検知モデル(GMM)の学習データ
- 異常発生した4風車について異常検知性能評価指標「F値」を算出
  - **F値(F-Measure)**: 異常検知技術における一般的な評価指標
    - True Positive: 実際の異常サンプルを異常と正しく判断できたかの割合
    - True Negative: 実際の正常サンプルを正常と正しく判断できたかの割合
    - 上記2つの値の調和平均

参考事例



手法1

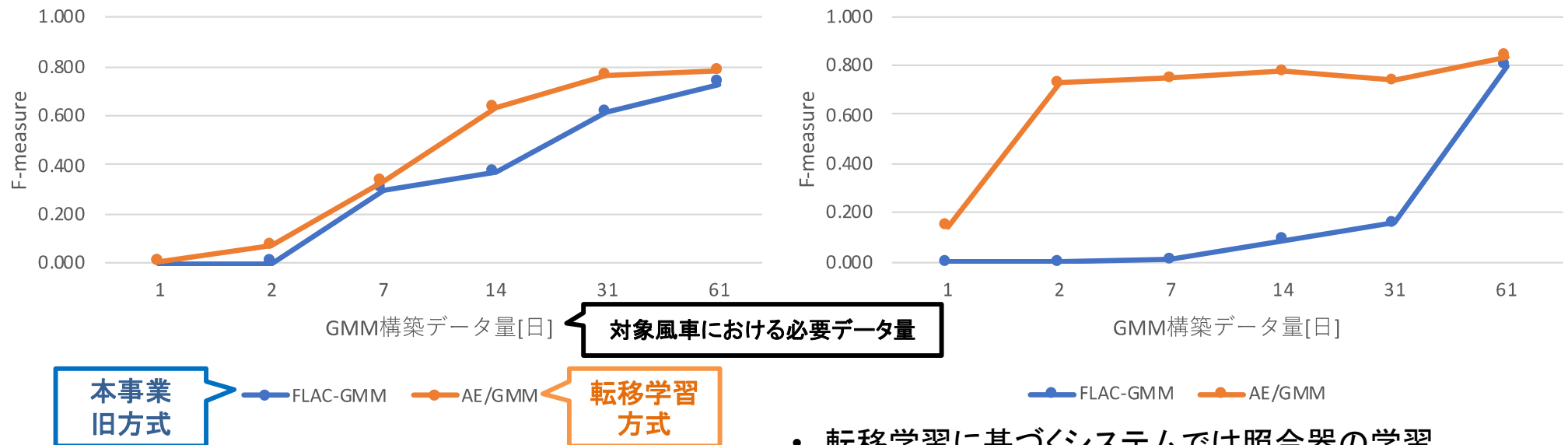
手法2

- 必要データ量(横軸)に対するF値のプロット
- この事例の場合、手法2が優れた手法であることを示す
- 必要データ量が少ない状況で、高い性能を達成  
→ 異常検知システムの早期運用が可能

## 異常検知システムの実用性向上と検証

- 異常検知システムの定量的評価に用いたデータベースプラットフォームCMSデータ
  - 本事業で新規に取得したCMSデータ、7サイト、計22機
  - 異常(損傷)発生事例4件
    - 風車A 増速機入力部異常(2020年4月頃)
    - 風車B 発電機駆動側異常(2019年11月頃)
    - 風車C 増速機入力部異常(2021年1月頃)
    - 風車D 増速機中速軸異常(2021年1月頃)

※風車A～Dは、これまでに扱っていない風車機種(既存の学習データに含まれていない)



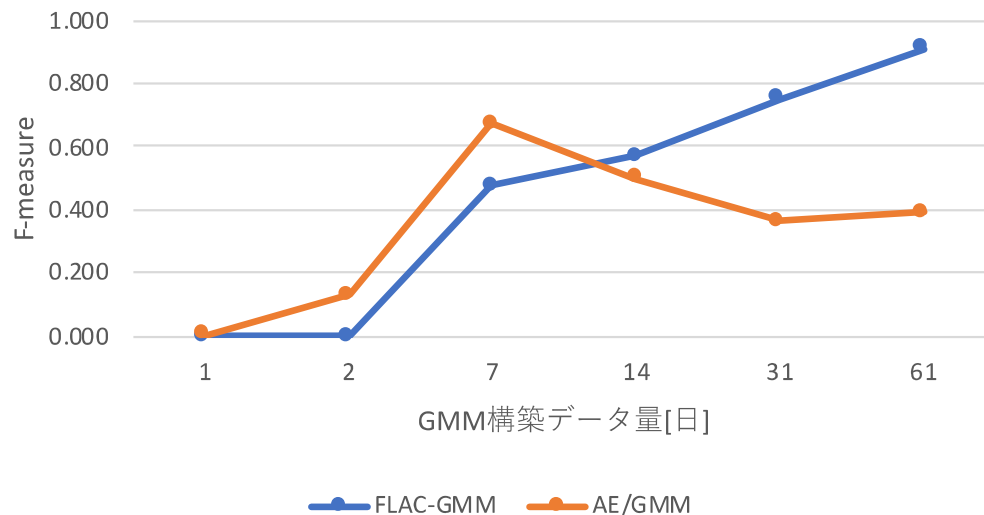
- 転移学習に基づくシステムで全体的に従来システムと比較し性能が向上

- 転移学習に基づくシステムでは照合器の学習データ量が2日目から高い異常検知性能

## 異常検知システムの実用性向上と検証

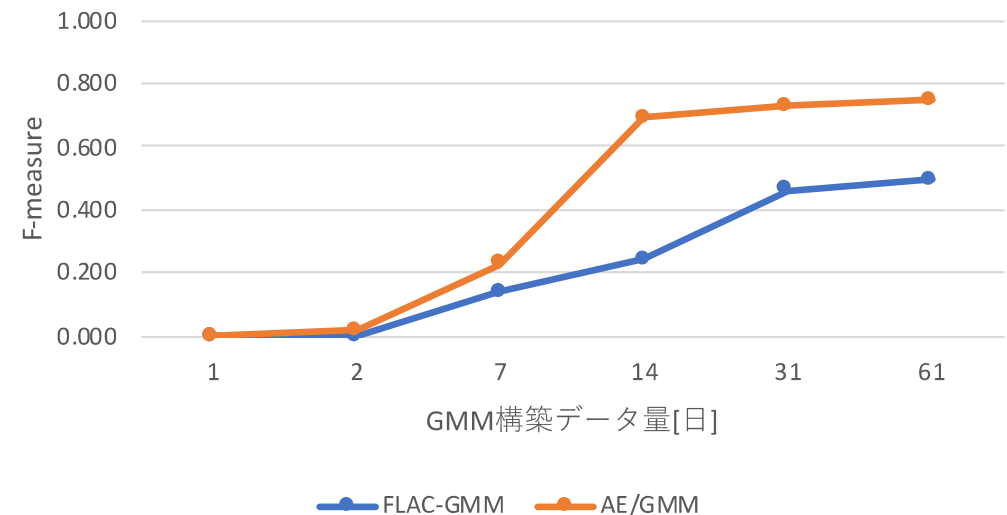
### 4事例における定量的評価

風車Cの事例 増速機入力部異常



- ・ 転移学習方式は7日を境に性能は劣化。
- ・ このような現象は本事例が初めてであり、現在原因を調査中
- ・ 本事業で別途開発した「既存の異常データも活用した転移学習方式」の適用、旧型方式の併用などにより、本事例においても性能担保できる可能性

風車Dの事例 増速機中速軸異常

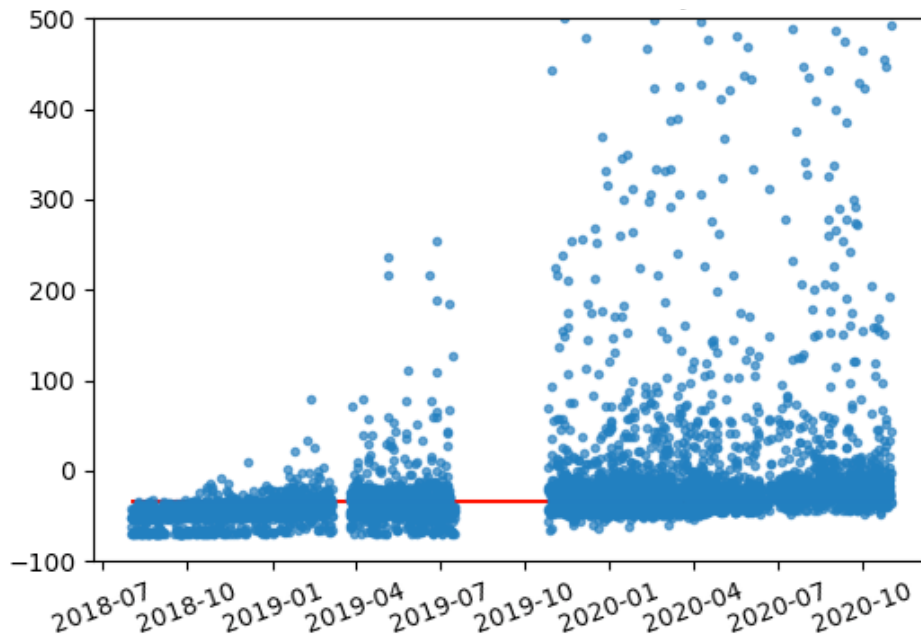


- ・ 従来手法では異常検知は容易ではない事例
- ・ 転移学習に基づく特徴抽出により、照合器構築データを14日分利用した以降で異常検知性能は高い値を示す

## 異常検知システムの実用性向上と検証

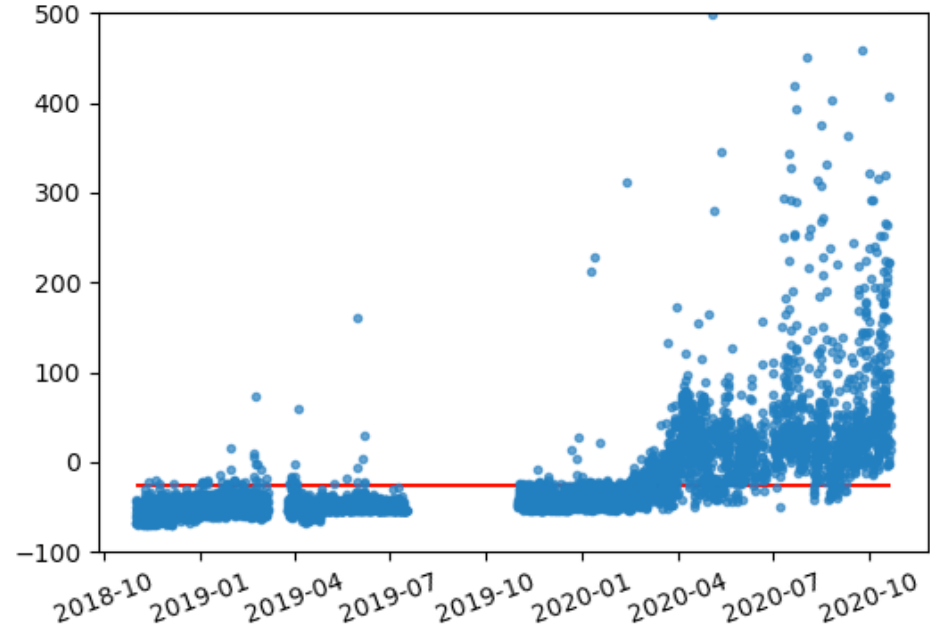
### 4事例における実際の異常度プロット

風車Aの事例 増速機入力部異常



- 異常スコアが上昇。損傷検知は十分可能。
- 本異常検知システムは2019年11月頃から異常値を示している

風車Bの事例 発電機駆動側異常

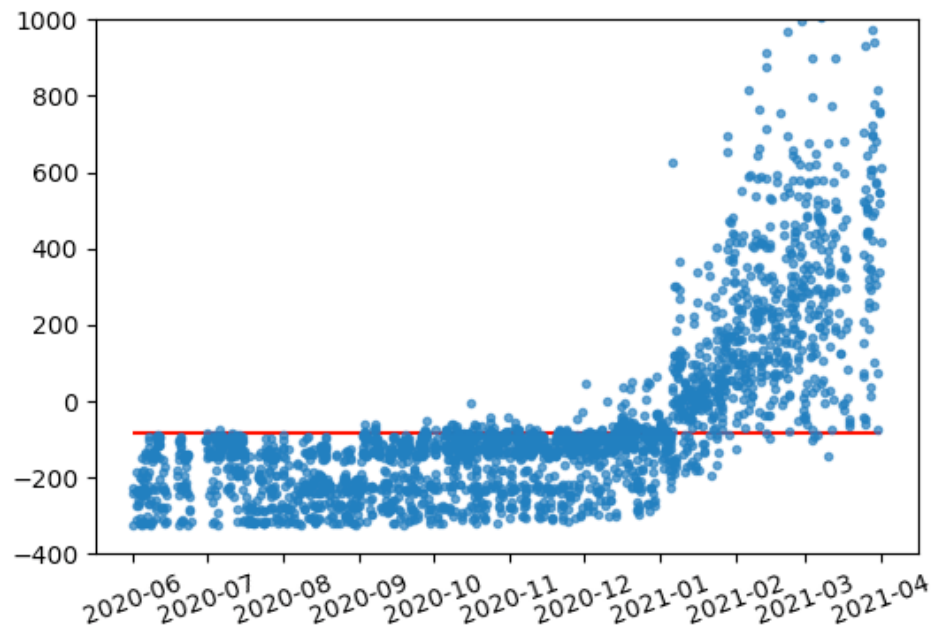


- 異常スコアが上昇。損傷検知は十分可能
- 本異常検知システムの出力で閾値を超える時点は2020年3月頃であった。
- より詳細な報告を元に検証する必要あり。

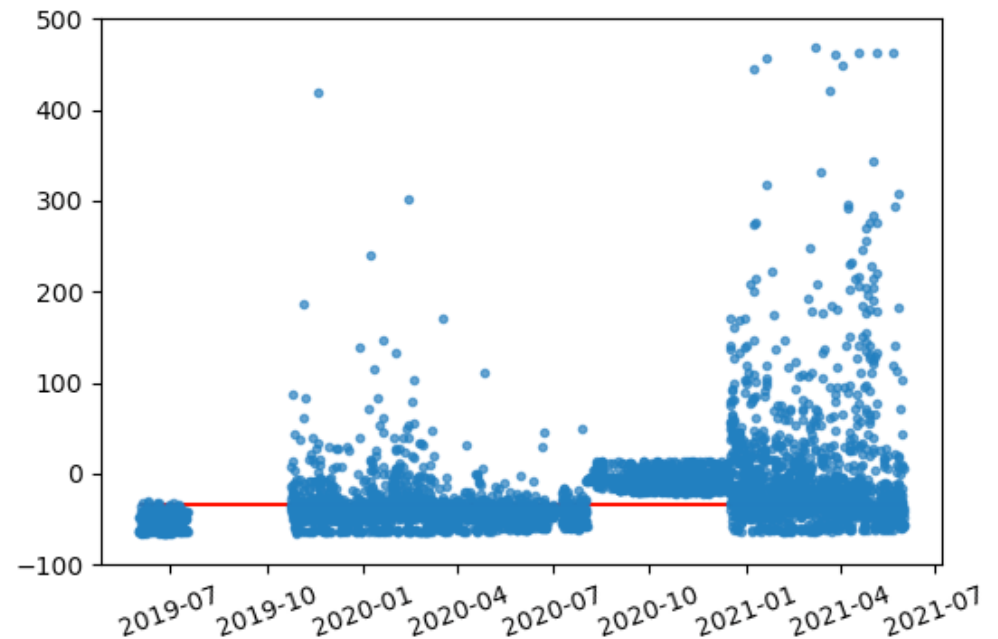
## 異常検知システムの実用性向上と検証

### 4事例における実際の異常度プロット

風車Cの事例 増速機入力部異常



風車Dの事例 増速機中速軸異常



- ※ 旧方式(FLAC/GMM)の出力結果
- 損傷の傾向を捉えづらい低速回転軸受(増速機入力部)であるが、損傷検知は十分可能。

- 異常の傾向は観測可能
- 一方で、他の事例に比べて正常状態との乖離が不十分であるため要改善
- 対策としては、回転速度を限定したうえでの異常値表示等



# 風車異常検知「WindCastle」の運用について



SIEMENS

シーメンスサインイン  
or アカウントを登録します。

Sign In has changed. If you previously signed in with a username, please use your email. Need help?

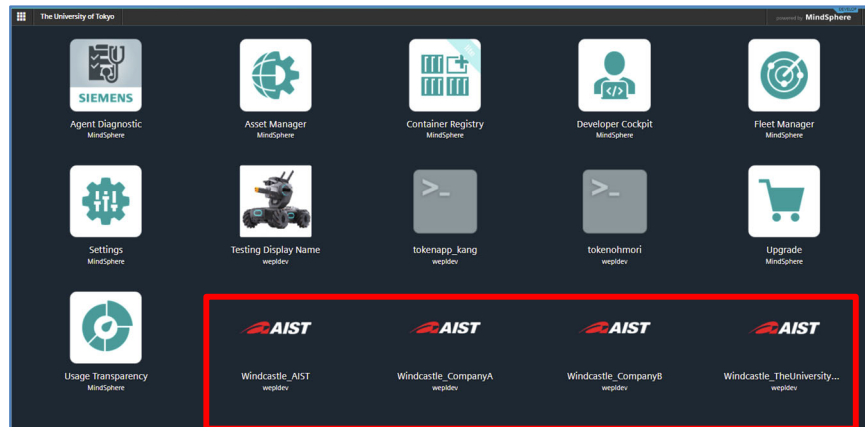
メールアドレス  
\*\*\*\*\*@\*\*\*\*\*.jp

パスワード [Show](#)  
\*\*\*\*\*

[パスワードをお忘れの場合](#)

**サインイン**

© 2020 Siemens Digital Industries Software Privacy Terms Help



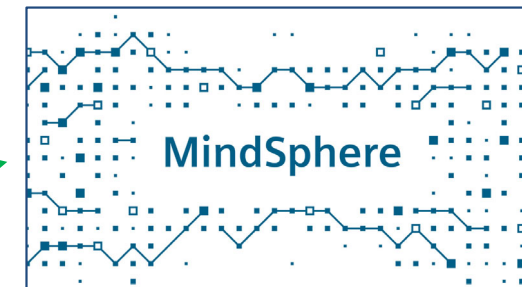
- MindSphereへのサインイン後、事業者ごとに専用のWindCastleアイコンがダッシュボード上に表示
- 事業者ごとに閲覧できる風車が事前に紐づけられている。

WindCastle利用時のユーザ管理はこれまで産総研自社管理であったが、今後はMindSphere(シーメンス社)のアカウントとして管理 → 信頼性の向上

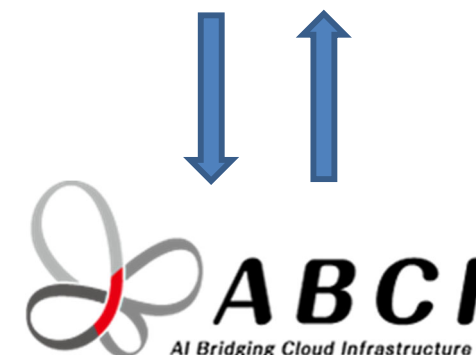


異常度プロットデータ

波形画像・振動音データ



異常検知結果の表示・アプリ操作



今後、プライベートクラウド化によりさらに高速動作、効率的運用を実現可能

異常検知・学習の実行



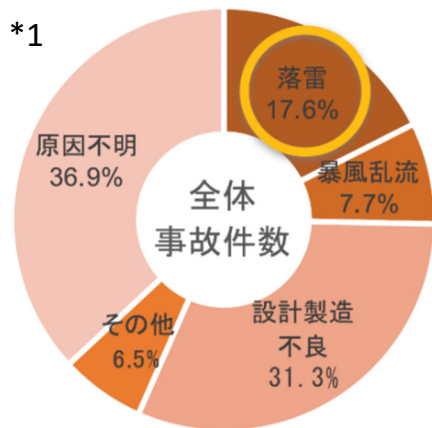
要素技術研究

## ⑤雷トラブル停止時間短縮にむけた アプリケーションの研究開発

## ブレードの雷トラブル対策技術開発概要

雷トラブルやその対応の稼働率への影響は4-5%程度、データ利活用による運用改善の必要性が増加

所有雷検出技術と風車トラブルとを有機的に結びつけ、被雷特性把握による運用高度化により改善



基数ベース

A: 25.5 %

B: 25.6 %

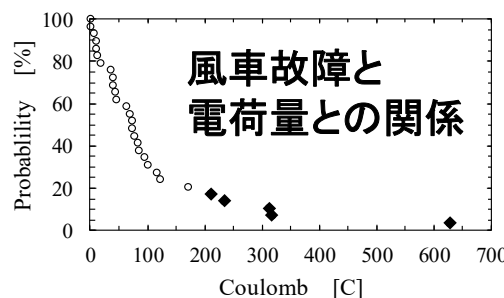
C: 48.9 %

落雷データは風車故障診断・予測には不可欠！

落雷データ(電流波高値、電荷量など)を取得する方法論を、世界に先駆け知見獲得

雷襲来国の逆境を逆手にデータ集積

落雷による風車へのダメージ



要因分析により

落雷による風車停止の条件を精査

風況データ(風向、風速など)を標準化された風速計で取得

統計的データ蓄積&分析により

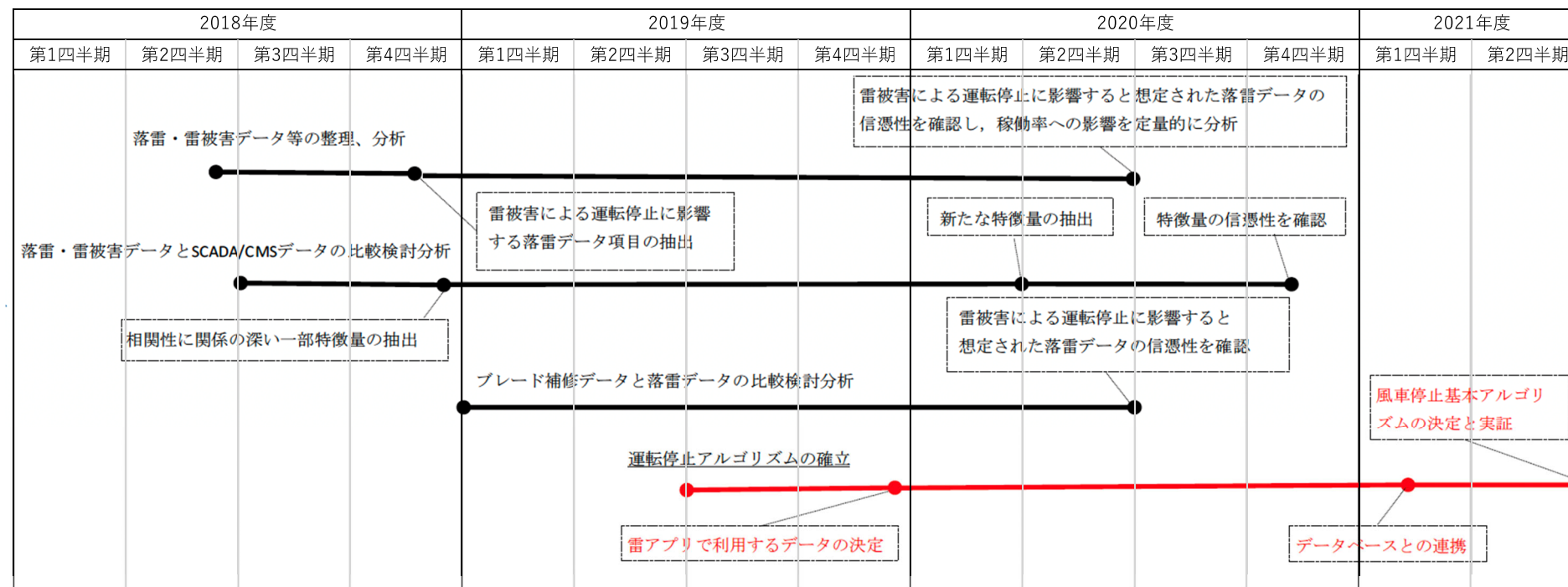
台風、乱流などによる風車のダメージの定量化(IECなどで進行中)が進み、風車エラーコードへ反映されている

風車の故障部位、寿命予測に利用可能となりつつある

1/4以上の風車が冬季雷地域に建設されている!

## ⑤雷トラブル停止時間短縮にむけたアプリケーションの研究開発

# 2020-2021年度の研究状況



### ■概況(2021年8月現在):

- 雷被害による運転停止に影響すると想定される落雷データ(電流, 電荷量)および特徴量(風速-発電機出力, 風速-ロータ回転数など)の信憑性を確認
- 風車落雷停止閾値設定アルゴリズムを用いたアプリ(雷アプリ)の基本機能をデータベースプラットフォームへの実装完了
- 現状の法規上, 落雷を受けた風車は一旦停止しなければならず, 落雷を受けたと判断するLDS上の閾値を算出するアルゴリズム等を提案し, 実データに基づいた実証試験で検証済み。

## 落雷データ, 雷被害データとSCADA/CMSデータの比較分析

### 相関性に関係の深い一部特徴量の抽出

⇒SCADAデータ等で雷被害に関連した**特徴量**(風速-発電機出力, 風速-ロータ回転数)を抽出に**成功**, 複数の落雷事故において検証済

しかしながら...

①落雷データや②被害と③SCADA, CMSデータの関連を明らかにする情報がまだまだ不足しており, 落雷が多い風車において, LDS-CMS, LDS-SCADAの同期測定が必要

LDS-CMSを同期測定できるシステムを開発し, 冬季雷地域の風車にて同期測定中!

### 新たな特徴量の抽出

⇒風速-発電機出力, 風速-ロータ回転数だけでなく, **風速-ピッチ角の関係にも異常値が現れることが判明!**

### 特徴量の信憑性の確認

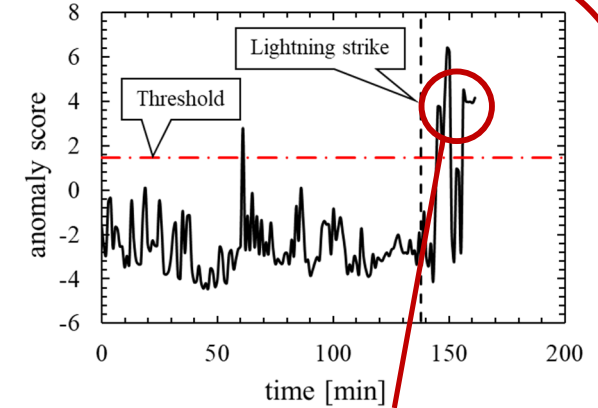
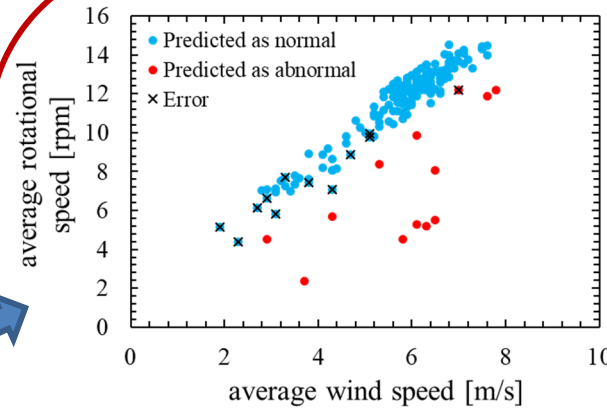
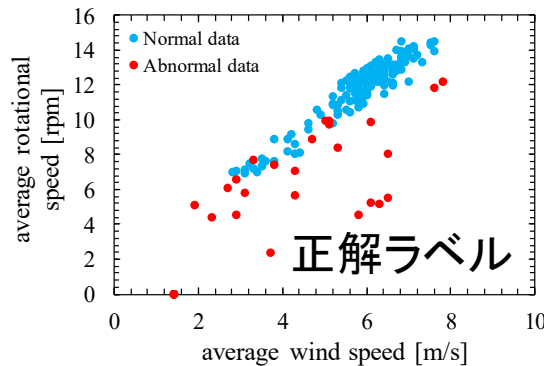
⇒複数の落雷事故において, 風速-発電機出力, 風速-ロータ回転数だけでなく, 風速-ピッチ角の関係にも異常値が現れること確認

## ⑤雷トラブル停止時間短縮にむけたアプリケーションの研究開発

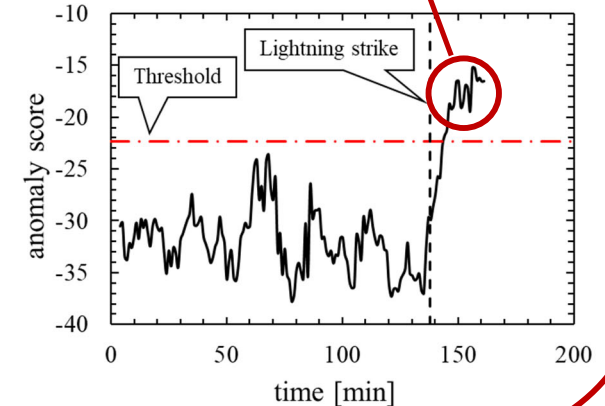
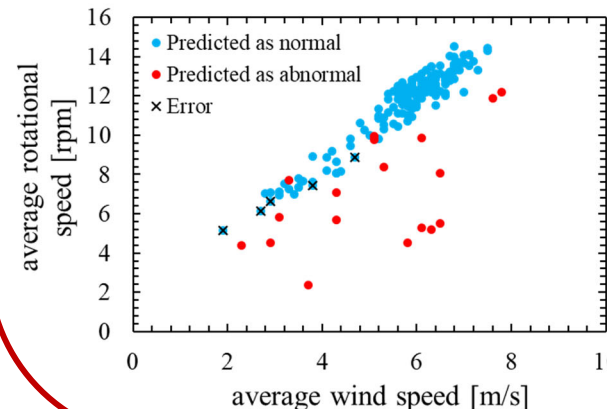
⇒機械学習を用いてSCADAデータ(風速-ロータ回転数)を分析することで、故障診断が可能ながことが明らかに！

Q風力発電所のSCADAの平均風速データと平均回転速度データの関係がGMM(混合正規分布)に従うと仮定し学習

### 解析結果



### 特性改善



異常度が高くなっている。

## ⑤雷トラブル停止時間短縮にむけたアプリケーションの研究開発

J風力発電所のデータを用いて学習した結果、**予測回転速度と実回転速度の残差**を特徴量として使用できることが判明

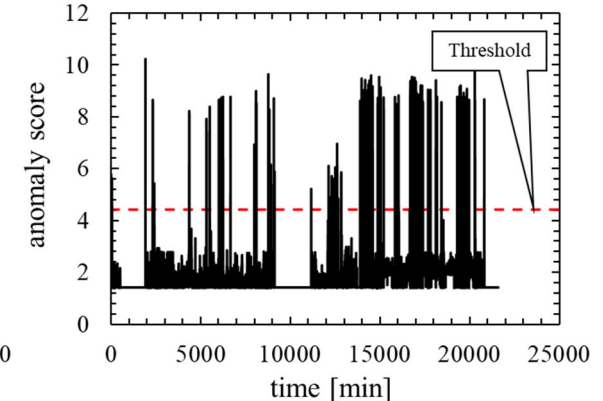
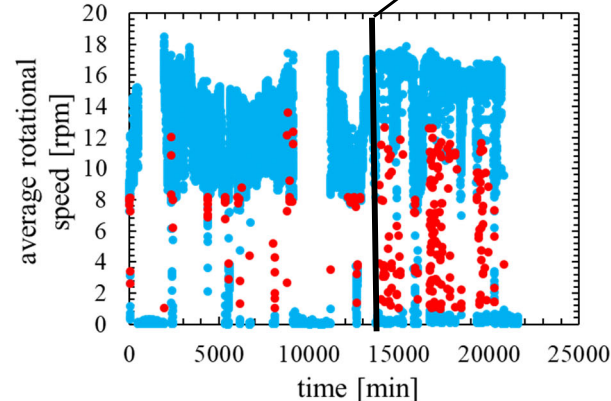
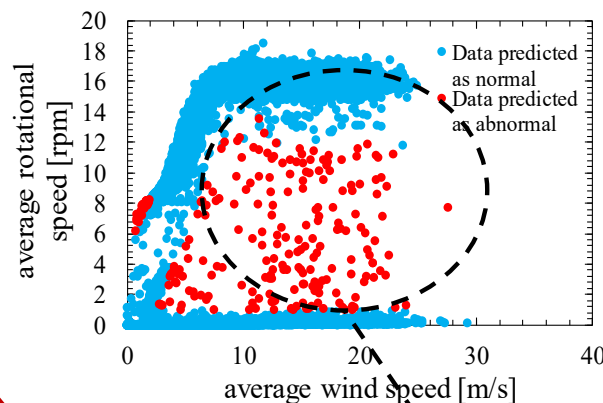
**回転速度**を風速の関数として近似する

風速の現在値を用いて**予測回転速度**を算出する

**予測回転速度と実回転速度との差**を特徴量として異常検知を行う

解析結果

異常が発生したと考えられる時刻



ブレード損傷後に急増した外れ値が検知されている

抑制運転時でも異常検知が可能だが・・・より良い方法はないか？

J風力発電所のデータを用いて学習した結果、予測発電出力と実発電出力の残差を特徴量として使用できることが判明

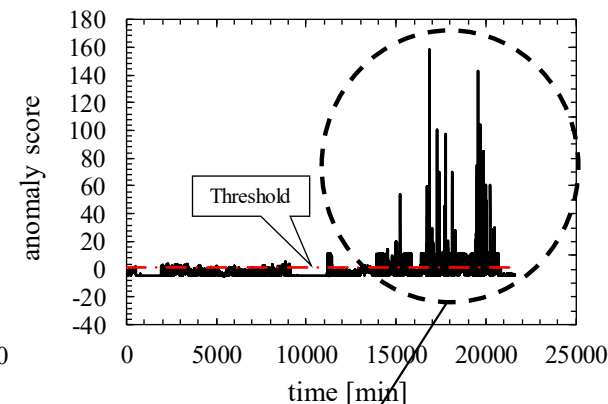
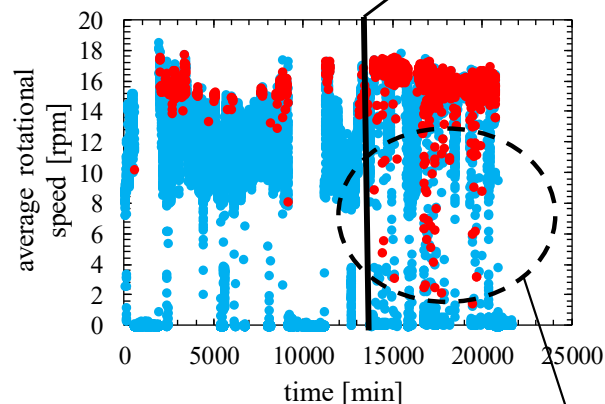
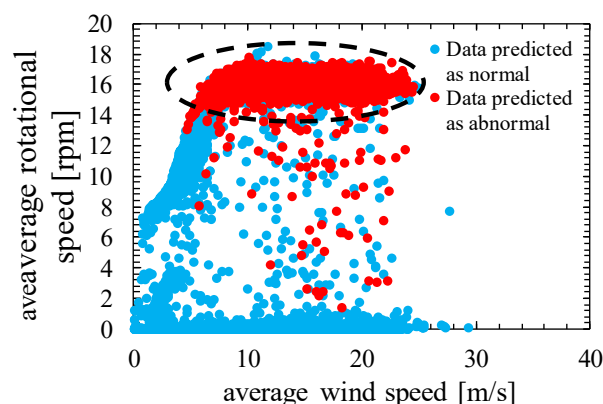
発電出力を風速の関数として近似する

一部、正常データ  
が異常と判断さ  
れている可能性  
あり

風速の現在値を用いて予測発電出力を算出する

予測発電出力と実発電出力の残差を特徴量として異常検知を行う  
異常が発生したと考えられる時刻

解析結果

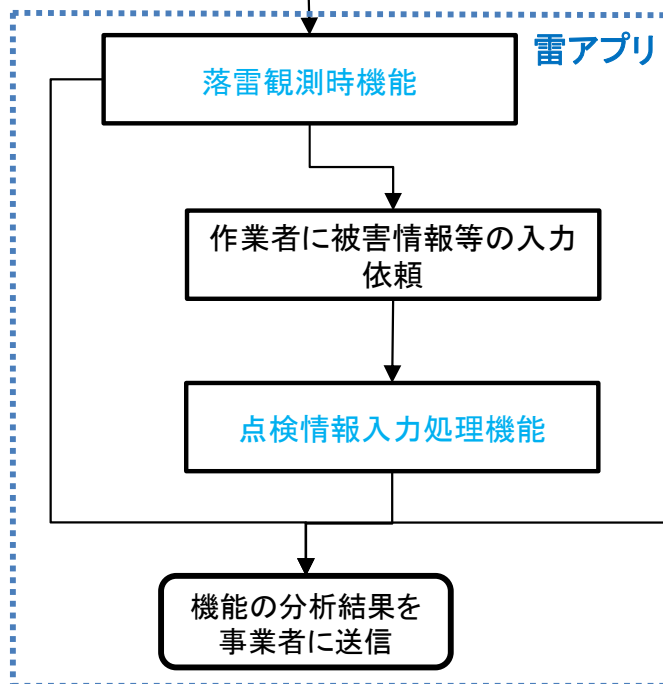
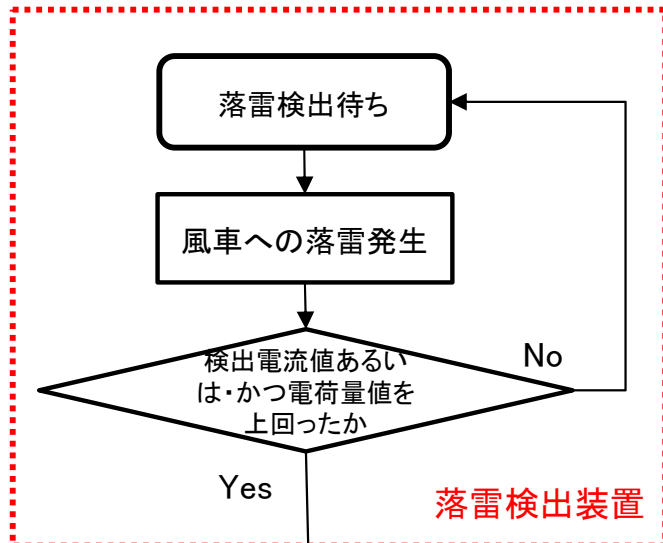


ブレード損傷後に異常度が上昇している

異常時の異常度がよりはっきりと現  
れるようになった



## 風車閾値設定アプリ(雷アプリ)のフローチャート



**落雷観測時機能**: 落雷が発生した場合必要データをデータベースに保存する。レセプタへの累積電荷量値が耐量値を超えていないか検証し、事業者へ通知する(将来的にはこの部分で様々なデータを用いてレセプタ・ブレード異常を検証できるようにする予定)。その後アラーム電流値あるいは・かつ電荷量値を上回った落雷だったかを判断し、作業員へ落雷検知・被害情報等入力依頼の通知を行う。

**点検情報入力処理機能**: 被害情報の入力を確認した後、過去のメンテナンス情報をもとに、今回の落雷が風車に大きな被害を発生させる可能性があるかを検証する。その後、現在のアラーム電流・電荷量値が最適な値であるかどうかを検証し事業者へ通知

**他風車情報影響機能**: 定期的に他のWFの同種のメーカーの風車に観測した落雷情報や被害情報、アラーム電流値・電荷量値を読み込み、他風車の情報の確認し、必要情報(アラーム電流値・電荷量値の変更推奨など)を行う。

(注) 左記のフローには示していないが、必要なデータは別途**落雷検出装置**と**雷アプリ**とデータベース間で共有している

※1 閾値変更プロセスでは以下の影響を考慮することが可能

- ・他のウィンドファームの同様のメーカー型式のものでの推奨閾値設定状況、雷被害状況
- ・対象風車や周辺風車への落雷特性
- ・対象風車のメンテナンスデータ



## 研究開発のまとめ

### 風車落雷データと被害データを分析

- ⇒風車にダメージを与える落雷データ項目(電荷量, 電流値)の抽出に成功
- ⇒ブレードダメージ(赤\*)を与える落雷は10 C以上のエネルギーを有する雷の2%~4%であることが判明(落雷検出装置のアラーム電流・電荷量値のデフォルト値の推奨値: 10 C, 2 kA)

\*1「風力発電設備ブレード点検および補修ガイドライン」で「保安停止すべき故障」と分類

### 風車への落雷や雷雲接近による停止が風車稼働率に与える影響を定量的に分析

- ⇒落雷故障停止時間, 落雷非故障停止時間, 雷雲接近による停止時間の稼働率への影響をまとめ, それぞれ, -26%, -2.8%, -5.7%もの影響を受けているサイトがあることが判明

### SCADA・CMSデータと落雷故障との関係を分析

- ⇒風速-発電機出力, 風速-ロータ回転数, 風速-ピッチ角の特徴量(SCADA データ)を観察することで風車ブレード故障を検出できることが判明
- ⇒軽微な故障も上記データ分析に機械学習を用いることで故障検出可能
- ⇒CMSと落雷検出装置を同期測定できるシステムを開発

## 雷アプリを開発

- ・落雷検出装置のアラーム電流・電荷量値が最適な値であるかどうかを検証
- ・過去のメンテナンス情報をもとに, 今回の落雷が大被害を発生させる可能性があるのかを検証
- ・累積電荷量がレセプタの耐量値を超えていないかを検証

# 本事業まとめと展望

- 本技術開発では、稼働率改善を目指しデータ利活用による風車の故障トラブルを遠隔モニタリング技術・データ分析技術により検知する要素技術、日誌等イベントの利用などを支援するアクセス性・秘匿性に配慮したデータプラットフォームを構築した。
- 故障トラブルの代表事例を主に対象とした要素技術開発を進め、稼働率の改善を確認した。
- データ利活用により稼働率が改善されることが示された。

## <展望と課題>

- データ分析・AI技術はデータを蓄積し【育てる】技術。データ量の拡充を目指すとともに有用性を示し、多くの事業者を活用していただくことが重要
- 洋上風力発電など導入拡大が期待される中で、遠隔監視O&M技術は稼働率、設備利用率改善維持に向け重要な技術分野
- 遠隔O&Mは、複数の企業分野の参画、新サービス開発が期待される。さまざまな要素技術を統合させ、利活用する仕組みを引き続き構築していきたい