

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

## 発電用ガスタービンのデジタルツインを スーパーコンピュータ上で実現 ～脱炭素デジタル社会の電力安定供給に貢献～

### 【発表のポイント】

- 発電用ガスタービンのリアル（物理）空間で起きる状態をサイバー（仮想）空間で再現するデジタルツイン<sup>(注1)</sup>を東北大学サイバーサイエンスセンターのスーパーコンピュータ AOBA<sup>(注2)</sup>上で実現しました。
- 発電用ガスタービンの翼破損などに繋がる致命的な作動状態に至る作動条件を設計段階や運用前に短期間で予測できます。
- 再生可能エネルギー普及に伴う電力負荷変動に対応する発電用ガスタービンの高性能・高効率・長寿命化に貢献できます。

### 【概要】

電力の安定供給は持続可能社会にとって欠かせません。電力負荷変動に即応できる、次世代型の高性能・高効率・長寿命な発電用ガスタービンを実現するため、その作動や故障の条件を予測する研究が進んでいます。

大学院情報科学研究科の山本悟教授らの研究グループは、発電用ガスタービンの翼破損などに繋がる致命的な作動状態に至る作動条件を設計段階や運用前に短期間で予測することができる、デジタルツインプラットフォーム「デジタルツイン数値タービン」を、東北大学サイバーサイエンスセンターのスーパーコンピュータ AOBA 上に構築しました。

同研究科の小林広明教授が代表を務める文部科学省次世代領域研究開発<sup>(注3)</sup>を通して研究開発されたデジタルツイン数値タービンは、発電用ガスタービンの様々な作動条件を設定した数十ケースの大規模全周計算を約1週間で完了させることができます。計算により得られたビックデータは機械学習による自己組織化で1つのマップ上に分類され、ガスタービンの異常な作動状態に至る作動条件をそのマップから瞬時に予測することができます。

本研究成果は6月29日、ガスタービン分野の国際会議、米国機械学会 ASME Turbo Expo 2023 で発表されました。

## 【詳細な説明】

### 研究の背景

2016年に Society 5.0<sup>(注4)</sup>が提唱され、AI 技術を活用してサイバー空間と現実空間を高度に融合させたシステムを構築することにより、持続可能社会の実現を目指す目標が掲げられました。デジタルツインはまさにその中枢となるシステムであり、その名の通り現実空間における実機を仮想空間上で再現する双子に相当します。

2050年までに脱炭素社会を実現するため、日本ではまず2030年までに現在18%を占める再生可能エネルギーを38%まで増加させる第6次エネルギー基本計画<sup>(注5)</sup>を決定しました。太陽光や風力などの再生可能エネルギーによる発電が普及するに伴い、昼夜や天候の変化による電力負荷変動が電力安定供給への課題となっています。それを解決するために、発電用ガスタービンがその変動を相殺して電力安定供給を担っています。しかしながら、従来の発電時の定格運転とは異なる急速起動・停止や部分負荷運転を頻繁に繰り返す非設計状態での運用が強いられ、ガスタービンの寿命を縮めたり翼の破損を招いたりすることが懸念されています。どのような作動条件の場合に致命的な作動状態に至るのかを予測できるガスタービンのデジタルツインが開発できれば、ガスタービンの寿命を大幅に伸ばすことが可能になります。

### 今回の取り組み

情報科学研究科の山本教授の研究グループは、これまでにガスタービン圧縮機多段翼列を通る湿りを伴った実在する空気流れを全周に渡って大規模数値計算できる、マルチフィジックス CFD<sup>(注6)</sup>アプリ「数値タービン」を開発してきました。2018年度から2022年度の5年間実施した同研究科の小林広明教授が代表を務める文部科学省の次世代領域研究開発「量子アニーリングアシスト型次世代スーパーコンピューティング基盤の開発」(以下 次世代研究)で、2021年度にそれまで数値タービンで9日要したガスタービン圧縮機1.5段の全周計算が1.3日まで大幅に短縮されました。これは世界最速であり、2021年10月15日付で共同研究していた NEC と東北大学から同時プレスリリース(注7)され多くのメディアで報道されました。

次世代研究のこれまでの研究成果を踏まえて、今回新たに発電用ガスタービンのデジタルツインを東北大学サイバーサイエンスセンターのスーパーコンピュータ AOBA 上で実現することに成功しました。従来発想のデジタルツインとは異なり、実測データには全く依存しないシミュレーションのみによるデジタ

ルツインです。数値タービンを用いた AOBA による並列実行により、様々な作動条件を設定した数十ケースの大規模全周計算が 1 週間で完了します。計算により得られたビックデータから、各ケース当たり数十の時系列データを抽出して、全ケースを合わせた数百の時系列データからなるシミュレーションデータベース(SDB)を構築します。さらに機械学習により SDB から 1 枚の自己組織化マップ(SOM)を作成します。SOM には正常だけでなく異常と思われる作動状態がクラスタリングされ、翼破損などの致命的な作動状態に至る作動条件を設計段階や運用前に SOM から瞬時に予測することができます。本研究成果は、2023 年 6 月にボストンで開催されるガスタービン研究で世界最大の国際会議である米国機械学会 ASME Turbo Expo 2023<sup>(注 8)</sup>で発表されました。

### **今後の展開**

日本のみならず世界中で今後ますます再生可能エネルギーが導入されていくことが予想されます。昼夜や天候の変化による電力負荷変動は発電機器の故障のみならず、場合によっては大規模停電に至る恐れがあります。世界中の多くの国々で共通の課題を抱えており、電力安定供給は持続可能社会にとって欠かせません。電力負荷変動に即応できる次世代型の高性能・高効率・長寿命な発電用ガスタービンの実現に向けて、タービンメーカーのみならず電力会社などでの実装を検討しながらデジタルツイン数値タービンをさらに高度なプラットフォームに進化させていきます。そして、2050 年に迎える脱炭素デジタル社会の実現に向けて、電力の安定供給に貢献していきます。

## デジタルツイン数値タービン

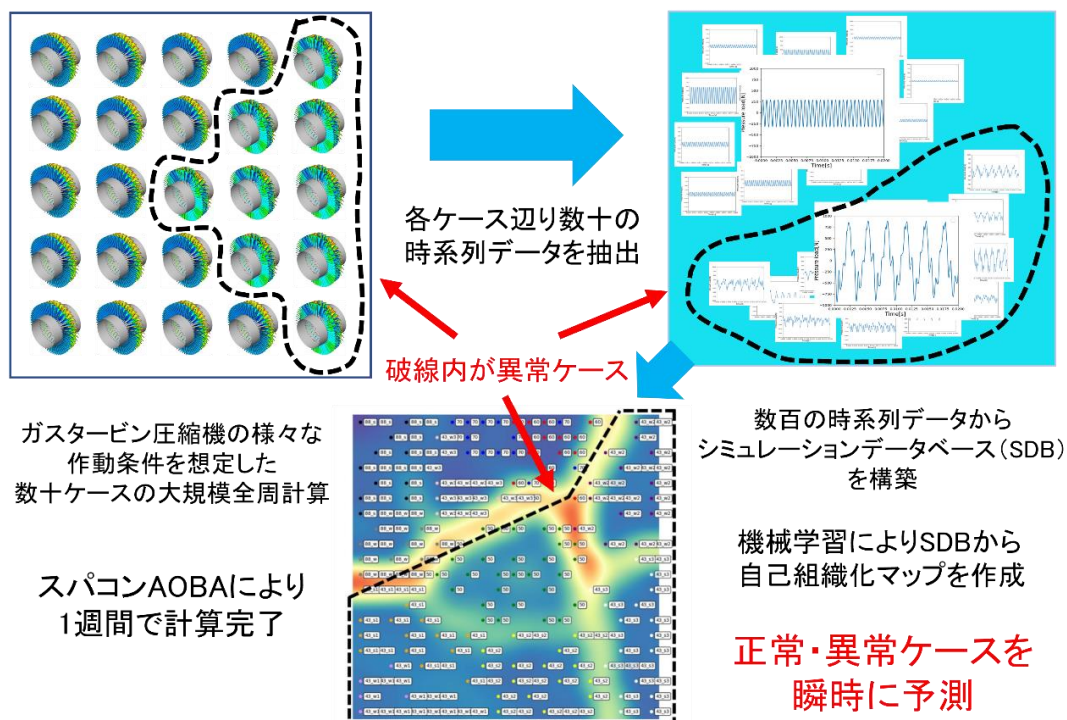


図 1. デジタルツイン数値タービンによる大規模全周計算、シミュレーションデータベース (SDB)、ならびに自己組織化マップの作成プロセス概要

### 【謝辞】

本研究は文部科学省次世代領域研究開発「量子アニーリングアシスト型次世代スーパーコンピューティング基盤の開発（2018年度-2022年度）」（研究代表 東北大学大学院情報科学研究科 小林広明教授）の支援により実施されました。

### 【用語説明】

- 注1. 実際に製造される製品や部品をバーチャル環境でテストするCAE(Computer Aided Engineering)テクノロジー
- 注2. 東北大学サイバーサイエンスセンターに導入された NEC の SX-Aurora TSUBASA を中核とするベクトル型スーパーコンピュータ  
<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2020/09/press20200928-04-AOBA.html>
- 注3. 文部科学省次世代領域研究開発「量子アニーリングアシスト型次世代スーパーコンピューティング基盤の開発（2018年度-2022年度）」（研究代表 東北大学大学院情報科学研究科 小林広明教授）
- 注4. サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させ

たシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会(Society)。参考 URL : 「内閣府 Society 5.0 とは」

[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)

注5. エネルギー政策の基本的な方向性を示すためにエネルギー政策基本法に基づき政府が 2021 年度に策定した計画

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/)

注6. Computational Fluid Dynamics 数値流体力学

注7. 東北大学・NEC 同時プレスリリース (2021.10.15)

<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2021/10/press20211015-01-turbine.html>

[https://jpn.nec.com/press/202110/20211015\\_03.html](https://jpn.nec.com/press/202110/20211015_03.html)

注8. 米国機械学会 ASME Turbo Expo 2023

<https://event.asme.org/Turbo-Expo>

#### 【論文情報】

タイトル : Self-organization of Unsteady Full-Annulus Flows in A Gas Turbine Compressor under Operating Conditions

著者 : Yasuharu Hagita, Riku Hayakawa, Hironori Miyazawa\*, Takashi Furusawa, Satoru Yamamoto

\*責任著者 : 東北大学大学院情報科学研究科 助教 宮澤弘法

掲載誌 : Proceedings of ASME Turbo Expo 2023, GT2023-101937, 11 pages

URL: <https://event.asme.org/Turbo-Expo>

#### 【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院情報科学研究科

教授 山本悟

TEL: (022)795-6988

E-mail: satoru.yamamoto@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院情報科学研究科

広報室 鹿野 絵里

TEL: (022)795-4529

E-mail: koho@is.tohoku.ac.jp