

|                |                                                                                  |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| テーマ名<br>(タイトル) | 排気エネルギーの有効利用と機械摩擦損失の低減に関する研究開発                                                   |
| SIPチーム         | 損失低減チーム<br>リーダー大学:<br>早稲田大学 大聖 泰弘 教授                                             |
| AICE分科会        | 排気エネルギー活用分科会<br>摩擦損失低減分科会                                                        |
| 目的             | ターボ過給機の性能向上、燃料改質による排熱回収技術の開発を通じて排気エネルギーを低減する。従来は経験則に基づいていた摩擦損失メカニズムを解明し、大幅低減を狙う。 |

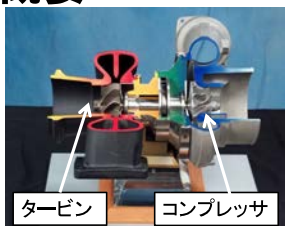
## 研究開発概要

### 背景

- ターボチャージャーはエンジンバルブ開閉による脈動流下で作動
- 脈動流下におけるターボチャージャーの非定常特性を考慮し、エンジンシステムの効率向上技術を開発

### 実施事項

- 脈動流下での小型ファンの実験、解析による動特性把握
- 脈動流発生装置、小型タービンの設計を含む試験装置の開発、脈動流下タービン特性の把握
- 汎用流体解析コードによるタービン、コンプレッサの脈動流下での挙動予測
- 時間・空間分解能向上のための高次精度解析手法の計画と整備



タービン

コンプレッサ

ターボチャージャー効率、エンジンとのマッチングの向上によりエンジンシステムの効率向上を目指す

|                |                                                    |
|----------------|----------------------------------------------------|
| テーマ名<br>(タイトル) | ターボ過給システムの性能予測手法の開発                                |
| クラスター大学        | 早稲田大学 宮川 和芳、滝沢 研二                                  |
| 目的             | 各要素の内部流れと干渉流れの非定常性や三次元性を考慮して検討し、過給機システム全体の性能向上を図る。 |

### 目的達成のための構想

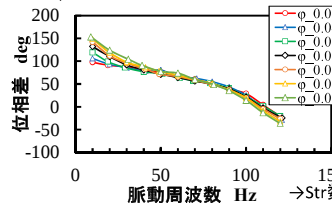
- タービン、コンプレッサ等の非定常性に基づく動特性モデルを実験・解析により構築。

### アピールポイント

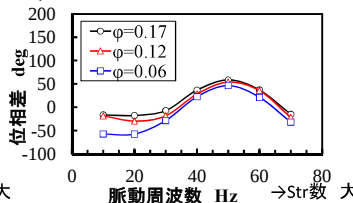
- エンジンとのマッチングを考慮したタービン、コンプレッサの最適設計手法を構築。

## 非定常特性の一次元モデル化

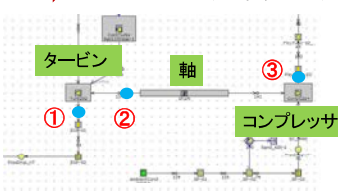
### ファン



### タービン



実験におけるStr数の影響を関数で表し、GT-Powerに適用



### ストロハル数(Str数)

$$Str = f/N$$

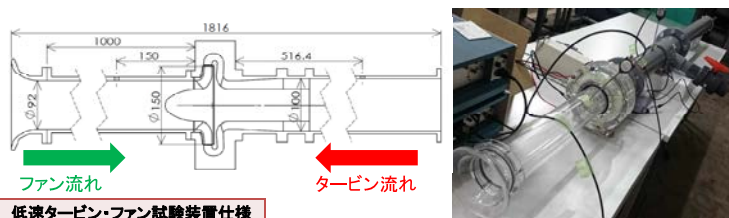
$$f: \text{脈動周波数 [rps]}$$

$$N: \text{タービン回転速度 [rps]}$$

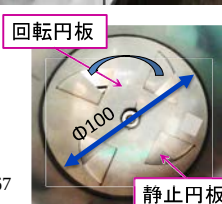
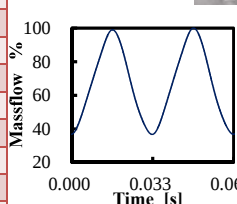
- タービンにおける脈動の影響を付与
- 軸の同期における脈動の影響を付与
- コンプレッサにおける脈動の影響を付与

実験に基づき非定常特性を一次元的にシミュレーション

## 小型タービン・ファン試験装置



| 低速タービン・ファン試験装置仕様              |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| 作動流体                          | 空気                 |
| レイノルズ数                        | $2.36 \times 10^5$ |
| インペラ径 mm                      | 150                |
| インペラ枚数 枚                      | 7                  |
| リターネン枚数 枚                     | 9                  |
| 回転数 rpm                       | 3000               |
| 静翼枚数 枚                        | 8                  |
| 流量係数(設計点)                     | 0.077              |
| 比速度 rpm, m <sup>3</sup> /s, m | 230                |

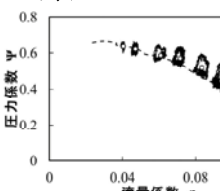


最大開口比 0.208

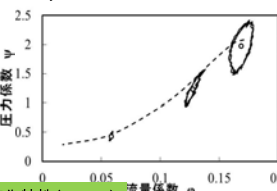
非圧縮性領域における非定常性の実験的調査

## 小型ファン・タービン試験結果

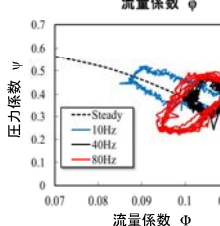
### ファン



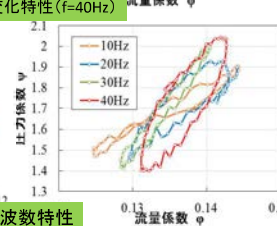
### タービン



- 定常性能から逸脱したヒステリシスループを確認
- 流量係数増加に伴いヒステリシスループのサイズも拡大



### 流量変化特性 (f=40Hz)

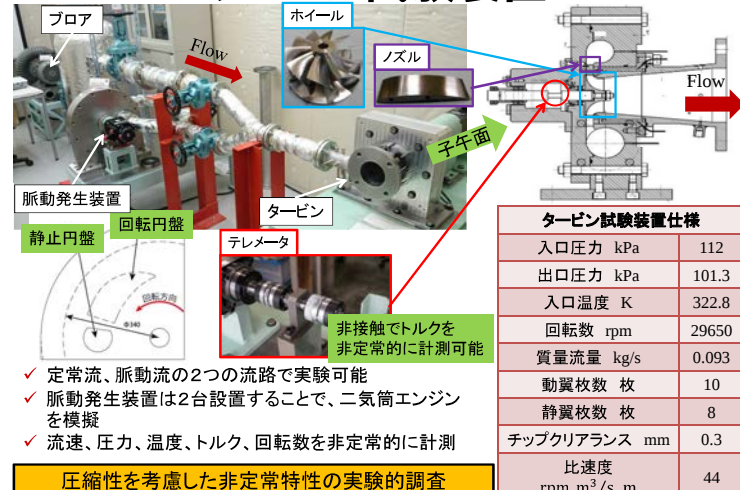


### 周波数特性

- 脈動周波数変化に伴いループ形状も変化
- ファンとタービンで周波数特性に相違あり

非圧縮領域におけるヒステリシスループを実験的に確認

## タービン試験装置



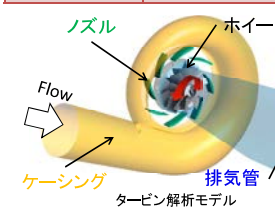
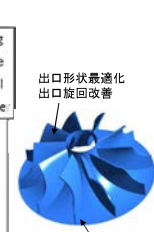
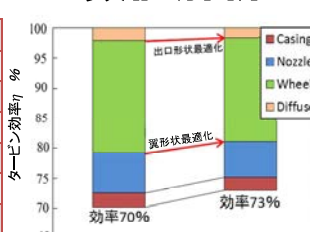
| タービン試験装置仕様                    |       |
|-------------------------------|-------|
| 入口圧力 kPa                      | 112   |
| 出口圧力 kPa                      | 101.3 |
| 入口温度 K                        | 322.8 |
| 回転数 rpm                       | 29650 |
| 質量流量 kg/s                     | 0.093 |
| 動翼枚数 枚                        | 10    |
| 静翼枚数 枚                        | 8     |
| チップクリアランス mm                  | 0.3   |
| 比速度 rpm, m <sup>3</sup> /s, m | 44    |

- 定常流、脈動流の2つの流路で実験可能
- 脈動流発生装置は2台設置することで、二気筒エンジンを模倣
- 流速、圧力、温度、トルク、回転数を非定常的に計測

圧縮性を考慮した非定常特性の実験的調査

## タービン数値解析

| 解析条件     |                 |
|----------|-----------------|
| 解析コード    | ANSYS CFX15.0   |
| 格子点数     | 1005万           |
| 乱流モデル    | SST k- $\omega$ |
| 境界面      | Mixing Plane    |
| 境界条件(入口) | 全温、質量流量         |
| 境界条件(出口) | 静圧              |



数値計算によって実機タービンの効率向上

| 実機タービン仕様                      |     |           |        |
|-------------------------------|-----|-----------|--------|
| 比速度 rpm, m <sup>3</sup> /s, m | 44  | 回転数 rpm   | 220000 |
| ホイール枚数                        | 10  | 入口温度 K    | 826    |
| ノズル枚数                         | 8   | 出口温度 K    | 707    |
| 全圧力比                          | 1.8 | 質量流量 kg/s | 0.034  |