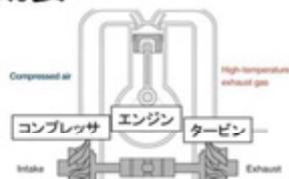


テーマ名 (タイトル)	排気エネルギーの有効利用と機械摩擦損失の低減に関する研究開発
SIPチーム	損失低減チーム リーダー大学: 早稲田大学 大聖 泰弘 教授
AICE分科会	排気エネルギー活用分科会 摩擦損失低減分科会
目的	ターボ過給機の性能向上による排熱回収技術の開発を通じて排気エネルギーを低減する。従来は経験則に基づいていた摩擦損失メカニズムを解明し、大幅低減を狙う。

## 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



出典: Masuda A. et al., <http://www.mech.kanagawa-u.ac.jp/~englab/columa/turboblog/index.html>

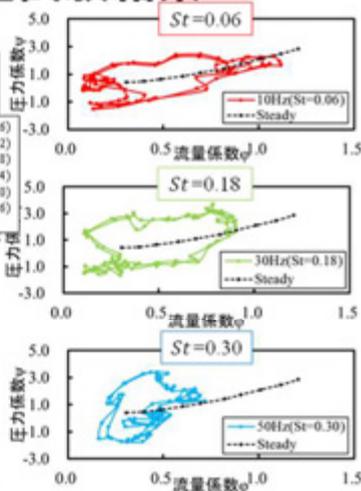
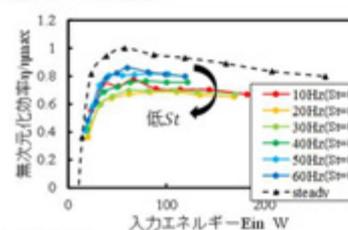
### 実施事項

- 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

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

## 非定常性能試験結果

### タービン効率



- 低ストロハル数ほど大きく効率が低下、ヒステリシスループの幅が大きいほど効率低下。
- ストロハル数に依存した非定常損失の存在を確認。

テーマ名 (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。

## タービン試験装置

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

## 非定常内部流れ計測

- PIVシステム構成: レーザー光学系, レーザーシート, タービン, 可視化部 (タービン出口部), 高速ビデオカメラ
- 計測運転点: 非定常:  $\varphi_{ave}/\varphi_{B.E.P.} = 1.0, St = 0.03, 0.06, 0.09$
- 脈動流下の渦度分布 ( $\varphi/\varphi_{B.E.P.} < 1.0$ において渦度が最大となる点)
- ストロハル数(St数):  $St = f/N$ ,  $f$ : 脈動周波数 [rps],  $N$ : タービン回転速度 [rps]

## 非定常特性を考慮した1Dモデル化

従来モデルの改善: 非定常損失の評価ができない → 非定常特性のモデル化

タービンにおける代表的な入出力値

Input: ケーシング径、ノズル枚数、高さ、出口角、ホイール入口出口径、幅、角度、羽根枚数など

基本計算式: 運動量保存式, 質量保存式, エネルギー保存式, 空力損失モデル式

Output: 各部物理量(P,T,V, $\rho$ ), 効率, 性能マップ

1DモデルOutputの利用方法: TC単独計算, GT-Power計算

空力損失モデル: 葉尖損失モデル, 摩擦損失モデル, 混合損失モデル

## 非定常特性を考慮した1Dモデル化

一次元断面ソフトによる解析 (定常性能ベース)

脈動流によってヒステリシスループを描く (実験結果)

非定常特性のモデル化: 非定常流動モデル, コンプレッサ-タービン同期モデル

一次元断面ソフトでの既存ターボモデルでは動作点が常に定常曲線上で動く

しかし、実際は脈動流によって動作点は定まらず、既存ターボモデルを使用すると、正しい圧力や流量が入力値として与えられない

非定常特性を考慮した一次元ターボモデルを構築

ヒステリシスループを描く(動作点を再現可能に)