

先端的低炭素化技術開発 (ALCA) 「クロスバランス無反動容積型機械の研究」

東京大学 生産技術研究所 鹿園研究室

<http://www.feslab.iis.u-tokyo.ac.jp/>



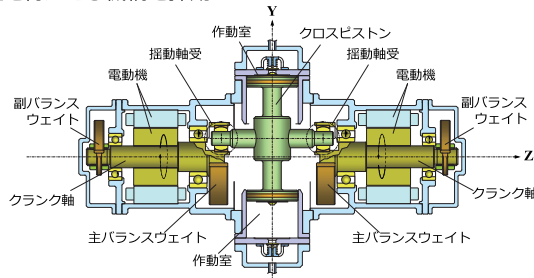
一般に、容積型機械はターボ機械に比べて小容量域での効率が高いことが知られている。容積型機械のなかでも、レシプロ方式は特に効率や信頼性が高いが、振動が大きいという課題がある。この課題に対して、従来は主に多気筒化という手法で加振力や加振モーメントを抑制してきた。本研究では、クロスバランス機構と称する新しいレシプロ機構を提案し、対称性を利用した全く新しい手法で、より完全な低振動化を実現する研究開発を行っている。

クロスバランス機構の基本構造

◆**力学的対称性を有する構成**: クロスピストンの往復運動方向軸(Y軸)を対称軸として、その周りの180°回転した位置に同一の部品を配置し、それらの部品間に必ず同じ作用力を作用させて力学的な対称性を待たせる機構を採用

<各部の構成と動き>

- ・互いに逆転する2つのクランク軸
- ・各クランク軸に連結され、往復動と揺動を行うクロスピストン
- ・各クランク軸に分配された駆動トルクまたは負荷トルク
- ・各クランク軸の対向位置に装着された正・副のバランスウェイト



<力学的対称性の条件>

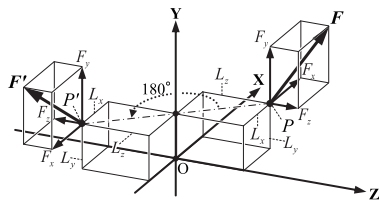
- ・構成部品の対称配置
- ・駆動トルクまたは負荷トルクの対称配置(等分配)

↓
部品間作用力の対称配置
=力学的対称性

クロスバランス機構を適用したレシプロ圧縮機構例

対称性による低振動化

◆**力学的対称性を有する構成**: クロスピストンの往復運動方向軸(Y軸)を対称軸として、その周りの180°回転した位置に同一の部品を配置し、それらの部品間に必ず同じ作用力を作用させて力学的な対称性を待たせる機構を採用



力学的な対称性により存在する一組の作用力 F, F'

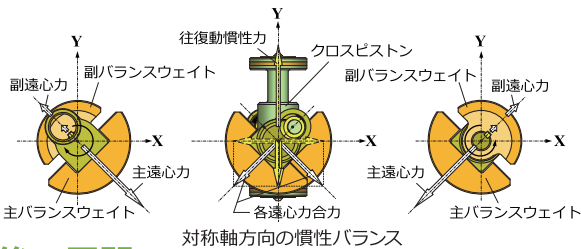
一組の作用力内での力とモーメントの各成分合計 (対称軸: Y軸)

Force along	X- axis	$F_x - F_x = 0$
	Y- axis	$F_y + F_y = 2F_y$
	Z- axis	$F_z - F_z = 0$
Moment around	X- axis	$-F_y L_z + F_y L_z + F_x L_z - F_x L_z = 0$
	Y- axis	$-F_x L_z + F_x L_z - F_y L_z + F_y L_z = 2(F_x L_z - F_y L_z)$
	Z- axis	$-F_x L_y + F_x L_y + F_y L_x - F_y L_x = 0$

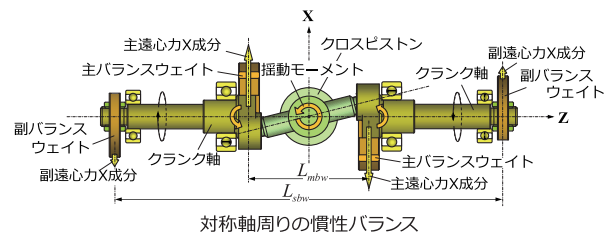
入・出力軸周りの反動トルクがゼロ……単気筒でも**無反動**

慣性バランス設計による低振動化

◆**対称軸方向の加振力**: クロスピストンのY軸方向往復動慣性力を、バランスウェイト遠心力のY軸方向成分で消去



◆**対称軸周りの加振モーメント**: クロスピストンのY軸周りに揺動モーメントを、副バランスウェイト遠心力のそれぞれのX軸方向成分による2組の偶力で消去



今後の展開

◆**実用化のための技術開発**: ロバスト性(頑健性)を高めるための付加機能を研究開発中

- ・加工誤差や組立誤差を吸収し、過剰拘束状態になることを防止する機能
- ・誤差吸収時の微動部摩擦力によって摺動部の摩擦損失が増大することを抑制する機能
- ・誤差吸収時の微動によるガタ発生を抑制し、機構全体の不連続な運動を防止する機能

◆**開発技術の製品適用**: 無反動などの超低振動性やその他の特徴を活かし、容積型機構を用いた従来の多くの製品への適用が可能

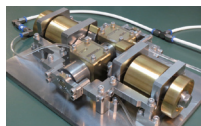
- ・超低振動(低騒音) → 高速化による小型化、設置可能場所の拡大等
- ・ピストン側圧レス → オイルフリー化、スモールボア化によるメカロス低減
- ・ピストン揺動運動 → スリーブリブ化による動弁機構系の部品削減(内燃機関等)

<適用製品例>

- ・冷凍空調用圧縮機
- ・空気圧縮機
- ・真空ポンプ

- ・内燃機関
- ・外燃機関
- ・膨張機

発電機駆動用
(負荷トルク分配容易)



Single phase expander
(Mechanism model)



Two phase expander
(Prototype for system demonstration)