

フルードパワーアクチュエータの特性比較調査

坂間 清子*

Characteristic comparison of Fluid Power Actuators

Sayako SAKAMA*

Recently, to reduce environmental load and enhance the efficiency of machinery, hydraulic and pneumatic actuators have been replaced by electric actuators in many industrial fields. However, the characteristics of each actuators are different, and it is not necessarily appropriate to replace every hydraulic or pneumatic actuators by the electric actuators. We should select the appropriate actuator considering the actuator size, output power, speed, responsiveness, and so on. In this paper, the characteristics of various type of motors were compared and evaluated using some indexes. As the subject of this investigation, commercially available AC motors, brushed and brushless DC motors, hydraulic motors, pneumatic motors and water hydraulic motors were selected, and the data on their specification was collected from their catalogs. To compare and evaluate the characteristics of these motors, torque, power density, and power rate were selected as the performance indexes. The hydraulic motors, especially axial piston type motors, were found to have high power density, torque, and power rate. It was also confirmed that water hydraulic motors have higher power density than the electric motors and pneumatic motors. Moreover, it was confirmed that there were no small-size fluid motors in this investigation, and small brushless DC motors have high power density. The present results suggest that we need to consider the characteristics of each actuator and appropriately select motors depending on the situation.

Key Words : Actuator, Comparison Survey, Electric Motor, Fluid Power

1. はじめに

環境負荷低減、高効率化等の観点からあらゆる産業分野で油圧システムや空気圧システムの電動化が進んでいる。しかしながら、油圧機器、空気圧機器、電動機器は特徴が大きく異なり、各機器の特徴を十分に把握した上で最適な構成を検討する必要がある。本報では、フルードパワーアクチュエータと電動アクチュエータのパワー密度、発生トルク、パワーレートを比較することで各アクチュエータの特徴を定量的に評価する。

2. 評価対象および評価方法

本調査では、市販の回転式のモータを調査対象とし、各モータのカタログからデータを収集し、各モータの特性を比較した。Table 1 に本報で調査対象としたアクチュエータの分類と機種数を示す。

モータの特性評価には、定格トルク T_r [N·m]、パワー密度 P_d [W/kg]、パワーレート Q [kW/s] の3つの指標を用いる。パワー密度 P_d は、モータの質量 m [kg] に対する定格出力 P_r [W] の比で表され、モータの小形・軽量・高出力化の指標となる。パワーレート Q は、そのモータの応答性を表す指標であり、回転子の慣性モーメント J_m [kgm²] に対するモータの定格トルクの二乗 T_r^2 の比で表される。

Table 1 Number of the motors for performance comparison

Motor type			Number of companies	Number of motors
AC	Standard		8	734
	Direct-drive		2	83
DC	Brushed		4	803
	Blushless		2	275
Hydraulic	Axial piston	Swash plate	7	83
		Bent axis	4	179
	Radial piston	Crank	3	393
		Cam plate	2	65
Pneumatic	Vane		4	353
	Axial piston	Swash plate	1	14
	Radial piston	Crank	3	20
Water hydraulic	Axial piston	Swash plate	2	7

3. 定格トルクの比較

Fig.1(a)にモータの発生トルク T_r と質量 m の関係を示す。横軸にモータの質量、縦軸に定格トルクをとっている。本報では、便宜的に 10^{-3} kg 以下のモータを超小形モータ、 10^{-3} から 10^{-1} kg のモータを小形モータ、 10^{-1} から 10 kg のモータを中形モータ、 10 から 10^3 kg のモータを大形モータ、 10^3 kg 以上のモータを超大形モータと呼ぶ。

* 青山学院大学理工学部
(〒252 - 5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1)
(E-mail: sakama@me.aoyama.ac.jp)

各アクチュエータの定格トルクは、 $T \propto m^{4/3}$ の直線上にプロットされる傾向にあることがわかる。また、フルードパワーアクチュエータがプロットされる直線は電動アクチュエータと比較して T_r が大きい方にシフトしている。特に油圧モータと電磁モータの違いは顕著であり、油圧モータの定格トルクは、電磁モータよりも一桁近く大きな値を示す。

4. パワー密度の比較

Fig.1(b)に各モータのパワー密度 P_d と質量 m の関係を示す。中形～大形領域では、油圧モータのパワー密度が最も大きく、AC モータと比較すると一桁以上大きな値を示す。また、水圧モータも高いパワー密度を有しており、油圧アクチュエータの利用が難しく、小形かつ大きな出力を必要とする場合には水圧モータが最も適していると評価できる。

本報で調査対象としたモータでは、超小形～小形領域にプロットされるフルードパワーアクチュエータはなく、この領域にプロットされるモータではブラシレス DC モータが高いパワー密度を有することが明らかになった。

5. パワーレートの比較

Fig.1(c)に各モータの質量 m とパワーレート Q の関係を示す。油圧、空気圧、電動モータのそれぞれの質量とパワーレートはほぼ比例関係にあり、質量が大きいものほど高い応答性を示す傾向にあること

がわかる。ただし、油圧モータと電磁モータでパワーレートを比較すると、油圧モータのパワーレートの方が一桁近く大きく、油圧モータは優れた応答性を有することがわかる。

6. おわりに

本報では、定格トルク、パワー密度、パワーレートの三つの評価指標で電動モータとフルードパワーモータを整理した。駆動原理の違いでアクチュエータのプロットされる領域は大きく異なり、アクチュエータの選定には、各アクチュエータの特徴をよく把握する必要がある。なお、中形～超大形領域にプロットされる油圧モータは、全ての指標において優れた性能を有することが明らかになった。先行研究において、フルードパワーモータよりも電動モータの方が定格トルクやパワー密度の向上が顕著であることも報告されていたが、最近ではフルードパワーアクチュエータのロボットへの利用も注目されており²⁾、小形で高出力なフルードパワーアクチュエータの開発が進むことが期待される。

参考文献

- 1) 田中豊：フルードパワーアクチュエータの動向と将来像, 日本機械学会 2012 年度年次大会講演論文集 DVD, K11500 (2012)
- 2) 鈴森康一：タフロボット用油圧アクチュエータ, 油空圧技術, 55-3, 10/13 (2016)

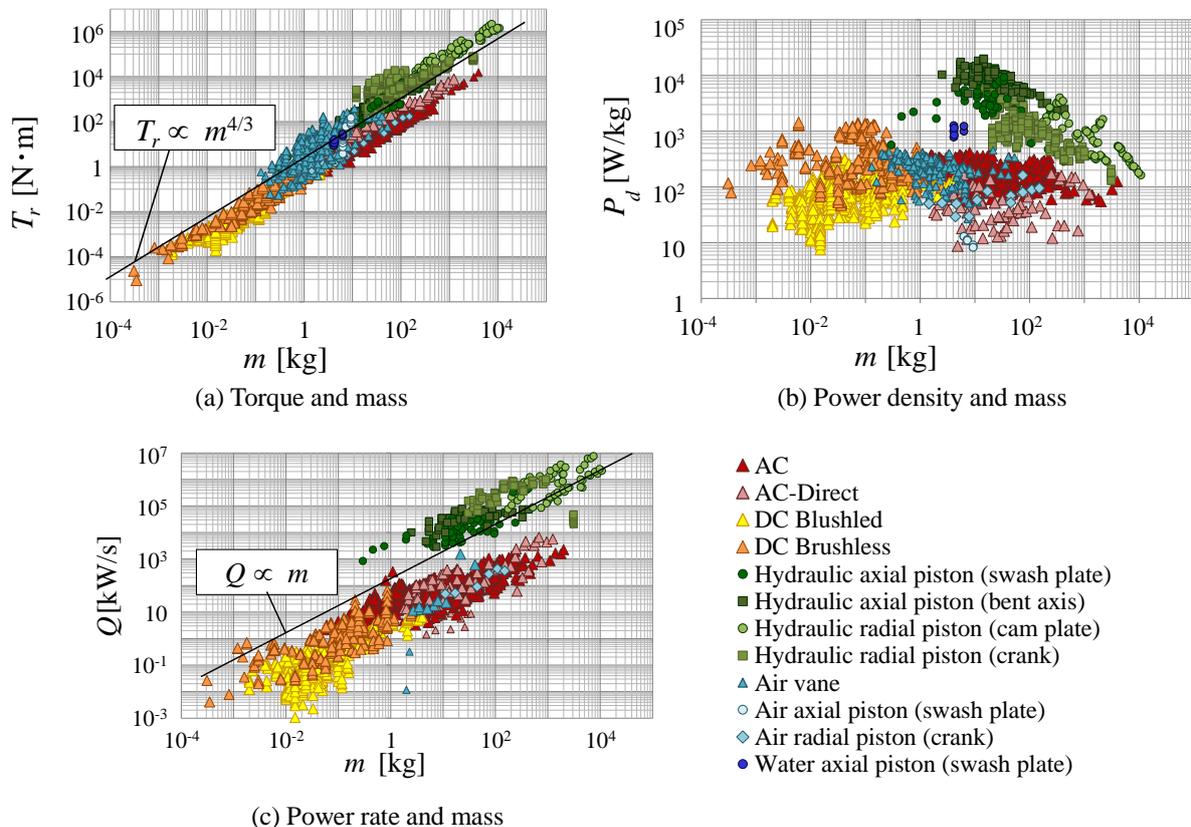


Fig. 1 Comparison of actuator characteristics