

1 章 平均パワーレート密度

平均パワーレート密度は次の定義式で示す指標である。

$$PRD_{mean} = \frac{R_{max} \cdot m_{PL} g \cdot S_{max} \cdot N}{m \cdot t_{acc} \cdot 6}$$

PRD_{mean} : 平均パワーレート密度(W/s・kg)

R_{max} : マニピュレータの旋回中心から最大可搬質量の重心位置までの最大距離 (m)

m_{PL} : 最大可搬質量 (kg)

S_{max} : 平均最大速度 (rad/s)

マニピュレータ各軸の最大速度の総和を自由度で割った値

t_{acc} : 平均加速時間 (s)

N : マニピュレータの自由度

m : マニピュレータ自体の総質量 (kg)

マニピュレータに係る最大可搬質量とマニピュレータの最大リーチの積をマニピュレータにかかる最大負荷トルクと考え、これと最大加速度（最大角速度／加速時間）との積をマニピュレータの総質量で割ったものである。また、マニピュレータは6自由度を標準として比較できるよう指標化している。

この指標は単位質量あたりの出力性能であるとともに、幾分乱暴ではあるがマニピュレータの質量はコストの代用特性を持っていることからマクロにはコストパフォーマンスを表している。

現状の主要な構造である垂直多関節ロボットを対象として、大・中・小型機の平均値を図示（付図）した。1995年頃までは右上がりでも推移してきたが、その後は頭打ちの状況となっている。右肩上がりの要因は、サーボモータと減速機の進歩が大きな要因と考えられる。サーボモータはマグネットの特性、絶縁技術、高密度巻線技術等により小形・高出力化した。マグネット材料がサマリウム・コバルトからネオジウムへの変化が特性向上へ寄与している。減速機は小形・高剛性のものが開発され、採用が進んだ。その後は、設計技術と機械性能を最大限生かす制御技術の進歩により幾分上昇している。

今後は成り行き的な推移では大きな向上は望み難く、技術的なブレークスルーが必要であろう。最近ではギヤ内蔵のサーボモータが開発され小型マニピュレータではスリム化に貢献してきているが、モータ単体としてもマニピュレータの機構特性に適したものが開発されることを期待したい。基本は軸速度を上げる高い回転数、加減速度を大きくする大トルクであるが、使用する関節によって更なるコギングトルクの低減や適切な慣性モーメントが必要であり、外形の多様性も求められる。サーボモータの技術では、高性能永久磁石の更なる活用や高性能コア材の活用による高トルク化・高パワーレート化、巻線の占積率向上(高密度化)による高出力化に期待したい。サーボドライバの技術では、SiC や GaN と

いった新パワー素子の活用による小形化・高効率化、PWM 制御技術やフィルタ技術によるノイズ低減・寿命部品(コンデンサ)のレス化などに期待したい。

一方、材料技術・加工技術の進歩によるマニピュレータ構造の軽量化が必要である。高剛性を維持した上で軽量化しなくてはならない。小型マニピュレータではアルミ合金が用いられているが、多くは鋳鉄の構造である。コスト面での制約も大きい。材料・加工の両面から新たな技術が出現することを願いたい。

