

コギングトルクとは何か？

コギングトルクは永久磁石が鉄芯を引き付ける力により発生する回転角に対するトルクの脈動である。一般にトルク脈動には、コギングトルクとトルクリップルがあり、通電による駆動状態におけるトルク脈動をトルクリップルと言い、通電のない状態での回転角度に対するトルク脈動をコギングトルクと言う。

要求品質によっては、コギングトルクをシャフトの回転の抑止力として利用することも考えられるが、一般的には起動電流を増大させ、回転時の振動、騒音の要因となるため、低減することが望ましい。特にサーボモータで、は位置決め性能を阻害する大きな要因となる。

コギングトルクの実例(1)

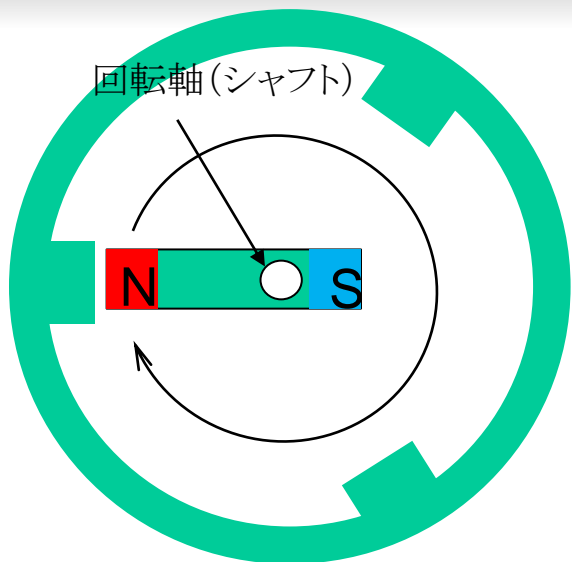


図1. 1(a) 3山のコギングトルク図例

図1.1(a)に最初の図例を示す。3か所のティースを有する鉄心の中で、N極が突出したマグネットが回転自在に装着されている。今N極は回転起点に位置するティースに引き付けられている。N極をシャフト周りに矢印の方向に回そうとすれば、N極はティースに引き付けられ最初の位置に戻ろうとする戻しトルクが発生する。それに逆らって60°回転させると進みトルクが発生し、120°隔てた次のティースに引き付けられる。つまり1回転範囲では3か所のティースに引き付けられる位置がある。その様子を横軸に回転角度、縦軸にトルクで表せば、図1.1(b)のような3つの波形が観測される。この波形をコギングトルク波形と呼び、図示したトルク変動最大値をコギングトルクと呼ぶ。N極は進みトルクが0になり戻しトルクに変化する①、②、③の位置で静止することがわかる。

同様に図1.2(a)で示す9つのティースを持つ鉄心の場合は、1回転範囲では9か所のティースに引き付けられる位置があり、図1.2(b)のような9つの波形が観測される。一般的にコギングの山数が多くなると、コギングトルクは小さくなる傾向がある。

図1. 2(a) 9山のコギングトルク図例

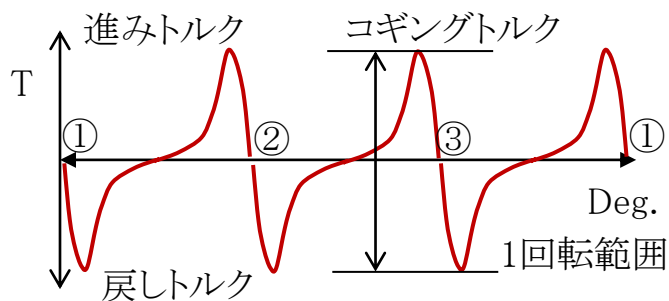


図1. 1(b) 3山のコギングトルク波形例

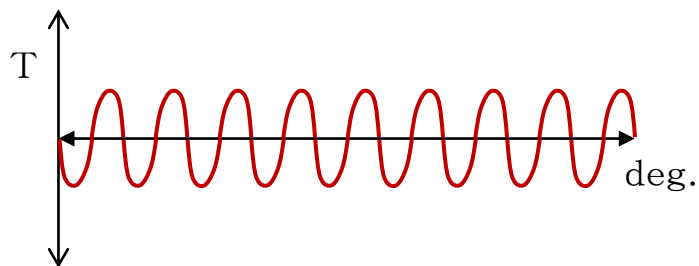


図1. 2(b) 9山のコギングトルク図例

コギングトルクの実例(2)

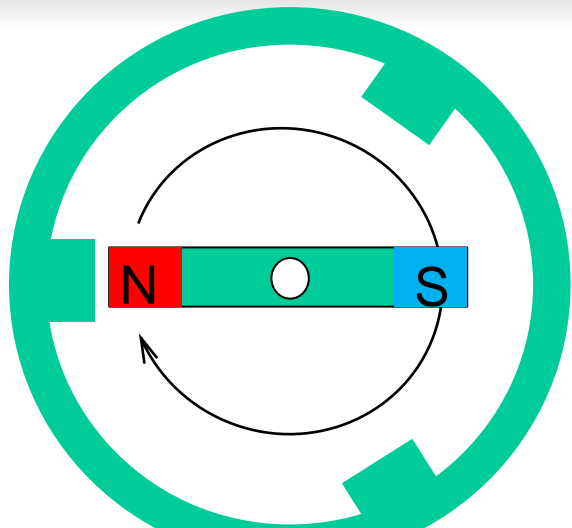


図1.3(a) 6山のコギングトルク図例

図1.3(a)に次の図例を示す。3か所のティースを有する鉄心の中で、NS極が突出したマグネットが回転自在に装着されている。今N極は回転起点に位置するティースに引き付けられているが、それに逆らって30°回転させると、今度はS極が30°先のティースに引き付けられる。磁石が鉄心に引き付けられる力にはNS極に差がないため、図1.3(b)に示すように磁極をMで表せば理解が容易である。1回転範囲では一方の磁極が3か所のティースに引き付けられる位置を有するとともに、もう一方の磁極も3か所のティースに引き付けられる位置を有する。図1.3(b)に示された状態から発生するトルクの変化と、図1.3(c)に示された状態から発生するトルクの変化は等しいため、その様子をコギングトルク波形で表せば、図1.3(d)のような同じ形の6つの波形が観測される。つまり、3つのティースと2つの磁極の最小公倍数である6山のコギングトルクが発生し、一方の磁極が1つのティースに引き付けられた同じ状態は1回転のうちに6回発生するため、6山のコギングトルク波形は同じ形状となる。

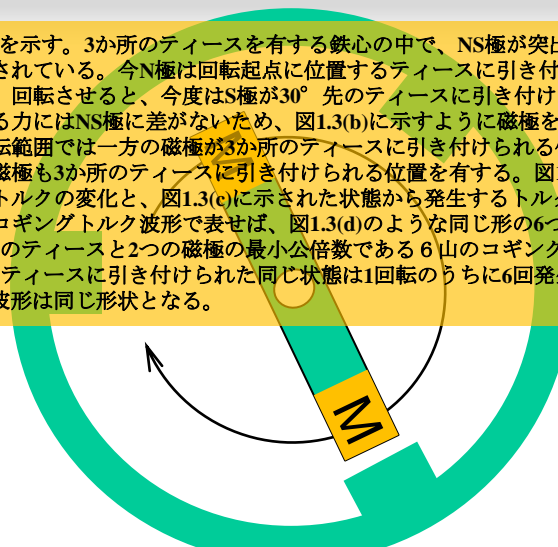


図1.3(c) 6山のコギングトルク図例

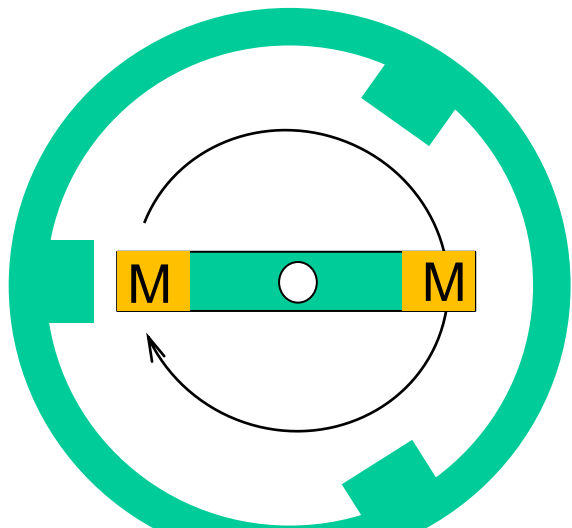


図1.3(b) 6山のコギングトルク図例

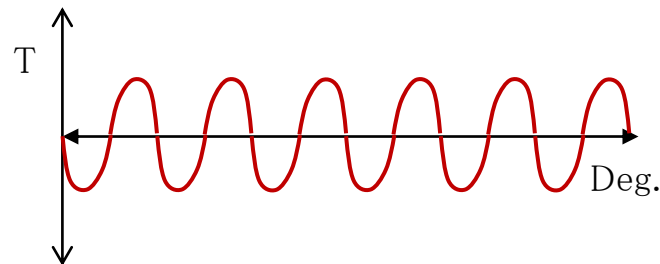


図1.3(d) 6山のコギングトルク波形例

コギングトルクの実例(3)

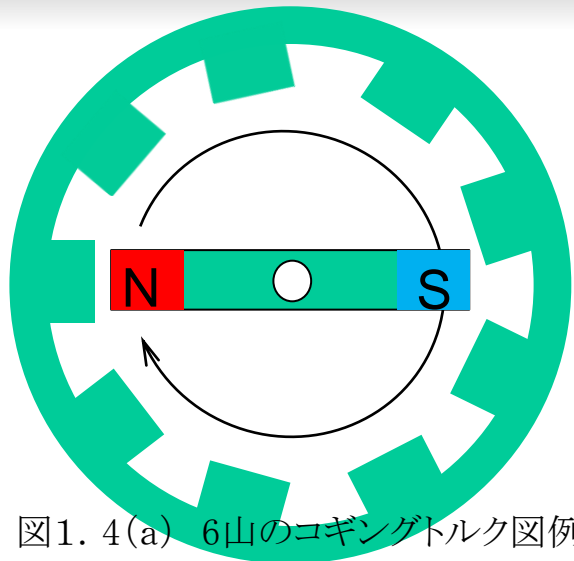


図1. 4(a) 6山のコギングトルク図例

同様に図1.4(a)で示す9つのティースを持つ鉄心の場合、1回転範囲では一方の磁極が9か所のティースに引き付けられる位置を有するとともに、もう一方の磁極も9か所のティースに引き付けられる位置を有する。1回転範囲では18か所のティースに引き付けられる位置があり、図1.4(b)に示された状態から発生するトルクの変化と、図1.4(c)に示された状態から発生するトルクの変化は等しいため、図1.4(d)のような同じ形の18つの波形が観測される。つまり、9つのティースと2つの磁極の最小公倍数である18山のコギングトルクが発生し、一方の磁極が1つのティースに引き付けられた同じ状態は1回転のうちに18回発生するため、18山のコギングトルク波形は同じ形状となる。

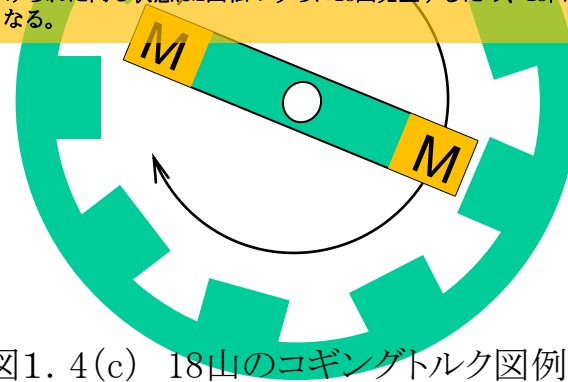


図1. 4(c) 18山のコギングトルク図例

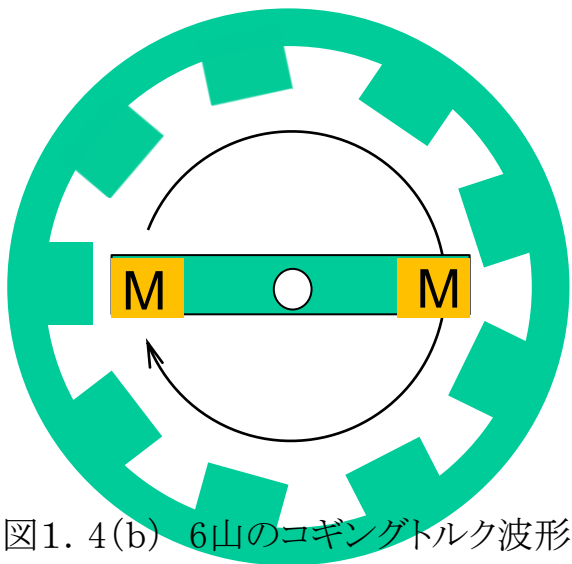


図1. 4(b) 6山のコギングトルク波形例

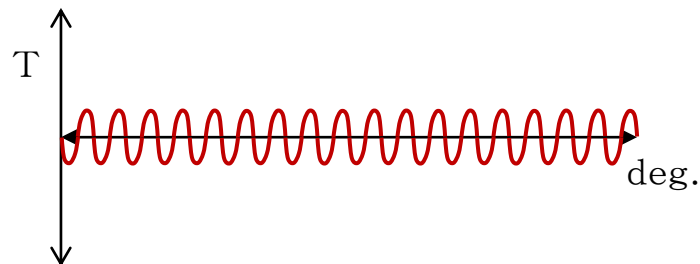


図1. 4(d) 18山のコギングトルク図例

コギングトルクの実例(4)

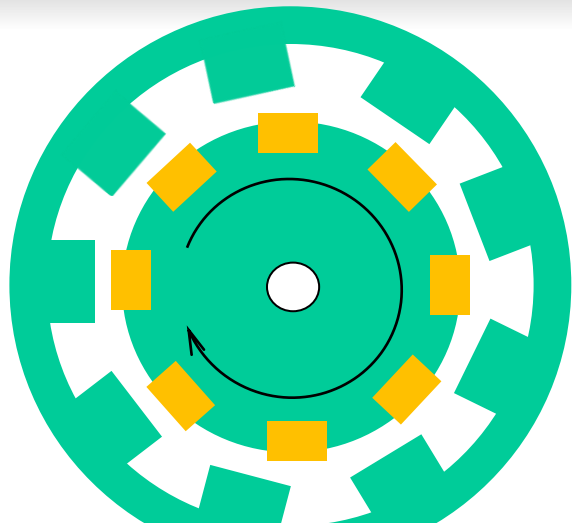


図1.5(a) 72山のコギングトルク図例

同様に、図1.5(a)で示す9つのティースを持つ鉄心の中で8つの磁極が装着された場合は、1つの磁極が9か所のティースに引き付けられる位置を有するとともに、8つの磁極が9か所のティースに引き付けられる位置を有する。図1.5(a)に示された状態から5°回転した図1.5(b)に示された状態には、それぞれ隣のティースと磁極とが引き付けられ、両者は同じ状態となる。この図例でも8と9の最小公倍数である72山のコギングトルクが発生する。

図1.6に次の図例を示す。12か所のティースを有する鉄心の中で、2つの磁極が装着された場合には、1つの磁極が12か所のティースに引き付けられる位置を有するとともに、他方の磁極も12か所のティースに引き付けられるものの、それが同じ位置で発生するため、コギングトルクは12山となる。図1.7に示す12か所のティースを有する鉄心の中で、4つの磁極が装着された場合も同様であり、4つの磁極が同じ位置でティースに引き付けられるため、コギングトルクは12山となる。12山は図1.6、図1.7の両者においても、ティースと磁極数の最小公倍数となっている。

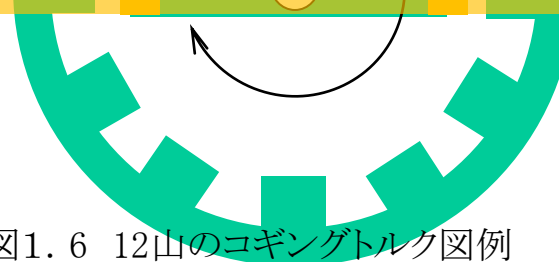


図1.6 12山のコギングトルク図例

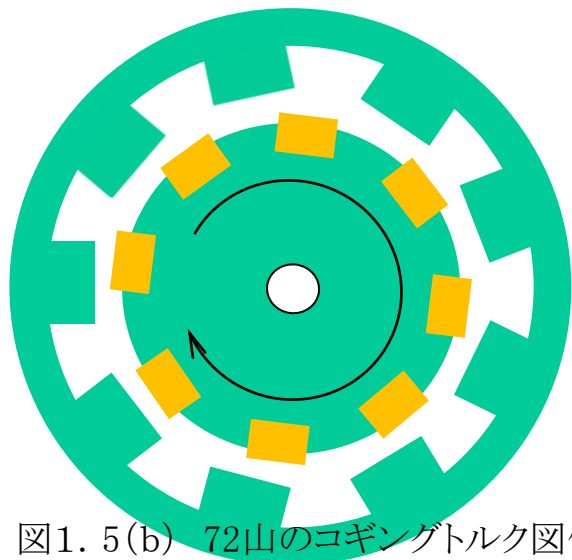


図1.5(b) 72山のコギングトルク図例

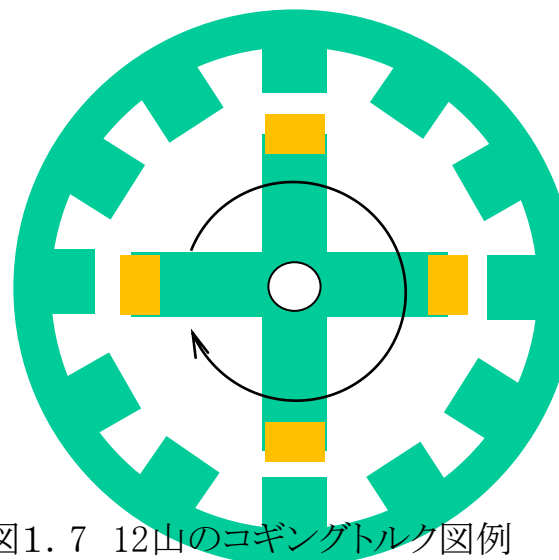


図1.7 12山のコギングトルク図例