

アイドリングストップ用始動装置

亀井光一郎*
水野大輔**

Starter for Idling Stop System

Koichiro Kamei, Daisuke Mizuno

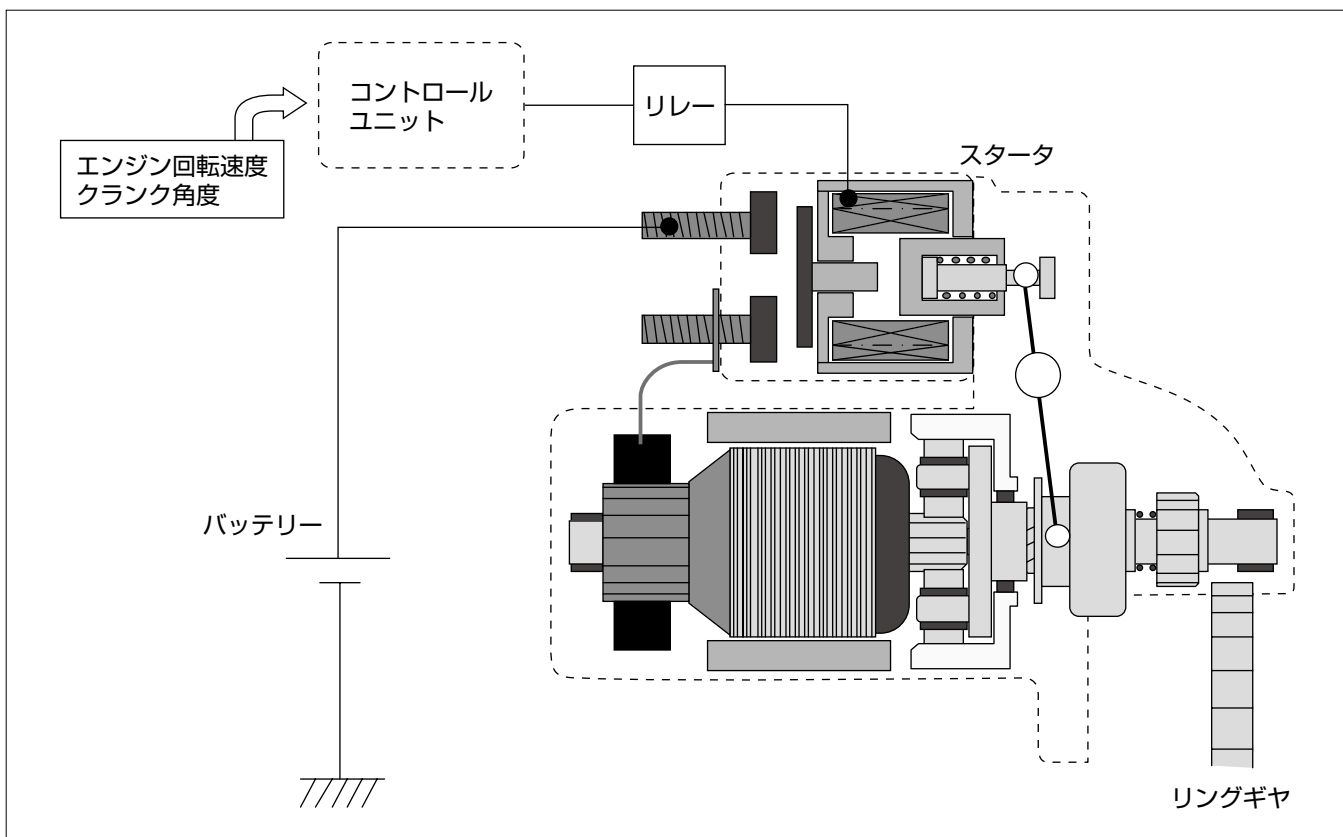
要旨

自動車の燃費向上技術の1つとして、信号待ちや荷物の積み下ろしなどで、車両が一時的に停止しているときに、所定の条件が成立すれば自動的にエンジンを停止するアイドリングストップシステムを搭載した車両が増加している。このアイドリングストップ車では、従来の車両に比べ始動回数が大幅に増加し、エンジンの始動装置には非常に高い耐久性が求められる。その要求に対し三菱電機では、各部に強化仕様を織り込んだ高耐久型スタータを生産している。

しかしながら最近では耐久性だけでなく、始動時間や音など、フィーリングや車両の商品性向上への要求も強まっている。従来の始動装置では、アイドリングストップ開始直後、エンジンが惰性で回転している期間は、ピニオンを

リングギヤに噛み合わせることができなかった。そのため、もしこの期間中に運転者が再び車を発進させようとした場合は、エンジンが完全に停止するのを待ってからスタータを駆動しエンジンを始動するため、始動できるまでの時間が長くなり、違和感を与えていた。

そこで、停止過程のエンジンの回転速度を検出しながら、所定の条件が成立したところでスタータを駆動する制御と、リングギヤが回転しているにもかかわらずスムーズにピニオンをリングギヤと噛み合わせられるスタータを組み合わせることで、アイドリングストップ開始直後でも、エンジンが完全に停止するまで待つことなく迅速に再始動が可能となる始動装置を開発した。



アイドリングストップ用始動装置

アイドリングストップ用始動装置は、バッテリーの電気エネルギーで回転しエンジンを始動するスタータ、クランクシャフトに固定されスタータのピニオンと噛み合って動力を伝達するリングギヤ、車両の状況に応じスタータのON/OFFを制御するコントロールユニットで構成している。さらに今回はエンジンの回転速度、クランク角度等の情報も使い、エンジンが完全停止前の惰性回転中でも再始動可能とした。

1. ま え が き

近年、地球環境への関心の高まりから、自動車の燃費向上への要求が非常に厳しくなっており、その有効な手段の1つとして、信号待ちや荷物の積み下ろしなどで車両が一時的に停車した際に、所定の条件が成立すれば自動的にエンジンを停止し、運転者が車を発進させようとするとき再び自動的にエンジンを始動する、アイドリングストップシステムを搭載した車両が増えてきた。

当社では、1995年に路線バス用、さらに、1998年には乗用車のアイドリングストップ用始動装置の生産を開始した。その後、原油価格の高騰や燃費規制の強化などの影響を受けて2007年頃から急速に拡大を続けている。ところが、規模の増加に伴い、耐久性や始動時間、音等、性能に対する要求もますます厳しくなり、特に始動時間に対しては、フィーリングに影響し、車両の商品性にかかわることから、迅速始動への要求が高まってきている。

2. アイドリングストップ用始動装置

2.1 高耐久性への取組み

アイドリングストップ車では、最初に運転者がキースイッチをONにしてエンジンを始動した後も、車両が一時的に停止し、アイドリングストップの条件が成立すると、エンジンを自動的に停止する。その後、運転者の操作に伴い、再びエンジンを始動しなければならないため、始動装置では、従来装置に比べ、桁違いの耐久性が求められる。これに対応するため、アイドリングストップ用始動装置として使用される高耐久型スタータでは、図1に示すように軸受

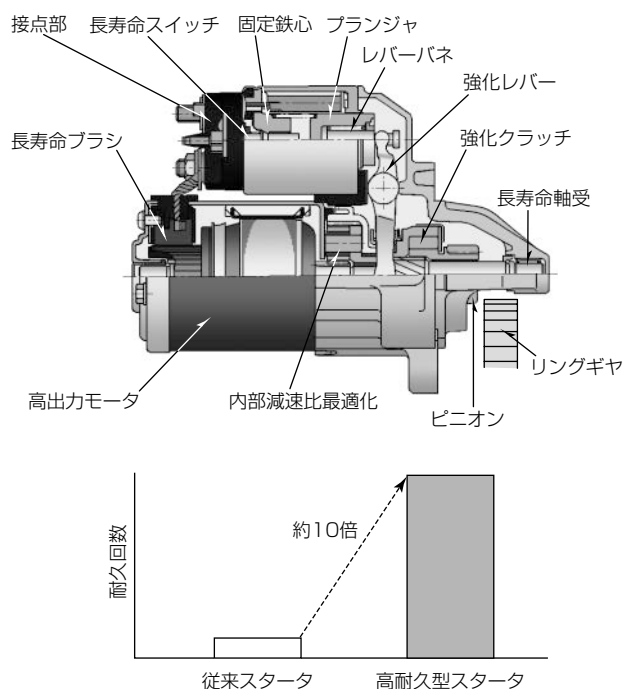


図1. 高耐久型スタータの主な仕様

部、モータ部のブラシ、及びスイッチの接点周り等、エンジン始動の動作を繰り返すことによって、磨耗や疲労が生じる部位に対し強化仕様を織り込み、従来スタータに比べ、耐久性を約10倍とした。

さらに、先に述べたとおりアイドリングストップ時の再始動では、迅速性も強く求められており、これに対応するために従来スタータよりも高出力モータの採用や、スタータ内部の減速比の最適化で、スタータによるエンジンのクランキング回転速度を高める対策を織り込んでいる。

2.2 Change of Mind対応

アイドリングストップによってエンジンが自動的に停止した直後に運転者がブレーキから足を離して再発進しようとした(このようなシーンのことを“Change of Mind”という。)際に、従来の始動装置ではエンジンのリングギヤが回転しているところへ、スタータのピニオンを噛み合わせることができず、完全に停止するのを待ってから再始動する必要があった。そのため、このようなシーンでは、運転者の意思表示(例えばブレーキOFF)から、エンジンが再始動するまでに1~1.5秒程度かかり、運転者にストレスを与えることになってしまう(図2)。

そこで、このChange of Mind時のエンジン惰性回転中でも迅速に再始動できる始動装置の開発を行った。今回、開発した始動装置では、アイドリングストップ開始直後、減速するエンジンの回転速度を検出しながら、ピニオンが移動を開始しリングギヤ位置に到達したときに、リングギヤの回転速度が所定の範囲(ピニオンが安定してリングギヤに噛み合うことができる範囲)となるようにスタータの駆動タイミングを制御する。また、スタータでは、より広い回転速度範囲で噛み合えるよう噛み合い機構の改良を行った。

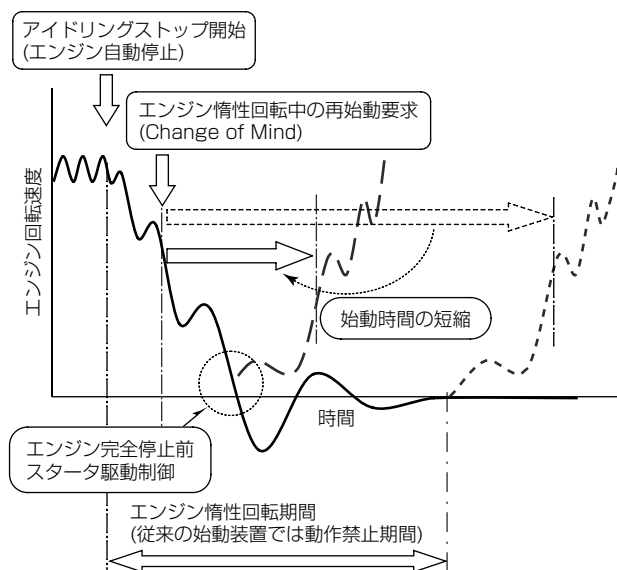


図2. Change of Mind対応

2.3 リングギヤ回転中のピニオン噛み合い動作

スタータでエンジンを始動するとき、スタータをONすると、まずスイッチコイルに電流が流れ、磁化されたプランジャが電磁石となり固定鉄心の方向へ吸引される。このプランジャには、クラッチ、及びピニオンを移動させるためのレバーが連動しており、プランジャが吸引されることで、ピニオンがリングギヤ方向へ押し出される。

ピニオンが移動を開始し、リングギヤ位置に到達すると、レバーバネでピニオン、及びクラッチをリングギヤ方向へ押し付けながら、プランジャは更に移動を続け、スイッチ内部に構成される可動接点で、それぞれバッテリー、及びモータに接続される2つの固定接点間を閉路することで、バッテリーからの電気がモータ部へ供給されモータが回転を開始する。同時にレバーバネで押し付けられたピニオン部がバネ荷重で軸方向に加速し、リングギヤと噛み合いモータの動力をリングギヤへ伝え、エンジンを始動する。このときのピニオンとリングギヤの動作を示したのが図3である。(a)で押し出されたピニオンが(b)でリングギヤの対向面に衝突する。その後(c)のようにピニオンの歯がリングギヤの歯間へ誘い込まれ、(d)から(e)に進んで噛み合いが完了する。この初期噛み合いの段階で、どれだけ軸方向に深く入っているか(=初期噛み合い深さ: Y_r (図3(d)))が噛み合い動作の重要なファクタとなる。

しかしながら今回のようにリングギヤが回転している場合、ピニオンの歯がリングギヤの歯間に誘い込まれ始めてから、次の歯の噛み合い面に当たるまでの時間が短く、従来スタータでは初期噛み合いが十分な深さまで、ピニオンが軸方向へ移動できない。そこで図4に示すピニオンバネ構造の採用を検討した。

ピニオンバネ構造の検討に当たっては、ピニオン、クラッチ、リングギヤ部を図5のような簡単なモデルで表し、従来スタータと今回のピニオンバネ構造の両方で、ピニオンがリングギヤの対向面に衝突し、噛み合う際の挙動のシミュレーションを実施し、回転中のリングギヤへの噛み合い性(初期噛み合い深さ)について検

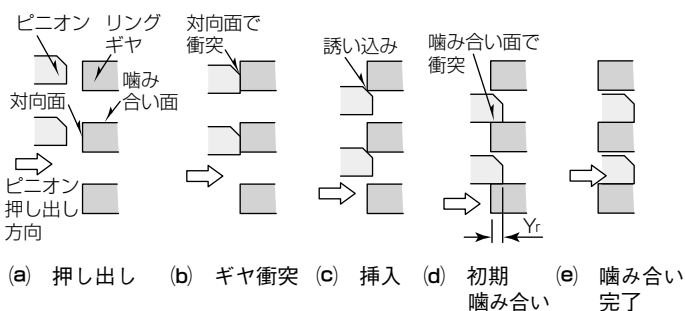


図3. ピニオン噛み合いイメージ

証を行った。

図6はこのシミュレーションの結果、及び実際に測定した結果である。この結果が示すとおり、ピニオンバネ構造を採用することによって、回転中のリングギヤでも、従来スタータで停止しているリングギヤに噛み合う場合と同等の初期噛み合い深さ以上とすることが可能となる。

2.4 ピニオン面取り形状

リングギヤが正回転方向に回転しているところへ、ピニオンを噛み合わせた場合、すなわちChange of Mindでエ

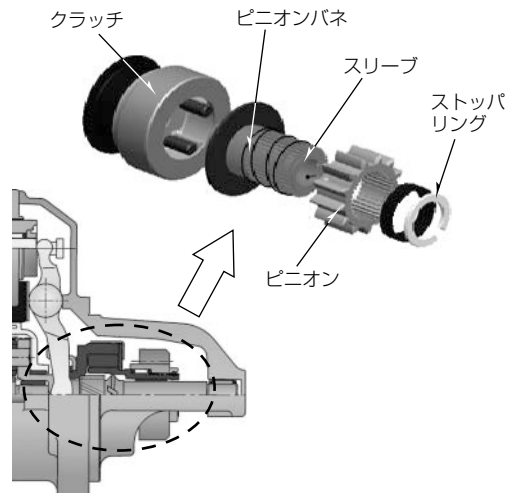
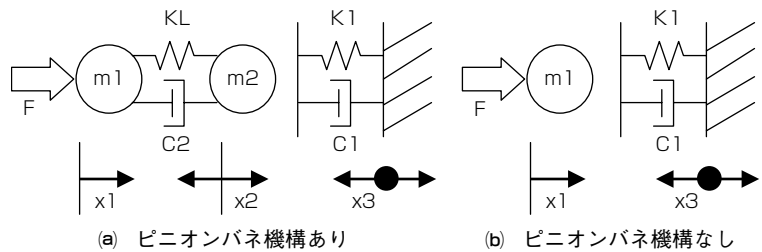


図4. ピニオンバネ構造



- m1 : クラッチ質量
- m2 : ピニオン質量
- K1 : 接触剛性
- KL : ピニオンバネ定数
- C1 : 減衰項1
- C2 : 減衰項2
- x1 : クラッチ変位
- x2 : ピニオン変位
- x3 : リングギヤ変位(強制変位)
- F : 押し込み力

図5. ピニオンバネ構造の噛み合いシミュレーションモデル

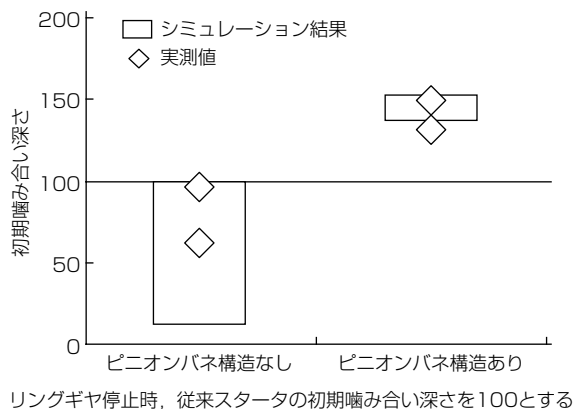


図6. リングギヤ回転時の初期噛み合い深さ

リングギヤ停止時、従来スタータの初期噛み合い深さを100とする

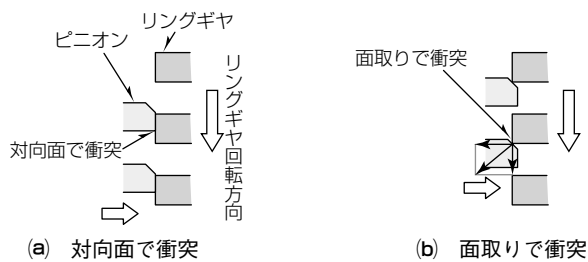


図7. ピニオン噛み合いイメージ
(リングギヤ：エンジン正転方向に回転)

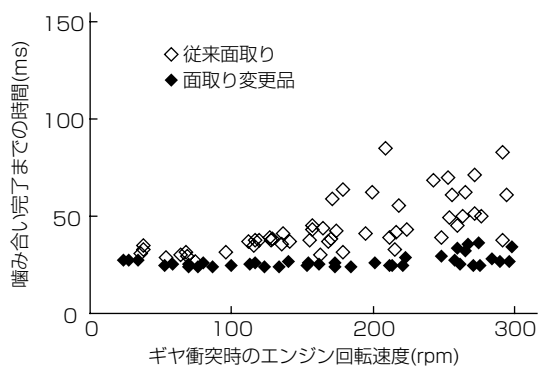


図8. ピニオン面取り変更による噛み合い性改善結果(噛み合い性)

エンジンの回転数がまだ高いところでスタータをONしようとした際に、図7に示すように、ピニオンがリングギヤの対向面に衝突した後、リングギヤのエッジ部(又は面取り部)がピニオンの面取り部に衝突し、ピニオンを押し戻す方向へ力が加わるケースがある。

そこで、面取りの形状の変更によって押し戻し方向の力を抑制し、リングギヤがエンジン正転方向に回転しているときでもスムーズな噛み合いを実現した。図8に実際のエンジンでエンジン回転がまだ高いところでスタータを駆動した場合の、ピニオンがリングギヤの対向面に衝突した時点のエンジン回転速度と、噛み合いにかかる時間の関係を測定した結果を示す。この結果のように回転速度が高いところでもスムーズに噛み合うことで、ギヤの対向面同士が擦れる時間も短くなり、ギヤの磨耗や、音の低減にも効果が得られる。図9に音測定結果の一例を示す。

3. Change of Mind時の始動性

図10は、従来のアイドルストップ用始動装置と今回開発した始動装置で、アイドルストップ開始直後のエンジンが惰性で回転中に再始動要求が発生(Change of Mind時)に、要求信号(ブレーキOFF)からエンジンの再始動が完了するまでの時間を比較したグラフである。

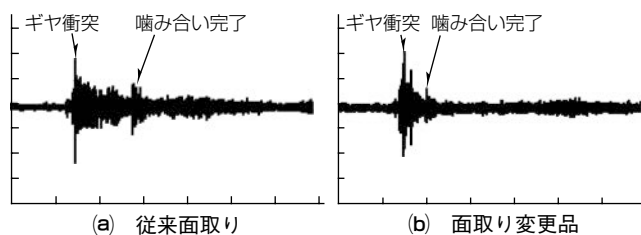


図9. ピニオン面取り変更による噛み合い性改善結果(音)

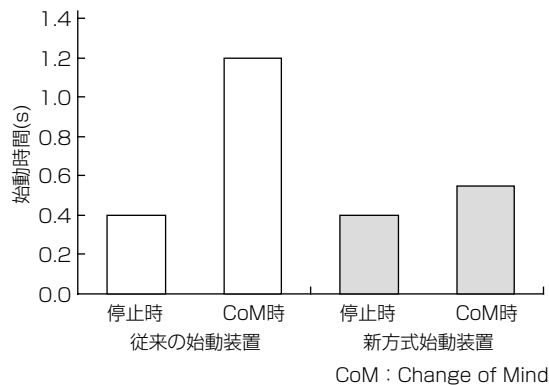


図10. Change of Mind時の再始動時間比較

今回、開発した始動装置では、Change of Mind時でも、停止へ向かうエンジンの回転速度を検出しながら、所定の条件が成立したところでスタータを駆動する制御と、リングギヤが回転していてもスムーズにピニオンをリングギヤと噛み合わせられる新開発のスタータを組み合わせることで、エンジンが完全に停止するまで待つことなく再始動が可能となる。そのため、従来装置では再始動要求のタイミングによって1秒以上の始動時間がかかっていたのが、非Change of Mind時(エンジンが完全に停止している状態)と同等の時間で再始動が可能となり、運転者にストレスや違和感を与えるのを防ぐことができる。

4. むすび

最近では、燃費を向上させるために、運転者がブレーキをかけて、車両が減速している状況で、完全に停車する前から燃料噴射を停止し、アイドルストップ状態とする方式も採用されつつある。このような方式では、再始動の際に迅速にしなければ、ブレーキから足を離してエンジンが始動するまでの間に車両が空走し、運転者に違和感を与えたり、加速が遅れ後続車に追突される危険が考えられ、安全性にも影響を与えてしまう。これに対し今回の新方式では、このような場合でも迅速に始動することが可能であり、車両の燃費向上に貢献できる。