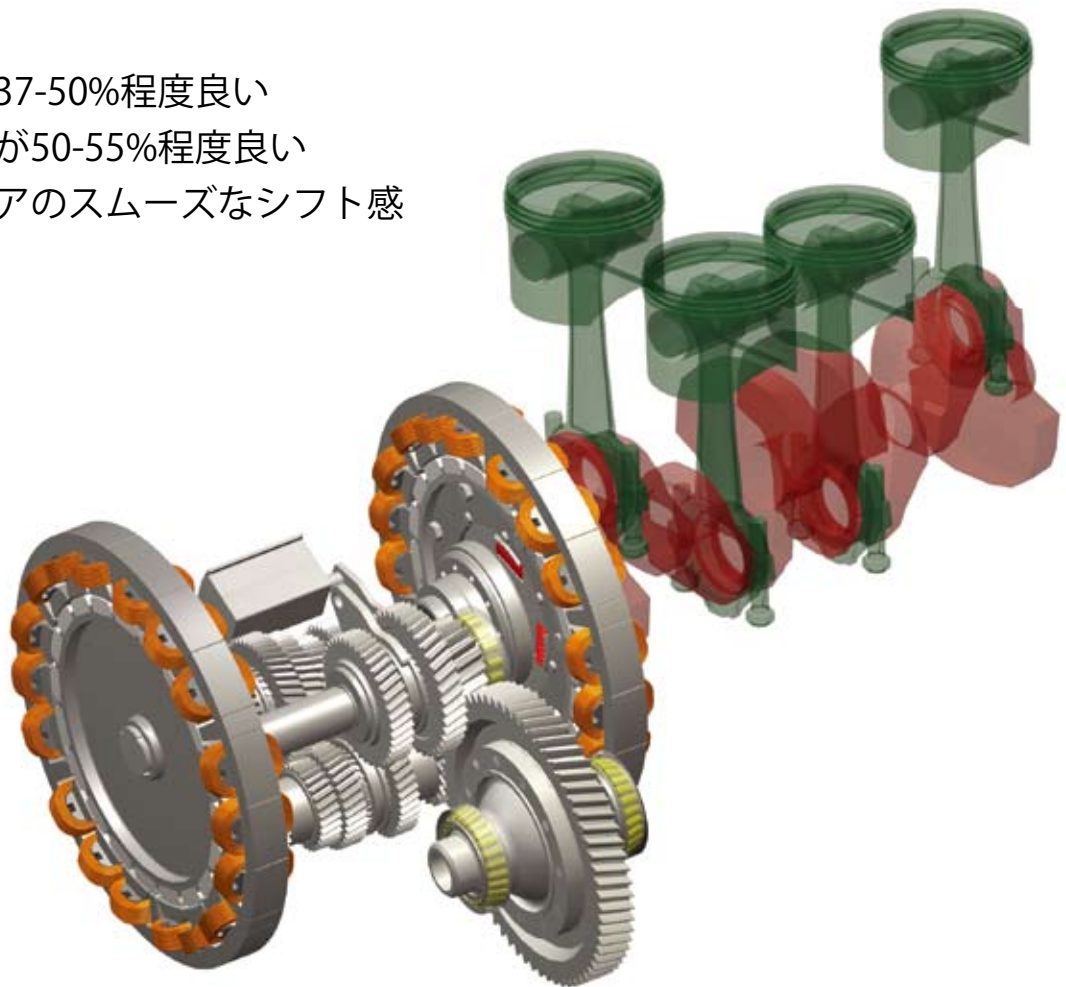




Strigear — より効率的なハイブリッドシステム

実際にPriusで使われている部品と同等品を使用したと仮定すると、StrigearハイブリッドシステムはPriusに比べ以下の点で優れている：

- 燃費が37-50%程度良い
- 加速性が50-55%程度良い
- 変速ギアのスムーズなシフト感



Strigear — 超高効率なハイブリッドシステム

Strigear方式でハイブリッド車を設計すると燃費の大幅な低減が実現できる。例えば、Volvo V70にStrigear方式のハイブリッド変速装置を装着したと仮定すると、二酸化炭素の排出量は市販車の三分の一以下である。

以下に、Strigearシステムの特徴を説明する。Strigearが他のハイブリッドシステムよりも低燃費を達成できる理由を特に強調している。

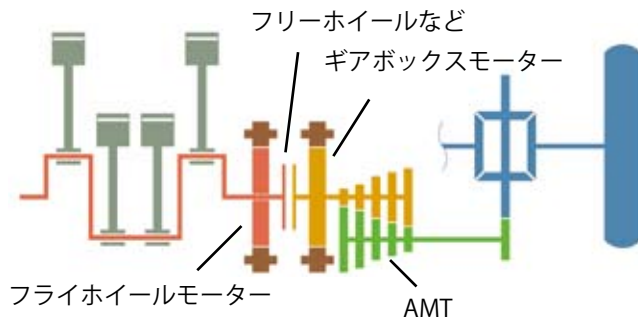


図1

図1に、Strigearシステムの基本的な特徴が示されている。基本構成は横置きの前輪駆動エンジンと手動式変速装置で、極めて普通のシステムである。

この当たり前のシステムに、電気モーターが2台組み込まれており、クラッチの前部と後部に、それぞれ一台ずつ配置されている。変速装置にコンピュータ制御が付加できる場合には、Strigearシステムは自動マニュアル変速機能（AMT：Automated Manual Transmission）を持つことが可能である。

機械効率

図1に示すStrigearシステムの例は、エンジンからタイヤまでの機械損失を低減するため、AMTギアボックスを持っている。このシステムではトルク伝達のための歯車インターフェースが2箇所のみである。一箇所はギアボックス内のトルク入力軸とトルク出力軸間である。もう一箇所はギアボックスから出ているトルク出力軸とディファレンシャルギア間である。この様なシステムでは機械効率は通常96%程度に達する。この点、他の変速機システムより大幅に優れている。六段自動変速装置では平均83%程度であり、DCT (Dual Clutch Transmission) の場合は85%、CVT(Continuously Variable Transmission)では25%負荷の状態では81%程度である。

機械損失が小さいので、AMTを装着したStrigear変速装置は、他の変速装置よりもエンジンからタイヤへの動力伝達効率が格段に優れていることは明らかである。さらに車の走行時だけでなく、ブレーキ回生時のエネルギー損失も低減できる

AMT付きStrigear変速装置を装着したVolvo V70の二酸化炭素の排出量は通常の自動変速機を装備した市販モデルより24%少ない。

エンジンの始動・停止に対する完全な制御

図1に示すStrigearシステムには、エンジン側のフライホイールに高効率の電気モーターが組み込まれている。さらに、自転車などに使われている、フリーホイール機構をクラッチの代わりに装着する。これによりエンジンの始動が非常に容易になる。

フライホイールモーターによってエンジンの回転数を0.06秒以内に1000回転に上げることができる。エンジンの回転数がギアボックスの入力軸の回転数を上回ると、フリーホイール内のダンパーばねが働き、フリーホイールがロックされて、動力がギアボックスに直接伝わる。フライホイールモーターのトルク調節を行うことでフリーホイールのロックが極めて精密に制御できる。ロック解除の場合も同様である。エンジンとフライホイールが持つ回転エネルギーは電気として、フライホイールモーターに吸収され、バッテリーに貯蓄することができる。

結局、エンジンの始動・停止制御が非常に大切な事になる。ハイブリッド車の基本的な考え方は低負荷時に車のエンジンを使用しないことである。最高効率の速度とトルクの時にエンジンを使用すべきで、それ以外の時は使用すべきでない。Strigearハイブリッドシステムの場合、タイヤへの機械的エネルギー伝達効率が最高であるように、エンジンの始動・停止を制御することができる。NEDCサイクルで走行させたとき、エンジンで発生した動力は機械系を通り、80%がタイヤに達し、残りの20%は、いずれかのモーターに吸収され、バッテリーに蓄電される。

迅速な応答性

低負荷時、ハイブリッド車はしばしばエンジンを切り、バッテリーのみで走行する。しかし、運転手が急加速したい場合は、バッテリーの蓄電残量によって、引き出せる電力に限りがあり問題となる。従って、急速にエンジン始動できる応答性がシステムの求められが、Strigearハイブリッドシステムの場合、これは容易である。

素早いギアシフト

エンジンのフライホイールに装着した電気モーターがギアシフト機能に新たな可能性を提供する。二つのモーターの速度と位置をサーボモーターと同様に制御が可能であるから、ギアボックス内の任意の歯車軸の速度と位置を、次に噛合う歯車軸が求める速度と位置に素早く同調することができる。これによって、同期リングが不必要なり、質量とコストを減らすこともできる。ギアシフトに要する時間は0.03~0.07秒程度であり、乗っている人にはほとんど感じられない。

エンジンの相対的な効率

Strigearハイブリッドシステムでは、速いギアシフトとエンジンの始動・停止制御が迅速に行えるので、最高の相対的な効率を發揮させる速度とトルクの組み合わせを選択するように、エンジンを制御することが可能となる。Strigearハイブリッドシステムでのエンジンの平均効率は、通常、最大定格の95-96%に達する。

総合効率

Strigearハイブリッドシステムが低燃費である基本的な理由は：

- ・ 理想に近い状態でのエンジンを運転できること。
- ・ 96%に達する機械的伝達効率。
- ・ エンジン出力の80%が機械的にタイヤまで伝わる。

他のフルハイブリッドシステム

トヨタのPriusやGM-BMW-DaimlerのDual Modeでは、2台の電気モーターと遊星ギアを採用している。この場合、車速と関係なくエンジン回転数を最適にすることによって、エンジンを高効率で運転できる点で一般的に評価され、受け入れられている。

一方、遊星ギアを使用した場合、エンジンからタイヤまでの動力伝達損失がマニュアル変速機の場合よりはるかに高いという欠点があり、結局、遊星ギア使用のフルハイブリッドシステムでは、最適回転数で得られるエンジン効率でのメリットが、遊星ギア方式に起因する動力伝達損失に比べ、はるかに小さくなってしまう。Strigearハイブリッドシステムの場合、すでにエンジン効率が最大効率の95~96%であるため、任意の回転数を選択する事で得られる改善メリットは考慮に値しない程度である。

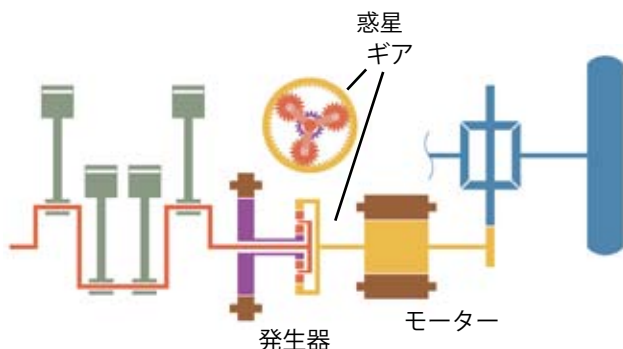


図 2

図2はPriusの基本的構成を示す。遊星 (planetary) ギアボックスの横断面図が図中に掲載されている。紫色で示された、太陽のように中心に位置するギアホイールは、発電機と連結しており、エンジンは赤色で示される遊星ホイールと連結している。さらに、オレンジ色で示される外縁ギアホイールは、モーター、ディファレンシャルギアさらにタイヤに接続している。エンジンで発生した動力は遊星ホイール (赤色)、遊星ギアの順に伝達される。動力の一部は外縁ホイール (オレンジ色) に伝わる、ここでの機械損失は小さい。しかし残りの動力は遊星ホイール (紫色) を経由して発電機に伝わり、さらにインバーター、モーター (オレンジ色)、その他の機械系を経て、漸くタイヤに達する。従って、発電機とモーターで発生するパワーの一部がエンジン動力の伝達に消費されると言うロスが生じる。

Strigear方式のPrius

可能な限り実際のPrius-Iと同じになるように、Strigearハイブリッドシステムを搭載した車を2台設計してシミュレーションを行った。ここでは、実際のPrius-Iで採用されているものと同じピー

クパワーを持つエンジン、バッテリー、モーターを使って評価した。車の質量、タイヤの摩擦特性、馬力 (Cv : Cheval Vapeur) などもPrius-Iと同一にした。(Prius-IIに関しては、充分なデータを得られなかったため、同様なシミュレーションは行えなかった)。シミュレーションを行うにあたっては、立証や反証が明快にできるように最大の配慮と努力が行われた。当社 (SPAB) はシミュレーションの完全なデータリストを、世界の自動車業界の複数の専門家と権威のある大学に配信したが、シミュレーションで得られた知見は妥当で正しいとの評価を得ている。データリストには、NEDCサイクルでの0.2秒毎の動力、トルク、電力値、損失などに関する詳細な情報が収録されている。4ページの表に、シミュレーション結果とPrius-Iのデータを掲載した。シミュレーションで用いた二台のStrigear車は、一台がディーゼルエンジン、もう一台がガソリンエンジンである。シミュレーションではガソリンバージョンで37%の燃費節約、ディーゼルバージョンではさらに高い燃費低減率を確認した。

加速性能

加速に使用できる動力源は、内燃機関とバッテリーの2つが有る。PriusやDual Modeのような遊星ギアを使ったシステムでは、エンジン動力の一部を第一モーターが消費してしまい、残りが第二モーターに伝わる。この場合、第二モーターはバッテリーの電力を利用すると同時に、第一モーターで消費した動力を補完しなくてはならない。このため、第二モーターの定格電力はバッテリーの定格電力より大きくなければならない。Strigear車の場合、二台のモーターは並列に働く。Strigear方式では、二台のモーターに付加された電力の定格値がバッテリーの定格値と等しいか大きければ、バッテリーの電力とエンジン動力の和が、加速に利用される。

他のハイブリッド方式に比べ、Strigearハイブリッドシステムは高い加速性能が得られる。他方式で使用されているのと同じ部品を使用してシミュレーションしても結果は同じで、例えば、車両の質量、タイヤ特性などを同じと仮定し、エンジン、モーター、バッテリーなどを同等品を使って比較した場合、Prius-IのシステムをStrigearハイブリッドシステムに置き換えたとしても、加速度が50%ほど良くなる(0-100 km/h 加速に要する時間が13.4秒から8.6秒に短縮される)。

実際の開発例

経験豊富な変速装置の開発専門会社の協力を得て、当社(SPAB)はStrigear変速装置の実設計を行った(表紙参照)。この装置はモーター二台、6速自動マニュアル変速装置(6段AMT)、アクチュエータ三台で構成されている。さらに、フリーホイールや歯車クラッチの操作作用に4番目のアクチュエータを付加することもできる。全長375 mm、正味重量77 kgの当装置はDCT(Dual Clutch Transmission)と同寸法である。

開発パートナー募集

Strigear変速装置に関しては、米国特許6,740,002号の他に数々の特許を申請中である。Stridsberg Powertrain AB社(SPAB)では、本装置の開発パートナーを広く求めている。

同等部品を使用しても、まったく違う性能

	項目	プリウス-1 ガソリンエンジン	Strigear式プリウス (ガソリン)	Strigear式プリウス (ディーゼル)
燃費	Liter/100km	5.1	3.18	2.58
CO ₂ 排出量	g/km	120	75	69
加速性	0-100km/h	13.4	8.96	8.58
エンジン	型式	1.5L ガソリン (アトキンソン)	Opel Ecotec 2.2L 0.487に縮小	Focus Endura Diesel 0.813に縮小
	最大出力	53 kW	53 kW	53 kW
モーター	最大出力	33kW@1040-5600rpm	33kW@2250-5500rpm	33kW@2000-4400rpm
	最大トルク	350Nm <400rpm	140Nm <2250rpm	157Nm <2000rpm
バッテリー	最大容量	33kW	33kW	33kW
システム	最大出力	120km/hで74kW またはそれ以上	29km/hで60-80kW またはそれ以上	46km/hで76kW またはそれ以上

表に示された2種類のStrigear車の性能は、Strigearハイブリッドシステムが持つ潜在能力を全て、示しているわけではない。比較目的のために、プリウスに実装されている部品を用いてシミュレーションしたが、ターゲットユーザー毎に実車を最適な部品を選んで設計した場合、Strigearハイブリッド方式の効率はさらに良くなる。

Enduraディーゼルを選んだ理由は単に、十分なデータを持っていた数少ないエンジンの1つであったからである。今Enduraエンジンは、多くの場合、より改善されたDuratorqエンジンに置き換えられている。

技術革新が達成された背景



写真のStridsberg Powertrain社 (SPAB) がSAABエアクラフト社向けに開発した重量11 kgの空冷式プロペラモーターは回転数3600rpmで33kWの動力を発生する。故障冗長性に優れたパワーエレクトロニクス技術もSPABで開発した。ここで得たモーター技術がハイブリッド車のモーターにも応用できる。

SPABは高信頼性、コンパクトで高出力モーターの開発技術を持っている。当社はEUが運営する航空機関係の二つの開発共同体 www.nefs.eu と www.dress-projects.eu のメンバーでもある。SPABの航空機用プロペラモーター技術はライセンス供与先のSaab Avionics社を通じて、世界の主要航空機メーカーに配信済みである。

ストリズベリー パワートレイン株式会社
スウェーデン王国、ストックホルム市

e-mail: info@powertrain.se
Tel: +46 8 99 21 90
Fax: +46 8 99 51 53