

軽量コンパクト 6速マニュアルトランスミッションの開発

Development of Lightweight and Compact 6-speed Manual Transmission

松田 健司*
Kenji MATSUDA
岩 崎 徹*
Toru IWASAKI

真仁田 満*
Mitsuru MANITA
萩庭 正大*
Masahiro HAGINIWA

横溝 幸治*
Kouji YOKOMIZO

要 旨

軽量コンパクトで定評のある既存の 1.5 L 用 5 速マニュアルトランスミッションをベースにして、全長を増やすことなく高容量の 6 速マニュアルトランスミッションを開発した。高容量とコンパクトの両立のために各速のシンクロナイザスリーブストロークを短縮するとともに、各速のギヤ諸元とギヤ幅の最適化をおこなった。また CAE による解析によって軽量でありながら高剛性なケース形状とし、ギヤノイズ低減をはかった。その結果、全長 352 mm、総重量 47 kg という軽量コンパクトな 6 速マニュアルトランスミッションを開発することができた。

さらに操作する楽しさの追求のため、チェンジリンク機構を新構造にし、操作フィーリングの向上をおこなった。

ABSTRACT

A high capacity 6-speed manual transmission has been developed based on the existing compact, well-established 5-speed manual transmission for 1.5-liter engines without increasing the overall length of the transmission. In order to ensure both high capacity and compactness, the synchronizer sleeve stroke of each gear has been reduced, and the specification and width for each gear was optimized. Gear noise was reduced by using a rigid, yet lightweight case shape designed using CAE analysis. The resulting 6-speed transmission has an overall length of 352 mm and total weight of 47 kg, making it light weight and compact.

In addition, a new structure was employed for the change link mechanism in order to enhance the gear-shift feel.

1. はじめに

近年の市場動向を見ると、従来大排気量車やスポーツ車への搭載が主流であった 6 速マニュアルトランスミッション(以下、6MT と記す)が欧州を中心として、一般の小排気量車への搭載が増加している。

当社でもエンジン排気量 2.0 L 以上では既に 6MT を搭載しているが、今回小排気量エンジン搭載の小型車への適用が可能なようにコンパクト化および低フリクションを追求した 6MT を新開発した。ここでは、この 6MT の概要と主要技術を中心に紹介する。

2. 開発のねらい

今回の新 6MT 開発において、その開発コンセプトを「高容量と軽量化コンパクトの両立」、「チェンジ操作フィーリングの向上」、「伝達効率の向上」に設定した。これらを具現化するために、以下にあげる 4 項目を開発のね

らいとした。

- (1) 小排気量車への搭載自由度を確保するため、従来の 1.5 L 用 5MT と同等の全長で 6MT 化を達成。
- (2) NV(Noise, Vibration)性能の向上と軽量化の両立。
- (3) 爽快かつ明快なチェンジ操作フィーリングの実現。
- (4) 従来の 5MT 同等以下の低フリクション化の達成。

3. 基本構造と諸元

外観図と主断面図をそれぞれ Fig. 1, Fig. 2 に、主要諸元を Table 1 に示す。

6MT のギヤトレインは平行 2 軸構造で、1 速から 6 速までを常時噛合い式シンクロメッシュ構造とし、リバースギヤは選択しゅう動構造とした。高容量シングルコーンシンクロナイザの採用とベアリング配置の最適化などによりギヤトレインの低フリクション化もはかった。

また Fig. 1 に示すようにそのギヤトレイン上方に新構造のチェンジリンク機構を配置した。

*栃木研究所

Table 1 Specifications of transmission

Transmission type		6-speed Manual
Torque capacity (Nm)		Over 175
Gear ratio	1st	3.142
	2nd	1.869
	3rd	1.303
	4th	1.054
	5th	0.853
	6th	0.727
	Reverse	3.307
Weight (wet)	(kg)	47

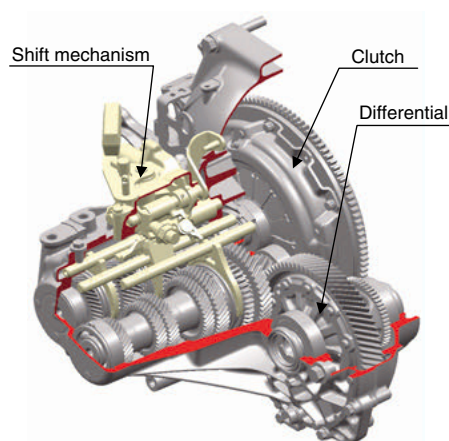


Fig. 1 View of transmission

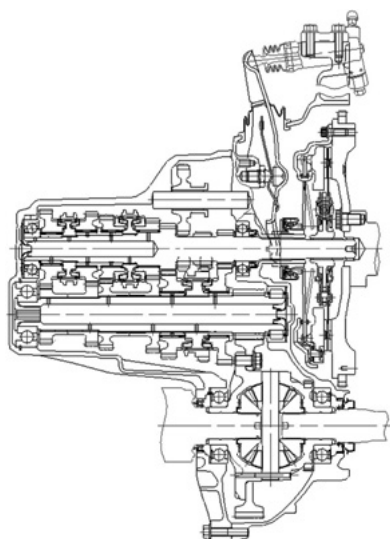


Fig. 2 Cross-sectional view of transmission

4. コンパクト化技術

4.1. ギヤトレイン構造

既存の1.5L用5速マニュアルトランスミッションをベースにして、同一全長で6MTを成立させることを目標として開発した。6MT化により予測される全長アップに対して、全長短縮技術を開発し目標を達成した(Fig. 3)。

4.2. シンクロナイザスリーブストローク短縮

マニュアルトランスミッションの全長を決める要素はギヤ、ベアリングなどの部品寸法と、シフト操作時に動くシンクロナイザスリーブ(以下、スリーブと記す)のストロークスペースがある。

スリーブは、シンクロナイザリングを作動させ同期させる機能とシフト完了後にクラッチギヤと噛合い、動力を伝達させる機能をもつ。その機能を満足する必要寸法の積み重ねによりスリーブストロークが決定される。Fig. 4にそのスリーブストローク量の構成要因を示す。今回はFig. 4に示すように、同期終了からギヤ接触までの寸法を短縮することでスリーブストローク量を短縮した。

その部分のストロークを短縮するために、1速と2速はスリーブ形状の変更、それ以外の変速段はシンクロナイザリング形状の見直しをおこなった。ここではスリーブの形状変更について述べる。

従来のスリーブは同期機能とクラッチギヤに噛み込む機能を全歯でおこなっていたが、今回は同期する歯と最初にクラッチギヤに噛み込む歯を分け、その歯の間に相対的な段差を設置することで同期からクラッチギヤ接触までの距離を短縮した。これにより6速分の合計で約5mmの全長が短縮された。またそれは後述する2段入りフィーリングの低減にも効果を示した。従来と今回のスリーブの構造比較をFig. 5に示す。

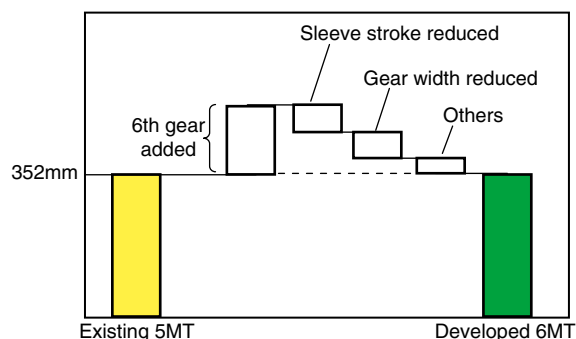


Fig. 3 Effect of reducing length of each part

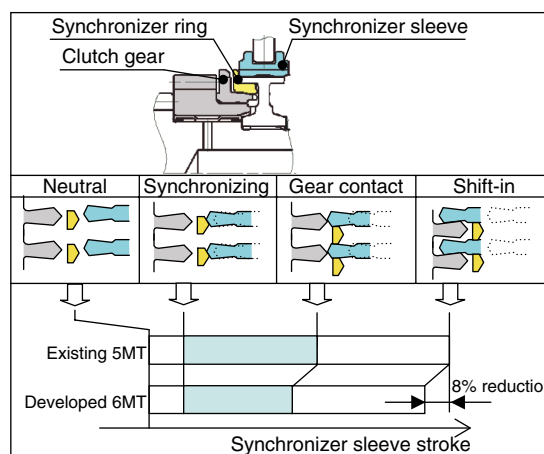


Fig. 4 Comparison of synchronizer sleeve stroke

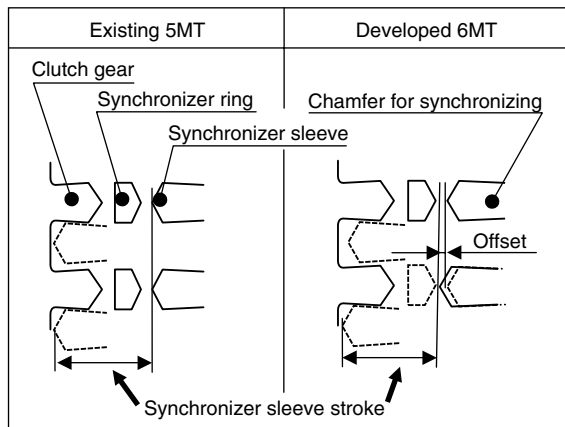


Fig. 5 Comparison of synchronizer sleeve shape

4.3. ギヤ幅短縮

ギヤ幅を短縮するとギヤ本体の耐久性と、ギヤノイズの増加が懸念される。今回は一部のギヤの小モジュール化と諸元の最適化をはかることで、耐久性を確保するとともに、ギヤノイズに影響する噛合い率の向上を実現した。その結果ギヤ幅短縮の効果で 4mm の全長短縮を達成した。

5. 軽量化技術

コンパクト化に対する技術と軽量化の取り組みをおこなった結果、6MT で 47 kg(Wet)という 5MT 同等重量のトランスミッションが開発できた。Fig. 6 にトランスミッション総重量比較を示す。ここでは代表して最も軽量化効果の大きいトランスミッションケースの設計事例を述べる。

CAE 解析技術の進歩により、設計段階で FEM モデルを使った解析をおこなうことにより、試作品を製作する前に応力、剛性、挙動が精度よく予測可能になっている。その活用は開発効率の向上だけでなく、目標値達成手段の効果予測の精度アップにより、本開発の目標である高剛性と軽量化の両立といった相反する要求に対しても効果的な設計が可能としている⁽¹⁾。

それらの解析技術を利用し、NV 性能向上のための高剛

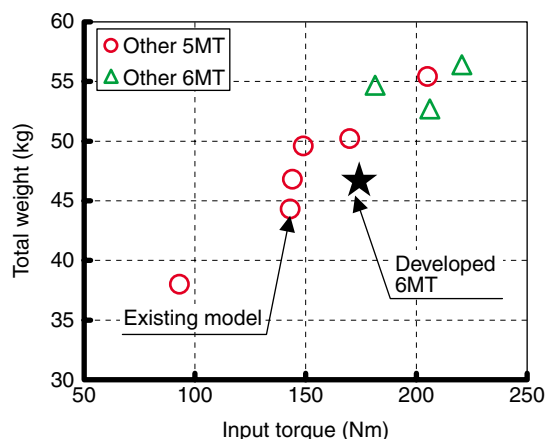


Fig. 6 Comparison of transmission weight

性を必要最小限の重量増で達成することを目指してケース骨格を新設計した。設計初期段階でケース FEM モデルによる解析を用いて振動特性、発生応力を予測し効果的なリブ配置と形状見直しをおこなうことで膜面振動低減による放射音の改善をおこなった⁽²⁾。その結果、ベース 5MT に対し最小限の重量増で性能目標を達成した (Fig. 7)。

今回おこなった振動特性解析事例を Fig. 8, その解析結果から得られた振動特性を Fig. 9 に示す。

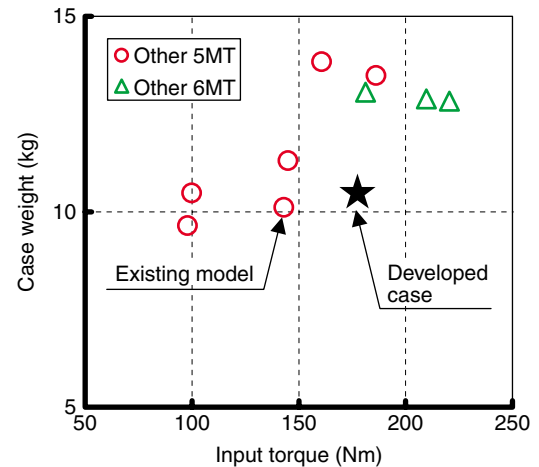


Fig. 7 Comparison of case weight

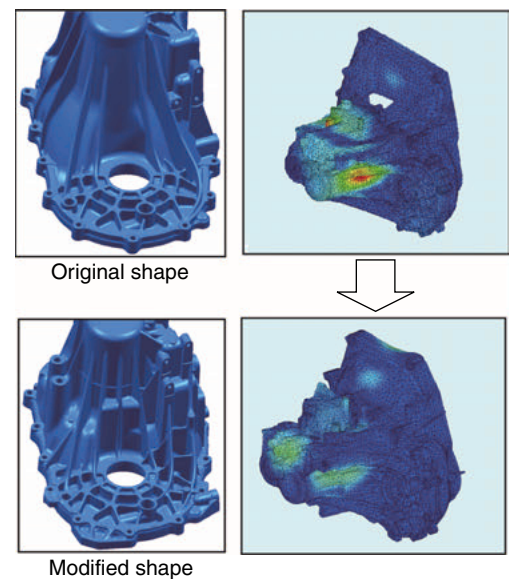


Fig. 8 Comparison of model shape

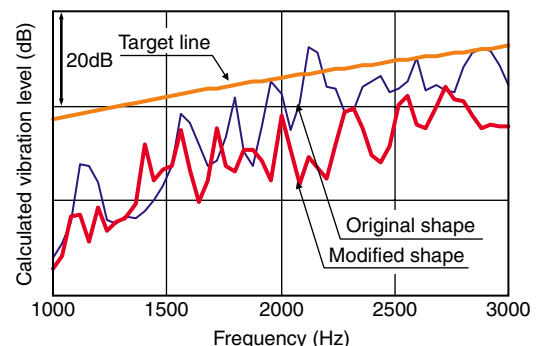


Fig. 9 Comparison of sound pressure level

6. チェンジ操作フィーリング向上

開発のねらいである「爽快かつ明快なチェンジ操作フィーリング」を具現化するために、以下にあげる項目を中心に開発をおこなった。

- (1) セレクト(横方向)操作時のフリクション低減
- (2) シフト(縦方向)操作荷重の低減
- (3) 2段入りフィーリング低減

チェンジリンク機構はシフト・セレクト機構およびリバースギヤ鳴り低減機構をユニットとして1箇所集約しコンパクト化をはかった(Fig. 10)。

6.1. セレクト操作時のフリクション低減

Fig. 11 にセレクト機構を示す。セレクト操作時には、チェンジリンク部品の回転、しゅう動によりフリクションが発生しフィーリングを低下させる要因となっている。

そのフリクションを低減するため、セレクト操作時に最も大きなフリクションを発生させていたリンクを廃止し、セレクトケーブルが直接セレクトレバーシャフトを回転させてポジションを選択する構造とした。さらにそのシャフトの支持部へニードルベアリングを採用し回転フリクションを低減した。これらにより、Fig. 12に示すようにセレクト機構全体のフリクションは従来比約80%低減され、ヒステリシス感の少ない爽快なフィーリングが達成できた。

Fig. 13 にそのセレクト荷重特性を示す。

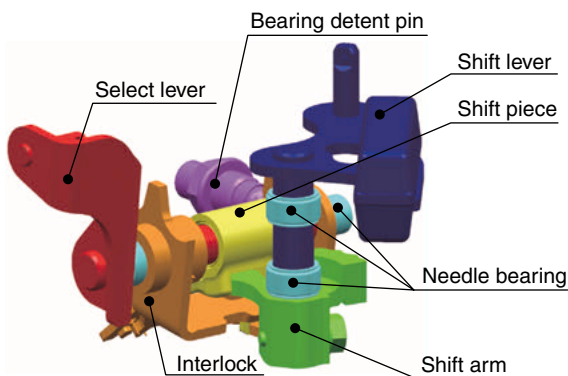


Fig. 10 View of gear change linkage

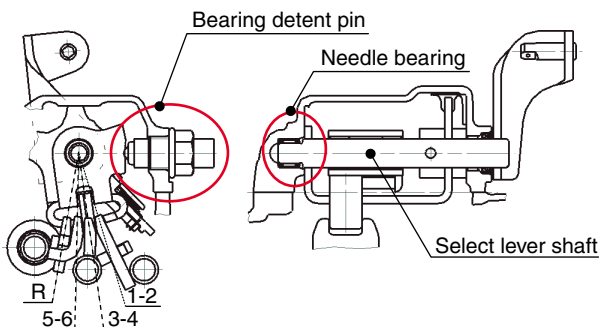


Fig. 11 Gear selector mechanism

6.2. シフト操作荷重低減

シフト操作荷重を低減する手段として、シンクロナイザの容量アップ以外に、シフトノブからトランスミッション内のスリーブまでのレバー比を大きくする手法が考えられる。しかし一般的にレバー比拡大は、シフトノブストロークを長くすることが必要となり軽快なチェンジ操作フィーリングを損ねる要素となる。

シフトノブストロークを増加させずにレバー比を拡大するため、チェンジユニット内に設置されたシフトアームの作動部形状を Fig. 14 に示すように異なる半径をもつ二つの円を組み合わせた複合円形状とし、大きな操作力が必要な同期中のみレバー比をさらに拡大する構造とした。これ

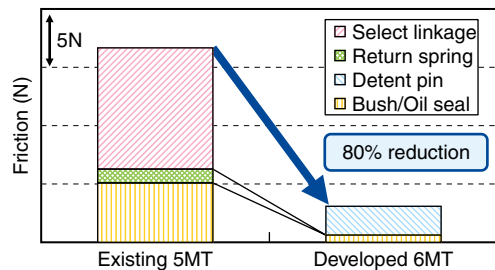


Fig. 12 Comparison of select lever friction

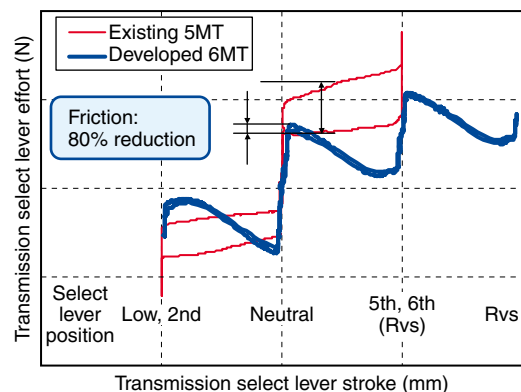


Fig. 13 Characteristics of select lever operation

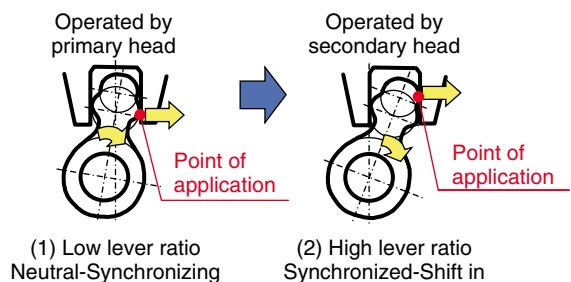
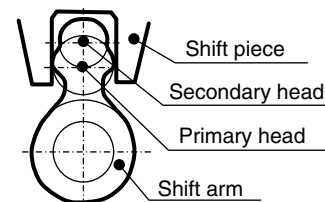


Fig. 14 Operation of variable lever ratio shift arm

により前述のスリーブストローク短縮によるレバー比拡大効果と合せて約 14%のシフト操作荷重低減がはかれた。

Fig. 15 にそのシフト操作荷重低減効果を示す。

6.3. 2段入りフィーリング低減

シフト操作時、シンクロ同期終了後に再度叩かれるような荷重が発生する、いわゆる2段入りフィーリングがありシフトフィーリングを損ねる要因となっている。これは同期時に発生する被同期側シャフトのねじれが同期終了後に開放されることによって再度差回転が生じ、スリーブがクラッチギヤに噛み込む際にその差回転によりはじかれ、その振動がシフトノブに伝達されるためである⁽³⁾。Fig. 16に2段入りフィーリング発生原理を示す。

前述したシンクロナイザスリーブストロークの短縮により、同期後からスリーブとクラッチギヤの噛み込みまでのストロークと時間が減ることで差回転の発生が抑制され、2段入り荷重を従来比で約 30%減少させることができた。

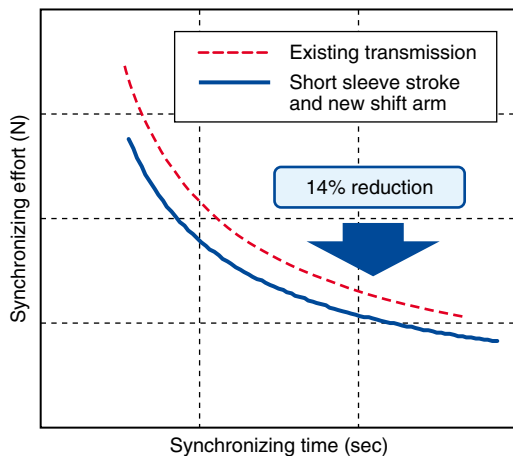


Fig. 15 Reduction of synchronizing effort

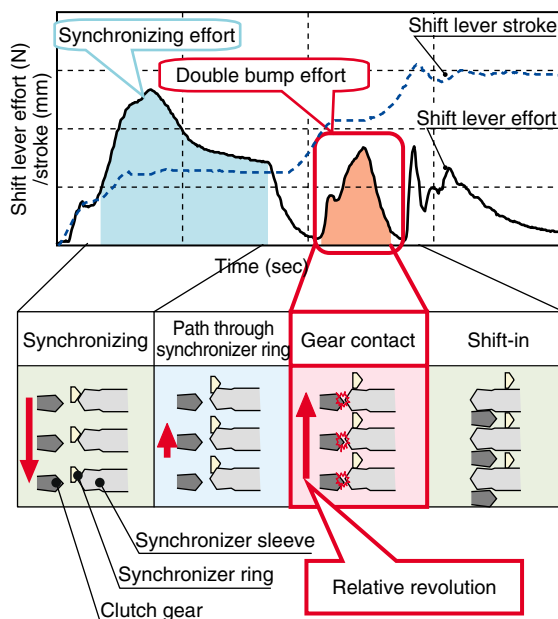


Fig. 16 Principle of double bump effort

7. 伝達効率向上

マニュアルトランスミッションの伝達効率を低下させる要因は、オイルのかくはん抵抗、シンクロナイザ、ベアリングなどのギヤトレインのフリクションなどがある。

今回採用したシフト荷重低減技術に加え、2速に高容量のシングルコーンシンクロナイザを採用したことで、従来適用していたダブルコーンシンクロナイザが廃止可能になり、シンクロナイザで発生する回転抵抗が低減できた。また、6MT化に伴いベアリング配置を見直すことで、ローラーベアリングを廃止し、またケース内壁に設置したリブの平滑化によりオイルのかくはんによる抵抗を低減させた。

その結果、Fig. 17に示すように6MT化によるフリクションの増加はあるものの、60km/hクルーズ時のフリクションを従来の5MTに対して約13%低減することができた。

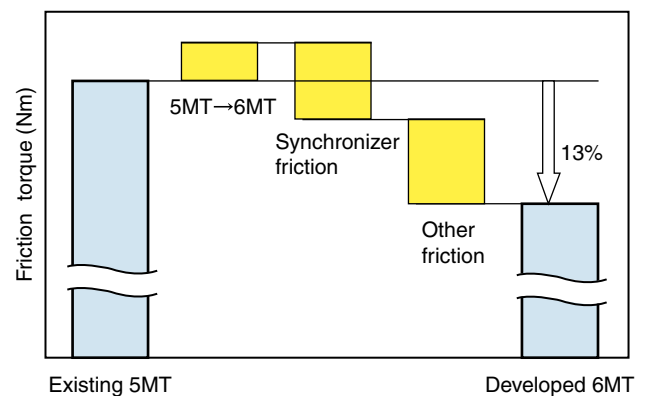


Fig. 17 Transmission friction torque at 60km/h

8. まとめ

- (1) 全長を短縮するためのシンクロナイザスリーブストローク短縮と新ギヤ諸元の技術確立し、従来5MTと同等の全長で6MTを開発した。
- (2) FEMモデル解析により高トルク対応と振動低減をはかりつつ、クラス最軽量のケース形状ができた。
- (3) チェンジリンク機構の構造と低フリクション化要素技術により、チェンジ操作時のセレクト方向のフリクションが約80%低減した。
- (4) シンクロナイザスリーブストロークの短縮やチェンジ機構の改良で、シフト荷重を低減するとともに、2段入りフィーリングが低減できた。
- (5) シンクロナイザとベアリング仕様の最適化等により、6MTでありながら、従来5MTに比較して約13%のフリクション低減を達成した。

参考文献

- (1) Koyama,S., Nagai,S., Uchida,T.: Practical Examples for CAE-based Development for Automobile Transmissions by Designers, SAE Paper 2004-01-1726
- (2) 坂口 和貴, 齊藤 和弘: トランスミッションケース放射音特性予測評価法の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.17, No.1, p.42-45
- (3) 村井 章文, 岡崎 功二, 奥野 勝則: S2000 におけるスポーティチェンジフィーリング, HONDA R&D Technical Review, Vol.11, No.2, p.73-78

■著 者■



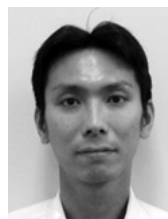
松田 健司



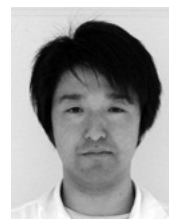
真仁田 満



横溝 幸治



岩崎 徹



萩庭 正大