

S660 用 6 速マニュアルトランスミッション

6-Speed Manual Transmission for Honda S660

岩 崎 正 明*
Masaaki IWASAKI

細 川 琢 矢*
Takuya HOSOKAWA

山 本 堂 太*
Dohta YAMAMOTO

要 旨

新型 2 シーター・オープンスポーツ S660 用の 6 速マニュアルトランスミッションを新規開発した。

コンパクトな 6 速マニュアルトランスミッションとしながら、最大入力トルク 104 Nm まで対応可能とした。

変速比はエンジンの特性を活かすために 1 速から 5 速をクロスレシオとして、6 速は高速巡航時の静粛性を高めるクルーズレシオに設定した。

スポーツカーとしての軽快な操作を可能とするショートストローク設定とし、シフトチェンジ操作時の荷重変位特性を最適化することによりスムーズかつ節度感のあるシフトチェンジフィーリングを実現した。

また、3 気筒エンジン特有のクランクシャフトの回転変動に起因する騒音をノーバックラッシュギヤおよびフリクションワッシャの採用により低減した。

ABSTRACT

A six-speed manual transmission has been newly developed for use in the new model S660 two-seater open-top sports car.

The new transmission was developed as a compact six-speed manual that nevertheless can support up to 104 Nm of maximum input torque.

In order to take advantage of the engine characteristics, the gear ratios for the first five speeds were configured with close ratios. The sixth gear was configured with a cruise ratio to enhance the quietness of the cabin when cruising at high speeds.

The shift was configured with a short stroke to enable the quick handling of a sports car, and the load displacement characteristics during gear shift operation were optimized. This produced a smooth, moderate gear change feeling when shifting gears.

The noise caused by rotational speed fluctuation of the crankshaft, which is characteristic of three-cylinder engines, was reduced through the adoption of a no-backlash gear and friction washer.

1. はじめに

弊社の軽自動車用マニュアルトランスミッションには、0.66 L 自然吸気エンジン (最大トルク 59 Nm) と組み合わせる 5 速マニュアルトランスミッション (軽 5MT) がある。

これに対し、S660 では 0.66 L 過給エンジンを搭載するため、最大トルク 104 Nm に対応可能な強度、耐久性を有するコンパクトな新規マニュアルトランスミッションが必要となった。

この新規マニュアルトランスミッションの開発において、エンジンのパワーとトルクを活かすため軽自動車初の 6 速マニュアルトランスミッション (新型 6MT) とした。また、この新型 6MT では軽快なシフトチェンジフィーリングの具現化を追求した。本稿ではこの新型 6MT の技術的な特徴について紹介する。

2. 開発のねらい

S660 の開発コンセプトである「走る楽しさ」、「操る楽しさ」をトランスミッションで実現するために、新型 6MT の開発において以下の項目を開発のねらいとした。

- (1) 最大トルク 104 Nm のエンジンに対応できるコンパクトな 6MT
- (2) ワインディングロードでの走りと高速巡航時の静粛性を両立する 6 速レシオ設定
- (3) 軽快感、節度感のあるスムーズなシフトチェンジフィーリング
- (4) 3 気筒エンジンの NV の抑制

3. 基本構造とレシオ設定

Table 1 に主要諸元、Fig. 1 に主断面図、Fig. 2 に透視概観図を示す。

*四輪 R&D センター

Table 1 Specifications of developed 6MT

Transmission type		6-speed Manual	5-speed Manual
Torque capacity [Nm]		104	59
Dimension overall length [mm]		340	319
Shaft axis distance [mm]	Input-Counter	65	60
	Counter-Final	112	110
Oil amount [L]		1.4	1.3

ギヤトレインはインプットシャフトに対してカウンタシャフトが一つの平行 2 軸構造とし、リバースギヤは選択しゅう動構造とした。伝達効率向上のため、掻き上げ式潤滑方式を採用した。また、3 気筒エンジンの回転変動影響を抑制するため、1, 2 速のカウンタギヤにノーバックラッシュギヤ (NB ギヤ) を採用した。

限られたエンジンルームの中に新型 6MT を収めるため

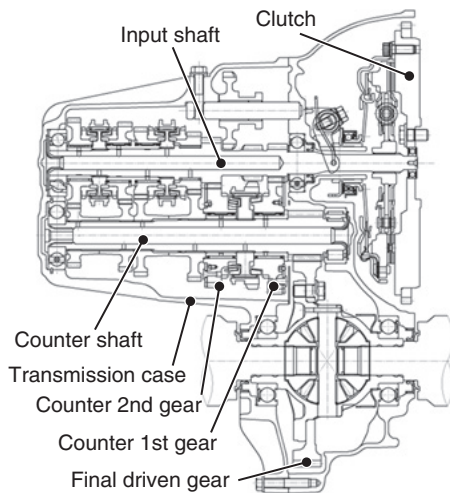


Fig. 1 Cross-section view of developed 6MT

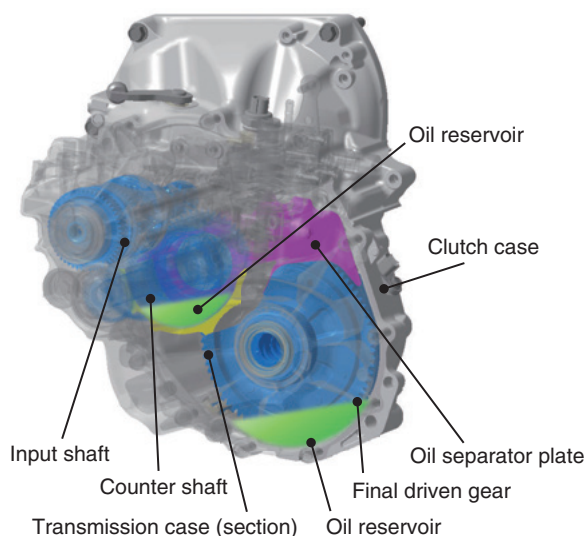


Fig. 2 Perspective view of developed 6MT

に、入力軸と出力軸を上下方向の配置とした。

上下方向の配置とすることで掻き上げ式潤滑方式ではインプットシャフト、カウンタシャフトがトランスミッション内の下方にある油面から遠くなり潤滑が不足することが考えられる。また、油量の増量で対応した場合、重量が増加するだけでなくかくはん抵抗も増加し伝達効率が落ちてしまう。これに対してはトランスミッションケースとクラッチケースの間にオイルセパレートプレートを設置することで、トランスミッションケース壁面によりカウンタシャフト下に油溜りを形成する 2 段油面構造として対応した (Fig. 2)。

また、ファイナルドリブンギヤの掻き上げによりカウンタシャフト下にオイルを溜めて、カウンタシャフト上ギヤの掻き上げにより変速段ギヤの潤滑をおこなうようにした。これにより油量を軽 5MT に対して 0.1 L の増加に抑えることができ、伝達効率を落とすことなく各部に必要な潤滑量を確保した。

ギヤレシオは 1 速から 5 速をクロスレシオとすることでエンジンの高トルク領域を有効に使用可能な設定とした。特に、2 速はレッドゾーンの 7700 r/min で 75 km/h まで達する設定とし、ワインディングロードの常用域である 30 km/h から 60 km/h をカバーできるようにした。6 速は 100 km/h 走行時のエンジン回転数を弊社の FIT RS 6MT と同等の 3200 r/min とし高速巡航時の静粛性を高める設定とした。Fig. 3 に走行性能線図を示す。

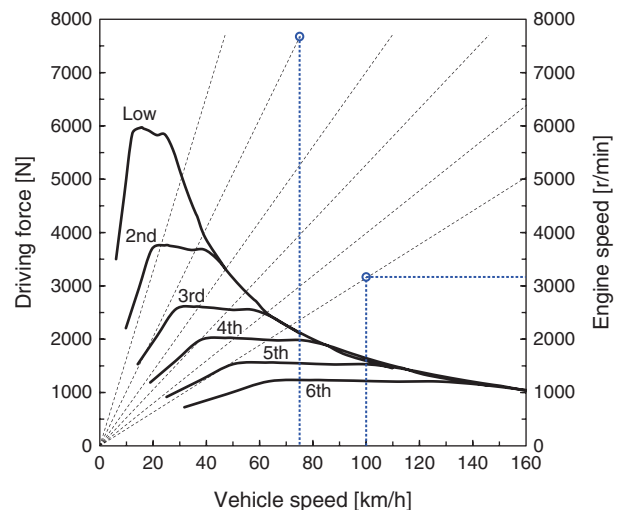


Fig. 3 Driving force curve

4. 高容量化とコンパクト化

4.1. 高容量化

104 Nm の高トルクに対応可能な強度、耐久性を確保しながら軽量コンパクトにするために、各軸間距離の最適化をおこなった。高トルク対応するには、ベアリングやギヤ

をサイズアップするか、強度の強い材料に変えるという方法がある。このため材料を変えずに対応する場合、インプットシャフトとカウンタシャフト軸間距離を拡大する必要がある。軸間拡大による重量増加を抑制するために、強度、耐久性から決まるベアリングサイズ、ショートストロークでの適切なシフト荷重を達成するシンクロサイズを選定し軸間距離を設定した。

4.2. コンパクト化

6速化しながら車両搭載性を確保するためにはトランスミッション全長を抑える必要がある。ギヤ歯幅を最適化するためにミスアライメントを考慮した強度設計⁽¹⁾をおこない、シンクロナイズスリーブストロークを短縮した⁽²⁾。さらに3速から6速ギヤを小モジュールにすることでギヤの噛合い率を確保しながら歯幅を5 mm短縮した。また、NB ギヤの設定を最適化することでNB ギヤ幅を1, 2速で合わせて0.8 mm短縮した。これにより高トルク対応と6速化をおこないながらも軽5MTに対して全長を21 mmの増加に抑えた。

5. シフトチェンジフィーリング

S660の操る楽しさを実現するために、軽快感、節度感、スムーズ感の3項目を中心にシフトチェンジフィーリングの開発をおこなった。

5.1. 軽快感

軽快なチェンジ操作を実現するためにスポーツカーとしての軽快な操作を可能とするショートストローク設定とした。シフトストロークは過去に販売したBEATよりも短く、S2000やNSXに匹敵する37 mmとした。セレクトストロークはシフトストロークとのバランスと、コンパクトなパッケージングを考慮して22 mmとした (Fig. 4)。

ショートシフトストロークに伴うシフトチェンジ操作時の同期荷重増加に対しては、2速にダブルコーンシンクロナイズ、3速にカーボンシンクロナイズを適用して同期荷重低減を図った。

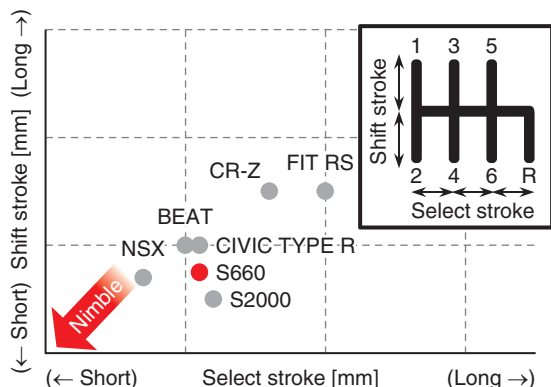


Fig. 4 Shift and select stroke

シンクロナイズの選定には軽快感を表す判断基準⁽³⁾であるシフトダウン時の同期荷重を用いた。例として2速シンクロナイズの選定について説明する。Fig. 5は3速から2速へシフトダウンする際のシフトストロークとシフトチェンジ操作時の同期荷重の関係を表した図である。

5.2. 節度感

シフトチェンジ操作時の荷重特性はトランスミッション内部のシフトアームディテント、シフトフォークディテント、シンクロナイズスプリングの3部品が発生する合力により決まる (Fig. 6)。

各部品の荷重変位特性と合成時の荷重変位特性を Fig. 7に示す。シフトチェンジ操作時の荷重ピーク (Fig. 7 A部)がふた山形状となっている場合や、荷重の立ち上がり、下がりが緩やかすぎると節度感を得られない。新型6MTでは三つの荷重発生要素の荷重ピークを合わせることで (Fig. 7 B部)ひと山形状とし、荷重が素早く立ち上がる特性とした。これにより、自然で節度感のあるシフトチェンジフィーリングを実現した。

5.3. スムーズ感

スムーズなシフトチェンジフィーリングを得るため、前述の節度感を満足する荷重特性を調整するのと同時に、

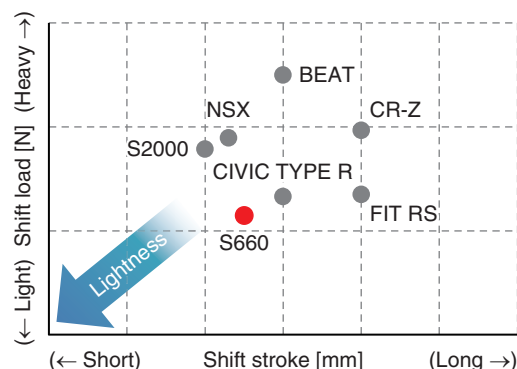


Fig. 5 Shift performance chart (Shift down from 3rd to 2nd)

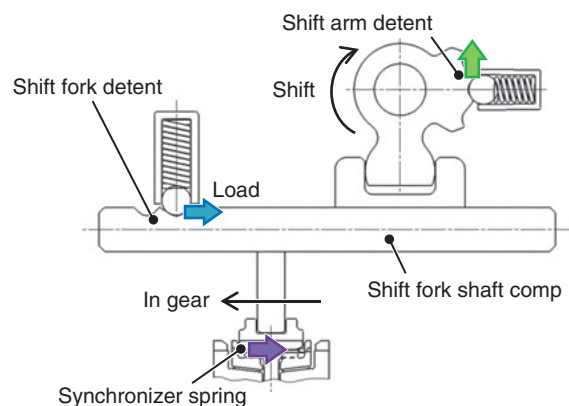


Fig. 6 Gear shift mechanism

吸い込まれ感を増す調整をおこなった。吸い込まれ感とは⁽¹⁾、シフトチェンジ操作の後半でインギヤポジションに吸い込まれるような操作感を指している。この吸い込まれ感についても荷重ピークを合わせることで (Fig. 7 C 部) 適度な吸い込まれ感を実現した。

また、スムーズなシフトチェンジフィーリングの達成には 2 段入りの発生を抑える必要がある。2 段入りとは同期時の駆動系ねじり反力によるギヤドグとスリーブの弾かれによって発生するゴツゴツとを感じる現象である^{(1), (2), (4)} (Fig. 8)。新型 6MT ではシンクロナイザスリーブ小径部の形状⁽³⁾およびシンクロナイザスリーブ先行歯⁽¹⁾を採用して 2 段入り発生荷重を低減した。

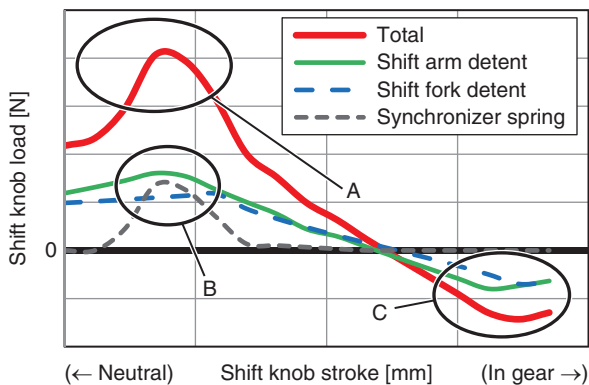


Fig. 7 Characteristics of shift load

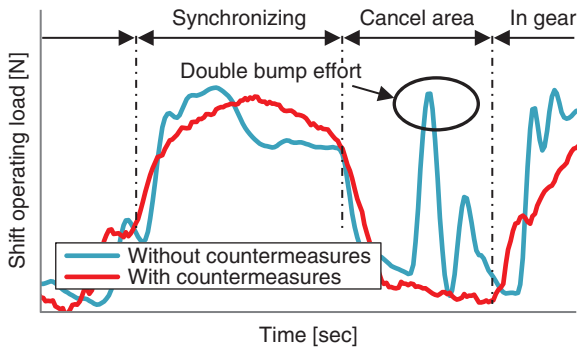


Fig. 8 Gear shifting time chart

6.3 気筒エンジン NV の抑制

一般に直列 3 気筒エンジンは、同排気量の直列 4 気筒エンジンよりも 1 気筒あたりの筒内圧が高く、燃焼トルク変動が大きくなる。加えて S660 は過給エンジンの採用により低回転からの出力が向上しているため、低回転域の燃焼トルク変動が大きくなり、同排気量の自然吸気エンジンよりもエンジン回転変動が増加している。その結果、トランスミッションへ伝達される回転変動も増加するが、新型 6MT では NB ギヤ、フリクションワッシャを採用することで、アイドル時および走行時の NV を抑制した。

6.1. NB ギヤ

アイドル時の回転変動によるガラ音 (ガラガラと聞こえる音) 対策として、軽 5MT 同様にカウンタシャフト上の遊動ギヤであるカウンタ 1, 2 速ギヤに NB ギヤ構造を採用した。

NB ギヤとはバックラッシュを無くすことによって、回転変動によるギヤの歯打ち音の発生を抑えるものである。軽 5MT 同様にスプリングにより NB ギヤを相手ギヤの減速歯面に押し付けることでバックラッシュを無くす構造とした。これにより、クラッチのイナーシャを必要以上に増加させることなくガラ音の抑制をおこなった。

6.2. フリクションワッシャ

燃焼トルク変動が原因でトランスミッションへと伝達される回転変動は、インプットシャフトに付随しているシンクロ機構のシンクロハブ (ハブ) に伝達される。そして、ハブのスロット内でハブとシンクロナイザリングとが衝突しジャラジャラといった連続した金属打音 (ジャラ音) を発生する。特に車両発進時および、低速走行からの加速時に回転変動が大きくなり、パワープラント振動と共に車室内へ伝達される。軽 5MT ではインプットシャフトに配置されるシンクロ機構は 3 速から 5 速の 3 箇所に対して、新型 6MT はギヤ段増加によりシンクロ機構が 1 箇所増え、音源が追加されたことにより騒音レベルが増加した。

このジャラ音を抑制するために、シンクロナイザリングとハブの間に緩衝機能を持ったフリクションワッシャを採用し、音の発生源を直接抑えることで、車室内の騒音低減を達成した。

フリクションワッシャは Fig. 9 に示すように、ハブの内側ボスに対しバネ効果を持ちつつ円周方向へしゅう動する 12 本の内側爪と、シンクロナイザリングのスロット部の自由度を規制する 6 本の外側爪からなる円形プレート構造となっている。

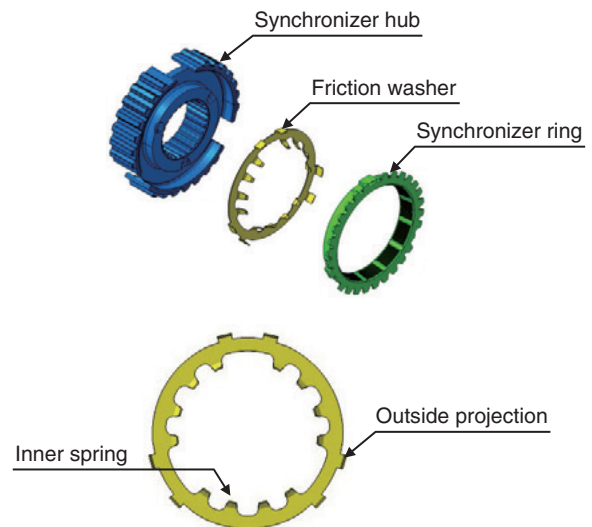


Fig. 9 Structure and function of washer

フリクションワッシャの作動を Fig. 10 に示す。燃焼トルク変動が小さい走行領域では、フリクションワッシャはシンクロナイザリングと共に遠心力によりハブのスロット部端面へ張り付いて位置している。燃焼トルク変動が増加すると、インプットシャフトの回転変動も大きくなりハブとシンクロナイザリングがスロット内で衝突を起こす。その際にバネ効果を持つ内側爪がハブとのフリクションでトルクを発生させて、外側爪によりシンクロナイザリングとスロット部との衝突を回避し音の発生を低減している。

フリクショントルク値については締め代範囲に対する上下限値を設けた。トルク上限値は、シンクロナイザリングで同期させた後にギヤと結合するため、フリクションワッシャの内側爪はその分強制的に円周方向へ動く必要がある。そのため、同期機能や、シフトチェンジフィーリングを阻害しないしきい値を見極め設定している。

また、下限値は、耐久劣化による内側爪接触部の摩耗がトルク低下へとつながるため、耐久劣化を考慮したしきい値に設定している。

フリクションワッシャの効果を Fig. 11 に示す。グラフは2速ギヤにてアイドル回転からWOTでエンジン回転5000 r/minまで加速したときのトランスミッションケース振動を現している。インプットシャフト上のシンクロ機構全て（3速から6速）に採用した場合と全く採用しない場合で幅広い周波数帯において明確な効果を得ることが

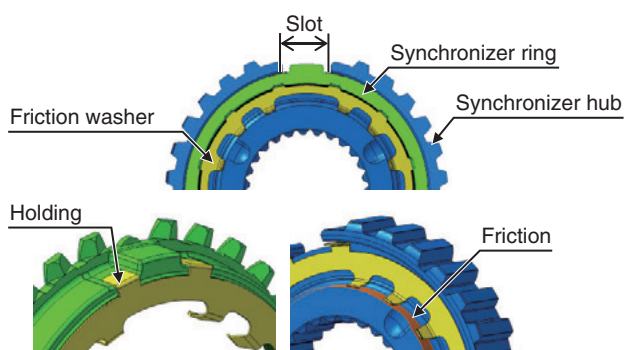


Fig. 10 Operating principle of friction washer

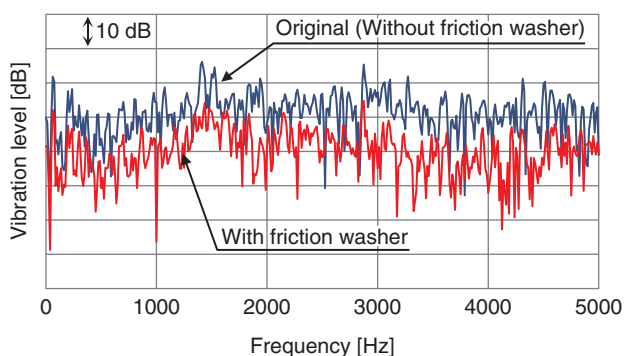


Fig. 11 Vibration level of transmission case

できた。新型6MTでは3速から6速ギヤにフリクションワッシャを採用し課題であったNV性能を満足することができた。

7. まとめ

新型6MTの特徴は下記の通りである。

- (1) 最大トルク容量 104 Nm に対応しながら車両搭載可能なコンパクトな6MTを達成した。
- (2) 6速化によるレシオ設定によりワインディングロードでの走りと高速巡航時の静粛性を両立した。
- (3) ショートストロークおよびシフトチェンジ操作時の荷重特性の最適化により、軽快かつ節度感のあるスムーズなシフトチェンジフィーリングを達成した。
- (4) NB ギヤ、フリクションワッシャの採用により3気筒エンジンのNVを低減した。

参考文献

- (1) 横山孝志, 葛原敬士, 萩庭正大, 高橋匠, 中村明: 新中型マニュアルトランスミッションの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.24, No.2, p.53-60
- (2) 松田健司, 真仁田満, 横溝幸治, 岩崎徹, 萩庭正大: 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, Honda R&D Technical Review, Vol.18, No.1, p.28-33
- (3) 北島恭司, 岡田靖志, 平野浩司, 三谷真一, 有働秀男: S2000用6速マニュアルトランスミッションの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.11, No.1, p.39-44
- (4) 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 ■



岩崎 正明



細川 琢矢



山本 堂太