

2018 Gold Wing 用 7 速 DCT の開発

Development of 7-speed Dual Clutch Transmission for 2018 Gold Wing

平 山 琢*
Taku HIRAYAMA

横 川 幸 生**
Yukio YOKOGAWA

藤 本 靖 司**
Yasushi FUJIMOTO

要 旨

Honda のグランドツアラーである Gold Wing は、上質感と静粛性を備え、高い評価を得てきた。2018 モデル Gold Wing では、マニュアルトランスミッション仕様に加え、快適ながらも操る楽しさのあるスポーティな変速を可能とした 7 速デュアルクラッチトランスミッション仕様を新たに追加した。トランスミッションレシオを上質感と静粛性向上に適した配分とし、クラッチとスロットルバイワイヤを協調させた変速制御や変速時の音を緩和するダンパの追加により変速時の静粛性の更なる向上をはかった。また、Gold Wing ならではのリバース（後進）機構は、従来のモータ駆動方式からデュアルクラッチトランスミッション構造を活用したエンジン駆動方式への変更により、軽量コンパクトなエンジンパッケージを実現した。さらには、ハンドルスイッチ操作のみで極低速での前進および後進をおこなうことができる微速前後進機能（ウォーキングスピードモード）を追加した。これにより、切り返しや駐車が容易になり利便性が向上した。

ABSTRACT

The Gold Wing, Honda's grand tourer motorcycle, has been highly praised for its quality feel and quietness. The 2018 Gold Wing GL1800 is offered with either the manual transmission or a newly added 7-speed dual clutch transmission, which allows for comfortable, yet sporty and enjoyable shifting. The transmission ratios are optimized for enhanced quality feel and quietness, and shifting become even quieter thanks to shift controls coordinating the clutch and throttle-by-wire and added dampers to absorb shifting noise. In addition, the reverse mechanism, a Gold Wing exclusive feature, was changed from the existing motor-driven system to an engine-driven system utilizing the architecture of the dual clutch transmission, producing a lightweight and compact engine package. Further, a new forward/reverse walking speed mode was added, capable of both forward and backward creep at very low speed with just the push of a handlebar switch. These changes have made the Gold Wing more convenient by making it easier to turn around and park.

1. はじめに

6 代目 Gold Wing は、そのコンセプトである「The Honda Premium Tourer —二人の感動にいつその輝きと充実を—」を実現するために、すべてを新設計した。エンジンは前モデルの縦置き水冷 4 ストローク水平対向 6 気筒（以下 F6）の形式を継承した。

トランスミッションは、マニュアルトランスミッション（Manual Transmission: MT）仕様に加え、新たにデュアルクラッチトランスミッション（Dual Clutch Transmission: DCT）仕様を設定し、従来二輪車同様にパワーユニットと同じケース内に収める構造とした。

二輪車用の DCT は、ライダーをクラッチ操作と変速操作

から開放し、加速やコーナリング、ブレーキなどファンライドに直結する車体操作により集中させ、さらにスロットル操作に対してリニアでダイレクトな駆動伝達からスポーティなフィーリングが得られるという特徴がある。

DCT モデルは VFR1200F⁽¹⁾ で初めて量産化され、NC700/750 シリーズ⁽²⁾、CRF1000L (Africa Twin)⁽³⁾ と進化を続けてきている。

6 代目 Gold Wing の DCT は、これまでのコンセプトを踏襲しながら、上質感を向上させ、新たな機能を追加している。

Gold Wing 用の DCT 仕様には、幅広い用途への対応と静粛性向上のため、二輪車用の DCT として初の 7 速を採用した。Gold Wing ならではのリバース機能は、軽量化の

* 本田技研工業株式会社

** 二輪 R&D センター

ため、前モデルのモータ駆動方式から DCT 独自の構造を活用したエンジン駆動方式を採用した (MT 仕様は前モデル同様にモータ駆動方式)。さらに、利便性向上のため、ハンドルスイッチ操作のみで極低速の前後進走行が可能となったまったく新しい微速前後進機能を採用した。

高い質感を求められる Gold Wing は、従来の DCT よりもさらに変速時のミッション打音や作動音の低減が必要である。そこで、変速時の衝突音が発生する部位に対しダンパを配置することにより、上質感と静粛性を向上させた。

さらに、スポーティな走行を目指した今回の Gold Wing では、クラッチ制御とスロットルバイワイヤ (Throttle By Wire: TBW) 制御を協調させることで、すばやい変速を実現させた。

本稿では、本モデルに搭載した DCT について、特徴的な構成と開発した技術について詳細に紹介する。

2. Gold Wing 用 DCT の特徴的な技術

Gold Wing に DCT を採用するにあたり、以下の特徴的な技術を開発した。

- (1) クラッチと TBW の協調制御によるエンジン駆動のリバース機構と、リバースチェーンの採用による軽量かつコンパクトなリバース機構とトランスミッション構造
- (2) 切り返しや駐車時など極低速での取り回し性を向上させる微速前後進機構 (ウォーキングスピードモード)
- (3) クラッチと TBW の協調制御によるスムーズながらも時にはアグレッシブさを発揮するスポーティな変速制御
- (4) 走行時の静粛性とスムーズな変速による上質感を向上させるための、二輪車用 DCT 初の 7 速化と変速時の打音低減

3. システムの構成

本章では、Gold Wing に搭載した DCT の特徴的な基本構成について解説する。

3.1. DCT の配置

Fig. 1 で示すように前モデル同様、クランク軸やトランスミッション軸は、車体に対して縦置きに配置している。DCT システムの各部品は、コンパクト化をねらいエンジン内に配置した。

リバース機構は軽量化を目的としエンジン駆動方式を採用しエンジン内部にすべて配置した。これにより、電動モータや制御用ドライバが不要となり、モータ駆動方式に対し、およそ 1.3 kg の軽量化を実現した。

3.2. リバース機構とトランスミッション構造

トランスミッションは従来の二輪用 DCT と同様に、二重管構造のメインシャフトとカウンタシャフトで構成される二軸の構造を採用している。トランスミッションは、前進 7 速とリバースの、合わせて 8 段とした。Fig. 1 に示すとおりリバース機構にはギヤを使わずに軽量化をねらい静粛性と耐摩耗性に配慮したサイレントチェーンを採用した。

ギヤによる駆動の場合、前進中はメインシャフトに対し、カウンタシャフトが逆転する (Fig. 2-a)。リバース駆

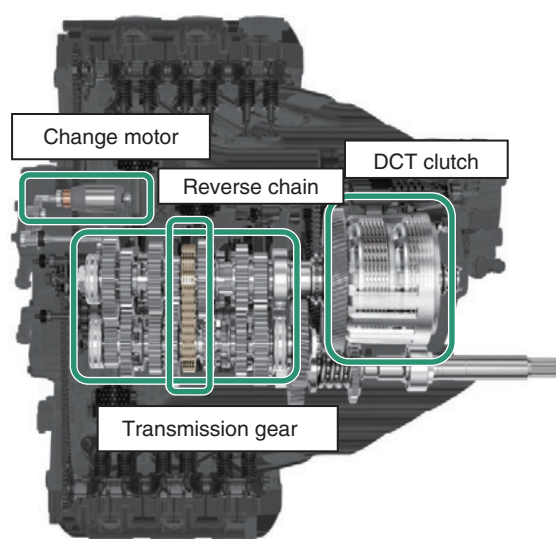


Fig. 1 Cutaway drawing of developed transmission

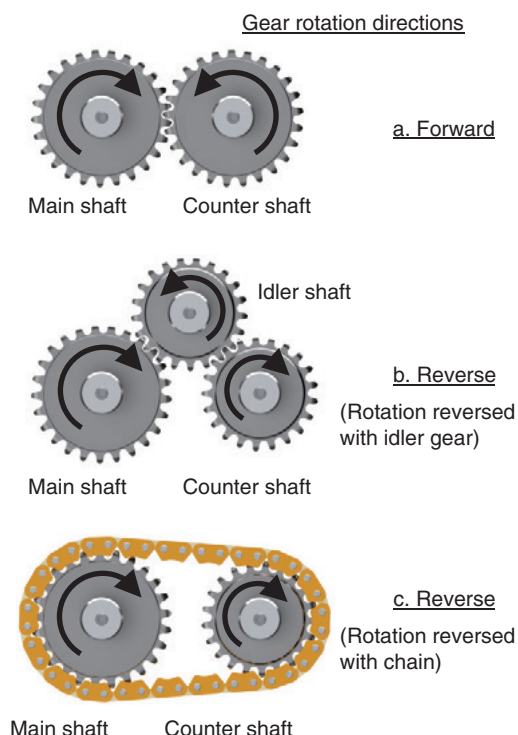


Fig. 2 Direction of shaft rotation (image)

動させるためには、メインシャフトとカウンタシャフトの間にアイドルシャフトとアイドルギヤを追加し、カウンタシャフトを正回転させる必要がある (Fig. 2-b)。一方チェーンによる駆動では、メインシャフトとカウンタシャフトがともに正転する (Fig. 2-c)。この構造を採用することでアイドルシャフトとアイドルギヤが不要となり、コンパクトで軽量なリバース機構とすることができた。

ただし、チェーンのみの減速では、必要とする減速比が得られない。そのため、メインシャフトとカウンタシャフトの間で、合計 3 回の減速をおこなうことで、後進時に必要な減速比を得ている。そのため特殊な駆動経路となっている。

Fig. 3 に後進時と前進時の駆動力伝達経路を示す。

後進時は、「奇数段 #1 クラッチ→奇数段メインシャフト→減速 1 回目 (1 速ギヤ)→減速 2 回目 (リバースチェーンで逆転)→偶数段メインシャフト→減速 3 回目 (2 速ギヤ)」となる。

一方、前進時は、「偶数段 #2 クラッチ→偶数段メインシャフト→減速 1 回目 (2 速ギヤ)」となる。

すなわち、二つのクラッチの駆動力伝達方向は、奇数段用は後進、偶数段用は前進となる。これにより、前進と後進の切替は、ギヤの切替え操作を必要とせずクラッチのつなぎ替えのみでおこなえる構造となっている。

各速ギヤ、リバースチェーンの配置は、7-3-5-1-R-6-4-2 と特殊な配列を取り、二重管構造のメインシャフトとカウンタシャフトをチェーンで連結させるほかに例のないトランスミッション構造とした。

また、リバース用チェーンを採用したことにより、組立て時には、メインシャフトとカウンタシャフトをそれぞれ独立した状態で組むことができない。このため、組立て時にはメインシャフトとカウンタシャフトをあらかじめ組み

合わせた状態でエンジンに搭載する必要がある。そこで、Fig. 4 に示すようなカセット式ミッション構造にすることで組立て性を成立させている。

3.3. 変速機構

シフトドラムのポジションは、7 速およびリバースポジションの追加に伴い、Table 1 に示すように従来二輪車用 DCT の 6 速 12 ポジションから 15 ポジションへと変



Fig. 4 Cassette transmission architecture

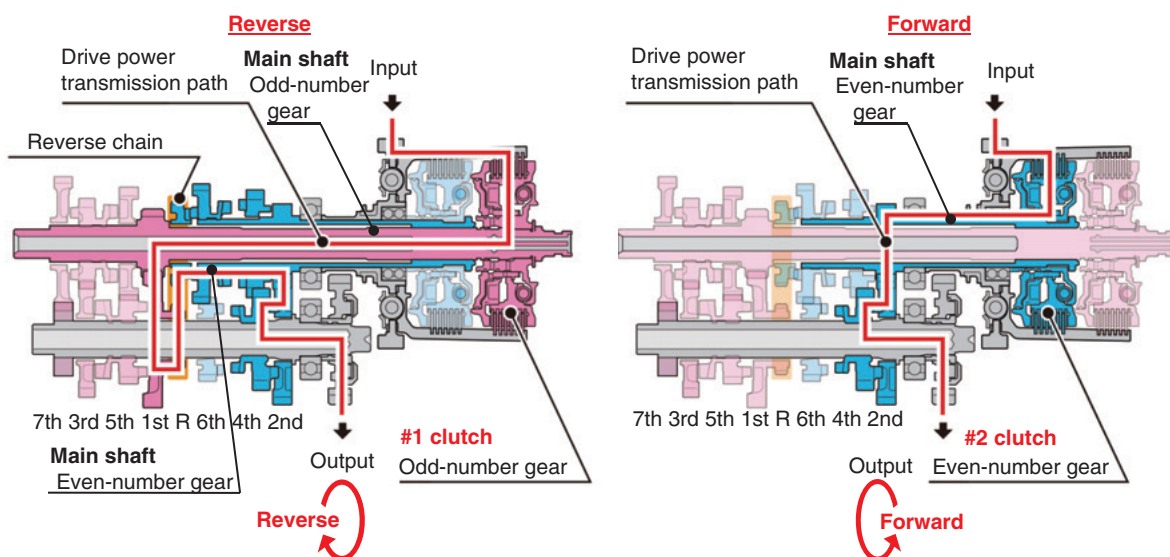


Fig. 3 Power transmission path

Table 1 Shift drum positions

Shift drum positions of developed model				Shift drum positions of other DCT models			
Shift drum position #	Gear shift conditions	Engaged gear		Shift drum position #	Gear shift conditions	Engaged gear	
		Odd-numbered gears	Even-numbered gears			Odd-numbered gears	Even-numbered gears
1	Rvs	N	R, 2	1	Neutral	N	N
2	Neutral	N	R	2	Start, 1st	1	N
3	Start, 1 st	1	N	3	1st ⇄ 2nd shift	1	2
4	1st ⇄ 2nd shift	1	2	4	2nd	N	2
5	2 nd	N	2	5	2nd ⇄ 3rd shift	3	2
6	2nd ⇄ 3rd shift	3	2	6	3rd	3	N
7	3 rd	3	N	7	3rd ⇄ 4th shift	3	4
8	3rd ⇄ 4th shift	3	4	8	4th	N	4
9	4 th	N	4	9	4th ⇄ 5th shift	5	4
10	4th ⇄ 5th shift	5	4	10	5th	5	N
11	5 th	5	N	11	5th ⇄ 6th shift	5	6
12	5th ⇄ 6th shift	5	6	12	6th	N	6
13	6 th	N	6				
14	6th ⇄ 7th shift	7	6				
15	7 th	7	N				

更している。これにより、1ポジションあたりのシフトドラムの角度が従来の30°から24°となるため、シフトドラムの外周に配置されたシフトフォークリード溝の長さが確保できない。そこで、シフトドラムの外径をφ42からφ58へ拡大することで、1ポジションあたりのシフトドラム外周のリード溝長を従来の6速仕様と同等にした。また、チェンジ作動モータの配置は、エンジンをコンパクトにするため、モータがエンジンの内側に向くように配置した (Fig. 1)。

4. Gold Wing 用 DCT の特徴的な技術

本章では、開発した特徴的な技術について解説する。

4.1. ウォーキングスピードモード

DCT 搭載モデルでは、リバース機能を前モデルの電動モータ駆動方式からエンジン駆動方式に変更した上で、微速前後進機能を追加した。

二輪車での後進はライダーが乗車しながら極低速度で走行する必要がある。また、MT仕様においてエンジンを動力としたリバース機構を採用した場合、低速で前進するときと同様にスロットルとクラッチの操作により、速度の細かい調整をおこなう必要がある。そのため、エンジンを動力源にしたリバース機構では使いやすさが得られなかった⁽⁴⁾。

本モデルのDCT仕様では、TBWとの協調制御によりクラッチとスロットルを同時に作動させ、速度を細かく調整することができる。そのため、エンジンを動力としたリバース機構を採用することが可能となった。

また、前述のとおり、前進と後進の切替えは、ギヤの切替え操作を必要とせずにクラッチのつなぎ替えのみでおこ

なうことができる。この機能を用いてハンドルスイッチ操作のみで極低速での前進および後進をおこなうことができるウォーキングスピードモードを開発した。

以下に、微速前後進機能について説明する。

Fig. 5 に、左ハンドルスイッチの外観を示す。

トランスミッションがニュートラルの状態ウォーキングスピードモード切替えスイッチによりモードを変更した後、前進はシフトアップのスイッチで、後進はシフトダウンのスイッチで操作する。

いずれのスイッチも、押している間は微速で走行することができる。

これにより、駐車場からの出し入れや方向転換など、極低速での車体取り回し性を向上させている。スイッチ操作中は極低速走行を安定的におこなうために、車速フィード



Fig. 5 View of left handle grip switches

バック制御によりクラッチ伝達トルクを微調整している。

しかしながら、下り坂で車速が高くなった場合、車速フィードバック制御によりクラッチ伝達トルクを減らし続けると、最終的にクラッチは開放される。そのため、車両は空走して目標車速を維持できなくなる。

そこで、後進中においては前進用のクラッチ、前進中においては後進用のクラッチを接続することで、進行方向と逆方向の駆動力が働き、車両を減速させることができる。このことに着目し、車速が目標車速を超えた場合に、進行方向のクラッチにかわって逆方向のクラッチを接続する制御も導入した。これにより一定以上の速度超過を抑制している (Fig. 6)。

また、微速前後進モード中、クラッチ接続によるエンジンの負荷が増大した場合においても、TBW により、アイドルリング時のエンジン回転数よりやや高めの約 1000 rpm となるようにフィードバック制御をおこなっている。

これにより微速前後進中、ライダーはスロットルグリップによる微妙な操作の必要性なく、車両の取り回しに集中できるようになった。

4.2. スポーティな変速制御

DCT は変速時に前段ギヤに接続されたクラッチを開放すると同時に、次段ギヤに接続されたクラッチを接続することでスムーズ、かつ駆動力が途切れない変速をおこなっている。

本モデルでは、シーン別ライディングモードの切替えシステムが採用されている。四つのモードの内、SPORT モードにおいては、シフトアップ時に、変速ショックは他のモードと同等としつつ、よりスポーティな走行を可能と

するために、TBW 制御と協調して変速時間を短縮させる制御を新たに導入した。

従来の DCT の制御においても、クラッチ接続時間を短縮することは、接続中のクラッチ伝達トルクを大きくすることで可能である。しかしながら、接続時間の短縮は、結果的にエンジン回転数の低下率 (クランク角加速度) を増大させ、クランク系の慣性トルクが増大する。この慣性トルクが後輪に伝わると車体前後方向の加速度変化が生じ、ライダーは変速ショックとして感じる。このため、従来の変速制御では、クラッチ接続時のショックをライダーの許容範囲に抑制する必要がある、クラッチの接続時間を短くすることが容易ではなかった (Fig. 7-a, b)。

そこで Fig. 7-c に示すように、TBW 制御と協調し、クラッチ接続時にスロットルを閉じることで、変速時間の短縮により発生する慣性トルクの増加分に相当するエンジントルクを減少させた。これにより変速ショックを増加させ

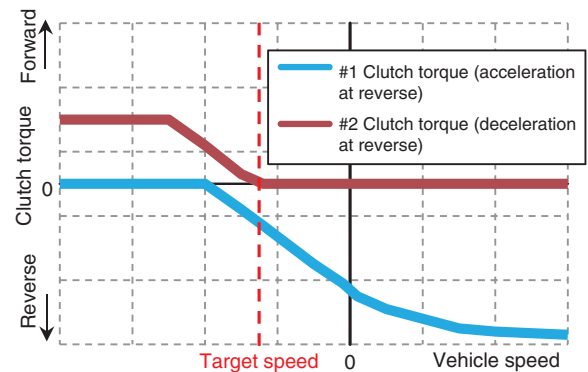


Fig. 6 Clutch torque at reverse

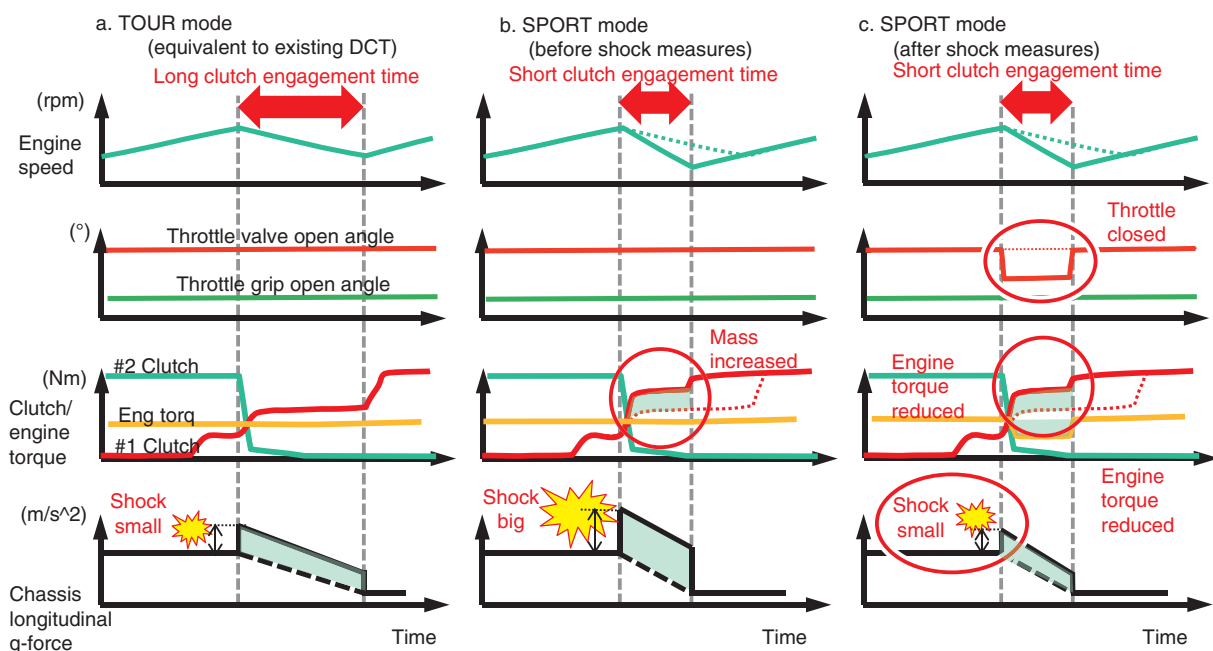


Fig. 7 Shift times and control

ることなく、変速時間を 300 ms から 200 ms に約 35% (条件: Throttle 開度 25 度 エンジン回転数 3000 rpm) 短縮させた。

4.3. トランスミッションの多段化およびレシオ配分による静粛性の向上

変速ショックの低減と静粛性を向上させるため、トランスミッションを 7 速化へと多段化しつつ、各ギヤレシオの適正化をおこなった。

Fig. 8 に示すように、走行騒音が小さく、変速時の作動音が聞こえやすい低車速域では、前モデルに対し低速側は 1 段追加してクロスレシオにした。これにより、変速前後のエンジン回転数の変化量を小さくし、変速音の低減をおこなった。さらに、クロスレシオにより変速前後の駆動力の変化が小さくなることで、変速ショックが緩和され、質感を向上させた。

一方、ツーリングで多用される高車速域では、前モデルに対して高速側に 1 段追加することで、巡航時のエンジン回転数を低く抑え、静粛性を向上させた。

Fig. 8 に示すように 100 km/h 走行時のエンジン回転数は、前モデルの約 2600 rpm (5 速) に対して 600 rpm 低い約 2000 rpm (7 速) に抑えることができた。これにより、前モデルに対して車速 100 km/h 巡航時のライダー乗車位置の耳元騒音を約 5 dB 低減させている。

4.4. 変速時の打音低減

クラッチには、質感向上のため、クラッチセンタダンパを設置した。このダンパにより、変速時に発生する各ギヤのドグクラッチ打突時の加振力と加振周波数を低下させ、衝突音の低減をはかっている。Fig. 9 にクラッチ構造図を示す。また、Gold Wing では各部の静粛性を追求していく中で、従来の機種では気にならない変速時の衝突音が相対的に目立つようになった。そのため、変速時の衝突音が発生する部位に対してラバー製のダンパを設定した。

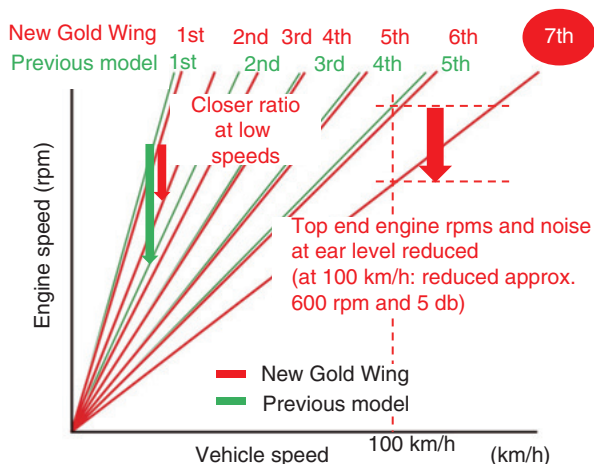


Fig. 8 Speed diagram

変速時にシフトフォークに引きずられたシフトフォークシャフトの端面が、エンジンケースにあたりその際に衝突音が発生する。その衝突音を抑えるため、シャフト両端にダンパを装着した (Fig. 10)。

また、変速時にシフトドラムを回転させるためのマスターアームが、その動きを規制するストッパピンにあたる時に衝突音が発生する。その衝突音を低減させるために、マスターアーム部にダンパを装着した (Fig. 11)。これらの対応と、前述のクラッチセンタダンパにより、変速時の静粛性を向上させた。

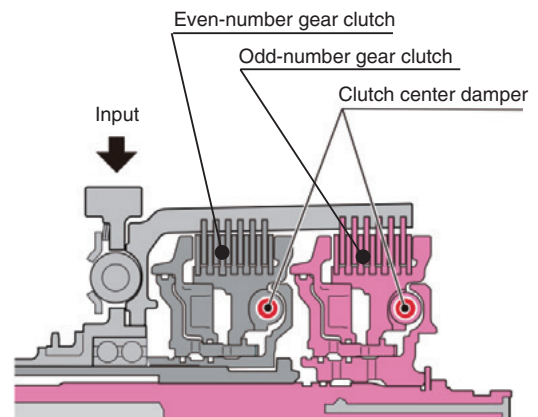


Fig. 9 Structure of dual clutch

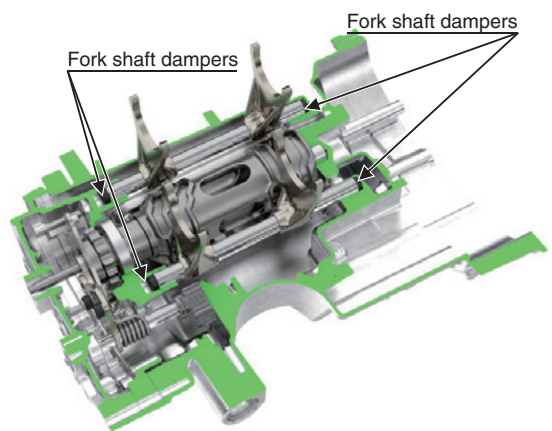


Fig. 10 Fork shaft dampers

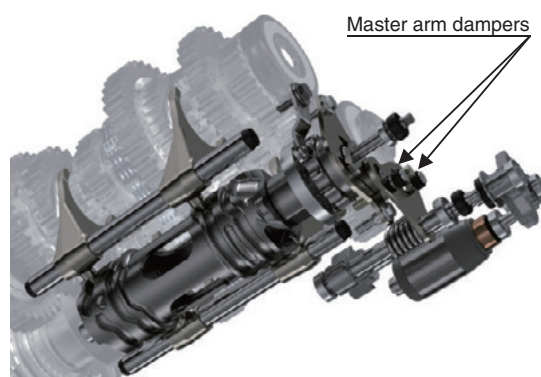


Fig. 11 Master arm dampers

5. まとめ

6 代目 Gold Wing 用の DCT で、開発した以下の特徴的な技術について本稿にて紹介した。

- (1) クラッチと TBW の協調制御により、エンジン駆動のリバース機構を採用することが可能になった。さらにリバースチェーンの採用により、軽量かつコンパクトな F6 エンジンを実現した。モータ駆動方式に対し、およそ 1.3 kg の軽量化を達成した。
- (2) ウォーキングスピードモードにより、ハンドルスイッチ操作のみで極低速の前後進走行が可能となった。これにより、狭いところでの切り返しや駐車時など極低速での取り回し性を向上させた。
- (3) クラッチと TBW の協調制御により、変速ショックを抑えつつも、SPORT モードでは変速時間を 35% 短縮した。これにより、スムーズながらもスポーティな変速が可能となった。
- (4) 7 速に多段化し、さらにレシオを静粛性向上に適した配分とし、走行時の耳元騒音で約 5 dB 低減させた。また、変速時の衝突音が発生する部位に対しダンパを配置し、これらにより、スムーズな変速による上質感の向上を達成した。

これらの技術の採用により、スポーティで扱いやすく、上質感と静粛性を持ち合わせる Gold Wing 史上最も操って楽しいモータサイクルの実現に貢献した。

参考文献

- (1) Watanabe, J., Arai, D., Abe, T., Tanaka, M., Ogasawara, A., Tsuchiya, M., Tsubota, R.: Development of Dual Clutch Transmission for Large Motorcycles, SAE Paper, 2010-32-0057, (2010)
- (2) 小林弘毅, 根来正明, 大須賀貴則, 三堀敏正, 大島正: NC700 シリーズの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.24, No.2, p.23-31
- (3) 飯塚直, 山倉裕, 今井良幸, 飯田晃祥, 菅野剛, 中村公紀, 小山信也, 中村健一郎, 小野和彦: CRF1000L Africa Twin の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.28, No.2, p.9-20
- (4) 太田淳朗, 山形哲雄, 伊藤俊文, 根布秀秋, 内馬場孝一, 藤田晴康: 二輪車用リバースコントロールシステム, HONDA R&D Technical Review, Vol.2, p.49-58

■ 著 者 ■



平 山 琢



横 川 幸 生



藤 本 靖 司