

ATV 用 5 速デュアルクラッチトランスミッション システムの開発

Development of 5-speed Dual-clutch Transmission System for All-Terrain Vehicle

水 野 欣 哉*

Kinya MIZUNO

橘 高 栄 治*

Eiji KITTAKA

濱 岡 誠 二*

Seiji HAMAOKA

小 林 正 樹*

Masaki KOBAYASHI

要 旨

Honda 初となる ATV(All-Terrain Vehicle)用のデュアルクラッチトランスミッションを開発した。デュアルクラッチトランスミッションの伝達効率は、マニュアルトランスミッションと同等である利点を生かして、ATVとしての走破性を確保しながら、イーजीライドと燃費向上を両立させることを目指した。従来のマニュアルトランスミッション付エンジンをベースとし、トランスミッション軸の配置、クラッチや変速機の取付け位置など基本レイアウトを変えことなくオートマチック化した。変速システムは、電動変速システムの流用や、油圧切替え回路の簡素化により作動デバイスを最小限にしてシンプルなシステムを実現できた。さらには、従来のマニュアルトランスミッション車とフレーム構造を変更せずに搭載することができた。

ABSTRACT

A dual-clutch transmission, Honda's first, has been developed for use in utility All-Terrain Vehicles (ATVs). The developed system targeted a comfortable ride and fuel economy while maintaining the off-road running-through performance typical of an ATV, by leveraging the aspect of the transmission efficiency of a dual clutch transmission being equal to that of a manual transmission. This system was developed without changing the transmission axis configuration, the locations at which the clutch and change gear are attached, or other basic elements of the layout, based on the engine being equipped with a manual transmission. The gearshift system was kept simple by adapting a motor-driven gear shift system and simplifying the hydraulic changeover circuit so that the number of operating devices could be held to a minimum. These features also allowed the developed transmission to be mounted on the same frame as that of the manual transmission vehicle.

1. まえがき

ATVは農業、牧畜からトレール、ハンティングまで幅広い用途に利用され、ATVに慣れ親しんだユーザから変速操作が不慣れな初心者まで幅広いユーザに使われている。このため、ユーザからはイーजीライドの要求が高まり、トランスミッションの形態はマニュアルからオートマチックへ移行する傾向にある。一方では、地球環境問題に対応してマニュアル車の燃費の良さも見直されている。

Honda では、従来のマニュアル変速操作を容易化するため、変速動作をモータに置き換えた電動チェンジ(ESP: Electric Shift Program)⁽¹⁾、オートマチックとしてトルクコンバータ式 3 速自動変速機⁽²⁾、油圧機械式無段変速機(HMT)⁽³⁾を開発しそれぞれ搭載したATVを販売している。

また、他社はオートマチックとしてベルト式無段変速機を搭載した ATV を発売している。従来の ATV に用いられているオートマチック構造の比較を Table 1 に示す。

一般にオートマチック機構の課題として、伝達機構の滑りや屈曲抵抗による伝達効率の低下とそれによる走破性の低下、滑り感を伴う走行フィーリングの低下、燃費の低下が挙げられる。このため、イーजीライドを実現しながらもオートマチック機構の課題を克服する新たな変速システムの開発が求められている。

一方、製品開発の観点からは、マニュアル車と従来のオートマチック車とは構造が大きく異なるため、部品設計を大きく変える必要があり、場合によってはフレームまで見直す必要があるという課題から、両者のできる限りの共有化が望まれている。

*二輪開発センター

Table 1 Transmission categories for ATVs

Categories	Typical ATV	Merits	Demerits
Electric shift program (ESP)	Honda TRX420FM	The same basic construction as manual transmission The same off-road ability as manual transmission	Manual shift only Necessity for start clutch
Torque converter with 3AT	Honda TRX680FA	Mechanical control for start Smooth start and shift	Completely different in construction Lower transmission efficiency due to torque converter Necessity for shift device each gear
Hydraulic-mechanical transmission (HMT)	Honda TRX500FA	Smooth driving and low vehicle behaviour due to gear shift	Completely different in construction Lower transmission efficiency due to HFT Necessity for start device Lower capacity for transmission
Belt converter	Other	Smooth driving and low vehicle behaviour due to gear shift Lower in cost	Completely different in construction Unsuitable for ATV's usability Lower transmission efficiency due to belt converter Necessity for start device Lower capacity for transmission

このような背景のもと、ATV用としてエンジンと一体となったデュアルクラッチトランスミッションシステムの開発をおこなった。本稿では、開発システムの構造および技術的特徴について述べる。

2. 開発のねらい

デュアルクラッチトランスミッションシステムは、既にマニュアル車と電動チェンジ車がラインナップされている排気量 420 cm³ のミドルクラス TRX420 シリーズのオートマチックバージョンとして開発した。開発システムは、エンジンとトランスミッションとが一体化され、一つのケースの中にこれらがすべて納まるというATVおよび二輪車特有の構造をとっている。

ATV用オートマチックトランスミッションには、マニュアル車同等の走破性を得るとともに、ライダーに変速時に発生する過大な変速ショックや駆動力抜けを感じさせないことが求められる。特に、急坂の登坂時に変速時の駆動力抜けにより十分な登坂力が得られないことが無いようにする必要がある。

デュアルクラッチトランスミッションの特徴は、駆動力の伝達要素がマニュアルと同じであるため伝達効率も同等であり、変速時においてもクラッチ切替を調整することにより駆動力が抜けないことが知られている。このため、デュアルクラッチトランスミッションの採用によりイージーライドを実現しながらも、走破性の確保と油圧機械式無段変速機を含む従来のATVオートマチックに対して燃費向上を目指した。

一方、課題としてデュアルクラッチによる発進制御をおこなう場合は安定した発進制御システムが必要となること、デュアルクラッチ部の構造が複雑になりトランスミッションサイズを見直す必要があること、変速部に多くのセンサや作動デバイスを必要とすること⁽⁴⁾、さらに自動変速時において変速機構からの過大な作動音の発生が指摘されている。

そこで本開発のねらいを以下とした。

- (1) 軸配置、クラッチ、変速機の配置をマニュアル車に対して変更せず、既存シリーズのフレームに搭載可能なこと
- (2) シンプルで軽量のシステムとすること
- (3) 変速ショックは従来のトルクコンバータ式自動変速機車と同等とすること
- (4) 自動変速時に変速機構から過大な作動音が発生しないこと

3. デュアルクラッチシステムの概要

本開発のデュアルクラッチトランスミッション搭載のATVをFig. 1に、そのエンジンをFig. 2に、システムの全体構成をFig. 3に示す。エンジン駆動力は、発進用の遠心式クラッチ、プライマリギヤを介して変速用のデュアルクラッチに入力され、トランスミッションを経て出力軸に伝達される。

デュアルクラッチの各々には、トランスミッションが接続されており、第1クラッチには1速、3速、5速の奇数段、第2クラッチには2速、4速の偶数段とリバースギヤが設置されている。変速方法は、四輪車のデュアルクラッチトランスミッションと同様で、非駆動クラッチ側のトランスミッションを変速機により目標ギヤ列にあらかじめ準備しておき、クラッチの駆動、非駆動を入れ替えることにより、



Fig. 1 Appearance of TRX420FA

変速が完了される。このトランスミッションのギヤ列をあらかじめ準備する動作は、デュアルクラッチトランスミッションの特徴的動作であり予備変速と呼ぶ。本システムの予備変速は、各クラッチの変速段は常に一段隣のギヤが係合されるようになっており、非駆動クラッチ側の変速段は、現在走行している駆動クラッチ側の一段アップ側となるように予備変速制御をおこなうこととした。この理由は、主に加速時に発生するアップ変速は、加速感を損なわないよう



Fig. 2 Appearance of engine

に短い変速時間が求められるため、アップ変速時はクラッチ切替えのみで完了する。ダウン変速時は予備変速を実施後のクラッチ切替えとなる。アップ変速時、ダウン変速時の変速プロセスを Fig. 4 に示す。

クラッチ切替えは、オン・オフソレノイドにより油路を切替えて実施する。このときニアソレノイドにより油圧を調整することにより変速ショックを緩和している。変速機の切替えは、電動チェンジと同様にコントロールモータを用いて実施する。ECUは、前輪車速、後輪車速、スロットル開度、エンジン回転数、油温のパラメータを変速MAPと照合して変速段数を算出し、クラッチ切替え制御、予備変速機制御を実行している。

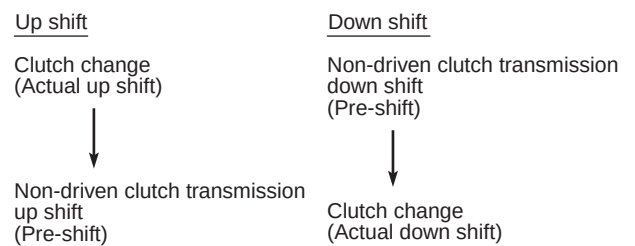


Fig. 4 Gearshift process

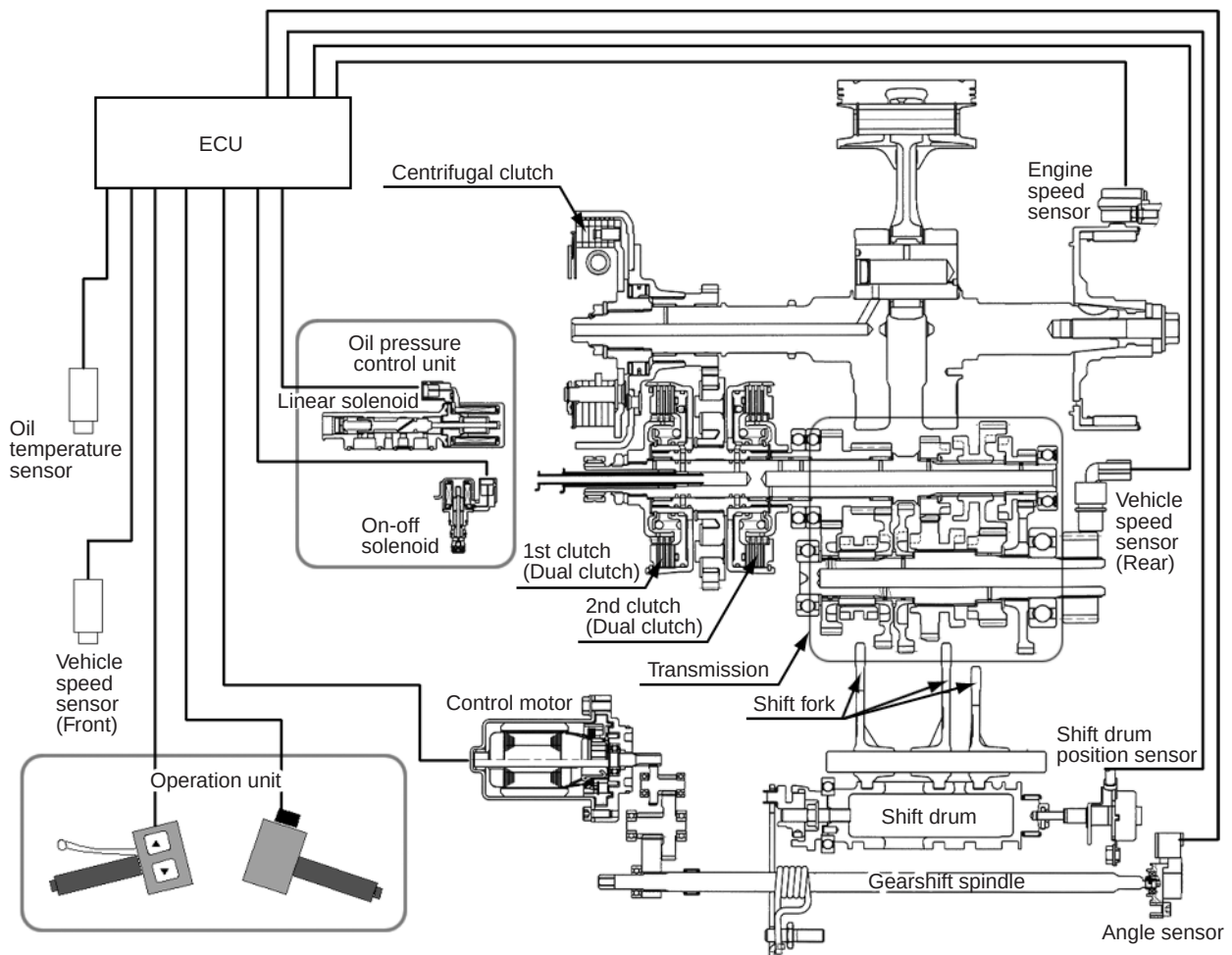


Fig. 3 System configuration

4. 技術的特徴

4.1. 発進制御

一般的なデュアルクラッチトランスミッションにおける車両の発進制御は、クラッチの電子制御により半クラッチ状態を作り出しスムーズな発進を実現させているが、本システムの発進制御は、マニュアルトランスミッションのATVにも採用されている遠心式クラッチにて機械的な制御とした。そのため、電子制御システムは不要となりシステムをシンプル化することができた。

4.2. デュアルクラッチとギヤ列の構造

従来のデュアルクラッチシステムでは、クラッチ部が構造的に複雑になることが知られている。本開発のシステムで使用するデュアルクラッチは、乗用車用として使用されているシングルの油圧クラッチと同構造のものを、プライマリギヤを挟んで対称的に配置する構造とした。トランスミッション配置をFig. 5に示す。各々のクラッチには、クラッチガイドを介して第1メインシャフトと第2メインシャフトが接続されている。第1、第2メインシャフトは、二重軸構造として相互に自由に回転ができるよう支持して一軸上に配置した。ギヤの係合要素には、一般的な二輪車やATVのマニュアル車に使われているドッグ方式を採用した。

このような基本レイアウトの採用により、マニュアル車のプライマリギヤ付き変速多板クラッチの位置にプライマリギヤ付きデュアルクラッチへの置換が可能となった。第1メインシャフトの構造は、マニュアル車のメインシャフトに対しクラッチへの給油溝や二重軸部の支持部は追加となっているが、軸座標や軸支持方法、ギヤとの勘合スプライン、シフトのスライドスプラインなどは共通化できた。カウンタシャフトは、ギヤ列配置が異なるがその他は共通にすることができた。

4.3. 変速ショック緩和手法

変速ショックを緩和する手法は、基本的に一般の乗用車と同じ方式であり、オン側クラッチの油圧をリニアソレノイドによりエンジン駆動力とクラッチ容量がつり合うように調圧を実施することで急激な接続による車体挙動変化を軽減した。オフ側クラッチの油圧は、スプールバルブより徐々に抜油する。一方、ATVは不整地を走行するために低圧タイヤを装着しているが、このタイヤが変速ショック軽減にも大きく寄与している。このため油圧回路においては、一般の乗用車に用いられる調圧精度を上げるためのアクチュムレータなどの制御回路を削減することができた。油圧回路をFig. 6示す。

リニアソレノイドによる油圧制御は三つのフェーズに分かれている。フェーズ1、2ではすばやく半クラッチ状態と

し、フェーズ3はエンジン回転数、スロットル開度により油圧クラッチのトルク容量制御をおこなう。リニアソレノイドの制御図をFig. 7に示す。また、油圧制御と同時にエンジンの点火時期を少し遅らせることにより、エンジン出力を抑制することで変速時の伝達トルク変動を抑えている。この油圧制御と点火時期調整によりスムーズな変速が可能となり、変速時のショックはトルクコンバータ式オートマチック車と同等にすることができた。

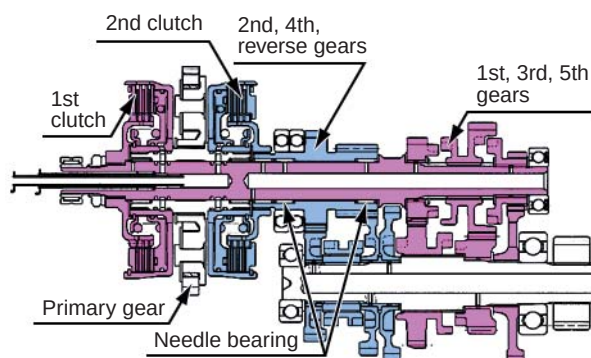


Fig. 5 Design of gears and clutches in transmission

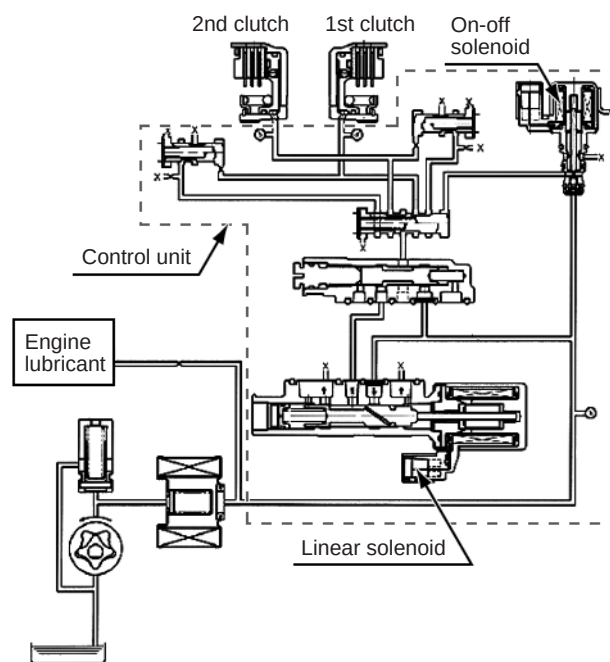


Fig. 6 Hydraulic circuit

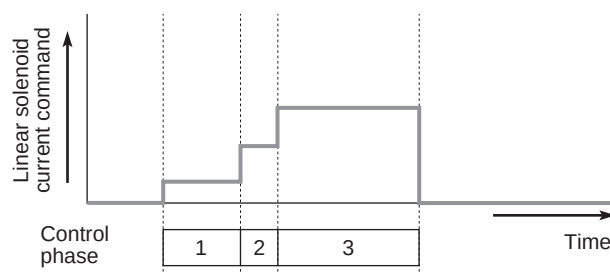


Fig. 7 Linear solenoid control chart

油圧制御をおこなうバルブボデーユニットは、加工時の異物混入による作動不良を防止するためリニアソレノイド、オン・オフソレノイド、スプールバルブを一つのユニットとし、フロントカバーに取り付ける構造とした。クラッチにはフロントカバーからフィードパイプを介してメインシャフト、クラッチへと給油される。高圧油路を持つ部品をこれらの部品に限定したことにより、異物管理を容易化した。バルブボデーユニットは、製作所内の専用クリーンルーム内で組立てた後に、フロントカバーへの取付けをおこない機能保証確認を実施して品質を確保できるようにした。

4.4. 予備変速システムと作動方法

従来の乗用車用デュアルクラッチトランスミッションの予備変速機は、三つないしは四つのシフトフォークを有しており、それらを各々制御している。そのため、シフトフォークの数だけ作動デバイス、位置センサ、相互が誤作動しないフェール防止デバイスが必要となっていた。一方、二輪車、ATV で一般的にシーケンシャルドラム式を採用していることから、本システムでもシーケンシャルドラム式を採用し、構造、作動デバイス、制御システムは、TRX420の電動チェンジシステムをそのまま流用することとした。変速機システムを Fig. 8 に示す。

電動チェンジは、コントロールモータによってマニュアル変速機を作動させる方式である。モータでギヤシフトスピンドルを回転させることにより変速機を作動させ、アングルセンサによりその位置検出おこない、シフトドラムポジションセンサにより送り完了を判断し、再度モータにてギヤシフトスピンドルを中立位置に戻している。一つのモータでシフトドラムを作動させ、三本のシフトフォークを動かしている。

シフトドラムは、マニュアルの ATV と同じ構造であるが、一つのポジションで第1クラッチと第2クラッチそれぞれのギヤ列が係合するようになっていること、さらに、それぞれのギヤ列の変速段が常に隣り合って係合するように配置されている点が異なる。シフトドラムポジションと係合するギヤの組合せを Table 2 に示す。

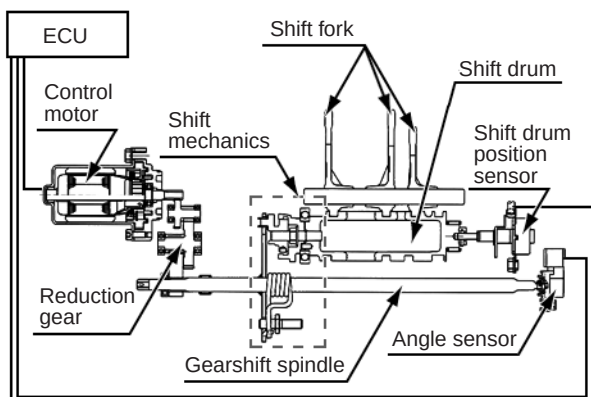


Fig. 8 Transmission system

非駆動クラッチ側の予備変速は、2速飛びの変速となり、ドッグ係合時の相対回転差は2速分となる。このため、ドッグ同士の過大な打音が発生する。これを防ぐため、予備変速時に前ギヤの係合を切り離して次ギヤが係合されるまでにハーフニュートラル位置でいったん停止する制御を追加した。コントロールモータの制御をFig. 9に示す。コントロールモータによる送り制御は四つのフェーズに分かれており、フェーズ1で前ポジションと次ポジションのハーフ位置まで送り、フェーズ2でその位置にある一定時間固定、フェーズ3で次ポジションまで送り、フェーズ4で変速機を元の位置に戻している。この制御により、シンクロナイザなどの機構を追加しなくても、非駆動側トランスミッションが駆動側トランスミッションの回転数に同期し相対回転差が1速分のギヤ比分まで低下してから次ダボを係合させることが可能となり、ダボ係合時の衝撃エネルギーが低下し、打音を抑制することができた。予備変速時の回転差をFig. 10に示す。この変速機の動作は従来の電動チェンジに対し、上記ハーフニュートラルで停止する制御を追加しただけであり、システムごとほぼ流用ができた。また、四輪車の予備変速システムに比べてシンプル化することができた。

Table 2 Shift drum position and engaged gears

Shift drum position (Sequential)		Reverse	Neutral	1-2	2-3	3-4	4-5	5
Engaged gear	1st clutch	—	—	1st	3rd	3rd	5th	5th
	2nd clutch	Reverse	—	2nd	2nd	4th	4th	—

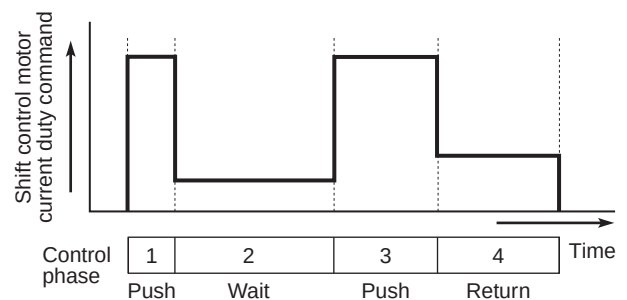


Fig. 9 Control of control motor

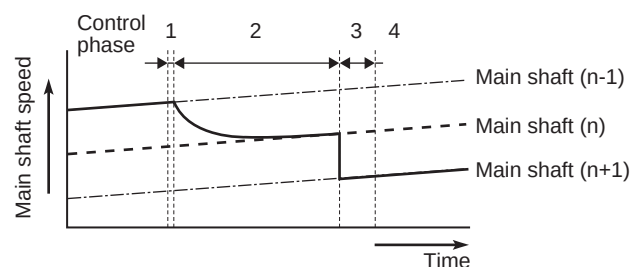


Fig. 10 Rotation difference

5. 変速制御モード及び操作方法

参考文献

変速モードや走行レンジのセレクト操作は、パイワイヤ式としハンドル左側に設置した上プッシュボタンと下プッシュボタン、ハンドル右側に設置した変速モード切替えスイッチにておこなう。各ボタン、スイッチの配置をFig. 11示す。変速モード切替えスイッチは、自動変速モードである“ AUTO ”モードとライダーの意思で変速段を選ぶ“ ESP ”モードを切り替える。“ AUTO ”モードでは、上ボタンを押すことにより、変速モードをR(リバース)→N(ニュートラル)→D(ドライブ)の順に選択可能で、下ボタンはこれと逆に D → N → R の順に選択可能となる。なお N → R 変速時には、インターロックの解除操作も同時に必要となる。次に“ ESP ”モードでは、上ボタンでシフトアップ、下ボタンでシフトダウン操作となり、変速段を自由に選ぶことが可能である。

6. まとめ

ATVとしての走破性を確保しながら、イージーライドと油圧機械式無段変速機を含む従来ATVオートマチックに対して燃費向上を目指し、デュアルクラッチトランスミッションシステムを開発した。

- (1) トランスミッションの軸配置、クラッチ、変速機の配置はマニュアル車と同一にした。さらにフレームもマニュアルトランスミッション車と共有化できた。
- (2) 油圧制御回路は ATV の特徴を生かして簡素化を図り、予備変速は電動チェンジを流用することで、従来の四輪車用のシステムに比べてシンプルで軽量コンパクト化を実現できた。
- (3) 変速ショックはリニアソレノイドによる油圧の電子制御とATVの特徴を生かすことによりトルクコンバータ式自動変速機相当とすることができた。
- (4) 予備変速機にはシンクロナイザなど特別な機構を使わずに、モータ制御により相対回転差を低下させることで、過大な作動音の発生を防止とすることができた。

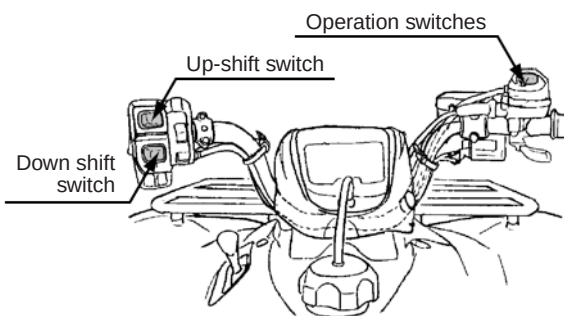


Fig. 11 Arrangement of switches

- (1) Ota, A., Narita, S.: Utilization of Motor-Driven Gearshift System, SAE Paper 1999-01-0745 (1999)
- (2) 堀良昭, 濱岡誠二, 俵秀幸, 中沢健: 実用 ATV 「TRX650FA」用3速オートマチックトランスミッション付きエンジンの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.15, No.1, p.69-76
- (3) 斉藤充: ATV 用電子制御 HMT の開発, 油空圧技術, Vol.40, No.3, p.16-19(2001)
- (4) 山森隆宏, 柴山尚士, 雨宮泉: オートマチックトランスミッション, 山海堂, 229p. (2005)

■著 者■



水野 欣哉



濱岡 誠二



橘高 栄治



小林 正樹