

ATV 用電動パワーステアリングの開発

Development of Electric Power Steering System for ATV

坂本 友和*

Tomokazu SAKAMOTO

岡田 恵*

Megumu OKADA

井上 和城*

Kazushiro INOUE

要 旨

四輪車用システムをベースとしAll Terrain Vehicle(ATV)用の電動パワーステアリングシステム(Electric Power steering System: EPS)を開発した。EPS ユニットをコンパクトな構造とし、ATV の車体構造を変えることなく搭載を実現した。モータサイズ、減速比、トーションバーのばねレートを最適に設定することにより、操だトルクを 2WD/4WD時共に半減し、また、キックバックを低減しつつ路面からの適度なフィードバックを残し、コントロール性と快適性を両立させた。EPS ユニットにベアリングホルダを配置するなど外的な荷重の影響を受けない構造や防水処理を施すことによってATVの使用条件を満足するシステムを実現した。

ABSTRACT

An electric power steering system (EPS) has been developed for an all-terrain vehicle (ATV), based on an automobile EPS system. The new EPS has been employed in the 2007 TRX500FPE FourTrax Foreman 4X4 ES. The EPS unit has been made compact to enable fitting without having to modify the vehicle configuration. Optimization of the size of the motor, the reduction ratio, and the spring rate of the torsion bar has enabled the prior ATV steering torque to be halved in both 2WD and 4WD operation, and has resulted in the achievement of a balance between reduced kickback and the maintenance of an appropriate level of feedback from the road surface. The use of a configuration that enables the EPS unit to avoid external loads (use of bearing holders, etc.) and a waterproof structure has helped ensure that the unit satisfies the requirements of ATV use.

1. まえがき

Honda の All Terrain Vehicle(以下、ATV という)用パワーステアリングの開発の歴史は古く、ATV 発売後の 1986 年から油圧タイプでの研究開発をおこなってきた。油圧タイプはエンジンのパワーロスが大きく、また当時は操だトルクが小さい小排気量車が市場のメインであったこともあり、市場のニーズも高くなかったことから量産には至らなかった。

時代が進み ATV の 4WD 化・大排気量化による車体重量の増加から操だトルクが比較的大きくなるに伴い、より快適性を求めるお客様の要望から、パワーステアリングのニーズが高まってきた。1988 年に世界初の電動パワーステアリング搭載の軽自動車量が量産された。この電動パワーステアリングは油圧タイプに比べてエンジンのパワーロスが極めて少ない効率的なシステムであったために拡大して

いった。この電動パワーステアリングがATV用として適した特徴を持っていたことから、2003年から開発を始め、2007年モデルの TRX500FPE FourTrax Foreman 4X4 ES に搭載した。本稿ではATV用に開発した電動パワーステアリングの概要とその特徴および効果について述べる。

2. 開発のねらい

ATVは荒地、岩場、水たまり、小川(没水)などを含むオフロードで使用される乗り物である。このような使用環境や使い勝手、搭載性などの観点から目標を以下のように設定した。

(1) 既存の ATV の車体構造を変えることなく成立させる。

EPS ユニットは四輪車用の部品を最大限活用し、汎用性のあるコンパクトな構造とする。

*二輪開発センター

- (2)各部品は ATV の使用条件に適した構造とする。
オフロード走行、没水等の使用条件を考慮する。
- (3)操だトルクを半減する(2WD/4WD 時)。
操作時の疲労を軽減し、快適性を向上させる
- (4)路面からの反力フィードバックは残して、キックバックを軽減する。
車両のコントロール性を維持しながら、快適性を向上させる。このことは、常に路面状況が変化するオフロードで使われる ATV としては重要な要素である。
- (5)EPS が万一故障しても従来の機種同等の操作特性を有する。

3. システム構成

3.1. 全体構成

EPS を搭載した車両 TRX500FPE FourTrax Foreman 4X4 ES の外観を Fig. 1 に、全体構成を Fig. 2 に示す。本機種は既に販売されているベース機種 TRX500FE に車体構造を変えることなくEPSシステムを搭載することができた。EPS ユニートをステアリングシャフト軸上に、EPS 専用のコントロールユニットを EPS ユニット近くに配置した。車速、エンジン回転数を検出するセンサはベース機種のものと共



Fig. 1 TRX500FPE FourTrax Foreman 4x4 ES

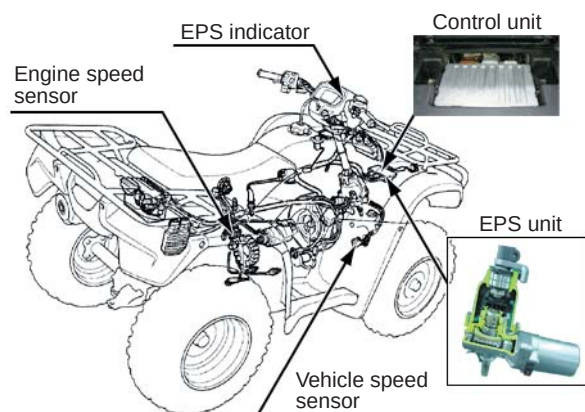


Fig. 2 EPS system layout

用した。また、システムの万一の故障をライダーに知らせるためのインジケータランプをスピードメータ内に配置した。

3.2. ステアリングシステム

ATVのステアリングシステムの構造はバーハンドルがステアリングシャフト(コラム)に、さらにそれがステアリングアーム(ピットマンアーム)につながる構造となっている。EPS を搭載する場合においても、ステアリングシャフト下半分をコラムタイプの EPS ユニットに置き換えて配置し、車体構造を変えることなく成立させた。Fig. 3 に示すように、このステアリングシャフトと連結したEPSユニットを上下二箇所の球面すべり軸受で支持することにより、車体フレームへの組み付けをより容易にすると共に、フリクション増加を抑えることができた。

3.3. EPS ユニット構造

ATV 用 EPS ユニットの構造を Fig. 4 に、断面図を Fig. 5 に示す。

EPS ユニットの上にベアリングホルダを配置し、さらにその上にステアリングシャフト・ハンドルにつながるステアリングジョイントを配置した。これによりシャフトの倒れ方向の荷重をベアリングホルダで受け、トルクセンサへ荷重が入力されない構造とした。ステアリングジョイントとEPSユニットの入力軸のはめ合いは抱き締めとしないスプラインはめ合いとし、ハンドルからの軸方向の荷重が入力された場合に、このはめ合い部をスライドさせることにより荷重を逃がす構造とした。また、従来のピットマンアーム部のステアリングストップに加えて、ベアリングホルダとステアリングジョイントを用いてEPSユニットの上部にもストップ構造を設け、転倒、転落時のハンドル側からの衝

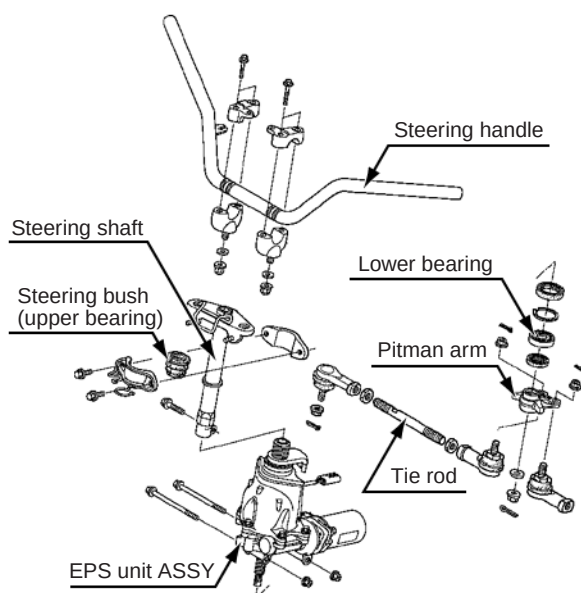


Fig. 3 Configuration of steering system

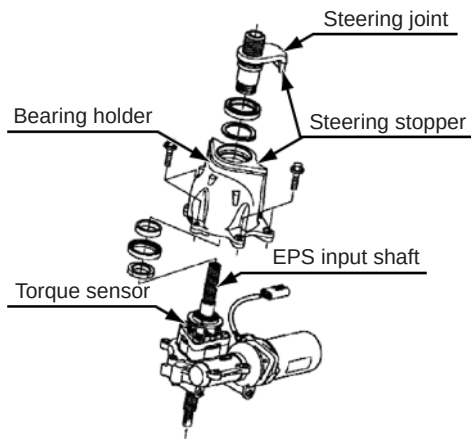


Fig. 4 Configuration of EPS unit

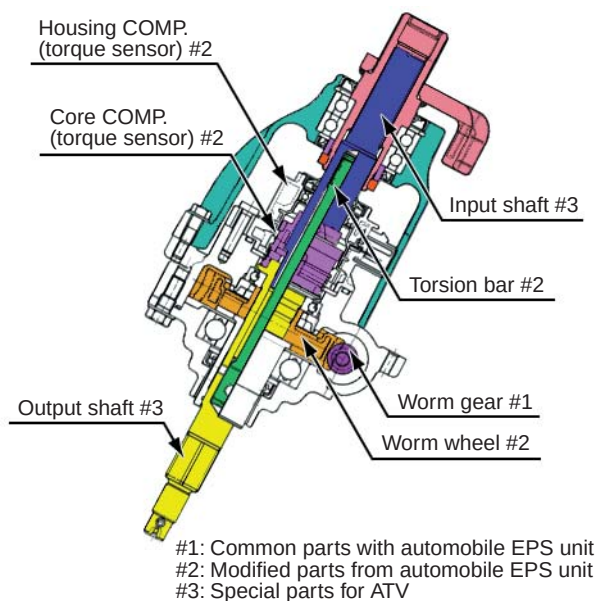


Fig. 5 Cross-section of EPS unit

撃荷重をこの上部ストッパで受ける構造とした。ベアリングホルダは飛び石や枝などの異物からトルクセンサを保護する役割も果たしている。

EPSユニットの内部構造は四輪車用と基本構成は同一構造で成立させることができた。四輪車用としては最小の軽自動車用のモータを基本流用し、減速機構も四輪車と同様にウォームギヤを適用することによりコンパクト化した。また、ATVの走行環境における没水を配慮し完全密封構造とした。

3.4. トルクセンサ

ATVのステアリングシステムは3.3節の説明のようにバーハンドルのピットマンアーム方式であり、ホイールの動きがハンドルにダイレクトに伝わるため、ホイールからハンドルに伝わるトルクの比率は、四輪車に比べて大きい。またFig. 5に示すトーションバーのばねレートがアシスト性能・操だ剛性に大きく影響する。これらの観点からばね

レートは四輪車用の約7倍程度が適切であることがわかった。トーションバーの外径を大きくすることにより約7倍のばねレートを実現した。ただし、トルクセンサのハウジングコンプは内部ベアリングサイズを変更するのみで基本流用することができた。

3.5. モータ

ATVは四輪車に比べ操だトルクが比較的大きく、要求されるアシストトルクも大きくなる。これを満足するためにモータは四輪車用を基本流用したが四輪車用に対して最大モータ電流を約7%上げて最大アシストトルクを向上した。また、ATVは曲がりくねった山道や悪路で走行した場合にはアシストも連続的におこなわれることから、大電流がモータに通電される頻度も高く、モータのブラシの発熱が四輪車よりも多くなる。このためブラシの材質を変更して発熱を抑えた。

3.6. コントロールユニット

EPSユニットと同様に被水、没水を考慮し、コントロールユニットには防水コネクタを適用して、内部をポッティング材で充てんして防水処理を施した。このためケース、ヒートシンク、回路基板などの構成はATV専用設計とした。基本回路構成は四輪車用コントロールユニットと同様としたが、本機種に搭載されている2WD/4WDの切替え機構の信号を検出する回路をATV用として追加した。

4. EPS 制御

制御ブロック図をFig. 6に示す。四輪車用EPSと同様に以下の(1)-(4)の制御を基本とした。(1)-(3)の制御電流値はそれぞれ車速に応じて可変する。また(4)、(5)の制御はATV専用に変更、追加した。

(1) ベース電流制御

トルクセンサ信号に応じてモータ電流を流し、基本となるアシストトルクを制御する。

(2) ダンパ制御

モータ回転数を推定し、推定した回転数に応じてモータ電流を低減させダンパ効果を生じさせる。ハンドル手ごたえ、ハンドルの落ち着き性を向上させる。

(3) イナーシャ制御

トルクセンサ信号の時間変化率に応じてモータ電流を増加させアシストトルクの応答性を向上させる。機械的慣性力やトーションバーによる位相遅れを補い、ダイレクト感を向上させる。

(4) 目標電流制限

四輪車用と同様に大電流が流れ続けた場合、モータおよびコントロールユニットの過熱による故障を防止するために、コントロールユニット内部の電流センサで

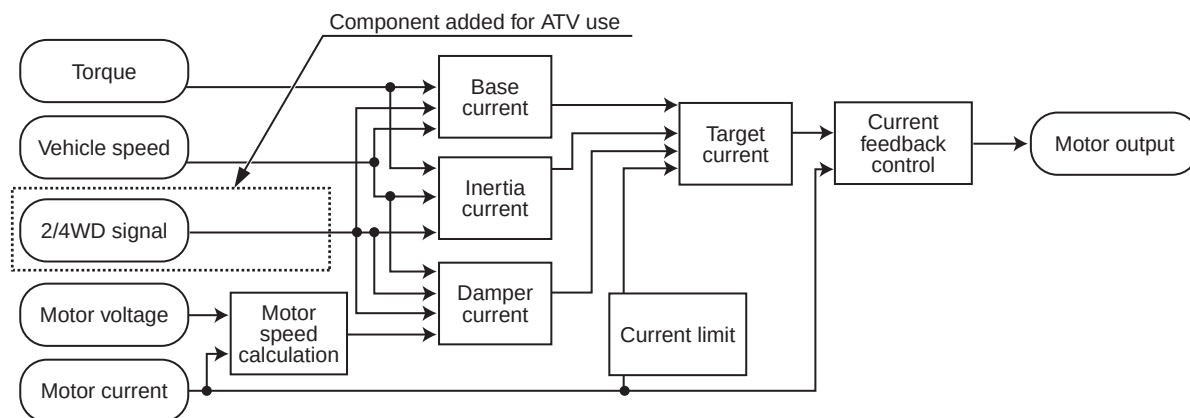


Fig. 6 Control system block diagram

検出したモータ電流から発熱量を推定し、発熱があらかじめ設定した値を超えた場合にモータ電流の上限値を減少させ、発熱を抑える制御を適用した。ATVでは四輪車よりも発熱量が高いことから発熱を抑えるために発熱量の推定方法を変更し精度をより高めた。

(5) 2WD/4WD 時のアシストトルクの切替え制御

通常、EPS を搭載していない ATV において 4WD 時は 2WD 時よりも操だトルクが大きい。4WD 時も 2WD 時とほぼ同等の操だトルクを実現するために、3.6 節の検出回路で検出した 2WD/4WD 切替え信号に応じてアシストトルクを切り替える制御を ATV 用として追加した。

5. 性能

5.1. アシスト特性、操だ特性

Fig. 7 に車速とアシストトルクの特性格ラフを示す。車速の上昇に伴いアシストトルクを下げる特性とした。高速域 (60 km/h 以上) においてもアシストトルクを 0 とせず、4 章のダンパ制御・イナーシャ制御を用いることによって、トーションバーのねじれによる位相遅れがなく、ダイレクト感があり、かつ、フラフラ感がないハンドル手ごたえのある操だ特性を実現した。Fig. 8 に操だフィーリング特性を示す。

また Fig. 9 に示すように従来の EPS を搭載していない

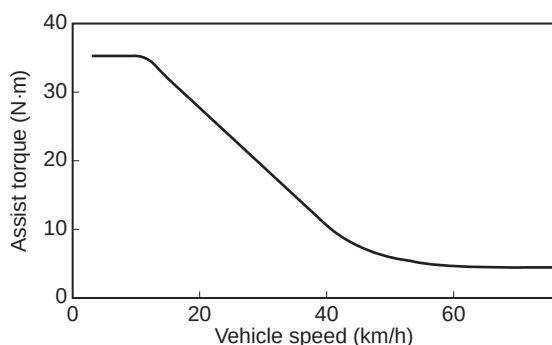


Fig. 7 Assist characteristic against on vehicle speed

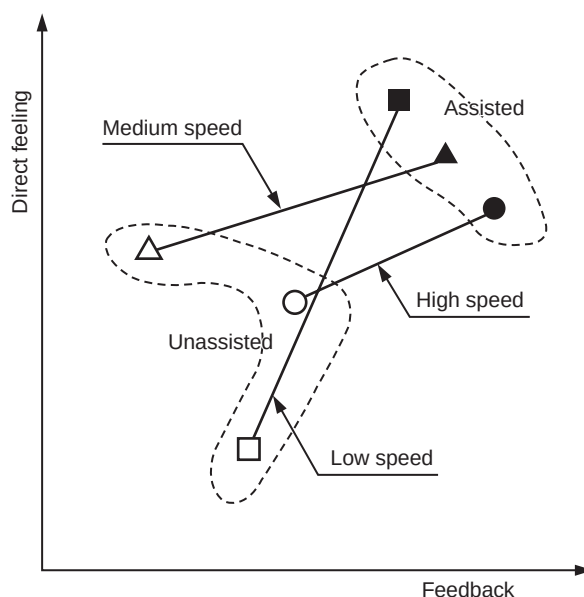


Fig. 8 Characteristic of steering feeling

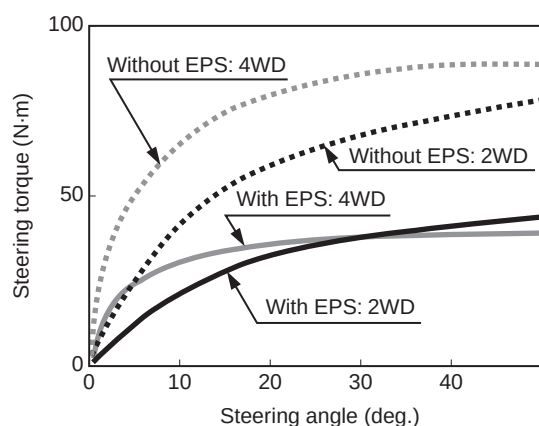


Fig. 9 Characteristic of steering torque

ATV の操だ特性は、

- ・ 2WD 時：だ角に対する反力の増加度合いはリニアで安定しているが若干重目である。
- ・ 4WD 時：直進時や旋回時の保だ反力は比較的大きく、だ角に対応する反力はリニアではなく転だ中の反力は弱目

である。

2WDと4WDでのアシスト特性を変えることにより、前述の操だ特性を残しつつ2WD/4WDともに操だトルクを半減した。

5.2. ステアリングダンパ性能

アシストトルクとのバランスを考慮して減速比とモータサイズを決定し、路面からの反力フィードバックを適度に残してキックバックを軽減した。

5.3. 故障時の操だ特性

(1) フェールセーフ制御

コントロールユニットはシステムの各部品の故障診断をおこない、故障を検出した場合はインジケータランプを点灯し、アシストを停止する制御とした。

(2) 故障時の操だ特性

EPSユニットのギヤおよびモータの慣性マスを小さくし、ウォームホイール / ギヤのフリクションを下げ、ギヤ効率を上げるためにウォームホイールの歯部を樹脂製とし、ウォームホイール / ギヤのバックラッシュを四輪車用の標準値より大きくした。これにより前述のとおり万一の故障時にアシストが停止した場合も操だ特性をパワーステアリングのない車両とほぼ同等にできた。

6. まとめ

新たな快適装備とし ATV 用電動パワーステアリングシステムを開発し、以下の結果を得た。

- (1) EPSユニットのコンパクト化を図り、車体構造を変えることなく搭載を実現した。
- (2) EPSユニットはベアリングホルダを配置するなど外的な荷重の影響を受けない構造とし、また防水処理などを施すことによりATVの使用条件を満足するシステムを実現した。
- (3) 2WD/4WD時におけるアシストトルクの切替え制御により 2WD/4WDともに操だトルクを半減した。
- (4) モータ、減速比、EPS制御によってキックバックの軽減と適度な路面からの反力フィードバックを残すことを両立した。
- (5) モータなどの慣性マス、ギヤフリクションの低減により故障時も従来の機種同等の操だ特性を実現した。

謝 辞

本開発にあたり、御協力を頂いた株式会社ショーワの皆様様に紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

■ 著 者 ■



坂本 友和



岡田 恵



井上 和城