

二輪車に於けるシフトフィーリングの 定量解析と改善技術

Study of Motorcycle Shift System

藤 本 克 己* 井 上 直 樹* 山 崎 勝 実*
Katsumi Fujimoto Naoki Inoue Katsumi Yamazaki

要 旨

近年あらゆる分野の商品開発において、その商品のもつ基本性能や機能ばかりでなく、人の心を魅了する感性という概念が重要なパラメータとして注目されてきた。

このような情勢の中、二輪車におけるトランスミッションの変速操作に関しても、より早く、軽く、確実に、と同時にいかに運転者の感性との融合を図るかがこれからの課題の一つとなってきた。この技術手段として、二輪車の変速系をシフターギヤからチェンジペダルに至るまでのシフトシステムとしてとらえ、トランスミッションのギヤ摺動性能の改善、操作力伝達系の効率向上、最大効率を有するチェンジ機構の選定、動的変速操作フィーリングの定量解析を行った。

本論文では、従来の角形スプラインと新たに採用したインボリュートスプラインとの性能比較、操作力伝達効率の向上手法、チェンジ機構におけるコンピュータを利用した操作エネルギーの伝達効率解析手法、LOAD-STROKE 特性線図によるチェンジペダル操作フィーリングの定量化手法について紹介するとともにその研究結果を報告する。

ABSTRACT

In product development, the quality of products that will attract customers' minds is an increasingly important parameter, apart from performance and function.

That demand is true of motorcycle shifting operation: communicativeness with the rider is a necessary requirement as well as quick, light and sure operation. In the process of exploring a technical means, we looked at a motorcycle's shift system as a package extending from the transmission to the change pedal. We investigated reducing gear drag and improving operating effort relay efficiency. We also selected a change mechanism with maximum efficiency and made a quantitative analysis of shift operation quality.

This paper describes the comparison between the conventional square spline and the new involute spline, introduces a means to improve operating effort efficiency, analyzes operating energy relay efficiency using a computer, and quantifies change pedal operation quality using a load-stroke diagram. It also summarizes research results.

1. ま え が き

スポーツ系二輪車に用いられている代表的な変速機構を図1に示す。

チェンジペダルより与えられた操作力は、チェ

ンジ機構を通じてシフトドラムの回転力に変換され、その回転力はシフトフォークを介して、シフターギヤの摺動力に変換される。

* 朝霞研究所

このような変速機構を機能毎に大別すると、以下のようなになる。

- ① ドッグクラッチ付トランスミッションにおいて、シャフト上を摺動し動力伝達ギヤの切り換えを行うシフターギヤ部。
- ② チェンジペダルより入力された操作力を、シフトドラム、シフトフォークを介して、シフターギヤまで伝える操作力伝達部。
- ③ シフトカムによって、シフトポジションを保持し、かつチェンジペダル操作のフィーリング (以下 操作フィーリング) に影響する部分 (以下 フィーリング部)。

図2 にシフト操作のフローチャートを示す。

以上のような変速系に関する要求性能は、①のシフターギヤ部においては、倒れや負荷に対するギヤ・シャフト間の摺動性能の確保、②の操作力伝達部においては、高効率化、摩擦損失の軽減、小型化であり、③のフィーリング部においては、

確実なシフトドラムの保持に必要なトルクの確保と良好な操作フィーリングを得ることである。

従来、このような要求性能に関しては、必要に応じて個別に対応がなされてきたが、本研究においては、シフターギヤからチェンジペダルに至るまでを一つのシフトシステムとしてとらえ各部の性能向上の為の解析を同時に行うことにより変速操作性能の改善を図った。

本論文では、従来のトランスミッションに使用されていた溝数6の角形スプライン (以下 6角スプライン) に対する、新採用のインボリュートスプライン (モジュール 1.667) のギヤ摺動性に関する優位性、シフトフォークガイドシャフト (以下 ガイドシャフト) の支持方法を中心とする操作力伝達効率の改善手法、チェンジペダル操作エネルギーの伝達効率解析によるチェンジ機構の動的評価、LOAD-STROKE 特性線図 (以下 L-S 特性線図) による操作フィーリングの定量化手法について述べる。

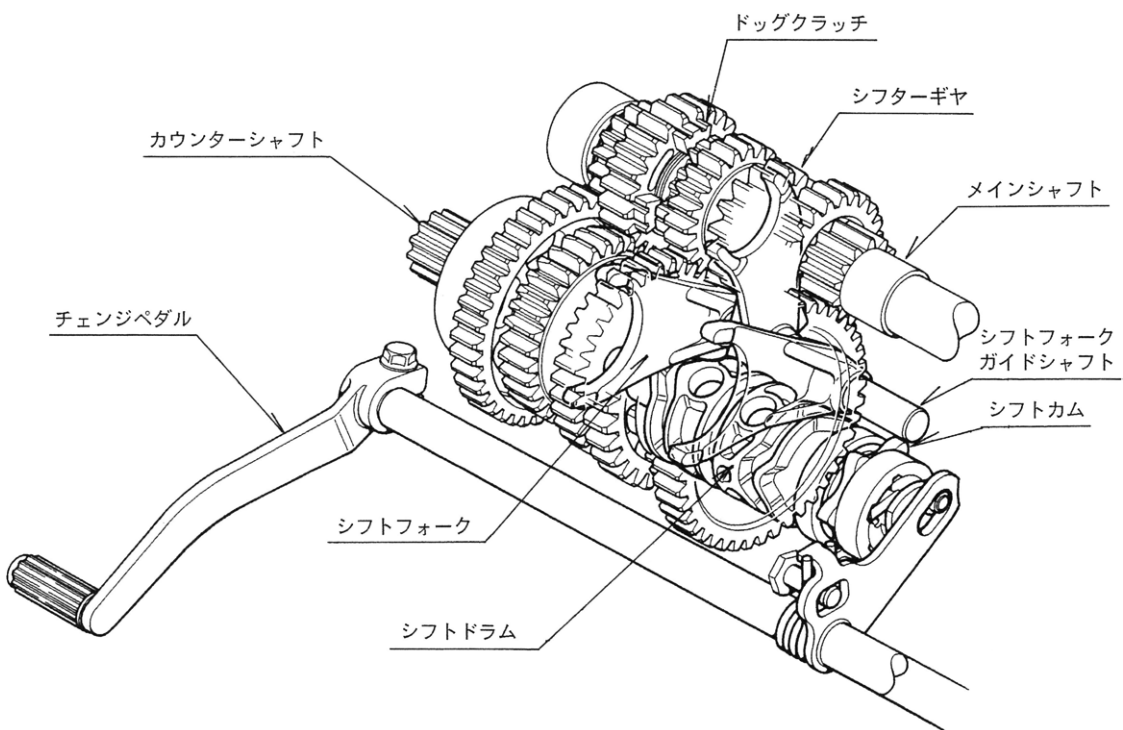


図1 二輪車のシフトシステム透視図

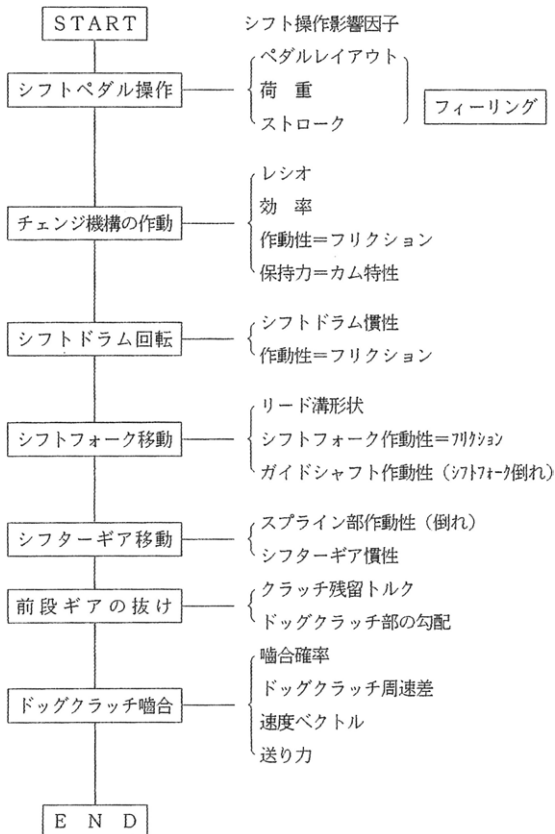


図2 変速操作のフローチャート

2. トランスミッションの摺動性能

二輪車に使用されるドッグクラッチ付トランスミッションは、コンパクトでかつ高い伝達容量を有している反面、そのシフターギヤは、歯部中心と軸受部中心のずれに起因する倒れ等によって、摺動性能の低下が生じ易い。

そこでギヤ・シャフト間の嵌合部に注目し、特に従来から使用している6角スプラインと、新たに採用したインボリュートスプラインの、ギヤ摺動性能に関する優劣を明らかにした。

6角スプラインにおいては、軸方向に摺動するシフターギヤが駆動力を伝達する場合、その出力の位置のずれ、ドッグクラッチの割り振り誤差、及びギヤ嵌合部のクリアランス等により、必ず倒れが生じる。

その結果、ギヤ・シャフト間に発生するこじり力により、クラッチを切った時の残留トルクが微小であっても、シフターギヤは滑らかな摺動をせ

ず、図3に示すような不連続なスティックスリップ現象を生じる。

これは図4に示した単体シミュレータにおいて、シフターギヤの作動荷重をシフトフォークを介して測定した結果である。

このようにドッグクラッチが相手ギヤから抜ける時、シャフト・ギヤとシャフトスプラインの間で発生するスティックスリップ現象の荷重の大きさ及び不連続な荷重変化が操作フィーリングを著しく悪化させている。

次に同様なテストをインボリュートスプラインに関して行い、シャフトにかかるクラッチ残留トルクとシフターギヤのドッグクラッチ部が抜ける時の最大荷重で整理を行った。

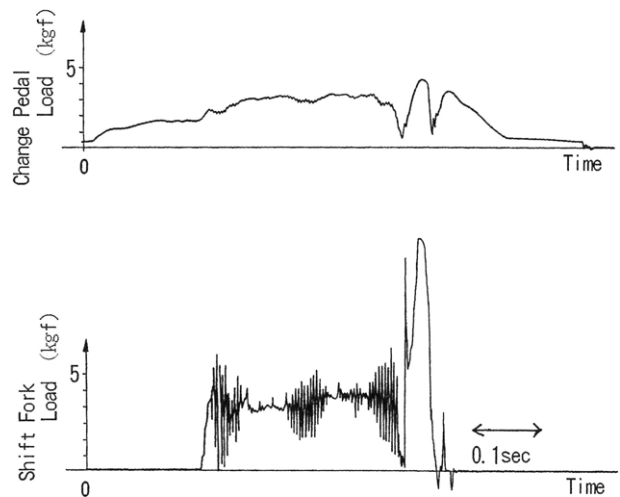


図3 シフターギヤ摺動時の荷重波形 (Straight-sided Spline 6T)

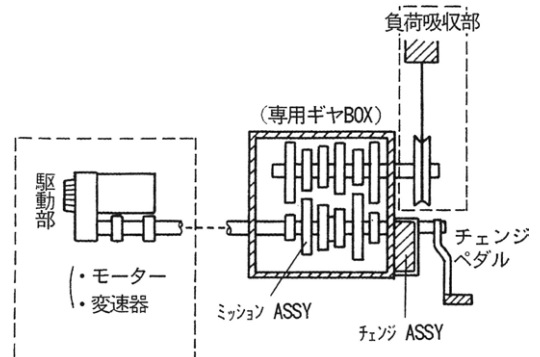


図4 解析用単体装置

図5に示すように、シフターギヤの摺動性能は、ギヤ・シャフト嵌合部を、従来の6角スプラインからインボリュートスプラインに変更し、ギヤの倒れによるこじりを是正することにより、14～20%の改善が図られた。

ここで、ギヤが倒れながら駆動力を伝達するモデルをもとに、インボリュートスプラインの摺動性能に関する優位性のメカニズムを考察する。

図6-aのように、6角スプラインでは、ギヤに倒れ力 F が生じた場合、シャフトからの抗力 N_s の方向は、倒れ方向と一致しない為クサビ効果が発生し、抗力の総和は F よりも大きくなる。これに対して、図6-bに示したインボリュートスプラインでは、抗力 N_i は倒れ方向と一致するため、クサビ効果は発生せず、抗力の総和は F と同等となる。

またインボリュートスプラインは、歯面合せであるため、荷重下において自動調芯する効果がある。このためドッグクラッチが抜ける時のスティックスリップ現象は、図7に示すように軽減され、最大荷重の低下とともに運転者に対し、滑らかな操作フィーリングが提供できるようになった。

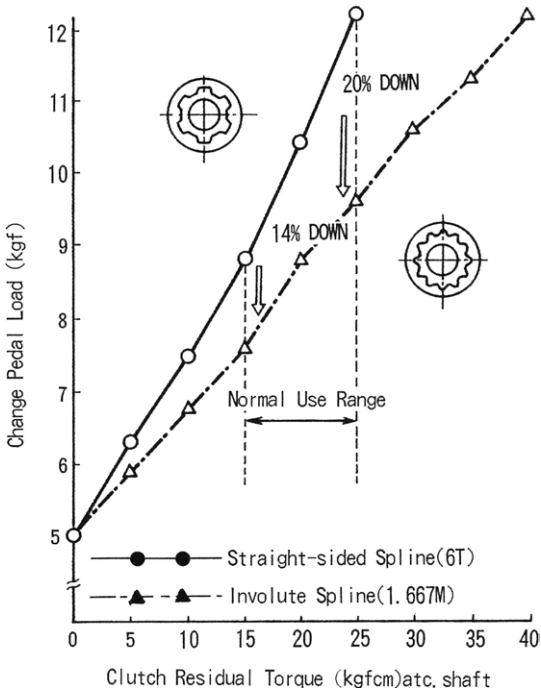


図5 シフターギヤ摺動性能比較

3. 操作力伝達系の効率改善

チェンジペダルから入力された操作力がシフターギヤの摺動力に変換されるまでの効率、通常30～40%に過ぎない。この部分の効率改善手法を下記に紹介する。

スピンドルシャフトの軸受部に発生する摩擦損失に関しては、軸受幅及びケース剛性にも影響されるが、一般的にニードルベアリング等の投入により、プレーンタイプに対して6～10%の改善が図られる。

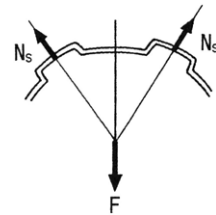


図6-a クサビ効果の影響
(Straight-sided Spline 6T)

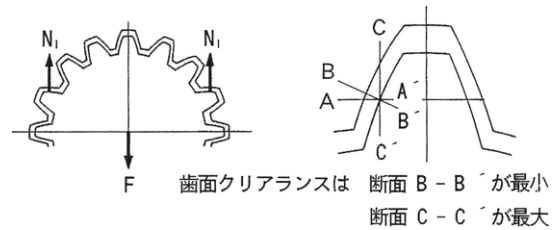


図6-b クサビ効果の影響
(Involute Spline)

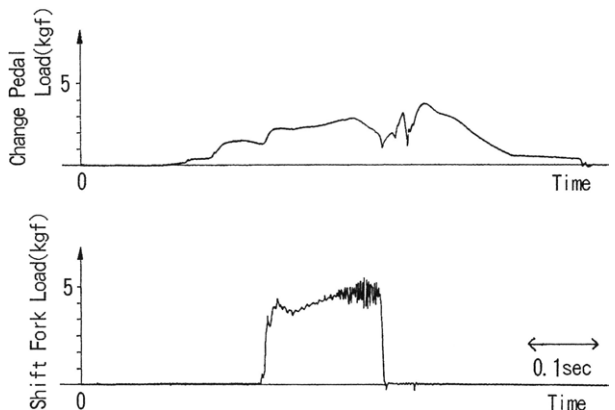


図7 シフターギヤ摺動時の荷重波形
(Involute Spline)

フォークピンとシフトドラム溝側面との間に生じる滑りによる摩擦損失に関しては、ピン部へのボールベアリングの採用により8~12%の改善が図られる。

次にシフトフォークとガイドシャフトとの間に生じる摩擦損失に関して述べる。従来の方式では、ガイドシャフトをクランクケースに固定しているため、シフターギヤを摺動させる時、シフトフォークのボス部は必ずガイドシャフト上を移動しなければならない、その間の摺動抵抗がチェンジペダル操作荷重に大きな影響を与えていた。そこでガイドシャフトの保持方法を変更し、軸方向に摺動可能にすることによって（以下 ガイドシャフトフローティング）シフトフォークが移動する場合には、シフトフォークのボス部とガイドシャフトとの摺動部、ガイドシャフトとクランクケースとの摺動部のどちらか摺動抵抗の少ない方で、移動すればよいことになる。

このガイドシャフトフローティングにより、図8に示す様に約20%の伝達効率の改善が図られた。

4. チェンジ機構の伝達効率解析

二輪車におけるチェンジ機構は、軽量コンパクトを特徴とするが、各エンジンのタイプとともに数多くの機構が考案されてきた。その主なものを表1に示す。

このような各機構は現在に至るまで、操作フィーリングの面からの定性的評価は有ったものの、伝達効率の面から比較検討した研究はみられなかった。

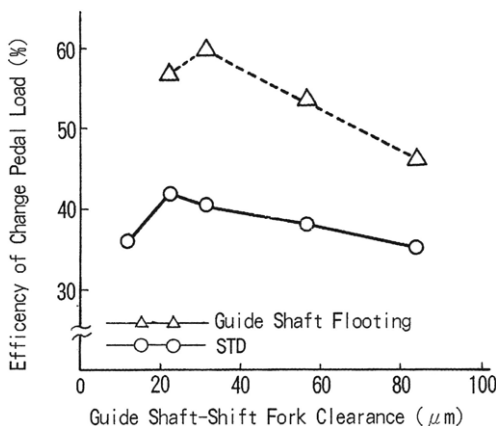


図8 ガイドシャフトフローティングの効果

表1 各種チェンジ機構

Type	Change Mechanism
I	
II	
III	
IV	

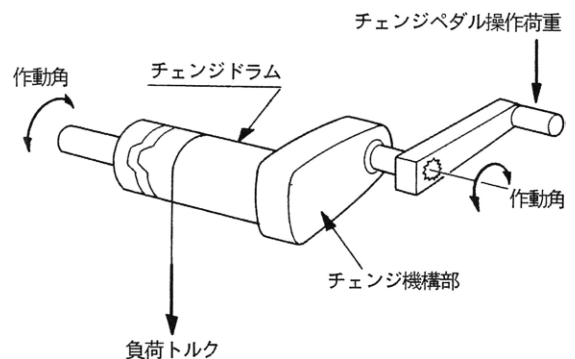


図9 チェンジペダル操作
エネルギー伝達効率測定法

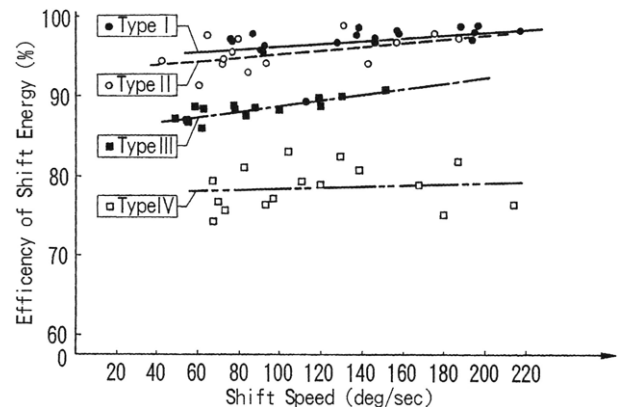


図10 チェンジ機構のチェンジペダル操作
エネルギー伝達効率比較

そこで今回は、各機構の動的なチェンジペダル操作エネルギーの伝達効率測定を行った。今回の測定に際しては、チェンジ機構部のみの伝達効率を明らかにするために、図9に示した単体モデルを使用した。

この装置により、各種走行条件を想定し、チェンジスピードをパラメータとして計測を行い、測定されたL-S特性線図をコンピュータ波形処理して、入出力のエネルギー比較を行った。その結果を図10に示す。

5. 動的操作フィーリングの定量化手法

従来より官能評価に頼っていた操作フィーリングの評価において、その官能表現の定量化を試みた一例を紹介する。

操作フィーリングを定量的に表現できる手法として今回用いたL-S特性線図は、チェンジペダルにおける荷重とストロークから構成される。このL-S特性線図をコンピュータを用いて予測して、実車の計測から得られるL-S特性線図と比較検討を行うことによって、操作フィーリングに影響をおよぼす要因を抽出した。

実際にチェンジ機構の諸元を選択する場合の要件としては、表2に示す4つの項目を満たさなければならない。

表2 シフト機構の要求性能

1. 保持力	L-S特性線図に表現される
2. 飛びこし防止	
3. ニュートラル出し易さ	
4. フィーリング	

ここで表2の性能の項目を満足させながら、操作フィーリングをいかに充実させるかが重要なポイントになる。

L-S特性線図は、静的にはシフトカムの特性を計算することで、予測することができる。図11に計算と実際に測定した静的L-S特性線図をそれぞれ示す。

この結果、計算波形は実測の波形とよく近似していることが明らかであり、静的特性の検討に効果的である。

次に、実走状態を考慮した動的L-S特性線図について考察する。前述の静的L-S特性線図の予想計算に対し、動的なパラメータ(例 シフトドラム等の慣性質量、摩擦力、クラッチの残留トルク)を加味したプログラムを作成し、計算した結果を図12に示す。

ここで、ドッグクラッチ付トランスミッション

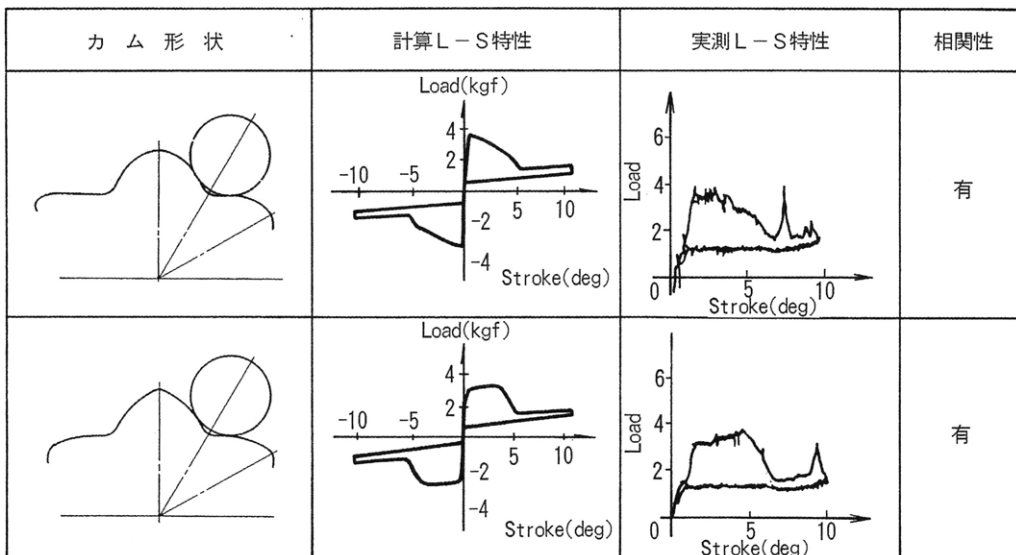


図11 静的L-S特性線図

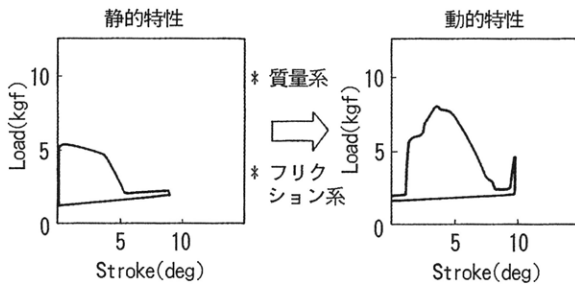


図 12 計算 L-S 特性線図における静動的比較

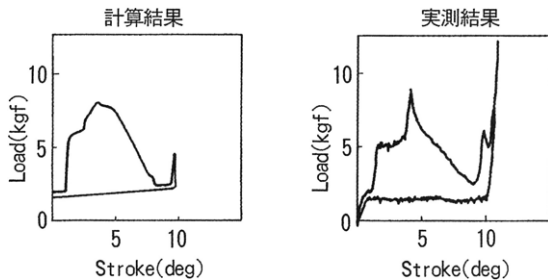


図 13 動的 L-S 特性線図シミュレーション

においては、その構造上、ドッグクラッチ部の噛み合い状態には確率の要素が入るため、実際に測定した動的 L-S 特性線図のなかで、計算条件に合うパターンを選択し比較すると、図 13 のようによく近似する。

しかしながら、前述の確率要素に代表されるように、動的な場合には、条件設定が複雑になるために、実用上の問題点は多い。

最後に動的 L-S 特性線図と官能表現の相関性について図 14 を提示する。

6. 結 論

本論文では、二輪車における変速操作系において、伝達効率から操作フィーリングに至るまで、その最適化の解析を行ってきた。その結果、つぎのような結論が得られた。

- (1) トランスミッションのシャフトにおいて、6 角スプラインに対して、インボリュートスプライン (モジュール 1.677) を採用することにより、シフターギヤの摺動性能は、14~20% の改善が図られた。
- (2) 操作力伝達系に関しては、ガイドシャフトのフローティング構造の採用により、約 20% の伝達効率の改善が図られた。

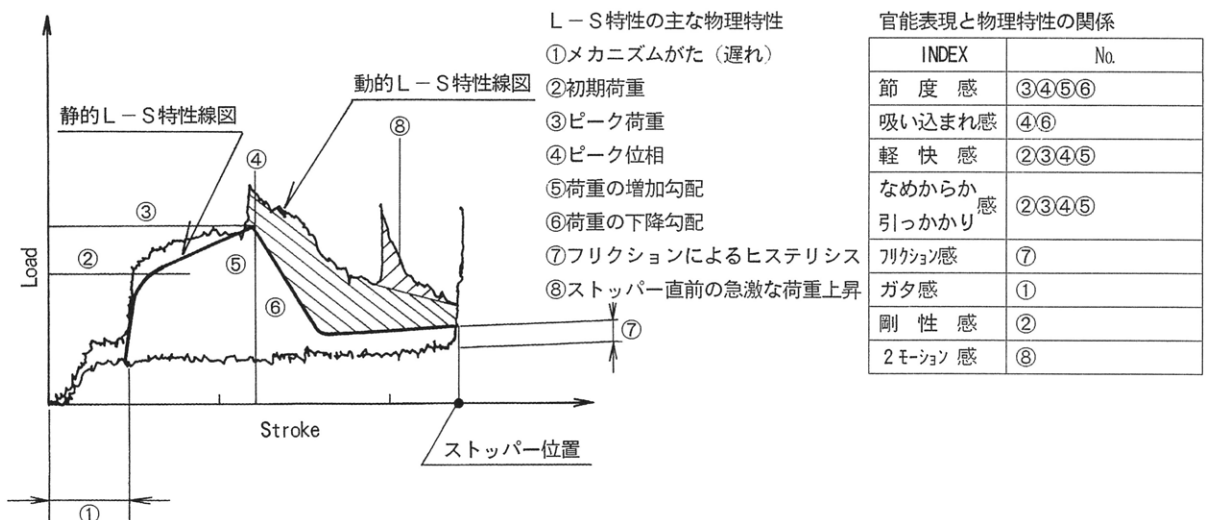


図 14 L-S 特性における官能表現解説

- (3) チェンジ性能の定量化手法として、操作エネルギーの伝達効率測定法が確立し、機構別の優劣が明らかになった。
- (4) 操作フィーリングの定量化手法として、LOAD-STROKE 特性線図を用いた、計算検討時における静的コンピュータシミュレーションは、実用領域に達した。

今後の課題としては、あらゆる変速状態に対応できる、動的 LOAD-STROKE 特性シミュレーション手法の開発が望まれる。

参 考 文 献

- (1) 酒井、船戸、金森“オートマチック車の操作フィーリング評価に関する一考”自動車技術会、学術講演会前刷集 891 (891044)
- (2) 細井、矢田、辜“自動車動力伝達系の摩擦損失に関する研究”日本機械学会論文 56-522 (1990-2) No.89-0204A
- (3) 辜、細井他“動力伝達系の摩擦損失測定法”自動車技術会、学術講演会前刷集 852 (852130)
- (4) 新藤、平松“手動変速機のシフトフィーリング評価について”自動車技術会、学術講演会前刷集 822 (822348)

■ 著 者 ■



藤 本 克 己



井 上 直 樹



山 崎 勝 実