

自動変速機のセレクトレバー操作荷重予測

Operating Force Simulation for Automatic Transmission Select Lever

山岡 崇樹*
Takaki YAMAOKA

野上 俊一*
Shunichi NOGAMI

小林 章*
Akira KOBAYASHI

要 旨

自動車用自動変速機のセレクトレバー操作荷重を、内部リンク機構、部品間の接触、ワイヤの荷重損失等を考慮し、高い精度で予測する手法を開発した。予測精度向上のため、機構の構成要素であるねじりコイルスプリングのヒステリシス特性予測に、スプリング巻角をパラメータとした実験式を導入した。また、予測工数を削減するため、機構解析ツールを用いる手法を構築した。これらにより、特性に影響を与える主要な要因を考慮しながら、従来の半分の工数で、操作荷重特性線図を実測値との差異5%以内の精度にて予測できるようになった。この結果、操作荷重の過大や中間とまり発生等を、仕様検討の段階において検証できるようになった。

ABSTRACT

A highly accurate method was developed for simulating the operating force for the select lever of an automobile automatic transmission by considering the internal link mechanism, the contact between parts, the load loss in the wire, and other factors. In order to improve accuracy, an experimental formula was introduced that takes the spring coil angle as a parameter to simulate the hysteresis characteristics of the twisted coil spring that is an essential factor in the mechanism. A method was also created to use mechanical system analysis tools in order to reduce the labor involved in simulation. The use of these means made it possible to simulate the operating force characteristic curve with an accuracy diverging by no more than 5% from measurement values, with half the labor previously required, and with consideration for the main factors influencing the characteristics. As a result, it has become possible to verify issues including excessive operating force and intermediate stopping at the specification study stage.

1. まえがき

近年、自動車用自動変速機のポジション切り替え装置であるセレクトレバーには、商品性向上のために低い操作荷重が求められる。一方、P-R-N-D等の正規位置以外のポジション中間部において、セレクトレバーが止ってしまう事象である中間とまりを抑制する機能として、操作荷重をある程度高く設定する必要がある。また、操作荷重の最大値のみではなく、各ポジション間の操作量に対する操作荷重の立ち上がり方も、節度感に影響を及ぼすため適切な設定が必要とされる。

このようなセレクトレバーに関する商品性と機能の両立には、開発において多大な検討時間とテスト工数が必要であった。このため、セレクトレバー操作荷重を仕様差の判断可能な精度で、操作量と荷重の特性線図として予測する事

が求められていた。しかし、手動変速機のシフトレバー操作荷重に関する予測技術の報告例⁽¹⁾はあるが、内部機構の全く異なる自動変速機のセレクトレバー操作荷重については、予測技術の報告は無い。

今回、自動変速機のセレクトレバー操作荷重の予測手法を開発したので、その内容を報告する。

2. 機構と特性

2.1. 機構の説明

自動変速機のポジション切り替え装置をFig. 1に示す。運転席側のセレクトレバー、変速機側のコントロールシャフト、および両者をつなぐワイヤから構成される。レバー操作により、ワイヤを介してコントロールシャフトが回転する。シャフトに勘合されるマニュアルバルブにより、各ポジ

ションへの制御系油圧の切り替えがおこなわれる。さらにコントロールシャフト上には、ポジション位置決め用のディテント機構と、パーキングポジション(以下Pポジション)時駆動系をロックする機構が配置されている。

このメカロック機構の構成を Fig. 2 に示す。パーキングボールを作動させるパーキングブレーキレバーは、ねじりコイルスプリングによってコントロールシャフトに押し付けられている。これにより、停車時にパーキングギヤ位相によらず、Pポジションへのレバー操作が可能となっている。また、走行時に誤操作でPポジションへレバー操作をおこなった場合には、パーキングギヤがパーキングボールを弾く事により、駆動系のロックを防いでいる。

2.2. セレクトレバー操作荷重特性

予測の対象とするセレクトレバー操作量と操作荷重の関係を Fig. 3 に示す。この荷重特性はディテントとメカロック機構による荷重、ワイヤとセレクトレバー側のリンクによる荷重損失、およびワイヤのがたとたわみによる変位等により形成され、大きなヒステリシスを持つ。特性線図の見方を Fig. 4 に示す。操作の前半は反力に対するため操作荷重、後半は吸い込み力に対するため保持荷重が発生し、正規ポジション位置以外でのレバー停止を防いでいる。操作方

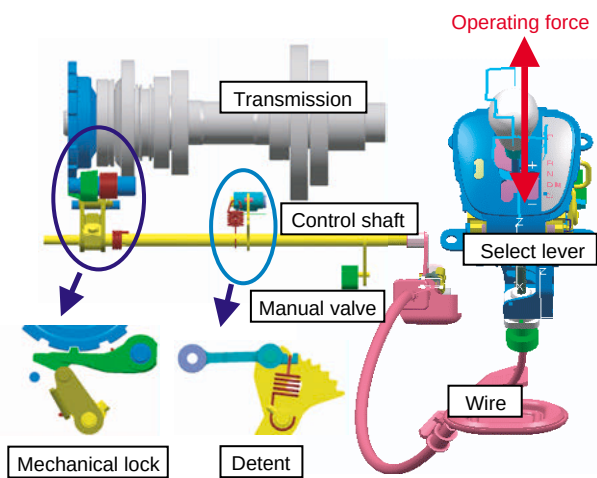


Fig. 1 Position selector

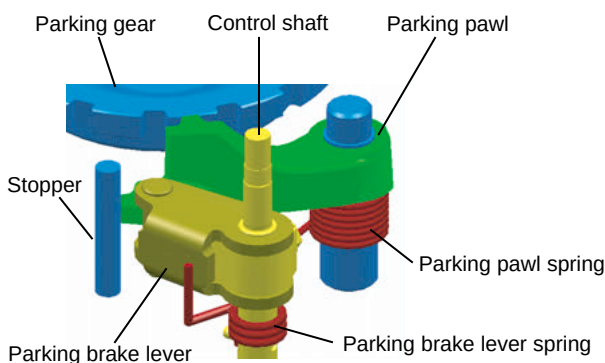


Fig. 2 Components of mechanical locking device

向により荷重の発生方向は逆転する。

P-R 間の二つの特性はメカロック機構の作動状態の違いによる。停車時にPポジションへの操作をおこなった場合、Fig. 5 に示すようにパーキングボールに対するパーキングギヤの位相により、パーキングギヤへ噛み込んでいる Lock と乗り上げている Unlock のどちらかの状態となる。乗り上げの場合には、パーキングブレーキレバースプリング荷重が操作荷重に加算される。このため、P-R間において噛み込み時と乗り上げ時で異なる荷重特性となっている。

商品性および機能上で開発時に課題となるのは、操作荷重の大きさと吸い込み荷重の有無である。メカロック機構によりPポジション付近の荷重が高いため、特に重要となるのは以下の2項目である。特性線図上で Fig. 6 に示す。

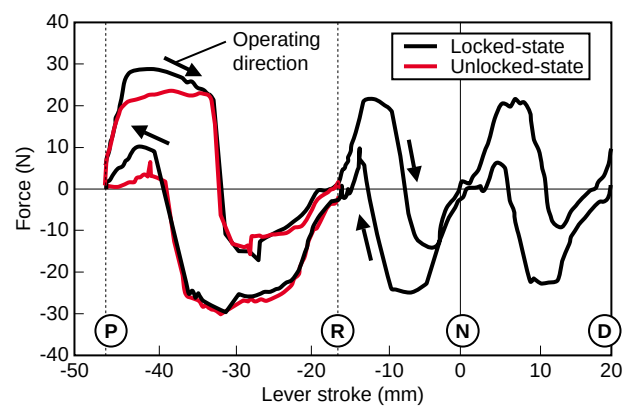


Fig. 3 Operating force characteristic

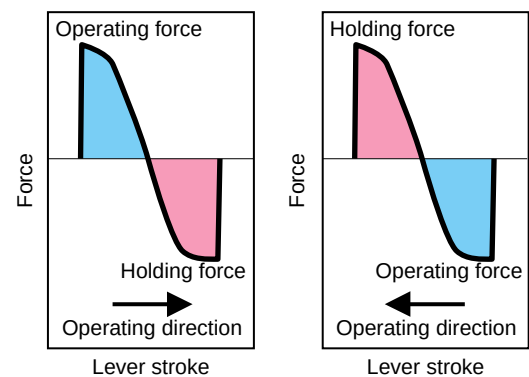


Fig. 4 Explanation of characteristic curve

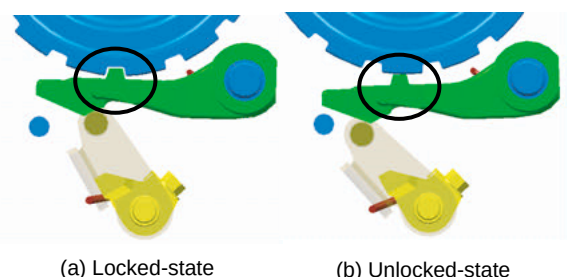


Fig. 5 Position of parking pawl and parking gear

- (1) 操作荷重の軽減の観点より、噛み込み時PからRへの最大操作荷重の大きさ
- (2) 中間とまり抑止の観点より、乗り上げ時RからPへ操作による吸い込み荷重の有無

中間とまりは、ディテント部で発生する吸い込み荷重と、その他の部位で摩擦等の要因によって発生する荷重が、釣り合う事により発生する。

最大操作荷重を低下するためにディテント荷重を低くすると、吸い込み荷重も低下して中間とまりが発生しやすくなり、(1)と(2)は相反する関係にある。仕様検討段階で最大操作荷重低減と中間とまり抑止を両立させるために、操作荷重特性の予測が必要となる。

3. 予測手法

3.1. 従来予測手法

従来の操作荷重予測は、レイアウト毎の作図によるリンク部引き出し角と接触部接触角の確認、荷重伝達効率と接触力の数式化による計算、および各要素に対する計算結果の集計によりおこなっていた。

しかし、複数のリンク機構と荷重要素が有り、予測に多大な工数を要するため、各ポジション位置とP-R間数点に対しておこなうポイント予測であった。さらに予測精度も低いため、予測値から定量的な判断をおこなう事はできなかった。また、操作方向の変位の予測は、たわみを考慮して各部に発生する力の釣り合いまで予測しなければならないため、実質的に不可能であった。

このように従来手法では、予測精度と予測工数の両面で課題があった。

3.2. 予測精度向上と予測工数削減

そこで今回レバー操作荷重特性の予測工数削減をおこな

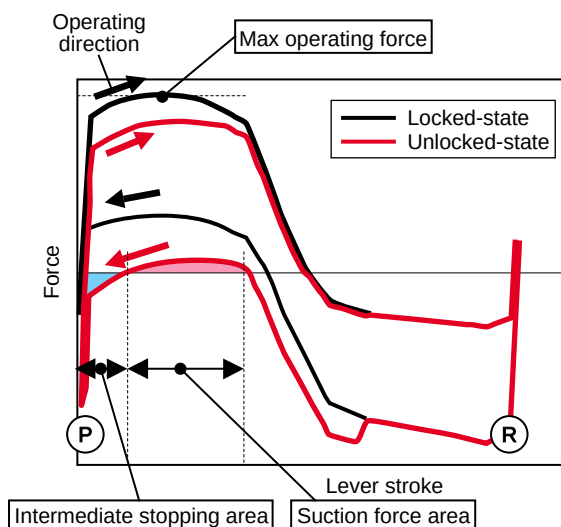


Fig. 6 Max operating force and intermediate stopping

いながら、予測精度の向上を図るため、以下の手法をおこなった。

- (1) 予測精度向上のため、構成要素の特性を精度良く予測する手法を構築する。
- (2) 予測工数削減のため、特性の線図を機構解析ツールにより予測する。

各項目について詳細を以下に述べる。

3.2.1. ヒステリシス特性の予測精度向上

予測精度に影響を与えている構成要素を調査した結果、トランスミッション内部で発生する荷重の予測に差異が大きい事がわかった。このコントロールシャフトの回転角に対する作動トルク特性を、予測値と合わせてFig. 7に示す。この特性はディテントとメカロック機構の荷重のみで形成されている。実測値と予測値の差異は、Pポジション付近で乗り上げ時に大きい。そこで、この付近の荷重特性のみに影響を与えるパーキングブレーキスプリング特性に注目した。

計測の結果、このパーキングブレーキスプリング単体の特性は、大きなヒステリシスを有している事が判明した。また、スプリング線間の密着の有無や、スプリング端面の接触の有無、およびスプリング倒れの有無にて特性に差が生じる事も、計測により判明した。計測によって得られたヒステリシス特性を計算に使用する事により、レバー荷重特性の予測精度は向上し、荷重の定量的な判断に必要な精度を得られる事がわかった。そこでこのヒステリシス特性の予測を試みた。

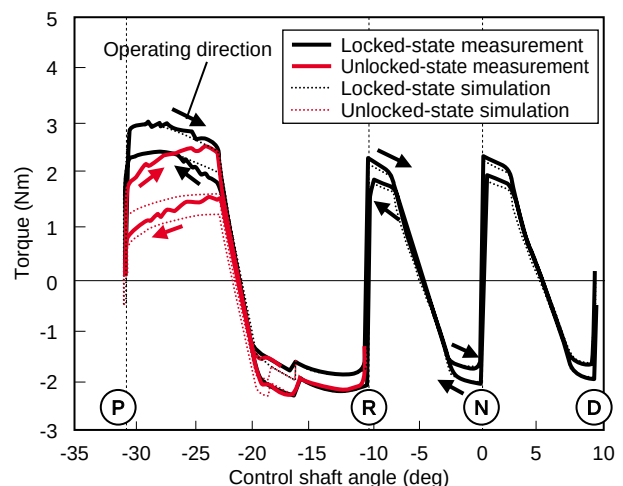


Fig. 7 Operating torque characteristic in transmission

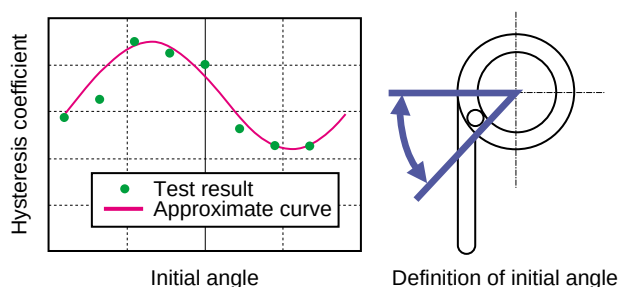


Fig. 8 Result of spring test

ヒステリシス特性とスプリング諸元の関係を調査するため、パーキングブレーキレバースプリングの巻き線間の密着状態や巻き数等を変更した特性の計測をおこなった。ヒステリシスの幅はトルクの絶対値に影響されるので、ある計測点でのヒステリシス幅を、そのトルク平均値で割った無次元係数に整理した。その結果、この無次元係数と、Fig. 8に示すスプリングアーム間の巻角である初期位相角に、ある一定の相関が判明した。そこで、初期位相角をパラメータとしたヒステリシス特性予測の実験式を導出した。

その実験式の妥当性を検証するために、様々な諸元のパーキングブレーキレバースプリングで確認をおこなった。Fig. 9にその特性の実測値と、従来の計算式での予測値、および導出した実験式による予測値の比較の一例を示す。これらの検証により、実験式によるスプリングヒステリシス特性の予測精度向上が確認された。

3.2.2. 予測工数の削減

本予測で考慮する要素を Fig. 10 に示す。各要素の選出は荷重特性への影響度を考慮しおこなった。

これらの要素を考慮し、かつ特性線図として得るために

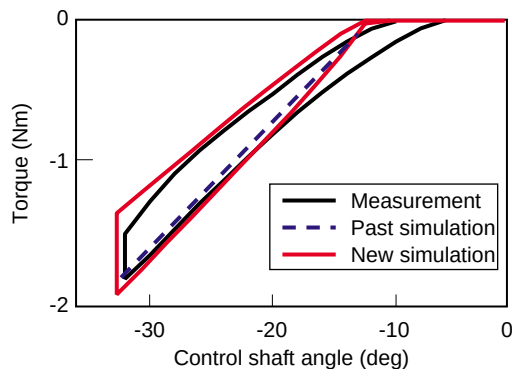


Fig. 9 Parking brake spring characteristic

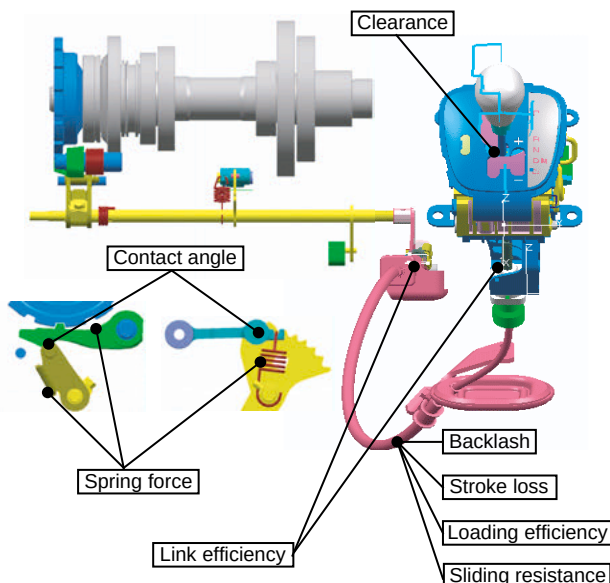


Fig. 10 Factors in select lever operating force

予測点を増加させると、予測工数の増加が懸念された。そのため、機構解析によりセレクトレバー周りの CAD の 3次元レイアウトを直接使用して予測をおこなった。従来おこなっていた手計算は排除し工数増加を抑えた。また、荷重に加えて変位の予測も可能とした。機構解析ツールを用いて構築した予測手法を以下に述べる。

(1) 荷重伝達効率 荷重伝達効率はワイヤの引き出し角やリンクの位置関係により変化する。従来はレバー作動量毎の荷重伝達効率を作図と手計算により求めていた。また、3次元に複雑にレイアウトされたリンク機構の場合には、手計算では数式化を誤る恐れがあった。

今回は 3次元レイアウトのリンク機構部に、直接回転および直線拘束定義をおこない、荷重伝達効率を自動計算させた。

(2) 接触角 ディテントとディテントアームローラ、およびパーキングボールとブレーキレバーローラの接触角により、コントロールシャフトへの反力が変化する。従来は、コントロールシャフト回転角毎のディテントおよびパーキングボールの接触角を、計算式や作図により求めていた。

今回この接触角は拘束定義により自動計算をおこなった。接触部の摩擦による荷重も考慮した。ディテントとローラ、およびパーキングボールとブレーキレバーの関係を実際に則して定義するには、接触要素が用いられるべきであるが、計算時間を要し、かつ解析が不安定となる。このため、通常の操作では各部の接触は保たれると仮定して、ローラ中心の軌跡にて、点と曲線の拘束定義を用いた。

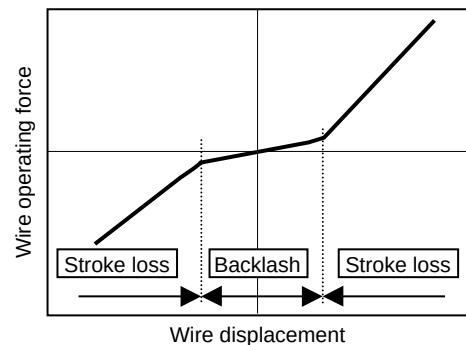


Fig. 11 Non-linear spring for wire displacement

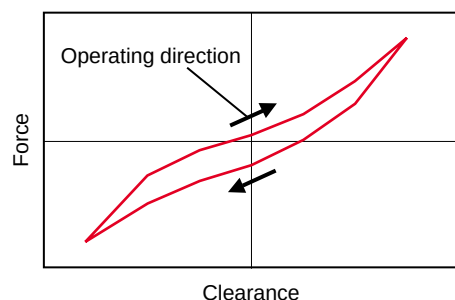


Fig. 12 Non-linear spring for lever stiffness and clearance

(3) ワイヤ特性 ワイヤ特性には、荷重に影響を与える荷重効率と摺動抵抗、変位量に影響を与えるバックラッシュとストロークロスの四つの要素がある。荷重効率は、セレクトレバー側リンク回転軸の摩擦を設定し荷重損失を発生させて再現した。従来考慮できなかった変位要素であるバックラッシュとストロークロスについては、ワイヤをモデル上で二分割し、その間を Fig. 11 に示す荷重に対し非線形な変位量を示す非線形バネで結合し設定した。

(4) セレクトレバー特性 セレクトレバーのがたと剛性は変位に影響を与えるので、Fig. 12に示すヒステリシスを持つ非線形バネを設定した。

(5) スプリング荷重 3.2.1 で得られたヒステリシス特性を含むパーキングブレーキレバースプリングの荷重を考慮するため、操作方向に依存して異なる荷重特性を設定した。また、パーキングブレーキレバーがコントロールシャフトに押し付けられている状態を再現するため、回転方向を規制する非線形スプリングを設定した。

(6) ツール化 この操作荷重予測手法を、設計者が容易に使用できるように、モデル作成を支援する手法を構築した。設計者は解析準備として、CADの3次元レイアウト上での基本的な拘束定義と、各種諸元を入力した解析のための定義ファイル作成をおこなう。定義ファイルを実行すると、解析は自動で実行され、予測結果がグラフ出力される。

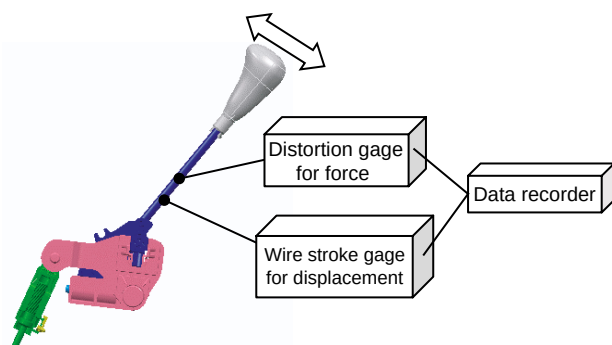


Fig. 13 Operating force test apparatus

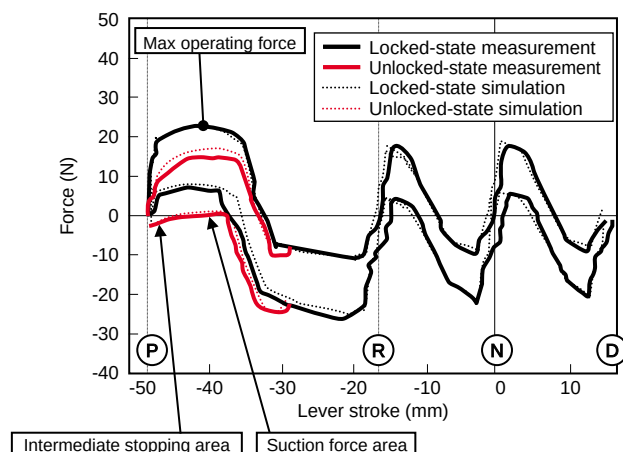


Fig. 14 Comparison of test result and simulation

以上により、ポイントでの予測であった従来手法に対し、荷重特性を線図として予測が可能となった。また、従来考慮不可能であった要素を追加した上で、ツール化により予測工数を半減する事が可能となった。

4. 予測精度の検証

全ストロークで実測値と予測値を詳細に比較するため、実機のレバー操作荷重と操作量の計測を、Fig. 13に示すひずみゲージとワイヤストローク計を用いておこない、デジタルでデータを取得した。

実測値と、本手法を用いて得られた予測値の比較を、Fig. 14に示す。乗り上げ時の中間とまり発生の有無、および噛み込み時の最大操作荷重については、精度良く予測できている。また、荷重および変位量とも、全ストローク域に渡り差異±5%以内の精度で予測されている。

5. まとめ

自動変速機のセレクトレバー操作荷重特性を、精度良く差異±5%以内で予測する手法を開発した。構築した技術を以下にまとめる。

- (1) セレクトレバー操作荷重特性に大きく影響を与えるねじりコイルスプリングのヒステリシス特性を、実験式により予測可能とした。
- (2) 機構解析ツールを用いて、セレクトレバー操作荷重特性に影響を与える主要な要因を考慮しながら、従来の半分の工数で、荷重特性線図を予測可能とした。

本手法の導入により、仕様検討段階で操作荷重の過大や中間とまりの発生が検証可能となった。

6. 参考文献

- (1) 市川信繁：機構解析による農業用トラクタの変速操作フィーリング評価, KUBOTA TECHNICAL REPORT, NO.31, p.87-92(1996)

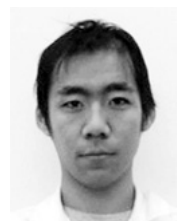
■著 者■



山岡 崇樹



野上 俊一



小林 章