

走行中パーキング投入における挙動解析技術の開発

Development of Parking Lock System Behavior Analysis

山岡 崇 樹*

Takaki YAMAOKA

野上 俊 一*

Shunichi NOGAMI

小林 章*

Akira KOBAYASHI

大本 浩 丈*

Hirotake OMOTO

要 旨

自動車用自動変速機のパーキングロック機構について、誤操作による走行中パーキング投入に対し、パーキングロックが防止できる仕様を求める予測技術の開発をおこなった。現象把握と予測精度向上のため、ギャップセンサを用いて実車でのパーキング構成要素の挙動計測を可能とし、高車速でのパーキングロック発生メカニズムを再現した。予測手法には機構解析を用いて、各構成要素間の衝突を考慮した。予測精度の向上のために、計測結果を基にした反発係数やスプリング減衰力の同定をおこなった。これにより、仕様検討の段階においてレイアウトの制限を考慮しながら、パーキングロックを防止する仕様を予測できるようになった。

ABSTRACT

Parking lock can occur when a driver inadvertently puts the automatic transmission lever into park while the vehicle is in motion. Prediction technology was developed to determine specifications that could help prevent the occurrence of parking lock. In order to understand the phenomenon and increase prediction accuracy, gap sensors were used to measure the behavior of the component elements of the parking lock device in an actual vehicle and parking lock was reproduced in a vehicle moving at high speed. In the prediction, multibody dynamics analysis was used to take into account collisions between component elements. The prediction accuracy was increased by identifying the restitution coefficient and the spring damping force. As a result, it was possible to predict the specifications that could help prevent parking lock from occurring while taking into account various layout restrictions at the investigation stage.

1. まえがき

近年、自動変速機の小型、低コスト化から、そのパーキングロック機構においても、構成要素の小径化、共用化、配置位置の多様化などへの対応と、開発期間の短縮化による短期間での仕様決定が必要とされている。

パーキングロック機構の機能は駐車時の駆動系ロックであるが、走行中パーキング投入する誤操作に対し、逆に駆動系ロックを防止しなければならない。従来も仕様によるロック発生の有無に対して定性的な傾向は把握されており、繰り返しのテスト確認により最終的な仕様熟成をおこなっていた。ただし、テストは実車でおこない、多数の仕様確認には工数を要するため、仕様によるロック発生の有無を予測する技術の構築が求められていた。

しかし、走行中パーキング投入に対して予測技術による

内部現象の考察⁽¹⁾が報告されているが、ロックの再現を目的としたものではなく、パーキングギヤとパーキングポールの衝突に対する定性的な傾向把握に止まっていた。

このシステムに対して、構成要素の高速挙動を把握する計測技術、及び機構解析による予測技術の構築をおこない、定量的に仕様変化による効果を把握し、また予測する事が可能となり、より効率的な開発が可能となったので、その内容を報告する。

2. 開発のねらい

2.1. 機構の説明

自動変速機のポジション切替え装置を 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、および両者を直結するワイヤから構成される。レバー操

*栃木研究所

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。コントロールシャフト上には、パーキングポジション（以下 P ポジション）時駆動系をメカ的にロックするパーキングロック機構が配置されている。

このパーキングロック機構の構成を Fig. 2 に示す。Honda では他社の採用しているコーン式と異なるレバー式の機構を多くの車種で採用している。パーキングブレーキレバー（以下 レバー）のローラを介して、パーキングボール（以下 ポール）が作動してギヤへ噛み込み、駆動系はロックされる。P ポジション以外のレンジでは、ボールはボールスプリングにより回転規制用のストップ側へ押し付けられている。また、停車時にパーキングギヤ（以下ギヤ）の位相によらず P ポジションへのレバー操作を可能とするため、Fig. 3 に示すように待ち機構としてレバーがねじりコイルスプリングを介してコントロールシャフトに組みつけられている。

2.2. 走行中パーキング投入

走行中にセレクトレバーを P ポジションに投入する誤操作をおこなうと、タイヤから駆動され回転しているギヤに、セレクトレバーに直結しているパーキングロック機構のボールは投入されるが、前述の待ち機構によりボールはギ

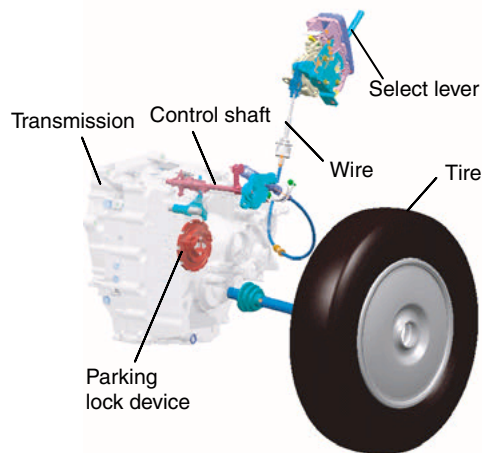


Fig. 1 Position selector

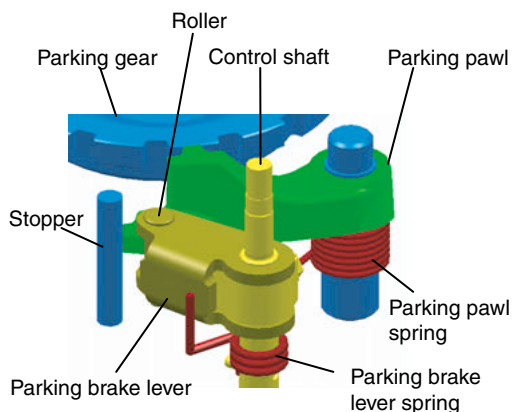


Fig. 2 Components of parking lock device

ヤに弾かれ噛み込まず、パーキングロックは防がれる。しかし、パーキングロック機構の仕様設定が不適切であると、比較的高い車速域でパーキングロックの発生する事が開発途中段階のテスト結果からわかっている。

2.3. 従来開発手法の課題

従来は実車による走行中パーキング投入テストで、ギヤの歯数、歯溝幅、面取り角度、ボール爪の角度、角 R の大きさ、レバースプリングの荷重などの各種仕様の効果確認をおこない、仕様決定していた。しかし、各仕様の効果が定量的ではなく、互いに影響しあうため、要件を満たす仕様の決定に多数のテストを必要とした。

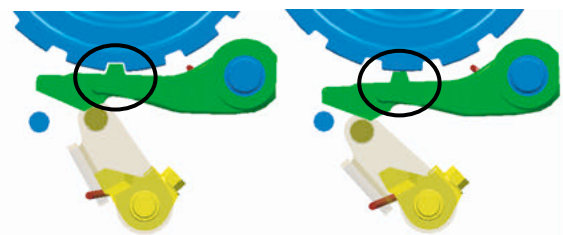
テストは駆動系の慣性マス及び剛性の違いにより、ベンチではなく実車でおこなわれる。計測は車速と加速度のみで、仕様の効果度合いの判定は困難であった。

このため仕様差効果を判定できる計測手法が必要とされ、実車変速機内部のパーキング構成要素の動きを把握できる計測技術の確立が必要であった。

また、自動変速機の小型、低コスト化に伴う構成要素の小径化、共用化、Fig. 4 に示すような配置位置の多様化、及び開発期間の短縮化などへの対応をおこなうために、予測技術の構築も必要とされていた。

そこで、下記をねらいとして開発をおこなった。

- (1) 走行中パーキングロック発生メカニズム再現
 - (2) 走行中パーキングロック予測技術の構築
- 以下に詳細を述べる。



(a) Locked state (b) Unlocked state

Fig. 3 Position of parking pawl and parking gear

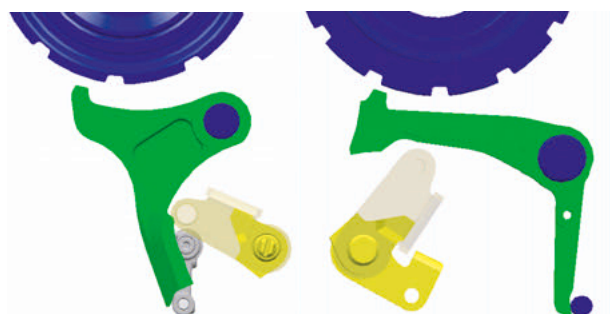


Fig. 4 Variations of parking lock devices

3. 実験解析技術

走行中パーキング投入時に実車変速機内部で起こるパーキング構成要素の挙動計測手法を構築した。これにより、走行中パーキングロックが発生するメカニズムの再現や、各仕様効果の定量的な把握を可能とした。

3.1. センサの選定と配置

計測対象はパーキング機構の構成要素であるポール、レバー、ギヤ、コントロールシャフトの回転挙動である。走行中パーキング投入により各要素は非常に高速で運動するため、高い応答性をもつ計測手法が必要であり、回転角についてもポールのギヤへの噛み込み量判定のできる高い分解能を持つ計測手法が必要である。また、計測はベンチではなく実車でおこなうため、変速機内部に設置できる必要がある。以上より、これらの要求を満足する小型で高応答性、高分解能なギャップセンサ(渦電流式センサ)を採用した。

変速機内部でのセンサの配置を Fig. 5 に示す。ポール挙動は回転方向に配置したギャップセンサから検出した距離を角度に変換し計測した。ストッパの無いレバーの挙動は回転量が大きく、回転方向にセンサを配置できないため、レバー端面に傾斜を設けてセンサを回転方向と直角に配置し計測した。ギヤは歯溝の位相を検出した。コントロールシャ

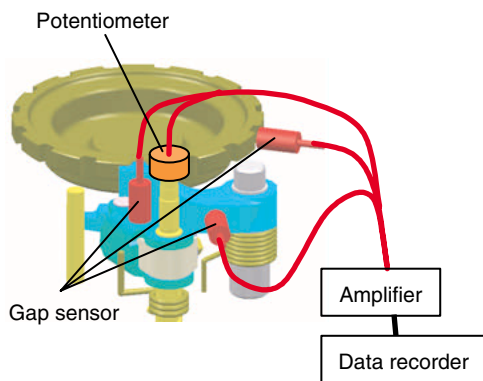


Fig. 5 Sensor layout inside transmission

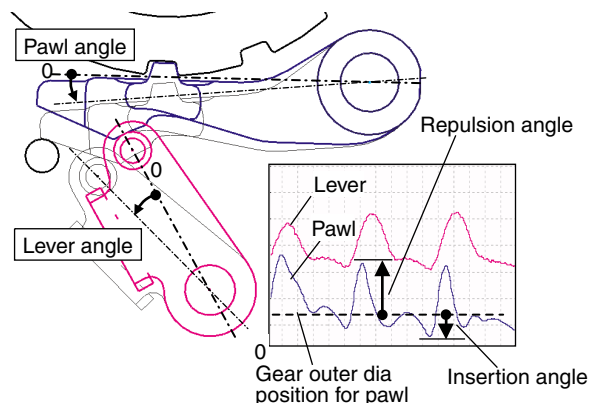


Fig. 6 Definition of pawl and lever angles

フトはケース外側に貫通しているため、ケース外部からポテンショメータで計測をおこなった。Fig. 6は各回転角の定義と出力例を示す。回転角はPポジションでの噛み込み状態を0としている。

3.2. 計測結果

この手法を用いて所定の車速からの投入で得られたレバーとポールの回転挙動の計測結果として、投入から停止までの間のレバーとポールの回転挙動をFig. 7のAに示す。停止までに数千回のポールとギヤの衝突が発生し、ある車速域で非常にポールの噛み込み量と、レバーの弾かれる量が大きくなる車速領域(以下 同期域)のある事をこの結果は示している。各車速域での挙動を考察する。

Fig. 7のBに、同期域における0.1secの間の挙動を示す。ポールはストッパとギヤとの間で回転規制され、ギヤからの弾かれによりその間を振動するが、レバーは回転規制されず、ポールからの弾かれにより大きな回転が発生している。これは、レバーとポールで回転挙動が異なり、レバーはポールに従動していない事を示している。

Fig. 7のCは、同期域よりも低車速域での0.1secの間の挙動を示す。回転量が小さく、ポールとレバーの動きが同じである事から、レバーとポールは離れずに従動している。

また、仕様の異なる計測結果を Fig. 8 に示す。この仕様では同期域が見られず、全域においてギヤとポールは従動している。

3.3. 弾かれ挙動の考察

仕様及び車速により弾かれる量が異なる原因は、大別して二つである。一つは弾かれる量を左右するポール爪部の

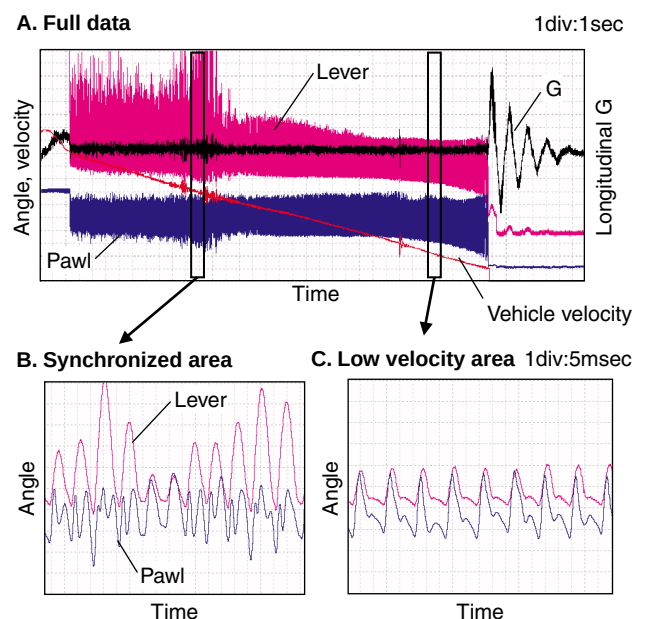


Fig. 7 Example of measurement result

ギヤと接する面の角度、及びボールがレバーのローラと接する面の角度である。ボールの弾かれる量はギヤとの衝突角度と衝突速度に依存する。例として Fig. 9 の A に示すようにギヤ面取り部とボール爪の R 部が衝突する場合には、衝突角度が大きいため衝突面垂直方向への衝突速度成分は大きくなり、ボールの大きな弾かれが生じる。一方、Fig. 9 の B に示すようにギヤの面取り角部とボール爪の端部が衝突する場合には、衝突角度が小さいため衝突面垂直方向への衝突速度成分は小さくなり、ボールの弾かれる量は小さい。同様に、レバーの弾かれる量はボールとレバーのローラとの衝突角度と衝突速度に依存する。

もう一つはタイミングを左右する歯溝の数である。ボールがギヤに弾かれ、レバースプリング荷重やストッパでのねられにより再びギヤに戻った時に、歯溝へ直接入るようにタイミングが一致した場合には、ボールがギヤ外周を摺動し歯溝へ入り込む場合に比べ、噛み込み量は大きくなり、非常に大きな弾かれが生じる。

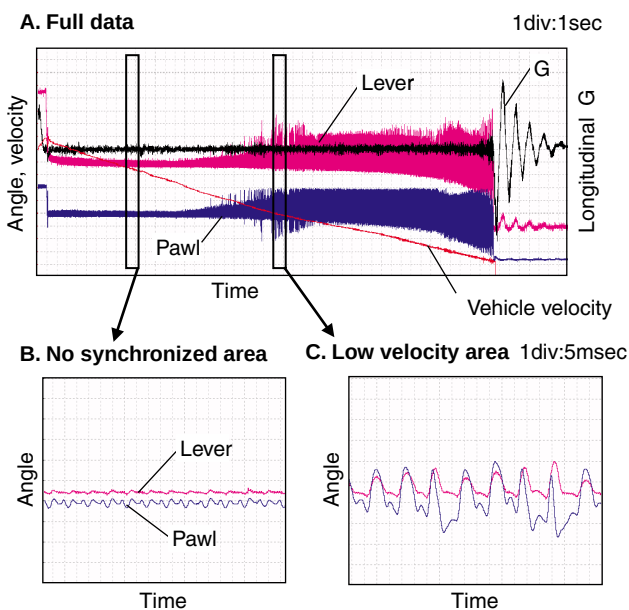


Fig. 8 Measurement result of other variation

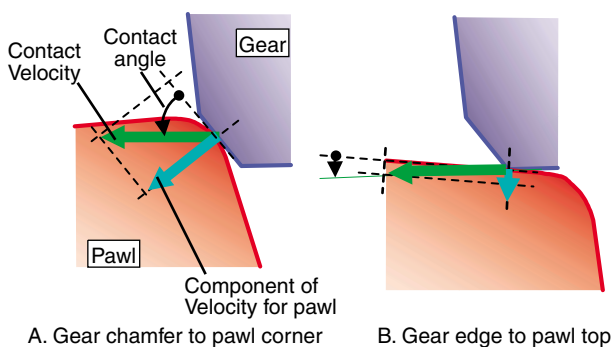


Fig. 9 Contact between gear and pawl

3.4. 走行中パーキングロックのメカニズム

Fig. 10 にボールの回転角(ギヤ噛み込み量)によるレバーの衝突角度変化を示す。ローラがボールのレバー側の角を越えて衝突角度が大きく変化し、Fig. 10 の B のようにレバーの回転方向成分がほとんど発生しなくなった場合に、ギヤがボールを弾き出せずロックが生じる。

しかし、高車速時はボールの噛み込む速度に対しギヤ歯溝の開いている時間が少ないため、レバーとボールが従動している通常の状態では、レバーの押し込み力で歯溝奥までボールが噛み込む事はできない。

上述した位置まで高車速時にボールがギヤへ噛み込むメカニズムを再現するため、開発途上でロックが生じやすかった仕様にてロック発生時の内部挙動計測をおこなった。Fig. 11 にロックが生じる数 msec 前までの挙動を示す。図内の破線はギヤ歯溝が現れるタイミングを示し、太枠内は噛み込み停止の瞬間の挙動であり、合せてこの時の挙動を図示している。ボールの戻り周期と、ギヤ歯溝周期が一致し

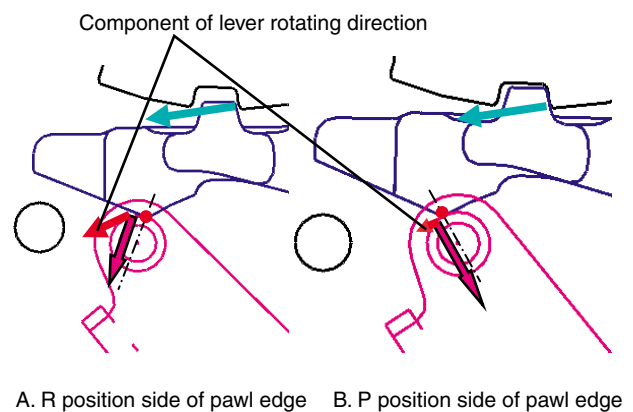


Fig. 10 Relation between lever and pawl

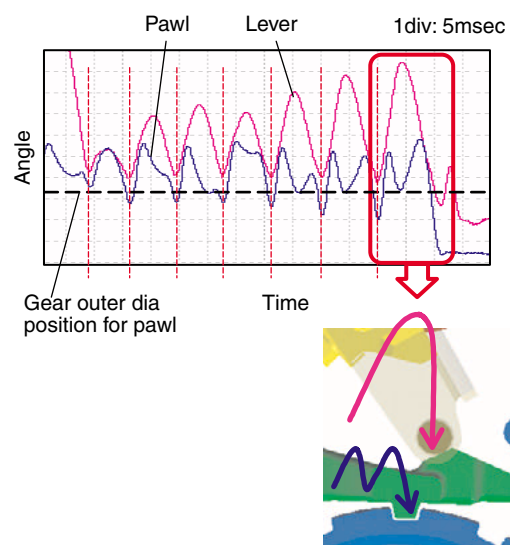


Fig. 11 Parking lock at high speed

始めると、噛み込み量の増大によりポール及びレバーの弾かれる量は大きくなり、これにレバーの戻り周期も同期した場合、ポールは高速でギヤ歯溝奥へ押し込まれ、ロックが発生した。

計測の結果、この特性に大きく影響する因子は、ギヤの回転速度、歯数、レバースプリング荷重、ギヤとポールの衝突角度、及びポールとレバーの衝突角度であった。

4. 予測技術

計測で得られた特性を基に、機構解析によって予測モデルを構築し、仕様による走行中パーキング投入でのロックの発生有無を予測可能とした。

4.1. 予測手法の構築

3.2. 節にて得られた計測結果は、内部挙動が非常に複雑で、互いの挙動が相互に影響し合う非線形な挙動である事を示している。このため走行中でのパーキングロックを予測するには、回転規制や部品間の衝突を考慮してこの挙動を再現する必要があった。そこで予測には衝突と回転挙動を高速で演算できる機構解析を使用した。

Fig. 12に予測に用いたモデルを示す。走行中パーキングロックの再現には車両までを考慮する必要があるが、寄与度分析の結果、モデルをパーキングロック機構周りと駆動系のイナーシャモーメントのみに簡易化している。

モデルでは各部品間の衝突を考慮しており、特にギヤとポール間では面や角等のどの部分同士が衝突するかといったさまざまな衝突形態に対応するため、曲面同士の接触を計算できる接触要素を用いた。計算エラー回避のため、ギヤの面取り角部等のピン角部は解析上微小なRを付加してモデリングしている。

また、計測でポールの噛み込み時に駆動系に振れが発生し、ギヤ側の回転速度に変動が生じていたため、モデルではギヤ側とタイヤ側のイナーシャモーメントを駆動系の振れ剛性相当のバネにて結合した。車体の等価イナーシャモーメントは、タイヤ側に付加している。

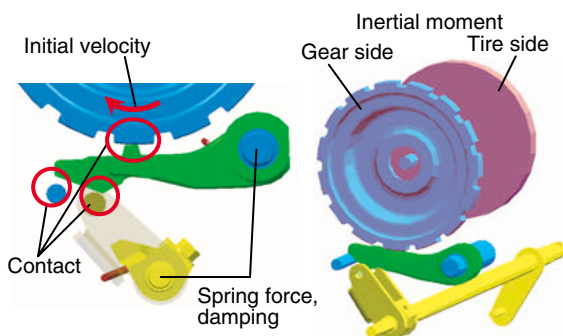


Fig. 12 Simulation model

解析のプロセスは実測と同様に、まずギヤとタイヤを初期回転速度とし、トルクをタイヤ側に与えて減速をおこない、続いてコントロールシャフトをPポジションまで回転させ、走行中パーキング投入の状態を再現している。

解析によるギヤ停止までの内部挙動の予測結果から、ポールの噛み込み量が 3.4. 節で前述した位置まで発生するかにより、パーキングロック発生を判定している。

4.2. 予測精度の向上

4.2.1. レバースプリング部の減衰係数同定

レバースプリング部で発生する減衰は、スプリングの線間摩擦、及びシャフトやレバーとの摺動により発生する。減衰は速度依存であるため、高速挙動するこの機構においては弾かれ挙動の抑制に大きく影響し、予測にはこの同定が不可欠である。この減衰の同定は実際の弾かれ状態の速度にておこなう必要があるが、非常に高速であるため単体で再現するのは困難であった。このため、コントロールシャフトにひずみゲージを貼り、レバースプリング部で発生するトルクを走行中パーキング投入時に計測した。得られた値から計測回転角とバネ乗数より計算されたバネ力を引いて減衰力を求め、減衰係数を得た。

4.2.2. 反発係数の同定

衝突挙動の予測にて考慮される反発係数は、各部品単体の衝突テストをおこない、その挙動を予測にて逆算する事により得られた。得られた値は一般的な値よりも低く、システムの他の部位の影響も含む値となっていると推定される。

4.3. 予測精度の検証

ある機種での、車速に対するポール噛み込み量の計測結果と予測結果を Fig. 13 に示す。太枠内が同期を示している領域である。ポールのギヤへの噛み込み量、同期車速とも良い相関を示している。

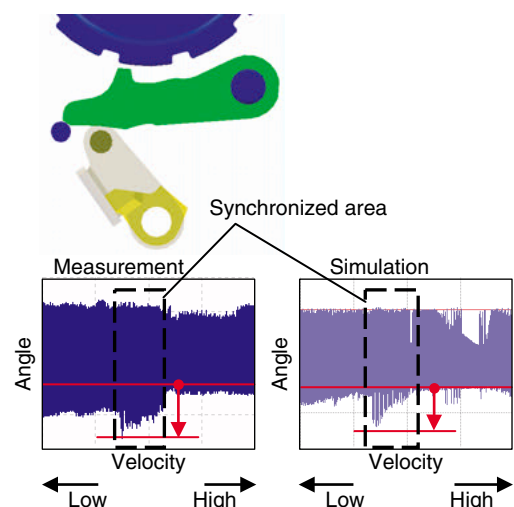


Fig. 13 Comparison between measurement and simulation

5. まとめ

自動車用自動変速機のパーキング機構について、回転挙動を計測可能として、パーキングロックの発生するメカニズムを再現し、その予測手法を構築した。

以下に要点をまとめる。

- (1) 実車走行中にパーキング投入をおこなった場合のパーキングロック機構の回転挙動を、ギャップセンサを用いる事により計測可能とした。
- (2) 計測結果により、高車速パーキング投入で、ギヤの歯溝周期とポールとレバーのギヤに弾かれて戻る周期が同期した時に大きな噛み込みが発生し、パーキングロックの発生するメカニズムを再現した。
- (3) 機構解析により走行中パーキングロックの予測手法を構築し、計測データから得られたブレーキスプリングの減衰係数等により予測精度を向上した。

これにより各種の設置上の制限を考慮しながら、走行中のパーキング投入によりパーキングロックを防止できるパーキング機構の仕様決定が可能となった。

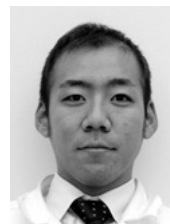
参考文献

- (1) 工藤潔, 若林由浩: オートマチック車パーキングシステムの作動シミュレーション, 自動車技術会, 学術講演会前刷集, No. 954, p.65-68(1995)

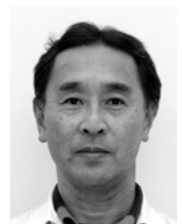
■著 者■



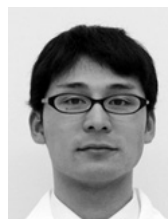
山岡 崇樹



小林 章



野上 俊一



大本 浩丈