

## グリップセンサー付きハンドルの開発

水野喜夫<sup>\*1</sup>, 木原久典<sup>\*1</sup>, 岡田啓誉<sup>\*1</sup>

杉山剛司<sup>\*2</sup>, 塚本尚樹<sup>\*2</sup>

### Development of Steering Wheel with Grip Sensor

Yoshio Mizuno<sup>\*1</sup>, Hisanori Kihara<sup>\*1</sup>, Hiroataka Okada<sup>\*1</sup>

Takeshi Sugiyama<sup>\*2</sup>, Naoki Tsukamoto<sup>\*2</sup>

#### 要旨

現在、運転支援システムの車線維持機能においてハンドル操作はドライバー主体であり、ドライバーによるハンドル保持が必要となっている。今回ハンドル保持状態を正確に検知できるグリップセンサー付きハンドルを開発・量産化した。

本製品の特長としてハンドルのヒーターエレメントとセンサーエレメントを世界で初めて一体化し、昇温性能を損なわずにセンサー機能を両立化させたことである。

本稿では主な技術としてハンドル保持の検出技術、ヒーター使用におけるセンサー値補正技術について報告する。

#### Abstract

Steering wheels are operated by the vehicle driver, and for the lane keeping function of current driving support systems the steering wheel needs to be held by the driver. We developed and are mass producing a steering wheel with a grip sensor that can detect with high accuracy how a steering wheel is being held. An advantage of this product is that it provides a sensor function with no loss to heating performance by integrating the heater element and sensor elements of the steering wheel for the first time in the world. This report describes the detection technology and sensor value correction technology used in these steering wheels.

## 1. はじめに

近年、安全性向上、ドライバーの運転負担軽減のため、走る、曲がる、止まるをドライバーに代わり自動車側でサポートする運転支援システムの装備が進んでいる。その中でも高速道路での車線に沿った走行を支援する車線維持機能があるが、ハンドル操作はあくまでもドライバー主体であり、ドライバーがハンドルを握って運転していることがシステム作動条件となっている。そのためシステムにおいてはドライバーがハンドルを握っていることを検知する技術が不可欠となっている。

その検知方式としてこれまではドライバーによるハンドル操舵の回転トルクを検出するトルクセンサーが主流であったが、検知性能の更なる向上のためドライバーがハンドルを握る時の接触量を

検出するセンサー（以下、グリップセンサー）の必要性が高まっている。そのため豊田合成では国内初となるグリップセンサーをトヨタ自動車と共同開発し、新型レクサスLSに搭載された。本稿では開発した主な技術内容を報告する。

## 2. 開発品コンセプト

### 2-1. グリップセンサーの基本原則

今回開発したグリップセンサー付ハンドルにはスマートフォンや携帯電話などに使われている静電容量方式を採用している。人体は静電容量を保有しており、人がハンドルに触れたときの静電容量の増加分を電子制御ユニット（ECU：Electronic Control Unit）から微小電流を流すことで検知している（図-1）。

\*1 商品開発部 ボデー開発室

\*2 電子デバイス開発部 電子技術室

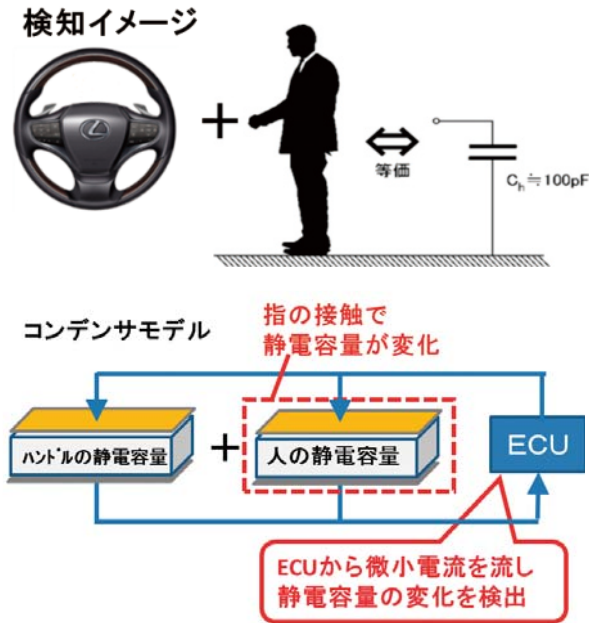


図-1 基本原理

人体の静電容量は体格により大小があり<sup>1)</sup>、ハンドルを握る手の大きさや指の本数によっても変わる(図-2)。今回の開発品では体格、手の大きさ、指の本数の違いがあってもカバーできる測定範囲を自動調整することで確保しており、ドライバーの体格差に左右されないグリップセンサーとなっている。

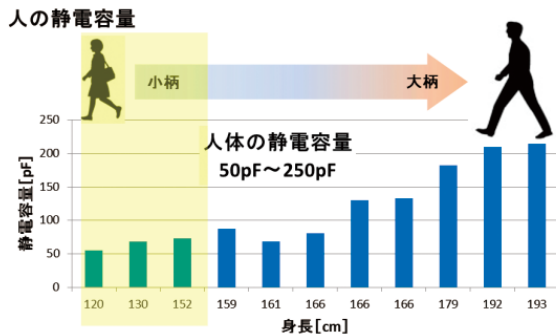


図-2 人の静電容量<sup>1)</sup>

## 2-2. グリップセンサーの判定ロジック

グリップセンサーは、人の手がハンドルに触れたとき(以下、保舵)や放したとき(以下、手放し)の静電容量の増減を検知(以下、グリップ検知)している。保舵や手放しの判定にはセンサー値の立上りや立下り起点(以下、微分値)と、起点からの変化量(以下、相対値)を計測している。保舵や手放し判定は、微分値や相対値を使用した独自の判定ロジックを採用しており、様々な握り方や放し方、周囲環境の変化に対応させている。

## 2-3. グリップセンサー構造と開発品の特長

基本構造としてはハンドルのグリップ部に静電容量を検出するためのセンサー部とハンドル中央のパッド部に判定するためのECUを内蔵する構成となっており、すでに他社でも量産化されている。

開発品の特長としてはヒーターハンドルに使用されているヒーター線をセンサーとして兼用する1層構造になっており、ヒーター線の上にセンサーを配置する他社の2層構造に比べ、構成部品が少ない、構造が薄い、ヒーターの昇温性能にも影響がないことでコスト、ハンドル触感、ヒーター性能に有利なものとなっている(図-3)。

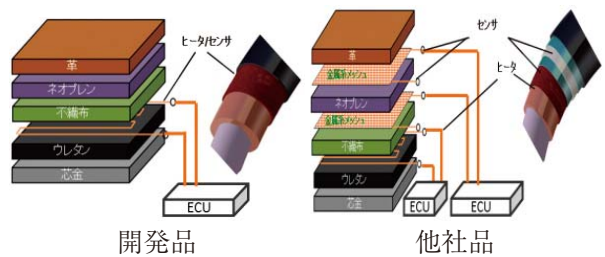


図-3 ハンドル構成比較

## 3. グリップ検知技術

### 3-1. センサー部の構成

図-4に開発品の構成を示す。ヒーター線はエレメント上に一筆書きで配置されており、エレメントは左右に分割されている。エレメントは革とともにウレタン、芯金からなるハンドル素材に巻きつけられ、ハンドルを構成している。

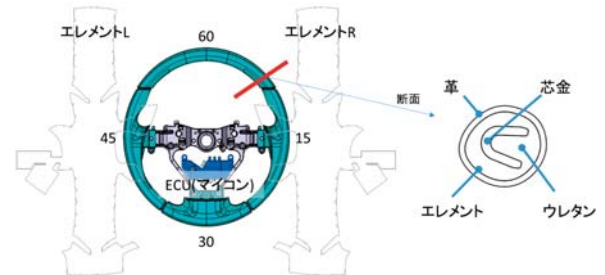


図-4 ハンドルの構成

### 3-2. グリップ検知特性

検知特性は保舵性能、手放し性能の2つがある。

保舵性能：ドライバーの緩い握り方の条件

手放し性能：ハンドル近傍に手があるが触れていない条件

閾値はシステムが保舵もしくは手放しを判定する検知量のこと、保舵はそれ以上であること、手放しはそれ未満であることが求められる。

図-5 に従来のヒーターハンドルにグリップ検知機能を付与したときの保舵性能を示す。見方としてはハンドル周方向における検知量を表している。

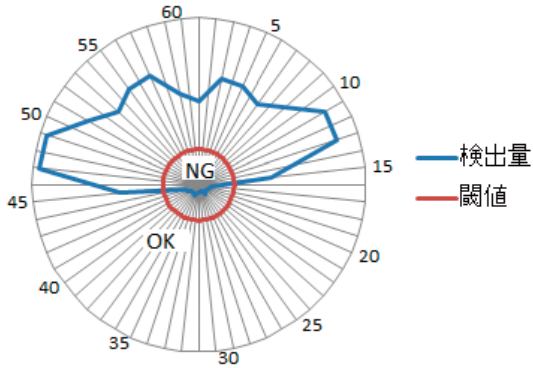


図-5 初期品の保舵性能

この結果ではハンドル上半分は検知できているが、下半分では検知できていないことが分かる。これはセンサーであるヒーター線長の位置によって検知量が異なることに起因している。

### 3-3. ヒーター線配置の最適化

ハンドル全周においてグリップ検知特性を確保するため、ヒーター線長による検知量を調査し、それに応じたヒーター線の配置の最適化を行った。図-6 にヒーター線の配置を示す。開発品（最適化後）はエレメント内の上下で検知量の偏りなく、かつ、検知量の高い部分を人の指がハンドルに触れ易い位置に、検知量の低い部分を人の掌がくる位置に配置した。

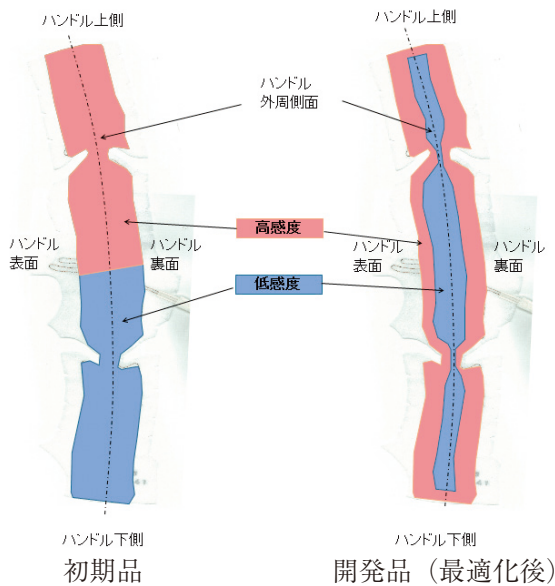


図-6 ヒーター線配置

ヒーター線配置を変更したときの保舵及び手放し性能を図-7, 8 に示す。ヒーター線配置を最適化することでハンドル全周においてグリップ検知特性を満足することができた。

これらの結果からドライバーのハンドルの保舵と手放し状態を正確に判別することができている。

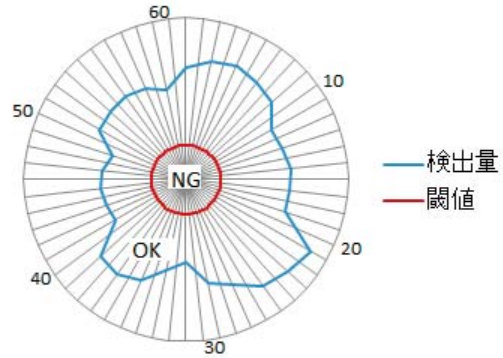


図-7 開発品（最適化後）の保舵性能

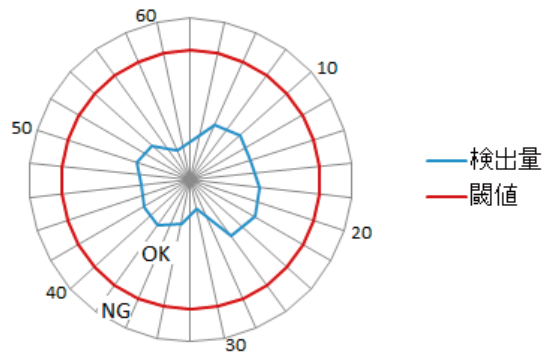


図-8 開発品（最適化後）の手放し性能

## 4. センサー値補正技術

### 4-1. ヒーター作動時のセンサー値変動

ヒーター・センサー兼用方式のグリップ検知では、ヒーター作動時、急激な電流変化と温度変化によりセンサー値が変動し、グリップ検知の判定結果に影響する可能性がある。そのため、その影響を補正する技術を開発した（図-9）。

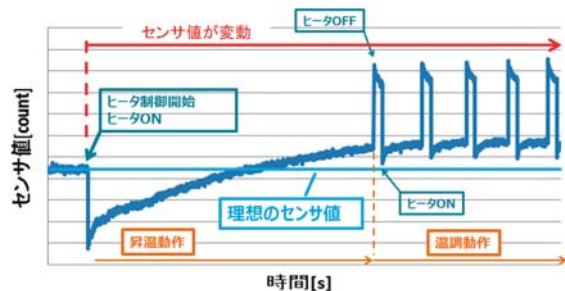


図-9 ヒーター駆動時のセンサー値変動

#### 4-2. センサー値変動の解析と対策

センサー値の変動は、センシング回路のインピーダンス特性変化およびハンドル素材の誘電率変化に起因しており、その変化を引き起こす要因である電流・電圧・温度の変化の仕方から、変動のパターンを以下の3種類に分類した(図-10, 表-1)。

- ① 電流・電圧の変化に起因する速い変動
- ② 回路部品の熱応答性に起因する遅い変動
- ③ 材料の温度特性に起因する単調な変動

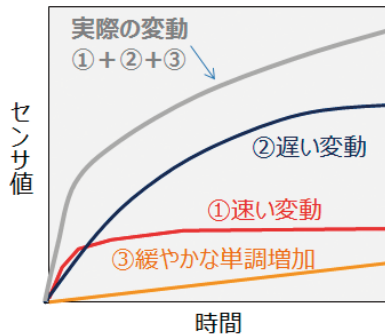


図-10 温度上昇中のセンサー値変動

表-1 センサー値変動因子

変動種別	変動因子	回路に与える影響
① 速い変動	ヒータ電流	ヒータ電流急変によるセンシング回路のインピーダンス変化
	電源電圧 (ヒータ電流)	ヒータ電流急変によるセンシング回路のインピーダンス変化
② 遅い変動	ヒータ線温度 (ヒータ電流)	ヒータの PTC 特性にて温度とともに電流が変化 センシング回路のインピーダンス変化
	ヒータ線温度 (誘電率変化)	ヒータ線近傍の素材はヒータ線の温度変化の影響を受け、誘電率が変化。 (①より遅れて変化)
③ 緩やかな 単調増加	ヒータ線温度 (誘電率変化)	芯金近傍の素材は、芯金に熱を奪われるためヒータ線近傍に比べ、緩やかに温度が上昇。誘電率も緩やかに上昇。

表の①②③の和をセンサー変動の理論値とし、理論値と実際に得られるセンサ値との比率から、マイコンにてセンサ変動を補正する。上記方法にて、ヒーター制御中のセンサー値変動波形(上段)を、判定に影響しないレベルまで補正(下段)することに成功した(図-11)。

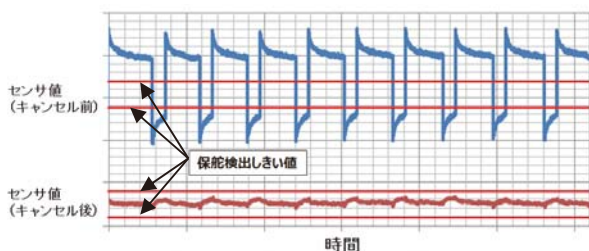


図-11 キャンセル後のセンサー値  
(ヒーター温調制御中のセンサー値)

このセンサー値補正技術は、ヒーター作動時の変動を始め、ばらつきや経年劣化で生ずるばらつき(個体感度差)も補正することができ、誤りのない保舵手放し判定を実現している。

#### 5. まとめ

本稿では静電容量方式を採用し、ヒーターハンドルの構成をベースに、ヒーター線をセンサーとして最適配置する技術、ヒーター作動によるセンサー値を補正する技術などを開発し、人の手が触れていることや放していることが正確に検知できるハンドルを開発することができた。

今後、益々進展する運転支援を含む自動運転技術の中でドライバーとクルマの接点であるハンドルにおいては、より一層の安心、安全を提供することができると考えており、これからも様々な機能を取り込む製品開発に取り組んでいきたい。

#### 謝辞

最後に開発、量産化にあたり、多大なるご協力、ご指導をいただいたトヨタ自動車株式会社 第1先進安全開発部の皆様をはじめとする関係方々に御礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 電子情報通信学会論文誌 B Vol. J84-B No.10 pp.1841-1847 2001年10月より抜粋

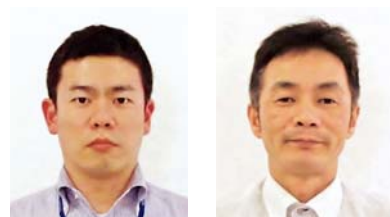
#### 著者



水野喜夫

木原久典

岡田啓誉



杉山剛司

塚本尚樹