1303 低速走行時の操舵における問題点の抽出とその解決法に関する考察

A Study of the Steering Operation Problems and Solution

○正 北原圭 (東京農工大) 学 玉川迅 (東京農工大)

正 吉田秀久 (防衛大)

正 ポンサトーン ラクシンチャランサク (東京農工大)

正 毛利宏 (東京農工大)

Kei KITAHARA, Tokyo University of Agriculture and Technology, 2-24-16 Naka-cho, Koganei, Tokyo

Shun TAMAKAWA, Tokyo University of Agriculture and Technology

Hidehisa YOSHIDA, National Defense Academy, 1-10-20 Hashirimizu, Yokosuka, Kanagawa

Pongsathorn RAKSINCHAROENSAK, Tokyo University of Agriculture and Technology

Hiroshi MOURI, Tokyo University of Agriculture and Technology

Abstract

We studied the steering operation problems in order to reduce drivers' effort during low speed driving. At first, we developed the steering grip position detector in order to record the steering behavior of drivers. This device was equipped pressure sensors on a steering wheel surface to detect steering grip position. In addition, hall effect sensors was embedded in the steering wheel surface to distinguish right or left of hand. Driver put a ring which was equipped a magnet on his fingers. N poles was placed a downward direction on right-hand ring. On left-hand ring, S poles are downward. Thus, the direction of the magnetic flux changes depending on whether right-hand or left-hand, and it can detect which hand a driver is gripping. As a result of comparing steering operation of beginner driver and skilled driver using this device, beginner driver generated changing of steering grip position many times and gripped at a various position on the steering wheel. In addition, meandering driving was observed. From this reason, we concluded that one of the problems in the steering operation is changing of steering grip position, and we develop the new steering system to solve the problem.

Key Words: Steering system, Steer-by-wire, Human-machine-interface, Steering operation

1. 緒言

ドライバの操舵行動を表す指標はこれまでに数多く提案されてきた。安部らは前方注視点と操舵の関係に着目したドライバモデルを構築し、そのパラメータを同定することによってドライバの特性を表している⁽¹⁾。また、竹原らは操舵角に着目し、操舵波形のピーク値や操舵総量、ステアリングエントロピー法などを用いて解析を行っている⁽²⁾。これらは、単純に操舵角を検出してドライバ特性を表現しているが、ステアリングホイールの操作の仕方については検討されていない。ドライバがどのように上肢を動かし、ハンドルを操作しているかも考慮すると、操舵中に感じる負担の解明や、運転支援手法検討の足掛かりになると考える。

本研究は、操舵における問題点を明らかにし、その問題を解決することによって、より直感的で負担の少ない操舵系を提案することを目的としている。本報では、ドライバの操舵行動を記録するために製作した把持位置検出装置の概要と、走行試験の結果の一部を紹介する。

2. 把持位置検出装置

操舵中、時々刻々と変化するステアリング把持位置を記録するために、把持位置検出装置を製作した。図1に装置の部分断面図を示す。

Fig.1 Cross-sectional views of the device

図1のように、ステアリングホイール円周の表面上に圧力センサを配置した。把持によってステアリングホイールが加圧されると、その箇所を特定することができる。また、把持が左右どちらの手によるものかを判別するために、ステアリングホイール円周上にホールICを配置した。ホールICはホール素子を用いた非接触式の磁気センサであり、磁界の強さや変化を検出することができる。ドライバは図2のように磁石の付いた指輪を装着する。そしてこのとき、右手はN極、左手はS極を下向きにするといったように左右でホールICに入る磁束の向きを変えることによって、左右の手を判別することができる。このようにして、ドライバが運転中、左右の手をどのように動かし、ハンドルを操作しているかを、ドライバに違和感を与えることなく記録することができる。

また、データの通信には2.4GHz帯の無線モジュールを用いた。ステアリングホイール円周上で検出された位置データは、マイコンに収集され、無線送信機によって外部のDSPへ送信される。このようにしてステアリングホイール-車体間の配線を省略し、ハーネス巻きつきなどによる操舵感の変化をなくし、さらに、脱着を容易にした。

Fig.2 Mechanism of the left and right discrimination

3. 走行試験

製作した把持位置検出装置を用いて、走行試験を行った。装置を市販車に搭載し、約 10km/h で直角に右折する様子を記録した。図 3 に熟練ドライバの 1 回分の操舵記録、図 4 に初心者ドライバの操舵記録をそれぞれ示す。太い実線は、ステアリングホイールと一緒に回転する座標系上の把持位置を表す。(○)は持ち替え操作のためステアリングホイールから手を放した点であり、(●)は再び把持した点である。ここで把持位置は、ステアリングホイールの上部を 0[deg]とし、右回りを正とした角度で示す。細い実線は操舵角を表す。

Fig.3 Skilled driver's steering operation

Fig.4 Beginner driver's steering operation

切り込み操作の際、熟練ドライバは操舵角が約 90[deg]のあたりで最初の持ち替えを始めている。これに対して、初心者ドライバは 150[deg]からと遅い。また、次の持ち替えにおいても、熟練ドライバは操舵角が約 225[deg]のあたりから始めているのに対し、初心者ドライバは 270[deg]からである。このように初心者ドライバはステアリングホイールを離すのが遅く、無理な姿勢になるまで把持してしまう傾向がある。また、最大操舵角時には熟練ドライバは両手で把持しているが、初心者ドライバは直前に無理な姿勢となっていたため左手を離している。そして切り戻しの間もしくは左手を離した状態が続き、切り戻しの多くの操舵を右手のみで行っている。最大操舵角は熟練ドライバが 360[deg]であるのに対し、初心者ドライバは 510[deg]と大きい。このように初心者ドライバの把持行動には操舵を不安定させる要素が多数あり、実際に☆部のような蛇行なども起こっている。また、左右合わせた持ち替え操作の回数は熟練ドライバが 4 回であるのに対し、初心者ドライバは 6 回と多い。

図 5 に操舵中の右手と左手の位置関係をプロットした図を示す。ここでは両手で把持しているときのみを選んでプロットした。プロットしたデータは右折 12 回分である。第四象限が最も基本的な把持位置であり、このとき両手の距離が十分あり操舵しやすい位置関係を網掛けで表した。(a)の熟練ド

ライバの結果を見ると、ほとんどが網掛けの部分に収まっていることがわかる。一方、(b)の初心者ドライバの場合は、網掛けを外れ第一象限から第四象限すべての領域に分散している。特に第二象限は、直進時の把持位置と正反対の位置であり、この位置を把持することは、その後の持ち替え操作のしやすさにも悪い影響を与えられと考えられる。

(a) skilled driver (b) beginner driver
Fig.5 Relationship of left-hand and right-hand

以上、走行試験では初心者ドライバと熟練ドライバの間に明確に把持行動の違いがみられ、操舵の安定さにも深く関わっていることが分かった。今後は習熟度や技量などの異なる運転者の操舵行動をデータベース化し、操舵における問題点の抽出を行っていく。また、その問題点を解決する手法を検討していく。上記試験結果やこれまでの研究を踏まえ、我々は、操舵における問題点の一つはステアリングの持ち替え操作であると考えている。ステアリング持ち替え操作を不要にすることができれば、不適切な位置を把持し操舵が不安定になることや、持ち替えに気を遣うことがなくなり、楽に操舵をすることができるように考えている。この結果は「上肢の運動に着目した新しい運転操作系の提案」⁽³⁾と題し、発表しているため、本報では割愛させていただく。

4. まとめ

運転中、時々刻々と変化するステアリング把持位置を記録するために、把持位置検出装置を製作した。

- ・圧力センサをステアリングホイール円周表面に配置することにより、把持位置が検出できる。
- ・ホール IC をステアリングホイール円周内に埋め込み、手に装着された磁石の極性の違いによって、左右を判別することができる。

また、走行試験より、下記特徴を確認した。

- ・初心者ドライバの操舵には、無理な姿勢で把持している場面や、持ち替え操作がしにくくなる位置を把持している場面が多々みられた。また、ステアリング持ち替え回数も多く、蛇行がみられる場合もあった。
- ・熟練ドライバは安定して操舵できる位置を把持しており、持ち替え回数も少ない。

5. 参考文献

- (1) 安部正人, “自動車の運動と制御”, (2003)
- (2) 竹原昭一郎, 須田義大, 深田修, 下山修, “操舵行動におけるドライバ個人特性解析に関する研究”, 自動車技術会論文集 40(3), 899-904, (2009)
- (3) 北原圭, 孕石泰丈, 毛利宏, “上肢の運動に着目した新しい運転操作系の提案”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.79, No.806(2013).