

ドレミハンドル: 操舵角に応じた音提示手法の 複数種のカーブを用いた検証

松田さゆり¹ 中川由貴¹ 船崎友稀奈¹ 渡邊健斗¹ 大石琉翔¹
中村聡史¹ 小松孝徳¹ 鳥居武史² 澄川瑠一² 高尾英行²

概要: 自動車の初心者ドライバにとって、カーブ走行は操舵の量やタイミングが感覚的で習得が容易ではない。我々はこれまでの研究において、操舵角に応じた音階の音を鳴らすことで運転を支援するドレミハンドルを提案してきた。しかし、ドレミハンドルと通常のハンドルとで修正舵回数に有意差はなく、実験デザインに問題があったことが示唆された。そこで本稿では、テストを別途設けるなど実験デザインを改め、複数カーブを対象に比較実験を行った。予備実験の結果、事前にカーブの種類を明示する必要があるとわかったため、さらにシステムの改良を行った。また改良システムを用いた実験の結果、通常ハンドルに比べドレミハンドルの修正舵が有意に減少し、ドレミハンドルが運転を支援する可能性が示唆された。

キーワード: 操舵角, 修正舵, 音階, 運転

1. はじめに

初心者ドライバにとってカーブや斜面、交差点や高速の合流などの運転は容易ではなく、苦手意識をもつ人が多い。我々がこれまでの研究[1]で行った、運転免許を保有する男女 2,000 人を対象とした自動車運転に関するアンケート調査でも、全体の 23%が運転に対して苦手と回答し、運転を苦手とする人の 52%がハンドル操作を難しいと回答していた。このことから、運転が苦手な人はハンドル操作に問題を抱えていることが多いといえる。

ここで、ハンドル（ステアリングホイール）操作が特に重要であるカーブ走行は、運転中に先が見えづらいことや、ハンドルを回すタイミングや量が視覚と腕の感覚に委ねられているために、様々なカーブを運転して徐々に慣れていく必要があるため、初心者ドライバにとって習得が容易ではない。我々はこの問題を支援するために、運転初心者がカーブ走行をできるだけ早く把握および習得可能にするシステムの作成を目指している。

我々はこれまでの研究において、操舵角（ステアリングホイールの回転角度）を音により感覚的に把握可能とする手法「ドレミハンドル」（図 1）を提案してきた[1]。このドレミハンドルは操舵角に応じて、離散的に音階のサイン波が鳴るものである。本手法により、ユーザはカーブ走行において、視覚と腕の感覚だけでなく、聴覚でも操舵角の変化を把握することができるため、運転技能の向上が見込めると仮説を立てていた。しかしこのドレミハンドルをドライビングシミュレータに実装し、実験を行った結果、ドレミハンドルを使用する方が修正舵に減少傾向が見られたが、有意差はなかった。

ここで、有意な差が認められなかった理由として 2 つ考

えられる。1 つ目は同じカーブを繰り返し走行する実験を行ったため、単調で飽きが生じるなど実験参加者の集中力に結果が左右されてしまったことである。また 2 つ目は、連続で走行してもらったため、全体を通してメリハリがなく、実力を調査する方法として不十分であったことである。

そこで本研究では、運転初心者がカーブ走行の際にできるだけ安定した操舵を習得可能とすることを目的とし、複数種のカーブを走行する場合のドレミハンドルの効果を検証する。実験では複数種のカーブを走行することで、実験自体が単調でなくなるとともに、カーブ角度ごとに必要なハンドル回転量を身につけやすくなり、運転技能が向上すると考えられる。また実験を 3 つのフェーズ（ベース・練習・テスト）に分けることにより、特にテストに対して意識付けを行う。以上のような実験の改良により、ドレミハンドルの有用性を改めて検証する。



図 1 ドレミハンドルのイメージ図

1 明治大学
Meiji University
2 株式会社SUBARU
SUBARU CORPORATION

2. 関連研究

2.1 数値データの可聴化

数値データの大きさを音で表現する研究は様々なものがある。浅野ら[2]は、グラフの上昇傾向や下降傾向などの形状を表現する手法として、対象となるデータの最大値・最小値に最も高い音と低い音を割り当てる方式や、対象となるデータがとる可能性のある最大値・最小値に最も高い音と低い音を割り当てる方式を提案している。しかし、実際にどのような効果があるかについては十分な検証は行われていない。

Bruce ら[3]は、数値データの大きさを音階で表現することによって数値の大きさを感覚的に理解することを可能とした視覚障害者のためのアプリケーション AudioAbacus を提案している。実証実験の結果、このアプリケーションを使用したユーザが、ほとんど練習やトレーニングをすることなく音声化された数字の桁数を判断することができていた。

我々の研究は、こうした研究と同じく数値の可聴化に着目し、ハンドルの操作量を音階にマッピングすることで、カーブの運転の上達を支援するものである。

2.2 音階を用いた聴覚フィードバック

音階を用いた聴覚フィードバックにより、人の行動などの支援を行う研究も多数行われている。木村[4]は、糖尿病などにより末梢神経に障害をもった患者が、正常な歩行を再学習する必要があるという問題に着目し、圧力センサのフットスイッチを用いた聴覚フィードバック装置により、失った感覚を補うシステムを開発している。フットスイッチは母趾球と踵に貼り、踵だけの感知で「ド」、踵と母趾球の両方の感知で「レ」、母趾球のみの感知で「ミ」が鳴るものである。実際の患者による実験の結果、この装置を使用することによって、進行方向を見ることができるようになったことを明らかにしている。

前川ら[5]は、視覚障害者が色模様の面の中でどのように色が変化しているのかを認識するために、事前に色の RGB と音階を心理的屬性に考慮してマッピングしておき、色の変化をリアルタイムに音の変化で提示する色模様認識システムを提案している。また、患者に協力してもらい実験を行った結果、様々な色模様において識別することが可能で、音から色名を特定可能な場合もあったと述べている。

このように音階を用いた聴覚フィードバックに関する研究は様々に行われてきており、その有用性もあることが明らかになっている。我々の研究は、ハンドルの操舵角を音階にマッピングし、絶対的・相対的にハンドルの操舵角を把握可能とするものである。

2.3 運転支援における聴覚フィードバック

聴覚フィードバックにより、運転技能を向上させる研究も多数行われている。

澄川ら[6]は車両挙動の安定化を目的として、車両挙動の変化を可聴化し、ドライバの運転行動を誘導するシステムを提案している。具体的には車両挙動の不安定時に常時高音が鳴る仕組みと、安定時に報酬音が鳴る仕組みを実現しており、どちらの音刺激も具体的な運転方法を指示することなく運転行動を誘導し、車両挙動を安定化させる手段としての可能性が示唆された。また、ドライバへの負担度合いから、報酬音が鳴る聴覚刺激の方が車両挙動を安定化させる効果が高い可能性が示唆された。

鬼丸ら[7]は、車の左右位置を両耳音圧差により、定量的にリアルタイムでフィードバック提示するシステムを提案している。ここでは、ホワイトノイズの有無と、不連続に2値変化するものとを定量的に連続変化するもので比較実験を行い、定量的に連続変化する刺激が運転負荷を増加させずに離脱距離を減少させることを明らかにしている。

このように、運転においても聴覚フィードバックを利用した支援は様々な研究されている。我々の研究も、こうした研究と同様に運転を支援するものであるが、その中でも特にカーブ運転におけるハンドル操作の上達を目指すものである。

3. 予備実験

3.1 実験設計

運転は天候、時間帯、人通りなど、他の外的要因によって走行方法が大きく変化するため、これまでの研究[1]と同じく、実験条件を統一するために、Funazaki ら[8]のドライビングシミュレータにドレミハンドルを実装して実験を行う。なお、これまでの実験においてこのドライビングシミュレータのエンジブレキがほとんど効かないという問題があったため、その点を実験前に改良し、実車と同程度のエンジブレキの度合いとなるように実装した。

実験で使用した複数種のコースの概要を表1に示す。実験のコースは前回の実験[1]同様全て道幅5mとし、間に直角に曲がるカーブを設置した。カーブ半径は3種類用意し、それぞれ左カーブと右カーブがあるため、合計6種類となった。また、スタートからカーブに入るまでの距離を統制

表1 予備実験に使用したコース概要

全体長 (m)	カーブ長 (m)	カーブ半径 (m)	カーブ角度 (度)
150	50	32	90
150	50	32	-90
200	100	64	90
200	100	64	-90
250	150	96	90
250	150	96	-90

するために、全体の長さを調整した。なお、その他の実験条件としては、一方通行の道路で、昼夜モードについては昼モードを採用した。一方通行の道を採用した理由は、中央線からはみ出してしまうといった要因を取り除くためである。

また実験では、システムによる修正舵回数の変化などを調査するために、実験を3つのフェーズ（ベース・練習・テスト）に分ける。詳細を以下に説明する。

- **ベース走行:** 実験参加者の練習をする前の実力を調査するためのもので、3種類のカーブを左右2本ずつ（合計12本）走行してもらう
- **練習走行:** 実験参加者にシステムを利用しつつカーブを練習してもらうためのもので、3種類のカーブを左右5本ずつ（合計30本）走行してもらう
- **テスト走行:** 実験参加者の成長を計測するためのもので、3種類のカーブを左右2本ずつ（合計12本）走行してもらう。なお、実験協力者にはテスト走行としてテストを行うことを説明する

実験では、ベース走行における修正舵回数を1として正規化したときのテスト走行における修正舵回数などを計算し、その結果による比較でドレミハンドルの使用の有無による差を明らかにする。

3.2 実験手順

実験では、まず実験協力者にベース走行を走行してもらい、その後練習走行に取り組んでもらった。その後休憩を5分間挟み、テスト走行に取り組んでもらった。

全ての走行（フェーズ）で、カーブの種類はランダムな順番で走行してもらった。また実験参加者は事前にドレミハンドルを使用の有無でグループ分けをし、練習走行も含め同一の環境で実験を行った。

3.3 実験結果・考察

予備実験の結果、ドレミハンドルの使用の有無での、ベース走行を1として正規化したときのテスト走行における修正舵回数に差はなかった。

ここで、実験における運転の様子などから、走行前にどの種類のカーブであるかを明示していなかったことが原因として考えられた。カーブ走行の際には、カーブの曲率に合わせて、適切なハンドル回転量を判断する必要がある。今回の実験では、大小3種類あるカーブがランダムな順番で現れるため、曲がっている最中にどのカーブ角度の道を走行しているかを把握するが、コース上の風景の違いが少なく、どのカーブであるか判断することが難しかったと考えられる。そのため、ドレミハンドルを使用している際に、「このカーブはこれくらいの音が鳴るまでハンドルを回した」と把握したとしても、どのカーブであるかわからず、次に活かせなかったと考えられる。

この問題を踏まえ、ドレミハンドルの効果を活かすためには、カーナビやレーシングゲームなどが急または特殊な

カーブの直前に情報提示を行うように、シミュレータ上でも事前にどのようなカーブを走行するのかを事前に提示する必要があると考えられる。また、カーブ半径が複数ある事自体も混乱のもとだったため、まずは単純に2つ程度に絞ることが重要であると考えられる。

4. 本実験

本研究では、「複数種のカーブを走行する際に、ドレミハンドルを使用した場合、使用していない場合よりも修正舵が減少する」という仮説を検証するため、ドレミハンドルの使用と非使用それぞれ修正舵回数がどの程度減少するかを比較する。

4.1 実験設計

本実験では、3章の予備実験と同じドライビングシミュレータを改良し、Unityを用いてカーブ形状の事前提示機能（図2）を実装した。走行を開始するための5秒間のカウントダウンの間に、事前提示としてこれから走るコースが急なカーブと緩いカーブのどちらかを提示し、画像で実際の形状を示すようにした。

実験で使用した複数種のコースの概要を表2、経路を図3に示す。全て道幅5mで、間に直角に曲がるカーブを設置した。カーブ半径は予備実験で用いていたカーブ半径64mのものを除外し2種類とした。実験では、それぞれ左カーブと右カーブがあるため、カーブの種類の合計は4種類となった。

なお本実験では予備実験同様、システムによる修正舵回数の変化などを調査するために、実験を3つのフェーズ（ベース・練習・テスト）に分ける。

- **ベース走行:** 実験参加者の練習をする前の実力を調



図2 カーブ形状の事前提示機能

表2 本実験に使用したコース概要

	全体長 (m)	カーブ長 (m)	カーブ半径 (m)	カーブ角度 (度)
①	250	50	32	90
②	250	50	32	-90
③	350	150	96	90
④	350	150	96	-90

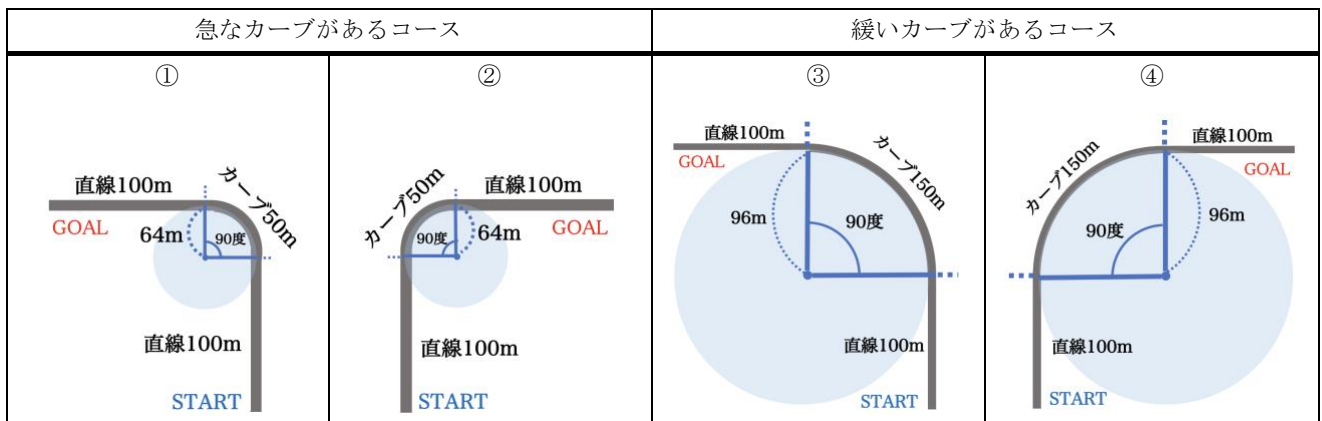


図3 使用したカーブの経路図

査するためのもので、2種類のカーブを左右2本ずつ（合計8本）走行してもらう

- **練習走行:** 実験参加者にシステムを利用しつつカーブを練習してもらうためのもので、2種類のカーブを左右5本ずつ（合計20本）走行してもらう
- **テスト走行:** 実験参加者の成長を計測するためのも

ので、2種類のカーブを左右2本ずつ（合計8本）走行してもらう。なお、実験協力者にはテスト走行としてテストを行うことを説明する

実験では、ベース走行における修正舵回数を1として正規化したときのテスト走行における修正舵回数などを計算し、その結果による比較でドレミハンドルの使用の有無による差を明らかにする。

4.2 実験手順

実験では、実際に走行する前に、走行するコース、実験の流れ、実験における注意点の説明を PowerPoint のスライドを用いつつ行った（図4）。注意点の説明では、運転には修正舵というハンドルを切り足したり、切り戻したりするものがあり、修正舵が少ない方が良い運転とされているため注意してほしいことを伝えた。また、ガードレールにぶつかるなどのエラーを恐れて通常の運転ができなくなってしまうことを避けるため、実験協力者には運転速度が遅くなりすぎないように、具体的には目安として速度は30km/h以上出すことを教示した。

実際の走行では、まず実験参加者にドライビングシミュレータに慣れてもらうために、事前に2種類のカーブを左右1本ずつ（合計4本）走行してもらった。その後、ベース走行、練習走行に取り組んでもらい、5分間の休憩を挟んでテスト走行に取り組んでももらった。

全てのフェーズで、カーブの種類はランダムな順番で走行してもらった。また実験参加者は事前にドレミハンドル使用群と、通常ハンドル使用群とに分けられ、各指定のハンドルモードで実験を行ってもらった。なお、ドレミハンドルを使用する群の実験協力者には、カーブ走行の際にハンドルの角度に合わせて音が鳴ることは教示した。

実験は事前説明から測定終了まで1人あたり約50分を要した。なお、実験協力者は今までにドライビングシミュレータに乗ったことのない大学生、大学院生の24名（男性20名、女性4名）であり、全員自動車運転免許を所持していた。ここで、実験協力者の内2名は走行データに欠落があり正しい分析ができなかったため、分析対象か

使用するコース

急なカーブ		緩いカーブ	

実験の流れ

慣れ
4本

ベース
8本

練習
20本

テスト
8本

途中8本で5分休憩

お願い

- ① **修正舵** に気をつけて
ハンドルを切り足したり、切り戻したりすること
少ない方が良い運転
- ② **速度**
30km/h ~ 60km/h 目安

図4 説明に使用した PowerPoint

ら除外した。なお実験協力者のなかで、頻繁に運転する高頻度運転者は4名、運転の頻度が少ない低頻度運転者は18名であった。

5. 本実験の結果

5.1 評価指標

上手なカーブ走行の1要素である操舵の安定性を評価するために、ハンドル操作修正量である修正舵回数と、ハンドル操作の速度であるハンドルの平均角速度について分析を行う。また、実験終了後に実施したアンケート結果から主観評価の分析を行う。

5.2 客観的な指標による分析

修正舵については様々な計算方法が考えられるが、今回も前回の実験[1]と同じように、時間ごとのハンドル角度の微分値の正負が入れ替わった場合を修正舵としてカウントすることとした。なお今回の実験コースでは、カーブに入る際にハンドルを切り、直線に戻る際にハンドルを切り戻すため、最もスムーズな走行でも最低1回は修正舵回数としてカウントされることとなる。

本実験では、「複数種のカーブを走行する際にドレミハンドルを使用した場合、使用していない場合よりも修正舵が減少する」という仮説を立てたため、ベース走行を1としたときの、テスト走行での修正舵回数で比較および分析する。具体的には、3つのフェーズ（ベース・練習・テスト）に分けている実験の中で、ベース走行とテスト走行を比較して分析を行う。ベース走行及びテスト走行では、1種類のコースにつき2本ずつ走行してもらったが、走行ごとにブレがあったため、2本のうち修正舵回数が少ない方の走行をベストなものとして計算に使用することとした。

図5は、ベース走行を1としたときの、テスト走行での修正舵回数について、ドレミハンドルの使用有無ごとに箱ひげ図を用いて比較したものである。図より、ドレミハンドル群が通常ハンドル群に比べ、修正舵が減少していることがわかる。ここで、ドレミハンドル群と通常ハンドル群とで有意水準が5%の一要因参加者間分散分析（要因：ドレミハンドル（あり/なし））を行った。そして「ドレミハンドルを使用した場合と通常ハンドルを使用した場合において、修正舵回数に差はない」という帰無仮説のもと分析したところ、帰無仮説は棄却された。そのため、ドレミハンドルを使用した群は、通常ハンドルを使用した群よりも有意に修正舵回数が減少したといえる。

なお、コースの種類ごとに分けて分散分析を行った結果を図6に示す。この結果より、緩い左カーブがあるコースにおいては有意水準1%で有意に修正舵回数が減少することがわかった。しかしその他のカーブにおいては差はあるものの、有意な差とはならなかった。

図7は1試行あたりのハンドルの平均角速度（以下、ハ

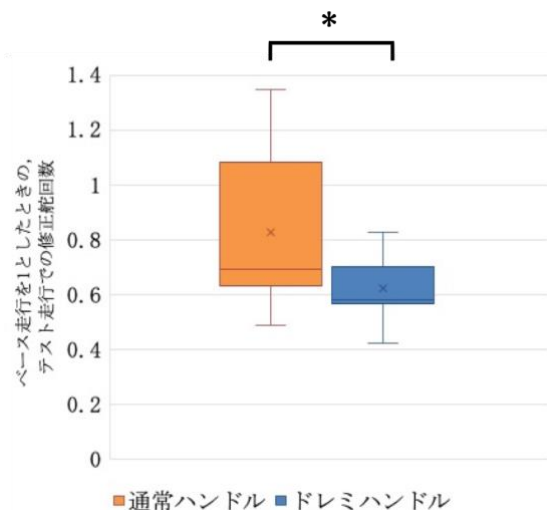


図5 ドレミハンドルの使用の有無でのテスト走行における修正舵回数の比較

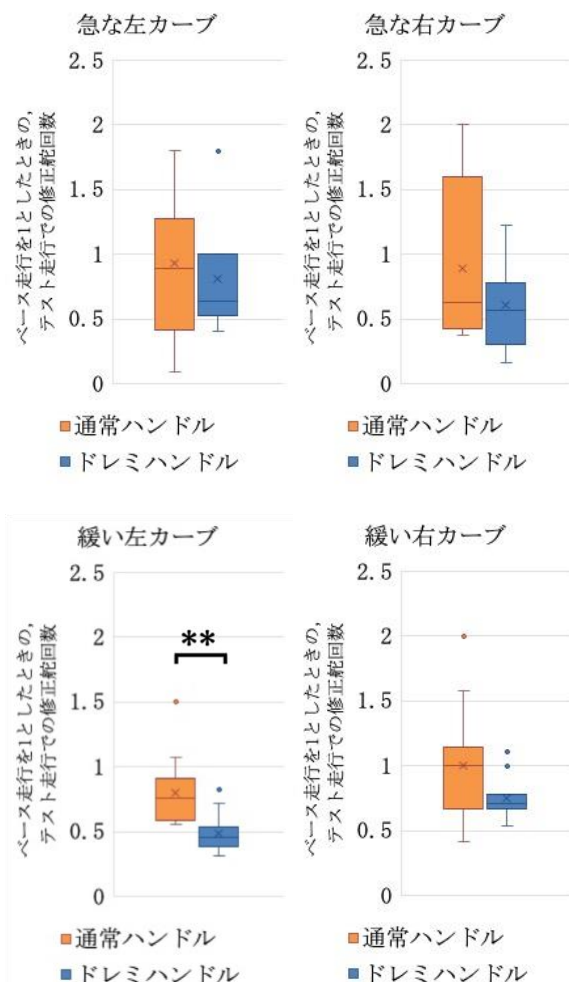


図6 コースの種類ごとのテスト走行における修正舵回数の比較

（左上：急な左カーブ 右上：急な右カーブ
左下；緩い左カーブ 右下：緩い右カーブ）

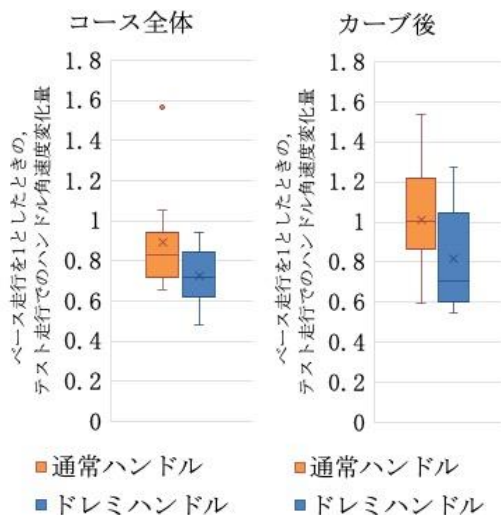


図7 ベース走行を1としたときの、テスト走行でのハンドル角速度変化量

(左：コース全体 右：カーブ後)

ンドル角速度とする)において、ベース走行を1としたときの、テスト走行でのハンドル角速度変化量をドレミハンドルの使用有無によって比較したものである。ここでハンドルの平均角速度とは、ハンドル操作の速度のことで、小さい方が緩やかにハンドル操作をしているため、運転技術が高いといえる。この図より、ドレミハンドルを使用した群の方が通常ハンドルを使用した群に比べて、ハンドル角速度が減少する傾向がみられた。修正舵回数と同様に分散分析を行ったところ、ドレミハンドルを使用した群の方が通常ハンドルを使用した群よりもハンドル角速度が減少する傾向がみられた。また、カーブ後に限定して分析をおこなった結果、ドレミハンドルを使用した方がハンドルの平均角速度が減少する傾向がみられた。

5.3 主観評価による分析

実験後に運転に関するアンケート調査を行い、カーブの曲がりやすさなどについて1~5の5段階評価(評価値が大きいほど運転しやすい)で回答してもらった。アンケートの評価結果をカーブごとに平均したものを図8に示す。この結果より、急なカーブにおけるドレミハンドルを使用した群の評価平均は3.36、通常ハンドルを使用した群は2.36であった。また緩いカーブにおけるドレミハンドルを使用した群の評価平均は4.82、通常ハンドルを使用した群は3.64であり、どちらのカーブにおいても、ドレミハンドルを使用した群の方が評価が高かった。またドレミハンドル群と通常ハンドル群とで有意水準が1%の一要因参加者間分散分析(要因:ドレミハンドル(あり/なし))を行ったところ、緩いカーブにおいてドレミハンドルを使用した群の方が有意に曲がりやすいと評価したことが確認された($p<.01$)。

図9は走行中に意識したことについて自由記述で回答し

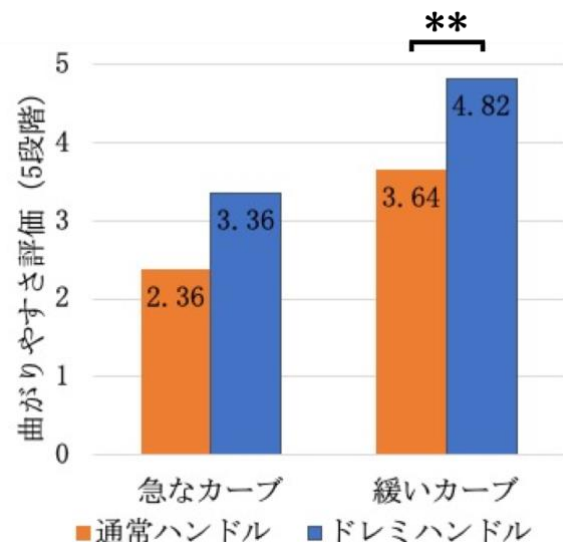


図8 曲がりやすさ評価(5段階評価)

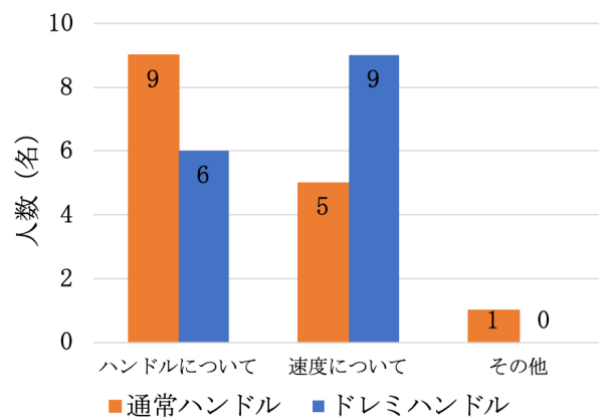


図9 走行中に意識したこと

てもらった結果を、手動で分類したものである。この結果より、ドレミハンドル群は速度について意識する傾向があり、通常ハンドル群はハンドルについて意識する傾向があることがわかる。

6. 考察

分析結果をもとに、ドレミハンドルの使用有無による運転行動への影響について考察を行う。

6.1 ドレミハンドルの使用による影響

5.2節で得られた修正舵回数に関する分析より、ドレミハンドルを使用すると、修正舵が有意に減少することがわかった。これはハンドルを回した角度に応じて音が鳴ることによって修正舵を認識しやすくなったためと考えられる。また事前にカーブ形状を提示することで、この種類のカーブではこの音まで回すという目安を把握しやすくなり、無駄なハンドル操作である修正舵回数が減少したと考えられる。ここで、カーブごとに分析を行った結果、特に緩い左

カーブにおいて有意差がみられた。これは急なカーブに比べて緩いカーブの方がハンドルの角速度が遅くなるため、ドレミ音の変化を捉えやすくなり、修正舵の認識しやすさが向上したことが理由と考えられる。しかし、同じカーブ半径である緩い右カーブでは有意差がみられなかった。この左右の違いについては今後調査していく予定である。

ハンドルの平均角速度に関する分析から、ドレミハンドル使用群は、通常ハンドル群に比べ、ベース走行からテスト走行にかけてハンドルの角速度が減少する可能性がある。また区間ごとに分けて分析を行った結果より、コース全体だけでなくカーブ後に同じ傾向がみられたため、カーブから直線に戻るタイミングでのハンドル操作をよりスムーズなものにできると期待される。この理由として回したハンドルを戻すという作業において、ドレミ音が聞こえることで音のリズムを意識してハンドルを戻そうとするようになり、ハンドル操作が緩やかなものになったものと考えられる。

5.3節で行った主観評価の分析から、ドレミハンドルを使用した群の方が、通常ハンドルを使用した群よりも緩いカーブを曲がりやすいと感じていることがわかる。このことより、ドレミハンドルは緩いカーブにおいて、主観的な運転のしやすさを向上させると考えられる。急なカーブで有意差がみられなかった理由は、急なカーブを走行する際にはハンドルを大きく回す必要があり、音の変化が激しいものになっていたことが原因として考えられる。つまり急なカーブを走行する際には、ドレミ音に変化する操舵角の幅を変えるなどの工夫が必要であると考えられる。具体的には急なカーブを走行する際にはドレミ音に変化する操舵角の幅を広げることで急すぎる音階変化を避ける、また反対に緩いカーブを走行する際には音階変化が明確になるようにドレミ音に変化する操舵角の幅を狭めるなど、カーブの角度に合わせて適切な音階幅を対応させることがあげられる。また音自体には、サイン波の音から、ピアノの音などの聞き馴染みのある音に変更すると使い心地が良くなる可能性も考えられる。

走行中に意識したことについての分析結果より、ドレミハンドル使用群はハンドル操作より速度について意識する傾向がみられ、通常ハンドル使用群は速度よりハンドル操作について意識する傾向がみられた。このことより、ドレミハンドルを使用する方が、カーブ前に減速するなどの速度に関する意識をしやすい可能性が考えられる。なお、ドレミハンドル使用群の方が、修正舵が有意に減ることから、ドレミハンドルを使用する方が、意識的にハンドルに注力せずとも無駄がないハンドル操作ができるようになる可能性も考えられる。

6.2 ドレミハンドルが適する使用条件

我々がこれまでにを行った実験[1]では、ドレミハンドルの使用の有無によって修正舵回数に有意差はみられなかった

が、本実験ではフェーズ分けを行った実験を行うことにより、修正舵回数の減少に有意差がみられた。この結果より、ドレミハンドルは複数種のコースにて運転練習する際に有効であることが分かった。この理由としてカーブの種類が異なればハンドルの回転角度は変わるが、その種類ごとの違いを音階の違いにより明確に把握可能となったことで、修正舵がより少ないカーブ走行ができるようになると思われる。

予備実験・本実験を通し、複数種のコースにて運転練習する際には、事前にこれから走行するカーブの形状を提示することが重要であることがわかった。事前に走行するカーブの形状を把握しておくことで、カーブの種類ごとの適切なハンドル角度を把握しやすくなり、適切なハンドル回転角度を把握しやすいというドレミハンドルのメリットを活かすことができていると考えられる。また、ある程度コースの種類を限定することで、より適切な操舵角を把握しやすくなるため、コースが決まっている運転教習所や、普段通る道などでの使用が適切であると考えられる。

7. まとめ

我々はこれまで、運転初心者にとって難易度が高いカーブ走行の習得を支援するため、操舵角を音により感覚的に把握可能とするドレミハンドルを提案してきた。しかし、連続で同じカーブを走行してもらった実験を行ったところ、ドレミハンドルと通常のハンドルとで修正舵回数に有意差はなかった。その原因として、実験が単調なもので飽きが生じやすかったことが挙げられた。

そこで本研究では、「複数種のカーブを走行する際に、ドレミハンドルを使用した場合、使用していない場合よりも修正舵が減少する」という仮説のもと、複数種のコースを用意し、実験を3つのフェーズに分けるなど、実験参加者が実験に対して飽きを感じることをないように改善して、再度実験を行った。まず予備実験の結果より、走行前にカーブ形状を把握しておく必要があるとわかった。そこでカーブ形状を予告するシステムを導入したうえで再度実験を行ったところ、通常ハンドルに比べドレミハンドルの修正舵が有意に減少し、ドレミハンドルが運転技能向上に寄与する可能性が示唆された。

今回の実験でカーブの種類ごとに分析を行ったところ、緩い左カーブでは有意差がみられたが、緩い右カーブと、急なカーブにおいては有意差がみられなかった。そのため、今後はどのようなカーブにおいてドレミハンドルが適しているのか、またそのカーブごとにドレミ音に変化する音階幅を狭める、広くするなどの比較を行うことにより、最適なドレミハンドルの設計を模索していく予定である。一方、音を聞きながらも運転をしやすいような聞き馴染みのある音を模索することで、結果的な数値だけでなく、主観的に

もカーブ走行の習得を支援可能なシステムを目指す。さらに、実車でも検証を行っていく予定である。

参考文献

- [1] Sayuri Matsuda, Yukina Funazaki, Takanori Komatsu, Naoto Matsuyama, Yuki Nakagawa, Satoshi Nakamura, Hideyuki Takao, Ryuichi Sumikawa, Takeshi Torii. DoReMi Steering Wheel: Proposal for a Driving Assist System with Sound Display Depending on the Rotation Angle of Steering Wheel, KES2022, 2022.
- [2] 浅野真介, 橘賢二, 岩田一, 白銀純子, 深澤良彰. 音階を用いたグラフ形状の表現システム. 情報科学技術フォーラム一般講演論文集, 2005, vol. 2, no. 1, pp. 123-124.
- [3] Bruce N. Walker, Jeffrey Lindsay Justion Godfrey. The Audio Abacus: Representing Numerical Values with Nonspeech Sound for the Visually Impaired. Proc. of The Sixth International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 2004, pp. 9-15.
- [4] 木村和樹. 圧力センサのフットスイッチを用いた聴覚フィードバック装置の開発と信頼性. 日本義肢装具学会誌, 2016, vol. 32, no. 1, pp. 45-49.
- [5] 前川満良, 今井有希子, 関啓明, 神谷好承, 橋爪慎哉. 視覚障害者のための色模様認識システムの開発. 精密工学会学術講演会講演論文集, 2004, 2004年度精密工学会春季大会, no. 25, pp. 1229-1230.
- [6] 澄川瑠一, 鳥居武史. 直線とカーブ走行時の車両挙動の変化を用いた聴覚刺激による運転行動の誘導に関する研究. 自動車技術学会誌, 2021, vol. 75, no. 6, pp. 112-117.
- [7] 鬼丸真一, 北崎充晃. 光強度と音圧による位置フィードバック情報がドライビングシミュレータの運転に及ぼす効果. 基礎心理学研究原著論文, 2013, vol. 32, no. 1, pp. 2-13.
- [8] Yukina Funazaki, Noboru Seto, Kota Ninomiya, Kazuyuki Hikawa, Satoshi Nakamura, Shota Yamanaka. Driving Experiment System Using HMDs to Measure Drivers' Proficiency and Difficulty of Various Road Conditions, HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. HCI 2022, 2022, vol.LNCS 13335, pp. 247-257.