

ARを用いたカーブの運転スキル学習支援システムの設計・開発

Skill learning support system for driving a curve using augmented reality

山元翔^{*1} 講元淳^{*1} 荻原昭夫^{*1}
Sho Yamamoto Jun Komoto Akio Ogihara

^{*1} 近畿大学工学部情報学科

Department of Informatics, Faculty of Engineering, Kindai University

Several researcher and company took notice of the augmented reality for supporting the safety driving. Motorcycle riding is more dangerous than car driving. In this research, we design and develop a support system that assist a rider to ride motorcycle safety or acquire a riding skill for approach curves by motorcycle. Riders ride a motorcycle by repeating recognition, judgment and operation in proper. Developed system supports recognition by AR and let a rider think how to judge an operation before he/she approach a curve in advance for learning judgement. As one of results of a practical use, we have found that several riders improved their riding skill and system is effective for improving driving skill in curve.

1. はじめに

昨今, AR(Augmented Reality, 拡張現実)を用いた安全運転支援が注目されている. ARとは現実空間上の情報をコンピュータにより拡張する技術やその環境を指す. 例えば BMWなどの自動車メーカーは, 自動車のフロントウィンドウに ARを用いてナビゲーションや自車速度を提示したり, 通りすぎる歩行者を強調したりすることで, 運転時に必要な負荷を軽減し, 安全運転に繋げる試みがなされている[BMW 16]. また, 研究においても, 標識をシステムで検知し, これをカーナビなどに ARオブジェクトとして提示することで標識の見落としを防止したり, 死角にいるバイクを検知し, これを ARで提示することで危険を知らせるようなシステムが提案されている[莫 04][Plavšić 09].

このような背景に基づき, 本研究でも, ARを用いた安全運転のための運転技術向上支援に取り組んでいる. 自動二輪車は自動車に比べて事故を起こした際の死亡率が4倍と高く, 原動機付自転車も2倍の死亡率になっている[警察庁 16]. また, 自動二輪車の運転におけるカーブ運転時の危険性も指摘されており, 速度超過などの原因の分析がされている[Clarke 10][Molinero 09]. よって本研究では自動二輪車のカーブ走行での安全運転技術の向上を対象とした.

自動二輪車のカーブの安全運転支援については, カーブを曲がりきれない状態でカーブに侵入すると警告を行うシステムや[Biral 14], 熟練ライダーの運転知識に基づき, 口頭による加減速や, ユーザの上部へ物理的な力を加える事による加減速やバンク角の調整を支援するシステムも提案されている[井上 09]. しかしこれらは安全に運転するように運転操作への注意を喚起するものであり, 何故危険だったか, どのように運転すればよいか, といった安全運転へ繋がる思考を促すものではない.

そこで本研究では, ARを用いて, カーブ運転時にどのように運転操作を行えば安全な走行を行えるかを学習させる走行練習支援システムを設計・開発した. 自動二輪車の運転は, 認知・判断・操作のサイクルを適切に繰り返すことで行われる. そして実際に運転操作を決定するのは, 認知に基づいた判断を行う段階である. そこで認知すべき適切な情報を, ARを用いて事前に提示することで, 正しい認知の提供による足場がけと, 認知

に必要な運転時の負荷軽減を実現し, 実車の運転でカーブ時に必要な判断を事前に考察できるシステムを開発した. また, システムの試験的評価も行ったので, これについても報告する.

2. 自動二輪車のカーブにおける運転操作

2.1 自動二輪車によるカーブの運転

自動車や自動二輪車の運転は, 外界の情報の認識, 認識に基づいた正しい運転操作の判断, 判断に基づいた自動車や自動二輪車の操作, そして操作によって生じた結果の認知, という認知・判断・操作のプロセスを繰り返すことによって行われる. 自動二輪車でカーブを曲がる時, このプロセスは図1のようになる. なお, このプロセスは AT, MT 双方に共通する基本的な活動を示したものであり, 特に MT におけるより高度な操作は除外している. 本研究は基礎研究として位置づけているので, まずはこのような基本的な操作から取り扱っている.

図1において, ライダーは, 外界の情報として, カーブの形状, 自車の速度, カーブを曲がる上での適正速度を認知する. なお, ここでの適正速度は法定速度, あるいは制限速度としている. そしてカーブの形状の認知からは, どこから曲がり始めるべきか, どのような走行ラインで走行することが適切かを判断する. 適切な走行ラインについては, 右カーブであればアウトインセンター, 左カーブであればアウトセンターセンターが基本的なライン取りと言われている[Honda 16]. また, 判断した適切な走行ラインと自車速度, 適正速度から, カーブへの進入～出口に至る速度を判断する. これにはスローイン・ファーストアウトが基本とされている. 例えば, 自車速度が適正速度を大きく超えている, 適正速度を超えないまでも, カーブに対して早すぎる, といった場合には, 減速のためのブレーキ操作を行うという判断を下す. これらの判断を適切に終えれば, その判断に基づいたアクセルやブレーキ, 重心移動といった操作を行うことで, 安全にカーブを走行することができる.

なお, 教本などでは, カーブ全体を提示したうえで, 適切な走行ラインや速度調整について説明をしているので, これに則って説明したが, 現実のカーブで, カーブ全体を適切に把握することは難しい. 現実のカーブは平面であり, 俯瞰してみることはできないこと, 遮蔽物や段差によりカーブの先を見通せない場合があるためである. 従って認知の際にカーブの形状を考える場合は, カーブの形状を逐次予測しながら, 走行ラインなどを

調整することになるため、実車で走行練習を行う場合には負荷の高い練習になっているといえる。

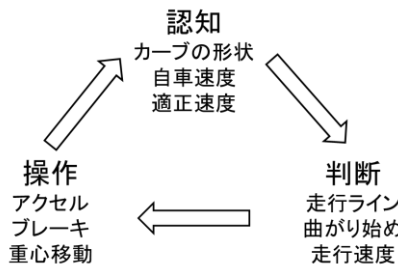


図1 自動二輪車のカーブ運転時における認知・判断・操作

2.2 ARを用いたカーブ運転技術向上支援

自動二輪車のカーブの運転技術を向上させる際の学習は、スキル学習に位置づけられる。スキル学習では、対象を認識し、適切なルールに基づいて身体を動かすことで、外界の現象に対して適切な行動を起こすという一連の処理が学習の対象となる[曾我 05]。これが自動車や自動二輪車において必要な、認知・判断・操作と対応付けられるためである。よって自動車や自動二輪車の運転は、認知・判断・操作それぞれに対する学習が必要となるが、練習を行う際には、これらを一度に行わなければならない、負荷の高い学習になっている。そこでこれらを一つ一つ学習可能な支援システムを開発するため、まず、判断の学習を支援するシステムを設計・開発した。これは、自動二輪車の運転においては、認知や操作に比べ、判断の負荷が高いこと、そして実際に、自動二輪車の運転で判断を軽視することで、事故を起こすことが報告されているためである[Natalier 01]。

教本などでは、カーブの全景を見せられた上で、どのようにライン取りをするか、といった判断を教授される。しかしそれを実際の運転で学ぼうとする場合、全景の分からないカーブの形状をリアルタイムで認知しながら調整していく必要があるため、学んだことに対してギャップがある。またカーブに進入する際の適性速度も、実際には十分に減速する、という教授がなされるのみであるため、判断を行うことが難しい。よって適正速度については、道路の設計速度や安全な運転を学習させるという立場から、その道路における最高速度、あるいは制限速度とした[内閣府 16]。よって教本などから学んだ内容をそのまま適用できるようにするためには、適正速度やカーブの全体図などを提示しておく必要があると考えた。

ここで、実際の道路や適性速度を提供することはできないが、ARオブジェクトとしてスマートヘルメットなどに映し出すことは可能である。よって道路の形状や適正速度等の情報を教本に合わせた形に変換し、ARオブジェクトとして提示することで、走行練習において適切な判断を行うための足場がけ[Wood 76]とする。また、予測を適切に行うためには、早い段階でこれらの情報を認知させる必要もあるため、これらの情報はカーブに進入するより早い段階で提示してやるのが望ましい。自転車速度については元々インストルメントパネル上に提示されているが、必要な認知情報をまとめて提示することで、運転時の視線移動を少なくすることができるため、ARオブジェクトとして提示するようにした。

3. 支援システム

図2にシステムの構成、図3に開発したシステムのメイン画面を示す。システムはAndroidを用いて開発しており、今回はNexus7を実機として用いている。Nexus7の映像をスマートヘルメットやスマートグラスへミラーリングすることで、半透明のARオ

ブジェクトを提示することで、運転の妨げにならず、カーブ時の判断を中心とした走行練習を行うことができる。ただし、本稿で報告する試験の利用は、これらの機器は用いず、タブレットで行っている。

システムはGPSにより位置情報を取得し、Google Maps API v2を用いることで、図3の右部のように進行方向のカーブ図を提示する。現在の速度も同様にGPSとGoogle Maps API V2を用いることで、位置情報から算出している。これは図3の左上に提示されている。また、適正速度については、試験的利用で用いたコースが同様の適性速度であったため、今回は固定したデータを用いている。こちらは図3左下に提示している。

現在速度が安全な範囲内(誤差を加味し、適正速度 $\pm 5\text{km/h}$)である場合には緑色、それを超える場合には赤色で提示するようになっている。なお、これらのデータを事前に確認できるよう、カーブは常時、速度はカーブの100m手前で提示する設定にしている。これは、Android内のデータベースに保存してある各カーブの座標情報と、自車の向いている方向、自車の位置座標から算出している。もし適正速度が異なる場合には、同様に適正速度のデータベースを作成し、カーブごとに切り替えることが可能である。なお、カーブ図を常時提示しているのは、システムの精度などから、突然提示するとどの方向を向いているかわからなくなることを考え、安全性を重視したためである。

また、カーブのライン取りと速度調整のため、スローイン・ファーストアウトと、右カーブ、左カーブの際のライン取りの説明文をシステム上で確認できるようにしている。説明画面とメイン画面への切り替えは、起動後の画面から移動できるようになっている。

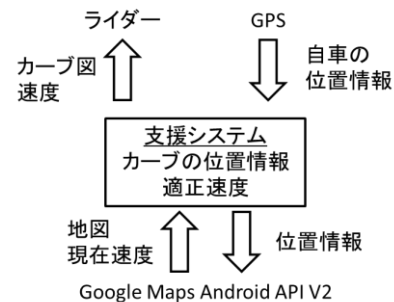


図2 カーブ運転支援システムの構成



図3 システムのメイン画面

4. 試験的利用

4.1 内容

被験者は、普通自動車免許もしくは普通自動二輪車免許取得者10名で、実験コースは約1.5km、カーブの数が9カ所ある舗装された道路を選択した。利用については、スマートヘルメ

ットを用いることができなかつたため、試験的に、Nexus7 を図 4 のように設置することで行った。この設置自体は専用の器具を用いてインストルメントパネルの付近に取り付けるものであり、スマートヘルメットほどではないものの、運転への影響は普通の走行と変わらない状態にできると考えたためである。また、試験的利用には免許取得者の都合から原動機付自転車を用いたため、適正速度は 30km/h とした。

試験的利用での検証内容は、システムを用いることで速度を抑えるようになること、適切なライン取りが行えるようになること、利用者にとって安全運転の技術を向上させることができるシステムであるということ、の三つである。速度とライン取りについては、スマートフォンで動作する計測アプリを用いて計測しており、利用者の意見はアンケートで確認した。

実験の手順は、実験の説明、システム無しでの走行、システムの利用方法の説明、システム有りでの走行、アンケート、となっている。実験の説明時には、実験の手順、走行コース、計測アプリをインストールした iPhone をポケットなどに入れて携帯しながら運転してもらう旨を説明した。その後、システムを用いずに走行コースを運転してもらう。計測が終わると、元の位置に移動し、システムの利用方法について説明する。内容は、カーブを曲がる上で必要な知識を記載した説明画面を読んでもらうこと、システムを用いてカーブの曲がり方などを意識しながら判断を行って運転してもらう旨を説明した。説明を終えると、被験者はシステムなしの場合と同じコースを、システムを用いながら走行してもらった。その後、アンケートに答えてもらっている。



図 4 設置したシステム

4.2 結果

速度の結果について述べる。1 つ目のカーブは有意差あり(t-test, $t = 4.71$, $df = 9.00$, $p = .001 < .05$), 2 つ目のカーブも有意差あり(t-test, $t = 4.24$, $df = 9.00$, $p = .002 < .05$)で、有意に速度が抑えられていることが確認できた。ただし、3 つ目のカーブでは有意差が無く(t-test, $t = 2.10$, $df = 9.00$, $p = .06 > .05$), これはカーブが上り坂であったため、他と比べると加速をかけたことが原因であると考えている。以降、4 つ目のカーブは有意差あり(t-test, $t = 3.95$, $df = 9.00$, $p = .003 < .05$), 5 つ目も有意差あり(t-test, $t = 4.45$, $df = 9.00$, $p = .002 < .05$), 6 つ目も有意差あり(t-test, $t = 6.27$, $df = 9.00$, $p = .0001 < .05$), 7 つ目も有意差あり(t-test, $t = 9.57$, $df = 9.00$, $p = 5.134e-06 < .05$), 8 つ目も有意差あり(t-test, $t = 3.78$, $df = 9.00$, $p = .004 < .05$), 9 つ目も有意差あり(t-test, $t = 5.77$, $df = 9.00$, $p = .0002 < .05$)だった。よって、システムはカーブ前で速度を抑え、安全速度で走行する支援として有用であったことが確認できた。

次にカーブ時のライン取りについてだが、計測アプリのデータの多くが明らかにおかしい軌道を描いていたものについては除外した。結果、ある程度正確に値の取れたデータ 12 組を分析し、8 組のデータが、事後のカーブのラインのほうが適切なら

イン取りが行えていたことを確認した。なお、ライン取りはカーブ前、カーブ中、カーブ後、と三つに分け、この三箇所における位置取りの適切さを比較し、システムを利用した場合の方が適切な箇所が多い場合、改善されたデータとしてカウントしている。このことから、カーブ図を見せ、ライン取りを行わせることで、ライン取りの改善が促される可能性が示唆された。

アンケートと結果を図 5 に示す。概ね肯定意見が得られたが、2 では反対意見も多く見られた。これはタブレットの画面サイズが小さかったこと、マップを提示する際の拡大率やサイズが適切でなかったことが原因であると考えられる。これについては、バイク用スマートヘルメットやスマートグラスを利用することで解決できる可能性がある。その他の回答からは、走行ラインを事前予測する、あるいはイメージするためにシステムは有効であるという意見や、速度調整にも役立つという回答が得られた。また、練習用システムとしても有効であるという意見も得られている。これらのことから、提示した情報の見づらさはあったものの、概ねカーブの走行練習をする際の練習用システムとして有用であるという可能性が示唆された。

No	質問内容
1	システム利用前と比べ、走行ラインは適切にイメージできるようになりましたか
2	カーブの提示は見やすいものでしたか
3	速度の提示はみやすいものでしたか
4	システムは操作しやすかったですか
5	このシステムはカーブを曲がるための練習用ソフトウェアとして有効だと思いますか
6	このシステムはカーブを安全に曲がるための速度調整を練習するうえで有効であると思いますか
7	このシステムはカーブを安全に曲がる上で、適切なカーブの道筋を予測する練習をするために有効であると思いますか

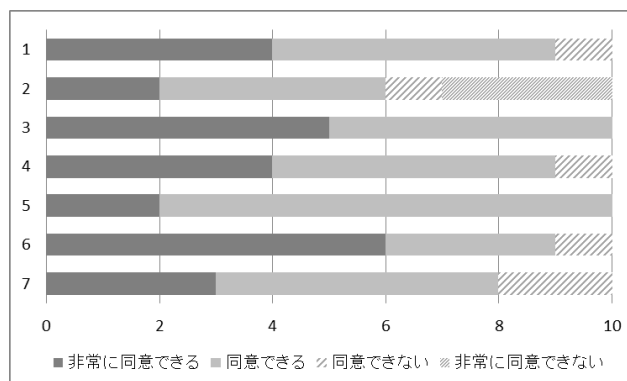


図 5 アンケートとその結果

5. まとめ

AR を安全運転のために役立てようとするシステムの開発、研究は広く行われており、筆者らも AR を用いた安全運転のための運転技術向上支援に取り組んでいる。本稿ではその一環として、自動二輪車のカーブ走行時における走行練習支援システムについて、試験的利用の結果を含め報告した。走行練習は運転技能を習得する上で有用な手段ではあるものの、実際に行う場合には、高い負荷のかかる演習になっている。また、運転操作の判断を行う上で必要な認知情報も、教本で与えられる情報と実際の走行風景から得られる情報は異なっている。

そこで適切な認知情報を, AR オブジェクトを用いて与えてやることで, 走行練習を行う上での足場がけとし, 運転操作時の判断を訓練できるようなシステムを開発した. 試験的利用からは, 実際にライン取りと速度の改善の可能性があることが確認でき, アンケートからも, カーブを曲がる上での技術向上に有用であるという意見が得られた.

今後の課題としては, 今回は判断を中心に設計した走行練習支援の洗練, スマートヘルメットやスマートグラスを用いた検証を行うことが上げられる. また, 走行結果に対するフィードバックや走行のログの記録なども重要な課題である.

参考文献

- [Biral 14] Biral, F., Bosetti, P., and Lot, R.: Experimental evaluation of a system for assisting motorcyclists to safely ride road bends. *European Transport Research Review*, Vol. 6, No.4, pp.411-423(2014)
- [BMW 16] BMW 公式サイト Head-Up Display, <http://www.next100.bmw/en/topics/articles/head-up-display.html>, 2016/03/22 access
- [Clarke 10] Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C., and Truman, W.: Killer crashes: fatal road traffic accidents in the UK. *Accident Analysis & Prevention*, Vol.42, No. 2, pp.764-770 (2010)
- [Honda 16] Honda バイク運転上達特集, <http://www.honda.co.jp/topics/110218/>, 2016/03/22 access.
- [井上 09] 井上源太, 安信誠二.: 熟練ライダーの運転知識に基づく知的二輪車運転支援システム. *知能と情報*, Vol.21, No.1, pp. 24-31 (2009)
- [警察庁 16] 警察庁 平成26年中の交通事故の発生状況, <https://www.npa.go.jp/toukei/koutuu48/before/hasseijokyo/PDF/H26hasseijokyo.pdf>, 2016/03/22 access.
- [莫 04] 莫舸舸, 木由直.: カラー画像における道路標識の認識. *電子情報通信学会論文誌 D*, Vol.87, No.12, pp.2124-2135(2004)
- [Molinero 09] Molinero, A., Margaritis, D., Gelau, C., Martín, O., Perandones, J. M., and Pedrero, D.: Characteristics of Powered Two Wheelers Accidents susceptible to be Avoided and Minimized through ADAS and IVIS implementations, pp.15-19(2009)
- [Plavšić 09] Plavšić, M., Duschl, M., Tönnis, M., Bubb, H., and Klinker, G.: Ergonomic design and evaluation of augmented reality based cautionary warnings for driving assistance in urban environments. *Proceedings of Intl. Ergonomics Assoc* (2009)
- [曾我 05] 曾我真人, 瀧寛和, 松田憲幸, 高木佐恵子, and 吉本富士市.: スキルの学習支援と学習支援環境 (< 特集> スキルサイエンス). *人工知能学会誌*, Vol.20, No.5, pp.533-540(2005)
- [内閣府 16] 内閣府 自動車の走行速度と道路の設計速度・最高速度規制との関係, http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaiku/max-speed/k_3/pdf/s8.pdf, 2016/03/22 access.
- [Natalier 01] Natalier, K.: Motorcyclists' interpretations of risk and hazard. *Journal of Sociology*, Vol.37, No. 1, pp.65-80(2001)
- [Wood 76] Wood, D., Bruner, J.S., and Ross, G.: The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*17, pp.89-100(1976)