

携帯端末を用いた運転技術向上支援システムの開発

當金將見[†] 角田博保[†] 赤池英夫[†] 中山泰一[†]
電気通信大学 情報理工学研究所 情報・通信工学専攻

1. はじめに

近年、自動車の安全運転支援システムおよび、自動運転システムなど、自動車事故防止システムの開発が世界各国で進んできている。しかし、現在はまだ運転技術の補佐でしかない。また恩恵を受けるには自動車に多種多様なセンサーを搭載し、システムを構築しなければならない。そのためコストもかかり、旧世代の自動車には適合し辛い。この面から、現状での自動車事故防止策は、運転手それぞれが安全な運転技術を身につけることである。

そこで、旧世代の自動車に適応しやすく、その場に応じた最適な運転を運転手に教示するシステムの開発が必要である。

2. 運転技術支援に関する研究

ここでは、センサー取り付けを必要としない自動車運転技術支援システムに関する研究について述べる。

2.1 iOnRoad [1]

このシステムは自車の速度と、先行車までの距離を計測することで、かなり接近した時に警告音とアニメーションによって危険を知らせるものである。しかし、このシステムは危険を知らせてくれるものの、安全な運転についての指示はしないため、運転技術の向上に関しては使用できない。

2.2 DriNori [2]

このシステムでは、一般的に運転の乗り心地の評価に用いられているジャーク(加速度の変化量)の大きさ[3]と方向に着目して、ドライバーや搭乗者にかかる負荷を採点評価し、運転終了時にレーダーチャートによって運転手へフィードバックすることで、運転技術の見直し向上を図っている。しかし、採点がリアルタイムでなく、採点が心理的なプレッシャーとなってしまい、逆に運転技術を低下させてしまう原因となっている。

本研究では、適切な運転行動をリアルタイム指示することによって、運転技術向上を可能にするシステムの開発を目的とする。

3. システムの実装

本研究で提案するシステムは、車内に設置できる携帯端末を利用し、行動後1秒以内にリアルタイムで運転手に適切な運転を提示する。携帯端末のプラットフォームには、開発のし易さ、センサー類の豊富さなどから Android OS 搭載機を選択した。また本研究では、自動車追突事故の出現数の多さに注目し、適切な減速を促す指示をするシステムの開発を目標とする。

“Development of real-time car driving technique improvement support system using smart-phone.”

[†]Takeru Togane · The University of Electro - Communications

[†]Hiroyasu Kakuda

[†]Hideo Akaike

[†]Yasuichi Nakayama

3.1 ブレーキ検出

本システムは、携帯端末以外のハードウェアを使用していない。そのため、ブレーキの検出には、Android, iOS 端末のほとんどに搭載されている加速度センサー、GPS モジュールを使用する。それらセンサー類から得られる、速度、加速度情報を基にブレーキの検出を行った。それには、閾値による検出手法を用いた。

閾値検出では、ブレーキの開始は、加速度の閾値により判定し、ブレーキの終了は、後述の速度と加速度による猶予時間付きの閾値判定を行った。ブレーキ検出のそれぞれの閾値はシステム開発前に、運転経験にバラつきのある被験者4名の記録を基に、それぞれ開始時は $0.5[m/s^2]$ 、終了時は加速度 $0.4[m/s^2]$ 速度 $0.0[m/s]$ とした。

3.2 猶予時間付き閾値判定

本システムでは、ブレーキ終了を判定する際に時間的な猶予を設けた。これは、ブレーキの終了条件においては、ただ閾値を下回った時点を終了条件にしてしまうと、ブレーキを弱めた場合に実際はまだブレーキの途中であるのにも関わらずブレーキ終了がかなり手前で判定されてしまうことや、さらに停車時の路面に傾斜があった場合、わずかであっても無視できないオーダーで重力の分力によるオフセットが発生し、値が上下してしまうため条件がシビアであることを考え、実装した。実装では、Fig.1のようにブレーキ終了の閾値を下回った時から約1秒の時間的な猶予をもたせた。この猶予時間である1秒の窓内の加速度の最大と最小の差を加速度の変位とすると、

$$\Delta a = a_{max} - a_{min} \dots (1)$$

Δa の絶対値が十分に小さいか、速度が閾値以下の時点を終了とした。

3.4 ブレーキ評価

使用者に適切な教示をするために、本システムでは理想のモデルとして、最小ジャークモデルを使用した。最小ジャークモデルとは人の指差し動作などに見られる最も小さいジャークで素早い加速/減速を行う動作モデルである。平岡ら[4]の研究では減速

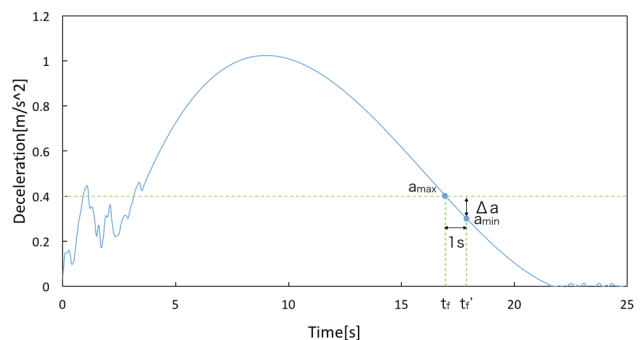


Fig.1: 猶予時間付きブレーキ終了判定

や加速の際、熟練ドライバーが最小ジャークモデルに従って減速行動を行っていることを報告している。

以下の式は熟練ドライバーの運転に基づいて最小ジャークモデルを適用したもので、 $L[m]$:減速までに使用した距離、 $\Delta v[m/s]$:減速開始から終了までの速度差、 $p = 2.367$:定数パラメータとすると、理想の停車時間 t_f 及び加速度のピーク時間 t_m はそれぞれ、

$$t_f = \frac{2(6 - \sqrt{6})L}{3\Delta v} \dots (2)$$

$$t_m = \frac{8p - 15 - \sqrt{19p^2 - 75p + 75}}{15(p - 2)} t_f \dots (3)$$

となり、理想の状態方程式の係数は、

$$b_0 = \frac{6L}{t_f^5} - \frac{3\Delta v}{t_f^4}, b_1 = \frac{15L}{t_f^4} - \frac{8\Delta v}{t_f^3}, b_2 = \frac{10L}{t_f^3} - \frac{6\Delta v}{t_f^2} \dots (4)$$

と決まる。そして任意の時刻における理想の加速度、

$$a_{ideal}(t) = 20b_0t^3 - 12b_1t^2 + 6b_2t \dots (5)$$

を得る。本システムでは先に、加速度の実測値 a_{act} に対して、急ブレーキでないかを評価する。その後、(2)及び(3)による時間的なズレに関してブレーキの評価を行う。時間のズレに対する評価はズレに応じて5段階で評価した。ここでさらに、ピーク時間の実測した値が全体の長さに対して $\pm 6.7\%$ 以内だった場合は追加で以下の揺れに対する評価を行った。

揺れに対する評価は、ジャークを基に t_m を基準として前半部と後半部に分けスコア化する。

前半のスコアは、 $Jerk_{ideal}$:理想値、 $Jerk_{act}$:実測値として、

$$val[i] = Jerk_{ideal}[i] - Jerk_{act}[i] \dots (6)$$

$$\left\{ \begin{aligned} S_{vbp} &= \frac{1}{N_p} \sum_{i=0}^N val[i]^2 \quad (val[i] \geq 0) \\ S_{vbm} &= \frac{1}{N_m} \sum_{i=0}^N val[i]^2 \quad (val[i] < 0) \end{aligned} \right. \dots (7)$$

(N_p : $val[i]$ が正のデータ数, N_m : $val[i]$ が負のデータ数)

$$S_{vb} = S_{vbp} - S_{vbm} \dots (8)$$

とした。この S_{vb} の値が正ならば断続的にブレーキを強めに踏んでいることになる。さらに、後半にも同様の評価を行い、スコアの大きさでさらに3段階の評価をした。これら8段階の評価を基に運転手に教示を行った。

4. システムの評価

普通自動車免許を所有している被験者4名に対して、システムの支援がなしの場合とありの場合、それぞれにおいて同じ時間帯に30分程度、実際の一般道を走行させる。そして、以下の2点に着目した評価を行った。

4.1 運転技術の向上度判定

端末に減速のタイミングと減速度の情報を記録し、得られた実測値のシステムの有無による変化とモデルと比較することで運転技術向上に関する評価を行った。

4.2 アンケートによる主観評価

走行による実験中に、同乗者3名に停車するたびに、踏み込み強さ、ブレーキ中の揺れ、乗り心地などに関するアンケートを5段階の指標で行った。

Table. 1: アンケート結果 被験者別評価平均

Support ON		Driver				
		A	B	C	D	
Evaluator	A			3.57	3.43	3.13
	B	3.29			3.45	3.63
	C	4.89	3.28			4.57
	D	3.38	3.77	3.45		
AVE		3.8533333	3.54	3.4433333	3.7766667	

Support OFF		Driver				
		A	B	C	D	
Evaluator	A			3	3.36	2.92
	B	3.63			3.1	3.36
	C	4.44	4.19			4.17
	D	3.68	4.63	3.68		
AVE		3.9166667	3.94	3.38	3.4833333	

5. 実験結果

アンケートによる結果はTable. 1のようになった。この結果は、運転手以外の搭乗者3名が答えたアンケートの各個人の平均を示したものである。この結果において、被験者C, Dは支援ありの結果は、なしに比べ上がっている。しかし、A, Bに関しては逆に下がっている。このことに関して、4名に追加でインタビューを行った。その結果、特に被験者Bに関して、「教示の内容が難しく、上手いブレーキの感覚がわからなかった」というコメントが得られた。

6. 考察と結論

実験の結果より、半分の運転手の減速行動について、乗り心地の観点では向上が見られなかった。これは、音声に関する教示が感覚的に分かりづらいことと、実験が別日だったことによる道路状況の違いによる、外的な要因が考えられる。しかし、運転手Aに関して、結果は悪かったものの、その差は約0.06ポイント減とあまり差はなかった。このことから、本システムを使用することによって、運転技術向上が見込める可能性を示唆された。

7. 終わりに

本研究は、携帯端末を用いて自動車の運転手の運転技術向上を目的とするシステムの開発を目標とした。提案手法では、携帯端末に搭載されているセンサー類を活用することによって、外的な装置を自動車に取り付けることなく、低コストで実現可能な運転技術支援システムを作成し、その可能性を示した。

8. 今後の課題

評価実験での被験者のコメントにおいて、減速が上手くいない時、特に前方を走行している自動車の影響を大きく受けていることが報告された。そこで、前方の自動車との距離を計測し、上手な減速ができるように指示を行う必要があると考えられる。そこで例えば、Open-CVを用いて、端末の背面カメラで距離計測を可能にする機能の開発を行う必要があるだろう。

[参考文献]

[1] iOnRoad™ : iOnRoad, iOS/Android, App Store (2012).
 [2] 嶋田 : 自動車運転技術の乗り心地を採点評価するAndroidアプリの開発, 電気通信大学 修論 (2016).
 [3] 王, 佐川, 猪岡 : 自動車の加減速と乗り心地の関係に関する研究, 人間工学, Vol.36, No.4 (2000).
 [4] Hiraoka, Nishihara, Kumamoto et.al : Modeling of driver following behavior based on Minimum Jerk Theory, World Congress on ITS, Paper 3416 (2005).