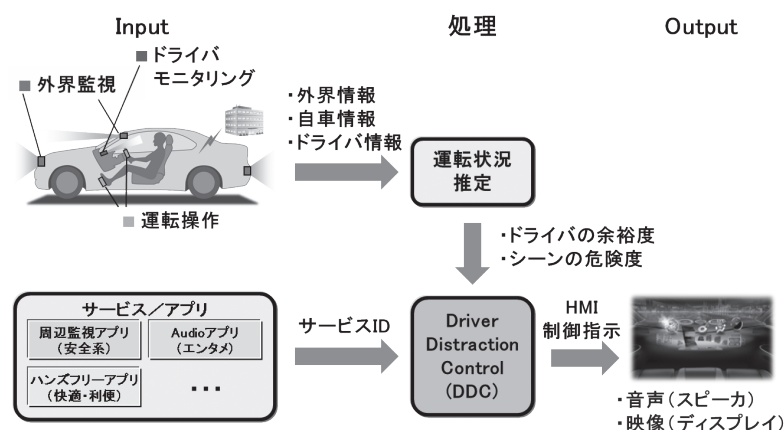


Driver Distraction Control機能の開発

Development of Driver Distraction Control Function

桑 原 大 樹 Taiki KUWAHARA
井 口 裕 介 Yusuke IGUCHI
濱 上 齊 Itsuki HAMAUE
山 本 晋 Susumu YAMAMOTO



要 旨

近年、インターネットの高度化や情報端末の急速な普及により、車両内で触れることのできる情報が増加している。このことから、今後も多様な情報やサービスがインターネットを通じて、車両内で提供されると考えられる。しかし、運転中の無制限なサービス提供は、DD (Driver Distraction) を発生させ、ドライバーは運転に集中することができなくなる。その結果、該サービスによる快適性・利便性の向上と相反し、安全運転が阻害されることでドライバーの安全性を確保できなくなるという課題がある。この課題に対して我々は、運転中のドライバーへの情報提供を、外界・自車・ドライバー情報から推定される各情報を基に、その時々運転状況に応じてDDを抑制するためのDDC (Driver Distraction Control) の開発が必要だと考え、技術開発を行った。本稿では、DDCの有用性を確認するために、DDCの開発と実車搭載を行い、有用性の評価結果と課題について述べる。

Abstract

Recently, people have gained an increasing amount of information even in vehicle thanks to the more sophisticated Internet and rapid spread of information terminal devices. Thus, a variety of information and service will continue to be provided to drivers in vehicle, via the Internet. However, unlimited service provided to drivers while driving a vehicle may cause Driver Distraction (DD) and they may be unable to concentrate on driving. As a result, in contradiction to purposes of the service designed to improve comfort and convenience of the drivers, the service may interrupt their safe driving and thus it poses a problem that safety of the drivers may not be ensured. We developed Driver Distraction Control (DDC) that controls the DD from the driving state analyzed based on information estimated from the external information, host vehicle information and driver information because we believed that we needed to control the DD to solve the problem. This paper elaborates on development of DDC, its vehicle-mounted test to check usability, the evaluation results from the test and its challenges.

1

はじめに

インターネットの高度化や情報端末の急速な普及を背景に、車内でも情報に触れたいというニーズが高まっており、運転中に扱えるサービスが増加している。さらに自動車もインターネットを通じて社会とつながるようになり、ネットワークを活用してますます多様なサービスが提供されることが予想される。

しかし、運転中の快適性・利便性だけを重視して無制限にサービス提供を行えば、Driver Distraction（運転時の注意散漫、以下DD）が発生し、運転に集中できず安全運転が阻害される。このDDの発生は、自動車業界全体の課題となっており、National Highway Traffic Safety Administration（米国運輸省道路交通安全局、以下NHTSA）は、2013年4月にDDの抑制を目的としたHuman Machine Interface（ヒューマンマシンインタフェース、以下HMI）ガイドライン¹⁾を制定し、米国内で本ガイドラインの規定を満たさないサービスや車載機器を規制することを決定した。これを受けて近い将来、日本国内でも同様の規定が制定されるため、早急な対応が求められる。

このことから、サービスをドライバに提供する場合の安全性は、車両メーカーが担保する必要がある。ドライバへのサービス提供時の安全性の課題を満足させるためには、運転中のドライバへの情報提供を運転状況に応じてコントロールし、DDを抑制するDriver Distraction Control（運転時の注意散漫制御、以下DDC）の開発が重要と考え、技術開発を行った。

2 Driver Distraction Control (DDC)

2.1 DDC全体処理

この章では、我々が目指すDDCの処理、HMI制御例を説明する。DDCによるHMI制御処理を図1に示す。

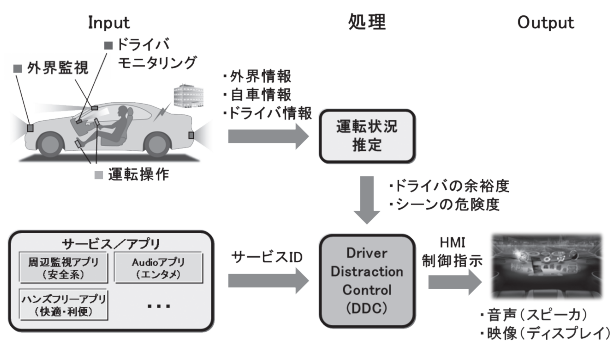


図1 DDCによるHMI制御の処理フロー
Fig.1 Flow of HMI Control Process by DDC

我々が目指すDDCによるHMI制御は、Inputとして外界情報、自車情報およびドライバ情報の三つを取得する。こ

れら取得した三つの情報で運転状況推定を行い、ドライバの余裕度（運転に対する集中度合い）と、シーンの危険度（外界に潜む事故リスク）をDDCへ出力する。さらにDDCへは、サービス/アプリのサービスIDが入力として加えられ、ドライバの運転状況に最適な情報と情報量の判断を行い、HMI制御指示を出力する。この、HMI制御指示を受けた出力デバイス（スピーカやディスプレイ）が最適化された情報をドライバに通知する。

運転状況推定の処理において、入力として取得する情報を説明する。外界情報とは、カメラやミリ波レーダなどの車両の外界を監視するセンサから取得する車両周辺環境情報に加え、外部インフラを介して得られる渋滞情報や、走行ルート上に存在するヒヤリハット地点情報といった車外から得られる情報を指す。また、自車情報とは、電子回路や自動車内部のElectronic Control Unit（電子制御装置、以下ECU）を接続するController Area Network（機器間のデータ転送用の規格、以下CAN）上を流れる車速、操舵角およびヨーレートといった情報を指す。ドライバ情報とは、ドライバの視線、顔向きおよび心拍数など、センサを介したドライバのモニタリングにより得られるドライバのよそ見、わき見、眠気状態といったドライバに依存する情報を指す。我々は、これら取得した三つの情報を活用することで、様々な運転状況に対応可能な運転状況推定を実現できると考えている。

次に、運転状況推定の処理において、出力として算出するドライバの余裕度と、シーンの危険度を説明する。(1)式に、我々が定義したドライバの余裕度を求める式を示す。

$$\text{余裕度} = \text{負荷許容量} - \text{運転中のドライバの負荷} \quad (1)$$

(1)式における負荷許容量とは、ドライバが運転中に認知、判断可能な情報と、操作の総量と定義した。また、運転中のドライバの負荷とは、ドライバが認知、判断している情報と操作量と定義した。運転中のドライバの負荷と、負荷推定に必要な情報の定義を図2に示す。

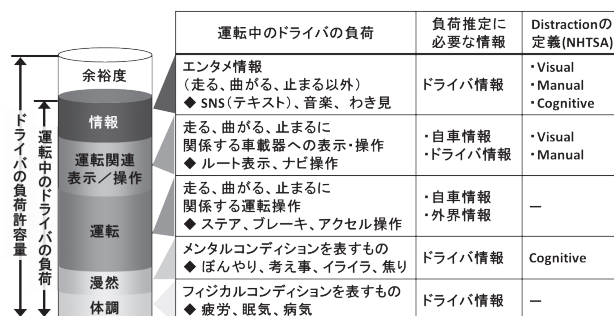


図2 運転中のドライバの負荷と推定に必要な情報
Fig.2 Workload of Driver While Driving Car and Information Necessary for Workload Estimation

運転中のドライバの負荷は、情報負荷、運転関連表示／操作負荷、運転負荷、漫然状態および体調の5項目から構成されると定義した。これら全ての項目を推定することで、運転中のドライバの負荷および余裕度を精度良く推定できると考えた。また、我々の定義した負荷（情報負荷、運転関連表示／操作負荷および漫然状態）はNHTSAが定義したDDの三つの分類（Visual Distraction, Manual DistractionおよびCognitive Distraction）を内包しており、DD抑制という点で、有効性を確認することが出来た。

シーンの危険度は、(2)式によって求める。

危険度 = 顕在的危険度 + 潜在的危険度 (2)

(2)式における顕在的危険度とは、路面の滑りやすさや周辺車両との衝突の危険など、主に外界情報から推定される危険度と定義した。また、潜在的危険度とはヒヤリハット地点情報や車速情報など、主に外界情報と自車情報から推定される危険度と定義した。この二つを足し合わせることでシーンの危険度を算出する。

DDCでは、先に記載したドライバの余裕度およびシーンの危険度と、サービスIDを組み合わせることで、ドライバに提示する情報を決定する。サービスIDとは、周辺監視アプリやAudioアプリなど、提示を行いたいサービス／アプリを表すIDである。

図3に、DDCにより決定されたHMI制御の例を示す。



図3 DDCによるHMI制御例

(左：HMI制御なし 右：HMI制御あり)

Fig.3 Example of HMI Control by DDC

(Left: without HMI Control Right: with HMI Control)

現在市場に提供されている車室内でのサービスは、図3左の写真が示すように、例えば、運転に関係のないSocial Networking Service（ソーシャル・ネットワーキング・サービス、以下SNS）の通知を受信した場合、運転中のドライバの余裕度やシーンの危険度に関わらず、受信した情報がナビに表示されるようになっていく。そのため、ドライバの運転操作に不要な情報が提供されることになり、情報負荷によるDDが発生する恐れがある。

これに対し、図3右の写真では、運転中のドライバの余裕度やシーンの危険度から、提供可能な情報量を計算し、情報量に応じたHMI制御を行う。そのため、図3左の写真と同じ状況下で、運転に関係のないSNSの通知を受信した

場合、情報負荷によるDDの発生を防ぐために、SNSの内容までは表示せず、通知が来ていることを小さく表示し、自車両前方に割り込み車両があるという警告を大きく表示する。その後、シーンの危険度が低下したと判断した場合に、SNSの内容を、DDが発生しない情報量で提示する。

このように、DDCを用いたHMI制御を実現することで、DDを抑制しつつ、安全性と快適・利便性を損なわずに、従来よりも多くのサービスの提供を実現する。

2.2 DDCの具現化

図4に、DDC内部処理の構成を示す。

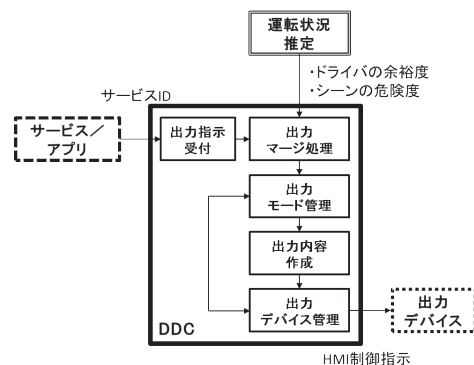


図4 DDCの内部処理構成図

Fig.4 Internal Block Diagram of DDC Process

DDCは、五つの処理から構成されている。まず出力指示受付では、サービスIDを入力に、サービスの出力指示を出力マージ処理へ出力する。出力マージ処理では、ドライバの余裕度、シーンの危険度およびサービスの出力指示を入力に、サービスの優先度、情報提供量、出力タイミングを決定する。また、決定した三つの情報からドライバに適した表現方法を選択し、出力モード管理へ出力する。出力モード管理では、ドライバに適した表現方法と、出力デバイス管理から取得した出力デバイスのリソースを基に、出力内容を決定し、その作成指示を出力内容作成へ出力する。出力内容作成では、作成指示を入力に、ドライバに適した出力内容を作成し、出力デバイス管理へ出力する。出力デバイス管理では、出力内容を入力に、出力デバイスへHMI制御指示を出力する。また、DDC起動時に車内で接続されている出力デバイスを把握し、そのリソース情報を出力モード管理へ出力する。以上の処理が、運転状況に応じて提供する情報と情報量の制御を実現するDDC内部処理となる。

3

DDCの構築

3.1 システム構成

本稿では、外界情報と自車情報を活用したDDCのシステム開発について示す。図5に今回構築したDDCのシステ

ム構成図を、また、図6に車両搭載図を示す。なお、DDCを具体的にどのような機器構成で実現しているのかを示すために、図4、図5および図6を処理ごとに異なる種類の枠線で囲み、対応させている。

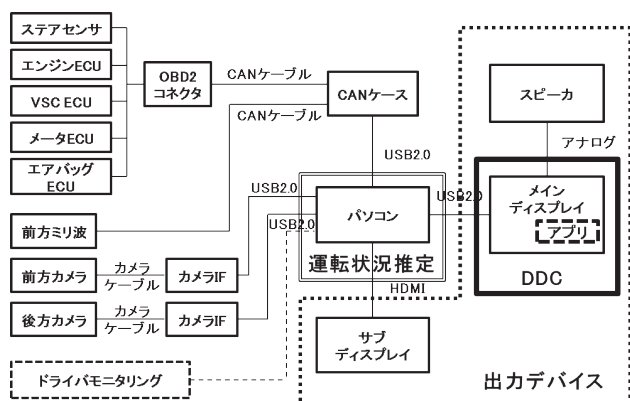


図5 DDCのシステム構成図
Fig.5 Block Diagram of DDC System

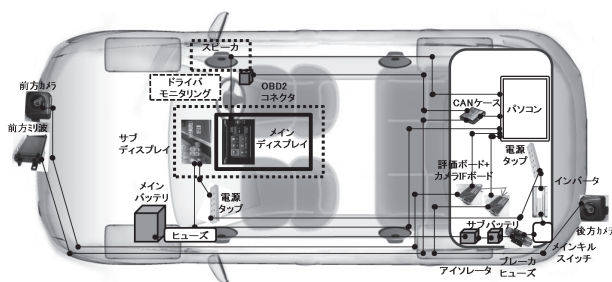


図6 車両搭載図
Fig.6 System Block Diagram on Vehicle

今回構築したシステムでは、運転状況推定結果としてシーンの危険度のみをDDCへと出力している。シーンの危険度については検討中の段階にあるが、このたびはシーンの危険度と、外界情報と自車情報から想定するシーンを表1のようにおいた。

表1 想定するシーンとその危険度の判定基準

Table 1 Possible Scenes and Judging Criteria for Degree of Danger per Scene

シーンの危険度	想定するシーン
1	駐車中(車速0km/h)
2	30km/h未満で走行中、接近物なし
3	30km/h未満で走行中、駐車車両検知
4	30km/h以上で走行中、狭路検知
5	30km/h以上で走行中、接近物検知

DDCはメインディスプレイ(ナビやディスプレイオーディオのような、センターパネルに搭載されている車載器)に搭載し、実装に近い環境での評価を可能とした。情報を提示するディスプレイには、メインディスプレイ(図7上)とサブディスプレイ(図7左下)を採用し、メインディ

スプレイはセンターパネル搭載のものを、サブディスプレイはダッシュボード中央に設置したものを利用した。情報を提示する音響機器には、車両前方の左右のドアに標準装備されている車載スピーカ(図7右下)を利用した。運転状況推定の処理部には、パソコンを利用した。



図7 情報提示機器
Fig.7 Information Providing Devices

自車情報には、運転席足元のOn Board Diagnosis second generation(自動車の自己診断機能、以下OBD2)コネクタを、CANケース経由でパソコンに接続することで取得可能なCAN情報を利用した。また、外界情報には、前後方カメラとミリ波レーダを用いて、駐車車両検知情報、狭路検知情報と接近物検知情報を利用した。本システムではカメラとミリ波レーダを組み合わせているが、これは専用のセンサを新規に追加することなく、物体検知や狭路検知をより安価に行うことが狙いである。

3.2 情報提示機器による情報提示内容

3.2.1 映像の提示

パソコンから出力されるシーンの危険度を基に、提示する映像の制御を行う。提示する内容を表2のメインディスプレイ列とサブディスプレイ列に示す。

表2 シーンの危険度と提示情報の対応表

Table 2 Displayable Information per Degree of Danger of Scene

シーンの危険度	メインディスプレイ	サブディスプレイ	車載スピーカ
1	音楽再生画面表示	・周辺障害物表示(簡易図) ・余裕度表示	音楽再生(通常音量)
2	音楽再生画面表示	・速度表示 ・余裕度表示	音楽再生(通常音量)
3	音楽再生画面表示	・周辺障害物表示(簡易図) ・余裕度表示	・音楽再生(音量Down) ・警告音声(通常音量)
4	操作禁止表示	・周辺障害物表示(簡易図) ・余裕度表示	・音楽再生(音量Down) ・警告音声(通常音量)
5	操作禁止表示	・周辺障害物表示(簡易図) ・余裕度表示	・音楽再生(音量0) ・警告音声(通常音量)

メインディスプレイでは、シーンの危険度が上昇すると、従来メインディスプレイで表示してきたサービスやアプリの内容に加え、操作制限状態を示す画面を表示する。図8は操作制限状態の画面の一例であり、この画面が表示されている際はメインディスプレイに対するタッチ操作が制限される。図8のような画面を危険度の高いシーンで表示することで、ドライバに運転に集中するよう促す。



図8 操作制限状態
Fig.8 State of Limited Operation

サブディスプレイでは、図9に示す周辺障害物表示を行う。表示内容はシーンの危険度と、接近物検知結果によってリアルタイムに変化させる。図9および図10がその例であり、シーンの危険度を表す円と、接近物検知結果を表す楕円を組み合わせて構成している。このように表示内容を変化させることで、ドライバがおかれている状況を直感的に把握できるようにしている。

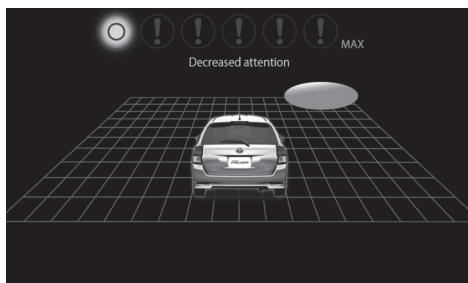


図9 周辺障害物表示
Fig.9 Surrounding Obstacle Presentation

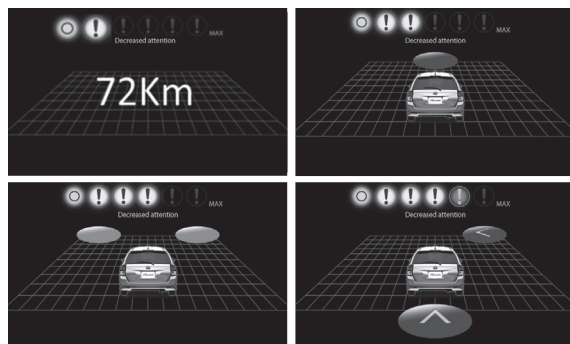


図10 周辺障害物表示の表示例
Fig.10 Examples of Surrounding Obstacle Presentation

本稿で構築したシステムでは、サブディスプレイとして液晶ディスプレイを利用したが、運転中のドライバの視線移動量や視界の妨げを最小に抑えたい場合には、Head-Up Display（ヘッドアップディスプレイ、以下HUD）を利用したほうがよいという見解もある。そこで、今回構築したシステムでは、HUDへの表示にも対応できるようにしている。

3.2.2 音声の提示

DDCの指示により車載スピーカで提示する内容を、表2の車載スピーカ列に示す。警告音声の内容は外界情報の検出結果から決定され、例えば、後方から車両が接近した場合には「後方接近注意」という警告音声の出力を行う。また、狭路を検知した際には「この先、道幅が狭くなります」という警告音声の出力を行う。視覚だけでなく聴覚も用いた警告を行うことで、シーンの危険度の高さをドライバに意識させ、運転への集中を促す。

4

DDC有用性評価

4.1 評価方法

3章で構築したDDCを車両に搭載し、DDCの有用性の確認と、課題の抽出を目的に、評価を行った。評価を行うための走行コースには、我々が定義したシーンの危険度（表1参照）の変化を再現できるように、図11に示すT字路や横断歩道を含む一般道を選定した。また、シーンの危険度を変化させるために、障害物や狭路を図11のシーン①からシーン⑤に設定した。表3に各シーンにおける危険な状況と、シーンの危険度の変化を時系列順に示す。

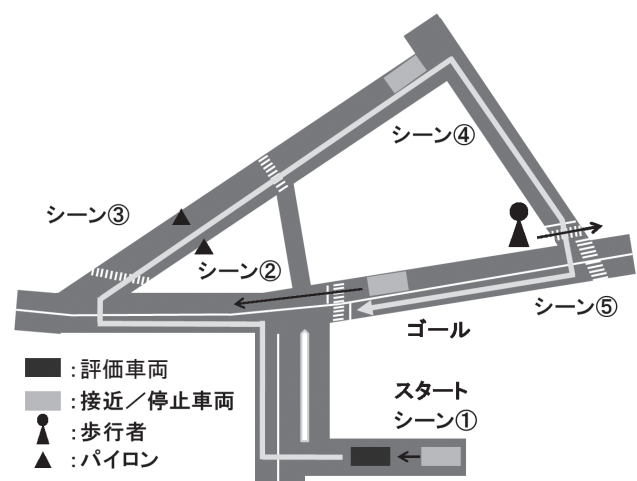


図11 走行コースと危険度変動シーン

Fig.11 Running Test Course and Scene where Degree of Danger is Changed

表3 シーンの情報
Table 3 Scene Information

シーン番号	車両挙動	外界状況 (危険な状況)	シーンの危険度
①	駐車中	—	1
	走行中	—	2
	走行中	後方から車両が接近	5
②	走行中	—	2
	走行中	右方から車両が接近	5
③	走行中	—	2
	走行中	狭路走行	4
④	走行中	狭路走行	4
	走行中	狭路走行+駐車車両あり	5
⑤	走行中	狭路走行	4
	走行中	右方から人が接近	5
	駐車中	—	1

評価は、図11のコースを評価車両で、DDCを動作させながら1周走行するというものである。被験者の安全性を考慮し、被験者は助手席に乘坐、評価車両の運転は我々が行った。被験者には助手席から出力デバイスからの出力内容に注目するよう促し、シーンの危険度に応じて変化する提示情報を確認させた。そして、コース走行後にDDCの評価を行った。評価方法はアンケート調査による主観評価を採用した。アンケート調査内容は、DDCに対して有用性があると感じたか、DDCに対してアドバイスや指摘事項はないか、の2問を設定した。前者は、有用性を感じられた場合には○を、感じられなかった場合には×を選択させた。また、後者は、アドバイスや指摘事項がある場合は別途用意したコメント欄へのコメント記載を促した。被験者数は47名である。

4.2 評価結果

アンケートの集計結果を図12に示す。

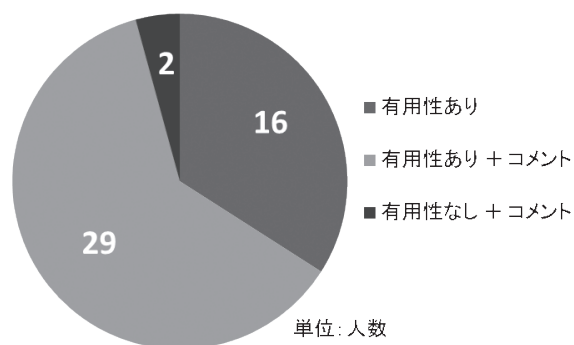


図12 アンケート集計結果
Fig.12 Questionnaire Results

アンケート調査の結果、47名の被験者のうち、45名からDDCに対して有用性があるという回答が得られた。9割以上の被験者から有用性があるという回答が得られたことから、本稿で開発したDDCの有用性を確認できた。また、47名の被験者のうち、31名からDDCへのアドバイスや指

摘事項に関するコメントが得られた。コメントをアドバイスや指摘事項の内容ごとに分類し、まとめた結果を表4に示す。

表4 DDCへのアドバイスと指摘事項
Table 4 Advice and Findings about DDC

アドバイスと指摘事項 (大分類)	アドバイスと指摘事項 (小分類)	コメント数
煩わしさを低減について	自然に受け入れられる通知方法について	7件
	煩わしく感じられない通知方法について	8件
	ドライバ情報を含めた通知方法について	5件
	個人に適應した通知方法について	6件
最適な情報提示について	情報の見せ方について	11件

煩わしさを低減についてのコメントと、最適な情報提示についてのコメントの二つに大別された。前者はDDCによる通知がドライバに自然に受け入れられ、お節介に感じられないようにしなければならないというアドバイスと指摘事項に該当する。また、後者はHMIに工夫を加え、受け入れやすい情報の提示を行う必要があるというアドバイスと指摘事項に該当する。この二つは我々も課題として認識していた項目であり、今回の評価を行うことで、課題の再認識ができた。

二つの課題については、解決に向けた取組みを進めている。煩わしさを低減については、ドライバモニタリングにより取得するドライバ情報から、ドライバの内的要素を把握し、ドライバが通知をどのように認知しているのかを把握することができれば解決できると考えている。また、最適な情報提示については、人間工学や行動誘導に基づいたHMI設計を行い、提示情報に対するドライバの応答時間や受容性を評価し、ドライバ好みのHMIに近づけていくことで、課題の解決が図れると考えている。

5

おわりに

我々は、快適性と安全性を両立するために、外界情報、自転車情報およびドライバ情報に基づいて、ドライバに提供する情報と情報量を制御し、DDの低減を行うDDCを提案し、具体的な実現手段の検討を行った。

また、DDCの有用性の確認と、課題抽出を行うために、DDCのシステム開発を行い、アンケート調査による主観評価を行った。アンケート調査の結果、DDCの有用性が確認できた。また、DDCに対するアドバイスと指摘事項は、煩わしさを低減と、最適な情報提示についてのコメントに大別され、我々の課題認識と一致することが確認できた。

今後は、アンケート調査結果より再認識された課題への

対策、改善点のフィードバックを進める。また、課題対策を行う上で、ドライバ情報を取得するセンサの追加が必要となるため、追加するセンサの検討と、ドライバ情報を加えたドライバの余裕度の推定手法の開発に取り組む。

また、DDCへの追加機能として、運転状況を先読みする機能を検討している。先読み機能を加えることで、走行ルート上のヒヤリハット地点や渋滞、事故の情報を、現在のDDCよりも早い段階でドライバに伝えることが可能となる。こうすることでドライバにルート変更を促すことが可能となり、ヒヤリハット地点の事前回避のような予防安全にも繋がるため、よりDDCの安全性が向上できるのではないかと予想する。

参考文献

- 1) NHTSA : Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines For In-Vehicle Electronic Devices, 2013

筆者紹介



桑原 大樹
(くわはら たいき)

先行開発企画部
システム開発室



井口 裕介
(いぐち ゆうすけ)

AS技術本部
センシングシステム開発室



濱上 斉
(はまうえ いつき)

先行開発企画部
システム開発室



山本 晋
(やまもと すすむ)

先行開発企画部
システム開発室