自動車運転中の高齢者に配慮した聴覚情報提示方法

Method for Presenting Auditory Information to Elderly Drivers While Driving

正会員 山崎 初夫[†], 福元 将高^{††}, 萩 尊史^{††},
山本 修身^{††}, 正会員 山本 新^{††}, 正会員 中野 倫明^{††}
Hatsuo Yamasaki[†], Masataka Fukumoto^{††}, Takafumi Hagi^{††},
Osami Yamamoto^{††}, Shin Yamamoto^{††} and Tomoaki Nakano^{††}

Abstract We developed a method for presenting auditory information to drivers that even elderly drivers can hear easily. Our method is used for correcting high-frequency sounds that are important for arousing attention during emergencies and is based on the physiology that is characteristic of elderly people whose hearing is impaired. We verified the effectiveness of our method by conducting experiments in which the subjects included elderly drivers whose hearing was significantly impaired.

キーワード：高齢者，聴力低下，聴覚情報，注意喚起音，周波数補正，運転支援システム

1. ま え が き

高度道路交通システム (Intelligent Transport Systems: ITS) の開発と実用化が進み，運転支援システムおよびそのヒューマンファクタに関する取組みが重要になってきている．運転支援システムでは走行環境や道路交通の状況，さらに緊急時の警報情報などが音や音声でドライバに提供される．運転中のドライバは運転環境やディスプレイ表示などは視覚で確認することが多いので，ドライバへの情報提示は聴覚による音や音声の役割は重要である．聴覚による情報提供には，音声案内の開始や運転状況の変化を知らせる「注意喚起音」と車線逸脱や車間距離接近の危険を知らせる「警報音」がある．

これまでの運転支援システムでは，主に先行車との車間距離や車線逸脱など，走行環境状態に関する警報の音やそのタイミングを中心に検討がなされてきた^{1)~3)}．その検討も，高齢者などユーザの視点からの検討はあまりなされていなかった．さらに，これからの運転支援システムでは車の走行環境状態だけでなく，運転中のドライバの意識状態(①意識は正常，②居眠りなどで意識の低下が生じている，

③携帯電話などで過度の意識集中が生じている)とドライバの個体差(①高齢者，②非高齢者)を配慮した情報提示方法の検討が望まれるが，ドライバの意識状態や個体差まで考慮した検討はほとんど報告例がない．

本研究の最終目標は，走行状態に加えてドライバの運転状態や個体差まで考慮した聴覚情報の提示方法であるが，本報では，ドライバの個体差，とりわけ高齢ドライバにも気づきやすい聴覚情報提示方法について述べる．我が国は急激に高齢化が進み，近い将来超高齢社会になることから，高齢ドライバへの対策は急務であり，高齢者にわかりやすく気づきやすい提示方法が強く要望されているからである⁴⁾⁵⁾．

一般に加齢に伴って聴力が低下し，高周波成分が聞き取りづらくなること，周波数の弁別がしづらくなること，音の方向がわかりづらくなることなどが知られている．

従来，家電分野では高齢者向けの報知音の検討などが一部検討されているが⁶⁾⁷⁾，自動車分野での聴覚情報では高齢者向けの本格的取組みは見当たらない．本論文では，高齢者の聴力低下を補う聴覚の情報提示方法を検討した．

2. 高齢者の聴覚特性

加齢に伴って人の聴覚特性は変化する．図1は日本人の聴力レベルの変化を示したものである⁸⁾．30才代までは可聴周波数全体に聴力レベルの低下は少ないが，55才～60才代から特に2kHz～10kHzの高域の周波数での低下が顕著となる．

運転支援システムなどにおける聴覚による情報提示の代表的なものは，「注意喚起音」と「警報音」である．「注意喚

2005年8月1日受付，2005年10月7日再受付，2005年10月25日採録

† 名城大学 情報センター

(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501, TEL 052-832-1151)

†† 名城大学 大学院 理工学研究科

(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501, TEL 052-832-1151)

† Center for Computers and Information Technology, Meijo University

(1-501, Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya, 468-8502, Japan)

†† Graduate School of Science and Technology, Meijo University

(1-501, Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya, 468-8502, Japan)

図2 高齢者の聴覚特性の低下の補正特性
Correction characteristic of decrease in elderly people's auditory characteristic.

図1 日本人の年齢層別聴力レベル⁸⁾
Relation between hearing level and frequency at each age.

表1 実験条件

Experimental conditions.

		実験 1	実験 2
聴覚情報の種類		注意喚起音	警報音
補正方法		図2に示す補正	←
運転負荷		時速 100km/h 前後の車に追尾する	←
実験時の条件	静かな車室内想定	注意喚起音 (55dB (A)) + 周囲騒音 (60dB (A))	警報音 (55dB (A)) + 周囲騒音 (60dB (A))
	一般走行での車室内想定	注意喚起音 (60dB (A)) + 周囲騒音 (65dB (A))	警報音 (60dB (A)) + 周囲騒音 (65dB (A))
聴覚情報提示時間		0.6 秒	2.7 秒
提示回数		6 回	←
実験時間		45 分～60 分	←

起音」は、音声による案内などドライバに情報を提示するときに事前に喚起を促す音で、「警報音」は、危険を知らせ事故を未然に防ぐための安全上重要なメッセージである。これらはいずれも走行中での提示であるので、その提示音に数kHzの周波数を含んでいるときには、高齢ドライバによっては聞き難くなることになる。

3. 高齢者に配慮した聴覚情報の提示方法

一般的な聴覚特性は図1のようであるが、高齢者の場合はその聴力レベルの変化に大きな個人差がある。しかし、聴覚特性の低下を補う今回の補正方法では、それを平均的にとらえ、補聴器の基本特性を生かす方法としている。図2は、その補正方法の聴力レベルの特性を示したもので、特に高齢者の聴覚特性低下の著しい2kHz～10kHzの周波数成分の音圧レベルを一様に10dB補正している。

4. 検証実験

4.1 実験方法

この補正方法の有効性を検証するために、

実験1: 「注意喚起音」

実験2: 「警報音」

とし、実験1, 2とも、従来の提示方法と本提示方法でその

評価を行った。「注意喚起音」、「警報音」の従来方法は、国産乗用車に用いられているもの(T社の2,000ccクラスのもの)を用いた。この方法の有効性は、ドライビングシミュレータを用い、男子の高齢被験者5名(62才～75才)に対し、一定の負荷を与えた条件の下でこれらの聴覚情報を与え、その反応の時間で評価した。一定の負荷とは、前方の車両を100km/h前後で走行させて追尾する条件とした。

表1に実験条件を示している。注意喚起音の実験では、

- (1) 静かな車室内想定(充分な遮音対策が施された高級車の車室内を想定)の条件を、注意喚起音は55dB (A)、周囲騒音は60dB (A)とした。
- (2) 一般の車室内想定(大衆車で一般的な車室内を想定)の条件を、注意喚起音は60dB (A)、周囲騒音は一般的平均的レベルの65dB (A)とした。

また、警報音の実験も、(1) 静かな車室内想定と、(2) 一般の車室内想定では、周囲騒音は注意喚起音と同じ条件とした。

実験は、ドライビングシミュレータを用いて行った。図3は、ドライビングシミュレータを含む実験システムの構成図である。プロジェクタでスクリーン上に高速走行の映像を投写し、一定の条件の下で補正前と補正後の「注意喚起音」や「警報音」を提示し、ハンドルに付けたスイッチボタ

(a) ドライビングシミュレータ

(b) 運転操作画面

図3 実験システムの構成図
Configuration of experimental system.

図4 「注意喚起音」における反応時間
Reaction time in "Attention rousing sound".

図5 「警報音」における反応時間
Reaction time in "Warning sound".

ンを押してもらいその反応時間を測定した。実験はそれぞれ6回実施した。それぞれの聴覚情報は補正前と補正したものを順不同でランダムな提示間隔 (10秒~30秒) でそれぞれ6回ずつ提示した。

被験者5名については、実験の前に聴覚測定を行い、各被験者の最小可聴レベルを計測して被験者の聴力レベル低下を調べておいた。5名の平均聴力レベルの低下は、2kHzで6dB、4kHzで18dB、8kHzで34dBであった。

4.2 実験結果

図4は、「注意喚起音」の (1) 静かな車室内想定と、(2) 一般の車室内想定時の補正前後の反応時間を示したものである。反応時間は前記の聴覚特性をもつ被験者5名の実測値である。(1) 静かな車室内想定の場合には、反応時間が0.19秒早い結果が得られた。また、(2) 一般の車室内想定の場合でも0.14秒の反応時間の改善が見られた。

図5は、「警報音」の補正前後の反応時間を示したもので

ある。(1) 静かな車室内想定の場合で反応時間は0.16秒、(2) 一般の車室内想定の場合で0.14秒の改善が計測された。反応時間が0.2秒改善されると、高速道路で100Km/hで走行の場合、距離に換算して5.6mとなるので、車の安全走行の向上に貢献できると考えられる。

5. む す び

本報告では、高齢ドライバーに気づきやすい聴覚情報提示の一方法として、高齢者の聴覚特性の特定周波数を補正する方法を検討した。ドライビングシミュレータを用い、5人の高齢ドライバーに対し高速走行の一定負荷を与え、「注意喚起音」と「警報音」でその有効性を反応時間によって評価した。その結果、「注意喚起音」、「警報音」とも一応の反応時間の改善が見られる結果が得られた。

今後は、個別対応を含め、さらなる効果のある聴覚提示方法を検討する予定である。

最後に、本研究の一部は文科省の科研費の助成（基盤研究(B) 課題番号15300066）、および、NEDOの地域新生コンソーシアムプロジェクト「ヒューマンセンタードITSビューエイドシステム」の支援を受けて行われた。また、実験においては、アイシン・エイ・ダブリュ ITS企画部の協力を得た。記して感謝の意を表します。

〔文 献〕

- 1) 清水洋志, 桑原達雄: “運転支援システムの警報における一考察”, 日産技報, 49, pp.59-62 (2001)
- 2) 末富隆雅, 新部忠幸, 上村裕樹: “危険警報のヒューマンインタフェース”, 自動車技術, 56, 3, pp.49-53 (2002)
- 3) 岩男真由美, 堀口明伯, 小林正巳: “警告信号音の特性と緊急性・識別性についての一考察”, 自動車技術会学術講演会前刷集, 34-02, pp.9-12 (2002)
- 4) 萩野光明, 笠井純一, 柳島孝幸, 鎌田実: “高齢者に使いやすい自動車技術”, 自動車技術, 56, 10, pp.90-95 (2002)
- 5) 鎌田実, 小竹元基: 高齢者の生活と運転, 自動車技術, 57, 12, pp.15-21, (2003)
- 6) 倉片憲治, 久場康良, 口ノ町康夫, 松下一馬: “家電製品の報知音の計測 (第2報) 高齢者の聴覚特性に基づく検討”, 人間工学, 35, 4, pp.277-285 (1999)
- 7) 倉片憲治, 久場康良, 木塚朝博, 口ノ町康夫: “高齢者の聴力レベルとテレビの聴取音量の関係”, 人間工学, 35, 3, pp.169-176 (1999)
- 8) 伊福部達: “音の福祉工学”, コロナ社, p.136 (1999)

山崎 初夫 1971年, 名城大学理工学部電気工学科卒業。同年, 同大学電子計算機室技術員。現在, 同大学情報センター助教授。高齢者にわかりやすい車載ディスプレイへの表示方法と警報提示方法など, 自動車のヒューマンインタフェースに関する研究と情報処理教育に従事。正会員。

福元 将高 2004年, 名城大学理工学部情報工学科卒業。現在, 同大学大学院理工学研究科修士課程に在学中。ドライバに信頼される警報提示方法など, 自動車のヒューマンインタフェースに関する研究に従事。

秋 尊史 2004年, 名城大学理工学部情報工学科卒業。現在, 同大学大学院理工学研究科修士課程に在学中。高齢ドライバに配慮した警報提示方法など, 自動車のヒューマンインタフェースに関する研究に従事。

山本 修身 1987年, 東京大学工学系研究科計数工学修了。同年, 東京工業大学, 1997年, 青森大学工学部を経て, 2005年, 名城大学理工学部助教授。グラフィックスハードウェアを用いた幾何的計算, 零点不在領域の理論と応用, 数値的計算の数式処理への応用に関する研究に従事。工学博士。

山本 新 1965年, 岐阜大学工学部電気工学科卒業。同年, (株) 豊田中央研究所入社。豊田工業大学連携大学院博士課程教授を経て, 1998年, 名城大学理工学部教授。3次元画像計測・認識, ITSに関するマシンビジョン, 車載ディスプレイ表示およびドライバ状態検知を含む自動車のヒューマンインタフェースに関する研究に従事。工学博士。正会員。

中野 倫明 1982年, 名古屋大学大学院工学研究科修士課程修了。同年, (株) 豊田中央研究所入社。1999年, 名城大学理工学部助教授。現在, 同大学同学部教授。工業用文字認識, 3次元画像計測・認識, ドライバへの情報提示など自動車における視聴覚情報処理やヒューマンインタフェースに関する研究に従事。工学博士。正会員。