



自動車室内の情報表示のための音

——“これからの自動車”のためのサイン音デザイン——*

中 貴 一 (関西学院大)**・田上 宣昭 (パイオニア)**
山内 勝也 (九州大・芸工)****

1. 20XX 年・サンディエゴ

ベロニカは、メキシコのアメリカ国境近くに住む 27 歳の女性です。現在付き合っている彼氏とは同棲 5 年目。化粧品メーカーでデザイナーをしています (図-1)。

今日は、サンディエゴの本社でのプレゼンを終え、帰宅途中です。車に乗り込み、自宅に向けて自動運転をスタートさせます。

車外に向けてはアバター設定によって中性的な姿が映し出されているので、ベロニカは足を上げてくつろいでいます。国境付近のゾーンに侵入したとき、車内でサイン音が鳴りました。

「あ、そうだった…」

ベロニカは慌てて姿勢をただし、アバター設定を切ると、緊張した面持ちで認識カメラを見つめます。国境を越える際、安全上の理由で無人の顔認識システムに記録を残す必要があるのです。

「誰かに見られてるわけじゃないけど、な～んか緊張するのよね。」

これは、ある実験のために作成した、近未来の自動車利用に関する架空のシナリオです。どのようなサイン音 [1] (→2.2 節を参照) が鳴ったか、想像されたでしょうか？

国境検問の通知ですので、確実に聴き取られ、注意誘導感や切迫感を与えるような音色かも知れません。認識カメラの方向に定位させた空間情報も表現されるかも知れません。

このほかにも、自動運転の設定、アバターの切り替えなどの 2024 年現在では存在しない様々な機能設定の操作にも、視覚表示と同時にサイン音が鳴るでしょう。走行中の車内は、“足を上げてく



図-1 近未来の自動運転車での通勤 (イラストは Open peeps [2] で作成)

* In-vehicle information sounds: Sound design for future mobilities.

** Kiichi Naka (Kwansei Gakuin University, Sanda, 669-1330) e-mail: naka.kiichi.research@gmail.com

*** Nobuaki Tanoue (Pioneer Corporation, Kawagoe, 350-8555) e-mail: nobuaki.tanoue@post.pioneer.co.jp

**** Katsuya Yamauchi (Faculty of Design, Kyushu University, Fukuoka, 815-8540) e-mail: yamauchi@design.kyushu-u.ac.jp

[doi:10.20697/jasj.81.2-159]

つろいでいる”というペロニカの生体情報に応じた快適な音環境・温熱環境に制御され、そのステータスを示すサイン音も小さく鳴っているでしょう。これらのようなサイン音は聴き漏らされても構わないですし、車内空間の快適性を損なわないデザインであることが求められるでしょう。

このような様々な機能を持つサイン音は、それぞれ、どのようにデザインすればいいのでしょうか？本稿では、このような自動車室内での情報表示のための音のデザインについて解説します。少々前置きが長くなりましたが、まずは次章で本解説の背景や、取り扱う内容を紹介します。

2. 自動車技術の発展とサイン音デザイン

2.1 これからの自動車内の音情報

先ほど紹介したような未来の自動車利用の様子は決して荒唐無稽なものではありません。現在、様々な技術発展により自動車の高機能化が進んでおり、自動車の価値や社会的意味も大きく変容してきています。その結果、自動車の音のデザインへの要求も変容し高度化していくと予想されています [3]。このような自動車内の音に関する技術の変化や開発の動向については後述します (→5.1 節)。

自動車が人を運ぶ仕組みである限り、人とシステムの接合面 (ユーザインタフェース, UI) は必ず存在します。むしろ、システム側が複雑化するほど接合面の情報も複雑化し、情報をより早く直感的に理解できる情報インタフェースデザインの重要性は増大すると考えられます。

2.2 情報表示のための音 ～サイン音

ここで、聴覚を通じた情報デザインの基礎的な知見について整理しておきましょう。聴覚による情報インタフェースの中でも、非言語の音でデザインされたものを「サイン音」と呼びます [1]。

情報インタフェースには主に視覚と聴覚が用いられますが、視覚情報は継続的で複雑な情報や情報の空間的な分布を示すのに適しているのに対し、聴覚情報は視野や注視領域によらず全方位的に情報を示すことができ、経時的情報の表現や使用者の注意喚起に優れています。サイン音は言語によらずに情報を提示するため、ユニバーサルデザインの観点でも有効です。

サイン音には、「確実に聴取されること」「正しく情報内容が理解されること」が求められます。

ここでは、これをサイン音の〈機能的価値〉と呼びましょう。機能的価値を満たすための要件については、1980年代から警報音の緊急感と音色の関係に関する研究が数多く行われてきました [4, 5]。1990年代からは、発音デバイスの発展やPCでの様々なサウンド UI の活用などを背景として、数多くの研究が蓄積されています [1]。

古くはベルや圧電ブザー等に限定されていた発音機構が、1990年代からは集積回路でのFM音源やPCMサンプリング音源が実用可能になり、現在では情報容量の制約からも解放され、音源選択や制御の制約はなくなったと言っても過言ではないでしょう。更には、立体音響制御技術によって、自動車内のあらゆる方向にサイン音の音像を定位させることも現実的になってきています。

2.3 サイン音デザインに残された課題

サイン音の機能的価値に関して、前述のように数多くの研究が行われてきましたが、課題は残されています。特に、これまでの研究の多くは、聴覚モダリティに限定して、緊急感などの印象と音の関係が研究されてきましたが、視覚情報と組み合わせられる場合にはどうなるのでしょうか？

本稿では、視覚情報と聴覚情報を組み合わせる際の空間的整合性の重要性 (→3章)、更には意味的な整合性の重要性 (→4章) について解説します。近年では立体音響による全方位からの提示が現実的になっており、このような問題の重要性が増しています。

サイン音には機能性と共に、「製品としての美しさや価値を高めるデザイン」も求められます。これをサイン音の〈情緒的価値〉と呼びましょう。自動車の高機能化、並びにサイン音を創り出す技術の発展によって、情緒的価値の重要性も高まっています。第5章では、機能的価値と情緒的価値を両立したデザインを目指した技術開発動向の事例を紹介します (→5.2 節)。

3. 視聴覚情報の空間的整合性

3.1 ドライバは様々な方向を見る

自動車運転中、ドライバは様々な情報を見なければなりません。自動車の進行方向はもちろん、対向車や歩行者、走行速度やカーナビゲーションシステム、また情報提示システムへの要求が将来高度化することを考えると、ドライバが視認する

情報はより多様化するでしょう。しかもそれらの情報は1箇所だけに集中せず、空間の様々な所に布置しています。空間に多様な情報がある中、ドライバーはその時々で必要な情報を選択的に処理する必要があります。このとき、ドライバーの空間的注意を情報が表示される方向へ適切に誘導することが鍵となります。

3.2 視覚と聴覚の空間的注意

空間上のある位置・方向に向けられる注意を空間的注意といいます。空間的注意が向けられた場所では、視覚や聴覚などの感覚情報を素早く処理できます[6,7]。また、空間的注意には、能動的な内発的注意と、自動的に獲得される外発的注意があります。友人のスピーチを集中して聴いているときは内発的注意、背後で大きな音がして意図せず意識が背後に向いたときは外発的注意がそれぞれ働いています。

視覚と聴覚の空間的注意は、基本的に区別して研究され、両者の特性には異なる点もあります(文献[8]など)。また、聴覚で獲得した空間的注意を、視覚へとクロスモーダルに引き渡すこともできます。つまり、音が提示された場所に空間的注意が向くと、その場所に出現した視覚刺激の情報処理が速くなるのです(文献[9]など)。このとき、視聴覚刺激は完全に同じ位置にある必要はなく、聴覚刺激が視覚刺激とある程度近い領域にあれば、視覚情報処理は促進されます[10,11]。正面を向いたとき、視聴覚刺激が左右で同じ領域にあれば、視覚情報処理が促進されるという示唆もあります[12]。

3.3 空間的注意の誘導による運転支援

聴覚で獲得した空間的注意により、その方向に出現した視覚情報処理が促進されるという基礎的知見は、自動車運転支援への応用可能性が長年議論されてきました[13]。例えば自動車運転中、前方車両が急接近したときはブレーキ操作、後方車両が急接近したときはアクセル操作を求める課題を行った場合、前方車両急接近時は前方から、後方車両急接近時は後方からそれぞれ音を提示した方が、素早いアクセル/ブレーキ操作を行うことができます[14]。これは音により、外発的な空間的注意が視認すべき車両方向へと誘導されたためです。また、音声により「前/後ろ」などと伝え、内発的な空間的注意を視認すべき方向に誘導することも効果があります。



図-2 著者ら[15]が用いた実験装置

正面ディスプレイにはドライビングシミュレータが表示され、実験参加者は60 km/hで直線走行する。周辺四つの小型ディスプレイには不定期に赤い数字が出現し、実験参加者は赤い数字を口頭で回答する。

近年ではマルチモーダルな情報提示も積極的に活用され、視覚情報と同時に音も提示されます。視覚情報は、正面のみならずルームミラーやドアミラーなどにも配置されますが、視聴覚マルチモーダルディスプレイにおいてもその空間的配置が整合していることが望ましいでしょう。

著者ら[15]は図-2のような実験装置を用い、ドライビングシミュレータ操作中に周辺で出現する視覚情報を探索する課題を行いました。実験参加者は直線道路を60 km/hで走行しつつ、周辺に出現する視覚情報を探索しています。視覚情報が出現したときに音が提示されない場合は、実験参加者は視覚情報を多く見落とし、運転も不安定になります。視覚情報と同時に音を提示することで視覚情報の見落としが少なくなるのですが、音を正面1方向からのみ提示した場合よりも、視覚情報方向から提示した場合の方が、より素早く視覚情報を確認できます。視覚情報確認を素早く行える分運転にも集中できるため、ステアリング操作や速度制御といった運転作業も安定します。主観的作業負担についても、音が視覚情報方向から提示されたときに小さくなります(図-3)。視聴覚マルチモーダルディスプレイにおいて、視覚情報と音の空間的整合性を保つことは、視覚情報探索のみならず、運転作業から主観的作業負担までに効果が表れます。

3.4 空間的整合性はある程度でも効果あり？

3.2節にて、視聴覚の空間的注意の研究では、視

聴覚刺激は完全に同じ方向になくとも、ある程度近い距離にあればクロスモーダルな効果が得られ

ることに言及しました。最近では自動車運転中の情報確認についても、視覚・聴覚情報がある程度近い領域にあれば一定の効果をえられる可能性も示唆されています。

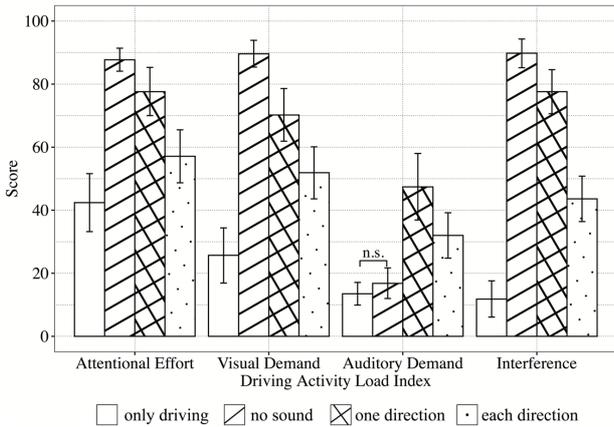


図-3 著者ら [15] が示す、音を視覚情報方向から提示することの主観的作業負担への影響 (グラフは本記事用に一部修正)
 模様異なる棒グラフは左からそれぞれ、運転のみ行った場合、視覚情報出現時に音が提示されない場合、音が正面 1 方向からのみ提示される場合、視覚情報方向から提示される場合の主観的作業負担を示す。視覚情報方向から音を提示することで、運転しながら視覚情報を探索することの主観的作業負担が小さくなる。

Naka & Yamauchi [16] は図-4 に示すような実験装置を用い、正面を見ながら何らかの作業をしているときに周辺に出現する視覚刺激を探索する場合、同時に提示される聴覚刺激の角度差による反応時間への影響を調べました。正面方向を 0° とし、水平面方向に ±20°, ±40°, ±60° 位置の 6 か所に視覚刺激が設置され、聴覚刺激も 0° 位置を含めた 7 か所に設置されています。図-5 に示すとおり、視覚刺激と聴覚刺激が同時に提示され、実験参加者は視覚刺激を探索します。また、同時に正面ディスプレイでトラッキング課題も行い、自動車運転中の情報確認のように、前方に注意を払いながら周辺の視覚情報を探索する状況を模擬しています。

図-6 には視覚刺激に対する反応時間を聴覚刺激

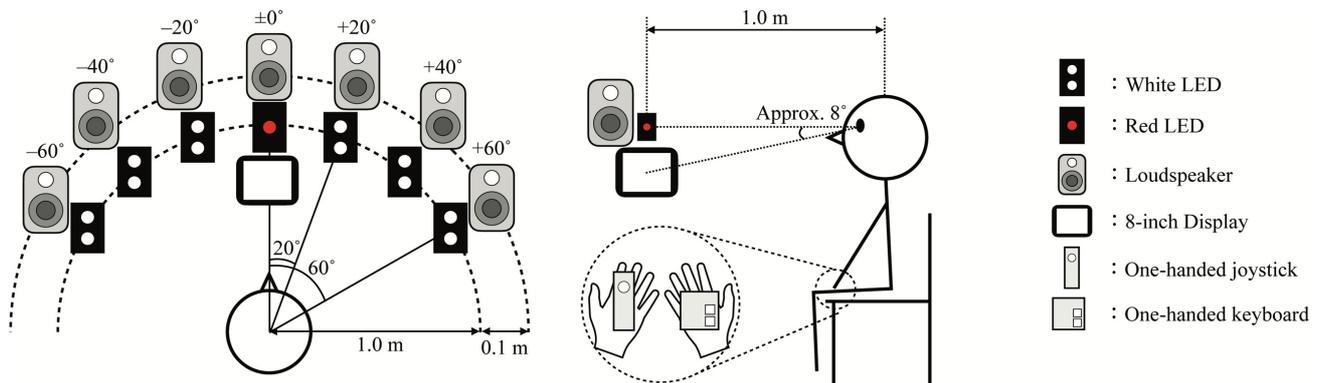


図-4 Naka & Yamauchi [16] が用いた実験装置
 正面 8 インチディスプレイにはトラッキング課題が表示され、左手に持つジョイスティックで操作する。同時に、周辺いずれか一つの白色 LED が点灯するため、上下のどちらが点灯したかを右手に持つキーボードで回答する。

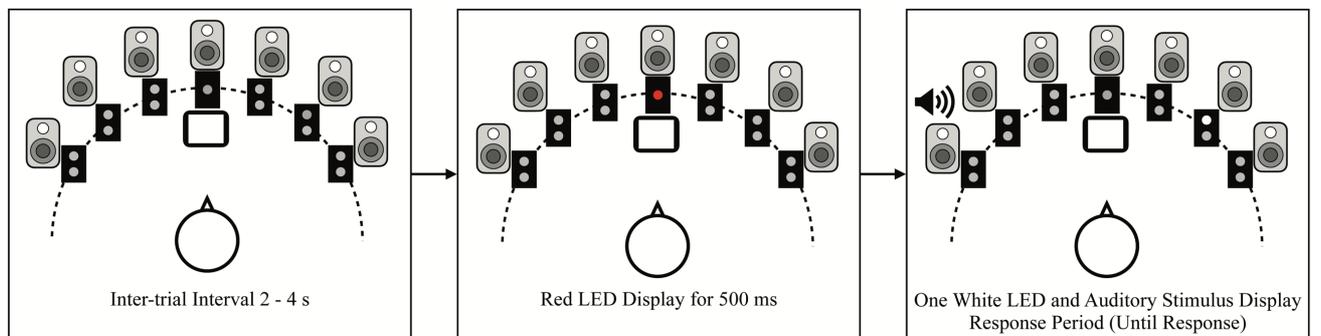


図-5 Naka & Yamauchi [16] の実験手続き
 試行間隔を 2~4s でランダムとし、試行の始まりでは赤色 LED が 500 ms の間点灯する。その後、いずれか一つの白色 LED が点灯すると同時に、いずれか一つのスピーカから音が提示される。

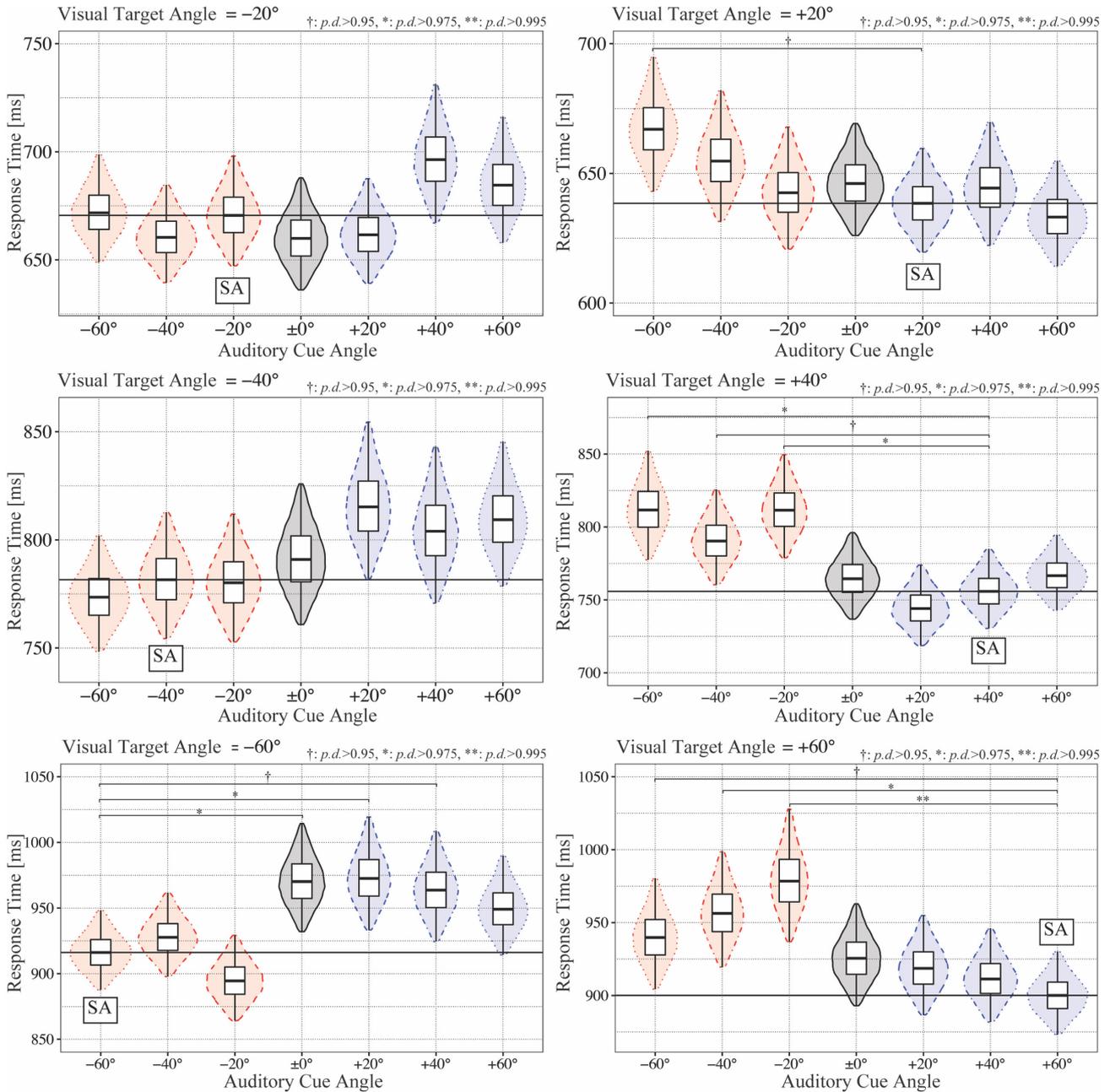


図-6 Naka & Yamauchi [16] が示す実験結果
 聴覚刺激の提示方向ごとの反応時間を、それぞれの視覚刺激方向ごとにまとめている。図中の SA は Same Angle を意味し、視聴覚刺激が同じ方向に提示された条件を示す。視聴覚刺激の角度差が 40° よりも大きく広がると、幾つかの組み合わせで反応が遅くなる。

の提示位置ごとにそれぞれ示しています。聴覚刺激の提示位置が視覚刺激から 40° よりも大きく広がると、視聴覚刺激が同じ方向から提示される場合と比較して反応が遅れることが増えてきます。この結果は、視聴覚刺激がある程度近い領域にあれば視覚情報処理が促進されるという、クロスモーダルな空間的注意の基礎的知見とも一致します [10-12]。自動車運転中の情報確認においても、視聴覚情報の空間的整合性がある程度保たれていれば、

その配置が少しずれていてもある程度の効果は得られるかもしれません。

ただし、この実験で調べられている視聴覚刺激間の角度差は 20° 単位と大きく、細かい角度差での検証も必要でしょう。また、用いられた課題も実験室内でのトラッキング課題であり、実際の運転作業は更に大変です。5 章でも紹介されますが、立体音響技術を用いた聴覚情報提示が一般化してくると、視聴覚情報の空間的整合性も左右 2 次元

空間のみでなく、前後/上下を含めた立体空間で考えなければならないでしょう。視聴覚情報の空間的整合性に関しては、実用的な情報提示デザインまで見据えると課題は多く、今後も研究が望まれます (参考として文献 [17])。

4. 視聴覚情報の意味的整合性

4.1 状況に応じて適切な緊急感を伝える

状況に応じてドライバに適切な意味が伝わらなければならないことは、サイン音のような非言語の音情報においても同様です。車室内音デザインにおいて非言語音情報が持つ意味性を議論するときは、情報がドライバに与える緊急感が多く議論されます [4]。例として、緊急回避を要する状況では、危険な状況にあると瞬時に理解して素早く応答する必要があるため、高い緊急感が望まれます。反対に、重要度が低い情報の緊急感はやや低い方が望ましいでしょう (5.2 節参照)。適切な緊急感の提示により、現状の危険さと、提示された情報にどの程度優先的に応答する必要があるかについて、直感的理解を促せます [18]。

状況に適した緊急感を与えるために、視覚・聴覚の単一モダリティ情報において緊急感を制御するための研究が多く行われてきました。視覚情報では色により緊急感が制御されることが多く、赤色は緊急感を高め、緑色は緊急感を低くします。聴覚情報においては、下降音よりも上昇音がより緊急感が高いです。また、断続的な音を用いた場合、その断続周期が早くなるほど緊急感が高くなります。各モダリティ情報での緊急感の詳しい制御方法は、関連する既往研究を参照して下さい [1, 19, 20]。

4.2 マルチモーダル情報における緊急感

マルチモーダルな情報提示においても、適切な緊急感が伝わらなければなりません。このとき、マルチモーダル情報での緊急感はやや単一モダリティ情報と異なって知覚される可能性があることに注意が必要です。例えば、視覚・聴覚・触覚情報をそれぞれの組み合わせで提示したとき、聴覚単体よりも複数モダリティを組み合わせたときに緊急感がより高くなることが示唆されています [21]。マルチモーダル情報のデザインでは、単一モダリティのみで緊急感を検討するのではなく、用いる複数のモダリティを考慮した制御が必要です。

また、各モダリティ情報の印象があまりに異な

ると、同一情報を示すマルチモーダル情報として理解されない可能性もあります。視聴覚情報提示において、視覚・聴覚情報それぞれが与える危険な印象が近いときは、同時に提示されたときに調和感が高くなり、そうでないときは調和感が低くなります [22]。また、視覚・聴覚など異なるモダリティ刺激間で潜在的な連合が起こることを感覚間協応と言いますが (文献 [23] など)、感覚間協応は緊急感が近い視聴覚刺激にも現れます [24]。つまり、視覚・聴覚情報の緊急感が近いときは、事前の説明がなくとも同時に提示された二つの情報に対応づけし易く、同一情報を示すマルチモーダル情報であると解釈され易いことを示しています。

マルチモーダル情報において、視覚・聴覚など異なるモダリティ情報が持つ意味を整合させることは、各モダリティ情報の対応づけを促し、マルチモーダル情報の統合的認知に寄与すると考えられます。しかしながら、意味的整合性のあるマルチモーダル情報が、運転中の情報確認において具体的にどのような貢献を果たすのかは調べられていません。運転作業や主観的作業負担を含め、より多角的な検討が求められます。

加えて、車室内情報提示における意味性を議論するときに、緊急感以外の概念について議論が非常に少ないことも実情です。緊急感の制御はあくまで機能的価値を満たすために要求されるものであり、これからの自動車の音のデザインに求められるような情緒的価値については触れられていません。情緒的価値を含めると、今後の自動車情報提示研究が取り扱うべき意味性はより多義的なものとなるでしょう。

5. 技術開発動向

本章では、近年の自動車の音にまつわる環境変化と、それに伴う音のデザインの研究や技術開発の動向を紹介します。

5.1 自動車の音にまつわる環境変化

自動運転等の自動車の高機能化により、乗員に伝えられる情報も多様化、複雑化しています。それに伴い情報呈示のためのサイン音も、緊急感の度合いや通知内容の種類など多様化してきています。また、同時に、自動車の高機能化により車室内の過ごし方も変容しつつあります。

電動化車両においては、内燃機関エンジンの音

がなくなったことによる駆動系騒音の低減によって、車外では接近通報音デザイン [25] のニーズを生み、車内では相対的に顕在化した空調音の音質設計 [26] のニーズなどを生み出しました。ロードノイズをキャンセルする技術の導入も始まっており、車の中はどんどん静かになってきています。運転の負荷が減り、車の中が静かになってくると、車の中での過ごし方はどのように変わっていくでしょうか？ 今まで以上に車の中はくつろげる空間、パーソナルな空間に変わっていくと思われれます。

例えば同乗者との会話や車外の人との通話もよりストレスなく楽しめるようになってきています。更には、音声認識技術、音声合成技術の発展により車両システムとの音声コミュニケーションも楽しめるようになってきています。また、車の中で楽しむエンターテインメントも充実してきています。立体音響コンテンツの普及に伴い、天井スピーカなど多数のスピーカを搭載し、マルチチャンネルシステムによるイマーシブ空間を演出する車も登場し始めています。車の中でお気に入りのコンテンツに没入して過ごすことも可能になってきているのです。

このように車室内がパーソナル空間化するに伴って、車室空間全体の音のデザイン（この文脈では、より積極的な価値創造のためのデザインとして「サウンドデザイン」と称されることも多い）のニーズが高まっています。以下では関連する取り組みの一部を紹介します。

5.2 これからの自動車のサウンドデザイン

こういった環境変化を受けて、サイン音の機能的価値と情緒的価値を両立したデザインへの要求が大きくなっています。

5.2.1 機能的価値

騒音や音楽、会話など多様な音が存在する車室内において、通知された音のメッセージを理解できること（直感性）が重要になってきます。また、サイン音は騒音や再生しているコンテンツに埋もれずに、聴こえ易い必要があります。特に、重大な危険を知らせるサイン音は、このような機能を確実に満たすことが求められます。

直感性に関しては、第3章で紹介したような空間的注意の観点でサイン音をデザインすることも重要になります。立体音響技術や音場制御技術を活用して、注意すべき方向から警告音や通知音を

鳴らすことで直感性をあげる取り組みが行われています。聴こえ易さに関しては、基本的には同時マスキング（周波数マスキング）による効果を考慮することが重要です。最近では、サイン音の発音方向を制御することによって方向性マスキング解除原理を働かせ、音楽に埋もれずにサイン音を聴こえ易くする取り組みも行われています [27]。

緊急度の高くない情報に関しては、乗員が楽しんでいるコンテンツや会話を邪魔しない阻害性という観点も必要です。そのために、ヘッドレストスピーカなどのデバイスや音場制御技術を組み合わせ、席ごとにパーソナルな音空間をつくる取り組みが各メーカーで行われています。

5.2.2 情緒的価値

情緒的価値は、状態を知らせるサイン音や、ユーザが取捨選択できるレコメンド情報などに付随するサイン音などでは、より重要になります。車室空間全体の統一感が求められる中、車室内の様々な音を車のコンセプトやキャラクタを象徴する音にデザインすることで車に対する愛着はより強まっていくと考えられます。

車のコンセプトを象徴するサウンドデザインに関しては、企画者と製作者の意図及び実使用シーンにおけるユーザの印象とのズレを抑えるために、物語型シナリオの活用が提案されています [28]。第1章のペロニカのストーリーは、実はこの取り組みの中で生み出されたものです。

自動車メーカーの中には有名作曲家を起用し車のイメージに合わせたサウンドデザインを全面に押し出しているメーカーや、車室内で鳴る音はブランドのDNAを伝える手段であると掲げているメーカーもあります。

これからの自動車内では、車両制御からナビゲーション、更にはエンターテインメントシステムまでを包括した統合情報インタフェースが一般化していくと予想されています。自動車の高機能化、情報インタフェースの多様化によって、従来自動車の場合の延長線上では考えられない問題も現れてくるでしょう。こういった変化を確実に捉えながら、機能的価値と情緒的価値を両立したデザインを実現することが今後より一層求められていくと考えられます。

6. ま と め

自動車の技術の発展により、自動車の音のデザインへの要求も変わってきています。本稿では、その中でも、自動車室内での情報インタフェースとしての音のデザインについて解説しました。

しかし、本稿では扱いきれなかった事項も少なくありません。中でも重要なものとして、サイン音の機能性において、高齢難聴や高齢者の認知特性の考慮が挙げられます。サイン音を対象とした研究は未だ不十分であり、今後の発展が期待されます。

また、サイン音及びその呈示方法の多様化によってユーザを混乱させないことも重要です。特に機能的価値の側面においては、自動車メーカ、サウンドシステムメーカ、アカデミアが一体となり知見の共有や設計指針を議論する場が望まれます。その上で、情緒的側面においては、各社が競い合いながらデザインを進化させていくことで、車での体験価値をより向上させることができるでしょう。

文 献

- [1] 岩宮眞一郎, サイン音の科学 (コロナ社, 東京, 2012).
- [2] <https://www.openpeeps.com> (参照 2024-09-30).
- [3] 山内勝也, “CASE 時代の自動車の音デザイン,” 自動車技術, 74(7), pp. 63–67 (2020).
- [4] N. A. Stanton and J. Edworthy, *Human Factors in Auditory Warnings* (Routledge, London, 1999).
- [5] 桑野園子 編著, 音環境デザイン (コロナ社, 東京, 2007).
- [6] M. I. Posner, “Orienting of attention,” *Q. J. Exp. Psychol.*, 32, 3–25 (1980).
- [7] G. Rhodes, “Auditory attention and the representation of spatial information,” *Percept. Psychophys.*, 42, 1–14 (1987).
- [8] E. J. Golob and J. R. Mock, “Dynamics of auditory spatial attention gradients,” *Cognition*, 194, 104058 (2020).
- [9] C. Spence and J. Driver, “Audiovisual links in exogenous covert spatial orienting,” *Percept. Psychophys.*, 59, 1–22 (1997).
- [10] R. Gray, R. Mohebbi and H. Z. Tan, “The spatial resolution of crossmodal attention: Implications for the design of multimodal interface,” *ACM Trans. Appl. Percept.*, 6, 4 (2009).
- [11] C. Ho, H. Z. Tan and C. Spence, “The differential effect of vibrotactile and auditory cues on visual spatial attention,” *Ergonomics*, 49, 724–738 (2006).
- [12] J. Lee and C. Spence, “On the spatial specificity of audiovisual crossmodal exogenous cuing effects,” *Acta Psychol.*, 177, 78–88 (2017).
- [13] C. Spence and S. Soto-Faraco, *Crossmodal Attention Applied* (Cambridge University Press, Cambridge, 2020).
- [14] C. Ho and C. Spence, “Assessing the effectiveness of various auditory cues in capturing a driver’s

visual attention,” *J. Exp. Psychol. Appl.*, 11, 157–174 (2005).

- [15] 中 貴一, 山内勝也, 田上宣昭, 川田 歩, “サイン音を視覚情報位置から提示することによるドライバ行動支援の効果,” 音響学会誌, 77, 491–499 (2021).
- [16] K. Naka and K. Yamauchi, “How close laterally should auditory cue be toward visual target to facilitate visual search under workload condition?,” *Mech. Eng. J.*, (2024). (in press)
- [17] 鮎川 葉, 中 貴一, 山内勝也, “視覚情報と聴覚情報の角度差が運転時の情報探索に与える影響,” 音講論集, 2-5-6, pp. 1609–1612 (2023.9).
- [18] K. R. Catchpole, J. D. McKeown and D. J. Withington, “Localizable auditory warning pulses,” *Ergonomics*, 47, 748–771 (2004).
- [19] J. Edworthy, “Improving auditory warning design: Relationship between warning sound parameters and perceived design,” *Hum. Factors*, 33, 205–231 (1991).
- [20] A. Guillaume, L. Pellieux, V. Chastres and C. Drake, “Judging the urgency of nonvocal auditory warning signals: Perceptual and cognitive processes,” *J. Exp. Psychol. Appl.*, 9, 196–212 (2003).
- [21] J. B. F. Erp, A. Toet and J. B. Janssen, “Uni-, bi- and tri-modal warning signals: Effects of temporal parameters and sensory modality on perceived urgency,” *Saf. Sci.*, 72, 1–8 (2015).
- [22] K. Yamauchi, K. Naka, M. Masuda, M. Yuasa and M. Nishihira, “Effects of semantic congruency between auditory and visual information display on the perceived impression of danger,” *Proc. Int. Congr. Acoust.*, ABS_0543 (2022).
- [23] C. Spence, “Simple and complex crossmodal correspondences involving audition,” *Acoust. Sci. & Tech.*, 41, 6–12 (2020).
- [24] K. Naka and K. Yamauchi, “Audio-visual cross-modal correspondences of perceived urgency: Examination through a speeded discrimination task,” *Multisens. Res.*, 36, 413–428 (2023).
- [25] 山内勝也, “次世代自動車における接近通報音のデザイン,” 音響学会誌, 75, 73–80 (2019).
- [26] M. Masullo, K. Yamauchi, M. Dan, F. Cioffi and L. Maffei, “Intercultural differences in the perception of HVAC sound quality in car cabins: Conventional to electric vehicles,” *Appl. Sci.*, 11(23), 11431 (2021).
- [27] 田上宣昭, 磯崎賢太, 石黒留衣, 川田 歩, 林 真琴, 山内勝也 “自動車室内音楽鑑賞時に付与するサイン音の発音方向の制御が検知性と妨害感に与える影響” 音講論集, 1-3-6, pp. 1127–1130 (2024.9).
- [28] 小越安奈, 星隈泉穂, 田上宣昭, 石黒留衣, 川田 歩, 林真琴, 山内勝也, “自動運転車内における次世代サイン音設計過程の分析と評価” 音講論集, 1-9-6, pp. 1395–1396 (2024.3).

中 貴一



2018年九州大学芸術工学部音響設計学科卒, 2023年同大学院博士後期課程修了。博士(芸術工学)。関西学院大学工学部・感性価値創造インスティテュート特任助教。福岡大学工学部助手, 東京大学生産技術研究所助教を経て現職。音の認知・感性に関わる研究に従事。日本音響学会, 日本心理学会, 日本基礎心理学会会員。



田上 宣昭

2007年九州芸術工科大学音響設計学科卒，2009年九州大学大学院修士課程修了。修士（芸術工学）。2009年よりパイオニア株式会社にてカーオーディオ，サウンドに関わる研究開発に従事。2021年パイオニアサウンド事業統括グループ設立に伴い，現在はサウンド技術戦略を担当。



山内 勝也

1998年九州芸術工科大学音響設計学科卒，2004年同大学院博士後期課程修了。博士（芸術工学）。長崎大学工学部，ミュンヘン工科大学などを経て，2016年より九州大学芸術工学研究院准教授。環境騒音及び音のデザインに関する研究に従事。日本音響学会，日本騒音制御工学会，自動車技術会会員。