

快走支援のためのマルチモーダルインタフェースとサラウンド感覚の拡張

竹林 洋一[†] 坂根 裕[†] 萩川 友宏[†] 杉山 岳弘[†]

田森 裕邦[‡] 荒井 雄一[‡] 沖野 圭希[‡] 大谷 尚史[‡] 山本 剛[‡] 青島 大悟[‡] 黒木 孝志[‡]

[†]静岡大学情報学部 〒432-8011 静岡県浜松市城北 3-5-1

[‡]静岡大学大学院情報学研究科 〒432-8011 静岡県浜松市城北 3-5-1

E-mail: takebay@cs.inf.shizuoka.ac.jp

あらまし 運転者に加えて同乗者も安心安全で快適なドライブを楽しめるような快走支援システムの研究を進めている。複数の高機能イメージセンサ複数のディスプレイを利用し、各種入出力デバイスとメディア情報処理とを有機的に統合したマルチモーダル視覚インタフェースを開発した。実車上に超広角レンズを用いた全周囲撮像系「ホバービジョン」を試作し、運転中の周囲の状況の認知能力「サラウンド感覚」を拡張できることを確認した。全周囲映像を水平垂直方向に広く収録し、歪み補正画像処理と「撫でるインタフェース」により所望の画角の任意時刻の映像がインタラクティブに得ることができる。ドライブに関する安全と楽しさを増すための知識映像コンテンツの制作と利用についても検討し、多面的な常識「運転コモンセンス」の構築が可能であるとの見通しを得た。

キーワード ユビキタス、センシング、マルチモーダル、イメージング、常識、サラウンド

Multimodal Cruising Assist System to Enhance Human Abilities to Perceive Surrounding Contexts in Driving

Yoichi Takebayashi[†] Yutaka Sakane[†] Tomohiro Haraikawa[†] Takahiro Sugiyama[†] Hirokuni Tamori[†]
Yuichi Arai[‡] Takaki Okino[‡] Naofumi Otani[‡] Goh Yamamoto[‡] Daigo Aoshima[‡] and Yukimune Kuroki[‡]

[†]Faculty of Informatics, Shizuoka University, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Hamamatsu, 432-8011 Japan

[‡]Graduate School of Informatics, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Hamamatsu, 432-8011 Japan

E-mail: takebay@cs.inf.shizuoka.ac.jp

Abstract We present multimodal cruising assist system to enhance the abilities of both drivers and passengers to perceive surrounding contexts in driving. Integrating various input/output devices and media processing functions on the basis of multiple super wide-angle cameras and multiple displays on an automobile, we have developed a surround vision system 'Hover Vision' to achieve the wide-angle video data on surrounding contexts. Combined with image corrections on the recorded wide-angle video data and tactile input devices such as 'Stroke Interface', the surround vision system enables drivers to interactively achieve desired arbitrary video images at any time and any angle, and to improve human abilities to perceive surrounding contexts. Constructing versatile 'Multimodal Driving Common Sense', we have shown its effectiveness for realizing cruising assist.

Keyword Ubiquitous, Sensing, Multimodal, Imaging, Common Sense, Surround

1. まえがき

情報技術の進歩に伴って人間と機器システムとの関係が進化している。ユビキタス情報環境下では、大量かつ多様な情報が行き来し、「人」、「モノ」、「コト」が広域にわたって複雑に関連するようになってきた。このため、「箱屋（機器・デバイス）」や「土管屋（ネットワーク）」という専門の呪縛にとらわれてい

ては新たな価値は創れない。「人間支援のためにコンピューティングパワーを使って何をなすべきか」というヒューマンインタフェース的な姿勢を機軸とし、美しさやビジネスなど「デザイン」や「経営」の視点での価値の創出も必要な時代になったと言える。

筆者らはデバイスからコンテンツまでを視野に入れ、車載システム、福祉社会システム、知識映像コン

コンテンツ制作など、ユビキタス環境とマルチモーダル知識コンテンツの高度化の研究に注力している（文献1-3）。クルマ産業がIT産業を含めて各種産業を牽引している状況にある。浜松地域知的クラスター創成事業においても、開発中の車載用高機能イメージセンサの応用として、「快走支援システム」を開発することとした。人間の「サラウンド感覚」の拡張を目指し、人間の根源的コモンセンスを考慮し、運転者に加えて同乗者にも安心安全で楽しいドライブを提供する。新開発の広ダイナミックレンジ・イメージセンサを活用し、他の入出力デバイスおよびメディア情報処理を有機的に統合し、人間の認知能力を拡張できるマルチモーダル視覚インタフェースを開発中である。

以下では、快走支援のコンセプト、超広角全周囲撮像系、マルチモーダル知識、運転コモンセンスと実車による走行実験について述べる。

2. 運転支援から快走支援へ

クルマには多数のコンピュータが搭載され、安心安全の確保のために、複数のカメラとディスプレイが組み込まれるような時代になってきた。“ドライブを支援するシステム群から、ドライブを支援する「クルマ」への転換”を目指し、開発中の広ダイナミックレンジ・イメージセンサに、他のデバイスとのシナジー効果で、運転者にサラウンド感覚（広がり感）を付与し、運転者の認知・情動メカニズムを考慮して新しい「快走」という価値創出を狙っている。

筆者らの車載システムの研究は、ユビキタス情報環境とマルチモーダル知識コンテンツの高度化の研究の一環として取り組んでいる。いずれも人間の根源的な常識推論と関わっている。MinskyのEmotionマシンのモデル（文献4）に基づき、人間の複雑な思考や情動に関わる根源的マルチモーダル・コモンセンス（常識）を検討しており、安全運転支援の研究は、障害者の行動支援や親子共学（1～3歳の幼児を対象）の学習環境デザインの研究との共通点が多い。

全周囲の視覚補償により運転者にサラウンド感覚を付与する“サラウンドビジョン”，車載カメラのマシンビジョンと運転支援への応用などに加えて、同乗者とのクルージングという側面を重視し、視覚および聴覚情報などによるマルチモーダル環境設計と情報提示やコンテンツ収集を、クルージングアシストの中核技術として位置づけ開発している。

高機能イメージセンサ開発グループでは、高速応答可能な撮像セルの構成技術により、高速イメージセンサ、広ダイナミックレンジ（DR）イメージセンサ、Time of Flight法による距離イメージセンサの開発と、その応用を研究している。

広DRイメージセンサは、電子シャッタの速度を変

化させつつ高速撮像素子を複数回駆動し積分することにより実現されている。暗い部分から明るい部分までを同時に撮像できる18ビットリニア出力センサで、明暗差の大きい屋外、とくに車載用途への応用が期待されている。

3. 車載イメージング技術

3.1. 超広角全周囲撮像系の試作

車外全周囲の映像を捉え、安全運転や旅行記録などに活用可能な車載イメージングシステムの機能設計を行った。設計段階で、以下の2要件を盛り込んだ。

- (A) 車外全周囲を水平、垂直に幅広く撮像し、任意方向の映像を提供できること
- (B) 車外映像を収録したあとで、任意時刻、任意方向の映像を再生できること

撮像系は、画角165°をもつ超広角レンズ（魚眼レンズ）を取り付けた小型カメラ（以下、超広角カメラと略記）を車の周囲に配置することで構成した。可動カメラでは（B）の機能性が実現できないためである。

類似の全周囲カメラシステムはすでに提案されている（文献5）が、一般には駐車補助を目的とした俯瞰画像を4台程度のカメラ構成で間に合わせるものである。対し、本構成では超広角カメラを俯角を抑えて8台配置し、クルージング記録としても使える水平方向の画角までカバーしている点が特徴である。

8台のカメラの超広角映像は、それぞれどこを中心にも補正を行うかで、提示する画角を自在に変化させることができる。また、記録は超広角映像のまま行うため、走行時に提示した画角に縛られず、あとから好きな画角で記録画像を再生することができる。

3.2. ホバービジョン

超広角全周囲撮像系を用いてホバービジョンを試作した。ホバービジョンは、超広角全周囲撮像系で捉えた車外像を車内に透写するシステムであり、水平方向の視界拡張は、運転席を囲んで水平に並べた12台の7インチディスプレイで実現した（図1）。

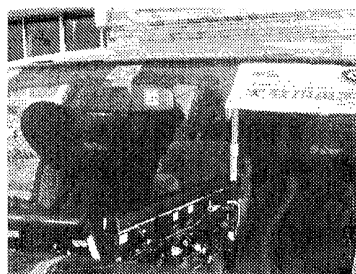


図1 ホバービジョンとぶるっとだまシート

垂直方向にも並べると直視領域を遮るため、垂直方向の視界拡張はスクロールにより行う。タイヤ直下

を見たいという要求が比較的低速走行域に限られることから、加速に伴い提示画角を俯角方向に浅くし、水平に近づけていくことで対応した。

3.3. 超広角全周囲撮像系の評価

ホバービジョンはあくまで撮像系の機能評価のために構築したもので、12枚もの画面を運転者に一度に見せることを評価しようとしたものではない。しかしながら、実際に試乗してみると、側面のモニタでもコントラストの強いアイコンを提示することで周辺視による情報取得が可能であるなど、マルチモニタ環境に対して多くの知見が得られた。とくに、右折時に右を見たとき右窓枠より下の映像が右側モニタに映っているなど、方角に応じた情報提示を行う上では、HIDの向きが思いのほかキーとなることがわかった。また、車載カメラから撮影した周囲の映像をそのまま運転者に提示するだけでは壁や溝、人といった車外物体と自車との距離感を得ることは難しかった。これは、同一映像フレーム内に自車の一部が必ず入るように映像を切り出すことで著しく改善された。

4. サラウンド感覚とインタラクション

4.1. 撫でるインタフェース

運転中の視界は限られているため、限られた提示領域でいかに、周囲の状況に関わるサラウンド感覚を与えるかが課題となる。運転者の意図に応じて俊敏に反応したり、運転者の非意図的な動作をもとに適切な部分を切り出してくれたりする提示系を、人間中心にデザインすることが必要である。

筆者らは運転者の見たい方向を素早く指示する手段として、ハンドルの周囲と車の周囲とを対応付ける方法を開発した(文献6)。さらに、グリップ位置で見たい方向を直接指示できるだけでなく、自動提示された領域をすばやく相対修正できるように、ハンドルセンサをなでたことも検出できるようにした。



図2 ハンドル版撫でるインタフェース

4.2. マルチモーダルインタフェースの拡張

視覚以外の方法(聴覚や触覚)で運転者に情報を伝達することも重要になってくる。「ぶるっとこだまシート」は、距離感を音のタイミングで表現し、方向は左右のスピーカによる音の定位と背中に設置した振動アクチュエータにより提示する。一定時間毎に距離測

定音を運転者に提示し、車体左右と後方の距離に応じて反射音(震動)を運転者に提示することで距離感を与える。反射音(震動)のタイミングのずれから周囲の状況を感じる事が可能となる。

5. ドライビング・コモンセンス

5.1. 知識映像コンテンツ

クルマに超広角全周囲撮像系が搭載されると、車内外の映像が常時記録可能となる。記録された映像に対して、車両情報(現在位置、車速など)や車内の会話等の音声・センサ情報等を取得して関連付けし、危険箇所や迷いやすい場所など意味のある場所にアノテーションをつけて付加価値化を行い、マルチモーダル知識コンテンツ化を行う。マルチモーダル知識コンテンツの登録と提示には、運転者の状況を理解して、状況に適したコンテンツの登録と提示を行う。具体的に、危険箇所に関する応用とこれからのマルチモーダル知識コンテンツの展開について述べる。

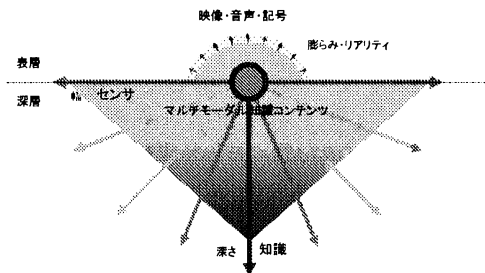


図3 マルチモーダル知識コンテンツの概念

マルチモーダル知識コンテンツとは、映像、音声、センサ情報等に、それらに関連する知識が付加されたコンテンツである。映像に知識を付加したコンテンツを知識映像コンテンツと呼ぶ。

車内外の映像と音声情報、車両に関するGPS情報やアクセルやブレーキに関する情報、天候や道路の状態や走っている場所の情報等に、さらに、運転に関する知識、危険箇所に関する知識や迷いやすい場所に関する知識やそのときの会話に含まれた知識などを付加することができる。

5.2. クルマにおけるマルチモーダル知識

記録された超広角全周囲映像に対して、1) 車内の会話等の音声情報、2) GPS等のデバイス群から得られるセンサ情報、3) 天候や現在の路面状況等の走行に関するメタデータ等、異なるモダリティから構成される知識を映像に付与することで、コンテンツのマルチモーダル化を行う。

1)~3)のような様々な知識が付与されたマルチモーダル知識コンテンツを整備し、各種デバイス群によるヒト(乗員)、モノ(他車、道路環境)、クルマ

(自車の計器等)の常時センシングを実現することで、運転者の状況理解、適切なモダリティでのコンテンツ提供が可能となり、安心・安全な快走支援へとつながる。

5.3. 危険箇所の知識映像コンテンツの構築

蓄積した運転映像の中から、「路地から自転車の飛び出しがある箇所」、「車両同士が接触すれすれでずれ違う箇所」といった、事故を誘発する危険箇所に注目した。

危険箇所コンテンツの構築にあたり、収集した運転映像から危険箇所を抽出する作業を実施した。具体的には、車載カメラ搭載車両を4台使用して、静岡県西部地方を中心に行った走行実験より、信号のない交差点、見通しの悪い路地、幅員の狭い道路等76地点の危険箇所を抽出し、コンテンツとして登録した。

また、コンテンツの運用・評価のために、運転中、過去に登録した危険箇所に近づいた時、コンテンツを映像や音声によって提示する危険箇所提示システムを開発し、実車に搭載して走行実験を繰り返した。システム運用を通して、コンテンツの事前提示は、運転者に安心感を与えるという結果が得られたが、今後は、システムによる運転者の細微な状況把握と、より認知的負荷のかかりにくい提示方法が求められる。

5.4. 運転コモンセンスの獲得

種々の車載システムを有効に連携し、運転者に安全・安心・快適な運転環境を提供するには、ドライビングシーンに応じた状況判断と提示情報の選択、提示手段の決定が必要となる。図4に、入力インタフェースからの情報も含め、車載センサ群から得られる情報と運転のコモンセンス(常識)から、提示すべき適切な情報とその手段、タイミングを推論する基盤システムの概要を示す。

本研究ではコモンセンス推論で用いる、運転の常識を収集するため、運転シーン映像を提示して運転者が注意を払うものや運転方法などについて記述できるWebシステムを開発した。図5に開発したWebシステムを示す。

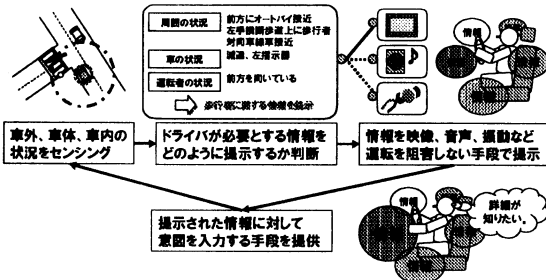


図4 コモンセンス推論による運転支援



図5 マルチモーダルコモンセンス収集ツール

6. むすび

本報告では「サラウンド感覚」の拡張による快走支援について述べ、実車上に全周囲視角補償システムを搭載し、その有効性を示した。超広角のまま映像を保存し、リアルタイム歪み補正により任意方向の映像を好きな時に再生できる利点は大きい。

運転者に多くの情報を一時に提示することは危険であると言われるが、運転コモンセンスの検討を行うことにより、適切なタイミングの情報提示や運転者の意図を素早く入力できるインタフェースにより、サラウンド感覚を付与し、安全で快適な運転環境が実現できる見通しを得た。

今後、運転時の運転者と同乗者の認知的な情報処理モデルを検討し、快走支援の実現に向けて研究を加速したい。

知的クラスター創成事業の支援を受け、アルパイン株式会社に実車を貸与いただいた。感謝いたします。

文 献

- [1] 竹林洋一他: コビキタス環境における音声対話システム MKIDS の開発, 日本音響学会講演論文集, pp.99-100 (2002).
- [2] S. Yoshitaki, Y. Sakane, Y. Takebayashi: "New Cycling Environment Using Multimodal Knowledge and Ad-hoc Network", Special Issue on Human Communication, *IEICE Transactions on Information and Systems*, pp. 1377-1385 (2004).
- [3] Y. Takebayashi: "Multimodal Knowledge Contents Design From the Viewpoint of Commonsense Reasoning", *Proc. GSIS International Symposium on Information Sciences of New Era: Brain, Mind and Society*, pp. 135-150 (September 2005).
- [4] M. Minsky: "The Emotion Machine", *Internet draft*, <http://web.media.mit.edu/~minsky/>.
- [5] 安全への配慮 - 交通事故のないクルマ社会へ -, *Nissan Sustainable Report 2005*, pp. 55-62
- [6] Yamaguchi, et al.: "Round-Scope: A Prototype System of the Blind Spot Compensation", *7th International Conference on Quality Control by Artificial Vision* (2005)