

車載マイクロフォンによる緊急車両検知システム

大塚紳一郎[†] 原 寛徳[†] 小沢 慎治[†]

[†] 慶應義塾大学大学院理工学研究科 〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1

E-mail: †{shin1ro,hironori,ozawa}@ozawa.ics.keio.ac.jp

あらまし 近年、緊急車両の存在に気付かず、一般車両が緊急車両と衝突事故を起こしてしまうケースが多く報じられ、問題となっている。一般車両のドライバーのサイレンの認識ミスにより事故が起こるのであるが、サイレンを認識できない原因として車両の密閉性の向上、大音量の音楽によるマスキング、カーナビゲーション操作への意識の集中などがあげられる。多く見られる例は交差点において信号が青になったため交差点に進入しようとした一般車両と、緊急走行中のため交差点に赤信号であるが進入しようとした緊急車両が衝突してしまうケースである。このような緊急車両に関する事故や問題は社会的影響も大きい。この問題はすべての交差点におけるものであり、情報インフラによるシステムの整備を待つことはできず、適切なコストで早急に問題を解決する必要がある。危険回避の重要性、ハードウェアの進歩、情報インフラ整備の進捗を加味し、緊急車両の運行支援に対する安全対策を検討すると車載システムによるアプローチが望ましい。本研究では緊急車両の存在方向情報を提示するシステムを一般車両に取り付けることでこのような緊急車両との衝突事故の回避を試みる。

キーワード ITS, 緊急車両, 車載マイクロフォン

Emergency Vehicle Detection System Using a Microphone on-Vehicle

Shinichiro OTSUKA[†], Hironori HARA[†], and Shinji OZAWA[†]

[†] School of Science for Open and Environmental Systems The Center for Information, Communication and Media Technologies Keio University Hiyoshi 3-14-1, Kouhoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 223-8522 Japan

E-mail: †{shin1ro,hironori,ozawa}@ozawa.ics.keio.ac.jp

Abstract Problem may arise when the drivers are unable to notice or late in noticing emergency vehicles due to the sealing nature of the vehicles, masking by the car audio system or car navigation operation, which poses a threat for common vehicles and emergency vehicles to collide at many crossing. Every minute, problem may arise at every crossing and it is dangerous to wait for the completion of the information infrastructure system, which requires suitable cost and time. Therefore, we propose a system for common vehicles, which detects emergency vehicles using microphone on-vehicle and produce warning information to the driver. The system, which we propose, must be helpful to response quickly to emergency and rescue activities.

Key words ITS, Emergency Vehicle, Microphone on-Vehicle, Direction of arrival

1. ま え が き

近年、緊急車両と一般車両の衝突事故が数多く報告され問題となっている。参考文献で紹介した衝突事故を分析すると以下のようなことが分かる。

(1) 救急車、消防車に関して、一般車両との衝突事故のほとんどは、交差点で起きている

多く見られる例は交差点において信号が青になったため交差点に進入しようとした一般車両と、緊急走行中のため交差点に赤

信号であるが進入しようとした救急車、消防車が衝突している。逆に、救急車および消防車が一般車両に追突して事故になるケースはほとんど無い。つまり一般車両のドライバーに前方のどの方向から緊急車両が進行してくるかの確に指示を与えられれば、このような事故を減らすことができる。

(2) パトカーに関して、そのほとんどはパトカーが追跡中の車両が一般車両と衝突事故を起こしている

パトカーに関してはパトカーから逃走しようとする車両が赤信号無視で交差点に進入するというような無謀な運転をした結果、

一般車両と事故を起こしている。このような場合もパトカーはサイレンを鳴らしているので、交差点進入時にパトカーのサイレンが前方のどの方向から聞こえているか的確な指示が一般車両のドライバーに伝われば防ぐことができるはずである。つまり、緊急車両との衝突事故を低減するには以下の2点の情報が必要である。

- (1) 緊急車両の存在情報
- (2) 緊急車両の方向情報

本研究においてはこの2つの情報をマイクロフォンをセンサとすることで得ようと試みる。2本のマイクロフォンを用いて、前方に存在する緊急車両の方向情報をセンシングし、その可能性を示す。緊急車両の運行支援に関する問題はすべての交差点におけるものであり、インフラの整備を待つことはできず、適切なコストで早急に問題を解決する必要がある。先々はインフラシステムの整備によりスマートな問題解決が行われる可能性があり、本研究で提案するシステムは中継ぎかもしれない。しかし、ハードウェアの進歩とシステム、危険回避、インフラ整備の進捗を加味し安全対策を検討した結果、本研究は車載システムによるアプローチで緊急車両の運行支援を目指した。現在大きな問題となっている緊急車両と一般車両の衝突事故を低減するシステムを構築することを目的とする。実際に起きている事故は交差点においてであることはすでに述べた。多く見られる例は交差点において信号が青になったため交差点に進入しようとした一般車両と、緊急走行中のため交差点に赤信号であるが進入しようとした緊急車両が衝突してしまうケースである。それに対して緊急車両の存在情報を提示するシステムを一般車両に取り付けることでこのような緊急車両との衝突事故を回避する。マイクロフォンをセンサとして緊急車両を検知する車載システムはいくつか研究されているが具体的な性能評価を行ってエンドユーザ用のモデルを提案しているものは無い。そこで、本研究では、緊急車両を検知するシステムの検証を行えるシステムを構築する。実際にどのような状況でどのように情報が抽出できるかシステムを構築し、性能評価を行うことを目的とする。その性能評価においては述べてきた事故の低減を目指すため前方を中心として行うものとする。具体的には音と映像の複合処理を行えるソフトウェアの開発と、正確に実走実験のデータをログできる機構の開発である。走行中の道路の映像と、マイクロフォンにより緊急車両(サイレン)を検知する過程をすべて記録したログを実走実験終了後解析することでシステムの精度を評価する。この機構が完成すればソフトウェアに性能を評価したい手法をインプリメントするだけで同じ条件のもと手法の性能が行える。以上のようなシステムを用いて得られた緊急車両(サイレン)を検知する最良の手法を述べる。

2. システムの概要

2.1 車載システム

本研究で提案する緊急車両検知システムの有効範囲は図1に示すように運転席にすわるドライバーを中心として180°である。緊急車両検知システムの精度検証用のCCDカメラは前方を向け取り付け。緊急車両がどの方向に存在するか、また存

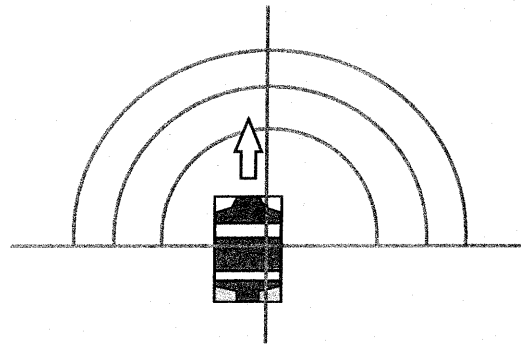


図1 システムの有効範囲

Fig.1 The effective range of the system with we propose

在する場合その車種はなにかという2点について精度を検証する。本研究で提案するシステムの方向判定は正面、左右である。前後の検知でなく、正面、左右の検知である理由は緊急車両と一般車両が事故を起こす方向は正面か、左右であると報告されていて後ろから緊急車両に追突され事故になるケースはほとんどないからである。今回対象とする緊急車両は救急車、消防車、パトカーである。図2に示すシステムを実験車両に搭載する。本研究で提案するシステムは大きくマイクライン、カメラライン、ディスプレイ信号ラインの3つのラインからなる。車外の道路交通環境音をマイクラインで取り込む。カメララインでは、助手席側ダッシュボードに取り付けたCCDカメラより走行中の前方映像を取得する。マイクライン、カメララインより得られる入力信号を処理するPCの画面をディスプレイ信号ラインにてDVに転送しデータをログする。また、マイクラインの道路交通環境音の信号をコピー、分岐し映像/音声ケーブルにてDVに転送し、映像とあわせてログする。PCより発せられる緊急車両存在方向情報も同じく分岐されログされる。このようにして、どのような状況でどのような情報が処理されたか完全なログデータを残すことができる。本研究で提案するシステムは左側のマイクロフォンをLch.とし、右側の

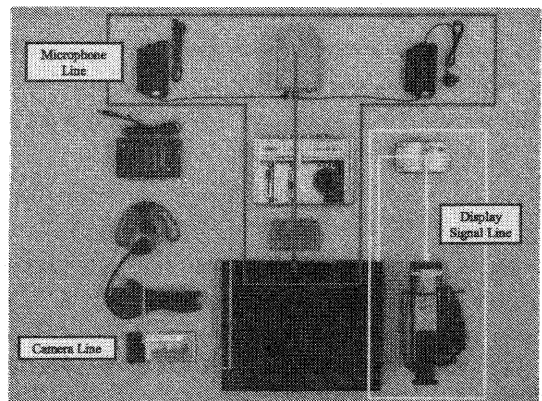


図2 車載システム

Fig.2 System on-Vehicle

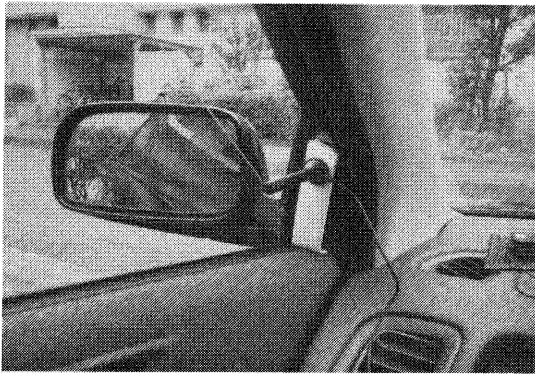


図3 L ch. マイクフォン
Fig.3 L ch. Microphone



図4 R ch. マイクフォン
Fig.4 R ch. Microphone

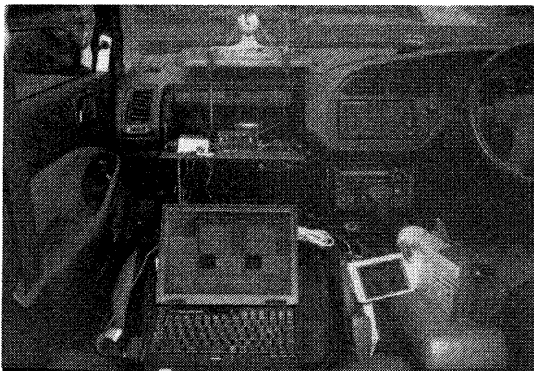


図5 実験車両
Fig.5 Experiment vehicle

マイクフォンをR ch. とするステレオ処理を行う。図5は実験車両にシステムを実際に搭載した写真である。ノートPCなどの各種機器は助手席に設置し、ダッシュボード上にCCDカメラを固定する。精度検証用のCCDカメラからの前方映像と、左右マイクフォンからの音響信号を助手席に搭載したノートPCで処理する。処理の結果緊急車両を検知した場合、車載し

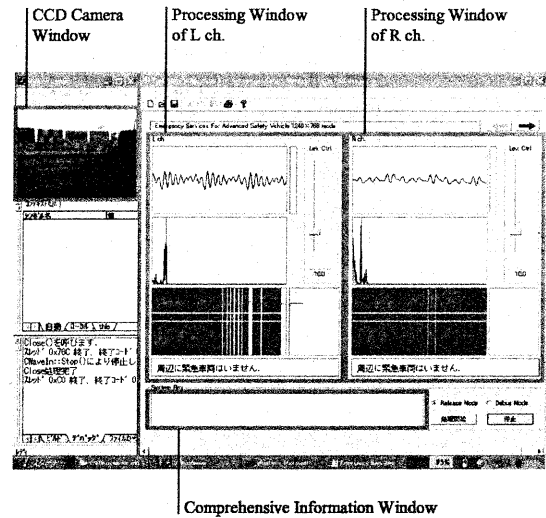


図6 ソフトウェア動作中の画面
Fig.6 Software

たノートPCより音声と画像による警告を出す。警告は緊急車両の車種と、その存在を知らせるものである。PCのディスプレイに警告を表示し、それに付随した音声での警告がシステムより出力される。

2.2 ソフトウェア

図6はソフトウェア動作中の画面である。ソフトウェアのGUIは大きく4つのブロックに分けられる。

- CCDカメラからの入力を表示する映像表示ウィンドウ
- L ch. マイクフォンからの入力を処理するブロック
- R ch. マイクフォンからの入力を処理するブロック
- L ch. R ch. の結果を統合した総合情報表示ブロック

L ch. R ch. マイクフォンからの入力を処理するブロックにおいては1Frame分の入力波形、1Frame分のスペクトル、256Frame分の基本周波数、ランニングウィンドウを用いて作成されるヒストグラム、そして緊急車両の存在を表示する警告情報ウィンドウがモニタリングできる。CCDカメラより得られる前方映像は音声オンライン処理にて緊急車両を検知したとき本当に緊急車両が付近に存在するかどうか、存在した場合は緊急車両との相対位置関係はどれぐらいかなどを検証するためのものであり、画像処理は行わない。CCDカメラは実験車両のボンネットの一部が見えるようにセットした。

CCDカメラからの映像を取得し表示するプログラムは、転送画像サイズと画像転送速度(15, 10, 5Frame/sec)を制御するのみである。画像転送速度は15Frame/sec、音声転送処理速度は約46Frame/secであるが、DVカメラには約30Frame/secにならされて記録される。

3. 手 法

入力はサンプリング周波数48kHz、16bit線形量子化の一次元デジタル信号とする。それを1Frameを1024Pointとして本研究では解析する。図7に本手法の流れを示す。本手法は大

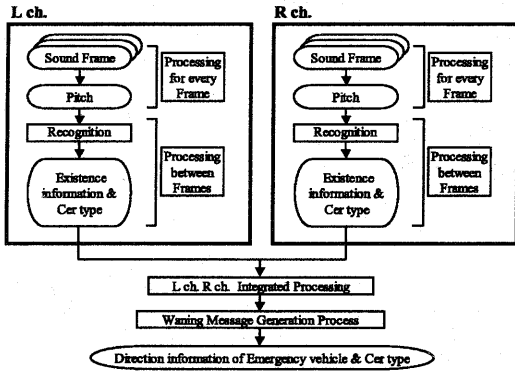


図7 システムフロー
Fig.7 Systemflow

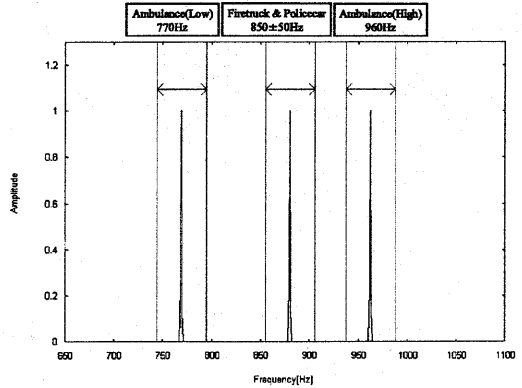


図9 音源分離処理
Fig.9 Sound Source Separation

大きく以下の3つの処理に分けられる。

- L ch. R ch. 個別処理
- L ch. R ch. 統合処理
- 提示内容生成処理

3.1 L ch. R ch. 個別処理

L ch. R ch. 個別処理はFrame 毎に行われる処理とFrame 間で行われる処理に分けられる。Frame 毎に行われる処理のフローチャートを図8に示す。

3.1.1 パワー判定

入力Frame のパワー判定には次式を用いる。ここで1Frame のパワーを $P(x)$ とし、1024Point のデータが格納されている配列を $x(i)$ とする。

$$P(x) = \sum_{i=1}^{1024} \{x(i)\}^2 \quad (1)$$

パワー判定の閾値を超えないFrame は無音区間として判断されるのであるが、システムを乗せる車両によってその閾値は変わってくる。そのためマイクロホンより入ってくる波形をモニタリングし閾値を決める。可変閾値を th とすると次式のよ

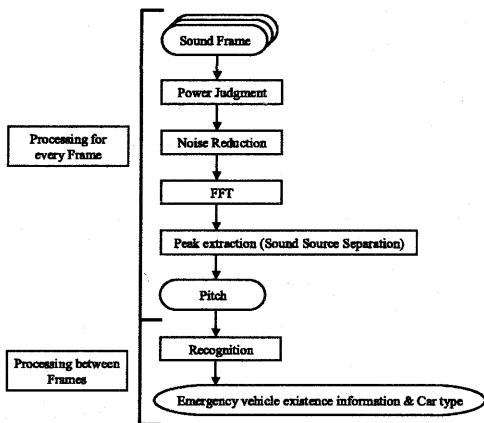


図8 L ch. R ch. 個別処理
Fig.8 Flowchart of L ch. and R ch.

うに表される。

$$InputFrame = \begin{cases} \text{有音区間} & \text{if } P(x) \geq th \\ \text{無音区間} & \text{if } P(x) < th \end{cases} \quad (2)$$

3.1.2 ノイズ除去

遮断周波数 1200Hz の LPF によりノイズを除去する。

3.1.3 ピーク抽出

サイレンの周波数帯域でのピーク抽出であるが、異なる緊急車両が同時に来ることに対応するための処理として音源分離処理を行う。音源を分離するために救急車のサイレンの帯域(高音、低音)と、消防車およびパトカーのサイレンの帯域の3つの帯域でそれぞれピークを探す。そしてその帯域ごとに認識処理を行う。このようにすることで、例えば救急車のサイレンが鳴っている間に突然消防車のサイレンが鳴ったとしても同時に検出が行える。救急車、消防車およびパトカーのサイレンが同時に鳴っている場合の理想データとそのピーク抽出を行う帯域を図9に示す。

3.1.4 緊急車両認識処理

現在のFrame を基準にして過去60Frame 分の基本周波数情報より緊急車両の認識をする。認識はヒストグラムを用いて行う。過去60Frame における各基本周波数の出現頻度をカウントする。過去60Frame の基本周波数列が格納されている配列を $p[i]$ とし、 $P(Hz)$ のヒストグラムの度数を h_p とする。ヒストグラム作成は次式による。

$$h_p = \sum_{i=1}^{60} 1_{\{i \in p[i] == P\}} + \sum_{i=2}^{60} 1_{\{i \in p[i-1] == p[i] == P\}} \quad (3)$$

(3) 式の第2項により、ヒストグラム化により失われてしまう時間軸情報を反映する。次に作成したヒストグラムより緊急車両のサイレンを認識する。公開されているサイレンのデータは表1の通りである。緊急車両の認識は(4)式による。

表 1 緊急車両のサイレンのデータ

Table 1 The database of the siren of emergency vehicles

Car Type	Pitch	The length of Sound
Ambulance	960, 770Hz	One cycle 1.30s
Fire truck	850Hz±50Hz	4.00s
Police car	850Hz±50Hz	4.00s

$$\begin{cases} h_{960} \geq th & \text{救急車} \\ h_{770} \geq th & \text{救急車} \\ h_{850} \geq th & \text{消防車およびパトカー} \end{cases} \quad (4)$$

3.2 L ch. R ch. 統合処理

図 10 は音信号の到達方向 (Direction Of Arrival 以下 DOA) を示している。距離 d の間隔で実験車両に取り付けられた 2 本のマイクロフォンで緊急車両のサイレンを受音する場合を考える。サイレンをはじめとする音波は球面波であるが、音源までの距離が取り付けられたマイクロフォンの間隔に比べて十分大きいので平面波とみなすことができる。また、本研究で用いるマイクロフォンは無指向性である。図 10 内に示される θ 方向から到来したサイレンはまず R ch. マイクロフォンに到達する。その後、図 10 内に示した距離 ζ 進み L ch. マイクロフォンに到達する。この距離 d は幾何学的に (5) 式で表される。

$$\zeta = d \sin \theta \quad (5)$$

したがって R ch. マイクロフォンに到達する信号 $x_R(t)$ は, R ch. マイクロフォンに到達する信号 $x_R(t)$ と比べて, 距離 ζ 進行するのに必要な時間 τ だけ遅れた信号となる。

$$x_L(t) = x_R(t - \tau) \quad (6)$$

緊急車両が存在する場合, L ch. R ch. それぞれの警告は音圧差 (Inter-aural Level Difference 以下 ILD) により差が生じる。警告を出しているときを High, 以外を Low とすると, 図 11 のよう示される。この場合は緊急車両検出の早かったチャンネルの方向に緊急車両が存在しているとする。音源に近いほうのマイクロフォンが速く警告を出す。図 11 のような場合は緊急車両検出の早かったチャンネルの方向に緊急車両が存在しているとする。図 11 のような状態であるとすると L ch. マイクロ

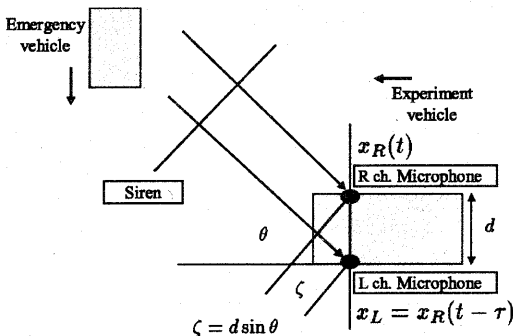


図 10 音信号の到達方向
Fig.10 Direction Of Arrival

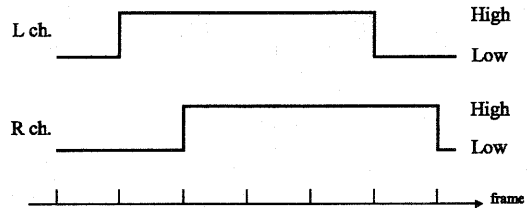


図 11 L ch. R ch. 統合処理 1
Fig.11 L ch. R ch. Systemchart 1

表 2 音信号到達時間差

Table 2 Inter-aural Time Difference				
θ	30°	45°	60°	90°
γ	2.2ms	3.1ms	3.8ms	4.4ms

フォンが先に緊急車両を検出しているので左方向に緊急車両が存在していることになる。(5) 式に音速 c を導入すると, (7) 式が得られる。

$$\tau = \frac{\zeta}{c} = \frac{d \sin \theta}{c} \quad (7)$$

次に音圧差が生じない場合を考える。音源に近いほうのマイクロフォンに音は早く到達する。ここで音信号到達時間差 (Inter-aural Time Difference 以下 ITD) を音速 $c=340\text{m/s}$, 左右マイクロフォン間の距離 $d=1.5\text{m}$ として計算すると表 2 を得る。

現在 1Frame=21.3ms で解析していたため, 1Frame 分の差が生じない。音圧差が無く, ITD による Frame 差も生じない状態は図 12 のようになる。つまり, L ch. と R ch. が同時に警告を出してしまった場合は Frame 内で音信号の時間差を求め L ch. R ch. どちらに早く音信号が届いているかを考え, DOA を決定する。Frame 内で生じている ITD を仮想的に図示すると図 13 のようになる。ITD の算出は L ch. と R ch. の時系列データの相互相関関数による。

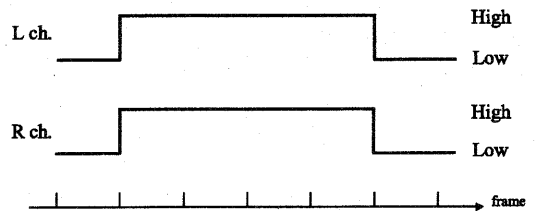


図 12 L ch. R ch. 統合処理 2
Fig.12 L ch. R ch. Systemchart 2

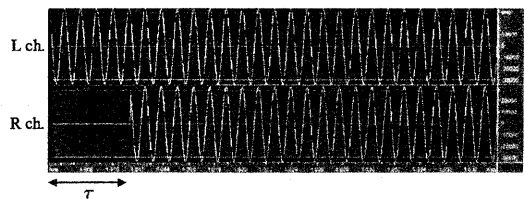


図 13 音信号到達時間差
Fig.13 Inter-aural Time Difference

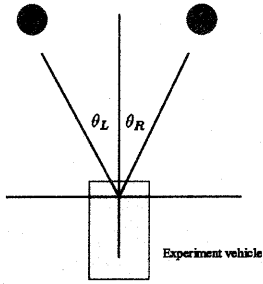


図 14 相互相関関数による音源方向の決定

Fig. 14 DOA Determination Using Correlation function

入力データ $x(n)$ が $0 \leq n \leq N-1$ に対して与えられたとすると、相互相関関数は (8) 式で定義される。

$$\phi_{LR}(m) = \frac{1}{N-m} \sum_{n=0}^{N-1-m} x_L(n) \cdot x_R(n+m) \quad (m = 0, 1, \dots, N-1) \quad (8)$$

相互相関関数のピークを検索する範囲であるが、本研究で用いる 2 本のマイクロフォンの間隔は 1.5m である。音速を 340m/s と考えた場合、生じる時間差は 4.4ms である。本研究で提案するシステムにおいては 48kHz 標本化を採用しているので、この間に 211Point の標本化が可能である。したがってこの範囲で相互相関関数のピークを検索する。次に L ch. を固定して得られた相関値のピークと R ch. を固定して得られた相関値のピークを大小比較する。判断法は $\phi_{LR}(m) < \phi_{RL}(m)$ ならば図 14 に示される θ_L 方向に緊急車両は存在し、 $\phi_{LR}(m) > \phi_{RL}(m)$ ならば θ_R 方向に緊急車両は存在する。相互相関関数により求められた ITD を (7) 式に用いることにより (9) 式のように DOA を決定することができる。

$$\theta = \sin^{-1} \frac{cT}{d} \quad (9)$$

図 16 は参考文献 [6] に記載されている重要視界範囲にドライバーの有効視界を重ね合わせたものがある。2 車線道路を走行し、自車両の走行している道路上を正面とすると到達方向は図 16 のように左右、正面に分類される。(9) 式で得られた角度を図 16 に基づき分類する。

3.3 提示内容生成

以上のようにして求められた緊急車両の車種情報および、緊急車両の存在方向情報をもとにドライバーへの提示内容を生成する。提示内容の生成には wave ファイルのデータベースより適切な単語を選び、文章として再生するという方法を用いた。あらかじめ "Left", "Right" などの単語 wave ファイルで構成されたデータベースを用意しておく。図 15 のフローに基づきドライバーへの提示内容が生成される。まず緊急車両の存在方向情報により以下のうちの適切な単語 wave ファイルが選択される。

- Left
- Right
- Front

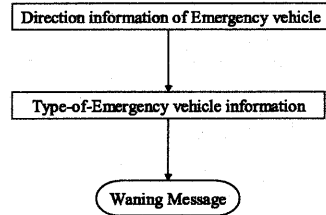


図 15 提示内容生成

Fig. 15 Message Generation Process

次に緊急車両の車種情報により以下のうちの適切な単語 wave ファイルが選択される。

- Ambulance
- Fire truck or Police car

このようにして提示内容が生成される。例として "左方向に救急車を検知" という状態であるとするならば "Left, Ambulance, Attention!" というように wave ファイルが順に再生され、文章としてドライバーに情報を提示する。

4. 実 験

4.1 実験条件

図 3, 4 のように窓をあける、カーステレオはかけないという条件で実験を行った。また、CPU: Intel Pentium III Mobile CPU 1133MHz, メモリ: 640M 程度のノート PC を用いた。

4.2 実験方法

市街地を時速 40km から 80km で実走し、データをロギングする。実走後にログを検証しシステムの精度の検証を行う。

4.3 実験結果

結果を 3 つの場合に分けて図 17 に示す。緊急車両の認識は車種判定が成功し、かつ 50m 前での警告の提示がなされたことで成功とする。また、緊急車両の方向判定はロギングされたデータの映像により判断する。

表 3 交差点 (左側より緊急車両接近)

Table 3 Emergency vehicle comes from the left

The number of times of encounterd	Ambulance 10
The rate of recognition success	100%
The rate of judgment success	70%

表 4 交差点 (右側より緊急車両接近)

Table 4 Emergency vehicle comes from the right

The number of times of encounterd	Ambulance 7
The rate of recognition success	100%
The rate of judgment success	100%

表 5 直線道路でのすれちがい

Table 5 Emergency vehicle comes from the front

The number of times of encounterd	Ambulance 6
The rate of recognition success	100%
The rate of judgment success	67%

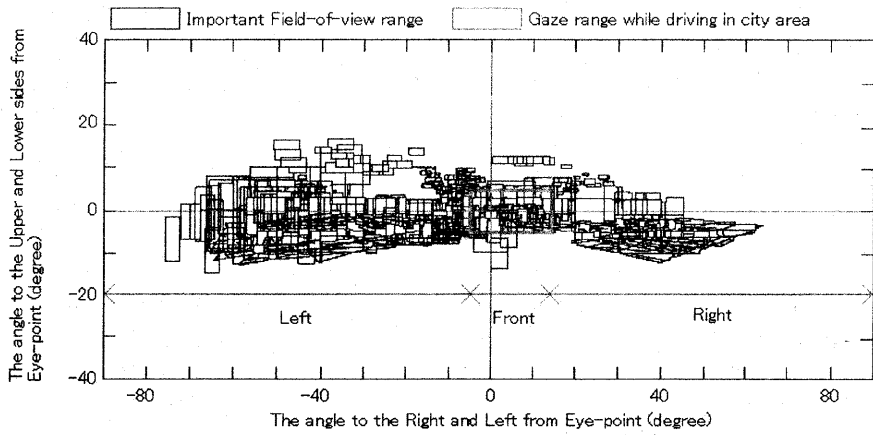


図 16 ドライバの正面, 左, 右方向と角度との対応付け [6]

Fig.16 Matching with direction(Left,Right,Front) and angle [6]

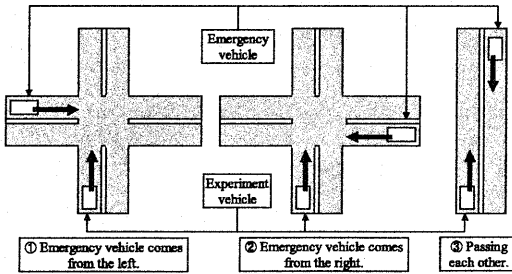
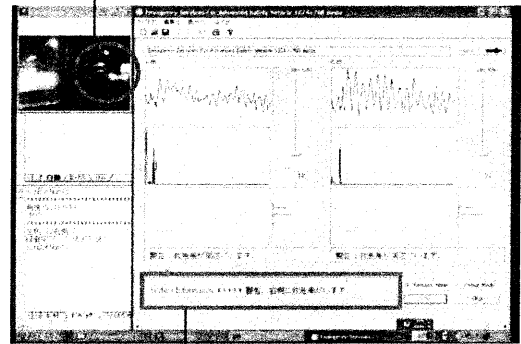


図 17 実験結果の分類

Fig.17 The classification of an experiment result

救急車検知の様子を拡大して表示する。本研究で提案したシステムがドライバーに提示した情報(左, 右方向に救急車が存在)と実際の道路状況が一致していることを確認できる。

We checked existence of the ambulance on right-hand side.

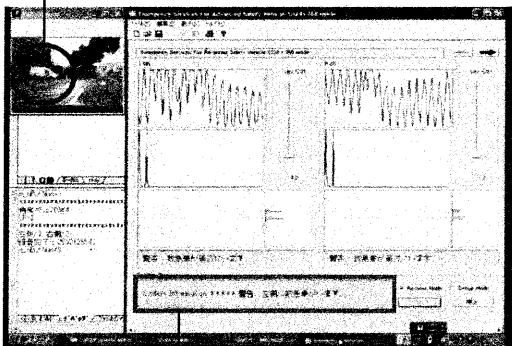


The system detected the ambulance on right-hand side.

図 19 右方向に救急車を検知した様子

Fig.19 The scene of emergency vehicles detection 2

We checked existence of the ambulance on right-hand side.



The system detected the ambulance on right-hand side.

図 18 左方向に救急車を検知した様子

Fig.18 The scene of emergency vehicles detection 1

4.4 考 察

実走実験により, 緊急車両の存在検知に関しては信頼できるが方向判定に関しては誤検出を確認した。緊急車両のサイレンより発せられた音が直接マイクロフォンに到達するという前提でシステムを構築したため, 数回の反射を繰り返した後マイクロフォンに音が到達するマルチパス現象に対応できなかったことが方向判定誤検出の理由であると思われる。しかし, 緊急車両が付近に存在しない場合に緊急車両が存在する。というようにシステムが情報を提示してしまう誤検出はなかった。このことは車載システムとして重要な意味を持つといえる。序論でも述べたが, 緊急車両を検出する車載システムを構築する際に, 検出スピードも大切な要素であるが, それよりも誤検出をしないということがやはり重要である。ドライバーを迷わすような情報を与えてしまえば逆効果である。誤検出をできるだけ防ぎ, かつドライバーと同等か, それ以上の検出スピードで緊急車両を検出できるシステムが望ましい。そのような条件を本研

究で提案するシステムは満たしているといえる。マルチパスへの対応、一般車両のドライバーを中心とした360°センシングへの拡張などが本研究で提案するシステムの今後の課題であると思われるが、本研究の目的として掲げた、「交差点での一般車両と緊急車両の衝突事故の低減」に関しては良好な結果が得られたといえる。

5. 結 論

本研究で得られた結論は以下の通りである。音と映像の複合処理を行えるソフトウェアの開発と、正確に実走実験のデータをロギングできる機構の開発を行ったことにより本研究で提案するシステムにどの程度の精度があり信頼できるかという実走実験を行うことができた。

交差点における一般車両と緊急車両の衝突事故の低減に際して以下の2点の情報が一般車両のドライバーに必要である。

(1) 緊急車両の存在情報

(2) 緊急車両の方向情報

これらの情報を緊急車両の特徴のひとつであるサイレンを車載マイクロフォンを用いて検出することにより高い精度で得ることができた。以上のことより現在大きな問題となっている緊急車両と一般車両の衝突事故を低減するシステムを構築することができたといえる。本研究では緊急車両のサイレンといった警報音情報を取り込んだ状況センシングの可能性を調査研究し、報告した。現在、車両を対象とした情報処理は、よりダイナミックなものが求められている。車両周辺の環境の時間的変化が大きく、また、情報を利用する人間もより動的な、複雑な状況下におかれる。そのため、今後はインタフェースとして音声と画像により臨場感や高い認識速度が得られるかというような調査研究を通して、音声と画像の複合処理の在り方、方法を研究していきたい。

文 献

- [1] “草津の交差点で救急車と車衝突 けが人はなし,” 朝日新聞, 2003.1.14 朝刊, 草津市木川町の県道交差点で, 12 日午後 8 時 10 分ごろ, 湖南広域行政組合消防本部の救急車と草津市内の大学院生 (25) 運転の乗用車が衝突した。救急車は市内の特別養護老人ホームに入居している女性 (84) を病院に搬送中だったが, 事故後は別の救急車で搬送した。けが人はなかった。草津署の調べでは救急車は回転灯をつけサイレンを鳴らしながら赤信号内に入り, 青信号で進行してきた乗用車と衝突したという。
- [2] “緊急走行中の救急車が乗用車と衝突し 2 人けが,” 朝日新聞, 2002.10.5 朝刊, 4 日午前 11 時 40 分ごろ, 宇和島市伊吹町の国道 56 号交差点で, 交通事故で負傷した女性 (41) を搬送中の宇和島地区広域事務組合消防本部の救急車=赤松貞二消防士長 (43) 運転=と, 同市堀端町, 無職佐々木美佐さん (27) 運転の乗用車が衝突。佐々木さんと同乗の無職女性 (44) が頭などに軽いけがをした。搬送途中の女性にけがはなかった。宇和島署の調べでは, 救急車がサイレンを鳴らし, 赤色灯を点灯させながら, 赤信号の交差点を直進しようとしたところ, 青信号で交差点に入ってきた佐々木さんの車とぶつかったらしい。
- [3] “現場へ向かう途中で消防車が衝突事故,” 朝日新聞, 2002.9.21 朝刊, 20 日午前 9 時ごろ, さいたま市天沼町 1 丁目の市道交差点で大宮東消防署の消防車と同市の会社員 (24) 運転の乗用車が衝突した。消防車は同市大和田町 1 丁目の火災現場に向かう途中だった。大宮署の調べでは消防車がサイレンを鳴らしながら赤信号で交差点に入ったところ, 青信号で直進してきた会社員の乗用車と衝突したという。
- [4] “消防車, 衝突事故で横転,” 朝日新聞, 2002.1.22 朝刊, 21 日午後 0 時 10 分ごろ, 足利市通 3 丁目の県道交差点で, 同市緑町, 鮮魚商齋藤隆一さん (54) 運転の同市消防第 1 分団の消防車と, 右からきた同市小俣町, 保険外務員久保田とし子さん (55) の乗用車が衝突。消防車はさらに対向の群馬県大泉町, 家庭教師板津登さん (33) の乗用車とぶつかり, 歩道に乗り上げて横転した。この事故で久保田さんと板津さんが首や胸に軽いけが。足利署の調べによると, 消防車は車両火災の発生で, サイレンを鳴らし緊急走行中, 赤信号で直進したところ, 青信号で走ってきた久保田さんと出会い頭に衝突したらしい。
- [5] “衝突され若者 2 人死亡 業過致死傷容疑で運転手逮捕,” 朝日新聞, 2001.12.3 朝刊, 1 日午後 10 時 35 分ごろ, 長野市村山の国道 18 号交差点で, バトカーに追われていた乗用車が軽乗用車と出会い頭に衝突し, 軽乗用車が炎上した。軽乗用車の同市津野, 無職長谷川由樹さん (20) が車外に投げ出されてまもなく死亡。同市穂保, 高校 3 年生芝波田良太さん (18) も車内で焼死した。乗用車を運転していた中野市西条, 建設作業員小川龍二容疑者 (22) と中野市草間, 建設作業員カネコ・ジェットリオ・タケヨシさん (24) も顔などにけがを負った。長野中央署は, 小川容疑者を業務上過失致死傷の疑いで逮捕した。調べでは, 同市西和田の国道で, ナンパブレーキを曲げるなどした小川容疑者の乗用車を警ら中のバトカーが発見し, 停車するよう指示した。しかし小川容疑者は蛇行運転を繰り返し, 信号での急発進などをして逃走。バトカーがサイレンを鳴らして約 5 キロ追跡した。小川容疑者が前の車を追い越そうと反対車線に出たところ, 道路右側から出てきた軽乗用車と衝突したらしい。衝突した軽乗用車は, 約 10 メートル先のガードレールを突き破って道下の田んぼに転落し炎上した。小川容疑者は「酒を飲んでいたので逃げた」と供述しているという。同署では「バトカーはサイレンを鳴らし, 無理な追い方ではなかった」と話している。
- [6] (社) 自動車技術会編集, “自動車技術シリーズ 8 自動車の人間工学技術,” 朝倉書店, 1998
- [7] 久保山 英生, 小沢 慎治 “連続画像からのトンネル内における重交通流計測,” 電子情報通信学会論文誌, D-II Vol.J85-D-II No.2 pp.210-218 Feb.2002
- [8] 近藤 啓介, 長井 隆行, 金子 正秀, 樽松 明 “マイクロホンアレーを用いた話者位置推定による車載音声認識,” 電子情報通信学会論文誌, D-II Vol.J85-D-II No.7 pp.1176-1187 July.2002
- [9] 名切 秀久, 天野 也寸志, 福井 勝彦, 土井 俊一 “ドライバの運行支援解析に基づく運転支援法の検討,” 社団法人自動車技術会学術講演会前刷集, No.5-02-23 July.2002
- [10] 久保 典央, Ian Flindell “マスキング効果を考慮したタイヤ音認知について,” 日本音響学会講演論文集, 1-7-7 Mar.2002
- [11] 辻 庸介, 武田 一哉, 板倉 文志 “車の前方映像のオプティカルフローと車内騒音との関係,” 日本音響学会講演論文集, 1-7-14 Mar.2002
- [12] 田口 克巳, 小畑 秀文, 南澤 真一 “道路騒音のスペクトル時間変化パターンに基づく車種判別,” 日本音響学会講演論文集, 2-7-1 Mar.2002
- [13] Shigeru ANDO “An Analog Electronic Binaural Localization Sensor,” Technical Digest Of The 8th Sensor Symposium, pp.131-134, 1989.
- [14] Shigeru ANDO “Detection of intensity disparity in differential stereo vision systems with an application to binocular luster perception,” Trans.SICE, 23-6 619/624 1987.
- [15] Jin-Nam PARK, Tsuyoshi USAGAWA, Masanao EBATA “A Signal Enhancement Method Using the Iterative Blind Deconvolution for Microphone Array System,” IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E82-A, No4 April 1999.
- [16] Yoiti SUZUKI, Shinji TSUKUI, Futoshi ASANO, Ryouichi NISHIMURA, Toshio SONE “New Design Method of a Binaural Microphone Array Using Multiple Constrains,” IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E82-A, No4 April 1999.
- [17] Hidekazu KAMIYANAGIDA, Hiroshi SARUWATARI, Kazuya TAKEDA, Fumitada ITAKURA, Kiyohiro SHIKANO “Direction of Arrival Estimation Using Nonlinear Microphone Array,” IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E84-A, No4 April 1999.