卒業論文 2010 年度 (平成 22 年)

 ${
m driv}{
m AR}$: 車々間通信と ${
m AR}$ を用いたドライバ間コミュニケーションシステム

> 慶応義塾大学 環境情報学部 鵜飼 佑

drivAR:

車々間通信とAR を用いたドライバ間コミュニケーションシステム

ドライバ同士が互いにコミュニケーションを行い、意思疎通を図る事は円滑な交通社会の運営に必要不可欠である。ドライバ間においては、主に表示機や標識といった車両に取り付けられた道具を用いた、視覚によるコミュニケーションが行われている。しかし現状のドライバ間コミュニケーションは、3点の問題を抱えている。ひとつは、公式な合図だけでなく非公式な合図が一般的に用いられており、これらはコード系が取り決められていない為、意味があいまいであるという問題である。2つ目は、表示機や標識を用いた場合、送り先を選択してメッセージの送信を行う事が不可能であるという問題である。これらは、しばしばドライバの勘違いを引き起こし、交通事故の原因となっている。3つ目は、表示機や標識を見落とす可能性があるという視認性の問題である。

これらの問題を解決する為本研究では、車々間通信とARを用いてドライバ間コミュニケーションを行うシステムとしてdrivARを実装した。drivARは、位置合わせを行うプラットフォームの部分と、アプリケーションとに大きくわかれる。

ARの分野において、位置合わせの研究は数多く行われているが、様々な課題が残っている。例えば、現在一般的に用いられている GPS から取得した位置情報を利用した位置合わせは、その精度に問題を抱えている。そこで本研究では、車両の視覚的変化と車々間通信を用いて、位置合わせを行う手法を提案し、実装を行った。また、アプリケーションとして、メッセージング、AR 標識という 2 種類のアプリケーションを実装した。

本論文では、動作検証実験及びドライバ間コミュニケーションに関連する既存の取り組みとの比較を行い、drivARの妥当性の検証を行った。その結果 drivARの実現により、現状のドライバ間コミュニケーションが抱える、意味のあいまいさ及び送り手と受け手のあいまいさ、視認性の低さという 3 点の問題を解決した事が明らかになった。

キーワード

- 1. ドライバ間コミュニケーション、2. 拡張現実感、3. 車々間通信
- 4. 位置合わせ,5. 車両内アプリケーション

慶應義塾大学 環境情報学部

鵜飼 佑

drivAR:

Interactive Communication System for Drivers Using Vehicular Ad-hoc Network And Augmented Reality

To work out on trouble-free driving, it is important that people driving their vehicles communicate with other peripheral drivers. In many cases, tools that are equipped on all vehicles, such as — with each other brake lights and vehicle-mounted indicators, are used by the drivers to communicate with each other. However, the tool-based communication has many problems such as: each signal could be interpreted into a huge variety of meanings, it is not aimed for one to one communication, and — so on .

In this paper, we propose **drivAR**, a novel system that the drivers communicate with others using Augmented Reality and vehicular ad-hoc networks.

Even though many different varieties of approaches for geometrical registration have been proposed in —research area of Augmented Reality, there are still several problems. In this paper, we propose a novel approach using optical transformation of vehicles and vehicular ad-hoc network. Additionally, we designed and implemented two applications: "messaging application" and "vehicle-mounted indicators displayed by augmented reality".

In this paper, we conducted experiments, and compared with other approaches for validating our system. Consequently, the three problems in inter-driver communication has been solved with the implementation of drivAR.

Keywords:

1 Augmented Reality, 2. Vehicular Ad-Hoc Networks, 3. Inter-driver communication 4.Geometrical Registration, 5. Vehicular Application

Keio University, Faculty of Environment and Information Study

Yu UKAI

目 次

第1章	序論	1
1.1	背景	1
	1.1.1 車々間通信	1
	1.1.2 Augmented Reality	1
1.2	問題意識	2
1.3	目的	2
1.4	構成	2
第2章	ドライバ間コミュニケーション	4
2.1	ドライバ間のコミュニケーション手段	4
2.2	視覚によるコミュニケーションにおける勘違いの原因	5
2.3	合図	6
	2.3.1 公式な合図	6
	2.3.2 非公式な合図	6
2.4	標識	7
2.5	合図や標識の問題点	7
	2.5.1 意味のあいまいさ	8
	2.5.2 送り先のあいまいさ	9
	3.5.3. 海动性办师子	4.0
	2.5.3 視認性の低さ	10
2.6		10 11
	本章のまとめ、・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
第3章	本章のまとめ 関連研究	11 12
	本章のまとめ	11
第3章	本章のまとめ	11 12
第 3 章 3.1	本章のまとめ 関連研究 IDCS	11 12 12
第 3章 3.1 3.2	本章のまとめ 関連研究 IDCS	11 12 12 13
第3章 3.1 3.2 3.3	本章のまとめ 関連研究 IDCS	11 12 12 13 14
第3章 3.1 3.2 3.3	本章のまとめ 関連研究 IDCS	11 12 13 14 14
第3章 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5	本章のまとめ 関連研究 IDCS	11 12 13 14 14 15 17
第3章 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 第4章	本章のまとめ 関連研究 IDCS サンクステイル Sprocket 既存の取り組みの比較 3.4.1 考察 本章のまとめ アプローチ	11 12 12 13 14 14 15 17
第3章 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5	本章のまとめ 関連研究 IDCS サンクステイル Sprocket. 既存の取り組みの比較 3.4.1 考察 本章のまとめ アプローチ 機能要件	11 12 13 14 14 15 17 18
第3章 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 第4章	本章のまとめ 関連研究 IDCS. サンクステイル Sprocket 既存の取り組みの比較 3.4.1 考察 本章のまとめ アプローチ 機能要件 4.1.1 意味のあいまいさが存在しない	11 12 13 14 14 15 17 18 18
第3章 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 第4章	本章のまとめ 関連研究 IDCS. サンクステイル Sprocket 既存の取り組みの比較 3.4.1 考察 本章のまとめ アプローチ 機能要件 4.1.1 意味のあいまいさが存在しない 4.1.2 送り先のあいまいさが存在しない	11 12 13 14 14 15 17 18 18 18
第3章 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 第4章 4.1	本章のまとめ 関連研究 IDCS	11 12 13 14 15 17 18 18 18 19
第3章 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 第4章 4.1	本章のまとめ 関連研究 IDCS サンクステイル Sprocket 既存の取り組みの比較 3.4.1 考察 本章のまとめ アプローチ 機能要件 4.1.1 意味のあいまいさが存在しない 4.1.2 送り先のあいまいさが存在しない 4.1.3 視認性が高い drivAR	11 12 13 14 14 15 17 18 18 18 19 19
第3章 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 第4章 4.1	本章のまとめ 関連研究 IDCS. サンクステイル Sprocket 既存の取り組みの比較 3.4.1 考察 本章のまとめ アプローチ 機能要件 4.1.1 意味のあいまいさが存在しない 4.1.2 送り先のあいまいさが存在しない 4.1.3 視認性が高い drivAR アプリケーション	111 12 13 14 14 15 17 18 18 18 19 19
第3章 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 第4章 4.1	本章のまとめ 関連研究 IDCS. サンクステイル Sprocket 既存の取り組みの比較 3.4.1 考察 本章のまとめ アプローチ 機能要件 4.1.1 意味のあいまいさが存在しない 4.1.2 送り先のあいまいさが存在しない 4.1.3 視認性が高い drivAR アプリケーション	11 12 13 14 14 15 17 18 18 18 19 19

4.4	本章のまとめ、・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
第5章	位置合わせ	2^{2}
5.1	位置合わせ手法の比較	22
	5.1.1 センサベース	22
	5.1.2 ビジョンベース	22
	5.1.3 ハイブリッド	23
	5.1.4 既存手法の比較	23
5.2	視覚的変化と車々間通信を用いた位置合わせ	24
	5.2.1 概要	24
	5.2.2 アルゴリズム	24
	5.2.3 既存手法との比較	26
5.3	本章のまとめ	26
第6章	設計	27
6.1	ハードウェア	27
6.2	ソフトウェア	28
6.3	処理の流れ	29
	6.3.1 ネットワーク	29
	6.3.2 画像処理	29
6.4	本章のまとめ	30
第7章	実装	32
第 7 章 7.1		32 32
	概要	
7.1	概要	32
7.1	概要	32 32
7.1	概要 開発環境	32 32 33
7.1 7.2	概要 開発環境	32 32 33 33
7.1 7.2	概要 開発環境	32 33 33 34
7.1 7.2	概要 開発環境. 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理. 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ	32 32 33 33 34 34
7.1 7.2 7.3	概要 開発環境 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分	32 32 33 34 34 35
7.1 7.2 7.3	概要 開発環境. 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理. 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分. アプリケーション.	32 32 33 33 34 34 35 36 37
7.1 7.2 7.3	概要 開発環境 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分 アプリケーション 7.5.1 メッセージング	32 32 33 34 34 35 36 37 38
7.1 7.2 7.3	概要 開発環境 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分 アプリケーション 7.5.1 メッセージング 7.5.2 AR 標識	32 32 33 34 34 35 36 37
7.1 7.2 7.3 7.4 7.5	概要 開発環境 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分 アプリケーション 7.5.1 メッセージング 7.5.2 AR 標識 本章のまとめ	32 32 33 34 34 35 36 37 38 38
7.1 7.2 7.3 7.4 7.5 7.6	概要 開発環境 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分 アプリケーション 7.5.1 メッセージング 7.5.2 AR 標識 本章のまとめ	32 32 33 33 34 34 35 36 37 38 38 39
7.1 7.2 7.3 7.4 7.5 7.6 第8章 8.1	概要 開発環境 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分 アプリケーション 7.5.1 メッセージング 7.5.2 AR 標識 本章のまとめ	32 32 33 33 34 34 35 36 37 38 38 39 40
7.1 7.2 7.3 7.4 7.5 7.6	概要 開発環境: 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分: アプリケーション 7.5.1 メッセージング 7.5.2 AR 標識 本章のまとめ: 評価 動作検証実験: 比較:	32 32 33 33 34 34 35 36 37 38 38 39 40 40 42
7.1 7.2 7.3 7.4 7.5 7.6 第8章 8.1	概要 開発環境 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分 アプリケーション 7.5.1 メッセージング 7.5.2 AR 標識 本章のまとめ 評価 動作検証実験 比較	32 33 33 34 34 35 36 37 38 38 39 40 42 42
7.1 7.2 7.3 7.4 7.5 7.6 第8章 8.1	概要 開発環境 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分 アプリケーション 7.5.1 メッセージング 7.5.2 AR 標識 本章のまとめ 評価 動作検証実験 比較 8.2.1 意味のあいまいさ 8.2.2 送り先のあいまいさ	32 32 33 33 34 34 35 36 37 38 38 39 40 40 42
7.1 7.2 7.3 7.4 7.5 7.6 第8章 8.1	概要 開発環境 7.2.1 ハードウェア 7.2.2 ソフトウェア 画像処理 7.3.1 車両の検出 7.3.2 位置合わせ 送信部分 アプリケーション 7.5.1 メッセージング 7.5.2 AR 標識 本章のまとめ 評価 動作検証実験 比較 8.2.1 意味のあいまいさ 8.2.2 送り先のあいまいさ	32 32 33 34 34 35 36 37 38 38 39 40 42 42

第9章	結論																44
9.1	本研究	のまとめ、															44
9.2	今後の	課題と展望															44
	9.2.1	位置合わせ	せ精度の	向上													45
	9.2.2	多方向への	D対応 .														45
	9.2.3	アプリケ-	-ション	の開き	卷.												45
参考文献	†																47
謝辞																	48

図目次

1.1	センタレスプローブ情報システム	1
2.1	表示機	4
2.2	標識の一例	5
2.3	非公式な合図における意味のあいまいさ	9
2.4	ウィンカーにおける送り先のあいまいさ	10
3.1	IDCS	12
3.2	サンクステイル	13
3.3	Sprocket の利用風景	14
3.4	Sprocket のピクトグラム	14
4.1	概要	19
4.2	メッセージング	20
4.3	AR 標識	21
5.1	位置合わせの概要	25
5.2	アルゴリズム	25
6.1	ハードウェア構成図	27
6.2	ソフトウェア構成図	28
6.3	ネットワークフロー	30
6.4	画像処理の実装・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	31
7.1	利用風景	32
7.2	ハードウェア	33
7.3	トラッキング構造体	35
7.4	位置合わせ	36
7.5	電源取り出しコネクタの様子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	37
7.6	12V から 5V への変換回路	37
7.7	メッセージング	38
7.8	AR 標識	39
8.1	動作検証実験	40
8.2	パケットダンプ	41
8.3	時間ごとの提示画像	41

表目次

	公式な合図におけるコード系・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
2.2	合図の特性	7
3.1	既存手法の比較	16
5.1	既存手法の分類	23
5.2	既存手法との比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	26
	ハードウェア	
7.2	ソフトウェア環境	33
8.1	既存手法の比較	42

第1章 序論

1.1 背景

1.1.1 車々間通信

自動車は、現在我々にとって最も身近な移動手段である。しかし、自動車保有台数の増加に伴い、交通事故や交通渋滞、排気ガスによる環境負荷の増加といった様々な問題が発生している。これらの問題を解決する為に、高度道路交通システム (Intelligent Transport System:以下 ITS) の研究分野では、多様な研究・開発が行われている。

近年は、ITS における重要な要素技術として、運転支援や自動運転を目指した車々間通信技術の研究開発が進みつつある。例えば、センタレスプローブ情報システム [1] は、車々間通信技術を用いて走行中の車両が周囲の車両と通信を行い、様々な情報を直接交換する事で、周囲の有益な情報を集めるシステムであり、盛んな研究開発が進められている。

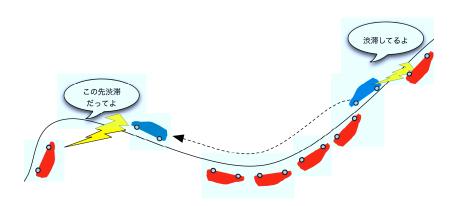


図 1.1: センタレスプローブ情報システム

1.1.2 Augmented Reality

人間は、視覚、聴覚、触覚など五感と呼ばれる豊かな感覚受容能力を持っている。近年、五感を情報技術により拡張する拡張現実感 (Augmented Reality:以下 AR) と呼ばれる研究分野に対する注目が高まっている。特に、人間は五感のうち視覚から取り入れた情報を用いて多くの状況判断を行う。その為、視覚の拡張を目的とした数多くの研究が以前から行われてきた [2]。

AR において、現実世界上に重畳表示されるテキストや CG をアノテーションと呼ぶ。 アノテーションは、説明対象となる実世界上の物体の近くに提示される場合が多い。その 為には、アノテーションをカメラを通して取得した実世界の映像上のどこに挿入するのかを決めなければならない。この問題は、位置合わせ (Geometrical Registration) と呼ばれており、様々な手法の研究が行われている。しかし、これらの手法はそれぞれの課題を抱えている。例えば、現在一般的に用いられている GPS により取得した位置情報を利用した位置合わせは、その精度に問題を抱えている。また、ビジュアルマーカを利用した手法は、規模性の問題を抱えている。詳細については、第5.1 節にて後述を行う。

1.2 問題意識

車々間通信は、インフラを整備する事なく車両同士が通信を行う事で、様々な情報交換を可能とする。しかし、車々間通信を用いた既存の研究開発は、交通事故対策や、自動運転、渋滞解消等に用いる事を主たる目的としている物が多い。しかし車々間通信は車両同士の通信であり、車両に乗るドライバ間のコミュニケーション基盤として活用可能であると考えられる。

しかし、車々間通信をドライバ間コミュニケーションに用いる為には、何らかの手法を 用いて通信の結果をドライバに提示しなければならない。情報を提示する手法としては、 視覚や聴覚、触覚といった様々な人間の感覚を利用する手法が考えられる。本研究では、 AR を用いて視覚的に車々間通信の結果をドライバに対して提示を行う。

1.3 目的

本研究の目的は、車々間通信とAR用いたドライバ間コミュニケーションシステムを構築し、現在のドライバ間コミュニケーションに存在する様々な問題点を解決する事である。現状のドライバ間コミュニケーションが抱える問題点については、次章で詳細に述べる。その為に本研究では、車両を対象とした新たな位置合わせ手法及び、車々間通信及びARを用いたドライバ間コミュニケーションに関するアプリケーションの提案及び実装を行う。

1.4 構成

本論文は全9章で構成される。第2章ではドライバが日常的に行なっているコミュニケーションについて述べ、その問題点を明らかにする。第3章ではドライバ間コミュニケーションに関する既存の取り組みを取り上げ、比較検討を行う事で、問題点の整理を行う。第4章では第3章で述べた問題点に対する解決手法を述べ、本研究のアプローチを示す。第5章では、ARにおける位置合わせの既存研究に言及した上で、本システムにおける位置合わせ手法を明らかにし、そのアルゴリズムの解説を行う。第6章では第4章で述べた手法を実現する為の、本システムの設計を示す。第7章では第6章において述べた設計に基づいた本システムの実装を詳らかにする。第8章では本システムの実装に対する評価を

行い、既存の問題を解決したか否かを述べる。第9章では結論と今後の課題及び可能性をまとめる。

第2章 ドライバ間コミュニケーション

2.1 ドライバ間のコミュニケーション手段

コミュニケーションとは、人間の間で行われる感情や思考の伝達である。これらは視覚や聴覚、触覚や嗅覚を介して行われる。コミュニケーションにおいて、送り手の考えは文字や音声といった言語メッセージや、しぐさやピクトグラム、合図といった非言語メッセージとなって受け手に届けられる。ドライバ間においても、コミュニケーションは円滑な交通社会の形成に必要不可欠である。

ドライバ間においては、主に表示機や標識といった車両に取り付けられた道具を用いた、 視覚によるコミュニケーションが行われている。以下にこれらの詳細を示す。

● 表示機

表示機とは、道路運送車両法第四十一条において車両に装着が義務付けられた様々な装置である。図 2.1 にそれらを示す。車両前方にはヘッドライトとウィンカーが備え付けられており、車両後方にはテールライトやブレーキランプ、ハザードランプやウィンカーが備え付けられている。

● 標識

道路交通法第七十一条の五及び六において該当車両に設置が義務付けられた、車両の前後に取り付ける道具である。図 2.2 にそれらを示す。ドライバは、標識を用いる事で自らの属性や状態を周囲のドライバに伝えている。

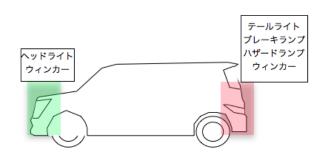


図 2.1: 表示機







(b) 高齢運転者標識

図 2.2: 標識の一例

(c) 聴覚障害者標識

2.2 視覚によるコミュニケーションにおける勘違いの原因

コミュニケーションの目的は、感情や思考の伝達である。その際、意図する相手に、意図した感情や思考の伝達を行う事は非常に重要である。意図しない相手にメッセージが伝達されてしまったり、誤った感情や思考が伝達されてしまうと、勘違いが発生する。文献 [3] によると、視覚によるコミュニケーションにおける勘違いを防ぐ為には、意味のあいまいさ及び、送り先のあいまいさを排除し、視認性を高くしなければならない。

● 意味のあいまいさ

意味のあいまいさを排除する為には、それぞれのメッセージに応じたコード系を取り決めなければならない。コード系とは、単語やピクトグラムや合図と、意味との関係である。コード系が取り決められていないメッセージを用いる場合、受け手が送り手の意図を勘違いしてしまう可能性がある。

● 送り先のあいまいさ

送り先のいまいさを排除する為には、誰に対してメッセージを送信するのかを明確 に指定しなければならない。

特に視覚によるコミュニケーションにおいては、送り先を選択する(特定の受け手に見てもらう)事は非常に難しい。文献 [3] では、「見るという行為は受動的な感覚行為であるように思われがちであるが、実はメッセージの受け手が能動的に見る物の選択を行なっている」と述べられている。つまり、何を見るのかという事は、受け手が選択する事であり、しばしば望まない相手が物事を見てしまう事があるのである。日常のコミュニケーションにおいては、人間は視線や顔の向き、声の大きさ等を巧みに用いる事で、送り先の特定を行っている。

• 視認性

文献 [3] では、「自然界において、『見えている』物は本当に『そこに存在している』 と考えて良い」と述べられている。見えない物では、視覚によるコミュニケーショ ンは発生し得ない。このように、視覚によるコミュニケーションにおいては、「見え る」事は重要な要素なのである。 これら3点の要素を満たさないコミュニケーションにおいては、しばしば勘違いが発生する。

2.3 合図

本節では、合図を用いたドライバ間コミュニケーションについて述べ、その問題点を明らかにする。

ドライバ間コミュニケーションにおける合図とは、表示機の点滅や身振り手振りを信号とし、これらと意味とのコード系を定める事で、ドライバの意思を表現する物である。これらは、公式な合図と非公式な合図の2つに分類される。

2.3.1 公式な合図

公式な合図とは、道路交通法で定められた、表示機や身振り手振りを用いた合図をさす。 道路交通法第53条を以下に示す。

車両(自転車以外の軽車両を除く。第三項において同じ。)の運転者は、左折し、右折し、転回し、徐行し、停止し、後退し、又は同一方向に進行しながら進路を変えるときは、手、方向指示器又は灯火により合図をし、かつ、これらの行為が終わるまで当該合図を継続しなければならない。

これらの合図を行う時期及び合図の方法については、道路交通法施行令第 21 条にて定められている。公式な合図におけるコード系の例を表 2.1 に示す。

意味	合図
左折	左腕を車体の左側の外に出して水平にのばし、若しくは右腕を車体の右側の外に出して水平にのばし、若しくは右腕を車体の右側の外に出してひじを垂直に上にまげる事、又は左側の方向指示器を操作する事。
	腕を車体の外に出して斜め下にのばす事、又は車両の保安基準に関する規定
徐行または停止	により設けられる制動灯をつける事。

表 2.1: 公式な合図におけるコード系

これら、公式な合図におけるコード系については、免許取得時に教育が行われており、 ドライバの間でコード系が正しく取り決められている。

2.3.2 非公式な合図

一方で、ドライバ間コミュニケーションには非公式な合図も数多く用いられている。国際交通安全学会による調査 [4, 5] によれば、これらはカーボディーランゲージと呼ばれ、ドライバがその意思を直接伝える手段を持たず、安全で効率的な走行が損なわれているという状況を克服する為の手段として、ドライバ社会に自然発生的に生まれ慣習化した物である。国際交通安全学会の調査によると、身振り、手振り、ホーン(クラクション)等を使った約 20 種類の、非公式な合図が報告されている。非公式な合図の例を以下に示す。

- 進路を譲るパッシングライト
- 前方に渋滞を発見した場合のハザードランプ
- 割り込みをさせてくらたあとのハザードランプ
- 夜間の、すれ違いで道をゆずるヘッドライトの点灯
- 入れてもらう時に手を挙げる

非公式な合図のコード系は、ドライバ間で必ずしも取り決められているわけではない。

2.4 標識

図 2.2 では、標識の例を示した。視覚によるコミュニケーションにおいては、送り先を 明確に指定する事は難しい。しかし標識はこの特徴を用いて、周囲の自動車にドライバの 様々な属性を幅広く伝達している。

図 2.2(a) は初心運転者標識であり、普通自動車一種運転免許の取得後 1 年を経過しない ドライバに対し標識を提示する事が義務付けられている。

図 2.2(b) は高齢運転者標識であり、75 歳以上の者が高齢運転者標識を付けないで普通自動車を運転する事は、道路交通法によって禁じられている。また、70 歳以上 75 歳未満の者は、「加齢に伴つて生ずる身体の機能の低下が自動車の運転に影響を及ぼすおそれがある場合」には、この標識をつけて運転するように努めなければならないと定められている。

図 2.2(c) は聴覚障害者標識であり、補聴器により補われた聴力を含めて、10 メートルの 距離で 90 デシベルの警音器の音が聞こえる者で、免許の取得を認められたドライバに対 して提示が義務付けられている。そして、道路交通法では「周囲の運転者はこれらの標識 を掲示した車両を保護する義務を有し、幅寄せ・割り込み(やむを得ない場合は除く)な どの行為を行なってはならない」と定めている。

2.5 合図や標識の問題点

本節では、合図や標識を用いたドライバ間コミュニケーションが抱える問題点を明らかにする。まず、それぞれの特性を表 2.2 にまとめる。

種類 共通のコード系 | 意味のあいまいさ | 送り手のあいまいさ 視認性 存在しない 公式な合図 存在する 存在する 低い 存在する 非公式な合図 存在しない 存在する 低い 標識 存在する 存在しない 存在する 低い

表 2.2: 合図の特性

公式な合図は、法律で規定されているメッセージしか表現出来ず、その自由度は低い。 しかし一方で、免許取得時の教育により全てのドライバ間で、共通のコード系が取り決め られている為、受け手は送り手が記号化したメッセージを容易に解読する事が可能であり、コード系の不一致による意味のあいまいさは存在しない。

一方、非公式な合図は公式な合図では表現できなかった様々なメッセージを表現する事が可能である。しかし、コード系がドライバ間で明確に取り決められているわけではない 為、意味のあいまいさが存在する。

また、どちらの合図を用いても、周囲の車両を明確に特定してメッセージの送信を行う事は不可能である為、メッセージの送り先はあいまいである、。同様に、周辺車両が合図を発した瞬間にその車両を見ていなければ、送り手のメッセージは受け手に届かないため、視認性は低い。

公式な合図と同様に、標識についても免許取得時の教育により全てのドライバ間で共通のコード系が取り決められている。しかし、標識を見落としてしまう可能性があり、危険である。

以下にこれらの問題について詳細に述べる。

2.5.1 意味のあいまいさ

非公式な合図においては、ドライバ間に共通のコード系は存在しない。その為、合図の 意味はあいまいであり、ドライバによって異なる意味に解釈される可能性がある。

例えば、対向車からのパッシングライトの点滅は、地域や状況によって以下のような複数の意味に解釈可能である。

- 先に通させてください
- お先にどうぞ
- ヘッドライトがついています
- ヘッドライトがついていません
- 前方に警察官がいる

文献 [4] によれば、パッシングはある時は「ゆずる」と認識され、またある時は「ゆずらない」と認識される。これは、同じ合図であるにも関わらず、異なる解釈が起こり得るという例であり、相反する意味に解釈されている為非常に危険である。また、初心運転者に対してはメッセージの意味が全く伝わらないという問題も生じる。そのような状況を図2.3 に示す。

図 2.3 においては、車両 A は左折を、車両 B は右折を希望しウィンカーを出している。ここでは、車両 A のドライバ (ドライバ A) がパッシングで先に通りますと車両 B のドライバ (ドライバ B) に対してメッセージを送っている。しかし、パッシングの意味はあいまいであり、相反する「お先にどうぞ」という意味に解釈される事もある為、ドライバ B にはドライバ A の意図が伝わっていない。もしここで、ドライバ B がパッシングを「お

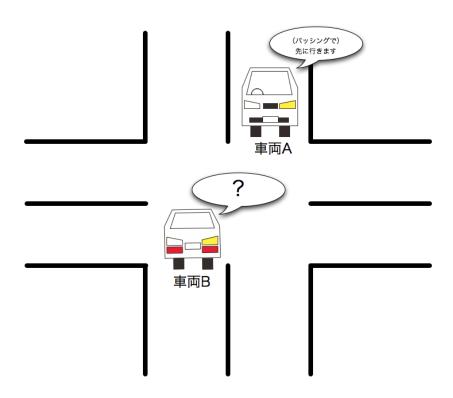


図 2.3: 非公式な合図における意味のあいまいさ

先にどうぞ」という意味で解釈してしまった場合、非常に危険であり、しばしばこのようなシチュエーションで交通事故が発生している。

このように、非公式な合図では、ドライバ間において共通のコード系が正しく取り決められていない為に、合図の意味にあいまいさが存在する。

2.5.2 送り先のあいまいさ

もうひとつの問題は、現状の表示機や標識を用いたドライバ間コミュニケーションにおいては、相手を明確に指定してコミュニケーションを行う事が不可能であるという点である。日常のコミュニケーションにおいては、人間は顔の向きや声の大きさ等を巧みに用いる事で送り先を特定し、誰からのメッセージか判断を行ったり、正しい宛先にメッセージを送信したりしている。

しかし、ドライバ間コミュニケーションにおいては、メッセージの送り先の明確な指定は不可能である。なぜなら、ドライバの身体が車体に隠されており、日常のコミュニケーションにおいて用いられる、顔の向きや声の大きさによる送り先の特定を行う事が不可能であるからである。

図 2.4 においては、片側 2 車線の道路の右側を走行したいた車両 A が、ウィンカーを出しながら左車線に車線変更しようとしている。また、前方には、脇道からこの道路に左折してはいろうとしているらしい車両 B が止まっている。この場合、車両 A のウィンカーは後方の車両に対して「左車線に入ります」という意味で出した物である。しかし、車線

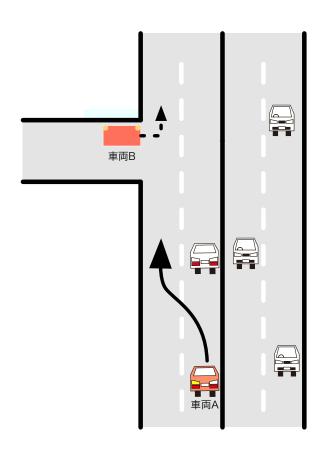


図 2.4: ウィンカーにおける送り先のあいまいさ

変更の意味でのウィンカーが本来左折の為にウィンカーを出さなければならない位置まで残ってしまった場合、車両 B は車両 A が左折する物だと勘違いしてしまう危険性がある。そして、車両 A は脇道に左折をすると勘違いし車両 B が飛び出してしまうと、事故につながってしまう。実際にこの例での事故例も報告されている。

この例は、メッセージ(ウィンカー)の送り先があいまいである為、後方の車両に対して発した物が、誤って前方の車両 B に対して発された物だと勘違いする事で生じる問題である。

このように、ドライバ間コミュニケーションおいては送り先が非常にあいまいに指定されている。

2.5.3 視認性の低さ

視覚によるコミュニケーションにおいては、「見える」という事が非常に重要であることを既に述べた。しかし、合図や標識の視認性は低く、これらを用いたメッセージに気づかない危険性がある。

合図を用いたドライバ間コミュニケーションでは、周辺のドライバが表示機を用いて合図を見落としてしまえば、ドライバ間におけるメッセージの交換は成立しない。ドライバは表示機が点灯した瞬間を見ていなければならず、見落としてしまった場合には非常に危

険である。

また、標識の視認性は高いとは言いがたい。その為、ドライバがこれらの標識に気づかずに妨害行為を行ってしまう場合もある。意図しない妨害行為であっても、これらの標識をつけたドライバにとっては大変危険であると言える。また、図 2.2(c) の聴覚障害者標識は認知度が非常に低く、聴覚障害者の方々が安心して運転する事が出来るとは言いがたい。

2.6 本章のまとめ

本章ではドライバ間コミュニケーションについて述べた。現在のドライバ間コミュニケーションでは、表示機を用いた合図と、標識を用いた、視覚によるコミュニケーションが行われている。視覚によるコミュニケーションにおいて、意味のあいまいさと送り先のあいまいさの解決及び、視認性の高さは非常に重要である。

本章では、表示機を用いた合図が、公式な合図と非公式な合図に分類される事を明らかにし、比較を行った。また、標識の種類と意味についても述べた。その後、合図と標識を用いた現在のドライバ間コミュニケーションが抱える、意味のあいまいさと送り先のあいまいさ、視認性の低さという問題点を明らかにした。

第3章 関連研究

本章では、ドライバ間コミュニケーションに関連する研究及びサービスについて述べ、 比較及び考察を行う。

3.1 IDCS

情報技術を用いて、ドライバ間コミュニケーションを実現している研究として、蒔苗らによる IDCS (Inter-Driver Communication System)[6, 7] が挙げられる。IDCS は車々間通信を用いて文字情報の交換を行う事で、ドライバ間コミュニケーションを行うシステムである。

IDCS の目的は大きく2つある。1点目は、パッシング等の非公式な合図を用いたコミュニケーションによる、意味のあいまさを排除する事である。2点目は、従来は不可能であった新たなドライバ間コミュニケーションを促進する事である。IDCS と本論文は、目的を共有する部分が多い。

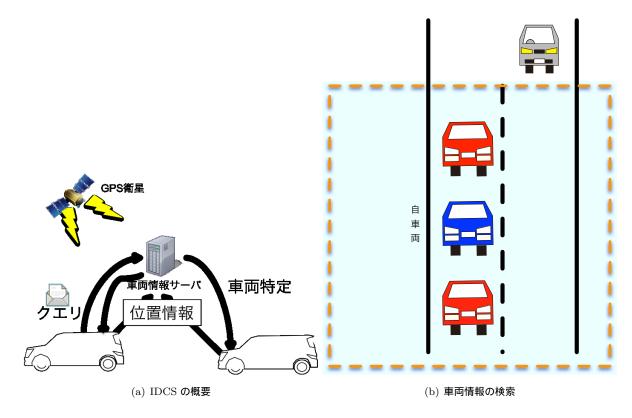


図 3.1: IDCS

IDCS の概要を図 3.1(a) に示す。各車両には PC と GPS レシーバが搭載されており、車両情報サーバが各車両の情報 (緯度経度及び進行方向)を管理している。この時、自車周辺に存在する前後あるいは左右の特定の車両に対してテキストメッセージを送信する為には、対象とする車両の IP アドレスを特定する必要がある。IDCS では、車両情報サーバで管理された各車両の情報を用い、IP アドレスの特定を行っている。その仕組みを図 3.1(b) に示す。

ある車両から車両情報の検索要求があった場合、まず、その車両の一定の範囲内の車両を抽出する。前方または後方の車両の検索では、抽出した車両から同一方向に進む車両のみを選び、さらにその中で距離が最小である車両を求める。また交差車両を検索する場合には、抽出された車両から進行方向が直交する車両のみを選び出し、さらに左右どちらの位置にいるかを計算し、対象車両を求める。その結果を用いて、車々間通信により文字情報の交換を行う事で、ドライバ間コミュニケーションを行っている。

3.2 サンクステイル

サンクステイル [8] は、ワコー社が開発した、ドライバの感謝の気持ちを周囲の車や人に伝えるデバイスである。図 3.2 に車両に装着した状態の写真を示す。



図 3.2: サンクステイル

サンクステイルにはワイヤレスリモコンが付属しており、スイッチを押す事で車両後部 に取り付けた「尻尾」が左右に動き、周りの車や人に感謝の気持ちを伝える。

開発者によるとサンクステイルには「後ろを走る車、行き交う車の多くは、たまたま出会った見知らぬ人同士です。そして、ときには渋滞でイライラしたり、長時間の運転で疲れている事もあるでしょう。でも、サンクステイルでさりげなく車外に感謝や思いやりの気持ちを振りまけば、優しくて暖かい気持ちになれる」という思いが込められている。

現在、感謝の気持ちを伝える非公式な合図として、ハザードランプが一般的に使われている。しかしハザードランプの本来の目的は、感謝の気持ちを表す事ではない。サンクステイルを用いれば、非公式な合図を用いる事なく感謝の気持ちを表現する事が可能となる。

3.3 Sprocket

Spocket[9] は、自転車のドライバ間コミュニケーションの為の iPad 用アプリケーションである。図 3.3 に利用風景を示す。



図 3.3: Sprocket の利用風景

Sprocket により、背中に取り付けたiPad に図 3.4 に示すような様々なピクトグラムを表示する事で、自転車から様々な情報を周囲に発信する事が可能となる。









図 3.4: Sprocket のピクトグラム

3.4 既存の取り組みの比較

前節で挙げた既存の取り組み及び、表示機や標識を用いたドライバ間コミュニケーションについて比較したうえで、本研究の立ち位置を明らかにする。比較項目は、伝達手段、意味のあいまいさ、送り先のあいまいさ、視認性の4項目である。

- ◆ 伝達手段メッセージの伝達に、どのような道具を利用しているかを示す。
- 意味のあいまいさ本論文においては、以下の項目を満たす場合、意味のあいまいさは存在しないとする。

- コード系が取り決められている コード系が取り決められていないメッセージを用いたコミュニケーションの意味 はあいまいである。
- 複数のメッセージを選択可能選択可能なメッセージの数が制限されている場合、非公式な合図の様に単一のメッセージに複数の意味を持たせなくてはならなくなってしまう。その為、複数のメッセージを選択可能である事は意味のあいまいさを排除する上で重要である。
- メッセージが正確に相手に届く何らかの外部的要因によってメッセージの内容が変化したりせず、正確に相手に届かなければならない。

● 送り先のあいまいさ

本論文においては、以下の項目を満たす場合、送り先のあいまいさは存在しないと する。

- 明確に送り先を指定可能人間が日常生活において、視線や顔の向き、声の大きさ等を用いて行っているように、ドライバ間コミュニケーションにおいても明確に送り先が指定可能でなければならない。
- メッセージが指定した送り先に届く 指定した送り先に対して、メッセージが送り届けられなければならない。

● 視認性

本論文においては、以下の項目を満たした場合、視認性が高いとする。

- 見落としを防ぐドライバが、周辺の車両から発されたメッセージを見落としてしまった場合でも、何らかの補助によりメッセージの提示を行う必要がある。
- 容易に認識が可能ドライバが特に意識をしなくても、メッセージの認識が可能である必要がある。

既存の取り組みについての比較結果を表 3.1 に示す。

3.4.1 考察

それぞれの取り組みについて表3.1の項目に言及しながら比較を行う。

表示機による合図を用いたコミュニケーションが抱える問題点については、既に第 2.5 項で述べた。公式な合図は免許取得時にコード系が全てのドライバ間で取り決められている一方、非公式な合図には共通のコード系が存在しない。その結果、非公式な合図には意味のあいまいさが存在する。また、公式な合図、非公式な合図ともに明確に送り先を指定

取り組み	伝達手段	意味のあいまいさ	送り先のあいまいさ	視認性
公式な合図	表示機	存在しない	存在する	低い
非公式な合図	表示機	存在する	存在する	低い
標識	ピクトグラム	存在しない	存在する	低い
IDCS	車々間通信+文字情報	存在しない	ある程度存在する	高い
サンクステイル	動き	存在しない	存在する	低い
Sprocket	ピクトグラム	存在しない	存在する	低い

表 3.1: 既存手法の比較

する事は不可能であり、送り先のあいまいさが存在する。さらに、合図が発された瞬間を 見落としてしまった場合メッセージ交換が成立しない為、視認性は低い。

標識によるコミュニケーションの問題点については、第2.5.3 項で既に述べた。標識の視認性は高いとは言いがたく、その結果ドライバがこれらの標識に気づかずに妨害行為を行ってしまう場合もある。公式な合図と同様に、標識においても免許取得時にピクトグラムと意味の間のコード系が取り決められている。しかし、一部の標識の認知率は非常に低い。また、送り先のあいまいさは前方または後方にいるいかなるドライバからでも視認可能である為、存在すると言える。しかし標識はドライバの属性を周囲のドライバに対して提示する為の物であり、送り先のあいまいさは問題点ではない。

IDCS はテキストベースのドライバ間コミュニケーション支援システムであり、ドライバはその内容を容易に理解する事が可能である。その為、意味のあいまいさは存在しない。また、過去に受信したメッセージを保存する事で、メッセージの見落としを防ぎ、視認性を高めている点も画期的である。一方で、送り先の指定は GPS から取得した位置情報をもとに行っている。その為、送り先のあいまいさは存在しない様に見える。しかし、一定の範囲内の車両を抽出した上でその中から同一方向に走行している最も近い車両を選ぶ仕組みである為、その他のドライバとはコミュニケーションを行う事が不可能である。その為、送り先のあいまいさはある程度存在するという評価とした。

サンクステイルは、尻尾を振って感謝を表すという動作しか出来ない為、メッセージの自由度は非常に低い。一方で、尻尾を振っているという動作は感謝の気持ちを表現しているというコード系を認知していれば、そのメッセージをの意図を理解する事は非常に容易であり、あいまいさは存在しない。しかし、誰に対して感謝の気持ちを示しているのか明確に特定を行う事は難しく、送り先のあいまいさは存在するといえる。また、車外に取り付ける特性上大きくできず気づきにくい為、尻尾を振っている瞬間を見落としてしまう危険性もある。

Sorocket は、iPadの画面に様々な画像を表示してメッセージを表現する物であり、メッセージの自由度は非常に高い。また、容易に理解可能なピクトグラムでメッセージが表示される為、意味のあいまいさは存在しない。しかし、その視認性は標識と同程度である。

3.5 本章のまとめ

本章ではまず、ドライバ間コミュニケーションに関連する既存の研究及びサービスとして、IDCS、サンクステイル、Sprocket を取り上げ、比較を行った。比較項目は、伝達手段、意味のあいまいさ、送り先のあいまいさ及び、視認性の4項目である。

IDCS は、車々間通信を用いて文字情報の交換を行う事で、ドライバ間コミュニケーションを実現し、見落としを防いでいるという点について、画期的な研究であり、本論文と目的を共有する部分が多い。しかし、メッセージの送り先の指定を GPS による位置情報を用いて行なっており、ドライバが指定した方向の最も近くを走行する車両以外とは通信が不可能である為、送り先のあいまいさを完全に排除する事は出来ていない。

サンクステイルは動きを、Sprocket はピクトグラムを用いてメッセージの表現を行なっている。両者とも、ドライバの意図を容易に理解する事は可能であるが、誰に対するメッセージかは認識不可能であり、視認性も低い。

第4章 アプローチ

本章では、前章までの検討を踏まえ、drivAR のアプローチを示す。

4.1 機能要件

drivAR における機能要件は、意味のあいまいさ及び送り先のあいまいさを排除するする事、視認性が高い事の3点である。本章では、第3.4節において述べた比較項目を用いて、drivAR における機能要件の整理を行う。

4.1.1 意味のあいまいさが存在しない

本論文においては、以下の項目を満たす場合、意味のあいまいさは存在しないと定義した。

- コード系が取り決められている
- 複数のメッセージを選択可能
- メッセージが正確に相手に届く

drivAR では、以上の3項目を満たし、意味のあいまいさの排除を行わねばならない。

4.1.2 送り先のあいまいさが存在しない

送り先のあいまいさを解決する事は、大きなな課題である。表における既存の取り組みにおいても、この問題を解決した物は存在しない。しかし、メッセージの送り先を明確に指定ししたコミュニケーションの実現は、非常に重要である。

本論文においては、以下の項目を満たす場合、送り先のあいまいさは存在しないと定義した。

- 明確に送り先を指定可能
- メッセージが指定した送り先に届く

drivARでは、以上の3項目を満たし、送り先のあいまいさの排除を行わねばならない。

4.1.3 視認性が高い

本論文においては、以下の項目を満たした場合、視認性が高いと定義した。

- 見落としを防ぐ
- 容易に認識が可能

drivARは、以上の2項目を満たし、視認性を高くせねばならない。

4.2 drivAR

前述した機能要件を満たすドライバ間コミュニケーション支援システムとして、drivAR を提案する。drivAR は、車々間通信とAR を利用したドライバ間コミュニケーション支援システムである。drivAR は、周囲の車両の認識を行い、認識した車両とのメッセージの送受信を視覚的に行う事を可能とする。

drivAR における階層構造の概要を図4.1に示す。



図 4.1: 概要

drivAR は位置合わせとアプリケーションという2つの部分にわけられる。位置合わせを行った結果を用いてアプリケーションはドライバに対して情報の提示を行い、これによりドライバ間コミュニケーションを実現する。以下に、drivAR におけるアプリケーションの詳細を記す。

4.3 アプリケーション

本項では、車々間通信とARを用いてドライバ間コミュニケーションを行うシステム、"drivAR"における具体的なアプリケーション例を示す。

4.3.1 メッセージング

メッセージングアプリケーションは、テキストベースでドライバ間コミュニケーション を行う物である。図 4.2 に本アプリケーションのイメージを示す。



図 4.2: メッセージング

現在の合図を用いたドライバ間コミュニケーションにおいては、特に非公式な合図を用いる場合、コード系(合図と意味の関係)がドライバ間で明確に取り決められておらず、勘違いが発生する危険性があると述べた。これは、ドライバが言語を表示機で表現する為に、合図という形に記号化を行っている事が原因である。日常生活におけるコミュニケーションにおいては、文字や音声といった言語的メッセージを利用してコミュニケーションを行う事で、意味のあいまいさを排除している。

そこで、IDCS においては、文字によるメッセージを用いる事で、意味のあいまいさを解決している。IDCS は、車々間通信を用いて文字によるメッセージを用いたドライバ間コミュニケーションを実現しているという点で、非常に画期的な研究である。また、受信したメッセージは車載 PC に保存されるため、ドライバがメッセージを見落とす可能性は少なく、視認性も高い。しかし IDCS には、GPS を用いてメッセージの送信先を決定する為に、送り先のあいまいさが存在してしまうという問題がある。そこで本アプリケーションでは、車々間通信に加えて AR を用いて、文字を用いたドライバ間コミュニケーションを実現する。ドライバは、表示されたメッセージ候補を選択し、周囲のドライバに対して明確に対象車両を指定して送信を行う事が可能となる。

4.3.2 AR 標識

第 2.4 節において、標識によるドライバ間コミュニケーションの問題点について述べた。 本アプリケーションは、この問題点の解決を目指す物である。

日本の法律では、ドライバの保護を目的として、初心者や高齢者、聴覚障害者にそれぞれの標識の掲示が義務付けられている。そして周囲のドライバは、これらの標識が掲示

された車両に対しては、幅寄せや割り込みなどの行為を行ってはならないと定められている。

しかし、これらの標識の視認性は高いとは言いがたい。その為、ドライバがこれらの標識に気づかずに妨害行為を行ってしまう場合もある。

そこで本アプリケーションでは、図 4.3 のように AR を用いて標識をドライバに提示する事により、より明確に周辺車両のドライバの属性を提示を行う。



図 4.3: AR 標識

4.4 本章のまとめ

本章では第2章において挙げた、ドライバ間コミュニケーションが抱える問題を解決するシステム、drivAR について述べた。

drivAR における機能要件は、意味のあいまいさが存在しない事、送り先のあいまいさが存在しない事の2点である。本研究ではこれらの問題を、車々間通信とAR を用いて文字やピクトグラムをドライバに提示する事で解決する。

本章では、具体的なアプリケーションとして、文字情報によりドライバ間コミュニケーションを行うメッセージングアプリケーション、ピクトグラムを用いてドライバの状態の提示を行う AR 標識アプリケーションを提案した。

しかし、これらのアプリケーションを実現する為には、周辺車両の位置合わせを行う必要がある。次章では、その概要及びアルゴリズムについて述べる。

第5章 位置合わせ

5.1 位置合わせ手法の比較

AR における技術的課題の一つに位置合わせがある。AR では、iPhone に代表される携帯デバイスに搭載されたカメラを用いたり、HMD(Head-mouted display) 等に搭載されたカメラを頭や目の位置に装着して使用する事が想定されている。その為、移動するカメラにうつる実世界の映像の「どこの」位置へ「どんな」仮想物体を表示するべきか計算を行わなければならない。この問題は位置合わせ問題と呼ばれ、大きく分類するとセンサベースの手法とビジョンベースの手法に分類される。

これらの手法は、想定環境や目的によって使い分けられるが、高精度な位置合わせが要求される状況では,ビジョンベースの手法が用いられる事が多い。センサを用いた位置合わせは、環境の変化に対応しやすく処理速度も高速であるが、位置合わせを正確に行う事は難しいからである。そこで近年は、ビジョンとセンサの両者の利点を組み合わせたハイブリッドな手法の研究も行われている。

5.1.1 センサベース

センサベースの手法は、GPS と RFID を用いる物に大きく分けられる。以下にその詳細を記す。

• GPS

最も一般的なセンサベースの位置合わせ手法である。最近話題となっているセカイカメラにおいても、GPSによって現在地を特定し、端末に搭載された電子コンパスによってカメラの向きを認識して、その方向に存在する建物等のタグを表示している。

RFID

椎尾らによると、RFID を路面に貼付ける事で車両の位置情報を取得する事が可能である [10]。関本ら [11] は、実際に RFID を用いて車両の位置情報の補正を行なっている。

5.1.2 ビジョンベース

ビジョンベースの手法は、ビジュアルマーカを用いる物、ナンバープレートを用いる物 と視覚的特徴を用いる物に大きくわけられる。以下にその詳細を記す。

• ビジュアルマーカ

最も一般的なビジョンベースの位置合わせ手法である。暦本は、正方形の黒い枠とその中の白黒のドットで表現される ID 部で構成された 2 次元バーコードをカメラで撮影した映像から検出する事で、位置合わせを行った [12]。

• ナンバープレート

ナンバープレートはその自動車に固有の物であり、ナンバープレートの文字及び数字の認識により車両の個体特定を行う事が可能である。

• 視覚的特徴

西田らは、GPS 及び車種及び車両の色といった視覚的特徴を利用する事で、位置合わせを行った[13]。

5.1.3 ハイブリッド

近年は、ビジョンとセンサの両者の利点を組み合わせたハイブリッドな手法の研究も行われている。これらはいずれも、屋内に設置された固定カメラにより検出された動き情報と。加速度センサから取得した信号の相関を計算する事により、両者の対応付けを行う手法を提案する物である [14]。

5.1.4 既存手法の比較

実空間と仮想環境の位置合わせを行う既存手法を表 5.1 にまとめる。

分類	アプローチ	位置合わせ精度	規模性
ビジョンベース	ビジュアルマーカ		×
ビジョンベース	ナンバープレート		
ビジョンベース	視覚的特徴		
センサベース	GPS	×	
センサベース	RFID	×	×
ハイブリッド	加速度センサ		

表 5.1: 既存手法の分類

ビジュアルマーカを利用する手法は、規模性の問題から現実的な手法ではない。車両の数だけ異なる形状のビジュアルマーカを用意し、それらが重複しない様に管理する事は難しい。

ナンバープレートの認識を用いる手法は、周囲の環境の変化や対象車両との距離に影響を受けやすい上、ナンバープレートが後続車両によって隠されている場合には認識する事が不可能である。

そして、車両の色や大きさといった視覚的特徴を用いる手法は、予め自車両の視覚的特徴を保持しておく必要がある上、類似の視覚的特徴を持つ車両が近くにいた場合、個体特定が難しい。

GPS や RFID は広く社会に普及しているが、取得した二次元の位置座標をもとに実世界と仮想環境の位置合わせを行う事は非常に難しい。

ハイブリッドな手法は、ビジョンとセンサの利点を組み合わせる事で既存の研究の問題点を解決可能である。現在は、現在行われている研究は、歩行者に取り付けた加速度センサの値と固定カメラから認識した歩行者の軌跡を照合する事で、位置合わせを行っている物が多い。その為、固定カメラは俯瞰的な映像を取得可能な高い位置に設置されている必要がある。しかし、屋外においてそのような位置に多数のカメラを設置する事は現実的とはいえない。

5.2 視覚的変化と車々間通信を用いた位置合わせ

前章で示したアプリケーション例の様に、周辺車両に対して様々な情報をアノテーションする際には、カメラから取得した画像に対して画像処理を行い、周辺の車両の認識を行った上で追跡を行い、その車両に対して位置合わせを行う必要がある。そこで本システムでは [15] で述べた、ブレーキランプの視覚的変化と車々間通信による位置合わせ手法を用いる。

5.2.1 概要

提案手法の概要を図5.1を用いて説明を行う。下線が引かれている部分が自車両での処理、その他の部分が周辺車両での処理となっている。本例においては、自車両が周辺車両Aのブレーキランプの視覚的変化を利用し、位置合わせを行っている。

- 1. 画像処理を行い、周辺車両 A および B を追跡
- 2. ブレーキランプの点灯 (図 5.1(a))
- 3. 周辺の車両 (周辺車両 B および自車両) にブレーキパケットをブロードキャスト (図 5.1(b))
- 4. ブレーキパケットを受信した瞬間にどの自動車のブレーキランプが点灯しているかを特定し対応付け (図 5.1(c))

5.2.2 アルゴリズム

本研究における位置合わせを行うアルゴリズムを、図を用いた上で時系列を追って説明を行う。

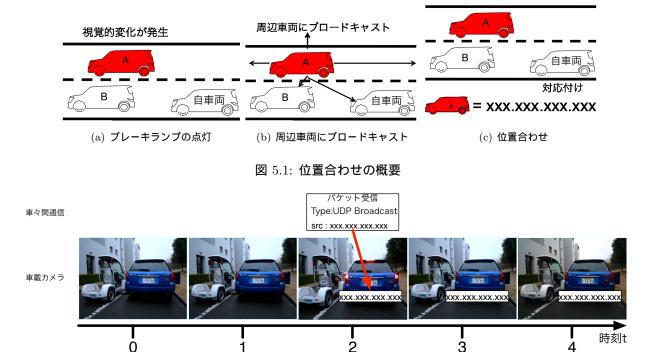


図 5.2: アルゴリズム

時刻 t=0-1 において、自車両の前方には左側の周辺車両 A および右側の周辺車両 B の 2 台が存在しており、自車両においてこれら 2 台の存在を認識し、追跡を行っている。この段階では、どちらの周辺車両とも位置合わせが行われていない為、いかなる情報もドライバに提示する事は不可能である。

時刻 t=2 において、車両 B のブレーキが踏まれ、ブレーキランプが点灯し、視覚的変化が発生している事が見て取れる。そしてさらに、車両 B は周囲の車両に対して、ブレーキランプの点灯を示すパケットのブロードキャストを行っている。本論文においては、これをブレーキパケットと呼ぶ。一方自車両では時刻 t=2 において、ブロードキャストされたブレーキパケットの受信を行う。そして、直前のフレームである t=1 における車両 A および B の状態と t=2 におけるそれぞれの状態の比較を行う。すると、車両 B において視覚的変化が発生している事がわかる。その結果、自車両においてブレーキパケットに含まれる送信元 IP アドレスと車両 B の関連付けを行う事で、車両 B の位置合わせが完了する。

以降 t=3-4 においては視覚的変化は起きていないが、車両の追跡を継続して行う事で、車両 B が自車両の視野内にいる限りドライバに対して様々な情報提示を行う事が可能となる。

また、t=2 において車両 A と B に視覚的変化が同じタイミングで発生した場合は、その時点では対応付けを行わずに他の視覚的変化が発生するまで待機する事で,確実な対応付けを行う事が可能である。

5.2.3 既存手法との比較

本システムにおいて用いる視覚的変化と車車間通信による位置合わせ手法と、既存手法との比較を表 5.2 に示す。

アプローチ	位置合わせ精度	規模性
視覚的変化+車々間通信		
ビジュアルマーカ		×
ナンバープレート		
視覚的特徴		
GPS	×	
RFID	×	×
加速度センサ		

表 5.2: 既存手法との比較

文献 [15] により、視覚的変化と車々間通信による手法は既存の位置合わせ手法が抱える問題点を解決している事が明らかになった。

5.3 本章のまとめ

本章では、AR における位置合わせに関する手法を比較し、検討を行った。これらの手法はそれぞれの課題を抱えている。例えば、現在一般的に用いられている GPS により取得した位置情報を利用した位置合わせは、その精度に問題を抱えている。また、ビジュアルマーカを利用した手法は、規模性の問題を抱えている。なぜなら、車両の数だけ異なる形状のビジュアルマーカを用意し、それらが重複しない様に管理する事は難しいからである。近年盛んに取り組まれている、画像処理と加速度センサを用いた手法も、車両の位置合わせに適用する事は難しい。

そこで本システムでは、車々間通信と視覚的変化を用いた新たな手法を用いて位置合わせを行う。本章では、その手法の概要及びアルゴリズムについて述べ、既存手法との比較を行った。

第6章 設計

本章では、drivARのハードウェア構成及びソフトウェア構成について説明する.

6.1 ハードウェア

drivAR のハードウェア構成図を図 6.1 に示す。

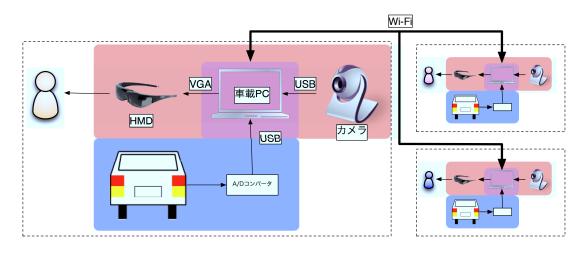


図 6.1: ハードウェア構成図

drivAR が動作する車両には、車載 PC、画像を取得する WEB カメラ、ドライバに映像を表示するヘッドマウントディスプレイ(以下 HMD)、ブレーキ信号を取得し車載 PC に入力する為の A/D コンバータが搭載されている。また、ハードウェアは全て車載 PC に繋がれている。それぞれの車載 PC は、Wi-Fi を用いて通信を行う。以下にそれぞれについて記す。

車載 PC

車載 PC は、それぞれの車載デバイスからデータを受け取り、それらを用いて処理を行い、HMD に出力を行うコンピュータである。位置合わせ部分とアプリケーション部分から構成される drivAR システムが動作している。

● WEB カメラ

WEB カメラは、車両の周囲の画像を取得する。WEB カメラから取得した画像をもとに、車載 PC で画像処理を行い、位置合わせをした後に、それらのデータをアプリケーションで用いる。

- HMD HMD は、車載 PC が出力した情報をドライバに表示する。
- A/D コンバータ
 A/D コンバータは、車両のブレーキランプから入力されたアナログ信号を、デジタル 化する。デジタル化されたデータは、車載 PC に入力され位置合わせに用いられる。

図 6.1 で青く囲われた部分はブレーキランプの信号を取得し、周囲の自動車に送信する部分に用いられている。

図 6.1 で赤く囲われた部分は位置合わせを行い、アプリケーションを実行しドライバに 情報を提示する表示部分である。

6.2 ソフトウェア

drivAR のソフトウェア構成図を図 6.2 に示す。説明を簡潔に行う為、2 台の車載 PC にて動いているソフトウェアを一枚の図として描いている。赤く囲われた部分は送信部、緑で囲われた部分は受信部であり、それぞれ別の車載 PC にて動作している。

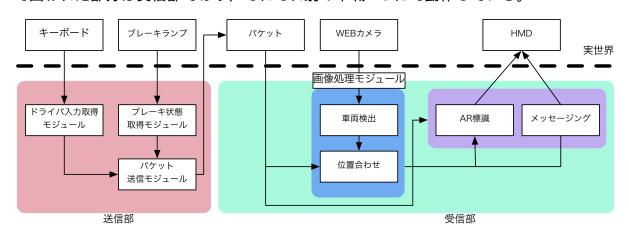


図 6.2: ソフトウェア構成図

drivAR のソフトウェアは、ブレーキ状態取得モジュール、ドライバ入力取得モジュール、パケット送信モジュール、画像処理モジュール、メッセージングアプリケーション、AR 標識アプリケーションの大きく 6 つから構成される。以下に各ソフトウェアモジュールについて説明を行う。

- ▼ブレーキ状態取得モジュール
 ブレーキ状態取得モジュールは、ブレーキランプの状態をポーリングにより監視し、ブレーキランプの ON/OFF を検知し、その結果を出力するモジュールである。
- ドライバ入力取得モジュール ドライバ入力取得モジュールは、ドライバからの入力を受け、それらを利用するア プリケーションにふさわしい形式に変換するモジュールである。例えば、AR 標識ア

プリケーションにおいては、後方のドライバに対して表示を行う標識の種類をドライバに入力してもらう必要がある。

● パケット送信モジュール

パケット送信モジュールは、ブレーキ状態取得モジュールとドライバ入力取得モジュールからの入力をもとに、周囲の自動車にブレーキパケットを UDP でブロードキャストするモジュールである。

● 画像処理モジュール

画像処理モジュールは、第5.2節で説明したアルゴリズムを用いて処理を行うモジュールである。大きく、車両の検出を行う部分と、位置合わせを行う部分にわかれる。

● メッセージングアプリケーション

第 4.3.1 項にて述べた、文字情報を用いてドライバ間コミュニケーションを行うアプリケーションである。位置合わせモジュールから取得した位置合わせ情報と、周辺車両からのメッセージを入力し、HMD を通してユーザに出力を行う。

AR標識アプリケーション

第 4.3.2 項にて述べた、AR を用いて周囲の標識の提示を行うアプリケーションである。メッセージングアプリケーションと同様に、位置合わせモジュールと周囲の車両からのパケットを入力し、HMD を通してユーザに出力を行う。

6.3 処理の流れ

6.3.1 ネットワーク

位置合わせとアプリケーションに用いられる、ネットワークの様子を図 6.3 に示す。 自車両では、取り付けられた車載カメラを用いて、常に周辺車両の検出及び追跡を行っ ている。周辺車両において、ブレーキランプが点灯すると、ブレーキパケットが自車両を 含む周囲の車両に対して送信される。次に、ブレーキパケットを受信した自車両では、パ ケットの送信元アドレスと車両追跡の結果を用いて位置合わせを行う。その後、それぞれ のアプリケーションによる通信が開始される。

6.3.2 画像処理

drivAR では、図 6.2 における画像処理モジュールによって画像処理を行っている。画像処理モジュールにおける処理は、車両検出と位置合わせの 2 つの部分に分類される。 drivAR において、車両の検出は以下の手順により行う。

- 1. カメラから画像を取得 (図 6.4(a))
- 2. 車両候補を検出 (図 6.4(b))
- 3. ブレーキランプを検出 (図 6.4(c))

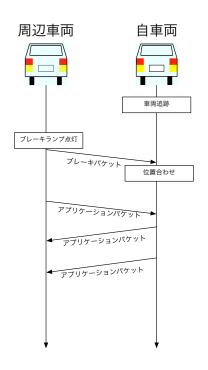


図 6.3: ネットワークフロー

4. 車両を検出 (図 6.4(d))

位置合わせを行う為には、上記で検出された車両をトラッキングし、ブレーキパケットを受信した場合にはライトの輝度情報を用いて車両の特定を行う必要がある。位置合わせのアルゴリズムについては、第5.2節において既に説明を行なっている。

6.4 本章のまとめ

本章では、drivAR のハードウェア構成及びソフトウェア構成について述べた。

drivAR が動作する車両には、車載 PC、画像を取得する WEB カメラ、ドライバに映像を表示するヘッドマウントディスプレイ (以下 HMD)、ブレーキ信号を取得し車載 PC に入力する為の A/D コンバータが搭載されている。また、ハードウェアは全て車載 PC に繋がれている。

また drivAR のソフトウェアは、ブレーキ状態取得モジュール、ドライバ入力取得モジュール、パケット送信モジュール、画像処理モジュール、メッセージングアプリケーション、AR 標識アプリケーションの大きく 6 つから構成される事を明らかにした。

また本章では、ネットワークと画像処理の処理の手順ついて述べた。様々なアプリケーションは、ブレーキパケットの受信と画像処理により行った位置合わせの結果を利用して、データの送受信を行う。

次章では drivAR の具体的な実装について示す。

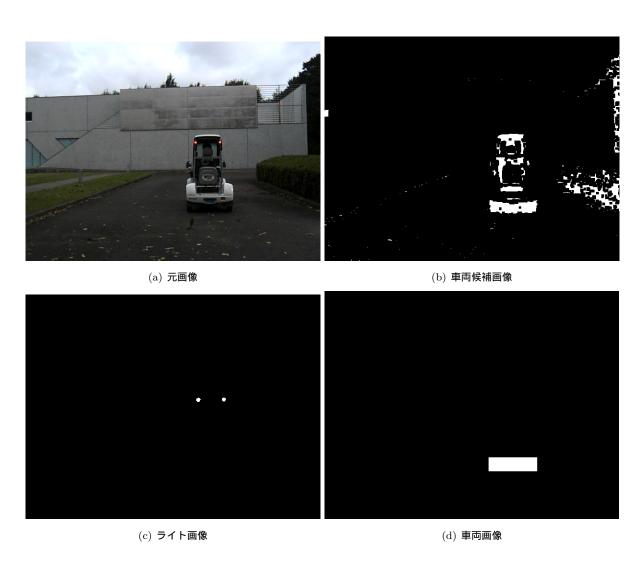


図 6.4: 画像処理の実装

第7章 実装

本章では、drivARの実装について述べる。

7.1 概要

本研究では、第6章で説明したシステム設計をもとに、drivARの実装を行った。本章では、これらの具体的な実装について説明する。図に drivAR を利用しているドライバの様子を図7.1 に示す。自動車前方には USB カメラが取り付けられており、ドライバは HMDを装着している。車載 PC はカメラが撮影した映像と周囲の自動車から受信したブレーキパケットをもとに、車両検出、車両の位置合わせ、アプリケーションデータの投影を行う。最後に投影結果を HMD を通してドライバに通知する。



図 7.1: 利用風景

7.2 開発環境

本節では、システムの実装に使用したハードウェアとソフトウェア環境について述べる。

7.2.1 ハードウェア

drivAR は、車載 PC、WEB カメラ、HMD、A/D コンバータで構成されている。本実装においては、車載 PC に MacBook Pro(2.4GHz Core i5,Memory 4GB)、USB カメラに PlayStation EYE[16]、HMD に VUZIX iWear Wrap920[17] を用いた。また、自動車からブレーキ信号を取得する為の A/D コンバータとして Arduino UNO を利用している。また、Arduino にブレーキ信号を入力する為に、電源取り出しコネクターを利用した。Arduino を用いた A/D コンバータの実装についての詳細は後述する。本実装に使用したデバイスを表 7.1 に示す。

車載 PC	MacBook Pro(2.4GHz Core i5,Memory 4GB)
USB カメラ	PlayStation Eye(⊠ 7.2(a))
$_{ m HMD}$	Vuzix iWear Wrap920 (図 7.2(c))
Arduino	Arduino UNO(図 7.2(b))
実験車両	COMS

表 7.1: ハードウェア

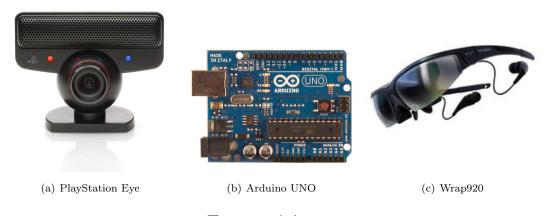


図 7.2: ハードウェア

7.2.2 ソフトウェア

本実装に用いたソフトウェア環境を表7.2に示す。

OS	MAC OSX Snow Leopard(10.6)
使用言語	C++
画像処理ライブラリ	OpenCV 2.2
並列処理ライブラリ	OpenMP

表 7.2: ソフトウェア環境

本実装は、MAC OSX Snow Leopard(10.6) 上に、C++を用いて行った。画像処理ライブラリとしてはOpenCV[18] を利用し、画像処理の並列処理にOpenMP[19] を利用した。

また、OpenCVのラベリング&トラッキングライブラリとしてCvBlob[20]を用いている。

7.3 画像処理

本章では、本実装における、画像処理部分について説明を行う。

7.3.1 車両の検出

drivAR における車両検出は、第6.3.2 節にいて説明した手順により行われる。

本実装において、車両候補の検出はカメラから取得した画像を HSV 色空間に変換し、色相 (Hue) 及び明度 (Value) 情報をもとに車両の下陰を検出する事により行っている。また、ブレーキランプの検出はカメラから取得した画像を YCrCb 色空間に変換し、赤の色差 (Cr) 情報を用いて行っている。

その後、検出した車両候補をもとに、車両の検出を行う。まず、車両候補画像に対して cvblob を用いてラベリング処理を施す。cvblob のラベリングメソッドは、[21] を実装した 物である。そして、取得した各領域について、以下の二点について検査を行う。

- 領域の縦横の長さが車両として自然であるか
- 領域の大きさから推定した車両のブレーキランプの位置に、ブレーキランプの領域 が存在しているか

本実装においては、以上二点の検査に適合した領域を、車両だとしている。そして、これらの領域について CvBlob を用いてトラッキング処理を行なっている。

トラッキングに用いた構造体を図7.3に示す。

```
struct CvTrack{
     CvID id; // トラッキング領域に固有のID
     unsigned int minx; // トラッキング領域のX座標の最小値
     unsigned int maxx; // トラッキング領域のX座標の最大値
     unsigned int miny; // トラッキング領域のY座標の最小値
     unsigned int maxy; // トラッキング領域のY座標の最大値
     CvPoint2D64f centroid; // トラッキング領域の重心
     unsigned int lifetime; // トラッキング領域の累計生存時間
     unsigned int active; // トラッキング領域の生存時間
     unsigned int inactive; // トラッキング領域の非生存時間
     struct Vehicle vehicle; // 車両の情報を格納する構造体
};
struct Vehicle{
     struct in_addr addr; // 領域に示されている車両のIPアドレス
     int arrayLightBrightness[10]; // 領域に示されている車両のブレーキランプの輝度
     int meanBrightness; // 領域に示されている車両のブレーキランプの輝度の平均
     ofImage ofStImg; // 領域に示されている車両の標識画像
};
```

図 7.3: トラッキング構造体

7.3.2 位置合わせ

位置合わせは、以下のように実装を行った。

1. 輝度取得

前節においてトラッキングを行っている各車両について、ライトの輝度の取得を行う。本実装においては、過去 10 フレーム分の輝度を保存している。

2. 位置合わせ

周囲の車両からブレーキパケットを受信した場合、その瞬間のフレームにおける輝度と、保存された 10 フレーム分の輝度の平均値との差が最も大きい物とで対応付けを行う。擬似コードを図 7.4 に示す。

```
void setIPAddr(){
      int vehicleNum;
      if( receivePacket ){
             // 輝度の平均値を取得
             getMeanBrightness();
             // 輝度の誤差の最大値を取得
             vehicleNum = getMaxGapVehicle();
             // 最も輝度の変化が大きい車両が、パケットを送信しした車両である
             vehicles[vehicleNum].addr = packet.srcAddr;
      }
void getMeanBrightness(){// 輝度の平均値を取得
      for( int i = 0 ; i < vehicles.size() ; i++){</pre>
                   int sum = 0;
                   // 合計値を取得 (k=0に含まれる現在の輝度は除いて計算)
                   for(k = 1; k < 10; k++){
                          sum += vehicles[i].arrayLightBrightness[k];
                    // 平均値を取得
                   vehicles[i].meanBrightness = sum / 9;
      }
int getMaxGapVehicle(){// 輝度の誤差の最大値を取得
      int maxGap = 0,gap,candidate;
      for( int i = 0 ; i < vehicles.size() ; i++){</pre>
             gap = vehicles[i].arrayLightBrightness[0] - vehicles[i].meanBrightness;
             if( gap > maxGap ){
                   maxGap = gap;
                   candidate = i;
             }
      return candidate;
}
```

図 7.4: 位置合わせ

7.4 送信部分

本節では、図 6.1 において青く囲ったブレーキランプの信号を取得し、周囲の自動車に 送信する部分の実装を明らかにする。

本実装に用いた実験車両の COMS においては、12V の電圧を出力するバッテリーが用いられている。本実装では、電源取り出しコネクタを用いてブレーキランプに流れる 12V の電気を取り出している。その様子を図 7.5 に示す。

本実装では、A/D コンバータとして Arduino UNO を用いている。Arduino は、6 チャ



図 7.5: 電源取り出しコネクタの様子

ネルの 10 ビット A/D コンバータを搭載しており、0-5V のアナログ信号を入力し、0-1023 の 1024 段階にデジタル化する事が出来る。分解能は 1 単位あたり 4.9mV である。その為に、電源取り出しコネクタを用いて取り出した 12V を、5V に変換する回路を実装した。本実装では、三端子レギュレータとして TA7805S を用い電圧を 12V から 5V に変換した。実装したハードウェアの回路図を図 7.6 に示す。

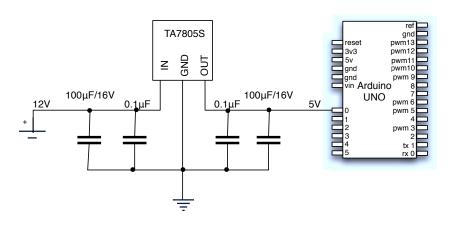


図 7.6: 12V から 5V への変換回路

図 7.6 により取得した 5V の信号は、Arduino によって 1024 段階にデジタル化される。 その結果を、シリアル通信を用いて車載 PC に送信する。

7.5 アプリケーション

本節では、アプリケーションの実装について示す。

7.5.1 メッセージング

メッセージングアプリケーションの画面を図7.7に示す。



(a) 通常画面

(b) メッセージの送信



(c) メッセージの受信

図 7.7: メッセージング

図7.7(a) は、メッセージングアプリケーションの通常画面である。画面右側には、送信可能なメッセージの一覧が表示されている。図7.7(b) は、メッセージを選択している状態である、右側に表示されているメッセージを相手の車両に向けて移動する事で、メッセージの送信を行う事が出来る。図7.7(c) は、受信したメッセージがドライバに提示されている画面である。受信したメッセージは、画面の上方に一定時間表示される。

7.5.2 AR 標識

AR 標識アプリケーションの画面を図 7.8 に示す。

ドライバは、画面左上に表示された選択可能な標識一覧から、周囲の車両に提示を行う標識の選択を行う。選択された標識の情報は、ブレーキパケットを送信後に周囲の車両に標識情報パケットとしてブロードキャストされる。標識情報パケットを受信した車両は、位置合わせ情報との照合を行い、ドライバに提示を行う。



図 7.8: AR 標識

7.6 本章のまとめ

本章では drivAR における、ハードウェア及びソフトウェアの実装について述べた。 次章では本研究の評価について述べる。

第8章 評価

本章では、本研究の評価について述べる。本評価は、本研究が提案する車々間通信とAR を用いたドライバ間コミュニケーションシステムである、「drivAR」の有効性の検証を目的とする。評価は、動作検証実験及び既存手法との比較によって行う。

8.1 動作検証実験

動作検証実験の概要を図8.1(a)に示す。

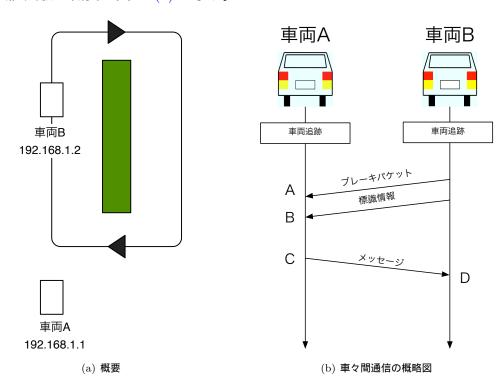


図 8.1: 動作検証実験

車両 A と車両 B は同一のアドホックネットワークに属しており、両者にはそれぞれ IP アドレスが振られている。車両 B は時計回りに道路を周回しており、車両 A は停車している。

動作検証実験における車々間通信の概略図を図8.1(b) に、tepdump を用いたパケットダンプを図8.2 に示す。

18:02:54.578823 IP 192.168.1.2.55348 > 255.255.255.255.12345: UDP, length 6 // ブレーキ パケット(車両B->ブロードキャスト)

18:02:54.579719 IP 192.168.1.2.50081 > 255.255.255.255.12347: UDP, length 10// 標識情報 パケット(車両B->プロードキャスト)

18:03:07.193137 IP 192.168.1.1.52403 > 192.168.1.2.12346: UDP, length 19// メッセージパケット (車両A->車両B)

図 8.2: パケットダンプ

図 8.1(b) において示した A-D の各時間における車両 A 及び車両 B の画面を図 8.3 に示す。図 8.3(a)、図 8.3(b) 及び図 8.3(c) は車両 A の画面、図 8.3(d) は車両 B の画面である。



(a) 時間 A (b) 時間 B



(c) 時間 C (d) 時間 D

図 8.3: 時間ごとの提示画像

図 8.3(a) は、車両 B よりブレーキパケットの受信を行い、位置合わせを行った瞬間の画面である。画像上の車両 B の領域と、ブレーキパケットの IP アドレスが対応付けられている事が見て取れる。

図 8.3(b) は、車両 B より標識情報パケットの受信を行い、ドライバに対して車両 B の標識情報の提示を行っている AR 標識アプリケーションの画面である。車両 B において選

択された、高齢運転者標識が車両Bの領域上にアノテーションされている。

図8.3(c) は、車両Bのドライバに対してメッセージの送信を行う瞬間の画面である。車両Aのドライバは、右側に表示されているメッセージ一覧から「追い越します」というメッセージを選択し送信を行なっている。

図 8.3(d) は、車両 A のドライバからの「追い越します」というメッセージを車両 B のドライバに対して提示している画面である。一定時間が経過すると、メッセージは消去される。

8.2 比較

第3.4 節においては、ドライバ間コミュニケーションに関連する既存の研究及びサービスについて、意味のあいまいさ、送り先のあいまいさ、視認性という以下の3項目を用いて比較を行った。また同時に、それぞれの項目について、基準の定義も行った。さらに、第4.1 節においては、これらの項目を用いて本システムの機能要件の整理を行った。本節においては、これらの項目を評価項目として用いる。drivARと既存の取り組みについての比較結果を、表8.1 に示す。

取り組み	伝達手段	意味のあいまいさ	送り先のあいまいさ	視認性
公式な合図	表示機	存在しない	存在する	低い
非公式な合図	表示機	存在する	存在する	低い
標識	ピクトグラム	存在しない	存在する	低い
IDCS	車々間通信+文字情報	存在しない	ある程度存在する	低い
サンクステイル	動き	存在しない	存在する	低い
Sprocket	ピクトグラム	存在しない	存在する	低い
drivAR	車々間通信+AR	存在しない	存在しない	高い

表 8.1: 既存手法の比較

drivARは、既存の取り組みが抱える問題点を解決しているといえる。以下に詳細を示す。

8.2.1 意味のあいまいさ

第 4.1 節において、以下の項目を満たす場合、意味のあいまいさは存在しないと定義した。

- コード系が取り決められている
- 複数のメッセージを選択可能
- メッセージが正確に相手に届く

drivAR は以上の3項目を満たしており、意味のあいまいさは存在しない。

まず、drivAR では既にコード系が取り決められている文字情報やピクトグラムを車々間通信によって交換し、AR を用いてドライバに提示を行っている。さらに、図 8.3(c) の様に複数のメッセージが選択可能である。最後に、図 8.3(c) と図 8.3(d) の様に、メッセージが正確に相手に届いている。

8.2.2 送り先のあいまいさ

本論文において、以下の項目を満たす場合、送り先のあいまいさは存在しないとした。

- 明確に送り先を指定可能
- メッセージが指定した送り先に届く

drivAR は以上の2項目を満たしており、送り先のあいまいさは存在しない。

まず、drivAR では図 8.3(a) の様に、周辺車両の位置合わせを行っている。その為、図 8.3(c) の様に明確に送り先を指定してメッセージの送信を行う事が可能である。さらに、図 8.3(c) と図 8.3(d) からわかるようにメッセージは指定した送り先に配送されている。

8.2.3 視認性

本論文において、以下の項目を満たした場合、視認性が高いとした。

- 見落としを防ぐ
- 容易に認識が可能

drivAR は以上の2項目を満たしており、視認性は高い。

まず、drivAR では図 8.3(d) の様に、メッセージを一定時間表示することでドライバが メッセージを見落とすことを防いでいる。また、図 8.3(b) に示す様に、容易に情報の認識 が可能である。

8.3 本章のまとめ

本章では、動作検証実験及び既存手法との比較により、drivARの評価を行った。動作 検証実験の結果を用い、drivARは既存の取り組みが抱える、意味のあいまいさ、送り先 のあいまいさ及び視認性の低さという問題点を解決している事を示した。

次章では本論文をまとめ、今後の課題について述べる。

第9章 結論

本章では本研究のまとめと今後の課題について述べる。

9.1 本研究のまとめ

ドライバ間でコミュニケーションを行い、意思疎通を図る事は、円滑な交通に必要不可欠である。しかし現在、ドライバ間コミュニケーションの手段は非常に限られている。その為、ドライバが思い描くメッセージを相手に伝えられなかったり、勘違いが生じてしまったりといった問題が生じている。

そこで本研究では、ARと車々間通信を用いてドライバ間コミュニケーションを実現するシステム"drivAR"の設計と実装を行った。現在行われている車々間通信に関連する研究分野では、ドライバ間のコミュニケーションに車々間通信を用いるという事は想定されていない。しかし、車々間通信は車両間で情報交換を行う基盤であり、車両に乗るドライバ同士のコミュニケーションに車々間通信を用いる事は極めて自然であるとも言える。

そこで本研究では、AR と車々間通信を用いたドライバ間コミュニケーションシステム「drivAR」の実装を行った。drivAR は、ブレーキランプの視覚的変化と車々間通信を用いた位置合わせのプラットフォーム及び、アプリケーションにより構成される。

本研究では、ARと車々間通信を用いたドライバ間コミュニケーションのアプリケーションとして、メッセージングアプリケーションと、AR標識アプリケーションという2種類のアプリケーションの実装を行った。メッセージングアプリケーションは、車々間通信を用いて文字情報の送信を行い、ARを用いてドライバに提示を行うアプリケーションである。また、AR標識アプリケーションは、ARを用いて周囲の車両の標識情報をドライバに提示するアプリケーションである。

drivARの評価は、動作検証実験と既存の取り組みとの比較を用いて行った。その結果、既存のドライバ間コミュニケーションが抱える、意味のあいまいさ、送り先のあいまいさ、視認性の低さという3点の問題が、drivARにより解決された事を示した。

9.2 今後の課題と展望

本節では、本研究の今後の課題と展望として以下の事項を挙げる。

9.2.1 位置合わせ精度の向上

本研究では、車両の視覚的変化を用いた位置合わせ手法を用いて実装を行なった。しかし、今回の実装では用いられていない GPS や、ナンバープレートの OCR といった手法でも位置合わせを行う事は可能であり、これらの手法を組み合わせる事で位置合わせの精度を向上可能であると考えられる。

9.2.2 多方向への対応

本研究では、カメラは車両の前方向きに固定されていた。しかしドライバは、ミラーを利用したり、自らの身体の向きを変える事で、自車両の全方向に対して注意を行い、運転を行なっている。その為、全ての周囲のドライバと drivAR を利用してコミュニケーションを行う為には、カメラもドライバの意思に応じて向きを変えなければならない。

9.2.3 アプリケーションの開発

本研究では、メッセージング、AR 標識の 2 種類のアプリケーションを開発した。しかし、車々間通信と AR を用いたアプリケーションには、まだまだ多くの可能性があると考えられる。

参考文献

- [1] 石田 剛朗, 佐藤 雅明, 今池 正好, 堀口 良太, 和田 光示, 植原 啓介, and 村井 純. センタレスプローブ情報システムにおける情報伝達アルゴリズムの開発と評価. Keio SFC journal, 7(2):38-55, 2007. 1.1.1
- [2] R.T. "Azuma and others". "a survey of augmented reality". "Presence-Teleoperators and Virtual Environments", "6"("4"):"355–385", "1997". 1.1.2
- [3] 海保 博之. わかりやすさとコミュニケーションの心理学. 朝倉書店, 2010. 2.2
- [4] 福山敬 and 喜多秀行. ドライバー間の慣習的合図 「パッシング」 の危険性に関するモデル分析. 国際 交通安全学会, 26, 2006. 2.3.2, 2.5.1
- [5] 国際交通安全学会. カーボディーランゲージの研究. 平成 3年度研究調査報告書, 1992. 2.3.2
- [6] 佐藤 史朗 and 蒔苗 耕司. 無線 lan を用いた運転者間コミュニケーションシステム (交通における計測, 一般 (電気系 3 学会 its 合同研究会)). 電子情報通信学会技術研究報告. *ITS*, 105(260):49-52, 20050830. 3.1
- [7] 蒔苗 耕司 and 高橋 仁. 小電力無線通信を用いた車群内コミュニケーションシステムの構築と実験. *ITS* シンポジウム 2007, 2007. 3.1
- [8] ワコー. サンクステイル, 2007. 3.2
- [9] Inc. MAYA Design. Sprocket. http://www.maya.com/sprocket. 3.3
- [10] 椎尾 一郎. Rfid を利用したユーザ位置検出システム. 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインタフェース研究会報告, 2000(39):45-50, 20000512. 5.1.1
- [11] 関本 義秀, 田中 洋一, 水上 博, 柴田 尚規, and 山田 晴利. 車線レベルの位置特定に向けたセンサとインフラの協調に関する基礎的検討. 交通工学, 2010. 5.1.1
- [12] J. Rekimoto and Y. Ayatsuka. CyberCode: designing augmented reality environments with visual tags. In *Proceedings of DARE 2000 on Designing augmented reality environments*, pages 1–10. ACM, 2000. 5.1.2
- [13] 西田 知弘, 齊藤 研次, and 杉山 敬三. A-17-12 車両間通信における通信相手特定に関する一考察 (a-17. its, 基礎・境界). 電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2005:317, 20050307. 5.1.2
- [14] T. Teixeira, D. Jung, G. Dublon, and A. Savvides. Identifying people in camera networks using wearable accelerometers. In *Proceedings of the 2nd International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments*, pages 1–8. ACM, 2009. 5.1.3
- [15] 鵜飼 佑, 植原 啓介, and 佐藤 雅明. 画像処理と通信を用いた車々間通信相手の特定. 情報処理学会研究報告. ITS, /高度交通システム/, 2009. 5.2, 5.2.3

- [16] SONY. Playstation eye. http://www.jp.playstation.com/ps3/peripheral/cejh15007.html. 7.2.1
- $[17] \ \ VUXIX. \ iwear \ wrap 920. \ http://www.vuzix.jp/products/videoeyewear/wrap/wrap 920. html. \ \ 7.2.1$
- [18] Willow Garage. Opency. http://opency.jp/. 7.2.2
- [19] Openmp. http://openmp.org/wp/. 7.2.2
- [20] cvblob. http://code.google.com/p/cvblob/. 7.2.2
- [21] F. Chang, C.J. Chen, and C.J. Lu. A linear-time component-labeling algorithm using contour tracing technique. *Computer Vision and Image Understanding*, 93(2):206–220, 2004. 7.3.1

謝辞

本論文の作成にあたり、御助言をいただきました慶應義塾大学環境情報学部教授村井純博士、同学部教授中村修博士、同学部准教授楠本博之博士、同学部専任講師重近範行博士、同学部専任講師 Rodney D. Van Meter III 博士、同学部准教授三次仁博士、同学部教授正次仁博士、同学部教授正出主史博士に感謝します。

また常にご指導をいただきました、環境情報学部准教授植原啓介博士、政策・メディア研究科特別研究講師佐藤雅明博士に感謝します。両者には学部1年の時から大変お世話になり、様々なことを学ばせていただきました。

iCAR 研究グループの OB である、三屋光史郎博士と、中村友一氏に感謝します。三屋博士にお世話になった期間が短かった事は残念ですが、4 年間で最も刺激的な時間を過ごさせて頂きました。中村氏には、高校生で参加したスーパー IT プログラムの頃から大変お世話になり、頭が上がりません。

iCAR 研究グループの波多野敏明氏, 澤田暖氏, 梶原浩紀氏、Do Thi Thuy Van 氏、村上滋希氏、倉田彩子氏にに感謝します。特に澤田暖氏には、4年間様々な場面でお世話になりました。澤田氏がいなければ、いつまで村井研に残れていたかわかりません。

また, KG は違えどともに切磋琢磨した望月剣氏に感謝します。

そして、徳田・村井・楠本・中村・高汐・重近・バンミーター・植原・三次・中澤・武田合同研究プロジェクトの諸氏皆々様に感謝致します。

所属した慶應義塾大学フットサルサークル「ASHIZARU」及び青山学院大学「Rematar」のメンバーに感謝します。研究に行き詰まったときのフットサルは、全てを忘れさせてくれました。

青山学院初等部の教職員の方々及び、児童、学生リーダーの諸氏に感謝します。学校の宿泊行事やアマチュア無線及び自転車といったクラブ活動、水泳の授業など様々な活動に関わらせていただき、様々な思い出を作ることができました。船の上でパソコンと格闘したり、児童が寝静まったあとに論文の修正を行ったことは一生忘れないでしょう。

以上を持って謝辞とさせていただきます。ありがとうございました。