

アマチュアモータースポーツにおける 情報共有コミュニケーションの評価

根本 貴弘^{†1} 仲倉 利浩^{†1} 杉浦 一徳^{†1}

本研究では、ネットワーク技術を用いることにより、アマチュアモーターレースイベントで再現可能な、二者間のリアルタイム情報共有コミュニケーションを実現することが出来るネットワーク環境構築及び、その環境を活用したコミュニケーションの実現を目的とする。

本研究が提案するネットワーク環境では、ドライバーやピットクルーが持っている情報を即時共有を可能とする。加えて、共有する情報の収集にセンサーを用いることや車内及びピットルームに設置したPCで直接コミュニケーションをとることで、レース参加者の作業を軽減する。本研究では提案する環境を活用したコミュニケーションの有効性を評価するために、実際のアマチュアモーターレースイベントに参加したチームに本システムを利用してもらうことで評価実験を行った。評価実験を行った結果、本研究が提案するネットワーク環境を活用したコミュニケーションでは既存のコミュニケーション方法よりレース参加者の要求を満たしていることが明らかになった。

Evaluation of Proposal for Information Sharing Communication System for Amateur Racing Event

TAKAHIRO NEMOTO,^{†1} TOSHIHIRO NAKAKURA^{†1}
and KAZUNORI SUGIURA^{†1}

In this research, we propose a new system that creates real time communication between drivers and pit crews. For this aim, we develop a new network environment and utilize it for communication between two targets.

Our proposed network system enables drivers and pit crews to share the information. Additionally, we utilize sensors installed in cars for gathering information. They reduce the difficulty for drivers and pit crews. This proposed system is evaluated by experiments done in real car races. From this evaluations, our proposed network system demands requirements for information sharing in car races.

1. はじめに

本章では本研究の背景として、アマチュアモーターレースイベントにおける情報共有とネットワーク技術の親和性について述べる。また本研究の目的、及び期待出来る成果について述べる。

1.1 研究背景

近年、無線技術の向上により車をネットワークに繋げることで新しいサービス提供が可能となった。例えば、レースイベントには車を運転するドライバー、戦略を考えるピットクルーといった人々がいるが、この二者間で、車の状態変化を把握し、レース戦略に活用するためのテレメトリーシステムの実現が可能となった。

アマチュアモーターレースの場合は、ドライバーとピットクルー間での相互コミュニケーションは無線機によって実現されているが、プロのレースイベントのような二者間の情報を共有するためのシステム導入には多額の資金が必要となり、アマチュアモーターレースイベントではレース中にその二者間で情報の共有をすることは困難である。

しかし、アマチュアモーターレースにおいても情報の共有はレースの勝敗をわけるほど重要である。走行時間の短縮であったり、上位入賞をするためには、マシンの性能を向上させることはもちろん、レース中に刻々と変化するドライバーの体調やレース展開、天候といった様々な要因がレースの結果に大きく影響する。そのため、レース参加者であるドライバーとピットクルーが情報を共有し、これらの要因を考慮しながら柔軟にかつ安定した戦略を練り、それを元に走行する必要がある。

プロのレースイベントようなレース状況の撮影や、TV放送、Web配信を行うことはアマチュアモーターレースでは人的資源不足のため困難であり、現状では、事前に立てた戦略を基に、レース中に変化していく情報を無線機によるコミュニケーションや場内放送等による公式情報、ドライバー交代時に行われるレース状況の共有等を通じて戦略を更新している。

このように、リアルタイムに情報を共有出来る環境が必要であるが、人的資源不足や資金上の問題でレース中に共有出来る情報に制限があるため、レースに必要な情報を十分に共有出来ない問題がある。

そこで、本研究ではネットワーク技術を用いることにより、二者間のリアルタイムコミュ

^{†1} 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

ニケーションを実現することが出来るネットワーク環境構築を提案する。本提案によりドライバーとピットクルー間の自律的な情報共有コミュニケーションを行うことを可能とする。

1.2 研究目的

本研究では、現在アマチュアモーターレースイベントにおけるドライバー、ピットクルー間が抱えておる情報共有の課題に着目し、ネットワークを利用した即時性の高い情報共有環境の構築及び、その環境を利用したコミュニケーションモデルの提案を目的とする。また、上記の目的を実現するにあたり、下記の点も考慮に入れて研究を行っていく。

- レースに必要な情報の共有が行える点
- アマチュアレースイベント参加者が実現可能な環境である点
- 安全に利用出来る点

1.3 本研究により期待される成果

本研究では、アマチュアモーターレースイベントにおける即時性の高い情報共有環境を構築を行い、その環境下でドライバー、ピットクルー間の新たなコミュニケーションの実現を行う。これにより、従来行われているコミュニケーション以上に、レースに有益且つ柔軟性のあるコミュニケーション形態が可能となる。本論文におけるコミュニケーションとは、マシンの状態やドライバーの持っている情報及びピットクルーが持つ戦略をリアルタイムに共有することであり、その情報を元に的確な給油時期や交代時期を提示することが可能となる。例えば、長時間におよぶ耐久レースイベントでは、ドライバーがピットインした時にピットクルーや交代のドライバーが休憩中ということが多々あり、時間を大幅にロスしてしまうということがある。このような問題に対し、ピットクルーがドライバーの情報をネットワークを通じて共有することで、レース参加者の効率的なシフト管理を実現し、このようなトラブルを事前に防止する。

また、本研究で構築した情報共有環境を活用することで上述のリアルタイムに撮影されたレースの状況を観戦者へ Web で配信することや、大会終了後に利用されていたレース中に収集した情報の即時活用が可能となる。

1.4 本論文の構成

本論文の構成は次の通りである。本論文は全9章から構成される。第2章でアマチュアモーターレースにおける現状及び課題を整理する。その上でドライバー、ピットクルー間のコミュニケーションにて必要とされる要件を定義する。第3章ではその情報を即時的に共有するためのネットワーク環境、またデジタルピットボードシステム、及びデジタルピットボードシステムを利用した、ドライバーとピットクルー間のコミュニケーションを可能とす

るシステムを提案する。第4章で提案のシステムを実際のレースイベントで行った際の評価実験の結果を述べる。第5章では評価実験の結果を元に考察を行う。第6章にて前章での考察結果を踏まえ今後の課題を述べる。第7章で本研究の結論をまとめる。

2. アマチュアモーターレースイベントにおける情報共有の現状及び課題

本章では、アマチュアモーターレースイベントにおける情報共有の現状及び課題について述べる。

2.1 アマチュアモーターレースイベントを構成する環境

アマチュアモーターレースイベントでは、1)「レース」本来の持つ「上位入賞」のための競争戦略、2)1)を効果的に観戦者と共有できるためのプレゼンテーション、3)スポーツマンシップにのつとった他参加者との競技共有を実現するために様々な情報が必要とされている。一般的にアマチュアモーターレースでは、レース時の戦略を練る部分をピットスタッフがを行い、その戦略をもとにドライバーが運転をするという役割分担がされている。また、予算の違いからプロに比べて少人数でレースチームを構成する必要がある。そのため、1人でドライバーとメカニックを担当したり、ドライバーと給油を担当するなど、1人で複数の作業を担当する。¹⁾

2.2 参加者の要求要件（情報及び環境）

ここでは実際のレースイベント会場で行った調査をもとに、ドライバー及び、ピットクルーが必要としている情報及び環境を説明する。

2.2.1 ドライバーの要求要件

ドライバーが走行中に必要としている情報及び環境を下記にまとめる。要求要件で述べられた情報と各機器の対応表を表1に示す。

表1 ドライバーの要求要件

種類	内容
環境	運転に集中出来る環境
環境	簡潔で分かりやすい情報提示環境
環境	即時性の高い情報共有環境
情報	公式情報
情報	チーム戦略

ドライバーは刻々と状況が変化していくレース状況を判断するとともに、高速で車を運転

することに集中しなければならない。そのため、ドライバーは車の運転以外の作業を軽減する必要がある。レースイベントで一般的に利用されるピットボードによるコミュニケーションはホームストレート走行中に行われる。この際車の速度は最高速に達する。そのわずかな時間の中で、複数チームが提示しているピットボードの中から自チームのピットボードを見つけピットクルーからの情報を読み取る必要もある。そのため、受け取る情報は直ぐに理解出来るよう提示される必要がある。また、ドライバーが必要とする情報は、自分の順位やピットインのタイミングなどの情報が必要である。他にも、トラブル発生時など、当初計画していたレース戦略と異なる事態が起きた際にその情報をピットクルーに伝える必要がある。

2.2.2 ピットクルーの要求要件

ピットクルーが必要としている環境を下記にまとめる。要求要件で述べられた情報と各機器の対応表を表2に示す。

表2 ピットクルーの要求要件

種類	内容
環境	簡潔で分かりやすい情報提示環境
環境	即時性の高い情報共有環境
情報	レース状況
情報	車の状態
情報	ドライバーの状態

ドライバー同様に、刻々と状況が変化していくレースの状況において直ぐに情報を理解出来る情報の提示は必要である。加えて、ホームストレート側にあるピットルームでは車の走行音が大きいため無線機を利用した音声による情報共有では聞き逃しをすることもあり、情報が適切に伝わらなかったり、聞き返しをすることでドライバーに必要以上のコミュニケーションをとらせてしまう。そのため、無線機によるコミュニケーションは必要最低限の時のみ行い、通常はピットボードによるコミュニケーションで情報共有を行っている。

また、ピットボードのような一方方向のコミュニケーションではドライバーからの応答が得られず、ドライバーに提示した情報が伝わっているか不明瞭のため、必要以上に情報を提示し続けたり、ドライバーの急なトラブルに対応出来ないため、即時性の高い情報共有環境が必要である。上記の目的以外にも共有される情報を利用して、計画的なレース運びを行う必要もある。一般的にレース前にドライバーの交代や給油のタイミングなどの戦略を立て

てレースに参加する。しかし、天候や他のレース参加者の戦略、車の状態、ドライバーの状態、交通量などレースが始まるまで不確定な要素もあり、レース中に戦略を立て直す必要がある。これらの情報は、レース中も刻々と変化していくため、それらの情報を即時共有出来る環境が必要となる。

2.3 既存の情報伝達方法の特徴と課題

本節では、ドライバー-ピットクルー間の情報共有として用いられる、ピットボード、無線機、場内放送について説明する。

2.3.1 ピットボード

ピットボードとは、ピットクルーがチームの戦略を走行中のドライバーに指示を出す際に用いられるメッセージボードである。ピットクルーがホームストレート側から走行してくるチームの車に向けてピットボードを提示することで、ドライバーはそこに書かれた情報を見る。ピットボードを用いた情報伝達の特徴は、メインストレートを高速で通過するドライバーが一瞬で情報を読み取らなくてはならないため、簡潔かつ見やすくなるように各チーム毎に工夫が凝らされている。また、これらの情報はピットインのタイミングなどのレース戦略において重要であり、これらの情報は視覚情報として共有される。

このピットボードを用いて共有される情報は利用するチームによって異なるため、本論文では調査したチームが実際に行っていた情報のやり取りをもとにピットボードを用いたコミュニケーションの特徴を表3に示す。また、そこで共有されていた情報を表4に示す。

表3 ピットボードを用いたコミュニケーションの特徴

種類	特徴
情報性質	視覚情報
情報の種類	5種類
情報公開規模	パブリック
機会	1回/周
方向	一方向
共有確認	不可

次に、ピットボードによるコミュニケーションの課題を述べる。ピットボードを用いたコミュニケーションでは、チーム内でのみ共有したい情報がピットボードの情報の提示方法では、他のチームにも共有されてしまうという問題がある。

ドライバーにとって他チームも出しているピットボードの中から自分のチームのピット

表 4 ビットボードを用いて伝送される情報の内容

発信者	内容
ピットクルー	周回数
ピットクルー	周回時間
ピットクルー	順位
ピットクルー	ピットインのタイミング
ピットクルー	自チームの目印

ボードを探すことが難しく、見落とすことがある。また、順位が拮抗しているしている場合、ドライバーはあえてピットボード見ない場合もある。

そのため、ピットボードを出しているスタッフは、指示がドライバーにきちんと伝わっているかが不明確であるため長時間ピットボードを出す必要がある。このピットボードを出し続ける作業は、屋外で長時間行われる耐久レースイベントでは天候や気候次第で大きな負担となる。また、ドライバーとピットクルーを交代で行っているチームにとっては、ピットクルー時の作業負担はドライバーの負担になる。

2.3.2 無線機

無線機とは、ピットクルーがチームの戦略を走行中のドライバーに指示を出す際及び、ドライバーがピットクルーにレースの状況を伝えるために用いられる無線電波の送受信機能一体型の携帯無線機である。チーム内でのみ共有したい情報を音声情報として共有出来る点が特徴である。ピットクルーが走行中のドライバーに向けてメッセージを伝えることでドライバーは情報を共有する。

この無線機を用いて共有される情報は利用するチームによって異なるため、本論文では調査したチームが実際に行っていた情報のやり取りをもとに無線機を用いたコミュニケーションの特徴を表 5 に示す。また、そこで共有されていた情報を表 6 に示す。

次に、無線機によるコミュニケーションの課題を述べる。無線機を用いたコミュニケーションでは、情報を口答で伝えなくてはならないため、瞬時に必要な情報を共有することが困難である。例えば、無線機を利用したコミュニケーションで、ドライバーがピットクルーにレースの状況やマシントラブル、自信の体調などを伝える場面がある。レース中に口答で、それらの情報を瞬時にピットクルーに伝えることは困難であり、ドライバーが運転に集中出来ない一つの要因となっている。同様に、ピットクルーから送られてくる情報も口答であるため、重要な情報がいつくるのかわかりにくいこともドライバーの集中を妨げる要因となっている²⁾。

表 5 無線機によるコミュニケーションの特徴

発信者	内容
情報性質	音声情報
情報の種類	複数種
情報公開規模	プライベート
機会	複数回/周
方向	相方向
共有確認	可

表 6 無線機を用いて伝送される情報の内容

発信者	内容
ドライバー	路面状況
ドライバー	交通量
ドライバー	トイレ
ドライバー	ピットイン
ドライバー	トラブル発生
ドライバー	ピットクルーへの応答
ピットクルー	残りの周回数

また、レース会場の走行音は非常に大きくピットクルーはイヤホンをしていてもドライバーからの情報を聞き取れていないこともある。それにより、コミュニケーションがスムーズに行われず、余計なコミュニケーションが生まれるという問題がある。

このように、無線機によるコミュニケーションでは、ドライバーの集中を妨げないことが課題となっている。

2.4 場内放送

場内放送は、主に 3 つある。1 つ目はホームストレートのゲートに取り付けられている電光掲示板である。電光掲示板では、周回数や周回時間等の公共性高い情報を、視覚情報としてレース参加者、観戦者が共有することが出来る。

2 つ目はピットルーム内にある場内モニターである。では、周回数や周回時間、シグナルフラッグ等の公共性高い情報を、視覚情報としてピットクルー間で共有することが出来る。

3 つ目は場内スピーカーである。場内スピーカーでは、レースの戦況に関する中継など公共性高い情報を、レース参加者、観戦者に向けて音声情報として共有することが出来る。

2.5 デジタルピットボードシステムの実現に向けて

レース参加者の要求環境を表 7、要求情報を 8 に示す。

レース参加者の要求要件からドライバー及び、ピットクルーは簡潔で分かりやすい情報の提示とその情報をリアルタイムで共有出来る環境が必要であることがわかる。加えて、ドライバーは運転に集中出来る環境が必要であることがわかる。そのため、ドライバーの作業を軽減することで、より運転に集中出来る環境を作っていく必要がある。

そこで本研究では前節までの内容をもとに、即時性の高い情報共有の有益性に着目し、ネットワーク技術を利用した情報共有環境の構築を提案する。また、それらの情報の活用方法として、ドライバーピットクルー間での既存のコミュニケーション方法による課題を考慮した柔軟性の高いコミュニケーション方法を提案する。

表 7 レース参加者の要求環境

要求者	内容
ドライバー	運転に集中出来る環境
ドライバー、ピットクルー	簡潔で分かりやすい情報提示環境
ドライバー、ピットクルー	即時性の高い情報共有環境

表 8 レース参加者の要求情報

要求者	内容
ドライバー	公式情報
ドライバー	チーム戦略
ピットクルー	レース状況
ピットクルー	車の状態
ピットクルー	ドライバーの状態

3. 即時性の高い情報共有コミュニケーションモデルの実現

本章では、アマチュアモーターレースイベントにおける即時性の高い情報共有環境及び、その環境下におけるコミュニケーションについて提案する。

3.1 デジタルピットボードシステム概要

本研究では、ネットワーク技術を利用することで、ドライバーとピットクルー間において文字や映像等によるコミュニケーションを可能とする即時性の高い情報共有環境として、デジタルピットボードシステムを提案する。

デジタルピットボードシステムの特徴は主に 3 点ある。

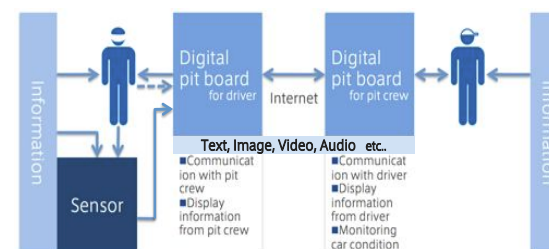


図 1 デジタルピットボードシステム概要図

- 1) ドライバーが持つ情報をセンサーを利用することで自動的に収集可能な点。
- 2) 1) で収集した情報及び、ピットクルーが持つ情報を即時的に共有可能な点。
- 3) ドライバーとピットクルー間で、文字や音声、動画像等を利用した、相方向のコミュニケーションが可能な点。

本研究では、このデジタルピットボードシステムを車内に設置した PC とセンサー、ピットルームに設置した PC、及び、情報の収集や送信、可視化用のアプリケーションを利用することで構築する。図 1 に示す。

これにより、ドライバーやピットクルーの作業を軽減することが出来る他、従来に行われてきた情報の情報共有以上に即時的に共有し利用出来る情報の種類や機会を増やすことで、より正確な給油時期や交代時期を提示することが可能となる。また、時間耐久という長時間におよぶレースイベントではドライバーがピットインした時にスタッフが休憩に入っていて誰もおらず大きく時間をロスしてしまうことがある。このような場合においても、ピットクルーがドライバーの状況を共有出来ることで、ドライバーの行動の予測を立て易くしてそのようなトラブル防止に役立てる。

3.2 システム要件

本システムに必要なシステム要件を下記にまとめる。

3.2.1 情報の収集

2章で述べた要求要件とその要素となる情報を表 9 に示す。ドライバーの作業軽減のためにこれらの情報の一部をセンサーを利用することで自動的に収集出来る必要がある。また、ドライバーの意思表示や応答など自動的に収集出来ない情報はボタンやタッチディスプレイを利用して、ワンタッチで情報を収集出来る必要がある。ここで収集する情報は調査したチームが実際に無線機を用いたコミュニケーションでやり取りが多かった情報と重要である

と考えられる情報をもとに選択した。選択した情報を下記にまとめる。

やり取りの多かった情報

- ピットクルーのメッセージに対する応答 (Yes, No)
- ピットインのタイミング
- トイレ休憩

重要な情報

- トラブル報告

表 9 要求要件と要素情報の対応表

レース状況	車の状況	ドライバーの状況	公式情報	レース戦略
	車内		ピットルーム内	
周回時間	車速	メッセージ	周回時間	ピットイン
周回数	エンジン回転数	運転	周回数	給油
車の位置	燃油残量	視界	順位	運転交代
路面状態	重力加速度	体調	シグナルフラッグ	
交通量	水温			
シグナルフラッグ	給油			

3.2.2 収集した情報の伝送

情報を共有し柔軟なレース運びを行うために、常時ネットワークに接続されている必要がある。サーキット内全域に無線 LAN 網を構築することもコストの面で困難である。しかし、最近では広域無線ネットワーク網が整備されてきたため、郊外に建設されているサーキットでも通信を行うことができる。そこで無線端末として E-Mobile を使用し、サーキット内全域で通信が出来る環境を構築する。

また、サーキットを走る車は高速で移動するため、通信が切断や伝送遅延の発生が考えられる。

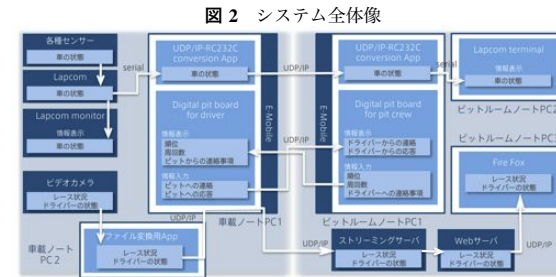
このような環境下における、データ送信には UDP のほうが TCP よりも成功率が高い³⁾ため UDP に対応した実装が必要となる。

3.2.3 伝送した情報の提示

情報を瞬時に理解出来るように伝える頻度の高い情報の場所は固定しておく必要がある。入力用のボタンはハンドルに近い位置に配置する必要がある。

3.3 システム全体像

システム全体像を図 2 に示す。本研究では、車の状態に関する情報をセンサーを用いて自



動的に収集する。センサーから収集された情報はドライバーに提示するために車内に設置したモニターに表示し、一方で、その情報をピットクルーと共有するため、PC1 に入れたシリアルデータを IP データに変換し、PC2 へ送信する。受信された情報は PC2 内のアプリケーションでシリアルデータに変換し、PC3 に送られ PC3 内のアプリケーションで可視化し、ピットクルーはその情報を見ることで、車の状態を共有する。

また、ドライバーやピットクルーからのメッセージはそれぞれ PC1, PC2 上のアプリケーションを用いて収集する。ドライバーはピットクルーに送る情報を PC1 に入力する、入力された情報は、ネットワークデバイスを介して、PC2 に伝送され PC2 内のアプリケーション上に表示され、ピットクルーと情報を共有出来る。同様に、ピットクルーはドライバーに送る情報を PC2 に入力する、入力された情報は、ネットワークデバイスを介して、PC1 に伝送され PC1 内のアプリケーション上に表示され、ドライバーと情報を共有出来る。

4. 評価実験

本章では、3 章で述べたデジタルピットボードシステム及び、その環境を利用したデジタルピットボードを評価する。

4.1 評価概要

本評価は、本研究が提案するアマチュアモーターレースイベントにおける、即時性の高い情報共有環境、デジタルピットボードシステム及び、その環境を利用して得られる情報を活用したコミュニケーションの有効性の評価を目的とする。

4.2 実験内容

2010 年 8 月 13 日に行われたアマチュアモーターレースイベント K4-GP⁴⁾ に参加したチームに実際のレースの中で本提案システムを利用してもらい、実際に行われたコミュニケー

ションをもとに、データの伝送及び、インターフェース性能について定量評価を行うとともに、デジタルピットボードを用いたコミュニケーションを他のコミュニケーション方法と比較した定性評価を行った。

4.3 実験環境

本システムの実装を行った環境を表 10 に示す。また、3 章で述べたシステムのネットワーク構成を図 3 及び、図 4 の通り構築した。本システムでは情報を抽出する際にドライバーの作業軽減のために各計器や PC をセンサーとして利用することを提案する。要求要件で述べられた情報と各情報を収集する機器の対応表は表 11 に示す。

表 10 デジタルピットボード用 PC の構成

使用機器	項目	環境
デジタルピットボード用 PC	OS	Windows 7 (Intel)
	アプリケーション	C #
ライブビデオストリーミング PC	OS	debian
	アプリケーション	FFMPEGTeora ice2
Web サーバ	OS	Fedora11
	アプリケーション	Apache 2.2.15 MySQL14.14 PHP 5.2.13 Jetty7.1.5
	アプリケーション	
ストリーミングサーバ	OS	Debian5.0.4
	Web サーバ アプリケーションサーバ ストリーミング	Apache PHP5 icecast 2

4.4 デジタルピットボードの実装

本節では、ドライバー-ピットクルー間の相互コミュニケーション用アプリケーションの実装について述べる。

4.4.1 ドライバー用アプリケーション

ドライバー用のアプリケーションを搭載した PC を車内の図 5 の位置に設置した。ドライバーはドライブ用のグローブをしたままアプリケーション操作を行う必要がある。そのため、デジタルピットボードではグローブをしたままでも操作出来るよう、抵抗膜式のタッチディスプレイを使用した。見て直ぐわかるように重要な情報の表示位置は固定した。また、レース中によく利用されるメッセージを選定し 1 クリックで応答出来るようにした。ボタン

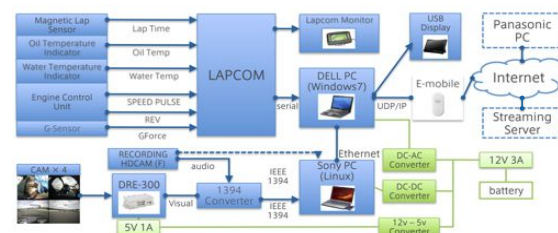


図 3 ネットワーク構成 (車内)

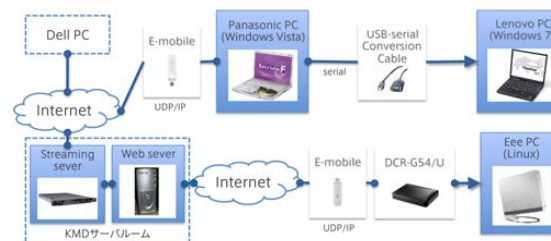


図 4 ネットワーク構成 (ピットルーム内)

表 11 機器と収集情報の対応

設置場所	機器	収集情報
車内	磁性ラップセンサー	周回時間, 周回数
	油温計	油温
	水温計	水温
	ECU	エンジン回転数, 車速
	ビデオカメラ	交通量, ドライバーの状態
	重力加速度センサー	重力加速度
	PC(タッチディスプレイ)	ドライバーのメッセージ
ピットルーム	PC(キーボード)	公式情報, レース戦略

の位置を出来るだけハンドルの近くになるように右側え揃えた。メッセージ内容別にボタンの色を変えることでメッセージの内容を読まなくても操作出来るようにした。

4.4.2 ピットクルー用アプリケーション

ピットクルー用のアプリケーションを図 6 及び、図 7 に示す。ドライバー用のアプリケー



図 5 ドライバー用アプリケーション

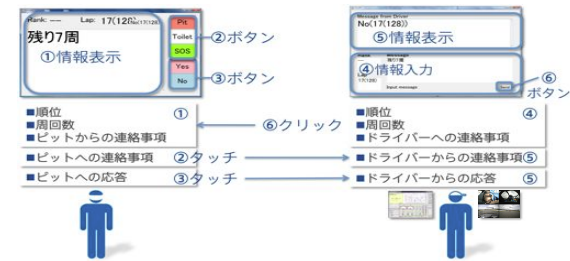


図 8 デジタルピットボードを利用したコミュニケーション

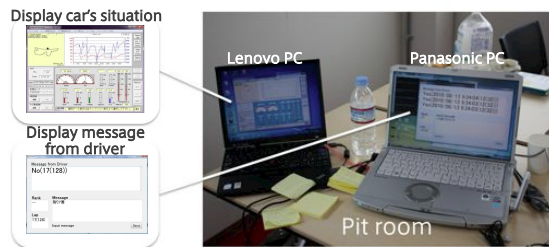


図 6 コミュニケーション用アプリケーション

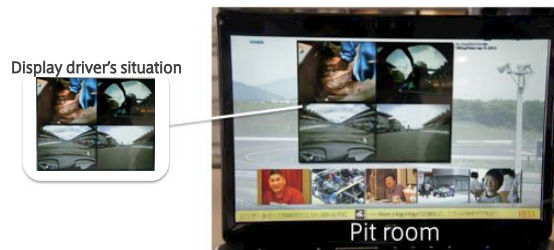


図 7 映像配信用アプリケーション

ション同様に、見て直ぐわかるように重要な情報の表示と入力位置は固定した。

4.4.3 デジタルピットボードを利用したコミュニケーション

デジタルピットボードを利用したコミュニケーションについて述べる。具体的に行うコミュニケーション例を図 8 を用いて説明する。まず、ピットクルーはデジタルピットボード

システムによって共有されている、レース状況や車の状態、ドライバーの状態に関する情報と場内放送から得られる、公式情報をもとにレース戦略を立てる。そして、立てた情報と、公式情報から得たドライバーの順位や周回数を 4 に入力し、6 のボタンを押すことで情報が、ドライバー用のデジタルピットボードの 1 に表示される。また、それに対する応答として 3 の Yes か No のボタンを押す。それにより、その内容を送信したときの周回数が 5 に表示される。同様に、ドライバーからのメッセージとして、2 の Pit, Toilet, SOS のいずれかのボタンを押すことで、その内容を送信したときの周回数が 5 に表示される。

4.5 実験結果

4.5.1 デジタルピットボードシステムを活用したコミュニケーションの特徴

デジタルピットボードシステムを用いて実際に共有出来た情報と他のコミュニケーションを比較することでデジタルピットボードを用いたコミュニケーションの特徴を評価する。デジタルピットボードシステムを活用したコミュニケーションの特徴と他のコミュニケーションの特徴の比較を表 12 に示す。

表 12 デジタルピットボードシステムを活用したコミュニケーションの特徴と他のコミュニケーションの特徴の比較

種類	要求要件	ピットボード	無線機	デジタルピットボード
情報性質	視覚情報	○	×	○
情報の種類	複数種	×	○	○
情報公開規模	プライベート	×	○	○
機会	複数回/周	×	○	○
方向	相方向	×	○	○
共有確認	可	×	○	○

また、デジタルピットボードシステムを活用したコミュニケーションの様子からわかる上記の項目以外の特徴をその他の特徴として下記にまとめる。

その他特徴

- ピットインのタイミングを間違えなかった
- 共有されている車やドライバーの情報をもとにピットクルーが給油や交代のタイミングを変更していた
- ピットルームに送られてくる車載映像をもとにピットクルーが走行中のドライバーに運転の指導を行っていた

4.5.2 デジタルピットボードによるコミュニケーション評価

デジタルピットボードによる情報の活用の有効性を、ドライバーーピットクルー間のコミュニケーション回数を用いて評価する。デジタルピットボードによるコミュニケーションを行った回数を表 13 に示す。また、行われたコミュニケーション内容を時間軸で表したものを図 9 に示す。縦軸を情報の送信回数、横軸を 1 秒単位の時間としている。

表 13 デジタルピットボードを用いたコミュニケーション回数

送信者	情報の内容	回数
ピットクルー	公式情報, レース戦略	183 回
ドライバー	Yes	50 回
ドライバー	No	22 回
ドライバー	Pit	23 回
ドライバー	Toilet	1 回
ドライバー	SOS	2 回

4.5.3 デジタルピットボードの伝送率

デジタルピットボードによる情報の活用の有効性を、ドライバーーピットクルー間の情報の伝送率を用いて評価する。デジタルピットボードによるコミュニケーションを行った際の情報の送受信の回数を表 14 に示す。

伝送率ー 57.3 %

4.5.4 デジタルピットボードの伝送の遅延

デジタルピットボードによる情報の活用の有効性を、伝送の遅延時間を用いて評価する。デジタルピットボードによるコミュニケーションを行った際の情報の遅延時間を図 10 に示す。

最大遅延時間ー 7 秒

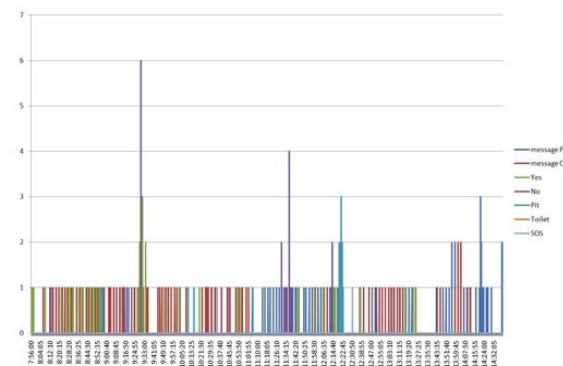


図 9 コミュニケーション回数

表 14 ピットクルーからドライバーへの情報の送受信回数

送受信	回数
ピットクルーのメッセージ送信数	183 回
ドライバーのメッセージ受信数	105 回

4.5.5 デジタルピットボードのインターフェース評価

デジタルピットボードのインターフェースを評価する。縦軸を情報の送信回数、横軸を 1 秒単位の時間としている。インタビュー調査による定性評価デジタルピットボードのインターフェースの有効性を、ドライバーーピットクルー間のコミュニケーション回数を用いて評価する。デジタルピットボードによるコミュニケーションを行った回数を表 15 に示す。また、ドライバーーピットクルー間で行われたコミュニケーション内容を時間軸で表したものを図 11 に示す。縦軸を情報の送信回数、横軸を 1 秒単位の時間としている。

デジタルピットボードを使用してもらったドライバーにインターフェースのユーザビリティについてインタビューした。デジタルピットボードのインターフェースに関して出た意見を下記にまとめる。

定性評価

- ボタンを押した感覚がない
- ボタンの操作に気をとられスピンをした
- もっと見やすい位置に配置して欲しい

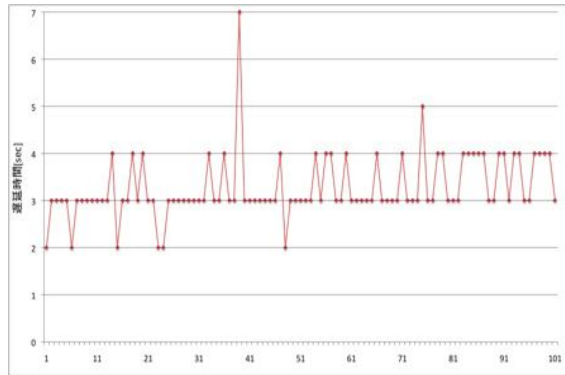


図 10 伝送の遅延

表 15 デジタルピットボードを用いたコミュニケーション回数

送信者	情報の内容	回数
ピットクルー	公式情報, レース戦略	183 回
ドライバー	Yes	50 回
ドライバー	No	22 回
ドライバー	Pit	23 回
ドライバー	Toilet	1 回
ドライバー	SOS	2 回

- ボタンを押し間違えた (SOS ボタンは誰も押すつもりはなかった)

5. 考 察

前章の実験結果を基に本章ではデジタルピットボードシステムのコスト評価とデジタルピットボードシステムを利用して得られる情報の活用方法として、デジタルピットボードの性能評価及び、デジタルピットボードを利用したコミュニケーション評価に関して考察する。

5.1 デジタルピットボードシステムを活用したコミュニケーションの特徴に関する考察

デジタルピットボードシステムを活用したコミュニケーションに関して考察を述べる。デジタルピットボードシステムでは視覚情報として複数種の情報を共有することが出来た。ピットクルーから送信される公式情報やレース戦略は文字情報としてドライバーに提示した。ドライバーから送信されるピットクルーからのメッセージに対する応答や、ドライバーからの

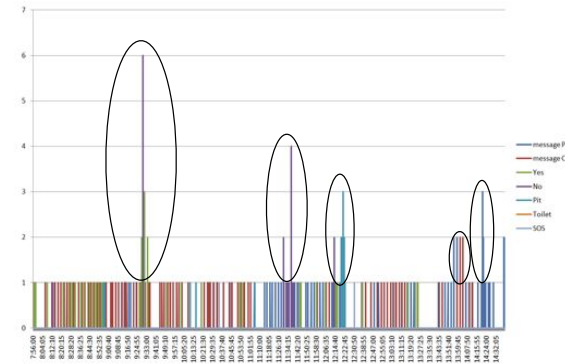


図 11 エラーコミュニケーション回数

メッセージも文字情報としてピットクルーに提示した。また、レース状況とドライバーの状態に関しては映像としてピットスタッフに提示した。車の状態に関しては車の状態を表すデータを可視化するアプリケーションを用いることで視覚情報として提示した。ピットボードと比較した場合、一度に提示出来る情報の種類や、1周あたりに情報を送信出来る機会が多いため、より柔軟性のあるレース運びをする上で有益であることがわかる。また、提示した情報の共有確認が出来るため、ピットクルーの作業を軽減することができる。他にも、レース戦略を直接車の中の PC に表示させるため、他のチームにレース戦略を知られることなくコミュニケーションを行える。ピットボードを用いたコミュニケーションではピットクルーからドライバーへの一方向のコミュニケーションしか行うことが出来なかったが、デジタルピットボードではピットクルーからドライバー及び、ドライバーからピットクルーへの相方向のコミュニケーションを行うことが出来た。これにより、ピットクルーは戦略に対してドライバーの応答を見ることでドライバーと情報の共有が行われたことを確認出来、次の戦略を練ることが可能となる。また、この相方向のコミュニケーションでは、ピットクルーからのメッセージに対する応答以外にも、トラブル発生時にドライバーからメッセージを送ることが出来るため、従来の車がホームストレート通過予定時刻よりも遅い場合にはじめてトラブル発生に気づく場合よりも、トラブル発生に対してピットクルーが早く対応出来る。無線機と比較した場合、視覚情報を利用し、瞬時に多くの情報を伝えることが出来るため、また、騒音の影響を受けないため、情報の分かりやすさという点で無線機より優れていることがわかった。これにより、レース参加者の情報共有がスムーズに行われ、コミュニケーショ

ンにさく時間を軽減出来ることがわかった。また、ドライバーの運転する様子が見えることでレース中のドライバーに運転の指導を行うなど従来のコミュニケーション方法では出来なかった新たなコミュニケーションが可能となった。このように、デジタルピットボードシステムを活用したコミュニケーションでは既存のコミュニケーション方法よりレース参加者の要求を満たしていることがわかる。

5.2 デジタルピットボードによるコミュニケーションに関する考察

デジタルピットボードによるコミュニケーションに関して考察を述べる。デジタルピットボードを用いてピットクルーがドライバーにメッセージを送信した回数は133周中183回である。ピットボードによるコミュニケーションでは情報を送信出来る回数は最大1周につき1回なので、今回の実験でピットボードを用いていた場合、最大133回メッセージを送信することが可能であった。つまり、デジタルピットボードを用いると必要に応じてピットボード以上に情報を活用出来ることがわかった。また、ドライバーからピットクルーへの情報の送信は98回行われた。デジタルピットボードによるコミュニケーションではドライバーピットクルー間で合計で、281回情報の活用が行われたことがわかった。

5.3 デジタルピットボードの伝送率

デジタルピットボードの伝送率に関して考察を述べる。ピットクルーがドライバーにメッセージを送信した回数と、実際に車載PCがメッセージを受信した回数を比較したところ、57.3%の情報しかメッセージが届いていないことがわかった。これは、情報の伝送中に、ネットワークの通信帯域の混雑や、ドライバー側のシステムの停止したことが原因であると考えられる。また、デジタルピットボードでは情報の伝送が失敗したことを通知する機能がなかったため、ピットスタッフはメッセージの送信が上手く行われていないことに気づかず、繰り返し情報を送信し続けたため、伝送率が低下したと考えられる。このような状況を避けるためには、メッセージなど実際に送るべき情報を送信する前に、小さいパケットを送信先に送信し、コネクションの確立が出来たか確認を行う機能を加える必要があることがわかった。

5.4 デジタルピットボードの伝送の遅延

デジタルピットボードの伝送の遅延に関して考察を述べる。デジタルピットボードによる伝送の遅延は最大で7秒あった。このことから情報を更新するにあたり、最大で7秒はかかることがわかる。これに比べピットボードでは1周につき1回しか情報を更新出来ないため、最大で車がサーキットを1周する時間だけ情報を更新出来ない。今回、評価実験を行ったチームの場合は、富士スピードウェイのサーキットを1周するのに、2分40秒程度

の時間がかかっている。マシントラブルや、シグナルフラッグによる交通規制が生じた場合は更に時間がかかる。無線機はデジタルピットボードよりも即時性の高いコミュニケーションを行うことが可能であるが、急に情報を提示されてもドライバーはピットクルーからのメッセージを聞き逃してしまうことがあるため、一般的にはドライバーがメッセージの受信可能な状態であるか確認を行って、応答があってからメッセージを伝える。そのため、情報を更新するために3秒程度の時間がかかる。また、音声情報の場合、情報を伝えきるまでにさらに時間を要する。そのため、通信環境によっては、デジタルピットボードのほうが早く情報を更新することが可能である。即時性が高く分かりやすい情報共有を行いたいレース参加者にとって、デジタルピットボードによるコミュニケーションは有効であると言える。

5.5 デジタルピットボードのインターフェースに関する考察

デジタルピットボードのインターフェースに関して考察を述べる。図11は、レース中に行われたコミュニケーションの内容と回数を時間軸で並べたグラフである。時間の間隔は1秒毎に区切っている。丸で囲んでいる部分は1秒間に複数ドライバーから回情報が送信されている部分である。これをみると1秒間に最大で6回ボタンを押している瞬間があることがわかる。また、実際にデジタルピットボードを利用したドライバーから得た意見では、下記のような意見があった。

- ボタンを押した感覚がない
- ボタンの操作に気をとられスピンをした
- もっと見やすい位置に配置して欲しい
- ボタンを押し間違えた(SOSボタンは誰も押すつもりはなかった)

これは、ボタンを押している感覚がないため、情報を相手に伝えるために、連続でボタンを押していたと考えられる。また、ボタンの押し間違いやデジタルピットボードの操作に気をとられスピンしてしまうこともあるため、ドライバーは走行中に正確な操作を行えないことがわかった。しかし、今回の実験ではデジタルピットボード以外に遠隔コミュニケーションは行わなかったが、ピットインのタイミングを間違えることなく柔軟なレース運びを実現出来た。そのため、ピットクルーから送られてきた情報の提示方法は有効であったが、ドライバーの意思や応答を伝えるための入力部分に課題があると考えられる。ボタンを押したら押したときの確認が出来るようにアプリケーションを改善したり、タッチディスプレイの代わりにボタンを用いたり、車内の設置場所をよりドライバーが視線を動かさずに操作確認が出来る位置に設置する、もしくは、応答部分は無線機を利用するなど、今後どのような方法が最適であるか比較する必要がある。

6. 今後の課題

6.1 デジタルピットボードシステムの使用機器の削減

本実装ではデジタルピットボードを相互コミュニケーション用のアプリケーションとして利用し、車の状態を確認するために、Lapcom ターミナルという、既製のテレメトリーデータの視覚化するアプリケーションを利用した。この Lapcom ターミナルはシリアルデータを利用する。そのため、車載 PC から送られてきた IP データをシリアルデータに変換する必要がある。今後はピットクルー用のデジタルピットボードにテレメトリーデータを視覚化する機能を加えることで使用する機器数を減らすことが課題となる。

6.2 デジタルピットボードのインターフェースの改善

評価実験で得られた、インタビュー調査及びデジタルピットボードを用いたコミュニケーションの回数から、デジタルピットボードのドライバー用アプリケーションには、情報の収集方法及び提示方法に課題があることがわかった。ドライバーの意思や応答を伝えるための入力部分やドライバーに提示する情報の視認性に課題があった。そのため、ドライバーが安全にかつ快適にデジタルピットボードシステムを利用するためには、アプリケーションや機器の設置場所の改善、入力機器の変更などの方法の中からどれが最適であるか比較検討する必要がある。

6.3 収集したデータの観客へ向けた活用

デジタルピットボードシステムによって収集されたデータのレース観戦者へ向けた活用を行うことで、インターネットを利用した新しいレースイベントを提案及び実現していく必要がある。レースイベントにはレース参加者であるドライバーやピットクルー以外にも、レースを応援する観戦者がいる。この観戦者はイベント会場内及び、イベント会場外にいる観戦者を対象としている。特にアマチュアモーターレースの場合は、ドライバーやピットクルーが持つ情報を観戦者との共有を可能とする環境構築は資源的な理由により困難である。そのため、インターネットを利用した新しいレースイベント環境の構築が必要となる。本研究では、情報共有を行う対象を同じチームのドライバー-ピットクルー間と限定した情報共有環境を構築した。しかし、ここで活用されていた情報を不特定多数の観戦者と情報共有を行うためには、イベント内で活用される情報を識別し、最適な情報共有を行えるための環境の構築も課題となる。

7. 結 論

本研究ではアマチュアモーターレースイベントにおける即時性の高い情報共有環境を実現するためにアマチュアモーターレースにおける情報共有の現状と課題を整理し、その課題を解決するためにデジタルピットボードシステム及び、デジタルピットボードを実現し、評価実験を行い、その有効性を示した。レース参加者は、刻々と変化するレース展開にあわせて戦略を立て、柔軟なゲーム運びを行う必要がある。そのためレース参加者の要求要件からドライバー及び、ピットクルーは簡潔で分かりやすい情報の提示とその情報をリアルタイムで共有出来る環境が必要であることがわかった。本研究では、デジタルピットボードシステムの特徴を下記の3点とし、それぞれの特徴を実現するための設計及び、実装を行った。

- 1) ドライバーが持つ情報をセンサーを利用することで自動的に収集可能な点。
- 2) 1) で収集した情報及び、ピットクルーが持つ情報を即時的に共有可能な点。
- 3) ドライバーとピットクルー間で、文字や音声、動画像等を利用した、相方向のコミュニケーションが可能な点。

また、この環境から得られる情報の活用方法として、デジタルピットボードを用いてドライバー-ピットクルー間の相互コミュニケーションを実現し、その有効性を示した。

今回はアマチュアモーターレースイベントの参加者達の抱えている情報共有に着目して、デジタルピットボードシステムを活用したドライバー-ピットクルー間のコミュニケーションを実現したが、今後はこの環境を活用して、観戦者に向けた情報の活用を行っていく必要がある。

尚、本研究は Keio-NUS Cute Center の、Global Computing + Media Telescope Asia プロジェクトの一環として行われている。

参 考 文 献

- 1) 山内正人ほか. セパン 24 時間耐久レースへの道, 2008 年 Oct 月.
- 2) F1 のピットボード - 単純な装置がドライバーとチームをつなぐ : F1 通信. <http://blog.livedoor.jp/markzu/archives/50875489.html>, 2007 年 2 月.
- 3) 山内正人, 工藤紀篤, 杉浦一徳, 砂原秀樹. Dtm 環境下におけるアマチュアモータースポーツ支援プラットフォームに関する一考察. 情報処理学会 マルチメディア分散協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2009), pp. 935-939, 2009 年 Jul 月.
- 4) マッドハウス (K4-GP) . <http://www2s.biglobe.ne.jp/~madhouse/k4gp.htm>, 2010 年 03 月.

- 5) 林溪清. [新版]f1 の秘密, 2010 年 4 月.
- 6) 檜垣和夫. F1 テクノロジーの最前線; 2010 年版; モータースポーツの頂点を彩る最新技術の秘密 (サイエンス・アイ新書), 2010 年 2 月.
- 7) TakashiTomine TakahiroNemoto, MasatoYamanouchi and Kazunori Sugiura. A study for empathy communication system. In *IPSJ DICOMO 2010*, pp. 338–341, July 2010.
- 8) 根本貴弘. アマチュアレースイベントにおけるリアルタイム情報共有コミュニケーションの提案と評価. 修士論文, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科, 2011 年 3 月.
- 9) 仲倉利浩. ourtv!:次世代テレビプラットフォームの設計と構築. 修士論文, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科, 2011 年 3 月.
- 10) 小川和久・他 5 名. 平成 20 年度研究調査報告書 ドライバー感情特性と運転行動への影響感情コントロールのための教育プログラムを目指して. 国際交通安全学会, 2009.
- 11) 本多明生・他 1 名. 分かりやすいルート説明の要素と説明者の特性. 信学技報, Vol.9, pp. 47–52, 2003.
- 12) L.M. Bergasa, J.Nuevo, M.A. Sotelo, R.Barea, and M.E. Lopez. Real-time system for monitoring driver vigilance. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, Vol.7, No.1, pp. 63–77, 2006.