

バイクレース支援のためのイベント駆動型ウェアラブルシステムの実運用

Practical Use of Event-driven Wearable Systems for Supporting Motorbike Racing

宮前 雅一 岸野 泰恵 寺田 努 塚本 昌彦 平岡 圭介 福田 登仁 西尾章治郎*

Summary. Exploiting the latest information is very important for winning a motorbike race. However, it is difficult for pit crew to acquire the latest information while working. To solve the problem, we have built, tested, and improved an event-driven wearable system for supporting motorbike racing teams through three years of actual use in Suzuka 8 hours World Endurance Championship Race. From these processes, we could build an effective system for motorbike racing. Using our system, pit crew can browse for such information as following/ahead teams anytime. Especially, since the system notifies important information such as the change of weather by using pictograms, a vibrator, and LEDs, a user does not fail to notice the happening of events. Moreover, pit crew can communicate with the crew in pit-wall area using the system.

1 はじめに

バイクレースはさまざまな国で行われている人気のあるモータースポーツであり、レースによっては100近くのチームが参加し、長時間にわたって競い合う過酷なものである。このようなバイクレースに勝利するためには、臨機応変に戦略を立案することが重要である。例えば、ピットインの回数を減らすためには燃料を多く入れる必要があるが、燃料を入れすぎると重量が増えて速度が落ちるため、レース終了までの周回数などを予測して給油量を決定する必要がある。レースに出場しているチームの監督やピットクルーは、ピットインのタイミングや給油量など勝敗にかかわる戦略を決定するために、順位が近いチームとのラップタイムの差やレース終了までの残り時間・残り周回数などさまざまな情報を総合的に判断しなければならない。しかし、ピットクルーは常に自分に割り当てられた仕事をしているため、最新の情報を把握することは困難である。チーム監督も、ピット内に備え付けられたテレビモニタでレース状況を視聴しているが、モニタに表示される内容は全てのピットで同じであるため、自分のチームの詳細な情報や特定の相手とのタイム差など欲しい情報を得ることが困難である。

この問題に対し、筆者らの研究グループでは2003年から2005年までの3年間、常に身に着けて利用するコンピュータであるウェアラブルコンピュータを用いたピットクルー・監督向け情報提示システム

を提案し、毎夏に鈴鹿サーキットにおいて開催される8時間耐久ロードレース[3]において実運用を行って改良を重ねてきた。本稿では、この3年間に構築したシステムおよび実運用から得られた知見について述べる。

以下、2章で提案システムの想定環境について説明し、3章で各年に構築したシステムの概要と得られた知見について述べる。最後に4章でまとめを行う。

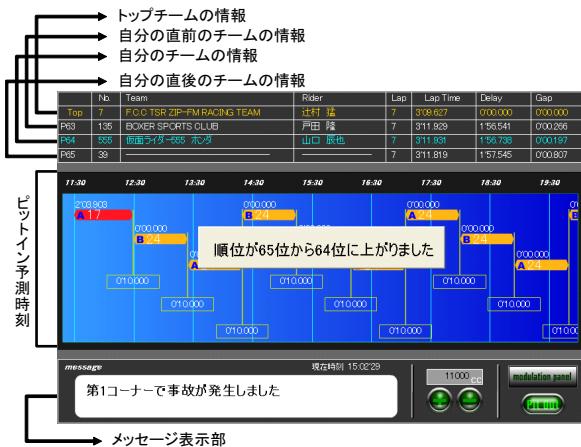
2 想定環境

本研究で構築するバイクレース支援システムは、著名な耐久レースである鈴鹿8時間耐久ロードレースを想定する。各バイクにはバイクIDの発信機が備えられており、サーキットのスタート地点に設置された受信機がバイクの通過を認識する。バイクに他の通信機器を搭載することは禁止されており、ライダーやバイクに搭載された機器から直接情報を得ることはできない。レースに関する情報はサーキット場が無線通信で配信しており、レースに参加している各バイクが1周するたびに通過したバイクのゼッケン番号、ライダーに割り当てられたID、周回数、レース開始からの経過時間などの情報を送信する。

このようなレースにおいて、監督やピットクルーは無線通信機能を備えたウェアラブルコンピュータを身に着けるとする。ウェアラブルコンピュータのユーザは、頭部装着型ディスプレイ(HMD: Head Mounted Display)を用いて情報を閲覧する。ウェアラブルコンピュータは、ユーザに対して現在の詳細な順位表や、関心があるチームの位置および前後のチームの情報などを提示する。

© 2005 日本ソフトウェア科学会 ISS 研究会。

* Masakazu Miyamae, Yasue Kishino, Tsutomu Terada and Shojiro Nishio, 大阪大学大学院情報科学研究所, Masahiko Tsukamoto, 神戸大学工学部, Keisuke Hiraoaka and Takahito Fukuda, ウエストユニティス株式会社



3 システムの概要と知見

本章では、2003 年から 2005 年の間に構築したシステムおよびシステムの実運用から得られた知見について述べる。

3.1 2003 年のシステム

初年度は、事前に十分なヒアリングが行えなかつたため、少ない情報から筆者らがシステムの要求事項を推測した [1]。

3.1.1 設計方針

ピットクルーが作業中に閲覧する情報は、継続的なものと突発的なものの 2 種類に分けられる。継続的な情報とは、ラップタイムや燃料の残量といった継続的に変化する情報であり、ピットクルーが確認したいときに即座に最新の情報を閲覧できる必要がある。そのため、情報を視覚的にわかりやすく表示することが望ましい。突発的な情報とは、順位に変更があった、ラップタイムが下がった、事故が起きたなどの突発的に発生する情報である。レースに勝利するためには、突発的な情報を逃さず、できる限り早く手に入れて迅速に対応することが重要であるため、このようなイベントが発生した場合、情報を即座にピットクルーに通知する必要がある。

3.1.2 システムの概要

以上の方針に従い、提案システムでは継続的な情報を視覚的に表示するために Flash Communication Server MX を用い、突発的な情報を提示するために筆者らの研究グループで提案しているイベント駆動型システム A-WEAR[2] を用いた。サーキット場は各バイクの周回情報をのみを電波で配信し、順位に関する情報は配信しないため、各バイクの情報を受信・蓄積し、順位の計算を行うサーバを用意する。サーバは計算の結果得られた順位情報を基にウェ



図 2. システムを利用している様子（2003 年）

アラブルコンピュータに表示する情報を生成し、無線 LAN で配信する。また、順位の変動などのイベントの発生時にも、イベントの情報をウェアラブルコンピュータに配信する。

構築したシステムの表示例を図 1 に示す。図の上部にはトップのチーム、自分のチーム、自分の直前・直後のチームのチーム名やライダー名、周回数、ラップタイム、トップのチームとの差などを表示している。また、図の中部にはあらかじめ入力しておいた燃費と手動で入力した給油量を基に計算したピットイン予測時刻を表示しており、その上に順位の変動メッセージが表示されている。図の下部にはサーバから送られた警告などのメッセージが表示される。

3.1.3 実運用と得られた知見

2003 年に鈴鹿サーキットで開催された 8 時間耐久ロードレースにおいて、2 つのチームで実際にシステムを運用した。実運用では、ウェアラブルコンピュータに SONY 社の PCG-U3 を 3 台、PCG-U1 を 1 台、PCG-C1XF を 3 台、PCG-C1VJ を 1 台用いた。提案システムを利用している様子を図 2 に示す。実運用の結果、提案システムを実際に利用したチームの監督から以下のコメントを得た。

1. 事故が起きたときにその場所の路面の状況を知りたい。
2. 自身のチームがコースのどのあたりを走っているか、また前後のチームとどれくらい離れているか把握したい。
3. 路面の状態に影響を及ぼす天候に関する情報が欲しい。
4. 全チームの状況を見たいことがあるため、順位一覧が欲しい。特に、前後 2 チームの状況を確認したい。
5. HMD は他のチームに知られたくない情報を表示するのに有効である。

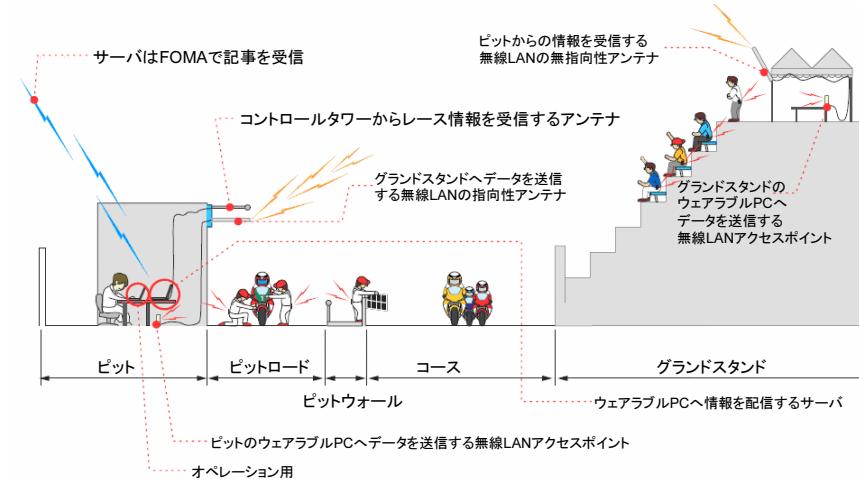


図 3. システムの構成 (2004 年)

6. ウェアラブルコンピュータや HMD が重く、ケーブルが邪魔である。
7. HMD は最初違和感があったが、慣れれば特に問題ない。
8. 見たい情報を拡大するといった操作をしたい。

コメント 1 から 4 に示すように、ウェアラブルコンピュータによるレース支援は有効であるが、構築したシステムでは十分な情報を提供できていないことがわかった。コメント 5 からわかるように、HMD は他人に情報を見られることがないため、立案した戦略やチームの情報を他チームに知られたくないバイクレースには HMD を用いたウェアラブルシステムが適しているといえる。コメント 6 から、使用した機器が長時間の装着には重いことがわかる。今回のシステムで用いたウェアラブルシステムは総重量 1300g 程度であり、違和感のない装着には更なる軽量化が必要である。また、今回のシステムでは軽量化のため PC にフックを取り付けてベルトに引っ掛けたが、激しく動き回るために PC の装着が取れてしまう問題があった。コメント 7 より HMD を装着すること自体には問題がないため、重さの問題が解決できれば本システムは十分実用に耐えうることがわかった。コメント 8 から、監督にとってはウェアラブルコンピュータを操作する入力デバイスがあつたほうがいいことがわかった。

またシステム開発の結果、Flash Communication Server MX を用いた実装は煩雑であったため、視覚表示部分のみ Flash で作成し、システムの動作はすべて A-WEAR で記述した方が開発が容易で動作が軽快になることがわかった。

3.2 2004 年のシステム

2 年目は、初年度に得られた知見をもとにシステムを新たに構築した。2004 年のシステムの設計方針およびその特徴は以下の通りである。

1. 観客向けシステム: サーキット場においては、ピットクルーと同様に観客もレースの状況を得る手段が限られているため、上位チームや注目されているチーム以外の情報を得ることは困難である。そこで、情報提示システムを観客にも提供し、詳細な順位表や個々の観客が関心をもつチームの情報を提供することで、観客がよりレースを楽しめるようにする。
2. 記事の投稿・閲覧: 観客やレポーターがデジタルカメラなどで撮影した画像を投稿し、他の観客が撮影した画像を閲覧できるようにすることで、離れた場所で発生したクラッシュなどの様子を確認できるとともに、観客自身が画像の投稿という形でレースに参加できるようにする。また、事故が発生した場合にはレポーターが現場の写真を撮影して投稿することで、3.1.3 節で述べた監督のコメント 1 を実現する。
3. 現在地の表示: コメント 2 を実現するため、各バイクのラップタイムから現在地を予測し、視覚的に提示する。
4. 天気予報の配信: コメント 3 を実現するため、ウェアラブルコンピュータに対して天気予報を配信する。
5. 詳細な順位表: 観客やピットクルーに対してレースの詳細な状況を伝えるため、順位表を閲覧できるようにすることでコメント 4 を実現する。

WISS 2005

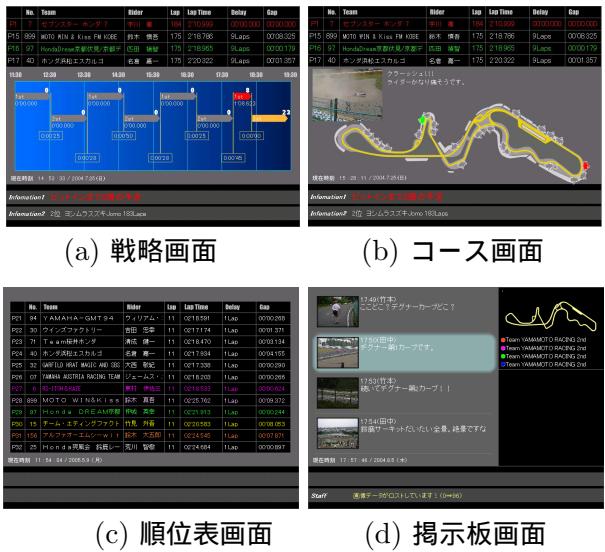


図 4. システムの表示例（2004 年）

3.2.1 システムの概要

提案システムの構成を図3に示す。図に示すように、2003年と同様に各バイクの情報を受信・蓄積し、順位の計算を行うサーバを用意する。サーバは計算の結果得られた順位情報を基に観客やピットクルーが身に着けたウェアラブルコンピュータに表示する情報を生成し、無線LANで配信する。また、記事の投稿はサーバがWebやメールで受け付ける。ピット内には投稿された記事が適切かどうかを判断するオペレータがあり、オペレータが許可した記事がウェアラブルコンピュータに配信される。観客が装着しているウェアラブルコンピュータは、グランドスタンドに設置した無線LAN基地局から情報を受信する。

提案システムでは、A-WEARをサーバ、オペレーション用PC、ウェアラブルコンピュータで用いる。また、サーバは記事の投稿を受け付けるためにWebサーバおよびメールサーバ機能を備える。ウェアラブルコンピュータは、Flashプログラムを用いて情報を見覚的に表示する。

構築したシステムの表示例を図4に示す。図4(a)はピットクルー用の戦略画面であり、ピットインの予測時間を表示する。図4(b)はコース画面であり、現在のバイクの予測位置を表示する。戦略画面、コース画面ともに上部に特定のチームの情報を表示できる。ピットクルー用の場合は自身のチームの情報を表示し、観客の場合は関心のあるチームの情報を表示できる。図4(c)は順位表画面であり、ユーザは任意のチームの情報を確認できる。図4(d)は観客用の掲示板画面であり、投稿された記事を表示する。ユーザは、画面切り替え用、掲示板画面や順位表のスクロール用、記事の選択用の最大3つのボタンが



図 5. システムを利用している様子（2004 年）

あればシステムを操作できる。記事を選択した場合、記事を拡大して表示できる。

3.2.2 実運用と得られた知見

実装したシステムは、2004年7月25日に開催された鈴鹿8時間耐久ロードレースの決勝において「Honda DREAM 京都伏見/京都デザイン専門学校」チームをサポートする形で実運用した。ウェアラブルコンピュータとしては、Sony社のVAIO Type-UおよびSharp社のMURAMASA CVを用い、激しい動きに耐えられるように市販のポーチを加工して腰に装着できるようにした。HMDとしては島津製作所のDataGlass2を用い、入力デバイスとしては自作した2ボタンデバイスの他、Sony社のジョグリモコン、チャットなどで文字入力が必要なユーザのためにメヴァエル社のケイボードを用意した。実運用では、提案システムをブース展示し、約100人の観客がシステムを試用した。また、サーキットは屋外であり、十分なネットワーク帯域を準備できなかつたため、記事の投稿は4名のレポートスタッフのみで行った。監督が提案システムを利用している様子、スタッフが写真を撮影している様子、ブース展示の様子を図5に示す。広大なサーキットでは無線LANやFOMA、PHSが通じにくく、スタッフが記事を投稿できないことがあったが、サーバはほぼトラブルなく8時間稼動し続けた。図3におけるピットウォールのスタッフ向けに設置したPCは開始15分で熱暴走した。このことから、直射日光および熱対策について検討する必要があることがわかつ

た．チームの監督やピットクルーからは以下のコメントを得た．

1. ラップタイムが想定範囲よりも早かったり遅かったりした場合に教えて欲しい．
2. 自分のチームのバイクがトラブルなく走り続けているか確認したい．
3. ピットインが近づくと，あと何周でピットインするか教えて欲しい．
4. ピットウォールにいるピットクルーからのメッセージに周りの騒音で気づかないことがあるため，「交代したい」，「5分間待て」といったメッセージを送受信したい．

コメント 1, 2 より，通常走行時に何らかの異変もしくはその兆候があった場合，それを検知して伝えて欲しいという要望があることがわかる．また，コメント 3 よりピットインのタイミングの把握が重要であることがわかる．さらに，今回はうまく稼動しなかったが，コメント 4 よりピットウォールとピットの間のコミュニケーションをシステムで支援することが必要であることがわかった．

また，システムを利用した観客に行ったアンケートより，HMD を見づらいと回答したユーザが半数近くいたものの，9割以上のユーザが提案システムを役に立つと感じており，1 日数千円程度ならレンタルしたいという声が多くいた．自由意見としては「車載カメラの映像が見たい」，「選手のプロフィールが見たい」，「グッズ情報やトイレ情報など，周辺の情報が欲しい」，「場内アナウンスが聞こえにくいで文字で見たい」といったものがあった．

またシステム運用の結果，表示する情報は増えたものの，ラップタイムの変化などの情報はユーザが表示を読み取って判断しなければわからないため，他の作業をしながらシステムを利用するピットクルーは重要な情報を見落とす可能性が高く，重要な情報は強調して提示する必要があることがわかった．

3.3 2005 年のシステム

3 年目は，2 年目に得られた知見をもとにシステムを拡張し，バイクチームの支援を行った．2005 年のシステムの設計方針は以下の通りである．

1. 情報の通知方法：3 年目は重要な情報をピットクルーに気づかせることに注目し，以下のイベント提示機能を組み込む．
 - ピクトグラム：重要な情報を視覚的に通知するため，HMD にピクトグラムを大きく表示する．
 - 振動：重要な情報を触覚的に通知するため，振動モーターを腕に装着する．



図 6. システムの表示例（2005 年）

- LED：HMD を見ていない場合でも視覚的に気づかせるため，腕に装着した LED を光らせる．

これらの機能は，3.2.2 節で述べたコメントに挙げられている情報をピットクルーに通知するときに用い，重要な情報が発生してから数秒間機能する．

2. ピットウォールとの通信：コメント 4 を実現するため，ピットウォール内のクルーとピット内のクルーの通信を支援する．
3. 動画配信：コントロールラインを通過するバイクをピット内から確認できるようにするために，ピットウォールに Web カメラを設置し，遠隔から動画で確認できるようにする．また，チームのバイクが現在走っている位置を視覚的に通知するため，ライダーが見ていると予想される動画を表示する．

3.3.1 システムの概要

提案システムの構成は 2004 年と同等であるが，ピットウォールに設置する PC には Web カメラを装着し，ファンで冷却した．サーバはどの計算機で動画を撮影しているかを管理しており，ウェアラブルコンピュータはサーバからその情報を取得して動画撮影中の計算機に対して動画の配信を要求する．また，振動モーターや LED を備えたデバイスは自作した．

構築したシステムの表示例を図 6 に示す．図 6(a) はピットウォールのスタッフに対して交代を 5 分間待つように指示するピクトグラムが表示されている．また図 6(b) は，ライダーが見ていると予想される動画が表示されており，その左上にチームの順位が上昇していることを，右上に想定範囲よりもラップタイムが早いことを，右下に雨が降ってきたことを知らせるピクトグラムが表示されている．

3.3.2 実運用と得られた知見

実装したシステムは，2005 年 7 月 31 日に開催された鈴鹿 8 時間耐久ロードレースの決勝において「京都デザイン専門学校 高速二輪学科」チーム



図 7. システムを利用している様子（2005 年）



図 8. 実運用したウェアラブルコンピュータ

をサポートする形で実運用した。ウェアラブルコンピュータおよび入力デバイスは 2004 年と同様のものを使用した。また Web カメラには Logicool 社の Qcam for Notebooks Pro を用い、振動モーター や LED を備えた自作デバイスも使用した。ピットクルー、監督がシステムを利用している様子を図 7 に、実運用したハードウェア構成の一例を図 8 に示す。図 7(a) に示すクルーは、右腕に振動モーターと LED を備えたデバイスを装着している。また、図 7(b) は監督がシステムを利用しながら戦略について議論している様子である。ピットウォールに設置した PC は、ピットウォールに日除けが設置されたこと、時折雨が降る天候であったこと、ファンを設置したことから熱暴走することなく 8 時間運用できた。

実運用の結果、チームの監督から以下のコメントを得た。

1. システムはだいぶ洗練されてきている。
2. テスト走行のときにさまざまなセンサをバイクに装着してラップタイムごとの燃費を測定することで、システムの精度を上げたい。
3. 燃費やラップタイムから今後のピットインのタイミングを予測するだけでなく、最適なピットインのタイミングや給油量を提示して戦略の立案を支援して欲しい。

これらのコメントより、3 年間の運用を通じたシステムの機能拡張および実運用の結果、システムの

有効性が認められてきていることがわかる。また、チームとしてもシステムの精度向上や戦略立案の機能を実現し、バイクレースにおいて勝利するためにシステムを活かしたいと考えていることがわかった。

また、3 年間の実運用によりサーキット内でのシステムの認知度も向上し、サポートした以外のチームから提案システムを使ってみたいという声も聞かれるようになった。

4 まとめ

本研究では、バイクレースにおける観客を支援するイベント駆動型システムを構築した。また、鈴鹿 8 時間耐久ロードレースにおいて実運用を行い、得られた知見をもとに 3 年間に渡る拡張を重ねてきた。その結果、見たいときにいつでも前後のチームの情報などを閲覧できる、重要な情報が発生したときはピクトグラムや振動などを用いてユーザに通知する、ピットウォールとコミュニケーションをとれる、といった機能をもつ、バイクレースにおいて有効なシステムを構築できた。

今後は、2005 年の実運用の結果得られたコメントをもとに、チームとの連携を強めてレースにおける勝利に貢献できるシステムを構築することを考えている。また、提案システムを 4 輪レースなどバイクレース以外においても適用する予定である。

謝辞

本システムの運用に協力いただいた特定非営利活動法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構の関係者の方々、鈴鹿サーキットスタッフの方々に感謝する。また、本システムを実際に使用していただいた京都デザイン専門学校チームの 2003 年の監督である田村圭二氏、2004 年・2005 年の監督である上杉栄一氏、およびチームの方々に感謝する。本研究の一部は、科学研究費補助金 (B)(2)(15300033), (A)(17200006)、および文部科学省 21 世紀 COE プログラム「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] M. Miyamae, et al. An Event-Driven Wearable System for Supporting Motorbike Racing Teams. In *Eighth IEEE Int'l Symposium on Wearable Computers (ISWC'04)*, pp. 70–76, 2004.
- [2] M. Miyamae, et al. Design and Implementation of an Extensible Rule Processing System for Wearable Computing. In *The First Annual Int'l Conference on Mobile and Ubiquitous Systems (MobiQuitous 2004)*, pp. 392–400, 2004.
- [3] 鈴鹿 8 時間耐久ロードレースホームページ.
<http://www.suzukacircuit.com/race/cocacola8/>.