Vol.2017-SLDM-181 No.43
Vol.2017-EMB-46 No.43
2017/11/8

利用シーンを考慮した自転車事故防止システムの検討

石原一輝[†1]　平山雅之[†1]

自転車事故防止システムは，自転車に取り付けたセンサを通して，危険運転や危険環境を検出することで，搭乗者の安全運転を促進したり，周囲の歩行者に危険を知らせるシステムである．これまでの研究を通して，速度超過，ふらつき運転，ながら運転などの危険運転や一部の危険環境については検出が可能となっている．一方で，様々な走行環境への対応が不可欠であり，実際の利用シーンに近い状態で，効率よくデータを収集するための基盤が必要となる．本稿では，実利用シーンを考慮したシステムとして，電力の自立供給機能，スマートフォンによる走行データの記録管理機能について検討を行ったため報告する．

キーワード：組込みシステム開発事例，UI 設計，センシング技術

Bicycle Accident Prevention System Assumed Usage Scenes

KAZUKI ISHIHARA[†1]　MASAYUKI HIRAYAMA[†1]

The bicycle accident prevention system prompts the careful driving by detecting risky driving and dangerous environment with a sensor and is the system which warns a walker. We succeed in the detection of the risky driving such as an excessive speed and drift driving and distracted driving or some dangerous environment. Therefore, countermeasure to various driving environment is indispensable, and a base to collect data in a more similar state to an actual using environment efficiently is necessary. We report an examination result of "independence supply function of the electricity necessary for a system" and "management function of the driving data with the smartphone" as the system which considered an actual use scene.

Keywords: Development example of embedded system，UI design，Sensing Technology

1. はじめに

1.1 研究背景

警察庁発表の自転車乗用中の交通事故発生件数[1]は 2004 年度の 18 万 8338 件をピークに年々減少傾向にあり，2016 年度では 9 万 836 件にまで減っている．自転車事故の発生原因の大半が対自動車によるものであり，自転車事故全体の 84%を占めている．一方，対歩行者，対自転車の事故の発生件数が占める割合は少ないものの，その減少はあまり見られず，事故の発生原因として対歩行者，対自転車の占める割合が顕著となっている．

自転車の特徴として，幅広い世代の人が利用する乗り物であるという点が挙げられる．これは，自動車やバイクと比較したときに，運転免許が必要ないことや，安価に手に入ること，短距離の移動に適していることが主な理由である．自転車は，運転方法に関して，個人の裁量に任されている部分が多く，交通規則に対する認識が甘いことや，運転に対する危機感が薄いことが問題視されている．現に自転車事故全体の 64%が，交通違反によって発生しており，交通規則の遵守や安全運転の徹底が必要とされる．

このような現状を踏まえ，我々は自転車事故を防止する取り組みとして，自転車事故防止システムの開発を進めている[2]．自転車事故防止システムとは，自転車にマイコンやセンサ，警告装置を取り付け，危険運転や危険環境を検出することで，運転者や周囲の歩行者に警告を行い，自転車事故の発生を抑止するものである．これまでの研究では，自転車事故の発生原因に着目する中で，スピードの出しすぎや蛇行運転，ながら運転などの危険運転や，雨や暗闇などの危険環境の検出が行われている．

1.2 関連研究・技術

自転車の走行状態を把握する取り組みとして，西條らの研究が挙げられる[3]．自転車のハンドル中央に加速度センサと角速度センサ，ハンドルのグリップとブレーキレバー部分に曲げセンサと赤外線距離センサ，サドルやペダル部分に力センサを取り付け，自転車の走行状態の把握を行っている．ブレーキ操作の有無やペダルを漕いでいるかどうかの判定，立ち漕ぎ運転などの基本的な走行状態の把握を可能にしたものである．

自転車の走行環境を把握する取り組みとして，田端らの研究が挙げられる[4]．田端らの研究では，自転車のハンドル操作をロータリーエンコーダによって測定することで，人混みや狭い道などの混雑した道路環境で見られる回避行動から走行環境の評価を行っている．

関連する製品技術として，2016 年に Cerevo が発表した「XON RIDE-1」が挙げられる[5]．IoT 技術を利用した製品として，スポーツやレジャーシーンでの利用を主な目的と

†1 日本大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Nihon University

ⓒ2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-SLDM-181 No.43
Vol.2017-EMB-46 No.43
2017/11/8

して開発されたものである．片手で握れる程度のスティック型の端末を自転車にフレーム部分に取り付けることで，端末に搭載した 9 軸センサ，温度センサ，GPS などから，気温，気圧，照度，速度，場所，自転車の姿勢，方位，斜度を取得し，スマートフォンからモニタリングすることができる．

2. 研究課題

2.1 様々な走行環境への対応

我々が開発している自転車事故防止システムは，図 1 のように，走行状況検出部，走行環境検出部，警告部，データ管理部の 4 つのサブシステムから構成されている．走行状況検出部によって取得した車速，ハンドル角といった走行状況をあらかじめ設定しておいた警告閾値と比較することにより，危険運転判定を行っている．ここで，その閾値は周囲の環境によって変化する点に注意しなければならない．例えば，辺りが暗く，見通しが悪いような状況では，自転車が出してよい速度は，平常時よりも小さくなるはずである．そこで自転車事故防止システムでは，走行環境検出部によって取得した明るさや雨，障害物といった走行環境の情報を用いて，警告閾値の変更を行っている．過去の研究で, 明るさや雨に対してこの試みは成果を得られたが, 周囲の障害物や見通しのよさに対しては，十分に検討できていない．理由は，自転車の走行環境が非常に多岐にわたるためである．特に自転車は自動車と比べて明確な車線が存在せず，場合によっては，歩行者と同じ道を走行したりするケースがある．様々な走行環境へ対応するためには，実利用に近い状態で，走行データを継続的に収集するシステムが必要とされる．

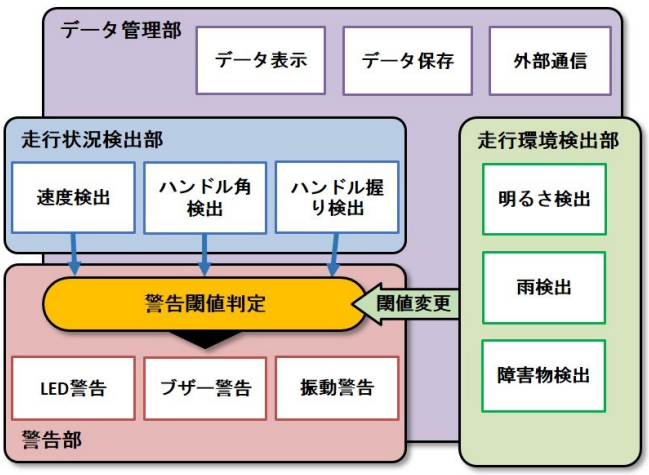


図 1　自転車事故防止システムの警告方法

2.2 利用者を考慮したシステム設計

背景でも指摘したように，自転車は幅広い世代が利用する乗り物であることを考えると，自転車事故防止システムは，子供からお年寄りまで誰もが利用できるシステムであることが望ましい．現状のシステムでは，自転車に乗る際に，システムの電源を入れるといったひと手間が必要であり，降りる際にも電源を切るといった手間が必要である．単純な操作ではあるが，これらを怠ってしまえばシステムからの警告が得られなかったり，電池の消耗により頻繁な電池交換が余儀なくされる．特に，システムに気を取られることで運転が危うくなってしまうといった状況を避けなければならない．このため，システムのインターフェースは極力シンプルなものであることが要求される．

一方，自転車事故防止システムは，搭乗者に対して安全運転を強要するものである．つまり，システムを導入することによって通常の自転車が，乗りづらい自転車になることが示唆される．特に，自分が乗る自転車に対して現状のシステムを導入するかは微妙なところである．システムの利用者と導入者が必ずしも同一人物ではないことを考え（例 : 親が自分の子供の自転車に導入するケース等），利用者に対する機能はもちろん，システムの導入者である家族向けの機能を追加することが重要となる．

3. 解決方法

3.1 ハブダイナモによる電源供給

ハブダイナモは，自転車の車軸部に組み込まれ，オートライトシステムとして利用される発電機のことである．自転車用の発電機としては，ハブダイナモとリムダイナモの 2 種類が知られ，リムダイナモはタイヤの側面に併設して取り付けるものとなっている．両者を比較したとき，ハブダイナモのほうが少ない回転数で電力を確保することができ，稼働中であってもペダルが重くなりにくいといった特徴がある．ハブダイナモが利用されているオートライトシステムには，光センサが使われており，暗くなるとライトが自動で点灯するといった簡単なシステムとなっている．これは，利用者による操作が全く必要なく，インターフェース面において自転車事故防止システムが参考とすべき実現方式の一つであると考えられる．そこで，オートライトシステムを参考にして，ハブダイナモを用いてシステムの動作電力を賄うことにする．これにより，システムの電源操作や，電池交換といった手間を解消し，利用者の操作は自転車に乗るといった平常時と変わらない操作で完結することができる．同時に，オートライトとしての機能も有することができるため，自転車の安全システムとして盤石の備えを固めることができる．

ハブダイナモを利用するメリットとして，自転車の走行速度が算出できる点が挙げられる．以前より自転車事故防止システムでは，車輪に取り付けた磁石をリードスイッチによってカウントすることで，自転車の走行速度を算出していた．しかし，正確な速度を求めるためには，車輪に取り付ける磁石の個数がそれなりに必要であり，外観上の問題や，取り付け位置による誤差，リードスイッチの接触不

ⓒ2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-SLDM-181 No.43
Vol.2017-EMB-46 No.43
2017/11/8

良といった問題があった．図 2 のように，ハブダイナモの出力は交流波形となり，一回転当たりに一定数の正弦波形が出力される．この出力波形をリードスイッチと同様にカウントすることができれば，自転車の正確な走行速度を求めることが可能である．

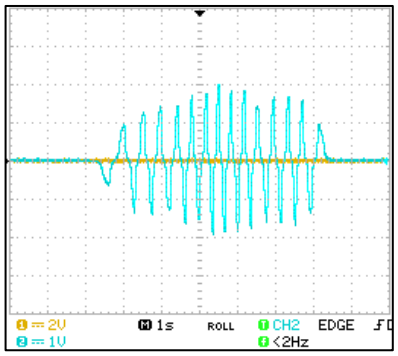


図 2　ハブダイナモの出力波形

3.2 スマートフォンを利用したシステムモニター機能

開発時における走行データの記録管理や，利用者やその家族向けの機能を提供するためのインターフェースとして，無線通信を利用したシステムモニター機能を検討する．

従来のシステムでは，シリアル通信やスイッチ入力，パソコンのモニタや LCD ディスプレイといった表示デバイスにより，システム内部のデータにアクセスを行っていた．しかし，それらでは表現方法に限りがあるため，操作を直感的に行うことができず，操作方法を記憶するといったような，ある程度の習熟が必要であった．システムの時計機能を例にとると，現在時刻を設定するために，少なくとも 3 つのスイッチ（上，下，決定）を用意する必要があり，表示部においては「時，分，秒」の中で設定中の項目を点滅させた後，上下スイッチを使用して 0~59 の範囲で数字を一つずつカウントアップ･ダウンさせることになる．また，搭載できるスイッチの数には限りがあるため，これら 3 つのスイッチは他の機能でも使用される．ゆえに，操作方法が複雑化し，システム利用時の障害となっていた．これらは GUI 操作により解決できるかもしれないが，前項で述べたように，運転時におけるシステムへの操作は，その危険性から極力制限し，余計な UI を追加することは回避すべきである．そこで，無線通信を利用することで，システムのインターフェースの一部を，別の機器に担わせる．これにより自転車搭乗時においては，不要なインターフェースを排除した簡素なシステム構成をとることができる．当システムが自転車に設置され，主に屋外で利用されることを考慮して，スマートフォン向けの操作画面を提供する．操作画面では，センサデータのグラフ表示や，走行ログの確認などが行えるようにすることで，開発時における走行データ収集を助けるものとする．

利用者やその家族向けの機能として，図 3 のような運転診断機能を考えている．これは，走行データをもとに，自転車搭乗者の運転のくせを解析するものである．自転車の走行距離などの乗車ペース，危険運転の発生頻度等をスマートフォンから確認でき，自転車利用の在り方を考えさせられるものとなっている．

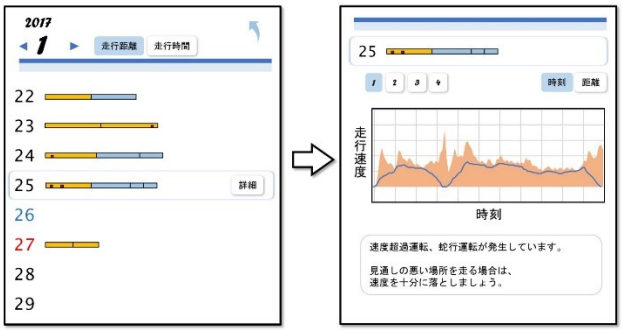


図 3　運転診断機能のイメージ

4. システム概要

本章では，第 2，3 章で述べた自転車事故防止システムにおける課題と解決方法をもとに，次章で検討を行うシステムの要求仕様および外部仕様を整理する．

4.1 機能要求

システムの機能要求は以下の通りである．

(1) 危険運転や危険環境を検出し，適切な警告が行える．
(2) 従来通りの手順で，自転車の運転操作が行える．
(3) 過去の運転データを利用者や開発者が手軽に確認できる．

4.2 制約条件

システムの制約条件は以下の通りである．

(1) システムを自転車に常時取り付けておくことができること
(2) 屋外で使用可能な通信手段をもつこと
(3) 自転車の本体価格と比べて，低価格で構成することができること

4.3 システムの利用例

図 4 にシステムの利用例を示す．自転車搭乗者，周囲の歩行者，搭乗者の家族，開発者がシステムの利用者として想定される．自転車事故防止システムは，自転車に搭載され，自転車の走行状況と周囲の走行環境を計測し，危険な場合，自転車搭乗者や周囲の歩行者に対して，警告を出力する．図より，自転車搭乗者がシステムに対する操作を必要としないことが分かる．システム内部のデータにはスマートフォン等の機器を通してアクセスすることができ，運転診断機能の提供や開発時の走行データ収集を支援するものとなっている．

ⓒ2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-SLDM-181 No.43
Vol.2017-EMB-46 No.43
2017/11/8

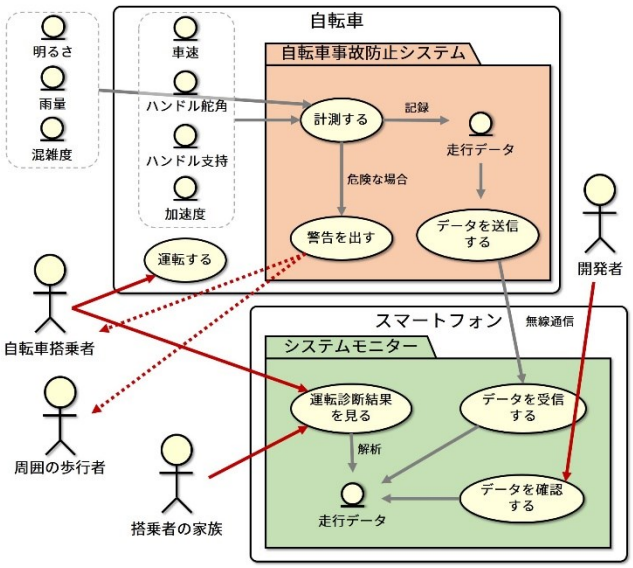


図 4　システムの利用例

4.4 デバイスの選定とシステムの配置方法

これまでの研究成果[2]から，図 5 に示すセンサデバイスを走行状況・走行環境検出用のセンサとして選定した．ただし，走行速度の検出は，リードスイッチに代わりハブダイナモを使用する．これまで開発が行われてきた各検出部を統合するものとして，システムを自転車の稼働部分である「ハンドル・本体フレーム」と「フロントサスペンション」の 2 か所に集中させている．

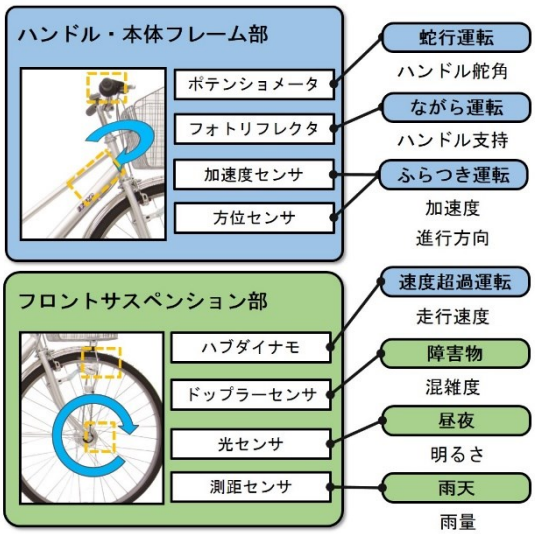


図 5　走行状況・走行環境検出に用いるセンサ

システムの詳細な配置方法は，図 6 の通りである．スマートフォンとの通信を行うため，WiFi 通信可能な ESP-WROOM-32（ESP32）[6]を制御・通信用マイコンとして導入し，各センサからの出力は，メインユニットによって処理する．ハブダイナモの出力は，速度の検出に用いられる他，電源ユニットで直流電圧に変換され，充電池への蓄電が行われる．

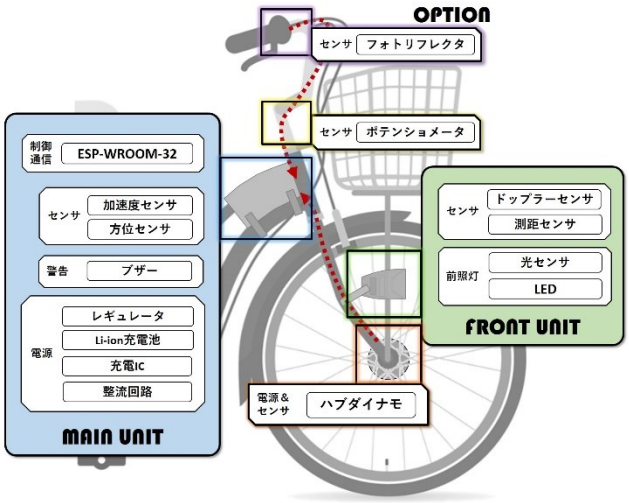


図 6　システムの配置方法

4.5 システム構成

図 7 にシステム構成を示す．システムの実現に向けた取り組みとして，これまで主に，センシング部の検討が進められている．次章では，利用シーンを考慮した自転車事故防止システムとして，課題として挙げたセンシング部によるデータ収集をより強固なものにするものとして，電源管理部とシステムモニター部について検討を行う．

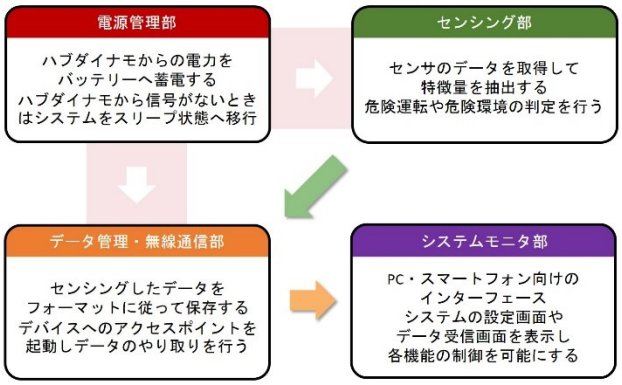


図 7　システム構成

ⓒ2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-SLDM-181 No.43
Vol.2017-EMB-46 No.43
2017/11/8

5. 実現に向けた取り組み

5.1 電源管理部の検討

電源管理部では，

- システムへの安定した電源供給
- 省電力管理のためのハブダイナモの信号処理

を課題とし，各機能の検討を行った．

ハブダイナモによる電源管理は図 8 のようにして実現する．ダイナモが低出力時のシステム電力を補うため，小型の充電池を搭載し，蓄電と電源供給を充電 IC によって行う．

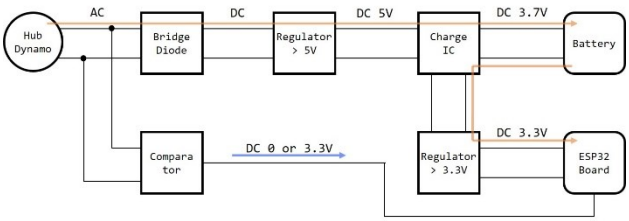


図 8　ハブダイナモによる電源管理

実装にあたって問題となったのは，車輪をダイナモの出力波形がピークとなる位置で固定させたときに，車輪の回転数とは関係のない出力の揺らぎが生じることである．この出力の揺らぎは，低回転時のダイナモ出力に比べると微小なため，コンパレータを用いた閾値処理により解決することができる．そのためには両者の基準電位を合わせる必要があるが，マイコン側の GND 端子にハブダイナモの端子を直接接続すると，システムの電源が不安定になるといった問題が生じる．これは，ダイナモから大きな電流が流れ込むためであり，電流制限用の抵抗を追加することで，動作の安定化を図ることができる．一方，ダイナモから得られる出力には，図 9 のような抵抗の大きさに比例した雑音が生じるようになり，この出力波形を，コンパレータを用いて処理させた場合，比較電圧付近で出力が不安定となる．そこで，コンパレータの入出力にローパスフィルタを追加することで，図 10 のような出力波形を得た．ダイナモの波形をカウントする方法としては，ESP32 の Pulse Count Module を使用し，実験によりハブダイナモの出力から車輪の回転数を取得することに成功した．

車輪の回転数は，自転車の車速計測に用いることができるが，それとは別にシステムの稼働状態を遷移させるために用いる．ESP32 マイコンは無線通信のできるマイコンでありながら，機能を縮小することで，待機時の消費電流はμA オーダーまで抑えることができる．この特徴を生かしてシステムを常時 ON にして動作させるためにも，システムの稼働状態と待機状態を切り替える仕組みは有効である．例えば，ハブダイナモの出力を観察し，一定時間出力がなければ，システムを待機中に落とし，次のダイナモの出力によって，システムを復帰させる．これにより，自転車における走行状態と停車状態，駐車状態を区別し，操作レスなシステム利用を実現する．

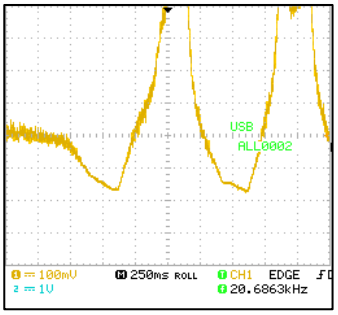


図 9　ハブダイナモの出力波形

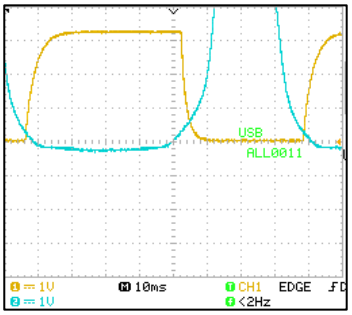


図 10 コンパレータの出力波形

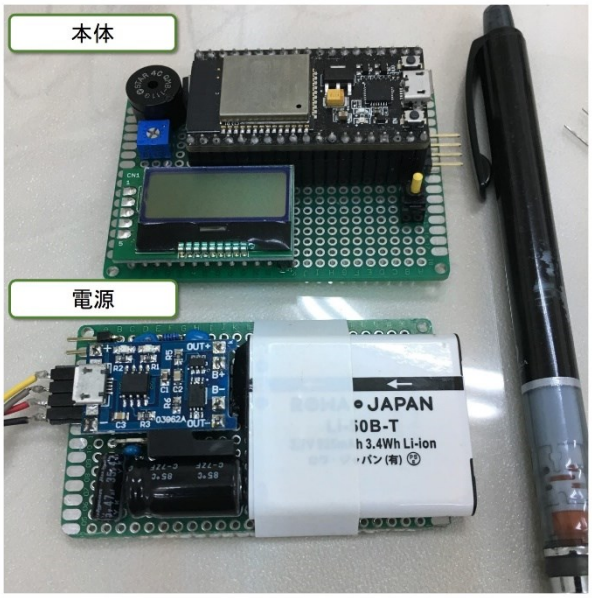


図 11　メインユニットの実装例

ⓒ2017 Information Processing Society of Japan

5.2 システムモニター部の検討

第 3 章の解決方法で挙げたシステムモニター部における機能として，以下の機能の検討を行った．

- 各機能の操作画面の提供
- 変数（センサ値）のリアルタイム表示
- ログの記録管理

システムモニター部へのアクセスは，ESP32 マイコンの Web サーバー機能を利用して実現する．これは，通信相手である外部デバイスの OS（Windows，Android，iOS）に合わせたアプリ開発や，インストール作業を必要としないため，開発コストを削減することができる．ESP32 と外部デバイスとの通信方法を以下に示す．

(1) ESP32 内臓の WiFi モジュールにより，SoftAP（アクセスポイント）モードを起動し，Web サーバーを起動する．このアクセスポイントは，スマートフォンなどの WiFi 接続機器から，SSID と PASSWORD を入力して接続するものであり，ESP32 を WiFi ルーター化する機能である．

(2) スマートフォンから WiFi の設定画面を開き，該当するアクセスポイントに接続を行った後，ブラウザを起動し，アドレスバーより ESP32 で起動した Web サーバーに接続する．

以上より，ESP32 とスマートフォンとでクライアントサーバー型の HTTP 接続を確立する．ESP32 では，クライアントの HTTP リクエストに応えるものとして，内部ストレージ上のルートディレクトリに，システムの操作画面となる Web ページや必要ファイルを用意する．

取得したセンサの値をリアルタイムで更新するためには，双方向にデータのやり取りを行う必要がある．しかし，HTTP 通信では通常クライアントのリクエストが無ければ，サーバーからクライアントへメッセージを送ることはできない．また HTTP ヘッダによって通信を行う度にオーバーヘッドが発生するため，頻繁な通信には適していない．そこで WebSocket 通信を利用した双方向通信を行う．WebSocket 通信では一度，サーバーとクライアント間でコネクションを確立することで，以降のデータ通信において HTTP ヘッダを必要なくなるため，UDP 通信のように高速なデータ通信が可能になる．実装にあたり，Web ページの作成には，表示画面とデータを同期させるためのライブラリとして Vue.js，グラフ描画ライブラリとして d3.js を使用し，iPhone の Safari と Android タブレットの Google Chrome 上で動作確認を行った．

図 12 はシステムモニターの操作画面である．上部のタブより，”MONITOR”を選択することにより，システム内の変数（主にセンサ値）を確認することができる．これは WebSocket 接続による常時通信により，ESP32 から送信しているものである．図のように，グラフ化を行いたい変数をタッチ操作で選択することで，グラフで描画ができる．ログの記録操作は“LOGGER”タブを選択することで可能となる．これにより，スマートフォン上から内部のログデータにアクセスすることができ，csv 形式で記録したデータのダウンロードや削除が可能である．



図 12　システムモニター操作画面

6. おわりに

本報告では，自転車事故防止システムの課題点である“様々な走行環境への対応”と“利用時におけるインターフェースの改善”を適えるものとして，“ハブダイナモによる電源管理”と“スマートフォンとの通信機能”を取り入れた新システムの提案と検討を行った．今後は実環境における走行データの収集を進め，危険運転や危険環境の評価を進めていく予定である．

参考文献

[1] 警察庁「平成 28 年における交通事故の発生状況」 https://www.npa.go.jp

[2] 下山直起，安藤輝，山崎和人，石井貴拓，平山雅之「マルチセンサを用いた走行解析による自転車事故防止システムの検討」情報処理学会研究報告 Vol.2015-SLDM-170 No.51, Vol.2015-EMB-36 No.51

[3] 西條洸介，藤波香織「自転車安全運転支援のための運転者の状態判定に関する基礎検討」情報処理学会創立 50 周年記念全国大会，1ZA-3

[4] 田端佑介，河内雄太，金田重郎「センサ情報を用いた自転車走行環境の測定方法の提案」情報システム学会第 8 回全国大会

[5] Cerevo 「XON RIDE-1」 https://xon.cerevo.com/ja/ride-1/

[6] Espressif 「ESP-WROOM-32」 http://espressif.com/en/products/hardware/esp-wroom-32/overview

ⓒ2017 Information Processing Society of Japan