「マルチメディア，分散，協調とモバイル
(DICOMO2017) シンポジウム」 平成29年6月

Webベースダイナミックマップの実装と評価

杉坂 竜亮[1]　青野 朝日[1]　綾木 良太[2]　佐藤 健哉[1]

概要：近年，高度道路交通システム (ITS: Intelligent Transport Systemys) の研究開発が活発に行われ，道路交通の安全性や快適性は日々進歩している．これまでは車両単体でのセンシングが中心となっていたが，今後は車両ごとに得た情報を共有することで周囲の車両同士が協調し合う仕組みが重要になると考えられる．情報を共有する仕組みとして注目されているものの 1 つとしてダイナミックマップがある。ダイナミックマップは，道路や建物のように変化の少ない情報だけでなく，周囲の車両や歩行者のように絶えず変化する情報を合わせ持つことで，より高度な地図情報を作り出すことが可能となる．今後，ダイナミックマップを用いた ITS のサービスが多く提供されると想定される．そこで本研究では，ダイナミックマップを用いた様々なアプリケーションの開発，テストを支援することが可能な Web ベースダイナミックマップを提案する．シミュレータを用いて評価を行い，Web ベースダイナミックマップを利用して作成したシステムが実用的な範囲の処理時間内に動作することを示した．

Implementation and Evaluation of the Dynamic Map Based on Web

RYOSUKE SUGISAKA[1]　ASAHI AONO[1]　RYOTA AYAKI[2]　KENYA SATO[1]

1. はじめに

1.1 背景

近年，ITS の分野において研究開発が活発に行われ，道路交通の安全性や快適性は日々進歩している．従来では車両が単独でセンシングを行うことによる安全運転支援の手法が中心となっていたが，車両同士が互いに協調し合い，それぞれが所有する情報を共有することによって，より高度な安全運転支援の手法が実現可能となりつつある．

複数の車両間で情報を共有しあう仕組みの一つにダイナミックマップがある．ダイナミックマップは，静的な地図情報と動的な周辺の環境情報を統合的に管理する仕組みであり，今後発展していくと考えられる自動運転において重要な役割を果たすと期待されている [1]．また自動運転以外にも周囲の車両や歩行者などの交通情報を地図上に反映し，各車両が周辺環境を認識することによって，これまでドライバーが気づくことの出来なかった潜在的な危険を察知したり，走行している車両の数から渋滞している路線を判断，回避することが可能になるなど，ダイナミックマップを活用することによって事故の被害軽減や渋滞の緩和などの恩恵をもたらす研究が行われている [2]．

今後，ダイナミックマップを活用した様々な安全運転支援システムが提案されることが想定できるが，現状では基盤となる仕組みが構築されていないため，地図データの作成や車両情報の取得，登録，反映などダイナミックマップを構築するうえで基礎となる部分と，提案するシステムのアプリケーションとを全て一から作成しなければならない為，開発の負荷が大きくなってしまっている．そのため，提案される様々なシステムで共通となる基礎の部分に関して、プラットフォームとして簡単に利用することの可能な Web ベースダイナミックマップの提案が必要となる．

1.2 目的

本研究は，Web ベースダイナミックマップを用いることによって，ダイナミックマップを利用した安全運転支援システムの開発，テストをサポートすることを目的とする．

位置情報の取得，地図上への反映，車両情報の登録など様々なアプリケーションにおいて共通で必要となる機能を，スマートフォンと Google Map を利用して実現する．これらの機能を利用することで，柔軟にシステム開発をサ

[1] 同志社大学大学院　理工学研究科　情報工学専攻
[2] 合同会社　方痴民

Copyright (c) 2017 by the Information Processing Society of Japan

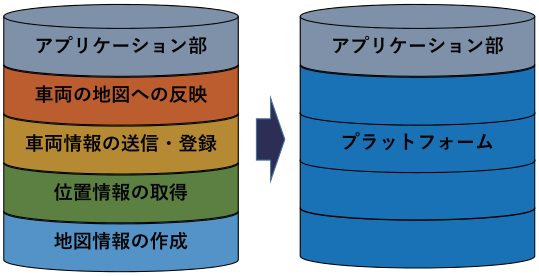


図 1　ダイナミックマップシステム開発の問題点

ポートすることが可能となる．

2. 関連技術

2.1 ダイナミックマップ

ダイナミックマップとは，道路交通の状況や歩行者などの動的な情報と地図や建造物などの静的な情報を時間的また空間的に統合して管理する仕組みである．それぞれの情報は特徴ごとに 4 つの階層に分類される．静的な地図に複数の動的情報を組み合わせることによって，従来の地図情報と比較してより高度な地図情報を提供することが可能となる．

2.2 問題点

現状のダイナミックマップの持つ問題点としては，基盤となる仕組みが構築されていないため，ダイナミックマップを利用したシステムを開発しようとした際に，図 1 に示すように，実際にサービスとして提供する主要な機能のことを意味するアプリケーション部の他に，基礎となる仕組みから全てを構築しなければならないため，開発の負荷が大きくなってしまっているということがあげられる．地図情報の作成や位置情報の取得，車両情報の送信，登録，車両や歩行者の地図上への反映など様々なシステムで共通に必要となるような機能をプラットフォームとして提供することによって，ダイナミックマップを利用した安全運転支援システムの開発，テストを支援できるような仕組みが必要となる．

3. 提案システム

3.1 概要

本研究では，ダイナミックマップを利用した安全運転支援システムの開発を支援する Web ベースダイナミックマップを構築する．現状のダイナミックマップを利用したシステム開発における問題点を解決するために，様々なアプリケーションで共通に用いられる基礎となる仕組みをプラットフォームとして利用出来る環境を構築する必要がある．構築した Web ベースダイナミックマップを利用することによってシステムの開発，テストを容易に行えるようにすることを目的とする．

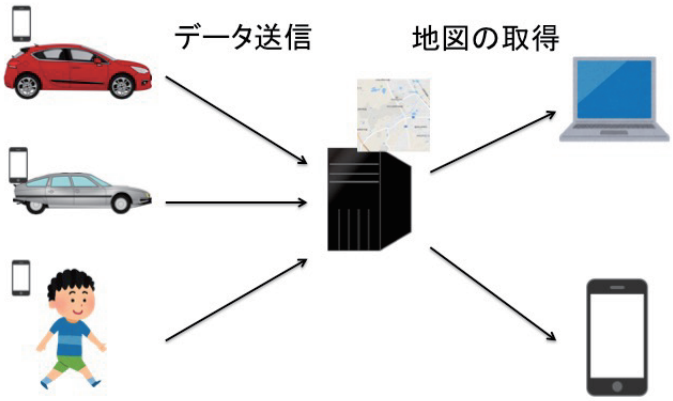


図 2　走行データ収集の流れ

構築する環境としては，全ての車両や歩行者がスマートフォンなどの端末を通じてネットワークに接続可能な状態を想定する．各車両と歩行者はスマートフォンを用いて位置情報や速度，進行方向などの情報 [3] をサーバへ送信する．サーバは必要な情報を取得し，ダイナミックマップを構築する．これらの機能や情報はそれぞれに対応する API(Application Programming Interface) を用いることで容易に利用することが可能である．

走行データ収集の流れを図 2 に示す．車両や歩行者はスマートフォンを用いて位置や速度などの走行データをサーバに送信する．サーバは情報を一括で管理しダイナミックマップを構築する．構築されたダイナミックマップにパソコンやスマートフォンからアクセスすることによってシステムを利用する．

3.2 前提条件

Web ベースダイナミックマップを構築するための環境条件を定義する．

(1) 車両，歩行者はスマートフォンを所有している．
(2) 無線通信によるデータの送受信が可能である．
(3) 車両，歩行者はスマートフォンを用いて位置情報を取得することが可能である．
(4) 全ての通信機器が無線通信によるデータ送受信が可能な範囲に存在する．
(5) 車両，歩行者は位置情報が変化するごとに走行情報を送信する．

3.3 車両走行の範囲

本研究では，スマートフォンの通信を用いてダイナミックマップを構築する．そのため，スマートフォンがサーバとの通信が可能である領域を車両の走行の範囲と想定している．車両はスマートフォンが通信可能である範囲内のコースのみを走行し，歩行者も同様の範囲内を移動する．また走行コースは屋外を想定する．

Copyright (c) 2017 by the Information Processing Society of Japan

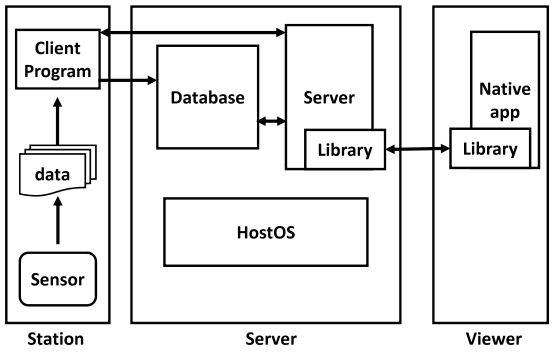


図 3　システムの構成図

3.4　位置情報の取得

車両や歩行者の位置情報はスマートフォンの GPS(Global Positioning System) を用いて緯度，経度，高度のデータを取得する [4]．位置情報は緯度，経度，高度のそれぞれに変化がある度に逐次取得しサーバに送信する．また同時にスマートフォンの加速度センサーや方位センサーを用いて，スマートフォンを所有している車両と歩行者の速度情報や進行方向などの情報を取得し送信する．送信される情報にはデータの生成時刻を付与する．

3.5　Web ベースダイナミックマップ

Web ベースダイナミックマップがプラットフォームとして果たすべき役割は，様々なシステム開発において共通に必要となる仕組みを容易に提供可能にするということである．本研究ではダイナミックマップを利用した安全運転支援システムの開発を対象するため，主に共通となる機能は，地図情報の作成や位置情報の取得，車両情報の送信，登録，車両や歩行者の地図上への反映などがあげられる．位置情報及び車両情報はスマートフォンのセンサーを利用することで取得し，地図情報は汎用的に利用することが可能である Google Map を使用する．

3.6　システム構成

Web ベースダイナミックマップは大きく分けて Station，Server，Viewer の 3 つの構成要素から成る．図 3 にシステムの構成図を示す．Station はスマートフォンを所有した車両や歩行者のことを意味し，必要となる車両の走行情報や位置情報を取得し Server に送信する役割を果たす．Server は Station から得た情報をデータベースに蓄積し，地図情報と組み合わせることでダイナミックマップを構築する．Viewer は Server が構築したダイナミックマップを端末上に表示し，Server が地図情報を更新するたびに変更を反映する．

3.7　動作手順

Station が位置情報を送信してから地図上に反映されるまでの動作手順を示す．

(1) Station はスマートフォンのセンサーを用いて位置情報と速度情報を取得する．
(2) Server は Station から送られてきた情報をデータベースに登録し，情報の時刻と現在の時刻を比較する．
(3) 比較した時刻の差が閾値以内であれば地図情報を更新する．
(4) Server は Viewer に地図情報の更新を通知する．
(5) Viewer は更新された地図情報を取得し端末に表示する．

4.　システムの実装

4.1　概要

本研究において重要となる点は，Web ベースダイナミックマップをプラットフォームとして利用することによって，安全運転支援システムの開発及びテストが容易に行うことが可能になることである．また専用機器を必要としない汎用的な仕組みにすることなどによる利用のしやすさも重要となる．そこでシステムの基礎となる機能を利用できる仕組み提供し，必要となる情報を取得するためのセンサーとして，十分に普及し，また安価であるスマートフォンを使用することによって，利用のしやすさを実現する．

4.2　Station 環境

今回，Station として車両や歩行者の位置情報と走行情報を取得するために iPhone を使用し，開発で用いるプログラミング言語は Swift を用いる．Station はそれぞれ固有のステーション ID を持ち，ID に紐付けして位置情報と車両情報を Server に送信する．位置情報の取得には CoreLocation フレームワークの locationManager を利用する．

4.3　Server 環境

本研究で使用する Server 環境は Node.js[5] を利用して構築した．Node.js はサーバーサイドで JavaScript を使用するためのプラットフォームであり，小さなデータや小さな計算を素早く処理することが可能であるため，リアルタイムでの処理が必要となるアプリケーションの開発に向いているという特徴を持つ．また JavaScript という一般的に扱いやすいとされているプログラミング言語でサーバを構築できるという点で，スムーズな開発をサポートすることが可能である．

4.4　Viewer 環境

Viewer の役割を果たす端末は今回 iPhone を使用する．iPhone から HTML と JavaScript によって記述された Web ブラウザにアクセスし，GoogleMap 上に表示された Station の情報を確認することが可能である．StationID を指定することによって，特定の Station に注目した表示をしたり，StationID を指定せずに全体を俯瞰した表示をするなどの

Copyright (c) 2017 by the Information Processing Society of Japan

表 1　実装環境

	Station	Server	Viewer
OS	iOS 10.2	Linux	iOS 10.2
言語	Swift	JavaScript	Swift
CPU	A10 チップ	QEMU Virtual CPU	A10 チップ

切り替えを行う．

4.5　実装環境

本研究における実装環境を表 1 に示す．Station 及び Viewer として iPhone を 4 台使用する．今回の環境では 1 台ずつの iPhone それぞれが Station と Viewer の両方の役割を果たす．

4.6　API

本アプリケーションプラットフォームで使用する主要な API について述べる．主に以下の 3 種を利用することによってシステム開発を行う．

/station/create

新しい Station を登録する際に使用する．新規に車両や歩行者がシステムを利用しようとした際に最初にアクセスすることになる API となる．登録時には固有の StationID と Station 名をパラメータとして要求する．

/cam/create

Station の走行情報を登録する際に使用する．/station/create で作成した StationID に紐付けして緯度，経度，高度，速度，データ生成時刻などの情報を追加する．データ生成時刻と現在時刻とを比較し一定の値以内の差であればリアルタイム通信とみなして Viewer の地図情報を更新する．

/cam/fetch

時刻を指定することでこれまでに登録したステーション情報を取得する．この API はリアルタイムな地図情報の描画に使用するものではなく，過去の車両走行情報から新たなサービスを検討するためのアイデアを得るために用いる．

4.7　衝突警告アプリケーション

今回，Web ベースダイナミックマップをプラットフォームとして利用した安全運転支援システムの開発の一例として，衝突警告アプリケーションを実装した．図 4 に衝突警告アプリケーションの表示画面を示す．図 4 のように GoogleMap 上に赤色の三角形で自車両，青色や水色の三角形で周辺の車両を表示し，自車両に周囲の車両や歩行者が 50m 以内に接近した際に注意喚起の警告音を発し，さらに 10m 以内に接近した際に衝突の可能性を知らせる警告音を発するアプリケーションである．



図 4　衝突警告アプリケーション

4.8　実装

今回，ダイナミックマップを利用した安全運転支援システムの開発をサポートする Web ベースダイナミックマップを実装した．また，実装した Web ベースダイナミックマップをプラットフォームとして用いて，衝突警告アプリケーションを作成した．プラットフォームが地図の表示や車両と歩行者の反映などを行い，それらの機能を利用してアプリケーション部が状況に応じて警告を発するシステムとなっている．

5.　評価

5.1　評価方法

本研究では，Web ベースダイナミックマップをプラットフォームとして用いて作成したアプリケーションに，負荷テストツールを適用することによって実用性に足るかどうかを評価する．今回，負荷テストツールとして，クライアント/サーバソフトウェアの負荷テストで利用される Apache Jmeter[6] を使用した．具体的には，実装した衝突警告アプリケーションに対し，iPhone4 台からのアクセスと Apache Jmeter でアクセス数を変化させ，Station からのアクセスが何台までであれば作成したアプリケーションが実用的に使用することができるか評価を行う．また Station は 100ms に 1 回位置情報を送信し，送信を 100 回行うこととする．

5.2　評価項目

評価の結果は平均遅延時間，遅延時間の中央値，遅延時間を昇順に並べた際の 99%の値，遅延時間の最小値及び最大値を求め，台数ごとの結果を比較する．

5.3　評価指標

今回，評価の指標として「700MHz 帯安全運転支援システムについて」[7] を参考にした．これは総務省が発行しているものであり，安全運転支援システムが満たすべき要件

Copyright (c) 2017 by the Information Processing Society of Japan

表 2　評価結果

	平均遅延時間	中央値	99%Line	最小値	最大値
200 台	22ms	21ms	54ms	3ms	88ms
250 台	36ms	34ms	87ms	4ms	151ms
300 台	74ms	73ms	178ms	3ms	249ms
350 台	138ms	139ms	316ms	3ms	402ms
400 台	212ms	213ms	484ms	3ms	630ms

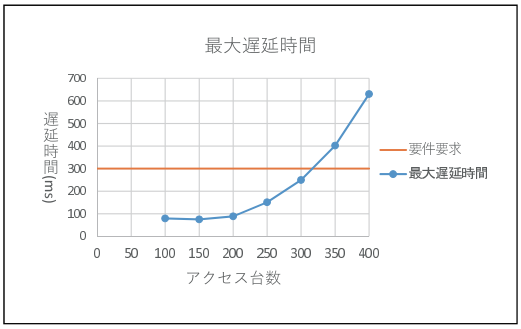


図 5　最大遅延時間と要求要件のグラフ

が記載されている．作成したアプリケーションが実用性に足るかどうかの判断を，記載されている要求要件を満たすことができているかどうかで行う．

5.4　評価結果

実施した評価の結果を表 2 に，また各台数の最大遅延時間と「700MHz 帯安全運転支援システムについて」に記されている要求要件を比較したグラフを図 5 に示す．要求されるシステム時間は 300ms 以下である．300 台のアクセスであれば全アクセスの最大応答時間出会っても要件要求の 300ms 以下の条件を満たすことができると確認できた．

5.5　実証実験

本提案システムを利用して作成した衝突警告アプリケーションを実際に実験用車両と歩行者に搭載して，動作の確認をする実証実験を行った．実験方法としては，実験用車両 1 台があらかじめ設定した走行ルートを走行し，走行ルート付近に存在する歩行者が地図上に反映されていること，また接近した際に警告音が発せられることを確認する．歩行者は 3 人走行ルート付近に待機し，車両の場合と同様に実験車両が地図上を移動していること，また接近した際に警告音が発せられることを確認する．図 6 に走行する実験車両と歩行者が確認できる実験風景，図 7 に行った実験に対応する衝突警告アプリケーションの地図表示画面を示す．図 6 のように実験用車両は走行し，旗を持った歩行者が走行ルート付近に点在する．図 7 の表示画面は青色の三角形が実験車両を表し，緑色の三角形が歩行者を表している．また自分自身は赤色の三角形で表示され周囲 50m に警告圏内の範囲を表す円が表示される．

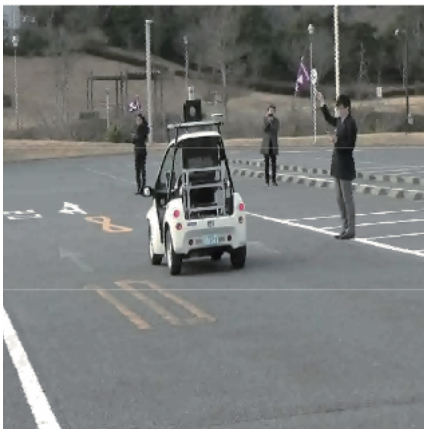


図 6　実験風景



図 7　衝突警告アプリケーション地図表示

5.6　実証実験結果

実証実験の結果として，実機を用いて車両及び歩行者に対して接近時に正しく警告を発することが可能であることが確認できた．また車両及び歩行者が移動時にその位置関係が矛盾することなくそれぞれの端末上の地図に反映されることを確認した．

5.7　開発のしやすさ

開発のしやすさについて図 8 に衝突警告アプリケーションで記述したソースコードの一部抜粋を示す．図 8 はアプリケーション部が関連するソースコードの抜粋であるが，今回アプリケーション部としてある Station に対して他の Station が接近した際に警告を発するという機能を実装したが，機能を実現するために必要となるプログラムの記述量の割合は図の通りである．プログラミング言語の違いにより単純には比較できないため，図 8 に含まれていないプラットフォーム部でスマートフォンからの位置情報の送信機能があるため，システム全体に対するアプリケーション部の割合はさらに少なくなる．

Copyright (c) 2017 by the Information Processing Society of Japan



図 8　ソースコードの割合

6. 考察

6.1 実用性に関する考察

図 5 から Station の数が 300 までであれば，「700MHz 帯安全運転支援システムについて」に記されている要件要求である，システム遅延時間 300ms 以下の条件を満たすことができていると確認できた．よって，本研究の提案システムである Web ベースダイナミックマップを用いて実用性に足るアプリケーションを開発することが可能である．様々なアプリケーション開発に応じて，汎用的に使用することが可能となるように設計されているため，専用システムなどには処理速度などで劣ってしまうことが考えられるが，基盤となる仕組みを用意し，また位置情報や速度情報の取得に身近で安価なスマートフォンを利用するなど専用の機器を必要としないことによって，容易に開発を行えることは専用システムを用いた開発にはない利点である．さらに，高度なシステム開発の場面で早期の段階でシステムのテストを行うことが可能となることも本システムの利点である．容易にダイナミックマップを用いた安全運転支援システムの環境を構築できるため，本格的に開発を開始する前段階として想定するシステムの動作を確認するなどの利用が想定される．

6.2 開発のしやすさに関する考察

本研究の Web ベースダイナミックマップを用いることでどの程度開発が容易に行うことができるかについて考察する．図 8 からアプリケーション部の占める割合が少ないことが見て取れる．文字数の割合で示すと約 10 %であり，少ない記述量でアプリケーションの実装を行うことが可能となっていることが確認できる．

6.3 今後の課題

本提案システムを用いることによって実用的な安全運転支援システムを開発することが可能であることを確認できた．しかし，同時アクセス台数は 300 台までと限定的であり，専用システムに近づけるためにはダイナミックマップのより高効率な配信，更新などの改良が必要になる．また本来であればダイナミックマップは静的データ，準静的データ，準動的データ，動的データの 4 種のデータを扱うものであるが，今回の実装では地図データの静的データと車両や歩行者などの動的データのみの使用となっている．今後より高度な安全運転支援システムの開発をサポートするためには信号情報や道路交通情報などの準静的データや準動的データも組み込んでいく必要がある．

7. まとめ

近年，ITS 分野の研究開発が活発に行われており，自動運転車両の実現が現実味を帯びている．それに伴い，車両の走行状況や周辺の歩行者情報などを統合的に管理することによって，自動運転車両の目の役割を果たすダイナミックマップが注目されている．この現状を受けて，より簡単にダイナミックマップを用いた安全運転支援システムの開発を行うことの必要性が高まっている．そこで様々なシステム開発において共通となる機能を容易に利用することのできる Web ベースダイナミックマップを提案した．本稿では，提案システムを用いてアプリケーションを作成し，シミュレーションによる測定により実用性の評価，実験車両を用いた実証実験を行った．システム開発の結果からより容易に開発が行えることを示した．

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 (JP16H02814) および文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の助成を受けたものである．

参考文献

[1] 須田 義大，青木 啓二，”自動運転技術の開発動向と技術課題”，情報管理，Vol.57(2014) No.11 pp809-817
[2] 渡辺 陽介，高木 建太朗，手嶋 茂晴，二宮 芳樹，佐藤 健哉，高田 広章，”協調型運転支援のための交通社会ダイナミックマップの提案”，DEIM Forum 2015 F6-6
[3] 上坂大輔，村松茂樹，”スマートフォンを用いた歩行者デッドレコニング-センサで人の位置わかる仕組み”，情報処理，Vol.54(2013) No.6 pp570-573
[4] 渋久 奈保，高橋 友和，井手 一郎，村瀬 洋，小島 祥子，高橋 新，”車載レーザスキャナによる距離データマップの構築と高精度自車位置推定”，電子情報通信学会論文誌 (2009)，Vol.J92-D No.2 pp.215-225
[5] Node.js，https://nodejs.org/ja/，(2016-7)
[6] Apache Jmeter，http://jmeter.apache.org/，(2016-7)
[7] 総務省，”700MHz 帯安全運転支援システムについて”，http://www.soumu.go.jp/main_content/000281445.pdf，(2016-7)

Copyright (c) 2017 by the Information Processing Society of Japan