

KanboT: 道路工事の区間情報を共有する 自動マッピングIoTシステム

中村 快^{1,a)} 岩井 将行^{1,b)}

概要: 工事業者は公道での道路工事には警察署に事前に届け出を行い、周囲の住民に対して工事についての周知を行う義務がある。近隣住民に対しては事前に工事の詳細情報を記載した紙のチラシを配布することが一般的である。しかしながら、対象道路はその住民だけが利用するものではなく工事の有無や期間時間帯を知らなかったり、その変更が伝わらない場合も多いと思われる。また国土交通省によると道路工事の情報共有に対して不満を覚えている人の割合が 66.6 % と多く存在している。そこで本研究は、道路工事の看板に後付けするデバイスが工事の位置情報を発信するシステムを提案する。その周辺で工事が行われていることをサーバ上の Web システムで共有し、工事での規制が行われていることを周知することで迂回をする判断材料としてもらう。路上での位置情報の正確性について実験を行い、評価をした。

KanboT: Automatic mapping IoT system to share information on road construction sections

KAI NAKAMURA^{1,a)} MASAYUKI IWAI^{1,b)}

1. はじめに

1.1 背景

公道での道路工事には警察に届け出を行い、周囲の住民に対して工事についての周知を行う義務がある。近隣住民に対しては事前に工事の詳細情報を記載したチラシを配布することが一般的である。しかしながら、道路工事に対して不満を覚えている人間は多く存在している。平成 15 年における国土交通省が行った道路に対する利用者満足度調査結果 [1] によると道路工事のやり方 (工事の数や期間、時間帯など) について不満を覚えている住民は 66.6% になっている。また、平成 29 年度の東京都のアンケート調査 [2] によると、路上工事に対して不満を感じた点で一番大きい割合は「工事により迂回をさせられた」という項目であり、全体の 39.6% に及ぶ。国土交通省の調査結果を受けて、ユーザの視点に立った道路工事マネジメントの改善委員会が発足し、道路工事情報の明示化など満足度の向上に

向けた改善が図られた。また、道路工事情報のマッピングシステムを国土交通省は作成し、一般に提供している。しかしながら、このシステムが提供している範囲は、幹線道路が主である。入り組んだ路地などの情報が掲載されていない。上記で述べた状況から、通りがかりでやってきた人間が実際に知ることができる機会は、その工事箇所の周辺に設置されている立て看板を見たときのみである。東京都の交通局では主要な道路の工事情報を事前に Web サイトに公開し誰でもアクセスできる状態ではあるが、公開されている情報は利用者の多い幹線道路沿いの工事情報のみである。このことから、通りがかりの人間が周辺の細い路地上での工事の情報を集める手段が乏しいと言える。そこで本研究は、工事看板に後付けすることが可能なデバイスを作成し、Web 上でリアルタイムに工事が行われていることを知れるシステムを作成した。周辺に工事があることをシステムを通じて知り、それが周辺に工事などでの規制が行われていることを通行者に知らせることで迂回をする判断材料としてもらい、道路の利便性体験の向上を目指す。

¹ 東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻

a) kai@cps.im.dendai.ac.jp

b) iwai@cps.im.dendai.ac.jp

1.2 期待できる分野

本研究は主要な道路でない地点での工事情報共有を広く知らせることが主目的である。このシステムは工事情報共有のみだけでなくほかの分野でも応用が期待できる。例に挙げると、がれきで通行止めとなったエリアにこのデバイスを設置することで通行ができないことを広く知らせることが可能であると考えられる。国土交通省は災害が起きたときに被害が大きいと想定される地域や地点を道路防災情報 WEB マップ（道路に関するハザードマップ）として公開している [3]。本論文が提案するシステムを利用することで実際に災害が起きている場所を知らせることが可能である。

2. 関連研究

2.1 関連研究とその比較

道路の交通情報を取得してユーザに共有をし、経路を快適かつ円滑にする研究はこれまでも数多くされている。NEXCO 中日本と KDDI は工事が原因で渋滞すると見られる高速道路を走るユーザに向けて、スマートフォンのアプリで工事情報を配信する実証実験を行った [4]。また、須藤らは、カーナビゲーション端末から取得できるプローブ情報に着目し、防災分野での活用方策を検討している。BLE でモノの位置情報を共有する研究もいくつかされている [5]。Chen らは、スマートフォンをベースにした BLE ビーコンのネットワークを利用し、特定の位置の交通情報やナビゲーション情報を提供するアシストシステムを開発した [6]。また、清水らは公共施設や大規模商業施設の屋内で AED 設置場所の把握が容易ではないことに着目し、ビーコンの RSSI を利用して施設内の AED の場所を知らせるシステムを提案している [7]。従来の研究では、あらかじめ決められた地点での計測が必要であったり、大量のデータを基にして情報を共有している。今回提案しているシステムで活用を期待されている場面では少ない情報量での共有が必要であるため、挙げた関連研究の手法では十分ではない。

2.2 先行研究

筆者らは、BLE ビーコンを搭載したスマート立て看板を設置するだけで、周囲に工事をしているという情報を知らせることができるシステムを提案した。システムの構成を図 1 に示す。仮システムを構築しフィールドで実験した結果、通りがかりの人間がデータを受け取り迂回の方法を知ることが可能な距離で受信できることが分かった [8]。本システムを利用することで、通行人が接近しなくてはわからない情報を効率的に収集することができる。この研究ではある一地点での情報を周囲へ送信しているが、工事はある一帯で行われているのが通常である。そのため本研究が提案する手法を利用することで一帯での工事情報の送信を

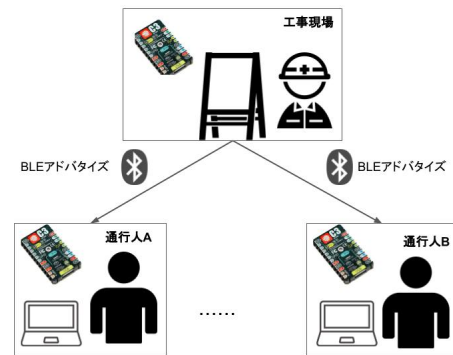


図 1 先行研究のシステム構成

カバーすることが可能である。

3. 提案システムの構成

本稿が提案するシステムは大まかに分けて位置情報を LTE 回線で送信する親機デバイスと親機デバイスに位置情報を BLE で送信する子機デバイスで構成されている。データはマッピングサーバに送信が行われ、マッピングが行われる。利用者は Web システム上から工事が行われている地点を閲覧する。構成図を図 2 に示す。

本システムを利用する際の流れは、以下の通りである。

- (1) 工事現場の作業者が後付けで看板にデバイスを設置する。
- (2) デバイスが GPS から緯度経度のデータを取得する。
- (3) 子機が取得した位置情報を BLE のアドバタイジングパケットに付加し送信する。
- (4) 親機は子機の BLE データから位置情報を取得し、LTE 回線で二地点の情報を送信する。
- (5) 指定されたサーバ上にデバイスデータが送られ、マッピングが行われる。
- (6) ユーザは Web システム上からその情報を閲覧し、経路判断の材料とする。

4. 位置情報送信デバイス

4.1 親機デバイスについて

工事現場に設置されている立て看板に親機を設置する。設置するデバイスは小型であるため既存の看板につけることが可能である。実際のデバイスを図 3 に示す。利用したデバイスの一覧を表 1 に示す。親機は子機の BLE アドバタイジングパケットを受信するために Bluetooth を起動し、データを収集している。子機の位置情報を取得したのちに、親機の緯度経度データとともにサーバへ送信を行っている。LTE 回線には SORACOM 社の NTT docomo 回線の SIM を利用した。親機は LTE 回線を利用して MQTT プロトコルでデータ送信を行っている。

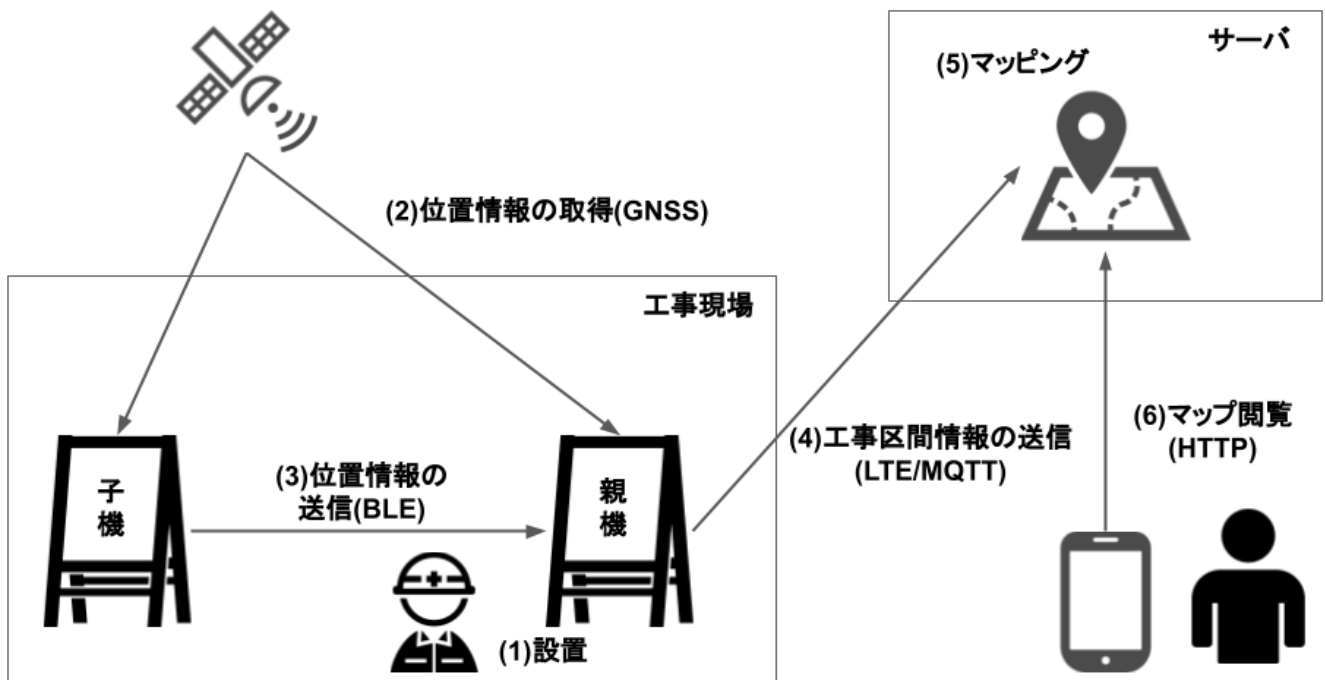


図 2 システム構成のイメージ図



図 3 親機デバイス (表 1 のデバイスを装着したもの)

表 1 親機に使用したデバイス一覧

名称	役割
M5Core2	マイコン
SIM7080G	LTE モジュール
GNSS アンテナ	位置情報取得
M5GO Bottom2	UART 拡張モジュール

子機は BLE でのペリフェラルとして動作している。ペリフェラルは間欠的にデータ送信を行っており、0.1 秒間隔でアドバタイズ (ブロードキャスト) 通信を行っている。アドバタイジングパケットのデータ容量は最大 31 バイトと決められている。そのため、付加できる情報量には限度がある。今回のシステムでは”緯度：経度”の情報をアドバタイジングパケットに付加している。この容量は、BLE アドバタイズでの最大容量以内になっている。

5. Web システムについて

システムを利用するユーザは、Web 上に公開されているマップサーバにアクセスをする。サーバは親機からのデータを MQTT プロトコルでサブスクライブ (受信) することで工事に関する Json データを取得することができる。Web アプリケーションはノードをつなげてプログラムが作成可能な Node-RED^{*1}を利用した。データを受信したのちに、Web アプリケーション上の OpenStreetMap[9] にマッピングがされる。

*1 <https://github.com/node-red/node-red>

4.2 子機デバイスについて

工事エリアの末端に子機を設置する。使用するデバイスは親機デバイスと同様の M5Core2 である。子機は工事作業をしている地点の緯度と経度データを GPS で自動で取得し、周囲に送信する。実際のデバイスを図 4 に示す。



図 4 子機デバイス (M5Core2 と GPS モジュールを装着したもの)

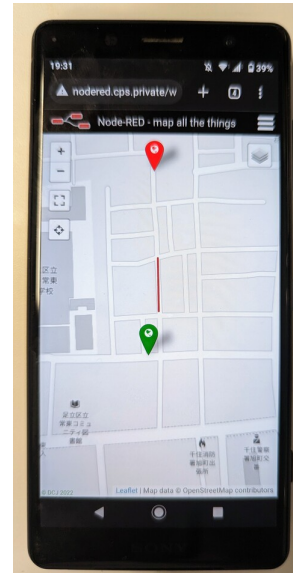


図 7 ユーザのスマートフォンにマッピングされた図

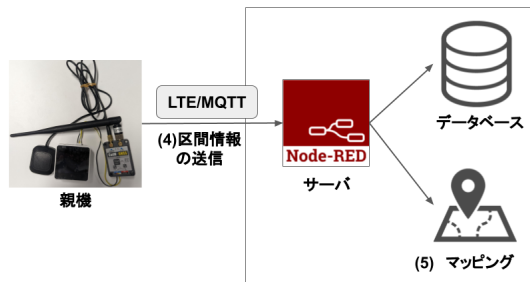


図 5 システムの内部

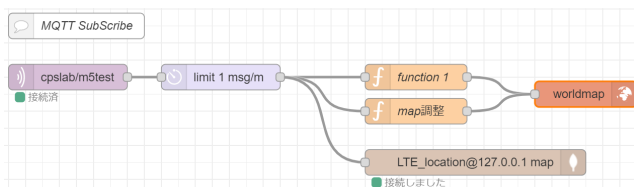


図 6 データの受け取りから保存・マッピングまでのフロー

5.1 Web システムの構成

本研究で利用している Web システムの構成図は図 5 である。

マッピングに `node-red-contrib-web-worldmap`^{*2} を利用し、地図上にマッピングを行った。また、MongoDB に工事情報データを保存するため、`node-red-node-mongodb`^{*3} ライブラリを利用した

5.2 Web システムが受け取るデータフォーマット

本システムはデバイスから受け取った Json データを基

*2 <https://github.com/dceejay/RedMap>

*3 <https://github.com/node-red/node-red-nodes>

に工事情報をマッピングしている。東京都道路工事調整協議会では、従来の工事のチラシのフォーマットが事業者ごとに独自で作られており、記載項目が統一されていないことを着目し、必要な 7 項目についてを「基本記載項目」として定義づけている [10].

- 標題・挨拶文
- 場所、日時に関する情報
- 工事により生じる影響情報
- 問合せ先・連絡先
- 当該工事における影響を低減するための対応（工夫）
- 当該事業、工事の必要性
- 路上工事対策の PR

今回のシステムではデバイスの送信パケットの限界値の都合上により特に重要であると考えられる、表題、工事の場所、日時に関する情報を共有することを目標としている。

6. デバイスの評価

6.1 デバイスの実験について

本章では、提案したデバイスシステムが実際に使用することを想定している住宅街での路地上でどのくらいの性能を出すことが可能かについての実験を行う。提案システムでは BLE, GNSS, GPS を利用している。そのため、実際に使用を想定している住宅街の細い路地での性能についての検証が必要であると考えられる。本論文が提案するシステムではマイコンに接続した GNSS, GPS の情報を利用して工事区間を決めるため、緯度経度を一定の精度で出すことがマッピングをするために重要である。また、自動でシステムが情報共有をするために BLE を利用しているため、住宅街での BLE の電波到達範囲や、パケットが正しく到達する確率がどの程度かについてを実験する必要がある。これらからデバイスの評価実験に必要である項目は以下であ



図 8 GNSS デバイスの受信した緯度経度のマッピング結果

ると考える。

- GNSS のフィールド上での実験
 - BLE でのパケット送受信範囲の限界域の検証
- これらの項目についてを次小節で評価し、考察を行う。

6.2 GNSS のフィールド上での実験

実験概要：本節では、親機に搭載した GNSS アンテナについて住宅街で実際に利用した際に、精度をどの程度出すことが可能かについて実験を行う。実験場所には住宅街の路地を使用した。設置位置の基準座標は 35.747520, 139.808932 に設定する。基準点の周辺の路地を一周して、緯度と経度を記録した後は、国土地理院の地理院地図に表示する [11]。

実験結果：親機の GNSS を使用してマッピングを行った結果は、図 8 である。図 8 で示している青い丸は、実際にデバイスをもって移動したときに受信した緯度経度の座標を示している。路上を歩行しつつマッピングを行った結果、住宅街でも精度を一定で出すことが可能であることが分かった。今回の GNSS の実験で使用したフィールドは周辺の建物に高層マンションがないエリアであったため、追加実験が必要であると考えられる。

6.3 BLE でのパケット送受信範囲の限界域の検証

実験概要：本章では、提案したデバイスを利用し、どのくらいの距離まで屋外での通信ができるのかどうかについて検討をする。デバイスの設置位置の座標は 35.747520, 139.808932 に設定する。その周囲を歩行し、どのくらいの距離まで通信ができるかを記録する。データが受信できる限界の距離に達した地点の座標を記録した。記録する際に



図 9 受信限界地点のマッピング結果

は、スマートフォンの GPS で緯度と経度をロギングする。緯度と経度を記録した後は、前章での実験に利用した国土地理院の地理院地図に表示する。デバイスを設置する高さは、国土交通省関東地方整備局が提示する道路工事保安施設設置基準 [12] に則り、150-170cm の高さに設置したと想定して実験を行った。

実験結果：座標を 35.747520, 139.808932 に設置した結果は図 9 である。図 9 で示している青い丸は、データが受信できた限界の距離の地点を指している。また、ビーコンを設置した 35.747520, 139.808932 の座標を赤いバツで示している。図 9 での結果をもとにすると、看板の高さを想定した高度で最長 100m の距離まで通信が可能であった。このことから、100m の工事の末端箇所に設置が可能であると分かった。

6.4 デバイス評価実験の考察

6 章ではこのシステムで利用するデバイスが実際の使用を想定している住宅街の細い路地に実際に適用できるものであるか検証をするために実験を行い、評価を行った。初めに GNSS をフィールドで利用した結果、歩行した軌跡に一致することが分かった。そのため、GNSS を利用したマッピングに使用する際には問題がないということが分かった。また、BLE での限界地点のマッピングについては、最長 100m のデータ送信が可能であることが分かったため、小規模な工事一帯のカバーが可能である。

7. システムの評価

7.1 評価概要

本章ではシステムを利用した結果、このシステムが目標



図 10 実験場所 (仮の工事区間を赤線で示す)

とする快適な経路判断の材料となりうるかについての実験を行う。実験の対象者は 20 代の学生で、実際にシステムを利用してもらい、アンケート評価を行う。参加人数は 4 名で行った。

実験概要は、実際の住宅街の路上を目的地まで歩行してもらった形式をとった。初めに比較のためスタート地点と目的地をピンで留めたマップをもとにしてできる限り短く済む経路選択で歩行をしてもらった。その際に工事をしている区間を仮に設定し、そこに当たった場合は迂回してもらった形式をとった。仮の工事区間は図 10^{*4}の赤線に示す。実際に利用したマップの画像は図 11 である。従来のマップで歩行してもらったのちに、提案システムでのマップを利用してもらった。提案システムのマップは図 12 である。利用してもらったのちにアンケートを行い、従来システムとの比較をしてもらった。

7.2 実験結果と考察

実際に歩行してもらい、アンケートでの評価を行った。結果として従来型のマップと比較してよいと思った被験者が 100%となった。また、快適な経路判断の材料となるか答えてもらった結果 75%が「まあまあ思う」、25%が「そう思う」という結果となった。改善点として、「赤い線が

^{*4} <https://www.openstreetmap.org/copyright>



図 11 比較用のマップ

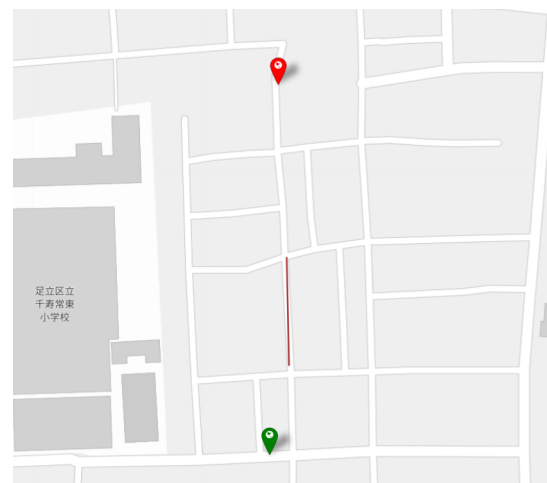


図 12 提案システムを使用した際のマップ

何を示しているのかがわからない」や、「狭い道の場合は一方通行などがあるため、迂回することになった場合にどちらの方向に行けるか（あるいは行けない方向）を示してくれると助かると思う。」といった意見が挙がった。また、アンケートの調査項目で車で走行時に本システムを利用するとき経路の判断材料になるか質問した結果、「なると思う」が歩行時よりも上回っていた。このことから経路判断材料として路上工事情報を付加することが有用であると言える。

8. まとめと展望

本稿では、路上工事の情報共有を不満に思う住人がいることを背景に、従来の看板に設置することで、周囲に工事をしているという情報を自動で Web 上のマップに登録することができるシステムを提案した。本システムはデバイスを設置するだけで工事の位置情報を登録し、工事情報が一目でわかるようなシステムとなっている。本システムを利用することで、通行人が接近しなくてはわからない小規模な工事の情報を効率的に収集することができる。本システムは、工事現場の利用のみだけでなく土砂災害が起きた林道や山道などの通行止め状況や、河川の危険水域を知ら

せる看板などに後付けすることで二次災害の予防を促すことができると考えられる。

デバイスの実験を行った結果、想定しているフィールド上での精度は実用可能範囲であることが分かった。また、システムを利用した評価を行った結果、従来マップよりも良いということが分かった。また、経路判断の材料の一つとなるということも分かった。改善点として、一目でみてわかるようなマップのUIや、現在地とピンの同期機能などを作る必要があると考えられる。

今後の展望としては、現状のシステム構成での情報共有は一直線上での情報送信のみに対応しているため、大規模であったり複雑な区間での工事が行われる際には、BLEでの送信可能な範囲を超えてしまう可能性が高い。そのため、メッシュネットワークが利用可能となるBLE5.0対応のモジュールを今後は活用することで解決できると考えられる。メッシュネットワークを利用することで中間のデバイスがデータを仲介できるため、複雑な区間であったり大きい規模でのデータ共有が可能となる。また、マイコンの性能の都合上、一回で送信できる工事情報について限界があり東京都道路工事調整協議会が定義づけた工事情報の基本記載項目のすべてを送信することはできていない。デバイスの性能向上によって将来的に実現可能であると考えられる。また、アンケート調査での意見を反映した機能を追加することでより使用しやすいマップアプリケーションとなることが期待できる。

謝辞 本研究はJSPS科研費19K11949,21K04304の助成を受けた。また、株式会社リプロ代表取締役社長岡田謙吾様のご協力に深く感謝申し上げます。東京電機大学理工学部理工学科建築・都市環境学系高田和幸教授のご協力にも深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 国土交通省道路局:道路に対する利用者満足度調査結果について, 入手先 https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha03/06/060725_.html, (参照 2022-8-31).
- [2] 東京都:第6回インターネット都政モニター「東京の路上工事の現状」, 入手先 <https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2018/03/26/01.html>, (参照 2022-12-5).
- [3] 国土交通省:道路防災情報WEBマップ(道路に関するハザードマップ), 入手先 https://www.mlit.go.jp/road/bosai/doro.bosaijoho_webmap/index.html, (参照 2022-11-30).
- [4] NEXCO 中日本, KDDI 中央研究所:スマートフォンを活用した工事情報の提供に向けた実証実験について, 入手先 <https://www.kddi-research.jp/newsrelease/2019/042401.html>, (参照 2022-8-31)
- [5] 須藤三十三, 浦川豪, 福重新一郎, 濱本両太, 林春男:”広域的な災害発生後のプローブ情報の活用-東日本大震災での事例を通して”, 情報システム学会誌, 一般社団法人情報システム学会
- [6] Chen-Fu, Liao:”Using Smartphone and Bluetooth Technologies to Support Safe and Accessible Street Crossing for People with Vision Impairment”, TRANSED 2018: 15th International Conference on Mobility and Transport for Older Adults and People with Disabilities
- [7] 清水康平, 森澤勝明, 石黒銀河, 皆月昭則:”位置情報の可視化によるAED設置場所の気づきアプリケーションの開発”, In IEICE Conferences Archives. The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers.
- [8] 中村快, 岩井将行:道路工事情報共有のためのBLEビーコン立て看板の検討, 情報処理学会全国大会, 2022年3月.
- [9] Open Street Map:”Open Street Map Japan”, 入手先 <https://openstreetmap.jp/>, (参照 2022-8-31).
- [10] 東京都道路工事調整協議会:路上工事のチラシ作成ナビ, 入手先 https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000732090.pdf, (参照 2022-12-5).
- [11] 国土交通省 国土地理院:”地理院地図”, 入手先 <https://maps.gsi.go.jp/>, (参照 2022-8-31).
- [12] 国土交通省関東地方整備局:道路工事保安施設設置基準, 入手先 <https://www.ktr.mlit.go.jp/road/shihon/road.shihon00000054.html>, (参照 2022-8-31).