# 同一車両に関する共有データとローカルデータを ナンバープレートを利用して 統合するためのマッチング手法の提案

増田 英孝[1]　塚田 学[1]　江崎 浩[1]

**概要**：協調型 ITS（CITS）では自車両の情報を周囲の車と共有することで、交通をより安全で効率的にすることを目指している。CITS で車両は通信を介して自身の情報を周囲の車両と共有する。通信で受け取った車両データと自車両のセンサーで検知したローカルな車両データのマッチングと統合は、協調型隊列走行（CACC）などの CITS の様々なユースケースにおいて重要な技術である。データのマッチングは共有されたデータとローカルなデータに共通する特徴を比較して、似ているデータ同士を特定することで行われる。本論文では CITS におけるデータマッチングの課題を整理し、データの類似度判定に使用される特徴が満たすべき要件を定義した。そして、その要件を満たす特徴であるナンバープレートを利用してデータ同士をマッチングする手法を提案した。欧州電気通信関連性標準化機構（ETSI）の車車間通信プロトコルで通信を行い、データ同士のマッチング性能を評価した結果、マッチング精度は 17％ で、マッチング処理の所用時間は平均して 2.1 秒であった。この所要時間の 8 割がデータの送受信にかかる時間であった。

## 1.　導入

### 1.1　背景

高度交通システム（ITS）とは、最新の情報通信技術などを用いて交通をより安全で効率的にするシステムのことである。ITS の技術の中でも特に通信を介した情報の共有に焦点をあてたものを協調型 ITS（CITS）という。CITS の文脈において、自車両の情報を周囲の車と共有することは重要なことであり、こうした情報を共有するためのプロトコルの標準化も進んでいる。

それぞれの車両が自身の情報を周囲の車と共有している状況下では、通信できる車は他の車両から受け取ったデータと自車両のセンサーの計測データの二種類のデータを持つ。自車両のセンサーデータから得られる情報はセンサーからは、自車両の情報と周囲の車両の情報が得られる。GPS センサーなどのセンサーからは自車両の情報が得られ、LiDAR などのセンサーからは周囲の車両の情報が得られる。共有された情報の中には、自車両の LiDAR などで検知している車の情報もあると考えられるので、同じ車両に関するこれらのデータを統合し、片方のドメインにしかない情報を補い合うことで、さらなるデータの活用が期待される。このように情報を統合して利用するためには、通信で受け取った車両のデータが自車両のセンサーで検知したどの車と対応するのかを特定する必要がある。図 1 のような共有されたデータと自車両のセンサーで検知したローカルなデータの統合とこれを実現するためのデータのマッチングが本研究の主題である。

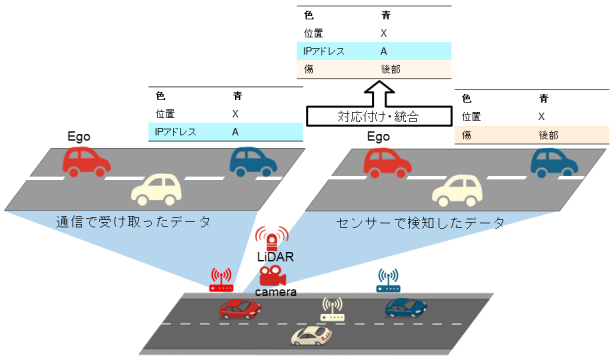


図 1　共有されたデータと自車両のセンサーで検知したローカルなデータを対応づけて統合する様子

### 1.2　ユースケース

通信で受け取った車両データと自車両のセンサーで検知した車両データのマッチングと統合は、CITS の様々なユースケースにおいて重要な技術である。

協調型隊列走行（CACC）において対応付けは必須の技術である。CACC は隊列走行において、アクセルやブレー

[1]　東京大学大学院情報理工学系研究科

キのタイミングを通信により同期することで、燃費や安全性を高める技術である。共有された車両データと自車両のセンサーで検知した車両のマッチングができないと、自分が隊列の中のどの車と通信をしているのかを判断できない。このため、自分の目の前に隊列とは無関係な車がいることに気づかずに、その無関係な車のさらに前方の隊列の車にならって加速し、無関係な車に衝突してしまう可能性がある。

データのマッチング技術は車車間の情報の共有をより賢くするためにも活用できる。CITS の普及期においては、通信できる車とできない車が混在することが予想される。このため、通信できない車を検知した通信できる車が代わりに情報を周囲に伝える必要がある。しかし、現状では通信ができる車とできない車を判別することができないので、検知した全ての車の情報を共有することしかできない。故に、通信ができる車の情報は、自車両と周囲の通信できる車の両方から重複して送信されてしまう。対応付けの問題を解決できると、マッチングの対象となる通信 ID がない車を探すことで、通信機能のない車を判別できる。重複した通信は電波資源の無駄遣いであり、通信できる車の数が多くなったときにこの問題は見過ごせなくなる。

ほかに、蛇行運転している車がいたときにその特定の車のみに警告メッセージを送信したり、迷惑な通信を行っている車の姿を特定して警察の追跡に利用したりするなどのユースケースが考えられる。

### 1.3 本研究の貢献

本論文では車両が自車両のデータを周囲の車と共有している環境を想定する。その環境下で、一台の車両に関する共有されたデータとローカルなデータを統合するために、データ同士の対応関係を特定する手法を提案する。本研究の貢献は以下のとおりである。

(1) 共有された車両データとローカルで取得した車両データのマッチングの課題の整理
(2) マッチングに用いる特徴の要件定義
(3) ナンバープレートを利用したマッチングの提案
(4) 欧州電気通信関連性標準化機構（ETSI）の標準に合わせたナンバープレートを利用したマッチングの実装
(5) ナンバープレートを利用したマッチングの評価

### 1.4 本論文の構成

論文の構成は以下のとおりである。2 章で共有された車両データとローカルな車両データのマッチングにおける課題を整理する。3 章でマッチングに関する既存研究を紹介する。4 章で車両同士が情報を共有する際に使用する CITS の通信プロトコルについて述べる。5 章では、既存研究の課題からマッチングに用いる特徴の要件を定義し、それを満たす特徴を用いたマッチング手法を提案する。6 章では、提案手法の実装について述べる。7 章で提案手法の性能を評価する。最後に 8 章で本研究を総括する。

## 2. 同一車両のデータマッチングの課題

車両が自車両のデータを周囲の車と共有している環境を想定する。この環境ではある一台の車両に関する情報は、共有されているデータとローカルなデータの二種類に分類できる。共有されているデータとは、その車両が周囲の車に送信している自身の車両の情報である。ローカルなデータとは、その車両の周囲の車両がそれぞれセンサーなどで取得し、ローカルに保持しているその車両に関する情報である。同じ車両に関するこれら二種類のデータを統合するためには、データ同士の対応関係を正しく特定する必要がある。この章では、これらのデータのマッチングするための課題を整理する。

まずは、それぞれのデータの特徴を整理する。データを統合される対象となる車両をマッチング対象と呼ぶことにする。それぞれのデータの情報源を表 1 にまとめた。

マッチング対象が周囲の車両と共有するデータの多くはその車両のセンサーから取得している。車両のセンサーから取得しているデータの例として、GPS センサーから取得した絶対位置や速度計から取得した絶対速度が挙げられる。これに加えて、通常は変わらないので対象車両に初期値として与えることのできる、車種・色・ナンバープレートなどのデータも他車両に送信できる。さらに、パケットの送信元アドレスからマッチング対象の通信 ID も周囲の車に伝わる。

マッチング対象の情報を周囲の車がローカルで取得するのには、カメラやライダーといったセンサーが使用できる。カメラからは他車両の色・車種・ナンバープレート・傷など視覚的な情報を取得することができる。ライダーからは点群データが得られ、他車両の形や相対位置・相対速度などが取得できる。さらに、GPS センサーや速度計から得られる自車両の絶対位置や絶対速度と組み合わせて、他車両の絶対位置や絶対速度を計算することもできる。

マッチング対象の情報で、共有されたデータと周囲の車両が持つローカルな観測データの両方に含まれる情報は、絶対位置・絶対速度・色・車種などである。一方で、車の傷などの情報は周囲の車のセンサーデータからしか取得できない。また、マッチング対象の通信 ID は通信でデータを共有されないと取得できない。

二つのドメインに分かれたこれらのデータを統合するためには、データのマッチングを行う必要がある。マッチングは、両方のデータに共通する特徴を比較して、同じ特徴を持つデータのペアを探すことで行われる。しかし、データの単純な比較によるマッチングは行えない。これは、共有された情報と検知した車両の情報が、例え同じ車両に関する情報だったとしても、誤差が原因で完全には一致しな

| | 共有されたデータの情報源 | 他車両が観測したローカルデータの情報源 |
|---|---|---|
| 相対位置・相対速度 | - | 他車両の LiDAR |
| 絶対位置 | マッチング対象の GPS センサー | 他車両の GPS センサー&LiDAR |
| 絶対速度 | マッチング対象の速度計 | 他車両の速度計&LiDAR |
| 色・車種・ナンバープレート | マッチング対象には所与 | 他車両のカメラ |
| 傷 | - | 他車両のカメラ |
| 通信 ID | パケットの送信元アドレス | - |

**表 1** マッチング対象に関する共有されたデータと他車両が観測したローカルデータの情報源

い場合があるからである。さらに、車の位置や速度と言った物理的な状態は時々刻々変化し、それに伴って共有される車の状態も変化するので、それらのマッチングを行うことは大変難しい。マッチングを成立させるためには、比較するデータを絞ったり、そのデータに何らかの処理を加えたりするなどの工夫が必要である。

## 3. 車両のデータマッチングの既存研究

この章では、同一車両に関する、共有されたデータとローカルなデータを対応付けるための既存研究を紹介する。マッチングは両方のドメインに共通するデータを比較し、同じ特徴を持つペアを探すことで行われる。既存研究をマッチングをする際に比較したデータの種類に基づいて、視覚ベースのものと位置ベースのものに分類した。

### 3.1 視覚ベース

鵜飼 [1] はマッチングにウィンカーやライトなどの視覚的特徴を利用し、ブレーキランプを点灯するタイミングを周囲の車に通知することで、マッチングを行う手法を提案した。視覚的情報を利用して通信相手を特定する手法は、画像認識ができれば通信相手を正確に判別することができるのが長所である。しかし、ブレーキランプの点灯タイミングは重複する可能性があるので、周囲の車と差が生じるまでマッチングができないという欠点がある。

### 3.2 位置ベース

藤田ら [2] は車両の相対位置の軌跡を用いてマッチングを行う手法を提案した。GPS の測定誤差を考慮に入れ、GPS の位置情報は通信相手をおおまかに絞り込むために利用し、相対位置の軌跡は、GPS の位置情報をよりも比較的精度の高い速度情報から求めた。この手法で 3 秒間の相対位置の軌跡を用いてマッチングのシミュレーションを行ったとき、93.0%の精度で対応付けができた。

より高度な手法としては、Chen ら [3] が提案した Preceding Vehicle Identification Systems (PVIS) という手法が知られている。PVIS では、GPS センサー・レーダー・超広帯域無線（UWB）センサーの情報を組み合わせ、自車両から見た通信相手の相対的な位置を計算する。そして、通信のパケットロスや計測誤差を考慮に入れた数理モデルから、設定した閾値以上の確率で正しく通信相手を特定する。GPS と UWB の測定誤差を考慮に入れた上で、シミュレーションを行った結果、マッチングにかかる時間の平均は 0.26 秒となった。また、99 % は 1.3 秒以内にマッチングができた。ただし、この手法は CACC において先導車を特定するための手法で、マッチングを行う対象は限定的である。

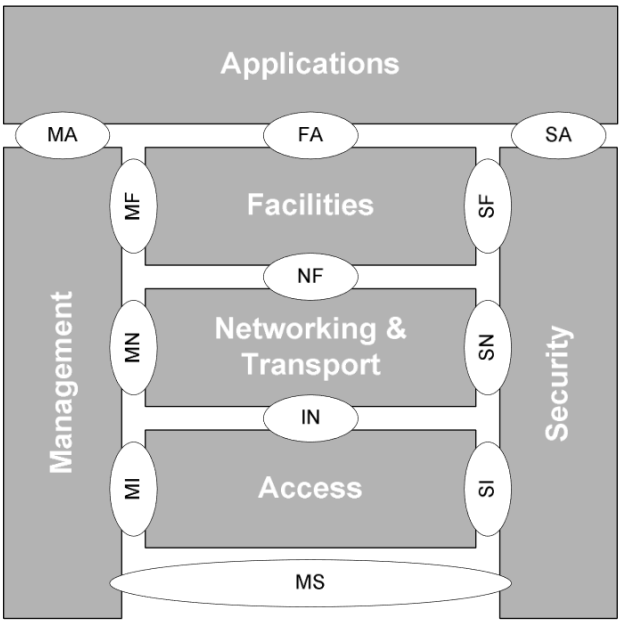


**図 2** ITS ステーション参照モデル。[4] より転載

どちらの手法も複数回の車車間通信を経てマッチングを行っている。これは、位置情報には測定誤差があるので、特徴にぴったり合致する車がほとんどの場合存在しないことが原因である。また、これらの研究では通信の遅延を考慮に入れていないが、実環境では通信で受け取った位置情報と自車両のセンサーが計測した情報の時刻を同期して演算を行う必要がある。特に、車が高速で移動している状態ではこの時刻の差による影響は無視できなくなる。

## 4. CITS の通信プロトコル

CITS の技術の要は通信を介した情報共有にある。様々なベンダーの車同士が通信するためには通信プロトコルの標準化が重要である。この章では CITS の通信プロトコルについて述べる。

CITS の通信プロトコルのヨーロッパにおける標準は ETSI が定めている。ETSI は ITS ステーション参照モデ

ル [4] という通信機能の階層構造を定めた。これは OSI 参照モデルに基づき、図 2 のようにアクセス層・ネットワーキング& トランスポート層・ファシリティーズ層に分かれる。

アクセス層は ITS ステーション参照モデルの最下層である。OSI 参照モデルの物理層とデータリンク層に対応する。アクセス層の技術仕様を ITS-G5[5] といい、5.9 GHz 帯のアドホック通信をサポートする。この仕様は別の標準化団体の IEEE 802.11-2016[6] の無線通信規格を利用している。

アクセスポート層の上位層がネットワーキング& トランスポート層である。OSI 参照モデルのネットワーク層・トランスポート層に対応する。ネットワーキング層のプロトコルには IPv6 や GeoNetworking[7] といったものがある。GeoNetworking はアドホック通信における地理的情報に基づいたルーティング機能を提供する。宛先として地理的な範囲を指定して通信を行うことができる。GeoNetworking 層の通信を行う機器は、一意の識別子として GeoNetworking アドレスを持つ。このアドレスは MAC アドレスなどから生成される。トランスポート層のプロトコルには UDP・TCP や Basic Transport Protocol（BTP）[8] といったものがある。BTP は GeoNetworking の上で動作し、エンドツーエンドのコネクションレスな通信を提供する。通信するアプリケーションは UDP・TCP のようにポートで指定する。

ファシリティーズ層は、OSI 参照モデルのセッション層・プレゼンテーション層・アプリケーション層に当たる。この層は、ITS アプリケーションが共通で使う基礎的な機能を提供する。提供する機能には、車や道路の状態を共有するためのメッセージの管理が含まれる。車両に関する情報は Cooperative Awareness Message（CAM）[9] で共有される。CAM は自車両の情報を周囲と共有するために用いられるメーッセージである。CAM の通信を行う際の Well-known ポートは BTP の 2001 番ポートで、メッセージは 1 Hz から 10 Hz の間で生成される。

以上のような、ITS ステーション参照モデルに基づく通信機能を持っているノードを ITS ステーションという。それぞれの ITS ステーションはステーション ID という固有の識別子を持つが、ステーションの ID の具体的な生成方法はまだ定まっていない。

車車間通信プロトコルの標準化団体は ETSI 以外にも存在し、日本では一般社団法人電波産業会（ARIB）、アメリカでは IEEE などが標準を定めている。

## 5. 提案手法

この章では、マッチング対象が共有したデータと他車両が計測したマッチング対象のデータをマッチングするために、ナンバープレートを用いる手法を提案する。そして、ナンバープレートを用いたマッチングの手順について説明する。

### 5.1 提案手法の特徴

既存のマッチング手法における課題から、マッチングに用いる特徴の満たすべき性質を考察する。

まず、既存手法の課題を整理する。既存手法の特徴を表 2 にまとめた。

マッチングの速度が遅くなる原因は、比較している特徴が似ている車が複数存在していて、マッチング対象を一つに絞りきれないことである。似ている車というのは、位置情報を用いてマッチングをしているならば近い位置にいる車のことであり、ブレーキランプを用いてマッチングを行っているならば同じタイミングでライトが点灯している車のことである。位置情報は本来車ごとに固有なので、一見すると近くに車がいても正確なマッチングができそうであるが、実際は GPS センサーに測定誤差があるため、特徴の固有性を保証することはできない。位置情報の固有性を確信できないので、瞬時にマッチングを行うことができず、時間をかけて複数回のデータをまとめてマッチングを行うことで誤差の影響を少なくしている。このため、位置測定に GPS センサーと比べて誤差の小さい UWB センサーを用いると、マッチングにかかる時間は短くなる。また、ブレーキランプを用いたマッチングが遅い理由はブレーキランプの点灯のタイミングは固有でないためである。よって、マッチング処理を速くするためには、固有な特徴を比較する必要がある。

時間変化する特徴を用いてマッチングを行う場合、時刻同期をして、通信で受け取ったデータと同時刻のローカルなデータを比較する必要がある。共有されたデータとローカルなデータの時刻は必ずしも一致するとは限らないので、同時刻のデータを補間して生成する必要があるため、マッチング処理が複雑になってしまう。よって、マッチング処理を単純にするためには、特徴が時間変化しないことが望まれる。

以上より、マッチングのときに比較する特徴の満たすべき性質は、固有で時間変化しないことである。これらの要件を満たす特徴として、本研究ではナンバープレートを使用する。ナンバープレートは固有なので、ナンバープレートの番号を画像認識で取得できれば、マッチング対象は瞬時に決まる。さらに、ナンバープレートは時間変化しないので、マッチング処理は時刻同期が不要で単純である。

### 5.2 ナンバープレートを用いたマッチング手順

ナンバープレートを用いたマッチング手順の概要を図 3 に示した。周辺車から受け取った情報と周辺車をセンサーで観測した情報のマッチングを行う主体をマッチング装置、マッチングを受ける車両をマッチング対象と呼ぶこと

| | 位置情報 | | 視覚的情報 | |
|---|---|---|---|---|
| | GPS[2] | UWB&GPS[3] | ブレーキランプ [1] | ナンバープレート (提案手法) |
| マッチング速度 | × | ○ | × | ○ |
| マッチング処理の単純さ | × | × | × | ○ |

**表 2** マッチング手法の比較

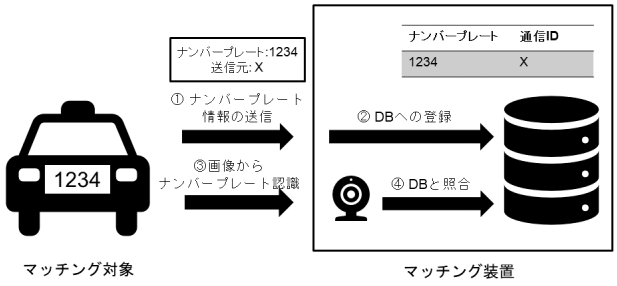


**図 3** ナンバープレートを用いたマッチング手順の概要

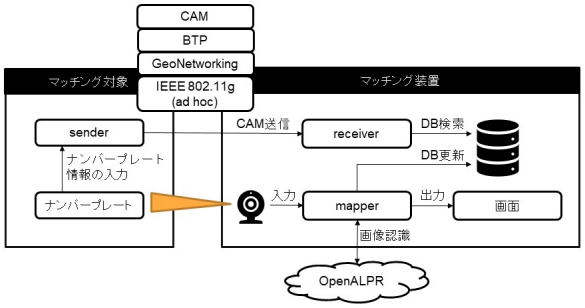


**図 4** ナンバープレートを用いたマッチング処理のプログラム

にする。マッチング装置に必要なハードウェアは、通信モジュールとカメラである。マッチング対象に必要なハードウェアは、通信モジュールとナンバープレートである。

まず、マッチング対象は自車両のナンバープレートの情報をパケットに埋め込み、周辺の車にブロードキャストする。次に、マッチング装置は受信したパケットから、送信元の通信 ID とナンバープレートの情報を抜きだし、それらの対応をデータベースに保存する。続いて、マッチング装置は車載カメラでマッチング対象のナンバープレートの情報を画像認識で読み取る。最後に、マッチング装置は読み取ったナンバープレートの情報を先程のデータベースと照合する。こうして、カメラの画像から検知した車両とマッチング対象から通信で受け取った情報のマッチングが完了する。

このマッチング手順はシンプルで特殊なハードウェアやソフトウェアを必要としないので、CITS の様々な通信プロトコル上で実装できる。

## 6. 実装

共有されたデータとローカルなデータのマッチング技術は、様々な ITS アプリケーションの基盤となる技術である。ETSI の ITS ステーション参照モデルにおいて、ファシリティーズ層は ITS アプリケーションが共通で使うような機能を備えることになっているので、この機能はファシリティーズ層の機能としてふさわしいと考えられる。よって、ナンバープレートを用いたマッチング機能をファシリティーズ層に実装した。この章では、この機能の具体的な実装について説明する。

### 6.1 通信プロトコル

本実装では、通信プロトコルを ETSI の標準に可能な限り近づけた。ETSI の標準と本実装の通信プロトコルの比較を表 3 にまとめた。アクセス層に関しては、ITS-G5 で通信を行うための機材を用意できなかったので、IEEE 802.11g のアドホックモードで通信を行った。ネットワーキング&トランスポート層に関しては、ETSI の標準に準拠し、GeoNetworking と BTP を用い、GeoNetworking の範囲を指定したブロードキャストで通信を行った。情報の共有にはファシリティーズ層で管理される CAM というメッセージを用いた。

### 6.2 プログラム

ナンバープレートを利用したマッチングを実現するに当たり使用したプログラムは、sender・receiver・mapper の３つである。これらのプログラムが図 4 のように連携して動作することでマッチングが行われる。sender をマッチング対象で動かし、receiver と mapper をマッチング装置で動かす。

sender は CAM を送信するためのプログラムで、C++のオープンソース実装の Vanetza[10] を改良したものである。Vanetza は ETSI の標準に準拠したオープンソース実装で、トランスポート&ネットワーキング層のプロトコルは GeoNetworking と BTP を使用している。パケットは GeoNetworking のシングルホップブロードキャスト（SHB）で送信した。これは、中継を挟まずに直接通信できる範囲の車への送信と同義である。CAM にはステーション ID というフィールドがあるが、現状では具体的な生成方法は決まっておらず、Vanetza の実装でも適当な数字が入っているだけである。ステーション ID は各 ITS ステーションが持つ固有の識別子ということになっており、ナンバープレートの番号は車ごとに固有なので、ナンバープレートの番号はステーション ID として用いることができる。そこ

| ITS ステーション参照モデル | 本論文 | ETSI 標準 |
|---|---|---|
| ファシリティーズ層 | CAM | CAM |
| ネットワーキング&トランスポート層 | GeoNetworking・BTP | GeoNetworking・BTP |
| アクセス層 | IEEE 802.11g | ITS-G5 (IEEE 802.11-2016) |

**表 3**　本論文の実装と ETSI 標準の比較

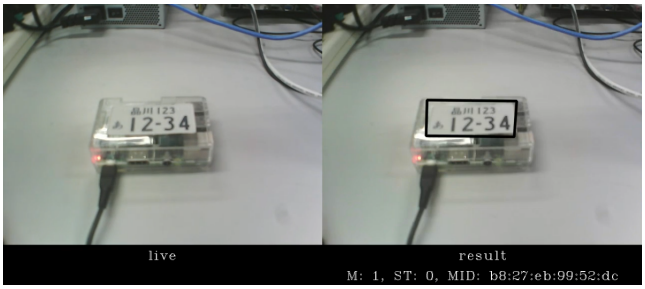


**図 5**　mapper の動作画面

で、CAM のステーション ID フィールドに自車両のナンバープレートの数字 3 桁の分類番号・数字 4 桁の一連指定番号・自動車の区別を表すひらがな 1 文字をエンコードした。つまり、品川などの地域名以外の部分をエンコードし、ステーション ID として利用した。本実装では、CAM は 1 Hz で送信された。

receiver は sender から送信された CAM を受信・解釈し、データベースに保存するプログラムである。プログラムは指定したインターフェースからフレームを受信すると、イーサネットヘッダ・GeoNetworking ヘッダ・BTP ヘッダ・CAM を順に解釈する。この部分は ETSI の通信プロトコルの仕様書を参考に libpcap で実装した。CAM のステーション ID からはナンバープレートの情報を抜き出し、GeoNetworking ヘッダからは送信元の GeoNetworking アドレスを抜き出す。そして、それらの対応を SQLite データベースに保存する。

mapper はナンバープレートの情報を画像認識し、receiver が作成したデータベースと照合するプログラムである。sender の画面は図 5 のように 2 つの部分に分かれる。この画面は OpenCV で実装した。左側の画面には、車載カメラの画像がリアルタイムで表示される。キーを入力すると、画像が JPEG 形式にエンコードされ、ナンバープレート認識 API に送信される。ナンバープレートの認識には OpenALPR[*1]の CarCheck API を用いた。API からは JSON 形式で認識結果が返される。認識結果には、ナンバープレートの番号・車両の領域・ナンバープレートの領域・処理時間などが含まれる。receiver が作成したデータベースに保存されている、ナンバープレートと GeoNetworking アドレスの対応関係から、画像認識されたナンバープレートの番号と紐付いている GeoNetworking アドレスを特定する。それらの情報を元に、右側の画面には、API にアップロードした画像のナンバープレートの部分が黒い枠で囲

[*1] https://www.openalpr.com/

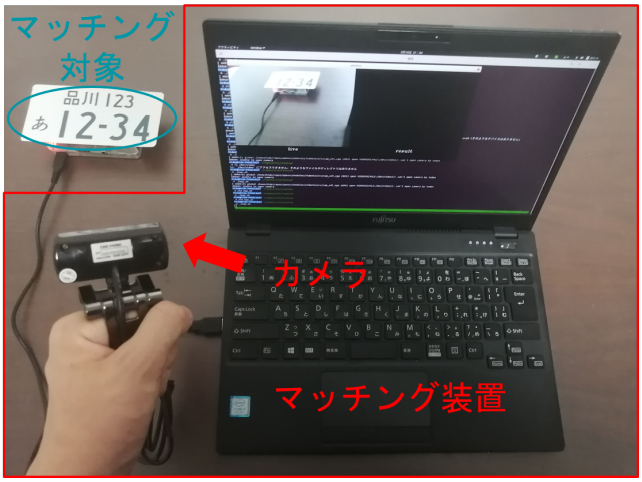


**図 6**　実験機材

われて表示される。さらに、その下にキャプションとしてナンバープレートと紐付いた GeoNetworking アドレスが表示される。こうして、車載カメラがローカルで検知した車両と通信で受け取った車両のデータのマッチングが行われる。

## 7.　マッチング処理の性能評価

この章では、提案手法のマッチング精度とマッチング処理の所要時間を測定し、評価する。

実験に用いた機材は図 6 の通りである。マッチング対象にはナンバープレートを印刷した紙を貼り付けた Raspberry Pi Model 3B+を用い、マッチング装置はカメラ付きのノート PC を用いた。ナンバープレートを 13 cm × 6.5 cm のサイズで印刷し、Raspberry Pi に貼り付けた。マッチング対象では sender を動作させ、マッチング装置では receiver と mapper を動作させた。

マッチング性能は mapper に依存するので、mapper の性能を評価する。マッチング装置はアップロードとダウンロード共に約 25 Mbps の帯域があった。アップロードした画像の大きさは、640 × 480px で JPEG 形式にエンコードして送信した。ナンバープレートの認識は約 30 cm の距離から行った。ナンバープレートの表示は、地域名の隣の 3 桁の数字である分類番号が 123、平仮名があ、一連指定番号が 1234 である。この条件で 100 回マッチングを行い、その精度とパケットを受信してからマッチングに要する時間を測定した。アップロードした画像のサイズは平均して 40 KB であり、リプライのペイロードの大きさは平均して 1.4 KB であった。

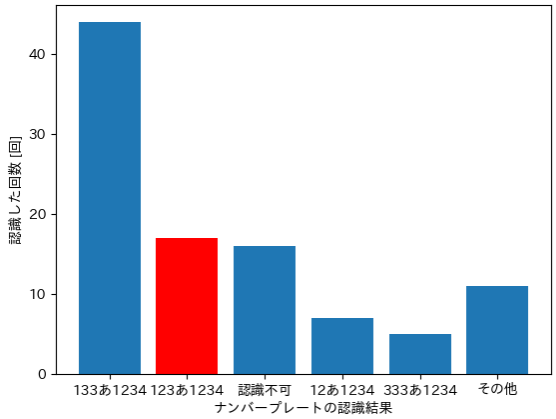


図 7　OpenALPR の認識結果

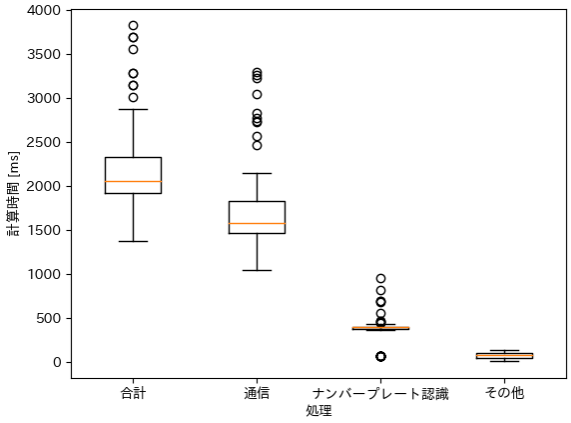


図 8　マッチングにおける処理ごとの所要時間の分布

マッチング精度は OpenALPR のナンバープレートの認識精度に由来する。OpenALPR の認識結果を図 7 に示した。ナンバープレートの存在を認識できたのは、全体の 84％ であり、16％ はナンバープレートを検知できなかった。車にナンバープレートを付けて認識を行えば、機械がナンバープレートの位置を推測しやすくなり、ナンバープレートを検知しやすくなると考えられる。123 あ 1234 という表示を正しく認識ができたのは、全体の 17％ であった。位置情報を利用した既存研究のマッチング精度は 90％ 以上だったので、17％ という結果は大幅な改善が求められる。誤認識をしたのは全体の 67％ で、分類番号の誤認識が原因であるものが主だった。地域名の隣の 3 桁の数字である分類番号は、一連指定番号と比べて文字のサイズが小さいことが誤認識の原因だと考えられる。また、カメラを高解像度にすることで認識精度が向上する可能性はあるが、画像のサイズが増えることにより、通信にかかる時間が増えてしまうので注意が必要である。一方で、平仮名の認識精度は高く、誤認識は全体を通して一回であった。

マッチングにかかる合計時間の平均は 2.1 秒であった。

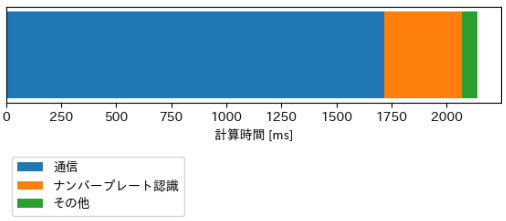


図 9　マッチングにおけるの処理ごとの平均所用時間の累積

マッチングに要する時間は、データの送受信にかかる時間・ナンバープレート認識にかかる時間・その他の時間に分けられる。それぞれの処理ごとの所用時間の分布と平均時間の累積を図 8,9 に示した。データの送受信にかかった時間の平均は 1.7 秒で、全体の 80％ の時間を占めた。このうち、API サーバーとの SSL ハンドシェイクが完了するまでにかかった時間は平均 0.85 秒で、データの送受信にかかった時間の 49％ を占めた。データの送受信にかかる時間のうち、SSL ハンドシェイクにかかる時間がおよそ半分を占めることから、より軽量なプロトコルで通信を行うことで、マッチングに処理にかかる時間は大幅に削減できると考えられる。API サーバーの処理時間は、平均して 0.35 秒で通信にかかった時間の 16％ を占めた。その他の時間は、カメラ入力の JPEG へのエンコードや DB の検索などの処理によるものである。

## 8.　結論

本論文では、通信で受け取ったデータと周囲の車両を観測したセンサーデータのマッチングの課題を整理し、マッチングに用いる特徴の要件を定義した。そして、マッチング速度が速く、時間変化しないという要件を満たす特徴であるナンバープレートを利用したマッチング手法を提案した。さらに、この手法を ETSI の標準に近い形でこれを実装し、マッチング精度とマッチングにかかる時間を評価した。その結果、マッチング精度は 17％ で、マッチング処理の所用時間は平均して 2.1 秒であった。この所要時間の 8 割がデータの送受信にかかる時間であった。

ナンバープレートを利用したマッチング手法を提案したが、障害物や角度によってはナンバープレートが見えないことも多い。このような状況でもマッチングを行うためには、ほかの特徴を利用したマッチング手法とも組み合わせるなどして、より柔軟なマッチング手法にすることが求められる。また、本手法では CAM のステーション ID にナンバープレートの番号を埋め込んだが、ナンバープレートの番号を通信に埋め込むことは、プライバシーの保護という観点で課題がある。

実験については、車車間通信ができる車をノート PC と Raspberry Pi で代用したので、実際の車両での実験が今後の課題である。また、車両が多くなると通信の混雑が予想

されるので、複数台の車両での実験も今後の課題である。しかし、実際に車車間通信ができる車を複数台用意するのは難しいので、車のセンサー情報をシミュレートでき、かつ、車の通信もシミュレートできる環境の構築が望まれる。今後、センサーデータのシミュレーションができるドライビングシミュレーターと車車間通信のネットワークシミュレーターのブリッジを作成する予定である。

また、可視光通信による車車間通信は長らく研究されているが、可視光通信を用いたマッチングの研究は活発ではない。無線通信で共有されたデータと可視光通信で受け取ったデータを比較するマッチング手法が考えられる。可視光通信を用いると通信相手を特定しながら任意のデータをやりとりできるので、可視光通信で時間変化しない特徴を送信すれば、時刻同期のいらない単純なマッチング処理を実現できる。可視光通信は通信速度が遅いのが欠点であるが、可視光通信ではマッチングに必要な特徴を伝えるためだけに利用し、主要な通信は無線通信で行うことで、通信速度の欠点は無視できるようになる。よって、今後は可視光通信を利用したマッチング手法の研究が進むことが予想される。

## 参考文献


[1] 鵜飼佑, 植原啓介, 佐藤雅明, Others. 画像処理と通信を用いた車車間通信相手の特定. 研究報告高度交通システム (ITS), Vol. 2009, No. 5, pp. 1–8, 2009.

[2] 藤田敦, 山口弘純, 東野輝夫, 高井峰生, Others. 車車間通信を用いた測域センサ情報の共有にもとづく前方車両群の相対位置把握. 第 24 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, Vol. 2016, pp. 31–39, 2016.

[3] Z Chen and B B Park. Preceding vehicle identification for cooperative adaptive cruise control platoon forming. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, pp. 1–13, 2019.

[4] ETSI EN ETSI. 302 665 V1. 1.1: Intelligent transport systems (ITS), communications architecture. *European Standard (Telecommunications Series)(September 2010)*, 2010.

[5] EN ETSI. 302 663: Intelligent Transport Systems (ITS); ITS-G5 Access Layer Specification for Intelligent Transport Systems Operating in the 5 GHz Frequency Band, 2019.

[6] IEEE Standards Association, et al. IEEE Std 802.11-2016, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 2016, 2016.

[7] EN ETSI. 302 636-4-1; Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 4: Geographical Addressing and forwarding for point-to-point and point-to-multipoint communications; Subpart 1: Media-Independent Functionality, 2014.

[8] EN ETSI. 302 636-5-1 V1. 2.1. Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 5: Transport Protocols; Sub-part 1: Basic Transport Protocol, 2014.

[9] EN ETSI. 302 637-2 V1. 2.1 Intelligent Transport Systems (ITS);Vehicular Communications;Basic Set of Applications;Part 2: Specification of CooperativeAwareness Basic Service, 2011.

[10] Raphael Riebl, Christina Obermaier, Stefan Neumeier, and Christian Facchi. Vanetza: Boosting research on inter-vehicle communication. *Proceedings of the 5th GI/ITG KuVS Fachgespräch Inter-Vehicle Communication (FG-IVC 2017)*, pp. 37–40, 2017.