

既設無線 LAN 装置を活用した駐車場状態推定技術の検討

鈴木もとこ¹ 勝間田優樹¹ 山田暁¹

概要: 近年、遊休スペースを駐車場として共有する駐車場シェアリングサービスが普及しつつある。駐車場シェアリングサービスには予約機能があるため、利用者が現地で空駐車場を探す手間がない。しかし、予約時間外に発生する不正駐車などにより、予約したにも関わらず駐車することができないトラブルが想定される。駐車車両の監視には、駐車場内に車両モニタリング用の専用センサを設置する方法が考えられる。しかしながら一般家庭にとって設置コストが高額であることから導入は困難であり、不正駐車に対する不安は駐車場シェアリングサービス普及を妨げる一要因となっている。そこで、我々は既設の無線装置とソフトウェアのみで低コストで実現可能な車両モニタリング方法を検討している。我々はこれまで、住宅内に設置された家庭向け無線 LAN アクセスポイントとノートパソコンのみにより、ビーコン信号の受信信号強度 (RSSI) から住宅に隣接する駐車場内の車両検出を行った。本研究では、先行研究より条件の厳しい実験環境での車両検出を行い、近隣エリアでの鉄道車両通過による検出精度への影響について述べる。実験結果から、過去 50 データの移動分散値/平均値を入力データとした場合に、適合率 94% となり、先行研究と同等の精度で車両を検出した。また、鉄道車両通過時にも適合率 90% を維持でき、駐車車両検出への影響は小さいことを明らかにした。

キーワード: 車両検出, 駐車場, センシング, SVM

Car Parking Lot Status Estimation using installed Wireless LAN Equipment

MOTOKO SUZUKI¹ YUKI KATUMATA¹
AKIRA YAMADA¹

Abstract: In recent years, the consumer-to-consumer car parking lot sharing service which shares an unused space as a parking lot is spreading. Since the parking lot sharing service has a reservation function, there is no need for the user to search for an empty parking lot on site. However, there is a trouble that customers cannot park their car despite reservation due to unreserved parking and some other troubles. For monitoring a parked vehicle, it is possible to install a dedicated sensor for vehicle monitoring in the parking lot. However, it is difficult for consumer homes to install the system because of the high installation cost. Therefore concerns about troubles in such parking lot are one of the factors that hinder the spread of parking lot sharing services. To tackle the issue, we are investigating a vehicle monitoring method that can be implemented at low cost using existing wireless devices and software. In our previous work, vehicles were detected in the parking lot adjacent to the house only from the received signal strength (RSSI) of the beacon signal using the wireless LAN access point for consumer and the laptop computer. In this paper, we show the detection accuracy of parked car in the experimental environment which is different from the previous work from the viewpoint of the duration of the time variance / average value of the input data RSSI, and the influence on the detection accuracy due to the passage of railway vehicles in the neighboring area. From the experimental results, the accuracy rate can achieve 94% when the time variance / average of the past 50 data was used as input data. In addition, we show that the accuracy rate of 90% can be maintained even with passing through railroad vehicles, and the influence on parking vehicle detection is very small.

Keywords: Parked car detection, parking lot, sensing, Support Vector Machine

1. はじめに

近年、カーシェア、ライドシェア、民泊をはじめとする遊休資産を他者と共有するシェアリングサービスが普及している。シェアリングサービスでは、資産を所有する所有者と、資産を利用したい利用者をマッチングし、遊休資産を共有する[1]。シェアリングサービスは、市場規模順に、空間、モノ、お金、スキル、移動の 5 種類に分類される[2]。本研究では、空間シェアリングサービスのうち、利用者増が進む駐車場シェアリングサービスに注目し、課題解決のための検討を行う。

駐車場シェアリングサービスでは、遊休スペースを駐車場として共有する。そのため、土地を事前に準備し貸出すコインパーキングサービスと比較し、利用者が低価格で利用できる。また、コインパーキングサービスと異なり、当日現地で駐車場を探す必要がないというメリットを有する。しかしながら、不正駐車により、予約をしたにも関わらず、駐車できないトラブルが懸念される。駐車車両を検出するための専用センサの設置には導入費用を要するため、一般家庭には設置されておらず、不正駐車は駐車場シェアリングサービスの普及の妨げとなっている。

そこで我々は、住宅に隣接する駐車場を対象とし、駐車車両を検出するセンサとして、住宅内に設置された無線

¹ (株)NTT ドコモ
NTT DOCOMO, Inc.

LAN アクセスポイントとノートパソコンを使用し、無線 LAN アクセスポイントが、定期的送信するビーコン信号について、ノートパソコンでの受信信号強度 (Received Signal Strength Indicator : RSSI) の 30 データの移動分散値と移動平均値を用いた駐車車両検出を行い、適合率 0.92 を達成した [3]。文献[3]では周囲に住宅や電波干渉源の無い孤立環境において、電波の反射が期待できる大型車両を用いて検証を行った。一方、本稿では、人や車両の通行に伴う外乱の大きい住宅地において、電波が反射される面積の少ない小型車を用いることで、より条件の厳しい環境における車両検出の可能性を明らかにする。

2. 駐車場シェアリングサービスのトラブル解決方法

総務省によると、日本におけるシェアリングサービスの利用経験は、駐車場シェアリング 9.1%、ライドシェア 4.9%、民泊サービス 4.9%、等となっており、交通系シェアサービスの中では駐車場シェアリングサービスが最も利用経験者が多い[4]。しかし、前章にて述べた通り、予約時間外に駐車をする不正駐車により、予約をしたにも関わらず、駐車できないトラブルが想定される。

予約時間外に駐車する不正車両として考えられるのは、駐車場提供者の車両、前利用者の車両、別利用者の車両、サービス利用者外の利用である。現状、利用者が不正駐車を見つけた場合には、利用者がサービス事業者へ車両番号を連絡することで、不正駐車の特主を特定する。持主が駐車場提供者である場合には、すみやかに車両を移動することが想定される。しかし、持主が前利用者や他利用者や利用者外であった場合には、車両の移動は困難である。車両が移動できない場合には、サービス事業者か利用者本人が別の駐車場を探し駐車する必要がある。このような人力による代替となる駐車場予約は、利用者が駐車するまでの時間がかかり、利用者の負担となっているのみならず、サービス事業者のオペレーションコストも増やしている。本研究を活用し、利用者が不正駐車を発見する前に駐車車両を検出したときに、予約システムから利用者へ車両を別の駐車場へ駐車するように誘導することが可能となり、不正駐車によるトラブルを未然に防止できると考える。

3. 関連研究

シェアリングの対象となる駐車場にスタッフを配備することは、人件費の観点で現実問題としては困難である。また、防犯カメラでは運用コストや第三者被監視感がネガティブな印象を与える[5]。そこで、電波を使った見守りの研究が行われている[6]。本研究では既設の無線基地局などから出力される電波を活用したセンシング方法に着目する。

奥川ら[7]は、部屋の対角に無線 LAN のアクセスポイントと受信機を設置し、ヒトの存在を検出することが可能であることを明らかにしているが、専用ハードウェアで構成された受信機を設置する必要がある、コスト面を鑑みるとシェアリングサービスにそのまま利用することはできない。また西ら[8]は、屋外から受信される電波を利用する方法として、UHF 帯テレビ放送波を用いたヒト検知システムが提案している。しかしながら周波数帯が低く受信アンテナサイズや、専用ハードウェアが必要な問題がある。

一方、近年では RSSI の受信状況に加え、位相情報を含めた Channel State Information (CSI) による高精度なセンシング技術の検討が進められている。

IEEE802.11 SENS-SG (IEEE802.11bf) [9]-[11]では、Intel, Huawei, Qualcomm を中心に、既存の標準規格 (IEEE802.11n, IEEE802.11ac, IEEE802.11ad, IEEE802.11ax) に加え、現在標準化が進められている次世代規格 (IEEE802.11be) を含めた物理層と Medium Access Control (MAC) 層の変更により、無線 LAN 装置によるセンシング技術の実現を目指している。SENS-SG では、人やモノの検知に加え、手の動きや人数カウントを可能とする技術の検討が進められている[12]。また NTT アクセスサービスシステム研究所では、農地に侵入した鳥獣を無線 LAN 電波の変動のみで検知する鳥獣検知システムの検討を進めている[13]。専用のアンテナと無線 LAN 装置を農地に配置することで鳥獣の侵入を検知・防止し、農作物被害の抑制を目指している。

上記の方式は高精度なセンシングを目標としているが、CSI の利用を前提としており、ハードウェアの変更が必要となる。一方、本研究では、一般家庭への普及が最も進んでいる無線 LAN の電波とノート PC とのみを用い、ハードウェアの変更を一切行わず、屋外の駐車車両の検出を行う技術の確立を目指す。

4. 駐車車両検出手法

本研究では、一般家庭の屋内に設置された無線 LAN アクセスポイントから送信されるビーコン信号を、同様に屋内に設置されたノートパソコンで監視することにより、駐車車両により反射されるビーコン信号の RSSI の変動から、駐車場内の車両の有無を検出する方法を検討する。CSI 等を用いないことで、ハードウェアの変更を不要とする無線 LAN によるセンシングを実現することを目指す。次節以降では、上記提案方法の実環境での検出精度について検討する。

4.1 実験環境

2 階建て住宅と隣接する駐車場を使いビーコン信号の取得を行った。住宅 1 階の部屋 A に無線 LAN アクセスポイント、2 階の部屋 F にノートパソコンをそれぞれ設置した

(図 1). いずれの装置も家庭向けの市販品である. その他, 実験条件を表 1 に示す.

4.2 検出方法

本章では, 実験環境において取得した 32846 の RSSI データから, RSSI の過去 10, 20, 30, 40, 50 データを含めた移動平均値と移動分散値を求め, 説明変数として利用をする. 分類手法には, 教師あり機械学習の代表的な分類手法の中から, 各データから境界線までのマージンの合計が最大となる境界線を設け分類する Support Vector Machine (SVM) を用いる. 受信した RSSI を図 2 に, RSSI の過去 50 データの移動平均値と移動分散値を図 3, 図 4 に示す.

4.3 精度比較

4.2 で述べた RSSI の移動分散値と移動平均値 (各 10~50 データ) を説明変数, 車の有無を目的変数として, SVM で学習モデルを作成した. テストデータに対しての, 正解率・適合率・再現率・F 値を図 5 に示す. 全ての項目で, RSSI の瞬間値と比べ, RSSI の移動平均値と移動分散値を用いた

手法が高い精度を示した. これは, RSSI 瞬間値はハードウェアの制約上 1dBm 単位でのデータであるのに対し, 移動平均値や移動分散値では過去データを含めた高い粒度でのデータを利用することが可能であるためと考えられる. また, 無線 LAN アクセスポイントから送信されたビーコン信号が車両によって反射されることにより, 位相反転や同相合成の発生し, 移動分散値が高くなるためであると考え

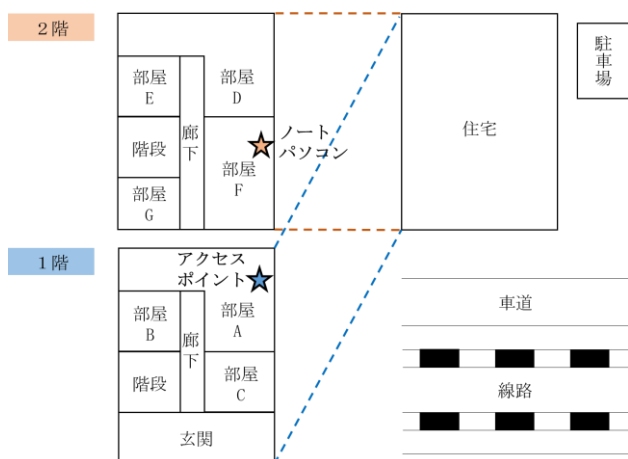


図 1 実験環境
 Figure 1 House layout

表 1 実験条件

Table 1 Experimental conditions

無線装置	無線 LAN アクセスポイント	BUFFALO Air Station
	ノートパソコン	Apple MacBookPro
	周波数帯	2.4GHz
	建物面積	7.9m×9.5m
実験環境	駐車場面積	6.0m×2.5m
	建物-駐車場間距離	1.0m
	駐車車両	4.9m×1.8m×1.5m

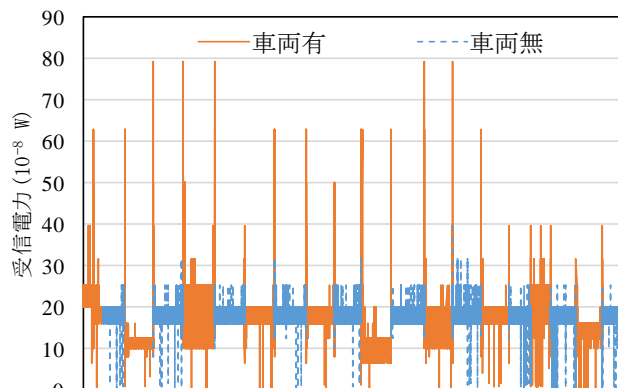


図 2 RSSI
 Figure 2 RSSI

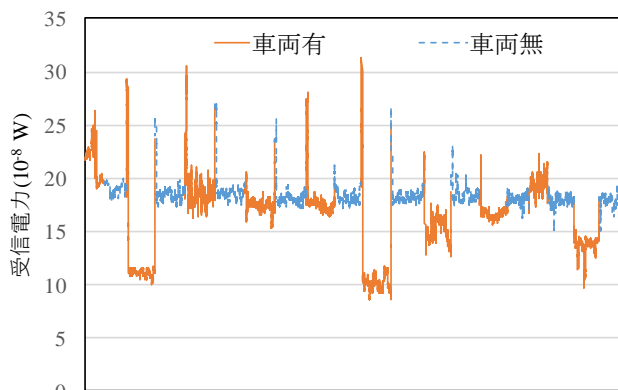


図 3 RSSI の移動平均値 (50 データ)
 Figure 3 RSSI moving average (50 data)

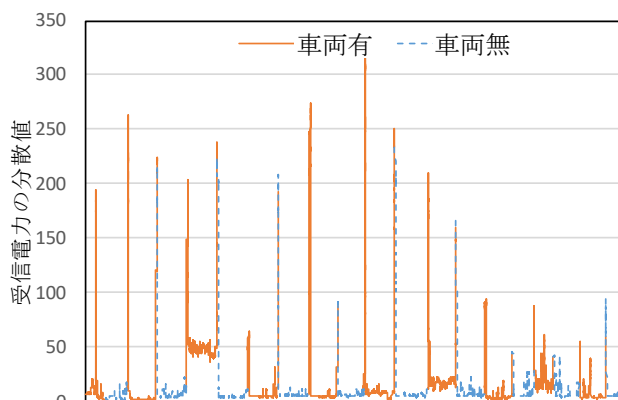


図 4 RSSI の移動分散値 (50 データ)
 Figure 4 RSSI moving variance (50 data)

られる。RSSI の移動平均値と移動分散値を用いた中では、より多くのデータを用いた方が精度高く、今回の環境では50データのRSSIの移動平均値と移動分散値を用いた時に、最も高い精度であった。これはより多くのデータを用いることで、外的要因から受けるノイズの影響を抑制できるためと考えられる。

4.4 外乱の影響

図 1 に示す通り、実験環境で用いた住宅から 9m 先には、鉄道の線路が存在し、実験時には10分に1回の間隔で、両方向に鉄道が走行していた。鉄道車両走行時には自動車と同様に屋内に設置した無線 LAN アクセスポイントから送信される電波に対し反射や散乱が発生し、RSSI の値に影響を与える可能性がある。そこで、4.3 で最も高精度の結果が得られた RSSI の移動平均値と移動分散値 (50 データ) を用いて学習した SVM に対し、鉄道通過時の実験データを入力し、精度評価を行った。正解率・適合率・再現率・F 値を図 6 に示す。今回の環境では無線 LAN アクセスポイントから鉄道車両までの距離は十分に離れており、結果的に駐車場の車両検出精度には大きな乱れはなく、鉄道車両の影響は受けにくかったためと思われる。

5. まとめ

本研究では、駐車場シェアリングサービスの更なる普及に向け、住宅内に設置された家庭向け無線 LAN アクセスポイントから送信されるビーコン信号について、ノートパソコンの RSSI を解析することで、住宅に隣接する駐車場の車両検出を行った。その結果、先行研究とは異なる駐車場で、過去の 50 データの移動平均値と移動分散値、分類器として SVM を用い適合率 94% で車両の有無を検知できることを明らかにした。また、家の前を通過する鉄道の影響は小さいことを明らかにした。本結果と駐車場予約者の位置情報を結びつけることで、不正駐車の見込みが可能となり、不正駐車防止につながると思われる。

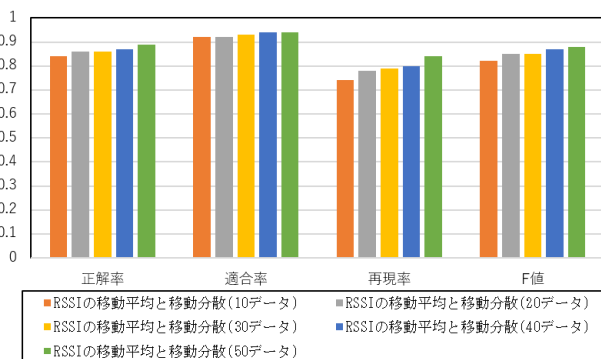


図 5 各データ範囲と検出精度の比較

Figure 5 Detection performance(Range data)

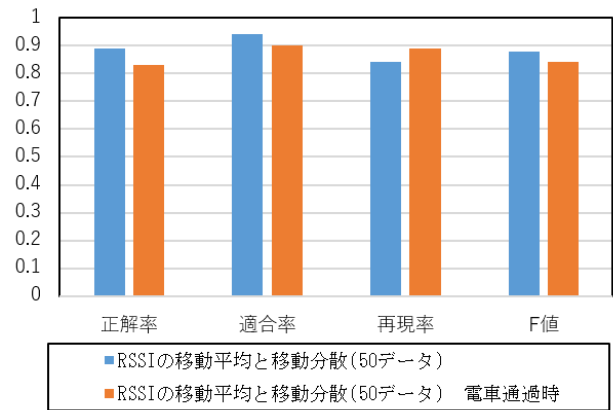


図 6 鉄道通過時の検出精度の比較

Figure 6 Detection performance(Train Passing)

参考文献

- [1] 首相官邸, “シェアリングエコノミー促進室について,” https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/shiaringu/sokushin.html.
- [2] シェアリングエコノミー協会, “シェアリングエコノミー市場調査リリースのお知らせ,” <https://sharing-economy.jp/ja/news/0409/>.
- [3] 鈴木もとこ, 勝間田優樹, 山田暁, “家庭向け無線 LAN 装置を用いた駐車車両センシング技術の検討”, 電気情報通信学会, センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究専門委員会, 2020 年 1 月
- [4] 総務省 情報流通行政局, “ICTによりインテグレーションの実現に関する調査研究,” p. 134, 2018.
- [5] 後藤 昌, “超自然存在による被監視感が主観的幸福度・社会的選好に与える影響:クラウドソーシングを用いた調査から”, 行動経済学会 第 11 回大会, 2017 年 12 月.
- [6] 大槻知明, “電波による見守り技術”, 電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン, No. 41 夏号, pp. 24-28, 2017 年 8 月.
- [7] 奥川 雄一郎, 鈴木 康直, 田島 公博, 山根 宏, “無線 LAN アクセスポイントの電波を用いた人センシング技術の検討”, 電子情報通信学会総合大会, B-4-73, 2008 年 3 月.
- [8] 西 正博, 川口 立朗, 高橋 茂, 吉田 彰顕, “UHF 帯テレビ信号受信波を用いたヒト検知システムの提案”, 電子情報通信学会論文誌 B 通信 Vol.J89-B No. 9 pp.1789-1796, 2006 年 9 月.
- [9] IEEE 802.11 WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS The Working Group for WLAN Standards, <http://www.ieee802.org/11/>.
- [10] Claudio da Silva, “802.11 SENS SG Proposed PAR,” IEEE 802.11-20/0042r2, Jan 2020.
- [11] Debashis Dash, “Sensing SG Proposed CSD Draft,” IEEE 802.11-19/2103r5, Jan 2020.
- [12] Claudio da Silva et. al, “Wi-Fi Sensing: Cooperation and Standard Support,” IEEE802.11-19/1416r0, Sep 2019.
- [13] 村上友規, 大槻信也, 林崇文, 鷹取泰司, 北村和夫, “無線 LAN 電波を活用した鳥獣検知システム”NTT 技術ジャーナル, 2019 年 4 月