

# 無線LAN受信信号強度を用いた鉄筋コンクリート製下水管内における自己位置推定に関する基礎検討

川合健斗<sup>†</sup> 島田彩加<sup>†</sup> 武居悠樹<sup>‡</sup> 石原進<sup>§</sup>

<sup>†</sup> 静岡大学工学部 <sup>‡</sup> 静岡大学大学院総合科学技術研究科  
<sup>§</sup> 静岡大学学術院工学領域

## 1 はじめに

今日、日本の下水管老朽化が深刻な問題となっている [1]. これまでは主に目視, 有線自走ロボットによる下水管検査が行われてきた. これらは下水管内の様子をリアルタイムで確認できるため検査の確実性に優れるが, 人的, 金銭的コストが高い. 近年考案された浮流式舟型カメラによる検査は, 機器の取り回しがしやすく人的, 金銭的コストが従来手法に比べ小さいが, 検査中に管内の映像が確認できず検査の確実性に欠ける.

筆者らは, 低コストで安全に検査が行える舟型カメラの利点を残しつつ, 確実に下水管内を検査する方法として, 無線通信可能なカメラ付き浮流端末に管内を撮影させ, マンホール裏に予め取り付けけたアクセスポイント (AP) を介し映像を回収するシステムを提案している [2]. 本稿では, 実験用鉄筋コンクリート製下水管 (ヒューム管) 内における IEEE 802.11n 無線 LAN 信号の 10cm 単位の受信信号強度 (RSSI) 計測実験から, RSSI に基づく位置推定の可能性について検討する.

## 2 下水管路検査用浮流型無線ネットワークシステム

本システムは図 1 のように無線機器を内蔵したカメラノード, マンホール下に設置されたアクセスポイント (AP), データ集約サーバによって構成される. カメラノードは下水管路を撮影しながら浮流し, AP の通信範囲内に入ると, 撮影した映像データを AP を介しデータ集約サーバへ伝送する. 本システムは検査者が管外から管内の映像を確認できるため, 検査者の負担が少なく, 安価に調査ができるという舟型カメラの利

### Basic Study of Self Localization in Reinforced Concrete Sewer Pipe based on Wireless LAN Received Signal Strength

Kento KAWAI<sup>†</sup>, Ayaka SHIMADA<sup>†</sup>, Yuuki TAKEI<sup>‡</sup> and Susumu ISHIHARA<sup>§</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Engineering, Shizuoka University

<sup>‡</sup> Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

<sup>§</sup> College of Engineering, Academic Institute, Shizuoka University

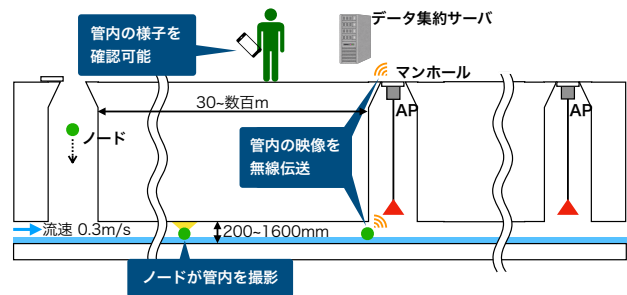


図 1: 下水管路検査用浮流型無線ネットワークシステム



図 2: 実験用 φ250mm ヒューム管

点を残しつつ, 確実な下水管検査を行うことができる.

撮影した映像を利用する下水管簡易検査では, 下水管内の破損箇所を特定するためにノードが撮影した管内の映像データと撮影位置の対応を取ることが重要である. しかしながら, 下水管内では外部からの電波を受信することは困難であるため, GPS を用いた位置推定はできない. そのため, 本稿では AP とノードに新しく装置を取り付けることなく位置推定が可能である RSSI を用いた位置推定手法について検討する.

## 3 スペクトラムアナライザを用いた RSSI 測定実験

下水管内における RSSI に基づく位置推定の可能性を検討するため, スペクトラムアナライザを用いた RSSI 測定実験を行った.

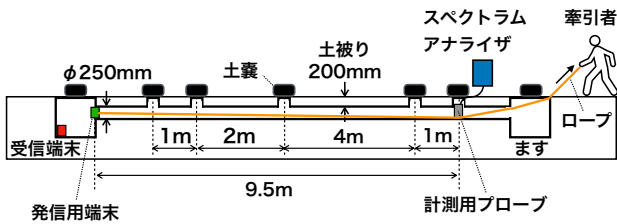


図 3: スペクトラムアナライザを用いた RSSI 測定実験

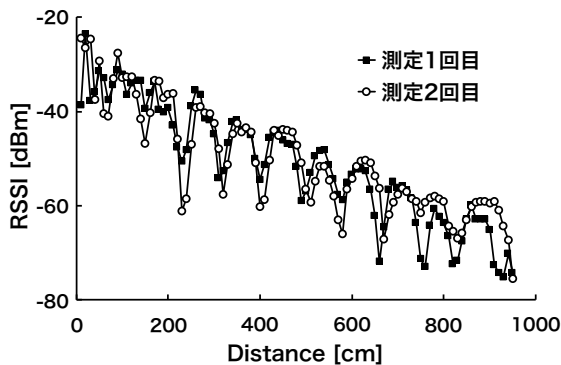


図 4: スペクトラムアナライザで計測した RSSI と端末間距離の関係

### 3.1 実験環境

大学キャンパス内に、延長 14m、 $\phi 250\text{mm}$  のヒューム管を地中 450mm (管底) に設置し、RSSI 測定実験を行った。このヒューム管には複数の開口部があり、1–8m で 1m 単位で端末間距離を変更した測定が容易に行えるように設計されている。管の開口部には蓋と土嚢を被せることで、地中と同等の環境を模擬している。 $\phi 250\text{mm}$  のヒューム管は、塩ビ管普及以前に広く幹線用として敷設されたものである。今回の測定では管内に水は入れていない。

### 3.2 RSSI 測定方法

測定には小型 Linux コンピュータ (Raspberry Pi Model B) に IEEE 802.11n 対応の USB 無線 LAN ドングル (Planex GW-450D) を接続した発信用端末と、電波計測用プローブ (Micronix M306) を接続したスペクトラムアナライザ (Micronix MSA458) を使用した。スペクトラムアナライザを用いた予備実験により、ドングルとプローブを鉛直上向きに向かい合わせて設置した場合は、ドングルとプローブの先端が向かい合うように配置した場合に比べ通信品質が良いことを確認した。そのため、本実験ではドングルとプローブは管底に対し鉛直上向きに設置し実験を行った。

ドングルの設定は、通信規格を IEEE 802.11n、出力はデフォルトのまま、使用チャンネルを中心周波数 5.18GHz、チャンネル幅 20MHz のチャンネルとした。発信するトラフィックはペイロード 1472bytes の UDP パ

ケットとした。受信端末が存在しない場合、発信用端末がパケット送信を中断し、スペクトラムアナライザによる計測ができないため、発信用端末と同じ構成の受信端末を実験管端にあるますの中に設置した。

スペクトラムアナライザの画面表示の設定は中心周波数を 5.18GHz、周波数幅を 100MHz に設定した。本測定は MAX HOLD (計測間隔 10ms、計測回数 128 回) モードで測定した。MAX HOLD モードで測定したスペクトルデータ内の RSSI 最大値を RSSI 実測値とした。発信用端末を籠の中に入れロープで引き、ドングルとプローブ間距離を 10cm 単位で変更し、10–950cm の区間において RSSI を測定した。

### 3.3 測定結果

図 4 のように、スペクトラムアナライザによる RSSI 実測値は端末間距離が 950cm の場合、10cm の場合に比べて 40dBm 程度減少していることが分かる。また、距離とともに明らかな RSSI の増減があるため、ローパスフィルタをかける、もしくは移動平均をとり平滑化した値に基づいて位置推定をする必要があると考えられる。通信端末による RSSI 出力は内部で平滑化処理を行っている場合があり、移動する端末から出力される RSSI は、この結果のような RSSI の振動が隠蔽されることがある [3]。

## 4 まとめと今後の課題

下水管内における位置推定の可能性を検証するため、スペクトラムアナライザによる RSSI 測定実験を行った。その結果から、直接観測される RSSI は距離が離れるにつれて増減を繰り返しながら全体としては減少することを確認できた。RSSI を用いた位置推定をする場合は平滑化処理を行うことが必要であることが分かった。今後、 $\phi 250\text{mm}$  ヒューム管内において、複数種端末の RSSI 測定を行い、スペクトラムアナライザによる RSSI 実測値との間にどの程度差異が生じるか検証していく予定である。

謝辞 本研究は総務省戦略的情報通信開発推進事業 (SCOPE) の助成によるものである。

### 参考文献

- [1] 国土交通省: 下水道 計画的な改築・維持管理, [http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd\\_sewage\\_tk\\_000135.html](http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage_tk_000135.html) (2018/12/17 確認).
- [2] 石原, 武居, 劉, 前田, 澤野: 下水管路検査用浮流型無線ネットワークシステムの実現技術, 情処研報, Vol. 2017–DPS–172, No. 4, pp. 1–8, (2017).
- [3] Y. Takei, Z. Liu, A. Sawano, and S. Ishihara: Accurate position estimation of a drifting wireless LAN communication device in a 200mm-diameter small sewer pipe, In proceedings of The 33rd International Conference on Information Networking, Kuala Lumpur, pp. 19–24, (2019).