

# 250mm 径鉄筋コンクリート製下水管内における 5GHz 浮流無線 LAN 端末の通信性能調査

島田彩加<sup>†</sup> 川合健斗<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

現在，日本では下水道管渠の老朽化が進み，耐用年数である 50 年を超えた管渠は今後急速に増加する [1]．既存の下水管検査には，目視やファイバースコープ，管口カメラ，有線接続のカメラ付きロボットを使用した検査などがある．しかし，これらの手法は時間やコストがかかるため，年間の下水管検査延長は全国の下水管総延長の約 1 % に過ぎない．

そこで筆者らは，小型のカプセルに電波による無線通信が可能な端末，カメラ，センサを搭載した浮流可能なノードを複数下水管に流し，何箇所かのマンホールに一時的に設置したアクセスポイント（AP）を通じて浮流ノードから無線通信によって映像を回収する下水管検査のための省力型浮流型無線ネットワークカメラシステムを提案している [2]．下水管内での無線通信は地上での無線通信よりも通信可能距離が短くなるため，システム実現のために無線端末の管内での通信性能を調べる必要がある．

筆者らはこれまでに，Raspberry Pi Model B に USB 接続の無線 LAN ドングル Planex GW-450D を接続して無線通信端末とし，管内での通信実験を行ってきた．カプセルの実現にあたり，特定の端末以外の下水管内での通信特性を把握する必要がある．本稿では，5GHz 帯 IEEE802.11 を使用するマイコン一体型の無線通信チップ Premier Wave EN（Lantronix 社製）を用いた下水管内でのスループット実測実験の結果を報告する．

## 2 浮流型無線ネットワークカメラシステム

提案システムの概要を図 1 に示す．観測機は下水管内撮影用のカメラと照明，無線電波通信機器，バッテリー等を搭載し，地上にいる作業者によって下水管内

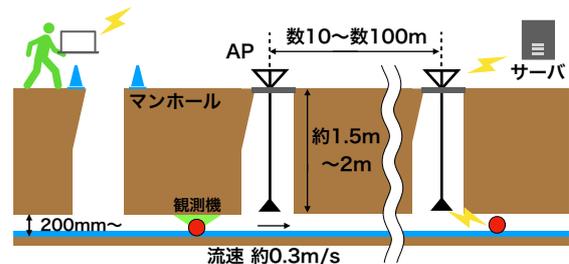


図 1: 浮流型無線ネットワークカメラシステム



図 2: 実験用カプセル

に投入される．観測機は流れながら管内の撮影を行い，数 100m 程度の間隔で設置されている AP の通信範囲内に入ると，観測したデータを送信する．AP は観測機から受信したデータを有線，もしくは無線の通信によってインターネット上のデータ集約サーバに送信する．検査終了後，検査区間の終端で観測機を回収する．

本稿では直径 200mm から 250mm の塩ビ管およびヒューム管を対象とする．多くの自治体で分流型（雨水と汚水を分離して回収）の下水管システムにおける本管として，直径 200mm の塩ビ管と直径 250mm のヒューム管が多く利用されている．ヒューム管は鉄筋コンクリート製で，内部に導体となる直径 5mm 程度の網目状の鉄筋が存在する．

## 3 下水管内での無線通信実験

### 3.1 測定環境と使用機材

実験は大学構内に埋設された直径 250mm のヒューム管と直径 200mm の塩ビ管の 2 種類の簡易実験管で

**Study on communication performance of 5 GHz wireless LAN devices in 250 mm reinforced concrete sewer pipes**

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

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

<sup>‡</sup> Graduate School of Engineering, Shizuoka University

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

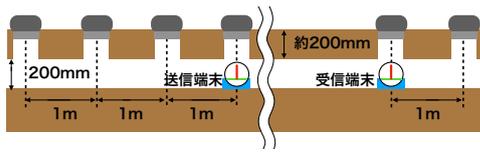


図 3: 塩ビ管でのスループット測定実験

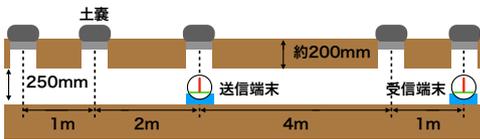


図 4: ヒューム管でのスループット測定実験

行った。ヒューム管には5つの縦穴が設置されており、1番端の縦穴から他の縦穴までの距離は1m, 3m, 7m, 8mである。塩ビ管には1m間隔で縦穴がある。ヒューム管は管底約450mm, 塩ビ管は管底約400mmの位置に埋設されている。

無線通信機器にはマイコン搭載組み込み用無線通信チップ Premier Wave EN を使用した。このデバイスは大きさが約 30 × 55mm と小型であり、5GHz 帯 IEEE802.11 が動作する。Premier Wave EN と専用アンテナ、単三電池 4 本が接続された基盤を直径約 12cm のカプセルに入れている (図 2)。送信電力は 10mW に設定し、通信には中心周端数 5.18GHz, 幅 20MHz のチャンネル (W52 帯, 36ch) を単独で使用した。送信データレートは設定を試みた中で最大の 36Mbps(16QAM 変調, 符号化率 1/2) とした。今回の結果と比較を行った無線 LAN ドングル Planex GW-450D の送信データレートも、設定できる最大の 65.0Mbps(64-QAM 変調, 符号化率 5/6) である。

2 台の端末をアンテナ長の中心が管の中央と同じ高さになるよう調節して管内に配置し、iPerf[3] を用いてスループットを測定した。端末を設置し、縦穴の蓋を閉じて土嚢を置き 12 秒の UDP 通信を 10 回行いスループットを 1m ごと測定した (図 3, 4)。また、今回の実験は管内に水は入っていない。

### 3.2 実験結果と考察

ヒューム管及び塩ビ管で行ったスループット測定実験の結果と今までの研究で測定した無線 LAN ドングル Planex GW-450D での測定結果を図 5 に示す。塩ビ管では 6m 以降通信が途絶え、ヒューム管では 9m で通信が不可能となった。しかし、8m までスループットがほぼ下がらずに 13Mbps 前後の値を保って通信できている。塩ビ管は塩化ビニル樹脂で構成されているのに対し、ヒューム管の管壁内には導体である鉄筋が存在する。また、両管には直径に 50mm の差がある。無線電波通信において通信の見通しを確保するために

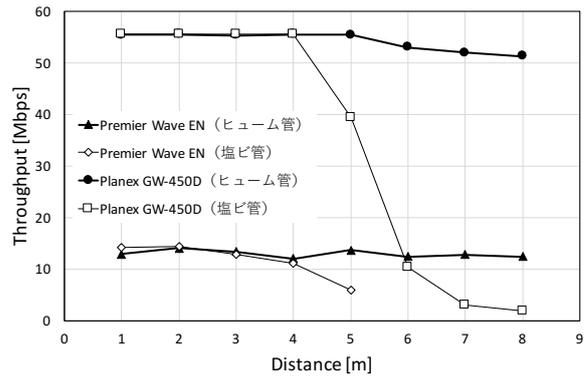


図 5: ヒューム管と塩ビ管での各端末のスループット

は、通信を行う 2 つのアンテナ間に、電波伝搬の障害物がない空間が必要である。この空間はフレネルゾーンと呼ばれ、距離に応じてフレネルゾーンは大きくなる。そのため直径に差がある 2 つの管の通信可能距離に差が生じたと考えられる。

以上より、φ 250mm ヒューム管を検査する場合、1 つの観測機が 1 つの AP へ送信可能なデータ量は 60Mbytes 程度と見込まれる。傾斜のある模擬下水管で水流を再現して流速を測定したところ、約 0.3m/s となることが分かっている。今回の結果から 1 つの AP の前後 8m で通信が可能のため、53 秒間通信ができる見込みである。したがって、1 つの観測機が 1 つの AP へ約 10Mbps で通信すると送信可能なデータ量は約 60Mbytes 程度であると見込まれる。GW-450D の結果と比較すると、スループットは両管において全体的に 5 分の 1 程度であるが、ヒューム管ではどちらのデバイスも 8m 以上通信できることがわかった。

## 4 まとめ

下水管内のための浮流型無線ネットワークカメラシステムの観測機カプセルの小型化を検討するため、Lantronix 製の Premier Wave EN を使用した下水管内でのスループット実測実験を行い、φ 250mm ヒューム管では 8m まで 13Mbps の送信レートと同程度のスループットで無線通信が可能ということが分かった。この結果からヒューム管の検査の場合、1 つの観測機が 1 つの AP へ送信可能なデータ量は 60Mbyte 程度が見込まれる。

## 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). (2019/1/9 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カメラシステムの実現技術, 情報処理学会研究報告, Vol. 2017-DPS-172, No. 4, pp. 1-9 (2017).
- [3] iPerf, <https://iperf.fr>. (2019/1/9 確認).