

地下構造物の電波伝搬モデリングに関する一検討

A Study of Radio Propagation Modeling for Underground Structure

島田 一規[†] 片岡 佑輔[†] 宮地 龍功[†] 富里 繁[†] 照日 繁^{††} 上原 一浩[†]
 Kazuki Shimada Yusuke Kataoka Ryuku Miyachi Shigeru Tomisato Shigeru Teruhi Kazuhiro Uehara

[†]岡山大学大学院自然科学研究科
 Okayama University

^{††}NTT 未来ねっと研究所
 NTT Network Innovation Laboratories

1. まえがき

地下には水道管のようなインフラ構造物があり、それらの老朽化が進行しているため、センサを活用することにより長期にわたって信頼性の高い社会インフラの維持管理技術を確立する必要がある。このため、水道管の状態をバルブボックス (BB) の中に設置したセンサ端末から無線通信を利用して監視する、新たな IoT/M2M サービスが考えられている。そこで本検討では、この無線システム設計において重要となる地下構造物からの電波伝搬特性[1]-[3]を解明するため、実環境で実測評価を行ったので報告する。

2. 実験の概要と結果

一般に BB の側壁素材は、鋳鉄、レジンコンクリート、鉄筋コンクリートが用いられているため、この3種類についての実験結果を図1に示す。なお、周波数は920MHz帯、送信アンテナは地下25cm、受信アンテナは地表から1.2mに設置し、BBの蓋は鋳鉄である。

本システムにおいて、BB内から受信アンテナまでの電波伝送路は何通りも考えられ、それらの合成波が受信される。主要な伝送路としては図2に示す伝送路が想定される。

図1から、距離が約5~10m以下までは素材に応じて伝搬損失が大きく異なっているが、それ以上では素材による違いが小さく、距離ごとの伝搬損失の値が自由空間伝搬損失よりも約60dB大きな値となっている。この結果より、近距離では図2における透過波 E_1 が、遠距離では図2における二次放射波 E_4 が支配的であるという仮説が考えられる[4]。

3. 支配的伝送路に関する幾何光学的検討

地下から地上へ電波が透過する際に全反射が起こり、距離 d が5~10m以上の遠距離では、図2に示す E_1 の経路による電波が届かなくなる場合があると予想され、これを検証する。

まず図3に示すように、水道管、BB、地表のアスファルトの影響を無視し、空気と土から成る理想的な半空間を考え、その境界における屈折現象を考える。電波が土から空気に入射する場合、入射角が約35度で全反射となり、透過波は存在せず、図2における E_1 は受信機に到来しなくなる。次に、空気とアスファルトから成る理想的な半空間として考えた場合には、同様に臨界角の計算より、入射角が約25度で全反射となる。これら幾何光学的な臨界角の計算から、図3の透過波が受信機に届く最大距離 d は数mとなる。ここで、媒質定数について、土は $\epsilon_r=3.0$ 、アスファルトは $\epsilon_r=5.7$ とした。

以上の検討結果は、図1に示す実験結果とも傾向が良く一致しており、 E_1 が到来しなくなる距離が約5~10mの範囲に存在するため、その距離でブレイクポイントになり、それ以上の距離では E_4 が支配的に受信されているものと推察される。

4. まとめ

伝搬実験の結果、及び境界における透過波の幾何光学的検討結果より、支配的伝送路が変わるブレイクポイントが存在する原因を明らかにした。今後、蓋での二次放射等の現象を含め、更に詳細な伝搬メカニズムを解明していく。

謝辞 本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP「社会インフラ(地下構造物)のセンシングデータ収集・伝送技術及び処理技術の研究開発」(管理法人:JST)によって実施された。<参考文献>

- [1]吉岡他, 電子情報通信学会, 2009 総合大会, B-5-139, Mar. 2009.
- [2]小林他, 電子情報通信学会, 2016 総合大会, B-18-49, Mar. 2016.
- [3]照日他, 電子情報通信学会, 2016 総合大会, B-18-54, Mar. 2016.
- [4]島田他, IEEE 広島支部, 第19回 HISS, Dec. 2017.

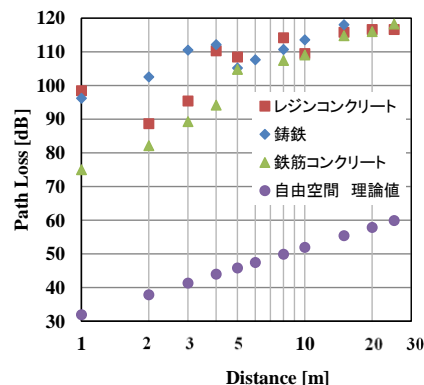


図1 各バルブボックス素材の伝搬損失距離特性

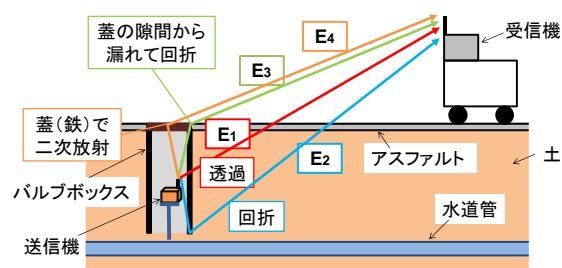


図2 想定される伝送路

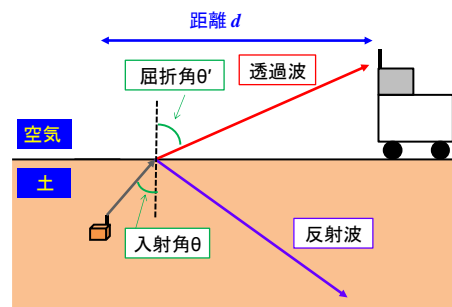


図3 透過波の屈折現象