

漏洩同軸ケーブルを利用した環境センシングへの応用に関する実験的研究

東京大学

学生会員 ○福家 佑

フェロー 藤野 陽三

正会員 長山 智則

学生会員 水谷 司

三菱電機 (株)

正会員 平位 隆史

正会員 猪又 憲治

1. 研究背景と目的

大雨による土砂災害により鉄道が数時間にわたり列車の運休を余儀なくされる例が近年たびたび見られているように、鉄道における降雨災害の低減は大きな課題である。しかし、鉄道会社が設置している雨量計は密ではなく、気象庁のレーダー計測も解像度が荒く、豪雨発生時において十分な情報は得られない。そこで、本研究では、新幹線全線に既設の漏洩同軸ケーブル (LCX=Leaky Coaxial cable, 以下 LCX ケーブル) に着目する。LCX ケーブルとはケーブル上に故意にあげたスロットからの漏洩電波によって通信を行うケーブルであり、既往研究として送受信 2 本のケーブルを用いて漏洩電波の変化によってケーブル間の人物検知を行えることが確認されている¹⁾。本研究では、降雨による漏洩電波の変化を計測することで雨量センサーとしての基礎的性質を実験によって明らかにする。LCX ケーブルの雨量センシングへの応用に関する研究として、長谷川は、ケーブルに直接水滴が当たることで、複素受信信号の高周波成分が変化することを明らかにしている²⁾。本研究では、信号の低周波成分の変化に着目して降雨計測をすることを目的とする。

2. キャリブレーション

複素受信信号の低周波成分の変化を見るために、まず解析器の温度特性などを除去するためのキャリブレーションを行った。具体的には、T 分岐と抵抗器を LCX ケーブルと解析器の間に挿入した。LCX 始点手前 50 m 地点に T 分岐を挿入し、送受間を 100dB の抵抗器で接続、つまり、意図的に送受間に漏れを発生させ、これを振幅・位相基準としてキャリブレーションすることとした。

3. 実験方法と実験ケース

図 1 に示すように、降雨が受信電波に影響を与えうる要因として、地面の含水状況に依存する反射波・地面とケーブルを固定しているコンクリートの含水によって伝播する表面波・LCX ケーブル周りの水滴付着状況の 3 つが考えられる。本研究では、図 1 のような状況で 3 m の LCX ケーブルを 2 本 (送信側と受信側) 用いて、各種条件下における受信電波の変化を計測し、上記 3 要素の影響を定性的に明らかにした。具体的には、反射波の影響を想定した LCX ケーブル間の地面のみ散水して濡らす実験、表面波の影響を想定した地面とケーブルを固定しているコンクリートブリックを濡らす実験、LCX ケーブルを中空で固定した状態における空中からの人工散水実験と LCX ケーブルをコンクリートブロック上で固定した状態における空中からの人工散水実験を行い、自然降雨時の受信電波の変化とそれぞれ比較した。実験装置は東京大学工学部 1 号館屋上に設置した。

4. 複素受信信号の受信強度と移動距離

得られた複素受信信号の低周波成分を見るための信号処理として、図 2 に示すように複素平面上での受信信号の経時変化に対して受信強度と移動距離の変化を抽出した。ここで、原点からの距離を受信強度、ローパスフィルタ処理した複素受信信号が 5 分間で複素平面上に描く線の長さを移動距離と定義した。

5. 実験結果

地面のみ散水した際の受信強度・移動距離は共に変化がなかった。従って、反射波が受信信号の受信強度・移動距離に与える影響はほとんどないことがわかった。次に、地面と

キーワード 雨量計測, LCX, 複素信号

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL 03-5841-6099

コンクリートブロックを濡らしたときの受信信号の変化を見ると、移動距離にはほとんど変化が見られない一方で、受信強度は減少していることがわかった。最後に、人工散水実験の結果（図 3）から、散水量の増加に伴って受信強度・移動距離が共に増加することがわかった。さらに、人工散水終了後 1 時間程度かけて受信強度が減少していくことから LCX ケーブル周りの水滴付着量が減少すると受信強度が減少することがわかった。以上の結果をまとめると表 1 のようになった。

6. 自然降雨計測

2008 年 1 月 12 日に自然降雨を計測したところ、受信強度は減少し、移動距離は増加していた。この日 LCX ケーブルはコンクリートブロック上に固定されていたので、人工散水実験結果と照らし合わせると、受信強度が減少した原因は表面波、移動距離が増加した原因は LCX ケーブル周りの水滴付着量と考えられる。

7. まとめ

LCX ケーブルを雨量センサーとして応用するためには、降雨による影響を定量化しなければいけない。そこで、人工散水実験と自然降雨計測で得られた定性的解釈をもとに、その影響を定量化する作業が今後の課題である。具体的には、LCX ケーブルの固定状況に依存した表面波の影響と降雨量の相関を定量化することと、LCX ケーブル周りの水滴付着量と降雨量の相関を定量化することである。

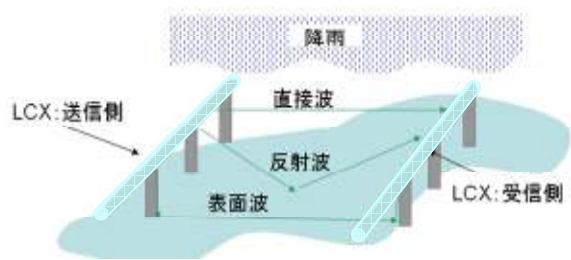


図 1 降雨が LCX 受信電波に与える影響

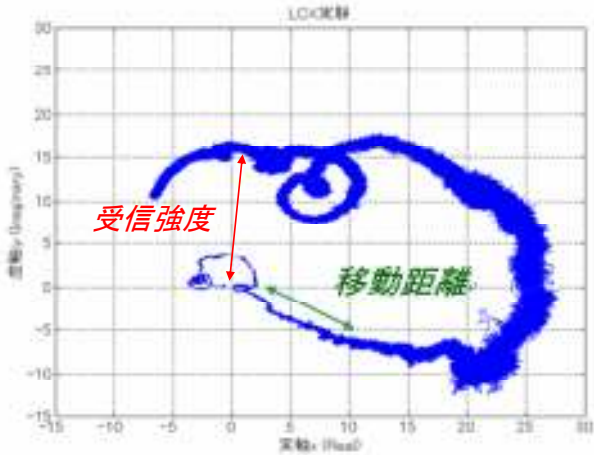


図 2 複素受信信号の複素平面表示（24 時間分）

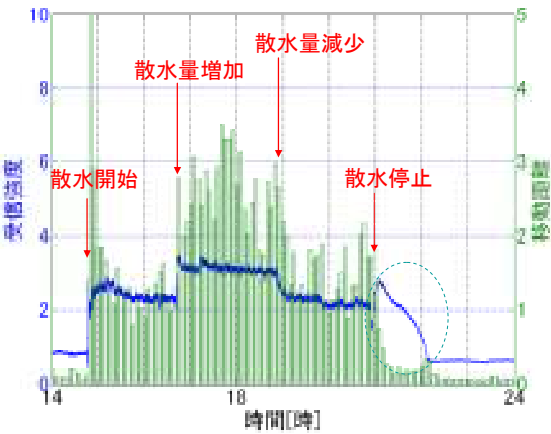


図 3 中空固定状況下での人工散水実験結果

表 1 3 要素が受信強度・移動距離に与える影響

	受信強度	移動距離
反射波	ほぼ変化なし	ほぼ変化なし
表面波 ↗	↘	ほぼ変化なし
LCXケーブル周り の水滴状況 ↗	↗	↗

謝辞

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構 CREST「先進的統合センシング」の一環として行ったものである。

参考文献

【1】 猪又 憲治，合澤 直喜，平位 隆史，鷲見 和彦：漏洩同軸ケーブルを用いた物体センシング，電気学会研究会資料 IM-07-21, Sep 2007

【2】 長谷川 信幸：鉄道既設の漏洩同軸ケーブルを活用した降雨計測手法の基礎的研究，東京大学工学系研究科社会基盤学専攻橋梁研究室修士論文，Mar 2007