

様 式 C - 1 9、F - 1 9 - 1、Z - 1 9 （共通）

科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 6 年 5 月 21 日現在

機関番号：57403

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K13975

研究課題名（和文）水道電界通信を用いた断水検出システムの構築に関する検討 - 水道網の電気等価回路化 -

研究課題名（英文）Study on Construction of Water Shutoff Detection System Using Electric Field Communication for Water Supply -Electrical Equivalent Circuit of Water Supply Network-.

研究代表者

芳野 裕樹 (Yoshino, Yuki)

熊本高等専門学校・電子情報システム工学系TEグループ・講師

研究者番号：30707914

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、断水検出システムに用いる水道電界通信における水道網の伝送特性を明らかにするための等価回路化を目的としており、各条件を実験及び電磁界数値計算によって検討した。検討の結果、流水速度による伝送特性への影響は非常に小さく、静止した状態の水のみを想定して水道電界通信に関する検討を行えること、水道中に土砂が混じった場合に水のみの場合とは明確な受信電圧の差が表れること、水道の形状による伝送特性への影響は、送受信端末間に存在する水道管の長さの影響が支配的であることを明らかにした。また、送受信端末間のSパラメータを用いて水道電界通信の等価回路化を行い、実験と比較して結果が妥当であることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の研究成果によって、水道を伝送路とした場合の伝送特性や水道管の形状や水量、異物の混入、流水速度などの各条件が伝送特性にどのような影響を与えるのか明らかにすることができ、学術的意義があったものと思われる。これにより水道電界通信を用いた断水検出システムの構築に必要な種々の条件における伝送特性を電磁界数値計算によって検討できるようになった。今回の研究成果を用いることで、研究目的であった水道電界通信による断水検出システムの社会実装の他にも、スマート水道メータと組み合わせた水道使用量把握による高齢者・要介護者の状況把握にも応用が可能と思われる、社会的意義があったものと思われる。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to develop an equivalent circuit for a water supply network. The results of the study showed that the effect of the velocity of flowing water on the transmission characteristics is very small, and that it is possible to conduct a study on electric field communication in waterworks assuming only stationary water, and that a clear difference in received voltage is observed when sediment is mixed in the waterway compared to when only water is present. It was also clarified that the dominant influence on transmission characteristics due to the shape of the waterway is the length of the water pipe that exists between the transmitting and receiving terminals. The S-parameters between the transmitting and receiving terminals were used to create an equivalent circuit for the waterworks electric field communication, and the results were compared with the experiment to confirm the validity of the results.

研究分野：EMC

キーワード：災害対策 EMC 電磁界数値計算

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

1．研究開始当初の背景

震災などによる災害時、水道管の破損による漏水と、それに伴う断水が発生する場合がある。現在、水道事業者がこれらを検出するためには担当者が現地に赴いて水道メーターの確認などを行う必要があり、迅速な情報収集の妨げとなっている。申請者は災害時の早期復旧を目的とし、水道メーターから取得した情報を室内無線 LAN およびインターネット経由で水道事業者へ自動送信する IoT 断水検出システムに関する研究グループに所属しており、その中で水道を通信経路として利用して室外の水道メーターと室内無線 LAN を接続する水道電界通信に関する検討を担当している。これが実現すれば、新たに大規模な工事が必要な有線接続や、建物の壁の材質や厚さに通信状況が影響を受ける無線接続を用いず、水道網のみを用いて水道メーターと室内無線 LAN を接続できる。

2．研究の目的

本検討では水道電界通信の実現のため、これまで検討されていなかった水道の伝送特性を明らかにし、水道網の電氣的等価回路を作成することを目的とする。水道の等価回路を作成できれば、各所に存在している水道を通信経路として利用可能になり、有線通信や無線通信では困難な状況における新たな通信手法を確立できる。

3．研究の方法

(1) 水道水の流水速度の影響

通常、水道網の末端である建築物の水道は、静水（蛇口を捻らない）、流水（蛇口を捻る、または漏水）、断水の3つの状態が考えられる。つまり長時間通信路が確立しない＝漏水または断水の可能性があるということであり、漏水や断水の検出のために重要な情報となるため、図1に示すような装置を用いて受信電圧の変化を測定し、流水速度による影響を明らかにする。

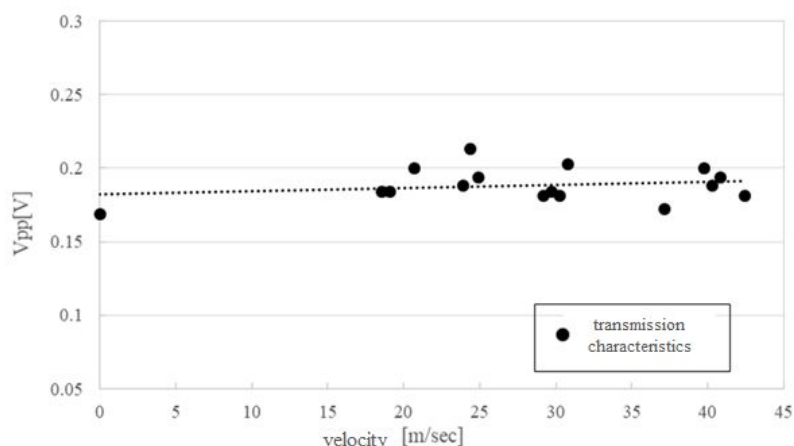
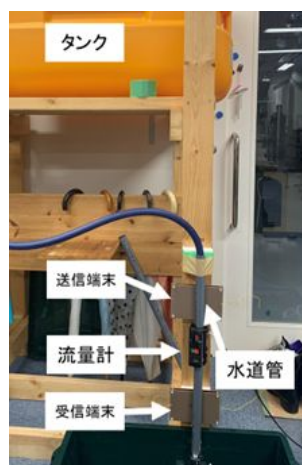


図1 水道水の流水速度による受信電圧への影響

(2) 水道中に土砂などの異物が混入した場合の影響

災害時には水道に土砂などの異物が混入する場合が考えられるため、水道管内を図2の(A)-(E)に示した条件に設定し、各条件における受信電圧への影響を明らかにする。

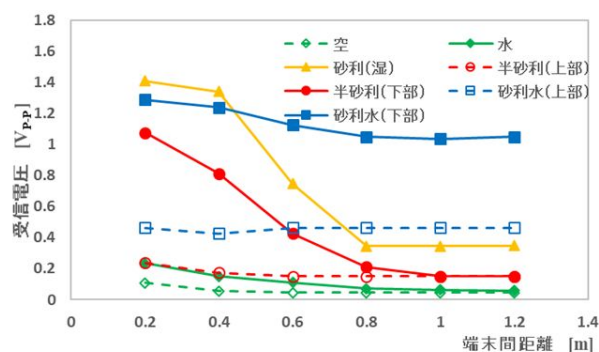
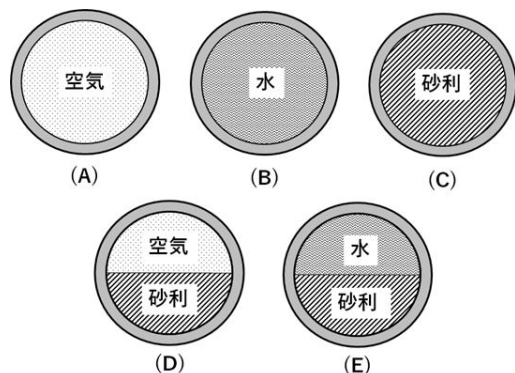


図2 水道管内の異物による受信電圧への影響

(3) 水道の形状による影響

図3に示すように水道網の形状をI型、L型、T型の3パターンに分類し、各条件において実験およびFDTD法による数値計算(使用ソフトウェア: sim4life)による検討を行い、両結果を比較する。

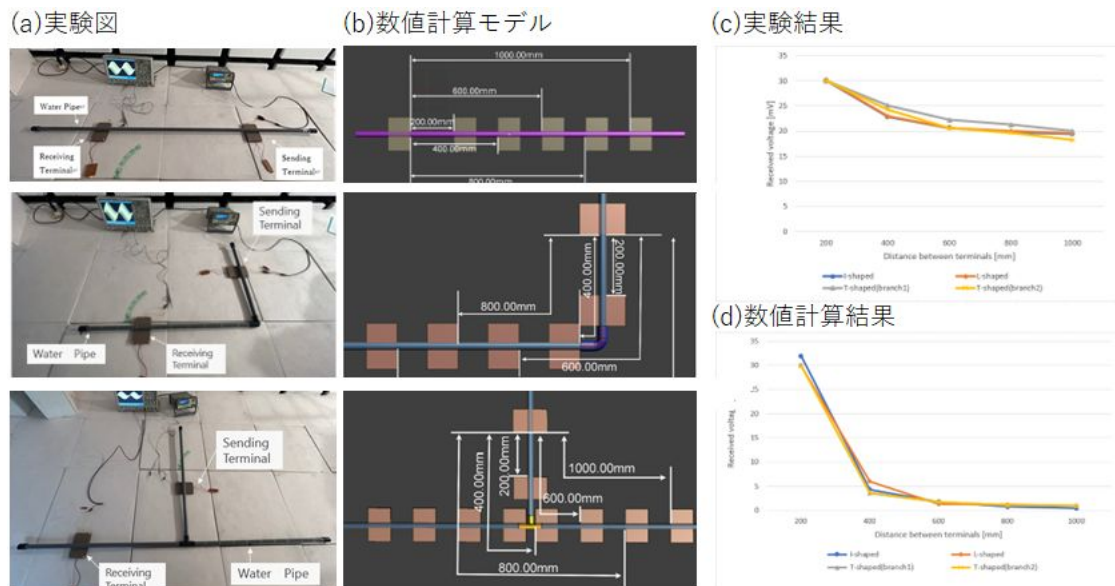


図3 水道管の各形状 (I型、L型、T型) による受信電圧への影響。

(4) 水道電界通信の等価回路化

土砂が混じっていない静止した水の条件について、図4(a)(b)に示すようなI型の水道管の電磁界分布・受信電圧への影響をFDTD法による電磁界数値計算及び等価回路化を行う。

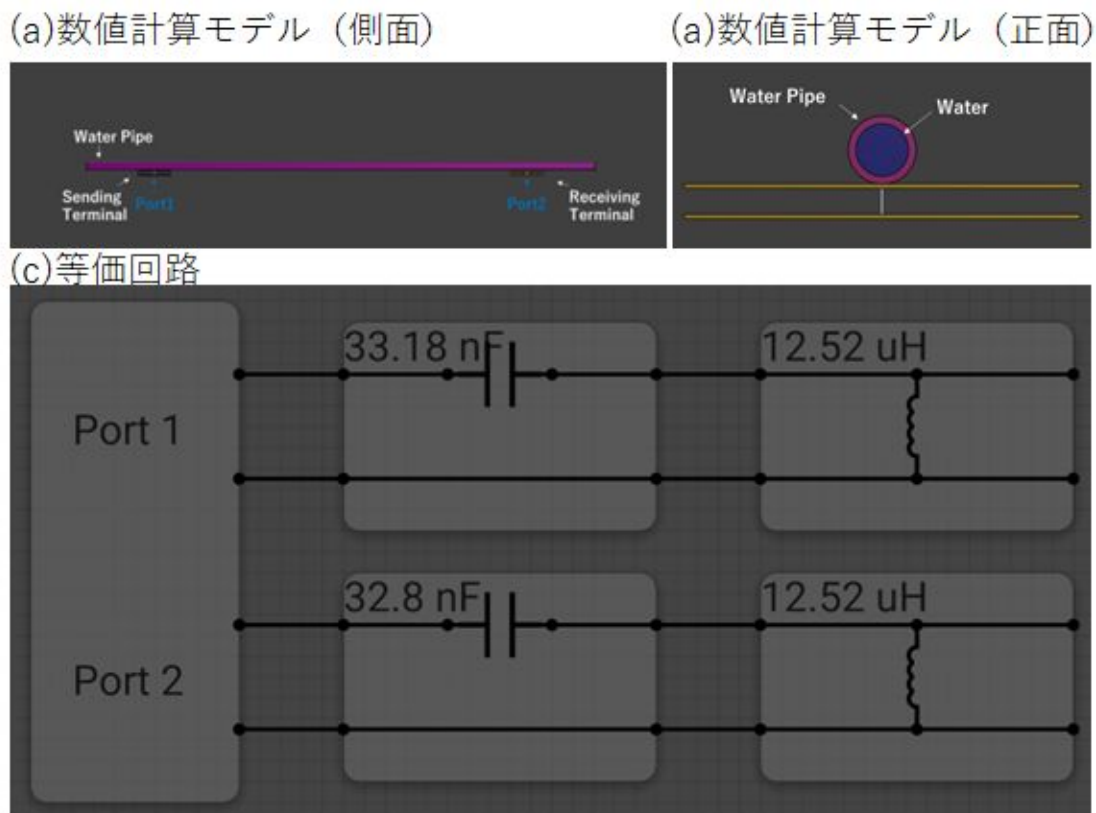


図4 水道電界通信の数値計算モデルと等価回路

4. 研究成果

研究計画に従い、水道水の流水速度による伝送特性への影響、土砂などの異物が混入した場合の影響、水道の形状による影響を検討した。その結果、流水速度による伝送特性への影響は非常に小さく、静止した状態の水のみを想定して水道電界通信に関する検討を行えること、水道中に土

砂が混じった場合に水の場合とは明確な受信電圧の差が表れること、水道の形状による伝送特性への影響は、送受信端末間に存在する水道管の長さの影響が支配的であることを明らかにした。また、妥当性を確認した数値計算結果を用いて、土砂が混じっていない静止した水をI型の水道管を入れた条件における水道電界通信の等価回路化を行い、実験と比較して結果が妥当であることを確認した。これらの検討から、水道を伝送路とした場合の伝送特性や水道管の形状や水量、異物の混入、流水速度による影響を明らかにし、数値計算によって水道電界通信を用いた断水検出システムの構築に必要な種々の条件における伝送特性を電磁界数値計算による等価回路化によって検討できるようになった。これらの成果をまとめ、国際学会および論文によって対外的に発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 K. Kishida and Y. Yoshino	4. 巻 -
2. 論文標題 STUDY ON THE INFLUENCE OF WATER PIPE GEOMETRY ON ELECTRIC FIELD COMMUNICATION USING AQUEDUCT	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters, Part B: Applications/ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 K. Kishida and Y. Yoshino	4. 巻 Volume14
2. 論文標題 A STUDY ON THE VALIDITY OF CREATING EQUIVALENT CIRCUITS IN ELECTRIC FIELD COMMUNICATION USING AQUEDUCT	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters, Part B: Applications/ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 907-915
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24507/icicelb.14.09.907	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Y. Yoshino and H. Kuwazuru	4. 巻 Volume11
2. 論文標題 Detection of Inflow Sediment in Water for Electric Field Communication Using Aqueduct	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters, Part B: Applications/ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 525-530
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24507/icicelb.11.06.52	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Y. Yoshino and M. Murashima	4. 巻 Volume 9
2. 論文標題 Development of Electric Field Communication Device Using Aqueduct	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters, Part B: Applications/ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 585-589
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24507/icicelb.09.06.585	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 K. Kishida and Y. yoshino
2. 発表標題 STUDY ON THE INFLUENCE OF WATER PIPE GEOMETRY ON ELECTRIC FIELD COMMUNICATION USING AQUEDUCT
3. 学会等名 17th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Kishida and Y. yoshino
2. 発表標題 A Study on the Validity of Creating Equivalent Circuits in Electric Field Communication Using Aqueduct
3. 学会等名 16th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芳野裕樹, 岸田晃太郎, 濱松亨, 中村夕也
2. 発表標題 FDTD法を用いた数値計算による水道電界通信の受信電圧の測定に関する検討
3. 学会等名 2023電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Yoshino and H. Kuwazuru
2. 発表標題 Detection of Inflow Sediment in Water for Electric Field Communication Using Aqueduct
3. 学会等名 14th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鍬釣 一, 芳野 裕樹
2. 発表標題 水道電界通信を用いた流入土砂検出に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------