

## 電波強度を用いた内水氾濫検知手法

柴田 悠太<sup>†</sup> 清原 良三<sup>‡</sup>神奈川県工科大学情報学部情報工学科<sup>†</sup>

## 1.はじめに

地球温暖化による集中豪雨の影響により河川の氾濫が増加している。また、急激な都市化により、大地が水を貯えることができないのも原因である[1]。

河川の氾濫への対策が進んでおり、堤防の作成や、川の形を変えるなど、対策を行っている。さらに、堤防を越えて水があふれだした場合の予備の堤防である二線堤の建造や、一部地域の保護を目的とした堤防である輪中堤が存在する[2]。しかし、集中豪雨では河川の氾濫のほかに、用水路や下水道などで内水氾濫が起きている。

そこで本論文では内水氾濫への対策を、電波強度が水に影響を受ける特性を利用し、市販の通信機器のみで設置が容易な氾濫検知手法を提案する。

## 2.豪雨時の行動判断の課題

豪雨による災害が予想される場合には、強い雨により視界がふさがれるうえ、内水氾濫による道路の冠水により避難が困難になるといったことが起こるため、早めの段階での避難が呼びかけられている。そのためには自己判断が重要である。個人が入手できる情報にはニュースや SNS、目視が有効であるが、ニュースや SNS では周辺情報が得られにくく、目視のために外に出ることは危険性が高い。

農家が自身の田畑の状態を確認する行動は、田畑での内水氾濫や農業用水路の増水による危険が伴う。河川の状態はインターネット上で確認することが求められるが、田畑周辺の状態は、カメラなどが取り付けられていない限り確認することができない。課題を解決するため、内水氾濫を検知する小型で安価な水位計の開発が行われている。しかし、内水氾濫を農地やその他水路で利用するには、水位計と通信機器でコストがかかる。

## 3 内水氾濫検知のシステム構成

継続的な利用のため、水に濡れないようにカバーを施した通信モジュールが水中に沈むことで、電波強度の低下が起きる。さらに、水面での通信は不安定であることから、通信モジュール同士の距離を離して通信をすることで水没すると通信が途絶えることが考えられる。したがって、通信途絶で氾濫が発生した

と判断する。提案手法の流れを図 1 に示す。データ計測部で電波強度を取得し、データ集計部で通信モジュールから送られてきた電波強度を、データ処理を行うためのデータベースに送る。そのため、データ集計部のノードは氾濫時利用可能である必要がある。それゆえ、データ集計部の通信モジュールは地面から離れた場所に設置する必要がある。

想定する氾濫検知ネットワークの構成例を図 2 に示す。データ計測部とデータ集計部からなる。厚生部間を繋ぐ部分(以後重要ノードと示す)は氾濫時、通信を確実にできる必要がある。重要ノードの利用ができなくなった場合、データ計測部の電波強度のデータが利用できなくなり、氾濫検知ができなくなる。さらに、水面上で 10m の距離では構成したデータ計測部で通信を行う際、ノードが一斉に通信途絶を引き起こす可能性がある。

そのため、氾濫時に利用可能な重要ノードで通信を行い氾濫の検知をする。重要ノードを複数用意することで、重要ノードの通信の信頼性をあげることが可能であるが、設置コストが上がるため、1 基の信頼性をあげることによって解決を図る。重要ノードでは通信を安定させるため、ノード間の距離を短くする。よって、氾濫検知に利用する 10m の通信距離と電波強度のデータが変わってくるため、重要ノードの部分にあたるデータ計測部の通信モジュールでは、氾濫検知に用いる電波強度を取得せず、データ集計部へのデータ送信のみを行う。

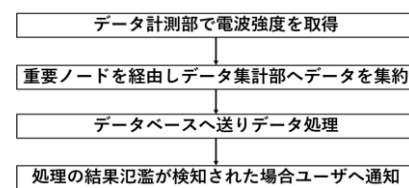


図 1 提案手法の流れ

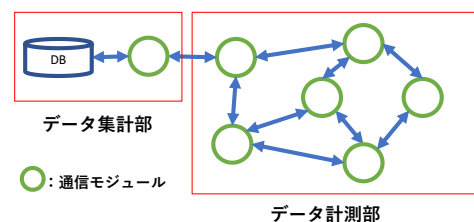


図 2 氾濫検知ネットワーク

#### 4 氾濫検知アルゴリズム

氾濫検知とする条件は、通信モジュールとの通信途絶が起きた場合である。しかし、10m の距離で利用する場合、電波強度は不安定になり、氾濫が起こっていない場合でも通信途絶が発生することがある。通信の不安定さによる通信途絶である外れ値による氾濫の誤検知を減らすためには氾濫の基準である通信途絶を連続で発生した場合とし、連続回数に閾値を設ける必要があるが、閾値を大きくすることで実際には氾濫が発生しているにも関わらず、氾濫していないと判断される恐れがある。提案手法は、氾濫が起きていないときに氾濫と検知する場合はユーザに人的被害は出ないものの、氾濫が起きているときに氾濫を検知できない場合、氾濫に気づくことができず人的被害がでる。そこで閾値を大きくせず、氾濫とみなすこととする。また氾濫状態の終息をユーザに示す必要がある。

一方、氾濫後は氾濫が終息した後も周辺に水が残っているなどの危険性や水面変動による一時的な通信の回復である可能性がある。そのため、氾濫の検知に必要な連続回数よりも大きい閾値にすることで安全性を確保する。複数の予備実験データに基づき5秒ごとに電波強度を取得し氾濫検知の閾値に5個分、終息通知には電波強度10個分のデータを用いたが、実際の利用環境と電波強度の取得間隔に合わせた閾値の設定が必要となる。

#### 5 擬似的氾濫実験

##### 5.1 重要ノードの氾濫時通信検証

本論文では前提として隠れ端末問題が起きないよう間欠通信が制御されている状態での利用を想定して通信モジュール間の1対1での通信を行う。水面から10cmの位置に水没させる機器をセットし、1m上に通信モジュールをセットして重要ノードの2つのモジュールが氾濫時、データ集計部で通信ができるか検証した。実験結果を図3に示す。横軸が計測の経過時間、左縦軸が電波強度、右縦軸がパケットを送れた割合、①がパケットを送れた割合の計測値、②が電波強度である、電波強度の計測後300秒付近で通信モジュールは水没した。しかし、電波強度の変化が小さい。通信機器自体は水没していたものの、カバーに利用していた袋は完全に水没しておらず通

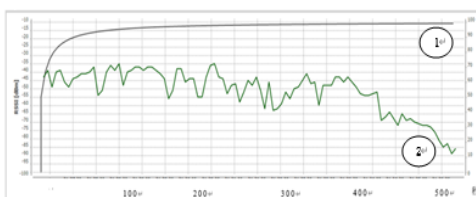


図3 重要ノードの水位変化による電波強度の変化

信モジュール同士の間に入らなかったことが原因と考えられる。425秒付近でカバーの袋も水中に浸かり、電波強度の低下が始まった。400秒以降電波強度が低下し続けることから水位のさらなる増加により、通信が不能となる可能性があることから長時間の利用はできないことがわかった。しかし、最終的にデータ計測部の通信モジュールは水中20cmの場所にあったが問題なく通信を行うことができたため氾濫検知のデータ収集に十分な時間を設けられた。

##### 5.2 氾濫検知検証

河川で通信モジュール間の距離10m、水面からの距離10cmの位置で水面同士の通信をした。通信モジュールの計測する高さを変化させることで擬似的な水位変化を生じさせた。片方の通信モジュールを350秒までの間、水面からの距離0cmの位置に下げ、通信を行いその後、水中に沈め、450秒を経過した際に、通信の復帰が可能であることを確認するため再び水面から10cmの高さに戻すことで、擬似的に氾濫の流れを再現した。結果を図3と同様に図4に示す。350秒経過後、通信モジュールを水中へ水没させることで通信の途絶が発生し、10mの距離で利用する場合、水中との通信は不可能であることがわかった。ゆえに、氾濫の発生を通信の途絶で検知することは可能である。

#### 6 まとめ

小規模な自治体や個人が必要な場所で内水氾濫を検知するには、市販の通信モジュールで容易に行える必要があるため設置や利用のしやすさが必要であった。本論文では電波強度が水に影響を受ける特性を利用し、市販の通信モジュールのみで設置が容易な氾濫検知手法を提案した。水面上で10m離れた距離で通信を行うことができ、側溝での利用が可能であることがわかった。しかし、通信が不安定であることから安定してデータを取得するためデータの取得間隔をひろげている。ゆえに氾濫検知のリアルタイム性が損なわれる問題があった。今後実環境での実用実験の実施をする必要がある。

#### 参考文献

- [1] 国土交通省：河川の取り組み
- [2] 国土交通省 東北地方整備局：最上川電子大辞典
- [3] 国土交通省：～下水道による内水氾濫対策～
- [4] PressWalker：ハザードマップの整備・公開はわずか1割未満 都市部に頻発する内水氾濫とは？



図4 計測グラフ