

防災重点溜め池群広域水位監視システムの電源と設置地点の検討 Study of Power Source and Installation Point of a Wide Area Water Level Monitoring System for Important Reservoirs as Disaster Prevention

工藤 響[†]
Hibiki Kudo

千葉 慎二[†]
Shinji Chiba

1. はじめに

農業用ため池 (以下ため池という) とは、降水量が少ない、大きな河川に恵まれない等で農業用水の確保が難しい地域において、取水が可能になるように人工的に造成された池のことである。現在、大小合わせて日本全国に約 16 万箇所存在すると言われており、周辺地域の生活を支えている。しかし、近年増加する豪雨や台風、地震のような自然災害の影響により、決壊や洪水等の被害も顕著になってきている。特に、平成 30 年 7 月豪雨では 32 箇所ものため池が被災し、下流域において避難指示の発令が相次ぐ、人的被害が発生する等大きな被害が発生した [1]。これを契機に、防災重点ため池と呼ばれる、決壊した場合に人的被害が発生する恐れのあるため池の基準が見直された。また、国が管理するため池防災支援システムも運用されるようになった。これは、ため池地点で震度 5 以上の地震が発生した場合にアラートを表示し、点検対象を可視化するものである。この点検については、発災後 24 時間以内に行うように義務付けられている。ただし、ため池の監視を目視で行っているため、災害時のアクセス不良や担い手不足により速やかな点検ができないことが懸念されている。

そこで、我々はため池の状態を水位センサによって遠隔監視するセンサネットワークシステムについて、研究開発を行ってきた。本件では、実際のため池に設置したシステムの動作状況と、それに関する改善事項を述べる。

2. 水位監視システムの開発

現在までに、様々な方式の水位監視システムが開発されてきた。これらの先行事例について簡単な特徴を述べ、本件で開発したシステムとの比較を行う。

2.1 先行事例

先行研究には、河川に設置された量水板を撮影したカメラ映像から画像処理によって水位を計測するシステム [2] や、水位センサや Web カメラ、3G 回線用通信機器等を備えたソーラー発電駆動式の簡易水位計により監視するシステム [3]、400MHz 帯の特定小電力無線機を用いて水位センサのデータを中心の監視局 PC に送信するシステム [4] 等が挙げられる。このうち、[3]の方法では、簡易水位計の構築に設置作業費を含めて 1 基当たり 100~140 万円程度必要ことが示されており、複数台を設置するには高額な費用が必要となる。各自治体には監視対象となるため池が複数あるため、水位計の単価をできるだけ低くし、低コストに構築できるシステムとすることが望ましいと考えられる。

そこで、本件ではより安価に構成できる広域水位監視システムを目指して開発を行った。

2.2 構築したセンサネットワークシステム

構築したセンサネットワークシステムの概要を図 1 に示す。水位計-ゲートウェイ間の通信方式としては、920MHz 帯を使用する Private LoRa を採用した。これは低消費電力ながら長距離通信が可能である無線通信技術 LPWA (Low Power Wide Area) の一種である。400MHz 帯よりも高周波で帯域幅も広いいため、比較的高スループットを実現できる。この方式では、ゲートウェイや中継器をネットワーク構築者自らが用意する必要があるが、3G・4G 回線のようにネットワーク利用料が発生しない。

図 1 左側に示したように、水位計は制御用マイコンと水位センサ、LPWA 通信モジュールからなり、駆動用電源としてソーラーパネルとバッテリーが接続されている。水位計測は 10 分ごとに行われ、ゲートウェイに向けて送信される。データを受信したゲートウェイはインターネットに接続し、データベースに水位データを記録する。ゲートウェイ-インターネット間の通信方式としては、3G 回線もしくは Wi-Fi を選択可能である。通信費用は 3G 回線の方が安価であるが、本件では設置場所に既存の Wi-Fi 環境が整備されていたため、追加費用が不要であるそちらを利用することとした。図 1 下部に示したように、このシステムには中継器を導入することができ、受信したデータを再度送信するようになっている。今まで述べたように 3 種類の通信ノードが存在しているが、これらがデータを送信し付近のノードが受信することでメッシュ状のネットワークを構築する。構築されたネットワーク上でマルチホップを行うことで、簡単に通信可能範囲を拡張でき、将来的にノードが増加した際にも対応しやすい。

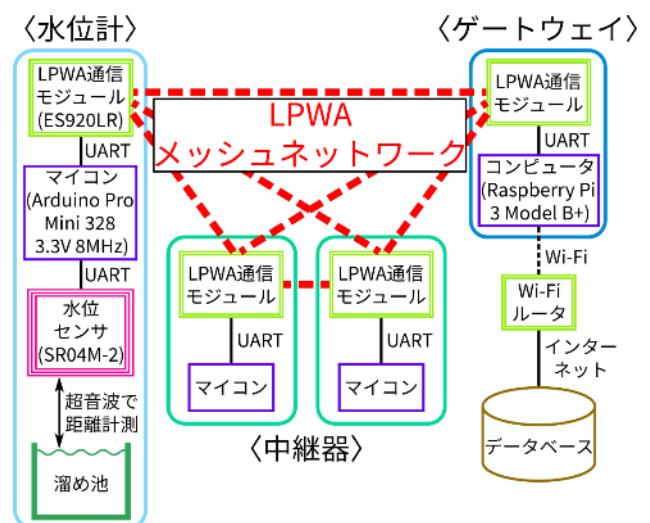


図 1 センサネットワークシステムの概要

[†] 仙台高等専門学校 National Institute of Technology, Sendai College

3. 中継器の電源に対する妥当性調査

本件に先立ち、[5]にて水位計とゲートウェイの設置を行った。設置地区は宮城県加美郡加美町である。利用可能な土地の関係で、設置したノード間の距離が約7.2kmとなり直接の通信が不可能なため、本件にて中継器設置場所の選定と仮ゲートウェイの増設を行うこととした。

中継器は3.7VのLi-Poバッテリー(2,000mAhを2個並列接続)を電源として使用し、各バッテリーへの充電を最大2W出力のソーラーパネルで行っている。中継器の安定動作はシステムの運用に必要な不可欠なため、これらの電源構成で必要電力を賄えるかを調査した。結果を図2に示す。4日間の計測において、バッテリーの電圧はおよそ4.04Vから4.1Vの値を取り、極端に電圧が低下することはなかった。この期間の日中の天候については、曇りや雨のことが多かった。このことから、現在の電源構成であれば、中継器の安定動作に支障はないと考えられる。

4. 中継器設置場所選定と仮ゲートウェイの増設

2022年6月22日、前述の距離問題を対策しシステムを継続的に稼働させるため、中継器設置場所の選定と仮ゲートウェイの増設を行った。それらの位置関係を図3に示す。仮ゲートウェイは水位センサ付近に設置し、データベースまでの通信路を確保した。水位計測周期である10分ごとにデータベースに水位が記録されていることを確認できたため、正常に動作していることが見て取れる。中継器については、想定地点に一時的に設置し、データの受信が行えるか確認した。候補地1と2については水位計からのデータを直接受信することができたが、候補地3では受信できなかった。また、候補地3では候補地2との通信もできなかったため、データの送受信が行える距離について移動し

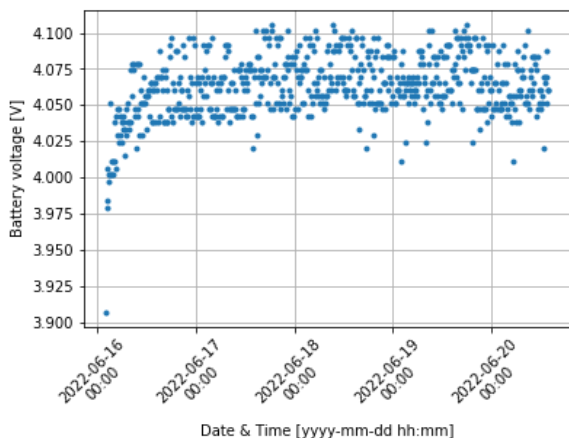


図2 中継器動作電源の電圧変化



図3 各ノードの位置関係

ながら確認した。その結果、230mほどという短距離となった。想定よりも通信距離が伸びなかった原因については、設置場所周辺に広がる金属製防風柵の影響と、アンテナを中継器ケースに内蔵した影響だと考えられる。

5. ため池問題に対するヒアリング

2022年5月19日、ため池が抱える問題の現状を確認するため、宮城県の担当職員の方々へヒアリングを行った。質問内容は以下に示す6個である。

- ① 抱えている課題
- ② 周辺地域の農業への有用性
- ③ 設置場所の環境の特徴
- ④ 過去の災害事例
- ⑤ 周辺住民への危険度の周知状態
- ⑥ 今回設置したシステムについて

このうち、①については「地震後の農業用ため池等緊急点検要領」によりため池を多く抱える自治体の負担が増加し、監視用機器の設置には国からの補助金が出るものの、維持費は新たに捻出する必要がある、とのことだった。このことから、できる限り低コストにシステムを実現することが望ましい。また⑥については、1章でも触れた、ため池防災支援システムと連携できるようにしたい、との要望が出た。加えて、ため池管理者のような工学を専門としない人々でも、自身で修理ができるような単純さについても求められることが分かった。

6. おわりに

近年対策が進められている、ため池災害の軽減・管理の容易化の一助を目指して、広域水位監視システムの開発を行った。仮ゲートウェイを増設したことにより、システムとしての一連の動作を継続して行えるようになった。また、実際にため池監視に関わるの方々に対してヒアリングを行い、監視の現状や要望について調査した。今後は中継器を設置して本番用ゲートウェイまで通信できるようにする。また、ヒアリングを基にした監視用インターフェースの改良を行うと共に、実際に管理の容易化に繋がるかを調査していく。

謝辞

本件の実施に際し、宮城県と加美郡西部土地改良区の関係者皆様より多大なるご協力・ご支援をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 農林水産省，“平成30年7月豪雨等を踏まえた今後のため池対策の進め方”，https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/attach/pdf/index-2.pdf (2018)。
- [2] 前原秀明，長瀬百代，平謙二，“渇水位時の量水板画像を利用したCCTVカメラ映像からの水位計測方法”，写真測量とリモートセンシング，Vol.55，No.1，pp.66-68 (2016)。
- [3] 飯田進史，土田元気，坂本守，小島隆，松尾典映，堀江真，“危機管理型簡易水位計を活用した洪水監視体制の省力化・効率化”，河川技術論文集，Vol.23，pp.281-286 (2017)。
- [4] 森充広，中矢哲郎，浅野勇，渡嘉敷勝，西原正彦，“貯水槽の水位制御および開水路の水位モニタリングへの特定小電力無線の適用”，農村計画学会誌，Vol.31，論文特集号，pp.357-362 (2012)。
- [5] 工藤響，千葉慎二，“防災重点ため池群遠隔監視のための広域水位監視システムの開発”，信学技報，Vol.122，No.73，pp.178-181 (2022)。