



図 1.6.3-16 共通アカウント

4-2-5) 水門樋門位置図

水門樋門では選択した水門のマップ位置と静止画を確認できる。水門樋門選択ボタンを押すと水門樋門の一覧が表示され水門の変更ができる。



図 1.6.3-17 水門樋門位置図

4-2-5-1) 開度設定操作

- ① 開度設定をタップし、開度設定画面に遷移する。
- ② 目標開度に目標とする開度を入力し、設定をタップする。
目標開度の設定は 0～100%（10%区切り）で行う。



図 1.6.3-18 開度設定操作

4-2-5-2) 停止操作

- ① 停止指令をタップすると、ゲートが停止する。（「ゲート停止中」が点滅）
停止指令状態にある場合、「停止解除」が有効となる。
※「停止解除」は一般管理者、管理者のみ表示。
- ② 停止解除をタップすると、ゲート停止が解除される。
その後、目標開度を設定することができる。



図 1.6.3-19 停止操作

4-2-5-3) 状態履歴

状態履歴をタップすると状態履歴画面に遷移することができる。水門樋門位置図と開度設定画面どちらからでも遷移することができる。



図 1.6.3-20 状態履歴画面への遷移

状態履歴では以下のように表示される。

- ・現在開度
- ・バッテリー残量
- ・設備状態
- ・故障内容(発生時のみ)

※エラー時は赤文字で表記される。

水門閘門操作システム 会津北部土地改良区 竹崎支所 2023/09/06 13:19:07

水門閘門位置図 設定 履歴 検索

八方幹線11号水門

2023/09/06 11時 検索 水門閘門位置図

日付	時間	内容
2023/09/06	11:57:37	現在開度100%、バッテリー残量100%、停止中
2023/09/06	11:38:05	現在開度100%、バッテリー残量100%、全開、シリアル通信異常
2023/09/06	11:36:35	現在開度100%、バッテリー残量100%、全開、シリアル通信異常
2023/09/06	11:35:05	現在開度100%、バッテリー残量100%、全開
2023/09/06	11:34:24	現在開度100%、バッテリー残量100%、全開、水門閘門制御中
2023/09/06	11:31:37	現在開度100%、バッテリー残量100%、全開
2023/09/06	11:03:08	現在開度100%、バッテリー残量100%、全開、シリアル通信異常
2023/09/06	11:01:39	現在開度100%、バッテリー残量100%、全開、シリアル通信異常

図 1.6.3-21 状態履歴画面

1.7 実証試験（現場適用）の概要，結果，課題等

1.7.1 AR 水門管理システムの開発

1) 実証試験の実施方法

会津北部土地改良で毎月実施している目視点検を本システムを使って実施していただいた。試行にあたっては弊社よりタブレットアプリケーションがインストールされた iPad を貸与して実施していただいた。また、職員の方のアカウントを閲覧者権限で作成して使用していただいた。

2) 実証試験の対象設備

実証試験は会津北部土地改良所管の一の堰頭首工で実証試験を実施した。



図 1.7.1-1 一の堰頭首工

3) 初期設定

3-1) 施設情報の登録

WEB アプリケーションに登録した施設情報は図 1.7.1-2 のように登録した。

図 1.7.1-2 では例として土砂吐ゲートのみ機器以下を記載しているが、実際には各設備に対し機器以下の設定も行っている。

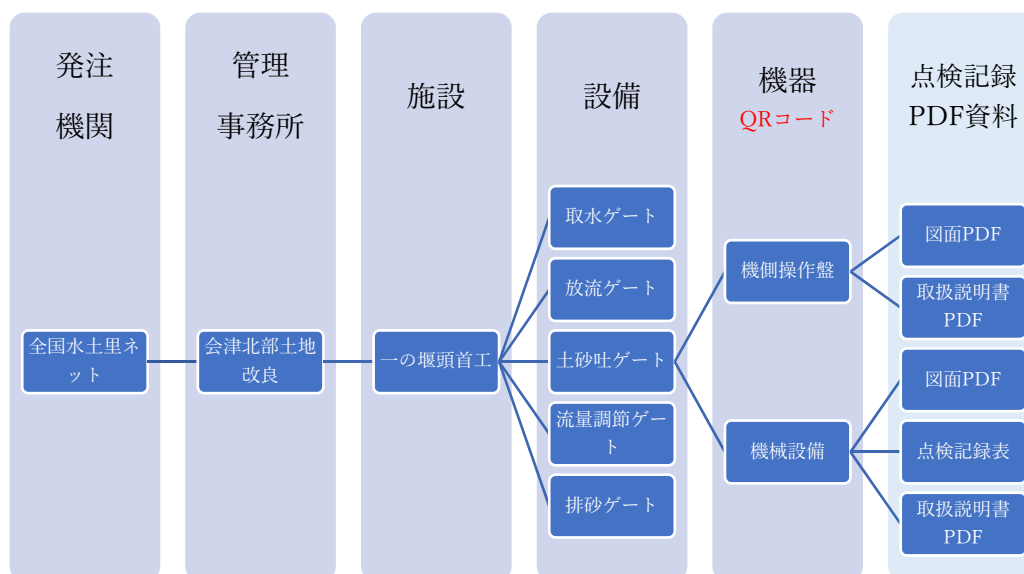


図 1.7.1-2 施設情報の構成図

3-2) 点検情報の登録

会津北部土地改良で使用している紙の点検記録表の項目を WEB 側に登録してタブレットアプリケーションから同等の点検が実施できるようにした。

◆堰・床止め・水門等 検査点検表

施設名	点検年月日	点検者	点検場所	点検結果
鋼鉄 HW	令和 5 年 9 月 13 日	伊勢	一の堰頭首工	
施設本体の損傷状況	☒	施設本体の損傷状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
取付機等（堰頭の含む）の維持状況	☒	取付機等の損傷（クラック等）、機体の流出・陥没等）に異常がないか確認		
ゲートの開閉状況	☒	ゲートの開閉（閉鎖）が正常に行われているか確認		
施設周辺の堤防の状況	☒	施設周辺の堤防の状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
下流の河床状況	☒	施設下流において異常発生がないか確認		
「操作・点検・点検」に関する機器・装置等の整備状況（現状を調査しているか）	☒	操作・点検・点検に関する機器・装置等の整備状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
管理（点検）体制の整備状況	☒	管理（点検）体制の整備状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
占用地及びその周辺の清掃・除草の実施状況	☒	施設及びその周辺の清掃・除草の実施状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
その他施設管理状況	☒	施設及びその周辺の清掃・除草の実施状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
第三者の安全利用状況	☒	施設及びその周辺の清掃・除草の実施状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
その他	☐			

水位計不具合調査
電源断、再投入 → 復旧しない
装置か？ 業者確認

文

点検項目	点検方法	点検頻度	点検方法	点検頻度	点検方法
施設本体の損傷状況	目視	月点検	施設本体の損傷状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
取付機等（堰頭の含む）の維持状況	目視	月点検	施設周辺の堤防（クラック等）、機体の流出・陥没等）に異常がないか確認		
ゲートの開閉状況	目視	月点検	ゲートの開閉（閉鎖）が正常に行われているか確認		
一の堰頭首工・土砂吐ゲート（説明書参照）	目視	月点検	施設周辺の堤防の状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
下流の河床状況	目視	月点検	施設下流において異常発生がないか確認		
「操作・管理・点検」等に関する機器・装置等の整備状況（現状を調査しているか）	目視	月点検	操作・管理・点検に関する機器・装置等の整備状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
管理（点検）体制の整備状況	目視	月点検	管理（点検）体制の整備状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
占用地及びその周辺の清掃・除草の実施状況	目視	月点検	施設及びその周辺の清掃・除草の実施状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
その他施設管理状況	目視	月点検	施設及びその周辺の清掃・除草の実施状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		
第三者の安全利用状況	目視	月点検	施設及びその周辺の清掃・除草の実施状況を確認し、河川及び周辺への影響の有無を確認		

戻る 点検開始 点検履歴表示 (過去履歴1件のみ) オフライン作業用

表示

図 1.7.1-3 紙の点検記録表とタブレットアプリケーション点検項目の比較

4) 現地施設への QR コード貼付

会津北部土地改良の職員と相談の上、QR コードの貼付箇所を各ゲート操作盤に決定した。

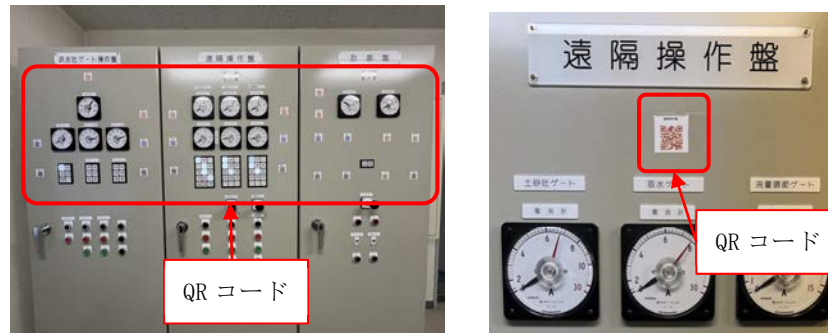


図 1.7.1-4 操作盤へ QR コード貼付の様子



図 1.7.1.5 QR コードを読み取っている様子

5) 実証試験の結果・感想

実際に試行された職員の方から以下の感想をいただいた。

5-1) 優れている点

- ・点検表や図面を持ち運ぶ手間がなく、現地で確認できることが効率的だと感じた
- ・チェックのみ（5段階評価）の入力は簡単だった
- ・タブレットでの点検はシンプルで使いやすかった

5-2) 改善が必要な部分

- ・画面の切り替えがうまくいかないタブレットアプリケーションの不具合があった
- ・実際の点検箇所と QR コード設置箇所が離れているという状況から、操作性に一部課題を感じた
- ・WEB アプリケーションから点検内容を振り返る際に、設備数が多くどの設備の点検様式を使用したか探すのが大変であると感じた

5-3) 要望

- ・管理者が編集可能な定型文を何パターンか使えると良い
 - ・フリーハンドでのメモ機能や図面上に記入できる機能があると良い
 - ・写真を撮る際にズーム機能があれば良い
 - ・撮影した写真データを別の設備に移す管理機能があると良い
- 例) 土砂吐ゲートと洪水吐ゲートを一連で撮影したが、土砂吐ゲートの管理ペー

ジに保存されるため、後日洪水吐ゲートのページに移したい

- ・点検項目については、様式を何パターンか準備しておき、点検内容によって切り替えられる仕様があると良い

例) 通常時用と緊急時用(地震等の臨時点検)や外部への報告のための点検等、内容が変わることがあるため

- ・多くの設備の点検内容を振り返る際に、一覧や統括するページがあれば良い

6) 課題

実証試験の結果から、タブレット端末で施設情報の閲覧や点検を実施できるという基本的なコンセプトについては、一定の評価を得ることができた。一方で、タブレットアプリケーションの不安定さと WEB アプリケーションのユーザインターフェースは改良が必要である。

1.7.2 振動モニタリング技術の開発

実機による振動計測は IHI および栗本鉄工が納入した農業用水門 4 か所で振動計測を実施した。

- ・遥拝頭首工(熊本県八代市) 昭和 44 年完成
9 月 22 日 台風 14 号による出水後、ゲート操作に伴い振動計測を実施した。
- ・岡本頭首工(栃木県宇都宮市) 昭和 60 年完成
9 月 26 日 台風 15 号による出水後、ゲート操作に伴い振動計測を実施した。
- ・昭和堰頭首工(山形県寒河江市) 平成 13 年完成
11 月 16 日 月次点検の管理運転時に振動計測を実施した。
- ・新川河口排水樋門(新潟県新潟市) 令和 5 年完成
11 月 17 日 現場見学会のゲート試運転時に振動計測を実施した。

4 か所とも振動計測可能な時間が少なく、正常範囲を生成するための学習データを十分に取得することができなかった。

【課題】学習データを十分に取得できる設備で計測を行う。

1.7.3 簡易電動化装置の開発

実証試験は福島県喜多方市内にて実施した。

1) LPWA 無線の性能確認

将来的に複数の水門樋門の一括管理を目指すことから、LPWA 通信の性能について以下の要領で最長通信距離試験とフレネルゾーン確認試験を行った。送受信点間の地形データは国土地理院の地形グラフを参照した。

2-1) フレネルゾーン確認試験①

通信の安定性確保のためにはフレネルゾーンの 60% の高さ確保が必要とされている。本試験ではアンテナ高さを段階的に変化させ、その際の受信強度の変化を確

認した。送受信地点とアンテナ高さは以下のとおりである。

送信側 緯度：37.690434 経度：139.853779

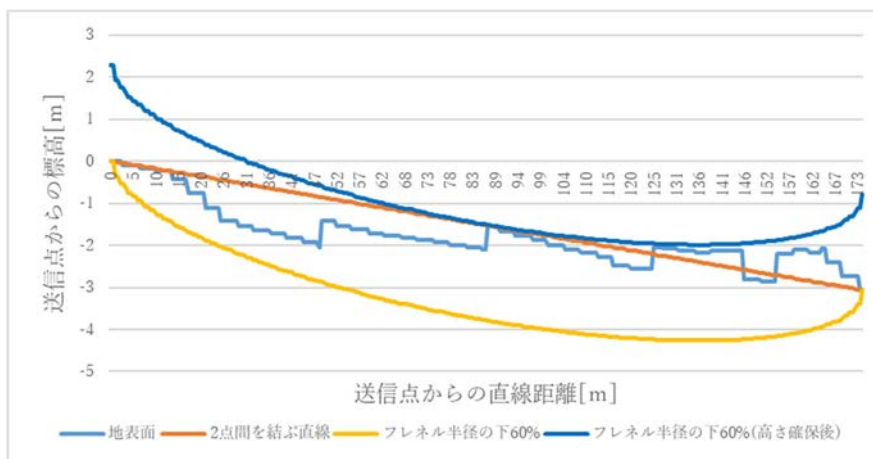
受信側 緯度：37.688872 経度：139.853586

- ・アンテナ高さ：0.3, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 3.5, 4.0m
(送信側, 受信側共通)



図 1.7.3-1 フレネルゾーン確認試験① 試験場所

2 点間は直線距離が 174m で標高差は 3m, その間に障害物はなかった。また、この地点におけるフレネルゾーンを考慮した必要なアンテナ高さは 2.27m であった。



グラフ 1.7.3-1 送受信地点断面図

結果を表 1.7.3-1 に示す。アンテナ高さを上げると全体的に受信強度が改善する傾向が見られた。サンプルのばらつきを示す不変標準偏差はアンテナ高さ 2.0~2.5m で大きくなっており、必要なアンテナ高さである 2.27m 付近では通信状態が安定と不安定の境界になっていると考察した。アンテナ高さ 0.3m では、必要なアンテナ高さを大幅に満たしておらず受信強度の平均も悪化している。ただ不変標準偏差の値は小さくなっており、これは上記の境界を越えているため、悪い受信強度が続いたと考察した。

表 1.7.3-1 試験結果

		受信強度(RSSI)		受信内容		
		平均	不偏標準偏差	PER[%]	取りこぼし	エラー数
アンテナ高さ[m]	4.0	-92.6	1.93	0	0	0
	3.5	-94.9	1.61	0	1	0
	3.0	-92.4	1.69	0.13	0	2
	2.5	-108.2	4.60	0.065	0	1
	2.4	-102.4	3.85	0	0	0
	2.3	-99.9	3.90	0	1	0
	2.2	-101.9	3.89	0	1	0
	2.1	-101.4	3.47	0	1	0
	2.0	-102.3	3.30	0	0	0
	0.3	-106.2	2.04	0.13	0	2

2-2) フレネルゾーン確認試験②

上記の結果を踏まえ、阿賀川水系日橋川に設置されている会津北部土地改良区管轄の下記 3 設備間において通信試験を行った。

- ・ 遠田第一排水樋管
- ・ 遠田第二排水樋管
- ・ 遠田樋ノ下排水樋管

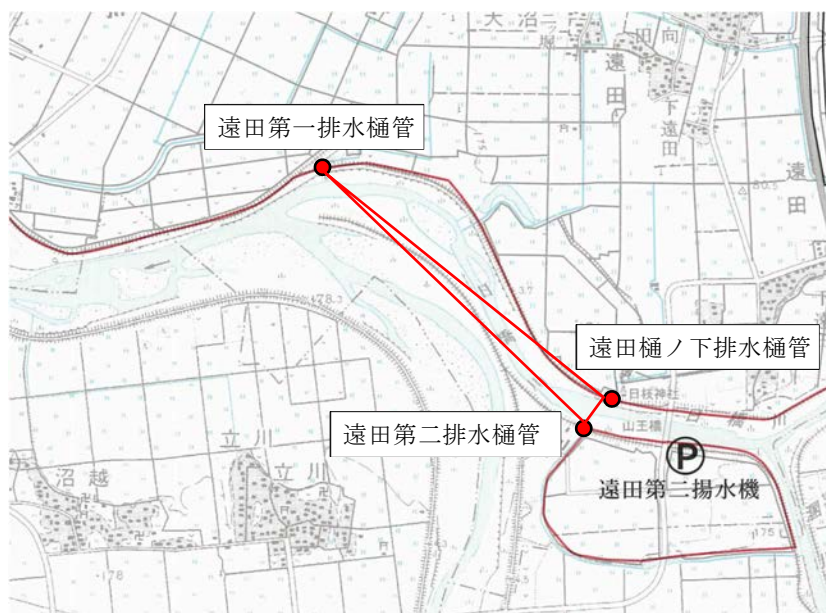


図 1.7.3-2 フレネルゾーン確認試験② 試験場所

1-2-1) 遠田第一排水樋管－遠田第二排水樋管

送受信の対象樋管とアンテナ高さ、直線距離は下記のとおりである。

また、2 点間の標高断面図と必要なアンテナ高さを確保した場合のフレネルゾーンに

ついて、グラフ 1.7.3-2 で示す。

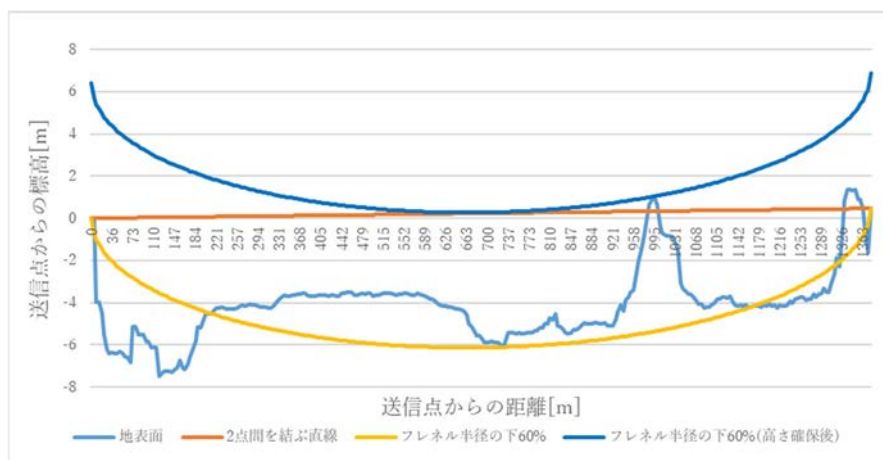
送信側：遠田第一排水樋管 アンテナ高さ 0.3m

受信側：遠田第二排水樋管 アンテナ高さ 2.0m

直線距離：1337m

理論上必要なアンテナ高さ：6.40m

今回の条件である送信点 0.3m，受信点 2.0m の設置位置はフレネル半径の 60%を確保できておらず，250m～650m 区間，900m～1050m 区間，1300～1350m 区間の 3 区間でフレネル半径の下 60%よりも地表面の方が高くなっている。



グラフ 1.7.3-2 送受信地点断面図

結果を表 1.7.3-2 に示す。必要なアンテナ高さを送受信点ともに満たしていないため受信感度はとても低くなっているが，受信内容は正確な結果となっている。これは不偏標準偏差が小さく，受信強度が低いところで安定しているからであると考えた。その要因として今回考慮したフレネル半径は垂直方向のみであり，実際には水平成分で正確な通信を確保したと考えられる。

表 1.7.3-2 試験結果

受信強度(RSSI)		受信内容		
平均	不偏標準偏差	PER[%]	取りこぼし	エラー数
-125.0	0.84	0	0	0

1-2-2) 遠田第一排水樋管－遠田樋ノ下排水樋管

送受信の対象樋管とアンテナ高さ，直線距離は下記のとおりである。

また，2 点間の標高断面図と必要なアンテナ高さを確保した場合のフレネルゾーンについて，グラフ 1.7.3-3 で示す。

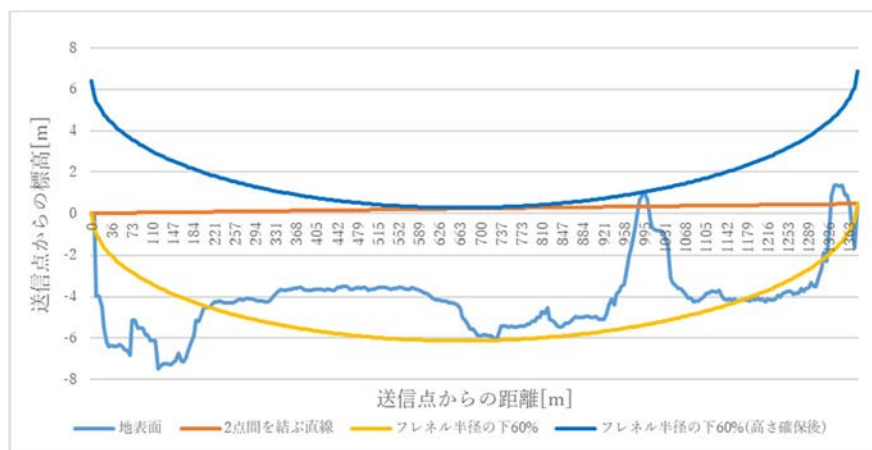
送信側：遠田第一排水樋管 アンテナ高さ 0.3m

受信側：遠田樋ノ下排水樋管 アンテナ高さ 2.0m

直線距離：1349m

理論上必要なアンテナ高さ：7.69m

今回の条件である送信点 0.3m, 受信点 2.0m の設置位置はフレネル半径の下 60% を確保できておらず、約 6m 高さが足りない区域が 2 つある。



グラフ 1.7.3-3 送受信地点断面図

結果を表 1.7.3-3 に示す。これまでの傾向と違い、不偏標準偏差が良好にもかかわらず受信内容が正確ではない結果となった。今回使用した LPWA モジュールは -148dB まで受信できるが、アンテナ利得などを考慮すると実際は -120dB 代後半までしか受信していない。よって全体的に -120dBm 付近の強度で通信が行われていたこととそれ以下の強度では受信しなかったため、データの散らばりが小さくなっていると考えた。

表 1.7.3-3 試験結果

受信強度		受信内容		
平均	不偏標準偏差	PER[%]	取りこぼし	エラー数
-125.7	1.02	0.521	13	8

1-2-3) 遠田第二排水樋管－遠田樋ノ下排水樋管

送受信の対象樋管とアンテナ高さ、直線距離は下記のとおりである。

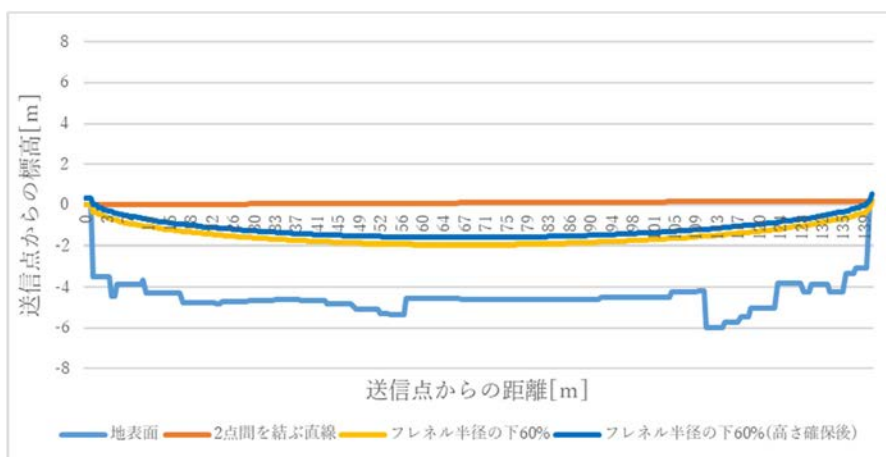
また、2 点間の標高断面図と必要なアンテナ高さを確保した場合のフレネルゾーンについて、グラフ 1.7.3-4 で示す。

送信側：遠田第二排水樋管 アンテナ高さ 0.3m

受信側：遠田樋ノ下排水樋管 アンテナ高さ 0.3m

直線距離：156m

理論上必要なアンテナ高さ：0.343m



グラフ 1.7.3-4 送受信地点断面図

この区間は日橋側を横断する方向であり、U字の地形になっている。今回の条件である送信点 0.3m, 受信点 0.3mの設置位置はフレネル半径の下 60%をほぼ確保できている。

結果を表 1.7.3-4 に示す。表 1.7.3-2 とは逆に不偏標準偏差が大きいにもかかわらず受信内容は正確であった。これは 1-1)の結果と同様に必要なアンテナ高さ付近の設置位置では安定と不安定の境界になり、サンプルの散らばりが見えるのではないかと考えた。

表 1.7.3-4 試験結果

受信強度		受信内容		
平均	不偏標準偏差	PER[%]	取りこぼし	内容違い
-99.2	2.51	0	0	0

2-3) 最長通信距離確認試験

上記の結果を踏まえ、理論上通信が安定となるアンテナ高さを確保し、周囲に障害物がない状況で最長の通信距離を確認した。複数の地点・距離で試験を行い、最も距離が長かった試験について示す。

送受信の対象樋管とアンテナ高さ、直線距離は下記のとおりである。

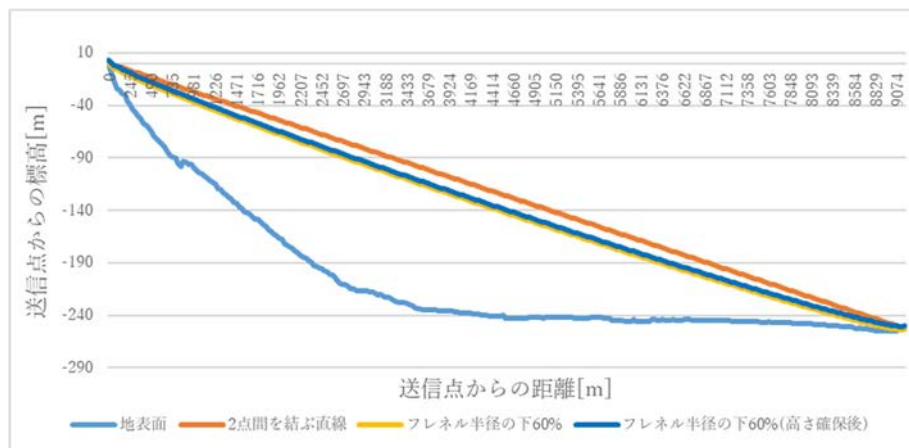
また、2 点間の標高断面図と必要なアンテナ高さを確保した場合のフレネルゾーンについて、グラフで示す。

送信側：恋人岬 アンテナ高さ 0.3m

受信側：遠田第一排水樋管 アンテナ高さ 2.0m

直線距離：9166m

理論上必要なアンテナ高さ：2.95m



グラフ 1.7.3-5 送受信地点断面図

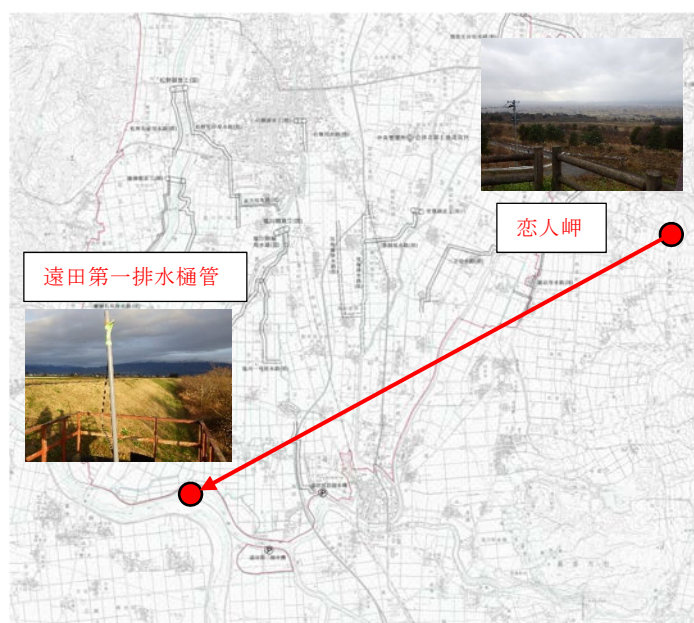


図 1.7.3-3 最長通信距離確認試験 試験場所

必要なアンテナ高さは 2.95m であった。今回の条件である送信点 0.3m、受信点 2.0 m の設置位置は必要なアンテナ高さを確保できていない。

また、今回使用した LPWA モジュールは出力 20mW である。

結果は 9.2km の距離が最長であった。しかし、この地点におけるデータの到達率(受信回数/送信回数)は 29.3%，送信した総パケット数に対するパケットエラー率(PER)は 2.7% であった。理論上通信が安定するアンテナ高さを確保していたため、機器出力の限界距離であると考察した。

表 1.7.3-5 試験結果

受信強度		受信内容		
平均	不偏標準偏差	PER[%]	取りこぼし	内容違い
-122.6	1.63	2.669	75	41

これらの結果を踏まえ、簡易電動化装置の普及にあたり、適切な場所に適切な数の GW 装置を設置する必要があることが分かった。

2) 簡易電動化装置

実証試験は福島県喜多方市関柴町で実施した。図 1.7.3-4 に設置位置を示す。



図 1.7.3-4 設置位置

2-1) 設置要領の確認

取付機構をもとに現地の水門に簡易電動化装置を設置した。設置・取り外しが容易で装置設置後の手動ハンドル操作も可能であった。



写真 1.7.3-1 設置前状況



写真 1.7.3-2 設置後状況

ハンドル取付前後のトルク計測結果を表 1.7.3-6 に示す。

表 1.7.3-6 トルク計測結果(閉操作時)

設置前	設置後
約 10.3 N・m	約 32.8 N・m

設置前後で操作に必要なトルクは約 3 倍になったが、1 名で十分に操作が可能であった。

2-2) 水門の開閉状態の確認

全開全閉の検出と異常発生時のリトライ機能を確認。トルク仕様が全閉の開操作でも可能であることを確認した。



写真 1.7.3-3 動作確認



写真 1.7.3-4 全閉時水位①



写真 1.7.3-5 全閉時水位②

2-3) 通信性能の確認

簡易電動化装置の設置場所から GW 装置の設置場所までの約 110m において、正常に LPWA 無線の通信を行えることを確認した(LPWA 子機の通信正常 LED 点灯)。



図 1.7.3-5 LPWA 通信距離

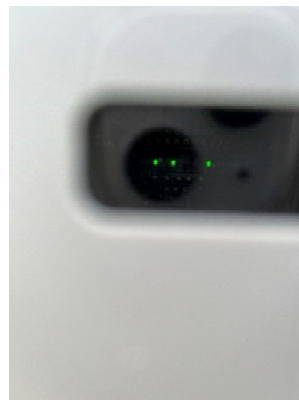


写真 1.7.3-6 LPWA 子機監視窓