

第69回(2025年度) 北海道開発技術研究発表会論文

テレメータ更新時の回線品質確保に向けた 検討について

北海道開発局 帯広開発建設部 施設整備課 ○三上 紘幸
仲条 博行
前川 悟

北海道開発局では、河川管理を目的として気象データを観測して伝送するテレメータ設備の整備を行っている。今般、帯広開発建設部管内の山間部に設置されているテレメータ設備の更新にあたり回線設計を実施した結果、既設構成では一部回線において樹木の生長により回線品質に問題があることが判明した。本発表では、回線品質確保を目的に行った回線構成の検討について報告する。

キーワード：河川管理 テレメータ 回線品質 回線構成

1. はじめに

北海道開発局では河川管理を目的として河川流域に雨量観測所（写真-1）や水位観測所を設置している。各観測所には、河川管理に必要な雨量や河川水位等の気象・水文データを観測し、遠隔地の管理拠点（開発建設部本部、ダム等）へデータ伝送するための河川テレメータ設備が設置されており、観測データは河川やダム等の管理情報として利用されている。そのため、通信障害等によりデータ伝送に欠測が発生した場合は、管理に支障を来す恐れがあることから、設備の点検整備や老朽化に伴う更新等の定期的なメンテナンスを行い、確実な観測データ収集が出来るよう維持管理を行っている。

今回、山間部に設置されたテレメータ設備の老朽化に伴う機器の更新に向けた事前確認の結果、テレメータ回線（無線）の回線品質の低下が認められ、このままでは確実なデータ伝送を行えないことが判明したため、回線品質の確保に向けて行った検討について報告する。

2. 更新対象のテレメータ設備の設置状況及び構成

(1) 更新対象のテレメータ設備の設置状況

更新対象となるテレメータ設備は、帯広開発建設部管内の日高山脈襟裳十勝国立公園内、標高約600mの山間部にある国有林内に位置する3地点の雨量観測所（戸蔭別川上流観測局、戸蔭別観測局及びピリガペタヌ観測局）に無線観測局として設置している。

3地点の無線観測局では、通信の相手方となる無線中継局（中島橋中継局）向けに単信無線回線によるデータ伝送を行っており、それぞれの設置位置は図-1に示すとおりである。

(2) テレメータの回線構成

前述の3地点の観測局から中島橋中継局に伝送された観測データは、更に上位局となる豊岡中継局向けに同じく単信無線回線により伝送（V-V中継）され、豊岡中継局では信号データ（観測データ）をIP信号に変換を行っ



写真-1 山間部の雨量観測所



図-1 テレメータ位置図

た後、最終となる監視局の帯広開発建設部本部向けにIP回線経由でデータ伝送（V-I中継）し、観測データの収集を行う回線構成となっている（図-2）。

3. 無線設備の回線設計

前述の更新対象となる老朽化した3地点のテレメータ設備（雨量観測所）について、既設の無線設備と同等構成による単純更新を基本に設計要領¹⁾に基づき更新検討を行った。

(1) 回線設計

テレメータ設備の無線設備の新設には、無線通信回線の回線品質の確保が重要であり、事前に無線回線机上検討を行う。これを、回線設計といい、使用する無線設備の仕様、観測局と中継局の位置関係（距離）及び周囲の状況等から、総合S/N(Signal-noise ratio)という、回線品質の良否を判定する数値を算出することにより、検討している回線構成で回線品質の確保が可能かを判定する。これは、運用中の既設設備を更新する場合であっても同様である。

良否の基準は使用する電波の周波数及び回線区間の数によって異なり、基準に満たない場合は良好な回線品質とはならず、確実なデータ伝送が行えない。

(2) 回線設計における主要項目

回線設計での良否の基準となる総合S/Nの数値は主に以下の項目が影響する。

a) 空中線電力

空中線電力とは、送信無線機の送信電力のことである。送信電力が大きいほど、総合S/Nの数値は高くなるため設計上は有利である。しかし、電波の有効利用及び省電力の観点から、空中線電力は必要最小限とすることが望ましいため、国土交通省のテレメータ設備で使用する空中線電力は、1W、3W及び10Wの3種類を標準としている。

b) 空中線系損失

無線機と空中線（アンテナ）を結ぶ給電線（同軸ケーブル）や空中線の角度による損失のことである。

給電線を短くする、損失の少ない同軸ケーブルを選定

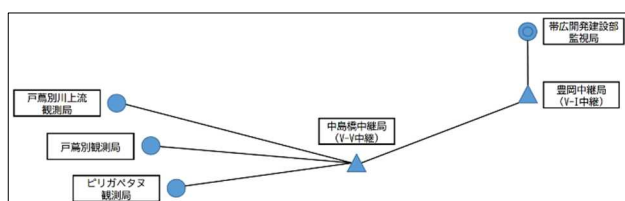


図-2 現状の回線系統図

する等で、特定の方向に対して最も高い利得を確保できるため、あとは角度損失に考慮して設置することで損失を抑えることができる（図-3）。

また、送受信の空中線をより利得の高いものを利用することで改善することも出来るが、利得の高い空中線は角度による損失が大きいため注意が必要となる。

c) 遮蔽損失

電波の伝搬経路の途中に山岳や樹木及び建造物等の遮蔽物がある場合、それらにより電波が遮られることによって発生する損失のことである。

可能な限り、伝搬経路上に遮蔽物がない回線経路を選定するのが望ましいが、不可能な場合は中間に中継局を設置して遮蔽物を迂回する。

d) 自由空間損失

自由空間損失とは、電波が空間を伝搬していく際に受ける損失のことであり、送受信点間の距離及び、使用する周波数により決まる。送受信点間の距離が離れるほど、また周波数が高くなるほど自由空間損失は増大する。この損失が大きく、総合S/Nの低下の要因となっている場合にも中間に中継局を設置する等を行う。

4. 回線品質の改善検討

(1) 回線品質の低下と原因

今回、機器の更新理由が老朽化であるため、既設と同等の仕様での更新のみを行うことで回線構成に問題が無いか回線設計を行った結果、総合S/Nの値が悪天候等の条件下においては基準に満たない恐れがあることが判明した。

総合S/Nの数値に影響を与える主要項目は前述のとおりであるが、新規での回線設計とは異なり既設同等による運用区間の回線設計となっており、かつ、無線機及び空中線の劣化等を要因とする空中線電力の低下は確認されなかったため、今回は電波の伝搬路上の樹木の生長による遮蔽損失の増大が回線品質の低下の原因と考えられる。

(2) 回線品質の確保に向けた検討

回線設計の結果を踏まえ、回線品質の確保を目的として以下の4つの解決案について検討した。

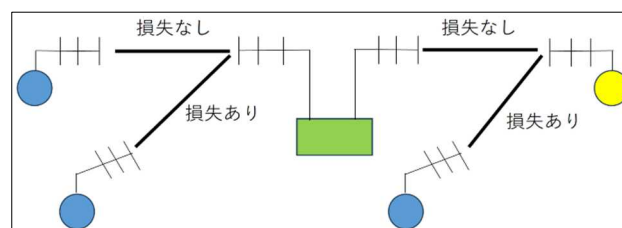


図-3 角度損失イメージ図

a) 空中線電力増強の検討

機器の更新に伴い、空中線電力を増強することで回線品質の改善を図る案である。

既設空中線電力は3Wであり、機器の更新と同時に実施可能であるが、空中線電力の増強については、空中線電力を国土交通省のテレメータ設備で使用する標準仕様の最上位である10Wとした場合においても総合SNが基準値に満たないことが確認された。そのため、空中線電力の仕様変更による方法では、回線品質の確保には至らないことが判明した。

b) 空中線系利得の改善検討

空中線系損失を抑えるため、空中線系の利得上昇による改善を検討した。空中線を高利得のものに変更することや、角度損失を抑えるため空中線の角度調整について検討したが、総合SNの基準を満たすことが出来ず、回線品質の確保には至らないことが判明した。

c) 遮蔽損失改善（伝搬路上の樹木伐採の検討）

遮蔽損失を抑えるため、通信を阻害している主因である樹木を伐採することで伝搬路の遮蔽を解消し、問題解決を図る案である。伐採が必要な範囲の検討を行ったところ、戸蔭別川上流観測局及びその直線上にある戸蔭別観測局と中島橋中継局の間で直線約15km、ピリガペタヌ観測局と中島橋中継局の間で約8kmの伐採が必要となることが判明した（写真-2、図-4）。



写真-2 伐採範囲

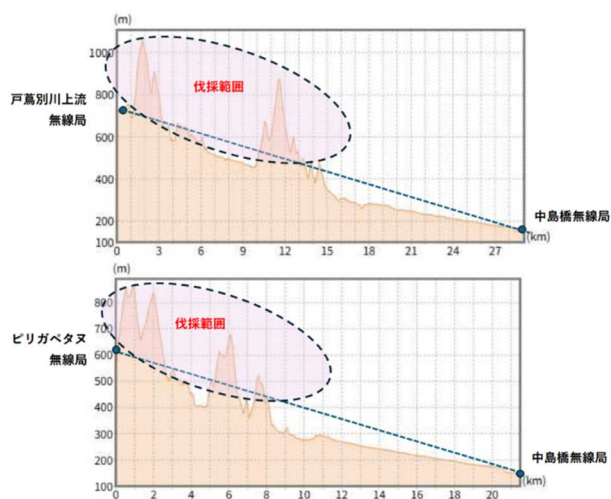


図-4 経路断面図

検討の結果、上記のとおり伐採範囲が広大となることは、環境保護の観点からも実際に行うことは現実的ではないと判断された。

d) 中継局新設の検討

自由空間損失及び遮蔽損失による損失を抑えるため、既存の中継局と観測局間に新たに中継局を設置し、2段階中継による回線を構築する案である。

まずは、見通し図による現状の確認を行った。（図-5、6）ピリガペタヌ観測局と中島橋中継局間の見通し図が図-5であり、中継局を新設することによるピリガペタヌ観測局と新設の中継局間の見通し図が図-6である。

比較すると、図-6の方が見通しが改善されていることが分かる。前述のとおり、観測局と中継局の間にさらに中継局を設置することで、区間あたりの自由空間損失を抑えることが可能となる。このように、観測局と中継局間の伝搬路が遮蔽物を迂回するように設置することにより（図-7）、遮蔽損失を抑えることが可能となり、今回のような山間部等の遮蔽物が多い地理的条件下においては、回線構築に有効な手法と考えられる。

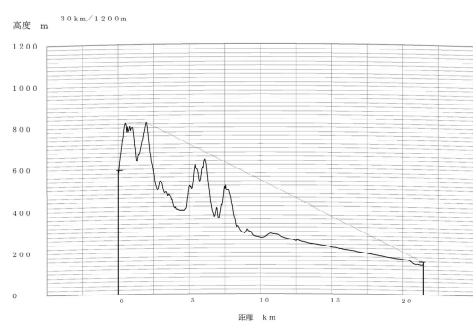


図-5 回線見通し図(ピリガペタヌ-中島橋間)

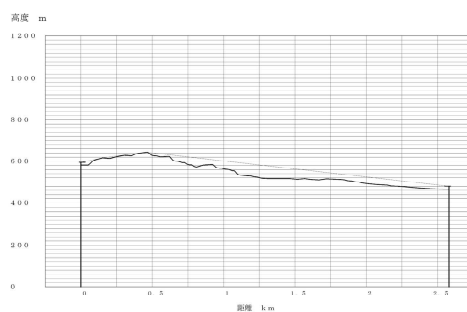


図-6 回線見通し図(ピリガペタヌ-新設中継局間)

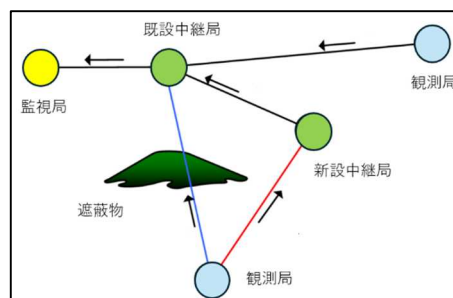


図-7 新設中継局イメージ図

5. 中継局新設に向けた検討

中継局の新設について回線設計を行った結果、回線品質を確保出来ることが確認された。

前述の4つの案を検討した結果、今回は中継局の新設が回線品質の確保に有効であると認められたため、次のとおりさらに検討を進めることとした。

(1) 中継局新設における問題点

中継局を新設する場合、前述の「図-2 現状の回線系統図」のとおり、既に中島橋中継局が設置されているため、観測局との間に新設の中継局を追加すると、無線通信（V-V）による2段階中継の回線構成となる。本事例の2段階中継の構成図を示す（図-8）。

このようなV-Vの2段階中継は観測局から監視局までの通信の際に、3区間、3種類の周波数を利用することになり、設計要領に定められているSNの基準値は2区間までのため、今回のような3区間の回線構成の場合は良否の判定が出来ないことが問題点となる。

また、中継局の新設に向けた検討を進める中で、新設中継局は設置する予定箇所が山間部となることから商用電源の確保が困難な現場条件であり、他の電源供給の検討が新たに必要となった。

(2) 問題解決に向けた回線構成の検討

北海道開発局での事例はないが、他地方整備局で施工実績があり、区間を2区間扱いとする中継方式（以下、新中継方式）が新たに確認されたため、それについて検討を行うこととした。

新中継方式を採用した場合の構成図を示す（図-9）。この場合、観測局と新設中継局間、新設中継局と既設中継局間の2区間を1区間と見なすことが出来る。これにより、観測局から監視局までの無線通信は2区間の扱いとなり、使用する周波数の種類についても2種類となるため問題を解決することが可能となる。

新中継方式を採用することにより、区間及び周波数の種類の問題を解決することが確認できたため、新中継方式について検討を進めることとした。

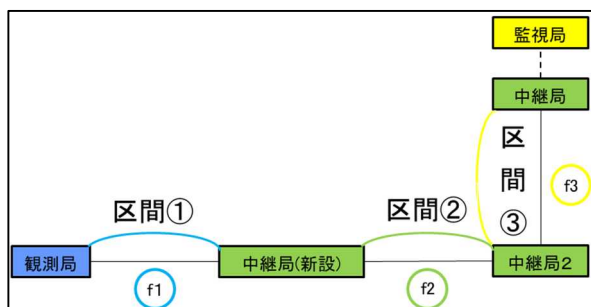


図-8 本事例の2段階中継構成図

6. 新中継方式

(1) 新中継方式について

標準の中継方式と新中継方式の主な違いは、データの送信方法であり、標準仕様の中継局装置は観測局から送信されてきた観測データをリアルタイムで監視局または中継局へ送信するのに対し、新中継方式は、観測局から送信されてきた観測データを受信した際に1度、中継局装置に記憶し、観測データの局番を参照する。それが、登録されている局番であれば、中継局装置でデータに加工処理（変換処理）を行い監視局装置向けに再度送信する方式である。観測局から受け取ったデータと同一周波数で次の中継局へデータを混信することなく送信することができるため、新中継方式を採用することにより、2段階の中継局を設けた場合においても周波数を2種類に抑えることが可能となる。しかし、この方式は、1度観測データの記憶を行うため監視局への伝送に時間を要することへの留意が必要とされる。

(2) 新中継方式の留意事項

前述のとおり確認された伝送時間の問題について、中島橋中継局の配下に設置されている観測局のタイムチャートを作成して動作、観測時間に問題がないか確認した結果、今回の事例では運用上の影響はないことを確認できた（図-10）。

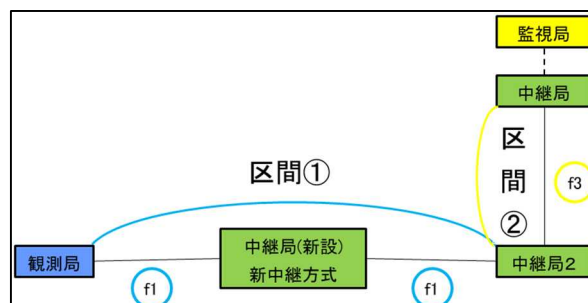


図-9 新中継方式を採用した構成図

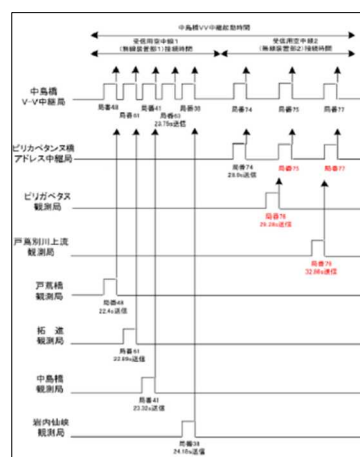


図-10 タイムチャート

(3) 新中継方式の電源供給

新中継方式の機器仕様を確認したところ、新中継方式において必要な電源容量は小さく、大容量の商用電源ではなく太陽電池による電源供給方式を採用可能であることが確認された。

7. 結果

新中継方式について検討を行った結果、今回のようにV-V中継による2段階の構築とせざるを得ない条件下かつ商用電源の確保が困難な場合において、新中継方式による回線構築は有効な手法であり、留意が必要な伝送に時間を要する点についても今回は観測に問題が認められないため、今回は新中継方式を採用した。

新設した中継局を「ピリカペタンヌ橋中継局」という名称とし、構築した回線系統図を示す（図-11）。

ピリカペタンヌ橋中継局はR6年度に新設され、1年間運用しておりピリガペタヌ観測局とピリカペタンヌ橋中継局間の基準となるS/N値が30dB以上なのに対し、定期点検での測定値は52.9dBと点検結果も良好である。（図-12）。

8. まとめ

今回、テレメータの回線品質の確保を目的として、回線設計における主要項目である空中線電力、空中線系損失、遮蔽損失及び自由空間損失について改善検討した。

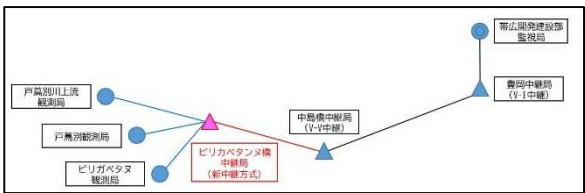


図-11 新中継方式による回線系統図

改善検討の結果、今回は遮蔽損失及び自由空間損失を抑えるために中継局を新設することとした。さらに検討を進める中で、標準の中継局設置では無線通信(V-V)の3区間、3種類の周波数を用いる2段階中継となり、設計要領にてS/N値の良否を判定出来ないという問題があったが、その問題を解決可能な新中継方式について検討を行った。

新中継方式は、伝送に時間を要する点について、留意が必要であるが、今回はデータ収集には影響しないことが確認された。

また、山間部における電源確保の問題においても、商用電源を使用しない太陽電池による電源供給が可能であることが確認された。

以上より、今回の山間部における回線品質確保において、新中継方式による中継局の新設は有効な手法であると考えられる。

また、樹木の生長による遮蔽損失の増大はあらゆる箇所が発生し得る事象であり、この問題に対応可能な新中継方式は、ダムなど山間部に設置されているテレメータ設備等の回線構成検討の際に有力な選択肢の一つになるのではないかと推測される。

本発表が無線設備の回線品質確保のための事業の参考になれば幸甚である。

		方向間で測定し、前回値に対して大幅な変動がないことを確認する。		実施/確認	良/否/等	良		
8	区間S/Nの確認	局	S	前回値比較	dBm	+5.9		
			N	前回値比較	dBm	-47.0		
		局 S/N		前回値比較	dB	52.9		
9	GPS装置受信確認	GPS装置が受信していることをLED等の表示で確認する。			実施/確認	良/否/等	良	
10	中継制御部動作確認	受信機出力の中継動作、受信機の故障検出及び送信機の故障による自動切替制御等の動作が正常であることを確認する。（異常検知を含む）			実施/確認	良/否/等	良	
11	自律動作確認	GPSにより決められた時間に自律起動し、中継動作した後停止することを確認する。			実施/確認	良/否/等	良	
12	状態伝送部動作確認	中継局の各種動作状態を監視局に伝送し、その動作が正常であることを確認する。			実施/確認	良/否/等	良	
14	空中線確認	外観の確認	空中線・取付金具及び空中線柱（通信用鉄塔を除く）の劣形、損傷及び汚損、腐食、塗装の剥離状態等の確認を行い、全箇所、ボルト等の締め、配管を確認する。空中線柱が腐蝕腐食立柱の場合は地盤部の防食塗装及び腐食の状況を目視確認する。			実施/確認	良/否/等	良
			送電線の確認	ケーブルの劣化、布設状態の確認をする。			実施/確認	良/否/等
		VSWRの確認	反射度を測定し、空中線系との整合を確認する。			実施/確認	良/否/等	良
15	GPSアンテナ確認	外観の確認	空中線・取付金具の劣形、損傷及び異常な異音、腐食、塗装の剥離状態等を確認する。			実施/確認	良/否/等	良
		送電線の確認	ケーブルの劣化、布設状態の確認をする。			実施/確認	良/否/等	良

図-12 定期点検の結果

参考文献

- 1)一般財団法人 建設電気技術協会
電気通信施設設計要領・同解説（通信編）