

光ネットワークの停電対策について —大規模停電時にも止まらないネットワークを目指して—

札幌開発建設部 電気通信技術課 ○高尾 啓太
中村 嘉郁
野矢 英俊

北海道開発局で整備しているCCTVカメラ、情報表示装置等の光ネットワークを利用している設備の停電対策には多くの費用と時間がかかり、また停電対策されている設備でも未対策の設備と物理的に同一のネットワークになっていると大規模停電が発生した場合にはネットワークが切断されている状況となる。本発表では光ネットワークの停電対策にあたり、光回線切替装置の活用によって得られる効果と実験によって得られた課題等を報告する。

キーワード：カメラ、ネットワーク、停電対策、コスト縮減

1. はじめに

北海道開発局では河川及び道路状況の把握や情報の提供のためにCCTVカメラや情報表示装置を整備している。これらの設備は光ファイバーケーブルを使用した通信ネットワークを介して情報収集、情報配信をしている。各設備毎に伝送装置がありループ構成(図-1の様に輪になっている構成)で構築されているため、1箇所のケーブルの切断や1箇所の停電では、停電となった設備以外のデータ収集は可能なものとなっている。大規模な停電により2箇所以上の伝送装置が停止した際には、データ収集が出来ない状況となる場合があるため、停電対策が必要と認められる箇所に、無停電電源装置を設置している。

しかし、すべてのネットワーク機器に停電対策を実施していないため、停電時に閲覧不可となるカメラが多数ある状況である。そこで、本稿では上記を鑑み無停電電源を不要としながら、ネットワークの健全性を保持する方法を検討したので報告する。

2. 支線系ネットワークの現状

札幌開発建設部管内のネットワークの一例として、(図-1)のように停電対策を実施している設備と、未実施の設備が混在しているネットワークがある。

このようなネットワークで大規模停電が発生した場合、ループL2-SWから、支線系L2-SW(1)からL2-SW(6)へ向かうデータ(図-1の①の流れ)と、その逆の支線系L2-SW(6)からL2-SW(1)へ向かうデータの流れ(図-1の②の流れ)があり、最初の支線系L2-SW(1)と支線系L2-SW(6)が停電対策未実施の場合、停電発生時にL2-SW(1)、L2-

SW(6)から先へのデータ伝送が出来なくなる。

それがCCTVカメラのネットワークの場合、災害時には現地の映像が見られず、状況を的確に把握することが困難となり、被害の拡大に繋がる恐れがある。

3. 停電対策方法ごとの比較

停電対策済みの設備と、停電対策未実施設備が混在しているネットワークの停電対策として、次の3つの方法を検討した。

- ① 無停電電源装置の新設
- ② ネットワークの分割
- ③ 光回線切替装置の導入

各方法についてメリット、デメリット、コスト面での比較検討(表-1)を、札幌開発建設部管内の停電対策の有無が混在している実際のネットワークで比較し、今後の導入を見据えた結果、筆者らは③について検証することとした。



図-1 支線系ネットワークの一例

表-1 停電対策ごとの比較

	メリット	デメリット	※コスト
①無停電電源装置の新設	停電時も一定時間電源供給が可能	装置自体が大きく場所を取る	約900万円
②ネットワークの分割	停電対策有無のNWを明確に切り分ける	停電対策無のNWは停電時にデータ伝送が止まる	約450万円
③光回線切替装置の導入	無停電電源装置と比べコンパクトで施工性が良い	バイパス時両隣のSFPモジュールの伝送距離に注意が必要	約120万円

※コストは機器単体費及び直接工事費にて試算

4. 光回線切替装置について

停電対策として本来は無停電電源装置を導入して、一定時間停電しないようにするのが望ましいが、コスト面での負担が大きいため、停電した設備を切り離すことによって停電していない設備のデータ伝送を確保する、光回線切替装置にて検証することにした。

光回線切替装置とは、光ネットワーク上で端末の電源断（停電）を検知すると、停電した箇所の端末をバイパスしてデータを隣の端末へ受け渡す機能を持った装置の事を指す（図-2、図-3）。

この装置を停電対策未実施の設備に設置することで、停電対策された設備のデータを隣接する機器に受け渡して、ネットワーク全体のデータ伝送を止めない働きが期待出来る。

5. 検証するネットワーク環境について

光回線切替装置の有効性を確認するため、札幌開発建設部管内のCCTV系カメラループにて検証を行う事とした。

今回は端末装置が6台の小規模ループで、検証中に不具合が発生した場合でも道路管理上の影響が少ない、当別分庁舎～国道275号のCCTV系のカメラループにて検証を行う（図-4）。

光回線切替装置は今後実際に設置する環境を考慮し、光バイパススイッチを使用した（表-2、図-5）。これを停電対策未実施の設備に追加することで、停電対策済み設備のデータ伝送が途切れないことを確認する。

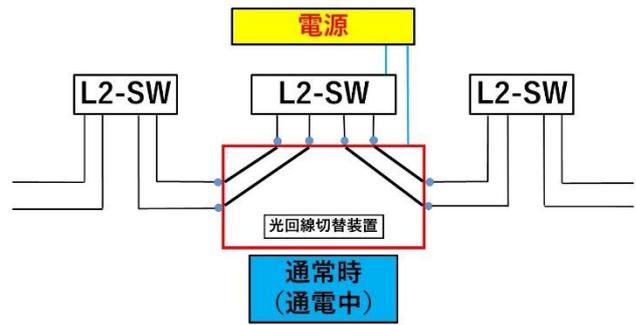


図-2 通常時のデータの流れ（通電中）

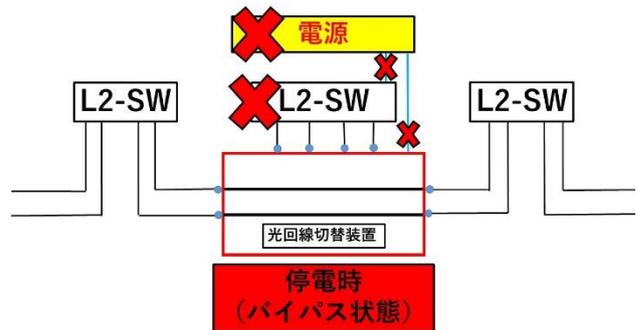


図-3 停電時のデータの流れ（停電中）

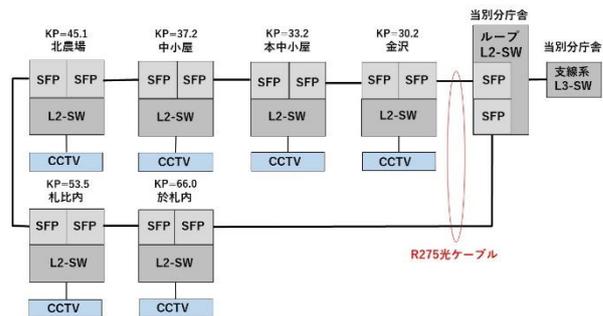


図-4 当別分庁舎～国道275号のCCTV系カメラループ

表-2 光バイパススイッチ仕様

メーカー	大電株式会社	
名称・型番	光バイパススイッチ：DNOSWE-C	
環境条件	性能保証温度	-20°C～55°C
	動作保証温度	-20°C～60°C
	動作及び保存湿度	95%RH以下（但し、結露なきこと）
構造	寸法	W52×H19.8×D100mm（固定用フォルダ部、突起部除く）
	質量	130g
	ケース	難燃性PC
電源	入力電圧	AC100V（ACアダプタ、本体へはDC3.3V）
	消費電力	2VA以下
切替時間	10msec以下	

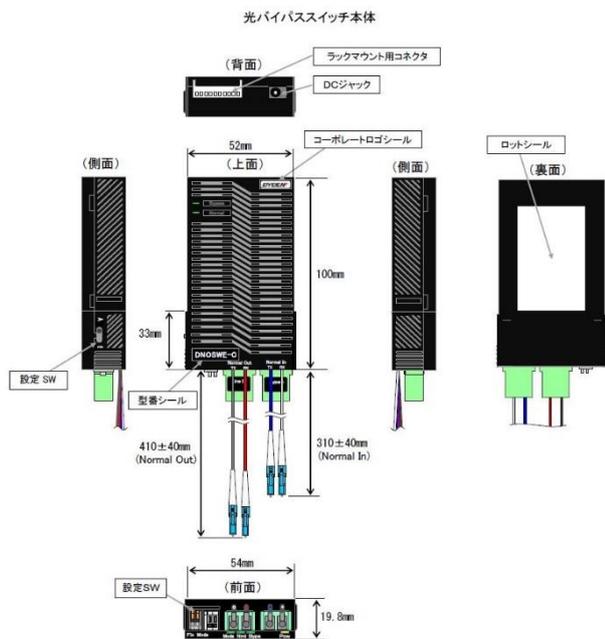


図-5 光バイパススイッチ 外観及び寸法

(1) 設置場所の選定

検証を行うに当たり、光バイパススイッチの設置場所を選定する必要がある。

光ファイバケーブル施工要領・同解説 第7章 光ファイバケーブル施工後の測定及び試験では、伝送損失の計算を行うこととなっているため、計算結果を基に光バイパススイッチの設置箇所の選定を行う事とする。

伝送損失計算は以下の計算式で求めることが出来る。

$$\text{損失値(dB)} = 0.36L + 0.11N + 0.45\sqrt{N} + C \quad (1)$$

L：対象となる距離(km)

N：区間内における融着接続点数(箇所)

C：コネクタ損失(通常0.7dB(0.35×2)で計算するが、光バイパススイッチを通してあるので1.4dB(0.35×4)で計算を行うものとする)。

(2) 区間毎の計算結果

当別分庁舎～国道275号、区間毎の伝送損失値の計算結果は、以下のとおりである。

- ・本中小屋～金沢～当別分庁舎間：11.03(dB)
- ・中小屋～本中小屋～金沢間：9.29(dB)
- ・北農場～中小屋～本中小屋間：11.58(dB)
- ・札比内～北農場～中小屋間：13.88(dB)
- ・於札内～札比内～北農場：13.91(dB)
- ・当別分庁舎～於札内～札比内：31.15(dB)

この結果から伝送損失値が一番低く、バイパスしてもデータ伝送が継続できると推測される、中小屋～金沢間の本中小屋に光バイパススイッチを設置し、検証を行うこととする。

TAKAO Keita, NAKAMURA Yoshifumi, NOYA Hidetoshi

6. 試験方法

まず、光バイパススイッチを本中小屋の局舎内にある端末制御装置内(写真-1)のL2-SWと接続し、電源の切り入れを行い模擬的に停電状態を発生させる。

電源を切っている間は、本中小屋のL2-SWはバイパス状態(図-3)となり、本中小屋のカメラ映像が停止し、中小屋と金沢のL2-SWが光バイパススイッチを通して光回線で繋がり、データ伝送が途絶えない事を確認する。

しかし、今回検証した支線系ネットワークには迂回機能が備わっており、本中小屋で光バイパススイッチの電源を切りの状態にして映像が確認出来ても、迂回による効果なのか、光バイパススイッチによるバイパス機能なのかの判断がつかないため、今回は当別分庁舎内の機器室にある、ループL2-SWから片方だけ光ケーブルを抜き取り、迂回機能が働かないように設定を行った(図-6)。

また、本中小屋の光バイパススイッチの電源を切り入れたときの動作確認用として、当別分庁舎内の機器室にモニターを設置し本中小屋、金沢、中小屋、於札内の映像を確認出来るように設定した(写真-2)。

あわせて、それぞれのL2-SWに対してpingというコマンドを送信し、ネットワーク上でのL2-SWの応答も確かめる。



写真-1 光バイパススイッチ本体

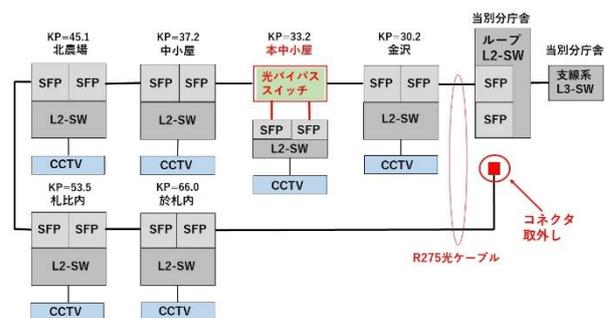


図-6 ループL2-SWコネクタ片方取外し



写真-2 モニターでの映像確認



写真-4 本中小屋映像停止中

7. 試験結果

本中小屋で光バイパススイッチの電源を切り、バイパス状態にすると、すぐに本中小屋の映像は停止(写真-3、写真-4)し、金沢、中小屋、於札内のカメラ映像は遅延等なく閲覧することができた。再度、本中小屋の光バイパススイッチの電源を投入すると、バイパス状態が解消され、停止していた本中小屋の映像が再び動き出し(写真-5)、そのほかの金沢、中小屋、於札内の映像も遅延することなく閲覧することができた。

次にL2-SWに対してping送信した結果であるが、本中小屋は電源断にしている間は、光バイパススイッチが働きL2-SWを通さないバイパス状態となるため、pingでの通信の疎通が出来ず何度も通信が失敗(図-7赤枠、図-8赤枠)しており、それ以外の金沢、中小屋、北農場、札比内、於札内は一度も通信の失敗はないという結果になった。

光バイパススイッチの電源を切り、模擬的に停電状態を発生させた際も、バイパス機能が働き金沢と中小屋が繋がることによって、データ伝送を止めない動きがこの結果からわかった。



写真-5 電源ON時の動作



写真-3 電源OFF時の動作

OK	2024/9/6 14:23	10.104.180.37	10.104.180.37	Time: 1ms	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:23	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋
OK	2024/9/6 14:23	10.104.180.39	10.104.180.39	Time: 1ms	R275_45.1kp	北農場
OK	2024/9/6 14:23	10.104.180.40	10.104.180.40	Time: 2ms	R275_53.3kp	札比内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.134.34	10.104.134.34	Time: 1ms	R275_65.7kp	於札内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.45	10.104.180.45	Time: 1ms	当別分庁舎ループ用 L2	
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.36	10.104.180.36	Time: 2ms	R275_30.2kp	金沢
NG	2024/9/6 14:24	10.104.180.37	10.104.180.37	Request timed out	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.39	10.104.180.39	Time: 2ms	R275_45.1kp	北農場
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.40	10.104.180.40	Time: 1ms	R275_53.3kp	札比内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.134.34	10.104.134.34	Time: 1ms	R275_65.7kp	於札内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.45	10.104.180.45	Time: 1ms	当別分庁舎ループ用 L2	
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.36	10.104.180.36	Time: 1ms	R275_30.2kp	金沢
NG	2024/9/6 14:24	10.104.180.37	10.104.180.37	Request timed out	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.39	10.104.180.39	Time: 1ms	R275_45.1kp	北農場
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.40	10.104.180.40	Time: 1ms	R275_53.3kp	札比内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.134.34	10.104.134.34	Time: 2ms	R275_65.7kp	於札内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.45	10.104.180.45	Time: 1ms	当別分庁舎ループ用 L2	
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.36	10.104.180.36	Time: 1ms	R275_30.2kp	金沢
NG	2024/9/6 14:24	10.104.180.37	10.104.180.37	Request timed out	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.39	10.104.180.39	Time: 1ms	R275_45.1kp	北農場
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.40	10.104.180.40	Time: 2ms	R275_53.3kp	札比内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.134.34	10.104.134.34	Time: 1ms	R275_65.7kp	於札内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.45	10.104.180.45	Time: 1ms	当別分庁舎ループ用 L2	
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.36	10.104.180.36	Time: 1ms	R275_30.2kp	金沢
NG	2024/9/6 14:24	10.104.180.37	10.104.180.37	Request timed out	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.39	10.104.180.39	Time: 1ms	R275_45.1kp	北農場
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.40	10.104.180.40	Time: 1ms	R275_53.3kp	札比内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.134.34	10.104.134.34	Time: 1ms	R275_65.7kp	於札内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.45	10.104.180.45	Time: 1ms	当別分庁舎ループ用 L2	
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.36	10.104.180.36	Time: 1ms	R275_30.2kp	金沢
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.37	10.104.180.37	Time: 1ms	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.39	10.104.180.39	Time: 1ms	R275_45.1kp	北農場
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.40	10.104.180.40	Time: 1ms	R275_53.3kp	札比内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.134.34	10.104.134.34	Time: 1ms	R275_65.7kp	於札内

図-7 pingでの疎通試験結果(電源断)

OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.45	10.104.180.45	Time: 1ms	当別分庁舎ループ用 L2	
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.36	10.104.180.36	Time: 1ms	R275_30.2kp	金沢
NG	2024/9/6 14:24	10.104.180.37	10.104.180.37	Request timed out	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.39	10.104.180.39	Time: 1ms	R275_45.1kp	北農場
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.40	10.104.180.40	Time: 1ms	R275_53.3kp	札比内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.134.34	10.104.134.34	Time: 1ms	R275_65.7kp	於札内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.45	10.104.180.45	Time: 1ms	当別分庁舎ループ用 L2	
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.36	10.104.180.36	Time: 2ms	R275_30.2kp	金沢
NG	2024/9/6 14:24	10.104.180.37	10.104.180.37	Request timed out	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.39	10.104.180.39	Time: 1ms	R275_45.1kp	北農場
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.40	10.104.180.40	Time: 1ms	R275_53.3kp	札比内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.134.34	10.104.134.34	Time: 2ms	R275_65.7kp	於札内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.45	10.104.180.45	Time: 1ms	当別分庁舎ループ用 L2	
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.36	10.104.180.36	Time: 1ms	R275_30.2kp	金沢
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.37	10.104.180.37	Time: 1ms	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.39	10.104.180.39	Time: 1ms	R275_45.1kp	北農場
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.40	10.104.180.40	Time: 1ms	R275_53.3kp	札比内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.134.34	10.104.134.34	Time: 2ms	R275_65.7kp	於札内
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.45	10.104.180.45	Time: 1ms	当別分庁舎ループ用 L2	
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.36	10.104.180.36	Time: 1ms	R275_30.2kp	金沢
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.37	10.104.180.37	Time: 1ms	R275_33.2kp	本中小屋
OK	2024/9/6 14:24	10.104.180.38	10.104.180.38	Time: 1ms	R275_37.2kp	中小屋

図-8 pingでの疎通試験結果(復電)

8. まとめ

(1) 検証結果

今回の当別分庁舎～国道275号の、CCTV系カメラループでの検証をおして得られた結果は以下のとおりである。

- ・光バイパススイッチは端末制御装置内の空きスペースに設置することが出来、施工性も良い。
- ・模擬的に停電を発生させた際も瞬時にバイパス状態となり、他のカメラ映像は遅滞なく閲覧することが出来た。
- ・停電復帰時(バイパス解消時)も他のカメラ映像に影響を与えることなく閲覧することが出来た。

(2) 今後の課題

今回の検証では、CCTVカメラネットワークでの検証を行い、有効な結果が得られ光バイパススイッチが当初の想定どおりの動作をし、停電対策に使用することが有効だという事が分かった。

北海道開発局には、CCTVカメラネットワーク以外にも道路情報表示装置、テレメータ等のデータ系ネットワークも存在しているため、それらのネットワークにも応用可能であると考えられる。

しかしながら、今回検証を行った当別分庁舎～国道275号のCCTV系カメラループの、本中小屋以外の箇所に光バイパススイッチを設置してデータ伝送が可能なのか、

バイパス状態になったときに、両隣のSFPモジュール(光信号と電気信号を変換する装置)の伝送距離を超えた場合(図-9)の動作確認が出来ていないので今後検証を実施したい。

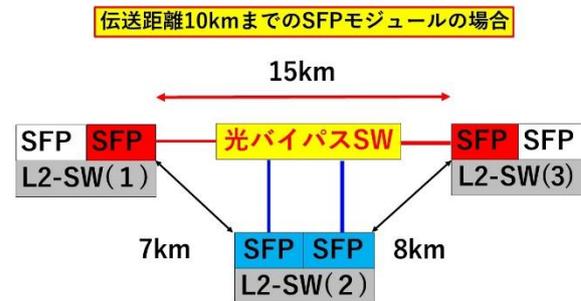


図-9 SFPモジュールの伝送距離を超えた場合の例

〈参考文献〉

- 1) 大電株式会社:環境対応 光バイパススイッチ DNOSWE-C (Rev. A以降), https://network.dyden.co.jp/wp-content/uploads/sites/13/2024/04/DNOSWE-C-SIY02024_4.pdf; 2024年12月26日閲覧
- 2) 一般社団法人 建設電気技術協会:光ファイバケーブル施工要領・同解説, 平成25年版