

1606 直流き電線を利用したデータ通信用モデムの開発

Development of Modem which communicates data using DC power Feeder

正 [電] ○中島 等(東日本旅客鉄道株) 正 [電] 根岸英雄(東日本旅客鉄道株)

非会員 江守 崇(大崎電気工業株)

Hitoshi NAKAJIMA, East Japan Railway Co. Hideo NEGISHI, East Japan Railway Co.
Takashi EMORI, Osaki Electric Co.

To introduce supervisory system for railroad equipment between stations, new transmission lines along the railroad line have to be prepared. On the other hand, DC power feeder exists along with a railroad line, in order to supply electric power to a train. Therefore, DC power feeder may be able to be used as a transmission line.

This paper describes an outline of the development of Modem which communicates data using DC power feeder. The results of the field test to check the basic characteristics of the system are mentioned.

Keyword: Data communications, DC power feeder

1. はじめに

線路沿線に点在する設備の状態監視を保守区等で行うために現状では線路沿線にデータを送信するための新たな伝送路を確保する必要がある。しかし、電車で電力を送るために線路沿線に設備されているき電線を利用して、電話回線のある変電所までデータを送信することができればその必要は無い。そこで直流電化区間において直流き電線を利用してデータ通信を行うためのモデムの開発を行なった。

2. 通信仕様の検討

2.1 回路特性の調査

直流き電回路はき電線とレールで回路を構成しているが、レールは軌道回路にも使用されているため、伝送路はき電線と大地を用いて一線大地帰路方式とすることにした (Fig. 1)。しかし、このような回路をデータ通信として利用するための調査は過去行ったことが無いため、通信仕様の検討にあたってはこの回路の特性調査から行なった。調査項目は以下のとおりである。

(1) 雑音特性

通信を行うために使用可能な雑音の少ない帯域、または比較的低出力で所定の S/N 比が確保できる信号周波数帯域を選定する必要がある。そこで直流き電線と大地に定在的に存在する高周波雑音、並びに電気車通過により短時間に発生する高周波雑音を測定した。測定周波数範囲は、電力線搬送に使用できる周波数帯として現行の電波法施行規則に定められた 10~450kHz とした。

(2) 信号伝送特性

通信に使用する信号出力レベル等の仕様を決定するために、この回路の注入点インピーダンス及び信号減衰量の測定を行った。測定は直流変電所構内において、直流き電線と大地間に測定用の結合回路 (Fig. 2) を接続し、これをにスペクトラムアナライザ等を接続して行った (Fig. 3)。また、き電回路の種類による特性の違いを考慮して、地方線区のシングルカテナリ架線区間と、首都圏のインテグレート架線区間において行った (Fig. 4, Fig. 5)。

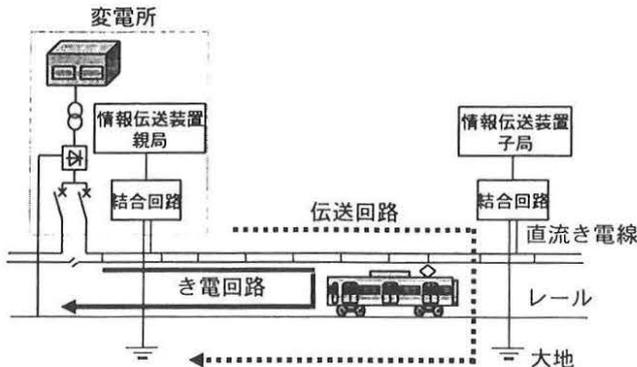


Fig. 1 Transmission line using DC power feeder and the earth

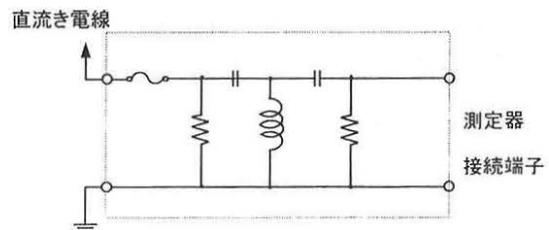


Fig. 2 Coupling circuit

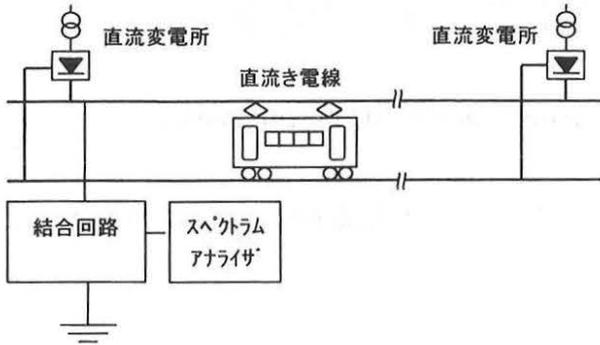


Fig. 3 Measuring method of Transmission Characteristics

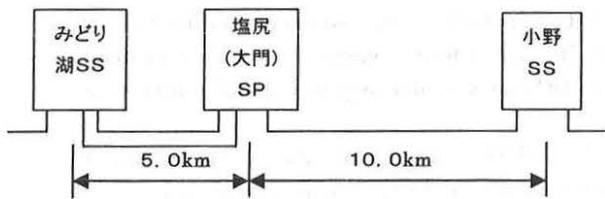


Fig. 4 Measured section of Transmission Characteristics (Simple Catenary Section)

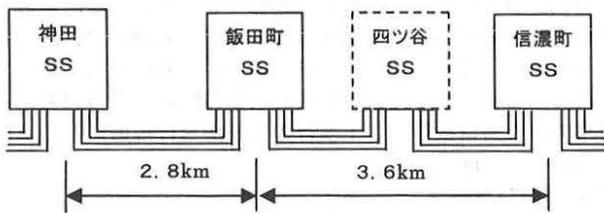


Fig. 5 Measured section of Transmission Characteristics (Integrate Catenary Section)

2.2 回路特性の調査結果

これらの測定から下記の結果が得られた。

(1) 雑音特性 (Fig. 6, Fig. 7)

- ① 回路の雑音は、シンプルカテナリー架線区間では周波数当たり 1V 以下のレベルであったが、インテグレート架線区間では、50kHz 以下の周波数において 1V を超えるレベルも存在した。
- ② いずれも 10kHz 付近の雑音レベルが他の周波数帯に比べて大きく、周波数が高くなるにつれて減少し、150kHz を超える周波数では 0.1V 以下に減少する

(2) 信号伝送特性 (信号減衰量) (Fig. 8, Fig. 9)

- ① シンプルカテナリー架線区間の信号伝送特性については、周波数が高くなるにしたがって、また、変電所間の伝送距離が増えるにしたがって減衰量が増加する傾向が見られる。
- ② インテグレート架線区間の信号伝送特性についても同様

の傾向がみられるものの、周波数による変動が見られた。これは、都内では電車が頻繁に運行していることからこれによるインピーダンスの変動がその一因として考えられる。また、飯田町変電所から神田変電所送信した場合には伝送距離は 3km 程度であるにもかかわらず減衰量が大きかった。これは飯田町変電所と信濃町変電所の間にある四ツ谷変電所の影響を受けたものと考えられる。

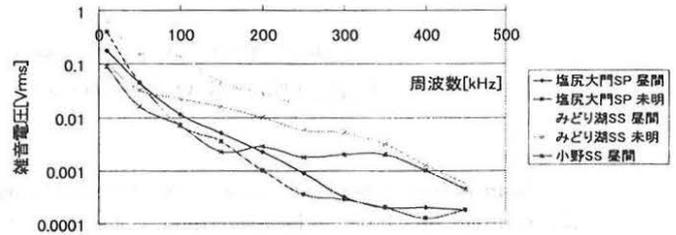


Fig. 6 Noise Characteristics of Simple Catenary Section (2001.12.9)

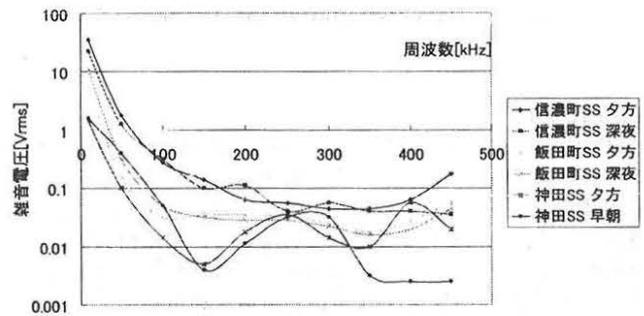


Fig. 7 Noise Characteristics of Integrate Catenary Section (2002.1.14)

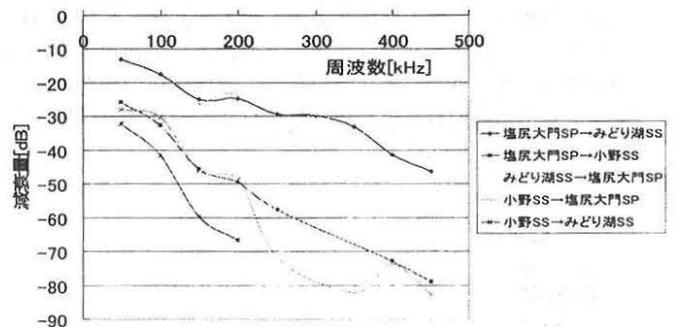


Fig. 8 Attenuation Characteristics of Simple Catenary Section (2001.12.9)

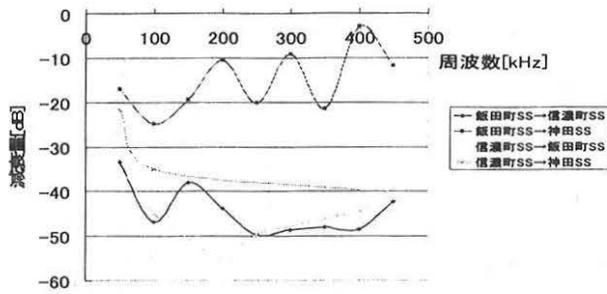


Fig.9 Attenuation Characteristics of Integrate Catenary Section (2001.12.9)

2.3 基本仕様の検討

伝送回路の測定結果に基づき、基本仕様の検討を行った。

(1) 信号周波数帯域

雑音特性測定の結果、雑音の少ない帯域としては 150kHz 以上の信号周波数が選定される。また、信号伝送特性の測定の結果から、周波数が高くなるにしたがって信号が減衰する傾向が見られているため通信システムに使用する信号周波数帯域は 150kHz~250kHz とする。

(2) 信号出力レベル

電波法施工規則により電力線搬送の出力は 10W 以下と定められている。そこで信号出力レベルを 10W 以下とした場合、伝送距離 5 km 以内であれば、雑音レベルに対してデータ通信を行うのに十分な S/N 比を確保できると考えられる。以上から信号出力レベルは 10W とする。

(3) 変復調方式

一般的なデジタル変復調の方式はシングルキャリアによる方式とスペクトラム拡散 (Spread Spectrum 以下 SS) に大別されるが、本開発においては、代表的なシングルキャリア方式である QPSK (Quad rated Phase Shift Keying) を採用した。

2.4 データ伝送試験

前項の検討結果に基づきデジタル変調した信号による伝送試験をフィールドにおいて行った。(Fig.10, Fig.11)

試験方法は、直流変電所間の中間地点に送信点、直流変電所に受信点を設置し、送信点でデータ伝送装置からの信号を電線に注入し、受信点で波形を記録した (Fig.10)。

また、送信する信号はそれぞれ次のとおりとした。

- ① 搬送波周波数は 150、200、250kHz の 3 種類。
- ② 変調速度は 0.6、1.2、4.8、16kbaud (1.2、2.4、9.6、3.2kbps) の 4 種類。

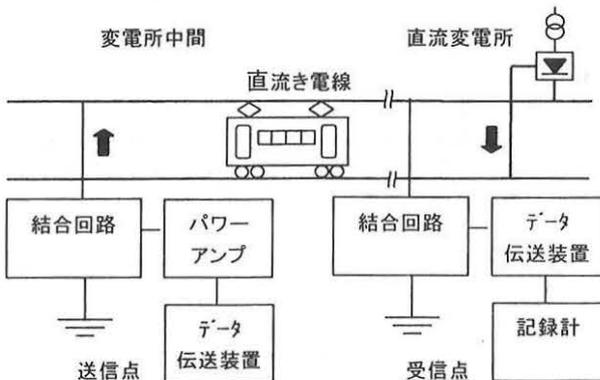


Fig.10 Method of Data communications test

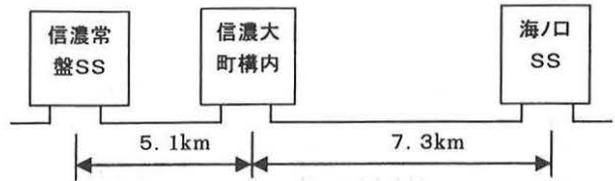


Fig.11 Section of Data communications test (2002.8.27-2002.8.29)

2.5 データ伝送試験結果

データ伝送試験の結果、変調速度が 16kbaud の場合に比較的大きな歪みが生じた。この結果から信頼性のある伝送を行うためには変調速度は 4.8kbaud(9.6kbps)までと判断した。

また、各周波数帯とも列車が伝送区間内を通過する際に約 10~20dB 程度の伝送減衰量の増加が観測された。この理由は送信点である信濃大町構内の接地とレールの間のインピーダンスが小さいことが原因と考えられる。

3. モデムの試作

以上の結果に基づきデータ通信用モデムの試作を行った。

3.1 試作品の仕様

試作したデータ通信用モデムの構成を Fig.12 に、仕様を Table 1 に示す。モデムは変調処理、復調処理といった信号処理および外部とのインターフェイスを行うモデムと、モデムからの信号を増幅してこれを直流電線に注入するためのパワーアンプの 2 つのブロックからなる構成とした。

今回の伝送路は、列車の運行、気象状況の変化などの要因で時間的に不規則に条件が変化するという特徴を持っている。従って、今回選定している 150kHz~250kHz の範囲内においても、送信地点、受信地点によって最適な搬送波周波数が変化することが考えられる。このため搬送波周波数を数チャンネル設定し最適な周波数に切り替える周波数ダイバシティ方式を用いることが望ましい。今回の試作品では 3 つの搬送波周波数帯を設定により選択できる仕様とした。伝送速度は搬送波本数を 1,2,4 本の中から設定により選択できるマルチキャリア方式を採用し、伝送速度が 6.0kbps、12.1kbps、24.2kbps の 3 段階に設定可能できるものとした。

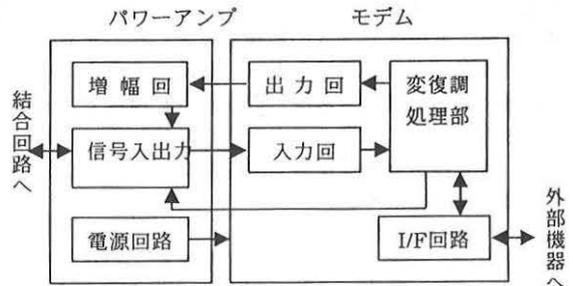


Fig.12 Block diagram of Modem

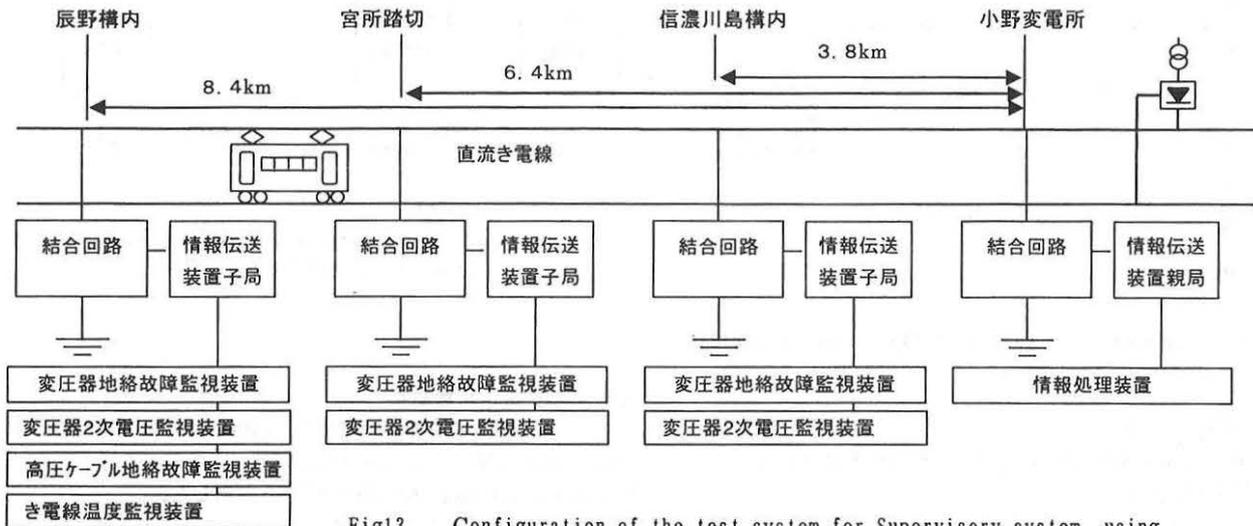


Fig13. Configuration of the test system for Supervisory system using DC power Feeder

Table 1. Specifications of Modem

電源電圧	DC±5V
搬送周波数帯	163.0kHz, 190.2kHz, 217.4kHz 設定により選択
変調方式	QPSK マルチキャリア方式 設定により選択
伝送速度	6.0kbps, 12.1kbps, 24.2kbps
出力	8 W
受信感度	50dB 以上
外部インターフェイス	RS-232C×1

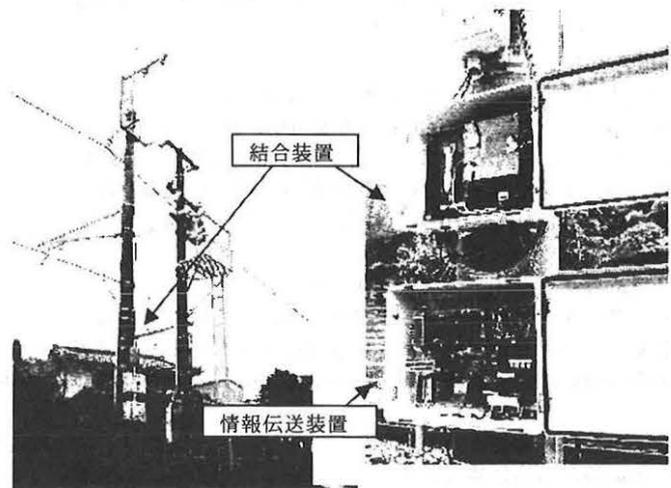


Fig.14 Equipment under Data communications test
2003. 8. 20 - 2003. 8. 27

3.2 フィールド試験

本通信方式を電力設備の状態監視に適用することを想定して、試作したモデムを情報伝送装置に組み込みフィールド試験を行った。(Fig. 13, Fig. 14) 伝送項目は既存の電力線路常態情報システムのセンサを用いて、信号用変圧器の地絡故障、2次側停電、高圧ケーブルの地絡故障とした。また、き電線温度監視装置によりき電線の温度も常時伝送することとした。き電線温度監視装置はき電線に取り付けた温度センサから無線で地上の受信機に温度データを送信している。今回の試験では、これらの情報をき電線を利用した情報伝送装置により伝送し変電所で情報を収集することとした。

3.3 フィールド試験結果

試験を開始したところ、試験前に想定していたよりも減衰量が大きく、通信速度を 6.0kbps に落としても、受信レベルを調整しなければならなかったが、調整後は一定レベルの通

信を行うことができ、設備の常態監視を 1 週間行うことができた。また、期間中、信通設備等も含め何の異常もなく、問題の無いことが確認された。

4. おわりに

今回のフィールド試験では、一定レベルの通信を行うことができたが、回路条件が想定よりも悪くモデムの調整を行う必要があった。今後はフィールドにおける試験を更に行い、回路条件の違いに対応できるようにモデムを改良していく必要がある。

最後に本件の共同開発者である大崎電気工業株式会社、フィールド試験に御協力いただいた株式会社三輝製作所、東京支社、長野支社、施工していただいた日本電設工業株式会社、東日本電気エンジニアリング株式会社の皆様に感謝申し上げます。