

デジタル・アナログ混在型鉄道信号への帯域制限フィルタの導入に関する一検討

○高橋 将平 (日本大学) 小篠 大輔 (日本大学)

[電] 望月 寛 (日本大学) [電] 中村 英夫 (日本大学)

[電] 西田 賢史 (京三製作所) [電] 佐野 実 (京三製作所)

[電] 石川 了 (京三製作所)

Application of a band limitation filter for mixed digital and analog railway signaling

○Shohei Takahashi (Nihon University) Daisuke Koshino (Nihon University)

Hiroschi Mochizuki (Nihon University) Hideo Nakamura (Nihon University)

Satoshi Nishida (Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.) Minoru Sano (Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.)

Ryo Ishikawa (Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.)

In order to realize the easy shift from analog ATC to digital ATC, a mixed digital and analog railway signaling, that transmits AM signal on the digital modulation signal, was proposed. However there is a problem that the transmission band is wide by applying a digital modulation signal as a carrier of AM signal. Especially it has influence on the amplitude component by passing a narrowband BPF that has been installed on trains. This study shows that a cosine roll-off filter which is one of band limitation filters applied to mixed digital and analog signals. In addition, a fundamental experiment was conducted using a transmitter developed by DSP.

キーワード: ATC, コサインロールオフフィルタ, デジタル・アナログ混在型信号, DSP

Key Words: ATC, cosine roll off filter, mixed digital and analog signals, DSP

1. はじめに

アナログ ATC からデジタル ATC への移行を容易にするために、先行研究では振幅変化を伴わない位相変調等のデジタル信号波を搬送波として採用し、それをアナログ情報で AM 変調することで、同一搬送波上にデジタル信号波とアナログ信号波を組み合わせるデジタル・アナログ混在型鉄道信号を提案している。これにより、デジタル ATC 用に新たな搬送周波数を設ける必要がなく、また、設備を併設することなく、列車に対してデジタル ATC にもアナログ ATC にも対応した情報伝送することが可能となる¹⁾。

しかし、この ATC 信号は一定の周波数占有帯域を持つデジタル信号波を搬送波とするため、従来のアナログ ATC よりも帯域幅が広がる。そのため、受信側である列車に設置された狭帯域通過フィルタの周波数帯域制限の影響により、アナログ信号波が持つ包絡線成分と干渉を起こす。この影響を改善するために、本研究では送信器に帯域制限

フィルタの一種であるコサインロールオフフィルタをデジタル・アナログ混在信号に導入する手法、および実際に DSP で開発した送信器の基礎試験結果について示す。

2. デジタル信号波の狭帯域化

2.1 既存車上装置による送信信号への影響

本研究ではデジタル信号波に QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)波を採用した。QPSK 波の周波数スペクトラム分布は、メインローブを中心とした複数のサイドローブ成分により構成され、広範囲な周波数占有帯域を持つ。この QPSK 波を搬送波に採用し、アナログ信号波を重畳した ATC 信号を既存車上装置に入力した結果、QPSK 波及び狭帯域通過フィルタの影響により新たな包絡線成分を誘発し、本来アナログ信号波が有する包絡線成分と干渉することで信号の振幅に乱れが生じる。先行研究では、この ATC 信号を用いて実際のアナログ ATC 受信器で動作確認を行った結果、送信した信号周波数に応じた速度情報を正しく

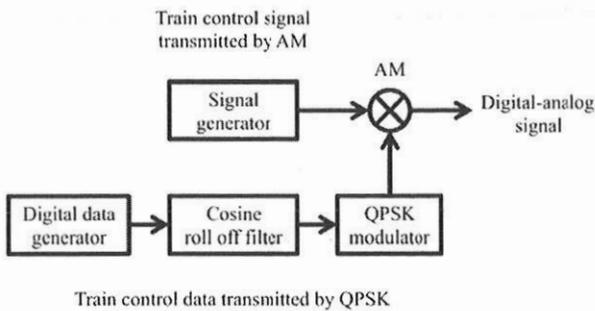


図 1 送信器構成図

表 1 送信器の仕様

Parameter	Value
Carrier frequency	3,150Hz
AM signal frequency	35Hz
QPSK transmission speed	400bps

受信できることを確認している。一方、デジタル信号波の復調結果であるアイパターンやコンスタレーション特性によると、狭帯域通過フィルタの影響により位相余裕が小さくなるということがわかっている²⁾。このことから、フィールド試験を実施した際、雑音等によるビット誤り率特性への影響が懸念されるため、ATC 信号送信器に帯域制限フィルタを実装し、送信信号の狭帯域化を図ることで位相余裕特性の改善を行う。

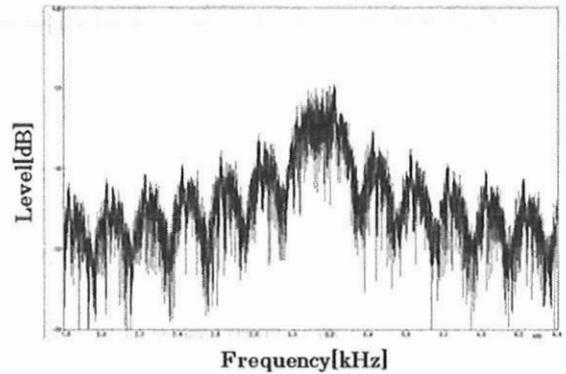
2.2 送信信号の帯域制限を実現する手法

ATC 信号の狭帯域化を実現する手法として、QPSK 波のベースバンドであるパルス信号に対するフィルタ処理が有効である。一般的に、パルス信号の周波数帯域を制限すると、時間パルス波形が減衰せず時間幅が広がる。このような状況では、受信信号を判定するためにサンプリングを行った際、前の信号の影響が残留し、その時点における符号の判定が他の時刻の符号と干渉してしまう。そのため、本研究ではパルス信号にオーバーサンプリングによる零補間を施し、これを利用して符号間干渉のない帯域制限を実現するコサインロールオフフィルタの機能をデジタル・アナログ混在型信号送信器に実装する。

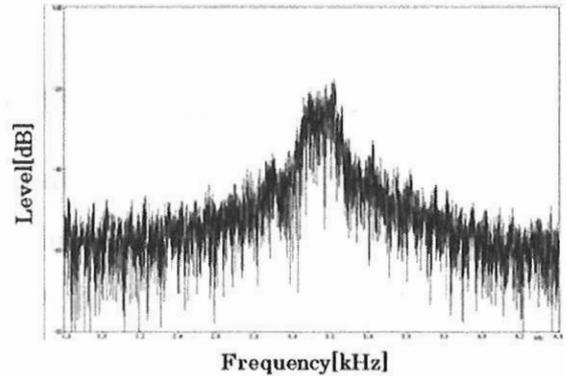
3. 伝送装置の開発と評価

3.1 DSP を用いた送信器の開発

本研究では、狭帯域な ATC 信号を実現する送信器を DSP(Digital signal Processor)によって開発した。図 1 に送信器の構成図を示す。また、送信器の仕様は表 1 の通りである。まず、列車に送信すべきデジタルデータを、オーバーサンプリングによる零補間を施した信号として生成し、コサインロールオフフィルタで処理することで周波数帯域を制限する。次に、その信号を用いて搬送波を位相変調し、狭帯域な QPSK 波を生成する。最後に、この QPSK 波を搬送波として、アナログ信号波を重畳することにより、狭帯域信号を生成する。



(a) 帯域制限前



(b) 帯域制限後

図 2 送信信号の周波数スペクトラム分布

3.2 送信信号の帯域制限に関する評価

開発した送信器より生成されたデジタル・アナログ混在型信号の周波数スペクトラム分布を図 2 に示す。帯域制限前の周波数スペクトラム分布は、メインローブを中心とした複数のサイドローブ成分により構成され、メインローブと第一サイドローブとのレベル差は約 10dB 程度であった。これに対し、帯域制限後の ATC 信号のスペクトラム分布を観測したところ、メインローブと第一サイドローブとのレベル差は 15dB 以上あるため、コサインロールオフフィルタの導入により、送信信号のサイドローブ成分のレベルを低減できることを確認した。

4. まとめ

本研究では、既存の狭帯域通過フィルタによる AM 成分への影響を低減するため、コサインロールオフフィルタによる帯域制限手法、及び DSP により開発した送信器の評価を行った。今後、実際に狭帯域 BPF に通した際の特性評価などを実施し、研究の深度化を図りたい。

参考文献

- 1) 石川他：アナログ ATC からデジアナ ATC への移行を容易にする列車制御用デジアナ信号波の検討，電気学会論文誌 D, No.7/V-131, pp.914-916, 2011.
- 2) 石川他：鉄道信号システムの高機能化を実現する伝送方式の検討，電気学会論文誌 C, No.7/V-130, pp.1-5, 2010.