



情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会
公共業務用無線システム作業班 (第2回)資料

デジタル方式の基本要件

令和8年9月29日
自営無線通信研究所

■ここでは、公共業務用無線システム(テレメータ/放流警報、及び音声通信システム(水防用/ダム・砂防用))におけるデジタル方式について、以下、表1に示す項目について、概要を整理する。

表1. 公共業務用無線システムにおけるデジタル方式に関する検討事項

#	項 目
1	デジタル化に求められる考慮事項
2	変調方式
3	フレーム構造等
4	音声符号化方式
5	誤り訂正方式
6	規格感度

1. デジタル化に求められる考慮事項

(1) 公共業務用無線システムのデジタル化に際しては、以下の①～③の事項を考慮して方式の選定を行うことが適当であり、求められる。

- ① 運用・環境条件への適応性
- ② 経済性・利便性
- ③ 早期導入の容易性

●①運用・環境条件への適応性については、テレメータ/放流警報、及び音声通信システム(水防用/ダム・砂防用)の運用条件、求められる要求条件を十分に考慮することが必要である。

●②経済性・利便性、及び③早期導入の容易性については、本検討対象にある各システムの市場規模を勘案し、新たな方式の機器開発を要しない、市場にて汎用的に広く運用されているデジタル方式から選定することが、有効である。

(2) 業務用無線のデジタル方式については、過去、情報通信審議会答申報告書[*1][*2]にて、複数の「狭帯域デジタル通信方式」が検討され、このうち、現在、「付録1」に示す、幾つかの方式(「代表的なモデル」)について制度化が行われ、市場にて、広く運用されている状況にある。

●代表的なモデルについて、比較対照を行い、デジタル方式として、アクセス方式、通信方式、多重度、及びチャネル間隔等の観点から、「**モデル7(4値FSK方式)**」が最も適する候補である。この比較対照結果を「付録2」に示す。

●**テレメータ/放流警報、及び音声通信システム(水防用/ダム・砂防用)とも、共通に適用される。**

出典[*1]: 平成10年度 電気通信技術審議会答申 諮問第94号「400MHz帯等を使用する陸上移動局等のデジタル・ナロー通信方式の技術的条件」平成10年6月29日

出典[*2]: 「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成14年9月30日付け 情報通信技術分科会 諮問第2009号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成20年3月26日

【付録1】 表 付録-1 狭帯域デジタル通信方式における代表的なモデル[*3][*4]

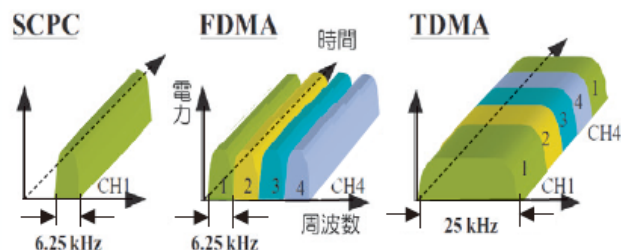
モデル 項目	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5	モデル6	モデル7	従来 FMシステム
変調方式	$\pi/4$ シフト QPSK	$\pi/4$ シフト QPSK	オフセット QPSK	16QAM	M16QAM	RZ SSB	4値FSK	FM
アクセス 方式	FDMA / SCPC	TDMA	TDMA	FDMA	TDMA	FDMA / SCPC	FDMA / SCPC	SCPC
通信方式	複信 単信	複信 単信	複信 単信	複信または 単信	複信 単信	複信 単信	複信 単信	複信 単信
多重数	1	4 [2]	4	1 / 2	6	1	1	1
チャネル 間隔	6.25kHz	25kHz	25kHz	6.25kHz	25kHz	6.25kHz	6.25kHz	(12.5kHz) ^[1]
伝送速度	9.6kbps	32kbps [3]	32kbps	16kbps	64kbps	19.2kbps ^[4]	4.8kbps	伝送帯域 0.3~3.0kHz
ロールオフ率	0.2	0.5	0.5	0.25	0.2	—	0.2 (SINC関数)	—

[1] : 400MHz帯の場合 [2] : 12.5kHz, TDMA多重度2, 9.6kbps規格あり
[3] : 伝送速度36kbps, ロールオフ率0.35規格 (TETRA)あり
[4] : 伝送帯域0.3~3.4kHz

- ①現在、モデル1、モデル2、及びモデル7が広く実用化、運用されている。
- ②そのうち、テレメータ/放流警報、音声通信システム(水防用/ダム・砂防用)における最適なものとして、モデル7(4値FSK/SCPC)が想定される。

出典:[*3] 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会(第1回) 参考資料「業務用デジタル無線現状」
p.3 平成25年6月6日

出典:[*4] 加藤数衛、「業務用移動無線システムの現状と課題」、電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン、2017
年 11巻 2号 pp. 86-92



SCPC : Single Channel Per Carrier
FDMA : Frequency Division Multiple Access
TDMA : Time Division Multiple Access

図 付録-1 アクセス方式のイメージ図[*4]

【付録2】

表 付録-2 デジタル方式(変調方式)の比較対照結果

凡例: 相対評価 ◎(最も適する)、○(適する)、△(課題あり)、×(適さない)

デジタル方式(変調方式)選定の要件		4値FSK	$\pi/4$ シフトQPSK	16QAM	アナログ(FM)
①運用・環境条件への 適応性	システムの伝搬環境に 適した方式であること (フェージング耐性など)	○ (周波数変調のため フェージングの振幅変 動に強い)	○ (位相変調のためフェー ジングの振幅変動に強 い)	×~△ (フェージング耐性が課 題:高度な補償信号処 理が必要)	周波数変調のため フェージングの振幅変 動に強い
	機器コスト、小型軽量化 に適する	◎ (アナログFMと同等の 回路規模、市場で広く 運用実績)	○ (高出力化に不利、市場 で広く運用実績)	×~△ (高出力化に不利、市場 稼働実績が稀少)	(—)
②経済性・利便性	送信回路が複雑でない こと、消費電流が小さい こと (ピークファクタ:PF)が 低いことに相当)	◎ (非線形増幅器(定包絡 線変調)が利用でき電力 効率が低い) PF:0dB [参考文献2]	○ (線形増幅器、送信歪補 償回路:リニアライザが 必要で電力効率が低い) PF:約5dB [参考文献3]	△ (線形増幅器、送信歪補 償回路:リニアライザが 必要で電力効率が最も 低い) PF:約7dB [参考文献2]	非線形増幅器(定包絡 線変調)が利用でき電力 効率が低い PF:0dB
	受信感度が良好 (等価的に通達距離が 長い) [参考文献1]	○ 規格感度:0dB μ V	○ 規格感度:0dB μ V	△ 規格感度:3dB μ V	規格感度:6dB μ V
③早期導入の容易性	現行方式の有効活用 など	◎ (民間標準規格が策定 され、市場で汎用的に 運用されている。)	◎ (民間標準規格が策定 され、市場で汎用的に 運用されている。)	△ (中帯域45kbps、規格 感度9dB μ V、TDD方 式6多重、防災行政無 線同報系(固定系)で運 用されている。)	(—)

[参考文献1]:「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成14年9月30日付け 情報通信技術分科会 諮問第2009号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成20年3月26日

[参考文献2]: 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告、「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち、「60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化」、p.28、表2.9.2 平成26年9月19日 [参考文献3]: 齊藤洋一、「デジタル無線通信の変復調」、電子情報通信学会、p.146、平成8年2月10日

2. 想定される変調方式

(1) テレメータ/放流警報、及び音声通信システム(水防用/ダム・砂防用)のデジタル化におけるデジタル方式(変調方式)については、前述のとおり、**チャンネル間隔6.25kHzの4値FSK方式(SCPC)を選択、採用することが最適である。**

● 具体的な変調パラメータについては、本変調方式に広く実用機器に採用されている民間標準規格：ARIB STD-T102 (第2編)：「狭帯域デジタル通信方式(SCPC/4値FSK方式)」(平成23年7月7日、1.1改定)を参照し、実証評価を進めることとする。

ARIB: Association of Radio Industries and Businesses、一般社団法人 電波産業会

(2) 下表2に、ARIB STD-T102 (第2編) の4値FSK (SCPC) の主要諸元を示す。

表2. デジタル方式 (変調方式)の主要諸元

#	項 目	規 定
1	変調方式	4値FSK (四値周波数偏位変調)
2	チャンネル間隔	6.25kHz
3	占有周波数帯幅の許容値	5.8kHz (以下)
4	アクセス方式	SCPC (Single Channel Per Carrier)
5	通信方式	複信・単信
6	多重数	1
7	信号伝送速度	4.8kbps (実効伝送速度: ARIB STD-T102(第2編)準拠)

3 想定されるフレーム構造等

4 音声符号化方式

5 誤り訂正方式

(1) 次紙 表3、及び図1に、ARIB STD-T102 (第2編)におけるフレーム構造、音声符号化方式、及び誤り訂正方式等の規定について概要を示す。

(2) テレメータ/放流警報、及び音声通信システム(水防用/ダム・砂防用)における特有の留意事項等について、各システムごとに「要求条件」の一環として整理し、ここでは記載を割愛する。

6 規格感度

(1) 本調査検討における4値FSK(SCPC)方式の規格感度は、昭和61年郵政省告示 第三百九十五号にて、0dB μ Vと規定されている。(静特性、回線品質BER=1 $\times 10^{-2}$)

(2) ARIB STD-T102(第2編)の規定は、以下のとおり。

● 受信感度：昭和61年告示 第三百九十五号 符号長511ビット周期の2値擬似雑音系列で変調した信号を伝送し、ビット誤り率(BER)がスタティック時に1 $\times 10^{-2}$ 、フェージング時に3 $\times 10^{-2}$ になる受信入力レベルは、「表3-5 受信感度」に示す値であること。

● なお、ダイバーシチ受信特性については規定しない。

表 3-5 受信感度

BER	1 $\times 10^{-2}$ (スタティック)	3 $\times 10^{-2}$ (フェージング)
受信入力レベル	0 dB μ V(規格感度)以下	5.0 dB μ V 以下 (Non-diversity)

フェージング条件：最大ドップラー周波数が 400MHz 帯では 20Hz、
150MHz 帯では 7.5Hz のレイリーフェージングとする。

出典：ARIB STD-T102(第2編)より抜粋・転載

表3. ARIB STD-T102(第2編)におけるフレーム構造に関する規定

#	項目	規定
1	フレーム構造	フレーム長80ms、フレーム内ビット数:384ビット($384\text{bit}/80\text{ms}=4,800\text{bps}$)
2	実効伝送速度 (1フレーム)	1フレーム内におけるデータ領域：UDCH1(ユーザーデータチャネル1)の適用 $176\text{bit}/80\text{ms}=2.2\text{kbps}$ ただし、立上がり/立下りフレーム(各1フレームを除く)
3	音声符号化方式	● 4値FSK方式SCPC狭帯域デジタル移動通信システムにおける符号化された音声信号の伝送速度は、誤り訂正符号を含め、3.6 kbps以下 ● 音声符号化には、フレームサイズ 20ms(72ビット)でDigital Voice Systems, Inc. の AMBE+2™ Enhanced Half-Rate (3.6 kbps:音声符号 2.45 kbps、誤り訂正符号 1.15 kbps)を推奨する規定にある。(AMBE: Advanced Multi-Band Excitation) ● デジタル無線市場において、4値FSK方式ではAMBE+2™が標準的に広く採用されている。 ● なお、誤り訂正符号化は音声符号化方式に付随の方式による。
4	誤り訂正方式	符号化率 $r=1/2$ の畳込み符号化(拘束長 $K=5$)、パンクチャド符号化処理
5	ホワイトニング (スクランブル)	PN(9,5)のレジスタ出力規定 あり

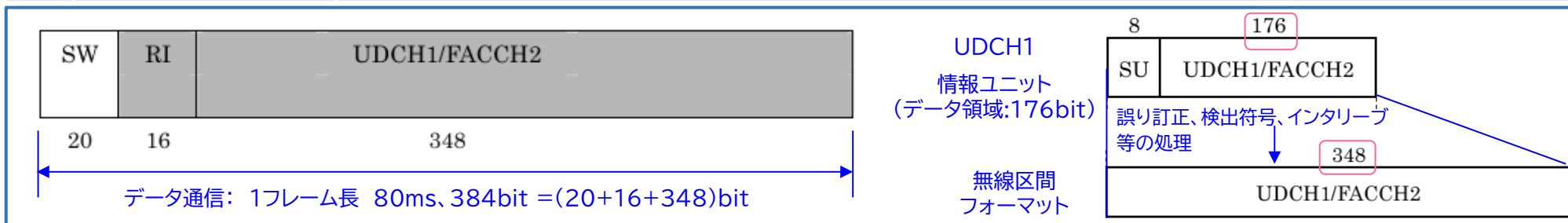


図1. ARIB STD-T102(第2編)におけるフレーム構造の概念図(抜粋)

出典: ARIB STD-T102(第2編)より抜粋・転載