

第3節 データ通信の課題

(1) 異なる無線機メーカー間の相互接続

ア 無線区間の相互接続について

ARIB STD-T98 では規格化されている3つの変復調方式のうち4値FSK方式を用い、音声圧縮伸張方式を推奨方式にすることで音声通信に対して相互接続性を確保している。

規格化されている3つの変調方式のうち、4値FSK方式を一例とすると、伝送情報型式 C=ファクシミリ、D=データ、F=映像については、メッセージ種別を「製造者定義形式」とし通話用チャネルT1/T2トラフィックを「非音声」とすることでデータ伝送できるように無線区間インタフェース(以下、エアインタフェース)を規格に盛り込んでいる。従って製造者(無線機メーカー)においては、非音声1で3600bps、非音声2では2000bpsのデジタルデータ伝送が可能である。「非音声」のT1/T2データ構成は「製造者定義形式」であり異なる無線機メーカー間の相互接続は規定されていない。

イ 「付属装置」の相互接続について

ARIB STD-T98 規格では図2-65のように適用範囲外としている。

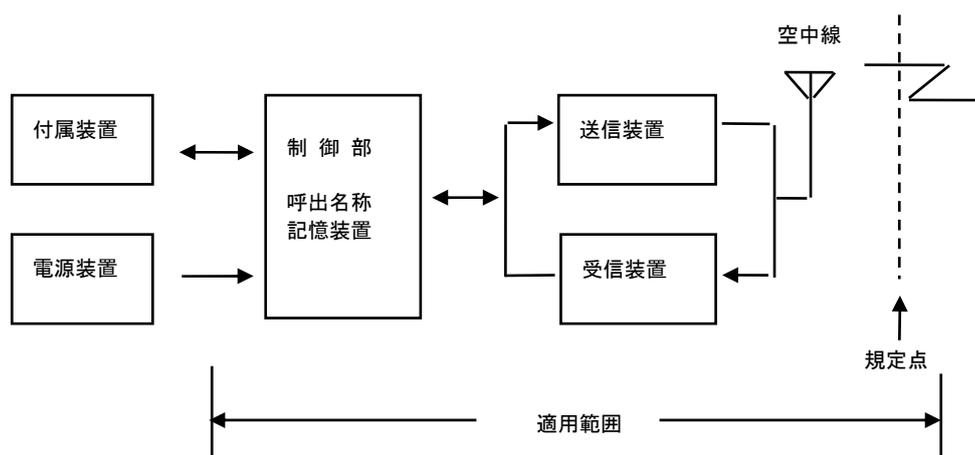


図2-65 デジタル簡易無線の無線設備の構成

ウ データ通信のシステム設備概要

平成21年11月23日に実施した北陸総合通信局デジタル簡易無線のデータ伝送における周波数の有効利用に資するための調査検討会公開通信試験に際し実施した4値FSK方式デジタル簡易無線のデータ通信の検証実験設備の構成を図2-66に示す。

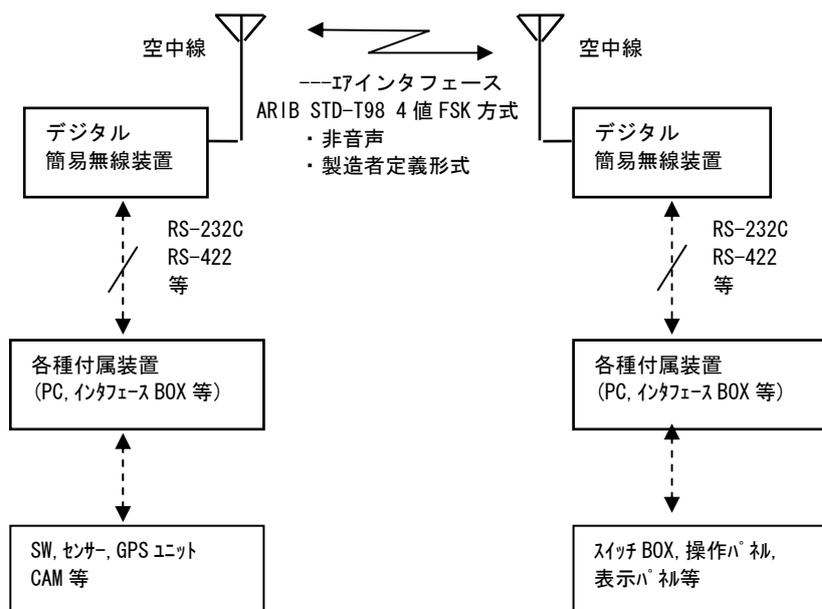


図 2-66 北陸総合通信局による検証実験設備の構成

エ 多様なデータ通信付属装置

前記検証でもわかるとおり、遠隔制御・センシングデータ伝送・GPS データ伝送および画像伝送に代表されるデータ通信は、デジタル簡易無線機と専用付属装置を含む通信システムとして構成される。付属装置は PC 等を含み、それぞれの機能ごとに専用化された多様な付属装置が使用されている。

これら付属装置についても標準規格にしないことで、ニーズに対応した付属装置が利用できデータ通信のあらゆる可能性に発展できるメリットがある。

オ ブロードキャスティング方式のデータ通信

デジタル簡易無線局を利用して、特定地域での 1:N 通信や同報通信方式を利用してデータブロードキャスティングサービス等を不特定多数の加入者（ユーザ）に対して行うサービスも考えられる。この場合の加入者端末機器として「異なる無線機メーカー間の相互接続」を必要とすることになるであろう。

(2) データ系及び音声系通信の相互干渉

ア 音声系通信の所要 D/U

音声系通信における D/U に対するデジタル音声品質（通信メリット）については、平成 10 年度電気通信技術審議会答申 諮問第 94 号「400MHz 帯等を使用する業務用の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）の 4.4.2 デジタル・ナロー通信方式の周波数共用・パラメータの決定 (P39) において、BER=1%とすることが示されている。

デジタル簡易無線で使用可能である 4 値 FSK 方式については、(社)全国陸上無線協会デジタル CR 規格特別部会による「デジタル CR (簡易無線) 規格特別部会調査検討書 (RMK-DGR-03)」（平成 19 年 8 月 29 日）の 4. D/U に対するデジタル音声品質（実験結

果) (資料 3 P23)において、BER=1%の妥当性の検証がされている。

情報通信審議会による「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(案)」(平成20年1月21日)の表3-2(P95)より、デジタル簡易無線で使用可能な変調方式($\pi/4$ シフト QPSK、RZSSB、4値 FSK)のみを抽出したものを表2-21に示す。

妨害波 \ 希望波	$\pi/4$ シフト QPSK	RZSSB	4値 FSK
$\pi/4$ シフト QPSK	12dB	12dB	10dB
RZSSB	11dB	12dB	12dB
4値 FSK	10.7dB	12dB	11.5dB

注：フェージング無しの条件で、限界音声品質メリット:2~3を確保するために必要な同一チャネル妨害波とのD/U($\Delta f=0\text{Hz}$)を示す。

表2-21 同一チャネル周波数共用条件(BER=1%)を満たすD/U($\Delta f=0\text{Hz}$)

本検討においては、データ系通信における回線品質について、検討・審議中の具体的なアプリケーション実証試験機器の技術要件、事例等を主眼に行う。

デジタル簡易無線を利用したデータ通信の事例として、第2章第1節(1)~第2章第1節(5)に示すものがある。上記のうち、データ伝送量の多い静止画伝送の事例を基に、検討を行う。

イ データ系通信検討事例

今回のデジタル簡易無線を利用した静止画伝送試験において、Hix装置(株式会社情報通信システム総合研究所製)を使用した。

Hix装置では、誤り訂正にFEC(Forward Error Correction: 前方誤り訂正)を採用しており、ブロック符号の代表的なアルゴリズムであるリード・ソロモン符号(Reed-Solomon Coding: RS符号)を使用している。Hix装置で使用しているRS符号の実装条件を基に、符号誤り率(Bit Error Rate: BER)と復調可能な画像受信率について説明する。

Hix装置のRS符号の構成は、ガロア体GF(2⁸)、訂正可能数t=16、有効データ長223byte、すなわちRS(255, 223, 16)となっている。

ここで、計算に用いる値を以下のように定義する。

$$\begin{aligned} \text{データ不受信率(Prd)} &= 1 - (1 - \text{BER})^8 && \text{BER: 符号誤り率} \\ \text{誤り訂正を含むパケット受信率(Prp)} &= \sum_{t=0}^{16} C_{255}^{t} \cdot (\text{Prd})^t \cdot (1 - \text{Prd})^{255-t} \\ \text{フレーム受信率(Prf)} &= \text{Prp}^{(n+1)} && \begin{aligned} t: \text{誤り訂正ビット数} \\ n: \text{画像フレームサイズ}/223 \end{aligned} \end{aligned}$$

フレーム受信率の%値を画像受信率[%]として定義し、画像容量を変化させたときの符号誤り率対画像受信率を表 2-22 及び図 2-67 に示す。

BER[%] 画像容量 [バイト]	BER[%]					
	0.01	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
3k	100.00	100.00	100.00	99.77	95.08	68.43
6k	100.00	100.00	100.00	99.55	90.70	48.03
9k	100.00	100.00	100.00	99.34	86.52	33.71
12k	100.00	100.00	99.99	99.14	82.82	24.26

※ 画像データは、VGA である。

表 2-22 符号誤り率対画像受信率

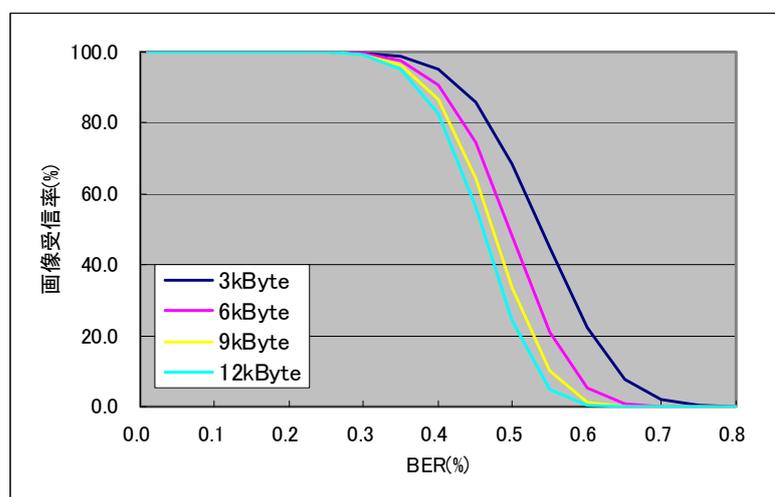


図 2-67 符号誤り率対画像受信率

1 画像分のデータのうち、途中のデータが欠落した場合には、画像データの一部だけではなく、画像全体を復元することができず、1 画像分が欠落することになる。

表 2-24 より、BER=0.1%以下であれば、画像受信率が 100%になることがわかる。

画像容量を 12k バイトとし、受信パケット 388 バイト毎にランダムな位置に対してビット反転を行い、試行回数を 100 回とした場合の符号誤り率対画像受信率の実測値と計算値を表 2-23 及び図 2-68 に示す。

388 バイト毎に 1 ビット誤りを発生させるため、1 ビット当りの符号誤り率は、0.03% (1/(388×8)) となる。

エラー個数	1	5	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BER[%]	0.03	0.16	0.32	0.39	0.42	0.45	0.48	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64
実測値[%]	100	100	97	91	79	70	51	24	12	1	0	0
計算値[%]	100	100	98	87	75	56	34	16	5	1	0	0

表 2-23 符号誤り率対画像受信率の実測値と計算値の比較

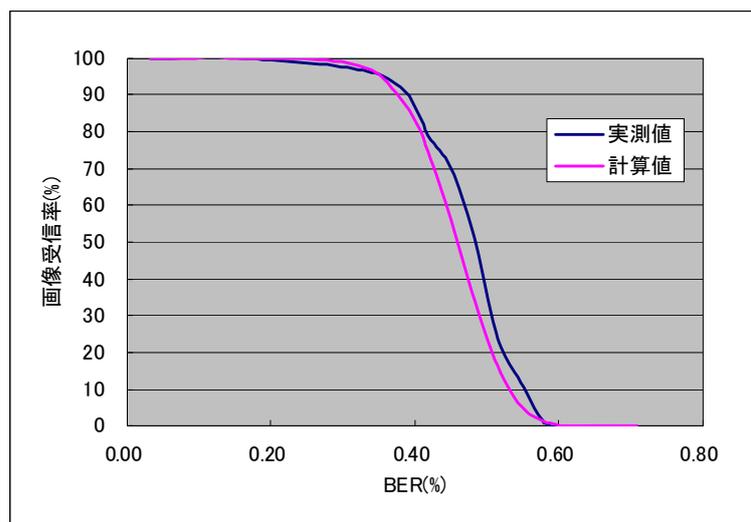


図 2-68 符号誤り率対画像受信率の実測値と計算値の比較

実測値と計算値は、おおむね一致していることがわかる。

上記の事例を基に、データ系通信における回線品質について、符号誤り率は0.1%を確保する必要がある。

ウ 検討事例におけるデータ系通信の所要 D/U

データ通信時に必要な符号誤り率を0.1%として、0.1%を満たす D/U を求める。今回は、デジタル簡易無線で使用可能な変調方式のうち4値 FSK方式に注目して検討する。

4値 FSK方式の C/N 対符号誤り率の関係を図 2-69 に示す。

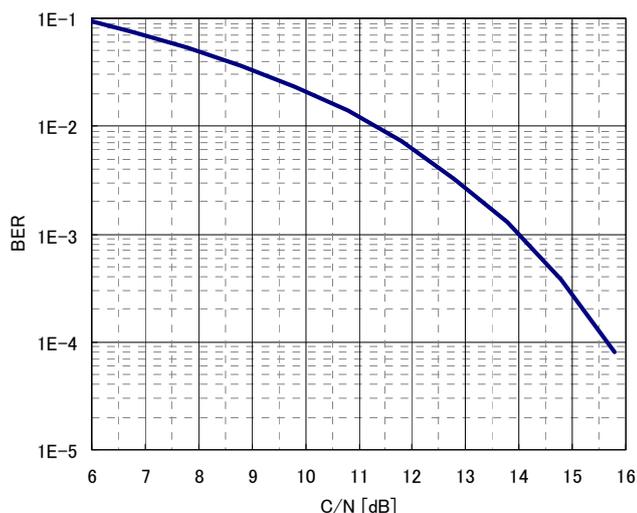


図 2-69 C/N 対符号誤り率（静特性、計算値）

図 2-66 より、BER=1%及び 0.1%を得る為に必要な C/N を表 2-24 に示す。

BER [%]	C/N [dB]	備考
0.1	14	データ系通信に必要な回線品質
1.0	11.3	音声系通信に必要な回線品質

表 2-24 4 値 F S K 方式における BER 対 C/N

表 2-24 より、音声系通信に必要な回線品質 (BER=1%) を得る為に必要な C/N は 11.3dB であり、データ系通信に必要な回線品質 (BER=0.1%) を得る為に必要な C/N は 14dB であるため、C/N を 2.7dB 改善する必要がある。

表 2-21 及び表 2-24 を基に、データ系通信に必要な BER=0.1%を満たす D/U を求め、表 2-25 に示す。

	妨害波	4 値 FSK
希望波		14.2dB

表 2-25 同一チャンネル周波数共用条件 (BER=0.1%) を満たす D/U ($\Delta f=0\text{Hz}$)

音声系通信に必要な回線品質 (BER=1%) を得る為に必要な D/U は、11.5dB であり、符号誤り率を 1%から 0.1%に改善するために必要な C/N は、2.7dB であるため、データ系通信に必要な回線品質 (BER=0.1%) を得る為に必要な D/U は、14.2dB となる。

(3) IP 通信プロトコルを用いた互換性

現在、日本国内において V, UHF 帯を用いた無線通信システムとしては以下のものがあり、現状は下記のとおりである。

1) 1500MHz、800MHz 帯の業務用 MCA 無線

第三者無線通信の形態で、利用者が設備負担を行い通信運用については運用業者に対し利用料を支払う形態となっている。

2) 400MHz、260MHz、150MHz 帯の市町村デジタル無線、消防、救急、警察無線等

主に公共用の用途であることから、局数に大幅な変動はない。

3) 400MHz、150MHz 帯の簡易無線 (CR)、各種業務用無線 (SR)

中小企業や個人利用なども含めた比較的狭い範囲での利用を想定したもので各種業務用無線 (SR) については、従事者免許を必要とするが、簡易無線局については、従事者免許が不要となっている。

また、簡易無線局においては電波法関係審査基準により「簡易無線局においては簡易な業務又は個人的用途を行うために開設するものであって、次に掲げるものに該当しないものであること。」とされている。

(1) 電気通信業務を行うことを目的として開設するもの。

(2) 船舶又は航空機の安全航行を確保することを目的として開設するもの。

(3) 主として海上又は上空で使用することを目的として開設するもの。

(防波堤若しくはこれに準ずる外隔施設の内側の水域又は船舶内のみにおいて使用するものを除く。)

(4) 鉄道用若しくは軌道用客車又は貨車、索道用機器又は一般乗合旅客自動車の安全運行を確保することを主たる目的として開設するもの。

(5) 専ら天変地変その他非常の事態に際し、人命及び財産保全又は治安の維持を確保する事を目的として開設するもの。

(6) 防衛、警察、海上保安、検察、入国管理、公安調査、税関、検疫、麻薬取締り又は防災の業務の遂行を確保することを目的として開設するもの。

(7) 航空運送事業の用に供する航空機内(貨物のみを運送するものを除く)に於いて使用することを目的として開設するもの。

(8) 水防、道路、消防又は気象業務の遂行を確保することを主たる目的として開設するもの。

しかし、平成 20 年 9 月に策定されたデジタル簡易無線局の登録局においては、パーソナル無線の運用に準じ同一登録人以外でも運用可能であるが、貸与する時、運用不適格者(電波法に違反して処罰された人を一定期間除く等)には貸与できない。)

日本国内における IP ネットワーク網を用いた接続方法は次に上げる方法がある。

同一建物や同一敷地内で構成された自営網を用いた LAN (Local Area Network) 接続と通信事業者網などを用いた広い範囲を構成する WAN (Wide Area Network) 接続がある。

WAN 接続例を一例とした 図 2-70 にシステムネットワーク接続図を示す。

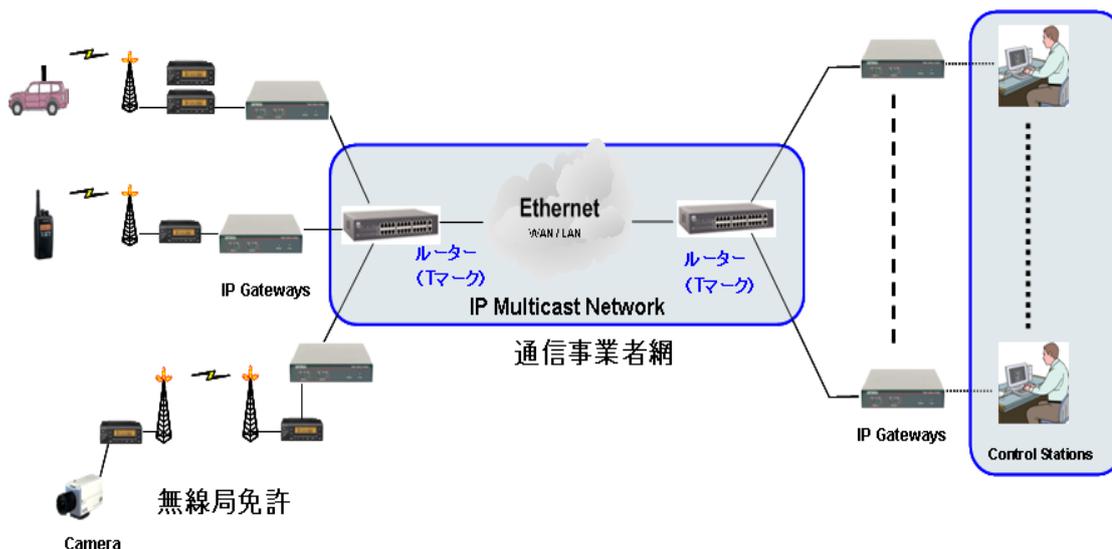


図 2-70 WAN 接続図

現在、IP ネットワークを利用した無線通信の例としては下記の物が運用されている。

・ 特定小電力トランシーバーでの運用

デジタル特定小電力無線局の中継局（レピータ）を IP ネットワークで接続し、通信エリアを拡大することを可能としたシステム。

社内 LAN や離れた建物間をインターネット VPN（Virtual Private Network）網で接続し、離れた拠点間を接続し、資源・情報の有効利用と業務効率の向上を図ることができる。

・ アマチュア無線機での運用

D-STAR（社団法人日本アマチュア無線連盟（JARL）が開発したアマチュア無線の「音声通信」、「データ通信」をデジタル方式で行う新しい通信方式）システムでは、レピータ局間を中継する幹線系通信で、インターネット接続により広範囲の通信を実現するシステム。

アマチュア無線においても、高速度伝送が可能なデジタル化とネットワーク化をはかることで、さまざまな情報を包含した新しい通信のスタイルを創出している。

これらの実用例を基に、デジタル簡易無線での利用シーンとしては、以下のようなものも想定できる。

- ① 大規模災害時の救援活動
- ② 市町村又は一構内における自営通信基盤の確立
- ③ 大規模災害発生前の警戒時の情報伝達手段
- ④ 大規模災害時に備えた訓練での情報伝達手段
- ⑤ 動植物等の生体／動態監視手段
- ⑥ 気象観測の情報展開手段
- ⑦ 遠隔制御の管理／監視手段

しかしながら、通信プロトコルが異なるシステム間との通信ができず互換性はないので IP ネットワークを利用した通信で互換性をどこまで持たせるかは今後の課題となる。

尚、IP ネットワーク網接続において自営網を用いた LAN 接続では、同一構内、同一免許人内での運用で有れば無線機リモート接続上の問題はない。一方、通信事業者網を用いた WAN 接続では、同一免許人内であることと通信事業者網へ接続される無線機器が公衆サービスを伴う事業性のあるものは、開設時に許認可が必要になる。

(4) データ系通信に関する需要見込み

需要見込みの数値を算出するのに使用したデータは、総務省情報通信統計データベース分野別データ用途別無線局数・(社団法人電波産業会 (ARIB) 発行の電波産業年鑑 2009 別冊「電波産業統計」・社団法人陸上無線協会が平成 19 年 (2007 年) 10 月に実施した「デジタル簡易無線の需要規模(レンタル用途における想定利用台数)に関する調査」の数値を元に算出した。

ア 簡易無線運用推移予想

下表に簡易無線運用推移予想の数値を示す。

単位：千台

	アナログ	デジタル・ 業務型	デジタル・ レンタル型	デジタル・ レジャー型	デジタル・ 上空利用	業務型以外 デジタル合計	デジタル 合計
H20.3	658	0	0	0	0	0	0
H21.3	638	5	10	20	1	31	36
H22.3	623	30	20	40	2	62	92
H23.3	607	70	35	60	3	98	168
H24.3	557	120	60	80	5	145	265
H25.3	490	180	80	100	5	185	365
H26.3	420	250	80	125	5	210	460
H27.3	340	322	80	150	5	235	557
H28.3	260	402	80	150	5	235	637
H29.3	180	482	80	150	5	235	717
H30.3	100	562	80	150	5	235	797
H31.3	60	602	80	150	5	235	837
H32.3	30	632	80	150	5	235	867
H33.3	10	652	80	150	5	235	887
H34.3	0	662	80	150	5	235	897
H35.3	0	672	80	150	5	235	907

表 2-26 簡易無線運用台数推移予想

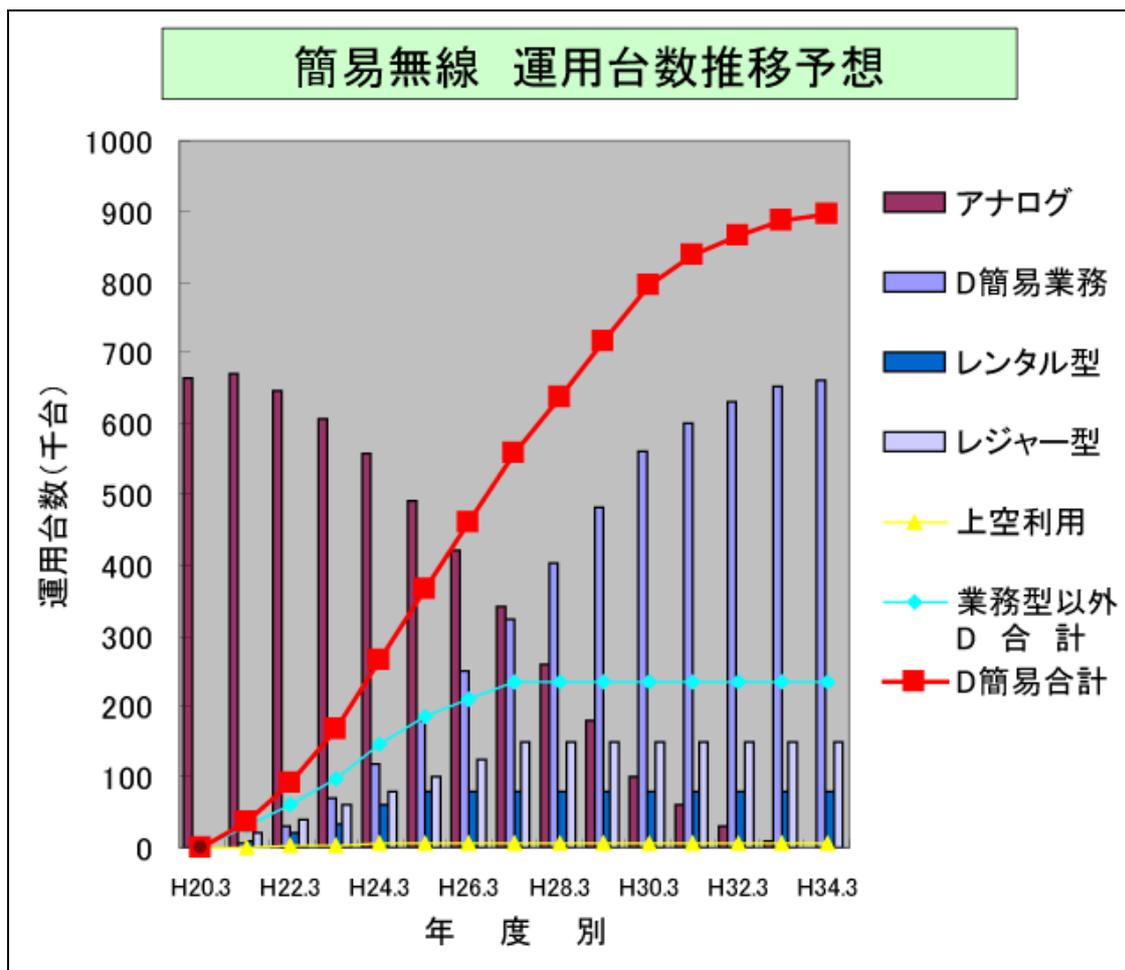


図 2-71 簡易無線 運用台数推移予想グラフ

2) 簡易無線用途別需要比率予想

平成 21 年 6 月よりデジタル簡易無線需要調査（年間出荷：150MHz 用）を主要メーカー 3 社で実施し下記の条件で需要予想値を求めた。（使用した調査票等は資料編 資料 11 に掲載している）

調査に参加したメーカー 3 社で協議を行い、より詳細化されている 1 社の予測を採用することで調整のうえ約 12, 500 台/年とし、平均稼働年数についても見直し、3 社平均 9.9 年 ≒ 10 年とした。（10 年 = 125, 000 台）

データ通信については現小エリア無線の年間 8, 000 台の 20% に、将来データ通信の増加を 2 倍と想定し、 $8,000 \times 0.2 \times 2 = 3,200$ 台/年となる。

（10 年 = 32, 000 台）

中継回線については、現在の 400MHz 免許局の 2% と想定し、さらにトラヒックの増加を 3 倍と想定して、 $672,000 \times 0.02 \times 3 = 40,000$ 台/10 年とした。年間トータルでは $12,500 + 3,200 + 4,000 = 19,700$ 台/年

※中継回線については、上り/下りの周波数分け検討、秘話などによるユーザ制限の検討、中継局異常時の停波処置検討、通信時間短縮化の検討、混信許容値の緩和検討、無線従事者の要否検討などクリアすべき検討課題も多い。

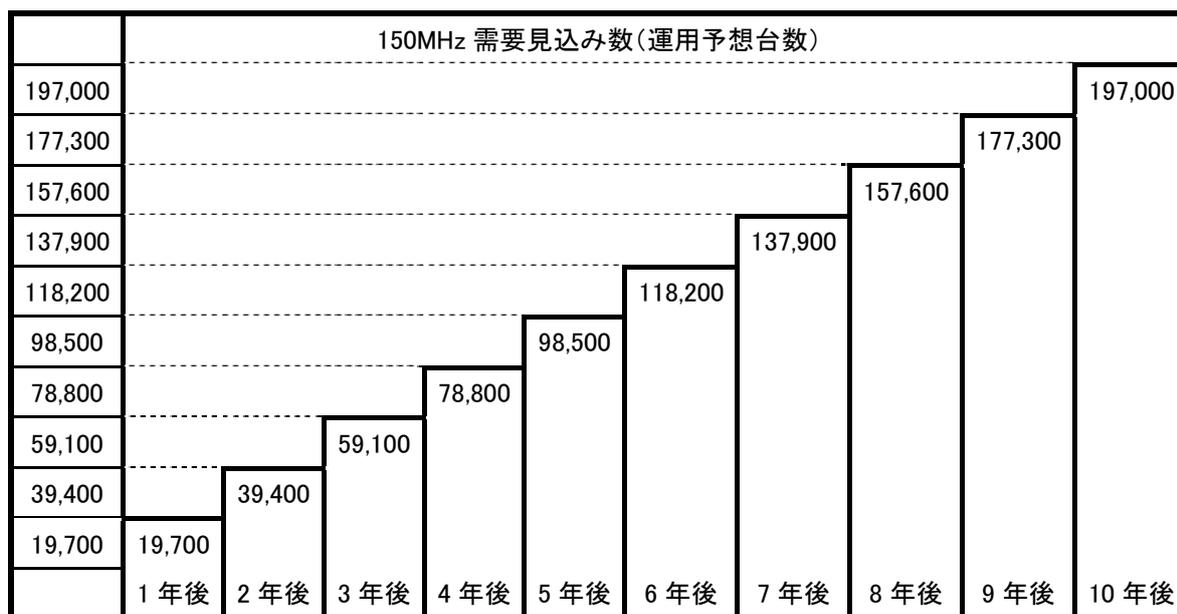


図 2-72 150MHz 簡易無線需要見込み数

分類	需要予想
公共自治体	592
学校	245
医療	16
展示・競技・遊技	989
環境	38
警備・防災・セキュリティ	6,119
ビル・駐車場管理	1,017
運輸・倉庫	639
製造工場・通信	74
建設・土木・道路・電機	1,631
販売・修理・外食・小売・スーパー	576
出版・放送・派遣	265
金融・宗教法人・人材	322
その他(データ通信)	3,200
その他(中継)	4,000
合計	19,725

表 2-27 分類別需要予測

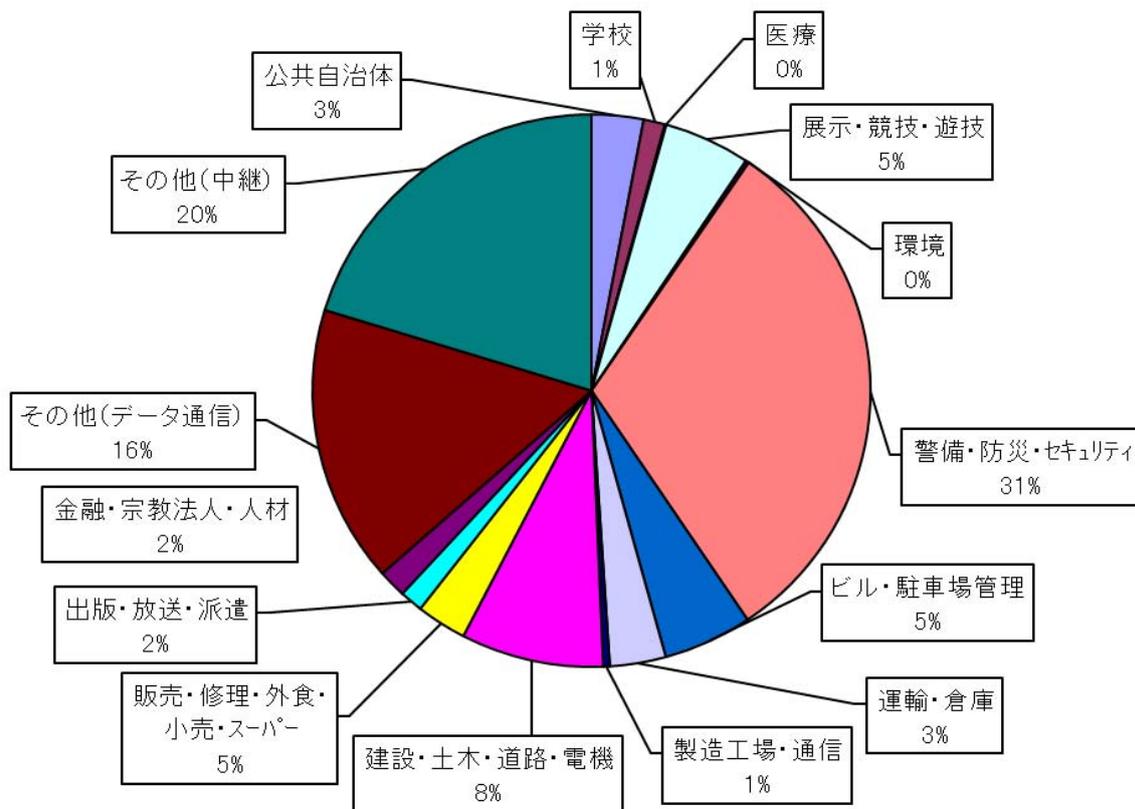


図 2-73 分類別需要予測