業務用無線システムの現状と課題

加藤数衛 Kazue Kato (株) 日立国際電気映像・通信事業部

1 はじめに

自営系業務用無線は、1950 年（昭和 25 年）に電波法が制定され、アナログ方式による警察無線、民間においては、1953 年北海道札幌においてアナログ方式タクシー無線が初めて運用開始⁽¹⁾されて以来、各種の業務分野で普及してきた経緯がある。

自営無線は、国、地方自治体等の公共分野、電力、ガス、鉄道・道路等のライフライン事業を担う公益分野、タクシー事業など陸上輸送等の各種の一般業務分野で運用、活用されている無線通信である。国、地方自治体については、警察、消防・救急、各省庁向け無線、あるいは、防災行政無線などの重要無線が代表的なシステムである。

ここでは、陸上移動業務を中心にアナログ方式からデジタル化移行への経緯など業務用無線の現状、また、最近の自営系ブロードバンド移動通信の動向と併せ、業務用無線システムの課題のほか、現在、検討が進んでいる共同利用型システムについて、今後の展開の在り方等の一端について述べる。

2 自営系業務用無線システムの概要

2.1 自営系業務用無線システムの特徴

はじめに、自営系無線通信システム（業務用無線システム）の概要と特徴について、以下に述べる。

(1) 自営系業務用無線の概念

自営系業務用無線は、1948 年（昭和 23 年）に 30 MHz 帯においてアナログ FM 方式の警察無線システムが導入⁽²⁾されて以来、国、地方自治体等の公共分野以外に、ライフライン等の公益分野をはじめ、各種業務の分野において、独自の無線システムとして開設・運営をされており、各組織、事業者、関係団体が独自で業務エリア内をカバーする無線通信網を構築、業務形態に合わせ独自の通信機能、使い勝手を実現している。その最大の特徴

は、専用波による電波のふくそうの少ない免許局による運用形態にある。このほかに、簡易な業務用途向けに共用波を用いる簡易無線局がある。

電波法制定以降、しばらくの間は、自営系業務無線を中心とした公共分野における VHF 帯等の低い周波数を主とする運用がされていた経緯⁽³⁾がある。

(2) 通信エリア

一般的に通信エリアは、基本的に基地局を介する中ゾーン、あるいは大ゾーン方式による広範エリアをカバーするシステム構成となっている。このうち、400 MHz 帯タクシー無線については、大都市部では、基地局を集中して 1 箇所を設置する集中基地局方式で運用されている。800 MHz 帯 MCA 無線システム (Multi Channel Access System) においては、大ゾーン方式の集中基地方式が採用され、中継局設備を共同利用、端末は利用者が無線局免許を取得して利用契約料を支払い利用する運用⁽²⁾が取られている。表 1 に自営系業務用無線のうち公共業務及び一般業務分野における主要なシステムの特徴を示す。

(3) 無線局の用途別種別

自営系業務用無線は、無線局の局種別審査基準⁽⁴⁾等の分類からは、運用形態により大きく公共業務、一般業務、及び簡易業務に分類される。表 2 に自営系業務無

表 1 自営系業務用無線の特徴

#	特 徴
1	専用免許波による電波のふくそうの少ないシステム構成
2	業務エリアに沿ったエリア構築、通信機能の提供
3	個別通信、一斉通信、統制通信
4	即時性接続、簡便な操作性（プレストークなど）
5	通話利用料が不要（年間の電波使用料のみ）
6	音声通信、デジタル化による低速データ伝送

表 2 自営系業務用無線の用途別分類

無線局種別	利用分野・用途
公共業務 (公益)	国（官公庁）、防災行政用、警察用、消防・救急用ほか 鉄道事業用、電力／ガス事業用、道路事業用ほか
一般業務 (各種業務)	タクシー用、運輸用、放送事業用、新聞事業用ほか
簡易業務	簡易な業務用（簡易無線）

線の用途別種別を示す。

(4) 主な通信機能

自営系業務無線の主要な通信機能については、従来のアナログ方式において、一対一通信による音声通話以外に、自営系業務無線の最大の特徴である組織内関係者への一斉通信、あるいは、業務小グループ単位のグループ通信といった日常業務に直結した無線システムの運用が図られている。特に、送話時にプレススイッチを押す「プレストーク方式（push to talk）」による簡便な操作及び即時性接続が一般的に求められることが特徴である。

また、自営系業務無線は公衆通信ネットワークと異なり、電波利用料以外の通信料が不要な無線局の扱いにある。後述するデジタル化移行においては、音声通信に加え、GPS 位置情報の伝送、あるいは状態遷移、静止画像などのデータ伝送機能の高度化が図られるようになった。

図 1 に業務用無線システムの端末装置として採用されているデジタル方式の車載無線機、携帯無線機及び GPS ナビゲーションシステム向け車載無線機の外観事例を示す。通常、空中線電力は 2～5 W 以下が一般的であり、システムによりマルチパスフェージング耐性の向上のため受信ダイバーシチ方式や等化器が具備されている。

(5) 主な周波数帯

陸上移動業務については、主に 150 MHz 帯及び 400 MHz 帯等を中心に割当が行われてきている。例えば、警察無線システムでは 150 MHz 帯に移動指令系システムが構築されている。また、防災行政無線用途として、150 MHz 帯及び 400 MHz 帯に移動系無線、あるいは、800 MHz 帯に MCA 無線などが割り当てられている。なお、上記の防災行政無線移動系⁽⁵⁾及び消防・救急無線については、現在、260 MHz 帯への移行が進められており、消防・救急無線は既に、2016 年（平成 28 年）5 月に全面デジタル化移行を完了している。

このほか、防災行政無線用途として、自治体庁舎から屋外スピーカにより地域住民に対し拡声放送で情報伝達を行う 60 MHz 帯同報系無線（固定通信）がある。

図 2 に自営系業務無線の現在の周波数割当⁽⁶⁾を示す。

図 1 デジタル方式業務用無線機の外観事例

(6) 無線局の局数

現在、免許に基づき開設されている無線局数は電気通信業務の移動通信分野を中心に約 1 億 9,774 万局⁽³⁾にあるが、自営系無線局は現状、約 260 万局⁽⁷⁾と低い比率にある。自営系業務用無線の用途別無線局数（2015 年度）⁽⁷⁾について、図 3 に示す。

図 3 において、防災行政、地方行政、及び国家行政を含めた公共業務用無線局は、約 75 万局の 27%、一般業務（各種業務）用無線局は、約 28 万局の 8%である。また、簡易無線局は約 106 万局の 39%と大きな比率を占めており、普及が加速している。

2.2 自営系業務無線のデジタル化の経緯

国内の自営系業務用無線におけるデジタル化は、1983 年（昭和 58 年）から、警察無線で開始され、その後、MCA 無線においても、1994 年（平成 6 年）からデジタル方式を開始した経緯がある。

更に、1995 年（平成 7 年）の阪神淡路大震災を契機に、総務省において周波数のひっ迫対策並びにデータ伝送等の高度化ニーズの実現等に対応するため、デジタル方式導入の検討が行われた。ここでは、400 MHz 帯アナログ方式のチャンネル間隔 12.5 kHz 幅に対して、6.25 kHz 幅による狭帯域デジタル方式等の研究開発、実証試験⁽⁸⁾が進められ、現在の情報通信審議会に相当する電気通信技術審議会において、1998 年（平成 10 年）6 月、「400 MHz 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」が答申された。また、150 MHz 帯等のチャンネル間隔 20 kHz 幅の無線設備に対しても、狭帯域 6.25 kHz 幅の制度化が図られている。

本制度化においては、自営系業務用無線、とりわけ、陸上移動局について、狭帯域化による周波数資源の有効利用、並びに、音声伝送に加え比較的低速なデータ伝送を可能とする高度化利用を主眼とした施策が取られ現在に至っている。上記答申において整理された「デジタ

図2 国内の自営系業務用無線における周波数割当 (30~960 MHz) ⁽⁶⁾ (一部加筆)

図3 自営系無線の用途別無線局数 (2015年度)

ル・ナロー通信方式」における代表的なモデル1~モデル6と主要諸元^{(9),(10)}について表3に示す。

これら代表的モデル1~6の中で、現在、実質的に業務用デジタル無線として採用、運用されている方式は、モデル1及びモデル2である。これは、変調方式として移動通信における耐フェージング特性等に有利な $\pi/4$ シフトQPSK方式($\pi/4$ シフト四相位相変調)を採用していることが主な理由である。

モデル1においては、狭帯域化によりチャネル間隔6.25 kHz幅において、伝送速度9.6 kbit/s、音声伝送等の実効伝送速度6.4 kbit/sの伝送を可能としている。

表 3 業務用無線システムのモデルと主要諸元

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* ¹	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
複信方式	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
多重度	1	4	4	1 / 2	6	1	1	1
チャンネル 間隔	6.25 kHz	25 kHz	25 kHz	6.25 kHz	25 kHz	6.25 kHz	6.25 kHz	12.5 kHz
伝送速度	9.6 kbit/s	32 kbit/s* ²	32 kbit/s	16 kbit/s	64 kbit/s	19.2 kbit/s* ³	4.8 kbit/s	伝送帯域 0.3 ~3.0 kHz* ³
ロールオフ 率	0.2	0.5* ²	0.5	0.25	0.2	—	—	—

* 1 12.5 kHz, TDMA 多重度 2, 9.6 kbit/s 規格あり

* 2 伝送速度 36 kbit/s, ロールオフ率 0.35 規格 (TETRA)

* 3 伝送帯域 0.3~3.4 kHz

図 4 業務用無線システムにおけるアクセス方式の概念

また、モデル 2 においても、従来のアナログ方式に対し 4 多重 TDMA 方式を採用することで、チャンネル数は同じ 2 倍の方式となっている。図 4 に「デジタル・ナロー通信方式」におけるアクセス方式に対するチャンネル配置の概念図⁽¹⁰⁾を示す。

制度導入後、モデル 1 及びモデル 2 を中心に各種分野でデジタル方式の業務用無線システムが急速に進展した。その後、10 年を経て 2008 年（平成 20 年）3 月、簡易無線のデジタル化を契機に、無線機の低廉化、あるいは、電力増幅器の高出力化等に有利な定包絡線変調方式である 4 値 FSK 方式（四値周波数偏位変調）が、情報通信審議会陸上無線委員会で答申、導入⁽¹¹⁾され、業務用無線においても、デジタル無線システムの設備更新に合わせ多くの分野で導入方向にある。ここで、表 3 におけるモデル 7⁽¹²⁾ が 4 値 FSK 方式に該当する。なお、モデル 6 に示す RZ-SSB 方式（Real Zero Single Sideband：実数零点単側波帯変調方式）については、放送事業用連絡無線として一時、導入が開始されたが、

数年前から 4 値 FSK 方式が採用⁽¹³⁾されている。

2.3 自営系業務用無線のデジタル化の現状

我が国の自営系業務用無線における無線方式（変調方式・アクセス方式）について表 4 に周波数帯ごとに、主な分野、用途別デジタル方式の一覧⁽¹⁰⁾を示す。ここでは、陸上移動業務以外に、防災行政無線（同報系）の固定通信分野についても併記した。

表 4 に示すとおり、自営系公共業務用、あるいは、一般業務用無線においては、各事業者ごとに組織、業務の独自性及びアプリケーション・運用を重視した無線方式を選定し、システム構築されている実態にある。なお、事業者は無線局の免許申請、無線従事者を配することが要件となる。

とりわけ、安心・安全、危機管理、あるいは、被災害現場において、昨今、求められる相互接続性の観点からは、例えば、消防・救急、防災行政をはじめ、電力・ガス、鉄道・道路管理分野などにおいて、それぞれの同一機関、あるいは、関連組織内においてのみ、音声通信を中心に接続を可能としている現状にある。

これは、組織内における指揮・運用体系から、組織上層部を除き、実務遂行レベルでの他組織・機関との直接的な情報交換形態にないことも一因と考えられる。

そのほか、最近では、従来の自営業業務用無線と異なり、「IP 無線」と称され電気通信事業者が運用する 3 G 回線、4 G/LTE 回線を用いるプレストーク方式の無線装置も一般業務分野において普及状況にある。ここでは、大規模災害時等におけるトラヒックのふくそうによる回線の接続性のリスクについて、考慮をしておくことが必要である。

表 4 自営系業務無線における分野・用途別の主なデジタル方式一覧

無線局区分		分野・用途	周波数帯	変調方式	アクセス方式	導入年度	文献
移動通信	公共業務用	電気・ガス事業用	400 MHz 帯	$\pi/4$ シフト QPSK	FDMA/SCPC	2000 (H12)	
		道路管理用		$\pi/4$ シフト QPSK	FDMA/SCPC	2002 (H14)	
		鉄道事業用		$\pi/4$ シフト QPSK	TDMA/SCPC	2003 (H15)	
		空港事業用		$\pi/4$ シフト QPSK	TDMA	2003 (H15)	
	一般業務用	タクシー用	400 MHz 帯	$\pi/4$ シフト QPSK	SCPC	2003 (H15)	
		MCA 用	800 MHz 帯	$\pi/4$ シフト QPSK	TDMA	2003 (H15)	
	簡易業務用	簡易な業務用	400 MHz 帯	4 値 FSK	SCPC	2008 (H20)	
	公共業務用	防災行政用 (移動系)	260 MHz 帯	$\pi/4$ シフト QPSK	TDMA	2001 (H13)	
				4 値 FSK	SCPC	2015 (H27)	(14)
		消防用		$\pi/4$ シフト QPSK	TDMA	2003 (H15)	
				$\pi/4$ シフト QPSK	SCPC	2003 (H15)	
		官庁用	150 MHz 帯	$\pi/4$ シフト QPSK	SCPC	2002 (H14)	
				4 値 FSK	SCPC	2015 (H27)	
		鉄道事業用		$\pi/4$ シフト QPSK	FDMA/SCPC	2005 (H17)	
				$\pi/4$ シフト QPSK	TDMA	2005 (H17)	
	一般業務用	放送連絡用	150 MHz 帯	RZ-SSB	SCPC	2004 (H16)	
				4 値 FSK	SCPC	2011 (H23)	(13)
	簡易業務用	簡易な業務用	150 MHz 帯	4 値 FSK	SCPC	2008 (H20)	
固定通信	公共業務用	防災行政用 (同報系)	60 MHz 帯	16QAM	TDD	2000 (H12)	
				4 値 FSK/QPSK	SCPC	2015 (H27)	(15)

(注 1) 警察無線については、掲載を割愛した。

(注 2) 消防用及びタクシー用については、2016 年 (平成 28 年) 5 月末までにデジタル方式への移行を完了している。

図 5 公共ブロードバンド移動通信システムの利用イメージ事例⁽²¹⁾

2.4 自営系業務用無線のブロードバンド化の状況

このような中、2010 年 (平成 22 年) 3 月、情報通信審議会公共無線システム委員会において、地上テレビジョン放送のデジタル化により空き周波数となる VHF 帯 (170~202.5 MHz) を利用⁽¹⁶⁾ した「公共ブロードバンド移動通信システムの技術的条件」が答申⁽¹⁷⁾ された。翌 2011 年 3 月、民間標準規格化 (ARIB STD-T103 標準規格⁽¹⁸⁾) を経て、現在、国の機関によ

り実運用されている。これにより、安心・安全分野における災害現場等の映像情報を機動的に災害対策本部等に伝送可能な無線装置が提供されている。

本システムは、OFDM/TDD 方式を採用し、1 チャンネル当り 5 MHz 幅の 6 チャンネルが 32.5 MHz 幅帯域内に配置される周波数割当にある。現在、可搬形タイプの装置が実導入され、空中線電力 5 W 以下、受信ダイバーシチ方式が採用されている。とりわけ、VHF 帯の

図6 公共ブロードバンド移動通信システム無線装置
外観事例

伝搬特性から山間部、あるいはビル等の建造物による見通し外伝搬路においても、良好な映像伝送が行えることが大きな特長^{(19), (20)}にある。

図5及び図6に、それぞれ、現在、運用されている被災現場における映像・音声情報を対策本部に伝送する公共ブロードバンド移動通信システムの利用イメージ⁽¹⁷⁾及び本体装置の外観事例を示す。おおむね伝送距離3～10 kmで、最大約7 Mbit/s程度の伝送が可能である。2016年（平成28年）に発生した熊本地震における橋梁崩落現場での現地救援復旧活動をはじめ、先の茨城県常総市における広域水害被災現場等の救援活動で有効活用されている。

また、現在、情報通信審議会陸上無線通信委員会において、「公共ブロードバンド移動通信システムの高度化に関する技術的条件」が審議され、海上利用及び中継方式の導入が答申⁽²¹⁾され、現在（2017年3月末）、パブリックコメント・意見募集の段階にある。今後、日本周辺海域を含めた海上における運用、また、中継による長区間伝送など更なる高度化による利用拡大が期待されている。

3

業務用無線システムの課題と展開

安心・安全、危機管理分野にある警察、消防、防災等を主体とする公共業務、並びに、ライフライン等の公益分野における自営系業務用無線システムは、今後とも、世界共通認識にある不可欠なインフラ設備である。他方、自営無線通信の今後の在り方として、総務省電波政策ビジョン懇談会報告等において、200 MHz帯におけるPublic Safety LTE等の共同利用型ブロードバンド無線システム検討の必要性が提言⁽²²⁾されている。また、周波数の再編・周波数の有効利用、相互接続性の確保、あるいは、インフラ設備の効率的投資等の観点から、国際協調周波数帯、あるいは、3 GPPにおける国際標準化動

向等を踏まえたPublic Safety LTEの発展動向、実証試験事例に関わる詳細な技術解説⁽²³⁾が提示されている。

自営系業務用無線の今後の在り方の検討においては、技術的課題は、おのずと最新技術動向を踏まえ解決が図られていくと考えられるが、重要な要件は、一般公衆通信網ではカバーが難しい多様なユーザニーズを実現するための通信エリア及び所要の回線品質の確保、共同利用型における通信を提供する運営母体の在り方及び事業の存続性を担保するビジネスモデルの具現化等に集約される。

更に、国際標準化、国際分業が進展する中において、我が国の安心・安全、危機管理分野における国内産業が活性化する方策についても留意が望まれるところである。

今後の自営系業務用無線の在り方、展開については、このような諸課題を俯瞰的に捉えた幅広い分野からの検討が求められる。

4

おわりに

自営系業務用無線の特徴と現状、また、求められる課題と今後の展開の在り方の一端について述べた。従来の自営系業務無線は、それぞれの組織、事業者、関連する団体が独自の活用実績、技術力等をもって、専用にシステム構築、運営をしてきた実情にあったが、ブロードバンド化の動向とともに、自営系業務用無線の今後の在り方について、共同利用型システムを含めた活発な議論が始まっている。そこで重要な視点は、技術的論点と常に「利用するユーザ側の満足度」を得るためのアプローチにあると考えられる。

東日本大震災から6年を経過し、災害時の緊急対応のみならず、平常時においても公共業務、あるいは公益分野を含めたこれらの重要無線システムが有効運用され、永続的に我が国の安心・安全、危機管理を担保されていくことを願うものである。

■ 文献

- (1) “タクシー無線,” 全国自動車無線連合会広報誌, no.55, pp.16-17, p.46, 一般社団法人全国自動車無線連合会, 2016.
- (2) “電波と交通システム,” RFワールド, no.7, p.138, CQ出版社, Sept. 2009.
- (3) 総務省, 電波政策2020懇談会報告書, p.3, July 2016.
- (4) 電波法関係審査基準, 追録第30号, 一般財団法人情報通信振興会, 平成27年12月1日.
- (5) 加藤数衛, “11群(社会情システム)―防災情報・危機管理システム―,” 1章 自治体防災無線,” 電子情報通信学会, 「知識ベース」, ver.1, pp.1-6, Jan. 2016.

- (6) 総務省 電波利用ホームページ, 我が国の電波の使用状況, “使用状況の一覧,” 平成 28 年 12 月.
- (7) “2016 電波産業調査統計 (抜粋),” 電波産業年鑑 2016, p.A-4, 一般社団法人電波産業会, 2016.
- (8) 大西 誠, 佐々 敦, 加藤数衛, 守山栄松, 浜口 清, 神尾享秀, “狭帯域デジタル通信方式の開発: (4) 野外音声伝送実験,” 1998 信学ソ大, p.365, Sept. 1998.
- (9) 総務省 電気通信技術審議会, “400 MHz 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,” 諮問第 94 号に対する答申報告書, June 1998.
- (10) 加藤数衛, “自営系無線システムにおけるデジタル化の変遷と今後の動向,” ARIB 機関誌: ARIB bulletin, 電波産業会 (編), no.58, pp.11-17, April 2008.
- (11) 総務省 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, “小電力を用いる自営系移動無線の利活用・高度化方策に係る技術的条件,” 答申報告書, March 2008.
- (12) 加藤数衛, “業務用デジタル無線の現状,” 総務省, 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, 参考 1-4-2, June 2015.
- (13) 大西弘幸, “6. 連絡無線のデジタル化,” 映情学誌, vol.67, no.10, pp.878-880, Oct. 2013.
- (14) 総務省 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 (概要版), “「業務用陸上無線通信の高度化に関する技術的条件」のうち「150/260/400 MHz 帯業務用移動無線の周波数有効利用」,” p.5, March 2014.
- (15) 総務省 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 (概要版), “「業務用陸上無線通信の高度化に関する技術的条件」のうち「60 MHz 帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化」,” Sept. 2014.
- (16) 加藤数衛, “5. アナログ放送終了後の電波利用 5-2. 自営通信の取組み,” 映情学誌, vol.62, no.5, pp.696-700, May 2008.
- (17) 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 公共無線システム委員会報告書, “公共ブロードバンド移動通信システムの技術的条件,” March 2010.
- (18) ARIB 標準規格, “200 MHz 帯広帯域移動無線通信用無線設備 (可搬型) 標準規格,” ARIB-STD-T103 (1.0 版), 一般社団法人電波産業会, March 2011.
- (19) 柳澤 慶, 阿部達也, 川島芳博, 山本清志, 竹川雅之, 石崎雅之, 能崎友博, 堂坂淳也, 浅野勝洋, 加藤数衛, 原田博司, 水谷圭一, “ルーラルエリアにおける VHF 帯ブロードバンド移動通信システムを用いた中継伝送試験,” 信学技報, RCS2015-48, pp.13-18, June 2015.
- (20) 牧野仁宣, 水谷圭一, 原田博司, “ARIB STD-T103 規格 VHF ブロードバンド移動通信システムの特性評価,” 信学技報, RCS2015-95, pp.287-292, June 2015.
- (21) 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 公共無線システム委員会報告, “公共ブロードバンド移動通信システムの高度化に関する技術的条件,” March 2017.
- (22) 総務省, 電波政策ビジョン懇談会最終報告書, p.16, Dec. 2014.
- (23) 竹田義行, “Public Safety に向けたブロードバンド移動通信技術の発展動向,” 信学誌, vol.100, no.2 pp.113-121, Feb. 2017.

加藤数衛 (正員)

1978 上智大大学院理工学研究科博士前期課程了。同年, 日立電子株式会社 (現 (株) 日立国際電気) 入社。自営系無線のデジタル化及び公共ブロードバンド移動通信システム等の規格化/開発・設計に従事, 総務省情報通信審議会陸上無線通信委員会ほか各種作業班構成員, ARIB 業務用移動通信システム作業班主任, IEEE 会員。