

# 災害・危機管理・報道に威力を発揮する ヘリコプター及び小型車載用衛星通信システム

尾崎 裕\*  
佐々木 源\*

Helicopter Satellite Communication System and Compact SNG for Vehicle

Yutaka Ozaki, Gen Sasaki

## 要 旨

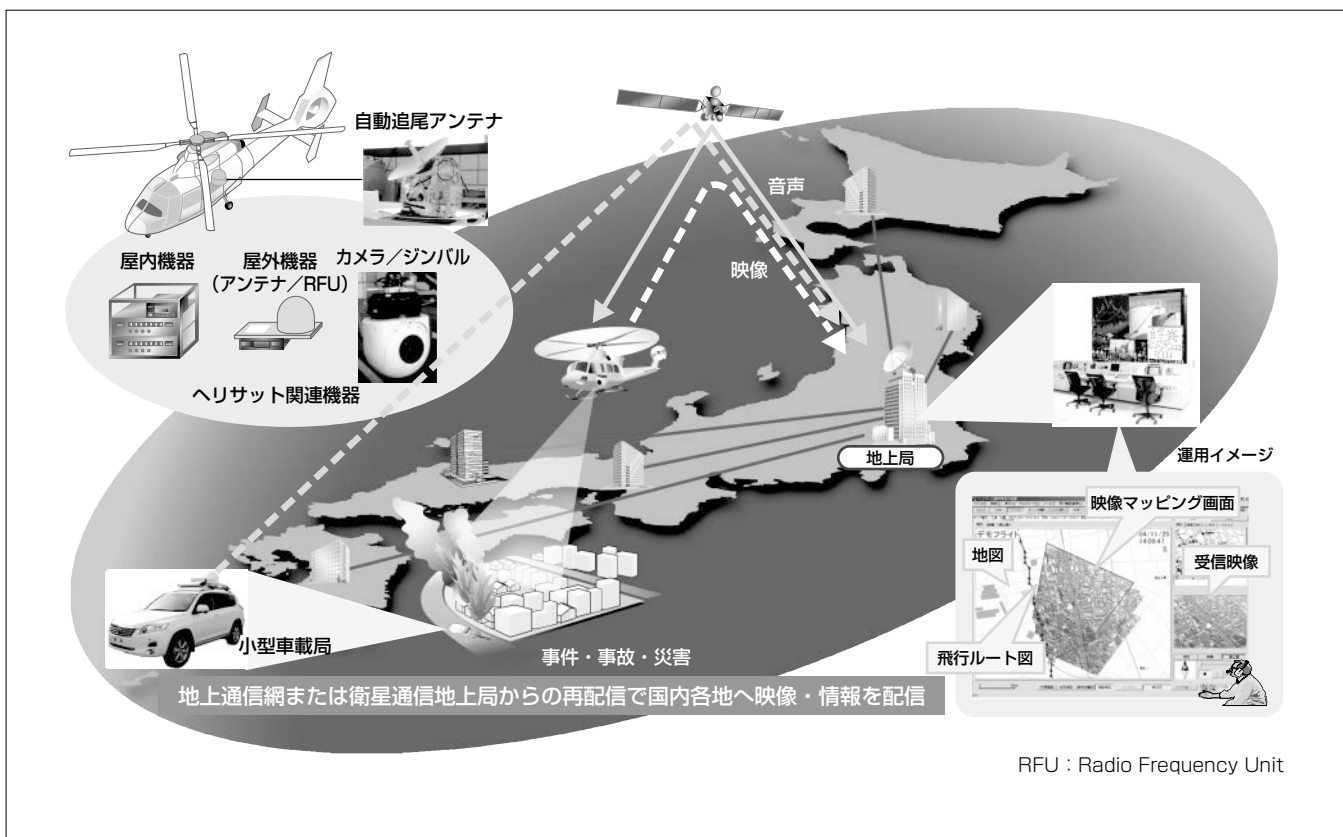
近年、安心・安全な社会に対する社会的要請が高まっており、相次ぐ地震、台風、津波などに対する災害対策への的確な対応が求められている。

災害・危機管理の分野では、迅速かつ的確に情報を収集・整理し、情報通信基盤を通じて住民や関係機関に伝達することによって、被害や事故の件数の軽減や質的な改善を実現することが見込まれ、情報通信技術が国民の被害を適切に回避するための大きな役割を果たすことが期待されている。

また、各種報道分野でも事件・事故等の発生時に迅速かつ正確な初期報道を行うことによって、広く世間へ周知することが望まれる。

現在このような災害・危機管理・報道では現場への駆けつけ手段として有効なヘリコプターや車を用いた情報収集が行われているが、昨今の阪神大震災や中越地震等では一部孤立地域の発生や道路の損壊等で情報収集に時間を要する場合もあった。これらの状況でも的確な対応を可能とするために情報収集システムの更なる改善が期待されるところである。

本稿では、これらの改善を実現する次世代システムとして期待されるヘリコプターから直接人工衛星を介して情報を伝送するシステムについて述べるとともに、このシステム用に実用化した小型軽量移動体用アンテナ技術を応用した小型車載局について述べる。



## ヘリコプター及び小型車載用衛星通信システムの利用イメージ

衛星通信の広域性と移動体の機動性を生かし、どこからでもリアルタイムに情報を伝送できることによって、広域災害、事件、事故の発生時において、初動時に被災地の情報を迅速かつ的確に収集することが可能である。

### 1. ま え が き

災害・危機管理・報道の分野では、迅速かつ的確に情報を収集・整理し、情報通信基盤を通じて住民や関係機関に伝達することによって、被害や事故の件数の軽減や質的な改善を果たすことが期待されている。

現在このような災害・危機管理・報道では現場への駆けつけ手段として有効なヘリコプターや車を用いた情報収集が行われているが、孤立地域の発生や道路の損壊等状況によっては情報収集に時間を要する場合もあり、情報収集システムの更なる改善が期待される場所である。

本稿では、これらの改善を実現する次世代システムとして期待されるヘリコプターから直接人工衛星を介して情報を伝送するシステム及び小型車載局について述べる。

### 2. 防災・報道における現状の運用状況と課題

災害、事件、事故等が発生した場合に、いち早く現場に駆けつけることができる手段はヘリコプターであり、初動時の迅速な情報収集にもっとも有効な手段として活用されている。

現在ヘリコプターからの伝送手段としては、無線で地上中継局を介して伝送するヘリコプターテレビ伝送システムが活用されているが、伝送エリアは地上中継局から一定距離の見通しエリア内に限定され、広い範囲をカバーするためには複数の地上中継局が必要となり整備費負担も大きくなる。このため地上中継局が整備できない空白地帯では車載中継局や可搬局が使われているが、現場到着及び設置のための時間を要するためヘリコプターとのタイムラグが生じるとともに、災害によっては道路の通行が妨げられ孤立地域となり車載中継局が使えないなどによって、いち早く現場にヘリコプターが駆けつけても情報の伝送ができず時間を要するといった場合もあった。

実際、ニーズを抱えながら現行システムの整備を実現できない理由として、ヘリコプター搭載機材の費用に加え、地上中継局の整備費用の負担がある。

これらの課題を解消する手段として、(独)情報通信研究機構(NICT)を中心としてヘリコプター衛星通信システムの実用化検討がなされてきた。

### 3. ヘリコプター衛星通信システム

#### 3.1 システム概要

ヘリコプター衛星通信システム(ヘリサット)は図1の構成図のように、ヘリコプターで撮影した被災地等の動画を静止衛星経由で地上局へ伝送する機能とヘリコプターと地上局間の双方向音声通信を実現する機能を持つ。ヘリ局装置は衛星通信用小型アンテナ、送受信機(Radio Frequency Unit: RFU)、変復調器、映像装置等から構成さ

れ、地上局は通常の衛星通信用アンテナ・送受信設備にこのシステム用の復調器、映像装置を追加した構成である。次にこのシステムの導入効果を示す。

- (1) 地上中継局を必要とせず地上局1局で広域をカバーできる(広域性)。
- (2) 回線接続のための準備作業を必要とせずヘリコプターの到着と同時に伝送が可能である(機動性)。
- (3) 山岳や高層建築物の影響を受けず近接撮影、谷あい等でも安定な伝送ができる(耐環境性)。
- (4) 複数受信局で同報受信することによって各拠点で同時にリアルタイムに情報を共有できる(同報性)。
- (5) 災害等によって道路などが破壊されてもどこからでも伝送が可能である(抗堪性)。
- (6) 双方向音声通信によって常時連絡回線が確保でき、地上局からヘリコプターへ撮影個所の指示などが可能である(利便性)。
- (7) 地上中継局が不要なので管轄区域が広範囲なほどコストパフォーマンスに優れる(低コスト)。

#### 3.2 主要技術

##### (1) 送受信方式

ヘリサットではブレードに電波が当たって他のシステムに干渉することを避けるためブレード回転の間隙(かんげき)をねらって送信する間欠送信方式を採用している。この間欠送信のタイミングは、ヘリコプターの姿勢、衛星の位置及びブレードの回転タイミングによって決定され、フライト姿勢によって時々刻々と変化するため正確かつ動的なタイミング制御が求められる。また、ブレードによるブロッキングの時間率も送信ビームの方向によって変化する。

この方式では送信データを適当な長さのバーストに分割し、このバースト単位で送信ON/OFF制御を行っている。また、ブレードの回転タイミングはヘリコプターの標準的なセンサ(例えば磁気的に回転を検出するマグネチックピックアップセンサ等)から1回転に1回出力される信号を用い、ヘリコプターの姿勢と衛星の位置から決定されるビーム方向とブレードが重なるタイミングを演算し、送信のON/OFF制御を行う。この動作について、図2に概要を示す。

また、ヘリコプターにおける受信では受信波がブレードに当たって遮断されるため、同じデータを複数回減少しづつ

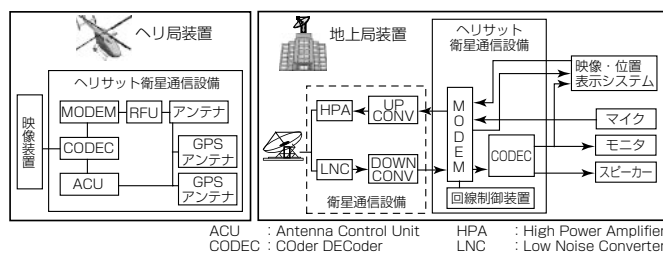


図1. システム構成

時間をずらして伝送する時間ダイバーシティ方式を採用している。実用機では同じデータを4回送信しており、受信側でこれらのデータを合成し復調することによって、ブレードによってどのようなタイミングでデータが欠落しても元のデータを再現できる。この動作の概要を図3に示す。

(2) 追尾方式

Kuバンドを用いた衛星通信装置では、衛星追尾においては追尾誤差によって回線劣化を防止するだけでなく隣接衛星への干渉に配慮する必要があり、厳しい追尾精度が要求される。

近年移動体(航空機、船舶)向けに衛星通信を利用したブロードバンドサービスが開始されているが、ヘリサットではこれらのアンテナで標準的に用いられている追尾方式と同じコニカルスキャン方式を採用している。本方式は、ビームを衛星方向を中心に微小角ずらして円を描くようにスキャンして受信電力が最大になる方向を検出することによって高精度追尾を実現している。

なお、システム起動時の衛星初期捕捉(ほそく)は、GPS(Global Positioning System)アンテナで検出したヘリコプターの位置・方位情報とアンテナに内蔵された角速度センサによる姿勢情報によって衛星の指向方向を求め、この方向を中心に衛星をサーチする。この動作の概要を図4に示す。

3.3 実用化のステップ

平成13年度から平成16年度にかけて実施された「災害・防災情報のための衛星デジタル伝送技術に関する調査検討」で、ヘリコプターからの衛星通信の基本技術に関するデータ取得と技術的条件に関する検討がなされた。また、最終年度の平成16年11月には実際にフライトしているヘリコプターから衛星経由で(独)情報通信研究機構 鹿島宇宙技術センターへ空撮映像の準動画(384kbps)による伝送に

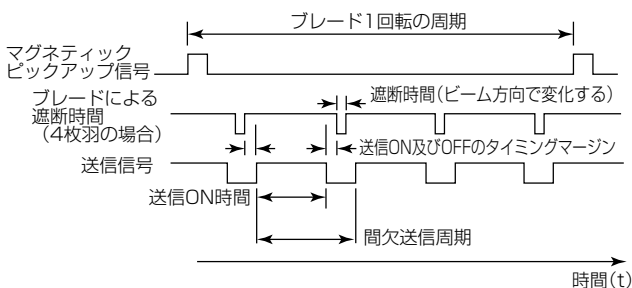


図2. 間欠送信方式の動作

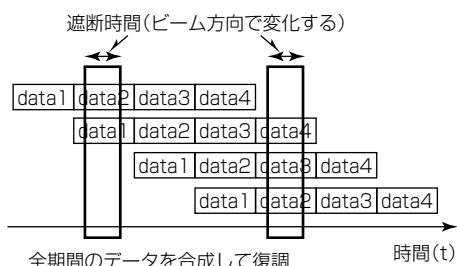


図3. 時間ダイバーシティ方式の動作

成功した。

これを受け、平成18年度には「ヘリコプターによる被災地情報収集の在り方検討会」で伝送速度の高速化による伝送映像品質の向上と防災用に実際に運用されている設備を利用した設備の検証について実証がなされ、公開実験によって成果が示された<sup>(1)</sup>。

公開実験では、防災用途で実際に用いているスーパーバード<sup>(注1)</sup>B2衛星と消防庁の地上局設備を用いフライトしているヘリコプターから標準的な映像(1.5Mbps)を安定に伝送できることが実証された。また、双方向音声通信によって、地上側よりヘリ位置、映像を確認しながらリアルタイムにヘリ搭乗者に撮影位置を指示し適切に対応するなど、ヘリサットの特徴を最大限に発揮した運用について高い有用性が示された。実証実験風景を図5に示す。

これに続き、ヘリサット実用機として報道等を含めた幅広い用途を目指した映像品質の更なる向上としてHD(High Definition)映像伝送の実現について検討が進められた。また、実用化ではヘリコプターの航続距離確保、搭載能力確保のために省スペース化、軽量化は重要なファクタであり、実用機として徹底した小型軽量化の検討がなされた。次にHD映像伝送実現のアプローチを示す。

(1) ヘリコプター搭載小型軽量アンテナの開発

Kuバンドを用いた衛星通信装置については送信波の隣接衛星への干渉、地上システム(固定マイクロ、電波天文など)への干渉を防止することが要求されるため、許容される軸外電力の規定を満たしつつ伝送速度の向上とアンテナの小型化を図る必要がある。このために小型軽量で軸外輻射(ふくしゃ)特性の良いアンテナを開発し、ヘリコプターに搭載したときの航行性能への影響を極力抑えるとともに大幅な送信電力の向上を実現した。

(注1) スーパーバードは、スカパーJSAT株の登録商標である。

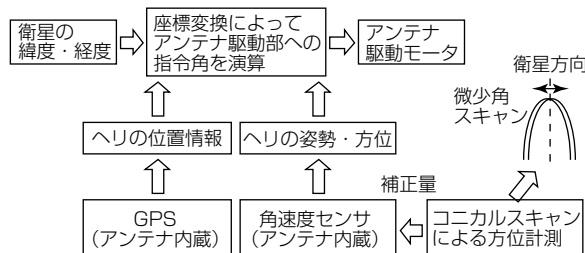


図4. 追尾制御方式の動作



図5. ヘリサット公開実証実験の様子

(2) 強力な誤り訂正技術の採用

理論限界(シャノン限界)に近い誤り訂正能力を持つLDPC符号(Low Density Parity Check Code:低密度パリティ検査符号)を採用した。このLDPC符号によって一般的に衛星通信に使われるリードソロモンと畳み込み符号の組み合わせより約2.5dBのC/N(Carrier/Noise)改善を実現した。

(3) 高能率符号化方式の採用

昨今放送業界等で実際に使われ始めているH.264(MPEG(Moving Picture Experts Group)-4AVC(Advanced Video Coding))を採用することによって、従来方式であるMPEG-2の約2倍の圧縮率を実現、これによって6Mbpsから10MbpsでHD映像の伝送を実現した。

更に平成20年度から平成21年度にかけて「ヘリコプターからのHDTV伝送(高画質伝送)のための衛星通信技術に関する調査検討<sup>(3)</sup>」「動体衛星通信(ヘリサットシステム)における高速大容量伝送技術の検討<sup>(4)</sup>」が実施され、ヘリコプターからの大容量伝送に関する技術的データ取得と技術的条件に関する検討がなされた。

(4) 追尾精度の技術的データ取得

ヘリコプターの動揺を模擬した動揺試験台にアンテナを設置し、実際の運用で想定される3軸(ロール, ピッチ, ヨー)動揺と旋回撮影を想定した動揺における衛星追尾精度に関するデータ取得が行われ(図6(a)), 動揺状態でヘリコプター運用が可能であることが確認された。この試験風景を図6(b)に示す。

(5) HD映像伝送試験

実際に防災ヘリとして使用されているヘリコプターと同機種のヘリコプターにヘリサット機材を仮実装し駐機状態でブレードを回転させた状態で、HD映像を衛星経由地上局へ伝送する試験を実施した。伝送は、6Mbps及び10Mbpsで実施され、HD映像が安定かつ良好に伝送できることが確認された。この試験風景を図7に示す。

3.4 ヘリサット実用機

ヘリサット実用機の外観写真を図8に、主要諸元を表1に示す。また、実用機の特長を次に示す。

- (1) ヘリコプターからリアルタイムにHD映像伝送が可能
- (2) 自立的に衛星追尾によってヘリコプターからの航法情報が不要

◆ヘリコプターを模擬した動揺条件(3軸同時動揺)

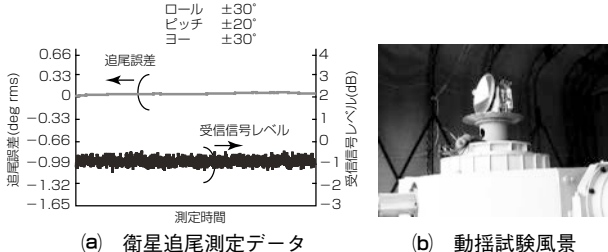


図6. 追尾試験の様子<sup>(4)</sup>

- (3) 強力な誤り訂正によって低C/Nでの安定伝送を実現
- (4) ヘリ局用ヘリサット機材の小型軽量化を実現
- (5) 360度連続回転構造アンテナによって旋回撮影時も連続で伝送が可能
- (6) 地上局からの簡易操作によって双方向回線を自動接続
- (7) 地上局で撮影位置/ヘリコプター運行状況のリアルタイム管理が可能



図7. HD映像伝送試験の様子<sup>(4)</sup>

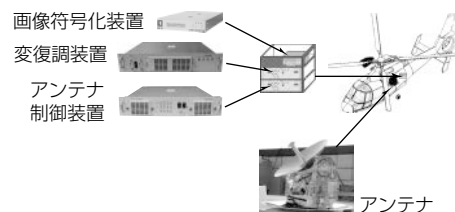


図8. ヘリサット実用機の外観

表1. ヘリサットの主要諸元

項目	仕様・性能	
1 システム		
1.1 利用周波数帯	送信: 14.00~14.40 GHz, 受信: 12.25~12.65 GHz	
1.2 機能	映像送信, 双方向音声, データ通信	
1.3 通信方式	ヘリ送信: ヘリコプターのブレード回転に同期した間欠送信方式 地上局送信: 時間ダイバーシティ受信方式	
1.4 回線制御方式	PAMA方式	
2 アンテナ/送受信装置		
2.1 アンテナ	0.4mφパラボラアンテナ	
2.2 衛星追尾方式	受信信号強度によるスキャン方式	
2.3 偏波	送受直交直線偏波	
2.4 EIRP	45dBW 標準	
3 変復調装置		
3.1 変復調方式	ヘリ送信: π/2シフトBPSK/同期検波またはQPSK 地上局送信: BPSK/同期検波	
3.2 誤り訂正方式	ヘリ送信: LDPC符号, 基地局送信: 畳み込み符号/軟判定ビタビ復号	
3.3 情報速度	ヘリ送信: 384kbps~10Mbps 地上局送信: 16~64kbps	
4 ヘリコプター搭載条件		
4.1 飛行最大速度	160kt	
4.2 最大高度	11,000ft	
4.3 ピッチ角	±30°	
4.4バンク角	±20°	
5 その他	機外装置	機内装置
5.1 電源条件	DC 28V	DC 28V
5.2 環境条件	-25~50°C	0~40°C
5.3 寸法	アンテナ: 600Φ×550 (mm) 送受信装置: 460×450×130 (mm)	490×300×530 (mm)
5.4 質量	約30kg	約20kg



図9. 小型車載局

#### 4. 小型車載局

##### 4.1 概要

先に述べたヘリサット実用機の小型軽量移動体用アンテナ技術を応用し、小型の車両にアンテナを取り付けて、従来の衛星通信車載局に比べて格段に機動性を向上させた小型車載局を開発した。図9に小型車載局の写真を示す。

衛星通信車載局は、放送局のSNG(Satellite News Gathering)システム<sup>(注2)</sup>で報道番組の制作に広く活用されており、また官公庁、インフラ企業等の防災システムの通信用途にも利用されている。

搭載設備としては通信用の機材、信号編集用の機材、電源設備等を装備しており、事件、事故現場や災害現場へ移動し、現場で収集した映像・音声を対向する受信基地局へ向けて伝送する役割を果たす。

従来の衛星通信車載局は、直径1.4mクラス以上のアンテナと、映像素材のHDTV化に伴い350Wクラス以上の送信機を備え、車両はトラックをベースとした大型車両のものが多く、報道、防災用途の観点からはより機動性の高い小型の車載局が求められていた。

(注2) 放送局で利用されている衛星通信を用いた番組素材配信用の映像伝送システム

##### 4.2 今回開発した車載局

小型軽量移動体用アンテナ技術の応用によって乗用車ベースの小型車両で車載局を実現、更に衛星追尾機能によって機動性を向上させた。特長を次に示す。

###### (1) 小型軽量移動体用アンテナによる機動性の向上

直径40cmの小型アンテナによって小型4輪駆動車の衛星通信車載局を実現し、従来と比べて大幅に機動性を向上させた。また衛星自動追尾機能によって車両をアウトリガーで固定する必要がなく、現場到着後すみやかに映像伝送が可能となり、走行しながらの通信も可能である。

###### (2) H.264+DVB-S2高能率伝送

MPEG-4 AVC/H.264符号化とLDPC符号を用いたDVB(Digital Video Broadcasting)-S2符号化/変調方式によって、6~11Mbpsでの高品位なHDTV伝送を実現した。

###### (3) 艤装(ぎそう)の簡素化

従来の車載局ではアンテナの取り付け、車内装置とアンテナ間の接続等に車両改造の手間がかかっていたが、この小型車載局はアンテナの小型化によって市販ルーフキャリアへの取り付けが可能となり、またサンルーフを利用して車内-車

表2. 小型車載局主要諸元

項目	仕様・性能
送受信周波数	送信：14.0~14.5GHz, 受信：12.25~12.75GHz
最大EIRP	47.7dBW
伝送信号	HDTV or SDTV映像信号：1チャンネル オーディオ信号：最大8チャンネル
アンテナ	φ40cmパラボラ 利得：送信 32.5dBi 受信 31.3dBi 駆動範囲 仰角：15~75° 方位角：全方位
追尾キャリア	QPSK 35kbaud
偏波	送受直交直線偏波
送信機出力電力	49dBm(1dBG.C.P.)
IF周波数	送信IF：950~1,450MHz, 受信IF：950~1,450MHz
変調方式	DVB-S2, DVB-S/DSNG準拠
映像符号化方式	MPEG-4 AVC/H.264準拠
音声符号化方式	MPEG-2 AAC LC, LPCM(SMPTE302M)
映像入力	HD-SDI, SD-SDI
音声入力	SDI多重, AES/EBU 最大8ch
周囲温度	屋外装置：-10~45℃, 屋内装置：0~40℃

外ケーブルを通すことによって、艤装の簡素化が図れた。

###### (4) 可搬局としての運用

アンテナ及び送受信機の取り付けインタフェースを簡素化し、取り外しを容易な構造にすることによって、可搬局としての使用も可能とした。

小型車載局の主要諸元を表2に示す。

#### 5. むすび

災害・危機管理・報道分野で次世代システムとして期待される衛星通信システムについて述べた。

ヘリコプターから直接衛星通信を行うシステムについて技術的データ取得を完了し、今後無線設備の技術的条件に関する検討が行われる予定であり、まもなくヘリサット実運用の環境整備がすべて整う見込みである。また、小型車載局もまもなく実用に供される見込みである。

これらのシステムの活用によって実運用における様々な改善が期待でき、近い将来、災害・危機管理・報道の各分野でヘリサット及び小型車載局が実運用に供されその威力を発揮することを願うものである。

#### 参考文献

- (1) ヘリコプターによる被災地情報収集の在り方検討会報告書(2006)
- (2) 消防防災ヘリコプターに搭載する直接衛星通信システムの実用化に向けた共通仕様策定等に関する検討会報告書(2008)
- (3) ヘリコプターからのHDTV伝送(高画質伝送)のための衛星通信技術に関する調査検討報告書(2009)
- (4) 移動体衛星通信(ヘリサットシステム)における高速大容量伝送技術の検討報告書(2010)
- (5) 佐藤正樹, ほか: 即応性に重点を置いた災害対策用ヘリコプター衛星通信システム, 電気情報通信学会誌, **89**, No.9(2006)