

ヘリサット小型化／軽量化

Downsizing HELI-SAT

*電子通信システム製作所

要 旨

近年、東日本大震災、広域での台風被害、山林火災といった災害に対して、被害状況の迅速な把握手段として、ヘリコプターからの空撮映像が活用されている。しかしながら、従来のヘリコプター映像伝送システムでは、広域災害発生時に地上局が利用できず、リアルタイムでの被害把握に課題が生じたことから、耐災害性に優れて、伝送範囲に制約を生じない衛星通信が映像伝送手段として注目されている。

三菱電機では、その解決手段として世界初^(注1)のヘリコプター衛星通信システム(ヘリサット)を2012年度からリリースしており、今般ユーザーから特に要望の強かったヘリサットの小型化／軽量化を主眼に次世代機の開発を実施した。2024年度からの初号機運用開始を皮切りに、更なる安心・安全社会の確立に寄与していく。

(注1) 2013年3月28日現在、当社調べ

1. ま え が き

ヘリサットは、衛星を経由してヘリコプターからの空撮映像や音声／データをリアルタイムに地上局へ無線伝送しつつ、地上からヘリコプターへも音声／データの双方向通信を実現する“ヘリコプター衛星通信システム”の略称である。また、世界初のヘリコプター搭載型の衛星経由の映像伝送システムとして2013年3月に京都市消防に納入して以来、総務省消防庁、各地方自治体、国土交通省といった国・地方公共団体による災害時の情報収集手段として活用されている⁽¹⁾⁽²⁾。

図1、図2にヘリサットの配備状況を示す。2023年3月時点で、国土交通省で9機、各自治体で運用される消防・防災ヘリコプター11機に搭載されている。運用開始以来、口永良部島噴火、御嶽山噴火を始め、2019年の台風19号による被害状況確認といった豪雨、広域災害時に活用されている(図3)。また、今後発生が懸念される首都直下地震や南海トラフ地震といった大規模広域災害発生時に備えて、ヘリサットの導入／配備も継続されている。

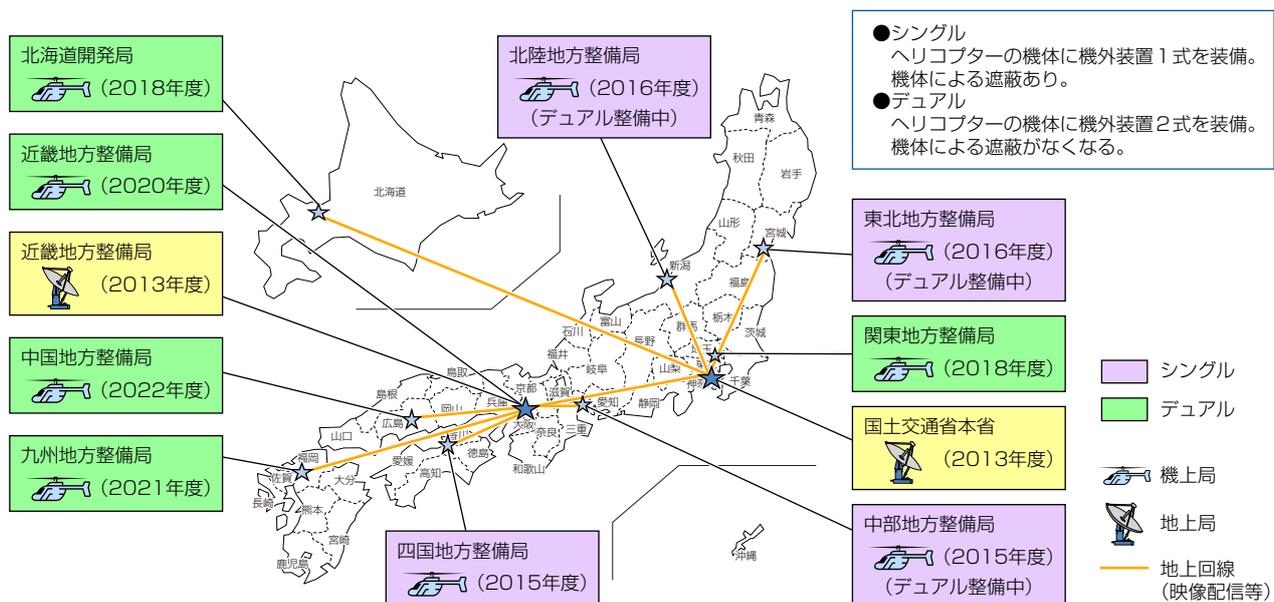


図1. 国土交通省でのヘリサット配備状況

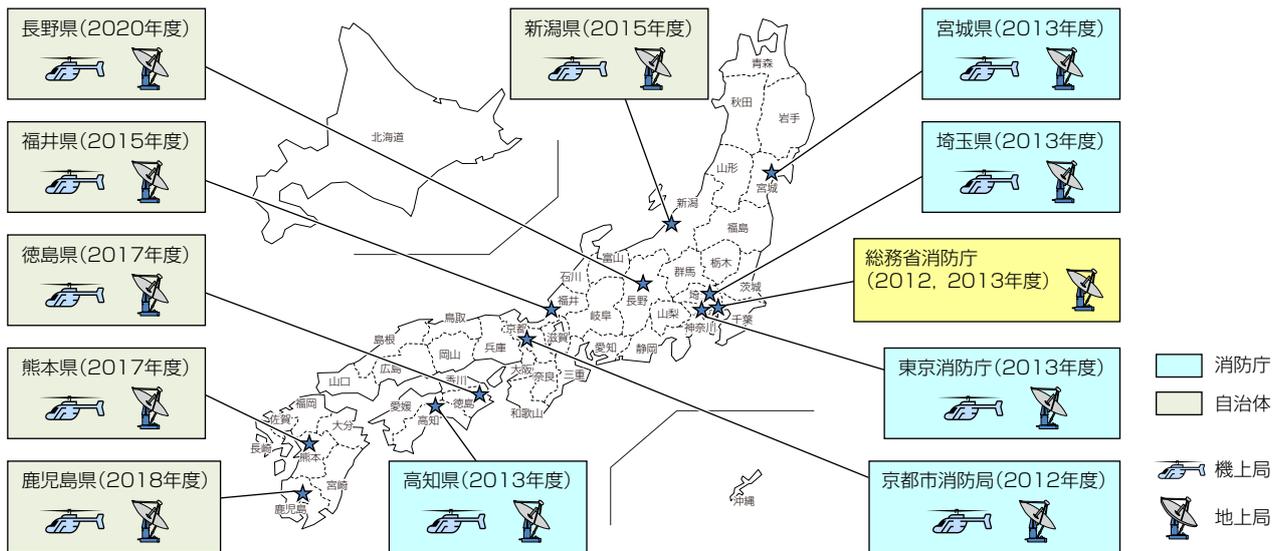


図2. 消防庁・自治体でのヘリサット配備状況



図3. ヘリサット空撮映像(提供：国土交通省 近畿地方整備局⁽⁴⁾)

しかしながら、ヘリサット初号機開発着手から10年以上が経過し、主要部品の生産中止対応も多岐にわたり、継続生産が困難になったことから、次機種開発を2019年度から2022年度の3か年で実施した⁽³⁾。開発に当たっては、ヘリコプター運用に際して、特に要望の強かった装置類の小型化／軽量化を実現すること、小型化／軽量化に当たって機能・性能は既存品相当を維持すること、防衛機種との設計共通化の3点を主眼として開発を行った。

本稿では、ヘリサットのシステム構成及び映像伝送の事例を述べるとともに、小型化／軽量化開発で行った取組み、今後のヘリサット展開の展望について述べる。

2. ヘリサットの主要諸元及び機器構成の新旧比較

2.1 主要諸元

ヘリサットの既存品と開発品(小型化／軽量化)での主要諸元の比較を表1に示す。開発時の目標として、各種機能／仕様については、既存品相当を基準として大きな変更は加えず、機外装置の小型化／軽量化に力点を置いたため、質量、空力断面積が主の改善点になる。また、変調方式に8PSK(Phase Shift Keying)(8位相偏移変調)を加えることで、1シン

ボル(伝送波形の基本単位)当たり8パターン(3ビット)の伝送を可能にした。従来のBPSK(Binary Phase Shift Keying, 2位相偏移変調)に比べて4倍, QPSK(Quadrature Phase Shift Keying, 4位相偏移変調)に比べて2倍の情報を伝送できるようになり, ユーザーメリットとして, 同一占有周波数帯幅での映像伝送レート向上による高画質化, 又は同一映像伝送レートでの占有周波数帯幅の削減(狭帯域化)が期待される。

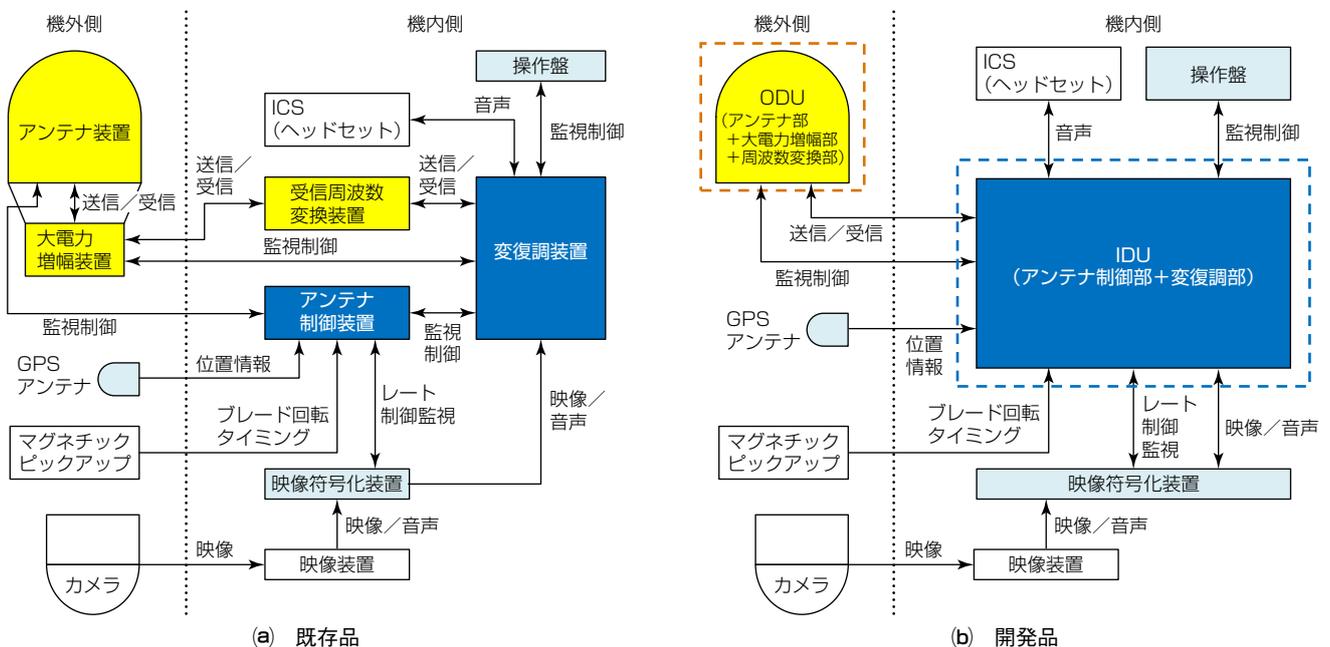
表1. ヘリサットの主要諸元の新旧比較

項目	既存品	開発品	備考
質量(機外装置)	24kg(アンテナ装置) 14kg(大電力増幅装置)	24kg(ODU)	14kg低減
空力断面積(機外装置)	3.163cm ²	2.625cm ²	17%低減
消費電力(機外装置)	700W以下	700W以下	
EIRP	46.2dBW	46.2dBW以上	
G/T	9.5dB/K	10.0dB/K以上	
変調方式	BPSK, QPSK	BPSK, QPSK, 8PSK	
映像伝送レート	最大10Mbps	最大10Mbps	フルHD 1080i(地上デジタル放送相当)

EIRP : Equivalent Isotropically Radiated Power(等価等方輻射電力), 送信系性能を示す指標
G/T : Gain to noise Temperature ratio, 受信アンテナ利得とシステム雑音温度の比で受信性能を示す指標

2.2 機器構成

既存品と開発品(小型化/軽量化)での機器構成の比較を図4に示す。ヘリサットの装置は, ヘリコプター機外に設置される機外装置と, ヘリコプターの機内に設置される機内装置とに大別され, それぞれ求められる環境条件(耐振動性や耐候性, 温度条件, EMC(ElectroMagnetic Compatibility)等)が異なるために機器の設計条件が異なる。防衛向けではMIL規格(Military Specification and Standards)を適合条件とするが, 民間向けでは, 米国の業界団体, RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics)によって策定された航空機搭載機器に対する環境条件であるDO-160Gを適合条件としている。



ICS : Inter Communication System

図4. ヘリサットの機器構成の新旧比較

従来の機外装置は, アンテナ装置と大電力増幅装置とGPS(Global Positioning System)アンテナで構成していたが, 開発品ではアンテナ装置と大電力増幅装置及び機内装置の受信周波数変換装置(受信波を中間周波数の1GHz帯へ変換)をODU(Outdoor Unit)として統合している。機内装置は, 受信周波数変換装置, 変復調装置(MODEM), 映像符号化装置(CODEC : COder DECoder), アンテナ制御装置, 操作盤(受信チャンネル設定やヘリサットの状態確認で使用)で構

成している。開発品では、IDU(Indoor Unit)として、変復調装置、アンテナ制御装置を統合している。それ以外の装置は機体装備品である映像系装置類のため、伝送系装置であるヘリサットとは区別される。実際の機外装置、機内装置の外観の比較を図5に示す。3章で各装置の要求条件、設計コンセプトを示す。

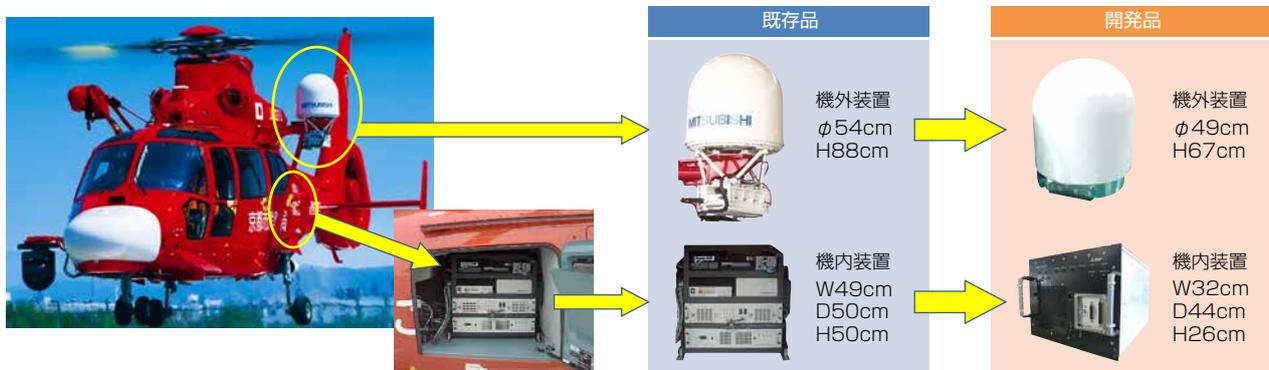


図5. 機外装置、機内装置の新旧比較

3. 小型化／軽量化開発でのコンセプト

2.2節に示すように機外装置と機内装置では、適用される環境条件が異なるため、それぞれの設計方針は異なってくる。

機外装置について、アンテナと衛星間で遮蔽が生じないように、機体及び回転翼(ローターブレード又はブレード)から極力離して設置させることが望ましく、アンテナ取付アームにかかるモーメント荷重を低減するためにODU質量は軽量であること、風による抗力を抑えるためにODU空力断面積は小さいことを主要な要求条件として設定した。

機内装置について、既存品の開発当初は、ヘリコプターの振動条件や設置方式といった各種条件が不明瞭であったため、従来の放送局向けに販売していた移動体SNG(Satellite News Gathering)での車載機器を技術的な基準にした。このため既存品では、取付インターフェースには米国電子工業会(EIA)規格の19インチサーバーラックに準拠したものを採用し、不明であった振動や設置条件は、ヘリコプターの艀装(ぎそう)を担当する業者側で吸収するコンセプトにしていた。

しかしながら、このコンセプトでは艀装業者側の設計負担が大きくなり、振動に起因するヘリサットの動作不良も発生したため、今回の開発では、DO-160Gの振動基準を満たすことに加えて、各ヘリコプターでの艀装実績や測定したヘリコプターの振動値を基に独自の運用時振動基準を設けて、艀装設計を容易に行えることを主眼に要求条件を再設定した。それぞれの設計詳細については3.1節以降に示す。

3.1 機外装置(ODU)

ODUの構成を図6に示す。ODUの開発では、従来装置を統合すること、駆動部や導波管部品を見直し小型化すること、大電力増幅装置の大部分を占めるBUC(Block Up Converter)を内作化し一体化することの三つを実現することで軽量化を図っている。従来装置の統合では、アンテナ装置(機外)はアンテナ部として、大電力増幅装置(機外)、受信周波数変換装置(機内)の機能は、それぞれベース部に配置している。また、大電力増幅装置は、大まかにBUC、帯域除去フィルタ(BRF: Band Rejection Filter)で、受信周波数変換装置はLNB(Low Noise Block down-converter)で構成しており、それぞれ電波の送信部／受信部に当たる。アンテナ部へは分波器(Duplexer)を通じて送信、受信を切り分けて接続されており、BUC、BRF、LNBがベース部に一体化／近接化することによって、既存品に比べて導波管部の小型化／低損失化を実現している。

BUCは送信周波数変換を行うアップコンバータ(UP-CONV)と増幅器のSSPA(Solid State Power Amplifier: 固体電力増幅器)で構成している。BUCの内作化に当たって、当社高周波光デバイス製作所製のGaN(窒化ガリウム)を用いた100W・70W FET(Field Effect Transistor)を採用したSSPAを開発した。従来の大電力増幅装置では、定格出力80Wの増幅器であったが、開発品ではアンテナ部とBUC間の経路長を短くして、伝搬損失を改善することで、同一EIRPでの増幅部の低出力化(38W級)を実現した。SSPAの発熱を低減したことによって、放熱設計も緩和され、従来のBUC構造で大半を占める放熱フィンを小型化することで軽量化を実現した。それに加えて、ベース部全体を放熱部品とし、ベ-

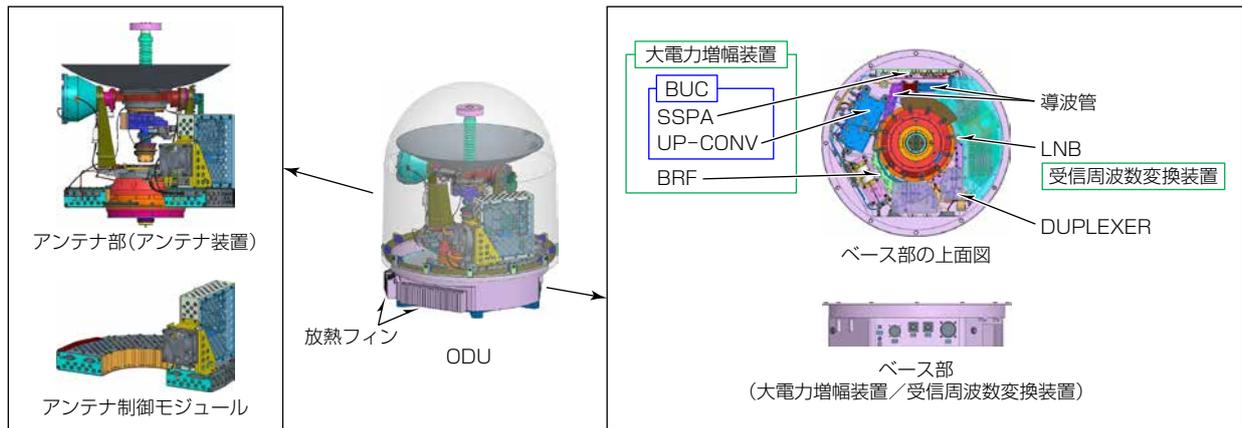


図6. ODUの構成

ス部に放熱フィンを加えることでより効率的な放熱を実現している。放熱フィンの配置は、ヘリコプターのローターブレードで生じるダウンウォッシュ(重力方向への空気流)がODU設置時に効率的に当たる箇所にしており、ダウンウォッシュをBUCの放熱に利用することで冷却ファンの実装を不要にした。放熱フィンの配置を特色とするこの構造については、開発成果として意匠登録出願(意匠登録第1674712号)を行っている。

3.2 機内装置(IDU)

IDUの開発では、過去の課題を基にした新たな要求条件として、ラック搭載を必須とせず、ヘリコプター機内のシートレール(座席を固定するためのもの)といったキャビン(客室)、カーゴ(貨物室)の固有取付インターフェースに固定できること、サーバーラックのフレームに頼らずとも独立でDO-160Gの振動条件に耐え得ること、独自の運用時振動基準下ではヘリサットの運用(映像伝送)が継続できることの3点を設定した。

IDUの外観図を図7に示す。筐体(きょうたい)部の下部に取付用の固定インターフェースを設けており、航空機搭載用途で使用される汎用のピン／ファスナーに対応している。また、配線／コネクター類は全て背面に統一したことで、艤装も容易にした。

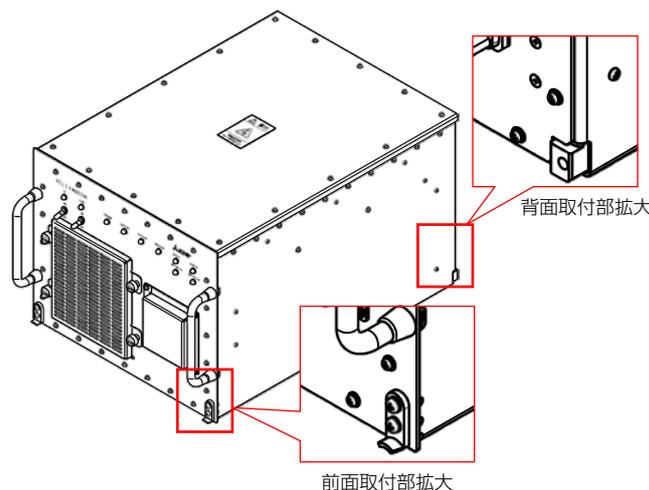


図7. IDU外観

独自の運用時振動基準については、図8に示すように過去に測定したヘリコプター機内の振動測定実測値を周波数解析した結果を重ね合わせて、実効値に換算したものに安全率1.5を考慮した値を運用時に機内装置に入り得る振動値として採用している。図9に振動試験の様子を示す。DO-160Gに加えて、運用時振動基準でもヘリサットの運用が可能なことを確認した。

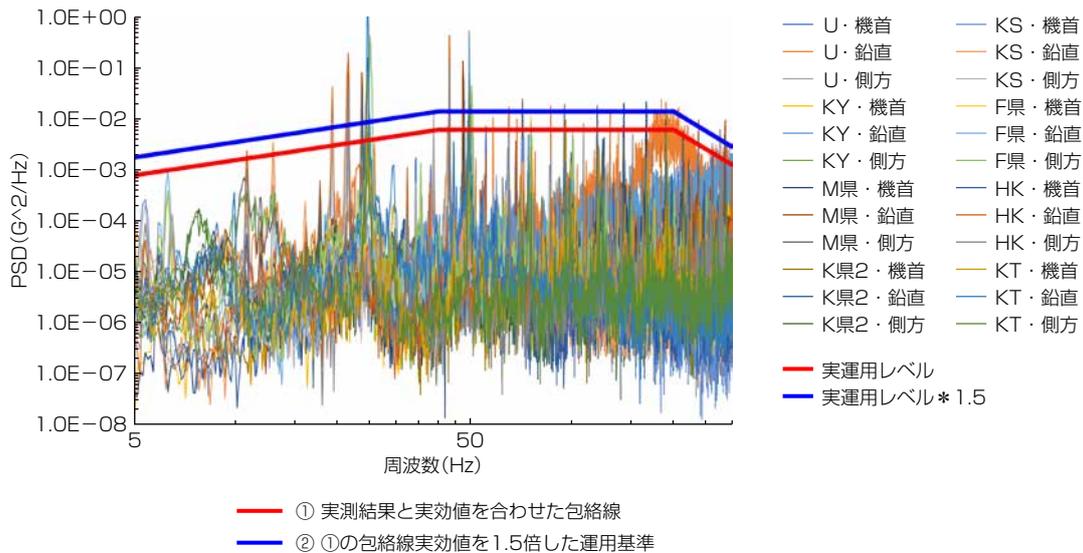


図8. ヘリコプターの振動測定波形の比較



図9. IDUの振動試験

むすび

小型化／軽量化を実現したヘリサット開発について、既存品からの差分、開発コンセプト、取組みについて述べた。既存品では、主に防災ヘリコプターでの中／大型の機体での搭載が多数を占める。軽量化によって、小型機への搭載も可能になり、幅広い機体への搭載が期待できる。今後は、災害時の情報収集だけでなく、小型機で運用されることの多い救急用途での展開も訴求していく。また、2022年6月から改正航空法が施行され、機外装置の一部が航空機装備品として取り扱われることになった。当社電子通信システム製作所では、継続したヘリサット事業運営を行うため、同法改正に合わせて、航空法第20条第1項に基づく事業場認定を取得した。今後もヘリサット事業を通じて、社会の安心・安全に貢献していく。

参考文献

- (1) 秋山健次, ほか:ヘリコプター映像応用システム, 三菱電機技報, 89, No.2, 137~140 (2015)
- (2) 上田昌治, ほか:防災・広域監視, 映像情報メディア学会誌, 70, No.1, 70~74 (2016)
- (3) ヘリサットシステム機器の小型軽量化, 三菱電機技報, 96, No.1, 78 (2022)
- (4) 国土交通省 近畿地方整備局:防災・災害情報
<https://www-1.kkr.mlit.go.jp/bousai/index.html>