

航空機用テレメータ・ネットワーク技術

Airborne Telemetry Network Technology



阿部 克彦① Katsuhiko Abe
 伊藤 聖② Sei Ito
 森松 孝文③ Takafumi Morimatsu
 本多 猛師④ Takeshi Honda
 青山 大毅⑤ Daiki Aoyama

航空機の開発では、最終的な性能確認のため飛行試験が行われる。飛行試験においては、安全監視や試験の成否判断のために、テレメータ技術を用いて地上にデータを送信している。航空機の搭載システムの高度化に伴う計測データの増加や、地上から航空機への通信に対応するために、大容量通信機能と双方向通信機能を有するテレメータ・ネットワーク技術の飛行試験への適用に取り組んでいる。ヘリコプターによる実証を進めており、今後はさらに固定翼の航空機へと適用範囲を広げていく。

The flight test is conducted for final performance verification during aircraft development. At the flight test, data is transmitted to the ground with telemetry technology to monitor safety and determine whether the test is successful. We work on applying the technology of the telemetry network equipped with high-capacity communication and bidirectional communication functions to the flight test in order to address an increase in measurement data in line with advancements made in onboard airborne systems and communication from the ground to the aircraft. We are now demonstrating this technology using helicopters and will apply it to fixed-wing aircraft in the future.

まえがき

航空機の開発や改修においては、最終的な性能・機能・安全性を確認するために飛行試験が行われる。これらの飛行試験においては、テレメータ技術を用いて航空機から地上にデータを送信して、航空機の安全監視や試験の成否判断を地上で行っている。

1 背景

飛行試験においては、機体構造を評価するための応力や振動などのデータ、搭載システムを評価するための機器間通信データ、装備品の動作状況を把握するための画像データなどのさまざまなデータを取得する必要がある。また、航空機の機体構造や搭載システムおよび装備品は年々高度化しており、それに伴って必要なデータ量も増加している。

しかし、テレメータ技術により送信可能なデータ量には制限があるため、機上で取得するデータの中から必要最低限のデータを選別して送信しているのが実情である¹⁾。今後もデータ量が増加することから、従来のテレメータ技術では飛行試験への対応が困難になると予想される。

また、飛行試験の効率化などの観点から、地上から機上へのデータ送信、機上計測機器の制御、電波状況により送信できなかったデータの再送信などさまざまな要求も増え

ていくと予想されるが、これらは双方向の通信機能が必要となるため、この点においても従来のテレメータ技術では対応できない。

このため、通信速度の向上が期待できるとともに双方向通信機能を有しているテレメータ・ネットワーク技術の研究を開始した。

2 テレメータ・ネットワーク技術の概要

テレメータ・ネットワーク技術とは、イーサネットベースの計測機器によりデータを取得するものである。本技術の適用において、図1に示すように機器はネットワーク・スイッチを介して接続される。また、航空機搭載のネットワークである機上ネットワーク、双方向無線通信のネットワークであるRFネットワークと地上ネットワークの3つのネットワークで構成される。RFネットワークでは、ネットワーク・トランシーバを介して機上ネットワークと地上ネットワーク間の通信を行う。

アメリカ国防総省主導で進められているテレメータ・ネットワーク技術はiNET (integrated Network Enhanced Telemetry) と呼ばれ、2017年にはテレメータ技術の規格であるIRIG 106に追加されている。

iNETはアメリカ国防総省における今後の飛行試験の標

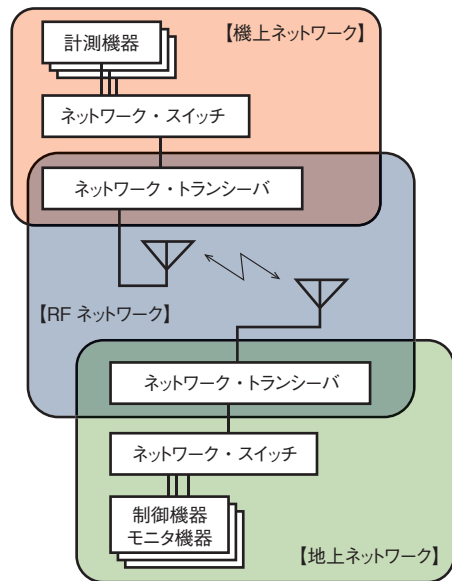


図1 テレメータ・ネットワーク技術の概要
Fig. 1 Overview of the telemetry network technology

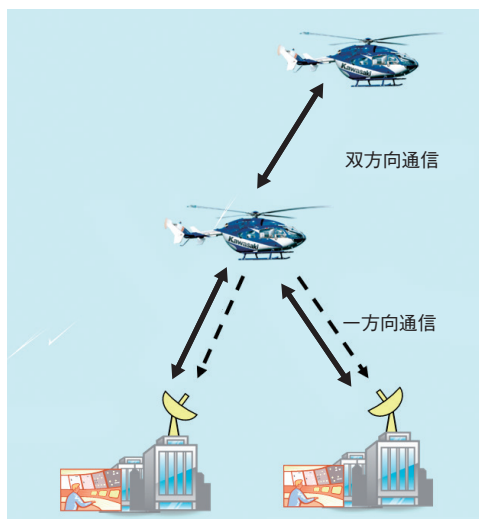


図2 iNETの概要
Fig. 2 Overview of iNET

準となる方式である。アメリカ国防総省は多数の飛行試験エリアを有しており、各エリアをまたいだ広範囲な飛行試験を実施するために、このiNETの技術を活用していく計画である。

iNETの概要を図2に示す。航空機間は双方向通信を行い、航空機と地上の間は双方向通信と従来の一方方向通信を組み合わせて行うものである。

当社のテレメータ・ネットワーク技術はこの規格に準拠したものである。

3 従来技術との比較

従来のテレメータ技術は機上から地上にデータを送信す



図3 ネットワーク・トランシーバ
Fig. 3 Appearance of network transceiver

表1 ネットワーク・トランシーバの諸元
Table 1 Specifications of network transceiver

中心周波数 [MHz]	2,200~2,400
占有帯域 [MHz]	20以下
送信出力 [W]	80 (ピーク)
変調方式	OFDM (802.11a)
インターフェース	イーサネット
寸法 [mm]	W159×D168×H74
質量 [g]	2,903

る一方方向通信である。機上で取得したデータをシリアルデータ (PCMデータ) に変換した後、周波数変調または位相変調を行い送信する。この方式における通信速度の当社実績は、Sバンド帯のテレメータにおいて最大で3 Mbps程度である¹⁾。

一方、テレメータ・ネットワーク技術は双方向通信となる。機上で取得したデータをイーサネットの規格に準じてパケット化して、ネットワーク・トランシーバにより、無線LANの規格IEEE802.11aに準拠したOFDM (直交周波数分割多重方式) で通信する。また、電波の受信レベルにより自動で変調方式が16QAM, QPSK, BPSKへ切り替わる。通信速度の最大値は推定値でそれぞれ約20Mbps, 10Mbps, 5Mbpsとなり、従来方式と比較して格段に通信速度が向上する。

また双方向通信となることで、従来のテレメータ技術では実現できない機上機器の遠隔制御や途絶データの再送信などが可能となる。ネットワークカメラなどのイーサネットベース機器の接続も可能であり、ソフトウェアを開発することでさまざまな機能を付加することができる。

当社で使用しているネットワーク・トランシーバの外観を図3に、諸元を表1に示す。

4 当社におけるテレメータ・ネットワーク技術の適用

前述した3つのネットワークのうち、機上ネットワークの実証は完了しており、現在はRFネットワークの実証を行っている。特にRFネットワークを飛行試験へ適用することに取り組んでおり、到達距離・通信レート・双方向通

信機能などの実証に加えて、それらを実現するための各種設定や機体への装備方法に関するノウハウについても蓄積している。

(1) 効率的で安定した通信レートの確保

飛行試験においては電波状況が刻々と変化するため、その中でいかに効率的に安定した通信レートを確保できるかが重要となる。通信レートは変調方式によって左右されるため、変調方式の切換え要領や切換えを行う受信レベルのしきい値設定などについて、飛行試験におけるさまざまな受信状況の中で実証を行っている。

(2) 通信時間帯の割り当ての最適化

テレメータ・ネットワーク技術では時分割多元接続(TDMA: Time Division Multiple Access)による通信割り当てを行っており、機上から地上のダウンリンクと地上から機上のアップリンクとを時間帯で割り当てている。飛行試験においては、この機上と地上の時間割り当てをどのような配分にするかということも重要であるため、飛行試験でさまざまな配分を試行して最適な配分となるよう実証を進めている。

(3) 機上からのデータ再送信機能の確認

双方向通信の特性を活用した新たな機能の追加にも取り組んでいる。テレメータ技術による通信では、機上と地上設備の間に障害物がある場合や航空機の姿勢変化などにより、アンテナ間の通信が確保できない時間帯が生じることがある。この場合には電波途絶により地上における受信データに欠落が生じるため再試験が必要となる。そこで、テレメータ・ネットワーク技術の双方向通信のメリットを活用し、地上から機上へのデータ再送コマンドを送信してデータが欠落した部分を再度送信する機能を開発した。この機能についても飛行試験において、電波のさまざまな途絶状況における実証を進めている。

上記に関するこれまでの試験の実施内容を表2に示す。2015年の通信試験では、北海道の大樹町多目的航空公園において係留型飛行船を使用した遠距離通信の実証を行った。飛行船の高度120m、通信距離34kmにおいて、最大約20Mbpsの通信を確立している。

表2 試験の実施内容
Table 2 Details of test conducted

年度	内容
2007	テレメータ・ネットワーク技術に関する調査
2014	飛行試験用テレメータ設備を導入
2015	係留型飛行船を用いた双方向テレメータの通信試験
2016 2017	ヘリコプターによる双方向テレメータの実証

5 ヘリコプターを用いた飛行試験による実証

ヘリコプターを用いた飛行試験による実証を2016年度から開始している。この試験においては到達距離・通信レート・機能全般が航空機の飛行試験に適用できることを確認することが目的である。2016年度の実施概要を示す。

(1) 使用機器・設備

ヘリコプター「川崎式BK117 C-2型」を使用した。

(i) 機体への搭載機器

研究のための一時的な使用になることから、改修規模を小さくするため、機体には図4に示すように計測機器を簡易的に搭載した。主要な機器はキャビンに、テレメータアンテナは既存のステーに、GPSアンテナは乗降用のハンドグリップにそれぞれ取り付けた。

GPSアンテナは機上と地上との通信の同期に必要な器材である。

(ii) 地上設備

地上設備は、図5に示すように当社岐阜工場の建屋屋上に設置したアンテナ、モニター室に設置した遠隔操作システム、およびデータの制御・モニタ用パソコンで構成している。

アンテナは航空機に搭載したネットワーク・トランシーバの位置情報を取得して航空機を自動追尾できる。制御・モニタ用パソコンにより、通信レートなどの通信品質に関する測定を行う。



図4 機体への機器搭載状況
Fig. 4 Equipment in fuselage

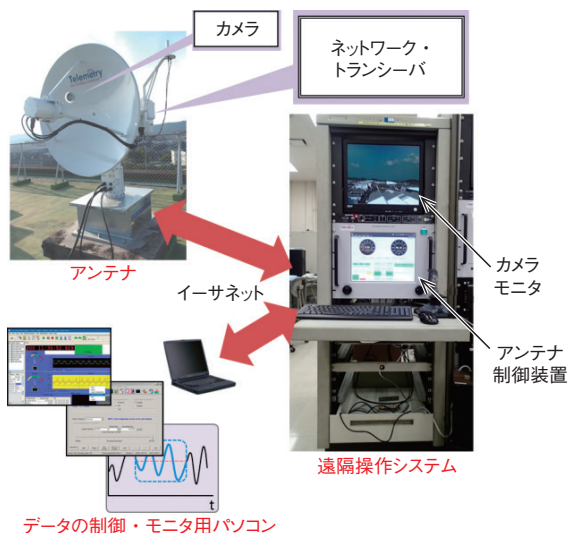


図5 地上設備
Fig.5 Ground facilities

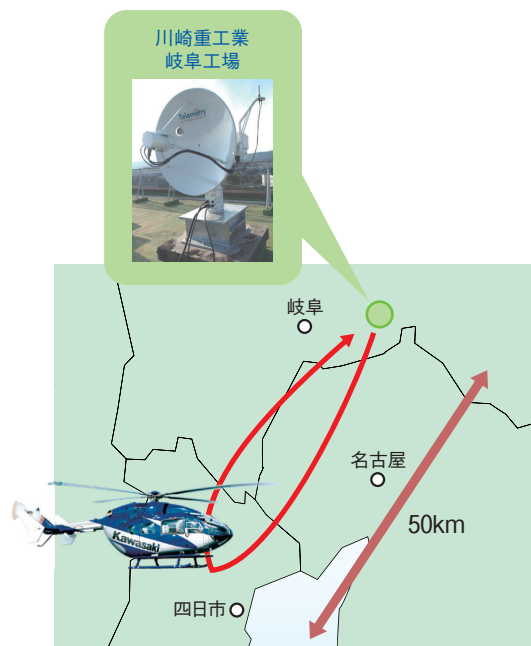


図6 試験の概要
Fig.6 Overview of test

(2) 飛行試験の概要と結果

図6に示すように当社岐阜工場から50kmまでの距離を往復しながら、到達距離と通信レートの確認・機上計測機器の地上からの制御・電波途絶時のデータの再送信の試験項目を実施した。

到達距離50kmにおいて通信レート5Mbpsの達成を確認するとともに、機上計測機器を地上から制御可能であることと電波途絶時のデータを再送信できることを確認した。

通信レートは、その後の解析結果から10Mbpsを確立できる見通しが得られている。

引き続き機上計測装置の設定を変更して試験を進めており、通信距離および送信レートがさらに向上した結果が得られている。

あとがき

テレメータ・ネットワーク技術は、日本においてはこれまで運用実績が無い方式であるが、今後の飛行試験の標準となっていく技術であり、実用化に向けた研究を継続していく。今後はさらに通信距離を延長し、固定翼などの高速で移動する航空機を用いて実証する。

また、災害時に出動する多数の救難航空機に対して、情報共有のために被災地の映像データなどを送受信するシステムへの適用についても取り組んでいく。

参考文献

- 1) 伊藤：“飛行試験リアルタイムモニタシステム”，川崎重工技報，No.171，pp.52-53（2011）



阿部 克彦



伊藤 聖



森松 孝文



本多 猛師



青山 大毅