

## 18 カメラスタビライザ ACE-3000 の開発

Development of New Camera Stabilizer ACE-3000

河野 兼三	Kenzou Kawano	航機事業部	第一設計部	主任
伊藤 博和	Hirokazu Itou	航機事業部	第一設計部	
吉田 俊也	Syunya Yoshida	航機事業部	第一設計部	
衣川 和秀	Kazuhide Kinugawa	航機事業部	第一設計部	

キーワード：スタビライザ、防振装置

## 要 旨

これまで、主にヘリコプタへ搭載して使用する ACE-301/401/601 シリーズ、マラソンや駅伝の TV 中継等に使用するカメラスタビライザ ACE-4DG シリーズを生産、販売してきました。

特にヘリコプタへ搭載して使用するカメラスタビライザへの市場ニーズとしては、より安定した画像の提供はもちろんのこと、より小型に、より高倍率のレンズに対応を、といったことが重要となります。また、製品を納入後も分解 / 組立 / 調整作業などのメンテナンス作業を容易に行える構造とすることや、操作性を高めることも重要です。

今回開発した ACE-3000 は、従来機種と比較して性能を実力的に約 3 倍にアップしたこと、外形寸法を従来機種の約 2/3 の 400 以内に収めたこと、通常のカメラと比べて寸法の大きなハイビジョンカメラに高倍率 TV ズームレンズ（ズーム比 36 倍 × エクステンダー 2 倍 = 72 倍）を取付け可能にしたこと、組立 / 整備性が向上したこと、等を特長としています。

## SUMMARY

JAE currently markets a line of camera stabilizers, the ACE-301/401/601 Series, which are used on helicopters, and the ACE-4DG Series, which is used for such applications as live TV broadcasts of marathons and relay races.

The need for greater miniaturization and support for more powerful telescopic lenses, not to mention cost reduction, is particular great in the market for helicopter-mounted camera stabilizers. A design that enables easy after-delivery maintenance, including assembly, disassembly, and adjustment, as well as better operability are also important.

Our newly developed ACE-3000 effectively realizes an approximately 3-fold improvement in performance over previous models with a diameter of only 400, or 2/3 that of other models. Key features of the ACE-3000 include improved assembly and adjustability and its ability to support a high-magnification TV zoom lens (with 36X zoom times 2X extender = 72X) for HDTV cameras, which are larger than conventional cameras.



写真1 ジンバル・ユニット外観

## 1 まえがき

カメラスタビライザとは、ヘリコプタの機体等で発生した角振動を除去して、内部に実装されたTVカメラ・ズームレンズを空間安定させ、ブレのない見やすい映像を得る為の映像安定装置です。

望遠レンズを用いて遠方を撮影する際に問題となるのは振動に伴って発生する角振動です。この角振動を除去するために5軸のジンバル構造を設け、その内側にカメラ・レンズ/ジャイロを搭載しています。カメラ・レンズの振れをジャイロが検出し、ジンバル駆動用モータにフィードバックすることにより角振動を除去しています。

ACE-3000は、機体との取り付け部に大型ステンレスワイヤー防振マウントを、インナージンバルにはゴム防振マウントをそれぞれ使用するすることにより、カメラ・レンズへ振動を伝えない構造を採用しています。又、ジンバルユニットの外形は、小型化と高倍率レンズの実装を両立させるため、形状はノーズ部分が大きく突き出した形状を採用しています。

ACE-3000ではブレのない映像が得られる為、より高い高度からの安定した高い解像度の空撮が可能となり、より安全な撮影飛行が可能となります。更に、外形が小型化されたことからヘリコプタの運用への影響が少なくなり、取材等での行動性が格段に向上出来ます。

## 2 ACE-3000 開発の経緯

近年、市場のニーズとして高倍率ズームレンズを搭載したカメラスタビライザの需要が急速に高まってきました。当社でも高倍率ズームレンズ搭載型カメラスタビライザACE-601シリーズを製造/販売してきましたが、外形が

600mmであるため、ヘリコプタの最高飛行速度などに影響を与えております。又、海外の競合メーカーも小型化、高性能化の動向が明確であり、当社としても市場において引き続き優位性を確保するために、ACE-601の後継機種の開発が急務となってきました。

## 3 本システムの概要

カメラスタビライザシリーズは基本構成として、ジンバル・ユニット (Gimbal・Unit; GU) とコントロール・ユニット (Control・Unit; CU)、エレクトロニクス・ユニット (Electronics・Unit; EU) から成り立っています。

今回の開発においては、ACE-601のシステム設計をそのまま流用し、メインユニットであるジンバル・ユニットの小型

化、高性能化を主眼に設計いたしました。各ユニットの外観を写真1～3に示します。

ACE-3000と従来機種ACE-601の仕様比較表を表1に示します。

また、ACE-3000のシステム系統図を図1に示します。

本システムを構成するユニットの、各機能は以下の通りです。



写真2 エレクトロニクス・ユニット外観



写真3 コントロール・ユニット外観

表1 従来機種とACE-3000の仕様比較表

	従来機種 ACE-601	ACE-3000
ジンバル自由度	AZ ; 360° 連続 EL ; +30° ~ - 120° RL ; ± 30°	同左
空間安定性	5 μ rad 以下	同左*
最大駆動速度	AZ ; 60°/sec 以上 EL ; 60°/sec 以上 RL ; 30°/sec 以上	同左
ユニット質量 ジンバルユニット	60kg 以下 600 以下	60kg 以下 400 以下
エレクトロニクスユニット	3kg 以下	同左
コントロールユニット	3kg 以下	3.5kg 以下

\* ACE-3000 は実機評価において2 μ rad 以下の実力値を有しております。

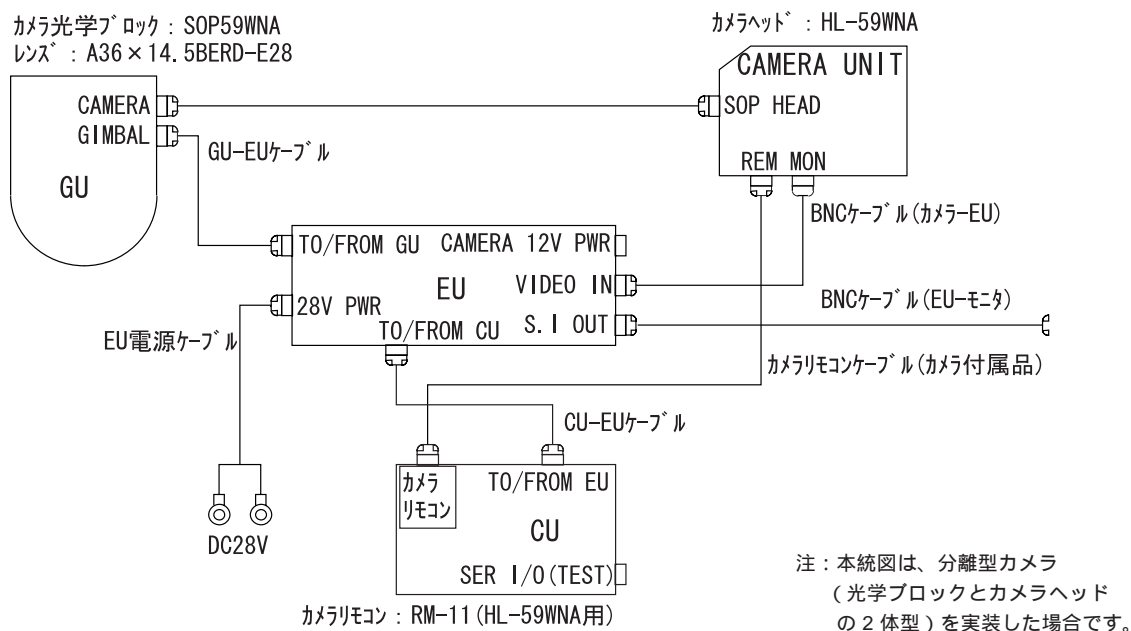


図1 システム系統図(例)

### 3.1 ジンバル・ユニット

ジンバル・ユニットはACE-3000の主要構成部品です。本ユニットの構造は空力荷重を防ぐ為の外側2軸(O/EL軸、O/AZ軸;注1)と空間安定性を維持する内側3軸(ROLL軸、I/EL軸、I/AZ軸;注2)のジンバル構造から成り立っています。このジンバル構造の一番内側にカメラ、レンズを搭載し、外部からの角振動を除去しています。又、機体エンジンやメインローターからの振動を除去するために、2重の防振マウント構造を採用しています。

ジンバル・ユニットはヘリコプタの機体外側に装着されるため、航空法に定められた強度基準(ヘリコプタ機体と同等)を満足する高い剛性を有しています。

図2にジンバル・ユニットの構造概念図を示します。

注1 O/EL; Outer Elevationの略

O/AZ; Outer Azimuthの略

注2 I/EL; Inner Elevationの略

I/AZ; Inner Azimuthの略

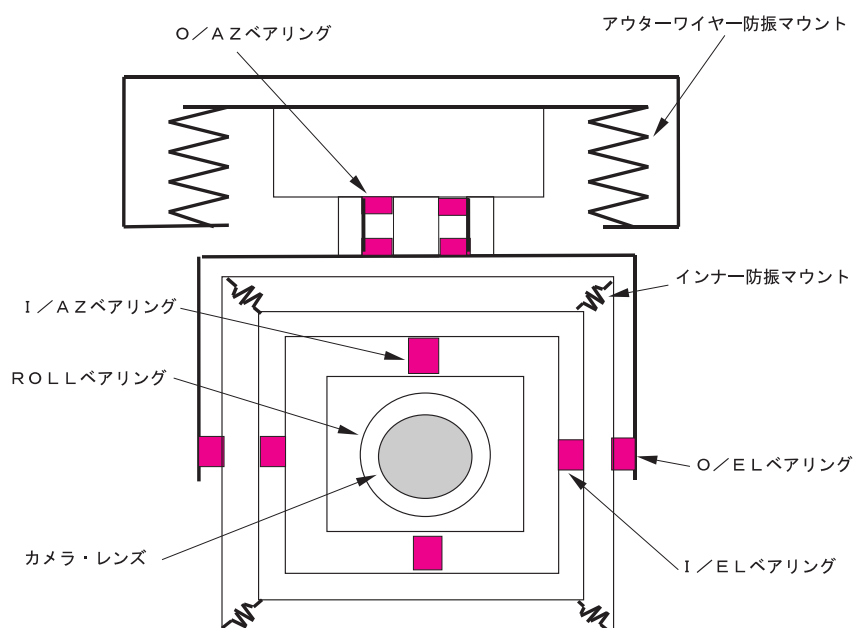


図2 ジンバル・ユニット構造図

### 3.2 コントロール・ユニット

コントロール・ユニットはユーザーが本システムを操作するためのユーザー・インターフェイス・ユニットです。ジンバル・ユニットを駆動するためのジョイスティック操作、動作モードの切り替え、ズーム／フォーカス等のカメラ・レンズ操作、ジンバル・ユニット駆動速度、ドリフト調整等のコントロール指令を受け、ジンバル・ユニットに伝えます。

本ユニットは、揺れの激しいヘリコプタ・キャビン内において被写体を確実に捕捉したり正確なフォーカス調整を行うなど、微妙な操作を確実にを行うための高い操作性が要求されます。

### 3.3 エレクトロニクス・ユニット

エレクトロニクス・ユニットは内部に電源、CPU、通信回路、外部I/F回路、スーパーインポーズ処理回路をもつ電氣的インターフェイスユニットで、ジンバル・ユニットやカメラ本体への電源供給、コントロール・ユニット～ジンバル・ユニット間の信号中継、オプション等外部拡張時のインターフェース、カメラからの映像信号にジンバル角度等をスーパーインポーズすること、等が主な機能です。

## 4 開発のポイント

### 4.1 2重の防振マウントによる映像安定化

ヘリコプタから伝達される振動の内、スタビライザの画像ブレに大きな影響を与えるのはメインローターの回転により発生する低周波振動で、この振動はエンジンの回転数×メインブレードの枚数で与えられます。エンジンの回転数は約6Hzなので、2枚ブレードの機体では12Hz、4枚ブレードでは24Hzにそれぞれピークの周波数を持ちます。画像ブレを押さえるには、これらの周波数の振動を如何に内部に伝達させないかが重要となります。

今回、ACE-3000のジンバル・ユニットでは除振機構として、動的吸振器の構造を採用しました。動的吸振器は、2つのばねを直列に配置することにより、全体の共振周波数をより低く押さえる効果があります。

ACE-3000の防振特性を図3に示します。

具体的には、ヘリコプタのローターが回転する際、下方に発生するダウンウオッシュ力を十分に吸収できるストロークを持つ大型の低周波ワイヤースプリングでジンバルユニット全体をマウントし、更にインナー・ジンバルをゴム型防振マウントでマウントする2重防振構造となっています。本構造により、全体系としては固有振動数を約5Hzに押さえられるため、2枚ローターの機体の振動数でも十分ジンバル内部

への振動伝達を防ぐことが出来ます。

この2重防振構造と、5軸のジンバル構造を組み合わせることにより、より安定した映像を得ることが可能となりました。

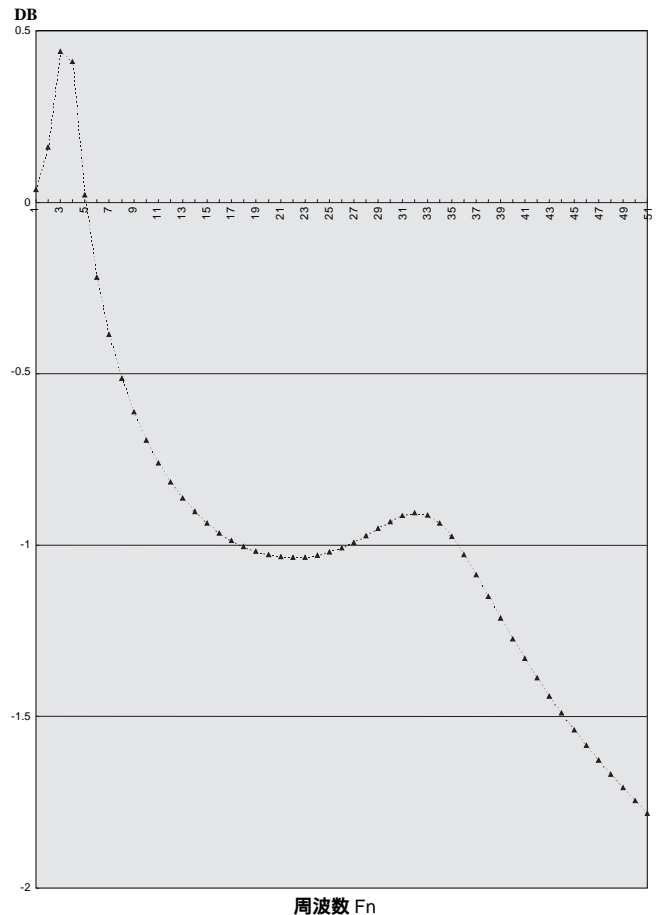


図3 ACE-3000の防振特性

### 4.2 ジンバル・ユニットの小型化

ACE-3000ではジンバル・ユニットのウインドウ部を突き出し形状にすることにより、外形を小型にしたまま、長焦点距離をもった高倍率レンズを搭載可能な構造としました。

また、低周波の特性を持ったマウントをジンバル・ユニットの外側に実装してジンバル内部で必要であった可動スペースをなくすことにより、外形を小さくする構造としました。

更に、今回新たに開発した小型FOG JG-109を搭載することで、より一層の小型化を行いました。JG-109は従来機種に搭載されているJG-108と比較して、外形寸法が60×60×40mmと小型で、同等の性能を有しています。

これらにより、ACE-601では600×750mmであったジンバル・ユニットの外形寸法を400×590mmにまで小型化することに成功しました。

#### 4.3 突き出し形状の空力に対する影響の検証

従来品のジンバル・ユニットは外形形状がほぼ球形に近い  
ため、空力の影響を大きく受けることはありませんでした。  
しかし、ACE-3000 のジンバル・ユニットは、ウインドウ  
が前方に大きく突き出した形状とであるため、この部分に大  
きな空力トルクが作用します。空力トルクは、流れ中の物体  
に発生する抗力から算出され、抗力  $D$  は下式で表されます。

$$D = V^2 \times \rho \times A \times C_d / 2$$

- $D$  : 空力により発生する抗力  
 $V$  : 対気速度  
 $\rho$  : 空気密度  
 $A$  : ジンバルユニット投影面積  
 $C_d$  : 抗力係数

抗力の値は対気速度の 2 乗に比例することが分かります。  
この力は、ジンバル・ユニットの駆動部の強度や駆動速度、  
駆動制御系に大きく影響を与えます。

今回、高速飛行時の大きな空力がジンバル・ユニットに作  
用しても正常に動作することを確認するため、風洞実験及び  
実フライトによる確認試験を行いました。風洞実験は、風速  
を 40m/s (約 78knot 相当) までの空力パラメータ (抗力  
値、揚力値) とその時にジンバル・ユニットに発生している  
トルクを測定し、空力に対する設計値が妥当であることを確  
認しました。

図 4 に風洞実験装置の概要図を示します。

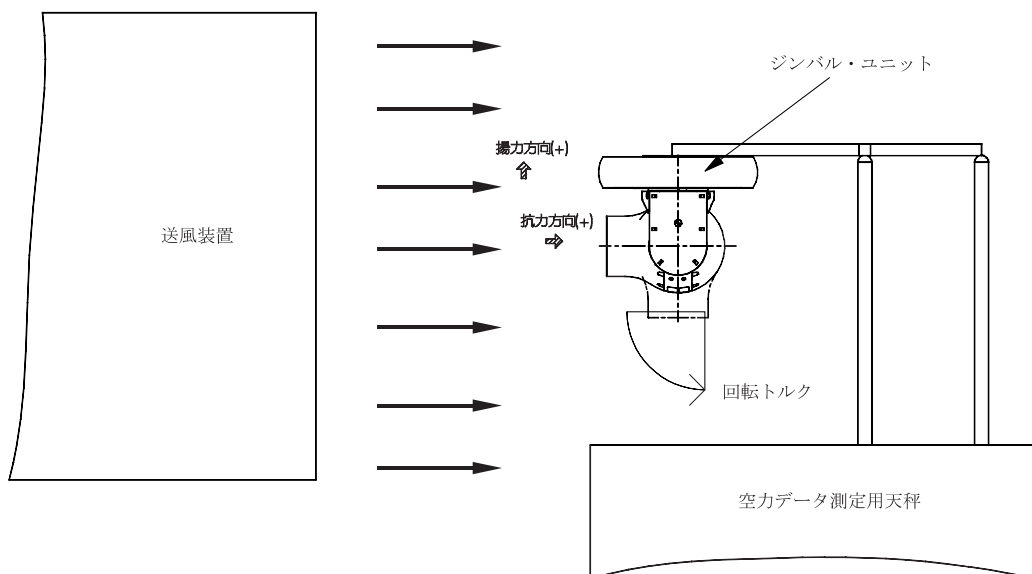


図 4 風洞実験装置

#### 4.4 整備性の向上

今回、新型の小型 FOG を採用したことで、全てのセンサー  
を 1 つのアセンブリとしてモジュール化し、定期整備での分  
解 / 再組立時に行う調整試験を容易にしました。また、ベア  
リング部分を全てモジュール化することにより組立調整を容  
易にし、整備性の向上を図っています。

#### 4.5 操作性の向上

飛行中のヘリコプタ内で操作しながら、高倍率で安定した  
見やすい映像を得るためには、コントロール・ユニットの操  
作性を無視出来ません。

ACE-3000 のコントロール・ユニットでは、ジンバル・  
ユニット駆動用のジョイスティックの操作性を評価し、傾け  
た感覚と画像の動きに関して操作感の優れたものを採用しま  
した。又、微妙なフォーカス調整やジンバルのドリフト調整  
をしやすいするために、微調整トリマーやスイッチの追加を  
行いました。その結果、従来機種と比較してユーザがより扱  
い易い装置となっています。

## 5 むすび

このたび開発した ACE-3000 は、従来機種と比較して小  
型、高性能化により、より安定した映像を得ることができ  
るため、報道中継や人命救助など、広い分野での活躍が期待さ  
れます。

今後は、ACE-3000 に標準レンズ / カメラを搭載し、  
ACE-401 シリーズの後継機種を開発することにより、シ  
リーズの充実化を更に図っていく予定です。