

JOURNAL of the  
JAPAN CHAPTER of the  
AMERICAN HELICOPTER SOCIETY

# ヘリコプタ技術協会 会報

1993年7月  
第3号



NUMBER 3  
JULY 1993

AHS日本支部認定書及びAward



CHARTER  
OF THE  
**American Helicopter Society**

The Board of Directors  
of the  
American Helicopter Society  
hereby acknowledges the establishment of the  
**JAPAN CHAPTER**

To meet the goals and objectives of the by-laws;  
for the purpose of advancing the practice and  
application of the science of helicopters and  
other aircraft developed in the area of Vertical  
Take-Off and Landing (VTOL) devices.

Signed this fifteenth day of December  
nineteen hundred and eighty-nine

*Stanley Mortimer*  
president



*The American Helicopter Society*  
*Presents this*  
*Membership Award*  
*to*  
*Japan Chapter*

*In recognition of enthusiasm for and  
devotion to the Society, as exemplified by having  
increased Chapter membership in the AHS  
during the year ending March 31, 1993*

PRESIDENT

May 19, 1993

# 目 次

## AHS日本支部認定書及びAward

|   |     |
|---|-----|
| 1. 巻頭言 .....  | 1   |
| 2. 役員 .....   | 7   |
| 3. 賛助会員名簿 .....   | 9   |
| 4. 正会員名簿 .....  | 11  |
| 5. 会則 .....   | 29  |
| 6. 1992年度行事記録   |     |
| 6. 1. 1992年度総会・講演会・懇親会 .....                                | 33  |
| 6. 1. 1. 1992年度AHS年次総会参加報告 .....                            | 34  |
| 6. 1. 2. 「ヘリコプターは優秀なエンジニアがつくる<br>—欧米におけるヘリコプターの研究の一端」 ..... | 39  |
| 6. 1. 3. 「ヘリコプター用FBW技術の開発」 .....                            | 41  |
| 6. 2. 1992年度夏期定例研究会 .....                                   | 47  |
| 6. 2. 1. ヘリコプター用通信・航法統合システムの開発 .....                        | 48  |
| 6. 2. 2. TW-68開発について .....                                  | 51  |
| 6. 2. 3. 諸外国における可変安定ヘリコプターの研究状況 .....                       | 54  |
| 6. 3. Dr. Richard M. Carlson 講演会 .....                      | 57  |
| 6. 4. 1992年度冬期定例研究会 .....                                   | 63  |
| 6. 4. 1. ヘリコプター用FBW技術の開発 .....                              | 65  |
| 6. 4. 2. ヘリコプター機内騒音アクティブ音響制御について .....                      | 71  |
| 6. 4. 3. 小型ヘリコプターにおける最近のいくつかの話題 .....                       | 74  |
| 6. 4. 4. ヘリコプターブレードの翼端形状の数値解析的研究 .....                      | 78  |
| 7. AHS日本支部活動状況報告 .....                                      | 81  |
| 8. ヘリコプター研究概況 .....   | 82  |
| 9. 寄稿集 .....  | 84  |
| 10. 会費納入方法及び費用 .....  | 100 |
| 11. 編集後記 .....  | 101 |

## 1. 巻 頭 言

宇宙開発関係の文書では「人類の夢」とか「夢とロマン」という言葉を見かけることがよくある。かなり公式の、技術的内容を持った文書でもお目にかゝることがある。こういう表現に出遭うと技術に携わる者として何となく気恥ずかしい感じを受けたものであるが、近頃案外これは大切なことのような気がしてきた。

わが国の航空宇宙メーカーが新卒者を募集する際、以前は「航空をやりたくないか」と言えば学生が集ったが、最近では「宇宙をやらせる」と言わないと優秀な学生は集まらないそうである。この裏にも宇宙開発には夢があると思われているという事実が潜んでいるのであろう。

航空の夜明けの時代には、空を飛ぶこと自体が大きな夢であった。そして飛行機が現実の物となってからは、技術上の夢は速度の追求に中心があったように私は思う。「音速の壁の突破」が技術者にとっての大きな夢であったと思う。多分次の夢は極超音速飛行の実現ではないだろうか。

このような出来事が人間に与えるインパクトは、飛行機の速度記録が5ノット、10ノットと更新されて行くのとは全く違った性質のものである。技術上の夢、そしてその夢の実現への活動にロマンを感じるということは、正にこうした壁を乗り越え、それまで不可能であった質的な変化を伴うものが対象となると言えよう。

今から半世紀ほど昔、滑走をせず小鳥のように空中へ飛び立つことが実現した頃、ヘリコプタはやはり夢の対象であった。多くの先人達が独創力を存分に発揮し、すさまじい精力的活動で夢の実現をして来たことを記憶している人はまだ多い筈である。

残念なことにその後は、ヘリコプタの世界では固定翼での「音速の壁」のような夢とロマンをかき立てる出来事はなかったように思われる。

勿論、航空の世界では世界一周無着陸飛行とか性能上の世界記録を樹立するとかいう胸の躍る出来事もある。こうした活動はまさにそれなりに大きな夢を感じさせるものであり、ヘリコプタの世界でも、こうした領域での感動的な事象は数多くあ

るが日本に限るとこうした面でも戦後は縁が薄い、富士KMの小型ピストン機としての高度世界記録（1959年）位でヘリコプタ分野では何もない。この種の活動も大いに盛んにしたいと思うのは私だけではないと思う。

しかしここで私がとりあげたいのは、独創的で飛躍的な変化を惹き起こすような対象であり、誕生から半世紀を経たヘリコプタの世界にはそうした技術者の夢とロマンを掻き立てるものが本当に必要になりつつあると信じ始めている。いつまでもそういうことが無くて過ぎて行くと21世紀にはヘリコプタ技術はすっかり老け込んでしまい衰退へ向うのではないかと恐れる。

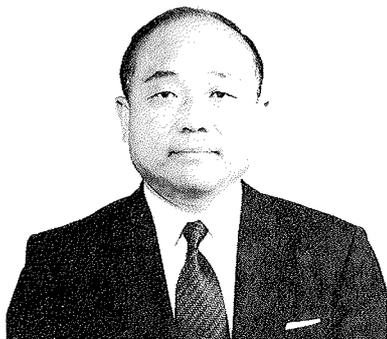
独断と偏見であるとの批判を覚悟の上で書くと、私は、巡航速度が今のヘリコプタの2～3倍出せるヘリコプタと超低騒音ヘリコプタが技術者の夢の対象になるだろうと考えている。私は今この2つが独断と偏見によるものか正当なものであるかの議論が起ることを本当は望んでいない。何故なら真に独創的なものが現れば、それはそうした議論の必要性がなくなるような力を発揮するからである。

ヘリコプタ技術の世界で「夢とロマン」を気恥ずかしがらずに謳い上げつつ前進できる時が早く実現するよう、知恵を集め力を合わせて行きたいと思う。

ヘリコプタ技術協会会長 牧野 健

## ヘリコプタ技術協会 第3期役員

会 長



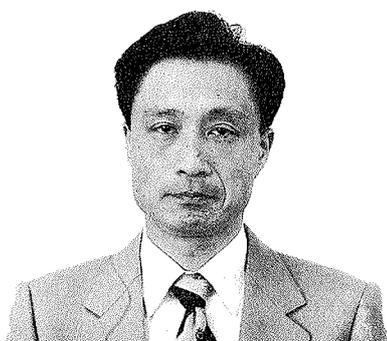
牧野 健  
輸送機工業(株)  
常務取締役

副 会 長



河内 啓二  
東京大学先端科学技術研究センター  
教授 工博

副 会 長



佐藤 晃  
三菱重工業(株)  
名航宇システム製作所 ヘリコプタ技術部長

メンバーシップ・チェアマン



長島 知有  
防衛大学校航宇工学教室  
教授 工博

理事・総務担当者



阿久沢加一  
(株)エースヘリコプター  
常務取締役

常任理事・幹事長



松川 恒雄  
富士重工業(株) 宇都宮製作所  
第1技術部長

常任理事



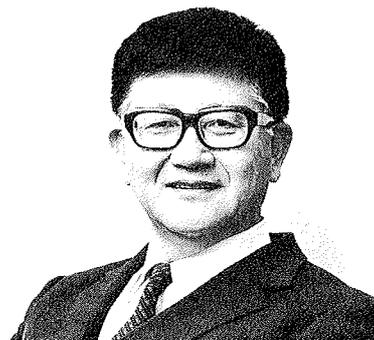
義若 基

カワサキ・ヘリコプタ・システム(株)

取締役社長

(AHS本部 International Vice President)

常任理事

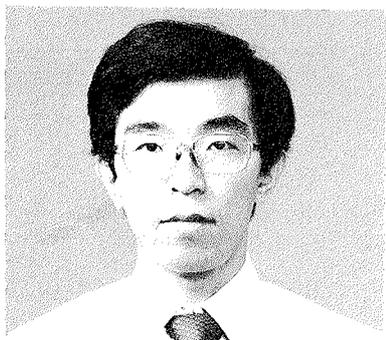


東 昭

東京大学名誉教授 工博

東航空科学研究所代表

常任理事

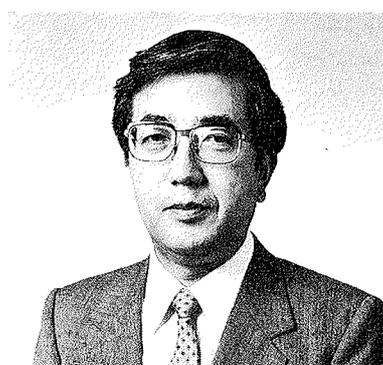


斉藤 茂

航空宇宙技術研究所

飛行試験研究室長 工博

常任理事

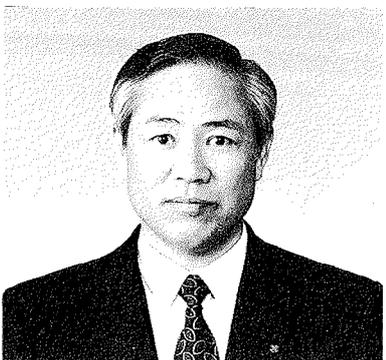


西川 渉

(株)地域航空総合研究所

代表取締役所長

常任理事



藪 勉

川田工業(株)

ヘリ・テクノロジー・センター所長

常任理事

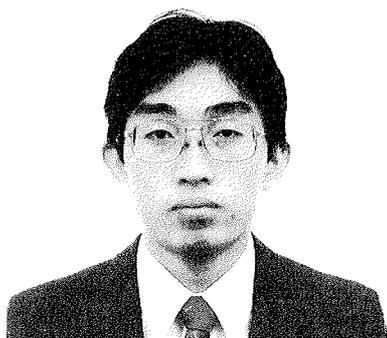


大林 秀彦

川崎重工業(株)

航空宇宙事業本部 主幹

幹 事



青山 剛史  
航空宇宙技術研究所  
数理解析部

幹 事



伊藤 裕  
川崎重工業(株)  
ヘリコプタ設計部 ヘリコプタ2課主査

幹 事



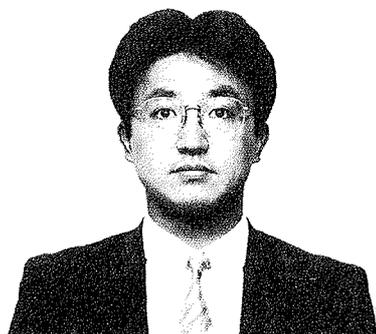
遠藤 理  
三菱電機(株)  
電子事業部 (元陸将補)

幹 事



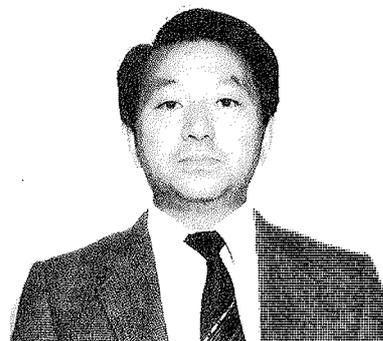
大原 義英  
海上自衛隊 海上幕僚監部

幹 事



奥野 善則  
航空宇宙技術研究所  
飛行実験部

幹 事



北林 修三  
富士重工業(株) 宇都宮製作所  
第1技術部 ヘリコプタ第2課長

幹 事



小林 孝  
三菱重工業(株)  
ヘリコプタ技術部 基礎設計課長

幹 事



嶋田 浩三  
防衛庁技術研究本部  
技術開発官(航空機担当)付

幹 事



星野 亮  
ソニートレーディングインターナショナル(株)  
航空機器営業部 統括部長

幹 事



松村 行朗  
朝日航洋(株)  
航空事業本部

## 2. 役員及び組織

|                    |       |  |
|--------------------|-------|--|
| 会 長                | 牧野 健  | 輸送機工業株式会社<br>常務取締役                           |
| 副 会 長              | 河内 啓二 | 東京大学先端科学技術研究センター<br>教授 工博                    |
| 副 会 長              | 佐藤 晃  | 三菱重工業株式会社 名古屋航空宇宙システム製作所<br>ヘリコプタ技術部部长       |
| メンバーシップ・<br>チェアーマン | 長島 知有 | 防衛大学校<br>航空宇宙工学教室教授 工博                       |
| 理事・総務担当            | 阿久沢加一 | 株式会社エースヘリコプター<br>常務取締役                       |
| 常任理事・幹事長           | 松川 恒雄 | 富士重工業株式会社宇都宮製作所<br>第一技術部長                    |
| 常任理事               | 東 昭   | 東京大学名誉教授 工博<br>東航空科学研究所                      |
| 常任理事               | 大林 秀彦 | 川崎重工業株式会社<br>航空宇宙事業本部 主幹                     |
| 常任理事               | 斉藤 茂  | 航空宇宙技術研究所<br>飛行試験研究室 室長                      |
| 常任理事               | 藪 勉   | 川田工業株式会社 航空事業部<br>ヘリ・テクノロジー・センター所長           |
| 常任理事               | 義若 基  | カワサキ ヘリコプタシステム株式会社<br>代表取締役社長                |
| 幹 事                | 青山 剛史 | 航空宇宙技術研究所 数理解析部                              |
| 幹 事                | 伊東 裕  | 川崎重工業株式会社 航空宇宙技術本部<br>ヘリコプタ設計部 ヘリコプタ2課 主査    |
| 幹 事                | 遠藤 理  | 三菱電機株式会社 電子事業部 (元陸将補)                        |
| 幹 事                | 大原 義英 | 海上自衛隊 海上幕僚監部 調査第1課                           |
| 幹 事                | 奥野 義則 | 航空宇宙技術研究所 飛行実験部                              |
| 幹 事                | 北林 修三 | 富士重工業株式会社宇都宮製作所<br>第1技術部 ヘリコプタ2課 課長          |
| 幹 事                | 小林 孝  | 三菱重工業株式会社 名古屋航空宇宙システム製作所<br>ヘリコプタ技術部基礎設計課 課長 |
| 幹 事                | 嶋田 浩三 | 防衛庁技術研究本部技術開発官 (航空機担当) 付<br>第1開発室            |
| 幹 事                | 星野 亮  | ソニーレーディング株式会社<br>統括部長                        |
| 幹 事                | 松村 行朗 | 朝日航洋株式会社 航空事業本部                              |

## お 知 ら せ

### 義若常任理事 AHS本部役員 International V.P. に就任

1993年5月22日 セントルイスで開催されたAHS役員会で義若 基常任理事が International Vice President, American Helicopter Society に選任されました。

これは本会員並びに我々の諸先輩の努力の結果、日本ヘリコプタ技術と産業が最早世界のヘリコプタ界から無視できない段階にまで成長したことを示すもので、我々はこれを祝福すべきであると同時に、『ヘリコプタ技術とその応用』の発展のために更に一層の努力が世界から要請されたものであります。

尚、'93～'94年度のAHS本部の主要役員の方々は以下に示す通りです。

#### Executive Committee:

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| Chairman              | Edward Renouard |
| President             | C.Thomas Snyder |
| Secretary/Treasurer   | Webb F. Joiner  |
| Technical Director'94 | Dr. John Shaw   |

個人情報に付き【3 賛助会員名簿（法人賛助会員、個人賛助会員）】及び  
【4 正規会員名簿】（9頁～28頁）は削除いたしました。

## 5. 会 則

### ヘリコプタ技術協会規約

Japan Chapter of The American Helicopter Society

(AHS日本支部)

#### 第1章 総則

(名称)

第1条 本組織は『ヘリコプタ技術協会（Japan Chapter of The American Helicopter Society, AHS日本支部）』（以下「本会」という）と呼称する。

(目的)

第2条 本会は、広くヘリコプタ及び垂直離着陸飛行の発展に寄与するため、AHSの日本支部（Japan Chapter of The American Helicopter Society）として、ヘリコプタ並びに垂直離着陸飛行に関する基礎研究、試験、開発、製造、維持、運搬等、全ての分野にわたる技術研究活動の活性化、情報収集の効率化、会員相互の親睦、国際交流の実をあげることを目的とする。

(管理機構)

第3条 本会の管理運営機構は理事会及び幹事会とする。

理事会はAHSの基本目的、本規約、並びに本会全体の運営方針に関わる事項を統括する。

幹事会は理事会で決定された方針に基づき、本会の年間事業計画を計画し遂行する。

本会の事務局は、会長に係る出身機関内におく。

#### 第2章 会員

(会員の資格)

第4条 本会は、日本在住のAHSの正会員、学生会員、法人会員、教育法人会員、並びに本会の賛助会員をもって構成する。

(会員の分類)

第5条 本会の個人会員は、正会員、学生会員、賛助会員、及び名誉会員、法人会員は一般法人会員、教育法人会員、及び賛助会員からなる。

① 正会員は、前条の資格を有するもので、本会に入会申込書を提出し理事会で承認をえたもの。

② 学生会員は、前条の資格を有するもので、本会に入会申込書を提出し理事会で学生会員として認められたもの。

③ 賛助会員並びに賛助法人会員は、本会の目的に賛同し本会の活動を賛助する為に、年額10,000円以上の賛助会費を納入する個人並びに法人。

④ 名誉会員は、所定の審査の結果、本会の目的達成及び推進に特に顕著な功績があつて、名誉会員として遇するに相応しいと認められたもの。

⑤ 一般及び教育法人会員は、前条の資格を有するもので、本会に入会申込書を提出し理事会で夫々一般及び教育法人会員として認められた法人。

(加入及び脱会)

第6条 前条の各号に該当し、入会を希望するものは所定の申込書を、また脱会を希望するものは所定の脱会届を、会長に提出し、理事会の承認を得なければならない。

(除名)

第7条 本会は、会員が次の各号のいずれかに該当したときは、理事会で審議のうえこれを除名することができる。

- ① 本会の目的に反するような行為があったとき。
- ② 社会的にその信用を失うような行為があったとき。
- ③ その他、上の各号に相当するような行為があったとき。

(会員の権利)

第8条 会員は、会員のすべての事項に参画する権利及び均等の取扱いをうける権利を持つ。

(会員の義務)

第9条 会員は、次の義務を負う。

- ① 当規約及び総会、理事会で定められた事項に従うこと。

### 第3章 役員

(役員)

第10条 本会には、次の役員をおく。

|           |                                       |     |
|-----------|---------------------------------------|-----|
| 会長        | (P R E S I D E N T)                   | 1名  |
| 副会長       | (V I C E P R E S I D E N T)           | 2名  |
| 常任理事      | (M A N A G I N G D I R E C T O R)     | 若干名 |
| 理事        | (D I R E C T O R)                     | 若干名 |
| 幹事        | (M A N A G E R)                       | 若干名 |
| 総務担当      | (S E C R T A R Y / T R E A S U R E R) | 1名  |
| メンバーシップ担当 | (M E M B E R S H I P C H A I R M A N) | 1名  |
| 幹事長       | (P R O G R A M C H A I R M A N)       | 1名  |

尚、名誉顧問 (A D V I S E R E M E R I T U S) を置くことができる。

(選任)

第11条 常任理事は、前期役員が候補者を推薦し、会員の選挙又は総会の承認を得てこれを決定する。

会長、副会長は、常任理事の互選による。

理事の任命並びに総務担当、メンバーシップ担当、幹事長の委嘱は会長が行う。

幹事は理事会が推薦し会長が任命する。

本会の役員全員は、2年毎4月末日迄に選任されなければならない。

但し、任期中に欠員を生じた場合の後任者の選任は、その都度、理事会の合議によって決定する。

(任期)

第12条 役員任期は、2カ年とする。

但し、前条、後任役員任期は前任者の残りの期間とする。

(職務)

第13条 役員の職務は次のとおりとする。

- ① 会長は、本会を代表して、会務を統括し、会の運営に対する一切の責任を負う。会長は総会、理事会の議長となる。
- ② 副会長は、会長を補佐し、会長事故あるときは、その職務を代行する。
- ③ 常任理事及び理事は、理事会を構成し、本会の運営に関わる基本的事項を決定する。
- ④ 総務担当常任理事／理事は、本会の運営にあたり、次の事項を担当し、会長並びに理事会を補佐する。
  - ・ 総会及び理事会開催の事前通知をなし、これらの会議についての議事録を作成し保存する。
  - ・ 本会の会計記録を保存し、資産の安全保管の責任を負う。
  - ・ 本規約が、明示又は暗示に規定するその他の職務、或は会長又は理事会から付託された業務を遂行する。
- ⑤ メンバーシップ担当常任理事／理事は、会員の増加に関する基本施策を立案遂行すると共に、会員名簿を維持管理する。

又は新規入会希望者の資格、及び除名の可否を審査し理事会に報告する。
- ⑥ 幹事長は、幹事会を主催し、本会の運営に関する会長及び理事会の決定した基本事項を具体化し遂行する。
- ⑦ 幹事は、幹事会を構成し、本会の運営に関して、会長及び理事会を補佐し、本会の事業計画の策定と実施に当たると共に、会長及び理事会より指示された業務を行う。

(理事会)

第14条 理事会は、必要に応じ、会長がこれを招集する。

(幹事会)

第15条 幹事会は、必要に応じ、幹事長がこれを招集する。

(内規)

第16条 本会の運営に内規を必要とする場合は理事会の決議によりこれを定める。

#### 第4章 総会及び行事

(総会)

第17条 総会は、本会の最高決議機関であり、会員全員をもって構成し、原則として毎年4月に会長が招集し、次の事項を協議するものとする。

ただし、理事会が必要と認めたとき、または会員の総数3分の1以上のものが、議題を明示して請求したときは、会長は臨時に総会を招集しなければならない。

- ① 役員の選出並びに解任
- ② 規約の改廃
- ③ 予算及び決算
- ④ その他役員が必要と認めた事項
- ⑤ 会員からの提案事項

総会は、会員の過半数の出席又は委任状がなければ成立しない。

総会の議決は多数決による。議長は、賛否同数の場合にのみ議決に加わることができる。

(行事)

第16条 本会は、理事会の承認を得て、研究会を開催するほか、本会の目的に沿った各種の行事を行うことができる。

## 第5章 会計

(会の経費)

第19条 本会の経費は、賛助会費、臨時会費及び寄付金他をもってあてる。

(会費)

第20条 会費の徴収は、次により行う。

- ① 賛助会費は、毎年4月にこれを徴収する。
- ② 臨時会費は、理事会の決議により、必要に応じ適宜徴収する。

(会計年度)

第21条 本会の会計年度は毎年4月1日から翌3月31日までの1カ年とする。

(会計)

第22条 本会の会計は、総務担当常任理事／理事が担当して行う。

会計は、定期総会に会計報告を行い、承認を得るものとする。

## 第6章 附則

(効力)

第23条 当規約の効力は、平成元年12月15日から発足するものとする。

以上

## 6. 1992年度行事記録

6. 1. ヘリコプタ技術協会（AHS日本支部）1992年総会・講演会・懇親会

日時：平成4年6月23日（火）

場所：川崎重工業(株) 岐阜工場 新館4F大会議室／レストラン川崎

### ★ 総会の部

- |                |        |
|----------------|--------|
| (1) 挨拶         | 義若会長   |
| (2) 運営状況報告     | 大林幹事長  |
| (3) 会計報告       | 水野総務理事 |
| (4) 役員改選       |        |
| (5) 新会長挨拶      | 牧野新会長  |
| (6) 記念品贈呈      |        |
| (7) 1992年度行事計画 | 松川新幹事長 |

### ★ 講演の部

司会 上村会員

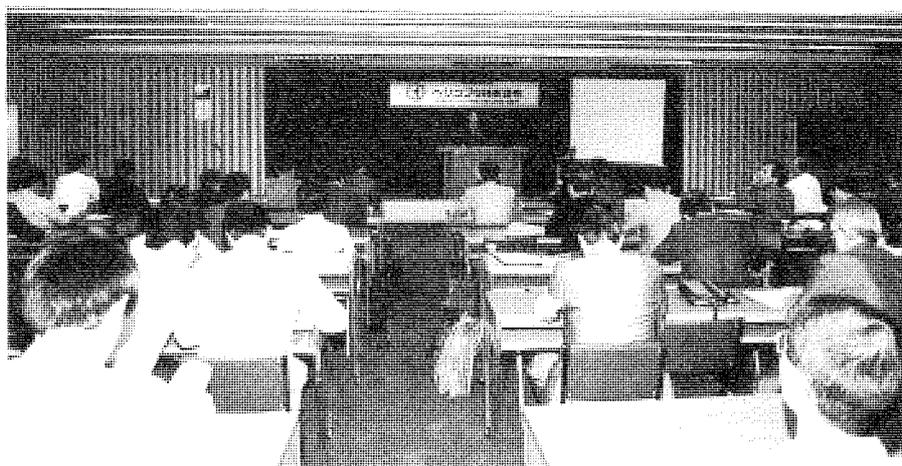
- |   |  |
|---|--|
| (1) 1992年度AHS年次総会参加報告                           | 三菱重工 中山 周一氏<br>川崎重工 片山 範明氏<br>富士重工 塙 俊明氏 |
| (2) 「ヘリコプターは優秀なエンジニアがつくる<br>—欧米におけるヘリコプター研究の一端」 | 三菱重工 佐倉 潔氏                               |
| (3) 「ヘリコプター用FBW技術の開発」                           | 川崎重工 富尾 武氏                               |

### ★ 工場見学 フライト・シュミレータ

### ★ 懇親会の部 17:30～19:30

司会 大林幹事長（'91年度）

- (1) 開会挨拶
- (2) 乾杯
- (3) 懇談
- (4) 閉会挨拶



写真提供 ヘリ・アンド・ヘリポート

## 6. 1. 1. 1992年度AHS年次総会参加報告

三菱重工業株式会社 中山 周一



入社2年目にAHSなる学会に参加する機会を得た。学会といえば飛行機シンポジウムに参加した程度であり、更に海外も初めてだったため多くのことが新鮮で刺激的であった。ここでは、講演の内容についてあれこれと述べても私の不的確な日本語要約では安心して読んで頂けないので、内容については学会講演集を参考にして頂くとし、全く個人的な感想をベースに話を進めたい。

### G2 CABRI by Bruno GUIMBAL

このフランス語で小山羊と言う意味の小さなヘリコプタが最も印象的であった。G2 CABRI は150馬力のピストンエンジンを搭載した2人乗り小型ヘリコプタで全備重量は550〔kg〕である。小さいながらも尾ロータにフェネストロンを装備しているあたりはさすがユーロコプタである。講演ではヘリコプタが組み立てられていく様子をスライドを使用し説明するのだが、その様子は正に日曜大工的であり、最後は初飛行の様子をVTRで見せてくれた。質疑応答も「最高速度はいくらか？」との間に「まだ、飛行時間は数時間なので分からない」といった具合であった。

ライセンス機の維持設計が大きな比重を占める日本の現状を考えると、このチャレンジングな計画はとても新鮮であり、本来の創造作業としての設計・製造をまっとうしていると感じた。しかし、GUIMBAL氏のベンチャービジネスをユーロコプタ社が技術的に支援を行っているものの、事業化の予定は無いそうである。ただ、G2 CABRIにしてもロビンソンにしても、なにかしらベンチャービジネスが発生する土壌は日本ではなく西欧にあるようだ。そういえば、GUIMBAL氏は緑のスーツに黄のシャツといった洒落た出立ちであったように思う。



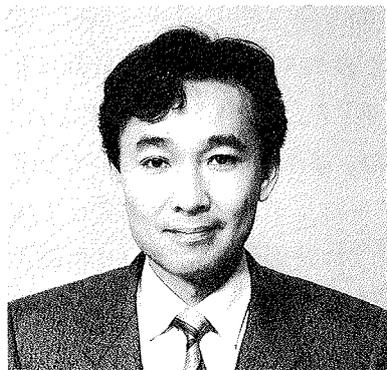
## C F D (Computational Fluid Dynamics ; 数値流体力学)

空力のセッションでは数値流体力学関連の講演が例年になく目立ったように思う。これは、C F D全盛時代の前兆なのであろうか。C F Dとはオイラー方程式やナビエ・ストークス方程式を差分法等の数値計算法を用いて流れ場について解くものである。最近ではコンピュータの進歩に伴い、C F Dは風洞試験に取って代わるとさえ言われている。これは、謂うならばC F D万能主義ともいえるが、将来は空力屋と呼ばれる技術者は全員コンピュータに向かって設計を行うことになるのであろうか。いままでの事例を考えてみると「そんなことは有り得ない」と思われるが、なにせコンピュータというものは進歩が急速であり、未来のひとは分からない。いずれ、決着がつく頃も私は現役だろうからその時を楽しみに待つとしよう。

## 雑感 (アメリカ)

週末にはワシントンを観光したが、とてつもなく大きな美術館や博物館がすべて無料であること、公園等の公共設備がよく整備されていることに驚いた。少々、落ちぶれたとは言えやはりアメリカは豊かで偉大な国である。こんな国と戦争したら負けるのは当然だと感じた。今、日本が金持ちで豊かな国と勘違いするのは、自分自身の力を過大評価した第二次世界大戦前となんら変わらず、戦争をやる意気込みがあった分だけ戦前の方が良かったようにさえ思える。

川崎重工業株式会社 片山 範明



AHS 48th Annual Forum Technology Display が、6月3日から5日までの3日間にわたってワシントンD. C.のSheraton Washinton Hotel で開催された。私は、本年はじめてこのFORUMに参加する機会を与えられたので、その中で印象に残った事柄をいくつか紹介したいと思う。

まず、大会の規模であるが、残念ながら年々縮小の傾向にあるようで、会場でお会いした毎年出席されている方の話によると、Exhibition や Technical Session の数から言って、去年の2/3、一昨年の半分程度の規模とのことであった。やはり各国の軍事予算削減の影響を航空宇宙産業が直接受けているからであろうか。しかし、はじめて参加した私にとっては、世界の技術的裾野の広さを感じるのに十分なだけ最新の研究発表や展示があった。

初日の昼には Membership/Awards Luncheon が行われたが、ここでは世界のヘリコプタ・メーカーの幹部等が壇上にズラリと並び、格調の高さを感じられた。当日この席にロシアの代表が新たに加わり歓迎を受けていたが、日本のメーカーの代表が席を確保できるようになるのはいつのことであろうか。今回は日本からの発表はなかったが、もっと頻繁に多くの発表や展示を積極的に行うようにしなければ道は遠いであろう。

さて、Technical Session についてであるが、私





は Dynamics を中心に聴講した。特に目についたのは、関連発表の中で実に 3 つが CAMRAD/JA を引き合いに出して試験結果や独自の解析プログラムとの比較検討を行っていたことである。今までこの分野で各社独自のプログラムによる解析結果が発表されても、そこでは詳細な中身まで十分に言及されず、また独自に開発したプログラムを外部に提供するわけもないから、結局、それらを共通の土俵で比較検討することがなかなか難しいのが現状であった。しかし、CA

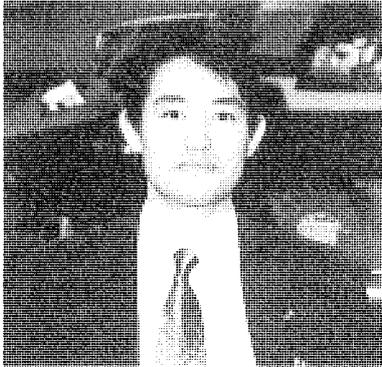
MRAD/JA が今やほとんどのメーカーや研究機関に導入され、これを基準としての比較ができるようになったことから、これからもこういった形での発表が多くなるのではないだろうか。会場に来ていた人達も「CAMRAD/JA は、今や世界の標準プログラムになりつつある。」ともらしていたのが印象的であった。設計のための解析プログラムではなくこのような形でのプログラムのあり方は新しく、興味深い。

Exhibition は、機体メーカーの実機展示がなく寂しいものであった。その一方で、部品メーカー等の展示は盛んで、米国の航空宇宙産業の裾野の広さを強く感じた。例えば、風洞試験モデルの専門メーカーがあったり、解析を専門にする会社があったりする。特に前者の場合、NASA の AMES や LANGLEY 研究所の風洞模型をほとんど一手に引き受けているメーカーがあり、しかもそのような模型メーカーですら CAMRAD/JA を導入して、ある程度の解析は自社で行えるとのことであった。機体メーカーの展示規模が小さかっただけに、このような小さなメーカーの能力に余計に強い印象を得た。このようなメーカーが育ち、生きて行けるのは研究開発にかけられる予算が莫大であることによるのは明らかである。日本では、風洞模型を作るにも多くの場合、実機担当の技術者が多大の時間を裂いて試行錯誤している現状を考えると羨ましい限りである。



今回の大会参加は、私にとって世界の技術レベルと情報交換の場の雰囲気を感じることができ、世界的視野で自分の仕事を見つめ直す貴重な機会となった。これからも多くの方々が日本から参加されることを期待したい。





第48回AHS年会は、例年と同じく技術論文の発表及び関連各団体の技術展示が行われた。技術論文に関してはMHi中山氏の発表にゆずるとして、技術展示についてその概要を述べる。

展示団体総数は57団体であり、主要団体別にみると機体メーカー9社、エンジン・メーカー4社、機械加工メーカー10社、アビオニクス関連メーカー10社、解析ソフト・研究所・大学等15団体、その他9団体に分かれる。全体の規模としては、軍縮及び市場縮少のあおりをうけてか、各団体とも展示規模を縮少していたようであり、盛況とは言いがかった。(昨年の1/2程度ではないかとの声も聞かれた。) その中であって主要機体メーカーであるベル社、シコルスキー社及びマグダネル・ダグラス・ヘリコプタ社の3社がともにモックアップとはいえUAV(無人ヘリコプタ)の展示を前面に押し出したことは、各ヘリコプタ・メーカーとも無人機に新たな市場を見出したことは疑いない事実であろう。又展示団体の中には、メーカー以外にも大学を始め解析ソフト関連会社及び試験装置(風洞モデル等)製作所が多数あり、米国のヘリコプタ産業の底辺の広さがうかがえた。以下に代表機体メーカーのブース概要を述べる。

・ベル・ヘリコプタ・テキストロン社

ティルト・ロータUAVである「イーグル・アイ」の実物大モックアップ、V-22の1/3模型展示及びAH-1W、OH-58Dに関するビデオ上映。

・シコルスキー・エアクラフト社

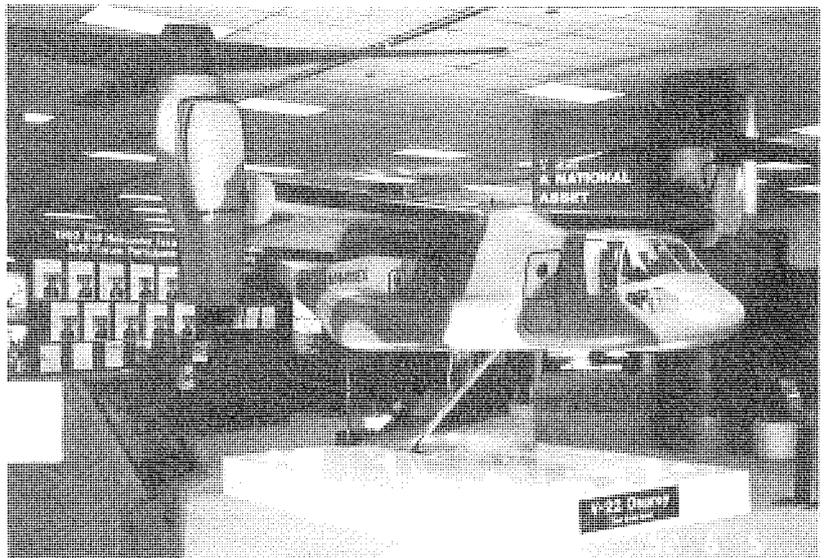
2重反転ロータ+シュラウンド・ファンUAVである「サイパー」の実機展示。この機体はシコルスキー社が持つ2つの技術、すなわちABC(Advancing Blade Concept)及びシュラウド・ファン・テール(S-76LHファンテール・デモンストレータで使用)を流用したもので、ロータ直径4ft、重量300lbsの円盤状の形状をしており、45lbsのペイロード能力(センサー)をもった、コンセプト・デモンストレータである。その他QJR(Quiet Tai Rotor)ブレード実物展示、開発中のS-92大型ヘリコプタの模型及びモックアップ写真展示。

・ボーイング・ディフェンス・アンド・スペース・グループ、ヘリコプタ・ディビジョン

RAH-66コマンチ、MH-47Eの模型・写真展示。

・マグダネル・ダグラス・ヘリコプタ・カンパニー

CR/W(Canard Rotor Wing; X-Wingの2翅版とも言えるもの)の風試模型展示。(NASA; 40-by-80-ft風洞で実験実施。) この機体はイーグル・アイ(ベル社)



と同じく艦上運用UAVとして開発を進めているとのことで、将来は有人機への発展も考えているが未だ概念設計中である。(UAVとしては重量1600lbs、10ft直径のロータを有している。)その他MDX、MD520N、LONGBOW APACHEの模型・写真展示。

その他興味を持ったブースとしては、ダイナミック・エンジニアリング社及びアドバンスド・テクノロジー社があった。両社とも風洞試験装置の製作を行っており、模型ロータ等の展示を行っていた。模型は複合材製の精工なもので、機体メーカーの複雑な要求(表面圧力測定、剛性、翼端形状等)に応えるため独自に解析ソフト(CAMRAD)を用いて設計を行っており、このロータ製作技術を用いてUAV市場及び日本市場への参入を考えているとのことである。

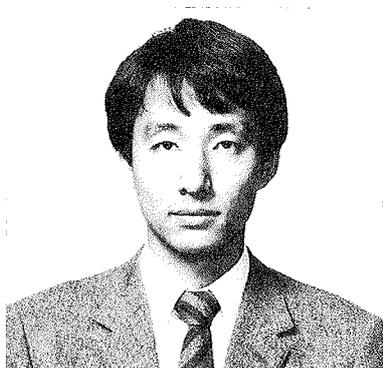
## 6. 1. 2. ヘリコプタは優秀なエンジニアがつくる－欧米におけるヘリコプター研究の一端

Helicopter engineers should be superior - brief introduction of researches in the United States and Europe

三菱重工業(株) 佐倉 潔

### ABSTRACT

The author was staying at MIT and conducting a research on IBC (Individual Blade Control) with Professor Norman D. Ham in 1991. Some topics on helicopter dynamics in the United States and Europe are reviewed based on the experience during the stay at MIT.



1991年1年間、MIT（マサチューセッツ工科大学）航空宇宙学科に滞在し、Professor Norman D.Ham の下で研究する機会を得ました。その間見聞きした欧米におけるヘリコプタの主にダイナミクス（振動）関連の現状を御紹介します。

Professor Ham については、御存知の方も多いと思いますが、MITにおいて長年ヘリコプターの空力弾性に関する研究に携わっておられ、最近ではヘリコプターのアクティブ・コントロールであるIBC (Individual Blade Control)の研究を中心に精力的な活動を続けておられます。また、ヘリコプター業界に多くの卒業生を送り出した教育者でもあり、現在活躍している第一線の技術者でかつて Professor Ham の下で学んだ者も少なくありません。

私は「ヘリコプターの振動とその制御」をテーマとして、IBCによる振動低減の検討を実施しました。IBCはブレードに取り付いたセンサーとアクチュエーターにより個々のブレードの空力弾性振動を独立に制御しようとするシステムですが、機体の振動（いわゆるN/revの振動）を低減するのみでなく、1/revからN/rev、そして更に高周波までのブレード振動を幅広く制御することにより様々な効果が実現できます。将来的には、飛行速度の向上、運動能力の向上、乗心地の改善等、現在のヘリコプターのもつ問題を解消する技術になり得ると考えられています。私の研究も当初はIBCをHHC (Higher Harmonic Control) の延長として捉え「機体振動」にのみ着目していましたが、IBCについて勉強するにつれ、上記のような幅広い効果をうまく実現してこそIBCの真価が発揮されることを理解するようになりました。同時に、IBCを実現する為には、ブレードの空力弾性を中心にヘリコプターのダイナミクスを良く理解しなければならないということも分かりました。

IBC研究及びそのようなヘリコプターのダイナミクス研究の参考として、MIT滞在中期間中関連の学会に参加しました。主なものは、AHS Annual Forum and Display と European Rotorcraft Forum (ERF) です。前者は本会報でも毎年紹介されていますので、後者とその機会に訪問した関連研究機関・企業の状況を以下にまとめます。

#### 17th European Rotorcraft Forum

開催地が Berlin と言うことで、例年に比べて参加は少ない。ERF 主催のツアーで旧東ドイツ空軍基地を見学、Mi 1 ヘリコプターの実機展示とデモ飛行があり。Active Control のセッションがひとつあり、

Professor Ham を含む米国からの参加者達と欧米の研究者の熱心な討論が印象的であった。

#### Braunschweig 工科大学

Professor Reichert の下で学生を含む数名の研究者がローター・ダイナミックスを中心に研究している。DLRの風洞を用いてのBO-105模型のダイナミック・データ計測を実施しているが、Active Control は模型及び費用の制約から未実施とのこと。風試計測及びデータ処理にはかなりの工夫が見られた。

#### DLR (ドイツ航空宇宙研究所)

HHCによる振動と騒音の低減を熱心に研究中で、現在オランダのDNW音響風洞で騒音実験を実施している。振動と騒音の同時制御を目指す、現在までの検討結果から判断する限りでは困難であるとの結論。IBCは次のステップとして取り組みたいということであった。

#### MBB

振動対策としてはMGBのIsolationを積極的に検討しており、HHCやIBCには慎重な態度であった。特にIBCについてはBO-105にて飛行試験を実施しており、現在そのデータを検討中とのことであったが、その試験の経験に基づいてIBCの実用化は困難と言う意見をもっているようであった。

#### ONERA (フランス航空宇宙研究所)

制御等の実用的な研究はAerospatialeが実施していると言うことで、ONERAではブレード材料や飛行性等に関する基礎的研究が中心であった。

#### Westland Helicopter

振動対策としては、BERP翼とACSR (Active Control of Structural Response) を検討している。基本的な考え方は、ブレードを最適に設計し、その結果残った振動を胴体での制御であるACSRで低減すると言うもの。HHCを始めとするブレードの制御には耐空性の面より消極的な態度であった。

最後にProfessor HamのIBCに関する研究状況を簡単に紹介します。現在はNASA Amesにおいて、実機を用いたIBS (Individual Blade Sensing) の試験を実施中です。IBSは、IBCの前の段階として、個々のブレードの振動を計測して、そのデータからオフラインで制御シミュレーションを実施し、IBCの妥当性を見極めようと言うものです。この辺りの状況はProfessor Ham自身が毎年ERFで発表しておられますので、良く御存知の方も多いと思います。Professor Hamは、上述のような各方面のIBCに対する消極的な意見を良く認識した上で、IBCを段階的に実用化すべく研究を続けておられます。

今回のMIT滞在を通じて、多くのことを学ぶことができましたが、一言で言えば、ヘリコプターの難しさを実感しました。そして、Professor Hamから聞かされた、「ヘリコプターは固定翼よりも随分難しい。だから、ヘリコプターのエンジニアは固定翼のエンジニアよりも優秀でなければならないんだよ。」と言う言葉が忘れられません。

### 6. 1. 3. ヘリコプタ用フライ・バイ・ワイヤ (FBW) 技術の開発 (その1)

川崎重工(株) 富尾 武

1939年に初飛行したシコルスキVS-300によって基本型が完成したヘリコプタは、世界の民間ヘリコプタ数約10,000機、日本でも1100機強(世界第3位)に至るまでに普及し、その用途も消防、警察、報道、薬剤散布、救急医療、人員/物資の移動、偵察、攻撃など様々な分野に広がっています。その普及に至るまでの経過は、ヘリコプタの不安定な飛行原理の克服の歴史とも言え、SAS(Stability Augmentation System)やAFCS(Automatic Flight Control System)に様々な努力と工夫が加えられてきました。

しかし近年のヘリコプタの普及はその運航形態にも多様な広がりをみせ、悪天候下での飛行、山間/谷あい等狭い地形での飛行、昼夜間飛行、超低空匍匐飛行、地上攻撃・対空戦闘等の高機動飛行など益々複雑にまた高度なものになっています。これに対応し更にヘリコプタの普及を促進するためには従来のSASやAFCSの能力を越えて、より高度にヘリコプタを制御する技術が必要になりつつあります。そのキーテクノロジーの1つがフライ・バイ・ワイヤ(FBW)技術であり、川崎重工(株)ではその研究を1989年から行っています。本稿ではその第一報として研究内容の概要について報告します。

#### ヘリコプタ用FBW技術の開発と関連技術のレベルアップ(研究開発のねらい)

F-16、F-22、C-17、A320、A340、ボーイング777等軍用/民間を問わず主流になったFBWも、ヘリコプタではようやくRAH-66やNH-90で実用の扉が開かれようとしています。実験機等FBWのヘリコプタへの適用研究のスタートは固定翼のための研究に比べても決して遅れをとっているものではないにもかかわらず実用化では大きく水をあけられたのは次の理由からと考えられます。

- ① ヘリコプタでは一舵面(一軸コントロール)の故障が致命的な事故につながり、システムの高い信頼性実現が必要(固定翼では一舵面の故障を他の舵面で補う等の工夫により全体の信頼性を確保できる。)
- ② ヘリコプタでは固定翼に比べて一段とシステムの小型・軽量化を実現しないと搭載レベルに達しないため、電子技術の発展成熟が待たれた。

川崎重工(株)では高機動性と高い安定性を両立させ、高い安全性を確保し、更に軽量・小型・低コストをバランスよく実現するためにSimple & Reliableを基本設計思想としてフライト・クリティカリティに応じた明確な機能区分(図1参照)を行ない、①それぞれの役割に応じた多重度を与えると同時に②それぞれの機能を司るサブシステムを故障管理によって有機的にマネジメントする(デグレートさせる)事によって全体の機能と信頼性を高める事を基本概念としてヘリコプタに搭載可能な重量・容積レベルを持ったFBW操縦システムを開発しています。開発中のシステムは図2に示す基本構成を持ちPFCS(Primary Flight Control System)は3重2 Fail Operationalの能力を、AFCS(Advanced Flight Control System)は2重1 Fail Operationalの能力を持っています。システムが正常に作動している間はAFCSが働き、AFCSに2重故障が生じた場合はAFCSはPFCSから切離されSAS機能が、更にSASに3重故障が起こってもダイレクト・リンク機能が働くようにシステムが管理されています。

本研究開発のねらいの第1は、もちろん上述のヘリコプタへ搭載可能なFBWシステムを開発する事にありますが、それと同等の重み付けをして各担当セクションが努力を重ねているのが種々の技術要素のレベルアップであり、その成果は様々な形でヘリコプタの品質向上に寄与するものと考えています。

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| ① 高度多重管理技術        | ⑤ 飛行制御則設計技術        |
| ② デジタル制御技術        | ⑥ 新方式操縦装置の実用化技術    |
| ③ 高信頼性ソフト・ウェア設計技術 | ⑦ 飛行シミュレーション技術     |
| ④ サーボ・コントロール技術    | ⑧ システム・インテグレーション技術 |

これらはそれぞれの具体的な形でFBWシステムの開発に適用され次に示す同システムの特徴となっています。

- ① 3重2 Fail Operational (PFCS) および2重1 Fail Operational (AFCS)
- ③ 高級言語Adaの適用 (Fault Avoidanceなソフト)
- ②④ Direct Drive Valve 油圧アクチュエータ<sup>\*</sup>のデジタル・クローズ・サーボコントロール

(注) ※ : 日本では初めての飛行実績

- ⑤ イクシプリシット・モデルフォロイング飛行制御則
- ⑥ ミニスティック (多軸サイドスティック)
- ⑦ 高度なフィジカル・シミュレーション (次稿の、実機を結合した飛行シミュレーションの項で詳述)

開発中のFBWシステムのAFCSに組込まれている制御則は表1に示されている4モードから成っていますが、それぞれのモードの開発と評価と同じレベルの重点をおいたのが操縦の容易化に対する研究であり、操縦軸間の連成除去は全モードに、ターン・コーデネーションはノーマルモードに組み込まれています。

#### BK117FBW研究機の構成

研究機の母機としては、川崎重工(株)がユーロコプタ社(旧MBB)と共同開発したBK117を使用しました。同機は①ヒンジレス・リジッドロータによる高応答特性、②主要装備が2重装備となっている事による安全性、③広いキャビン有し、母機の安全性を損なわずに種々の機器を追加装備出来る利便性などのFBW研究機の母機としての適性を数多く有している機体と言えます。この利便性を生かし、かつ母機の耐空性を損なわないように、FBW操縦システムは図3に示すようにFBW接続機構を介しパラレルに従来から装備されている機械式操縦装置に接続しました。

この研究機の設計・製造にあたり特に注意をはらった事は、FBWシステムと機械式システムの機能や性能の整合性を確保する事でした。これは、異種の原理によるシステムを結合する場合は種々の危険要因をかかえているとともに潜在的なものも多く見逃しやすいからです。このため構想・設計の初期段階からそれぞれのPHASEに合わせてFTA (Fault Tree Analysis)、HA (Hazard Analysis)、FMCA (Failure Mode Effective and criticality Analysis) 等々の解析を繰返し、その結果としてFBW研究機の操縦システムには図4に示されているような種々の安全対策が施されました。これらの安全対策の有効性は、飛行試験を開始する前の地上での種々の確認事項のうちでも最重要な事項として徹底的に評価が行われました。

また、研究機にはPCM多重化によるデータレコーダ記録と、テレメータシステムで構成される機上計測シ

システムが搭載され、前者は飛行試験データ収集に、後者は地上でのリアルタイム・モニタに使用され、計測項目は100点以上にのぼるのです。

### 試験確認

本研究で実施した試験研究は大別して、飛行制御則の設計段階で行われた飛行シミュレーション試験と図5に示す流れに沿った機器・システム・供試機体の確認試験と、飛行試験から構成されており、飛行試験は更に3段階に分けられています。

この試験確認は、日本では初めてのFBW方式のヘリコプタの飛行を効率よく短期間で達成するための工夫として、「可能な限り早い時点で、また実現し得る限り数多くのハードウェアの特性を試験に反映する」事を基本方針として行いました。その典型的なものが、実際の機体を飛行シミュレーション設備に組み込んで行った飛行シミュレーション試験で予期以上の効果を得る事ができました。これらの確認試験の詳細は次稿で紹介します。

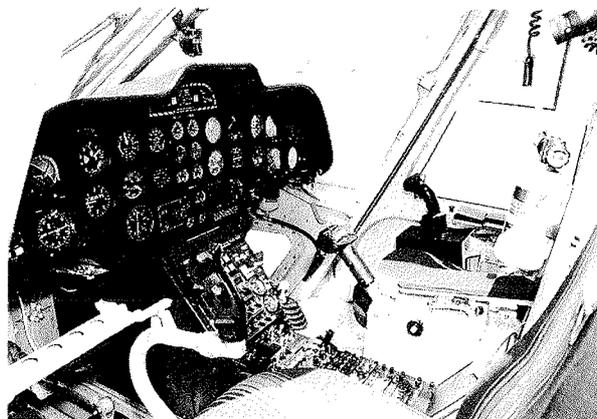
### おわりに

本稿は1992年度総会にて報告した内容のうち主だった事項について、特にどのような点に重点をおき、また注意をはらって行なったかを中心に紹介しましたが、次稿では飛行試験を開始するまでに行なった種々の試験についてその概要を報告します。

末尾になりましたが、本研究は次の会社の協力のもとに行なっている事を紹介して結びとします。

- ・カヤバ工業(株)
- ・(株)島津製作所
- ・帝人製機(株)
- ・東京航空計器(株)
- ・日本航空電子工業(株)

(アイウエオ順)



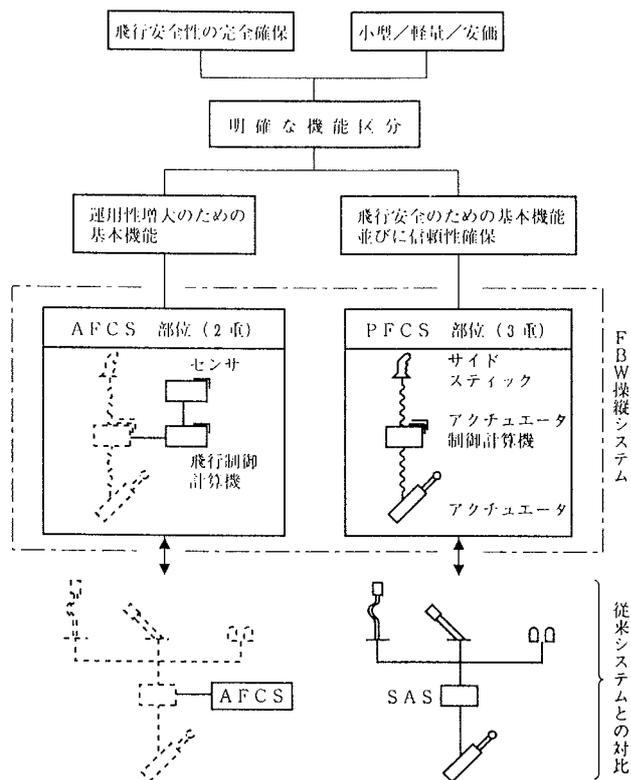
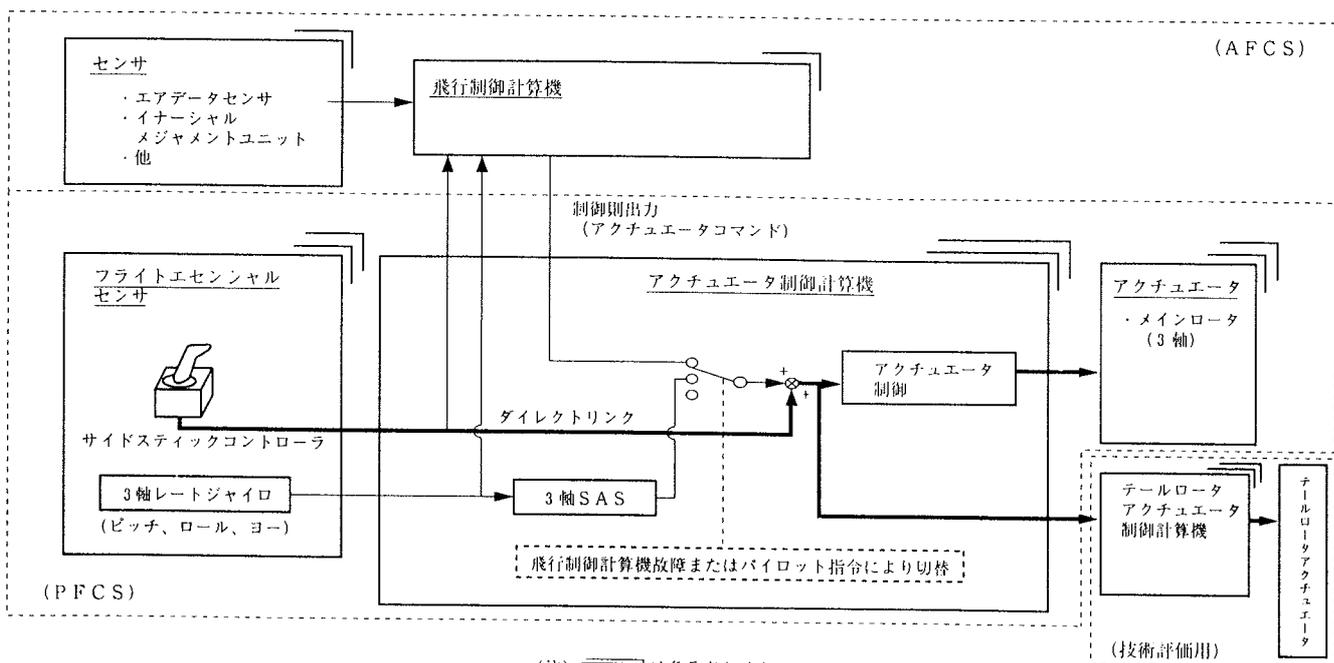
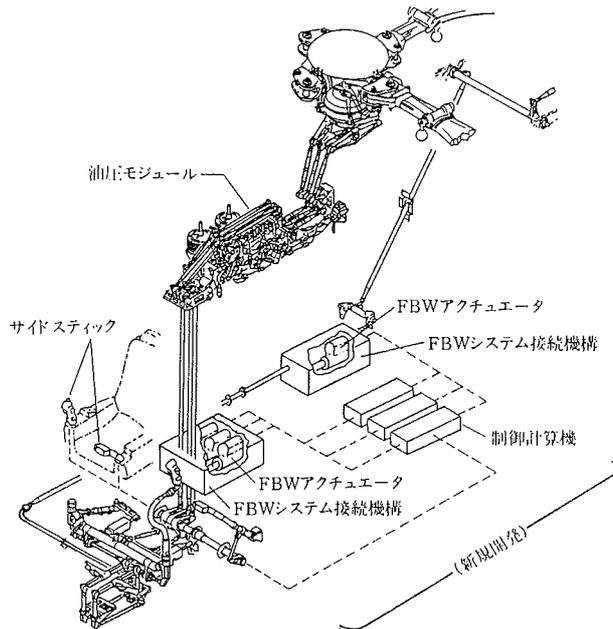


図 1



ヘリコプタ搭載型FBW 操縦システムの基本構成

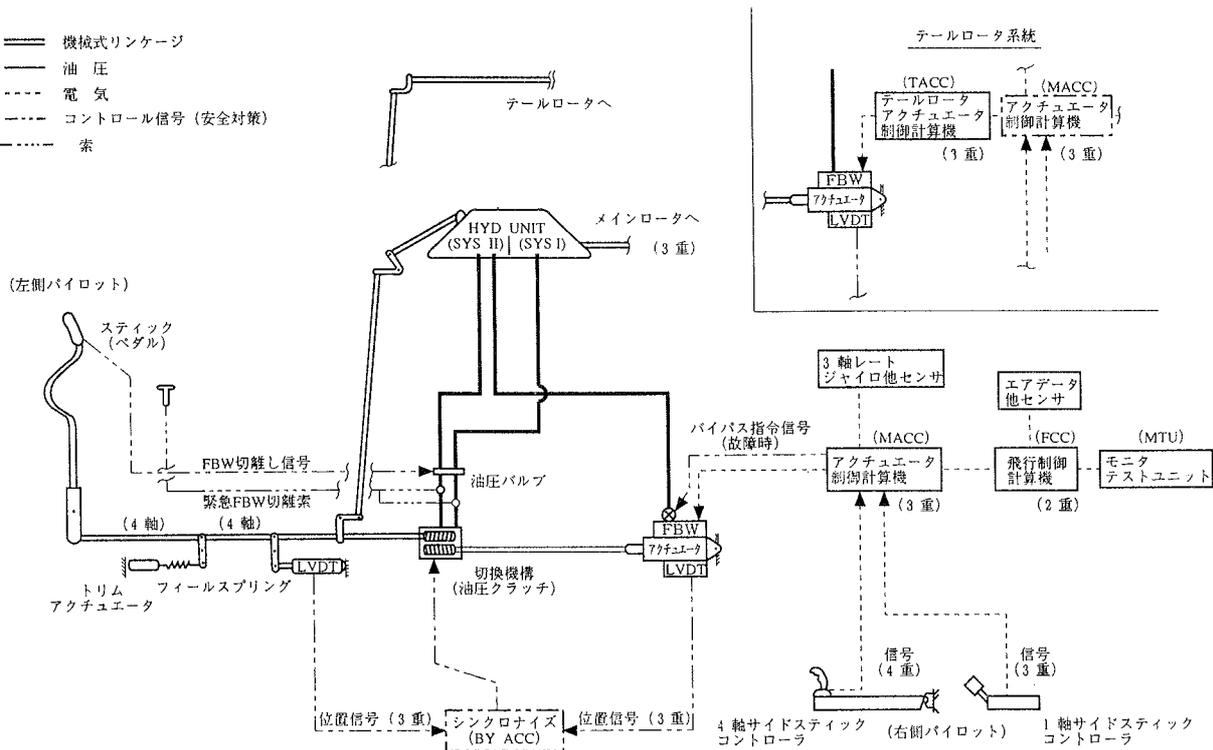
図 2



BK 117 FBW 研究機の操縦系統構成

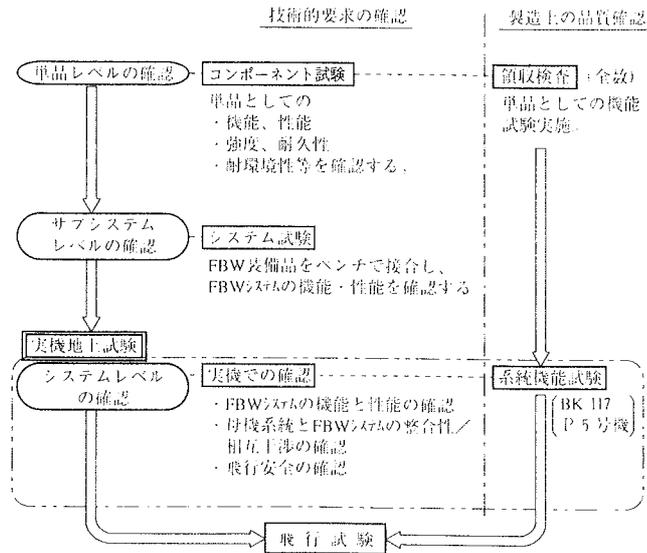
図 3

- ==== 機械式リンケージ
- 油圧
- - - 電気
- · - · - コントロール信号 (安全対策)
- ..... 索



BK 117 FBW 研究機の操縦系統構成

図 4



確認試験の構成

図 5

表 1 BK 117 FBW研究機

# 飛行制御則

| 飛行制御則モード      |                     | 形 態   |
|---------------|---------------------|---|
| ノーマル<br>モード   | 姿勢<br>モード           | <ul style="list-style-type: none"> <li>姿勢変化が対応。入力零のときは姿勢保持</li> <li>操縦軸間のデカップル</li> <li>ターンコーディネーション</li> </ul> |
|               | レート<br>モード          | <ul style="list-style-type: none"> <li>姿勢変化率が対応。入力零のときは姿勢保持</li> <li>操縦間のデカップル</li> <li>ターンコーディネーション</li> </ul> |
| バックアップ<br>モード | タンバ<br>モード          | <ul style="list-style-type: none"> <li>安定性増大</li> <li>操縦軸間のデカップル</li> </ul>                                     |
|               | ダイレクト<br>リンク<br>モード | <ul style="list-style-type: none"> <li>メカニカル系統ら電気系統への単なる置換</li> <li>操縦間のデカップル</li> </ul>                        |

## 6. 2. ヘリコプタ技術協会（AHS日本支部）1992年度夏期定例研究会

1. 日 時：1992年9月18日
2. 場 所：豊山町社会教育センター
3. 参 加：総数68名
4. 内 容：

主な内容等は以下のとおり。

### 1) 理事・幹事会

- 1992年度行事計画について  
夏期研究会、冬期研究会、カールソン博士講習会を行うことを確認した。
- 賛助会員の増募について  
口数で50～60口程度を当面の目標に、賛助会員の増募を行うことを決定した。
- 会員名簿の改訂（更新）について  
名簿の改訂を行うことを決定した。
- 入会の手続きについて  
効率的に会員の増加を図るため、実行上、会長とメンバーシップ・チェアマンの合議によっても入会の承認を与え得るものとするを了承した。

### 2) 講演

- |                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| (1) ヘリコプタ用通信・航法統合システムの開発  | 長門 俊哉氏（富士重工）    |
| (2) TW-68の開発について          | 畠山 恒夫氏（株式会社 石田） |
| (3) 諸外国に於ける可変安定ヘリコプタの研究状況 | 古茂田真幸教授（都立科技大）  |



写真提供 ヘリ・アンド・ヘリポート

### 3) 工場見学

三菱重工業㈱ 名古屋航空宇宙システム製作所 小牧南工場

### 4) 懇親会

## 6. 2. 1. ヘリコプタ用通信統合システムの開発

富士重工業株式会社 長門 俊哉



### 1. まえがき

ヘリコプタのミッションは、人員および荷物の輸送、救難等多岐にわたっているが、これらのミッションを安全に効率良く、しかも高い達成度で遂行するために、各種の通信装置、航法装置、更に、軍用ヘリコプタにおいては戦術用装置等を数多く搭載する必要がある。また、ヘリコプタに与えられたミッションが高度になればなる程、多種にわたる多数の装置から同時に得らる飛行情報および戦術情報は必然的に増大する。

この状況では、パイロットはこれらの情報を的確に把握・分析・判断した上で複雑で多様な機器を迅速に制御しなければならなくなり、パイロットのワークロードは増大することになる。パイロットのワークロードの増大は、ヘリコプタの生存性に係わる重大な問題でもあり、この低減を図ることが急務となっている。

また、増加する装置の搭載スペースの確保および装置の軽量化、更には、整備性の向上と拡張性の付与等、搭載装置への要求は一段と高度化し、航空機搭載システムとしての最適化が重要な課題となっている。

今回当社では、陸上自衛隊殿向多用途ヘリコプタUH-1H機に搭載されている5種類の通信装置と4種類の航法装置の全てを一元的に集中制御および集中管理するための装置として、CRTディスプレイとキーボードを一体化した制御表示装置を開発するとともに、各通信航法装置と制御表示装置間を簡素に接続するために、MIL-STD-1553B データ・バス を採用し、インターフェイスの標準化を図った。

本報では今回開発した通信統合システムの概要について紹介する。

### 2. 開発の経緯

現在当社では、陸上自衛隊殿に対し、多用途ヘリコプタUH-1Hおよび対戦車ヘリコプタAH-1Sの製造納入を行っている。これらのヘリコプタでは、通信航法に関連する装置だけでも10種類を超える規模であり、AH-1Sにおいては、更に数種類の武装システムや電子戦システムを搭載している。そのため、パイロット・ワークロード、装備上のスペースおよび重量等に関する改善の必要に迫られている。

この様な状況に対応すべく、陸上自衛隊殿の御要求により、平成元年4月から本報に示す通信統合システムを開発した。今回開発した通信統合システムは、UH-1H機の通信航法システムを統合化し、パイロット・ワークロードの低減、装置重量およびスペースの低減並びに整備性の向上を狙ったものである。

なお、本システム搭載のUH-1H機は、平成3年8月に陸上自衛隊殿へ納入した。

### 3. システム概要

#### 3. 1. 従来システム

現用の多用途ヘリコプタUH-1Hの通信航法装置は、基本的には制御パネルと本体装置部から構成され、それぞれの制御パネルと本体装置部とが一体となって機能し、他の装置とは独立した構成となっている。そのため、制御パネルは装置の数だけコックピット内に配置されており、コックピットのスペースも

ほぼ限界に達している。しかも、個々の制御パネルの操作方法は標準化されておらず、制御パネルの数だけパイロットはその操作方法を習得する必要がある。

### 3. 2. 通信統合システムの構成

今回開発した通信統合システムの構成および本システムを適用したUH-1Hヘリコプタのコックピット・レイアウトを各々図1および図2に示す。新規にCDU(Control Display Unit)、IFU(Interface Control Unit)、DMU(Data Memory Unit)、SDU(Sub-Display Unit)、SDCU(Sub-Display Control Unit)、FM-RT(VHF-FM無線機用 Remote Terminal)および音声システムの制御を行うCCU(Communication Control Unit)並びに運用上使用するデータ(運用データ)を格納するためのICメモリ・カードの8アイテムを開発した。

本システムの中心的な制御表示装置であるCDUはパイロットおよびコパイロット用に各1台装備した。

CDUは、9台の通信航法装置の制御、自己診断試験の結果表示、運用データの管理、システム作動状態のモニタ等を行う装置であり、表示部には、3インチ×2.3インチのモノクロCRTディスプレイを使用し、操作部には43個の押しボタン式キーを設けた。ただし、通常運用においては、9個のファンクション・キー、4個の上下左右キー、ENTERキーおよびディスプレイの左右に設定した8個のベゼル・スイッチの操作のみで運用が可能である。また、ディスプレイ表示は、パイロット暗視装置にも適合させた。

周辺装置としてDMU、SDUおよびSDCUを各々1台ずつCDUに接続して装備した。ICメモリ・カードは、通信航法装置の周波数情報、航法用ウェイ・ポイント情報等の運用データを予め地上装置にて書き込んでおくためのものであり、DMUは、このICメモリ・カードに書き込まれた運用データをCDU本体内のメモリに読み込むための装置である。また、SDUは通信航法装置の運用周波数および運用チャンネル番号のみを簡易的に表示するための小型ディスプレイであり、パイロットがヘッド・アップ状態でモニタすることができるよう計器板の上部に設置した。また、SDCUはSDUに表示する通信航法装置の選択と運用チャンネルの切り換えを容易に行うためのものであり、CDUと同様パイロット席横のコンソール部に装備した。

2台のCDUとIFU間にはMIL-STD-1553Bデータ・バスを適用した。今回の開発においては、既存の通信航法装置本体をそのまま流用することが条件であったため、各通信航法装置の有するインターフェイスをデータ・バス・インターフェイスへ変換する装置としてIFUが必要となった。

## 4. 本システムの効果

### 4. 1. パイロット・ワークロードの低減

本システムによるパイロット・ワークロードの低減効果を評価するために、ワークロード量の算定を行った。算定には各種の動作に要する標準時間を用い、特定のフライト・プロファイルを設定し、一連の作業遂行に要する個々の動作時間の和としてワークロード量を計算した。その結果、従来システムに比較してワークロード量を約50%を低減することができた。

また、ICメモリ・カードと運用データ・ベースの作成機能を有する地上装置の適用により、パイロットが機体に搭乗後実施する運用データの入力作業に要する時間を大幅に短縮できる効果も大きい。

### 4. 2. 整備性の向上

今回開発したCDUおよびIFUには機能ユニット・レベルまでの自己診断機能を持たせた。機体搭

載状態におけるシステム・レベルの整備は、CDUからの起動による各装置の自己診断を基本としている。各装置の自己診断結果は一括してCDU画面上に表示されるため、部隊での運用においては、整備員はこの表示結果をもとに故障機器を良品に交換する作業を実施すればよいことになる。

#### 4. 3. 重量の低減

本システムは、現在までに使用している通信航法装置本体をそのまま流用することが前提であったため、IFU等本来のシステムには不要となる部分が残存している。そのため、従来システムに比較し、装置重量は増加することになった。

しかし、本システムの発展型システムでは2台のIFUが不要となるため、従来システムに対し、装置重量の軽減が可能であると見込まれる。

#### 5. まとめ

現在、平成5年度より新たに配備される多用途ヘリコプタUH-1Jおよび対戦車ヘリコプタAH-1S装備改善機用として、本システムの開発作業時には含めなかった各通信航法装置本体の開発を進めている。この新規開発中の通信航法装置には、MIL-STD-1553Bデータ・バス・インターフェイスを内蔵させるため、今回開発したIFUは前述のように不要となり、よりシンプルなシステム構成が実現できる。

以上、今回開発したUH-1H通信航法システムの概要について紹介した。なお、本システムの開発にあたり、適切なるご指導をいただいた陸上幕僚監部装備部航空機課殿および装置の設計・製造にご協力いただいた国際電気株式会社殿、富士通株式会社殿に深く感謝致します。

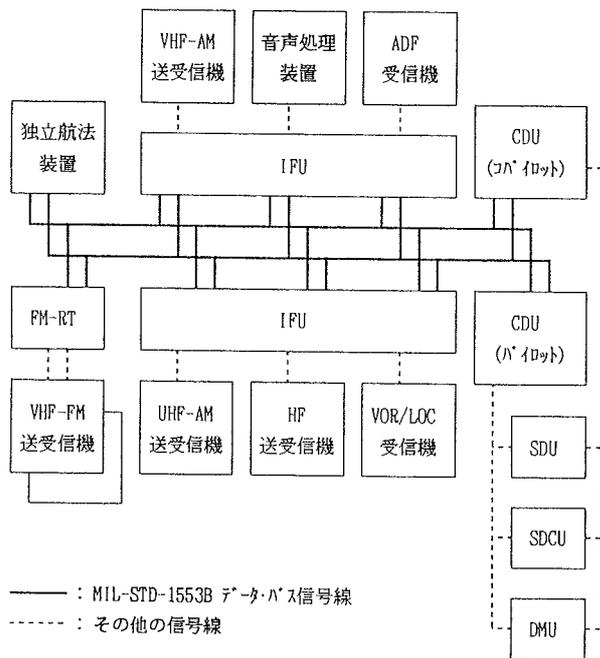


図1 通信統合システムの構成

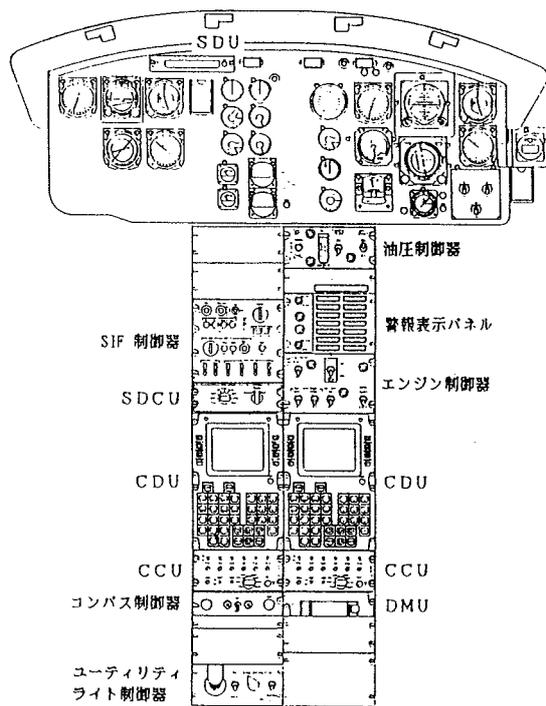


図2 コックピット・レイアウト

## 6. 2. 2. TW68の開発について

株式会社石田 島山 恒夫

### 1. はじめに

この航空機は目下、米国テキサス州にある石田エアロスペース・リサーチ社で開発しています。石田グループの1つである石田財団は、コンピューター航空の研究をはじめ、STOL機などの機材について調査していたちょうどその頃デュアルモードエアビークル社の社長であるセシル・ハガ氏と出会い1988年からデュアルモードエアビークル社にティルトウィング機の実用可能性の調査を依頼し、初期設計を始めました。その後本格的に研究するため、1990年石田エアロスペース・リサーチ社を米国テキサス州に設立現在に至っている。

### 2. ティルトウィング機の歴史

ティルトウィング機の開発は1955年から1974年の約20年間行われた。

この20年間に数多くの試作機が製作された。例えば、LTV社が4つのプロペラを持つ大型のティルトウィング機「XC142」を開発し、テスト飛行に成功している。この時期に試作されたティルトウィング機の中で最も優れた性能を示したのは、「カナダエア-CL84」である。少ない予算ながら、1965年から1974年までに4機開発された。こうして、ティルトウィング機技術はテスト飛行までは順調に進展したが、1974年以降はほとんどの研究、開発、テスト飛行は打ち切られた。LTV社、カナダエア社両社とも景気の後退、軍需の再注力、軍需以外の市場の希薄さによる理由からティルトウィング機開発への取り組みを放棄した。

### 3. 航空技術の進歩

TW68はカナディアCL-84とほぼ同じ大きさで、コンセプトも同様である。そのCL-84の開発、実験から約30年たちますが、その間に進歩した技術は、第一にエンジンです。その当時のエンジンに比べて、エンジンの馬力荷重が大きくなり、小型軽量化による効果が高くなった。また信頼性も向上している。

第二は、機体構造にアルミ合金ばかりではなく、複合材が使用できるようになった。第三に操縦系統について、エレクトロニクスやコンピュータが発達し、CL-84のような機械的な連結ばかりでなく、フライ・バイ・ワイヤーが使用できるようになり、パイロットの負担も楽になる。その他、さまざまな航空技術の進歩がある。例えば、翼の高揚力装置が実現し、翼型が進歩し、フライト・シミュレーションによる飛行特性の予測なども精度が上がりました。また空力的、構造的にプロペラ設計の技術の進歩するなど、CL84の当時から比べると大きく進歩している。

TW68は、これらの技術を有効に取り入れている。例えば、機体の一次構造部分には、アルミ合金を使用しますが、プロペラ、ドライブ・シャフト、二次構造部分には複合材を使い、軽量化をはかっている。また、飛行制御システムは機械的制御と電子制御をうまく組み合わせて、2重もしくは3重のバックアップ方式でVTOL飛行中の安全確保をはかっている。

#### 4. TW68の飛行性能

TW68は4発のエンジンを持つツインエンジンナセルを2基備えている構成である。4発のうち1発が故障しても、残り3発で2つのプロペラを平等に駆動する機構になっている。これによりFAAの要求する「ワン・エンジン・アウト」でもホバリングが可能になる。総重量16,500ポンド時でも高度約2000フィートまでホバリング能力がある。1発停止でも優れたホバリング能力を持っているので、ほとんどの操作条件の下で効率のよいVTOL操作が可能になり、その時の安全レベルは固定翼機の基準と同等になる。

風に対しては、全方位20ノットに加えて、10ノットの突風があっても垂直離着陸が可能である。

また、TW68は優れたSTOL性能を持っている。滑走路があり、垂直離陸を必要としない場合、あるいは高温、高地の過酷な条件の場合、本機は30°のティルト角をつけると、約150mの滑走路距離で15mの障害物をクリアできるSTOL離陸性能をもっている。さらに通常でも、滑走路が使用できるならば、STOL離着陸をすると、エンジンに余裕ができるため安全度が非常に高くなる。総重量を2割ほど増やしても十分離陸できる。

TW68は最大乗客数14人で設計してある、14人を乗せた時の航続距離は725NM、10人に減らすと940NMまで伸びる。普通は45分間の余裕燃料を残さなければならない、その場合でも14人を乗せて約600NMの飛行が可能です。TW68のこのような航続距離に対して、同じ14人席クラスの中型双発ヘリコプターの航続能力は約半分である。

#### 5. TW68の市場

対象は、ヘリコプターや固定翼機によるビジネス機を必要とする企業、石油開発会社、宅配輸送会社、通勤航空会社、海上での捜索と救難、辺地サービスなどが考えられる。

ビジネス機にかかわるコーポレート市場では、今企業は機動性を求めている。すなわちエグゼクティブ、マネージャー、技術者などは、要求次第でどこへでも行ってくれる航空輸送方法を要求している。現在世界中でビジネス用に飛んでいる中型及び小型タービン機は、ヘリコプターを含めて、約13,000機である。これらの航空機は総重量20,000ポンド以下、座席数20席以下がほとんどである。その用法は、都市から都市へ、工場から工場へ、ヘリコプターやターボプロップ機を使用して部品や技術者を運んでいる。ここにヘリコプターとターボプロップ機が組合わさったティルトウィング機を使用すれば移動時間は半分に削減できる。その上ティルトウィング機を1機持っていれば、ヘリコプターとターボプロップ機の両方の仕事が可能である。

次に通勤航空市場では、特に日本においては大きいと考えられる。2020年までに計画されているヘリポート600構想が実現すれば、可能性はさらに増大するであろう。現在の所、通勤航空で使用されている航空機は中型固定翼機がほとんどである。近距離区間ではヘリコプターの使用が考えられるが、購入と運行の資金がかかりすぎる。運行者は、もっと低い運行コスト、信頼性と安全性の高い機材を望んでいる。また都市の中心部から運行できるような機材を要望している。そこで、近距離ではメリットがないが、300～500kmの中距離区間で使用するならば、ティルトローター機、ティルトウィング機は運行コストが安くなり、利益を上げる可能性を秘めていると考えられる。

オフショア市場については、現在この市場はほとんどヘリコプターで運用されている。しかしヘリコプターは速度が遅く、航続距離が短く、運行コストが高い。オイルリグは年々沖合い遠くなり、ヘリコプター

では途中で燃料補給が必要になり、そのためプラットフォームを海上に用意しなければならない。それに対して、ティルトウィング機は速度、航続距離がヘリコプターの2倍であるため、直接オイルリグまで飛ぶことができる。したがって運行コストは軽減できると考えられる。

その他、パイプライン・パトロール、送電線パトロール、山林管理、交通管制、遭難救助などは、現在のところヘリコプターでおこなわれているが、ティルトウィング機を利用することにより速度が増大し、航続距離が伸び、運行コストの削減が可能であるため、市場の拡大を可能と考えられる。

市場としては、ほかにも未知のものがあると考えられる。おそらく産業界、政府、一般大衆がこの新しい航空機の可能性に対して今まで思いもつかないような利用方法を数多く考え出すであろう、そのような市場の規模や場所は予想は困難であるけれども、かなり大きいと考えられる。

ヘリコプターが初めて市場に導入された当初は、目新しく技術的にも驚くべきものであったが、実用にはならないと思われていた。しかし現在では技術が成熟し、活動内容が発展して、ヘリコプターは非常に重要なものになっている。TW68も同じような経過をたどるのではないかと考えられる。

## 6. 運用コスト

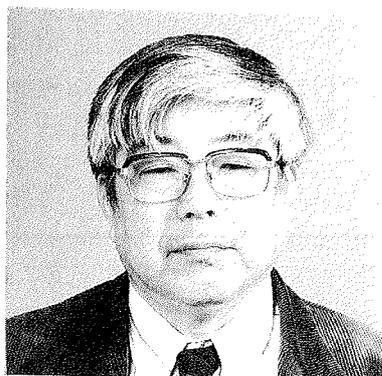
ヘリコプターのような近距離区間ではあまり変わらない。しかし、200NM以上の区間で使用すれば、DOCは約1,000ドルである。これを同様なサイズのヘリコプターと比較すると、S76が約900ドル、SA365スーパーピューマが1,600～1,700ドルである。

石油開発支援飛行の場合を考えると、200NMの区間では、乗客1人当たりの運行費はヘリコプターの半分以下になる。TW68で約110ドル。同じ条件でS76が280ドル前後である。

終わりに、1号機は1996年3月に初飛行、その後2年余りをかけてF A Aの型式証明を取り、1998年6月に1号機を出荷する予定である。

### 6. 2. 3. 諸外国における可変安定ヘリコプタの研究状況

都立科学技術大学 古茂田真幸

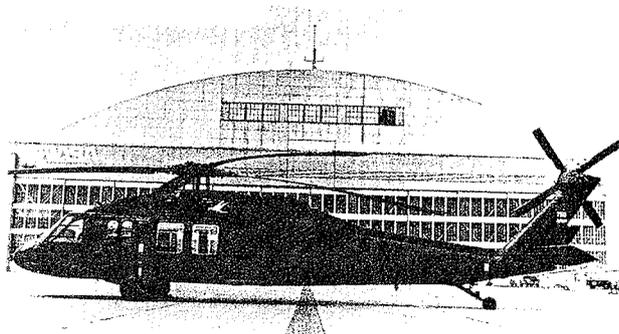


国際シンポジウム “In-Flight Simulation for the 90's” は、ドイツ航空宇宙研究所 (DLR) 主催、AIAA、AHS (米国)、FAS (英国)、AAAF (フランス)、DGLR (ドイツ) 各学会の共催で1991年7月1日から3日間にわたってドイツ Braunschweig で行われた。グラウンド・ベースのフライト・シミュレータ (GFS) を横目で眺みながらイン・フライト・シミュレータ (IFS) の存在理由を再認識しようというものである。発表件数25件、うち飛行のシミュレーションに関する総括講演 (CALSPAN 顧問 R. Harper 氏)、米国のシャトルやHERMESのパイロット訓練用IFS、一般パイロット訓練用IFS、飛行性要求作成のための基礎データ取得におけるIFSの役割 (1件)、多目的の固定翼IFS、多目的の回転翼IFS (7件)、モデル・フォロー理論など、イン・フライト・シミュレーションないし新しいシステム開発の飛行試験に関する話題のごた混ぜ加減からも推測されるように、IFSの定義は多様である。ある場合には新型機に対する単なるプロトタイプを意味し、ある場合には特定の実験目的をもった試験機を意味する。

以下にこのシンポジウムの話題のなかで、本来の意味で安定・応答特性を可変にした汎用IFSと見做されるものについて、それらの母機、時期、目的、成果などのキーワードを並べる。

NASA Ames :

- V/STOLAND helicopter, UH-1H, 1997-?
  - \* ターミナルエリアでの誘導・制御と飛行性の検討
- Research helicopter, CH-47B (Army), 1979-89 (450 research flt. hrs)
  - \* explicit-model-following system によるホバまわりの可変安定化と自動制御系
  - \* ロータの高次ダイナミクスによって飛行制御系の受ける帯域幅の制限 (母機の操舵応答の限界を拡張しようとしてもモデル化されていないダイナミクスによってIFSの帯域幅が制限される)
  - \* 盲目着陸用コックピット・ディスプレイ
  - \* ピッチ・ロールのクロスカップリングの飛行性に及ぼす影響
- RASCAL (Rotorcraft-Aircrew System Concepts Airborne Laboratory)、UH60A Black Hawk (Army)、1988-
  - \* パイロットの操縦を前提として、視界不良時の低空飛行に必要な総合制御システム (センサ・計算機を含む) 評価
  - \* SCAMP (Superaugmented Controls for Agile



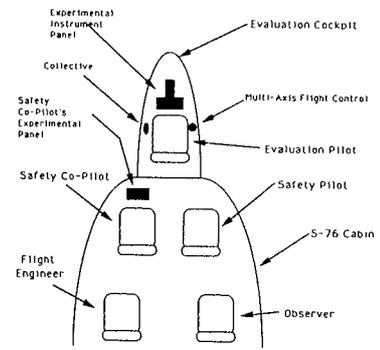
Rotorcraft-Aircrew Systems Concepts Airborne Laboratory (RASCAL)

Maneuvering performance) を実現する制御系、特にロータ状態量のフィードバック、の評価

\* デジタル・エンジン制御、higher harmonic control 等

Sikorsky:

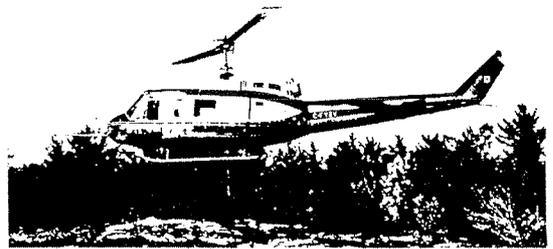
- SHADOW In-flight simulation facility, S-76, 1983-
  - \* Nap of the Earth など single pilot の同時多重タスクに対応しいコックピットの模擬実験
  - \* 安全パイロットによるモニタと、それから独立した評価パイロット用のセカンド・コックピット
  - \* 夜間の NOE を前提とした評価パイロット用の外部視界、helmet-mounted display, forward looking infrared、等の評価
  - \* 安全パイロットによる実時間のオーバーライド



SHADOW Crew Configuration

National Aeronautical Establishment, CANADA:

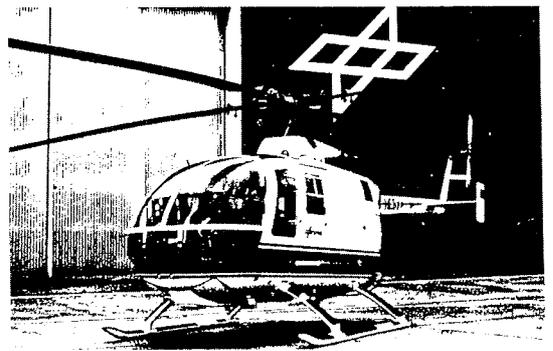
- NRC Airborne Simulator, Bell 205, 1969- (3,000 ft hrs)
  - \* 飛行性の検討、特に ADS-33C、制御系の帯域幅とむだ時間
  - \* IFR アプローチとflight director に関する評価



NRC Airborne Simulator

Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) :

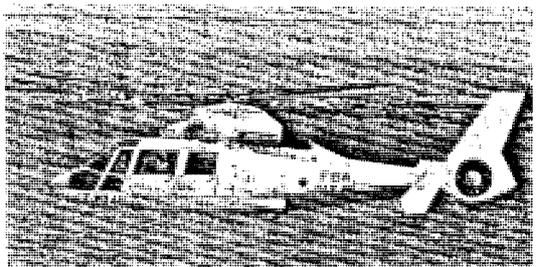
- DLR research helicopter, BO 105, 1983- (500 ft hrs)
  - \* triple-redundant fail operative fly-by-wire を用いたヨー軸自動制御
  - \* opto-electro-hydraulic actuator の評価
  - \* ATTHeS 用 explicit model following system の評価
- ATTHeS (Advanced Technologies Testing Helicopter System), BO 105, 1988-
  - \* explicit model following system による縦・横の非干渉化
  - \* ADS-33C の検討、特に rate command law およびピッチ・ロール・カップリング



ATTHeS in-flight simulator

Aerospatiale Helicopter Division :

- Fly-by-wire generalized active control research helicopter, Dauphin, 1988-
  - \* プラント・モデルは状態量10、制御量7
  - \* implicit model following system に積分フィードバックを附加、モデルは非干渉型
  - \* 機械式バックアップ付き、電気式2重系
  - \* NH90 多目的ヘリのシステム開発
  - \* 飛行性の検討、特にサイドアーム・コントローラ
  - \* higher harmonic controller など将来型の開発



FBW DAUPHIN SYSTEM DEMONSTRATOR

I F S直接の話題ではないが、D.L.Key氏、Aeroflightdynamics Directorate, US Army Aviation Systems Command、が過去10年間 ADS-33C を作るに当たって経験したG F SとI F Sとの使い分けについて話した。それによると、もちろんG F Sは体系的なパラメタ変更等に便利であり、飛行性要求の一般的傾向を定めることに適している。しかし、視界の広がりについての制限、視覚情報量の不足、運動計算に対する画像計算の遅れ、運動感覚情報の不足、数式モデルのモデリング誤差、などG F Sに付随する欠点のために、飛行性要求の限界を定めるにはI F Sが不可欠である。上の述べた各国のI F Sを含む多くの飛行試験データがこの目的に用いられたという。

上記の紹介はすべて前記シンポジウムの前刷集から抜き出した。著者達には失礼であるが、紙面の都合で個々の引用は省略させて頂いた。怪しい点は当該前刷を御参照願いたい。以下は著者の感想である。上述のように、各国はそれぞれの力に応じてI F Sを開発し、それをを用いて将来のヘリコプタに対する新しいcriteriaを模索している。ADS-33に対して発言実績を主張する各国の熱意には多少の見苦しささえ感じられはしたが、汎用I F Sを用いて人間が操縦する航空機の望ましい姿を見つけることはもちろん重要であるし夢がある。一方、意味のある検討項目を設定した上で、既存の機体に可能な限りの可変安定応答性を付与すること自体が新しい問題を発掘する。この挑戦に値する極限技術は簡潔で高度なシステム／制御理論と信頼度の高いセンサ／アクチュエータ／計算機系との良いバランスを必要とする。我が国でもぜひ長期的な計画が立案されて実行に移されることを期待したい。

### 6. 3. カールソン博士講演会

日 時：平成4年12月4日

場 所：航空宇宙技術研究所管理部講堂

講演テーマ：回転翼飛行の50年

(Fifty years of Rotary Wing Flight)

講演者：Dr. Richard M. Carlson

General Director, U.S. Army and Troop Support Command's (ATCOM'S)

Aviation and Technology Activity

討論参加：Mr. Wayne D. Mosher

Executive Assistant to Dr. Carlson and

Senior Project Engineer for Requirements Integration in the Advanced

Systems Research and Analysis Office for ATCOM, NASA/Ames, Research

Center, Moffett Naval Air Field, California

講演者紹介：NASA Ames 研究所にある U.S. Army ATCOM'S Advanced Research and Analysis Office の所長を経て現在に至る。博士は回転翼航空機の技術分野に長年携り、政府機関のみならず民間企業でも深い経験が有り、回転翼航空機の技術に関する分野で多数の技術論文、論説を発表している。AGARD、米議会の航空委員会 (Advisory Committee for Aeronautics) のメンバー等を歴任。AHS、RAS、AIAA の Fellow、さらに FAA の Designated Engineering Representative でもある。討論に参加したモシャー氏は博士の右腕であり、U.S. Army ATCOM'S Advanced Research and Analysis Office の前任プロジェクト・エンジニアとして活躍。米陸軍および NATO のコンサルタントおよびスタディ・グループのメンバーである。回転翼技術につき多方面の国際共同プログラムに参画。また回転翼航空機の技術に関する分野で多数の技術論文、論説を発表。

講演内容：“回転翼飛行の50年”

回転翼飛行の歴史と関連して現れてきた数々の技術は一般の文献に良く記録され、知られているが、今日の近代的なヘリコプターを造り出している基本的なかつ先進的な技術の評価については、必ずしも一般に良く知られているとは言いがたい。本講演の目的は、最初の量産ヘリコプターである R-4B の出現から現在に至る重要な回転翼機の技術の歴史を辿り、今日の回転翼機の性能レベルに寄与している技術を、設計者及び使用者の観点からレビューして見ることにある。本講演ではプロパルジョン、空気力学、材料／構造の分野での技術改善及びそれらの抵抗、燃料および重量効率への影響を評価し、またこれに伴う R-4B ヘリコプターと最近の近代的ヘリコプターの巡航速度、航続距離／搭載量、ホバリング時間とホバリング高度を比較して全体的な効率の改善を評価した。

50年前の R-4B ヘリコプターの出現この方、最も顕著な技術的な出来事は近代的なターボシャフト・エンジンの出現であった。第1図は量産ヘリコプターに使われたレシプロケーティング・エンジンとタービン・エンジンの燃料消費率 (SFC) と比重量 (馬力当り重量) を示している。

長年に渡って、ロータークラフトの抵抗効率、あるいは L/D レシオは、設計上、二次的なものであった。これは、前進速度性能がローターの空気力学的性能で制限されたと言う事実によるものであった。それにも拘らず、第2図に見られるように、ロータークラフトの抵抗効率の改善が成されてきている。これらの改善は、洗練された (コンパクトな) エンジンの搭載、ローターと機体の干渉抵抗についての知識が

深まったこと、設計上の方針（例えば引込み脚）によるものである。

新しい構造材料（即ち複合材）及び新しい翼型の適用は、第3図に示したように、ローターの性能の面で著しい改善をもたらした。ローターのフィギュア・オブ・メリット、 $M_f$ 、の10%の増加は、有効搭載量の30%の増加をもたらしている。

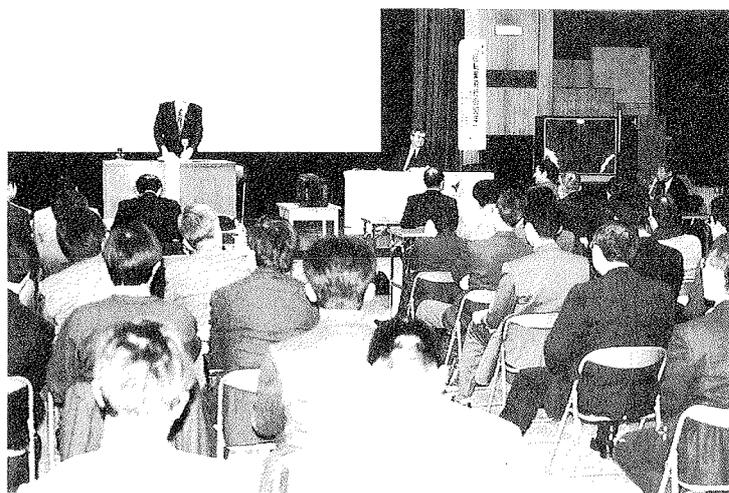
ロータークラフトの重量効率は50年の間、継続的に改善されてきた。しかしながら、第4図で分かるように、空虚重量と全備重量比の減少は、主にタービン・エンジン化の影響だけが表に現れている。構造解析/設計手法、材料等の改善の効果は別の面、例えば疲労寿命の増大、信頼性の向上、クラッシュワージネス及び搭載システム等に消費されている。複合材料の適用による効果は量産ロータークラフトにおいてはまだ見られていない。

3つの技術分野におけるこれらの改善の統合的な結果として、第5図に示されるように、ホバー高度、ペイロード・航続距離、及びペイロード・ホバー時間の上で、50年前の古いR-4Bヘリコプターに比べると目覚ましい改善が得られている。さらに、第6図に示したように、有効な巡航速度はこの期間に2倍以上になっている。

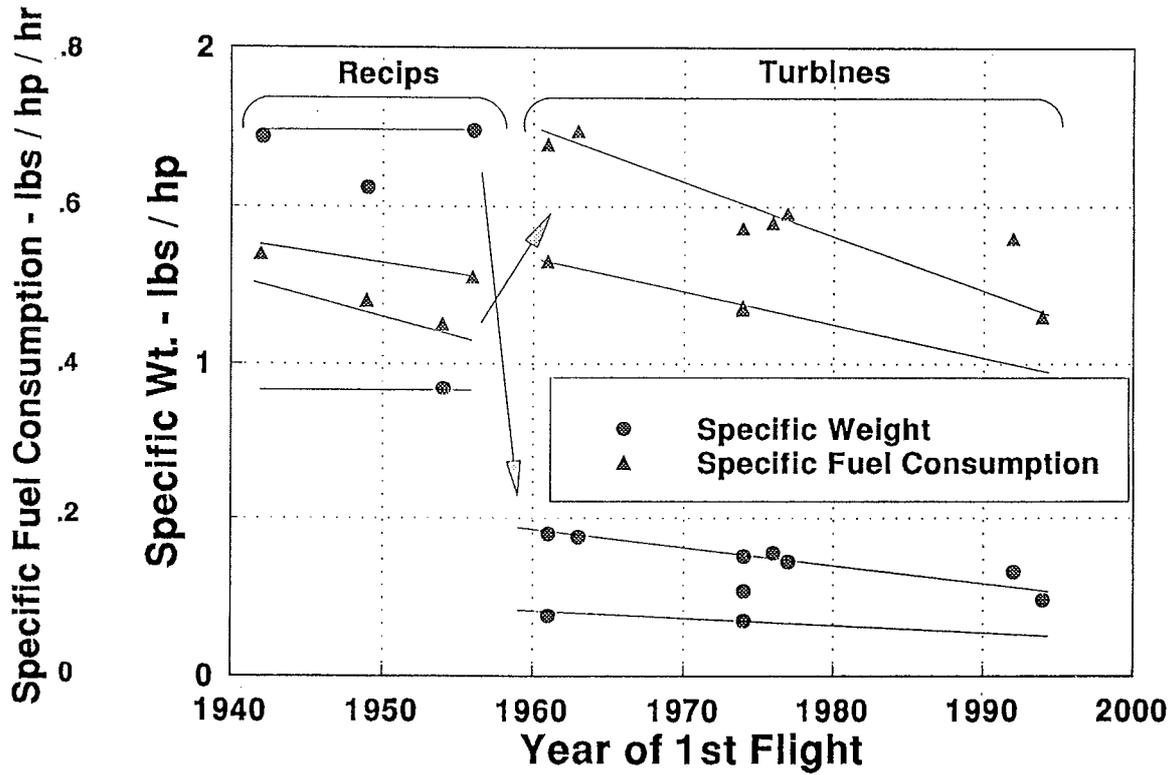
結局、これらの、巡航速度、ペイロード及び空虚重量の3つの分野での改善の結果として、第7図に見られるように、近代のロータークラフトのプロダクティビティ（ペイロード\*巡航速度/空虚重量）は50年前の古い量産モデルと比べて桁違いの進歩を示している。

付 記：上記に加えて、最近の新しい回転翼機プロジェクトの状況、最近の米陸軍の先進ヘリコプター概念であるプロジェクト VECTR（VTOL Effectiveness in Combat/Tactical Regimes）等についても説明があった。上記は、講演前入手の概要及び講演後送って頂いたメモを基に事務局で纏めたものである。文責は事務局にある。

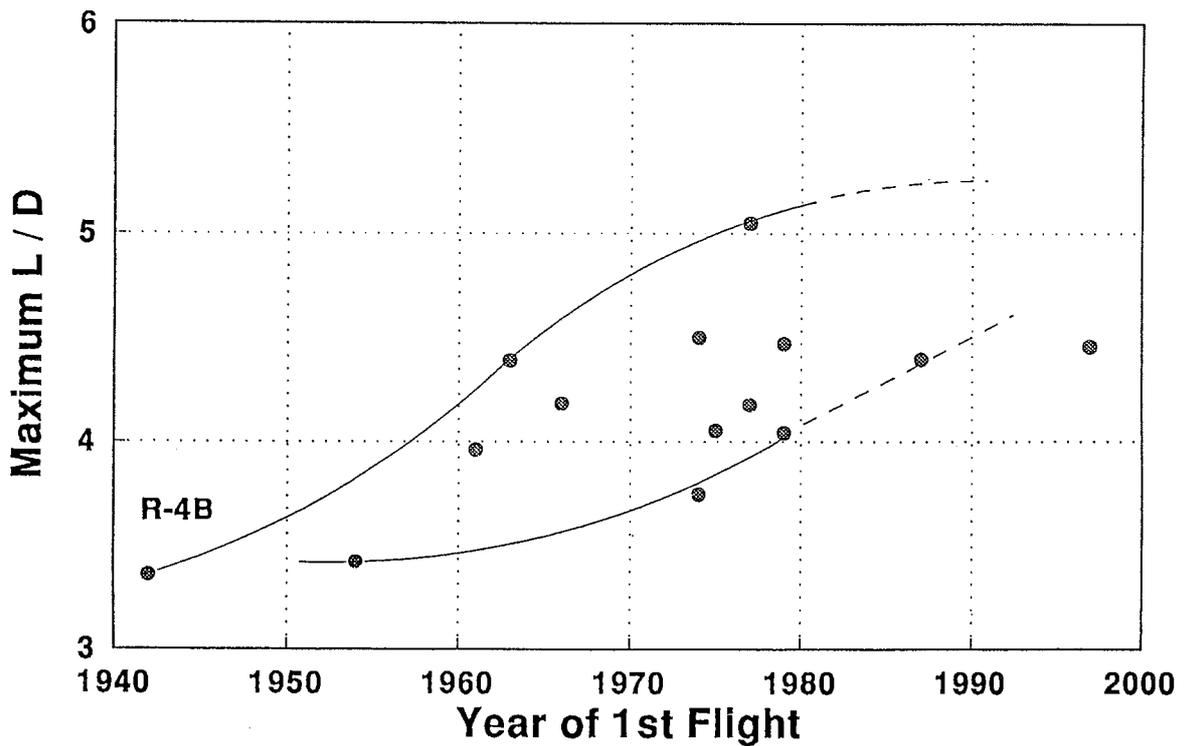
約80名の参加を得て活発な質疑応答があり、博士、モシャー氏ともこれに積極的に応えられ、参加の米陸軍のニールセン少佐からも補足コメントがあるなど有意義な講演会であった。講演会開催には航空宇宙技術研究所に会場を貸していただいたことを始め多大の御協力を得たことを記し厚く謝意を表します。



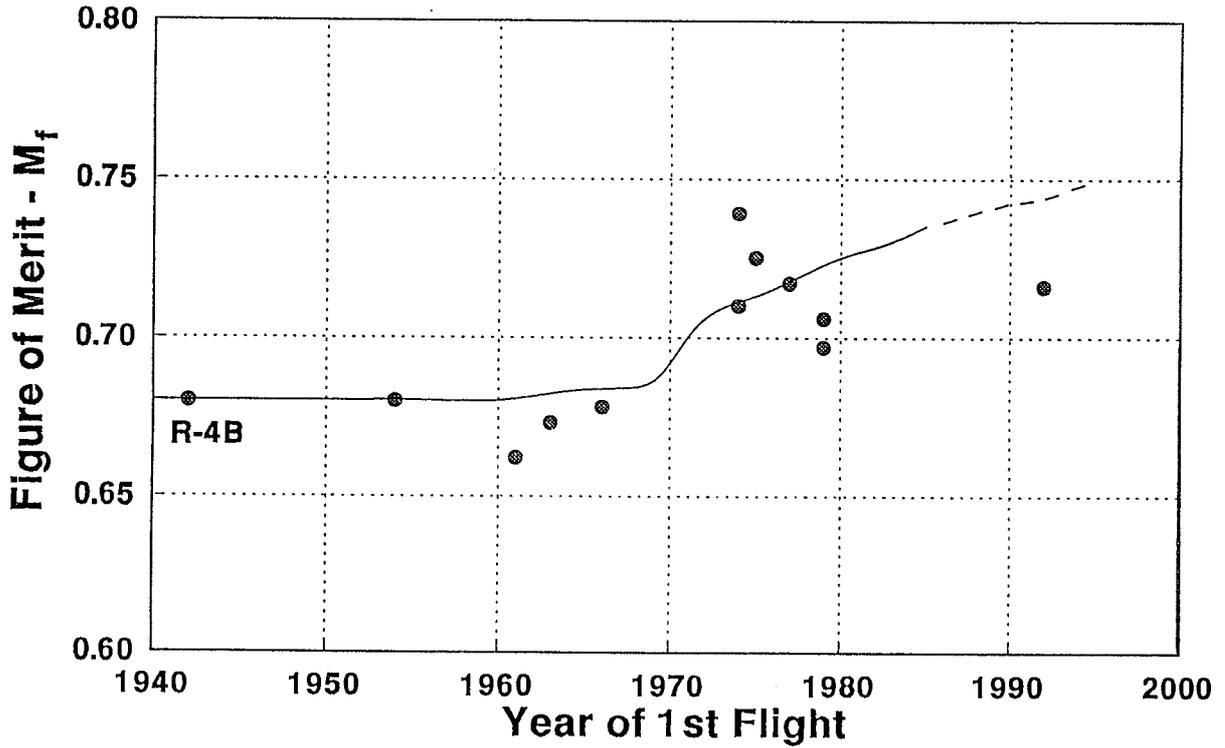
第1图 Specific Weight & Fuel Consumption Trends



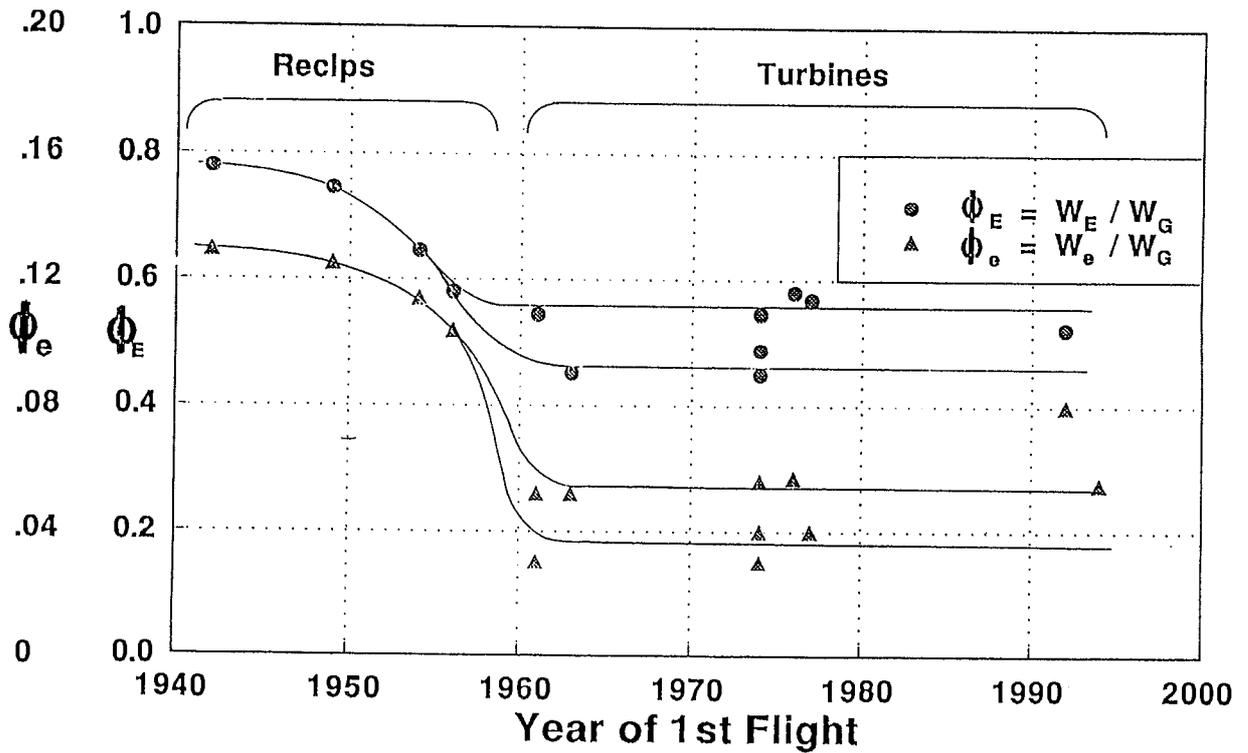
第2图 Rotorcraft Lift/ Drag Trends



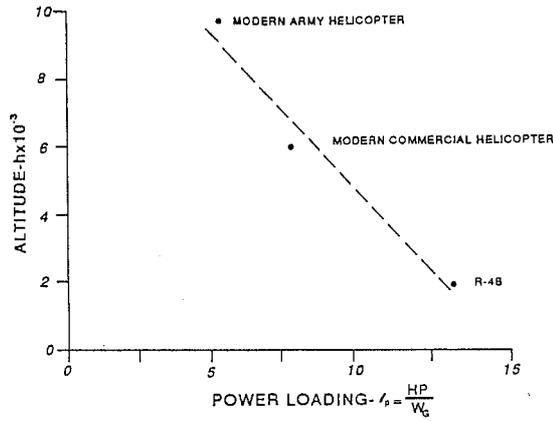
第3图 Rotor Figure of Merit Trends



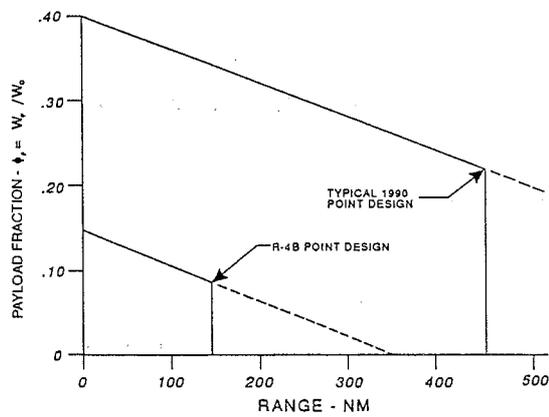
第4图 Empty Weight & Engine Weight Fraction Trends



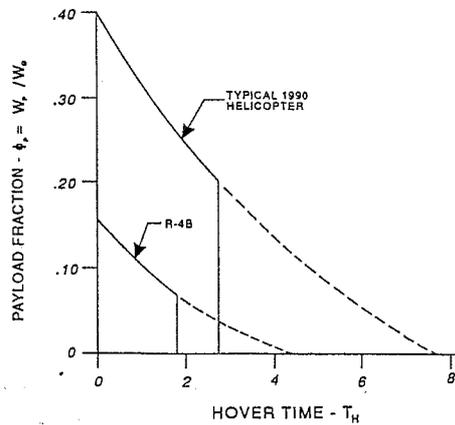
### HOVER CEILING-IN GROUND EFFECT-ISA



### PAYLOAD - RANGE

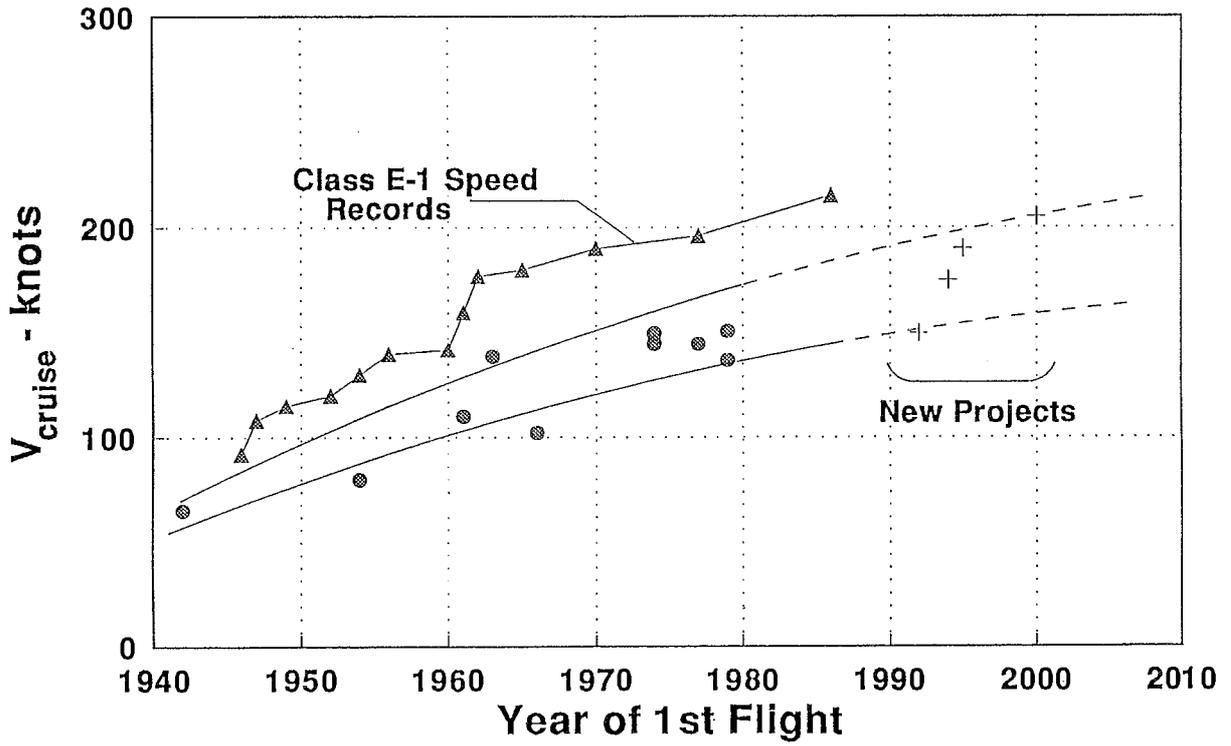


### PAYLOAD - HOVER TIME

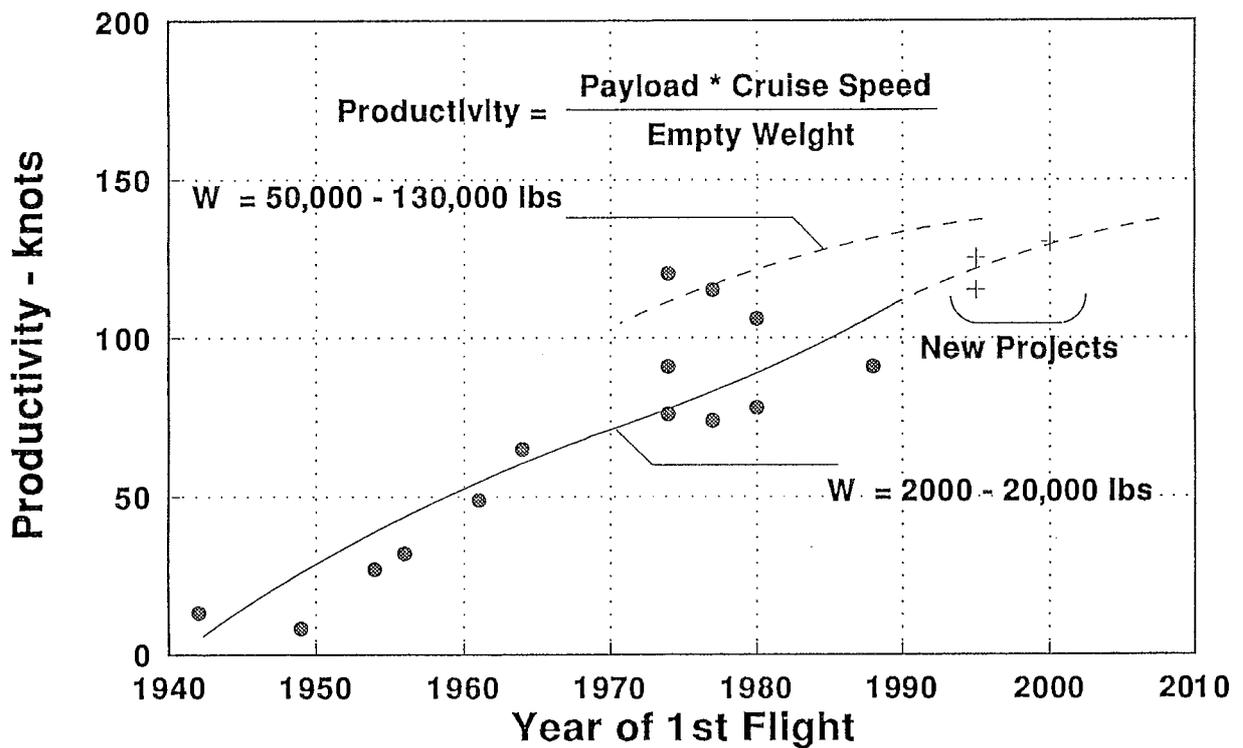


第5図 性能の向上

第6图 Rotorcraft Cruise Speed Trends



第7图 Helicopter Productivity Trend



## 6. 4. ヘリコプタ技術協会 (AHS) 1992年度冬期定例研究会

1. 日 時 ; 1993年2月5日
2. 場 所 ; 東京大学山上会館大会議室
3. 参加者 ; 総数78名
4. 内 容 ;

主な内容等は以下のとおり。

### 1) 理事・幹事会

#### ・会員の増募について

メンバーシップ・チェアマンより、現状についての報告がなされた。

#### ・1993年度総会について

6月18日宇都宮地区について開催することを決定した。

#### ・会報 (第3号) の発行について

1993年度総会にて配布することをスケジュール上の目途として、発行することを決定した。

#### ・都心ヘリポート促進協議会への賛助入会について

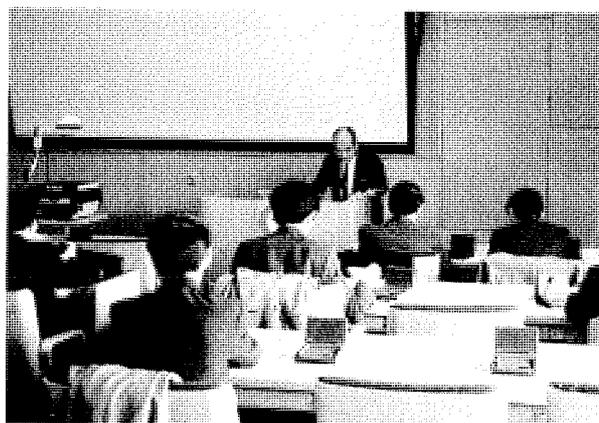
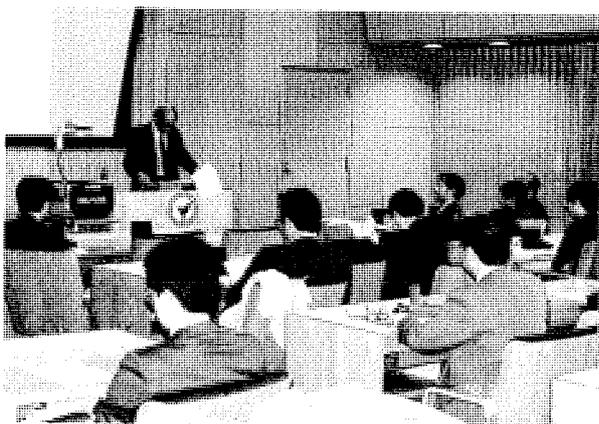
AHSの日本支部としての立場上、賛助会員としての入会は行わないことを決定した。

但し、この決定は個々の催物等についての協賛、支援等を制限するものではない。

#### ・新会員増募に功績のあった会員の表彰について

AHS本会々員の増募に功績のあった会員に対しては本部に表彰制度 (President' Club) があることから、当会としては賛助会員増募に功績のあった会員に対して表彰を行うことに決定した。

#### ・その他



### 2) 講演

#### (1) 「ヘリコプタ用FBW技術の開発」

川崎重工業(株)航空宇宙技術本部 富尾 武氏

#### (2) 「ヘリコプタ機内アクティブ音響制御について」

三菱重工業(株)名古屋航空宇宙システム製作所 柴田 勝彦氏

(3) 「小型ヘリコプタにおける最近のいくつかの話題」

川田工業(株)航空事業部 川田 忠裕氏

(4) 「ヘリコプタブレードの翼端形状の数値解析的研究」

東京大学大学院工学系研究科 青山 剛史氏



3) 懇親会

## 6. 4. 1 ヘリコプタ用フライ・バイ・ワイヤ (FBW) 技術の開発 (その2)

川崎重工業(株) 富尾 武

1992年度AHS年次総会で紹介したヘリコプタ用FBWシステムの構成やBK117FBW研究機的设计について紹介した本研究も、本冬季定例研究会の時期には飛行試験による技術確認を行なっていました。本研究の特徴はと言えば、第一には「日本で初めのFBWによるヘリコプタの飛行」、第二には「実際の機体を用いた飛行シミュレーション試験」を挙げることが出来ます。特に後者は世界でも2例目の試み(最初の試みは米国ADOC S計画)でありFBWシステムの完成と、BK117FBW研究機の飛行安全性の確保に計り知れない効果をもたらしました。本稿ではこの飛行シミュレーション試験で代表されるように「可能な限り早く、また実現し得る限り多く実際のハードウェア特性を反映する」事を基本方針として実施した、飛行前の地上での確認試験の概要について紹介します。

### 試験確認の基本骨子

日本では初めてのFBWによるヘリコプタの飛行という試みを、短時間で効率よく実現に結びつけるために、とにかく早く問題点を抽出し対策を打つ事が大切と考え、搭載機器の開発段階では極力実環境を模擬した試験を、またその後は実際の機体のハード特性を反映した試験を行う事を基本骨子として試験確認を行いました。個々に並行して進められて来た各々の確認試験は、実機を結合して行なった飛行シミュレーション試験で統合してシステム動作の確実性や各種安全装置の有効性や研究機の安全性などを総合的に評価し飛行試験までには幾多の改善を加えました。試験確認の骨子は図1に示す通りですが、そのうち前述の「試験確認の方針」に照らし特筆すべき事例を以下に紹介します。

### 試験確認の概要

#### (1) 機器開発段階

機器の性能・機能及び耐環境性は量産機器と同一レベルの設計要求/試験確認の要求にもとづいて行われたが、電磁干渉の排除については特に注意を払い、認定試験においてはBK117で最も強い電界強度を発生するVHF送信機を実際にシールドルームの内の機器のそばで発信して干渉の有無をチェックしました(図2)。電磁干渉試験はその後地上での実機確認試験、初期の飛行試験に於て数次にわたって行われましたが、初めからの電磁干渉対策が巧を奏して実機レベルでは問題は一切発生していません。

また、機器開発レベルで行われた試験の中で特筆に値するものはカヤバ工業(株)と(株)島津製作所の両社において独自に行われた、ロータリ方式DDV油圧アクチュエータのコントロール・バルブの耐ジャミング(チップシユア)能力の確認試験でした。これは、ヘリコプタでは一軸の故障が重大事故に直結することから、油圧アクチュエータのジャムプルーフ能力は非常に大切な事で耐空性審査要領にも規程されていますが、DDVバルブがその能力を持つことを実証したものであり、DDV方式の油圧アクチュエータをヘリコプタに実用するメドを得る事が出来ました。

## (2) システムレベルの確認段階

認定試験を終えた機器は試験室でのリグ試験で相互のマッチングや機能性能の適合性を確認調整しましたが、この段階では通常の試験方法が大半を占め特筆すべき事はあまりありませんが、この段階で徹底したのが故障模擬試験による冗長管理ソフトのチェックであり、また多くの改善がなされたのが「高速処理をねらったが故のコンピュータの不安定性の克服」に、この段階での試験確認の特徴があったと言えます。

## (3) ヘリコプタ・レベルでの確認試験

前述の試験確認を経て機能性能が確認調整されたFBWシステムはFBW研究機の母機であるBK117-P5号機に搭載され、既存の機械式操縦システムを始めとした母機の特性との整合性が確認されました。この段階ではFBWシステムの正常な作動における特性が母機と整合しているか否かの確認はもちろんのこと、故障時におけるシステムマネジメントの適合性をパイロットの操作性を含めて飛行性能への影響に至るまで検証する事が必要と考え、それを最も現実に即して有効に確認する試験形態を模索した結果、図3に示すように研究機そのものを用いて飛行シミュレーションを実施しました。

この試験形態ではシミュレーションの計算機でモデル計算されているのはBK117の飛行特性と機体姿勢等のセンサーのみであり、他のハード特性は全て実際の機器/システムが、電源や油圧等のエネルギー源の特性も含めて系の中に含まれているため、徹底したフィジカル・シミュレーションが可能となりました。更に、実際の飛行試験機のコックピットに2名のパイロットが搭乗して行われたパイロット・インザ・ループ試験ではパイロット間のコーディネーションを含めたパイロットの慣熟も行なえ、地上段階でかなりのレベルまで実際に即した形で研究機の飛行安全を確認できた事は大きな成果でした。BK117FBW研究機ではFBW操縦士のサイドスティック入力と等価な操縦量が安全パイロット席の従来型操縦桿の動きとなって現れることもあり、飛行制御則のチューニングもBK117での飛行体験に合わせ实际的に調整できた事もFBWによる初飛行に自信を持つ事ができた理由ともなりました。

本試験に費されたシミュレーション時間は表1に示す通りであり（表1には本試験の前に行われた制御則設計のためのシミュレーション時間も含まれます）、その結果を例示すると図4と図5の通りです。

なお、本試験で得た成果のうち特筆に値するものは、FBWアクチュエータの暴走模擬試験の結果であり、それは仮にFBWアクチュエータにハード・オーバーが起こったときでも安全パイロットが機体をリカバできるハードオーバー限界を見極め得た事です。この限界はFBWパイロットと安全パイロットの2名のパイロットがコックピットに搭乗し前者が模擬フライト行なっている時に予告なしにハードオーバー信号を投入し、安全パイロットがオーバーライド操縦する試験によって決定し、ピッチ軸、ロール軸、ヨー軸、CP軸それぞれ10%、20%、20%、10%が（多少余裕を持って）ハードオーバーの限界と判定されました。この結果は、研究機のFBWシステムに組込まれたFBWアクチュエータ暴走監視システムの暴走検知スレシヨルドとして、また、後述の飛行試験PHASE IIにおけるFBWアクチュエータのオーソリティ制限値として反映されました。

#### (4) 飛行試験

以上の確認を経て、1992年7月1日にBK117FBW研究機は技術試験を開始し、同年10月2日にFBWモードでの初飛行に成功し、1993年3月24日に67回にわたる飛行試験を完了しました。

飛行試験は次の3つのPHASEに分けて行われましたが、その内容については次の機会に紹介しません。

##### PHASE I (1992年7月1日～同年10月1日)

FBWシステムの作動の確実性の確認と、フライト・センサの故障判定スレショルドの閾値の設定を目的として、FBWシステムはパワーオンされているが、接続機構を強制的に分離して機械式操縦システムで飛行。

##### PHASE II (1992年10月2日～同年12月16日)

FBWシステムの作動の確実性と、主に安定性の評価を目的としたFBWアクチュエータの有効オーソリティを制限したFBWモード飛行

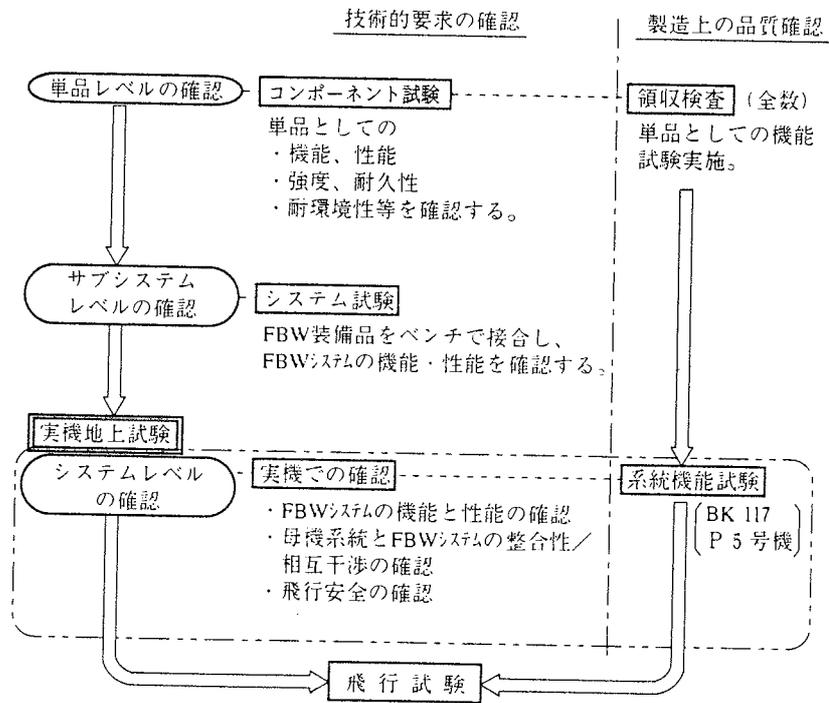
##### PHASE III (1992年12月17日～1993年3月24日)

フルオーソリティFBW飛行。

おわりに

試験結果に関する技術データの具体的な紹介がなく、また散文的な紹介に終わってしまったことをお詫びするとともに、飛行試験内容の紹介は次の機会にゆずる事をお願いし本稿を締めくくらせて頂きます。なお、前回は紹介しました、本研究に前端的に協力下さった各社に対し改めてお礼申し上げます。





確認試験の構成

図 1

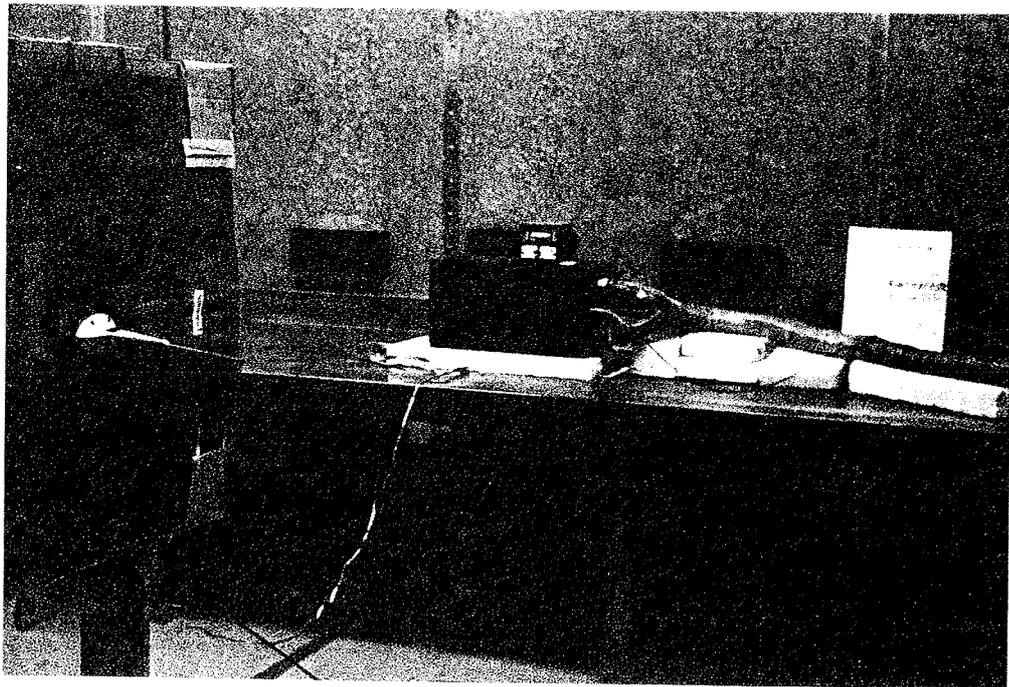
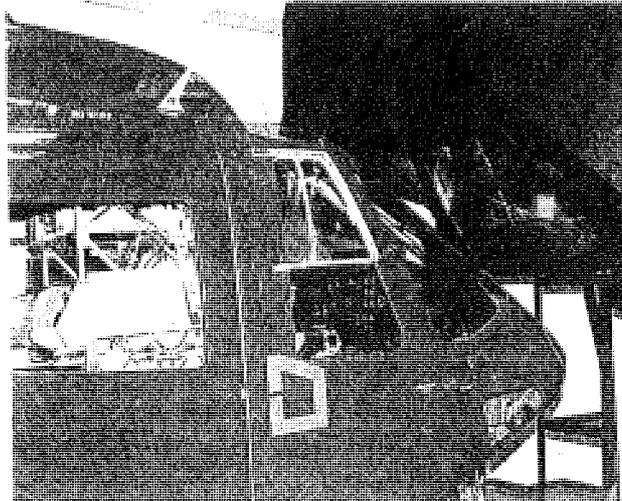
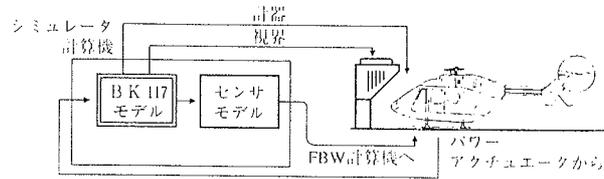


図 2



シミュレーション設備と接続されたBK 117 FBW 研究機



実機を組込んだシミュレーション試験

図 3

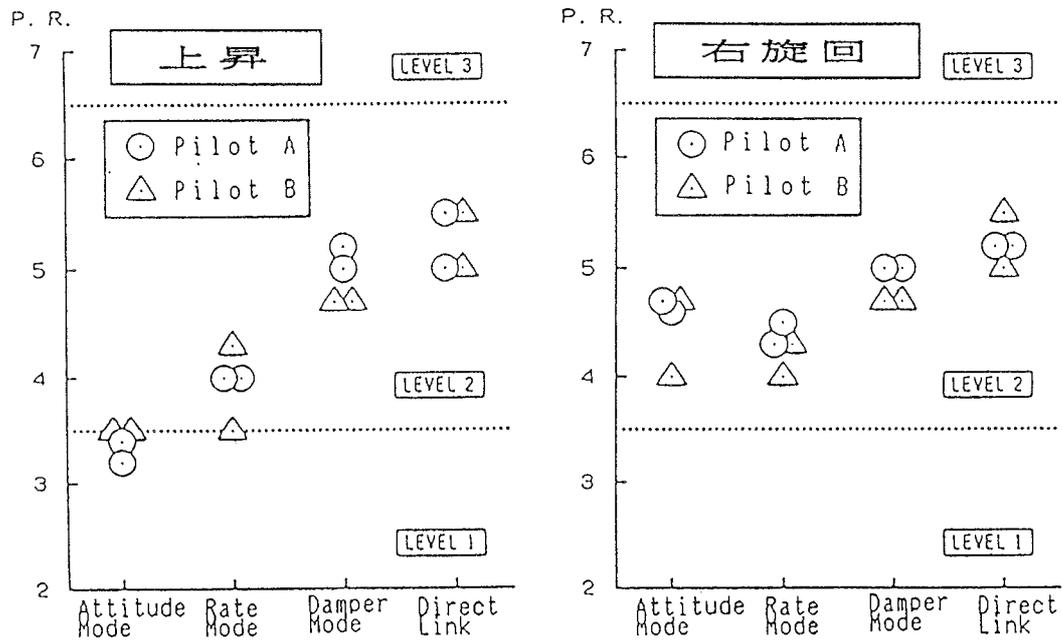


図 4

サイド・スティック・コントローラ 感受性

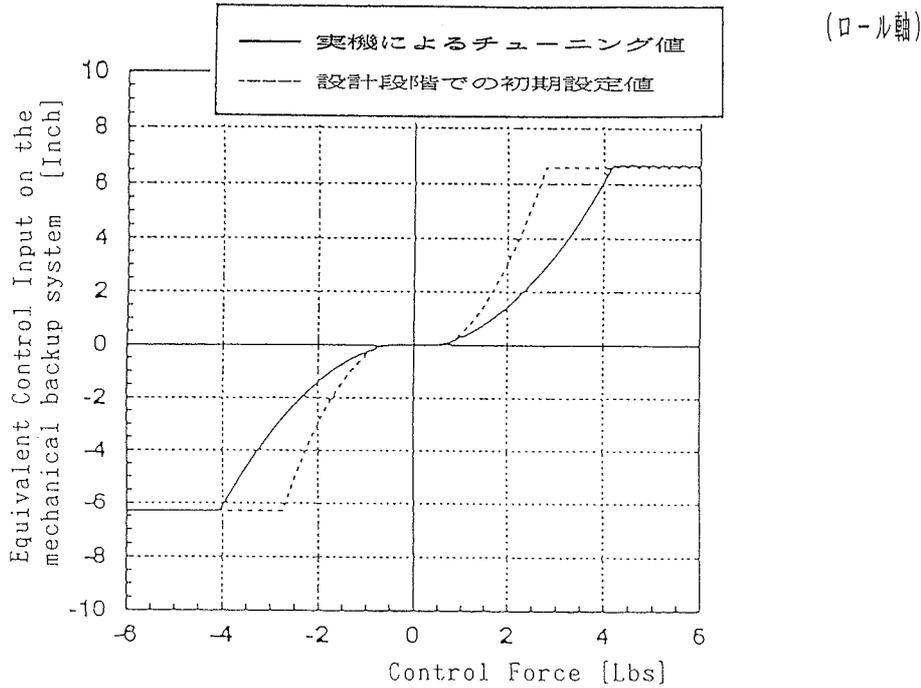


図 5

表 1 飛行シミュレーション時間

| シミュレーション<br>試験項目   | 使用設備               | 実施時期                | 飛行シミュレーション試験時間/回数           |                             |
|--|--------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|  |                    |                     | (パイロットA)                    | (パイロットB)                    |
| 飛行制御則の設計および評価  | 汎用ヘリコプタ用<br>コックピット | 平成2年                | 64 : 55 / 186               | 41 : 30 / 125               |
| 飛行制御則の飛行前最終評価<br>〔BK117 FBW 研究機<br>実機上での、再調整と飛行性<br>の評価〕   | BK117<br>FBW研究機    | 平成3年<br>および<br>平成4年 | 30 : 30 / 89<br>8 : 40 / 27 | 32 : 30 / 89<br>8 : 15 / 26 |
| BK117 FBW研究機の操縦<br>システムの総合評価<br>〔故障模擬試験による、<br>①FBW操縦システムの冗長<br>管理他機能性能の確認<br>②故障発生時の安全性の確認<br>③パイロット慣熟〕 |                    | 平成4年                | 14 : 05 / 45                | 15 : 15 / 47                |
| 合  | 計                  |                     | 118 : 10 / 347              | 97 : 30 / 287               |

## 6. 4. 2. ヘリコプター機内騒音アクティブ音響制御について

三菱重工業株式会社 名古屋航空宇宙システム製作所

研究部 機体機器研究課 松崎 克也



騒音に対して逆位相の音を加えて、これを低減しようとするアクティブ音響制御技術（以下ANC技術と呼ぶ）が、空調ダクト、自動車、各種家電製品、イヤマフラ等で実用化されている。当社でも10年以上前から基礎研究をスタートさせ、数年前からはヘリコプター機内騒音への適用のための検討を進めている。ここでは、制御効果評価のための基礎試験結果等を含めた研究状況について述べる。

### 〈ヘリコプター機内騒音の特徴〉

ヘリコプターの機内騒音のレベルは、他の一般的な乗物と比べるとかなり高いものであり、搭乗者に不快感を与える原因となっている。ヘリコプター騒音は、トランスミッションギヤのはめあい振動に起因する1kHz付近以上の高周波数周期音と、メイン/テールロータ空力音や各種軸振動等に起因する数百Hzまでの低周波周期音が特徴となっている。簡易な防音処理の機体では、聴感上は、1kHz以上の周期音が支配的といわれている。また低周波音も、100dBを越えるようなレベルとなっている場合が多く搭乗者に聴感上、体感上の不快感を与えている。

こうした騒音に対し、トランスミッションの配置やマウントの改善、遮音のための内装材を用いた対策がはかられているが、限られた対策重量の範囲内では、特に低周波音については十分な騒音低減が達成されていない状況にある。

### 〈ANCについて〉

騒音に対して、これを打ち消す2次音を付加することによって消音しようとするANC技術は、その原理については、古くから知られていたが、1970年代の適用フィルタを応用しようとする試みと、近年のデジタル信号処理ハードウェアの進歩があいまって急速に実用化されてきた。ANCの実用的研究は、音場が単純なダクトやイヤマフラを対象として始まり、現在までには、自動車や航空機内の騒音を多チャンネルの制御により全空間的に低減させようというような試みも行われるようになり、一部には適用製品が出てきたという状況にある。

ANCの制御の方法としては、イヤマフラ用に、アナログ回路を用いたフィードバック制御方式が用いられている他は、適応フィルタをデジタルシグナルプロセッサで実現したフィードフォワード式（騒音の発生源付近で得た上流側の情報を利用して、2次音を生成する方式）が主流となっている。また制御アルゴリズムとしては、フィルタの適応アルゴリズムとしてよく知られている実用的なLMS（Least Mean Square）アルゴリズムを基礎として、フィードフォワード制御用に導入されたFiltered-x LMSアルゴリズム<sup>①</sup>及びこれを多チャンネルでの応用に拡張したMultiple Error Filtered-x LMS<sup>②</sup>アルゴリズムが主流となっている。

以上のように複数のチャンネル間の干渉をも考慮した制御まで可能となっているが、ANCも万能とい

うわけではない。原理上あるいはハードウェアの種々の制約をうけるため、ANCが特に有効となるのは、以下のような条件が満足される場合となる。

- (i) 騒音発生源が特定できていて、かつその占める領域が限られている。
- (ii) 騒音の周波数帯域が狭く、かつ低周波域である。
- (iii) 音場が単純である。ないしは、減音対象域が局所的である。

ANCの適用に際しては、騒音源や音場の特性を把握して、これに基づいて、適切なシステムを構築してゆくことが必要となってくる。

#### 〈ANCのヘリコプタ騒音への適用〉

ANC技術をヘリコプタ機内騒音の低減に適用する際に、2通りの独立したアプローチについて検討を進めている。1つは、メイン/テールロータ等に寄与する200Hz程度までの低周波音をキャビン全体で低減しようとするものであり、もう1つは、1kHz以上のギャ音を主に対象としてヘッドセット内で減音をはかろうとするものである。以下にこの2つのアプローチについての詳細と試作システムを用いて模擬騒音等に対して行った評価テストの結果について述べる。

#### 1) 空間減音システム

低騒音化を考慮したトランスミッションの配置等が初期設計段階よりなされ、かつ防音材等による対策が十分行われたヘリを想定した場合、高周波音はかなり良く低減され、低周波のメイン/テールロータ音や各種振動音等が、乗心地をそこなう主要因となると考えられる。

これらの音に対してANCを適用し、キャビン全体で減音できれば、有効であると考えられる。対象音は周期性が強く、ANCで比較的扱いやすい音であり、例えば機外マイクで検出したテールロータ音等を参照信号としたフィードフォワード制御が適用できる見込みがある。ただし5~6人乗りのヘリ程度のキャビンサイズでも150Hz程度の周波数となると、室内減衰特性によっては、音場は10個以上のモードの重ね合せとなっており、1個の2次音源のみによる制御では、たとえ周期音であっても、全空間的な減音効果は得られず多チャンネルの制御が必要となる。

多チャンネルANCによる空間減音というアプローチの有効性を確かめる1ステップとして、小型ヘリの機体内で、模擬騒音を用いた評価テストを実施した。機外のスピーカより、メイン/テールロータ音を模擬したそれぞれ20と70Hzを基準とした高調波を含む音を発生させ、機外に設置したマイクで検出した信号を参照信号として、機体内の音をMultiple Error Filtered-x LMS アルゴリズムに基づく多チャンネルANCにより低減することを試みた。コントローラは、AT&T社のデジタルシグナルプロセッサDSP32Cを搭載した汎用信号処理装置を用いて構成している。多チャンネルANCの効果に対しては、2次音源（制御音源）及び騒音マイク（制御点に設置するマイク）の数とこれらの設置位置が重要なファクターとなる。モードの密度が高くなってくると、多チャンネルの制御を行っても周期音に対してさえ、全空間的な減音効果を得ることは難しくなってくる。評価テストにおいては、主としてハードウェアの制限によって、それぞれ4個の2次音源と誤差マイクを用いることとし、それらの配置についてはヘリコプタ機内音場の有限要素系モデルを用いた制御効果の予測計算によって良好な効果の得られたもの（2次音源は床面4隅4点、誤差マイクは座席耳元位置4点）を採用している。

評価テストの結果、上記の制御を行なうことで、最大のピーク音を10dB以上全空間的に減音できる

ことが確かめられた。同テストで用いた市販のオーディオ用スピーカと4ch程度の比較的小規模のシステムにより、3次～7次程度のメインロータ音と、2次までのテールロータ音を全空間的に10dB程度減音できるとの見通しが得られた。

## 2) ヘッドセット減音システム

対潜ヘリ等の特殊な用途のヘリの場合は、オペレータは微弱な信号音を聞き分ける必要があるにもかかわらず、こうした種類のヘリは、旅客用のヘリと異なり、軽量化等のため内装材等も簡素であることが一般的で1kHz付近以上のギャによる騒音レベルが非常に高くなっており、ミッション達成には不都合な環境となっている。1kHz以上の高周波音は、ヘルメット等による遮音効果が期待しやすい音であるが、ヘルメット外部のレベルが高いため、さらなる低騒音化が望ましいと考えられる。こうした事情により、ヘルメット内部で1kHzギャ音を低減させる方法について検討したフィードバック型の制御に基づくANC付ヘッドセットはいくつか製品化されているものがあるが、最適の性能をもつものでも対象周波的は600Hz程度までであり、1kHz以上の音の低減は、原理上無理であるように思われる。これに対し外部の参照信号を利用したフィードフォワード型のANCシステムであれば適用の可能性がある。

ヘルメット内部で1kHz以上のギャ音を低減するためにANCシステムを適用するという概念で有効性を確認するため、Filtered-x LMS アルゴリズムに基づくダクト消音システム（当社高砂研究所で空調ダクト消音用に開発したシステムを演算処理等の効率化により、高周波数に対応できるよう改良したシステムであり、プロセッサとしては、テキサスインスツルメンツ社のTMS320C26を用いている）を各耳1システムずつ使い、録音した機内音の再生音に対して評価テストを実施した。ヘルメット外部に装着したマイクロホンで検出した音を参照信号として使い、制御信号は、ヘルメット内部の通話用スピーカの入力信号へミキシングする方法を用いた。機内再生音を流している室内において、被験者がヘルメットをかぶって模擬信号を聞いているという状態で制御テストを行った。この結果、ヘルメット内部でギャ音が低減されて、模擬信号が聞きとりやすくなるという効果が認められ、手法の有効性が確認出来た。

### 〈課題〉

ヘリコプタ機内騒音は、比較的狭い空間内での周期的成分の強い音であってANCを適用するのに都合のよい性質をもっている。上述した2つのアプローチに対応した評価試験の結果等からもANCの適用は有望である。しかし、実飛行状態でのロータ音の高調波成分の変動は激しく、これに追従できるシステムとする必要がある等課題も多い。またANCの研究を進めるだけでなくこれを補完する従来からのパッシブ型の防音設計技術も高めていき、低騒音なヘリコプタ機内環境を提供できる技術を確立してゆくことが重要である。

### 参考文献

- (1) B. Widrow and S. D. Stearns, Adaptive Signal Processing, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1985.
- (2) S. J. Elliott, I. M. Stothers and P. A. Nelson, "A Multiple Error LMS Algorithm and Its Application to the Active Control of Sound and Vibration", IEEE Trans. ASSP-35 (10), 1423-1434, 1987

## 6. 4. 3. 小型ヘリコプターにおける最近のいくつかの話題

川田工業株式会社 航空事業部 ヘリ・テクノロジーセンター技術課 川田 忠裕



### 序文

最近、新型式の民間用ヘリコプターの発表があい次いでいる。それぞれの機体がユーザーの立場になって機能性、経済性、安全性を考えて設計されている。今回は、その中で単発レシプロの Robinson R44 ASTRO、単発タービンの Schweizer 330、及び Single/Twin タービンの Tridair Gemini St を紹介する。

### ROBINSON R44 ASTRO

Robinson R44 ASTRO は、世界的なベストセラーとなった 2 人乗りレシプロヘリ Robinson R22 を発展させた 4 人乗りヘリコプターである。R44 設計コンセプトは「2～3 人乗りのレシプロヘリと小型単発タービンヘリのギャップを埋める」というものである。このため R44 は小型タービンヘリと同様の大きさ、性能を持ち、その反面価格、運航費等はそれらの半分以下に押さえられている。



Robinson R44 単発ピストンヘリ

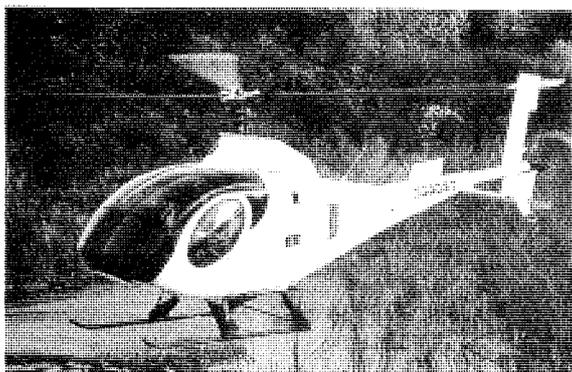
R44 は、寸法的には小型タービークラスのヘリと同等になっているものの、操縦系統、動力系統は基本的に R22 と同様である。大きな違いといえば R22 ではむき出しになっているエンジンが、機体の中に収まっていることである。このため空力特性が改善され、巡航速度が増加した。乗員は前に 2 人、後ろに 2 人ずつ並んで座るマイカー感覚になっている。発動機は Lycoming O-540 レシプロ・エンジンで、出力 225 馬力で使用している。

R44 は高性能、低価格の 4 人乗りパーソナル・ヘリとして普及するものと思われる。また、ロビンソン社ではフロート装置、農薬散布装置などの取付けも考えており、様々な用途に使用可能な多目的ヘリコプターとして販売していこうと考えているようだ。

### Schweizer 330

Schweizer 330 は、Schweizer/Hughes 300C を単発タービンに改造したヘリコプターであり、1992 年の 9 月に型式証明を取得した。330 型ヘリコプターの設計コンセプトはすでに実績ある 300 C の部品をできるだけ多く利用することによって、タービン機としては最も低価格で運航費の少ないヘリコプター

| R44 Astro 性能表 |                               |
|---------------|-------------------------------|
| 最高速度 (VNE)    | 240km/h                       |
| 巡航速度 (75%出力)  | 209km/h                       |
| 航続距離          | 約 650km (No Reserve)          |
| 燃料消費量<br>(燃費) | 56.8 l/h 以下<br>リッターあたり 3.40km |
| 上昇率 (海面)      | 305m/min 以上                   |
| 実用上昇限度        | 4,267m                        |
| ホバリング限度 (IGE) | 2,133m 以上                     |
| 全備重量          | 1,087kg                       |
| 空虚重量          | 634kg                         |
| 座席数           | 4                             |
| エンジン          | ライカミング O-540                  |
| 出力            | 205hp (連続最大)<br>225hp (離陸時)   |
| 燃料等級          | 航空燃料 100/130 or 100LL         |
| 燃料容量          | 188 l (標準装備)                  |



Schweizer330 単発タービンヘリ

を実現することであった。

Schweizer 330 は、タービン訓練用ヘリコプターとして開発された機体である。訓練使用機には一人の教官が二人の訓練生を同時に指導できるように、3 座席すべてからの操縦が可能となっており、計器盤もそれぞれの座席から見やすいようにできている。また、民間用には3 座席の他に、4 座席のオプションも設けられている。

330 は 300C よりもキャビン横幅が約 60 cm、長さが約 43 cm大きくなっている。このことおよび空力的に改良された機体の形状によって、オートローテーション性能がずっと向上した。また、視界が広がるようにウィンドシールドも工夫されている。エンジンはAllison 250-C20W であり、420 馬力を 235 馬力に減格して使用しているので高温／高高度での性能も優れている。また、330 の騒音レベルは同等機にくらべ非常に低い。実際に、離陸時ではピストン機である 300C よりも静かである。さらに、初期訓練用として開発されたために機体の構造、特にコックピットの座席配置、機体構造の安全性から、タービン訓練用としてスタンダードになる可能性のあるヘリコプターであると考えられる。また、騒音レベルが低く、視界も非常に広いため、民間市場での普及も大いに期待できるヘリコプターである。

| 330 性能表    |                                 |
|------------|---------------------------------|
| 最高速度 (VNE) | 200km/h                         |
| 巡航速度       | 174km/h                         |
| 航続距離       | 396km(標準装備タンク)<br>498km(補助タンク付) |
| 燃費消費量      | 77.6ℓ/h                         |
| 上昇率        | 442m/min                        |
| 全備重量       | 998kg                           |
| 空重重量       | 522kg                           |
| 座席数        | 4                               |
| エンジン       | アリソン250-C20W                    |
| 出力         | 220hp(連続最大)<br>235hp(離陸時)       |
| 燃料         | JET A-1                         |
| 燃料容量       | 227.1ℓ(標準装備タンク)<br>58.8ℓ(補助タンク) |

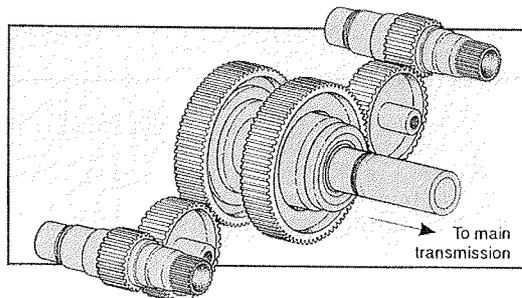
### TRIDAIR GEMINI ST

Gemini st の開発は、米国カリフォルニア州のTirdair Helicopters, Inc. が中心となって、1989 年から進めてきた。Gemini st とは、Bell Long Ranger のAllison 250-C30P エンジン (650 shp) を取り外し、新たに Allison 250-C20R エンジン (450 shp) 2 基を搭載し、双発機として FAA の追加型式証明 (STC) を取得するというものである。基本的なエンジニアリングは Soloy Corporaion が担当している。STC 取得は1993 年6 月を予定している。



TRIDAIR GEMINI ST 単／双発ヘリ

この7人乗り双発ヘリコプターは、普通双発機とは一味違う。エンジン出力が1基あたり450hpである一方、機体のトランスミッション限界が435hpであるため、海面上標準大気状態で、エンジン1基が停止しても離陸から着陸までの全ての飛行可能がある。Gemini stの2基のエンジン出力をトランスミッションに伝えている、Soloy社のDual Pacコンバイニング・ギアボックスは、それぞれのエンジン出力を独立してトランスミッションに伝導するような工夫されている。このために、パイロットは両方のエンジンを同時に運転したり、どちらか片方だけを駆動させる選択の自由を持つことになる。双発で離着陸し、定常飛行は単発で行なうような飛行が可能になる。また、通常双発ヘリではエンジンの片方が停止すれ



Soloy DualPac Combining Gearbox

ば緊急事態となり、特別な緊急操作をして安全の確保をはからなければならないが、Gemini stの場合には残りの1基で続けて飛行できる。それどころか、パイロットの選択で離陸、飛行、着陸の全てを単発で行うことも可能なのである。すなわち、Gemini stは単なる双発ヘリではなく、スベアエンジンを積んだ単発ヘリコプターであるともいえよう。また、合わせて900馬力も出力できるエンジンを積んでいるために、高温/高温度での性能は目を見張るものがある。

|                              |            |            |                                 |                              |                           |                      |
|------------------------------|------------|------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|
| MODEL . . . . .              | 206L-3ST   | 206L-4ST   | Max. Continuous Power . . . . . | 370 s.h.p.                   | Seating . . . . .         | seven                |
| Max. Gross Weight . . . . .  | 4,250 lbs. | 4,450 lbs. | VNE . . . . .                   | 150 m.p.h.                   | Fuselage Length . . . . . | 33' 2.6"             |
| Empty Weight . . . . .       | 2,615 lbs. | 2,675 lbs. | Cruise . . . . .                | 135 m.p.h.                   | Overall Length . . . . .  | 42' 8.5"             |
| Useful Load . . . . .        | 1,635 lbs. | 1,775 lbs. | Fuel Capacity . . . . .         | 110 gal.                     | Overall Height . . . . .  | 10' 3.8"             |
| Max. External Load . . . . . | 2,000 lbs. | 2,000 lbs. | Service Ceiling . . . . .       | 20,000 ft.                   | Rotor Diameter . . . . .  | 37'                  |
| Take-off Power . . . . .     | 435 s.h.p. | 490 s.h.p. | Engine Ratings . . . . .        | 450 s.h.p. each              | Blades . . . . .          | two                  |
|                              |            |            | Power Plant . . . . .           | Two Allison 250-C20R engines | Type . . . . .            | semi-rigid teetering |
|                              |            |            |                                 |                              | Construction . . . . .    | all metal            |

#### Gemini st の SPEC 及び性能

Gemini st にとっての最大の成功は、Bell Helicopter 社自身がライセンス生産をすることになったことである。Bell 社の製造する新型機は、最近バージョンアップされた Long Ranger IV をベースにしており、206LT Twin Ranger という名前で1993年秋頃に世に出ることになる。ただし、Tridair 社は、現存する Long Ranger IIV の Gemini st への改造権は保留することになっている。

Gemini st は世界一安全でしかも経済的な軽双発タービンヘリコプターになるであろう。このためにこの機体は海洋石油開発の支援、救急医療サービス、山岳遭難救助、市街地上空の飛行等、さまざまな任務を経済的、安全に果たすことができるヘリコプターである。

#### 結語

本文では小型ヘリコプターにおける最近のいくつかの話題として、Robinson R44 Astro レシプロ・ヘリ、Schweizer 330 単発タービン・ヘリ、および Tridair Gemini st 双発タービン・ヘリの紹介をした。これからも、民間ヘリコプターの経済性、安全性等を向上させるような技術が、民間ヘリコプターに採用されることを期待する。

#### 参考文献

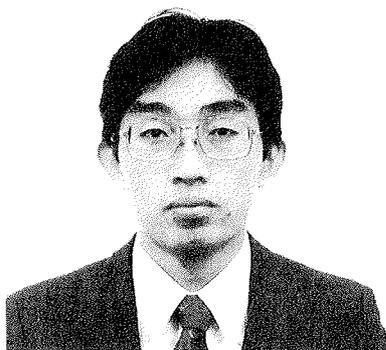
1. Guy, Maher, "The Robinson R44 Bridging The Piston -to-Turbine Gap," Rotor & Wing Intemational, March 1992, PP. 26-34.
2. Kocks, Kathleen, "New helicopters:The Showroom is full," Rotor & Wing Intemational, February 1991, PP36-37.
3. Schweizer 330 Helicopter Information, Schweizer Aircraft Corporation, October, 1992
4. Najima, Yoshiaki, Tadahiro Kawada, Yoshiki Nakajima, Anzhong Tan, Introducing a New Generation Twin-Engine Helicopter, "GEMINIST" , Proceeding from 2nd Annual Asian Vertiflight Seminar, 24 February 1992, Singapore.
5. 西川渉：AHSパーティフライトセミナー講演録から(5)開発進む新世代の軽双発ヘリコプター “ジェミニ st” 、ヘリ・アンド・ヘリポート、1993年1月号、pp. 11-16.
6. Harvey, David S., "The Gemini ST:From Its Genesis," Rotor & Wing Intemational, September 1992, pp. 54-56.
7. 川田忠裕、譚安忠、中嶋良樹、平井正之：ジェミニ ST ヘリコプタのトリム解析、川田技報 Vol. 12, Jan.1993, PP. 36-44.
8. "Bell Announces New Twin-Engine LongRanger," BELL Helicopter News, April 15, 1992, pp. 1-3.

## 6. 4. 4. ヘリコプタブレードの翼端形状の数値解析的研究

Numerical Analysis for Tip Shape of Helicopter Blade

東京大学大学院工学系研究科 青山 剛史

### Abstract



Three-dimensional Euler equations in rotating Cartesian coordinate system are solved to analyze the flow field around helicopter rotors in forward flight. An implicit finite-difference method is used to solve the equations and the algebraic method is adopted to generate the grids.

In order to analyze the unsteady phenomena the Newton-iterative method is applied. The pressure distributions on the blade-surface predicted by the present method are compared with experimental data, and the good correlation is obtained. By using this method, the effect of the tip shape on the generation and growth of the shock wave on the blade surface passing through the advancing side is investigated.

### 1. 序論

ヘリコプタは従来その経済的最高速度が240~260 [km/h] であり、ヘリコプタがより広く民間の交通機関として活用されるためにクリアすべき重要な課題として高速化が挙げられる。このようにヘリコプタの最高速度が制限されるのは、高速前進飛行の際に前進側で衝撃波が、後退側でストールが生じ、抵抗の増大や振動を生みだし、コントロールを困難にするからである。しかし近年、半径方向に翼型の変化するブレードの使用、先進的な翼型の開発、あるいはブレード翼端の平面形の工夫などによってこの2つの問題を軽減する試みがなされ、1986年には先進的な翼端平面形を持つBERP(British Experimental Rotor Program)ブレードを取り付けたWestlandのLynxが、400 [km/h] の速度記録を樹立した。そこで、より高速化に適した翼端形状をデザインすることが重要となるが、回転翼の実験は固定翼よりはるかに困難で莫大なコストがかかるため、CFD(Computational Fluid Dynamics)による各種計算法が開発されており、扱う基礎方程式も初期のポテンシャル方程式からオイラー方程式やNavier-Stokes方程式(NS)へと発展してきている。しかし現在のところ解析法の開発に手いっぱい、オイラーやNSを用いた方法の特徴を生かして、実際のデザインの指針を得るには到っていない。そこで本研究においては、前進側で発生するダイナミックショックを正確に捉えるために、オイラー方程式を非定常的に解く解析法を確立し、翼端平面形がダイナミックショックに及ぼす影響を詳細かつ定量的に把握するために、数多くの形状を対象としてパラメトリックスタディを行い、ブレードデザインの指針を得ることを目的とした。

### 2. 解析法

基礎方程式は回転座標系で記述した3次元オイラー方程式で、これを解く数値解法は効率化されたBeam-Warming法を基礎とし、左辺にSteger-Warmingの流束分離を、右辺にChakravarthy-Osher

の TVD スキームを用いたものである。また非定常現象を扱うため、時間精度を上げる目的でニュートン法を用いて反復計算を行っている。計算格子は代数的手法で生成させ、その領域をブレード 1 本の周辺のみにとどめて計算時間とメモリーの節約を図っている。また境界条件はすべて陽的に与えている。具体的な計算法としては、まず方位角  $90^\circ$  の位置で定常解を求め、これを出発点として徐々にブレードを回転させることにより非定常の計算を行っている。

### 3. 結果及び考察

本研究における方法で得られた結果を実験値 [1] と比較したところ、Fig. 1 のように前進側のブレード上圧力分布をよく予測することが示された。計算条件は翼端マッハ数 0.7、前進比 0.3、コレクティブピッチ角  $0^\circ$  で、ブレードの断面形は NACA 0012、圧力孔はブレード半径の 89.3% 位置にある。以下の計算はすべてこの条件で行った。上の方法を用いて、ブレード翼端形状が前進側で非定常的に生じるダイナミックショックに与える影響を解析したところ、主に以下のことがわかった。

- 衝撃波の強さを表す指標として Fig. 2 の  $\Delta(-CP)$  を用い、この値の半径方向分布を各方位角位置で調べたところ、矩形翼端の場合 Fig. 3 のように、高速前進飛行時の衝撃波は、ほぼ  $\phi = 50^\circ$  付近で発生し  $150^\circ$  付近で消滅する。その間、衝撃波の強さのピーク値は、 $\phi = 100^\circ$  付近まで増加しそれ以降は減少する。また衝撃波の強さのピーク値を与える半径位置は、 $\phi = 110^\circ$  まで翼根側に移動しそれ以降は翼端側に移動する。そして衝撃波の発生する半径方向の幅は、 $\phi = 120^\circ$  まで増加しそれ以降は急激に減少していく。従ってこれらの値の極値はどれも流入速度が最も大きくなる  $\phi = 90^\circ$  を過ぎてから生じ、その極値を与える方位角位置に位相差がある。
  - Fig. 4 のように、BERP 状翼端は矩形でかなり強い衝撃波が発生する先の条件下で、高性能な薄翼を用いることなしに全く衝撃波の発生を抑えており、本研究によって衝撃波を抑える上での平面形の重要性が認識された。また ONERA の PF2 状翼端は、BERP 状翼端ほど複雑な形状変更をせずにかかなり衝撃波の発生を抑えている。
  - 前進角、後退角、逆テーパ、順テーパなどの基本的形状変更に関していえば、Fig. 5 のように矩形において衝撃波のピークが現れる半径位置（この条件では  $r/R = 0.90$ ）から後退角を大きく付けると、振りモーメントをさほど増加させずに衝撃波を抑えるので最も有効である。またブレード先端付近（ $r/R = 0.95$ ）に大きな後退角を付けるだけで、矩形からの変更量が少ないにもかかわらずかなり衝撃波を抑えられる。計算対象とした翼端の形状は図中に示した。
  - 矩形において衝撃波のピークが現れる半径位置（ $r/R = 0.90$ ）の前縁に突起を付けると、Fig. 6 のように衝撃波を弱める上で大きな効果が期待できる。また形状変更は前縁に着目してなされるべきである。
- 以上のことから本研究の方法によって、高速前進飛行に適するブレード翼端形状を従来より精度よく容易にデザインできる可能性が示された。

### 参考文献

- (1) Caradonna, F.X., Laub, G.H. and Tung, C., "An Experimental Investigation of the Parallel Blade-Vortex Interaction", 10th European Rotorcraft Forum, Paper 4, 1984.
- (2) 青山剛史, "ヘリコプタブレードの翼端形状の数値解析的研究", 東京大学工学部博士論文, 1993.

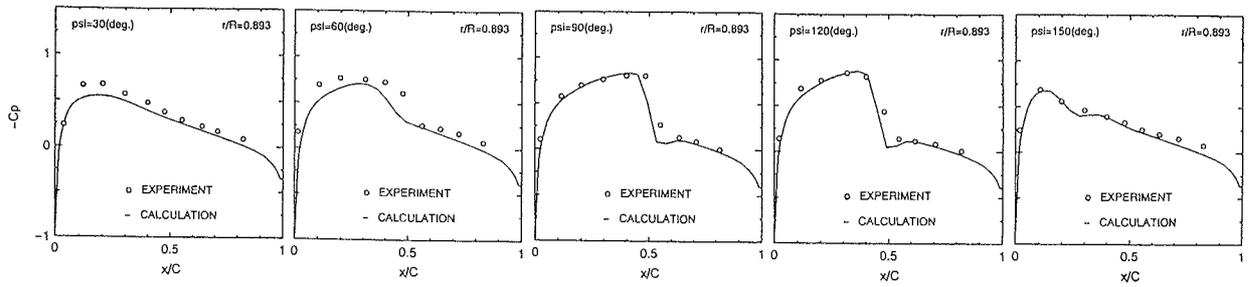


Fig. 1 NASAで行われた実験との比較

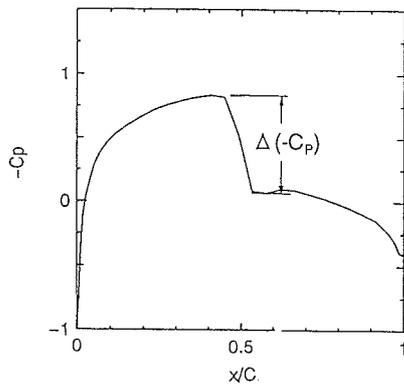
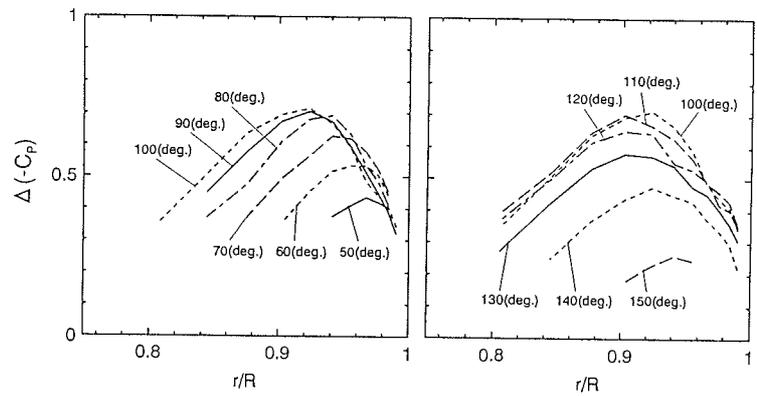


Fig. 2  $\Delta(-C_p)$  の定義



(a)  $\psi = 50$  (deg.) から  $100$  (deg.) (b)  $\psi = 100$  (deg.) から  $150$  (deg.)

Fig. 3 矩形翼端の  $\Delta(-C_p)$

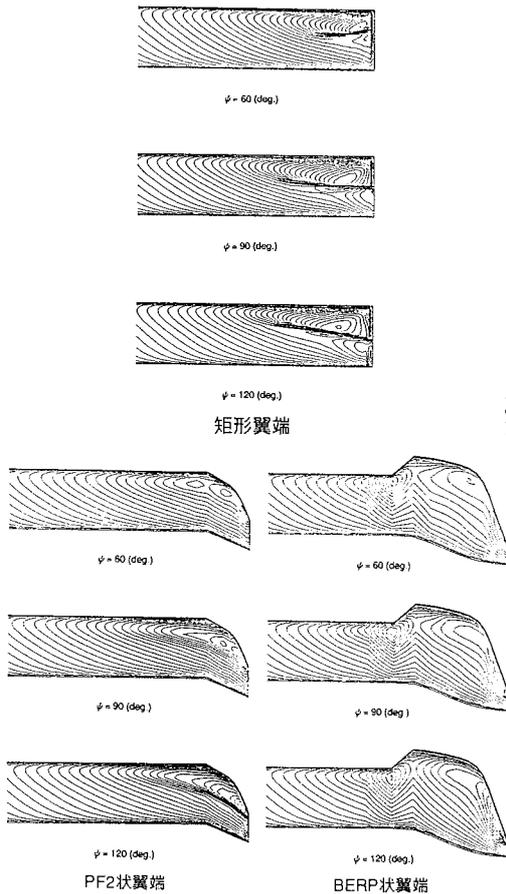


Fig. 4 ブレード翼面上等マッハ線図

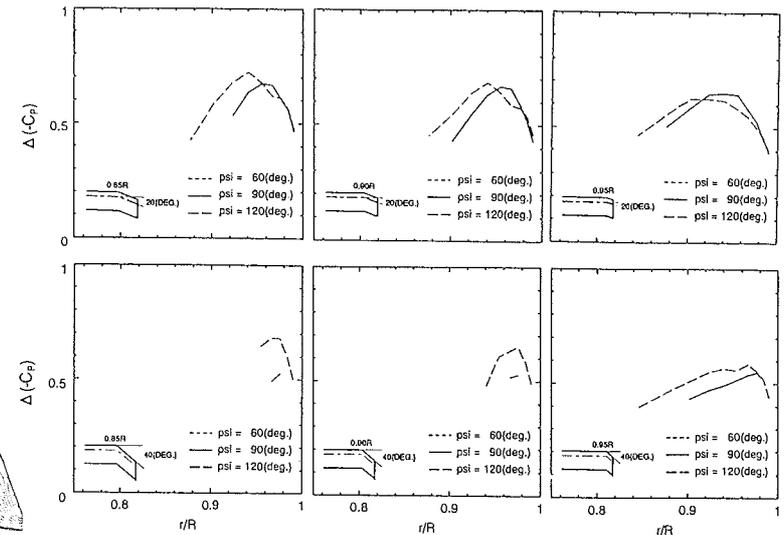


Fig. 5 翼端に後退角を付けたときの  $\Delta(-C_p)$

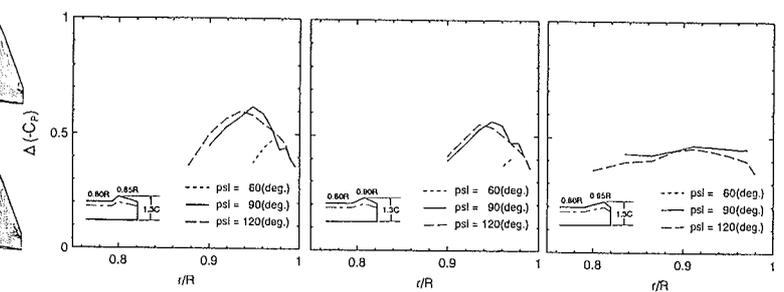


Fig. 6 翼端の前縁に突起を付けたときの  $\Delta(-C_p)$

Events Organized by the Japan Capter in F.Y. 1992

| Date                         | Program  | Place   | Remarks                        |
|------------------------------|--|---|--------------------------------|
| June 23, 1992<br>11:30~19:00 | 1992 General Meeting<br>1. Board of Director's Meeting<br>2. General Meeting<br>3. Lecture (3 lectures)<br>4. Plant Tour<br>5. Social    | Kawasaki Heavy Ind. Ltd<br>Gifu Works<br><br>1 Kawasaki-cho Kakamigahara<br>Gifu Pref, Japan  |                                |
| Sep. 18, 1992<br>13:00~19:00 | Regular Summer Meeting<br>1. Board of Director's Meeting<br>2. General Meeting<br>3. Lectures (3 lectures)<br>4. Plant Tour<br>5. Social | Social Education Center, Toyama<br>Town, Aichi Pref, Japan<br>Mitsubishi Heavy Industries, LTD<br>Nagoya Aerospace Systems<br>South Komaki Works. | Numbers of<br>Participant : 68 |
| Dec. 4, 1992<br>15:00~17:00  | Special Lecture Meeting<br>「Fifty Years of Rotary Wing<br>Fight」by Dr. Richard M. Carlson<br>NASA/Ames Research Center                   | National Aerospace Laboratory<br>7-44-1 Zindaigi Higashi cho, Chofu<br>city, Tokyo, Japan   | Numbers of<br>Participant : 80 |
| Feb. 5, 1993<br>13:00~19:00  | Regular Winter Meeting<br>1. Board of Director's Meeting<br>2. Genersl Meeting<br>3. Lectures (4 lectures)<br>4. Social                  | Sanjo-Kaikan<br>University of Tokyo<br><br>7-3-1 Hongo Bunkyo-ku, Tokyo<br>Japan  | Numbers of<br>Participant : 78 |

## 8. ヘリコプター研究概況

### 8. 1. 富士重工業株式会社

- (1) 「ナビア・ストークス解析を用いたヘリコプタ・ロータ・ブレード用第3世代高性能翼型の設計」  
第10回航空機計算空気力学シンポジウム  
第1技術部ヘリコプタ第2課 中館 正顕、小生方正裕
- (2) 「ヘリコプタの模型ロータ試験」  
航空宇宙学会誌原稿（特集解説）  
第1技術部ヘリコプタ第2課 小生方正裕他2名
- (3) 「低振動ローター設計技術の研究」  
第30回飛行機シンポジウム  
第1技術部ヘリコプタ第2課 西川 清

### 8. 2. 川崎重工業株式会社

- (1) 「Design, fabrication and testing of the helicopter bearingless rotor system for rotary-wing aircraft」  
18 th European Rotorcraft Forum  
防衛庁 技術研究本部 第3研究所 市橋 孝浩  
川崎重工業(株)ヘリコプタ設計部 板東 舜一
- (2) 「BK117のDAFCSについて」  
第30回飛行機シンポジウム  
技術部 藤本 肇
- (3) 「ヘリコプタへのGPS、ファジイの適用について」  
第30回飛行機シンポジウム  
ヘリコプタ設計部 山川 栄一他
- (4) 「BK117 FBWシステムの開発」  
第30回飛行機シンポジウム  
電子技術部 石川 主典他
- (5) 「ヘリコプタの航法誘導制御について」  
第31回計測自動制御学会  
ヘリコプタ設計部 山川 栄一
- (6) 「Digital Fly-By-Wire System for BK117 FBW Research Helicopter」  
18 th ICAS Congress  
電子技術部 須藤 直樹他
- (7) BK117 FBW 研究機の飛行制御について」  
第9回誘導制御シンポジウム  
岐阜研究所 永山 慶一他
- (8) 「Testing for Design Validation of the BK117 FBW Experimental Helicopter」  
AIAA/AHS/ASEE Aerospace Design Conference  
ヘリコプタ設計部 富尾 武、石川 主典

(8) 「BKK117 FBW による飛行実験概要」

第8飛行シミュレーション研究会

品質保証部 パイロット 平 孝明

### 8. 3. 三菱重工業株式会社

(1) 「ヘリブレード翼型風洞試験」

第49回風洞研究会議

名古屋航空宇宙システム製作所 研究部空力研究課 足立 直人

(2) 「ヘリコプタ・ブレードの空力設計について」

第30回飛行機シンポジウム

名古屋航空宇宙システム製作所研究部空力研究課 中尾 雅弘

(3) 「ヘリコプタ用変速機の設計」

モーション・エンジニアリング・シンポジウム

名古屋誘導推進システム製作所

エンジン・機器部ガスタービンエンジン設計課 林 哲史他2名

## 9. 寄稿集

## 「ヘリコプターは元気を出そう」

三菱重工業(株)名古屋航空宇宙システム製作所 佐藤 晃

ヘリコプターは日本の国土・国情にうまく合っていると良く言われる。その証拠には日本の民間ヘリコプターの登録機数は約1100機とアメリカ、カナダに次いで3番目に多いし、何よりも民間航空機の中でヘリコプターの占める比率が50%以上と世界の何処にも例を見ないぐらい圧倒的に高い値（世界平均ではせいぜい5%でケタが違う）を示している。この数字を見る限り、日本は民間ヘリコプター王国であり、使い方の面でも機材の供給の面でも世界のリーダーの一つであっても可笑しくない。

にもかかわらず現実はどうかと言えば、国内のヘリコプターはほとんど全部が外国製か混血であり、純血種の国産機は一つもない。航空工学科を持つ大学はあっても、回転翼機の講座をもっている大学は防衛大学以外には無いし、日本航空宇宙学会に至ってはヘリコプターは特殊機部門の中に含めて、人並みの扱いすらしていない。そのため、ヘリコプターに限っては貿易摩擦も無いし、アジアで初めての国産ヘリはインドに名を成さしめるといような事になる。

ヘリコプターは固定翼と違って、まだまだ技術が成熟域に達していない。即ち、将来の発展の余地が残されている。また、ヘリコプターは複雑な流れやメカを扱わなければならないため、固定翼より幅が広くかつ高度な技術が必要である。

国内にマーケットがあり、高度な技術が必要で、かつまだその技術が成熟し切っていないという3拍子が揃ったなら、我々メーカーたるもの、又、技術者たるものは猛然と元気を出さなくてはならないのである。

昨年からの念願の純国産ヘリの開発も始まった。これを起爆剤にしてお互いに技術を切磋琢磨し、ニーズに合った良い機体を提供出来るようにならなければいけないと思う。更に、ヘリコプターの使い方についても世界に先がけて、新しい、一味も二味も違ったやり方を確立して行きたいものである。

その為に、このヘリコプター技術協会が関係者の刺激剤や発想のきっかけになることが出来れば素晴らしいことである。

(株)エースヘリコプター 阿久沢 加一

ヘリコプターの運航会社で、ヘリコプターを使って商売している立場からヘリコプター技術をみると、日本での運航会社のヘリコプターは、大部分が物資輸送、農薬散布、報道取材といった事業が多く、人を乗せての事業は大変に少ない。自家用機が人を乗せての飛行をしているが、それでも飛行時間は少ない。運航会社は、殆んどが人員輸送やミリタリースペックをベースに設計製造されたヘリコプターを購入し、ヘリコプターの運航事業用途に合うべく諸改修を施し、不便のまま使っているケースが長い間続いている。ヘリコプター事業の諸々の用途と機体改修の実状を調査し、そうした用途への専用ヘリコプターのせめて空想的設計アイデアでもいいから、どこかで取り上げて発表してくれると大変楽しいことになると思っている。(93-3-8)

## AHS日本支部に期待すること

川崎重工業(株)航空宇宙事業本部 大林 秀彦

私が昭和34年ヘリコプターの設計開発を生業として以来、早くも35年が過ぎ去ろうとしています。この間ヘリコプターの完全国産開発を目指して努力し、KH4、BK117を世に送り出すことが出来ました。そして昨年スタートした陸上自衛隊の新小型観測ヘリコプタの開発にもお役に立てるようになったことは、ヘリコプタの完全国産開発と云う夢の実現と感謝しています。ふりかえって見ますと、最初の25年位は、ベル、ボーイング、ヒューズ、MBBと外国のエンジニアとの付き合いは多くありましたが、国内のヘリコプタ・エンジニアの横のつながりはほとんどありませんでした。この様な状況の中で防大の長島先生などの音頭取りもあって、防衛庁、大学、メーカ等のヘリコプタ・エンジニアの集いとして、ヘリコプタ研究会が発足し、日本のヘリコプタ・エンジニアが皆顔見知りになりました。数度の研究会がもたれたところで、発展的に解消してAHS日本支部へと移行して行ったように記憶しています。このようにヘリコプタの運用、研究、開発にかかわる人々が自由に話し合える場が出来たと云うことは大きな前進であると感じています。新小型観測ヘリコプタの開発にも役立つと考えます。

AHS日本支部がスタートしたのは、日本のバブル経済たけなわの頃で、ヘリコプタの売れゆきもよく、同時にヘリコプタの便利さも各方面に認識されると云う効果を生み出した頃でした。残念ながらヘリコプタの普及と併行して発生した、数件の重大事故とバブルの消滅で今は足ぶみ状態となっています。私にとって特にショックであったのは延岡でのBK117の事故でした。悪天候のため10名の方々がなくなりました。長年の努力によりヘリコプタの構造的な安全性は満足出来るレベルを実現出来たと自負していた矢先の事故です。それ以来ヘリコプタがいつでも、どこでも、安全に、容易にとべるようにすると云うことが我々の大きな課題となっています。この2年で天候にかかわらず自機位置を正確にリアルタイムで表示出来るGPS/デジタル・マップ装置を開発しました。それ自体非常に便利であります。今の所有視界飛行にしか使えません。この様な新しい装置に基づいた、低空を飛ぶヘリコプタに便利なIFRシステムを作り上げる必要があります。このために努力して行くつもりです。もう一つヘリコプタの操縦をやさしくすることもヘリコプタの安全運航に欠かせないと考えて、FLY BY WIREの研究も各方面の協力を得て実施しました。

ヘリコプタは非常に高度な技術を必要とする航空機で今迄は外国の後塵を拝していました。しかし今後は日本の国情(狭い国土、変りやすい天候、地上の混雑、高い時間価値等)に基づく、ニーズに適確に対応することによって、世界に率先してヘリコプタの一層の普及をはかり、これを世界に拡げて行くことが我々に課せられた使命ではないでしょうか。

AHS日本支部を軸とした協調と競争によってこのような夢が実現することを祈っています。

## VTOL技術の未来

(株)地域航空総合研究所 所長 西川 渉

科学技術庁が5年に一度ずつ、日本の未来技術に関する予測をしている。多数の専門家に繰り返しアンケートをおこなう「デルファイ法」によるもので、昨年11月末5度目の調査結果が発表された。

その内容は、向こう30年間の変化を16分野にわたって予測したもので、たとえば2002年には遺

伝子操作による作物の品種改良が実用化され、2006年には火山噴火の2～3日前の予測が可能となり、エイズの治療法が確立する。また2010年にはM7以上の地震が数日前に予測できるし、2013年にはがんの発生を予防する薬が開発され、2015年には月面上に宇宙観測有人基地が実現、2020年には冬眠法による生体保存も可能になるといった結果が出ている。

そこで「交通分野」を見てみると、1998年には現用新幹線が時速300キロになり、2007年には時速500キロの超電導磁気浮上鉄道が実用化、2009年には都市内の地下に設けた管路による貨物の自動配送システムが実現、2017年には100ノット船が開発され、2019年には原子力船が実用になる。

こうした予測を航空の分野にしぼってゆくと、2003年には人工衛星を利用した世界的航空交通管制システムが実用化され、人工知能を利用した新しいマンマシン・システムによって航空機の安全性が高まる。また2006年にはマッハ0.8の高速ターボプロップ機が普及し、都市間あるいは離島との定期路線に飛行艇が就航、2008年には浮体式の海上空港が実現、2009年にはジャンボ機の3倍という総重量1,000トン級の超大型貨物機が開発され、2011年にはマッハ4の300人乗りSSTが開発される。さらに、我々に直接関連する分野では、「市街地で発着しても環境基準を満足する画期的な低騒音のヘリコプターが開発される」のが2008年であり、「都市間交通のために低騒音で省エネルギーのVTOL機が実用化される」のも2008年という予測になっている。

ただし、AHS会員の中にも回答者がおられると思うが、この課題に関連した研究または実務にたずさわっている専門家だけの回答では、VTOLの実用化は矢張り2008年だが、低騒音ヘリコプターの開発は2010年と遅くなる。というのも騒音基準が年と共に厳しくなって、技術的にいつまでも追いつけないおそれがあるからであろう。

あるいは、専門家らしい慎重さのあらわれといえるかもしれないが、逆に部外者の期待を裏切る消極性というのは言い過ぎであろうか。またVTOL機についても、採算がとれないとか、安全性に懸念があって導入は困難といったコメントがついていて、その前途は決して楽観できない。

こうした調査結果は、AHS会員の将来につきつけられた重要な挑戦ではないだろうか。我々の力でもっと早く、もっと積極的にこれらの課題を実現したいものである。

#### 【参考文献】

『日本の未来技術93』（週刊ダイヤモンド別冊、1993年3月15日発行）



#### 【写真説明】

石田エアロスペース社（テキサス州アライアンス空港）のTW-68ティルトウィング機のキャビン・モックアップにて

## 私のヘリコプタ雑感

川田工業(株) 藪 勉

私が始めてヘリコプタに出会ったのは1973年の春のことでした。ニューヨークの町並を眼下にしながら自由の女神を見ろという、20分程の遊覧飛行でありました。たまたま居合せたフランス人の御夫婦と同乗しまして座席が満席でしたので、今にして思えばベル社製のジェットレンジャーであったのだらうと思います。ビルの屋上からフワリと浮き上がった時のあの浮遊感が実に痛快であったことを覚えていません。

その後、暫くヘリコプタに出会う事はなかった訳ですが、1986年再びそのチャンスが訪れ、米国でヘリコプタの自家用操縦士免許に挑戦することになりました。使用した機体はレシプロ・エンジンの小型ヘリコプタ、ロビンソンR22でした。この機体は結構デリケートな機体でありまして、スリングオペレーションのトレーニングや超高層ビル屋上への離発着訓練等、若葉マークのパイロットには結構ハードなトレーニングを経験しましたが、今ではとても楽しかった思い出として記憶に残っています。訓練終了直後に米国にてベル206、ヒラー1100、ヒューズ500に搭乗し、また操縦する機会を得ました。帰国後もアエロスパシアルAS332L、350B、川崎BK117、ベル206L、CH47等と同乗する機会を得る事ができました。

このようにして得た数少ない経験ではありますが、ヘリコプタはそれぞれの機種がとても個性的であるとの思いを強く抱きました。また設計者のコンセプトがストレートに製品に反映するものではなからうかと考えるようになった次第です。これまでの設計コンセプトは、ややもすれば「より速く」・「より高く」・「よりパワフルに」との思いが強かったようにも見受けられます。それも大変重要な要素ではありますが、今後の民間市場あるいはパーソナルユースのヘリコプタを考える場合、「より安全に」・「より快適に」・「より経済的に」という要素を十分に取り入れたヘリコプタの出現を期待して止まないところです。このような思いは世界中のヘリコプタ・メーカーが考え、ヘリコプタに携わる多くの技術者が既に考え大いに研究しているテーマであろうと思われませんが、ヘリコプタはとても飛行原理や機構が複雑でありますので一朝一夕に解決できる問題とは決して思えません。しかし日本の繊細な感性とこれまで培われた関連技術力を結集することにより、必ずや実現できるものと確信している次第です。その為にも官民挙げてヘリコプタの開発促進に向けての環境整備が必要と考えています。ヘリコプタの普及を願うもの一人として、そのような考えを絶やす事なく、挫折する事なく取り組み、来る時にはマイカーのように市民生活に密着した交通手段として定着する事を夢見ています。

航空宇宙技術研究所 青山剛史

この4月から航空宇宙技術研究所の職員として採用して頂き、4月半ばまで初任研修で霞が関に通っておりました。研究職で採用された私としては、公僕になったという意識が希薄であったため、行政職採用の人々と一緒に政策や予算の話が聞かされるのはどうもなじみませんでした。また、今年度I種採用となった総勢1200人の人間が一堂に会し、代々木のオリンピック青少年センターで4日間にわたって合宿生活を送るという企画が催されたのですが、本来なら総理や著名人の話を拝聴できる機会を与えられたことに感謝しなければならないところ、終わってみると不覚にもほとんど居眠りをしてきた情けない自分に気付くのでした。しかし、以前なら行政になど全く関心を寄せなかった私が、近ごろ田原総一朗著『平

成・日本の官僚』などと題した本を手にはしているわけで、研修もまんざら捨てたものではなかったと感謝しています。

川崎重工業(株)ヘリコプタ設計部 伊 東 裕

先日、BK117ヘリコプタの共同開発相手であるユーロコプタ ドイツェランド社（ECD社、旧MBB社）を訪問する機会がありましたので、この時の感想を述べます。

ECD社におけるヘリコプタの開発・製造は、同社がエアロスペース社と合併したこともあり、100km以上離れた2ヶ所の工場で行なわれています。工場間の人間の往来が多いため、BK117ヘリコプタが1日2便のシャトルサービスを行なっています。従ってECD社の技術者はヘリコプタを自分が使う道具と実感しています。

またBK117試作機2機を所有し、様々な開発・改良試験に存分に使用しています。

日本の現状からすると、これらは実にうらやましい限りで、彼らに追いつくのはまだまだ大変なことだと感じています。

しかし他人の芝生が青いのをうらやんでいてもしかたがありません。我々は日本の環境・顧客ニーズに合ったヘリコプタの開発・改良に全力を尽くすことで、日本のヘリコプタが日本の車のように世界中で活躍する日が来るのを少しでも早くしなければと考えています。

AHS日本支部の活動が中心となってこの様な日が実現することを祈っております。

#### ケイキに注意

三菱電機(株) 遠 藤 理

ヘリコプターの発達と普及のスピードは、経過した歴史の長さ比べて極めて著しく、軍用であれ、民間用であれ正に日進月歩の状況であることは衆知のとおりでご同慶にたえません。さて、いささか古い時分の話で恐縮ですが、小生がヘリコプターの操縦学生として霞ヶ浦の学校に入り教育がスタートして日も浅い頃のことです。基礎講座からいよいよ実機（H-13、ベル47型）の教育に進んで、先ず手始めに「飛行前の点検」からということで、チェック・リストを片手にカタカナの名称を発唱しながら、記載されている機器などの現物を確かめつつ機内から機外へと点検していた。やがてキャビン前方に達したところ、何とも奇妙な糸くずのようなものが目にとまった。「何だこりゃ」とつぶやきながら近寄って仔細に見ると、その正体は赤い毛糸で約10cm位のが3～4本風防のほぼ中央に貼り付けてある。このようなものはチェック・リストには勿論載っていないし、どう考えても近代科学の粋でもあるヘリ（当時はそれなりに）に赤い蹴出しのほつれ糸のようなものがくっついている筈がないと断定して、「何かの悪戯か、呪いだらうから取ってしまおう」などと同僚と話していると、巡回して来た教官に「コラッ」「その毛糸をむしったら罰金だぞ」と怒鳴られた。合点のいかない顔のわれわれに対して教官は「これは大事なケイキである」と説明されたので「ウッソー、ホントニー」の心境であった。

その後、飛行訓練が進むにつれてこの赤い毛糸は飛行状態や操縦要領に応じてあちこちと向きを変えひらひらすることにより、三舵のコーディネーション等々を示すことが判った。（例えば巡航飛行状態では10時～11時の方向に毛先がなびいているのがノーマル）何しろH-13には、人工水平儀も昇降計もジャイロ・コンパスも付いていないのだから貴重な計器に違いなかった。余談になるが「命紅い」が流行っ

た時にどうゆう訳かこれを思い出した。間もなくTH-55という名練習ヘリも消えて行くことになったようですが、これら世代のヘリの操縦で最も苦勞をし、神経を使ったのは回転の保持であった。特に着陸末期のフレイヤー減速からホバ停止の操作は姿勢とパワーの変化が多く、シバシバ回転をドロップ又はオーバーさせ「カイトン」「カイトン」とチンドン屋の掛け声にまごう怒号を教官に発声させたものである。ある教官が飛行機の指導で教えてくれた回転保持のコツは次のようなことであった。回転計の針を読むことは人生と同じである。即ち現在、過去、未来という区分で見ること。即ち過去と現在を正しく捉えれば未来の座標は予測できるし必要な対応が先行的に準備できるということであった。つまり現在の指針が3100rpmであっても

1. この俛の状態がしばらくの間、安定して持続するだろう。
2. 今の指度は一時的なものであって、その俛放置しておけば増又は減に振れる筈だ。

という見方をして飛行状態に即応したグリップ操作を心掛けエンジンに過度のストレスを与えないようにすることと教えられた。ただしこの高尚な考えは実行を伴うには到らず、相変らず「回転」の注意を受けたまま何とか卒業させてもらった。

昨今、世界的にも国内的にも景気の動向が大きな問題となっており、国家、企業或いは家計のそれぞれのレベルで必死になって対応に取り組んでいるようです。産業界でもとりわけ軍需依存度の高い航空機産業は、東西冷戦体制の崩壊に起因する国防費の大幅削減により深刻な対応に追われています。我が国の防衛予算を正面装備費で見ると

| 前中期防   | 現中期防（当初） | 現中期防（見直し後） |
|--------|----------|------------|
| 約5.5兆円 | 約5兆円     | 約4.4兆円     |

の数字のとおりの落ち込みで、この需要の減少への対策としてわが国のみならず世界の防衛産業が、全面的なリストラ、緊急避難的な民需転換、防衛部門の買却等後ろ向きの施策に取り組みつつあるのが当今の状況のようです。

しかしながら反面国際情勢が緊張緩和一辺倒の読みで国の存立と安全を将来にわたり委ねられるのかという根本的戦略判断の是非と防衛ニーズがレベルアップする事態に備えての技術力、生産能力の温存、特に高度の研究開発能力を有するエンジニアの確保についても誤ってはならないことは当然です。

更に民需を視野に入れた巨視的かつ透視的見方をすれば、世界の国際化と平和友好のための交流の拡大、国際協（共）業の促進等人・物のスピーディーなトランスファー・ニーズが増大するのは必然であるとの視点から、先般わが国でも2000年代初頭の開港を目指し、首都圏に第三の空港を建設しようとする国家プロジェクトが動き出したし、まだ“緊急総合景気対策”で挙げられた21Cに向けての4大プロジェクトの1項目として空港ネットワークの整備が盛り込まれている。また限りある防衛予算の中で待望の国産ヘリOH-Xが本格的開発のステージに登場することになった。これらの事業は直接間接を問わず当協会の今後の活動に大きく影響を及ぼすことになるでしょう。

このように激動の時代の進路を的確に予測することは至難ですが、ケイキの indicate するところはどうなのかとりわけジャイロスコピック、プレセッションのように少し遅れて出てくるものの実体を適切に見通して常にヘリの機首を風上に向け、乱流を克服して上昇飛行できるように改めて諸々の「ケイキに注意」を、とっている次第です。

第三回会報の発刊おめでとうございます。会長を始め事務局の方々のご尽力に敬意を表したいと思います。

さて、本年度を振り返りますと、総会、夏冬期定例会、講演会と活動内容も次第に多彩になり楽しみの多いものとなってきました。それは、会員数の増加となって表されてきていると思います。この協会がヘリコプターに関係するあらゆる分野におられる有志の集まりであり、徐々にその輪を広げていることに頼もしさが感じられます。

ところで、ヘリコプターは容易に垂直離着陸できることに利点があるものの、まだまだ、乗り心地と安全性は十分と言えないものがあります。また、操縦の難しさは操縦管制装置が革新されても空力系統が変わらない限り同じであります。そこにこそヘリコプターの魅力があることも事実です。将来はこの利点をさらに伸ばしつつ、欠点を克服していこうと思われませんが、その原動力となる人達がここに集われておられると確信しております。

最後に、中西氏より引き継ぎを受け約一年半の間幹事を勤めさせていただきましたが、勤務の関係上、海上自衛隊第五十一航空隊で飛行試験課程学生を主管して教育されている課程教育班長の土肥氏に申し送ることとさせていただきます。この場を借りて在職中の礼を申し上げますとともに、今後益々の本協会の御発展と会員皆様方のご健勝を祈念致します。

### ヘリコプターは空飛ぶネジ？

三菱重工業(株)名古屋航空宇宙システム製作所 小林 孝

ひょんなことからイタリア語の独学を始めて3年になります。英語と違い仕事に役立てようなどという下心や、一人前の会話能力を身につけなくてはという脅迫観念と無縁なので楽しさ一杯です。大好きなイタリア映画のせりふが多少聞き取れたり、娘達のピアノの楽譜に添えられている言葉の意味が分かったりして一人悦に入っています。

車の名前にも意外とイタリア語が進出していて、国内主要各社の車から一例ずつ取っても、カローラ(花冠)、シーマ(最高峰)、ルーチェ(光)、ダイヤモンド(ダイヤモンド)、ドマーニ(明日)、レオーネ(ライオン)、ピアッツァ(広場)といった具合。通勤の車の中でカンツォーネを聞きながらこういった名前の車に取り囲まれるとイタリア語の世界にどっぷりと漬かっているような気がします。

さて、ヘリコプターはイタリア語では ELICOTTERO (エリコッテロ) と言うようですが、イタリアの某ヘリコプター・メーカーの製品紹介カタログの見開きページに次のレオナルド・ダ・ビンチの言葉が載っていました。

“Truovo, se questo strumento facto a vite sarà bene facto, cioè facto di tela lina, stopata i sua pori con amido, e voltato con presteza, che detta vite si fa la femina nell'aria e monterà in alto...”

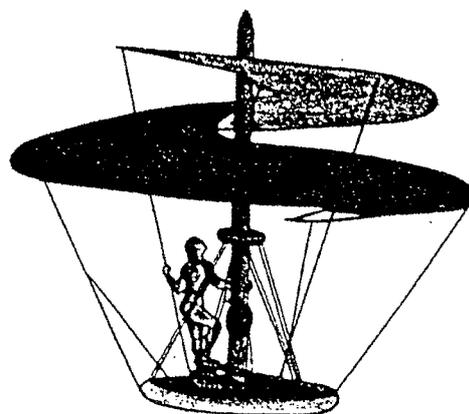
Leonardo da Vinci

ダ・ビンチは15～16世紀のルネッサンス時代の人だから、これはラテン語か中世イタリア語なんだろうが、辞書を引き引き類似の現代イタリア語から解釈するとこんな意味になります。

『もしもこのネジ状の機械が糊で目張りした麻布で精巧に作られ、勢いよく回転させられれば空気が雌ネジの役目を果たして空高く舞い上がるのではないか…。』

と言うと皆さんも昔全日空の機体の垂直尾翼に描かれていた例のらせん状の物体（右図）をすぐに思い出すでしょう。ともかく大空を巨大な雌ネジに見立ててします天才ダ・ビンチの発想は幼児のような大胆さと柔軟性に富んでいると思いませんか？

我が身を振り返ると日常の仕事ではリスク低減のため、つつい前例や従来設計手法に固執しがちですが、こうしたダ・ビンチの発想を見習ってヘリコプターの更なる飛躍につながるブレーク・スルー技術を見出したいものだと思っております。



Leonardo da Vinci's vertical-lift machine, 15th century. Courtesy NACA.

Alfred Gessow 著「Aerodynamics of Helicopter」より

## 会報への寸言

松村行朗

ほんの数年前、回転翼航空機17機種が105機の運航及び整備を実施していた。機数はともかく、多機種の運航は非効率このうえない。特に予備品、地上資機材、各種書類等の維持は企業のすべての部署に業務量や管理負担の増加を来すだけでなく、特に、日本の回転翼航空従事者（操縦士、整備士）は1機種1限定であるので大きな負担となっていた。

現在までに13機種に減らしたが、機種統合及び効率化を図るため、1990年3月より、マクドネル・ダグラス・ヘリコプター社のMDエクスペローラーのブルー・チームに参加している。この機種の多用途化に期待しながら、日本の空に舞う日を夢見ている。

## 隠れたヘリコプターのパイオニア Harold F. Pitcairn

カワサキヘリコプタシステム(株) 義若 基

川崎重工の土井武夫顧問（現在88才、昭和2年東大航空卒、木村秀政、堀越次郎両先生と同期）は戦前・戦中、飛燕（3式戦闘機キ61）を初め、川崎航空機（株）の殆ど全ての航空機設計の中心となられ、戦後のYS-11或はP2Jの設計開発でも著名で、今も岐阜工場で若い技術者を指導して居られる、我々の敬愛する大先輩である。

昭和27年明石工場に入社した私は当時の設計係長（故）永津貞介氏（元川崎重工航空機事業部技術本部長、戦争中5式戦闘機キ100の開発で土井顧問の指導をうけ、戦後はヘリコプタ技術の先達として日本のヘリ技術の発達に尽力し、我々がヘリ技術の師と尊敬する人）から土井顧問のことはかねがね伺っていたが、初めてお目にかかったのは、明石で計画し



土井武夫 顧問

ていたバトル107ヘリコプタの国産が岐阜と決って、早々に転勤を命ぜられた昭和36年松の内のことであった。

私に少しでも技術的な思考方法が残っているとすれば、間違いなくこの両大先輩の御薫陶の賜物と感謝している。

昨年土井顧問の『航空機設計50年』と題した講演会の後で会食を持った。その席上私が『本日の飛行船の御話は面白く伺いました。しかし航空機にはヘリコプタも含まれている筈ですが?』と話すと、顧問は『私はヘリコプタに直接関係しなかったので話さなかった。ところで君ヘリコプタは誰が発明したか知っているかね?』と聞かれた。私の『ドイツのHeinrich Focke博士か、アメリカのIgor I. Sikorskyですか?』との答えに対して土井顧問は『君に見せたい本があるから私の部屋に来なさい』とおっしゃられた。



永津貞介 氏

横着者の私は仕事にかまけて長く顧問を訪問しなかったが、半年位経ったある時に再び顧問に言われたので、とうとう顧問の部屋を訪ねた。渡されたのが『Legacy of Wings. The Harold F. Pitcairn Story』と言う標題の1冊の本であった。

その本を眺めるのに半年を要した私は、また最近になって川重ヘリコプタ設計部長の大林さんからPitcairnのチーフエンジニアとして四半世紀の間、彼と回転翼機の研究を行ったAngnew E. LarsenのVertifliteへの寄稿文のコピーを戴いた。

さて主題のHarold Pitcairnはペンシルバニア州Bryn Athynの非常に裕福な(Pittsburgh Plate Glass Co.の所有者)、しかも敬虔なPitcairn家の第四子として1897年12月に誕生した。土井顧問が1904年、私が1927年生れであるので、彼は土井顧問より7年、私より30年前に生れたことになる。

Pitcairnは幼い頃から非常に飛行機が好きで自分で模型飛行機を設計製作して飛ばした程であった。青年となった時の夢は、普通の人が操縦しても安全に飛行することができる『空の自動車』を作ることであった。

1915年頃Curtiss Aeroplane Motor Co.及びCurtiss Flying Schoolに入って航空機を、また飛行することを学び、将来航空事業を行う時自分自身の判断で物事を進めることが出来るようになるろうとした。

Harold Pitcairnは非常に優れた才能、努力、実行力とで、第2次世界大戦前の25年間に、米国航空の全ての分野に、特に回転翼機の発展に著しい功績を残した。

発明家で、設計者で、パイロットであり、また航空機製造及び運航会社等の経営者でもあった。

彼は25才で砂糖会社の社長に就任すると直ぐに甜菜(ビート)の苗植機の開発に着手しその一方でBryn Athynの自宅近くの牧場農地を入手して飛行場(Pitcairn Airfield)とし、その側に木製格納庫を作り、各種航空機(Fleetwing, Mailwing等のニックネームで呼ばれるPAシリーズの複葉軽飛行機)の設計製造と、それらの飛行機を運航しAirmail Linesを経営する為にPitcairn Aircraft, Inc.とPitcairn Aviation, Inc.を創設した。

Airmail Linesはオートジャイロの研究を強力に推進する時に売却したが、後に大手エアラインの一つであるEastern Air Linesへと発展した。

これらの事業は彼にとってはサイドビジネスであった。彼はこのような環境下でも フライングスクールで知りあった友 Agnew Larsen と暇を作っては回転翼機の研究を続けた。 Pitcairnは自分が設計した回転翼機の図面を Larsen にリファインして貰って、動く木製模型を製作するとか、水平飛行時の横不安定の問題等を広く研究した。1916年の冬には相当大きな回転翼機の模型を14個も製作し、またロータの直径が25フィートで、人が乗れる様な大きさの回転翼機を作る準備もした。

Larsen は初め回転翼機の未来に疑問をもっていたが、1903年から1920年迄での回転翼機に関する全ての文献と特許を調査して、その報告書を Pitcairn に提出した時には彼自身も回転翼機の将来に夢を持つ様になっていた。

彼等はゴムバンド或は小さな蒸気発生機付の動力機、回転翼と反対方向に回転する小さな胴体、回転翼後流を受けてトルクバランスをする垂直尾翼、小さな圧縮空気タンクを持ったチップジェットロータ機等を作るなどして、アンチトルクの問題とか、オートローテーションの研究等を実施し、回転翼機はもう自分達の手中にあると思っていた矢先の1923年 Juan de la Cierva がマドリッド郊外の空港でオートジャイロの初飛行に成功したとの新聞記事を見て先を越されたと失望し落胆した。

しかし幸いに同じ年には彼等が開発していた苗植機が大成功を納めた。

1925年2月 Pitcairn と Larsen の二人は航空事情を調査する為にヨーロッパに出掛け、旅行の途中マドリッドに Cierva を訪問してオートジャイロを見ようとした。

運悪く同機は修理改造の為に分解されていた。しかし映画で飛行中のオートジャイロを見せてもらった。

4年前に彼等二人の長い討議の後で Pitcairn が『私は推進用のプロペラが有ろうと無かろうとシングルロータの航空機を開発したい。回転翼機は必ず実現する』と予言した機体が目の前に実在していることを認識した。

Pitcairnは早速ライセンスの供与を申し入れたが、Ciervaは『政府主催の研究であるので、現在のところライセンス供与は不可能である』と断った。最後にヘリコプタの研究について質問すると、威厳と教養のある非凡な研究者 Cierva は『研究したら如何ですか、しかし難しいですよ』とヘリコプタの開発の難しさを良く知っている様子であった。

1928年3回目の英国訪問時、Pitcairn は Cierva に研究用としてオートジャイロを1機発注した。

帰国後、彼はオートジャイロの研究を重点的に実施するために、ヘリコプタの研究を中止し、それまで安定経営であった Airmail Linesをもストップすることを決めた。また飛行機部門からオートジャイロ部門へと人を移動した。

1928年12月に Pitcairn Airfield (現在の Willow Grove Naval Air Station) で、オートジャイロ C-8 と飛行機 PA-5 との離着陸性能、上昇性能、巡航性能等一般的な性能の比較試験が実施され、離着陸時の障害物クリアランスもチェックされた。その比較試験の結果、オートジャイロの性能に満足した Pitcairn は直ちにロンドンの Cierva とライセンス契約について再び交渉を行い、1929年には米国におけるライセンスを取得し、オートジャイロを製造をする為に Pitcairn Cierva Autogiro Co. of America (後に Autogiro Co. of America, Pitcairn-Rarsen Autogiro Co. と変遷する) を設立した。

これは Pitcairn が最初に Cierva と会ってから4年も経過していた。

Kellett Autogiro Co.が Pitcairn Cierva Autgiro Co.の最初のライセンシーとなり米国におけるオートジャイロの開発は両社によって展開されることとなった。

PitcairnはC-8 オートジャイロのロータハブを合金鋼製とし、SKF, Fafnir 等のベアリング会社の

協力を得て、ハブ重量の大幅な削減とその信頼性の向上を図った。

次に離陸時C-8はプロペラ後流を尾翼で偏げてブレードに当ててロータを加速していたが、彼は減速機とディスククラッチとを組合わせてエンジン駆動の機械的な加速方式を設計した。

Pitcairnは輸入機C-8からPCA-1(実験機)、PCA-2(ロータ直径45ft, 全備重量3,000lbs, 300馬力)と開発を進め、1931年4月にはホワイトハウスの芝生に着陸してフーバー大統領から Collier Trophy を受賞した。PCA-2はオートジャイロで最初の型式証明を取得し約35機が製造され販売された。

勢いに乗ったPitcairnは、市場のニーズに応じて小型のPAA-1(37ft, 1750lbs, 125hps)を開発したが、本機はエンジンに問題があり製造機数は僅かなものとなった。

1931年にはPA-18(40ft, 1900lbs, 125hps)を開発し19機が販売された。

これら小型2機種には、大きな事故では無かったが、ロータ、脚、プロペラ、尾翼等の破損が相次いだ。

安全な回転翼機を目標とするPitcairnは、この状態に満足せず、製造を中止し既製品を市場から引上げた。そして事故が多く発生した低速域における操縦方法の研究をスタッフに指示した。彼の回転翼機の研究は段々と進んで行ったが、この辺りから彼の航空機事業の経営に陰りが出てきた。

Ciervaはその時すでに、低速域における操縦力の増大を図るためのDirect Controlと離陸距離の短縮を目指したJump Take Off との研究に着手していた。この二つの研究はオートジャイロの発展、更にはヘリコプタ開発の導火線ともなった研究で、Ciervaの天才的な能力の証ともなっているものである。

当時オートジャイロは飛行機と同じエルロン、エレベータ、ラダーで操縦していたので低速で舵の効きが悪かった。Ciervaはヘリコプタ操縦の基本であるロータのスラストを傾けることに気付き、胴体のパイロンにピボットまたはユニバーサルジョイントで取付けたロータハブを案出した。これが Direct Control 方式で、このアイデアは直ぐに各国に広がった。

Cierva、Pitcairn等の小型機から Kellet の2,500lbsクラス迄の機体で Direct Controlは巧く機能した。しかし問題は上下の動揺や振動が発生して乗り心地が非常に悪いことであった。この問題解決の為に各国で多くの Direct Control 機が試験され、その対策が回転翼の適切な曲げ剛性の選択にあることが分かる迄に3~4年掛かった。

Jump Take Off の言葉は今では余り聞かれなくなったが、ベル47レシプロ機の頃には、エンジン馬力が不足した夏山等でよく使った離陸方法であり、また我々はブレードの荷重計算には先ず一番に Jump Take Off 2.5g で計算したものである。

Ciervaはピッチ角変化のメカニズムとして $\alpha$ -ヒンジを利用したが、Pitcairnはブレードルートのピッチ軸に切削された多重ねじ、その内外に設けられたストッパー、油圧アクチュエータ、ブレードの遠心力とを組合わせたメカニズムを考えた。

1933年頃から第二次世界大戦末期迄の期間にヨーロッパとアメリカでヘリコプタの研究と試作が始まった。しかしPitcairnは、ロータに揚力と推進力が同時に要求されるヘリコプタは構造が複雑となり運航コストが高くなる。それに比べてオートジャイロはハブのベアリングへの給油、エンジンオイルの交換など僅かな日常点検で数百時間飛ぶことが出来て、しかも出来ないことはホバリングだけで、その他の飛行は全て出来る。オートジャイロは最も安全で理想的な航空機であるとの信念を持った彼はグループと共にオートジャイロの性能向上と改良に努めた。

胴体をクリーンにして高性能化を図ったPA-33/34シリーズは当時の速度記録時速150マイル

を達成した。研究の後期には Jim Ray の提案した Roadable なオートジャイロの開発、即ち3枚翼の折畳み収納、脚車輪のエンジン駆動とステアリングとを研究し、短距離離陸の為には Jump Take Off システムの開発に注力した。

これらの研究の集大成としてLarsenは英国海軍の対潜水艦用オートジャイロPA-39プロジェクトに専念した。製造されたPA-39は6機、内1機が運用試験の為に米国内に残され、5機が英国に送られたが漸く2機が英国に到着した。残りの3機と全部の補用品がドイツ潜水艦の餌食となって大西洋の藻屑となった。

英国海軍は評価の結果、継続調達は実施しないと結論した。

Pitcairnは、Jump Take Off と、これに急旋回性を付与した新鋭オートジャイロPA-36を軍の偵察観測機として、飛行距離2,000マイルにも及ぶ行程で各地の米軍基地を訪問し展示宣伝飛行を実施した。

開発が順調に進んでいない Platt-LePage XR-1や Sikorsky VS-300等のヘリコプタに替わってPA-36に軍の発注があるものとPitcairnは期待して待っていたがそれは遂に夢に終わった。

多ロータ形態に始まったIgor I.Sikorsky のヘリコプタXS300はH.Franklin Gregory (後、陸軍準将、パイロットでヘリコプタの発展開発に主要な役割を演じた) の『シングルロータヘリコプタ』が必要であるとの強い指導に従ってVS300はシングルロータに改造された。しかしそれはPitcairnががちりと固めていた二つの有名な特許No. 2,380,580とNo. 2,380,582の権利を侵害していた。

これらの特許は、シングルロータヘリコプタ操縦の基本である、ロータの回転面を傾けることと、Jump Take Off ならびに現在のサイクリック/コレクティブ・コントロールに関するもので、CiervaとPitcairnがそれぞれ別個に発明したが、何れにせよ米国における権利はPitcairnと彼の会社が保有していた。

参考までに本書によると第2次世界大戦が激しくなった1943年当時、Pitcairnの会社が保有していた特許164個の内、Pitcairn個人が持っていた回転翼機に関する特許数は19個もあったとのことである。

さてSikorskyのVS300が社内研究である間は問題とならなかったが、開発がVS316/XR-4と進み、いよいよ陸軍に納入する段階になると特許のロイヤルティの問題が発生した。

しかし Pitcairn は戦争遂行に協力し第2次世界戦争終了後の6か月後迄米国政府に納入するヘリコプタに対するロイヤルティを販売価格の5%から0.85%にまで減額することを米国政府に提案し両者合意した。

この減額による米国政府の経費節減総額は今から50年前の金で何と5百万ドルもの高額であった。

Pitcairnの工場を借りて侵攻用グライダーの製造をしていたG&A社が、戦争末期にPitcairnに依頼して彼の指導でプッシャータイプのオートジャイロOX-61を1機製作したがこれは軍にキャンセルされた。

次にG&A社はPitcairnにヘリコプタの設計を依頼した。Pitcairnと彼の技術者グループは短期間に一人乗りのヘリコプタXR-9 (陸軍呼称)を開発し相当の評価を得た後直ぐに二人乗りのXR-9Bへと改造した。

このヘリコプタXR-9Bは素晴らしい出来で、Gregory 大佐が見守る前で、ゆっくりと上昇し、ホ

バリング旋回、上昇下降、水平飛行とあたかもアイススケターが舞うような華麗な飛行を見せた。操縦槓は非常に軽く、どのヘリコプタも出来なかった手放し飛行を数分間実施してみせた程であった。

しかし陸軍のテストパイロットの不可解なサイクリック・スティックのプッシュオーバーによってXR-9Bは逆立ちし、ブレード、駆動系統、エンジン等完全に破壊してしまった。

XR-9BがR-4よりスムーズに飛行したことを見た関係者はPitcairnにXR-9Bの再建を勧めた。しかし彼は戦後の民間航空は狭い場所から離発着できる個人用オートジャイロの時代であるとの信念を変えなかった。

戦後の航空機熱を察知したG & A社の幹部は元のPitcairnグループのエンジニアを集めてXR-9Bの民間型GA-45ヘリコプタを作り宣伝飛行を実施した。

しかし競合機種も多く現れて結局GA-45は販売には至らなかった。

とうとうG & A社のオーナーは同社を閉めて航空機製造事業から撤退した。

最後に愈々Pitcairnと米国政府間の本当に長年月にわたる特許裁判について報告する。

1945年前後に米国のヘリコプタ開発もやっとテイクオフし、その後冷戦の進展にともなって米軍がヘリコプタの開発とその運用を推進した。

ヘリコプタ産業の規模はまだ小さなものであったが、先発のSikorskyに、新たにArthur Youngを主任設計者とするBell社、Piasecki、Kaman、Hiller社が参入してヘリコプタの機種、その販売額も段々と増加してきた。

これら製造販売されるヘリコプタの全てにPitcairnが留保していた特許権に対する侵害の可能性が浮かび上がってきた。

1946年3月にパテントのロイヤルティに関するPitcairnと米国政府との戦争中の合意事項は期限切れとなった。

Sikorskyは親会社United Aircraftの顧問弁理士を中に入れて、さっさとロイヤルティの改定でPitcairnと合意したが、他社は実質的にBell社を代表者として特許裁判で係争することとなった。

訴訟は1948年（昭和23年）にニューヨークの北区連邦地方裁判所で開始された。

しかし他方、政府のヘリコプタ調達官は政府調達品の特許侵害について、もし供給者がライセンスを得ていない場合には、政府が特許権所有者に対して補償するとの規定にしたがって処置すると指導した。

そこでPitcairnはBell社との訴訟を取り下げて米国政府と訴訟で争うこととした。最初の裁判は長い準備の後に1951年（昭和26年）に始まった。

米国政府と特許侵害について係争中の1960年（昭和35年）4月23日、Pitcairnの長兄Raymond 75才の誕生祝賀会がBryn Athynの集会所で盛大に行われた。

その夜、自宅の書斎で響いた2発の銃弾の内の一発でPitcairnは死亡した。

原因はピストルの暴発とも自殺とも書かれているが真相は明らかで無い。

1977年（昭和52年）7月23日米国最高裁判所は『26年間にわたる訴訟事件は遂に終わった。延滞保証金 \$600,000を加えた総額 \$32,048,738の小切手が米国政府より原告の弁護人に渡される。』と宣言した。また加えて『事実と法に照らしてEastern Airlinesの創設者であるHarold F. Pitcairnは、またアメリカの回転翼機産業の基礎をも築いたのである。正義は遂に勝った。』と付言した。

当時、円の対ドル為替レートは240円程度であったと記憶するので、この米国政府の補償金は邦貨に

して75億円もの巨大な値となる。ちなみにこれを経常利益75億円、その売上高利益率を5%としてみると、相当売上高は1,500億円、KV107ヘリコプタ1機、15億円とすると何と100機の売上げにも相当する莫大なものであった。

Larsenは『Pitcairnがヘリコプタの開発を止めて Jump Take Offと Roadable なオートジャイロの開発に方向転換したことは非常に不幸なことであった』と書いている。

私は『ホバリングがヘリコプタの生命である。彼が米軍のホバリングに対する強い要求を軽視したことは非常に残念なことであった』と思った。

土井顧問は『ヘリコプタはそう高速を狙う必要は無いのではないか』と結ばれた。

### ヘリコプタ用実験機への期待

航空宇宙技術研究所 齊藤 茂

日本が保有するヘリコプタの総機数は1000機を越えた。しかし人間の足となるような活躍はしていないようである。ヘリコプタの持つ特性を考えるとまだまだ普及してもおかしくはない。ヘリコプタを取り巻く環境面での整備もさることながら、技術的な面での基礎整備が必要である。今後の技術面での向上の中で計算機を仲介として制御が大きくクローズアップされるものと思われる。例えば振動制御、騒音制御、エンジンの燃焼制御などの多方面での使用が考えられる。このような研究の設備として、実験機は不可欠であろう。各国同様この種のヘリコプタを国立の研究機関の研究設備として導入することは、航空安全、環境問題の解決の一助となるものと思われる。

### 航空事故に思うこと

ソニートレディング・インターナショナル(株) 航空機部門、渉外部、統括部長 星野 亮

先月、羽田で、ジャンボが着陸してランプに向う途中、乗員が機内換気用補助エンジンのスイッチを入れたところ、しばらくして、煙が客室内に吹き出したというハプニングがあった。緊急脱出時、相当数の乗客が負傷したと報ぜられている事実からも、当時の機内は、一時的にパニック状態にあったことが伺える。

私事で恐縮であるが、私も20数年前、ヘリコプターで飛行中、火災に遭遇、何とか山中に不時着して、乗員3名とともに脱出した経験があるが、目的地上空における偵察旋回時、わが機体の航跡におかしげな一条の白煙を認めたときの驚きは、とても言葉には言い表せない。深い山中のこと、降りるに適地なく、機体後部の異常を確認するすべもなく、計器指示からは、エンジンは正常のようでもあり、早くどこかに降りて、せめて片スキッドだけでも接地して、乗員だけでも脱出させなければ、早く、何とか、もう少し何とか飛べないか、いや、もう一刻の猶余もない、あ、連絡だ、無線連絡だ、現在地と、パイロット・インテンションと、これだけは最小限、放送だけでもしなければ、計器はどうなっているのだ、計器指示は、読まなければならないが、トルクは、油圧は、油温は、ピッチは使えるのか、機体姿勢は、……。

この間、何分、いや、何秒経過したのだろう。

この悪夢のような体験は、その後わが人生を大きく変えてしまった。それまでの自他共に許す自信家で、どちらという理詰めで、レギュレーションが好きで、飛行点検をきちんと行なうという点では、ある程度

几帳面で、空の専門家としての段階を一步一步着実に登っているものと思い込んでいた私が、深い谷底の一番深いところに、いっぺんに叩き落とされてしまったからだ。誇り高き機長としてのプライドは、完膚なきまでに叩きのめされた。

学生時代、空が好きになり、グライダーから始めたわがパイロット人生は、本体験を契機に大きく変質を余儀なくされた。具体的には、空が好き、飛行機が好きだけでは、どうにもならないということだ。いかえれば、相当深く勉強したつमोरの専門知識を、もう一步進めなければならないということだ。私の場合、航空機の構造、機能の知識において、もう一步も二步も進めなければならなかった。スーパーチャージャーの不具合に原因があったということが、あとで解っても、行政処分や刑事処分をたっぷり受けた後では、遅かったのである。

羽田におけるジャンボの機長には、同じ航空従事者であったものとして、何とも同情したくなる。安全に着陸して、クルーも乗客も、あと数分後には機体から降りることを考えていたと思われた時、機内に煙りがうずと<sup>うず</sup>なって出て来たのでは、適切な対応を欠いたとしてもやむを得ない。コーション・ライトがついていた筈だといわれても、ふと数分でランプイン、機体停止、エンジン停止の手順が待っているだけの状況からして、他のコーション・ライトも一杯点灯している筈なので、おそらく見落としたものと思われる。

安全運転を確保するということが、いかに大変なことであるか。思えば、機長とは因果な商売である。だが、多くの空をめざす人達の中から、選ばれ、すぐられ、ついにはジャンボの機長にまでなったのであろうから、自信を失わず、更なるセーフティ・フライトを旨ざして再スタートしてほしい。これが私の機長に対する同情の言葉であるが、是非受け入れてほしいと思っている。

## 10. 会費納入方法及び費用

AHS個人年会費は、一般55\$、30才以下45\$、学生30\$ですが、この納入には次の様な方法があります。

### (1) 個人で納入する。

- ① 郵便局で外国送金為替（小切手）を購入し送付する。

この場合 為替購入手数料、送料（書留、速達料等も含む）が別途必要です。

- ② 銀行でも郵便局と同様に外国送金小切手を購入することができます。

購入手数料は郵便局より高い。

- ③ 現金（ドル）を現金書留で送付する。

- ④ VISA クレジット カードで払い込む。

同時に、AHS本部より送付されてくる用紙を、必要事項を記入の上、同封で本部に返送する必要があります。

### (2) ヘリコプタ技術協会 事務局に送付を依頼する。

この場合は手数料込みで、

一般 9,500 円、30才以下 8,000 円、学生 5,000 円

を下記銀行口座に振込むと共に、各個人にAHS本部より送付されてくる用紙に必要事項を記入し、ヘリコプタ技術協会（AHS日本支部、1992年6月より下記新事務局宛）へ送る。

尚その際用紙の上に振込み日をメモして下さい。

### 記

〒160 東京都新宿区新宿1-7-2

富士重工業株式会社内 AHS日本支部

TEL 03-3347-2516

FAX 03-3347-2588

取引銀行 第一勧業銀行

新宿西口支店 店番号 062

普通口座 番号 2034883

AHS日本支部 牧野 健

## 11. 編集後記

昨年6月の総会での役員改選を皮切りにスタートした1992年度の活動も漸く終り、会期2年目に入ろうとしています。

振り返って見ると、1992年は我が国初の純国産ヘリコプタの開発が始まった年であり、日本のヘリコプタ業界、防衛庁、技術者にとっては記念すべき年でありました。民間ヘリコプタの運用状況においてはアメリカ、カナダに次いで世界第3位の保有国ではありますが、ヘリコプタの開発ではこれからが成長期でありましょう。

海外に目を転じれば、ヘリコプタの製造・販売機数は低迷しているものの、マクドネル社のテール・ロータ無の新ビジネス・ヘリコプタ「エクスフローラ」やカマン社の貨物スリング専用「K-MAX」の飛行等、技術ばかりでなく、用途/機種の点でも関心を引く出来事がありました。

このような中であって、当会では夏期定例研究会、カールソン博士講演会、冬期定例研究会等を行ってきました。ヘリコプタ/垂直離着陸機に係わる内外の研究者、メーカーやユーザー等の人々が、情報・意見・要望・問題等を共有し発展していくことに役に立てばと願っております。

1992年度の活動を終了するにあたり、多大の協力を頂いた皆様に心より感謝いたします。

1993年5月

ヘリコプタ技術協会事務局（幹事）  
富士重工業株式会社 北林 修三

ヘリコプタ技術協会（AHS日本支部）事務局

郵便番号 320

住 所 宇都宮市陽南1丁目1番11号

富士重工業株式会社

宇都宮製作所 第1技術部内

TEL 0286-59-5771

FAX 0286-59-5723