日本ヘリコプタ協会
2008年度会報

Journal of the Japan Chapter of AHS International

第18号、平成20年6月
Vol.18, June 2008

日本ヘリコプタ協会
the Japan Chapter of AHS International

ＡＨＳ日本支部認定書

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 Martin Jr.
president

目　次

巻頭言　世の中はゆっくりと動く

日本ヘリコプタ協会
会長　河内　啓二

昔、私が博士課程の学生だった時、ヘリコプタロータの空気力の新しい解析法を論文で提案した。恩師の東昭先生は「２～３年でこの理論は世界に知れ渡る」と予言された。多分に私に対する激励の意を込めて下さったのではないかと今にして思うが、世の中はこれほど早くは動かなかった。その後、数年経ってから渡米し、NASA で２年をかけてあれこれ計算をしてみせて、ようやく米国のヘリコプタ屋の一部が知るところとなった。この評判が日本のヘリコプタ屋に伝わるには、さらに７～８年の歳月がかかった。この間、東先生は研究室の後輩を総動員して、この理論を使って次々に面白い計算結果を発表し続けていたにもかかわらず・・・。

同様にヘリコプタ屋にとって、当たり前の常識的な事項でも、外の世界ではそうではない。何かを正しく伝えるためには、自分達が考えた年月より一桁多い時間が必要になるのだろう。私達は、ヘリコプタの高速道路への緊急着陸、ヘリコプタによる市街地の空中消火、患者の緊急輸送などで、何回か主張と諦めを繰り返してきた。しかし主張が正しければ繰り返すごとにゆっくりと世の中が変わってくる。徐々に理解者が増え、多分、私が元気なうちに、これらの問題には片がつくだろう。私達が気をつけなくてはならないのは、このゆっくりした時間の流れに、イライラしたり腹を立てたりすることだろう。腹を立てれば相手はそれだけ心を閉ざすだろう。

私は仕事柄、霞ヶ関の官僚さん達と同席することが多い。世に広く批判されているよりもずっと真面目な人達である。少なくても批判する側のマスコミの人達より、信頼できる人が多いような気がする。しかし、慎重な人達なので物事はゆっくりと変化していく。何かを変えようと思ったら、時にこの人達には、繰り返し、気長に主張し続けることが大事だと思う。

今、私が少しも前に進まず、むしろ後退しているように感じているのは、ヒューマンファクタと呼ばれる航空安全の分野である。この分野では、皆様よくご存知のように人間はミスを犯すものであるという合意が得られていて、これを出発点としていろいろな対策が立てられる。日本でも航空工学者は、この出発点にほとんど異論がない。一方、厳罰主義というこれとは正反対の考え方がある。ミスを犯した人は厳罰をもって罰するべきであり、それにより次のミスを防ぐことができるという考え方である。近年、この考え方が強くな

り、事態は難しくなりつつある。被害者の主張は、公権力を使った仇討ちに見えることもあるほど激しいし、マスコミもこれを援護する。近い将来、この安全分野に関して世の中が変わることはほとんど無いように思われる。従って、私の思いつく対策としてはただ1つ、次の世代へバトンタッチして長い時間をかけて世に働きかけて行くことしかない。

ヘリコプタにとって重要な事柄でも、ヒューマンファクタに限らず私が元気なうちには片がつきそうに無いものも多い。できるだけ優秀な次の世代をヘリコプタ界で育てていくことが大事であると時に近年思っている。

思いがけなく、この協会の会長をお引き受けすることになり、ゆっくりとしか動けない現在の執行部にイライラした方も多かったと思います。しかし、大学の研究室単位では、このような運営が精一杯でした。このような体制を許容して頂ければ、今後、本協会の運営がもう少し広い範囲からいろいろな方の参加を得られると思います。２年間おつきあい頂き、有難うございました。

日本ヘリコプタ技術協会

2007 年度活動報告

1．総会・講演会

- 日時：2007年7月17日（火）
- 場所：東京大学先端科学技術研究センター4号館
- 総会：2006年度活動報告および収支報告の件他の議案を決議。
- 講演会：
  1. ヘリコプター安全運航への取り組み
     望月　清光　氏　（朝日航洋（株））
  2. ドクターヘリの高速道路本線への着陸について
     古澤　正人　氏・長尾　牧　氏（全航連ヘリ部会ドクターヘリ分科会）
  3. ヘリコプタの試験技術向上の重要性（MRB/MRH の強度試験の経験から）
     三宅　司朗　氏（エアロスペースエンジニアリング/日本ムーグ株式会社）
- 見学会：先端研1号館風洞
- 出席者：約50名

2．理事会・幹事会

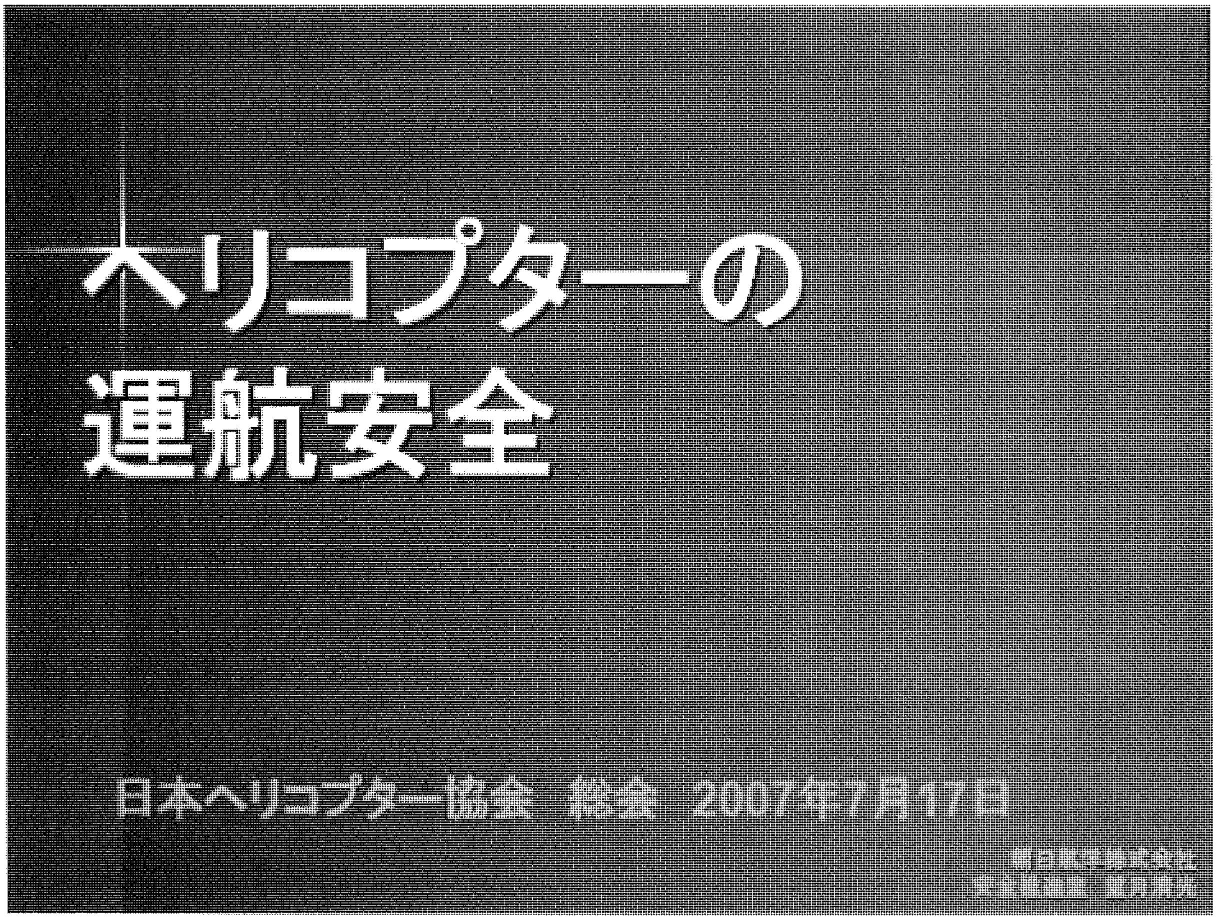
- 理事会・幹事会を、平成19年7月17日（火）に開催された総会・講演会の前（午前中）に実施。2007年度活動計画および予算案等について討議した。
- 臨時理事会・幹事会を、第32回定例研究会の平成19年11月20日（火）午前中に防衛大学校本部庁舎地階第二食堂において実施。次期ヘリジャパンおよび IHST の開催について討論した。
- 平成20年4月9日（水）に、IHST の対応および次期ヘリジャパンの開催について協議するため、臨時理事会・幹事会を東京大学山上会館で開催した。

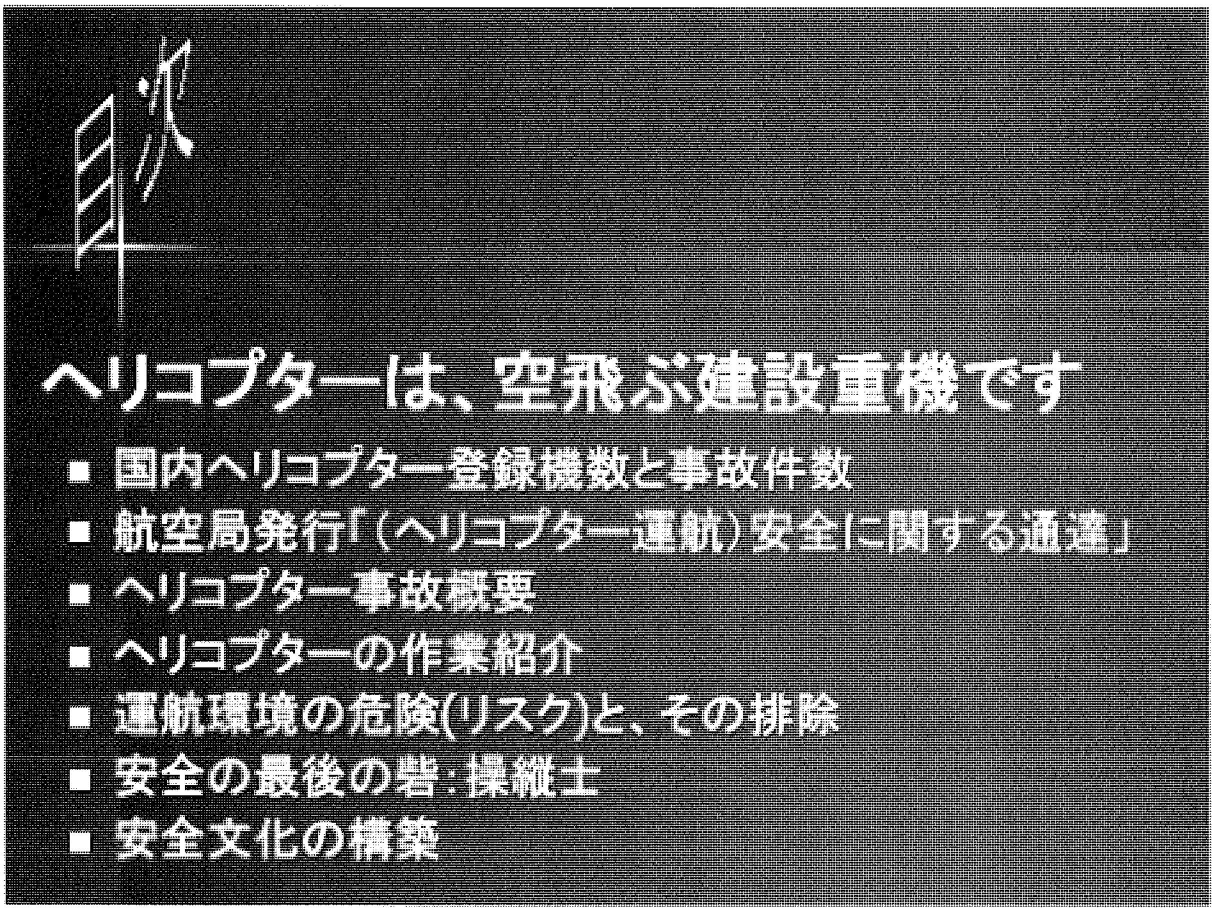
３．定例研究会

第32回定例研究会

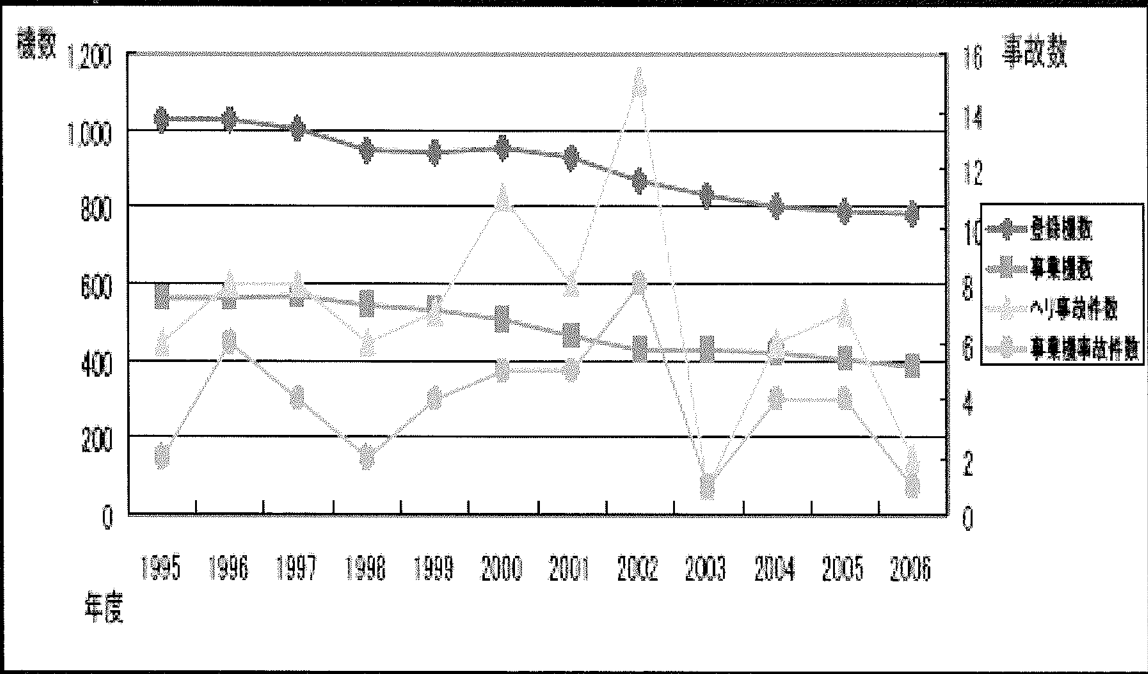
- 日時：2007年11月20日（火）
- 場所：防衛大学校　図書情報館ＡＶホール
- 講演会：
  1. ヘリコプタに対する FBW 制御則設計
     小島　徹　氏　　　（三菱重工業(株)）
  2. 前進飛行におけるブレード翼型空気力の非定常数値解析と最適設計手法について
     越智　章生　氏　　（川崎重工業(株)）
  3. IHST の活動とモントリオール会議の概要について
     町田　茂　氏　　　（宇宙航空研究開発機構）
- 見学会：資料館および UH-60JA（防衛大学校花立野球場にて）
- 出席者：約50名

以上


ヘリコプターの
運航安全
日本ヘリコプター協会 総会 2007年7月17日


目次
ヘリコプターは、空飛ぶ建設重機です
■ 国内ヘリコプター登録機数と事故件数
■ 航空局発行「(ヘリコプター運航)安全に関する通達」
■ ヘリコプター事故概要
■ ヘリコプターの作業紹介
■ 運航環境の危険(リスク)と、その排除
■ 安全の最後の砦:操縦士
■ 安全文化の構築

ヘリコプター機数と事故件数の関係



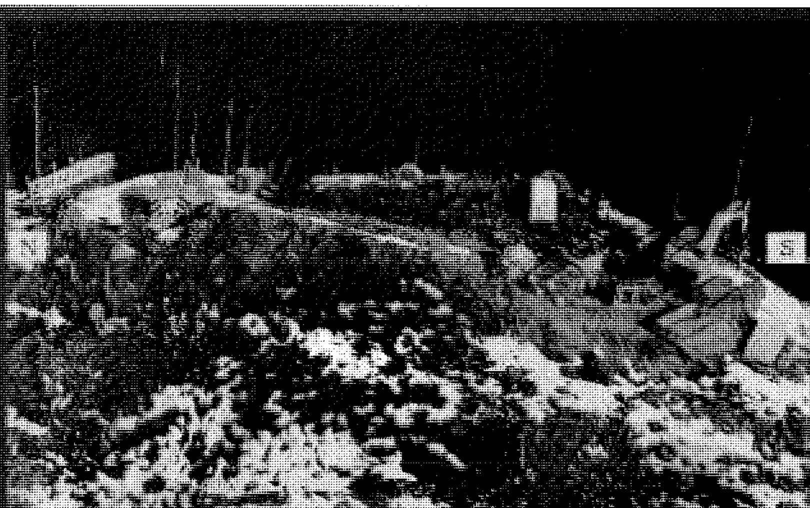
(ヘリコプター運航)安全に関する通達

発行年月日	文書番号	タイトル	起因事故	指導内容
1997/8/14	空航第631号	ヘリコプターによる物資吊り下げ輸送における安全確保について	1996/12/6 JA9439 富士ベル式204B-2型	荷おろし点へのヘリコプターの接近と地上合図者の退避についての手順を定める
2002/11/29	国空航第932号	回転翼航空機による物資輸送の安全確保について	2000/9/16 JA6705 2002/2/27 JA6166	1. 運航規程の遵守等について 2. 物件吊具の品質管理等について
2002/11/29	国空航第933号	回転翼航空機による人員輸送の安全確保について	2002/1/6 JA9826 アエロスパシアル式 SA315型	人員の吊り上げ・吊り下げはホイストにより行う
2002/11/29	国空航第934号	農薬散布飛行における事故防止について	2002/7/30 JA9723 ヒューズ式369E型	農薬散布飛行の低空飛行における送電線等の障害物との接触事故を防止するための基本的安全対策の周知徹底
2004/4/23	国空航第69号 国空航第70号	航空機の安全運航の確保について	2004/3/7 JA9910 アエロスパシアルAS355F1型	1. 運航の管理体制の改善 2. 社内監査制度の改善 3. 機長の訓練、審査の改善 4. 整備に係わる管理体制の改善
2006/1/27	国空航第808号	回転翼航空機の運航の安全確保について	2004/12/24 JA44RH ロビンソン式R44型	有視界気象状態での飛行の継続及び安全な飛行の継続が困難になると予想される場合には予防着陸実施
2006/7/28	国空航第350号	回転翼による物資輸送の安全確保について	2005/10/18 JA6119 アエロスパシアル式 SA315Bアルウェット III 形	1. 地上における適確な作業、確認の実施 2. 緊急時の対処要領の制定
2007/6/4	国空航第203号	ヘリコプターの運航の安全確保について	2007/4/9 JA9203 富士ベル式204B-2型	航空法令・規程等の遵守と安全対策の確実な実施

ヘリコプター事故概要

- 1996年12月 6日 JA9439
- 2000年 9月16日 JA6706
- 2002年 2月27日 JA6166
- 2002年 1月 6日 JA9826
- 2002年 7月30日 JA9723
- 2004年 3月 7日 JA9910
- 2004年12月24日 JA44RH
- 2005年10月18日 JA6119
- 2007年 4月 9日 JA9203

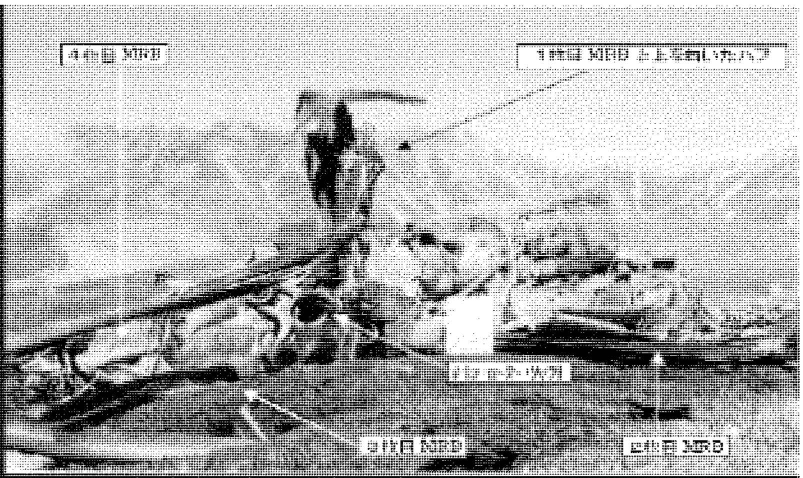
1996年12月6日



【概要】富士ベル式204B-2型JA9439が、資材輸送のため建設資材を入れたモッコを荷おろし作業中、地上で同機を誘導していた地上合図者が、同機が吊り下げていたモッコと、既に地上に置かれていた建設資材との間に挟まれ重傷を負った。同機に損傷はなかった。

【原因】本事故は、機長、搭乗確認者及び地上合図者の荷おろしの際の安全確認が適切でなかったため、地上合図者が吊り下げられていたモッコと地上の資材との間に挟まれたことによるものと推定される。

2000年9月16日



【概要】アエロスパシアル式SA330J型JA6706は、物資輸送のため、標高約2,345mにある富山県の場外離着陸場に最終進入中、不意に高度を失って墜落した。
同機には機長ほか計3名が搭乗していたが、機長を含む2名が死亡し、1名が重傷を負った。

【原因】激しい乱気流の中で物輸を行っていた際に、荷つり場へ最終進入中、ホバリング体勢へ移行しようとしたところ、急激な気流の変動を受けたため、不意に急激な沈下に陥り激しく接地した。

2002年2月27日

【概要】アエロスパシアル式SA315BアルウェットⅢ型JA6166は、物資輸送のため荷卸場へ向けて飛行中、吊下げていたコンテナ・バッグの底部が開き、中身が落下した。空になった袋がテールローターに接触したため機能を喪失し、オートローテーションによる不時着を試みた際、メインローターで樹木を切断して落下し、機体が中破した。機内には機長のみが搭乗していたが、死傷はなかった。

【原因】

コンテナ・バッグの底部が開いたことは、荷造り時及び物輸前の荷造り状態の点検が不十分であったことが関与したものと推定される。

2002年1月6日

【概要】アエロスパシアル式SA315B アルウェットⅢ型JA9826は、遭難者救助のため長野県北アルプス鹿島槍ヶ岳から遭難者4人及び救助隊員1名を救助用ネットで吊り上げ直後、ネットに同乗していた救助隊員1名が転落し、死亡した。

【原因】救助活動中、遭難者を収容下ネットに救助隊員が乗り込んでネットを浮揚させた時、ネットが圧雪部の段差に当たり、中にいた人員が大きな衝撃を受けたため、救助隊員が逆さ宙づりとなり、ネットから雪面に落下し死亡した。

2002年7月30日

【概要】JA9723は、薬剤散布飛行のため機長1名が搭乗して水田上空を飛行中、電柱を支えるワイヤーに機体を接触させ、墜落し、機長が重傷を負った。

【原因】薬剤散布飛行中、電柱を支えるワイヤーにT/Rブレード及びスタビライザーを接触させ、同部分が破断分離したため、機体のヨー・コントロールを喪失して墜落し、機体を損傷して機長が重傷を負ったことによるものと推定される。

なお、機体がワイヤーに接触したのは、機長が事前に事故現場付近の障害物等の確認を地上からも上空からも実施しなかったため、ワイヤーの存在を認識していなかったことによるものと推定される。

2004年3月7日

【概要】アエロスパシアル式AS355F1型JA9910は、報道取材のため飛行中、送電線に接触して墜落した。機内には、機長を含め計4人が搭乗していたが、全員が死亡した。

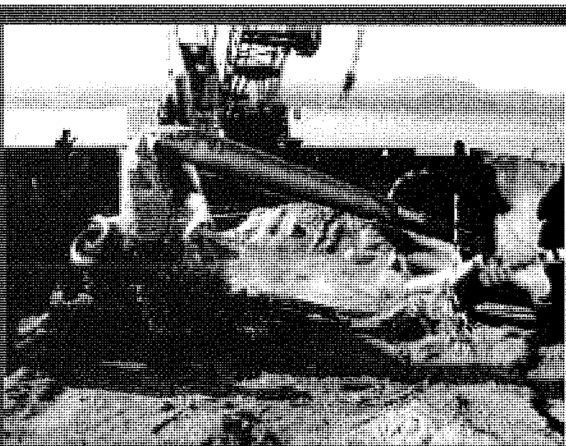
【原因】報道取材に向かい飛行中、送電線の存在に気づかなかったため、送電線に接触し、機体を損傷して操縦不能となり、河川敷に墜落して機体が大破するとともに、搭乗者が死亡したことによるものと推定される。

機長が送電線の存在に気づかなかったのは、以下に挙げる要因が関与したものと推定される。

1. 送電線に航空障害標識が設置されていなかったため、鉄塔及び送電線が背景に溶け込み、発見が難しかった
2. 取材現場付近の送電線の場所を確実に把握していなかった
3. 取材現場付近において高度を下げた際、機外の見張りが十分でなかった

2004年12月24日

【概要】ロビンソンR44型JA44RHは、フェリーのため佐賀空港に向けて飛行中、有明海海上に墜落した。操縦士を含む3名が搭乗していたが、全員死亡した。



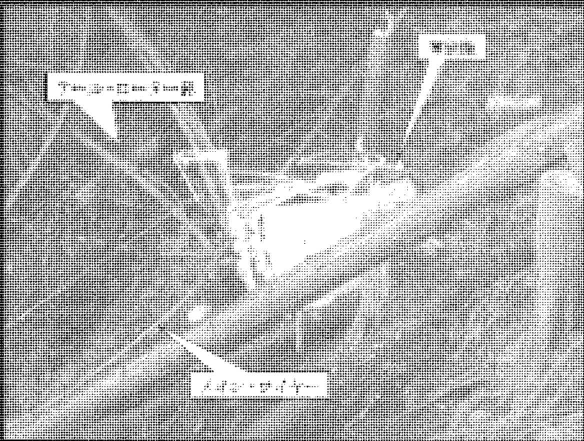
【原因】機長が空間識失調に陥ったことが考えられ、機体の制御能力を喪失して大きな速度と降下率で海面に墜落したため、機体が大破するとともに搭乗者全員が死亡したことによると考えられる。

機長が空間識失調に陥ったと考えられることについては、夜間で降雨のある中、飛行視程が低下し、航空機の姿勢保持の基準となる地上目標を見失ったこと、及びロビンソン式R44型機固有の特性である敏感な操縦特性に起因する機体の動きが関与した可能性が考えられる。

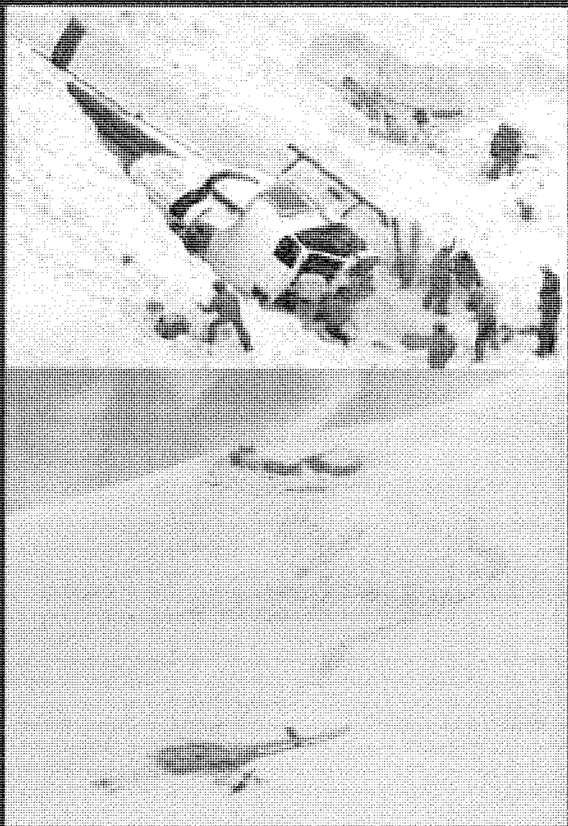
2005年10月18日

【概要】木材吊り下げ作業中、付近の斜面に不時着した。機長は左肋骨骨折、肺挫傷等の重傷、同乗者は顎骨折等の重傷。

【原因】株から完全に切り離されていなかった木材の搬出作業中に、同乗操縦士が株から木材を切り離そうと何度も吊り上げを試みた間に飛行姿勢が変動して前傾姿勢に陥り、木材につながったワイヤーに拘束された状態でコレクティブを増加させたため、そのまま地面に衝突したことにより、同機が大破し、操縦士が負傷したことによるものと推定される。



2007年4月9日



【概要】富士ベル式204B-2型JA9203は、北アルプスの水晶小屋場外離着陸場を離陸した直後に墜落した模様。
機長及び乗客1名の計2名死亡、乗員2名骨折、乗員1名及び乗客5名の計6名が軽傷。

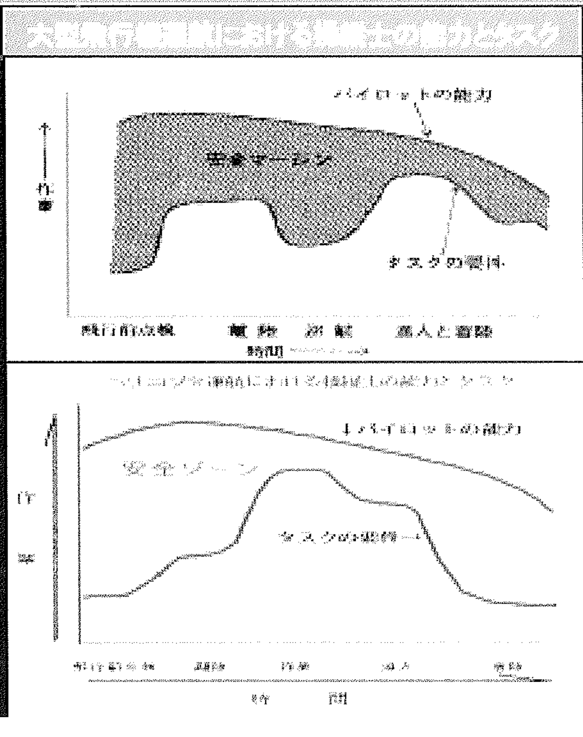
【原因】調査中

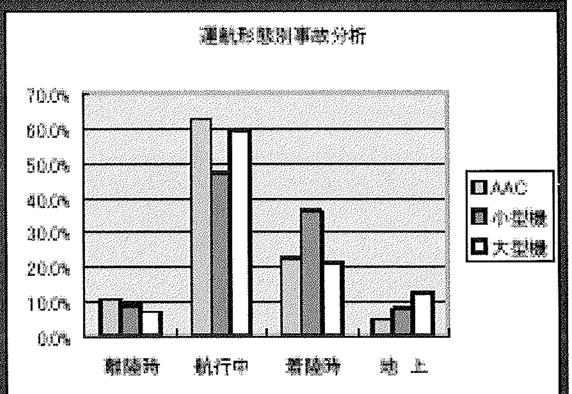
事故の背景（共通要因）

- 飛行中（作業中）
- 障害物の多い"低空"
- 安全マージンの少ない"低空"・"低速"

そこが、ヘリコプターの仕事場

操縦士のタスクと安全マージン
（飛行機とヘリコプターの比較）



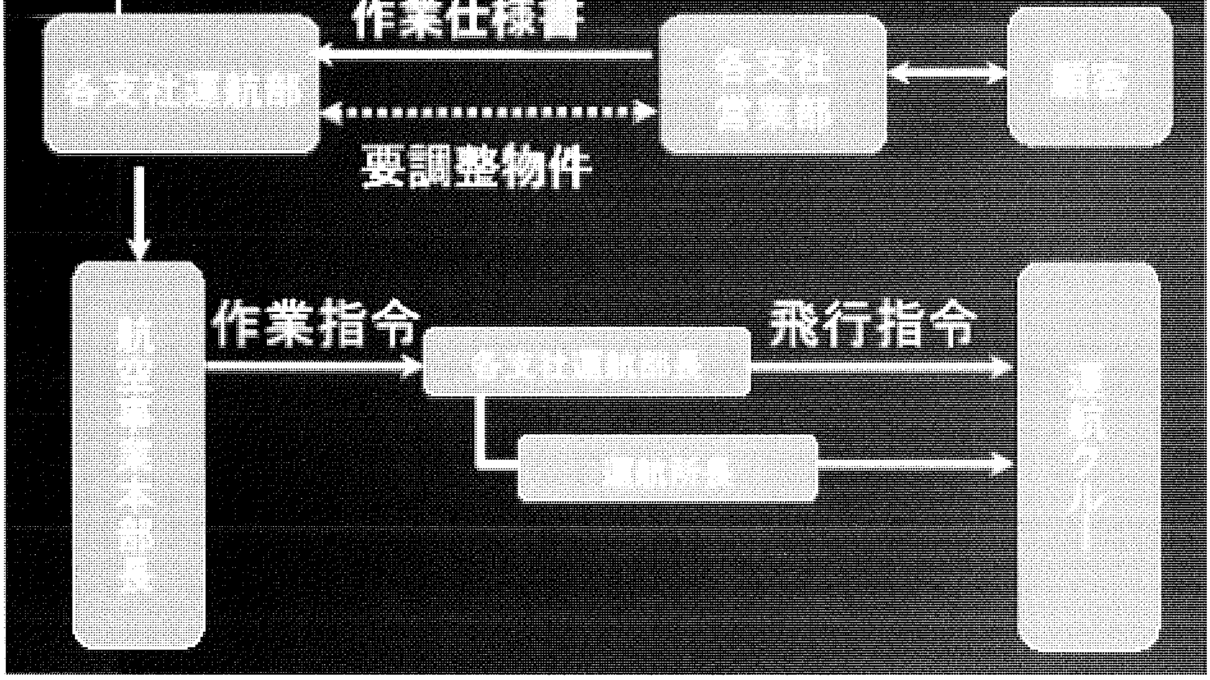


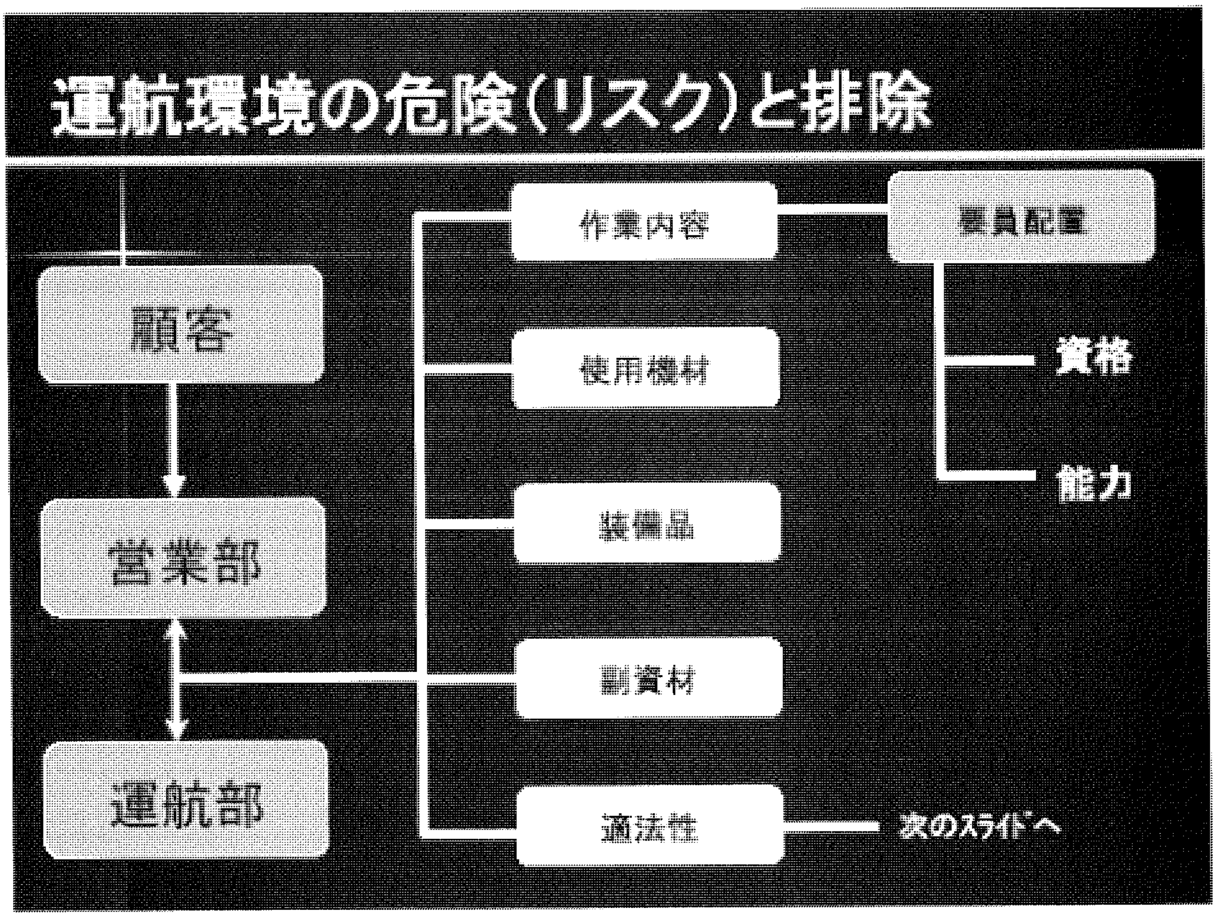
ヘリコプターの作業紹介

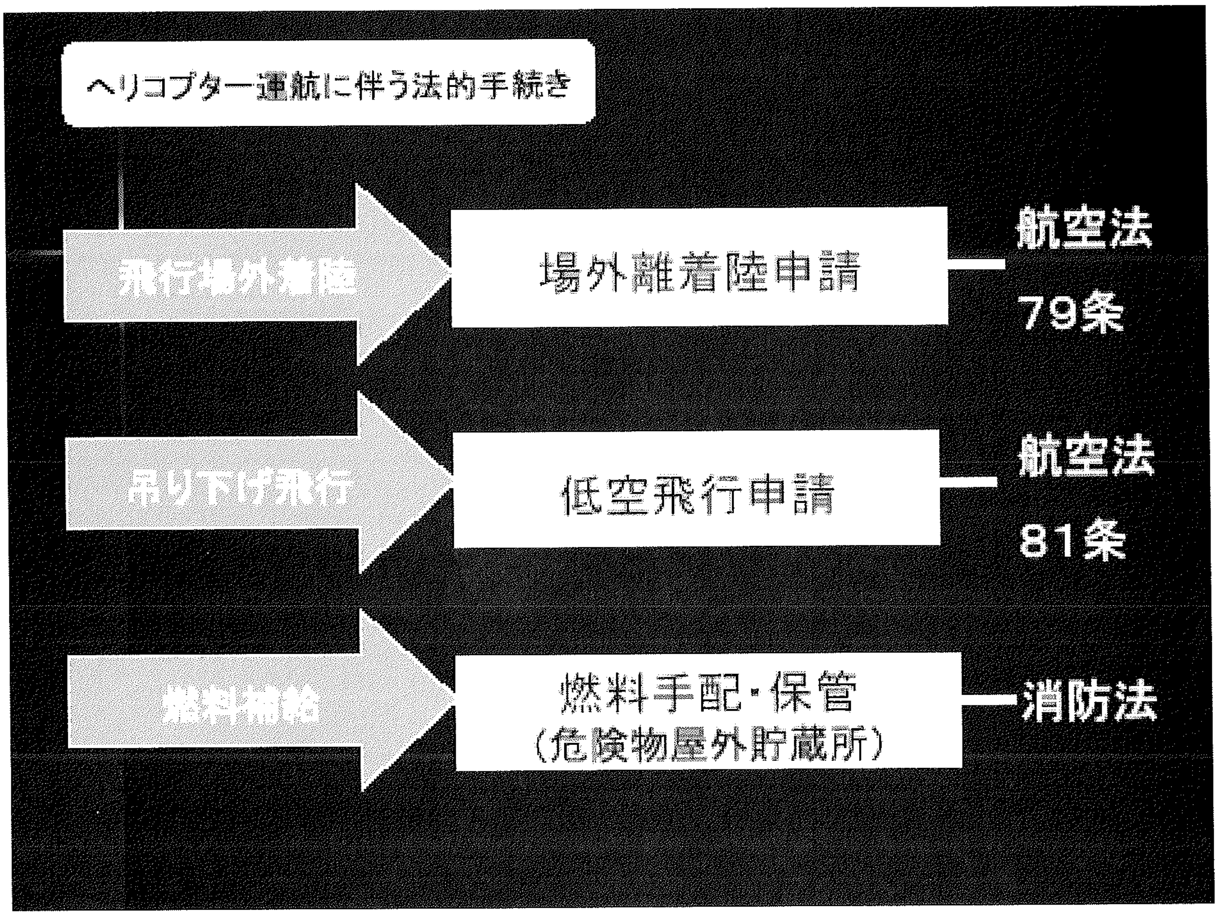
- 薬剤散布
- 物資輸送
  1. 山間部物資輸送
  2. 送電線鉄塔撤去・台座整地
  3. ヘリコプター転石搬出作業
- JA9690事故現場及び送電線障害標識
- JA9826事故現場

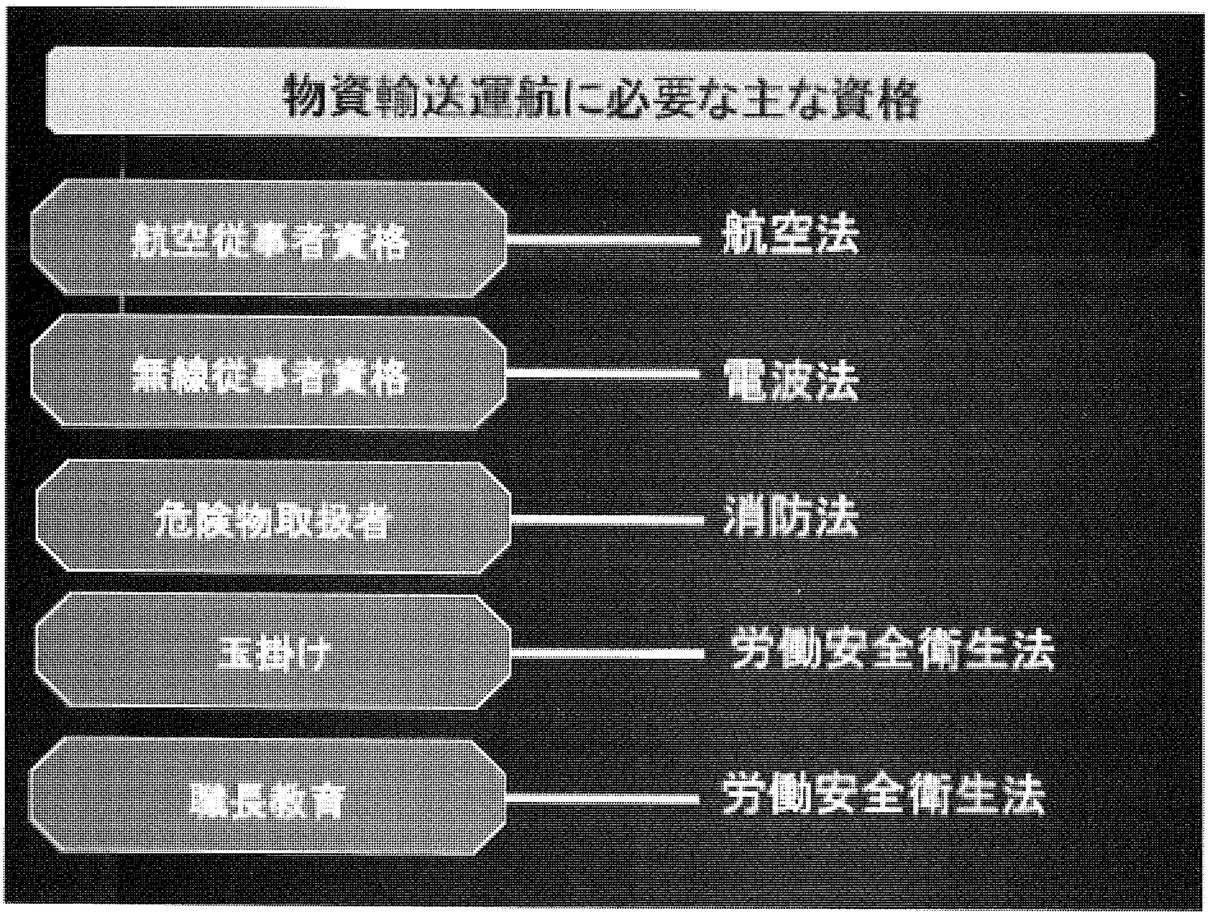
運航環境の危険（リスク）と、その排除

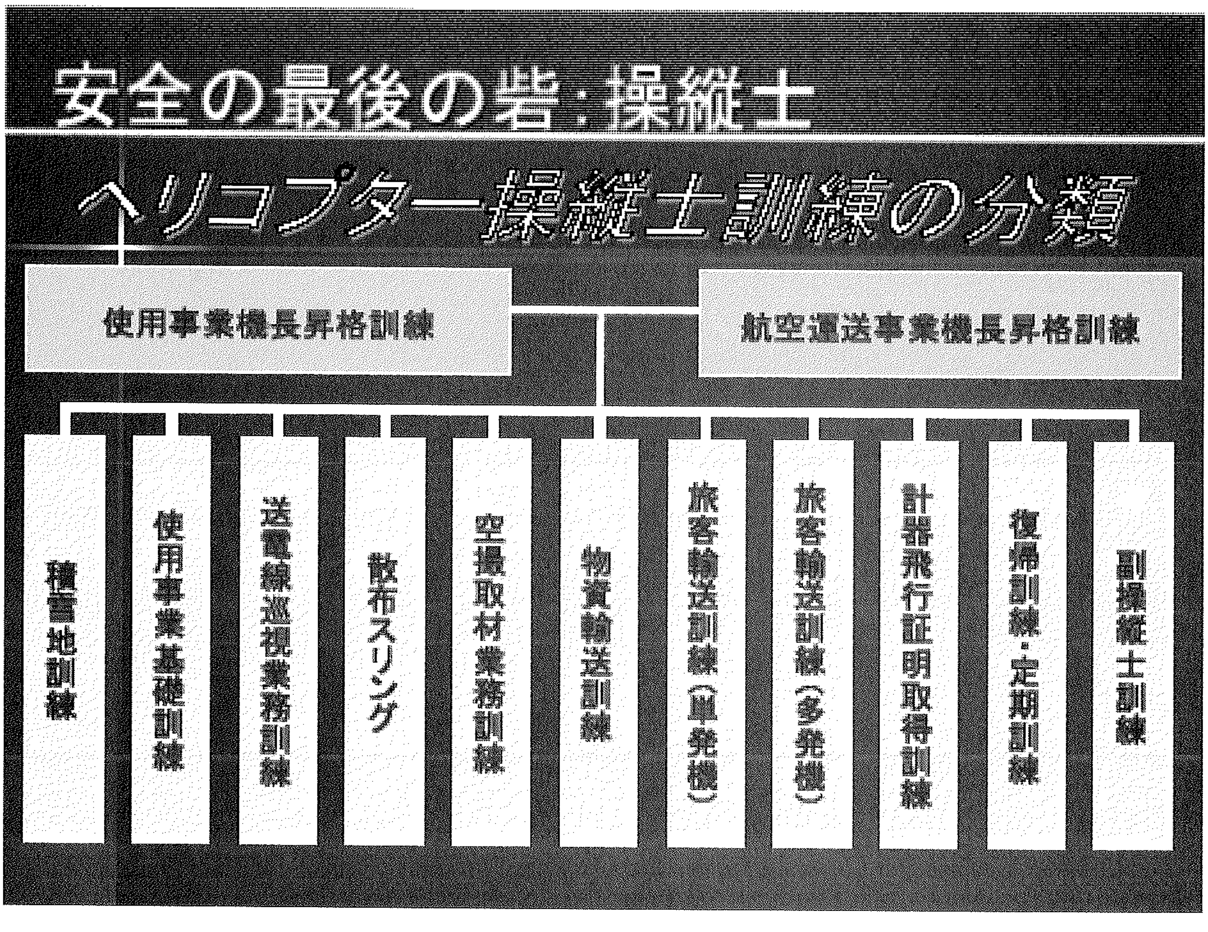
（受注から飛行指令発行までの流れ）

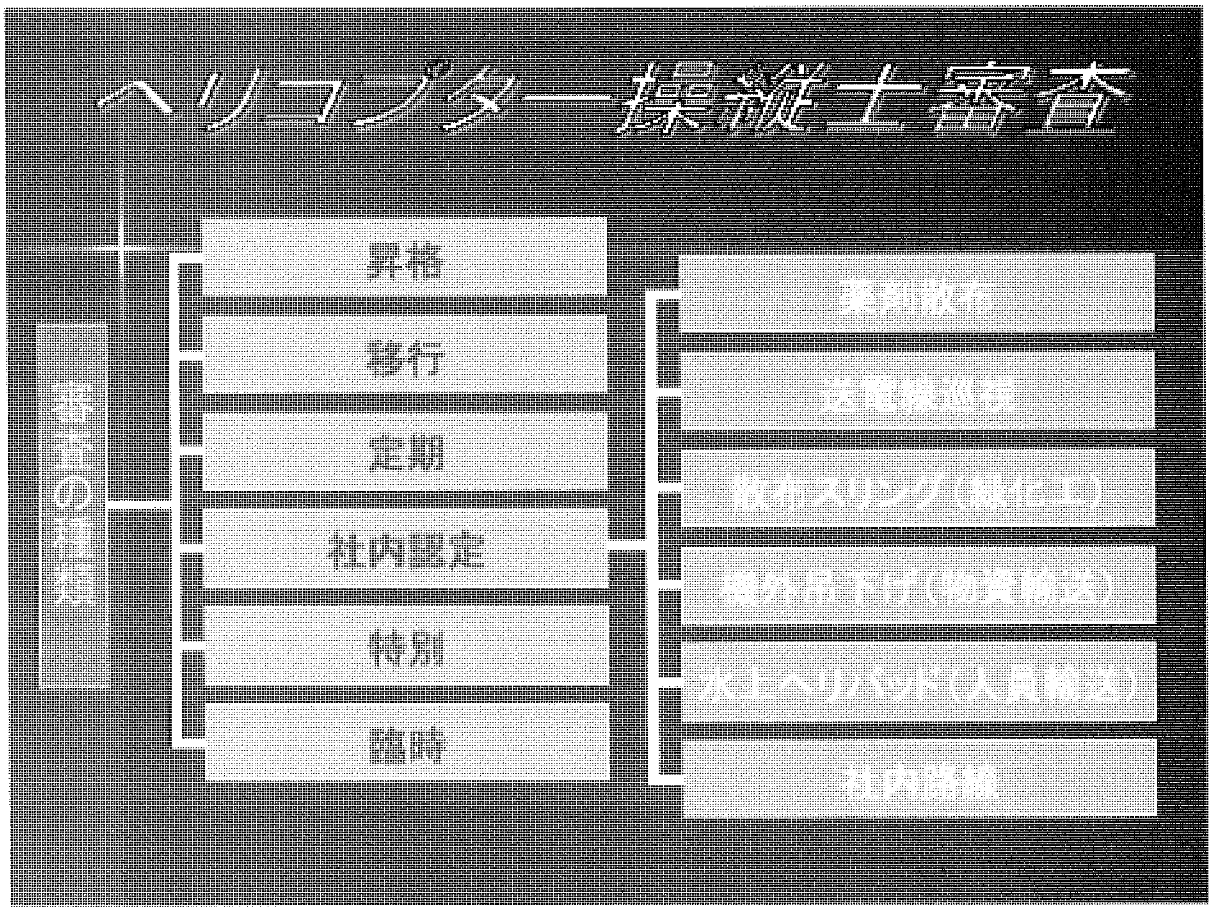


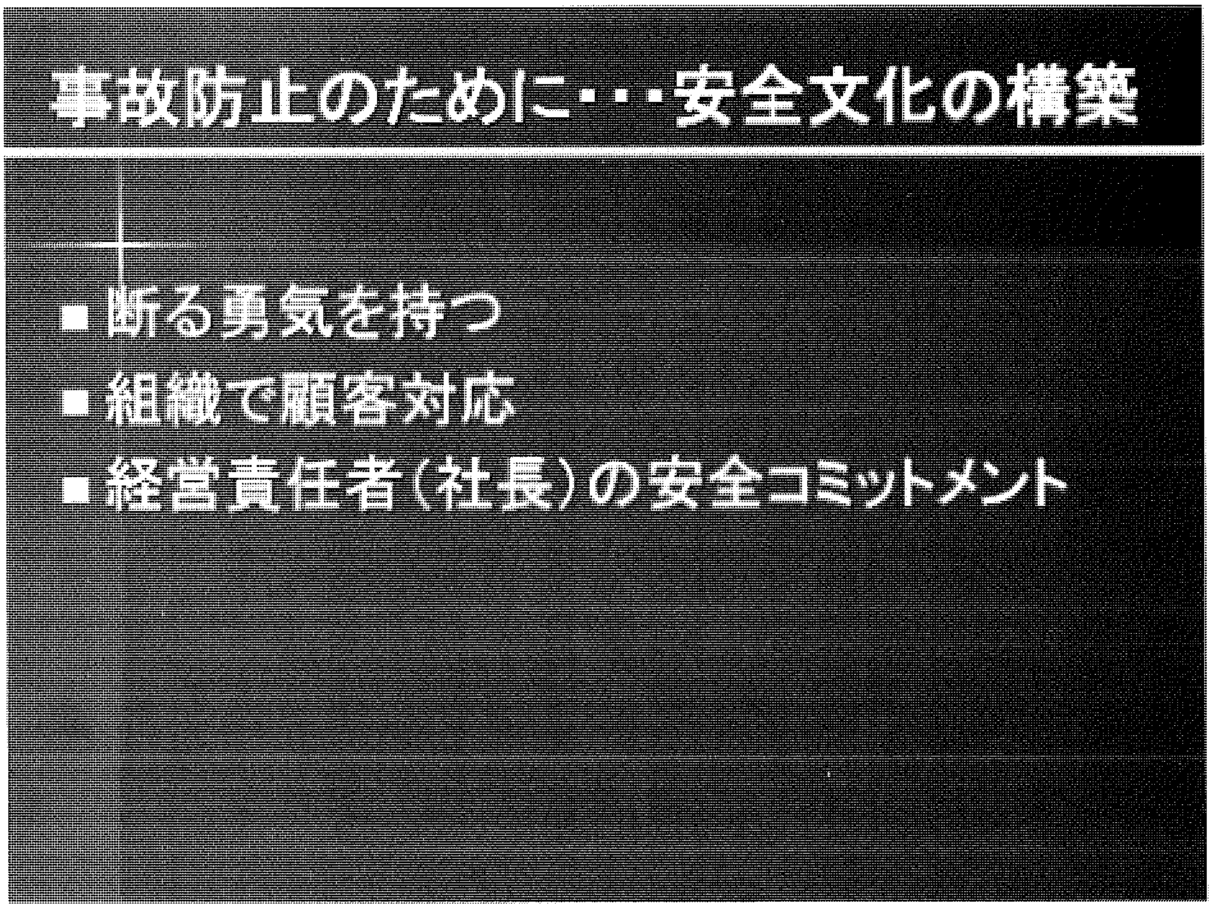

運航環境の危険(リスク)と排除
顧客
営業部
運航部
作業内容
使用機材
装備品
副資材
適法性
要員配置
資格
能力
次のスライドへ


ヘリコプター運航に伴う法的手続き
飛行場外着陸
場外離着陸申請
航空法
79条
吊り下げ飛行
低空飛行申請
航空法
81条
燃料補給
燃料手配・保管
(危険物屋外貯蔵所)
消防法


物資輸送運航に必要な主な資格
航空従事者資格
航空法
無線従事者資格
電波法
危険物取扱者
消防法
玉掛け
労働安全衛生法
職長教育
労働安全衛生法


安全の最後の砦：操縦士
ヘリコプター操縦士訓練の分類
使用事業機長昇格訓練
航空運送事業機長昇格訓練
積雪地訓練
使用事業基礎訓練
送電線巡視業務訓練
散布スリング
空撮取材業務訓練
物資輸送訓練
旅客輸送訓練（単発機）
旅客輸送訓練（多発機）
計器飛行証明取得訓練
復帰訓練・定期訓練
副操縦士訓練


ヘリコプター操縦士審査
審査の種類
昇格
移行
定期
社内認定
特別
臨時
薬剤散布
送電線巡視
散布スリング(緑化工)
機外吊下げ(物資輸送)
水上ヘリパッド(人員輸送)
社内路線


事故防止のために・・・安全文化の構築
■ 断る勇気を持つ
■ 組織で顧客対応
■ 経営責任者(社長)の安全コミットメント

安全文化を獲得するための4つの要素

「報告する文化」犯人探しでなく、失敗の原因と背景要因を究明するために、エラーを隠さず報告し、事故の芽を事前に摘み取る努力を行う文化

「正義の文化」叱るべきは叱る。罰するべきは罰するという規律で安全規則違反や不安全行動を放置しない文化

「柔軟な文化」中央集権的な指揮命令系統を、必要に応じて分権的組織に再編成できる柔軟性を持つ文化
緊急時、現場に裁量権を与え、難局を切り抜ける
（場合によっては、指示待ちでなく、独自の判断）

「学習する文化」過去のエラーやミスのデーター、または他社の事故や安全情報から学び、改革を実行する文化
（ASAのDBは宝の山）

安全確保に向けて（朝日航洋の安全報告制度）

① 小異常の顕在化（迅速な情報の共有）

➡ 「発生情報」

② 要因分析と再発防止策立案（横展開）

➡ 「インシデント情報」

③ 過去の貴重な体験（教訓）

➡ 「ひやり・・・ほっ、と」投稿

（注:これらの情報は全て社外秘です）

「発生情報」とは？

・再発防止を目的とした、ハインリッヒの法則に基づく報告・情報収集システムです。

・情報入力・共有に社内LAN/コンピューターを使用しています。（紙による報告は1981年～

2000年～コンピューターDB運用開始）

・社員は誰でも入力・閲覧が可能です。

・入力者名は秘匿されます。

（注:「発生情報」は社外秘です）

航空安全教育

・ 航空安全管理者教育Ⅰ＆Ⅱ・・・安全の専門職養成

・ KY（危険予知）訓練・・・・・・・危険因子感受性強化

・ CRM(Crew Resource Management)訓練

・・・異職種同時参加が訓練効果：大

・ 経営陣向けCRM訓練・・・・Company Resource Management

・ 事故レビュー「 事故に学ぶ 」

第1弾 （ '89-'90連続事故 ）

第2弾 （ '97 & '98死亡事故 ）

第3弾 （ JA6757 ハードランディング事故 ）

安全とは・・

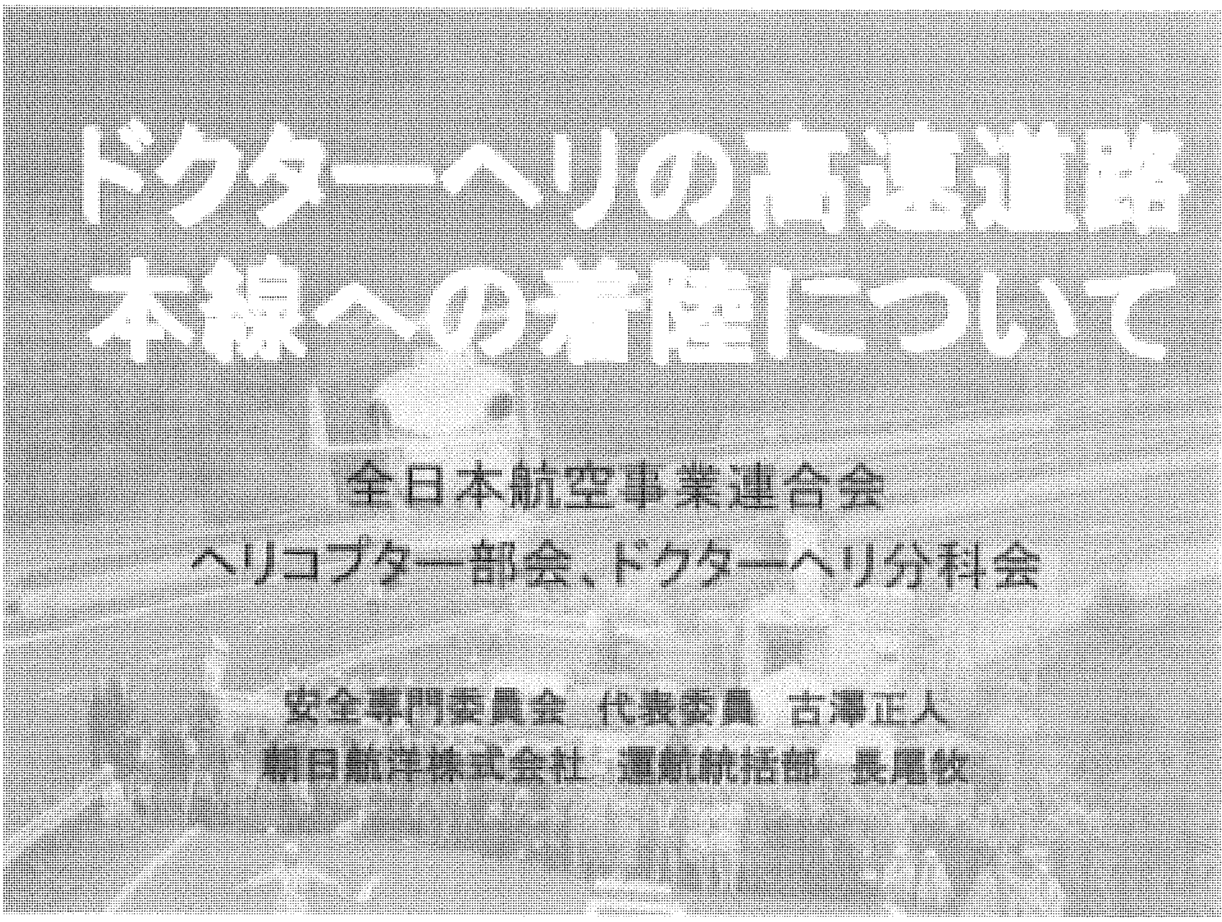
「実はこの世には、そもそも安全というものは存在しない。この世にあるのは危険、あるいは危険因子だけである。

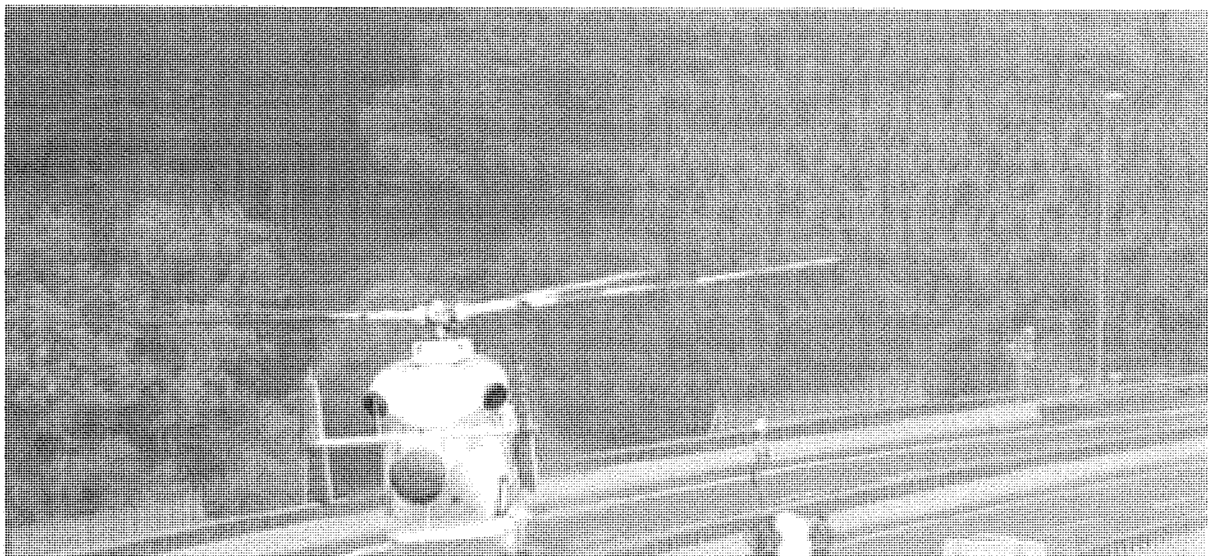
安全とは、その危険を的確に予想し、それが顕在化しないように常に注意を払い、その芽を一つ一つ丹念に摘み続ける努力をした結果、何事も起こらなかったということがすなわち『安全』ということなのだ」

（日本ヒューマン・ファクター研究所長　黒田勲氏）

ありがとうございました。

2007年7月17日
朝日航洋株式会社
安全推進室


ドクターヘリの高速道路本線への着陸について
全日本航空事業連合会
ヘリコプター部会、ドクターヘリ分科会
安全専門委員会 代表委員 古澤正人
朝日航洋株式会社 運航統括部 長尾牧

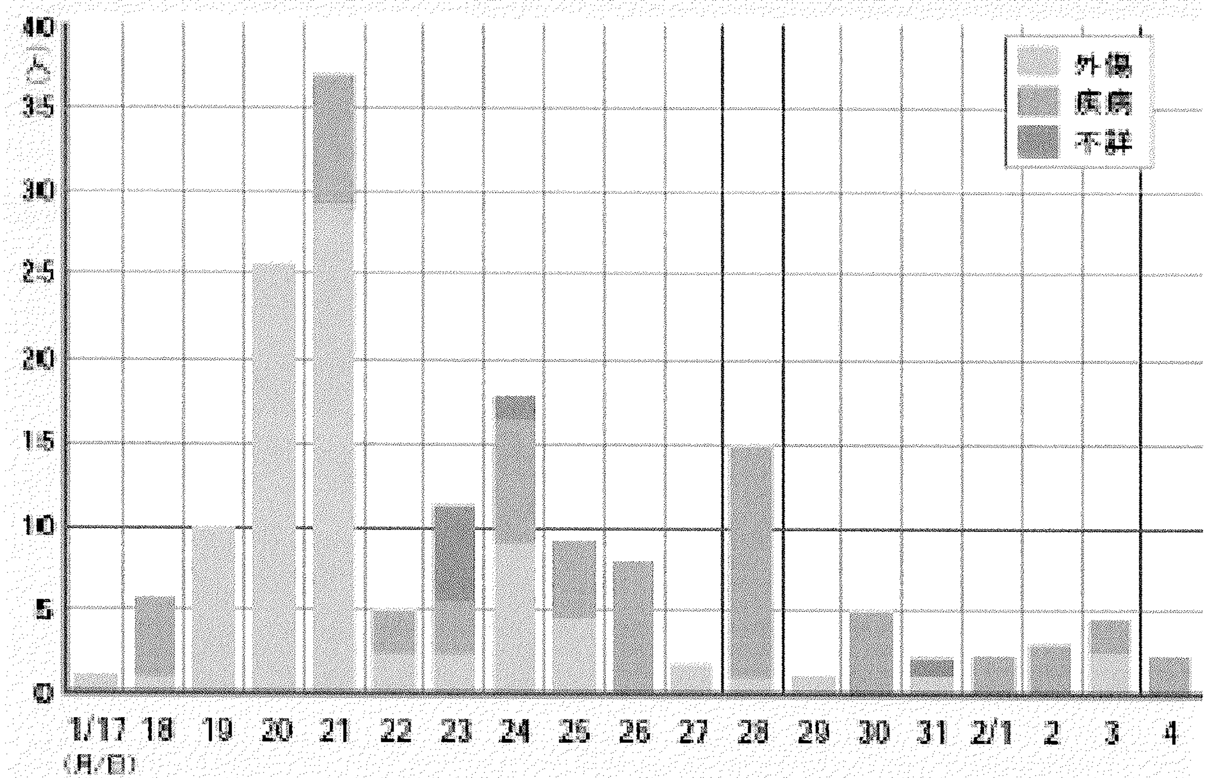


1995年1月17日

・阪神・淡路大震災

防災対応離着陸基準

阪神・淡路大震災後のヘリコプター搬送患者数の推移

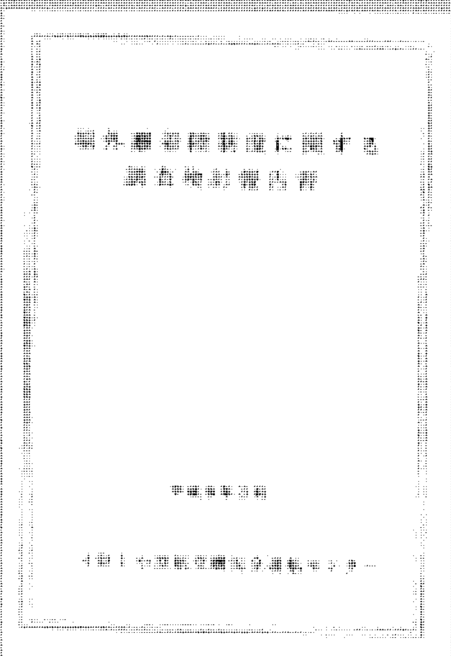


【出典】朝日新聞大阪本社（朝日新聞社）阪神・淡路大震災誌—1995年兵庫県南部地震, p.205, 1996

防災基本計画の変更

○地方公共団体は，施設の管理者と連携をとりつつ，あらかじめ，臨時ヘリポートの候補地を関係機関と協議の上緊急輸送ネットワークにおける輸送施設として指定するとともに，これらの場所を災害時に有効に利用し得るよう，関係機関及び住民等に対する周知徹底を図るなどの所要の措置を講じるものとする。また，災害時の利用についてあらかじめ協議しておくほか，通信機器等の必要な機材については，必要に応じ，当該地に備蓄するよう努めるものとする。

場外離着陸基準の見直し



・都市部において災害時にヘリコプターを利用できる場所を確保出来る基準

・民間機の活用のためには法79条ただし書きの許可が必要（現在は規制緩和）

・災害時（災害基本法の定義による）のみ適用可能。

（現在は規制緩和によりドクターヘリにも適用）

3　総合　14版　1996年（平成8年）1月18日　木曜日

ヘリ離着陸、災害時は校庭・球場も

運輸省が基準緩和の方針

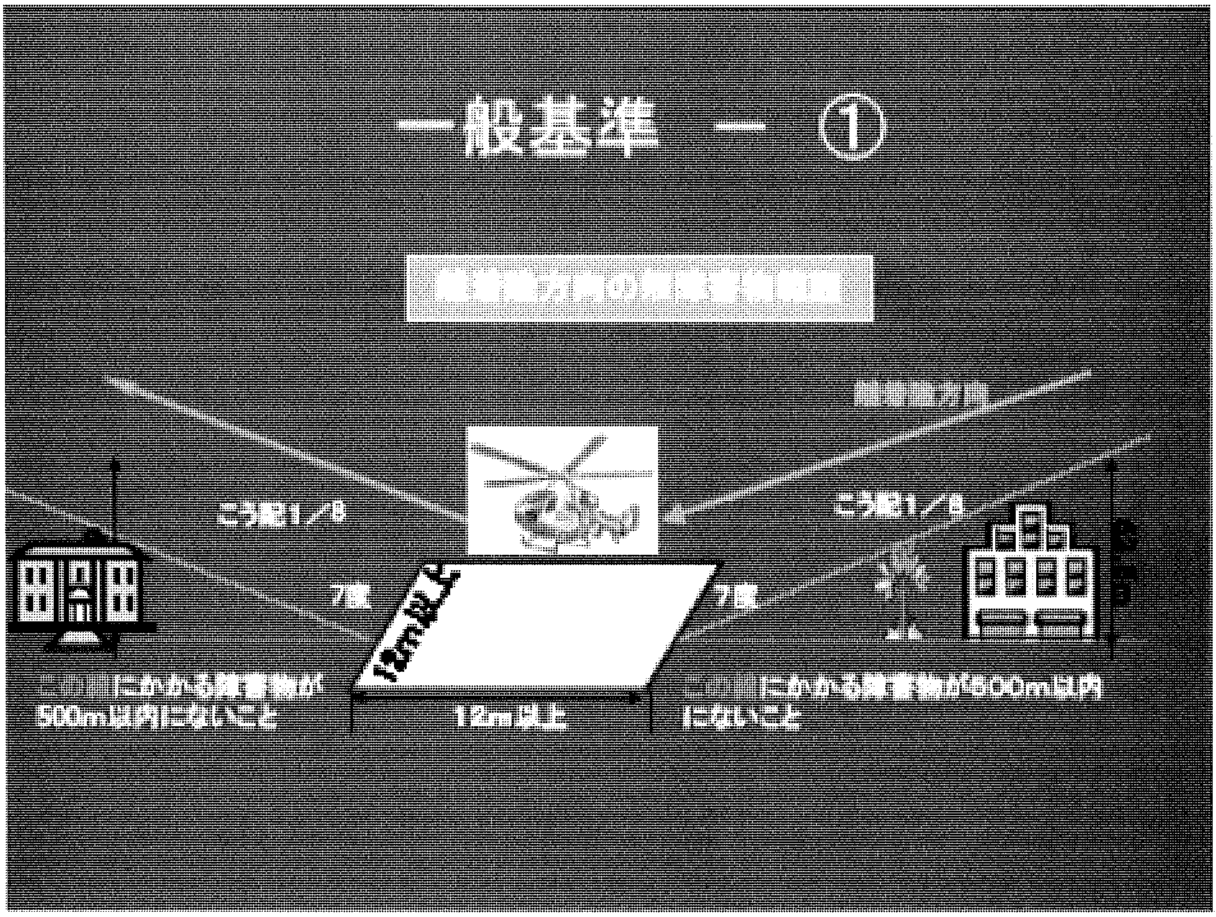
大震災などの災害時に、校庭や野球場などに民間の救援ヘリコプターが離着陸できるようにするため、運輸省はヘリポートの許可基準を緩める方針を固めた。三月にも実施する。現在、公共用ヘリポート以外の離着陸場は、公共用並みの条件を満たすことが義務づけられているが、国の防災基本計画の見直しに伴い、基準の大幅緩和を決めた。これにより、新たなヘリポート用地の確保が難しかった大都市圏でも災害時の救援、輸送計画が作れるようになる、と運輸省はみている。

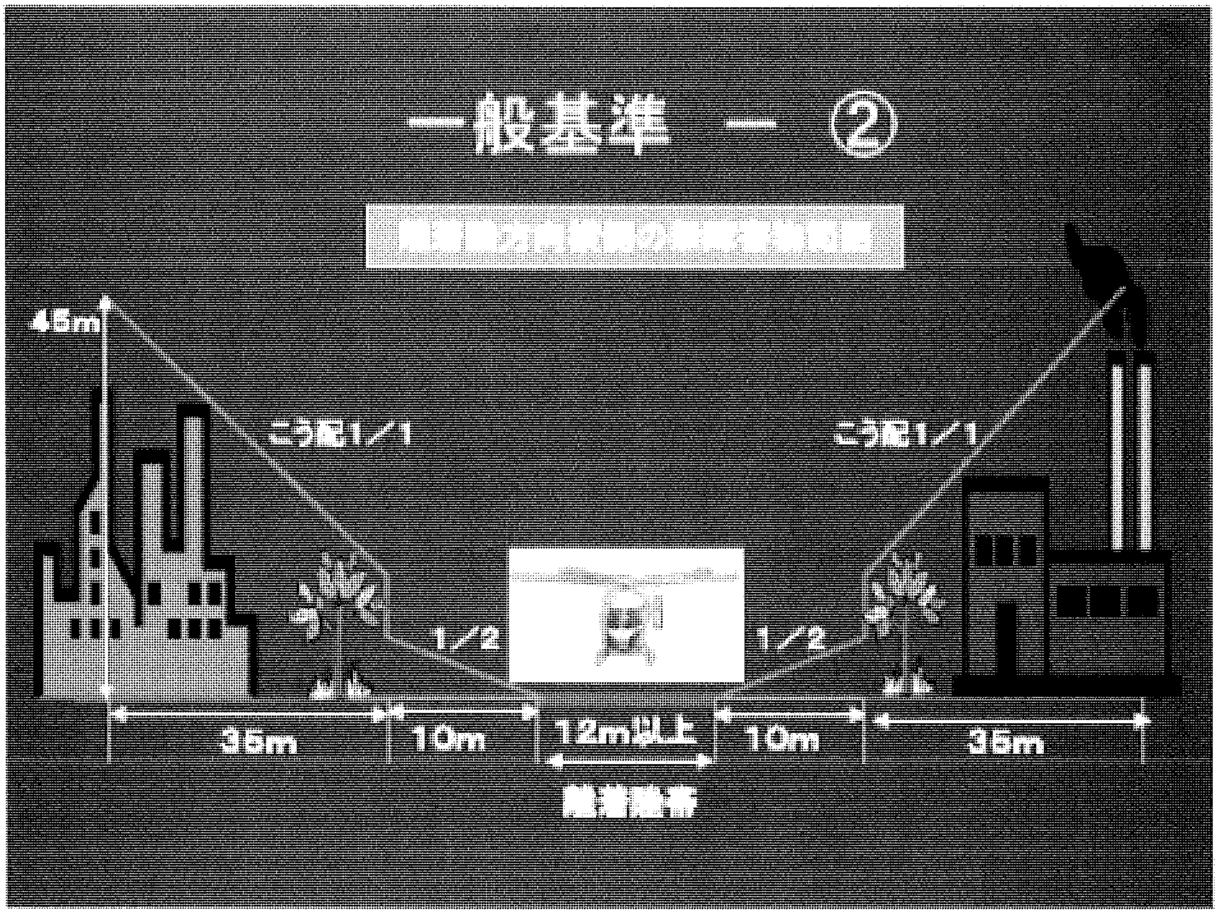
運輸省によると、全国に公共用ヘリポートは一九カ所しかなく、これ以外での臨時ヘリコプターの離着陸は、公共用並みに進入や出発のルートに高い障害物がないことなどを条件に認めている。こうしたヘリポートは全国に約八千カ所あるが、大都市圏では用地確保は難しく、例えば東京二十三区の場合は二十二カ所、大阪市は四カ所、名古屋市は四十二カ所、福岡市は十四カ所にとどまっている。

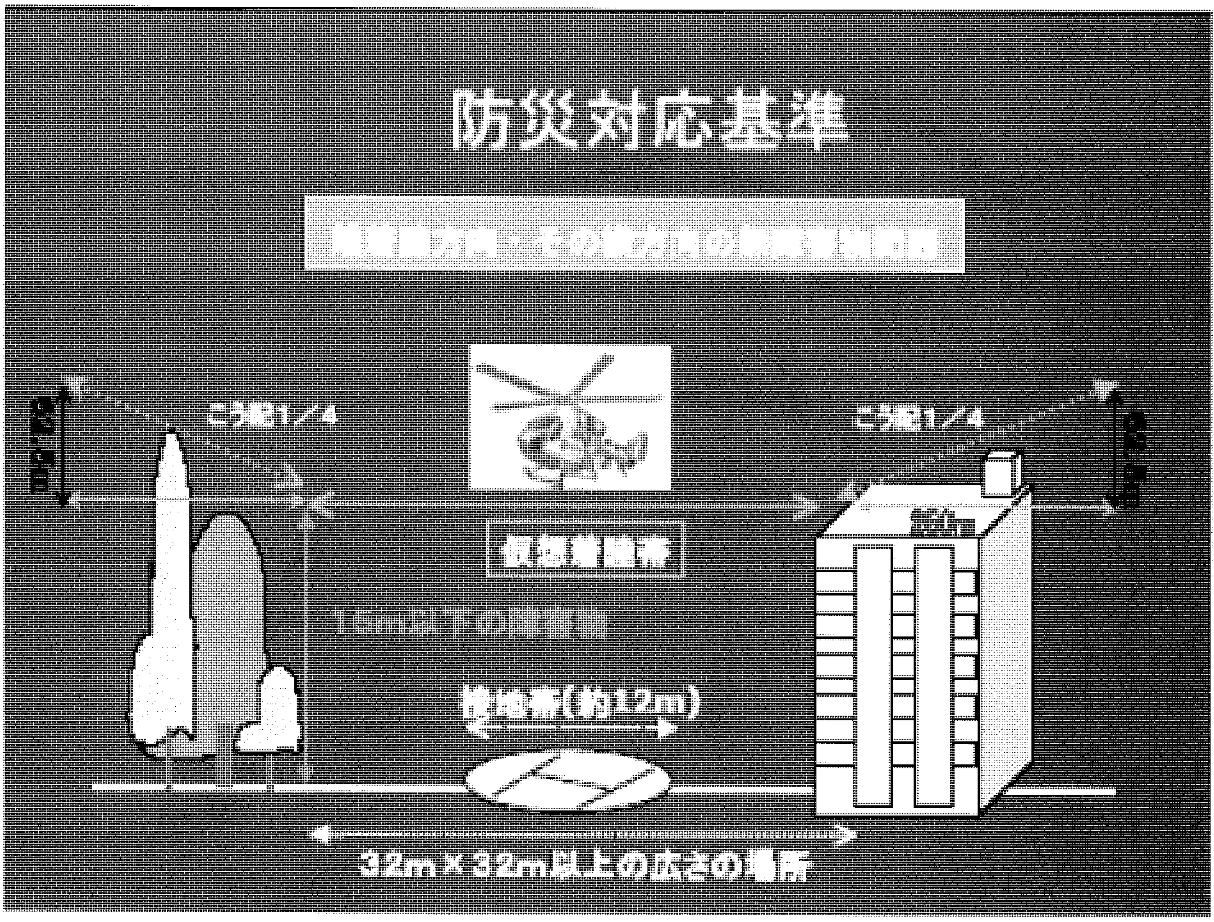
昨年七月には国の防災基本計画が見直され、震災や風水害などの災害時に[illegible]を含めた[illegible]の輸送ネットワークを確保するため、地方自治体があらかじめ臨時ヘリポートを指定することになった。だが、都市部の自治体ほどその用地確保に頭を痛めていた。

これを踏まえ、運輸省は、[illegible]のほか四十[illegible]四方に障害物がないなどの条件を満たす場合であれば、災害時に限って使用を認める方針を固めた。

これにより、校庭や野球場などの各種[illegible]の[illegible]へリポートとしての利用が可能になる。東京二十三区でもこの条件を満たす場所は百カ所以上あるとの見通しで、災害時の救援や[illegible]計画に民間のヘリコプターを有効利用できるようになる。

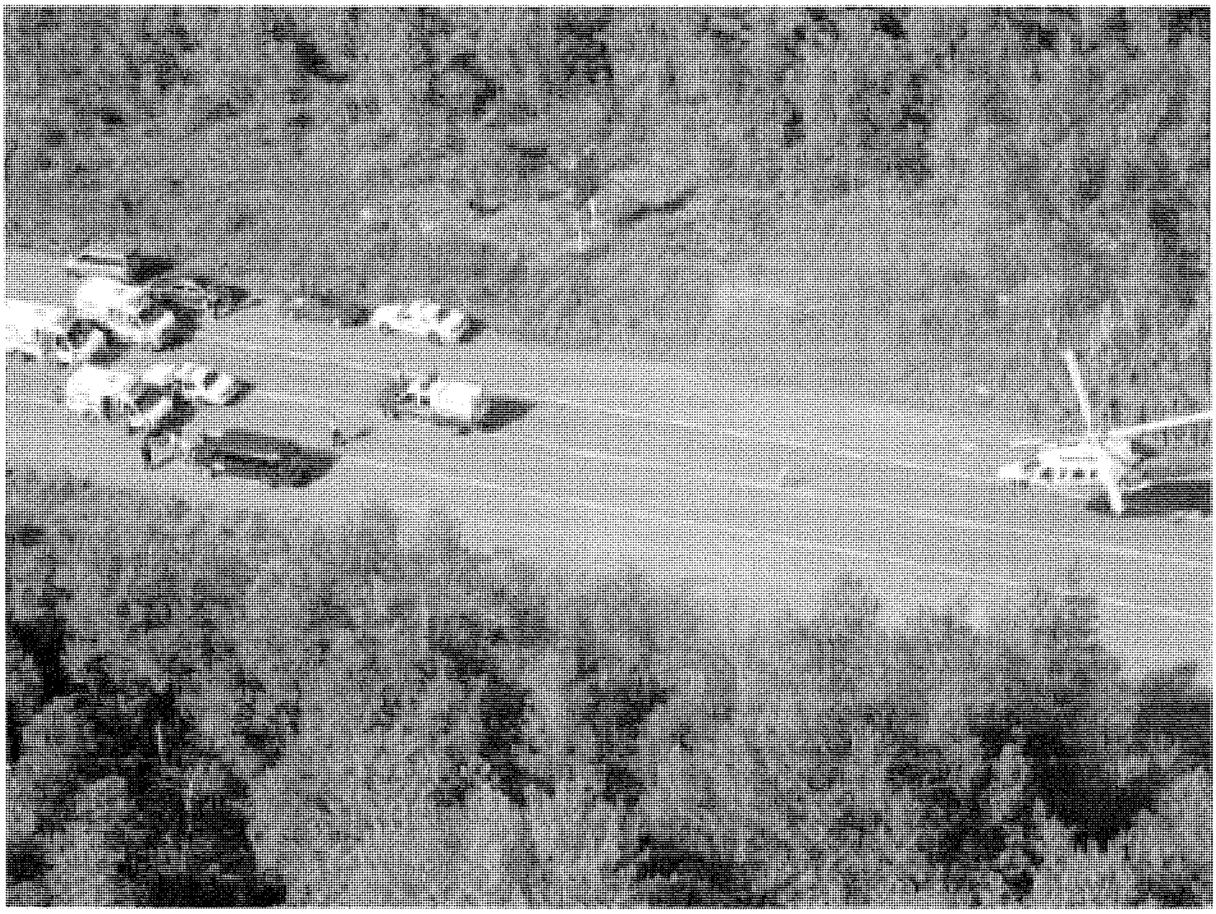

一般基準 ― ①
こう配1／8
こう配1／8
7度
7度
12m以上
12m以上
にかかる障害物が
500m以内にないこと
にかかる障害物が500m以内
にないこと


一般基準 ― ②
45m
こう配1／1
こう配1／1
1／2
1／2
35m
10m
12m以上
10m
35m
離着陸帯

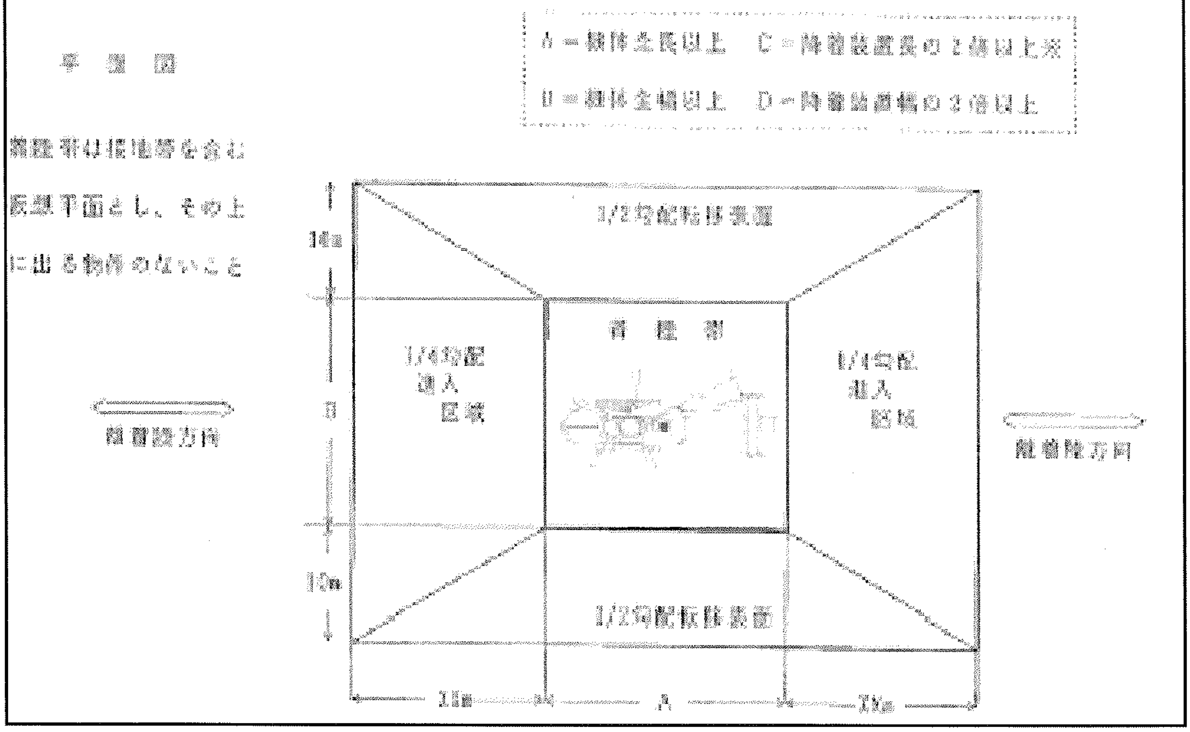


現状のヘリポート基準は飛行場の基準に準じて考えられている

- ヘリコプターの離陸および着陸のために進入表面は必要か
- ヘリコプターの接地に滑走路は必要か



初期提案



進入表面および滑走路について

- OGEホバリングが可能なヘリコプターは上昇勾配の制限が無く、実際に滑走路に着陸の必要は無い
- 急角度の進入についてはセットリングウィズパワーの危険
- 真下は見えない
- HV線図の危険領域に入らないため？
- 進入・離陸に必要な距離とは

進入表面の結論

- OGEホバリングが可能なヘリコプターのVyにおける上昇勾配を確保（速やかな上昇のため）

1/4勾配とする

- 進入表面の長さは一般的障害物件をクリアーできる距離（障害標識が必要な60m上）

250mとする

各機種の上昇性能を調査

図表Ⅱ－4　防災機種の上昇勾配データ

防災機種の上昇勾配データー　（海上保安庁、警察、消防、防災機関が使用している機種）

（離陸最大出力、気圧高度0m、外気温度15～20℃）

機種		機数 民間	機数 官公庁	上昇速度 (km/h)	最大重量 (kg)	OGE重量 (kg)	85%重量 重量 (kg)	85%重量 勾配	備考
単発	ベル206B	150	37	96	1455	1455	1410	1.4	データ[illegible]
	ベル206L-3/4	43	23	105	1932	1884	1820	1.6	
	富士ベル204B-2	23	5	101	3864	3364	3730	1.2	データ[illegible]
双発	川崎BK117/A1/A4/B1/B2	54	16	130	3200	3170	3080	1.5	データ[illegible]
	アエロスパシアルAS365N/N1/N2	47	23	183	4250	4250	4010	—	データ[illegible]
	ベル212	38	32	101	5080	4885	4720	2.9	
	ベル412	21	9	123	5270	5082	5010	4.0	
	シコルスキーS-76A/B/C	10	2	131	5310	4885	4750	—	データ[illegible]
	ベル222/U/C	9	5	110	3754	3750	3520	1.3	
	アエロスパシアルAS332L/L1	16	9	83	8600	8600	8310	2.0	データ[illegible]
	ボルコウ105	10		111	2721	2750	2650	1.2	
合計		434	164						
最小勾配								1.5	
平均勾配								1.2	
最大勾配								4.0	

（機数は1995.12.31現在）

滑走路（着陸帯）の結論

- 着陸帯は上空に仮想とし、上下にタキシングして地上の接地帯に着陸する。（セットリングや目標物の視認を考慮する

高さ15mを限度の仮想表面とする

- 着陸帯は上下のタキシングや災害時の対応を考慮した広さとする。

ヘリコプターの全長＋20m四方とする

HV線図の危険領域との関連

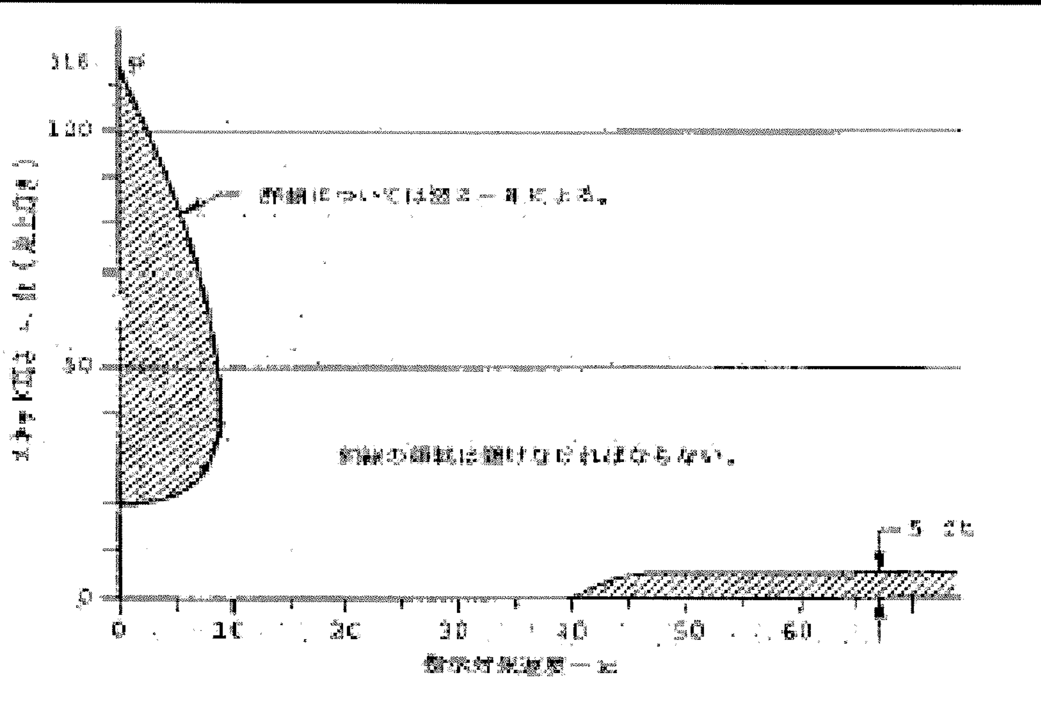


図２－２　高度－速度ダイヤグラム

HV線図の危険領域との関連

図表1－8（1）ヘリコプターの事故件数

年度		飛行形態			合計
		地上走行中	離着陸時	航行中	
1983年	昭和58年	0	1	11	12
1984年	昭和59年	0	2	26	28
1985年	昭和60年	0	3	12	15
1986年	昭和61年	0	3	15	18
1987年	昭和62年	0	1	8	9
1988年	昭和63年	0	2	13	15
1989年	平成1年	0	3	7	10
1990年	平成2年	0	2	16	18
1991年	平成3年	0	5	14	19
1992年	平成4年	1	1	5	7
1993年	平成5年	1	9	7	17
1994年	平成6年	0	9	4	13
合計		2 （1.1%）	41 （22.7%）	138 （76.2%）	181 （100%）

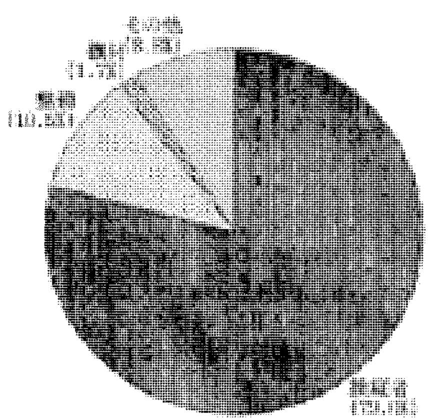
HV線図の危険領域との関連

（2）事故の原因

総数181件の事故原因を見ると、181件中[illegible]件がパイロット・エラーである。次いで機材の故障が[illegible]件であった。

また離着陸中の事故は41件中パイロット・エラーが37件、残り4件は機材故障で、このうちエンジン故障に起因するものは1件（全体の0.5%）である。

図表1－9　ヘリコプターの事故原因



HV線図の危険領域との関連

(3) エンジン停止率

前項に示すように、事故要因のうちエンジン故障に起因するものは1件だが、代表的なエンジンの空中における停止率をメーカーの統計によって見ると次表の通りである。

図表1－10 タービン・エンジンの空中停止率

エンジン会社	1000時間当たり停止率	装備機種
プラット & ホイットニー(加)	0.005～0.016件	S-76、ベル212/412
ジェネラルエレクトリック(米) CT58	0.001－0.002件	S-61等(837万時間)
ツルボメカ(仏) マキラ アリウス アリエル アスタズー	 0.010件 0.036件 0.010件 0.007件	 AS332 MD500、BK-117 AS350、AS365 SA360C
ライカミング(米) LTS101	0.033件／1991－95年	AS350D、ベル222

HV線図の危険領域との関連

[illegible]

HV線図の危険領域との関連

（注）

災害時等（訓練を含む）に防災対応臨時ヘリポートにおいて離着陸する際は、高度－速度チャートの飛行回避領域内での飛行が許容されるが、この場合であってもできる限り速やかに当該領域から離脱すること。

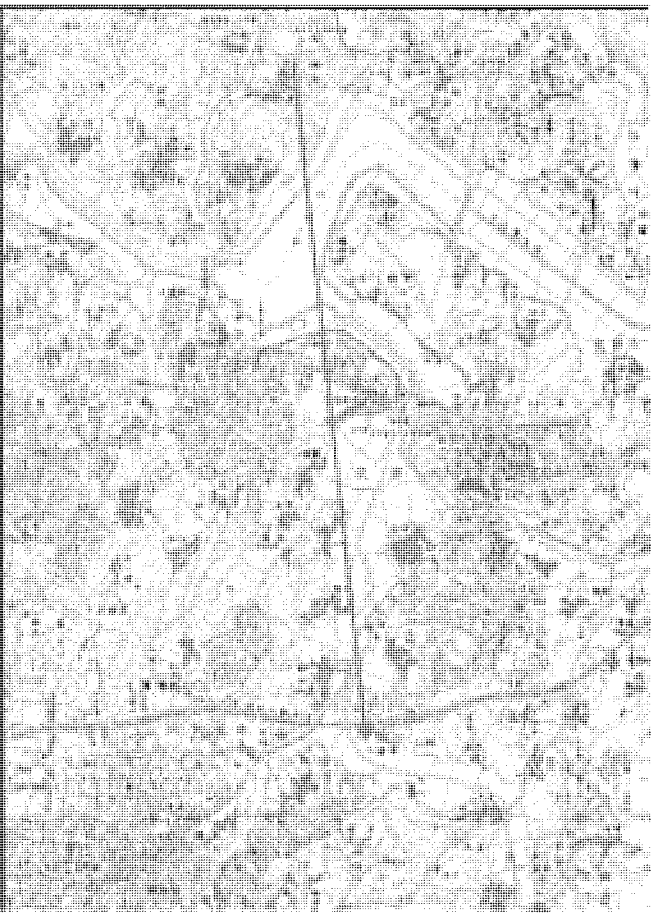
東関東自動車道での着陸事例

平成14(2002)年4月

東関東自動車道での着陸例

　離陸前の目的地確認では詳細不明により、15時07分　北総院を離陸し佐倉ＩＣ方面に向けて飛行

　高速道と渋滞を発見し、渋滞先頭方向にむかう。消防車、救急車、パト、道路公団の各車両、および誘導員を確認し進入開始。

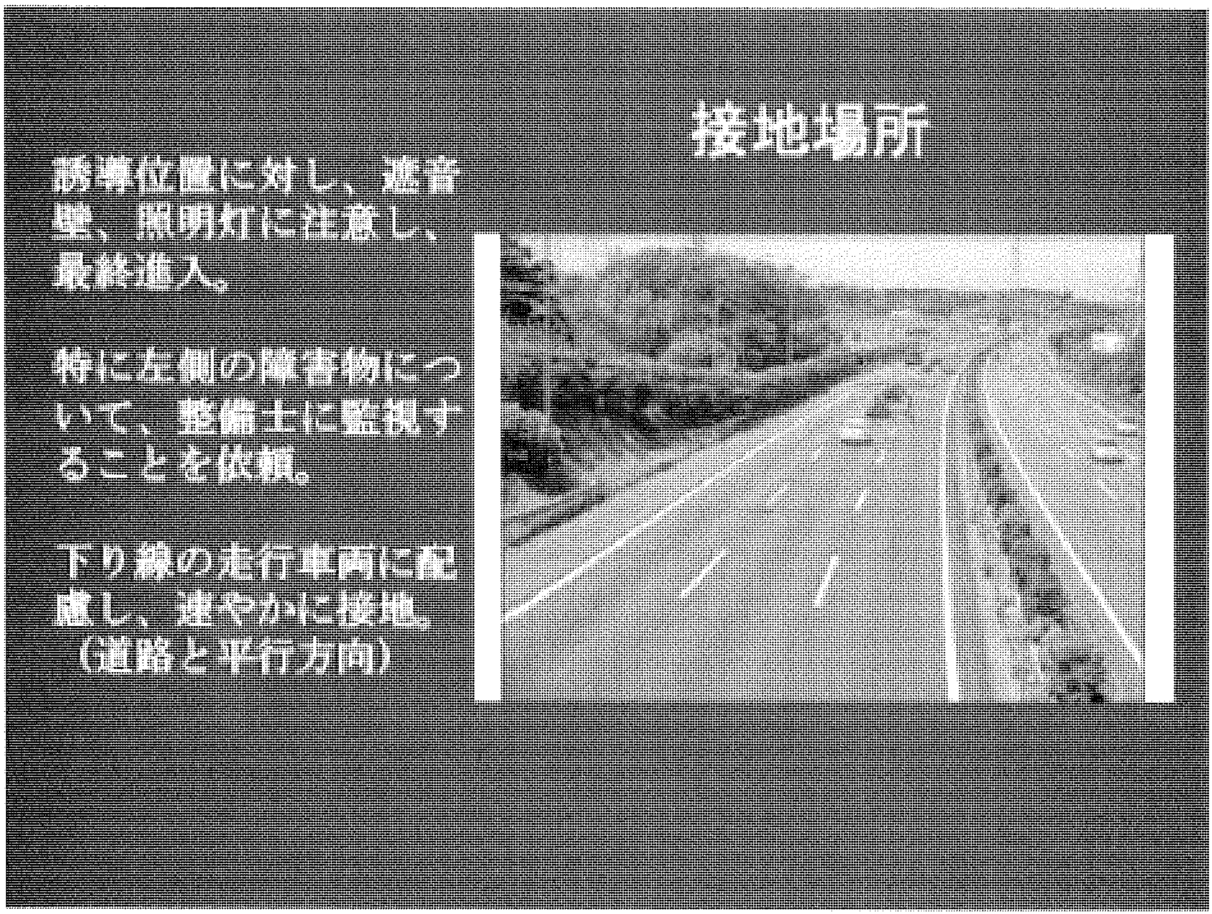


障害物件および進入方法

・風向は、北東方向からと判断し南からの進入。

・高速道北側に、道路と平行な送電線あり。

・遮音壁、照明灯、中央分離帯の存在の確認と位置関係を把握


接地場所
誘導位置に対し、遮音壁、照明灯に注意し、最終進入。
特に左側の障害物について、整備士に監視することを依頼。
下り線の走行車両に配慮し、速やかに接地。（道路と平行方向）

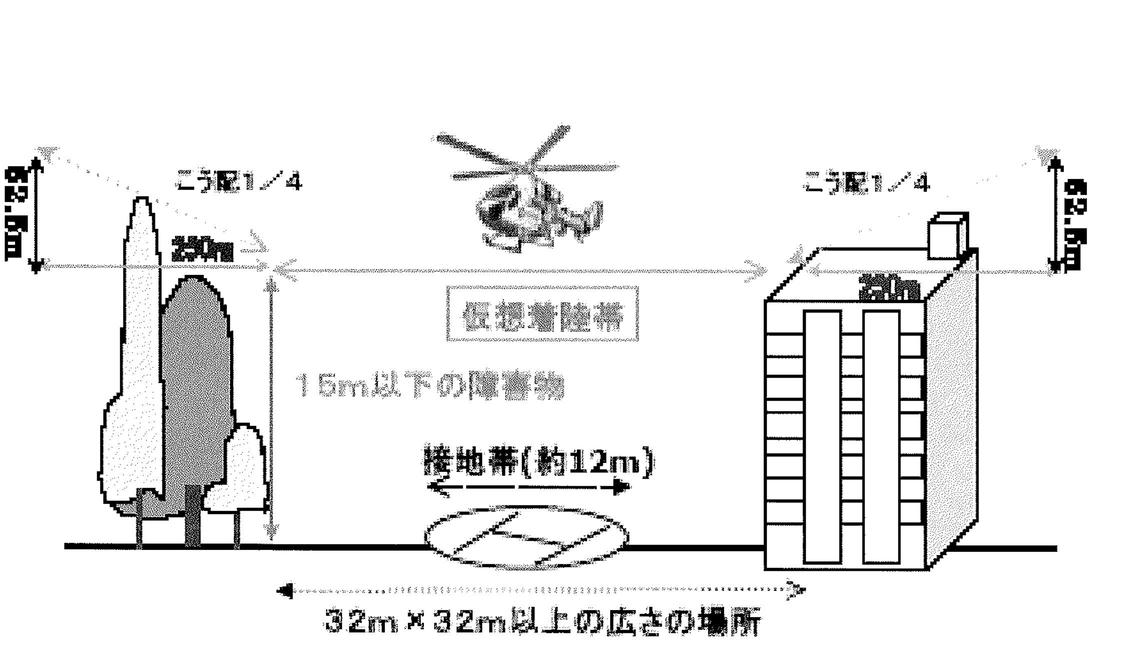
ドクターヘリは
航空運送事業

航空法第104条により運航規程について国土交通大臣の認可を受けそれに従わなければならない

運航規程審査要領

- 飛行場以外の場所で離着陸する場合は「場外離着陸許可の基準」に従うこと。
- 消防機関からの依頼による救助に場合でも原則として上記の基準に従うこと。

防災対応基準



ドクターヘリコプターへの適用

- 防災対応離着陸基準 ⇒ ドクターヘリも適用
- 事前調査した着陸可能地点が数倍に

（例）浜松地区 約250ヶ所 → 約800ヶ所

特に市街地での離着陸地点設定に有効

⇒ 事業成功に大きく貢献

しかし、もともとドクターヘリのための基準ではなく。ドクターヘリは小型のためより狭い場所で着陸が可能である。

課 題

- 防災対応離着陸基準 ＝ 本来はドクターヘリを対象とはしていない。

→ 高速道路や屋上などにはなじまない部分がある。

⇒ ドクターヘリを対象とした基準の整理が必要である

平成14(2002)年12月

4省庁(警察・消防・厚生労働・国土交通)による「高速道路におけるヘリコプター活用に関する検討会」中間とりまとめ

- 以下の条件が総て満たされなければ高速道路本線上への着陸は行なわない。
  1. 緊急性が高い
  2. 離着陸場所に係わる条件が整っている
  3. 機長が安全と判断した
  4. 関係機関による事前の申し合わせ

特に2項については、離着陸現場付近の構造物が離着陸に必要な条件の具備を要求される

新たな離着陸の安全基準が出来るまでは事実上着陸不可となる

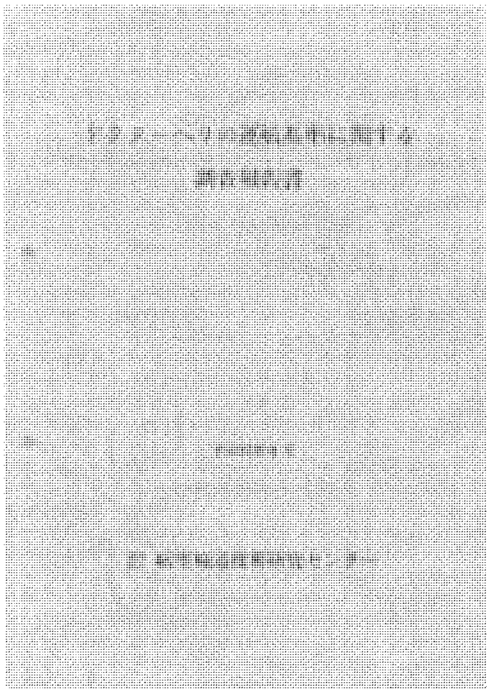
平成14(2002)年度

財団法人・航空輸送技術研究センター

離着陸基準を含む諸外国の緊急運航に係わる調査研究を実施

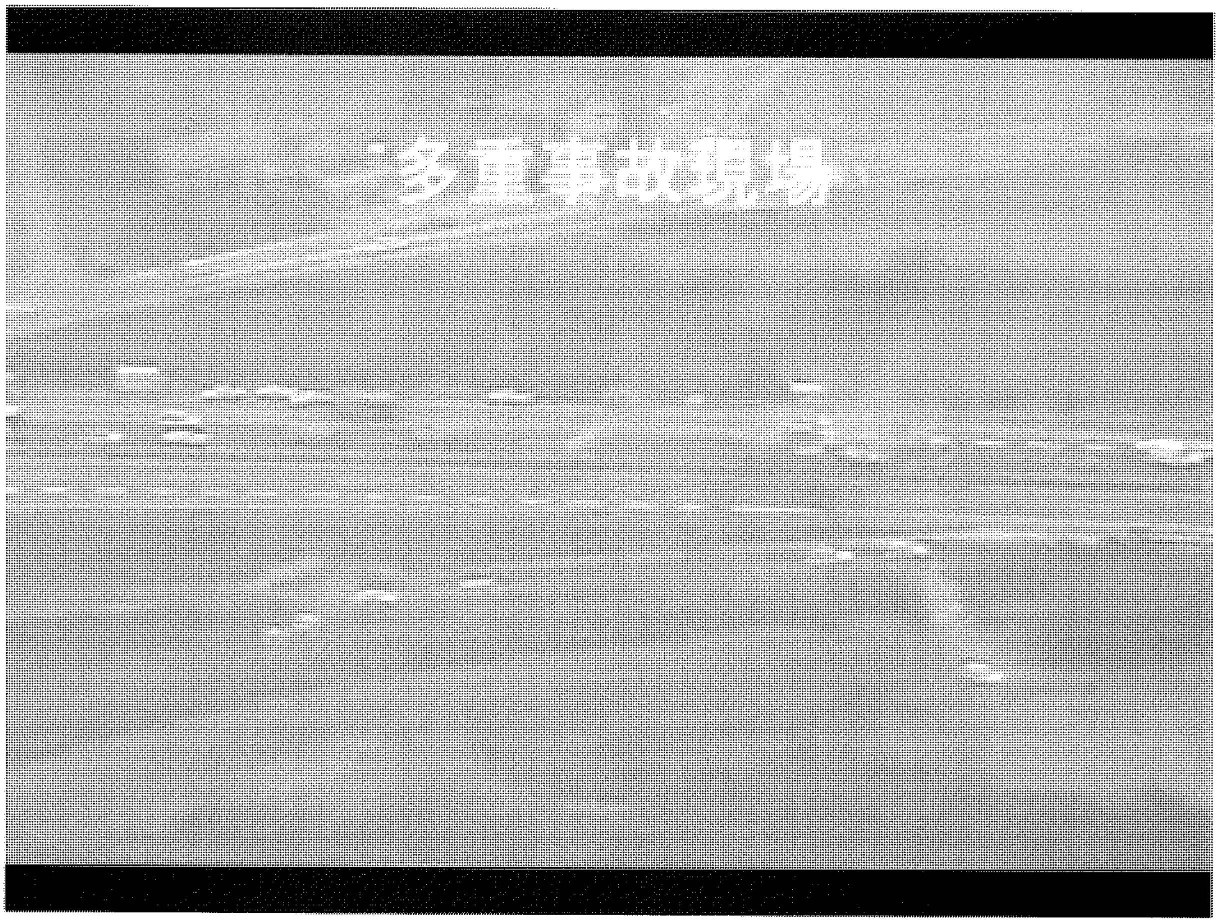
結論

今後、我が国においても欧米の例を参照し、安全運航を前提としてドクターヘリの有効活用を図るために運航基準の見直しを実施する必要がある。



平成15(2003)年6月23日 東名多重事故

- 愛知県ドクターヘリおよび静岡県ドクターヘリが出動
- 上空で消防機関からの着陸指示を約15分待つ
- 近くの運動公園に着陸し、斜面を上り柵を乗り越えて医者は現場に行き、反対コースで搬送した
- 機長としては着陸できると判断していた。


多重事故現場


着陸可能場所

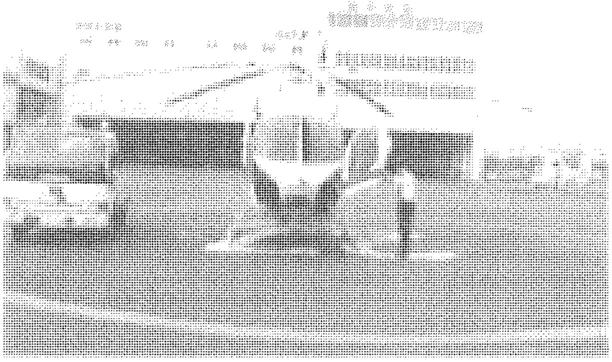
「ドクターヘリ離着陸基準の検討に係わる勉強会」の実施

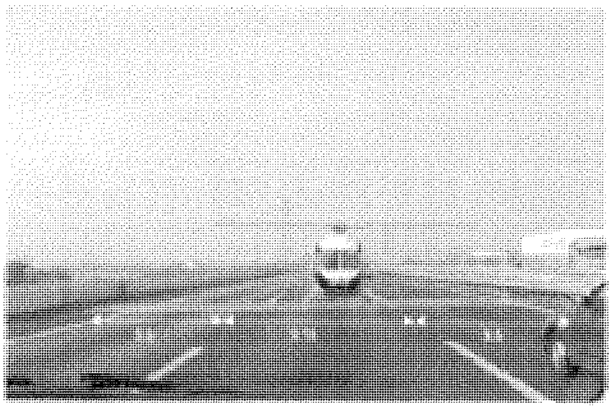
- 平成15年8月～16年7月の間
- 主催全航連ドクターヘリ分科会安全運航専門委員会
- 出席者
  - 運航会社機長
  - 研究機関（大学）
  - 有識者
  - 航空局（オブザーブ）

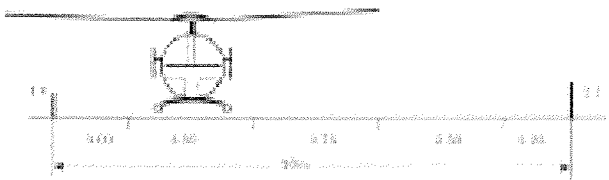
検討内容

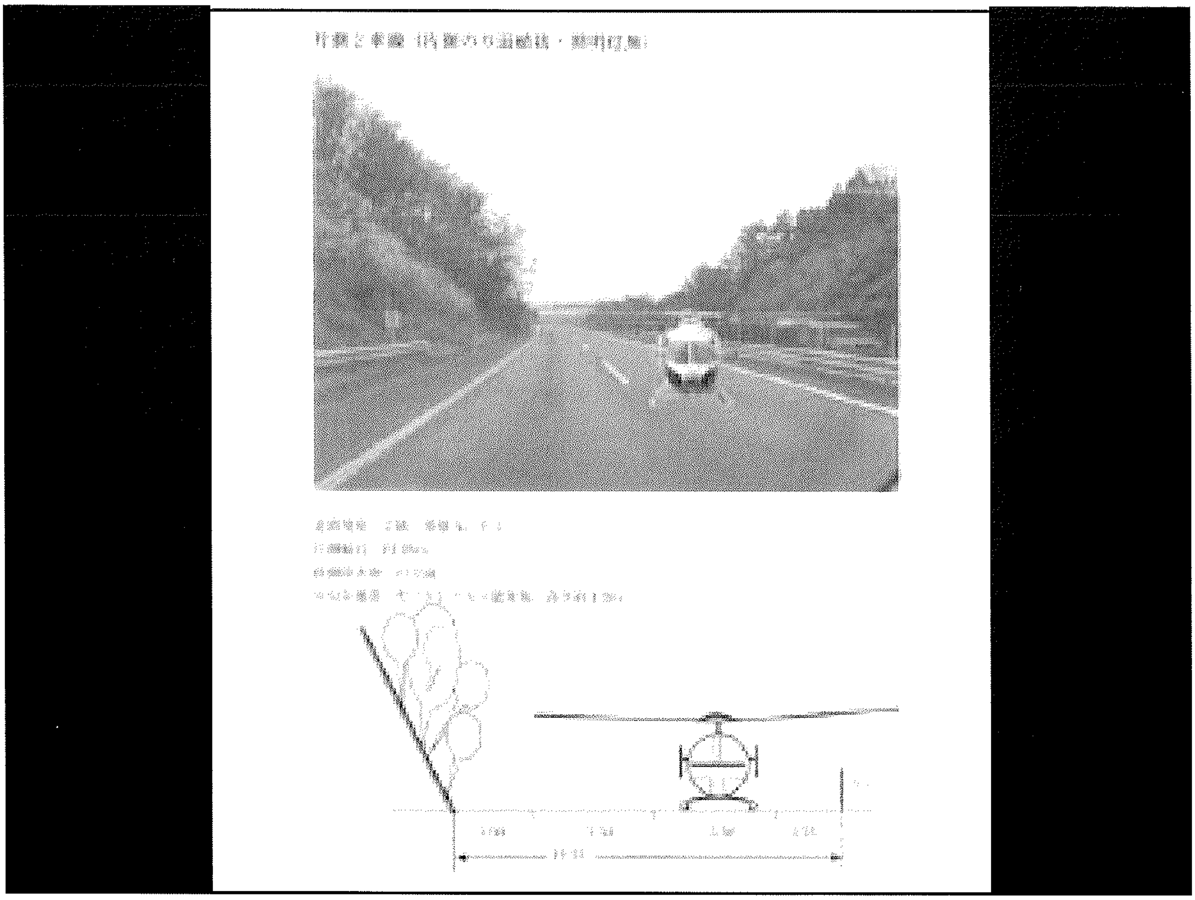
- 状況認識
  - 道路構造
  - 諸外国での実態報告
  - 現状の基準や法令の再確認
- 着陸方法
  - 道路構造と実機の寸法によるクリアランスの確認
  - 設置位置の確認
- 道路状況の調査
  - 着陸可能区域の確認

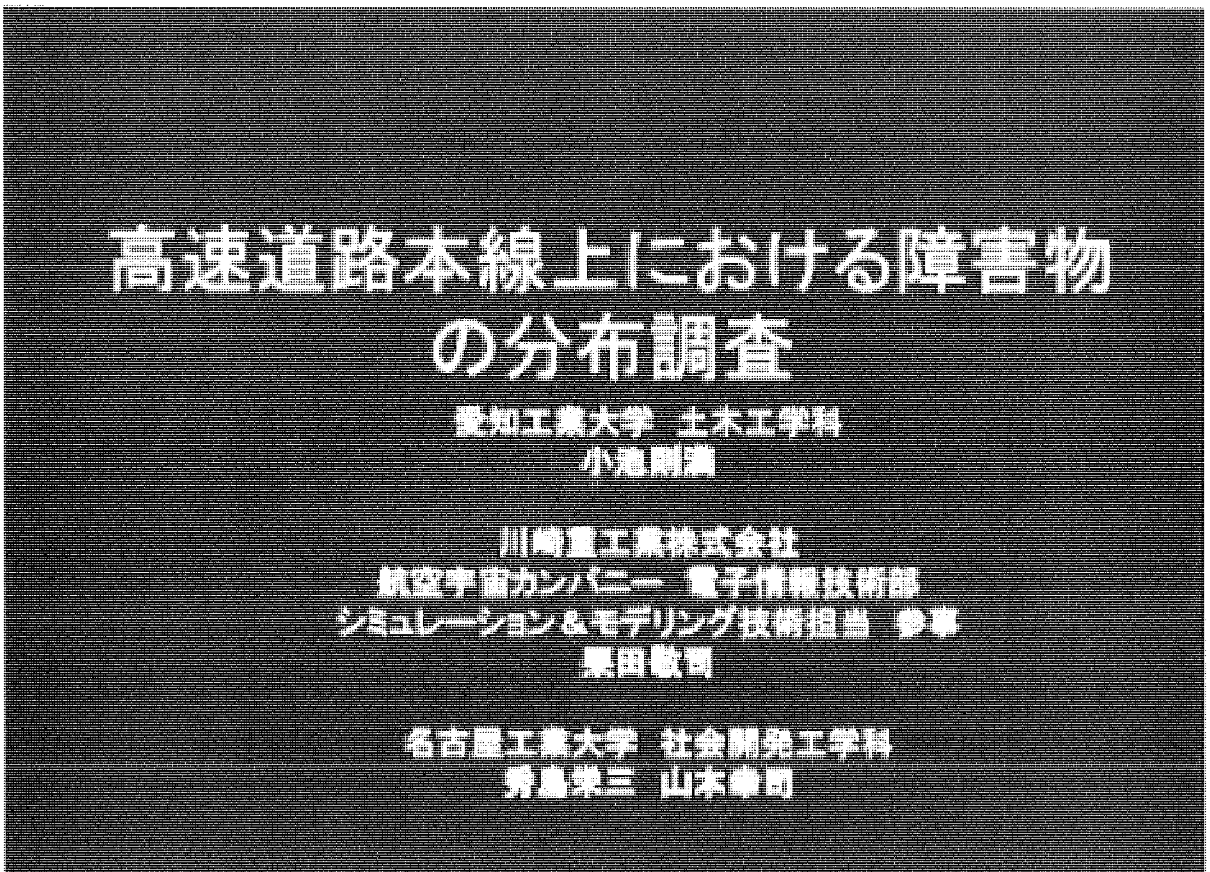
高速道路本線着陸調査










高速道路本線上における障害物
の分布調査
愛知工業大学 土木工学科
小池則満
川崎重工業株式会社
航空宇宙カンパニー 電子情報技術部
シミュレーション＆モデリング技術担当 参事
栗田敏司
名古屋工業大学 社会開発工学科
秀島栄三 山本幸司

研究の流れ

高速道路のビデオ撮影
安価
繰り返し検討可能
キロポスト

↓

障害物の定義

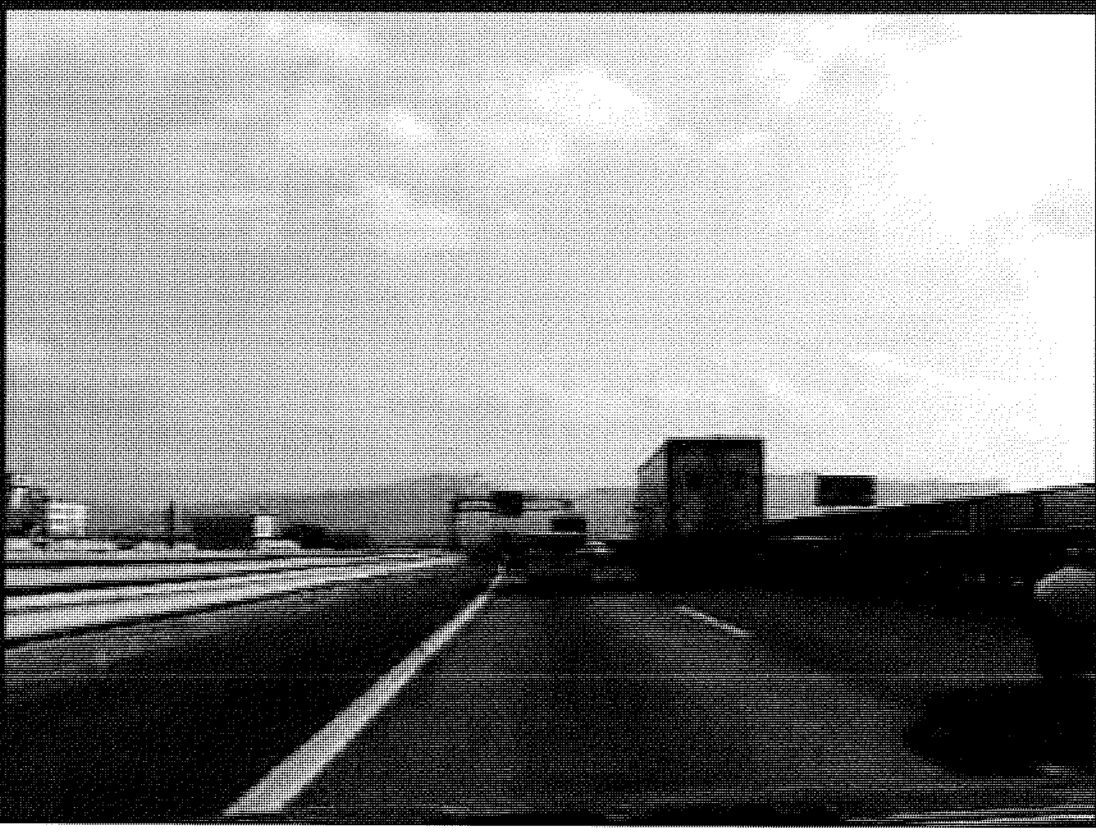
↓

ランク付け

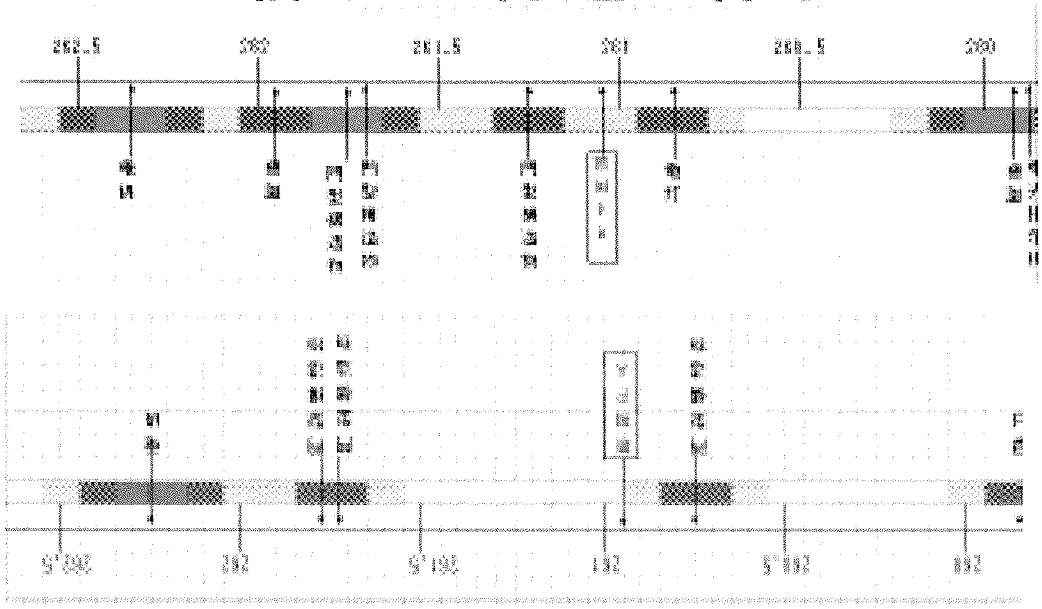
↓

今後の課題

愛知県内東名高速ビデオ撮影

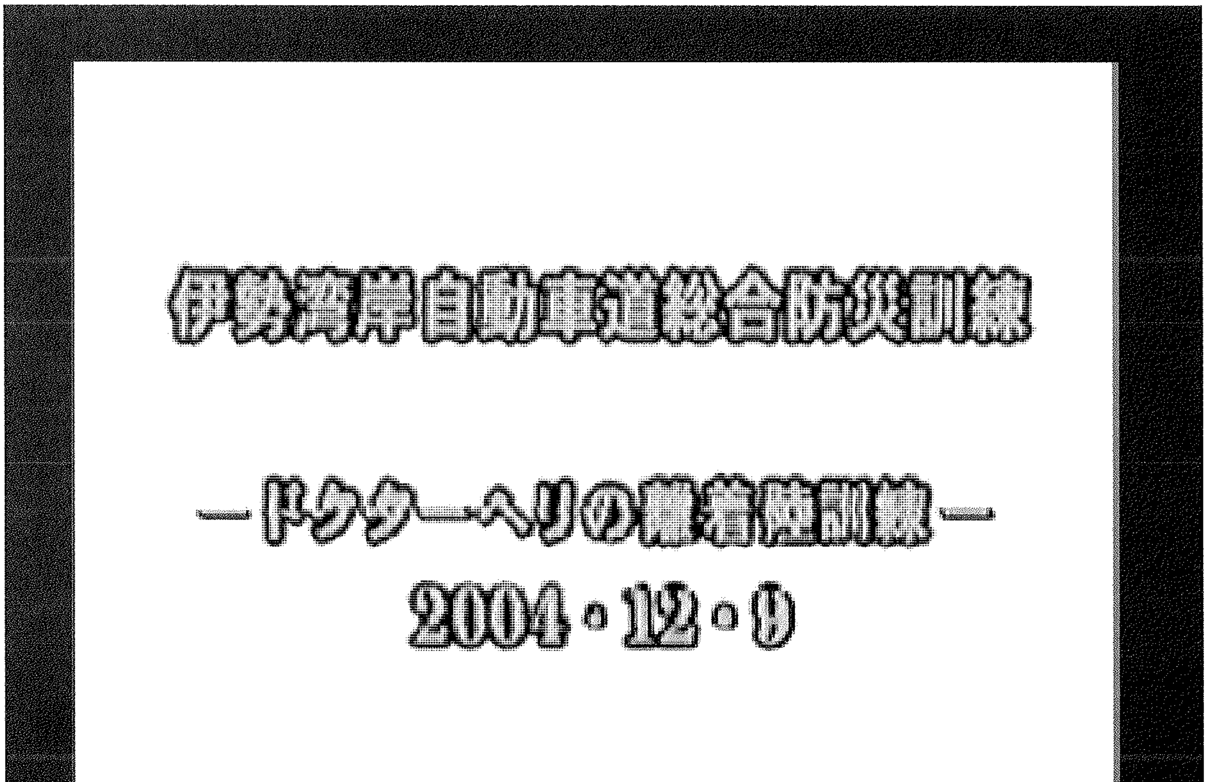


新城PA付近の様子



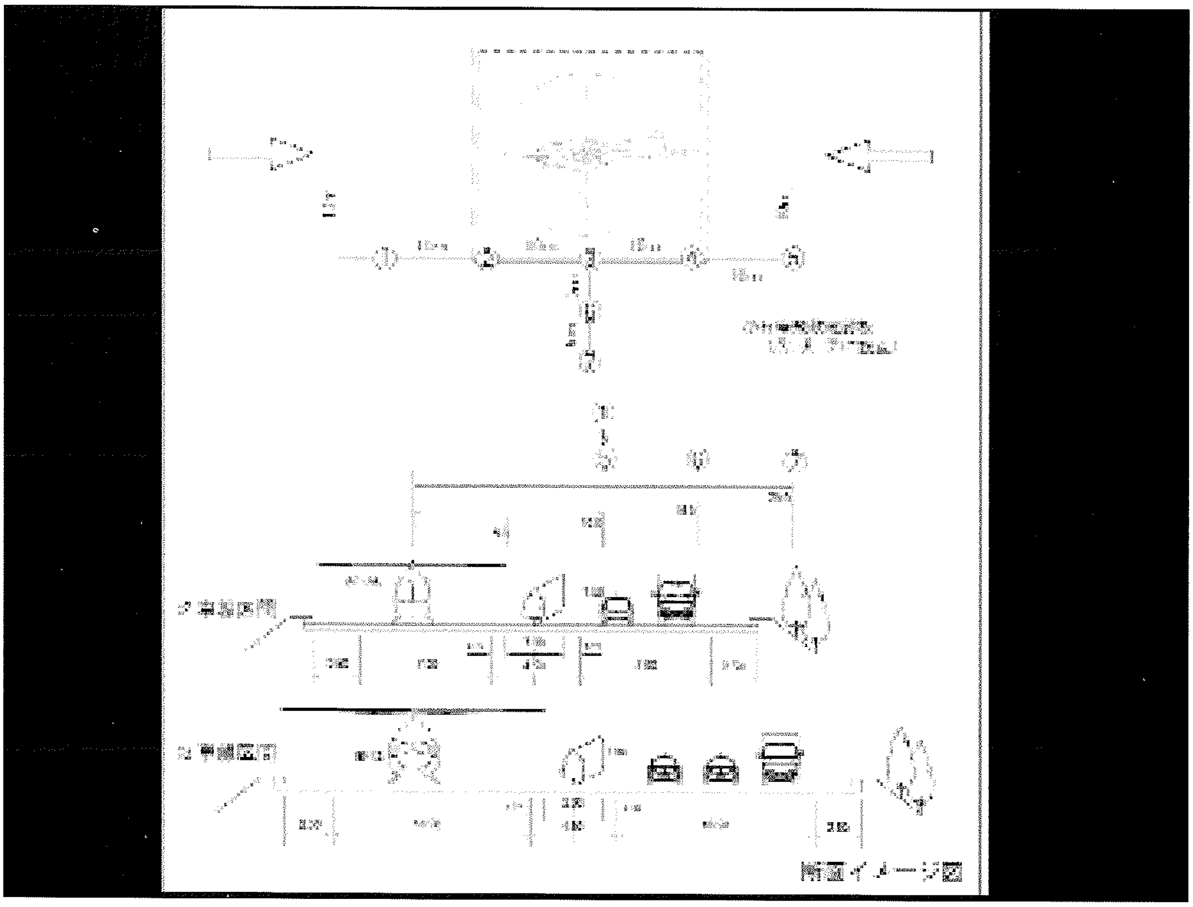
平成16(2004)年12月
伊勢湾岸道　総合防災訓練

- 高速本線上にドクターヘリが着陸
- 各機関の連携訓練が主体
- 離着陸基準は従来の基準
  - 片側3車線の障害物件の無い区間


伊勢湾岸自動車道総合防災訓練
ードクターヘリの離着陸訓練ー
2004・12・9

平成16(2004)年12月
龍ヶ崎飛行場
ヘリコプターのダウンウオッシュ調査

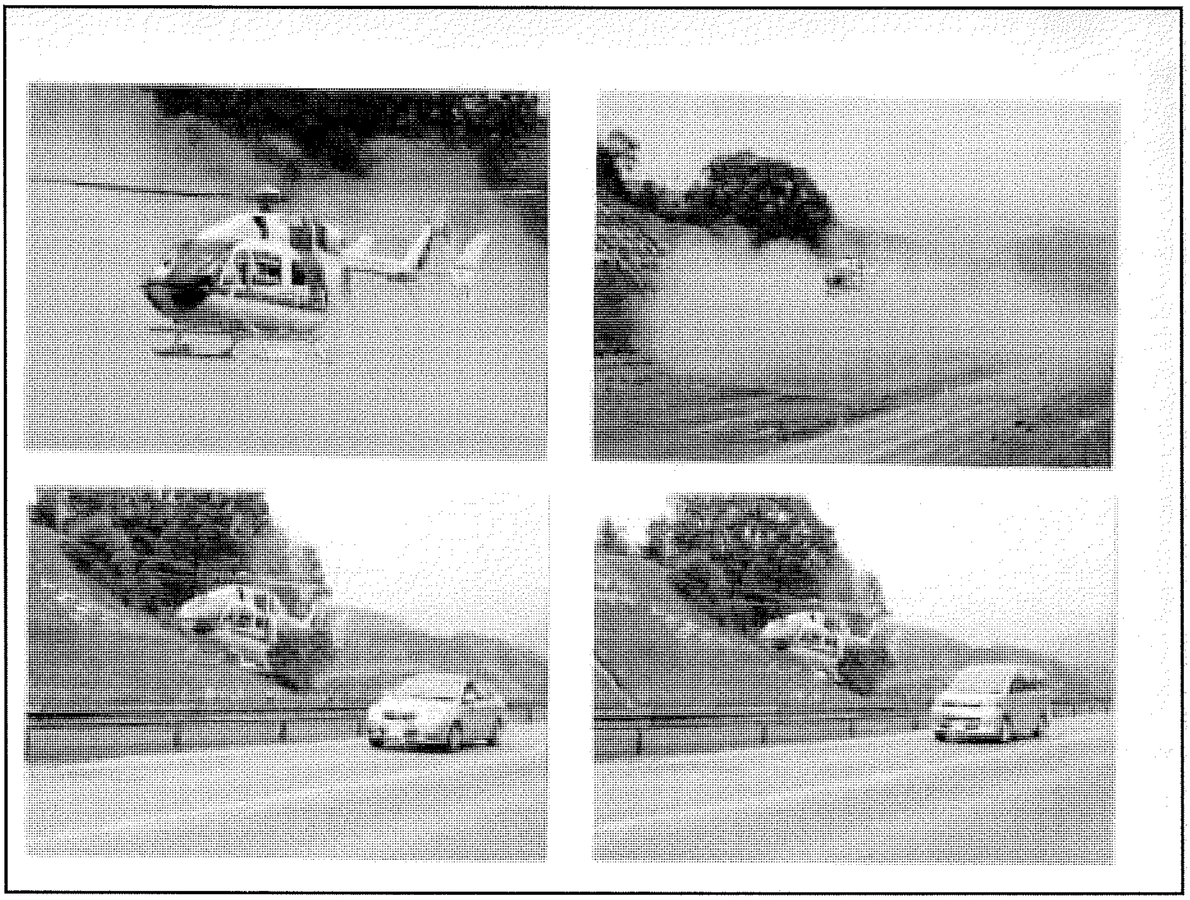
- 各種ヘリコプターのダウンウオッシュを実測
- ホバリング状態のヘリコプターの横を車で体験走行

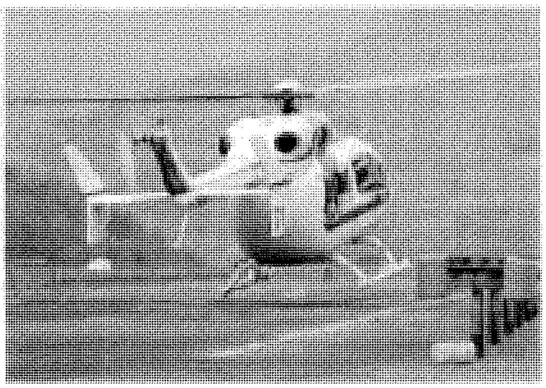


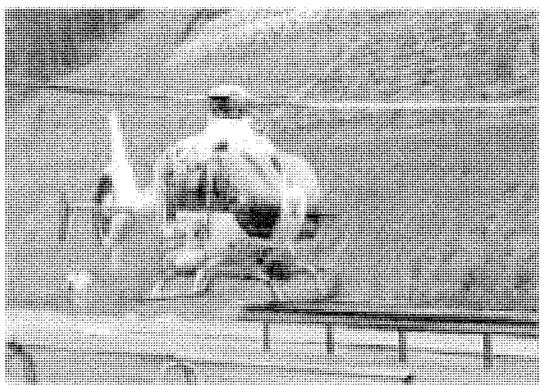

龍ヶ崎飛行場でのダウンウオッシュ計測

平成17(2005)年5月
建設中の第二東名で
ドクターヘリの着陸訓練

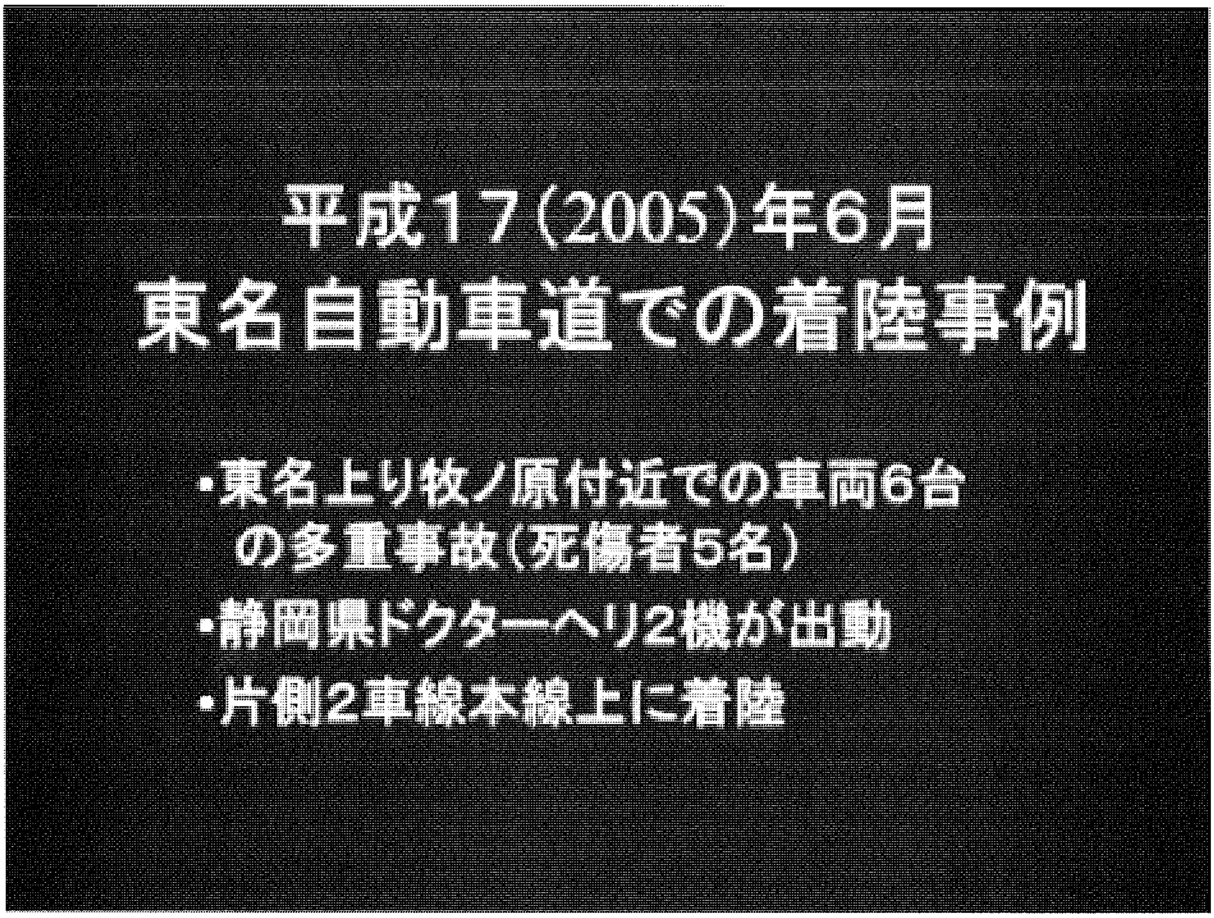
- 片側2車線の高速道路でははじめて
  - 建設中の第二東名に旧東名の基準で模擬道路を作成
- 全航連ドクターヘリ分科会の提案基準で許可を得て実施
- ヘリコプターホバリング中の対向車線に車両を走行させて軌跡を測定

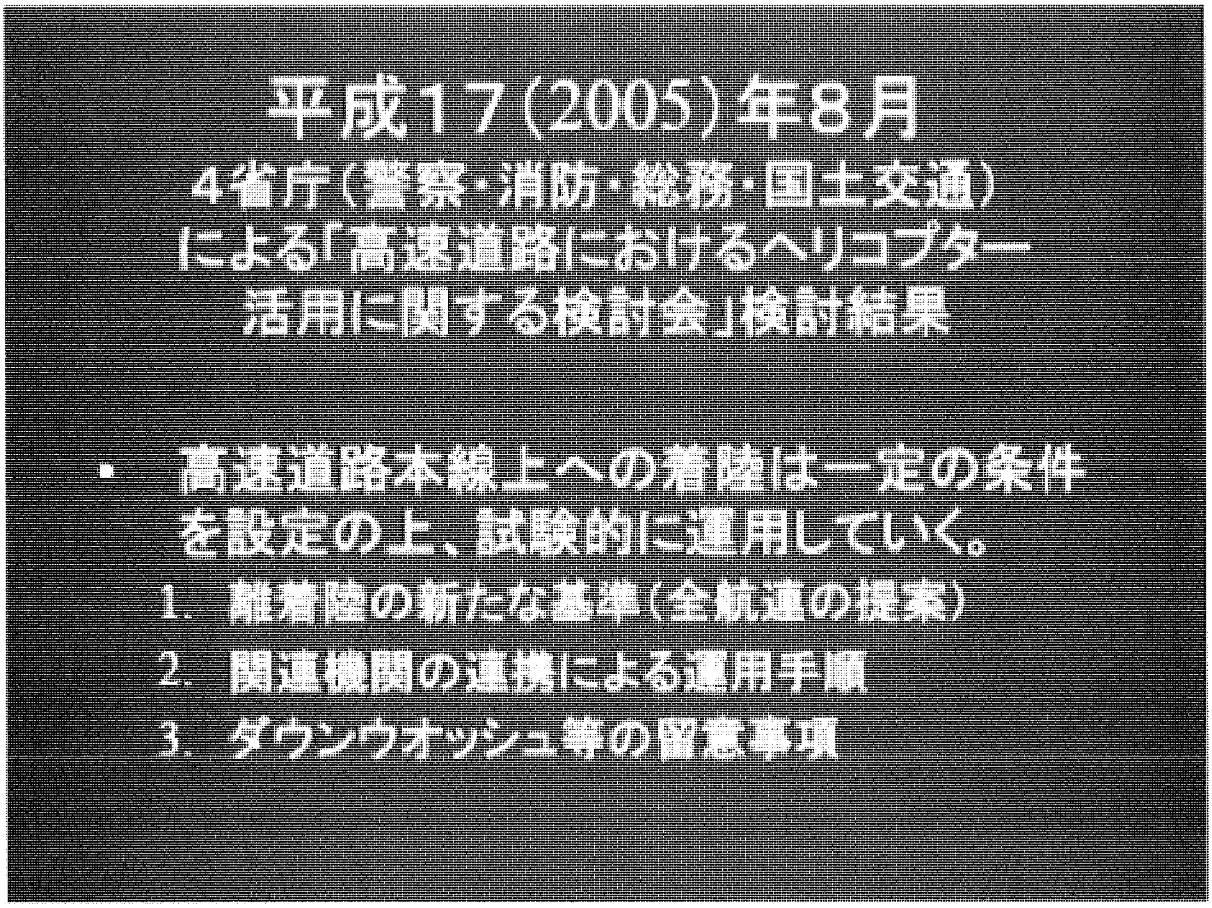







静岡第二東名における訓練（SBSニュース）


平成17(2005)年6月
東名自動車道での着陸事例
•東名上り牧ノ原付近での車両6台
の多重事故(死傷者5名)
•静岡県ドクターヘリ2機が出動
•片側2車線本線上に着陸


平成17(2005)年8月
4省庁(警察・消防・総務・国土交通)
による「高速道路におけるヘリコプター
活用に関する検討会」検討結果
• 高速道路本線上への着陸は一定の条件
を設定の上、試験的に運用していく。
1. 離着陸の新たな基準(全航連の提案)
2. 関連機関の連携による運用手順
3. ダウンウオッシュ等の留意事項

平成17(2005)年9月
運航規程審査要領の改訂

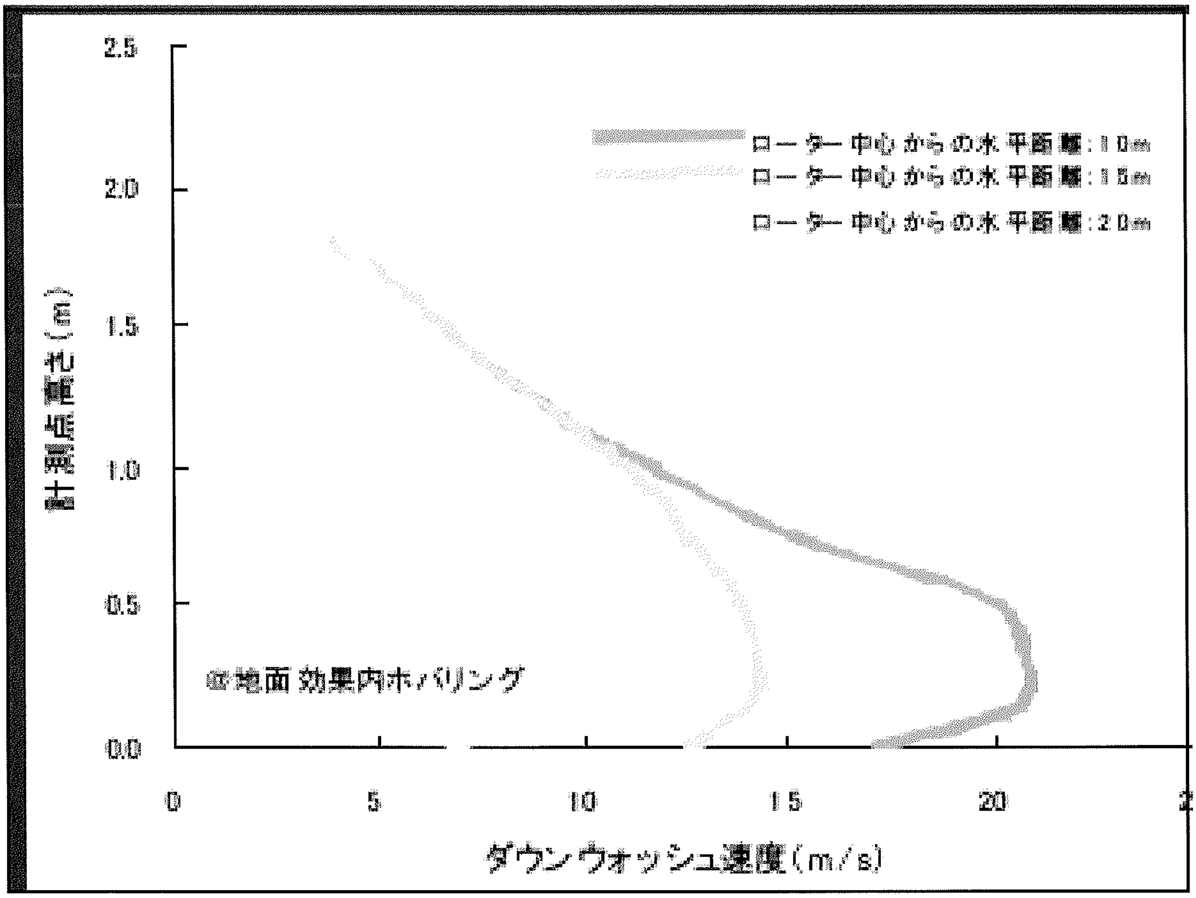
・飛行場以外の場所で離着陸する場合は「場外離着陸許可の基準」に従うこと。

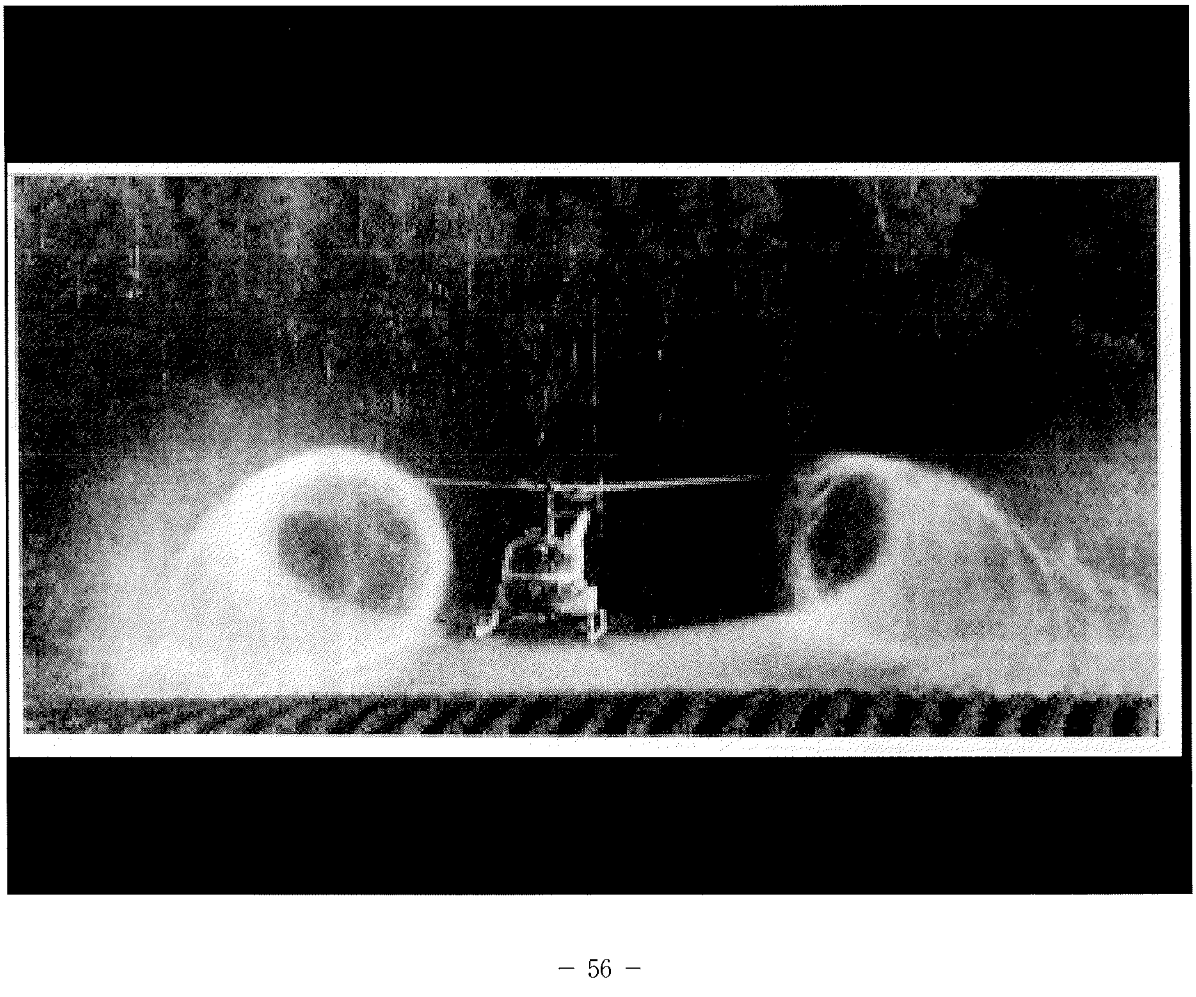
但し、人命救助のため緊急現場において離着陸する場合であって緊急現場での離着陸の安全確保の要件、離着陸の可否を判断する手順等が定められ、これらに従い機長が安全に離着陸を行なうことが可能と判断した場合はこの限りでない。

・今後の技術的課題

・ダウンウオッシュの対向車線への影響(2人乗りオートバイへの対応)
今年度ATEC(JAXA)にて検討

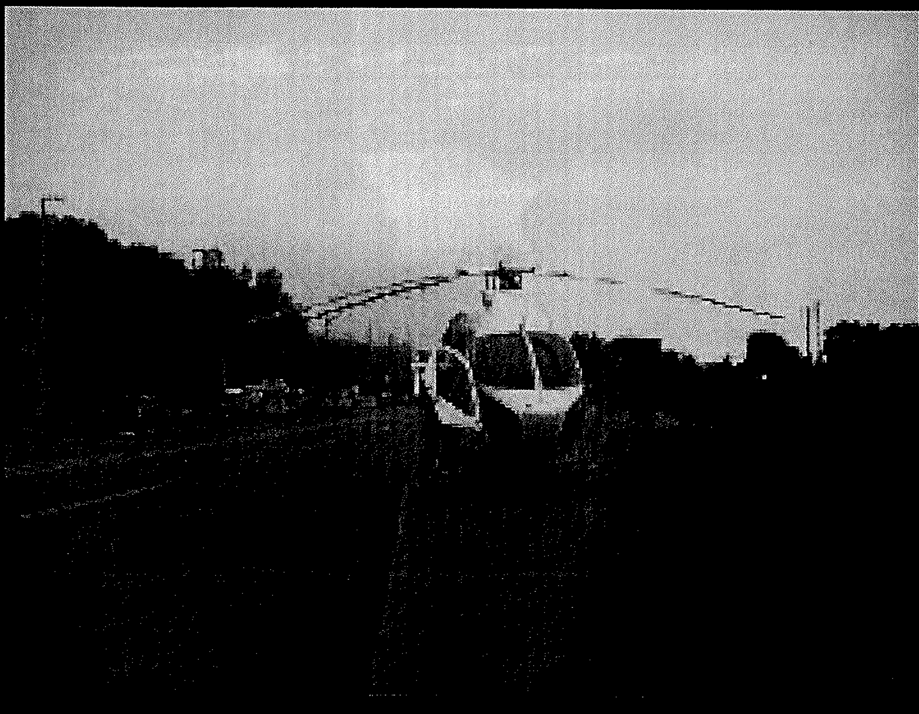
・遮音壁の影響


ローター中心からの水平距離：10m
ローター中心からの水平距離：15m
ローター中心からの水平距離：20m
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
計測点高さ(m)
0
5
10
15
20
※地面効果内ホバリング
ダウンウォッシュ速度(m/s)



ありがとうございました

2007年6月25日北海道小樽




2007年6月25日北海道小樽


2007年6月28日佐賀県

ヘリコプタ試験技術向上の重要性

現　日本ムーグ株式会社
アエロスペース・テスト
シニアアドバイザー　　三　宅　司　朗
元　防衛省技術研究本部先進技術推進ｾﾝﾀｰ
特別研究官

0　はじめに

ヘリコプタ構造の強度評価ことに部品やコンポーネントの疲労寿命評価については試験実証データを基に統計的処理によってなされる方法が一般的である。この試験実証データを取得するための試験技術はヘリコプタ部品等にかかる荷重の複雑さ故、種々の工夫によって試験精度の向上と試験期間の短縮を主目標に改善向上がはかられてきた歴史をもっている。

新小型観測ヘリコプタ（XOH-1）の開発及び哨戒ヘリコプタ（艦載型）（XSH-60K）の改造開発の機会を得て、ヘリコプタ開発に関する技術的知見及び見解を多く得たと考えている。

XOH-1 場合は新規開発の無関節型ロータ・システム、XSH-60K の場合は新規改造開発の先進メイン・ロータ・ブレードが採用されたことから、これらを含むメイン・ダイナミック・コンポネント構造の強度評価については試験技術の発展向上の重要性を再認識する経験を得た。

ここにはこれまでに得たヘリコプタ開発経験のうちから構造関連の試験の流れ、構造設計、規格、強度保証の方法及び保障試験を実施する上での検討要点並びにこれまで実施してきた複合材製メイン・ロータ・ブレード（以降 MRB）、メイン・ロータ・ハブ（以降 MRH）およびテール・ロータ・ハブの試験から得た試験技術の重要性と発展の必要性を示すこととしたい。

1　構造設計と強度試験の流れ

設計と試験の流れを図１に示す。運用要求に基づき空力特性、飛行条件等を定め構造として受ける外部荷重を推定する。この荷重から構造設計を行い、設計の妥当性を評価するため、部品レベルから実機レベルまで種々の供試体の強度試験を始めとする各種試験を段階的に実施する。最終的には地上試験により強度剛性の実証による安全性を確認した上での飛行試験を行うとともに、その結果を反映しながら要求に対する疲労寿命を実証することで耐空性を評価する。

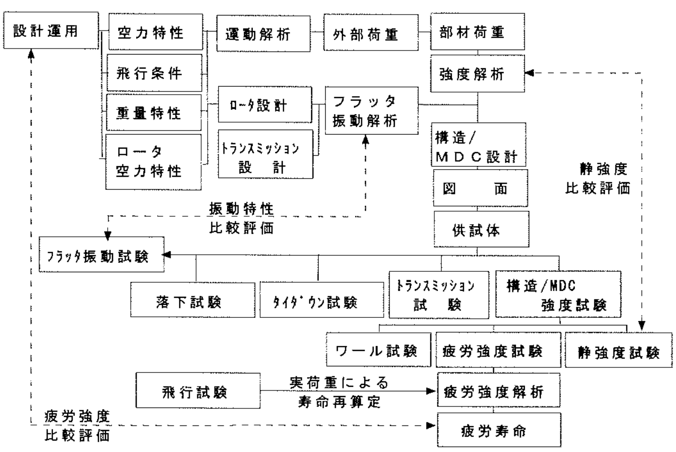


図１．設計と試験の流れ

表１．構造関連の規格

・SD-24	General Specification for Design and Construction of Aircraft Weapon Systems Volume II Rotary Wing Aircraft Y(6 DEC 1971) 一般仕様書：回転翼機設計と製造
・MIL-S-8698	Structural Design Requirement Helicopter(1 JUL 1954) 構造設計要求
・AR56	Structural Design Requirement (Helicopters) 構造設計要求 ：荷重、スペクトル、疲労／振動要求
・MIL-T-8679	Test Requirements, Ground, Helicopter(MAR 1954) 地上試験要求
・AR89	Structural Ground Test Requirements(21 DEC 1973) 地上試験要求：疲労試験要求、供試体数6
・CAM-6	Rotorcraft Airworthiness;Normal Category (1 OCT 1959) 回転翼機の耐空性；一般分類：運動割合、供試体数

2　構造関連規格

構造関連の規格を表１に示す。

3　構造開発の流れ

構造開発は表２に示すごとく開発初期段階から部材開発を経て実大構造での実証まで徐々に結果を積み上げて安全性の確保を行う。飛行試験結果は設定した基礎荷重の妥当性を評価するとともに実荷重と設計時設定した荷重の差異を確認して疲労寿命算定に反映する。

この結果をもって当初要求に対する設計製造の妥当性を評価するとともに開発時の疲労寿命及び点検整備の方式を決めることになる。この構造開発方式を一般的にビルディングブロック（積み上げ）方式と云う。ただし頻度については、開発中の短時間のデータでは設計頻度への反映は難しい場合が多く、運用以降のデータの蓄積を待って再評価する事が一般的である。

表２．構造開発ステップ

Building Block 方式

開発初期	部材開発	実大実証	飛行試験
強度剛性要求	要素試験	実大疲労試験	基礎荷重見直し
強度保証計画	要素構造試験		暫定寿命
基礎荷重	実大要素構造		荷重頻度再確認
荷重頻度	実大試験		
基礎試験	修理性試験		
	設計運用寿命	設計保証寿命	開発運用寿命
			点検整備計画

4　強度保証の考え方

構造の強度保証については強度保証方針を定めるとともに、具体的作業展開計画である強度保障管理計画を定めこれを中心に開発が進められる。

<u>強度保証方針</u>

強度保証は設計運用条件に基づく静強度及び疲労強度を実証により行うもとし、強度試験完了時においては飛行荷重計測結果に基づく設計運用条件により解析をベースとした見直しを行い開発時の静強度及び疲労強度保証とする。

<u>強度保証管理計画</u>

強度保証方針に基づき、設計初期段階から運用段階までを含めた強度保証対象部品及び構造の具体的な強度保証作業手順を管理計画としてあらかじめ定め、これに従って構造開発を行う。

このため、計画には基礎荷重を定めること、荷重頻度を定めること、部材の開発、試験実証、運用整備による構造健全性の維持方法を含む内容とすると共に、定めたプログラムに乗っ取り実績を積み上げながら手戻りのない開発を進めて行く実行計画として策定する。

図２に設計と強度保証のための試験の関係を示す。試験実証に基づく強度保証とは、構造設計に基づいて作り上げた供試体に対して図中の試験により固定翼機の開発の場合と同様に静強度及び

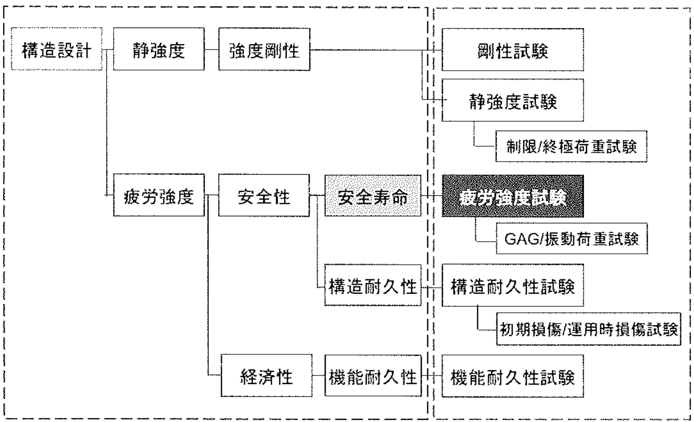


図２．設計と強度保証のための試験の関係

疲労強度を確認することである。

この中の構造耐久性試験というのは、製造時の損傷等を考慮した上で耐久性の有無をみるもので固定翼機で行われる損傷許容性試験に近い評価試験である。

強度評価に当たっての主たる検討要因を以下に示す。

1）負荷荷重環境（荷重と負荷順序）

強度評価は実証によるとしているが、この実証方法の具体的説明をメイン・ロータ・ブレードを例に説明する。ロータにかかる荷重の概要は図３に示すように遠心力荷重、フラッピング荷重、リード・ラグ荷重及びフェザリング荷重である。面内、面外にかかる荷重の状況からそれぞれモーメントが高い点の部位（内方ではフラッピング・モーメント、中央部ではリード・ラグ・モーメントが高い）に面内と面外の組み合わせた適切な荷重を負荷する必要があることは明白である。ロータ・ブレード１本全体をこの形態で負荷する事は負荷方法（荷重に対する変位量が大きく、変位による負荷方向の変化及び変形量増大に伴う負荷時間の増加）の点で合理的ではない。こうした場合、同様断面形状又は同様な負荷形態で試験できる部位に分割して、それぞれの部位に適切な組み合わせ荷重を負荷する方法も採用される。

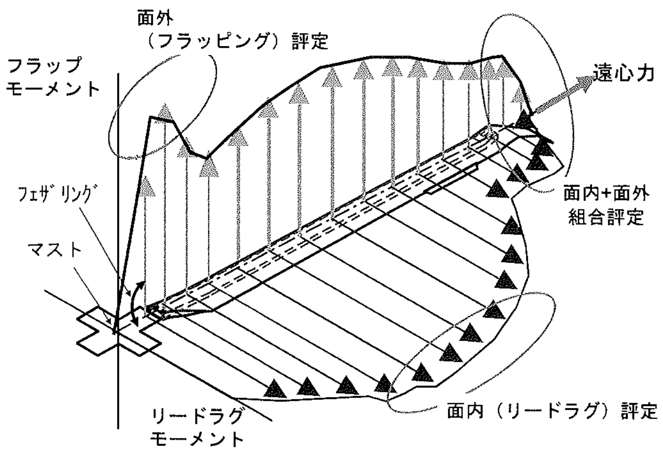


図３．ロータにかかる荷重の概要

一例としてラグ結合タイプの取り付け部に働く荷重を見れば図４のように見ることができ、遠心力、フラッピング力、リードラグ力及びﾌｪｻﾞﾘﾝｸﾞ力はロータの回転位置によりその大きさが異なってくることが理解されよう。強度保証にあたってはこれらを適切な荷重の順序として負荷しなければならないことは容易に推察される。負荷順序の影響についての例は次項で説明する。

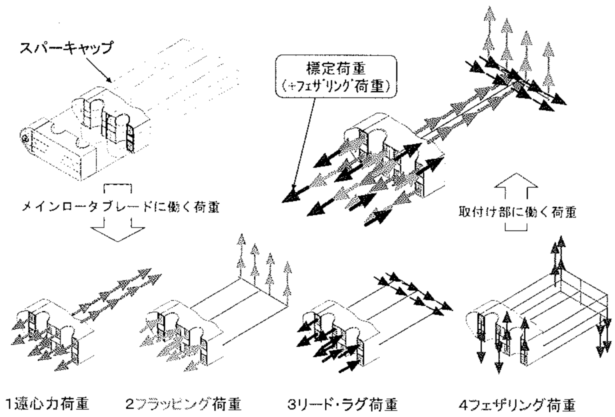


図４．ラグ結合タイプの取り付け部に働く荷重

2）材料特性、供試体数

実証試験を基本としての試験用供試体数や結果に対するデータのリダクションに対するスペックの概要を図

・供試体数：静強度試験　・現在の規定
　特に示されていない。
疲労強度試験　・現在の規定：供試体数に依存
　例　１体：0.5
　　　２体：0.66
　　　　：
・材料特性：静強度試験　・温度湿度による低下分を考慮
疲労強度試験　・材料の種別でS−N曲線の疲労限を低減させて評価　例　Steel,Ti:0.7
　AL　:0.61
　複合材　:0.7
・強度が温度・湿度に依存性がある場合
　1）評価温湿度を負荷して試験を実施
　2）室温で試験する場合は、依存相当分を荷重増加で試験を実施もしくはS−N曲線の疲労限を依存相当分（例0.9）低減させて評価

図５．試験評価に関連する試験数等条件例

5に示す。データのリダクションは複合材のように温度環境による強度低下を踏まえた評価が必要であるとはよく知られたことである。図6には温度によって疲労強度の影響を受ける特性例を示す。

5　強度保証の方法

1）静強度保証方法概要

ロータ等の構造が設計要求の強度と剛性を有していることの確認を目的とした、各種の飛行条件での外力荷重を忠実にかつ静的に負荷する試験を静強度試験と云う。試験では制限荷重では残留変形のないこと、及び終極荷重では破壊しないことなどが評価条件となる。

次項以降に示す試験方法の工夫の前提の一因となる荷重順序の与える影響について静強度を例に示す。（疲労強度でも問題はまったく同様である。）ここでは説明にため単純化し、図7に示すように遠心力とフラッピング力の2つ荷重のかかる場合のロータを例に取り上げる。負荷による遠心力とフラッピング荷重は組み合わせとしてかかるが、図8に示すように遠心力又はフラッピング荷重のいずれかを先に掛けたのでは到達ひずみは同じ様ではあるがその過程が全く違うことになる。このことは、ことに圧縮荷重が強度に敏感な複合材構造では注意を払う必要がある。ましてや終極荷重や破壊試験ともなれば破壊のモードにまで影響することを十分に考慮する事が必要である。

2）疲労強度保証方法概要

続いて、疲労強度の保証方法は図9に示すように供試体試験により強度

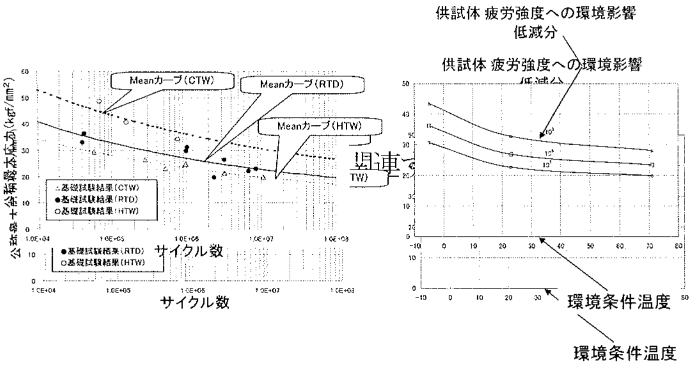


図6．複合材構造の温度による疲労強度への影響

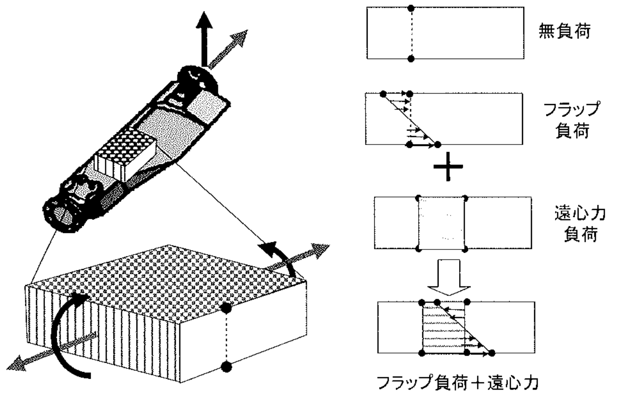


図7．遠心力＋フラッピング荷重の重畳

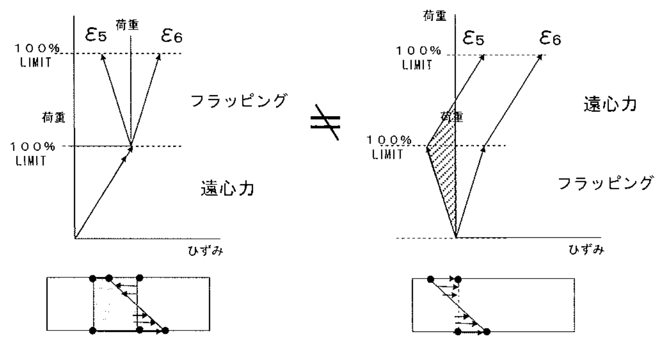


図8．負荷順序によるひずみ発生過程の差異

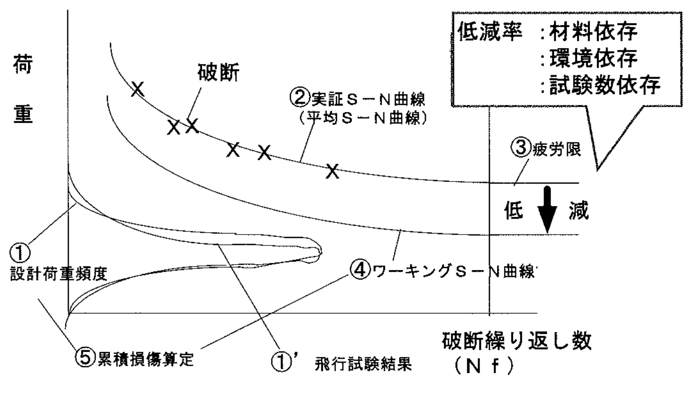


図9．疲労強度保証の方法説明図

実証すべきS−N曲線（図中②）をめざした疲労試験を実施する。得られた各供試体の試験結果の平均S−N曲線（図中②）をもとめ、低減率を用いたS−N曲線（図中④）を求め、この曲線と設計時に想定した荷重頻度から疲労寿命を算定する。飛行試験で得られた荷重が想定と異なっている場合は補正を行い荷重頻度を是正し、この荷重頻度（図中①）と先の低減率を用いたS−N曲線（図中④）とで疲労寿命算定を行う。

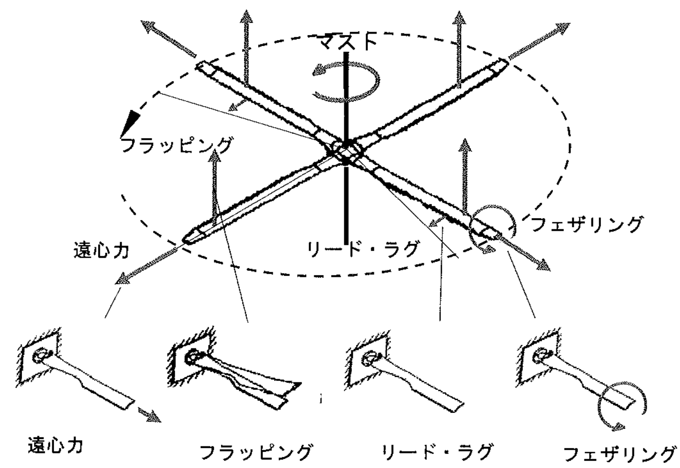


図１０．ロータ・ブレードに働く力

6　試験技術上の工夫のもつ重要性

ここではメイン・ローター・ブレードの試験への試験技術上の工夫を例にとりあげる。工夫の要点は試験成果の信頼性向上と試験期間の短縮にあるが、試験成果の信頼性向上には先に示した荷重負荷順序の影響が主要検討点であることが含まれる。

以下は XOH-1 に採用された無関節型ロータ・システムのようにハブとロータを組み合わせたまま試験評価する必要から案出された負荷試験システムの例である。

図１０に遠心力、フラッピング、リードラグ、フェザリングのそれぞれをロータ・ブレードにかかる荷重として示す。通常の場合、試験はまず図１１に示すようなマスト側を支持してこれに遠心力、フラッピング荷重等をかける方法が考えられる。ここでは、この遠心力とフラッピングの２つの荷重の組み合わせで生じる問題点の例を図１２に説明する。これからわかるように、フラッピング荷重をかけて面外に変位を起こさせると、遠心力がこれを押し戻す力を発生させる。これにより遠心力、フラッピング荷重共に互いを打ち消す荷重を生起してしまうので、所定の遠心力及びフラッピング荷重を増

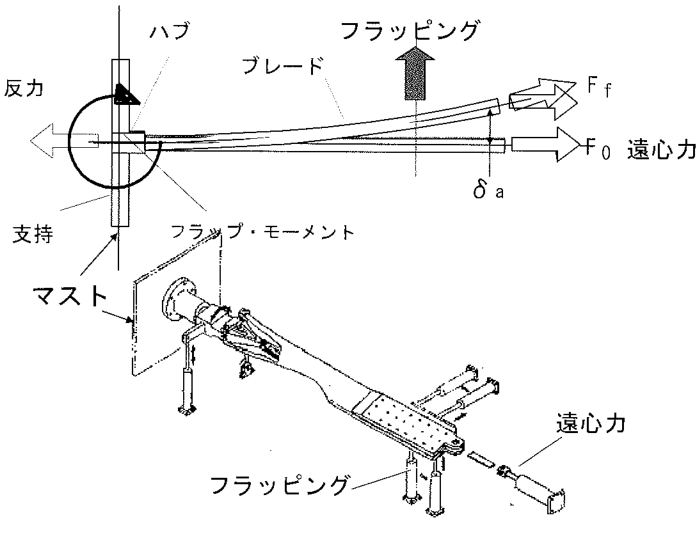


図１１．ロータ・ブレード試験例

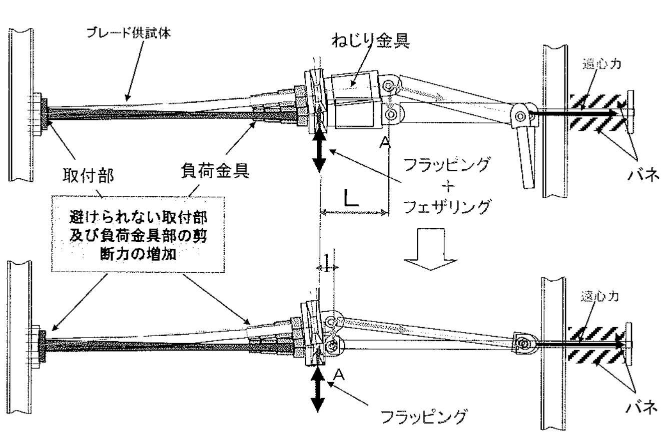


図１２．試験方法による不測荷重の生起

分してやらなければならなくなる。フェザリングに対応するためにねじり方向に回転機構を持った金具等を介して負荷している場合は、負荷点との関係から押し戻す方向に働く荷重の分を補うための更なる荷重増加は避けられず、結果として本来ならば入らないせん断力の増加を招くことになる。このことは取り付け部、金具、そして最重要である供試体に不要な荷重が係り、試験の信頼性を落とすことになる。

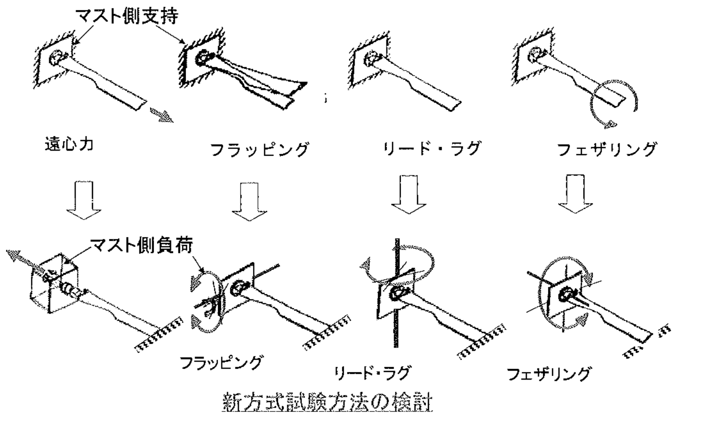


図１３．新しい荷重負荷の考え方

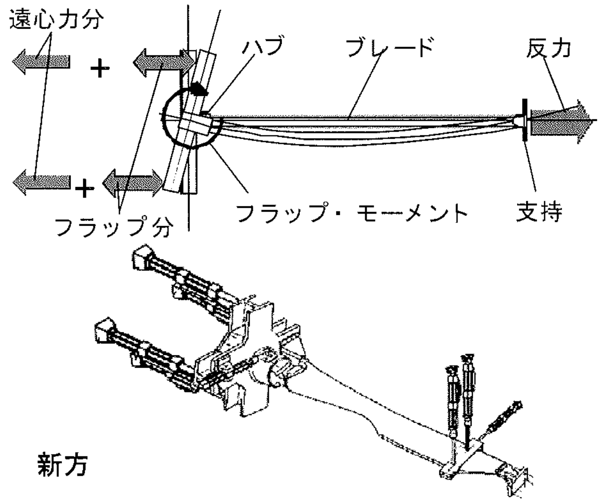


図１４．新負荷方式の概念

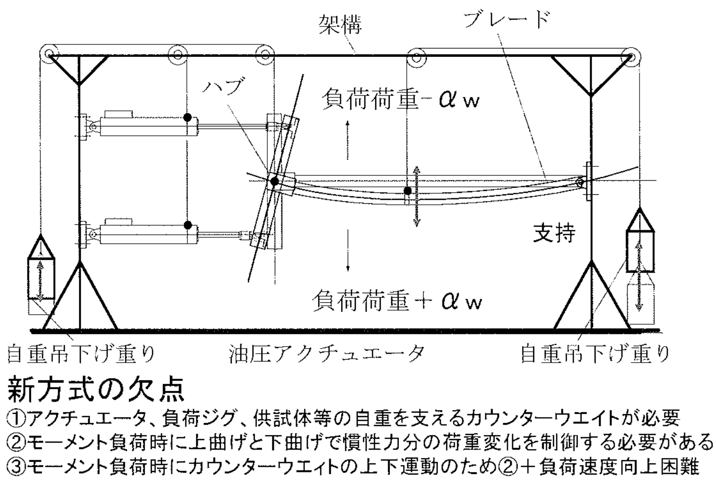


図１５．新負荷方式の欠点

そこで、荷重負荷に対する支点をマスト側に移してみると図１３のように考えることができる。この方式でもブレード取り付け部近傍では飛行による荷重状態を再現できることになる。これを試験負荷方式として説明したものが図１４である。この方式を採用すれば①遠心力＋フラッピング荷重を取り付け側で負荷するので、モーメントが正確②反力としての遠心力をうける支持部からの不用な生起荷重が最小限に押さえられる。③リードラグ荷重をフラッピング荷重と位相差制御すればロータ回転による荷重履歴が正確に負荷できる。④取り付け部で交番荷重を負荷するので負荷に要する変位量を低減できる。⑤支持側近傍の面外、面内及び軸廻りに補正用負荷装置を配することで各軸廻りのモーメント調整が容易。といった利点が得られ従来方法に比べてずっと合理的になる。この方式を試験装置全体として想定して、試験技術として方法の評価をすると図１５に示すように新たな欠点が現れてくる。ブレードが上曲げと下曲げの交番荷重を受けるときのブレードの曲げ変形や吊り下げウエイトの上下運動には重力の影響が避けられず、供試体としてのブレードの位置定安定を保持する点でも正しい荷重の負荷が困難である。

これに対する改善策が図１６に示すような横置きから倒立置きにしてブレードに対する慣性力

の影響を最大限排除する方法の採用である。この形態で下向き対角に配置した４本のアクチュエータで遠心力にフラッピング荷重および位相差を付けたリードラグ荷重を負荷し、マスト位置の負
の影響を最大限排除する方法の採用である。この形態で下向き対角に配置した４本のアクチュエータで遠心力にフラッピング荷重および位相差を付けたリードラグ荷重を負荷し、マスト位置の負荷治具上に配置したハブダミー側をピッチリンク変位相当でフラッピングに同期させて変位させれば良いことになる。こうして実際に試験した装置全体を図１７に示す。(MRH 及び TRH については省略)

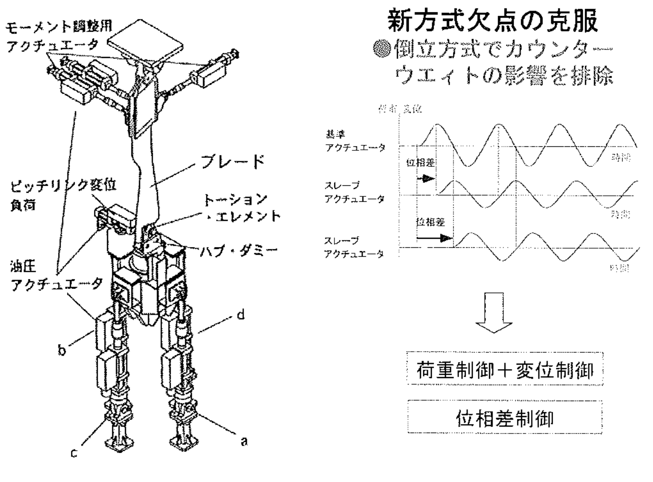


図１６．新負荷方式の欠点の克服

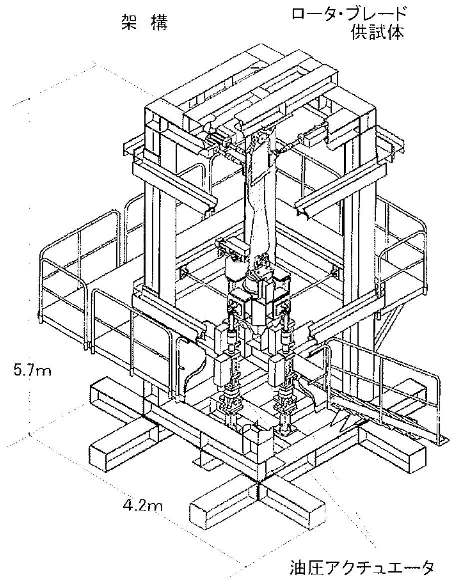


図１７．試験装置概要

7　今後に続く課題

今後に続く課題例を表３に示す。これらの個別問題についてはまたの機会に譲るとして、このうちの下線付き項目４点ほどを取り上げて以下に示す。

第１点はひずみゲージの劣化と破壊の見極めの問題である。まずひずみゲージは高サイクル疲労試験では意外なほど早期に劣化し貼り替えが必要となる。しかしながら頻繁なゲージの再貼付は貼付部に損傷を与えるばかりか、計測の信頼性を損なうことになる。

このようなゲージの実状には十分な注意を払う必要がある。ことに複合材構造として、剛性低下を破壊と判断する場合等、採用する低下率の妥当性は無論であるが、この剛性低下の判断にひずみ計測値を用いるとするとひずみゲージの劣化への対処はどうするか等を事前に評価指標として定めておくことが必要である。

表３．今後の課題

１複合材構造の採用	・破壊の定義（強度か剛性か） ひずみセンサの疲労 ・標定荷重と実働荷重 外力系がかわらなければ従来通り。 負荷荷重レベルと破壊モード ・環境の影響 吸湿による強度低下：等価損傷の考え方 ・荷重履歴の影響 金属構造と混在する場合 一定振幅荷重負荷方式 ・供試体化時の留意
２疲労寿命のばらつき	・試験期間の問題 加速試験での代替が可能か 種々のＳ−Ｎ曲線処理 試験技術上の留意事項

第２点は実構造を分割等を施して供試体化する場合の材料特性に対する留意である。ことに複合材料のなかには切欠き感受性の高い材料があり、供試体に対して負荷金具をボルト結合等で結合する場合などの補強対策には十分な注意が必要である。

第３点は各社各様の疲労強度保証方法の存在である。現在、ヘリコプタ製造各社は過去の経験から各様のＳ−Ｎ曲線の低減方法を持って疲労強度を評価している。

これらの評価の仕方で 3-10 倍の寿命に開きを生じることがある。このことは寿命評価の際、採用する方式について、どれも正しいのか、厳しい側が唯一の安全確保方法なのか、緩やかな側は経験的に安全といっているだけなのか、といったことに対する見識を持たねばならないことを承知すべきである。

第４点は試験方法（荷重精度、荷重履歴、荷重レベル、試験制御）で変わる疲労試験結果の評価である。負荷精度、荷重履歴の結果への影響、荷重レベルの違いの及ぼす破壊モードへの影響、荷重制御試験とひずみ制御試験の結果へ差異のほか図１８に示すような試験の開始、停止、異常停止時の制御方法も結果に影響する場合がある。

こうした、各種用注意事項を含んだ疲労試験結果の上に、低減方法による差異が加わることになるので、試験方法の考え方及びそれを実現する試験技術は極めて重要である。

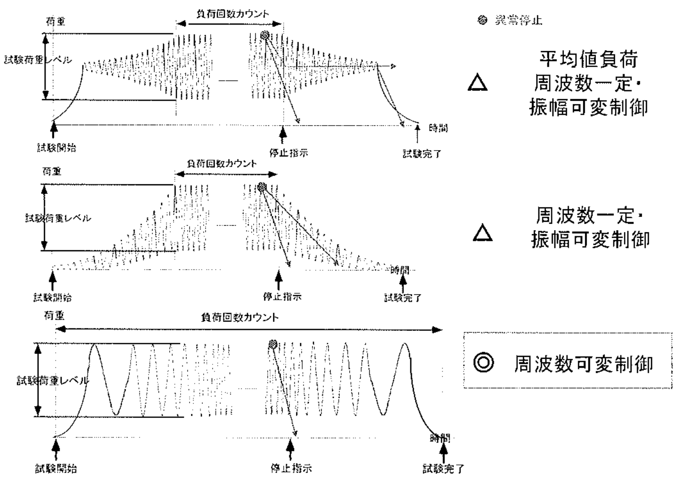


図１８．試験制御の検討例

８　おわりに

日本は有力なヘリコプタ運用国であるが、作ってとばせることが出来なければ一流国とは言えないといわれている。現在、わが国では BK-117, XOH-1、MH2000, XSH-60K と行った機体開発または改造開発を行い作って飛ばす経験を積むことで国産技術は大いに高まったものと考えている。

ここでは、開発の側面である評価技術にも工夫や経験が必要であることを実感したことから、いまは既に過去の試験技術ではあるが、知られる機会のない底辺技術としての強度評価技術をしめすことで、地道な努力の上に開発がある事、及びこれからもまだまだ改善向上の余地のある事を示した。

ことに試験技術は重要視されていないが、信頼性あるデータ取得と試験期間の短縮を目的とした試験技術の例と、この経験から得た知見としての今後の問題点を理解していただければ幸いである。

ヘリコプタの開発経験はまさに日本国の財産であり、ヘリ開発経験者はここ5年の内に大量退職し、このままではこれまでに蓄積されてきた技術・経験は失われてしまうことを多くの方に理解していただきたいものと考える。最後に、これらの開発等の経験者のノウハウを今後に伝えるためにも次期ヘリコプタの開発の機会を得ることが必要である。次の開発の機会が無くなると、これまでの努力してきた技術実績が雲散霧消しまうのではないかという懸念があることを声を大にして訴えたい。　(参照文献等省略)

ヘリコプタに対するFBW制御則設計

小島　徹（三菱重工業株式会社）

Designing FBW Control Law for Helicopter

Toru Kojima (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.)

Abstract

FBW Technology has been common for fixed-wing aircraft recently, but it is relatively new for rotary-wing aircraft. For example, the first flight of RAH-66 Comanche Prototype took place in 1996(but the development was cancelled), and the first production aircraft of NH90 was delivered in 2006. There is a trend that new control technology is applied to the rotorcraft for the improvement of rotorcraft capability. Along with the reduction in size and weight of electronic devices, the development of FBW rotorcraft will be accelerated. And the study of Partial Authority AFCS(Automatic Flight Control System)-limited authority AFCS which apply control technology similar to FBW system has been popular, and it is actually applied to CH-47F. For FBW or Partial Authority AFCS rotorcraft, modeling, specifications and test techniques need to be proper, and the application of ADS-33E-PRF, the latest helicopter handling quality specification, is the world trend today.

In this paper, outlines of ADS-33E-PRF and the design of control laws fitted to ADS-33E-PRF for improvement of handling qualities in hover and the results of the pilot evaluation of the control laws are shown.

1. はじめに

FBW技術は，固定翼機の世界では今や当たり前の技術となっているが，ヘリコプタの世界では，RAH-66コマンチの試作機が1996年に初飛行(2004年に開発中止)及びNH90が2006年に量産機納入となっているように比較的最近のことであり，電子機器の小型軽量化等とあいまって，今後は，FBW化が加速するものと考えられる。

また，FBW制御技術の一部を従来機に適用するPartial Authority AFCS(Automatic Flight Control System)の研究も近年盛んであり，CH-47Fなど実機への適用も見られ，機体の制御技術を新しくすることで，機体能力を向上させようとする流れも見られる。これらFBW技術を適用する機体に対しては，モデリング／ハンドリング・クオリティ・スペック／テスト・テクニックを技術の進歩に併せて変更する必要があり，最新のヘリコプタ・ハンドリング・クオリティ・スペックであるADS-33E-PRFの適用が進んでいる。

本稿では，ADS-33E-PRF概要とホバリングでのハンドリング・クオリティ改善を目的として，ADS-33E-PRFに適合した制御則設計を行い，パイロット評価を行った結果を示す。

2. ヘリコプタのFBW操縦システムについて

現在，ヘリコプタの操縦システムには，ベルクランクやコントロール・ロッド又はコントロール・ケーブルのようなメカ部品が広く使用されている。これらメカ部品は，信頼性が高いという反面，必要な強度をもたせるために，重量や装備スペースがかさ張ってしまうのは避けられない。また，操舵系統のリンク比は固定であるため，操縦特性が飛行状態に応じて変化し，ワークロードが増加する。

操縦システムをFBW化することにより，多くのメカ部品を削除することができるとともに，操縦応答特性を飛行状態に応じて任意に設定できるため，以下のような多くのメリットが得られる。

- 操縦応答特性の改善による，パイロット・ワークロードの低減
- 部品点数削減による，重量軽減，整備性の向上，ライフ・サイクル・コストの低減
- 軍用機の場合，被弾エリアの縮小により，脅威環境下における生存性が改善

また，FBW化に伴いケアフリー・マニューバ・システム(運用制限超過を事前に予測してパイロットに伝達することにより制限超過を防止するシステム)の採用が容易になり，さらなるワークロード低減，安全性向上が期待できる。

前述のRAH-66は，悪天候下における運用能力向上と，偵察／攻撃ミッションでのワンマンオペレーションを可能にするために，３重冗長のFBW操縦システムを導入している。パイロット・インターフェースとして，サイド・スティックを採用し，ヘリコプタとして初めて片手操縦を可能にするとともに，ADS-33C Level 1のハンドリング・クオリティを実現している。

また，NH90は，高い飛行安全性及びミッション遂行率を実現するため，デジタル技術とアナログ技術を併用した４重・異種冗長のFBW操縦システムを導入し，ADS-33C Level 1のハンドリング・クオリティを実現している。パイロット・インターフェースは，RAH-66と異なり，コンベンショナル・スティックである。

3. ADS-33E-PRF 適合制御則設計

3.1 ADS-33E-PRF について

これまで軍用ヘリコプタのハンドリング・クオリティ基準は，MIL-H-8501A が使用されてきたが，米陸軍のLHX(RAH-66)の開発に向けて見直され，ADS-33 として 1980 年代に制定された。その基準は，従来のスペックと異なりパイロット入力に対する応答形状をミッション・タスクと関連させたものになっており，RAH-66 開発の進行とともに現在 E 改訂まで行われた。その間，飛行試験データをベースに RAH-66 の主要任務である Attack/Scout 要求の見直しが行われるとともに，一般的にも採用されるよう Cargo，Utility，Maritime への要求が検討されてきた(図 1)。この基準は，ヘリコプタで初めての FBW 量産機である NH90 にも適用され，また近年 CH-47F,ARH-70A 等の機体でも適用されており，ヘリコプタ・ハンドリング・クオリティ・スペックの世界標準となっている。

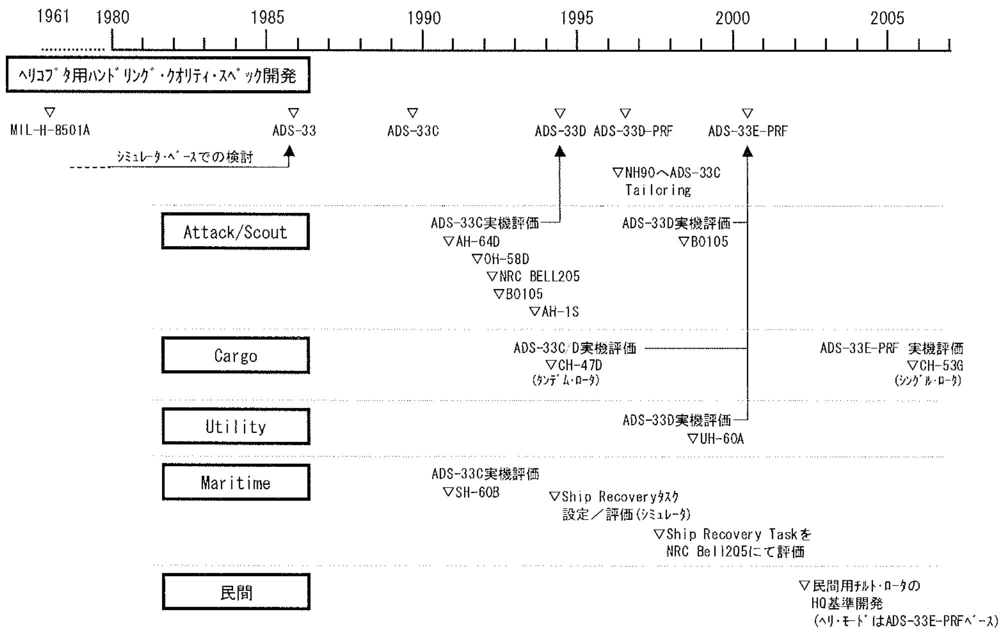


図 1 ヘリコプタ用ハンドリング・クオリティ・スペックの開発線表

3.2 ADS-33E-PRF の設計フロー

ADS-33E-PRF に従った設計フローを図 2 にまとめる(①～⑤の番号は，以下の説明に対応する)。スペックの要求事項は，ハンドリング・クオリティと関連付けされているため，以下のフローに従って要求事項を満足するように設計することにより，設計目標の達成(ハンドリング・クオリティ Level 1 の達成)が可能。

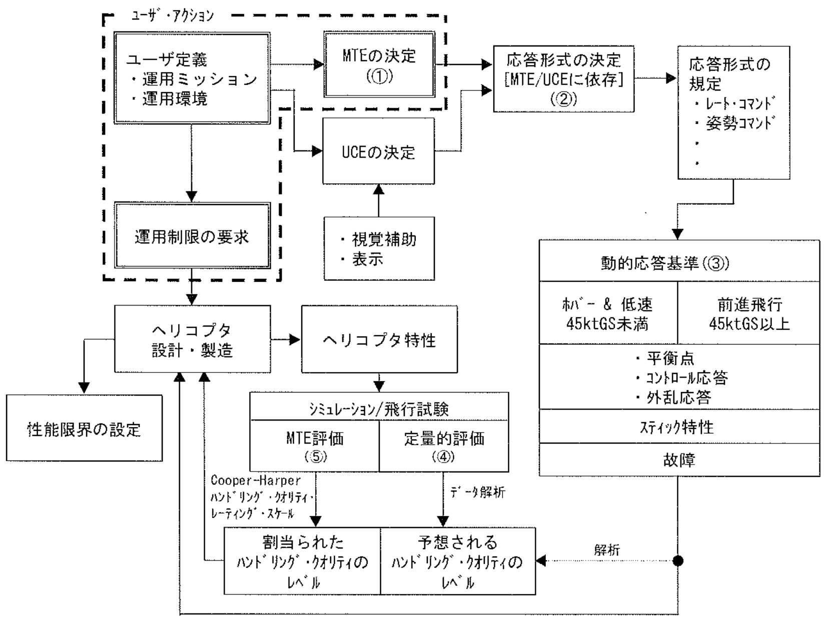


図 2 ADS-33E-PRF を用いた設計フロー[2]

①MTE(Mission Task Element)の決定

MTE とは，ヘリコプタのミッションを要素ごとに分解したもので，ハンドリング・クオリティ評価を行うタスクを規定している(MTE の例については，⑤に示す)。ヘリコプタの用途ごとに必要なミッションは異なるため，ユーザがヘリコプタのカテゴリから MTE を決定するか，機体の運用に合わせて個別に設定する(図３)。また，MTE には，タスク達成に必要な俊敏性を表す REQUIRED AGILITY が規定されており，後述の動的応答基準の分類に使用されている。

MTE	REQUIRED AGILITY	ROTORCRAFT CATEGORY				EXTERNALLY SLUNG LOAD
		ATTACK	SCOUT	UTILITY	CARGO	
Tasks in GVE						
Hover	L	✓	✓	✓	✓	✓
Landing	L	✓	✓	✓	✓	
Slope Landing	L	✓	✓	✓	✓	
Hovering Turn	M	✓	✓	✓	✓	
Pirouette	M	✓	✓	✓	✓	
Vertical Maneuver	M	✓	✓	✓	✓	✓
[illegible]	[illegible]			✓	✓	✓

図３ ヘリコプタのカテゴリと MTE[1]

②応答形式の決定

応答形式とは，スティック操舵に対応した機体応答の特性であり(図４)，MTE や UCE(Usable Cue Environment，パイロットが利用可能なビジュアル・キュー)に応じて，要求される応答形式が異なる(図５)。例えば，UCE=1(昼間)の飛行であれば，RATE が要求されるが，UCE=2(夜間等)でハンドリング・クオリティ Level 1 を達成するには，ACAH(Attitude Command Attitude Hold)が要求される。これは，夜間等の視界が悪い状態では，機体の安定性が必要とされるためである。

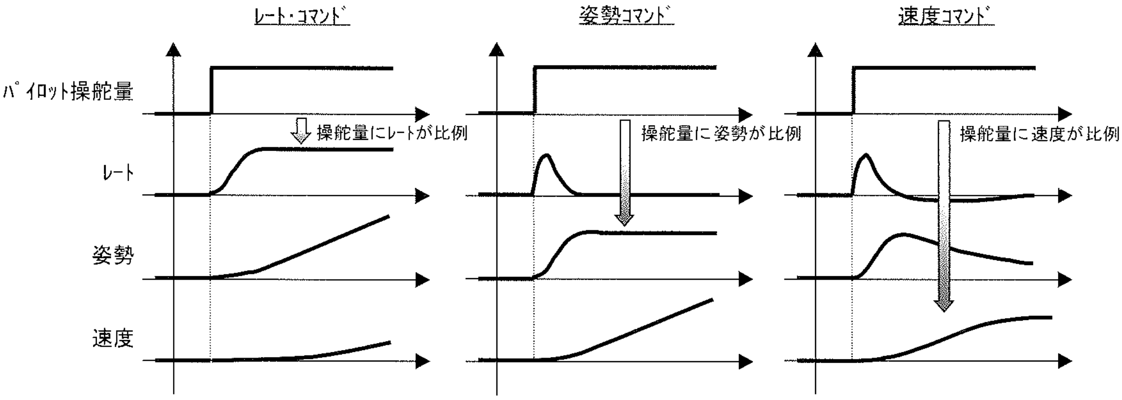


図４ 応答形式の例

MTE	UCE = 1		UCE = 2		UCE = 3	
	Level 1	Level 2	Level 1	Level 2	Level 1	Level 2
Required Response-Type for all MTEs. Additional requirements for specific MTEs are given below.	**RATE**	**RATE**	**ACAH**	**RATE + RCDH**	**TRC+RCDH + RCHH+PH**	**ACAH**
Hover			RCDH + RCHH			RCDH + RCHH
Landing			RCDH			RCDH
			RCDH			RCDH

UCE=2でLevel1達成のためには，
ACAH(+RCDH+RCHH)が要求される

図５ ホバー＆低速での応答形式[1]

③動的応答基準／④定量的評価

動的応答基準(姿勢変化，クロスカップリング，縦の静安定性，ピッチ・コントロール・パワー，定常横滑りにおける横方向特性，トルク応答，ロータ回転数制御，・・・)には，①で規定されたREQUIRED AGILITYごとに，MTE評価で必要なハンドリング・クオリティを達成するための要求事項が規定されている(図6)。本要求に基づき設計を行った後，要求を満たすか定量的評価を行う。ここでの試験方法としては，従来のパルス／ステップ応答の他に，周波数スイープ試験等の新しい試験手法が必要となる。

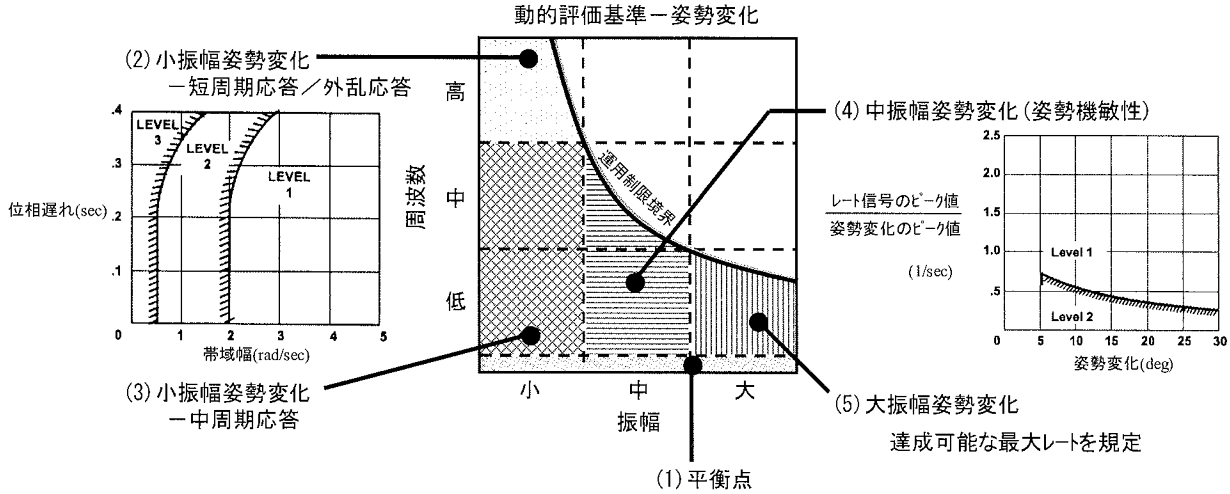


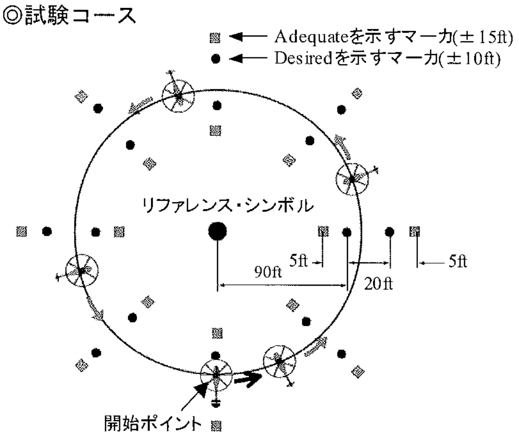
図6 動的応答基準の例[1][2]

⑤MTE評価

各MTEには，目的，試験方法，推奨される試験コース及び性能標準が設けられている。図7にMTEのPirouetteの例を示す。Pirouetteでは，ピッチ／ロール／ヨー／コレクティブ軸同時の正確なコントロール達成能力の確認を行うことを目的として，開始ポイントで安定したホバーから開始し，機体のノーズを円の中心に向けた状態を保ちながら，円周上を横方向に移動し，開始ポイントに戻り安定したホバーを確立するマニューバを行う。

実施したマニューバについて，性能標準に対し機体がどの程度のハンドリング・クオリティを有しているのか評価を行うため，クーパーハーパ・レーティング・スケール(図8)を用い，フローに従ってレーティング(最も良い場合で1を，最も悪い場合で10)を割り当てる。ハンドリング・クオリティのレベルについては，クーパーハーパ・レーティングが1～3をLevel 1，4～6をLevel 2，7,8をLevel 3と規定し，選択されたMTE全てでLevel 1の評価を得た機体をハンドリング・クオリティがLevel 1と規定している。

◎試験コース



◎性能標準

	Desired	Adequate
機体の選択されたﾘﾌｧﾚﾝｽ･ﾎﾟｲﾝﾄの円周に対する位置の保持精度	±10ft	±15ft
高度の保持精度	±3ft	±10ft
円の中心に対する機体のノーズの(機首方位の)保持精度	±10deg	±15deg
円を達成して開始点へ戻ってくるまでの時間	45sec	60sec
開始点へ戻った後，安定したﾎﾊﾞｰを達成するまでの時間(Desiredのﾎﾊﾞｰ･ﾘﾌｧﾚﾝｽ･ﾎﾟｲﾝﾄ以内で)	5sec	10sec
安定したﾎﾊﾞｰを維持する時間	5sec	5sec

図7 MTE－Pirouetteの例[1]

③動的応答基準／④定量的評価

動的応答基準(姿勢変化，クロスカップリング，縦の静安定性，ピッチ・コントロール・パワー，定常横滑りにおける横方向特性，トルク応答，ロータ回転数制御，・・・)には，①で規定された REQUIRED AGILITY ごとに，MTE 評価で必要なハンドリング・クオリティを達成するための要求事項が規定されている(図6)。本要求に基づき設計を行った後，要求を満たすか定量的評価を行う。ここでの試験方法としては，従来のパルス／ステップ応答の他に，周波数スイープ試験等の新しい試験手法が必要となる。

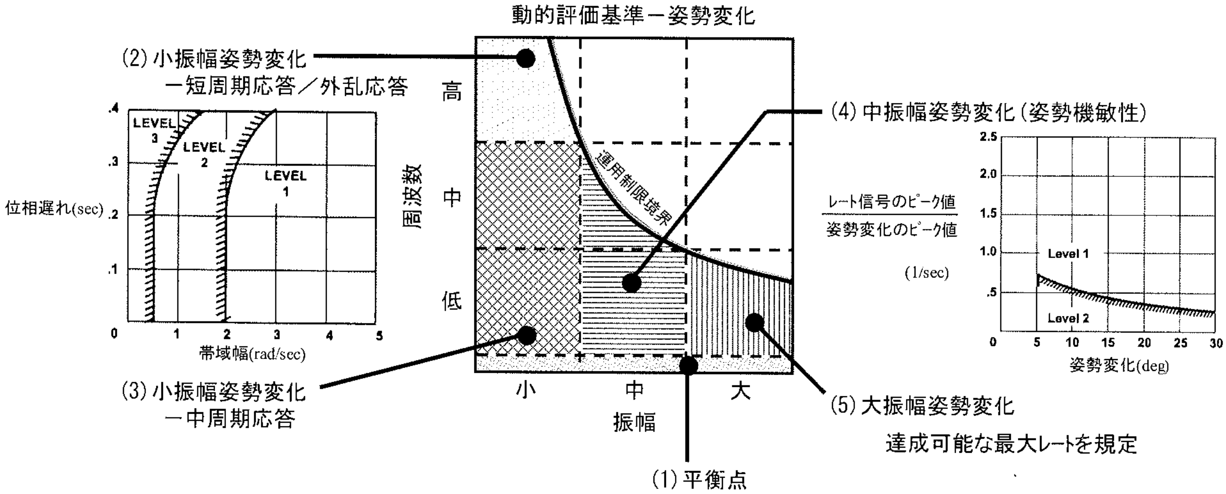


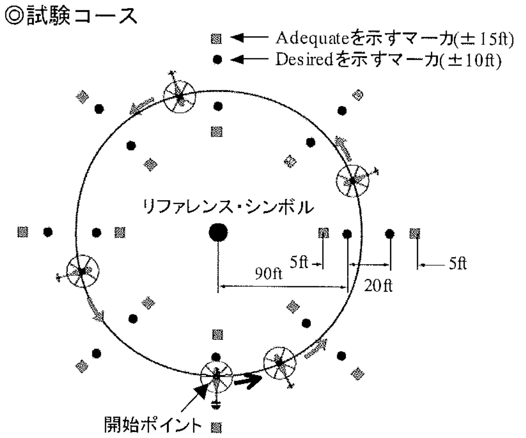
図6　動的応答基準の例[1][2]

⑤MTE 評価

各 MTE には，目的，試験方法，推奨される試験コース及び性能標準が設けられている。図7に MTE の Pirouette の例を示す。Pirouette では，ピッチ／ロール／ヨー／コレクティブ軸同時の正確なコントロール達成能力の確認を行うことを目的として，開始ポイントで安定したホバーから開始し，機体のノーズを円の中心に向けた状態を保ちながら，円周上を横方向に移動し，開始ポイントに戻り安定したホバーを確立するマニューバを行う。

実施したマニューバについて，性能標準に対し機体がどの程度のハンドリング・クオリティを有しているのか評価を行うため，クーパーハーパ・レーティング・スケール(図8)を用い，フローに従ってレーティング(最も良い場合で1を，最も悪い場合で10)を割り当てる。ハンドリング・クオリティのレベルについては，クーパーハーパ・レーティングが1～3を Level 1，4～6を Level 2，7,8を Level 3 と規定し，選択された MTE 全てで Level 1 の評価を得た機体をハンドリング・クオリティが Level 1 と規定している。

◎試験コース



◎性能標準

	Desired	Adequate
機体の選択されたﾘﾌｧﾚﾝｽ･ﾎﾟｲﾝﾄの円周に対する位置の保持精度	±10ft	±15ft
高度の保持精度	±3ft	±10ft
円の中心に対する機体のノーズの(機首方位の)保持精度	±10deg	±15deg
円を達成して開始点へ戻ってくるまでの時間	45sec	60sec
開始点へ戻った後，安定したﾎﾊﾞｰを達成するまでの時間(Desiredのﾎﾊﾞｰ･ﾘﾌｧﾚﾝｽ･ﾎﾟｲﾝﾄ以内で)	5sec	10sec
安定したﾎﾊﾞｰを維持する時間	5sec	5sec

図7　MTE－Pirouette の例[1]

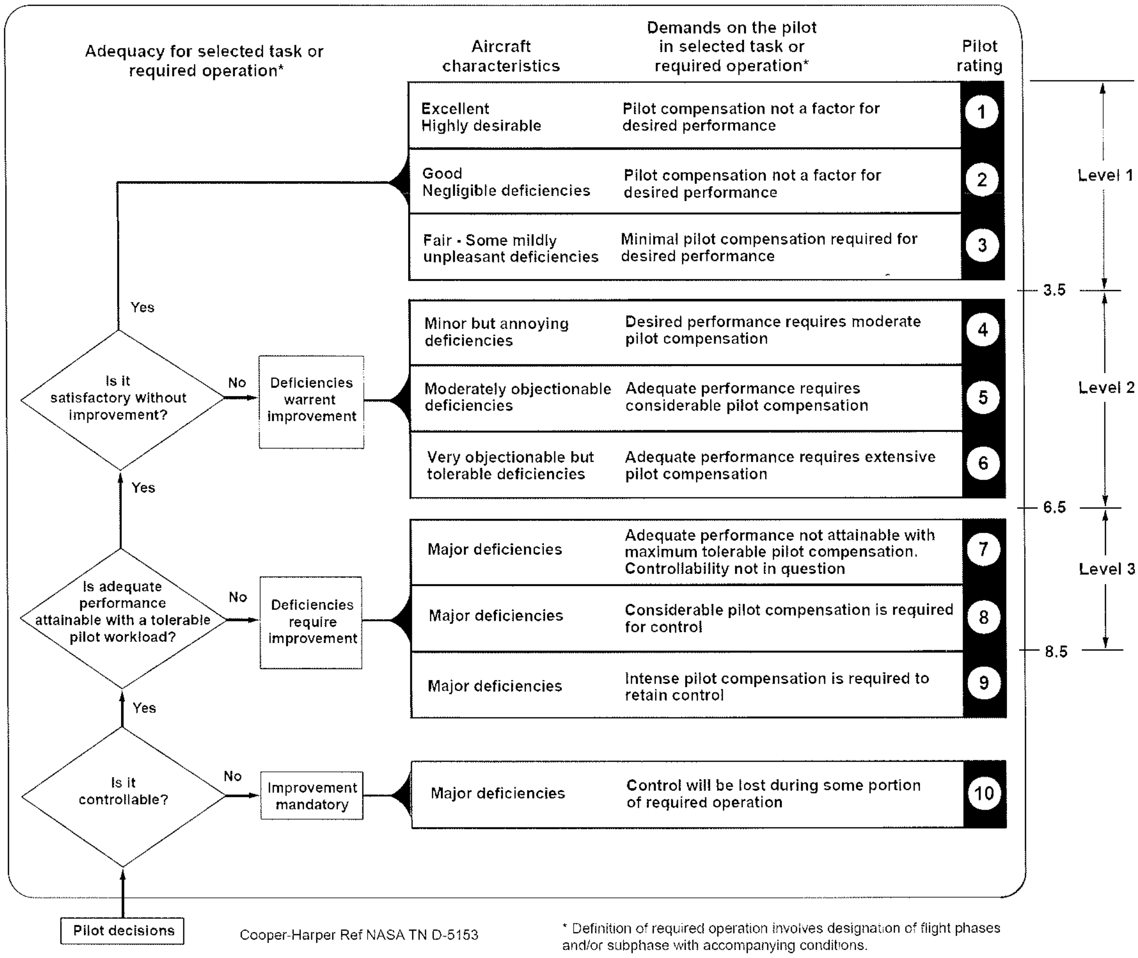


図８　クーパーハーパ・レーティング・スケール[1][3]

3.3 制御則設計

今回は，ホバリング領域でのハンドリング・クオリティの改善(従来機の Level 2 を Level 1 に改善)を目的とし，ADS-33E-PRF に従い FBW 制御則の設計を行った。対象とするヘリコプタとして多目的なユーティリティ・ヘリコプタを想定し，MTE としては“UTILITY”のカテゴリを選択した。

また，視界の悪い状況でも安全に飛行できるよう UCE=2 を仮定し以下の応答形式を準備した。

<u>応答形式：</u>

ピッチ：	ACAH (Attitude Command Attitude Hold)
ロール：	ACAH
ヨー：	RCDH (Rate Command Directional Hold)
コレクティブ：	RCHH (Rate Command Height Hold)

いずれの応答形式もモデル・フォロイング制御を使用し(図９)，動的応答基準で Level 1 を満たすように制御則設計を行った。

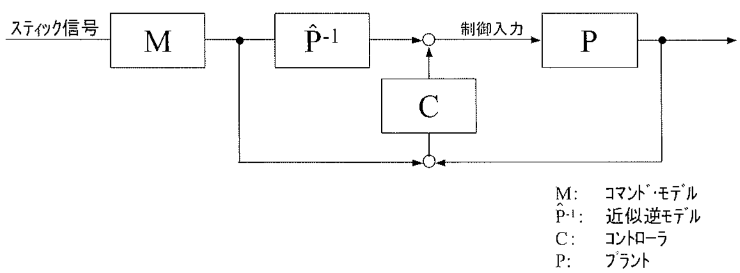


図９　モデル・フォロイング制御の例

3.4 ADS-33E-PRF 定量評価結果

設計した制御則が，動的応答基準の Level 1 を満足しているか，定量的評価を行った。以下にその結果の一例を示す(図 10)。ピッチ軸の小振幅姿勢変化要求に対しては，従来機よりも応答が速くなるように設計した。

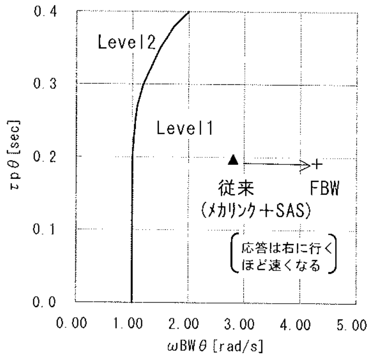


図１０ 定量評価－小振幅姿勢変化(ホバー&低速)，ピッチ軸の例

3.5 ADS-33E-PRF MTE 評価

設計した制御則による機体のハンドリング・クオリティを評価するため，MTE 評価を実施した。

(1) 試験設備

制御則設計作業の効率化のため，MATLAB/Simulink[4]を用いたモデル・ベース・デザインを適用した(図１１)。モデル・ベース・デザインとは，設計から評価まで統一的な『モデル』を用いた開発のことであり，開発の上流過程で発生する仕様の曖昧さ排除，仕様・設計の修正容易化，コーディング・エラーの排除等のメリットが見込まれている。従来はシミュレータでのパイロット評価用に制御則仕様書から C 言語のソースコードをコーディングしていたが，今回の設計においては，Simulink[4]を用いて仕様を規定し，そのモデルから C 言語ソースコードを自動生成できる Real-Time Workshop Embedded Coder[4]を使用し，C 言語ソースコードを生成した。これにより，設計作業の効率向上，特にパイロット評価でのコメントのフィードバックが迅速に対応可能になる等のメリットがあった。

また，設計段階での制御則の完成度を高めるため，シミュレーション環境として設計評価用の簡易シミュレータを準備し，パイロット評価前に簡易シミュレータで設計者が実際に飛行して確認を行った後パイロット評価用のドーム型シミュレータでの試験を行った。これにより，設計段階で総合的に事前評価を行うことができ，従来ではシミュレータで判明した不適合事項等の改善をより早い段階で確認することができ，設計効率の向上につながった(図１２)。

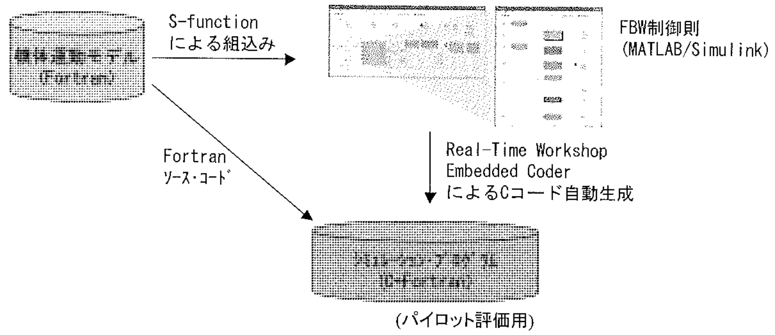


図１１ モデル・ベース・デザインの適用

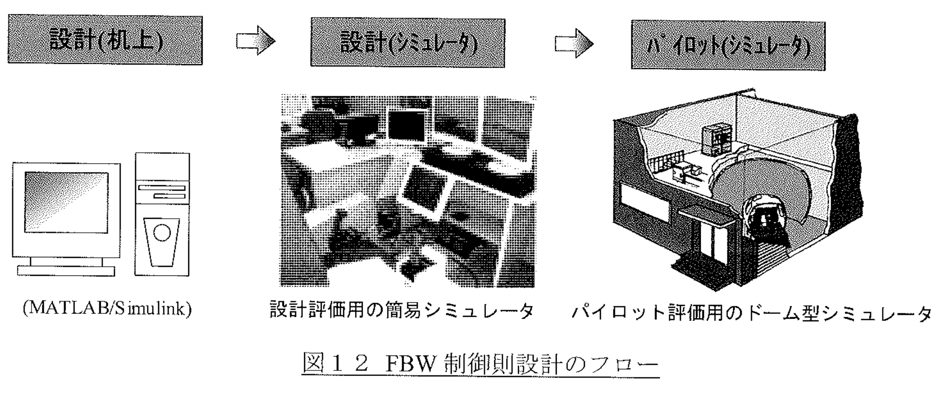


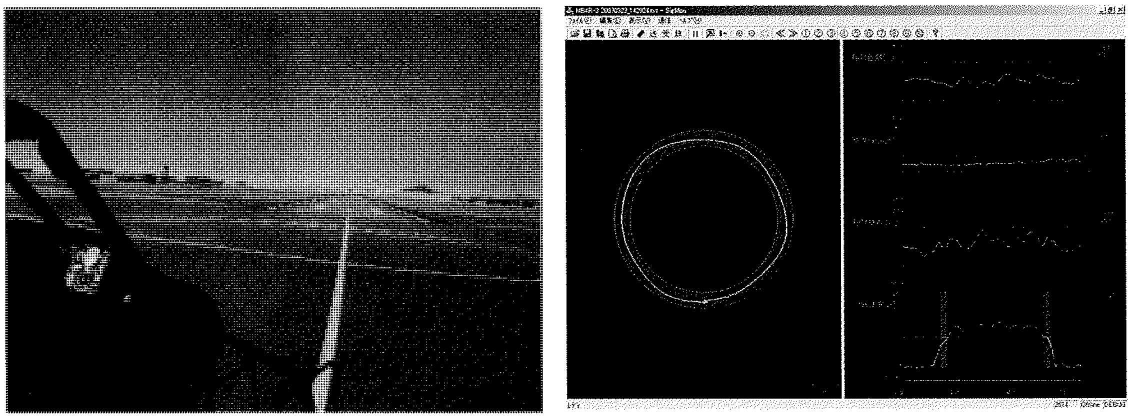
図１２ FBW 制御則設計のフロー

(2) 評価結果(図１３)

MTE 試験では，性能標準に対し満足している／していないを判定する必要があるが，その判定を容易にするため，ADS-33 Signal Monitor(評価補助用ツール)を製作した。本ツールは，各 MTE 評価における性能基準(Desired/Adequate)をモニタし，目視で気が付かなかった逸脱等を明確にするものである。本ツールの活用により，試験後すぐに状況をパイロットにフィードバックでき，ビジュアル・キューやハンドリング・クオリティの問題点をただちに明確にできるなどの有効性が確認でき，試験の効率化につながった。

試験の結果，ハンドリング・クオリティは FBW 制御則により従来機から改善がみられ，クーパーハーパ・レーティング・スケールによる判定で Level 2 から Level 1 へ向上する見込みが得られた。応答形式やコマンド・モデルの時定数／ゲインなどの設計パラメータは無数の組合せが考えられるが，ADS-33E-PRF で応答形式やハンドリング・クオリティのレベルに応じた各種規定があるため，フローに従って設計することで，Level 1 達成に必要なコマンド・モデルの形式が概ね定まるなど，見通し良く目的通り設計することができるというメリットがあった。

ADS-33E-PRF は，これまでさまざまな機体での多数の飛行試験及びシミュレーション試験のデータにより裏付けが行われ，洗練されてきている。今回，ホバリング領域のみであるが，ADS-33E-PRF に従ってハンドリング・クオリティ Level 1 を目的として FBW 制御則設計を行って，その有効性を確認できた。ADS-33E-PRF では，民間ヘリや Maritime ヘリに対する規定がされていないため，今後，それらの規定の追加も必要となろう。



(a) ドーム型シミュレータでの MTE 評価　　(b) ADS-33 Signal Monitor の表示

図１３ Pirouette 試験結果の例

4. おわりに

本稿では，ホバリングでのハンドリング・クオリティ改善を目的として，ADS-33E-PRF に適合した制御則設計を行い，パイロット評価を行った結果について述べた。今後は，巡航領域に対しても検討を進めていくと共に，詳細検討を進めて制御則の完成度を高めていく。また，さらなるハンドリング・クオリティ改善／安全性向上の可能性を含んでいるケアフリー・マニューバ技術の適用を検討して行く予定である。

参考文献

[1] ADS-33E-PRF, Aeronautical Design Standard Performance Specification Handling Qualities of Requirements for Military Rotorcraft, March 2000

[2] Helicopter Handling Qualities, An American Helicopter Society Workshop, Washington, May 2001

[3] The Use of Pilot Rating in the Evaluation of Aircraft Handling Qualities, NASA TN D-5153, April 1969. Cooper, G. E., and Harper, Jr., R. P.

[4] 米国 MathWorks 社製品

前進飛行におけるブレード翼型空気力の非定常数値解析と最適設計手法について

川崎重工業（株）
越智　章生

本研究の目的

- 今まであまり考慮されてこなかった、ヘリコプタブレード翼型に関する速度変動を伴なう動的現象を新高性能ヘリコプタの設計に利用する。

本講演の概要

- CFD(計算流体力学)を用いた、ヘリコプタブレード空力特性解析と最適設計の例をご紹介する。

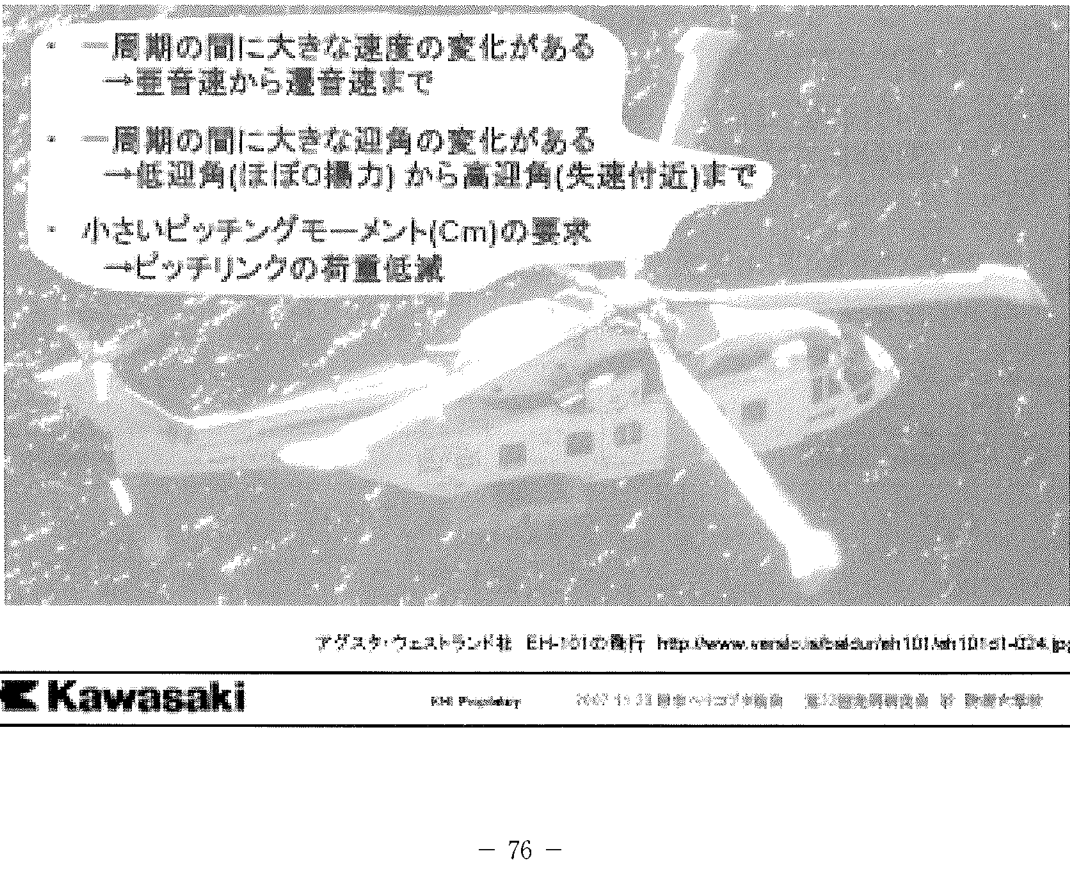
平成16-17年度　日本航空宇宙工業会
革新航空機技術開発センター委託研究

今回の講演で伝えたいこと

- ヘリコプタロータブレードの空力現象
- ヘリコプタ空力性能に対する<u>速度変動</u>を伴なう動的効果の重要性
- 速度変動効果も含めて見積もる新しいヘリ翼型性能指標(C_{L300})
- 最適設計技術を用いたブレード翼型の設計

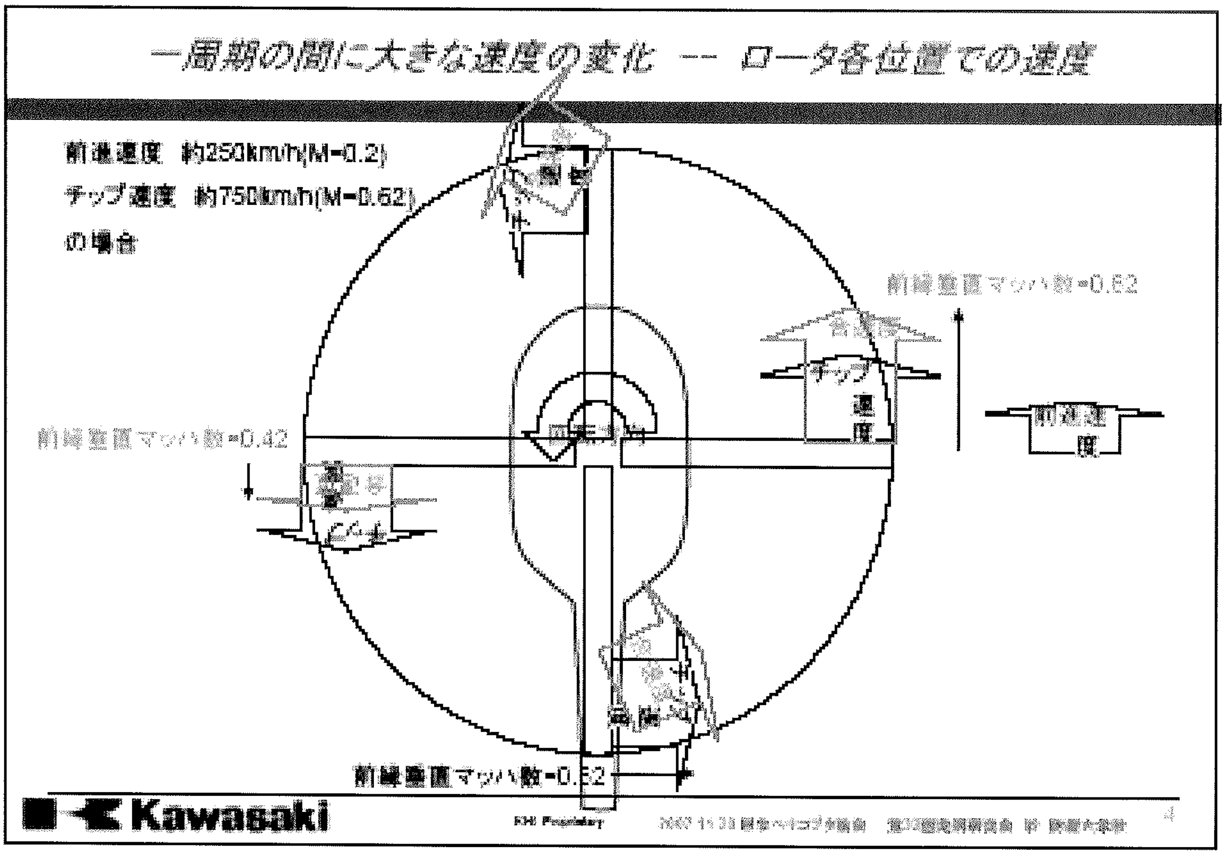
Kawasaki　KHI Proprietary　2007.11.20 日本ヘリコプタ協会　第32回定例研究会　於 防衛大学校

ヘリコプタの飛行とブレード空力特性への要求

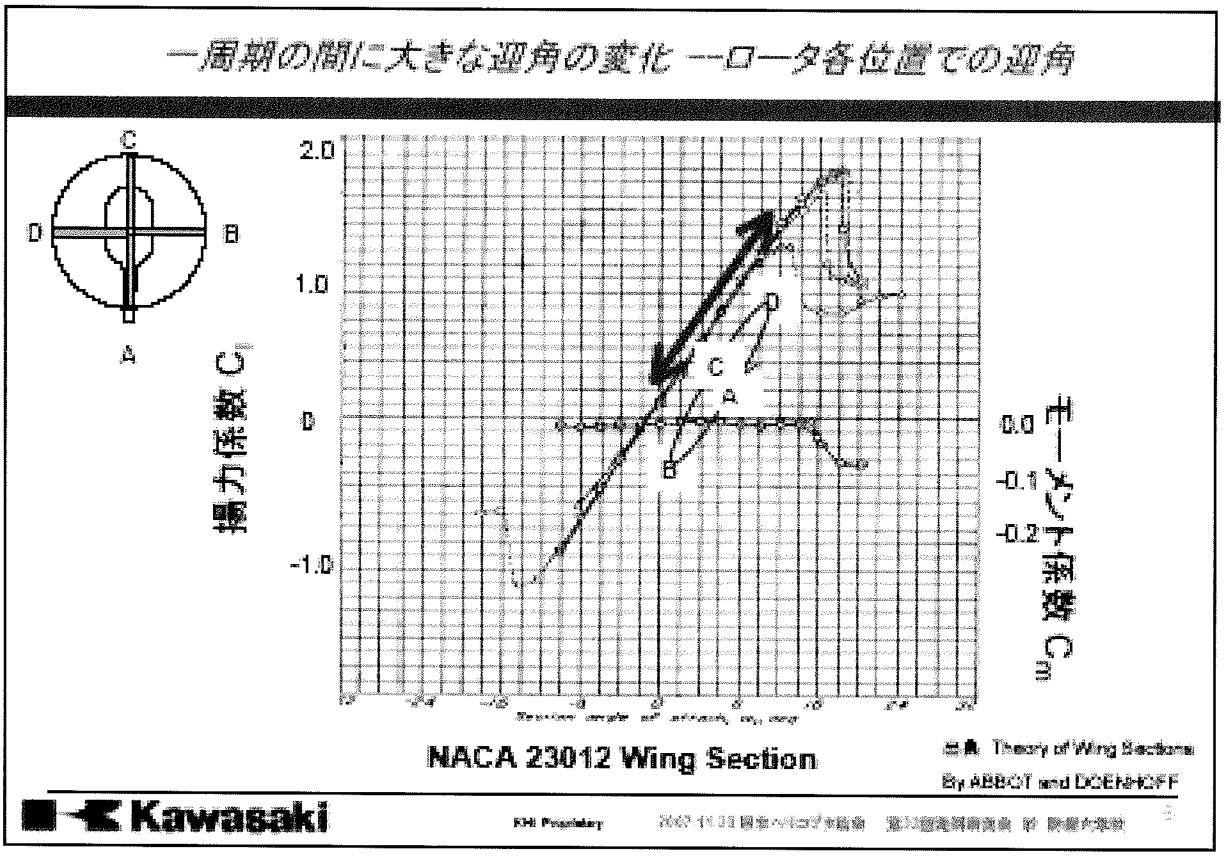


アグスタ・ウェストランド社 EH-101の飛行 http://www.[illegible]/eh101/eh101s1-024.jpg

Kawasaki　KHI Proprietary　2007.11.20 日本ヘリコプタ協会　第32回定例研究会　於 防衛大学校



一周期の間に大きな速度の変化 -- ロータ各位置での速度
前進速度 約250km/h(M=0.2)
チップ速度 約750km/h(M=0.62)
の場合
前縁垂直マッハ数=0.82
チップ速度
前進速度
前縁垂直マッハ数=0.42
前縁垂直マッハ数=0.52
Kawasaki
KHI Proprietary



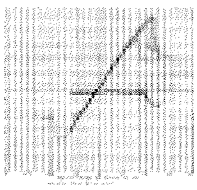
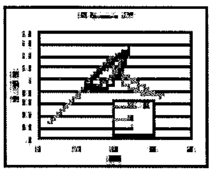
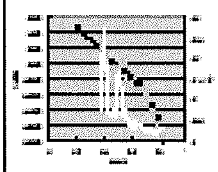
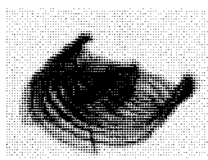
一周期の間に大きな迎角の変化 ーロータ各位置での迎角
C
D
B
A
2.0
1.0
0
-1.0
揚力係数 C
0.0
-0.1
-0.2
モーメント係数 Cm
NACA 23012 Wing Section
出典 Theory of Wing Sections
By ABBOT and DOENHOFF
Kawasaki
KHI Proprietary

ヘリコプタロータブレード前進飛行中の流れ場

- 固定翼機では、高速側は後退角、高迎角は高揚力装置で、翼型の性能を補うが、ヘリコプタは、単一の翼型で対応しなければならない。

  →高速性能と低速性能の両立が必要

ロータの性能予測の試験・解析

	2次元流れ (迎角固定) 	2次元流れ (迎角変動有り) 	2次元流れ (速度・迎角変動あり) 	3次元流れ (速度・迎角変動、後流渦あり) 
風洞試験 (コスト)	翼型風洞試験 (1X)	ダイナミックストール風洞試験 (5X)	実施困難	スケールモデル前進飛行模擬風洞試験 (100X)
数値解析(CFD) (コスト)	2次元粘性解析 (1Y)	ダイナミックストール解析 (20Y)	速度変動有りダイナミックストール解析(50Y)	3次元前進飛行解析 (50000Y)

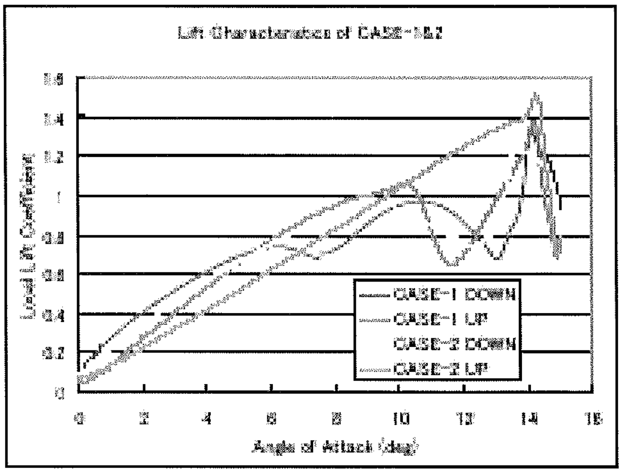
アイデアと本研究の動機

- ヘリコプタのブレードは前進飛行中、迎角変化と速度変化に曝される。
- 前進飛行時のブレードピッチ運動により特徴的な<u>動的失速</u>が生じることが知られている。
  - 様々な実験および解析例あり
- しかしピッチ運動と共に大気速度も大幅に変動しており、<u>速度変動の動的効果</u>も大きいのではないか？
- CFDを用いてピッチ運動と速度変動を伴なうブレード翼型の特性を調査する。

NACA0012の速度変動を伴なう動解析ムービー

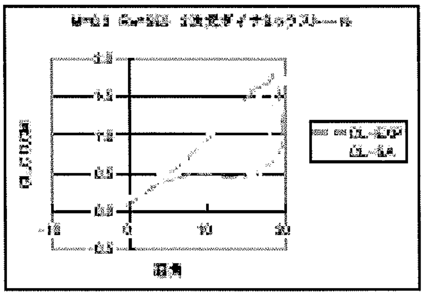
- 条件
  - 迎角0度-15度
  - マッハ数0.373-0.626
  - 150kt前進飛行に近似
- 表示
  - マッハ数分布
  - 赤い部分は超音速
  - Φ=0(後方位置)から1周期
- 特徴
  - Φ=90° 付近前進側で発生した衝撃波が、速度減少と迎角増大がつりあって後退側まで残る
  - 後退側剥離は衝撃波と入り混じった複雑なもの

計算結果　揚力特性



速度変動(CASE-1)と速度固定(CASE-2)の揚力-迎角特性の比較

アジマス角毎に局所速度で無次元化



参考

M=0.2固定　迎角0°-20°の場合の計算と実験の比較

→ 実験と解析の差より、速度変動の影響は大

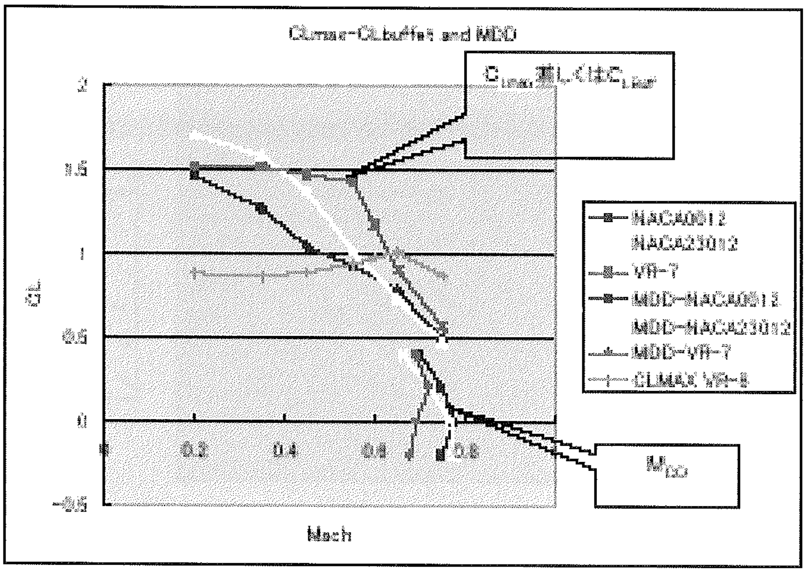
→ 角度変化の動的影響は「動的失速」「動的揚力」として知られてきたが速度変化は試験が難しいこともあってあまり考えられていなかった

→ 動的解析により速度変動を含む場合、後退・低速側でも遷音速現象の影響が大であることがわかった

→ 速度変動も大きな影響を及ぼすことを見出した

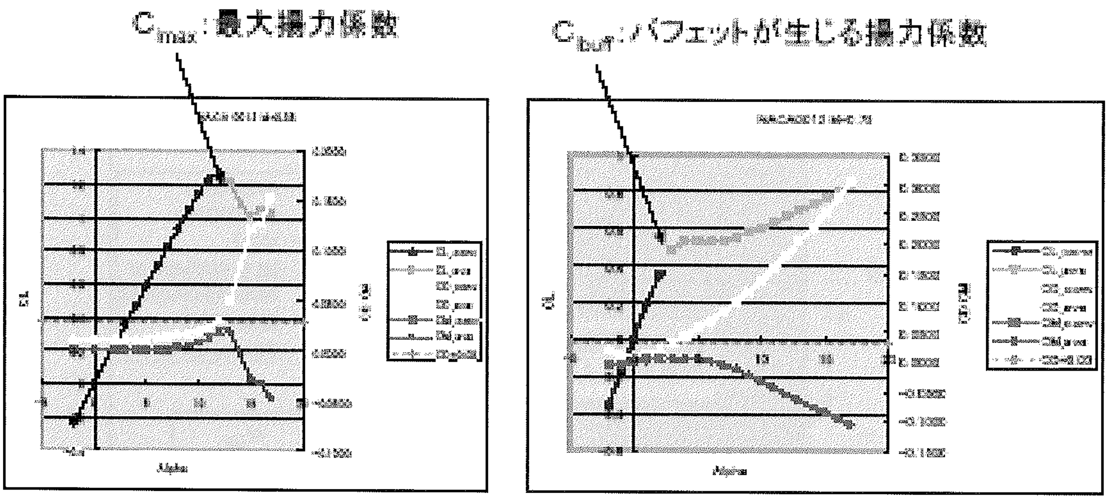
→ この効果を反映した設計により性能向上の可能性がある

速度と迎え角の変動を考慮した性能評価



Kawasaki　KHI Proprietary

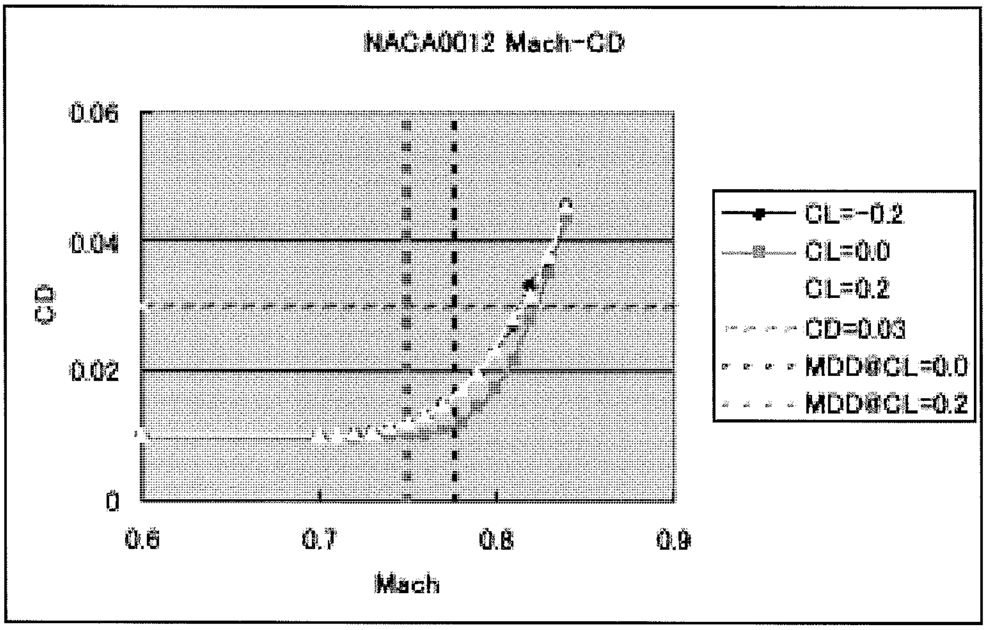
用いることの出来る最大の揚力係数



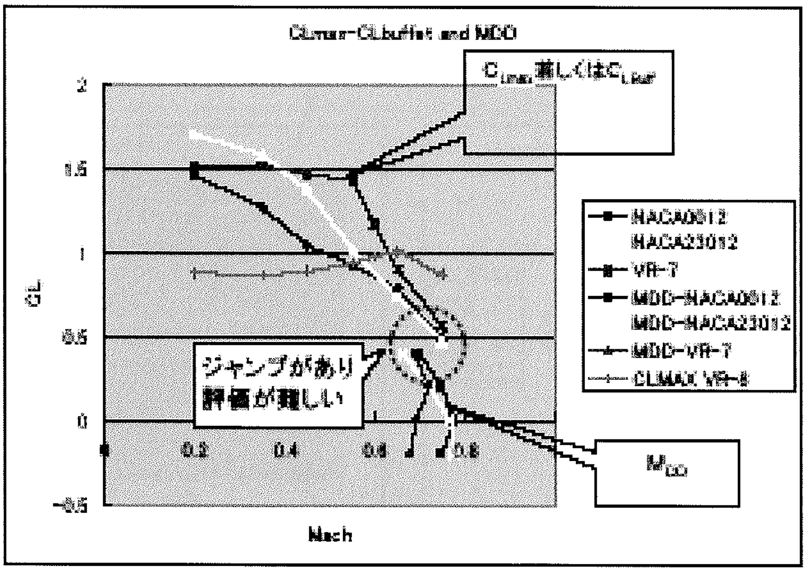
NACA0012　M=0.35　　NACA0012　M=0.75

Kawasaki　KHI Proprietary

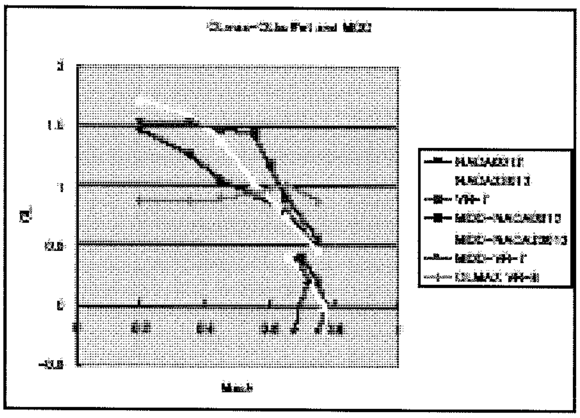
M_{DD}について



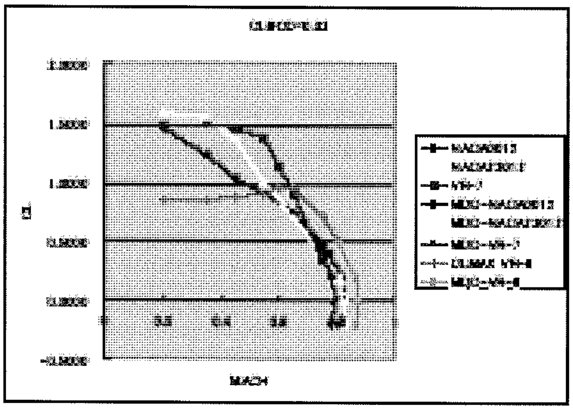
速度と迎え角の変動を考慮した性能評価



静特性の整理法再検討



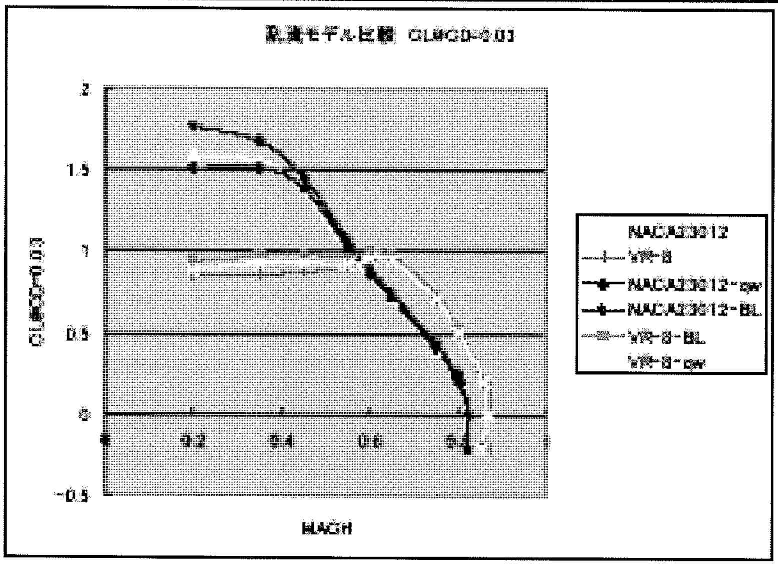
翼型まとめ C_{Lmax}およびC_{Lbuf}とM_{DD}



翼型まとめ C_L@C_D=0.03(C_{L300})

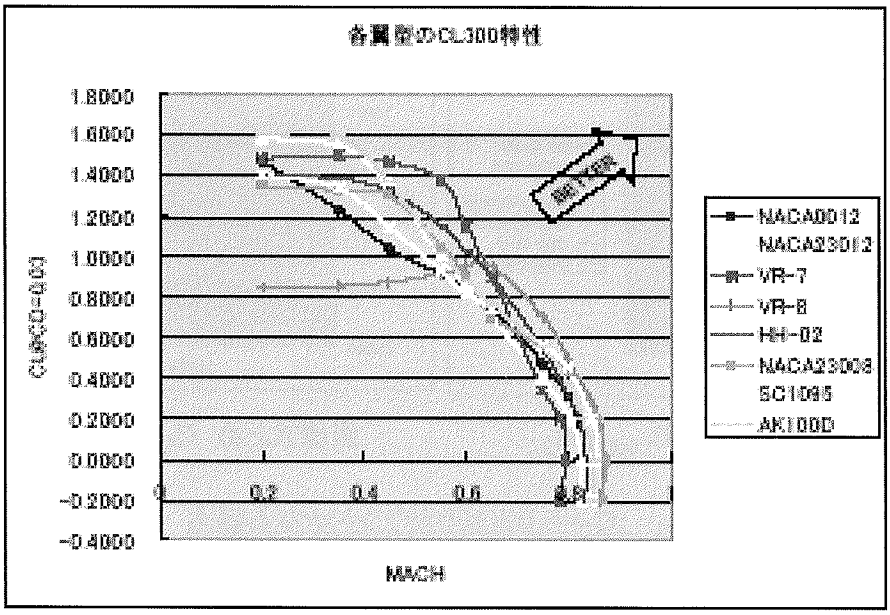
<u>C_{L300}　:C_D=0.03(300カウント)となる揚力係数。本研究内で定義した性能指標</u>

C_{L300}の乱流モデルによる違い



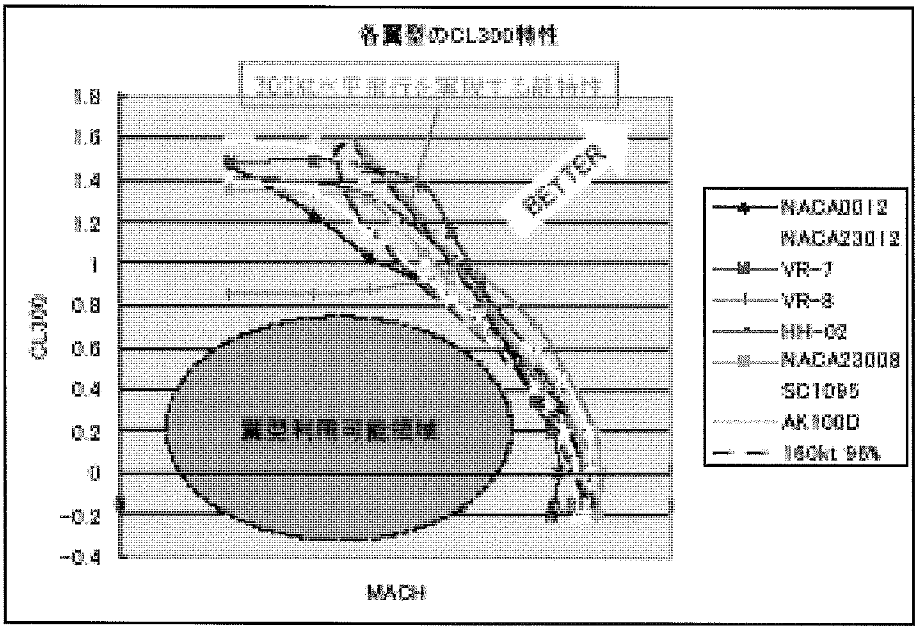
C_{L300}は乱流モデルの影響をあまり受けない→正しく物理現象を捉えている可能性大

C_{L300}による静特性の整理



Kawasaki KHI Proprietary

C_{L300}と160kt(296km/h)飛行に必要な性能

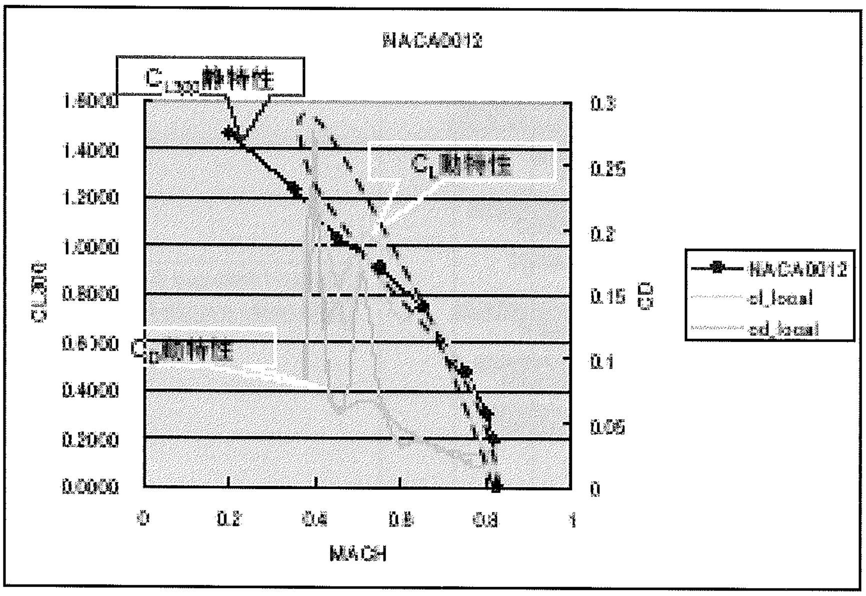


・黒破線は中型ヘリ160kt水平飛行時のロータ端付近条件

・高性能翼型も含めて既存翼で条件を満たすものはない

Kawasaki KHI Proprietary

NACA0012静特性と動特性の比較



- C_{L300}=抵抗定数が0.03(300カウント)に達するマッハ数毎の揚力係数
- 動的な揚力が(静特性である)C_{L300}を超えてしばらくすると大きく剥離・失速する。
- 剥離・失速の発生はC_{L300}から判定できる。

C_{L300}のメリット

C_{l300}：翼型の抵抗がC_d=0.03(300カウント)の時のC_l

翼型の速度・迎角の性能限界を表すことが出来る。

→ヘリコプタ特有の速度・迎角が変化する中での翼型の性能指標として、優れた特性を持つ。

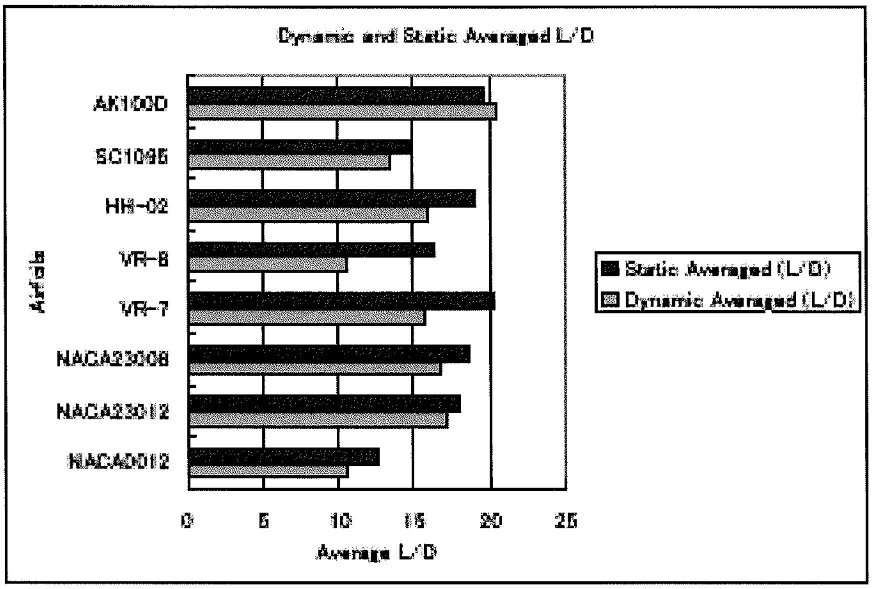
→ C_{lmax}の判定やバフェットの判定が不要

→ 高速側の評価(M_{DD})も統一して扱うことが出来る

→ 人に頼らず判定できる

→最適化の目的関数(性能評価手法)として有効

静・動的解析による平均揚抗比の比較



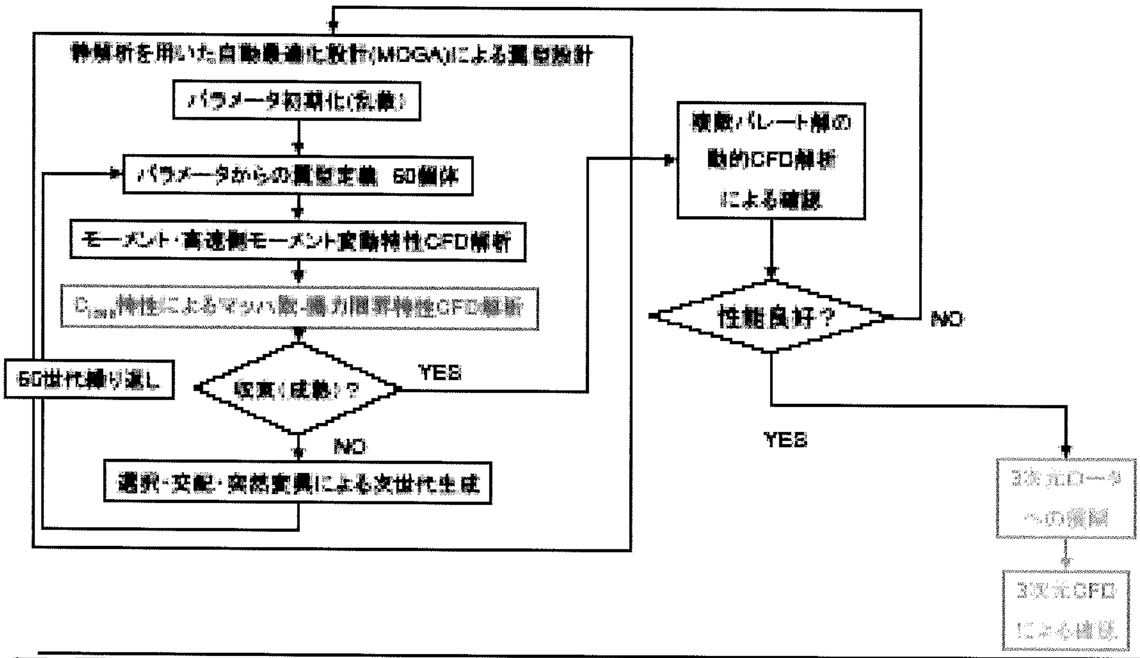
KHI Proprietary

翼型の最適設計について

- 基本的な方針
  - 第一段階：CL300を用いて、静解析で広い範囲で調査し、有望な翼型を探す
    - MOGA(多目的遺伝的アルゴリズム)を用いて最適化を行う。
  - 第二段階：良い特性を持つ翼型を、動解析でさらに詳しく解析する
  - (第三段階：三次元ロータの解析で、ロータ全体としての性能を確認する)

KHI Proprietary

最適化設計：最適化設計の流れ

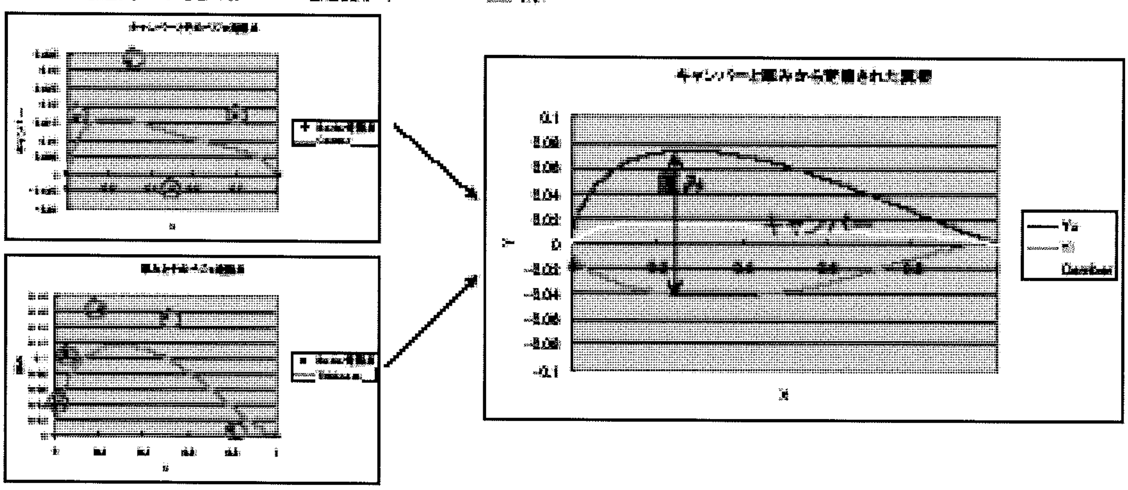


Kawasaki KHI Proprietary 24

最適化設計：設計のパラメータ表現

→ 設計変数

- 翼キャンバー ：4変数のBezier曲線
- 翼厚み分布 ：5変数のBezier曲線



Kawasaki KHI Proprietary

最適化設計：目的関数の選択

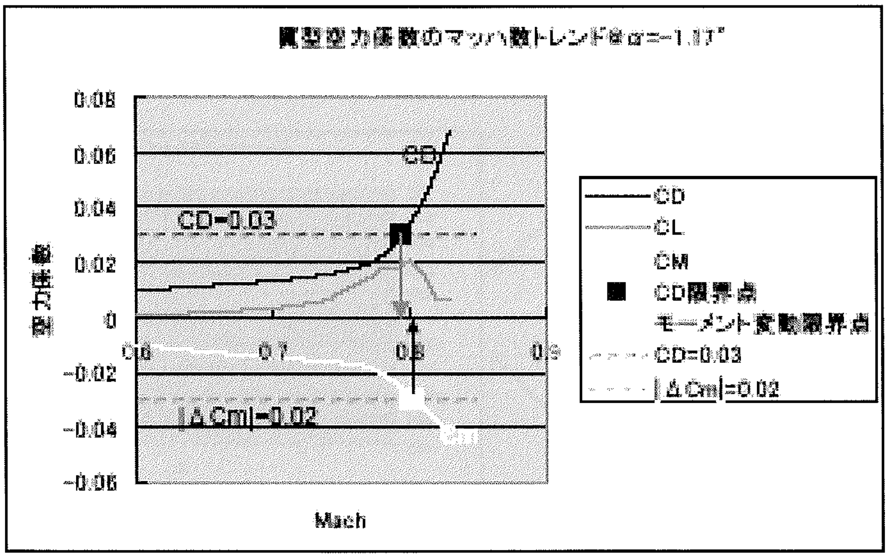
- 目的関数
  - 次のような評価指標をCaseによって使い分け

使用段階	名称	設計方向	定義、目的
静解析 最適化設計に適用	C_{Lmax}@M=0.4	大	低速性能限界
	C_{Lmax}@M=0.6	大	中速性能限界、ロータ端付近でホバリング条件
	M_{lim}@ α_0	大	高速限界、抵抗が0.03を超えるマッハ数または M=0.6からCmが0.02変化するマッハ数
	T@80%C	大	80%コード位置での厚み。3%コード長以上は充分大とみなす。
	Tmax	大	最大厚み。15%コード長以上は充分大とみなす。
	$\lvert C_{m0}\rvert$@M=0.6	小	M=0.6、揚力0でのモーメント絶対値。0.01以下は充分小とみなす。
動解析 最終確認	C_{mmin}	大	1周期中の最小モーメント
	平均揚抗比	大	1周期間の平均揚抗比

(注) α_0: M=0.6でC_L=0となる迎角

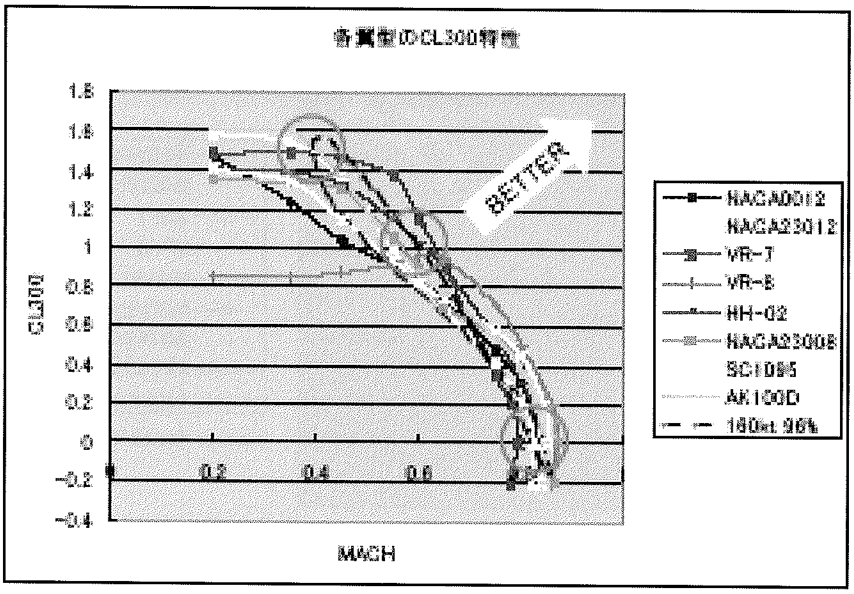
最適化設計：性能評価点の設定

- 高速側限界M_{lim}@ α_0の設定



最適化設計：性能評価点の設定

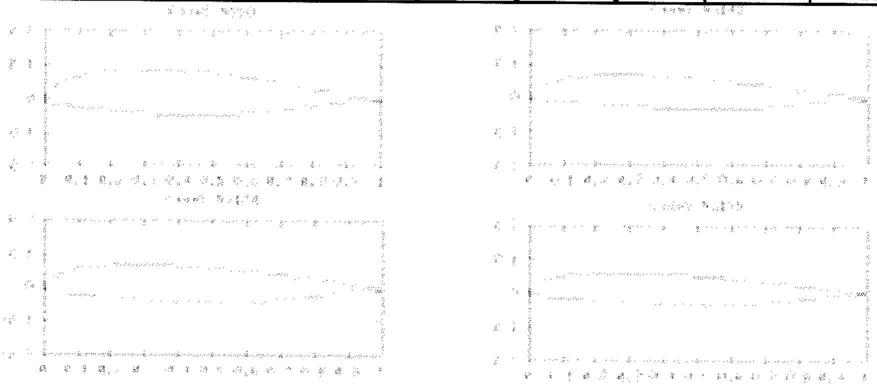
+ C_{L300}評価マッハ数の選定



Kawasaki KHI Proprietary

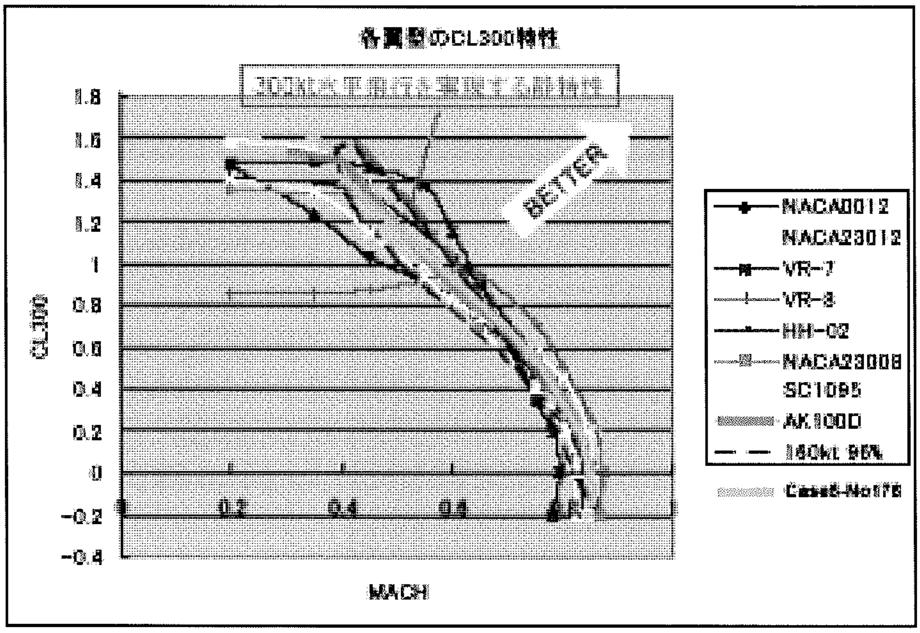
新設計翼型の性能と形状

	翼型	動特性 平均揚抗比	動特性 $C_{m\,min}$	静特性 C_{m0}	静特性 M_{dd}	静特性 C_{L300}@0.4	静特性 C_{L300}@0.6
新設計	Case5-No142	19.2	-0.0035	-0.0145	0.822	1.53	0.97
	Case5-No172	20.1	-0.0679	-0.0129	0.840	1.44	0.96
	Case5-No195	18.7	-0.0582	-0.0129	0.846	1.44	0.98
	Case5-No50	–	–	-0.0177	0.782	1.58	1.09
既存	NACA23012	14.8	-0.0710	-0.0124	0.823	1.49	0.96
	NACA23008	15.0	-0.1227	-0.0142	0.834	1.31	0.93
	AK100D	18.9	-0.1175	-0.0120	0.810	1.52	0.91



Kawasaki KHI Proprietary

C_{L300}と160kt(296km/h)飛行に必要な性能



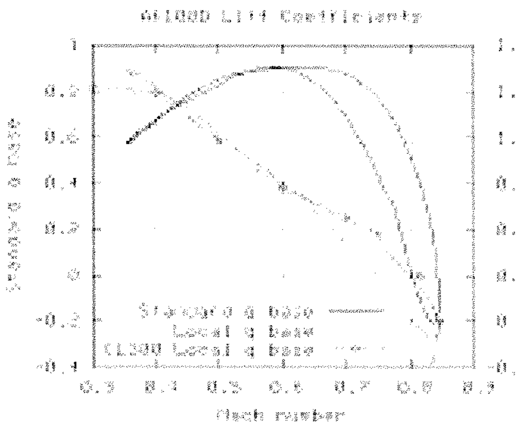
・静解析の結果、良好な特性を示した。

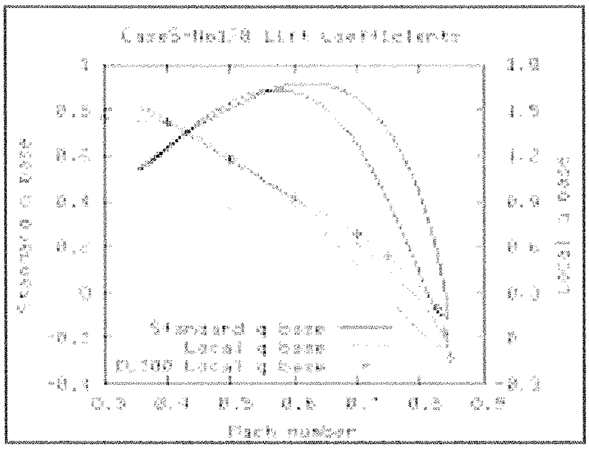
AK100DとCase5-No178の翼型を比較

どちらも静特性には、大きな違いは無い。

300ktを実現する静特性には若干及ばない。

動的解析による新旧翼型の比較（揚力特性）



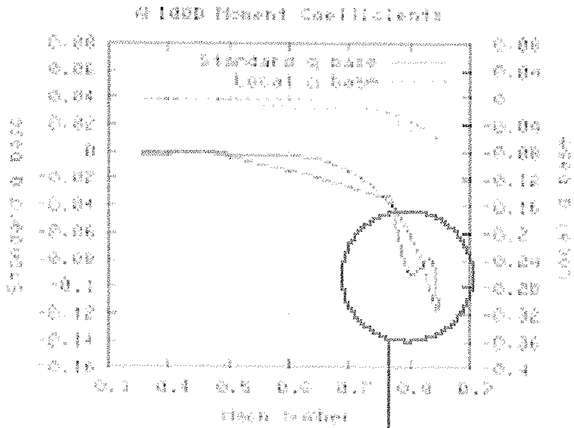


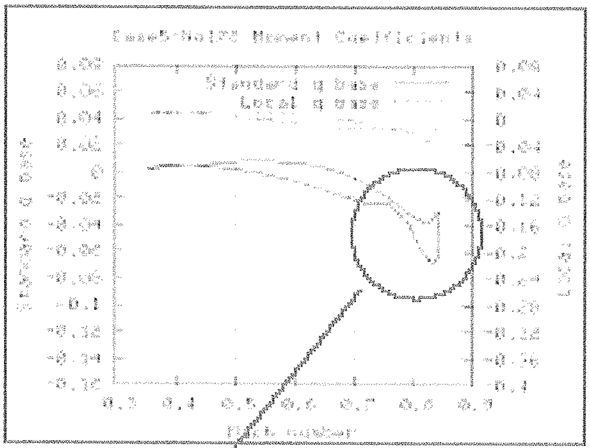
揚力特性は大差ない

既存高性能翼型 AK100D

新翼型 Case5-No178

動的解析による新旧翼型の比較（モーメント特性）





高速側での頭下げモーメントが小さい

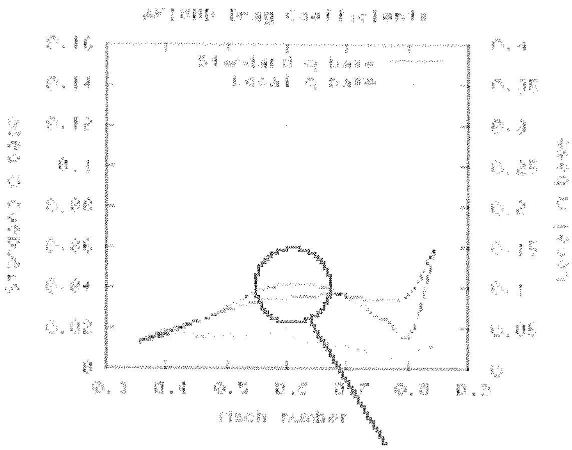
既存高性能翼型 AK100D

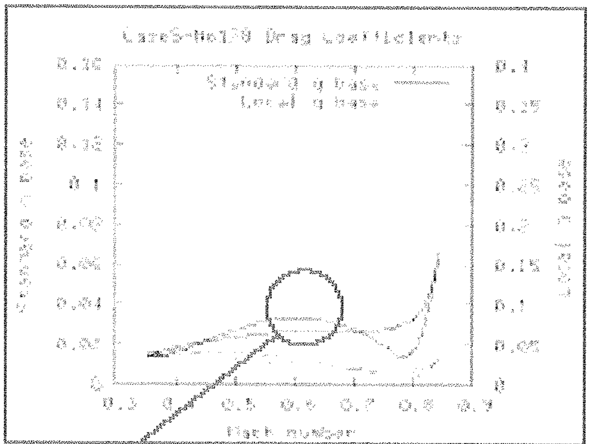
新翼型 Case5-No178

Kawasaki

KHI Proprietary

動的解析による新旧翼型の比較（抵抗特性）





CL300@M=0.6が大なるため、抵抗が少ない

既存高性能翼型 AK100D

新翼型 Case5-No178

Kawasaki

KHI Proprietary

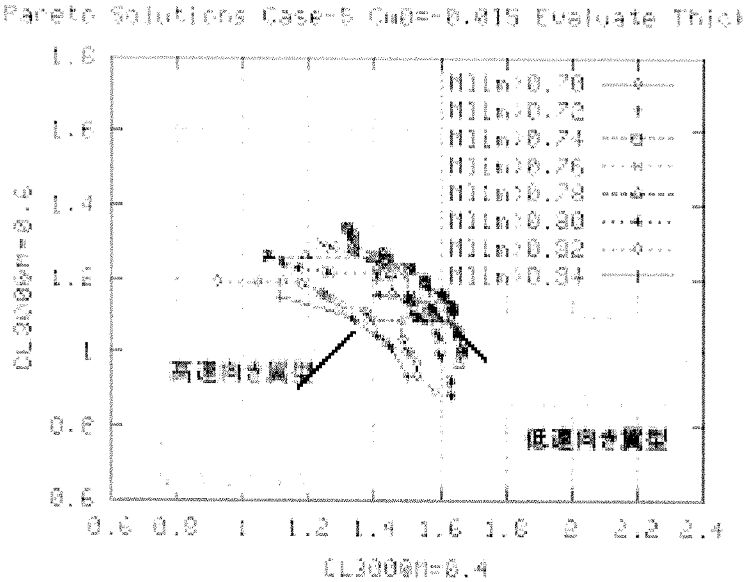
新翼型(Case5-No178)の動解析ムービー

- 条件
  - 迎角-2.19度-13.80度
  - マッハ数0.354-0.845
  - 160kt前進飛行に近似
- 表示
  - マッハ数分布
  - 赤い部分は超音速
  - ψ=0(後方位置)から1周期
- 特徴
  - 全領域で顕著な剥離・性能低下が発生しない

最適設計－まとめ

- 数値目標の「300km/h水平飛行で顕著な性能低下を生じない翼型」を設計することが出来た
- 新翼型は既存翼型の性能を上回った

MOGAのパレート解集合 ― 多数の翼型の集合を取得



- Case5のパレート解をM_{lim}で整理
- M_{lim}が低いほど、揚力限界は大きくできる→ハブ側向きの翼型
- チップからハブまでの様々な翼型が一回のMOGAから算出される

Kawasaki　KHI Proprietary

- MOGAの特徴により、ブレード用のハブからチップまでの翼型が一度に設計できることが示された

Kawasaki　KHI Proprietary

まとめ

→ヘリコプタロータブレードの空力現象

- 低速・高迎角～高速・低迎角の幅広い領域で使われる。

→ヘリコプタ空力性能に対する速度変動を伴なう動的効果の重要性

- 従来の設計でも、迎角の変動は考慮されていたが、速度変動については、あまり着目されていなかった。
- 数値解析(CFD)により、速度変動も考慮した検討が可能となった。

→速度変動効果も含めて見積もる新しいヘリ翼型性能指標(C_{L300})

- Clmax,Clbuff,Mddを含んだ性能指標で、最適設計との親和性が高い。

→最適設計技術を用いたブレード翼型の設計

- 160kt水平飛行への可能性を示した。
- 様々な特性の翼型の集合を得た。

Kawasaki KHI Proprietary

IHSTの活動とモントリオール会議の概要について

町田　茂

宇宙航空研究開発機構　航空プログラムグループ　運航・安全技術チーム　構造評価技術セクション

要旨

モントリオールで開催されたInternational Helicopter Safety Symposiumは、2005年に続き２回目の会議である。これはカナダのヘリコプタメーカが、「ヘリの事故を１０年で８０％低減する」ことを提案し、それに米国およびカナダの航空局が賛同する形で始められた活動の報告会で、今年は２０００年に起きた事故の分析結果とそれから抽出されたリコメンデーションの報告がメインであった。ここでは、この会議で報告された内容を中心に、開催団体であるIHSTについても言及する。

１．はじめに

モントリオールで、International Helicopter Safety Symposiumが2007年9月19日から21日に開催された。これは、2005年に続き２回目の会議である。カナダのヘリコプタメーカが「ヘリの事故を10年で80%低減する」ことを提案し、それに米国およびカナダの航空局が賛同する形で2003年にヘリコプタの安全向上活動が始められた。本会議は、このヘリコプタの安全向上活動の報告会であり、今年は2000年に起きた事故の分析結果とそれから抽出されたリコメンデーションの報告がメインであった。

参加者総数288名、内日本からは２名参加。ヨーロッパも同様な枠組みがあり、今回参加していた。その他、インド、韓国、などから参加していた。

活動のモチベーションは、次の通り。

・人々が「ヘリコプタは危険な乗り物」と理解しているままだと、ビジネスチャンスを失ってしまう。

・双発、IFR搭載の最新のヘリコプタでも事故が起こっている。まだまだ対策が不十分ではないか。

初日の午前中は、2000年に起きた事故の分析結果とそれから抽出されたリコメンデーションの報告がなされた。その後は、各製造者、オペレータ等のヘリコプタの飛行安全に対する取り組みについて報告があった。なお、この報告書[1)]およびSafety Management System Tool[2)]の電子版は会場で配布され入手済みである。

２．IHSTの概要

ヘリコプタの安全向上活動および本会議の開催母体は、IHST (International Helicopter Safety Team)である。このIHSTのVision、Missionは、次の通りである。

Vision

国際的なヘリコプタコミュニティにおける高いレベルの安全達成

Mission

政府、製造者および運用者のリーダーシップの基、民間および軍両方を対象とし世界的なヘリコプタの安全向上を目的とした改善方法開発を行う。

また活動のGoalを、次のように宣言している。

「2016年までにヘリコプタ事故率 (Helicopter Accident Rate) を80%低減する。」

ここで、ヘリコプタ事故率とは、Accidents/100,000 flight hours 、つまり10万飛行時間当りの事故発生数である。例えば、「U.S.-Registered Helicopter 80% Reduction Target Goals」については、2001年から2005年に起きた事故から計算される事故率9.1を、2016年までに80%減らして1.8にすることである。なお、対象としているヘリコプタ事故は、米国のみならず全世界であることを付け加えておく。

IHSTの組織は、図１のようになっている。IHSTは、製造者、政府機関、運航者からなり、基本的にはボランティア活動である。実際の活動は、IHSTの中のJHSATとJHSITが行っている。この内、JHSATとは「Joint Helicopter Safety Analysis Team」のことであり、その活動は、2000年に起こった米国でのヘリコプタ事故の要因を分析し、事故発生を防ぐためのリコメンデーションを作成することである。一方、JHSITは「Joint Helicopter Safety Implementation Team」のことであり、活動はJHSATからのアウトプットである事故発生を防ぐためのリコメンデーションをインプットとして、事故防止の対策を立案することである。図２に、JHSATとJHSITの関係を示す。

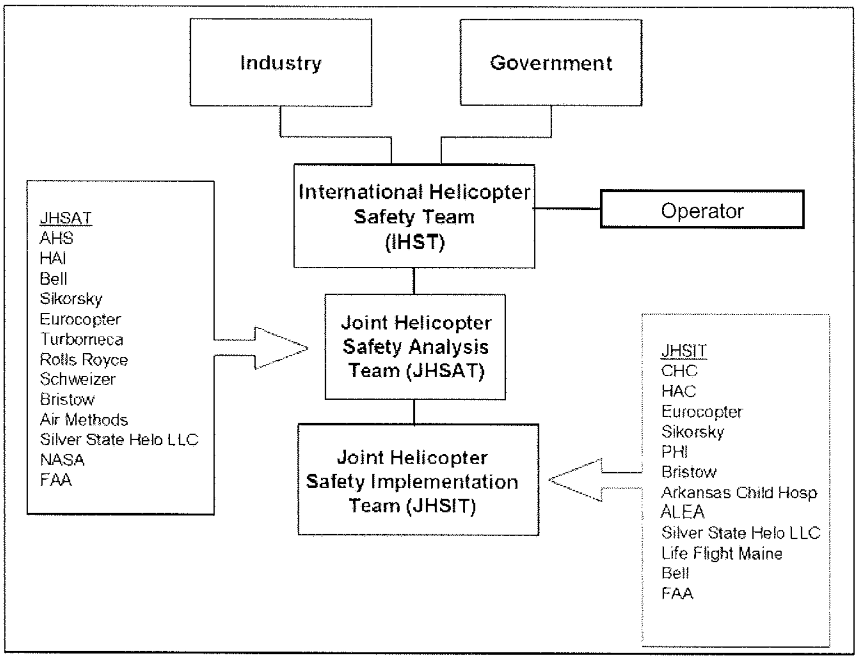


図１.　IHSTの組織図[1)]

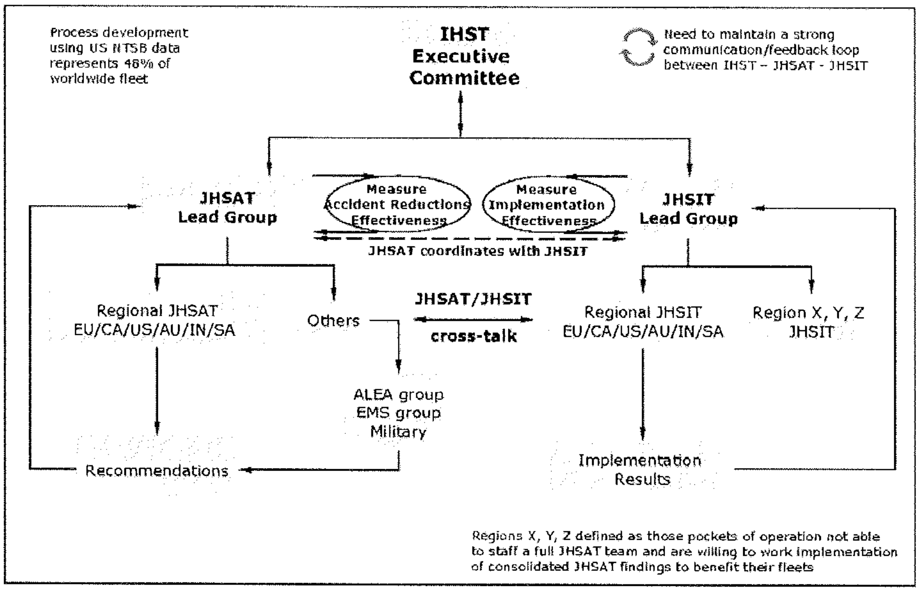


図２.　JHSATとJHSITの関係[1)]

図３には、IHSTのメンバーを示す。

AeroCare
Aerospace Industries Association
AgustaWestland
AHS International
AIG Aviation
Air Care Team
Air Evac EMS, Inc.
Air Logistics, Western Hemisphere, Bristow
Airborne Law Enforcement Association
AirMethods Corporation
AirWork Ragoni Services GmbH
American Eurocopter LLC
Arkansas Children's Hospital
Armor Holdings
Association of Air Medical Services
Bell Helicopter Textron
Bell Helicopter Textron Canada
Boeing Company, The
Bristow Helicopter Ltd.
CAE
Canadian Helicopters Ltd.
CENIPA (Aeronautical Accident Prevention & Investigation Center-Brazil)
Center for Rotorcraft Innovation
CHC Helicopters
Chevron
CMC Electronics
Corporate Helicopters of San Diego
Cougar Helicopters Inc.
Cranfield University
Electric Scribe Ltd.
Era Helicopters LLC
Eurocopter
European Aviation Safety Agency
Exxon Mobil Corporation
FAA
GasTOPS Ltd.
GE-Aviation
GPM & Associates
Helicopter Association International (HAI)
Helicopter Association of Australia
Helicopter Association of Canada
Helicopters (NZ) Ltd.
Hindustan Aeronautics Ltd.
Honeywell International
HSST Joint Aviation Auhtorities
IFALPA
Imperial College London
Intelligent Automation Corporation
International Association of Oil & Gas Producers
Liberty Helicopters
LifeFlight of Maine
Lockheed Martin
Los Angeles County Fire Department
Marathon Oil Company
Maryland State Police
Meggitt
Nanjing University of Aeronautics and Astronautics
NASA Ames Research Center
National EMS Pilots Association
National Transportation Safety Board
Ophir Corporation
PGL Enterprises.com Ltd.
PHI, Inc.
Pratt & Whitney Canada Corp.
Professional Helicopter Pilots Association International
QSS Group Inc.
QinetiQ
Readiness Group International
Rolls-Royce
Rotary Wing Society of India
Royal Melbourne Institute of Technology
RSL Electronics Ltd.
Shell Aircraft Ltd.
Sikorsky Aircraft Corporation
Silver State Helicopters, LLC
STARS Aviation Canada Inc.
Tour Operators Program of Safety
Swiss Helicopter Association
Transport Canada
Transportation Safety Board of Canada
Turbomeca France
Turbomeca USA
U.S. Army AFDD
U.S. Navy
United Helicharters Pvt. Ltd.
University of Liverpool

図３．　IHSTのメンバー

このメンバーリストで注目すべきは、米国およびカナダの航空局と事故調査委員会、U.S. Army、U.S. Navy、欧州の航空局(European Aviation Safety Agency)が、それぞれメンバーとして参加していることである。

IHSTは、2006年１月に正式に設立され、年に約４回の定期的な会議開催を行っている。会議は、HAI、Heli-Expo、 AHS Annual Forum、EHA annual meeting、IHSS meetingsと同時に開催することを理想としているようである。

３．第２回　IHSS (International Helicopter Safety Symposium)の概要

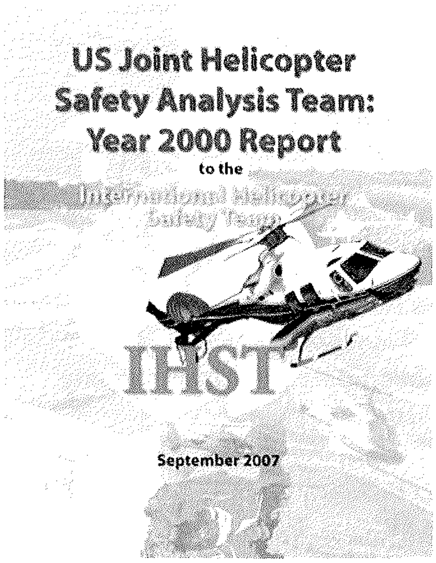
第２回International Helicopter Safety Symposiumは、2007年9月19日から21日にかけて、カナダのモントリオール中心部にあるOMNI Hotelの会議室で行われた。第１回は、2005年の同じ時期に全く同じ会議室で行われている。今回の会議の主な目的は、JHSATによって行われてきたヘリコプタ事故の分析結果と、これら事故を防ぐためのリコメンデーション(JHSAT Report)の報告である。

初日の午前中はJHSAT Reportの報告が行われ、午後以降各製造者、オペレータおよび海外機関などによるヘリコプタ飛行安全に関する取り組みについて報告があった。最終日午前中は、Safety and Survivability Equipment、Management of Culture Change、Training Solutionsの各Paper Sessionが行われ、午後にSafety Management System Workshopおよびラップアップで会議は終了した。

３．１　JHSAT Report

JHSATによって行われてきたヘリコプタ事故の分析結果と、これら事故を防ぐためのリコメンデーション(JHSAT Report)の報告は、「US Joint Helicopter Safety Analysis Team: Year 2000 Report」[1)]としてまとめられた。図４．に表紙と目次を示す。

報告書では、始めにJHSTの概要、JHSTの活動についての説明があり、６章で事故の分析と、15のミッション（Instructional / Training、Personal / Private、Aerial Application、Emergency Medical Services (EMS)、 Commercial、Law Enforcement、Offshore、Business / Company-Owned Aircraft、Aerial Observation / Patrol、 Air Tour and Sightseeing、Electronic News Gathering (ENG)、External Load、Logging 、Firefighting、Utilities Patrol and Construction）に分けて明確になったことをまとめている。



Section 1 – Executive Summary
Section 2 – Background
Section 3 – International Helicopter Safety Team Overview
Section 4 – JHSAT Process
Section 5 – Metrics
  5.1 80 Percent Accident Rate Reduction Goal
  5.2 IHST Goal Setting
  5.3 Metrics Calculation
  5.4 Flight Hour Exposure
Section 6 – General Results
Section 7 – Fleet-Wide Safety Recommendations
Section 8 – Future Efforts
  8.1 Final JHSAT Effort
  8.2 U.S. JHSAT Efforts Until 2016

図４．　JHSAT Report

また、７章では原因分析を基に事故防止のためのリコメンデーションを、以下の分類で提言している。

- Safety Management Recommendation
- Training Recommendations
- Systems and Equipment Recommendations
- Information Recommendations
- Maintenance Recommendations
- Regulatory Recommendations
- Infrastructure Recommendations
- Mission Specific Recommendations

ここで出てくるミッションとは、前述の15種類のミッションのことである。

報告書では、全体的なヘリコプタ事故について概要を述べている。図５には、1991年から2005年の間に発生した全世界のヘリコプタ事故件数を示している。これより、米国の民間および軍関連の事故が大きな割合を占めているものの、全世界のヘリコプタ事故率を80％下げるには、米国だけでなく世界的な取り組みが必要であると、報告では述べている。

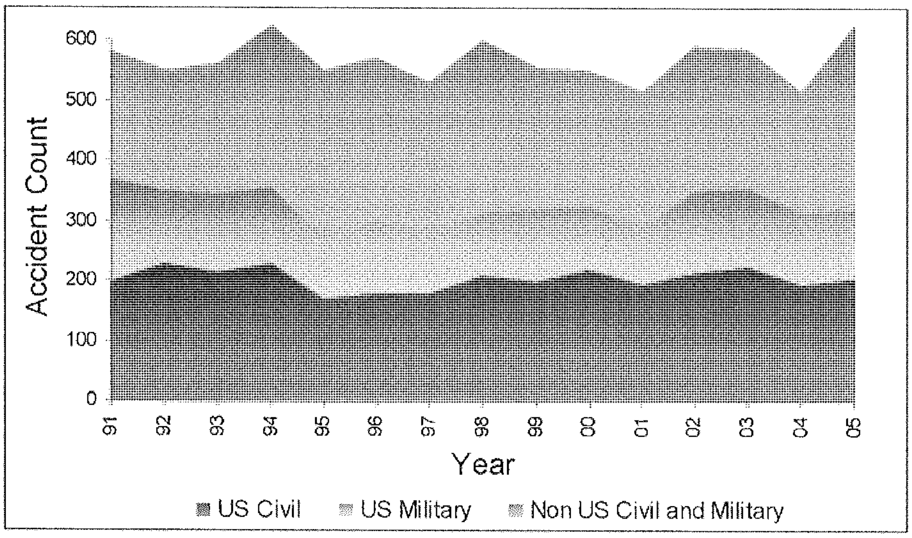


図５．　1991年-2005年の全世界のヘリコプタ事故[1)]

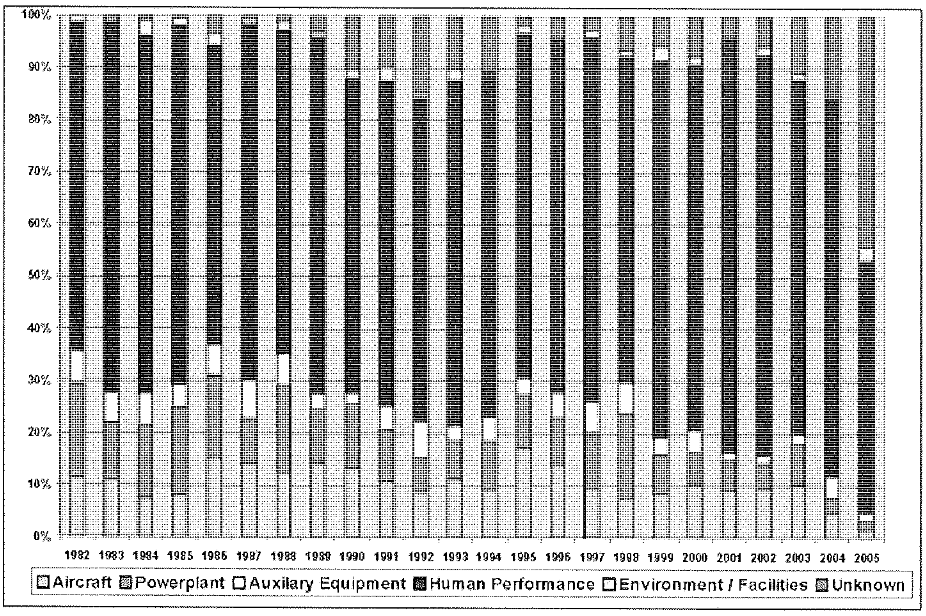


図６．　ヘリコプタ事故の原因分類[1)]

図６に、1982年から24年間のヘリコプタ事故主原因を分類して示してある。これによると、事故

報告書未完成が多い2004年および2005年を除き、事故原因のトレンドは大きく変わっていないこと、またヒューマンパフォーマンスが一番の原因となっていることを示している。

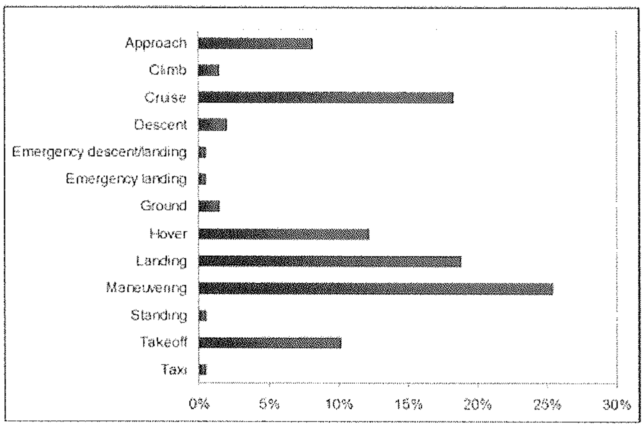


図７．事故が起こった飛行フェーズによる分類[1)]

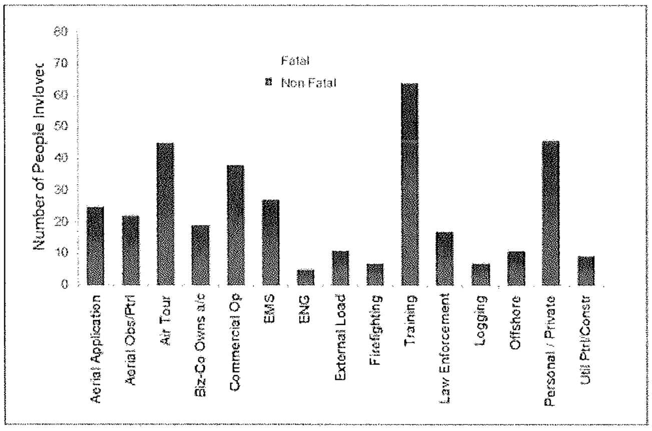
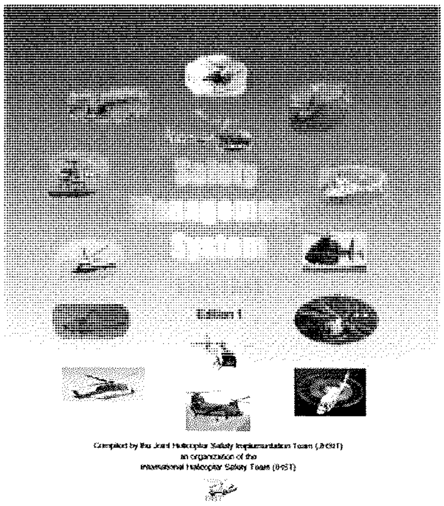


図８．事故の主要な飛行ミッションによる分

本報告書では、米国で2000年起こったヘリコプタ事故について分析を行っている。2000年の事故を対象としている理由は、NTSB（米国の航空事故調査委員会）による事故報告書が全ての事故について完成している年の中で、2000年が最も新しいからである。図７には飛行フェーズによる事故発生の分類、図８には主要な飛行ミッションごとの事故に遭遇した乗客・乗員数を示している。飛行フェーズ分類からは、巡航時、着陸時およびマヌーバ時に事故が多いことが分かる。飛行ミッションからは、トレーニングおよびプライベート飛行時に犠牲者が多いことが分かるが、特徴的なのはAir Tureつまり遊覧飛行時に事故が多いことである。会議の中でもこの話題が出てきていたが、遊覧飛行時に事故が多い理由は、パイロットが乗客を楽しませようと無理な飛行をすることが原因との報告であった。

３．２　Safety Management System Tool[2)]

JHSITの活動はJHSATからのリコメンデーションが出てからが本番であるが、JHSATの活動と平行して事故防止の対策の１つとし安全管理システムの開発を行ってきていた。このツールは、自前でシステムを組むことが困難な主に中小のオペレーターを対象にしている。本システムは、大手のオペレータで開発し活用しているツールをベースとして、中小のオペレーター向きに改良したとのことである。図９にSafety Management System Toolの表紙と目次を示す。



1) SMS Management Plan
2) Safety Promotion
3) Document and Data Information Management
4) Hazard Identification and Risk Management
5) Occurrence and Hazard Reporting
6) Occurrence Investigation and Analysis
7) Safety Assurance Oversight Programs
8) Safety Management Training Requirements
9) Management of Changes
10) Emergency Preparedness and Response
11) Performance Measurement and Continuous Improvement

図９．Safety Management System Toolの表紙と目次[2)]

4．まとめ

International Helicopter Safety Teamおよび第２回International Helicopter Safety Symposiumの概要について報告した。北米および欧州の産学官が協力した活動であり、また「どうにかしてヘリコプタ事故を減らそう」とするそれぞれの立場での努力が、それぞれの発表から知ることができた。参加者の一人が、「初歩的なミス、として事故を処理してしまうのではなく、事故が起こったのであればそこに必ず真の原因があり対策が作れるはずだ。」と言った言葉が非常に印象に残った。最後に、この活動に対して日本への強いオファーが会議の主催者よりあったことを付け加えておく。

参考文献

1) JHSAT, US Joint Helicopter Safety Analysis Team: Year 2000 Report to the International Helicopter Safety Team, September 2007
2) JHSIT, Safety Management System Tool, Edition 1, 2007

大震災時における

ヘリコプター空中消火の盲点

日本ヘリコプタ協会名誉顧問

義若　基

本文は平成18年(2006)名古屋国際会議場・第3回AHS国際会議「ヘリコプターの先進技術と救命防災」での発表論文を加筆修正した。 阪神淡路大震災以降10年余にわたるヘリコプター空中消火に関する執念の集大成、結びとした提言「ヘリコプター空中機動旅団の新編成とその全国展開」は陸上自衛隊の未来像を描くものでもある。 平成20年2月17日新聞各誌は「大規模災害やテロに備え都道府県に自衛官配置、専門幹部に有事対応の権限集約」と報道。風向きも漸く変化の兆し、老生の独り芝居にも幕引きが近付いてきた。

皆様のご高覧ご批判を期待しています。 (Eメール:myoshi@zj9.so-net.ne.jp)

写真1:池と変わった集落上空を米軍UH60が捜索救難

写真は西川渉氏“航空の現代”より頂いた。謝意を表する。

写真2:決壊堤防補修用の土嚢をCH47に吊下げ中
(中央11トン、前後各9トン、計3個のフックを装備)

《はじめに》

阪神淡路大震災から１０数年が経過した。新潟中越地震、スマトラ島沖大地震、ハリケーン・カトリーナとたて続く大震災の減災活動を経て、今や複合・広域大災害発生直後における減災活動の主体は、普通の国では国防軍、日本では自衛隊、減災活動最良のツールはヘリコプター、これが緊急減災活動の実態、世界の常識になってきた。

何故、自衛隊が複合・広域・大災害の緊急減災活動の主体となるのか？
日本には非常時対処、複合・広域・大災害対処の為に自衛隊ほど組織され・装備され・訓練された実力集団が他に無いからである。

何故、決壊堤防の緊急補修にヘリコプターが使われるのか？
冠水で道路が沈んでいる時に大量の土嚢を運ぶツールがヘリコプター以外に無いからである。

何故、山火事の消火にヘリコプターが使われるのか？
ヘリコプター以外に消火水を山奥の火災現場へ輸送する手段が無いからである。


写真3
家屋火災ヘリ消火中@ハリケーン・カトリーナ

山火事には常道となったヘリコプターの空中消火が、大震災時の都市木造家屋火災の消火に対しては何故未だに明快な方針が出ないのであろうか？

東京消防庁の某予防課長は**「消防車が来ると思うな、自動車が走れると思うな、消火水があると思うな」**と警告の上、**「生き埋めになるな、火事を出すな、元気で避難しよう」**と指導している。予想される巨大地震の火災対応は某予防課長の示す状況下での消火活動を念頭に対処すべきではなかろうか。

火事を消すには水が要る。 巨大地震直後の初期消火に消火水を火災現場へ必要なる放水量速度（毎１分当たりの放水量Ton、m³）で火事を消すに必要な総水量（Ton、m³）が運べるツールはヘリコプター以外には無い。すると小型ヘリコプターBK117でも火事が消せると自慢するヘリ屋がいる。また消火用大型CH47ヘリコプターが 10 時間後に木更津から浜松基地へ飛来すると言う。 **時間の概念が全く欠けている。**

消火するには、延焼阻止が可能な限界の放水量速度（Ton／Min、m³／Min、筆者が消火限界放水量速度と定義する）以上で放水を続けて延焼を阻止し、更になお放水を続けて最終的に火事が消えるまで、即ち消火必要総水量（Ton、m³）に達するまで継続して放水しなければ火事は消えぬ。これは水消火には自明の理であり、必須の条件、必要条件である。

ところが、阪神淡路大震災以降、ヘリコプターの空中消火に関する試験・調査・研究論文・報告書は巷に溢れているが、この**消火の必要条件**について論及している文書に未だ接した事がない。

消火の必要条件を満足しているのか、満足できるのか否かを確かめもせずにヘリコプター空中消火の可否を論じている。 ヘリコプター空中消火の一大盲点である。

本文では、神戸市消防局編集**「阪神淡路大震災における消防活動の記録」**に掲載の同大震災神戸市火災記録並びに関連研究論文を引用し、筆者が川重現役時代に手塩にかけて育てた **大型CH47・中型KV107・小型BK117** を例にとって**ヘリコプター空中消火の可否**を論ずる。

《木造家屋火災の延焼と消火》

木造家屋火災1軒を消すのに**20トンの放水**が要るとは阪神淡路大震災最中に新聞テレビの報道数値、近頃は二階建木造家屋火災1軒消すためには**40トンの放水**が必要であるとは当局が流す消火必要総水量である。

前記・神戸市消防局編集の記録文書には大震災火災の消火に関する消防庁の基本思想をリードするとも思われる保野健次郎・難波義郎両氏の研究論文 **"市街地の特性から見た延焼危険について"** が掲載されている。

同研究論文では、大震災直後の火災対応、消火を、

① 市民の自主（自助）消火対策：地震発生直後約５分、面積３．３㎡ 以内の初期消火

② 公設（公助）消火対策：地震発生後約１５～２０分、３００㎡ 程度の公設消防による初期消火

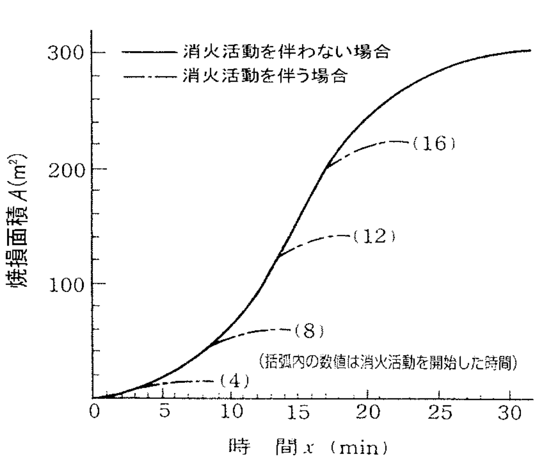
③ 地震時火災を100mX50m（5000 ㎡）程度の1市街区で防止しようとする市街区の都市計画対策

の３対策に分けて論じている。

以下、当該研究論文から中央防災会議が推進する自助・共助・公助のうち**ヘリコプター空中消火の対象となる公助消火関連**についての要旨を転記し解説する。

まず

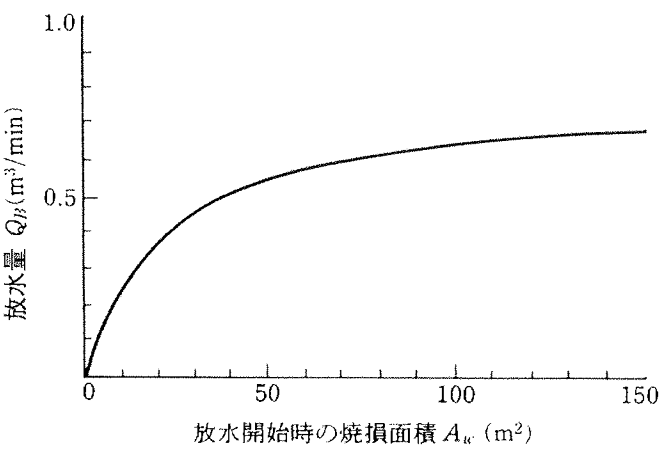
「消防車による公助消火の対象火災、焼損危険建物面積約300㎡、木造家屋2～3棟火災の消火には毎分約2～3トンの放水量速度で総量250～400トンの放水が必要」と書かれている。



第１図　焼損面積と時間

第1図は木造家屋２~３棟公助消火対象火災の、火災発生からの経過時間と焼損面積との関係を示す計算結果である。平均建蔽率５～６０％、風速毎秒１０メートル以下で良く合うと言われている。図中一点鎖線はポンプ車の放水活動によって鎮火される場合の状態を示し、括弧内の数字は着火後放水の開始時間である。 本図は**火の回りが予想以上に速い**ことを示している。

第2図は風速毎秒３メートル、上記の公助消火対象火災条件下で、延焼速度をゼロにする、



第2図　放水量速度と放水時焼損面積

即ち**延焼阻止（鎮圧）が可能な消火限界放水量速度（㎥ /min）**を、放水開始時の焼損面積（㎡）に対して計算し、グラフで示したものである。消火するには**この消火限界曲線以上の放水量速度で放水を継続しなければ火事は消えぬ**との計算結果である。

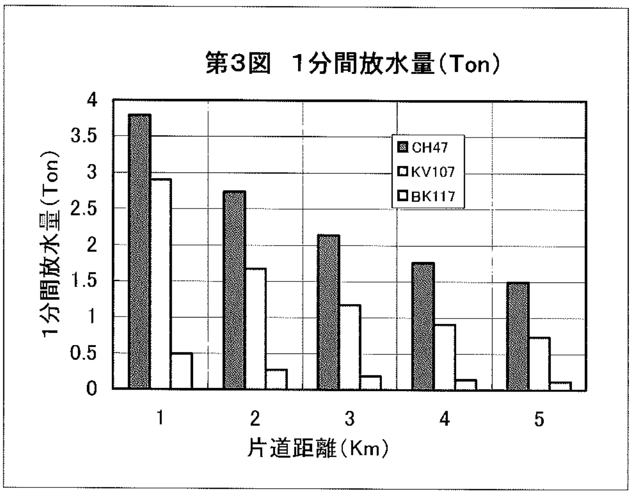
要は**「1軒の木造家屋火災を消すには最低毎分約1トンの放水を継続して総量4～50トンの放水が必要」**との単純な経験則を計算して論文に纏めたものである。

《ヘリコプターの放水能力》

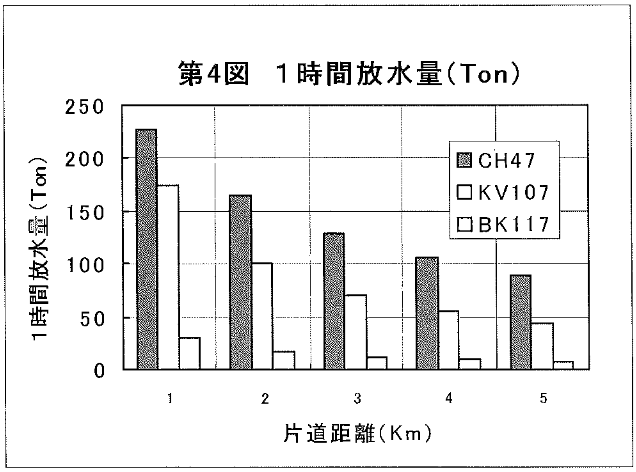
第1表ヘリコプター用吊下げ水バケツの仕様

型　　式	CH47	KV107	BK117
バケツ容量	7．5トン	2．85トン	0．6トン
水搭載量	7トン	2．8トン	0．55トン
汲水時間	1．0分	0．15分	0．1分
平均運用速度	90ノット	90ノット	70ノット
放水時間	0．13分	0．1分	0．1分

第1表に大型**CH47**・中型**KV107**・小型**BK117**、３機種ヘリコプターの消火用水バケツに付いての仕様を示す。これに基づいて算術計算した３機種ヘリコプターの放水能力を次に示す。



第3図は、横軸に汲水地と火災現場との片道距離(Km)、縦軸に３機種ヘリコプターの１分間の放水量（Ton）を示すものである。**第2図**より消火に必要な放水量速度を毎分１トンとみる。**毎分1トン以上放水できる距離は、CH47で5キロメートル以上、KV107は3キロメートル強**である。これに比し**BK117では1キロメートルでも毎分 0･5 トン、到底火事が消せる放水量速度ではない。**



第4図は1時間の平均放水量（Ton）を縦軸に、横軸に汲水地から火災現場までの片道距離（Km）をとったグラフである。神戸市長田の場合、汲水海域と火災との距離は約２キロメートル、**1時間に平均、CH47で164トン、KV107で100トンの放水が可能である。 二階建て木造家屋火災1軒を消すに必要な総水量は40トンである。CH47・KV107程度の放水能力があれば火事は消せる。**

《CH47による消火放水要領》

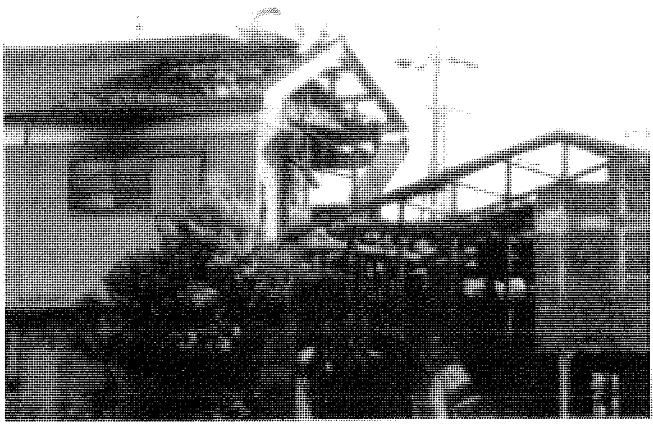


写真4：平屋倉庫より発火、左2階建て家屋に延焼

消防庁消防研究所「第４回消防防災研究講演会・平成１３年１月」の報告書によると、**陸上自衛隊第一ヘリコプター団・友池達也氏はCH47で木造家屋火災の消火は出来る** と報告し、その**CH47による消火の具体的な放水要領**を以下のように結論している。

① 外壁に延焼着火して更に内部に火が侵入しようとする木造家屋に対しては延焼阻止を狙う。
CH47水バケツ1回7トンの放水による延焼阻止時間は10～15分間である。
よって10～15分間隔で放水すれば目的を達する。

② 屋根が焼却落下した木造家屋は火災の抑止を狙う。
1回7トン放水による火災抑止期間は3～4分、よって3～4分間隔で放水すれば目的を達す。

③ 火災衰退期にある木造家屋はホバリング放水し消火目的を達する。

写真4に消防車で鎮火後の焼損木造家屋の一例を示す。

《阪神淡路大震災・神戸市火災》

●神戸市火災の概況

① **平成7年(1995)1月17日午前5時46分地震発生**

② 同午前7時20分、市役所1号館24階から**出火25件を数える—(地震発生約1時間30分後)。**

③ 同午前9時24分、神戸市消防ヘリコプターが離陸**「市内の火災20数件」と被害報告**
—(地震発生約3時間30分後)。

④ 倒壊建物等による道路閉塞、交通渋滞などにより**消防車両の通行が阻害される。**

⑤ **消火栓は停電・配水管破損等により使用不能となる。**

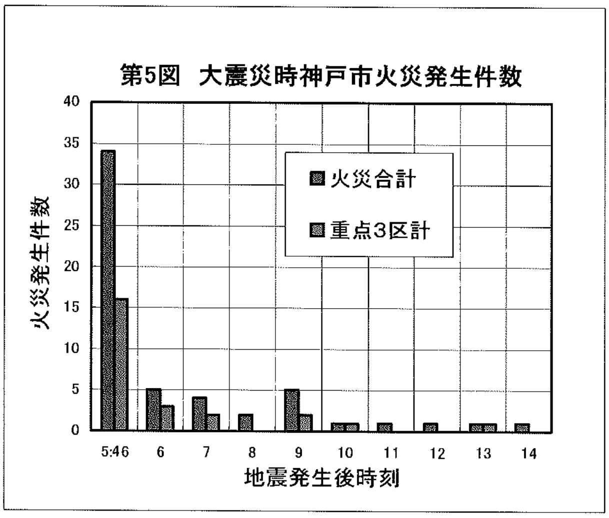
⑥ **公私の防火水槽・プールなどの水も直ぐ尽きた。**

⑦ **1月17日正午頃消防艇による海水を利用しての消火を指示する。**
消防車95台の中継、1624本のホース、総延長32.5キロメートル、最長1.2キロメートル、ホースの破損200本。

⑧ 1月17日朝から陸上自衛隊中部方面航空隊はヘリコプター空中消火を準備し提案。

⑨ **1月18日14時、長田地区の火災鎮圧**(延焼のくいとめ、鎮火ではない)。

⑩ **1月19日になって神戸消防局より陸自中部航空隊へ反応「ヘリコプター空中消火見送り」と。**



第5図は大震災発生日1月17日の、神戸市全区と消火重点(長田・須磨・兵庫)3区の時刻別発火件数を示すグラフである。発火件数の大半が地震発生直後の午前5時45分から6時迄の短時間に集中し、その後の発火は散発的であった。

10時間後に大型CH47ヘリコプターの消火出動とか、中央防災会議(2003年12月)の纏めた「消火部隊は地震発生から12時間後の段階で3600人が派遣可能」等とは消火の見地から見ればナンセンス、焼け後始末としか考えられない。

●神戸重点3区消火シミュレーション

汲水海域と火災現場との距離を2キロメートルとして、阪神淡路大震災・**神戸市消火重点3区**の簡単な消火シミュレーションを次に示す。**第3図、第4図**によれば**CH47-1機**の消火水バケツの1分間放水量は約2.7トン、1時間の放水量は164トンである。大阪府八尾市駐屯・陸上自衛隊中部方面航空隊が地震発生30分後の午前6時過ぎに小型偵察ヘリコプターを発進させ、その災害情報により、大型ヘリコプター**CH47—3機**が消火に出動、地震発生後1時間過ぎの午前7時から**神戸市消火重点3区**の水バケツ空中消火活動を開始する。

第2表は**神戸市消火重点3区の火災発生状況**と**CH47-3機**の消火可能件数の一覧である。

木造家屋火災１軒を消火する為に４０トンの放水が必要とし、１時間に**CH47－3機**の放水量は合せて４８０トン、１２軒の消火が可能（△12）とした。午前７時・８時台、２時間の放水で地震直後に多発した火災を制圧鎮火し、その後、**CH47－3機**の放水能力は散発的に発生する火災を制圧してもなお余裕がある。

第2表　地震発生1時間後CH47－3機が消火開始、2時間で重点3区は鎮火可能

地震発生後の時刻	5:46	06	07	08	09	10	11
兵庫区の発火件数	3	2	0	0	0	0	1
長田区の発火件数	10	1	0	0	1	1	0
須磨区の発火件数	3	0	2	0	1	0	0
計、重点3区発火件数	16	3	2	0	2	1	1
重点3区累積火災件数	16	19	21	21	23	24	25
時刻当初3区火災件数	16	19	21	9	▲3	▲13	▲24
CH47－3機の消火可能軒数	0	0	▲12	▲12	▲12	▲12	▲12
放水消火後火災継続中の軒数	16	19	9	▲3	▲13	▲24	▲35

《まとめ》

「阪神淡路大震災以降13年、複合・広域大災害発生直後の減災活動の主体は自衛隊、減災活動最良のツールはヘリコプター」と筆者はバカの様に繰返してきた。初めは非難ごうごう、途中は冷笑、近年では無視、しかし、現実の大災害の発生は待ったなし。

新潟中越地震では陸上自衛隊が減災活動の主力、スマトラ沖大地震には陸上自衛隊が**CH47－3機**を派遣し臨時災害診療所も開設した。ハリケーン・カトリーナでは米空母ハリー・トルーマンがミシシッピー沖に展開、米軍 **CH47・UH60** が空中消火・決壊堤防修復の為に土嚢を輸送するなど、関係者の好悪利害を超えて、大災害対処活動は、在るべき姿、落ち着くべき方向に向かって進んでいる。

米軍まで参加した平成１８年（2006）度東京直下型大震災の総合演習、さすがに石原都知事だと感心した。東京都周辺には大型ヘリコプター**CH47**を初め、陸海空３自衛隊の大中小各種ヘリコプターが万全の体勢で集結している。しかし、東海・中京地区に住む我々は喜んでばかりは居られない。東海地震発生１０時間後に大型ヘリコプター**CH47**が航空自衛隊浜松基地へ飛来との防災計画、１０時間後は消火の見地から見ればナンセンス、若し天候不良にでもなれば如何するのであろうか。 愛知県守山駐屯陸上自衛隊の精鋭もヘリコプターが無くては動くに動けない。

日本製造業の中心、**「中京地区に、大型ヘリコプターCH47－10機を中核とする大中小ヘリコプター群からなる陸上自衛隊・中部ヘリコプター空中機動旅団を新設し、名古屋空港に駐留させ、愛知県守山の陸上自衛隊第十師団の精鋭8000名と共同して自然・事故大災害に緊急対処する。**

同時に南海地震等に備えて近畿ヘリコプター空中機動旅団を伊丹の大阪空港に駐留させ、 更に将来の道州制施行を考慮に入れて、逐次、各地方のヘリコプター空中機動旅団を編成し、当該地方の減災活動のセンターとなる空港の敷地内に駐屯させるべき」と老いの一徹、傘寿のヘリコプター老爺が2006年11月・第３回 AHS 国際会議「ヘリコプタの先進技術と救命・防災」@名古屋国際会議場にてラスト・メッセージを咆哮した。

国家財政赤字８００兆円余、大震災対処にも自ずから限度がある。 **無い物ねだりではない。**
陸上自衛隊が保有する大中小ヘリコプターを東京一極集中から取りあえず中部・近畿への重点分散配置を唱えるものである。

冶山治水、耐震構造、情報伝達の早期化、自助・共助・公助、可能であれば皆遣ればよい。
しかし、鍋・釜・風呂から架橋用舟艇まで保有する **陸上自衛隊は災害対処について日本最大の実力集団、これと新編成の陸上自衛隊（各地方）ヘリコプター空中機動旅団とを直結して、 地震発生後1時間以内に緊急減災出動、これが今直ぐ手の付けられる、安上がりで最も効果的な減災公助である。**

岐阜・長良川国際会議場における第１回ＡＨＳ国際会議「ヘリコプターの先進技術と防災」から約１０年、名古屋国際会議場の第３回ＡＨＳ国際会議から約２年、漸く当局の風向きにも変化の兆しが見えてきた。

昨平成19年（2007）末には、総務省消防庁所幹「空中消火検討委員会・座長山根峯治氏」が設置され、2年間にわたる本格的な検討が開始された。 これには河野実氏も参加している。
山根氏は（元）陸上自衛隊航空学校長・第一ヘリコプター団長・阪神淡路大震災時には八尾市駐屯・陸上自衛隊中部方面航空隊隊長として活躍され、河野氏は（元）陸上自衛隊航空学校・飛行開発実験隊隊長としてOH-1ヘリコプターの開発・玉成にも貢献された、両氏とも尊敬する我が同志である。

平成20年（2008）2月16日、総務省消防庁は、大規模災害やテロに備えて、全ての都道府県に対し、自衛隊から自衛官を受入・常駐配置するなど危機管理体制を拡充するようにと指針を定め、更に加えて都道府県の危機管理部門の幹部に有事対応の権限を集約する事や担当者が30分以内に登庁できる体制整備を促すことも決めた。
漸く阪神淡路大震災の長い重いトラウマを乗り越えて大震災対処の近代化に向けての第一歩が踏み出されたようだ。　　ヘリコプター老爺の長い一人舞台にも幕引きの時が近付いてきた。　（終わり）

2007年度ヘリコプタ研究・論文一覧（順不同）

1. 山田弘之，ヘリコプター着艦誘導支援システムの開発，自動車技術会　春季学術講演会，2007年5月24日．
2. 小島徹，ヘリコプタに対するFBW制御則設計，第45回飛行機シンポジウム，2007年10月12日．
3. 小島徹，ヘリコプタに対するFBW制御則設計，防衛省技術研究本部H19研究発表会，2007年11月7日．
4. 西川渉，『フライトナース安全の指針』を読む，ヘリコプタージャパン，2007年1月．
5. 西川渉，諸外国のエアレスキューの歴史，エアレスキュー・ドクターカー（共著），2007年1月25日．
6. 奥村徹，山野豊，西川渉，ヘリコプター救急の有効性と大規模災害への対応，HEM-Net調査報告書，2007年2月．
7. 西川渉，ホバリングから超音速まで―万能の戦闘攻撃機F-35，航空ファン，2007年3月．
8. 西川渉，航空工業・航空交通の世界動向，ブリタニカ国際年鑑2007，2007年4月10日．
9. 西川渉，他山の石，日本航空新聞，2007年4月12日．
10. 松本尚，関根和弘，山野豊，西川渉，アメリカのヘリコプター救急とフライトナース／パラメディックの教育養成，HEM-Net調査報告書，2007年5月．
11. 西川渉，警報音が鳴りだした，日本航空新聞，2007年5月31日．
12. 西川渉，救急ヘリコプターの安全を読む，日本航空医療学会雑誌，2007年5月．
13. Yamano, Y., Nishikawa, W., Birth of the Doctor Helicopter Special Law, Japan Aviation Weekly, Aug.6, 2007.
14. 西川渉，主要国のヘリコプター救急―配備密度と経費負担，HEM-Netグラフ，2007年9月1日．
15. 西川渉，へき地医療におけるヘリコプターの役割，へき地離島救急医療研究会誌，2007年7月．
16. 西川渉，一般航空の動向，航空宇宙年鑑2007，2007年9月．
17. Yamano, Y., Nishikawa, W., 100 Years since the First Flight of Helicopter, Japan Aviation Weekly, September 10, 2007.
18. 西川渉，最も危険な職業，日本航空新聞，2007年9月20日．
19. Yamano, Y., Nishikawa, W., Helicopter Ambulances Save More Lives, 4RESCUE (European Air Rescue & Air Ambulance Magazine), Fall 2007.
20. 西川渉，世界のヘリコプター救急，ドクターヘリ導入と運用のガイドブック（共著），2007年10月16日．
21. 西川渉，「避けられた事故」と「安全の文化」，日本航空新聞，2007年11月1日．
22. 西川渉，メディアとヘリコプター救急，東京大学医科学研究所「現場からの医療改革」シンポジウム抄録集，2007年11月10日．
23. 西川渉，ドクターヘリ完全研究，HELI WORLD，2007年11月30日．
24. 西川渉，ヘリコプター事故の分析と考察，HELI WORLD，2007年11月30日．
25. 西川渉，立ち後れる日本，日本航空新聞，2007年12月20日．
26. 小池則満，小林啓二，栗田敬司，災害時臨時ヘリポートの特性評価に関する研究，日本航空医療

学会雑誌2007 Vol.8 No.1, 2007年5月.
27. 又吉直樹, 奥野善則, ヘリコプタによるGPS/MSAS測位精度評価, 日本航空宇宙学会誌 No.643, 平成19年8月.
28. Matayoshi, N., Asaka, K., and Okuno, Y., Flight Test Evaluation of a Helicopter Airborne Lidar, AIAA Journal of Aircraft, Vol.44, No.5, pp.1712-1720, Sep.-Oct. 2007.
29. Matayoshi, N. and Okuno, Y., In-Flight GPS-Signal-Reception Anomalies of Helicopters, AIAA Journal of Aircraft, Vol.44, No.5, pp.1755-1757, Sep.-Oct. 2007.
30. 奥野善則, 又吉直樹, 大型機後方乱気流が小型機に及ぼす影響について, 飛行機シンポジウム, 平成19年10月.
31. 又吉直樹, 奥野善則, 飛行シミュレーションによる大型機後方乱気流の影響評価試験, 飛行機シンポジウム, 平成19年10月.
32. 奥野善則, 又吉直樹, 大型機後方乱気流が小型機に与える影響について, 航空技術誌, 平成19年11月.
33. 石井寛一, 五味広美, 奥野善則, クレーンを用いた航空機騒音伝搬特性計測飛行実験, JAXA-RM-07-012, 平成20年1月.
34. 石井寛一, 他, 実験用ヘリコプタによる低騒音最適飛行の研究, JAXA-RR-07-021, 平成20年1月.
35. 奥野善則, 又吉直樹, 大型航空機の後方乱気流が小型機に与える影響に関する研究, JAXA-RR-07-029, 平成20年2月.
36. Kobiki, N., Saito, S., Fukami, T., Komura, T., Design and Performance Evaluation of Full Scale On-board Active Flap System, American Helicopter Society 63rd Annual Forum, May 3rd, 2007.
37. 齊藤茂, 五味広美, 石井寛一, ヘリコプタ用低騒音経路の構築を目指して, 航空環境研究, 第11号, 5月7日, 2007年.
38. Tanabe, Y., Saito, S., Takasaki, K., Fujita, H., A parametric study on parallel Blade-Vortex-Interaction Noise, Inter Noise 2007, 2007.
39. Kobiki, N., Saito, S., Fuse, H., A STUDY OF CLOSED LOOP CONTROL FOR BVI NOISE REDUCTION BY MULTIPLE PRESSURE SENSORS, 33rd European Rotorcraft Forum, September 12th 2007.
40. Tanabe, Y., Saito, S., A Simple CFD/CSD Loose Coupling Approach For Rotor Blade Aeroelasticity, 33rd European Rotorcraft Forum, September 12th 2007.
41. 田辺安忠, 齊藤茂, ヘリコプタ・ロータに関するCFD/CSD連成解析ツールの開発, 第45回飛行機シンポジウム, 福岡, 10月10日, 2007年.
42. 小曳昇, 齊藤茂, 深見健人, 河村孝儀, 実大アクティブ・フラップ機構の開発及び性能評価, 第45回飛行機シンポジウム, 福岡, 10月10日, 2007年.
43. 高﨑啓介, 藤田肇, 田辺安忠, 齊藤茂, パラレルBVIにおけるミスディスタンスと迎角の影響について, 第45回飛行機シンポジウム, 福岡, 10月10日, 2007年.
44. 大山菜穂子, 平岡克己, 田辺安忠, 齊藤茂, 回転翼の地面効果内における吹き下ろしの数値解析, 第45回飛行機シンポジウム, 福岡, 10月10日, 2007年.
45. Kobiki, N., Saito, S., On a 1-Bladed Model Rotor System of JAXA for Helicopter Noise Reduction Research, American Helicopter Society, Korea Chapter AHS Specialists' Meeting, October 15th

2007.
46. 高﨑啓介，藤田肇，田辺安忠，齊藤茂，A Parametric Study on Parallel Blade-Vortex Interaction for Helicopter Rotor American Helicopter Society, Korea Chapter, October 15th 2007.
47. Peron, S., Benoit, C., Renaud, T., Sides J., Tanabe, Y., Saito, S., Yang, C., Aoyama, T., ONERA/JAXA common investigations on CFD tools for an accurate prediction of BVI, American Helicopter Society, Korea Chapter AHS Specialists' Meeting, October 15th 2007.
48. 齊藤茂，西村義孝，ヘリコプタの性能と環境適合性向上技術の研究－ ヘリコプタの低騒音化技術について －，防衛省技術研究本部公開研究発表会，東京，11月8日，2007年.
49. 田辺安忠、齊藤茂：低騒音ブレード開発におけるCFDの役割，JAXA 平成19年総合技術研究本部／航空プログラムグループ 公開研究発表会，東京、11月8日、2007年.
50. Peron, S., Benoit, C., Renaud, T., Sides J., Tanabe, Y., Saito, S., Yang, C., Aoyama, T., JAXA/ONERA研究協力による2次元パラレルBVIの非粘性数値シミュレーション，研究開発報告(JAXA-RR)掲載決定，東京，3月9日，2007年受付.
51. 田辺安忠，齊藤茂，高﨑啓介，藤田肇，ブレード／渦の並行干渉に関するパラメトリック研究，研究開発報告(JAXA-RR).
52. Tanabe, Y., Saito, S., Research Activities of Active Tab for Helicopter Noise Reduction, AHS Specialists' Conference on Aeromechanics, January 23rd, 2008.
53. Kobiki, N., Saito, S., Aoyama, T., Yang, C., Akasaka, T., Tanabe, Y., Research Activities of Active Tab for Helicopter Noise Reduction, 研究開発報告(JAXA-RR).
54. Aoyama, T., Yang, C., Saito, S., Numerical Analysis of Active Flap for Noise Reduction Using Moving Overlapped Grid Method, Journal of the American Helicopter Society, Vol. 52, No. 3, July 2007, pp. 189-200.
55. Inada, Y., Yang, C., Iwanaga, N., and Aoyama, T., BVI Noise Prediction under Different Conditions of Wake and Blade Deformation, Transaction of JSASS, 2008.
56. Inada, Y., Yang, C., Iwanaga, N., and Aoyama, T., Effect of Tip Vortex Dissipation on the Prediction of Helicopter BVI Noise, Theoretical and Applied Mechanics Japan, NCTAM56, 2008, pp.177-187.
57. Yang, C., Aoyama, T., and Saito, S., Aerodynamic/acoustic Analysis for Main-Rotor and Tail-Rotor of Helicopter, Transaction of JSASS.
58. Yang, C. and Aoyama, T., Interpolation between Cartesian and Curvilinear Grids Using Parallel Computation, Theoretical and Applied Mechanics Japan, NCTAM56, 2008, pp.411-420.
59. Yang, C. and Aoyama, T., Numerical Analysis of Maneuvering Rotorcraft Using Moving Overlapped Grid Method, Transaction of JSASS.
60. Tamura, A., Tsutahara, M., Kataoka, T., Aoyama, T., Yang, C., Numerical Simulation of Two-Dimensional Blade-Vortex Interactions Using the FDLBM, AIAA Journal(投稿中).
61. Yang, C. and Aoyama, T., Comprehensive Study on Interpolation Methods for Helicopter Simulation: Interpolation between Cartesian and Curvilinear Grids in Parallel Computation, JAXA-RR.
62. 稲田，梁，岩永，青山,ブレードの弾性変形と翼端渦の減衰を考慮したヘリコプタのBVI騒音の予測,

JAXA-RR.

63. 梁忠模、青山剛史、齊藤茂、ヘリコプタの騒音を低減するアクティブ・フラップの数値解析、JAXA-RR.

64. 稲田，生物の飛行について　ー滑空、回転、羽ばたきの各観点からー，Journal of Japan Helicopter Society, No. 17, 2007年6月.

65. Inada, Y., Yang, C., Iwanaga, N., and Aoyama, T., Wake Capturing/Coupling Approaches for BVI Noise Prediction Using HART-II Baseline Condition, AHS 63rd Annual Forum and Technology Display, HART II workshop, April 2007.

66. Yang, C., Aoyama, T., Ishii, H., and Okuno, Y., Analysis of Rotorcraft Aerodynamics/Acoustics During Coordinate Turns of Research Helicopter, 63rd American Helicopter Society Annual Forum, Virginia Beach, VA, May 1-3, 2007.

67. Yang, C., and Aoyama, T., Simulation of Quiet Rotorcraft with Active Devices, Workshop on Revolutionary Aircraft for Quiet Communities, Hampton, VA, 24-26 July 2007.

68. Inada, Y., Yang, C., Iwanaga, N., and Aoyama, T., Efficient Prediction of BVI Noise Using Euler Solver with Wake Model, AHS Specialists' Meeting in Korea, October 2007.

69. Yang, C., Inada, Y., and Aoyama, T., BVI Noise Prediction Using HART II Motion Data, AHS Specialists' Meeting, International Forum on Rotorcraft Multi-Disciplinary Technology, Seoul, Korea, October 15-18, 2007.

70. Inada, Y., Yang, C., and Aoyama, T., Prediction of Helicopter Blade-Vortex Interaction Noise using Motion Data from Experiment, Japan Korea CFD Seminar 2007, December 2007.

71. 稲田，青山，青野，劉,非定常羽ばたき翼周りの流れの数値計算，流体力学講演会/ANSS 2007, 2007年6月.

72. 梁，青山，石井，奥野，ヘリコプタの旋回飛行時のBVI騒音に関する数値解析,流体力学講演会/ANSS 2007, 2007年6月.

73. 田村，蔦原，片岡，青山，梁，差分格子ボルツマン法によるBVIの数値解析，流体力学講演会/ANSS 2007, 2007年6月.

74. 蔡，李，梁，青山，ブレード形状最適化によるHSI騒音低減に関する数値解析，第21回 数値流体力学シンポジウム，東京，2007年12月.

以上

日本ヘリコプタ協会規約

施行　平成元年 12 月 15 日
改正　平成 10 年 7 月 6 日
改正　平成 12 年 6 月 22 日
改正　平成 15 年 7 月 3 日
改正　平成 18 年 4 月 28 日

第1章　総　　則

（名　称）

第１条　本組織は『日本ヘリコプタ協会（Japan Helicopter Society）』（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、運航並びに広報等、全ての分野にわたる活動の活性化、情報収集の効率化、会員相互の親睦・共生、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、会長が指名する機関内におく。

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他をもって構成する。

（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１口 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って、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、会長に提出し、理事会の承認を得なければならない。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	(PRESIDENT)	１名
副会長	(VICE PRESIDENT)	２名
常任理事	(MANAGING DIRECTOR)	若干名
理事	(DIRECTOR)	若干名
監査役	(AUDITOR)	１名
幹事	(MANAGER)	若干名
総務担当	(SECRETARY/TREASURER)	１名
メンバーシップ担当	(MENBERSHIP CHAIRMAN)	１名
幹事長	(PROGRAM CHAIRMAN)	１名

尚、名誉顧問（ADVISER EMERITUS)を置くことができる。

（選任）

第 11 条　常任理事および監査役は、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。

任期中に役員に欠員が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

て決定し、常任理事の場合には総会で承認する。

（任期）

第12条　役員の任期は、2カ年とする。

但し、前条、後任役員の任期は前任者の残りの期間とする。

（職務）

第13条　役員は下記の職務を遂行する。

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　監査役は本会の会計が適正に行われていることを監査する。

⑤　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。

⑥　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。

⑦　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。

⑧　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、原則として新年度に入って3ヶ月以内に会長が招集し、次の事項を協議するものである。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。

総会の決議は出席した会員の多数決による。議長は、賛否同数の場合のみ決議に加わることができる。

（行事）

第 18 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、原則として新年度に入って３ヶ月以内にこれを徴収する。

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。

会計は監査役の監査を経た上で、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日から発するものとする。

以上

個人情報に付き【賛助会員名簿（法人賛助会員）】（１１８頁～１２０頁）は削除いたしました。

日本ヘリコプタ協会 2008年度役員

名誉顧問	東　昭	東京大学 名誉教授
名誉顧問	義若　基	AHS 日本支部
会　長	平本　隆	富士重工業(株) 航空宇宙カンパニー 技術開発センター 航空機設計部　主管（ヘリコプター技術統括）
副会長	井星　正氣	防衛大学校 システム工学群 航空宇宙工学科 教授
副会長 （兼）AHS本部技術委員	斉藤　茂	宇宙航空研究開発機構 航空プログラムグループ 運航・安全技術チーム　ヘリコプタ技術セクションリーダー
常任理事 （兼）AHS本部国際副会長– 環太平洋地域担当	井口　敦雄	三菱重工業(株) 名古屋航空宇宙システム製作所 ヘリコプタ技術部　主幹
常任理事	上村　誠	宇宙航空研究開発機構 航空プログラムグループ客員 (株)ナスカ取締役
常任理事	大島　健二	三菱重工業(株) 名古屋航空宇宙システム製作所 ヘリコプタ技術部長
常任理事	大林　秀彦	AHS 日本支部
常任理事	河上　宣道	民間航空機(株) 常勤監査役
常任理事	河内　啓二	東京大学 工学系研究科航空宇宙工学専攻 教授
常任理事	佐藤　晃	佐藤技術士事務所
常任理事	高木　淳二	宇都宮大学工学部附属ものづくり創成工学センター 講師
常任理事	長島　知有	防衛大学校 名誉教授
常任理事	西川　渉	日本航空医療学会理事 NPO法人救急ヘリ病院ネットワーク(HEM-Net)理事
常任理事	藤垣　勉	川崎重工業(株) 航空宇宙カンパニー 技術本部 ヘリコプタ設計部長
常任理事	古澤　正人	セントラルヘリコプターサービス(株)
常任理事	星野　亮	（社）全国日本学士会評議員
常任理事	牧野　健	AHS 日本支部
常任理事	三宅　司朗	日本ムーグ(株)アエロスペーステスト担当部長
常任理事	安田　邦男	日本大学 理工学部 航空宇宙工学科 助教授
常任理事	山野　豐	ユーロコプター アドバイザー 航空医療学会　評議員 NPO法人救急ヘリ病院ネットワーク(HEM-Net)　理事
理事・幹事長	（会長が兼務）	
理事・総務担当	（会長が兼務）	
監査役	青山　剛史	宇宙航空研究開発機構 研究開発本部 数値解析グループ　非定常流・振動セクション
幹　事	饗庭　昌行	防衛庁 技術研究本部
幹　事	淺原　昭夫	日本飛行機(株)　航空宇宙機器事業部 営業部　部長付　防衛営業アドバイザー
幹　事	糸賀　紀晶	防衛大学校 システム工学群 航空宇宙工学科 助教授
幹　事	小曳　昇	宇宙航空研究開発機構　航空プログラムグループ 運航・安全技術チーム ヘリコプタ技術セクション 主任研究員
幹　事	橋本　幹	ユーロヘリ(株) カストマーサポート統括部　技術担当部長
幹　事	服部　恵介	三菱重工業(株) 名古屋航空宇宙システム製作所 ヘリコプタ技術部　基礎設計課　主任
幹　事	長谷川　泰通	川崎重工業(株) 航空宇宙カンパニー 技術本部 ヘリコプタ設計部 開発計画課 上級専門職
幹　事	藤倉　昭夫	防衛庁 海上自衛隊 第51航空隊 課程教育班長
幹　事	望月　清光	朝日航洋(株)　安全推進室長
幹　事	諸石　貞夫	(株)ジャムコ　航空機整備カンパニー　顧問
幹　事	横倉　修一	富士重工業(株) 航空宇宙カンパニー　ＣＳ技術室　副室長

日本ヘリコプタ技術協会　略年表

年度	会報	会長 (所属先,当時)	総会／講演会	定例研究会、( )内は通算回数		特別講演会等	AHS年次総会
1989	-	義若　基 (川崎重工)	設立総会 12.15 航空会館	3.16 第6回ヘリコプタ研究会，東大先端研		3.13 川崎重工岐阜 - Prouty氏	義若氏：AHS Fellow Award
1990	-		—	7.18 三菱重工(1)	2.16 第2回国際航空宇宙シンポジウム ヘリコプタセッション，幕張メッセ	10.5 帝国ホテル - Buckley氏(Sikorsky社長/ AHS会長)	
1991	1		5.29 川崎重工岐阜	7.19 富士重工(2)	2.7 防大(3)	10.24-25 東大山上会館 - Schrage教授(Georgia Tech)	
1992	2	牧野　健 (富士重工→ 輸送機工業)	6.23 川崎重工	9.18 三菱重工(4)	2.5 山上会館(5)	12.4, 航空宇宙技術研究所 - Carlson氏(米陸軍ATCOM)	
1993	3		6.18 富士重工	9.10 川崎重工(6)	2.15 山上会館(7)	7.6 健保会館 – フランスヘリ技術 11.18 防大- Ham教授(MIT)	
1994	4	佐藤　晃 (三菱重工)	6.3 富士重工	7.22 陸自霞ヶ浦(8)	2.24 航技研(9)	11.8, 三菱重工横浜- Gessow教授(Maryland大) 11.11 交通・物流から見た将来ヘリ技術 総評会館	Japanese Session開催
1995	5		6.19 三菱重工	9.29 川崎重工(10)	2.23 防衛庁３研(11)	11.2, 三井物産 – Gaffey氏(Bell副社長)	
1996	6	長島　知有 (防衛大学校)	5.17 三菱重工	10.4 富士重工(12)	2.14 川崎重工(13)	1.20 三菱重工本社 - Crawford氏(Georgia Tech)	
1997	7		6.6 住友重機追浜	10.24 三菱電機(14)	1.23 陸自木更津(15)		
1998	8	西川　渉 (地域航空総合 研究所)	7.6 ソニー	10.2 富士重工(16)	2.19 東京ヘリポート(17)	4.21-23 **Heli Japan 98** 岐阜長良川国際会議場 12.22, 日大- Wang氏(Sikrosky)	OH-X設計チーム ：Howard Hughes Award
1999	9		6.16 パイオニア	10.26 陸自明野(18)	3.23 TA2000(19) 東京ビッグサイト	4.16 日大 - Rozhdestvensky氏(Mil)	東名誉教授：AHS Fellow Award 義若氏：Honorary Fellowships S-92開発チーム：Robert Pinckney Award
2000	10	上村　誠 (川崎重工→ 日本航空宇宙 工業会)	6.22 川崎重工	11.28 陸自立川(20)	2.23 八尾空港(21)	1.23 川崎重工本社 - Schmitz教授(Maryland大)	牧野氏：AHS Fellow Award S-92開発チーム：Agusta International Fellowship Award
2001	11		7.4 航技研	11.29 ヤマハ(22)	2.28 東京ヘリポート(23)	1.28 三菱重工本社 - Johnston氏(米陸軍)	大林氏：AHS Fellow Award
2002	12	高木　淳二 (富士重工→ 宇都宮大学)	ヘリ事始め50年記念 6.28 航空会館	3.13 宇都宮大学(24)		11.11-13 **Heli Japan 2002** 栃木県総合文化センター	定岡氏：International Chairman's Award
2003	13		7.3 富士重工	10.31 電子航法研究所(25)	3.19 海上保安学校宮城分校(26)		佐藤氏：Honorary Fellowships
2004	14	小林　孝 (三菱重工)	7.1 三菱重工本社	12.17 防衛庁３研(27)	2.25 ヘリ防災シンポ(28) 名古屋国際会議場	10.7 JA2004ヘリセミナー パシフィコ横浜	長島名誉教授：Honorary Fellowships
2005	15	井口　敦雄 (三菱重工)	7.19 グランドヒル市ヶ谷	12.16 三菱重工小牧(29)		8.31 三菱重工本社 - Friedmann教授(Michigan大)	
2006	16	河内　啓二 (東京大学)	4.28 三菱重工横浜ビル	10.3 JAXA (30)	3.15 山上会館 (31)	11.15-17 **Heli Japan 2006** 名古屋国際会議場 11.13 JAXA 航空宇宙技術研究センター Philippe氏（元ONERA） 2.7 東大 本郷キャンパス工学部 Xia氏(南京航空航天大)	
2007	17		7.17 東京大学 先端科学技術研究センター	11.20 防衛大学校 (32)			

AHS インターナショナル本部への入会申込用紙 (JAPAN CHAPTER)

この用紙に書き込んで FAX で送付すれば入会できます。また、AHS インターナショナルのホームページ (http://www.vtol.org/) からオンラインでの申込みもできます。
不明の点があれば、事務局もしくはお近くの幹事までお問い合わせください。

AHS Membership Application

To become a member of the American Helicopter Society please submit this form with your annual dues payment. Your membership will begin the day your payment is received and processed.

AHS Dues Regular - US and Canada $65.00
Regular - International $80.00
Miltary Personnel $35.00
Retired over 60 $35.00
Student - US and Canada $25.00
Student - International $45.00
Journal of the American Helicopter Society (optional) $15.00
VFF Scholarship Contribution (optional) $10.00

Send to:
American Helicopter Society 217 N. Washington Street Alexandria, VA 22314
(703) 684-6777 FAX: (703) 739-9279

Name (First, Middle Initial, Last):
____
Street Address: ______________________________
City, State, Country, Zip:
____
Telephone # (office/home): ___________________
Fax #:____
Employer/College:
____
Job Title: ___________________________________
Birthdate(mm/dd/yyyy): _______________________
email address: _______________________________
Applicable AHS Dues:__________________________
Sponsor:______________________________________

Credit Card Number (MasterCard/Visa/American Express)
______________________________ Exp. Date:_____________
Applicant's Signature____________________ Date:_____________

日本ヘリコプタ協会　賛助会員　申込書

年　　月　　日

区　　分 （該当する方に○）	法　人　・　個　人 新　規　・　継　続
団体（会社）名	
（代表者）氏名 役職	
（代表者）連絡先 住　所 電　話 ＦＡＸ	〒
入会口数	口（　　　万円／注：１口＝１万円）
備　　考 （連絡事項等）	

法人賛助会員は代表者の氏名・連絡先等をご記入下さい。

本申込書を事務局宛送付頂き、同時に下記へ会費をお振り込み下さい。
（領収書がご入用の場合は、備考欄にてご指示ください）

会費振込先：足利銀行　宇都宮中央支店
口座番号　：３５１７５５３
口座名義人：日本ヘリコプタ協会代表　平本隆

〒320-8564
栃木県宇都宮市陽南１－１－11
富士重工業㈱ 航空宇宙カンパニー 航空機設計部
TEL:028-684-7531　（又は 028-684-7535）
FAX:028-684-7530
e-Mail:hiramotot@uae.subaru-fhi.co.jp or yamakik@uae.subaru-fhi.co.jp

日本ヘリコプタ協会 2008 年度会報　第 18 号

Journal of the Japan Chapter of AHS International, Vol.18

2008 年 6 月 20 日発行

日本ヘリコプタ協会（AHS インターナショナル日本支部）

〒320-8564

栃木県宇都宮市陽南 1-1-11

富士重工業㈱ 航空宇宙カンパニー 航空機設計部

TEL:028-684-7531　（又は 028-684-7535）

FAX:028-684-7530

e-Mail:hiramotot@uae.subaru-fhi.co.jp or

yamakik@uae.subaru-fhi.co.jp

ホームページ：http://www.helijapan.org/