

ISSN 0389-4010

UDC 629.735.45

629.7.018.7

007

航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-1310

ヘリコプタ操縦時における注視点 移動特性に関する飛行実験

川 原 弘 靖 ・ 船 引 浩 平 ・ 若 色 薫
田 中 敬 司 ・ 渡 辺 顯

1996年10月

航空宇宙技術研究所

NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

ヘリコプタ操縦時における注視点 移動特性に関する飛行実験*

川 原 弘 靖** 船 引 浩 平*** 若 色 薫**
田 中 敬 司*** 渡 辺 顯**

In-flight Measurement of Eye Scanning Characteristics of Helicopter Pilots

Hiroyasu Kawahara** Kohei Funahiki*** Kaoru Wakairo**
Keiji Tanaka*** Akira Watanabe**

ABSTRACT

Attempts to study the control behaviour of helicopter pilots have been conducted with the aim of providing fundamental information for future cockpit design, establishing procedures and training.

A series of in-flight measurements of human visual scanning behaviour during the following flight phases were carried out: (1) hovering, (2) level flight, (3) coordinated turning, and (4) approach and landing. A total of 12 pilots participated in the experiment, each of whom performed 16 repetitions.

It was concluded from the data that patterns of visual fixation point movement can be classified into the following four categories: (1) front field + right lower field, (2) front + left lower, (3) front + right and left lower; and (4) front only.

Key Words: Flight Experiment, Helicopter, Pilot Visual Cues, Human Engineering.

概 要

ヘリコプタコックピットの設計或いは計器表示等に関する研究を進めるための基礎資料として、ヘリコプタパイロットの操縦行動の特性を明らかにすることが重要である。

本実験ではパイロットの操縦行動のうち視覚情報取得特性を明らかにすることを目的として、ヘリコプタ操縦時のパイロットの注視点移動特性に関する計測実験を実施した。実験はパイロットの注視点移動記録装置としてアイマークレコーダを用い、ヘッドユニットをパイロットの頭部に装着して飛行計測を実施した。

実験は平成4年6月から平成5年1月にかけて単発のタービンヘリコプタを使用して実施した。

飛行課目として①ホバリング、②水平直進飛行、③定常旋回、④進入着陸を設定し、被験者パイロット12名、延べ16人分のデータを取得した。ヘリコプタ操縦時のパイロットの一般的な注視点移動パターンとして①前方視野+右下方視野、②前方視野+左下方視野、③前方視野+左右下方視野及び④主として前方視野のみの4通りのパターンに分類することができた。

* 平成8年9月18日受付(received 18 September 1996)
** 制御部
*** 飛行実験部

1. はじめに

近年、ヘリコプタの事故件数はさほど顕著に増加していないにも拘わらず、事故による死傷者数が急増している¹⁾。従来の物資輸送、報道、救難活動等に加えて人員輸送を目的とした運行が増えたことが主因と考えられる。

航技研ではヘリコプタ操縦時のパイロットの視覚情報取得特性を明らかにすることを目的として、平成2年3月から平成3年6月にかけて実機ヘリコプタを使用して①高圧線・工事用索道等の視認性、②模擬薬剤散布時のパイロットの注視点移動計測を実施した。

さらにヘリコプタ操縦時のパイロットの注視点移動特性を明らかにすることを目的として平成4年6月から平成5年1月にかけて①ホバリング、②水平直進飛行、③定常旋回、④進入着陸の飛行課目を設定し、飛行実験高度として低高度(1.5m及び10m)、中高度(33m)、高高度(330m)を設定して飛行計測を実施した。

実験ではパイロットの注視点移動記録のためのアイマークレコーダのヘッドユニットをパイロットの頭部に装着し、アイマークレコーダのビデオ出力をビデオレコーダに記録した。被験者パイロットは12名、延べ16人分を取得した。

本報告では以上の注視点計測実験及び結果について述べる。

2. 飛行実験

2.1 実験目的

ケーブル等の視認性に関する飛行実験²⁾を行った際に、ヘリコプタ操縦時のパイロットの注視点移動特性に関し、パイロット4名分のデータを取得した。しかし、これではデータ数が不十分のため、パイロット数を新たに10名以上に増やし、データ数の充実を図った。以上2つの実験データをもとにヘリコプタ操縦時のパイロットの注視点移動特性を明らかにすることを目的とする。

2.2 実験パイロット

ヘリコプタの操縦特性の均一化を図るために、実験に参画したパイロットはヘリコプタの飛行経験時間を500時間以上とした。ただし年齢、性別については操縦特性に直接的に関わりないと考え問わないこととした。実験に参画したパイロットと飛行経験時間の一覧を表1に示す。被験者パイロット(機長席)と安全パイロットの2名1組とし、一回の飛行時間はアイマークレコーダ装着状態で長時間飛行を続けることによる操縦負担の増加を防ぐために概ね20分間とした。

なおデータの解析はパイロットの利き目側のデータを解析したので、表中にパイロットの利き目を示した。

表1 実験パイロット一覧

| パイロット名 | 飛行時間 | | 利き目 |
|--------|-------|-------|-----|
| | ヘリコプタ | 固定翼 | |
| A | 3,269 | 1,250 | 右 |
| B | 1,230 | 110 | 左 |
| C | 845 | | 右 |
| D | 750 | 100 | 右 |
| E | 1,650 | 175 | 左 |
| F | 745 | 60 | 左 |
| G | 510 | | 右 |
| H | 1,592 | 150 | 右 |
| I | 2,230 | 185 | 右 |
| J | 780 | | 右 |
| K | 1,730 | 200 | 右 |
| L | 1,017 | | 右 |

表2 実験課目及び実験実施時期

| | |
|-------|---|
| 実験日時 | 平成4年6月12, 16日及び平成5年1月26日 |
| 被験者 | ヘリコプタ飛行経験500時間以上のパイロット12名 |
| 実験場所 | 埼玉県比企郡川島町「本田エアポート」 |
| 実験用機体 | エアロスペース社製 AS-350B型 |
| 飛行課目 | ホバリング(m) : 低高度(1.5), 低高度(10), 中高度(33), 高高度(330) 水平直進飛行 : 低高度(10)/低速度(20), ((m)/(m/sec)) 中高度(33)/低速度(20), 高高度(330)/高速度(50) 進入着陸 : 高度220mから着地まで |

2.3 飛行課目

飛行課目及び実験実施時期を表2に示す。ヘリコプタの基本操縦である次の4課目を対象として計測を行った。



図1 AS-350B型実験機

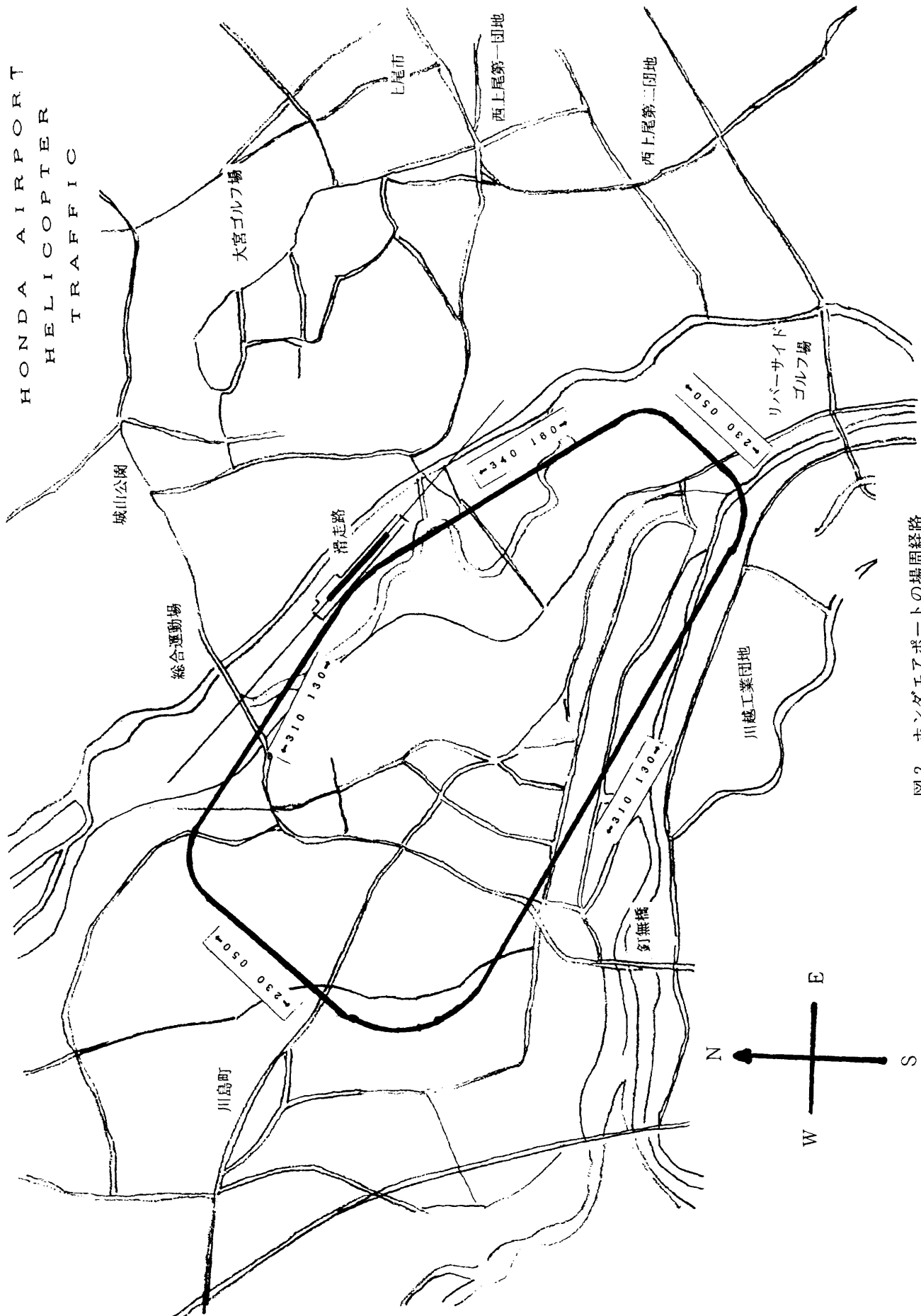


図2 ホンダエアポートの場周経路

①ホバリング(高度は1.5m, 10m, 33m, 330m), ②水平直進飛行(飛行高度は10m, 33m, 330m, 速度は20m/sec, 50m/sec), ③定常旋回(30°バンク, 180°旋回), ④進入(220mから)・着陸(1.5mまで)とした。

2.4 機体及び実験実施場所

実験にはエアロスペース社(現ユーロコプタ社)製 AS-350B型ヘリコプタを使用し, 実験飛行場は埼玉県比企郡川島町にある通称「ホンダエアポート」で行った。図1にAS-350B型実験機の外観を, 図2にホンダエアポートにおけるタービンヘリコプタ用の場周径路の概略図を示す。

2.5 実験記録装置

(1) アイマークレコーダ³⁾

眼球移動計測のための眼球反射LED光線(アイマーク)と外部視界を光学的に合成し, 小型CCDカメラでビデオ映像として記録できるようにした光学計測装置である。計測されたビデオデータは専用の解析ソフトにより視点移動軌跡, 停留点(注視点)移動軌跡, 停留時間頻度分布等の解析が可能である^{*1}。

図3にパイロットにアイマークレコーダのヘッドユニットを装着し操縦席に着座した状況を, 図4にアイマークレコーダで記録したビデオ記録例を示す。図中の□マークは右目, +マークは左目のアイマーク(視点)を表している。また左下の数値は計測記録時間を表示している。

なお計測実験中はパイロットの頭部はなるべく動かさないようにして操縦を行った。従って得られたデータもこのような制限された条件下でのデータであることは認識している。しかし, このような条件下でのデータであってもパイロットの注視点移動の基本的なデータの取得が出来るものと判断した。

(2) 屋外でのキャリブレーション用天幕

アイマークレコーダの使用にあたっては計測実験開始毎及び各パイロット毎にアイマーク移動の基本となるデータをアイマークレコーダに記憶させ, 実験計測で得られたアイマークデータの校正を行ういわゆる「キャリブレーション」を行わなければならない。

高圧線やケーブル等の視認性に関する実験ではこの「キャリブレーション」作業は機体から50m程離れた建物内で行った。この時は頭部にヘッドユニットを装着したパイロットはヘッドユニットの「ズレ」を生じさせないように「ゆっくり」機体まで移動すると同時に, アイマーク



図3 ヘッドユニットのパイロットへの装着状況



図4 アイマークレコーダのビデオ記録例



図5 キャリブレーションのための屋外用天幕

* 1 : アイマークレコーダの基本原理については文献2の巻末にも概説している。

データ計測装置や電池も一緒に運ばなければならなかった。しかし時として折角行ったキャリブレーションが振動で「ズレ」たり、接続コードが外れたり、移動のための時間に電池を消耗してしまう等の問題を生じた。

これら問題を解決するため図5に示す「屋外用天幕」を考案し、また電池についても大容量ニッカド式バッテリーを採用した。実験機のすぐ脇にこの天幕を設置してキャリブレーションを行い、そのまま操縦席に搭乗できるようにした。その結果ヘッドユニットの「ズレ」やコードの外れ等も回避することができ、また電池の余分な消耗も回避することができた。

(3) ビデオレコーダ

アイマークレコーダのビデオ出力の記録に使用した。

(4) 6インチ液晶型ビデオモニター

アイマークレコーダのキャリブレーション時及び記録時のモニタ用として使用した。

(5) ニッカド式バッテリー

アイマークレコーダ駆動用としてニッカド電池を用意した。12V20Ahrで約7時間の使用が可能である。またビデオカメラ、液晶モニターテレビ用としてそれぞれに専用のバッテリーを使用した。

(6) S-VHSビデオカメラ及び35mmカメラ

実験記録用としてS-VHSビデオカメラと35mmスナップカメラを使用した。

2.6 アイマークレコーダの記録時間及び解析

アイマークレコーダのデータ記録としては、ホバリングでは安定にホバリングを確立した後パイロットの計測開始のキューを得てからの概ね35秒間のデータを記録、水平直進飛行は滑走路端進入からの35秒間、定常旋回は旋回開始のキューから180°旋回の間、進入着陸は高度220mから地上1.5mまでの間のデータを記録した。

取得したアイマークデータの内容を確認した結果、各飛行課目とも解析不能なエラーデータがあり、とくに旋回中のデータは全て使用できなかった。旋回中のビデオ映像からこの原因を追求した結果、まず定常旋回に入る前に左右・上下の安全の確認を行ってから旋回に入り、旋回姿勢を確立してからも左右の安全確認等により相当な頻度で顔を左右に動かしていることが観察でき、適切なデータ記録が行われなかったことが分かった。各課目毎の有効データ数を表3に示す。

解析可能なデータについては記録データの30秒間を解析に利用した。また進入着陸時のデータは着地(1.5m)以前の40秒前から30秒間を抽出して解析を行った。

解析パラメータとしては最小停留時間を100msec、解析格子を上下、左右とも2°間隔として解析を行った。解析例として進入・着陸時の停留点移動軌跡を図6に、累積停留時間分布を図7に示す。図6の縦、横軸は視野角度を示し、縦軸が±35°、横軸が±47.5°の視野角を表している。また初期のキャリブレーション段階では視野中心が画面(表)の中心にくるように調整しているが、実験時間の経過によりヘッドユニットの多少の「ズレ」が生じ、注視点の中央が中心部から「ズレ」てくるケースも

表3 飛行課目毎の中心視野と周辺視野との割合

| 実験課目 | | データ数 | 中心視野(sec)／周辺視野(sec) | | | | | | | | | | 平均 |
|--------------------------|------------|------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|----------------|
| ホバリング | 低高度：1.5m | 7 | 16.4/ 5.8 | 4.4/ 3.7 | 12.0/ 2.2 | 12.7/ 3.3 | 13.9/ 6.6 | 14.3/ 5.5 | 20.5/ 1.5 | | | | 13.46/ 4.09 |
| | 低高度：10m | 9 | 7.4/ 5.9 | 11.8/ 5.9 | 5.5/ 2.3 | 9.4/ 2.7 | 9.2/ 0.0 | 22.5/ 0.5 | 6.4/ 4.3 | 15.9/ 4.0 | 21.4/ 2.9 | | 12.17/ 3.17 |
| | 中高度：33m | 4 | 5.5/ 3.9 | 11.3/ 0.5 | 20.5/ 6.2 | 12.4/ 4.0 | | | | | | | 12.17/ 3.17 |
| | 高高度：330m | 4 | 4.3/ 5.9 | 18.2/ 3.4 | 11.7/ 4.1 | 10.7/ 2.7 | | | | | | | 11.3/ 4.03 |
| 水平直進 飛行 (m)(m/sec) | 低高度：10/20 | 9 | 10.8/ 3.4 | 9.5/ 5.8 | 8.3/ 2.4 | 9.2/ 4.9 | 7.8/ 0.9 | 8.4/ 5.4 | 14.3/ 3.0 | 15.5/ 3.5 | 15.9/ 3.5 | | 11.08/ 3.64 |
| | 中高度：33/20 | 7 | 11.3/ 4.3 | 12.5/ 0.0 | 8.2/ 0.5 | 14.4/ 1.5 | 13.3/ 3.0 | 12.0/ 2.5 | 11.7/ 7.1 | | | | 10.43/ 2.36 |
| | 高高度：330/50 | 2 | 5.0/ 5.4 | 3.8/ 5.1 | | | | | | | | | 4.4/ 5.25 |
| 進入着陸 | 220mから | 6 | 12.9/ 1.5 | 13.9/ 5.5 | 14.8/ 3.0 | 19.4/ 1.5 | 22.9/ 1.0 | 22.2/ 0.5 | | | | | 17.68/ 2.2 |

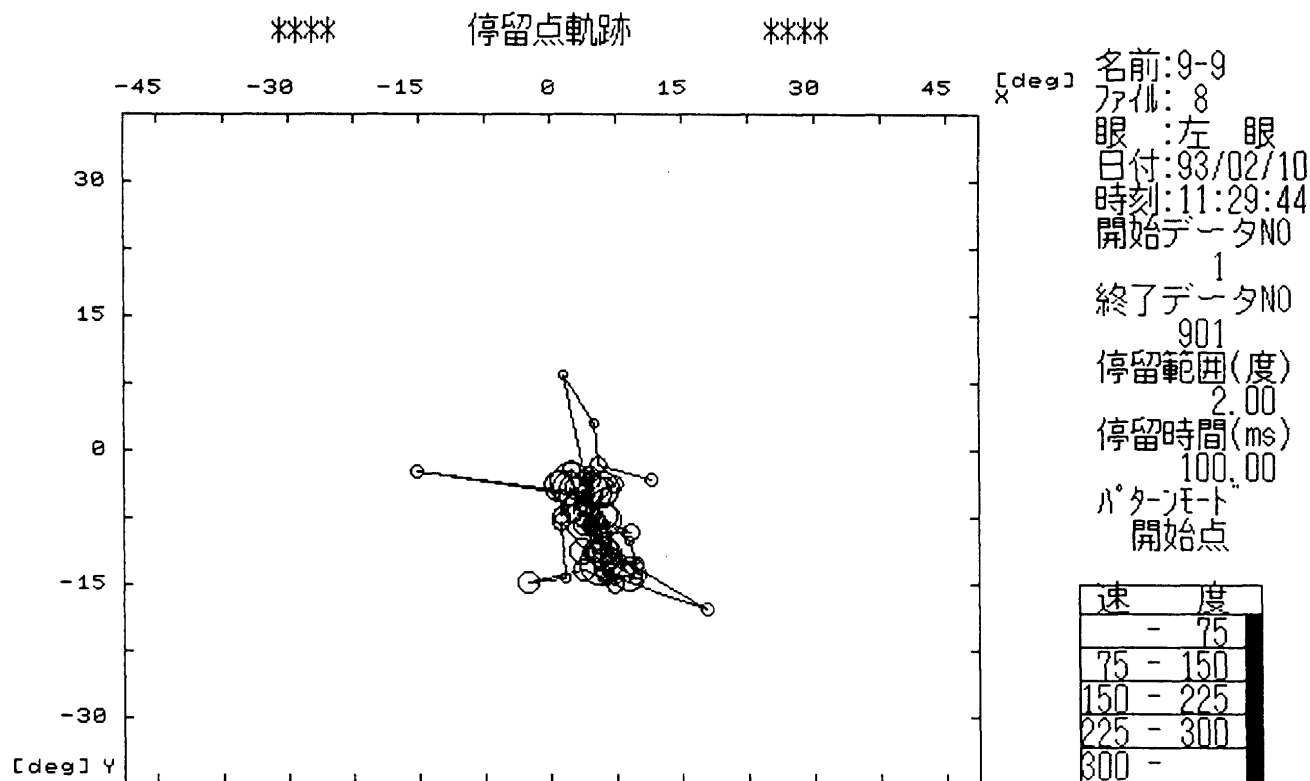


図6 アイマークレコーダ解析例(停留点移動軌跡)

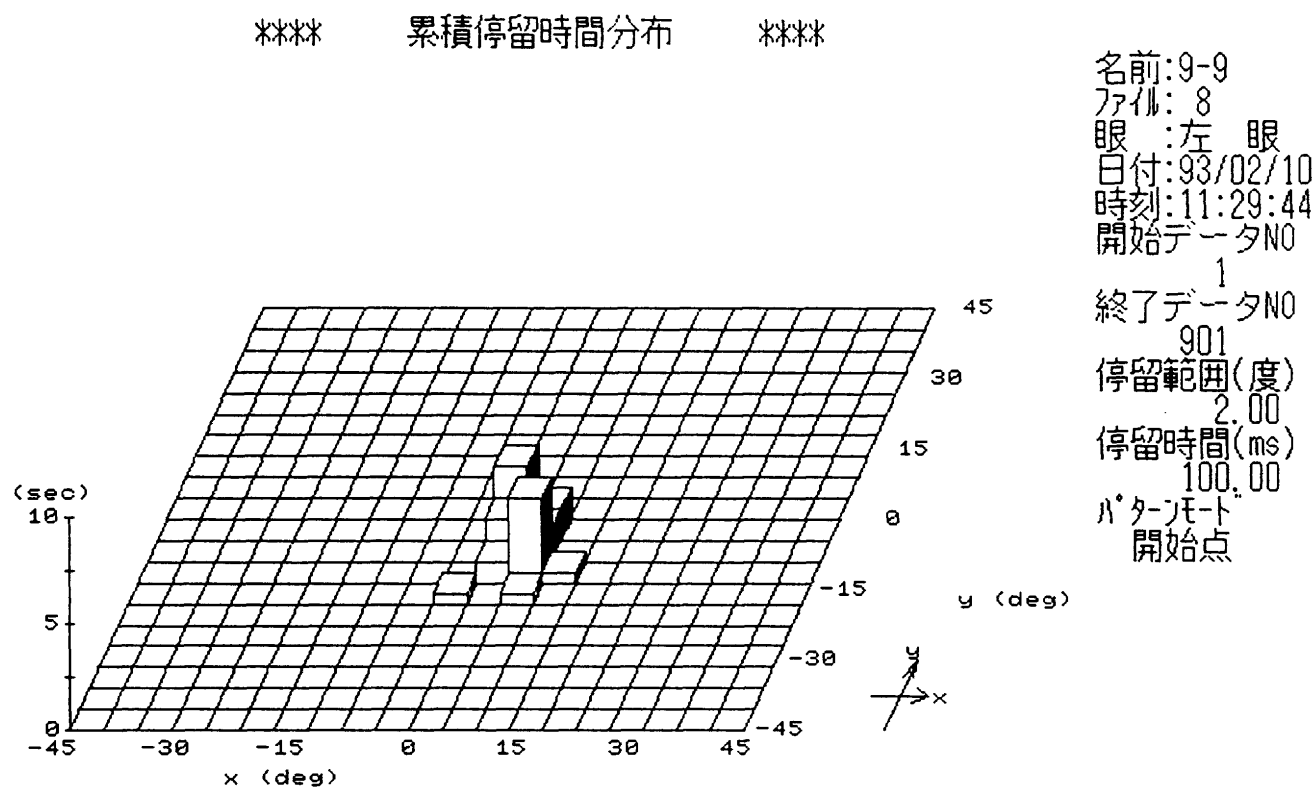


図7 アイマークレコーダ解析例(累積停留時間分布)

ある。解析結果から表示範囲内での多少のズレは有効データとして扱った。図7から分かるように解析時間30秒に対し累積された停留時間は課目により差があるもの

の概ね10~15秒程度であった。他の時間は100msec以下の停留或いは視点移動中であることが推測できる。

3. ヘリコプタ操縦時の注視点移動特性解析結果

3.1 パイロットの視点移動について

本実験に参画したパイロットから注視点移動に関し、以下のコメントが得られた。

低高度ホバリングでは地上目標物が定位置の保持に有効であるとされている。また視覚的には全体的に前方(遠方)視野と右下方手前の地上情報の取得、時折計器盤に視線を走らせる視点移動パターンをとっている。

次に中高度、高高度ホバリングでは地上の建物とか山などの手掛かり(リファレンス)が遠くなり、これだけでは定位置の保持が困難になる。この場合の視覚情報としては前方(遠方)の煙突或いはビルディング等の目標物と左下方の計器情報(高度計)を手掛かりとしている。高高度水平直進飛行についても同様に遠方の目標物と高度計から高度情報を得ている。

進入着陸の開始時には着陸地点の確認と他機等への注意、着陸開始時には着陸速度と進入角度の確立、着地点の確認を行っている。

3.2 注視点移動パターン

各課目毎の停留点軌跡データ及び停留時間分布データについて観測すると、停留時間の短いケースで解析時間の3割程度、長いケースでも5割程度が停留点データとして計測されている。従って残りの時間は停留時間が100 msecに至らない程度の注視あるいは全体監視等における視点移動時間に費やされているものと推測できる。各課目毎に図7と同様の停留時間データを観察すると停留時間全体の概ね70～80%以上が前方(中心)注視、残りが下方視野や計器情報など周辺視野に配分されていることが分かった。

表3に各課目毎に得られた停留時間データについて中

表4 パターン分類



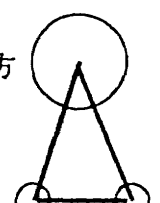
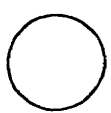
| パターンA | パターンB | パターンAB | パターンC |
|--|--|---|--|
| <p>前方</p>  | <p>前方</p>  | <p>前方</p>  | <p>前方</p>  |
| 主として前方視野と右下方視野 | 主として前方視野と左下方視野 | 主として前方視野と下方左右視野 | 主として前方視野 |

表5 飛行課目とパターンの対応

| 飛行課目 | | パターンA (%) | パターンB (%) | パターンAB (%) | パターンC (%) |
|--------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| ホバリング | 低高度 (1.5m) | 42.8 | 28.6 | 0 | 42.8 |
| | 低高度 (10m) | 33.3 | 11.1 | 22.2 | 33.3 |
| | 中高度 (33m) | 0 | 50.0 | 0 | 50.0 |
| | 高高度 (330m) | 0 | 25.0 | 50.0 | 25.0 |
| 水平直進飛行 | 低高度 (10m) | 22.2 | 11.1 | 33.3 | 33.3 |
| | 中高度 (33m) | 0 | 25.0 | 37.5 | 37.5 |
| | 高高度 (330m) | 0 | 50.0 | 50.0 | 0 |
| 進入着陸 | | 16.6 | 0 | 0 | 83.3 |

心視野と周辺視野との割合を併せて示す。

次に注視点移動パターンと停留時間について大別すると表4に示すような4種類のパターンに整理することが可能である。まずパターンAとして前方視野と右下方視野、パターンBとして前方視野と左下方視野、パターンABとして前方視野と下方左右視野、パターンCは主として前方視野のみである。

4. 結果の検討

パターンAは前方視野から自機の位置、姿勢(左右のバンク)の把握、右下方視野から高度の把握、さらにパターンBでは前方視野と左下方の計器盤からの計器情報を得ていると推測できる。パターンABは前方視野と右下方からの高度情報及び左下方からの計器情報を交互に取得しているものと推測できる。パターンCは主として前方視野から姿勢、高度、左右のズレ等を全体的に把握していると考えられる。表5に各飛行課目と得られた注視点軌跡データのパターン分類の割合を示す。

4.1 ホバリング

低・中高度ホバリングでは、地上目標物が近距離にあり、自機の動きと目標物との相対位置関係が正確に把握できるので、自機位置の修正が容易であると同時に機体のズレが僅少である。表5によれば低・中高度での注視点軌跡ではパターンAとCがそれぞれ約40%、Bが28%とパターンAとCの割合が多い。

次に高高度ホバリングではパターンABが50%と圧倒的に多くなっている。これは高高度では地上の目標が遠方になるので正確な目標位置や自機高度の把握が困難に

なり、高度情報として高度計を手掛かりとし、定位置性については右下方窓から情報を得ているものと考えられる。図8にパターンAに対応する注視点移動軌跡の解析例を示す。

4.2 水平直進飛行

低・中高度の水平直進飛行では前方視野に滑走路が見えており、直進のための飛行情報は確保されている。高度は滑走路進入までに設定された高さに達しており、速度も今回の計測時間(ほぼ30秒)程度ならばパワーと姿勢を一定にすることによりは一定に保つことが可能である。従って視界情報としては前方視界が主となるものと推測される。解析の結果、注視点パターンは前方視野を中心とするパターンCとパターンABが35%と多い。なお前方及びその左右に目を配っているケースが3ケースばかり見られた。これらのケースでは直進性を保持するために左右の目標物からの「コースのズレ」を見ているものと推測できる。図9にパターンCに対応する解析例を示す。

次に高高度飛行での直進性は遠方の煙突や建物等を目標として確保しており、高度情報は視界からは把握しにくいいため高度計を手掛かりとしている。注視点パターンはBが50%、ABが50%であり、一般的な水平飛行時の視覚情報取得パターンの特徴を示している。図10にパターンABに対応する解析例を示す。

4.3 進入・着陸

本課目では高度220m(650ft)付近から進入を開始し、高度60m(200ft)付近から減速操作、地上1.5m(5ft)でホ

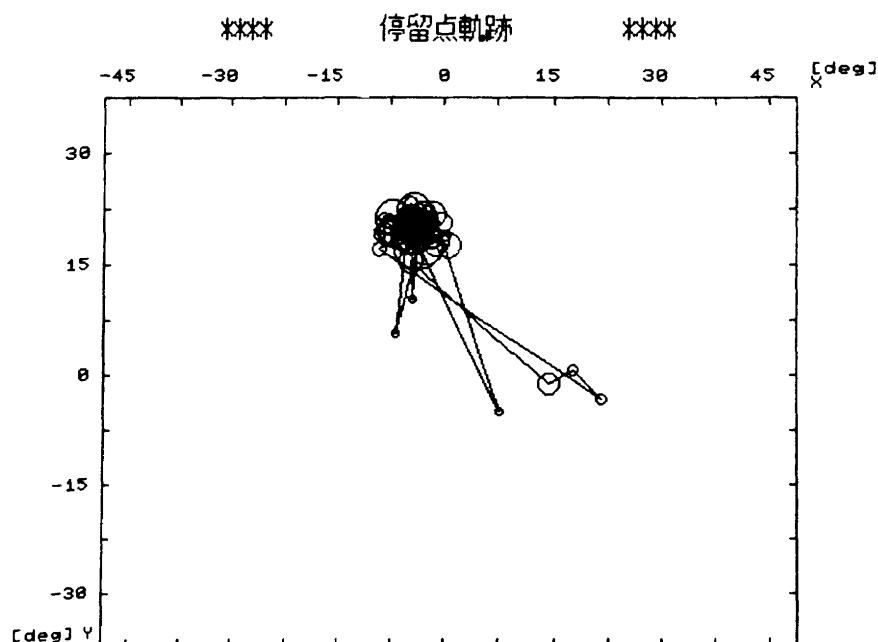


図8 アイマークレコーダ解析例(低高度ホバリング時：パターンA)

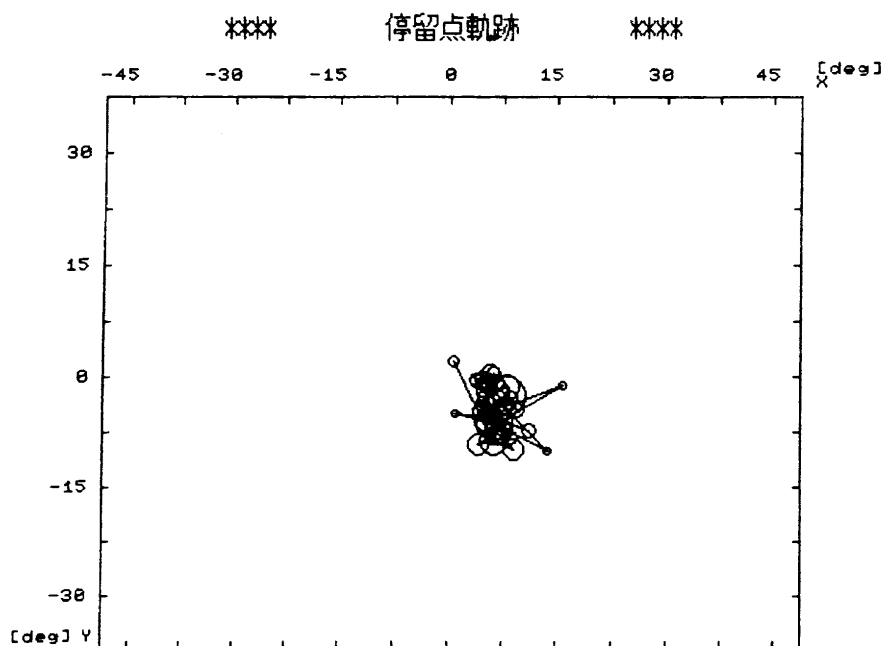


図9 アイマークレコーダ解析例(低高度水平直進飛行時：パターンC)

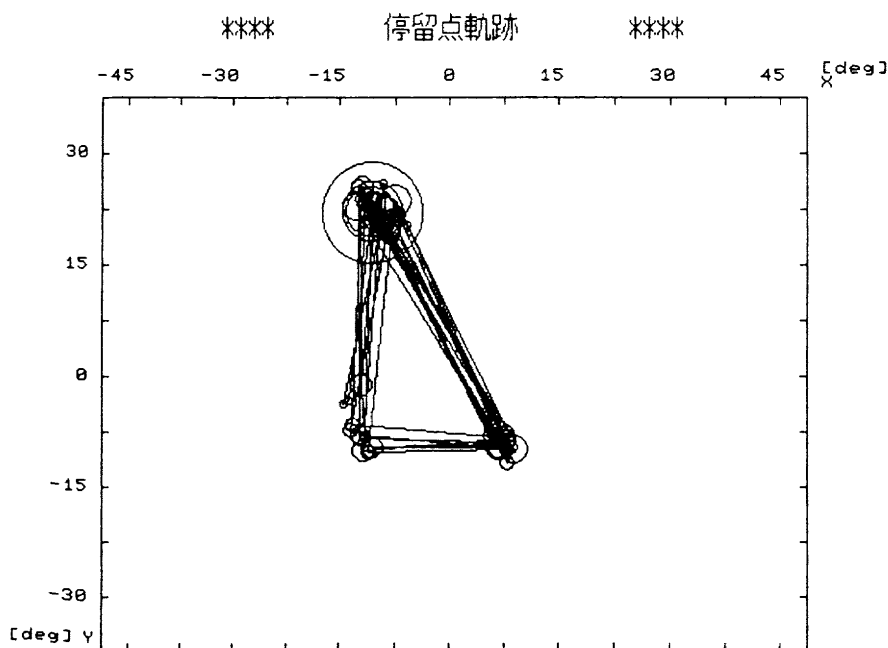


図10 アイマークレコーダ解析例(中高度水平直進飛行時：パターンAB)

バリングし接地を行う。注視点移動解析は着陸40秒前から30秒間のデータについて行った。注視点パターンはパターンCが83%，Aが17%と前方視野の着陸点⑩(航空法で定められているヘリポートのマーク)マーク周辺と着地近くでは右下方視野からの高度情報を手掛かりとしていくことが分かる。図11に進入・着陸時のパターンCに対応する解析例に対応する。注視点の殆どが前方視野であり、かつ高度が低下するに従って中心視野が次第に下方へ移動していくことが分かる。

4.4 停留(注視)時間分布頻度

ヒトの認知時間は概ね200msecといわれている⁴⁾。認知時間とは目的の視覚情報に注視し、その内容を把握するまでに費やす最短時間と定義している。

ここでは「認知時間＝停留(注視)時間」として、得られたアイマークデータを用いて停留時間頻度分布の解析を行った。この時の停留時間の下限を200msecとした。その結果概ね200～350msecの間の頻度が高いことが判った。そこで精度を上げるために停留時間の下限を100msecとして再度解析を行った処、表6に示すように停留時間の分布は飛行課目に関係なく200～250msecの間で頻度が高いという結果がでた。このことから停留時間は概ね200

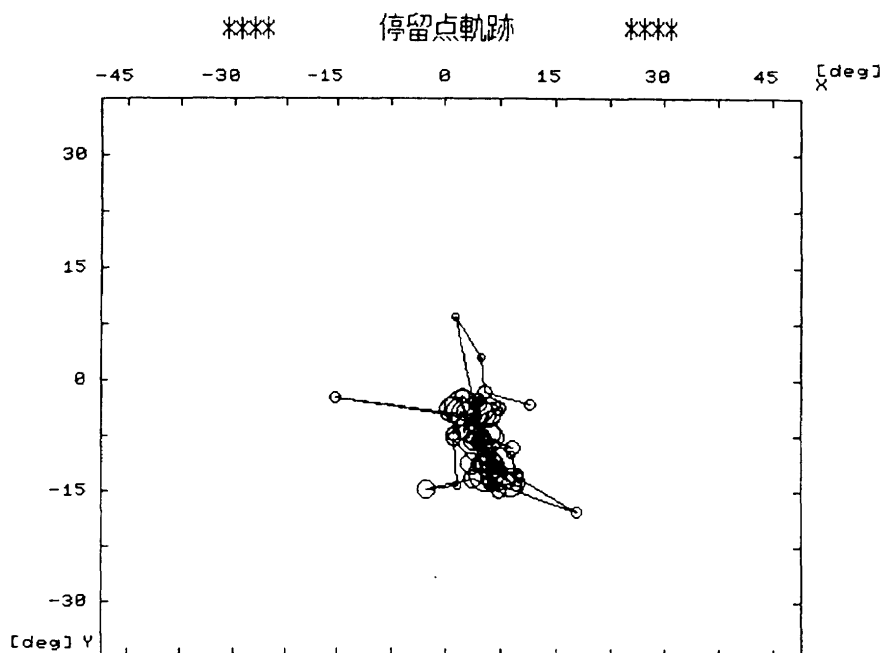


図11 アイマークレコーダ解析例(進入・着陸時：パターンC)

表6 飛行課目毎の停留時間頻度

| 飛行課目 | | 停留時間分布 | 頻 度 (%) | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|-----------|----|----|----|----|----|----|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| ホ バ リ ン グ | 低高度 (1.5m) | 125~250 | | | | | | | |
| | | 250~375 | | | | | | | |
| | | 375~500 | | | | | | | |
| | 低高度 (10m) | 125~250 | | | | | | | |
| | | 250~375 | | | | | | | |
| | | 375~500 | | | | | | | |
| | 中高度 (33m) | 125~250 | | | | | | | |
| | | 250~375 | | | | | | | |
| | | 375~500 | | | | | | | |
| | 高高度 (330m) | 125~250 | | | | | | | |
| | | 250~375 | | | | | | | |
| | | 375~500 | | | | | | | |
| 水平直進 飛行 | 低高度 (10m) | 125~250 | | | | | | | |
| | | 250~375 | | | | | | | |
| | | 375~500 | | | | | | | |
| | 中高度 (33m) | 125~250 | | | | | | | |
| | | 250~375 | | | | | | | |
| | | 375~500 | | | | | | | |
| | 高高度 (330m) | 125~250 | | | | | | | |
| | | 250~375 | | | | | | | |
| | | 375~500 | | | | | | | |
| 進入着陸 | | 125~250 | | | | | | | |
| | | 250~375 | | | | | | | |
| | | 375~500 | | | | | | | |

msec前後であると考えられ、解析にあたり停留時間の設定を200msecとしたことが妥当であったことが確認できた。

5. おわりに

本ヘリコプタ操縦時の注視点移動特性に関する実験では被験者パイロット12名、総計16人分のデータを取得す

ることができ、これらデータからヘリコプタ操縦時の視覚情報取得に関し、以下の結果が得られた。

- (1)低高度のホバリングでは自機位置の保持のための情報は主として前方視野から、また高度情報は右下方視界から得ている。高度が高くなるに従って高度情報は左下方にある計器盤の高度計へと移行している。
- (2)低高度での水平直進飛行時の直進性保持は前方の滑走

路からのズレで修正し、高高度水平直進飛行では遠方の目標物、例えば煙突とか鉄塔に目標を定めて直進性を保持してる。また高高度での高度情報は高度計から得ている。

(3)進入開始後の視覚特性としては前方の着陸点(Ⓔマーク)を主に見ており、低高度になるに従って右下方視界から高度情報を得ている。

(4)停留時間分布データから前方視界からの視覚情報取得が概ね70～80%を占めており、有視界飛行で前方視界が姿勢保持や進路設定に重要な情報であることが明らかになった。このことは有視界飛行時に何らかの理由により有効な外部視界が得られなくなった場合には、外界視界を補う何らかの機能が必要であることを示唆している。

(5)ヘリコプタパイロットの視点の停留時間(認知時間)は概ね200msec前後であることが確認できた。

以上の結果はヘリコプタの計器表示に関する研究や操縦装置及び搭載機器に関する研究の基礎資料として供されるものとする。

最後に実験に協力戴いた本田航空㈱及び援助、助言を戴いた多くの関係者の方々に謝意を表する。

参考文献

- 1) 運輸省：航空事故調査委員会事務局報, No.10, (1989), No.11, (1990), No.12, (1991)
- 2) 川原, 他：ヘリコプタ操縦時のパイロット視覚情報取得特性に関する飛行実験, 航空宇宙技術研究所資料 TM-684, (1995.7)
- 3) ㈱ナック：アイマークレコーダの取り扱い説明書
- 4) 和田陽平他：感覚+知覚ハンドブック(1969.8), P257.

既 刊 報 告

| | | | |
|----------|---|-----------|--|
| TR-1300 | 超音速における軌道再突入実験機模型の空力特性 Supersonic Tests of the Aerodynamic Characteristics of the Orbital Reentry Experiment Vehicle Model | 1996年 7 月 | 野田 順一, 楯 篤志, 渡辺 光則, 関根 英夫, 吉永 崇, 秋元 敏男 |
| TR-1301 | Local勾配法による動き測定精度 Accuracy and density of optical flows by gradient-based methods with local optimisation | 1996年 7 月 | 五味 広美 |
| TR-1302T | The NAL 0.2m Supersonic Wind Tunnel | 1996年 7 月 | Hideo SAWADA, Kouichi SUZUKI, Asao HANZAWA, Takasi KOHNO, Tetsuya KUNIMASU |
| TR-1303 | 磁気軸受モーメントムホイールによる小型衛星の姿勢制御 Attitude Control of a Small Satellite using Magnetic Bearing Momentum Wheel | 1996年 7 月 | 照井 冬人, 中島 厚 |
| TR-1304 | 小型自動着陸実験 懸吊飛行時の数学モデルによる運動特性解析 Simulation Analysis of ALFLEX Constrained Flight | 1996年 8 月 | 塚本 太郎, 柳原 正明, 佐々 修一, 元田 敏和, 匂坂 雅一 |
| TR-1305 | 慣性速度情報を用いたADS横滑り角の補正 Compensation of ADS Side-Slip Angle using Information of Inertial Velocity | 1996年 9 月 | 柳原 正明, 永安 正彦, 元田 敏和 |
| TR-1306 | ALFLEX実験機の懸吊風洞試験 Suspending Wind-Tunnel Test for the ALFLEX Vehicle | 1996年 9 月 | 動的風洞試験グループ NAL/NASDA HOPE研究共同チーム ALFLEXサブグループ |
| TR-1307 | 最尤推定法によるNALスペースプレーン 空力パラメータの動的風洞試験での推定 Maximum-likelihood Estimation of the NAL Spaceplane Aerodynamic Model using Dynamic Wind Tunnel Tests | 1996年 9 月 | 動的風洞試験グループ |
| TR-1308 | ヘリコプタによるビル火災消火の模擬実験 (その3・消火ヘリコプタの運用シミュレーション) Simulation Study for a Fire Helicopter (Part 3・Operational Simulation for a Fire Helicopter) | 1996年10月 | 船引 浩平, 奥野 善則, 村岡 浩治, 若色 薫 |
| TR-1309 | 適応壁貫流制御シミュレーション Crossing Flow Control Simulations of Ventilated Adaptive-Wall | 1996年10月 | 中村 正義, 半沢 麻雄 |

航空宇宙技術研究所報告1310号

平成 8 年 10 月 発 行

発 行 所 航 空 宇 宙 技 術 研 究 所
東京都調布市深大寺東町 7 - 44 - 1
電話 三鷹(0422)47-5911(大代表) 〒182
印 刷 所 株 式 会 社 実 業 公 報 社
東京都千代田区九段北 1 - 7 - 8

Printed in Japan