

## 視線情報の省察による

### パイロット訓練生の操縦技能の向上

芳賀 瑛<sup>\*1</sup>, 遠藤 信二<sup>\*2</sup>, 柴田 東作<sup>\*2</sup>, 森田 進治<sup>\*2</sup>, 新井 和吉<sup>\*2</sup>, 常盤 祐司<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 法政大学情報メディア教育研究センター

<sup>\*2</sup> 法政大学理工学部

## Improvement of Trainee's Flight Operation Skill by Reflective Practice using Eye-Gaze Information

Akira Haga<sup>\*1</sup>, Shinji Endo<sup>\*2</sup>, Tosaku Shibata<sup>\*2</sup>, Shinji Morita<sup>\*2</sup>, Kazuyoshi Arai<sup>\*2</sup>, Yuji Tokiwa<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Research Center for Computing and Multimedia Studies, Hosei University

<sup>\*2</sup> Faculty of Science and Engineering, Hosei University

Abstract: In order to support flight simulation training in a pilot education course, the pilot's performance was evaluated quantitatively. As an index of quantitative evaluation, we focused on the pilot's eye-gaze information and tried to characterize the pilot's performance level from the eye movement-tendency. Two experiments were conducted, one was comparative analysis between instrument rated (IR)- and non-rated (NIR)-pilots' performance for verifying that eye-gaze information could show the characteristic of a pilots' operation skill. The other was conducted for verifying the effectiveness of eye-gaze directions of an instructor. To improve NIR pilots' operation skill, visual recordings of eye-gaze movement of the best-performed IR pilots' were used as the instructor's directions. In each experiment, steep turn which is a major flight work task was conducted using a flight training device (FTD). Six cockpit instruments were chosen as the targets of eye movement measurements. The number of times at which the pilot's eye-gaze fixated on each instrument was measured and the cumulative fixation time was calculated. In this study, different eye movement tendency between IR and NIR pilot group was observed. It was shown that the flight operation skill was markedly improved by instructor's direction using visual recordings.

キーワード: スキル教育, 視線情報, 航空教育, 操縦技能

### 1. はじめに

近年、国内の航空業界では団塊世代の一斉退職、および世界的な航空需要の伸びに伴う職業パイロットの不足が深刻な問題として浮上している。国土交通省は2030年頃には年間400名規模で新規パイロットを採用しなければならない事態になると予測しており<sup>(1)</sup>、本学航空操縦学専修を含む計7つの私立大学においてパイロットの養成課程が開設される経緯となった。

養成課程の主な目的は、パイロット訓練生の操縦技能

を効率的に向上させることであり、その一環としてFTD (Flight Training Device)の導入によるシミュレーション教習が挙げられる。

シミュレーションによる教習では、学習にかかる時間の短縮と実機を飛行するコストの削減を図ることができ、操縦技能の向上に大きく寄与するが、教習時における訓練生の操縦技能の評価は、指導者の主観的評価が中心となっており、客観的な証左に乏しいという問題点がある。また操縦ログに関してもこれまで十分に

蓄積・整備されておらず、訓練生は自身の操縦内容についてブリーフィング時の教官のコメントから知るのみであり、十分な振り返りを行うことが難しい状況となっている。

民間航空会社においては、FOQA(Flight Operational Quality Assurance)プログラムといった機体の飛行データを記録、評価し、結果を運航乗務員にフィードバックするシステムが整備されているが、養成課程においてはこのようなシステムは無い。

e ポートフォリオ等、多くの教育データの蓄積と経年的評価が可能となっている現在、パイロット養成課程における訓練生の操縦技能教育についても定量的、かつ Evidence Based な評価を行っていく必要がある。また、客観的な指標を基に訓練生が自身の操縦を振り返り、不備な点を見いだして改善することが求められている。

## 2. 視線情報の計測

本研究ではパイロット訓練生の操縦技能の定量的評価の指標として、計器のスキヤニング時における視線情報(注視傾向)に着目した。

民間航空機のパイロットは、計器飛行(航空機の姿勢、高度、位置及び針路の測定を計器にのみ依存して行う飛行)で飛行できることが前提となっており、諸元(各計器における数値)を読み取るスキヤニングと認知に基づく適切な判断は、飛行の質に直結する重要な要素となる。

一般にどの航空機においても、水平儀を中心に上下左右に計器を確認するクロスチェックとよばれるスキヤニング方法が推奨されており、正しい諸元を維持することが求められる。

諸元において誤差が発生した瞬間(初動)から、修正操作を行うまでの流れを図 1 に示す。高速で移動する航空機の操縦においては、初動の発見が遅れ、誤差が拡大するに伴って修正操作への対応時間も長くなる為、ごく短時間に初動を発見し正しい諸元に戻す必要がある、その為に適切なスキヤニングを行うことが重要になる。

スキヤニングの成果は各計器の諸元及びフライトの評価に直接的に反映されると考えられることから、操

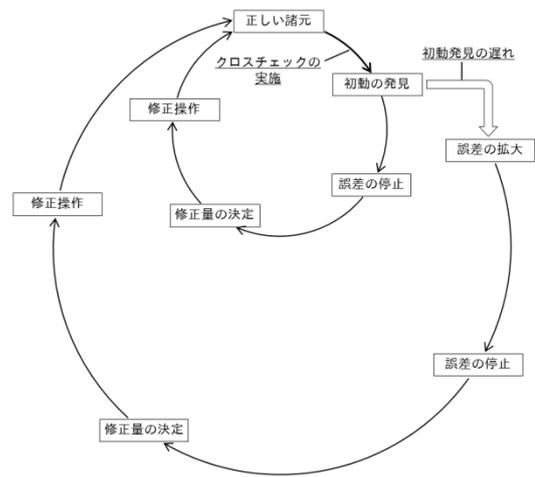


図 1 パイロットの修正操作フロー

縦技能を評価する客観的な指標として視線情報を選定した。

パイロットの視線情報の計測はワークロードの測定<sup>(2)</sup><sup>(3)</sup>、操縦行動の分析<sup>(4)</sup>、計器モニターの視覚的な設計<sup>(5)</sup>などの観点からこれまでに研究が行われている。例えば西<sup>(1994,1996)</sup>らは、FTD 操作時における視線情報や筋電位、心拍数などを取得し、機体応答データとの関連性の分析などに活用している<sup>(6)</sup><sup>(7)</sup>。

国外においては Chung-San らによる戦闘機パイロットの注視パターンを分析した研究<sup>(8)</sup>が比較的新しい。

また、Mackenzie が Defense Research and Development Canada 等の協力のもとに、パイロットの視線に関して能力や負荷など様々な領域との関連について、過去 60 年分の研究を俯瞰している<sup>(9)</sup>。

Waibel らは、フライトデッキにおける視線情報と、ビデオ映像、音声記録、デジタルペンなどから得られるデータを統合して表示するシステムの試用について報告しており<sup>(10)</sup>、Haslbeck らは長距離路線の機長と短距離路線の副機長の 2 群を対象に、操縦技術に関して視線情報を基にした比較分析を行っている<sup>(11)</sup>。Dubois らは軍学校のパイロット訓練生を対象に、FTD 操作時に、例えば外を見る、などの指示を音声や映像によってリアルタイムに与える実験を行っており、その際の視線の動向について報告している<sup>(12)</sup>。

上記の研究は、主な被験者として軍関係者や自衛隊員を対象にしており、飛行方式、飛行課題等について計器飛行を主体とする民間機とは異なる。特に、経験の浅い訓練生の育成に視線情報を活用した事例はなく、国内の航空教育分野での活用が期待される。

### 3. 目的

本研究では、民間航空機のパイロット養成課程において、シミュレーション教習時の訓練生の操縦技能向上を支援する為に、客観的かつ定量的な技能評価指標として視線情報を導入し、その有効性について検証することを目的とする。

検証は2つの実験によって行い、第1の実験では視線情報がパイロットの操縦技能レベルの特性を示す評価指標として有効であるかを検証することを目的とした。計器飛行に熟達した証左である計器飛行証明を保持しているパイロット(**Instrument rated Pilot**、以下 **IR**)と保持していないパイロット(**Non-Instrument rated Pilot**、以下 **NIR**)という技能レベルの異なる2群を対象に、視線情報を評価指標とした操縦技能の比較分析を行い、パイロットの技能レベルに応じた特有の注視傾向が検出されるか観測し、視線情報がパイロットの操縦技能レベルを裏付ける指標として有効であるかどうかを検証した。

第2の実験では第1の実験で観測された注視傾向の結果から、訓練生に対して視線情報による評価を基にした指導を行い、実地有効性について検証を行った。

新たに募集した **NIR** パイロットを2群に分割し、同一の飛行課題について計2回実施した。2群のうち実験群に対しては、第1回の課題遂行後、指導として模範的 **IR** パイロットの同一課題遂行時の飛行、視線情報の映像記録の視聴及び自身の映像記録に対する省察活動を実施した。統制群については省察を実施せず、第1-2回間における操縦技能の向上について観測し、視線情報に基づく評価と指導の実地有効性について検証した。

全ての実験における飛行課題として、エアワーク(飛行機の基本的な操縦技術を学ぶための練習となる課題)におけるスティープターン(急旋回)を選定した。選定した根拠は、同課題はエアワークの中でも最も典型的な飛行課題であることによる。課題の内容は機体の傾斜角を45度にした状態で左右連続の旋回を行うものであり、飛行機の3つの舵を安定して操作することが求められる。

### 4. 手法

#### 4.1 評価指標としての視線情報の有効性の検証

##### 4.1.1 概要

指標有効性の検証実験は、2016年7月22日より2016年8月12日迄の7日間で行った。

エアラインに勤務する計器飛行証明保持者5名(以下 **IR** 群)と、計器飛行証明を保持していない訓練生5名(以下 **NIR** 群)が本研究に参加した。参加者は全てが男性であった。

**FTD** を操縦する前に、研究概要及び計器飛行の概要につき口頭及び書面にて説明し、個人情報保護についても説明して参加者の同意を得た。

計測参加者には、視線計測器を装着した上で、**G58**型認定 **FTD** の操縦中の視線位置を記録した。

計測参加者は左席で操縦し、必要などときには右席の計器飛行証明を保持している副操縦士に脚、フラップの上げ下げなどの指示を行えることとした。

計測では **FTD** に以下の状況を設定した(チャートについては図2参照)。

[使用空港] 仙台空港 Runway 27

[気象条件] 風 300° / 8 ノット 視程 1,200 メートル  
雲高 500 フィート 気圧 29.92 インチ

この状況下で高度 5000 フィートに達した時点でスティープターンを行い、視線計測を実施した。初回ターンに向け、機体が傾きだした時点を開始点とし、傾斜角 45 度で 180 度旋回を行った後、反対側に 180 度旋回し、元の針路に戻った時点を終了点とした。

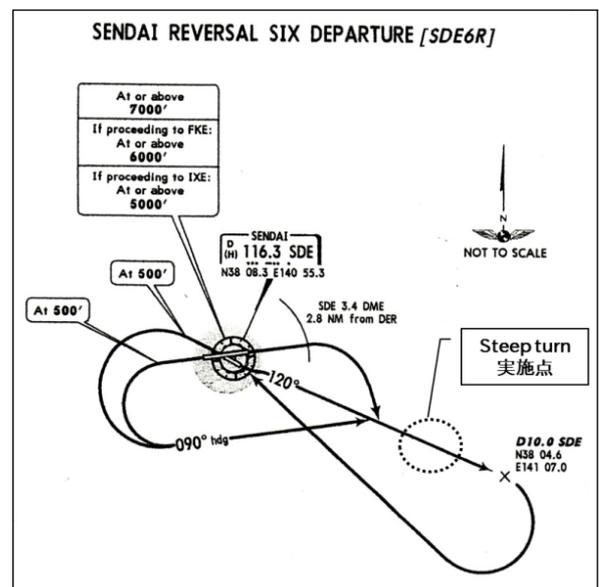


図2 計測時チャート図

表 1 シミュレーションにおける操縦技能の評価基準

評価	指標
5	飛行が安定しており、かつSpeed, Pitch, Altitude, Bank, Headingの Deviationがほとんど無い。
4	飛行が安定しており、Speedは $\pm 5$ kt, Pitchは $\pm 2.5^\circ$ , Altitudeは $\pm 50$ ft, Bankは $\pm 5^\circ$ , Headingは $\pm 5^\circ$ 以内のずれである。
3	飛行に少し不安定な部分があり、Speedは $\pm 10$ kt, Pitchは $\pm 5^\circ$ , Altitudeは $\pm 100$ ft, Bankは $\pm 10^\circ$ , Headingは $\pm 10^\circ$ 以内のずれである。
2	飛行に不安定な部分があり、Speedは $\pm 20$ kt, Pitchは $\pm 7.5^\circ$ , Altitudeは $\pm 200$ ft, Bankは $\pm 15^\circ$ , Headingは $\pm 15^\circ$ 以内のずれである。
1	飛行が非常に不安定であり、Speedは $\pm 20$ kt, Pitchは $\pm 7.5^\circ$ , Altitudeは $\pm 200$ ft, Bankは $\pm 15^\circ$ , Headingは $\pm 15^\circ$ 以上のずれである。



図 3 重要計器一覧

上記の課題の遂行において重要と考えられる計器に、視線が向けられた回数(Frequency)と視線が停留した時間の合計(Duration)を算出した。注視については被験者の視線が 0.1 秒以上停留した場合を有効とした。

計測時における被験者のシミュレーション時の操縦の技能評価については、本学航空操縦学専修所属の指導教官が操縦士実地試験実施細則<sup>(13)</sup>に基づき作成した 5 段階評価表を用いて行った(表 1 参照)。一般に評価点が 3 以上であれば実地試験においては合格と判定される。

#### 4.1.2 対象計器

課題の遂行に必要なとされる計測対象計器について、下記に記す(番号は図 3 重要計器一覧を参照)。

##### ①Bank

操縦桿を左右に傾けた時に、機体はその前後軸回りに何度左右に傾いているかを角度表示する。

##### ②Pitch

操縦桿を前後に動かしたときに、機首と水平面の成す角度が機体の横軸回りに何度になっているかを角度表示する。

##### ③IAS(Indicated Air Speed)

その時点での航空機の対気速度をノット数で示す。

##### ④Altitude

航空機の高度を表示する。単位はフィート (1 フィート = 0.305m) 本研究では、高度計に昇降率計などの計器も含むものとした。昇降率計は機体の上昇および降下率を示す計器である。

##### ⑤HDG(Heading)

磁北を  $0^\circ$  として、航空機が何度の方角に飛んでいるかを角度表示する。

##### ⑥Power

エンジンの出力を示す計器で、G58 型機ではマニフールドプレッシャーの計器で Power を判別する。

### 4.1.3 使用機材

視線情報の取得には nac 社のアイマークレコーダー EMR-9 を使用した。同製品は瞳孔角膜反射法に基づき、近赤外照明による角膜の反射像と瞳孔の中心位置との相対距離から視線位置を検出する。60Hz での取得が可能であり、0.1 秒以上の視線停留点を検出する。

使用した FTD は GARMIN 社製の G1000 飛行計器を装備し、計器進入のチャートについては JEPPESEN 社製のものを使用した。

統計処理については SPSS Statics 24 を使用した。

## 4.2 視線情報に基づく指導の有効性の検証

指標有効性の検証実験は、2016 年 12 月 7 日より 2016 年 12 月 17 日迄の 9 日間で行った。

4.1 における検証実験の結果から、NIR パイロットに特有な課題遂行時に問題となる視線移動傾向、および IR パイロットに備わる課題遂行時の望ましい視線移動傾向について特定した後、視線情報による評価を基にした指導が訓練生の操縦技能向上を促すかについて実地有効性の検証を行った。

新たに計器飛行証明を保持していない NIR パイロット 14 名(男性 12 名、女性 2 名)が実験に参加し、ランダムに 7 名ずつの 2 群に分割し、実験群、統制群とした。飛行課題及び計測手順については 4.1.1 と同様の手続きとした。

計測実験は同課題を 2 回実施し、実験群に対しては被験者自身の第 1 回課題遂行時における視線情報及び飛行記録について映像で省察させた後、同課題を模範的 IR パイロットが遂行した際の視線情報及び飛行映像記録について省察させた。省察は問題が発生している地点を映像から検出し、原因と解決策について筆記させる方式とし、省察後に 2 回目の課題を実施した。統制群については省察を実施しなかった。第 1 回目と 2 回目の間隔は約 2 週間とした。

課題における操縦技量の評価については、4.1 における結果から、NIR パイロットの視線移動について課題の遂行段階にあわせてより詳細に評価することが望ましいと考えられたことから、5 段階の評価ルーブリックに加え、視線情報に基づいた評価基準を新規に作成し、課題遂行時のスキャンングとして見るべき対象を明確化した(図 3 参照)。評価は飛行時に常に実行が求められる常時スキャンング基準と、課題の進行にあわせて推奨される定点スキャンング基準の 2 つの観点から行い、各スキャンング基準において望ましいスキャンングが実行されなかった回数を減点方式で計数した。

## 5. 結果

### 5.1 評価指標としての視線情報の有効性の検証

実験参加者のうち、計器飛行証明保持者の平均年齢は 32.4 歳、非保持者の平均年齢は 20.2 歳であった。

課題実施時における諸計器への注視回数、合計注視時間、及び被験者のシミュレーションの操縦技能の評価について、Kolmogorov-Smirnov 検定を行い、正規分布が確認された。その為、t 検定を用いて解析を行った結果を表 2、3 に示す。

視線情報の内訳に関して、まず Bank への注視回数及び注視時間において、非計器飛行証明保持者が保持者よりも有意に高い値を示した。また、Altitude、IAS においては計器飛行証明保持者が非保持者よりも高い回数、時間を示す結果となった。また、Heading への注視時間についても保持者の方が非保持者よりも高い数値を示した。他の計器について有意差は観測されなかった。

操縦技能の評価得点については、IR 群が NIR 群よりも有意に高い評価得点を示した。

基準	初回 ターン開始	Bank角 45度付近	Bank角 45度到達	初回 ターン戻し	目標HDG 到達	2回目 ターン開始	Bank角 45度付近	Bank角 45度到達	2回目 ターン戻し	目標HDG 到達
定点 スキャンング 基準		Bank	IAS	HDG			Bank	IAS	HDG	
常時 スキャンング 基準1	Pitch & Altitude & IAS									
常時 スキャンング 基準2	Power(IAS、Altitudeにずれがある場合)									

図 3 視線情報を基にした評価用ルーブリック

表 2 スティーブターン実行時における計器への注視回数および注視時間

Instrument	Gaze	Instrument rated pilot (IR) n=5	Non-instrument rated pilot (NIR) n=5	t-test	
				t (8)	Significance
Bank	Frequency	59.00 (SD±2.35)	89.80 (SD±4.98)	t (8) =-5.59	IR<NIR**
	Duration	18.73 (SD±3.13)	31.31 (SD±3.57)	t (8) =-2.65	IR<NIR*
Pitch	Frequency	59.80 (SD±10.40)	54.60 (SD±4.39)	t (8) =0.46	N.S
	Duration	18.09 (SD±1.72)	16.68 (SD±1.01)	t (8) =-0.71	N.S
Heading	Frequency	21.60 (SD±5.70)	11.40 (SD±3.67)	t (8) =-3.05	N.S
	Duration	7.02 (SD±1.51)	2.80 (SD±1.03)	t (8) =-2.31	NIR<IR*
Altitude	Frequency	31.40 (SD±4.46)	11.40 (SD±5.70)	t (8) =2.77	NIR<IR*
	Duration	7.48 (SD±1.37)	2.78 (SD±1.35)	t (8) =-2.45	NIR<IR*
IAS	Frequency	21.40 (SD±2.93)	3.60 (SD±1.36)	t (8) =5.51	NIR<IR**
	Duration	5.42 (SD±0.84)	1.21 (SD±0.34)	t (5.29) =-4.65	NIR<IR**
Power	Frequency	3.40 (SD±1.50)	1.20 (SD±0.58)	t (5.11) =1.36	N.S
	Duration	0.83 (SD±0.42)	0.25 (SD±0.13)	t (8) =-1.307	N.S

※Mean notation. Significance level \*\*=0.01 \*=0.05

表 3 IR・NIR 群における  
操縦技能の評価

No	Group	Score
1	IR	5
2	IR	5
3	IR	5
4	IR	3
5	IR	3
6	NIR	1
7	NIR	1
8	NIR	2
9	NIR	1
10	NIR	1
t-test	t (8) =-5.67	NIR<IR**

Significance level \*\*=0.01 \*=0.05

表 4 評価点及び減点回数の推移

Group	No	1st Score	2nd Score	Difference of Score	1st Demerit Pont	2nd Demerit Pont	Difference of Demerit Pont
Experimental	1	1	3	2	25	4	-21
	2	1	3	2	22	11	-11
	3	1	2	1	11	7	-4
	4	1	2	1	16	5	-11
	5	2	2	0	15	8	-7
	6	1	2	1	15	14	-1
	7	1	2	1	13	10	-3
Control	8	1	1	0	16	14	-2
	9	1	1	0	12	14	2
	10	2	2	0	2	12	10
	11	1	1	0	21	20	-1
	12	1	1	0	31	30	-1
	13	1	1	0	12	15	3
	14	1	2	1	13	10	-3
Mann-Whitney U test	Experimental<Control**			Control<Experimental**			

Significance level \*\*=0.01 \*=0.05

表 5 実験群・統制群における計器注視の結果

Instrument	Gaze	Experimental (n=7)		Wilcoxon signed-rank test	Control (n=7)		Wilcoxon signed-rank test
		1st	2nd		1st	2nd	
Bank	Frequency	84.00	60.00	N.S	64.00	77.00	N.S
	Duration	28.26	21.29	1st>2nd**	32.25	25.51	N.S
Pitch	Frequency	47.00	55.00	N.S	49.00	57.00	N.S
	Duration	18.63	17.37	N.S	20.06	19.48	N.S
Heading	Frequency	17.00	27.00	1st<2nd**	32.00	28.00	N.S
	Duration	7.10	11.61	N.S	13.09	11.71	N.S
Altitude	Frequency	15.00	32.00	N.S	24.00	26.00	N.S
	Duration	4.42	11.87	1st<2nd**	7.93	7.78	N.S
IAS	Frequency	3.00	8.00	N.S	1.00	4.00	N.S
	Duration	1.46	1.52	N.S	0.37	1.15	N.S
Power	Frequency	1.00	3.00	N.S	0.00	0.00	N.S
	Duration	0.14	0.42	N.S	0.00	0.00	N.S

※Median notation. Significance level \*\*=0.01 \*=0.05

## 5.2 視線情報に基づく指導の有効性の検証

実験参加者の内、実験群の平均年齢は 20.2 歳、統制群の平均年齢は 20.1 歳であった。

課題実施時における操縦技能の 5 段階評価と減点回数の差分、及び諸計器への注視回数、合計注視時間について、Kolmogorov-Smirnov 検定を行い、非正規分布が確認された為、ノンパラメトリック法を用いて解

析を行った。結果について表 4、表 5 に示す。

操縦技能の評価点においては実験群が統制群に比して高い得点へと推移する結果となった。実験群においては民間航空会社において合格とされる段階 3 の評価到達者が 2 名観測された。

減点数に関しては実験群が統制群に比して減点数が減少する傾向が示された。

視線情報の内訳では、Bank への注視回数及び注視時間において、1 回目の実施から 2 回目の実施にかけて減少傾向が示された。同様に Heading への注視回数及び注視時間において、1 回目から 2 回目にかけて実験群が増加傾向を示した。また、Altitude への注視時間についても実験群が 1 回目から 2 回目にかけて増加傾向を示した。統制群についてはどの計器についても 1-2 回目間において有意な差は観測されなかった。

## 6. 考察

### 6.1 評価指標としての視線情報の有効性の検証

課題遂行時に、Bank への注視回数、注視時間が計器飛行証明非保持者の方が保持者よりも高かったことについては、非保持者は保持者に比して、旋回中、Bank 角を 45 度に維持することに強く集中していたことが原因として考えられる。

Altitude や IAS への注視回数、注視時間において、保持者の方が非保持者よりも高い値を示したことから、Bank の維持に注意を振り向ける一方で、機体の高度や速度の維持に関しては注意が疎かになっている傾向が示された。

Heading への注視時間について保持者の方が高い値を示す一方で、注視回数については差が出なかったことについては、Heading の示す数値を読み取る時間について、非保持者が漠然と見ているのに対し、保持者の方は、意味のある数字として認識に時間をかけているものと推察された。

上記のことから保持者と非保持者との間に異なる注視傾向、即ち保持者は各計器を万遍なくスキャンングするのに対して、非保持者は機体の Bank 角維持に注意の大半が向けられ、他の高度や速度維持について注視が少なくなるという傾向が検出されたと考えられる。

視線移動の傾向から技能レベルの差及び固有の問題点を検出することが出来たことから、定量的評価の指標としての有効性を示すことができたと考えられる。

### 6.2 視線情報に基づく指導の有効性の検証

視線情報に基づく省察を実施した実験群が統制群よりも高い評価得点へと推移したこと、また、減点数

についても統制群に比べて減少傾向を示したことから、この指導方法が訓練生の操縦技能の向上に寄与しているものと考えられる。

視線情報の内訳からは、6.1 にて計器飛行証明非保持者に特有の問題行動であった機体の Bank 角制御に気を取られることからの Bank への注視傾向が、省察を実施した実験群において減少していることが示されている。Altitude、Heading への注視時間も増加していることから、計器へのクロスチェックを、映像記録を省察することで意識するようになったものと考えられる。

IAS に関しては差は観測されなかったが、原因として、最高得点である 5 の評価を受けたパイロットが存在する群と、得点 3 が最高点であった群とでは明確な有意差が出るには至らなかったものと考えられる。

## 7. 結論

本研究ではシミュレーション教育の教育効果向上を念頭に、視線情報を評価指標とした操縦技能の定量的評価を行った。

第一に視線情報の定量的評価指標としての有効性検証を目的として、エアワーク時における視線情報の傾向について、操縦技能の異なる計器飛行証明保持者と非保持者の 2 群を対象に計測実験を行い、比較検討した。

視線の注視回数、及び注視合計時間の結果から、保持者がクロスチェックの結果として、万遍なく計器を注視する傾向が示されたのに対し、非保持者では課題の主要素である急旋回において Bank 角を一定に維持することに終始し、他計器への注視が減少するという問題点が定量的に示された。このことから視線情報によって操縦技能のレベルに応じた注視傾向を把握することができることが示され、評価指標として有効であることが示された。

続いて視線情報を用いて訓練生の操縦技能を向上させる実地有効性について検証を行い、非保持者を対象に、視線情報に基づく省察活動を実施し、前後における操縦技能の得点と視線の傾向について実施群と非実施群について比較分析した。実験の結果からは、省察実施群において第 1 の実験で明らかになった非保持者

の問題となる注視傾向の改善が示され、技能評価点が上昇し減点数が少なくなる傾向が示された。このことから、視線情報に基づく評価および指導は訓練生の操縦技能を改善するものと考えられ、有効性を示すことができたと考える。

今後の課題として、視線情報用ループリックを条件式とした VR による自動視線パターン学習システムを構築し、さらにパイロット教育の効果向上を図りたいと考えている。

## 商標

本論文中で使われているシステム・製品名は、一般に各社の商標または登録商標を指す。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K00494 の助成を受けたものである。

## 参 考 文 献

- (1) 国土交通省航空局:我が国における乗員等に係る現状・課題 <http://www.mlit.go.jp/common/001019364.pdf>, (2013), pp.1-19.
- (2) 加藤 象二郎, 門尾 孝是, 西 修二: 心拍数からみた実機飛行と模擬飛行との比較, 人間工学, 32, 3 (1996), pp.123-129.
- (3) 鶴原 亜紀, 荒毛 将史, 小川 隆昭, 相羽 裕子, 冨塚 有次: フライトシミュレータによる飛行課題遂行時のワークロード評価: -ASSR を指標として- 人間工学 51(特別号), (2015), pp.342-343.
- (4) 野見山 武徳: シミュレータ飛行時の状況認識測定: 視線データ及び心拍データの分析" 日本人間工学会第 51 回大会講演集, (2010), pp.160-161.
- (5) Nadine B. Sarter, Randall J. Mumaw, Christopher D. Wickens.: Pilots' Monitoring Strategies and Performance on Automated Flight Decks: An Empirical Study Combining Behavioral and Eye-Tracking Data. The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 49, 3(2007), pp.347-357.
- (6) 西 修二, 大久保 堯夫: フライトシミュレータを用いた操縦者の視線移動に関する研究, 人間工学, 31, 3(1995),

pp.225-233.

- (7) 西 修二, 大久保 堯夫: 航空機操縦におけるパイロットの情報入手・操作行動と機体応答との関係についての一考察 日本経営工学会論文誌 47, 6(1997) pp.327-334.
- (8) Chung-San Yu, Eric Min-yang Wang, Wen-Chin Li, Graham Braithwaite, Matthew Greaves: Pilots' Visual Scan Patterns and Attention Distribution During the Pursuit of a Dynamic Target. Aerospace Medicine and Human Performance, 87, 1(2016) pp40-47(8)
- (9) Mackenzie G. Glaholt, Toronto Research Centre: Eye tracking in the cockpit: a review of the relationships between eye movements and the aviator's cognitive state. Defence Research and Development Canada Scientific Report DRDC-RDDC-2014-R153(2014)
- (10) Nadir Weibel, Adam Fouse, Colleen Emmenegger, Sara Kimmich, Edwin Hutchins.: Let's look at the cockpit: exploring mobile eye-tracking for observational research on the flight deck. Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications, (2012), pp.107-114.
- (11) Haslbeck, A., Schubert, E., Gontar, P. Bengler, K.: The relationship between pilots' manual flying skills and their visual behavior: a flight simulator study using eye tracking. a flight simulator study using eye tracking. In S. Laundry, G. Salvendy & W. Karwowski, Advances in Human Aspects of Aviation (Advances in Human Factors and Ergonomics), (2012), pp.561-568.
- (12) Emilien Dubois, Colin Blättler, Cyril Camachon, Christophe Hurter: Eye Movements Data Processing for Ab Initio Military Pilot Training. Intelligent Decision Technologies 39 of the series Smart Innovation, Systems and Technologies, (2015), pp.125-135.
- (13) 航空局技術部乗員課監修: “操縦士実地試験実施基準 操縦士実地試験実施細則”, 鳳文書林出版販売(株), 東京 (2008)