

令和元年6月24日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00494

研究課題名(和文) バイタルサインモニタによるフライトシミュレーション学習支援

研究課題名(英文) Development of learning support system for flight simulation based on biological information

研究代表者

芳賀 瑛 (Haga, Akira)

九州大学・附属図書館・助教

研究者番号：50738672

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では航空操縦士養成課程における訓練生を対象に、フライトシミュレーター演習時の生体情報を計測し、映像と共にポートフォリオとして保管し、指導者へのフィードバック、及びVR空間内でのポートフォリオ追体験機能を備えた学習支援システムを開発し、航空操縦教育の効果向上を図ることを目的として研究を行った。

研究は、1.シミュレーション時の訓練生の生体情報の計測及び操縦技能の傾向と特性の把握、2.視線情報を用いた技能評価の妥当性と弁別性の確認及び技能向上効果の検証、3.視線情報に基づく技能評価・学習支援システムの開発の3段階で実施した。VR技術を用いた支援システムの開発に成功し、教育効果について検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

私大航空養成課程における訓練生を対象とした学習支援システムの開発は世界に例がなく、訓練生の演習時の生体情報とパフォーマンス評価を蓄積することで航空業界にとって新規価値の高いデータを提供した。生体情報を学習評価に組み入れた次代の学習支援システムの開発と、生体情報の取得から処理、ポートフォリオとしての蓄積と活用に至るまでの評価プロセスの確立によって、今後の端末技術の発展にさきがけたシステム開発の基盤研究に寄与した。また、開発されたシステムはVRデバイスをプラットフォームとすることから、従来の高価なシミュレーション設備に抛らない費用効果の高い学習支援システムを開発し、航空操縦教育の効率化に貢献した。

研究成果の概要(英文)： We developed a learning support system for flight simulation based on pilot's biological information. This system has the functions to collect the pilot's biological information during flight simulation, to record it as a portfolio with video, to feed back to the instructor, and to re-experience through the portfolio in virtual space. As a quantitative index of performance, we focused on the line-of-sight while scanning flight instruments, and tried to improve simulation-based flight training education. This research consists of the following three steps. 1.Measurement of biological information during flight simulation and analysis of tendencies and characteristics of flying skills. 2.Verification of validity and educational effectiveness of assessments using line-of-sight data as a benchmark. 3.Development of learning support system to improve flying skills based on line-of-sight data.

We succeeded in developing a VR learning support system and verified the educational effectiveness.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 スキル学習 フライトシミュレーション 視線計測 生体情報 VR パイロット教育

様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19, CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

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おり,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,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に至った。

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が存在した。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た。

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く,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中で,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性が示された。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ためのシステム構築の必要性についても示唆された。

2. 研究の目的

本研究では,民間航空機の操縦士養成課程における訓練生を対象に,フライトシミュレーター演習時の生体情報を計測し,映像記録と共にバイタル・ポートフォリオとして保管し,指導者にフィードバックする学習支援システムを開発し,シミュレーション教育の効果向上を図ることを目的として研究を行った。

研究は3段階から成り,1.シミュレーター演習時の訓練生の生体情報の計測及び操縦技能の傾向と特性の把握,2.生体情報を用いた技能評価の妥当性と弁別性の確認,及び技能向上効果の検証,3.生体情報に基づく技能評価・学習支援システムの開発および導入効果の検証を各段階の目標とした。

3. 研究の方法

第一に,シミュレーター演習時の訓練生の生体情報の計測実験を行った。計器飛行訓練における主要課題である離陸,計器出発,計器進入,着陸の4つの基本飛行課題遂行時の生体情報(心拍,視線推移,脳波)を取得し,操縦年数の異なる被験者を対象に操縦パフォーマンスとの関係性について調査した。教官による技能評価のためのルーブリックを作成し,複数回の予備実験通じて生体情報に基づく技能評価と比較した。視線情報については視線遷移,視線停留時間から注視傾向について分析を行った。

予備実験の結果,パイロット訓練生の計器のスキニング時における視線情報(注視傾向)と操縦パフォーマンスとの間に密接な関係性が観測された。操縦技能を定量的に評価する主な指標として選定した。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。計器飛行において注視が必要となる主要な計器について図1に示す。

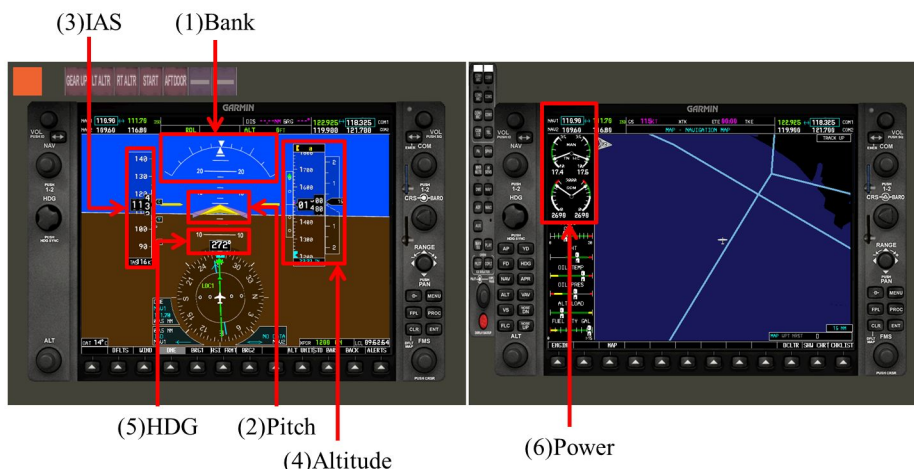


図1. 計器飛行における対象計器一覧

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間、航空機は高速で移動している為、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。従ってごく短時間に初動を発見し正しい諸元に戻す必要があり、その為に適切なスキニングを行うことが重要になる。スキ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。

第二に、客観的かつ定量的な技能評価指標としての視線情報導入による教育的有効性の検証を行った。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)の、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。訓練生が視線情報による評価とフィードバックを活用し、自身の視線の動かし方を修正することで操縦技能の改善が達成された場合に、視線情報を指標として導入する有効性が示されるものと考えた。

第2の実験では視線の動かし方を変容させる為の教育方略として省察に着目した。省察とは学習者に自身の行動、結果について振り返りを行わせることで学習の改善につながる気付きを促すものである。視線情報以外の省察要素を排し、「視線の動かし方」のみを省察の対象とすることで、実際のパフォーマンスにどのぐらいの改善効果があるのかを調査した。

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目)におけるスティーブターン(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。

第三、研究の最後の段階においては、第一、第二で得られた結果を基に、本研究の目的であるフライトシミュレーター演習時の生体情報を計測し、映像記録と共にバイタル・ポートフォリオとして保管し、指導者にフィードバックする学習支援システムの開発を行った。

視線情報による評価、自己および他者のパフォーマンスへの省察が教育的手法として有効であったことから、システムの要件定義として採用した。

研究期間中の技術進展に伴い、視線追尾型VR端末を活用することで計測、フィードバックに加えて操縦者の訓練を平易に行えるシミュレーション学習システムを構築することが可能と考えられたことから、新規にシステムの開発を行った。システムはC#言語を主体として開発を行い、市販のVR端末および操縦インターフェイスを使用した安価な設計を志向した。

システムは主な機能として、A. 学習者の視線位置座標とスナップショットの記録、B. 操縦パフォーマンスの履歴(操作に伴って変わる機体の高度、水平角度等)の記録、C. 他者のパフォーマンス履歴および視線の動きの再現、および追体験機能、D. 人為的な模範データの作成機能を搭載し、自身ないし他者の飛行記録を視線推移情報と共に映像としてVR端末内で再現することができる。このシステムの実地有効性について予備実験を通じて検証を行った。また、同システムの中核となるアプリケーションの配信システムについても構築を行った。

4. 研究成果

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究開始から終了までの期間において、私大航空養成課程における訓練生を対象とした学習支援システムの開発は世界的にも行われていない為、これまで支援がなされてこなかった分野において新規性の高い学習支援システムを提供することができた。

一般的にパイロットの飛行時のパフォーマンス記録は軍・民間を問わず機密事項であり、特にプロではない訓練生のパフォーマンスデータは、単独でも航空業界にとって学術的な価値がある。また、生体情報と併せて記録の蓄積と経年的な分析が可能なシステムを構築したことには大きな意義がある。

図2、図3に技能レベルの異なる(計器飛行証明の有無)パイロットの視線傾向を可視化した。この視線傾向に加えて視線の注視回数、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

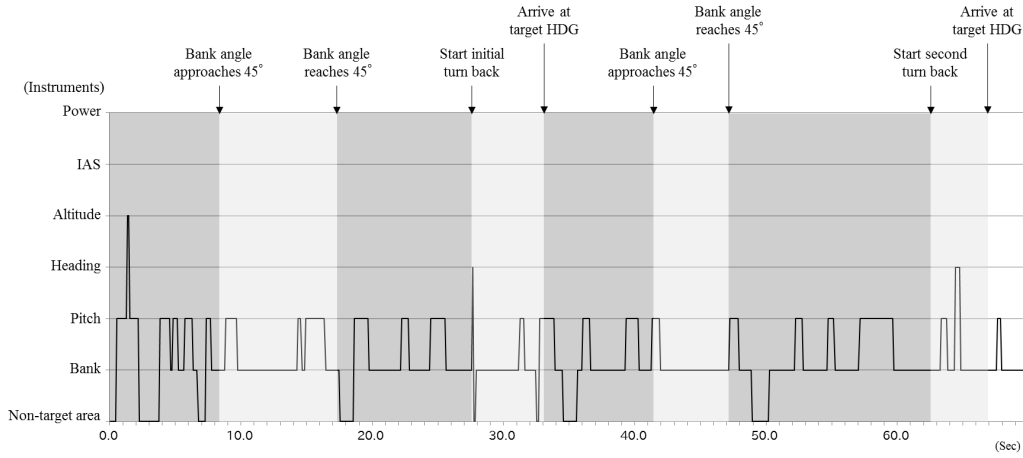


図2. NIRパイロットの視線傾向

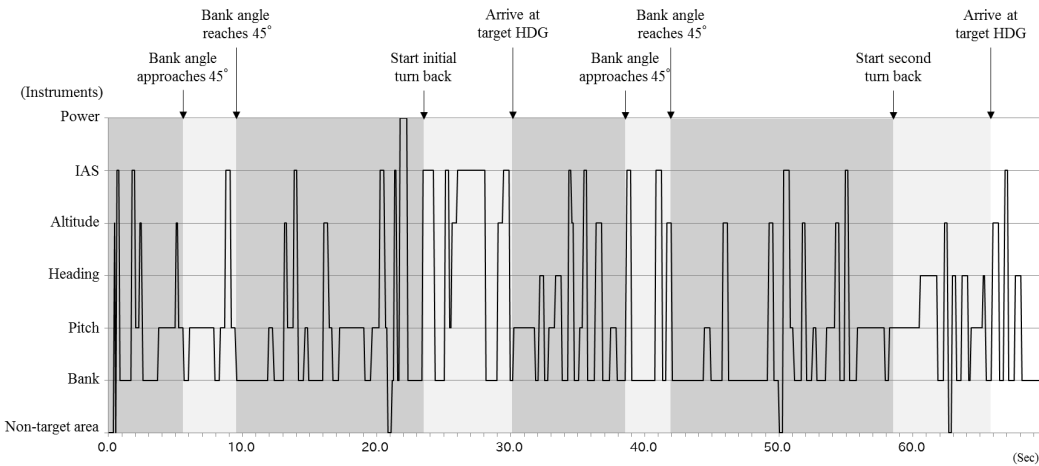


図3. IRパイロットの視線傾向

な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。視線傾向の差異については、これまで飛行教育の現場において主観的に認識されていた問題であったが、客観かつ定量的な指標を用いて可視化、フィードバックが出来るようになったことは、訓練生の自身の操縦への正しい認知につながるものと考えられた。

表1に実際に視線情報による評価および自己省察法を実際の教育現場に導入した結果(導入群と非導入群の比較)を示す。この実験では計器飛行証明非保持者を対象に、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ているが、結果からは、導入群において前述の注視傾向の問題点について改善が示され、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、教育的有効性が示された。

教育効果の向上が期待されると同時に、一般に一回の航空機の飛行演習には燃料代等、高額な費用が派生することから、シミュレーション演習の効率性を高めることは費用効果の面でも貢献できる可能性が示された。

表1. 視線情報に基づく評価・省察導入と技能評価減点数の推移との関連

Group	No	1st Score	2nd Score	Difference of Score	1st Demerit Point	2nd Demerit Point	Difference of Demerit Point
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



図4. 視線情報取得機能を有した VR 航空操縦訓練プログラムの画面例

研究の最終段階では、教育効果の向上が実証されたプログラムから更に発展し、視線追尾機能を有した VR デバイスをプラットフォームとする安価な訓練環境を構築することに成功した。VR システムの画面例を図4に示す。

研究時において、視線計測システムは1点で400～500万円前後、養成課程で使用する国交省による認可を受けたFTD装置は一式で1000万円弱と、非常に高額であったことから、平易に実験を行うことや、学生による自発的訓練などが難しい状況であった。このことから市販のVR端末と操縦インターフェイスを使用し、一式で10万円前後の費用で導入可能なシステムの開発を行った。高価なシミュレーション設備に拠らない費用効果の高い学習支援システムを開発したことで航空操縦教育の効率化に貢献できたものとする。

加えて、開発システムは、アプリケーションの配布により国内外を問わずどの機関の養成課程でも使用可能であり、かつ取得データの共有も容易なことから、今後の航空コミュニティにおける利用展開が期待される。

総じて、生体情報を学習評価に組み入れた次代の学習支援システムの開発と、生体情報の取得から処理、ポートフォリオとしての蓄積と活用に至るまでの評価プロセスの確立によって、今後の端末技術の発展にさきがけた新しい学習支援システム開発の基盤研究に寄与した。今後は生体情報データと開発したVRシステムを用いて仮想空間上の操縦者の挙動と生体情報を収集し、機械学習に基づき操縦技能を評価するAIシステムの開発を行う予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Akira Haga, Shinji Endo, Tosaku Shibata, Shinji Morita, Kazuyoshi Arai, Yuji Tokiwa.: Improving the flying skills of Pilot trainees by reviewing and re-reflecting on line-of-sight data, The Journal of Information and Systems in Education, 査読有, Vol.17, No.1, pp36-49, DOI <https://doi.org/10.12937/ejsise.17.36>

〔学会発表〕(計6件)

芳賀 瑛, 遠藤 信二, 柴田東作, 新井和吉, 常盤祐司.: VR を使用したスキル教育における生体情報の教育的活用, 第24回大学教育研究フォーラム, 2018.3.20, 京都大学

芳賀 瑛, 遠藤 信二, 柴田東作, 新井和吉, 常盤祐司.: パイロットの視線情報を省察することによる訓練生の操縦技量の向上, 教育システム情報学会特集研究会, 2017.3.18, 北九州市立大学

芳賀 瑛, 遠藤 信二, 柴田東作, 新井和吉, 常盤祐司.: 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, 第23回大学教育研究フォーラム, 2017.3.19, 京都大学

芳賀 瑛, 遠藤 信二, 柴田東作, 新井和吉, 常盤祐司.: 生体情報に基づいた操縦技術の定量的評価-スティーブターン時における操縦者の視線情報の傾向-, 日本航空宇宙学会第54回飛行機シンポジウム, 2016.10.24, 富山県富山市富山国際会議場

芳賀 瑛, 遠藤 信二, 柴田東作, 新井和吉, 常盤祐司.: フライトシミュレーション教育におけるパフォーマンス評価指標としての生体情報の活用, 第22回大学教育研究フォーラム, 2016.3.17, 京都大学

芳賀 瑛, 遠藤 信二, 柴田東作, 新井和吉, 常盤祐司.: フライトシミュレーション教育における視線情報に基づいた定量的評価, 日本航空宇宙学会第53回飛行機シンポジウム, 2015.11.11, 松山市総合コミュニティセンター

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：森田 進治

ローマ字氏名：Shinji Morita

所属研究機関名：法政大学

部局名：理工学部

職名：教授

研究者番号（8桁）：80789032

(2)研究分担者

研究分担者氏名：常盤 祐司

ローマ字氏名：Yuji Tokiwa

所属研究機関名：法政大学

部局名：情報メディア教育研究センター

職名：教授

研究者番号（8桁）：70434181

(3)研究分担者

研究分担者氏名：新井 和吉

ローマ字氏名：Kazuyoshi Arai

所属研究機関名：法政大学

部局名：理工学部

職名：教授

研究者番号（8桁）：10202706

(4)研究協力者

研究協力者氏名：柴田 東作

ローマ字氏名：Tosaku Shibata

(5)研究協力者

研究協力者氏名：遠藤 信二

ローマ字氏名：Shinji Endo

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。