

ドローンならびにヒューマンファクターの統合性能評価に向けた試み — バイタル変動の可視化とパフォーマンス指標化の検討 —

○平岡 欣也(株式会社那須管財), 那須 善行(株式会社那須管財), 古木 正浩(株式会社那須管財), 大金 一二(新潟工科大学)

背景と目的

- 背景
 - ドローンの性能は機体性能や操縦技術だけでなく操縦者の生理的・心理的状態（ヒューマンファクター）も欠かせない重要要素である
 - 手動操作において集中 緊張 疲労などの状態は安全性や作業効率に直結し定量的な評価手法の確立が望まれる
- 目的
 - 非接触型センサを用いてバイタルデータを取得し操縦者の状態と飛行タスク遂行能力との関係を可視化し検証する
 - 操縦経験の違いによるバイタル値の傾向と差異を分析し操縦者特性を可視化し応用可能性を検討する



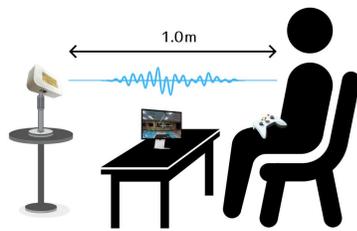
評価対象と方法

- 被験者
 - ドローンの総飛行時間により4グループに分類（計10名）
 - 上級者：3名（100時間以上）
 - 中級者：3名（15時間程度）
 - 初級者：2名（10時間程度）
 - 未経験者：2名（0時間）



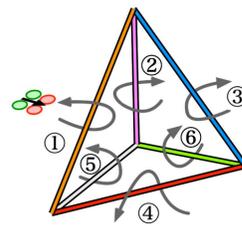
非接触型感情推定センサ (SRV01-001H)

- 非接触型感情推定センサ
 - バイタルセンサ：エモコアイ評価キット
 - 方式：Doppler方式
 - 特徴：非接触で心拍などの変動を計測
 - 初回出力：起動から約30秒後
 - データ取得間隔：最小1秒間隔
 - 出力：エモーションマップ表示 / csvファイル



センサと被験者配置図

- 4つのバイタル指標
 - 没入度（集中）：数値が高いほど集中・熱中・興奮状態
 - 活性度（緊張）：数値が高いほど緊張、低いほどくつろぎ状態
 - 落ち着き度（リラックス）：数値が高いほどリラックス状態
 - 消耗度（疲労）：数値が高いほど疲労し、低いほど元気な状態



試験課題の飛行経路

- 評価タスク
 - NEDO ReAMoプロジェクトによる3Dスラローム試験
 - 狭隘空間（1辺長さ1.0mの正四面体構造）内を飛行
 - DJI AVATA 2 (L185×W212×H64 mm)使用・目視外操作

- 測定条件
 - 各被験者に評価課題を3回飛行実施
 - 飛行前後にバイタル安定時間1分
 - 着席した被験者の胸部から約1.0m正面にセンサを設置

評価指標

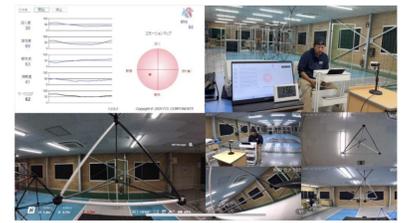
- 飛行成績の評価
 - 課題遂行時間 飛行の成否 接触や経路逸脱の有無を記録
 - 被験者の操縦精度や安定性を定量的に評価

評価タスク 遂行結果

No.	被験者	1回目						全体タイム	
		①	②	③	④	⑤	⑥		
1	上級者1	○	○	○	○	○	○	0:5419	1:2719
2	上級者2	○	○	○	○	○	○	1:2519	2:0819
3	上級者3	○	○	○	○	○	○	1:3319	2:4519
4	未経験者1	○	○	○	○	○	○	1:5019	3:2119
5	中級者1	○	○	○	○	○	○	1:5019	3:4719
6	初級者1	○	○	○	○	○	○	2:1819	4:0419
7	中級者2	○	○	○	○	○	○	2:5119	4:5419
8	中級者3	○	△	△	○	○	○	2:2619	5:1619
9	未経験者2	○	○	○	○	○	○	3:0119	5:4519
10	初級者2	○	○	○	○	○	○	2:0719	5:4519

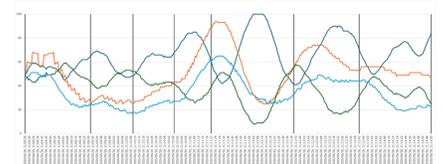
- 状況の記録
 - 飛行中の被験者の様子 機体挙動 機体カメラ映像を同時記録

映像記録



- 操縦者状態の取得
 - 「没入度」「活性度」「落ち着き度」「消耗度」の4指標を解析

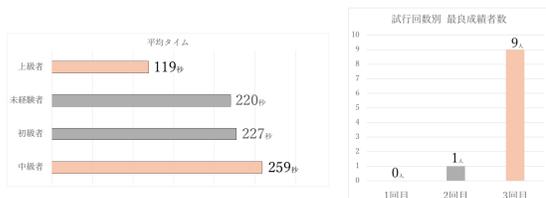
バイタル値



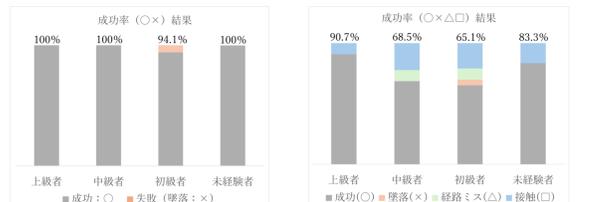
検証結果

1 評価タスクの遂行結果を確認

- 総課題遂行時間では上級者が平均119秒で最短
- 多くの被験者が三回目の試行で最短時間を記録
- 3Dスラローム試験の訓練効果を確認



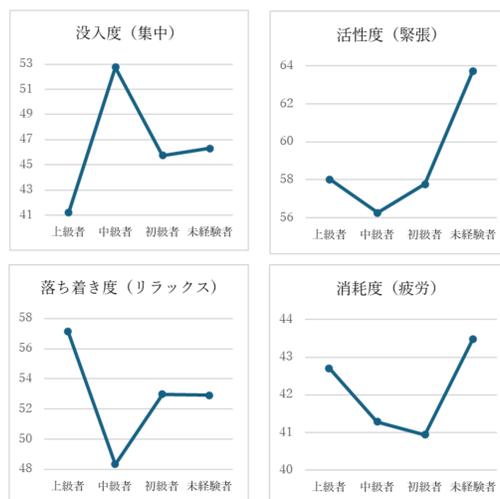
- 上級者は最も短時間で安定した飛行を実現
- 中級者と初級者は接触や経路逸脱が多く確認された
- 未経験者は二極化傾向を示し一部は高い安定性を発揮



※飛行品質は○(成功) ×(墜落) △(経路ミス) □(接触)として分類し評価した

2 平均バイタル指数による特性の比較

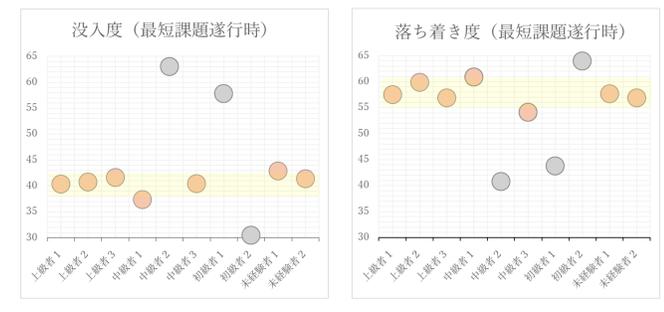
- 上級者は没入度が低く冷静で安定しており疲労が少ない
- 中級者は没入度が最も高く強い集中が確認された
- 初級者は全指標が中庸で顕著な特徴なし
- 未経験者は活性度と消耗度が高く強い緊張が顕著であった



3 最短の評価タスク遂行時間の共通傾向

- [没入度]
 - 全被験者から最短の評価タスク遂行時のデータを抽出
 - 没入度は平均 40.7 ± 1.7 の範囲に集中
 - 上級者だけでなく未経験者を含む全員に共通して観察

- [落ち着き度]
 - 落ち着き度は平均 57.7 ± 2.2 に集まり高い値を確認
 - 心理的緊張が緩和された安定状態が高成績に結びつく
 - 最短課題遂行時の生理的特徴は上級者の傾向と共通



まとめ

- 考察
 - 短時間で課題を遂行した場合 没入度と落ち着き度が同一ゾーンに収束
 - 上級者は没入度が低く冷静で安定した操縦を維持
 - 最短課題遂行時 没入度は平均 40.7 ± 1.7 落ち着き度は平均 57.7 ± 2.2 の範囲に集中
 - 熟練度に依存せず過度な集中よりも心理的に安定した状態が高成績のポイント

- 結言
 - 飛行成績とバイタル変動に一定の関係性を確認
 - 本知見は操縦者の状態を客観的に把握し指導内容を調整する基盤となる
 - 操縦者状態の指標化は訓練設計や評価基準の有効な参考となる
 - 指標に基づく個別最適な教育プログラムの構築が期待される
 - 次の検証では被験者数や飛行条件を拡大し多様な状況でのデータ収集を行う予定である

参考文献

- 参考文献
 - [1] NIST, *Standard Test Methods for Response Robots: Aerial Systems*
<https://www.nist.gov/el/intelligent-systems-division-73500/standard-test-methods-response-robots/aerial-systems>
 - [2] NEDO, *ReAMo 次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト*
https://reamo.nedo.go.jp/introduction/introduction_1_1_1_1
 - [3] FCLコンポーネント株式会社, *エモコアイ評価キット (SRV01-001H)*
<https://www.fcl-components.com/products/sensors/viral-sensor.html>

- 謝辞
 - 本検証の遂行にあたり エモコアイ評価キット (SRV01-001H) の提供ならびに技術的支援を賜りました FCLコンポーネント株式会社様および三菱電機株式会社様に深く感謝いたします
 - また本検証で使用した試験環境構造体はNEDO (国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) が新潟工科大学に委託した業務 (JPNP22002) の中間成果物としてご提供いただいたものです