

対象注視のための視線による ドローン操作インターフェースの検討

小野颯太¹ 植村匠¹ 尾島修一¹

概要: ALS 患者の QOL 向上に散歩が有効とされているが、現状の手段としては介護者に車椅子を押してもらったりなど、患者の主体的な移動経験を得られない、または介護者に依存する状況が患者の自尊感情を損なうといった問題がある。この問題を解決するために、モニター上に映し出された GUI を視線で操作することでドローンを制御し、ドローンの撮影した風景を同モニター上に表示する疑似散歩システムがある。従来手法の GUI では操作画面内に見たい対象が存在する場合、対象を注視するために画面中央に移動させるには複数回の操作が必要であった。本研究では、操作画面内の対象を一度の注視操作で画面中央へ移動させる手法を提案し、従来手法との比較を行った。

キーワード: パーセプチュアルユーザインタフェース、インタフェースデザイン、ユーザビリティ、医療・福祉支援

A Study on a Gaze-Based Drone Control Interface for Target Fixation

SOTA ONO^{†1} TAKUMI UEMURA^{†1}
SHUICHI OJIMA^{†1}

Abstract: Walking can improve the quality of life (QOL) of patients with amyotrophic lateral sclerosis (ALS). However, conventional approaches, such as caregiver-assisted wheelchair use, limit independent mobility and may increase psychological dependence. To enhance autonomy, a simulated walking system has been developed in which patients control a drone through a gaze-operated GUI, viewing real-time footage on a monitor. In conventional interfaces, centering a desired target requires multiple gaze operations. This study proposes a single-gaze method that moves a selected object to the screen center and evaluates its performance compared with existing approaches.

Keywords: Perceptual User Interface, Interface Design, Usability, Medical/welfare

1. はじめに

現在、様々な病気により身体の自由が利かなくなり、寝たきりの生活を余儀なくされる人が多数存在する。その代表例の一つとして ALS (筋萎縮性側索硬化症) が挙げられる。ALS 患者は症状の進行に伴い身体が動かなくなり、日常生活の多くの場面で行動が制限されることで、生活の質 (QOL:Quality of Life) が低下するという問題を抱えている。ALS 患者の QOL 向上には散歩のような移動や外出の体験が有効とされるが、現状では介助に依存する場合が多く、患者自身が主体的に移動体験を得ることが難しい[1]。

この課題に対し、安達らはモニター上の GUI を視線で操作することでドローンを制御し、ドローン撮影した風景を同モニター上に表示する疑似散歩システムを提案した[2]。安達らの手法の GUI では操作画面内に見たい対象が存在する場合、対象を注視するために画面中央に移動させるには複数回の操作が必要であった。本研究では、操作画面内の対象を一度の注視操作で画面中央へ移動させる手法を提案し、従来手法との比較を行った。

2. 安達らの手法

視線入力を用いたドローン操作システムのインターフェースとして、安達らは、アイトラッキングデバイスが取得したディスプレイ上の視線位置に基づきドローンを操作する手法を提案している[2]。図 1 に視線入力によるドローン操作のイメージ図 2 に安達らの操作画面のイメージを示す。このシステムではドローンのカメラで撮影された風景の前面に透過型の GUI が重畳されており、GUI ではドローンの前進や旋回、上下移動の各操作を司る領域が設定されており、視線位置がそれぞれの領域内に入ること、ドローンの制御が行われる。



図 1 視線入力によるドローン操作のイメージ

¹ 崇城大学
Sojo University

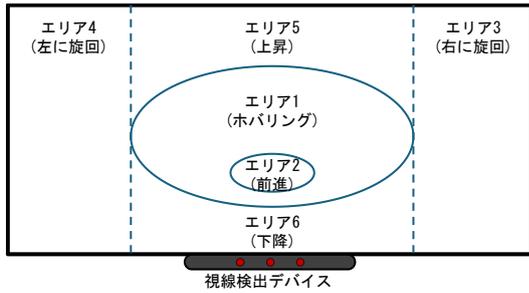


図2 安達らの操作画面イメージ図
 (文献[2]をもとに作図)

しかしながら、この手法では見たい対象を画面中央に捉えたい場合、その対象から視線を外しての操作が必要となる。そのため、対象をきちんと画面の中央に持ってくるには複数回の視線操作を行わなければならないといった課題があった。この課題を解決するために、本研究では対象を一度の注視操作で中央に移動させる手法を提案した。

3. 提案手法

3.1 提案手法の概要

本研究では、操作画面内に映る対象を、一度の注視操作で画面中央へ移動させる視線入力型ドローン操作手法を提案する。本手法では画面内の注視対象のスクリーン座標はアイトラッキングデバイスにより取得し、その座標に基づいてドローンの旋回および上下移動を行うことで、一回の注視操作で対象を中央に移動させる。

3.2 操作画面の設計

提案手法の操作画面イメージを図3に示す。本操作画面では、画面中央に円形の中央領域を設ける。視線が中央領域内に存在する場合、ドローンはホバリング状態を維持する。一方、視線が中央領域外に一定時間とどまった場合には注視操作が行われたと判定し、視線位置をもとに対象を画面の中央領域に捉えるために必要な移動量を求め、旋回及び上下移動制御を行う。

中央領域の大きさは、ユーザが対象を明瞭に注視できる範囲である必要があるため、本研究では人間の中心視野の広さをもとに中央領域を設計した。なお、一般的に中心視野角は 5° 程度であるとされている[3]。本研究で使用するドローンのカメラ映像の水平視野角を 2θ 、画面の水平方向解像度を $2x_{max}[\text{pixel}]$ とおくと、図4に示すように画面中央に設定する中央領域の半径 $r[\text{pixel}]$ は式(1)により求められる。

$$r = \frac{\tan 2.5^\circ}{\tan \theta} x_{max} \quad (1)$$

このようにして求めた半径 r を用いて、画面中央に円形のホバリング領域を設定する。

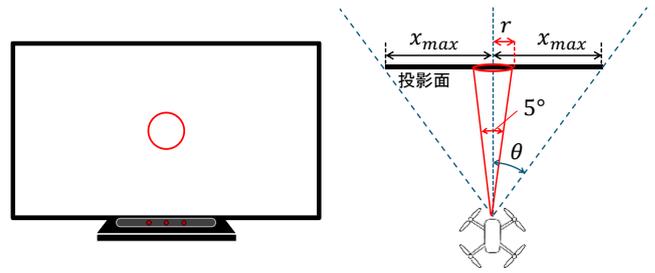


図3 操作画面イメージ 図4 投影面およびカメラの視野角と人の中心視野

3.3 視線座標の取得と平滑化

本研究において、ユーザがディスプレイ上で注視した座標はアイトラッキングデバイスによりスクリーン座標で取得する。デバイスからは左右眼それぞれのスクリーン座標が得られるため、それらの座標を平均したものを視線座標として扱う。視線計測には、サッカード(瞬間的な揺らぎ)が含まれるため、視線座標に対して時間方向の平滑化処理を行い、視線座標の振動を抑制する。具体的には、直近の数フレームの視線座標に対して平滑化係数20%の指数移動平均を適用し、瞬間的な視線変動の影響を低減した。このように平滑化された視線座標を、ユーザが注視している対象の画面上位置の推定値として用いる。

3.4 処理の流れ

提案手法における注視対象の画面上の動きを図5に示す。本手法では、視線入力で画面上の対象を中央に移動させるために、ドローンの制御を旋回制御、上下移動制御の順に行う。処理は大きく分けて以下の6段階から構成される。

- ① 視線座標の取得と旋回角度の算出
- ② 左右の旋回
- ③ 視線座標の再取得
- ④ 既定量の上下移動
- ⑤ 視線座標の再取得と上下移動量の算出
- ⑥ 上下方向の移動

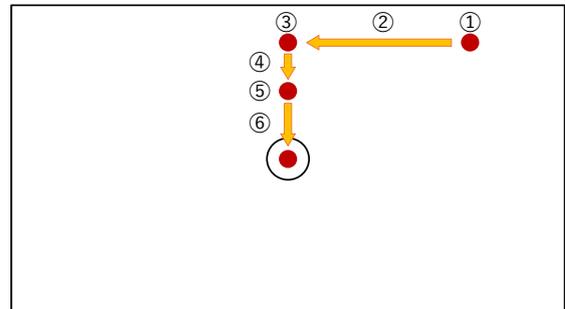


図5 提案手法における注視対象の画面上の動き

ドローンの旋回運動により、図5の②に示すように操作画面内の注視対象の水平方向を画面中央に移動させる。一方、上下移動は図5の④、⑥に示すように操作画面内の注

視対象の垂直方向を中央に移動させる。

3.4.1 旋回制御

対象を水平方向に画面中央へ移動させるため、取得した視線座標をもとに旋回制御を行う。旋回制御のイメージならびに各パラメーターを図6に示す。制御に必要な旋回角度を求めるには、まず画面の水平方向の中心座標と視線座標との差 Δx [pixel] を求める。次に、 Δx と x_{max} ならびに θ を用いることで、旋回角度 $\Delta\theta$ [deg] が式(2)により求められる。

$$\Delta\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta x}{x_{max}} \tan \theta\right) \quad (2)$$

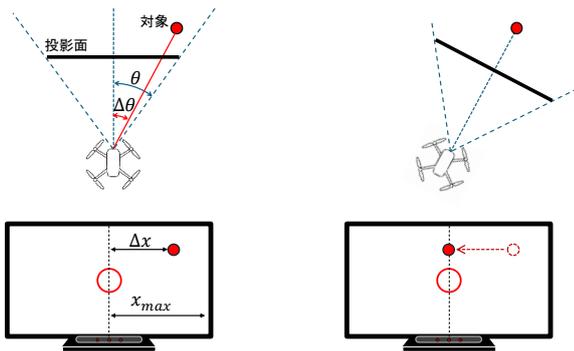


図6 現実空間と画面の関係 (旋回)

3.4.2 上下移動制御

旋回制御ののち、対象の上下方向の位置ずれを補正するために、上下移動制御を行う。上下移動制御のイメージならびに各パラメーターを図7に示す。制御に必要な上下移動量を求めるには、まず既定量 δh の上昇および下降を行った際の画面上での対象の移動量 δy を計測する。そして δy と画面中心までの距離 Δy の関係から実際の移動量 Δh が式(3)により求められる。

$$\Delta h = \frac{\Delta y}{\delta y} \delta h \quad (3)$$

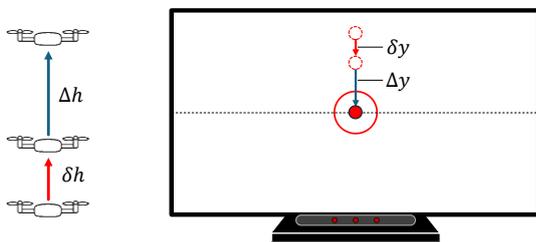


図7 現実空間と画面の関係 (上下移動)

4. 実験

4.1 実験目的

本実験では提案手法と従来手法の対象を画面中央に捉える操作における制御能力の比較を行った。具体的には、対象を中央に移動させる操作において、対象を中央に移動

させるまでに要する時間、ならびに移動後における対象と画面中心までの距離の比較を行う。加えて、提案手法においては対象を中央領域に捉えられる能力を検証し、提案手法の性能を評価する。さらに、操作性や視線操作時の負担と言った主観的な側面についてもアンケート調査を行う。

4.2 実験概要

4.2.1 被験者

本実験には、健常な男性8名(年齢22~23歳)が参加した。被験者のうち7名はアイトラッキングデバイスの使用経験がなく、1名のみ使用経験を有していた。

4.2.2 実験手順

本実験は屋内環境において実施した。実験のイメージを図8に示す。実験は、プロジェクターを用いて注視対象の映った画像を投影し、その壁面に向けてドローンをホバリングさせた状態で操作を行った。本実験で用いたドローンのカメラは構造上やや下向きに取り付けられているため、対象がカメラ映像の中央付近に映るよう、壁面までの各距離においてドローンの飛行高度を調整した。

実験手順として、まず実験開始前に被験者に対して視線検出デバイスのキャリブレーションを行い、視線検出精度を確認したのち、各手法の操作方法について説明を行い、実験を開始した。

実験では、ドローンから対象が投影された壁面までの距離を2m, 3m, 4m, 5mの4条件に設定した。各距離において、設定した16地点の注視対象を1つずつランダム順で表示した。

被験者は画面上に提示された対象を注視し、対象を画面中央へ移動させる操作を行った。操作は、提案手法および従来手法(安達らの手法)の両方について実施した。各試行においては、対象が提示された時点から操作を開始し、対象が中央領域に到達する、または提案手法における一連の制御処理が終了した時点までを1試行とした。

各試行終了後、ドローンを初期状態に戻し再試行を行った。すべての試行終了後、被験者に対してアンケートを実施した。

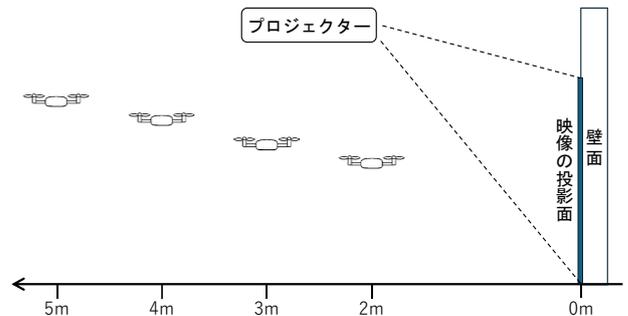


図8 実験のイメージ

4.3 評価方法

4.3.1 客観的評価

対象を中央に移動させるまでの時間

注視操作による操作効率の評価指標として、対象を中央に移動させるまでの時間を用いた。

計測開始時刻はプロジェクターによって対象が映し出された時点とし、計測終了時刻は対象が画面の中央領域に入り、かつ注視点が1秒間中央領域にとどまった時点とした。ただし、提案手法では対象を中央領域にとらえられない場合があるため、一回の注視操作によって対象が中央領域に入らなかった場合、巡回制御および上下移動制御を含む一連の処理が終了した時点を実測終了時刻として扱った。

このように提案手法と従来手法では操作の流れが異なるため、各手法の特性を反映した形で時間の計測を行い、対象を中央に移動させるまでに要した時間を比較した。

対象を中央に移動させた後の対象と中心座標との距離

両手法における対象を中心に移動させる精度の評指標として、対象を画面中央に移動させた後の対象と中心座標との距離を用いた。

対象移動処理が完了した時点での画面内の対象の中心位置と画面中心座標との差を x 軸方向・ y 軸方向それぞれ別に求め、対象がどれほど正確に画面中央へ移動されたかを評価した。この差が小さいほど、対象が画面中央付近に正確に移動されていることを示す。

本指標は、対象の初期位置ならびにドローンと対象までの距離ごとに提案手法と従来手法を比較することで、各手法における位置精度を評価した。

提案手法で対象を中央領域に捉えられた確率

提案手法では、一回の注視操作によって対象を中央に移動させることを目的としている。そのため、本研究では提案手法の有効性を評価する指標として、対象を中央領域内にとらえられた確率を成功率として求めた。

成功の判定は、提案手法による一連の制御処理（巡回制御および上下移動制御）が終了した時点で、対象が中央領域内に存在している場合を成功、処理終了時点で対象が中央領域外にある場合は失敗と定義した。

成功率は、各実験条件である対象の初期位置およびドローンと対象までの距離ごとに求めた。この指標により、提案手法が一回の注視操作で対象を中央にとらえられる割合を定量的に評価した。なお、本評価指標は、一回の注視操作での制御性能を評価することを目的としているため、従来手法との直接的な比較は行わず、提案手法単独の性能評価として用いた。

4.3.2 主観的評価方法（アンケート）

図9に実験後に被験者に実施したアンケートの質問項目を示す。質問項目は、ドローンの操作方法に関する質問が7問、目の疲労に関する質問が5問、操作画面に関する質問が8問で構成されている。質問をドローン操作、目の疲

勞、操作画面に関する質問の3つのカテゴリーに分けることでシステムを総合的に評価する。回答については、5段階評価（5：そう思う、4：ややそう思う、3：どちらとも思えない、2：あまりそう思わない、1：そう思わない）で回答する。

4.4 実験環境

実験では、提案手法および従来手法の性能を比較するために、実機のドローンおよび視線検出デバイスを用いた操作実験を行った。本章では、実験に使用したハードウェアおよび注視対象、GUI設計、ならびに、実験条件について説明する。

(5: あてはまる, 4: だいたいあてはまる, 3: どちらとも思えない, 2: あまりあてはまらない, 1: あてはまらない)

カテゴリー	質問	評価
ドローンの操作に関する質問	Q1 安定してドローンを操作できた。	
	Q2 容易にドローンを操作できた。	
	Q3 容易に視線を動かすことができた。	
	Q4 容易に一点を見つめることができた。	
	Q5 ドローンを思ったように旋回することができた。	
	Q6 ドローンを思ったように上下させることができた。	
	Q7 ホバリングした時、容易に目標物を眺めることができた。	
目の疲労に関する質問	Q8 ドローンを操作した時、目が楽であった。	
	Q9 ドローンを操作する時、容易に集中して操作できた。	
	Q10 ドローンを操作している時、顔は楽であった。	
	Q11 ドローンを操作しても疲れを感じなかった。	
操作画面に関する質問	Q12 ドローンを操作しても酔わなかった。	
	Q13 画面までの距離は適切であった。	
	Q14 GUIのサイズは適切であった。	
	Q15 操作指示を行う場所を簡単に認識できた。	
	Q16 視線の動きを表示した点は適切なサイズであった。	
	Q17 視線の動きを表示した点の位置は適切であった。	
	Q18 ドローンがどこにいるか容易に認識できた。	
	Q19 ドローンと物体の距離が容易に理解できた。	
Q20 ドローン操作時のカメラ映像の速度が適切であった。		

図9 アンケート

4.4.1 実験で用いたハードウェア

本実験ではドローンに Tello EDU, アイトラッキングデバイスに Tobii Pro nano を用いた。実験に用いた PC の仕様を表1に示す。

表1 実験に用いたコンピュータの仕様

OS	Windows 11 Home
CPU	11 th Gen Intel(R) Core™i7-11700K @ 3.60GHz
メモリ	16GB
GPU	NVIDIA GeForce RTX 3060

4.4.2 注視対象の設計

実験に用いた注視対象は赤色の丸で静止対象として設計した。画面上での対象の初期位置を図10に示す。対象の

初期位置は、画面中央から放射状に配置された 16 箇所とした。これにより、対象を中央に移動させるために必要なドローン操作が左右旋回だけの条件と上下移動だけの条件、また左右旋回と上下移動の両方の操作必要とする条件を含むように設計した。さらに、必要な旋回角度の大きさや上下移動の大きさの違いによる評価が可能である。これらの対象位置はすべて一度ずつ提示し、提示順はランダムとすることで提示順序による学習効果や順序効果の影響を低減した。

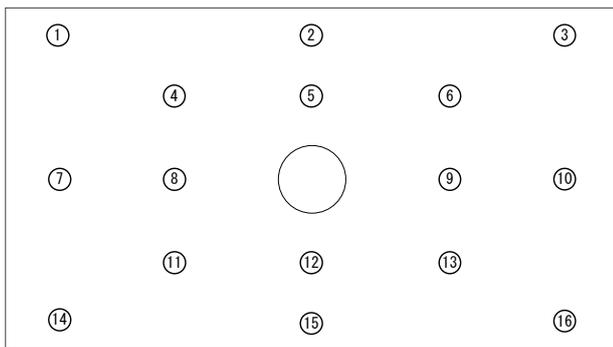


図 10 画面上の対象の初期位置の図

4.4.3 GUI 設計

提案手法の中央領域

提案手法における中央領域の大きさは、人間の中心視野の大きさに加え、事前調査で確認されたドローンの制御誤差約 $1\sim 2^\circ$ を考慮し $\theta=3.5^\circ$ として設定した。また、実装時には $\Delta\theta$ は予めルックアップテーブルを用意して求めた。

4.4.4 比較条件および制御条件の設定

安達らの手法と比較条件の統一

安達らの手法との比較において公平な条件で実験を行うために、安達らの手法に含まれる前進操作を無効化した。さらに提案手法と同一の中央領域を操作画面上に表示することで、対象を中央にとらえるための視覚条件を統一した。

待機時間（提案手法）

本研究では、ドローンが旋回や上下移動を行っている間、カメラ映像上の注視対象は移動し続ける。そのため、ドローンの動作中に取得した注視点座標を用いると、制御に影響が生じる。そこで、提案手法では旋回制御や上下移動制御の各動作が完了した後に注視点座標を取得するため、動作終了までの待機時間を 5 秒設けた。この待機時間により、ドローンの動作が安定した状態で注視点座標を取得することが可能となる。

4.5 実験結果と考察

4.5.1 実験結果（客観的評価）

対象を中央に移動させるまでの時間

結果を表 2 に示す。表 2 は対象位置と距離ごとにそれぞれの手法における平均時間の差を求めたものである。表の

値が負の場合は提案手法が早く、値が正の場合は安達らの手法が早いことを示す。

結果として、提案手法は位置 1~6, 11~16 の上下移動制御が必要な位置において安達らの手法の時間が短い傾向が確認された。一方で、5m で必要動作が旋回だけの場合と 2m で対象が 10 の位置にある場合、提案手法の時間が短い結果となった。

表 2 提案手法と安達らの手法の平均時間の差 [sec]

対象位置	壁面までの距離			
	2m	3m	4m	5m
1	4.79	4.30	3.93	1.61
2	12.70	7.30	9.14	3.84
3	7.84	1.23	3.85	0.93
4	3.80	4.59	6.01	3.41
5	11.57	8.16	9.18	9.19
6	3.14	5.44	4.73	4.86
7	0.93	1.10	-0.11	-2.91
8	1.66	-0.59	1.24	-1.69
9	2.66	1.74	1.60	-3.98
10	-1.25	-0.64	-2.23	-5.34
11	3.86	5.89	6.73	5.48
12	11.58	8.65	10.71	8.15
13	4.71	7.15	2.34	4.24
14	5.91	1.95	3.91	0.34
15	11.20	8.95	8.78	6.35
16	7.71	1.50	0.08	1.36

移動後の対象と画面中心との距離

壁面までの距離ごとに、移動後の対象と画面中心との距離を図 11~14 に示す。各図は、画面中心を原点とした座標系における X 軸方向および Y 軸方向のずれを示している。図中のひし形はそれぞれの軸方向の箱ひげ図の第 1 四分位範囲と第 3 四分位範囲を結んだものであり、移動後の対象における位置ずれの分布を示している。また、ひげは各方向における最小値と最大値を示している。赤色は提案手法、青色は安達らの手法の結果を表す。

図 11~14 より、提案手法は安達らの手法に比べて Y 軸方向（上下方向）のずれが大きくなる傾向が見られた。特に画面上部または下部に初期位置が設定された条件において、提案手法のひし形が縦方向に伸びる傾向があった。

提案手法で対象を中央領域にとらえられた確率

距離と対象位置ごとに提案手法で対象を中央に捉えられたとする成功率を図 15 と図 16 にそれぞれ示す。図 15 では、距離ごとの成功率を表している。2m, 3m の時は成功率が 70%以上であるのに対し、4m, 5m の時は 60%程度であるため、距離が離れると成功率が下がっていることが見て取れる。

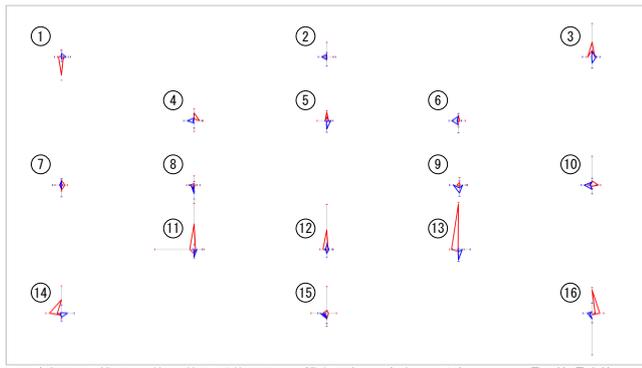


図 11 距離 2m における移動後の中心からの対象位置

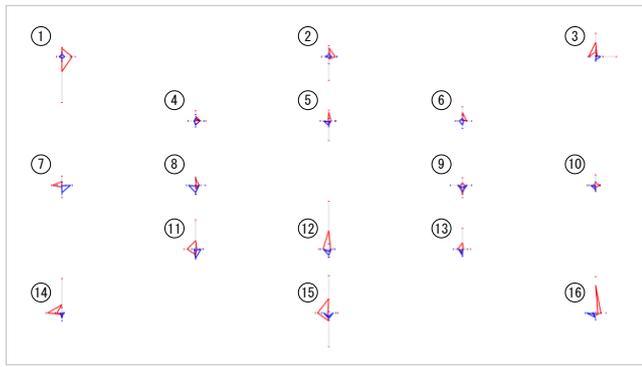


図 12 距離 3m における移動後の中心からの対象位置

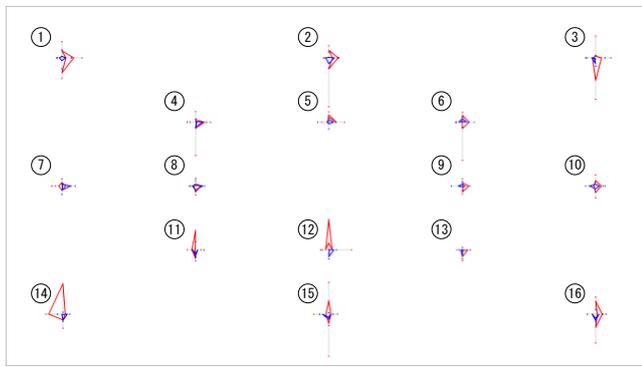


図 13 距離 4m における移動後の中心からの対象位置

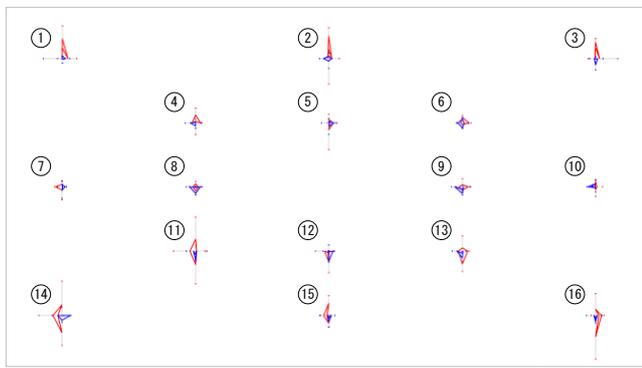


図 14 距離 5m における移動後の中心からの対象位置

また、図 16 では対象の初期位置ごとの成功率を表して

おり、対象の初期位置が画面端付近に位置する場合や上下移動が伴う条件では、成功率が低下する傾向がみられた。しかし、対象の位置 7, 8, 9, 10 のような必要な操作が旋回のみ条件は、成功率がすべて 90%以上と高く、位置 8 に関しては、成功率が 100%であった。

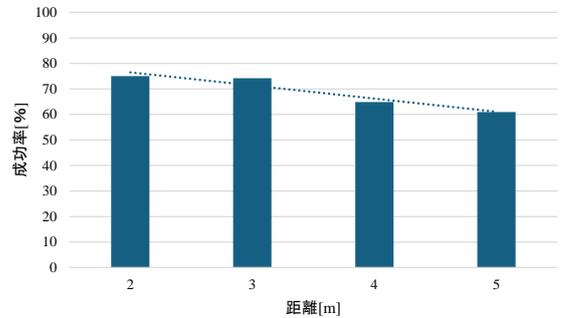


図 15 提案手法の距離ごとの成功率

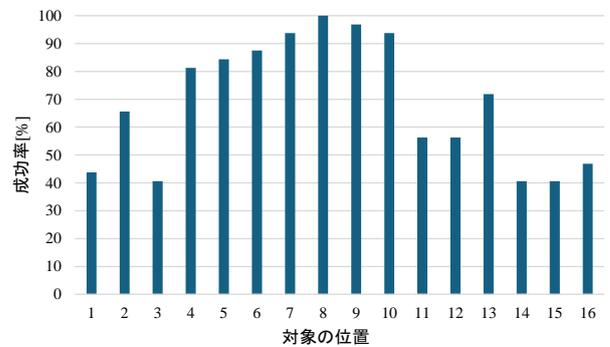


図 16 提案手法の対象位置ごとの成功率

4.5.2 実験結果 (主観評価)

アンケートによる主観評価の結果を質問項目ごとに表 3~5 に示す。まず、表 3 に示すドローン操作に関する質問では、質問 1 と 6 において安達ら手法の評価が提案手法より高いという結果となった。次に、表 4 に示す目の疲労に関する質問では、質問 8 と 11 において安達らの手法の評価が提案手法の評価を上回る結果となった。最後に、表 5 に示す操作画面に関する質問では、質問 14 と 20 において提案手法の評価が安達らの手法より高いという結果が得られた。

表 3 ドローンに関する質問

質問	提案	安達
1.安定してドローンを操作できた	3.4	4.3
2.容易にドローンを操作できた	3.9	3.6
3.容易に視線を動かすことができた	4.0	4.4
4.容易に一点を見つめることができた	3.5	3.5
5.ドローンを思ったように旋回することができた	3.9	4.1
6.ドローンを思ったように上下させることができた	2.4	3.8
7.ホバリングした時、容易に目標物を眺めることができた	3.6	3.8

表4 目の疲労に関する質問

質問	提案	安達
8. ドローンを操作した時、目が楽であった	2.8	3.5
9. ドローンを操作する時、容易に集中して操作できた	3.5	3.9
10. ドローンを操作している時、顔は楽であった	3.3	3.5
11. ドローンを操作しても疲れを感じなかった	2.9	3.3
12. ドローンを操作しても酔わなかった	4.6	4.5

表5 操作画面に関する質問

質問	提案	安達
13. 画面までに距離は適切であった	4.6	4.5
14. GUIのサイズは適切であった	4.9	3.8
15. 操作指示を行う場所を容易に認識できた	4.3	4.4
16. 視線の動きを示した点は適切な大きさだった	4.3	4.1
17. 視線の動きを示した点は適切な位置であった	3.8	3.8
18. ドローンがどこにいるか容易に認識できた	3.8	3.8
19. ドローンと物体の距離が容易に理解できた	3.4	3.4
20. ドローン操作時のカメラ映像の速度が適切であった	3.8	3.3

4.5.3 考察

本実験では、提案手法と安達らの手法を比較し、対象を画面中央にとらえる操作における時間、精度、および主観的評価の観点から検討を行った。

まず、対象を中央に移動させるまでの時間に関して、提案手法は全体として安達らの手法より時間を要する傾向が確認された。これは、提案手法では注視操作後に旋回及び上下移動を順次実行し、各動作後に待機時間を設けているためであると考えられる。一方で、必要な移動が旋回のみで完結する条件では、提案手法の方が短時間で対象を中央にとらえられる場合が確認された。この結果、注視点座標に基づいて旋回を一度で行う提案手法の特徴が有効に機能したことを示している。

次に、対象を中央に移動させる精度については、提案手法は移動後のY軸方向の対象位置に関しては提案手法のずれが大きい傾向が見られた。これは、上下方向制御が距離推定の精度に依存するためずれが大きかったと考えられる。

また、提案手法において対象を中央領域にとらえられた成功率は、対象との距離が近い条件や、必要な操作が旋回のみである条件において高い値を示した。特に、対象が中央領域の左右方向に位置する条件では、成功率が高く、提案手法が旋回操作に対して有効であると示された。一方で、上下移動を伴う条件や対象との距離が大きい条件では成功率が低下しており、上下移動制御の改善が課題である。

主観評価においては、ドローン操作の安定性や目の疲労に関する項目では安達らの手法が高い評価を得た。一方で、操作画面のわかりやすさに関する項目では提案手法の評価が高く、注視対象を見続けるだけで中央に移動できるという操作方法がユーザにとって理解しやすいことが示唆された。

以上の結果から、提案手法では一回の注視操作で対象を中央に移動させるという新しい操作方法を実現し、特に旋

回操作において高い有効性を示したと言える。今後、ドローンのカメラがチルト方向にも旋回可能な機器を用いることで、提案手法の操作時間および精度を向上させることが期待できる。

5. まとめ

本研究の結果、操作時間は全体として従来手法が短い傾向を示したが、必要な操作が旋回のみの場合には提案手法のほうが短時間で対象を中央に捉える条件が確認された。また、中央付近の対象に対する位置精度は従来手法と同程度であり、提案手法において一度の注視操作で対象を中央にとらえられることを確認した。さらに、対象との距離が近い条件では高い成功率が得られ、直感的な注視操作による中央捕捉の有効性を示した。

今後の課題として、上下移動制御の精度向上や注視操作に必要な時間および待機時間の調整による操作時間の短縮が挙げられる。さらに、チルト方向の旋回が可能なカメラを搭載したドローンを用いることで、上下方向の制御を旋回で補えるため、処理時間の高速化と位置精度の向上が期待される。

参考文献

- [1] 川村由里, 西崎未和, 田口(袴田)理恵, 看護師がとらえた在宅人工呼吸療法を行なう筋萎縮性側索硬化症療養者の外出への思いと看護師の支援, 日農医誌, 69巻5号, 494-505頁, 2021,1
- [2] 安達佳仁 他, “ALS患者のための視線検出デバイスを用いたマルチコンピュータの操作システム”, 日本機械学会論文集, 85巻, 876号, p.19-000112-19-000112, 2019.
- [3] Christian N. L. Olivers, “Selective attention and eccentricity: A comprehensive review”, Neuroscience & Biobehavioral Reviews, Vol.178, Article 106368, 2025.