

空中浮遊メディアによるメッセージ伝達インタフェース

高橋 阜^{†1} 小林 稔^{†1}

概要: 講演会の参加者のような、同じ空間を共有しているが互いに知り合いではないような人の集団の意思、つまり多くの人が共通して思っていることを、その空間にいる特定の人に自然な形で効果的に伝達する方法を検討している。その実現には、集団の意思を抽出する方法と、それを伝達する表現方法の開発が必要だが、本稿では主に、伝達手段として製作したヘリウムガス風船を用いた空中浮遊型インタフェースについて報告する。製作したシステムでは、室内の特定の場所に浮遊装置を誘導するために、室内の机の上に置かれた赤外線ビーコンが発信する信号を、浮遊装置下部に設置したセンサで検出して、信号の発信源の方向に進みその上で静止する制御方法を用いている。

Messenger Interface by Floating Media

SATSUKI TAKAHASHI^{†1} MINORU KOBAYASHI^{†1}

Abstract: We are working on the communication media that convey messages between people in a hall who are strangers to one another. As an implementation of the idea, we are developing a floating interface device, which gathers the idea of the people in the room and moves to the location where many of the people pay their attentions. This paper is about the floating interface device for this purpose. The device floats in the air by a helium gas balloon, and its motion is controlled by infrared signals that is emitted by the beacons on the table; the four infrared sensors on the floating device detects the signal, moves toward the beacon and stops over the beacon. This paper introduces the basic design of the floating interface device, findings from the test flights and the future directions of the project.

1. はじめに

空間を共有しているが、互いに知り合いではない人とのコミュニケーション手段の実現に取り組んでいる。さまざまな状況が考えられるが、例えば、講演会場で隣の人と小声で話している人がいる場合を考える。本人たちは十分に小声で話しているつもりにも関わらず、気付かぬうちに声が大きくなり、室内の誰もが気になってはいるが他人に対して注意したものかどうか迷っている、というような状況に、時折遭遇する。声をかけては、かえって講演を邪魔してしまうし、視線を送っても気付かれないことがある。勇気を出して歩いて注意しても良いが、トラブルになるかもしれない。本研究は、そのような状況での集団を代表するような意思の伝達を行うための自然で効果的な方法を検討することから始まった。

本研究は、①集団を代表する意思の推定と、②伝達インタフェースの実現によって構成される。①については、Twitter等で特定のタグを付けた Tweet を取得し、その情報をもとに推定することを検討している。例えば「右の後ろの方の人、ちょっと声大きいな」のような書込みをもとに、室内の人の思いをまとめる方法である。この方法の実現も多くの課題を含むが、本稿では特に、②の伝達インタフェースについて報告する。

本稿で提案する伝達インタフェースは、コンピュータで位置を制御できるヘリウム風船を用いた空中浮遊型インタフェースである(図1)。本稿では、最初に、このインタフェースの設計に至った経緯および設計指針を説明し、次に空中に浮遊するインタフェース技術を中心に関連研究を示す。次に実際に製作した浮遊装置について、その制御方法等を含め具体的に説明し、製作した空中浮遊型インタフェースを飛行させた結果を示す。最後に、今後取り組む課題について整理する。



図1 製作した空中浮遊型インタフェース

Figure 1 Our floating messenger interface.

^{†1} 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科
Department of Frontier Media Science, Faculty of Interdisciplinary Mathematic Science at Meiji University

2. 提案方法の設計

2.1 伝達インタフェースの形態の検討

システムが推定した同じ空間にいる集団の意思を伝える方法について検討した。直接的な方法として、チャットや Twitter または電子メール等によって、対象者にメッセージを伝える方法や、机の上にランプを置いて点滅させる等の方法が考えられる。しかし、1章で示したような状況では、対象となる個人を特定することはできない場合が多く、また、送付されたメッセージに本人が気付かない可能性もある。本研究では、物理的な実体を浮遊させて、対象者の近傍を飛行させることで、空間を共有する他の人が何かしと言いたいことがあることを曖昧に伝達することとした。対象者を明確に示すことはしないが、浮遊装置に気付いた対象者に注意を促すには十分なきっかけを与えることができると考えている。また、メッセージを出した側の人たちも、浮遊装置が対象者の方に移動したことを視認して、自分たちの意思が表現されたことを確認することができる等の利点もあると考える。

2.2 浮遊方式の検討

メッセージ伝達インタフェースを実現する浮遊装置の実現方法として、最初にクワッドコプターによるドローンの使用を検討した。位置の制御をプログラムで行うことが可能な市販製品も普及し、また高速に移動したり各種センサを搭載したりするのに必要な強い浮上力を持つことが利点である。しかし、1章で示した講演会場のような室内空間で使用するには、騒音が大きい、装置の下に強い風を起し書類を飛ばすなど迷惑がかかる、制御が不安定になり落下して人に当たるのではないかと空間にいる人に不安感を与える可能性がある、等の問題がある。

これらの問題を持たない方法を検討し、ヘリウムガス風船により装置を浮上させ、比較的弱いモータとプロペラにより推進する方式を採用した。この方法では、ドローンと比較して弱い推力で制御可能であり必要が無い時はプロペラを止めることができるので静粛であり、発生する風で問題を起こすことも無い。また、制御不能となっても装置全体がゆっくりと落下するので、室内の人に不安感を与える可能性が低い。

2.3 位置制御方式の検討

本研究では、室内の特定の場所に到達するように浮遊装置を誘導する位置制御方式が必要である。室内に設置されたカメラにより浮遊装置の位置を外部から計測し、その情報に基づき浮遊装置を目的地まで誘導制御する方法も考えられるが、室内全体を計測可能なシステムを使用する空間の形状に合わせて構築するのは容易ではない。

そこで、本研究では一定間隔で赤外線信号を発信するビーコン装置を用意し、ビーコン装置に向かって浮遊装置が移動するように制御する方式を取ることにした。室内の机

の上などに複数のビーコン装置を設置し、そのうちの1つから誘導信号を発信することで、浮遊装置を誘導する。

この方法によれば、ビーコンが発信する誘導信号の種類を増やすことで、複数の浮遊装置を誘導するシステムも容易に構築できる等の利点もある。

3. 関連研究

2章で示した空中浮遊装置によるメッセージ伝達インタフェースに関連する研究を整理する。

3.1 ドローンを用いたインタフェース

樋口、暦本らによる Flying Head[1]では、人間の歩行、見回す、屈むといった身体動作をドローンの操作に取り入れ、オペレーターの人間とドローン間にある身体性のギャップを埋めるための方法を提案し、UAV 操作のインタフェースとしてジョイスティックよりも有効であることを示した。これは、ドローンの操作方法の高度化を狙ったものだが、本研究では集団の意思を反映して自律的に動く装置を目指している。

また、安達らによる、自律型 AR.Drone による空撮写真シェアリングシステム[2]では、ドローンを自律飛行させ、撮影者がいない場合でも全体の様子を様々なアングルから写真を自動で撮影し、撮影した写真を SNS へ自動投稿することで、写真の撮影と投稿の手間を省くことを目的としている。ドローンを自律飛行させる点、および SNS と連携する点で本研究と近い。この研究では、撮影することを目的としているが、本研究では、物体の移動のメッセージ伝達手段としての効果に着目して進める。

ドローンを用いたシステムは、ドローンの移動や制御に対する反応の速さを利用しているが、本研究では、緩やかな動きを用い、それに適した誘導方法の検討も行う。

3.2 風船を用いたインタフェース

ヘリウムガス等で浮遊する風船を使用したインタフェースの研究としては、岩田による Floating Eye[3]や、Nowacka らによる Diri [4]が挙げられる。

Floating Eye は、ヘリウム風船による空中浮遊装置に搭載されたカメラで撮影した映像を、ユーザの頭部に装着したドーム型のスクリーンに表示することで、ユーザが風船の視点で周囲を観察することを可能にしたシステムである。ひもを引くことで、ユーザに追従するように移動する。風船をインタフェースとして用いているが、目的は人間の感覚の拡張であり、自律的に動く装置を目指していない。

Diri では、意図や動機を持っているという印象をユーザに与えるような動作をする自律インタフェース装置を作成することで、このインタフェース装置が室内において人と同様の社会的な存在として認識されるようになることを目的としている。装置の挙動パターンにより人々の反応が変化するかを搭載された小型カメラで観察している。Diri は

本研究と使用空間や目的が近く、浮遊メディアに対する人の反応を調べている点で関連が大きい研究である。本研究では、コミュニケーションの文脈に注目し、集団を代表するメッセージを伝達するインタフェースとして、風船による空中浮遊インタフェースのデザインを進めている。

4. 装置の実装

4.1 全体の構成

製作した浮遊装置は、装置を浮遊させる主な浮力を発生するアルミ蒸着フィルム製のヘリウムガスを充填した風船、その下部に接着された本体装置、および風船上面に接着された高度検出センサから構成される。(図2)

本体装置は、制御回路基板、赤外線センサ、電源、高度制御用モータおよびプロペラ、そして左右に伸びた腕の先端に設置された推進用モータおよびプロペラによって構成される。

本体装置の質量は約 140g で、それを浮上させるために補助風船を付けている。風船のヘリウムガス充填量と重りを調整することで、浮遊装置の総質量と風船の浮力が釣り合う状態よりもわずかに装置質量が大きい状態(約 190g)に調整しており、何も制御をしないと浮遊装置は緩やかに落下するようになっている。

動作中は、本体下部に設置されたプロペラによって上向きの推進力を発生し浮遊装置を浮上させる。高度検出センサによって天井との距離が設定値(約 20cm)より小さくなるとプロペラを停止し上昇を止める。このようにして、天井との距離が一定となるように高度を制御する。これは、浮遊装置の浮力が強く装置が天井に接してしまうと、装置と天井との摩擦によって装置の移動が妨げられることを防ぐための制御である。本制御は天井の存在を前提にしたものであるため、誤って天井の無い空間または天井が高い空間に浮遊装置が侵入した場合は上昇を続け制御不能になってしまう可能性がある。これを防ぐために、センサが検出した天井までの距離が 2m を越えた場合、および一定時間、制御信号を受信しない場合は、すべての制御を中止し緩やかに落下させることで、浮遊装置を安全に回収可能としている。

4.2 ビーコンによる位置制御方法

2.1 節で示した「ビーコン装置に向かって浮遊装置が移動するように制御する方式」の実現方法について説明する。

ビーコン装置はピーク波長 940nm の赤外線 LED とマイコンによって構成され、38kHz でパルス信号を送出する。将来は、これをキャリア信号としてデータを送信し細かい制御を行う計画だが、今回の実装ではデータは載せていない。

ビーコンからの信号を受け取るために、本体装置下部に 4 つの赤外線センサが配置されている。これは赤外線リモ

コン用センサで、ビーコンが発信する 38kHz のキャリア信号の受信の有無を出力する。4 つの赤外線センサは黒い遮光パネルで区切られた区画に設置され、それぞれ前後左右方向からの赤外線信号だけに反応するように配置されている。センサの受光感度分布を考慮して赤外線センサは 45° に傾けて配置してある。(図 3)

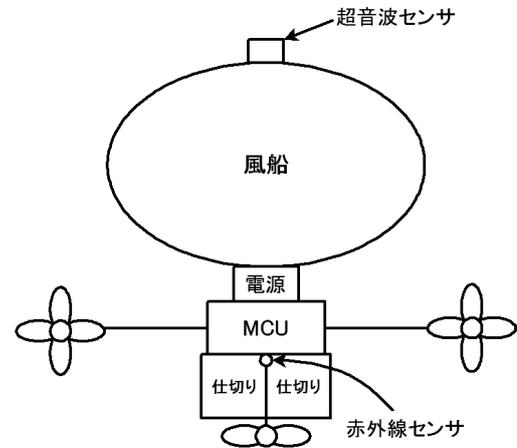


図 2 浮遊装置本体の構成

Figure 2 Structure of the floating device.

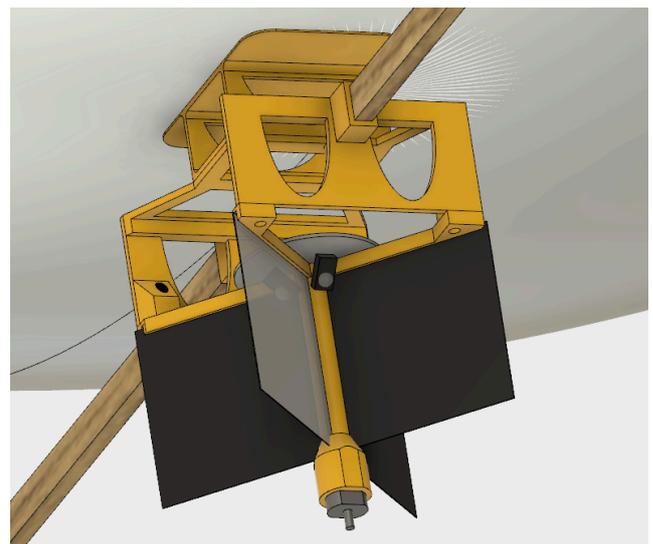


図3 風船下部に設置されたセンサ・制御ユニット。説明のため制御基板、プロペラは省略し、遮光パネルを半透明に表示している。

Figure 3 Sensors and control unit attached at the bottom of balloon. Circuit board and propeller are omitted and a light shield is illustrated translucently.

浮遊装置の推進は、本体装置の左右に伸びる腕の先端に取り付けられたモータによって回転するプロペラによって

行う。左右のプロペラに前向きの推進力を発生させれば前進、右は前向き、左は後向きの推進力を発生させれば、左方向に転回する。プロペラの回転は、前進、後進、右転回、左転回、停止の5つの駆動状態を取る。センサによるビーコンからの信号の受信状態により、これら5つの駆動状態の間を遷移させることで、浮遊装置をビーコンの位置まで移動する。

ビーコン信号の受信状態と、駆動状態の関係は次の通りである。これを繰り返すことで浮遊装置は目標のビーコンの上方まで移動する。

状態1：前方センサのみ受信→前進

図4(a)に示す状態である。図4中の星印はビーコンの位置を表す。装置の前方にビーコンがあり、前方に設置したセンサのみが反応しているため、本体を前進させるために左右のプロペラに前向きの推進力を発生させる。

状態2：左側センサのみ受信→左転回

図4(b)に示す状態である。浮遊装置の左側にビーコンがあるために、左側に設置したセンサのみが反応している。本体を左に向かせるために、左プロペラには後向き、右プロペラには前向きの推進力を発生させ、装置を左向きに転回させる。転回を行った結果状態1となれば、前進に切り替える。

状態3：右側センサのみ受信→右転回

状態2と逆向きに転回する。

状態4：後側センサのみ受信→後進

後方に目標があるので、転回せずにそのまま後進して目標に近づく。

状態5：複数のセンサが受信→停止

複数のセンサが受信するのは2つの場合がある。

1つは、装置の真下にビーコンがある場合で、この場合は目標に到達したとして移動を停止する。もう1つは、2つのセンサの中間の方向にビーコンが存在する状態で、転回中に起こりうる。この場合も駆動を停止する。装置が慣性で転回して状態1~4になれば、引き続き定められた方法で駆動を開始する。

状態6：全てのセンサが受信しない→停止

ビーコンが装置を呼び寄せるための信号を発信していない場合、または装置がビーコンから離れ過ぎて制御出来なくなっている場合が考えられるので、駆動を停止する。

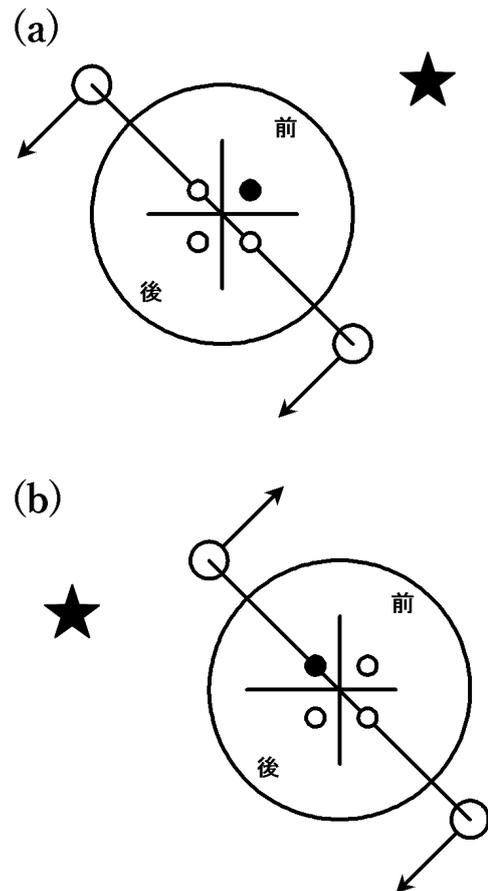


図4 赤外線センサとビーコンによる進行方向の制御例。
 ★はビーコンの位置、●は赤外線信号を受信しているセンサの位置、矢印はプロペラが発生する推力の方向を示す。
 Figure 4 Controlling thrusts by received infrared signals. ★ is position of the beacon, ● is position of the sensor that is receiving an infrared signal. The Arrows show the direction of propulsive force by the propellers.

5. 飛行実験

5.1 制御方式の動作確認

4章で作成した浮遊装置を用いて、実際の使用を想定している環境で飛行実験を行い、今回設計した方法で制御可能かを確認した。

使用した部屋は約20m四方で、前面は黒板が設置された壁、残りの1面は白色の壁、2つの面は白色の金属製ブラインドで覆われた窓である。ビーコンを設置する机の高さは約0.8m、浮遊装置の高度(床からセンサ部分までの高さ)は約2.3mである。(図5)

ビーコンと浮遊装置の接続可能範囲(ビーコンが発信する赤外線信号を浮遊装置が受信できる範囲)を調べた。ビーコンを鉛直上向きに置いた場合、浮遊装置との接続可能距離は約1.0mだった。次に、ビーコンを浮遊装置の方向に傾けた場合、浮遊装置との接続可能距離は約5.5mだった。

た。これは、赤外線 LED は指向性が強いと考えられる。より広範囲に信号を届かせるため、LED の配置や光量を再設計する必要がある。

ビーコン信号の到達範囲を拡げると、壁などに反射した信号がセンサに受信され誤動作する可能性が高まる。その影響を調べるために、ビーコンの LED を白色の壁面へ向け、浮遊装置のセンサの反応状態を調べた。その結果、反射した信号は直接到達する信号に比べて十分に小さく、影響が少ないことが分かった。

5.2 その他の課題

浮遊装置は非動作時には音を発しないが、目標に向かって移動するときや高度を調整するときプロペラを回転させる音が発生する。小さな音であるが、静粛な室内の雰囲気に影響を与える可能性がある。この影響の大小については、システム完成後に実際に使用する状態で印象を調査する必要がある。

また、実際の室内には天井付近にも多様な障害物が存在する。例えば、空調装置や音響装置、図 5 に映るディスプレイ装置等である。これらへの衝突を回避する方法、または衝突しても迂回する方法、制御方法や浮遊装置の形状の工夫により実現する必要がある。

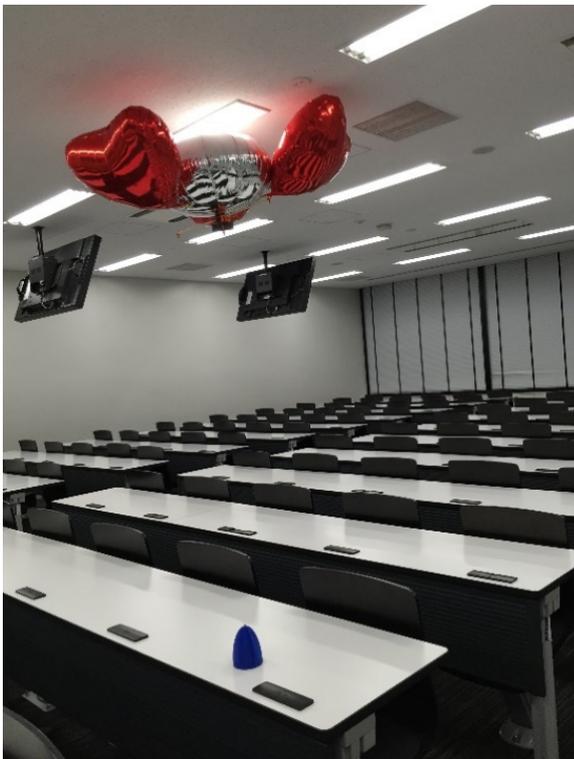


図 5 飛行実験の様子。手前の机の上に置かれた半楕円球形状の小型の装置がビーコンである。

Figure 5 Flight Test. The small device on the table in front is the beacon.

6. 考察と今後の進め方

6.1 メッセージ伝達手段としての浮遊装置の利用

本装置を 15 人規模の教室 (実験室) で日常的に浮かばせていたが、慣れるに従い普通に受け入れられるようになった。数人に印象を尋ねたところ、「可愛らしい」「愛嬌がある」というコメントを受けた。このことから、このインタフェースを社会的な存在として受け入れてもらえる可能性はあると考える。

最初は存在そのものが珍しく注目を集めるが、次第に慣れてしまう。存在に慣れた後でも、十分にメッセージを伝えられる手段を用意する必要がある。浮遊装置が発するメッセージが対象者や周囲の人に不快感を与えないことが条件だが、現在は次の方法を考えている。

- LED でスポットライトのように対象者や机上を照らす。
- 音を出す。
- 写真を撮る (または、シャッター音を発して撮影するふりをする。)
- 表示デバイスで文字や画像を表示する
- 浮遊装置の動きをジェスチャのように使う

これらの方法を、軽量の装置で実現する工夫が必要である。

6.2 ビーコンによる誘導方式

飛行実験に使用した 20m 四方程度の空間で任意の場所に誘導可能とするためには少なくとも 15m 程度 (部屋の中央から四隅までの距離) 離れた場所から浮遊装置を呼び寄せられることが必要である。現在の装置では接続可能距離が 1m しかないため、これを伸ばす必要がある。そのために、LED 光量を増やすことと、複数の LED を組み合わせることで全方向に信号赤外線を照射できるビーコン装置の設計に取り組んでいる。5.1 節の実験では問題無かったが、発光量や照射方向の拡大によって壁面からの反射の影響が問題にならないかを確認しながら装置の拡張を進める。

さらに大きい空間で使用する場合を含めて考えると、複数のビーコンによる誘導を繰り返して目標に近づくように制御する方法も必要となる。このような、ビーコンを連動させた制御の実現は今後の重要課題である。接続可能距離が短くても、複数ビーコンによる連続的な誘導で遠くまで誘導することが可能になる。ビーコンの密度が誘導精度を決定するので、本方式はある程度の数のビーコンが設置されることを想定している。その環境を活かす意味でも連続的な誘導技術は有効だと考えている。

1 つの空間内で複数の浮遊装置を使用することも想定している。そのために、ビーコンから発信する信号に呼び寄せる浮遊装置の識別情報を加え、特定の浮遊装置だけを呼び寄せる方式の実現も近い将来実現する。これとあわせて、より多くの情報をビーコンから発信可能とする設計も進めて行く。

6.3 空中浮遊装置の設計

本研究の浮遊装置は室内での使用を想定し、必要がなければできるだけ目立たない存在となることを意図している。できるだけ小型であることが望ましい。また、運用面では航空法の模型飛行機の範囲に入る 200g 以下を上限に設計を行なっている。そのために部品の軽量化や装置の配置を工夫してきたが、6.1 節で示したような出力装置の追加のために更なる軽量化を進める。

また、5.2 節で示した天井の障害物を回避しやすくするために、装置は滑らかな円形が望ましい。用途にあった風船の製作も行なっていく。

6.4 集団の意思を推定する手段の実現

本研究の目的を達成するために、1 章で示した①集団を代表する意思の推定も実現する必要がある。これによって浮遊装置の移動に意味が与えられ、受け止め方（人が、浮遊装置が近づいて来たことをどのように解釈するか）が変わるか否か、変わるとしたらどのように変わるかが、本研究が最も明らかにしたい点である。これについては、推定手段ができた後で実験を行う必要があるが、推定アルゴリズムを模擬した実験で、浮遊装置によるメッセージングの効果についてのみ確認する方法も検討していきたい。

7. まとめ

本研究では、空間を共有しているが、互いに知り合いではない人の間のコミュニケーション手段の実現に取り組んでいる。その中でも特に本稿では、推定された集団を代表する意思を伝達するための伝達インタフェースの実現について報告した。

インタフェースの動作制御を行うための機構を作成し、実際に飛行実験を行った結果を踏まえ、今後の課題を整理した。飛行実験の結果から、プロペラの騒音、赤外線センサと LED ビーコンの接続可能距離の短さ、天井の障害物という課題が見つかった。今後は、これらの課題を解決しつつ、実際に人間に働きかけを行うシステムとして完成させ、その受け止められ方を調査していく予定である。

参考文献

- 1) 樋口啓太, 暦本純一: Flying Head: 頭部動作との同期による無人航空機の操作メカニズム, インタラクション 2013, pp.87-94 (2013).
- 2) 安達拓也, 池田祐馬, 宮林佑介, 村上大和, 濱川礼: 自律型 AR.Drone による空撮写真シェアリングシステム, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-EC-36, No.13, pp.59-64 (2015).
- 3) 岩田洋夫: Floating Eye, http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/floatingeye/floatingeye_j.html
- 4) Nowacka, D., Hammerla, N., Y., Elsdén, C., Plötz, T. and Kirk, D.: Diri - the Actuated Helium Balloon: A Study of Autonomous Behaviour in Interfaces, UbiComp '15, pp.349-360 (1992).