Technology Reports
ドローン　超音波振動　飛行船
先進技術特集

羽根のないドローン

先進技術研究所　山田（やまだ）　渉（わたる）　真鍋（まなべ）　宏幸（ひろゆき）†
池田（いけだ）　大造（だいぞう）

羽根のないドローンとは，プロペラや羽ばたき翼などを用いずに飛行する安全な屋内向け飛行船型ドローンのことである．ヘリウムガスが充填された風船の浮力によって浮遊し，さらに「空気ポンプ」として動作可能なマイクロブロアによって生み出される推力で空中を移動する．本稿では，羽根のないドローンの概要を解説し，国内外の展示会に出展した際の様子を紹介する．

1. まえがき

空中を自在に飛び回ることができる無人航空機（以下，ドローン）は「空の産業革命」とも称され，近年，大きな注目を集めている．その理由として，2010年，Parrot社からAR DRONE®＊1［1］が発売されて以降，ドローンの急速な低価格化と高性能化が進んだことと，空間を自在に飛び回ることができ，活用の幅が広く，大きな可能性を秘めていることが考えられる．いくつかドローンの活用例を挙げると，空撮，測量や点検，物流，農業，レスキューといったものや，さらにはドローンを活用したエンターテイメント［2］［3］などがある．

しかし，ドローンの普及が進む一方で，安全性や規制についての議論も常になされてきた．例えば，高速で動くプロペラや羽ばたき翼などの機構がヒトやモノに衝突すると，その相手に重大な怪我や損傷を与えるばかりではなく，ドローンそのものも破損する可能性がある．さらに飛行時に発生する音や飛行時間の短さといった問題もある．

そこで，ドコモでは回転翼や羽ばたき翼といった機構の代わりに，安全かつ小さな超音波振動で空気を吐出するマイクロブロアを用いて空中を飛行することが可能な羽根のないドローンを提案している［4］．このマイクロブロアの超音波振動は，マイクロメートル単位の微小な幅で振動するため，人

©2020 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます．

＊1　AR DRONE®：仏国Parrot社の登録商標または商標．

†　2019年3月まで先進技術研究所に在職

に接触しても怪我の危険性はなく安全で，かつ非常に静音である．さらには，羽根のないドローンは飛行船型で空中を移動するときのみマイクロブロアを使うため長時間飛行することが可能である．そのため，本技術は例えば従来のドローンでは飛行が難しかった屋内ライブやコンサートでの観客の上空や，ショッピングモールやオフィスなどの有人環境といった場所での活用が期待できる．

本稿では，羽根のないドローンの概要を解説し，欧州最大の放送機器展であるIBC2019（International Broadcasting Convention 2019）に出展した際の様子を紹介する．

2. 羽根のないドローンの概要

羽根のないドローンの外観を**写真1**に示す．羽根のないドローンは，最大直径はおよそ90cmで機体の重量はおよそ200g程度である．ただし，重量については，後に解説するように地上の空気中で，ドローンの質量と同等の浮力を得るようヘリウムガスを機体に充填することにより，相対的な重量は0gとなる．

羽根のないドローンの構造を**図1**に示す．羽根のないドローンは大きく3つのパーツに分けることができる．

①機体中心の浮力を生み出すための風船
②機体左右の推進力を生み出すマイクロブロア
③機体下部のバッテリーや制御回路，機体重量調整用の錘などのその他のパーツ

それぞれの詳細を以下に解説する．

2.1 風　船

風船の直径は約80cmでドローンの中心に設置され，その機体の重量と同等の浮力を得るようにヘリウムガスが充填されている．市販品を使用して，機体200gの浮力分のヘリウムガスが充填可能な大型のものである．素材は，強度が高く，ヘリウムガスを逃しにくいアルミ蒸着フィルムのため，非常に割れづらい上，一回の充填で数週間程度は機体を飛行させるのに十分な浮力を得る．また長期間の運用に伴ってヘリウムガスが減少した場合でも，ヘリウムガスを追加で充填することで再利用できるため，安価に運用可能である．またこの風船を取り囲むようにカーボンフレームが搭載され，カーボンフレームと風船はテープで接着されている．このカーボンフレームの左右にはマイクロブロア，下部にはバッテリーや制御回路，機体重量調整用の錘などのパーツが搭載されている．

写真1　羽根のないドローン外観

2.2　マイクロブロア

風船単体ではただ浮かんでいるだけであり，自力で空中移動するためには，別途，推進力が必要となる．そこで，羽根のないドローンでは，この推進力を得るためのアクチュエータ*2として，圧電素子による超音波振動で空気が吐出できるマイクロブロアを用いている．圧電素子は交流信号を印加することにより，微小な振動を発生させることが可能であり，スピーカーや超音波モータをはじめとしたさまざまな機器に用いられている．**図2**に示すマイクロブロアは，村田製作所が市販している圧電素子を駆動源とするエアポンプである．

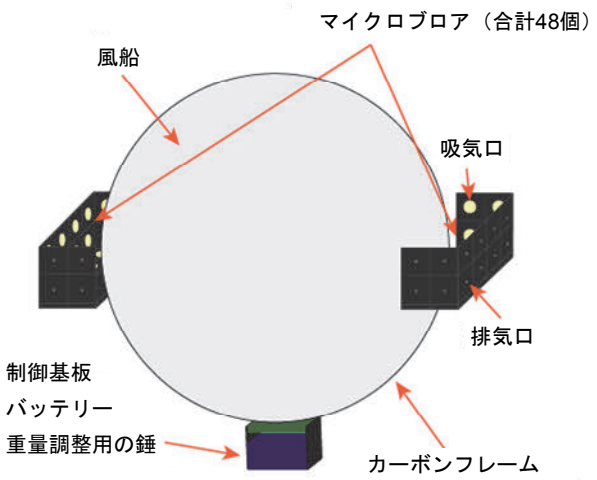


図1　羽根のないドローンの構造

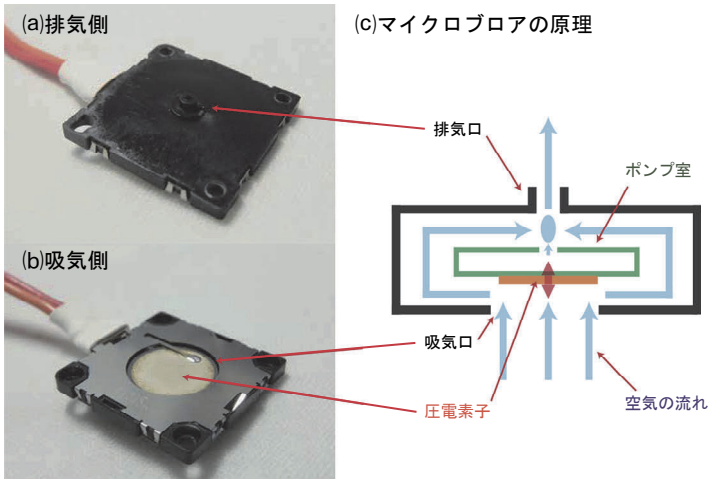


図2　マイクロブロアの構造

*2　アクチュエータ：入力されたエネルギーを用いて物理的な動力を生み出す機械要素のこと．モータ，油圧シリンダはアクチュエータの例である．

従来のエアポンプは，内蔵されたファンやソレノイド*3を駆動源として気体を吸気・排気していたが，このマイクロブロアではそれらの代わりに圧電素子を超音波振動させることで動作する．マイクロブロアは小型，軽量な上，圧電素子の駆動周波数が26kHzと人間にはほとんど聞こえない超音波域であるため，動作音が非常に静かである．さらに内蔵された圧電素子の振幅はマイクロメートル単位の非常に微小なものであるため，指や髪の毛が巻き込まれる心配がなく，安全性にも優れている．しかし，マイクロブロアは従来のドローンの多くに用いられてきたプロペラ機構と違い，わずかな風流しか生み出せない．また回転翼と違い，反転動作させることで逆方向の推力を得ることもできない．そのため，ヘリウムガスを充填した風船を用い，機体の重量に相当する浮力を発生させ機体重量を実質的に0gにし，わずかな力で動くようにした上で，各方向に複数個のマイクロブロアを同時に駆動させて空中を移動させる方式を採用した．

マイクロブロアは，**写真2**に示すように機体の左右それぞれに24個ずつ取り付けられており，機体全体で合計48個用いられている．この48個のマイクロブロアは，上下・左右・前後の各方向それぞれ8個組で構成されている．各方向のマイクロブロアは独立に制御可能なため，上下・左右・前後方向のマイクロブロアを組み合わせて同時に駆動することで，上下・左右・前後だけでなく3次元空間中の任意方向に移動することができる．しかし回転動作については，機体の重心が下部にあるため，ピッチング*4・ローリング*5はできない．ただし，横方向の回転であるヨーイング*6は左右についた，前後移動用のマイクロブロアを互いに動作させることで，実現可能である．

2.3　機体下部のパーツ

機体下部には，バッテリーや制御回路，機体重量調整用の錘などのその他のパーツが搭載されている．機体のバッテリーには3S 450mAhのLi-Po*7バッテリーを用いている．どのように飛行させるかで大きく変わるが，この大きさのバッテリーでおよそ1～2時間程度の飛行が可能である．またドローンの制御にはFHSS（Frequency Hopping Spread Spectrum）方式*8のプロポーショナルシステム*9を用いている．制御回路は送信機からの信号に基づき，最大22.2V，26kHzの交流信号を各マイクロブロアに送り，制御している．機体調整の錘には，直径1mm程度の鉛球を用いており，機体の浮力と釣り合うように飛行前に錘の数を調整している．また写真2に示すように，機体下部に無線カメラを搭載することも可能である．そのため，例えば，ショッピングモールやオ

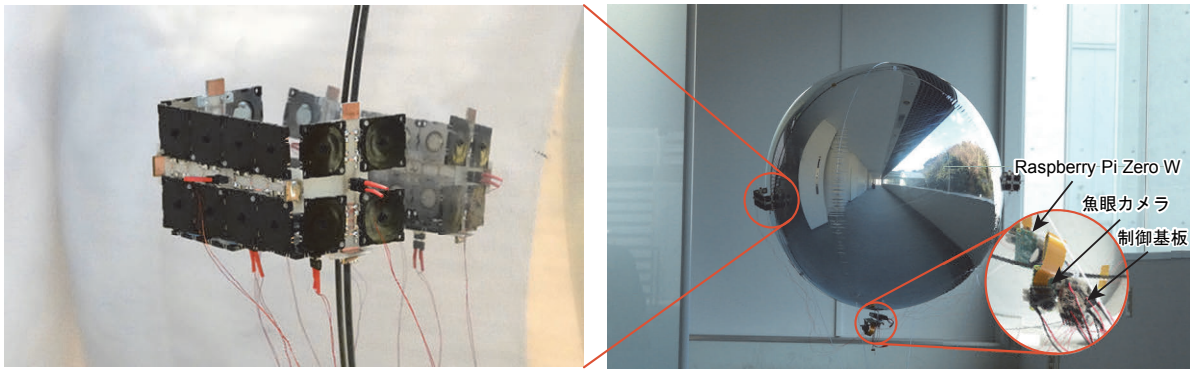


写真2　マイクロブロア機体に各パーツを取り付けた様子

＊3　ソレノイド：コイルに電流が流れる際に発生する磁気作用を利用して，電気エネルギーを機械的直線運動に変換する機構部品．
＊4　ピッチング：機体の左右を軸とした回転運動のこと．
＊5　ローリング：機体の前後を軸とした回転運動のこと．
＊6　ヨーイング：機体の上下を軸とした回転運動のこと．
＊7　Li-Po：リチウムイオンポリマー二次電池のこと．
＊8　FHSS方式：無線通信で用いられるスペクトラム拡散の方式の一種で，データを搬送する電波の周波数を短時間で変えて行く方式のこと．
＊9　プロポーショナルシステム：操縦者が操作した量に比例（プロポーショナル）して，機体の操縦を行うことができるシステムのこと．

フィスといった有人環境で飛行させ，上空から映像を撮影，さらにその映像を解析することで，新たな警備，または人流解析などのマーケティングが可能になると考えている．

3. 展示会出展の様子

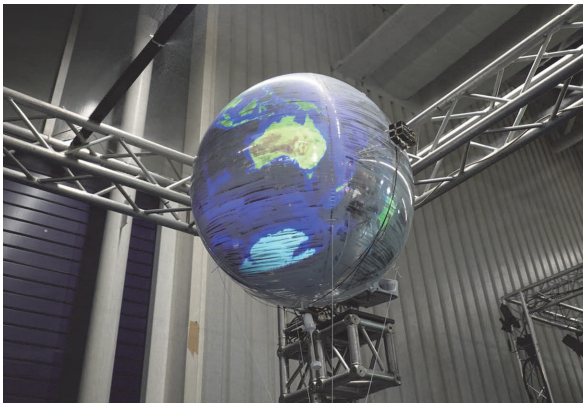
羽根のないドローンは2019年4月17日に報道発表後，4月27日から開催の「ニコニコ超会議2019」内の「日本電信電話ミカカランド・NTT超未来研究所6」にて初出展した．この展示では，来場者にケージに覆われたブース内で飛行する羽根のないドローンを操縦してもらった．さらに9月13日からアムステルダムで開催された欧州最大の放送機器展示IBC2019にも展示した．同展示会では，**写真3**(a)に示すように，羽根のないドローンを来場者がいるブース内で飛行させるというデモンストレーションを行い，同ドローンの安全性や静音性を訴求した．さらにデモ飛行に加えて，写真3(b)のように羽根のないドローンへ外部プロジェクタから映像を投影するデモンストレーションも実施した．本技術は，このようにプロジェクションマッピングと組み合わせることで，空中に映像を表示する空間演出ソリューションとして提供することが可能になると考えられる．

同様にドローンで空中に高解像度映像を映し出す技術として，浮遊球体ドローンディスプレイ®＊10がある．本技術は浮遊球体ドローンディスプレイと違い，外部プロジェクタが必要なことや機動性が低く耐風性にも弱いといった課題はあるものの，屋内ライブやコンサートでのステージといった場所のみならず，従来では安全性の観点から実施が難しかった観客の上空や，ショッピングモールやオフィスなどの有人環境といった場所で活用することが考えられる．

4. 今後の課題

羽根のないドローンは従来のドローンで用いられてきたプロペラや羽ばたき翼の代わりにマイクロブロアを採用したことにより，高い安全性や静音性を実現した．しかしながら，同技術には，まだ多くの課題がある．例えば，マイクロブロアの推進力は非常に小さく，さらに機体が大きいため，空調設備から吐出されるわずかな風でも流されてしまう問題がある．また飛行速度も遅く最大でも秒速20cm程度しかない．またヘリウムガスを充填した大きな風船が必要なため，大型化は容易だが小型化することは

(a)ブース内を飛行する様子



(b)プロジェクタから映像が投影された様子

写真3　展示会デモンストレーション

＊10 浮遊球体ドローンディスプレイ®：㈱NTTドコモの登録商標．

難しい．今後は，より高い推進力を持ったアクチュエータを開発し，耐風性および機動性を高め，実用的なソリューションとして運用できるよう開発を進める．

5. あとがき

本稿では，プロペラや羽ばたき翼を用いずに飛行する新たなドローンである羽根のないドローンの解説を行った．本技術は報道発表以降，国内だけでなく海外も含めたさまざまなテレビ，新聞，Webニュースなどに取り上げられた．本技術は公共空間など人が存在している環境であっても飛行が可能であり，空間中の任意の場所でセンシングをしたり，映像や音を出力することができるため，将来の実用的なユビキタスコンピューティング環境の構築に貢献すると考えられる．

今後は同技術の実用化をめざし，より高出力なアクチュエータの開発や，プロジェクションマッピングなどのアプリケーションの開発などを進める．

文　献

[1] Parrot, AR.DroneWebサイト．https://www.parrot.com/jp/doron/parrot-ardrone-20-elite-edition

[2] Intel：“The Airborne Revolution in Drone Innovation.” http://www.intel.com/content/www/us/en/technology-innovation/aerial-technology-overview.html

[3] W. Yamada, K. Yamada, H. Manabe and D. Ikeda：“iSphere：Self-Luminus Spherical Drone Display,” In Proc. of UIST'17, 2017.

[4] W. Yamada, K. Yamada, H. Manabe and D. Ikeda：“ZeRONE：Safety Drone with Blade-Free Propulsion,” In Proc. of CHI'19, 2019.