

通信用マンホールを対象とした自律飛行ドローンのガード構造の実験的検討

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○内堀 大輔, 渡邊 一旭, 濱野 勇臣
非会員 中川 雅史*, 櫻田 洋介, 荒武 淳

*: 東日本電信電話株式会社 (現所属)

1. はじめに

NTT アクセスサービスシステム研究所は、通信用マンホール (MH) の点検作業を安全かつ効率的に実施するために、ドローンを用いた MH の点検技術の研究に取り組んでいる。本研究では、自律飛行ドローンが MH へ入孔し内部を自動的に撮影して、撮影画像から画像認識により劣化の検出を行う技術の構築を目指している。筆者らは、MH におけるドローンの自律制御手法を提案し、試作ドローンを用いた検証によって実寸大の MH においてドローンの自律飛行が可能であることを確認した¹⁾。しかしながら、本検証において、MH の最も狭隘な箇所は幅 700 mm であり、狭小空間を飛行する際にドローン自らが発生させた風に煽られて MH の壁面に衝突後、墜落するケースが発生した。さらに、実物 MH ではドローンの飛行動線上に作業者が出入孔するためのステップ等の突起物があり、ドローンが突起物に引っ掛かり墜落する可能性が考えられる。

そこで、本稿では MH の狭小箇所を自律飛行する際に、ドローンが壁面や突起物に接触しても墜落せずに、飛行を維持するためのガード構造の提案と、本ガードを装着したドローンによる接触検証の結果と、ガード構造の有効性に関する考察を示す。

2. マンホールの狭小空間の構造と自律飛行時の課題

図-1 は、MH において最も狭小な空間である首部の構造と、自律飛行の検証時に発生した、もしくは想定される課題を示したものである。MH における首部は、幅 700 mm の円筒状の構造であり、側面には作業者が MH 内部へ出入りするためのステップが取り付けられている。地上部との境界部には MH 鉄蓋の受枠が設置されている。この首部空間におけるドローンの自律制御方法は、壁面やステップに接触しないように、搭載したレーザセンサにより壁面との距離を計測し、壁面と一定の離隔を保つように上昇もしくは下降動作を行うようにしている。しかしながら、首部は狭小な空間であることからドローンが発生させた風が不規則な気流を発生させ

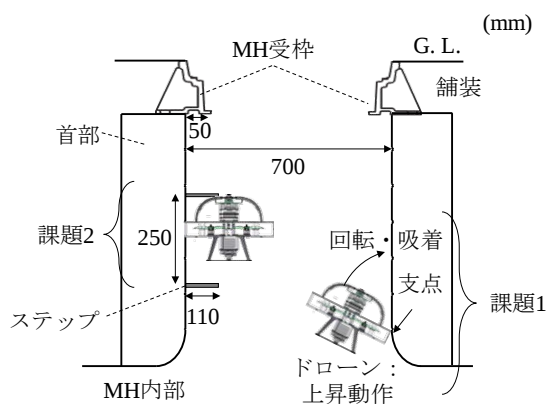


図-1 首部の構造と首部での自律飛行時の課題

るため、ドローンを壁面と一定の離隔で安定して制御させることが難しく、左右に少しでも揺れると壁面やステップへの接触が発生する。図-1 の課題 1 は、筆者らが実寸大 MH における検証時に発生した事象に基づいている¹⁾。ドローンの上昇動作中に、機体が安定せずに、ガードが壁面に接触後に引っ掛かり、接触点が生じると機体が壁面に吸着して墜落が発生した。これは、ドローンはプロペラ上部の空気を吸引しているため、壁面方向への回転が加速して吸着してしまったと考えられる。一方、下降動作では、この現象は確認されなかった。これは、プロペラの下部からは空気が下方に排出されるため、機体の壁面方向へ回転が抑制されたと考えられる。課題 2 は、ステップ等の突起物へ飛行中のドローンが引っ掛かり動けなくなることへの対策である。

3. ガードの構造設計

課題 1 であるドローンが上昇動作中に壁面との接触点を支点とした回転と吸着の抑制と、課題 2 である突起物への引っ掛かり対策を行うために、ガード構造の設計を行った。図-2 に提案するガード構造と本体への装着の様子を示す。ガードの構造は、プロペラより上部とプロペラ周辺の中中部と下部の 3 層で構成される。高さは、273 mm である。これは、首部に設置しているステップの間隔 250 mm より大きく設計しており、ステップの間にドローンが進入することを防止している。上部ガードは、垂直方向に対して 25 度の傾斜角でドロー

キーワード：ドローン、ガード、自律飛行、通信用マンホール、点検

〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 Tel:029-868-6250

ンの本体の上方に伸びている。これは、ガードが壁面に接触し、ドローン本体が回転し、壁面に吸着しても 25 度を超えて傾くことはないため、回転による墜落を防止することができる。下部ガードも同様に、垂直方向に傾斜角をつけている。上部と下部ガードに傾斜をつけて、中部が最も膨らむような形状にした理由は、上昇や下降動作中にステップに上部や下部ガードの最上面や最下面の平らな箇所が引っ掛かる可能性を少なくするためである。傾斜をつけて、ガードの平らな面積を減らすことによって、水平に伸びる突起に対して引っ掛かりを起こす確率を減らしている。

4. 提案ガードを用いた飛行検証

提案ガードを用いた首部壁面、ステップ、受枠への接触検証を実施した。検証条件を以下に示す。検証環境は、実物の MH を用いた。ドローンの飛行動作は、上昇と下降の 2 パターンで行い、飛行中に壁面等に接触させる。ドローンは自律飛行させずに、プロポ操作により手動で接触を発生させる。上昇と下降は、1 m/s の一定の速度で動作するように設定した。接触箇所は図-3 に示すように、受枠、ステップ、首部壁面、首部下端の 4 パターンとして、接触時のドローンの挙動を観測した。

表-1 に検証結果を示す。上昇と下降の動作における接触検証数は、それぞれ 60 回と 57 回実施した。上昇動作では、受枠と首部下端に接触した場合は、ドローンは受枠や壁面から跳ね返り、引っ掛かることなく上昇動作を継続することに成功した。一方、首部壁面とステップに接触した際に、接触箇所から動けなくなり、飛行動作が停止してしまう事象が発生した。首部壁面では、コンクリートの凹凸にフレームが引っ掛かり、墜落はしないが上昇できなくなってしまった。しかし、本検証では、壁面に接触した直後も、ドローンを壁面方向に移動する操作を継続する条件で検証を行ったため、このような事象となったと考えられる。実際の自律飛行では、壁面に引っかかってもドローンが壁面方向に回転して吸着しなければ、センサにより壁面から離れる動作が発生するため飛行動作が停止することは考えにくい。検証時にもドローンが壁面に吸着して墜落することではなく、引っ掛かっても壁面から離れる方向にプロポ操作を加えれば、飛行動作が回復した。また、ステップでは、上部ガードの隙間にステップが食い込んでしまった。これは、上部ガードの間隔は一番広い場所で約 160 mm で設計したためである。本事象は、上部ガード

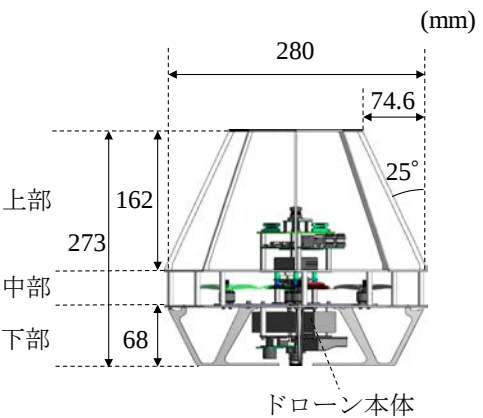


図-2 ガードの構造と本体への装着の様子

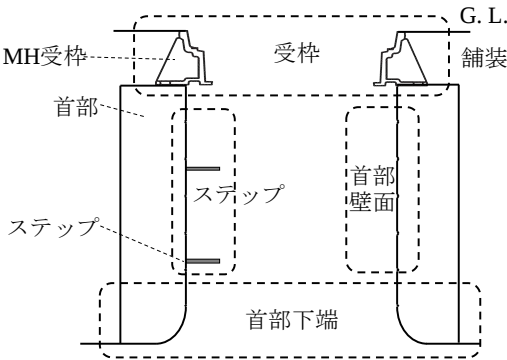


図-3 ドローンの接触箇所の分類

表-1 接触検証の結果

飛行動作	接触箇所	検証数 (回)		合計
		飛行継続	飛行停止	
上昇	受枠	20	0	60
	首部壁面	9	12	
	ステップ	8	6	
	首部下端	5	0	
下降	受枠	19	0	57
	首部壁面	32	0	
	ステップ	6	0	

の間隔を狭く再設計することで回避できるため問題ないと考えられる。下降動作では、いずれの接触箇所でもドローンは跳ね返り、動作は停止しなかった。

5. まとめ

ドローンの上昇下降動作中に MH の壁面や突起物に接触しても飛行動作を継続するために有効なガード構造の提案と検証を行った。本検証において、提案するガード構造は、接触による墜落の防止に有効であることがわかった。

参考文献

1) 内堀大輔ら：自律飛行ドローンによる通信用マンホール点検技術の開発－実寸大マンホールにおける自律飛行検証－，令和 2 年度土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会，2020，VI-287.