

排煙管内清掃ロボットの開発

山崎彰太*¹ 荻野重人*² 山川翔平*³ 笠原章裕*⁴

Development of a Duct Cleaning Robot

YAMAZAKI Shota*¹, OGINO Shigeto*², YAMAKAWA Shohei*³, KASAHARA Akihiro*⁴

抄録

焼肉店等に設置された無煙ロースターの清掃不良による火災件数の増加や、その排気ダクトの清掃が容易ではないという背景を受けて、本研究ではドライアイス洗浄方法を用いた排気ダクト内の清掃を行うロボットの設計・試作を行った。結果、90度エルボを走行でき、360度回転可能なドライアイス噴射口を搭載した、シンプルな機構のロボットの試作機を開発した。

キーワード：ロボット，排管清掃，ドライアイス洗浄

1 はじめに

近年、焼肉店等では、各テーブルで調理を行うことができる無煙ロースターの設置が一般的となっている。無煙ロースターは、調理時に発生する煙を吸引し室外へ排出することにより、室内への煙の充満や、衣類への臭い移り等を防ぐことができるといった特徴がある。一方で、長期間の使用によって排気ダクト内に油塵が堆積し発火する危険があるため、定期的な清掃や点検が必要とされている。

しかしながら、床下に配置されていることが多い排気ダクトの清掃作業には、休業を要する工事が必要となる場合もあり、経済的損失が大きい。また、排気ダクトの清掃不良が原因で発生した焼肉店の火災件数は、増加傾向となっているのが現状である^{1)~4)}。

そこで、定期的なダクト清掃を容易とし、火災

予防に寄与することを目的に新たな試みとして、床下工事を必要とせずダクト管内を清掃することができるロボットの開発を行った。

2 設計仕様

2.1 油塵等の除去方法

排気ダクト内に堆積した油塵等の除去には、ドライアイス洗浄の方法を用いる。ドライアイス洗浄は、圧縮空気によりドライアイスのペレットを対象物に噴射することで、汚れを除去する方法である。この方法は、ドライアイスペレットを高速で対象物に衝突させた上、その隙間に潜り込んだドライアイスが昇華する際の体積膨張により汚れを剥離させることができるため、洗浄効果が高い。また、本方法は、ドライアイスは気化するために付着物や残留物が無いといった特徴がある。

2.2 想定した配管の条件

本研究で想定した排気ダクトの設置条件を図1に示した。無煙ロースター手前から床下へは約0.7m程度の排管長とし、ここから90度エルボにて、水平に埋設された約3m程度の排気ダクトに

*¹ 事業化支援室 製品開発支援担当

*² 北部研究所 副所長

*³ 北部研究所 事業化・製品開発支援担当

*⁴ 北部研究所 材料・機械技術担当

接続される。なお、管直径は一般的な 150mm を想定した。

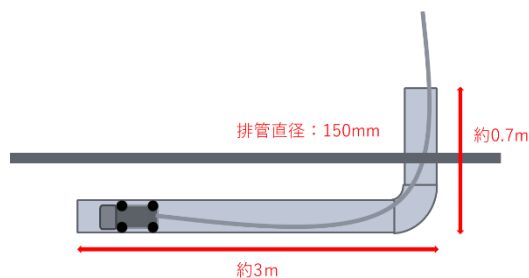


図 1 配管設置の想定条件

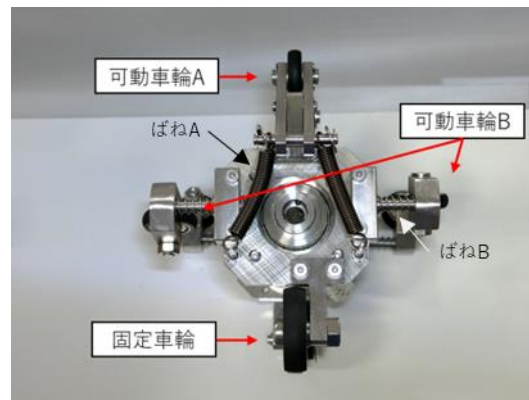


図 3 車輪の配置

2.3 ロボットの要求仕様

2.1 で述べたドライアイス洗浄を用いてロボットによる排気ダクト清掃を行うためには、ダクト管の内壁全体を適切に清掃することができるドライアイス噴射口を備え、かつ図 1 に示したような 90 度エルボを含む排気ダクト内を移動することができる車体(ロボット)が必要である。

また、電気配線の断線の恐れがあることなどから、ロボットの移動等にはモータ等による駆動力を持たせず、電力を使わない設計とした。

したがって、ロボットに要求される仕様として、

- ① 90 度エルボ部分を曲がることのできる機構
- ② ドライアイス噴射の反力に耐えられる機構
- ③ ドライアイス噴射口を回転できる機構
- ④ 電力を使用しないロボット本体

の 4 点を満たす設計を行うこととした。

3 結果及び考察

3.1 試作したロボット

試作したロボットを図 2 および図 3、仕様を表 1 に示した。

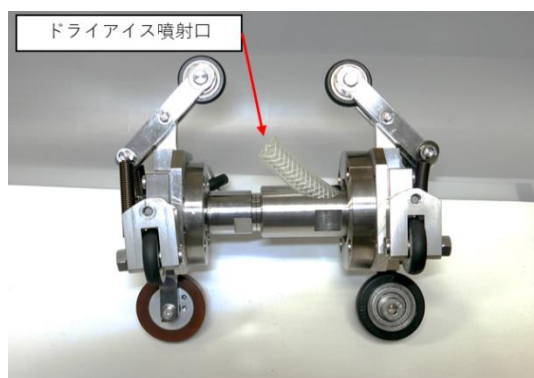


図 2 試作したロボット

表 1 ロボットの仕様

寸法	
車体	180×165×155 mm (全長×高さ×幅)
固定車輪	幅 10×φ 40 mm
可動車輪 A・B	幅 8×φ 25 mm
噴射口径	φ 9 mm
重量	2350 g
ばね定数	
ばね A	1.86 N/mm
ばね B	0.29 N/mm
噴射口回転減速比	1:1.4
ホース接続部規格	R 1/2

3.1.1 90 度エルボを曲がることのできる機構

最初に、ロボットの長さ(車長)を決定するため、モックアップの前後に 2 個ずつキャスターを取り付けたものを 3 種類(100, 150, 200mm)用意して、エルボを通過できるか確認を行った。結果、100mm では容易にエルボを通過できるが、バランスが不安定となり進行方向に脱輪してしまった。また、200mm のものは通過できなかった。これらのことを考慮して、本試作機におけるロボットの長さは 150mm 程度とすることにした。

また、ロボットの長さ 150mm を実現するために、ドライアイス噴射口はロボットの前部部分ではなく、中心部分に設けることとした。このため、ロボットの構成は、中心にあるドライアイス噴射

口用の回転軸に対し、進行方向に向かって前後に車輪群を設ける形となった。

さらに、エルボ部分における内輪差と外輪差を吸収させるため、内側を通る車輪にばねを用いることで、車輪位置が壁面との距離に合わせて伸縮自在となるように設計した。

3.1.2 ドライアイス噴射の反力に耐えられる機構

車輪の配置については、図3に示したようにロボットの前後に車輪群を設け、各車輪群は1つの固定車輪と3つの可動車輪を有し、それぞれの車輪は進行方向から見て90度ずつずらした配置とした。

ダクト内側を通る可動車輪Aとダクト外側を通る固定車輪の間に、可動車輪Aに引張ばねを2本用いており、強く内壁を押さえつけることができる。また、2つの可動車輪Bは、それぞれの車輪に圧縮ばねを1つずつ用いて、補助的に内壁を押さえつけられるようになっている。

ここで、表1に示した性質のばねを使用し、予備実験として、ドライアイス噴射時の圧力をやや上回る0.8MPaの圧縮空気のみによる噴射テストを行った。結果、噴射中、噴射後ともにロボットに異常は見られなかった。

したがって、これらの機構により、ドライアイス噴射の反力にも耐えられるものと考えられた。

3.1.3 ドライアイス噴射口を回転できる機構

ドライアイス噴射口の回転機構は、2.3で述べたように電力を使用しないものとした。そこで、ドライアイス噴射口と一体となった回転軸に対し、車輪の駆動力を伝達させることによって噴射口を回転させる機構とした。

図4のように、車輪および回転軸をそれぞれプーリと一体化させ、車輪からの動力をベルトで回転軸側に伝達させた。この回転方法によれば、車体の送り速度と噴射口の回転速度は同期するため、車体の送り速度を清掃途中に変えたとしても吹き付けムラは生じない。また、プーリは交換可

能であるため、任意の減速比に変更が可能である。なお、本設計では車輪の周長を12.5cm、プーリ歯数は車輪側35、回転軸側25とした。そのため、ロボットが8.9cm進む間に噴射口が1回転する。

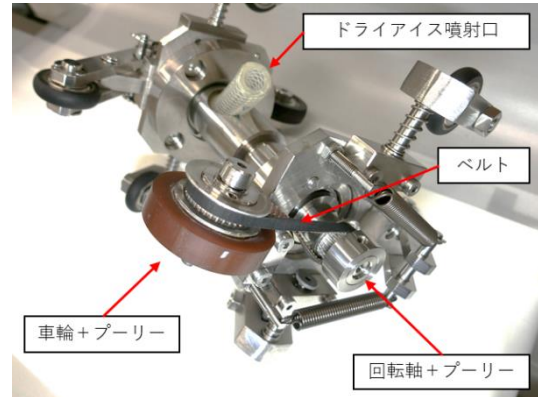


図4 ドライアイス噴射口の回転方法

3.2 試作した送り装置

ロボット車体に直結したホースを両側からベルトで挟み込み、ホースを送り出すことができる送り装置の試作を行った。試作した送り装置を図5、仕様を表2に示した。

ロボットをダクト入口に挿入した後、ベルト間を拡げてホースを装置に挿入し、再度ベルト間を縮めてホースを挟み込む。その後、モータによるベルト駆動により、ホースの送り込みができる。送り速度は任意に変更可能である。この送り装置とロボットを組み合わせることで、排気ダクト内の清掃をスムーズに行うことができる。

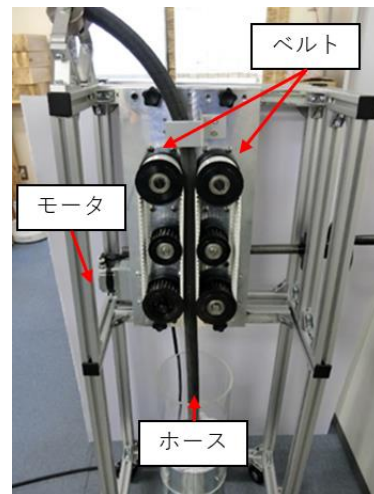


図5 送り装置

表2 送り装置の仕様

寸法	360×360×560 mm
重量	27 kg
ベルト周長	400 mm
モータ	
型番	BXM230-GFS(Oriental Motor)
トルク	0.1 Nm
減速比	200
電源	AC100V
最大速度	3 m/min

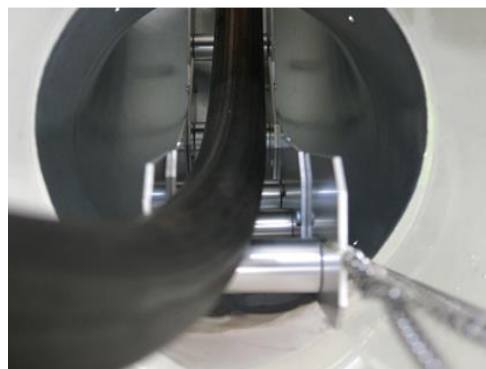


図7 ガイドローラおよび送り込み作業

3.3 ガイドローラの必要性

3.2で述べた通り、ロボットの移動方法は、ロボットに接続されたホースを利用して、これを送り込むことを行っている。しかし、本方法では図6に示したように、エルボ部分においてホースが壁面に押し付けられ、それが抵抗となって車体が奥へと進みづらくなってしまいうという問題があった。そこで、エルボの曲線に沿わせることができる、関節を持った図7および表3に示したようなガイドローラを試作し、これを用いて送り込みを行った。結果、これまでエルボ部分で抵抗となっていたホースが、ガイドローラによって奥へ送り込まれるようになり、車体の移動もスムーズに行うことができた。

表3 ガイドローラの仕様

寸法	長さ 550×幅 60×高さ 55 mm
重量	500 g
ローラ径	φ 50 mm
ローラ数	7

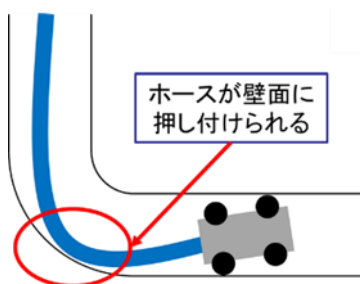


図6 ホース送りの問題点

4 まとめ

ドライアイス洗浄による排気ダクト内の清掃が可能なロボットの試作を行った。

- (1) 90度エルボを曲がることのできる機構を開発した。
- (2) ドライアイス噴射の反力に耐える機構を開発した。
- (3) ドライアイス噴射口が、ロボットの走行と同期して回転する機構を開発した。
- (4) (1)～(3)の無電力機構を実現した。

今後は、実際のドライアイスペレットを用いた噴射試験を行い、清掃現場への導入を目指す。

参考文献

- 1) 東京消防庁, <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/hp-ogikubo/pdf/yakiniku.pdf>, 2019.3.13
- 2) 船橋市, <http://www.city.funabashi.lg.jp/curashi/shoubou/003/dakutokasai.html>, 2019.3.13
- 3) 大阪市, <http://www.city.osaka.lg.jp/shobo/page/0000288475.html>, 2019.3.13
- 4) 野田哲也, 山内一弘, 江口真, 黒田裕司: 炭式の下排気方式ロースターに関する研究, 消防科学研究所報, 41, (2004)53