

配管探査ロボット「配管くん」の 3D マッピング活用について

株式会社弘栄ドリームワークス 経営企画部 いながき かずみ
稲垣 和美

1. はじめに

2019年11月に設立された株式会社弘栄ドリームワークスは、配管探査ロボット「配管くん」、AI漏水診断システム「音とりくん」をはじめとした各種機器やソフトウェアの開発・製造と、「何とかしたいを何とかします!」という設備業プラットフォームの運営を行っている。

ロボット開発を始めるきっかけは、代表の船橋吾一が親会社である弘栄設備工業株式会社で営業を行っていた時に、改修工事を受注し、工事をする時に施工箇所の図面が存在しなかったり、配管場所や長さなどが図面と異なるケースもあったり、そのたびに余分なコストが発生するケースに直面したことである。そんな現場での経験が、ドローンが普及し始めた頃に、それを利用して配管内を移動して配管の位置や距離などを把握できないかとの発想につながった。

2. 「配管くん」開発

2016年8月に弘栄設備工業の新規事業としてロボット開発に着手し、同年12月に山形大学と「繊維型配管移動ロボット」の共同研究を開始。



写真-1 I型0号機

2018年2月には立命館大学と「車輪型配管移動ロボット」でオムニホイールを装着したヘビ型ロボットの共同研究を開始し、ロボット開発の基礎ができていった。そして半年後の2018年8月にφ75配管移動ロボットの0号機が完成した(写真-1)。

その後改良を続け、バネ式の姿勢制御により垂直管を上下したり、複数のエルボ管をスムーズに通り抜けたりすることが可能となった。これにより、前後に搭載されたLEDライトとカメラにより配管の中を撮影した画像は、ブレがなく安定したものになった。

この「配管くん」が世の中からどう評価されるのか、マーケットの反応を確認する目的で2018年10月に東京ビッグサイトで開催された「Japan Robot Week 2018」に初出展し、同年の「第50回管工機材・設備総合展」、「第1回施設リノベーションEXPO」にも出展し、多くの来場者に披露して高評価をいただいた(写真-2)。

配管探査ロボット「配管くん」は、2018年に開発開始後改良を進めていたが、2019年には従来のバネ式の姿勢制御からモーター制御に変更し、屈折可動部3カ所に計6個のモーターを搭載した。車両はIP55の防水構造として、連結はそれまでの6両から4両へ、オムニホイールは10個から6個へと減らすことで、φ100～150の配管サイズ内であれば屈曲姿勢や形状を変更できるようになり、通過方向を制御し、それまで走行不可能であったT字管や異口径配管間の移動も可能

となった。

本体には前後にCMOSカメラ、LEDライト、ジャイロセンサーが搭載されていて、配管内を移動しながら撮影し距離計測を行うことで、配管長や位置を把握し、図面を作成する。撮影した動画や配管図はクラウド上に保存されるため、すぐにタブレット端末やPCで確認することが可能となり、報告書作成、客先での提案などに利用可能である（写真-3、図-1、2）。

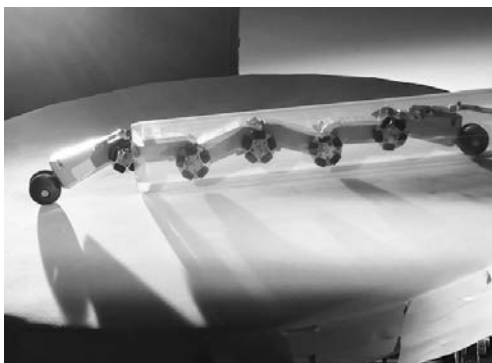


写真-2 旧ヘビ型1号機「配管くん」



写真-3 現I型「配管くん」

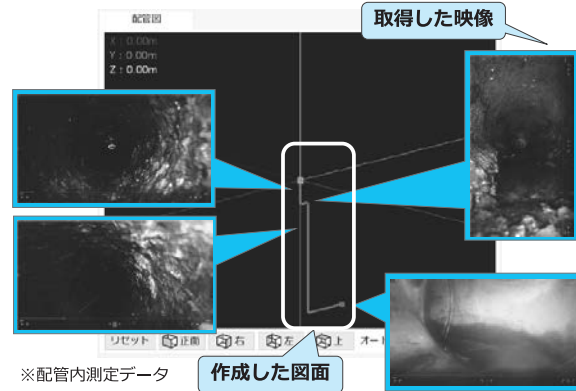


図-1 取得データ



図-2 調査報告書

3. 「配管くん」 I 型の次期モデル

2019 年以降も年 2 回ほど展示会に出展して、マーケットの声や反応を確認しながら、さらなる改良を重ねてきたが、問題点が浮き彫りになった。

まず操作性の問題で、モーターごとに操作レバーを調整する必要があるため、エルボや異口径管を通過する際に非常に複雑な操作が必要であること。また、ボディ重量が 2 kg を超えるため、駆動部に強力なモーターが必要となり、サイズも大きくなった。その他改善すべき点がいくつかあり、新型の開発を進めた。

2021 年 11 月に投入予定されている次期「配管くん」I 型は、現在の問題点を全て解決できるメカニズムを取り入れて開発されている（図-3）。

まず 6 個のオムニホイールから 10 個のメカナムホイールへ変更し、それぞれにモーターを配置した。また屈折可動部 5 か所にも、計 5 個のモーターを搭載した。前進、後退と左右に曲がる操作以外はオートで進んでいけるため、操作性が大きく向上し、誰でも簡単に操作ができるようになる。ボディは現在のアルミからポリカーボネートへ変更して軽量化を図っており、段差や管内の走行環境の変化にも対応できるようになる。移動距離も増えた。

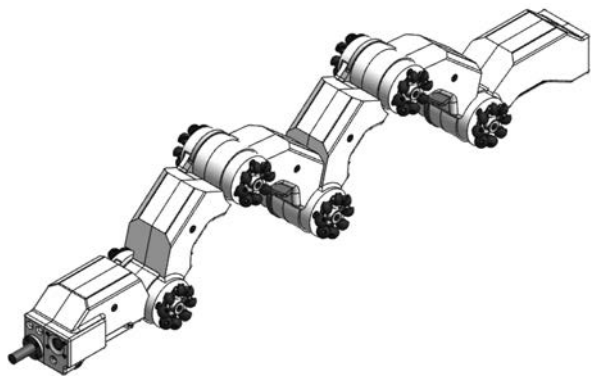


図-3 次期 I 型「配管くん」

4. 「配管くん」のラインナップ

「配管くん」は排水管用 $\phi 100 \sim 150$ 対応の I 型以外にも、II 型、III 型とラインナップがある。

II 型 A は、排水管用で高圧洗浄ホースを一体化することで、映像で洗浄状態を確認しながらの作業が可能となった。高圧洗浄の水の噴射を推進力に利用することで管内を移動。広角 170 度カメラと高輝度 LED により映像撮影が可能で、 $\phi 40 \sim 75$ 対応、 $\phi 75 \sim 100$ 対応と 2 種類ある（写真-4, 5）。

水流で移動させる II 型 B は、配水管用の通水検査や配管内の状態を確認、検査等を実施する用途で開発した（写真-6）。 $\phi 75 \sim 100$ に対応可能でジャイロセンサーを搭載している。これらは、調査データから配管図を作成することが可能である。調査可能距離は現在 50 m 程度だが、さらに測定距離が長くなるよう改良を進めている。



写真-4 II 型 A ($\phi 40 \sim 75$ 対応)



写真-5 II 型 A ($\phi 75 \sim 100$ 対応)

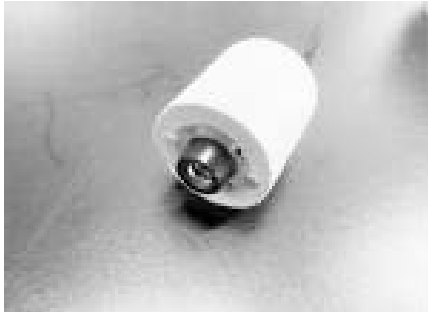


写真-6 II型 B



写真-7 III型

III型は大阪ガス株式会社と株式会社ニシヤマと共同開発したもので、φ25～75に対応するパネワイヤー型タイプのカメラである。曲がりの多い小口径配管の内面調査が可能となり、排水管やガス管を探索できる。回転挿入治具を利用することで、先端が段差を超えたり曲部を通過したりできる。現在、調査可能距離は12mである（写真-7）。今後、ジャイロセンサーの搭載や調査可能距離のアップも進んでいく予定だ。

5. 漏水診断システム「音とりくん」

弘栄ドリームワークスの開発機器のもう一つの代表機器が、漏水診断システム「音とりくん」である。従来、漏水調査会社や設備工事会社などが漏水場所を探すには、熟練技術者が音聴棒や電子音聴器を利用して、漏水が発生していると思われる場所のわずかな音を聞き取りながらも雑音を聞



写真-8 漏水診断システム「音とりくん」

き分け、特定する必要があった。昨今、そのような技術者の高齢化と若手技術者の人材不足により、伝承が厳しい時代になってきた。そこで当社が開発したのが、「音とりくん」である（写真-8）。

「音とりくん」は、感振棒や感振アタッチメントにより、測定した漏水時の振動データを判定サーバーへアップロードし、独自のアルゴリズムで確率判定を行うシステムである。診断結果は接続したスマートフォンの画面に表示されるため、漏水調査の経験がほとんどない若手技術者等でも利用して判定することが可能となり、外部の調査会社に委託していた業務を自社で行うことが可能になるだろう。我々のところにも、親会社経由で漏水場所の調査依頼が来ることがある。以前いくつかの企業に調査依頼をしたが、漏水場所の特定ができないといったケースがあった。そのような難しい現場で「音とりくん」を使用することで、漏水場所が特定できて、その後の本工事の受注に貢献できたケースがあった。

全国の漏水場所が特定できない現場で、ぜひ活用していただきたいと思う。

6. 想定している分野、ユーザー

弘栄ドリームワークスは、「配管くん」シリーズや「音とりくん」を販売ではなく、設備工事会社や環境衛生会社等経由でエンドユーザーにレン

タル提供しているが、エンドユーザーはオフィスビルや商業ビル、マンションなどあらゆる建築物の給排水設備の施工者が対象となる。老朽化が進んだ建築設備では図面がないことが多く、早急に配管調査を実施したいという要望が多数寄せられている。

我々の親会社が上下水道をメインとした設備工事会社であるため、給排水管の調査を主に行うことを想定しているが、それ以外にもガス管や電線管、ダクトやプラントエンジニア業界からも工場設備の調査ニーズが多数届く。リソースも限定されている中で、すぐに対応できないことも少なからずあるが、できることから対応していきたい。

7. 今後の展開

「配管くん」は、東京ビッグサイトで2018年10月に開催された展示会「Japan Robot Week 2018」に初出展して以来、通算5回の展示会に参加してきた。数多くの来場者から様々なご意見やご要望をお聞きし、参考にしながら開発を続けてきた。想定していた以外の業種からも多種多様なニーズがあることを学んだ。今後の機能アップや改良については、現場での作業効率が上がる機能を中心にバージョンアップを図っていこうと考えている。

具体的には、過去に走行した配管内のデータをAIにより分析し、走行する配管形状を自ら判断しながら走行姿勢や回転姿勢など自動変形するようにしていく。作業員が操作フリーで配管内の状況を自動で収集していくようになれば、夜間や早朝でも作業ができるようになり、作業効率は飛躍的に上がる。また、収集した画像や図面データを収集、解析して、配管の異常や点検時期等を自動的に通知できるようにすることも考えている。

現在の「配管くん」は洗浄後での使用を条件にしているが、洗浄前の状況を確認したいというケ

ースや、配管の肉厚がなく高圧洗浄を行えないケースもある。そういう状況下で配管洗浄をしなくても利用できれば、配管調査のニーズがより高くなると思う。配管の肉厚測定のご要望も多数いただくので、考えていきたい。

現在はφ25～150の配管であれば、5種類の「配管くん」で対応しているが、配管径が限定されているため、マーケットも必然的に限定されてしまう。今後は対応できる配管径も増やしていく必要があると考えている。より口径の大きな配管への対応を求める声が多くあるが、まずはニーズが多い口径から対応していきたい。

より口径の大きな配管への対応を求める声はプラントエンジニアリング業界からが多く、配管径の対応もさることながら、化学薬品等への対応が必要とされるため、開発側へリクエストしていきたい。

最後に我々は、設備業プラットフォーム「何とかしたいを何とかします！」を通じて「配管くん」をはじめ、漏水診断システム「音とりくん」、その他さまざまなコンテンツをパートナー経由で全国に広めている。現在は東日本で「配管くん」、「音とりくん」、その他のサービス提供をしているが、2022年からは徐々に西日本へ提供エリアを広げていく予定だ。

布石として2020年9月には、インテックス大阪で開催された「第3回【関西】施設リノベーション EXPO」で関西初出展した。また、2021年12月2日から開催される「第20回 管工機材・設備総合展 OSAKA 2021」にも出展予定である。関東では、12月6日から東京ビッグサイトで開催される「第4回 施設リノベーション EXPO」に出展予定だ。

東日本で展開してきた「配管くん」を西日本全域へ広げていき、お客さまのお困りごと「何とかしたい」を、弘栄ドリームワークスはパートナーさまと共に「何とかします！」と解決していく。