

マグネット車輪移動機構

引地 達矢^{*1} 村田谷武志^{*2} 廣瀬 尚哉^{*3}
Hikichi Tatsuya Murataya Takeshi Hirose Naoya

1. はじめに

火力発電所のボイラー検査では、現状では年1回ボイラーを停止して炉内火炉壁の肉厚や表面状態を点検している。しかし、ボイラー火炉壁は概略で幅25m×奥行き15m×高さ30mと大きく、そのままでは点検困難のため内部に足場を設置して点検をしているのが実情である。その足場の階層は15階程度となり、足場の設置／撤収だけでも大変な費用と労力になる。そのため、今回はボイラー火炉壁を自由に走行でき、足場無しで炉壁を点検できる装置のプラットフォームとしてマグネット車輪移動機構を開発したので紹介する。

2. システム概略

マグネット車輪移動機構は、世の中に多数存在する。その中で、今回はフラットな壁面から多少の凹凸のある壁面まで走行できる移動機構として開発をした。ターゲットはボイラーの炉壁のように配管が平行に配置されているような壁面であるが、凹凸を有する壁面に対しても移動できるものとして開発をしているため、ボイラー壁面だけでなく橋梁や船殻、水門など、鋼製で概略平面をもつ構造物であれば走行が可能である。

構造は図1の通りである。4輪の大型車輪を両端に配置し、その中央部は各種検査機器を搭載す

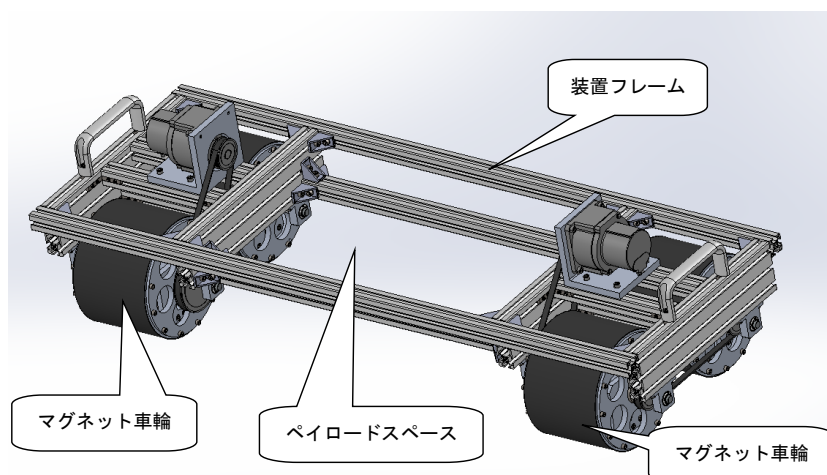


図1 マグネット車輪移動機構概略図

*1：検査事業部 第一検査部 エンジニアリンググループ グループ長

*2：機器装置事業部 メカトロシステム部 第一グループ 主幹

*3：機器装置事業部 企画・開発部 部長

るためのスペースとした。ここで重要なのは、車輪径を大きくしたことである。車輪径が小さいと、ボイラー炉壁のように凹凸がある壁面ではマグネットの車輪が凹凸にはまって抜け出せなくなる現象が発生する。

車輪が管1と管2にまたがった位置にいる状態を図2に模式的に示す。このとき車輪が管の間から抜け出すには管2で生じるトラクション F_t に対して管1で吸着する力 F_m に打ち勝つ必要がある。

$$F_t > F_m \times \sin(2\theta) \quad (1)$$

ここで、摩擦係数を K とすると F_t は以下のとなる。

$$F_t = F_m \times K \quad (2)$$

管の間隔 $L1$ 、間の摩擦係数 K は一定とすると、車輪半径 r が小さいほど θ が大きくなり、式(1)の右辺の値が大きくなり、不等式が成り立たず車輪が管の間から抜け出せなくなる可能性が出てくる。そこで、本装置では車輪径を大きくし、 θ を

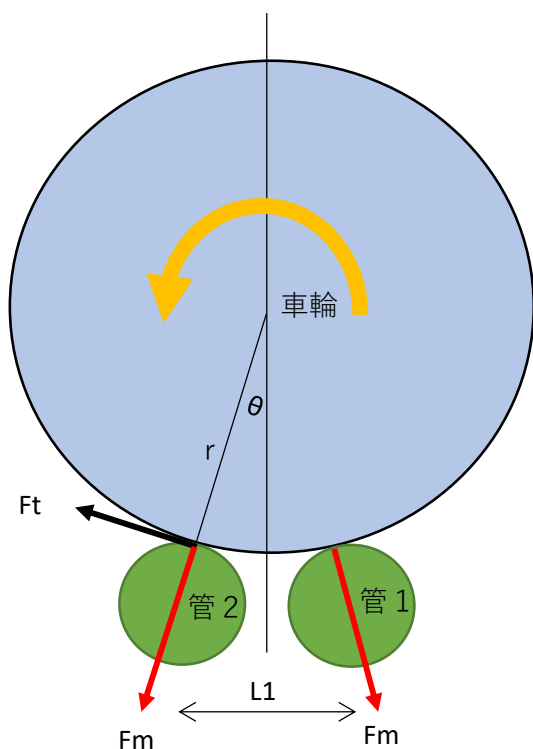


図2 配管壁面の接触模式図

小さくすることで凹凸面での走破性を確保した。

また、一般的なマグネット車輪移動機構では、車輪そのものをマグネットで構成させることが多いが、車輪の大型化は装置重量の増加を招く。そのため、本装置では車輪内部に部分的にマグネットを配置してマグネットによる重量増を抑える構造とした。また、車輪内マグネットの支持方式の違いを図3に示す。車輪内のマグネットを下向きに固定して配置するのではなく(図3(a))、車輪軸周りに自由に回転できるように支持する構造(図3(b))とすることで、車輪より大きな曲率部分なら吸着力を落とすことなく乗り移ることができる構造とした。

3. 検査装置などの搭載

本装置は、車輪と車輪の間に各種機器を搭載するパイロードスペースを設けた。このエリアは、搭載する機器によって自由に拡張できる構造とした。

今回は、実際のボイラー炉壁検査で使用されている電磁超音波を用いた肉厚検査装置(EMAT)を搭載してみた。今回選定したEMATは、ハンディータイプではあるが外部からのコントロールができないため、小型空圧シリンダを用いて操作パネルのスイッチを押せるようにし、合わせて本体の表示部を遠隔で見られるように表示部を映すカメラを設置する構造とした。EMATのプロブは、装置中央にエアシリンダで支持され、ソリ状のボードの上に設置して壁面の凹凸を乗り越えられる構造とした。探傷の最初にエアシリンダを用いてプロブを壁面に押し付け、その後シリンダはフリーにしてプロブの磁力で壁面に吸着して検査、検査終了後はシリンダの力でプロブを壁面から持ち上げて収納する構造とした。

また、実際のボイラー内で走行するためには監視カメラが必要であるため、市販のネットワーク監視カメラとLED照明を搭載した。ネットワー

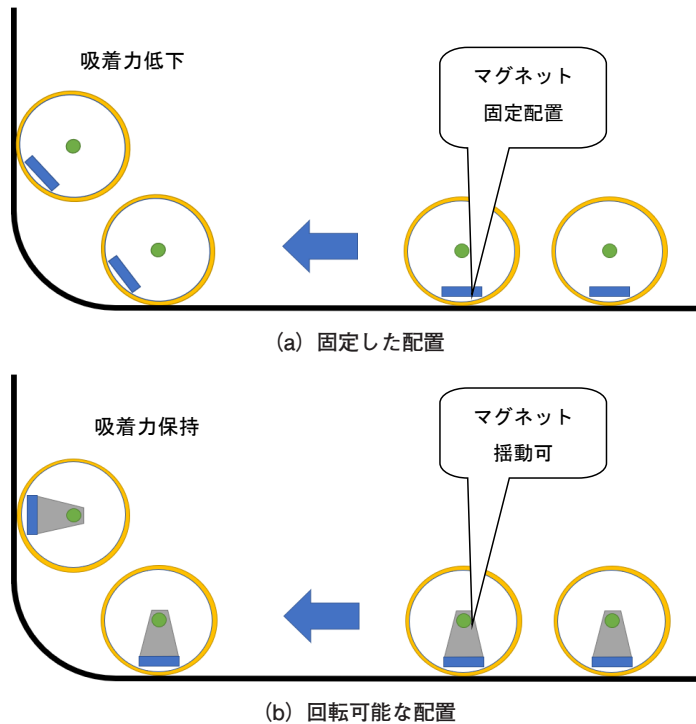


図3 車輪内マグネットの支持方式の違い

ク型監視カメラは、外部よりパン・チルト・ズームが行えるもので、走行時に周囲の構造物などに干渉しないかを確認できるものとして選定搭載した。

4. 装置仕様

マグネット車輪4輪で鋼製壁面を移動できる機構とし、中央のペイロード部分にEMATとカメラを搭載した。

電源および信号については、省配線とするため、基本的に電源はAC100Vを1系統供給し、装置本体内の機器はその電源で駆動するようにした。当初バッテリー電源として電源線も無くすることも検討したが、移動時間の制約やバッテリー切れの際の装置回収、装置重量の増加など、デメリットが多いため、今回はバッテリー電源は採用しなかった。なお、今回の試作では、要求仕様のモータードライバが入手できなかったため、モ-

ータードライバのみ別電源から供給した。

信号系はLANケーブル1本とし、制御信号やカメラ映像などを全てLANケーブルで伝送する方式とした。これにより、装置とコントローラ間は電源とLANケーブルだけで構成され、省配線とすることができた。なお、今回はEMATを操作するためにエアシリンダを用いているため、エア源としてエアチューブを1本、配線と合わせて引き回している。

装置寸法は、ボイラーのマンホールを通過しやすいようにするため、奥行きと高さを抑えてφ500のマンホールを通過できるサイズとした。また、今回は装置の幅寸法を搭載したEMATとカメラに合わせたペイロードスペースとして設計しているが、搭載する機器に合わせて設計を変更することでさまざまな機器に対応できる。

製作した試作機の各主要仕様を表1に記す。また装置の写真を図4に示す。

表 1 主要仕様

項目	仕様	備考	
装置寸法	幅	876mm	取手などの突起含まず
	奥行き	440mm	
	高さ	360mm	
ペイロード幅	300mm		
装置重量	約 40kg		
最大吸着力	120kgf	計算値	
必要ユーティリティー	AC100V(单相) エアークンプレッサ	EMAT 操作用	

5. まとめ

今回紹介したマグネット車輪移動機構は、主なターゲットをボイラー炉壁として搭載機器などを選定したが、移動プラットフォームとしてはさまざまなものが搭載可能である。また、電源および LAN 構成としているので、ケーブル自身もあまり重くならず、装置走行の負担にならないようにするとともに、汎用性をもたせた形で構成した。今後は、他の機器搭載や信号処理関係の変更などを実施するとともに、自動走行対応、位置決めシステムの搭載など、機能拡張してさまざまな場面で適用できるようにしていく予定である。

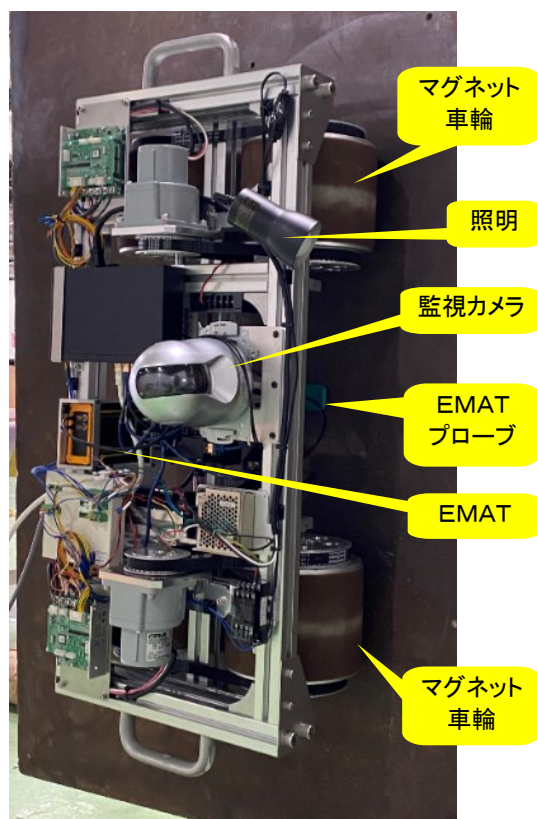


図 4 EMAT 搭載の装置外観
(模擬壁面に吸着した状態)



検査事業部 第一検査部
エンジニアリンググループ
グループ長

引地 達矢

TEL. 045-759-2527
FAX. 045-759-2146



機器装置事業部
メカトロシステム部
第一グループ 主幹
村田谷 武志

TEL. 045-791-3525
FAX. 045-791-3538



機器装置事業部
企画・開発部
部長

廣瀬 尚哉

TEL. 045-791-3525
FAX. 045-791-3538