

在来線通勤型車両空調装置の自動吊り上げ装置の開発



和田 智樹*¹



今埜 大介*²



藤井 威人*³



岡本 康太*⁴



中島 啓行*⁵

Development of Automatic detachment/attachment and transport equipment for HVAC on Commuter Train

Tomoki WADA*¹, Daisuke KONNO*², Takehito FUJII*³, Kouta OKAMOTO*⁴, and Hiroyuki NAKAJIMA*⁵

*¹ Assistant Chief Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group *² Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group

*³ Principal Chief Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group *⁴ Transport Dept, Sendai Branch Office *⁵ Manager, Transport Dept, Hachioji Branch Office

Abstract

In the field of railroad vehicle maintenance, a more efficient business system is required from the viewpoint of reducing the number of employees due to mass retirement and controlling repair costs. In particular, the work of detaching and attaching the HVAC on the roof of a commuter type railroad vehicle requires personnel, so the need for mechanization is a high priority. Therefore, in this research, aiming at labor saving of work on the roof, we developed the equipment of automatic detachment/attachment and transport HVAC on the roof of commuter train. And verification using the actual HVAC was carried out in the manufacturer's factory.

●**Keywords:** Automatic detachment/ attachment and transport equipment, Material handling, Rail transport system, HVAC

*JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 副主幹研究員 *JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 研究員

*JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 上席研究員 *仙台支社 運輸車両部 車両課 (元テクニカルセンター 研究員)

*八王子支社 運輸部 車両課 (元テクニカルセンター 主幹研究員)

1. 緒言

車両メンテナンスの現場では、大量退職による社員数の減少や修繕費抑制の観点から、これまで以上に効率的な業務体制が求められている。特に在来線通勤型車両屋根上空調装置（以下、空調装置）の脱着作業は、玉掛作業に4名、クレーン操作に1名の計5名以上の人員が必要であり、機械化のニーズの優先度が非常に高い。

そこで本研究では、屋根上空調装置の脱着作業の省力化をめざし「空調装置把持機能付きモノレール搬送システム（以下、空調自動吊り上げ装置）」を設計・製作し、メーカー工場内で空調装置実機を用いた検証を実施した。

2. 空調自動吊り上げ装置の開発

2・1 空調自動吊り上げ装置の使用条件

空調自動吊り上げ装置の開発にあたり使用条件について検討し、編成で車両が定置した際に使用することとした。また、作業工程によっては同時並行作業の可能性があるため、それに対応できることを前提とした。

仕様については、空調装置吊り上げ機構が設置したモノレールを走行し、任意の車両の上空に停止して空調装置を脱着・搬送・格納を行うこと。また、同時並行作業については、空調自動吊り上げ装置の台数を調整することで対応することとした（図1、図2）。

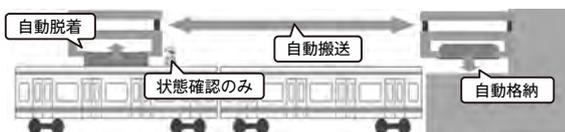


図1 空調自動吊り上げ装置動作イメージ

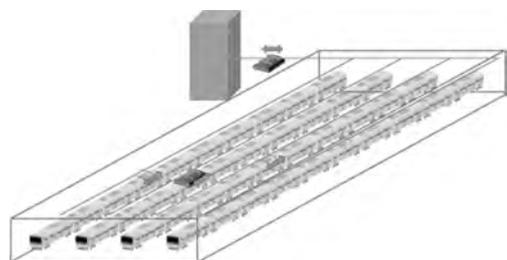


図2 空調自動吊り上げ装置運用イメージ

2・2 空調装置自動吊り上げ装置の設計・制作

空調自動吊り上げ装置の設計・開発においては、1次キャリア、2次キャリア、3次キャリア、カメラ、位置決めピン、受け具について、構造の検討と仕様機器の選定を行った。

2・3 1次キャリア (モノレール走行機構)

減速機付きモータが直結された4台のトロリーで構成し、2次キャリアをブラケットに吊り下げてレール上を走行する(図3)。1次キャリアはレール上に貼り付けているバーコードをバーコードリーダーにて読取り、停止位置検出を行う(図4)。

また、車両停止位置ズレや空調装置の製造誤差等の個体差にも対応して位置検出する必要があるため、レーザーセンサーを搭載しており、空調装置直上で停止することを可能とした(図5)。

2・4 2次キャリア

3次キャリアを4本のリフトチェンで吊り、巻き上げ、巻き下げにより昇降させる。上昇時に巻き上げたチェンはチェンボックスに収納される。昇降時のXY方向振れ規制にパンタグラフを採用する。また、レーザーセンサーにより昇降高さ(車両屋根上からの距離)を検出する(図3)。

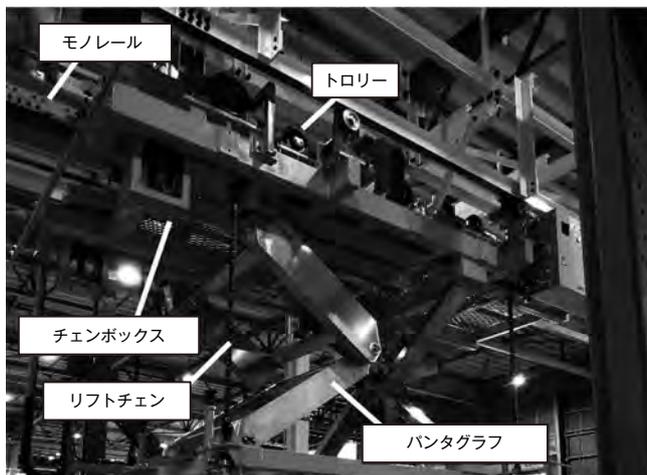


図3 1次、2次キャリア



図4 バーコードによる停止位置検出



図5 レーザーセンサーによる空調装置位置検出

2・5 3次キャリア

アクチュエータ+サーボモータ、リニアガイドの構成により、空調装置の脱着時にX軸(レール方向)、Y軸(枕木方向)に対する位置決め補正を可能としている。

また、サーボモータ、減速機、旋回ベアリングによる回転機構を設け、空調機の脱着時に水平回転を行い位置決め補正を可能としている。前位後位が逆の車両に空調装置を搭載する時は180°旋回する(図6)。



図6 3次キャリア

2・6 カメラ

空調装置と車両の位置を認識して位置補正を行うため、カメラで4ヶ所の取付ボルト穴を撮影する仕様とした。空調装置と車両はφ16mmとφ12mmの取付ボルトで締結されているため、脱着時にキャリアは±2mm以内の位置決め精度が求められる。しかし、取付ボルトの穴は空調装置機種によっては直上から撮影するのは困難な構造のため、3次キャリアに設置したカメラ及び照明が撮影時のみシリンダ機構により斜めに突出して車両側ブラケットの固定ボルトの穴を撮像し、サーボ (X,Y,回転軸) にてキャリア位置の補正を可能とした (図7)。

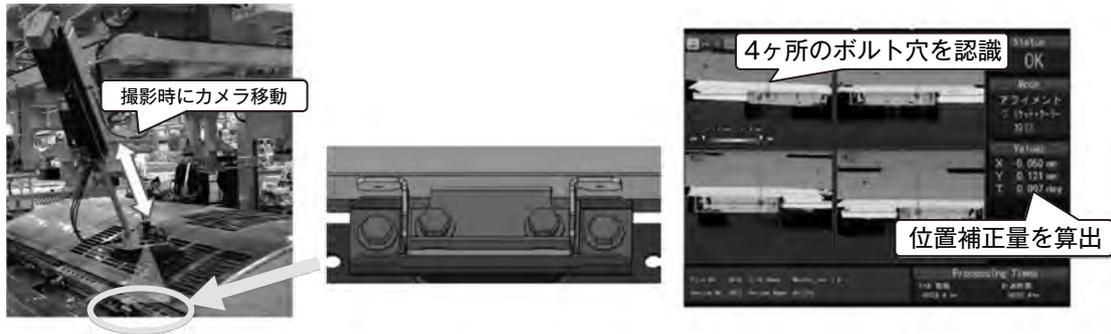


図7 カメラ撮像による空調装置位置検出の様子

2・7 位置決めピン

カメラ撮像によりキャリア位置の補正を行った後、空調装置の脱着時に空調装置と車両側の取付ボルトの穴にキャリア側からピン (位置決めピン) を挿入し、取付ボルトの穴同士が合うように位置決めを行う。また、位置決めピンは空調装置搬送中のズレや脱落を防止する役目も担う。

しかし、ピンが位置決め穴にある状態でキャリアが昇降すると空調装置と干渉する位置関係になるため、電動アクチュエータとリニアガイドを設け、ピンがY軸 (枕木方向) 側にスライドして空調装置から退避するようにした。位置決めを行う時は干渉しない高さまでキャリアが下降し、位置決め穴位置まで移動後、再度キャリアが下降し、位置決め穴にピンが挿入される。反対に、位置決めを解除する時は干渉しない高さまでキャリアが上昇し、退避位置まで移動後、再度キャリアが上昇を行う (図8)。

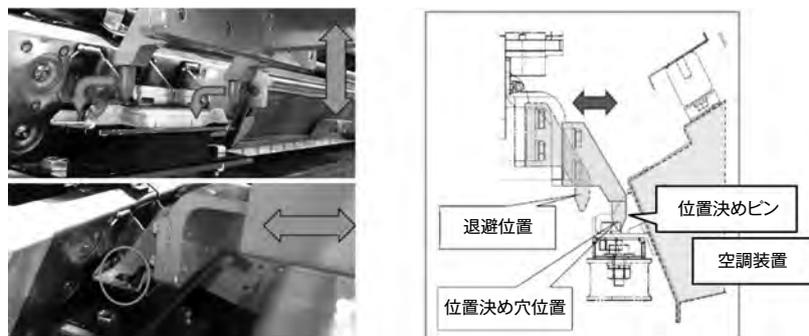


図8 位置決めピンの動作イメージ

2・8 受け具

空調装置を玉掛け作業で吊り上げる吊フックの位置は、空調装置の型式ごとに異なるため、吊り上げ時に空調装置の底面を受けて空調装置を把持する構造とした (図9)。空調装置の側面カバー用ボルト受け等に干渉のない配置とし、キャリアの昇降時は受け具を電動アクチュエータにて退避させることとした。

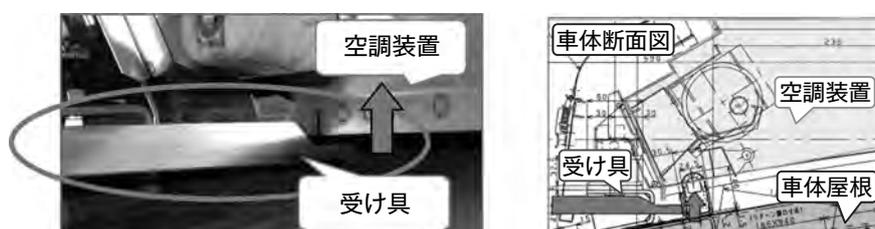


図9 受け具による空調装置の把持イメージ

3. 検証試験

開発した空調自動吊り上げ装置をメーカー工場内にて組み立て、試験を実施した。試験に際し、車両屋根から立体格納庫への移動を想定し、E235系3D-CADデータを元に模擬車両屋根(図10)と、立体格納庫で使用することをイメージしたパレットを作成した。E235系用空調装置AU737を用いた試験(図11)の結果は以下のとおりである。

- (1)パレット-模擬車両屋根間での往復移送動作を行った。試験期間中連続移送動作を行い、人の手を介さずに移送が可能であることが確認できた。
- (2)パレットから空調装置を吊り上げ、試験レイアウトの10m程度を走行し、模擬車両屋根に空調装置を着座させるまでの時間は実測で240秒程度であり、現状の人による作業時間と同程度であった。
- (3)自動吊り上げ装置の冗長性確認試験として、模擬車両屋根位置を意図的にずらした場合に空調装置を着座させることが可能か試験を行い、対応可能であることを確認した。
- (4)異物がある場合にもカメラにより取付ボルト穴の検出が可能か確認を行った。色合いによる穴検出精度には影響はなく、また穴の一部を4割程度ふさいだ場合にも、穴の中心を正しく検出した。
- (5)バーコードセンサーにより空調装置の停止位置を指定し、運搬した空調装置を停止させるパターンと、レーザーセンサーにより模擬車体屋根上の空調装置を検出し、停止するパターンのそれぞれで試験を行い、いずれも停止精度は期待した範囲内であった。
- (6)自動吊り上げ装置が降下している状態で、レール方向・枕木方向それぞれから外力を加え、吊り上げ装置の揺れ量を確認し、バンタグラフ規制機構による揺れ防止が機能していることを確認した。



図10 模擬車両屋根



図11 空調装置AU737を用いた試験の様子

4. おわりに

開発した空調自動吊り上げ装置により、期待した空調装置の自動搬送が可能である見込みを得た。

今回の開発機は、位置決め機構やセンサー類について、想定しうる最大スペックで開発したため、今後は実導入へ向けての機器の簡素化・軽量化を検討するとともに、検証する空調装置機種(AU725、AU726)の拡大や、複数の空調装置のばらつきによる影響等についても検討を行い、車両メンテナンス作業の省力化をめざす。