移動発射台(ML)運搬台車の開発

Development of Movable Launcher Transporter

相模原製作所	水	沼	涉*1	小	沼	浩*	2
	白	須 隆	也*"				
技術本部	野	原	勉*'				
名古屋航空宇宙システム製作所	大	倉廣	高* ⁵				
宇宙開発事業団	田	中辰	夫*'	虎	野	吉 彦*	7

種子島宇宙センター(TNSC)での本格商業衛星打上げ計画では、打上げ回数の増加、コスト大幅削減が必要となり、その対応としてロケット整備組立棟(VAB)及び射点(LP)の増設が行われる.複数化したVAB/LP間の移動発射台(ML)の搬送システムに対し、短時間での搬送、高い機動性、正確な停止精度及び路面の凹凸によらない水平維持が求められ、さらに搬送中の衛星に対し無瞬断で電力を供給する必要が生じた.今般、ML運搬台車の開発として、機動性を実現するための多重輪式走行装置の採用、全自動による精密誘導及びロケット傾斜を抑制する水平制御の導入を実施し、さらに衛星用無瞬断電力供給設備を搭載した.本報にて各々の技術について述べる.

A project to commercially launch satellites at the Tanegashima Space Center (TNSC) has begun. As part of this project, the number of launches must be increased and their cost reduced. To attain project goals, it was decided to build more vehicle assembly buildings (VABs) and launch pads (LPs). To transport movable launchers (MLs) among facilities, the following is required : smooth transport, accurate setting, high stability independent of uneven ground, and continuous electrical power supplies for satellites during transport. In developing the launcher transporter (LT), we developed a multiwheel drive for smooth transport, an automated guided for accurate setting, a horizontal stabilization system for rockets and an electrical power supply for satellites. This paper discusses these systems.

1. まえがき

従来のH-IIロケットでは,整備組立棟 (VAB),射点 (LP) 各 々1箇所が整備され,その間を移動発射台 (ML) は本体に装備さ れている軌道式走行装置にて移動していた.しかし,H-II A ロケ ットでは,打上げ回数の増加及びコスト低減のため⁽¹⁾,VAB,LP を各々2箇所に整備することとなった.これらの設備を効率良く 運用するためには,従来の軌道式走行装置では困難であり,機動 性の高い搬送方式が要求された.また,搬送中のML 水平度の維 持(±0.2°以内),衛星系への電力供給,VAB及びLP での高い 据付精度の要求(前後左右±25 mm 以内)等を満たす多重輪方式 のML 運搬台車を開発した.

本報では, ML 運搬台車の概要とともに今回採用した多重輪式走 行装置,水平制御,全自動による精密誘導システム及び衛星用無 瞬断電力供給設備について述べる.

2. ML 運搬台車概要

ML と走行装置が一体型の従来方式とは異なり, ML 運搬台車は ML と自由に切離しが可能となっている。ML 運搬台車のみの外観 を図1に,車両諸元を表1に示す。ML 運搬台車は,車高を昇降 させる構造を有しており,車高を下げ ML 下部へ進入し,車高を 上げ ML の荷受けを行う。打上げ当日に,ML 運搬台車は ML を 受取り,VABから LP へ搬送する。ML を据付けた後,ML 運搬 台車は,打上げ時の噴煙回避のため,VAB 内まで退避する。LP 中央にはロケット打上げ時の噴煙が通る煙道が設置されており, ML 運搬台車は煙道との干渉回避のため,ML 下部左右両側へ2 台 に分かれ配置される。

ロケットを搭載した ML 搬送時の状況を図2に示す。

- *1 車両・電子技術部大型車両機器設計グループ主務
- *2 車両·電子技術部研究開発課
- ³ 車両・電子技術部大型車両機器設計グループ
- *4 エレクトロニクス技術部
- エレクトロニクス技術開発センター主査 工博
- *5 電子技術部計画主查
- *6 宇宙輸送システム本部設備整備開発室長 *7 字字絵送システィ本部記佛整備開発室
- *7 宇宙輸送システム本部設備整備開発室





1 ML 運搬台車外観 View of Movable Launcher Transporter (LT)

表1 ML 運搬台車車両諸元

Specification	of	Movable	Launcher	Transporter	(LT)
---------------	----	---------	----------	-------------	------

項目		諸元		
車体寸法	全長	25 400 mm		
	全幅	3 300 mm		
	全高	2 840~3 440 mm		
	上下ストローク	600 mm		
車体重量		150 t/台		
最高速度	積載時	2 km/h以上		
	空荷時	4 km/h 以上		
定点停止精度	前後方向	±25 mm 以内		
	左右方向	±25 mm 以内		
最大積載重量(運搬台車2台当り)		1 265 t		
風速条件	平均風速	16.0 m/s 以下		
	最大瞬間風速	22.4 m/s 以下		
水平精度(ML 搬送時)		前後左右±0.2°以内		

三菱重工技報 Vol. 36 No. 4 (1999-7)

192



2 台の運搬台車は個々に単独運転が可能であるが, ML 搬送時は 一方がマスタ台車,他方がスレーブ台車となり一体の台車として 水平制御や精密誘導制御を行う.図3に示す VAB(#1,#2), LP(#1,#2)各々2箇所の間を自動で ML 搬送する.

View of LT carrying ML

3. 多重輪式走行装置

ML 運搬台車は, 積載重量 1265 t の高荷重下においても高い機 動性と正確な操舵及び車速制御を実現できる走行装置を有しなけ ればならない. そこで走行装置には, 高荷重用ウレタンソリッド タイヤ, ディーゼルエレクトリック (D/E) 方式による AC サーボ モータ駆動を採用した. また車体の昇降は高荷重を持上げるため, 油圧サスペンションとした. 図4に走行装置概略を示す.

3.1 独立操舵制御機能

ML 運搬台車では、多数の車輪を装備しており、車体の速度、旋 回状態に合せ、各々の車軸が独立に最適な操舵をとる必要がある。 そこで、正確な操舵制御を行うために、全軸に対し AC サーボモ ータを装備した。各操舵軸ごとの操舵角指令に対し各舵角センサ からのデータをフィードバックし、インバータにより回転速度及 び回転角度を各々制御している。





独立操舵制御により、手動モードでは単車時及び連結時に図5 に示すような様々な操舵パターンが可能となる. 全自動による ML 搬送時の操舵モードを図5(f)に示す.

3.2 車速制御機能

安定したロケット搬送を実現するためには,路面の起伏によら ない一定速度制御を行い,発進及び停止時は加減速度をコントロ ールし衝撃を小さくする必要がある.さらに加減速度を一定にコ ントロールし,衝撃を最小にするために,走行系にもACサーボ モータを用いた.車速センサはサーボモータごとに装備されてお り,各出力値の平均を全体の速度としてフィードバックし,イン バータにより速度制御を行っている.

3.3 サスペンション機能

高荷重用タイヤとしてウレタンソリッドタイヤを採用したが, タイヤの路面に対する接地圧は以下の理由により均一化する必要 がある.

- (1) タイヤの偏摩耗の防止
- (2) 路面に対するグリップ力の確保
- (3) 操舵負荷の偏りによる操舵制御のばらつき防止

そのため, ML 運搬台車では, 軸ごとに油圧シリンダ (ラム型: 自重により短縮) を装備した. 隣接する軸の間に路面の高低差が ある場合でも,シリンダ同士の油路を連通することにより,路面 の起伏に応じた量の作動油がシリンダ間を流れ,油圧は均一化さ れる. すなわちタイヤの接地圧が均一化されることになる. さら





に高圧用シリンダを採用したことにより、最大積載重量1265tを 積載した車体の昇降運動が可能となった。

4. 水平制御技術

ML 運搬台車は図4に示すサスペンション構造をしており, サスペンションシリンダの油量を制御することにより, 車体の姿勢を 任意に変えることができる.

ML 搬送時は図6に示すとおり、1、2号車前側と1、2号車 各々後側の3ブロックに分け、油圧回路を連通することにより、 安定した3点支持でMLを支えている.

路面の起伏により ML が傾斜するため, ML 運搬台車に車高及 び傾斜センサを装備し, 各油圧ブロックごとの油量をアクティブ に制御することにより, ML の水平度(±0.2°以内)及び持上げ高 さ(160±20 mm 以内)を維持している.

5. 全自動精密誘導システム

VAB及びLPへのMLの設置精度は、前後方向、左右方向共 ±25 mm以内と高い精度を要求されている.これを実現するため に、当社のAGV (Automated Guided Vehicle)技術を採用し た。当方式は、路面に敷設した誘導磁石を磁力センサで検知し、 操舵制御を行うことにより精密な誘導制御を実現している.種子 島宇宙センター (TNSC) では図3に示すとおり誘導磁石を敷設 した.さらにML 据付精度はMLの受取精度の影響を受けるた め、MLの受取面にも誘導磁石を敷設し、運搬台車がML下部へ 進入する際もML に対し精密誘導制御を行っている.2台の運搬 台車は制御装置間が通信ケーブルで連結されており、マスタ台車 にて全体の制御を行い、スレーブ台車はマスタ台車からの指令に 追従する.また走行速度、分岐等も自動制御され、オペレータは 出発地と目的地を入力すれば全自動でML 搬送が可能である.

6. 衛星用無瞬断電力供給システム

従来はロケットへの衛星搭載及び打上げ準備作業をLPにて行っ てきた.今回のシステムでは、VABにて衛星を搭載するため、搬 送中の衛星への電源供給及び商用電源(地上側電源)との切換え が課題となった.そこで、図7に示すシステムを構築した.電源







衛星用無脚断電刀供給システム Electric power supply system for satellites

装置を ML 運搬台車に搭載し, 商用電源と無瞬断で切換え可能な 装置を ML 内に装備した. 切換え指令は台車側から行うことによ り, VAB 及び LP においても同システムで商用電源との切換えが 可能となる. また, 搬送中にエンスト等により発電装置が停止し



Data of test at TNSC

た場合は無瞬断で車載バッテリに切換り約 10 分間のバックアップ⁽²⁾ が可能となっている.

こうしたシステムの導入により,衛星の VAB での搭載が可能と なり,従来と比較し打上げ作業効率が向上した.

7. ML 搬送試験結果

種子島宇宙センターにおいて, ML 運搬台車による ML 搬送試 験を行い,以下の成果を確認した.試運転状況を図8に示す.

(1) 搬送中の水平制御の結果,路面の凹凸,加減速,S字カーブ での遠心力等の影響下でも水平度±0.2°以内に抑えることができ た.

図9(a)に, #2VAB前のS字カーブを搬送しているときの 前後及び左右方向の傾斜センサ出力結果の一例を示す.最大は 左右方向の0.08°であり, ±0.2°以内に抑えられている.

(2) # 2 VAB/ # 1 LP 間を全自動による ML 搬送を繰返し行い, ML の±25 mm 以内の据付精度を実証した.

図 9 (b)に # 2 VAB から # 1 LP へ 搬送したときの据付誤差計 測結果の一例を示す.要求精度 ±25 mm 以内を満足している.

(3) 地上側商用電源設備と車載側衛星用電力供給設備との無瞬断 切換えが正常に機能することを確認した. 図9(c)に出力電圧及び出力電流の計測結果の一例を示す.切換えによる瞬断が生じていないことが分かる.

8.むすび

ML 運搬台車に、多重輪式走行装置、全自動精密誘導システム、 水平制御技術を採用することにより、機動的な ML 搬送を実現し た. さらに、衛星用無瞬断電力供給設備を搭載することにより、 VAB での衛星搭載が可能となり、打上げ作業の効率を向上した. 今後は、平成12年 H-II A ロケット初号機打上げを目指し、地 上試験機 GTV-1 (Ground Test Vehicle-1) と地上側設備との組 合せ試験にてさらに ML 運搬台車の実証試験を進めていく.

最後に,本 ML 運搬台車の開発に当り,終始御指導,御協力頂 いた関係者各位に深く感謝致します.

参考文献

- 谷口勲嗣ほか, H-II A ロケットの開発, 三菱重工技報 Vol. 35 No.5 (1998) p.340
- (2) 定由征次,無停電電源装置(UPS)導入実践ガイド,電気書院(1989) p.157