

日本이
開發한
新型

M-3S型로켓 및

人工衛星 "MS-T4" (下)

朴 禧 善

〈工博·国民大学教授
前 東京大宇宙航空研究所招聘教授〉

4. 飛行制御와 電波指令誘導

M-3S-1号機의 飛行制御系는 M-3H형 까지의 구성에 제 1 단 飛行制御系가 첨가한 것으로 되어있고, 姿勢基準裝置, 1~2단制御電子部 및 TVC장치, 2段 사이드젯트장치, 제 1 단SMRC (롤制御用固体로켓) 장치로 되어있다. 제 1 단制御이외에는 기본적으로는 M-3H형에서 試驗확인된것과 동일한 것이다. 또 제 1 단制御系에 대하여서는 地上燃焼試驗에 의한 性能確認外, L(람다)-4SC-4号機 및 L-4SC-5号機에 의하여 각각 1976년 8 월 및 1979년 9 월에 飛行試驗이 행하여지고 시스템의 基本特性이 파악되고 있다.

姿勢基準장치로서는 로켓의 姿勢角 및 姿勢角速度가 측정된다. 한편 여기에는 각각의 時点에서 로켓의 자세가 取하여야할 姿勢基準角이 設定되어 있고, 그것과의 비교로서 구하여지는 자세誤差와 그때의 로켓姿勢의 운동에 응하여, 가장 적당한 TVC噴射弁, 사이드젯트 電磁弁을 선택하여 동작시킴으로서, 핏치, 요-, 롤의 3軸에 대하여 로켓의 자세가 항상 姿勢角에 일치되도록 制御가 행하여진다.

飛行制御動作은 다음과 같이 진행된다.

제 1 단燃焼中에는 발사후 6초로부터 前述한 기간, 前期와 後期로 나누어 핏치 및 요-制御가 TVC장치에 의하여, 또 발사후 4 초후부터 롤角을 零으로 保持하는 롤 제어가 SMRC장치에 의하여 행하여진다. 요-, 핏치制御의 姿勢基準角은 前者에 대하여서는 요-軸을 豫定飛行面에 保持하고, 後者に 대하여서는 핏치角을 重力터-빈에 基因하는 姿勢角의 時間변화에 近似하여 변화시키는 것으로, 이制御에 의하여 제 1 단飛行中の 바람등에 의한 분산을 극히 작은 값으로 억제할 수 있다.

제 2 단의 제어는 M-3H형과 마찬가지로 燃焼中の 대부분의 기간, TVC장치에 의한 핏치, 요-制御와 사이드젯트장치에 의한 롤制御가 행하여진다. 이경우의 基準角은 요-軸은 軌道面內에 포함되나, 핏치角은 最終段의 噴射高度를 높게하기 위하여, 점차로 끌어올리도록 되어 있

다. 제 2 단의 制御에 있어서는, 제 1 단의 燃燒中 및 그이후에서의 비행경로의 분산을 수정하고, 그것을 豫定코-스에 근사하기 위하여 電波指令에 의한 姿勢基準角의 수정이 행하여진다. TVC장치에 의한 핏치 및 요-의 制御는, 이 수정된 姿勢基準角에 따라서 행하여진다.

TVC장치에 의한 핏치, 요- 制御는 제 2 단 燃燒終了의 직전, 발사후 150초에서 정지되고, 다음 사이드젯트장치의 동작様相을 변경하여, 이후는 그것이 3軸制御를 인계한다. 발사후 159초에서의 제 3 단飛行방향으로의 姿勢基準角의 切換과 함께, 機體軸은 그방향에 향하여지나, 이 基準角도 衛星이 달성할 궤도를 設定値에 가급적 접근시키기 위하여 電波指令에 의한 수정이 행하여진다.

사이드젯트장치에 의한 제 3 단 비행방향으로의 자세제어는, 231초까지 계속되고, 이후 기체에는 스핀이 주어진다. 최초 사이드젯트장치로서 약 0.5rps의 스핀이 주어진후, 스핀모-터에 점화하고, 다시 스핀을 가속한다. 스핀 회전수가 2rps로 되었을 때에 스핀모-터에 의한 가속을 멈추고 제어는 종료되고, 이후 機體의 자세는 스핀에 의하여 안정하게 유지된다. 제 3 단의 點火시각은, 제 2 단의 비행상황에 기준하여 될수 있는限 精確한 위성궤도를 실현시킬수 있도록 결정하고, 電波지령에 의하여 미리 설정된 豫定秒時의 수정이 행하여진다.

姿勢基準장치는 SFAP (Spin free Analysing Platform) 형을 사용하고 있다. 이것은 로켓의 스핀에 대하여 안정화한 플랫폼상에 올려 놓아 있는 레-트積分자이로로서 로켓의 자세변화를 정밀하게 측정하고, 그결과를 사용하여 機上의 姿勢計算機(디지털 微分解析機DDA)로서 시시각각의 로켓자세를 계산하여 출력함과 동시에, 로켓의 자세변화속도를 측정한다. 로켓의 자세가 機上計算機의 레지스터에 계산결과로서 얻어짐으로 解析 플랫폼(AP)이라고 부르고 있다. 이 SFAP장치는 L-4SC-4号機 이래 M-3H형으로서 그 기능, 동작이 확인되고, 또 1980년도 제 1 차실험에서의 L-4SC-5号機에도 사용되어

양호한 실적을 얻고있다.

SFAP형에서는 자세계산기로서 자세기준각의 記憶設定 및 姿勢誤差의 계산도 동시에 행하여지고 있다. 姿勢基準角은 계산기내의 레지스터에 수치로서 설정되어있고, 이 레지스터-에 소정의 수를 加減算하므로써 基準角의 수치를 변경할 수 있다. 핏치프로그램은 타이머-로부터의 스타트신호에 의하여 소정의 周期마다 일정치를 加減算함으로써 실현된다. 또 제 1 단 핏치프로그램, 제 2 단의 핏치프로그램 및 제 3 단發射方向의 기준각은 각각 별개의 레지스터에 설정되어 있고, 씨-킨스의 진행에 따라서 이들 레지스터-를 점차로 切換하여 간다. 또 제 1 단의 전기, 後期핏치프로그램의 切換 및 제 2 단 핏치프로그램에의 切換은 소정시각에, 기준 설정치로부터의 加減算의 周期를 변경함에 의하여 행하여진다. 또 電波指令에 의한 基準角의 수정은 일단계 受信할때마다 一定數를 加減算함에 의하여 즉시로 시행되어서 로켓의 姿勢角은 이수정에 추종한다.

姿勢계산기로서 계산된 로켓의 자세 誤差와 자세變化速度로부터, 制御電子部에서 TVC 噴射弁 및 사이드젯트電磁弁의 動作신호를 만든다. 이 제어전자부에서는, 制御用的 燃料消費를 가급적 적게하고, 또 확실히 정도가 높은 제어가 행하여지게끔, 파라메-터와 制御論理를 설정하고 있다.

제 1 단TVC장치는 제 1 단모-터의 노즐 주변에 부착된다. 본장치는 15개의 噴射液탱크, 1개의 오일탱크, 8개의 比例型噴射弁 및 사-보機構, 電源등으로 되어있다. 噴射탱크는 합계 120ℓ의 프레온을, 오일탱크에는 8ℓ의 作動油가 들어있고, 이들은 浮動피스톤을 중개하여 N_2 개스로 加壓된다. 이 N_2 개스의 初期壓은 80 kg/cm^2 로서, 프레온, 오일 消費에 수반하여 감소한다. 比例型噴射弁은 電氣信號에 의하여 먼저 油壓파이롯트弁을 개폐하고, 이것에 의한 噴射弁의 開度를 差動트랜스(LUDT)로 檢出하여 噴射弁을 통하는 프레온의 流量을 電信信號에 比例시키는 것이다. 이 噴射弁은 1개에 대하여

(제2표) 第1段 TVC裝置의 諸元 諸元

項 目	性 能 諸 元
噴 射 體	Freon 114 B2 (C ₂ Cl ₂ F ₂)
噴射體搭載量	120ℓ
作動油搭載量	8ℓ
G N ₂ 充塲壓	80 Kg/cm ²
G N ₂ 搭載量	58ℓ
押 壓 方 式	blow down (初期壓 80 Kg/cm ² 最終壓 20 Kg/cm ²)
最大 噴 推 力	初期 均 5.8 ton (1 sp = 100 sec) 終期 約 3.4 ton (1 sp = 120 sec)
最大 推 力 比	初期 約 4.8% (motor予想) 終期 約 2.8% (平均推力約 120 ton에 對하여)

(제3표) SMRC의 諸元

項 目		M-3S-1	
S M R C	Roll 推力 (1裝置)	220Kgf	
	Moment arm	1.923m	
	Torque (4裝置)	約154Kgf·m	
	燃 燒 時 間	約70 sec	
	応 答 時 間	ON	50~60 msec
		OFF	50 msec以下
	中立時推力 Unbalance	約2Kgf以下	
	重 量	乾重量 (1裝置)	223Kg
		推進重量 (1裝置)	90Kg
	比 推 力	160±5 sec	
propellant	推進藥藥種	Polyphthagen	
	燃 燒 壓 力 Pc	80Kgf/cm ²	
	燃 燒 面 積 Ab	7.854cm ² (φ100)	
	推 進 藥 長	700mm	
nozzle valve	最高作動壓力 P max	* 55Kgf/cm ²	
	最低作動壓力 P min	20Kgf/cm ²	

2개의 噴射孔을 가지고, 制御論理에 따라 隣接하는 2개의 噴射弁의 姿勢誤差에 應하여 동시에 작용한다. 이것에 의하여 발생하는 橫方向 制御力의 최대는 主推力의 4.8%이다. 제 1단 TVC장치의 諸元을 제 2표에 실는다.

SMRC장치는 고체모터의, 고온에 의한 고온 개스噴射를 소레노이드電磁石으로 驅動하는 弁으로 切換시키는 기구로 되어있고, 이것은 尾翼先端部に 각 1組씩 부착되고 있다. 이것에 의하여 外亂으로 로켓에 스핀이 발생하면 자세 제어장치로부터의 신호로 소레노이드에 電流가 흘러 弁의 균형이 깨어지고, 制御토크가 발생하고, 로켓의 物位置가 수정된다. SMRC 장치

의 諸元은 제 3표와 같다.

SMRC장치의 点火 및 計測用케이블은 尾翼內를 통하고 尾翼內의 各系統線에 접속되고 있다. 제 2단TVC장치는 제 2단노즐 주변에 부착된다. 2차噴射液으로서 4개탱크에 合計19.5ℓ (중량 42kg)의 프레온을 사용한다. 탱크내에는 浮動피스톤이 있고, N₂개스에 의하여 프레온液을 壓送한다. 噴射에는 噴射孔과 電磁弁이 1체로 된 噴射弁 8개를 円周를 8등분하는 위치에 설정하고 인접한 2개의 弁이 항상 동시에 작동하도록 制御論理가 組合되어있다. 噴射弁은 M-3H형것과 相異하며 이번에는 새로운 설계의 것이 사용되었다. 1個弁으로부터 발생하는 橫方向 推力모터는 主모터-燃焼初期에는 主推力의 1.4%이다.

사이드젯트장치는 過酸化水素를 燃料로 하고 있고, 제 2단노즐둘레에 배치되고 있다. 이구성은 젯트 4기를 하나의 모듈로하고, 노즐外周에 制御力이 円周切線方向으로 되게끔 4개를 부착하고 있다. 하나의 모듈이 FIT치를 또는 요-롤의 두개의 기능을 가지고, 制御論理回路에 의하여 姿勢誤差에 應하여 適當한 조합으로 각각 방향에 한쌍의 (2기) 젯트를 동시에 작동시킨다. 1기의 젯트의 推力는 8kg로서 過酸化水素는 20ℓ (28kg)이다.

제 2단燃焼中の 力制御는 사이드젯트로 행하여지나 機體慣性모-멘트가 대폭으로 변화하므로 그 최초의 31초간은 16기의 사이드젯트를 8기씩 동작시키고, 후반에서는 推進藥의 소비에 의한 機體慣性모멘트의 감소에 應하여 사이드젯트의 수를 반감시킨다. 제 2단燃焼 終了後는 최대 8기의 사이드젯트에 의하여 3軸制御를 행하나, 최후의 스핀은 다시 16기를 동작하고 있다. 이와같은 制御手順은 制御電子部에 의하여 지령된다. 제 4표는 TVC장치와 사이드젯트의 諸元이다.

제 2단의 비행경로와 衛星의 궤도와는 가급적 예정에 접근시키기 위하여 電波指令制御 (誘導)는, 다음의 순서에 의하여 행하여진다. 즉, 제 1단비행경로의 精測測-더에 의한 실측에 기준하여, 제 2단TVC制御개시직전에 FIT치, 요-기

(제4표) 第2段 TVC裝置 및 사이드젯트 裝置諸元

(1) 第2段 TVC裝置

噴射液	프레온 114 B2 (4 部 2 吳素 에탄) 링크 個數 4 個 프레온 容量 1.9.5 L (重量 4.2 Kg)
加壓계스	窒素 充填壓力、8.0 Kg/cm ² 初期容積 1.0.7 L
噴射弁	0N-0 FPF型電磁弁 8 個
初期噴射流量	2.5Kg/sec
初期橫推力	50.0Kg (主推力의 約 1.4%)
有效作動時間	約 2.3 sec (選綫)

※ 新開發品

(2) 사이드젯트 裝置

燃料	過酸化水素 링크 個數 2 個 容積 2.0 L (重量 2.8 Kg) 壓力 1.6 Kg/cm ²
加壓계스	窒素 링크 個數 2 個 容積 4.4 L 充填壓力 1.3.5 Kg/cm ²
사이드젯트	젯트 1 個數 1.6 個 (4 個×4 모듈) 推力 (1 個에 대하여) 8 K
作動시-스	동 制御 85~116 sec 推 力 6.4Kg (8 個) 116~151 sec 推 力 3.2Kg (4 個) 3 軸 制御 151~231 sec 最大推力 32Kg 스핀 開始 2.31 sec 最大推力 6.4Kg

準角을 수정함과 동시에, 제 2 단燃焼의 중간에서도 수회의 수정을 행하여, 비행경로의 결과

를 기준으로하여, 최종적으로 제 3 단 발사방향 및 점화시각을 수정하여 정도가 좋은 위성궤도의 달성을 목표로 한다. 제 3 단점화시각의 수정은 지상으로 부터의 電波指令을 받아서 타임세렉터-(TSL; 設定秒時를 수정할 수 있는 電子式타이머)에 설정되어 있는 예정시각을 수정함으로써 실행된다. 실제로는 제 3 단점화는 위성에 탑재된 전자타이머에 의하여 행하여지므로 타임세렉터-가 수정하는 시각은 이 위성타이머의 始動時刻이다. 타임세렉터 設定秒時의 수정은 발사후 50초이후 가능하게 되고, 精測레-다를 통하여 보내지는 시각 수정을 위한 電波指令의 회수에 응하여, 1 초를 단위로 하여 設定秒時가 수정된다. 타임세렉터는 電波指令에 의하여 起動하고, 제 3 단에 점화하나, 이것에 의하여 설정할 수 있는 早期의 제 3 단點火時는 발사 353초이다. 타임세렉터에 의한 제 3 단 점화의 백업으로 따로 1 系統의 瞬發點火指令이 준비되어 있다.

인공위성 "MS-T4"의 詳細는 地面사정상 다음으로 미룬다.

(資料提供: 東京大学宇宙航空研究所)

□ “과학과 기술”지 投稿案内 □

- = 論 壇 = 가. 學術論壇: 産業發展에 寄與할 수 있는 國內外的 最新 科學技術
나. 學術情報: 새로운 海外的 科學技術 情報 紹介
- = 固 定 欄 = 가. 科學隨感: 生活周邊에서 일어나는 여러가지 事例中 科學技術的인 내용을 소재로 한 것
나. 漫畵: 科學技術界의 주변에서 일어나는 일을 소재로 한 것
- = 原 稿 枚 數 = 가. 論壇, 기타 原稿: 24 枚內外 (200 字 원고지)
나. 科學隨感: 8 枚內外 (200 字 원고지)
다. 寫眞: 1 枚 (명함판)
- = 其 他 = 外來語表記는 文敎部에서 指定한 표기법을 사용하고 도량형은 政府가 指定한 도량형법인 미터法으로 표기해야 함. (採択된 원고에는 所定의 原稿料를 드립니다.)

