

## SEPAC プロジェクトのエンジニアリングとマネジメント

長 友 信 人

(1999年11月12日受理)

### Engineering and Management of SEPAC Project

By

Makoto NAGATOMO

**Abstract:** When AMPS project was studied as one of prospective permanent research facilities to utilize the Space Shuttle under development, Tatsuzo Obayashi and his associates proposed the Space Experiments with Plasma (later, Particle) Accelerators (SEPAC) for the project. Later it was accepted as ISAS-NASA joint experiment for the Spacelab 1 mission. Obayashi led the team as the Principal Investigator and the ISAS team was responsible for development of an electron beam accelerator, an MPD arcjet and a diagnostic package together with a monitor television, while the NASA MSFC team was in charge of the control and data management system and the operation software. The experiments were conducted with the STS-9, Spacelab-1 mission in 1983, and with the STS-45, ATLAS-1 mission in 1993. This report summarizes the engineering and management for developing the most powerful accelerator system of this kind.

#### 概 要

スペースシャトルを使用する恒久的な研究施設の一つとしてNASAで検討されたAMPSに大林辰蔵らは人工の高エネルギー粒子によって電離層磁気圏を研究する、いわゆるアクティブ実験としてSEPACを提案した。これは日米共同研究としてスペースラブ1号の搭載実験に採用され、日本側は主要機器である電子ビームとプラズマの加速器および観測機器を開発し、米国側はスペースラブ搭載用管制装置とソフトウェアを担当した。スペースラブ1号ミッションは1983年11月から12月にかけてSTS-9として実施され、実験装置の性能が確認されたが、電子ビーム加速器の電源の遮断により人工オーロラの生成を含む高エネルギーの実験は実施できなかった。人工オーロラの実験は2回目のSEPACの実験が1993年3月のATLASミッションにおいて実施されたときに成功した。本報告は世界で初めて最強力なアクティブ実験用粒子加速器等の開発を中心にそのエンジニアリングの成果を要約する。

**重要語:** SEPAC 計画, プロジェクトエンジニアリング, 宇宙プラズマ実験

## 略語および記号表\*

AL	Accelerator subsystem of SEPAC
AT	Acceptance Test
ATLAS-1	Atmospheric Laboratory for Applications and Science, a Spacelab mission
AMPS	A study on Space Shuttle payload, Atmosphere, Magnetosphere and Plasmas in Space
BAT	Battery or BAT component of SEPAC
BERD	Baselined Experiment Requirements Document
BM	Backup Model
CAP	Capacitor bank and pulse forming network, component of MPD Package
CCB	Configuration Control Board
CD	Control and Data management subsystem of SEPAC
CDMS	Control and Data Management System
CFO	Configure for operation, 軌道上での運用開始準備
CFR	Configure for return, 帰還のため運用停止作業
CHG	Charger or CHG component of SEPAC
Co I	Co-investigator
CP	Control Panel of SEPAC CD subsystem
DEP	Dedicated Experiment Processor of CD
DG	Diagnostic subsystem of SEPAC
DGP	Diagnostic Package
EBA	Electron Beam Accelerator or EBA package
ECE	Experiment Checkout Equipment
ECP	Engineering Change Proposal
ECR	Engineering Change Request
EM	Engineering Model
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMI	Electromagnetic Interference
EOIVS	Experiment Operations Interface Verification System
EOM	Earth Observation Mission
Eqmnt	Equipment
ERD	Experiment Requirement Document
ESA	European Space Agency
FDOR	Final Design and Operation Review
FM	Flight Model
FO	Functional Objective
FT	Functional Test
GPS	Gun Power Supply package for EBA
GSE	Ground Support Equipment
HR	Hazard Report
HVC	High Voltage Converter or HVC package of SEPAC
H/W	Hardware
IDE	Initial Design Evaluation

IPRD	Integrated Payload Requirements Document
ISAS	Institute of Space and Aeronautical Science, 東大宇宙航空研究所, 1981年4月まで Institute of Space and Astronautical Science, 宇宙科学研究所, 1981年4月以後
IU	Interface Unit of SEPAC
IWG	Investigators Working Group
JA	SPPOを表す記号(コード)
MIA	Mission Implementation Agreement
MICS	Management Information Control System
MPD	Magnetoplasma Dynamic or MPD package
MPD-IU	MPD Interface Unit
MSFC	George C. Marshall Space Flight Center, 通称「マーシャル」もよく使われる
MTV	Monitor Television or MTV package
NACA	National Advisory Committee for Aeronautics
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NASDA	National Space Development Agency of Japan, 宇宙開発事業団
NGP	Neutral Gas Plume package of SEPAC
NGP-MN	NGP Monitor
OA	Office Automation
OART	Office of Advanced Research and Technology, NASA 本庁の先行研究技術局
OFT	Orbital Flight Test
OSS	Office of Space Science, NASA 本庁の科学局
PI	Principal Investigator
PM	Proto Model
PWR	Power package of SEPAC
QT	Qualification Test
Reqmnt	Requirement
RG	Reliability Grade
SCC	Stress Corrosion Cracking, 応力腐食
SE-	SEPAC 日本チームの作成した文書の記号
SEPAC	Space Experiments with Particle Accelerators for SL-1, または Space Experiments with Plasma Accelerator for AMPS
SL-1	Spacelab One mission
SODA	Scientific On-line Data Analysis (Quick look system for SEPAC)
SPAH	本文の文献16の通称, Spacelab Payload Accommodation Handbook に因む
Spec.	Specification
SPPO	Spacelab Payload Project Office
SP&R	本文の文献15の通称, Safety Policy and Requirements に因む
STS	National Space Transportation System, Space Shuttle
S/W	Software
TAD	Throw Away Detector
VT	Verification Test

\*本文中で1回使われその場で説明したものはここは含まれていない。

## 1 序 論

1970年代の初め、スペースシャトルの登場によって大型の宇宙実験装置が可能になると言われたため、それまではもっぱら自然現象の観測を主たる研究手段としてきた電離圏磁気圏の研究から、人工の高エネルギー粒子によって刺激を与えてその影響を観測する、いわゆる「アクティブ実験」への発展が研究者の間で話題になり始めた。その中の一つ、粒子加速器を用いた宇宙実験（Space Experiments with Plasma Accelerator; SEPAC, 日本語ではシーバックと発音する）は、初期のスペースシャトルの分野別の研究施設として計画された「Atmosphere Magnetosphere and Plasmas in Space, 通称 AMPS」に宇宙研の大林辰蔵教授ら（以下、宇宙研在職中の職名を使う）が提案した研究課題であった [1, 2]。

AMPSの定義研究が終わった頃に、スペースシャトル計画に協力してヨーロッパが主体となってスペースシャトル用に開発したスペースラブの最初の飛行が計画され、それに搭載する科学実験が公募された。そのミッションの主目的はスペースラブ本体の試験飛行であったが、同時に期待されたその多様な使い道を実証することが第二の目的で、科学実験公募 [3] の主旨であった。これに対応してSEPACは高エネルギー電子ビームとMPDアークジェットによる電離層と磁気圏でのアクティブ実験を「人工のオーロラ」を作る実験と銘打って略称は同じくSEPACであるが、フルネームはPlasma AcceleratorをParticle Acceleratorsに変えたSpace Experiments with Particle Acceleratorsを提案した。応募した科学実験テーマは実に幅広く且つ数も多かったが、アクティブ実験はスペースシャトルにとってもチャレンジングな課題として受け入れられ、三つのチームが一つの採用枠を目指して競争し、最終的には当事者間の協議を行った結果、大林教授を主任研究者（PI）とする日米科学実験チームのSEPACが採用された。SEPACはスペースラブ1号ミッション全体のうちアメリカ側の採用した10あまりの実験の中で優先順位第2位になって、INS-002という実験番号が付けられた。かくて当時は考えられなかったNASAのマネジメントの下で最先端の科学実験機器を開発することになった。

NASA（National Aeronautics and Space Administration）のマネジメントといえば、フェーズ化したプロジェクト計画法（Phased Project Planning）である。宇宙プロジェクトは新規のものばかりで、特に米国のような先進国では前例のないことを課題に取り上げ、大きなリソースをつぎ込んで実現しなければならなかった。この点、間違いがないように前例を探してそれに若干の新味を加えて独自性を出そうとする日本式のプロジェクトとは全く趣を異にする。NASAでは、プロジェクトとはリソースと時間が限られているある程度大きな規模の事業を指し、とくに宇宙プロジェクトは最先端に行くものであることが要求されており、検証されていない新しい技術開発を伴うことを認めている [4]。一方、その実施に当たっては次のような4つのフェーズを設定して、一つのフェーズで実績の上がらなかったプロジェクトはそのフェーズで中止する事になっている。

フェーズA：構想と概念を示すためのスタディの段階で、可能性を示すと言う意味でフィージビリティスタディでもある。NASAの例を見ると、この段階の案は必ずしも最良ではなく、むしろたたき台としてよりよい提案を引き出す目的がある。まだNASA内部でも承認された事業ではないので予算は極めて少なく、またその組織はボランティアである。

フェーズB：フェーズAの結果がNASAの内部で評価され、価値が認められたものはこのフェーズに進み、実行する場合のリソースなど予算獲得に必要な計画案を作成する。日本ではなじみがないが、米国ではプロジェクトがいかなるものであるかを「定義（definition）」するという言い方をする。その作業がこのフェーズで行うデフィニション・スタディである。これにはNASA内部の予算が付き、タスクチームなどの名称の専門班が結成され、必要に応じて作業を外部に委託することがある。

フェーズC：フェーズBの結果、NASAの公式プロジェクトとして採用され議会で承認されたものは設計・製作・試験の段階に移行する。スペースシャトルやスカイラブのような特に大きな計画はプログラムと

して位置づけられ、その中にいくつかのプロジェクトを含む。組織的にはプログラムオフィスあるいはプロジェクトオフィスが設置される。オフィスの開設は事業会社の創立にも匹敵し、どこのNASAのセンターにおくかは地域の経済にとっても関心事である。このような背景のもと、スペースラブの毎回の搭載機器はまとめて一つのプロジェクトとしてマーシャルのスペースラブ・ペイロード・プロジェクト・オフィス (SPPO) が取り扱った。

フェーズD：これは運用段階である。フェーズの考え方の起源である軍用のシステムではフェーズCで開発したものの大量生産をして実戦部隊に配備されないことも多いが、宇宙計画ではフェーズCで開発したものは先ず例外なく運用するので、このフェーズは宇宙への打ち上げ業務を挟んでC/Dと連続しているのが普通である。

このフェーズの分け方は個々のプロジェクトによって異なり、スペースラブ1号では本体の建造計画が主、科学実験は副であったが、SEPACを一つのプロジェクトとすると、最初の募集の段階がフェーズA、続いて行われる「要求定義」の期間がフェーズB、そして設計審査から全ての試験を終わってNASAのスペースラブのペイロード組立への引き渡しまでがフェーズC、そしてスペースラブとスペースシャトルの地上運用からはフェーズDと見なされる。

SEPACは2回使用されたので運用期間は大変長く、最初の構想から計算するとそのプロジェクトの一生は図1 [5] に示すように非常に長い。すなわち、最初のAMPS計画への参加は1974年にさかのぼり、最初のスパー

## HISTORY OF SEPAC EXPERIMENT

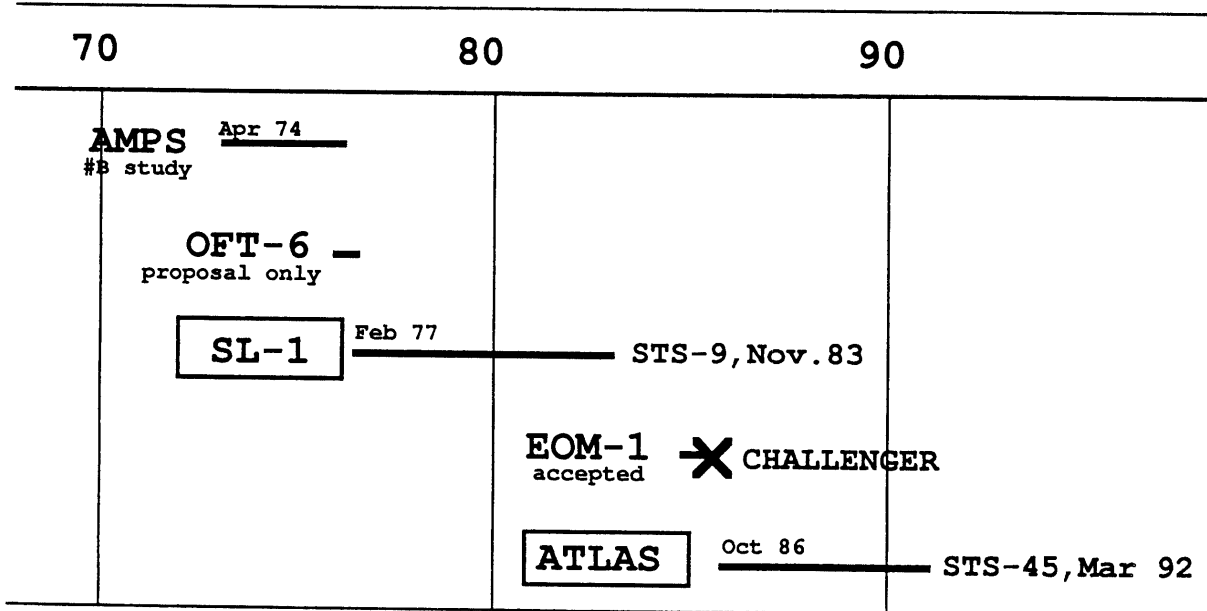


図1 SEPACプロジェクトの一生 [5]

スシャトルへの搭載の提案は第6回試験飛行 (Orbital Flight Test 6; OFT-6) に対して準備されたが、スペースラブ1号ミッションの公募が始まったのでこれに切り替えられた。SEPAC機器の第一回の飛行は、STS-9；スペースラブ1号ミッションとして1983年11月28日 11:00 EST (米国東部標準時) に打ち上げられ、同年12月8日

に着陸帰還したが、電子ビーム装置の電源トラブルによって高出力の電子ビーム実験は出来なかった。第二回の飛行は最初 EOM-1 ミッションに予定されたが、チャレンジャー事故によって中止となり、代わって STS-45 で 1992 年 3 月 24 日から 4 月 2 日に行われた ATLAS-1 ミッションに SEPAC 電子ビーム加速器が搭載され宿願の人工オーロラの発生に成功した。SEPAC の科学的な成果はすでに発表されており [6, 7, 8 等]、エンジニアリングの分野の話題もすでに出版物に収められている [9, 10]。

筆者は SEPAC 実験の最初の準備段階から参加し、とくにスペースラブ 1 号ミッションの提案から「システムの設計・製作・試験」を経て「スペースシャトルのペイロード集積運用」の直前まで、すなわちプロジェクトのフェーズで言えば A から C までを機器開発チームのプロジェクト・エンジニアとして働いた。本報告はこの間の筆者のエンジニアリングの実務経験の要点について述べる。

## 2 スペースラブ1のマネジメント

### 2.1 NASAのマネジメント

NASAは大統領に直属する組織で [11], 実体は実行部隊を擁する知的な国家戦力である。日本には比較すべき適当な組織がなく、俗に米国航空宇宙局と訳されているが、あまり適切とは思われないのでここでは略称 NASA を用いる。NASA の職員は 1960 年代は 3 万 5 千人、アポロ計画終了後は減少し、本題の SEPAC を実施した 1970 年代半ばから 1980 年代初めにかけては 2 万 3 千人位であった。主な組織は NACA 時代からある 3 つの研究センターと NASA の発足で出来たゴダード宇宙飛行センターと有人御三家というべきジョンソン、マーシャル、ケネディの各センターそして委託機関のジェット推進研究所である。本報告に取り上げられた時期、通称マーシャル(マーシャル宇宙飛行センター, George C. Marshall Space Flight Center, 略称 MSFC) には 4 千 6 百人の職員と 3 千人のコントラクターの人員が配置されていた。

NASA は事業費が数兆円のアポロ計画を成功させたことによって巨大事業経営の規範となった。また、アポロ計画は前人未踏の探検事業でもあったことから示されるように、NASA のマネジメントは前例のない科学プロジェクトをゼロから立ち上げることが得意である [12]。この仕事を担当するマネジャーは NASA 全体で毎年数名が養成される程度の専門職である。SEPAC が最初に参加した AMPS 定義研究では、マネジメントは世界中のサイエンティストの要求を聞き取り、質問してサイエンティストが答えられない限界を明らかにすると、それをエンジニアリングのスタートラインにしていた。

この先行的な (advanced) プロジェクトの立ち上げの一例に接した筆者は戸惑ったが、われわれがやったことのない無から有を作っていく過程を見ていたのであった。当然、NASA のマネジメントは大学教授がマネジメントまでとり仕切る SEPAC チームの日本の伝統に戸惑っていたが、こういう出会いはスペースラブの新しい挑戦と受け止めたようでもあった。このようなマネジメントを表現する訳語としては経営あるいは管理などであろうが、筆者は「やりくり」という言葉が最も良くその内容を表しているように感じた。その上で、通例に倣ってマネジメントを使用したい。またここではマネジメントをマネジャーの代わりに使うこともある。

### 2.2 マーシャル宇宙飛行センターの組織

1972 年 (昭和 47 年)、NASA の計画 (program) として承認され直ちに開発が始められたスペースシャトルは宇宙への輸送だけでなく、短期間宇宙に滞在して観測や実験を行うためのプラットフォーム的な機能を持つことになった。そこで、これに搭載する恒久的な研究設備の検討がほとんど同時に開始され、マーシャルには専門の科学設備として LST (Large Space Telescope) と AMPS のタスクチームが設置された。しかし、ポストアポロ計画への欧州の参加により、広く科学実験が出来る施設としてスペースラブが実現することになり、スペースラブ初号機に搭載する実験公募が 1976 年 2 月 27 日に公布された時、SEPAC をはじめフェーズ B の最中にあった AMPS の有力な実験はこれに応募したのである。因みに LST の方はスペースラブを利用しにくいとの理由で後にハッブル望遠鏡として実現した。しかし、当時はスペースシャトルはまだオービターの原型機が開発中で、主エンジンは始動にトラブルがあり、システム全体の振動試験はまだ数年先という時期であった。

マーシャルの組織はポストアポロに備えて大変動をしていたが、図 2 はそれがようやく落ちついた 1978 年 4 月の全体組織図を縮小表示したものである。細部は読みとることが出来ないが組織構成を概観するには都合が良いのでそのまま使うことにする。中央トップは所長 (director) 室でその次の 2 段は所長レベルのアドミニストレーションである。その次の段に大きなブロックが 7 つ並んでいるのがプログラムあるいはプロジェクト・オフィスで、この図の左端がスペースシャトルを開発する Shuttle Project Office で、欧州の共同計画として開発中のスペースラブを支援する NASA の総元締め Spacelab Program Office が右から 3 番目に、そしてスペースラブに搭載する科学機器などのペイロードを管轄する Spacelab Payload Project Office (SPPO) が 2 番目に肩を並べている。ス

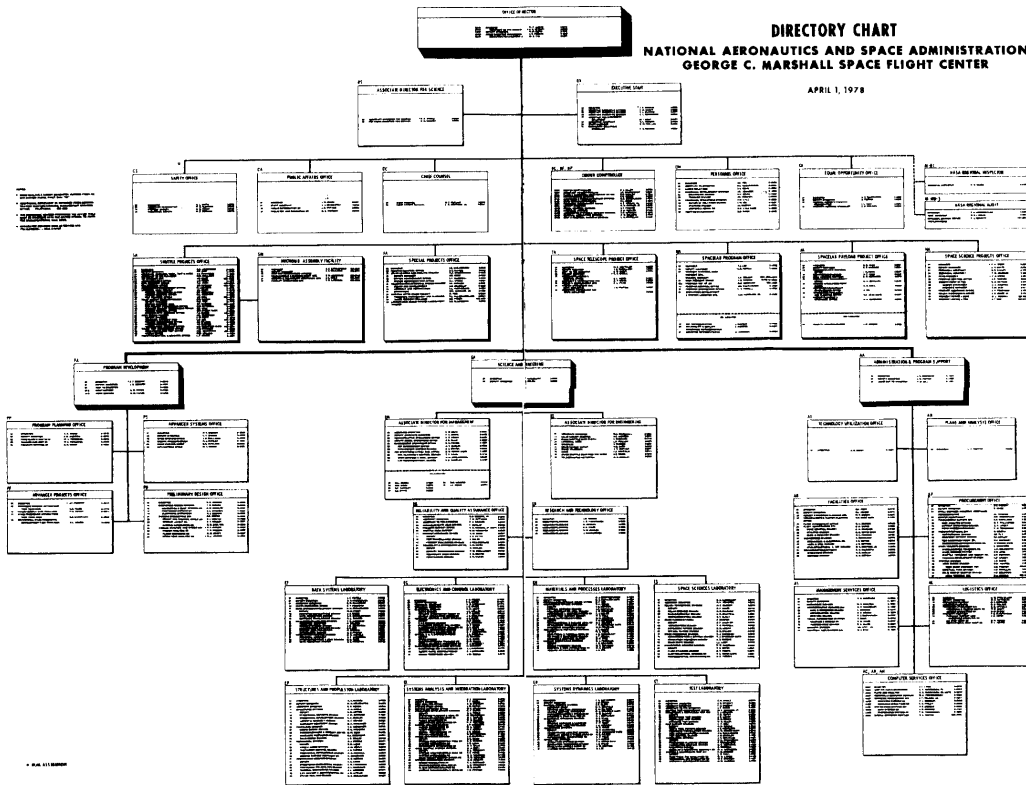


図2 MSFCの組織構成図 1978年4月現在

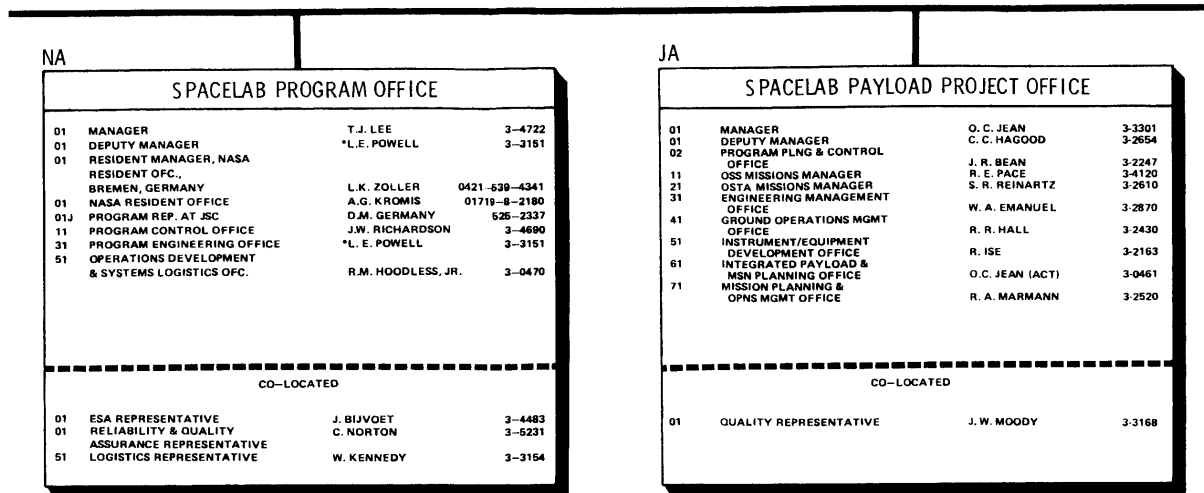


図3 図2の部分図 (スペースラブ関係の2つのオフィス)

スペースラブ1号ミッションでは、スペースラブを中心にこれを輸送するスペースシャトルと搭載する科学実験も並行して開発することを意味している。図3は図2の当該部分を拡大したSPPOの組織図である。

ついでに図2の下半分は常設の組織で、中央部は科学工学局 (Science and Engineering Directorate) で、その



最下位の8つのブロックはそれぞれが宇宙研くらいの人員を擁したラボラトリーである。この中のサイエンティストとエンジニアの一部は上記のオフィスに出向し、一部は所内開発でコントラクターと競争する。下の左側は計画開発局そして右は契約や施設その他諸々の支援を行う部局である。

### 2.3 SPPOの組織と作業のあらまし

プロポーザルが受け入れられて要求審査が始まると、SEPACの作業はSPPOのマネジメントの下に行われる。すなわちSPPOがSEPACに対してNASAのシングル・コンタクト・ポイントの立場で「面倒を見る」ことになる。SEPACからのスペースシャトルやスペースラブに関する質問はそれぞれのオフィスではなくSPPOにする。あるいはスペースラブの技術情報はスペースラブのオフィスからではなくSPPOから提供されるという具合である。これは宇宙研の「当人同士でやる」方式と違う点である。

しかしSPPOの中にもレベルの異なる権限や責任がある。このレベルはワーク・ブレイクダウン・ストラクチャー (Work Breakdown Structure, 略してWBS) としても知られ、フェーズと同じようにNASAのプロジェクトマネジメントの特徴なので [13], SEPACの関係したマネジメントや作業のレベルについて述べておきたい。

#### レベル1

政策と外交のレベルがレベル1で、これにはNASA本庁の権限と責任がある。スペースラブ1号ミッションの実験に関わるこのレベルの文書には公募書類に添付されていた「レベル1制約条件」[14]がある。この文書に引用されていた安全性に関するNASAのポリシー、通称SP&R [15] およびスペースラブ・ペイロード搭載ハンドブック、通称SPAH [16] は、いずれも実験計画の基本文書である。

SEPACに限定すれば、宇宙科学担当のHinner副長官\*からのSEPACの採用通知の書簡、およびFrutkin国際関係局長\*の免責条件に関する書簡がともに1978年1月9日の日付で宇宙研の所長宛に来ているが、これらはレベル1に位置するものであろう。

\*NASAの役職名等は筆者の記憶によるものの和訳で正式のものではない。

#### レベル2

レベル1のNASAとESAの文書よりやや具体的な内容のあるレベルIIガイドライン [17] を、先に述べたMSFCの二つのスペースラブ関係のオフィスとESAのプロジェクトマネージャーの三者が調印している。これはレベル1の制約条件に基づいて、プランニングの作業のために必要なより詳細な条件を決めたものである。例えば、「飛行の定義」の項には、予定軌道や1980年7月15日米国東部時間午前9時打ち上げなどが設定されている。レベル2のガイドラインも実験公募の条件の一つである。並行開発においては、搭載する側の設計から試験までの作業が遅れると搭載条件が確定出来ないため実験機器の設計基準が定まらず、開発がおくれる恐れが出てくる。この混乱を避けるのはMSFCのエンジニアリングとマネジメントの責任であり、SEPACとの関係で直接この任に当たるのがSPPOであった。

「形態管理 (Configuration Control)」は確定したプロジェクトの特性をプロジェクトの実施中に維持管理することを意味する。SEPAC等の実験プロジェクトの形態管理上の最上位の決定機関はLevel II Configuration Control Board (Level II CCB) である。SEPACに適用されたMSFCの「JA 009; スペースラブ用ペイロード形態管理の手引」[18]にはNASAのマネジメントレベルが図4の様に示されていた。

#### レベル3

スペースラブの飛行ミッションはNASA本庁の科学局 (Office of Space Science, 略称OSS) と先行研究技術局 (Office of Advanced Research and Technology; OART) がそれぞれ管轄するミッションに分類されている。SPPO

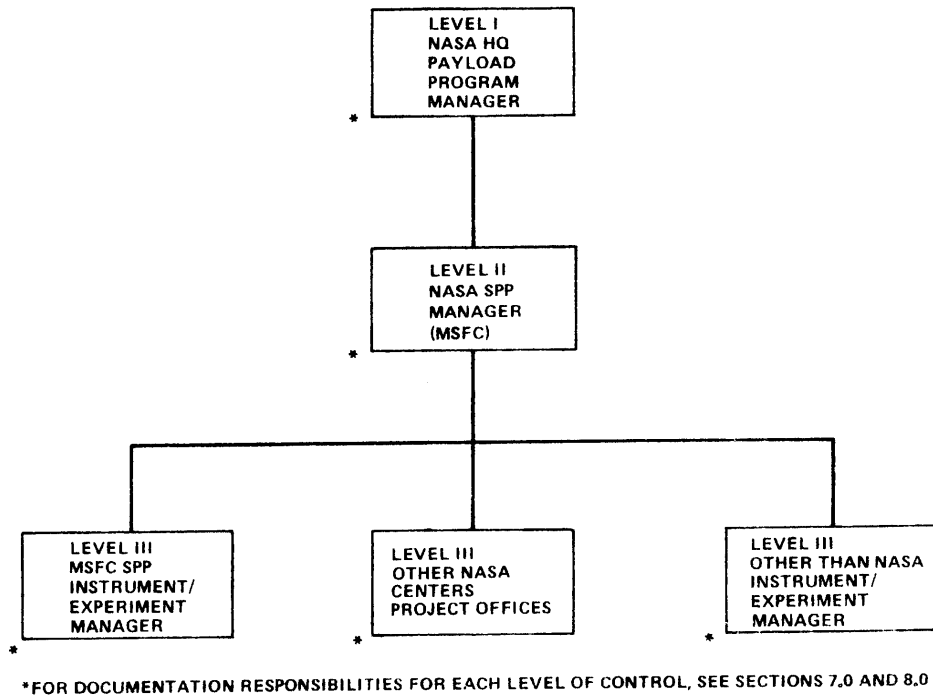


図4 スペースラブ形態管理レベル [18]

の組織図（図3）にはそれぞれマネジャーが配置されているオフィスがある。これがレベル3であるとはどこにも明記されていないが、SEPACはOSSのミッションとしてミッションレベルの事柄はこのオフィスが対応し、具体的には後で説明するERDとMIAという合意文書の調印相手であったことから、そのように理解している。

OSSミッションマネジャーは、各実験の要求定義から飛行後の報告までの実施項目を具体的に述べたNASAとESAの文書JA002（ESAの文書番号はRE-001）[19]を一般的な方針として公布した。

レベル3のSEPAC関係の主な作業には次のようなものがあつた。

#### 1) IIA（機器インターフェース合意書）およびIPRD（集積ペイロード要求文書）

SPPOは各実験毎にInstrument Interface Agreement（IIA）やIntegrated Payload Requirements Document（IPRD）という二つの文書をPIの監視のもとに作成し、スペースラブのミッション全体計画の形態管理をしていく基本文書とする準備をする。SEPACなど各科学実験の実施情報はこの中に含まれているので、各自の要求が正しく反映されているかどうかを確認する事が出来るとともに、計画の進行に伴って各自の計画に変更が生じた結果、これらの文書と合致しない箇所が出てきたときは後で述べる変更提案（ECP）等を提出して、最終的にはレベルIIのCCBの承認を得なければならない。SEPACのIIAの文書番号はJA-020であつた[20]。

#### 2) IWG（研究者作業グループ）

スペースラブ1号ミッションではそのチーフサイエンティストの下に主任研究者（PI）およびその代理人からなる研究者作業グループ（Investigators Working Group, 略してIWG）がミッションレベルの科学的な問題に関する調整や要求の取りまとめ、および運用への支援に責任を持った。このグループの決定はJA002にも規定されているように公式に尊重される。

実験装置のエンジニアリングにおいて厄介な仕事の一つとなつた使用材料の選択に関する要求は、いくつかの

研究者の要求をとりまとめる形でこのグループから出されたものである。同時に、このグループはNASAとESAが設計に必要なデータ等の技術的な支援を提供することも要請した。

### 3) 安全性

安全はレベル1で適用文書が指定されている項目であるが、設計審査の段階ではさらに具体的な機器の設計に係わる要求の明確な表現やガイドラインがSPPO側から示されてきた [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29]。これらは豊富なデータ集や解析作業の手引きなどのエンジニアリング資料であり、NASAの安全管理は取締まりより高度な指導をコントラクターや部内のエンジニアに対して行うものであることを示した。

### 4) ERD (実験要求文書) 作成

スペースラブ1号ミッションに応募した実験のプロポーザルのうち、科学的な審査に合格したものは「要求定義」段階に進む。この段階では想定される飛行条件で各実験毎に、所期の目的を達成するために研究者が必要とする要求がどこまで満たされているかを確認する文書、Experiment Requirements Document (実験要求文書、略称ERD)を作成する。この書類は最終的にNASAの担当局としてのSPPOと各実験のPIとの間の合意文書として署名された最終版をもってBaseline ERD、略してBERDという公文書となり、このフェーズは終了する。この作業はSPPOが搭載する実験になじみになると同時に、各実験側は設計条件を固める機会である。

ERDは1977年3月から同年10月まで3回にわたる審査会を経て、Initial, PreliminaryそしてBaselineの3版を作成していった。ベースラインが完成したのは1978年1月であった。

この場合、NASAのプロジェクトマネジメントの管理すべき形態とは、SPPOと合意した事項が全て含まれるように作成された文書であり、設計はこれにしたがっておこない、出来たものがこれに合致していることを確認したり、逸脱するものについては早期に対応することが管理と言うことになる。この点は会議で情報を交換しながら設計を進めて、PMの完成した時点で公式の書き物としての仕様書を作成する日本式とは大いに異なる。

### 5) MIA (ミッション実施合意書) の調印

JA002文書によれば、ミッションマネジャーは各実験のミッション要求に応じることを約束する文書となる、ミッション実施合意書 (Mission Implementation Agreement; MIA) を作成しなければならない。SEPACでは、1978年2月17日に、PIの大林教授とSPPOのOSSミッションマネジャーとの間でこれが調印され、この中でSEPACの日米チームが分担する項目が明記され、またチーム全体としてのミッションを通じて行うべき作業と使用する科学機器などが確認された [30]。また、これにはSEPACに適用される文書が指定され、スペースラブミッションの一員として、厳密な意味でのエンジニアリングマネジメントを実施することになった。

その実施方法はMIAの第7項に記され、SEPACは独自の形態管理を行うように規定されていた。日米が分担する品目はそれぞれの予算を使う原則により、NASAの予算を使う米国側の機器は、MSFCの「全般的ガイドライン (JA-003)」 [31] が適用されるが、日本側の加速器サブシステム (略記号: AL) と観測器サブシステム (略記号: DG) はこれとは別の形態管理体制をとる、つまり内部的な設計性能仕様書の維持はNASAとは別の形態管理を行っても良いということである。しかし、後で述べるように日本側の機器に関しても、予算に関する項目以外はレベル4の米国側の機器に準じて行うことになった。

### 6) ADP (受入データパッケージ) 審査

受入および飛行準備完了審査 (Acceptance/Flight Readiness Review) は本来別々の審査で、受入審査が先行して各実験を受け入れてスペースシャトルのペイロードとして集積する作業を終わり、飛行準備完了審査はこの作業結果を踏まえてSPPOがスペースシャトルに対し最終の保証を与えるものである。SEPACに対してはSPPOは

1980年末に搭載科学機器を受け入れるための審査の第一段階を開始した。この審査の主な内容は設計審査の時に取り決められた検証項目等の結果の審査である。

この後はSPPOが全ての実験のデータを取りそろえてスペースラブ側に搭載機器とともに引き渡す。

#### レベル4

NASAの予算でスペースラブに搭載する機器を製作する契約を司るのが図3のSPPOの中にも示されている機器開発 (Instrument/Equipment Development) オフィスである。ここでは搭載機器について技術的な側面と費用の見積など細かい所まで契約条件をまとめる。契約の相手は企業や大学であるからNASAのマネジメントレベルでは最下位になるので、技術に関する詳細な要求やガイドラインを準備し、契約実施の監督と審査も具体的である。SEPACの米国側の機器と作業はNASAが支出するのでこのオフィスのマネジメントに入った。適用文書はJA003 [31]であった。

一方、SEPACの日本側機器については、予算まで含めた高位のマネジメントはNASAのレベル3に対応するもので、前出のJA009 [18]によると日本側の責任でレベル4のマネジメントを行っても差し支えないことになっていた。ここは日本側のエンジニアリングを担当する筆者らの思案のしどころであった。というのは、日本では伝統的にエンジニアリングは割り当てられた予算に合わせる事が優先され、そのためには性能を落とすことは当たり前で、ミッション要求自体を絶対的な目的として守ろうというエンジニアリングは必要ないということである。しかし、日米共同実験としてのSEPACの立場から考えると最初のプロポーザルに始まった一連の科学実験の要求は国際的に評価されたもので、国内の産官の関係者にはその提案の内容を堅持する必要性を理解してもらいたいという気持ちがあった。また、NASAのエンジニアリングマネジメントは明らかにそれまでの日本の開発方法とは違ったユニークさがあり、この新しい困難な技術開発には特にその有効性が期待された。

結局、日本側も米国SEPACチームとともにMSFCの機器並にレベル4のマネジメントにしたがったが、その利点は次のようにまとめられるであろう。まず、SEPAC内部の日本側と米国側の技術的関係の共通性の認識が強化されたことである。言い換えれば、日本側のSEPACの動向をこのオフィスが掌握していることによって、米国SEPACチームがSPPOとの関係で大変働きやすい条件を提供した。次に、日本側のSEPAC機器の設計審査等はMSFCの実験に適用された各種審査をそのまま習って日本側の主催で実施した。すなわち、初期設計評価 (Initial Design Evaluation, 略してIDE) に関してはMSFCにおいて2回、最終設計と運用審査 (Final Design and Operation Review, 略してFDOR) は宇宙研と各担当メーカーで主たる会議を行い、追加の会議をMSFCで行った。表現は良くないが、結果的に宇宙研は虎の威を借りた狐のように指導性を発揮して、日本側の企業の組織的な作業の枠組みの中でSPPOが期待するようなデータを作成することが出来た。このように筆者は考えている。

このように、SEPACチームの作業はスペースラブ1号ミッションのレベル4の作業と密接な連絡を保ちながら行われたので、ここではSEPACプロジェクトの全体の流れを示し、次章以降への導入としたい。図5は、1977年の要求定義から1983年の飛行までの主なマネジメントやエンジニアリングの実績を年表にしたものである。図の最上段はミッションレベルである。最初、スペースラブ1号ミッションの飛行は1980年7月15日に予定されていたが、大幅に遅れて1983年になったことが示されている。2段目はSPPOから見たレベル4のSEPAC、すなわちERDで示される要求定義の段階、次にMIAに始まるDesign reviewの1年間と、システム試験と並行する形で実施されたAcceptance Data Package reviewまでということになる。3段目はSEPAC各機器の関係で、枠で囲んだのは機器レベルの製作試験である。4段目は1981年に集中的に行われたSEPACシステム試験の関係である。

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	CY
SL-1 Operation				level II Guideline launch date 7/15		level IV, III & II, I KSC delivery 1/ -2/	Actual flight 11/28-12/8 EST	
SPPO Review & Documents	<b>ERD</b> Init 12/27 Prel Baseline	Rev 8/ <b>Design review</b> IDE 2/6-17 FDOR 11/29-12/7 5/23 <b>MIA</b>		<b>ADP review</b> #1 12/9	#3 10/6			
SEPAC	<b>EM</b> -9/E							
AL&DG Fabrication and Tests	<b>PM</b> start 11/1	end 9/15	<b>FM</b> Fab start 4/1 thru 3/31	AT & review in FY80 incl. PWR <b>BM</b>				
System Tests				VT-1,3/9-11 VT/FT1-3, 6/8-7/31 at ISAS Komaba EMI test 10/23-11/14 Space chamber test 11/24-12/18 at NASDA Tukuba				

図5 SEPAC プロジェクト実施日程

### 3 SEPAC 実験と機器システムの確定までのフェーズ

#### 3.1 SL-1 ミッションへの参加

AMPS プロジェクトの中断とスペースラブ1号ミッションのスタートの噂に、AMPS の有力な研究グループは計画を早期に実現するためにスペースラブの初飛行に向けて動き始めたのでSEPAC もその可能性を米国の研究者と探り始めた。スペースラブはスペースシャトルのために欧州宇宙機関 (ESA) が開発したものであったから、最初のミッションは米欧の共同ミッションで、それに搭載される科学実験はリソース (搭載重量, 消費電力, 実験時間など) を米欧で等分に使う事を前提に、NASA と ESA がそれぞれ公募による科学実験課題を搭載する責任を持つことになった。

スペースラブ1号ミッションの主目的はスペースラブの性能試験で、その性能を実証するためにそれを利用する科学実験を実際に行ってみる必要がある。そこで、広範囲な研究分野の代表的な科学実験を行うことが副次的な目的として設定された。AMPS は電離圏・磁気圏に限定された研究分野であったが、スペースラブ1号ミッションはこれに反して生物医学, 材料科学, 地球観測など多分野の研究を少しずつ実施してみるのが目的であるから、同じ分野の中から一つ選ばれる研究課題になることが重要になる。これはいわば晴れ舞台に登場する選手のコンテストのようなものでSEPAC の提案に当たって競争を有利にする戦略が必要になる。

もう一つ、SEPAC にとって AMPS とスペースラブ1号の情勢の違いがあった。それはアクティブ実験の主役と見なされ、当然アメリカが提供すると見られていた電子ビーム加速器がアメリカの国内で十分な支持を得ていない事が明らかになってきたことである。最初 AMPS の定義研究に参加した時、SEPAC は日本の独自性を打ち出すために MPD プラズマアークジェットのみを使うアクティブなプラズマ実験計画であった。しかし、大林教授がアメリカの協力者に働きかけて日米共同で SEPAC を提案する事になり、大林教授が主任研究員 (PI) で複数の副主任研究員 (Co. I) は NASA をはじめとする米国の科学者で構成されたチームが結成された結果、日本側は MPD アークジェットだけではなく、電子ビーム加速器および観測器としてプラズマ関係の計測器とテレビカメラを含むものを開発し、米国側は実験運用のソフトウェアおよびそのためのデータ処理装置、それに気密室内にセットする制御盤を開発する案が浮上したのであった。開発する側は資金も負担するノー・ファンド・エクスチェンジの原則に従ったので、日本側の責任が非常に大きくなった。NASA の選考方法は研究者には良く知られていると思うので詳細は省略するが、大まかな選考の基準は、先ず科学的な価値ではあるが、採用された研究の予算を NASA が負担したり、完全に実行する能力の有無という点はまた別の基準である。そう言う点から研究組織の信用の高さは非常に重視される。SEPAC が採用されたことは大林教授の信用度を物語っていると言える。

SEPAC のプロポーザル [32] (以下、単にプロポーザルという) に記述された実験装置をエンジニアリングの立場から見ると、最初のミッションにありがちな状況判断の難しさが見て取れる。それは装置の規模をどの位に考えて良いのか予想が立たなかったことである。電子ビームやプラズマの加速器はそれまでのパッシブな宇宙観測機器に比べると電力や重量が桁違いに大きくなる。プロポーザルを作成するに当たってその上限が知りたかったが、SEPAC では AO の適用文書となっていた前出の1号ミッションのレベル1制約条件が実験の規模を設定する唯一の資料であった。それには科学実験全体の使用できる電力は2kWで、科学実験装置の全重量は5,650 kg より少なくないとしか書かれていなかったので、搭載される実験数が分からない段階では、このうちどれだけ実際に使えるのか全く予想がつかなかったのである。

提案者の大林教授の戦略でプロポーザルは科学目的と搭載性に柔軟性を持たせて、加速器のパワーレベルに3つのオプションを仮定したが、これは NASA の一般のプロポーザルではあまり例がないと思われる。また、搭載条件に柔軟に対応できるように、実験機器はなるべく小さなパッケージに分割してどこにでも乗せられるようにした。このことは非常に有効であったが、開発製造そして試験と搭載運用におけるエンジニアリングな手続きが複雑になる原因となった。

NASA へのアクティブ実験の提案は SEPAC を含めて 3 件有り，科学的な審査の結果は 3 件とも同等で NASA 側の実験項目の中で第 2 位の優先順位を与えられた。しかし，NASA は 1 実験しか採用しないので，勧告により当事者は 3 つの提案を一つにまとめるか，3 つのうち 1 つを選ぶかの協議をした。この協議の経過はエンジニアが見ても大変興味深いものであったが，多分，明らかにすべきことではないと思う。とにかく，SEPAC が 1 つ残ったのである。

### 3.2 プロポーザルに記述された実験

プロポーザルは指定された様式に従って，科学目的，実験機器，実験運用，そしてマネジメントと経費に関する予定（プラン）の各章で構成されている。科学目的は次の 5 つの研究課題である。

- 1) Vehicle charge neutralization
- 2) Beam-plasma physics
- 3) Beam-atmosphere interactions
- 4) E and B field morphology
- 5) Ionospheric modifications

このうち 3) には本研究の看板となった人工オーロラを作る実験が含まれていたが，SEPAC の科学研究は本報告の主題ではないので主任研究者の大林教授の自筆のイラスト図 6～8（プロポーザルでは Figure 1～3）を紹介する。

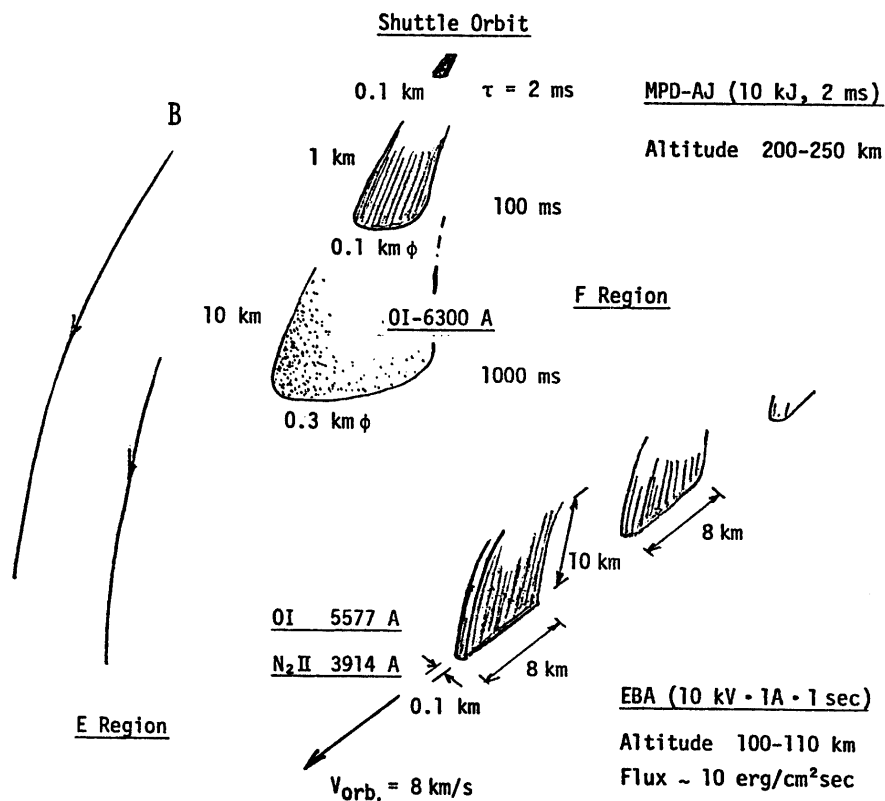


図 6 人工のエアグローとオーロラ実験 [32]

るにとどめ，ここでは主としてプロポーザル段階の実験機器とこれに直接関係する運用の概念を述べる。

実験全体は電子とプラズマのビームを使い，搭載したテレビや放出した観測器（TAD）などで観測もするということが図 8 に端的に表現されている。図 9 は同じく大林教授の描く実験運用の概念図である。タイトルで

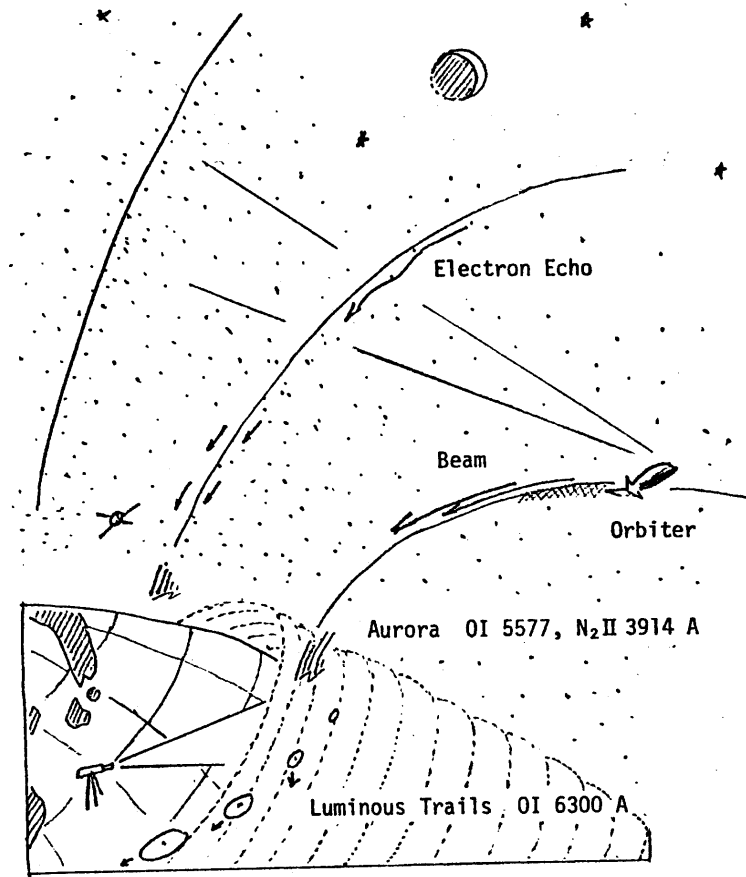


図7 エレクトロンエコー実験 [32]

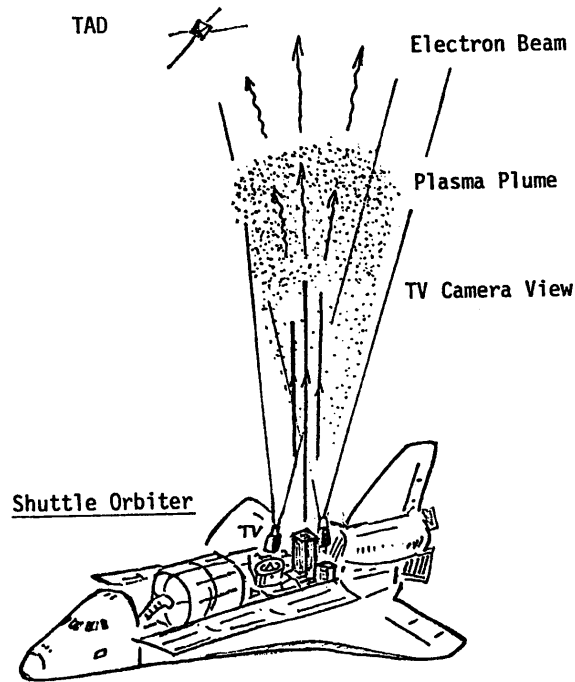


図8 スペースシャトル周辺でのSEPAC実験 [32]



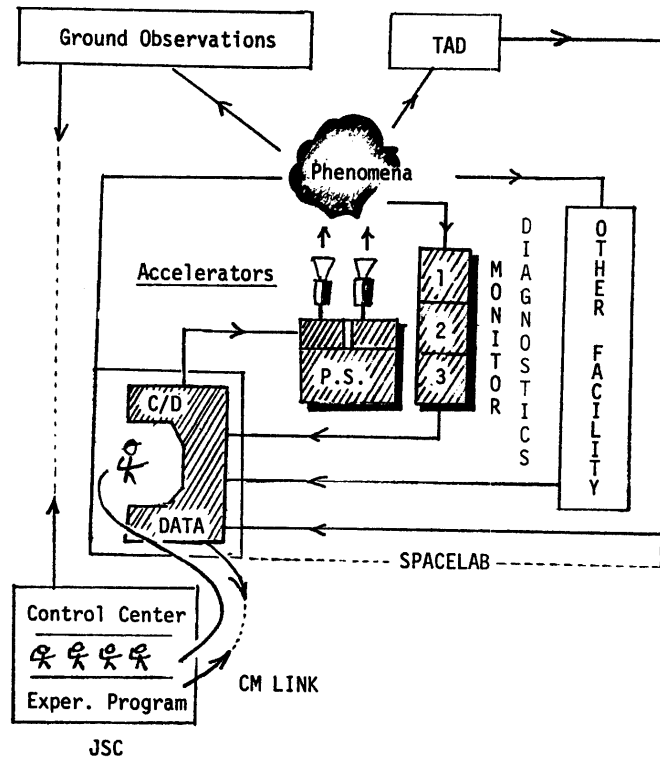


図9 SEPAC-MINIシステムの運用概念図 [32]

SEPAC-MINI となっているのにご注意願いたい。このミニは様々な科学実験を混載するスペースラブ1号にはSEPACの小型版を乗せるのであって、将来的にAMPSのような本格的な装置の一部としてSEPACが実現するのだという含みがある。いずれにしても、このスケッチからSEPACの搭載機器は加速器と観測装置それに管制装置の3つからなることがうかがえる。実際、後にこれらはそれぞれAL, DGおよびCDの各サブシステムとして構成されることになった。

既に述べたように、スペースラブ1号ミッションの特徴として総花的な実験の搭載が予定され、しかも全体の電力と重量もアクティブ実験にとっては十分ではなかったが、その範囲内で出来るだけ規模の大きなものを実現したいと言う気持ちから、プロポーザルでは3つの規模の電子ビームとMPDアークジェットシステムの提示した。それらはレベルI, II, IIIと呼ばれていたが、表1にそれらの規模を電子ビームのパワー、MPDアークジェットのエネルギー、およびパレット上に置くべき装置の重量として表す。

表1 プロポーザルで提示された実験規模のオプション

Level	Electron beam	MPD arcjet	Weight on pallet
I	10 kW	2 kJ	235 kg
II	25 kW	5 kJ	360 kg
III	50 kW	10 kJ	580 kg

この重量は日本側の担当するスペースラブの外部に置く加速器と観測器の合計で、米国側の機器40kgは気密室内に置くものとしていた。また、いずれのレベルでもスペースラブからの要求入力電力は1kWとしていたの

で、スペースラブの電力を一旦貯蔵して間欠的に使わなければこのパワーやエネルギーは出せない。レベルによる重量の違いは主としてこのエネルギー貯蔵器の大きさの違いによるものであった。

実は各レベルともシステム構成を2種類提案していたが、その2種類のシステムとは、内蔵するエネルギー貯

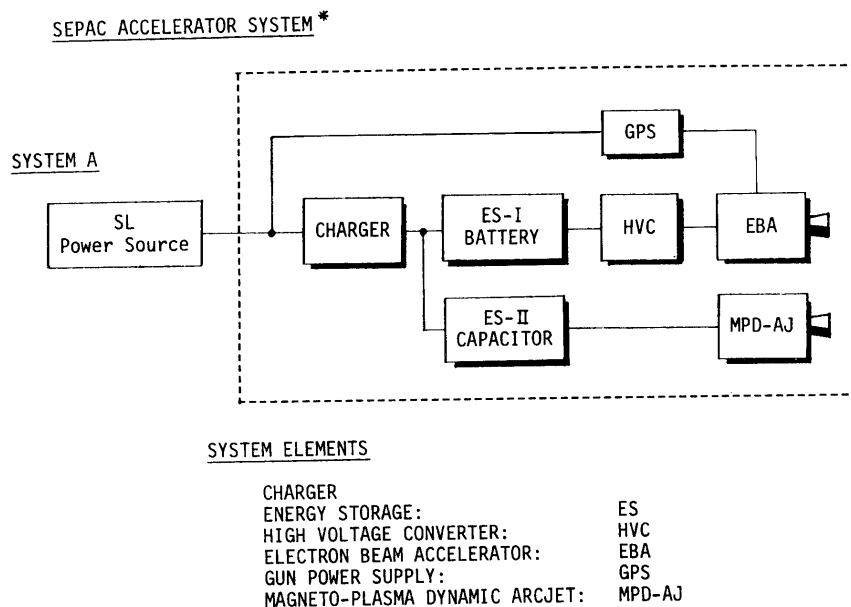


図10 SEPAC 加速器システム A [32]

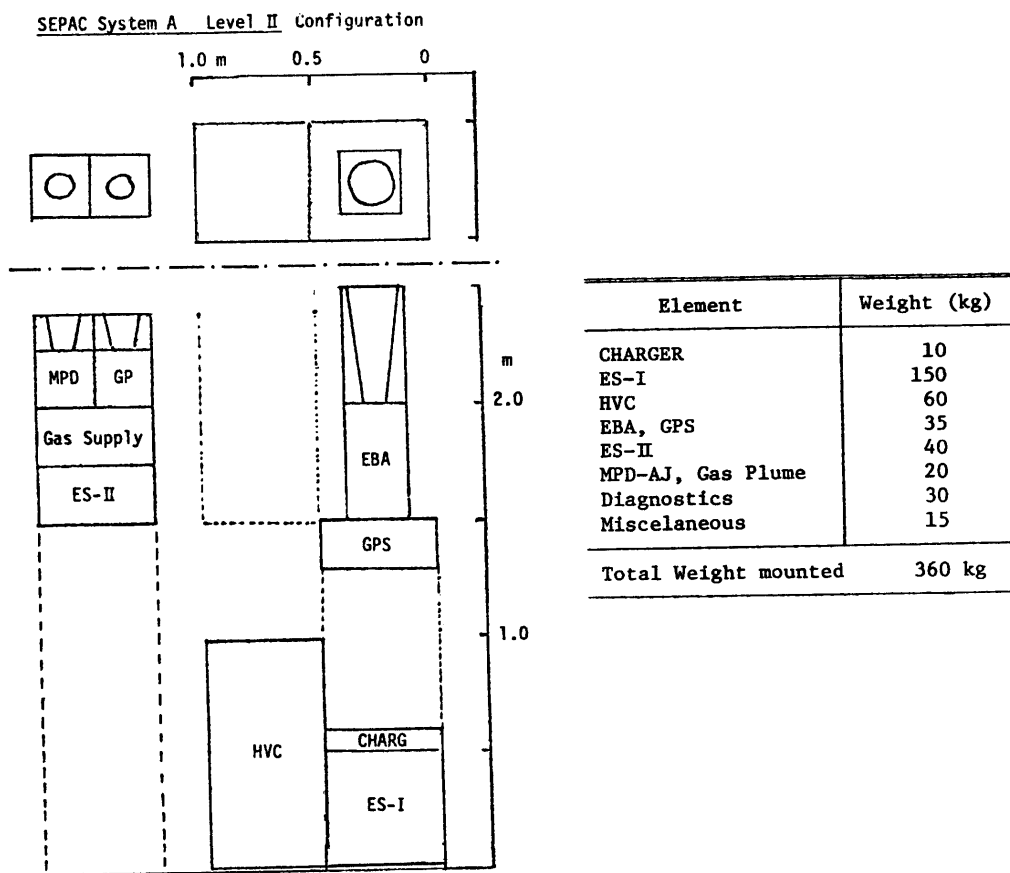


図11 SEPAC システム A、レベル II の形態と重量 [32]

蔵器としてコンデンサーだけにするシステムとコンデンサーとバッテリーとを併用するシステムであった。システムを2種類提案したのは、コンデンサーとバッテリーの優劣についてSEPAC内部でも意見がまとまっていなかったことと、安全性についてのミッション側の評価が予測できなかったのもその理由の一つであったと思われるが、詳しいことは良く覚えていない。いずれにしても、加速器の所要電力がスペースラブの供給電力を上回るということがわかっていたので、スペースラブの電力を蓄えるエネルギー貯蔵器を自前で持ち、間欠的に作動させるようにせざるを得なかったのである。

図10は提案書のシステムAの構成図である。ここにはスペースラブ1号では搭載実験数が多いので、システムとしてはケーブルや容器が増えるために不利であるにもかかわらず、機能別に分散したパッケージで構成した方が搭載条件を満たしやすいと考えた結果が示されている。

また、図11はシステムAの中で、本命と予想されていたレベルⅡの機械的な特性を示し、付表はシステムを構成するパッケージの特性のうち重量のみを抜粋したものである。

### 3.3 ベースライン化された実験および科学機器

プロポーザルの最初の審査では主に科学的な意義が評価されるが、これによって選択された実験は技術的な評価をかねた定義研究に進む。これが先に述べた「実験要求文書」(ERD)を作成する作業で、1977年初めから翌年初めにかけて約1年間行われた。その作業内容はNASAの宇宙プロジェクトの進め方そのもので非常に興味深い。ここではその結果SEPACがプロポーザルの段階からどのように変化したかを示すことが目的なので、ごく簡単に紹介したい。

#### 「実験要求審査」について

ERDの作成は実験要求審査を通じて行われる。この審査ではプロポーザルに記述したことを審査するのではなくて、プロポーザルの枠内であらためて実験を実施する計画を立てる作業であり、審査(review meetings)というものの関係者の勉強会と考えるべきものであった。まず、ミッションマネジャーは実験サイドに必要な情報を記入する白紙の書式を渡して作業の枠組みを作っていく。実験の準備、共同実験の有無、課題毎に行う実験回数、軌道と姿勢等々、実験装置の特性とともに運用に絡んだ動的な特性を問われるので、これに答えるためにプロポーザルでは必要がなかった詳細な実験実施計画を急遽作成するなど、大仕事になった。これにはサイエンティストが主として軌道上での運用案をまとめ、これをエンジニアリングな形にまとめるために実験側のエンジニアグループとミッションマネジャー側のエンジニアグループが勉強会を繰り返すことになった。

言うまでもないがこの作業は採用された各実験毎に行われる。中でもSEPACは米欧のスペースラブミッションのNASA側の実験の中では最も規模の大きなものと予想され、また実際そうであったために、重点的に審査会議が開かれたように思う。そのため「SEPACはスペースラブ1号ミッションのホイッピング・ボーイだ」と言われたくらいである。ホイッピング・ボーイとは昔、奴隷制の米国で主人の子供の代わりにむち打ちの罰を受けた黒人の子供のことである。実際、スペースラブの実験で問題になりそうな項目はほとんど全てSEPACを試験台にして審議された。

NASA側の全ての実験を紹介する意味も込めて表2に作業経過の一例を示す。SEPACの記号は1NS002で、最初の1はスペースラブ1号ミッションを、NはNASAを、そして002は優先順位を表すものと理解していたが、Sとその他の実験課題に付されているAやTが何を表すかは定かではなく、おそらくOSSやOART等のNASAの担当部局の区別を示すものと思われた。優先順位はリソースの配分に関する実験課題の間だけに通用する優先順位である。スペースラブ1号ミッションの主目的であるスペースラブ本体の試験は全ての実験よりも優先度が高いので、「実験要求審査」においてある実験が前述のレベル1およびレベル2の制約や要求に合致しないときは“Mission Incompatible”として採用取り消しとなる可能性もある。例えば、レベル1では「船外活動は実施しな

表2 ERD作成期間中におけるNASAの実験重量の推移 (SPPO)

ORGANIZATION	MARSHALL SPACE FLIGHT CENTER FIRST SPACELAB EXPERIMENT MASS HISTORY (NASA EXPERIMENTS)	NAME			
		N. PARKER			
NASA/SPICE		DATE			
		OCTOBER 1977			
		MASS (KG)			FEB-OCT DELTA
		FEB 1977	JUNE 1977	OCT 1977	
1NS001	IMAGING SPECTROMETER	220	227	228	+8
1NS002	PARTICLE ACCELERATOR	300	314	381 *	+81
1NS003	LLLTV	149	149	126	-23
1NS004	ION STATES SOLAR/GALACTIC	13	33	34 **	+21
1NS005	FAR UV (FAUST)	65	75	92	+27
1NS006	RADIATION ENVIRONMENT MAPPING	3	3	3	0
1NS007	CHARACTERIZATION OF CIRCADIAN RHYTHMS	10	10	10	0
1NS100	MINILAB (INCLUDES 1NS101-1NS105)	197	280	286	+89
1NA008	ACTIVE CAVITY RADIOMETER	50	21	28	-22
1NA009	ATMOS	170	200	245	+75
1NT011	TRIBOLOGY/WETTING	63	63	63	0
1NT012	GEOPHYSICAL FLUID FLOW	50	50	60	+10
TOTAL NASA EXPERIMENTS		1290	1425	1566	+266
* INCLUDES 19 Kg. FOR SUPPORT STRUCTURE					
** INCLUDES 8 Kg. FOR SUPPORT STRUCTURE					

い」とされているので、どうしてもこれを必要とする実験はいかに優れた科学的な評点が与えられてもこの段階で落ちることになる。これは分かりやすい例であるが、SEPACの有意義な成果をどこに設定するかという点からいえば「電力は最大2kW」という制約は微妙な条件であった。

SEPAC以外の実験の内容は筆者は良く知らないのでそれぞれの名称から推測する以外にないが、この表で見限りSEPACは搭載重量というリソースの最大の使用者である。また、この表からSEPACも含め多くの実験が審査の経過とともに重量が増加していったことが読みとれる。この増加の原因は各実験装置の設計途中の予想値を使ったために結果的に増えたものもあるが、実験側が分担するのかミッション取りまとめ側が負担してくれるのが判然としない項目が明らかになってきたものも多い。例えばSEPACには本来ミッションサイドで提供されると判断したMPDアークジェットを載せる架台の重量が含まれることになった。また、プロポーザルでははつきりしていなかった機器をつなぐケーブルが独立したパッケージのように項目化されてBERDでは15kgが計上された。なお、最終的にBERDでSEPACが要求することになった重量は356.8kgであり、この中には窒素とアルゴンガス合わせて0.8kgおよびミッション側が提供するMPDパッケージの架台の重量19kgが含まれることになった。

#### SEPACのBERDより

「要求審査」の勉強会で決まったことは最初は白紙だったERD文書の空欄を埋め、また途中で変更があれば書き直しもする。しかし最終的に合意して確定したものはベースラインとなる。すなわち、その後はCCBの変更手順を経て承認されなければ内容を変えることは出来ない。そういうと堅苦しいようであるが、むしろ逆でこの書類は設計作業においていつも手元に置いて使用するハンドブックのように頼りになり、宇宙研でよく使われる議事録の綴じ込みより使いやすいと感じた。

SEPAC の特性に関する BERD の記述をプロポーザル段階での記述と比べるとミッションマネジャーの指導の効果が明らかである。その最たるものは実験運用の基本となった FO の設定ではないかと思う。例えば、電力の要求は各機器の消費電力ではなく、全ての実験計画に対してスペースラブから供給すべき電力の瞬時値の時間的な推移を要求としてまとめる事が要求された。このためには他の実験の運用も考慮して受け入れられる実験時間をもった実験単位を設定する必要があった。ミッション側はこれを機能的目的 (Functional Objective, 略して FO) と称して実験毎にいくつかの FO を作るように指導した。FO は一つだけで実行しても意味のある結果が出る準備の手順、チェックアウト、そして実験毎に作成したもので、SEPAC では以下に示す 16 の FO が制定され、それぞれについて電力消費や軌道やシャトルの姿勢の要求が数値化された。

No.	Code	Title
1	CFO	SEPAC System Checkout
2	T-1	EBA Firing Test (Level I)
3	T-2	MPD Firing Test
4	T-3	EBA Firing Test (Level II)
5	A-1	Electron Beam Experiment 1
6	A-2	Electron Beam Experiment 2
7	A-3	Electron Beam Experiment 3
8	A-4	Plasma Beam Propagation
9	A-5	Artificial Aurora Excitation
10	A-6	Equatorial Aerochemistry
11	A-7	Electron Echo Experiment
12	A-8	E//B Experiment
13	P-1	Passive Experiment
14	P-2	IES020 Experiment Support
15	CFR	SEPAC System Deactivation
16	—	Battery Charging

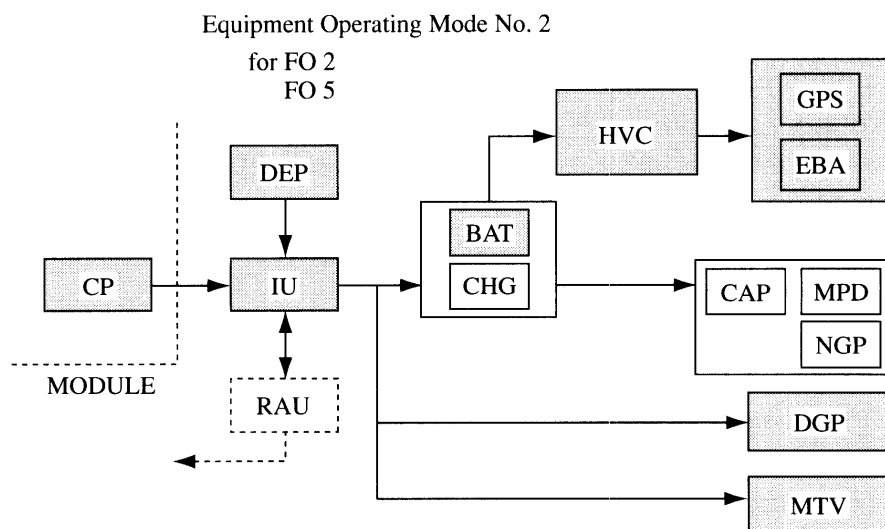


図 12 SEPAC 機器の構成と運用例

FO毎に要求が表現されている例をBERDに収められた図から紹介する。

図12はSEPACシステムの動作モードを表すブロック図で、斜線で塗りつぶしたブロックはこのモードで作動している機器を表している。同じ動作モードでも加速器や観測器の作動の仕方が異なるソフトウェアでプログラムされているものは異なるFOで区別される。この図のモードではFO2とFO5が運用される。各ブロックの略語は次章で説明する。

図13は一つのFO7について電力消費計画を示したものである。共同実験を他の実験と行う場合は同時に使う

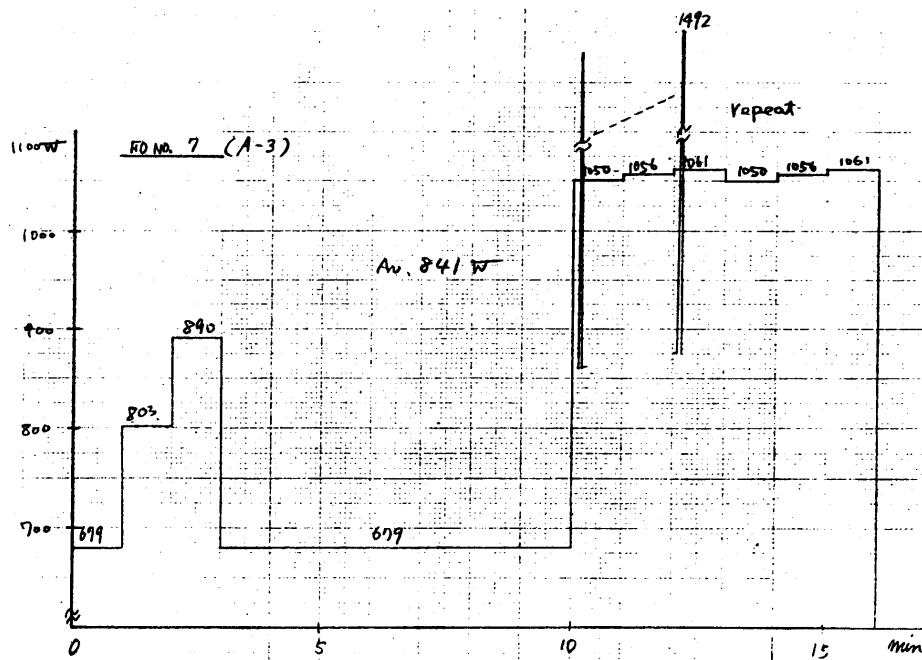


図13 SEPAC実験の必要電力曲線の例

実験すべての電力の総和が必要となるが、その場合はミッションマネジャーが関係のデータを集計してミッション実行計画として調整する。その結果はIPRDに記述される。

SEPAC機器の中には相互の位置や方向など配置上の要求があったが、それは図14の様に示された。

この他、ERDのかかなりの頁がデータ関係の要求に当てられている。例えば、SEPAC機器の運用に必要なコマンド、また地上の管制センターやスペースラブのオペレーターのためのモニター信号の表示等である。また、コールドプレートの熱除去条件や飛行環境条件の要求の有無、あるいは安全性の適用項目なども一覧表になって、今後の計画実施時にフォローできるようになっていた。

BERDに合意してミッションマネジャーとPIがサインをすると定義研究は終了し、その実験はスペースラブ1号ミッションに本採用となり搭載を約束されたことになる。

#### SEPACチームの形成

この作業の期間中に国内外でSEPACの本格的な設計作業が始まり、審査会議をサポートしたが、これに参加した人達を中心になってSEPACチームが形成されていった。国内では製作会社レベルでの機器の設計仕様書と受入試験仕様書を作成したが、これはこのプロジェクトの特殊性を考慮して特に確実に早期に準備されたものである。この結果、ベースラインではフライト用機器の性能諸元を明記することが出来た。また、プロポーザルではあいまいであったアメリカ側の開発分担項目が明確にされ、ハードウェアとしては管制盤(CP)、インターフ

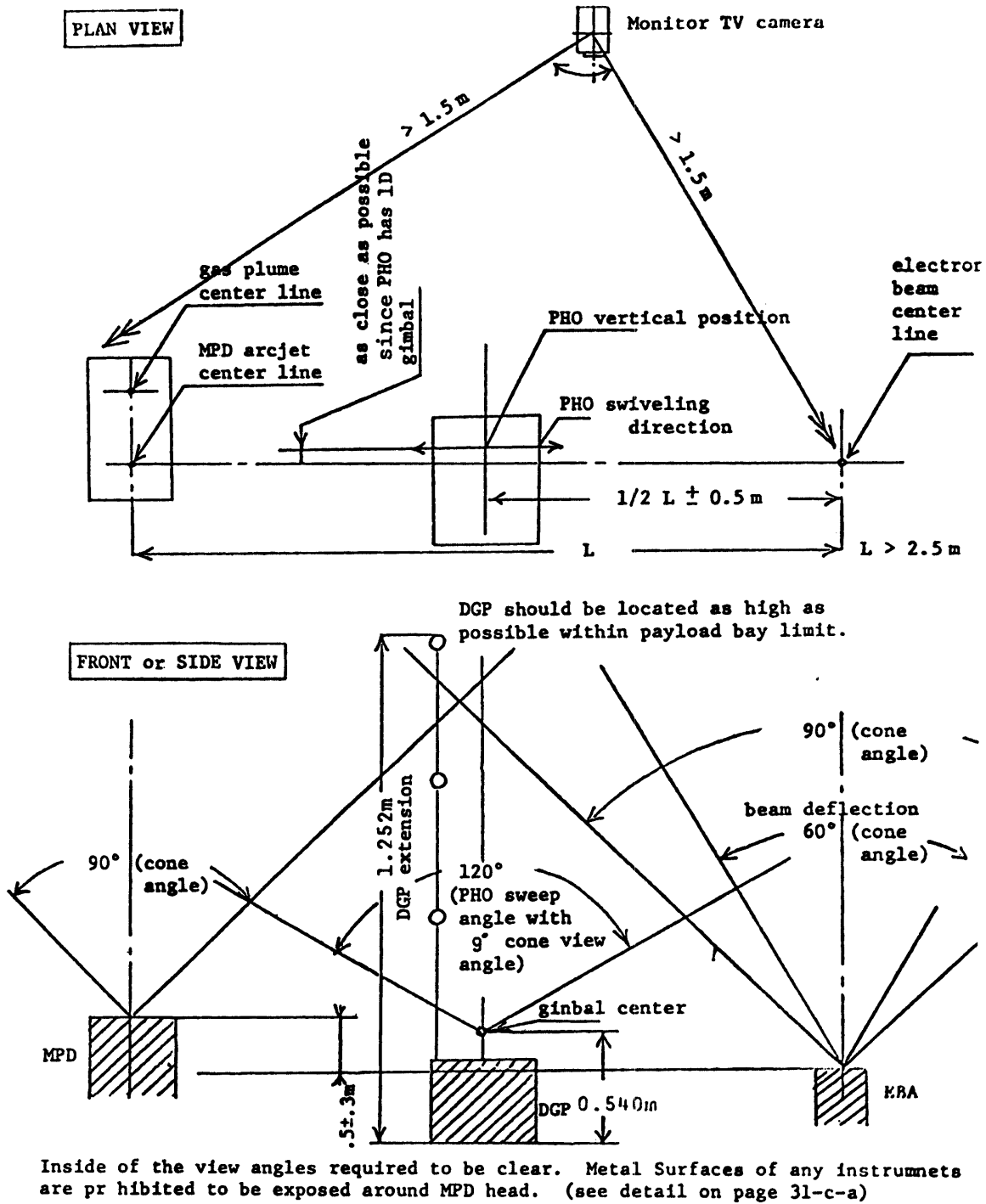


図 14 SEPAC 機器配置上の要求条件

エース・ユニット (IU) および専用実験プロセッサ (DEP) の3つのパッケージを担当し、さらに搭載したときに必要となる全てのパッケージを接続するフライト用ケーブルを製作することになった。また、実験プロセッサに組み込みシステム全体を運用するソフトウェアもアメリカ側の担当になった。なお、このソフトウェアの仕様書は日本側の機器に対応したソフトウェア設計要求書に基づいてアメリカ側が作成することになったが、実

行してみると日本では設計要求書を書いた経験がなく大変苦労した。

ERDには実験の運用も含まれるので、個々の機器だけでなく、システム全体としての配置やスペースシャトルの飛行状態についての要求も含まれた。これについては搭載される実験のPIで構成されるIWGの会合で実験の運用計画を審議しつつ、その中に要求として提出された。これを受けてミッションマネージャーが提案し、ベースライン化された配置図の一部を図15に示す。後にこの側面図を図案化してSEPACの公式技術文書用のファイルの表紙のデザインとして使用した(1978.9.14付の連絡依頼書)。図16はFO10におけるシャトルの姿勢要求をシャトルで実際に満たした例が図示されている。

IWGはこの期間に3回に開催され、その都度、SEPACチームの国際会議も開催された。またこの期間を中心に

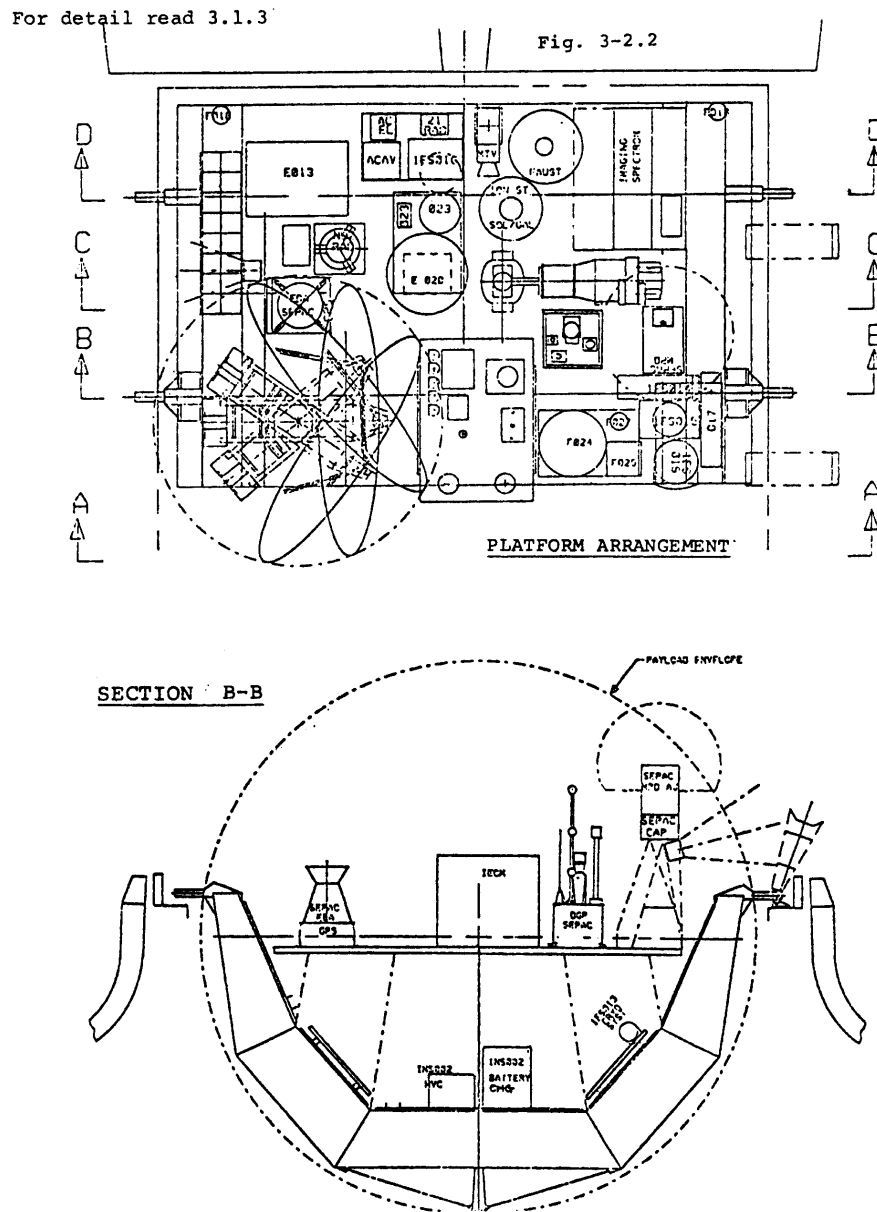


図15 SPPOによるスペースラブ1号実験配置案



二宮敬虔教授がMSFCにリエゾン・エンジニアとして駐在した。

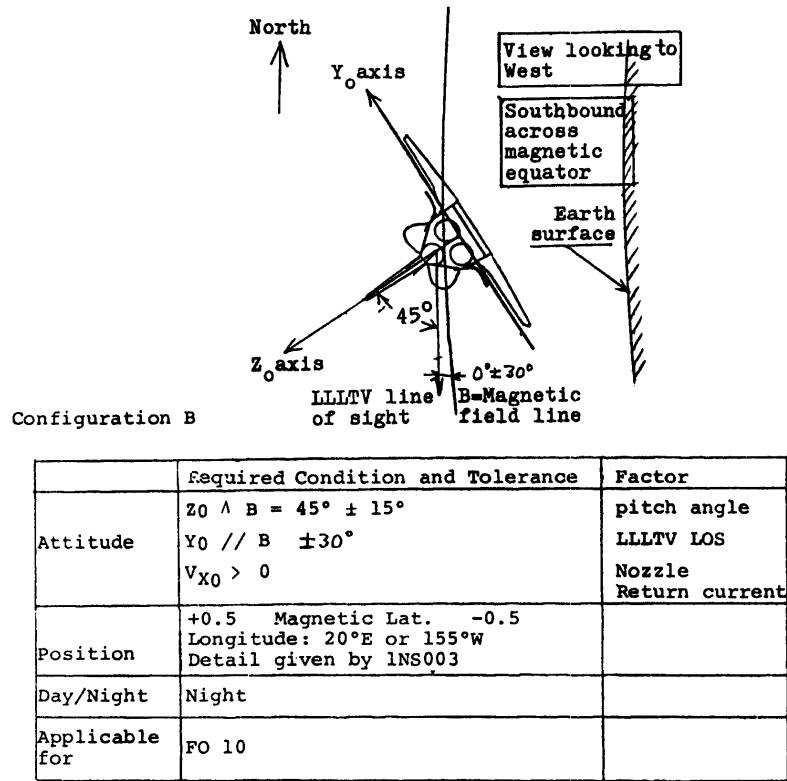


図 16 SEPAC の飛行要求の例

## 4 SEPAC システムのエンジニアリング

### 4.1 システムの概要

1977年（昭和52年）初めからの実験要求の審査と並行してSEPACの設計作業が進められ、11月には加速器サブシステムのPMの製作が開始された。これによって加速器とスペースラブ双方の特性がしだいに明らかになるとともに、米国側が担当するCDサブシステムについても、ハードウェアの設計方針を立てたり、ソフトウェアの設計要求を作成することが出来るようになり、日米のSEPACシステム全体のエンジニアリングの枠組みが固まった。

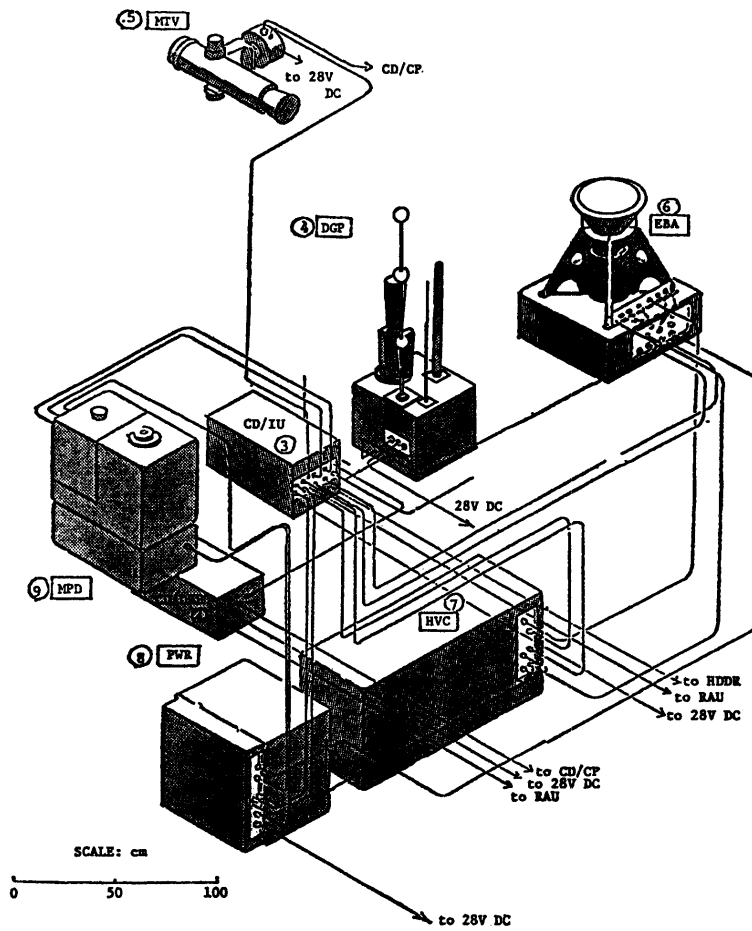
あらためて決まった加速器サブシステム（AL）と観測サブシステム（DG）の性能を表3にまとめる。これに

表3 加速器等の性能緒元

種類	項目	諸元
電子ビーム		
	電圧	最低1 kV ~ 最高7.5 kV
	電流	最小0 A ~ 最大1.6 A
	立上がり・下がり時間	それぞれ100マイクロ秒
	ビーム偏向角	半頂角30度以内、全方向
	平均連続電力	0.4 kW (最高電力の場合、1 sec/ 30 sec)
	5分間連続電力	0.8 kW (同上、1 sec/ 15 sec)
MPDアークジェット		
	エネルギー	2 kJ/shot (high mode)、1.39 kJ/shot (low mode)
	キャパシター電圧	480 V (high mode)、400 V (low mode)
	プラズマ密度	$10^9 \sim 10^{12}$ particles/cm <sup>3</sup>
	ジェット持続時間	約2 ミリ秒
	くり返し周期	15 秒
	ガスの種類	アルゴン
ガスプルーム		
	ガスの種類	窒素
	ガス流量	30.3 グラム/秒 $\pm 15\%$
	持続時間	0.1 秒

よると電子ビームは最大で、7.5 kV、1.6 A すなわち電力は12 kW であり、MPD アークジェットは2 kJ である。これをプロポーザルで提示された3つのレベル（表1）と比較すると、電子ビームはレベルIの10 kW より少し大きいもののMPD アークジェットは2 kJ であり、レベルIに近いものとなった。

図17はBERDに収められたSEPACのスペースラブのパレット上に配置される機器の外形と機器の間をつなぐケーブルの関係をスケッチにしたものである。この図には最終的にSEPACが製作することになったテレビカメラ（MTV）の台（pedestal）とCDサブシステムとALおよびDGとのインターフェースになったIUが描かれてい



飛行用SEPAC機器の質量特性

品番	品名記号	質量(kg)	主要寸法(l x w x h) (cm)
1	CP	4.9	49x13x19
2	DEP	13.0	25.5x 30x 14
3	IU	10.0	25x25x50
4	DGP Assembly	29.4	44x44x125
5	MTV Package	19.3	60 直径の球形内可動
6	EBA Assembly	31.4	44 x 44 x 68
7	HVC Package	47.0	37 x 75 x 25
8	PWR Assembly	103.5	37 x 47 x 47
9	MPD Assembly	64.4	58.5 x 31 x 62.5
11	SEPAC Cables	15.0	NA
10	Camera hood	0.1	NA

以上は気密室内

以上はパレット上

以上は後部フライトデッキ

図 17 SEPAC 実験機器の全体図

ないが、その他の機器はほぼ最終的な設計形状になっている。図17の付表は各機器等の予定重量である。

以下、システムの構成要素の簡単な説明、ハードウェアの設計要求の概要、製品の検証方針、ALとDGの機器開発の経過、ソフトウェアを含むシステム試験、そして受入データの順にエンジニアリングの概要を述べる。

#### 4.2 各機器の特徴

ソフトウェアを除く SEPAC システムの構成は表4に示すように定められた。すなわち全体を SEPAC 機器シス

表4 機器システムの構成と物品コード (Table 1.2-1 of BERD)

System	Subsystem (Code)	Equipment Item		Assembly	Component			
		No.	(Code)					
SEPAC Instrument	CD	1	CP	-	CP			
		2	DEP	-	DEP			
		3	IU	-	IU			
	DG	4	DGP	DEP assembly	EPA			
					PHO			
					PLP			
					PWP			
					DPS			
	5	MTV	-	MTV				
	AL	6	EBA	EBA assembly	EPA-V			
					EBA			
					GPS			
					7	HVC	-	HVC
					8	PWR	PWR assembly	BAT
								CHG
9	MPD	MPD assembly	CAP					
			MPD					
			NGP					

テム (SEPAC Instrument System) と称し、サブシステムは Control and Data Management, Accelerator および Diagnostics の3つで、通常はそれぞれのコード名 CD, DG, AL を使った。サブシステムはアセンブリ、サブアセンブリ、コンポーネントと細分化されていたが、サブアセンブリに該当するものは最後までなかったのでこの表では省いている。アセンブリは独立したパッケージであるが、コンポーネントレベルで独立したパッケージとなっているものもある。ここでは品番1～9の各機器の特徴を要約する。

##### 1. CP

スペースラブの気密室の実験用ラックに収納される操作盤である。これによって搭乗科学者が操作できる SEPAC 実験はモニターテレビの操作および各機器の電源スイッチのオン・オフである。とくに安全に関係する PWR のバッテリーの接続、飛行中の充電等の操作はこのパネルから手動で行うように規定した。しかし、電源以外の手順は、操作する搭乗科学者が多忙のため、全てソフトウェアを使って FO のプログラムによってのみ実施できるようにした。

##### 2. DEP

SEPAC 専用計算機、NSSCII (NASA Standard S/C Computer II) で、スペースラブの CDMS からの指令を受けて、SEPAC ソフトウェアによって電源以外の実験シーケンスを実行する。また、機器のモニター信号と観測データの処理を行いスペースラブの CDMS に渡す機能を持つ。

### 3. IU

IUは全てのコマンドと観測データを含むモニター信号に関してAL/DGとDEPの電気的なインターフェースを調整する機能を持ち、DGとDEPにたいしてはスペースラブの28V電源もIUを経由して供給する。IUはインターフェース・ユニットの略として一般的に使われるが、SEPACで単にIUというときはこれを指す。

以上の3つはSEPACソフトウェアとともにMSFCのSEPACチームが開発を行うことになった。次は日本側が開発することになった観測機器と加速器についてである。

### 4. DGP

5種類の技術的には確立した観測装置を組み込んだパッケージである。コンポーネントは電源(DPS)以外は観測器で、それぞれのフルネームとコードは次の通りである。Electron Particle Analyzer (EPA), Photometer (PHO), Plasma Probe (PLP), Plasma Wave Probe (PWP)。電力はIUを経由してスペースラブから供給される。観測器の検出器の棒の振動や鏡面反射など以外は大きな問題はない。各観測装置は主として明星電気が担当し、松栄電子が一部製作した。またパッケージとしてのアセンブリは日本電気が担当した。

### 5. MTV

密閉容器にいたテレビカメラとジンバルまでをSEPACの機器として計画したが、テレビを取り付ける台(pedestal)が必要になり、ERD作成の過程で交渉の結果SEPACの専用品として負担することになった。スペースラブとの間に構造的なインターフェースがあり、CDのIUと電気的なインターフェースがある。テレビカメラと全体の取りまとめは東芝が、容器ジンバルなどの製作は三鷹光器が担当した。

### 6. EBA

電子ビーム加速器の本体である。フォーカスした最大7.5kV, 1.6Aの電子ビームを作るカソードと加速電極等とその方向を制御する磁気コイルを含むEBAコンポーネントを、カソードの電源とビーム制御の磁気コイル用電源などを組み込んだGPSコンポーネントと組み合わせたアセンブリである。加速用の高圧電力は次に述べるHVCから供給され、GPSはスペースラブの28V電源から電力を受ける。この装置には、高電圧技術一般の他、電子ビーム放射によってスペースシャトル全体が帯電する問題および宇宙でのカソードの活性化や劣化の程度の予測など、様々な難しい問題があった。製作は東芝が担当した。

### 7. HVC

PWRのバッテリーの250V以上の電圧をEBAの加速電圧まで昇圧し、EBAに供給する高電圧コンバーターのパッケージである。DC-DCコンバーターは6個のモジュールで構成され、各モジュールの出力電圧は1~1.25kVで可変、全部直列につないで最大7.5kV, 1.6Aの出力を得る。モジュール数を減らしても運転できるのでHVCとしては1~7.5kVの範囲の電圧を発生できる。試験用の負荷としてダミーEBAを備えている。高圧電源に固有な問題とバッテリーとのインターフェースなどが問題となった。本パッケージはEBAとともに東芝が担当した。

### 8. PWR

スペースラブの28V電源を最大500Vに昇圧するDC-DCコンバーターを主としたCHGコンポーネントと、1.2V, 4AHのニッケル・カドミウム電池セル320個をバッテリースイッチによって直列接続したBATコンポーネントを組み合わせたアセンブリである。CHGはオフラインでBATを充電し、充電されたBATは実験中HVCに最大60A(電圧は内部抵抗により下がるので250V以上)の電流を30秒間に1秒間供給出来る。CHGは実験中MPDアークジェットの作動時にMPDのコンデンサー(CAP)に充電する。本体は2つの加速システムの電源として宇宙機器としては稀な大電力を扱うために、SEPACのシングル・ポイント・グラウンディングの機器と指定された。また、EMIの問題が大きくなると予想された。CHGは三菱電機が、BATは古河電池が担当し、PWRとしての取りまとめは両者が共同して当たった。

### 9. MPD

このパッケージはMPD, CAPおよびNGPの3つのコンポーネントをアセンブリしたものである。MPDはMPD

アークジェットの放電ヘッドとアルゴンガス供給装置を取め、CAPはコンデンサーと整波回路を密封容器におさめたコンポーネントで、PWRのCHGから電気を供給されてMPDアークジェットの放電用電力を供給する。NGPは窒素ガスを噴射する装置で、MPDとは機能的には独立しているが、電子ビームの中性化に用いられるという点で、MPDアークジェットと同様な役割を受け持つので、一つのパッケージに収められている。このパッケージはコンデンサーに固有な危険性、および、ともに150気圧の窒素とアルゴンガスの高压容器の管理がとくに問題となった。MPDアークジェットの放電ヘッドは栗木研究室と村重製作所が担当し、アルゴンガス供給装置とNGPは三菱重工が担当した。CAPの製作とアセンブリとしての取りまとめは三菱電機が担当した。なお、本表には出ていないが、MPDコンポーネント内とNGPコンポーネント内の電氣的インターフェースとしてそれぞれMPD-IUおよびNGP-MNと呼ばれたサブコンポーネントがあり、明星電気が担当した。

### 4.3 設計要求等

後述する文書、SE-11（設計・性能仕様書）の冒頭にシステム全体の設計目標として、プロポーザルに明記された以下の5項目をあげている。

- 1) 研究課題の広範囲の実験条件に対応出来ること、
- 2) 高エネルギー機器は高性能よりも安全を達成すること、
- 3) システムはハードウエア、ソフトウエアとも単純であること、
- 4) 機器間の干渉を避ける設計であること、
- 5) モジュール化によって発展性を持たせること、

これらはエンジニアリングな観点から書き直しているが、もともとサイエンティストの発想によるもので、わかりにくいところもある。例えば、3)の真意は、将来はより複雑な実験計画が立てられる可能性があるが、今回はそこまでは考えなくても良いということである。また、全体的にスペースシャトルの方で高エネルギー機器を搭載することを恐れる気持ちを和らげる作戦も感じられる。そう考えて読むとなかなか味わい深いステートメントである。

エンジニアリングな項目としては3つ；

- 1) システムは分散型とする、
- 2) 実験はソフトウエアによって行う、
- 3) 主要電源は手動でオン・オフし、オフの状態は安全サイドとする、

が特記されていたが、これもスペーススラブ1号ミッションを意識したものである。

より具体的な設計要求は、信頼性全般、電気、構造・機械、材料、熱、その他という分類で詳しく述べられていた。以下はこの内容およびそれぞれに関連した出来事について要約する。

#### 信頼性全般

従来のNASAの宇宙計画と今回のスペーススラブの計画におけるエンジニアリングの大きな違いの一つは、科学機器の性能に関する信頼性管理はNASAの仕事とはしないと決めたことであった。これに対して、宇宙研としては信頼性の確保のために高価なパーツを使用しなくても良いと歓迎したが、宇宙機器のメーカーにとっては全く基準がないのもやりにくいので、一般的性能に関する部分はSE-11では次のように規定した。

- 1) 各コンポーネントは5年間に5回の飛行が可能であること。ただし、毎回の飛行毎に補修を行うことが出来る。
- 2) 毎回の飛行環境はスペーススラブ1ミッションと同じとする。
- 3) 毎回のミッションはそれに必要な地上での運用期間も含んで1年以内とする。
- 4) 補修の時にクリティカルな品目は交換が出来る。

この規定は再使用が出来る宇宙機器の信頼性の目標としてはもっとも古いものの一つであろう。この規定による信頼性の基準をSEPAC RG (Reliability Grade)-Bとし、これを二重に使用したのと同じ信頼性のものを、同RG-Aという基準に、またRG-Cは宇宙研の観測ロケットレベルと規定した。そのほかは宇宙研あるいはNASDAの、いわゆるJ, U規格を用いることにした。

一方、安全性の確保はNASAの管理の対象であったので、この場合は伝統的な信頼性管理の手法が踏襲されていたようである。問題点はSPPOが個々に指導的に対応して解決した。これについては4.6以降にまとめた。

その他としてワークマンシップについては一般論として、設計、加工、製作に関する注意が記されていた。普通はこの一項目が製造各社の社内規則の適用を認めて十分に効果を上げていると思われるが、これに関する限り製品完成後の取り扱いについて特別な指示はなかった。もしあれば、実際のフライトにおいてGPSコンポーネント内部に紛れ込んだボルトの悪さを防ぐことが出来たのではないかと気になる部分である。NASAとの仕事という意味で、溶接と半田付けはNASAの基準を適用することをとくに記したが、一方、地上試験装置(GSE)については日本標準規格(JIS)を適用した。

なお、SEPACの飛行が確実にになった時期からNASAを含む米国政府機関の信頼性管理の一環と考えられるALERTが配布されるようになった。これは事故や故障の発生を広く公開するという、日本では考えられないような制度なので貴重な資料と考えられる。参考のためにその配布についての説明文とともにSEPACが受け取ったALERTの一覧表を付録1に収めた。実際にALERTに関係するSEPACにも勧告された予防処置は1件で、溶接に関するものであったが問題はなかった。

#### 電気設計

使用電力は各機器毎に作動電力、保温ヒーター用電力(いわゆる熱制御用)、緊急電力の3種類に分けて規定した。ヒーター電力はスペースラブの熱設計に依存するので別枠で計算し、緊急電力はスペースシャトルの危険性に関わる唯一の項目としてバッテリーセルの直列接続解除のモータースイッチの電力だけになった。バスラインの電力はCPの項で述べたように元スイッチは手で下流はソフトウェアで作動するスイッチを使うものとして電力系統図を作成し、機器間のケーブルのルートなどを規定した。

コマンドとモニター・信号のラインとケーブルは全てIUからその他の機器に接続するものとし、各機器の接続箇所をコンポーネントのレベルで指定した。例外としてはHVCとEBAの間の制御ラインがあり、MPDアセンブリ内部のMPD-IU周りのラインは紛らわしいので特に記述した。

接地(グラウンディング)の方法はSEPACでは特に重要であった。スペースラブの「各実験はシングル・ポイント・グラウンディングとすること」の原則に対してはPWRアセンブリでグラウンディングすることにした。しかし、電子ビームやプラズマ・ブルームは外部と電氣的な接触を持つので、例外的な処置としてEBAから放射された電子がスペースシャトルとスペースラブの金属部分を経てEBAに還流するように、HVCの出力側が接地された。また、MPDアークジェットの安定な作動のため放電回路は浮かした状態が要求されたので、接地は高抵抗を介して独立した接地ラインでPWRのシングル・グラウンディング・ポイントに接続した。

使用するワイヤとコネクタは主として材料の使用規定が適用された。

電磁干渉(EMI)に関する要求はMSFC-SPEC-521 [26]とE.W.P.989 [27]が適用されたが、SEPACはまれにみる大電力と電子ビームとプラズマを外部に放射するという前例のない装置であるので、特に加速器の運用実験中に測定を行い、その結果を評価することになった。

高圧電源に関する規定はMSFCの50M05189 [33]を参考にした。

#### 機械・構造

すでに外形寸法は予定されていたが、配置をしたときの機体軸との関係や重心位置の範囲を規定したり、容器

としての特性を気密容器と開放型容器に分類して、開放型容器については打ち上げ時の減圧速度を保つベントを持つことなどを規定した。容器がコールドプレートに取り付けられるものについては取付寸法と周辺のクリアランスが指定され、容器側の要求として使用できない取付穴の指示をすることができる事など記された。

スペーススラブの機械環境および各機器に要求される機械的試験条件は最も重要な設計条件の一つである。スペーススラブの機械的環境はSPAHに規定されていたが、スペーススラブ1号ミッション用に暫定的に定められたものもあった。設計要求には最低固有振動数は35 Hz、打ち上げ時と着陸時の環境条件、緊急着陸荷重、地上での作業中の荷重条件等が規定されていた。安全率はボルト以外は降伏応力（yield stress）に対して1.4、ボルトは破壊応力（ultimate stress）に対して1.4とされた。機器のランダム振動基準はスペーススラブのパレットに付加構造物を取り付けることになったためSPAHとは異なる特別な条件がやや遅れて規定された。これは最初のものより厳しい条件であったように思う。

圧力容器はMPDのアルゴンとNGPの窒素のためのもので、いずれも使用圧力は150気圧ということになっていた。この分野は日本独自の基準があったが、NASAのやり方に従い、MSS/HP1740.1による破損管理計画（Fracture Control Plan）を実施することにし、この線に沿った規定をした。

設計段階の話ではなかったが、ついでに思い出したことはランダム振動試験の3軸方向の合成に関する計算方法であった。日本では使われたことがない方法であると言うことで、日本側構造解析の担当者からの質問をSPPOに取り次いだところ、懇切丁寧な解説が回答されてきて感心したことがある。

#### 使用材料

SPPOはSP&Rに従って次の3点を管理の対象とした。

- 1) 可燃性（Flammability）
- 2) 脱ガス性（Off-gassing）
- 3) 応力腐食（SCC）

これとともに材料表（MSFC-HDBK-527, rev. A等）が配布されたので、SEPACでは金属材料については応力腐食だけでなく単なる腐食性も使用制限の対象にし、主要な構造と取付構造（フランジとボルト）はA級材料を用いるという基準を作成した。また非金属材料については真空中での熱安定性（Thermal Vacuum Stability）も対象にし、使用条件などの指定もした。

これらの基準はSPPOでも未定であったが、後日の審査を機にほぼ受け入れられた。

#### 熱設計

電力機器の設計では発生する熱を除去することは重要な条件である。スペーススラブではその手段として冷却剤が循環して熱を除去するコールドプレートを介して機器を固定するとともに各機器にはサーマルブランケットを着せて外部からの熱を遮断することになっていたが、これは温度の制御までするものではなかったため、より微妙な温度制御のためにヒーターをつける必要が出てきた。このような事情を設計要求として明らかにしたのがこの項目であった。

#### その他

使用する座標系と単位、機器の標識、輸送条件等が指定された。最後に各機器の機械的および電気的図面の描き方と記入する項目の指定が行われた。この図面はこのまま受入文書（Acceptance Data Package; ADP）に使用できるように管理文書として維持された。



#### 4.4 システム開発の方針と実施

##### 資格認定の考え方

宇宙機器の開発では、それぞれの設計がミッションを実施する資格があることを証明する「資格認定」、および飛行用機器がその設計通りに作られていることを証明する「受入」のための試験手順とがある。SEPACのBERDにはいろいろな形で機器の性能や安全項目の確認とその検証を行うことを規定しており、設計審査ではその対象となる項目について、設計の段階から始まって受入試験までに行う検証手順を提案する。この提案された手順が実施されたことを最終受入データパッケージ（ADP）として報告して承認を得なければならない。

SEPACでは基本的には通常の衛星のように、EM、PMそしてFMという開発手順を踏むことにしたが、一律にこの手順を踏むのではなく、技術的な困難さに応じて機器毎に手順が違っていても良いという方針で、表5に示すような開発方針で臨んだ。

表5 SEPAC機器の各製作モデルの機能

Assy.	Compo.	BBM	EM	PM	FM	BU
DGP		×			×	
MTV			×	×	×	
EBA	EBA	×	×	×	×	
	GPS	×		×	×	
HVC			×	×	×	
PWR	BAT		×	×	×	×
	CHG			×	×	×
MPD	CAP		×	×	×	
	MPD		×	×	×	
	NGP		×	×	×	

×: Planned to be constructed.

BBM (Breadboard Model) : Informal step of R & D.

EM (Engineering Model) : Constructed to verify the design of PM/FM

PM (Proto Model) : Designed and constructed for flight use. To be devoted to qualification test. Will be refurbished as functional backup for FM.

FM (Flight Model) : Flight hardware for Spacelab one.

BU (Backup Model) : Backup unit of FM.

表にも記載されているように各モデルの製作目的を定義して曖昧さが残らないようにした。EMは主要な機器の性能仕様を確認するためのもので、加速器の電力消費や発生ビームの出力などが対象になった。DGPは実績のある観測器の集合体なのでBBMを完成した後は直ちにFMを製作しても差し支えないものとしたが、加速器関係は前例のないものばかりなので、製作会社がそれぞれ責任を持つコンポーネントレベルまで細分化して必要なものは4つの全てのモデルを製作する事になった。ここで、EMはPM/FMのクリティカルな設計を確認するモデル

である。PMは飛行用の設計で完成品は資格認定試験（Qualification Test）に供し、補修整備して飛行用バックアップとする。FMは受入試験（Acceptance Test）のみを行う本番用の飛行モデルである。この表に示されている通り、PWRはBATの比較データを取る意味からバックアップモデルが製作された。

#### PMの開発経過

EMの多くは設計審査の始まる前に完成して、主要な機器の性能が確認されている。また、PMは設計審査と並行する形で製作され1978年3月に完成し、その試験すなわち認定試験（QT）も、最終審査、FDORと並行して行われ、追加のFDORが終了すると同時くらいの1979年4月にFMの製作が開始された。

図18は機器単位の開発手順を開発中の予定表から示したものである。最初の半分、図18-1はPMに関するものである。BAT、CHG、CAP、MPDの各コンポーネントはERDの作業がほぼ終了した1977年の終わり頃に製作を開始した。

BATとCHGは電子ビーム加速器の電源として、EBA、GPS、HVCの完成とともに使用できるように先行的に開発を進め、双方の単体テストの途中で組み付けのための機械あわせをした後、アセンブリとして環境試験まで済ませてHVCとの電気的な噛み合わせを行い、その後直ちに並行して製作していたMPDアセンブリとの電気的な噛み合わせを行ったことがフローチャートで示されている。

MPDアセンブリはMPD、CAP、NGPの3つのコンポーネントの他にMPDコンポーネントの内部回路としてMPD-IUが、またNGPコンポーネント内にNGP-MNという計測モニター回路が入り、それぞれ製作会社が違ったのでCAPとMPDのフローとNGPのフローが別々に流れて、最後に合流して電気的試験と組み付けアセンブリした後、HVCとの噛み合わせの終わったPWRと噛み合わせをした。

一方、EBAとGPSはアセンブリと同時にHVCと試験をして環境テストに持ち込んでいる。DGPはPMの製造は行わないことになっていたため、この図で製作開始しているのはFMの一部である。DGPとEBAがEPV-Aのフローによってつながっているが、これは最初EBAのカソードの活性化の条件としてEBAにDGPに所属する真空計のEPA-Vを取り付けたためで、これはDGPとEBAの関係が深いことを意味しない。

MTVはIUとしかインターフェースを持たないので開発日程は独立している。

このチャートの中の試験の多くはQTとして行われ、後日の審査のために予めSE-31: SEPAC Test Programで規定した試験体系の実施結果として記録を残した。

#### FMの開発経過

図18-2は図18-1と日程的に連続した図である。この図によると、加速器サブシステムの流れはPMと同様であるが、全体がほぼ並行して進んだので、HVCのPWRとの噛み合わせではPWRのPMを使用する点が違っている。DGPのFMが完成し、米国が担当するCDのハードとソフトウェアもこの日程表の末期に登場し、システム試験のための調整に入るようになっていた。

しかし、全体の流れはこの通りに実施されたが、シャトルの3年の遅れで余裕が出て、後半のVT/FT（System Verification Test/Functional Testの略、詳細は後述する）にはより長い時間をかけることになった。すなわち、本図では6月に日本側機器の単体が完成して引き続きVTが行われることになっているが、これが約1年延期され、1981年6月上旬から7月末まで実施された。一方、この延期された6月以降はフライト品の保守管理手順が適用されることになり、主要な品目の公式のライフ管理が始まった。

図18-2に示されているFMの機器開発に当たっては、次章で説明するように、各機器の製作担当メーカーが主催する定例会議でエンジニアリングおよびマネジメントに関する問題をほぼリアルタイムでフォローした。定例会議はプロジェクトの目的を形にしていく最も生々しい情報を生み出すところで、トラブル報告はその最初の記述された形であることから、エンジニアリング的にもマネジメントの立場からもとくに重要であると見なされて

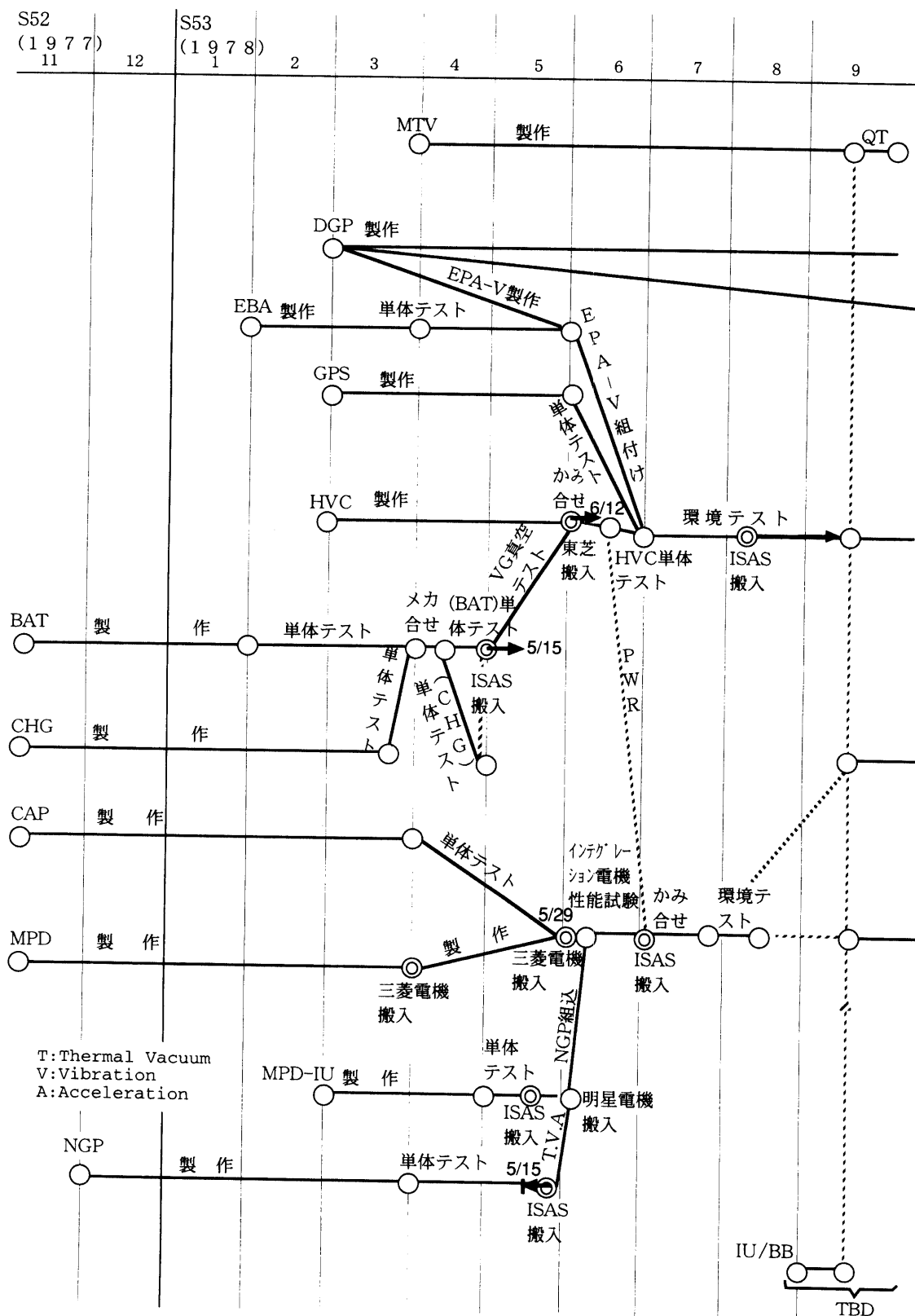


図 18-1 SEPAC 機器の開発手順、その1 (PM)

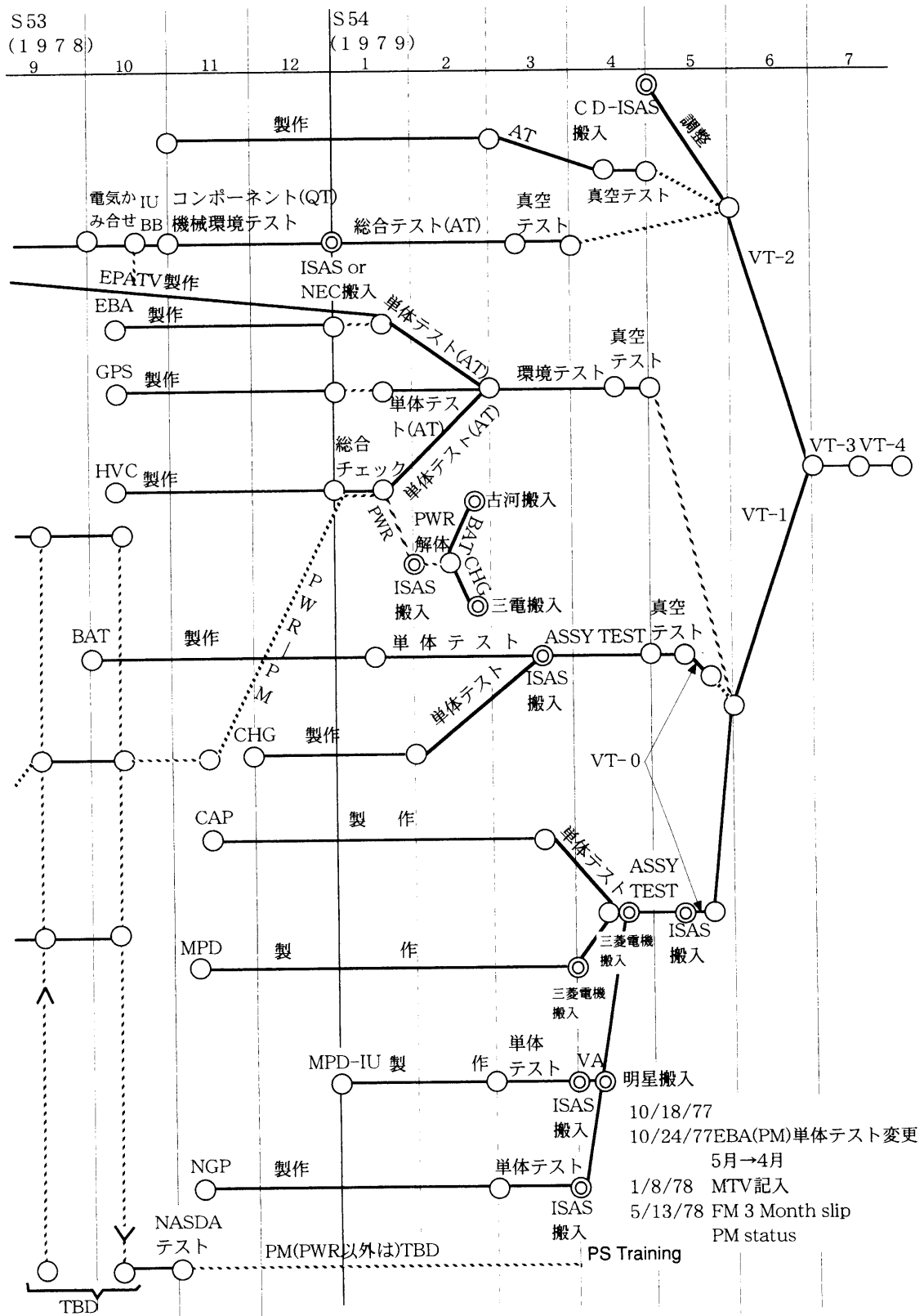


図 18-2 SEPAC 機器の開発手順、その2 (FM)

いた。この詳細は本報告の主題の一つであり、この種のプロジェクトに携わるエンジニアには特に興味あるものと思われるが、筆者一人で全体をまとめきれぬものではない。そこでそれに代わるものとして、各機器グループの定例会議で取り上げられたトラブル報告の題目を以下に示す。これらは技術的な問題を代表するものではないかと考える。

#### トラブル報告に見る技術課題

トラブル報告は一定の書式に従って、一定の基準で書くことが要求されていた。以下のトラブル報告はこれに従って提出されたものであるが、全体としてまとまりがなく揃っていないのは主として現場の意向を尊重した基準のせいである。また、以下のリストは各機器グループ毎に付けた番号の順に、また番号をとっていないDGPは定例会の開催日でまとめた。

DGP 1978年3月の月例打ち合わせで検討されたトラブルレポートの項目。

- ・ PWP ワイドバンド用コネクタ変更。MSFC の変更要求。
- ・ コネクタ品名の食い違い。
- ・ ワイドバンド信号のルートをIUに変更。MSFC の変更要求。
- ・ SE-11 のドキュメント構成変更。
- ・ ワイドバンド信号変更に伴うコネクタの変更。MSFC の変更要求。
- ・ プロテクタ付きの図面の誤記。訂正。
- ・ ケーブル図の不明点を改善。
- ・ コンポーネントの電力消費値の実測結果を文書にする。
- ・ SE-11 文書の表現不揃い。
- ・ DPS の回路変更。28V 系の isolation のため設計変更。

1978年4月の月例打ち合わせで検討されたトラブルレポートの項目。

- ・ 4049, 4050 IC を 54C914 IC に変更することを MSFC に推薦され、考慮中。
- ・ EPA-V のコマンド数のミスカウントが集計されている。訂正。
- ・ DGP 重量の変更。宇宙研の要求。

1978年6月の月例打ち合わせで検討されたトラブルレポートの項目。

- ・ DGP 重量の変更。宇宙研の要求（センサの共振周波数要求に応じるため）。
- ・ PLF-FP, -LP, PWP-LF/HF の形状変更（共振周波数 35 Hz 確保のため）。
- ・ PLF-FP 取付位置変更（PHO の視野確保のため）。いずれも宇宙研の要求。

1978年7月の月例打ち合わせで検討されたトラブルレポートの項目。

- ・ コマンド信号の使い途を変更する件。宇宙研の要望。
- ・ 明星電気用ヒータールートの変更。宇宙研の要望。
- ・ 誤解によるブレークアウトボックスの不足。追加製作する。
- ・ 明星分のヒーターのモニター出力が出来ない。回路を追加する。
- ・ DGP 消費電力の変更。熱解析の結果、ヒーター電力変更のため。

1978年8月の月例打ち合わせで検討されたトラブルレポートの項目。

- ・ PHO 取付加工寸法ミス。丸穴を長丸穴に再加工。

MTV 001	ジンバル動作停止時の同期はずれ現象	7/10/79
002	ジンバル Y 軸方向共振点の低下	9/5/79

- 003 EMI 電源線伝導感受性試験で 28V モニタレベル変動, 回路の IC 変更 11/8/79
- EBA 001 フォトカプラーのポッティングの絶縁不良 28/11/79  
 002 7.5kV 電子ビームの予期しない放出 1/19/80  
 003 制御回路の IC4 個破損 3/12/80
- HVC 001 ポッティングにクラック 10/25/79
- BAT 001 容器の溶接箇所切削  
 002 低温パルス電圧が規定値より低い
- CHG 001 筐体切削ミス, 寸法訂正.  
 002 コネクタ CHG J1 のポッティングのため取付方向を変更.  
 003 #1 高圧 DC-DC コンバータの作動周波数が最高値で固定, 原因は IC 故障.  
 004 チェックモード #1 において, CHG-C1 と CHG-V4 に異常, IC の故障.  
 005 ラインフィルターの 28V ラインと筐体との短絡, 取付ネジ等変更.  
 006 低圧 DC-DC コンバータの IC 内部のボンディング線の溶断, 原因不明.  
 011 Z 軸ランダム振動試験でリレー K2-2 が動作不能, 取付箇所補強後, 交換.  
 012 Z 軸ランダム振動試験で BAT 内のリレー K4 が動作不能, 単体試験実施.  
 013 PWR 加速度試験後の電気性能試験において CHG コマンド受け回路のフェーズ F2 が溶断, フェーズの容量不足と判明, 変更.
- MPD 001 CAP ドレインバルブ取付角度不良, ネジ切り直し.  
 002 CAP 内ケースと高圧回路の絶縁抵抗値不足, 接着剤硬化不良.  
 003 PFN リレー 2 個が操作ミスで溶断, 交換し, 試験装置も改良.  
 004 PFN の充電時間とダンプ時間の規格はずれ, 実測値を使用する.  
 005 50 度温度試験中, 一時 TRG 充電不能になる, 回路接続ミス.  
 006 FAV 温度制御用サーモスタットの不足, 入荷次第つける.  
 007 CAP 内圧モニター異常, MPD 内部のインターフェースの誤り, 回路変更訂正.  
 008 CAP 充電時間の規格オーバー, PM との測定法の相違による.  
 009 GS, 3 気圧系調圧弁駆動電流値の規格はずれ, 測定方法を含め再検討.  
 010 PFN 放電時, ANODPT 信号に振動性ノイズ, 放電電流の誘導が原因, 信号出力にフィルターを入れる.  
 011 GSE での表示不良.  
 012 MPD-IU 内 18V シリーズレギュレータ故障, 結線ミス, コネクタ名等表示板を改良.
- C? 012 加速度試験後の電気性能試験で CAP ケースと PFN リターン間絶縁抵抗値の規格はずれ,  
 (C?は原資料が不明瞭)

このように日本側の機器の開発は比較的順調に進行した。

話が前後するが、日本側の機器の試験結果不具合処理の考え方は図 19 のフローチャートに示すとおりである。

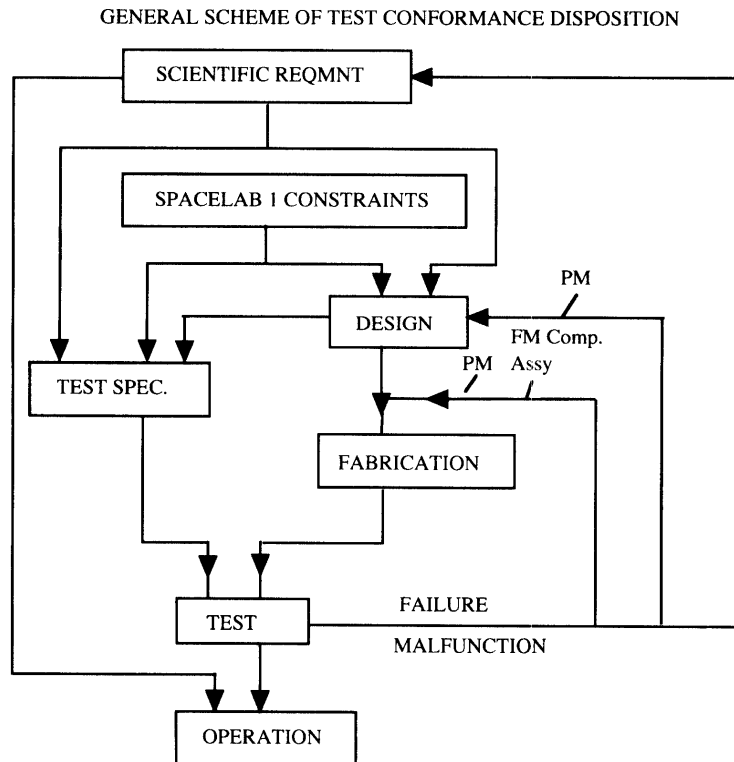


図 19 SEPAC 機器の試験結果不具合処理の考え方

各機器はこの流れに従ってそれぞれの不具合点を改善しているが、それを実行した宇宙研の担当者の努力は大変なもので、その中味はこの図から想像されるような一通りのエンジニアリング作業ではなかった。

#### 4.5 ソフトウェアとシステム試験

システム仕様として SE-11 に規定されていたハードウェアの電力消費や配置条件などは単体試験だけでなく、システムとして FO のプログラムを走らせて測定することも受入試験の中に含まれていたのである。これは予想以上に時間のかかる仕事であったが、幸いスペースラブ 1 号の予定はスペースシャトルの開発の都合もあって大幅に遅れ、最初の AO の時点での 1980 年中という予定は、すぐに 1982 年 9 月に変更され、これが更に延期されて、最終的には 1983 年 11 月に打ち上げられた。この延期によって予算は苦しくなったが、システム試験をより充実した形で実施する時間的な余裕が出来たのは幸いであった。

#### ソフトウェア開発と VT/FT

ERD 作成の段階で明らかになっていたが、スペースラブ 1 号ミッションにおける搭乗科学者 (Payload Specialist, 略して PS) が研究実験者として各実験を自ら操作できる範囲は非常に狭く、SEPAC でも実験開始のプログラムのスタートと必要最小限の項目を監視する以外は期待出来なかった。このため SEPAC の 2 種類のビーム加速器の作動および観測器とテレビカメラの観測などの組み合わせ、それにスペースシャトルの位置と姿勢などの条件を考慮に入れた実験モードは先に述べた FO 毎にソフトウェアとしてプログラムされることになった。

ソフトウェアは日本側の機器の特性と SEPAC のサイエンティストの実験実施構想が明確になるとともに日本側がソフトウェア要求仕様書を作成することから始まった。日本のメーカーは実際の開発を得意とするものの逆

に要求書の作成は苦手であったが、各機器の運用条件はハードウェアとして決まってくるのでこれを中心にとりまとめた。

MSFCのSEPACチームは、各機器の運転に関わるハードウェア・モジュールを基本レベルとして、その上にインストール・モジュールのレベルさらに上位に実験のFOレベルを置くようなソフトウェア構成を提案した。ハードウェアレベルでは各機器のコマンド信号の特性やオン・オフの条件等が重要になる。またインストールレベルでは電子ビームの放射、MPDアークジェットの放電、DGPの測定などがハードウェアレベルのサブルーチンを用いて構成され、さらにこれを組み合わせて必要なFOを実行するメインモジュールとなる。

MSFCがコントラクター、Atsuko Science Internatinal (ASI) 社に発注したソフトウェアはSouthwest Research Institute (SwRI) に発注したハードウェアとともに宇宙研（当時は駒場）に輸送され、日本側の機器と噛み合わせ試験を行ったが、これがVT/FTと言われたシステムレベルの試験である。この試験はMSFCのSEPACチームとの調整で、最終的には文書番号SE-1012Eとして決定され実施された。この試験はその後のNASDA筑波宇宙センターでのスペースチェンバー試験につながる膨大な内容なので、ここでは試験の全体像だけを述べるにとどめる。

図20は大きな試験計画の流れである。上段のQT/ATは日本側のAL, DGに加えMSFCのCDにも適用され、システムの試験に先立ってそれぞれが行うものである。なお、この段階でCDはDEP用のソフトウェアを作成し、すでにIUのブレッドボードモデルと日本側のPMとのインターフェース試験が行われたことを示す。

下段のVT-1は電子ビームとMPDアークジェットの運用上の「噛み合わせ試験」で、GSEにより運用し、加速器はダミー負荷を使用する。

VT/FTはCDのソフトウェアまで使用してALとDGを運転する「機能確認試験」でFOの実験パラメータを含む全ソフトウェアを図に示したような3段階を経て確認する。なおこの際に、中継箱（ブレイクアウト・ボックス）によるコネクタのピンと信号特性の確認も含め、関係するケーブルの確認を行う。このためにEOIVCという

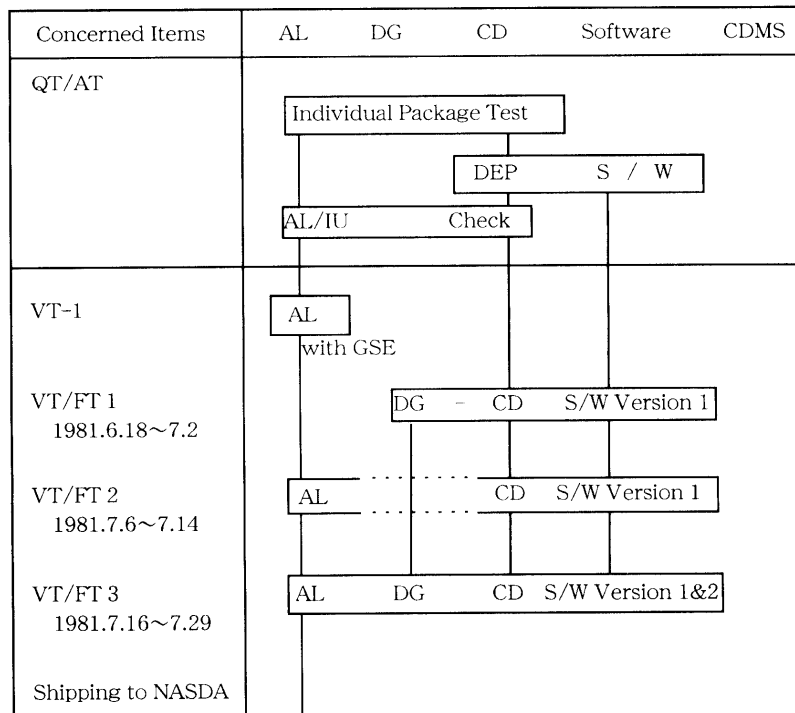


図20 SEPAC 機器およびシステムの試験の構成と実施手順



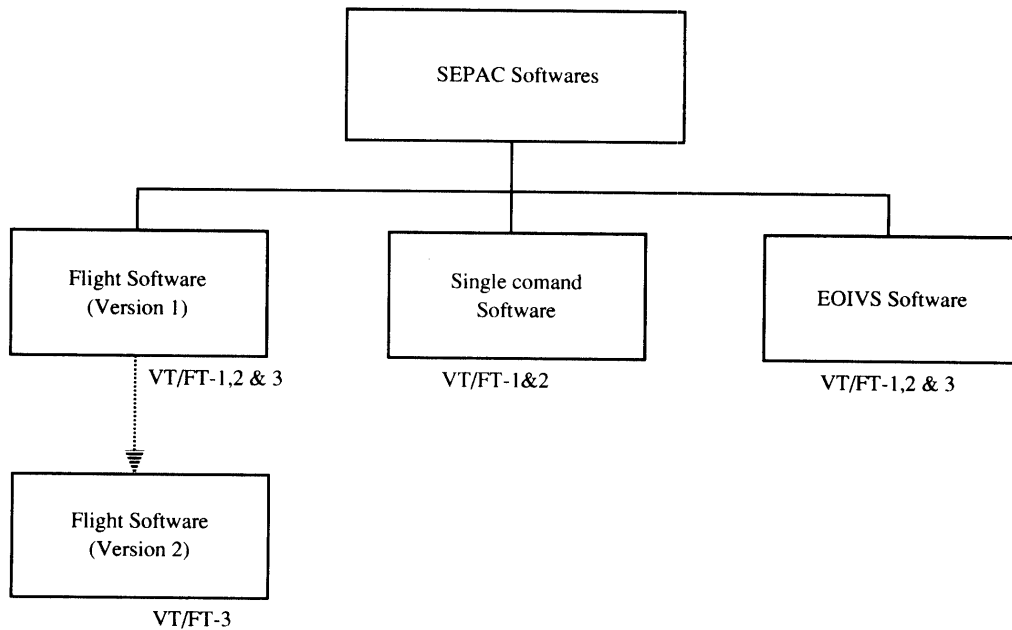


図21 VT/FT用を含むSEPACソフトウェアの構成

ソフトウェアを使用した。図21には試験も含めて、SEPACのソフトウェアの種類構成を示す。

また、各VT/FTでは電源系の絶縁試験を行い要求値を満たすことを確認するとともに、最終的なSEPACシステムの電力消費を測定する。

#### システム試験で発生した問題

VT/FTで発生したトラブルは試験を行った日のうちに、トラブル・レポートに似た様式のプロブレム・レポートとして問題点を記述し、問題処理の担当者を決め、即日対応できるものと試験終了後に対策をとるものなどを整理した。プロブレム・レポートの項目を番号順に記したSEPAC CONTROL LOGには、プロブレム・レポートの番号、日付、ショート・タイトル、担当者、最終処理期限、最終日の処理の状態等が一覧表になっていた。このうち項目の番号とタイトルをVT/FT-1, -2, -3に分けて整理し、トラブルの種類をハードウェア (H/W) 関係、ソフトウェア (S/W) 関係、およびその他 (試験計画の変更、即時訂正済みのミスオペ、GSE関係等) に大まかに分類したものが表6である。

表6 VT/FT実施中に提出されたトラブル報告数

試験段階	報告総数	有効数	H/W件数	S/W件数	その他
予備会議、VT/FT-0	8	7	0	1 (1)	6
VT/FT-1	69	62	8	18 (10)	36
VT/FT-2	47	46	10	8 (5)	14
VT/FT-3	57	52	10	32 (6)	10

これについて簡単に説明する。VT/FT-0はVT/FT-1に先立って1981年2月12～16日と3月5～10日で開かれた事前の打ち合わせや準備作業である。ここで発生したものは主として手順の訂正等である。また、VT/FT-1で「その他」の項が多いのはGSEの初期トラブルが多かったためと書類作成に不慣れなためと思われる。

H/Wの関係ではMSFCの担当したケーブルの出来具合が問題になり、またシステムとしての電気絶縁の問題が多かった。また、機器を接続することによって発生するノイズは避けられなかったが、その都度コンデンサーを入れたりして解決しており、それはここで見る統計には出ない苦勞であった。

S/W関係では、最初に単発のコマンド信号で確認した後、実験用のFO全てについて加速器では所定のパルスの長さや間隔など、DGPでは測定モード等を確認する。S/Wの括弧内の数字はS/Wの中で即時に改修したもので、それ以外は試験後に追加の作業をしてNASDAスペースチェンバー試験で確認することにした。

なお、この統計を算出したプロブレム・レポートの項目一覧表を付録2に収めた。

VT/FTではFOで実際に機器を運転したので各機器の初期故障が発生するものも多く、シェイクダウンとして有効であった。VT/FTにおいて、あるいはその後起こったハードウェアの大きなトラブルとして手元の記録に残っているものは次の3つである。

#### 1) BAT/HVCの不整合

出力電流が非常に大きいためバッテリーの内部抵抗による電圧降下がBATとHVCの整合に与える影響が大変大きい。バッテリーの特性は完全に同じものにするのは難しく、VT/FTにおいてはFMを使用した。その後は新製したBM（バックアップ）を用いることにして整合試験をした。その結果、ある実験条件ではHVCの入力電圧が下がって、オーバーロードの状態となることなどが判明した。これに対してはソフトウェアによって実験条件を制限する処置等が考えられた。

#### 2) CAPのフェーズ

MPDのCAP内のコンデンサーモジュール毎に短絡故障の影響が波及するのを避けるために設けられているフェーズの1本が、NASDAスペースチェンバーテストで運用中に溶断する事故が起こった。これにはフェーズそのものの規格の適否に関する問題とフェーズの交換作業をどこで行うかという問題があった。

#### 3) MPD-GSの構造にクラック

MPD FMは完成後、CAPのコンデンサーの新品への交換が行われることになっていて、交換後のアセンブリとしての試験を実施したが、振動試験においてMPD-GSを収めている外枠構造のフレーム結合部にクラックが入った。設計上ぎりぎりの強度であったため、2度の試験で破壊したという見方も出来たが、補強材を追加して解決した。これによる重量増はECPとして提出した。

#### スペースチェンバー試験と搭乗科学者等の訓練

機器レベル以上のシステムの機能の確認、およびシャトルでの加速器の作動に関わる問題を解決するために、NASDAの筑波宇宙センターにある大型スペースチェンバーを用いた試験が3回にわたって行われた。毎回の試験は大規模なものであったが、ここではその概要のみをまとめる。

第1回は1977年11月8～14日に直径8mのスペースチェンバーで主としてEMを用いて行われた。その目的は

- 1) EBAとMPDの性能確認および両者の干渉の観測
- 2) 電子ビーム放射による電位の上昇とMPDやNGPによる中和効果の測定
- 3) 電子銃のカソードの活性化手順およびカソード劣化特性の確認
- 4) 電子銃とプラズマの放射時のEMI測定

5) テレビによる電子ビームとプラズマの観測実験

6) 観測器の機能試験および波動発生の測定実験

であった。

また第2回は1978年11月16～28日にPMを使って行われた。大きな目的は

1) 電子ビームによる帯電の安全性と帯電の測定法

2) 電子ビームとプラズマの発生するEMI

3) ソフトウエアによる電子ビームの拡散抑制効果

であった。この真空チェンバー試験に先立って米国側の機器のブレッドボードモデル (IU-BB) との噛み合わせ試験 (Interface check) が行われた。最終設計審査 FDOR のメインセッションはこの試験の直後に NASA のレビューチームが来日して行われ、宇宙研駒場での全体会議の後、NASA の慣習により各機器の製作会社において審査会が開かれたが、日本側の意気込みは大いに盛んで、レビューチームは「圧倒された」(overwhelmed) という感想であった。実際、会議の対応だけでなく堅実な日本の会社の実績に安心して帰国したようで、筆者はその後の NASA の姿勢が穏やかになったと感じた。

第3回は米国の SEPAC チームの機器およびソフトウエアを含む完全なシステムとして行われた試験で、1981年6～7月の VT/FT によって判明した不具合を手直しをした後、全体を NASDA に輸送して、EMI 試験を10月23日～11月14日に、スペースチェンバー試験を11月24日～12月18日に、それぞれ実施した。この間、12月8～15日には STS-9 の実験関係クルーの訓練が実施された。この訓練は昨今の日本の宇宙飛行士が NASA でトレーニングを受けるのとは逆に、ミッションスペシャリスト1名と PS2 名からなる正副2チーム、総員6名がこの複雑な機器を理解し操作できるように、日本のインストラクターが教育する仕事であった。慣れないことであったが、電子ビームの放射によって実際に高压に帯電するスペースラブの模擬気密室から操作する身の入った訓練となり、SEPAC のエンジニアリングの仕上げとしてふさわしい行事であった。

#### 4.6 安全に関するエンジニアリング

安全性管理はレベル I と II で規定された NASA の管理項目で、SPPO がこの任にあたった。NASA の安全の対象はロケットの射場安全だけでなく、より広い労働安全も含んだものである。安全管理の対象は文書 JSC11123 [21] の NASA が過去の宇宙計画から学んだ「危険項目」のリストによった。各項目は、電気、機械、ヒューマン・ファクター、低温、圧力システム、放射等々の分野に分類されて、具体的に説明されている。各実験は自分の機器や作業をチェックして、該当する項目があれば「危険報告」(Hazard Report, 略して HR) を作成する。HR には該当する危険を起こす機器名、予想される原因、発生しうる危険な事態、それを防止する対策などを様式に従って記入する。この作業は機器の設計上からも有意義で、資料の JSC11123 は安全だけでなく実験の成功を確保する信頼性向上の点からも学ぶべき点が多かった。

SPPO の管理手順は BERD の作成開始の時にステップ1が開始され、最終的に ADP 受入データとして検証されるステップ5まで行われる。その詳細についてはこの作業を行っている時期に詳しく解説したことがある [34] のでここでは省略するが、基本的には、設計から運用、そして受入までの審査の度に各 HR を改訂して、後に述べるような「検証」によって実際にそのような恐れがないことが確認出来れば、その HR の危険はなくなったとして抹消する。最終的に全ての HR がなくなれば受入可能である。

ここでは HR 関係の設計や製作などのエンジニアリング作業の主なものを、SEPAC の最終段階まで残った HR の題目一覧表 (表7) から説明する。危険項目はリポート番号順に27項目ある。SEPAC の各フライト機器と GSE 全てを1項目とした10品目を対象にし、原資料では、どの危険項目がどの品目に適用されるかがマトリックスで示されていたが、ここでは省略した。

表7 最終段階での「危険報告」(HR)の題目一覧表

HR No.	SUBJECT
1.	Leakage of Battery Electrolyte
2.	Leakage of Capacitor Fluid
3.	Exposure to High Voltage
4.	Battery Malfunction
5.	Capacitor Malfunction
6.	Ignition of Flammable Material (Electrical Malfunction)
7.	Ignition of Flammable Material (Arcing, Shorts, etc.)
8.	Exposure to EMI Including X-rays (Personnel)
9.	Exposure to EMI Including X-rays (Beam Impingement on STS Systems)
10.	Ignition of Flammable Material (Malfunction)
11.	Sharp Edges
12.	Failure of Handling Equipment
13.	Toxicity
14.	Use of Flammable Material (In Module)
15.	Use of Flammable Material
16.	Use of Flammable Material (On Pallet), (Combination of HR-7 and 15)
17.	Broken Glass
18.	Rupture of Pressure Vessel
19.	Rupture of Line and Fittings
20.	Breakage of Sealed Containers
21.	Exposure to EMI Including X-Ray (Repeat of HR-8)
22.	Exposure to Electron Beam Impingement (Repeat of HR-9)
23.	Radiation (Electromagnetic Noise / Interference)
24.	Structural Failure (Natural Frequency)
25.	Structural Analysis
26.	Structural Analysis (Antennas, Probes, etc.)
27.	Structural Analysis (Stress Corrosion)
28.	Rupture of GSE Pressure System

#### バッテリー

バッテリーはすでに述べたとおり、1.2V, 4AHのニッケル・カドミウム電池セル320個を直列接続して使用する。充電時のエネルギーは単純に計算しても1.536kWh, 5.5296MJもあるので、SPPOはもちろん内外の関係者からいろいろな心配が寄せられ、次の項目を安全試験の対象にした。

- 1) 高圧回路
- 2) 過充電
- 3) 過放電
- 4) セル内部短絡
- 5) BATSWの資格認定

このうち2)～4)はセル単位の事象であるので、予想される極端な条件で試験を繰り返してこれらの原因でセルが破壊して内部の電解液が出てこないことなどを証明することであった。実際には電解液は電極材料に含浸されているので、液体として漏れることはありえなかったが、セルの容器の破壊が起らないように安全弁をつけるなどして対策をとった。問題はむしろ1)に関することで発生した。高圧回路はセルを320個直列につなぐことに関する問題点の全てを含むが、まず、この状態では大気圏を通過中に放電する恐れがあるので、ダミーセル80個に電圧が加えられるような回路をつくって低圧雰囲気中で放電の様子を観測してパーシェンの放電カーブを作成した。その結果、BATの放電対策として、打上げ時には直列接続した回路をスイッチで8分割、すなわち40個のセルを直列接続したブロックに分けることにした。このスイッチはバッテリー無電流状態でオンオフし、オンでの電流は30秒間に1秒のレートで最大電流60Aの接点回路を7個持つ必要があった。最初KINETICS社のモーター駆動スイッチをこれに使用しようとしたが、国務省のOffice of Munition Controlの許諾手続きの日程上の問題と、既製品の使用で回路的な妥協が必要になるのが不都合なので、ロータリー式のモータースイッチを日本航空電子に依頼して開発した。5)BATSWの資格認定はこのスイッチのことである。これらの対策が全て順調に製品化されていったと思ったが、1978年11月に総合試験中、非作動中のBAT-PMが焼損故障を起こし、BATのプラス側の電位になっていた金属製のセル押さえ板とマイナス側端子に近いセルの電極との間で絶縁破壊を起こしたことが分かった。この時の電流は80Aと推定されたが、フューズが切れなかったこととBATSWの接点溶着が発生したことから、新たに対策をとることが出来た。なお、BATに関してはすでに詳細な報告がある[35]。

#### 放射と電磁干渉

バッテリー以外の関心事は高電力機器から発生する電磁干渉(EMI)と電子ビームなどから発生するエックス線などの放射である。この二つは表7のリストでも混同されているが、本当に厄介なのは試験基準の定められているEMIの方であった。試験基準[26, 27]は専門家にはなじみのMIL SPECをもとに作成されたようであるが、宇宙研では従来から機器単位でのEMIの試験はしないで、電気噛み合わせで干渉などの問題が発生したら対策をとっていた分野である。それにしてもEMIの適用基準はもともとは通信機器に関するもので、このような科学機器には厳しすぎるとSEPACサイドでは考えていたが、SEPACシステム内部の機器同士でEMIに起因する不具合がなく運用できることが先決であると考え、この基準通りに行うことにした。

#### 使用材料の規制

対象は、金属材料では構造物の応力腐食特性(SCC)とヒドラジン耐性で、非金属材料については、可燃性と毒性(toxicity)であった。民間の建材に広く用いられている塩化ビニルは禁止も同然に規制されたが、これはアポロ1号のカプセルの火災による死亡事故の原因がビニル被覆電線によるものであったことを思い出すと当然である。可燃性物質についてもこのリストでは沢山の項目があるが、対応は可燃性の物質の所在とその物質を発火させる可能性のある熱源の所在に関する調査をまとめた程度であった。これについては最初に示された材料リスト[28]から疑問のあるものは避ける方針で臨んだが、ハニカムパネルは接着剤が可燃性であるとか保温用のヒーターは熱源であるというような問題が後から指摘されて仕事が増えたように記憶する。概して管理する側が何を管理するかよく分からないで指示を出す時は管理される側は苦勞する。材料表にはメーカーが異なる同一種類の製品は異なる材料としてデータが記載されていたが、記載されていない日本のメーカーの素材はこちらが提出したサンプルを試験してくれた。

#### 圧力機器

圧力容器や配管の系統の部品が壊れることが危険の中に含まれるのはごく当たり前である。SEPACにはMPDのアルゴンガス供給系とNGPの窒素ガス供給系、およびそれぞれの地上でガスの充填と排出を行う地上支援装

置が高圧ガスの対象となり、NASAの基準 [25] による管理を試みたが、国内では高圧ガス取り扱い法によるものとして対応した。実際にはNASAの方法は高圧タンクの方法にまでさかのぼって履歴を明らかにするなど予想以上に厄介で、この方法によって従来の方法 [24] より軽量のタンクが可能になる等の期待されたメリットはなかったようである。タンク以外のバルブや配管部品なども対象になることが後で分かって調べなおしたりした。このような高圧ガスの他に密封容器 (HR No. 20) も安全管理の対象になった。SEPACでは、テレビカメラを収納したケースとCAPコンポーネントの容器が密封容器である。いずれも内圧は大気圧程度であるが、高圧電気の宇宙での放電の問題がこれで解決できる、一方、加熱によって内圧が上昇して密封容器が破裂する危険性がある。CAPの場合は内部に最大2kJのエネルギーを貯蔵する電解コンデンサーがあって、このエネルギー放出のことも考えなければならなかった。いずれも安全弁を設けていた。

構造およびその他

構造に関するものも同じように重要でこれはSPAH [16] の設計基準など一律に適用されて出ているものである。

その他、細かいが、機器の外側の角や縁は丸めて危険がないようにすること (HR No. 11)、機器の吊り具の強度を確認すること (HR No.12)、割れたガラスの破片が飛び散らないようレンズにはカバーをつける (HR No.17) 等の対策が忘れられないようにHRとして残されている。これは最終的に実物を検証するまでHRが有効という考え方であった。

4.7 SPPOによる検証

SPPOは各実験の安全管理だけでなくBERDの実施を管理した。すなわち、危険報告に記された対策の実行やBERDの合意事項が守られていることを「検証」(原語はverification)する必要上、検証計画 (verification plan) の作成を要求してきた。要求といっても指導に近く、何時どのような検証をするかを書き込む書式を配布してこれに記入する形で計画案を作成した。

SHEET 8 OF 14

INS002		SEPAC SAFETY VERIFICATION										PHASE	
EQUIPMENT NO.		ITEM All Flight Items										EDDR/80	
COMPONENT :												DATE 11/8/78	
												HR NO. 12	
VERIFICATION METHOD:					VERIFICATION PHASES:								
1. ANALYSIS					A. DEVELOPMENT								
2. SIMILARITY					B. QUALIFICATION (COMPONENT)								
3. INSPECTION					C. QUALIFICATION (PM DELIVERY)								
4. VALIDATION OF RECORD					D. ACCEPTANCE/FM								
5. SAFETY TEST					E. SYSTEM VERIFICATION TEST								
6. TEST					F. FUNCTIONAL TEST								
7. NORMAL OPERATION					G. INTEGRATION CHECK								
					H. OPERATION								
VERIFICATION ITEM	VERIFICATION METHOD										REMARK AND REFERENCE		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
1. Handling Tool Provision	1	3	6	7								Verification at "Integration Rehearsal" with SE-1050E and SE-41 Manual	
2. Procedure			7	7	7	7	7						

図 22 安全検証予定表の一部

## 安全検証

安全性に関しては危険報告として申告した事項について、それが適用される機器パッケージ毎に対策を確認して行く予定表を作成する。図 22 は地上の作業用の器具を検証計画の例として示すもので、この例では対象となるのは 1) 取り扱いの器具そのものの出来具合 (provision) および 2) それらを使用する手順 (procedure) である。A, B, C, . . . は検証時期で機器のエンジニアリングの段階に一致している。数字は検証する方法で、例えば器具の方は開発段階で ANALYSIS によることになっているが、これは設計強度などを指す。次いでコンポーネントの資格認定の時点では設計通りに出来ていることの検査 (INSPECTION)、同様にして出来上がったものの試験、そして実際に使用してみると言う具合に続く。このように、多彩な検証の方法を使って何回も検証されるので、製作者だけでなく審査する側もフォローが必要である。

検証は ADP の提出書類として、設計段階であれば図面や計算書、検査であれば、検査人のサインのついた検査結果、試験は試験結果報告書の該当箇所等、予定表に書いたものを用意した。

## 一般検証項目

BERD などに記された数値は、SPPO がスペーススラブのペイロードインテグレーションに使用しているのもので、実際に持ち込まれたものがこれらと違っていると非常に具合の悪いことになるのは明らかである。実際、ADP の要求は各実験にたいする検証要求リストの作成が中心であった。

一般検証項目は各フライト機器毎の次の項目；

- 質量特性
- 寸法
- 材料
- 構造
- 電気
- 熱特性

および地上試験装置 (ECE, いわゆる GSE) に関するいくつかの項目が含まれていた。

基本文書 SE-31 はこの点を予想して作成された。

## 4.8 最終受入での不達成項目の処置

受入審査は SPPO が主体となって行い、SEPAC はそのためのデータなどを ADP として提供した。これは JA003 に定められていた通りであるが、それぞれの関係資料がそれを実際に行った試験報告書さらにはその中の頁や章節の番号などで所在を示す作業があった。次章で述べるように、SEPAC では予想された項目は予め文書番号 1000 番台の書類として作成を予定していたので新たに必要となったものはほとんどなかったが、受入審査は半年くらいかけて行われるので忘れた頃に審査結果が出てくるのであった。

## 安全要求に対するウエーバー

BERD などに記述されていながら実際には実施できなかった試験や製品の重量が違っていた等という場合は、それが受け入れられるものと予想してウエーバーやデビエーションの承認を申請した。申請の方法は必ずしも一通りではなかったが最終的には全てウエーバーとして承認された。

表 8 は SPPO がまとめた SEPAC のウエーバー題目のリストである。各項目をごく簡単に説明する。

- 1 は MTV にペDESTAL が追加されたが組み付けた状態での加速度試験が装置の都合で出来ないというものである。この荷重は x や y 軸の試験によるより小さいとの理由で提出した。
- 2 は高圧ガス供給システムの部品の圧力試験で調圧弁が規定の安全率に不足するというものである。これは

表8 SEPACの最終受入時のウェーバーの題目一覧表

WAIVER No.	REQUIREMENT BEING WAIVED
1	Z-axis linear acceleration test for MTV assembly
2	1.5 safety factor for proof test of MPD and NGP gas supply. Reference is Hazard Report No.18 as FDOR.
3	SPAH requirement of DC isolation of at least 1 Meg ohm in parallel with a stray capacitance of less than 1 nF for EBA, PWR, DGP.
4	The return side of external sync. Signal receiver and video signal driver in MTV Assembly is not isolated from secondary power return.
5	SPAH requirement of conducted emission for 28 V bus.
6	SPAH requirement of isolation between primary return and secondary return (SLR/2104,7.7.2.2.2) for IU, MTV, DGP
7	MSFC-SPEC-521 1. Conducted Emission-3 (CE-3) for GPS, PWR & IU lines 2. Radiated Emission (RE-2) of the EOIVS & IU
8	Specular Reflectivity <5% of MTV, DGP, EBA

システムとして試験を行ったものでよいということで提出。

3は機器内の回路とスペースラブ電源回路の間の電気絶縁の要求で、電気容量が1nF以下という条件が電力機器のCEを抑えるためのコンデンサーを入れたために満足できないが、EMIの問題解決を優先してウェーバーを提出した。

4はFDORでは承認されており、要求がその後で出てきたもので、すでに製造していたのでウェーバーを提出。

5はPWRのCHGが加速器運転中にDC-DCコンバーターから発生するEMIのレベルが要求を大幅に越えている問題である。このウェーバーが却下されたが、他に手の打ちようがなくシステム試験で無害であることを確認することになった。結果的には受け入れられたのであろう。

6はテレビカメラの回路のリターンとスペースラブの電源のリターンの間の絶縁抵抗が要求の1MΩ以下であるが、EMIを起こすような回路ではないという理由で提出。

7は5と同じ問題をより範囲を広げて、電子ビームとプラズマを発生させた状態も含めて議論したもので、電源回路により大きなフィルターを入れれば解決するような問題である。しかし、このリソース割当では不可能だと開き直ったウェーバーでこれはMSFCのSEPACチーム付きの実験エンジニアが気合いを込めて書いている。結果は5に書いたとおりである。

8は鏡面反射の問題で、サーマルブランケットで覆われないMTV, EBA および DGP の金属面が対象で、該当箇所を一件ずつ SPPO の依頼で MSFC のラボが反射光の強さを算定し、その他の実験遂行上支障がないことを確認した結果ウェーバーは承認された。



### 材料使用合意書

使用材料は材料表として提出したもので、規定に合わないものが可燃性材料と金属材料の中にあった。可燃性材料はその使用位置と着火可能な熱源との関係を文書にして審査し、金属材料については使用条件などを詳しく記した「材料使用合意書 (Material Usage Agreement)」通称、MUA を提出して受け入れられた。そのいくつかは購入品のバルブの弁に使用されていた材料であって、分かっていたらよいと言う程度で大きな問題はなかったと理解した。

## 4.9 運用支援

### マニュアル (SE-41) 作成

開発中に行われた運用支援の作業はマニュアルの作成である。これは MIA の中で PI が提供するべき支援として行われたもので、最終的に次章で述べる基本文書 SE-41 として完成したが、作業は各機器の試験段階から開始された。

まず、各機器の取り扱い説明書は、各製作担当者に和文で案を作成してもらった。次にその説明書によって同じ会社の人に実際に操作を試みてもらったところ、欠落している部分が多数あったので操作は不能であった。そこで改めてプロジェクトエンジニアが担当者にヒアリングして欠落部分を追加して原案を作成した。欠落していたのは、最初の電源の給電ラインの接続方法や「ちょっとキャップを外す」というようなことの書き落としが主なものであったが、パネル面の正確な図面がないものもあり、これと合わせて作文編集する作業は予想以上に苦労した。当時は、日本製品のマニュアルのわかりにくさが新聞などの話題になっていたのを思い出す。

SEPAC のシステムを NASA に引き渡した後、NASA のコントラクターが開梱、組立、配置・配線、試験等を行う場合はアメリカ式のマニュアルが必要になると予想されたので、SE-41 はこれを想定して作成されることになった。すなわち、完成した機器の操作だけでなく梱包と開梱の手順も含まれ、使用する機材は飛行用だけでなく、地上用の試験装置 (GSE) と輸送用コンテナや吊り具や工具が含まれることになった。また、手順はイラストで順を追って示す必要があり、これは各担当者にお願いしたが、このイラストに出てきた工具や部品はドライバーからビス 1 個まで SEPAC 品目リストとして品番と名称を付ける作業を行った。

このような文書の内容確認を行うために、日本側の FM 機器が完成した 1980 (昭和 55) 年度後半に VT/FT の準備を兼ねて、NASA に持ち込む全品目と全ての手順書の内容を確認することを目的としたインテグレーションリハーサルが企画され、1981 年 2 月と 3 月に各 1 回ずつ、2 度実施された。

### NASA における運用

翌年、1982 年はじめにほとんどの SEPAC の機器は GSE も含め筑波宇宙センターからスペースラブのオペレーションサイトであるケネディ宇宙センターに輸送され、NASA の運用段階に入り、スペースラブのインテグレーション作業に組み込まれた。ここでは NASA KSC に搬入後の 1982 年 2 月 10 日～ 19 日に、輸送後チェックで発見された不具合のトラブルレポートの項目番号と項目名を記して、本報告の最終データとしたい。

- TR-301 Chart Recorder Trouble (GSE)
- ◇ 302 CHG current Trouble (GSE)
- ◇ 303 MTV-GSE Noise Trouble
- ◇ 304 PLP Temperature Problem
- ◇ 305 Line Printer in GSE Problem
- ◇ 306 MPDT2 Problem

- ✧ 307 NGP-GS Cont. Problem (MPD, GSE のパネル)
- ✧ 308 Event Recorder Problem (MPD, GSE)
- ✧ 309 MTV-FM IRIS Monitor
- ✧ 310 SODA, TX-RX Problem (部品変更)

各項目はGSEを接続して行った電気チェックにおいて発生した異常である。いずれもGSEに関するものでフライト用の機器には異常がなかった。

スペースシャトルSTS-9は1983年11月28日米国東部時間11:00に打ち上げられ、10日8時間47分23秒間後に帰還した。残念なことに3日3時間15分のハイパワーEBA試験モードのFOの開始に先立ってチェックした結果GPS電源が故障していた。回収後の調査によると内部に地上用のものと思われるナットが1個入っていたのが発見され、これが設計上被覆していない電源回路に接触したためフューズが作動して電源が切れたものと判断された[9]。なお、この関係の機器以外は全て順調に作動し、予定されたFOは全て実施された。この結果に対して、国内では失敗であると決めつけられたが、日米の研究者本人達はこの実験を高く評価していた[10]。特にアメリカ側SEPACチームはスペースラブ1号は一種のお祭りであり、2度目以降のミッションで本格的な実験が行えるものと期待していた。筆者の立場は微妙で、実験は完全には出来なかったのは残念であるが、エンジニアリングの観点からすれば、不慮の事故に対して備えられていた保護回路が適切に働いたことは満足すべきことと考えていた。

SEPAC機器の2度目の飛行はEBA、GPS、HVCおよびPWRにより電子ビームを発生する機能とDGPだけが搭載された。宇宙研は河島教授がCo. Iとして参加したが、日本側の予算規模は小さく、交換品のPWRのバッテリーは日本からNASAへのテクノロジートランスファーと言う形でNASAが購入した。この中のバッテリースイッチのスイッチ切片に発生した金属のウイスキーが1mm以下の隙間を伸びて外部ケースと接触したため、地上運用中に焼損事故を起こすトラブルがあったが、幸い予備品と交換して修復した[9]。また、HVCの6モジュール中、1モジュールが寿命で故障していたが、これは予算不足のため修理はせず、不使用としたので電子ビームの最大出力は6.25kV、1.2Aになった。実験は成功して人工オーロラが観測されたが、提案者の大林教授はその2か月前に他界されていた。

## 5 SEPAC チームのマネジメント

### 5.1 開発体制に関する初期の議論

SEPAC がプロポーザルで提示した 10 kV (実現したのは 7.5 kV), 1.6 A の電子ビームと 1 パルス 2 kJ の MPD アークジェットは, 世界に例のない大型のアクティブ実験装置であった。その技術的な困難さに加え, スペースシャトルから要求される安全の保証を含む制約条件などを理解した上での開発, そしてシャトルミッションへの参加等は, いずれもそれまでの宇宙研の開発体制にはなかった問題であった。

日本の科学衛星では宇宙研が衛星打ち上げのロケットを開発しているので, 衛星の設計に関する諸条件は内部情報として使用でき, 科学機器は科学者自ら開発して試験まで行うという美習があるので, 宇宙開発計画の枠内で衛星としてまとめる作業に実質的な責任をもつ企業の参加が得られれば, プロジェクトとして成り立つのが普通である。

SEPAC でもこれを期待していたが, SEPAC は最終的に衛星としてまとめるわけではなく, 開発中のスペースシャトルとスペースラブから設計条件が決められる状況であったから, 企業としてはこれまでの作業手順を踏襲するだけではまとめきれないおそれがあった。これを見越したかのように, 米国の宇宙企業から「計画実施提案書」が PI に寄せられたが, 海外の企業の申し出に応じる体制は当時は考えることも出来ない非現実的な選択であった。

結局, 国内の企業からは SEPAC 全体は一社ではできないが, 電子ビームやプラズマ加速器, 観測器などのパッケージの単位で開発に協力しようという申し出があり, ひとまず宇宙研でシステム取りまとめを行うことになった。結果的には, 宇宙研にプロジェクトエンジニアにおいて PI の意向をすぐに理解して, NASA のマネジメントに伝達する作業の多い「定義」フェイズではこの構成は特に有効であったと思われる。しかし, 最終的に飛行も含む運用段階においては, アメリカに長期滞在する人員と旅費の制約などから宇宙研だけでは弱体であり, これを予想していた大林教授は VT/FT の実施を担当した会社にエンジニアリングとマネジメントの支援を受け, 宇宙研は研究者グループが中心の運用体制を組織した。

すでにお断りした通り, 筆者は AL と DG を開発して NASA に引き渡すところまでのエンジニアリングを担当したが, NASA へ引き渡した後のスペースラブ・ペイロード・インテグレーションのレベル IV 以降の運用の仕事には直接関与していない。このために本章の SEPAC のマネジメントは開発期間のエンジニアリング・マネジメントが中心である。

### 5.2 SEPAC チームの活動

プロポーザルの段階では宇宙研の科学衛星の計画班のような存在だった SEPAC チームは, ERD の審査に対応するために次第に変質し, 設計審査が始まる頃には SPPO と国内の開発体制を有機的に結びつける組織となってきた。

#### エンジニアリングマネジメント

SEPAC ではすでに予定していた技術文書体系を基準にして, 第 2 章で述べた MSFC の機器に適用される JA003 文書の要求資料とミッションマネジャーの MIA および JA002 の要求文書の各リストを対照表を表 9 のように作成した。JA003 は本来科学機器の発注主としての NASA が, 作業の日程, 予算の執行, 性能仕様の達成等を把握するための資料である。これに対して, JA002 はスペースラブ 1 号のミッション目標の達成, これに関連してスペースシャトルの飛行予定の確保と安全性に関する保証を行うことを目的に資料要求をしている。このことは表 9 の要求項目を比較すると明らかで, 例えば, 項目番号 2 と 3 の予算の執行に関する項目は不適用で, 機器の性能仕様に関する項目番号 4, 6, 9, 12, 16 および 19 も不要となっている。

表9 SEPACの文書とSPPOの要求資料との対照表, SE-11文書より

CHANGE 1

SEPAC (1NS002) Documents Reference List

5/10/79

JA-003 Data Requirement		SEPAC Document		MIA and 002 Requirement
No.	Title	NASA Form	SE Series	Title
1	Experiment Program Plan		SEPAC Development Schedule	Instrument Development Plan Verification Test Plan
2	Financial Report		NA	NA
3	Progress Report		NA	Optional
4	Design & Performance Spec.		SE-11	NA
	NA			Interface Requirement Document
				Instrument Interface Agreement
				Data Handling Requirement
				Emergency Procedure**
5	Engineering Change Proposal	ECP	SE-912	ECP
6	Deviation Approval Request		NA	NA
7	Acceptance Data Package	ADP		ADP including following Documents
8	Experiment Requirement	ERD		ERD
9	Failure Analysis Report		SE-902	NA
10	Software Data Package		NA	Software Module (MSFC/SEPAC)
11	Safety Compliance Data		TBD***	Safety compliance Data (ADP)
12	Experiment Equipment Log Book		SE-903*	NA
13	Pressure Vessel Log		SE-908	Pressure Vessel Log (ADP)
14	Experiment Operating Procedures		SE-41-200 SE-41-300 and -400	Operational Procedure Document Test and Checkout Requirement and Procedures (ADP)
15	Post Flight Report		TBD	Post Flight Report
16	QT/AT Specification		SE-31-Sec. 4	NA
17	QT/AT Procedure and Results		SE-31-Sec. 4	Acceptance Test Procedure/ Acceptance Test Report (ADP)
18	Special Handling and Storage Procedures		SE-41-600 and -700	Groundign Operating, Maintenance and Handling Procedure (ADP)
19	Shipping Document			NA
	NA		SE-1051E	Verification Test Procedure
			SE-903*	Operating Time and Cycle Log (ADP)
				Software Requirement (MSFC/SEPAC)

\* Japanese Language is original. English summary will be attached.

\*\* To be edited based on Operational Procedure Document.

\*\*\* Safety related test &amp; results during AT.

国内では技術文書を審査して予算資料とするような目的には使われない。SEPACの文書もNASAのエンジニアリングマネジメントとの整合性のためにのみ作成されたと言っても良いであろう。

SEPACの文書の中で、900番台は書類の様式を表す。様式903は日誌で各試験装置のパッケージ毎に受人試験(AT)以後の保守点検、維持作業、運用等の記録をするもので、宇宙研ではメーカーが責任を持って記録している慣習があったが、SEPACでは機器に付属する公文書とした。この日誌は機器がNASAに引き渡された後もNASAの運用者によって維持された。

様式912は基本文書の記述に変更が必要になった場合に変更提案(ECP)するためのもので、日常のエンジニアリング作業で仕様を変更したい場合や単なるミスプリントのような場合まで、全ての変更はこれを通じてSEPACチーム内で申し出て毎週の幹事会で検討されることになった。検討ではその変更が他の機器やソフトウェアに及ぼす影響の程度を判定して必要ならNASAのミッション当局との合意文書の変更提案をすることまで議論して結論を出した。様式はNASAのものを用いたが、NASAではECP(Engineering Change Proposal)はコントラクターなどマネジメント・レベル4において予算の修正を伴う契約事項の変更手続きに用いられ、NASA内部のECR(Engineering Change Request)と同等なものだとされているが、SEPACでは予算面の効力はない。

表の中でSE-xx(2桁番号)および1000番台の文書については次項「計画管理の手引」で説明する。

SE-1016M 「計画管理の手引き」

設計審査は1978年の春からはほぼ一年で追加審査まで完了して設計が確定した。この間にSEPACの形態管理の手法を、SE-1016M「計画管理の手引き」として作成し有効に使用した。

本文書は設計審査に備えて1978年1月30日に作成され、同年6月15日に改訂、1979年3月10日にFM製作段階に進むのに備えて改訂2版、そしてFMが運用に入る時点の1980年5月12日に改訂3版を作成している。SEPACの日常のエンジニアリング作業を思い出す上では興味深いのが、部外者には内容が込み入っているのだからにいくかと思われるので、記録の意味で改訂3版の全文を付録3に収め、ここでは以下に簡単に要約する。

最初の節、「目的」と「範囲」の項は正しくここでいうエンジニアリングマネジメントを説明する内容になっている。

第2節、「組織と作業分担」は改訂3版の特徴として、機器開発以外に試験と運用の組織が明記されている。組織は上述したフェーズの進展に応じて変化する。最初のフェーズでは実験のアイデアを固めるという観点からサイエンティストのグループが主になる。しかし、デフィニッションではエンジニアリングが柱となって科学的な構想の骨組みを作る。その後のサイエンティストグループの役割は、定義された科学実験装置とリソースの範囲内で実験を実施することになる。また、エンジニアリングのグループは定義された通りにモノを完成する事に責任を持つ。ここで述べるエンジニアリングマネジメントは、主としてフェーズBからCにおけるエンジニアリングの実施に関するものであり、並行して行われているサイエンティストの実験実施計画の作成はミッション運用計画に備えたもので、フェーズDの主役はサイエンティストグループである。図23に手引き書からSEPACの組織図の一例を示す。この例は、機器の開発が終了してシステム試験を始めとして運用に入る段階に対処した体制である。

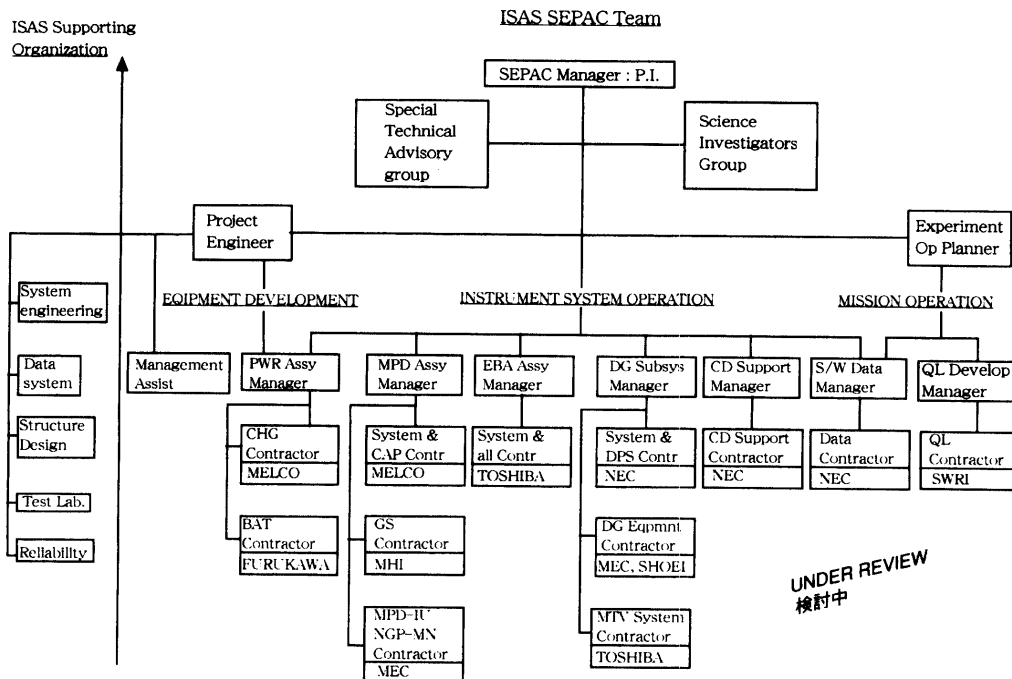


図23 SEPAC日本チームの組織表の例 (SE-1016M、付録2より、システム試験開始時)

第3節の「管理される文書と責任者」はマネジメント上特に重要である。このことは責任者本人と関係者が十分理解していないとこの方法によるエンジニアリングマネジメントは不可能である。特に、スケジュールはいろいろな種類のもので出回る傾向があるので、これをNASAの例にならって厳格に規定した。すなわち、重要なスケジュールのみを公認して、それらの変更はエンジニアリング変更提案（ECP）によって審議され、承認されなければならないと言うことである。スケジュールにはいくつかのレベルがあつて、最高位のもはスペースラブミッション1号のマスタースケジュールであつた。問題はスペースシャトルとスペースラブの開発日程上、打ち上げの日付がたびたび延期され、1977年のはじめには1980年に予定された打ち上げが最終的には1983年11～12月にかけて実施されたことからわかるように、このマスタースケジュールが大幅に変更されたことである。その他の文書については以下に項をあらためて説明する。それぞれの文書の現状（DRAFT、案、初版、改訂版等）は適宜文書の一覧表によって周知した。

第4節は会議に関する規定で、毎週開かれる幹事会は日本側の担当するALおよびDGのサブシステムに関する事柄の決定機関である。定例会議は第3版改訂の時期にはほとんど全ての機器については終了していたが、4種類の会議の役割が記されているので参考のために残されている。定例会議毎に審議項目が指定されていること、また、使用した資料はそれだけでは文書としての効力を発揮しないことが確認され、必要なアクションを書いた議事録を作成することが要求されている。多くの会議ではECP項目の確認が検討項目に指定されている。

第5節は変更手順についての説明である。これはSEPACにおけるプロジェクト形態管理の実施要領になっている重要な部分である。ECPの提出状況などについてはこの後にやや詳しく述べる。

第6節はMSFCからの情報処理の規定である。

#### 幹事会と定例会議

「計画管理の手引き」に出てくる幹事会はSEPACらしいユニークな会議で、NASAで言えばマネジャー会議であつた。初期のメンバーは、大林教授がPIでSEPACのマネジャー、河島信樹教授、栗木恭一教授、江尻全機助手（現、国立極地研究所教授）の3人はそれぞれ電子ビーム、MPDアークジェット、DGとソフトウェア支援のマネジャーであり、それにチーフエンジニアの長友であつた。会は毎週月曜日の午前10時から12時まで、駒場の45号館4階の大林研究室の一角で開催され、チームとしてNASAに出張したりするとき以外はほとんど毎週開催された。大体いつも定刻に全員が集まり、審議は活発であつたが無駄な議論は少なく、効率の良い会議であつた。幹事会の議事録は情報としてメーカーにも速報された。

定例会議は各マネジャーが担当してそれぞれのメーカーの製作進捗会議として行われた。会議は議事録を作成して、アクション項目を決定してこれを解決した。議事録の様式は担当メーカーの様式を使用したり、会議名は単に月例会と呼ぶなど各社の平素の作業環境を尊重した。SEPACでは、会議の検討項目を予め指定していたり、文書が英文である等の理由で、書いたものが実際から遊離する恐れがあつたので、出来るだけ普段の習慣を守るようにしたものである。議事録には生々しい記録もあつて、結果的には有効であつたと思われる。定例会でのアクション項目のうち必要なものは宇宙研の担当者の判断により幹事会で審議した。

次に、この手引きに出てくる文書についてのやや詳しい解説、および、手引きに基づいて実施された経験等をまとめる。

### 5.3 SEPAC 基本文書

SEPACには自ら作成する文書とスペースシャトルやスペースラブに関してその特定のミッションにおいて適用される文書とがある。SEPACの作成した文書は、NASA式に予め内容目次まで決めておいて、計画の進行とともに未定の箇所を記入していく方式をとったものが多い。この方式では、思いついた事柄を追加していくのではな

くて、予め必要な項目の確認は済んでいるという安心感がある。もちろん例外はあるが、その時はECPとして処理するのがルールであった。

まず、二桁の番号のついた書類はSEPACの基本文書である。最初は性能仕様書(SE-11)、実験計画書(SE-21)、試験計画書(SE-31)、マニュアル(SE-41)の4種類があったが、このうち実験計画書は早期に廃止された。その理由は、実験運用ソフトウェアの形で詳細な設計がなされること、またミッション計画はSPPOの仕事としてIWGにおいてSEPAC以外の実験の要求も取り入れて作成されていく手順が確立したためであった。

#### 性能仕様書 (SE-11: SEPAC Design and Performance Specification – AL and DG Subsystems)

SE-11は最初はSEPACの概念計画という形で、要求定義段階で技術文書として作成されたSE-10をスペースラブ1号ミッション用として整備したものである。2桁の文書番号の1位の数字は1号ミッションを表し、再飛行のための文書はこれを2として、例えば、設計仕様書はSE-12等とする予定であった。しかし、飛行は2回だけで、あとで述べるように2度目の飛行ではアメリカ側でのみエンジニアリング作業が行われたので、この番号体系はミッション1号だけになった。

話を戻すと、SE-11は題名に示されているように基本仕様書である。しかし、科学衛星など国内のプロジェクトにおいて想定される仕様書とは異なった性格を持つ。編集の責任を持った宇宙研のSEPACチームは次のような作成方針を立てた。

- 1) 本仕様書は英文を正文とし、ソフトウェアのパッケージ以外のCDサブシステムに関する仕様も含んでいて、SPPOをはじめとするマネジメントや共同研究者に対して必要な情報をここに記述されたままの形で提供するシングル・ソースとして編集した。したがって、本文書は最終設計審査とともに発効するが、「案」の段階から管理文書として変更にはECPを用いる。改訂は差し替えページの発行によって行い、ページと図面番号などは維持される。
- 2) 内容は大小のレベルを合わせることはしない。必要な項目はどんなに細かい事柄でも記述するが、形式的なものは項目だけとするか、あるいは項目も不必要とする。代表的な例をあげると、全てのケーブルは各線を通る信号などの名称と接続するコネクタ名とピン番号まで入れたものを管理する。
- 3) 機械的および電気的図面は機器パッケージごとにA-2版それぞれ1枚とし、この中に対外的に使用される情報を指定して記入するようにした。この種の図面は各社の最終製品の図面に相当するので、通常は各社の図面番号が付され内容もばらばらであったが、以上の方針に従って必要な情報のみを記載して、製品の特性を明らかにしてもらうことにした。また電気的図面は電源システムの負荷部とコマンドとモニター回路の端末の特性が記入されるように指示し、公文書と作業用文書の一致を求めた。

#### 試験計画書 (SE-31: SEPAC Test Program)

SE-31は日本側の機器の試験の各開発段階に必要な試験の種類と名称や定義などを規定したもので、各社が提案した資格認定試験(QT)および受入試験(AT)の仕様書と手順書が付属書類として含む大部なもので、NASA側から要求のあると思われる安全性と合意文書に記載された項目の検証もこれに含まれるようにした。検証項目ごとに予定した検証方法をSPPOに申告して合意したものは機器の引き渡しまでに実施しなければならないことになった。SEPACは機器のパッケージ毎にこの表を作るので検証項目とパッケージ品目で構成するマトリックスの相当する部分に検証方法を記入するという大変複雑なものとなった。その一部を表10に示す。

表では要求項目が番号順に分類されているが、該当部分は機械的な特性の箇所である。各項目ごとに検証方法をT (Test), I (Inspection), A (Analysis) 等で示している。適用される機器パッケージの該当部分には、検証資料の所在をADPの資料番号や各メーカーの文書や図面番号が記入されている。NAはNot Applicable、不適用を意味し、TBDはTo Be Determined、すなわち、本計画作成時には未定であったということである。そのような

表 10 検証要求項目および検証方法と文書についての一覧表の一部

## Verification Plan Summary

Page-1

ID. No.	Verification Reqrmt	Method	Verification Document/ Available Date					NPD	Remark
			DGP	MTV	EBA	HVC	PWR		
4.1.1	Mass property	T	*8.5		15-K79059	15-K79060	*034	*	
4.1.1.1	Weight			K013Z4974			7.1.4	8.2	
4.1.1.2	C.G.	T		K013Z4339			7.2.3	8.10	
4.1.2	Mechanical		*7.5	K013Z4974	15-K79059	15-K79060		*	
4.1.2.1	Size geometry	I					7.3,*033	8.2.1	
4.1.2.2	Bolts hole and Alignment	I					7.3,*033	8.2.2	
4.1.2.3	Compatibility attach H/W	I					7.3,*033	8.2.1	
4.1.2.4	Surface	I			NA	NA	Factory T	Factory T	
4.1.2.5	Pins, knobs, handles etc.	I			NA	NA	NA	NA	
4.1.2.6	Edges	I					7.3,*032	8.2.3	
4.1.2.7	Equipment adjustment	A	NA		NA	NA	NA	NA	
4.1.2.8	Mechanical actuator	A/T	TBD	K013Z5169	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.9	Latching during mission	A/T	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.10	Relief, vent valves	I	NA	NA	NA	NA	NA	SE-1022S (RN-B-022&023 & MPD-R-013 contained)	
4.1.2.11	Jettison	I	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.13	Protect stored mech. energy		NA	NA	NA	NA	NA	RN-B-022&023	
4.1.2.14	Load/Unload time	A/T	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.15	GSE test cables	A/T	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.16	Clearance for handling	A	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.17	Protect cover removal	A/T	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.18	Stowed equipment		NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.19	NA for ISAS equipment		NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.20	Optical alignment device	A	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.21	Display and control	T	NA	NA ?	NA	NA	NA	NA	
4.1.2.22	Thermal interface	A	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	ISAS/MSFC
4.1.2.23	Acoustic level (gen)	A/T	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.3	Structure		SE-1042S	is the collected data on structure analysis					
4.1.3.1	Design safety factor		SE-1043S	SE-1043S	SE-1043S	SE-1043S	SE-1043S	SE-1043S	
4.1.3.1.1	Verify structure	A/T	*4.5,5.5	?	?	?	?	MPD-R-049 N97-24C-0124	
4.1.3.1.2	Deleted								
4.1.3.1.3	Line and fitting	A/T	*4.5,5.5	NA	NA	NA	NA	SE-1022S	
4.1.3.1.4	Pressure tank valves	A/T	NA	K013Z4974	NA	NA	NA	SE-1022S	
				K010Z6009					
				6008					
				6409					
4.1.3.2	Natural frequency	A/T	*5.5	K013Z4947	15-79055	15-79056	*036	*8.5.2	
4.1.3.3	Survive loading life	A	SE-1043S	SE-1043S	SE-1043S	SE-1043S	SE-1043S	SE-1043S	
4.1.3.4	Withstand Crew loads	A/T	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4.1.3.5	Not exceed SL structure	A	NA	Question is addressed to POCC					
4.1.3.6	NA								
4.1.3.7	P/L bay depressurization	A/T	*6.5	TBD	15-K79059	15-K79060	*033	*8.2.1	

わけで、この計画書自体も維持文書であった。

#### マニュアル (SE-41: SEPAC Manual)

SE-41はSEPACの取扱説明書である。内容は手順書を編集した文書で、SEPACに必要な全ての手順が3桁の数字で番号化され、文書としては各3桁の最初、すなわち百位の数字が章を表す形でまとめられている。例えば、100は第一章総論でこの取扱説明書使用上の手引きである。同様に200は各装置毎の操作方法を述べた手順書で、300は据付・組立手順書、400は試験とチェックの手順書、600は保管中の保守と補給の手順書、700は梱包・輸送手順書である。なお、500は再使用のための補修手順書、900は安全項目に予定されていたが、再飛行はNASAがSEPACの一部の機器のみ用いて行ったので、全体としての取り扱い説明書は作成せず、また、安全項目はミッション担当者の判断によるもので、基本的な文書から関係する技術情報を探すことが出来るという観点からこの章は廃止した。また、800は欠番である。また、2桁目の数字は機器の分類に使用したので、2桁目の数字の手順を全て集めるとその番号の機器の全ての取扱説明書ができるようになっていた。

なお、100番台の中には本文書SE-41に含まれる手順書に使用される全ての品目の物品番号、名称、種類、手順書番号、外形と電気的な特性および輸送コンテナ番号が各々1行にまとめられた物品リストがあった。フライト用の各機器はそれぞれ1品目であるが、コネクターのキャップやアイボルトの様な小さなものでも、手順書中に使用する品目になっているものは同等に記載された。輸送コンテナ番号というのは各品目が梱包されて輸送される時に入るべき輸送用コンテナの番号を指定しているものである。これらはNASAでの開梱作業の手順



の他、SEPAC 機器の輸出リストとしても有効に使用された。

## 5.4 補助文書

### 1000 番台文書

基本文書に含まれない手引きや解説、SEPAC 全体のシステムレベルの試験計画、あるいは運用の細目に関する規定等は、基本文書とは別に 1000 番台の文書番号を付けた。このシリーズの文書は文書管理や適用範囲などは様々であったが、いくつかの文書は NASA との共同作業用の文書であったり、ADP の必須文書として管理されたものもある。しかし、全体としては基本文書の補助文書として位置づけられる。

表 11 は FM が完成して試験の頃までに文書番号をとった 1000 番台の文書の題名である。文書番号の末尾の記号は文書の分類で、M, E, S, G 等はそれぞれマネジメント、エンジニアリング、安全関係、一般等を表した。本文の英和文の区別は題名の英和と一致する。同じ文書で英和を作成したものは同じ文書番号であった。また、特別に 1100 番台の文書があるのは、KSC（ケネディスペースセンター）での作業者のためのガイダンスである。これは本来であれば、現地で講習を受けるべきものであるが、宇宙研で同じ講習を受けられるようにしたときの文書である。

### 日常情報交換

以上の他、会議の内容を要約して広報するような目的、あるいは会議参加者以外のメンバーに対する公式の要請、あるいは主として幹事会のメンバー間での確認のとれた連絡や依頼を行うために、会議と同じ程度の頻度で発行される日常情報交換用の書類も用いられた。それらは以下の 3 種類である。

- ・ 週間エンジニアリング報告 No.1 (1977 年 4 月 19 日) ~ No. 22 (同年 12 月 6 日)
- ・ エンジニアリング情報 No. 1 (1978 年 3 月 15 日) ~ No. 22 (同年 9 月 11 日)
- ・ 連絡依頼書 (通称 SN) 78-1 (1978 年 6 月 28 日) ~ 83-22 (1983 年 11 月 9 日飛行前打ち合わせ案内)

最初の文書は要求審査の時期に用いられたもので、機器開発に将来参加する可能性のある関係者に対して SEPAC の全般的な動向を伝えるために配布されたものである。その「報告」という名称からもわかるように一方的な情報の流れであった。これが設計審査の段階になって、宇宙研の担当者が指名され、各担当者が必要に応じて担当チーム内に詳細な情報徹底を図るようになったため、要約した情報のみを流すようにしたのが 2 番目のもので、これはさらに情報量が増えてきた設計製作段階では廃止されて連絡依頼書に代わった。

連絡依頼書 SN-xx-xxxx は、SEPAC チーム間の公式の情報交換手段として用いられたものでその名の通り依頼や要請の役割もはたし、SEPAC のエンジニアリングの実際を示すものであった。図 24 はその半年毎の発行件数を 1978 年の後半 ~ 1983 年まで集計したもので、SEPAC 開発のアクティビティの推移を表している。また、この文書の発行順のリストは SEPAC の技術開発に関する年代記にもなっていると考えられたので題名のみを付録 4 に収録した。

連絡依頼書の中で SEPAC 米国チームあるいは SPPO との情報交換に必要と考えられたものは英訳され、EM (Engineering Memo) として特別に発行した。この題目のリストも付録 4 に収めた。

表11 SEPAC 1000番台文書の発行状況(4/25/80現在)

No.	Latest Issue/Date	Title
1000	No use	
1001G	12/20/76	SEPACの今後の作業について、とくに「PRRのための」
1002G	12/25/76	SEPAC性能諸元作成のための手引き
1003E	1/29/77	SEPAC実験実施方法/機器試験方法(書式SE-2の記入手引き)
1004E	1/24/77	
1005E	6/8/77	SL-1用 SEPAC 機器性能仕様作成の手引き(改訂版)
1006E	3/31/78	「SE-31, SEPAC機器システム試験計画書」作成の手引き
1007E	9/14/77	「SE-41, SEPAC マニュアル」作成の手引き
1008	CANCELLED	
1009T	9/27/77	10M33107(応力腐蝕破壊防止のための設計基準)
1010E	10/3/77	電力計画表(Form 11)および重量計画表(Form 12)
1011E	DRAFT 5/25/78	Structure Design & Test Guidance
1012E	1st issue 6/30/80	VT/FT/ Plan
1013E	5/6/78	QT/AT Test Eqpmnt Spec, Prt 1
1014E	5/8/78	QT/AT Test Eqpmnt Spec, Prt 2
1015E	Final rev.2 3/22/79	S/W Reqmnt Spec (SRD)
1016M	Rev.3 5/12/80	SEPAC計画管理の手引き
1017E	7/1/78	IU-BB Nasda Space Chamber Test
1018M	4/10/79	SEPAC文書様式集
1019S	5/23/78	Safety Implementation(和文の題名は不明)
1020E	6/20/78	材料選択の基準の解釈と材料リストの書き方
1021M	5/15/79	写真記録のとり方
1022S	1st issue 6/20/80	Fracture Control Plan
1023I	7/8/78	サーマルブランケット設計・製作資料
1024S	4/1/80	Heater Circuits
1025G	Final 9/18/78	FDOR準備作業について
1026E	1/12/79	FT Requirement
1027S	5/15/80	Battery Data File
1028S	6/30/80	EMI Data File
1029S	4/1/80	Flammable Material
1030E	Rev.2. 6/30/79	Grnd Processing S/W Reqmnt
1031E	Rev.2 2/1/80	POCC Data Processing Reqmnt
1032E	Final 6/30/79	Post Flt Data Process Reqmnt
1033E	TBD	Post Flt Data Process S/W Spec
1034E	Prel. 10/15/79	SEPAC POCC Reqmnt Document
1035E	10/1/79	SODA QL Functional Reqmnt
1036 thru 1039	reserved for future use	by S/W and Data group
1040E	Prel. 12/24/79 77	EMI Control Plan
1041E	Rev. 6/23/79	Flt Cable Fabrication Reqmnt
1042E	5/25/79	Structure Analysis Guide
1043S	1st Issue 6/20/80	Structure Analysis
1044E	prel. 10/23/79	EM Level of ISAS Facility
1045, 1046	reserved for future use	
1047E	Draft April /80	3rd NASDA Test Plan
1048E	Draft May /80	3rd NASDA Test Reqmnt Spec
1049E	Prel. Dec/80	3rd NASDA Test Procedure
1050E	Prel. 5/20/80	Operation Rehearsal Procedure
1051E	6/30/80	VT/FT Procedure
1052E	12/31/80	VT/FT Complete Results
1053E	1/31/81	VT/FT Results Summary
1054 thru 1099	reserved for future use	
1100	No use	
1101K	9/1/80	KSC Guidance General (J)
1102K	9/1/80	KSC Fire Control (J)
1103 and after	is reserved	for NASA operation guide

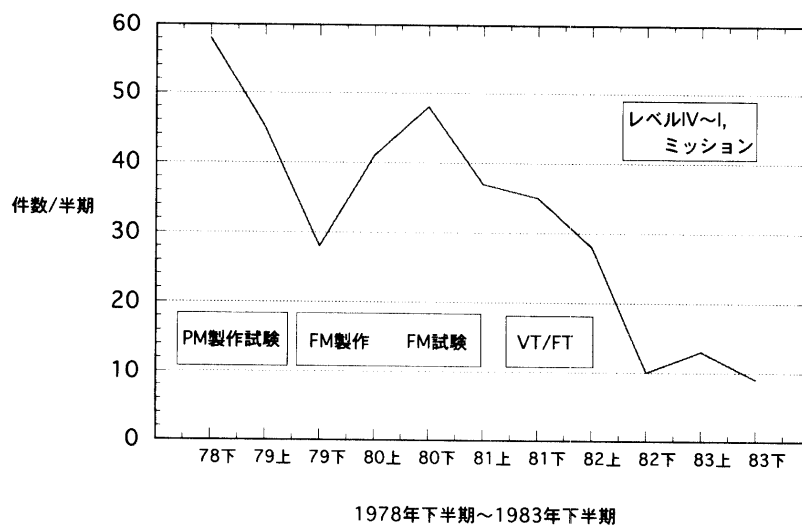


図 24 半年毎の連絡依頼書発行件数

## 5.5 トラブル報告とECP

SEPACプロジェクトに限らず、プロジェクトには異常、事故、不具合といった予定以外のことが発生する。それ故にプロジェクトの形態管理が必要である。SEPACの形態管理の基本は基準文書とECPによる変更承認であり、ECPは正式の「トラブル報告」を受けて起案される旨「手引き」に規定されている。問題は、何をもって「トラブル」と言うかであるが、SEPACプロジェクトでそれを決める基準は、それが置かれたNASAの宇宙計画に何らかの影響を与えるものである。しかし、このことをトラブルが発生するメーカーの現場で認識することはなかなか難しい。

ともかく、SEPACプロジェクトでは「手引き」の5.1.1項において、トラブルを「基本文書に記載された事項（スケジュール、ハード、ソフト、オペレーション等全て）に変更が生じるような出来事」を指すものとした。これによって製作工程での異常、事故、不具合などのうち、社内で処理できるものとプロジェクトレベルで検討しなければならないものとの区別をある程度はする事が出来ると考えた。また、図面に現れないパッケージ内の部品配置を変更する場合、外部的に変更がなければ関係者だけの合意で変更を実施することが出来る。このようにしてトラブルの範囲を限定する事によって、不必要な議題を減らすことが出来ることが期待された。

実際に定例会議にトラブル報告の検討を議題にした結果、必ずしも報告様式作成者の意図に合わないものも出てきた。代表的な例は、多分、対策を急ぐあまりであろうが、「トラブルの状態」の欄に原因から説きおこしてしまい、「原因」の欄にはとりたい対策に触れてしまうので、結果として「対策」欄の内容がなくなる書き方である。また、必ずしもトラブルとは見なされないものまでトラブル報告として提出されたが、これは作成者の責任よりむしろ「基本文書に記載された事項」の範囲が分かりにくいことにもあったようである。先ず発生した異常などがこれに該当するか否かという判断がすぐには出来ないとか、「変更が生じるような」出来事が影響の及ぼす範囲を予想するのが難しいのは確かである。

トラブル報告はしばしば技術的に詳細な知識が必要になることが多いので、実行上は各機器グループの定例会議で提出され審議された。この段階のトラブル報告の題名は前章で紹介したが、その中には必ずしもトラブルではない設計や仕様変更を一項目毎にトラブルと見なしたトラブル報告もあり、これらは定例会でのメーカー間インターフェースの調整に関する資料として利用されていた。このようにSEPACプロジェクトにおけるトラブル報告は事故報告や記録としてだけでなく、日常業務のモニターの役割も果たし、各グループ毎に多くのトラブル

報告が提出されたものと解釈される。その意味では提出されたトラブルレポートの多くはその時点での技術的な話題を代表しているとも考えられる。

通常、各グループは定例会議に出されたトラブル報告について「基本文書に記載された事項」との関係を確認した上で、トラブルと見なされるもののみを幹事会で検討すべきECPの対象としたので問題はかなり整理された。詳しい内容は省略するが、付録5に「国内で提出されたECP」の番号と題目の一覧表を収めた。トラブル報告はグループによって取り扱い方に大きな差があったが、本当にトラブルとなるものが発生したことを認識して、期待通りに立派な問題処理をしていたメーカーもあったことは忘れられない。

#### ECPの提出数とプロジェクトの進捗

図18の説明ですでに述べた通り、日本側の機器の開発は1977年後半から1979年3月までにPMとFMの製作を完了した。この期間は作業密度が高く、製品の性能の維持管理も重要な時期であったので、製作進捗会議、通称、月例会を開催した。この会議の任務などについてはSE-1016Mに記されているが、マネジメントの立場からいえば、以上に述べたようにトラブル報告を審議して、必要なものはECPを作成して、まず宇宙研の幹事会に提出することであった。

これらのECPは各サブシステムあるいはコンポーネントのグループ内部では十分に調整されたものなので、先ずSEPAC内部のインターフェースの変更の有無を幹事会において審査する。そしてBERDあるいはそれに基づいて作成されたIIA、IPRD等に関係すると判断されたものはSEPAC全体のECPとしてまとめてSPPOに提出する。SPPOはこれを審査してBERDを改訂し、これに記された機器の寸法・重量、電力消費などの最終的なデータがミッションの実験機器インターフェース合意書（IIA）に用いられるという手順になった。

ECP提出の記録を見ると当時の問題が良く分かるが、提出されたECPの数はここで詳細に述べるにはあまりに数が多いので、ALおよびDGのFMに関するECPの題名のみを一覧表にして付録5として添付した。ECP番号100番未満は主として製作試験中のハードウェアに係わるものであり、100番台はシステムレベルでの調整の結果である。図25には各FM機器毎に提出された100番未満のECPの月々の合計数を示す。製作開始にあたって変更を確認したこと、完成したものについて変更があったことが、4月と年度末近くの時期のピークにそれぞれ示されている。

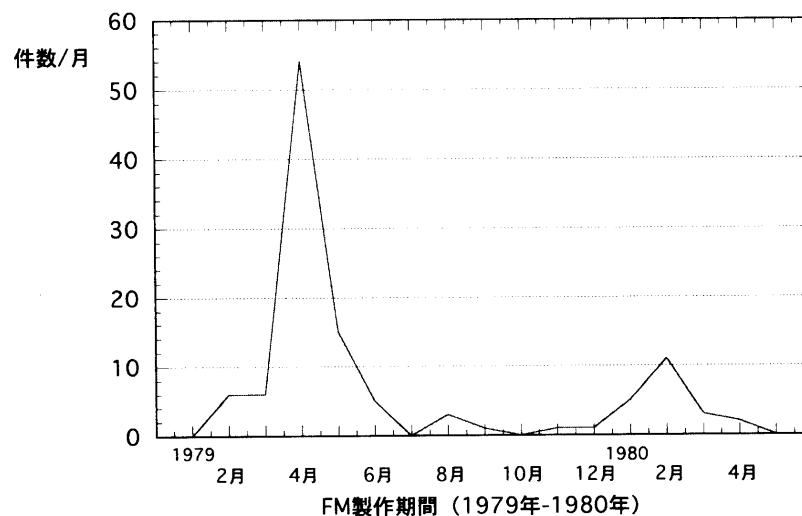


図25 AL&DG 機器のFM 製作中の毎月のECP 提出件数

## 5.6 実務に関する話題

SEPAC プロジェクトの日米間の情報交換やデシジョンメイキングに関する文化の違い、当時のOA（オフィス・オートメーション）環境等について気が付いた話題をいくつか記録する。

### 会議と MICS

MICS（マネジメント・インフォメーション・コントロール・システム）は、広大な米国に散在する航空宇宙産業と NASA のセンターが協力して非常に複雑で大きなプロジェクトを実施するために開発されてきたものである。宇宙研の科学衛星計画のように関係者が頻繁に会議を開いて情報交換する事は実際問題として不可能のため、情報交換と意思決定の方法そのものをマネジメントのルールとして定めて、日常的な業務として流していくようなやり方にするのはやむを得ないと思われた。

一例として、ある手順について改良できることが判明したものとす。あるいは使用部品の少し性能の良いものがあつたとす。こういう場合、日本では会議で提案して即座に改正したり、交換したりする傾向がある。NASA のやり方はそれが出来るものと出来ないものを書類として仕分けしていることになる。

NASA のエンジニアは、VT/FT の実施中、毎朝開かれるその日の作業を打ち合わせる会議について「この打ち合わせは最初に一回開いたから十分ではないか。すぐ働こうよ」といつもこぼしていたが、日本の実務者はリアルタイムに物事に対応するために毎日の打ち合わせをしていた。SEPAC の国内の情報管理はマーシャルの SPPO と整合性のある MICS を構築し定例会議を開いたが、実行レベルでは日本式だったと言うことであろう。

### 通信手段

MICS といつても NASA は文書だけで仕事をしていたわけではもちろんない。会議に代わる方法としてテレコンファレンスやファクシミリなど、当時の日本、少なくとも宇宙研では想像もつかない高度な情報システムを駆使していた。

テレコンファレンスは米国では異なつたいくつかの場所の拡声電話機の間で会議が出来、NASA のプロジェクトの会議室にはほとんどこの設備があつたが、日本ではようやく拡声電話で離れて話せる電話機を普通の回線によって使うだけのものしかなかつた。こうして出来るようになって、英語は通じているようでも、英語で話の筋道がまとめることが出来なくなることが良くあり、筆者は苦手であつた。

ファクシミリは NASA ではラピファックスと称する機械で日常的に使っていたが、外国との通信は出来るようにはなつていなかったと思う。ERD の細かな配置や複雑な系統図などを議論する段階になって、航空便ではのんびり過ぎてかなわないとの MSFC に駐在した二宮教授の要請で大林研究室に設置され（1977年9月）、NASA 側も回線の開放をしたので図面を含む文書での情報交換に威力を発揮した。驚いたことにラピファックスは日本のメーカーであつた。

### ワープロ第1号

当時、日本の事務機器で何とかアメリカ並であつたのはコピー機だけで、コピーの質だけは断然 NASA のものより優れていた。さすがコピー文化の日本であつた。しかし、ファックスの例を挙げたが、他のものはアメリカに比べると非常に遅れていた。中でもワードプロセッサは日本では全く存在すらしていなかつた。これは基本文書の作成にあたって不可欠なものであると悟り、1978年にこの種の道具として国内に初めて3台導入された IBM Office System 6 の1台を関係者を説得してレンタルで利用した。このシステムは画面が数行分しかなく、また、米国の書類の法的な有効性からタイプライターと同じように活字を使って印刷したので印刷の時の騒音が大きいのが欠点だったが、作表や検索の機能があり、非常に使い易かつた。これに比べるとその後まもなく出てきた日本のワープロは完成した商品とは言えないような代物であり、その後、改良されているいろいろなことが出来る

パソコンが巷にあふれているが、使いやすさでは未だその右に出るものに出会わない。

SEPACではMSFC報告 [37] を手始めに数多くの和文の文書類も作成したが、日本語のワープロはなく和文タイプライターであった。筆者は専門のタイピストでなくても使える活字が回転する型式（東芝製）のものを使った。これは戦時中潜水艦で使用されたと聞いた。

パソコンと言えば、SEPACの運用の時期には早くも米国のSEPACチームのメンバーは電子メールを使っていた。これが導入されたらプロジェクトエンジニアリングやマネジメントはどのように変わるであろうかと考えたが、このような情報交換手段の多様化にも関わらず、国家的な宇宙プロジェクトにおける新たな意思決定の自由度はむしろ減ってきているように感じられる。

## 6 結 び

多くの研究者が夢見てきた電離層と磁気圏におけるアクティブな科学実験が、「粒子加速器による宇宙実験」(Space Experiments with Particle Accelerators; SEPAC)として、最初のスペースラブミッションで大林教授が主任研究者になって行われた。SEPACの粒子加速器は宇宙用としては異例の高電力機器で、しかも再使用のできる電子ビーム加速器とMPDプラズマアークジェットであった。SEPACプロジェクトは、このような世界的に前例のない実験装置の開発とこれを使って実験する運用とからなっていた。このプロジェクトは世界最初の研究であったが、国内外の研究者の情熱とメーカーの努力そしてNASAの指導を含む適切なエンジニアリングマネジメントによってほぼ計画通りに実現した。

本報告は、筆者が主として参加したスペースラブ1号ミッション用のSEPAC機器開発に伴うエンジニアリング活動とこれを通じて接することが出来たNASAおよび日本チームのマネジメントについての記録である。結びとして全体の成果を述べる前に、記録のなかでは分散してその存在がはっきりしない「SEPACプロジェクト誕生」の幸運を演出した大林教授の果敢な戦略についてまとめておきたい。

SEPACが最初に提唱された1970年代の中頃は日本の人工衛星は第2号科学衛星が上がっていた程度である。これに対して米国は月に人を送り込み、スカイラブでついに続く宇宙ステーションを運用していた。その技術力の差は途方もなく大きかった。SEPACは技術的に米国がやっても難しいプロジェクトと考えられていた。もう一つの問題は日米共通で、アクティブ実験そのものの有人飛行に於ける危険性の評価基準がNASAにもなく、実験実施に不安を持つ人達が多かったことである。

大林教授は日米の格差を良く認識していたので、AMPSではSEPACは実績のある栗木教授のMPDアークジェットだけのアクティブ実験を提案して受け入れられた。しかし、スペースラブ1号ミッションでは米国に適当な指導者がいないと判断した時、より積極的にアクティブ実験の主流である電子ビームもSEPAC実験機器の中を含むことを宣言し、日米共同研究チームを組織した。これは米国のサイエンス・コミュニティを熟知していなければ出来なかったことであろう。そして、本報告では出てこなかったが、スペースラブ1号ミッションへの提案が未だ審査中にジョンソンスペースセンターの大型スペースチェンバーを使った模擬アクティブ実験を実施した[37, 38, 39]。この実験では日本側はMPDアークジェットと電子ビーム装置を持ち込み、米国のライバル研究者がリーダーとなって実験が開始された。これは日本の能力を示す上でも、また科学的にも意義深い実験であったが、大林教授の狙いは、スペースシャトルで電子ビームやプラズマを放射しても安全であることをNASAの上層部にNASAの設備を使ってデモンストレーションすることにあった。この狙いが成功したことは、SL-1の実験審査の過程でSEPACとそのライバルの実験からなる三つの同様な実験提案のいずれかが採用されても、NASAの実験のなかでは第2位の優先度を与えることが先に決まったことで証明されていると思われる。

このように大所高所からの配慮をする一方で、日米の格差を縮めるために大林教授が打ったもう一つの布石は、筆者等をリエゾンエンジニアとしてMSFCに送り込んだことである。MSFCはNASAのエンジニアリングの牙城と見なされていたが、その宇宙科学の部門はマイナーで、しかも日本の宇宙計画に関する知識は全くなかったので、リエゾンエンジニアの働きは特に効果的であった。

大林教授がどの程度の見通しを持ってこれらの目算を立てたかどうか、今となっては知る由もないが、SEPACの採用が決まった瞬間、「大変な事になった。膝がわなわたと震えて来るなあ」と筆者に感想を漏らした。表向きは呑気に見えたが、当たって砕けろと言う心境だったのだろう。とにかく幸運だけでは乗り切れない日米の技術格差とNASAの飛行安全の枠を大林流に乗り切って、SEPACプロジェクトは始まったのである。

最後に、SEPACプロジェクトのエンジニアリングの作業を通じて学んだものをまとめて結びとする。

#### 1) エンジニアリングの基本に忠実

エンジニアリングはわが国では古く明治のはじめに工学と訳された。しかし、大学で教える工学はエンジニアリング・サイエンスであって、エンジニアリングそのものは断片的にしか教えない。このことを筆者は糸川英夫先生の翻訳 [40] を手伝った時に学んだが、SEPAC のエンジニアリングは正しく理論通りの NASA のエンジニアリングを実践する場となった。一般に欧米のエンジニアは設計図をしっかりと描いて誰でも作れるようにするが、SEPAC プロジェクトの設計図に相当するものは要求事項の定義であり、これが管理すべき「形態」なのである。もちろん機器単位での設計の審査、試験計画と結果の審査、運用計画の審査等、いわゆるレビューサイクルは厳しく実施された。SEPAC はそれを無我夢中でフォローし、結果的には今までにないものを開発し、独創的な研究を行うことが出来たのである。

#### 2) マネジメントのルールへの遵守

スペースラブ1号ミッションはスペースラブ本体の試験飛行を目的としていたが、その試験の中にはその科学実験実施能力の評価が含まれ、科学実験としてのペイロードのインテグレーションはNASA マーシャルフライトセンターのスペースラブペイロード・プロジェクトオフィス (SPPO) がマネジメントを担当した。筆者が接したNASA のマネジメントは主としてこのオフィスである。このマネジメントは違反を取り締まる「管理」という側面よりも頼りがいのあるエンジニアリングの事務局という性格を持っていた。マネジメントの実際は予めルールとして関係者に理解してもらい、必要ならそれを遵守する合意の手順も踏んだが、これが建前ではなく完全に実行されたのは驚きであった。計画全体の流れの中で、機体に比べれば小回りの利く科学実験機器には要らないのではないと思われる項目も設計審査の対象に入っていたが、思いつきで出てきたものでなければ対応しやすい。ルールにはマネジメントの権限と並んで義務も明記されており、難しい問題の解決にも誠実に対応できる高度な能力を持ったエンジニアが紹介されるなど、NASA の技術官僚のすがすがしい印象が残る。

#### 3) SEPAC 日本チームのマネジメント

SEPAC のマネジメントは日米間のシングル・コンタクト・ポイントで二つの異文化の接点であった。エンジニアリングの進め方一つとっても、数千人のエンジニアを擁する MSFC と、研究者が主体の小人数の宇宙研とは全然違うので、接点の形成自体が困難な仕事であった。結果的に言えば、実務を行う会社の体制に NASA のマネジメントの要求をいかに無理なく取り込むかということが宇宙研のエンジニアリングマネジメントの仕事であったように思われる。それは奇妙な話であるが、通常の宇宙研との仕事では担当会社が気を利かせて提案や改善を行う自由を、SEPAC では抑制するために、文書の作成や会議のやり方のルールを作るというような具体策であった。しかしエンジニアリング以外での予算経理や物品購入などは従来通りで、これにはそれぞれの担当者が自分の研究費を使う時の体制のままであった。後で考えると良くこれであれだけのものを輸出したり輸入したりする大事業をしたものだと感心する。

#### 4) 参加した人達のこと

河島教授が日本側を取り仕切った ATLAS ミッションでの2回目の SEPAC 実験でチーフ・エンジニアをつとめた Gibson は「2回目の SEPAC エンジニアリングは1回目の SL-1 の時より難しかったが、うまくやり遂げた」と言うようなことを書いている [8]。しかし、最初のミッションのために苦勞した人々はこれに異論を唱えると思う。なぜなら SEPAC では誰もが自分が一番難しい仕事をしていると思っていたからである。何しろ設計条件を定めるはずのスペースシャトルもスペースラブも同時に開発中だった時期である。これと並行して SEPAC という搭載実験機器を開発するエンジニアとして面倒な立場に立たされる度に、前人未踏の宇宙技術とともに開発しているという誇りを皆が共有していたと思うのである。実際、SEPAC プロジェクトには日米ともに選りすぐった



ような優秀な人々ばかりが参加していた。

その他、いろいろと思いは巡りめぐって発散するが、本題の枠外なので省略する。ただ一つだけ、最初のフライトでGPSの中にナットが一つ紛れ込んだのはエンジニアリングの責任ではなかったかと最近になって心が痛む。

## あとがきと謝辞

SEPACの発端は1970年代はじめのポストアポロ計画である。当時、日本の宇宙開発の重点は自前のロケットの技術開発にあったので、国としてポストアポロ計画に参加しないことになったと思われる。宇宙研ではM-4Sが運用段階に入り、誘導制御付きのM-3Cを開発中であった。筆者はこれらに参加しつつ、液体水素のロケット実験も始めていたので、個人的にはスペースシャトルの開発に接したいと願っていた。したがって、スペースシャトルに搭載する宇宙科学実験のサポートという役割に100%満足していたわけではない。しかし、振り返ってみるとそこで出会ったものはエンジニアとしての筆者の資質をその能力一杯まで高めてくれた。また当時は大学の教員が日本の公務員として米国の官僚組織であるNASAに駐在するという事は考えられないことであったが、大林教授が筆者の希望をマーシャル宇宙飛行センターのSEPAC駐在員というかたちで提案した結果、紆余曲折を経てNASAのFrutkin国際関係局長（前出）と文部省の木田学術国際局長との間に交わされた書簡を以て交換公文とする取り決めで実現したのである。筆者をNASAに送り込むことにご尽力くださった各位に対する感謝の念は最近になってますます強くなっている。

あこがれのマーシャル宇宙飛行センターの先行計画局のAMPSタスクチームに籍を置いた筆者は、スペースシャトル開発中というのにあまりに静かな仕事的环境と、現に自分も参加していた「定義研究」の不可解さに戸惑った。それは密林から大都会に来て目前にそびえ立つ摩天楼を理解できずにいる気分であった。チームの人達は皆親切であったが、筆者が何を理解できないのかを分かってもらえないもどかしさがあった。その中でスカイラブ計画の最後のマネジャーも兼ねていたタスクチームのマネジャー、Ise氏は自らも移民だったためであろうか、筆者のカルチャーショックを治療することが必要と考え、「どこかで講習を受けるのがいい」とプロジェクトマネジメントの短期講習のパンフレットをいくつかくれた。結局、一番安いAIAAの2日間のコースをテキサスのアーリントンまで行って受けてきた。そこでは明らかに自分の英語力が不足していることが分かったが、治療効果はあったらしく自信がついた。同氏はその後SPPOのマネジャーの一人として付き合いが続いたが、官僚の中では珍しく人間的な判断をする人で無用な混乱を避けてくれた印象が残る。

大林先生のアメリカでの評価は偉大なるものがあったが、その期待にこたえたのはSEPACチームに結集した優秀な人材であった。中でも筆者と同年代の栗木恭一、河島信樹の両氏のチャレンジングな精神にはいつも啓発された。筆者は主としてSEPACの実験機器の開発のエンジニアリングに係わっただけであるが、両氏はそれぞれビーム加速システムの一つを担当して実質的にはCo. Iとして大林先生の片腕となり科学実験を実行したのである。両氏に感謝するのは筋違いであるが、筆者としてはSEPACがなければ平凡なお付き合いであったらうと思われる両英才との約5年間の密度の高い日々を過ごすことが出来たことに感謝している。

これをもっと早くまとめようとしたが、日々の雑用を優先したのでなかなか手がつけられず、停年間際の大仕事になってしまった。昔のことで記憶違いも多く、かつてのSEPACチームの方々多数に素稿から最終稿までいろいろな段階の原稿に目を通してご意見を頂き、また忘れたことを問い合わせたりして本当にお世話になった。厚くお礼申し上げたい。そして最後に、埃にまみれた大量の古文書のような資料を整理して報告書にする仕事に協力して下さった草薙裕子さんに感謝する。

## 参 考 文 献

著者名も発行元も記載されていないのは、刊行物ではない本プロジェクトの関係文書である。その多くは、今なお価値があると思われるので可能な限り保管するように努めている。

- [ 1 ] T. Obayashi, N. Kawashima, M. Nagatomo and K. Kuriki: Space Experiments with Plasma Accelerators for Amps-space Shuttle Project (I), Proceedings of the eleventh international symposium on space technology and science, Tokyo, pp. 1005-1011, 1975.
- [ 2 ] T. Obayashi, N. Kawashima, K. Kuriki and M. Nagatomo: Sspace shuttle; AMPS mission space experiment with plasma accelerators (SEPAC); Controlled active experiment in the ionosphere and magnetosphere with plasma accelerators on-board the Spacelab summary report (1973-1975), Report of Ionosphere and Space Research in Japan, Vol. 29, pp. 105-117, 1975.
- [ 3 ] AO-OSS-1-76, Announcement of Opportunity of the first Spacelab Mission, NASA, March 26, 1976.
- [ 4 ] National Aeronautics and Space Administration, NHB 7121. 4 Guidelines for Project Planning, July 1972.
- [ 5 ] 長友信人, 河島信樹: スペースラブ: SEPAC (粒子加速器による宇宙実験), 第10回システム計画研究会-宇宙科学計画と国際協力, 1992年3月27日, 講演集 p. 20.
- [ 6 ] T. Obayashi, et. al.: Space Experiments with Particle Accelerators, Science, 13 July 1984, Vol. 225, No. 4658, pp. 195-196.
- [ 7 ] スペースシャトル SEPAC (Space Experiment with Particle Accelerators) 成果報告書, 文部省宇宙科学研究所 SEPAC 実験班, 1993年1月.
- [ 8 ] Electron beam experiment in space and its application, SEPAC and CHARGE-IIB, Electron Beam Antenna and Application to Remote Sounding, edited by Nobuki Kawashima; the proceedings of the International Symposium on Electron Beam Experiment in Space and its Application (Atami, Japan, 25-27 March, 1993).
- [ 9 ] 河島信樹, トラブル・シューティング: ロケット実験主任の立場から, オーム社テクノライフ選書, 1996年.
- [10] 栗木恭一: 宇宙プロジェクト実践, 日本ロケット協会モノグラフ4, 1998年.
- [11] National Aeronautics and Space Administration: NHB 1010. 1A National Aeronautics and Space Act of 1958, as amended and related legislation, July 1969 edition.
- [12] 例えば, NASA SP-324; Project management in NASA/ the system and the men 1973.
- [13] National Aeronautics and Space Administration: NHB 5610. 2 Handbook for Preparation of Work Breakdown Structures, February 1975.
- [14] NASA と ESA で交わした Level 1 Constraints for First Spacelab Flight, Revision C, dated Nov. 16, 1977.
- [15] National Aeronautics and Space Administration: NHB 1700. 7A, Safety Policy and Requirements for Payloads Using the Space Transportation System (STS) Dec. 9, 1980.
- [16] National Aeronautics and Space Administration: SLP/2104, Spacelab Payload Accommodation Handbook, revision 1, July 31, 1978 通称は SPAH.
- [17] SPPO: Spacelab First Flight Guidelines, Level II., May 1976.
- [18] SPPO:JA009 Spacelab Payload Configuration Control Manual, Jan. 18, 1978.
- [19] JA002/RE-001: Mission Requirements on Spacelab Instruments / Experiments for Spacelab Mission 1, Mar. 8, 1978.
- [20] JA-020, B Spacelab Mission One, Instrument Interface Agreement for Experiment INS002 Space Experiment with Particle Accelerators, revision A, May 1979.
- [21] JSC 11123, Space Transportation System Payload Safety Guideline Handbook, Change 1, Sep. 1978.
- [22] JSC 13830, Implementation Procedure for STS Payloads System Safety Requirements, May 1979.
- [23] Spacelab Payload Safety Implementation Approach, Attachment to JA11 (77-74) 1977. ミッションマネージャーから主任研究員にあてた手紙.
- [24] ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1 and 2.
- [25] NSS/HP-1740. 1 NASA Aerospace Pressure Vessel Safety Standard, February 22, 1974.
- [26] MSFC-SPEC-521, Electromagnetic Compatibility Requirements on Spacelab Payload Equipment.
- [27] E.W.P. 989 Performance Requirements, Design Requirements and Test Methods Specification for Electrostatic, Electromagnetic and Magnetic Compatibility for the Spacelab Payloads.
- [28] MSFC-HDBK-527, Revision B, Material Selection Guide for MSFC Spacelab Payloads. December 9, 1978.
- [29] MSFC-SPEC-522 A, Design Criteria for Controlling Stress Corrosion Cracking, November 18, 1977.

- [30] SEPAC Mission Implementation Agreement between ISAS and MSFC, February 17, 1978.
- [31] JA003: General Guidelines and Requirements for MSFC Developed Spacelab Experiments, April 25, 1978.
- [32] T. Obayashi: A Proposal for Scientific Experiments for the First Spacelab Mission : Space Experiments with Particle Accelerators ; SEPAC (May, 1976).
- [33] 50M05189, High Voltage Design Criteria, Test & Evaluation Branch, Electro-Mechanical Division, Astrionics Laboratory, MSFC, August 31, 1972.
- [34] 長友信人：スペースラブ用ペイロードの安全計画と管理；日本航空学会誌，第28巻，第314号，pp. 113-122，1980年3月。
- [35] 河島信樹，長友信人，後川昭雄，矢守 章，菊田政直，藤田 清，広瀬充夫，斉藤 健，松本清人，石川幸嗣：スペース・シャトル搭載電子ビーム加速器のための高負荷バッテリー・パッケージの設計・試験・運用；宇宙科学研究所報告第68号，1990年3月。
- [36] H. チェスナット著，糸川英夫監訳：システム工学の方法，日本経営出版会，（原著は Harold Chestnut: Systems Engineering Methods, John Wiley & Sons, Inc., 1967）。
- [37] K. Kuriki, K. Nakamaru, H. Suzuki, S. Sasaki, N. Kawashima, M. Nagatomo and T. Obayashi: MPD Arcjet Test in a Large Space Chamber, ISAS RN 33, 1977.
- [38] S. Sasaki, N. Kawashima, K. Kuriki, K. Nakamaru, M. Nagatomo, T. Obayashi, H. Misawa, T. Okamoto and K. Goma: Laboratory Experiment with Electron Beam Accelerators in the Large NASA JSC Vacuum Facility, ISAS RN 34, 1977.
- [39] 佐々木進，河島信樹，栗木恭一，中丸邦男，長友信人，大林辰蔵：スペースシャトル搭載用電子加速器を用いた大型スペースチェンバー（宇宙研及びNASA）における室内実験，東京大学宇宙航空研究所報告，第13巻，第3号（C），1977年10月。
- [40] MSFC 報告(1976年1月23日付～同11月26日付，長友)，同（1977年4月17日付～1978年4月22日付，二宮）。

## 付録1 ALERTについて

SEPACの設計審査が開始され、製作の段階に進む頃にNASA MSFCのOSS (Office of Space Science) Mission Managerより機器開発担当課 (Office of Instrument and Equipments Development) を通じて以下の通知とともに最初のAlerts情報提供があった。この時からスペースラブ1号ミッションの終了以後で、SEPACの機器の2回目の飛行に日本が宇宙研の組織としては参加しないことが明らかになった1986年末頃まで配布された。

この情報システムに相当するものはわが国にはないが、米国の軍と政府機関における品質管理の実体を知る上で稀な体験をしたと考えて、ここにその趣旨を説明した最初の通知文の原文およびSEPACのPIに配布された一覧表を作成しておいた。

### 通知文の原文

Attn. : JA11 (78-62)

Subject : Alerts and SAF-ALERT's - Reporting of NASA Parts, Materials, and Safety Problems

In accordance with NASA Management Instruction NMI 5310.1, it is the policy of MSFC to obtain maximum usage from failure information pertaining to parts and materials used in space vehicle systems and safety problems in order to prevent such failures from recurring. To accomplish this, MSFC is a member of the Government Industry Data Exchange Program (GIDEP) which provides for exchange of the subjects alerts.

The purpose of this letter is to inform Spacelab Payload experiment/equipment developers of this activities and to provide copies of alerts that may concern parts, materials, or safety problems associated with the hardware being developed. Alerts originating from various Government/industry organizations will be reviewed by the Mission Manager and those considered applicable will be sent to PIs for their information and/or action. The PI is responsible to determine if the alert is applicable to his hardware and what corrective action is required.

The first such alerts are attached and should be reviewed for applicability. Additional copies of these alerts may be obtained from Jewel Moody, JA01, (205) 453-3168.

Robert E. Pace, Jr.  
Manager, OSS Missions

### ALERT 一覧表\*

\* ? マークの個所は原文で判読不明もしくは記載が無かったもの

STAMPED	No.	NOMENCLATURE	OFFICIAL
DATE			DATE
1978	? ?	Microelectronic Circuits, Digital, Gate, TTL, Dual-in-Line, Ceramic	8 May 1978
	5.5 2595	Capacitive Device, capacitor, Fixed, Ceramic	3 Apr. 1978
	5.12 2593	Microelectronic Circuits, Digital, Counter, Transistor-Transistor Logic, Up down counter	21 Feb. 1978
	5.16 2588	Capacitive Devices, capacitors, Fixed, Ceramic	10 May 1978
	5.23 2598	Valves, Ball	18 May 1978

	8.25	2671	Transistors, Power, NPN bipolar, Silicon, Can	21 Aug. 1978
	9.26	2682	Transistors, General Purpose, NPN bipolar, Silicon	19 Sept. 1978
	9.26	2683	Transistors, General Purpose, NPN bipolar, Silicon	19 Sept. 1978
	5.22	2882	Tubing, Casings and Sleeving, Steel, Corrosion Resistant	18 May 1979
			Connectors (Electrical)	11 July 1979
	6.1	2899	Relays, Nonlatching, Hermetically Sealed, DPDT, 1/2 to less than 1 amp	26 Apr. 1979
	6.19	2911	Fasteners, Bolt, Cadmium Plated Steel	4 Apr. 1979
	?	2914	Transistors, General Purpose	4 Apr. 1979
	?	1946	Microelectronic Circuits, Switch, N-Channel MOS, Junction Field Effect Transistor	18 June 1979
	6.26	2921	Microelectronic Circuits, Linear, Amplifier, Operational	20 June 1979
	6.27	2923	Transistors, Power, Audio, NPN Bipolar, Silicon	21 June 1979
	7.3	2927	Resistors, Variable, Carbon Film, precision, Multi-turn, Thread drive, Body Mounted, .5 Watt	27 June 1979
	7.3	2939	Microelectronic Circuits, Linear, Regulator, Variable Voltage	29 June 1979
	7.3	2940	Microelectronic Circuits, Linear, Amplifier, Operational	29 June 1979
	7.5	2941	Transistors, Power	29 June 1979
	7.14	2968	Connectors, Receptacle Only, Contacts	14 Aug. 1979
	7.17	2933	Microelectronic Circuits, Linear, Amplifier, Operational, Silicon	29 May 1979
	7.18	2937	Relays, Latching, Hermetically Sealed, 4PDT, 10 to Less than 20 Amp	13 July 1979
	8.7	2964	Microelectronic Circuits, Linear, Monolithic, Amplifier Operational	27 July 1979
	8.16	2963	Optoelectronic Devices, Coupler, Dual-in-line	13 Aug. 1979
	8.21	2989	Microelectronic Circuits, digital. Low Power, Schottky TTL	16 Aug. 1979
	8.24	2972	Microelectronic Circuits, Hybrid, Driver	6 Aug. 1979
	8.27	2974	Microelectronic Circuit, Low Power Schottky TTL, Dual-In-Line	20 Aug. 1979
	9.4	2988	Relay, Hermetically Sealed, DPDT	30 Aug. 1979
	9.11	2993	Microelectronic Circuit, Digital	5 Sept. 1979
	9.18	2982	Transistors, General Purpose	17 Aug. 1979
	9.18	2983	Microelectronic Circuits, Linear, amplifier, Operational	14 Sept. 1979
	?	3005	Resistors, Wirewound, Power	26 Sept. 1979
	?	?	Attaching Methods and Materials, Welding, TIG, Welding Rod/Wire, Nonferrous	26 Nov. 1979
	?	3006	Microelectronic Circuit, Digital, Adder	27 Sept. 1979
	10.11	3013	Capacitors, Fixed, Electrolytic	4 Oct. 1979
	?	3016	Microelectronic Circuits, Can	13 Sept. 1979
	10.17	3018	Switches, Hermetically Sealed, Temperature	12 Oct. 1979
	10.29	3023	Materials, Silicone Compound	15 Oct. 1979
	?	3021	Microelectronic Circuits, Linear, Voltage Comparator	26 Oct. 1979
	?	3034	Microelectronic Circuits, Hybrid (Core Memory Driver)	31 Oct. 1979
	?	3035	Transistors, Switch-Logic, Small Signal, Fast	29 Oct. 1979
	?	3037	Capacitor, Fixed, Ceramic	1 Nov. 1979
	?	3039	Microelectronic Circuits, Linear, Voltage Comparator	12 Nov. 1979
1979	?	3046	Resistors, Variable, Nonwire-Wound, Adjustment, Lead Screw Actuated	5 Oct. 1979
	12.3	3049	Microelectronic Circuits, Low Power TTL	28 Nov. 1979
	12.3	3063	Switches, Sensitive	30 Nov. 1979
	12.7	3062	Microelectronic Circuits, Linear, Voltage Comparator	30 Nov. 1979

	12.10	3055	Hardware, Washers	4 Dec. 1979
	12.20	3053	Connectors, Electrical	5 Dec. 1979
1980	1.2	3066	Connectors (Electrical), Plug Only, RF Coaxial	26 Dec. 1979
	1.2	3067	Microelectronic Circuits, Digital, CMOS, Duel-in Line, Multivibrator	20 Dec. 1979
	1.7	3069	Fittings, Straight Tube, Fluid	17 Dec. 1979
	1.9	3071	Microelectronic Circuits, Hybrid, Amplifier, Duel-in Line	3 Jan. 1980
	1.14	3078	Materials, Stainless Steel	9 Jan. 1980
	1.21	3084	Connectors, Plug Only, Backshells	30 Dec. 1979
	1.28	3086	Fasteners, Bolt	18 Jan. 1980
	2.4	3089	Microelectronic Circuits, Driver	22 Jan. 1980
	2.4	3090	Materials, Aluminum, Bar	1 Feb. 1980
	?	?	Connectors (Electrical), Contacts, Removable, Non-solder Type (Crimped)	5 May 1980
	2.7	3094	Connectors Electrical	5 Dec. 1979
	2.12	3099	Connectors (Electrical), Contacts, Removable, Non-solder Type (Crimped)	6 Feb. 1980
	3.3	3108	Diodes, Power Silicon, Stud Mounted	30 Jan. 1980
	3.24	3120	Boards, Printed Circuit, Epoxy, Copper	19 Mar. 1980
	3.25	3123	Transistor, Power, NPN Bipolar, Silicon	21 Mar. 1980
	3.25	3124	Materials, Silicone Compound	20 Mar. 1980
	3.31	3132	Optoelectronic Devices, Isolator	29 Feb. 1980
	4.1	3130	Relays, Dry Reed, Enclosed	28 Mar. 1980
	4.1	3133	Microelectronic Circuits, Digital, Gate, Complementary MOS	26 Mar. 1980
	4.8	3136	Microelectronic Circuits, Digital, Switch	2 Apr. 1980
	4.11	3142	Materials, Titanium, Forged	4 Apr. 1980
	4.15	3148	Microelectronic Circuits, Linear, Amplifier, Operational	4 Apr. 1980
	4.17	3149	Transistors, General Purpose, NPN, Silicon	14 Apr. 1980
	4.21	3146	Batteries, Rechargeable, Nickel-Cadmium	15 Apr. 1980
	4.22	3150	Connectors, Receptacle Only, Printed Circuit	17 Apr. 1980
	4.25	3151	Capacitor, Fixed, Ceramic	17 Apr. 1980
	4.30	3153	Microelectronic Circuits, Digital, Low Power Schottky TTL	28 Apr. 1980
	5.6	3184	Transistors, Switch-Logic	8 Mar. 1980
	5.12	3162	Microelectronic Circuits, Linear, Amplifier, Operational	12 Mar. 1980
	5.13	3180	Microelectronic Circuits, Digital, Random Access, Schottky TTL	21 Apr. 1980
	?	3183	Amplifiers, Operational, High Voltage Hybrid	27 May 1980
	5.16	3231	Resistor, Fixed, Metal Film, Precision, Hermetically Sealed	4 May 1980
	5.20	3164	Microelectronic Circuits, Digital, Gate, Complementary MOS	16 May 1980
	5.21	3163	Microelectronic Circuits, Digital, Gate, Complementary MOS	19 May 1980
	5.22	3173	Capacitors, Fixed, Ceramic (IMFD, 50 volts)	20 May 1980
	5.28	3176	Connectors, Receptacle Only, Printed Circuit Board, Contacts	21 May 1980
	5.28	3200	Connectors, Receptacles Only, Miniature Round, Contacts	21 May 1980
	5.28	3206	Connectors, Receptacle Only, Printed Circuit Board, Contacts	30 May 1980
	?	3207	Microelectronic Circuits, Digital, Dual Quad SR Latches, LS, TTL, Flat, Ceramic	23 June 1980
	6.3	3190	Filter, Electronic-Electrical, RFI, Fixed, 400 Hz only	21 Apr. 1980
	6.6	3191	Connector, Plug Only, Contacts	2 June 1980
	6.12	3187	Materials, Stainless Steel	6 June 1980
	6.13	3193	Filter Electronic-Electrical .15-100 MHz	5 June 1980

6.16	3195	Microelectronic Circuits, Digital, Schottky TTL, Low Power TTL	14 Apr. 1980
6.17	3185	Package, Microelectronic, Flat Pack, Hybrid	11 June 1980
6.17	3233	Connector, Receptacles, Hermetic	5 Aug. 1980
6.26	3203	Microelectronic Circuits, Digital, Gate, Complementary MOS	24 June 1980
7.8	3212	Relay, Electromagnetic	1 July 1980
7.8	3213	Connector, Electrical, Receptacle, Only	23 June 1980
?	3224	Microelectronic Circuit, Digital	21 July 1980
7.22	3225	Microelectronic Circuits, Hybrid, Thin Film	14 July 1980
7.28	3228	Capacitor, Fixed, Electrolytic, Tantalum, Foil	23 July 1980
7.28	3249	Transistor, Power, Silicon, NPN, High Frequency	6 June 1980
7.29	3243	Microelectronic Circuit, Digital, C MOS, DIP, Ceramic	2 July 1980
7.31	3247	Package, Microelectronic, Plat Pack, Hybrid	25 July 1980
7.31	3248	Capacitor, Fixed, Teflon Electrolytic, Metallized	27 June 1980
8.1	3250	Filter, Electronic-Electrical, RFI, Fixed, 400 Hz only	29 July 1980
8.5	3242	Connectors, Plug Only, Miniature, Round, Contacts	28 July 1980
8.15	3252	Relay, Armature, Hermetically Sealed, DPD	5 May 1980
8.15	3253	Microelectronic Circuits, Linear Voltage Comparator, Monolithic, Silicon	12 Aug. 1980
8.15	3254	Microelectronic Circuits, Digital, Random Access (RAM)	12 Aug. 1980
8.19	3257	Connectors (electrical), Receptacle only, Coaxial, RF	15 Aug. 1980
?	3259	Attaching Methods, & Materials Welding, TIG, Welding ROD/Wire Nonferrous	21 Aug. 1980
8.21	3260	Capacitor, fixed, electrolytic, Tantalum, foil	18 Aug. 1980
8.25	3269	Microelectronic Circuit, Digital, Counter	10 June 1980
8.25	3271	Microelectronic Circuit, Digital, Shift Register	10 June 1980
9.4	3273	Microelectronic Circuits, Digital, Gate, Complementary MOS	25 Aug. 1980
9.9	3280	Materials, Stainless Steel	5 Sept. 1980
9.9	3298	Microelectronic Circuits, Digital	19 Aug. 1980
9.12	3291	Microelectronic Circuit, Digital, Gate, Complementary MOS	9 Sept. 1980
9.25	3292	Diode, Rectifier, Silicon	22 Sept. 1980
9.30	3299	Microelectronic Circuit, Digital, Flip-Flop, Octal "D"	29 Aug. 1980
10.6	3301	Diode, Switching, Silicon	15 Sept. 1980
10.6	3317	Microelectronic Circuits, Linear, Regulating Pulse width Modulator	23 Sept. 1980
10.7	3316	Transistors, Power	3 Oct. 1980
10.17	3314	Connector, Plug Only, Coaxial, RF (RT Angle)	13 Oct. 1980
10.17	3323	Diode, Current Limiter	10 Oct. 1980
10.21	3312	Capacitor, Fixed, MICA, Dielectric, ER	16 Oct. 1980
10.21	3319	Connector, Plug Only, Radio Frequency (Series SMA, cabled-plug, pin contact, right angle, class 2)	16 Oct. 1980
11.4	3326	Connector, Electrical, Receptacle only	22 Oct. 1980
11.18	3328	Diode, silicon, Voltage Regulator	13 Nov. 1980
11.25	3337	Transistor, Power NPN	19 Nov. 1980
11.25	3341	Capacitor, Fixed, Electrolytic, Solid Tantalum, NON-Polar	18 Nov. 1980
12.9	3344	Microelectronic Circuits, Linear, Monolithic, Amplifier, Operational	5 Dec. 1980
12.12	3345	Transistors, Small Signal, General Purpose	12 Dec. 1980
12.23	3351	Diode, silicon, Voltage Regulator	18 Dec. 1980
12.30	3352	Microelectronic Circuits, Digital, 8 bit Shift Register	22 Dec. 1980
1981	preliminary	Fasteners, Rivet, Tubular, Oval Head, Monel	?



2.12	3397	Microelectronic Circuits Packaging, Ceramic Flat Pack	6 Feb. 1981
2.13	3382	Microelectronic Circuits (Monolithic), Memory, PROM	6 Feb. 1981
?	3387	Transistors, Small Signal, General Purpose	23 Feb. 1980
?	3388	Microcircuits, Digital, Monolithic, Bipolar	20 Feb. 1981
2.18	3396	Capacitor, Fixed, Ceramic, Multilayer	12 Feb. 1981
2.24	3391	Transistor, Switching, PNP Bipolar Silicon	17 Feb. 1981
2.27	3400	Capacitor, Fixed, Ceramic	24 Feb. 1981
2.27	3418	Microelectronic Circuits, Digital, Microprocessor	20 Feb. 1981
3.2	3401	Diode, Rectifier, Silicon	23 Feb. 1981
3.13	3415	Transistors, Amplifier, NPN Bipolar, Silicon	6 Mar. 1981
3.17	3409	Microelectronic Circuit (Monolithic), Digital, Programmable Read Only	12 Mar. 1981
3.23	3417	Diode, Switch, Schottky Barrier	17 Mar. 1981
3.26	3424	Transistors, Small Signal, General Purpose	26 Mar. 1981
3.24	3428	Diode, Rectifier, Silicon	17 Mar. 1981
4.2	3441	Materials, Aluminum Alloy, forging, Heat Treated	25 Mar. 1981
4.14	3454	Connector (Electrical), Mated Pair, Miniature, Round, Quick Disconnect	9 Apr. 1981
?	3459	Relay, Latching Hermetically Sealed, 4 PDT, 10 Amp	26 Apr. 1981
6.1	3490	Connector, Plug Only	26 May 1981
6.2	3504	Resistor, Variable Wirewound	22 Dec. 1981
6.9	3491	Hardware, Spring (Helical Compression)	5 Jun 1981
6.10	3492	Switch, Printed Circuit, Dual in-Line Package, Rocker	5 June 1981
6.16	3499	Microelectronic Circuits (Monolithic), Memory, PROM	9 June 1981
6.16	3501	Fasteners, Nut, Self Locking	10 June 1981
6.16	3502	Relay, Armature, Low Level	11 June 1981
6.18	3496	Microelectronic Circuits, Linear, Operational Amplifier or Comparator	15 June 1981
7.21	3527	Resistor, Fixed, Wirewound, Accurate	14 July 1981
6.23	3505	Transistor, Microwave Power, NPN	19 June 1981
6.23	3512	Finishes and Surface Treatments, Coating, Paint and Applied, Nonmetallic Urethane	16 June 1981
6.23	3513	Containers, Pressure, Sealed	9 June 1981
6.29	3511	Microelectronic Circuits, Linear, Comparator	23 June 1981
7.2	3518	Microelectronics Circuit, Digital, Monolithic, TTL Integrated Circuit – Shift Register	23 Apr. 1981
7.7	3526	Filter, R.F.I., Feed-thru	19 June 1981
7.24	3530	Transistor, Power, Switching NPN	15 June 1981
7.28	3536	Capacitors, Fixed, Ceramic	23 July 1981
8.4	3541	Transistor, Power	3 Aug. 1981
8.7	3544	Relays, Electromagnetic DPDT, Low level to 2A, Established Reliability	3 Aug. 1981
7.14	3549	Relay, electrical, Hermetically Sealed DPDT, 10 Amperes	7 July 1981
8.17	3551	Switch, Thermostatic, Bimetallic	12 Aug. 1981
8.25	3587	Transistor, Power, NPN, Silicon	18 Aug. 1981
8.25	3589	Relays, Armature, Hermetically Sealed, Microminiature	18 Sept. 1981
9.1	3567	Hardware, Cap, Protective	28 Aug. 1981
9.1	3568	Finishes & Surface Treatments – Coating, Plating & Integral Additive, Metallic Nickel	28 Aug. 1981
9.3	3571	Fasteners, Rivet, Tubular, Oval Head, Monel	31 Aug. 1981
9.15	3592	Connector (Electrical), Plug Only, Backshells	18 Sept. 1981

	9.29	3634	Resistor, Variable, Carbon Film, Precision	23 Sept. 1981
	10.6	3595	Microelectronic Circuits, Linear, Comparators and Operation Amplifier, Voltage Follower	30 Sept. 1981
	10.15	3601	Diode, Rectifier, Silicon	8 Oct. 1981
	10.7	3602	Resistor, Networks, fixed, film, dual-in-line	29 Sept. 1981
	10.9	3603	Connector, Receptacle only Rectangular	6 Oct. 1981
	10.20	3614	Capacitor, Fixed, Ceramic Style CKR 11 ER	12 Oct. 1981
	10.29	3617	Hardware, Terminations, wire (Terminal Junction blocks)	20 Oct. 1981
	11.2	3612	Relay, Latching, Magnetic, Two Amp. DPDT	26 Oct. 1981
	11.3	3628	Resistors, Variable, Non wire-wound	26 Oct. 1981
	11.5	3619	Relays, Armature, Hermetically Sealed	3 Nov. 1981
	11.9	3621	Contact Electrical Connector, Socket, Crimp Removable	2 Nov. 1981
	11.12	3625	Microelectronic Circuit, Hybrid, Driver (Relay/Lamp Drive)	20 July 1981
	11.23	3631	Capacitor, Fixed, Electrolytic, (Non-solid electrolyte), Tantalum	17 Nov. 1981
	12.3	3639	Relay, Latching Hermetically Sealed, 4PDT, 10Amp	30 Nov. 1981
	12.4	3655	Resistor, Variable, Non wire Wound (Adjustment Type)	25 Nov. 1981
	12.8	3648	Capacitor, Fixed, Electrolytic, Tantalum, Foil or Wire	3 Dec. 1981
	12.15	3649	Electron Tube, Cathode Ray Display	9 Dec. 1981
	12.22	3651	Microelectronic Circuits, Digital, Synchronous 4-bit Binary up/down counter with preset inputs	17 Dec. 1981
	12.23	3652	Wire & Cables, Power Cables, Detachable	16 Dec. 1981
	12.24	3653	Microelectronic Circuits, Linear, Quad Operational Amplifier	17 Dec. 1981
	12.23	3659	Microelectronic Circuit, Digital, TTL, Hex Inverter	14 Dec. 1981
	12.29	3654	Microelectronic Circuits, Linear, Voltage Reference	21 Dec. 1981
1982	1.7	3673	Microelectronic Circuits, Dual Precision Retriggerable/Resettable Monostable Multivibrator, Digital	31 Dec. 1981
	1.12	3657	Transistor, PNP, Silicon, Power,	30 Dec. 1981
	1.20	3663	Valves, globe, Pressure, Hand Operated	14 Jan. 1982
	1.20	3664	Microelectronic Circuits, Monolithic, Digital and Linear	19 Jan. 1982
	2.1	3669	Microelectronic Circuits, Monolithic, Digital and Linear	28 Jan. 1982
	2.8	3674	Capacitor, Fixed, Ceramic	4 Feb. 1982
	2.12	3675	Microelectronic Circuits, Monolithic, Digital, Linear	11 Feb. 1982
	?	3677	Microelectronic Circuit, Digital	9 Feb. 1982
	2.18	3679	Connectors, Electrical, Contacts only	12 Feb. 1982
	2.22	3681	Microelectronic Circuits, Digital, C MOS, DIP, Ceramic	15 Feb. 1982
	2.24	3683	Relay, 10 AMP, MAG. Latch	22 Feb. 1982
	3.2	3684	Transistor, PNP, Silicon, Power	30 Dec. 1981
	?	3685	Microelectronic Circuits, Monolithic, Digital, Linear	23 Feb. 1982
	3.3	3688	Fittings, Coupling, Threaded	23 Feb. 1982
	3.12	3696	Transistor, Power, Switching NPN	10 Mar. 1982
	3.19	3698	Microelectronic Circuits, Monolithic, Digital, Linear	15 Mar. 1982
	3.26	3703	Microelectronic Circuits, Monolithic, Digital, Linear	24Mar. 1982
	3.31	3709	Microelectronic Circuits, Low Power Schottky TTL, Digital	25 Mar. 1982
	4.15	3722	Microcircuits, Monolithic, Digital and Linear	14 Apr. 1982
	4.27	3726	Microelectronic Circuit, High Precision 10 Volt Reference, Linear	22 Apr. 1982
	5.7	3729	Connectors, Electrical, Receptacle, Miniature, Rectangular	7 May 1982

5.17	3741	Microelectronic Circuit (monolithic), digital Memory-random access (RAM), complementary MOS (CMOS); 256 word × 4 bit static	11 May 1982
5.18	3735	Integrated Circuit, Schottky (54S Series) Aluminum Electromigration Micro Electronic Circuits, Digital, Schottky TTL	13 May 1982
6.7	3751	Microelectronic Circuits, Hybrid, Analog Switch, 4-channel	3 June 1982
6.7	3759	Connectors, Electrical, RF, Plug	28 May 1982
6.11	3762	Electrostatic Discharge, Packaging Materials, Microelectronic Circuits, Digital, Programmable Read Only (PROM)	7 June 1982
6.22	3763	Diode, Silicon, Bipolar, Transient Voltage Suppressor	15 June 1982
7.7	3769	Resistor, Fixed, Wire-wound	28 June 1982
7.7	3770	Diode, silicon Switching	28 June 1982
?	3774	Microelectronic Circuits, EPROM Memory, Digital	14 July 1982
7.16	3776	Capacitor, Ceramic, Fixed	12 July 1982
7.16	3793	Material, Aluminum, Hand Forging, 7175-T7352	4 July 1982
7.20	3775	Connectors (Electrical), Plug, solder-Type, Bayonet Coupling, Grounding	6 June 1982
7.26	3778	Transistor, NPN Silicon, High Power	19 July 1982
7.27	3795	Fuse & Circuit Protective Devices, Circuit Breaker, Magnetic, Low Power	13 June 1982
8.2	3788	Connectors, Electrical, Triaxial	28 July 1982
8.16	3864	Microelectronic Circuits, Linear, Regulating, Pulse Width Modulator	9 Aug. 1982
8.23	3801	Fastener. Screw, Cap, socket Head	16 Aug. 1982
8.31	3806	Transistor, Power, Switching NPN	24 Aug. 1982
9.7	3810	Relay, Armature, Phase Sequence	30 Aug. 1982
9.7	3813	Connector, Electrical, Feedthrough Bulkhead, Hermetically Sealed, MIC Launcher	30 Aug. 1982
9.14	3824	Microelectronic Circuit, Digital, Gate	8 Sept. 1982
9.28	3834	Transistor, Power, NPN Silicon	23 Sept. 1982
10.5	3839	Microelectronic Circuits, Digital, NMOS, 16K Dynamic RAM	1 Oct. 1982
10.13	3901	Connector, Electrical, Pin	5 Oct. 1982
10.13	3841	Relay, Electromagnetic (Established Reliability, DPDT, Low Level to 2 Amperes)	6 Oct. 1982
10.26	3847	Fasteners, Screw, Cap, Socket Head	18 Oct. 1982
10.27	3862	Connector, Electrical, Receptacle, Insert	14 Nov. 1982
10.29	3851	Microelectronic Circuits, Digital, TTL, Counter, Monolithic Silicon	12 Oct. 1982
11.5	3867	Microelectronic Circuits, Digital, Low Power Schottky TTL, Data Selectors/Multiplexers, Monolithic Silicon	15 Oct. 1982
11.9	3865	Microelectronic Circuit, Programmable Read Only, Memory, Digital	27 Oct. 1982
11.9	3879	Hardware, Terminal Board and Strip, Spring, Clamp, Clip	19 Nov. 1982
11.17	3871	Microelectronic Circuits, CMOS RAM (1024 bit)	5 Nov. 1982
11.18	3877	Material, Aluminum Rod, 2024 Alloy	17 Nov. 1982
11.22	3891	Microelectronic Circuit, Digital-Analog Converter, Bipolar, 8 bit Linear	12 Nov. 1982
11.23	3878	Fasteners, Rivet blind	18 Nov. 1982
11.24	3899	Relay, 28 VDC Microminiature, Hermetically Sealed	18 Nov. 1982
11.30	3885	Connector, Electrical, Plug, Printed Circuit	22 Nov. 1982
12.1	3892	Resistor, Fixed Film ER	27 Nov. 1982
12.2	3887	Resistor, Variable, Wirewound	30 Nov. 1982
12.6	3894	Fastener, Insert, Self-Locking, Corrosion Resistant Steel	24 Nov. 1982
12.7	3889	Microcircuits, Digital Low Power Schottky TTL, and Gates, Monolithic Silicon	

				2 Dec. 1982
	12.7	3890	Capacitor, Electrolytic, Wet. Tantalum, Fixed	3 Dec. 1982
	12.10	3898	Resistor, Fixed, Metal Film	6 Dec. 1982
	12.14	3902	Valves, Pneumatic, Check	9 Dec. 1982
	12.14	3903	Material, Aluminum Rod, 2024 Alloy	7 Dec. 1982
	12.14	3904	Fuses and Circuit Protective Devices (Fuse Resistors)	8 Dec. 1982
	12.14	3905	Hardware, Fuseholder	8 Dec. 1982
	12.14	3906	Resistor, Adjustment Lead Screw Actuated, Wirewound	8 Dec. 1982
	12.17	3909	Capacitor, Chip Multilayer, Fixed, Unencapsulated, Ceramic Dielectric	26 Nov. 1982
	?	3911	Transistor, NPN, Silicon, Power	23 Dec. 1982
1983	1.14	3915	Transistor, Silicon, NPN, High Power	11 Jan. 1983
	1.24	3922	Capacitor, Fixed, MICA Dielectric, ER	17 Jan. 1983
	2.1	3927	Resistors, Variable, Wirewound	26 Jan. 1983
	2.7	3930	Connectors, Electrical, contacts	31 Jan. 1983
	2.8	3932	Diode, silicon Switching	25 Jan. 1983
	2.14	3933	Microelectronic Circuits, Digital, CMOS, Quad Nand Gate	7 Dec. 1982
	2.14	3955	Capacitor, Fixed, Ceramic, ER	8 Feb. 1983
	2.15	3935	Resistor, Fixed, Wirewound, (Power Type)	10 Feb. 1983
	2.22	3947	Microelectronic Circuits, Digital, TTL, Schottky Date Selector/Multiplexer, Monolithic Silicon	23 Dec. 1982
	2.22	3949	Fuses and Circuit Protective Devices (Fuse Resistors)	16 Feb. 1983
	2.28	3956	Microcircuits, Digital Low Power Schottky TTL, and Gates, and Gates, Monolithic Silicon	24 Feb. 1983
	3.7	3965	Relay, 28VDC, Low level to 5 amp, DPDT Electro Magnetic, Arc Barrier Material	28 Feb. 1983
	3.16	3969	Fastener, Screw, Cadmium Plated Steel, Cap, Socket Head, Hexagon	11 Mar. 1983
	3.21	3970	Connectors, Electrical, Receptable (Lubricated)	14 Mar. 1983
	3.29	3979	Transistor, NPN, Silicon, Power	18 Mar. 1983
	3.31	3984	Coil, Radio, Frequency, Fixed (Power Inductor)	28 Mar. 1983
	4.5	3991	Connectors, Electrical, Receptacle	28 Mar. 1983
	4.5	3993	Connectors, Electrical, Receptacles, Circular, Flange Mount	16 Feb. 1983
	4.12	3996	Relay, 28VDC, Low level to 5 amp, DPDT Electro Magnetic, Arc Barrier Material	6 Apr. 1983
	5.5	4007	finishes & Surface Treatments, Hydrofluoric Acid, Columbium Alloy, Cleaning, Welding	2 May 1983
	5.10	4013	Microelectronic Circuit, Linear, Dual Operational Amplifier	6 May 1983
	5.16	4017	Connectors, Electrical, Coaxial, Plug	11 May 1983
	5.17	4019	Microelectronic Circuit, Dual Linear Operational Amplifier	11 May 1983
	?	4022	Microelectronic Circuit, Digital, Flip Flop	9 May 1983
	5.24	4024	Microelectronic Circuit, Digital, Microprocessor Bipolar, Dual-in-line	24 May 1983
	5.24	4026	Microelectronic Circuit, Digital, Microprocessor Bipolar, Dual-in-line	9 May 1983
	5.31	4034	Microelectronic Circuits, Digital, LSTTUC, Dual J-K Flip flop with Preset	9 Mar. 1983
	5.31	4035	Electronic Modules, Diode Array	24 Mar. 1983
	6.6	4039	Diode, Silicon Switching	1 June 1983
	6.17	4053	Microelectronic Circuits, Memory (RAM)	3 June 1983
	6.28	4061	Fasteners, Cap Screws, Allen Recess	21 June 1983

	7.6	4055	Wire and Cable, Shielded, Insulation, Power	29 June 1983
	7.12	4064	Microelectronic Circuits, Fast or Gate, Quad 2 Input, Digital	30 June 1983
	7.12	4065	Microelectronic Circuit, Voltage Regulator	7 July 1983
	7.15	4067	Fasteners, Blind Bolts	12 July 1983
	7.22	4072	Connectors, Electrical, Receptacle, MIL-C-38999 Series IV Class F	10 June 1983
	7.22	4073	Connectors, Electrical, Receptacle, MIL-C-38999 Series IV, Class F, Tested per MIL-STD-1344 Section 1001.1	14 June 1983
	7.26	4075	Diode, Switching, 500mW, Similar to JANTX IN4150	24 July 1983
	7.27	4106	Fasteners, Cap, Screw, Socket Head	22 Aug. 1983
	8.1	4078	Capacitor, Fixed, Metallized Polycarbonate Film, 2 MFD, 400VDC, $\pm 10\%$	22 July 1983
	8.8	4090	Connectors, Electrical, Contacts, Sockets	2 Aug. 1983
	8.8	4099	Capacitor, Fixed Mica Dielectric	29 July 1983
	8.12	4091	Switches, Electrical, Reset-set	17 June 1983
	8.16	4094	Microelectronic Circuits, Operational Amplifier bipolar	10 Aug. 1983
	8.16	4096	Microelectronic Circuits, Digital to Analog Converter (DAC08) Fails when Powered up Randomly	11 Aug. 1983
	8.16	4101	Capacitor, Fixed, Tantalum	11 Aug. 1983
	8.17	4095	Resistor, Fixed, Film, Established Reliability	10 Aug. 1983
	8.22	4110	Relays, 10 Amp, D PDT, All Welded Hermetically Sealed, Electromagnetic	3 Aug. 1983.
	8.23	4100	Connectors, Electrical, Special, Miniature Circular, Plug	16 Aug. 1983
	8.23	4109	Relays, Electromagnetic, 4 PDT, Hermetically Sealed	18 Aug. 1983
	9.2	4116	Microelectronic Circuit, Linear, Operational Amplifier	29 Aug. 1983
	9.19	4123	Capacitor, Fixed Ceramic, Established Reliability	14 Sept. 1983
	?	4143	Microelectronic Circuits, Linear, Line Receiver	28 Sept. 1983
	9.20	4120	Optoelectronic Devices, Light Emitting diodes	30 June 1983
	9.20	4122	Relays, Electrical, Hermetically Sealed, 6 PDT, and 4 PDT	6 Sept. 1983
	10.5	4144	Microelectronic Circuit, Digital, Bipolar, Decade Counter	30 Sept. 1983
	10.17	4149	Microelectronic Circuit, Digital, flip-Flop	11 Oct. 1983
	10.28	4159	Microelectronic Circuits, Digital, 4K Dynamic RAM	26 Oct. 1983
	10.28	4167	Connector, Electrical, Receptacle, Jam Nut Mounting, Solder Type, Hermetic Seal, Series I	24 Oct. 1983
	10.31	4155	Connectors, Electrical, Plug, Removable, Crimp Contacts	24 Oct. 1983
	11.15	4171	Capacitor, Fixed, Mica	3 Oct. 1983
	11.28	4193	Microelectronic Circuits, Shift Register, 8-Bit	21 Nov. 1983
	12.9	4183	Transistor, Power	1 Dec. 1983
	12.14	4188	Connectors, Electrical, Receptacle, Contacts Solderless, Crimp Type	26 Sept. 1983
	12.14	4189	Connector, Electrical, Socket, 1/0 gage	12 Dec. 1983
	12.16	4190	Fasteners, Nut, Plate, Self-Locking, Miniature, Capped, Floating, CRES	12 Dec. 1983
	12.22	4204	Transistor, NPN, Low Power	15 Dec. 1983
	12.27	4211	Microelectronic Circuits, Low Power Schottky TTL, Flip-flop	15 Dec. 1983
	12.28	4192	Microelectronic Circuits, Digital, NOMS 4K & 16K, Dynamic RAM, EPROM, 8K & 16K Static RAM, ROM	21 Dec. 1983
	12.28	4193	Microelectronic Circuits, Shift Register, 8-bit	21 Nov. 1983
1984	1.9	4198	Materials, Plastic, Antistatic	27 Dec. 1983
	1.12	4199	Microelectronic Circuit, Linear, Operational Amplifier	6 Jan. 1984
	1.18	4209	Microelectronic Circuits, Line Drivers, Differential	13 Jan. 1984

	2.7	4217	Fasteners, Screw, Cadmium Plated Steel	15 Nov.1983
	2.14	4223	Microelectronic Circuit, Linear, Converter, Digital to Analog	8 Feb. 1984
	?	4227	Transistor, NPN, Low Power	16 Feb. 1984
	?	4229	Microelectronic Circuits, Low Power Schottky TTL, Flip-flop	16 Feb. 1984
	2.22	4237	Connectors, Electrical, Plug	17 Feb. 1984
	2.22	4247	Capacitor, Fixed Ceramic Dielectric	19 Jan. 1984
	3.2	4238	Optoelectronic Devices, Phototransistor, Infrared and Emitting Diode	27 Feb. 1984
	3.8	4235	Microelectronic Circuits, Operational Amplifier, Voltage Regulator	6 Mar. 1984
	3.8	4236	Microelectronic Circuits, Operational Amplifier, Voltage Regulator	6 Mar. 1984
	3.21	4249	Microelectronic Circuits, Input-output Port, CMOS	13 Mar. 1984
	3.20	4250	Microelectronic Circuits, Voltage Regulators	15 Mar. 1984
	3.27	4252	Connectors, Electrical, Plug, MIL-C-38999, Series I, MS27467	21 Mar. 1984
	4.16	4270	Microelectronic Circuits, Voltage Regulators	6 Apr. 1984
	4.17	4276	Transistor, PNP and NPN Silicon, Low Power	12 Apr. 1984
	4.25	4283	Connectors, Electrical, Plug, MIL-C-38999, Series I, MS27467	18 Apr. 1984
	5.2	4287	Microelectronic Circuit, Linear, Operational Amplifier, Monolithic Silicon	6 Apr. 1984
	5.11	4289	Connector, Plug	5 Apr. 1984
	5.21	4299	Microelectronic Circuits, Digital, Low-Power Schottky TTL, Flip-Flops, Monolithic Silicon	15 May 1984
	5.22	4306	Microelectronic Circuits, 1k by 8 Programmable Read Only Memory (PROM)	16 May 1984
	5.31	4309	Ignition Parts and Explosives, Pyrotechnic, Nut	24 May 1984
1986	10.16	4897	Resistor, fixed, Metal Film 1/20 Watt Nonhermetic	10 Oct. 1986
	11.20	4914	Resistor, fixed, Metal Film Nonhermetic	14 Nov. 1986

## 付録2. VT/FT において発生した不具合 (PROBLEM REPORTの題名一覧表)

この表は1981年7月30日宇宙科学研究所駒場45号館で開催されたSEPAC VT/FT結果取りまとめ会議で配布された資料を基に作成した。表中の(?)は判読不明であった。

通し番号	題名	→印は重複	不具合の種別*
<u>会議 1981.2.12 ~ 2.16</u>			
TR-001	The revision of back up sheet and date sheet DGP		*・S/Wはソフトウェア ・S/Wのトラブルの(P)はその場で修正したもの ・H/Wはハードウェアのトラブル ・記載無しはトラブルと見なされなかったもの
002	The result of review on EMI measurement		
<u>会議 1981.3.5 ~ 3.10</u>			
003	The revision of back up sheet and date sheet DGP		
004	The result of review on EMI measurement		
<u>VT/FT-0 1981.6.1 ~ 6.17</u>			
TR-005	VT/FT-1, I/F Test Proc., change (DGP)		
006	VT/FT-1, I/F Test Proc., change (MTV)		
007	Pulse width problem at CD precheck ,		S/W(P)
008	FAVSCR, PFNSCK pulse width problem (CFO) at CD precheck	→ 007	
<u>VT/FT-1 1981.6.18 ~ 7.2</u>			
009	DPPSC and DPPWPC signals problem		
010	MODPLS pulse width problem		
011	VT-1 test procedure revision		
012	〃 (EBA-002)		
013	IU problem		S/W
014	〃		S/W
015	LPFIXO, LPFLIXL problem		
016	LINK MANAGER of IU problem		
017	CD precheck problem		
018	DEP ADAPTER PLATE problem		H/W
019	FM CABLE problem		H/W
020	Current Monitor Circuit problem		
021	<del>LPFIXO - CMD problem</del>		
022	PCM BIT ASSIGNMENT		
023	VT/FT procedure mistake		
024	DP28CM(?) Problem		
025	PLP-EP noise problem		
026	(?) AANN, EDP(?) problem		
027	LPDH noise problem		
028	LPDL BML channel		H/W
029	EPARCL waveform problem		H/W
030	SECONDARY RTN-GROUND(?) ISOLATION problem		
031	CDT-W1 CABLE		H/W
032	IU MTV secondary RYN problem		S/W
033	SCR problem		

034	MTV, TEMP "1" problem	
035	TEST, MTVPS CMD SIGNAL	
036	GPAZS, GPELS and LENIS CMD LEVEL problem	S/W
037	SEID problem	
038	IU ISOLATION problem	H/W
039	EOIVS program (?)	
040	CUURRENT MONIOTR OF EOIVS?	
041	OFF SEQUENCE STARTING TIME	S/W(P)
042	EPAFIX, GPAES, PGENIS	S/W(P)
043	DEP-IU communication	S/W
044	SEID problem	
045	MTV VIDEO SIG. problem	H/W
046	VTR problem	
047	EOIVS display problem	
048	PREPARATIONTIME problem	S/W
049	EOIVS display problem	
050	FO FAILED TO START at T=0	S/W(P)
051	MANUAL SHUTDWON for DGP	S/W(P)
052	EOIVS display problem	S/W(P)
073	DGP Sig. Trouble	
074	DGP (T-3) PHO Filter action no good	H/W
075	DGP Sig. "EPEFIX" is no good at T = 0	
076	DGP Analog Data Noise	
077	DGP (A-6) PHO Filter action is no good	→ 74
078	DGP "EPAHVM (?) " is no good	
079	DGP some Sig. are not sweep (?)	
080	DGP (A-8b) PMO Filter action is no good	→ 74
081	DGP (P-1) some Sig. are not sweep (?)	
082	DGP (P-1) "EPAHVM"	
083	DGP "PHOAG" & "PHOIRS"	
084	DGP (A-5b) PHO Filter action	S/W(P)
085	DGP (A-5b) PCF "PHOFIR"	S/W
086	DGP (A-5b) PCF "PWLGNA"	S/W(P)
087	DGP (A-5b) PCF "EPVFCG (?) "	
088	DGP (A-5b) PWHFGN, PWHFBS (?) "	S/W
089	DGP (P-1) TC-24	S/W(P)
090	DGP (BML) "LPDL" & "PWLACG"	→ 28
091	DGP "EPAANP"	
092	DGP PCF	→ 85, 88
093	DGP "DPSPOF"	S/W(P)
094	DGP ISO-EBA	→ 48
095	DGP ISO-MPD	→ 94
096	DGP ISO-MPD	
099	DGP "PWLREF" & "PWHREF" (?)	S/W(P)
<u>VT/FT-2 1981.7.6 ~ 7.14</u>		
053	FM cable problem	H/W



054	FM cable problem		H/W
055	Word selector problem		
056	Isolation check problem		
057	FM cable problem		H/W
058	Isolation problem		
059	〃		
060	〃		H/W
061	Word selector (?)		
062	Word selector (Iwatsu) trouble		
063	VT/FT-2 Test Procedure		
064	FM cable trouble		H/W
065	PWP monitoring trouble		H/W
066	MPD, CMD delay time (?)		
067	Change of Procedure		
068	PWP monitor sig.		
069	MPD Isolation trouble		
070	MPD, CMD Check Pulse width		
071	MPD sig. PATVI		
072	EPA (?) Test Procedure Revision of (?)		
097	Isolation IU-EBA	→ 60	
098	“BMPSW” at CNT		
100	W/S (Iwatsu)		
101	Word selector		
102	〃		
103	Shat down “HVC”		
104	Delete “NODFSW=0”		
105	Procedure change for PCF		
106	No Commands for EBA-I (MTV)		S/W
107	Add “SENSL=1” to MTV STDWN		S/W(P)
108	DEFVX Problem		H/W
109	DEFCX problem		
110	GPST1&T2 Problem		
111	MODPLS pulse width		S/W(P)
112	HV output problem		H/W
113	PFNSCR & FAVSCR Problem		
114	MANODC & DSCHGV Noise Problem		
115	“PWHSWH” Noise Problem		H/W
116	“ANODV” Noise Problem		H/W
117	“BATUV” detection		
118	“BMVADJ” Problem		S/W
119	HOLD/RESTART Problem		S/W(P)
120	EBASET Timing Problem		S/W(P)
121	Manual SHTDWN “MPD”		
122	〃 “HVC”		
123	Software Problem		S/W
124	FAVPON		S/W(P)

## VT/FT-3 1981.7.16 ~ 7.29

125	MTV Pointing/ EBA deflation calculation		S/W
126	Isolation Problem		H/W
127	〃	→ 38	
128	Word Selector Problem		H/W
129	FO-2 Software Problem MTV Pointing		S/W
130	EPV HGD at CFO & FO-2		
131	PHO Filter 〃		
132	EPA-V 〃		S/W(P)
133	Noise on repro-data		
134	Drop out of repro-data		
135	Requirement for HOLD/RESTART		S/W
136	〃 MPD GUS Waste		S/W
137	HVCABB, BATUV		H/W
138	MANODC, DSCMGV, Noise		H/W
139	CHGV1 Problem		S/W(P)
140	AT2VSW Problem		S/W(P)
141	NGPMVSW 〃		S/W(P)
142	DDU message		S/W(P)
143	<del>FAVPON Problem</del> (→ 145)		
144	DGP OFF by CP		
145	FAVPON operation EBA only test		S/W
146	SHTDWN cannot be performed		S/W
147	Manual shutdown STD		S/W
148	S/W stop		S/W
149	TEMP 1 Signal		H/W
150	Pointing for EBA II	→ 129, 1 ~ 5	
151	TC-21, F0-9 (A-5b), NML PCF		S/W
152	PHO angle wobbling		H/W
153	point (??)		
154	Three firing miss pulse		S/W
155	MODPLS Width is not correct		S/W
156	Noise problem		H/W
157	Hold/Restart Problem	→ 135	
158	MFO is not made		S/W
159	SMO Problem not meet ISAS requirement		S/W
160	PCF "IHTR" changed work	→ 151	
161	FOCC Problem EBA focus current not on		S/W
162	Delay of 1st EBA shot		S/W
163	HTRC lack		H/W
164	BML (LPDH) noise		H/W
165	Unnecessary MPD GAS drain operation		S/W
166	CAVSCR, MDSC, GASSHK .....(?????)		S/W(P)
167	MPD 30 sec mode trouble		S/W
168	The 3rd NGMVSWS was missed		S/W
169	S/W was stopped when PCF(IHTR) was changed		S/W
170	EPVCHK sequence requirement change		S/W

171	Hot isolation trouble in IU	H/W
172	Heater current change when PCF (IHTR) was changed	S/W
173	Data ...(??)	
174	Critical(?) line power OFF problem	
175	FO-12 (A-8a) MPD 30sec mode problem	S/W
176	MPD 30sec period	S/W
177	NGP triplet pulses missed	S/W
178	MPD firings were missed	S/W
179	Lack of PNL data	
180	PWH WBS Noise problem	
181	Iris of PHO problem	S/W

## 付録3. SE-1016M 「SEPAC 計画管理の手引き」改訂3版

(以下は原文をそのまま書き写したもので、日付などの間違いは訂正していない.)

SE1016M	1	30	78	
(旧016M)	6	15	78	改訂
	* 3	10	79	改訂2
	* * 5	12	80	改訂3

## SEPAC 計画管理の手引き

1. 概要
2. ISAS SEPAC の組織と作業分担
3. 基本文書と責任者
4. 幹事会および定例会議
5. 変更手順
6. MSFC からの情報処理

別表：資料配付先リスト

- \* FM 用に改訂
- \* \* FM オペレーション用に追加・改訂

SEPAC マネジャー : 大林  
調整SE担当 : 長友

配布先 : No.2 + No.5

1. 概要1.1. 目的

本手引きはFMの製作開始からMSFC (SEPAC) への引き渡しまでの作業の進め方を定める。

1.2. 範囲

1. SEPAC 計画管理の原理は「基本文書通りに物が作られているかどうかを確認し、これに合致しないものなるべく早期に発見して変更する手順をふむ」ことである。本手引書はこれに必要な次の事項を記述する。
  - 1) 基本文書の確認およびその取扱い方について
  - 2) 計画管理上の会議の確認およびその議事進行について
  - 3) 定例文書提出についての規定
  - 4) 計画変更に関連する報告書の作成、提出および処理について
2. 本手引きはSEPAC 作業レベル\*Ⅲに適用する。
3. 本文書はSE-1018M 文書様式集とともに用いる。
4. オペレーション段階でのSEPAC 計画管理の原理は
  - 「1. 製作を完了した機器を維持し、必要に応じて関連文書を改訂する。
  2. システムとしての試験項目を文書にしたがって実施する。」
 ことである。本手引書はこのために必要な次の事項について記す。

- 1) 基本文書の確認および作成の予定,
- 2) 計画管理上の会議の確認および審議内容,
- 3) 各機器の変更に関する報告書の作成, 提出および処理の方法.

\*ここでいうレベルは

レベル I : SEPAC 機器設備の利用計画および全体の予算管理

レベル II : ミッション実行計画 : NASA との協定管理

レベル III : 機器の製作と運用実務

と規定する.

## 2. ISAS/SEPAC の組織と作業分担

### 2.1. SEPAC チームおよび支援スタッフ

SEPAC チームおよび支援スタッフの組織図は国外的には図 2.1 のように示されている.

#### 2.1.1. 機器開発 (Equipment Development)

各機器は宇宙研の各機器担当者 (manager) および会社別に次のような 5 つのグループに分ける. これらのグループは運用段階においては各機器の保守点検 (メンテナンス・サービス) および VT/FT と NASDA 実験の支援を行う.

グループ名	コンポーネント	関係会社 (略称)	宇宙研機器担当者
DGP	DGP	日電, 明星, 松栄	佐々木
EBA,HVC	EBA, GPS, HVC	東芝	河島
PWR	CHG, BAT	三電, 古河電池	後川, 長友
MPD	MPD, CAP, NGP	三電, 明星, 長船	栗木
MTV	MTV	東芝	佐々木

#### 2.1.2. 運用 (System Operation)

機器完成後, VT からフライトまで以下のグループが作業を担当する.

グループ名	コンポーネント	関係会社 (略称)	宇宙研機器担当者
1. CD サポート	CD	日電	二宮
2. S/W & データ	ALL	日電	江尻
3. 地上オペレーション	AL/DG 機器各各社 (詳細は上記 2.1.1)		
4. QL 開発	QL	SWR I	江尻

## 2.2. チームメンバーの役割 (責任)

宇宙研の実質的役割は下記の通り.

### 2.2.1. P. I. Manager - 大林 (幹事会主査)

NASA 渉外係, 所内各種調整, 科学実験, 会計, mord

### 2.2.2. Chief Engineer (CE) - 長友 (幹事会メンバー)

NASA 関係文書整理, Safety 管理, 所内試験機材, SE-11 の管理, SE-31, SE-41 のとりまとめを行う. インテグレーション・リハーサルの実施計画をたてる

### 2.2.3. Assembly Manager (氏名は 2.1.1) (幹事会メンバー)

コンポーネント直接責任者，アセンブリ総括責任者（所内試験スケジュール調整を含む日程，性能，試験，コスト），SE-11，SE-31，SE-41の各担当分の見直しを行う。インテグレーションリハーサルの進行に責任を持つ。なお，EBAとMPDのManagerは次の任にあたる。

河島（EBA）：GIRDのとりまとめ。

栗木（MPD）：NASDAチャンパテストチーフ。

#### 2.2.4. CD Support Manager – 二宮（幹事会メンバー）

- i) CDとAL/DG各機器のインターフェイスチェック
- ii) VT/FTのとりまとめと所内日程調整を行う。
- iii) 上記テストの文書作成

#### 2.2.5. ソフトウェアとデータプロセス – 江尻（幹事会メンバー）

- i) MSFCのソフトウェア開発上のコンタクトポイントとなる。
- ii) 将来は取得データの解析を行う。
- iii) SE-1015EEおよびSE-1030～35（データ関係）の管理。
- iv) QLシステムの責任者

#### 2.2.6. Engineering 支援

電機関係：林教授

構造：小野田助手

試験関係：林教授，今沢助手，橋本助手，大西技官，清水技官，矢守技官

#### 2.2.7. Management Assist – 荒木

- i) 各グループのスケジュールを集計する。
- ii) 記録（スチル写真と16ミリ）の手配をする。  
記録の取り方についてはSE1012Mによる。

#### 2.2.8. 削除

### 3. 管理される文書と責任者

以下の書類は，特に記したものの以外はすべてECPの対象となる書類（管理ドキュメント）である。

#### 3.1. スケジュール

次のスケジュール表は管理文書として維持する。

	調整責任者 関係者		
1) SPPO Master Schedule	SPPO		(ECP 不要)
2) SEPAC Master Schedule	大林	MSFC	(ECP 不要)
3) SEPAC 製作試験日程 (PWRのみ)	長友	幹事会	
4) 各機器のメンテナンススケジュール	幹事	各社責任者	
5) VT/FT スケジュール	二宮	} 幹事会 各社	
6) NASDA テストスケジュール	栗木		MSFC NASDA

以下はこれらのスケジュール表の4月22日現在のものである。

スケジュール表は付録2～6に移した。  
これに伴い7, 8, 9ページは廃止。

### 3.2. SEPAC 基本文書と調整責任者, 作成予定.

#### 1. 管理の対象となるのは

- 1) SE-11 : SEPAC Instruments System Definition  
(Design and Performance Specification として SSPO との管理文書になっている)
- 2) SE-31 : SEPAC Test Program  
各機器の AT/QT の Specification, Procedure および Results をこの一部として含む. SSPO への提出書類.
- 3) SE-41 : SEPAC Manual  
オペレーションの基本文書  
以上3つで, 調整責任者は長友.

#### 2. 各文書の作成予定

- 1) SE-11 : First Issue                    10/27/78  
Change 1                                6/1/79  
Change 2                                7/20/80  
Change 3 (final)                        7/20/81
- 2) SE-31 : Preliminary Revision 1    7/26/79  
First Issue                              7/20/80  
各機器の ATR の現状は次ページの通り.
- 3) SE-41 :  
Preliminary                              4/10/80 for Sections 100, 200, 300, 600  
6/10/80 for 400  
6/30/80 for 700

### DOCUMENT LIST for SEPAC AL and DG subsystems AT Result

#### 1. Standard Test

DGP	QT/AT results Appendix 1-7	S/S-T-0122	By NEC
MTV	AT Results Appendix for data	K014Z8493 (Individual test result is provided with separate document number)	By Toshiba
EBA	AT Results AT Data	EBA15-K79047 EBA15-K79048 thru K79063	By Toshiba
HVC	Combined with EBA		
PWR	AT Results	PWR-R-030 (Individual test result is provided with separate document number)	By MELCO and FURUKAWA
MPD	AT results Test data	MPD-R-053 MPD-R-054, 062	By MELCO

## 2. Safety related tests

BAT	AT Results	SA-79-111	By FURUKAWA
	ST Results	TBD	
GS	MPD-GS AT Results	RN-B-022	By MHI
	NGP-GS AT Results	RN-B-023	

## 3.3. SPPO 文書

J0020B : IIA	INS002	} ECP の対象
	GIRD	
	MORD	

## 3.4. SEPAC 補助文書

SEPAC 補助文書とは、3.2で規定したもの以外の文書で、主として1000番台の文書である。1000番台文書の81年5月1日現在の発行状況は表の11にリストする。以下は本文書で規定する補助文書の作業別に分けた説明である。

## 3.4.1. SEPAC Control Document - ISAS と MSFC 間の管理文書

SAI SEPAC Software Specification 調整責任者 江尻

## 3.4.2. 安全関係保持文書

文書番号	題名	原本管理 ( )内は資料作成者
SE-1019S	Safety Implementation Step 1, 2, 3, 4	長友 このECPは関連文書で行う。
SE-1022S	SEPAC Fracture Control Plan	長友 (MHI, MELCO, MTV)
SE-1024S	Data Sheet of Heater Circuit	長友 (DGP, MTV, MPD)
SE-1027S	PWR Assembly Battery Data Package	長友 (BAT)
SE-1028S	EMI	工藤 (各機器開発担当)
SE-1029S	Location of Flammable Materials and Ignition Sources	長友 (各機器開発担当)
SE-1043S	Structure Analysis	小野田
NONE	Material List	長友 (各機器開発担当)

## 3.4.3. VT/FT 関係

以下は二宮が作成責任者

SE-1012	VT/FT Plan	6/30/80
SE-1026	Functional Test Requirement	Final
SE-1051E	VT/FT Procedure, rev.	6/30/80
SE-1052E	VT/FT Complete Results	12/28/80
SE-1053E	SEPAC VT/FT Report	1/31/81

## 3.4.4. S/W とデータ処理関係

以下は江尻が管理責任者

SE-1030	GPSR	6/30/79
SE-1031	PDPR	2/1/80
SE-1032	PFDPDR	6/30/79



SE-1033	PFDP	TBD
SE-1034	SPRD	10/15/79
SE-1035	SOPDA QL Function Requirement	10/1/79

#### 3.4.5. NASDA テスト関係

以下は栗木が作成責任者

SE-1047E	: NASDA Test Plan	3/ /80
SE-1048E	: Test Requirement, Prel.	8/ /80
SE-1049E	: Test Procedure	1/ /81

#### 3.4.6. オペレーションリハーサル関係

以下は長友が作成責任者

SE-1050E	: Operation Verification Procedure	5/20 /80
SE-1101K	:	9/1 /80
SE-1102K	:	9/1 /80

### 4. 幹事会および定例会議\*

#### 4.1. 幹事会

幹事会は SEPAC AL&DG の決定機関である。基準文書に関わる全ての変更、あるいは新しい事項はここに提出され検討された後、承認される。(ECP の処理)

幹事会は毎週開催する。開けないときは、P.I.が別の日を決定して幹事に連絡する。

#### 4.2. 定例会議\*

DGP 以外の各グループは次の会議を開く。

1. 設計確認会議 (Design Review Meeting)
2. 製作進捗会議 (Pre-assembly review Meeting)
3. 受入試験確認会議 (Pre-AT review Meeting)
4. 受入試験結果検討会議 (AT review Meeting)

DGP は 1.2 に代わるものとして設計、製作確認会議 (Design and preassembly status review meeting) を行う。これは、グループの製作進捗会議をこれで読みかえる。

定例会議は関係各社 (東芝、三電、日電) 毎に宇宙研担当者が開催する。BAT (古河電池) および MPD-GS, NGP-GS (長船) については単独に設計確認会議と製作進捗会議を行う。

\*ここに記した定例会議は PWR のバックアップ以外のフライト用機器、つまり FM では全て完了している。これらの実施経過と ECP リストを参考のためこの項終わりにつける。

##### 4.2.1. 設計確認会議では次の点を確認する。

1. 各グループの製作スケジュール (各社工程表) および AT 希望スケジュールドキュメント提出スケジュール。会議予定を含むこと。
2. FDOR の結果による仕様変更を SE-11 の関連ページに朱記して用意する。
3. 重量、電力計画表を SE-1010E に従って作成し、提出する。
4. AT 仕様書を提出する。
5. 安全性試験 (ST) の計画
6. ソフトウェアの確認
7. オペレーションの確認 (SE-41 の基本方針の確認)

## 8. GSE等納入品目の確認（納入品目リスト提出）

以上はFMの基本資料とする。

4.2.2. 製作進捗会議の趣旨はポッティング前に性能を確認するためなので、この線に沿って開催日を決めること。

### 検討項目

- i) ログブックの記入開始日
- ii) 工程表による進捗状況の比較
- iii) 重量－電力計画の実績確認
- iv) ハード、ソフトの性能評価－社内試験
- v) 合せ試験等の手順、レビュー
- vi) 受入試験（AT）手順書（案）の検討  
アセンブリ確認
- vii) ECP項目確認

### 4.2.3. 受入試験確認会議

受入試験の詳細スケジュールの検討のさいに行う。

#### 検討項目

- i) ログブック記録のチェック
- ii) 社内試験結果
- iii) 重量－電力計画の実績確認
- iv) 受入試験手順書とスケジュールの確認
- v) ECP項目確認

### 4.2.4. 受入試験結果検討会議

和文の試験結果報告書がでる時点でなるべく早く開催する。

検討項目は本題の他

- i) VTとスケジュール
- ii) オペレーション（SE-31の確認）
- iii) 全納入品目の確認
- iv) 関連基本文書の最終変更
- v) ECP項目確認

## 4.3. 定例会議の資料について

定例会議の資料（スライド、ビューグラフ、配布資料および会議議事録）に記述したことで基本文書の変更は代用されない。

定例会議の議事録の様式は設けない（901は用いない）が、作成すること、このさい、actionの必要なものは期限と責任者の明記されたアクションアイテム化すること。

## 5. 変更手順

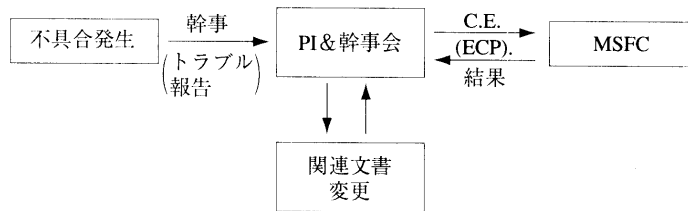
### 5.1. ISAS側の変更

#### 5.1.1. 定義

基本文書に記載された事項（スケジュール、ハード、ソフト、オペレーション等全て）に変更が生じるような出来事をここではトラブルと称する。また、変更がないものでもログブックの記録に残るものについてはトラブルとして以下の手順のうち、トラブル報告のみ作成する。

## 5.1.2. 処理方法

- i) トラブルが生じた場合は、トラブルを用紙1枚につき1項目記入して機器担当者を通じて、SEPAC幹事会に報告する。安全性およびスケジュールのおくれをきたすような事故の場合は事故報告も添付する。
- ii) SEPAC幹事会はNASAへのchangeの要、不要を判断して、以後の処理についてグループへ連絡し、同グループの出した「変更申請」(ECP)を完成する。  
(社内で修復可能、スケジュール的に問題がなければトラブルとして扱われなくてもよい。ただし、トラブル報告のみ作成し、定例会で報告する。)



- iii) トラブル報告書は所定の様式 (SE-902) になるべく1枚に記入する。内容が重大な場合は会社が作成した資料を添付する。

なお、次の場合は特に事故報告書を作成する。

1. Safety Item 特に SL Safety Requirement に登録したもの。または、CEより要求のあったもの。
2. 全体スケジュールに1ヶ月程度以上の影響のあるもの。

事故報告書の書式は会社の様式でよいが、必ずトラブル報告書とともに提出すること。

- ・ 変更申請 (英文: Engineering Change Proposal, DR-5) について:  
基準資料の変更を要するものは、様式 SE-912 を用いること。添付資料はやむを得ないものだけとすること。
- ・ 各機器に関する様式 SE-912 および 902 には、開発段階でのものと区別しやすくするために、101 番からナンバーを付けること。なお、番号は各機器毎とし、記入方法は SE-1018M および下記 5.3 によること。

## 5.2. MSFC からの変更申請に対する手順

- i) MSFC からの連絡は個別に行ったものでも、全て幹事会または PI に報告する。
- ii) PI は担当者と対策をとる。
- iii) 幹事会において、この結果によって生じる影響を検討する。
- iv) 必要に応じて ECP などの形にして返事を出す。

## 5.3. 基本文書の変更について

下記の手順で変更用原稿を作成すること。

1. 訂正すべきページのコピーをとり、赤で訂正箇所を記入すること。
2. このページの左上に各ページ毎に
  - a. 書類名、および必要ならば
  - b. 章、節および/またはページ数
 を記入すること。
3. 右上にこの訂正を記入した年月日を記入すること。
4. 図面の訂正は更に訂正済みの原因の第2原因を付け加えること。

(原稿は必ず宇宙研担当者/幹事に提出すること)

注意: 基本文書の変更は会議で使用するスライド、ビューグラフ、配布資料および会議議事録などに記述したこ

とで代用できない。

## 6. MSFC からの情報処理

### 6.1. MSFC/SEPAC からの fax 処理情報

- 1) P.I.より宇宙研担当者およびCEに即日コピーを配布する。
- 2) 各担当者は自分の問題と思われるものについてグループ内で処置をとる。
- 3) 次の幹事会で返事をまとめる。
- 4) 必要に応じて「変更申請」をだす。この手順は5.2と同じ。

### 6.2. MSFC からのドキュメントの配布等

P.I.の判断により連絡事項と適用文書にわけらる。

- 1) 連絡事項は宇宙研担当者に連絡依頼書により通知する。
  - 2) 適用文書はCEと相談のうえ決め、この場合は各会社にも送る。
- 配布リストは別表による。

## 付録4 「連絡・依頼書」およびEMの配布記録\*

- \* (1) ?印は未記入あるいは不明のもの  
 (2) 順序は日付順

## 1978年

SN-78-001	6.28	信号処理アンケート
〳 002	7.4	外観図作成についてお願い
〳 003	7.6	IIA preliminary の見直し依頼
〳 004	7.7	Random Vibration Criteria について
〳 005	〳	Nonmetallic Material List に対する MSFC の見解
〳 006	7.8	外観図作成についてお願い
〳 007	〳	SE-023-I の発行について
〳 008	7.14	スケジュール調整連絡日の変更
〳 009	7.15	SE-017E の配布について
〳 010	7.17	SE-015E の配布
〳 011	8.1	SL-1 パレット配置図
〳 012	8.10	IIA Baseline
〳 013	8.21	Heater Control Circuit 資料作成について
〳 014	〳	Alert 部品について告知
〳 015	〳	スペースラブ環境条件について
〳 016	〳	Power Profile 資料の依頼
〳 017	〳	電機系統図作成について
〳 018	8.28	SEPAC Interface Description の見直し依頼
〳 019	8.30	SE-022S Preliminary
〳 020	9.7	Material List の見直しについて
〳 021	8.31	SE-024S
〳 022	9.5	パレット及び台車上の機器配置と配線等現地打ち合わせ
〳 023	9.7	STS 仕様周波数特性
〳 024	9.12	マニュアル用立体図作成のための三面図提出の件
SN-78N-01	9.14	シーパック用ファイルバインダー仕様書の件
SN-78-025	9.18	FDOR 準備作業について SE-025G
〳 026	9.21	GIRD
?	9.22	Ground Processing Software Requirements (Preliminary) の送付について
SN-78-027	9.25	IDE (SL 全体の) 用のデータパッケージの見直し結果
〳 028	〳	SE-025G の添付資料 No.2 の差し替え
〳 029	9.27	SE-017E 改訂版について
〳 030	10.2	SWRD 抜粋送付
〳 031	〳	IIA 第10章について
〳 032	〳	IU-BB とのかみ合わせ試験の分類
〳 033	10.13	Hazard Report
〳 034	10.31	“Caution & Warning” 用語訂正
〳 035	11.1	Material List についてのコメント
〳 036	11.2	JA51 (453-78) Material Source list for Mislte Lager Insulation (MLI)
〳 037	11.7	SEPAC FDOR-Safety
〳 038	〳	SEPAC FDOR-Safety, HR11,12
〳 039	11.7	SEPAC FDOR-Safety, HR15,24,25,27

◇ 040	11.8	JA51 (479-78), (481-78), JA71 (78-150) 送付の件
SN-78-?	11.1	Electrical Heater の Design 変更
◇ 041	11.13	FDOR 用 Safety Implementation Approach 資料
◇ 042	◇	Data Requirement format
◇ 043	11.14	金属材料の許容応力について
◇ 044	11.28	15M00105 の配布
◇ 045	◇	SPAH Rev.1 および Appendix A の配布
◇ 046	12.14	QT と NASDA 実験の結果による SE-015 Change Proposal と Power Profile 資料について
◇ 047	11.15	FDOR (I) の Action Item list
SN-78-?	12.18	文書送付
SN-78-?	12.20	資料配付
SN-78-048	◇	SE-11, 2, 3, 3 Mechanical Environment of Spacelab の変更
◇ 049	12.2	JSC-11123, 3, 4, 1, 2 Batteries 変更について
SN-78-?	12.21	MSFC-HDBK-505
SN-78-050	12.20	ALERT 部品について告知 (その2)
◇ 051	12.27	周波数マトリクスの作成依頼
◇ 052	12.25	IV-BB とのかみ合わせ後の対策について
◇ MN	12.27	NGP ショット数測定結果と FO ソフト計画基準

### 1979年

SN-79-001	1.9	SEPAC ランダム振動試験記録について
◇ 002	1.8	静加速度とランダム加振を同時に受ける構造物の信頼性について
◇ 003	1.16	S E -026E Functional Test Requirement (案)
◇ 004	◇	S E -017E の追加
◇ 005	1.17	S E -015E の変更案
SN-79-?	◇	周波数マトリクスの作成依頼の回答
◇ 006	◇	SEPAC FDOR 出席手続きの件
◇ 007	1.24	MVA (MTV, GIMBAL-ARM) (1/24/79) について
◇ 008	◇	MVA (DGP, Honeycomb insert) (1/24/79) について
◇ 009	1.25	SE-41 200 番台の記述について
◇ 010	1.31	IIA の TBD 部分の完成 FDOR Part 1 (Action Item No.11)
◇ 011	◇	SEPAC-TR-102-ET 送付の件
◇ 012	2.1	SEPAC の文書について
◇ 013	2.6	QT/AT Test Specification 送付
◇ 014	◇	FDOR Part II と Agenda (Feb. 28 と March 1)
◇ 015	◇	FDOR Part II の書類について
◇ 016	2.17	CHG EMI Response に対して
◇ 017	2.24	Material List の現状 (FDOR Part 2 資料分)
◇ 018	3.6	FDOR Part 2 報告
◇ 019	3.9	SE-XXX シリーズ文章番号の付け方の変更
◇ 020	3.12	SE-1016M (旧 016M) の発行
◇ 021	3.15	FDOR Part 2, Action Item 2 件 (Section 10.0 of IIA, Operation and Maintenance Requirements Specifications)
◇ 021	3.28	コネクタカタログに関する注意 EE 45 (51-79)
◇ 022	3.28	MTV のガラス窓の強度評価
◇ 023	3.28	昭和 54 年度日程案の送付
◇ 024	◇	コーティングポッティング手順書の適用についての問い合わせ

- ♪ 025 ♪ MSFC-HDBK-527 Revision B 及び SPPO の Material Control の方針
- ♪ 026 4.2 MELCO 設計確認会議
- ♪ 027 ♪ ダイチェック検査要求
- ♪ 028 4.3 SE-1016M 計画管理の手引きの配布とお願い
- ♪ 029 4.11 EMC 管理計画の変更について
- ♪ 030 ♪ SE-1018M 送付の件
- ♪ 031 5.4 QT/AT Verification Matrix の作成
- ♪ 032 5.8 コネクター送付依頼
- ♪ 033 5.12 Hazard Report の改訂版について
- ♪ 034 5.15 振動試験の Superimpose のデータ
- ♪ 035 5.16 GIRD 関連文書送付の件
- ♪ 036 5.24 SEPAC 機器の音響試験について
- ♪ 037 ♪ 圧力容器と構造の設計基準参考文書送付の件
- ♪ 038 5.22 IIA 改訂版の熱設計の部
- ♪ 039 6.4 AT Data Sheet について
- ♪ 040 ♪ 写真等の記録について
- ♪ 041 6.5 音響試験の要否検討に対する NASDA のコメント
- ♪ 042 6.6 SE-1042S “スペーススラブ実験機器構造の応力解析手順” 配布の件
- ♪ 043 6.27 SE-11, Change 1 6.1.79 の配布
- ♪ 044 7.9 Vibration と Linear Acceleration の重ね合わせの計算方法および Safety のための Critical Structure について
- ♪ 045 7.13 ?
- ♪ 046 7.17 AT Result 取りまとめの指針
- ♪ 047 7.19 Safety Policy and Required の改訂版送付の件
- ♪ 048 7.23 IIA, Revision A の配布について
- ♪ 049 7.26 コネクタ用材料調査について
- ♪ 050 ♪ IIA の DN の Draft Review
- ♪ 050 7.30 SF-31, Preliminary, Revision 1 の配布
- ♪ 051 ♪ EMC 関連文書の見直しについて
- ♪ 052 8.1 IIA の DN の Draft Review の訂正
- ♪ 053 ♪ JA 51 (79-486) 機器の電機絶縁と接地について
- ♪ 053A ♪ Safety Waiver の資料作成について
- ♪ 054 8.6 SDS Review
- ♪ 055 8.7 ログブック様式配布及びお願い
- ♪ 056 8.20 CDT(IIA の中の)変更 (案)
- ♪ 056a 8.22 コネクター材料について
- ♪ 057 9.6 Power Line の fuse について
- ♪ 058 9.12 SE-41, 100 の配布について
- ♪ 059 10.11 構造解析データパッケージの作成について
- ♪ 060 10.15 応力解析結果に対するコメントを要求
- ♪ 061 ♪ コールドプレート用フィラーについて
- ♪ 062 10.22 Alert の最新版 (10/12/79 着) の送付及びお願い
- ♪ 063 10.19 コネクターセイバーの準備について
- ♪ 063 11.12 コールドプレートサーマルフィラーに関する検討
- ♪ 064 ♪ マニュアル 200, 300, 600 の検討依頼
- ♪ 065 11.21 Screw Torque について
- ♪ 066 ♪ 文書作成の指示 PWR Structural Design Analysis (SA-79-90) について

- ◇ 067 12.24 POCC 機器調査
- ◇ 068 12.27 JA061 の配布及び AT Result との照合確認

## 1980 年

- SN-80-001 ? ?
- ◇ 002 1.29 Alert No. MSFC-A-79-04 の配布
- ◇ 005 2.20 IIA Red line の確認
- ◇ 006 3.6 MPD/NGP 結合部の応力解析 (N97-24C-0124) について
- ◇ 007 ◇ SEPAC DGP S/S-T-0125 (Design Verification analysis for Critical Structures) について
- ◇ 008 ◇ 応力解析について
- ◇ 009 JA51 (Dec. 19, 1979) 及び Alerts
- ◇ 010 3.31 SE-41 用ブレークアウトボックス (B.O. Box) データ提出
- ◇ 010a 雑件
- ◇ 011 4.2 SE-41, 200, 300, 600 の配布
- ◇ 012 4.14 企画会議での PWR の担当
- ◇ 013 4.23 メンテナンススケジュール作成
- ◇ 014 ◇ Verification Plan Summary の見直し
- ◇ 015 4.24 JA012A の配布と SE-1019 S (旧 019S) の改訂
- ◇ 016 ◇ KSC 作業者講習用資料の取り扱い
- ◇ 017 4.25 Hazard Report No. 28 について
- ◇ 018 ◇ サーマルブランケット設計指針
- ◇ 019 Answers to the MSFC's Review Results of VT/FT Plan
- ◇ 020 5.6 SE-1016M 改訂 3 版の配布
- ◇ 021 5.16 溶接個所の調査
- ◇ 022 ◇ 吊り具の荷重テスト等について
- ◇ 023 ◇ SEPAC Software Design Specification (Revision 2)
- ◇ 024 5.21 SEPAC のデータレビューについての提案
- ◇ 025 6.2 国内での保守点検作業について
- ◇ 026 ◇ インテグレーションリハーサル of 工程案
- ◇ 027 6.3 IIA の改訂ページの送付
- ◇ 028 ◇ IPRD JA-010, Rev. C の配布
- ◇ 029 ◇ SL-1, NASA ペイロード情報
- ◇ 030 6.9 23V 系ラインフィルタの現状調査
- ◇ 031 ◇ A-00952 の参考配布
- ◇ 032 6.11 F289978 の訂正案の送付
- ◇ 033 ◇ JA51, 5月30日付, ALERT16 件
- ◇ 034 ◇ IIA の改訂ページの送付
- ◇ 035 6.16 米国引き渡し品目リスト (Deliverable Item List) の完備, 依頼
- ◇ 036 6.17 SE-1050E 案
- ◇ 037 6.18 VT/FT インタフェーステスト用シングルコマンドソフトウェアに関する確認依頼の件
- ◇ 038 6.17 GPS と DGP のフィルター回路について
- ◇ 039 6.23 VT/FT Layout Change
- ◇ 040 ◇ PWR ATR の追加
- ◇ 041 6.24 CHG の応力解析
- ◇ 042 ◇ 溶接個所の調査 (再)
- ◇ 043 ◇ IPRD Update
- ◇ 044 7.1 NASDA チェンバー試験, Test Requirement 作成資料, 提出依頼



- ♪ 045 7.7 ADP (受入データ資料集) のNASA への送付について
- ♪ 045 追加 7.11 80-045 資料脱落分の追加
- ♪ 046 6.26 SEPAC システム関係機材及び作業予定
- ♪ 047 7.18 JA-090 Review
- ♪ 048 ♪ SEPAC 品目リスト
- ♪ 049 7.25 Verification Plan の改訂, 確認
- ♪ 050 ♪ マニュアルの見直し
- ♪ 051 7.28 SPAH の Change
- ♪ 052 7.30 SEPAC 記録映画シナリオ (案) 校正について
- ♪ 053 8.14 フライトケーブルの図面
- ♪ 054 8.8 MPD 改修に関する書類
- ♪ 055 8.6 SEPAC 記録映画の修正及び追加資料の協力依頼について
- ♪ 056 8.14 IIA 改訂のページ
- ♪ 057A 8.15 McDAC への資料
- B 8.18 Response to ISAS Rapi fax Message on GIRD
- C ♪ 疲労解析の追加
- ♪ 058 8.26 IIA の変更ページの送付
- ♪ 059 9.8 ねじ締めに関する規定
- ♪ 060 8.29 JA11(80-87)の配布
- ♪ 061 ♪ JA-061 の改訂 (CCBD No. A-01352 ~ A013510 )
- ♪ 063 Verification Requirement へのノート
- ♪ 064 9.9 (1980年9月現在における) SEPAC/SL-1 スケジュール
- ♪ 065 9.10 SE-41,400 のレビュー
- ♪ 066 10.1 MPD 活気カプラ設計変更に伴う ECP(案)
- ♪ 067 ♪ Critical Structure Date の評価に対する対応
- ♪ 068 10.13 SEPAC 記録映画のシナリオ校正について
- ♪ 069 SEPAC Sept. Meeting Memo EE45(268-80)
- ♪ 070 10.16 ISAS 責任で準備する List of H/N for VT/FT の確認
- ♪ 071 10.17 DNS for SRD
- ♪ 072 10.28 AEPI 実験計画書
- ♪ 073 11.14 S. Mende の問い合わせに対する Beghin の Reply
- ♪ 074 11.7 JA51, 10.15.80 付 ALERT
- ♪ ? 11.12 Battery Voltage の monitor
- ♪ 076 11.15 NASA の SL-1 用 Accreditation List 更新の件
- ♪ 077 11.20 SEPAC VT/FT Procedure & Data Sheet/Back-up Sheet (SE-1051E)の配布及び検討依頼について
- ♪ 079 11.28 IIA の変更
- ♪ 080 ♪ IPR-D の変更
- ♪ 082 12.15 A-DP レビューの結果
- ♪ 083 12.16 SEPAC System Schematic のチェック
- ♪ 084 12.22 VT/FT スケジュールの確認及び体制に関する補足
- ♪ 085 12.26 1980 Dec. Time Living

**1981年**

- SN-81-01 1.5 SEPAC DECAL 刻印文鎖購入希望者募集の件
- ♪ 02 ♪ JA156 「SL-1, PC トレーニングの定義」
- ♪ 03 1.6 NASDA 試験打ち合わせ

ク 04	ク	ADP アクションアイテム (共通項目)
ク 05	1.12	会議通知等
ク 06	1.14	NASDA テスト借用品リスト
ク 07	1.16	SE-1045 “Payload Crew Training ISAS Session Definition”
ク 08	2.2	NASA の SEPAC Accreditation List 完成に関する情報提供依頼
ク 10	2.9	ねじ締めに関する MSFC の規定の適用
ク 11	ク	小部品のデザンあるいはキャップティで処置の依頼
ク 12	2.14	JA-061 改訂ページ
ク 13	2.16	VT/FT スケジュール変更について
ク 14	ク	GIRD 最新版
ク 16	2.23	MPD-DM 保守点検について
ク 17	2.27	VT/FT (含 EMI and NASDA) スケジュール改訂
ク 18	?	?
ク 19	3.4	IPRD の Change
ク 20	3.9	NASDA チェンバー試験日程
ク 21	3.13	SP&R の改訂版について
ク 22	3.14	サーマルブランケットの設計法について
ク 23	3.17	NASDA チェンバー試験出張予定
ク 24	ク	JA147 のレビューについて
ク 25	ク	IPRD の Change
ク 26	3.24	JA-010, SL-1, Revision D
ク 27	ク	IIA の変更ページの配布について
ク 28	ク	SL-1, IPL-FOR に関する連絡
ク 30	4.1	SEPAC Power Weight 代金徴収の件
ク 31	4.3	SEPAC 機器の SL-1 Level IV Integration への輸出及び Integration 支援体制の確立について
ク 32	4.13	NASDA テスト手順
ク 33	ク	IPL-FOR Data Package
ク 34A	5.6	NASDA Chamber 試験搬出入について
ク ク B	ク	PWR 検討会の開催について
ク 35	5.18	SE-1046 の配布
ク 36	5.19	MUA, Approval の件
ク 37	5.20	GIR D 及び IIA Section9 配布及び Review 会議案内
ク 38	5.27	VT/FT 準備のための全員打ち合わせ
ク 39	5.30	NASDA テスト機材調査
ク 40	6.19	IIA Section 9 Review 結果
ク 41	7.5	JA-061 Verification Requirements ..... の change
ク 42	7.7	IIA Section 11 (Flight Operation) 配布とレビュー依頼
ク 43	ク	GIR D 替ページ
ク 44	7.6	VT/FT スケジュール (7月6日調整)
ク 45	7.9	VT/FT の記録について
ク 46	7.15	ねじ締めに関する規定の実施
ク 47	7.17	IIA Table 5-4, フレオンループ熱入力の改訂作業
ク 48	7.31	VT/FT データシート提出
ク 49	ク	IIA S11 の update
ク 50	8.12	PC Training Simulator の文書 JA147
ク 51	?	?
ク 52	8.11	IIA Section 9 Review に対する SPPO Response

♪ ?	8.12	工学値変換係数の変更	
♪ ?	8.19	EC/DEP Communication	} 9.10 GIRD 変更
♪ 55	9.16	SE-41, 700 の配布	
♪ 56	9.17	7月16日付 ALERT (抜粋) の配布	
♪ 57	♪	Integration Flow	
♪ 58	9.26	SL-1 Integration Flow の件	
♪ 59	9.28	NASDA, EMI/チェンバー試験出張計画	
♪ 60	10.1	SEPAC VT/FT 試験成果報告書 (除付録)	
♪ 61		SES ノート, NASDA テスト (案)	
♪ 62			
♪ 63	10.17	ISAS/NASDA 共同研究打ち合わせ会議	
♪ 64	10.21	筑波宇宙センター出張計画	
♪ 65	10.26	筑波宇宙センターにおける SEPAC 実験スケジュール	
♪ 66	♪	KSFC のオフラインサイトの情報	
♪ 67	♪	Specular Reflectivity の結末	
♪ 68	10.29	SE-41 600 の配布	
♪ 69	10.30	PC Training Text book 配布	
♪ 70	11.4	JA-020B(IIA), JA-026(SDR)の改ページ送付	
♪ 71	11	T/L 及び Configuration	
♪ 72	11.10	SEPAC Get Together Party のご案内	
♪ 73	?	?	
♪ 74	11.18	ECE Design Requirement の改ページ配布	
♪ 75	11.24	GIRD Part II, ECR (to level II Board)	
♪ 76	11.20	「NASA KSC Integration 参加のための Accreditation list 作成のための Personal History 提出, KSC, Safety Orientation at ISAS」のご案内	
♪ 77	11.20	ISAS/NASDA 共同研究, ISAS 側体制	
♪ ?	12.1	CDMS インターフェイス確認→配布せず	

**1982年**

SN-82-01	1	SL-1 Payload Integration Procedure
♪ 02	1.5	物品リストの点検について
♪ 03	1.12	NASDA チェンバー試験結果報告書作成の件
♪ 04	1.19	KSC における Pre-Level IV 作業に関して
♪ 05	♪	KSC 送付ドキュメントリスト作成
♪ 06	♪	IIA の変更
♪ 07	1.28	NASDA チェンバー試験報告書/不具合でサマリー
♪ 08	2.1	SE-41,300,700 の配布
♪ 09	2.2	1.18 付 ALERT 配布
♪ 10	?	?
♪ 11	2.23	Pre-Level IV 打ち合わせ
♪ 12	3.4	SE-41 と KSC 作業について
♪ 13	3.8	Level IV 以降のインテグレーション Room での着衣等の注意
♪ 14	3.10	Pre-Level IV System Check Implementation
♪ 15	4.2	SE-41 400, SE-1016M, SE-1103 の配布
♪ 16	4.26	National Semiconductor 社の製品について
♪ 17	4.27	クローズドループコマンドテスト
♪ 18	5.11	SE-41 600 Change 1 の配布

ㄥ 19	ㄥ	SE-1054 (PCトレーニング報告書) の配布
ㄥ 20		TAP Review
ㄥ 21	5.21	SE-41 400 の改訂作業
ㄥ 22	5.25	Level 4 Test における Mission Sequence Test
ㄥ 23	6.7	POCC Familiarization Action Items
ㄥ 24	6.8	4.27 付 ALERT の配布
ㄥ 25	6.11	Mission Sequence Test Procedure について
ㄥ 26	ㄥ	POCC Operation Breakdown Structure
ㄥ 27	6.18	SE-1031E
ㄥ 28	7.5	IIA Flight / Ground Data Base Update のチェック
ㄥ 29	6.29	EOP Review
ㄥ 30	6.30	EOP Review
ㄥ 31	7.21	Level 4 Functional Test 編成会議
ㄥ 32	?	Fault Message
ㄥ 33	9.14	IPRD 及び IIA の Change
ㄥ 34	10.15	SPPO より文書改訂について
ㄥ 35	ㄥ	8.31 付 ALERT の配布
ㄥ 36	12.14	SL-1 Payload Op. Guidelines 配布
ㄥ 37	12.20	オーロラ筑波計画 (データベース) 信号名
ㄥ 38	ㄥ	POCC Requirement
ㄥ 39	12.24	MSFC 出張報告

**1983 年**

SN-83-01	1.18	ミッションチーフ会議資料
ㄥ 02	1.28	1. End to End Test etc.
ㄥ 03	2.7	フォローオンミッション オプション 2
ㄥ 04	3.7	最新 FDD
ㄥ 05	4.7	SFF 計画作成ガイドライン (案)
ㄥ 06	4.9	SL-1 ペイロード デ・インテグレーション要求の見直し
ㄥ 07	4.12	KSC での PR
ㄥ 08	4.14	1983.2.8 付の ALERT
ㄥ 09	4.26	各コンポーネントのテストサマリー作成依頼
ㄥ 10	5.11	April 25,26 IWG Handout
ㄥ 11	5.13	SFF 計画ガイドラインの改訂版
ㄥ 12	6.10	Timeline
ㄥ 13	6.20	POH サレヤエ及び S'IM Minutes (含 Action Item)
ㄥ 14	8.15	SIM テープ (音声)
ㄥ 15	8.29	1983.8.8 付の ALERT
ㄥ 16	9.1	SEPAC 礼状
ㄥ 17	9.9	SEPAC 打ち上げ時のケネディ宇宙センター訪問
ㄥ 18	9.10	SEPAC 礼状, 最終案
ㄥ 19	?	SEPAC 実験班員 JSC 出発前打ち合わせ
ㄥ 20	10.27	SEPAC/SL-1/STS-9 打ち上げに伴う VIP の KSC 及び JSC 訪問
ㄥ 21	10.13	スペースラブ打ち上げ延期について
ㄥ 22	11.9	SEPAC/SN-1 打ち上げオペレーション出発前全員打ち合わせ会

## 1984年

SN-84-01	1.30	Trouble Report 提出依頼
〳 02	3.22	EOM-1 R/R
〳 03	4.16	Bill Roberts → JSC
〳 04	4.28	スペースラブ1号の Flight 後のデータ
〳 05	5.17	Bill Roberts との電話
〳 06	5.23	EOM-1 Design Review Evaluation
〳 07	5.30	SEPAC 幹事
〳 08	6.1	EOM-1, SEPAC Safety Review
〳 09	6.7	GIRD Review
〳 10	6.26	EOM SEPAC IDR 資料
〳 11	7.20	Charlie Jones and Bill Rovers より電話
〳 12	8.31	1983.9.23 付の ALERT
〳 13	〳	1984.7.19 付の ALERT
〳 14	9.21	IPRD のレビュー依頼
〳 15	10.1	FO Requirement Document Review
EM 一番号なし	12/13/78	1.Response to fax message 77-78 comments on nonmetallic material list of FDOR 2.Material lists for DGP and EBA)
〳	12/14/78	ECP for ECR, FDOR (I) action item No. 25
〳	12/19/78	A revision of SEPAC qualification test specification for EBA assembly
〳	12/20/78	Squawks of FDOR (I) MELCO session
〳	12/22/78	A deviation approval request of DGP
〳	3/20/78	Copies of “change” pages of SE-11 and SE-015
EM-79-002	1/16/79	SE-026E “Functional Test Requirement”
EM-79-003	1/17/79	In reference to Action Item No. 5 of FDOR part I, the work to identify flammable materials and ignition sources of AL and DG packages has been performed.
EM-79-004	1/22/79	Two ECPs prepared for report to SPPO
EM-79-005	1/24/79	MUA for honeycomb insert (DGP), MUA for gimbal-arm (MTV)
EM-79-006	1/25/79	ECP-0035 on the design change
EM-79-007	1/31/79	Interim report on NASDA space chamber test (SEPAC-TR-102-ET)
EM-79-008	1/31/79	Drawings for MTV gimbal
EM-79-009	2/7/79	A report on CHG EMC (MPD-AJ-112)
EM-79-010	2/10/79	Copies of SE-41, 300
EM-79-011	2/10/79	Copies of SE-41, 100
EM-79-012	2/10/79	Copies of SE-41, 400
EM-79-013	2/16/79	Copies of SE-027E (2/1/79)
EM-79-014	2/20/79	Copies of ECP-0036, 0037, 0038, 0040, 0039, etc.
EM-79-015	3/15/79	Copy of section 10.0 of IIA for SPPO
EM-79-016	3/15/79	Copy of operation and maintenance requirements specifications to SPPO
EM-79-017	3/19/79	Copies of update drawing of MPD, cable mockup design
EM-79-018	4/17/79	Drawing N97-M21-0101 Rev.2
EM-79-019	4/24/79	MPD random vibration test report (MPD-R-016)
EM-79-020	5/2/79	ECP No. 41 and attachments (signal list)
EM-79-021	5/17/79	Response of “Quarterly Mass Status Report”, two waiver applications, FDOR II, MPD
EM-79-022	5/26/79	SE-1041E, flight cable fabrication requirement and connectors list

EM-79-023	6/4/79	ECP-0042
EM-79-024	6/6/79	1.Block Diagram for PC Training 2.EMI Test results of EBA and HVC (PM) 3.MTV nomenclature change (MTV-ECP-011)
EM-79-025	6/18/79	Change pages for SE-11 "SEPAC instrument system performance definition(D&PS)"
EM-79-026	6/18/79	Copies of SE-31(preliminary), "SEPAC test program)
EM-79-027	?	Change pages of SE-11, pp148-149 of interface description, pp48 of cable data)
EM-79-028	?	ECP NO. 0042 ~ 0049
EM-79-029	?	FDOR discrepancy notices
EM-79-030	10/9/79	Copy of "EBA PM test results addendum EBA 15-K79028"
EM-79-031	10/12/79	Copies of redlined GIRD to update
EM-79-032	10/17/79	Updated DN T.O. -08 FDOR, MPD-R-034, drawing P010L0057 Rev. D for EBA assembly (2)
EM-79-033	11/26/79	Drawing up dated MTVP009S1924 Rev. A(2), trouble report on vacuum relay (RF1d-26S)in PWR FM
EM-79-034	12/17/79	Drawings, C-556247 Rev. d for PWR and 178-594432-14 Rev. 3 for DGP
EM-80-01	1/17/80	Vibration data of MPD PM (MPD-R-034), MPD (FM) random vibration test (AT) test data (PSD))
	1/18/80	1.Vibration 2.MUA update for MC2-T6 used in DGP 3.Pressure test of the cooling water line for EBA dummy load
EM-80-02	1/28/80	Revision of material usage agreement for MC2-T6 used for DGP screw insert
EM-80-03	2/1/80	Verification plan for INS002 AL and DG equipments
EM-80-04	2/21/80	SN-80-04 and change pages for SE-1012E "VT/FT plan"
EM-80-05	4/3/80	SEPAC manual (document No. SE-41(preliminary), 200 Operation Procedure, 300 installation and assembly procedure, 600 maintenance and service
EM-80-06	4/25/80	1.Draft of hazard report No.28 and attach 2.Coupler for MGSE-GS by MHI
EM-80-07	6/25/80	Weldment answer to JA51 (80-322)
EM-80-08	7/2/80	ADP data package
EM-80-10	12/26/80	MPD structure drawings
EM-81-01	1/16/81	Review and distribution of SE-1045; PCT raining
EM-81-02	1/19/81	Check result of schematic
EM-81-03	1/19/81	Response to action Item
EM-81-03	2/1/81	Copies of verification plan for INS002 AL and DG equipments
EM-81-03a	2/6/81	Structure analysis of CAP flange (Addition to EM-81-03)
EM-81-04	2/7/81	Reply to fax message 81-9 thermal blanket dimension
EM-81-05	2/9/81	Verification data of surface condition an ADP Action Item
EM-81-06	3/4/81	Specular reflectivity sample and Alpha/Yipsiron Data
EM-81-07	4/7/81	ADP Action items rationale of heat rejection sample of specular reflectivity
EM-81-08	4/8/81	Update drawings containing optical data
EM-81-10	5/18/81	Selected SEPAC manual copies for preliminary input for GIRD
EM-81-12	9/25/81	ADP Action item additional data
EM-81-16	11/17/81	Reply to JA51 (81-965)
EM-82-01	1/25/82	Sling certification
EM-82-3	2/16/82	SE-41, 400 Preliminary as input to GIRD, KSC test procedures
EM-82-4	2/23/82	Submission of waiver for EMC test
(82-5	5/25/82	PWR battery recharging requirement change and related items)

EM-82-06	6/23/82	SL-1 JA-020B SEPAC IIA Section 10 Update
EM-82-07	9/27/82	Drawings of DGP PHO gimbal for safety evaluation
EM-82-08	10/1/82	Submission of contingency mission

## 付録5 国内で提出された ECP の一覧表

<u>DGP Assembly ECP LIST</u> (ECP No., Date and Title of Change)			
001	4/16	80	Interface circuit change
002	4/16	79	Description change
003	4/16	79	Weight change
004	4/16	79	The change of the component weight and dimension
005	4/16	79	Typographic error correction in description concerning DGP
006	4/16	79	Filter insertion to the DGP
007	4/16	79	EPA-V sensor mounting on DGP structure
008	4/16	79	Thermostat reliability definition
009	4/16	79	Error corrections
010	5/16	79	EPA-V mounting position is changed.
011	1/23	80	Deletion of signal EPACLK
012	1/23	80	Non-flight item design change
101	7/3	80	Disassembly of DGP
102	7/10	80	Change of DGP Maintenance schedule
103	9/2	80	Change of engineering unit conversion coefficients
104	9/2	80	Change of DGP ON/OFF power switch
105	9/9	80	Change of DGP EMI Test Results
106	9/9	80	Errata
107	9/10	80	SEPAC DGGSE-1 Maintenance Schedule
108	10/13	80	Addition of filter circuit in DGP assembly for time tagging
110	1/26	81	The revision of DGP FM ASSY DRAWING in SE-11
<u>MTV Assembly ECP LIST</u> (ECP No., Date and Title of Change)			
001	4/16	79	Circuit of analog Input (ID; IG)
002	4/16	79	Update MTV power dissipation
003	4/16	79	Designation of axis and angle of MTV gimbal are changed.
004	4/16	79	Mass and CG of MTV assembly are changed.
005	4/16	79	Change of MTV GSE list
006	4/16	79	Addition of description to MTV optical performance
007	4/16	79	Correction of type missing
008	4/16	79	Number of thermostat
009	4/16	79	Additional circuit in IU
010	4/16	79	Change of fuse location
011	6/1	79	MTV nomenclature is change to include MTV pedestal structure.
012	5/23	79	Change of MTV connector list
013	5/28	79	Change of MTV power control
014	8/31	79	MTV refurbishment items are changed.
015	11/13	79	Shape change of MTV baseplate
016	3/10	80	Erratum in circuit diagram
017	3/18	80	Addition of the base plate dimension to the drawing.
103	8/21	81	Update of 250 and 350
<u>EBA Assembly ECP LIST</u> (ECP No., Date and Title of Change)			
001	4/12	79	Correction for EBA beam characteristics



002	4/12	79	Correction / update of EBA assembly performance definition
003	4/12	79	Update of EBA assembly performance characteristics
004	4/12	79	Update of EBA assembly physical characteristics
005	4/12	79	Update of EBA assembly interface requirement
006	4/12	79	Update of EBA operation (7 HVC)
007	4/12	79	Change on SEQ No.2 GPSSW
008	4/12	79	Ground support equipment list and usage location update
009	8/22	79	Power distribution & consumption are changed.
010	8/22	79	Mechanical drawing update
011	2/13	80	(This ECP has been cancelled)
012	2/13	80	Update of EBA assembly performance characteristics
013	2/13	80	Update of EBA physical characteristics
014	2/13	80	Change of SEQ No.33 PSC28V
015	4/5	80	Change of SEPAC VT/FT PLAN
016	2/13	80	Update of electrical block diagram
017	2/13	80	Change on EMI test setup for RE measurement
101	4/7	80	Update of at procedures, results and data (7 HVC)
102	5/20	80	Update of verification plan summary
103	6/4	80	Update of at results and data
104	6/24	80	Update of mass data in at results and at data (7 HVC)
105	8/28	80	Addition of DWV test data in thermal vacuum test
106	9/3	80	Addition of fatigue analysis for EBA assembly & HVC
107	1/10	81	Mechanical drawing update
108	5/18	81	Addition of cable connecting procedure
109	5/18	81	Update of EBA off-line test
110	6/9	81	Update of SE-41 para 620

HVC Package ECP LIST (ECP No., Date and Title of Change)

001	4/12	79	Correction / Update of HVC performance definition
002	4/12	79	Update of HVC physical characteristics
003	4/12	79	Update of HVC physical characteristics
004	4/12	79	Update of HVC interface requirement
005	4/12	79	Change of 500V line connectors (PWR-BAT)
006	4/12	79	Change of 7.5kV line connectors (6 EBA)
007	4/12	79	Change of cable usage & associated date (6 EBA & PWR-BAT)
008	4/12	79	Change of SEQ No.47 HVCINV
009	2/13	80	Clarification of HVC performance characteristics definition
010	2/13	80	Update of HVC physical characteristics
011	2/13	80	Clarification of power interface definition
012	2/13	80	Random vibration test level change
101	1/10	81	Mechanical drawing update

PWR Assembly ECP LIST (ECP N., Date and Title of Change)

001	4/10	79	Delete BATMON command of CHG
002	4/10	79	Delete CHGV9 monitor signal of CHG
003	4/10	79	Interface circuit change of "BATSWS"
004	4/10	79	Grounding of PWR

005	4/10	79	Correction of miswriting of SE-11 and SE-1015 documents
006	4/10	79	Change of SE-11 (completion of TBD) values
007	4/11	79	Design change of CHG
008	4/10	79	Correction of miswriting (MPD heater line)
009	5/10	79	Discharge connector (BAT J-3;BAT J-4)change
010	5/10	79	Modification of voltage monitor circuit in the monitor pack
011	5/10	79	Battery cell assembly modification
012	5/10	79	BATSW type change
013	5/10	79	Addition to temperature specification of battery
014	5/10	79	Cell case design change
015	5/10	79	BAT performance update
016	5/10	79	Change of SE-11change (Correction of miswriting)
017	5/10	79	Revision of weight and C.G. position and MOI
018	4/16	79	Power block diagram change
019	5/22	79	Correction of document for the D-sub connector shell type
020	5/23	79	Description on BAT characteristics is added.
020a	6/1	79	Revision of CHG schematic diagram F708285
021	5/31	79	Change of the method of welding of the BAT body case
022	9/27	79	PWR/MPD Power consumption change due to circuit design change
023	12/26	79	Change the direction of the connectors name
024	1/18	80	Modification of fuse
025	1/18	80	Change the drawing to reflect the FM design (by C.E.)
026	1/18	80	Change of the charging period for the single charger operation
027	1/31	80	The fuse configuration has been changed due to trouble (PWER TR-013) by CE
028	3/18	80	Modification of the drawing to reflect the actual status
029	4/11	80	Change of the adapter plate thickness
101	6/10	80	Revision of at result
102	10/29	80	Modification of the pin number of the connector (BAT-J2)
103	2/16	80	Change of schedule for PWR assembly (BM)
104	5/15	81	Change of the thickness of the adapter plate Change of "bonding stud" Change of schedule for PWR assembly (BM)
105	8/3	81	Change of self-discharge characteristics of BAT cells
106	9/7	81	Change drawing No. C-556247 in SE-11

MPD Assembly ECP LIST (ECP No., Date and Title of Change)

006	2/13	79	MPD-GS NGP gas tank heater removal
007	2/13	79	Change the temperature range of the thermostats for MPD FAV
008	2/13	79	MPD-CAP grounding relay removal and related document change
009	4/16	79	Capacity increase of CAP fuse
010	2/13	79	Change of displayed parameter on DDU and others
011	2/13	79	Relay type used in MPD CAP is changed.
012	2/13	79	Correction of drawing number
013	3/27	79	Flight Cable CDM-W3(M) change
014	3/27	79	Correction of Table
015	3/27	79	Correction of command timing of MPD operation
016	3/27	79	Change of location of electrical parts in CAP

017	3/27	79	Modification of fracture control plan of CAP sealed container
018	3/27	79	Mechanical and electrical design change of MPD assembly
019	-	-	This ECP has been cancelled.
020	4/16	79	Change of manufacturing procedure of flight cable
021	4/16	79	Correction of miswriting of SE-11
022	4/16	79	Replacement of C-MDS
023	4/16	79	Correction of miswriting in SE-11
024	4/16	79	Fill out of TBDs in MPD specifications
025	4/23	79	Addition of missing word and drawing
026	4/23	79	Correction of miswriting
027	4/23	79	Correction of miswriting and supplying omission
028	4/23	79	1. Change of coupler type and addition of relief vent and piping for MPD and NGP. 2. Removal of drain valve piping for NGP
029	6/01	79	Change of the minimum discharge voltage of MPD performance
030	6/01	79	Change of the output wave form specification of MPD FAV and TRG
031	6/01	79	Change the specification of monitor sensor and output characteristic of MPD
033	2/04	80	Change of MPD assembly envelope size
034	1/21	80	Addition of dummy load schematic drawing to SE-11
101	5/30	80	Change of MPD maintenance schedule
102	8/25	80	Change of MPD maintenance schedule
103	10/1	80	注気カプラー O リング部の設計変更