就航実績から見た船舶とう載コンピュータシステムの信頼性について*

浜 田 績**

Reliability found from The Actual Operating Result
of The Computer Control System on Board

By Isao Hamada

From 1971 to 1972 several crude oil tankers equipped with a computer control system were completed in Japan. Among them was Tottori-maru, a 237,000 dw steam turbine tanker, on which a centralized computer system for the control and calculation of cargo oil pumping, navigation and steam turbine plant was experimentally installed.

From her delivery of September 5, 1972 to date, the ship has accumulated about three years of actual operating result for the computer system. Despite having sometimes experienced troubles during this period, which were surmounted on all such occasions in co-operation with the shipbuilder's and computer maker's engineers, the system has now come to obtain the reliance of ship's personnel by its excellent performance and usefulness. Especially the pumping system is so depended on that no loading or unloading operation without the computer system is considered.

The author, who has engaged in the project through the planning, installation and also maintenance of the system as the team leader of the shipping company, describes that, although these experiences and data gained from the system are expected to be great help in design of practical computer control ships, 99.35% of overall system availability is not so good as expected. From the standpoint of ship owner he requires 100% of system availability with the exception of pre-scheduled system down for maintenance and proposes some opinions for the system design to improve reliability.

1. ま え が き

昭和46年より47年にかけて、わが国の主要船主と造船所との協力による数隻のコンピュータ制御船が相いって就航した。47年9月5日しゅん工の237形タンカー鳥取丸もそのうちの一隻であり、1台の中形制御用コンピュータにより航法、機関および荷役システムの計算、制御を行なう、いわゆる、集中制御方式が採用されている。本船は本格的な超自動化船の建造に備えて、コンピュータ制御システムの信頼性、有用性、船および乗組員への適応性などを実証するための実験船として計画、建造されたもので、就航以来3年間の運用を通じて数々のトラブルを経験しながらも、これを乗組員および造船所、メーカーとの協力によって克服し、特に荷役に関しては今やコンピュータシステムなしの荷役が考えられないほどに乗組員の信頼を得るに至っている。また、システムの運用やメンテナンスを通しての経験は、将来の超自動化船建造のための貴重なデータとなり、教訓となって蓄積されつつある。

筆者はコンピュータについても、信頼性工学についても未熟の者であり、また、コンピュータシステムの経験も本船についてのものだけであるが、本船システムの計画、建造、就航後のメンテナンスを一貫して担当して来た経験をもととして、主として信頼性の面から見たシステムの運用実績、問題点、希望等について述べてみたい。

2. 鳥取丸コンピュータシステムの概要

本船コンピュータシステムについては、多くの紹介記事があるので、ここでは本文内容の理解に必要な最少限度にとどめる。

2.1 ハードウェア構成 図1に示す通りで、コンピュータおよび周辺機器はブリッジデッキ中央部の計算機室に設置されている。

2.2 航法システム 次のサブシステムより成る。

- 1) 衝突予防レーダシステム (MARAC-II)
- 2) オメガ船位決定システム
- 3) NOON REPORT作成
- 4) 各種航法計算
- 5) 天測計算

2.3 荷役システム プログラムの構成は図2に

* 原稿受付 昭和50年10月13日

** 正会員 日本郵船(株)(東京都港区三田1-4-28)

図1 コンピュータ制御システム ハードウェア (H/W) 構成図

示す通りで、荷役の種類に応じて基本的なシーケンスを進行させる6個のベーシックプログラムと、すべてのベーシックプログラムに共用されるコントロール、レベルチェック、弁開閉、荷油ポンプ制御、計算、ロギング等のプログラムによって構成されている。ベーシックプログラムは同時に進行する2種類(たとえば、ローディングとパーマナントバラスト排水)を同時に使用可能で、また、荷役途中における手動からコンピュータ制御への切り換えまたは、その逆が容易であり、積地、揚地によって著しく相違する条件に対して十分なフレキシビリティを持っている。

2.4 タービンシステム システムの構成を図3に示す。プログラムのうち、ブラックアウト予防、ボイラ温体起動、タービンモニタ各プログラムとロギングの

一部(馬力、燃費率等)がM0仕様以上のもので、あとはM0装置との重複またはその作動チェックを行なうプログラムであり、一方、M0船に装備しているデータロギは仕様合理化の理由で廃止され、コンピュータによって行っている。なおタービンモニタプログラムとは、主機の軸振動、グラント部の接触音、高圧タービン車室フランジ内外温度差検出による熱応力の予測等により、主機の安全増速をつかさどるプログラムであり、また、主機遠隔操縦プログラムは直接数値制御DDCの実験のため採用されたもので、機能としては重複して設けられている電気油圧式リモコンと同様で、操縦ハンドルも両方のリモコンに共通であり、コンピュータシステムにトラブル発生の場合、DDCから電気油圧式への切り換えがバンプレスに行なわれる。

図2 ポンピングプログラム構成図

3. コンピュータシステムの運転状況

本船しゅん工以来すでに3年を経過したが、この間、コンピュータシステムは常用され、今や実用的な機能として本船になくはならない存在となっている。本章では各システムごとの使用状況と乗組員の評価について簡単に述べてみたい。

3.1 荷役システム 荷役システムは本船コンピュータシステムの中で最も重要なシステムであり、期待の大きい反面、一まつ不安もあったが、処女航カフジにおける最初の積荷作業に使用され、その便利さ、能率、安全性などが立証された結果、以後、毎航における積・揚荷、バラストちょう排水等一切の荷役関係作業はコンピュータ制御により行なわれるようになり、現在では、それが当然のこととなっている。もちろんこの間ソフト

ウェアの改修、改良は少なからず、また、ハードウェアにおいてもコンピュータの周辺機器や入出力関係、あるいは液面計等センサに若干の故障を経験したが、荷役作業そのものを危険にしたり、障害となったケースは一例もなく、この点で全乗組員の信頼を得ている。ちなみに、乗組員の好評を拍している主なポイントをあげると次の通り。

1) 安全性向上 積荷にしても揚荷にしても、基本的には予定された対象タンクのバルブを開き原油を流し込み、あるいは、ポンプで吸い出すのであるが、その際喫水、トリム、ヒールなどの船体姿勢、Bending Moment や Shearing Force といった縦強度、積荷の場合は特にあるタンクの積み過ぎによる over flow 等に対して、これらが制限値を越さないよう常時細心の注意を必要とし、従来は乗組員にとって大きな精神的負担となっていたが、コンピュータシステムによってすべての計測、計算および判断が一定間隔で正確かつ瞬時に行なわれ、乗組員をこの種作業より解放した。乗組員は余裕をもってシステムの運転状況やセンサの状態をチェックし、また、荷役の全体的な流れを把握して、より高度な判断を行なうことが可能となったため、安全性が向上される結果となった。なお、センサの中で最も重要な各タンクのフロートゲージの故障は皆無ではないが、レベルゲージチェックプログラムによる常時監視と、作動のおかしい場合の自動的な巻き上げ、巻き下ろしによる自己診断機能と、さらに独立のオーバーフロー検出器の併設は著しくその信頼性を高めている。このことは、積荷終期において典型的に認められる。すなわち、従来船では積荷終了の数時間前から送油レートを制限し始め、また、人による監視可能な限界としてタンク数は4個位に制限されるのが普通であるが、本船においてはこのような配慮は全く不要であり、乗組員の精神的負担を軽減すると共に、わずか1時間程度ではあるが荷役時間の短縮にもなっている。また、荷役進行中の船体縦強度のチェックは従来望めなかったことであり、安全性向上の見地より高く評価される。

2) ロギング 従来多数の計測値と索表を含む計算とにより作成され、多くの時間と労力を要していたが、コンピュータはこの種単純労働を乗組員より一掃した。

3) システムのはん用性 タンカーの積荷は1種類よりむしろ2、3種類が普通であり、また、積地、揚地もそれぞれ1港以上となることが多く、しかも、陸上側設備能力や港湾事情に大きな差がある。荷役を中断したり、システムの故障により一時的に制御を中断し、手動に切り替える場合も当然予想された。本船荷役システムが、ベーシックプログラムにより基本的なシーケンスを進行させ、コントロールプログラムにより許容範囲の上、下限において修正動作を行なう ON-OFF 制御方式を採用し、各種条件のあらゆる組み合わせに対しても使用可能よう計画されていたことが、成功の今一つの理由で

図 3 タービンプラント制御システムの構成

あろう。

3.2 タービンプラント制御システム 荷役システムと同様本船における主要システムであり、常用されているが、その評価はやや劣るようである。これは荷役システムが従来船になかった新しい設備であり、また、荷役作業のシーケンスや諸計算が本来コンピュータ制御の効果を発揮するのに適しているのに対し、船の推進プラントは航海状態にはいった後はただプロペラを一定速度で回すという、制御の面からいえば単純な機能を果たすだけになり、プラントの信頼性、耐久性さえあれば、自動化はM0設備程度で十分という点に起因すると思われる。すなわち、本船に採用したプログラムのうちで、最も評価を得ているのはタービンモニタプログラムであり、この他の試験目的で採用したM0重複システムはもちろん、プラントの故障予知や復帰のためのシステムに対する評価も大きくない。プラントが安定していれば、このようなシステムの必要性は感じられないわけで、システムの計画者としては残念であるが、推進プラントとしては理想的な姿であろう。筆者は機関部に中途半端なコンピュータ制御を導入するのは有害無益と考えているが、今後この点で識者の論議を期待したい。

3.3 航法システム 上記2システムとは異なり、余ったメモリと少ない予算で設備したシステムであるため十分な成果をあげているとは残念ながらいえない。特に、目玉商品であるオメガと衝突予防システムのうち、前者は本船航路に予定したオメガ局が未開局のため使用不能であり、後者は予算上の制約をはねかえして一応の機能を発揮するよう改善されたものの、ハードウェアに毎航故障が出ており信頼して実用できるまでには至っていない。これらに比べて天測計算、航法計算、日誌作成等のプログラムは重宝されており、毎日の使用ひん度も多い。

4. システムの故障実績

4.1 システムダウンについて コンピュータ制御システムの故障は、(1)コンピュータ本体の障害、(2)周辺機器の障害、(3)検出端およびプロセス側の障害、(4)船内電源の障害の4種類に大別できるが、本船システムでは、これらを軽故障と重故障に分け、軽故障の場合は代替デバイスを指定したり、システムの機能を低下させることにより、システムとしての処理は継続される。一方、重故障が発生した場合、そのまま処理を続けるとプラント側に重大な障害を与える恐れがあるため、プラント側との連結を断ち、コンピュータを停止(SYSTEM DOWN)させるようにしている。システムダウンには、ハードウェア信号によるものとソフトウェアにより検知するものがあり、その種類は表1のとおり。システムダウン発生時システムタイプライタに、故障の種類が関係するプログラム名等必要な情報と共に下記のごとくタイプライアウトされる。

(例) *SYSERR* 04 6C51 0343
No. INF1 INF2

No. はシステムエラーの種類。

INF2は実行中のプログラム番号。

INF1はエラーの種類によって表わす内容が変わり、Pレジスタ内容、リターンアドレス、ステータス等を表わす。

表1 SYSTEM ERRORの種類

01	Watch Dog Timer Over-flow
100ms ごとのIT(割り込み)が4秒以上なし。
02	Instruction Parity Error
Core Memoryに異常発生。
03	Operand Parity Error
Core Memoryに異常発生。
04	不正命令発生
Computer 命令語にない命令コードが使用された。
06	Memory Guard Error
メモリ保護領域に書き込み動作が行なわれた。
07	Machine Check
命令(またはステータスレジスタ)の誤動作発生。
10	Drum Error
補助記憶ドラム入出力装置の故障。
11	Pulse Error
パルス入出力装置の故障。
12	D/O Error
デジタル入出力装置の故障。
19	強制ダウン
オペレータによるモード切換え(停止)。
20	Fork Error
誤った番号のプログラムをforkした。
21	Delay 3 Error
誤った番号のプログラムをdelayさせた。
22	Zero Page Check Sum Error
ゼロ頁の常数部分メモリがこわされた。
23	IT Look Time Over
100ms 以上インタラプトがロックされていた。
24	ユーザプログラムの実行時間オーバー
1st Level 1秒, 2nd Level 2秒, 3rd Level 5秒夫々超過した場合。
25	HSA(高速演算装置)Error
高速演算装置で正しい演算結果が得られない。

Analog Trouble

これはSystem Errorではないが、それに準ずる処置、すなわち、アナログ入力装置に故障発生の場合、アナログ入力を使用するタービンプラントおよび荷役システムのプログラムを停止させる処置がとられる。

4.2 システムダウンとか働率の実績 本船しゅん工より第2回入きよまで(47.9.5-50.6.24)約3年間のコンピュータシステムのシステムダウン回数、時間およびか働率を表2に示す。但し、か働率は次の通り。

$$\text{か働率} = \frac{\text{航海時間} - \text{ダウンタイム}}{\text{航海時間(航海+停泊)}} \times 100\%$$

表より明らかなごとく、鳥取丸コンピュータシステムのか働状況の内はば満足できるのは10航海分であり、

表2 システムか働率実績表

次航	航海開始日	停止回数	停止時間	か 働 率
1	47. 9. 5	15 回	465 分	99.24%
2	47.10.18	16	739	98.72
3	47.11.27	4	42	99.93
4	48. 1. 7	1	67	99.89
5	48. 2.17	5	269	99.62
6	48. 4. 6	3	29	99.96
7	48. 5.27	9	431	99.47
8	48. 7.23	1	7	99.99
9	48. 9. 1	5	127	99.82
10	48.10.21	5	43	99.94
11	48.12.30	9	104	99.90
12	49. 3. 5	7	132	99.87
13	49. 5.13	5	357	99.63
14	49. 7.19	5	706	99.08
15	49. 9.10	16	3262	94.82
16	49.10.24	9	1739	97.75
17	49.12.17	3	29	99.97
18	50. 2.23	13	707	99.19
19	50. 4.25	5	47	99.95
通算	1,001.1 日	136 回	9302 分	99.35%

残り 9 航海分についてはか働率の極端に悪い場合があって、結果として通算か働率は 99.35%と期待値を下回っている。しかし、システムダウンの中にはあらかじめ計画されたメンテナンスのための停止時間が含まれているので、これらを除けば上の数字は 99.59%となる。

以下、これらのシステムダウンを原因別に分類し、特徴的な内容について述べてみたい。

A. 突発的に発生したもの

1) プログラムの虫	12 回 118 分
2) ミスオペレーション	8 回 142 分
3) メンテナンスに関連	10 回 236 分
4) ハードウェアの故障	(76 回 5415 分)
① リレーノイズ	11 回 108 分
② D/O カード IC 不良	1 回 171 分
③ パルスエラー	21 回 218 分
④ パルス入出力装置	27 回 3436 分
⑤ タイプライタ故障	9 回 1143 分
⑥ アナログトラブル	7 回 339 分
計 106 回 5911 分	

B. メンテナンスのための計画的な停止

1) ソフトウェア改修	8 回 362 分
2) ハードウェア保守、修理	22 回 3029 分
計 30 回 3391 分	
合計 136 回 9302 分	

1) のプログラムの虫は最初の 1 年間に出了たもので、以後は見られない。

2) も、システムに不慣れた初期段階において、主としてソフト修正時に出了たものであり、現在はほとんどない。

3) はハードウェア設計の不備と取扱い上の不注意が

結びついたものでその都度改善されたが、機関室で圧力スイッチやリミットスイッチ等センサの修理の際、D/I 用電線を接地、短絡させたため D/I 用カードのフューズが切れてシステムダウンとなったケースが数回あり、修理の際、端子をはずす等の注意が必要である。

4) ①は一、二次航、システムタイプライタによるオンラインユーティリティ使用時に発生したもので、read mode から write mode に切り換えるリレーの作動ノイズが原因と推定、三次航後 Noise Killer としてコンデンサを追加することにより解決された。

4) ②はコンピュータデジタル出力を外部プラントに伝える水銀リレー用 IC カードの発熱損傷により、出力がプラントにとどかなくなった故障で一次航に発生した。同種の IC カード 47 枚は第 1 回入きょ時、十分な試験により確認されたカードと交換され、以後問題はない。

4) ③は六次航から発生し始めたトラブルであったが、原因不明のまま約 2 年経過し、結局、第 2 回入きょ時に判定条件を甘くする方向の対策を行ない、一応解決されている。すなわち、従来はパルス入力のあったとき、カウント要求を出して 10ms 以内にアンサーバックがなければパルス入出力装置の故障と見なしていたが、タイミング的にひっかかるケースが多いのでこれを 20 ms に延長したものの。

4) ④はその原因究明、対策のための停止時間も合わせると実に全ダウンタイムの 6 割弱を占め、これまで経験した最大のトラブルであった。第 1 回入きょ後の十一次航より原因不明のシステムダウンが発生し始めたが、初期においてはひん度も少なく直ぐ再起動可能であったので、それほどシステムの運転に支障を来すことはなかった。しかし、十五次航に至ってこの種システムダウンがひん発し始め、また、アプリケーションプログラムの中でも影響を受けるものがあり、システム運転上の大きな障害となって来た。現象は一定しなかったが、大別して次のように分類された。

ア. 異常命令発生 (04) およびメモリガードエラー (06) によるシステムダウンひん発。

イ. 上のシステムダウン発生に際して、通常 1 回だけしか行なわないエラーメッセージのタイプアウトを、人が止めるまで際限なく続ける。

ウ. システムダウン後のシステム再起動がしだいに困難となり、数回以上トライしないと成功しない。

エ. 主機回転数、FO 消費量などのパルス入力値が一定値以上増加しない。

オ. 主機操縦 DDC プログラムにおいて、プログラムの動作と全く無関係に、同プログラムが運転されていない場合においてすら、過大のパルス幅出力がアウトプットされる。たとえば停泊オートスピニング中、回転数が突然上昇し始め、乗組員が気付いて約 40 回転で止めて事無きを得たケースがあった。

十五次航内地停泊中によりやく原因はパルス入出力制

御用VPAカード接栓部の接触不良によることがつきとめられた。本船システムにおいて、パルス入出力は補助ドラム同様、高速データチャンネルMPXを介して直接コアメモリに転送されるが、VPAはこれを制御するカードで、外部よりパルス入力があったとき、そのデータをストアすべきコアアドレスのデータをいったんVPAに呼び出し、これに1加えた後、もとのアドレスにもどす機能を行なっている。VPAは片側上下に80点、両側で160の接点を持つ大形のICカードであるが、その接栓内で一部接触不良の接点があり、これがたまたま、転送用アドレスまたはデータのビットに相当したため、データが一定値以上増加しなかったり、間違った番地に転送されてその内容をこわしていたものと思われる。

VPAカードの接触部は船内環境を十分考慮して、接点部はNi下地処理の上、ロジウムメッキ、また、これを受ける接栓ビンのスプリングは磷青銅にNi下地処理の上金メッキで、接触圧力40 kg/cm²、500回の抜き差しに耐えるとされており、計算機室の防振対策、カードラックへの取り付け方法と共に最高の水準と考えていたが、この程度の運転時間で接触不良故障が発生したことから、まだ不十分であったのかと反省させられている。

十五次航終了時点で接栓スプリング手直し、同部洗浄の結果、一応正常となったが、念のため、ハード技術者1名乗船の上出港、果たせるかな出港後トラブル再発し始め、乗船技師と本船側の協力により隣接予備接栓に移設工事を行なった結果、さしものトラブルも解決を見た。移設工事は狭い場合で細かい電線を300箇所も半田づけするという難工事であったため、4日間延べ24時間を要した。

4) ⑤ タイプライタの故障には2種類ある。始め一、二次航に出たのは航法システム用タイプライタで計算実行中に発生したもので、プログラムがLoopにはいり、一切のKey inが受けつけられなくなる現象で、この状態を解消するためにシステムの停止を要したものである。二次航においてタイプライタ内部配線の一部、Key inの際、文字をSet Bitする12 Vラインに切れかかった箇所のあるのを発見、半田づけ修理して解決した。完全な断線ではなく、ついたり離れたりしていたことが現象を複雑にし、原因究明を遅らせた点、前記VPAカードの接触不良のケースと類似している。次に、十四次航において、タイプライタ故障によるシステムダウンが4回あり、うち2件はシステムタイプライタの印字終了信号が返されなかったこと、1件はメーカによるメンテナンスの際、コンピュータとの連結を切らずに行なったことが原因となっている。

タイプライタとして、本船にはIBMのFCTが5台使用されているが、上記のほかシステムダウンにつながらない故障が多発しており、予備1台支給するほか、ほとんど毎航IBMサービス員に修理依頼しており、システ

ム運用上の障害となっている。トラブルのおもなものをあげると、駆動ベルトやシフト用スチールワイヤの切損、誤印字やスペースミス多発、タイムオーバー多発、入出力不良、キャリッジリターンやシフト不良などで、故障はシステムタイプライタと航法システムタイプライタに集中している。他の3台が出力専用であるのに対し、これら2台は入出力用であり、使用ひん度も比較にならないほど多く、更に航法システム用は船橋という環境条件の良くない場所に設定されていることが、悪い結果を招いたものと思われる。ちなみに、タイプライタのMTBFは、システム用60日、航法システム用100日に対して、残りの3台は200日となっている。

4) ⑥ アナログトラブルは十八次航船内エアコン不調時、計算機室の相対湿度が100%近くまで上がったときにVFCが不調となって発生したもので、VFCの性能保証は湿度75%までとされているので、取りあえず湿度を上げないよう取り扱い上の配慮を払っている。しかし、湿度に関して特別の配慮を払っていなかった十七次航以前において特にトラブルを経験していないので、経年劣化その他、別の原因がないともいえず、経過に注意している。船主側としては短時間のこの程度の変化に影響されないハードウェアを希望したい。

以上コンピュータを中心とした重故障について述べたが、最後にコアメモリおよび3台の補助ドラムに関する故障は1件もなかったことを付け加えたい。これらはぎ装中に故障があったが、その時の対策が適切であったものと思われる。

5. システムのメンテナンス

5.1 メンテナンス体制 本船においてはメンテナンスおよびバックアップの仕方もまた試験項目の一環であるが、現状では船長主管の管理委員会のもとに、コンピュータおよび周辺機器を無線部が、アプリケーションシステムは甲板部と機関部がそれぞれ担当している。乗組員には、コンピュータ講習済の者、社内のコンピュータ室勤務経験者、全くの未経験者が混在しているが、本船のような複雑なシステムの場合、特にコンピュータの担当者として少なくとも1名は経験者が必要なように思われる。陸上側では海、工務部からの数名のメンバーからなるチームによってバックアップしている。

一方、造船所およびメーカ側は一応共同研究目的を達したとして、通常はシステムの運用に関与していないが、本船のシステムが試験目的の特殊かつ複雑なものであり、トラブルの原因究明にはどうしても最初からの関係者を呼ぶことが必要となってくる。

5.2 システムの定期整備 1.5年～2年間隔の船の入りよ時期に合わせて、メーカによるシステムの定期点検整備を行なっている。内容はメーカ標準のものでこれまで2回実施したが、定期整備直後かえってトラブルが多発しており、整備内容、効果、必要性について更

に検討を要すると考えている。なお、補助ドラムについては、ボールベアリングの寿命が25,000時間とされており、取り換え整備に2か月を要するので、予備ドラム1台購入保管し入きょごとに1台あて循環整備することとしている。

5.3 コンピュータシステムの整備費用

本船での実績をあげると次の通り。

- 1) 49.4 - 50.3 1年間の小修繕費 350万円
- 2) 50.7月入きょ時の定期整備費用 250万円
- 3) 補助ドラム1台の整備費用(見込み) 150万円

これらのデータより、この種コンピュータシステムの保守費用として、年間4~500万円を見込む必要がありそうである。なお、コンピュータシステムの保守、故障原因調査等は高級技術者により長時間かけて行なわれるため、成果に比べて割高になることが多く、上の1, 2)の費用の大部分も人件費に食われている。この意味でも信頼性あり、メンテナンスしやすいシステムの開発が望まれる。

6. 今後への提言

すでに述べた本船システムのか働率に筆者は満足していない。われわれが船にコンピュータ制御を導入するのは、これにより、船舶運航の安全性を向上し、省力化を図るためである以上、コンピュータシステムは必要とするあらゆるケースにおいてアベイラブルでなければならない。この意味で、メンテナンスのため予定される短時間の停止は別として、あえて、100%のか働率を要求したい。今後、信頼性、耐久性においてこの要求に近いシステムが出現しない限り、船舶におけるコンピュータ制御システムの将来はないであろう。

最後に、本船のメンテナンスを通して気のついた点を

幾つかから列する。

1) システムを極力単純化し、欲張った機能を要求しない。このためには本船の集中形より、分散形システムの方が適している。

2) ソフトウェアには経年劣化がないので、ソフトウェアによる論理回路構成を行ない、ハードウェアは極力簡素化し信頼性を上げる。

3) IC, LSI カード等は十分なエージングと試験を行ない、上から下に差し込むような取り付けとする。

4) モデルチェンジをひん繁に行なわないこと。

5) バックアップシステムに頼らず、それ自体故障しないよう計画する。

6) タイプライタの利用はできるだけ制限し、他の信頼できるデバイスを代用する。

7) 船橋に装備される機器は、特に振動と高温に留意した構造とすることがある。

8) 信号ラインの接地、短絡等があっても、コンピュータ内部まで波及しないよう絶縁されていること。

7. あとがき

以上、超自動化船鳥取丸のコンピュータシステムの運転実績を紹介した。信頼性の点でまだ十分とはいえないが、次代の本格的超自動化船への橋渡しという意味で本船は立派に役割りを果たしている。本船以外の超自動化船についてもこのようなデータが発表され、合せてコンピュータ制御システムの信頼性向上に資することを念じたい。

文 献

- 1) 岡野：舶機学会誌8巻3号, 1973