船舶とエレクトロニクス

永田 至孝*
Shiko NAGATA

Key Words: Ship, Electronics

1. はじめに

「船舶」とひとくちに言っても、タンカー、貨物船、客船、漁船、引船、作業船、レジャー船、艦艇など、使用目的やサイズが多くの種類にわたるため、ここでは全船舶総トン数のうち、90%以上を占める各種タンカーおよび貨物船を対象に述べる。

船は、有史以来、大量かつ、遠距離輸送の手段として用いられた最も古い人工の輸送機器である。他の輸送機器と違って船の内部は大きく、その中で生活も営まれ、小社会を形成しているほどであるため、たくさんの装置があり、エレクトロニクス技術の応用対象品も数多い。しかしながら、ここでは一般生活品に対しては他に譲り、船を輸送機器として考え、航海、荷役、機関の3部門について、エレクトロニクスとその関連を述べることにする。

船舶内での主な作業内容は表1のとおりである。

2. エレクトロニクス技術応用の目的

船舶におけるエレクトロニクス技術の応用目的は、大きく次の4項目に分けられる。

(1) 情報伝達 最も早く船でエレクトロニクス技術が利用された項目であり、船と陸との相互連絡、船舶相互間の連絡および安全確認、船内における通信および報告、船内機器相互間のデータ伝送などである。無線通信装置に利用されたのが最初であるが、最近では、データの多重伝送、人工衛星を使った遠距離通信へと発達し、更に、光フ

ァイバ利用のデータ伝送も試験的に実施された船がある。

(2) 安全性 レーダ装置への利用に始まり、船の衝突予防、機器の早期故障発見、船体強度のチェック、火災検知および自動消火対策、爆発性ガス検知などの目的に使われている。

また、公害防止に対する関心の深まりも、エレクトロニクス応用の目的を広げている。省力化、省人化が進むにつれ、これに伴って安全に対しても、エレクトロニクス応用範囲が広げられていくのが一般で、いわば省力、省人を補完する関係にあると言える。

(3) 省力、省人 いわゆる「自動化」の言葉で推進された項目である。以前は、人間が機側または遠隔より操作し機器との直接の対話で確認していた諸情報をエレクトロニクス技術を使って、1箇所（すなわち、制御室）に操作機器、監視機器を集め、少ない人員で装置を運転し船を運航するようにした。

歴史的に振り返ると最初のうち、自動化とは遠

表1 船舶内の主な業務内容

航海部	船を安全にかつ、指定された日時に目的地に着けるための業務。係船および船体の保守まで含む。
荷役部	目的地に着いて輸送する荷物の揚げ降ろしを行う業務。
機関部	航海部または荷役部の要求によって、船を推進させるための機関および、補機を運転し、保守する業務。
その他、生活一般	食事、ふろ、居住区清掃、レクリエーションなどに関するサービス業務。

* 三菱重工業（株）長崎造船所（〒850-91 長崎市飽ノ浦町1-1）。

隔操作から始まり、次に人間の操作を忠実に実行する機器へと進み、現在では人間にも困難な判断をさせ、安全に運転する機器へと進歩した。

そして、人間の負担を軽くするために不必要な情報を与えず、運転に必要な十分に選択された情報と運転者が呼び出した情報だけを与えるシステムに変化してきた。

また、陸上に送るレポートに織り込む各種データはできる限り自動記録とし、省力化しているのが現状である。

(4) 省エネルギー 1970年代始めに起こった石油危機以来世の中はあげて省エネルギーに専心した。船も例外ではなく、船主、造船所、主機メーカーなど、こぞって省エネルギーを実現できるあらゆる項目を検討し、経済的に成り立つものはつぎつぎと実施に移した。その結果、最新鋭船では、単位輸送貨物当たりの使用燃料は半減したものすらある。これらの制御装置の一部にエレクトロニクス技術が使用されている。

以上のように、情報伝達、安全性、省力・省人、省エネルギーを主な目的として、エレクトロニクス技術を利用しているが、実際の装置の中では、これらの目的が時と場合により重畳し、あるいは分離するため、必ずしも明確であるとは限らない。

3. ハードウェアの移り変わり

船舶において、かなり以前よりエレクトロニクスの恩恵にあずかっていたものは、無線通信機器に使われていた真空管があり、これは、半導体素子が一般的に使われるようになるまでの長い期間、唯一のエレクトロニクス機器であった。実際に半導体素子が船に使われ始めたのは今から約20年前で、始めは監視装置用として、その後、主機、補機の制御用としても用いられ、10年間ぐらいで漸次半導体素子に置き換わっていった。

そして、中枢部が置き換わるのみならず、新しい技術としてのデータ多重伝送装置としても使用されるようになった。

昭和43年からは、超自動化船と銘打って1台のミニコンピュータを船に搭載し、航海、荷役、機関で共通に使用する、いわゆる集中電算機制御方式の実験船が日本を代表する船主と造船所との協力であいついで計画され、昭和45年から48年

にかけて7隻の就航をみた。これら実験船によって船主、造船所、ともに技術的にはコンピュータの船舶搭載に問題のないことを学び取ることができた。

その後、エレクトロニクス技術の発達はめざましく、ハードウェア価格の大幅ダウン、小形化、ソフトウェア言語の高級化などによって多くのミニコンピュータ、マイクロコンピュータが船舶にも搭載されているが、これらコンピュータは10年前のように大きく取りざたされず、船舶に使われる装置の一部器として搭載される時代となった。

ちなみに、昭和56年に就航した某船主12万重量トン・タンカーでのコンピュータ利用状況を表2に示す。

表2からもわかるように、最近の船ではエレクトロニクス技術は航海、荷役、機関部、それぞれの中で独立に応用されており、めだつ存在ではなくなったが、なくてはならぬものになってきている。

もちろんコンピュータとしてではなく、ワイヤドロッジック制御装置としても、大きな電流を流さぬ部分は、経済性を考えながらしだいにエレクトロニクス化されてきている。

4. 船内各部のエレクトロニクス化現況

4.1 航海部 荷役業務を終了後、ともづなを解き、岸を離れる作業から始まって、出港、海上航行、入港、着岸、係船までの間の業務であるが、前にも述べたように、船舶の中でも最も早くからエレクトロニクス化が進んだ部門である。

表2 56年建造某船主12万重量トン・タンカーのコンピュータ利用状況

装 置 名	コンピュータ・メモリ(バイト)
1. 総合航法装置	64K
2. 衛星航法装置	32K
3. 衛星通話装置	64K
4. 省燃費形自動操舵装置	34K
5. 積付計算機	32K
6. 荷役操作手引き装置	32K
7. 主機遠隔操縦装置	16K
8. ボイラ自動燃焼制御装置	16K
9. 機関部監視記録装置	56K

業務ごとの、エレクトロニクス化および使用状況は次のとおりである。

(ア) 航海計画 入港すべき港と日時が決定されると、その港まで安全で経済的な航路設定を行う業務である。この業務に要する情報量は多く、海図のほかに天候、潮流など時々刻々変化するものがあるため、いわゆる船長の腕の見せどころであるが、最近では人工衛星からの天候諸元が得られるようになり、この情報を陸からもらうことによって、より効率的な航海計画ができるようになった。そして、最近ではコンピュータを使って航法計算を行い、概略の航海計画まで行うことができる装置がある。しかし、このシステムでも詳細に関しては、まだ船長の腕に頼っている。

就航中の船舶で航海計画をエレクトロニクス化している船は非常に少なく、世界でも 20 隻に満たぬであろう。これは、船主が経済的にまだメ리트なしと見ているからである。

(イ) 船位決定 自船の位置が地球上のどこにあるのかを決める業務である。太古から伝わるものとして天測があり、近年になって方向探知器、デッカ、ロラン、更に、最近のオメガ、人工衛星航法装置などが、何の陸影に見えぬ大海で使われる。

陸地が正確にレーダで捕そくされ、あるいは肉眼で見えるようになると、海岸線、燈台、山頂などをレーダまたは方位環で距離や方位を読み取り、船位決定がなされる。このほか、ある確定位置からの船速と針路方位を積分して船位を決めるデドレコ方式もある。

これは多くの船位決定方法の中で、エレクトロニクス技術を必ずしも要しないものは、天測、方位環と、デドレコであり、他の方法はすべて電子技術の発達によって可能となったものである。精度の点からみると、大海での船位は人工衛星航法装置によるものが最も正確であるが、近い陸地を目標とする船位決定には勝てぬ。

(ウ) 航路保持 航海計画で設定された航路から、できるだけそれないように舵を取り、自船を導く業務であり、常に、船位決定によって設定航路との相対位置を監視しつつ航路保持に努める。航路保持にはマクロ的な意味とミクロ的な意味があるが、マクロ的には航海士が行い、ミクロ的には操舵手が行うのが常である。しかし、最近になって、ミニコンピュータを利用した航路保持

装置も現れ、一部の大形船には使用され始めた。また、自動操舵装置（オートパイロット）は、船の針路を決めると、操舵手のかわりに保針を行う機能をもっているが、最近では、燃費の高騰もあって、むだな操舵をせず、できるだけ船の推進エネルギーを少なくするような操舵を行う省燃費形自動操舵装置もでてきている。このような装置は高速の小形コンピュータがあつてこそ実現されるものである。

(エ) 見張り 船が他の物体と衝突せぬよう、また波頭のようなすなどを見て、適切な速度、方向などを決めるための業務である。天候急変のときは別として、ほとんどの時間が他の物体との衝突回避のための見張りであることはいうまでもない。

第二次世界大戦後レーダが商船に導入され、その使用拡大は急速であつた。安全性の観点から現在では国際規則でも 1600 総トン以上の船舶は装備を義務づけられているのみならず、10000 総トン以上の船舶に搭載するレーダは、衝突予防援助装置をつけなければならなくなりつつある。

つまり、従来は操舵者がレーダ上に映った物標を手動でプロットし、自船と物標との相対位置の動きを監視、判断しながら衝突を避けていたものを、マイクロコンピュータによって物標の捕そく、追尾、衝突の危険性の判断などをさせる、いわば自動見張り警報装置の搭載を義務づけられるのが間もないことである。

このように、見張りに関しては、ごく小形の船を除けばすべての船が、エレクトロニクス技術の応用製品を必需品とし、衝突予防援助装置を搭載する船は、マイクロコンピュータの併用も余儀なくされている。

(オ) 情報交換 船の運転状況に関する陸への報告、陸からの指令の受け取り、あるいは、船相互の連絡など種々の情報伝達を行う業務である。古くは、のろし、旗、カンテラなどに始まったが、現在では無線電信および無線電話、更に最近では、海事衛星通信装置のように高度なエレクトロニクス技術を使って情報伝達を行っている。無線電信、電話は 1600 総トン以上の船舶に装備することを国際規則で義務づけられており、現在ではほとんどの無線通信、電話装置が半導体素子を使っている。

また、アンテナの制御にマイクロコンピュータ

を使っている海事衛星通信装置は、陸上の一般電話回線に接続可能であり、テレックス、ファクシミリの通信も可能であるため、利用船舶の数は年々急激に増加しつつある。

今後とも増加の一途をたどり、その用途もコンピュータとの接続によって、幅広くいろいろな目的に使用されると予想される。なお、本装置装備船の状況は表3のとおりである。

4.2 荷役部 入港前の荷役準備から、着岸と同時に始まる荷物の積み降ろし、税関手続き、荷物の各種証書作成などを業務とするが、大部分は荷物の積み降ろしに労力を取られる。積み降ろしの際は、あとで寄る港での荷物の取扱いが容易になるように、また、荷役中や航海中の船体の強度やトリム、ヒールの状況を十分に点検しながら荷役を実施しなければならない。

エレクトロニクス技術の応用面からみると荷役業務は港の設備に左右されること、専用船でない場合の荷物の種類が雑多であることなどから、自動化が非常に困難であって、船舶の中でもエレクトロニクス化の遅れている部門である。

ここでは、荷物を流体荷物、粒状貨物、雑貨および定型貨物に分けてエレクトロニクス技術の利用状況を述べる。

(ア) 流体荷物 原油、精製油、流体化合物、液化ガスなどを運搬する船の荷役装置は、流

体を強制的に移動させるためのポンプ、通路であるパイプおよび通路を組み立てるバルブなどから構成されており、高仕様の船ではポンプの速度制御やバルブの開閉を遠隔操作または自動操作する。

粒状貨物や雑貨定型貨物に比べると、自動化もやりやすく、すでに10年前に就航した超自動化船ではミニコンピュータを用いて完全自動化が試みられている。しかし、この後はワイヤドロッジック方式による一部の自動化と監視警報装置のエレクトロニクス化があるだけで、15年前からほとんど進歩は見られない。それは、荷役装置が使われる期間は、航海期間に比べて短いことから、投資効果が少ないと見ているためであろう。

一方、荷役時や航海時の船体強度点検のため、種々な積荷状態での強度計算を行うが、この目的のために用意されたマイクロコンピュータ利用の積付計算機は、大形船の半数以上が搭載するようになった。

(イ) 粒状貨物 ほとんどの場合、荷役は陸上設備で行われるため、ハッチカバーの開閉を遠隔操作するぐらいで、エレクトロニクス化からはまだ遠い存在である。

流体荷物と同様、大形船では船体強度およびスタビリティの点検用として積付計算機がオフラインで使用されている。

表3 国・地域別船舶地球局設備設置数(1982年4月30日現在)

国・地 域 名	設置船舶数	国・地 域 名	設置船舶数
リベリア	279	中国, イタリア	各 5
アメリカ	263	オーストラリア, パハマ,	各 4
日 本	139	クウェート	
パ ナ マ	100	ブルガリア, フランス, 香港,	各 3
イギリス	97	ヨルダン, 台湾	
ノルウェー	77	アンゴラ, アラブ首長国連邦,	各 2
シンガポール	33	エクアドル, オランダ領アンティール,	
西ドイツ	14	オマン	各 1
カナダ, デンマーク, ギリシャ	各13	アルゼンチン, ベルギー, キプロス,	
スウェーデン	12	ジブラルタル, イラン, リビア,	
オランダ	10	メキシコ, ナイジェリア, プエルトリコ,	
ソ 連	9	ポルトガル, スペイン, スイス	
ケイマン群島	7		
バミューダ, サウジアラビア	各 6		
		合 計 44 箇国	1150

国際通信施設(株)資料による。

(ウ) 雑貨および定型貨物 荷物の積み降ろしが千差万別で、荷が満載状態になることは非常にまれなことである。荷役装置も船によって種々異なり、デッキクレーン、RO/RO 装置、ウィンチとデリックポスト、フォークリフト、トロリホイストなどがあり、これらの中でごくわずかの機器に対してエレクトロニクス化された制御装置が使われている。

4.3 機関部 船がドックにはいったときのよう、死船(デッドシップ)にならないかぎり、機関部では常に何かが運転されている。小形の船ではまだエレクトロニクス製品の利用は非常に少ないが、20 000 総トン以上の船になるとほとんどの船が機関部にエレクトロニクス技術を応用している。

約 15 年前から、機関室無人化船がつぎつぎに各船級協会で規定されるに及び、昭和 45 年ごろより年々、機関室無人化船が多くなり、最近では、20 000 総トン以上の船のほとんどがこの入級記号を取っている。機関室無人化船入級記号の取得には、厳しい検査を受けて合格しなければならぬが、エレクトロニクス技術の発達により耐熱性、耐振性、耐塩性に関する信頼性の高い製品が完成されたおかげで容易に検査に合格できるようになった。

機関部におけるエレクトロニクス技術応用を監視装置と主機、補機類の制御装置に分けて述べる。

(ア) 監視装置 監視方法には、アナログ指示器を見て判断する方法と、警報を出してプラントのある計測値が標準値を逸脱した場合に注意を促す方法がある。

20 年以前は、これらアナログ方式と警報装置は、独立して別個に設けられ制御ステーションまでそれぞれ配管や配線を行っていたが、リレー式のエンジンモニタが出現し、モニタで監視する項目は、指示用、警報用共用の配線ですむようになった。しかし、素速い応答の必要な計測点については、別に警報装置を準備していた。この時代は、主要なアナログ指示計、モニタ用警報表示とデータ表示器、その他の警報ランプが制御室に設置されていた。

その後、エレクトロニクス技術、データ伝送技術の発達によってエンジンモニタも電子化され、走査スピードが高速になったため、現在では、警

報点はすべてエンジンモニタに入れ、警報表示も CRT を使って警報項目、警報発生時刻、現在の計測値を 1 行に表示し、1 項目ごとの警報ランプはなくなった。

このため、制御室監視盤の大きさが大幅に縮小し、ひいては監視も楽になったと考える。しかし、ここにくるまでには、エンジンモニタ装置、特に CRT が船舶に搭載されても信頼性ありとの使用者、操作者の評価を得なければならず、それに 5~10 年を要した。マイクロコンピュータ、ミニコンピュータ利用のエンジンモニタでは周辺機器も自由に選べ、コンピュータシステム発展の恩恵をそのまま享受している。

(イ) 主機・補機類の制御装置 リレーを使ったシーケンス制御に始まった機関部制御装置が、しだいに半導体を使ったワイヤードロジック制御装置に変わり、今やマイクロコンピュータを使ったプログラム制御装置になりつつある。既述のごとく、大形船ではほとんどの船が機関部無人化船であるため、主機、補機とも常用機器については完全自動化されており、母機に故障が起こらぬかぎりオートクラッチの自動車同様、アクセルつまり主機の回転数を船橋で選ぶだけで、あとはすべて自動制御するシステムとなっている。従って、そのような船の機関部乗組員は以前のように三交替制の当直があるわけではなく、昼の間に警報までいたらない機器の不調部の発見やその修理、および機器を順調に運転するための手入れを行うことが業務となっている。

マイクロコンピュータを使ったプログラム制御装置になって、造船所にとっては調整が容易となり、あらゆる場合について一度調整をすませば、船にとっては非常に信頼性の高いものとなっている。そして、ここでも、以前は人間の替わりとして制御装置を使っていたものが、今や、老練な人間あるいはその以上の制御を行うものとして欠くべからざるものになってきた。例えば、環境対策として、ディーゼル主機やボイラを煙を出さぬように運転する場合、マイクロコンピュータを使って制御すれば、実にじょうずに運転をしてくれ、しかも疲れを知らぬわけである。

現在、機関部の制御関係で最も問題となっている点は、母機自体の動作不良(主として機械的なもの)を別にすれば、センサの精度と寿命である。これを新材料や、耐振、耐熱性のあるものに

すれば、機関部全体の制御の信頼性も更にいちだんと向上する。

5. 船舶エレクトロニクス化の将来指向

船舶の本格的な自動化が始まったのは約20年前であるが、それ以降、今日にいたるまで、1船当たりの乗組員は着実に減少している（図1参照）。

この間、このグラフでは読み取れないが、三つのエポックがあった。その一つは、昭和40年代前半における機関部無人化船の各船級協会のルール化であり、第二は、昭和45年から48年にかけての超自動化船、集中電算機制御船の各社における就航であり、第三は、昭和54年に始まった18名超合理化船の就航である。

一方、エレクトロニクス化の目的の観点からみると、情報伝達、省人・省力が初期に進みその後、一時省エネルギーに焦点が絞られたがこれも、今のところ一段落している。安全性については乗組員と船について考慮されていたが世が進むにつれ、

図1 日本船の乗組員減少傾向
(3 000 t 以上)

公害防止関係にまで多大の考慮を払うまでになった。

これまでの動向から推察すれば、やはり乗組員減少の指向は続き、10年以内に10～12名船が実現し、それに伴って、陸上からの支援、伝達の情報量も多く、省力用、安全用の諸装置などエレクトロニクス技術応用も飛躍的に拡大せざるを得ない。

最近になって発展途上国の乗組員が年々増大しているが、これらの乗組員は先進国のそれと違って、まだまだ技術的に遅れているため、高等な機械、装置類を十分に保守し、運転できない状況にある。この場合には、省人という意味でなく、簡単に運転できて、しかも乗組員による保守の必要のない、現在の自動車のような船を造る必要も生じ、別の意味でのエレクトロニクス化を生じてくる。

いずれにしても、航海中の運転の容易さ、保守の容易さ、安全性を指向し、これらを制御監視するためにエレクトロニクス化が進み、これらの情報伝達、陸上よりの支援のために急速に発達しつつある通信装置が使われることになるであろう。そして、航海中は船橋ですべての船内の状況がCTR画面一つで監視できるようにし、操舵、機関に関する運転、安全のための緊急操作も船橋で行える船が多くなることを確信する。

6. おわりに

世の中に最も古くからあり最も大きな建造物である船舶と、最も新しく、最も小さな工業製品であるエレクトロニクス製品との取り合わせに、一人感心しながら稿を進めてきた。

昔からロマンの象徴である船が、しだいにエレクトロニクス化し、何かだんだんロマンの香りがうせていくような感もあるが、本来はそうであってはならず、エレクトロニクス化すればするほど、乗組員の生活は人間的に豊かになり、船は更にロマンに満ち満ちてこなければならない。我々は造船技術者としてエレクトロニクス技術応用によって、いっそうロマンを感じる船とし、世間の認識もそのようにしたいと思っている。

(原稿受付 昭和57年6月18日)