

米海軍の研究開発システム

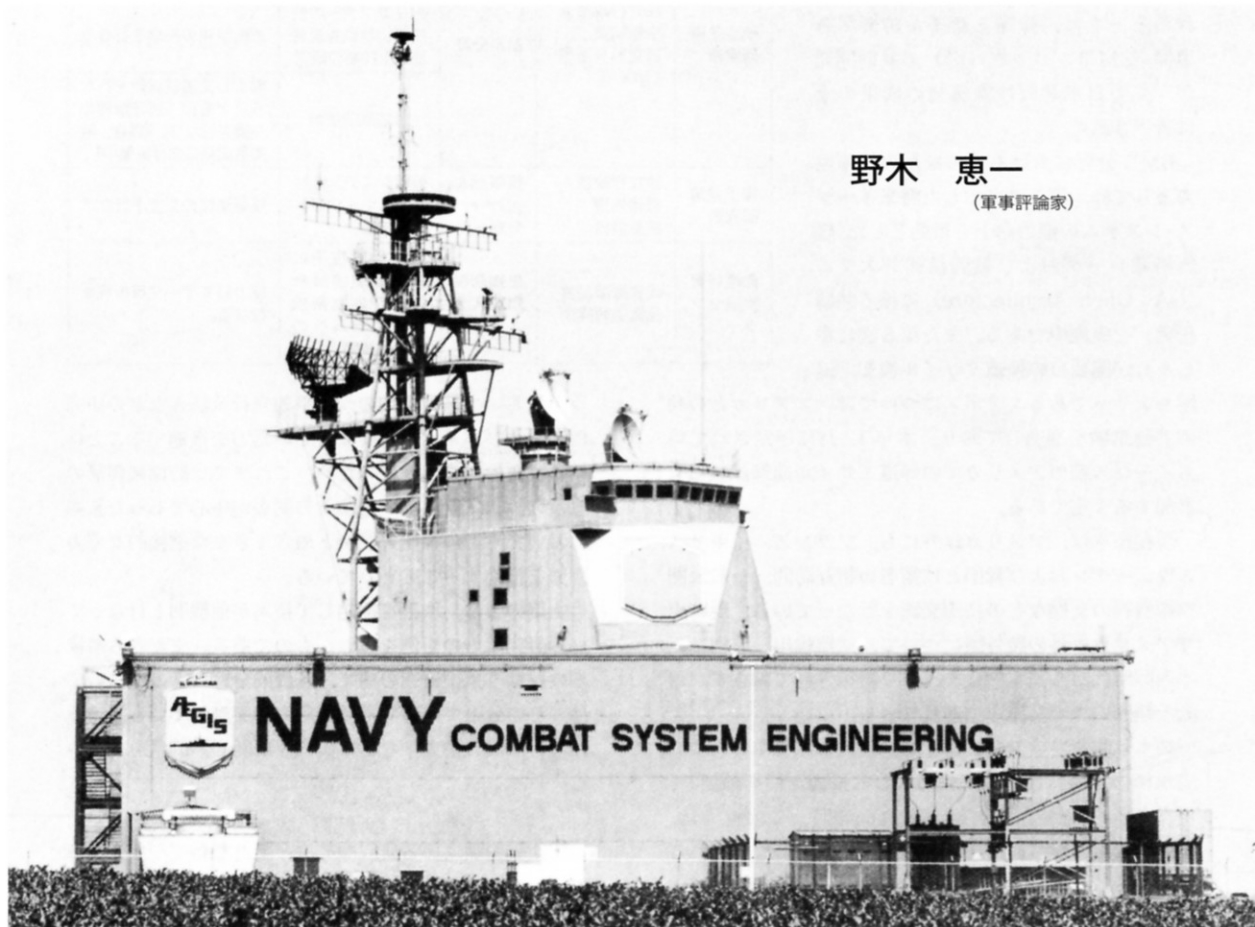
—イージス・システムを例にとって—

RESEARCH & DEVELOPMENT SYSTEM OF U.S.NAVY

by Keiichi Nogi

野木 恵一

(軍事評論家)



イージス・システムの開発は、各構成要素の試験を十分に重ねる方針で進められた。写真は「トウモロコシ畑の巡洋艦」と呼ばれていたSPY-1フェーズD・アレイ・レーダーの機能試験のための陸上施設。(RCA)

■イージスの父

米海軍省は昨年11月29日、建造中のアーレイ・バーク Arleigh Burke級イージス駆逐艦 DDG-108 をウェインE.マイアー (Wayne E. Meyer) と命名すると発表した。

このウェインE.マイアー退役少将こそは「イージスの父」(Father of Aegis) と呼ばれるに相応しい人物である。マイアーはイージス計画のスタートから、最初のイージス艦の就役を見届けるまでの実に13年間、イージス計画のマネジャーの地位にあったのだ。

マイアーには「イージスの父」よりも、「イージス艦の産婆さん」の呼び名が相応しいかもしれない。彼は現

役時代はもちろん、1985年に退役してから現在まで、イージス艦の就役にはすべて立ち会ってきた。

マイアー退役少将はこの4月で81歳、2008年に予定されているウェインE.マイアー DDG-108の進水式にも当然出席することだろう。ちなみに本艦は、タイコンデロガ Ticonderoga 級イージス巡洋艦から数えて、ちょうど100隻目のイージス艦に当たる。

ウェイン・マイアーは1926年生まれ、1943年高卒で海軍に入り、水兵教育プログラムでカンザス大学に進んだ。電気工学を学び1946年に卒業して少尉任官、マサチューセッツ工科大学 (MIT) でさらにレーダーを学んだ後、駆逐艦に配属された。地中海や西太平洋で過ごしてから、1951年に陸に上がって統合誘導ミサイル学

校の学生、海軍特殊兵器学校の講師を経て、再び海に出て駆逐艦副長、大西洋艦隊駆逐艦部隊幕僚などを経験、再び陸に上がってMITで航空宇宙工学を学び修士号を得る。ミサイル巡洋艦ガルヴェストンGalveston CLG-3の砲術長となり、誰よりも多くのタロスSAMの発射を経験する。

1963年からは海上勤務を断ってSAM開発業務に専念し、テリア・システムのアナログからデジタルへの転換などを手掛ける。1970年に海軍兵器システムズ・コマンドでイージス兵器システム開発の総責任者に任命される前には、海軍艦艇ミサイル・システムズ技術ステーションで技術部長を務めていた。

その経歴からしても、マイアー大佐（1975年に少将に昇進）は学識と作戦部隊での経験、特にSAMの豊富な運用経験を有し、この困難な任務に相応しい人材であったといえよう。

■タイフオンの挫折

イージス計画の成功は、タイフオン計画の挫折の経験の上に立っている。惨憺たる失敗に終わったとはいえ、先行するタイフオン計画がなかったならば、イージスもあのようなかたちで実現していたかどうか。マイアーも「タイフオンがなければイージスもなかっただろう」と繰返し述べている。

タイフオンの計画はタロス、テリア、ターターの3Tミサイルに代わる革新的な対空戦闘システムを目指して、1958年に始まっている。タイフオン（テュポン）はギリシア神話の怪物の名である。

タイフオン計画の課題は、当時実用化し始めていたソ連の艦載、航空機搭載の対艦ミサイルから、米海軍の空母戦闘群（CVBG）を守ることだった。高空を超音速で飛来するミサイルや爆撃機から、突然海面から躍り出る潜水艦発射ミサイルまでの広い範囲の脅威に対応し、多方向からの同時攻撃に対処できることが狙いだった。

タイフオン計画の技術的とりまとめに当たったのは、ジョンズ・ホプキンス大学応用物理学研究所（Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory）である。このJHU/APLは民間の研究機関ながら、3Tの基になった大戦末期のバンブルビー研究の頃から、海軍のSAM開発に深く関わってきている。

タイフオンは計画全体の呼び名であると同時に、SAMの名称でもある。

RIM-8（SAM-N-6）タロスの更新用のミサイルはRIM-50（SAM-N-8）タイフオンLR（Long Range）、RIM-2（SAM-N-7）テリア（およびRIM-24ターター）の更新用ミサイルはRIM-55（SAM-N-9）タイフオンMR（Medium Range）と呼ばれた。

ラムジェット推進（ブースター付き）のタイフオンLRはテリア級の大きさと射程200哩を目指し、タイフオンMRはターター級の固体ロケット一段式でテリアを超える40哩の射程を目指した。どちらも指令誘導に、終末誘導でTVM（Track-Via-Missile）方式を併用している。

ちなみにテリアの就役が1956年、タロスは1959年、ターターは1962年で、タイフオン計画開始当時はいわゆる3Tミサイルはどれ一つ満足に実用にはなっていなかった。

3Tがミサイルを先に開発して、後から艦艇に組み込むことになったのに対して、タイフオン計画ではミサイルと対空戦闘システム、搭載艦を一体で開発するシステム・エンジニアリング的なアプローチが取られた。

タイフオンの要はSPG-59レーダーである。自身の発射したSAMを含む多数の目標を遠距離でも精密に同時に追跡し、それを基にSAMに指令を送信し、TVMのために目標を照射するという課題を実現するためには、複数のビームを同時に操れる電子走査レーダーが必要だった。

当時のフェイズ・シフターの大きさ重さとコストからすれば、何千ものフェイズ・シフターを並べるフェーズ



「イージスの父」といわれるウェインE.マイアー退役少将（中央）。昨年11月、米海軍省でイージス駆逐艦に彼の名を冠することが公表された際の撮影。（U.S.NAVY）

ド・アレイ方式は実現不可能と判断された。代わりにJHU/APLが選んだのは、ルネベルグ・レンズ (Luneberg Lens) によるビーム・ステアリングである。

ルネベルグ・レンズは、R. K. ルーンバークがアメリカで大戦中に発明したもので、1950年代当時には比較的新しい技術だった。ルネベルグ・レンズは球形の誘電体で、比誘電率が表面から中心に向かって連続的に変化している。球体に入射した平面波は球の反対側の表面に焦点を結び、球の表面の一点で発せられた電波は平面波となって反対側から出ていく。

SPG-59はCバンドのレーダーで、大直径の発信アンテナと3方向に向けた小直径の受信アンテナの大小4つの球から成る。駆逐艦用と巡洋艦用の大小2つの型が開発され (当初は中間型も計画された)、前者ではビーム・フォーマー素子3,600素子、増幅器900台、アンテナ素子3,400となっている。後者ではそれぞれ10,800素子、2,700台、10,200素子である。同時追跡可能な目標数は、前者が120、後者が400だった。

コンポーネントの数や要求される精度を聞いただけでも、レーダーの重量やコスト、信頼性や整備性がどうなりそうか想像できるだろうが、おまけにこのシステムはひどく効率が悪く、莫大な電力を消費した。必要な電力をディーゼルなりタービンなりで発生させようとすれば、搭載艦の艦内容積や航続性能が犠牲になる。このためSPG-59は核動力艦以外には搭載できないことになり、総コストはますます高くなる。

タイフーン計画の不調はすぐ明らかになり、始まって5年後の1964年1月には国防省が計画中止の決定を下している。SPG-59自体の開発はその後も続けられて、1964年6月には試験艦ノートン・サウンド Norton Sound AVM-1が上構にバゴダのようなSPG-59のプロトタイプ (重さ190トン) を載せて再就役した。SPG-59の試験は1966年まで続いたが、初期のテスト

では送信出力で決まる最大探知距離が、パルス周波数で決まる最小探知距離を下回っていたともいう。タイフーン計画は、いわば踏出しからステップを誤っていたようなものだった。

■ASMSのコンセプト

打ち切りとなったタイフーン計画の予算は、代わりに3Tミサイルの改善計画に投入された。そして将来に向けた研究として「先進水上ミサイル・システム」(Advanced Surface Missile System) が立ち上げられた。

しかし海軍当局ではASMS計画ではただちにハードウェア開発に突き進まず、まず足元を固めることを重視した。すなわち次期艦載防空システムの要求を見極め、開発コンセプトを固めようというのである。

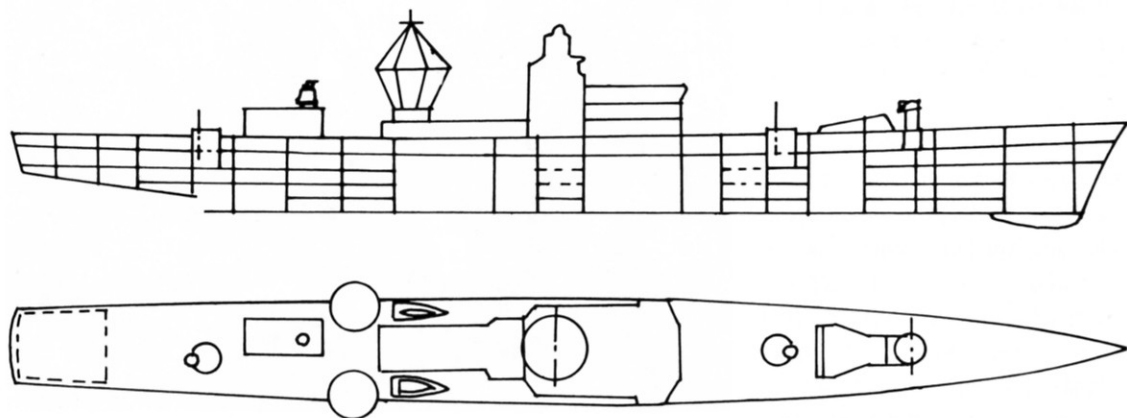
海軍省ではそのために、1950年代後半に海軍兵器局 (BuOrd) の局長を務めたことのあるフレドリック S. ウィジントン退役少将を現役に復帰させて、研究プロジェクトのリーダーに据えた。

ウィジントン提督の先進水上ミサイル評価グループ (Advanced Surface Missile Assessment Group) は、ASMSプロジェクト室を中心に、海軍の兵器局や艦艇局、海軍研究所、JHU/APL、ベル電話研究所、多くの民間企業、陸軍の防空ミサイル部門からも有能な人材を結集したもので、運用、艦上システム、サブエレメントの3グループに分かれていた。

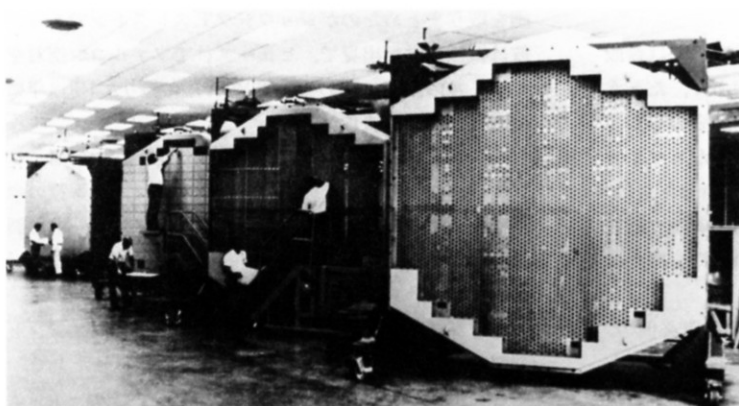
1965年1月から約1年を掛けたシステム・コンセプト作成で、4つのコーナーストーンが指定された。

- 1) リアクション・タイム
- 2) 同時対処目標数
- 3) 気象クラッターおよびECM対処
- 4) 稼働率

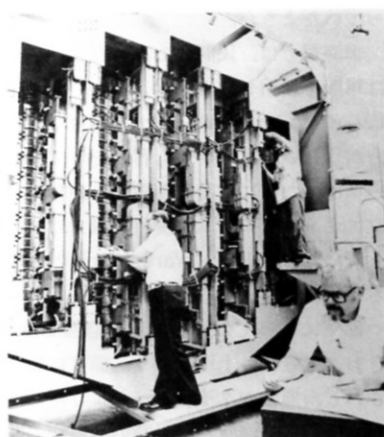
最も重要な決定はレーダーの周波数だった。SPG-59と同じCバンド (4~8GHz) とするか、Sバンド (2~



幻に終わったタイフーン防空システム搭載原子力ミサイル巡洋艦の概略配置図。



組立中のSPY-1。上は表面、右は裏面である。



4GHz)とするかは、システム開発の根幹に関わる問題だ。波長の短いCバンドならばアンテナは小さくできるが、対クラッター性や気象の制約が生じる。波長の長いSバンドだと大出力で雑音の少ない送受信系が可能で、探知距離は長くなるが、アンテナは大きくならざるをえない。

船屋は探知能力からSバンドを支持し、兵器屋は射撃指揮を重視してCバンドを支持して譲らなかったが、最終的にウィジントン提督が「目標の探知なくしては、他のいかなるレーダー能力も意味を持ちえない」としてSバンドを選定した。この決定が後のイージスの能力とサイズ、外観を決定した。

SPG-59とのもう一つの相違は、搜索レーダーに目標の照射の機能まで持たせずに、搜索レーダーにスレイブする専用のイルミネーターを装備することである。またレーダーの送信管には、SPG-59のような進行波管(TWT)ではなくて、交差電力増幅管(CFA)が選ばれた。

ウィジントン研究に参加した民間企業からは、ASMSの入札に関して28の提案書が出された。その中からASMSプロジェクト・オフィスではジェネラル・エレクトリック(GE)、ヒューズ・エアクラフト、レイセオンなど7社を選び、さらにジェネラル・ダイナミクス(GD)、RCA、ボーイングの3社に絞り込んだ。最終的に1969年12月RCA社がASMSの担当企業に選ばれた。ASMS計画はこの時からイージス計画と呼ばれることになる。

最初から民間企業を主契約者に立てて、イージス計画のとりまとめを任せるという方式も、タイフーン計画の反省によるものと思える。いくらSAM計画に関わりが深いとはいえ、JHU/APLは大学の研究機関であり、実際のハードウェア製作を受注するわけではないからである。仮にタイフーン計画に技術的な障害がなかったとしても、計画が進んだ段階で大学から民間企業に技術とマ

ネジメントを移管する問題が生じていたのではないかな。

タイフーン計画の中止からイージス計画のスタートまで実に7年もかかっている。その間にソ連の脅威はいつそう深刻になっているのに、なぜ海軍当局は新しい防空システムの開発を急がなかったのだろうか。

これは憶測に過ぎないが、ウィジントン提督以下のASMSプロジェクト室は開発をスタートさせる時期を見計らっていたのではないかな。技術の現状を無視して過大な要求を実現しようとしたタイフーン計画の反省から、最先端技術(state of the art)が課題に相応しい水準まで成熟するのを待った上で開発に着手したのではないかな。

1960年代前半といえばソリッドステート(半導体)の応用が進展し、集積回路(IC)やプリント配線などが急激な発達を遂げ、アナログからデジタルへの転換が進んだ時期である。NTDS(Naval Tactical Data System)もようやく実用化している。これらの技術はレーダーやコンピューターやSAMの信頼性を格段に向上させ、高度で多機能のシステムの実現を可能にした。

要するにタイフーン計画が苦しみ抜いた条件が、イージス計画のスタート時にはすでに用意されていたのである。これは偶然とか単なる幸運とかではないだろう。

■イージスの開発

マイアー大佐のマネジャー(Manager, AEGIS Weapons System)就任は、イージス計画の開始と事実上同時であるが、彼自身は主契約社の選定には関わっていないことになる。

海上勤務を断るということは、上級指揮官に出世するチャンスを棒に振るということでもあり、マイアーの防空システム開発に掛ける意欲とエンジニアとしての自己意識を見ることができよう。

もともとマイアーは正則の技術教育を受けたエンジニアでもあったが、本人はそれよりもまず海軍軍人だと思

っていたようだ。

米海軍では、民間人に立ち混じって働く職種では普段は軍服を着用しなくともよいという慣習があり、たとえばハイマン・リッコーヴァー提督なども軍服姿の写真の方が珍しくいろいろいつも背広を着ていた。しかしマイアーは部下たちに常時制服着用を命じている。自分たちは、ウェポン・システムの提供者側ではなく使用者側であると肝に銘じ、戦士 (Warfighter) としての自覚を持たせるためだろう。

部下にとってのマイアーは怠慢を許さず信賞必罰の、きわめて厳しい上司であり、部下に愛されるよりは畏敬される指揮官のタイプだったようだ。マイアーは少数精鋭主義を貫き、計画発足時の海軍側の要員は9名、最盛期でも120名以下で、平均して70名程度で大計画を切り回していた。彼らはニュージャージー州フィラデルフィア近郊ムーアズタウンのRCA社に常駐し、同社と一体でシステム開発を進めることになる。

同時にマイアーは鋭い政治感覚も備えていて、軍や政界のお偉いさんを招いて試験施設を視察させ、海軍の艦艇当局にイージス巡洋艦建造を根回しする抜目なさも備えていた。制服に対する好みは180度違っても、どこかリッコーヴァーにも通じるところがある。

官側のマイアーに対し、RCA社にあってイージス計

画を取りまとめたのがジョージF.T.スレ斯顿である。彼は機械工学畑出身で、ヒューズ社でファルコン空対空ミサイルの開発に関わった後RCA社に移り、1968年にASMS計画に参加した。

なおRCA社は1986年にGE社に買収され、軍用エレクトロニクス部門はその後ロッキード・マーチン社の傘下に入っている。現在イージスはロックマートの製品ということになる。スレ斯顿は1993年までイージスのプログラム・マネジャーを勤めた。

イージス計画発足に当たって、マイアーはウィジントンの設定した4つのコーナーストーンを継承した上で、

5) 覆域

を加えている。

マイアーの (同時にスレ斯顿の) イージス・システム開発における基本理念は、“Build a little, test a little and learn a lot”であった。これは小部分の試作から始めて、部分部分をテストし、その都度できる限り多くを学んで、開発に反映させていくという方針である。タイフォン (SPG-59) では要素技術の成熟を待たずにいきなり試作品を作り始めてしまったが、イージスでは要素ごとの試験を十分に重ねる開発方針が採られた。

いきなり試作レーダーを洋上に持ち出したタイフォン計画とは異なり、イージス計画ではまずレーダーを地上

で試験することが構想され、ムーアズタウンのランコカス地区の空軍のレーダー試験施設を譲り受けて、平たいビルディングの屋上に水上戦闘艦の上構がマストごとそっくり再現された。

この異様な建造物は「トウモロコシ畑の巡洋艦」(Cornfield Cruiser)、「ランコカス号」(USS Rancocas) などと呼ばれて、ハイウェイからも見えるので地元の名所になっている。

ランコカス号に最初に据えられたのはSPY-1レーダーの技術開発モデル1号 (Engineering Development Model 1) で、



現在の米海軍の大型水上戦闘艦は、その半数以上をイージス艦が占めている。写真は単縦陣で進むイージス艦群。先頭はタイコンデロガ Ticonderoga 級巡洋艦レイク・シャンプレーン Lake Champlain CG-57、続航するのは2隻ともアーレイ・バーク Arleigh Burke 級駆逐艦で、手前はマッキャンベル McCampbell DDG-85、遠方はディケイター Decatur DDG-73 である。(U.S. NAVY)

1973年に移動している。EMD-1は陸上試験の後、試験艦ノートン・サウンドに移設されて、1974年からは洋上試験が始まった。同艦にはSPY-1レーダー1面とイルミネーター、Mk26連装ミサイル発射機が備えられ、同年にはSM-1による実射試験にも成功した。同時期にランコカス号ではEMD-3Cが試験されている。

イージス開発のもう一つの基本理念として、“Top-down design, bottom-up testing”も掲げられた。トップダウンのシステム設計のためにはF²D² (Function Flow Diagram and Description) が用いられ、イージスの各サブシステムやエレメントに機能が割り当てられ、必要なスペックが決定された。またシステム性能評価とトレードオフ検討のためコンピューター・モデルが積極的に活用されて、リアクション・タイムや同時対処目標数、覆域などについて定量的な分析が行なわれた。

マイアーは少将昇進後の1977年には、海軍シー・システムズ・コマンド (NAVSEA) のコードPMS-400の長に就任して、イージス艦の建艦計画の権限も握ることになる。兵器システム開発の責任者が建艦計画の責任者になるのも異例だが、プラットフォームに後からウエポン・システムを組み込むのではなく、システムとプラットフォームを一体で設計開発するというイージス計画の

思想を反映したものである。

ウェイン・マイアーは1983年1月タイコンデロガCG-47の就役に立ち会って、同年9月にイージス・システム開発の任を離れてNAVSEA兵器戦闘システムズ部門副部長となり、1985年には少将で海軍を退役している。

ところでマイアーは、イージスの第1の任務をCVBGの護衛ではなくて、コマンド・センターであると規定していたようだ。当時はそのようないい方はなかったが、イージス艦が戦闘の中心となるCEC (Cooperative Engagement Capability) の概念の先駆けだったと見てもよいかもしれない。

その点からすればマイアーのイメージしていたイージス艦はあくまでも巡洋艦クラスで、現在のように駆逐艦クラスのイージス艦が量産されている状況は、彼の構想とは若干違っているかもしれない。実際アーレイ・パーク級の計画は、当初はPMS400とは無関係だったようだ。

その量産型イージス駆逐艦一隻に、彼の名が付くのも皮肉といえ皮肉である。

■参考文献

大熊 康之著：軍事システム エンジニアリング、かや書房

★★★★★艦艇精密図面シリーズ★★★★★

The Most Accurate Plans for Ship Model Builders

★図面の配布価格を一部変更しました。(2007年4月末までの期間限定で“引下げ”)最新図面の内容、今後の発行予定、発行図面リスト、価格などホームページを参照下さい。 <http://www2.odn.ne.jp/miyukikai>

艦名	年	尺	価	艦名	年	尺	価
表-3/3							
ジャンバル	55	200	f				
ティルピッツ	44	350	b				
リナウン	41	200	e				
リナウン	42	200	e				
リナウン	45	200	e				
リナウン	45	300	d				
クルベ	14	200	e				
キャリホルニア	45	200	e				
ウォースパイト	44	200	f				
クイーンエリザベス	44	300	b				
バーリアント	44	300	b				
ビスマルク	41	350	b				
オストフリースラント	17	200	e				
デネシー	43	200	e				
デネシー	45	200	e				
ウエストバージニア	42	200	e				
アラスカ	45	200	e				

年代…図示年代 例 35 = 1935 年, 45 = 1945 年

尺…作図尺度 100 = 1/100, 125 = 1/125, 200 = 1/200, 300 = 1/300

価…図面価格 (送料込) b = 1,000 円, c = 1,500 円, d = 2,000 円, e = 2,500 円, f = 3,000 円, g = 3,500 円

新発売 (New Plan)

全面改訂版 (Revised and enlarged edition)

従来の1枚構成から2枚構成とし、部分図、イラストを大幅追加

No.100 鳥海 (1938 年) 縮尺 1/200 送料込 2,500 円

No.100 CA CHOKAI (1938) Scale 1/200 Total Cost \$24

★図面代金の送付方法について

郵便局で小為替証書 (1,000 円につき 10 円) を購入し、普通封筒に入れ、80 円切手を貼ってポストに投函すると、補償付、安価で送金できます。なお、前号迄の表-1、表-2 を参照すれば当会の全図面が判ります。

★カタログ (無料) 図面内容見本を含みます。

ハガキ、E-Mail でお申し込みください。

Catalogue is free.

発行所 **深雪会**

〒233-0015 横浜市港南区日限山 4-3-5

(NAME) MIYUKIKAI

(ADDRESS) 4-3-5 HIGIRIYAMA,
KONAN-KU, YOKOHAMA-SHI
KANAGAWA-KEN
JAPAN 233-0015