

### 3. 私とレーダ

帯谷 達郎 S.42年卒

#### 1) レーダとの出会い

昭和41年度に私は、電電公社(現NTT)電気通信研究所の今井哲二研究グループにおいて卒業研究を行った。1年間の今井研究室での卒業研究を終えた後、私は横浜の「日本レーダサービス」という、資本金1920万円の小企業に就職した。卒研テーマが「エサキダイオードのマイクロ波特性の評価」\*というマイクロ波関連のものであったため、自然にその方面の就職先を探していた(\*:この研究の直接的な指導者は新妻英雄さんであった)。大企業では、自分のやりたいテーマを選択するのは無理と判断し、今でいうベンチャー企業に就職した。

この会社は、戦後間もなく米国レイセオン社の大型レーダの装備・保守部門としてスタートし、日本国内で建造されるマースクライン(デンマーク籍の大手船会社)等、世界有数の商船に数多くのレイセオンレーダを装備してきた。その後、その保守で吸収した技術を生かした船舶用小型レーダの開発部門が発足、さらに生産、検査、品質管理部門ができ、小型レーダのメーカとして順調に発展を遂げていた。こじんまりした会社ではあったが、その当時国産メーカでは手掛けていなかった9GHz帯スロットアンテナの開発、マイクロ波ダブルバランス型ミキサー、マグネトロン駆動用パルストランス、PFN(Pulse Forming Network)等、CRT、マグネトロン、TR管(送信/受信切換用素子)などの特殊真空管類を除く、マイクロ波用部品、CRT用高圧電源、各種トランス類などの要素部品はすべて自社で製作するという、まさに当時のベンチャースピリットの塊のような会社であった(注:会社発足当時は、マイクロ波SG(標準信号発生器)、スペクトラムアナライザなどの測定器まで米軍の放出部品を改造して製作したとのエピソードもある)。その基礎は、サービスエンジニアが現場で必死に学んだレイセオンレーダの技術であり、米国MIT(マサチューセッツ工科大学)編集のRadiation Laboratory Series 30巻から成るレーダ装置の設計参考書でもあった。この文献は、先の第2次世界大戦で米国ならびに英国で開発されたレーダ関連の設計技術を集大成したものであり、膨大かつ具体的な設計手法がふんだんに盛り込まれた、当時としてはレーダ設計技術者の垂涎の的であった。この貴重な文献が何故、この小さな会社にあったかは疑問だったが、後に、MITの博士号を取得した先輩エンジニアが会社を口説いて予算化し、購入したと教えられた。先取の気風満々の会社ならではのエピソードである。

入社早々、「真空管式の小型レーダのトランジスタ化」というプロジェクトの一員となり、主に指示部の開発を命ぜられた。マイクロ波関連分野ではなかったが、それは気にならなかった。むしろ、横浜の郊外の工場に設置されたレーダ指示器のPPI(Plan Position Indication、極座標表示)画面にくっきり映し出された富士山や、丹沢山系のエコーに魅せられてしまい、その虜になってしまった。これが、小型船舶用レーダとの出会いであった。

船舶用レーダの周波数は、Sバンド(3GHz帯、波長10cm)、Xバンド(9GHz帯、波長3cm)の2つの周波数帯を用いる(注:5GHz帯のCバンドも一時は生産されたが、マグネトロンの寿命が短く、高価であったため、製造されなくなった)。Sバンドレーダは、波長が長いいため雨雪の影響を受けにくい全天候型レーダとして、Xバンドレーダは短い波長を生かした高分解レーダとして主に沿岸航法用に、それぞれ使い分けられる。入社した「日本レーダサービス」では、Xバンド帯の小型レーダの設計、製造を行っていた。この会社のユニークな点は、開発部に配属された設計部員はすべて1年から2年間は生産、保守、などの現場に出されるルールになっていたことである。現場の経験を身体に叩き込み、設計に生かすという、いかにも保守からスタートした会社らしい方針であった。私がこの会社に在籍したのは昭和42年から昭和54年の12年間であった。この時期は、遠洋、近海の漁業が盛んであり、また、建設資材運搬用の小型内航船の建造も急ピッチで進んでいた。このため、小型レーダの需要も海外、国内ともに盛んで、開発エンジニアである私もレーダの装備や保守のため、足掛け3年余りの期間をサービスエンジニアとして働いた。この間の現場での経験は、売れるレーダを設計する上で大きく貢献することになった。これから具体化されていく製品にいかにか大きな商品としての価値を付加できるか、という点をユーザの目線を常に意識しながら設計を行ってきたと自負している。この会社は、その後、沖電気工業の資本が入り、沖ブランドの大型レーダ、無線機、魚群探知機、を製造する中堅の船舶用電子機器の総合メーカ株式会社「沖海洋エレクトロニクス」へと発展したが、同時に当初のベンチャーマインドが会社から薄れてきたと感じた昭和54年に退社した。

#### 2) 転職

同年7月、現在奉職している株式会社「光電製作所」に移った。光電製作所は、旧海軍技術研究所の伊

藤庸二博士を中心に、技術研究所出身の技術者によって昭和 24 年に設立された会社で、大戦中に同研究所で開発した無線技術を戦後の復興に生かすことがその目的であった。疲弊した戦後の社会を復興するためには、国民の栄養状態を改善することが重要と考えた当時の政府は、蛋白源を確保するために漁業の振興に力を注いだ。この結果、多くの漁船が建造され、これらの船舶に搭載する方向探知機が光電製作所で次々に開発され、性能の良さと使い易さで飛ぶように売れた。これが、光電製作所の基礎を作り、世界で初となる独自技術を生かしたユニークな製品を世に送り出してきた。以下に示す製品はいずれも世界で初めて開発されたものである。



写真 1. プロジェクトメンバー ( 左から 3 番目が筆者、右から一人おいて、光電製作所 伊藤社長、オランダ I N A 社 社長 Mr. Kooy, Racal Decca 社 Chief Engineer Mr. R. Ibbetson, 1981 年 10 月撮影 )

- (1) マルチペン方式ソナー： 移動ペン方式に変わる無数の固定ペンによるスタティック描画方式であり、消耗部品である高価なペンの交換を不要とした。
- (2) 全自動化ロラン C 受信機： 従来は、主局と従局の位相差をダイヤルで合わせ、ロランチャート上で緯度/経度を読み取っていた。これを内蔵マイコンで算出し、直接、緯度、経度を数値表示することに成功、業界にセンセーションを起こした。米国市場では圧倒的なシェアを確保した。
- (3) カラー魚群探知機： 従来は、記録紙にエコーを描画していたものを、カラーブラウン管上に直接信号強度に応じて表示色を変化させた。
- (4) カラーレーダ： 残光式 PPI 表示をカラーブラウン管上に表示 ( 残光式に対比させ、デイトライト表示と呼ばれた ) さらに信号強度に応じて表示色を変化させた。

この会社でもレーダの開発に携わるようになった。小型および中型レーダ、リバーレーダ、海峡監視レーダ、などの開発に没頭した。すべてを語るには紙面の都合で無理なので、特に思い出の深い、英国 Racal Decca 社向けに開発したリバーレーダについて述べたい。

### 3) Racal Decca 社との出会い

1980 年秋、英国の Racal Decca 社が包括的ジョイントベンチャーの交渉のため光電製作所を訪れた。同社の製品系列に無い、魚群探知機、価格競争力を失った小型レーダの OEM 生産、等がその目的であった。残念ながら、これらの交渉はまとまらなかったが、失意の中、帰国する同社の技術重役であった Mr. Richard M. Trim に、沖海洋エレクトロニクス時代に経験したリバーレーダの開発について私から話をもちかけた。何の弾みか、この話がとんとん拍子で進み、先方が開発費の相当分を負担するというので、契約が結ばれた。Racal Decca 社は、旧 Decca Company の流れを汲む、世界的なレーダメーカであった。また、欧州の主要河川を航行する貨物船で使用されるリバーレーダの大半のシェアも握っていたが、技術革新と価格競争で台頭しつつあった日本無線製のリバーレーダ JMA 607 型に圧倒されていた。この分野での劣勢を盛り返すべく、同じ日本の船舶用メーカである光電製作所に賭けた、といってもいい。ただし、Racal Decca 社から示された条件はかなり厳しいものであった。開発着手からきっかり 1 年後に、RCC ( Rhine Central Commission ) 検定を受ける、月ベースの進捗状況管理 ( 進捗報

## Pioneers Launch NEW River Radar

More than 25 years after Decca pioneered river radar, a new fourth generation equipment has just been unveiled to the European market. The response has been an early orders rush for the Racal Decca RR 1250, with more than 100 being sold to date and the traditional winter buying seasons still to come.

Most of Western Europe was represented at the River Radar '81 event, which featured a week-long series of demonstrations. Europe represented the first stages of the RR 1250's sales drive, which will also take in such markets as the United States.

The RR 1250 is a completely new radar, designed and developed by Racal Decca Marine Radar Limited, with a flexibility to suit all types of river craft, wherever they may be operating.

The very competitively priced RR 1250 is simple to install, having only two units, and fully compatible with the specifications of the Rhine Central Commission.

It has a compact, very bright 50 cm (12 in) green phosphor CRT display designed for optimum, overhead, table or console mounting. Robust die cast panels have a unique option of a control unit remote from the display — a major benefit giving great installation flexibility.

The display features include nine closely spaced range scales between 100 m and 2000 m and beam range rings at suitable intervals on all ranges.

A highly accurate variable Range Marker is standard, with continuous operation between 20 m and maximum range. In addition to the electronic heading marker a stem marker is also offered.

Simplicity of operation has been achieved by keeping controls to a minimum and by arranging them logically on an illuminated panel using IMCO standard words and symbols.

A host of improvements — including a significant reduction in weight — have been incorporated in the scanner unit. The unit has a turning circle less than the earlier 12 series Decca equipment allowing easy re-orientation.

The complete scanner unit comprises a 5 m aerial — although there are optional







1.2 m and 2.4 m aerials — turning gear and 5kw transmitter. The complete unit weighs less than 40kg and is housed in a robust, waterproof casing suitable for mounting direct on to a mast or flat surface. This is achieved by using a low cost installation with no waveguide run necessary. This is a particular bonus where a folding mast is necessary.

The RR 1250 has a power consumption of only 175W, the transmitter unit using near 100%, variable and received power. The standard 5 m aerial offers excellent performance with a horizontal beam width of 1.2 degrees.

The RR 1250 represents an other major step forward in river radar development since Decca launched the Type 218 in the mid 1950s and the subsequent valve equipment which went to make a major impact for more than a decade. They were to be followed by the introduction of transistor and solid state river radars over the next decade as 5 m aerial new regulations were being introduced.

The latest equipment has been launched at a time when competition has never been that continued to be second to none along Europe's inland waterways, with 100 deposits in its stockpiles remaining and the stock service. This is an important factor. After all, the river radar pioneered by Decca laid the foundations for today's 24-hour pattern of European inland waterway movements.

写真 2. Racal Decca 社の社内誌に掲載された RR-1250 の紹介記事

告書の提出と遅延工程の回復対策 ) Quality Level は MIL Standard ( 米国 防衛規格 ) を満足すること、理論 MTBF と実証 MTBF を提出すること、など、当時の光電製作所ではやった事がない事柄ばかりであった。英国の開発方式は、すべて理詰めで行うと実感した。また、後発のハンディをカバーするために、この製品には各種の新技术( 後述 ) が盛り込まれたが、意図した性能が出ず、夜を徹しての苦闘が始まった。プロジェクトチームの必死の努力と情熱で丸1年後にプロトタイプを完成、RCC 検定に無事一回で合格することができた。第一ロットの製品が3ヶ月後に出荷された。販売に先駆けて行った欧州各地のディーラによるデモンストレーションが功を奏し、売上は順調に推移した。欧州の厳しいユーザに受け入れられた事が殊のほか嬉しく、プロジェクト全員で成功の美酒に酔いしれた。



写真 3 . Mr. Trim から贈られた銀製の灰皿

このレーダを欧州各地のディーラにお披露目するレセプションパーティーがライン川に繋留したバージの上で行われた。この際の様子が同社の社内誌 Marine に紹介されている。欧州各地の主要ディーラからの評価が極めて高かった事、その場でいくつかの契約が成立した事、等が同誌に述べられている。( 写真2 参照 )

この結果、Racal Decca 社のリバーレーダのシェアが10%から40%に急激に回復した。奇しくも20年後の昨年3月にかつてのRacal Decca 社の Mr. Trim ( 現在は、London 郊外で Gilden Research 社という研究所を経営 ) から、各ディーラに配布した銀製の灰皿( 写真3 参照 ) が贈られてきた。「私が長年愛用してきたが、これは君が持っているのが最もふさわしい。RR -1250 で開発した技術は卓越したものであり、いつまでも関係者の記憶に留められるだろう」とのコメントが添えられていた。その後、このプロジェクトは15年にわたり、第三世代のリバーレーダ、

RR -2175 まで引き継がれた。幸いにも、私はこのプロジェクトのシステム設計と取りまとめを担当した。このレーダは、第一世代のRR -1250 をしのぐヒットを収めた。このレーダを東京湾で試験したときの映像写真が残っていたので掲載する( 写真4 参照 )

#### 4) 開発した技術

リバーレーダは、ライン、ダニユーブなど、欧州の主要河川を航行する船舶に搭載を義務付けられた河川専用のレーダで、方位分解能、距離分解能が海洋航行用レーダと比較し、格段に高い精度が要求される。このため、アンテナの水平ビーム幅は1.2度以下、メインビームの外側( +/- )10度以内のサイドローブ( 不要輻射 ) は -26 dB 以内、( +/- )10度外では -32 dB に抑えること、距離方向の分解能は10m以内、など、船舶用レーダの技術基準をはるかに超えたレベルの性能が要求された。開発チームが結成され、私はプロジェクト全体の取りまとめと、指示器の大部分の設計を担当した。アンテナ、および受信部の開発には専任のエンジニアを指名した。ここで、このプロジェクトで開発した要素技術の一部について紹介したい。

アンテナ：レーダのアンテナはスロットアンテナと呼ばれる。その構造は、導波管とフレアと呼ばれる、側面が楔形状をした収納部と垂直ビームを形成する部分から成る。導波管の側面( 通常はH面 ) には多くの間隙( スロット ) が設けられ、そこから輻射される電磁波がある一定の電力密度分布で空間に輻射されるように設計する。この密度分布の決定には、テーラー分布、ドルフチェビチェフ分布、二項分布、等が使用されるが、検討の結果、テーラー分布を採用した。

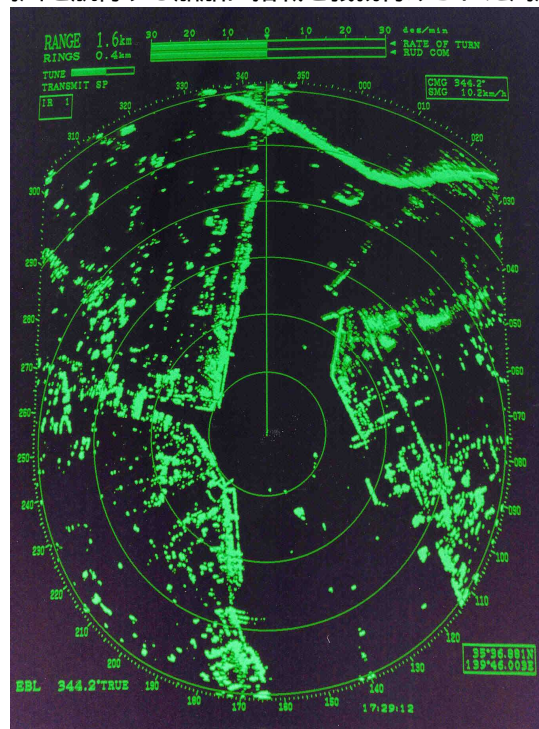


写真 4 . RR -2175 の映像写真 ( 羽田沖からレインボーブリッジを望む。レンジ : 1.6 km )

アンテナの最も重要な性能指標は、水平ビームの外側 (+/-) 10 度においてサイドローブ ( 不要輻射成分 ) が -32 dB 以下に抑える点である。この不要輻射の原因に、( 1 ) 導波管から輻射される電磁波と空気との不整合、( 2 ) 不要垂直成分の漏出、の二つの課題がある。( 1 ) については、導波管とフレアの位置関係をカットアンドトライで決めるしかなく、位置の調整、測定、の繰り返しで、所望の結果を得るまでに多大の時間を要した。( 2 ) については、以下のように解決した。一般に、船舶用のスロットアンテナは水平偏波方式を採用しているが、各スロットは、分布特性できめられた電力密度に応じて H 面の長手方向に微妙に傾けて切削している。さらに、垂直成分を相殺するために隣接するスロットは相互に 90 度角度が異なっている。スロットを切削する際に加工精度上どうしても誤差が生じる。この誤差が原因で、僅かに垂直成分が漏れ出す。この垂直成分を抑えるためにフレアの開口部にグレーティングと呼ばれる垂直成分を抑制する格子を取り付ける。この格子の間隔と厚みも計算でもとめるのは困難で、結局、カットアンドトライで決めた。

スイープ回転同期方式：当時の主流はアンテナのメインシャフトに機械的に結合した 2 相シンクロ発信器で発生した 90 度位相のずれた交流の回転信号を、指示部で鋸歯状のスイープ信号で変調し、CRT ( ブラウン管 ) のネックに取り付けた固定偏向コイルに加えることで、アンテナの回転と指示器のスイープの回転を同期させていた。このプロジェクトでは、高価なメカ式の 2 相シンクロ発信器に代わり、安価でメンテナンスの不要なデジタル方式に変更した。具体的には、アンテナのメインシャフトに 180 個のスリット付の金属ディスクと、そのディスクを挟み込むようにフォトカプラを取り付ける。これによって、アンテナの回転はパルス信号に変換される。次に、その信号をカウンタでカウントし、そのカウント、すなわち、回転角度に応じた SIN, COSINE データを ROM ( Read Only Memory ) から読み出す。その信号をさらにアナログ信号に変換し、鋸歯状波発生回路に入力すると、アンテナの回転角度に応じて振幅が変化する、鋸歯状波スイープ信号が得られる。この信号を CRT に取り付けた固定偏向コイルに加えるとアンテナの回転に同期したスイープが得られる。この結果、2 相シンクロ発信器が不要になり、常に安定した同期が得られるようになった。これにより大幅なコストダウンが可能となり、システムの生涯運用コストも低く抑える事が出来た。

## 5) その後

私は、46 歳まで各種のレーダ開発に携わり、その後の 10 年間は、海外のディーラ向けの技術教育、プロダクトサポート、等の裏方業務に徹した。この業務は、機器の開発とは異なり、顧客に新製品の保守に関する技術教育やクレーム処理を行うことで信頼を築き、さらに製品を購入してもらう事がその目的であった。定期的に行ってきた技術教育は場数を踏むことでだんだん慣れてきたが、最初のリバーレーダの講習はひどかった。場所はオランダのロッテルダム、時期は 10 月下旬、欧州では気温が 5 度以下に下がる。海外で初めての技術講習を行うためベストの状態で行くべきところ、出発直前まで講習資料の作成に追われ、風邪をひいてしまった。悪いことに、乗り継ぎの飛行機が遅れ、会場に到着したのは講義開始直前という最悪のコンディションだった。風邪の影響で耳がおかしく、喋っている自分の声がモガモガと聞こえ、講習生にも聞き取りにくかったようだ。何とか、乗り切ったが、今思い出しても赤面の体である。幸い、講習参加者の新製品への関心が高く、講習自体は大成功だったことが救いだった。

現在は、当社製品の取扱説明書、技術説明書、製品カタログ、等を作成している。分野が異なっても、過去の開発技術者としての経験が色々な場面で大いに役に立っている、と自負している。

ひよんな事からこのレーダの開発に携わり、23 年間にわたり、二つの会社を通して船舶用レーダの開発一筋に生きてきた。この間、多くの人々との出会いがあり、多くの感動を味わってきた。私も来年 ( 2004 ) 9 月で満 60 歳になり、会社の規定では定年である。しかし、私の内部では定年という言葉はない。終生現役で、何らかの形で社会に貢献していきたいと考えている。敢えて言えば、次の人生キャリアのために準備は着々と進んでいる、と皆様にお伝えしたい心境ではある。

## 6) 謝辞

私の personal history を書くようにお勤めいただいた今井先生に心から感謝を申し上げる次第です。先生のご助言がなければ、過去のレーダ開発に関わるレビューをすることもなかったと思います。筆不精の私が一念発起してやっとこの拙文をまとめる事が出来ました。まとめながら、新たな発見があり、ささやかな自分史として大切にしたいと思います。なにしろ、20 年以上も前の記憶を辿りながら記述したものですから、内容に不正確な記述があるかも知れません。この点ご容赦ください。また、本誌をまとめて頂いている坪井さんには何かとお世話をかけました。有難うございました。