

世界に先駆けた日本人たちの
知られざる素顔と功績

高周波デバイスの日本史

(後編) トランジスタの誕生から HEMT の応用まで

福田 益美

Masumi Fukuta

第2次世界大戦の直後に誕生したトランジスタは、電波機器の小型、省電力、高信頼化に貢献したばかりでなく、ICやLSIなどの集積回路に採用され、現在のIT社会を支える重要なデバイスとなりました。トランジスタや集積回路など半導体デバイスの歴史については、すでに多くの本が出版されています。

そこで後編では、これらの本に取り上げられなかったエピソードや私の体験をもとに、戦後の60年を振り返ってみたいと思います。

■ ブレスラウ研究所

1947年12月16日、米国ベル研究所のパーディン(1908～1991)とブラッテン(1902～1987)が、半導体の「表面準位仮説」を確かめる実験途中に、ゲルマニウム(Ge)単結晶内で起きる増幅現象を発見し、これが点接触トランジスタの発明に結び付いたことは、よく知られています。半導体の表面に結晶の未結合手(ダングリング・ボンド)が作るエネルギー・レベルが存在するので、自由電子はこれに捕まり電流に寄与しなくなるというのが表面準位仮説です。

彼らの上司ショックレー(1910～1989)は、この歴史的瞬間にいなかったことに大きなストレスを感じました。彼はこれをバネとし、固体物理学を駆使した独自の理論展開だけで、半年後に接合型(バイポーラ)

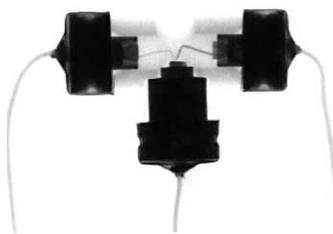
トランジスタを発明しました。

これより3年も前のことです。第2次世界大戦の末期、ドイツのテレフンケン社は、研究所を空爆の激しい首都ベルリンから南東に約300 km離れたブレスラウ(現在はポーランドのプロツワフ)に移します。高性能レーダに必要なデュオ・ダイオード(Herbert Mataré)(特性のそろったペアのダイオード)を開発していたマタレ(1913～)は、n型ゲルマニウム単結晶に2本の針を立て、ダイオードのペア特性を測っていました。一方のダイオードの順方向電流を測定しながら、他方のダイオードの逆方向電流を調べることもありました。そんなとき、針の間隔を50 μm以下にすると、2本の針の間で不思議な干渉現象が観測されました。増幅作用の発見まであと一歩のところまで、ソ連軍の侵攻がそれを許してくれませんでした。1945年1月の初め、ブレスラウの研究所に閉鎖命令がくだされ、マタレの貴重なデータもすべて焼却処分されました。

戦後、マタレは(Heinrich Weikert)ベルカー(1912～1981)とともに、ウェスティング・ハウスのパリ子会社に勤務し、点接触型ゲルマニウム・ダイオードの開発・製造を手掛けます。ベルカーがゲルマニウム単結晶の引き上げを、マタレがダイオードの組み立てと評価をそれぞれ担当しました。1948年1月に入ると、マタレはベルカーと一緒に、3年前にブレスラウで経験した不思議な現象



(a) 外観



(b) トランジストロンのX線写真

〈写真18〉⁽²⁾ ミュンヘンのドイツ博物館に展示されているトランジストロン

を調べました。n型ゲルマニウム結晶の表面に立てた2本の針の間隔をギリギリまで近づけると、やはり干渉現象が見られ、それが固体中の増幅現象であることに気がきます。ベル研究所の発見から、まだ1か月も経っていませんでした。

彼らが発明した固体増幅器(写真18)には「トランジストロン」という名前が付けられました。第2次世界大戦中は、英米軍の爆撃やソ連軍の侵攻から逃げ回り、戦後の混乱期をバリで過ごしたマタレたちに、論文を権威ある学会誌へ投稿する余裕などありませんでした。

1948年8月13日にウェスティング・ハウス社のバリ子支社は、マタレとベルカーが発明した、点接触トランジスタの特許を出願しますが、ベル研究所の出願(同年6月17日)より約2か月遅れました。

ヨーロッパ生まれの固体増幅器「トランジストロン」は、今もミュンヘンのドイツ博物館にひっそりと展示されています。しかし、その誕生に纏わるエピソードは人々の記憶から次第に薄れつつあります。

■ 国産トランジスタの出現

昭和28年(1953)以降、日本の電機メーカは、米国のウェスタン・エレクトリック(WE)やRCAから競ってトランジスタの製造技術を導入し、自社の重要な事業にまで育て上げました。その苦労話は、各企業の社史に詳しく載っています。なかでも、昭和30年8月にトランジスタ・ラジオTR-55を発売した東京通信工業〔現在のソニー(株)〕は、日本における半導体開



〈写真19〉日本で最初に点接触トランジスタを試作した有住徹弥(1913～1986、1959年 東山公園でのスナップ)

発の先駆者としても有名です。

ところで戦前の神戸に、理工学、軍需関係の電気機器を製造する川西機械というユニークな企業がありました。ここから分社した川西航空機は、昭和の初期から飛行艇の開発に取り組み、昭和16年(1941)には「二式大艇」を、太平洋戦争の末期には「紫電改」などの名戦闘機を生みました。終戦後、連合国総司令部(GHQ)の命令で、川西機械グループは解体、もちろん兵器の製造は中止します。川西機械(後の神戸工業(株))は、主力製品を軍需用から民需用無線機器、ラジオ、通信用真空管などへ切り替えました。

神戸工業の有住徹弥(1913～1986、写真19)は、昭和27年(1952)の春にベル研究所を訪問し、お土産にゲルマニウム単結晶を貰いました。半導体におけるトンネル現象の発見とトンネル・ダイオードの発明で1973年にノーベル物理学賞を貰う江崎玲於奈(1925～)も、当時は有住グループの一員でした。有住たちは、その結晶を使い点接触型トランジスタの試作に成功します。

ここでトンネル・ダイオードについても説明しておきましょう。高濃度の不純物を添加したpn接合では、量子力学のトンネル効果により、逆方向に大きな電流が流れ、順方向では負性抵抗を示します。これがトンネル・ダイオードです。昭和31年に神戸工業から東京通信工業へ移った江崎は、翌年ゲルマニウム・ダイオードでこの現象を見つけ、負性抵抗のメカニズムを物理的に解明しました。

1951年、米国GE社は、薄いn型ゲルマニウム片の両側からインジウム(In)粒を合金反応で潜らせる手法を用い、pnp型トランジスタの開発に成功します。続いて米国RCA社がnpn型トランジスタを開発し、1953年から量産を開始しました。

昭和29年(1954)1月に、有住たちは上野の精養軒で自社製のトランジスタを使った日本初のトランジスタ・ラジオ(写真20)を公開しました。回路設計を担当した小谷清一が、正月返上でこのラジオを完成させました。ちなみに東京通信工業は、昭和28年の暮、米国WE社からトランジスタの製造ライセンスを受けて、翌年4月に試作に成功し、昭和30年の夏にはトランジスタ・ラジオを発売しています。

米国でゲルマニウム合金型トランジスタの量産が始まると、神戸工業に次いで日立製作所と東芝も、米国RCA社からゲルマニウム合金型トランジスタの製造ノウハウを導入しました。

昭和30年(1955)3月に、トランジスタに関する日本で最初の教科書「トランジスターとその応用」(電波技術社)が出版されました。その中で、有住が半導体物性やトランジスタの動作原理などを、同じ神戸工業の大脇健一(1911～2001)がトランジスタ基本回路と