二次大戦中のガス電（日立航空機/日野）「初風」エンジンに見る真の技術移転

A true technology transfer at the case of "Gas-Den, Hatsukaze" Aero Engine during World War II

○正 鈴木 孝（元日野自動車） 土屋 修（日野自動車） 有我正博（日野自動車）
Takashi Suzuki (Hino Motors retired), Osamu Tsuchiya (Hino Motors, Ltd.)
Masahiro Ariga (Hino Motors, Ltd.)

The Engine department of the Gas-Den, predecessor of the Hino Motors, Ltd. was reorganized as the Tokyo Automobile Industries Co. and the Hitachi Aero plane Co. in 1937 and 1939 respectively.

In 1938, Japanese Navy ordered the production of German trainer "Bücker Jungman" to Kyushu Aero plane Co. and of its engine "Hirth HM504" to Gas-Den Co. respectively based on a license agreement.

Although the Gas-Den (Hitachi) produced more than 1300 engines under the name of "Hatsukaze (First Wing)" for both Japanese Navy and also Army, but it was completely redesigned by Gas-Den. Its unique design was based on Gas-Den's own know-how and production technology.

Hino Motors restored it by its original engine that was preserved in Hamamatsu base of Japanese Self Defense Air Force. This paper describes structure of "Hatsukaze" with comparison of original "Hirth HM504" and philosophy of technology transfer.

Key Word: Technology transfer, Air cooled, Inverted, Aero engine, Crank shaft bearing, Roller bearing,

1、はじめに

1938 年、日本海軍はドイツから購入したビュッカー Bü131 ユングマン練習機の国産化を指示し、渡辺鉄工所（九州飛行機）がそれに応じ、2 式陸上初歩練習機「紅葉」となった。同じく陸軍では、それを 4 式基本練習機として制式化し日本国際航空工業で量産された。

同機に搭載されていたヒルト HM504 型エンジンの国産化は海軍からガス電（東京瓦斯電気工業株式会社）が指示され、それによって生まれたのが初風 11 型エンジン（陸軍ハ 47、共通ハ [11] 11）である。ガス電は 1910 年創業の会社であるが、1917 年には我が国初の純国産トラック（TGE）を製作、1928 年には我が国初の純国産航空エンジン（神風、しんぷう）を製作した。1937 年に同社自動車部は東京自動車（株）になり、1942 年には其処から現在の日野自動車（株）が独立した。1939 年にはガス電の航空機部は日立航空機（株）となり後、コマツゼノア（株）となったが、大戦中に生産された初風 11 型エンジン（以下「初風」と略す）の 1 基が航空自衛隊浜松基地に保存されていた。このエンジンを借用し分解復元したが、これにより「初風」がオリジナルのヒルト HM504 型エンジン（以下「ヒルト」と略す）とは似て非なる構造を採用し、これにより戦時中の劣悪な諸条件の中で陸海軍用合計 1300 基以上が量産され活動出来たことが判明した。

調査した再設計の内容とそれに至る技術移転の哲学について報告する。

2、再設計の概要

「初風」の原型「ヒルト」は、倒立空冷 4 シリンダー 105 馬力（77kW）、ころがり軸受、分割歯形結合型のクランク軸、マグネシウム製クランクケースを採用しており、当

図 1 初風 11 型

図2 ヒルト HM504 型

(Kalamazoo Aviation History Museum のご厚意による)

時の日本の生産技術では生産不可能な構造であった。これが戦争末期の厳しい状況下で、要求された時期に量産出来た秘密は、ガス電がオリジナルの「ヒルト」の構造を排し、しかも必要機能、性能を確保しながら生産可能な構造に再設計したからである。この変更設計に関してはガス電の星子勇技師長と特許購入側の海軍審査官小宮山香苗技官とが連日打ち合わせを重ねたとされる。

図1、図2に復元した「初風」と原型の「ヒルト」の外観を、それぞれの断面を図3および図4に示す。図5に「ヒルト」のクランク軸を示すが、ころがり軸受を擁したコンロッドを嵌めるため分割歯型結合構造となっている。⁽¹⁾

ガス電はまず、ころがり軸受を排して平凡なすべり軸受、一体鍛造のクランク軸とした。またクランクケースはマグネシウムを排しアルミ製とした。図3および図6に見られるように巧妙な肉抜きを多用し、ぎりぎりの軽量化を達成した。更に際立った相違点は「ヒルト」のシングルカム、平タペット更に平皿形燃焼室を排し、それぞれツインカム、ローラータペットおよび半球型燃焼室(図7)にしたことである。

ガス電が「ヒルト」の調査に入ったのは1937年であったが、この時海軍から貸与されたエンジンは既に日本に於いて稼働済みのもので、シリンダーヘッドはノッキングにより損傷していた。(ノッキング状態で運転を続けると、ノック発生部位にピッチング状の損傷が生ずる) 星子は将来劣悪化するであろう燃料事情を見通し、半球型燃焼室を採用しながら尚圧縮比も下げた。一方すべり軸受の採用によるフリクション増加を極力防ぐため「ヒルト」の平タペットを排しローラータペットとしたのである。プッシュロッドは傾斜するが、これを受けるロッカーアームは左右対称とし、プッシュロッドガイドはアルミパイプとした。これらの構造はガス電「神風」(しんぷう)エンジンを踏襲したものである。ころがり軸受を排したため、潤滑系も全く独自の設計で、オイルメインホールパイプがブロックに鑄込まれ、クランク軸にはオイル通路の為の銅パイプが肉抜き穴を貫通して設けられている。「ヒルト」では小型のオイルポンプがブロック側面にあるようだが、「初風」ではヘッドカバーにドレイン用のパイプがあり、フィードとスカベンジングを有する「神風」と類似(或いは共通?)のポンプが使われていた。(オイルポンプは欠落していたが、この事

はスミソニアン博物館のスケッチから確認できた)

シリンダーは「ヒルト」では鋳鉄であるが、「初風」は削り出しフィンのスチール製で、ヘッドとは銅ガasketを介し4本のボルトで締め付けられる。燃料はアンダーカットした歯車ポンプ(端数10枚)で圧送され、水平型キャブレターに入る。キャブレターはガス電直系の東京機器製である。点火用マグネーターは欠落していて不詳である。吸気マニホールドには各シリンダーに向けてメタノール噴射口があり、おそらく戦争末期には練習機といえども粗悪燃料のため必要となって付けられたのではないかと推定される。

図3 初風 11 型の縦横断面図

図4 ヒルト HM504 型の縦断面図⁽¹⁾

始動は手動ハンドルでウォームギヤを介してクランク軸を直接廻す構造であるが、これを使わずともプロペラを直接手で廻して容易に始動出来た。「ヒルト」にはこの始動装置は見当たらない。若しかしたら当時日本で多用されていた慣性始動の訓練用として要求されたものかも知れないが、後述するジェットエンジン用に転用した場合には具合が良かったのではと推定される。

エンジンマウンティングは大型の円形ゴム製でこれはオリジナルのままである。これは優れていたようで、この後ガス電が開発したスリープバルブ、ターボ・コンパウンドエンジン「ハ 200」にも踏襲された。

表 1 に主要緒元を「ヒルト」と対比して示すが、若干の排気量アップによりごく僅かの質量の増加で出力は増加している。

3、評価

分解したエンジンはそのベアリングのオーバーレイのメッキ部位の磨耗状況からかなりの時間稼動したものであろうと推定できたが、燃焼室周辺も含めて損傷部位は無く充分な実用性を有していたと判断できる。当時の当事者の話からも好評であったようである。

オリジナルの「ヒルト」エンジンは名エンジンの一つではあったであろうが、その生産性、耐ノック性の欠点を事前に見抜き、原型とは似て非なる新設計の別エンジンとなったが、これは星子勇の采配によるものである。すべり軸受への変更を決心させた背景は検査課課長甲斐わたるの調査報告で、それは国産品と SKF の材料成分、精度など詳細な比較評価の結果であった。当時国産のころがり軸受

はザーザーといて廻ったが、SKF 製は粛々と無音で廻ったという。ころがり軸受の凝った設計をそのまま踏襲し、クランク軸の損傷で生産に大支障を来したダイムラーベンツ DB601 型エンジンの国産化の事例を見ると、ガス電の事前解析と適切な判断は刮目に値する。残念ながら当時の調査報告書は残存せず、その内容は不明であるが、図 8 は当時の国産軸受の「ころ」の精度を 1997 年に実測した一例で、今日、世界一の精度を誇る進歩した生産技術の中にあつては計り知れない背景であつたことが判る。⁽²⁾

ノッキングの正体がエンドガスの自己着火であるということが初めて解明されたのは 1937 年で、更に燃焼室形状が大きく影響することが解明されたのは 1940 年代以降であるので、半球型燃焼室への変更が如何に先進的な判断であつたかがあらためて評価される。⁽³⁾⁽⁴⁾

圧縮比低下、ころがり軸受廃止に伴う性能低下対策とし

図5 分割歯型結合形のヒルト HM504 型のクランク軸⁽¹⁾

図6 巧みな肉抜きをした初風 11 型のクランクケース

図7 初風 11 型の半球型燃焼室

	初 風	Hirth HM504
製作国	日本	ドイツ
製作年	1942	1934/1935
型 式	空冷倒立直列4気筒 OHVクロスフロー	空冷倒立直列4気筒 OHVカウンターフロー
ボア×ストローク (mm)	105×125	105×115
総排気量 (L)	4.33	3.98
圧縮比	6.0	6.2
燃焼室形状	半球型	平皿型
最大出力(ps) (kw)	110~125 [81~92]	105 [77]
全 長 (mm)	1180	945
全 高 (mm)	664	780
全 幅 (mm)	442	520
質 量 (kg)	110 (オイルポンプ、マグネットを除く)	104
燃料消費率(g/kWh) (g/PSH)	—	310 [228]
気化器	東京機器 SH142B水平型	—

表1 初風及び「ヒルト」エンジン主要諸元対比

て上記燃焼室変更とともに排気量を 1 割増し、「神風」で実績のあったローラータペットを採用した。薄肉アルミのクランクケースには何の損傷も見られなかったが、その巧妙な設計は当時の解析技術の無い時代として目を見張るものがある。ガス電の航空エンジンには列型は無かったが、この優れた設計はおそらくトラック用列型エンジンで苦労した最初のトラック以来の経験が生かされたのではないかと推測される。

4. 余録（「初風」の転用）

第二次大戦末期、海軍はいわゆる人間ロケット爆弾「桜花」を実戦に投入した。しかし、その固体ロケットの航続時間が不足したことからロケットに換えてカンピニー式のジェットエンジンに換装した。このエンジンはレシプロエンジンでコンプレッサーを駆動して吸入空気を圧縮し、そこに燃料を投入してジェット噴流を得るもので「ツ 11」型と呼ばれた。そのレシプロエンジンにこの「初風」が起用された。この「桜花Ⅱ」型はスミソニアンのスチープン F. ウドバー・ハージーセンターに展示されている。

判定倍率	500
解析モード	最小自乗法
真 円 度	22.2 μm
山側真円度	901 μm
谷側真円度	13.1 μm
平均真円度	3.1 μm
山 数	8

図8 当時の国産ころ軸受けのころ（ローラー）の精度例(2)

5. むすび

ガス電（日立航空機）の航空エンジンは各型式とも比較的小出力のものであったので練習機、哨戒機および直協機など地味な機種に搭載されたためその評価も目立たなかった。「初風」のライセンス生産も今日まで注目されることも無かったのであるが、その分解調査により、この技術移転がオリジナルを正に参考としただけで、自身の設計ノウハウおよび生産技術の自己評価に立脚した新設計であったことが判明した。

これは、当時、外国技術を的確に評価出来ずオリジナルのまま、国産化を計り失敗した幾つかの事例と対比する時、この技術移転が如何に適切であったかがあらためて認識できる。

本調査、復元にあたり、航空自衛隊浜松基地、(株)スズキ及び静岡日野自動車(株)の絶大なご支援を頂いた。厚く御礼申し上げる。

文献

- (1) Kyrill von Gersdorff / Kurt Grasmann, "Flugmotoren und Strahltriebwerke" Bernard & Graefe Verlag Munchen, 1981
- (2) 鈴木 孝, "20 世紀のエンジン史" 三樹書房, 2001
- (3) J. Swaine, "Some Design Aspects of Poppet-Valve Cylinder Heads for Spark Ignition, Liquid-Cooled Engines" The I. M. E. Proceedings., 1947~1948
- (4) 鈴木 孝, "エンジンのロマン" 三樹書房, 2002