

ネズ爺 & ハテナンの

特許 探偵団

DETECTIVE TEAM OF PATENT



まさに技術革新
だニャ!



ハテナン

Vol.12 Jumo 社・ジェットエンジン

爺：さて、今回はジェットエンジン開発シリーズの最終回じゃ。ユンカースのエンジン部門会社であるJumo社のエンジンを取り上げるぞ。

ハ：おおッ！ Jumo004はMe262に搭載された傑作エンジンですね！ 公報の図を見ると、同社のエンジンは、これまで見てきたものと構造がだいぶ違いますね。

爺：ホイットルやフォンオハインのジェットエンジンは、回転軸に対して放射状に空気を圧縮していたんじゃが、これは回転軸方向に圧縮するのじゃ。この仕組みは当時、革新的だったのじゃよ。

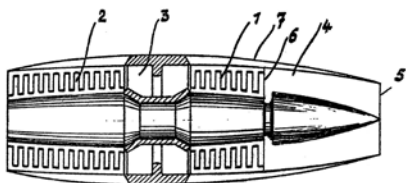


推力が同じならば、前面の面積が小さいほうが有利じゃ。



ネズ爺

Zu der Patentschrift 724 091
Kl. 46 g Gr. 1



今回の特許公報： 飛行機の推進装置

ドイツ特許第 724,091 号
発明の名称：Vortriebseinrichtung für
Luftfahrzeuge
発明者：Herbert Wagner
権利者：Junkers Flugzeug und
Motorenwerke AG (Jumo 社)
出願日：1938 年 08 月 14 日
登録日：1942 年 07 月 09 日

1. ジェットエンジンの開発競争

爺：まずは、今まで見てきたジェットエンジンの開発史をタイムチャートで整理してみるゾ。

ハ：ホイットルがパワージェット社を設立し、フォンオハインがハインケル社に入社した1936年が「ジェットエンジン元年」といえるでしょうか？

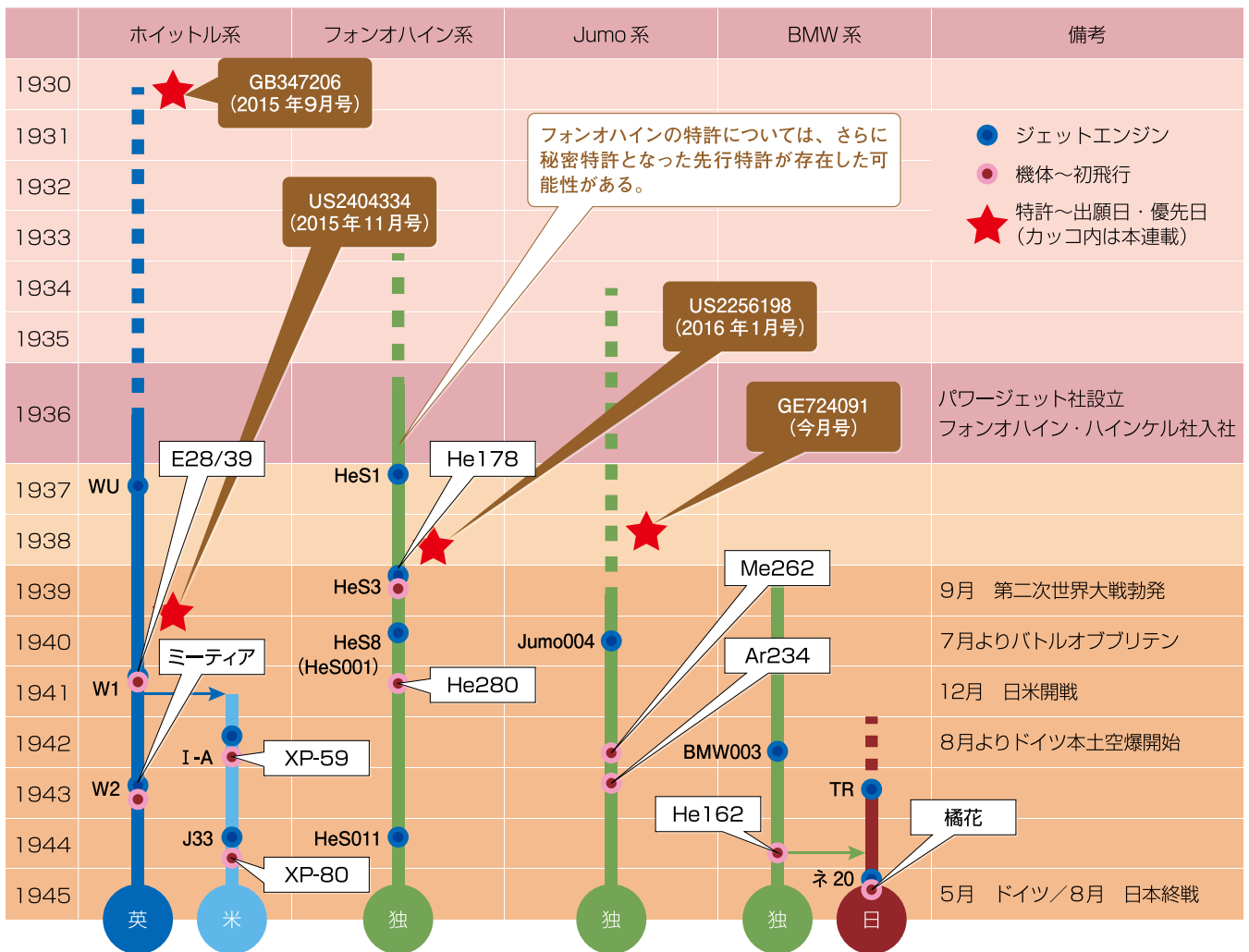
爺：そうじゃな。今回取り上げる特許も1938年の出願じゃから、Jumo社のスタートも決して遅くはないのう。

ハ：それにしてもドイツでは競争状態だったんですね^{*1}。

爺：Jumo社、BMW社は伝統あるエンジンメーカーじゃったから^{*2}、フォンオハインを得て急にエンジンメーカーとして台頭したハインケル社に意地でも負けるワケにはいかなかったんじやろう。

ハ：欧米ではエンジンメーカーと機体メーカーはそれぞれ独立した会社として認識されていたのですね^{*3}。

爺：航空業界には、車体もエンジンも同一メーカーが造る自動車業界とは違う産業構造があるんじやよ。



COMMENTS

- *1) ドイツのみならず、英国もホイットル系とは別に、デ・ハビランド社がフランク・ハルフォード (Frank Halford) によって独自のジェットエンジンを開発している。同社のバンパイヤ戦闘機などは、このエンジンを搭載している。
- *2) Jumo社は、Ju87スツーカー爆撃機やHe111爆撃機に使われたJumo211エンジン、Fw190D戦闘機に使われたJumo213エンジンなどを生産した。また、BMW社はJu52輸送機に使われたBMW132エンジンやFw190A戦闘機に使われたBMW801エンジンを生産した。
- *3) エルンスト・ハインケルは、弱小エンジンメーカーのヒルト社 (Hirth) を買収し、ジェットエンジンの生産を試みた。裏を返せば、機体メーカーがエンジンメーカーとして信用を得ることの大変さを物語っている。ジェットエンジンは、成熟した精緻なレシプロエンジンとは異なる全く新しい技術分野だったからこそ、ハインケルは挑戦できたともいえる。現代の電気自動車メーカーの台頭に共通する時代背景があった。

2. Jumo004エンジンと特許クレーム

爺：さて、冒頭でも話したように、ホイットル系やフォンオハイン系と、Jumo004は空気の圧縮方法が異なるのじゃ。コンプレッサーにおいて回転軸の径方向に圧縮する方法を「遠心式」、回転軸の方向に圧縮する方法を「軸流式」というんじゃよ。下の図を見るがよい。



Jumo004 出展：『橋花^{※8}』p.94を加工

遠心式ジェットエンジン

軸流式ジェットエンジン

ハ：軸流式のほうがスマートですね。それに、空気の流れが飛行機の進行方向とズーっと同じで素直です。

爺：そのとおりじゃ。軸流式は空気抵抗となる前面面積当たりの推力が大きくなるし、空気圧縮も進行方向に多段階で行うからスムーズなのじゃ。実際、現在開発されているエンジンは、すべて軸流式となっておる。

ハ：ホイットルやフォンオハインは、この圧縮方法に気づかなかったのでしょうか？

爺：いいや。軸流式の原理特許は、既に1921年、フランスのマキシム・ギョーム (Maxim Guillaume) が取得しておったんじゃ^{※4}。ホイットルはこの特許の存在を知っていたので、彼の最初の特許^{※5}のクレームで「遠心式の過給コンプレッサー」と限定したのじゃろう。

ハ：ニやるほど。でも、ホイットルが特許にこだわって開発をスタートしたのは本末転倒な気がするニャ〜。

爺：コレコレ、そうがった見方をするものではない。前回説明したように、遠心式コンプレッサーはレシプロエンジンの過給機で研究されておったから、技術的ハードルが低かったのじゃ。当時、ジェットエンジンの実用化を第一に考えれば妥当な選択だったのじゃよ。

ハ：ということは、軸流式を実用化したJumo社は、未知の技術的課題に挑戦して克服したということですね。

爺：そういうことじゃ。例えば、コンプレッサーの圧縮羽根の形状も試行錯誤しなければならなかったじゃろうし、遠心式に比べて長い回転軸もより深刻な振動問題を生じさせたじゃろう。簡単な開発作業ではない。

ハ：一からの開発という点で革新的だったんですね。

爺：軸流式エンジンを実用化したという点だけでも大きな成果じゃったのに、エンジンも機体も優秀なものに仕上げたところがドイツの技術力のすごさじゃな。Jumo004エンジンとMe262の試作機がコレじゃよ。

Me262試作機

Jumo004エンジン



ハ：お〜、カッコいいニャ〜！！ そういえば、エンジンポットを翼の下につり下げる構造はHe280でも採用されていましたね。

爺：さよう。Jumo004のオーバーホール時間 (TBO) は35時間程度といわれておる^{※6}。この構造は、整備現場で頻繁にエンジンを着脱して整備するのに好適だったんじゃ。さて、最後にクレームを見ておこうかの。

Vortriebseinrichtung für Luftfahrzeuge, bestehend aus einer Gasturbine einem von dieser angetriebenen Verdichter für die Verbrennungsluft und einer an die Gasturbine sich anschließenden Rückstoßdüse, dadurch gekennzeichnet, daß der Austrittsquerschnitt der Rückstoßdüse etwa die gleiche Größe wie der Austrittsquerschnitt (6) der Gasturbine (1) hat.

燃焼によって回転するガスタービンがコンプレッサーを駆動し、また、反動ノズルから推進力を生じる飛行機の推進装置であって、ガスタービン(1)の放出断面(6)が反動ノズルの放出断面と同一である。

ハ：簡素なクレームですが、排気ノズル断面に関するもので、やはり軸流式エンジンの基本特許ではないですね。

爺：1938年の時点で、軸流式エンジンのさまざまな基礎研究を進めていたという事実が重要なんじゃよ^{※7}。

COMMENTS

※4) FR534801号 (出願：1921年5月3日、特許：1922年1月13日)。

※5) 2015年9月号で取り上げたGB347206号特許。

※6) 『German Jet Engine and Gas Turbine Development』(Antony L. Kay著、Airlife社、p.71)。主たる理由はタービンブレードの交換であった。これに対して、ホイットル系のW2エンジンは180時間のTBOを誇った(『ジェットエンジンの仕組み』吉中司著、講談社ブルーバックス、p.71)。後述のように、タービンブレード構造が優れていたからであろう。兵器としての優劣は、必ずしも瞬間的なポテンシャルにとどまらない。

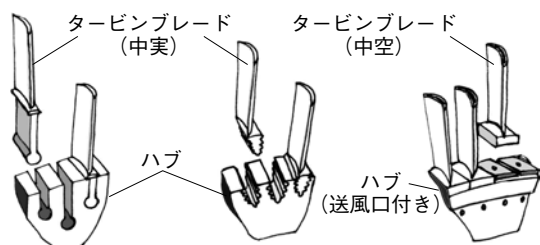
※7) Jumo004は、ハインケル社He280の対抗馬としてMe262とともに突然現れたように思われがちだが、Jumo社はこの特許のように以前から地道な基礎研究を続けていた。なお、創立者のヒューゴ・ユンカーズ (Hugo Junkers) は、ナチス党に反対の立場を貫いたが、経営上の圧力を受けた彼は1933年に引退に追い込まれ、その2年後に76歳で死去している(前出『German Jet Engine and Gas Turbine Development』p.57)。

3. タービンブレードの破損問題

爺：遠心式にしろ、軸流式にしろ、ジェットエンジンの開発において、皆そろって直面したのがタービンブレードの破損問題じゃ。最後にこの技術を見てみるゾ。

ハ：タービンは、燃焼ガスを直接受けて回転振動も大きいでしょうから、常に大きな負荷が掛かるところですね。

爺：タービンブレードとハブの接続部は、ブレードの共鳴振動によって常に亀裂が生じやすいのじゃ。タービンは高速で回転しているため、少しでも亀裂が入ればブレードは飛散してしまう。各エンジンとも、ブレードのハブへの取り付けに知恵を絞っておるんじゃよ。



A ドラバール方式 B セレーション方式 C Jumo004方式

ハ：うわぁ、いろいろな工夫をしているんだニャ〜。

爺：AとBはブレードの基部をハブの穴にはめ込む方式として、両者間に「遊び」を持たせておる。

ハ：特にBの形状が面白いですね。

爺：うむ。ファーツリー（もみの木）方式とかクリスマスツリー方式とも呼ばれる構造じゃな^{*8}。

ハ：どうしてこういう形にするんでしょうか？

爺：ブレード側に近く熱を受けやすい所ほど容量を増やして熱応力を逃がしやすくしているのじゃろう。

ハ：ニャるほど〜。……あれ？ CのJumo004で採用しているタービンブレードは中空の部材なんですね。

爺：そうじゃ。ドイツはニッケルを産出せんかったからな。

ハ：ニッケルって何ですか？

爺：耐熱性に優れる金属で、重要な戦略物資じゃよ^{*9}。

ハ：あぁ、戦略物資は重要ですよ。中央アジアの鉱物資源をジオン本国に送ったマ・クベ大佐が「ジオンは、あと10年は戦える」と言っていましたもん^{*10}。

爺：コラ！ そこ、スルーするゾ。とにかくドイツは耐熱材料を十分持たなかつたので、ブレードの熱を逃がして熱応力を減少させる構造を採用したのじゃ。

ハ：確かに、中空にすれば熱容量が小さくなりますね。

爺：それどころか、内部に送風して冷却していたのじゃよ。

ハ：わわッ、そりゃまた凝った構造を！

爺：終戦間際に生産効率に影響を与えそうな射出座席や危険なワルター式ロケットエンジン^{*11}を採用した国じゃ。いかにもドイツらしい技術思想といえるな(笑)。

ハ：生産効率を目指した米国や繊細だけど職人芸に頼った日本とは、こだわるポイントが違いますニャー。

爺：技術思想には国民性が表れるものじゃ。

BMW003とネ20



BMW003Aエンジン(出展:『橋花[®]』p.94)



ネ20エンジン(出展:『橋花[®]』p.94)



BMW003エンジンを搭載したHe162



ネ20エンジンを搭載した橋花

当時ドイツでは、ハインケル社、Jumo社に次ぐ第3のジェットエンジンメーカーとして、BMW社がBMW003エンジンの開発を行っていた。当初、Me262戦闘機への搭載が予定されたのはBMW003エンジンだったが、開発が間に合わず、その後、戦争末期に開発されたHe162に搭載されて実用エンジンとなった。同エンジンはJumo004に比べてひと回り小型であった。

戦争末期、ドイツ空軍から提供されたBMW003エンジンの設計図は潜水艦により輸送され、1944年7月に一部(15分の1の概略図)がジェットエンジンの研究を続けていた日本海軍・空技廠に届き、これを参考にネ20ジェットエンジンが試作された(『ジェットエンジン史の徹底研究』、石澤和彦著、グランプリ出版、p.53)。上図の比較のように、ネ20はBMW003のデッドコピーではないことが分かる。ネ20を搭載した橋花は、翌年8月7日(終戦の約1週間前)に初飛行し、日本も第二次世界大戦中に実際にジェット機を飛ばした国の一つとなった。ネ20の推力はJumo004Bの900kgf、BMW003Aの800kgfに比べると小さく、ハインケルHeS3並みの490kgfであった。



中川 裕幸

中川国際特許事務所
所長・弁理士

Hiroyuki Nakagawa :
Head Patent Attorney at
Nakagawa International
Patent Office

〒105-0000
東京都港区虎ノ門
3-7-8

ランディック第2虎ノ門ビル5F
Tel 03-5472-2900





COMMENTS

- ※8) ホイットルはAのドラバール (de Laval) 方式を諦めてBのセレーション (Seration) 方式に切り替えた。日本の国産ジェットエンジン、ネ20のタービンブレード構造については、『橋花』(石澤和彦著、三樹書房)や『ジェットエンジンに取り憑かれた男(上)』(前問孝則著、講談社+α文庫)に詳しいが、後者にはブレードの破損に苦勞し、同構造を思いつかなかつた開発担当者の永野治氏の悔しさが懐述されている。
- ※9) オーストラリア、ロシア、カナダ、インドネシアなどで産出され、ドイツは輸入に頼らなければならなかつた。米国も産出国ではなかつたため、当時、例えば5セント硬貨(通称ニッケル)として国内に一定量を確保していた。日本の100円硬貨などにもニッケルが含まれている。
- ※10) アニメ『機動戦士ガンダム』(日本サンライズ)の第25話におけるマ・クベ大佐のセリフ。
- ※11) 射出座席はHe280やHe219で実用化され、ワルター式ロケットエンジンはMe163で実用化されている。同ロケットエンジンの推進剤に使われた過酸化水素(T液)やヒドラジン(C液)はいずれも人体に有害で、その運用には大きな困難を伴った。