

二重反転一人乗りヘリコプタ GEN H - 4 研究開発ものがたり

柳沢 源内(GEN CORPORATION)

Past, Present & Future of GEN H-4

The unique single seated Co-axial counter rotating Helicopter

Gennai Yanagisawa, President ,GEN Corporation , Matsumoto, Nagano, Japan

Following the development of the high power miniature engine, GEN125, Engineering Systems Co. is currently in the process of developing the GEN H-4, a compact, versatile single seat co-axial counter rotating helicopter. With a multitude of possible applications in commercial and recreational uses, goals such as simplified controls, mechanical simplicity, and minimal maintenance has been accomplished in the process of its evolution.

Key words.

Personal helicopter, Single seat Helicopter, Co-axial counter rotating Helicopter

1. はじめに

陸上距離 500km を境に鉄道と航空機の激しい競争が行われている。1000km を超えると航空機のシェアが 80% 近くになり、その高速性を享受している。一方 300km 未満の短距離市場では自家用車の進出が著しく、自家用車によるドア to ドアの利便性の高い需要が急増しているのが実情である。

生活水準の向上と共に航空機の高速性、自家用車の随意性、機動性といった質の高い輸送、交通手段が求められた結果である。また航空機もこの流れに乗ずる如く近頃は少人数のビジネスジェット、パーソナル・プレーンの使用が増加しドア to ドア感覚に近づきつつある。

再度近距離の交通に目を向ける時、陸上道路のインフラの整備、増設は限界に達しつつあり、都市部及び近郊の恒常的渋滞の解消は期待出来ないところに来ている。一方交通輸送は GDP の成長にほとんど無関係に毎年 4~5% の伸びを示している実情に鑑み近距離低空域利用の陸上に頼らない交通手段を考える時期に来ていると思われる。具体的には高度数 m 程度の低空域を活用し、直線的にドア to ドアを結ぶ新しい交通システムの構築が期待される。

2. 航空機、航空技術の研究動向

現在の航空機、航空技術の開発の動向は高速大物流を狙った超大型機の開発と比較的中型のリジショナル機、小型のビジネス機、高速パーソナル機の開発に 3 極化し、カーボン繊維の多用による軽量化、その結果もたらされる省燃費、即ちグリーン化を狙いながら、安全性、快適性の向上に取り組んでいる。

小型高性能ビジネスジェット機の開発が盛んである一方、オスプレイに見られる滑走路不要な垂直上昇型の航空機の開発が粘り強く続けられている。航空機利用の為にインフラ整備即ち飛行場の建設がコスト的または地理的な困難さが増大していることではあるが、それ以上パーソナルな交通手段としてドア to ドア要求の現れであると見られる。この要求は極く近い将来自家用車のように飛行機を持ち、生活の手段として楽しむ時代を現出させるはずであり、この時代の要求こそ航空技術の次の目標となるはずである。この目標の為に発想を変えて低速で、低空域を安全に移動できる空中移動型スクーター的乗り物の実現が期待される。

3. GEN H-4 の特徴

GEN H-4 は一人乗り同軸二重反転型ヘリコプタである。最大の特徴はローターが固定ピッチである事、エンジン、ミッションと共にローター面を傾ける事により移動出来る事、ディファレンシャル装置を有し上下ローターの回転数を変えて、その場回転を出来るようにした事、独立したエンジンを 4 基、各々クラッチ機構を介し入力している事、またそのことにより 1 つのエンジンの停止に対処している事、特殊なジンバル機構を有し、ローター面は地上に於いて地面の傾斜にかかわらず、常に水平を保てる事、等々である。

同軸二重反転方式は上下段ブレードが互いにトルクを打ち消し合い、機体に回転トルクを与えないために一般のヘリコプタのようなテールローターを必要とせず、全投入動力を揚力に振り向ける事が出来るので、その分ペイロードを稼ぐ事が出来、逆にはその分小型化できるし軽量化に寄与できる。又、ローターの固定ピッチ化は Fixed Rotor と呼ばれ、翼の付根の関節を全て廃止したもので、いまだ世界的に実用化されていない方式である。即ち Flapping hingless feathering hingless drag hingless である。この構造は従来の方式に較べて極めて構造が簡単な為、信頼性、整備性、コスト低減に役立った。その上操縦性の安定と広い重心範囲を獲得した。操縦は通常ヘリコプタのフェザリング動作の代わりにローター面全体を傾けて行う。

GEN H-4 はエンジン、ミッション、ローター、機体全てを含めて自重は 75kg である。90kg までの人間、又は荷物を空中輸送できる能力がある。軽自動車と比較して自重は 1/5、オートバイ、スクーターと比較しても 1/2 である。

4. GEN H-4 開発の歴史

GEN H-4 の開発の歴史は 20 年になる。もともと我社は特殊な産業用の自動装置、テスト装置をオーダーメイドで一品毎に作るベンチャー会社であった。1980 年の始め頃連続的に生産できる独自の製品を持ちたく、手がけたものが小型航空用エンジン GEN 125 である。社長の私がエンジン皇の出身で、草刈機、チェーンソーなどの超小型軽量エンジンの開発に長年携わってきた関係から開発を行った。目標は大型模型用パワー/ウェイトレシオ世界一。結果は 10HP/補機なしで 3.5kg で出来上がり、良い性能結果を出した。

諸元は 2 ストローク、水平対向型、2 気筒排気量 125cc、出力 10HP/8500rpm、ダイヤフラム気化器付 混合比 30:1 レギュラーガソリンである。

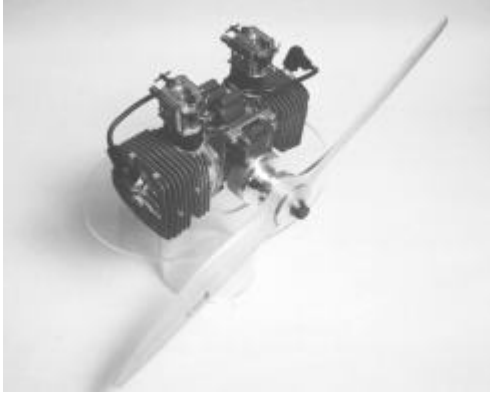


Fig 1.GEN 125 Engine

耐久性能テスト後ハングライダー用、パラグライダー用と売ってみたが充分な販路がひらけずに農業用のヘリコプタに向かうことにした。当時は農用小型ヘリの普及に農林省が力を入れている時期でもあった。他社とは違った型、二重反転とペイロード 60kg を狙い試作に入ったが、リモートコントロールがむづかしく安定が得られずで大変苦労した。最後に人間がつかまり、差し上げて運転してみた所、相当素直な揚力を得られる事が判り、乗用型に転向、これに特化する事になったのが開発経緯である。

1995 年の Airshow Japan95 にストラップオンヘリコプタの名前で出展した所、素人の反応は大変良く、『私も飛べる』だったが、ヘリコプタ専門家並びに学者先生には誠に評判悪く、まさに惨憺たるものだった。飛ぶはずがない、という評価であった。



Fig 2. Strap on helicopter

また、ヘリコプタ操縦システムの常識にもとって、ビンジレス、固定ピッチ、サイクリックレス、シーソーレス、ローターを二重反転に回転させる装置しか見えないヘリコプタに対する批判はかなり冷たく専門家には全く無視された。

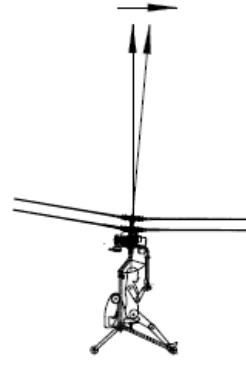


Fig 3. Tilt unit

しかし私の信念は竹トンボは浮く、二重反転は機体がまわらないはず、ローター面を傾ければ傾き分力の方向に進むはずであるという事で開発を続けた。



Fig 4. First flight

実験の結果はやおら思惑通りで最初は 18 秒間ではあったがホバーに成功し、その後初期的には出来なかったホバーターン(その場回転)を電動デフを組み込む事により解決できた。

この頃、国内での飛行許可がなんととしても取れず、止むを得ず米国、オシコシアアショーで、初飛行、デ



ビューを果たした。

Fig 5. Demo flight in Oshkosh

米国のヘリ専門家もかなり驚いた様子で新聞雑誌、カレンダーにも掲載される程だった。米国でもこの種のカテゴリーがなく、すぐには UL の仲間入りができなかった。しかし FAA の UL 基準に準拠した作りのため、米国民は自由に使えることになっている。FAA と折衝している間に 9/11 テロ発生。安価なヘリは危険視された時期が続き、6 年経過した今ようやく霧が晴れてきた所である。



Fig 5. Demo flight in Oyabe

この間日本では自作機として認められ、キット売りの名目で販売できるようになったが、まだ自由飛行の規制の枠が取れないでいる。

ちなみに今は免許証は不要である。

GEN H-4 の飛行性能の現状は

対地高度 20m 海拔 700m可能

対地速度 30km/h

大気速度 40km/h

滞空時間 15分

の性能を有している。

5. GEN H-4 諸元について

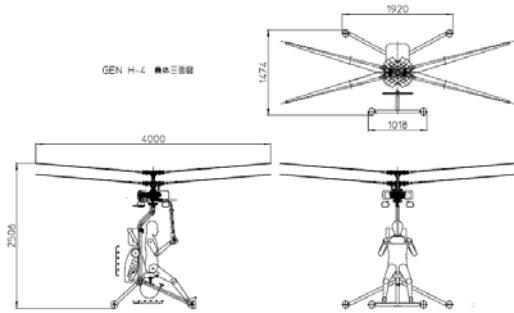


Fig 6. Three-view drawings

GEN H-4 諸元表	
機体重量	75kg
機体高さ	2.5m
最大離陸重量	180kg(標高 600mにて)
ローター直径	4m
エンジン	GEN 125 を 4 基搭載
燃料	混合油 (30 : 1)

Table 1. Specification sheet

エンジン出力は 4 方から上下向かい合わせのスパイラルベベルギヤに結合、中心にプラネタリー型のデフを有し、プラネタリーヨークを電動モータにて駆動、上下ローターの作動を得てホバーターンを実行する。

GEN H-4 の操作はアクセルレバーによりエンジン回転数 up で上昇、パワープラント一体型のローター面を傾ける事により、前進・後進・左方・右方進行することが出来る。

ホバーターンは、電気スイッチによりその場左右旋回、ヘッドロックスイッチで方向一定に飛行可能(ジャイロセンサーにより方向修正を行いながら飛行)

GEN H-4 は小型のため個人の敷地に、自動車のガレージに、農家の納屋に保管できる。移動は軽自動車、トレーラーで可能である。まさに個人の軽自動車感覚で扱える。5X5=25m²程度の空き地または庭から離陸可能である。もちろん屋上からも可能である。

即ちもっとも時間ロスの少ないドア to ドア感覚の随意性と高速性(直線飛行による)快適性(前後左右解放感覚:道路も信号機も川も橋も無視できる)地上交通機械のサスペンションとして最後にたどり着いた。エアサスペンションに最初から乗っているわけで快適そのものである。

6. GEN H-4 ローターについて

GEN H-4 ローターの決定について際して模型調査の結果揚力係数が大きくて頭上げモーメントの小さい翼を捜し、グライダーの翼に行き着いた。手作業によりモデルを作りテストした所、ローター先端下の風速 10m/sec に及び馬力消費が大きかった。これを解消するために捻り下げを 4.5° にし先端風速を抑えた。実験により付根の取付角 12.5° で最大パフォーマンスを得た。消費馬力 13.6Hp 推力 105kgf を得た。より高性能ブレードへと研究と実験を重ねた結果、高性能翼形を決めるパラメーターはテーパー比と捻り下げに大きく依存する事を知り、テーパー比 0.3 を採用した。結果は 14HP120kgf の推力を得た。二重反転翼が 180kgf の揚力を得るためには、ローター1 段で各々 120kgf の揚力が必要である事が判り、最終的な目標揚力 180kgf を達成した。ブレードの材質構造は、芯部発泡ウレタン、表面カーボクロス 3~4 プライ、芯部にはカーボンローピング、ケブラーローピング入りである。勿論ローターブレードは左右をカップルにして静バランス、動バランスを整える事は勿論、空中(地上 5m のテスト装置上)で上下段の空力バランスを取り上段・下段には出来るだけ同回転数に整えてヘリコプタに取り付けている。ローターブレードの耐久試験はベンディングテスト 3000hr 実機上の運転テスト 100hr を難なくクリアしている。



Fig 7. Oscillation test

7. GEN H-4 高速飛行模擬テスト

GEN H-4 の高速テストのための十分な長さの飛行路が取れないため、ヘリコプタをトレーラー上に固定して飛行状態に近いローター回転を与えながら前傾姿勢を保ち自動車による牽引走行テストを行い、飛行速度とローター傾き角の釣りあう範囲を調査した。各速度における釣り合い角範囲が存在し、最高 80km/h 対地速度迄は十分な飛行が可能である事を確かめている。この高速テストは現在無人リモートコントロールヘリコプタによる飛行テストでの確認を現在継続中である。現在国内では規制のためとテスト場確保と絶対安全確保の為にまだ十分なテストが出来ない範囲が残っている。この部分の解決のために、乗用型と同型の自動制御機能付無人ヘリコプタを作り実験中である。



Fig 8. Unmanned version



Fig 9. Unmanned version

8. まとめ

大型機による長距離高速移動、自家用車による陸上近距離随意移動を手中に入れた人々が次に望むものは「空飛ぶ自動車」「ぶつからない」自動車である事がアンケート調査でも1位2位に並ぶようになった。都市交通の慢性的な渋滞、道路交通インフラ整備の限界に達している状況と大きな滑走路を持つ飛行場又はヘリポートの確保が困難な実情を見るにつけ低空低速飛行区域による近隣交通手段がその機能を発揮する時期は早晚到達するであろう。GEN H-4は自家用車に代わる自家用機として、ポイント to ポイント、いやドア to ドアの要求に答えられる空のスクーター的な役目を果たす時期も目前と考えている。現在開発が完成しつつあるUnmanned vehicleとしてのこのヘリコプタは農林、漁業用として活用も、視野に入って来ている。小型の故に複数台をトラック輸送し空から災害現場に近づき、渦中の人に援助を与える事も可能であるし、安価のため小さな自治団体、消防、警備等への活用も可能であると考え。



Fig 10. Flight training

9. おわりに

落ちないヘリコプタ計画即ち緊急時軟着陸(ソフトランディング)可能なヘリコプタの開発を超小型大出力モータとキャパシタの組合せで行っており、近々実験できる予定である。

当然このモータの活用でハイブリッド型ヘリコプタの開発も試作テスト段階に近づいて居り、実用段階に向けた夢はどんどん広がっている。

10. 参考文献

[1]柳沢源内 二重反転ヘリコプタ GEN H-4 の開発と将来展望

2002AHS 国際会議ヘリコプタ先進技術と救命防災 SS311 P23-29

[2]柳沢源内 竹トンボ型ヘリコプタの開発

No.45(社)自動車技術会 高翔 翔・飛・跳 特集 P17 - 21

[3]柳沢源内 同軸二重反転ヘリ GEN H-4 の無人化への挑戦

2006 ロボット学会 24 巻 8 号空中ロボット紹介 2006.11 P23

[4](社)日本航空整備協会 航空工学講座 9 ヘリコプタ

5-1-3 無間接ロータ P25

[5]加藤寛一郎 東京大学出版会 ヘリコプタ入門

2-6 ロータヘッドの構造 P39

2-7 ヒンジレスロータヘリコプタ P42-46

4-5 理想的捻り下げ P85

[6]原田正志 宇宙航空開発センタ

ロータの翼型の選択、テーパー比の決定等にアドバイスと計算援助をいただく

[7]吉川康夫 航空の世紀

テーパー翼のアスペクト比の算出 P22、P61