# 日本ヘリコプタ協会 人物紹介(6)

ながしま ともあり 長島 知有



まえがき

JHS (日本ヘリコプタ協会) は、AHSI (米国国際ヘリコプタ学会) の日本支部として 1989 年 (平成元年) に創立されて以来、ヘリコプタ関連の学会及び産業等との国際的な活動を含めた国内におけるヘリコプタ技術の啓蒙を目的とした活動を続けています。これまで多くの方々からご支援、ご協力を頂き、活動内容も学術的、技術的内容ばかりでなく運航等利用技術までも含む、ヘリコプタを取り巻くすべてを対象として活動しています。

こうした中で、JHS の活動を積極的に進めてきた主要人物の経歴、経験はまさに戦後日本におけるヘリコプタの歴史そのものといっても過言ではありません。こうした背景のもとに JHS 活動の主軸となってご活躍された人物についてその人となりの一端を紹介しています。今回はその第6回として長島知有氏をご紹介いたします。

本稿の作成に際しましては、本人も予期せぬ心臓バイパス手術による入院治療のため、インタビュー等難しい状況もあり、井星正氣氏をはじめ研究室の皆様の執筆協力により、ご覧のような原稿を完成させることができました。協会として、ご協力頂いた全ての方々に深く感謝申し上げます。

長島氏は、JHS においては、1996 年~1997 年の 2 年間に亘り、会長を務められました。長島氏は、ヘリコプタ研究の第一人者として、同軸反転ロータ実験装置、ロータ振動試験装置、フリーフライト実験装置などの設備を整備し、ヘリコプタの興味深くも難解な現象等に対して、非常に価値のある成果を創出してこられました。

ここでは、長島氏とヘリコプタの関わりや研究の内容、今後の提言などについて特に身近な井 星氏の視点とともに、とりまとめました。

### ヘリコプタとのかかわり

長島知有先生の在職中の仕事ぶりを見ると、ヘリコプタが大好きな防大の卒業生ということが、

多分、先生のものの見方にあったのではないかと思われます。先生は日頃、学生に対して「実験 は大事!」と言われ、実験を大事にする先生でした。また、先生は、「実験が大事だと言っているけ れど、本当のぼくの気持ちは、研究は観察すること、どう言う事かというと、実験して詳細を出 来るだけ深く見るということ、見ると、何か見えてくるはずで、ボーと見ている状態では見えな いものが見えてくる、気が付かなかったものが見えるはずで、それが研究をするということ、こ れがぼくの持論なんだよ。だから、一つは実験、もう一つはカオスなんですよ。カオスだという 意味は、答えは決まってないよ、なんだか分からないことが答えですよ。」と仰います。そう言え ば、先生のある講演タイトルが「物事はカオス、ものをよく見ること、イノベーションはカオス の連鎖」であったことを思い出します。ヘリコプタをもし日本で使うんだったら、何を理解して いないといけないか?要するに使う人が大事、だから教育、さらに、教育だけでなく、リードし なければならないということから研究へと繋がることになります。学生を教育するときに何が大 事か?ということを考えて、自分はヘリコプタが好きだということ、日本にとってヘリコプタが 非常に大事、自分が卒業生だということ、私の人生にはこの3つのことが、自分の人生を決める のに大事なことだ、と思っていたよと、日頃、機会を捉えて仰っていました。ヘリコプタが大事 とは、すなわち、新しい航空技術の開発と開発能力、安全に運用するための諸技術が根っこにあ ったことが推察されます。

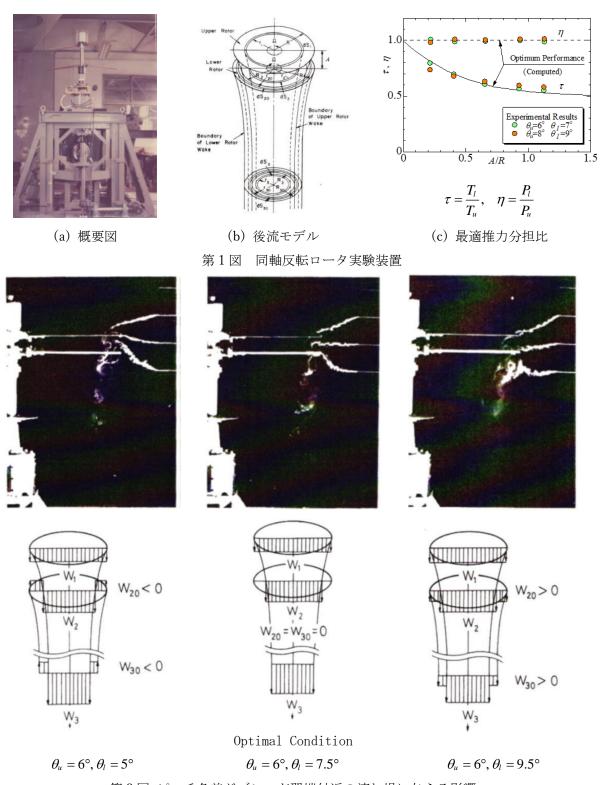
私(井星)から見た先生の印象をひとことで言うとすれば、ひとつはヘリコプタが大好きな防大の卒業生という一面と、驚くほどのヘビースモーカー、それとカオスと言う訳の分からない考え方を仰る先生でした。本稿では、このすべてを紹介するには紙面上の制約もあるので、教育者としての先生の研究室でのご様子や業績を重点に先生の印象を紹介させて頂きます。

長島先生のおもな研究テーマ 3 つ[1] ~[3] と、整備された実験設備を活用した継続的な研究[4] について紹介させて頂きます。

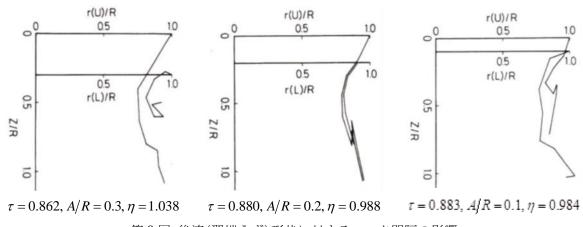
## [1] 同軸反転ロータ実験装置

まず、同軸反転ロータ実験装置を紹介します。先生は同軸反転ロータを Variable Geometry Rotor として捉え、ロータ間隔や上下ロータ間のピッチ角差等からなる種々の可変形状パラメータの組合わせの影響を系統的に検討して、同軸反転ロータの性能がこれらのパラメータに大きく依存することを示されました。第 1 図(a)は同軸反転ロータ実験装置の概要図で、上、下ロータの天秤は同軸の上下端に配置されています。風洞試験では、本装置を風洞吹出し口の直下流位置の床面に敷設されている昇降装置を有するピット上に姿勢角変更装置を介して設置し、ロータ姿勢角を変更しても常にロータ中心と風洞吹出し口中心を一致させることができます。第 1 図(b)はホバリングする同軸反転ロータの後流モデルを、第 1 図(c)はこの後流モデルを用いた数値解析結果で、最適推力分担比 $\tau$ を表します。横軸は上下ロータ間隔 A/Rです。本解析結果は上下ロータブレードピッチ角の組合わせを  $\theta = \theta_u$  + 1 とすることにより、駆動軸の捩り変動荷重の低減を意図したトルク分担比が  $\eta$  = 1 となる実用的な同軸反転ロータの最適空力性能を与えています。第 2 図の上図は代表的な可視化実験結果を、下図は簡単化したロータ後流の模式図です。第 3 図は第 2 図の解析結果による同軸反転ロータの後流形状を示します。解析では、上下ロータ間隔をパラメータとし

ていますが、第 2 図の上図で捉えられた下部ロータの翼端近傍の可視化結果を良く説明できています。



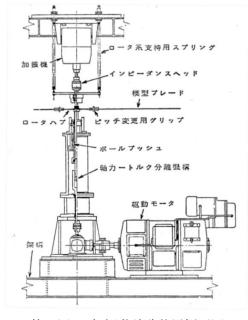
第2図 ピッチ角差がブレード翼端付近の流れ場に与える影響



第3図 後流(翼端うず)形状に対するロータ間隔の影響

# [2] 振動試験装置

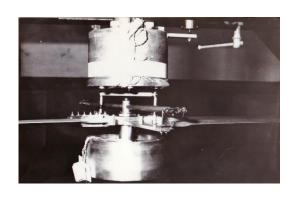
第4図は飛行中のロータブレードの運動を遠心力場での弾性体の振動として捉えるための回転振動試験装置の全体図です。本装置を用いて、ロータ回転数や物性値の分布が異なるロータブレード系の振動特性が動的相似パラメータ、ピッチ角、および曲げ剛性比等の組合わせで一意的に規定されるという理論結果を検証しています。つぎに、非定常空気力を取扱うために、本装置のハブ部に改修を加えるとともに、上下方向のストロークを伸長したヒービング機構を取入れた装置の概要を第5図に、サイクリックピッチ操舵機構を組入れたハブを第6図に示します。一連の装置の改修には、実際に実験に携わった学生のアイデアも数多く取り入れられています。このように段階的な改修を経て、また、得られた機構上の知見から、高次調和操舵応答風洞実験装置[第7図]が同軸反転ロータ実験装置の架台部を用いて構築されています。ロータは1枚ブレードロータで、ハブ部に天秤を配しています。これらの装置による成果の詳細は文献JSASS, Vol.24, 27, 40, 41 等を参照して下さい。



第4図 回転振動試験装置概要図



第5図 ヒービング機構を有する回転振動試験装置



第6図 サイクリックピッチ操舵機構

第7図 高次調和操舵(HHC)風洞実験装置

# [3] フリーフライト実験装置

フリーフライト実験では大型模型を実際に飛行させる飛行実験とロータ模型を台車に取付けてレール上を走行させる走行実験の2つの方式が採用されています。第8図は地面を模擬した傾斜定盤上方でホバリングする大型模型の実験風景です。傾斜定盤は一辺が10mの一様な平面を有する正方形で、最大45°まで傾斜させることができます。第9(a),(b)図はそれぞれ斜面中央とその端部上方でホバリングする大型へリコプタ模型のスナップショットで、地面の三次元性の



第8図 大型模型を用いたフリーフライト実験

影響を検討しています。第 10 図は大型模型の詳細図です。大型模型は産業用無人ヘリコプタに実験装置として必要な改修を施しています。おもな改修点は排気による実験室内環境の悪化をなくし、振動の低減を図るためにガソリンエンジンを水冷式モータに換装するとともに、ロータ荷重、操縦量および機体姿勢を計測するためのジャイロを装備しています。大型模型ヘリコプタは可



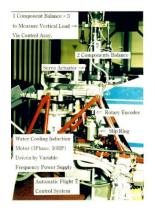
(a) 斜面中央



(b) 斜面端部直上

第9図 斜面上でホバリングする模型へリコプタのフリーフライト実験

変周波数電源装置からの動力ケーブルと水冷 用ホースを吊下げながら安定した飛行を実現 しています。本飛行試験は、研究室全員と共 同研究企業スタッフの 10 数名がそれぞれ分 担して安全性に配慮しながら実施していま す。このような規模の実験設備を造ったのは 防大の一研究室としては初めてであり、大型 模型へリコプタを電動で初めて飛行させたと も伺っています。





第10図 大型フリーフライト模型の詳細図

走行実験装置を用いた各種ロータの実験概

要を第 11 図に示します。走行レールは長さが約 50m で、台車の走行速度は十分な測定時間を確保するために最大 5m/s に制限されています。第 11(a), (b), (c) 図はそれぞれシングルロータ、同軸反転ロータ、ティルトロータの転移飛行速度領域におけるロータ空気力と挙動を検討したときの概要図です。本実験では、この速度領域の特徴的なロータ挙動であるロータブレードの縦横連



(a) シングルロータ



(b) 同軸反転ロータ第11図 走行実験の概要



(c) ティルトロータ

成を適切に捉えられることを確認してから 諸問題の解明に進んでいます。また、これ らのフリーフライト実験装置はジョージア 工科大学の Schrage 教授により高く評価さ れ、その後、Prasad 教授との共同研究に継 続されました。

## [4] 継続的な実験的研究

長島先生が導入された装置を活用、継続・発展させたヘリコプタロータの実験研究例を紹介します。第12図は走行実験装置を使用したコンパウンドヘリコプタのロータと翼の干渉を取扱った研究の実験概要図で



アトランタの友人達との家族写真 前列左から長島知有先生(ご夫人は後列右側)、 Schrage 教授(ご夫人は後列左側)、Crawford AHS 第34代会長ご夫妻

す。走行実験装置は精度良い横風の再現性を生かしつつ、ロータの作動環境の影響を検討できる



第12図 コンパウンドへリコプタのロータと翼の 干渉



第13図 障害物近傍の地面効果内でホバリング するロータ

ように模型支持アームと走行台車に改修が加えられています。ロータと翼は走行台車に取付けられた支持部に配置され、ロータ後流と翼の干渉に対する一様流の影響を明らかにしています。第13回は障害物近傍でホバリングするヘリコプタロータの空力性能に関する研究概要図です。本研究では、実験装置を実験室の床や壁面から適切な距離だけ離した位置に配置することによりロータ空気力に対する実験室内という閉じた空間の影響は地面や障害物の干渉効果に比べて2次的であることを明らかにしています。これは地面の三次元性を取扱った大型模型を用いたフリーフライト実験の成果が重大な論拠になっています。また、フリーフライト実験の成果は災害派遣等で余儀なくされる障害物近傍での飛行において安全性に配慮しなければならない飛行環境の影響に関する研究に継承されました。

# 後に続くひとへ

将来航空機の進むべき方向を決める分岐点、SDGs として、つぎのことを取上げることができるでしょう。

- ① 評価基準として VTOL 性能は必須の条件で、Airport は City Center に設置
- ② 環境問題への対応から、(クリーンスカイ)低燃費、低騒音、排気による大気汚染の低減
- ③ 安全性の向上には、自律化よりは DX を活用した HUMS によって総合的、網羅的に実現
- ④ マルチコプタは eVTOL 性能で評価

これらを実現していくことで航空機本来の有用性を高めることが期待されましょう。

# 略歴

# 1. 学歴

昭和34年3月防衛大学校(三期、陸上、航空工学専攻)卒業 昭和42年3月名古屋大学大学院工学研究科博士課程(航空工学専攻)修了

### 2. 職歷

昭和42年4月防衛庁技術研究本部第三研究所研究員

昭和47年10月防衛大学校助教授兼第三研究所研究員 昭和52年10月防衛大学校教授 平成14年3月防衛大学校教授定年退官、名誉教授

長島知有先生の経歴の詳細は防衛大学校紀要「抄歴に寄せて」を参照して下さい。

# 人物考

# [糸賀紀晶氏]

私が長島先生に初めてお会いしたのは、大学院生時代です。確か 1994 年に陸上自衛隊霞ヶ浦駐屯地で行われた夏季定例研究会に参加したときだったと思います。ヘリコプタの CFD 解析に関する研究をしていた関係で研究会に参加させて頂いたのですが、そのときは、2 年後勤務先でお世話になるとは思ってもいませんでした。私が防大に着任したころの長島先生のご関心は、ティルトロータに関する研究で、学生とともに来る日も来る日もフリーフライト実験に明け暮れておられました。そんな先生に対する当時の私の印象は、「長島先生=敏腕プロデューサー」でした。物事を俯瞰的に、そして幅広い視点から全体を見ることができるとても凄い先生だな、こんなところで仕事ができるなんてプレッシャーだけど幸せだなと感じたことを思い出します。また、ラグビーに対しても特別な思いをお持ちで、部長や顧問をされたり、卒研担当学生をご自宅のディナーに招待するなど、学生との時間も非常に大切にする先生でした。

# [大内廣氏]

長島知有先生(以下本文では先生)から長年いただいているご交誼、ご薫陶に感謝しつつ、いくつかのエピソードを紹介します。

## • 実証主義

防衛大学校へリコプタ工学、長島研究室の研究生だった時、主に同軸反転ロータの研究に携わっていて、実験室の管理なども仕事のうちだった。先生にも来ていただき実験をすることも多かった。ある時実験室で先生がタバコを吸って床でもみ消していたので、私「先生、吸殻を捨てないでください。」先生「すまん。」私「ほかにも落ちてます。」先生「これは僕の吸い殻だけど他の吸い殻が僕のかどうか、実証は難しいな。」私「タバコ吸うのは先生だけです。」と言いかけて止めた。

## • 高速回転体

ロータの実験には危険が伴う。縮尺模型のレイノルズ数を実機に近づけるため、毎分 3000 回転させなければならない。一度ハブが壊れてブレードが飛んできたこともあった。実験を直接目でも見えるようにするため厚さ 10 ミリの透明のアクリル板でつい立てを作り安全を確保していた。このつい立ては準備作業の妨げとなり実験の効率は悪かった。実験の関係者の間ではアクリル板は先生のためにあるのだ、という定説があった。先生は高速回転するものが怖いのだ。深夜、誰かの車に同乗して夜食を食べに出かけることがよくあった。そんな時の先生の口癖「この車、タイヤ外れないだろうね。」

## • 情熱家

陸上幕僚幹部で雑用に追われている頃、突然先生から電話があった。我々の同軸反転ロータの 論文がイタリアの論文で引用されているというのだ。予算のことで頭がいっぱいだった私の反応 が思わしくなかったのか、その後 30 分ほど電話口で先生の熱っぽいご教示をうかがう羽目となっ た。論文が引用されるということは滅多にないすごいことなのだ。あの実験のあのグラフの価値 を認めてくれる研究者が世界のどこかにいたのだ。もっと喜べということだった。

# ・褒め上手

仲間が集まってヘリコプタの本を書こうということになった。私が担当させられたのは第 1 章 ヘリコプタの歴史だった。その冒頭にペルーにあるナスカの地上絵のことを引き合いに出した文章を書いたのだが、これを先生がいたく褒めてくれた。私としては、本の書き出しでもあるので、悩んだすえに、たまたま目にしたナスカの地上絵を使ったのだが、先生は「独創的だ、印象深くてとても良い。」などと褒めてくれた。先生に褒めてもらった記憶はあまりなかったので結構嬉しく執筆もはかどった。

### ・こだわり

話の脈絡は忘れたが、あるとき先生が私に、ピンセットが好きなのだと言った。その時の私の解釈はこうだ。細い先端がピタッと合うのは気持ちのいいものだ。そこが好きなのだろう。それ以後私も人に言うほどではないが、ピンセットを好きなものの一つにいれている。別な時、私が航空情報誌から外した新型へリコプタの写真を飾っていると、先生が来て、そんなものを見てないで、これを見ろ、と見せてくれたのはベアリングの写真だった。先生はほかに歯車の写真も見せてくれた。

## [井星正氣]

防衛庁に入庁して 28 年間、長島先生の下で勤務させて頂きましたので、研究室での日常の先生を紹介させて頂きます。先生との最初の出会いは、防衛大学校に初出勤の日、研究室を決める面接のときでした。恰幅の良い先生から「君は卒業研究でどんな研究をしましたか?」との質問があり、「タービンメータの器差を 0.2%以内に…」と卒研発表で丸暗記していたままを説明すると、続けざまに、「それは回転するのですね。じゃあ、うちだ」。こんなことでいいのかな~と半信半疑のまま研究室が決まった瞬間でした。当時、先生は浦和から横須賀まで通われていましたので、週に数日、研究室に泊まられることがありました。そのような日には夜になっても学生に研究指導をされていて、暫くすると、「あっ!食堂がしまっちゃった!インスタントラーメンのスペアないかな?」というパターンが恒例で、いわゆる、愛されキャラの一面をお持ちでした。一方、風洞実験室の改修やフリーフライト実験室の新設では、当初、途方もないと思われるような計画が次第に実現されていく中で、先生の柔軟な発想力と豊富な経験を感じる場面が多々ありました。夏休みになると、夏ゼミと称して研究科の学生が計画した温泉地に出かけました。学生は皆、ヘリコプタ族でしたので、先生と学生との談笑のなかにも熱のこもった語らいは私にとって実際のヘリコプタの運用を垣間見る良い機会となりました。先生は何事にもパワフルでしたが、取組み

方はスマートで、学生にとって気さくで、よき先輩という印象でした。インタビューをしていたときに、長島先生の同期の先生が何かのことで「長島は本当に教育研究者だよな」と言われたのを思い出しました。先生とは定年退官後もお会いする機会がありましたが、あるとき「ぼく学生になったよ」と伺って驚かされました。どうも、放送大学で生物・化学を学ばれたようで、「単位もとったんだよ」と。また、ヘリコプタに関するお仕事も続けられていて、資料が多量に送られてくるから大変だよ、と



夏ゼミにて

仰りながらも、現役のころと変わらないご様子、話ぶりでした。長島先生には、42年間に亘る充実した勤務ができましたことに感謝申し上げますとともに、今後も、お体をご自愛され、ワクワクするようなお話を拝聴させて頂けますようお願いして、紹介文とさせて頂きます。