



一般社団法人名古屋工業会会誌

ごきそ

2022 1-2 月号

【新年挨拶】

加川純一理事長のあいさつ

木下隆利学長のあいさつ

【交流コーナー】

鳥夢王国（土地利用編）（その2）

【新聞記事コーナー】

中日新聞

【情報ネットワーク】

支部報告・会員ニュース

No.505

発行 一般社団法人名古屋工業会
(名古屋工業大学全学同窓会)

〒466-0061 名古屋市昭和区御器所町字木市29番
国立大学法人名古屋工業大学 校友会館内

TEL・052-731-0780

FAX・052-732-5298

E-MAIL・gokiso@lime.ocn.ne.jp

<http://www.nagoya-kogyokai.jp/>



2021年度 計測会総会・講演会の報告

昨年度はコロナ禍のため総会開催を見送りましたが、今年度は9月25日にZOOMオンラインで実施しました。4月の役員会でZOOM開催することを決定し、寺倉新会長のリーダーシップのもと、役員メンバーのチームワークで何とか予定通りに開催することができました。

第1部総会では、名古屋工業会会長の加川様、名古屋工業大学学長特別補佐の河邊様、物理工学科学科長の種村教授(F56)にも来賓としてZOOMで御出席、スピーチをいただきました。種村先生からは資料を用いて、最近の学内の状況や計測会賞授与の様子をご紹介いただきました。役員による活動報告、会計報告の後、新旧の卒業生からもスピーチをいただきました。スピーチ内容は計測会のホームページに掲載しましたのでご覧下さい。(注)

第2部講演会では、講師に元JAXA理事の山浦雄一様をお迎えし、「宇宙開発の戦略と成果の本質～物資輸送機「こうのとりの」が世界を変えた～」との演題で御講演いただきました。こちらの講演録も計測会ホームページに掲載しましたのでご覧下さい。

初めてのZOOM開催でしたが、第1部総会では51名の方に、第2部講演会では計測会員以外の方にも参加を募ったところ100名の方に御参

加いただき、特にトラブルなく予定通りに進めることができました。アンケート結果も概ね好評でした。

従来のリアル総会ですと、さらに懇親会があるはずでしたが、今回は残念ながら見送りとなりました。

しかし、ZOOM利用により、東海地区以外の在住者の方にも多数ご参加いただくことができました。(北は北海道、南は徳島から)さて、次回はどうか致しましょうか。皆さんと直接お会いもしたいし、遠方の方にもご参加いただきたいですし、リアル+ZOOMのハイブリット方式であればよいかもしれません。皆さんのご意見をお聞かせ下さい。

(注)昨年12月に計測会のホームページを新設しました。<http://www.keisokukai.org/>

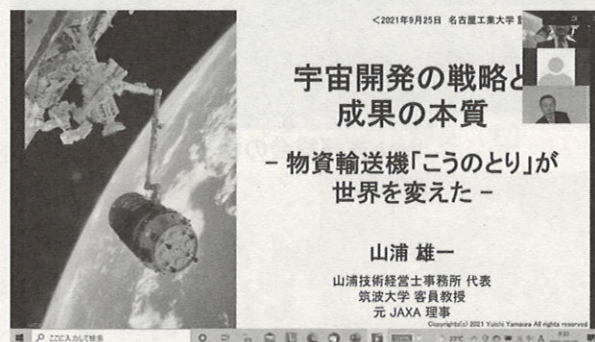
記：野村 正裕 (F55)



種村先生から計測会賞授与の紹介



ZOOM参加の皆さん



山浦様の講演会

宇宙開発の戦略と成果の本質

— 物資輸送機「こうのとりのり」が世界を変えた — (前編)

講師を務めさせていただきます山浦雄一でございます。過分のご紹介をいただきまして誠にありがとうございます。計測会と皆様の益々のご発展を祈念いたします。では、講演を始めさせていただきます。

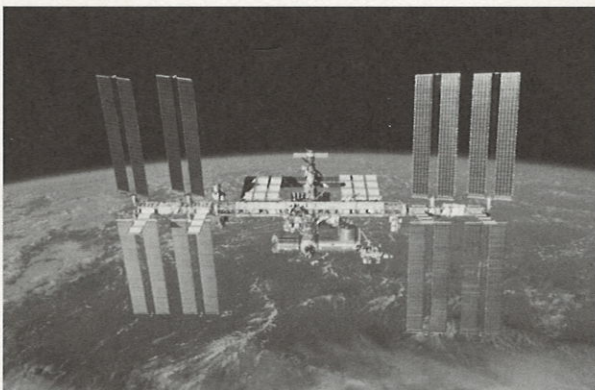
私は子供の頃に米ソ冷戦時代の宇宙開発競争を宇宙ファンとして楽しんでいました。そして、高校時代、1969年7月にアポロ11号による人類初の月面着陸を見て、宇宙開発を仕事として意識するようになりました。

大学・大学院で宇宙工学を学び、JAXAの前身NASDA（宇宙開発事業団）に就職しました。入社7年後の1985年、「日本人が初めて乗るスペースシャトル実験計画を進めるから誰か一人米国に行け」となり、NASAに4年間駐在しました。行った先が、アポロ計画で著名なフォン・ブラウン博士が率いたNASAマーシャル宇宙飛行センター。何かの巡り合せです。

冒頭で寺倉会長に紹介いただいた私の著書には、日本の宇宙開発の義務教育期から成熟期に至るまでの様々な挑戦と苦難と再起を、エピソードを交え書きました。全部お話しすると徹夜になります。本日は、テーマを「こうのとりのり」に絞りお話しさせていただきます。

1. 序：宇宙開発・利用の意義

星出彰彦飛行士が船長として現在滞在中の国際宇宙ステーション(ISS)の高度は僅か400kmで、地上がよく見えます。今ご覧の写真はISSから見た日本列島の夜景。名古屋工業大学がある中京地区も明るく光っています。気象衛星「ひ



国際宇宙ステーション©NASA

まわり」の高度は36,000kmでISSの90倍。月は、「ひまわり」の10倍先ですから、結構近いのです。

宇宙開発・利用の意義の確認が重要です。私は、安心・安全、生活、科学・技術、産業、外交・国際協力、教育・啓発、誇り・希望、未踏地開拓という8つだと思っています。世界では、宇宙開発・利用の多様性を認識する国が増え、宇宙機関や関連部局を持つ国は70を超えています。

2. 国際宇宙ステーション(ISS)計画

ISS計画は、東西冷戦のさなか、1984年に米国レーガン大統領が「西側陣営の宇宙基地」を提唱して始まりました。設計変更が繰り返され、計画中止のリスクがありましたが、1991年12月のソ連崩壊がISS計画存続の転換点になりました。新生ロシアの政治・経済の混乱を懸念した米国が、誇り高きロシアを政治的危機管理の一環でISS計画に招請したのです。

ISS計画には米国、ロシア、日本、欧州(11カ国)、カナダの5極、計15カ国が参加しています。米・日・欧・加の4極はロシア参加の前から国際合意を交わしており、ISSは、構造も運用ルールも4極側とロシア側が連結した2世帯住宅と言えます。

日本は2008年から2009年に、実験棟「きぼう」をスペースシャトルの3回のフライトで打ち上げ、日本人宇宙飛行士の操作で組み立てました。「きぼう」は、日本固有の多くの機能を持った実験棟で、機能と性能と出来栄が国際パートナーから賞賛されています。各極は、自国のシステムを自国から毎日24時間運用しています。「きぼう」の運用は、JAXA筑波宇宙センター(茨城県)から行っています。

3. 宇宙活動の根幹：輸送手段

宇宙活動の根幹は輸送手段です。輸送能力を持つ者(国)は、国際社会で主導権、優先権、影響力、存在感を持ち、ハードパワーとソフトパワーの両方を発揮できるのです。持つ者は、持たない者から、お金か等価な「何か」を受け取っ

て物や人を運びます。料金も等価かどうかの判断も、持つ者が主導権を握ります。私は30代と40代の頃、「俺たちだけがシャトルを持つ」というNASAを相手に交渉を行い、忸怩たる思いをした経験が何度もあります。

有人施設ISSの運用・利用では、輸送手段は価値が高く、高度なシステムが必要です。ISS計画の当初、ISSに船内大型物資と船外物資(曝露品)を運べる輸送機はスペースシャトルだけでした。

ISS計画は、日本が新しい輸送手段を持つ好機でした。1980年代後半の頃、NASDAの40代の先輩たちは、独自の発想で「日本のロケットで日本の物資補給機を打ち上げる」という大胆な構想を描きました。シャトルだけが運べる船内大型物資と船外物資を無人補給機で運ぶのです。1994年、政府予算が承認されて「こうのとり」の研究が始まりました。

欧州も、ISS計画を新たな輸送能力獲得のチャンスと捉え、欧州アリアン5ロケットで無人補給機ATVを打ち上げるプロジェクトを設定しました。ATVは、ISS後方のロシア側にガチャンとドッキングしてISS軌道変換などを行う、ロシアの無人補給機プログレスと類似の機能を装備しました。欧州の選択は、政治・経済が不安定だった1990年代当時のロシアの遂行能力を危惧した、危機管理でもありました。

4. 「こうのとり」のISS物資輸送

「こうのとり」は、無人で船内大型物資を運ぶため格段に難しいシステムになりました。最大の船内大型物資はタンス形状の「標準ラック」で、高さ2m、底面1m四方の大きさです。こ

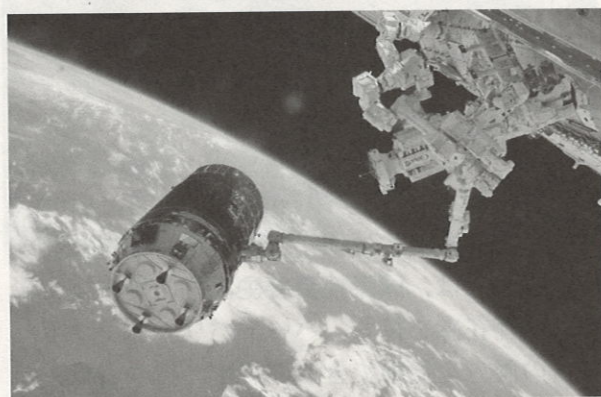
れが通り抜けられる場所は、米国連結モジュール(ノード)にあるハッチしかありません。ドッキングポートは直径80cmしかないので、「標準ラック」が通過できないのです。日本は世界で初めて、宇宙飛行士がロボットアームで「こうのとり」を掴み、連結モジュールにやんわりと結合(バーシング)する方式に挑み、実現しました。

「こうのとり」はJAXA種子島宇宙センターからH-II Bロケットで打ち上げられ、2009年の試験機(初号機)から2020年の9号機まで、9回のミッション全てが成功しました。

「こうのとり」は、打上げの約30分後にロケットから分離された後、地球を周回しながら徐々に高度を上げ、ISSの真後ろを並走、ランデブーします。ヒューストンにあるNASAの運用管制センターがJAXA(筑波)と連携運用を行い、ISSでは宇宙飛行士が「こうのとり」の接近を待ち受けます。

「こうのとり」はISSの真後ろ約5kmの位置から徐々に高度を下げ、ISSの真下約500mの所に到着します。安全確認で停止しながら下からISSに近づき、ISSの直下10mのところでぴたりと静止します。「静止」と言っても、お互いが時速28,000kmで地球の周りを回っています。90分で地球を一周する速度です。その両者が相対的にぴたりと止まった状態になります。「こうのとり」は回転も許されません。

「こうのとり」には、「把持棒」が取り付けられています。ISSにいる宇宙飛行士がロボットアームで、10m先の「こうのとり」の把持棒を掴みます。掴む瞬間が緊張のピークです。筑波の運用管制チームは、「把持確認」の英語アナウンスを



ロボットアームで把持された「こうのとり」©NASA



「こうのとり」運用管制©JAXA

聞いた瞬間、歓声と拍手とガッツポーズで祝福します。我々は、それをインターネットで見えて喜び安堵します。

掴まれた「こうのとり」は何もしません。宇宙飛行士がロボットアームで「こうのとり」を連結モジュールに引き寄せた後は、お互いの結合ラッチがカチャと噛み合い構造的な結合が完了します。

5. 「こうのとり」プロジェクトの苦難

(1) 補給機開発

日本は、独自のアイディアで「こうのとり」を提案しました。ロボットアームを人間が操作して無人機を掴むなどという無茶なことは、世界初の挑戦でしたから、安全基準はどこにもありませんでした。ISSの安全管理に責任を持つNASAは、JAXAの「こうのとり」開発と同時進行で安全基準の作成を進めました。設計審査や安全審査で議論すると審査員から指摘が出て、「完成したはず」の安全基準が変更されます。その変更が、「こうのとり」開発の手戻りにつながりました。

そもそも、安全・確実に運用できる「こうのとり」を開発すること自体が、大変難しかったのです。運用中に起こりうる「不測の事態」全てを想定し、危機回避するシステムを作るのですから、「不測の事態」の発想力が不可欠です。「こうのとり」には、ランデブー、位置・姿勢制御、距離計測、通信などの個別技術と、これらを一つに組み上げるシステム統合技術が必要で、全て性能よく確実に機能させないといけません。JAXAと多くの企業が困難にぶつかりながら一丸となって開発し、2009年に試験機(初号機)を成功させました。成功に貢献した日本企業は全国200社以上に及びます。JAXAは全社を表彰させていただきました。

(2) 運用システム整備

日米共同の運用シミュレーション、安全ルール・手順の設定、運用訓練という3つの課題に挑んだプロジェクトチームの苦闘を順に紹介します。

「こうのとり」の、ISSとのランデブーからロボットアームでの把持までの運用は、JAXAと

NASAの共同作業です。安全・確実な共同運用が出来ることを確認するためには、実際の運用を模擬する統合シミュレーションを徹底的に行う必要があります。この目的は、「こうのとり」に搭載するソフトウェア(以下、「ソフト」とNASA側のソフトの整合性を確認(検証)すること、JAXA(筑波)とNASA(ヒューストン)とISS宇宙飛行士の3者連携運用の手順を作成・確認することでして、「こうのとり」の成功に絶対不可欠な仕事です。

NASAはヒューストンに、「訓練施設」と呼ぶ、ISSを精巧に模擬したシミュレーション環境を整備しています。NASAは統合シミュレーションを行うため、ルールに沿い、「こうのとり」の搭載ソフトを訓練施設に持ち込むようJAXAに求めました。しかしJAXAは拒否しました。日本の重要技術、ランデブーソフトの開示を防ぐためです。拒否し続けた担当マネジャーは、NASAから「ノーしか言わない男」と言われました。

彼は、「分散シミュレーション技術」を使えば遠隔の日米間でシミュレーションできると主張しました。1990年代に米国内で研究が始まった技術の適用を、JAXAから提案したのです。NASAは実現性を疑いました。現実の有効性が分からない技術ですから当然です。

結局彼は実証実験を行って、日米間通信での時間遅れを危惧するNASAに、技術の有効性を納得させました。「こうのとり」運用の遠隔シミュレーションが、分散シミュレーション技術で可能になったのです。同技術を宇宙開発に適用した世界初事例となりました。

日米の共同シミュレーション環境を整えた後の課題は、安全・確実な運用のためのルール・手順作成でした。ロボットアームで「こうのとり」を掴む宇宙飛行士にとって、異常判断や危険回避操作が一番肝心なところです。検討に積極参加する宇宙飛行士たちの十人十色の意見を取り込みながら、更に、運用訓練の結果を反映しながら、「こうのとり」搭載ソフトを手直ししつつ、苦勞してルール・手順書を完成させました。作成した手順書は約1,800種類に上り、その8割以上が異常時対応のものでした。

運用ルール・手順の作成と並行して行った運

用訓練も難関でした。国内訓練と、宇宙飛行士も参加する日米共同訓練を繰り返しました。訓練では、異常時に採るべき措置をシミュレーションで確認します。訓練教官が、とんでもないトラブルのシナリオを描いて、運用要員を厳しく鍛えます。鬼教官がいることで、より充実した訓練ができるのです。ロボットアームが「こうのとりの」をコッソと叩くのは序の口の、「あってはならぬ。ありえない」演習問題も出たのです。「こうのとりの」初号機打上げまでに行った訓練は90回以上に上りました。

「こうのとりの」に搭載する本物のランデブーソフトの「虫出し」に運用訓練を使うなど、日本企業の知恵も徹底的に繰り返された訓練で活かされました。

「こうのとりの」打上げ前の運用訓練は、実運用を重ねるうちに15～20回程度に収まりました。有人運用のスキルを成熟させた、専門人材を育成した、ということです。専門人材の中には、フライトディレクターという、日本側を指揮し米国側と交信するリーダーがいます。「こうのとりの」運用9回/7人のフライトディレクターのうち、2人が女性でした。JAXAには当時から女性活躍の場があったことになります。

6. 「はやぶさ2」成功への貢献

「こうのとりの」で獲得した運用シミュレーション・訓練の技術が探査機「はやぶさ2」に活かされ、小惑星「リュウグウ」へのタッチダウン成功に貢献しました。

「はやぶさ2」は、打上げからリュウグウ到着まで3年半かかっています。その間、神奈川県相模原市にあるJAXA宇宙科学研究所(ISAS)の「はやぶさ2」運用管制室では、リュウグウ到着に備え運用のシミュレーションと訓練を繰り返していました。

科学プロジェクト主体のISASで行っていた運用訓練は、元々「こうのとりの」の訓練ほど徹底的なものではありませんでした。そこに、「はやぶさ2」プロジェクトが、「こうのとりの」の運用技術を取り入れたのです。筑波宇宙センターで「こうのとりの」運用を学んだ若手人材が、茨城県から神奈川県に引っ越して「はやぶさ」チームに加わり、シミュレーション・訓練を牽引しました。

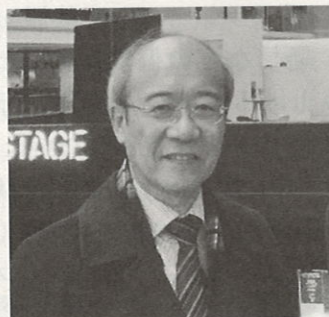
リュウグウが岩石だらけの荒れ地であることは、接近して初めて分かりました。确实な着陸手順を再構築するために、「はやぶさ2」搭載ソフトの書き換えと再検証、運用要員の再訓練が必要になりました。そこで、「こうのとりの」で獲得したシミュレーション技術と訓練技術が一層効果を上げたのです。

「はやぶさ2」の運用が難しいのは、探査機が地球から数億km彼方にあることです。地球と「はやぶさ2」の通信は往復40分かかるので、地上側で異常を発見してから探査機に指令を送っても間に合いません。「はやぶさ2」には、自分の危機の判断基準と回避運動を覚え込ませることが必要になります。ロボットとも言える「はやぶさ2」の頭脳ソフトを地上から書き換えるのです。ソフトの間違いのチェックは、地上のシミュレータを使って行いました。

「はやぶさ2」チームでも「こうのとりの」同様、訓練教官が「あってはならぬ」異常事態・無理難題を様々想定して、シミュレーション・訓練を繰り返しました。シミュレーションと運用訓練を入念に行った結果、「はやぶさ2」は2回のタッチダウンを1m以下の精度で成功させ、リュウグウのサンプル採取を行ったのです。

(次号へつづく)

【講師紹介】



山浦 雄一

東京大学工学系大学院航空学専攻修了
(工学修士)

元宇宙航空研究開発機構(JAXA)理事

元三菱電機(株) 宇宙事業顧問

筑波大学客員教授

山浦技術経営士事務所代表

著書:『現場の判断、経営の決断

宇宙開発に見るリスク対応』

(日本経済新聞出版) 2020年12月