

(第 142 回) 神奈川研究会議事メモ

開催日	2023 年 6 月 13 日 (火)	出席者 敬称略	西村二郎・大谷宏・山崎博・松村眞・ 持田典秋・猪股勲・宮本公明・神田稔 久
時間	15 時—17 時		
場所	かながわ県民センター		
資料	日本の宇宙開発 H3 ロケット打上げ失敗について考える		
議題	<p>1. 技術課題 日本の宇宙開発 H3 ロケット打上げ失敗について考える (大谷)</p> <p>課題の概要</p> <ul style="list-style-type: none">・世界で稼働中の主要ロケット・新型ロケット打ち上げ実績とその評価・宇宙開発市場のパラダイムシフト・NASA の宇宙開発実施方針の大転換・H3 ロケット開発及び打ち上げの経緯・米国宇宙ベンチャー スペース X 社の発展・我が国の宇宙関連企業と宇宙ベンチャー企業 <p>発表者からのコメント</p> <p>6 月 13 日の会ではお話しませんでしたでしたが、私は、何故、今、人類が火星探検ロケットを打上げ、将来の移住計画を検討する必要があるのか、その理由を次の様に考えています。</p> <p>我々は、今、「地球温暖化問題」とか「米中対立」とか「ウクライナ戦争」等々、世界全体で解決に取り組まねばならない様々な問題を抱えています。勿論、私も、これ等はとても重要な問題だと認識しています。しかし、表立って余り議論はされていませんが、上記以上にとっても重要な問題があるのではないかと考えています。それは「地球上の人口爆発問題」です。今、世界の人口は 80 億人強ですが、つい 20 年、30 年前は 50 億人でした。この調子でいくと今世紀半ばには 100 億人を突破し、やがて 120 億人、130 億人と増えて行くこと間違いありません。しかし、地球には、明らかに、収容可能な人間数の限界値がある筈です。そして、遠くない将来、その限界値に到達する筈です。人間以外の生物なら、個体数が限界値に到達すれば、必ず自然のメカニズムが働いて、それ以上個体数が増える事は抑制されます。しかし、人間の場合は、知恵が働いて、限界値を突破しても尚人口が増大し続けて行くことになるのではないのでしょうか。例えば、限界値が 100 億人なのに、150 億人まで人口が増大した場合を考えてみてください。そうなったら、とてつもない悲劇が起るのではないのでしょうか。突然、コロナの 100 倍くらい毒性の強いウイルスが蔓延して地球人口の半分が死滅するとか、食糧問題を巡って国家間の大衝突が起こり、それが核戦争を勃発させ、何十億人の人間が死ぬと言った悲劇です。でも、その様な悲劇を防ぐために人間は話し合いで問題を解決できるのでしょうか？例えば、アメリカは 2000 万人、ナイジェリアは 5000 万人、インドは 1 億人の人間を減らしてくださいと言った国連決議が採択されたら、それを実現出来るのでしょうか？そんなことは 100% 不可能でしょう。人命尊重などの人道主義や、民族の優劣を議論する事は絶対にタブーであること等を考えると、増えすぎてしまった地球の人口を減らすための有効な議論など出来る筈がありません。そうなると、唯一可能なのは、地球から火星などへの移住などにより、地球の人口を減らす方法くらいでしょう。でも人間が火星に住むために解決されねばならない科学的、技術的、社会的、政治的、経</p>		

済的問題は山ほどあるのです。そのことを考えれば、今頃から火星移住の計画の検討を始めても決して早すぎる事は無いでしょう。スペースX社のイーロン・マスク氏は、「巨大隕石が地球にぶつかって地球に住めなくなる日が来るかもしれないので、火星移住計画は早急に実現されねばならない」と言っているのですが、彼の主張の背後には地球における人口爆発問題への対処という思いもあるのではないかと、私は推察しています。

この様な深宇宙までの開発事業が始まろうとしている今日、日本は、この分野で、どのような重要な役割を果たせるのでしょうか?去る3月7日のJAXAの「H3」ロケット打上げ失敗は、この様なコンテキストの中で評価、検討されねばならない事項だと考えます。

参加者からのコメント

(宮本 公明)

大谷さんがこのテーマを取り上げた理由が、私の「キラーデバイス」選択理由を突き抜けて壮大なことに感銘をうけました。私のような凡人には、なかなか自分が鬼籍に入ってからことは想像できません。

- 技術論としても、なかなか興味深い視点をいただきました。電源回路の過電流はいままでもあって、それを今回は検出して異常として処理したとのことで、どういう異常なら許容できるのかまで掘り下げていれば回避できたかもしれません。
- 興味深いのは、月面探査プログラム HAKUTO-R のランダーが軟着陸直前に墜落してしまった理由と相通じるところがあるように思える点です。ランダーはクレーター内に軟着陸を予定し地表5km まで着陸体制で接近したものの、制御装置はその高さが地表と推定していて燃料切れで落下したとのことでした。クレーターのように内部、外部の高低差は高度センサーが常時測定をしていますが、事前の高低差より大きな値がでたために、センサー異常として処理され、現実を認識できなかったということです。
- どちらのケースも異常を検知してそれをハードウェアの問題として停止や無視といった処理をしたことに問題がありました。もちろん、異常を検出したらなにかしらの対応が必要ですが、異常検出をすることで、安全運行を行う工夫は重要ですが、いくつかの選択肢が検討されるようにならないと今後も問題を起こす可能性は否定できません。このことは、先々月、私がお話した車の自動運転の重要な課題と同じで、種々のセンサーをつけると見逃しはへりますが、誤作動は増える点をAIでどう処理するかという問題と同じです。今後の大きな技術課題です。
- 大谷さんの発表全体では、国家プロジェクトの進め方やリスクのとりかたがメインのテーマですので、その点の感想も簡単に述べさせていただきます。
- 仰ったとおり、官僚は金を出すけど口も出すを信条としている人たちですし、なかなか現場責任者が思ったとおりには進められないのが実情かもしれません。ただ、昔関係した国プロでは、経産省の若手推進役は情熱に溢れた人で、このような人が上司の顔色を窺わずにプロジェクトを進められるよう、参画している企業代表が結束する必要があるのではないかと思います。
- リスクのとりかたについても、先ほどの HAKUTO-R では軟着陸できなかったものの10の目標のうち8ヶは達成できたと言っています。こういう臨み方が失敗をポジティブに捉えて先に進めるために必要ではないでしょうか。すなわち、一つの大きな目標を技術的な多くのステップに分解して、それぞれのどれが達成でき、どれが未達なのかをあらかじめにすることが大事だと思います。

(西村二郎)

- このテーマは直前に問題点が見付き、発射を延期したものだけに、失敗はないだろうと思っていたので奇異に感じていた。しかも、300億円といわれている気象衛星までムダになったのだから、貧乏国・日本の国民として、やり切れない思いである。
- 大谷さんの説明を伺った感じでは、今後の失敗確率は低くなったかといえば、そうでもなさそうである。チェックすべき項目が失敗しなければ分からないのでは困る。
- 宇宙ビジネスの大半はまだ国家の計画の一翼を担うことにより成立するものと心得た。インターステラの「低空」飛行衛星群による情報サービス事業はビジネスとして成立すると思っていたが、自立はまだ無理なのだろうか？
- 宇宙空間におけるソーラー発電事業、月における資源開発はどうなる…
- 人工衛星を利用した「兵器」開発が気になる…
- 太陽風と宇宙線対策が必要な火星では、ドームが必要になるのだろう。
- テーマ説明の副産物として、「国家プロジェクトは失敗しない」という空虚な目標のための処置が(言訳の手段)が失敗の一因となっていることが浮き彫りとなった。
- 「人は何故宇宙を目指すか」は「基礎科学は必ず人類の役に立つ」ということ以上に意味があるのではないだろうか。太陽が赤色矮星化するまでには時間的余裕がある。
- 社会では次から次へと問題が生じる。社会人として、それらに対して少なくとも本質だけは理解し自分の意見を持ちたいと思う。しかし、問題が多過ぎる。重要なものに絞っても多い。神奈川研究会はそうした問題を取上げ解説して下さる人がいるのでありがたい。

(松村 眞)

- 大谷さんが危惧されている人口爆発ですが、食料生産能力に限界がある以上、物理的にそこで止まるとしか考えられません。日本も歴史的に何度か飢饉が発生し、発生地域の人口増大が止まっています。人間も動物も同じ宿命から逃れられないでしょう。しかし国境を越えた輸送能力が大きくなった後は、この問題が地域問題ではなく国際問題になるでしょう。その状況はあまり想像したくないのですが、食料自給能力が低く軍事力の強い国が、食料自給能力が高くて軍事力の弱い国から収奪する姿です。ご存じのように、ウクライナは1930年頃にスターリンから農作物を収奪され、飢饉になっています。もし知恵で解決できるとすれば、その状況に至る前に人口の増大を抑制するしかないと思います。少し楽観的に考えるなら、多くの国で出生率が低下して人口の増大が鈍化している点です。確か1972年だったと思いますが、私はローマクラブの「成長の限界」を読んで、非常に大きな示唆を得ました。資源の制約が経済成長の限界を律するとの内容だったからですが、今のところは知恵でかなり克服しているように思えます。化石燃料の制約は再生可能エネルギーと原発で、食料資源の制約は緑の革命などバイオ技術による生産性の向上が寄与していると思います。まだ楽観できる状況とは思えませんが。
- 発表された「日本の宇宙開発 H3 ロケット打上げ失敗…」は、この分野に詳しくない私にとって非常に勉強になりました。これほど宇宙開発市場が急拡大し、ロケット打上げコストが低下しているとは知りませんでした。なお、確かにJAXAやNASAは「無難」と「安全志向」が強いでしょうが、日本の民間企業も大手ほどリスクを取るのに臆病に思いません。その点、ホリエモンがリスクを取る企業として活動しているのを知り感心しました。

(持田典秋)

- いつものことながら、大谷さんの視点は私などが気付かないような鋭いものがあります。
- 国としての威信をかけたロケット打ち上げは、当然うまくいってもらわないと困ります。今回の失敗には、日本人らしさの部分が出てきたことではないのでしょうか。海外は日本ほど列車が正確な時刻で運行しているところはありません。

立つ鳥跡を濁さずと、野球やサッカー観戦後のスタンドや選手の控室がきれいに掃除されていることもよく聞かれます。なにごともしちんとしていなくてはいけない、何かそうせざるを得ないような状況に取り囲まれています。うまくいっているときは良いでしょうが、これから実行することに対しても、そのようなアクションが取られていたのではないのでしょうか。「**原因は、第一段エンジンから第二段エンジンへの切り替え時に、過電流が発生したためと言われている。**」ということですが、過電流が発生したらどこかに不具合が生じるので、それを感じ取る必要なことがあったのでしょうか。日本人らしさと言ったのは、ことによると過電流発生は知らなくても良かったことだったのに、知っておいた方が良からうとして検知装置を取り付けたのか。(知ったらそれをどう処理するのか決められていたのか。)素人の私にはわかりません。

- ケット打ち上げの目的として地球の過剰な人間を地球外の送り込むということは、本当にありうるのでしょうか。何十億人もの人を送り出し、その先で衣食住まで揃えなければなりません。移住のためのエネルギーは、莫大なものになるでしょう。人口は、日本でも中国でさえも減少してきています。当然将来的には、発展地上国までその傾向は続いていくと思われまます。何十億も過剰になる前に、収まる場所に収まるのではないのでしょうか。むしろ列強間で資源獲得の競争に向かうのではないのでしょうか。レアアースなど地球外に見つかったときに、その採掘権を争ったりするようなことがないことを望みますが。
- 最近は大きなロケットだけでなく、民間の打ち上げロケットの話もよく聞きます。ロケットビジネスとして、様々な分野が登場してきていることも聞きます。ちょっと前の資料ですが、Zoomで参加した講演会の要約の資料を添付しますので、興味のあるかたはご覧ください。

(神田 稔久)

大谷さんの課題研究から、論点を3つに絞って考察してみた。

- 宇宙開発の目的
大谷さんは、その目的を地球の人口爆発の解決策と考えるとこの事であるが、果たして持続可能であろうか？多くの人口を養うリソースが継続的に得られるであろうか？膨大な往復のエネルギーは何処から得るのであるか？等などの問題があるように思う。私自身は、目的はレアアースなどの希少資源開発と考えている。
- 開発体制や方法の失敗
これまでの官民共同プロジェクトは、民の力の結集を図ることができず(民の側の互いの牽制、迅速な意思決定の欠如等による)に終わることが多かったが、このプロジェクトでは民は事実上三菱重工1社体制として、上記の問題を避ける方法を取ったにも関わらず、必ずしも期待した結果を得られたとは言えない。これは、失敗に終わったジェット旅客機開発プロジェクト(MRJプロジェクト)にもあてはまる。個人的な独断で失礼な言い方になるが、これらは三菱重工の企業体質も影響していないであろうか？技術偏重・唯我独尊的な体質を、私の狭いお付き合いの中で(発電会社として発電機の選定過程で)感じていた。
一方で、官の側は、相も変わぬ“役人は無謬”体質を改めることなく、学者ばかりで現場を知らない委員会を作って無責任な発言ばかりでプロジェクトの足を引っ張ることを繰り返していた。
- 失敗から学ばない弊害
太平洋戦争の敗因を考察した“失敗の本質(日本軍の組織論的研究)”が出版されてから時間が経ち、その後福島原発事故では“福島第1原発事故調査・検証委員会(畑村

洋太郎東大教授)報告”の指摘があったにも関わらず、失敗の本質を追求することなくうやむやのまま重大事象の教訓が行かされないまま埋もれてしまっている。一方で、これまで人身事故の場合、現場の責任者の責任追及のみで終わってきたものが、最近では組織の責任が問われるようになったことは進歩ではあるが、それは人身事故にのみに留まっている。

(山崎 博)

- 去る3月7日10時37分のH3ロケット打ち上げは、第1段エンジン(LE-9×2基)は期待通り正常に機能し目標の高度に達したが続く第2段エンジン(LE-5B-3)への点火ができず打ち上げは失敗に終わった。状況としては、第2段エンジンの点火に際し、エンジンの電気系に組み込まれた自動診断システムが、エンジン起動に使う電力線に過電流が流れたのを検知し制御システムが自動的に電源を遮断したため、2段エンジンは不着火となり、安全のために10時51分にH3に破壊司令信号を送り、ロケットと搭載した衛星「だいち3号」は破壊され海中に没した。
- これに先立つ2月7日には、打上げ直前で第1段エンジン「LE-9」を制御する電子機器「エンジンコントローラ」(ECU)の電源が落ちるといったトラブルが発生して打ち上げを中止していた。この時は打上げ直前に地上系とロケットの間を結んでいる電力・信号系の配線を電氣的に遮断する際に電位変動のノイズが発生し、これが機体制御コントローラ内の制御FPGA(Field Programmable Gate Array)の誤動作を引き起こして、ECUの電源スイッチを切ったためと判明した。
- 今回のトラブルの原因となる電力線の過電流は、点火装置などの動作を司る電気回路に何らかの原因で短絡が起きた可能性が高いようだ。H3ロケットの第2段エンジンは、H-IIAから引き継いだもので、これまで40回以上も着火失敗というトラブルなく飛行してきたもので、JAXAの開発陣も第2段エンジンの着火失敗は想定外であったかもしれない。H-IIAでは第2段エンジンの制御システムは1系統であったが、信頼性を高めるため、H3ではこれを2系統の冗長構成システムに変更されていた。これが逆にシステムに悪影響を与えた可能性はないのだろうか。
- JAXAによる原因調査は、「H3ロケット試験機1号機打上げ失敗原因調査状況」(宇宙開発利用に係る調査・安全有識者会合資料 R5.4.27)がネット上で公開されている。様々な事故原因についてFTAを用いて原因を絞り込む分析が行われ、その結果が中間結果として54ページの資料に詳細に記載されている。次回のJAXAの原因調査報告書では、自信を持って対策が取られるよう、故障原因が科学的に究明される事を期待したい。
- H3開発に2年半に亘りNHKが密着取材して纏めた「新型ロケットH3～苦難のエンジン開発～」という特別1時間番組が、H3ロケット打上げに先立つ2月11日にBSでTV放映された。私は、H3ロケットの打上げ前にその収録ビデオを観た。H3計画の中でも、第1段主エンジン「LE-9」は「エキスパンダー・ブリード・サイクル」という新しいエンジンサイクルを採用したが、燃焼試験でエンジン燃焼室の壁面と液体水素ターボポンプの動翼に亀裂が見つかった。その原因となる共振問題をいかに抑えるかが最大の開発要素となっていたようだ。
- しかしながら、2月7日と3月8日の例を見ると、電気系統の信頼性に疑問があり、H-IIAでは高い信頼性を保ってきた電気系になぜ次々に問題が生じたのかも解明が必要であろう。また、衛星の成果を急ぐあまりに、約300億円の先進光学衛星「だいち3号」をまだ打上げに成功したことのないH3ロケットに載せて打ち上げたのは大きな問題である。先進光学衛星「だいち3号」は、発生が予測されている南海トラフ地震を念頭においた先進的なミッションを持って期待されていただけに大変残念である。今回の事態を真摯に受け止め、打上げの成功に向けてトップの意思決定と責任体制のあり方を再認識する必要があるだろう。
- 最近の国が絡むプロジェクトは、期待される成果が得られていないケースが多い。新型コロナワクチン開発、先端半導体競争、原発再稼働遅れ、エネルギー自給率、食料自給率、国別大学順位低下、リニア新幹線停滞、マイナンバーカード問題、等々。何か共通の要因があるのだろうか。

発表者からの総括コメント

- 皆様から貴重なコメントを頂いたことを感謝致します。“宇宙開発問題”に関しては、1回限りの短い時間で議論を尽くすことはとても不可能です。又の機会に、別の角度からの議論を交わす機会を設けられる事を願っております。
- 今回の総括コメントとしては、次の事を指摘しておきたいと思います。
- JAXA が打上げ成功率の非常に高かった H2A, H2B ロケットを捨てて、H3 ロケットの新規開発に踏み切らねばならなかった理由は、ただ一つ、H2 ロケットは打上げコストが高く国際的競争力に問題があったからです。
- その為、ロケットの出力を 20%ほど向上させ、打上げコストを半分に減らすための新規のロケットの開発が目標とされました。
- H2 ロケットと H3 ロケットとは、構造的にはそれほど大きく異なるものではありません。例えば、ロケット燃料は両者とも水素です。(今、世界の主流はメタンになりつつあります)
- 今回の H3 ロケットの新規開発と言うのは極めて技術的に困難な開発課題だったと思われます。殆ど同じタイプのロケットを作るのに、性能を 20%曳き上げ、打上げコストを半減することが求められたかですから。・・・そう考えれば、JAXA と三菱重工とは、今回大変良くやったと評価しても良いかもしれません。乾ききった雑巾から、新たに水を 1L 絞り出すような困難なタスクを何とか成功に導きつつあるのですから！(恐らく H3 の次回打上げは成功するでしょう?)
- しかし、H3 ロケットの開発成功を素直に喜ぶ事は出来ません。広く世界を眺めると、ロケットの打ち上げコストは従来の 10 分の 1 から 100 分の 1 ほど削減する方向にスペース X 社 (米) などが動いているのです。JAXA が今年中に H3 打上げに成功したとしても、H3 ロケット打上げコストを、将来更に、5 分の 1, 10 分の 1 に減らすことが出来るでしょうか?恐らく不可能です。全く新しいコンセプトのロケットを新規開発するでなければ、世界のロケット打ち上げ市場での競争に太刀打ちしていくことは出来ないでしょう。多分 JAXA はそのことは理解していたでしょう。しかし、政府開発プロジェクトでは、10 年前に定めた目標値を、市場ニーズの変化があったからと言って、柔軟に変更することなどは出来ないのです。
- JAXA は日本の政府機関が関与する技術研究開発機関としては、優れた機関だと思います。しかしそれでも、世界のロケット打ち上げ市場でのニーズが変わったからと言って、簡単に目標を変更することは出来ないのです。米国 NASA の仕事の進め方が変わったように、JAXA も又、日本の民間企業の英知をもっと積極的に活用するよう変わらねばなりません。そして日本の民間企業においても、もっとリスクを取ってチャレンジする企業が多く輩出するようにならなければ、世界市場での競争で優位な立場を築いていくことは出来ないと思われれます。

	<p>2. 幹事会報告</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 化学工学入門講座は50名の参加者を得て6/21から開催する。増収の見込み。 ・ 会計の利用者ルールについて幹事に周知徹底を図った。概要は以下の通り。 <ol style="list-style-type: none"> ① SCE・Net 経由の受託業務は報酬の10%を事務経費として納入が必要。そのとき「事務経費納入連絡書」を必ず提出のこと。 ② 幹事会交通費や幹事会会議費は各回の出欠をもとに一年分を2月にまとめて支払う。 ③ 学会の」秋季大会、年会の参加費・旅費補助は公務参加の場合はどちらも早割価格の全額補助する。自由参加の場合いずれも早割価格の半額補助だが、オンライン参加の場合会議費補助はない。 ④ 現金の取り扱いを極小化するため、基本は請求書払いかカード払い（IT 関連のみ）やむを得ない場合は建て替え払いとする。 ⑤ 謝金支払いに関連する源泉所得税は SCE・Net から学会本部を経由して納税する ⑥ 出版などのグループワークの SCE・Net 口座での分配配布は PCA 会計での紐付けができないので行わない。分配までは、そのグループで行う。 <p>3. 今後の予定</p> <table border="0"> <tr><td>7月</td><td>松村氏</td><td>リモート方式</td></tr> <tr><td>8月</td><td>神田氏</td><td>リアル方式</td></tr> <tr><td>9月</td><td>持田氏</td><td>リモート方式</td></tr> <tr><td>10月</td><td>見学会</td><td></td></tr> <tr><td>11月</td><td>山崎氏</td><td>リアル方式</td></tr> <tr><td>12月</td><td>猪股氏</td><td>リモート方式</td></tr> <tr><td>1月</td><td>西村氏</td><td>リアル方式</td></tr> <tr><td>2月</td><td>宮本氏</td><td>リモート方式</td></tr> <tr><td>3月</td><td>大谷氏</td><td>リアル方式</td></tr> <tr><td>4月</td><td>松村氏</td><td>リモート方式</td></tr> </table>	7月	松村氏	リモート方式	8月	神田氏	リアル方式	9月	持田氏	リモート方式	10月	見学会		11月	山崎氏	リアル方式	12月	猪股氏	リモート方式	1月	西村氏	リアル方式	2月	宮本氏	リモート方式	3月	大谷氏	リアル方式	4月	松村氏	リモート方式
7月	松村氏	リモート方式																													
8月	神田氏	リアル方式																													
9月	持田氏	リモート方式																													
10月	見学会																														
11月	山崎氏	リアル方式																													
12月	猪股氏	リモート方式																													
1月	西村氏	リアル方式																													
2月	宮本氏	リモート方式																													
3月	大谷氏	リアル方式																													
4月	松村氏	リモート方式																													
次回日程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 日時 令和5年7月11日（火）15時～17時 2. 方式 オンライン方式 3. 技術課題 松村氏提供 																														
次々回日程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 日時 令和5年8月8日（火）15時～17時 2. 方式 リアル方式 3. 技術課題 神田氏提供 																														