

アポロ計画をふりかえる 'Apollo Program' Revisited

吉田 英生 (京都大学)
Hideo YOSHIDA (Kyoto University)
e-mail: sakura@hideoyoshida.com

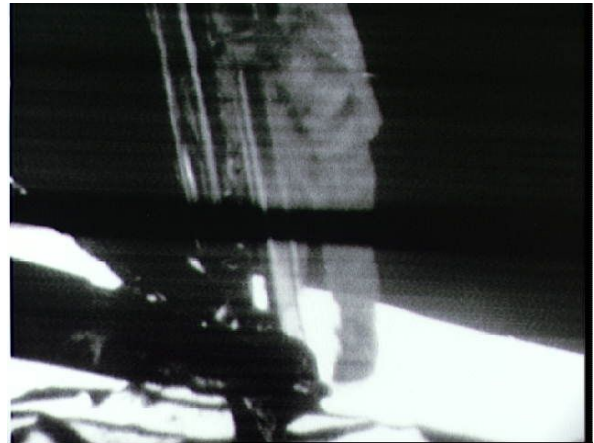
1. はじめに

京都大学工学研究科では“現代科学技術の巨人セミナー「知のひらめき」”という、大学院生400名以上が受講する何とも大仰なタイトルの講義がある。筆者など、申すまでもなくこのような講義講師の任にあらずなのだが、順番なので逃げるわけにもいかない。そこで、取り上げる内容を「巨人」とすることで少しでも講義タイトルに沿うようにと準備したのが、本稿の題材となっている。

20世紀における科学技術発展の頂点の一つは、1969年の米国Apollo 11号による人類初の月着陸であることに異論はないであろう。Apollo計画

(Apollo Project) は、3年後の2019年には月面初着陸から50周年になるので再び脚光を浴びることは間違いないが、今の若い人たちの大部分にとっては過去の一出来事としての受け止め方をされていないだろうか。一方、筆者は当時中学2年生で、世界中の人々が人類月面第1歩の衛星中継(図1)に見入ったことや、翌年大阪で開催された万国博覧会の米国館では「月の石(Apollo 12号による)」がいちばんの目玉だったことを鮮烈に覚えている。

世紀のプロジェクトであるApollo計画については、もちろん膨大な文献(たとえば[1~15])やNASAのウェブサイト(https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/index.html)などにも詳細な記録がある。和書ではとりわけ的川[9]や佐藤[13]による労作で全体像が理解できることもあり、本件について専門でもない筆者が屋上屋を架すまでもないのだが、中学生から大学生にかけて同時代を生きたものとして、少々個人的な思い出話に加え現在のインターネット検索では容易に探し出せないと思われる当時の記事も含めて、若い人たちの関心を少しでも喚起できればと願う。なお、実際の講義では、30周年にあたる1999年7月20日にNHKで放映された特別番組「月着陸に命をかけた男たち」の録画が手元にあったので、最初に30分ほど視聴した。



Astronaut Neil A. Armstrong, Apollo 11 commander, descends the ladder of the Apollo 11 Lunar Module prior to making the first step by man on the moon. This view is a black and white reproduction taken from a telecast by the Apollo 11 lunar surface camera during extravehicular activity. The black bar running through the center of the picture is an anomaly in the television ground data system at the Goldstone Tracking Station.

図1 Telecast of Astronaut Neil Armstrong descending ladder to surface of the moon (JSC Digital Image Collection, Photo ID: S69-42583 <http://images.jsc.nasa.gov/index.html> より)

2. Apollo計画のトリガー

よく知られているように、米国による月着陸が1970年を前に実現したのは、1961年5月25日 Kennedy大統領が上下両院合同議会で行った次の演説が発端となっている(太字部分は筆者)：

*First, I believe that this nation should commit itself to achieving the goal, **before this decade is out**, of landing a man on the moon and returning him safely to the earth. No single space project in this period will be more impressive to mankind, or more important for the long-range exploration of space; and none will be so difficult or expensive to accomplish.*

https://en.wikisource.org/wiki/Special_Message_to_the_Congress_on_Urgent_National_Needs

米国とKennedyをこれまでに熱くしたトリガーは他にもない、米国—ソ連の冷戦下の1957年10月4日にソ連が世界初の人工衛星Sputnik (直径58cmの球体) を打ち上げたいわゆるスプートニク・ショックである。当時のEisenhower米国大統領はただちに有人宇宙飛行を目標とするMercury計画 (Project Mercury) を立ち上げた。その結果、1958年1月にはExplorer 1号でソ連に追いついたものの、ソ連は1961年4月にはYuri Gagarinが乗ったVostok 1号で再び有人宇宙 (地球周回) 飛行に先んじる。その3ヶ月前に米国大統領に選出されたKennedyによる前述の演説は、Vostok 1号の翌月であり、米国がJohn Glennの乗ったFriendship 7号でソ連に追いつくのは1962年2月である。Gemini計画 (Project Gemini) とApollo計画はここに始まった。

3. Gemini・Apollo計画の概要—驚異の8年間

前述のように米国のGemini・Apollo計画はソ連あつての結果であるので、ソ連のZond計画 (Zond Program)・Soyuz計画 (Soyuz Program) も対等に扱わないと方手落ちである。この意味でも、的川の書[9]や、Alexei Leonov (Voskhod 2号で1965年に世界初の宇宙遊泳)・David Scott (Gemini 8号, Apollo 8号・15号に乗船) 共著による書[2]は貴重である。表1に、スプートニク・ショックからApollo計画終了までの約15年間を、Excelで時間軸が正しく見えるようにして年表を作成してみた。●と右側の各項目が対応しているが、とりわけ1965~1969年の間はあまりにもたくさんの展開があるため収まり切れず、赤の補助線を挿入したように幅を広げて見ていただきたい。なお、赤字はソ連の項目、青字は月着陸したフライトを表している。

後述するようにApollo計画の主役であったSaturnロケットの先端には、司令船・機械船・宇宙船・月着陸船の4つの船が搭載される。表2には有人飛行後のApollo 7号から11号への発展を少し詳しく整理してみた。間隔日数とあるのは前号の打ち上げからの経過日数を表す。7号以後は70日前後という超ハイペースで打ち上げが繰り返されていることに驚く。そればかりか、無人の月周回飛行の段階がなく、いきなりApollo 8号で有人の月周回飛行 (月面着陸船の開発が遅れたため指令船と機械船のみの構成) に出るのである。これは一重にソ連との競争による不自然な選択であった。

表1 米ソ宇宙開発競争に関する年表



表2 Apollo 7号 (有人飛行) 以後の段階的發展

号	間隔日数	飛行			船の構成		備考
		地球周回	月周回	月着陸	司令・機械	宇宙・着陸	
11	59			●	●	●	最終目標達成
10	76		●		●	●	高度15kmまで降下
9	72	●			●	●	完全な船構成
8	71		●		●		以後は全てSaturn V
7	190	●			●		Saturn IB

それにしても米国は、Kennedy演説の1961年5月を起点にすると、わずか9か月後には有人で地球周回飛行を行い、5年後には月を目指すための無人飛行に着手し、7年後には有人の月周回飛行、そして8年後には人類を月に送り込むという、驚異的なペースで目標を達成する。巨大プロジェクトという点では日本の東海道新幹線も敗戦後わずか19年という短期間で開業したことも特筆に値するが、未知の問題をクリアするという科学技術的困難さという点

ではApollo計画は桁違いであったと思う。もちろん予算も桁違いで、1966年のNASAの予算は連邦政府予算額の約4.4%、GDPの約0.8%に達した[13]。

4. Sergei KorolevとWernher von Braun

偉大なプロジェクトには必ず偉大なリーダーが存在する¹。ソ連と米国の月到達競争は、それぞれSergei Korolev (1907-1966) とWernher von Braun (1912-1977) の巨人により牽引された(図2)。KorolevはKyiv工科大学と流体力学で有名なZhukovskyがいたMoscow高等技術大学で学び、ロケット研究に打ち込んだ。一方、ドイツ(現ポーランド)生まれのvon BraunはBerlin工科大学で学び、バルト海に面したPeenemündeの陸軍兵器実験場²でやはりロケット研究に打ち込んだが、第二次世界大戦で敗戦国となったドイツから、いわゆるペーパークリップ作戦(Operation Paperclip)で米国に連れて行かれた(図3)。この二人を中心として、的川[9]は息を呑むようなソ連と米国の宇宙開発競争を詳細に描いている。

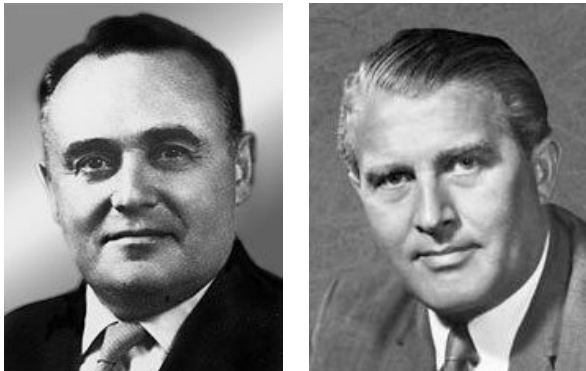


図2 Sergei KorolevとWernher von Braun



図3 米国TexasのFort Blissに連れていかれた元Peenemündeの技術者たち(前列右から7番目がvon Braun)

¹ 前述の東海道新幹線では島秀雄。1969年にJames Watt International Medal受賞。

² 現在は、The Peenemünde Historical Technical Museumとなっている。http://www.peenemuende.de/en/

年長のKorolevは1966年に競争結果を見届けることなく亡くなるが、von BraunはApollo計画が終わり、Space Shuttle計画(Space Shuttle Program)が立ち上がる1977年まで生きた。1977年当時、筆者は東京工業大学工学部4年生で、読書とサッカーで気ままに過ごした過去3年間を反省し、大学最後の1年間だけはせめてしっかり勉強しようと、指導が厳しくて学生たちから敬遠されがちだった森康夫先生の研究室に所属した直後だった。そのような状況だったので、以下の毎日新聞余録でvon Braunを知って感銘し、大切に切り抜いたのだと思う：

余録(1977年6月19日)(毎日新聞社の転載許諾済み)
 「父の日」のきょう、十六日に死去したロケットの父、ウェルナー・フォン・ブラウン博士をしのぶことにしよう。八年前、アポロ11号で、初めて人間に月に踏みしめさせた技術者がブラウン博士である。人類の歴史に特筆大書される出来事であった▲ドイツ生まれで、ナチスのためにV2号を完成した博士は、敗戦と共に米国に連れてゆかれた。当時の米国は戦略爆撃機を重視していた時代である。だから博士の腕を活用するためよりも、ぶっそうなヤツだから隔離しておけ、という気持の方が強かった。冷や飯を食っていた博士に脚光を当てたのは、一九五七年の初の人工衛星、ソ連のスプートニクである▲あわてた米国は、だれかいないかと首をひねり、この「捕虜だった男」を思い出した。期待にたがわず、博士はエクスポローラー1号を軌道に乗せた。それから五年の後、宇宙計画の立役者となっていた博士は、「夢は何か」という質問にこう答えている▲「子供のときからの夢である月への飛行の準備が進んでいる。いまや忙しくて夢みる暇もない」。部下として仕えた米人技術者で、博士をほめない者はいないという。統率力にもすぐれていたが、何よりも政治的発想とハッタリがいささかもない、純粋の技術者であったことが皆をひきつけた▲ヒトラーの命令で働いたが軍国主義者ではなかった。ケネディの要請にこたえたが反ソ主義者でもなかった。念願にあったのはただ、いかにして大きなロケットを作り、うまく飛ばすかだけであった。国際政治の波にもあそばされた。逆にそれを利用することは考えもしなかった。運命はその彼にやりたいことをすべてやらせた。技術者として、たぐいまれな幸福な生涯であった▲技術は何のためにあるか、を論じる時間があつたら計算用紙に取り組んだ。こうした態度に疑問を投げる人もいる。だが画期的技術は、ブラウン博士のような人物こそが開発するのは確かである。

その11年後の1988年7月、Houstonで開催されたthe ASME Heat Transfer Divisionの50th Anniversaryに参加したついでに、NASAのJohnson Space Centerに立ち寄った。あいにくの休日で外から見ただけであるが、横たわっている巨大なSaturn Vロケット(全高110.6m、直径10.1m)を見たとき、度肝を抜かれた(筆者が見た範囲では、明石海峡大橋とともに最も威圧される人工物である)。このロケットを作り人類を月まで(384,400km:地球の直径の約30倍)往復させたのがvon Braunであり米国なのだとすると感極まった。図4にSaturn Vの構造を理解しやすいサイトを紹介する。

Saturn V Major Components



Saturn V Stages

The Saturn V rocket consisted of three propulsive [instrument unit](#), located above the S-IVB, providing

Mouse over listed items to see their location

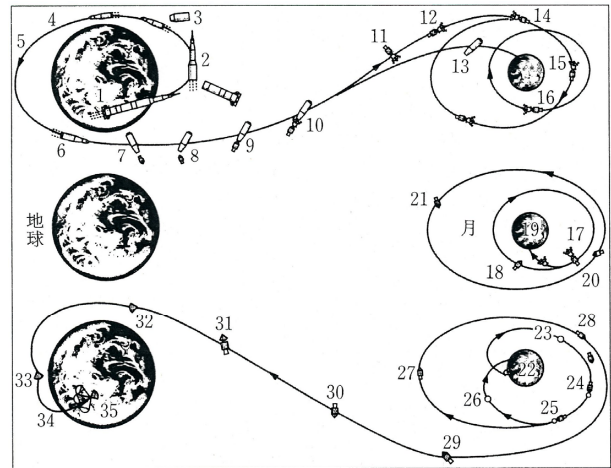
- [Boost Protective Cover and Launch Escape](#)
- [Apollo Spacecraft](#)
- [Spacecraft Lunar Module Adaptor](#)
- [Instrument Unit](#)
- [S-IVB Stage](#)
 - S-IVB Forward Skirt Assembly
 - S-IVB Liquid Hydrogen Tank
 - S-IVB Liquid Oxygen Tank
 - S-IVB Aft Skirt Assembly
 - S-IVB Thrust Structure Assembly
 - S-IVB J-2 Engine (1)
- [S-IVB Aft Interstage](#)
- [S-II Stage](#)
 - S-II Forward Skirt Assembly
 - S-II Liquid Hydrogen Tank
 - S-II Liquid Oxygen Tank
 - S-II Aft Skirt Assembly
 - S-II Thrust Structure Assembly
 - S-II J-2 Engines (5)
- [S-IC / S-II Interstage](#)
- [S-IC Stage](#)
 - S-IC Forward Skirt Assembly
 - S-IC Liquid Oxygen Tank
 - S-IC Intertank
 - S-IC Fuel Tank
 - S-IC Thrust Structure Assembly
 - S-IC F-1 Engines (5)

図4 Saturn Vの構造

http://historicspacecraft.com/Rockets_Saturn_5.html

Apollo計画では大きなことから小さなことまで無数といっても過言ではない選択肢があった。その中でも飛行軌道の選択は最も重要な事項の一つであった。これには3案が拮抗したが、1962年1月、von Braunが1960年代中に月着陸という時間的制約から自説を譲って月軌道ランデブー方式 (Lunar Orbit Rendezvous, LOR) に賭けたことが重要なターニングポイントとなった。なお、LOR自体はNASAオリジナルのアイデアではなく、今からちょうど100年前の1916年、ウクライナのYuri Kondratyukによって提唱されたものである。

これを受けて、ランデブー・ドッキングの技術を確認する必要がある。1人乗りのMercury計画から2人乗りのGemini計画に至った (Apollo計画は3人乗り)。ただし、von Braun自身はSaturnロケットに集中するためGemini計画には参加しなかった。図5に最終的に実施された飛行計画概要を示す。なお、Apollo 11号の詳細な飛行計画は https://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/a11fltplan_final_reformat.pdf に記録されている。



- 1 三人の宇宙飛行士が乗り込みサターンV/アポロ発射
- 2 第一段分離、第二段のエンジン点火
- 3 第二段分離。第三段のエンジンを点火し、アポロを地球周回軌道に乗せる
- 4・5 待機軌道
- 6 第三段エンジンに二度目の点火を行い、アポロを月への軌道に乗せる
- 7 第三段からアポロを分離
- 8 円錐形アダプタの投下、ならびにアポロの方向転換
- 9 第三段の上部に位置している機械・司令船に月着陸船をドッキング
- 10 第三段からアポロを分離
- 11 最初の軌道修正
- 12 二度目の軌道修正
- 13 第三段を月面衝突軌道に移動
- 14 最後の軌道修正
- 15 月周回軌道に乗せる
- 16 軌道高度を下げる。また、宇宙飛行士二人が内部通路を通じて月着陸船に移動
- 17 月着陸船が機械・司令船から離れる
- 18 月面着陸での制動のため月着陸船のエンジン点火
- 19 月着陸船の月面着陸操作。宇宙飛行士二人月面に出る
- 20 機械・司令船は月の軌道上にとどまっている
- 21 ドッキングに向け機械・司令船の軌道を最適化
- 22 月着陸船の上部が月面から離陸
- 23 月着陸船の上部が機械・司令船に接近
- 24 ドッキング
- 25 二人の宇宙飛行士が機械・司令船に乗り移った後、月着陸船の上部を分離
- 26 月着陸船の上部を月面に投下
- 27 機械・司令船は月周回軌道に乗っている
- 28 地球への帰還軌道に乗せる
- 29 最初の軌道修正
- 30 必要があれば、二度目の軌道修正
- 31 司令船と機械船を分離
- 32 大気の濃密な層への突入前に司令船へ地上から誘導指令
- 33 司令船は制御されながら地球大気圏を降下
- 34 大気圏突入時に電波信号消滅
- 35 パラシュートによるブレーキ・システムを作動。三人の宇宙飛行士が乗ったカプセルは太平洋の予定海域に着水

図5 サターンV/Apollo計画の軌道

(的川[9]©中央公論社より)

5. 命をかけた宇宙飛行士たち

いうまでもなく、有人の宇宙飛行は科学技術の問題であると同時に、宇宙飛行士にとっては命が

けの冒険でもある。実際、Apollo計画でも Soyuz 計画でも、さらに2011年まで続けられた Space Shuttle計画でも、残念ながら少なからぬ死亡者が出ている（一方、Apollo 13号は奇跡の生還[4]）。

たとえ月に無事着陸できたとしても再び無事離陸して地球に帰れるのか—経験もない飛行計画に伴う緊張と覚悟はいかばかりかと誰しも考える。

“*That’s one small step for a man, one giant leap for mankind.*”の名句を残した Neil Armstrong船長の言葉が重く響くのは決死の覚悟で地球外に出かけた人から出たものだからでもあろう。そのArmstrong船長も4年前の2012年8月25日に亡くなった。以下は当時の朝日新聞天声人語からである：

天声人語（2012年8月28日）（朝日新聞社の転載許諾済み）
 「静かの海」と聞けば、天文小僧だった12歳の夏に引き戻され、胸が熱くなる。月に浮かぶ「餅つきウサギ」の顔あたり、1969（昭和44）年、ここにアポロ11号が着陸した。人類初の一步は日本時間の7月21日、月曜日の正午前だった▼左の靴底でそれを刻んだニール・アームストロング船長が、82歳で亡くなった。名言「これは一人の人間にとっては小さな一歩だが、人類にとっては大きな飛躍だ」は、月面に着陸してから考えたそうだ▼19分後、着陸船のバズ・オルドリン操縦士が続く。眼前に広がる景色を眺め、両者が交わした言葉もいい。「これ、すごいだろう」「壮大にして荒涼の極みだね」。人類初の月上会話である▼残るマイケル・コリンズ飛行士は司令船から見守り、はるか地球には米航空宇宙局（NASA）のスタッフたち。幾多の脇役と裏方に支えられ、「人類」を背負う重圧はいかばかりか。着陸時、船長の脈拍は156を数えたという▼以後、17号までのアポロ計画で、事故で引き返した13号以外の6回が成功、計12人が月面を踏んだ。しかし一番は永遠に一番だ。栄光を独り占めしたという罪悪感もあってか、物静かな船長は英雄視を嫌い、華やかな席や政界への誘いを拒み続けた▼静かの海の足跡は、人類史に刻まれただけではない。少年少女を宇宙へといざない、たくさん後輩を育てることになる。東西冷戦、ソ連との競争の産物ではあるが、ここまで世界を沸かせ、夢を見させた一歩を知らない。

さらに、Armstrong船長が2004年、参考文献[2]のFOREWORDに寄せている文章から抜粋で紹介しよう（太字部分は筆者）：

It is commonly believed that the space age began because of the Cold War between the West, led by the United States, and the Communist Bloc, led by the Soviet Union. That belief is not quite right. The space age actually began because of a scientific event known as the “International Geophysical Year.” Sixty-six countries joined together to analyze the planet Earth and its environs: oceanography, meteorology, solar activity, the Earth’s magnetic fields, the upper atmosphere, cosmic rays and meteors. The International Geophysical Year was planned for the period 1 July 1957 to 31 December 1958. It was, in fact, the International Geophysical Year and a Half. That particular time was selected because it was the time of maximum sunspot activity. All sorts of unexplained electrical, magnetic and weather phenomena seemed to be somehow related to sunspots.

Soviet and American scientists recognized that if it would be possible to place a manmade object into orbit around the Earth, it would be the perfect platform for sensors and recording instruments to measure many of the characteristics of the natural world for which the International Geophysical Year was created.

They did not realize it at the time but they had started a new competition which would become known as “the space

race.” The Soviets took an early lead with the successful launch of the first Earth-orbiting satellite, Sputnik. They increased their lead with a series of firsts: first to put a living creature—a dog—into orbit; first to put a man into space; first to have a person exit a spacecraft; first to put a woman in orbit; first to launch a multi-crew spaceship and first to fly unmanned probes to the Moon, Venus and Mars.

The American program was substantially behind but not moribund. The Americans were embarrassed but eager to be a part of the race and determined to succeed. United States President John F. Kennedy asked the National Aeronautics and Space Administration to report on our ability to successfully compete with the Soviets. The NASA officials told the President that the United States could not provide the first space laboratory and had only a slim chance of flying around the Moon first but would have a chance, with a concerted national effort, to land a man on the Moon first.

Although this was an arena in which he knew little, Kennedy concluded that the United States must be in the race and must perform well. He received the support of the Congress and of the American people. The race was underway.

6. Bertrand Russellの記事

今回は主に若い人たちに語りかけたいこともあり、私事を何度か話題にして恐縮であるが、1975年、筆者が学部2年生のとき、当時居候していた祖父宅の物置に、Apollo 11号が月着陸した前後の朝日新聞が何日分か残されているのを発見した。その中に英国の哲学者Bertrand RussellがTimesに寄稿した記事の和訳もあった。1872年生まれのRussellは、翌年2月に亡くなる半年前で97歳であった。その和訳を読むや、あまりの感動で原文を読みたくなり、Asahi Evening Newsの方には掲載されているはずだと推察し、築地にあった同社の倉庫から原文の英語をコピーさせていただいた。

和訳の方は、幸いにも朝日新聞社のご好意で http://wattandedison.com/Moon_Bertrand_Russell.pdf にアップロードさせていただいている。原文の方は著作権の関係でアップロードできずにいるが、その冒頭の文章を以下に抜粋する（Times版とAsahi Evening News版はタイトルが異なるが内容は基本的に同一）：

Why man should keep away from the moon

The Times, July 15, 1969

From Earth to Moon

Asahi Evening News, July 22 and 23, 1969

In boyhood, my generation was familiarized with the idea of travelling to the moon by Jules Verne, who wrote admirable science fiction and stimulated the imagination of adventurous youth. I still remember vividly the thrill with which I read his story From the Earth to the Moon. But I hardly thought, and I suppose that other young readers hardly thought, that an actual journey to the moon might become possible during the lifetime of those who were enjoying Jules Verne’s fantasies.

Yet this is what has been happening. The thought of such an adventure is exciting, especially to those who are still young. But those who are no longer young are troubled by doubts and hesitations as to whether the conquest of the moon will really do

anything to ameliorate our human lot. I see arguments on both sides, and I shall try to set them forth impartially, without any attempt to reach a dogmatic conclusion.

筆者にはこの上なく感動的だった内容に加えて、Russell自身が“I wished to say everything in the smallest number of words in which it could be said clearly. (How I write)”と語った、明晰で美しい英文に魅せられ、われながら一つ覚えの単純そのものだが、当時はちょっとした時間の隙間があればお経のように何千回も読み返した。当然の結果、自然に暗記もしてしまい、40年あまり経過した今でも結構覚えている。押しつけるつもりはないが、“現代科学技術の巨人セミナー「知のひらめき」”の機会に若い人たち、そして日本伝熱学会の若い人たちにも47年前の名文をぜひ紹介したいと願った次第である。

参考文献

- [1] Andrew Chaikin, *A Man on the Moon: The Voyages of the Apollo Astronauts*, Michael Joseph (1994). (アンドルー・チェイキン, 人類, 月に立つ 上・下, 日本放送出版協会 (1999).)
- [2] Alexei Leonov, David Scott, *Two Sides of the Moon: Our Story of the Cold War Space Race*, St. Martin's Griffin (2004). (デイヴィッド・スコット, アレクセイ・レオノフ, アポロとソユーズ—米ソ宇宙飛行士が明かした開発レースの真実, ソニー・マガジズ (2005).)
- [3] Piers Bizony, *One Giant Leap: Apollo 11 Remembered*, Zenith-Press (2009). (ピアーズ・ビゾニー, アポロ11号—月面着陸から現代へ, 河出書房新社 (2009).)
- [4] Henry S. F. Cooper, *Thirteen: The Apollo Flight That Failed*, TBS The Book Service (1973). (ヘンリー・クーパー・Jr., アポロ13号奇跡の生還, 新潮社 (1994). Tom Hanks主演のDVDも参照)
- [5] 武谷三男, 河合武, アポロ計画をどう考えるべきか, *エコノミスト* (1969.8.5), 76.
- [6] 特集: アポロ計画の成功とその意義 (グラビア 31ページ, 本文46ページ: 小尾信弥, 佐伯ひさし, 竹内均, 村山定男, 渡辺格, 杉本正雄, 西山千, 宮本正太郎, 井戸剛, 湯浅光朝, 岡本哲史, 長谷寛悦, 原田三夫, 森谷正規), *科学朝日* (1969-10).
- [7] 近藤次郎, アポロ計画とシステム工学, *品質管理*, **20-12** (1969) 43.
- [8] 近藤次郎, アポロ計画のシステム工学への波及効果, *計装*, **13-12** (1970) 5.
- [9] 的川泰宣, 月をめざした二人の科学者—アポロとスプートニクの軌跡, 中公新書 (2000).
- [10] 佐藤靖, NASA有人宇宙船センターにおけるアポロ宇宙船の開発にみる技術システムと人,

- 1960-1969, 年報科学・技術・社会, **13** (2004) 24.
- [11] 佐藤靖, NASAを築いた人と技術—巨大システム開発の技術文化, 東京大学出版会 (2007),
 - [12] 佐藤靖, 科学史入門: NASAとアポロ計画, *科学史研究*, **49-253** (2010) 22.
 - [13] 佐藤靖, NASA—宇宙開発の60年, 中公新書 (2014).
 - [14] 鈴木真二, 「ルッサーの法則」を乗り越えたアポロ計画, *航空情報*, **63-4** (2013) 90.
 - [15] David Meerman Scott, Richard Jurek, *Marketing the Moon: The Selling of the Apollo Lunar Program*, MIT Press (2014). (デイヴィッド・ミアマン・スコット, リチャード・ジュレック, 月をマーケティングする—アポロ計画と史上最大の広報作戦, 日経BP社 (2014).)

付記 1

筆者が京都大学大学院で機械・航空宇宙系修士1年生（標準的には1993年生まれ）を対象に行っている講義「熱物理工学」で、2016年5月にやはりアポロ計画を話題にしたついでに、簡単なアンケートを行った。その結果、表3のような興味深い結果が得られた。von Braunの名前はともかく Korolevの名前を16%の学生が知っていたことには感心した。もう少し細かく見てみると、Korolevの名前を知っていた18人中3人はvon Braunの名前を知らなかった。また、von Braunの名前を知っていた28人中1人はArmstrong船長の言葉を知らなかった。

表3 京大機械・航空宇宙系M1学生へのアンケート

	知っている	知らない
Armstrong船長の言葉	103 (93%)	8 (7%)
von Braunの名前	28 (25%)	83 (75%)
Korolevの名前	18 (16%)	93 (84%)

付記 2

参考文献[5]の対談（月面着陸の3日前に行われた）を、辛口の武谷は以下のように「重力波」の話題で結んでいるのを発見したので付記する。

武谷 次になにに投資をするか。

河合 月に天文台をおくなら、まだ少し意味があるかな。

武谷 それはあるが、なんといっても学問の問題ですからね。重力波というのがほんとうなら、月と地球で重力波を測定すると、どちらの方角から重力波がやってきたかなんていうことがわかるというような問題はあるでしょうけれども。