

# OUMON Magazine

Oumon Institution of Professional Engineers

## CONTENTS

### 特集 | 宇宙開発の技術

- 01 対談  
「月面基地を無人化で造る」羽柴秀樹・蛭原巖
- 06 技術レポート  
「宇宙太陽光発電システムの研究開発の現状」西川省吾
- 11 OUMON FORUM 2023  
「宇宙開発の最盛期時代—月面基地を創るのは君だ—」
- 11 OUMON CLUSE 2023  
「江戸初期の足跡を訪ねるクルーズ」
- 12 書籍紹介  
「プレストレストコンクリートと都市トンネル工法」
- 13 桜門ニュース
- 14 会員紹介
- 15 国際会議報告  
「fib 国際シンポジウム 2023 オスロに参加して」山崎啓治
- 17 旅行記  
「ノルウェーソグネフィヨルドとベルゲンの旅」関文夫

桜門技術士会マガジン

# 11

September 2023

## 対談『月面基地を無人化施工で造る』

日本大学理工学部土木工学科教授 羽柴秀樹  
桜門技術士会事務局長 蛭原 巖

2023年3月、二人の宇宙飛行士が選拔されました。この二人は、JAXAがNASAと推し進めているアルテミス計画の月面探査において日本人として初めて月に降り立つ可能性がある方々です。また、残念な結果となってしまいましたが ispace や Space X の月面着陸へのチャレンジ、8月30日には米国、ロシア、中国に次いでインドが月面へ着陸を成功させたとのニュース、宇宙開発は世界中で注目されています。弊会においても宇宙開発をテーマとした桜門フォーラムを6月9日に開催しました。同フォーラムでは、宇宙開発には未研究・未開発分野がまだ多く存在する事、その研究開発が急がれることが紹介され、推し進めるにはすべての技術部門が結集する必要があり、わが母校の理工学系学部学科卒業生らの活躍の場は無数にあることが明確になったのです。しかしながら、同フォーラムではわが校の各学科がどのような局面で活躍できるか…と云う具体的な部分まで言及することができませんでした。そこで、OUMON Magazine ではこの桜門フォーラムの話題を誌上で継続展開することとしました。今号では宇宙空間で利用できるエネルギーと全てが無人化施工となる月面基地建設に着目します。JAXAと鹿島建設らの月面基地建設を想定した自動運転する重機を使った実験などが話題上っていますが、現在地球上で実装されているICT施工技術を月面基地建設に活用するには…と云う点に着目します。

蛭原) 羽柴先生はご研究の他に大学の講義で測量学をご担当されているので、工事をするうえで必要な月や宇宙の座標について最初に伺いたいと思います。月には、地球と同じように緯度経度は定められているのでしょうか。そもそも月に行くロケットの飛行計画など目的地とロケッ

トの位置座標がわからないとロケットの姿勢や進むべき方向の修正などができないと思います。互いの位置をどのように測位しているのでしょうか？

羽柴) 実は、国際天文学連合 (International Astronomical Union: IAU) と云う組織が様々な惑星の緯度経度、惑星の傾き、宇宙全体の天文座標などに関して定義付けをしています。1961年から1972年にかけて実施されたアポロ計画以降、飛行角度と飛行スピードを積分することで何分後にはこの地点に達している…と考える基本的な方法がありますが、誤差も生じるわけです。そこで、飛行する探査機のレーダーなどで月面の状況をより正確に測位し、計算値との差を地上からリモート制御している方法が最近の手法だと思います。IAUで定義する天文座標系をNASAやJAXA、その他の団体がロケットの飛行計画などに活用しているのです。

蛭原) 次に羽柴先生がご研究されているリモートセンシング (以下、RS) について伺います。RSとは、どのような技術なのでしょう。

羽柴) RSは、人工衛星や飛行機などに搭載したセンサーを用いて調査対象物に触れることなく、その形や性質を調べる技術です。調査対象物の形や性質は、電磁波によって判断するのですが、この電磁波は、周波数が異なることで人間の目で見ることができると視光の他に、X線、紫外線、赤外線、マイクロ波などに分類され、それぞれ性質が異なります。また全ての物体には、電磁波を反射・吸収もしくは放射するなどの固有の特徴があります。この特徴は電磁波の



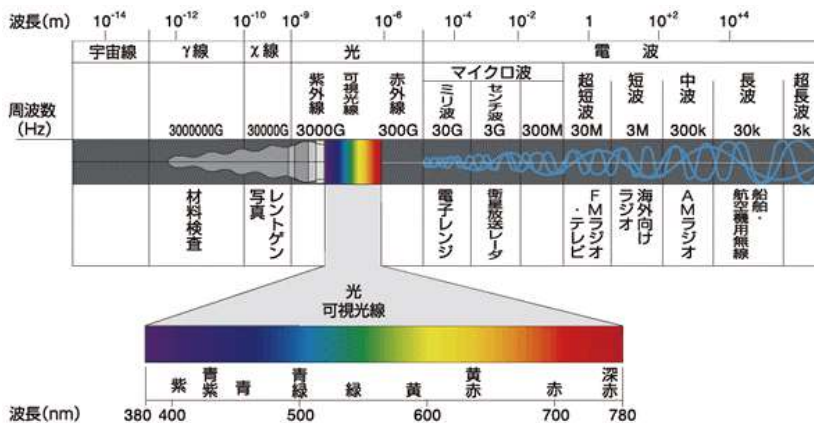


図-1 電磁波の周波数

出典:スガツネ工業「照明の基礎知識光と色」

<https://www.sugatsune.co.jp/technology/illumi-l.php>

周波数を変えることで顕著にあらわれるため、物体を識別することができるのです。しかもRSは、地球上のモノだけを対象にしているのではなく、果てしなく遠い宇宙にあるモノ、他の惑星をどう調べるか…といった惑星探査も本質的な目的です。

**蛭原** RSとは物体の特徴を電磁波で判断する技術なのですね。そのRSでおこなう惑星探査とはどのようにおこなうのですか。

**羽柴** 惑星を調べるため、惑星周囲に人工衛星を周回させて写真を撮って、地図をつくと云うことが技術開発の起源なのです。それを地球に適用させたのが今のRSです。よって、RS技術では地球探査も惑星探査も同じこととして考えています。地球に適用しているか、月に適用しているか、木星に適用しているか…の違いではないのです。初期のRSとして1972年にNASAが打ち上げた人工衛星ランドサット(Landsat = Land Satellite)があります。これは、地球の資源探査を目的としたものです。そのランドサットの目的は、地球上のどこが石油を掘ることができるのか…や、どこを掘れば鉱物資源が出るか…を探ることです。そもそも、ランドサットの旧称は、EARTS(地球資源観測衛星計画; Earth Resources Observation Satellites Program)と云いました。

**蛭原** RSによって遠隔地の状況を正確に得るためには、どのような研究があるのですか。

RSで使用する電磁波は、大気中を通過する際に屈折や散乱や減衰などを伴います。この現象を理論づけるのが純粋なRSの原理の研究です。RSのオーソドックスな方法は、太陽の光が地表面にあって反射してくるものを写真で撮る方法です。そうすると太陽の光が大気中を通過する際に散乱が発生します。さらに地表面で反射した際に再び大気中を通過することで再散乱します。そういった伝達モデルが構築されており、その結果このくらいの画像が得ら

れると云う事象を光学センサーの開発に生かしているのです。これが長年行われているRSの装置を作ると云う基礎研究です。これらの研究が進んだおかげで最近では様々ところで活用されています。ちなみにRSには偵察(Reconnaissance)の意味合いも強く、過去には衛星に光学カメラを搭載しフィルム撮影をしていた時代もありました。これで米ソ冷戦時代には軍事偵察をしていました。その後、衛星を制御墜落させて撮影したフィルムを回収するのです。これは、アポロ計画での司令船の地球帰還と同じです。

**蛭原** 今までのお話を伺う限りRSは、宇宙開発において重要な役割を果たせると思います。現在、どのような場所でどんな活用をされているのですか。

**羽柴** 月に関して云うならば、月周回衛星です。この月周回衛星には世界に先駆けてJAXAが2007年に打ち上げた『かぐや(SELENE)』があります。その後、中国、インド、米国が月周回衛星を打ち上げました。JAXAの『かぐや』は、2009年6月に月面に制御墜落させられるまでRSを活用して様々な観測をおこないました。この『かぐや』に



写真-1 地球の出(アース・ライズ) by JAXA



羽柴秀樹 | はしばひでき  
日本大学理工学部教授

博士（工学）  
大学院理工土木（1994 修）  
[ 専門分野 ]  
測量学，衛星リモートセンシング

[ 研究分野 ]  
地球観測衛星リモートセンシングによる環境・災害調査/GISによる地理空間情報分析，UAV（ドローン）による環境調査・解析

はレーザー高度計が搭載されており，軌道 (orbit) 上から月面にレーザーを発射し跳ね返ってくる時間差によって月面地形を測ったのです。『かぐや』で計測し作成された月の地形図は国土地理院から公開されています。また NHK のハイビジョンカメラを搭載したことで撮影された月に隠れていた地球が見えてくる「地球の出 (アース・ライズ)」は話題を呼びました (写真-1)。

一方，米国の月周回衛星に『LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter)』があります (写真-2)。この LRO は，NASA が 2009 年に打ち上げたものですが，月面からの高度 50km の極軌道を現在周回しています。搭載されたカメラは最高で 50 センチという驚異的な解像度を誇り，科学的探査よりは，有人月探査に向けた着陸点選定のための基礎資料収集といった，将来的な探査に向けた情報収集を狙っているのです。この機能により LRO は ispace の HAKUTO (白兔) の墜落現場を撮影しており，この画像を基に HAKUTO が到達した位置座標などを割り出し，「この辺りまで到達した」と言う情報を公表しています (写真-2)。



写真-2 高度 50km の極軌道を周回する LRO by NASA

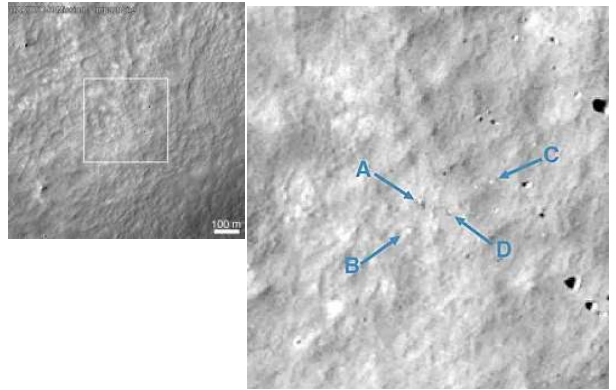


写真-3 ispace の HAKUTO (白兔) の墜落現場 by NASA

また，LRO には偵察 (Reconnaissance) の単語がふくまれていることも興味深いです。定時的に月面を撮影し探査機やローバーの状態を監視するだけでなく，他国の開発動向も監視すると云う目的を含むのでしょうか。

**蛸原** 先ほどから伺っている中で惑星を周回する衛星を活用して惑星内の位置座標を特定する測位の話がありますが，地球上で使っているナビゲーションシステムと同じ原理なのですか。

**羽柴** 基本的には地球上で使っているナビゲーションシステムと同じ仕組みが必要です。ナビゲーションシステムなどの測位には人工衛星を使うのですが，その人工衛星の中身は原子時計です。ものすごく大きく高級な原子時計が搭載されており「今ここにいます」と云う情報を何時何分何秒の時刻とともに発信しています。人工衛星内の原子時計が送った時刻と受信地点に到着した時刻の差によってその瞬間の人工衛星までの距離が分かります。人工衛星が情報発信した時刻にいた軌道上の座標も分かるので，そこからの距離で受信地点の座標を推定するのです。

しかし，使用する人工衛星は複数以上ないと受信地点を正確に特定することはできません。地球上で使用されているナビゲーションシステムや測量システムは，Global Navigation Satellite System: GNSS 衛星を活用しています。この GNSS 衛星には，わが国の QZSS (みちびき)，米国の GPS，ロシアの GLONASS，EU の Galileo などがあります。現在，月専用のナビゲーションシステムは NASA や JAXA でも研究されていますが，JAXA が考えているナビゲーションシステムは，月測位衛星システム (Lunar Navigation Satellite System: LNSS) と云います。

蛭原) 月面上でナビゲーションシステムを実現するためには、月専用の測位衛星が複数必要なのです。直ちに実現するのは難しい気がします。

羽柴) 確かに、大きな原子時計を配備した人工衛星を月に運ぶことは非常に大変です。一方で地球を周回している既存のGNSS衛星の電波が微弱ではあるが月に届いていることが判っています。月を周回する中継衛星を設けることで月面でのクロック情報を取得することを考えているようです。その後、月の周りに原子時計を搭載した人工衛星を飛ばすことができれば、最も正確な情報が得られます。現段階では中継衛星によって月面ナビの構築を検討しているようです。

将来、各国の月面基地ができた場合、月面上で大量輸送の必要性が生じます。このためにTOYOTAはJAXAと共に月面を走行するためのローバーを研究しています(写真-4)。ローバーがクレーターや谷に転落することなく月面上を安全に目的地まで移動するためにもLNSは重要です。



写真-4 TOYOTAの月面を走行するためのローバー by JAXA

蛭原) 測位は、電磁波等を使う方法のほかにもあるのですか。

羽柴) 現在、地球上で測位をおこなう方法としてGNSS衛星からの電波を使うことが主流ではありますが、その他の測位方法として画像やレーザーを使う方法も研究されています。カシオではカメラを用いた可視光通信技術を研究しています。この技術は、OCC(Optical Camera Communication)と云い、送信機にLEDやディスプレイといった光源を、受信機にカメラを、それぞれ用いる通信技術です。LEDなどの光源から光信号として送信したデジタルデータをカメラで撮影し、画像から光信号を読み取る処理をすることでデータ受信を行います。この画像から自らの位置を特定するのです。いわゆる無線通信の中でも、人間の目に見える波長の光を使って通信する「可視光通信」と呼ばれる通信方法の一種です。ある意味、カメラを「目」としてデジタルデータを「視る」方法とも言えるかもしれませんね。



蛭原 巖 | えびはら いわお  
桜門技術士会事務局長  
西武建設(株)  
土木事業部 ENG部 部長

技術士(総合技術監理・建設)  
上級土木技術者(土木学会)  
大学院理工土木(1988修了)

[コメント]

この桜門マガジンを母校復活の起爆剤にしようと、学部や学科を超えて情報収集と意見交換に飛び回っています。

蛭原) LNSにより月面での測位が可能になると、地球上と同じように3Dモデルを構築しさえすればICT施工(Information and Communication Technology)が可能になりますね。しかも建設機械を完全なロボット化せずともリモート運転で月面基地建設は可能になるのですね。

羽柴) そうですね。可能なのですがそこに達するまでにはまだまだクリアしなければならない課題がたくさんあります。月面上にいる自分の位置をどのように測るのか…といった測位に関する素朴な疑問に対して昔から考えられている方法があります。月面探査機(orbiter)が月面に着陸したとしましょう。着陸前に月面探査機が撮影した着陸予定地点の画像や地球上から望遠レンズで着陸地点を観測することで月面探査機の着陸位置座標を特定するのです。そして月面探査機が着陸した地点を工事上の基準点とし、その場所からレーザーキャナなどで周辺地形の点群データを取得します。このデータを基に3Dモデルを構築し建設機械を稼働させるのです。この場合、レーザーがさえぎられる影となる地点の点群データは取得できません。これを回避するため、レーザーキャナを搭載させたローバーによって計測したい範囲を隈なく走行させ詳細な月面地形を漏れなく取得するのです。いわば月面版のMMS(Mobile Mapping System)です。しかも月の静止衛星に分解能の高いカメラを搭載できれば、施工状況のブルモニタリングも可能になりますね。



蛭原) 『かぐや』よりも高精度な地形図が得られたならば、月面基地建設はより精度よくできるのでしょね。特に建設会社は工事費の見積もりがしやすくなりますね。(笑)

羽柴) それにしても、見積書に記載される金額はかなり高額なのでしょね。(笑)

話題は、月から火星になってしまいますが、NASAは2021年04月に火星へ探査機(Perseverance, 忍耐力)を送り込んでいます。この探査機には火星用ドローン(Ingenuity, 創造力)が格納されていました。ローバーとレーザーキャナだけでは収集できる情報は少ないと考えた結果のようです。当然、クレーターの中にローバーは降りることはできないでしょう。先日のHAKUTOの墜落も着陸地点の微妙な地形、谷の存在などの地勢情報が事前に察知できていなかったことが原因であると云われています。さらに、火星には月には無い大気があることが知られています。この大気存在によって火星でもドローンは飛ぶことができます。地球外の惑星で初めてリフトアップして着陸したと云うニュースは当時大騒ぎになりました。しかも、このドローンは地球上からリモート操作しているのです。これらの火星探査機の計画は、NASAのジェット推進研究所(Jet Propulsion Laboratory: JPL)で実施しています。しかもこのドローンチームのリーダーは若い女性であり、アメリカの裾野の広さを感じた月面開発の先の話です。

蛭原) 本日は、非常に興味深いお話を伺うことができました。最後になるのですが、現在の宇宙開発において羽柴先生のご興味をそそる話題と宇宙開発に対するお考え、これからの技術者に期待する事などを伺いたいと思います。

羽柴) そうですね。今、一番に興味があるのは日本初の月面着陸を目指す小型探査機「SLIM(スリム)」(写真-5)とX線天文衛星「XRISM(クリズム)」を搭載したH2A機の打ち上げ(写真-6)です。SLIMは独自の画像処理技術などを駆使して月面のピンポイントに誤差100m以内で着陸する実証機です。この技術が確保されれば、月面で安全な場所に拠点となる港をつくることができます。月面上に拠点ができれば、月面開発も一段と進展する事でしょう。

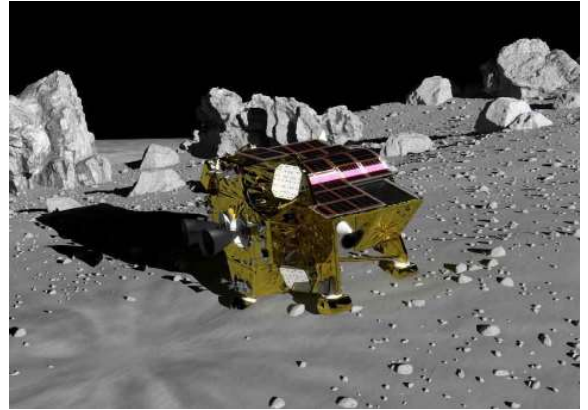


写真-5 SLIMの月面着陸イメージ図\_byJAXA



写真-6 2023年09月07日08時42分打上成功 byJAXA

今回の月面着陸へのチャレンジや各国の宇宙開発の最近の傾向に見られるように、月や宇宙がこれまでになく、非常に近い存在になっていることが伺えますね。月に限らず、地球環境を今後どのように理解するか?のための新たな地球観測衛星の運用・ビジネス計画も広まっていくことが想定されており、宇宙をキーワードに、種々の分野でのさらなるニーズの開拓、技術展開、ビジネス展開はこれまでとは一段違うフェーズに入ってくるのではないかと思います。技術的にもまだまだ改良すべき点は多々あるかと思いますが、地上で自動車を運転したり、様々なものを建設したり、ということと同じように、普通に地球と宇宙空間に行き来できる時代、普通に月に物資を送り込めて、そこで活動できる時代はすぐそこにきていると思います。これからの技術者は様々な要素で直接自分の仕事として宇宙に関するキーワードが入ってくる時代もそう遠くなく、技術面、マネジメント面、組織等で新たな環境適用性が求められるのではないかな?と思います。新たな地平を切り開く非常に楽しみな時代だと思います。

## 特集 | 宇宙開発の技術



# 『宇宙太陽光発電システムの研究開発の現状』

日本大学理工学部電気工学科  
教授 西川 省吾

### 1. はじめに

我が国では 2050 年のカーボンニュートラルを目指し、再生可能エネルギーの導入が積極的に進められています。また、近年では不安定な国際情勢の影響を受け、資源の多くを輸入している我が国のエネルギー価格は大幅に高騰しており、自給率の向上が強く求められ国産エネルギーである再生可能エネルギーの重要性が、ますます高まっています。その中でも太陽光発電は住宅をはじめとした建物だけでなく、農地（ソーラーシェアリング）、水上など、様々な場所に普及してきています。しかしながら、日射の強さ（日射強度）は不安定である以上、太陽光発電が不安定電源であることは変わりません。

一方、宇宙空間に打ち上げた衛星が、太陽電池を使って発電し電波で地上に送電し、地上で電力を利用する「宇宙太陽光発電システム（Space Solar Power System（以下、SSPS）」は、昼夜や天候に左右されない安定な電力供給源であり、発電量は地上の約 10 倍になります。そして現在、世界各国で実用化のための研究開発が進められています。ここでは、SSPS について原理、研究開発状況、および今後の課題等について簡単に説明します。

### 2. SSPS の概要

#### 1) 原理<sup>[1]</sup>

SSPS (100 万 kW) のイメージを図-1 に示します。100 万 kW は大型の原子力発電所とほぼ同じであり、かなりの大出力であることが分かります。太陽電池を搭載した発電衛星は地上 36,000km の上空に打ち上げられ、地球の自転周期と同じ周期で地球の周囲を移動する「静止衛星」になります。

発電体である太陽電池アレイは約 2km 四方と非常に大きなものです。太陽電池の発電電力は直流電力であり、電気エネルギーを地上に送電するには衛星で「マイクロ波」に変換します。マイクロ波で宇宙から地上に送電された電力は、受電アン



図-1 SSPS のイメージ (100 万 kW)

テナで受けて、次にマイクロ波から直流電力に変換します。そして、直流電力は交流電力に変換され、通常の電力系統を介し負荷に供給されます。

#### 2) 宇宙用太陽電池

地球上ではかなりの量の太陽電池が導入されていますが、その材料は大半が「シリコン (Si)」です。シリコンは多数の半導体で使用されていますが、なんといっても資源が豊富であることが最大の特徴です。結晶構造は発電所用としては「単結晶」や「多結晶」などの「結晶系」が大半を占めています。結晶構造としては、他に「非結晶（アモルファス）」がありますが、これは発電効率（＝電気エネルギー／太陽エネルギー）が低いため発電所用としては、ほぼ使用されていません。しかしながら屋内照明の波長スペクトルとの相性がよいため、電卓はほぼ 100% が非結晶です。効率をみるとガリウム砒素 (GaAs) など化合物の中にはシリコンよりも高い値を示すものもありますが、資源量が乏しくシリコンと比較して製造コストがかなり高いものになりま

す。そのため、地上用としては大量普及には適していません。

一方、宇宙用太陽電池には地上用の太陽電池とは、異なる性能が求められます。中でも特に重要なのが「耐放射性」と「耐環境性」です。<sup>[2]</sup>

### ①耐放射性

宇宙空間においては常に強い放射線にさらされるため、シリコン結晶基板に欠陥が発生し、それが太陽光エネルギーにより発生した自由電子を捕獲するため、徐々に電気出力が低下するという問題があります。セル（太陽電池の最小単位）の基盤を薄くすると、電子の移動距離が短くなるため、欠陥の影響を受けにくくなり長寿命化することができ、さらに軽量化も可能になります。しかし薄くした分だけ光の吸収量が減少し、電気出力は低下します。したがって、現在は、エネルギー変換効率のよい、単結晶シリコンや単結晶化合物(GaAs 系統)が使用されています。現在、GaAs 系統では17～18%のものが実用化されています。

### ②耐環境性

太陽電池に限らず、宇宙用部品には民生用とは比べものにならないほど厳しい環境にさらされるため、厳しい耐環境性試験に合格しなければなりません。打ち上げから軌道上まで宇宙環境を模擬した、放射線、熱真空、熱サイクル、振動、衝撃、紫外線などの耐久性試験はもちろんのこと、打ち上げまでの地球環境を模擬した耐湿試験試験などにも合格する必要があります。

## 3) 送電方式

太陽電池の発電電力を地球に送電する方式としては、「マイクロ波送電」と「レーザー送電」が考えられます。各送電方式の特徴は以下の通りです。

### ①マイクロ波送電

- ・大気（雨や雲を含む）の影響を受けない全天候型
- ・ビーム方向制御は電子方向制御が可能
- ・レーザーに比べエネルギー密度が低く安全な運用が可能
- ・エネルギー密度が低い場合宇宙と地上に大きなアンテナが必要

### ②レーザー送電

- ・エネルギー密度が高くシステムがコンパクト
- ・大気による吸収や雲による散乱影響を受ける
- ・エネルギー密度が高く安全性への十分な配慮が必要
- ・レーザービーム方向の機械的精密制御が不可欠

以上のようなことから、マイクロ波送電による方式について研究が進められています。

マイクロ波は周波数が0.1～100GHz程度の電磁波の一種で、通信用電波としても広く利用されて

います。そして電力をマイクロ波に変換する身近な機器として「電子レンジ」が挙げられます。そして、電子レンジの心臓部になる「マグネトロン」によりマイクロ波が発振されます。

マグネトロンは磁石による磁界を加えた特殊な二極真空管です。磁界中を運動する電子にはローレンツ力が作用して、電子の軌道は曲げられます。ローレンツ力とは電子などの荷電粒子が磁場の中で運動したときに、粒子が磁場から受ける力です。二極真空管の電極構造を工夫して外部から磁界を加えると、陰極から放出された電子は陽極に届かず、陰極のまわりを回転運動をしながら周回するようになります。この振動を陽極側に設けた空洞で共振させ、アンテナからそのエネルギーを電波として取り出すのがマグネトロンです。(図-2 参照)

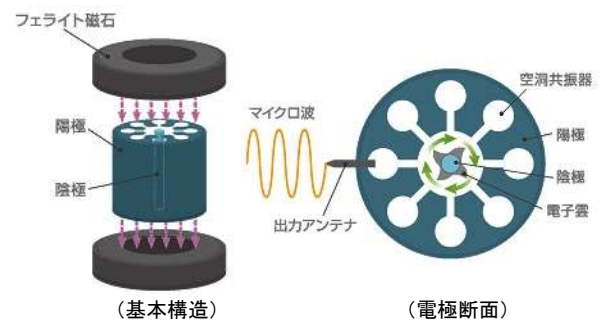


図-2 マグネトロンの基本構造<sup>[3]</sup>

## 3. SSPS の歴史<sup>[2]</sup>

SSPS は1968年に米国のPeter. Glaser博士が提唱したのが始まりです。究極的には化石燃料に頼らない社会を構築可能なアイデアとして提唱されました。アポロ計画が推進されていた時代で、大規模宇宙構造物を有人で建設する方法が検討されました。また、その数年後には第1次オイルショックが発生したこともあり、このアイデアは社会から注目を集めました。

Glaser博士のアイデアを基礎として、その後、米国、欧州では様々なタイプのSSPSコンセプトがまとめられましたが、最近においては、日本以外の各国は、財政上の問題や政策上の方針などにより、国としての継続的な研究は行っていないという状況にあります。

日本では、1980年代からSSPSに関する組織的な研究活動が開始され、90年代には宇宙科学研究所（現：宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙科学研究所）を中心とした大学及び国立研究所の研究者により1万kW級の「SPS2000」の設計が、2000年代に入りJAXA及び経済産業省により100万kW級のSSPSの検討が行われました。



1) 近年における海外での研究開発状況

- ・1960年代, 1970年代までは米国が SSPS の研究の中心でしたが, 1980年代以降, 京都大学などを中心に, 日本が SSPS の研究を牽引しています。
- ・近年になって, 米国での SSPS の再評価や Caltech による軌道上実証機の打上げ, 中国における積極的な開発推進, 欧州の SOLARIS 計画が承認されるなど, 複数の巨額事業が立ち上がっています。

①米国

- ・2020年, 国際宇宙ステーションでのマイクロ波送電デモ, 無人宇宙往還機 X-37B でのモジュール実験
- ・2021年, 空軍研究所 (AFRL) が軌道上実証試験を 2023 ~ 2024 年に計画 (SSPIDR)
- ・2022年, NASA の技術・政策・戦略室 (OTPS) による SSPS 再評価の検討が開始
- ・2023年, カルフォルニア工科大学 Caltech が 1 億ドル以上の寄付を受け SSPI (Space Solar Power Initiative) プロジェクトを実施しており, 1月に軌道上実証機の軌道投入に成功

②欧州

- ・2020年, 欧州宇宙機関 (ESA) が地上及び月面における宇宙太陽光発電への取組に関する新アイデア公募
- ・2020年, 英国宇宙局 (UKSA) が Frazer-Nash と Oxford Economics に宇宙太陽光発電 FS 調査委託
- ・2022年, ESA が SOLARIS と呼ばれる欧州向け SBSP (Space Base Solar Power) 準備プログラムを正式に開始
- ・2023年, 英国衛星利用推進センターが UKSA 資金を受け SBSP システムの研究開発プロジェクトを開始
- ・2023年, SBSP への共同投資の可能性を含む, 宇宙における英国とサウジアラビアの協力関係について協議を開始

③中国

- ・2014年, 中国国家航天局が宇宙太陽光の専門家チームを立ち上げ, 研究開発を継続中
- ・2018年, 宇宙太陽光発電実験基地を重慶市で建設開始, 西安大学が宇宙太陽光発電プロジェクトを開始
- ・2022年, 西安電子科学大学キャンパス内に大規模な地上実験施設が完成

2) 日本の研究開発ロードマップ

日本における SSPS の研究は, 「エネルギー基本計画 (平成 15 年閣議決定, 最新は平成 30 年 7 月)」, 「宇宙基本法 (平成 20 年法律第 43 号, 平成 27 年改正)」および「宇宙基本計画 (平成 21 年, 最新令和 2 年閣議決定)」に基づいて実施されています。

図-3 に日本における 2015 年以降の研究開発ロードマップを示します。これまでは, 地上での実証試験を実施してきた「地上実施フェーズ」でしたが, 今後は宇宙での実証試験を実施する「宇宙実証フェーズ」に移行していきます。そして, 2050 年に実用の SSPS を確立するという計画です。

4. ここまでの研究開発状況

1) マイクロ波のビーム方向制御

1GW (100 万 kW) の電力を, 静止軌道から地上受電サイト (受電サイト約 2km) までの 36,000km という長距離のエネルギー伝送を安全かつ効率よくマイクロ波で大きなエネルギー (電力) を伝送しようとする場合は, 非常に多

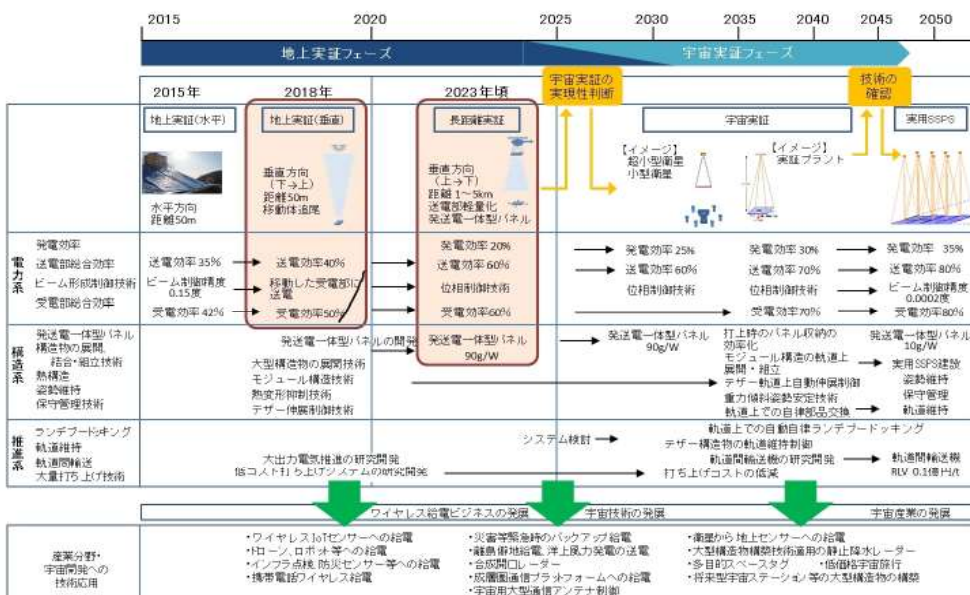


図-3 日本の研究開発ロードマップ

くのアンテナ素子（アンテナパネル）で構成される「アレイアンテナ」を用います。多数の剛体アンテナパネルを柔軟結合するため、重力傾斜トルク（軌道上の物体には、質量分布の長手方向が中心重力天体方向に向くようなトルクが作用する）や熱歪み等の外乱により、結合されたアレイアンテナ面は完全な平面を保てません。個々のアンテナパネルの方向（基準位置）が変動してしまうことは避けられず、マイクロ波のビーム方向を極めて高精度に制御するにあたっては、これを踏まえた電氣的な補正制御が必要となります（図 - 4）。

以上のことから、長距離の無線電力伝送を念頭においた高精度のビーム方向制御方式として、①受電設備から軌道上の送電アンテナに向けて「マイクロ波の送電方向を示すパイロット信号」を送り、②パイロット信号の到来角方向を送電アンテナの位置において高精度に検出して、③当該方向にマイクロ波を送電するようマイクロ波の位相を制御します。

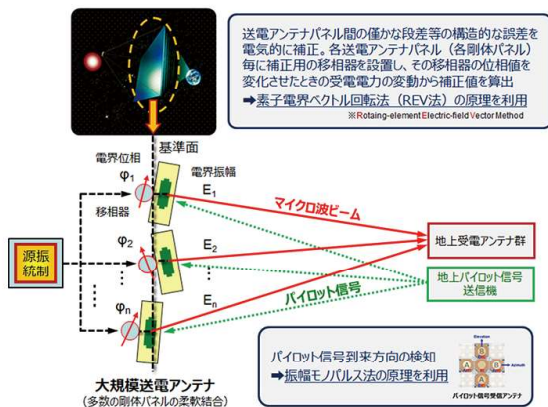


図 - 4 マイクロ波ビーム方向制御方式

テナを用いて、複数モジュールの協調動作によって、kW 級マイクロ波のビーム制御を行うシステムの屋外実験としては、世界的に例を見ない試験に成功しています。

2019 年度に実施されたマイクロ波電力伝送実験の概要を図 - 6 に示します。

この試験では、①無線層受電システムの高効率化、②垂直マイクロ波無線送受電技術実証について実施しています。①については送電部の総合効率として 44.8%，受電部の総合効率として 54.9% が達成されています。②については「垂直送受電技術実証」と「マルチコプタ等への給電技術実証」が実施されました。垂直送受電技術実証では、屋外の地面反射の影響のない環境での垂直方向（下から上方向）でのマイクロ波送電における適切なビーム形成技術を、マルチコプタを使用して実証しています。また、マルチコプタを移動させた後、パイロット信号を受けて移動後の位置を特定し、その方向に送電するビーム方向制御技術を実証しています。マルチコプタ等への給電技術実証では、受電部を搭載したマルチコプタへのマイクロ波による無線送電を実施し、電力として取り出せることを確認しています。

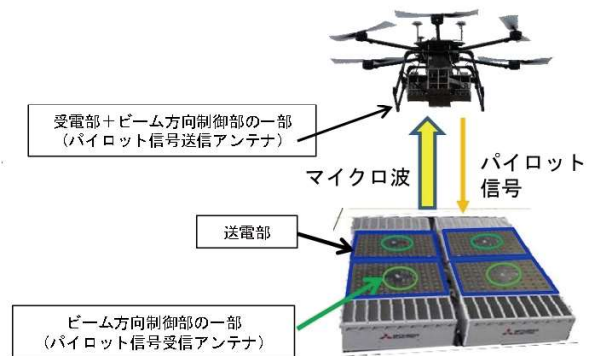


図 - 6 マルチコプタ等への給電技術実証 (2019 年度)

## 2) 主な実験

2014 年度に実施されたマイクロ波電力伝送実験の概要を図 - 5 に示します。

伝送距離は約 54m で、平均約 340W の利用可能電力の取出しを確認したものです。実施期間は平成 27 年 2 月から 3 月、兵庫県内の屋外試験場で実施されました。送電部は寸法が約 0.6m × 0.6m × 0.025m のモジュールを 4 枚配列してフェーズドアレイを構成しており、受電部は約 2.6m × 2.3m のモジュール 1 枚で構成されています。

5.8GHz 帯で半導体増幅器を使用したフェーズドアレイアン

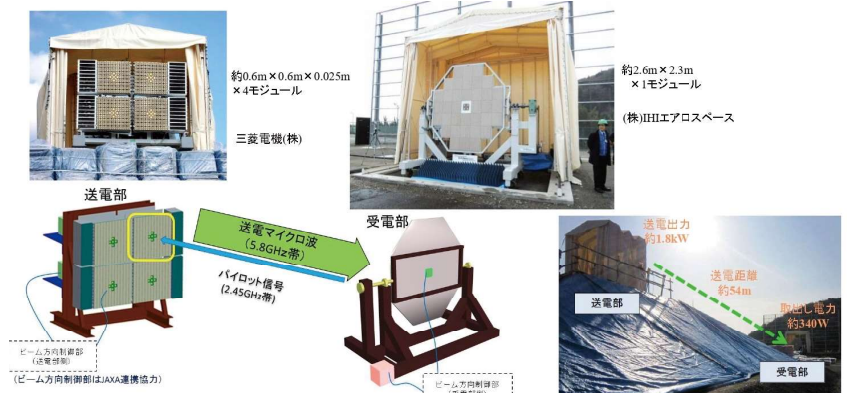


図 - 5 マイクロ波電力伝送実験 (2014 年度)



5. 今後の研究計画 [2]

1) 発電電一体型パネルの開発

令和元年度から、SSPSの実現に必要な発電と送電を一つのパネルで行う発電電一体型パネルの開発等に着手しています。発電電一体型パネルの必要性について図-7を用いて説明します。

宇宙太陽光発電衛星が、「A」の位置にあるときは、上面（太陽側）に発電機能、下面（地球側）に送電機能があれば足りませんが、「B」の位置にあるとき、下面（地球側）に発電機能が無いと宇宙太陽光発電衛星の発電量は大きく低下します。したがって、片面にしか発電機能が無い場合、両面に発電機能がある場合の約半分の発電量となります。また、日本が夜間の時間帯の発電ができないため、夜間供給源としての役割を果たすことができなくなります。

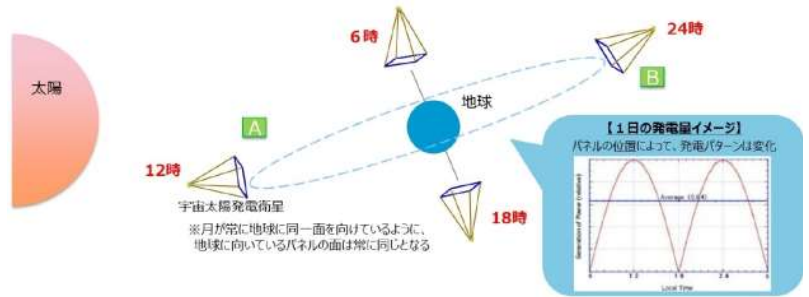


図-7 発電電一体型パネルの必要性

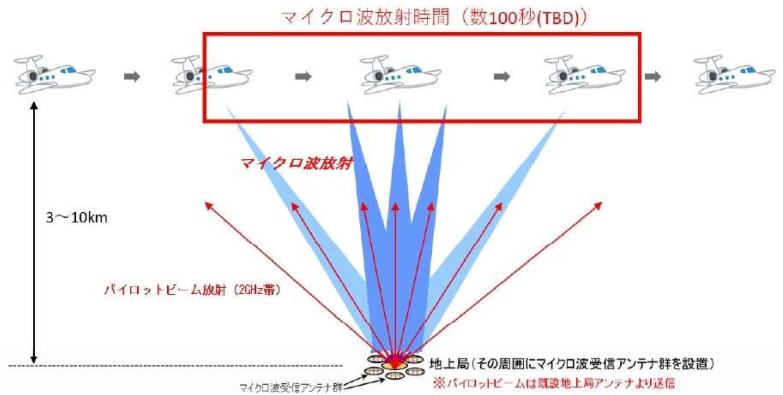


図-9 長距離送電の実証イメージ

発電電一体型パネルの概略構成を図-8に示します。発電電一体型パネル地上評価モデルの設計を計画通り実施中です。ハニカム構造体の採用や発電電機能構成要素のサンドウィッチ構造化によって薄型化を進め、目標の質量比 36.0kg/m<sup>2</sup> に対して、34.4kg/m<sup>2</sup>となる見込みです。

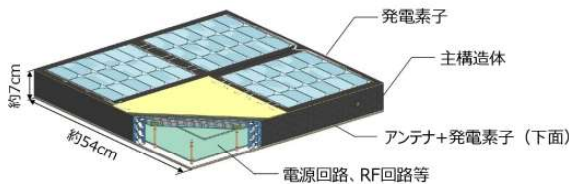


図-8 発電電一体型パネル概略構成図

2) 長距離送電の実証

軌道上実証の事前検討して、地上試験（飛行試験）を行い、以下の事項を検証します。

- ・送電装置（衛星搭載用）と地上機器、観測装置との同期・機能確認
  - ・マイクロ波ビームの評価手法の確立
- 試験の概要は図-9の通りです。
- ・衛星用の実大送電アンテナパネルを航空機に搭載し、地上局から発信するパイロットビームに合わせて、送電地点（地上）へ向けてマイクロ波を照射します。
  - ・使用周波数は送電用マイクロ波が 5.8GHz 帯、パイロットビームが 2GHz 帯です。
  - ・実施時期は 2024 年第 3 四半期を想定。

6. おわりに

SSPSについて、基本的な原理、国内外の研究動向および日本における研究計画について概要を説明しました。米国で考えられた SSPS ですが、日本でも様々な研究が行われ、2050年の実用化を目指し着実に技術は向上しています。

また、SSPSの研究で開発された技術は、「航空障害灯への送電」、「離島への送電」、「洋上風力発電所からの送電」など、広範囲の分野に応用できる可能性があります。

参考文献

- [1] 「宇宙太陽光発電システム（SSPS）の実現に向けた研究開発の現状」、(一財)宇宙システム開発利用推進機構、2023年6月
- [2] JAXA ホームページ
- [3] TDK ホームページ



西川 省吾 | にしかわ しょうご  
日本大学理工学部教授  
博士（工学）  
理工学部電気工学科（1982年卒）

専門分野  
電力工学、エネルギー工学、パワーエレクトロニクス [研究分野] 太陽光発電システムの性能評価/太陽電池アレイの故障検出技術/寒冷地における蓄電池の最適運用・制御

### 「宇宙開発の最盛期時代」

一月面基地を創るのは君だー

桜門フォーラム 2023 は、桜門技術士会創設 30 周年記念イベントとして「宇宙」に焦点をあてて、次世代の技術を学ぶ企画として、6月9日に実施されました。

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の有人宇宙技術部門有人宇宙技術センターの梅村 さや香さんをお招きし、宇宙飛行士の本当の姿やマネジメント、そして有人宇宙開発の現状についてご講演いただき、(株)アストロスケール 上席副社長伊藤美樹さん (理工大学院航空宇宙 2011 年修了)、理工学部航空宇宙工学科中根昌克准教授と「宇宙開発の方向性とビジネスチャンス」をテーマにディスカッションしました。伊藤さんから、地球を周回している人工衛星の多さ、梅村さんから宇宙飛行士の訓練やミッションのための練習など幅広いお話をいただきました。宇宙コーナー、宇宙に住むための技術、リスク分析、月より火星へともうすでに宇宙開発が進んでいる状況が印象的でした。

### 「江戸初期の足跡を訪ねるクルーズ」

桜門クルーズでは、徳川家康が日比入江の低湿地の寒村を、人が住める水都・江戸に造り変えた江戸初期に着目し、江戸の骨格を担った平川 (現日本橋川) や埋立前に地形を感じながら、伊達藩が掘削した神田川、神田上水の掛樋の場所をルートに設定し、墨田川、亀島川をルートとし、江戸初期の石積みや護岸、関東大震災の復興橋梁も含めたクルーズを企画しました。日本橋上空の首都高の移転も決定し、近い将来、日本橋に広い空が返って来ることも近いことから、日本橋川を中心に巡るルートとなりました。



図 江戸初期の日比入江 (赤破線) とクルージングルート (青線)

企画は、5月13日 (土) に組まれていましたが、あいにくの雨・風情報で、延期が決定されました。その後、7月23日 (日) に決定され、真夏のブルースカイの中、実施されました。桜門技術士会の会員と大学技術士連絡協議会のメンバー、日大理工の土木工学科の学生数名も参加し、賑やかな船出となりました。解説は、江戸初期の研究や橋梁の専門家である日本大学理工学部関教授 (本会顧問) が行いました。

**OUMON FORUM 2023**  
桜門技術士会創設 30 周年記念フォーラム

講演 6/9 (金) 15:20 ~ スコア S101 & リモート

**「宇宙開発の最盛期時代」  
- 月面基地を創るのは君だ -**

講師: 梅村 さや香 (JAXA 有人宇宙技術センター) / 伊藤 美樹 (アストロスケール)

中根 昌克 (理工学部航空宇宙工学科)

**OUMON Cruise 2023**

新出航 7/23 14:30

桜門クルーズ 2023

江戸初期の足跡を訪ねるクルーズ

写真 OUMON FORUM 2023 のフライヤー

写真 - 1 OUMON CLUSE 2023 のフライヤー



このルートには、60 橋余りの橋が架橋され、一つ一つにすべて由来があります。中でも、江戸っ子は、「はし」と発音できず、「ばし」という名前が標準に用いられた話、一石（いっこく）橋は、江戸の金庫番の後藤家と商人の後藤家が橋の両側にあったため、後藤→五斗となり五斗と五斗で一石になり、橋の名前になった。常盤橋の袂には、渋沢栄一像が立っており、その先には、日本銀行がある。鎌倉橋は、江戸城建立の時に、鎌倉河岸があったことから鎌倉橋となり、1944 年 11 月に米軍と銃撃戦となり、機銃掃射の銃弾痕が残っている。神田橋は、神田明神がもともとここにあったことから由来され、橋の袂には、贈収賄の疑いから自害した太田圓三の記念碑があり……。トリビア的な話題の説明が続きました。



写真 - 2 ここは、井之頭の池から水を 32 km 運んできた神田上水の御茶ノ水の掛樋があった場所



写真 - 3 隅田川の清洲橋は、日本で初めてニューマチックゲートン基礎を用いた吊橋

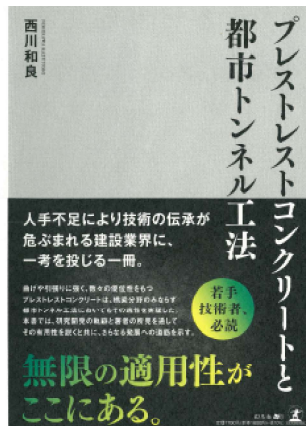


写真 - 4 隅田川の永代橋は、リブタイドアーチ構造の重厚なつくりの橋梁

## 「プレストレストコンクリートと都市トンネル工法」

本会会員の土木技術者には都市トンネル工法であるシールド技術者が数多くいる。シールドトンネル工法は地盤を掘削・掘進していく機械であるシールドマシン、そして掘削後の地山を保持していくトンネルセグメントからなる。セグメントは時代の変遷と共に耐久性、施工作业性の改善が図られてきた。そのうちプレストレストコンクリート（以下、PC と称す）技術を応用した「P & PC セグメント」がある。その開発には本会理事である西川知良氏（(株)オリエンタルコンサルタンツグローバル、理工・土木 1985 卒）が建設会社勤務時代に深く関わってきた。この度、書籍「プレストレストコンクリートと都市トンネル工法」を上梓された。PC 技術はコンクリート橋への適用が主流で、それらの教科書・書籍は数多いが、シールドトンネルへの適用を念頭においたものは初めてではないだろうか。とっつきにくいといわれる PC の原理からはじめ、セグメントへの適用、そしてその開発秘話までが記述されている。現役桜門シールド技術者にとっては必読の一冊である。

[編集 WG: 山崎啓治]



著者  
西川和良 | にしかわかずよし

博士工学（早稲田大学）  
特別上級土木技術者  
技術士（建設部門トンネル）  
日大理工土木（1985 年卒）

### [著者略歴]

1962 年 5 月 山口県生まれ  
1985 年 3 月 日本大学理工学部土木工学科卒業  
1985 年 4 月 住友建設(株) 入社  
1993 年 12 月 英国留学  
2003 年 4 月 三井住友建設(株) 統合移籍  
2005 年 6 月 財団法人国土技術研究センター 研修  
2017 年 5 月 三井住友建設(株) 退社  
2017 年 6 月 (株)オリエンタルコンサルタンツグローバル入社  
～現在に至る

発行：幻冬舎  
発刊：2023 年 2 月 1 日 判型：A5 判  
頁数：316 頁  
価格：¥1,760 + 税  
ISBN : 978-4344943711

## 桜門技術士会第31回通常総会が対面で開催

桜門技術士会の第31回通常総会が、6月20日（火）17:00から、理工学部1号館122会議で開催されました。

2022年度の理事会3回の報告、事務局会議11回の報告、各部会から活動内容の報告がされる盛況な会となりました。総会開催時での会員数は、256名（新規10名、退会11名）となりました。

総務部会は、忘年会、新年会（賀詞交換会）が自粛、広報部会は、OUMON Magazine 設立30周年記念号（3,000部）を発行、理工学部（土木、交通、機械、海洋建築）1300部、生産工学部（土木、機械）250部、工学部（土木、機械、電気）250部、ホームページの改訂4回/年、業務部会は、技術士制度説明会をリモ

トで実施、試験対策講座を対面で実施、企画部会では、桜門クルージング、桜門フォーラム、桜門ゼミナールが中止された。

収支報告では、年会費の請求を実施しなかったため、「収入の部」は、昨年度年会費の期ずれ分のみが収入となった。一方「支出の部」は、OUMON Magazineの30周年記念号に係わるものが主となった。その結果、当期の収支は、2万円ほどの赤字となった。各部会活動を活性化するため、新理事4名と新監事2名の就任と理事の異動を実施した。

総会では、すべての議案が承認された。

## □技術士制度説明会

2023年度の技術士制度説明会は、理工学部就職指導課の協力で、船橋校舎及びリモート併用の対面式で開催しました。制度説明会には、180余名の学生が参加してくれ、久々の学生の関心の高さを感じた説明会となりました。

## 【理工学部】

## ■技術士制度説明会

日時 | 6月16日（金）17:00～

場所 | 505教室

講師 | 成島誠一（会長）、蛭原巖（事務局長）、  
関文夫（顧問）



写真-1 技術士制度説明会

## —技術士第一次試験—

桜門技術士会は、技術士制度説明会、技術士第一次試験対策の講座を、各学部、学科と連携して、講師を派遣しています。

理工学部では、就職指導課と桜門技術士会の共催による技術士制度説明会、適性・基礎の試験対策講座、各専門分野の試験対策をリモートで配信しています。

生産工学部では、土木工学科と共催で、建設部門の専門科目のリモートで配信しています。

技術士制度説明会、試験対策講座を希望される学部、学科、事務局の方は、桜門技術士会までご一報ください

## 技術士第一次試験日程表

- |           |                |
|-----------|----------------|
| (1) 筆記試験日 | 2023年11月26日（日） |
| (2) 合格発表  | 2024年2月下旬      |

## □技術士第一次試験対策講座

2023年の技術士第一次試験対策講座は、リモートで開催しました。就職指導課にGoogleClassroomを開設していただき、学生の登録者数285名で、学生の関心の高さを感じた説明会となりました。

## 【理工学部】

## [基礎適性講座]

日時・場所 | 7月25日（火）16:50～ S101

講師 | 飯島晃良教授（機械工学科）

## [建設技術者のための基礎適性講座]

日時・場所 | 8月3日（木）16:50～ S101

講師 | 山崎 啓治（鹿島建設㈱）

## [機械部門]

日時・場所 | 9月19日（火）16:50～ S101

講師 | 飯島晃良教授（機械工学科）

## [建設部門①] 鋼構造・コンクリート・海岸・港湾

日時・場所 | 9月22日（金）16:50～ S101

講師 | 柴 泰裕氏（前田建設工業㈱）

## [建設部門②] 河川・砂防・土質・基礎

日時・場所 | 9月29日（金）16:50～ S101

講師 | 戸澤 哲氏（オリエンタル白石㈱）

## —技術士第二次試験—

技術士第二次試験対策は、桜門技術士会でサポートします。まずは、桜門技術士会ホームページに記載されているメールアドレスに連絡してください。

桜門技術士会の有資格者でサポートします（無料）。

## 技術士第二次試験日程表

## (1) 口頭試験

期日 | 2023年12月から2024年1月までのあらか

じめ 受験者に通知する

時間 | 午前9時から午後5時までの間であらか

じめ受験者に通知する

## (2) 合格発表

令和5年度の技術士第二次試験の合格発表

筆記試験結果 日時 | 2023年10月末日

口頭試験結果 日時 | 2024年3月上旬予定



## 『アルマイトの未来を拓く』



「アルマイト」とは、アルミニウム陽極酸化皮膜の日本における一般名で、理化学研究所と登録商標に由来します。電気伝導性の高いアルミニウム表面に絶縁性を付与する目的で開発され、耐食性と耐傷付き性、耐摩耗性により、広い産業分野で利用されています。現在、本来は電気絶縁性の皮膜に導電性を付与するなど、従来は不可能であった新しい特性を付与した発明品の市場開拓を行っています。来年度、40年を超えるキャリアを活かして、第二次試験の金属部門(表面技術)に挑戦します。



井口 博 | いぐち ひろし  
株式会社アート1  
統括部長  
環境計量士(濃度関係)  
技術修習生(2022年度合格)  
文理学部化学科(1982年卒)  
大学卒業後、理研アルマイト工業株式会社勤務  
アルミニウム表面処理の製造、営業、品質保証、  
技術、経営を経験後引退し、2022年より現職。  
一般社団法人軽金属製品協会が開催している通信講座の講師を行っています。

## 『勉強千日、試験一瞬』



公務員土木技師となり、各種資格を取得してきました。本年7月には、3度目の2次試験でした。50代も後半になると、記憶力の低下がひどく悲しいものです。学生のみなさんには、早めの資格取得をお勧めします。私が「日大土木」で過ごした4年間は、とても素晴らしいものでした。そこで得た誇りを胸に技術士取得に向け日々研鑽しております。私は、まだ2次試験の受験者ですが、1次試験向けの動画を配信しています。お時間のある方はyoutubeで“土木オヤジ”と検索してみてください。



平川 義明 | ひらかわ よしあき  
蓮田市役所 道路課 主査  
一級土木、舗装診断士、一級舗装、  
コンクリート技士他  
生産工土木(1990年卒)  
永田教授主宰の上下水道研究室に所属していました。学部卒業後、東京都庁入庁(半年で退職)した後、現在の蓮田市役所に奉職しています。

## 『技術士だからできる知的満足』

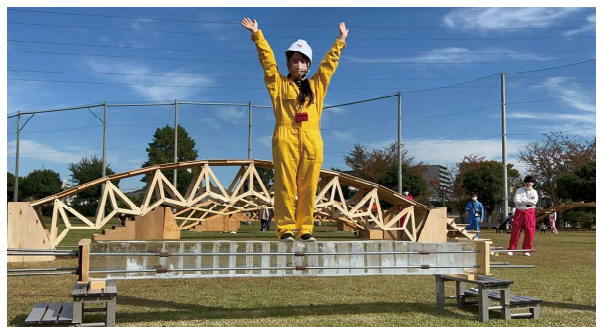


技術者としての人生、そのスタートは学生時代の学びです。始めは小さな好奇心、しかし、それは知的な核として、年月を経るほど大きく成長しました。技術者は日々知的生産性の向上を求められますが、私自身関わったプロジェクトは300余り、航空機からその足跡を見られることも喜びです。なお、JICA 専門家として海外に派遣され、英語力の必要性を痛感しました。若い学生達への一言「千里の道も一歩から」技術と語学の研鑽を忘れずに！



金 芳晴 | こん よしはる  
(株)環境技建ウエーブ  
専務取締役  
技術士(総合技術監理部門-建設)/(建設部門-港湾・空港)/(環境部門-環境保全計画)/  
一級建築士/測量士/工学博士  
理工土木(1970年卒)  
国土交通省、建設コンサルタント等に勤務し現在に至る/沖縄在住

## 『まず挑戦やってみよう!』



子供の頃からまちの風景が好きで、特にそんな風景を形作っている構造物や橋に惹かれていました。漠然とした興味から土木工学を専攻して、現在は構造・デザイン研究室に所属しています。研究室の活動の中で、圧縮の力で成り立つ氷橋を作成したのですが、材料が氷でも構造の力を使って人も渡れる橋を作れたことに感動し、さらに構造力学に興味を持ったことを覚えています。興味のあることを突き詰め、将来に生かせるようこれからも精進していきたいです。



舌間 馨 | したまびびき  
日本大学理工学部土木工学科3年  
構造・デザイン研究室  
技術士第一次試験合格(2022年2年)  
二年次に技術士第一次試験に合格し、現在は引き続き専門分野の勉強を進めながらも構造・デザイン研究室で橋に関する知見を深めています。先進的な建築、橋梁、都市、ランドスケープのデザインを行う国際コンペティションにも挑戦しました。

# 『コンクリート構造のコンセプトチュアルデザインに関する fib 国際シンポジウム 2023 オスロに参加して』



桜門技術士会  
理事 山崎 啓治

## 1. はじめに

北欧・スカンディナ비아半島の北側に位置する「ノルウェー」、皆さんは何を想起するだろうか？フィヨルド、ヴァイキング、アトランティックサーモン、大西洋サバ、乾燥タラ、捕鯨推進国、北海油田、ノルウェー政府年金基金、高福祉国家、リレハンメル五輪、ムンクそしてノルウェーの森そして最近ではEV先進国か。

2023年6月29日から7月1日までの3日間、Fédération internationale du béton（国際コンクリート構造連合、以下、fib）のコンクリート構造のconceptual design（コンセプトチュアルデザイン）に関する国際シンポジウムがノルウェーのオスロにて開催された。これに参加してきたので、会議の概要を報告する。

## 2. シンポジウム概要

fibは、コンクリート構造の構想設計の重要性に着目し、2019年以来、隔年で構想設計に関する国際シンポジウムを開催してきた。2019年はマドリード、2021年はスイスで開かれ、3回目の今回がオスロにて開催された。

オスロ市街の中心となるオスロ中央駅南側のオスロ・フィヨルドに面するウオーターフロント地区は、近年再開発が進んできており、オペラハウス、ダイクマン図書館そしてムンク美術館などが建設されている。この地区にあるのが会場となったSALTで、通常は音楽・芸術の発表の場のイベント複合施設で、カフェ、レストランさらには北欧ならではのサウナまでを備えている。三角屋根を有するこの木造建築の様式は、古くは北海で捕れた魚の乾燥加工工場として用いられたものだという（写真-1）。



写真-1 国際会議場のSALT

表-1 国際会議場のプログラム

| 月/日  | 時刻 | 行 事               |
|------|----|-------------------|
| 6/28 | 夜  | ウエルカムパーティー        |
| 6/29 | 午前 | 開会式、基調講演1~3       |
|      |    | テクニカルセッション1       |
|      | 午後 | テクニカルセッション2~4     |
| 6/30 | 午後 | 基調講演4・5           |
|      |    | 夕食会               |
|      | 夜  | 夕食会               |
| 7/1  | 午前 | 基調講演6・7           |
|      |    | テクニカルセッション5       |
|      | 午後 | テクニカルセッション6~8     |
| 7/1  | 午後 | 閉会式、2025ブラジルへのお誘い |
|      |    | 夕食会               |
| 7/1  | 午前 | テクニカルツアー          |
|      | 午後 | ／コンクリート・ウオーク      |
|      |    | 基調講演8             |

シンポジウムの全体プログラムを表-1に示す。初日前夜のウエルカムパーティーに始まり、第1日および第2日目に基調講演が7題、そして8つのテクニカルセッションが夕食会とともに配置され、最終日にはオスロ市内のコンクリート建築を歩いて観て廻る「コンクリート・ウオーク」と題したテクニカルツアーおよび基調講演8が企画されていた。

参加者数が発表者を含めて70人程度のこぢんまりとしたシンポジウムであった。



### 3. テクニカルセッション

一般講演であるテクニカルセッション一覧を表-2に示す。前述のテーマに関連するようにセッション割がなされ、当日に発表が行われたのは合計32件であった。発表時間は1題あたり10分と規定され、質疑応答はセッション毎最後に全体を通して行われるスタイルであった。後日、参加者に配信された電子論文集の表紙を図-1に示す。

表-2 テクニカルセッション一覧

| セッション番号 | テーマ                              | 発表件数 |
|---------|----------------------------------|------|
| TS1     | Innovation イノベーション               | 6    |
| TS2     | Competition 構想設計に関するコンペ          | 6    |
| TS3     | Competition 構想設計に関するコンペ          | 4    |
| TS4     | Innovation イノベーション               | 2    |
| TS5     | Innovation イノベーション               | 3    |
| TS6     | Sustainability Materials 持続的な材料  | 5    |
| TS7     | Sustainability Structures 持続的な構造 | 3    |
| TS8     | Circular economy 循環型経済           | 3    |

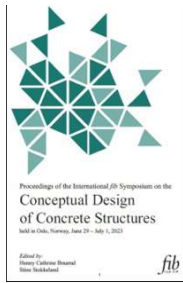


図-1 電子論文集の表紙



写真-2 筆者の発表風景



写真-3 有路さんの発表風景

表-3 日本大学関係者の発表者

| セッション番号 | 発表タイトル/所属  |
|---------|--|
| TS5     | Design of steel-concrete hybrid balanced arch bridge<br>山崎 啓治 (鹿島建設)   |
|         | Seismic behavior of stay cables placed on balanced arch bridge and development of new anchorage system<br>有路 亮平 (神鋼鋼線工業)   |
| TS8     | Aging and cleaning effects of takimi bridge over the shiraito falls world cultural heritage site on mt.fuji<br>関 文夫 (日本大学) |

### 4. 日本大学関係者の発表

日本からは5件の口頭発表がなされ、のうち3件が日本大学関係者からであった(表-3)。セッション番号TS5: Innovationに対して、筆者(鹿島建設(株), 理工院・土木1994修士修了)と有路亮平氏(神鋼鋼線工業(株), 理工院・建築2014修士修了)が特殊橋梁である新東名高速道路河内川橋(仮称)の鋼・コンクリート複合バランスドアーチ橋の構想設計ならびに、同橋の斜吊材ケーブルの地震時挙動と新たな定着システムの開発に関するものを発表した(写真-2, 写真-3)。本定着システムの開発にあたっては実物大試験を実施し性能を確認した。同試験は日本大学理工学部大型構造物試験センターが保有する30MN大型構造物試験機を使用した。そしてTS8: Circular economyでは関文夫教授(日本大学, 理工・土木1985卒)が滝見橋のコンクリート表面のエイジングと清掃効果の経年的な変化に関して発表した。

### 5. おわりに

欧州を中心とした先生方、技術者らと交流し、日本の橋梁に関するプレストレストコンクリート技術、取組みについて紹介することができた。2年後の次回2025年大会の開催都市はリオデジャネイロ(ブラジル)と決定している。風光明媚な観光地として知られるコパカバーナ・ビーチに面したホテルでの開催だそうである。



山崎啓治 | やまざきけいじ  
鹿島建設(株)横浜支店  
河内川橋JV工事事務所 副所長  
技術士(建設部門)  
日大理工土木(1994年院修)

コンクリート橋の設計・施工に25年間従事。2013年、英国の設計コンサル「ARUP 香港」に向向、東南アジア地域での国際工事に携わる設計・発注者補助業務に携わる。

# 『ノルウェーソグネフィヨルドとベルゲンの旅』

桜門技術士会  
顧問 関 文夫

## 1. はじめに

fb 国際会議に参加後、オスローからソグネフィヨルドを経由してベルゲンまでのツアーに参加しました。オスローからベルゲン急行に約5時間揺られフィンセ氷河を見学し、その後ノルウェー国鉄屈指の山岳鉄道に約1時間乗車して滝や溪谷の風景を満喫し、ソグネフィヨルドを船で2時間半見学し、ベルゲンまでバスや列車で旅するという総計15時間のツアーです(図-1)。このツアーは、日本から(日本語で)予約が可能ですが、ツアーガイドはいませんので、自力で乗り物に乗る必要があります。今回は、何とか遅れずに乗車、乗船することができました。

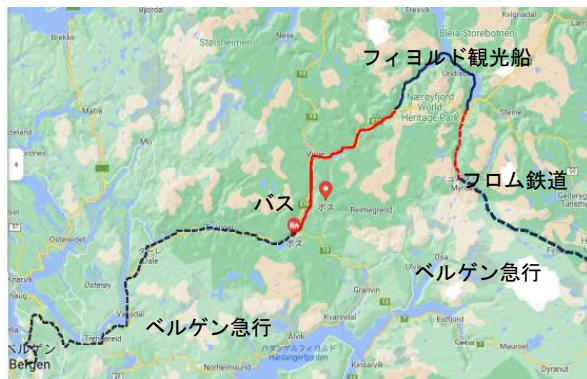


図-1 オスロー(ベルゲン急行)→氷河→ミュールダール駅(フロム鉄道)→フロム駅(フィヨルド船)グドヴァンゲン→(バス)→バス駅(→ベルゲン急行)→ベルゲン駅

## 2. オスロー (OSLO)

現在のオスローは、ノルウェー王国の首都(写真-1)で、王宮、行政、立法、司法などの機関が集まり、約70万人で人口の12.9%を占めています。先進的な環境立国で、EV車比率も高く、駅を中心に路面電車とバスが走り、自家用車は、地下にネットワークが構築されています。観光は、

王宮、ノーベル平和センター、国立オペラ&バレエ劇場、国会議事堂、ヴィーゲラン公園、アーケスフーシュ城、ムンク美術館(写真-2)などコンパクトに集まり、数日で見学可能です。



写真-1 木材を使用したオスロー国際空港



写真-2 ムンク「叫び」左:リトグラフ 右:テンペラ画

## 3. オスローからフィンセ(氷河)

オスローから「ベルゲン急行」(写真-3)に揺られると、フィンセ(Finse)駅(沿線最高所1,222m)に到着します。ここでは、10分ほどの停車時間に氷河と雪解けの湖を眺める(写真-4)ことができます。列車には、バックパックや自転車、ヘルメット(自転車レンタル可)を持参したハイカーが多く、大自然の風景へ飛び込んでいきます。





写真-3 ベルゲン急行 (オスロー⇄ベルゲン)



写真-6 フロム村



写真-7 フィヨルド観光船



写真-4 フィンセ駅から眺める氷河と雪解け

#### 4. ミュールダールからフロム

ミュールダール駅から山岳鉄道のフロム鉄道で、20 kmの路線を1時間かけて走ります。途中、渓谷や滝、山々の美しい風景を楽しむことができます。特に、ショースフォッセン滝(写真-5)で、途中停車しますが、滝の水量、爆音に圧倒されます。そして突如、ノルウェー神話に登場するお尻に尾が生えた美女Hulderが現れ、男性を誘う舞踊が披露され神秘的な感じ。フロム村は、小さな村ですが、ハイキングやフィヨルド観光の拠点となっており宿泊も可能です(写真-6)。

いよいよ、フロムから観光船(写真-7)に乗船し、2時間半のフィヨルド観光です(タイトル背景)。切り立った崖と海のコントラストは、氷河の荒削りの大地を感じさせてくれ、息を飲むような美しさです。土木的には、山の角度で海底まで続くので、海底から基礎を建てることは難しく、陸地に主塔がある吊橋や斜張橋のような大きな橋を架けなくては行けない。フィヨルドでは、道を繋ぐことがとても難しいです。



写真-5 ショースフォッセン滝と美女フルドラが踊る

#### 5. ソグネフィヨルドからベルゲン

フィヨルド船は、フェリー港のグドヴァンゲン港に到着します。グドヴァンゲン港からベルゲン急行のヴォス駅まで、バスでの約70分の旅路では途中で美しい景色をみることができます。名門スタルハイムホテルで休憩時間があり、スタルハイム渓谷を眺められます(写真-8)。

ヴォス駅から75分で、ノルウェー第2の首都ベルゲンへ到着します。ベルゲン(写真-9)は、11世紀のハンザ同盟で栄えた面影を感じることができ、三角屋根で有名な旧市街地は、世界遺産に認定されています(写真-10)。



写真-8 名門スタルハイムホテルから眺める渓谷



写真-9 ベルゲンの夜景(深夜25時の明るさ)



写真-10 三角屋根の旧市街地(世界遺産)

#### 6. おわりに

オスローからベルゲンの旅を紹介しました。ノルウェーは物価が高く、タクシー初乗り4千円、昼食3千円、ホテル1泊4~5万円程度でした。消費税25%(食品15%)、約3倍の物価に、日本の給与水準、国力を感じさせられた旅でした。頑張れニッポン!

# そうだ、桜門技術士会に入会しよう！

## 【桜門技術士会とは】

桜門技術士会は平 1992 年 6 月 30 日に発足した校友組織で、2023 年で 31 年を迎えました。

桜門技術士会は、各大学技術士会の中で、設立が早く、会員数も多く、各界で活躍している会員で構成されています。会員は、技術士を保有する正会員、第二次試験、第一次試験を目指す社会人の準会員、第一次試験を目指す学生会員から構成されています。

技術士というステータスを目標に新しい仲間と交流してみませんか。日本の技術を支える伝統の桜門技術士会の心強い仲間が、そこにおります。

皆様のご入会をお待ちしております。

入会ご案内 | <https://www.oumon.com/>



## 桜門技術士会 OUMON Magazine 編集 WG

|           |                     |
|-----------|---------------------|
| 編集長：成島 誠一 | 装丁・デザイン：関 文夫        |
| 編集：関 文夫   | 発行：桜門技術士会           |
| 蛭原 巖      | 著書：桜門技術士会マガジン 11    |
| 山崎 啓治     | 発行日：令和 5 年 9 月 30 日 |
| 瀬尾 高宏     | 価格：非売品              |
| 戸澤 哲      |                     |

## 桜門技術士会事務局

〒 101-8308  
東京都千代田区神田駿河台 1-6  
日本大学理工学部お茶ノ水校舎 1 F C 113 室  
<https://www.oumon.com/>

Copyright © 2023 Oumon Institution of Professional Engineers. All Rights Reserved.