

宇宙から見た日本

——夢を追って，未来を追って——

Seeing Japan from the Great Outer Space : Dreams and Future Comes True

山崎直子

一般社団法人スペースポートジャパン

インタビュアー

山中直明

慶應義塾大学工学部情報工学科
E-mail Yamanaka@ics.keio.ac.jp

コーディネータ

川喜田佑介

神奈川工科大学情報学部情報工学科
E-mail kwkt@ic.kanagawa-it.ac.jp

[川喜田] おはようございます。今日は宇宙飛行士の山崎直子さんと慶應義塾大学の山中直明先生に対談頂き、夢を追って科学・技術の発展に取り組んでこられた山崎さんの、その努力のモチベーションを考えてみたいと思います。また、若手女性を代表して、大阪大学の学生にも後ほど登壇頂きますので、是非、相談に乗ってあげて下さい。それでは、インタビューを山崎さんとも親交

が厚い山中先生をお願いします（図1）。

[山中] 今日は、宇宙飛行士の山崎直子さんに、慶應義塾大学三田キャンパスに来て頂きました。インタビューをさせて頂く前に、160年の歴史のある慶應義塾の歴史を見て頂きました（図2, 3）。山崎さんは、慶應の工学部とも関係があり、私が責任者をやっています理工最大級のイベント慶應義塾テクノモールでも、満席の会場で熱く未来を語ってくれました。それでは、よろしくお願ひします。

[山崎] おはようございます。歴史に刻まれた素敵なキャンパスツアーありがとうございました。歴史と、ハイテクなビル、そのキャンパスを闊歩するキラキラした学生さんを見ると、本当にうらやましく、OBの方々とも仲の良い慶應義塾らしいと思いました。本日は、よろしくお願ひします。



図1 山崎直子氏（中央），山中直明氏（左：インタビュアー），川喜田佑介氏（右：コーディネータ），福沢諭吉銅像，演説館前にて



図2 キャンパス見学会 慶應義塾大学アートセンター「ノグチルーム」前にて慶應女子高校を望む山崎氏。



図3 演説館（重要文化財）内での取材

[山中] ありがとうございます。私のいる理工は、どこの大学も同じように、男子学生が多いです。気を取り直して、インタビューさせて下さい。

1. 宇宙ビジネス

[山中] 現在、大学でどんなことをされているか教えてください。

[山崎] 東京大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻の博士課程（後期）で学んでいます。2010年に宇宙に行った後、日本に戻って来まして、研究を再開したいとずっと思っていました。社会人ですと時間とのタイミングを合わせるのが難しいですが、待っていてもできるものではないので、無理やり作るしかありません。

学部は航空宇宙工学で、以前の専攻と同じところにいます。研究内容は、学生時代に取り組んでいたことの延長になります。

宇宙がだんだんとビジネスの場、産業の場となってきています。これを実現するための大きな鍵は、輸送だと思っています。人工衛星の数も増えてきていますし、ロケットのコストも少しずつ下がってきています。特にアメリカは部分再使用型のスペースXのロケットなどが試験的に成功しており、輸送コストは少しずつ下がっていますが、ゆくゆくは、一桁、更には二桁まで下げることができれば、宇宙が経済圏になると考えます^(注1)。

[山中] 二桁下がると経済圏になるとは？

[山崎] 例えば、宇宙で発電所を作るとなると、いろいろなコストを考えたときに、一番ネックなのが輸送コストなんですね。もしも、二桁下げることができれば地上

(注1) 現在の宇宙への打上げコストは100万円/kg程度。国際航空便が1~2万円/kg程度であることを鑑みると、1~10万円/kgくらいになれば、経済圏になる。

で発電している価格よりも、安くなります。

[山中] エネルギーを送る手段を入れても安くなるということですね。宇宙では太陽が24時間当たっているのを利用するのですね。マイナー鉱物などを取りに行くというのはありますか？

[山崎] はい。輸送コストを下げるのと並行して研究されています。世界的に小惑星もデータベース化されています。観測から、プラチナを1億トン含有する小惑星があると推定されていますが、実際には行って調べないと分かりませんので、これはまだ産業として成り立つか未知の可能性の世界です。

[山中] 山崎さんの御興味は、輸送の手段の技術的なところなのか、ビジネスも含めたところなのかというところでしょうか？

[山崎] ロケットの個々の技術は開発メーカーさんが進めておられますが、今はそれぞれが個別なんですね。地球の重力を脱するまでの技術開発は単独でよいと思いますが、より高度を上げるとか、月や火星、小惑星に行くとなったとき、高速道路のようなイメージの共通のインフラ（地球と火星間を定期的に輸送する輸送専用船）があってもよいのではないかと思います。あるところで止まったら、荷物を積み替えて燃料を補給するといったような、地球を出た後の共通のインフラがあるイメージです。

現在の私の興味は、技術そのものというよりは、輸送ネットワークのシステムデザインです。トータルソリューションを作るという感じでしょうか？

2. 宇宙に行ったから分かる地球環境

[山崎] 地球環境というのは不安定系で、一度ずれてしまうと安定系に戻すのは難しいと思っています。もしそれがずれたときに、致命的になるおそれがあるのであれば、疑いがあるものは早めに解決していくことが大切であると思います。地球環境問題、特に温暖化ですが、二酸化炭素だけではなく、メタンなども含めて削減する努力、また熱収支自体を考えることは必要であると思います。

[山中] 私もそう思います。30年後、40年後は大丈夫だと思いますがその先はない。ブレーキを踏んでいるのであればともかく、地球環境問題に目をつぶったり無視しようという動きもあります。しかも見識がある人がやっている印象です。

[山崎] そうなんですよ。そこが不思議なところですよ。大体そういうところでひずみがでるのは弱いところからですよ。最初に影響を受けるのは小さな島国であったり、砂漠化が進みそうなところであったりと弱いところからどんどん影響を受けているように思います。それが格差を生み出す方向ですよ。グローバルに見た

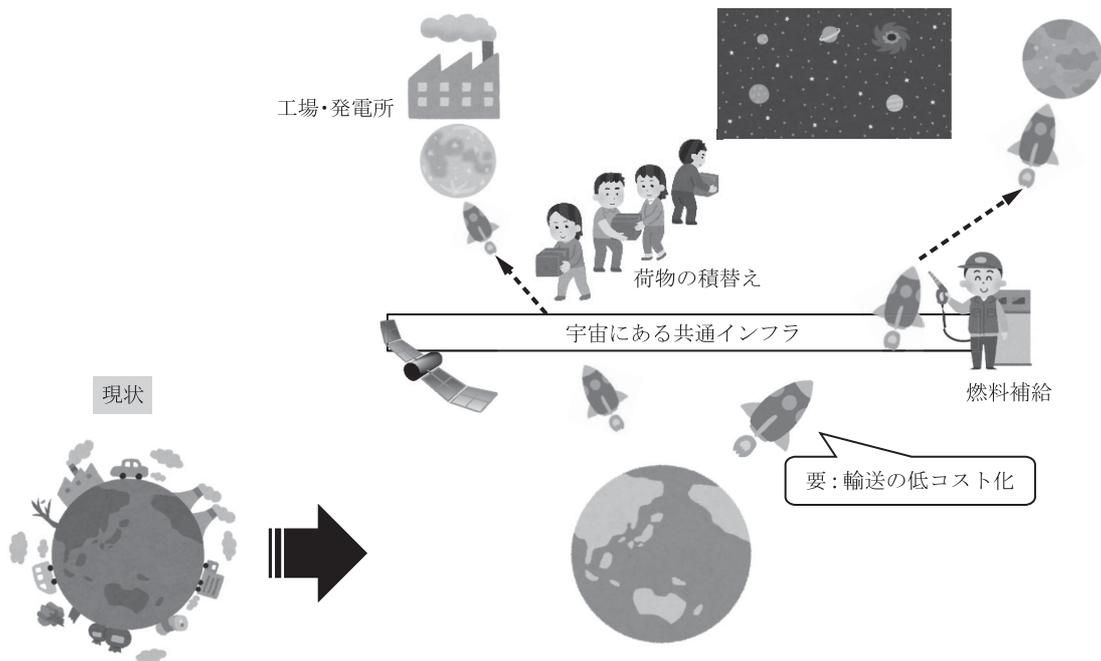


図4 地球環境と宇宙ビジネスシステムデザイン

ときに、致命的になるのは阻止しないとけないと思います。宇宙開発を進めている立場からすると非常にもどかしいです。日本でも温室効果ガス観測技術衛星“いぶき”を使って、この10年ほど二酸化炭素などがどう分布しているかをモニタし、国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）でもそのデータの活用がようやく新たに盛り込まれました。まず監視の目があることは大切で、そこからアクションを起こしていくのが重要だと、宇宙の分野にいる身としては常々思っています。

アクションの一つとして、宇宙の輸送コストを下げるというところにつながるのですが、例えば地球の環境に負荷が掛かる工場や発電所を宇宙に持っていか、人が移住するだけの宇宙開発ではもちろんなくて、地球環境を守るために宇宙空間を活用するというのが大切で、これからそういう視野も持てるといいなと思います（図4）。

[山中] 1丁目1番地に戻って来ますね。何かにちょっとプラスになったことが人間の幸せなんじゃないかな。スピードを上げ過ぎると余り良なくて、もっとサステナブル（sustainable：持続できる）にした方がいいと思います。

3. 研究者、技術者のキャリア

[山中] キャリアを考えると、技術だけというよりダブルメジャー（工学と例えば経済学や法学の専門学位を取

得する）といったようなものを期待する人もいます。先ほど御覧になったキャンパスにも、ロースクールやアカウンティングといった専門職大学院があり、山崎さんも御友人の、女性で活躍している満倉慶應理工学部教授はいま、医学部の博士課程です。

[山崎] 恐らく、本当にシステムデザインをするときはそういった観点も重要でして、工学的な観点だけではなく、いろいろな方の知見をお借りしながら進めていきたいと考えています。私自身は工学にあこがれて専攻してきたことがあります。しばらく工学から離れていたのですが、リハビリも兼ねて技術をしっかり極めるためにやっていきたいと思っています。将来的にはダブルメジャーということもあるかもしれません。

[山中] 今後は、研究者として進まれるのでしょうか？

[山崎] 研究者の第一人者になるというよりは、教育や実際に物事を動かしていく方に興味があります。

海外で訓練していた経験から言うと Ph.D. の資格があるかないかでは大きい差があります。宇宙飛行士の訓練の中では、全く関係ありません。しかし、例えば、大学や国際機関で働いていらっしゃる方は、Ph.D. の資格は重視されます。何度もその必要性を感じたので、私自身も学び直したいなと思っています。

[山中] 大学での Ph.D. 課程は、軒並み定員割れです。多くの日本企業は Ph.D. を必要としていないという誤ったメッセージを発信しています。企業に入ってから取る方も大勢いますが、学費だけ払って余り大学に来な

くても Ph.D. が取れる仕組みになっているところもあります。海外では、Ph.D. も課程で教育をするということが前提なので、週1回しか大学に来ないといったようなことはないですね。

[山崎] 海外の大学、特に博士課程は、夜間に授業やゼミがあったりと、日本の大学に比べて時間的にフレキシブルなところが多いです。日本でも、社会人が学びやすいように徐々に工夫がされてきていると感じます。時間に制約がある中で、課程で何を学び経験するか、明確にしていけることが大切です。

[山中] 海外で、Ph.D. を持っていなかったのに、損をしたといったような御経験はありますか？

[山崎] 宇宙飛行士の訓練の中では、いろいろな方にインタビュー（議論）をします。例えば、科学実験のときには、研究立案者（PI: Principal Investigator）の人と直接話すこともあります。大体は、インストラクターが入って要点をきいて教えてくれます。時間に余裕のあるときは、研究者と直接話をしたりします。より深く、例えば、脊髄の幹細胞を持って行って、無重力での差異を調べる実験とか、ネズミを持って行って二つの群に分けて、宇宙にいくと免疫が弱くなるというデータが細胞レベルではあったけれども生物個体ではどうかということとか、植物ならシロイヌナズナを持って行って、茎と根の部分がそれぞれどう育つかなど基礎実験が多い中で、お互い目的を議論して意思疎通がもっとできればよかったなと思いました。それが実験のパフォーマンスに直接影響があるかは分かりませんが、我々としても宇宙実験の意義や原理、理論といったことがもう少し理解できたかなと思っています。

[山中] 生命物理的な Ph.D. の専門家としてこの実験で何が確認できるかもしれないと PI と議論して実験をするか、PI が言うとおりにこのデータを1時間ごとに取ってと言われてデータを取るだけの選択になりますね。

アメリカは、極端に言うとシニアエンジニア（Principal を含めて）とエンジニアが明らかに違って、シニアエンジニアには研究技術系には Ph.D. しかない。アメリカでは、シニアエンジニアとエンジニアの職責の違い（パラメータを自分で考えて変えるのがシニアエンジニア）をわざと作ることで、もっと勉強しようとか生涯勉強をしてもっと上を目指そうとかの競争原理を働かせていると聞きました。オポチュニティ（opportunity: 機会、好機、チャンス）を変えることで、より高度な人間になろうと自ら努力してブレイクスルーを生み出すという考え方です。日本は平等が好きなので、学位を取ってもそれがあかないかより年齢の差しか見ない。

[山崎] 学位を取るための環境を良くしないといけないという議論がちょうどあります。最近の大学は、修士まではいくが、博士は微減というお話もありましたが、博

士がどうしたら魅力的なところになるのかという話を、竹中先生がやっておられる G1 サミット^(注2)でしたことがあります。

大学は研究機関と教育機関という2面があります。教育機関という面を考えると、交付金的な、つまり学生さんが教育、基礎研究を平等にできるようなオポチュニティがある程度必要です。一方で研究機関という面を考えると、競争的な、やっている内容や能力に応じて、インセンティブ（incentive: 刺激、動機）に自由度を持たせるべきだと思います。私は、その2本立てが必要だと思います。今は、競争が大事という風潮になりつつ、それもまだ不十分な中で基礎の部分がそがれていき、かつ両者をつなぐ策が不十分で両方とも弱体化してしまっている。基礎はきちんと確保した上で、自由度を持たせるという2本立てが重要だと思います。

[山中] 競争的な、つまり社会に役立つ社会実装を目指した大学研究というのは正論で最も重要です。しかし今の日本では、誰もがそれを望んでいないことが基礎研究をそぐ力となっています。基礎研究は重要です。企業にもできる所とできない所があります。基礎研究は大切に保護すべきで、逆に保護されているからこそ、そこにはもっと厳しさも必要だと思います。基礎研究をやっている人の中には、役に立たないことイコールサイエンスだと言って30年も研究をしている人もいます。基礎研究は、役に立つことがいけない。役に立つことは企業がやるべきことで、大学では卑しい研究という風潮もあります。両者がリスペクトされるべきで重要だと思います。山崎さんの場合、基礎研究をミッションの一つとしてやっておられます。PIの方は、それを20年、30年とされていますが、山崎さんは本当の意味で、科学的興味を共有できるパートナーとなりたかったから、今、Ph.D. を取ろうと思っているのですね。すばらしいです。

4. 大学院の学費と在席期間

[山中] 日本は、修士2年、博士3年と決められていますが、これも議論になっています。いつでも修士課程や博士課程に入学でき、途中でちょっと離れてもよい、例えば自分の仕事が面白くなったからお休み、ベンチャーをやってみるというのがあってもよいのではないかと思います。一方で、社会に出るのが5年間遅くなるのが嫌だということもあります。その一つの原因が、皆と同じ行動という意味で、ダークスーツを着て、突然会社訪問をたくさんすることが就職活動として認知されている点かだと思います。私は、就職活動は大学に入ってからずっと

(注2) 日本・世界を担っていくリーダーたちが学び、交流し、絆を深め、日本を良くする行動を起こすためのプラットフォーム。

やっけていて、海外に行ったり、ボランティアをしたり、スポーツを頑張ったりが就職活動で、それを企業に伝えると、「人材・戦力」と見てくれます。

アメリカは学費がものすごく高い一方で、奨学金も充実しています。キャリアを積むことが給与に反映されるので、結局は自分に投資しているという考え方で、逆にヨーロッパは、社会が人材を育てる、その人が働いて、税金として社会に返すというのを許容しています。しかし、日本はそのどちらでもなく中途半端ですが、それが意味中間的であまりいいという考え方もできます。その辺りはどう思いますか？

[山崎] そうですね。これは私もどちらがいいとも悪いとも言えないという考え方を持っています。ヨーロッパも国によって違いますが、ドイツでは国立大学で学ぶ人が90%以上であり授業料を抑えている分、入るのは狭き門です。よってそこも役割分担かなと思っています。社会を学問的に支える人は大学を目指しますが、一方で皆が望めば大学に入れるというわけではないという不自由さもある。

山中先生がおっしゃったように、日本の大学の位置付けは過渡期にあると思っています。アメリカ型が日本に合うのか、ヨーロッパ型が合うのかという議論もありますが、全てが一緒である必要はないと思っています。国立大学、公立大学、私立大学それぞれ役割があると思っていますし、地域による特色もあり、それらを生かしていくというのもオプションであるかなと思っています。一部、ヨーロッパ型のような福祉が充実したような大学ももちろん必要でしょうし、競争的にどんどん成長していくような大学も必要であると思います。

[山中] 平等なオポチュニティはある一方、トライをして競争して結果大きな成功を手にするという雰囲気は作れていないことは問題だと思います。今の学生さんは、もっとお金をもうけてやろう、偉くなってやろうという気持ちがどんどんなくなってきているように思います。アメリカの場合、大学院を終わって、GoogleやFacebookに入って数年働き（この期間は学校ではない自分の勉強の期間と捉えている）、人脈を築き、起業してやろうというアティチュード（attitude：姿勢、態度）の方が大きい。大企業に入ることが目的（就社）となりその後の人生の活躍の夢が抱けない。日本の社会は競争力を失いつつあり、社会自身の危機感を共有するというのがないように思います。例えば、博士は6年間で取れと言われませんか？

[山崎] なぜ期間があるんでしょうね。企業さんはベンチャーキャピタル（venture capital）^(注3)をやられていて、最先端の投資をしようという機運が出ています。オープンイノベーションを志向している企業も増えていきます。社内だけで全部やるというのは難しいので、大学が“ハブ”、つまりテクノモール（慶應義塾大学が年に

一度、社会実装と産学連携を目指し開催するエキジビション。2000人以上の企業の方中心に来客頂き、2017年には山崎さんも参加頂いた。http://www.kll.keio.ac.jp/ktm/) のようになるという役割がもっとあってよいと思います。

5. 若い人へのメッセージ（学生を交えた対談）

[川喜田] お話が絶えないし、いろいろと考えさせられるところが次々と指摘され、メモを取るのも忘れていました。それではここで、未来のある？ 山中先生には未来がないと言っているわけではないですが（一同笑）、今日は、大阪大学理学部の今田絵理阿さんにも、対談に参加してもらいます（図5）。魅力たっぷりの山崎さんから、未来へのエネルギーをもらいましょう。

[今田] 私は、物理学の3回生です。将来の進路について悩んでいます。修士で就職するか、博士まで行くかもその悩みの一つです。周りの人のほとんどが修士で就職すると言っており、博士まで進むことがどういうことか知りたいです。

[山崎] 人と違うことをやっている方がいいと思いますよ。当初、メリットは正直分からなかったですが、海外で博士持っているか持っていないかで大きく違って、博士がないとアプライ（apply：志願、応募）できない職種もあります。山中先生もおっしゃったように、エンジニアの中でもチャンスが違って損をさせていただきます。

[今田] できれば留学を経て、将来は日本で就職したいと思っているのですが、それでも博士があった方がいいでしょうか。

[山崎] 日本で就職した後も、その後、どうなるか分からないじゃないですか。人生長いし、もしかしたら海外で働きたいと思うかもしれない。そのときに、選択肢が



図5 山崎氏と今田絵理阿さん

(注3) 高い成長が見込まれる未上場企業に対し、成長のための資金を株式投資の形で提供。

広がると思いますね。

[今田] なぜ、今、博士を取りたいと思ったのですか？

[山崎] ずっと取りたいと思っていました。学生のときから博士を取りたいと思っていたのですが、周りにすごく優秀な研究者の方がいる中で、修士のときは自分に余り自信が持てませんでした。なので、まず一度働いて、経験を積もうかなと思ったんですよね。でも、いつかは博士を取りたいなと夢の一つで思っていたんですよね。本当はもう少し早く取る予定だったのですが、今になってしまいました。

[今田] 子育てしながらだと大変じゃないですか？

[山崎] はい、大変です。でも、世の中には子育てをしながら博士を取っている人がたくさんいるので、自分も頑張ろうと思っています。

[山中] 博士って、目的じゃないんだよ。自分のチャンスを広げる手段なんだよ。生きてくただけだと博士なんてなくても大丈夫だけど、いろんなことにチャレンジして夢をかなえようとする、ポケットにほかの人と違ったいろんなものが入っている方がいい。博士はその一つ。それを持っているから必ずというわけじゃないけど、夢をかなえられるチャンスは広がると思うよ。24時間頑張りますというより、ダブルメジャーや博士を持っている方がはるかにいい。できるのであれば、海外で取った方がいい。教育は自分に対する投資で一生役に立つ価値があるよ。

[今田] 一回就職してから博士を取るのと、ストレートで行くのとどっちがいいですか？

[山崎] ストレートで行った方が楽ですね。昔と雰囲気違ってきていて、今は博士課程の学生をしながらいろんなことをやっている人が多いです。起業している方もいらっしゃるし、それで活動が狭まるということはない、むしろ広がる。一度、大学から離れて今再び研究をやっているんですけど、すごく大変なのは、働きながらだと仕事のマネージメントも必要ですし、昔やったことを忘れてしまっていて、今の流れに追い付くのがとても大変なんです。

[山崎] 4年生になったら、どんな研究室に進もうと思っているの？

[今田] 物性実験の研究室に行く予定です。

[山中] 博士取った後、どうするの？

[今田] まだ決めていません。

[川喜田] 山崎さんは、宇宙飛行士になりたかったのですよね。どうやって漠然とした夢から具体的なキャリアにつなげたのか興味があります。多くの人が宇宙飛行士になりたいと思っていたことがあると思うのですが、当然ですが、なれないことの方が多。それを乗り越えるためのメッセージを下さい。

[山崎] 宇宙飛行士の夢だけにこだわらなかったですね。元々はエンジニアになりたかったのですが、その中で機

会があったら、そっちの方もという感じで、常に夢の近くにはいました。

[川喜田] 退路を断って行けというわけではなく、夢を強く持っていて、かなわないこともあるけれども、それに向かってやってることを楽しんでいく、という感じですかね。

[山崎] 私自身はそうです。宇宙飛行士になられた皆さんもそういう方が多かったかと思います。向井千秋先生のように、お医者さんの中には医者としての道を究めつつ、もしかしたら宇宙でも生かせることが分かって、後から夢が出てくるという方もいらっしゃると思います。本当にきっかけは人それぞれだと思います。ただ、夢をかなえるためには、何かアンテナを張っていないと気付かないですね。何か夢や目標は一つに限らず、複数でもいいので、常に持っておくというのが私は大切だと思います。

[川喜田] これは、いいメッセージですね。夢の近くにいるということが大切ということですよ。それがポイントでしょうか？

[山崎] そうですね。ただ、私は必ずしもただ近くにいる必要はないと思います。一旦離れても、夢をきちんと見ていれば大丈夫だと思います。

私は、小学生くらいから宇宙に行くという夢を持っていました。元々エンジニアで働くことも夢だったので、まずはそちらで軸足を作り、長い人生の中で宇宙に行ければと思っていました。

[山中] 山崎さんも宇宙飛行士として宇宙に行かなかった可能性の方が高かったですよ。

多分、宇宙に行きたいという夢を持った99%の人はかなわない。でも、行けなかったとしても別に困ることはない。夢を追っている方がキラキラしていると思うよ。

[川喜田] 山崎さん、若い人へのメッセージをお願いします。

[山崎] やっぱり、挑戦してほしいなと思います。今いるところはだんだん慣れてくるので、居心地良くなってくるんですが、居心地が良くなったな、と思ったら、私は要注意だと思っています。それは、毎日がルーチンになってきているということだから、何かそれを広げる努力を自分でしてほしいなと思っていますし、私自身はそうしたいなと思っています。新しい人と出会うとか、新しい学問を始めるとか、海外へ行ってみるなど、いろんなやり方があると思うんですが、自分の領域をちょっとずつ広げていってほしいなと思います。

[山中] 海外に行ってみるのはいいね。いろいろなところに行ってみたほうがいいよ。そうすると今の立ち位置が分かるよ。そのとき、その国のバックグラウンド（歴史）を知っているともっと楽しくなる。知らないで行くと、きれいだなと写真をインスタに上げるだけだけど、

歴史を知っていると、ここで何が起こったかが分かる。美術や音楽、建築の知識も豊かにするよね。それが、リベラルアーツ (liberal arts) なんだよ。

[今田] ありがとうございます。お二人の次から次と出てくるお話、本当にわくわくして元気が出ました。夢を持って、そのために、いつまでも努力をされているのですね！感銘を受けました。

[山中] 「いつまでも」は、何か余計な言葉だよ (一同笑)。

[川喜田] 時間になりましたね。山崎さん、本日はありがとうございました。これからも御活躍を期待しています。

(2019年5月28日受付 2019年6月18日最終受付)

やまざき なおこ
山崎 直子

宇宙飛行士・内閣府宇宙政策委員会委員。2001 国際宇宙ステーション (ISS) の宇宙飛行士に認定。2010 スペースシャトル・デイスカバリー号で宇宙へ。2011 JAXA 退職。内閣府宇宙政策委員会委員、日本宇宙少年団 (YAC) アドバイザー、女子美術大・客員教授、日本ロケット協会理事・「宙女」委員長、一般財団法人スペースポータルジャパン代表理事などを務める。

やまなか なおあき
山中 直明 (正員：フェロー)

1983 慶大大学院理工学研究科修士課程了。同年日本電信電話公社 (現 NTT) 入社。1991 工博取得。フォトニックネットワーク等のネットワーク制御技術の研究開発を行う特別研究員を務め、2004 から慶大教授。IEEE Fellow。

かわき た ゆうすけ
川喜田 佑介 (正員)

2008 慶大大学院政策・メディア研究科後期博士課程了。博士 (政策・メディア)。同大学特別研究講師、電通大大学院情報理工学研究科情報学専攻助教などを経て、2018 から神奈川工科大・情報・情報工・准教授 (現職)。多元接続技術、IoT システム等の研究に従事。