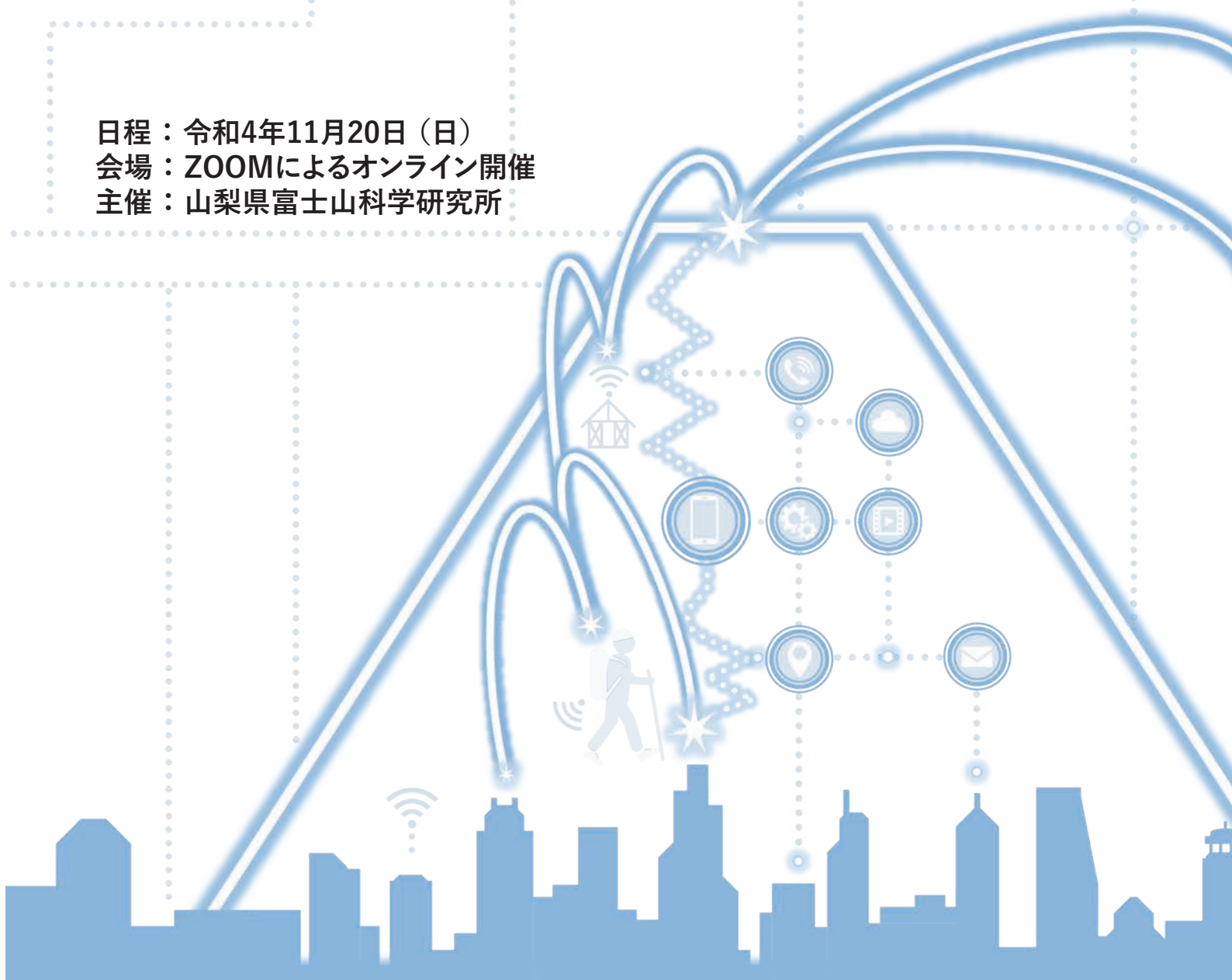


国際シンポジウム 2022 富士山地域 DX ～山岳観光と次世代通信～

報告書

日程：令和4年11月20日（日）
会場：ZOOMによるオンライン開催
主催：山梨県富士山科学研究所



山梨県富士山科学研究所公開講座

C-01-2023

国際シンポジウム2022

富士山地域DX

～山岳観光と次世代通信～

報告書

日程：令和4年11月20日（日）

会場：山梨県富士山科学研究所

主催：山梨県富士山科学研究所

後援：特定非営利活動法人 日本火山学会、富士山火山防災対策協議会、
富士吉田市

目次

目次.....	i
シンポジウムプログラム.....	iii

シンポジウム講演議事録【令和4年11月20日】

開会の挨拶	入倉 由紀子 （山梨県知事政策局DX推進グループ DX推進監）.....	1
趣旨説明	本多 亮 （山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター 主任研究員）.....	5
富士箱根伊豆国立公園の観光が抱える課題		
	齋藤 明光 （環境省 富士箱根伊豆国立公園富士五湖管理官事務所 管理官）.....	9
富士山の火山防災における課題		
	吉本 充宏 （山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター長）.....	18
富士山の通信実証から見えた課題		
	竹澤 寛 （東京大学大学院 工学系研究科システム創成学専攻 特任専門員）.....	28
社会に貢献する5Gと次世代通信		
	Matti LATVA-AHO （フィンランド・オウル大学 工学部 教授）.....	40
富士山DXへの提言		
	中尾 彰宏 （東京大学大学院 工学系研究科システム創成学専攻 教授）.....	63
閉会の挨拶		
	藤井 敏嗣 （山梨県富士山科学研究所 所長）.....	92

Table of Contents

Table of Contents	ii
Program of Symposium	iv

Proceedings of Presentation

Opening Remarks	Yukiko IRIKURA (Director of DX promotion group, Yamanashi Prefecture)	3
Briefing	Ryo HONDA (Senior Researcher at Volcanic Disaster Research Center, MFRI)	7
Issues on Tourism in National Park	Akane SAITO (Officer of Fujigoko Conservation Office, Ministry of Environment)	14
Issues on Volcano Disaster Prevention at Mt. Fuji	Mitsuhiro YOSHIMOTO (Director of Volcanic Disaster Research Center, MFRI)	24
Issues after the Communication Experiments in Mt. Fuji	Hiroshi TAKEZAWA (Project Senior Specialist at Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo)	36
5G and Beyond Networks Serving Society	Matti LATVA-AHO (Professor at Faculty of Technology, The University of Oulu, Finland)	53
Summary and Suggestion for Mt. Fuji DX	Akihiro NAKAO (Professor at Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo)	82
Closing Remarks	Toshitsugu FUJII (Director, MFRI)	93

山梨県富士山科学研究所 国際シンポジウム 2022

- 富士山地域 DX～山岳観光と次世代通信～ -

2022年11月20日(日)

プログラム

司会進行：亀谷 伸子（山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター 研究員）

13:30-13:45	開会の挨拶：入倉 由紀子 （山梨県知事政策局 DX 推進グループ DX 推進監） 趣旨 説明：本多 亮 （山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター 主任研究員）
13:45-14:00	講演 1) 齋藤 明光 （環境省 富士箱根伊豆国立公園富士五湖管理官事務所 管理官） 「富士箱根伊豆国立公園の観光が抱える課題」
14:00-14:15	講演 1) 吉本 充宏 （山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター長） 「富士山の火山防災における課題」
14:15-14:30	講演 3) 竹澤 寛 （東京大学大学院 工学系研究科システム創成学専攻 特任専門員） 「富士山の通信実証から見えた課題」
14:30-14:45	休憩
14:45-15:35	講演 4) Matti LATVA-AHO （フィンランド・オウル大学 工学部 教授） 「社会に貢献する 5G と次世代通信」
15:35-16:25	講演 5) 中尾 彰宏 （東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻 教授） 「富士山 DX への提言」
16:25-16:30	閉会の挨拶：藤井 敏嗣 （山梨県富士山科学研究所 所長）

MFRI International Symposium 2022

- Fujisan DX ~Mountain Tourism and Next Generation Communication Technology -

(Sunday, 20 November 2022)

Program

Moderator : **Nobuko KAMETANI** (Researcher at Volcanic Disaster Research Center, MFRI)

13:30-13:45	Opening Remarks: Yukiko IRIKURA (Director of DX promotion group, Yamanashi Prefecture) Briefing: Ryo HONDA (Senior Researcher at Volcanic Disaster Research Center, MFRI)
13:45-14:00	Talk 1) Akane SAITO (Officer of Fujigoko Conservation Office, Ministry of Environment) “Issues on Tourism in National Park”
14:00-14:15	Talk 2) Mitsuhiro YOSHIMOTO (Director of Volcanic Disaster Research Center, MFRI) “Issues on Volcano Disaster Prevention at Mt. Fuji
14:15-14:30	Talk 3) Hiroshi TAKEZAWA (Project Senior Specialist at Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo) “Issues after the Communication Experiments in Mt. Fuji”
14:30-14:45	BREAK
14:45-15:35	Talk 4) Matti LATVA-AHO (Professor at Faculty of Technology, The University of Oulu, Finland) “5G and Beyond Networks Serving Society”
15:35-16:25	Talk 5) Akihiro NAKAO (Professor at Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo) “Summary and Suggestion for Mt. Fuji DX”
16:25-16:30	Closing Remarks: Toshitsugu FUJII (Director, MFRI)

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム 2022 「富士山地域 DX～山岳観光と次世代通信～」

開催日：令和4年11月20日（日）

会場：山梨県富士山科学研究所 ホール及びオンライン

主催：山梨県富士山科学研究所

亀谷（司会進行）：では皆さま、定刻になりましたので、これより「山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム 2022」を開催いたします。本日司会を務めさせていただきます、当研究所研究員の亀谷と申します。よろしくお願いいたします。

この国際シンポジウムは、当研究所の研究成果や、それに関する国内外の先進事例を紹介していく場として開催いたしております。今回は「富士山地域の DX」をテーマに、シンポジウムを開催させていただき運びとなりました。

昨今国内では、DX の推進がうたわれておまして、県内でもさまざまな場面での DX を推進しているところでございます。そこで会に先立ちまして、当県の DX 推進役として日々奮闘されていることと思います、山梨県知事政策局 DX 推進グループ、DX 推進監の入倉由紀子さまよりごあいさつを頂きたいと思っております。では入倉さま、よろしくお願いいたします。

【開会の挨拶】

入倉 由紀子（山梨県知事政策局 DX 推進グループ DX 推進監）

入倉：ただ今ご紹介いただきました、山梨県知事政策局 DX 推進グループの入倉でございます。本日は国内外からご参加いただいているとのことで、感謝申し上げます。国際シンポジウムの開催にあたりまして、このようにあいさつを述べる機会を頂き、光栄に存じます。

さて山梨県では、「県民一人ひとりが豊かさを実感できるやまなし」を実現するため、行政の DX・産業の DX・暮らしの DX という三つの柱を立てまして、社会全体のデジタルトランスフォーメーションを進めております。デジタルトランスフォーメーションに関する取り組みの一つとして、通信基盤となる 5G の県内エリア拡大に向けた取り組みと共に、ローカル 5G の実証実験に取り組んでまいりました。

主な取り組みとしましては、農業分野において、高品質シャインマスカット生産のための、匠の技の見える化技術の開発実証として、AI やセンサーを利用し、スマートグラスを通じ、房づくりや収穫時期を的確に把握し、新規就農者でもベテランと同等の作業が行えるなどの実証実験が行われ、また防災・減災分野での取り組みとしましては、本日成果報告もでございます、富士山 DX の実証事業などが実施されております。

現在、デジタルトランスフォーメーションの重要な要素でありますデータの利活用に向け、コアとなる、官民でデータを連携させていくための基盤の構築を行っており、今後、基盤を活用したさまざまなサービスが展開されることを目指し、取り組んでまいりたいと考えているところでございます。

本日の国際シンポジウムでは、「富士山地域 DX～山岳観光と次世代通信～」がテーマになっております。世界文化遺産である富士山へは、国内はもとより海外からも多くの方々に来訪いただいておりますが、現代社会において多くの方はインターネットを經由して情報を入手しております。そんな中で、魅力的な情報をいかにして必要とする方々に効果的に届けるかが、課題の一つと考えております。

また富士山は活火山であり、噴火のリスクもありますが、緊急時に登山者に必要な避難情報を届けなければなりません。一方で、山岳地帯の多くは電波状況、また電源が脆弱であり、必要な情報を届けることが困難であることが、山岳観光の共通の課題として挙げられます。単に通信環境を改善するだけでなく、本日ご登壇の Latva-Aho 教授、中尾教授をはじめとしまして、ローカル 5G や DX の第一人者、また山岳観光に携わる先生方からご講演いただく内容を参考としまして、魅力ある取り組みにつなげていければと思っております。

本日は限られた時間ではございますが、さまざまな先進事例をご紹介いただける貴重な機会でございますので、参加者の皆さまには魅力ある地域づくり・地域の課題解決の参考としていただきまして、地域のデジタルトランスフォーメーションの推進に向け、ますますのご活躍をご期待申し上げます、私のあいさつとさせていただきます。

最後に、山梨にはおいしいワインとすてきな富士山がございます。県外からご参加の皆さまは、コロナ禍ではございますが、機会を見つけましてぜひ遊びにいらしてください。お待ちしております。

亀谷：入倉さま、ありがとうございました。

続きまして、当研究所の本多研究員より、本シンポジウムの趣旨説明をさせていただきます。本多研究員、よろしく申し上げます。

Nobuko KAMETANI

It is now time; therefore, we would now like to start the Mount Fuji Research Institute International Symposium 2022. I will be serving as the MC. I am Kametani, a researcher at the Volcanic Disaster Research Center of MFRI. We will be discussing the research activities at our institute, and also, we will hear from researchers from abroad. Today, the theme is Fujisan DX.

Recently, in Japan, digital transformation is being promoted. Before starting, we would like to hear from the Yamanashi Prefecture, Director of DX Promotion Group, Ms. Yukiko Irikura, about what is happening here in the Yamanashi Prefecture.

【Opening Remarks】

Yukiko IRIKURA (Director of DX promotion group, Yamanashi Prefecture)

Yukiko IRIKURA

Thank you very much for the introduction. I am from Yamanashi Prefecture. I am the Director of DX Promotion Group. My name is Yukiko Irikura. Thank you very much for attending this symposium today.

It is a great pleasure to be speaking at the opening of this symposium. In Yamanashi Prefecture, we want to make sure that each citizen can feel an affluent environment, and therefore, we are trying to promote digital transformation in all kinds of aspects in the government, industry, and also in daily life. Concerning digital transformation, the 5G expansion is taking place, and we are also demonstrating local 5G projects.

Some of the major things we are doing is in the agricultural field for our grape, Shine Muscat. We are utilizing AI and sensors so that the fruit bunch could be captured, and a new farmer will be able to grow very high-quality grape like a veteran. Today, we will be hearing about the Mount Fuji DX project.

Digital transformations, in it, we have to utilize data. Collaboration of the public and private sector in terms of data sharing is important. Through that, all kinds of new services will be provided to citizens. Today, in this international symposium, the local DX for Mount Fuji, and we will be hearing about the next-generation information and telecommunication.

Mount Fuji is visited by many people, not just Japanese citizens but from abroad as well. Many people will be gaining information through the Internet. We want to make sure that we can communicate information that is needed and attractive to all people. Of course, Mount Fuji is an active volcano, and there is a risk of an eruption. Therefore, for an emergency situation, we are hoping that we can provide evacuation information to mountain climbers.

However, the mountain areas are where we do not have facilities that can send radio waves all throughout the mountain. It is not just about improving the communication equipment, but we will be hearing from Professor Matti Latva-aho and Professor Akihiro Nakao about local 5G. Also, we will hear about mountain

tourism. Through that, we hope that we can provide better services to our visitors. We only have limited time today, but we will be hearing about advanced cases, and I do hope that you will understand what we are trying to do in terms of resolving our local issues by promoting digital transformation.

With that, I would like to end my opening remarks.

Of course, Yamanashi Prefecture is known for tasty wine and also beautiful Mount Fuji. We are still under the pandemic, but we do hope that you find time to visit our prefecture. Thank you.

Nobuko KAMETANI

Thank you, Ms. Irikura.

Now, I would like to ask Ryo Honda, Senior Researcher of MFRI, to explain the purpose of this symposium.

Researcher Honda, please.

【趣旨説明】

本多 亮（山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター 主任研究員）

本多：皆さん、こんにちは。今、ご紹介いただきました、当研究所で主任研究員を務めている本多です。既に今、入倉さまのお話の中でこのシンポジウムの意義というものは伝わっているかなと思うところではありますが、私のほうから趣旨説明のほうをさせていただこうと思います。

山梨県富士山科学研究所では、冒頭に司会よりも話がありましたが、研究内容に沿ってそういうテーマ設定でシンポジウムを開催して、国内外から広く知見を得る機会というのを市民の皆さまと共有する、ということになっています。

例年ですと、われわれ火山防災研究センターということですから、火山防災をテーマにしておりまして、海外の研究者とか、実際に被災された経験がある自治体の担当者であるとか、そういった方をお呼びしてお話を伺うという貴重な機会としております。

今年につきましては、研究の内容・テーマそのままというわけではないのですが、しかしながらそのわれわれの研究分野である観測であるとか、そういったものの根幹を支えます、DX、情報通信といったところをテーマにしましてシンポジウムを開催するということにしました。

「われわれの研究と切り離せない」という話をしましたが、情報通信というのは今や研究だけではなくて、皆さまの生活とも切っては切れないということになっていると思います。そういった通信技術というのは、昨今、少し目を離したすきにと言いますか、ものすごい発展を遂げて、われわれが想像もしなかったようなことが実現しているということもあつたりします。

近年耳にします「DX」という言葉なんですが、デジタル化によって毎日の生活とか業務、それからいろんな課題解決ができるということで、そういった取り組みをわれわれもしていけないといけない、ということになっております。先ほど入倉さまより、いろいろと山梨県内の取り組みというものを紹介していただきましたが、まさにそのさまざまな場面でデジタル技術というものの活用というものが見込まれている、ということがお分かりかと思えます。

本日は、5名の先生方をお招きしてご講演を頂くんですが、まず初めに、富士箱根伊豆国立公園管理官をされている齋藤さまより、自然公園としての富士山が持つ課題を紹介いただきます。続いて当研究所の富士山火山防災研究センター長を務めています吉本より、富士山の火山防災上の課題ということを紹介いたします。そういった課題を意識しながら、昨年度実施してきた、総務省の実証実験の結果について、加えてそこで見えてきた課題、それを中心になって動いてくださった、東京大学中尾研究室の竹澤さんより紹介いただきます。休憩を挟んで後半は、世界的な6Gの先駆者であるLatva-Aho教授から、次世代通信技術が社会にどのように貢献しているのか、それから今後していけるのかというお話を頂いて、最後に東京大学の中尾先生より、富士山地域のDXについてまとめていただければと思っております。

このような流れで本日のシンポジウムということになるんですが、次世代通信技術、それからDXというものがどのようにそういった課題を解決できるのか、という流れで進めていきたいと考えています。シンポジウムを通じて皆さまには富士山の未来を考える機会になればなど、また同時に、富士山地域に限らず、山梨県全体の課題解決を意識しながら、先進的事例といったものにふれていただければと思っています。この会が皆さまにとって有意義な時間となりますようお願いしております。

以上を持ちまして、趣旨説明といたします。

亀谷：本多研究員、ありがとうございました。

それでは早速、最初のご講演に移らせていただきます。**Abstract**とはちょっと異なりますが、最初のご講演は、環境省富士五湖管理官事務所、国立公園管理官の齋藤明光さまより、「富士箱根伊豆国立公園の観光が抱える課題」というタイトルでお話させていただきます。齋藤さま、よろしく願いいたします。

【 Briefing 】

Ryo HONDA (Senior Researcher at Volcanic Disaster Research Center, MFRI)

Ryo HONDA

Hello, everyone. As was just introduced, I am the Senior Researcher at Volcanic Disaster Research Center of MFRI. My name is Honda.

As Ms. Irikura mentioned, I believe she actually explained the purpose of organizing this symposium, but I would like to, once again, talk about why we are organizing this symposium.

MFRI, as was already introduced by the moderator, depending on the research topics, we set specific topics and themes for the symposium so that we can collect knowledge from within and outside the country. Usually, since we represent Volcanic Disaster Research Center, we focus on volcanic disasters, inviting relevant experts, and also the local government who have had experiences of facing and dealing with disasters. But this year, the research themes that we selected for this symposium are really the foundation of our research activities. That is DX, digital transformation, and communication. These will be the central topics for our symposium.

As I mentioned, these topics are quite relevant to our research. When it comes to telecommunication, this supports everyday life of ordinary people as well. The communication technology advances at a rapid pace, faster than we can imagine, and things that we have never experienced, or we have never imagined occur.

In recent years, we often talk about digital transformation. Thanks to digital technology, which solve everyday life and the way we do our business can be improved to solve some of the issues that we face. Earlier Ms. Irikura talked about how the Yamanashi Prefecture has dealt with digital technology. In every aspect of our work, we are expected to utilize digital technologies.

We are very happy to have five speakers in the symposium. First off, we have the Officer of Fuji-Hakone Conservation Office, Ms. Akane Saito, who will talk about some of the challenges that they face at Mount Fuji. The Director of Center, Yoshimoto, will talk about the challenges that we face in terms of disaster prevention at Mount Fuji.

Last year, we had the demonstration supported by Ministry of Internal Affairs and Communications. Through this program, we have been able to reveal some of the specific issues. We are very happy to have Mr. Takezawa, Senior Specialist of University of Tokyo, who can give us a presentation on that program. We will have a keynote presentation by Professor Matti Latva-Aho to talk about how the next-generation communication technology can contribute to society. Lastly, we would like to invite Professor Nakao of the University of Tokyo to talk about Mount Fuji DX.

This is the overall program of our symposium today. We will talk about next generation communication technology, and DX, and how they can possibly solve some of the issues that we are faced with. That will be the central topics.

Throughout this symposium, we hope that we would give you an opportunity to think about the future of Mount Fuji. Not just the Mount Fuji area, we would hope to solve the issues of Yamanashi Prefecture utilizing some of these advanced technologies. We hope that this symposium will be useful to all the viewers.

With that, I would like to conclude my briefings.

Nobuko KAMETANI

Thank you very much. We will now move on to the first presentation. It is different from the abstract, but the first presentation is given by Ms. Akane Saito, Officer of Fujigoko Conservation Office, Ministry of Environment, on Issues on Tourism in National Park.

「富士箱根伊豆国立公園の観光が抱える課題」

齋藤 明光（環境省 富士箱根伊豆国立公園富士五湖管理官事務所 管理官）



スライド 1

れます。こういった1枚の富士山の写真を見ただけでも、いろいろな様子が見てとれる、そんな魅力ある富士山について、今日は国立公園という観点から皆さんにとって何か発見があれば幸いです。思って発表させていただきます。どうぞよろしくお願いいたします。



スライド 2

県にまたがっています。特徴は、富士山を北端として伊豆諸島まで連なる富士火山帯に起因した地形や、温泉であったり景観で、変化に富んだ諸島からなっております。そして首都圏から近く、日本でも来訪者が最も多い国立公園という特徴があります。

次に、富士箱根伊豆国立公園の富士山地域についてご説明します（スライド3）。指定面積は6万645ヘクタールで、先ほど富士箱根伊豆国立公園全体で約12万ヘクタールだったので、その半分が富士山地域となっております。国内最大級の成層火山である富士山を中心に、北西から南東に並んだ側火山の数は約70以上あります。そして富士山5合目以上と同じく、特別保護地区に指定されています青木ヶ原樹海であったり、富士五湖で、植生の垂直分布や野生動植物の豊富さは富士山地域の特徴である、というふうにいえます。

齋藤：それでは、ただ今ご紹介いただきました、環境省富士五湖管理官事務所の齋藤と申します。

「富士箱根伊豆国立公園の観光が抱える課題」として、話題提供させていただきます。

こちらの写真は、今年の10月下旬に三湖台から撮影したものとなっております（スライド1）。雪化粧した美しい富士山の写真が見えると思うんですけども、左側には小御岳火山とか、あとは写真に写っている、立体的なでこぼこしているような地形が見えたり、雪の積もっている境目の所には、黄色に黄葉したカラマツが写真で見えてと

初めに、富士箱根伊豆国立公園の概要についてご紹介します（スライド2）。国立公園にはそれぞれテーマが決まっております、富士箱根伊豆国立公園は「太平洋の島々から霊峰富士をつなぐ一大火山群—火山地形と文化が創り出す多様な景観—」ということがテーマになっております。国立公園の指定は、昭和11年2月1日に指定されて、日本で最初の国立公園が指定された年が、昭和9年に指定されているので、指定から85年以上の歴史を持つ国立公園となっております。面積は12万1,749ヘクタール、そして四つの都道府



スライド 3

国立公園では地域ごとに開発行為等の規制が行われており、区域分けしたものがこの左上の地図となっています。例えば、富士山5合目以上であれば、特別保護地区とって原生的な自然を厳格に保護するエリアに指定されています。そのため、このエリアでは何か建築物、建物を建てるとか、アンテナを建てるなど、そういったことが一切禁止されており、植物を採取することや、富士山の溶岩一つ持ち帰ることも法律で禁止されています。そして富士山山体だけでなく、富士山を眺望できる周辺の山々や麓地域も国立公園に指定され、富士山を眺める眺望・景観の保全を図っています。



スライド 4

また国立公園に指定される以前から続いている富士山信仰や、富士山登山文化も富士山地域ならではのものとなっています（スライド4）。遙拝と登拝は登って祈りをささげるだけでなく、遠くから祈りをささげたりすることも、全く同じとは言えないんですけれども、富士山は単に登山する山だけではなく、富士山を眺める展望地が国立公園の中にもたくさん整備されていて、そこを訪れた人々がその景色に感動したり、その景色を楽しむといった利用にもつながっています（スライド5）。また、世界文化遺産の構成資産でもある、富士吉田市内にある北口本宮富士浅間神社から始まる吉田口登山ルートも、そして山頂を目指す途中で休憩する山小屋の数々も富士山地域ならではの特徴であり、今では国立公園の利用施設として重要な位置づけとなっています。



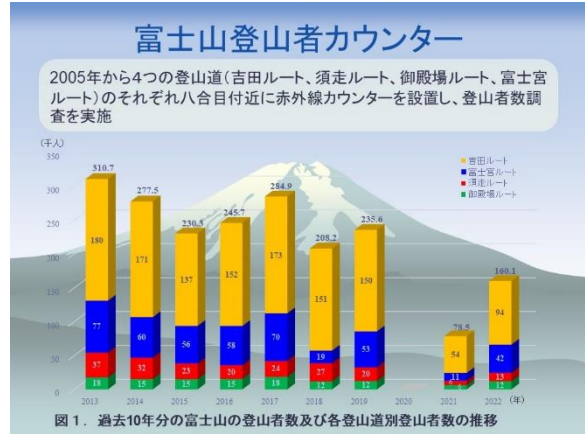
スライド 5

このように、単なる自然を守るだけでなく、歴史・文化、そしてキャンプ場など、現在の自然の楽しみ方、保全と利用の両立、バランスを保ち、この美しい富士山の景色を後世に引き継ぐ、そんな役割を国立公園は担っています。

続いて富士山地域の主な利用形態について紹介いたします。最大の利用は富士登山になり、富士山には富士宮・御殿場・須走・吉田ルートの四つのルートがあり（スライド6）、2022年開山、登山シーズン中の全登山者数は約16万人でした。こちらの数字は、地図にあります各登山道の8合目に登山者カウンターを設置し、人数を調査したものとなります（スライド7）。

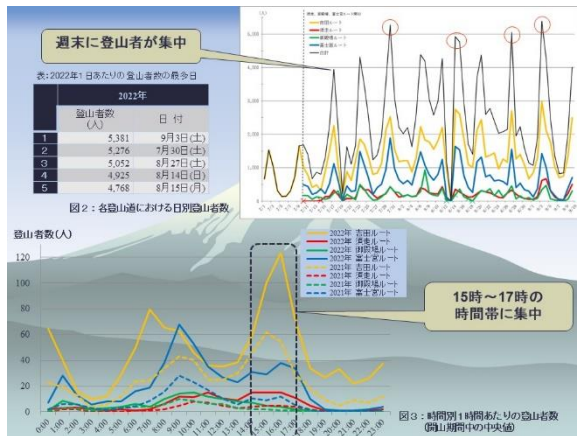


スライド 6



スライド 7

こちらは過去10年分の登山者数の推移となります。2013年には約31万人の登山者が、2022年には約16万人となっています。2021年には約7万8,000人、2020年は新型コロナウイルス感染症拡大のため富士山は閉山。2019年の数値と2022年の数値を比べると、約7割の登山者数となっています。この数字を多いと見るか、少ないと見るか、また来年の登山者数はどう推移するか、これを考えるのはいろんな人の意見があるかと思えます。



スライド 8

具体的に日にち別・時間帯で登山者数の傾向を見てみると、グラフのようになります(スライド8)。上のグラフでは、利用者数が多い日には9月3日、7月30日、8月27日など、土日、週末に集中していることがわかります。2022年の登山者数の一番多かった日には9月3日で、人数は5,000人でした。1日に5,000人の登山者が訪れる山は、私は富士山以外にあまり聞いたことがありません。また、下のグラフを見ると、15時～17時の時間帯に登山者数が増えていることがわかります。こちらは先ほどお伝えしたとおり、登山者カウンターが8合目に設置されているので、日中から夕方にかけて8合目を通過し、山小屋に宿泊して夜中の12時～2時ごろにかけて山頂を目指す、ご来光登山が多いことがわかります。夜間登山をすることも富士山の特徴の一つと言えます。



スライド 9

このように全体数は新型コロナウイルス感染症拡大以前より激減していますが、利用者数の集中によるオーバーユースが課題となっています(スライド9)。また過去の利用者数を見ても、やはり富士登山の課題は利用者が多いことと言えます。

オーバーユースによって何が問題であるかという、例えば登山道の渋滞であったり、トイレ

の負荷、例えば環境省が設置しているトイレが吉田口の下山道の7合目にありますが、そちらのトイレは環境配慮型のバイオトイレを導入していて、そのトイレの容量も1日の使用人数で設計がされています。ただ、富士山の登山者は週末にかけてすごく利用者が増えるので、1日に1,000人トイレを利用する日もあれば、100人、1人と利用人数が異なることで、単純に最大数をトイレの最大の容量と設計しても、バイオの力が効かなくなってしまうたり、逆に少なすぎるとまた過剰に負荷がかかったり、トイレの維持・管理も難しい状況になっています。

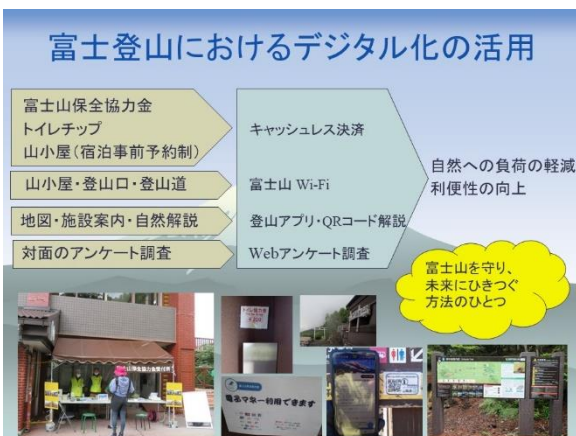
またマナーの低下であったり、登山初心者のトラブルも課題となっています。富士山の傾向として、登山者の5割～6割が登山初心者の方が登られるので、軽装であったり、高山病であったり、熱中症だったり、道迷いなどがほかの山に比べて多発しております。



スライド 10

そこで、これらの課題を解決するために、環境省・山梨県・静岡県・地元自治体・関係機関等からなる、「富士山における適正利用推進協議会」という協議会が立ち上がり、取り組みを行っております（スライド 10）。例えば、「富士登山オフィシャルサイト」というホームページを運営して、登山来訪者へ事前に情報を周知したり、英語のサイトも運営し、情報発信を行っています。また、ガイドラインであったり、With コロナ時代の新しい富士登山マナーなどを策定し、社会情勢の変化にも応じ、各構成員が一致団結し課題の解決に取り組んでいます。

ただ、オーバーユースであったり、安全対策・利用分散など、そういった観点で幅広い層へ周知の強化を行っておりますが、既存のこの取り組みだけでは限界も感じるところであり、新しい技術を使った周知などのアイデアを検討しなければならない、というふうに感じております。



スライド 11

今回のテーマであるデジタル化において、国立公園でもさまざまなデジタル化が進んでいます（スライド 11）。例えば、富士山保全協力金やトイレチップ、山小屋の事前予約制などは、もう既にキャッシュレス決済が導入されています。山小屋・登山口・登山道では、富士山Wi-FiというようにWi-Fiも通じています。地図だったり施設案内、自然解説も既存の看板だけではなくて、登山アプリであったりQRコード解説というものも進んでおります。対面アンケートも、コロナもあり、Webアンケートといったデジタルを活用し、そういったデジタル化の活用が進んでおります。

これらは単純に利便性の向上というもののみならず、自然への負荷を軽減することがあってこそ、国立公園でも必要とされるものと考えます。山岳国立公園ではまだまだ電波が届かない場所も多く、そういった意味では電波の届く富士山ではいろんな取り組みが導入しやすいですし、利用者も20代～30代が多く、登山初心者の多い富士山ではデジタル化を進めることで解決できる

課題がたくさんあると考えます。今回ご紹介した登山者数の調査についても、既存の登山者カウンターでは欠測期間があったり、維持管理の面で改善しなければならないことが多く、新しい技術を使った把握についても取り組みを進めたいというふうに考えております。このデジタル化、DX が富士山を守る一つの役割として今後富士山を守り、未来に引き継ぐ方法の一つになれば良いなというふうに考えております。

今日は皆さんと一緒にいろいろな話を聞いて、いろいろ考えて、未来の富士山を守っていきたいと思いますので、引き続きどうぞよろしくお願いいたします。ご清聴いただき、ありがとうございました。

亀谷： 齋藤さま、ありがとうございました。最初に説明するのを失念しておりましたが、「Q&A機能」というのがありまして、オンラインでご視聴の皆さまも右下の所に「Q&A」という所がありますので、そこから質問をお寄せいただくことができますので、どうぞご利用ください。

会場の関係者からご質問があれば、お伺いします。それでは、そろそろ時間ですので、こちらで次のご講演に移らせていただきます。齋藤さま、ありがとうございました。

2番目のご講演は、富士山科学研究所吉本主幹研究員より、「富士山の火山防災における課題」というタイトルで発表させていただきます。吉本研究員、よろしくお願いいたします。

“Issues on Tourism in National Park”

Akane SAITO (Officer of Fujigoko Conservation Office, Ministry of Environment)

Akane SAITO

Thank you for the introduction. I am Officer of Fujigoko Conservation Office at the Ministry of Environment. I will talk about the issues around tourism at the Fuji-Hakone-Izu National Park.

The picture you see here is taken from the Sanko-dai in Fuji area. You can see this nice picture of Mount Fuji, with snow mountain at the top, and there Komitake volcano around. This terrain that is very rough, and around the snow-covered line in the mountain, you can see this Karamatsu cedar trees turned yellow, pine trees. You can see from this single photo that there are a lot of things going around Mount Fuji which is attracting so many people, and I hope I can give you something that is insightful to you through my presentation.

Now, this is the overview of the Fuji-Hakone-Izu National Park. Each national park has its own theme. In Fuji-Hakone-Izu National Park, the theme is Connecting Islands in the Pacific Ocean to Sacred Mount Fuji, Large Volcanoes, and Diverse Landscapes Created by Volcanic Topography and Culture.

It was designated as a national park as of February 1, 1936. The first national park was designated in 1934. Then, the area is 121,749 hectares and crosses across four different prefectures.

The feature is that it has Fuji at its northern end, and this national park consists of various volcanic landforms belonging to Fuji volcanic zone, hot springs, coastlines and islands. The National Park is located near Tokyo Metropolitan Area and is the most visited national park in Japan.

Now, this is the Mount Fuji area. The area spans 60,645 hectares. Earlier, I said the National Park is around 120,000, so half of that is the Mount Fuji area. Mount Fuji is the largest stratovolcano in Japan, and there are around 70 lateral volcanoes around it. There is a special protected zone, Aokigahara Jukai woodland. There are many distributions of the vegetation and abundance of wild animals and plants, which is also unique to Mount Fuji.

There are a lot of restrictions when it comes to the development of Mount Fuji, and you can see the colored areas here. For example, if you go above 5th Station of Mount Fuji, there is a special protection zone to protect the pristine nature in its original form. Therefore, building constructions in this area or putting up antennas are banned, and taking out plants or taking home a volcanic rock is also prohibited. The areas around Mount Fuji and the surrounding places are also designated as the National Park to preserve the nature.

Mount Fuji worship and climbing culture is also one of the features of Mount Fuji. Worship, climbing, and also worshipping from afar is not exactly the same thing, but Mount Fuji is not a mountain just to climb up. There are a lot of spots of scenery along the Mount Fuji trails, and people who visit Mount Fuji moved with its scenery and also enjoy the view.

The mountain in the Fujiyoshida area, there are Sengen Jinja Shrine, Hongu Fuji, and also the mountain huts where you need to stay along the trails, all constitute assets of the World Cultural Heritage, and also considered as an important business facility of the National Park.

It is not just about preserving nature but also preserving history, culture, and enjoying the nature in the camping sites. Trying to balance both is important so that we can pass on this beautiful scenery to the future generations. That is one of the roles of the National Parks.

Next, let me talk you through some main forms of use of Mount Fuji area. This is the mountain climbing area. There is Fujinomiya, Gotemba, Subashiri Route, and Yoshida route. There are four routes in total. The total climbers in 2022 were around 160,000. The numbers you see here was counted at the mountain counter located at the 8th Station of Mount Fuji.

This chart represents the past 10 years' number of climbers.

In 2013, around, 310,000 climbers were observed, but in 2022, it is about 160,000. In 2021, it was about 78,000. This was due to the pandemic. Mount Fuji had to be closed in 2020. If you compare those numbers, you can see that currently it is around 70% of the peak climbers. Whether this number is high or low, as well as the question of how the number of climbers were trying going forward, I think there are different points of view.

This chart looks more specifically at the number of climbers per day of the year or per month.

The bar chart at the above shows that September 3rd, July 30th, and August 27th, these weekends are the days that attract most of the hikers. In 2022, September 3rd was the highest number of climbers observed, 5,000, so 5,000 people visited Mount Fuji. I think there are no other mountains that would attract so many climbers in a day. If you look at the chart below, you can see that most of the climbers come around 3:00 p.m. to 5:00 p.m.

As I mentioned earlier, the climbers' counter is located at the 8th Station of Mount Fuji. From the daytime to late evening, people go to 8th Station and stay at mountain hut, and they will climb up to the peak from midnight to 2:00 a.m. to see the sunrise.

The total number of climbers have come down dramatically due to the pandemic but because there are so many people climbing, at the same time, the overuse of facilities is becoming an issue. If you look at the past number of climbers, we will say that the challenges that we need to face, when it comes to Mount Fuji, is the number of climbers. The overuse creates such challenges, as congestion of mountains, burden on mountain trails and toilets.

This toilet is located at the 7th Station in the Yoshida Route, and they are using the bio type of toilet, which is friendly to the environment. There is designated capacity of usage per day. But there are a lot of people climbing the mountain on the weekends, so there could be days where there are 1,000 people would use the

toilet in a day, or it could be 100 people in a day, so it really varies. Sometimes, the bio will not be able to take care of that much capacity, even if it is designed to do so, and there could be some overburden on the toilet, and it is very difficult to maintain those facilities. There are also issues of bad manners and also troubles for first-time climbers.

When it comes to Mount Fuji, 50 to 60% hikers are usually the beginners. Therefore, they might be dressed very lightly. They might have altitude sickness, heat stroke, or they might get lost. I think the number is higher than other mountains.

Therefore, in order to address these challenges, the Ministry of Environment, Yamanashi Prefecture, Shizuoka Prefecture, and the local municipalities and related stakeholders came together to start the Council for the Promotion of the Proper Use of Mount Fuji.

For example, we opened Mount Fuji climbing official site to provide necessary information to climbers in advance and providing other information. There are also guidelines and other manners that people have to observe when climbing Mount Fuji. We try to come together to address the issues to meet the changing needs. However, overuse, safety, and distributing the usage time is something that we need to address, and we are trying to communicate that, but our current initiatives may not be enough. Therefore, we need to take additional measures using new technology to overcome these challenges.

The theme for today is digitization. A lot of digitization is taking place at national parks. In the case of Mount Fuji, there is conservation donation and also toilet tips, as well as the advance booking for the mountain huts. Mountain huts are starting point of the trail. There is Fujisan Wi-Fi. We also provide maps and facility guides on apps or through QR codes. When it comes to face-to-face questionnaires, we are shifting them to online-based questionnaires. We are making more use of the digitization or digital technology.

It is not just about improving the convenience, but it would help reduce the burden on nature. Therefore, we believe these measures are necessary at national parks.

There are many national parks that do not have enough Wi-Fi connection. Mount Fuji is able to connect to the network, so we can start different initiatives. There are a lot of people in their 20s and 30s who are climbing Mount Fuji. I think there are a lot of problems that we can solve using digital technology.

With regard to the findings that we just explained, when it comes to the existing counters, there are a lot of limits due to its technical design. Therefore, we need to come up with new ways to count the number of climbers using new technology.

Digitization and DX is one way to protect Mount Fuji. We think this could be one of the ways to preserve Mount Fuji into the future.

I hope to have discussion today with other stakeholders to protect the future of Mount Fuji.

Thank you very much.

Nobuko KAMETANI

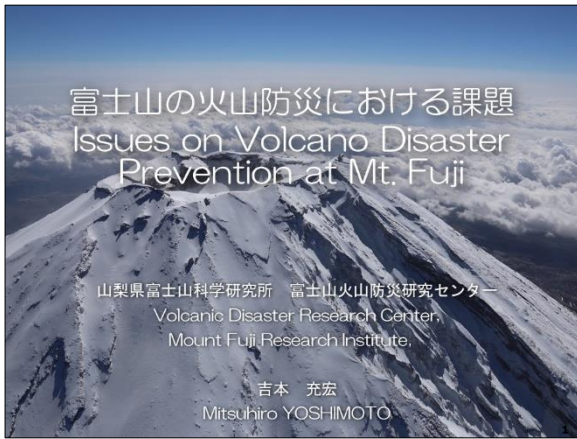
Thank you very much, Ms. Saito. I forgot to explain at the outset. But there is a Q&A box. If you are joining us online, towards the bottom of the screen, towards the left, there is a Q&A box, which you can utilize to send in your questions.

Any questions from the audience here on site? I think it is now time, so we should move on to the next presentation. Thank you very much, Ms. Saito.

The second presentation is to be made by Mr. Mitsuhiro Yoshimoto, Director of Volcanic Disaster Research Center of MFRI. He will be talking about the issues on volcano disaster prevention at Mount Fuji.

「富士山の火山防災における課題」

吉本 充宏（山梨県富士山科学研究所 富士山火山防災研究センター長）



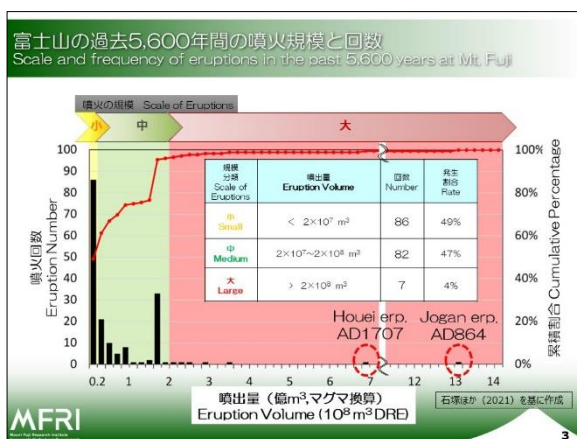
スライド 1



スライド 2

吉本：ただ今ご紹介にあずかりました、山梨県富士山科学研究所の吉本と申します。私のほうからは、「富士山の火山防災における課題」ということで、火山防災について特化した話をさせていただこうと思っております（スライド1）。よろしくお願いいたします。

まず富士山についてです（スライド2）。先ほどの齋藤さんからの話にもありましたように、活火山です。富士山は最後の噴火が300年前で、古くは約10万年前から富士山という火山として活動してきました。それ以降、10万年活動してきたわけですが、国内の活火山に比べ、非常にマグマの噴出率が高い火山です。この特異的な富士山、実は非常に特殊な場所に位置しています。右手の図を見ていただくと、日本は四つのプレートに囲まれています。ユーラシアプレート、北米プレート、フィリピン海プレート、それから太平洋プレートです。富士山は、この三つのプレートが接している所、さらにその下に太平洋プレートが沈み込んでいるという、日本でも非常に特殊な場所にあります。そういった中で、非常に多様な火山現象と高い噴出率を誇る火山であるということです。もう一つ富士山の特徴、火山防災上非常に重要な点としては、「広い火口分布」



スライド 3

と書いたところです。これは後ほど詳しく説明させていただきたいと思いますが、広い火口分布を持っております。また、先ほど齋藤さんのほうからも話がありましたように、来訪者が非常に多い。これは防災にとっても、非常に防災対策を難しくしている点とも言えると思います。

では、まず富士山がいかに噴火をしてきたかということをご紹介させていただきたいと思っております。これは約5,600年間の噴火の数を示したのになります（スライド3）。富士山では大中小といういくつかのスケールに分けられます

が、この 5,600 年間で 175 回の噴出物が検出されており、すなわち噴火がそれぐらいあった、ということが分かります。平均すると、約 30 年に一度の割合で噴火してきた、非常に高頻度に噴火してきた火山とも言えます。また、この背景の図は、1 回の噴火の規模を示しております。小さいものから、だんだん右のほうに行くと大きい噴火になってまいります。この 2 億立米から上のところを、われわれが富士山では「大噴火」というふうに呼んでおります。その 7 回の内 2 回というのが、最近 1,200 年の間に噴火しています。



スライド 4

次に、最近 1,200 年間の噴火の記録を紹介しませんが、先ほど 30 年に一度という形でお話をしましたが、実際にはそんな等間隔で噴火しているわけではありません。これは過去 1,200 年間に記録されている噴火を示したものです。西暦 781 年～1083 年のあたりに 10 回の内 7 回が記録されており、その後、噴火の間隔というのは少し空いている、というような状態です。ここで重要なことは、この 1,200 年間で 10 回の噴火の内、この 864 年～866 年の「貞観噴火」、これは日本の方々は「青木ヶ原」という名前をよくご存じだと思いますが、青木ヶ原の下を作っている青木ヶ原溶岩を噴出した噴火になります。これが最近 5,600 年間で一番大きな噴火となります。それから 1707 年、われわれは「宝永噴火」というふうに呼んでいますけれども、これは非常に爆発的な噴火で、火山灰が東京にも届いたというような噴火です。この噴火はこの 5,600 年間の内で 2 番目に大きい噴火です。この 1,200 年の間に小規模の噴火もあれば、大規模の噴火もある、その数は先ほどの頻度分布とはちょっと違って、非常に大規模なものも複数あるというような状態です。最近では、目立った活動をしていませんが、山頂で 1963 年ごろまでは「噴気」と呼ばれるものが見えていたという記録も残っております。



スライド 5

では今度は富士山の噴火について見ていこうと思います (スライド 5)。富士山は、いろんな噴火現象が起こる山としても有名です。一番左上に映像を流しておりますが、溶岩流を流すような噴火、それからその下には水と火山灰が流れてくるような土石流・泥流、右上が火砕流、その下には噴煙やそこから飛び出てくる大きな噴石、これらが組み合わさって噴火というものを作っているところなんです。このいろいろな現象というのは事前に予測することができず、どれが来ても対応できるように防災対策を行っていく必要があるということです。特に、山の中では右下の「大きな噴石」と呼ばれる、大きな岩塊が高速で飛んでくるような現象というものは、先の御嶽山の 2014 年の噴火でたくさんの犠牲者を出した現象になります。こういったものが山の中での防災としては非常に重要な現象となってまいります。



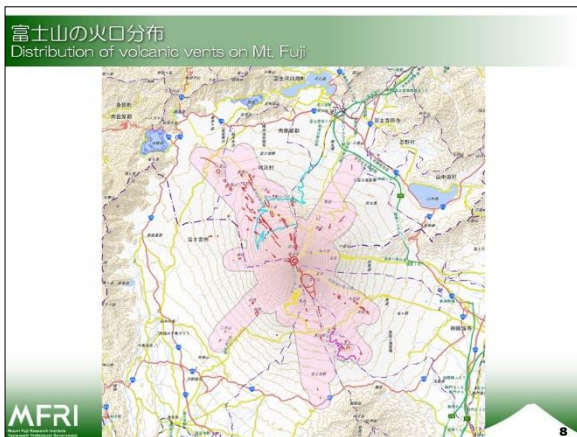
スライド 6

次に、もう一つ富士山で防災対策を難しくしているものとして、富士山の火口の分布が挙げられます。これはさまざまな富士山の火口の写真ですが(スライド 6)、左上が山頂の火口、右上が 1707 年の噴火の火口です。これは山頂の火口より大きな火口を形成しております。さらに左下の写真は皆さん 1,000 円札でおなじみの景色です。大室山という非常に大きな火口が写っております。また右下は、奥庭の火口列という所の写真ですけれども、割れ目火口というものの写真です。



スライド 7

これらがどのように分布しているかということ、これは赤色立体図という特殊な地図です(スライド 7)。ここにあるおわん型の地形で、上が黒くなっている、こういった所は全て火口になります。これらが連なっているのが火口列となっています。ちょうどこの青い線の所、これがスバルラインという 5 合目に行く道になりますが、これを切るように火口が形成されている、というのが分かります。



スライド 8

次に平面図、上から見た図をお示しします(スライド 8)。これは真ん中が山頂になって、赤い印が付いている所が全て火口になります。北西・南東方向にたくさんの火口があります。その直交方向にも火口がある、いくつかは市街地のすぐ近くにもある、というところです。それで、登山者は実はこの火口ができる範囲の中を登山しているということになります。われわれはこの火山を監視するために、気象庁をはじめとして観測を、監視をさせていただいているわけですが、そういった中で、火山の噴火というのはある程度の予測ができます。ただ「ある程度」というのは、確実に噴火を予測できるわけではなくて、「大体噴火の始まりというものがある程度いつぐらいに来るかもしれない」ということだけと言える、というところです。

実際に日本で予兆が観測された事例を少しご紹介します(スライド 9)。左のカラムの所は年代と火山名が書いてあります。真ん中に観測された現象、例えば群発地震とか地殻変動、それから微動とかというような現象が書かれています。一番右端には、噴火のどれくらい前にその現象が出現したかというような時間が書かれています。これを見ていただくと、長いときは、雲仙のケー

国内の噴火予兆の観測事例
Observed precursors of eruptions in Japan

噴火 eruption	観測された前兆 Observed precursors	出現期間
1977 Usu	群発地震 Earthquake swarm	31時間前 31 hours
1983 Miyake-jima	群発地震 Earthquake swarm	1時間半前 1.5 hours
1986 Izu-Oshima	群発地震 Earthquake swarm, 地震変動 ground deformation	2時間前 (割れ目噴火) 2 hours
1989 Izu-Tobu Volcano Group	微動 Volcanic tremor	2日前 2 days
1991 Unzen	群発地震等 Earthquake swarm etc (Lava dome)	1週間前 1week (Lava dome)
2000 Usu	群発地震 Earthquake swarm	数日前 A few days
2000 Miyake-jima	群発地震 Earthquake swarm	13時間前 13 hours
2009 Asama	傾斜変化 tilt change	13時間前 13 hours

MFRI

スライド 9

富士山山域での火山防災の課題
Issues of volcanic disaster prevention in the mountain area of Mt. Fuji

- 火口ができる範囲が広い
- 予兆から短時間で噴火の可能性
- 観光客・登山客が多い
1日に最大8000人が登山 (2017年)
- Wide crater appearance area
- Possibility of eruption within a short time from the precursor
- Many tourists and climbers
Up to 8,000 climbers per day (2017)

迅速な避難を行うためには、
的確な避難指示が必須
Accurate evacuation instructions are required for rapid evacuation

MFRI

スライド 10

富士山山域での火山防災の課題
Issues of volcanic disaster prevention in the mountain area of Mt. Fuji

噴火の発生場所によって逃げる経路が異なる
Evacuation routes differ depending on the location of the eruption

富士山噴火時避難パターン
Evacuation scenarios at each crater

MFRI

スライド 11

スでは1週間程度あったんですが、残りは数日、もしくはこの赤い字で書かれたところは1時間半、2時間ぐらい前に地震が観測されています。言うなれば、地震が観測され始めてから最短で1時間、2時間で噴火が始まってしまうかもしれないということです。特にこの赤い字で示した火山は、富士山と同じ玄武岩質の火山、よく似た性質のマグマを出す火山ということです。

富士山の登山は、富士吉田口から登りは7時間、下りで4時間～5時間というところを考えると、もし山頂にいた場合に、もしかしたら群発地震を観測してから噴火する前に下りきれない、下山しきれない場面が出てくるかもしれない、ということが考えられるわけです。

ではこういった課題で(スライド10)、特に今お話しさせていただいた火口ができる範囲が広い、それから予兆から短時間で噴火する可能性がある、さらにそこに夏になれば非常にたくさんの人がいらっしやる、こういった人たちを迅速に避難させるためには何をすべきかというところで、われわれがそういった予兆現象を察知したところを的確にアナウンスし、もし噴火した場合には、火口の情報等をしっかりと伝えていくということが必要になってくるというわけです。

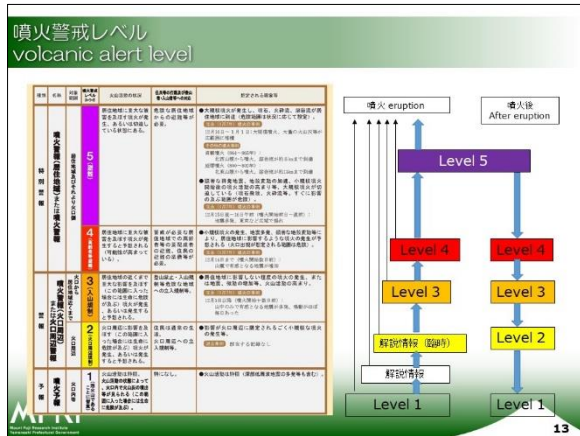
ただ、なぜ火口を伝える必要があるかという、これは富士山の火口ができる場所というものを考えて、こういった避難経路があるかというものを予測したものです(スライド11)。ここには約10個のパターンがあります。火口のできる場所によって、避難する経路がかなり異なります。ある一つの火口のパターンでも、その場所によって逃げる場所が違う、ということがここから読み取れます。

例えばこの事例ですが、スバルラインを火口が横切る場合、そうするとこの横切った火口の西側と東側にいる場合では、逃げるルートが確実に違う(スライド12)、ということになります。こういった情報をいかに的確に届けられるか、ということが非常に重要となってくるわけです。

しかしながら、これらを伝えるためには情報のインフラが必要です。そのインフラを強化するための電源がない……商用電源ですね。今、富士山では発電機で電気を作っている状態です。また、最後に、情報の伝達方法が非常に複雑であるという問題があります。

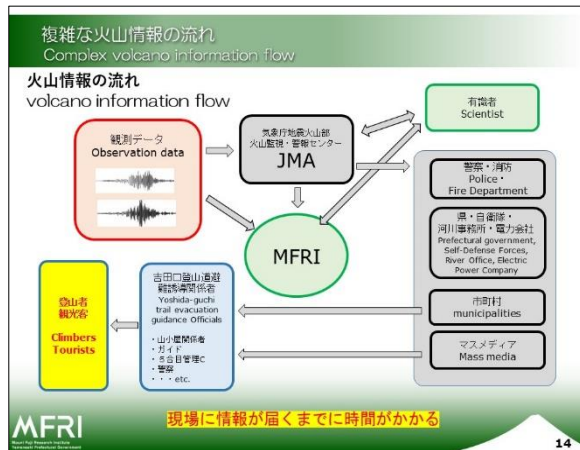


スライド 12



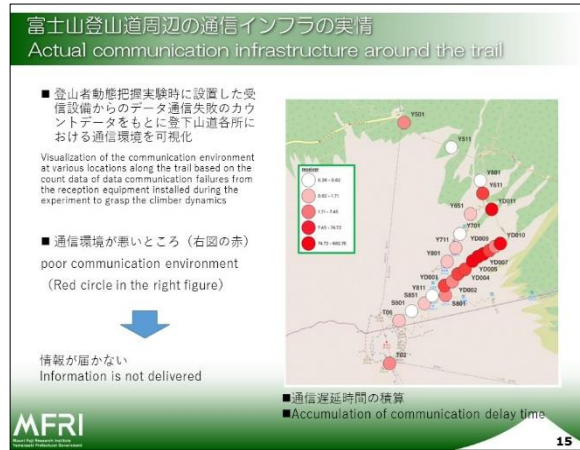
スライド 13

一つは、「噴火警戒レベル」といって、日本で導入されている火山の噴火アラートです（スライド 13）。噴火警戒レベルは 1、2、3、4、5 と 5 段階になっています。5 段階になっているのですが、一般の人だと噴火警戒レベル 1 からだだだに上がって行って噴火警戒レベル 5 で噴火するというふうに端的に考えがちですが、どの段階でも噴火が起こる可能性があります。噴火警戒



スライド 14

レベル 1 の場合で噴火した場合もありますし、噴火警戒レベル 2、3 のときに噴火した場合もある。また、一般の、普通の気象の警戒レベルと違って、噴火警戒レベル 1、2、3 というのは火口の近辺で起こる現象に対してアラートが出てくるということで、その地域性が反映されているように、非常に解釈が複雑であるところですよ（スライド 14）。



スライド 15

さらに、先ほど火山の観測をしているという話をさせていただきましたが、観測データは、まず気象庁のほうに入ってきます。そういった所からわれわれの研究所や有識者、それから警察・消防・県、市町村・マスメディアという所に伝わって、そこから富士山の 5 合目にある事務所のほうに連絡が行き、登山者に連絡が行くというふうに、非常に情報の伝達が複雑です。実際に、この情報が行く前にもしかしたら登山者は直接、噴火現象を見てしまうかもしれない、ということが挙げられます。

このように情報が複雑であるということ、それからもう一つは現状のインフラの実情ですけども（スライド 15）、これはわれわれのほうで登山道・下山道のどこで電波が入りやすいかというものを確認した実験です。右側の図の赤が濃い所というのは通信環境が悪い、ということを示したものです。このように、良い所も、確かに富士山では Wi-Fi が使えたりする所もありま



スライド 16



スライド 17

すが、一般の登山者が下山するような所でも非常に電波が届きにくいという所があるというのが実情です。こういった所にいると、的確な情報が流れてこないということも考えられるわけです。何もまだ解決方法が見いだせていないという状況なんですけれども、特に富士山を考えた場合、噴火の予兆から短時間で噴火する可能性があります。さらに短時間に登山者・下山者・観光客を下山させる必要がある。しかもその下山者は一つのルートで逃がすというわけではなくて、その火口の位置によって避難経路が変わる。こういった場合に、情報を的確に伝えていかなければならないというのが大きな課題ですが(スライド16)、その情報を伝えるための基盤というものが、今、脆弱であるというのが富士山の置かれているところだというふうに思っています。現段階で全く何もないわけではなく、携帯の電話網を使いながらやっているわけですが、より確実に情報を届けられる方法というものが今後必要なのではないかと考えております。

私のほうからは、現在の富士山の課題ということでお話をさせていただきました。

ご清聴どうもありがとうございました。

亀谷：吉本研究員、ありがとうございました。

それでは時間も来ていますので、次のご講演に移らせていただきたいと思います。3番目のご講演は、東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、特任専門員の竹澤寛さまより、「富士山の通信実証から見えた課題」というタイトルでお話しいただきます。竹澤さま、よろしくお願いたします。

“Issues on Volcano Disaster Prevention at Mt. Fuji”

Mitsuhiro YOSHIMOTO (Director of Volcanic Disaster Research Center, MFRI)

Mitsuhiro YOSHIMOTO

Thank you very much for the introduction. I am Yoshimoto from the Volcanic Disaster Research Center of Mount Fuji Research Institute, and I will be talking about the issues on volcano disaster prevention at Mount Fuji.

First of all, a little bit about Mount Fuji.

As Ms. Saito said, it is an active volcano. Three hundred years ago was the last eruption, and from 100,000 years ago, it was an active volcano. Within Japan, compared to other volcanos, the effusion rate is quite high when an eruption occurs. Mount Fuji is located in a very specific place.

If you look at the right-hand side picture, drawing, Japan is surrounded by four different plates: the Eurasia Plate, the North American Plate, the Philippine Plate, and the Pacific Plate. Mount Fuji is located right where three plates come together. Under that, the Pacific Plate is subducting under one of the plates, so a lot of volcanic activities occur, and the effusion rate is very high.

One big issue that we see is that the crater can occur in a very wide area. I would like to come back to this later, but the volcanic vent area is quite wide. Also, there are many travelers and climbers to the mountain, which is in terms of disaster prevention, it becomes very difficult.

How have Mount Fuji erupted in the past? I would like to talk about that first. This just looks at 5,600 years, and there are small, medium, and large eruptions. But in the 5,600 years, there were this many eruptions, as you see in the chart. Altogether it seems that every 30 years, there was an eruption, so the frequency is quite high.

In the back, you can see the scale of each of the eruptions. There are small ones to larger ones toward the right. We call big eruptions 200 million cubic meters and more. You can see two of seven big eruptions in the past 1,200 years.

Looking at some of the eruptions in record over the past 1,200 years, I said that there was an eruption once every 30 years. Actually, it has not erupted very regularly. Over the past 1,200 years, there were 10 eruptions. From 781 to 1083, there were 7 eruptions. After that, the interval became longer. Important eruption in the past 1,200 years, from 864 to 866, that is the Jōgan Eruption. I believe Japanese people will know the Aokigahara Jukai Woodland, but the basis of that was created during this Jōgan Eruption, which is the largest eruption in the past 5,600 years.

Also, 1707, the Hōei Eruption. It is said that the volcanic ash reached the Tokyo area. This was the second largest eruption of Mount Fuji eruptions in the past 5,600 years. Over the 1,200 years, there were small eruptions, but also very largescale eruptions.

It is quite different from the frequency graph that I have shown you. Recently, the mountain has been dormant, but up until 1963, up on the mountain, there were some fumaroles being seen at the top.

Let us look at some of the activities of Mount Fuji.

Mount Fuji is famous as a mountain where various volcanic phenomena occur. There are several different types of volcanic phenomena. On the left-hand top, you can see lava flow. There were eruptions where lava flowed down the mountain and the left-hand bottom, debris flow where water and volcanic ash mixed together. Right hand top is pyroclastic flow, and then plume and ballistics. These could be combined together in an eruption that would occur on Mount Fuji. These phenomena cannot be predicted beforehand, so we need to plan so that we can deal with any of these phenomena.

Especially in the mountain, the right-hand bottom, the ballistics, are very important phenomena. When you see these in Mount Ontake, many people were hit by volcanic ejecta from the mountain and were hurt or died.

Another thing is the volcanic vent of Mount Fuji which could be located over a wide area. We are looking at some of the craters. Left-hand top, this is the crater at the top of the mountain. Right-hand top, this is the crater that was created in 1707 which created a larger crater than the top one.

On the left-hand bottom, I think you have seen it in the note bills of Japan, this is the Omuro Mountain. Also, right-hand bottom, this is a fissure vent called Okuniwa.

Where are these located? What is the distribution?

You can see it on this special map here. You can look at this bowl-like area. These are all craters or vents. The blue line here, this is called the Subaru Line, which you can take to go up to the 5th Station of Mount Fuji. But you can see that the craters or vents actually cross the line.

Now, let us look at view from above.

In the middle, you see the summit, and the red marks are all the vents and the craters. You see that they are aligned in the northwest direction, but also it is scattered in other areas as well. Actually, climbers will be climbing around these vents. To observe the mountain, the Meteorological Agency is observing Mount Fuji. We can predict to a certain extent. However, we may be able to only detect the beginning of an eruption.

These are some of the eruptions with observed precursors in Japan.

On the left-hand column, you see the year and the name of the mountain. In the middle, you see the observed precursor, for example earthquake swarms or ground deformation, tremors.

On the right-hand side is the time. How long before the eruption were these precursors observed? Sometimes, for example, Mount Unzen, it continued for about a week, but others, just several days. In red, you see that it was observed

just one hour or two hours before the eruption. Once an earthquake swarm is observed, maybe in just an hour or so, the eruption may occur. Especially these red ones are basaltic volcanos, the magma is similar to Mount Fuji.

Mount Fuji, if you go from Fujiyoshida entrance, it takes about seven hours to climb and four to five hours to come down. If you are up on the mountain and you observe earthquake swarms, you will not be able to come down the mountain in time before the eruption actually occurs.

These are some of the issues that we are facing. You see that wide crater appearance area, and the precursor may occur, and then eruption will start in a short time from the precursor may occur, and there are many climbers in summer, so then what are we to do? Once we observe these precursor activities, we will have to make an announcement right away, and we have to also communicate where the crater may appear.

However, why do we have to communicate where the crater may appear? Because when we think about Mount Fuji, we have to understand which way to evacuate. We have 10 patterns here. Depending on where the crater is formed, the evacuation route may change. Even with just one eruption, depending on where the crater will be formed, the route and also where to evacuate will change.

In this example, let us say that the crater across the Subaru Line, so the east side and west side, depending on which side you are, where you have to evacuate, will change, and communicating this information will be key. However, even if we wanted to communicate this, you need to have information infrastructure in place. Right now, we have generators up on Mount Fuji to provide electricity, but there is no commercial electricity.

Also, the information transmission method could be very complex. One thing is this is the volcano alert level introduced here in Japan. You have one, two, three, four, five different levels. But people may think that level five is when the eruption actually occurs. But at any level, an eruption is possible. We have seen eruptions that occurred when the alert level was level one, two and level three. One, two, three, each alert only near the crater, and reflects regional characteristics. This alert level is very difficult to understand in a sense.

Also, we said that we are observing the mountain, but the observation data, first of all, will come to the meteorological agency, and then it will be shared with our research institute and the fire department, police, the prefectural government, and then at the 5th Station of Mount Fuji, there is an office there, information will be communicated there. From there, the mountain climbers will receive the information. Therefore, the flow of the information is also very complex. Before the information is received, maybe the climbers will already see the eruption occurring right in front of their eyes. The information flow is complex.

And the infrastructure right now, along the climbing route, where can radio wave be captured? We have done a survey of this. The darker the red color, the worse the infrastructure is. You do have areas where radio wave could be captured, where you can utilize Wi-Fi, but along the descending route, there are areas where the radio wave cannot be captured. If you are in these areas, it means that you may not be able to get the necessary information in time.

We still are not able to find a good solution to this situation. However, thinking about Mount Fuji, an eruption may occur in a short time after a precursor phenomenon occurs. Also, there are many climbers and tourists that have to be evacuated. It is not just one route for evacuation. Depending on where the vent or creator is created, you need to have different routes of evacuation, and that has to be communicated to the tourists and visitors.

For that communication, we need infrastructure. However, that infrastructure is very weak on Mount Fuji. It is not as if we cannot do anything. We will be utilizing the cell phone as well to provide information, but we need to come up with measures in order to have a better communication route.

I have just explained about the current issues that we see in Mount Fuji. Thank you very much for your kind attention.

Nobuko KAMETANI

Thank you very much, Mr. Yoshimoto. It is already time, so let us move on to the next presentation.

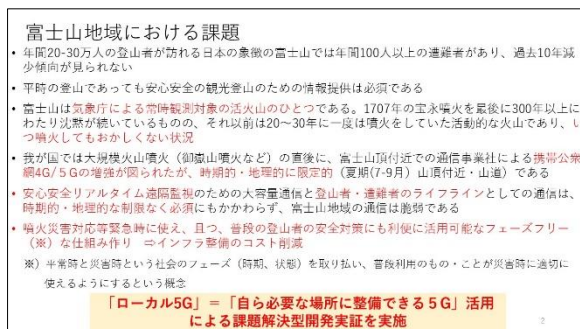
The third presentation will be given by Project Senior Specialist at Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo. Hiroshi Takezawa will give us a presentation on Issues after the Communication Experiments in Mount Fuji.

「富士山の通信実証から見た課題」

竹澤 寛（東京大学大学院 工学系研究科システム創成学専攻 特任専門員）



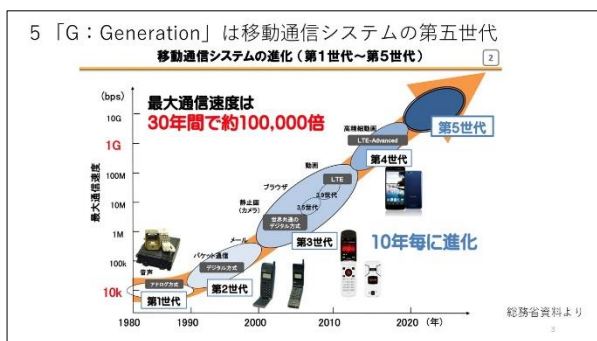
スライド 1



スライド 2

竹澤：ただ今ご紹介にあずかりました、東京大学工学系研究科中尾研究室、竹澤と申します。よろしくお願いたします。本日はお時間を頂きましてありがとうございます。「通信実証から見た課題」ということで、令和3年度富士山のフィールドで行った実証から見たことを中心にお話をさせていただきます（スライド1、2）。よろしくお願いたします。

こちらの課題につきましては、齋藤さま・吉本さまからお話を頂きましたので、割愛させていただきますけれども、まさに富士山における通信環境は非常に脆弱であるということに対して、どう自営的に整備ができるローカル 5G を使って、どうその課題解決に取り組めるかということで、取り組んでまいりました。なお、ポイントとしましては、噴火・災害等の緊急時に関わらず、平時から使えるような環境を用意して、そうすることで緊急時にも確実に通信ができるというようなことが実現できる、ということが必要になるかと思えます。



スライド 3

少し前提になるお話としまして、5G/ローカル 5G とは何かということにつきまして、キーワードだけになりますけれども、ご紹介をさせていただきます（スライド3）。5G ですが、Generation の G になります。大体 10 年ぐらいの幅を持って、モバイル通信は、今現在も進化を続けております。



スライド 4

通信性能から見た 5G になりますけれども（スライド4）、三つ特徴がございまして、超高速、これは2時間の映画を3秒でダウンロードができるということになります。超低遅延ということで、こちらもロボット等の複雑な制御を遠隔からやるためにも通信ができるということが実現可能になります。また、同時多接続ということで、例えば自宅の中に約100個の端末・

ローカル 5G = 自ら必要な場所に整備できる自営網 5G

2-1 ローカル5Gの概要

3. ローカル5Gの特徴

ローカル5Gは、以下のような特徴があります。

- 事業者によるエリア展開が滞る地域において5Gシステムを先行して構築することが可能。
- 従来用途に応じて、必要となる性能を柔軟に設定することが可能。
- 地の場所の通信障害や災害などの影響を受けにくい。
- Wi-Fiと比較して、無線局免許に基づく安定的な利用が可能。

また、ローカル5Gを導入する場合、無線局の免許の申請が必要です。免許の主体は、次のとおりとなっています。

- 建物や土地の所有者
- 建物や土地の所有者から依頼を受けた者

(携帯事業者等によるローカル5Gの免許取得は不可)
※携帯事業者等によるローカル5Gの免許取得は不可

5 GMF資料より

スライド 5

ユースケースから見たローカル 5Gの特徴

IoT-5G時代の産業構造の変化

3-1 ローカル5Gの利用モデル

課題解決、価値創造アイデア実現の通信インフラプラットフォーム = ローカル 5G

- 自ら整備のため、ユースケースが求める通信要件に**カスタマイズ可能**
e.g. 通信エリア、通信帯域 (上りと下りの通信のバランス) 等

5 GMF資料より

スライド 6

5Gは専用周波数を利用 = 「安定した通信」

ローカル5G用の帯域

ローカル5Gに総務省より割り当てられた周波数

WIFIは免許が不要な無線通信の整備が可能一方、電波干渉により確実な通信に課題あり

スライド 7

ローカル5G普及研究会12月シンポジウム

ローカル5Gの良さは”結局”何か？(WiFiとの違い)

- 免許制 (ライセンス) の安定した通信 (WiFiはアンライセンスで乱立)
- 認証やセキュリティ面で**管理運用上のリスクが低い**
- 必要な機能に特化して**カスタマイズ可能**である

「ミッションクリティカル」な用途に適している

「情報通信の民主化」
一般事業者が免許制の5G電波利用が可能になったことに大きな意義がある

スライド 8

センサーがあっても確実につながるといふ世界を作ることができます。続きまして、今度はローカル 5G です (スライド 5)。こちらは自ら必要な場所に整備ができる自営網の 5G ということになります。自らの土地、もしくは土地の所有者から依頼を受けた者が 5G の免許を総務省さまから受けて 5G の整備をすることができるということになります。

続きまして、ユースケースから見たローカル 5G の特徴です (スライド 6)。まさに自ら必要な所に整備ができますので、課題解決であったり、価値創造・アイデア実現を自分たちで実現するプラットフォームとして使うことができる、つまりは無線で確実な通信ができるプラットフォームです。まさに自分たちで整備をしますので、これがカスタマイズ可能ということも一つポイントになります。

5G ですが、こうして今ご覧いただくように、専用の周波数が割り当てられています。キャリアさまがお使いの 5G とローカルの 5G、それぞれ確実に周波数を分けながら整備をすることで、安定した通信が可能になります。

少しサマライズさせてください。ローカル 5G の良さとは結局何かということになります (スライド 7)、Wi-Fi との違いで言うとところの免許制。先ほどの周波数を分けて免許を、ライセンスされた者のみ使うことができるということによる、安定した通信。二つ目は、認証やセキュリティ面で管理運用上のリスクが低い、自分たちでカスタマイズができるという 3 点が特徴になるかと思えます (スライド 8)。そうした特徴をもってミッションクリティカルな用途に適しているということが言われておりまして、まさに情報通信が民主化して

いるということになるかと思えます。これが自分たちで整備ができるということで、非常に大きな意義があることとございます。

総務省 「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」

課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

● 地域の企業をはじめとする様々な主体が個別のニーズに応じて独自の5Gシステムを柔軟に構築できる「ローカル5G」について、様々な課題解決や新たな価値の創造等の実現に向け、現実の利用場面を想定した開発実証を踏まえ、ローカル5Gの柔軟な運用を可能とする制度整備や、低廉かつ容易に利用できる仕組みの構築を行う。

＜具体的な利用シーンで開発実証を実施＞

スライド 9

総務省 R3年 「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」

令和3年度「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」実証事業一覧

区分	代表者	分野	実証内容	実証事業者	実証地域	
実証事業	1	山梨県	13	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	2	山梨県	14	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	3	山梨県	15	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	4	山梨県	16	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	5	山梨県	17	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	6	山梨県	18	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	7	山梨県	19	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	8	山梨県	20	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	9	山梨県	21	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	10	山梨県	22	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	11	山梨県	23	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	12	山梨県	24	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	13	山梨県	25	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県
	14	山梨県	26	ローカル5G活用による観光客向け観光情報提供システムの構築	山梨県観光局	山梨県

全26案件が採択され実証

スライド 10

富士山地域DX安全・安心観光情報システムの実現

代表機関	中央3P 情報通信研究所	分野	防災・減災
実証地域	山梨県富士吉田市 (富士山5.6,7合目)	コンソーシアム	(特許中央3P)一橋大学情報学研究所、山梨県防災局、山梨県富士山科学研究所、東京大学、物産IT中心、富士山ネットワークセンター、NECネットワークス
課題等	観光登山における登山者の動態把握、富士山山頂における通信インフラの脆弱性等		
実証概要	登山状況・危険状況の監視・可視化のための通信監視システム、登山者へのローカル5Gネットワークによる大容量データ共有の実証等実施。技術実証：山の地形等の影響を考慮した電波伝播モデルの精緻化や、回線と専用線（TD02&3）の連携実証を実施		
使用周波数等	周波数：4.8-4.9GHz帯（100MHz）	構成：SA方式	利用形態：図外

スライド 11



スライド 12

こちらのローカル 5G を使って、総務省さまではこれをユースケース、どのように活用するかというテーマにおいて、「課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」ということで、お取り組みをされています (スライド 9)。この中で、まさにこの富士山のフィールドですね、令和 3 年度になります、この赤く囲った部分になります (スライド 10)。実証をしています。山梨県の富士吉田市、富士山の、こちらに「5 合目、6 合目、7 合目」とありますけれども、実際は天候の都合があり、4 合目と 5 合目と 6 合目におきまして実証をしております (スライド 11)。

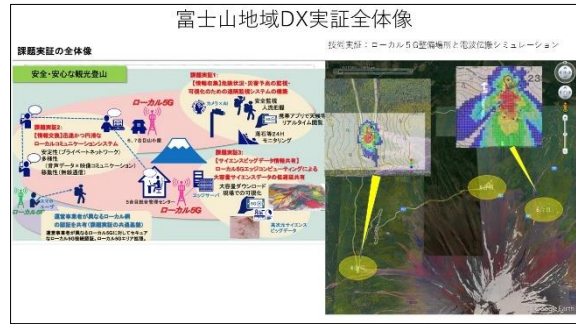
実証体制になりますけれども (スライド 12)、総務省さまの実証としまして、NPO 法人中央コリドー情報通信研究所が代表者になりまして、山梨県さま、あとは山梨県富士山科学研究所さま、あとは当研究機構、東京大学が共に取り組んでおります。なお、山梨県とわいわい東京大学大学院工学系研究科・工学部ですが、富士山の火山防災対策の推進に向けた連携協定、こちらを 2021 年 6 月 3 日に結んでおまして (スライド 13)、現在もこれをベースに活動を継続しているところでございます。

富士山地域におけます DX の実証の全体像になりますが (スライド 14)、先ほど申し上げましたとおり、4 合目・5 合目・6 合目で、右側に写っておりますのがまさに電波の状況を示した、シミュレーションした結果になりますけれども、このように整備をしております。技術実証と課題実証ということで、二つに大きく分けて実証をしております (スライド 15)。

このような、下から見るとかなり急勾配な特徴ある地形になりますけれども、ここにおいて右の絵のように測定器を持ちまして、なお右下、これがうねうねとありますけれども、いろんな色が付いていますが、これが電波がどのように届いているかという、電波の測定をした



スライド 13



スライド 14



スライド 15



スライド 16

ということでございます。大体 100 メートル以内のエリアを一つの基地局で作るということになります。

設置のローカル 5G の特徴としまして (スライド 16)、先ほど吉本さまからお話を頂きましたけども、とにかく電気がないということで、非常にシンプルな構成の基地局が必要になります。ここにおいては実はここにお示ししていますとおり、われわれ東京大学からベンチャーを設立しまして、非常にシンプルにこのサーバー型の物、この中で全てソフトウェアで基地局を実装してしまおうということを実現しています。キャンプに持っていきようなポータブル電源で稼働することができるというような、非常にシンプルなローカル 5G のシステムを活用しております。



スライド 17



スライド 18

ローカル 5G 設置の様子です (スライド 17)。今ご案内のとおり、非常にシンプルに設置できるということで、ブルーシートの上に置いてありますけれども、これにアンテナを整備しまして、ローカル 5G のエリアを作ったということになります。

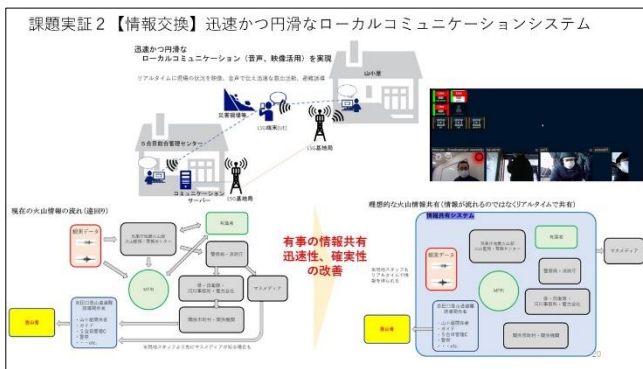


スライド 19

また、課題実証は三つのポイントで実証を行っております（スライド 18）。ローカル 5G である必然性として、先ほどご案内のとおり安定した通信・セキュリティ・カスタム性という三つを紐付けて実証しております。

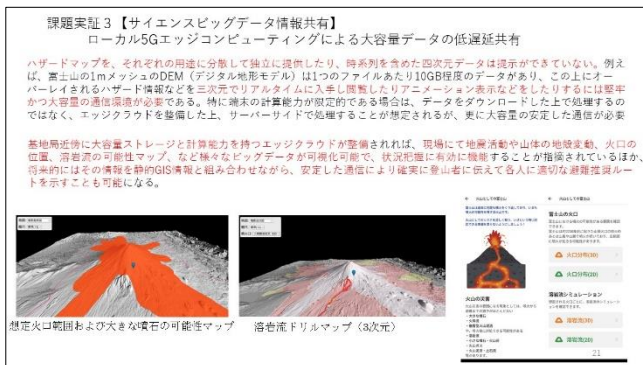
実証の課題。課題のほうの一つ目になりますけども、これは危険な状況、災害予兆を可視化するため、遠隔でその状況をモニタリングするようなシステムを構築しています（スライド 19）。二つ目は先ほど吉本さまの講演でもございましたけれども、いかに迅速にリアルタイムにコミュニケーションをするか、必要な情報を届けるかということになります。それが二つ目です。三つ目が「サイエンスビッグデータ」とありますけれども、どこで発生した火山がどのようにリアルタイムに、自分の場所に対してどう影響があるかということ、時間と共に刻々と状況が変わりますので、これをどう現場にいる人に伝えるかという三つの観点になります。遠隔の監視システムの構築になりますが、こちらは落石を定点で観測しまして、将来的にはリアルタイムに状況を伝えることで事前に被害を予測することができる、通知することができる、ということになるかと思えます。

あとは安全監視の観点では、例えば一つの場所に体調が不良でうずくまっている方がいらっしゃったら、このように画面を右下のように赤く光らせて、監視している方に通知をする、というように、映像を解析して自動で伝えるというシステムを構築しています。



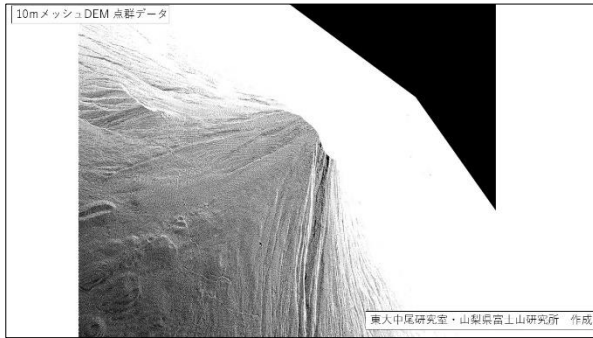
スライド 20

二つ目が「ローカルコミュニケーションシステム」ということで（スライド 20）、災害が起こったときにはなかなか一般の通信網が使えなくなるというリスクがありますので、専用の通信を使って一気に情報伝達ができるというシステムを導入しています。三つ目が「サイエンスビッグデータの情報共有」ということで（スライド 21）、こちらにつきましては自分の場所でどのような被害が差し迫っているかということを手元の携帯に通知するという事です。画面のイメージとしましては右下になりますけれども、このようなシステムになります、ということ。

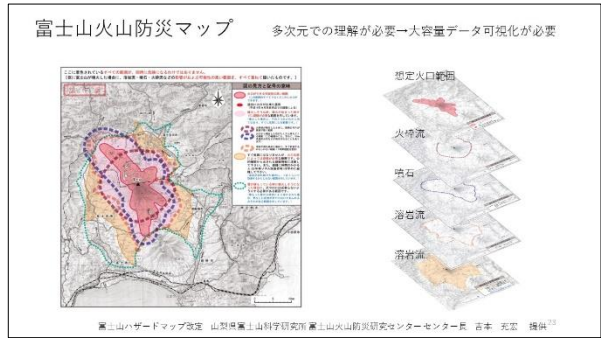


スライド 21

こちらは吉本さまからご提供いただいておりますけれども（スライド 22、23）、富士山におきましても非常にでこぼこしている、というお話も先ほどもありましたけれども、それによって自分がある場所、



スライド 22



スライド 23

噴火した場所によってどのような危機的な状況が差し迫っているかということ予測して、さらにいろいろな種類の被害が予測されますので、これを重ね合わせてリアルタイムに情報を届ける、ということが重要になるかと思えます。



スライド 24

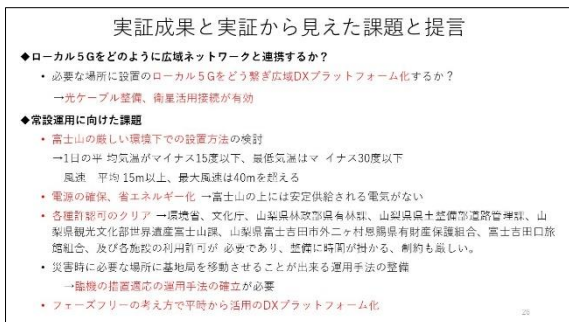
こちらの実証につきましては、2022年2月にワークショップも実施しております(スライド24)、総務省さまをはじめ、環境省さま、地域の皆さまにもご参画いただきまして、さまざまなコメントを頂いたところでございます。

こちらの実証につきましては、総務省さまのホームページにおいて詳細なレポートが上がっておりますので(スライド25)、もしご興味がありましたらご覧いただければと思います。

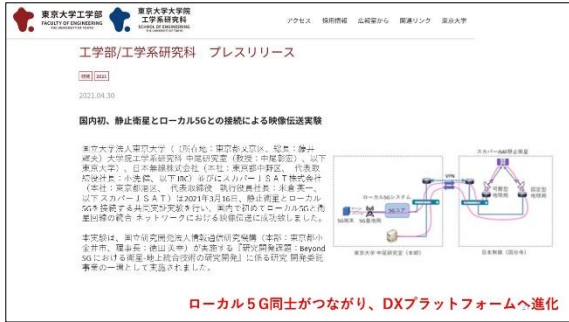


スライド 25

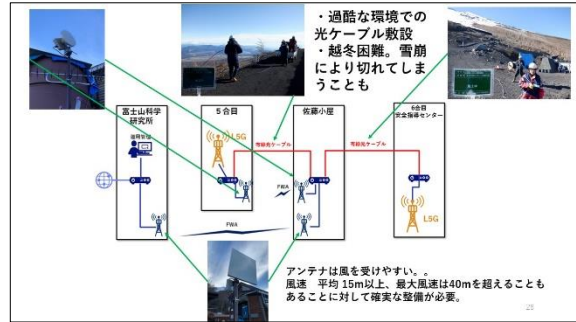
それで、「実証成果と実証から見えた課題と提言」ということですが(スライド26)、ローカル5Gではまず必要な所に設置・整備ができるというお話をしましたけれども、これをどうつないで広域のDXプラットフォーム化するかということにおいては、光の整備、もしくは衛星の活用での接続というのが有効であろうと思います。2点目は、常設運用に向けた課題ということですが、富士山の厳しい環境下で設置する方法ということで、1日の気温もこのようになりますし、風速もこのような状況でございますので、ここにおける常設ということが非常にポイントになります。あとは電源のお話、あとは各種許可のクリアということも必要になります。あとは、災害時に必要な場所に基地局を移動させることができる運用ということで、現在こちらは通常運用においては認められておりませんが、臨機の措置等において運用手法を確立しておくということ



スライド 26



スライド 27



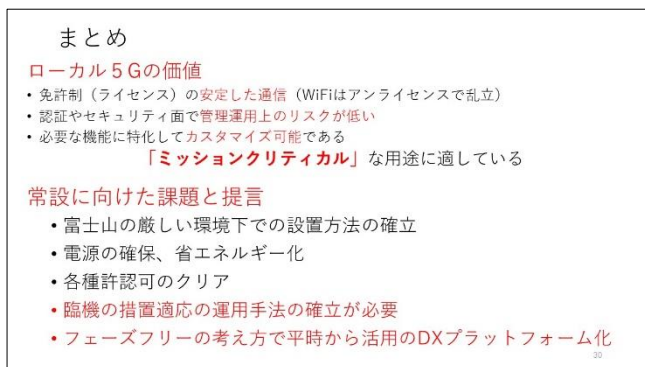
スライド 28

が重要になろうかと思えます。あとはフェーズフリーの考え方で平時でも活用していくということで、有事でも確実に使えるようにプラットフォーム化しておく、ということが言えるのではないかと思います。

これにおきましては、われわれ東京大学のほうでは衛星と接続して、例えばローカル 5G をつなげるような実験もしておりますし（スライド 27）、あとは光の整備においては、非常にここが過酷な環境でこれは課題があります（スライド 28）。越冬が困難、雪崩等によって切れてしまうということがありますので、今後課題になってくるかと思えます。アンテナもこのような形で、まさに風を受けやすいようなことになりますので、ここに確実な整備が必要になります。



スライド 29



スライド 30

臨機の措置につきましては（スライド 29）、突如来る有事に備えて、運用の仕組みということで、災害が起こったときには基地局を移動して使えるような仕組みになります。ここについても運用を固めておく必要があるかと思えます。

まとめになります（スライド 30）。ローカル 5G の価値になります。先ほど申し上げました 3 点になりますが、ここにおいてはやはり「ミッションクリティカルな用途に適している」ということが結論として言えるかと考えております。「常設に向けた課題と提言」ということになりますけども、今申し上げました 5 点です。特に、フェーズフリーの考え方で、平時から活用のプラットフォーム、ここに何を実現していくかということを地域の皆さまと共に考えて、また実証・実装に向けて取り組みをしていきたいと思えます。

以上になります。ありがとうございます。

亀谷：竹澤さま、ありがとうございました。オンラインで視聴の皆さんも Q&A からご質問をお寄せください。また会場の関係者から質問がありましたら、お願いいたします。特にないよう

すので、ちょうど時間になりましたので、ここで休憩を 15 分ほど設けたいと思います。竹澤さま、ありがとうございました。

14 時 45 分にシンポジウムのプログラムを再開させていただきたいと思いますので、よろしくお願いいたします。

亀谷：オウル大学工学部教授、**Matti Latva-Aho** 先生に、「社会に貢献する 5G と次世代通信」というタイトルでご講演頂きます。それでは **Latva-Aho** 先生、よろしくお願いいたします。

“Issues after the Communication Experiments in Mt. Fuji”

Hiroshi TAKEZAWA (Project Senior Specialist at Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo)

Hiroshi TAKEZAWA

Thank you for the introduction. From the School of Engineering, the University of Tokyo, my name is Takezawa. Thank you for inviting me today.

In 2020, the first communication program we conducted through which program we have been able to review some of the issues, so we would like to focus on these problems.

Ms. Saito and Mr. Yoshimoto already talked about some of these problems in terms of communication environment in Mount Fuji. It is vulnerable. We have been working to see how we can address these issues using local 5G, which can be self-managed and maintained. Whether it is emergency time or non-emergency, we have to make sure that communication is always available, to make sure that communication, when it is really necessary at the emergency, can be provided to climbers.

Assumptions, I would like to talk about what the local 5G is.

5G, G stands for Generation. For about 10 years, generation changes and mobile communication technology continued to evolve. 5G in terms of communication performance, there are three characteristics. Extremely fast. You can download a two-hour video in a few seconds. Ultra-low latency. You can remotely operate the complex movements of a robot. And multiple connection is also possible. For example, you may have 100 sensors at home, all of these can be connected at stable communication.

When it comes to local 5G, this is really a self-managed and maintained 5G network. Receive a request from owners of the land or owners of the land, can actually ask for a license from the Ministry of Internal Affairs and Communications to maintain a 5G network locally. Now, if you look at local 5G from use cases perspective, since you can set up a local 5G network, when necessary, you can actually utilize as a platform to realize specific ideas and purposes to ensure wireless communication that is needed. This is a key that you can actually customize the conditions and specification of the network.

As you can see on the slide, dedicated frequency bands are allocated for 5G. 5G used by carriers and local 5Gs, use and maintain different frequency bands are available to ensure stable connection. Let me summarize what local 5G is, what are the benefits of local 5G.

In terms of the differences from Wi-Fi, this needs to be licensed. In other words, specific frequency band must be licensed to the operator, and that ensures stable communication. In terms of security, there is lower risk of management, and it is customizable. These are three characteristics of local 5G.

Because of these characteristics, this is suitable for mission-critical usage. In other words, telecommunication can be democratized. It's great significance you can maintain your own local 5G network the way you want to meet your needs. Utilizing local 5G, Ministry of Internal Affairs and Communication presented the development and demonstration for realization of problem-solving local 5G project. In 2021, as you can see, we were selected to participate in this program on the theme of Disaster Prevention and Mitigation, Yamanashi Prefecture, Fujiyoshida City. As you can see, we have set 4th Station, 5th Station and 6th Station as locations for this experiment.

Since this is a program offered by the Ministry of Internal Affairs and Communication, NPO Central Corridor Information & Communication Laboratory is the leader that invited us, including MFRI, Prefecture of Yamanashi, and also the University of Tokyo working on together.

The Yamanashi Prefecture and the School of Engineering, the University of Tokyo, serves partnership agreement on promoting volcanic disaster prevention for Mount Fuji on June 3, 2021. This shows the whole picture of the demonstration for regional local 5G at 4th Station, 5th Station, 6th Station. As you can see, we have the radio wave simulation on the right-hand side.

In terms of technical demonstration and problem-solving demonstration, we have two major demonstrations in our program. Looked from the bottom, as you can see, this is a sharp, sloped side of the mountain, and we do have the measuring equipment. If you look at the lower right-hand side, this is color coded indicating different colors, indicating different levels of radio wave reach.

We actually set one wave station for about 100 meters. Some of the characteristics of local 5G installation have been explained by Mr. Yoshimoto. We have to simplify the configuration at the base station because of the lack of power source.

As you can see here, we, University of Tokyo, set up a venture, a startup, to develop a server, which includes all the softwares that are needed to create a base station, and this can be run by a portable power source. It is a very simplified system. This is how we set up local 5G. As you know, it is very simple. It is easy to install. As you can see, the equipment on top of the blue sheet, and we set up antenna that to create the local 5G network area.

In terms of problem-solving demonstration, there are three things that we need to solve. Why do we need local 5G? It is ensuring stable communication. It is secure. It can be customizable.

What are some of the issues that we need to solve?

At first, we need to visualize sign of disaster such as eruption, so remote monitoring system is needed.

Secondly, as Mr. Yoshimoto mentioned, it is the speed. Near real-time communication is necessary to provide information to climbers, and that is the second point.

Thirdly, scientific big data sharing where the eruption occurs and how this information is conveyed to climbers so that the situation changes every second and this information needs to be provided to the climbers. Remote monitoring system construction, this system will observe falling rocks at a fixed point, and in the future, it will be able to predict damage in advance by reporting the situation in real time and will be able to notify us.

In terms of safety monitoring, at one location, if there may be a climber who is not feeling well. We have built a system that analyzes the video and automatically communicates the information, such as by glowing the screen red as shown in the right-hand bottom and notifying the person being monitored. In terms of local communication system, when an emergency situation starts, the ordinary communication is often not available, so you need to make sure a specific communication is available for transmit information at once.

In terms of scientific big data communication, depending on where you are, you should be able to understand what risk you will be facing, and that information should be provided in the application on your cell phone, as you can see some of the examples at the bottom of this slide.

What you see here is provided by Mr. Yoshimoto. There is rough terrain on the side of Mount Fuji. Depending on where the vents open and where you are, there are different levels of danger that need to be detected and predicted, and multiple layers of information will be overlaid together so that the real-time and prediction information is given to the person in the mountain.

We conducted a workshop on February 18, 2022. We invited to participate the local people, Ministry of Internal Affairs and Ministry of the Environment, and we shared a discussion and had feedback from those participants as well. This is part of the MIAC's, Ministry of Internal Affairs and Communications' homepage. Detailed information is provided. If you are interested, please go to the site.

Demonstration results and issues and recommendations seen from demonstration.

The local 5G can be set up wherever you need. The challenge is how we can link the local 5G with wide area networks. Fiber optic cable as well as satellite communication should be utilized effectively.

But a second challenge is the permanent operation. Mount Fuji represents a severe environment for equipment. The temperature is low. It has a high wind velocity, and also the shortage of power sources. Clearing of permits and approvals can be also a challenge. It is necessary to be able to transport the communication equipment and base stations to wherever that is necessary in the event of a disaster. Currently, this is not allowed by a regulation, but its necessary establishing operational methods for emergency measures. We may want to apply Phase free concept to make sure that the platform is always available at the ordinary time as well as at emergency.

We, the University of Tokyo, is trying to carry out experiment to connect satellite with local 5G communication. As I mentioned earlier, Mount Fuji represents the extreme conditions. Some of the cables may be damaged by the snow avalanche. Antenna as well is quite susceptible to strong wind, so we need secure maintenance.

Regarding contingency measures, I think it is necessary to solidify a system that allows base stations to be moved and operated in the event of a disaster in preparation for a sudden contingency.

Let me summarize. I want to talk about the values of local 5G. There are three major characteristics. Because of these three features of local 5G, local 5G is suitable for mission-critical systems.

With regard to issues and recommendations that we can make on permanent installations, as I said five points earlier, we would like to apply Phase free concept. From ordinary time, we have to make sure what should be established working with local citizens. We want to continue to work towards demonstration and implementation.

Thank you.

Nobuko KAMETANI

Thank you, Mr. Takezawa.

For all the viewers participating online, please ask questions in Q&A box, and then we would like to invite questions from the audience. If there is no question, I think it is now time to have a 15-minute break.

Thank you very much, Mr. Takezawa. We will be resuming at 2:45 p.m.

Thank you. The next presentation is given by Professor Matti Latva-Aho at the Faculty of Technology, The University of Oulu, Finland, titled 5G and Beyond Networks Serving Society.

「社会に貢献する 5G と次世代通信」

Matti LATVA-AHO (フィンランド・オウル大学 工学部 教授)



スライド 1



スライド 2



スライド 3

Latva-Aho: こんにちは (スライド 1)。富士山に来ることができて、非常にうれしく思います。富士山を近くで見たいというのは私の夢でして、昨日は 5 合目から見ることができて、本当にうれしく思います。

フィンランドにも聖なる山と呼ばれている所がありまして、サーナ山という、ラップランドのはるか奥地にあつて、もちろん富士山よりもずっと小さいんですが、フィンランドの人々に、「聖なる山」としてあがめられています (スライド 2)。200 キロメートルほど北極圏よりも南、海のそばにあります。フィンランドの北部にはいろいろなアトラクションがあります。とても活発なオーロラがありまして、特に夜が暗い今の時期によく見ることができます。ラップランドや北フィンランドには多くの観光客が来て、こういった景色を楽しんでいただいています (スライド 3)。

それからフィンランド人は、サンタクロースは北極から来ていると信じていて、これはロヴァニエミという、サンタクロースが住んでいる町になります。このムーミンというのは非常に有名なキャラクターなんですけれども、フィンランドのキャラクターです。南フィンランドにはムーミンのテーマパークがありまして、ムーミンのキャラクターを楽しんでいただけるようになっています。

またオウルは、2026 年に欧州文化首都に指定される予定です。また 8 月にはエアギターの世界選手権を開催していて、Nanami Nagura (名倉七海) さんという日本人女性が 2 度ワールドチャンピオンシップを取得しました。非常に面白いですので YouTube で動画を探してみてください (スライド 4)。

私は、オウル大学のほうで 6G の「FLAGSHIP」の代表をしまして、これは国家の研究資金プロジェクトで 2018 年の 5 月 1 日から開始しました (スライド 5)。4 プラス 4 年という



スライド 4

Facts sheet

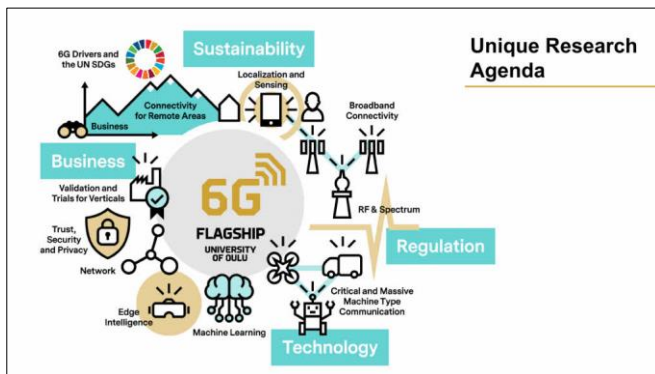
- National research flagship for 2018 – 2026 with a total volume of 250ME.
- Owned & operated by University of Oulu.
- Currently involves 400 researchers from 50 nationalities working in Univ. of Oulu.
- Steered the first 6G visions work via 13 6G White Papers (downloaded over 1M times).
- Published 2000+ per-reviewed papers and 75 doctoral theses.
- Over 400 company collaborators and more than 300 research projects so far.

スライド 5

ことで、半分を少し超えたところなんですけれども、オウル大学で運営しています。ほかのパートナーはいません。400 名近くの研究者がこのオウル大学の「FLAGSHIP」プロジェクトに関わっていて、6G について研究をしています。

特に初期の段階でやった重要なこととして、国際的な専門家集団が、30 カ国以上から 250 名が集まりまして、私たちが座長となってこの「White Paper」を発行しました。後ほどこの内容についてご説明したいと思いますが、こちらは6Gのビジョンについて描いているということで、多くの人に読まれました。この世界で6Gの技術開発についてどのように見ていくべきか、考慮すべきか、ということを書いています。大学ですので、われわれは研究結果についての発表を行ったり、質の高い博士論文を作ったりすることも積極的に行っています。

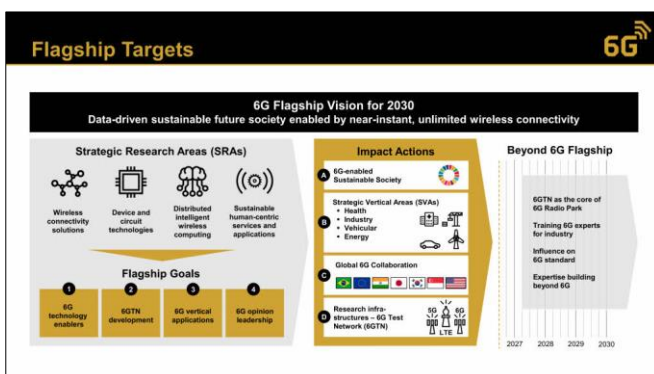
また、テクノロジーや無線通信における研究課題だけではなく、われわれの研究所ではそのほかの規制の問題、それからビジネスモデルに関する将来の課題や、サステナビリティといった



スライド 6

問題にも取り組んでいます(スライド6)。6Gをどのように開発すれば、サステナビリティの目標に資する形でやっていけるのか、ということを検討しています。今日のプレゼンの中では、こういった話も後半にかけてお話をしたいと思います。

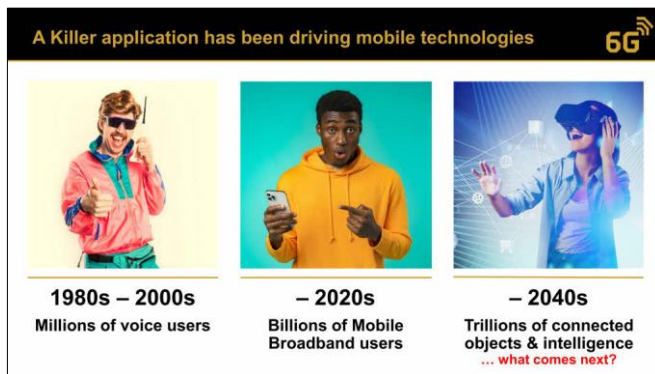
われわれの研究では、四つの戦略的な研究分野を検討しています(スライド7)。まず一つが無線通信・無線接続、ワイヤレス接続ソリューションについてです。こういったテクノロジーをどのような状況において活用すべきか。そして二つ目には、コストやエネルギーをいかに効率よく実現するか。デバイス・回路技術の研究は、時代の流れとともにますます重要になってきています。三つ目にこの分野では、グローバルにも非常にホットになっていますが、AIの活用、それから機械学習のアルゴリズムを活用して、ワイヤレ



スライド 7

システムやネットワークの応用について進めています。重要なアイデアが採用されていますし、今後もそうなると思っています。例えばネットワークの自動最適化も一つあると思います。それから四つ目、将来のアプリケーション、サービスなどもありますけれども、われわれはこの 5G のテストネットワークというのを 2015 年以降整備してきました。それを 6G の時代に向けて進めています。5G のテストネットワークの施設に、6G の無線の性能などを搭載していき、将来 6G が人間に何をもたらすのかということを進めています。こういった戦略的な分野について四つの主要な戦略的に重要な部分というのを研究対象として選びました。

産業分野ですけれども、これはこの国にとっても重要なところです。医療・産業・自動車、そしてエネルギーです。こういったアプリケーション分野がエコシステムとしてどのような形で機能するのか、エコシステムにおける企業の役割はどのようなものになるのか、6G への展開があったときにどのような価値があるのか、といったことを研究しています。それからグローバルなコラボレーションというのも極めて重要です。日本はわれわれの重要なパートナーの 1 国であり、サンナ・マリ首相が日本を訪問した際は、私も代表団の一人として同行しました。中尾先生のおかげで東京大学のほうでセミナーが行われたんですけれども、日本とフィンランドの間の 6G に向けた協力というのを確認することができました。



スライド 8

振り返ってみますと、モバイルの世代によって「Killer application」というのがいつの時代にも登場しています（スライド 8）。10 年ごとに新しいモバイル世代というものの登場が見られるわけですが、1G から始まり、2G のときは音声利用が主流でした。テキストメッセージも少しありましたが、携帯電話は電話としての使用が主なものでした。そして 3G になると、この携帯電話を無線ガジェットとして使用し、インター

ネットに接続するといったことが始まりました。4G になりますと、インターネットの接続を通じて、快適な経験ができるようなデータ転送速度になったというものです。

今もそれは続いています。5G は、多くのさまざまなものを接続するといったことを約束しています。いろんなセンサー、いろんなオブジェクト、機械・ロボット・自動車や物流といったものを、全てインターネットで、無線でつなぐといったことをうたっています。しかしここは大きな約束としてあるわけですが、具体的な Killer application が何なのか、5G において、あるいは 6G において何が成功し得るのかといったところはまだ不透明です。

いろんな期待がありますけれども、そういったものが、われわれがすぐ使える状況とは言えません。現在はこのモバイルのブロードバンドの開発進展を 5G が引き継ぎ、ある程度インターネット接続のスピードというのは上がっています。ものすごくというわけではありませんけれども、これは思ったよりも速くないといったところで、少し失望感も広がっています。

では、次に来る 6G においてどういったことが登場するのか、といったところに関してですけれども、少し考え方を考えていくというけれども、少し考え方を考えていくということになる

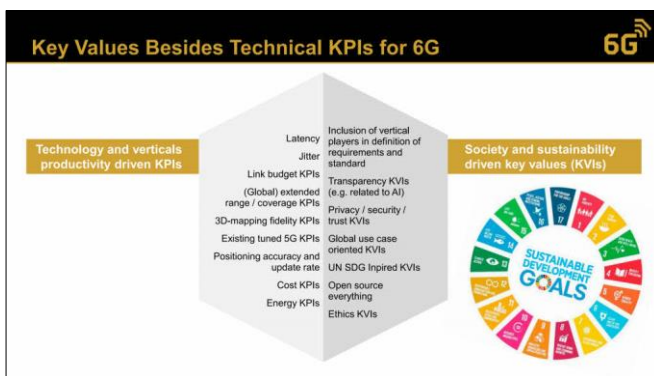


スライド 9

（スライド 9）。しかしグローバルに協力することによって、この数年以内にそういった課題解決ができるのではないかと考えています。国連の SDGs がまさにその一例で、世界で共通の目標を立てていく、それをやっていくということです。左側に書いてあるのが、いわゆるソフトな価値、ソフトな目標と言っていていいかもしれません。ワイヤレスエンジニアや研究者というのは、ここを真剣に見ていくべきだと思っています。

エンジニアというのは、いろんな技術開発や、それを可能にすることにおいてはとても上手にできていると思うんですけども、ではそういった技術が人類にどのような便宜をもたらすかといったところまで深く考えていないことがありますので、そこは変えていかなくてはなりません。技術の実現というのはたくさん起きています。ワイヤレス接続というのもその一つです。ロボティクスも非常に重要で、ロボット工学も急速に進展しています。いろんなプロセスを自動化すること、それは自動運転であったり、自動化された工場であったり、いろんなものがありますけれども、それぞれが非常に重要だと思っています。

そして四つ目が 5G の目標として掲げられているものになりますけれども、バーチャルアプリケーションの生産性を大幅に向上させるというものです。この産業分野の生産性というのは、よく分析してみると、それほどこの 2、30 年で上がっていません。これは結構驚くことだと思います。5G というのは、生産性を大幅に上げていくといったところが期待されています。今、その途中にあるわけですが、個人的にはこれは実現すると思っています。時間は少し思ったよりかかってしまうかもしれませんが、できるというふうに考えています。



スライド 10

Indicator」というもので、こちらは定量化、測定が難しいですし、システムの要件、プロダクトの要件として定めるのが難しいものの、これに関して合意をして、オープンに議論していくこと

かもしれません。データレートをもっと速くしていく、といったところが今までの主流でした。例えば、現在の 5G のモバイルのブロードバンドですと、まさにそれが中心だったわけですが、なぜ、何のためにこの技術を開発するのかといったときに、6G のワイヤレスに関して考えてみると、いろんな課題、社会的な課題というのが世界中にはあるわけで、非常に解決するのが難しいものも多くあります（スラ

新しいワイヤレス技術を開発する中で、研究者・エンジニアは Key Performance Indicator 「KPI」、業績評価指標というものを使います（スライド 10）。これには、データレートであったり、遅延（レイテンシー）であったり、あるいは位置情報の正確性、エネルギーの使用量、あるいはデバイスのコストといったものがあります。一方で、ヨーロッパで数年前から議論が始まっているのが、この KVI 「Key Value

が大切です。例えばデジタルインクルージョン、包摂性、社会のすべてのプレーヤーを 6G の要件定義の中に巻き込んでいく。そしてこういったところも一つの例だと思うんですけども、社会や産業の様々なセクターから出てくるアプリケーションやシステムの要件が、どのような形になるのかというのが、まだはっきりしていません。もう一つ言えるのが、透明性が重要だということなんです。

まだいろいろな問題解決が必要だと思っています。例えばデータプライバシーに関連する AI アルゴリズムの活用、それを大規模に使っていく際のものです。個人情報漏えいがない、あるいはこの日常の状況、あるいはその健康情報について、6G、7G、8G のシステムに問題なく提供されるようにフィルタリングがされるかといったところですね。このプライバシーやセキュリティに関する信頼、このシステムにおけるそういった信頼というのはとても重要です。消費者が例えば健康上の理由や、データのプライバシーの理由から、6G がよくない、それは受け入れられないと考えてしまうと、これは大きな成功には決してならないわけです。

最近、O-RAN、Open RAN という話がよく議論されていますけれども、これは基本的に全てをオープンソース化していくというもので、今まさに起きているトレンドです。通信業者などのおもなプレーヤーが期待するほどスピード感は速くはないかもしれませんが、確かに今後発展していくと思っています。ですので、6G などを作っていくといったときに、全てをオープンソース化していきたいのであれば、意識を大きく変えていかなくてははいけません。皆さんもご存じだと思いますけれども、秘密にしておくことは競争上優位です。定量化は難しいものですが、これらは KVI に関する 1 例であり、お話ししたかった部分の一つになります。



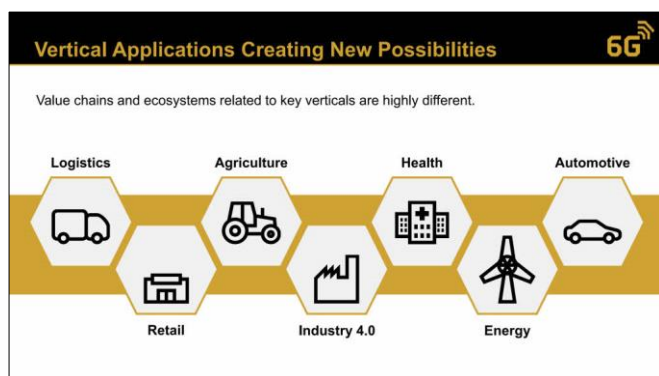
スライド 11

この Society 5.0 というのが日本でいつ出てきたのかはよく覚えていないんですけども、2015 年ぐらいには既に出てきていたと思います (スライド 11)。本当にこれは非常にうまく説明していて、最初から良いと思っていました。社会的な目標、そして社会のどのセクターにおいて近代的な ICT を使うことができるのか、そして重要な実現技術はどういったものなのか、といったことを見ています。この

2 層目に、あるいは 3 層目にさまざまな略語が書いてあって、細かいところは割愛しますが、うまくマッピングされています。

それから将来のデジタル社会を実現していくためのステークホルダーが誰なのかということを書いています。これまではずっと長年そうでしたけれども、モバイルオペレーターだけではもうないんです。すべてのステークホルダー、アプリケーションのプレーヤーなどに入ってもらわなければなりません。その上で、どうすれば最も効率的に将来のデジタルサービスを作ることができるのか、社会にとって便利な物がどうやったら作れるのかを考えていかなければなりません。

個人的には、私たちの「FLAGSHIP」プログラムにおいても、将来的に重要となるバーチャルな応用分野を見ていかなければならないと考えています。それらをもっとよく理解することが必要です。何千とは言わないけれど、何百もの分野があります。例えばこの例で見ますと、農

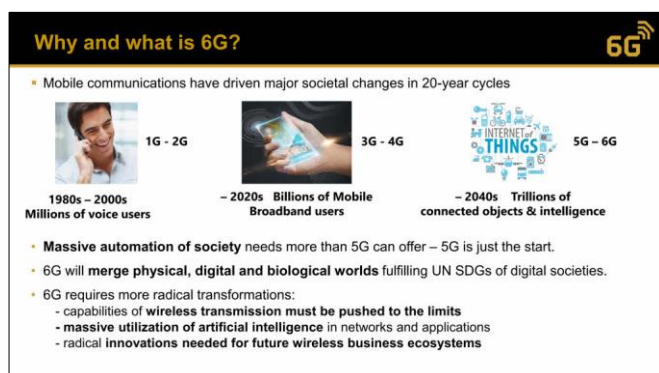


スライド 12

業、健康、産業、それぞれに関わるプレーヤーは大きく違います (スライド 12)。またそれぞれのセグメントごとに、効率を高めるためにアプリケーションやサービスとして必要とされるものも違ってきます。また、コミュニケーションの要件も違います。例えばデータの転送速度、あるいはデバイスのエネルギー消費などです。

ですので、もしかしたら私たちが向かっている時代では、一つの技術が全ての問題を

解決するという考え方が、もう正しいとは言えなくなるのかもしれませんが。これからの時代はソリューションをもっとカスタマイズできるようにしていくことが、これまで以上に求められるのかもしれませんが。今もまだ 6G では研究段階ですが、それぞれのアプリケーションごとに良いソリューションを探していかなければなりません。そしてその上で標準化をして、いろいろなオプションをどうまとめるかということになります。



スライド 13

では、6G とは何なのか、なぜそれが必要なのでしょうか (スライド 13)。「デジタル化」とかいろいろな名前が付いていますが、ターゲットは社会の大規模な自動化です。そのためには 5G 以上のものが必要となります。モバイルネットワークで何ができるかという新しい考え方ですが、5G はその始まりにすぎません。個人の通信だけ、ブロードバンドの接続でインターネットを使う、というだけではありません。こ

れから先の社会の大きな柱の一つであり、今はまだスタート地点にすぎません。

6G では「メタバース」という言葉がよく聞かれますが、それにはいろいろな意味があります。実際には、物理的な世界、デジタル、そして生物学的な世界をまとめて融合させています。生物学的というのは私たちの体、それから物理的というのは、例えば人間の周りに構築されたインフラストラクチャーのことです。そしてデジタルの世界とは、例えばもっと正確にいろいろなことをモデル化するために作られるデジタルツインのようなものです。

また、6G にはもっと劇的な変換が必要となります。まずはワイヤレスの通信能力を限界まで高めていかなければなりません。例えば、今現在、研究の世界ではテラヘルツコミュニケーションといった極端な無線技術を追求しています。高周波数、非常に高い周波数で通信をつなごうとするものです。また、将来のネットワークやいろいろなアプリケーションの最適化にどのように効率的に AI を使うことができるか、それを理解していかなければなりません。

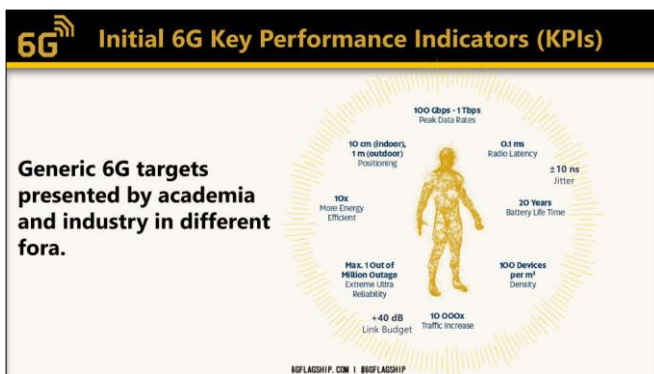
三つ目に、新しいネットワークの運営の仕方を変えていかなければなりません。機械であれ、人であれ、それらのためのアプリケーションをどうやって作っていくのか、新しい考え方に基づいてやっていかなければなりません。今までは事業者のイノベーションだけにかかっていました



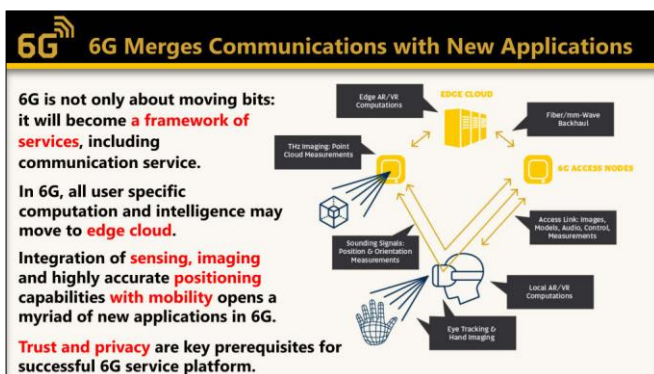
スライド 14



スライド 15



スライド 16



スライド 17

していますが、これは室内では使えません。自律的に動く物には、もっと精密な位置情報が必要になるかもしれません。6G がやるべき目標の提案というわけではありませんが、さまざまな企業

けれども、これから先はもっと新規参入者が入ってくることが求められます。将来のメタバース、あるいはスマートシティについて考えますと、この大きな未来のデジタル社会やスマートシティに接続できる可能性のあるいろいろなプロセスがあります (スライド 14)。これらのセグメントには全く違ったアプリケーションニーズがあり、その裏にはさまざまなプレイヤーがいるはずです。では、未来のネットワークのオペレーションをどうやって作っていけばいいのか。

このスマートキャンパスが、スマートシティの小型版ではないかと思います (スライド 15)。それを東京大学の中尾先生などと今話し合っているわけですが、何らかの形の実証実験ができればと願っています。この未来のスマートキャンパスは、未来のスマートシティの小型版であり、便利な未来のアプリケーションを、その中で探っていくことができると思っています。

さて、この数年間起こってきたことを見てみたいと思います (スライド 16)。研究コミュニティはいろいろな目標、6G では何を指すべきかの数字を挙げています。1 基地局ごとのピークデータレートですが、「100 ギガビット～1 テラビット」という話が出ています。それから無線の遅延については 0.1 ミリ秒、それからバッテリー寿命 20 年、それからたくさんの数のデバイスが 1 立米当たりにある、それからトラフィックも 1 万倍に増えていきます。それからエネルギー効率も 10 倍改善していかなければなりません。それから非常に精密な位置情報が、通信能力の上に付け加えられなければなりません。

今現在はおもに GPS の位置情報を使用

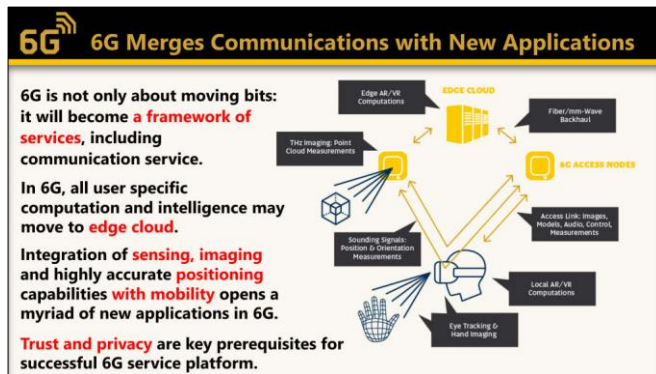
とか研究グループなどが挙げている数字をまとめてみました。

また、6G についての別の観点ですが、「6G とは何か」ということです (スライド 17)。もう 6G はただ単にビットを通信するだけのものでも、モバイルブロードバンドだけでもありません。通信サービスを含む、さまざまな種類のサービスの枠組みとなります。その一つの例として、研究の世界でよく言われているのが、通信とセンシングを同じシステムの中で組み合わせるということです。

例えば非常に精密な位置情報を含めた 3D イメージを検知、構築することができます。例えば、町中にセンシング能力を入れることで、町の隅々まで見る新しい意識を開発できます。ネットワーク上にこれらの協調的なセンシング機能があれば、そのような技術は、例えば衝突防止や歩行者の安全を守るためなど、交通の世界に役立つようになるでしょう。

それから、将来のネットワークはインテリジェントなものになります。そのインテリジェンスはエンドユーザーに近いレベルまでもたらされるでしょう。現在、私たちは集中型クラウドサーバーと呼ばれるものに頼りすぎています。どこか遠くですべてのデータが送信され、AI がいろいろな処理を行って、それをベースにしたサービスを得られます。

しかし、モバイルの世界において、環境は非常にダイナミックですので、ビットをまずクラウドサーバーに送って、それから処理されたものを受け取るのを待つということではできません。効率性を高めるために、そして遅延を抑えるために、またエネルギー効率を上げるためにも、インテリジェントな処理をユーザーに近い所で行うことが必要です。このコンセプトは「エッジクラウド」と呼ばれています。つまり、例えばそれぞれの建物が、周囲から得られたデータを処理するインテリジェント・プロセッサを持つことができる、というような環境になるのかもしれない。



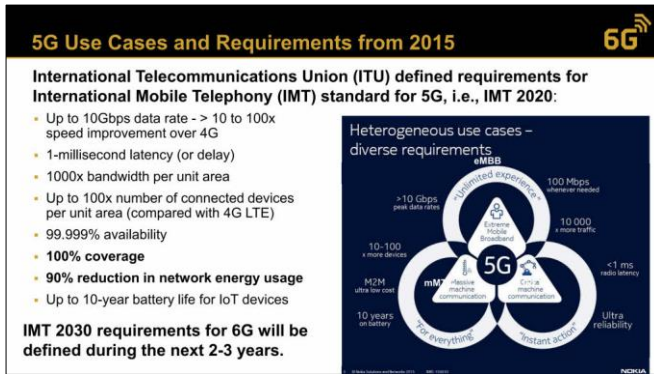
スライド 18

What 5G will bring to you!	5G applications	What's new with 5G?	Why not today?
streaming volume consistently fast	4K/8K TV, immersive gaming, augmented reality, ultra-high-resolution video	Higher bandwidth, consistent performance, lower latency, consistent performance	Network congestion, limited bandwidth, high latency, inconsistent performance
always best connected	Widespread connected cars, autonomous driving, high-speed rail, smart cities	Consistent performance, consistent performance, consistent performance	Network congestion, limited bandwidth, high latency, inconsistent performance
no perceived delay	Healthcare, industrial automation, remote surgery, autonomous driving	Ultra-low latency, consistent performance, consistent performance	Network congestion, limited bandwidth, high latency, inconsistent performance
massive amount of connected things & people	Smart cities, smart homes, smart grids, smart factories, smart agriculture	Massive MIMO, network slicing, consistent performance	Network congestion, limited bandwidth, high latency, inconsistent performance
energy efficiency	Smart cities, smart homes, smart grids, smart factories, smart agriculture	Network slicing, consistent performance, consistent performance	Network congestion, limited bandwidth, high latency, inconsistent performance
flexible programmable networks	Smart cities, smart homes, smart grids, smart factories, smart agriculture	Network slicing, consistent performance, consistent performance	Network congestion, limited bandwidth, high latency, inconsistent performance
secure networks	Smart cities, smart homes, smart grids, smart factories, smart agriculture	Network slicing, consistent performance, consistent performance	Network congestion, limited bandwidth, high latency, inconsistent performance

スライド 19

では今の 6G と、10 年前に 5G が掲げていた約束とを比べてみましょう (スライド 18)。こちらは 5G の研究・開発のための目標として 2013 年当時に EU が定義したものです (スライド 19)。左側のほうにさまざまなスローガンがあります。素晴らしい容量、そして常に最高の接続、遅延なし、エネルギー効率、それからセキュアなネットワークといったことが掲げられています。これは今も 6G を語る上でも意味のあるものです。もちろんこれらに関わる数字はアップグレードされていますし、されなければなりません、課題としては全く変わりません。

EU がこの一般的な目標を設定したあと、通信セクターのさまざまな要件を定義づけてきていた国連の下部組織である ITU において、2015 年、5G に関わる国際



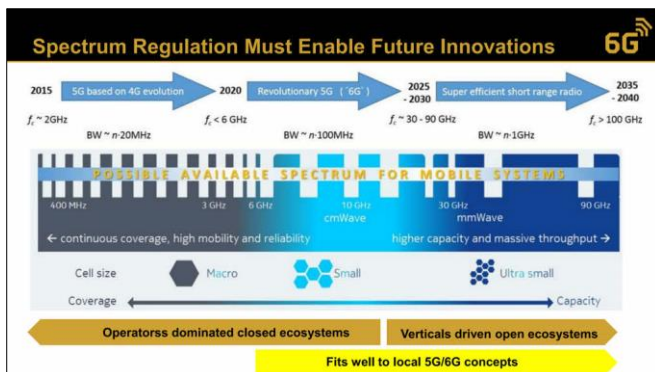
スライド 20

携帯電話規格というものがまとめられました (スライド 20)。「IMT-2020」というものです。例えば、5G のターゲットには、まさにこのような技術的なパラメータが定義されているのです。

二つ、ここで申し上げたいと思います。ちょっと今のところうまくいっていないところ二つです。「100 パーセントのカバレッジ」、ユーザーやアプリケーションがどこにいても接続されるという状況です

が、今はまだそうになっておりません。「ネットワークのエネルギー使用 90 パーセント削減」、全く逆の方向に行ってしまったと、逆に 90 パーセント増やしてしまったんじゃないかと思います。この二つは全くうまくいっておりません。

私たちの勘としては、6G においてもこのエネルギー効率の要件がとても大きな取り組みとなるかもしれません。今、ヨーロッパは深刻なエネルギー危機にあります。EU ではおそらく 6G の目標として、かなりエネルギー効率を高めていくということを求めていると思います。IMT-2030 というふうに言われる 6G の要件ですが、これから 2~3 年で定義がされてくると思います。まだいつというふうには言われてはいないかと思いますが、もう間もなくです。それでその後 6G ではどのような技術要件があるのかが分かってまいります。



スライド 21

未来のモバイルテクノロジーのために必要なことのひとつは、周波数帯です (スライド 21)。周波数帯が新たに割り付けられなければ、新しいモバイルの世代は生まれません。今、6 ギガヘルツまでの周波数帯がほとんど使われていると言えます。5G の開発が始まったときには、使われていない帯域幅が多くある 30 ギガヘルツ以上のミリ波帯の技術というところに力を入れていました。そして多くの帯域幅をモバイル

システムに割り振れば、容量やデータレートが上げられる、それで今、まさにそういう状態になってきています。

5G までは各国で周波数のオークションをやっています。いろいろな事業者が応札をして、20 年~25 年その周波数帯を使うために何十億ドルもかけて、その無線のライセンスを取ろうとしています。さらに高い帯域幅にいきますと、これらの周波数ライセンスは通常、国全体で付与されます。高い周波数帯に移行した場合、全国的にライセンスを割り振っても意味がありません。高い周波数の電波はそれほど遠くまで伝わらず、ミリ波ともなりますと、窓を通して伝搬ができません。ですので、例えば 100 ギガヘルツまでいきますと、どういふふうに割り振るのか、政策や、原則を変えていかなければなりません。

ですので、このローカル 5G、それからローカル 6G を考えるときには、特に高い帯域幅が一番有望だと思います。事業者はこの高い周波数帯のみを割り当てられる、と。そしてそれからロー

カリティという考えもサポートするものとなります。なので、ネットワークを違った建物で違ったプレイヤーが運営する場合も、電波の伝搬特性によって共存が可能になってくるということです。今、ローカル 5G・6G の概念でミリ波はどう使えるかということの中尾先生と共に話し合っております。

Micro Operator (or Local Operator)

- Virtual operator does not have own infrastructure but has own customer base.
- Micro operator (uO) has own infrastructure but not necessarily own customer base.
- Revenue models for uOs are not based on monthly fees of bytes.
 - Part of property offering – inclusion to rent
 - Part of customer service model
 - Improving the efficiency of public service => savings for society
- Possible only via changes in regulation.

Private 5G networks are nonpublic mobile networks, uO concept allows also (national) roaming and can be public.

oulu.fi/uo5g

スライド 22

こちらは私たちが 2015 年に開発したローカルオペレーター向けのコンセプトの一例です (スライド 22)。マイクロオペレーターコンセプトと呼ばれていましたが、ローカルなプレイヤーが非常に特別なサービスに焦点を当てるといふものです。現在のローカル 5G の事業者といわゆるマイクロオペレーターとのコンセプトの違いが出てきています。今日のローカル 5G は、いわゆるプライベートネットワーク、プラ

イベート 5G ネットワークと呼ばれる非公衆網ですので、異なる事業者の顧客のローミングは許可しません。しかし、この 6G の時代になりますと、国内のローミングができることが一つの要件となってきますし、ローカルネットワークも公開可能かもしれませんし、またそうあるべきです。

例えば富士山の 5 合目においてローカルネットワークを今後確立するということになる、このエリアはどの事業者のお客さまもアクセスできるようにする、ということが必要になってきます。

Remote Areas Connectivity Challenge 5G

- The digital divide is increasing, and it is most acute in rural and remote areas.
- For digital inclusion, we need to concentrate on requirements and challenges in rural and remote areas from the beginning.
- Affordable and sufficient service solutions do not call merely for technical solutions, but for novel regulation and cooperation between various stakeholders, notwithstanding the financing challenges.
- Technically, it uses mobile cellular solutions in local limited places where people live and work and various backhaul solutions including large cells, relay technology, and satellite technology. All solutions should target affordability and sufficient service, which may differ from targets set for new high data rate solutions for high-population urban areas

スライド 23

もう一つ具体的な課題があります。それは地方、遠隔地の接続性です (スライド 23)。何十億人もの人たちが今現在インターネットの接続のない生活をしています。こういった人たちは遠隔の地域、貧困した地方に住んでいることが多い傾向にあります。ですので、そういった地域においては、全く通信インフラが存在しません。そうなる私たちが住んでいる都市の要件、大都市の要件とは全く違うものとなります

す。ですので、解決法も廉価でなくてはなりません。あまり高価なものでは使えません。十分なサービスレベルがあれば喜ばれるでしょう。最新のテラビット/sec のデータレートが必要なわけではありませんが、どんな接続レベルであっても、こういった人たちの生活は大きく変わります。

これは途上国のためにも必要なことかもしれませんが、先進国でも通信インフラを整備するのが非常に難しいところがあれば、通信速度が極端に高くないその地域だけの基本的なサービスを考えてみるといいかもしれません。例えば前のスピーカーもおっしゃっていましたが、災害復旧の段階において、必ずしも高いデータレートの通信が必要なわけではない場合があります。人々に注意喚起を行う必要があること、安全に下山してもらうことを優先するとすると、さまざまなサ

ービスが必要になります。

ですので、こういった遠隔地の接続性の課題については、非技術的な課題だと私たちは思っています。現在のテクノロジーでできることはたくさんありますが、特別な要件として、例えば、電源がない、エネルギー源がない場合が非常に多いということで、再生可能エネルギーベースでのエネルギーをその場で作る必要があります。太陽光発電とか、あるいは風力とか、そしてそこにバッテリーを設置して、エネルギーをためておくということが必要です。こういったネットワークを構築させるには、誰が遠隔地のネットワークに資金を出すのかを考え直す必要があります。

先ほどちょっと申し上げるのを忘れました。フィンランド、ラップランドの事例なんですが、この地域は北極地域、人口密度は 1 平方キロメートル辺り 2 人しかいません。そういったときに、事業者は高価な 5G や 6G のネットワークを作ってくれるのでしょうか、非常に人口が少ない地域において。ですので、インセンティブは違うアプローチで提供しなくてはなりません。政府系の事業者が、基本的なサービスを最低限でも提供できるようにするという努力が必要です。

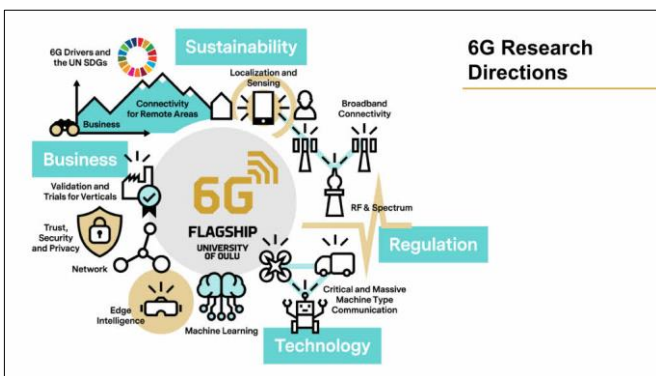


スライド 24

あるいは 1 週間に何回か、ドローンがセンサーデータの情報を収集するための定期的な飛行経路があれば、アクセスが難しい場所にセンサーを置いて情報を集めることができます。これらも研究が大きく進んでいるところです。6G では何らかの成果が出て、そして 7G の時代には必ず現実になっていると思います。

こういった遠隔地において、現在研究者は検討を進めています (スライド 24)。地上波モバイルネットワークを補完する 3D ネットワーク、もちろん衛星接続もあります。高高度のプラットフォームについて、日本がパイオニアでもう 20 年先頭を走っていますが、非常に興味深いコンセプトがこの何年かの間で出てきました。

しかし今は UAV、ドローンもいろんな場所で使うことができます。例えば、1 日



スライド 25

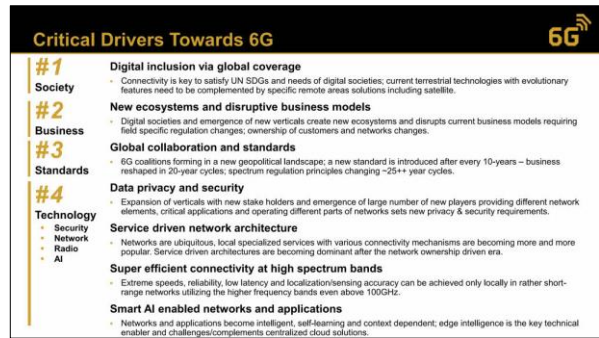
これらの規制の変更に影響を受けます。このようなローカルネットワークの概念は、より多くの資金、新しい資金を市場に投資しようとする新規参入者にとって、新たなビジネスチャンスとなります。

いろいろな研究課題について話をしてみました。今日話さなかった技術研究以外にも、規制の問題が重要になってきます (スライド 25)。私たち研究者は、現在の事業者が中心の規制の問題にも直面します。私たちも社会のために規制を変える努力が必要です。これは簡単な道筋ではありませんが、私たちの責任です。

将来の事業では何が許されるのか、何が可能で、将来は何が合理的になるのか、こ



スライド 26



スライド 27

Starlink のイーロン・マスクが、何十億ドルもの資金を出して衛星ネットワークを作ろうとしているのがその良い例です。中尾先生はこの Starlink を使って、富士山での実験も重ねていっています。事業者がそのビジネスを席巻してしまうのではなく、新規参入者に開かれたものにする必要があります。

持続可能性の点から、私たちは資金のことだけを考えるべきではありません。どこに住んでいたとしても、少なくとも基本的なサービスをすべての人に提供するために、より民主的にならないといけないと思います。そういった意味で、エンジニアがやってきたことは全く十分ではありませんので、今後その点を大きく改善する必要があります。

もしこれらのいろいろな側面についての詳細に興味のある方はぜひこちらの White Paper をダウンロードしてみてください (スライド 26、27)。もっとたくさんの情報が載っています。また、私たちの雑誌をフォローしたい方は次号の「6G Waves Magazine」という雑誌があと数週間で出版されます (スライド 28)。私たちの研究成果についてのストーリーが説明されています。



スライド 28

また国際的なイベントを積極的にしています。毎年 6 月にはヨーロッパ委員会と共同で「EuCNC 6G Summit」をヨーロッパ各地で行っておりまして、議長国は EU の議長国で行われることが慣習になっています。来年 6 月はスウェーデンが議長国になりますので、ヨーテボリにいる私たちの同僚がこのサミットを主催します。

ご清聴どうもありがとうございました。また、ご招待いただき、ありがとうございました (スライド 29)。



スライド 29

亀谷（司会進行） Latva-Aho 先生、ありがとうございました。質問がありましたら、お願いいたします。なさそうですので、次のご講演に移りたいと思います。Latva-Aho 先生、ありがとうございました。5 番目のご講演は、東京大学大学院工学研究科、システム創成学専攻教授、中尾彰宏先生に、「富士山 DX への提言」というタイトルでお話しいたします。中尾先生、よろしくお願いたします。

“5G and Beyond Networks Serving Society”

Matti LATVA-AHO (Professor at Faculty of Technology, The University of Oulu, Finland)

Matti LATVA-AHO

Good afternoon, ladies and gentlemen. It is a great pleasure to be here at Mount Fuji. It has always been my dream to see Mount Fuji from near distance, and yesterday, the weather was so good that we were able to see it from the 5th Station.

We have also one sacred mountain in Finland. It is called Mountain Saana. It is far up in Lapland. It is, of course, much smaller than Fuji, but it is a sacred mountain, where the local people are living there, and we call them Lappish people.

Although it is a city 200 kilometers south from Arctic Circle, located by the sea, in Northern Finland, we have some attractions as well. We have very active Northern lights, and they are very much visible exactly at this time of the year when the nights are dark. A lot of tourists come to Lapland and Northern Finland to enjoy Aurora Borealis.

Also, we Finns believe that Santa Claus is coming from Arctic Circle. There is a city called Rovaniemi, where he lives. These famous characters, Moomin characters, actually it is a Finnish character, and we have a theme park in Southern Finland where you can enjoy all these funny Moomin characters.

Oulu is also going to be European culture capital in year 2026, but every August, we organize Air Guitar World Championships, and twice this Japanese lady, Nanami Nagura, has won the World Championship title. You can try to find some videos from YouTube. It is actually quite funny.

I am representing 6G Flagship from the University of Oulu. This is the world's first biggest 6G program. We started on 1st of May 2018. This is a four-plus four years' long program, and we are now a little bit over halfway of it. It is operated at University of Oulu. We do not have any other partners. We have currently almost 400 researchers working in the Flagship at the University of Oulu from various fields of relevance related to 6G.

One thing we importantly did in the early phases of flagship is we carried out with international expert group of specialists from over 30 countries, and there were 250 people altogether. We chaired this white paperwork. I am going to explain you a little bit later what we actually did, but those have become very popular as 6G visions and showing the way to the rest of the world what are relevant things to look at and consider in 6G technology development. Of course, as a university group, we are active in publishing our results and also a production of high-quality doctoral thesis.

In our research, we want to address not just technology and wireless communications research challenges, but we find extremely important to address also regulative issues, future business models-related challenges, but most importantly also sustainability issues. How can we develop 6G in such a way and to such direction that it supports these really challenging Sustainability

Development Goals? I am going to address all of these during my presentation and get back to this in the end of my talk.

In our research, we are looking at four major, what we call, strategic research areas.

First of all, wireless connectivity, how these wireless systems should be developed, built? What kind of technologies we should use in various different conditions?

Second, we are looking also at how can we implement these in cost and energy-efficient manners? Device and circuit technology research is gaining more and more importance as the time is going on.

Third, there is a lot of even some hype in our research area in globally utilizing artificial intelligence-inspired machine learning algorithms in various ways in wireless systems and networks, and also future applications. But despite of this small hype, lots of important ideas have been adopted already and will be adopted, for example in network automated optimization as an example.

Then, the fourth area is related to future applications and services. In order to study those, we have been developing 5G test network since 2015. We are now determined to take it towards a 6G era, and we will equip that 5G test network facility with some 6G-capable radios and features so that we can demonstrate in the coming years what 6G could bring to us humans.

At this point of this strategic research areas, we have selected four major, what we call, strategic vertical areas as our study objects, where we want to develop future solutions for. These all are of national priorities: health, industry, vehicular and automotive sector, as well as energy sector. We want to explore in great detail that how these different types of application areas should function as ecosystem, what is the value for each of the players in the ecosystem in the future when they are a part of this 6G technology leap?

Global collaboration for us is very important. Japan is one of our prime collaborators. This May, our Prime Minister Sanna Marin visited Japan, and I had the privilege to be part of that delegation. With the help and assistance of Professor Akihiro Nakao, there was a high-level seminar at the Tokyo University which significantly speeded up the collaboration between Japan and Finland on the road towards 6G.

When we look a little bit back, there has always been what you can call a Killer application to really speed up the popularity of different mobile generations. There is new mobile generation every 10 years, and when we started from 1G and when we went to the 2G, it was mainly voice-oriented usage. We used mobile phones as telephones, a little bit text messaging, but that was all. With the development of 3G technologies, we started to consider also using mobile handsets as wireless gadgets to get connected to internet. 4G technology made it really possible, since the data rates that we need for a nice internet experience were possible only with the introduction of 4G.

That is past and still partly current.

5G has made a big promise to connect lots of different things around us, different sensors, different objects, different machines, robots, cars, different processes in logistics to be wirelessly connected to internet. But this is still mainly a big promise. We do not know what is the so-called Killer application making 5G, and after that 6G, a great success. There were lots of expectations, but we are still far away from having them available. Currently, the situation is that 5G has continued this mobile broadband development, so we have faster access to internet, not significantly faster even, but a little bit faster with 5G handsets. I have to say that this is considered as a disappointment so far everywhere.

When we look at what possibly could come next, 6G, we have to change a little bit the thinking. So far, we have been always after higher and higher data rates only. For example, current 5G mobile broadband is a good example of that. We should think about why and what for we are developing any technology, and in this case, 6G wireless technology. We have a lot of challenges in the world from societal perspectives, and we have too many challenges which seem to be currently even too tough to solve. But by collaborating globally, I think we can achieve good solutions in the coming years.

The United Nations Sustainability Development Goals is a good example of commonly accurate goals to which direction the world should go. On this left-hand side, I would say that these are kind of soft target, soft values that we hardboiled. Wireless engineers and researchers should think more carefully and take them more seriously. We are very good. The engineers are very good at developing different technology enablers, which are important, but we do not consider always that, "Okay, how does it benefit the humankind and world?" This mentality has to change, and so we have to consider all these.

Technology enablers are many that are happening now. Wireless connectivity is one. Robotics is an important area that is developing very fast. Automating all kinds of processes. Is it automated driving or is it automated factories, or whatever it is, there are lots of things happening there which are equally important like wireless connectivity?

The fourth area is that what was set as a target for 5G especially was to greatly improve the productivity of vertical applications. If you analyze very carefully, industrial productivity has not improved that much during the past 20, 30 years, which is quite surprising. 5G was made as a big promise to greatly, greatly improve industry's productivity. We are still on the way to get there, and I am personally convinced that it will happen. It will just take a little bit more time than we expected.

When we are developing new wireless technologies, we researchers and engineers talk about Key Performance Indicators, KPIs. They are related to data rates. They are related to latency or delay. They can be related to positioning accuracy, energy usage, or cost of the devices, etcetera. But in Europe, we have started to discuss already a couple of years ago a lot on bringing in Key Value Indicators, KVIs, which are hard to measure, hard to quantify, hard to map exactly to product requirements or system requirements but are extremely important to agree on and to openly discuss.

For example, digital inclusion, inclusion of all players in the society in defining the requirements for 6G is a good example. We do not know well enough what are the types of applications and system requirements coming from those of various sectors of society and industries and potential players in the future.

Secondly, I think we have to be more transparent. There are lots of issues to be still resolved. For example, in data privacy related to various AI algorithms usage in large scale. How can we really make sure that personal information is never leaked, or it is filtered in such a way that everybody or persons can accept what is provided from our daily lives or our health situation to future 6G, 7G, 8G system. In general, privacy, security, trust, the future systems are very important. If the customers or people do not trust that 6G is good for them for whatever reason, health reason or data privacy reason, then this will never really become a great success.

These days, there is a lot of discussion on what is called O-RAN or OpenRAN. It means basically open source everything. This is a trend happening maybe not as fast as key players like operators would hope, but it is definitely happening in the future. If we want to have open source everything kind of mentality when defining and developing 6G, the attitudes need to change a lot, because it is a competition advantage not to tell your secrets to everybody. You must have something on your own.

These are just some examples about these KVIs, and like I said, these are not easy at all to quantify.

I do not remember exactly when this Society 5.0 concept was launched in Japan, but I have seen this maybe already in 2015 or so, and I liked it from the very beginning. This is a nice way to describe what are the societal targets and in which sectors of society the modern ICT technologies could be useful, and then they explain also that what are the critical enabling technologies to make it happen. There are different acronyms on this second layer of the circle, or actually third layer of the circle. There is no need to go into those details, but they are nicely mapped there.

Also, they have defined who are the stakeholders who we need to consider when we want to make this future digital society reality. We have to take onboard everybody. This is no longer a show of mobile operators, for example, alone, as it has been in past for a very, very long time. We have to take onboard all the stakeholders, different vertical application players, and then start to think about how we most efficiently build future digital services, which are useful for society.

Personally, I believe, and we in our flagship program we believe that we have to have very close look at the future-critical vertical application areas. We have to understand those far better. There are hundreds, if not thousands, of different vertical areas. If you think about, for example, from this example, like agriculture versus health versus industry, the relevant players in each of these are highly different. The types of services and applications we need for making these segments of society are more efficient. They are totally different. Also, the communication requirements become different. For example, data rates or energy consumption of devices, they can vary a lot.

Maybe we are coming to an era where this "one technical solution fitting all problems" thinking is no longer the right way to go. Maybe we have to be able to customize solutions far more than in previous generations. We are still in research phase in 6G, and at least we try to find good solutions for different selected application areas. Then, it is a matter of standardization in the future to find out how to put these different options together.

But what is 6G and why we need it?

I think the target is massive automation of society. This has different names, like digitalization. Definitely, in order to make it happen this future society vision possible, we need more than 5G can currently and in the near future offer. 5G really is only a beginning of new way of thinking of what we can utilize mobile networks for. It is more than personal communication device. It is more than broadband connectivity to internet. It is actually one of the basic pillars of future societies, and it is only a start.

In 6G, we have been hearing these different visions of metaverse, and it has, of course, many different meanings, but really, we are merging physical, digital, and biological world.

What does it mean?

Biological world meaning, for example, our bodies. Physical world means, for example, the built infrastructure around human beings. Digital world is, for example, these digital twins that we can build to model very accurately different things and phenomena.

Also, 6G requires more radical transformations compared to 5G. First of all, we have to try to push wireless transmission capabilities to the limits. An example of that is that currently in research community, we study really extreme radio-technologies like terahertz communications, which is a really, really super high frequency to be used for radio connectivity, as an example, but there are many others as well. Then, we have to also understand that how we can most efficiently utilize AI, artificial intelligence, in optimizing and dynamically optimizing future networks and different applications.

Thirdly, I would like to point out that we need new ways of building, operating the networks and how we serve customers. Are they humans or machines? How we most efficiently develop applications for those? We need new ways of thinking. Too many things for too long time have been depending on operators' innovation only, but we need new players. That is very clear.

If you think about this future metaverse or smart city, there are so many different processes that potentially can be connected to this huge future digital society or smart city. Again, these different segments represent very different application needs, very different set of players that are behind this, again, encouraging to rethink how should we build and operate the future networks.

One smaller version of this smart city is Smart Campus, and this is one of the possible collaboration areas that I have been discussing with the University of Tokyo with Professor Nakao. Hopefully, we can carry out some demonstrations in

the future within this context. But this future Smart Campus is a mini version of future smart city, and maybe we are able to showcase some really useful future digital applications in this context.

Now, looking at what has happened during the past few years. The research community has presented various different target values already for where 6G should try to aim at.

Peak data rates per site, so per base station. The numbers between 100 gigabit and up to 1 terabit have been discussed and shown. Concerning the radio latency or delay, 0.1 millisecond has been presented. Battery lifetimes of 20 years. Huge number of devices per cubic meter. Traffic is increasing 10,000-fold maybe. The energy efficiency has to be improved 10 times. Very accurate positioning to be embedded on top of communication capabilities is one of the new features and characteristics.

Currently, we mainly utilize GPS positioning, but it does not work indoors. Maybe some autonomous objects moving require much more accurate positioning capabilities in the future. This is not a suggestion on what 6G should target at, but just a collection of numbers that have been presented by various different companies and research groups.

One more view, another view to 6G is that what is it. It is not only anymore just transmitting bits. It is not only mobile broadband. It is going to be a framework of various different types of services, including communication service. One example of that, that is discussed currently a lot in research world, is combining communication and sensing within the same system.

We could sense or build 3D image of our surroundings. We could also include very accurate positioning to that. We could, for example, develop new senses to see around the corner in the city. If we have these collaborative sensing capabilities in the network, that kind of techniques could assist us a lot in collision avoidance of, for example, in a traffic or pedestrian safety.

Future networks will be extremely intelligent, and the intelligence will be brought very close to actual end users. Right now, we rely too much on what is called centralized cloud servers. Somewhere far away, all data is transmitted, and then really fancy AI algorithms are doing lots of processing and then we can enjoy services based on that.

But in a mobile network, the environment is highly, highly dynamic, and we do not have time to transmit bits first to the cloud server and then getting something processed back. We have to carry out all the intelligent processing very close where the users are for efficiency reasons, for keeping the latency or delay down, and also energy efficiency reasons. This concept is edge cloud, or the name most often called. It means that very close and every single building could have an intelligent processor processing data that it is collecting from the surroundings.

We now compare what these visions that we think 6G could be to the promises that 5G was making almost 10 years ago. This is a short listing of 5G targets that the European Union was defining back in 2013 for 5G research and development. On the left-hand side, there are various kinds of slogans stated, like amazing

volume, always best connected, no delay, energy efficiency, secure networks, and many others. These are all extremely true and valid also today when we discuss about 6G targets. Of course, the numbers and numerology related to all of these targets are upgraded and have to be upgraded, but the challenges remain the same.

If we look at, for example here, in 2015, so soon after this EU set these general targets, International Telecommunications Union, which is an organization under United Nations, which has been defining the development of telecommunications sector for a very long time, they defined so-called International Mobile Telephony standard requirements, which was called IMT-2020 concerning 5G. They, for example, have defined exactly these technical parameters for 5G targets.

I would like to point out two things that seem to be failing badly for the time being at least.

100% coverage, coverages everywhere, meaning that no matter where the users or applications are, they can be connected. We are definitely not there.

90% reduction in network energy usage. I think it is just the opposite. I think we were able to increase it by 90% more. Maybe not so much, but that is a big failure also. Our hunch is that maybe for 6G requirements, this energy efficiency issue will be addressed very strongly. If you look at now, for example, what is happening in Europe, we are living in a serious energy crisis. I am pretty certain that the European Union will require significant energy efficiency improvements for 6G targets.

These 6G requirements, which will be called IMT-2030, they will be defined during the next 2 to 3 years. I am not sure if the exact date is yet out or declared, but that is going to happen soon. After that, I think we know exactly what are the technical requirements for the 6G system.

One of the important things related to developing future mobile technologies is related to radio spectrum. Without allocation of new radio spectrum, there most likely will not be a new mobile generation at all. Radio spectrum is heavily utilized and fully occupied, I would say, up to, let us say, around 6 gigahertz. Not quite, but almost.

Now, when 5G development started, we were focusing heavily on what is called millimeter wave technologies going to 30 gigahertz and even above that, where lots of unused bandwidth is available. When we allocate more bandwidth to mobile systems, we can expect to have more capacity, bigger data rates. That is simply what is happening there. Up to 5G, every country has organized a spectrum auctioning, kind of a competition where different operators are bidding, they are buying spectrum licenses for 20 to 25 years, depending on the country, and they spent billions and billions of dollars for getting these radio license permissions.

Now, when we move to higher spectrum bands, and these spectrum licenses are typically given countrywide. When we go to these higher spectrum bands, the spectrum licensing countrywide does not make any more sense. Because the radio signals will not propagate that far at higher frequencies, they do not even propagate through windows anymore at millimeter wave frequency bands, at least

not much. If you go to 100 gigahertz spectrum range, we have to change the policy and principles how spectrum is given for different players.

This is our thinking that when discussing about this local 5G, in the future local 6G, especially this high spectrum band area is the most promising for it because operators might be accepting appearance of these at high spectrum bands only. Also, it supports the thinking of locality. We can have different players operating the network in different buildings in a city, and they could easily coexist because of the radio propagation characteristics at high spectrum bands.

This is what we are currently thinking jointly with Professor Nakao, to consider how millimeter waves could be used for these local 5G, local 6G concepts.

This is one example of a concept we developed back in 2015 for the local operators. We called it at that time micro-operator concept, where it is very local player and can be focusing on very special services. But the difference compared to current commercial local 5G, and this micro-operator concept is that these local 5G concepts today, they are private networks. They also call it private 5G networks. They are non-public. They do not allow roaming of different operator customers, or it is not at least forced requirement. What we should do in 6G era is to put as a requirement also that national roaming is possible, and these local networks could be and should be made public.

In that way, for example, if Mount Fuji 5th Station would like to establish a local network in the future, it is definitely of interest of this area to allow any operator customers to access the services of that local network when they go to the area.

One more specific challenge is related to remote areas connectivity challenge. In the world, there are several billion people still who have no internet connectivity. Often, these people, they live in remote and poor areas. We have to understand that in that kind of areas there is absolutely no communication infrastructure today. The requirements are very different compared to what we, living in metropolitan areas, big cities are looking for.

The solutions that should be addressed to them should be affordable, meaning that they should not be too expensive. They would be happy to have sufficient service level. They do not need the latest terabit per second data rates in the future, but even any connectivity level would change their lives drastically.

Maybe this is something also for challenging areas. In developed societies, if communication infrastructure is very difficult to arrange in such areas, maybe we should think about organizing, let us say, some basic services only for such areas without excessively high data rates.

For example, listening to these earlier speakers, that disaster recovery situations, we do not need necessarily the very high data rates. We need to alert people. We need to secure them coming back down safely. Different types of services would be needed for that.

For these remote areas' connectivity challenges, they are mainly non-technical in our opinion. There are lots of things that can be done in today's technology, but with special requirements. Like, very often, they do not have energy sources, so

we have to generate energy locally using renewable energy sources like solar cells and windmills, for example, and have batteries to store the energy when it is generated. Also, incentives for building these networks have to be retaught who is going to finance these networks in remote areas.

I forgot to mention example of Finland. In Lapland, the area from Arctic Circle and above, the population density is only two persons per square kilometer. What is the incentive of operator to build expensive 5G/6G networks to such an area where only very few people live? The incentives have to be taught differently. Maybe governmental player is needed to subsidize that somehow because it is very important in the future that all can enjoy at least basic level of digital services.

In remote areas, this is something that researchers are currently considering everywhere, I would say. We talk about 3D networks to complement these terrestrial mobile networks built to the ground. Of course, satellite connectivity is there. Then, these high-altitude platforms, Japan has been pioneering already for the past 20 years, and very interesting concepts have been developed over the years.

But now, also these UAVs, drones can be utilized in many different occasions. For example, if you have a regular flight path for drone collecting, for example, sensor data information several times per day or week just to collect the data from the sensors which are located in really difficult locations. But this is now under heavy research everywhere, and I think something will come out of this maybe already during 6G, but definitely by 7G era, I think this is reality.

Now, I think I went through these different corners of our research agenda. Besides technology research, which I did not talk about today at all, regulative issues are very important. The academics, at least we have to try to challenge current regulative setting, which is definitely operator-dominated totally. We have to challenge it. We have to try to change it for the good of society. It is not an easy journey, but it is our responsibility.

Then, these future businesses are related to these regulative changes that what is allowed, what is possible, what makes sense in the future. These local network concepts can open a lot of new business opportunities for new players who are willing to invest more money, new money to the markets.

A good example is, for example, Elon Musk and Starlink. He decided to invest billions and billions and billions to build satellite network, and now, Nakao-sensei can enjoy Starlink using these which is an experiment here. We should keep in mind that operators do not own this business. We need new players to enter.

For the sustainability reasons, I think we have to also not think only about the money. I think we have to be more democratic towards offering everybody, at least basic level of services, no matter where and which part of the world they are living in. I think we engineers have done a very bad job so far on that, and we have to do far better in the future.

If you are interested in finding out more of the details on these various aspects, I recommend you to go and download these white papers that we have been publishing. There are lots of more information available.

Also, if you want to follow our magazine series, the next 6G Waves magazine will be published in a couple of weeks' time. There some stories about our research achievements are explained.

Also, we are actively organizing international events. Jointly with European Commission, we organize every June EuCNC 6G summit in some part of the Europe. It is always the chairman country, European Union, during that time, and next June, the chairman country is Sweden. Therefore, this event is organized by our colleagues in Gothenburg.

Thank you for your attention and thank you for inviting me here.

Nobuko KAMETANI

If you have any questions, we would like to take some questions. If there is no question, we would like to move on to the next presentation.

Professor Latva-aho, thank you very much.

The next presentation is given by Professor Akihiro Nakao at Department of Systems Innovation, School of Engineering at The University of Tokyo, titled Summary and Suggestion for Mount Fuji DX.

「富士山 DX への提言」

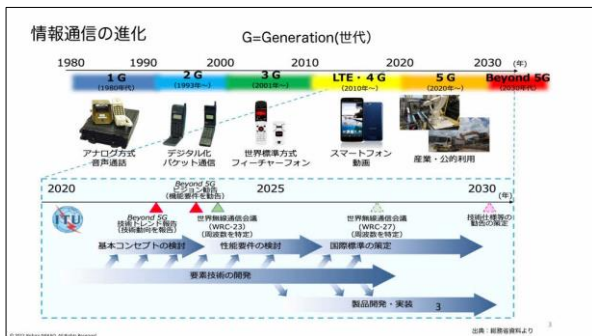
中尾 彰宏（東京大学大学院 工学系研究科システム創成学専攻 教授）

スライド 1

スライド 2

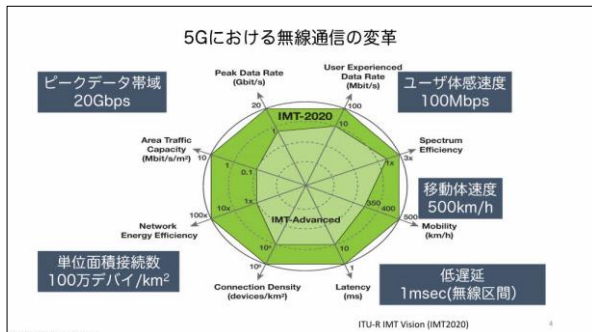
中尾：皆さん、こんにちは、中尾です。私からは「富士山 DX への提言」ということでお話をさせていただきます。

私は東京大学工学系研究科にいます。Matti 先生は「6G」と言われましたが、日本ではそれを「Beyond 5G」とも呼んでいます。この Beyond 5G の推進コンソーシアムというのが立ち上がり、5G の次の世代の通信を考えようという動きが、ものすごく速い動きで進んでいます。



スライド 3

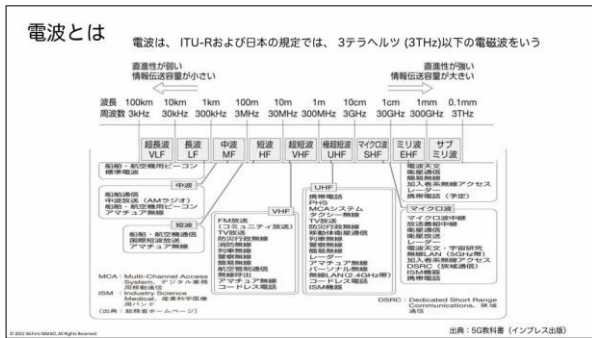
それでは、情報通信の進化について俯瞰してみます（スライド 3）。このように 10 年ごとにわれわれのモバイル情報通信は進化してきており、2030 年には Beyond 5G、これは「6G」という名前でもいずれ浸透しますが、2030 年代の情報通信を考えようという動きが始まっています。これは、実はもう 2030 年を待たずに、2025 年から展開されようとしています。既にもう性能要件の検討、実は来年 ITU-R でこの 6G が求めている、この性能要件についての提言が出されます。その後、国際標準の策定が進んで、もう 2030 年を待たずに製品開発・実装が始まっていきますので、われわれの業界では、6G に向けて非常に急がないといけない、という認識になっています。



スライド 4

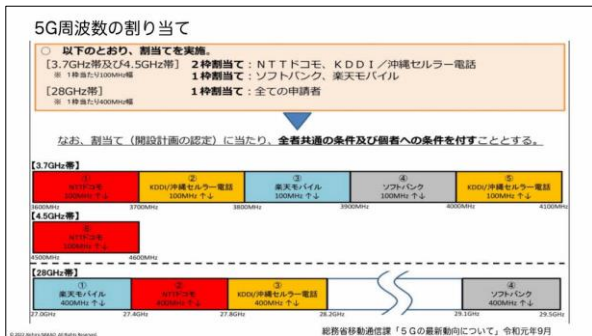
皆さんは「5G のデプロイ、展開がまだまだ発展途上だ」と思われているので、「6G なんてまだ早い」と思っている人がほとんどだと思いますけれども、われわれ技術者、あるいは研究者の業界では、かなり「もう急がないといけない」という認識が広がっています。

まず 5G について少しおさらいというか、どういうモバイル通信であるかということについて、お話をしたいと思います（スライド 4）。ピークデータ帯域が 20Gbps、ユーザー体感速度が 100Mbps、これは「大容量通信」と言われています。それから低遅延、無線区間が 1msec。これは無線区間だけが 1msec のオーダーになる、ということなんですけれども、有線も今、光のネットワークになってきていて、低遅延が進んでいます。また大多数の接続ということで、超多数接続と言われているデバイス数が非常に多くつながっていくという、こういった通信が実現されたということになります。



スライド 5

まず電波ということについてお話をしたいと思います（スライド 5）。先ほど Matti 先生が「サブテラヘルツ」という言葉を出しましたけれども、電波は ITU-R という機関で、これは国連の下部組織ですけれども、あるいは日本の規定でも 3 テラヘルツ以下の電磁波が「電波」と呼ばれています。それでわれわれは今、5G でどの辺りを使っているかというと、このマイクロ波の領域を使っています。「ミリ波」と言われている、5G のミリ波というのは実際 28 ギガヘルツというところを使うのですけれども、これはだんだん高周波数になっていくと扱いにくくなっていきます。直進性が強くて、反射・回折が起きにくくなりますので、電波が届かない所、例えばビルの陰とかそういった所に届かないので、「使いにくい」と言われているんですね。つまり 4G では 2 ギガヘルツ、あるいは 1 ギガヘルツ未満の所が使われていて、だんだんジェネレーションが上がっていくにしたがって、高い周波数領域に移行しているというふうに言われます。これはなぜかということ、使いやすい所はもうとても混み合っています。ですので、実はもうこの 6 ギガヘルツ未満という所は非常に混雑しています。混雑しているということは、なかなか大きな周波数帯域が取れないということになるので、われわれは必然的に高周波数に向かわないといけない、と。そこには技術革新が必要ということになるわけですね。

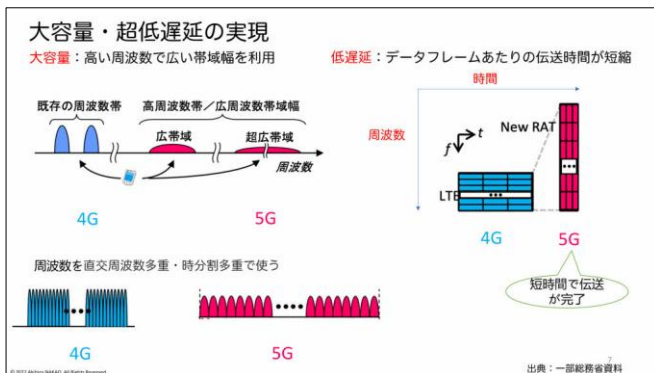


スライド 6

「帯域幅」というんですけども、この幅が広いというのが、これが非常に重要です。28 ギガヘルツ帯を見ると、これは「400 メガヘルツ」というふうに書いてありますね。これは、周波数帯が上のほうに上がっていくと帯域幅がたくさん取れるという、こういう割り当てができるということを意味していて、言ってみれば 28 ギガヘルツ帯というのはスカスカです。なぜスカスカ

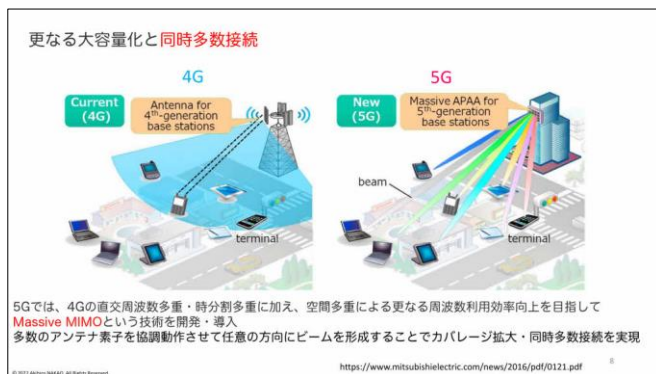
じゃあ 5G の周波数の割り当て（スライド 6）、電波の周波数割り当てというのは総務省で行われているのですが、これがどういうふうにして行われたかということ、4G からするとかなり高い領域、3.7 ギガヘルツと 4.5 ギガヘルツと、それからここに点線が引っ張ってありますけれども、ここはかなり飛躍がありまして、28 ギガヘルツというところを使っています。ちょっと注意していただきたいのが、この 100 メガヘルツと記載の部分、これをわれわれは

かという、先ほど言ったように、使いにくいところがあるからということになりますが、われわれはここを使っていかないと高速大容量の通信ができなくなっている、ということになるわけです。



スライド 7

なるということですが、「高周波数帯／広周波数帯域幅」と書いてありますけれども、土地でいえば広い土地が余っているということになります。実はこの広帯域の中は、われわれは細かくこういう、専門的な言葉で言うと、「OFDM」という方式で細かく切って使っています。これは直交周波数分割多重方式、OFDM、という方式で使います。高い周波数のところの広帯域を細切れ



スライド 8

うと、どんどん高い領域を、余っている所を使いたくなるんですが、ただこういう高い周波数領域で OFDM なり、この細切れを時分割で使っていくという技術は非常に難しくなります。ですから、われわれはここを一生懸命技術開発しているということになります。

じゃあ、低遅延はなぜ実現できるかなんですけれども、これは先ほどの帯域幅に非常に密接に関連しています。この一つ一つの幅が 4G から 5G になると、周波数幅で見ると、この狭かった周波数幅が広く取れるようになる。そうするとこの同じ面積のデータを送ろうとすると、時間をかけて送っていたのが一瞬で送れるようになる。例えば、5 倍周波数帯域幅が取れると 5 分の 1 の時間になるということになります。ですから短時間で伝送が完了して、低遅延が実現できるということになります。ですから 6G に行くとさらに周波数の帯域幅が広がって行って、かかる時間がさらに小さくなるということで、先ほど Matti 先生のダイアグラムにもありましたけれども、超低遅延という実現がどんどんできていくということになります。

じゃあ同時多数接続はどうやって実現するか。これは、電波の方向を制御するというのが関係してきます。4G ではこういうふうに一帯に向けて電波が通っていたのですが、5G では

ちょっとここで、必ずしも皆さんは電波の専門ではないと思いますので、ごく簡単に、4G から 5G で何が起こったかということ、なぜ大容量・超低遅延が実現できたかというのを、簡単に説明したいと思います (スライド 7)。

先ほど申し上げたように、4G は使いやすい、低い周波数帯を使っています。帯域幅、この幅が、これが大きくなっていくと、非常にデータ伝送容量が大きくなる

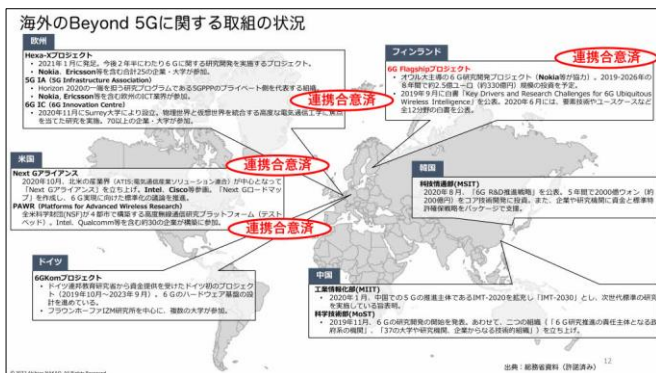
にして使います、この細切れがたくさんあればあるほどデータ伝送能力が高くなる、ということに相当します。ですから、4G では狭い帯域で一つ一つが区切られています、これが広い土地に行くと、広い帯域幅でこれをたくさん確保することができる、これが大容量ですね。高い周波数で広い帯域幅を利用できるということになります (スライド 8)。

ではこれが 6G になるとどうなるかとい

が出たということは、皆さん記憶に新しいと思います。例えば、知床の観光船が、携帯の電波が通じなかったことによって命がたくさん失われてしまった、というような事件がありました。ですので、こういうことを見ると、われわれが求めるべき価値というのは、これは社会基盤としてライフラインであるということを求めるべきではないかと考えています。

もうちょっと詳しく分析していくと、5G から Beyond 5G に向けて、私は情報通信インフラは社会基盤として機能するというのは明らかだと考えています、例えばユーザーには見えないところの情報通信のインフラの制御部分です。これは専門用語では「制御プレーン」といいます。これの障害が多発してしまっていて、これは情報通信のそもそもの仕組み、これを進化させる堅牢な情報通信インフラの構築が急務であると思います。それからもう一つ、これはさっきも話が出ていましたけれども、地上の情報通信インフラが不通になることというのは結構多く起こっていますので、空と宇宙を活用した代替手段の通信の確保、これが非常に重要である、と。それでもう一つは、「超知性ネットワークキング」とわれわれは呼んでいます、人間ができることというのは限りがある。例えば KDDI の事故では、人間が見過ごしやすすい運用ミス、これによって数億円の損失が出たわけですが、こうしたことを未然に回避するためには、機械学習とか AI の力を借りて、情報通信に適応していかなくてはならない。こういったことが、つまり平たく言うと、研究開発投資がここに必要であると考えているわけです。

先ほどの Matti 先生の話がありました、われわれは、じゃあ日本だけでこういった話を進めているかということ、そんなことはありません。我々は一番最初にフィンランドと連携を結びました。これは「6G FLAGSHIP」の Matti 先生が Director を



スライド 12

やられている所とまず連携合意をやりまして、その後、「6G IA」、それから「Next G」、「PAWR」といった所と次々と MOU を結んできています (スライド 12)。



スライド 13

先ほど少しふれられましたが、フィンランドの首相が今年の 5 月にいらっしやいまして、ここで首相自らの言葉で、Beyond 5G/6G の研究開発に関して、日本との連携強化に非常に強い意欲を示されました (スライド 13)。これは藤井総長ですけれども、「6G に向けて両国が協力しなくてはならない」という提言をされまして、その後ここに私とそれから Matti 先生が写っていますけれども、ここでパネルディスカッションを行いました。


パネルのメンバーに、日本側は有識者と、それからフィンランド側は Matti 先生とそれからフィンランド・アカデミー、そして NOKIA の CEO という、非常にこの分野を先導して考えている人たちを呼んでいます。日本側は五神会長、Beyond 5G 推進コンソーシアムの会長です、ま

日・フィンランドBeyond 5G/6G共同セミナー
「デジタル化の社会的インパクト～Beyond 5Gの推進に向けて～」の開催

1 日程
令和4年5月11日(水) 10:00～12:00

2 開催方法
オンライン開催 (ZOOM) ※同時通訳あり

3 開催内容
開会挨拶: 藤井 隆夫 東京大学総長
基調講演(1): 岸田 文雄 内閣総理大臣 ※ビデオメッセージ
サンナ・マリソ フィンランド首相
基調講演(2): 中屋 彰宏 総務省副大臣
パネルディスカッション:
(パネリスト紹介)
(パネリスト)
藤井 隆夫 東京大学大学院工学系研究科長
マツダイ・ラトヴァ・アカ オウル大学教授
パワラ・エーロラ フィンランド・アカデミー理事長
徳田 英幸 国立研究開発法人情報通信研究機構理事長
五神 真 国立研究開発法人理化学研究所理事/東京大学大学院理学系研究科教授
ベツカ・ルンドマルク ノキアCEO
丸山 雄治 株式会社NTTドコモ 代表取締役副社長
(モデレーター)
中屋 彰宏 東京大学大学院工学系研究科教授
開会挨拶: 金子 敏之 総務大臣 (予定)



スライド 14

た副会長の徳田先生、丸山さんというNTT ドコモの副社長です、こうしたメンバーでパネルディスカッションを行っています (スライド 14)。


結論は、これは東大のウェブページにも載っていますけれども、一言で言うと、「ミッションクリティカルな情報通信インフラが両国で必要でしょう」ということが、総意で合意されたということになります (スライド 15)。「グローバルで包摂的な情報通信網の構築、堅牢でセキュアで高品質な情報通信基盤の確立と応用が必要でしょう」と、これが非常に基本的なところだということになります。あとはグリーン革命とか AI、これらも全てライフラインとしての情報通信を確立しないとイケないという、こういったところに関連してきています。

パネルの結論

ミッションクリティカルな情報通信インフラの必要性

両国が連携すべき技術分野として、(1) グローバルで包摂的な情報通信網の構築、(2) 堅牢でセキュア高品質な情報通信基盤の確立と応用、(3) 環境にやさしいグリーン革命への投資、(4) 情報通信と半導体・量子・AI/機械学習・サイバーセキュリティなどの包括的な開発、(5) テストベッドやトライアルによる実証の推進という5つが重要であることが提案されました。

また、具体的な一歩として、(1) 共同研究体制の構築 (バーチャルリサーチセンター、ワークショップ、共同キャンパステストベッドの構築、医工連携)、(2) 産業界のグローバルフォーラムを通じた産学のフィールド実験と大阪・関西万博でのショーケース、(3) 国際産学官連携の研究開発を推進するためのファンディングの3つが提案され、約1時間のパネルディスカッションの結論となりました。



スライド 15

これは最近、情報通信審議会の中間答申で、総務省から大臣に向けて答申が出されたんですけども、ここで国として特に注力すべき研究開発課題の重点化というのが発表されました (スライド 16)。これはわれわれ情報通信審議会でもオール光ネットワーク、非地上系ネットワーク、これは空・宇宙を使うということです。それからセキュアな仮想化統合ネットワーク関連技術。われわれはこの全ての研究分野に非常に力を入れているわけですけども、この三つが非常に重要です。

国として特に注力すべき研究開発課題の重点化

研究開発課題	重点化の基本的考え方
●オール光ネットワーク関連技術 【重点プログラム】 【課題1】オール光ネットワーク技術 【課題3】情報通信基盤・デバイス技術	●【日本の強み】特にAIW技術、光電融合技術、デバイス開発で先行 ●【技術的課題】チップ内光化と電気信号の密な連携には高い技術的ハードル ●【国際戦略】上の重点【注】新資本主義実現戦略、デジタル田舎都市国家構想、グリーン戦略、科学技術立国、半導体分野の推進 ●【先行投資】ISG研究開発で一部着手、加速化が必要
●非地上系ネットワーク関連技術 【重点プログラム】 【課題6】NTN (HAPS・宇宙ネットワーク) 技術	●【日本の強み】HAPSについては、HAPSプラットフォームで先行 ●【自律性】自律飛行に地上・海陸光ファイバーが接続した複合化、HAPSを経由した通信手段を我が国の強み・事業機会として確保 ●【国際戦略】上の重点【注】デジタル田舎都市国家構想 (国土カバー率100%達成に不可欠)、経路インフラ構築、宇宙・航空分野の推進 ●【先行投資】ISG研究開発で一部着手、加速化が必要
●セキュアな仮想化統合ネットワーク関連技術 【重点プログラム】 【課題4】ネットワークオーケストレーション技術 【課題2】オープンネットワーク技術 【課題9】エッジ・クラウド仮想化技術	●【日本の強み】オール光ネットワークと連携する技術として先行、O-RAN標準化で主導、完全仮想化ANM構築や国際標準で先行、ネットワークのロード/オフ/分離に不可欠な超能力利用(ホープレ)の開発 ●【技術的課題】多様なネットワークの相互接続と相互運用性の実現、上まで自律的・動的ANMサービスの最適化の提供、ユーザ・端末までセキュアな仮想化・リソース割当て技術的ハードル ●【国際戦略】上の重点【注】デジタル田舎都市国家構想、グリーン戦略、科学技術立国、経路インフラ構築 ●【先行投資】ISG研究開発で一部着手

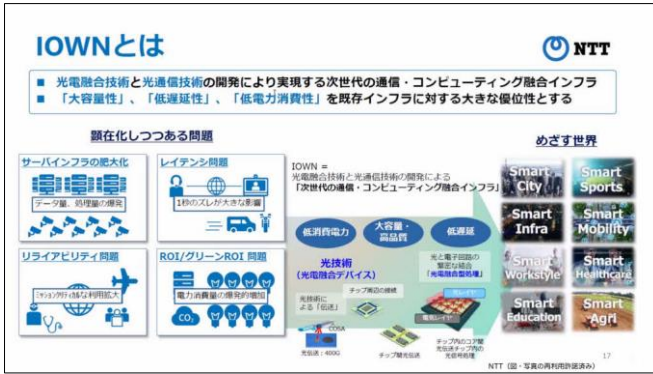
個人的な解釈：
様々なミッションクリティカルなサービスをサポートするために、
安定・セキュアで国土カバーを100%確保、動的に必要なネットワークを構築可能な技術が求められる

「Beyond5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方」 情報通信審議会中間答申 令和4年6月30日 出典：一部総務省資料 (伊藤清典)

スライド 16

これはたまたまかもしれないですけど、私の個人的な解釈としては、安定でセキュアで国土カバーを 100 パーセント確保、携帯のカバーエリア、これを 100 パーセント確保して、ネットワークを動的に構築する技術、これが求められている。つまりライフラインが求められているというふうに解釈しています。

ここまで全体的な、日本の進むべき方向性についてお話をしてきましたけれども、この中でちょっと例としてオール光ネットワーク、これは NTT が非常に推進しています。それでこれは NTT のスライドからお借りしていますが、光ネットワークを使って大容量・低遅延・低電力消費性、これを追求しようというのが彼らの目的になっています。この「IOWN」というのは、



スライド 17



スライド 18

それでこれを私もやってみたのですが、大体 5 ミリメートルぐらいの直径の輪ゴムが何か物体にはまっています、これを私が遠隔でつまんで取り外すという操作をやりました。右手と左手両方試しました。私は、左手は成功したのですが、右手は失敗して、余談ですが、私の右手は手術に向いていないということでした。ちょっとやってみて思ったのは、やっぱり 120 キロメートル離れた所からこういう操作が遅延なくできるということは、かなりこれは革新的であるということです。



スライド 19

とする、手術をしようとしたときに、これが、私がつまむといった司令が、遅延が揺らぐことによって、ちょっとでも揺らぐと手元が狂うわけです。ですから、人間というのは賢くて、遅延の揺らぎがあるというのにはなかなか対応できないのですが、遅延の揺らぎが一定というのは慣れれば手術ができるぐらいの、こういうことができる。じゃあこのジッターを少なくするにはどうした

「Innovative Optical Wireless Network」の略なんですけれども、光ネットワークと無線が非常に重要と言っているわけです（スライド 17）。

なぜ重要かという、例えばライフラインの一つとして遠隔手術というのが挙げられます。遠隔手術というのは、私もこのデモをつい先日、一昨日ですか、18 日に見るまでは、まだ遠隔手術というのは絵空事だと思っていました。ですけれども、これは「hinotori」という遠隔手術ロボットですけれども、これは光のネットワークでつながっています（スライド 18）。それで 120 キロメートル離れた所から 1msec の遅延で手術を遠隔で実施することが可能になります。これは実証実験ではなくて、本当に使われています。お医者さんが遠隔で手術をしています。これは無線にはなっていないで、光ネットワークで接続されています。

実際にこれはファイバーがグルグル巻きにしてあって、120 キロメートル巻いてあり、このファイバーを使って、どこにも止まる所がない、1 本のファイバーです、これで大体伝送の遅延が 1msec です（スライド 19）。これで低遅延というのは分かると思うのですが、手術にはこの低ジッター、つまり遅延がふらふらと変わらないことが非常に重要です。なぜ重要かという、輪ゴムを手でつかもう

らしいかという、1本道でネットワークを構成することが必要になります。

ちょっと詳しい話は割愛しますが、今のわれわれのインターネットというのは1本道じゃありません。どこかに電気ネットワークで電気がためられて、それでこう分かれていくという、こういうアーキテクチャーになっています。ですので、このように遠隔手術をするためには、1本道の120キロメートルの伝送をしなくてははいけません。じゃあ途中に分かれ道がないかという、実は分かれ道がありまして、ここのメディアルーターというのが分かれ道です。しかしこのルーターは非常に賢くて、電気がバシッと停電で切れたとしても、光の道というのをつながったままにできます。こういった技術を使うと、遠隔手術が本当に実現可能な日が近くなって、実際に軽い症例に関してはこういった対策がされているということになります。

B5Gでは「ミッションクリティカル」なユースケースへの対応が新付加価値を生む

ミッションクリティカル：
業務遂行 (mission) に必要不可欠 (critical) であること
人間の生命維持、事業や組織などの存続に影響を与える障害や誤動作などが許されないこと

特に、**防災減災・医療ヘルスケア・先進モビリティ・製造**など、多くの分野において**安全・安心(セキュリティ・セーフティ高度化)・高可用性・低遅延保証・帯域保証**などの特徴を持った通信が必須と認識されている

生命維持や社会活動の継続を可能とする「**ライフライン**」である必要

中尾彰宏 情報通信審議会・技術戦略委員会資料 (2022/2) 20

スライド 20

令和3年度「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証
富士山地域DX「安全・安心観光情報システム」の実現



スライド 21

富士山地域における課題

- 年間20-30万人の登山者が訪れる日本の象徴の富士山では年間100人以上の遭難者があり、過去10年減少傾向が見られない
- 平時の登山であっても安心安全の観光登山のための情報提供は必須である
- 我が国では大規模火山噴火（御嶽山噴火など）の直後に、富士山頂付近での通信事業者による**携帯公衆網4Gの増強が図られたが、時期的・地理的に限定的**（夏期（7-9月）山頂付近・山道）である
- 安心安全リアルタイム遠隔監視のための大容量通信と登山者・遭難者のライフラインとしての通信は、時期的・地理的な制限なく必須にもかかわらず、富士山地域の通信は脆弱である**
- 情報通信を駆使する、登山者の人流把握と行動予測を匿名で実施可能なセンシングが不在であり、事前に遭難の予測などを実施する手法の有効性が未知である
- 緊急時専用の防災通信だけでなく、平時にも使えるインフラ整備によりコスト削減を実現する必要がある**

ローカル5Gの自営網技術が利活用可能

22

スライド 22

ちょっとまとめます。こういった「ミッションクリティカル」と言われている（スライド 20）、業務遂行に必要な不可欠なミッション、クリティカルです。人間の生命維持、事業や組織などの存続に影響を与える障害や誤動作が許されないこと。これは非常に大事な価値で、これをわれわれは目指していかないといけない。富士山の地域のことで関連して言いますと、防災・減災、それからひょっとすると登山で遭難した方の医療ヘルスケアです。それから先進モビリティ、これはコネクティッドカーとか自動運転とかになりますけれども。それから製造です。こういったところ、ここで安全・安心、高可用性、使おうと思ったときに高い確率で使えるという高可用性です。それから低遅延保証、帯域保証、こういった特徴を持った通信がライフラインとして必要である、ということが求められていると思います。

先ほど竹澤さんから話があった、われわれの実証実験です（スライド 21）。

「富士山地域 DX『安全・安心観光情報システム』の実現」という話に入っていきたいと思います。まさにここでわれわれが実現しようとしているのは、富士山地域におけるライフラインを構築したいということです（スライド 22）。先ほど齋藤さんからもありましたけれども、先

ほど 22 年度は 16 万人も登山者がいたということで、コロナの前は統計を見ると 20、30 万人の登山者が訪れて、100 人以上遭難しているという統計があります。

実際、今回われわれも 5 合目まで登りましたが、当然 5G は使えなくて、4G のエリアがあったのですが、これは下から電波吹き上げなので全然安定してなくて、富士山研の吉本さんと帰りの車の中で、「全然これ 1 本立ったり立たなかったりですよ」という話をしながら帰ったのですが、本当に通信が脆弱で、こんな所で遭難するともう心もとなくなってしまうと、こういった状況になっています。では、ここにキャリアさんが 5G を敷設するかというと、これはお金、ビジネス的にはペイしないんですね。冬場は登山者がいないので、ここにコストをかけて 5G を敷設するというのは総務省が命令しない限りはたぶんやらない。じゃあどうするかというと、それで自営網、プライベートネットワーク、ローカルネットワークの必要性があるわけです。



スライド 23

それで、ちょっとここで皆さん、富士山に関わっていらっしゃる方には釈迦に説法ですけれども、今日はうちの学生も聞いていますのでお話しします。先ほど環境省齋藤さんのほうからお話のあった吉田ルートについて見てみたいと思います（スライド 23）。実は富士山の登山道は 4 ルートあって、われわれがいるこの富士山科学研究所、ここから一番近いのは吉田口と、こういう道になります。これ

は上りと下りで道が違いますけれども、吉田ルートが一番登山者数が多くて、5 万人以上が登って混雑しています。救護所もありますが、救護所がないルートもあります。

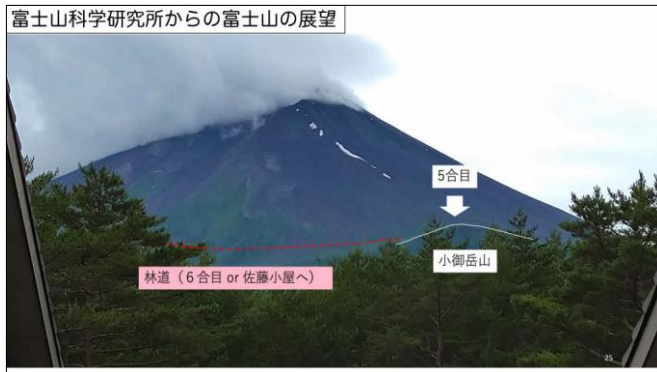
それで、吉田ルートの近辺には光ファイバーが未敷設で、減災・防災のための遠隔監視の CCTV とか、いろんな増設が望まれているのですが、情報通信と電源の脆弱性が指摘されていて、こういったファイバーの敷設、光ファイバー、こうした物とか電波が脆弱であると、なかなか安心して登山ができないという現状があるのではないかなと思います。吉本さんからありましたように、地震も多く、今もこの富士山科学研究所ではリアルタイムで地震計の動きを見ることができていて、細かい地震がもうたくさん起きていることから心配な方も多いと思います。



スライド 24

われわれはこの富士山科学研究所から 5 合目まで、ここにファイバーを引きたいと思って検討したことがありました（スライド 24）。左側が富士スバルラインになります。これは 24.5 キロメートルあって、この間に、この道に沿って、本当はここをショートカットしたくていろいろと調べたのですが、ここは結構急斜面で、しかも獣道しかない。それでもう一つ、県道の 701 号、こちらは 12.2 キロメートルで、ほぼ直線です。ここ

であればファイバーが敷設できるのではないかなと思っています。これはもちろん山梨県だけではなくて、環境省、それから文化庁、ありとあらゆるステークホルダーの方々と調整をしないといけない話だと思いますけれども、技術者視点で見ると、ここにファイバーを敷設するのが非常に良いと考えます。

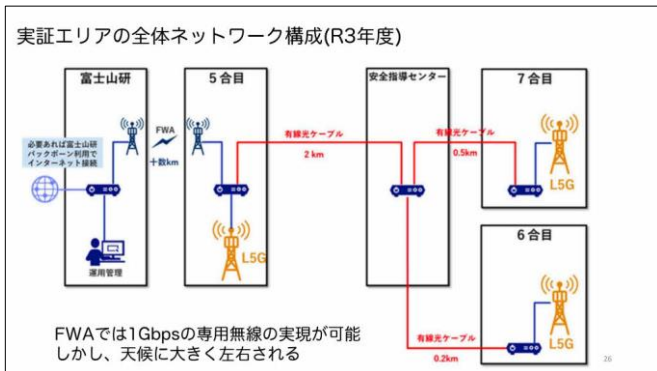


スライド 25

実は **Matti** 先生にちょっと相談して、こういう場所で例えばファイバーを引くにはどうしたらいいか。これは富士山科学研究所の屋上から富士山を臨んだ写真なんですけれども、5合目がここです（スライド 25）。それで林道が通っている所がこう、点線になっていて、それで6合目とか佐藤小屋にはこういうふうに行くと。どこを狙ってファイバーを引くのか、あるいは富士山研から

FWA といって専用の無線で5合目まで飛ばすのはどうかという、木が伸びると電波が通らなくなるような状況です。1回、われわれはここに FWA 「fixed wireless access」といって、専用の無線で実験を行いました。調子の良いときは 1Gbps で通るんですけども、天候にも依存します（スライド 26）。なお、今はもう外されています。実験が終わったので外していますけれども。天候に大きく左右されたり、木があると、そこで、水分を持っていますので葉っぱで吸収されて、ライフラインとしてはちょっと難しいということで、「やっぱり有線の光ケーブルを引きたいね」ということです。

それで、実はこの実証実験でファイバーだけは5合目から6合目までは残してありまして、あ



スライド 26

とは5合目まで富士山研から引ければ、光ケーブルで一気通貫で、6合目までは何とかいける、と。もっと言うと、7合目、それから山頂まで光ファイバーケーブルが引けたら、あとはローカル 5G の基地局を置いていけば、何とかライフラインとして使えるのではないかなと思っています。ですからわれわれの課題、今は、富士山研から5合目までをどうやってやるかということになります。



スライド 27

これは実は **Matti** 先生に話をして、「フィンランドでこういう技術が今、使われているよ」という写真です（スライド 27）。これは2015年ぐらいからやられている話ですけども、道路のアスファルトにこういうマイクロカッターで非常に細い溝を掘っていくんですね。これは見ていると非常に速いスピードで進んで

いくのですけれども、こういうふうに溝をカットする、と。それでこの下の所にファイバーを入れていきます。この機械が面白いことに、ちょっと近寄りたくない風貌をしていますけれども、こういう、高速で回るカッターがある。これが例えば、ひょっとしたらスバルライン、県道なり、どこかでこういう技術を使って、これよりも細いファイバーを敷設したり、あるいは電気を通すことができれば、非常にわれわれにとってはライフラインとして使えるのではないかと考えています。

情報通信の民主化

現在、情報通信の基本的なサービスを提供する主体が多様化する
「情報通信の民主化 (Democratization)」 が起こりつつあると考えられる。

“The action of making something accessible to everyone.”

つまり、情報通信の実現は全国通信事業者だけではなく、
すべての国民が主体となって基本的なサービスを提供できることを意味する
 一般事業者、自治体、大学、などが最新の情報通信の運用主体となる可能性がある。

ローカル5Gでは、一般事業者が免許制の5G電波利用が可能になったことに大きな意義がある

情報通信を「自分事」と捉えるステークホルダーを増やす→多様性と包摂性により革新の確率を上げる
一般消費者が情報通信の堅牢化の重要性を認識したことは堅牢な情報通信インフラの研究開発を駆動

© 2021 Akamai Technologies. All Rights Reserved.

スライド 28

もう一つ、「情報通信の民主化」という言葉を私はずっと言っているのですけれども（スライド 28）、こうした、ビジネスにならないところ、あるいは、けれどもライフラインとして非常に求められている場所、これは民主化とって、一般消費者が情報通信の堅牢化、この重要性を認識した場所に、自らその堅牢な情報通信インフラを作っていくということは非常に重要だ、と考えていまして。実

は、われわれがなぜ富士山に来てこういった実験をやっているかということ、富士山はまさに今、日本の象徴であって、世界遺産でもあって、グローバルに何十万人という人が来ています。ただし、通信がない、脆弱である。それでビジネスが成り立っていない。こういう場所にこういったファイバーであるとか、ローカル 5G を敷設して、ライフラインを山梨県が例えば構築していく。そこに大学がお手伝いをするという、こうしたことをやるのが社会的な価値が非常に高い、と、

われわれは考えているからです。

ローカル5G＝電波利用の民主化

- 地域や産業の個別のニーズに応じて、**地域の企業や自治体等の様々な主体が柔軟に構築可能。**
- 通信事業者のエリア展開がすぐに進まない地域でも5Gシステムを構築・利用可能。
- 他の場所の通信障害や災害、ネットワークの輻輳などの影響を受けにくい。

スタジアム運営者が導入 eスタジアム	医療機関が導入 遠隔診療	CATVで導入 4K・8K動画	ゼネコンが建設現場で導入 建設進捗制御
事業主が工場へ導入 スマートファクトリ	自治体による テレワーク環境の整備	自治体者が導入 河川等の監視	農家が農業を高度化する 自動農機管理

NTT/N研究ワークショップ「ニューノーマルから始まるBeyond5G」総務省総合基盤局総務局長 2021/7/4

スライド 29

ローカル5Gは、私が「民主化、民主化」って言っていたら（スライド 29）、総務省も「電波利用の民主化」という言葉を使い始めまして、まさにこれは電波利用を通信事業者だけではなくて一般事業者、つまりわれわれのような大学とか、山梨県のような自治体が自ら整備をしていけるという。Matti 先生も「ローカル 5G」、「ローカル 6G」ということを言っていましたけれども、これは非常に重要であると思います。これは先ほど竹澤さんが見せていた絵ですけれども（スライド 30）。ちょっとこれを見ていただきたいのですが、「NakaoLab Local Mobile」という通信事業者を皆さん知っていますか（スライド 31）。こんな通信事業者はいないんですけれども。ここに「NakaoLab Local Mobile」と出ています。これが



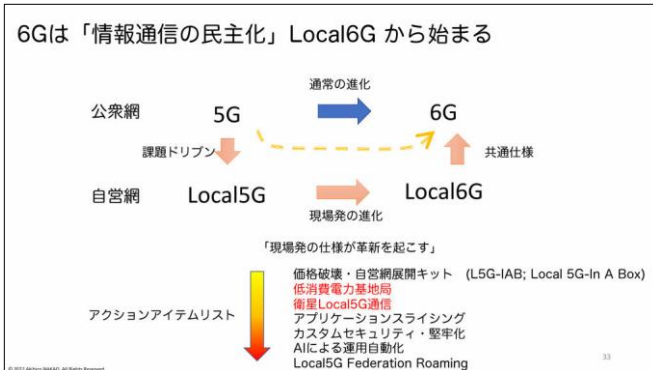
スライド 30



スライド 31



スライド 32



スライド 33



スライド 34

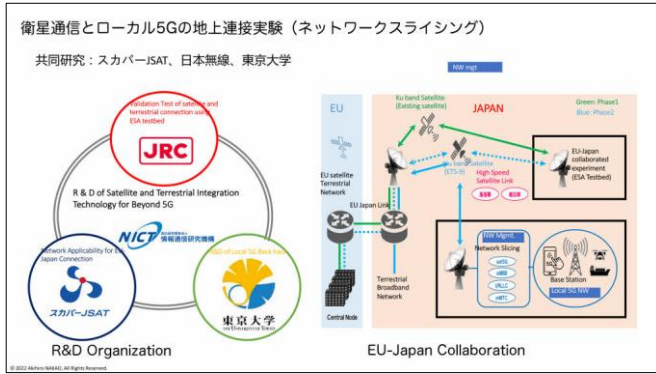
ローカル 5G なんです。自分たちが自らの手で、この通信事業者じゃない 5G ネットワークを敷設して、この富士山という場所に整備していくことができる。この威力は非常にパワフルでして、こうしたツールをうまく使っていくことによって、富士山におけるライフラインが構築できると考えています。

これは落石です（スライド 32）。ちょっと分かりにくいですが、落石を捉えた 4K 映像です。こうしたものがもっともっとたくさん起きてははずですが、こうしたものが、通信があれば常時モニタリングできる。それでモニタリングできるだけではなくて、解析することによって、登山者が軽装で登って遭難しますので、AI 画像監視で軽装の登山者を検出してアラートをあげる、といったことも可能となります。

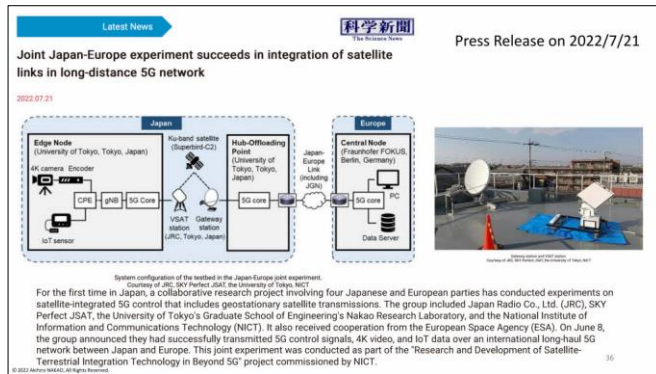
私はこの情報通信の民主化、「ローカル 6G」と唱え続けていたんですけれども、公衆網から、公衆網で 5G から 6G に進化する通常の進化だけではなくて、われわれが使っている自営網のローカル 5G から、いろんな工夫を盛り込むことによってローカル 6G に進化して、この共通仕様が 6G に提案として入るべきだと考えています（スライド 33）。

既にわれわれは、このローカル 5G からローカル 6G の進化で、いくつかのアクションアイテムをもう持っていて、一つ一つ研究でこれを解決していています。一つが低消費電力の基地局です。それから衛星ローカル 5G 通信なんていうアイテムもあります。

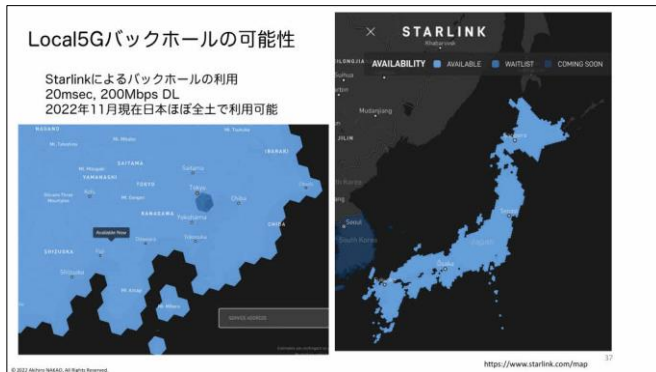
この二つは富士山の防災に非常に関連しています（スライド 34）。まず低消費電力ですけれども、富士山は電力も、水もありませんので、発電は太陽光に頼る



スライド 35



スライド 36



スライド 37



スライド 38


しかない、と。そうすると蓄電池で運用ができる基地局が求められます。これはローカル 5G 基地局を電池で 8 時間ぐらいもたせるとい、こういう装置を作りました。

あともう一つは、衛星通信とローカル 5G の地上接続実験をやっています (スライド 35)。これはどういうことかという、ファイバーを引くことができなければ、空に解を求める。衛星通信によってその所にローカル 5G を敷設して、そのバックホール、後ろ側のバック回線として衛星を使うという実験をしてきています。これはスカパーJSAT と日本無線 と 3 者の共同研究になっていまして、これによってローカル 5G、例えば富士山の無線部分はローカル 5G で、その基地局から先のインターネットに出ていくところは衛星通信でこれを整備しようという、こういうアイデアです。これ自体は富士山ではないですが、東大とそれからヨーロッパの人たちと、このコンセプトを実際に実験しまして、プレスリリースを行っています (スライド 36)。

もう一つは、先ほど Matti 先生も言っていましたけれども、Starlink のバックホールの利用です (スライド 37)。これは日本全国、11 月現在、全土で衛星通信が使えるようになりました。これは東大で評価したんですけども (スライド 38)、大体ダウンリンクが 248Mbps、アップリンクが 19Mbps、遅延はちょっと長くて 40 ~ 60msec と。ですからローカル 5G の裏側の回線としては非常に速い、十分な速度がまずは出ている、と。衛星通信でこれまで 10Mbps とか 20Mbps しか出ていなかったのが、桁が一つ上がったというのは非常にわれわれにとっては朗報で、6G ではこういう空に解を求めるという活動が、たくさん行われています。

絵に描いた餅
「pie in the sky」

Top Researchers



また、私は何か新しいことにチャレンジすると、周りから「それは『絵に描いた餅だよ』」ということ
を、ずっと言われ続けてきました。でも個人的には、この言葉がとても気に入っています。一般的には
ネガティブな意味ですが、私の場合はポジティブな言葉として捉えています。

なぜなら、自分の実現したい世界を描くことができなければ、研究のスタート地点にも立っていないか
らです。誰も見たことのない絵を描く能力を養わないと、新しいものは産み出せません。だから最初
に、周りの人から「実現不可能だ」と思われるような壮大なプラン（絵）を描くことが重要だと思っ
ています。

「誰も描いたことのない餅」を描く創造力が求められている！

「民生化」が駆動する情報通信の革新と地域創生の推進～中尾 彰宏・東京大学大学院 工学系研究科 教授 <https://top-researchers.com/?p=1972>

スライド 39

(参考)
中尾研究室で進めている5G/Post5G/Beyond5G関連委託研究

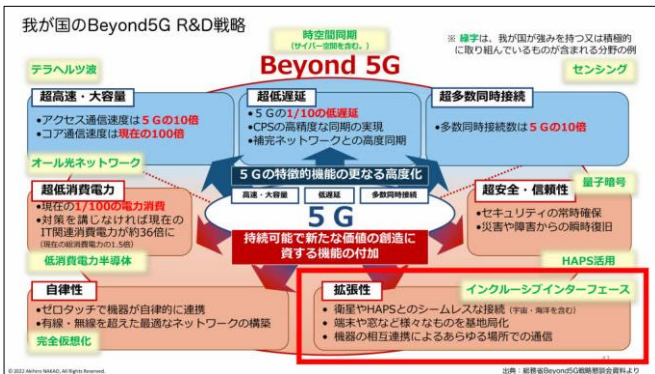
委託研究リスト

- NEDO 超知性コンピューティングアーテックの研究開発
- NEDO オープン性を活用する公衆網・自営網の設備共用技術の先導的研究開発
- NEDO ローカル5G/6G モバイルシステムのオープンソースソフトウェア開発
- 総務省 多様なユースケースに対応するためのKa 帯衛星の制御に関する研究開発
- NICT Beyond 5Gにおける衛星-地上統合技術の研究開発
- NICT 継続的進化を可能とするB5G IoT SoC及びIoTソリューション構築プラットフォーム
- NICT B5G-Beyond 5Gで実現する同期型CPSコンピューティング基盤の研究開発
- **NICT 低軌道衛星を利用したIoT超カバレッジの研究**
- NICT 行動変容と交通インフラの動的制御によるスマートな都市交通基盤技術の研究開発
- 総務省 日米産学連携を通じた5G高度化の国際標準獲得のための無線リンク技術の研究開発
- 総務省「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」
山梨県「富士山地域DX 安全安心観光情報システム」

スライド 40

いま描いている「餅」の1つ
低軌道衛星による国土100%の通信カバレッジ

スライド 41



スライド 42

これは遅延が非常に高く、大体 500msec の伝播遅延があります。遠くなので、電磁波が届くのに時間がかかります。この低遅延を実現するために、低軌道衛星というのが登場しています。

ちょっとここで私の好きな言葉を紹介したいと思います。これは高校生にこの間しゃべった話なんですが、「絵に描いた餅」といいます (スライド 39)。英語では「Pie in the sky.」と言います。実際はこれはあまり良い言葉ではありません。日本語のことわざでいうとさらにネガティブな言葉です。ただ、これは、私が若いころに言われ続けた言葉でして、何か新しいことにチャレンジすると、周りから「それ、絵に描いた餅だよ」というふうに言われ続けてきました。でも、私の場合はこれをポジティブな言葉として捉えています。まず絵を描くことができな
いと、それを実現するスタートラインにも立っていない、というふうに捉えています。ですので、周りから「実現不可能だ」と言われているような壮大なプランを描く能力というのが、これが必要でして、誰も描いたことのない餅を描く想像力、これが今求められているのではないかと考えています。

いろいろなプロジェクト、われわれがやっているプロジェクトってこんなにたくさんあるんです (スライド 40)。これで例えば赤く塗った所、これが今実は餅の一つでして (スライド 41)、低軌道衛星によって国土 100 パーセントの通信カバレッジ、これは富士山の通信脆弱性を解決する技術として期待しています、これについて紹介したいと思います。

先ほどの技術の方向性で言うと、この拡張性、衛星と HAPS のシームレスな接続というところになります (スライド 42)。実は衛星といってもいくつか種類がありまして、これまで主に使われていたのは静止衛星となります。これは高度が 3.6 万キロメートル、高度が上のほうを飛んでいます。

(参考) NTTドコモオープンハウス 5G Evolution and 6G (東京大学説明) 2021/2/3

衛星やHAPSを用いる空・海・宇宙へのカバレッジ拡張 **docomo**

GEO, LEO, HAPSの利用による超カバレッジ拡大

5G Evolution & 6G に向けた技術検討項目

衛星種別	特徴
GEO	衛星の電力と周波数をマルチビーム間で最適化する Very High Throughput Satellite (VHTS)
LEO	MIMO等の適用による通信容量の拡大 播散衛星が協調してNWを構成する衛星コンステレーション
HAPS	長距離通信に適した無線インターフェースの拡張 地上NWとの効率的な周波数有効利用方法 HAPS搭載局と地上NWの高效率な連携を実現するNW設計

往復伝搬遅延(Round-Trip Time)*

衛星種別	遅延時間
GEO	477.48ms~541.46ms
LEO (高度600kmの場合)	8.00ms~25.77ms
HAPS (高度20kmの場合)	0.267ms~1.47ms

※ファイザリンクサービスリンクの往復伝搬遅延(伝搬距離のみ)、送信リンクの仰角や高度にもよる(仰角は90度~10度と仮定)

株式会社NTTドコモ (図: 写真の再利用率確保済み)

スライド 43

2021/11/29報道発表

楽天モバイルと東大、低軌道衛星を利用した「IoT超カバレッジ」共同研究を開始

文|business network.jp編集部 2021.11.29

低軌道衛星を利用したモバイルネットワークアーキテクチャのイメージ

スライド 44

- 低軌道 (LEO) 衛星によりIoTデバイスの長距離通信を可能にし、地理的カバレッジを100%まで拡大 (超カバレッジの実現)
- NB-IoTやLTEデバイスを利用したIoTサービスの新たなユースケースを実現

スライド 45

研究開発項目

- 研究開発項目1-a) LTE衛星通信ネットワークの構築 (担当: 楽天モバイル)
- 研究開発項目1-b) LTE衛星通信の安定化・最適化 (担当: 楽天モバイル)
- 研究開発項目1-c) 超カバレッジIoTのユースケースの検証 (担当: 東大)

- 地上・衛星間のネットワーク構築
- 衛星を利用した
 - NB-IoT/LTEの超カバレッジIoTの仕様策定
 - NB-IoT/LTE SWとIoT端末の開発
 - NB-IoT通信の最適化
- 超カバレッジIoTネットワーク環境を利用したIoTサービスの検証実験

スライド 46

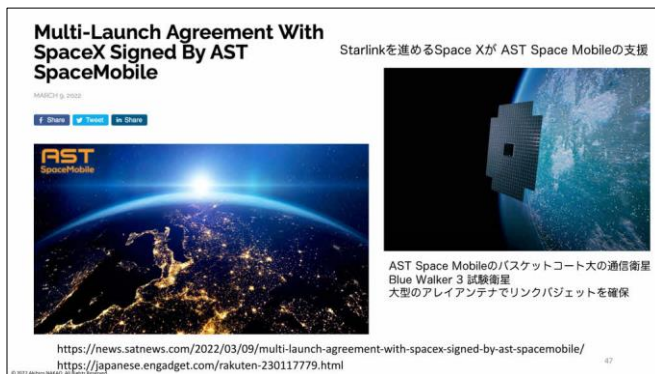
Starlink 等もこれに分類されますが、なお我々が対応しているプロジェクトもこちらになります (スライド 43)。これは大体高度が数百~2,000 キロメートルになりますので、高度 600 キロメートルの場合は大体 20msec の通信遅延となります。さらに下を飛ばす、ここはもう衛星にはできないですが、これは HAPS と言われていまして、20 キロメートルの高度にいます。低遅延にしたければしたいほど低高度を飛ばす必要があります。これによって、地上のインフラがなぎ倒された場合に、地震等で破壊された場合は、この空を通じて通信ができるようになるわけです。では下に行けば行くほど良いかというとそうでもなくて、今度はカバレッジがこの HAPS はこの黄色い小さい丸で、低軌道衛星はこのちょっと大きな丸で、静止衛星はこの日本全体をカバーするという、こんなカバーエリア、それぞれ特徴があります。ですからどう通信をどこで使っていか、あるいはこれを組み合わせる使うということが重要です。ただ、この低軌道衛星は低遅延でわりとカバレッジが大きいので、われわれはここに注目をして、楽天モバイルとの共同研究を始めました。前は統計を見ると 20、30 万人の登山者が訪れて、100 人以上遭難しているという統計がありました (スライド 44)。

これは IoT と言われているモノのインターネット、センサーです。例えば富士山で言うと、どこに人がいるとか、あるいは GPS を持たせて遭難しないように、人の位置を検出する。これが通信しないといけませんので、GPS の情報を通信するという、そういったサービスです (スライド 45)。このユースケースには他で

は有用な Starlink は実は使えません。なぜなら Starlink を使うためには、結構大きな、「dish」と言われているアンテナを使う必要があります。それで、センサーにその dish を 1 個ずつ付け

るかという、そんなことはできません。われわれは、今われわれが使っている端末、あるいはこのスマートフォン、これがそのまま衛星につながっていく、というソリューションが必要であると考えています (スライド 46)。

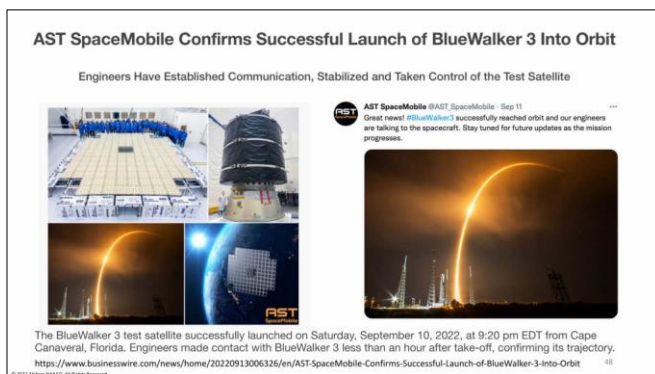
そんなことできるのか。なぜ dish を使うかということから考えると、この端末が出している電波というのは非常に微弱な電波なので、これを大きく増幅するために大きなアンテナが必要なんですけれども、じゃあこの微弱な電波を衛星から捉えるためにはどうしたらいいかという、今度は衛星のほうに大きなアンテナを付ける必要があります。ですので、こういった「BlueWalker」という低軌道衛星に大きな羽のようなアンテナを付けて、これによって地上のIoT デバイスから電波を収集します。これは「フィーダリンク」と言われており、実はミリ波な



スライド 47

んですけれども、これを地上ゲートウェイまで届けて、基地局を運用します。これは 4G の技術を使っています。ですけれども、今後 5G の技術もこれに応用して実現できるのではないかなと考えています。

どれぐらいの大きさのアンテナが必要かという、この絵で見るように非常に大きなアンテナが、これは低軌道衛星なのでグルグル回っているわけです (スライド 47)。実際の大きさはこんな感じです。この上でバスケットボールができるぐらいの、20 メートル×20 メートルのサイズです。



スライド 48

それで先日、この 20 メートル×20 メートルそのものではないんですが、8 メートル×8 メートルのテスト衛星、試験衛星の「BlueWalker3」というのが打ち上げに成功しました (スライド 48)。これが 9 月 10 日の話です。最近です。今週の初めぐらいですか、14 日ぐらいですけれども、羽がちゃんと開いて、アンテナが全部こう開きました (スライド 49)。



スライド 49

これは実はこのままロケットに積んで上げることってできないんですね、当然ながら空気抵抗がありますので。ですので、これはパタパタと畳んで、おもちゃのようなんですけれども、パタパタ畳んで小さくして打ち上げて、宇宙の空間でこれをパカッと開くという、パタパタ開いていくというので、こうやって開くかどうか



スライド 50

ドップラー効果や遅延の影響の検討

- 低軌道衛星の利用により生じるドップラー効果や遅延の影響を検討
 - ✓ フィーダリンクとサービスリンクの合計で最大 1.140 MHz のドップラー効果が発生と試算
 - ✓ 伝搬遅延も最大 8.5 ミリ秒に達すると試算 (一般的な地上移動体通信システムの伝搬遅延は通常 1 ミリ秒以下)

ドップラー効果の計算

	Explanation	Feeder	Service
R	Earth Radius	6378.1 km	
h	Satellite Altitude	511 km	
v_s	Orbital Velocity	7,607 km/s	
θ	Latitude of Gateway or UE	37°45'	42°41'
V_{E1}, V_{E2}	Earth Rotational Speed at Latitude	0.37 km/s	0.34 km/s
α_1, α_2	Ground Elevation Angle (Worst Case)	10°	35°
d_1, d_2	Distance to Satellite	1,722 km	832 km
f_u, f_s	Frequency	46 GHz	0.9375 GHz
θ_1, θ_2	Off-nadir Angle from LEO	65.7	49.3
	Maximum Δf	1.121 MHz	0.0191 MHz

ドップラー効果計算するためのパラメータ群

スライド 51

ドップラー効果や遅延の補償方法の検討

低軌道衛星の利用により生じるドップラー効果や遅延を各層で補償する必要がある

- 物理層 (PHY)
 - ✓ 衛星の移動による伝搬遅延の変動を定期的に測定・通知する必要がある
 - ✓ PDCCH, RACH を利用して測定した遅延を RAR により通知し、offset window を設定
- メディアアクセス制御層 (MAC)
 - ✓ 4 ミリ秒以内の返信を要求する Synchronous HARQ (uplink) を無効にする必要がある
- 無線リンク制御層 (RLC)
 - ✓ MAC 層で無効にした Synchronous HARQ を補うため、RLC-AM (Acknowledge Mode) を有効にする必要がある

スライド 52

NB-IoT ボード開発

NB-IoT UE Simulator, ソフトウェアNB-IoT eNB, OpenEPC@Cloud

	Cat.1	Cat.M1	NB-IoT
最大伝送速度	DL: 1.0Mbps UL: 512kbps	DL: 0.5Mbps UL: 1Mbps	DL: 274bps UL: 634bps
VoLTE	○	○	-
モビリティ	○	○	○
標準ユースケース	○	○	○

<https://xtech.nikkei.com/atci/column/18/00001/00547/>

スライド 53

まず第 1 のチャレンジだったわけですが、これが開いた (スライド 50)。

そうするとこれによって試験が可能になります。どういう試験をするかという、まずこの通信が本当にできるのか。みんなできないと思っていたまきに「絵に描いた餅」と言われていることへの挑戦です。これができれば皆さんが持っている携帯そのまま、あるいは通信モジュールそのままから、この夢の通信ができるのではないかということになります。

当然ながら、これは技術的なチャレンジが多くあります。低軌道衛星というのはものすごい速さでグルグル回っています。ですので、静止衛星というのはかなり遠くにるので止まるというか、自分の真上にいますが、低軌道をやると、これは天文学の演習でやるような話ですが、グルグル回さないといけない。かなり速い速度で進んでいます。ですからドップラーシフトが発生したりします (スライド 51)。難しい数式をフォローする必要は全くありませんが、そのような技術的な背景があります。やはり遅延が大きいので、その遅延補償をやる仕組みというのが必要となります (スライド 52)。まさにこのネットワーク分野が専門なので、こういう研究をやっているわけです。これが全部解決すると、今の絵に描いた餅が実現できるということになります (スライド 53)。

実際、こういった通信をどこで使うかという、特に一次産業の地域創生でまず使おうとしております (スライド 54)。われわれが広島県でやっている IoT の事業、こうしたものに使っていけないかということをもっとやって、これで実績ができると、横展開し、富士山のセンシングに使いたいと考えております。

そろそろまとめます。富士山 DX への提言としては (スライド 55)、情報通信インフラ、これ

一次産業の地域創生へのIoTの活用

- 超カバレッジIoTのユースケースとして、地域の一次産業への適用を検討
 - IoTの利用は今後もさらなる拡大が見込まれており、特に従来のLTE/5Gが十分にカバーできなかったエリアで農業・漁業・林業・鉱業等の潜在的な需要が想定される
 - まずは地上系NB-IoTでの課題解決手法の実証実験を開始
- NB-IoT端末直取の具体的なユースケースとして、牡蠣の育成と産卵タイミングの予測のための環境モニタリングを選定し、実証実験を開始
 - 牡蠣養殖を水産業の中心に据えている広島県らと連携し、江田島海域に全天候環境センサーノードを設置
 - NB-IoT端末を用いた環境モニタリングにより遠隔で生育状況のモニタリングを実現
 - 実際に漁場へ足を運び生育状況を確認する労働負担を軽減



漁場付近の様子

全天候環境センサーノード

スライド 54

すけれども、これを日本全国同時多発的に経済を回す活路を見いだしていく、これが必要であると思います。特に、世界遺産に指定された富士山地域では、Matti 先生をはじめ、国際連携を含めたグローバルな視野で、安全・安心な観光の確保、それから防災体制の強化、こういった DX を実現しなくてはならないと思っています（スライド 56）。

ということで、私からのお話とさせていただければと思います。ご清聴ありがとうございました。

はわれわれが取り組んでいるように、万人が依存する社会基盤となっていていきます。経済社会活動の継続のために情報通信の重要性が再認識されていて、こういった強靱な国家の重要社会基盤として情報通信基盤が今後進化していくことが必須となっています。

特にコロナ禍を乗り越えて、社会経済活動の継続、それから地域創生を推進。

これは富士山防災・富士山観光を含みま

「富士山DX」への提言

- 情報通信インフラは万人が依存する社会基盤である
- 経済社会活動の継続のために情報通信の重要性が再認識された
- デジタル社会の根幹を支える強靱な国家の重要社会基盤としての情報通信基盤技術の今後の進化が必須
- DXを支える 5G、ローカル5G、Beyond5Gなどの最新の情報通信技術を活用することで、コロナ禍を乗り越え、社会経済活動の継続、地域創生を推進、日本全国において同時多発的に「経済をまわす」活路を見いださなくてはならない
- 世界遺産に指定された富士山地域においては、国際連携を含めたグローバルな視野で「安全・安心な観光の確保と防災体制の強化」というDXを実現しなくてはならない

スライド 55



スライド 56

亀谷：中尾先生、ありがとうございました。会場の関係者の方から質問はありますでしょうか。少し時間がありますが、講演者の先生方から言い残したことや何かあればと思いますが、どうでしょうか。

中尾：言い残したこととしては、これからもどうぞよろしく願いいたします。実験をしたいので、齋藤さんもぜひよろしく願いいたします。

亀谷：ありがとうございました。

吉本：中尾先生、どうもありがとうございます。今日、われわれの実証では「山岳観光」というのがテーマになっていました。まさしく、今日齋藤さんの話の中で、富士山はまだ少しばかり情報が伝わるようなところですが、今日先生とそれから Matti 先生に聞かせていただいたのは、いろんな天気、インターネット、そういう 4G も全然来ていない山の中で、やはりいろんな

事故とか遭難等がありますが、そういったもののかなり解決の糸口になるのではないかという、すごく期待が持てたところと思います。

今までやはり、特に火山をたくさん有する日本でも、山の中ではモバイルキャリアがなかなか携帯電話網を整備していただけないといったところで、富士山だけではなくて、同じような課題を抱えている地域がたぶんかなりあると思います。また国立公園でもやはりいろいろとそういった課題を抱えている所があると思うのですけれども、そういった所に、特に衛星を使ったローカルなネットワークを構築できる可能性があるというところは、われわれにとっても非常に心強いお言葉だなと思いました。なので、われわれとしてはそういう防災情報を出せる努力をより一層強めていきたいな、というふうに思いました。どうもありがとうございました。

亀谷：ありがとうございます。よろしいでしょうか。

そうしましたら、以上で全てのご講演を終了いたしました。ご登壇いただいた 5 名の先生方、ありがとうございました。

それでは最後に、山梨県富士山科学研究所、藤井敏嗣所長より、閉会のあいさつをさせていただきます。藤井所長、よろしく願いいたします。

“Summary and Suggestion for Mt. Fuji DX”

**Akihiro NAKAO (Professor at Department of Systems Innovation,
School of Engineering, The University of Tokyo)**

Professor Akihiro Nakao

Hello, ladies and gentlemen. I am Nakao. I would like to talk about the Summary and Suggestion for Mount Fuji DX.

I belong to the University of Tokyo at the Engineering Department. Beyond 5G, Professor Matti said it is 6G, but it is referred to beyond 5G in Japan. There is this Beyond 5G Promotion Consortium in Japan, looking at the generations beyond 5G, and there is a great momentum.

Now, first, I would like to quickly go through the history of the evolution of the ICT. As you can see, every 10 years, our mobile telecommunication has been evolving.

In 2030, we will be going to Beyond 5G or 6G. We are starting to think about the ICT for 2030 and beyond.

In 2025, we are looking at the performance requirements. Next year, at the ITU-R, we will be talking about the performance requirements for 6G. After that, we will be talking about the international standardization. Before 2030, there will be a lot of product development and implementation. In our industry, we are already making way towards 6G, and we need to do this very quickly.

You believe that deployment of 5G is still in process, so 6G should be something far away. But among engineers and researchers in this industry, we have this understanding that we need to be very quick in our action.

Now, let me quickly recap what 5G is.

Peak data rate is 20 Gbps. Then, the user experienced data rate is 100 mega bps, which is often referred to as the large volume trans-communication. Then, the low latency of 1 millisecond in the wireless communication section. For the wired communication, it is using optical, so it is becoming very low latency. It can connect multiple devices. The number of devices that could be connected will be massive. This kind of ICT has been realized.

This is the slide that I use in my lecture to explain what radio waves are about. Professor Matti said the word subterahertz. Radio waves is under ITU, which is the UN suborganization.

In Japan, it is defined as electromagnetic waves of 3 terahertz or less. When it comes to 5G, it is in this area of micro milli-waves, or the microwaves. But when it comes to 5G millimeter waves, we are using 28 gigahertz. As it becomes high frequency, it becomes difficult to treat because the radio waves cannot reach, maybe does not go roundabout, like behind the buildings, so it is very difficult to use these kind of radio waves. Therefore, in 4G, we had like 2 gigahertz or maybe less than 1 gigahertz, and as the generation goes up, we move towards the higher

frequency band, because the ones that we are using, that is easy to use, is very congested.

Under 6 gigahertz, it is very congested which means that we are not able to have wide bandwidth. Therefore, naturally, we need to move towards a high frequency and the innovation is required.

When it comes to 5G frequency allocation, conducted by the Ministry of Internal Affairs and Communications, you can see that it is much higher than 4G, for 3.7 gigahertz and 4.5 gigahertz, as well as 28 gigahertz. You can see the dotted line because it is quite a big leap. One thing that you need to be aware of is that this 100 megahertz, we call this bandwidth, it is important that the spectrum is very wide. If you look at 28 gigahertz, it says 400 megahertz.

As you go up the frequency, you can have a greater spectrum or a bandwidth. That is what this allocation means. In the 28 gigahertz, it is quite sparse because it is very difficult to use, as I mentioned earlier. But unless we use this area, we cannot communicate at high speed and a large volume.

I know you are not necessarily an expert on radio waves, so let me quickly explain what happened as we shifted from 4G to 5G and why we were able to realize large volume and low latency.

As mentioned, 4G is very easy to use. They are using the low bandwidth, low frequency. The bandwidth, when it becomes bigger, the data transfer amount will become larger. In the high frequency and wide broadband, if you go up the frequency, you can see that there is a surplus space

In the broadband, there is OFDM. We use OFDM to cut them into pieces to make use of them. This is the multiplex system. OFDM, you cut them into pieces to make use of it. But the more you have these pieces, the data transfer capability will become higher. Therefore, in 4G, in the narrowband, each area is cut into pieces. But if you go to 5G, it has broader area, and you will be able to have more of those pieces.

That is what we mean by a large volume. We are able to make use of broadband at a high frequency, and in 6G, we will be able to use more of the extra frequency band. But in the high frequency, using OFDM, it is difficult to multiplex using OFDM. Therefore, what we are doing is to develop technologies to make this happen.

Now, why were we able to achieve low latency?

This is closely related to the bandwidth, each of this width, when it becomes from 4G to 5G. This frequency width, this scenario, width of the frequency will become larger. The data of the same area, if you want to send data of the same area, in the past you had to spend more time, but now you will be able to do this instantaneously. Maybe if you can have five frequency larger, then you will be able to do it at one-fifth of the time to send the data.

In 6G, the bandwidth of frequency will be larger, and the time needed to transfer the data will be shorter. As Professor Matti said earlier in his presentation, we will be able to realize the low latency, the ultralow latency in the 6G. Now, as the

simultaneous multiple connections, how we can do this is the direction of the radio wave will be controlled. In 4G, you can see that the radio wave has been sent to the whole area, but in 5G, we will use beamforming technology to have the same level of energy and narrow down the transfer in a beam so that you do not have to worry about the interference.

For example, if my mobile and Professor Matti's mobile are separated by beamforming, they do not interfere with each other. Therefore, we will be able to send data independently. Then, we will be able to do this even if they are far apart. We use a technology called “Massive MIMO” to do a lot of this beamforming. This is the simultaneous multiple connections. In 6G, we need to do this even more.

This slide looks at Japan's Beyond 5G direction or strategy. We are trying to use terahertz value for ultrahigh speed and large capacity, and for the ultralow, one-tenth of the latency than the 5G, and then the multiple number of simultaneous connections, 10 times more than 5G. This is a very clear goal. The three things: ultrahigh speed and large capacity, ultralow latency, and massive simultaneous connection. Furthermore, ultralow power consumption, ultra-safety and reliability, as well as autonomous and scalability, these are the goals that we have put together. These are all technical goals.

This is something that we discussed in 2018-2019 with the Ministry of Internal Affairs and Communications, but I am not really satisfied with this now because it does not really talk about the value. This is the technology goals, but it does not really touch upon what we can achieve through these technologies. What I am saying now is that information and communication is becoming a social infrastructure that supports human beings' activities.

There have been large-scale failures, especially among the telecom providers. I am not blaming them. I am actually looking at them in a very positive manner because all of our social economic activities are relying on the telecommunications. If it was just about the phone calls, it was not a big problem, but we were not able to communicate for a few days and it had a big impact on the society. In some cases, it has impact on sustaining people's lives, as you may remember.

For example, the tourism vessel in Shiretoko was not able to communicate and a lot of people's lives were lost. Therefore, you can see that the value that we have to seek should be based on the understanding that this ICT communication is becoming a lifeline for the society.

If you look closely from 5G to Beyond 5G, I believe that the ICT should work as a social infrastructure, that is clear. With control plane, or the control part of the ICT infrastructure, there is a lot of failures in this area because the architecture of the ICT is not strong enough, and we need to make it robust as soon as possible.

The second point is something that was said upon earlier. The terrestrial ICT infrastructure sometimes may not be available, so it is important to come up with alternative system using air and space. Another one is the ultra-super intelligence networking because there is something that limits to what humans can do. There was a case, an accident where several hundred million yen of loss was incurred. Therefore, we need to make use of the AI and machine learning to prevent these

accidents from happening in advance. Put plainly, we do need to make more investments into R&D.

As Professor Matti said, "Can Japan be able to do this alone?" We need to work with other countries. We are working with many countries, and we started to partner with Finland. We had this partnership with Finland for 6G FLAGSHIP as well as 6G IA, and also Next G and PAWR as well. We have a lot of MOUs with the different countries.

It was touched upon earlier, the Prime Minister of Finland visited Japan this May, and that was a time when Russia was making aggressive invasions into Ukraine. Prime Minister said that they have the strong wish to work with Japan for 5G, Beyond 5G and 6G. This is Mr. Fujii, the President, and then he said that both countries have to work together in this area.

This is myself and Professor Matti as well. We had panel discussions here. The panel members were made up of experts. On the Finnish side, we had Professor Matti and the CEO of NOKIA who have been leading the way in this area; and on Japan side, we had Mr. Gonokami, chairman of Beyond 5G Promotion Consortium, Mr. Tokuda, vice chairman of the Consortium and also Mr. Maruyama, vice president of NTT DoCoMo was attending.

The conclusion, which you can look at it from the University of Tokyo webpage is that there is a necessity for a mission-critical infrastructure for information and communication, and it has to be robust and secure. These were the basic points. Also, there is a need for a green revolution, so information technology, or this is supposed to be a lifeline.

Recently, The Ministry of Internal Affairs and Communications has come up with a list of things that should be the focus of research and development. At the Information and Communications Council, we are looking at the All-Photonics Network and also a secure and virtual integrated network. For all areas, we have been working on these, but also including the non-terrestrial network, these three will be very important. My personal view is that it has to be stable and secure and has to cover 100% the whole nation. The cell coverage has to be 100%. This has to be a dynamic network if it is to become our lifeline.

I have looked at the direction in which Japan should go to, but the All-Photonics Network, NTT is promoting this very strongly, and this is a slide taken from NTT, but using the photonics network, a large volume and low latency, low energy consumption network, so Innovative Optical and Wireless Network, IOWN, so optical network will be key.

Why is it important?

For example, as part of the lifeline, remote surgery could be given as an example. Just the other day, well, on the 18th, until I saw it directly, I thought that remote surgery was still a dream. But this is a *hinotori*, a remote surgery robot, and it uses the All-Photonic Network. The operation could be done from a distance of 120 kilometers away with just 1 millisecond delay. Actually, doctors are using this to provide remote surgery. This is not radio. This is an optical network. I tried it myself. I think there was just a 5-millimeter rubber band. I pinched it and tried

to remove it. I used left hand and right hand. With my left hand, I was able to do that task, but not with my right hand.

Trying this out, I understand that such an operation carried out from a distance of 120 kilometers without delay is really something. The wire reach is 120 kilometers. These fibers were used, and it is just one fiber. The latency is just 1 millisecond. Low latency, I think you can understand, but for surgery, the low jitter is also very important because picking up a rubber band is one thing, but if you are to do a surgery, if you want to pinch something and there is a jitter, it means that you will not be able to pinpoint the place that you are supposed to work on.

If the jitter is stable and the delay is also stable, then you will be able to do the surgery. However, in order to have low jitter, the network should be configured with a single path. I will not be able to go into detail, but with our internet right now, it is not just one path. There are areas where the path is, you have to have relays in between, but for this one, 120 kilometers, the routers here are very smart. Even if you have a blackout, the path of the light is still connected. With these technologies, we may be able to have remote surgery becoming true. Already for very small surgeries, these are being done. These are mission-critical use cases. For example, to maintain life and other areas where mistakes and failures are unacceptable, we need to have a mission critical.

In relation to Mount Fuji, disaster prevention and mitigation, if somebody gets lost along the pathway and needs medical attention, or also for manufacturing as well. You need to have safe, secure, high availability, low latency guarantee, and bandwidth guarantee. This will be necessary for a lifeline network.

Now, Takezawa-san has explained about the Fujisan area DX, the safe and secure tourist information system, but what we are trying to realize is establishing lifeline in the Fujisan district.

Saito-san also explained earlier, but in 2022, 160,000 people went up the mountain. Before COVID, there were about 200,000 or 300,000 people climbing up the mountain. I also went up to the 5th Station, but of course 5G was unavailable. There is an area where you can use 4G; but the radio waves are sent from the bottom of the mountain, therefore, it is not really stable. With Yoshimoto-san, on our way home, we were saying that the radio wave was very weak. If you get lost without any communication method, it will make the person really desperate.

But can we set up a 5G network? Business-wise, it is not going to pay because in the wintertime there are no people climbing up the mountain. If you want to establish 5G up on the mountain, the Ministry will have to get involved and give an order. Maybe we can set up a private network or local network.

Now, I believe, if you are familiar with Mount Fuji, you will know this, but let us take a look at the Yoshida Route up to Mount Fuji.

There are four different routes to go up the mountain, and MFRI is quite close to the Yoshida Route. The route is different going up and coming down, but the Yoshida Route has the most number of climbers, about 50,000 or more during the year. There are infirmaries, but there are routes without any infirmaries. I will

not be able to provide any material, but there is no optical fiber cable close to Yoshida Route and expansion of CCTV for disaster prevention is desired. Electricity power and also information communication networks are very weak in this area. It is very difficult to feel safe and connected as you go up the mountain. Of course, we have a lot of earthquakes. At MFRI, we are looking at seismic activities on a real-time basis.

Now, from MFRI up to the 5th Station, we have been having this idea of installing an optical cable route. This is the Subaru Line and it stretches for 24.5 kilometers. We tried thinking about a shortcut route here. However, the slope is quite tough. The route looks like this.

There is another Prefectural Route 701, Google showed this, and this one is 12.2 kilometers. It is not that much of a winding road. Maybe we will be able to establish a fiber cable route along this line. Of course, this is not just for Yamanashi Prefecture. The Ministry of the Environment, Agency for Cultural Affairs, and other stakeholders will have to be involved. But from a technical viewpoint, it may be reasonable to have it here. I consulted Professor Matti: how can we get a fiber cable established here?

From the rooftop for MFRI, we are looking up the mountain and there is a mountain road here along the dotted line. Then, you have the Sato Hut as well as the 6th Station, so where can we place the fiber cable?

Or maybe we can have an exclusive radio wave up to 5th Station. However, if the trees get taller, the radio wave may not go through. We tried a Fixed Wire Access along the trail. 1 Gbps, gigabits per second, well, it was a test route, so it has already gone, but it was affected by weather as well as trees because the radio wave may be absorbed by the tree leaves moisture and therefore this would not work as a lifeline, so we need a wired optical cable.

In this demonstration, from 5th to 6th Station, we left the fiber cables. If we can get the cable from MFRI, maybe we can reach up to the 5th Station or maybe take it to the 7th Station, and then we can set up Local 5G base stations and create a lifeline network. Right now, how to take it up to the 5th Station from the Mount Fuji Research Institute is the key right now.

In Finland, with Professor Matti, we have heard that this is a technology that is being used. I think it was from around 2015. The road asphalt was cut with a micro cutter to create a very narrow ditch, and it works at a very high speed, you can see. But this little ditch is being cut along the road and under that you place the fiber cables.

It is quite a scary looking equipment. It has a rotating cutter. Maybe we cannot use it along the Subaru Line, but maybe we can use it along the Prefectural Road so that we can lay the optical fiber and power cables.

Democratization of information and communication. Areas which may not pay as a business, however where these networks are necessary as a lifeline, I believe, if the public understands that there is a necessity, we might be able to provide a network. The reason why we are working on Mount Fuji is because Mount Fuji, of course, is the symbol of Japan. It has become a world heritage site and hundreds

of thousands of people will go up the mountain. However, it is very weak when it comes to communication and the communication business does not pay even if you have a system up there.

But if we have local 5G, for example, if Yamanashi Prefecture establishes that and if the university can help in that, there may be a very big social value in this. The local 5G, I have been saying that this is democratization, and the Ministry started to utilize the word democratization of radio wave use. It is not just the telecommunication carriers, but local governments or universities can create local networks. I think Professor Matti also talked about local 5G or 6G networks.

This is what Takezawa-san has shown you beforehand. But if you can look at this, it says NakaoLab Local Mobile. Well, of course there is no company like this, but it says here NakaoLab Local Mobile. This is Local 5G. We can create our own 5G network even if we are not a telecommunication carrier and it can install this local 5G network.

This is very powerful. Utilizing this tool effectively, we will be able to build the lifeline on Mount Fuji. This is the video of stone rolling down. There will be many more of these events. But if we have sufficient communication, we will be able to monitor constantly, and at the same time, we can apply analytics. Climbers are subject to possible incident or accident. Who are not heavily equipped, we can actually send alert to some of these climbers.

When it comes to democratization of communication, Professor Matti and I have often talked about local 5G, how important that is, but there is the evolution from 5G to 6G. But at the same time, we would like to add more values when we shift from local 5G to local 6G.

The common specification should be part of future 6G. As we evolve from local 5G to local 6G, there are several action items set up, and we have been able to solve some of these, such as low telecommunication or low satellite local 5G communication. These two are such that are relevant to Mount Fuji disaster mitigation.

For example, starting with low power consumption. There is no water or electric power on Mount Fuji, so we have to rely on power cell. We need the base station that will run by a battery for about 8 hours or so, and we came up with the equipment to enable that.

The other one is satellite communication local 5G connection on land. What it means is, if you cannot install fibers, you would look for solutions from the sky. Utilizing satellite communication, you can connect the local 5G to satellite communication. As a back haul satellite, you can utilize satellite. We have conducted the experiment with SKY Perfect JSAT and JRC. The radio will be provided by local 5G. Beyond basic base station for internet connection, we can rely on satellite communication.

This is not about Mount Fuji, but the University of Tokyo and the European colleagues, utilizing this concept, we conducted the experiment. We actually made a press release.

Another thing is something that Professor Matti already talked about. This is Starlink backhaul usage. Throughout Japan, as of November, satellite communication is available. We conducted the evaluation and verification at the University of Tokyo. Downlink speed is 248 megabits per second. Uplink, 19 megabit per seconds. Delay is 40 to 60 milliseconds, which is sufficiently fast. Using satellite communication, 10-20 Mbps was the max, and we have been able to actually upgrade the speed by one digit. With 6G, if you look for a solution in the sky, we will be able to enhance the communication speed.

I would like to share with you the words that I like very much. When I was speaking to the high school students, I told this story. This is about the 'pie in the sky'. This is often having the negative connotation. When I was young, I was told by many. When I was starting to do something new, a lot of people around me told me what you were doing is simply a 'pie in the sky'. But I think this is a positive thing to do. Unless you envision something that you want to realize, you would never be able to start. This will be the starting point. When all the people say this is unrealistic, you may want to envision something that is so great, so bold, and I think that is what is needed today.

We have so many projects we are involved. As you can see, what is indicated by red color, that is one of our pies in the sky. That is to try to cover 100% nationwide coverage by LEO, Low Earth Orbit communication.

I would like to introduce this. In terms of the technical direction, this will be for seamless connection as well as scalability. Although I did not mention early on, when it comes to satellites, there are different types of satellites. Conventionally, we have used geo-stations at the height of 36,000 kilometers. It has high delay of about 500 milliseconds. It is far away, so it takes time. In order to lower latency, we now have LEO, Low Earth Orbit. Starlink, the project we are involved with, is one of those. The altitude is a few hundred to 2,000 kilometers. If it is 600 kilometers, 20 milliseconds is the average delay.

Then, this is not exactly satellite, this is HAPS, High-Altitude Platform Communication at the height of 20 kilometers. If we want to reduce the delay latency, you want to have these things fly at lower altitude. Even during the earthquake, we will be able to rely on this communication.

But the problem is the coverage. As you can see, this is HAPS. This is LEO, bigger circle, and geostationary satellite can cover a whole country. That is the coverage. There are differences in coverage. What communication should we use, where, and what combination we should use are the important questions.

LEO claimed to have high coverage, so we are starting to have this joint research with Rakuten Mobile. This is IoT sensors, for example, to be able to detect where people are. When they have GPS, we can save them by identifying where they are. But this requires communication, so GPS information will be communicated by this service.

Starlink is not available for this service because in order for us to utilize Starlink, we have to have a large antenna called the dish. Attaching sensors to a dish is not realistic. What we are thinking is to use our cell phones that are directly connected to satellite. Why do we use a dish? Because radio waves that are

emitted by our mobile phones, our devices, are very weak. In order to amplify them, we need a large antenna.

These weak signals, for satellite to be able to capture these signals, what cannot we do? We have to add a large antenna on the satellite. BlueWalker is a good example. This has wings. These are antennas placed in LEO. From terrestrial LTE devices, there will be signals and they will be captured. We have a feeder link sending communication down to a gateway on the land utilizing 4G technology. But eventually, we will be able to use 5G with this configuration.

What will be the size of antenna that we need?

As you can see in these pictures, we need a large antenna. This is low-earth orbit, so it circulates around the globe. The actual size of the antenna is this. You can actually play a basketball game. 20 meters by 20 meters is the size of the antenna. The other day, this is not the antenna that I am talking about now, but 8 meters by 8 meters test satellite BlueWalker 3 was launched on September 10th. A very recent launch that succeeded.

In the early part of this week, on the 14th of this month, wings were successfully opened. The antenna, you cannot simply place this antenna on top of the rocket because of the air resistance. You need to really fold them into a compact size for the launch and they will be reopened up in the space. Whether they can unfold is the very first challenge, but we did succeed in making them open format and then we are ready to conduct experiments. Everyone thought the communication was impossible. They thought this was a 'pie in the sky', but if we could enable communication, your cell phone will be a communication module that can connect directly to the satellite.

There are many technical challenges, as a matter of fact. Things on the LEO move very fast. Geostationary satellites are far away, and it stops at a certain location. But if you come down to low-earth orbit, these satellites move very fast, so there will be a Doppler shift. We do not have to understand a difficult formula, but because of this there will be a large delay, so we need to compensate that delay. This is where we have expertise. We are focusing on this. We can solve all of these challenges. A 'pie in the sky' will be the real pie that you can eat.

Where can this communication be utilized? Where we are trying to apply it is to the primary industry at the local community development. For example, in Hiroshima, we have the IoT Program. If we succeed, maybe that outcome can be applied to sensing in Mount Fuji.

Since we are running short of our time, I would like to try to summarize my presentation.

I have some proposals for Mount Fuji DX. We are building information and communication infrastructure which a lot of people depend on this as social infrastructure. In order for us to continue our social and economic activities, information and telecommunication importance is now reconfirmed. We believe and it is necessary to have social infrastructure evolve. During the COVID-19, we still need to continue on with the social and economic activities, and we have to

invigorate the local economy and make sure there will be sufficient disaster prevention in Mount Fuji.

Especially Mount Fuji, which is a world heritage, as Professor Matti participated today, we have to have international cooperation. We need to apply global perspective to reinforcing our disaster prevention and mitigation systems. That is where DX can contribute.

This concludes my presentation. Thank you for listening.

Nobuko KAMETANI

Thank you very much, Professor Nakao.

Are there any questions from the audience? We still have some time left, so if there are any things that you would like to note?

Professor Akihiro Nakao

Well, I just want to say that we hope that we can work together going forward because we would like to do a lot of different experiments.

Nobuko KAMETANI

Thank you very much, Professor Nakao.

Mitsuhiro YOSHIMOTO

Today, our theme was the Mountain Tourism. Mount Fuji, as Saito-san said, now, we do have some information around Mount Fuji. What we heard from Professor Matti and Professor Nakao is that in mountains, there are no 4G or 5G, and there are a lot of accidents. Sometimes people are lost, but I think this could provide some kind of solutions or a clue.

In Japan, there are a lot of volcanos. In mountains, the care is not really intent on building networks. Therefore, other mountains or regions are facing similar issues as Mount Fuji. Those issues are also there for national parks. Therefore, local network using satellite could be built going forward. That was very encouraging to hear. We would like to make further efforts to provide information around disaster prevention and other things.

Thank you very much.

Nobuko KAMETANI

That concluded all our presentations for today. I would like to appreciate all the presenters for today.

Now, as closing remarks, we would like to have Professor Toshitsugu Fujii, Director of MFRI.

【閉会の挨拶】

藤井 敏嗣（山梨県富士山科学研究所 所長）

藤井：講師の皆さん、どうもお疲れさまでした。本当にありがとうございました。

今日は、「富士山地域 DX～山岳観光と次世代通信～」というタイトルでシンポジウムを開きましたけれども、最初のほうで観光資産としての富士山、あるいは世界遺産としての富士山への来訪者をいかに管理するか、あるいは火山防災という観点からは、いかに来訪者を火山災害から守るかという点について、情報通信に関しての課題がお二人から提案されました。それに対して竹澤さんから既に行ったローカル 5G の実験についての報告があって、それが先ほど挙げられた課題の解決にかなり有効だということが示されたと思います。ですが、これから先に日常的にそういうローカル 5G を実現するためにはさまざまな課題があることも事実です。一つは電力供給の問題と、それから光ファイバーを 5 合目、あるいは山頂まで持っていけるかという問題がある、ということが指摘されました。

Matti さんと中尾さんからは、5G にとどまらず、その先の Beyond 5G/6G についての取り組みについても詳しいお話を伺うことができました。

私が非常に印象的に思ったのは、「餅を絵に描くことだ」です。中尾さんが最後に言われたことですけれども、それに向けて、それを着実に食べるための方策を考えて進んでおられるということに、実際に感激しました。

例えば火山防災というようなところでは、「信頼に足る、枯れた技術を使うんだ」ということがよく言われるんですが、これはある意味では自己弁護かもしれないというふうに、今日のお話を伺って感じました。確かに自分たちが習熟した技術を使って解決するということは重要なんですけども、やはり新しい技術に向かって、それを取り入れる努力も必要なんだということが分かりました。それで自分たちが習熟しなくても、その分野の専門家と連携することによって、実際には絵に描いた餅が実現できるという、そういう感じを持ちましたので、今日のシンポジウムは私にとってはもちろんですが、おそらく火山防災や観光での来訪者管理のことにしても、重要な示唆が得られたのではないかと思います。今日のシンポジウムは本当に成功だったと、自分ながら思っております。この研究所での国際シンポジウムでしたけれども、先が見えたような気がします。

これをもちまして私の閉会のあいさつとさせていただきます。どうもありがとうございました。

亀谷：藤井所長、ありがとうございました。これで本シンポジウムの全てのプログラムを終了させていただきます。本日は長時間にわたりご参加いただき、誠にありがとうございました。

【 Closing Remarks 】

Toshitsugu FUJII (Director, MFRI)

Toshitsugu FUJII

I would like to first thank all the presenters and lecturers.

Today's title was 'Fujisan DX – Mountain Tourism and Next Generation Communication Technology'.

We heard about Mount Fuji as a tourism asset or as a world heritage and how we can better manage those tour visitors, and how we can protect those visitors coming to Mount Fuji, from volcano eruption. We also heard about telecommunication challenges around Mount Fuji. We also heard about local 5G experiment that has been conducted which could be used to solve the issues raised earlier.

For local 5G to be used on a daily basis, there are a lot of challenges. We need to resolve the issue of power and optical fiber, being able to take them to on top of the mountain as well. That is the real challenges.

Professor Matti and Professor Nakao talked about Beyond 5G and 6G, the initiatives around Beyond 5G and 6G. What really struck me is drawing a 'pie in the sky', which is something that Professor Nakao said in the end and come up with ways to eat those pie. That is what he said that he is working on which really moved me.

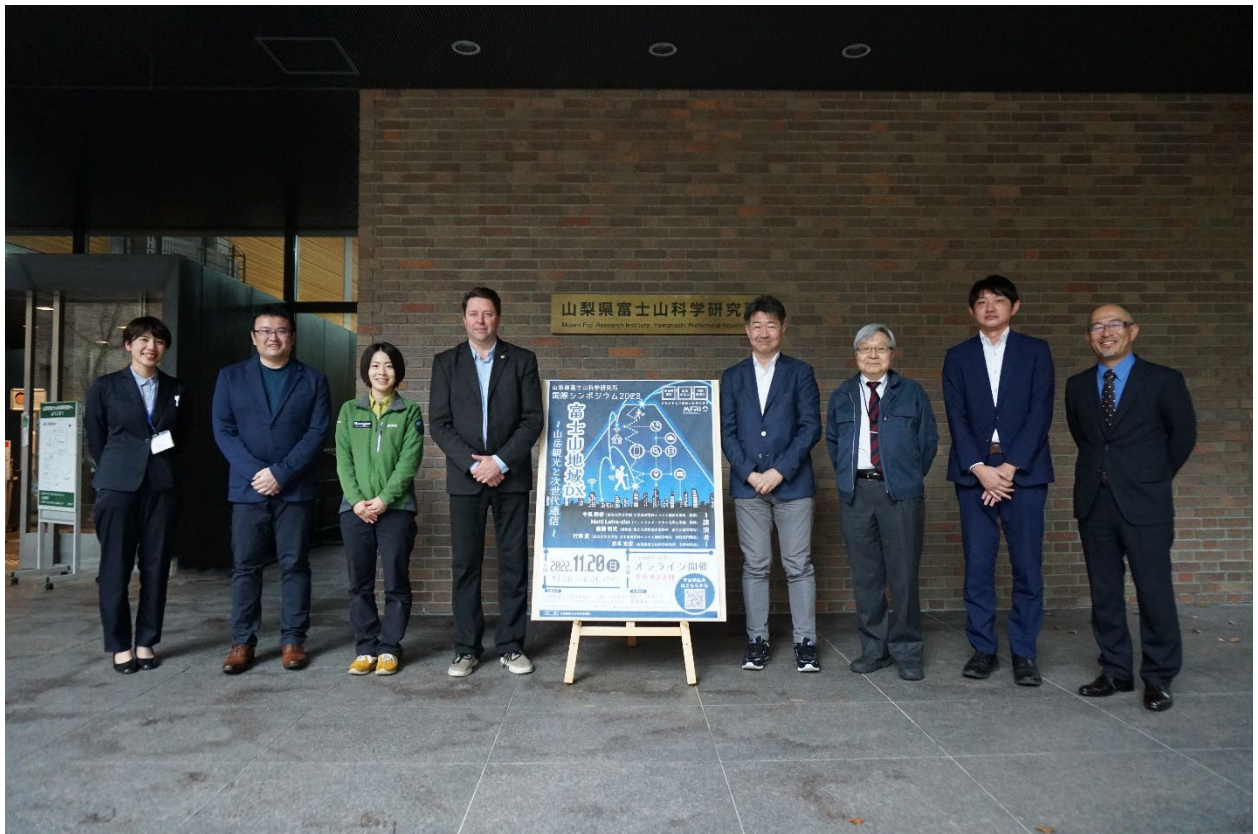
When it comes to disaster prevention around volcanos, people say that we need to use the trusted old technologies. I do not mean to really defend myself, but using mature technology to solve issues, of course these are important, but we also need to make efforts to bring in new technologies. We do not have to be professionals of those expert technology. We can work with the experts in that field to eat the 'pie in the sky'. Therefore, today's symposium was very informational.

We talked about how we manage the visitors to the mountains and how to protect them from the accidents. I think we were able to get a lot of insights. I really think that today's symposium was a great success for our institute. I think we were able to have a peek into the future.

I would like to close my remarks with by saying thank you to all of you.

Nobuko KAMETANI

Thank you very much, Professor Fujii. That concludes all the programs for today's symposium. Thank you very much for attending today's program.



山梨県富士山科学研究所公開講座

C-01-2023

山梨県富士山科学研究所国際シンポジウム 2022
—富士山地域 DX～山岳観光と次世代通信～— 報告書

2023年3月発行

編集・発行
山梨県富士山科学研究所

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾 5597-1

TEL : 0555-72-6211

FAX : 0555-72-6204

<http://www.mfri.pref.yamanashi.jp/>



この印刷紙には、山梨の森林認証材も利用活用されていますので、森林環境保護・水質保全等の支援に役立てられます。