HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	宇宙からの芸術
Author(s)	久保田, 晃弘
Citation	科学技術コミュニケーション, 21, 111-118
Issue Date	2017-06
DOI	https://doi.org/10.14943/79327
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/66328
Type	departmental bulletin paper
File Information	10_kubota_111-118.pdf



Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

小特集ノート：寄稿

宇宙からの芸術

久保田 晃弘[1]

Art from Space

KUBOTA Akihiro[1]

キーワード：ARTSAT，衛星，メディアアート，無線通信，札幌国際芸術祭（SIAF）

Keywords: ARTSAT, satellite, media art, wireless communication, Sapporo International Art Festival

1. はじめに

紹介していただいた久保田です．今日はCoSTEPの皆さん，北海道大学の皆さんにこの場にお招きいただき，本当にありがとうございます．

2010年からARTSATプロジェクトという，その名の通り衛星を使った芸術プロジェクトが，多摩美術大学と東京大学のコラボレーションで始まりました[1)]．そして本年，2017年の8月6日から行われる札幌国際芸術祭では，今日の展示を準備してくださったSIAFラボ[2)]のメンバーと，札幌のモエレ沼公園を舞台にした新たなプロジェクトに取り組んでいます．今日は「宇宙からの芸術」というタイトルで，今回のテーマでもあり，また札幌国際芸術祭でも非常に重要なメディアとして活用する電波を軸としてARTSATプロジェクトの活動を紹介することで，次に登壇する先生たちに繋がる話題を提供できればと思います．



図1　講演する筆者

2. ARTSATプロジェクト1号機INVADER

2.1 衛星を使ったメディアアート，ARTSATのねらい

ARTSATプロジェクトの芸術衛星は「超」小型です．2014年2月に打ち上げた1号機の INVADERは，10cm角のキューブ，重量も1.85kgしかありません．実際に打ち上げたものは，打ち上げ後6ヵ月ぐらいで大気圏に突入して燃え尽きてしまったので，この写真はエンジニアリングモデルと呼ばれる，プロトタイプです（図2）．全体

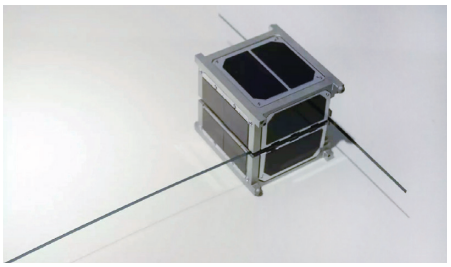


図2　ARTSAT1: INVADER

2017年4月10日受納　2017年4月24日受理
所　属：1. 多摩美術大学 美術学部 情報デザイン学科
連絡先：kubotaa@tamabi.ac.jp

のフレームはアルミでできていて，外側の6面に太陽電池が貼り付けられています．これをJAXAのH-IIAロケットに相乗り（ピギーバック）して打ち上げてもらいました．ARTSATは衛星をメディアとして捉えることから始まったメディアアートプロジェクトです．メディアとは何かと何かをつなぐものですから，そういう意味で，ARTSATは宇宙と地上をつなぐ芸術活動であるとも言えます．

1号機INVADERの名前の由来は"INteractive Vehicle for Art and Design Experimental Research"です．これまで衛星は基本的に理工学系ミッションのためのものでしたが，これは人文学的な目的をもった衛星です．つまり，音楽や詩の創作，あるいはBOTとの会話などを，メディアとしての，実際に宇宙で地球を周回している衛星と行うことで，私たちの想像力や意識を拡大することができるのではないか，そんなことを考えていました．

2.2 超小型衛星のポイント

小型衛星を制作運用する際にキーとなるのが，アンテナです．衛星自身は小型のコンピューターです．今ではスマートフォンやテレビ，ラジオといった家電用品にも同じようにコンピューターが入っていますが，それらが宇宙に行って地球を周る時に必須なのが，電源と通信です．電源については，太陽電池で発電して，それを充電して使います．そして通信のために不可欠なのがアンテナです．たとえ衛星が地球のまわりを周っていても，コミュニケーションができなければ，コマンドを送ったりミッションの結果を取得できません．ですから，通信をどうやって実現するかがプロジェクトにとって非常に重要なポイントでした．電源オフで打ち上げられたINVADERが，軌道上で自律的に電源を入れて，さらにアンテナを伸ばして通信をしなければいけないところが，苦労というか，工夫をしたところです．

もう一つ，小型衛星で重要なのは，通信帯域がものすごく細いことです．具体的には通信速度は1200bpsです．昔のパソコン通信ぐらい，と言うと分かる人がいるかもしれませんが，電話でインターネットに繋いでいた頃の転送速度で信号をやり取りするので，画像のような大容量のデータを送るのはとても大変です．低軌道衛星なので，INVADERと通信できるのは1日20分ぐらいしかありません．そうした条件で，実際に自分たちが打ち上げた衛星で撮った写真には，JAXAやNASAのどんな高解像度の画像とも違った意味があります．

衛星と通信する局のことを地上局と言います．INVADERの地上局も衛星自身と同様に非常に簡便なもので，アマチュア無線用の市販の無線機で通信します．学生たちが衛星と通信のやり取りをインターネット越しにウェブブラウザから運用できるソフトを開発してくれました．左にあるのが通信機です（図3左）．メーターが二つある四角い装置が，屋上にあるアンテナを回転させるローテーターのコントローラです．衛星の速度は非常に早いので，約20分で地平線上に出て，また沈んで行っ



図3　ARTSATの地上局（左）とアンテナ（右）

てしまいます．ですから，アンテナは衛星を追わないといけません．そのための装置がこのローテーターです．地上局がある建物の屋上にはアンテナが乗っています（図3右）．4本のうち，上の2本が送信用，下の2本が受信用のアンテナです．

INVADERを打ち上げたのは，2014年の2月28日です．このときの主衛星が，地球の近くを周る降水観測衛星GPMだったので，地上からの高さ387kmで放出されました．地上で300km，400kmの距離というと大したことはありませんが，高さで考えると，そこはもう完全に宇宙です．ただ，そのぐらいの低軌道だとまだ大気が少し残っているため，その抵抗で衛星の軌道が徐々に落ちていきます．結局，186日間地球を周回して，再突入して燃え尽きてしまいました．低軌道の衛星は約90分で地球を一周します．毎秒8kmの速度です．186日の間に地球を2,942周して，様々な交信をすることができました．

2.3 INVADERからの「ファーストボイス」が与えたインパクト

INVADERとの通信を約半年に渡って行った間，電波について本当にいろいろ体験し，考えました．まず最初に一番緊張するのは，衛星がH-IIAから放出されて，音が聞こえるかどうかです．衛星からの初通信をファーストボイスと言います．

衛星の難しいところは，うまくいかなくても直せないことです．パーソナルファブリケーション[3)]やDIYでものを作ることが盛んになってきましたが，それらの良いところは，一度作っても，そこからどんどん改良していけるところです．一方で，宇宙に飛ばす場合，1ヵ月ぐらい前にJAXAに引き渡すと，それ以降は一切衛星に触れることができません．あとは完全にJAXAの管理の下でロケットに積んでもらいます．H-IIAで打ち上げる際の，5Gもの力がかかる非常に過酷な環境を経て，バネで宇宙に放り出されると，自動的にスイッチが入って，通信機が動いてコンピューターからの信号を電波で送り始めます．そこまで，完全に人の手を入れずにやらないといけません．失敗したらやり直しがききません．

こういう状況の中で，制作チームにとって精神的に一番厳しく，試されるのが，衛星を打ち上げてから最初に上空にやって来る瞬間です．2014年2月28日の午前3時ぐらいに打ち上げたので，その瞬間は朝の5時ぐらいでした．幸い，音が聞こえました．最初の音はどういう音かというと・・・（ビーコンの音を流す）・・・．衛星は自分が生きていることを示すために，ビーコンという電気信号を流します．ビーコンの音は音程が少しずつ変わっていきます．これはなぜかというと，ドップラー効果があるからです．1秒間に8kmで動いているので，近づいてきたり遠ざかる際に，受信する電波の周波数が刻一刻変わっていきます．まさにこれが，先ほど聞いていただいた地上局で受信した10cm角の衛星から来る最初の音だったのです．

こうした状況によって，電波を通じたコミュニケーションを，遠く離れた宇宙と地上局の関係を含めてリアルに実感することができました．10cm角の衛星からの電波，しかも0.1ワットの微弱な電力での電波です．それを小型の八木アンテナで追尾すると，ピーピーという断続音が聞こえてくるだけです．今でこそ電波は無意識に，しかも大容量で豊富に使えるのですが，実際にこうしたリアルな音として聞くことで，電波の存在をもう一度考える良い機会になりました．チーム一同で打ち上げまでに約2年半かかったプロジェクトだったので，無事受信できた時のことは今でも非常によく覚えています（図4）．



図4　成功を喜ぶARTSATチーム

2.4 衛星とのコミュニケーションと，世界中のアマチュアとのコミュニケーション

約半年間のミッションを通じてできることは，逆に言うと，電波によるコミュニケーションだけです．それを使って，芸術ミッションとしていろいろな実験を行いました．理工系の衛星にありがちな，何か新しいデバイスを試したり，新しい通信方式のようなものを試すのではなく，僕らにとって大事なことは「何を流すか」でした．宇宙から言葉やメッセージを送れるとしたら，そのメッセージが何なのかということがテーマになってくる．それこそが人文系ミッションたる所以です．

INVADERには音声を合成するボードが搭載されています．簡単にいうと音声合成ラジオです．衛星の中に小型のラジオ局があり，地上から何をしゃべるのかの指令を送ると，衛星のラジオ局が宇宙からメッセージを流すのです．最初に何をしゃべってもらうかを考えました．コンピュータやプログラムの世界では，"Hello, world" という共通の，皆が知っている最初のサンプルコードがあります．それならばと，INVADERからまず最初に "Hello, Space!" と流したり，しばらく後には "Love and Peace" と流したりしました。日本語合成チップだったので，日本語で英語をしゃべらせるのは難しくて，少し訛った"Love and Peace from INVADER" になりました．

もう一つ重要なことは，何も日本の上空だけで通信を行う必要はないという点です．コマンドを送って予約しておけば，先ほど述べたようなメッセージをヨーロッパの上空，南米の上空，アフリカの上空など，様々なところで流すことができます．ARTSATのポイントは，アマチュア無線を使っていることです．そうすると，世界中にいるアマチュア無線家たちと連絡を取り合って，「何月何日にここでメッセージを流します」と伝えておけば，彼らが受信協力してくれるのです．そしてその情報を私たちに送ってくれる．そうすることによって，海外の人たちとディスカッションをしたり，データを交換したりできるのです．

さらにもう一つ重要なのは，様々な場所で通信すると，場所によって受信できる時間が違うことが実感できることです．人工衛星は地球の上を周っているので，衛星と通信をすると，本当にありふれた言い方をすると，国や地域を超えた地球を感じながらコミュニケーションができるのです．インターネットが世界中で使われて，世界はローカルなイメージが強くなっていると思うのですが，常に世界地図を見ながら行う衛星の運用は，大きく違った視点を与えてくれると思いました．

アマチュア無線の人の技術は，本当にすごいとしかいいようがありません．受信報告を送ってくれるだけではなく，困った時には助けてくれます．プロジェクトの当初は，宇宙と地上のコミュニケーションを主眼に置いていましたが，それだけでなく，衛星というものがメディアとして，地球上でも新しいコミュニケーションを生むのだということを実感しました．

2.5 ハプニングから垣間見える，電波をめぐる社会状況

プロジェクトを通して実感できたことのひとつに，違法無線もあります．ARTSATの地上局でINVADERの電波を受信する際に，あまりにも違法無線が多かったので，総務省に「どうしましょうか」と伝えると，「分かりました．何とかしましょう」と答えてくれました．実際に総務省の電波追跡車が大学の近くに来て，違法無線を追跡して電波を特定して，犯人を突き止めたことがありました．聞くところによると，違法無線があると，東京大学などでは別のアンテナで無線局を運用しているそうです．私たちにはそうした施設はなく，違法無線が入るとおしまいなので，「すみません，捕まえてください」と警察に対応をお願いしました．

重要なことは，電波は社会の様々な状況を反映しているということです．世の中には違法無線が結構たくさんあるということを実感しました．電波は周波数帯ごとで何を使っていいかが決められており，衛星が使って良い帯域とそうでない帯域があります．しかし，逆にこの違法無線が，受信パフォーマンスのハプニングになって面白かったりもする．そうした電波を取り巻く社会的状況に

ついても，INVADERを通じて知ることができました．

3. ARTSATプロジェクト2号機DESPATCH

3.1 2号機の打ち上げと受信

2014年12月3日，はやぶさ2を主衛星とするロケットで2号機DESPATCHを打ち上げることができました．今度も無線が大活躍します．2号機は，深宇宙に彫刻作品を打ち上げようということで，前回より少し大きく50cm角，約33kgの衛星になりました（図5）．といっても，実はこれは衛星ではありません．なぜなら，相乗りした主衛星がはやぶさ2だったので，地球の引力圏を脱出しました．つまり，地球の周りではなくて，太陽を周るので，どんどん地球から遠ざかっていくのです．言ってみれば，地球の引力圏から離れた遥か彼方からの芸術です．そこで深宇宙で詩を生成して地上でそれを共同受信するというミッションを計画しました．

1号機INVADERは，地球をぐるっと周りながら，20分間で上空を通過していきますが，今度のDESPATCHは地球から脱出するので，星のように見えます．つまり，北極星や様々な恒星，惑星のように空の上ではあまり速くは動きません．東京，シドニー，ベルリン，ボストン，ブエノスアイレス，というように、地球上の様々な場所での受信可能な時間が事前の計算で分かるので，受信協力を事前にお願いをした結果，世界中のたくさんのアマチュア無線家からの協力がありました．

最後は本当に微弱な信号でしたが，自宅に10mのパラボラアンテナを持っているチェコとオランダのアマチュア無線家が受信してくれました．私たちの地上局ではもうまったく受信できなかったのですが，最終的にはこういう驚くべき人たちが協力してくれたおかげで，アマチュアの無線局どうしの通信としては世界最長記録になる470万km，だいたい地球と月の12倍の距離からの電波を受信することができました．

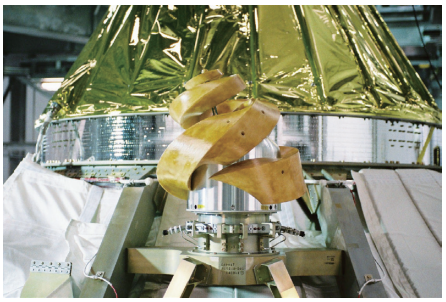


図5　ARTSAT2: DESPATCH
後方は はやぶさ2を支える分離部分．©JAXA

3.2 芸術はフロンティアを目指す

芸術は常にフロンティアを目指しています．私たちはこのDESPATCHを宇宙のランド・アート，環境芸術[4]と呼んでいます．芸術は，かつては屋内の工房で絵を描いたり，彫刻をつくっていたわけですが，次第に大規模で建築的なものや自然環境の中で作品が作られるようになりました．ランド・アートを代表する作品として，ロバート・スミッソンが1970年にアメリカのユタ州ソルトレークでつくった「スパイラル・ジェティ」という渦巻き状の作品が有名です．屋外で，しかも自然環境の中でアート作品を制作するのであれば，今度は地上を離れて宇宙で，というのは至極当然のことです．そこで，タトリンの社会的建築[5]やスミッソンの「スパイラル・ジェッティ」にあやかって，機体をうずまき型の彫刻にし，科学技術がそうであるように，芸術も常にフロンティアを目指している，ということを伝えたかったのです．

4. SIAFラボと札幌モエレ沼公園でのプロジェクト

4.1 ARTSAT×SIAFラボ　イサム・ノグチの思想を衛星を使って再現

最後に今年，2017年に行うプロジェクトについて説明したいと思います．今度は，札幌のモエ

レ沼公園を会場，というか素材として使います．モエレ沼公園は，彫刻家イサム・ノグチが，大地の彫刻，宇宙からも見える地球の彫刻というイメージで造った，世界に誇る大きな庭園です[6]．この公園を，電波を使って宇宙と繋げようと思っています．それがSIAFラボと一緒に今進めている，space-moereというプロジェクトです．今回はロケットではなく，高度１～2万mぐらいを目指した成層圏気球を地上から上げるのですが，搭載した小型のモジュールと通信することで，宇宙との即興演奏にもチャレンジしようとしています．宇宙から見える彫刻，宇宙から聞こえる即興演奏，まさに宇宙とのコミュニケーションです．

もともとイサム・ノグチは，1947年に火星から見える彫刻というコンセプトを発表していて，これを具現化したモエレ沼公園で，そのコンセプトを電波によって実現しようというのが出発点でした．このコンセプトを発展させていくことで，Live Coding Satellite，宇宙を周回する衛星と一緒に即興演奏する，そんなところまでいけるかもしれません．

特に今回私たちがやるパフォーマンスのことを「Tele-coding」と呼ぶことにしました．かつてテレフォンは音を，そしてテレビジョンは，画像を遠く離れたところに送ってくれました．今度はプログラムコードを，つまり，ソフトウェアの実行を電波を介して離れたところでやろうというわけです．先ほどお話した，衛星にコマンドを送って「こんにちは，宇宙」と衛星から発信するといったやり取りを，もっとフレキシブルに行えれば，地上からプログラムコードを送ることで，それに応じた音を返してくれます．そこで，モエレ沼公園から気球の搭載モジュールにコマンドを送って，気球に搭載しているコンピューターがプログラムコードを実行して音を生成し，それを電波で送り返して，地上で受信する．こうしたパフォーマンスを実現しようとしています（図6）．今は実際にプロトタイプを使って実験しながら，8月の芸術祭の本番に向けて準備を重ねているところです．

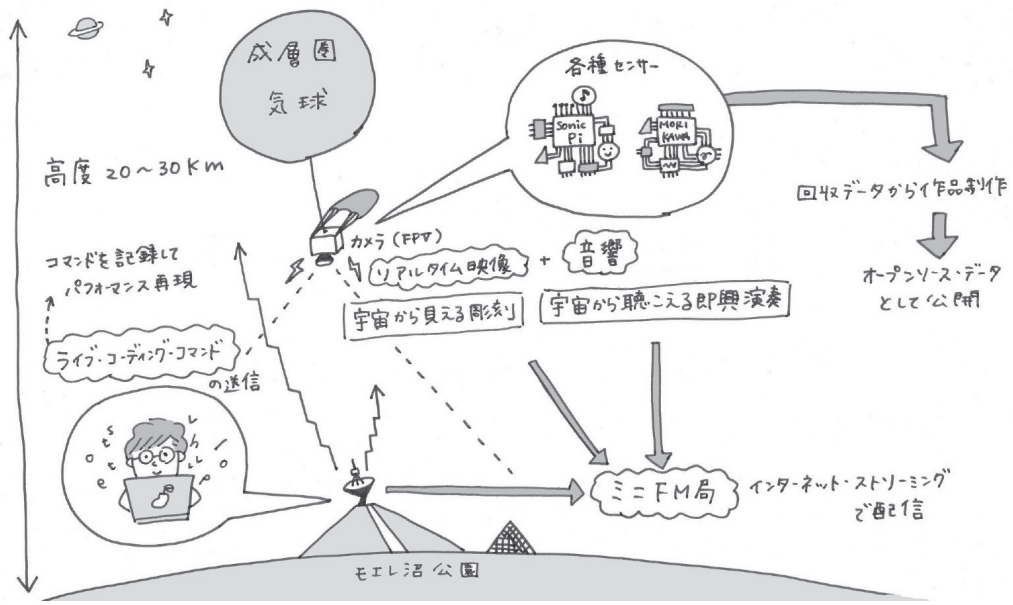


図6　space-moereイメージ図　©川成 由

今日，この会場をセットアップしてくれた人たちは，このSIAFラボのプロジェクトメンバーです．興味をもっていただけた方は，この会場で後ほど[7]，そして芸術祭期間中に気球とのライブコーディングやテレコーディングの公開実験を行うので，ぜひそこに参加していただければと思います．

使用するのは，INVADERよりさらに小さい5cm角ほどの小型モジュールで，中にはRaspberry Pi Zeroという小型のコンピューターを搭載しています．たった500円でこのコンピューターは買えます．なるべく手近な技術や身近なものを使って，電波を使った新たなコミュニケーションを実現したいと考えています．

4.2 芸術祭でいろんなジャンルの人たちとディスカッションをする

先日も，SIAFラボのメンバーが，京都大学で開催されたシンポジウム「宇宙にひろがる人類文明の未来2017－宇宙における持続可能な社会基盤の構築－」に参加しました[8]．先ほど人文系と言いましたが，これから大事になってくるのは，異分野の人とコラボレーションすることです．理工系の人だけではなくて，いろいろなジャンルの人と，宇宙や電波にはどういう意味があるのか，あるいはどういうことを私たちにもたらしているのかについて議論する必要があると思います．今回のプロジェクトでも，いろいろな人に見てもらったり意見をいただくことを通じて，まさにCoSTEPがこれまで行ってきたことを，芸術祭でも起こしていきたいと思っています．来場者にプロジェクトを体験してもらい，なるべく多くの人とディスカッションすることは，どの世界でも大事ですので，今日もこのあとの時間で，皆さんからご意見をいただけると嬉しいです．

5. アマチュア＝愛好家の重要性

最後に一つだけ．今日は3月11日ということを思い出して，いろいろなことを考えました．東日本大震災の時，私は東京にいて，電話が繋がらなかったりして，コミュニケーションができなくなることのある種の危険性を感じました．逆に言うと，繋がることの大事さ大切さを，災害を通じて改めて実感しました．3.11の時にはアマチュア無線が活躍しました．つまり，私たち自身がコミュニケーション手段を持つことは，単に便利だとか楽しいというだけではなく，サバイバルとしても大事になるということです．

先ほど，アマチュアと言いましたが，これからますますアマチュアが重要になってくる気がしています．実際，ARTSATでは，自分たちで無線機を持って，自分たちで衛星というコンピュータや無線機と交信しました．そうすることで，アマチュア無線というフレームの中でいろんなコミュニケーションができる．そうしたことが単に面白いとか楽しいということだけではなく，これからの社会にとって重要な意味を持っていると改めて感じました．

僕は学生にもよく言うのですが，アマチュアというのは，プロフェッショナルの反対語とか，プロではないという意味ではなく，「愛好家」という意味です．プロのアマチュアになることが大切なのです．私も今回，地上から衛星を運用するために，アマチュア無線の免許を取り，いろいろな人たちとのコミュニケーションを通して，無線技術や電波を使うことに対して熱い情熱を持っている人たちがたくさんいるということを，強く感じました．こうしたアマチュアのパワーは，いろいろなジャンルにあると思うのです．ARTSATが，それらをうまくつなぎ，活性化していく場を作っていく，一つの事例になれば良いと思っています．

これで私の話をおしまいにしたいと思います．震災は14時46分でしたから，6年前のちょうどこの時間でしたね．いろいろなことを，また思い出したりもしました．どうもありがとうございました．

注

1) 久保田がプロジェクトリーダーをつとめ，多摩美術大学と東京大学の卒業生および学生が多数参加している．詳細はARTSATプロジェクトのウェブサイト（http://artsat.jp）（2017年4月10日閲覧）および，久保田（2017）5章「人間からの離脱」を参照.
2) SIAFラボとは，札幌国際芸術祭（SIAF）の活動の一つである.「札幌市資料館に開設された「SIAFラウンジ」と「SIAFプロジェクトルーム」の2つのスペースを活動拠点として，札幌独自の芸術祭を実現するために，市民一人ひとりにとっての「札幌」を考え，発見，発信するプロジェクトの総称」である（http://siaf.jp/siaflab/about/）（2017年4月10日閲覧）．このプロジェクトの一つとして，ARTSAT×SIAFラボがある.
3) パーソナルファブリケーションとは，個人がコンピューターや様々なツールを用いて，情報を広く共有しながら行う，社会的なものづくりを指す.
4) ランド・アートとは，さまざまな自然の素材を用いて屋外に作品を構築すること，また環境芸術とは，さらに人間と観客を取り巻く展示空間や環境そのものを作品と見立てる芸術の総称である.
5) ウラジーミル･タトリン（1885〜1953）による「第3インターナショナル記念塔（タトリンの塔）」(1919). DESPATCHや「スパイラル・ジェティ」と同じく螺旋形をしている.
6) モエレ沼公園とイサム・ノグチについてはモエレ沼公園のウェブサイト「大地の彫刻」誕生へのあゆみ」（http://moerenumapark.jp/isamu_noguchi/）を参照のこと　（2017年4月10日 閲覧）.
7) 久保田，大鐘（2017），原島（2017）の講演の後、パネルディスカッションが行われ，そのなかでARTSAT×SIAFラボの小町谷圭氏によるインスタレーションが披露された．詳細は朴 他(2017)を参照.
8) 2017年2月11日と12日に開催され，SIAFラボの石田勝也と小町谷圭が参加した．詳細はウェブサイト（http://www.usss.kyoto-u.ac.jp/symposium10.html）を参照（2017年4月10日閲覧）.

●文献：

原島博 2017:「電波と私〜それはどう関わってきたのか？　これからどう関わるのか？〜」『科学技術コミュニケーション』21, 129-137.
久保田晃弘 2017:『遥かなる他者のためのデザイン―久保田晃弘の思索と実装』ビー・エヌ・エヌ新社.
大鐘武雄 2017:「無線通信の仕組みについて，不正確だけどわかりやすさを追求したお話…」『科学技術コミュニケーション』21, 119-128.
朴炫貞･久保田晃弘･大鐘武雄･原島博･小町谷圭 2017:「パネルディスカッション〜電波と共に描く未来〜」『科学技術コミュニケーション』21, 139-152.