

東京大学大学院情報学環
ヒューマンオーグメンテーション学（ソニー寄付講座）活動記録

HUMAN AUGMENTATION

III

暦本 純一・石黒祥生・中村裕美・張 鑫磊 編

東京大学大学院情報学環
ヒューマンオーグメンテーション学（ソニー寄付講座）
活動記録ⅠⅠⅠ

目次

セミナー#5 「認知能力の拡張」	5
セミナー#6 「味覚の拡張」	65
シンポジウム「Augmented Society 人間拡張による社会の拡張」	143

ヒューマンオーグメンテーション学 セミナー # 5

「認知能力の拡張」

2019 年 8 月 30 日、東京大学本郷キャンパス福武ラーニングシアターにて第五回セミナーを開催しました。今回は「認知能力の拡張」のテーマのもと招待講演およびパネルディスカッションが行われました。

はじめに

味八木（味八木崇）皆さま、本日は、お足元の悪い中、たくさんお集まりいただきまして、誠にありがとうございます。それでは、東京大学情報学環のヒューマンオーグメンテーション学セミナーの第5回目、「認知能力の拡張」というタイトルで、会を始めさせていただきたいと思います。私は、本日の進行を務めます情報学環の味八木と申します。よろしくお願いいたします。

このヒューマンオーグメンテーション学という寄付講座は、ソニー株式会社の支援を受けまして、2017年から始まった活動でございます。ちょうど2年半が過ぎようとしているところでして、これまでに研究と教育活動に専念するような講座を、同じく情報学環の暦本先生と私と、名古屋大学から非常勤で来てくださっている石黒先生と一緒に進めております。研究活動においては、暦本研究室の学生も多数参加していただけて、非常に活発な活動となっております。セミナーにも、毎回たくさんの方にご参加いただきまして、非常にありがとうございます。

本日の次第は、このようになっておりまして、このセミナーは、もう5回目になります。毎回特定のトピックを設定しまして、お二方の招待講演を交えて、そこからパネルディスカッションで議論を深めていくといったような形を取らせていただいております。その5回目で、本日のトピックは、「認知能力の拡張」というふうに、タイトルを付けています。

最初に私の方から、この講座の簡単な説明と、今日のトピックのイントロダクションになるような部分を、あいさつさせていただきまして、その後、お二方の招待講演へと移っていきたいというふうに思います。よろしくお願いいたします。

このヒューマンオーグメンテーションという言葉自体に、あまり聞きなじみがない方もいらっしゃるかもしれませんが、そ

の概念自体は、そんなに新しいものではありません。これは、毎回使っているスライドなので、聞き飽きたとおっしゃる方もいらっしゃるかもしれませんが、実は、結構半分以上の方が初めて参加をしてくださっているということなので、繰り返しくなりまけれども、その発端というか、少し歴史的な部分だけ説明させていただきます。既に 17 世紀から、そのヒューマンオーグメンテーションである、技術によって人間の能力を拡張するというアイデア自体は、科学の歴史としてありまして、たぶん最初は、このロバート・フックです。光学顕微鏡を発明した科学者で、たぶん皆さまに聞きなじみがあるのは、理科の教科書で、ばねの法則で、フックの法則というのを習ったと思うのですが、そのフックさんです。その方が、光学顕微鏡を発明した書籍『ミクログラフィア』^{*1}の中で、顕微鏡は視覚の拡張であると、既に言及しています。人間が見えないミクロな微細の世界を、見えるように、視覚を拡張してくれているというふうに考えることができると言及していて、当然視覚だけではなくて、聴覚であるとか嗅覚、味覚、触覚を拡張するような技術が、発明されるであろうということを、既にこのときに、この本で述べています。実際にこのときには、光学、光の学の方の光学レンズを使って拡張してきましたが、それがだんだん情報的な技術を使って、人間の能力拡張というのが実現されてきました。

私たちの手掛けているヒューマン・コンピュータ・インタラクションの分野で、神樣的な存在であるダグラス・エンゲルバートという方は、GUI であるとか、今のウェブの仕組みの基になるような、文字をクリックすると別のページに飛べるというハイパーテキストであるとか、そもそものマウスを発明した科学者です。そのダグラス・エンゲルバートが、1962 年に発表した『Augmenting Human Intellect』という、まさに人間の知力を拡張するというタイトルの論文の中で、このマウスという発明は、人間の知力拡張という、より大きな目標のため

^{*1} ミクログラフィア
<https://www.gutenberg.org/files/15491/15491-h/15491-h.htm>

の一要素に過ぎない、これからいろいろな技術が出てくるだろうということを、このときに予言的に示しています。私たちは、この考え方をさらに現代的な技術を使って、もう一步推し進めていこうということを基本的なスタンスとすることを、この寄付講座で心掛けています。

それで現代的な技術というのは何かというと、近年機械学習とか深層学習とか、皆さん耳にしていると思いますが、近年メディアとかで、人間の仕事が AI に置き換えられるという言説を耳にされている方も多いと思います。そういう AI 対人間という構図ではなくて、人間と AI が一体になって、まさに AI を、先ほどのマウスのように、ツールとして利用するといったようなことを考えたときに、果たして人間 AI 系というシステムが、きちんと動作するのだろうか、そしてそのためにはどういうふうにしたらいいのだろうかというのが、まさにこれです。人間と AI が対峙するのではなくて、人間と AI が一体化して、1つの系として、より進化した人間という形で、ここに Homo cybernetics というふうに書いていますけれども、よりツールをうまく使いこなして、人間としてのパフォーマンス能力を拡張するといったようなことが考えられないかといったことが、基本的なスタンスとなります。

そのような背景を受けまして、ソニー株式会社様の支援を受けながら、この寄付講座を、2年半前に立ち上げたのですが、基本的な4つの領域というものを定義しまして、身体の拡張、知覚の拡張、認知の拡張、存在の拡張といったような分野で、それぞれ研究と教育に取り組もうということを考えています。

私たちは、情報学環という大学院組織にいますが、その組織自体が、文系、理系、両方を含むような形で、学際的研究の推進と人材育成を目指しましょうということなので、私たちもそのモットーにのっとって、そのような研究を進めていきたいと考えています。そのようなことを考えて、こういったセミ

ナーで、少し違う分野のゲストの方もお招きしながら、議論を深めていきたいということを思っています。

これまで研究側は、いろいろ手掛けてきていまして、知覚の拡張であるとか、身体の拡張、存在の拡張など、それぞれのトピックで、さまざまな研究を、学生が主導となって進めてくれています。詳しくは、皆さまのお手元にありますパンフレットにも記載がありますので、ぜひご覧になっていただければというふうに思っております。

この研究の部分もそうなのですが、ヒューマンオーグメンテーション学を、学問として成り立たせるためには、そういう学問をどうやって学び始めればいいのかということを、教育としてきちんと体系付けていきたいので、こういったイベントを開催しています。このようなセミナーを、年に1、2回、開催するというものと、一般向けには、年度末にシンポジウムを行っています。もう少しプラクティカルに、学生と一緒に手を動かしながらやるサマースクールというものを、夏の期間に設けておりまして、今年も秋学期の授業の一環として、サマースクールを実施する予定です。それからこれは、あまり一般公開ではないのですが、特定テーマに基づいたワークショップというものを開催しています。

先ほど申しましたように、セミナーはこれまでに、既に4回終わっていきまして、先ほど4つの領域をピックアップしましたが、そのうちの3つに相当する知覚の拡張、身体の拡張、存在の拡張というものを、それぞれ取り上げて、各界の研究者であるとか、ビジネス界の方をお招きして、議論を深めてきました。2回目だけは、番外編のような形で英語のタイトルになっているのですが、これはヒューマンオーグメンテーションとか、そういった分野の研究をする学生が、将来のキャリアをどう築いていけばいいのかということの特集しまして、暦本のOBを何名か招いて、現在の仕事に、学生時代に学んだこ

とをどういうふうに役立てているかといったようなことを、話してもらいました^{*2}。

このようなセミナーと、あとは年度末のシンポジウムです。これは、初年度のシンポジウムですが、「Future is Already Here」^{*3}というタイトルです。これは、有名な SF 作家の、ウィリアム・ギブスンさんの Quote なのですが、ちょうどソニー株式会社の企画で、「Sony Stories」^{*4}という映像を作る企画があって、それに暦本先生とウィリアム・ギブスンさんの対談が企画されたので、それに便乗するような形で、私たちもこのシンポジウムを、そのギブスンさんに合わせた特集にさせていただきまして、SF と人間拡張を初めとする科学技術が、どういうふうに相互作用しながら発展してきたかというようなことを、早稲田大学のドミニク・チェン先生と、今や芥川賞受賞作家である上田岳弘先生にお越しいたいて、議論しました。

ちょうど5カ月ほど前の、今年の3月のシンポジウムでは、「Augmenting Creativity」^{*5}、創造力を拡張するといったタイトルで、未来と人間が一体化された時代に、どのように創造性が変化するかといったことにフォーカスして、シンポジウムを行ないました。これは Qosmo の徳井直生さんと、スクウェア・エニックスの三宅陽一郎さんにお越しいたいて、それぞれ音楽と AI の関係とか、ゲームと AI の開発の関係とかというようなことを含めて議論しました。

これがシンポジウムですが、サマースクールは、もう少し実際に手を動かしながら、わいわいとやるワークショップみたいなこともやっています。これは初年度の写真なのですが、国内外の大学生と大学院生を含めて、36 人ほど参加してもらって、グループをつくって、ハッカソンをするというようなことを、試みとしてやっています。

その他にも、ワークショップとして、「人格パーソナリティーの拡張」^{*6}というのを行ないました。突発的に行うので一般公

^{*2} Augment the Future <https://humanaugmentation.jp/events/seminar2/>

^{*3} The future is already here: SF と人間拡張の未来 <https://humanaugmentation.jp/events/symposium2018/>

^{*4} https://www.sony.com/ja/brand/stories/ja/our/products_services/sc-1/

^{*5} Augmenting Creativity: AI× 人間時代の創造性 <https://humanaugmentation.jp/events/symposium2019/>

^{*6} <https://humanaugmentation.jp/events/workshop1/>

開が難しかったのですが、去年、You Tuber などが盛り上がりを見せた時期に、ちょうど私たちの研究室でも、身体情報処理という、人体姿勢を高速にキャプチャーするといった技術をやっていたので、それを掛け合わせたようなイベントを企画しました。それから、今年は、もう少し違う角度で、人格の拡張にかなり近い部分ではあるのですが、卒業生のミサワさんがやっていたカメレオンマスクという、人間の顔を iPad で置き換えて人格が入れ替わるという研究を、演劇に應用して、ストックホルム大学の研究者と共同で、実際にプロの演者の方に使っていただくといったようなワークショップを、スウェーデンで 10 月に開催しようという試みを始めています。

その他にも、講座のアウトリーチ活動として、これは暦本先生の講演ですけれども、NHK 技研の公開イベントのときに基調講演をしたり^{*7}、東京大学の VR 教育研究センターの開所式^{*8}で、私がこの講座のアナウンスをしたり、あとは産学連携自体のプロモーションとして、ブリティッシュ・カウンシルが主催している産学連携フォーラムに参加して、この講座の活動を紹介したりというようなことを進めてまいりました。宣伝が長くて、すみません。

それぞれのイベントを、そのまま聞き流してしまうだけでは、非常にもったいないので、もう少し字にまとめて残そうということもやっております、これは初年度の活動をまとめた書き下ろしの記録なのですが、このウェブサイトから PDF がダウンロード可能になっていますので、もし、この会はちょっと聞き逃したというようなことがありましたら、ぜひご覧になっていただければというふうに思っています。今年はもう 3 年目なので、当然 2 年目のものができていなければいけないのですが、現在 2 冊目に集中してしまっていて、夏休みの最後の子どもみたいな状態になってやっておりますが、恐らく来月出せるのではないかというふうに思っています。

^{*7} IoA (Internet of Abilities) 実現への挑戦, 放送の未来 <https://www.nhk.or.jp/str1/publica/rd/170/4.html>

^{*8} 「東京大学バーチャルリアリティ教育研究センター開所記念式典：東京大学が挑戦するバーチャルリアリティの未来」<https://today.tv/contents-list/2018FY/virtual-reality/02>

講座の活動自体は、humanaugmentation.jp というウェブサイトにまとまっております。お手元のパンフレットにも URL を記載していますので、そちらからぜひ参照いただければというふうに思っております。

本日のイベントのイントロ的な部分を申し上げます。唯一残されているのが、少し難しいかなと思って後回しにしていた認知能力の拡張の部分です。私たちの研究としても、いろいろな方法で試みてはいて、ちょっと、その認知能力の拡張に関連する部分が出てきたかということで、少し幾つかピックアップしてみました。お手元のパンフレットにも、それぞれ内容が含まれていますけれども、最初の2つは、少し言語的な部分で、今井先生のご専門に近いかということで、ピックアップさせていただきました。まずスピーチシャドーイングです。シャドーイングというのは、ご存じの方はいらっしゃるでしょうか。英語、例えば外国語の勉強をするときに、その、普通のスピーチ、音声素材を聞いて、その聞いている間に、瞬時に追いかけていく、聞き終わってから話し始めるのではなくて、聞いている途中で、もうどんどんしゃべり出していくというシャドーイングという練習方法があるのですが、これは初心者にとっては、かなり難しい練習方法なのです。それを、音声認識技術を組み合わせて、初心者がつまずいたら、そこで待っていてあげて、また少ししゃべり出したら、その先に進めていくというような、適応的にシャドーイングを練習できるようなサポートをする^{*9}という、これは博士課程の学生、張君の研究です。

それから2番目のものは、字幕付きのドラマなどを見るときに、英語、例えば外国語の習熟度によって、かなり視点の動きのパターンが違うということが分かっています、その視点パターンの違いから、字幕を調整してあげるというものです。例えば初心者ですと、簡単な単語の解説も出してあげるというようなことをサポートして、言語レベルの推定をしてあげよ

^{*9} WithYou <https://lab.rekimoto.org/projects/withyou2020/>

う^{*10}といったもので、これは藤井君の研究です。

^{*10} SubMe <https://lab.rekimoto.org/projects/subme/>

それから最後は超音波エコーですが、これはちょっと BCI との関連で、藤井先生にも、お話も絡めて、伺いたいというふうに思っていたのですが、超音波エコーによって、発生音声を検出してあげるというものです。BCI という Brain Computer Interaction というのは、かなりまだ先の技術とされていて、最初の技術が少し出始めているという段階だと思うのですが、一般的に普及するのはまだまだ難しいので、もう少し別の方法でということで、随意的にコントロールできる口の中の舌の動きを、超音波エコーで拾ってあげて、言葉にならない音声、随意的な音声をコントロールする筋肉の動きを使って、音声認識をしてあげる^{*11}といったもので、これは木村君の研究です。

^{*11} SottoVoce <https://lab.rekimoto.org/projects/sottovoce/>

これらの研究が、恐らく私たちのグループがやっている研究では、認知能力の拡張に近い部分なのではないかというふうに思っています。この辺りを少し、パネルディスカッションの部分でも、議論を掘り下げていければというふうに思っています。　　こういうイントロダクションを踏まえまして、本日はお二方の基調講演、招待講演を企画させていただきました。お一人目は藤井直敬先生です。株式会社ハコスコと、デジタルハリウッド大学でも、教鞭を取られていらっしゃいます。お二方目が今井むつみ先生です。実は私も慶應大学だったので、大学るとき、今井先生の授業を受けていたというのを、最近になって思い出して、慌ててご著作を読み返して、そういえばこういうことを教わっていたというのを思い出したりしたのですが、あのときちゃんと勉強していればなということを、改めて思いました。言語心理学といった部分で、代表的な仕事をなさっている今井むつみ先生をお招きして、お話を頂きたいというふうに思います。それでは、お一方目の藤井先生から、ご発表をお願いいたします。

「意識と無意識のあいだ」

藤井直敬（ハコスコ代表取締役、デジタルハリウッド大学大学院教授）

医学博士、眼科医、神経科学者、起業家、アーティスト 1965 年広島県生まれ、東北大学大学院医学部博士課程修了、博士（医学）。東北大学病院眼科、マサチューセッツ工科大学での勤務を経て、2004 年より理化学研究所、2008 年同研究所チームリーダー、2014 年株式会社ハコスコを起業。2018 年デジタルハリウッド大学大学院教授。著書に「つながる脳」（毎日出版文化賞）「ソーシャルブレインズ入門」「予想脳」などがある。



存在とは何か

味八木 ちょっと私の方から、ご紹介をさせていただきたいというふうに思います。藤井直敬先生ですが、現在株式会社ハコスコ、代表取締役、デジタルハリウッド大学大学院教授でいらっしゃいます。医学博士、眼科医、神経科学者、起業家、アーティストという、非常に多彩な顔をお持ちの先生です。1965年、広島生まれ、東北大学医学部卒業。それから東北大学病院の眼科、マサチューセッツ工科大学での勤務を経て、2004年より理化学研究所、2008年より同研究所のチームリーダー。2014年には、株式会社ハコスコを起業されて、2018年、デジタルハリウッド大学大学院教授を務めていらっしゃいます。本日の講演のタイトルは、「意識と無意識のあいだ」ということで、お話をいただきたいと思います。よろしくお願いいたします。

藤井 皆さん、こんにちは。簡単に自己紹介をします。今ご紹介にあつたとおり、私はもともと眼科医をしておりました。眼科医を、6、7年していて、その後大学院に入って、そこで神経科学、サルを使った神経科学をやって、MITに行って、戻ってきて、理研、理化学研究所でチームを持たせていただいて、自分のチームを、10年弱運営しておりました。その理研にいた間に、神経科学の方は社会性、サルを使って社会性の研究というのをやっていたのですが、そこでたまたまつくられた技術、SR^{*12}という技術があって、これは後で簡単にご紹介しますが、SRというのはVRの延長みたいなものなのですが、それがあまりに面白かったので、それを使った会社をやることになりました。本当は誰かにやってほしかったのですが、やってくれる人がいなかったんで、自分でやらざるを得なくて、それで理化学研究所を辞めて、今はハコスコという会社をやっております。去年の8月からは、デジハリでの教職を頂いたので、もう1回アカデミアに戻ってまいりました。

^{*12} SR(Substitute Reality):代替現実。現実を別の現実にする技術。<https://lab.rekimoto.org/projects/sottovoce/>

私の中で、今一番ホットなのは、これです。エナジーバーグ^{*13}、ハンバーグです。今日は皆さん、ここにハンバーグの話
を聞きにくるとは、全く思っていなかったと思います。これは
カフェイン入りのハンバーグです。今 CAMPFIRE で絶賛展開
中ですけれども、50 万円以上いくとは思っていなかったのです
が、なぜか 12 時間で 50 万超えてしまいました。CAMPFIRE
は、今キャンペーン中なのですが、50 万円以上だと、手数料
を払わないといけないということで、50 万以上の売り上げは、
全て 2 割の損をします。ですので、みんな、買わないでくださ
い(笑)。

^{*13} エナジ
ーバーグ [https://kakunosh.in/
fs/kakunoshin/c/
energyburg](https://kakunosh.in/fs/kakunoshin/c/energyburg)

もしこれに興味を持っていただけるようでしたら、このキャン
ペーンが終わった後に、格之進というところから売りますので、
ぜひそちらでお買い求めいただきたいと思います。これは
もうバズらなくていいです。ただ興味のある方がいらっしゃれ
ば、VR 学会、今年の 9 月 12 日の VR 学会、そこの懇親会で出
ます。なので、VR 学会員で懇親会に出られる方はそこで食べ
られますし、何だったら VR 学会員になってもいいのではない
かというぐらいの商品です。それでは、進みます。

私の立ち位置ですが、元が医者というところから始めたの
で、いわゆるテクノロジーのためのテクノロジーというのはあ
まり好きではありません。やはり人に向かうためのテクノロ
ジーというのを、常に考えなければいけないというふうにし
いながら、日々過ごしています。私のテーマの中で、一番大き
なものは、「現実というのは何か」です。これは、いわゆる哲
学者たちが、ずっと考えてきて、何千年も考えてきて、今でも
答えは出ていないですけれども、おおよその落としどころとし
ては、しょせん脳の中の出来事だから、現実というのは主観的
なものだよねというところなんです。だけれども、その主観的な空
間がある外側に、やはり何かあるよねというのは、証明のしよ
うはないのだけれど、でも何かあって、こうやって、今皆さん

とコミュニケーションができているのだから、その何かあるところを、テクノロジーでうまくできないかというのが、今の私のテーマです。

ここで質問ですけど、存在とは何でしょう。存在するということは、どういうことでしょうか。どういうことですか。分からないですか。私はここにいますか。分からないですよ。言えないですよ。物の存在であるとか、人の存在、こういうものは、たいてい確かめるのは、触ればいいのです。なので、いますよね。なので、触ればたいていは確信ができます。だけど触れないものはいっぱいあります。例えばこのタワーの上、てっぺんのところは、本当はありませんと、誰かが言って、証明できる人は、ここにはたぶんいないでしょう。私はここに登ったことがあるんです。ある案件があって、本当に普通の人が登れる一番上のところ、タワーの1個下のところ、あそこへ行って触ったので、本当にあるのは知っています。だけど、皆さんは触ったことがないので、確信は持てません。でも、あると信じていますよね。それは、本当に触っていないのだけれども、あると思っているから、あるのです。当たり前の話です。だから、信じていればそこにあるというのが、存在ということなのだというふうに思うわけです。

それでは存在を確認できないというもの、今言ったような、触れないようなもの、そういうものは、本当に存在するのでしょうか。どうやって確かめますか。皆さんは、どうして不安ではないのですか。確かめていないのに、あるというふうに、何で信じていられるのですか。怖くないですか。怖くないですよ。なぜなら、皆さんは、この現実の世界というものに、ほとんど裏切られないからです。小さいときから、この世界でこうやって歩いていて、そこに床が見えていて、歩いても、穴は開いていないです。だけど、例えばVRの世界で、VRChatとかで、そこに穴を作っておいて、穴なのだけど、でも、床にし

か見えないような世界というのは、簡単に作れるわけです。ここを歩くと、すっと落ちるという漫画みたいなことが、可能なのです。だけど、現実の世界というのは、ほとんどの場合、私たちを裏切りません。誰かが落とし穴を作っていれば別ですけど。なので、私たちは、この現実というものに最適化されている生き物だから、そこを疑うことをしないのです。疑うと、とても認知的なコストが掛かるから、疑わないのです。確かなものは、何でしょう。それで考えたのは、デカルトは、「我思う、ゆえに我あり」という公理としての真理、ここから始めたわけです。

私たちの世界、現実というのは、主観的な世界であれば、もしかしたら外側があるとしたら、その主観的な私たちをくるんでいる境界があるはずです。もし外側があるとしたらです。なかったら分からないです。でも、たぶんあるのでしょうか。皆さんの主観世界があって、私の主観世界があって、そこに何らかの形でコミュニケーションが成立しています。そう考えるときに、今お話しした、皆さんはこの世界に最適化しているというときに、よく使われるのが、環世界という言葉です。人間は、人間の環世界を持っています。例えばカタツムリはカタツムリの環世界を持っています。例えば、これはピンポン玉に乗っているカタツムリです。前に橋があれば、それを渡ろうとします。そのとき、目の前にある橋が、ある一定以上の時間間隔で前後すると、橋があると勘違いしてしまいます。私たちが映画を見るときに、24 フレームの映画を見ると、つながって見えるのと同じで、カタツムリは、4 フレームだったら、つながって見えるのです。それはカタツムリの環世界です。実際は、ゆっくり動いているだけなのです。私たちから見たら動いているのが分かるけれど、カタツムリからは分からないのです。

例えばこのニワトリの場合です。ニワトリは、お母さんのニワトリがいて、一羽のひながいます。このひなを、例えば左

側の場合は、透明なカプセルの中に入れます。それで、ひなが困って鳴いたとします。お母さんは寄っていくでしょうか。一方こちらは、塀の向こうにひながいて、ひなは見えません。だけれども、ひなは泣いています。見えないけれど、声は聞こえます。お母さんの鶏は、どちらの場合に行くと思いますか。どちらだと思いますか。こちら？ そうです。視覚優位で、お母さんは心配しません。音にひっぱられてしまいます。ということは、お母さんにとっては、音がこの世界の、非常に大きなキューになっているわけです。

それでは人の環世界というのが現実なのでしょうか。人の環世界とは何でしょうか。私たちは、もう完全にバイアスが掛かっているので、環世界の外側を見ることは、とても難しいわけですね。なので、私は、このテクノロジーというのは、私たちが知ることができない、外部と環世界を操作できるものではないかというふうに考えています。テクノロジー自体には、環世界はないはずですから。私たちがテクノロジーをつくるときに、そのつくるバイアスは掛けるでしょう。だけど、テクノロジーそのものには、主観世界がないとすれば、何らかの操作ができるはずだし、つなげることができるはずですね。なので、僕がやりたいのは、テクノロジーを使って、環世界への介入をすべきだということです。そうすることで、今まで私たちが分からなかった、哲学者たちが悩んでいた内側と外側の問題だとか、そういうものを、ようやくきれいに理解することができるだろうというふうに思っています。

それで、人の環世界の非常に面白い例を1個出しますが、これは人が書いているテキストとか絵とか、そういうものは、全て同じように出来上がっているという研究です。これは、世の中にあるあらゆる映像、画像を、その構成要素を線で表したものです。自然界にある構成要素は、この場合36個に分類されています。いいですか。この36個のパーツ、これが例えば文

字であるとか、人が描く絵であるとか、イラストだとかシンボルであるとか、そういうのに、どのような頻度で出現するのかという計算をしました。確率頻度ですね。そうすると、上の方が3種類あって、そのいずれもが、似たような分布をします。分かりますか、結構似ていますよね。これが、人がつくったビジュアルアサインの下側が、確率分布です。それでは、このパターンはどこから来ているのかというと、自然界の中にある確率頻度と、とてもよく似ているということです。それは、実際のナチュラルなシーンであったりしますし、あとは人が作る、CGで作っているビルディング、建物とかの中にある要素、それも大変似ています。ということは、私たちが作るものは、表現するものは、この自然の中にある、何らかのこの出現頻度に応じて成り立っているということになります。ここから大きくはずれるということは、もしかしたら、人はできないのかもしれないというのが、結構衝撃的で、面白いのと、僕は思っています。なので、人はとてもニュートラルにいろいろなことが考えられるように思っているのですが、非常に大きなバイアスが掛かっているのだなということです。

同じように、哲学者でいうとフッサールですね。現象学、全ては主観的な意識体験であるということを言う人が、デカルトの後に出てきて、私は結構、このフッサール辺りのポジションに立っていることが多いのですが、そこで、先ほどちょっとお話ししたSRという技術について、お話しします。これはもう随分古い話なので、あまり詳しくはお話しませんが、ヘッドマウントディスプレイをかぶった体験者は、あらかじめ、ここに取り付けておいたカメラ越しの現実世界を見ます。ですから、今皆さんが、このヘッドマウントディスプレイをかぶると、私が、かぶる前と同じように見えます。その人が周りを見回しているときに、あらかじめその人の頭の位置で撮っておいた360度の動画に切り替えてやります。そうすると、この世界が、過

去なのだけれども、今と同じように見えるわけです。そうすると、人はその差に気付くことができないので、目の前にある映像を、現実だと勘違いしてしまうのです。

【映像内のナレーション】 代替現実システム、SR システムは、現在と過去を区別なく体験することができる装置です。体験者は、ヘッドマウントディスプレイとヘッドフォン、ライブカメラ、ボイスセンサーが組み込まれたデバイスを装着します。ライブカメラは中央に取り付けられています。

藤井 現実には、彼が見ている世界です。

【映像内のナレーション】 このとき体験者には、画面右下のような映像が見えています。

藤井 体験者は不安になるので自分の手を見て確かめています。なので、ここで見ているのは（ライブカメラ越しの）自分の体です。

【映像内のナレーション】 このライブ映像は、頭の動きに合わせて、上下左右に動きます。

藤井 でも、こういうフェーズを経ると、もう見えているものが、うそだと思ふ理由がないのです。疑う理由もないのです。

【映像内のナレーション】 ここで、あらかじめ撮影していた過去の映像に、こっそりと入れ替えます。体験者は、現在のままだと思っているため、過去の人物と会話を始めます。

藤井 過去の私が、今部屋に入って、彼に話しかけています。私は椅子に座って、彼に話し掛けています。こっちを見てというと過去の私がいるほうを見ます。過去の私が写真を撮ると言ったら、それに対して反応する。本当の私の映像はこの時見えてないのですが。そのあと私は右に行って、消えてしまいます。消えてしまっ、あれ？ と思って正面を見たら、います。もう分からなくなってしまう。

今は、過去と現在を混ぜるということをしませんでしたけれ

ど、この後に、「ミラージュ」^{*14}というアート作品を作ったときに、ダンサーの過去と現在を、両方混ぜるというのをやりました。ブレンドしたときの違いが、どっちがどっちだか、本当に分からなくて、これは少し手振れしていますけれど、見たところ、映像上は、どちらがどちらか分からないのです。私は本当に、これを見た瞬間に、何か地獄の釜が開いたというか、何か冥土への扉が開いてしまって、何かやばいものが出てくるのではないかと、本当に背中がぞくぞくしたのを覚えているのですが、主観というのは、こうやって簡単に操作されて、しかも自分ではもはやどうしようもない世界というのは、つくれるのだと思いました。なので、こういうのを、多くの人に、どういう形で応用すればいいかというのを考えてもらいつつ、いろいろなコンテンツであるとか応用を、やってほしいなと思っていたのだけれど、これを使って何かをやってくれる人は、残念ながら、ほとんど出ていないです。それで、ここからこんなことをやって、例えばハウステンボスでホラーコンテンツをつくったり、アートコンテンツを幾つかやったりしておりました。

^{*14} MIRAGE : SR 技術を活用した舞台芸術作品。ライブシーンとレコーディングシーンのSR技術による融合により、視聴者は目の前で踊るダンサーが今まさに踊っているのか、それとも過去踊ったものなのかがわからなくなる。
<https://mirage.grinder-man.com/>

主観と心、意識と無意識

今までの話をまとめると、結局全て主観じゃんと言ってしまっ
ては、もう救いがないわけです。それはとても嫌で、何とかしたいなと思っています。なので、どちらかという、その主観を受け取る側でなくて、操作する側に立ちたいと思っています。それはたぶん皆さんも、そうだと思うのです。それでは、主観というのは、いつから存在するのでしょうか。先ほど、私は、私たちの世界は、私たちが獲得したものだ、そこに最適化をしたものだというお話をしました。主観というのは、いつから存在するののかということで、これは有名な実験ですが、ネコを縦じましかない世界でずっと暮らさせます。そうすると、そのあ

る一定期間、この10週ぐらいですが、それぐらいの間を、その縦じましかない、つまり横線がない世界に置くと、何が起きるかということ、ネコの視覚野の神経細胞、水平線を理解するものが、ほとんどなくなるのです。分かりますか。このネコにとっての環世界は、私たちの環世界とは違います。横線がないのです。横線がない世界というのは、全く想像できませんが、それが作れてしまいます。つまり私たちは、やはり学習によって、この世の中の全ての情報を獲得しているし、それが認知的なバイアスだということです。なので、主観世界は学習したものであるということなのです。学習したものだから、実は世の中というものを、正確に反映しているとは限らないのです。さっきのネコは、縦じまの世界だけを学習してしまったから、横じまのある、私たちが知っている世界を、知らない、知ることができないということです。

もう1つ、私がずっと思っているのは、心はどこにあるのだろうかということです。心というのは何かというと、私たちの主体です。主体はどこにあるのでしょうか。自明のことですよね。だって、考えている自分がいるのですから。考えている自分そのものが心だというふうに、皆さんおっしゃると思います。では、心というのはどこにあるのかというと、脳でしょうと言う人もいれば、私の心は、ここにあると言う人も多いです。体の中かもしれません。心臓かもしれません。おなかと言う人もいます。なので、心の所在もはっきりしません。だけど、少なくとも脳が機能を停止すると、私たちの意識は途絶えてしまうので、脳に何らかの基盤があるのだらうということは、当たり前のように感じますけれど、確実ではありません。

最近、それでとても面白い実験があって、いわゆる桶の中の脳という話があります。あれは、桶の中に、脳を単体でぽんと置いたら、脳はそのまま生きて、桶の中にいる自分というのに気が付かないまま暮らすということですが、実はそ

れができるのではないかという話^{*15}が、今やられていて、このチームの人たちが作ったブレインXとかいう灌流液を、死んだ豚の脳に回してやります。そうすると、脳が死なないということです。神経細胞が死なないのです。意味分かりますか。つまり、脳単体に、その灌流液を入れてやると、脳は生き続けているということです。怖いですよ。だけど、それが現実になっています。この場合は、たぶん倫理委員会が、こうしろと言ったのだと思いますが、いったん脳が機能を停止した状態でやっています。なので、いわゆる脳波というものは計測できません。だけれども、この灌流液で、灌流した脳は、神経細胞が死んでいないのです。左側が灌流しなかった脳の神経細胞で、ほとんど核がありません。右側が灌流したやつで、生きています。脳が主体であったとしたら、その主体は、神経細胞であることが多いです。その神経細胞は、こうやって体からはずしても、生き続けることができます。そのときの私たちというのは、何なのでしょう。これ、やってみたいですよ。こういうマッドなことを、誰かやってほしいですよ。だけど、どういう形で、これからたぶんやるでしょう。なので、一見何か、こういうSFみたいなことが、今までありましたけれど、実は何かもはや現実になってきています。さっき「Future is Already Here」というのがありましたけれど、もうここにあるのです。

では、主観というのは、意識体験と同じですか。無意識の体験というのは、主観に含まれていないのでしょうか。私たちは常に意識がある状態でしか、経験を語れません。これはイコールです。そして意識というのは、意識研究者と話をする、皆さん、もう本当に氷山の一角で、その下側にある極めて膨大な情報処理の結果が、少しだけ意識に漏れ出てくるものだというふうに言っています。私もそのとおりだと思います。脳というレベルで考えたら、意識レベル、意識的な情報操作というのは、恐らく限られた、どこだか分からないですけど、前頭前野の

*15 桶の中の脳：水槽の脳（brain in a vat）ともいわれる。「あなたが体験しているこの世界は、実は水槽に浮かんだ脳が見ている夢なのではないか」、という仮説の元行われる思考実験。

辺りと、あともう少し深いところ、基底核の周辺のどこかが、意識操作に関わっているだけで、それ以外のところは、ほとんど無意識処理をしているのです。

それでは、意識できないものは存在するのかという疑問があります。先ほどから、私はずっと、存在について話していますが、皆さんが見えないもの、聞こえないもの、そういうものは存在するのでしょうか。意識できないのですから、証明のしようがありません。テクノロジーを使うと、意識ができないけれども、あるということが、これから出てきます。脳機能のほとんどは、今言ったとおり、ほとんどが無意識処理です。例えば、この人は脳に電極を刺したら、四肢麻痺で、電極プローブを刺して、ロボットアームを動かせるようになった人です。この人はトレーニングをして、脳活動を何とか制御して、ロボットアームが何とか動かせるようになった。そのときに、ロボットのロボットアームを動かす操作が、意識的なものか、無意識的なものかと、結構これはいい問いだと思います。答えは、無意識レベルなのです。私たちは、手を動かすとき、あまり考えないではないですか。この人は意識的にやるけれども、それ以外のことは全く意識していない。こういうデバイスを使ってロボットアームを使うときと、同じような無意識にできるようになるというのは面白い。同じことをやろうとすると、やはり、脳の中からたくさんの神経細胞を取ってこなければいなくて、さっきのやつはユタ電極といって、剣山みたいな電極を脳にぐさっと刺すのですが、もっと細くて、脳に刺しても、脳に影響を与えなくてもいいような電極のインプラントの仕方が、今出てきています。

これはハーバードの人たちですけれども、有名なのが、このニューラリンクの話です。このニューラリンク^{*16}は、イーロン・マスクという人がつくった会社で、そこは、たった2年で、過去20年以上、研究者たちが困っていたブレイン・マシン・

^{*16} <https://neuralink.com/>

インターフェースのテクノロジーを、あっという間に解決してしまいました。これはお金の力も大きいけれども、私は個人的には、これに関わっている研究者たちの思いの強さだと思っています。そういう強い思いを持っている人たちに、きちんとお金が付くと、こういうすごいことができるのです。ニューラルリンクに関してはいろいろな記事があるので、それを読んでみてください。とにかくこれはすごいです。私は、こうやってテクノロジーというものが外のデバイス、それは今のBMIでもいいですし、他のテクノロジーでもいいのですが、それとつながると、私たちが持っていた主観の境界、これがだんだん解けていくのではないかとと思っています。むしろ解けていってほしいと思います。で、これが、いわゆる視覚という点で、いわゆるARというもので情報が過剰に提供された未来で起こりえることをSF映像作品的にしたマツダさんという方の作品なんです*¹⁷。まあ、情報が過剰で、本当にこれが僕らが欲しい未来なのかと言えば微妙ですよ。

*¹⁷ HYPER-REALITY
<https://vimeo.com/166807261>

例えばこれは別な、同じマツダさんがつくったビデオですけど、これは将来のオフィスワーカーが、こういうふうに360度の映像の中のオフィスで仕事をしているという映像なのですが、こういう環境の中で仕事をすることで生まれるいろいろなストレスというのが、彼女をむしばんでいくという話*¹⁸なので、これはよかったら見てください。

*¹⁸ Merger <https://vimeo.com/302028562>

テクノロジーが、こういうふうに、Explicitに、できることどんどんどんどん詰め込んで見せるというのは、私はセンスが悪いと思っています。あまり粹ではないです。やはり知らないところから、無意識のところから情報をずっと入れてやると、それは、脳の中の無意識のレイヤーが勝手に処理してくれるから、気にしなくていい、疲れることがないのです。そういうやり方をしたいと思います。なので、私たちがやるべきなのは、意識と無意識の隙間のところ、ここに情報を流していくとい

う、そういう設計を、私はしたいと思っていますし、たまたまデジハリで、今回仕事を頂いたので、そういう仕事を、これからやっていきたいと思います。

私は、意識と無意識の間というのがあったときに、意識的なところばかりを操作する技術というのは、やはり良くないと思っています、無意識のところから、じんわり、たくさんの情報を与えてあげて、それが意識にふわーっと出てくる、それがあふれてくるもの、そういうものこそ、テクノロジーが与えてくれる豊かさだと思っています。情報がばっとなったときに、ほんと前に積むのは、格好悪いです。だけど私たちの脳、脳でも体でもいいですけど、そういうところで無意識に処理してくれる、意識的なコストが低い処理装置があるのであれば、そっちを通して意識に上げてあげた方が、スマートだと思います。

そういう点で、共感覚というやり方は、とてもいいなと思っています。これは、水口さんと evala さんが、この間プレゼンしていたやつですけれど、振動と、ちょっとした映像で、情報を与える^{*19}という、非常に面白いアート作品でした。なので、この共感覚というのが開く新しい隙間というのが、私は1つの可能性だろうと思います。無意識の攻め方ですけれども。

^{*19} Synesthesia X1 - 2.44 Hazo <https://mediaambitiontokyo.jp/art/synesthesiax1/>

最後に、もう1回、私の会社の話に戻りますけれども、今、Good Brain^{*20}というサービスをやろうと思っています。五感の全てを、いろいろな形で攻めていって、脳の中で、意識ではない、無意識レベルで何らかの変性を人に与えたいというのが、この Good Brain というサービスなのですが、さっきのハンバーグなどは、味を経由して、人に影響を与えます。カフェインが入っているので、食べたときは、おいしいハンバーグで終わってしまうのですが、その後30分ぐらいすると、あれ？お昼ご飯を食べたのに、何か全然眠くないみたいなことになります。それは無意識な操作です。気が付かないまま、脳が操作されます。あとVRは視聴覚ですし、あとアート作品などは、触

^{*20} Good Brain <https://goodbrain.jp/>

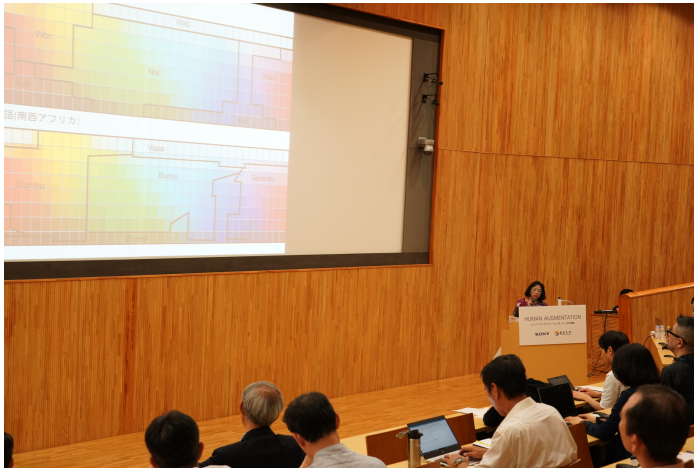
覚を混ぜて、やります。左側にアロマも売り始めたので、嗅覚も攻め始めました。ただ、このハンバーグもアロマも、別にこれがファイナルアンサーではなくて、最初なので、本当は、この5つが混ざり合ったものを通じて、人に対して、何らかの影響を与えて、より良い世界をつくりたいと思っています。これがハンバーグですね。抹茶が入っているので、少し緑がかっていて、最初は驚きますけれども、もしご興味があったら、キャンペーン後に買ってください。以上です。

味八木 藤井先生、ありがとうございました。非常に示唆的なお話を頂きました。今すぐ質問したいという人もいるかもしれませんが、パネルセッションの後に、最後にまとめてお時間を取りますので、その際に、ぜひ活発なご討議を、よろしくお願いいたします。それでは2件目のご講演、今井むつみ先生にお願いしたいというふうに思います。

「ことばを通して世界を視る」

今井むつみ（慶應義塾大学 環境情報学部教授）

「ことばを通して世界を視る」1989 年慶應義塾大学大学院博士課程単位取得退学。1994 年ノースウェスタン大学心理学部 Ph.D. 取得。専門は認知心理学、発達心理学、言語心理学。幼児の言語や概念の発達、認知科学の立場から学びの仕組みを明らかにする研究を行っている。数多くの学術論文をハイインパクトの国際誌に発表し、アジア初の Cognitive Science Society（国際認知科学会）の Fellow, Governing Board Member に選出されている他、International Cognitive Science Summer School でも講師を務めた。2008 年に Cognition 誌に発表した論文は、オノマトペのもつ音と意味のつながりが子供の動詞の習得を助けることを示し、言語発達における類像性の重要性を指摘して、国際的に注目を浴びる。その後 2014 年に Philosophical Transaction of Royal Society B に寄稿した論文は “Sound symbolism bootstrapping hypothesis” を提示し、言語発達、言語進化、言語の身体性という三つの学術分野をつなぐ記念碑的論文として高く評価されている。日本語では『ことばの学習のパラドックス』『レキシコンの構築』『言語と身体性（岩波講座 コミュニケーションの認知科学）』などを上梓。『ことばと思考』（岩波新書）、『ことばの発達の謎を解く』（ちくまプリマー新書）、『学びとは何か』（岩波新書）などの一般書も発表している。



言葉は世界を分節する

味八木 では、接続の間に、少し私の方から、今井先生のご略歴をご紹介しますと思います。今井むつみ先生は、慶應義塾大学環境情報学部の教授を務められており、1994年、ノースウエスタン大学心理学部で博士号を取得されまして、専門は認知心理学、発達心理学、言語心理学でいらっしゃいます。幼児の言語や概念の発達、認知科学の立場からの学びの仕組みを明らかにする研究を行なっているいらっしゃいます。数多くの論文を、ハインパクトの国際誌に発表されて、アジア初の Cognitive Science Society の Fellow、Governing Board Member も務めているいらっしゃいます。専門書はもちろん、『ことばと思考』、『ことばの発達の謎を解く』、あとは『学びとは何か』といった一般書も、数多く発表されているいらっしゃいます。それでは今井むつみ先生、本日のタイトルは「ことばを通して世界を視る」ということで、よろしくお願いいたします。

今井 慶應大学の今井でございます。今日は、大変刺激的なセミナーにご招待いただきまして、ありがとうございます。私の話は、先端的なテクノロジーとは全く無縁のものなのですが、言葉を通して、私たちがどういう世界を見ているのかということ、を、少しお話しさせていただければというふうに思います。

言葉には、いろいろな機能があると思いますが、その中で、とても身体の拡張とか認知の拡張とか、そういうような意味で大事だと思うようなことを、幾つか取り上げて、お話しさせていただきたいと思います。まず1つ、言葉でとても大事なことは、言葉は世界を分節するということです。世界というのは、基本的に Continuous な、連続的なものですが、それを分節して、境界を与えて、離散的なカテゴリーにつくっていくというようなことを、言葉はしています。そして、それだけではなくて、そのカテゴリーに入ったものを、同じものとして見

なす、そういう同じもののカテゴリーというものをつくっていくというのが、言葉の役割なのかなというふうに思います。

例えば、この色です。色というものを考えると、色というのは、本質的に連続的なもので、別に色というものに、世界が境界線を引いているわけではないわけです。でも、言語は、そこに境界線を引いているので、私たちは、この色とこの色、例えばワインの色とイチゴの色は、違う赤だということは分かって、同じ色だというふうに認識しているわけです。ただし、その分節の仕方というのは、言語によって、かなり異なります。例えばこの色のように、非常に具体的で、ある意味で生物学的にかなり規定されているようなものでさえも、分節の仕方は全然違うわけです。例えば、私たちが色のカテゴリーをいうときに、日本語の色語は、だいたい、13とか14とか、基礎的な言葉があるというふうに考えられています。これは英語よりも多いのですが、色語が幾つあるかというのは、結構難しい問題で、日本語はかなり多くて、世界の色語の数の分布を見ていくと、多くの言語ではずっと少なく、中央値は6ぐらいだといわれています。実は、私たちは当然と思っている緑と青の区別は、少ない言語の方が多いのです。

ベリンモ語^{*21}とヒンバ語^{*22}というのは、両方とも5つの色のことばがあるのですが、その5つの言葉で分節するから、その分節の境界が同じかというと、実は大きく食い違ってきます。

*21 バブアニューギニアのベリンモ族の話す言語

*22 ナミビアのヒンバ族の話す言語

もちろん色に限らず、動作の分節の仕方も、言語によって大きく違います。例えば、これはいろいろなものを、体の部位で保持するという動作ですけども、一般的に私たちはこれを、「持つ」というふうに言ったり、「背負う」というふうに言ったり、「掛ける」とか「担ぐ」とか、こういうふうに名づけ、区別しています。

韓国語は、日本語と近い分節をしています、日本語と全く同じというわけではありません。私たちが「持つ」の中に含

めないような担ぐ動作とか掲げる動作とか、そういうものも、「トゥルダ」というカテゴリーに入ってきます。私たちが一緒に
はしないものも、一緒にしたり、あるいは区別しないものを、
区別したりするので、概念の分析の構造は日本語と同じではありません。

これは中国語ですけれど、これ、中国語は、全部を区別します。1つの動詞で区別します。なので、どのくらい、どういう基準で動作を区別していくかというのも、言語によって大きく変わるわけです。

ちなみに、英語はどうでしょうか。英語は、1つもしません。これは全部、動いていれば「Carry」ですし、動いていなければ「Hold」で、だから、動いているか動いていないかという、日本語にはないような切り口で動作を区別していますけれども、私たちが区別したいところは、全然区別していないというのが英語です。

それから、世界を分類するのは、このような動詞とか名詞とか形容詞とか、そういうものだけではなくて、文法でも分節します。例えばこれは、私たちおなじみの助数詞ですけれども、ここにあるのは、日本語の助数詞ではなくて、中国語の助数詞です。この助数詞というような概念を持たない言語の人、例えば英語話者やドイツ語話者にとっては、このカテゴリーのつくり方というのは、何か全く意味を成さない、理解が難しい世界の分類に思われるでしょう。中国語の「ジャン」^{*23}という助数詞は、机とベッドはいいとして、クモの巣も「ジャン」だったり、シーツみたいなものも「ジャン」だったり、要するに平たいものは全部「ジャン」になるのです。CDも「ジャン」ということで、こういうふうにして、私たちは、全然意識しないで、でも、知らないうちにこういう分節をしているというようなことがあります。

ジェンダーの文法も助数詞とは全く分節の仕方が違います

张

*23

が、世界を切り分けて分類していることにかわりありません。このジェンダーは、「性の区別をする文法」と言いながら、いわゆる生物学的な性とは全然違うロジックで分類がされています。例えば「象」だったら、ドイツ語では男性なのですが、メスの象でも男性カテゴリとして扱われます。生物学的な性とは関係ないところで、性カテゴリーのアサインメントが決まっていくということです。

繰り返しになりますが、言語の機能の1つは、連続的な世界を分節化して、離散的なカテゴリーをつくっていくことです。一般的に私たちは、カテゴリーというと、物のカテゴリーを思い浮かべますが、そうではなくて、それは色のような、ある属性、物に付随する属性であったり、あるいは動作であったりします。文法もまた、世界をカテゴリーに分類します。例えば英語でいえば、冠詞の文法機能も世界を分類します。定冠詞と不定冠詞というのは、ざっくりいえば、既に規定されたものと、そうでないものというような、そういう分類の観点が文法に反映されているわけです。

それから2つ目の言語の役割としては、パッケージ化があります。言語というのは、こちらの英語の方にもありますように、決して中立的なコーディングシステムではないということです。私たちを取り巻く情報世界は、とてもリッチで複雑なので、言語のような線形な情報システムの中に、とても全部を取り入れることはできないわけです。だから非常に picky で、ある特定のところだけに注目して、それをコード化するというようなことをしています。そのパッケージ化の仕方が、言語によって、大きく異なっています。例えば、私たちは、移動イベント、ある物が動いていったりするような、そういうようなイベントを、どういうふうにパッケージ化しているかということ、抽象的に言うと、例えば物の軌道があり、それから動く様態があり、そしてもちろん動く物、事体があったり、その背景があったり

するわけですが、その中で、例えばこのような状況があったとします。瓶が浮かんでいて、それが洞窟の中に入っていくというような状況、それをどういうふうに言うかということ、英語では、The bottle floated into the cave. というふうに、だいたいの人は言うわけです。このときの floated into の float というのは、もともとは浮かんでいるというような様態のもので、この動詞自体には、全然移動の情報は入っていません。でも、そこに前置詞を組み合わせることで、浮かんで動いているとなります。into というような、洞窟の方向へというような情報を入れ込んでいるわけです。それがスペイン語だと、パッケージ化のしかたが大きく異なります。主動詞は日本語の「入る」のように、方向性だけを表していて、浮かんでいるという様態の情報は、動詞の意味の中には全然入ってこないわけです。様態情報はオプションで、入れなくてもいいというようなものなのです。

このように、言語は世界を分節したり、パッケージ化したりしていると捉えることができますが、私たちの認識というのは、どこまでどのように言語に影響されているのかというようなことを、私も結構長年研究しているわけです。非常にいろいろな、それこそ意識的な部分、あるいは無意識の部分、さまざまところで、言語の影響があるというふうに考えられています。考えられているというよりは、そういうデータが、研究がされています。

言葉と弁別能力の関係

私は、言語習得が、一番の研究のテーマです。その観点からは、言語を習得すると、そこで言語が、子どもに何をもたらすかということが、とても大事になってきます。もう一つの観点は、言語の分節の違いが思考の違いを生み出すかという問いです。

例えば数や空間概念などの言語化の仕方というのは、言語によって全然違うのですが 言語におけるカテゴリ化、パッケージ化の違いが、空間の認識や数の認識に大きな影響を及ぼすかという問いが、言語と思考の関係の研究の中で主流となっています。

それからまた別の観点として、ある状況で、言語が使用され、モノや事象が言語化された場合と、そうでない場合で、私たちの世界の取り入れ方、認識の仕方、記憶の仕方に違いを及ぼすのかという問いも非常に重要な観点となってきます。

まず幾つかの例をお話したいと思うのですが、例えば感覚世界に、言語はどういうふうに影響を与えるのかということで、ここ最近非常にホットなドメインとして、嗅覚があります。嗅覚というのは、私たちの五感の中で、とても大事なわけですけど、嗅覚を言語化するというのは、大変難しいことです。例えばソムリエの人などは、ワインの香り、お酒の香りを非常に詩的に表現されますけれど、そこで出てくる言葉のなかで匂いそのものを表す言葉はほとんどありません。ラズベリーの香りとかゴムの香りとか、チョコレートの香りとか、ほとんどが匂いを発するモノの名前を使います。酸っぱい匂いとか甘い匂いなどもよく言われますが、それは味覚からの転用です。

だから嗅覚そのものの嗅覚のカテゴリー、いわゆるカテゴリーということ考えたときに、「甘い」がモノをまたがった汎用的な味覚を表すように、汎用的な嗅覚のカテゴリーというのがあって、そのカテゴリーに名前を付けるということがあるのかどうかということです。少なくとも、英語や日本語には、匂いを表す汎用的なことばはあまり見かけないです。しかし、最近注目されている幾つかの言語の中で、特にこのマレーシア半島のジャハイという言語が注目されています。この民族の人たちというのは、匂いに関して多くの単語を持っていて、匂いの単語と色の名前の単語が同じぐらいの数があるのだそうです。

研究グループはこの人たちに、さまざまなものを、サンプルで匂いをかがせます。それで名前を言ってもらいました。どういう匂いなのかというふうに、言ってもらうと、非常に一貫したカテゴリー分類をしたそうです。匂いを発するモノを使った「〇〇のような匂い」ではなくて、私たちがイチゴの赤もトマトの赤もワインの赤も、赤と認識する抽象的なレベルでの表象を持つと同様、この人たちは、抽象的なレベルで匂いを分類し、異なる匂いを同じ匂い、違う匂い、と区別してカテゴリーをつくり、名前を付けるというようなことをしているそうです。

同じような実験を、英語話者で、ワインの鑑定士、ワインのソムリエにしてもらうと、ソムリエは非常に多彩な表現はするけれども、やはり、どういうものの匂いに近いかということしか言えなくて、抽象的なカテゴリーというのは、持っていないということが分かったということです。このジャハイという民族の文化では、神話の中で、匂いというのがとても大事な役割をしているのだそうで、そういうような文化があると、カテゴリーとしての匂い、抽象化された嗅覚というのが生まれ得るということ最近報告されました。それが先にあって言葉が生まれるのか、言葉があるから、そういう感覚が生まれるのかというのは、たぶん双方向性のもので、絶対的にどっちが先という話ではないと思いますが、いずれにせよ、この例は、私たちが言葉なしには持ち得ないようなカテゴリー、抽象的なカテゴリーを指すことばを持ち得て、そのことばがあると、一貫したカテゴリー弁別能力を持ち得るということを示唆しています。

言語と思考の関係でよく話題になるのは、空間です。実は空間関係というのは、非常に抽象的な概念です。私たちは世界にグリッドが見えるわけではなくて、例えば「右」というふうに言っても、どこからどこまでが右なのかはどこにも印がないのです。そもそも「右」というのは、視点に依存した相対的なシステムです。私にとっての右と、皆さんにとっての右は反対です

ね。だから前後左右という、私たちが最もよく使っている言葉というのは、システムの中で相対的に決まるし、そのシステムの中に、自分以外のオブジェクトを中心にした視点と、自分を中心にしたような視点とがあって、その視点が食い違くと、同じ状況にいても、前とか後ろとか右とか左とかというのは、逆になってしまう可能性が非常に高いということです。でも、そういう曖昧性を持っていても、私たちは、前後左右という、相対的で曖昧なシステムに依存しているわけですけど、そういう相対性に依存しない言語表現をする、言語というか文化というか部族もあります。そういう文化は非常にたくさんあって、そのうちの1つが、これはオーストラリアの部族だと思うのですが、グーグ・イミディルという1つの部族の言語です。例えばこの絵の状況で、どういうふうに言うか、それを無理やり英語に翻訳すると、どういうふうになるかということ、女の子が2人いて、1人の女の子は東の方を向いていて、もう1人の女の子は南を向いていると。その間に木があるというような、そういう言い方になります。そういう言い方を、自然にすることです。この言い方ができるためには、もちろん東とか西とか、そういうのを常に分かっていないとできないわけです。

皆さんは、デッドレコニングというのをご存じですか。例えば伝書バトなどが、絶対的な方向感覚を持っていることを言いますが、伝書バトとかアリなどの動物を迷路のようなところをぐるぐる遠回りをしてどこかに連れていきます。しかし動物は来た道を逆方向にたどるのはなく、最短距離を一直線に帰ることができるということです。彼らは私たち人間がよく使うような、ここを曲がるとか、あるいはこのランドマークでとか、そういうものに全然依存しない絶対的な方向感覚を持っているのです。相対的に空間関係を表現するシステムを言語に持つと、一般的に人間、相対言語を使う人たちは、この絶対方位の感覚が退化しています。でも、このグーグ・イミディルの人たちの

ように、相対的に空間関係を表す言葉をもたず、常に、東西南北の絶対的な方角を用いて空間関係を表している人たちは、絶対方位の感覚が非常にそれが優れているということが示されています。ある実験では、この人たちを、車で100キロ離れた場所に連れて行って、それで、そこから家の方向を指してもらったそうです。そうすると、非常に正確に方向を指すことができたそうです。コンパスをいつも持っているオリエンテーリングのプロみたいな人がいますが、そのオリエンテーリングのプロに、同じことをやってもらっても、全然できなかったということなので、やはりこの人たちの特殊な能力は言語によるもののように考えられます。デッドレコニングについては、絶対的な方角枠組みの言語を毎日使うことによって動物の持つような絶対的な方向感覚が身につくのか、あるいは、進化的には動物の祖先から受け継いで持っていた方向感覚が、前後左右のように視点依存の相対的關係を表すことばを使うことによって退化したのかはわかりませんが、これもとても面白い問題だと思います。

色に関しては、かなりいろいろあって、その嗅覚とか、今の空間の言葉とかのように、極論すれば、例えば、青と緑を区別しない言語の人たちは、その区別ができないだろうという予測はあり得ます。しかし、実際に青と緑の区別をしない言語の話者に、青、緑のあたりの様々な色をパッチで提示して、ほんとうにこれらの色の間の区別ができないのかを実験してみると、実は青と緑を区別しない人たちは、青と緑をことばで区別する言語話者よりも正確に、物理的な色の近さに従って、色の同異判断ができるというようなことが分かっています。私たち日本語話者のように、青と緑の区別をする言語を話す同じ言葉（緑）の範疇に入る色どうしの心的距離は実際より近く、範疇を超えた色は実際の物理的距離よりも遠くに感じるということがわかっています。つまり、ことばで境界に線を引くと連続的な色

が区別できる、ことばがないと区別できない、という単純な図式ではなく、ことばは色の物理的な距離をむしろ歪ませているのです。

これは EEG（脳波）を使った非常に見事な実験で、ギリシャ語と英語話者を比べています^{*24}。ギリシャ語は、日本語で水色と青を区別するのと同様に、青の中で、2つの色の名前があり、区別されます。日本語話者は、水色と青は、水色は青の一部というよりは、水色に対比する言葉だというふうに思う人が大半なのですが、ギリシャ人も同じです。英語話者は、Light Blue という、いわゆる私たちが水色というものは、青の一部だというふうに考えます。

この実験では、英語母語話者とギリシア母語話者に対して、脳波のオッドボールパラダイム (odd ball paradigm)^{*25}を用いて、色をどんどん見せていきます。そのときに形が変わったら、キーを押してくださいというように、形だけに注目するよう指示をします。色の変化のことは何も言いません。青のほかに、緑も見せます。緑も薄い緑から濃い緑への変化があるのですが、英語もギリシア語もこの2色を区別することばはなく、どちらも同じことばで表されます。被験者は形だけに注目しているのですが、そのときに、オッドボールで、薄い青から青い青になったとき、英語話者には脳波の反応が特段ないのに、ギリシア語の話者には、脳波の反応が見られたのです。形に注目しておいてくださいというふうに言って、色のことは何も言っていないし、実際、実験参加者は、色の変化には意識的にはまったく気付いていないにもかかわらず、脳波が勝手に反応してしまうということなのです。それも、たぶん、言語が色の知覚の神経システムを修正しているということなのだと思います。

それから、これは数の概念の例です。あるアマゾンの原生林に居住するピダハンという民族の言語では、そもそも数の言葉を持ちません。1と2は区別します。でも、あとは全部「たく

^{*24} Unconscious effects of language-specific terminology on preattentive color perception <https://www.pnas.org/content/106/11/4567>

^{*25} 神経心理学における実験の一つ。連続した一定の刺激の中へ、低い確率で、突然に別の予期しない刺激を与えて反応を測定する試験。

さん」になってしまいます。そうすると、このピダハンの話者というのは、1と2は区別するけれど、それ以上の3と4の区別はできないそうです。例えば肩をたたいて、肩を3回たたきました、同じ数だけたたき返すことを求めて3回たたいても、相手は4回たたき返すというように、まったく一貫した反応が返ってこない。この結果から1、2、3、4などの数を表すことができないと数というものに対しての抽象的な理解を持つことができないと言われています。

それから、あと言葉は、習慣的な認識のバイアスをつくるというような、そういう機能もします。前にも申し上げたように、言葉というのは、連続的な世界を離散的に分節して、そのカテゴリーの中のものは同じで、カテゴリーの外（つまり、べつのことばで指示される概念）は「ちがう」と認識する。そういう扱いをするということです。例えば、英語の可算・不可算の文法は、世界を数えられるものと、数えられないものというのに分けて、別物として文法的に表しているというようなことをしています。日本語話者は、特にそれをしていません。私たちが、物を数えられないというわけではないのですが、でも、私たちは、1匹の犬とか、2匹の犬とかというようなことは言いますが、犬というものに対して、a dog、dogsというのが、とても本質的に違う概念だというような、そういうような言語の表現の仕方はしません。

可算・不可算を文法的に常に区別する英語話者と、この区別をしない日本語話者で、認識に、ある種バイアスが生まれるのかというようなことを調べてみました。例えば、これは、同じものはどっちということを聞いています。1つ、上にあるパイプみたいなものを見せて、その後2つ、パイプのかけらと、それから違う物質でできたパイプを見せて、同じものはどっちというような聞き方をします。これは、パイプのようなものだけではなくて、砂とか木くずとか、物質に対しても、同じような

ことをします。そもそも英語的な発想で言うと、「同じもの」というのは、パイプみたいにいわゆる「オブジェクト」は、同じというのは、同じ形と機能を持つものと考えられます。だから同じオブジェクトのかけらは、オブジェクトとは「同じものではない」と扱われます。それが物質になると、例えば、砂はどんな形でも砂であって、でも、ある砂が、ある特定の形で置かれていた場合に、同じ形を持った違う物質のものというのは、砂と同じではないということです。

このように「同じ」の基準が、物質と物体では違うのです。これを哲学では「存在論的区別」と言います。では、可算・不可算文法をもとない日本語話者が英語話者とが、同じというものを決める決め方が違うのかということが問題となります。

そもそも日本語というのは、その可算・不可算の区別を、文法的にしないという点で、言語学者は、日本語の名詞は、全て不可算名詞だと考えられていました。言語が思考を決定するのなら、極論すれば、日本語話者は、物体と物質の区別、つまり「存在論的区別」がないという予想が成り立ちます。果たしてそうなのかということを、ちょっと実験でやってみました。そうすると、日本人でも、この砂に関しては、やはり物質が同じものが同じで、形は問わないと判断し、機能がある物に関しては、形が大事で素材は問わないというように、ちゃんと英語話者と同じような区別はするということがわかりました。でも、その中間のものはどうなのでしょう。物か素材か分からないようなもの、例えばワックスです。ろうで作った、変な形をしたもの、こういうのを見せたときに、どっちが同じなのかを日本語話者と英語話者で調べてみました。すると、英語話者と日本語話者で大きく反応が異なっていました。英語話者は、形が同じモノを「同じ」としたのですが、日本語話者は、物質が同じものを「同じ」と判断したのです。つまり可算・不可算文法は、物体と物質の認識そのものというより、その間の境界に影

響を与えることがわかったのです。

それから言語は、推論にも影響します。ドイツ語には、性の文法があります。先ほども言ったように、とても不思議なのは、この性の文法のカテゴリーは、名詞で決まっていくので、オス、メスといった生物学的な性とは関係ないわけです。この文法の存在がどういうふうに推論に影響するかを調べてみました。例えばこういう実験を子どもにしてみました。これを見せて、「これはネズミです。お父さん動物は、みんなイドフォームを体を持っています。この動物（ネズミ）は、イドフォームを持っているかな？」と聞きます。絵からは描かれているネズミがオスなのか、メスなのかわかりません。でも子どもたちは、文法的性を手がかりとし、「ネズミの場合には文法的性が女性だからイドフォームを持っていないみたい」と考えることがわかりました。文法的性が、生物学的性を推測する手がかりに使われてしまうのです。同様の影響は、大人でもありました。ちょっと時間がないので、詳細は割愛させていただくのですが、これは論理的には誤りの反応の割合です。他の推論タスクでは、ドイツ人は、日本人よりよくできていたのに、この問題に関しては、ドイツ人はチャンスレベルになってしまいました。全ての雌動物は、何かを持っているというような命題の演繹推論をして、雌だか雄だか分からない動物を見せて、どうなのかと聞くと、ジェンダーに沿って、イエスとかノーとか答えてしまうということがわかったのです。

それから、オンラインの情報処理や記憶にも言語の影響はあって、例えば1つの曖昧な絵を見せて、これを眼鏡というふうにラベル付けしたときに、後から、見たものを描いてくださいと言うと、勝手につるが付いてしまったり、ダンベルというふうにラベルを付けると、この間のところが非常に太くなってダンベルになってしまったり、そういうような、記憶をゆがめるようなこともしてしまいます。

また、言葉は出来事の記憶も変容します。例えば同じ事故のビデオというか、このような絵を見せて、この車がぶつかった状況を言語的に言い表します。その時に、英語では、動詞を変えて smash と言ったり、collide と言ったり、bump と言ったり、contact、hit というふうに言って、違う動詞を使います。smash の方が、衝撃が強くて、hit は、ただ接触を表すのですが、質問の中で使った動詞によって、後から思い出すぶつかったときの車の速度が、大きく変わってしまうことがわかりました。それから、英語母語話者は、a と the の使い方だけでも記憶は変わってしまいます。例えば車がぶつかった、その事故の写真を見せたときに、Did you see a broken headlight? というふうに聞くと、被験者は、分からないと答える人の割合が多いのですが、同じ写真を見ても、Did you see the broken headlight? と聞くと、より多くの方が、「見た」というふうに答えてしまいます。a と the の違い、それだけで、それも質問の中でごくさりげなく使われたのに、聞いた人の記憶に変容をもたらしてしまうのです。私たちは、言葉を通して世界を見ていて、言葉は、私たちの感覚世界を拡張したりゆがませたり、抽象的な認識の世界を形成しているのです。これで終わります。どうもありがとうございました。

味八木 今井先生、大変ありがとうございました。それでは、ここでも質問を、少し後ろの方にまとめさせていただいて、このまま、パネルセッションの方に移りますので、準備がありますので、少々そのままお待ちください。

パネルセッション



味八木 お待たせいたしました。それではここで、暦本先生も交えて、パネルセッションの方に移っていききたいと思います。お二方の講演、大変ありがとうございました。私がお二方の話を、連続して聞いて、率直に思ったのが、最初に言葉ありきではありませんが、言葉こそが、環世界を自分でデザインする最初のツールだったのではないかというふうに、安直かもしれませんが思いまして、その辺りから話を進めていきたいのですが、最初、暦本先生の方から、お二人の話を受けて、何かありましたら、お願いできますでしょうか。

暦本 まず、非常に興味深いお話を、どうもありがとうございます。特に、味八木さんが今言ったとおり、お二人の話を連続で聞くことで、さらに世界が広がったなと思いました。

この前々回ぐらいのシンポジウムのときに、芥川賞作家の上田さんと、バーチャルリアリティーと言語の比較みたいなことを話していました。今、VRで臨場感のある情報をマッシュに送ることができるわけですが、俳句は17文字だけで世界を表現できる、どちらが豊かかというような話でした。結構それは場合にもよるのですが、どちらが豊かとは、一概には言えないでしょうということだったと思います。

それで、VRに対する言語の環世界みたいなことを考えてみます。さっきの今井先生のピダハン語ですが、ピダハン人というのは、あの人たちは、過去形もないのです。何か色も、明るい、暗いしかなくて、数もなく、過去形もないと、すごい言語を使って生きているのだけれど、でも、本人たちはとても幸せなのです。宣教者たちが入って行って、キリスト教を布教しようとしたら、過去形がないから、キリストがこう言ったと言っても、そもそも過去形がないので通じない。だから宗教があり得ないのです。光あれと主が言ったと言っても、「言った」が過去形だから、もう通じなくて、でも彼らは現在形だけで生きて

いるから、大変幸せなので、果たして宗教を布教するのがいいのか、という話になるわけです。結局、最後には、その宣教師の人はキリスト教を布教するのをやめて自身がピダハン語を研究する言語学者になってしまうのですね^{*26}。ピダハン語というすごい言語があって、チョムスキーの考えたことを根底から覆すのではないかとまで言ったそうです。そう言っている人がいるのですよね。

今井 はい、います。

暦本 だから、そういう意味では、もしかすると、言語と VR は、かなり面白い関係にあって、どっちがいいと、あまり言わない方が面白いと思うのです。例えば言語を持たない時代のアルタミラの壁画などは、あれはとても VR っぽいと思います。どーっと、洞窟の中に牛がいっぱいて、非常に臨場感がある。まさに VR 的なのですが、その後、言語を持ってしまうと、「牛が 100 頭来た」と言ってしまうので、いちいち洞窟画を描く必要がなくなってしまったのではないかというのが、歴史的にはあるのです。さきほどのピダハン語は、もしかすると言語の中では、わりと VR っぽい感じではないかと。現在形しかないので、「今魚いる」とか、「魚食べてうまい」しか言わないのだけれど、それで超幸せになる。過去形がないから、後悔をしないという説があって、きのうやったあれを根に持たなず、炎上もない。「きのう言ったあれをおまえは言うのか」というのは言わなくて、「今起こった」しかない。たとえ諍いがあってもその場が終わると、もう皆言わなくなってしまうみたい。一方、言語が発達すると、牛が 100 頭来た、と言って便利なのを超えて、不幸な論争が始まってしまうかもしれない。ハードウェアの脳はあまり変わっていないけども、ソフトウェアの言語によって世界も変わってしまうかもしれない。だから、その言語の持つ性質と、それから VR 的な SR みたいに、感覚、主観の世界と

^{*26}『ピダハン——「言語本能」を超える文化と世界観』ダニエル・L・エヴェレット(著)、屋代通子(翻訳)、みすず書房

いうのは、とても関係はしています。今、テクノロジーによってそれをいろいろ変えられるようになると、まさに藤井さんがおっしゃったような、現実世界そのものを VR で置き換えるというのがあると思います。

あともうひとつ思い出したのが、ケン・パーリン (Ken Perlin) の研究があります。パーリンはコンピューターグラフィックス研究の権威で、パーリンノイズという重要なフラクタル関数を発明したニューヨーク大学の教授です。研究が映画 CG にも活用されてアカデミー賞を受賞したりしているのですが、パーリンが最近やっている研究が言語の進化 (Evolution of Language) です。何かというと、私たちがしゃべっているときというのは、私の頭の中にこういうイメージがあるのだけれど、相手の頭の中にこういうイメージがあって、でも実はそれは一致していないということが往々にしてありまよね。ホワイトボードを使って議論したいのは、言葉だけでは伝えられず、ほんの少し、こういう曲線が、みたいな図も交えたいからです。パーリンはその方向をさらに進めて、ホロレンズのようは AR ヘッドセットを使って、何かジェスチャーで描くと、グラフィックが議論をしている空間にぱんと出てくるというのをやっています^{*27}。

つまり、自分が思っていることをぱっと伝えたいというのを VR や AR 技術で補いながら、コミュニケーションを支援しようということなのです。VR といっても、予め作り込まれた世界に入り込むというのではなく、2人でしゃべっているというような、動的なコミュニケーションのキャッチボールをした瞬間に、脳内に想起されるものに近いグラフィックがぽんぽんと出てくる。VR や AR を言語の連続的な拡張ととらえるという方向です。そういう意味でも、言葉と、バーチャルリアリティとか Substitutional Reality みたいな世界というのは、割と相補的な関係なのではないかと思います。今、それがつながって

*27 ACM UIST 2018
Vision talks: Ken
Perlin - The Future
Evolution of Lan-
guage https://www.youtube.com/watch?v=ZZi3I_NCiUk

くると、言語、あるいはその世界観を、どう拡張するか、オーグメントするかというところにつながるかなというふうに思います。まずそれが感想です。

今井 ありがとうございます。まず言語の、非常に大事な特徴というのは、やはり、「今ここ」を越えられるというか、目の前にないことを表現したり話したり、共有、メンタルイメージを共有できたりするということです。その「今ここ」性を越えるというところが、言語の特徴なのですが、今のピダハンのピダハの人たちが、本当に、そういう、「今ここ」が全く越えられないのかどうかというのは、あの本も、かなり批判もされているので、非常にショッキングではあり、面白いのですが、本当にそうなのかというのは、ちょっと分からないところではあります。

例えば過去形は、中国語でも、いわゆる過去形というのはないわけですけど、副詞みたいなのを使って、過去のことは語ることができるわけです。なので、過去形がないから、本当に過去のことを語れないとか、「今ここ」から、絶対に越えられないかどうかというのは、ちょっと分からないところではあります。でも私たちは、やはり言語があることで、「今ここ」という、ないことを、あるようにイメージできたりしますし、言語というのは、本当に記憶のプレースホルダとしても、大変重要な役割をしていて、例えばあることのビジュアルイメージを見せたとします。例えば犬ということでも、犬の鳴き声を聞かせたときと、犬という言葉を出したときでは、さまざまに出てくる特徴というのは、言葉の方がリッチに出てきていて、その鳴き声で、明らかに犬だというふうに分かって、鳴き声だけ聞かされると、なかなかそういう特徴の想起ができないというようなこともあります。そういうような役割もしているので、VRが、それとどういうふうに関係するのかというのは、私は素人

だからよく分からないのですが、でも相補的な関係にあるというのは、確かにそうなのかなとは思います。

藤井 今井先生にちょっと伺いたいのですが、人の不安というのは、未来のことを考えるときに一番あって、「今ここ」というのは、私は最近はずっと気が付いたのですが、「今ここ」という、この、例えば 10 秒だけ取ると、とても幸せなのです。だって私、ご飯も食べているし、寒くもないし、もう完璧じゃないですか。皆さんの今は、この瞬間は全く問題ないと思うんです。もしかしたら、いい時計を付けていたかったぐらいはあるかもしれませんが、生き物としての幸せは、短時間に区切ったら、もう完璧です、「今ここ」は。そのときに、不安というか、未来のことを考え始めたら、いきなりとても不安で、俺、今晚どうしたらいいのいだみたいなのはいっぱい出てくるのだけど、過去がないというのはありかもしれないんですけど、未来がない言語というのはあるのですか。不安を持たない人間というのは。

今井 いや、未来のことを語れない言語は、たぶんないと思います。未来形がない言語は、あると思うのですが、いわゆる文法的に決まった形があるかどうかということと、語れる、語れないというのは、別のことです。

藤井 その時間軸がどうこうというのと、言語で、その過去と現在というのを区別するかどうかというのは、別の話ということですか。

今井 そうですね。だから言語の違いは、習慣的に、それをエンコーディングするかどうかなのです。文法に組み込まれた区別というのは、文脈に関係ないときでも、必ずエンコーディングをしないとけません。文法で区別しないとその概念が区別できないかという、そうではなく、必要な時には語彙のレベルで区別されます。だから、ある概念を言語で区別できる、できない、という問題ではなく、どのくらい一貫して強制的に

(obligatory に) 区別を表すかということなのです。可算・不可算の区別は、日本語で、できないわけではありません。でも文脈的にその区別を言語的に表す必要がないときには触れないというところだと思うのです。必要がなければ言語的に表現しません。でも、英語を話す人は、必要があろうとなかろうと、必ず区別して、それを言語化しなくてははいけないということなのです。英語話者にとっては、可算・不可算の区別は、文脈にかかわらず、無意識に注意を向けてそれを言語表現に入れこまなければならない、そういうもののなのです。だから、日本語話者も、自動車のように、本来的に数えられるものと水のように数えられないものが、「同じ」を決める基準が違うということはわかって、そこに向ける習慣的な注意という点で、英語話者と異なっているといえると思います。

暦本 ワインの話も非常に興味深いです。ソムリエの人は、味や香りを完全に記号としてクラシファイアーする訓練をします。たとえば「濡れた枯草のような香り」とかいても、濡れた枯草が本当にどんな香りがするかどうかとはちょっと違って、ワインの特定の香りがしたときには正確に「濡れた枯草の香り」と言えるようにする。記号なので、X1、X2、X3の香りと言ってもいいのだけれど、それではあまりにも難しいから枯草というメタファーを使っている。要は同じワインが出たら必ずX1と言えるというニューラルネットを自分の中でつくることですね。その能力自体はとてもニューラルネット的、機械的なのですが、その言語化能力を獲得するとワインの味わい方が広がるという主観もあるようです。そこで変わるというところもあるのでしょうか。

今井 そうですね。だから、その意味では、抽象化をしています。だから、このワインとこのワインとこのワインと、全く同一ではないけれども、こういうシンボルを使うというような、

そのための抽象化はしているので、だから抽象化できないというのとは、ちょっと違うのかなとは思います。

藤井 私はちょっと昔に、日本の香道の人たち、香りの香道の人たちの実験をしたことがあります。流派によって違うのですが、5つの味があります。さっき、香りは酸っぱいかか甘いとかでやると言っていたけれど、やはりそれは、本当の酸っぱい匂いではないし、苦い匂いなどもないのです。でも、彼らは苦いと表現します。それは大変シンボリックで、抽象度もとても高いのですが、面白いのは、彼らのトレーニングは、同じ香りを嗅いだときに、同じような5つの軸のマップが描けるようになることなのです。

あと香道というのは、香木があったら、香木を炭の上に置いてたのですが、時間がたつと、香りの立ち方が変わってきます。だから、聞いていると、5人ぐらいで、香りが変わっているから、最後の人は大変不利なのです。だけど、それでも何とかするというトレーニングをしていて、60歳ぐらいの人が、これは、私が大学生のときに嗅いだ香木だと言うのです。それで調べると、そうなのです。びっくりして、あなた40年前の香りを覚えていて、同じだと言えるの？と言ったのですが、だから、やはりトレーニングをすれば、人間はそれができるのだと思いました。

今井 でも、私もちょっと興味があって、香道のクラスに入門したことがあるのですが、でも諦めて、すぐやめてしまったのですが、あれはやはり、嗅ぎ分けの訓練をするというよりは、いかに言語化するかというものかと。

藤井 私も諦めました。カテゴライズする感覚に近いですね。

今井 カテゴライズして、決まった、それこそお作法としての言語化をするということだと思います。だから、たぶん40年前に嗅いだことがあるというのは、嗅覚そのものの記憶があると

いうよりは、たぶん言語が介在していて・・・

藤井 シンボルしたパターンがマッチしたのです。

今井 そう、それだと思うのです。

暦本 あれは子どものときにやるといいのですか。つまり、英語はLとRは、何歳ぐらいまでに聞かないと分からないと言いますか。だから香りも、もしかするとL、Rみたいな、クラシファイアーのニューロンはどうなのでしょう。『神の雫』^{*28}ではないですけど、ワインも英才教育、4歳ぐらいまでにやると、クラシファイアーがとても発達した人間ができないですか。

*28『神の雫』亜樹直（原作）、オキモト・シュウ（作画）による漫画作品。心情風景として言語化されたワインを探し求めることがストーリーの骨子となっている。

今井 どうでしょうね。それは、もしかしたら面白いかもしれないですけど、でも、あれも結局、1歳前まで、LとRが区別できなくなるのは1歳ぐらいなのですが、そのときに、日本人に訓練すれば、もちろんできるようになるし、それはある種訓練すると、それを伸ばすこともできます。持ち続けることもできるのです。でも、それは、ずっとし続けないと駄目なので、途中でやめてしまうと、それをずっと保持できるかという、保持できるわけではないので、結局、だからLとRの区別をすることが、英語学習にどれだけ大事かということは考えるべきなのです。ずっとLとRの違いへの注意を保持させるためのLとRを聞き分けさせる訓練を、例えば毎日10分とかさせるぐらいだったら、私はボキャブラリーを増やした方がいいと思います。訓練をすれば、特別な弁別能力はできるようになり、訓練を続ければ保持できますが、それは、使わなくなると、やはり脳はそれにアジャストして、どんどん、ある意味で、使わなくていいものは使わないように、省エネモードに入るということです。

暦本 味八木先生が最初に紹介してくださった、SottoVoce という、超音波で口の中を撮ると、声が復元できるみたいな研究をやっているのですが、あれも、実は、最初はうまくしゃべれ

ないのだけれど、聞いたやつを人間がフィードバックすると、人間の脳も歩み寄ることがあります。私たちはそれをヒューマン・AI・インテグレーションと呼んでいて、ニューラルネットと人間を接続して、双方が同時に学習すると面白いかなと思っています。もしかして、先ほどのLとRみたいなのも、ちょっとエンジニアリング的に乱暴な言い方をすると、LとRをクラシファイするニューラルネットをつくることはできます。それを頭に取りつけて、電気刺激でLのときにビリっとするみたいなのを付けっ放しで生活すると、外から見ればLとRを区別した人間になるわけです。そのときに、よく言うのは、それを付けたままで、そのままオーグメントされているのでよしという話か、そういう装置によって生身の人間もオーグメントしていき、フィードバック学習して、脳の方が歩み寄る、という話なのかに非常に興味があります。今回のテーマの認知の拡張に戻ると、その認知的なところというのを、人間拡張技術ががどう強化できるかということが、いろいろ可能性があると思っています。その辺はどうでしょうか。これはエンジニア系の乱暴な発想ですかね？

藤井 いや、何か、十分あると思います。結局、これは、ここのビリッというのは、トリガーでしかないから、そのときに同期した信号として、そのLとRというのは、単なる音ですから、それを、神経レベルで区別できているかできていないかという、できているはずです。どこかの細胞は分かっていると思います。だけどそれが、意識的にきちんと弁別した結果として表れてこないというだけだから、それでビリッとして、ここを同期した信号を区別するというネットワークができて、全然おかしくないと思うのです。

今井 ただネットワークができて、それをちゃんと表出するときに、使うかどうかというのは別なのかなというのがあります。

す。だから、例えば人間の知識は、あることを知っているということと、あることが自動的に無意識にできるということの間には、非常に大きなギャップがあります。

藤井 そうですね。意識と無意識という、そういう話を、さっき私はしたくて、うまくできなかったのですが、だから、今のその、耳から入ったネットワークが、何らかの形で、無意識を通じて意識に現れてくると、たぶん今のL、Rの話は、結構完全なのだと思うのです。

今井 そうですね。だから、例えば、私たち日本人は、a と the を使うのが非常に難しいといえます。でもそれは、外国の方が、例えば「てにをは」を使うのが非常に難しいというのと同じで、a と the も、テストのときに、正解を選べるレベルと、話すときに、無意識に、a と the が瞬間的に判断できて、しかも、そのプロダクションまで持っていけるかとは大きく異なります。後者では、その知識が完全に身体化されないとできないわけです。だから、知っているというのと、完全に身体化されているというのは、かなり大きな違いがあって、それはLとRも同じなのではないかと思います。だから、それこそ全然意識をしないところで、本当に弁別に、注意が行って、その注意が、結局自分が発音するときとか、聞き分けをするときに、本当に自然に自動的に使えるかどうかというような話なので、デバイスを付ければ、必ずそういうふうになれるかどうかというのは、やはりそのインプットが常に一貫して、それを必要としていれば、なると思うのです。でも、そのインプットが違っていて、その必要がないと、たぶんできないのではないかという気はするのですけれど。

藤井 それは、できます。はずしたときどうなるというのは、これから、私たちは考えなくていいのではないのでしょうか。もう入れっ放し。なので、入れっ放しになったときに、そこで何

をするかという、脳外だけど人工のシステムをいかに使うかというのが、たぶん工学的には一番楽しいです。

暦本 もう付けっ放し前提のときに、どういうプログラムを入れたら、その人が一番幸せになれるだろうかというのをエンジニアリングするのが楽しいかと。

藤井 どうやったら、気付いてくれるかみたいなことです。楽しいです。

暦本 同意します。未来のプログラミング教育で、さあ自分の能力をプログラムで拡張しましょう、となると楽しい。

藤井 ちょっと前だったら、そういう考え方はマッドな感じだったけれど、ニューラルリンクが、もしかしたら、あと10年もしたら、すごいものをつくってしまうかもしれないですから。

暦本 USB-C ですから。その先に何を付けるかというのは、その人のお好みですから。

藤井 Type-C が付いている、えー？ みたいな。

今井 でも、何かそのときに、例えば知覚できないものが知覚できるようになるというのは、ある文脈ではとても大事かもしれませんが、認知の多くの場面では、抑制が大変大事なので、知覚できない（しない）ほうが情報処理に有利なこともあります。結局、私たちがLとRの弁別ができなくなるというのも、それはLとRの区別に注意を向けない方が、注意のリソースを他の、もっと必要なところに向けるからです。日本人にとっては、そっちの方が日本語の学習に有利だから、結局できないようにするのです。だから、あるデバイスを付けて、私たちが生活していく上で、どんな状況でも、普通にはできない弁別ができてしまうということが、必ずしもいいことばかりではないと思います。記憶もそうですけれど、記憶力があり過ぎると、どっちかという不幸になる人の方が多いのです。記憶力、特にエピソード記憶などで、全てを覚えている人は、幸福になるよりは、

結構うつになる可能性が高いです。

暦本 最近ツイッターで、みんな炎上して、軒並み鬱になっているのはそれですね。異常に正確に、過去の発言に言及できてしまうので、あなたは2年前にこう言ったでしょう、それは今日の発言と矛盾しているとか言って、反撃したりするわけで、それで全員が非常にメンタルをやられてしまう。以前の社会だったら、あるいはさっきのピダハン人が一番幸せなのは、もうそういうことを全部忘れてしまうので、お酒を飲んで終わりです。

あと、ニューラルリンクの技術の先として当然来るのは、あれ、他人と直結したい人はいますよね。そのときに、それが言語を超えられるかどうかというのも、また最初のVRの話に戻ると非常に興味深いです。それだけでは、結構コミュニケーションにならないような気がします。でも、脳が直結した信号経路上での、また言語や文法みたいなことができるような気がします。

藤井 できます。やはり言語という、こういう音声を使った言語伝達は、どう考えても帯域が狭いので、これを、最低10倍ぐらいにはしたいのです。考えるのは、10倍にはできないかもしれませんが、5倍ぐらいにはできそうな気がするから、だったら5倍ぐらいの帯域でつながるネットワークが欲しいですね。

暦本 私たちの発話は、口を動かせるスピードで律速されます。また聞き取ることのできる速度は発話速度よりも速い。しゃべるとするのは、口の運動の都合で毎秒10個ぐらいしか音素を送り出せないで、帯域は超狭い。でも、たぶん思考は、運動の性能には縛られないので、単純に10倍速くしゃべって、10倍速く聞き取れるだけでも、何かすごいと思います。

今井 聞き取れますか。しゃべるのはできると思うのだけれど、理解する方が、10倍速くしゃべられたことを、聞き取れるのでしょうか。

暦本 読むのはたぶん 10 倍速く読めるということは、聞き取った瞬間に視覚野にマップされていると、読めるわけです。あるいは聞きながら読めるので。そうすると、このチャンネルの同じこの日本語という文法であっても、もう少し、実は 10 倍ぐらい速いと、会議が 5 分で終わるとか……。

藤井 昔のモデムみたいな、ギガがみたいな感じが聞こえたら、全部。

暦本 かもしれません。その先の理解は分かりませんが、少なくともベーシックなチャンネルは速くなれるかもしれません。

味八木 このまま永遠に話し続けられる気もするのですが、残念ながらお時間も近付いてきていまして、会場の方から、数点になってしまうかもしれないのですが、質問がある方がいらっしゃるれば、マイクをお持ちしますので、質問をお願いいたします。たぶんこの顔ぶれでシンポジウムをするというのが、非常にレアなので、ここでしか聞けないことなど。

質問者 1 すみません。お話を、ありがとうございました。質問なのですが、世の中のことを認識するときに、その人の使った言葉、例えば日本語の学習によって、認識が結構固まってくると思うのですが、もし生まれつき、何か認識の傾向みたいなのがあったとしたら、日本語の話せることとのずれというものが生じてくるのかどうかということと、何かその辺りというのは、テクノロジーで何かサポートできることがあるのかということをお伺いしてみたいと思いました。

今井 日本語とは合わない認識バイアスを、生まれ付き持っている人がいるかどうかということですか。

質問者 1 そうです。例えば自分が話したい範囲のことが、表現がうまくできないとか、逆に人が話していることの、青と緑の違いが分からないみたいなことというのは、あり得るのかど

うかということです。

今井 そういう話は聞いたことはないです。例えば盲目の方が、青と緑の違いは見えないはずだけれど、青と緑という言葉を使えないかというと、きちんと使うことができます。だから、人間は基本的には、必要なことは何でもできると思います。その可塑性というか、アダプタビリティーというか、それは本当に驚くほどのことがあって、だから、ある環境で適合する必要がある、その環境で最適に情報処理ができるように、どんどん自分の神経ネットワークを変えていくみたいなことは、どこまでできるかはちょっと分からないですけど、でも、常識では考えられないほど、可塑性が高い生き物だというふうに思います。もちろん、人は生まれ付き、ある種の癖みたいなのはあります。性格もあるし、情報処理の癖みたいなのもあります。だから、例えばとても細かいところに注意が行きがちな人と、それから細かいところには注意できなくて、とても大きなところに、まず注意が行ってしまう人とは、それは個人差の範囲内では、結構個人差はあるのですが、その個人差の中で、だから母語を学べないというようなことは、聞いたことがないです。

質問者 1 ありがとうございます。

質問者 2 ありがとうございました。私が気になったのは、自分の記憶で、夏、アスファルトに、夕立で雨が降ったときの匂いというのがあるのですが、実家のそばの道路の景色が、その雨が降った後の匂いと猛烈にマッピングされていて、そのマッピングする、記憶に定着するタイミングというのは、どういときなのかというのがとても気になっています。それは、藤井先生のおっしゃる、意識と無意識の間という、そこの隙間の話につながっていると思うのですが、どういうタイミングがよさそうかみたいな話があったら、お伺いしたいと思います。

藤井 ごめんなさい。今すっかり油断して、前半を聞いていませ

んでした。もう1回、いいですか。今井先生かと思いました。

質問者 2 匂いと映像が、大変結び付いている体験が私の中にある、その体験が、どうしてこんなに記憶に残っているのかというのが、とても気になっています。その瞬間というのは、たぶん意識していなかったと思うのですが、無意識と意識の間に情報を刷り込ませるタイミングというのは、どういうタイミングがよさそうなのかという、何か考えがあったら、お伺いしたいです。

藤井 嗅覚と記憶の関係というのは、非常に強いといわれています。嗅覚の経路と記憶は、嗅覚、嗅神経があって、そこからエピソード記憶と深い関わりがある海馬があって、その間の連絡は結構強く、だから私たちは、本当に香りを嗅ぐだけで、記憶が立ち上がるというのは、もう全員、人間であれば、ほぼ共通な仕組みだと思うのです。だから、それに関しては、もうどうしようもないことだと思います。それで香りを、私は操作、使いたいと思うのは、できたら香りの、はっきり認知できる閾値より、少し低いレベルで、何となく香らせるみたいなことで、何かの変容が起きたり、行動に影響を及ぼしたりできたらいいなと思っていて、だから例えば、さっきおっしゃった、夏のアスファルトに、暑いときに雨が降って、そこで、もわーっと上がって、周りに草があって、そんな夏の匂いがあります。ああいうので思い出すというのもありだと思うのですが、何かそれに近くて、しかもそれが嗅がせられているのではない、閾値下で、同じことが起きるみたいなことの方が、面白いかなと思っています。

今井 それは、ウナギの香りを、意識的にこれはウナギだというふうに分からないけれど、何か閾値下で、ウナギの焼いている香ばしい香りをさせることで、ウナギを食べたいと思わせるということですか。

藤井 それだと、みんなウナギの匂いが知りたいわけではないから、積極的にウナギの匂いを嗅ぎたいみたいな人は、たぶん少しバイアスが掛かっているかもしれないので、意識に上がりやすいのではないかと思います。なので、もしかしたら、それでご飯が食べられるかもしれません。

今井 ウナギがなくても、ご飯を食べてしまう。

藤井 なぜか、おいしくご飯が食べられるみたいなことです。でも本人は、気が付かないという、気が付かないところで、何か操作していたら、いいことが起きているというのが、ちょっとやりたいと思うのです。

今井 なるほど。でも、それは、ウナギを好きな人ばかりではないですから、それはどうするのですか。

藤井 だから、ウナギを好きではない人は、閾値下だから、感じないのです。逆に言うと、もしかしたら、嫌な人は、それにとってもセンシティブかもしれないです。だからやってみないと分かりませんが、何か明示的に、ウナギを実際にバタバタ焼いて嗅げと言うのではなくて、何か知らないところから、後ろから来て、歩くのが楽になっているみたいな、何かそんな感じの五感、後ろから行くと、知らないうちに誰かが押してくれているみたいなサポートシステムを、よくエンジニアの方はおっしゃるのですが、それを五感でやるみたいなことです。知らないうちに何かを感じていて、気持ちいいとか楽しいとか、気持ちいい、楽しい方向に持っていきたいのです。というので、答えになっていないかもしれないのですが。

質問者 2 ありがとうございました。

味八木 ありがとうございます。途中で出てきたL、Rの話は、実はセミナーの1回目のときから、定期的に出ている話題です。だいが議論が深まってきて、良くなってきているかなというふうに、私は思っています。はずしたときにも残るとか残ら

ないみたいな話が、たぶん漢字変換で、漢字を書けない人が増えているみたいな、本当に一般的な話にまで広がっていくのが、たぶんこの寄付講座の使命なのかなと、若干本気で思い始めているのですが、実は10分ぐらい、時間がオーバーしております。すみません。最後に暦本先生の方から、閉会の言葉を頂きたいと思います。

暦本 本日は誠に、お忙しいところ、どうもありがとうございます。この講座も何回かセミナーをして、最初からL、Rの話を延々やっているところもあるのですが、やはりどうやって人間がエンハンスされるかというのと、どうやってそれを使って幸せになりたいかというのを、究極的には目的としています。いろいろな側面があって、デバイスを使って能力拡張できても、それはデバイスにスポイルされてしまうのではないかということも含めつつ、多面的に考えたいというふうに思っています。また同時に、そういうことを面白がってトライしてくれるような学生さんのような人を、1人でも増やしたいなと思っています。最近私の思いは、正しいことより面白いことをやろうみたいになっています。世の中的に正しいといわれていることを、義務感でやるのではなくて、自分の体の中から、これは本当に面白いと感じられること、やばいやつをやろうということです。今やテクノロジーを使うと、かなりできるようになっています。いきなりニューラリンクのように、脳に電極を刺すというところまで行かなくても、結構面白いことができます。そういうことを面白がって、どんどんつくってくれるような学生さんとか、興味のある方々と一緒にやりたいなというふうに思っておりますので、今後とも、ご支援をよろしくお願いします。

味八木 ご登壇いただいたお2人の先生にも、もう1度拍手でお願いします。本日は、皆さま、ありがとうございます。お手元のアンケートがあると思うのですが、ぜひご意見を伺いたい

と思いますので、ご記入をいただいた上で、お帰りの際に受付
までご提出いただけると、大変ありがたいと思います。よろし
くお願いいたします。

ヒューマンオーグメンテーション学 セミナー # 6

「味覚の拡張」

2019 年 12 月 2 日、FabCafe Kyoto にて第六回セミナーを開催しました。今回は「味覚の拡張」のテーマのもと招待講演およびパネルディスカッションが行われました。

はじめに

石黒（石黒祥生）そろそろ時間になりましたので、始めさせていただきます。皆さま、今日は天気の悪い中、このヒューマンオーグメンテーション学、ソニー寄付講座の第6回セミナー、「味覚の拡張」というセミナーにお越しくださいまして、まことにありがとうございます。私は、この寄付講座で客員准教授をしております、東京大学情報学環、石黒祥生と申します。

本日は、この寄付講座のセミナーとしまして、「味覚の拡張」というものを取り上げて、皆さまに情報提供と、あとパネルディスカッションを行いたいと思っております。東京大学情報学環、ヒューマンオーグメンテーション学、ソニー寄付講座では、人間拡張という新たな学問領域を開拓して、産業界と教育界を活性化させ、未来をつくる人材の育成と強化につなげていくことを狙いとしてやっております。普段は、東京大学の本郷キャンパス内で、セミナーやワークショップ、シンポジウムといったものを行っているのですが、今回は初めて東京大学から出まして、ここの京都のすてきな FabCafe Kyoto^{*29}さんをお借りしまして、第6回のセミナーを行います。

^{*29} <https://fabcafe.com/jp/kyoto/>

今回のテーマは味覚の拡張ということで、これまで知覚、運動、存在、認知というものの拡張ということで、セミナー、ワークショップを行ってきましたが、今回知覚の拡張の1つの味覚、それが織り成す食体験にフォーカスして、味覚や食体験の拡張について掘り下げていきたいと思っております。

この後のスケジュールですが、この後、我々の暦本純一先生から、「ヒューマンオーグメンテーション、人間拡張とは」というタイトルで、お話ししていただいた後、中村先生から、「電気による味覚の拡張」をお話しいただきます。その後休憩を挟みまして、招待講演としまして、また後ほど詳しくご紹介しま

すけれども、立命館大学の野中先生と高山さんというシェフの方に来ていただきまして、お話しいただきます。最後にパネルセッションを行いまして、今日は「食」というタイトルです。最後に簡単な懇親会を用意しております。今から、最後までいきますと5時半ぐらいまで、長丁場ですが、どうぞお付き合いください。

では、早速ですけれども、暦本純一先生の方から、「ヒューマンオーグメンテーションとは」というタイトルでお話しいただきたいと思います。よろしくお願いします。

暦本（暦本純一）今日は、大変お忙しいところ、どうもありがとうございます。東京大学とソニーコンピュータサイエンス研究所の暦本純一と申します。今、石黒先生の方からご紹介ありましたように、東京大学で、3年前から、ヒューマンオーグメンテーション学という寄付講座を頂いていまして、人間の拡張をするということについて、いろいろな研究、教育活動しております。ヒューマンオーグメンテーション学や人間拡張学という言葉ですが、たぶんお聞きになった方はあまりいないと思います。お聞きになった方はいらっしゃいますか？ いらっしゃいますね。ありがとうございます。

ヒューマンオーグメンテーション学ということは、ほぼ我々がつくった言葉なのですが、大きく言うと、人間の能力を何らかでもテクノロジーで拡張しようというような学問領域です。サイボーグ的なものであったり、テレポーテーションのテレプレゼンスであったり、あるいは今回のテーマの味覚のような、感覚を変容するようなことを、幅広くやっています。

「人間拡張」というキーワードは、この講座を始めたころは、ほぼ知られていなかったのですが、最近だんだんバズってきて、これが今年の『日経』ですが、人間拡張は？ というキーワードが取り上げられました。一応東京大学の暦本が広めたと

いうように書いてありますが、そこは、どうかは分かりません。あとガートナーという企業が、技術トレンドマップを、毎年つくってしまして、ハイブ・サイクルというのがあります。それによると、今はAIが、ハイブ・サイクルの頂上から落ちているというように、期待するところと、だんだん普及すると幻滅期というのがあったりします。そのハイブ・サイクルの注目テクノロジーのトップ10のうちの1つに、ヒューマンオーグメンテーションというのが入っています。これも、1つには、AIが、自律的あるいは自動的にロボットの活動するということもあるのですが、AIと人間がうまく協調しないと、さらに上のパフォーマンスは出せないのではないかと、だんだん思うようになってきたからということもあります。単にAIが人間と置き換わるという話ではなく、人間を拡張するためにAIが使われるというようなコンテキストという意味で、こういうようなキーワードとして注目されています。

実は、AIとオーグメンテーションというのは、歴史がもうほぼ一緒でして、ちょっと象徴的に示すのが「鉄腕アトム」と「サイボーグ009」です。よくロボット工学の先生が、子どものころ「鉄腕アトム」を見て、目指しましたなどと言いますよね。私自身は、子供の頃「サイボーグ009」を見て、人間拡張的なものに目覚めました。本当に子どものころ、「サイボーグ009」^{*30}がとても好きだったんですね。「サイボーグ009」に象徴されるのは、AIの発足当時でIAと呼ばれるものでした。Intelligence AmplificationとかIntelligence Augmentation、知能拡張とか知能増強というように言われています。AIがArtificial Intelligenceでしたので、ちょうどひっくり返した概念で、Intelligence Amplification、知能を拡張するための用語として使われていました。ということで、結構歴史は古いのです。

ただ、人工知能というとゴールとしてアトム的なものを思い

*30 石ノ森章太郎の代表作。https://ishimoripro.com/サイボーグ009/

浮かべることがすぐできますが、人間拡張だとどうでしょう。この絵（アトムとサイボーグ 009）を見ていただくと分かる通り、鉄腕アトムは、1 人です。まあ本当はウランちゃんもいるのですが、AI の 1 つの象徴的なパターンです。一方「サイボーグ 009」は 9 パターンぐらいあるわけです。拡張する方向もそれぞれということですね。だから、オーグメンテーションといっても、何をオーグメントするかというのは、必ずしも 1 つに収れんしないので、いろいろな方向があると思っています。

その人間拡張の方向性を、私たちの講座では、大きく 4 つ考えようとしています。身体、存在、知覚、認知という 4 つの方向です。例えば身体というのは、義足とか、外骨格, EXOS^{*31} といつかロボティックに拡張する方向です。あるいはパラリンピックで義足を付けて走る方がいますが、そういうことです。ソニー CSL では、遠藤謙君という研究者が、まさにパラリンピック用の義足の研究をしております、そういうのが身体拡張です。

^{*31} exiii 株式会社が開発・提供している力触覚提示デバイス。https://exiii.jp/

存在というのは、テレプレゼンスということで、後でジャックインというものが出てきますが、要するにテレビ会議を越えるようなもので、人間存在を遠隔地にネットワークで接続して、そして体験を共有するというようなことです。たぶん今回のセミナーのテーマに最も近いのは、知覚、Perception の拡張です。見えたり感じたりすることを、どうやって拡張していくかということです。最後の認知というのが、ある意味他を総合しているのですが、人間の認知能力、学習能力というものを拡張するということです。

最後の認知の拡張というのがどういうことかということを補足します。これが、最近我々がやっている、Silent Voice をつくる SottoVoce^{*32} という研究です。Silent Voice というのは何かというと、最近音声インターフェースの、こういうスマートスピーカーというのが増えてきていると思います。あと携帯電

^{*32} SottoVoce
https://lab.rekimoto.org/projects/sottovoce/

話でも、OK Google とか Hey Siri などとできますよね。でも、あれは公共環境で、電車の中で、Hey Google などと言うと、かなり恥ずかしいです。公共環境を使うと、他人に迷惑になるということがあります。あるいは、病院で看護師の方が、ナースステーションに戻る前に、病室で記録したいというニーズがあります。けれども、患者さんの真横で、いきなり「今この患者さん、血圧が全然下がりません」とは言えません。やはり秘匿性というのは大変重要です。そういうときに、もし Voice をサイレントにインターフェースに取れば、それはある意味究極のインターフェースになるのではないかと考えています。

我々のところでは、この超音波エコーというものに着目しています。超音波エコーというのは、普通はおなかの中を撮ったりするのですが、それをここに当てると、口の中の映像が全部撮れます。それを使ってニューラルネットで解析すると、こんな音が出ます。これは、今、口パクをしたときに、音声認識をしているのですが、その口パクの中の動きを画像として撮って、それを使って音声をつくっています。こういうのが口腔内の情報で取得できるというのと、そういう Deep Neural Network、いわゆる深層学習を使って発話情報に変換したりします。

こういうことがどんどん進んでいくと、たぶん未来のウェアラブルコンピューターはこんな形になるかと思っています。この喉の下にセンサーがあって、イヤホンは、今すごくいろいろなイヤホンが出ています。イヤホンと、その喉のセンサーだけで、口パクで何かを言うと、返事が耳の中に返ってきます。外からでは全然分かりません。すると、その人は、外からだ、ある意味非常に頭の良い人に見えるわけです。何でも知っているし、何でも記憶できるしということで、それはある意味、人間の知能拡張かなと思っています。

超音波エコーというのはこういう感じで、これは真上から

撮っているので、ちょうど天地が逆になっていて、白い線が舌の上の表面なのですが、しゃべると動くのがわかると思います。この動きの映像から、ニューラルネットで解析しようとしていて、これは今、本当のその人の声なのですが、こちらが学習させた結果です。だいたい似たのが再現できているというような、そういう研究をやっています。こういう人間の能力をニューラルネットのような、ある種 AI が貼り付くことによって能力が拡張されて、それを使って、その人の総合的な認知能力や知的能力を上げようというような研究です。

これをやっていて、面白いと思ったのは、これは、実は、例えば赤ちゃんが言葉を覚えるときに似ているのです。赤ちゃんは、最初しゃべれないので、何か、まー、わーと言うときに、それを自分で聞くわけです。そして、それがお母さんやお父さんの声と近いかどうかというように比較しながら聞いているので、だんだんそのサイクルが我々の言葉をつくっているわけです。そこに今度は AI が入ってきます。全体が AI として拡張されているというのがあります。

この研究を進める上で、非常にインスピレーション的な研究がありました。これは 1995 年の、シドニー・フェルスとジェフリー・ヒントンたちの研究です。ジェフリー・ヒントンさんはご存じですか。Deep Learning の創始者の一人で、コンピューター・サイエンスのノーベル賞といわれているチューリング賞を、今年取った人です。その人が 25 年ぐらい前にやった研究で、これもアイデアは、我々と近くて、ジェスチャーする動きを声に変換するのです^{*33}。これは分かりますか。この手指の動きが直接声になっているのです。手指の動きと音声合成のパラメータの間にニューラルネットワークが入っているという構成になっています。何かこんな感じです。さすがに 25 年前なので、ニューラルネットはそんなに強力ではないのですが、この左の被験者の人はピアニストで、この装置を 100 時間ぐ

*33 Glove-Talk II: A Neural Network Interface Which Maps Gestures to Parallel Formant Speech Synthesizer Controls 参考動画：<https://www.youtube.com/watch?v=hJpGkroFP3o>

らい練習したそうです。だけど練習した結果何ができているかというと、手指の動きそのものが、声になっているので、さっき「イヤー」という間投詞のようなことを言っていましたが、それは Non Verbal（非言語情報）といって、自分の感情表現をそのまま声に出しているわけです。こういう発話は、ジェスチャーコマンドを単にコマンドや単語などの記号として認識する装置では出て来ません。より人間の発声に近く、この人の自然な感じで現れているということです。こういう例からわかるように、コンピューターや AI の能力と、人間の能力がくっ付くと、その人はもう自然に、どこまでが自分の能力でどこからが AI かというのが分からないぐらいになっているということです。

この方はピアニストだと言いましたけれど、こういう装置の習得は楽器の練習にもとても近いわけです。楽器というのは、例えば最初は吹けなかったりするのですけれど、だんだん楽器が吹けるようになるというのは、言葉を覚えたりするプロセスに近いわけです。というアナロジーから、楽器の練習でも同じようなことができないかという研究をやっています。サクソフォーンの発音練習を題材として、ニューラルネットで支援しています。サクスをされる方はいらっしゃいますか。サクスは、音を出すときに「トゥ」とか「ダ」みたいに吹いています。でも、初心者は、自分が出しているのが「トゥ」だか「ダ」だか分からないという課題があります。そこを AI を使って支援しようということです。サクスの音響をニューラルネットが分析をして、今自分の出している発音が何かというのが識別できます。それがスマホの画面に出てくるので、練習を補助になるということです。練習者の演奏能力や楽音を聞き分ける能力をどうやって高めるかというのをやっているわけです。

今ご紹介した研究は、ユーザーインターフェースの研究動

向からすると、新しい方向になると思っています。ユーザーインターフェースというのは、例えばマウスやマルチタッチのように、機械と人間の間の関係を研究するのが主な方向でした。しかし、その間に図の右のように AI が入ってくると、単純に「間」とは言えなくなってきました。たとえばロボットと人間のインターフェースというのが大事になるわけです。ロボットがいて人間がいて、その間、ロボットと人間の間の Interaction をどうするかという、Human-Robot Interaction という学問領域が発展しています。一方、Human Augmentation や Human-AI Integration と書いたところが私達の追求した研究の方向です。先ほどのニューラルネットがくっ付いた人が、Silent Voice でしゃべれるようになるというように、人間に AI が、より自然に融合したときに、その人は何ができるでしょうということに興味が出てきます。今までできなかったことができるようになるとか、あるいは今までは、やるのに 100 時間かかったことが 50 時間でできるようになるというようなことを狙っています。

例えば体の中にコンピューターを埋め込むというのは、必ずしも SF ではなくて、既に現実で、人工内耳などは、耳の中の神経に直接に刺激を与えるようなコンピューターを、頭の中に埋め込んであります。この左の本は、実はとても面白い本で、『サイボーグとして生きる』という本^{*34}ですが、これは人工内耳を埋めている方が著者の本です。その方も実はサイエンティストで、単に患者さんというよりもお医者さんと共同で開発をしているのですが、人工内耳に入れるプログラム、A と B と C を順番にダウンロードすると、聞こえる世界が全部変わるといったことが書かれています。ですから、ある意味自分の聴覚をリプログラミングできるようなことが、絵空事ではなく現実に行き始めているのです。

この動画は、実はうちの学生さんだった人ですが、手の中

*34 『サイボーグとして生きる』マイケル・コロスト(著)、橋正晴(翻訳)、ソフトバンククリエイティブ

にスマホのタグを入れています。分かりますか。これは実は日本では駄目なので、彼はテキサスへ行って埋めてきました。こういうふうに体内にチップやコンピュータを埋めるのは、ボディーハッキングとして大変盛り上がっています。実はスウェーデンでは交通用タグを手に埋め込むのはオーケーなのです。つまりスウェーデンにおけるパスモやスイカは、手に埋め込むことができるので、こうやって手をかざすだけで電車に乗れます。いま埋め込んでいるのは比較的単純なタグなのですが、これにさらに高度なコンピューテーションの能力が入ったらどうなるかというのは、かなり近い未来の話です。あと皆さん、たぶんニュースなどでご覧になった方もいたと思うのですが、テスラをやっているイーロン・マスクが、Neuralink という会社をつくって、ブレイン・マシーン・インターフェースを大々的に投資しようとしています。これは脳の中に埋め込むのデバイスですが、見ていただくと、こちらの右側は、脳の中の回路とかが非常に多いわけですが、左側は何と USB-C なのです。つまり脳に USB インタフェースがつく。こうなると急に我々がアクセスしやすいような感じになります。この USB-C にくっ付けて、ネットワークをつなぐとどうなるかというようなことを妄想したりしているわけです。

これは「マトリックス」という映画の有名なシーンで、ヘリコプターを操縦できるかと言うと、「まだ (not yet)」と言うのです。トリニティが電話をかけて、ヘリコプターの操縦能力をダウンロードするというシーンですけど、私は、これは、21 世紀のアプリというのはこうなるのではないかとと思っています。今、スマホのアプリというのがあります。スマホに必要な機能がいない状態が、Not yet なのですが、アプリをダウンロードすれば、スマホが拡張されるわけです。将来のアプリというのはそのアナロジーで人間に能力がダウンロードされる。ヘリコプターの操縦までいくかは分かりませんが、人間の能力

を、アプリのアナロジーで考えられるようになってい
ます。

アーサー・チャールズ・クラークという SF 作家が言っているのですが、人間というのが道具を発明したというのは真実の半分で、実は人間が発明したツールによって、人間が発明されている (Tools invented man.) と言っています。例えば石器をつくると、石器を使えるように、逆に脳が発達するわけですし、言葉を発明すると、言葉によって論理的な思考というのを、人間は逆に発明しているのです。ですから、もうコンピューターや情報ネットワークを発明したことによって、我々人類がどう「再発明」されるかというのが、ヒューマンオーグメンテーション的には、究極の学問課題かなと思っています。我々はホモ・サイバネティカスと呼んでいまして、こういうのが発達するかなと思っています。

あともう1つのポイントです。よくあるサイボーグというと、1人の人の強化というのをサイボーグというふうに考えがちです。だから自分にグラスなどを付けると、自分が個として拡張するということがありますが、今は当然ネットワークの時代なので、その拡張された人が他の人とどうつながるか、ネットワークによってさらに拡張されるということが重要なのです。一人一人が拡張されるというだけではなく、例えば自分が他の人とネットワークでつながったり、体験を共有したり、ある意味ロボットと共有したりすることで、1人の人間だけではできないようなことができるのです。私たちは、それをIoAと呼んでいます。Internet of Things という、モノのインターネットという言葉があるのですが、そのモノが能力になるという、つまり何かができたり何かを体験したりということ自体が、ネットワーク化されるというようなことを考えています。

例をお見せすると、例えばロボットと人間がつながるとどうなるかという、とてもシンプルな例で、これはドローンに人

間がつながっている絵です。この人は、実はドローンの映像を見ていて、もう自分がドローンになったつもりなので、この人が振り向くとドローンも振り向いたりするのですが、自分がぐくっているつもりでドローンがぐくっているわけです^{*35}。だから、ある意味自分の能力というのが、そのままドローンに乗り移っていたりするわけです。あるいはこういう、今度は人間と人間をつなげるという例ですが、これは左側の人の体験を、右側の人が追体験するような、そういうようなことをつくっています。これは360度映像をつなげると、この人が見ている映像の360度の映像が、ネットワークを通して他の人の視野になるので、一緒にある体験をしたり、あるいは一緒に旅行できない人が、一緒に旅行をしたり、あるいはネットワークにつながっている人がエキスパートであれば、そのエキスパートの人が、自分の体験を他人に教えたりすることができるという例です^{*36}。

これが大車輪の例なのです^{*37}。大車輪をやったことがある人はいらっしゃるでしょうか。いらっしゃるでしょうか。ジャックインヘッドを頭に着けて、大車輪で回った映像をそのまま流しています。すると映像がぐるぐる回転してしまいます。この映像をヘッドマウントディスプレイで見ると、本当に世界がぐるぐる回ってしまって、かなり酔ってしまいます。ただ、大車輪をしている本人ははこんなには回っていないと言うわけですね。つまり脳内で回転が補正されているわけです。本人のパーセプションでは、部屋というか体育館全体は静止して、その中で自分が回っているわけです。それを似たことを技術的に再現しようとしていまして、映像中の特徴点を追跡して、回転を検出し、それをスタビライズすることができます。処理後の映像がこのようになります。さっきと同じように頭に着けているのですが、スタビライズを効かせると、パシッと止まりましたよね。頭はスピンしているのですが、そのスピンはスタビライゼー

^{*35} Flying Head <https://lab.rekimoto.org/projects/flyinghead/>

^{*36} Jackin Head <https://lab.rekimoto.org/projects/livesphere/>
^{*37} 参考映像：<https://vimeo.com/user3327890>

ションされて映像としては止まっています。すると今度は、自分はこういうふうに分が回っている感じがわかってきます。ですので、こういう技術を施せば、スポーツ体験であっても、そんなにぐるぐる目が回らないように見えるかもしれません。こうやって、このすごいスポーツマンのアスリートの方の体験を共有したり、あるいはコーチの方がこういう関係に入って教えたりということが可能なかなと思っています。

そういうような、人間と人間をつなげるような研究を、いろいろとやっています。これは JackIn Space とよぶ三次元遠隔空間で、一人称映像と俯瞰映像を連結しています。最初は一人称映像として作業者の視点にジャックインしているのですが、そこから幽体離脱のように抜け出すと、全体を見渡すような俯瞰映像の世界に遷移します。三次元再構成技術によって、空間をリアルタイムに再構築していて、その空間の中に入ることができます。遠隔地空間へテレポーテーションをするようなことを可能になります^{*38}。こういう空間にアクセスするためのディスプレイを改造したり、もっと簡易版で肩乗せ型のデバイスをつかったものです。肩に乗せるだけでジャックインができるようになっています^{*39}。こんな感じです。

こういうの研究は、今日の料理の話にも関わってきます。すごいシェフの方がどういうふうにして料理をしているかというような、超絶技巧とよべる人間のすごい能力があります。それをどう技能伝達したり、教えたり、ということに役立てられると思っています。共同研究としては、東北大学の内視鏡手術の先生方の手術をテーマにしたプロジェクトもやっています。手術のノウハウを、どこに注視しているか、といった情報をさっきのジャックインということを使って、記録したり再現したりという研究を行ったりしています。

これは、福島県の大葉町と一緒にやった事例です。大葉町というのは、福島第一原発の近くの町で、退避エリアで、そこ

*38 JackIn Space <https://lab.rekimoto.org/projects/jackinspace/>

*39 JackIn Neck https://lab.rekimoto.org/projects/jack_in_neck/

に人が入れないエリアなのです。実はこの手前側にいる子供たちは、双葉町で生まれた方々ですが、別の町にいて、自分のふるさとは、今は行けないわけです。それを、ジャックインのような技術でつなげて、遠隔里帰りのようなことをやっています。向こう側では除染作業をやっているのですが、作業をやっている現地に、テレポーテーションで戻って、体験することができるようになります。通常では行けないところにも空間を越えて、人間存在を飛ばすような研究や、実証実験をしたりしています。

ということで、ヒューマンオーグメンテーションの研究事例を幾つかご紹介しました。良い話ばかりお見せしたのですが、いろいろ考えるべき点もあります。こういう技術が進むと、着ける間は強化されているけれど、はずしてしまったらどうなるのかとか、あるいは、機械に依存して、逆に元の人間の能力が衰えてしまうのではないかという点です。

また、オーグメンテーションとは少し方向が違うのですが、よく言われているように、AIによって人間が置き換わってしまうのではないか、という心配もあります。実際にいろいろなことが起きていて、スマホの場合、スマートフォンに頼り過ぎると、ヒポキャンパスという脳内の空間認知能力を司る部位に変化が見られたという事例があります。GPSの地図などに頼りすぎて、もうあれがないと、昔だったら行けたようなところに全然行けなくなっていたりします。GPSで現在地を示してもらえないと、地図が読めないというようなことがあったりするのです。

一方、ポジティブに思っているのは、人間というのは、何かを自分でつくるとき、とてもストレスレベルが下がります。つくったものがうまい、下手というのとは無関係に、単純に作るこういうそのものによって幸福になるという原動力があります。たぶんこれが、ヒト、ホモサピエンスの原動力だと思うのです。

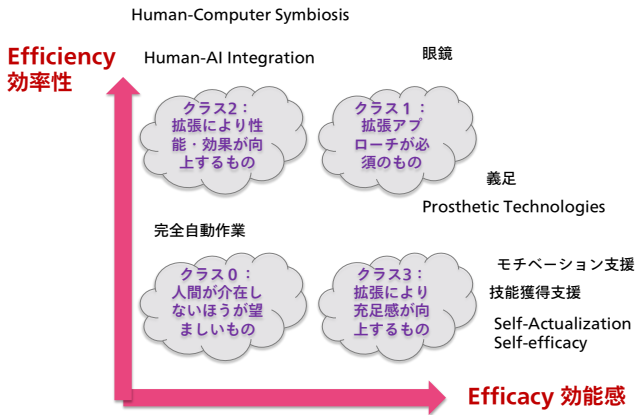
ということで、自動化とオーグメンテーションというのは、人間の幸福や充足感も含めて考える必要があります。例えば掃除をするルンバのように、あまり人間がやりたくない仕事は、オートマチックにやっていけるから、任してしまえばいいと思いますが、何か自分がやったことでモチベーションが上がるというような、それはもしかしたら料理かもしれないし、音楽の楽器を弾けるということかもしれないし、あるいは語学ができるというような、自分ができてうれしいというようなタイプのもかもしれませんが、そういうことは、テクノロジーでサポートするということが非常に重要だと思っています。

オーグメンテーションというのは、究極にはそのパスをサポートすることだと思います。自動化されることが直ちにうれしいかというそうでない場合もあります。これはチャップリンの「モダンタイムス」で有名な、勝手に食事をさせる機械のシーンです。明らかにうれしそうではありませんね。一方で、こういう、これはリフト・ラブズというシリコンバレーのスタートアップがやっているフォークやスプーンです。オーグメンテーション的に、ロボットが勝手に食べさせるのではなくて、その人が食べるという行為をサポートしています^{*40}。

*40 liftware <https://www.liftware.com/>

これは、パーキンソン病の方のためのカトラリーで、パーキンソン病の方というのは、手が震えてしまい、食べ物がこぼれて食べられなくなってしまうです。でも、さきほどの「モダンタイムス」のように、自動で食べさせるロボットがいいかというと、それもうれしくないと思います。食事というのは、自分ですくって食べられるとか、あるいは友達と話しながら一緒に食べられるから楽しいのであって、介護の人やロボットが一方的に食べさせるのでは楽しくないと思います。そこで、手が震えているのだったら、震えているのはさっきのスタビライゼーションと同じなので、メカニカルに補正できるのではないかという発想です。そうすると、パーキンソン病そのものを治す

のは難しいかもしれないのですが、一緒に食事をするという、我々が基本的にもう持っている社会性のある行為を担保することができる。これも、とても重要なオーグメンテーションの在り方で、オーグメンテーションは、必ずしも人間をスーパーマンにするだけではなくて、こういうようにうまく技術が入れば、人間が本来もっている尊厳やモチベーションを維持するために使えると思っています。



ということで、こういう2つの軸があるとしたら、右のようところがオーグメンテーションかなと思っているというのと、若干、今日の味覚の拡張にもつながったかなと思っています。よくあるマズローの欲求階層の自己実現という一番上が、自分が何かできたということなので、自分が何かできたということを、どうやってサポートするかということを考えております。

今日のテーマ、味覚の拡張に関連してですが、実は暦本研料理部というのがありまして、研究室パーティーのたびに料理大会をやっていました。今は低温調理器というのは使いますよね。昔は簡単に買えなかったので、自作しました。これがArduinoと温度センサーとLEDでつくった低温調理装置です。

時限爆弾の発火装置みたいですが。これでお肉を、低温調理をやったりしていました。

Retty というグルメサイトがありまして、そこに Chez Rkmtlab という名前で登録していました。写真を載せて、当時は研究室が駒場にあったので、駒場東大前付近の創作料理を食べられるお店、などと勝手に書いて、載せていました。この料理は実際に作ったものです。ちなみに一番左側が、今テレビで大変活躍している落合陽一君で、彼が調達してきた食材で、こういうのを作ったりしているという暦本研料理部の活動でした。ですので、食べ物に対しても非常に興味があり、技術による料理の拡張や味覚の拡張は大きな可能性を持っていると思っています。

ということで、食の話につながりました。今日はそういう中で、人間の拡張でも、とにかく感覚に近い味覚というのは、とても重要だと思ってまして、3人の先生方に講演を大変たのしみにしています。

石黒 暦本先生、ありがとうございました。

「電気による味覚の拡張 健康とおいしさを両立するための Human Augmentation」

中村裕美（東京大学大学院 情報学環 特任助教）

2009 年日本大学芸術学部音楽学科情報音楽コース卒。2014 年明治大学大学院博士後期課程修了、博士（工学）。同年日本学術振興会 特別研究員-PD。2017 年産業技術総合研究所情報技術研究部門産総研特別研究員を経て 2019 年 10 月より現職。電気味覚を用いた食メディアの開発や、視聴覚メディアの創作に関する研究に従事。第 20 回メディア芸術祭エンタテインメント部門優秀賞等受賞。



味覚と食とヒューマンオーグメンテーション

石黒 この後、東京大学暦本研究室の特任助教、中村先生から、「電気による味覚の拡張 健康とおいしさを両立するための Human Augmentation」というタイトルで、講演していただきます。中村先生は、暦本研の特任助教として、この 10 月から一緒に研究をさせていただいておりまして、簡単にプロフィール

ルを紹介させていただきます。2009 年、日本大学芸術学部音楽学科、情報音楽コースというところを卒業されまして、2014 年明治大学大学院博士後期課程を修了されました。博士 (工学) です。同じ年に、日本学術振興会の特別研究員-PD、2017 年から産業技術総合研究所情報技術研究部門、産総研特別研究員を経まして、2019 年 10 月より現職ということです。主に電気味覚を用いた食メディアの開発などを行っておられまして、電気と味覚というちょっと変わった研究をされていますので、今日はそういった内容のお話をさせていただこうと思います。よろしくをお願いします。

中村 ご紹介にあずかりました、現在暦本研で特任助教をしている中村と申します。普通のスライドから始めようと思ったのですが、先ほど Retty のいろいろが挙がっていたので、Cookpad に投稿した後、非公開にしてくださいと言われてしまったものを、ここで公開しようと思います。スパゲティは水を含むと、普通に電気が流れるようになります。よくスパゲティコードと言いますが、スパゲティに本当に被膜を被せたら導線にできないかというレシピを、Cookpad の方に挙げたら、これは食物のレシピではないのではないかと、非公開にしてくださいというお達しを受けてしまいました。ちなみにこれは、LED を点けると、ちゃんと光ります。あと水の中で被膜チューブをかぶせるというのが、重要だったりします。そうしないと、表に出してだと、ヌメツとして入らなくなるのです。

というのはさておき、本題に移らせていただきます。「電気による味覚の拡張 健康とおいしさを両立するための Human Augmentation」と題しまして、お話しさせていただきます。私の電気味覚に関する研究の前に、先ほど説明いただいた、このヒューマンオーグメンテーションを支える 4 領域ですが、それに関わる食や味覚の研究には、どのようなものがあるか、少

し紹介できればと思います。

食と身体技能の拡張、こちらは既に暦本先生がお話ししてくださったスプーンの話なので、飛ばしていきます。その他にも Presence の拡張、存在の拡張で、よく遠隔共同作業などがありますが、やはり食も、人と一緒に食べるということは非常に重要で、遠く離れた人とどのように一緒に食べるか、ということに対し結構長く研究されています。シンプルなものと、親世代と子ども世代が、iPad のようなものを通じて一緒に食べるというものですが、これをするだけで、実は親側の QOL が大変上がったという研究成果も出ています^{*41}。あとは、この方は暦本研の OG さんなのですが、時差がある場合の共食システムを作られています^{*42}。このシステムだと、最初の片方は食事中に 1 人でカメラに話し掛けなければならなくてはなるのですが、それを録画しておくことで、時差をまたいで相手が食するとき再生することで、一緒に食べているような感じにできるというようなシステムもつくられています。

そして知覚の拡張ですが、私のテーマはここに近い話になります。この知覚の拡張の回に、東京の方で参加されている方は、鳴海先生のお話を聞いたかもしれません。味覚を直接コントロールするだけではなくて、視覚、嗅覚を使って味をコントロールするクロスモーダル効果の活用が図られています。見た目以外に、こういった他の感覚から味や食感を操作するものはいくつもあります。例えば、飲み心地を再現する、飲んだときのつぶつぶ感を再現できるカップというものもつくられています^{*43}。これは実は 2005 年の研究なのですが、タピオカを飲む食感を再現する、無限タピオカもできそうなので、今結構受けるかもしれませんね。あと、食するときの、サクサクしているか、ムニムニしているかという食感というものとても重要です。その食感も、聞かせる音を変えてあげると、少し変わったように感じるということで、食べたときの顎の動きに合わせて音を

^{*41} 離れて暮らす子供との遠隔共食が親の主観的幸福感にもたらす要因の多角的検討 https://www.jcss.gr.jp/meetings/jcss2017/proceedings/pdf/JCSS2017_03-2.pdf

^{*42} Hitomi Tsujita, Svetlana Yarosh, and Gregory D. Abowd, "CU-Later: a communication system considering time difference", UbiComp 2010, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1864431.1864474>

^{*43} Straw-like user interface: virtual experience of the sensation of drinking using a straw <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1178823.1178882>

聞かせて食感をコントロールする^{*44}こともされています。最後に、この認知能力の拡張的なところと言うと、これも、鳴海先生のところでも、たぶん話が出ているかと思うのですが、食べ物のサイズを変えてやることで、大きくすると食べる量が減るというものです。同じサイズのものを食べていても、逆に小さく表示すると、食べる量が増えるということで、サイズをコントロールして、食べ過ぎてしまうものは大きく見せて、食べる量を減らすというようなことをやったりして、人間の食べる振る舞いを、見せているもので変えるということが行われています。

^{*44} Chewing jockey: augmented food texture by using sound based on the cross-modal effect <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2071423.2071449>

21 世紀の新調味料は電気

中村 ここまでは、HA、HCI、VR 等、我々の分野で取り組まれてきた研究や活動を紹介していったのですが、私の研究は、21 世紀の新調味料は電気だと、実はもう 10 年ぐらい言い続けています。この中で、電池をなめたことがある方というのは、どのぐらいいらっしゃるでしょうか。今日の会場は、そこまで多くない方ですね。Maker Faire^{*45}などモノづくり系のイベントでお話すると、自分は何ボルトまで分かったと申告して下さる方がいるのですが、電池をなめると、実は少しぴりっとした感じがします。あと電池をなめたことがなくても、アルミホイルをかんだときのウツという感じが分かる方は、非常に多くいらっしゃると思うのですが、あれも電気味覚の一種だと思っていただければいいかと思います。

^{*45} 2006 年に Make マガジンによって開始された DIY の展示発表会。国内でも数か所で開催されている。

電気味覚は、電気が舌に来たときに感じられる味のようなもので、これを最初に発見した方は、250 年前に、何を思ったか、2 種の金属で舌を挟んでみたということをやっておりまして、あれ？ 挟んでみたら何か味がすると言ったのが、電気味覚の発見の始まりです。でも、この発見は結構重要で、ボルタさん

が電池を発明するときにも、この人の知見から発想を得たといわれています。実はそれだけ前に見つかったものなので、この250年間で、まずどうやって感じられるのかとか、どんな味がするのかというのが調べられて、70年ぐらい前からは、電気味覚計という、舌に直接電極を当てて、電気を流し味を感じるか答えさせる、それによって細胞や神経が活動しているか否かを判断する検査に活用されています。

私の研究では、この電気味覚を、食べ物を介して与えることで、調味料のようにして、食べ物そのもののオーグメンテーションや、人の感覚のオーグメンテーションができないかということをやっています。過去の事例と、大きく何が違うかというと、過去の事例で使われていたときというのは、基本的に、そのまま舌に電極を当てる方法がほとんどでした。我々は、この間に食べ物を挟んで、食べ物の味と一緒に電気の味をアウトプットするか、または食べ物から舌の上に溶け出た味物質、呈味物質を、電気の流れでコントロールするということで、食べ物の味が変化したように感じられるというようなことをやっています。

ただ、ここに書かれているように、直接導線を挿したものを、どうぞと言って、皆さんに出しても、たぶん食べていただけないと思うので、最初に私は食器型の装置、例えばフォークにして、実際にこういったものが食事で使えますというようにしてみました。これは、持ち手のこの金属の部分と、あとフォークの先が電極になっていて、食べたときに、自分の体を使って回路ができるようになっています。より工作感が出ている見た目ですが、同じく、飲み物型も作ることができます。こちら辺は、実は2009年、2010年ぐらいには、もうできていたものなのですが、今年になって、実は手づかみもオーケーということで、手袋型というのまで出たりしています。

さらにデバイス物を先に紹介してしまいましたが、ガムのよ

うに噛み続けられる形のものもあります。皆さん、圧電素子というのはご存じですか。タッチなど圧が加わると、それで発電するのですが、それを噛んでいれば、味がし続けるのではないかという、少し一発ネタっぽく見えてしまいそうな研究です。でも、これは実際に、自分の噛む力で発電しているので、自分で発電し続けて、永久に味が消えないガムというのができるというデバイスの提案なんです。こういったものを作ったりしつつ、食べ物に電気をかけて、どのような味が作れるかというようにところについてさまざまな試みをして調べています。

電気で変わる味の面白いのが、電気がどういう方向で流れるかで、得られる効果が結構異なるところです。電気の流し方、例えば直流だったら、口のあたりにプラスが来るか、口のあたりにマイナスが来るかで全然違うのですが、まず口の方にプラスが来たとき、これは細胞または神経を、そのまま刺激してしまっていると考えられています。五基本味全部を、一緒にたに全部刺激をしています。この全部を刺激した状態、それが、よく電気味、金属味と言われている味ではないかと考えています。なぜかという、これは知り合いの人が試してくれて、私もその後で一緒に試してみたのですが、五基本味の味がする呈味物質を全部、同じぐらいの割合で混ぜてなめると、どちらかという、と金属味に近いような味になるのです。ですから、あの金属味というのは、全部の味がもろもろ入り混じっている、その状態の味なのではないか、つまり、全部がたたかれてサチっているような状態というのが、我々が金属味とを感じる味なのではないかと考えられています。

です、この味は使いにくいのではないかとされるかもしれませんが、それこそ調味料、よい塩梅というところで、酸味、塩味、あとは苦みのあたりですと、出力とのバランスで、その味が強まったように感じるということができます。特に塩辛そうなものなどは、先入観で、これはしょっぱそうと思った

ものが、味が足りなかったときには、この電気味覚の陽極で補ってあげるといことは、既にやってみて成功しています。

今度、電気の流れる方向が逆になったとき、マイナス極側になったときには、起こる反応がまた異なります。食べ物が舌の上に乗ると、唾液の中に呈味物質という、舌の受容体にはまる物質が溶け出てくるのですが、その溶け出たもののうち、電解質、動きをコントロールすることができます。電気をかけると、例えば塩だと、 Na^+ と Cl^- に分かれて、味がする方である Na^+ の方が、電極に引き寄せられるような感じで、舌の上から離れていきます。離れていくので、電解質の味が薄くなり、薄味になります。電気をオフにしたときに、その引き寄せられていた力が元に戻るのです、時間単位でいくと、舌の上に、非常に多くの量が一気に来ることになるので、元の味より強く感じるができるようになります。

では、これをどうやって使っていくかというと、食べた瞬間にマイナス極の刺激を、オンしてオフすれば、元より濃く感じさせることができます。そして、さらにオン、オフを繰り返していけば、その味の濃さの濃いまま、この山のピークの状態をキープできるのではないかとということで、以後の他の研究者による研究で、繰り返してオンオフしたところ味が濃いままキープされるというのも出ています。

ただ、実はこのフォーク型だと少し問題が出てくる部分もあるのです。例えば、先に話したようにオン、オフを繰り返すといことは、ずっと、どこかから電気をかけ続けなければいけないのです。フォーク型やカップ型など食器型は、食べ終わると、もう口から離してしまいます。でも、その後も、人は食べ物を食べています。そうすると、食器型だと、どうしても電気をかけ続ける時間がとても限られてくるのです。ですが、オンオフを繰り返して味を強める研究、この仕組みを考えた人たちは、もう1個面白いことをやっていて、顎と首の後ろに電極を貼っ

ているのです。見た目としては、なかなか大変なことになってしまうのですが、この皮膚上に電極を貼るだけで、その間を通る舌の部分で、電気味覚を出せるということが明らかになっています。皮膚上に貼って、その経路上で味が出せるというのが明らかになったおかげで、手に何か、例えば食器型のデバイスを持たなくても済むし、食べている間じゅう、全部電気をかけられるというだけでなく、実は貼る位置を少し変えると、今度は喉の方にもアプローチができるようになります。ですので、ビールなどは、結構喉越しが重要ですがそういったものに対して口の中に入ってから、それが喉を通っていくまでというのを、コントロールできるのではないかということを進めています。

おいしいと健康は共存できるか

中村 基本的には、これらの内容は研究として評価を行って、学会に投稿するというようなことで進めているのですが、一部は社会実装として、一般の皆さんに試していただいたりしています。プロモーションに使っていただくというようなこともしておりまして、NO SALT RESTAURANT^{*46}では、減塩をしなくてはいけなく、でもおいしい物を食べたいという方向けにほぼ塩を減らした料理を電気フォークで実食するイベントを行ったり、あとは、S:t Eriks brewery というクラフトビールメーカーとのコラボ^{*47}も行いました。このビール会社さんが非常にチャレンジングで、たしかひと箱 5,000 円ぐらいだったと思いますが、ビールのための超高級チップスをつくったりするような所なのですが、電気でビールの新体験をつくれないうことで、コラボをさせてもらいました。残念ながら、電気ビールグラスが売り出されるということはなかったのですが、ネット上に動画もあがったりしています。あとは、自分たち個人でもイベントなどをやって、実はメディアアート・ユニット

^{*46} http://archive.jp-mediaarts.jp/festival/2017/entertainment/works/20e_no_salt_restaurant/

^{*47} Beer Hacking: Det Elektriska Ölglasat <https://www.youtube.com/watch?v=QjSEbV2Mgbs>

まで立ち上げたりしているので、今後告知が出るかもしれません。

さて、こういった電気で味がコントロールできるというのは、「楽しいね」だけでも、十分価値はあるのではないかとと思うのですが、さらに踏み込んで健康とおいしさを両立する Human Augmentation というのはどういう意味かということ、電気味覚が持つ味の特性と、食べ物が持つ要素の差にあるのではないかと考えています。食べ物というのは、見えて、触れられて、においがして、味があります。それはとても良いことなのですが、この栄養があって味があるところというのは、実はたまに面倒くさいのです。例えば、濃い味のものが食べたいと思って、塩をいっぱい足してしまうと、摂り過ぎになってしまうことがあるかもしれません。逆に、ちょっとこのごろ摂り過ぎだから抑えようかなとすると、味が足りなくなってしまう。そのために、さまざまな調理法などで、味を際立たせるということもトライされていますが、この問題を越えられる1つの手法として、電気味覚があるのではないかと思います。電気味覚は、私は Ghost Taste という言い方もするのですが、見えない、触れない、においがいい、栄養がない、だけど味があるのです。です、足りない分は電気味覚で埋めてあげて、栄養的にも味的にもバランスが良くできないかというような試みとして、ちょっとスライドに入れ忘れていたのに今気付いたのですが、現在3年間ほどの予算を頂いて、長期実験をやりたいという話もあります。

ここからは、少し宣伝が入ります。さっき少し SF という話が出たのですが、情報処理学会の学会誌で、学会が発行している情報誌のような冊子があります。『AI の遺電子』という漫画をご存じの方はいらっしゃいますか。1人、この会場は少ないですね。実は、冊子の2020年1月号^{*48}は、その作者の山田先生が特集記事を監修されているのですが、研究者に SF を書か

^{*48} 情報処理 2020 年
1 月号別刷「《特集》『AI
の遺電子』に学ぶ未来構
想術」

せるという小特集が組まれていて、実は私は、その中で短編を書かせていただいています。自分の研究・技術に対する未来を考えてみるという話で、味を演奏する楽器があって、それで演奏される味の演奏会のようなものがあったもいいのではないかという世界をベースに、話を書きました。この『情報処理』という冊子は学会が刊行している冊子なのですが、今 Amazon さんで買えたりもするので、もし機会があれば、皆さん、ぜひ読んでいただけると幸いです。

そして、せっかくシェフの方等多いということなので、これは私から、ぜひこういったことができないかなというよう
なご相談です。Molecular Gastronomy は、分子調理のこと
ですが、テクノロジーを使った調理では非常に有名です。そ
れをもじって、私が結構長い間使っている言葉が、Elecular
Gastronomy です。これを定着させたい、電気を流すことを前
提にしたメニュー、できればフルコースのようなものを、この
先で作っていけないかなと思っています。我々はどうしても工
学的なやり方で、この材質がこれだけ入っていると、これだけ
変わるというような考えになりがちですし、自分がデモを効率
的に進めることを考えて、デモをしやすい食材で試してしま
おうというような思考になるのですが、プロの方と一緒に食材の
調理、加工の方法などとの組み合わせを考えることで、新たな
食体験というのが生めるのではないかと思うのです。例えば食
べ物にも、電気が流れるものと絶縁体とがあると思うので、そ
れらを組み合わせてミルフィーユ状のコンデンサーができない
か、そしてそれを本当においしい味のものでできないかとい
うところで、ぜひシェフの方や、食材をどうやっておいしくす
るか、食材に調味料を加えたときに、どんな反応が起こるかとい
うところに、よりフォーカスしている方々から、いろいろ意見
を頂けたらなと思っています。

実は、電気味覚の話以外にも、さらに、今絶賛進行中の話

を、この後に持ってきているのですが、おいしいというのは、非常に難しくないですかという話から入ろうと思います。これは、皆さん、おいしそうに見えますか。恐らく、ここ数日暦本先生がInstagramで挙げている写真の方が、おいしそう写真が多いと思います。これはきれいに飾られているわけでもありません。これは、病院の中での食事です。でも、私の中には、この写真にストーリーが紐づいているので、自分がこれを大変おいしく思ったのを覚えているのです。このとき私は腸閉塞を患って、それが治るまで、絶食しなければいけなかったのです。絶食していても、味覚などは割と飢餓状態にありました。この絶食直後に食べたので、味を非常に濃く感じたし、よく覚えているのです。というように、何か背景があったり、何かのストーリーとひも付いたときに、普段美味しく感じてなくてもおいしく感じたり、そのおいしさを覚えていたりすることがあったりします。

それではおいしさとは何かといったときに、これは京都大学の伏木先生という方がおっしゃっている4つのおいしさ^{*49}の話なのですが、生理的なおいしさ、これは塩や砂糖です。それがないと体が維持できないようなおいしさというものに対しては、もう本能的においしいと感じるようになっています。それに対して文化的なおいしさは、いわゆるおふくろの味だったり、あとは海外から日本に帰ってきて、和食がおいしいというようなものだったりします。先に4番目を話してしまいますけれど、病みつきのおいしさは、砂糖、油、だしのおいしさで、確かに報酬系が刺激される感じがあります。快楽物質が出ているのではないかというような感じになります。

そして飛ばした3番目の、情報によるおいしさというのは、今のご時世では、重要ではないかと思っています。人が結構列を成しているだけで、このラーメン屋はまずくはないのではないだろうか、おいしいのではないだろうかというような情報が

^{*49} 京都大学大学院農学研究科 伏木亨教授によって提唱された定義。生理的・文化的・情報・病みつきの4つを上げている。

発信されていて、それによって人間はバイアスがかかったりしています。通の味とか本格派とか言ったら、買いたくなってしまうというようなところもあると思います。情報を何か与えたり、ひも付けてストーリーを作るという、そういうことで、おいしさまで提供できるかはともかくとして、食行動に向かせることができないかというのを考えています。少し話が飛ぶように思えるかもしれませんが、そういうストーリーがあって何か行動を起こすということで、いわゆる聖地巡礼^{*50}のようなものは、近いのではないかと思ったりしました。コンテンツがあって、そこにストーリーがあって、そのストーリーを追体験するために、そこに足を運ぶ。それで、今後のテーマとして今進めているのが、聖地、ではなくて、聖食巡礼、食べ物を食べるにそこに行く、コンテンツとひも付いた食べ物を食べる、コンテンツフードイズムという潮流をつくれないうことを考えながら、コンテンツ内に出てくる食べ物を食べられる場所に行ったり、自分で作れるようにしたりといったことを可能にする、実際の技術構築を進めています。今現在、料理をよく作る層とコンテンツを非常に愛好する層とは、少し乖離があるかもしれませんが。もちろん両方ともできる人は、既に今、自分で作ったりしていますけれど。でもそこをつないで、食とコンテンツを相互検索できるようにしたり、コンテンツに出ているものを自分で作れるようにするということで、食文化とコンテンツ文化の両方ともを盛り上げていけないかと考えています。これはまだ研究発表の形で外に出しているものではなくて、実際に今実装途中のものなので、こんなことをやっているのか、面白そうだなと思ったら、今後また追っていただければ幸いです。

というわけで、私からの話は、いろいろ余談もありましたが、基本的に、21世紀の新調味料は電気だと、周りの方にも広めていただければ幸いです。ご清聴、ありがとうございました。

^{*50} 宗教において重要な意味を持つ聖地に赴く行為（＝巡礼）から転じて、漫画・アニメなどの熱心なファン（信者）心理から、自身の好きな著作物などに縁のある土地を「聖地」と呼び実際に訪れること。

石黒 中村さん、ありがとうございました。質疑ですが、この後、野中先生たちに講演いただいた後、パネルセッションの時間が設けてありますので、そちらでまとめて、質疑の方を受けたいと思います。

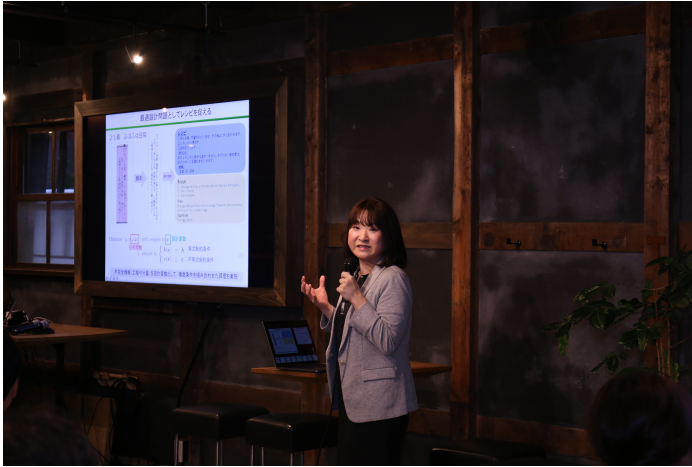
「サステナブルな食の未来に向けて 調理レシピの曖昧性 解釈によるシステム工学分析とメニュー開発」

野中朋美（立命館大学 食マネジメント学部 准教授）

立命館大学食マネジメント学部 / EdoMirai Food System Design Lab 准教授 慶應義塾大学環境情報学部卒業後、企業勤務ののち慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科（SDM）に入学。神戸大学大学院システム情報学研究科特命助教、青山学院大学理工学部助教などを経て、現職。博士（システムエンジニアリング学）専門分野：生産システム工学、サービス工学。従業員満足や生産性などの人の情報を起点とした生産システム設計の研究に従事。現在、食・食サービスを対象に持続可能なサービスシステムデザイン研究に取り組んでいる。

高山仁志（TOSS.inc 代表）

1976年宮城県仙台市生まれ。20歳の頃より地元レストランにて料理の道へ。その後東京都内有名レストランを経てザランドマークスクエア東京料理長、ロザンジュイア広尾迎賓館料理長を経て独立。現在は地方都市のイベントや企業のプロモーションイベントのフードのディレクション、飲食店プロデュースやメニュー開発を行う。立命館大学“Edo Mirai Food System Design Lab”と共同での“Edo Mirai bento”の開発も携わる。



異なるバックグラウンドから切り込む食の持続可能性

石黒 それでは後半を始めさせていただきたいと思います。まず立命館大学の野中朋美先生と、それから TOSS 代表の高山仁志さんに、今日はお越しいただきまして、招待講演の方をお願いしたいと思います。簡単に私の方からプロフィールを紹介させていただきますと、野中朋美先生は、立命館大学食マネジメント学部の准教授でありまして、また EdoMirai Food System Design Lab^{*51}の准教授ということです。慶應義塾大学環境情報学部卒業後、企業勤務の後、慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科に入学されました。神戸大学大学院システム情報学研究科特任助教、青山学院大学理工学部助教などを経て、現在の食マネジメント学部准教授をなさっているということです。

^{*51} <https://edomirai.jp/>

あと、高山仁志さんのプロフィールも、続けてご紹介させていただきます。1976 年宮城県仙台市生まれで、二十歳のころより、地元レストランにて料理の道へということです。その後東京都内の有名レストランを経て、ザ ランドマークスクエア

東京料理長、ロザンジュイア広尾迎賓館料理長を経まして、独立されているということです。現在は地方都市のイベントや、企業のプロモーションイベントのフードディレクションや、飲食店のプロデュース、メニュー開発等を行っているということです。

それでは、野中先生に、またご紹介いただきたいと思います。が、「サステナブルな食の未来に向けて」というタイトルで、45分ほど講演していただこうと思います。よろしくお願いします。

野中 石黒先生、ご紹介ありがとうございます。立命館大学食マネジメント学部から参りました野中と申します。今日はよろしくお願いいたします。立命館大学に昨年度、食の学部が、日本で初めてできました。農学系や調理科学系の食の学部はあるのですが、経営経済のマネジメント系を基盤にということでは日本初ということでできまして、学際的な学部ですので、いろいろな専門の教員がいるのですが、そこの生産システム工学担当の教員として、勤務をしています。今日は、最近お仕事を一緒にさせていただいている高山シェフと一緒に来させていただきました。前半の中村先生のお話が非常に面白くて、私は、お聞きしながら、自分のスライドを入れ替えていたのですが、電気に絡めて、自己紹介がてら、少し研究のご紹介をさせていただこうと思います。

食の学部にいるものの、専門は生産システム工学、サービス工学でして、いわゆる生産管理であるとか、製造業の工場の中でいかに生産性を上げるかとか、付加価値を上げるかというような研究をしていました。今日ここに来るまで、電気と関係があるという意識が薄かったのですが、自分の前半の自己紹介のスライドを見たら、電気自動車から始まっているし、少しずつなかりがあるのかなというような、ネタとしてはただ電気だけなのですが、冒頭にはこれでもいいかもしれないということで、

先ほどすり替えました。

食の研究をする前に、もともと持続可能な生産、サステナブルマニュファクチャリングの研究をしておりました。これは何かといいますと、2009年当時なので、10年ほど前になりますが、当時プリウスにディカプリオが乗って、ハリウッドではプリウスはかっこいいらしい、エコな車はクールなのだというようなことが、世界的にも言われた時代に、環境省は、もう2050年、エコな社会を目指すのであれば、EV100%でもいいだろうと、あるいは地球環境の歩みを、もう少しゆっくり進めるにしても、ハイブリッドとEVだけで、半分ずつでいいのではないかというようなシナリオを出すほど、環境配慮商品やエコカーがはやった時期がありました。

これは車の1台の一生にかけて、その車がどれぐらいCO₂を排出するのかというのを、プリウスと同じぐらいの車のサイズのガソリン車で比較をしたものです。素材製造から製造段階、使用段階で、各段階においてCO₂をどれぐらい出すのかというグラフになっているのですが、確かにプリウスは、半減ぐらいはするのですが、見ていただくと、素材製造と製造段階で排出するCO₂の割合の全体に占める割合が、やはりエコの車の方が大きいのです。これは、車の場合は、リチウムイオンバッテリーを生産するのに、環境負荷を排出するということに起因しているのですが、車に限らず、環境にいい、やさしい商品というのは、使用段階がエコである一方で、生産段階での負荷は大きくなりやすいという傾向があります。この背景をご説明するときに、今後サステナブルな社会が進めば進むほど、持続可能な生産や、生産のことを考える必要性というのは、もっと増えてくるというようなお話をさせていただいているスライドです。

こんな車の研究をしていた私が、今なぜ食の研究をしているのかというお話に、徐々に移っていきたいと思いますが、そ

のような観点で、持続可能性、サステナビリティを考えるに当たっては、やはり1つの技術や一側面だけで語れることは少ないと思います。例えばこの自動車の例で言うと、どの地域で、どんな電源を使った工場で、その車は造られているのかを考える必要があります。また、これは、1人の方、ドライバーが、平均的に走行する距離で、使用段階の黄緑色のCO₂を計算しているのですが、仮にあまり乗らないユーザーさんや、あとは高齢の方などは、そもそも乗る距離が少ないので、ハイブリッドよりもガソリン車の方が、黄緑色の部分が圧縮されます。だとすると、全体のCO₂も、ガソリン車の方が抜くかもしれません。さらには車格も、もっと小さいコンパクトカーにすれば、将来にわたっても、ガソリン車の方が、環境に優しいこともあり得るということで、どうやって造るのかに加えて、どういう乗り方をするのか、こういった社会で、その商品を使おうとするのかということを、多視点で考える必要があるというのが、持続可能性の評価には重要な点になってきます。そういったことを考慮しながら、特に持続可能性は中長期で物事を考える必要があるので、シナリオ分析で技術がどう進むのか、経済シナリオや社会シナリオを考慮しながら、持続可能な社会に向けて、どんな商品を普及させることがいいのかということを評価する研究をしていました。

ここから食の研究に移っていくときに、車の持続可能性を考えるのと、食の持続可能性を考えるのは、かなり違った観点があって面白いというお話を、この後しようと思っていたのですが、恐らく流れとしてはその方がいいのですが、もう1つ電気の話を含ませてください。

これも食ではなく、工場を対象にした、これはエネルギーピークを下げるためのスケジューリングの研究になっています。このグラフが何を示しているかというと、切削加工機械という、金属を固まりから削り出してネジなどを造るという機械

があるのですが、その1台当たりの消費電力を示しています。横軸は時刻で、縦軸は、その時刻当たりの消費電力です。マシンをスタートさせてから、待機状態になって、切削加工機械なので、スピンドルがスタートしたり、加速をしたり、あるいはそういったモーターが回転するというようなところで、瞬発的に、大変電力を消費します。実際に削り出しが始まると、ある一定の消費電力で、その工程に応じた消費電力が継続されるということになるのですが、省エネは総量を下げるアプローチですが、ピークを下げたいわけです。これは機械1台当たりの消費のプロファイルですが、こういう機械が工場の中にたくさんあって、稼働しています。こんなに1つになっているようなスパイクがたくさんあるとして、そのスパイクがもし重なってしまって、その瞬間的に、エネルギー消費量がぐんと上がると、ピークが高まるということもあり得るわけですが、こんなにでこぼこしているのであれば、レゴのブロックのように、うまく凹凸がはまって、全体として下がるというようなことも、積み木のようにできるのではないかというようなアプローチで、組み合わせ最適化問題でそれを解くというようなスケジュールの研究をしていました。

先ほど、どうやって電気を感じたらおいしいのか、フルコースの中でも、どう電気を感じたらおいしいのかというご研究のご紹介が、中村先生からありましたけれども、私は、この研究をしていた時期を思い出しながら、そのお話をお伺いしていました。例えばフルコースの中でも、どういう刺激をどういうふうに与えた方が、全体の満足としていいのか、あるいは瞬間的な満足の総和としてはどうなのか、何かいろいろな満足の与え方というのがあり得ると思います。例えば最適化問題では、スケジュールを導出するときは、ピークを下げる、あるいは箱詰め問題的に、隙間を小さくすることを目的関数にするケースがあります。そのように、味に関しても、目的関数の与え方とい

うのは、きっといろいろなバリエーションがあって、フルコースの中でも多様な可能性があるだろうというようなことを、お聞きしながら思っていたので、このスライドは、当初入れる予定はなかったのですが、そういったスケジューリングの文脈でも、とても面白いと思って、拝見をしていました。

歴史学者と挑む江戸レシピのシステムエンジニアリング的再現

野中 ストーリーを元に戻すと、車の研究から、持続可能性を食で考えるに当たって、どんな違いがあるのかということで、最近日本酒の事例をご紹介することがあるのですが、食マネジメント学部の中には、いろいろな専門の教員がおりまして、歴史学者や文化人類学者、あるいは医学部出身でマウスを使って遺伝子研究をしているような教員もおります。私はずっと工学系にいましたので、歴史学者は、30 過ぎてから、もう 40 手前ぐらいになるまで出会ったことがなくて、歴史学者は日本にいたのだというか、この人たちと一緒に仕事をすることが人生に來たのだというような衝撃を、すごく受けたのですが、今、その歴史学を専門としている教員と一緒に、江戸のサステナビリティ、昔のサステナビリティに習いながら、未来の食のサステナビリティを考えるという研究をしています。

江戸は、究極のサステナブルな都市だったというふうにもいわれまして、循環型社会としても習うべきところが多いというようなことはいわれているのですが、今日ご紹介したいのは、日本酒の事例で、日本酒というのは、当時奈良時代から濁り酒として、もうお酒はあったそうです。それが、いわゆる透明の清酒になったのが、江戸のころだといわれていると聞いております。さらには、お酒を保存する容器の技術が、昔はかめで小さいものしかなかったのですが、大きなたるとして保存できる

ようになったのも、ちょうど江戸のころで、江戸でいうと、東海道、中山道、東回り、西回りの行路で、物流もそのころ発達したということです。情報や人、物の交差が、しかもお酒そのものの技術、容器の技術、さらには、そういったものが物流をしたというような複数の技術が錯綜的に、たまたまではないのですが、江戸で発展したことが、この日本酒文化の発展に寄与したということです。先ほどの電気自動車の例で言うと、自動車の場合は、リチウムイオンバッテリーの技術が将来どうなるか、あるいはそれを代替するようなバッテリーのコストと技術がどうなるかによって、割と未来が決まるので、どの取捨選択がいいかというようなポートフォリオは、1つのコア技術で語れることが、製造業のシナリオの場合は多いです。それに対して、この日本酒の事例は、複数の技術です。さらには参勤交代や、いろいろな人、物、情報の交差によって、江戸だけではなく、各地域、地域で、おいしいお酒が食文化として分散的に発展していったという、そういった食文化の発展というのは、未来の分散的なサステナブルシティの研究にとって、習うべきところがとても多いのではないかなというようなことを、まだ知見そのものが、この研究から出ているというわけではないのですが、日本酒の教員とよく話しています。こういった観点で、だんだんサステナブルな研究を、食を対象に移してきたということ、最近しております。

今日、お話しさせていただきたいのは、シェフにも来ていただいておりますが、調理レシピを分析することによって、料理の楽しさや料理の可能性を考えている研究で、それを1つご紹介したいと思います。和食文化学会^{*52}というのがあります。私が普段出席をしたことがないような初めての学会で、文化人類学や歴史学の先生方がたくさんいらっしゃっておられましたが、そこで自動調理やAIというようなキーワードを初めて見たというように、私の発表タイトルに、割と驚いておられまし

*52 和食文化学会
<https://washoku-bunka.jp/>

た。そこで発表した内容です。「江戸の料理レシピを用いたシステムエンジニアリング分析による自動調理・AI 活用の一考察」ということで、どんなお話をさせていただいたかというと、江戸時代というのは、調理レシピ集が庶民に普及して、庶民が料理をより楽しむようになった時代だというふうにいわれています。特にこの中で、百珍ブームというのがあったそうです。百珍というのは、いわゆる何とか料理の百種類、百種類のレシピ集という意味です。『豆腐百珍』とか、『こんにゃく百珍』とか、豆腐の 100 レシピ集のようなものがたくさん出版されて、庶民が料理を楽しんだというふうにいわれているのですが、日本史の教員と、何か研究をやってみようかと、たまたま同じ学部において、気が合って仲良くなったので、雑談から始まったというようなところですよ。これはまだ研究になる前に、何ができるかという話の中で始まったのですが、そんな調理レシピ集が江戸時代にあったのであれば、ちょっと興味があるし、まず作ってみようということをしました。

江戸のころの文章なので、古文書として書かれているわけです。崩し文字になっていて、私は読めないんで、読める彼女に解説、翻刻してもらって、現代語訳をしてもらおうと思いました。現代語訳がされていれば、私も読めますので、その状態で、料理をどう再現できるかということをやろうとしたわけなのですが、『豆腐百珍』の中には 100 種類あるのですが、その 21 番に、フワフワ豆腐というレシピがあります。これを作ってみようということで、先ほどの現代語訳までしたレシピの状態で読んでみたところ、青い部分をご覧くださいなのですが、卵と豆腐を同量さっくり混ぜ、その後よくすり合わせます。分量は何なのか。同量ということは分かるけれど、同量ということしか分かりません。これを実験するために、スーパーで実験のための食材を買い出すということをしなればいけなかったわけなのですが、何個卵を買って、豆腐を何個買えばいいのだから

うとか、木綿なのか絹なのかということから、まず分かりませんでした。さらには、さっくり混ぜて、その後よくすり合わせますというのは、いったい何をすればいいのだろうということです。さっくりもよく分からないし、どれぐらいさっくり混ぜたら、よくすり合わせるのだろうとか、すりこ木なのか、何で混ぜればいいのかということが分かりません。しかも、その後一番驚いたのが、フワフワに煮ますと言うのです。でも水分がなくて、卵と豆腐しか入っていないのに、どうやって煮るのでしょうか。昔は煮るというのは、別の表現形だったのというようなことを聞いても、いや、そんなこともないはずだというような議論の中で、どうしようと、最後はコショウを振って完成です。終わってしまったということになったわけなのですが、ある種これは、不完全な情報を含んでいるレシピと捉えられるだろうということになりました。

これを再現するためにということで、解釈のアプローチというのは複数あり得ると思うのですが、今我々がやっている大きな2つをご紹介しますと思います。1つは、システム工学が専門ですので、設計問題として、最適化問題として、先ほどの調理レシピを捉えた場合に、どう解釈できるかというものです。もう1つが、今日の本題で、高山シェフにこの後お話しいただく、曖昧なレシピから、シェフのクリエイティビティ、プロの方の頭の中を経ると、こういった発想を加えられて、どういうものにできるのか、シェフのクリエイティビティによる解釈を加えると、こういった形になるのかというもので、2つのアプローチを、今日、ご紹介しようと思います。

2つ目の本題に入る前に、1つ目の設計問題として捉えるというところもご紹介したいと思うのですが、不完全な情報を含むレシピだけれども、書かれていることはあるので、要に記述されている、直接的に書かれている文字列を、まずは抽出します。材料や工程、分量の情報があるということです。これをブ

ロセス図のように書き下したのがこちらになります。名詞句を四角に、動詞句を丸で書いています。卵と豆腐を同量混ぜて、よくすり合わせてフワフワに煮て、コショウを振って完成ですということです。これでなぜ作れないかという、混ぜる程度が分からなかったり、どれぐらいすり合わせるのか、煮る程度が分からなかったりするからです。一意に決まらない情報があるので、再現ができないというわけなのですが、であれば、最適化問題としてこれを捉えてアプローチしてみようと思いました。最適化の先生方には、これは厳密な最適化問題にはなっていないとお叱りを受けるのですが、そのときには、まだコンセプチュアルな最適化にしかっていないのですが、意気込みだけ聞いてくださいということで、ご説明をしています。

タイトルとして、このレシピは、献立の場合は、フワフワ豆腐というふうに言っているので、いかにフワフワになるかというものを目的関数と置いたときに、先ほどの混ぜ具合や、どれぐらい煮るのかという火加減、時間というものは、設計変数として捉えられるだろうと考えました。焦げてはいけないとか、何らかの制約条件があるというような形で最適化問題として捉えた場合に、そしてこれはフワフワ豆腐での目的関数が、いかにフワフワかということだったただけなので、これはレシピによってもいろいろな解釈の仕方があると思うのですが、一例としてこう捉えた場合に、目的関数は、「いかにフワフワにするか」です。どれぐらい混ぜるかは、混ぜ加減を、たくさんの条件のパラメーターを置いて、設計変数を解きます。どれぐらい煮るか、火加減の弱火、弱火、中火というようなものと、どれぐらい煮るかの加熱時間を設計変数として置いた、この複数の条件の組み合わせの分だけ、作り方は出てくるわけなのですが、それを取りあえず作ってみて、結果として、どれが一番フワフワになったかというようなことを解釈することで、逆問題を解いているようなアプローチで、この問題に対して解釈をし

てみようということをしました。

混ぜ具合も、厳密に定量的に評価をしたかったので、フードプロセッサーで10秒、30秒、1分、3分、5分というようなことをして、混ぜて、火加減などいろいろな状態でやったところ、フードプロセッサーでたくさん攪拌すれば、空気がたくさん含まれるので、いわゆるホットケーキのようなフワッという食感になるし、混ぜ加減が少ないと、スクランブルエッグのようなものになったり、クレープのようなものになったりするというので、出来上がりの見た目も多様になるということが確認できました。さらには近赤外線分光分析法で、栄養素も確認したのですが、調理過程の調理損耗で、タンパク質への火の入り方や、水分の抜け方、油の抜け方が違うので、出来上がりの見た目も多様になるし、栄養素も変わってくるということを確認しました。

この研究は、まだここまでなのですが、ある種不完全なレシピだからこそ、まず試行錯誤の作る楽しさがありました。火加減はどうするのだろうか、こうしたらこうなって、ああ、別の結果になったねというようなことで、実験していても楽しかったということが、まず感触的にありました。もう1つは、例えば江戸時代というのは、同じ豆腐屋さんから買ったとしても、その日によって、とても軟いとか、水分が多いというような食材のばらつきというのは、今の工業製品に近いような豆腐よりも大きかったと思うのです。曖昧なレシピを基に作れる場合には、調理をする方の、工夫の改良の余地がより大きいということなので、そういった食材のばらつきに対応しやすかった可能性もあると思います。さらには、例えばおふくろの味で、同じ料理名でも、地方によって材料が違う、あるいは味付けが違うということはよくあるそうなのですが、そういった発展性や郷土食の変異性のようなことに、こういった曖昧な情報というものは、寄与していた可能性はあるのではないかというよう

なことを、今、そちらは歴史学のアプローチから解明するということをしています。

例えば、最近特に若い方を中心にお使いになられている動画のレシピというのがあります。動画レシピサイトにも文字情報はありますが、ある種状態を、連続時間で、厳密にはコマ送りなので連続ではないですが、その都度確認をできるので、すぐく真似をしたいとか、失敗をしたくないというようなことには向くと思います。ただ調理がうまい方が、この動画を全部見るかといったら、そうではないと思います。あるいは、例えば、旦那さんのお母さんの味を、一子相伝で子どもに伝えていきたいと思ったときに、とても細かい調理レシピで伝えていくのがいいのか、あるいはエッセンス的なコツだけを伝えるような形で、各代のお母さんと工夫していく方が、味の発展としては、その家庭として面白いのかというような、その料理の目的に応じて、調理書を設計書と見立てた場合の調理書の在りようというのは、いろいろな可能性があるのではないかというふうに思っています。

自動化、ロボット化の文脈で言うと、ある種、ロボットに、この料理を作ってくださいと指示する場合には、作業指示をして、それが環境のセンシングなどで何からの影響があったときに、修正や運用変更をしていくというプロセスになると思うのですが、どの工程でどんな変更をするべきなのかというようなインспекションの工程を、どのタイミングに加えるべきなのかというようなところにも、こういった知見は生かせる可能性もあるのかなというような議論をしています。

というわけで、江戸のレシピだけではないのですが、こういった調理レシピを設計書と見立てた場合の解釈の方法によって、料理の楽しさや料理の発展に、何らか貢献できる可能性があるのではないかという研究をご紹介させていただきました。

いよいよ待ちに待った今日の、もう1つの本題ですけれど

も、レシピの解釈として、調理人のクリエイティビティによる解釈を加えたらということで、ここ3カ月ぐらい、この議論をさせていただいています。シェフとは、そもそも、江戸のサステナビリティというのは、どういうところに所以があるのかというようなことを、歴史学的な観点で、歴史学の教員と一緒に議論をさせていただいて、共有をしたところから、江戸のレシピを基に料理をしていただくということをしていただきました。ちょうど昨日、試作品を京都で作ってくださるということがありましたが、もう素晴らしかったです。ということでマイクをお渡しして、ここからシェフにお話ししたいと思っています。



土地の食を今の食産業につなげる工夫

高山 はじめまして、高山と申します。私は教授などではないので、学術的なところもないですし、特に電気関連のこともありません。まず、今私がやっていることは、基本的にプロデュース業なのですが、いろいろな地方の掘り起こしをやったりしています。あと、今はどうしても、サステナブルということに関

して非常に考えられているので、そこら辺にいろいろ関わっています。あさっては、イスラエルの培養肉をやっているスタートアップの方で、Aleph Farms^{*53}さんという会社があるのですが、その Gary さんが直接いらっしゃいます。日本でどうやって、本当に培養肉をやっていくのかというようなことですが、Farm さんとしては、まだアジア自体は、マーケットとしてあまり魅力はないとおっしゃっています。ただ日本は、法律上では許される数少ない国ではあるようですので、あさってですが、培養肉のそういったことをやる予定です。

^{*53} Aleph Farms
<https://www.aleph-farms.com/>

まず 1 個、そのサステナブルということに関して、僕たちは本当に食に関わっているので、今、日本と世界の流れはたぶん逆であるということは、間違いないと感じています。世界的には爆発的に人口は増えていきます。日本では、逆に減っていきます。農地もまだ、今減反しないといけないというぐらい、非常に余っているので、実質、直接的な問題というのは、本当はないはずなのですが、やはり資本力が、日本は弱いので、そもそも農地を買われるということが、これからは当たり前のようにありますし、既にもう水脈が買われているということも実際にあります。ちゃんとした食の産業に対して、僕たちが価値を付けていかないと、本当に日本で作られている作物などを、海外の経由で、高いお金を払って買わないといけないというのが、本当にあるのです。そのような中で、もう 1 回、自分たちの土地のものを自分たちで食べるということをやっていないといけないのではないかと思います。

今、よく聞くと思うのですが、日本の食品需給率が、もう 4 割を切っているという話で、今の食生活をしていると、これを 100 に戻すのには、10 兆円以上掛かってしまうそうです。今の皆さんが食べている食生活をそのままにして、100 %に持っていくには、小麦粉をつくるためなどで、それぐらい掛かるのですが、それは現実的ではありません。どちらかというと、も

とも江戸時代のように、外のものを食べないときの食生活に戻していく方が、とても現実的です。63 %も海外のものを買っているのであれば、むしろその 63 %を、国内の生産者さんにお金を渡していった方が、圧倒的に効率的にもいいので、もう 1 回、その過去の食生活を、どういうふうに掘り起こしていけばいいのかと考えます。今は、ただ守ってくださいという状態になっていて、伝統野菜や伝統料理がありますが、たぶんそれは、未来に渡すときに、何か苦痛を渡してしまっているような状態になると思います。僕たちは何をしないといけないのかというときに、未来に、やはりちゃんとそれがお金に替わる商品に変えた状態で渡せるようにやっていきたいのです。伝統野菜を、僕たちが入ることで、どういうふうにアプローチを変えて、世界的な価値を見出して、ちゃんとしたお金で売れるようにすることができるかということです。

先月の末、福島の会津で、こづゆという伝統料理を、どういうふうに未来にアップデートしていくかということをやりました。そのままやると、非常に原価が高い料理です。干し貝柱を使うわ、そもそもホタテもとても使うわというような感じで、こんな 1 杯が、1,500 円ぐらい出さないと合わないのですが、それはもう全く、ただこづゆをやるというのはいけないので、僕たちが食材を使って、5,000 円でちゃんと買えるようなところまでもっていきました。持っていった上で、未来につながるということは、やっていかないといけないのかなと思っていて、いろいろ過去のものの料理にも取り組んでいっています。

そんな中で、曖昧なところが、今回の 1 項になるのですが、フランス料理というのは分かりやすく、今世界中で、一番お金を取れる料理といえます。そもそもフランス料理とイタリア料理の違いというのは、フランス料理には、『エスコフィエ』という本が 1 冊あるということです。『エスコフィエ』というのは何かというと、フランスの地方料理をまとめた 1 冊の文

書とってもらったらいと思います。イタリアはそこがないので、地方都市は地方都市の料理で発展してきていて、地方料理の固まりなのですが、フランス料理は、フランス料理として『エスコフィエ』がつくったことによって、1個のフランス料理として成り立っているのですが、全く同じで、非常に曖昧なのです。

本当に同じことが起きていて、例えばブランケットという料理があったら、「子牛を茹でてください」とか、「色は白いですよ」でブランケットです。でも、ここで何が出てきたかという話になると、僕の思うブランケットと、違う方のブランケットというのが違ったときに、ここにやはり競うものがあって、自分のブランケットが一番だ、そして誰かが思うブランケットが一番だという、そういうところにあって、やはりそこで発展を生んできました。さらにここに、ガストロノミーやガストロフィジックスという学術的な文脈も入って、さらに僕たちも知見を広めていって、どんどん発展して、まだまだ余地を持ちながら、フランス料理はちゃんと伸びていくということをやっているのです。ところが、意外に和食というのは、伝統ということを大変大事にしていることは大切なのですが、その分野に関しては、まだ伸びもないですし、特に郷土性や郷土料理ということに関しては、非常にまだないところなので、いろいろなところで、今取り組ませていただいているという感じです。

料理人の舌と目が引き立たせる味

僕ら料理人というのは、食を売るということも、非常に大切だと思っていて、先ほど電気味覚というお話でしたが、たぶんそれだけをやっても、なかなか商品化とはならないと思います。味をデザインするという能力を、僕たちはちゃんと持っているのです、例えばなのですが、電気の味覚というのは、たぶん、そ

れだけでやったら、誰もおいしいとは思わないと思うのです。でも、人間の感じる味覚の中で言うと、おいしいと感じる感覚の方が少ないわけです。酸味などはおいしくないわけですし、苦味などもおいしくないわけですし、あるとしたら甘味と塩味ぐらいしかない中で、でも、僕たちは苦味というのを、バランスとして、非常に大事にしているのです。例えばですけど、お肉を、やはりよく焼いた方がおいしいと、みんなは感じると思うのですが、焼き過ぎたら苦いと思いますし、たぶん焼けていない肉を見たら、あまりおいしそうに見えないと思います。僕たちは、その焼いた苦味の加減で味をコントロールして、うま味を際立たせるということをやっています。僕たちは、電気という味を感覚的に掘り起こして、それをどういうふうに生かして、1つの料理にするのかということになると、僕たちの力というのはやはり必要だとは思うので、そういのをいろいろ含めて、日本の食というのを、もう1回やっていけたらなとは思っております。

（お見せしている写真の）この辺はサツマイモです。江戸は見立て料理というのがあるのですが、シルクスイートをつぶしたものに、ムラサキイモに小麦粉を混ぜて、練ったものを皮状に見立てて、焼き芋のように見えるのですが、割ると、本当に中が白くて、皮状のムラサキイモです。これなども、そのままだと、結構味の抑揚がないのですが、ああやって、焼いてあぶることで、苦味という、おいしくない要素を入れることによって、甘味というのが、単純でなく、もう少し複雑性を持たせることができます。この下は面白いのですが、レンコンです。色を付けているわけではなくて、突然変異でできたレンコンで、赤いレンコンです。加熱すると紫色になるのですが、これは1人の生産者しか持っていないくて、ちゃんと特許を取っています。突然変異なので、どこかでまたできる可能性もありますが、これはもう特許化しているので、どのみちできたとしても、この

人に払わなければいけないのですが、意外に農業というのは、そういうことができなくて、特許というようなものをしっかりと持っていないので、流通も勝手にされる可能性もあるのですが、こういうのはやはり大変大事なことで、僕たちがこれを守ることによって、しっかりと……たぶん海外に行っても、簡単にはできないとは思いますが。そもそもレンコンは食べないとは思いますが。下は、飛竜頭（ガンモドキ）をモンブラン状に変えたものです。

赤いレンコンもそうですが、レンコンを今回入れたかった理由の1つは、世界がレンコンを食べていないからなのです。なぜかという、そもそも料理の中に含まれていないからです。たぶん文献としてもないから、世界的に見ると、つまりレンコンは必要とされていないわけです。日本では、一般家庭料理でレンコンを使います。筑前煮というように、当たり前レンコンの料理が残っているから、レンコンというものが残っているだけであって、逆に言うと、そういう料理がなくなると、レンコンというのはそういう役目を終えるので、たぶん日本でもなくなるだろうといわれています。

今、日本の料理というものは、どんどん日本のではない料理が入ってきています。たぶんレンコンの役目が終わると、レンコンがお金に替わらないので、もしかしたら、そもそも種としてなくなるということもあるので、そういうことも含めて、僕たちはしっかりと物を守っていかなければなりません。さらに守るということは、とても大変な作業をすることなので、やはりそこに価値を付けるということをきちんとやらなければいけないと思います。先ほどの写真で、あの病院食はおいしくなさそうですねというのを、僕たちは見た目を変えるという、そういうことをやって価値を付けて、同じ工程だけれども、きちんとした価格も付けて、産業としてどういうふうにやっていくかということまでやっていくというのが、料理人の役目かと

思っております。

左下の方は奈良茶飯という飯です。本当にビーガンの的に食べられます。お茶なのですが、お茶だけだと少し香りが弱かったので、これは栗が入っているので、栗の鬼皮の部分をあぶって香りを出して、それを煮出して抽出して、お茶の番茶と合わせて、その苦味と香りで食べさせています。それだけだと少し弱かったので、僕は奈良漬の刻んだものを入れて、塩味を出しました。

左上の方が、三関セリという秋田のセリです。本当に、非常に根っこが長くて、ピークの冬になると、葉っぱよりも根っこの方が長くなります。セリなのですが、僕たちには、フェネルの味が少ししてくるような感じで、僕的には非常に使いやすいものです。これは、カキを巻いて揚げたものです。

右下が、いわゆるガンモドキなのですが、ガンモドキにキノコのすり流しを、僕たちの薬品を使って、ペースト状に変えて、モンブラン状に変えたという、一応見立て料理です。

右下の、こちらの透明なものは凍り豆腐という、江戸時代のものです。これは水と豆腐を寒天で固めたという、スイーツのような感じののですが、今回はトマトのジュースを透明状に変えたものと、塩豆腐とフレッシュなトマトで、カプレーゼのような感じの豆腐に変えています。

レンコンのものは先ほども説明をしましたが、網状の下に、鯉を使った料理があります。今、海産資源も非常に枯渇しているという話が出ていますが、そもそも日本は川が多くて、川魚はとても食べられる部分があるのに、今産業としてそんなに乗っていません。海産資源を守ろうということも大事だとは思いますが、目の前に食べるものがいっぱいあるのだから、僕たちはもう少し、こういうものの食べ方を考えていくことも大事なのではないかと思って、川魚を入れさせてもらいました。

あとはサバですが、ちょっと見えなくなっています。サバ

を、いわゆるふなずしのような感じで、麴で漬けたものです。もともとこれは保存食として食べるものだったので、やはりすぐ塩をして、塩抜きをして、麴に漬けるというようにするのですが、今は冷蔵庫があって、そこまで保存ということを考えなくていいので、結構浅く漬けます。常温で漬けるのですが、菌に覆われていますし、麴菌は菌的に強くて、雑菌をあまり寄せ付けないので、常温で3日間ぐらい置いて、漬けて、そして切って、お弁当に入れても、非常に強いです。

あとは、馬肉とワラビです。金山寺みそです。これも生肉の状態なので、昆布締めにします。昆布締めというのは、味を作るというよりも、水分を抜いて、結構保存に向かったりするので、節の魚などは昆布締めにするのですが、馬肉を昆布締めにして、保存性を高めて、うま味を入れて、金山寺みそというみそです。あと、フワフワ豆腐です。フワフワ卵をお弁当風にしています。

1 個の産業として面白いなと自分でも思ったのが、これとこれ、これ、これ、この辺に関しては、僕は、来年からは、日本でも一気に来ると思っているのですが、たぶんもう世界的にも、ビーガン料理というのは、間違いなく伸びてくると思います。今指したものに関しては、全部ビーガンでいけるのです。意識したわけではなくて、そもそも日本の料理というのは、非常にビーガンに最適で、うま味文化というのを持っているのです、きのう食べていただいたと思うのですが、こんなに普通に、満足度が高いビーガン料理を作れる国というのは、たぶん日本以外にはないのではないかなと思うぐらいです。そもそも過去にやっていたことが、本当に、一番未来食に近いものなので、先ほどの Aleph Farm さんのプレゼンのときは、本当に、ちょうどこの辺をやろうかと思いました。彼らは技術で、世界を救おうということなのですが、僕たちは、そもそも持っている食文化があるので、日本の食文化というのは、設備も要らないし、知識の

技術だけを持てば、今すぐ、新しく未来の食を作れる文化ですという話を、プレゼンでやろうかとは思っております。以上でございます。

食の進化が変える流通と味覚

野中 ありがとうございます。昨日、大学でこれを再現してくださってとても幸せな時間でした。このトマトのジュレも、非常に素晴らしかったですし、全部素晴らしいのですが、私が特に感動したのが、このサツマイモです。ムラサキ芋と、中に普通のお芋が入っていて、ムラサキ芋だから芋の皮ではないのに、食べると、焼き芋独特の皮の味がするのです。私は焼き芋でも、割と皮が好きで、皮のおいしさというのは、本来は身よりはおいしいのですが、でも香ばしいのです。なぜ中身から、こんなに皮のおいしさが、もうおいしい皮を食べているとしか思えないようなものが出てくるのかと、もどき料理というのは、ここまで精巧においしさも追及できるという意味で、大変感動をしました。

もう1つ最後にご紹介させていただくと、ゼリーを、京都のお菓子 OEM メーカーさんのユキオーさんと共同開発するということもしています。これは、前回のサウス・バイ・サウスウエスト^{*54}です。アメリカのテキサス州で行われる、ビジネスインベーションのイベントで、プロトタイプを出したときの記事です。日本酒のゼリーは、世の中には、今酒造さんがたくさん出していっちゃいますが、よくあるゼリーというのは、あくまで素材を水で希釈をして、お砂糖を加えて、酒の風味、あるいは果物ゼリーであれば、果物のおいしい風味はありますが、あくまでお菓子として加糖されているものが多いと思うのです。ゼリーを作る工程、右半分の左側の工程が通常の工程で、右側が新システムと書いてありますが、ゼリーを作るときは、たい

^{*54} SXSW(South by Southwest：毎年3月にアメリカ合衆国テキサス州オースティンで行なわれる、音楽祭・映画祭・インタラクティブフェスティバルなどを組み合わせた大規模イベント)。

てい原料を水で希釈をして、ゲル化剤の寒天やゼラチンを加えて、溶かすために一度煮沸をします。煮沸をするので、風味や、お酒の場合はアルコールが飛んでしまいます。さらには殺菌工程で、pH 調整で酸を強めるということをするので、また味わいも少し変わってしまいます。この2工程をすることなしに、うまく菌を制御できる仕組みをお持ちの会社さんで、これができると何ができるかというと、日本酒ゼリーであれば、ほぼアルコール分、0.5 % ぐらいしか飛ばずに、そのもののおいしさを保つことができます。ですので、今、サンプルは、そんなにもすごいお酒では作っていないのですが、おいしいお酒で作れば、あるいは好みのお酒で作れば、ワインで作れば、そのままゼリー化できるだろうと思っています。果物であれば、おいしい果物をそのままゼリー化できて、今は寒天で作っているので、100 % 天然素材だけのものです。

最近、私はデパ地下で、ゼリーの裏をひたすら見ていて、買いたくないのに、とても嫌な感じなのですが、あとはお土産コーナーなどでも、ゼリーはたくさん出しているのを見ますが、加工品で添加物がないものというのは、今ほとんどありません。これをもし商品化したら、この後されていくのですが、寒天とメロン、あるいは日本酒、寒天というような、本当に天然素材しかないのです。原料によっても違いますが、これは常温で半年以上もちますので、その流通工程で冷蔵しなくていいという、常温でもつということと、例えば日本酒を輸出をするときに、瓶だとおりが出してしまうというような品質保持の難しさ、あるいは海外に行った後に、スーパーで劣化してしまうというような問題がありますが、それが常温でいけてというようなことになれば、いろいろな応用範囲があるだろうと思います。

一番分かりやすいのは、嚥下の困難な高齢者の方で、液体がお飲みになれなくなったときに、本当に嗜好品としての味わい

として、お酒のおいしさや、お茶やコーヒーの絶妙な味わいの
ようなものが嚥下食になったらいいと思いますし、あるいはそ
ういった方が増えてくると、非常食でも、今は乾パンや乾いた
ものが多いですが、ビタミン、ミネラルが摂れるような非常食
は、備蓄としても可能性があると思います。

これが1つ面白いと思えるのは、昔から、日本だけでなく、
保存食の伝統や文化というのはあると思うのですが、例えば干
物や発酵というのは、時間軸でその味わいが変化をしていて、
最後に腐るというように、時間経過に伴う味の変化というのが
面白さだと思うのに対して、このゼリーの技術というのは、こ
こが一番おいしいのだと思った瞬間に時間を止めることができ
て、しかもそれが常温で軽いゼリーの状態で保持できることな
のです。さらには、物流も簡単なので、世界中に、時間と空間
を越えて、いろいろな行き来ができるのです。これはシェフの
アイデアなのですが、例えば種の問題などで、本当は日本のお
いしい果物などを使って料理をしたい海外のシェフが、ゼリー
化されたものを調味料として使うという可能性もあるでしょう
し、さらには宇宙食のようなことも考えられます。このゼリー
は、単に非常においしいゼリーを作って、世界の富裕層に売り
たいという思いもある一方で、もっといろいろな範囲の応用と
して、拡張できたらいいのかなというふうに思っています。

先ほどの前半のお話で、人間の拡張ということと言うと、自
分が意識をしながら、何らかの能力が拡張しているということ
の素晴らしさは、もちろんあると思うのですが、それとはまた
別の可能性もあると思います。私は全くグルメでも何でもない
のですが、この共同研究を始めて、無添加のゼリーを食べるよ
うになってから、薬臭いというようなことに敏感になってし
まって、お土産のゼリーを、全く食べられなくなってしまいま
した。例えば、私は、地方に学会に行ったときに、部活帰りの
女子高生が、バスの中で、今日お昼に、久々にコンビニでおに

ぎりを食べたのだけど、薬臭くて食べられないというようなことを言っていたのを聞いたことがあります。慣れている人間というのは、それに気づいていないのです。そのように、自分が無自覚ながらも、摂取しているものに対する変化という意味で、何か拡張の可能性というのはあるのかなと思うと、こういった食品を通じて、あるいはテクノロジーを通じて、そういった食に貢献できる面白さもあるのかなというふうに思います。

発表は以上です。皆さん、ご清聴ありがとうございます。

石黒 野中先生、ありがとうございました。高山さんも、ありがとうございました。このままパネルセッションの方に移らせていただきたいと思います。早くもおなかですいて、僕は懇親会の方に行きたいぐらいなのですが、この後 40 分程度、高山さん、野中さん、中村さん、暦本先生で、「味覚の拡張」に関して、パネルセッションの方をお願いしたいと思いますので、少々準備をお願いします。

パネルセッション



石黒 パネルセッションですが、今日はパネリストの4名の皆さままで進めていただこうと思います。まず暦本先生、中村先生は、後半の野中先生、高山シェフのお話を受けて、何かコメント等はございますか。

暦本 私は暦本という名前なので、小学校のころはレンコン、レンコンと呼ばれていました。なので、レンコンが大事にされているのを見て、とても安心しました。

最近、「グランメゾン東京」というテレビドラマがあります^{*55}。あれで、とても感動したのは、何かとても研究開発っぽいシーンがあって、新しい料理を開発するときには、試作物をいっぱいつくって試行錯誤しているのだなという。ああいう行為を見ていて、研究室での研究の仕方と、料理で新しいものを追求するということの間とは、大変親和性が高いのではないかと思います。そこら辺は、何かご意見はありますでしょうか。

高山 その辺は、僕は、本当に親和性はあると思っています。僕は今、フリーランスになって、まず変えたいと思っているのは、

^{*55}『グランメゾン東京』2019年に放送されたテレビドラマ。ミシュラン三つ星のレストランを東京に作ることにテーマとなっており、実在の三つ星レストラン「カンテサンス」が監修したことで話題を呼んだ。主演は木村拓哉。

僕たち料理人は研究者なのだということで、本当にそれを自覚もしたいし、業界として認知もしてほしいと思っています。本当にアート性のようなものを、よく求められたりするのですが、どちらかという、もうちょっと研究者寄りだと思っているので、本当にそういうふうに言っていただけるとうれしい限りです。

中村 私も暦本先生からお話を聞いて、「グランメゾン東京」を見ているところなのですが、フワフワ豆腐の話かエスコフィエの話でとリンクして思い出したところがあります。確か全く同じ材料を同じ調理で作っても、本当に天才と同じ料理は作れないというような話です。そうするとどこまでレシピというものは、定義されるべきなのか、されるべきでないのか、そしてどこまで定義したら、人によつての差異が出なくなるのかというところが、非常に難しいと感じました。研究者として、どこまで定義されてほしいかと、逆に料理人として、どこまで定義されてほしいか、研究的料理人だったらまたどうかと、人や立場によつて何か違いがあるのかとは思うのですが、どういうところまで定義されてほしいのか、逆に、ここは定義されてほしくないというようなポイントはあたりしますか。

高山 そこに関して言うと、もし僕が今、レシピを出して欲しいと言われたときは、ほぼ 100 % のもので出します。ここからテクノロジーというものが入ってきたときに、僕たちは何をしなくてはいけないのかとなったときを考えると、音楽の産業に近いことをやっていくべきなのではないかと思っています。だから、それはそのレシピを出すことによって、再現性を高めるといふ、恐らく、昔音楽があったとき、たぶんラジオで聴くということが一つであつて、それはたぶん直接にご飯を食べに行くというのに近い体験だと思うのですが、そこにたぶん、レコードや CD ができることによって、音の部分を家で再現でき

ようになるわけです。でも、ここに、CDを生むという技術が、また産業としてできて、でも、僕たちは、だからといってどうしたらいいかという話になると、ライブでしかない部分の分をまたやるのです。たぶんそれがどんどん発展してって、どんどん進化していくというものになると、レシピを出すというのは、本当にCDを出すという作業に近くて、研究はもうどちらかという、本当にライブに来てもらったときに、どうよく見てもらうかということなので、それをレシピにするということです。たぶん、レシピを考えてほしいと言われたときのアプローチが、レストランで出すものと、レシピとして出すものでは、結構違うという感じがします。

野中 ちょうど最近お話しした中で、昔自動調理機をメーカーさんと一緒につくっていたときに、シェフの絶妙な火加減を完璧に再現するというのは、そのときはIHを使っていたのですが、温度のフィードバックと温度プロファイルを制御するからできました。さらにはそのときの調理の環境、温度などをセンシングするので、外気温が低ければ、もう少し火を上げるということまでできたとしても、でも食材のばらつきはあるわけで、本当にその同じ温度で火入れをしておいしくなるのかというのは、やはりプロの世界とは乖離があるというのを、お話ししながら思っていました。

よく学生と、栄養成分を測るときに、食品成分表は平均値でしかないから、産地や旬によっても全然違うというようなことを、測ってみるとどうだろうというようなアプローチはするのですが、どこまで厳密にということが、調理法によっても違うのかというように思うと、本当に自動化を追い求めていっても、とても難しい部分はあるのだろうなというようなことは思っています。

石黒 ありがとうございます。僕も、野中先生のお話の中で、自

自動調理という話があって、今回、皆さん、4名の方の発表、お話を聞いていますと、味覚を拡張することと、料理を拡張することと、人間が最終的に味を感じるまでのところで、いろいろ拡張する部分があるというのが、とても面白かったのですが、自動調理となったときに、調理をして楽しい部分もある一方で、例えば低温調理のように、自動で管理するからこそ、それを生かした、何か料理ができるというようなのもあると思うのですが、まずそういったご研究というのも、今後やられていくというのはありますか。あるいは、その自動調理の中には、こういったご研究があって、これからやられていくかというようなお話はありますか。

野中 この自動調理器を共同研究で開発していたときは、食器を鍋、釜と見立てたときに、どういう調理ができるかということなので、煮物は強かったです。揚げ物はやはりできませんでした。というのは、油の中にずっと入れ続けるわけにはいかないからですが、スプレーをかけて焼くというようなことで代替しました。やはり焼き物も難しくて、それも温度の制御をあるアルゴリズムに変える前は、全然できなかったのですが、何か煮物ふうで水分が少ないというものにしかならなかったのが、温度制御を変えたら、焼いているわけではないのに、いわゆる焼き魚だと、魚そのものから油がじゅくじゅくと出るところまではいったというようなことはありました。

でも、その研究をしているときは、やはり煮炊きには向くけれど、それ以外は難しいというようなことを言っていたのですが、実際はどうでしょうか。

高山 その自動調理というところで、まさにエネルギーという問題が入ってきたときに、本当に調理でも、やはりどうやっても向いているところと向いていないところがあると思います。そうなったときに、たぶん今、何か全体的な調理をするという

ころよりも、どちらかというと鉄腕アトムをつくるよりも 009 のようなものをつくった方がよいと思うのです。今は未来が見えやすいからというのもあって、自動調理、イコール全自動ロボットのようになると思うのですが、でも、僕は、それは現実的に、あまり何かを効率的にするとは思ってなくて、どこの部分を補完するのかというような感じの自動調理ロボットのようなものの方が、それこそ自分たちで作っているという体験を含めて、楽しいのではないかと考えてはいます。

僕たち料理人というのは、本当にいろいろなことをやるので、なかなかアプローチが多過ぎて、実際にできるのかなということは、自分では思っています。ただ、盛り付けのところを、今 AI と共同でやらしてもらっていて、プレーディングなどは、むしろ AI の方が得意なので、そういうアート性の部分を、逆にお願しようかなというので、今、実際 AI の方と一緒に、今現状はスコアリングのところまで行っていて、その点数に似たような盛り付けのものができています。今、GAN^{*56} のところで、AI と AI を闘わせて、生成すると、人間の顔で架空の人間の顔をつくるというのができているような感じで、なので、例えば僕の料理の写真をやっているのと、noma のレネ・レゼピさんの料理と、アートのようなものを作って、このパーセンテージをやって、この3人が合わさったら、勝手にこういう料理になるのではないかというのを生成するというようなものというのは、家でもできると思うので、そういう文脈や、何かこれがいけないのではないかというようなものは、いろいろ議論されていくのかなと思います。

暦本 フレンチのシェフが、とてもナチュラルに GAN と言ったのが、結構衝撃です。Deep Learning の GAN ですね。3D プリンターがそこ（セミナー会場となった FabCafe 京都）に見えていますが、3D プリンターができたころも、家で椅子などを

*56 GAN: Generative adversarial networks (敵対的生成ネットワーク) : 深層学習の枠組みの一つで、generator と discriminator を相互に競わせることで学習が進展する。

みんなプリントするというような、そういう幻想というがありました。実際は、あまりそうはなっていません。結局椅子を製造するような強度や質感にならないということがあります。ただ一方で、プロトタイピングにおいて設計者が3Dプリンターを使うというのは、ほぼ必須になってくるので、そういうツールとして、その製造工程の中に自然に入っていくというのはいくらでも得ると思います。だから、プロの方が、ロボットを使って、調理のある部分を肩代わりする一方でというような、どこで自分のクリエイティビティを出して、どこを機械にやらせるかということの、バランスがだんだん取れるかなとは思いますが。

野中 おっしゃるとおりで、私はもともと外食産業さんとの付き合いが割と多かったので、高級なラグジュアリーなシェフの方とお話する機会は最近のことなのですが、やはり外食産業さんは労働人口が減っていて、もうそもそも雇うことができないということが分かっているんで、全てを自動化する方向で、かなり投資をされていらっしゃいます。でもそうではない世界があるというのと、もう1つ、今度は家庭で、どれだけ自動化が進むかというのは、国民性にもよるとは思うのですが、やはりどう生きたいか、どう家族にご飯を作りたいかということに関わってくるということです。この間お話ししていたのは、料理のレシピというのは一品一品でレシピがあるのですが、例えば主婦になりたての方で、家事がまだそんなにうまくない方でも、実際に主婦の方がつくられるのは、3品を同時に作るわけで、でも、その指示書がないという議論でした。ではどういう指示書があったら満足か、料理をすることを楽しめるかということを見ると、もうとにかく時短で、台所ががーっとなってもいいし、食器もがーっとなっていてもいいけれど、まずはお子さんに食べさせて、その後ゆっくり片付けたいということをも満足に感じる方もいれば、もう間に洗い物というタスクを挟みな

がら、いかにきれいに保つかということを満足に感じる方もいれば、お子さんが小さいので、カウンターキッチンで気にしながら料理ができるということを大事に感じる方もいるというように、料理を楽しむというの、何を満足に感じるかというのは、かなり多様だということをお話ししました。それが、自分の満足が分かって、熟練していった方がいいと思うのですが、そうではない家庭の方にどう支援するのかということと、その辺の満足が、類型や楽しさとして分かってくると、例えば未来のキッチンの形として、もう少し家庭の調理を楽しむことを誘導するようなこともできる可能性があるというような議論は、ちょうどさせていただいたことがあります。

中村 私は、今ちょうど、自分の生活が1人から2人になってというような状態で、そういう生活の節目で、料理の作り方や料理への接し方というのは、とても変わってきます。それまでは、健康と言いながら、どうしても自分の好きなものや、自分の食べたいものばかりを摂っていたところが、そこでまた、自分のスタイルそのものも変わっていくという、そういったところまで、その変化までデザインするというようなことと、食べ物の一食一食に対するデザインと、サステナビリティではないですが、買った食材をちゃんと使い切るといった、そういう少し中期のデザイン、そして最終的に、ちゃんと健康に生きられるようにというようなデザイン、それを本当に、その人その人に合わせて、生活スタイルや舌に合わせてやっていくということまで、どこまで入っていけるのかというのは難しいですけど、その負担を軽くするという技術は、やはりもっと生み出していくべきだという感じはします。

石黒 ありがとうございます。ここの席は駄目なのです。後ろの、この後の、あれが見える席で、非常に気になってしまいました、もうおなかがすきました。

あとパネルが20分ぐらいですが、ここで結構皆さんにプレゼンしていただいて、会場の、今日参加していただいている皆さまからご質問があれば、受けていきたいと思うのですが、何かご質問はありますか。

質問者 1 面白いご発表を、ありがとうございます。中村さんに質問したいのですが、電気で味を制御できるということで、味の制御というのは、時間方向に、結構細かく制御できるものなのでしょうか。例えば塩辛い、塩辛くないというようなもの、高速にパタパタするとか、もしくはアタックを強くするとか、エンベロープをかけるというようなことで、味が残っていく、なかなか消えないというようなことはできるのか、何かやられたことがあるのかというのが1個です。もう1個は、やはり初めて食べるときというのは大変おいしいと思ったりする衝撃があると思うのですが、そういうのは、忘れることは可能なのかということです。もし何かあれば、教えていただければ助かります。

中村 2個目の質問に対しては、ぜひ他の登壇者の皆さまからも答えていただけたらと思うのですが、まず1個目の方は、味の時間シーケンス上の制御が利くかということだとおもいますが、答えとしては実際に、他の調味料より格段に制御性は高いと思います。特に陽極側の場合は、出力を切ったときに、味が消えるのが分かるというレベルなので、非常に制御性は高いかなと思います。陰極側も、なだらかに下げていくということも、できると思います。そもそも調味料では、今までは一度足してしまうと取り除けなかったものを、電気味覚の場合は取り除けるというか、オフにするというようなことはできるようになっているかと思います。今ちょっと、その時間と空間をどこまで制御できるかというところを研究アプローチの1つとして考えていますが、口の中で味を音楽表現のように、時間方向

でも空間方向でも制御できるようになるのではないかと考えています。はい、そうして使うことはできるぐらいの、分解能は持っているかと思います。

2 個目は、おいしかった記憶を忘れることができるかということですが、塗り替えることはできても、どうでしょうか。

質問者 1 1 年ぐらいたって食べるととてもおいしいのです。短いタイミングだと、おいしいのですが、おいしいのだけれど、食べてない。

暦本 慣れてしまう。生まれて初めてチョコを食べたという、あの体験を、定期的にしたいのですね。

質問者 1 たとえば、半年くらい、そういった時間方向の研究はあるのかなと。

暦本 味を強化する研究というのはとてもいろいろあって、記憶は、たぶん環境とバインドされて、その道に行ったら思い出すことというのがありますよね。だからコンテキストとバインドされているので、あるコンテキストとある記憶というものの関係があるのです。ということは、そのコンテキストを変えると違うかもしれないので、全く同じものなのですが、できるだけ周りの環境や音の振動のコンテキストを変えると、違うのかもしれない。消したいですか。消して。

高山 逆に僕は思うのですが、たぶんそれは、おいしいと感じるというのは、過去のデータがあって、たぶんおいしいというふうに感じているのだと思うのです。ですので、本当に全く食べたことのないものを食べたときにおいしいと感じる人は、たぶんいないと思っています。それは日々のアップデートで、例えばおいしいトマトを食べて、このトマトはおいしいというのは、過去に食べたトマトや、過去に食べた何かがあるからおいしいとなっているのであって、たぶん消えるというよりも、どちらかというと、日々のアップデートで、味覚というのは、感

動になっていくのだと思うのです。消すという作業をしてしまうと、それこそ、たぶん全てがおいしくなくなってしまう気はします。それこそ初めて電を食べれば、あまりおいしくないかもしれませんが、たぶんそれも慣れるのです。僕たちが初めて料理をやったときに、ハーブは、もうみんなが嫌いで、年配の人たちは、添えられても絶対に食べません。ネガティブなイメージしかないのです。ただ、それが文化に入ってくると、パクチーなどもそうなのですが、日本のみんな、あれだけ嫌いと言っていた人たちが、やはり食べ慣れることによってアップデートされて、おいしいと言って、今度はもりもり食べてしまうということになっているのです。でも、消してしまうと、恐らくですけれど、何を食べてもおいしくないというふうになってしまうような気はします。

暦本 めちゃめちゃ幼稚な味覚になるかもしれません。チョコやケチャップなど、子どもが好きなものを食べるから、その上の経験というのは・・・

質問者 1 料理をされている方というのは、大昔に食べたものと比較はできますか？

高山 昔のものとの比較が、頭の中でできるかということですが、たぶんそれは誰にでもできる能力だとは思いますが、やはりそれは訓練の問題だとは思っています。

石黒 他に何かご質問はありますか。

質問者 2 今の発表を聞きながらググったときに、何か電気インピーダンスを使って、ステーキ肉の焼き方をコントロールする、電気をかけることによって、食品の中の隙間を変えて、浸透圧を変えて味をとということがあって、それは農学部の先生がチャレンジしているようなのですが、あれを見たときに、うまくやると、何かピクセル単位、ボクセル単位なのか、その段階で味をデザインするというようなことが、もしかしたらできる

のではないかと、ふと思ったのですが、せっかく電気味覚と料理を作る話が全部くっ付いたので、その辺で、電気インピーダンスというキーワードでやっている方がおられるらしいので、何か今、コメントを頂けるとうれしいと思いました。

中村 それは、かけている段階で、食材を変質させるというわけではないですが、加工に電気を使うということですよ。今、もっとシンプルな話で、電気肉といって、肉専用の通電装置で旨味をアップさせるというような方法も採られているので、食材にマトリックス電極や電極などを貼ってやってみたときに、局在化するかというのは、非常にやってみたいと思います。あとイオン泳動をさせるときに、やはり電荷量ではないですが、そういったところも関係してきたりするので、1つの食材に見えるのに、舌が触れた位置で、全然その食材の側が違うというのは、ぜひともやってみたいですけど、どういう食材でやると、面白くいくと思いますか。

質問者 2 それは、何か、でも僕は、何の食材に電気を通すとどう変わるのかというのが、どちらかというと、全部気になります。だから、電気をかけることによって、そういう変質が起きること自体も、僕は知らないのですが、拡張されたものを拡張するのが、僕は仕事だとは思っています。

中村 ちょっといろいろ食材を試して、試した結果を持っていかにしていただいて、それでさらに拡張していただくということで、よろしくお願いいたします。

石黒 それでは、そちらの方、お願いします。

質問者 3 : 今日はお話を、ありがとうございました。3点聞きたいことがあります。我々は、会社はメーカーなのですが、そこでも食や食の未来というようなところと暮らしというところを結び付けながら、新しい事業というところを考えていく中で、やはり何か、食というのはめちゃくちゃ難しいと思ってい

ます。やはり人の経験則もあるし、その人の環境もあるし、気持ちもあるし、いろいろなものを複合していったときに、何か、必ずこれを使ったらおいしくなりますというような保証ができないのです。やはり人の感覚というところに訴えてはいかないといけないというふうに、変えてはいるのですが、何かそこは、いろいろな研究論文を読んでも、それぞれに対する一つ一つのアプローチの研究というのはあるのですが、何かそれを複合的に考えたときに、人はどう感じるのかというのが、あまりなくて、何かその辺を、皆さんとして、味覚、人に対する価値、違いというところを、どう捉えているのかというのが1つ目です。

もう1つが、電気味覚のところなのですが、やはりその電気を通すというところの嫌悪感というか、ちょっと抵抗感のようなものがあって、そこは暮らしに落とし込めるデザインのようなところも非常に大事なというのは思うのですが、ちょっとそこを、どんなふうに考えているのかなというところですよ。

その電気味覚に関してもう1つあるのが、もともと味覚のない方に対して、電気味覚というのを伝えたときにも効果があるのかというところを、教えていただければと思います。

中村 とりあえず、まず私が、2つ目、3つ目の質問に答えてしまおうと思います。一番覚えている最後の質問から、どの部分が死んでいるかにもよるとは思います。受容器、レセプターの部分なのか、それとも神経の部分が死んでいるのか、それとも認知で死んでいるのかによるのですが、恐らく、受容器だけが死んでいるだけだったら、ぎりぎり電気刺激でアプローチできるかもしれません。本当は、受容器だけ死んでいて、神経は生きている人に、もうちょっとかけてみたいんですが・・・そうしたときに起こるか起こらないかというところで、最終的に見えてくると思います。ただ、神経のところまで死んでいたとき

には、さすがに感じられないかなというのがあります。というのは、結局神経を介して脳に伝わるのが電気信号だから、というようなところもあったりはするので、ぎりぎり受容器だけなら、いけるのではないかというのが、今の見立てではあります。ただ、そのときに感じられている味が、我々と同じということは、恐らくはないと思います。

あとは、電気をかけることに対する嫌悪感ですね。実際にいろいろなところでデモをしてきたのですが、怖いからやめておくとと言われる方は非常に多かったです。ただ、ここ 10 年やってきて、だんだん美容系のデバイスに、電気を使うものが増えてきたりしています。ですので、何か顔に微弱電力をかけるぐらいだったら普通になってきています。この前、エステのようなところに行ったら、電気が流れている棒を持たされて・・・というようなこともあったので、これは世間的にもありなのだと思います。ただ、日本は、結構そういったところ、電気をかけることと、あと食に対して、非常に嫌悪感というか、危機意識というか、受容性が低いような感じのところはありました。ですので、確かにデバイスを極力、それを意識させないような形にするというところは、気を付けています。

1 個目の質問、覚えていらっしゃいますか。1 個目のが、人による味の違いですが、それが分かるようになったら、我々もうれしいというところかなと思います。強いて言えば、私がデバイスのちょっとした工夫でやっていたのが、私の装置では体験させるときにこっちで決めた値をアウトプットするのではなくて、こういうツマミである程度コントロールさせるということをしているのです。というのも、人によって味覚の感じ方も違って、濃い味が好きな人もいるわけです。もちろん、このフォークの場合は、かけ過ぎると、少しビリビリはしてしまいますので範囲はありますが、ある程度コントロールさせていいところを探させるというのをやっています。そういうアプ

ローチをやろうと思った理由が、同じ家族でも、嗜好が違うことがあります。塩分を摂り過ぎてはいけない他の家族の前で、塩を足すのを見るのが嫌だったので、個人が嗜好に合わせてずっと調整できる、こういうようなアプローチにしているのですが、ただ、画一化したときに、新しい料理が生まれるようになるのか、個々人が、俺はこれがおいしいというこだわりが、もしかしたら、そのレシピの多様性のようなものをつくっている可能性さえあるのかなとは思っています。あまり答えにはなっていませんが。

石黒 他、質問の方、よろしいですか。

質問者 4 質問にならないかもしれませんが、私が、これまでの皆さんのお話を聞いていて感じたのは、味覚というのは、他の五感の感覚より、もう少し複雑になっていて、結構ストーリー性を帯びているのではないかという感じがしています。同じものを、例えば元の料理のデータがあって、丸々それを、情報をデジタルに暗号化して複合化したところで、果たして、その被験者にとって、その望むような味が再現できているかというと、たぶんできないと思っています。その前後にあるストーリーというような、彼女が作ってくれたからおいしいとか、作られているおいしい課程を見てきたからおいしいという、何というか、そういうストーリー性というのがあると思うのです。だから、同じ味というか、同じ成分を再現したところで、たぶん感じ方は、それによってかなり違うと思うので、逆に言えば、味覚の拡張というのは、そういう攻めどころがあると思うのですが、実際にそういうところというのは、実はやっていたりするものなのでしょうか。どうでしょうか。

暦本 さっきの、誰からもらうかというのは、私はバレンタインのチョコレート理論と言って、バレンタインのチョコレートのおいしさは、誰からもらうかで決まるので、カカオの成分

ではないわけですね。あと、味覚とひとつの感覚のように言っていますが、味覚というのは、たぶん五感の全部のマルチモーダル総合です。聴覚や触覚、嗅覚は当然含まれますが、ただ聴覚もとても大きいですね。だからパリッとクリスプ感があるときに、咀嚼ではっせいする音の超音波成分をエンハンスで聞かせてあげると、パリッが、増強されたりします。ですから、全く同じものなのですが、食べるときにどういう刺激を与えるかということも、たぶん研究としてはすごくあり得ます。

さっき中村さんが紹介した VR で物を大きく見せるというのは、全く同じ食べ物でも、大きく見せると、おなかが余計にいっぱいになったように感じて、大きく食べられないわけです。全部バーチャルリアリティー的な、感覚を少しコントロールするという含めて、単に同じものを作って同じにする以外の研究というのはあります。

質問者 4 なるほど。例えば代用肉や、最近代替食品もありますけれども、あれも、最近はかなりコストの違いぐらいまでに追いついてきてはいるということですが、やはり感じ方によっては味気ないという方もいらっしゃるって、そういうのを、うそでもいいから、作っている課程を、さもおいしいように見せることによって、代用肉や代用食品の味を、さらにおいしいような体験を際立たせるということではできそうな感じということでしょうか。

暦本 かもしれないです。ビールを飲むときの CM というのは、たぶんあれです。我々には、全く味覚は伝達されていないわけです。でも、あれによって、あれを見た直後は、飲むという感覚は違うと思うので、そういう意味ではあり得るかなと思います。

高山 何か、味覚だけ結構やっかいな問題を抱えるなと思うのですが、先ほどの話で、味覚とおいしさは別の話なのです。ここがごっちゃにされやすいと思います。味覚は感覚なので、たぶ

ん、恐らく、人による差異はないのではないかと思います。おいしさということになると、たぶん人による差異は出てくと思うのですが、味覚というものと、おいしさというものは、分けて考えないといけないのではないかと思います。ただ、そのおいしさという部分になったときに、自分でも今、完全にそう思っているのですが、おいしさという円形があったら、たぶん味覚が介在できる部分などは、1割ぐらいしかないと思います。それには嗅覚や視覚、聴覚含めて、先ほどのパリパリという触覚や文化的なもの、それまで体験してきた食などという、そういうものの複合体でおいしいのうちの、ただ1割の味覚なので、たぶん味覚という感覚と、美味というような感覚は、ちょっと分けて考えないといけないかなとは思っています。その中で、おいしいという、その1割の味覚を、どこまでその1割を、最大限1割にするのか、それともそれを、デザイン性を変えるのかということです。例えばなのですが、先ほどお話しさせてもらったときに、本当に1割なので、味覚を失ったからといって、食べ物を食べられないのかと思ったら、そんなこともないと思います。

例えばですが、食べればおなかは満たされるはずなので、非常にアート性のある料理をやって、めちゃくちゃ香りのいい料理だったら、そういうコース料理があっても、たぶん大変楽しいと思うのです。味が味わえなくても、例えばもう味が味わえませんかと言われたところで、もうその楽しみを、味覚とおいしいというのをごっちゃにしているから、楽しめませんという話をしていると思うのですが、味覚がないのだったら、残りの感覚をフルに活用したコース料理などをやった場合には、おいしいかどうかは分かりませんが、たぶん幸せな体験はできると思うのです。だからその辺は、感覚の1つとして、分けた方が、おいしいという部分には、つながっていくような気はします。

質問者 4 ありがとうございます。

野中 今日ずっと、食は難しいというのが後半だったと思いますが、別の見方をすればというところで、サービス工学の研究分野やシステム工学の分野では、今、食を題材にすることで研究が進むかもしれないという期待があって、それはどういうことかということ、サービスも異質性があるので、例えば全く同じものをつくったとしても、消費者によって感じ方は違うし、同じ人でも、時によって感じ方は違います。どういいサービスをつくっていったらいいのかというときに、今言われているのは、やはり体験価値や経験価値が大事で、一緒に競争しましょうというようなことは言われているのですが、やはりここで議論されているような難しさは、サービスでも同じことが言われています。

ただ、サービスというのは無形材で目に見えないもので、評価が難しい方ですが、食は、食材そのものは形があるので、まだそれでもチャレンジングかもしれないという期待があります。そういう意味では、食そのものは、難しさはあるのですが、食だからこそ、何らかの評価につながるかもしれないというのが、他分野からの視点としては、そういう見方もあるということとは、ぜひご紹介したいと思いました。

質問者 4 ありがとうございます。

石黒 あと1つぐらい、もし質問があれば。この後も、軽食がありますので。

質問者 5 今日は面白いお話を、ありがとうございました。東京から来ておりますタグチと申します。おいしい匂いが後ろから来ているので、先ほどから食べたくなっております。

暦本先生のこの講座を、初回からずっと聞かせていただいています。今日も、そして昔から通してなのですが、お伺いしたいと思っておりました。もともと我々が普通に生きていて、

体験していたベースがあるから、この拡張に対応できているのでしょうか。それとも未経験のものでも対応できるのでしょうか。先ほど食べたことがないもののおいしいという話もありましたけれど、そういうふうな違いというのは何なののでしょうか。例えば自分の体を大きくするときには、何倍ぐらいまでは簡単に脳みそが対応するというお話では、非常に脳みその柔軟性や多様性に驚いたのですが、逆に我々が、この仕組みというか、このテクノロジーを、幼少期に手に入れていたら、どういうことが起きていたのか、そして大人になるまでに、これだけの体験をしてきたからこそ、こういう技術が役に立っていたり、面白いことができたりするのかという、そのあたりのアプローチというか、考え方というのはどうなっているのかをお伺いしたいと思います。

暦本 実は、例えばVRなどで体を変形したときに、どこまでが自分かという研究はいろいろありまして、結構形が変になるというのは大丈夫なのです。何かクモのようになったり、体が2つに分身したりしても、うまく対応すると、やっているうちに、自分はクモなのだと思い始めて、平気で動いたりします。たぶん、唯一難しいのは時間です。時間が、0.2秒ぐらいが壁で、それよりディレイがあると、もう自分ではなくなってしまうという、時間の壁があります。それはたぶん、人間の脳の根本的な構造だと思います。ですから、人間の脳の構造上、変わらないものもあれば、実はとても余力があって、形が変わっても対応できるというように、余力もあるところもあるので、それはいろいろな研究で、今探っているという感じだと思います。ですので、いわゆるヒューマンオーグメンテーションをするときに、あるところから先はオーグメンテーションではなくて、勝手にロボットがやっているとか、勝手に機械がやっているという領域に行ってしまうわけです。その限界というのは何なのか

というのは、それはまさに、この講座でも研究しているところで、それをうまく使えると、分からないのですが、ゴジラのような格好をして、とても自分がゴジラっぽくなって重たく歩くとか、自分の中を変形することもできるわけです。ですので、どこまでが自分かという、その境界を攻めるところが、まさに大変面白いかと思います。

質問者 5 ありがとうございます。

高山 5G で、ディレイがとても少なくなってきて、遠隔地のものが体験できる、動かせるというのも出てきています。

暦本 はい。逆に今度、AI で Prediction、予測するというのがあって、動きを予測するというのがあります。今度は、自分の0.2 秒先が予測できてしまいます。サッカーでどっちに蹴るかというのが予測できてしまうと、ディレイが0.2 秒あっても、AI が0.2 秒予測してしまうので、結果的にディレイなしというように見せると、またそれが自分に戻ってくるというような、結構その辺のせめぎ合いもあって、その辺は大変、今、研究的にはホットなところですよ。

石黒 あともうお一人。

質問者 6 お話、ありがとうございます。何か、新しい食のカテゴリーが電気によってできるのではないかと思います。駄菓子や洋菓子があるように、電気菓子があつたらいいなと思っていて、電気菓子があつたら、例えば、僕は今、父が入院して、外へ出て電話をしていたのですが、食が細いのです。あの食事はまずいのです。そういうのは味蕾を刺激することで、あれを食べやすくしてくれたらうれしいなと思うのが1つです。

もう1つ、僕は霊長類研究所にいたのですが、そこの院試で出た言葉で1つあって、救護食物というのがあるのです。サルが飢えたときに食べるものです。電気や食や、そういうものが、例えば本当に飢えてご飯が食べられないようなときに、大根飯

というのが「おいしいんだ」ではありましたが、ああいうものが、例えば電気などが、今日の話はオーグメント学で、人間の拡張であるならば、人間の生存の拡張でもあると思ったので、そういうので何か、そういう食の拡張のようなものが、生存であつたらいいなと、ちょっとコメントのようなことを考えました。ありがとうございました。

石黒 何かありますか。

中村 ありがとうございます。よく、より生存の話のところに近付くと、逆にいつも、皆さんから、レーションのような栄養完全食で、電気で味が付いている世界・・・というように、ディストピア的に言われることの方が多くなります。確かに、いわゆる極限環境、持ち込めるものが少なかったりというところで、電気味覚が役に立つ未来が来てくれればいいなとは思いますが。逆に私がやり始めたのは 2009 年だったのですが、2011 年に原発の事故があって、電気を無駄遣いしているのではないかと言われ、この研究は、一時期口に出しづらいことがありました。電気を使うということに対する許容性というところで、より人間のクリティカルに生きていく部分というところのアプローチからエンターテインメントまで、できるようになったらいいと思っています。

また、やはり入院生活の中で、食べるのが楽しくなくなっていくというのは、生きていく中で、だいぶんつらいことだと思います。電気味覚だけではなくて、今、これもまたオフレコ的な話なのですが、電気刺激を使って唾液の分泌量を多くすることやっけていまして、そういったものももしかしたら生きてくるかもしれません。割と電気からのアプローチばかりではありますが、そういった食べること、周りのことも含めて、技術でそういった場所での食事体験の改善をやっていけたらと思っているところはあります。私からも、ちょっとコメントの

ような返し方になってしまいました。

石黒 ありがとうございます。そろそろ空腹が限界なのと、会場の都合もありまして、質問がまだまだあると思いますが、懇親会を、この後5時半まで、一応予定しております。残っていただけるということですので、そちらでも、ぜひご歓談いただけたらと思います。最後に、今回発表していただいた方から、何でもいいのですが、未来の味覚の拡張の、自分の考える将来というようなことについて、一言ずつ頂けますでしょうか。暦本先生からお願いします。

暦本 まさに、おいしさや食というのは、非常に大きなテーマです。食とテクノロジーの関係は難しいけれど大きな可能性を感じています。絵画だと、芸術と技術というのはとても難しいとも言えるのですが、結構即物的に、絵の具がチューブになったことの芸術への影響は大きいです。18世紀か19世紀に起きた非常にエンジニアリング的な改良ですが、チューブによって、画家が外に絵の具を持ち出して、その場で絵を描くことが一般化し、そこから印象派が生まる大きな要因になりました。大きな芸術の変革が、エンジニアリング的な進歩からもたらされたり、関係しているというのもあるわけです。丸々全部を、全て技術でやるということは、到底難しいのですが、何かそういう小さなとっかかりというかアイデア、アプローチというのは、いろいろあるのではないかと考えております。今日はどうもありがとうございました。

中村 私は電気味覚というテーマをやってから、食に対して、時間方向、空間方向で考えるというようになっていたのですが、今回の話の中で、食が音楽にたとえられ、音楽のメディアの変化にたとえられたのが音楽を昔専攻していた人間からすると面白かったです。そういった考え方が、食に対するアプローチ、いうものを媒介として、結構近い感じ方で捉えられていると

いうことを発見できたのが、私が個人的に非常によかったなと思ったことです。また食に向き合うとき、非常に楽しい側面と、センシティブにならないといけない側面の両方との振れ幅が大きいのですが、危険性には気を付けつつも、楽しい側面を出していくというのを、工学的にも、料理上の工夫でも、やっていけたらと思います。

野中 今日、自動調理の中で、煮炊き以外はまだ難しい部分も多いですとお話しさせていただいたのですが、最近別の観点として、本当の職人の世界の高級料理にも、自動調理が向くかもしれないといわれている調理法の1つに、天ぷらがあります。天ぷらというのは、とても高いところのお店に行っても、油に入れた時間から出す時間までのリードタイムは、結構ばらつきがあって、画像センシングで油の状態や食材の状態を判定するのは、機械が得意な領域なので、さらには天ぷら職人さんというのは、腕が2本しかないところを、かなりの双腕で、全部を本当に絶妙なタイミングで揚げられるとしたら、それは人を超えるかもしれません。それをロボットでやる方向性もあれば、人の職人さん、プラス何らかの双腕の、形は分かりませんが、新しい天ぷらの世界も、割と廉価な、高級でないところの自動化でない文脈にも、自動化することで、食の未来が広がる可能性はあるということも、他方であるので、何か、食はまだまだ面白い方向に行くのではないかと思います。今日はとても楽しかったです。ありがとうございます。

高山 まず味覚というカテゴリーの中の、電気というのが入るというのは、大変また新しい、本当に、世界がうま味というものを知って、いろいろな文化が、世界的に流れが変わったように、また電気というものの、感覚から来る味覚というものが入ってきたときに、新しいアプローチの仕方というのがあり、ちょっと面白いだろうなというのが、まず今日、思ったことで

した。

あと、最初のアトムと 009 のたとえば、結構好きで、何か全自動化というのは、体験がなくなっていくし、良さそうな未来だという感じがなくて、僕は全然わくわくしません。拡張というのは、僕がもししたら、100 mを9秒で走れる能力を持つことができるとか、知らない世界を身近にすることができるということで、その技術が伸びてくるといのは、本当に楽しいだろうなというのが、何よりです。今日、いろいろ知見を広めさせてもらって、どうも、本当にありがとうございました。

石黒 ありがとうございました。最後に、今日発表いただきました4人の先生方に拍手で終わりたいと思います。

それでは早速懇談会の方に移りたいので簡単にご案内しますと、今年度、この寄付講座の最後のシンポジウムが、年明け、3月ごろを予定しておりまして、そちらはまた、ヒューマンオーグメンテーション学のホームページで、情報が出せるようになり次第、公開していきたいと思いますので、場所はたぶん東京になってしまうのですが、ご興味のある方は、ぜひお越しください。

懇談会に参加される方は、このまま残っていただいて、もしここで帰られるという方は、ちょっと天気が心配ですが、お気を付けてお帰りください。本日はありがとうございました。

ヒューマンオーグメンテーション学シンポジウム 「Augmented Society 人間拡張による社会の拡張」

2020 年 4 月 28 日、本寄付講座の期末となる公開シンポジウムが COVID-19 の影響により完全オンラインで開催されました。ゲストに加藤真平さん（株式会社ティアフォー）と樋口啓太さん（Preferred Networks、醸燻酒類研究所）、清水亮さん（ギリア株式会社）をお招きし、コロナ禍における在宅勤務や外出の自粛、講義や会議のオンライン化などの社会や生活の大きな変化期において、本寄付講座が形作る「人間拡張学」がどのように寄与していくかについて活発な議論が交わされました。

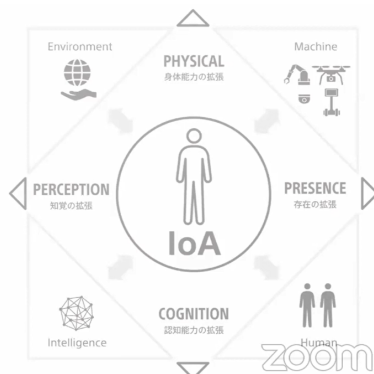
東京大学大学院情報学環
ヒューマンオーグメンテーション学
(ソニー寄付講座)

Augmented Society

人間拡張による社会の拡張

SONY

東京大学
The University of Tokyo



はじめに

石黒（石黒祥生）時間になりましたので、そろそろ始めさせていただきますと思います。オンラインシンポジウムをご覧の皆さま、こんばんは。本日は寄付講座、シンポジウム 2020、「Augmented Society 人間拡張による社会の拡張」をご覧いただき、ありがとうございます。東京大学ヒューマンオーグメンテーション学、ソニー寄付講座、客員准教授の石黒祥生と申します。よろしくお願いします。本日はもう1人、同寄付講座、特任准教授の中村裕美先生と司会進行を務めさせていただきます。よろしくお願いします。

中村（中村裕美）ご紹介にあずかりました中村裕美です。どうぞよろしくお願いいたします。

石黒 早速ですが、本講座では、これまで3年間、人間拡張、ヒューマンオーグメンテーションをテーマに、さまざまな研究活動を行ってまいりました。2017年6月1日に、第1回セミナーを行って以来、定期的にセミナーやシンポジウム、あるいは学生向けのサマースクールなど、そういった活動を行ってきました。そういったシンポジウムでは、人間拡張につながる研究や企業の活動などを行う、さまざまな方のお話を伺ってきま

した。本日はその締めくくりのシンポジウムです。本来は昨年度末を予定しておりましたが、昨今の情勢により、オンラインで、少し遅れての開催となりました。

皆さまも苦勞されていると思いますが、昨今の情勢を鑑みて今回、そのシンポジウムのテーマを、「Augmented Society

人間拡張による社会の拡張」と題しました。例えば在宅勤務や外出の自粛など、社会が大きく変化した今、講義や会議のオンライン化など、テクノロジーによる社会の変化に触れる機会が多くなっていると思います。そこで、このような変化や事態において、本寄付講座が形づくる人間拡張学、ヒューマンオーグメンテーション学がどのように寄与していくことができるのかといったことを、皆さまと一緒に議論していきたいと考えております。今回のシンポジウムでは、後ほど詳しくご紹介させていただきますが、パネリストとして3名の方にお越しいただいております。株式会社ティアフォーの Founder であり、CTO の加藤真平様、Preferred Networks の研究者であり、醸造酒類研究所 Founder の樋口啓太様、ギリア株式会社、代表取締役社長兼 CEO の清水亮様をお招きしております。

それでは、まず初めに、東京大学情報学環の教授で、同寄付講座の暦本純一先生から、寄付講座のこれまでの活動について紹介していただきます。暦本先生、よろしいでしょうか。

暦本（暦本純一）では寄付講座の概要と活動を報告したいと思います。この寄付講座は、人間拡張学という学問領域を確立するということを考えて、3年前に開設されました。3年前は、まだ人間拡張という言葉が、あまり定着しておらず、人間を本当に物理的に拡張するのですかと言われたのですが、最近はだんだん、人間拡張あるいはヒューマンオーグメンテーションという学術用語として、話を通じるようになってきました。それも一つには、この講座の成果かと思います。

ここに『日経』の記事がありますが、情報技術やロボット技術などの活用によって、人間能力や社会を拡張するという概念、ということになっています。最近ですと、ことしの2020年に、ガートナー社が出している戦略テクノロジー・トレンドという、技術トレンドのトップ10があるのですが、それにも人間拡張が選ばれています。ですので、かなり注目されている領域かと思います。

その人間拡張というのはいろいろな方向があります。私たちのヒューマンオーグメンテーション学講座では、4つに分類して、それぞれについて研究しています。例えば身体の拡張であったり、存在感を拡張させる方向であったり、知覚を拡張させる方向、認知を拡張させる方向があります。これは一つ一つではなくて、4つがそれぞれ融合したりすることもあります。そういったふうに大きく分類しています。

例えば身体は、手の把持力を補助する研究をしています。ソフトロボットを体に組み合わせたようなもので、空気圧で膨らんでいます。手の力が弱くなっている方で、物を持つことがうまくできない方がいたりするわけですが、そのときに、絶妙に形状が膨らんで、手がものを持つ力をオーグメントする、補助するものです。ソフトロボティクスと、ヒューマンオーグメンテーションが組み合わさったものと言えます。

また、最近では特に、Human-AI Integration と呼んでいる、AIが人間と一体化したらどうなるか領域に、非常に興味を持っています。IoA、Internet of Abilities という、人間能力がネットワークを越えてつながるとはどういうことかということにも、興味を持っています。

これは、去年発表した SottoVoce^{*57} という Silent Voice のシステムなのです。これは口パクだけで、そのときに発音している口の中の動きを、舌などの動きを、超音波エコーの装置によって、それから音声をディープラーニングによって生成しよ

^{*57} SottoVoce
<https://lab.rekimoto.org/projects/sottovoce/>

うというものです。音声認識は、スマートスピーカーやスマートフォンなどで使えるようになっていますが、公共の場所ではあまり使えません。街中でしゃべると、秘密のことが言えなかったりします。もしこれが、口パクだけで音声インタフェースがつくれれば、完全にウェアラブルでどこでも使えるものになると思っています。さらに、声帯を損傷された方とか高齢者の方で、大きな声を出せないような方のコミュニケーション支援にもなると思います。

例えば、これは口の中の超音波エコー映像です。実際にしゃべると口の中が動いているのが見えると思います。これは本当に喋っている声ですが、次の例は、超音波映像から、ディープラーニング、AIが推定して生成した音声です。こういうふうにして、口の中の映像から、音声を再現するようなことをやっています。

このように、人間とニューラルネットが一体化すると、新しい能力が得られるというようになります。超音波エコーよりももう少し簡単なものもやっています。これは加速度センサーです。それを喉に貼り付けると、人間の喉というのは、喉の根本に筋肉の根本がありまして、しゃべるときに、そこが変形したり振動したりします。それをまた同じようにニューラルネットによって発話を推定することができるようになります。

この写真は、ヘレン・ケラーさんがサリバン先生の顔に手を当てて、言葉を聞いていますけれども、まさにこれをディープラーニングでやろうということです。こういうのをやっています。こういうふうにして、ニューラルネットと人間センシングというのが一体化すると、我々自身が、ある意味、AIに機能を追加されるような、使い方というか、生き方ができるかと思っています。普通、声というのはリップリーディングといって、唇の動きの映像から声を出す研究が多いのですが、最近ですと、全員がマスクをしている時代なので、こういうときには、自分の

ウェアラブルのセンサーがあったら、それでも会話できるというのがあります。たとえば口を隠して喋っていますが、皮膚につけるセンサーならば問題なく発話を認識できます。

人間と AI の融合は他にも応用があります。例えばこれは楽器の練習です。自分が吹いている楽器の音がいいかどうか、ちゃんと発音できているか、を AI が判定します。これはサククスですが、サククスが発音できているかどうかというのを、ニューラルネットが判定すると、自分の練習がもっと促進されるように、練習システムそのものに AI が入っているものです。

これは英会話の練習です。英語のビデオを見ているときに、視線をトラッキングすると、その人がどのぐらい字幕を見るかで、その人の語学能力が分かるわけです。英語がうまく聞き取れて、時々しか字幕を見ないのか、ずっと字幕を見ているのか分かるので、それをうまく判定すると、この人にとって、このコンテンツが難しいか易しいかというのが分かります。それを機械学習すると、その人にとって最適なコンテンツを作ったり、あるいは難し過ぎるようだったら、ちょっと止めてあげたりというような、人間にとっても寄り添うような教材ができるということも、1つの AI と人間の融合かと思っています。

これは、今日のオンライン開催されていた、CHI2020 の Japan Chapter で発表したものですが、外国語のシャドーイング練習を支援するものです。シャドーイングが難し過ぎると、それをちゃんと調整してくれるような、これもある種、AI と人間が寄り添って学習するようなものです。シャドーイングとは、外国語を聞いて、それをそのままオウム返しでスピーチする語学練習方法ですが、練習者がうまくついていけないときに、それを音声認識で認識して、教材の発話の方をちょっとゆっくりにするなどして難易度を調整します。ビデオだと、シャドーイングと、生徒と私の説明が全部かぶって分かりにくかったですが、そういうふうにしてシャドーイングの難易度を自動調整し

て、練習者にちょうどあった課題にしているところが特徴です。

Human-AI Integration



Human-AI Integration

AI works as a part of humans
Make humans programmable
Agency



User Interface

Direct manipulation
Agency

こういうふうに、AI と人間との間のインタラクションが大変密接になってきています。人間とロボットの Interaction は、Human-Robot Interaction と呼ばれていて、人間がいて、それとは独立した鉄腕アトムみたいな自律的なロボットがいて、その間に Interaction がある考え方が一般的でした。

これからは、Human-AI Integration といって、人間と AI がもっと融合するようなインタラクションが重要になってくるとしています。そういうことが、まさにこの寄付講座の、ヒューマンオーグメンテーション学で追及しているタイプの、AI と人間の融合です。

もう1つの loA ですが、人間の能力、あるいは人間とロボットの能力がネットワークを越えるというものです。単一の身体のオーグメンテーションにとどまらず、自分が他とつながったり、ロボットとつながったりするような世界というのをやっています。これは前に何回かお見せして、さっきティーザーでもお見せしましたが、自分の頭に搭載した JackIn Head^{*58} というデバイスを着けると、自分の周りの、周囲の映像を見ることができて、その人の体験を、ネット転送することができるので、現場に行けない人が、その JackIn Head を着けた人の、その中の視界に入るというのができたりします。これをスポーツ

^{*58} Jackin Head
<https://lab.rekimoto.org/projects/livesphere/>

に応用すると、こういう大車輪をやっている人の映像を見ると、大車輪をやっているような疑似体験ができたり、あるいは大車輪をやっている人のコーチングができたりするわけですが、ちょっとこれはぐるぐると回転し過ぎるので、これは、いわゆる映像技術で、ここをトラッキングしたりするのですが、ZOOM でこれを見ると分かりますか。スローになっています。そうすると頭の揺れがなくなるというような、この人はスピンをしているのですが、体育館がちゃんと回って見えて、体がスピンしているというようになるので、本人の体験に、より近いようなことができるわけです。

今、コロナのために、まさに外に行けないわけですが、遠隔地の部屋に行こうとすれば、ちゃんとその部屋に入って、部屋にいる人の一人称視点から見ただけではなく、3次元にリアルタイム合成すると、部屋全体を俯瞰的に見ることもできます。昨今のように外出できない状況でも、遠隔地との作業を継続することができるわけです。

共同研究で実社会展開に近いことをやっています。これは凸版さんとの共同研究での事例です。スマートフォンを使ったりして、より現実に近いような建付けで、遠隔教育などをやっています。loA 学園^{*59}と名付けた遠隔授業をやったりしています。もう1つの事例は、福島県の大葉町という、福島第一原発の近くにある町での実証実験です。大葉町ではまだ除染作業が続いていて、その町で生まれた子どもさんが、大葉町に入ることはできません。その間を JackIn でつなげてバーチャル里帰りをするというような、遠隔体験をするというようなことをやったりしています。

あるいはこれは、電通国際情報サービスさんと共同研究をしているものですが、CarriRo という自動走行ロボットがあって、その中に遠隔地からジャックインしている例です。自動走行ロボットだけでは解決できないときに、絶妙に人間をジャック

^{*59} loA 学園 https://www.toppan.co.jp/news/2019/11/newsrelease191118_1.html

インして周りの人とコミュニケーションをとったりします^{*60}。

いままで、説明なしにジャックインと言っていましたが、これはSF小説『ニューロマンサー』に出てくる用語で、サイバースペース（電脳空間）に全感覚的に接続する、没入することをジャックインと呼んでいます。その用語をこの寄付講座ではさらに広げて、人間の感覚に入り込むことも含めてジャックインと呼んでいます。

ちなみに、遠隔会議が増えて最近気が付いたのは、物理的な会議の時代は、会議に出る、会議に出席すると言っていました。でも遠隔時代だと ZOOM に「入る」と普通に言ってますね。だから、もう時代的にジャック「イン」する世界にどんどん近付いていると思っています。

これが Human Augmentation の概略です。まとめますと、Human Augmentation というのは能力を拡張したり、超人になったり、効率を上げたりということもあるのですが、こういう時代も含めて、我々はどうやって、自己充足感を得たり、自分で何かを達成できたかという感覚を保ったり、動機付けをつくったりすることができるかということが、非常に重要だと思っています。大きく言うと、こういう2つを目指して、人間の、あるいは人間社会の幸福感を増したいということをやっております。

先ほどのティーザーでビデオがありましたけれども、暦本研のホームページと、あと humanaugmentation.jp というホームページがございますので、より詳しい情報は、そちらをご覧くださいいただければありがたいと思います。ということで、概略をまず終了したいと思います。どうもありがとうございました。

石黒 ありがとうございます。パネリストの皆さま、動画音声を使われる場合は、画面共有時の選択でお願いします。という

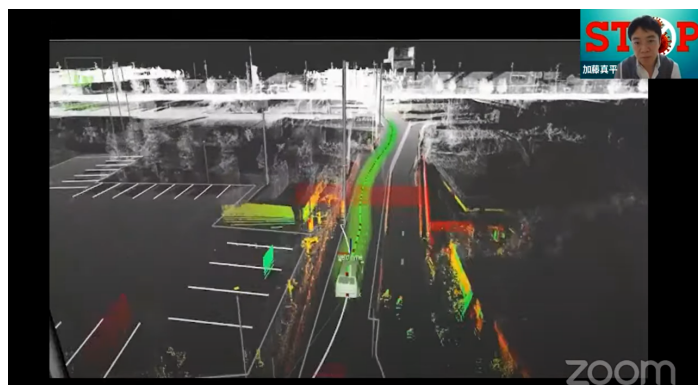
^{*60} ISID と東大暦本研、ロボットとの共生社会に向けた loA デバイス「TiCA」を共同開発 <https://www.isid.co.jp/news/release/2018/0319.html>

わけで、それでは、今回はパネルセッションの時間を長く取りたいと考えておりますので、早速パネルセッションに移りたいと思いますが、まずその前に、今回参加していただいたパネリストの皆さまに、それぞれ 10 分程度ですが、取り組みのご紹介を頂こうと考えております。

自動運転技術による社会の拡張

加藤真平（株式会社ティアフォー）

東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授，名古屋大学未来社会創造機構客員准教授，株式会社ティアフォー Founder & CTO, The Autoware Foundation 代表理事，博士 (工学). 慶應義塾大学 理工学研究科 開放環境科学専攻 後期博士課程修了. カーネギーメロン大学，カリフォルニア大学の研究員，名古屋大学大学院 情報科学研究科 准教授を経て，現職. 専門はオペレーティングシステム，組込みリアルタイムシステム，並列分散システム.



石黒 まず1人目のパネリストの方は、株式会社ティアフォー Founder であり、CTO の加藤真平先生です。東京大学大学院、情報理工学系研究科の准教授であり、また名古屋大学、未来社会創造機構客員准教授でもあります。The Autoware Foundation の代表理事もされております。博士 (工学) ということで、慶應義塾大学理工学研究科、開放環境科学専攻、後期博士課程を終了後、カーネギーメロン大学、カリフォルニア大学の研究員をされました。その後、名古屋大学大学院で、情報科学研究科准教授を経て、現職であります。それでは加藤先生。

加藤 はい。よろしくお願いします。今、紹介していただきました加藤真平です。私は東大が本業ですが、活動の1つとして、ティアフォーというベンチャーを創業してまして、そのティアフォーでやっている開発を中心に紹介させていただきます。今日呼んでいただいて、本当にありがたいと思っておりますが、単に自動運転だけをやっているというよりは、少し人間活動や、社会のコンテンツというか社会の拡張に、少しでも寄与するような開発もやっていたりしますので、そこを紹介してもらって、ぜひ皆さんに意見を頂けたらいいなと思っています。最近、ここ数カ月ぐらいで、Twitter を始めまして、今日、自分のウェブサイトを作りましたというようなことで、あんまり普段は SNS などには利用しないのですが、最近利用しているので、皆さん、よかったら見てみてください。

私の活動なのですが、ティアフォーというのがベンチャー企業で、今、だいたい4年ぐらいやっています。人数も200人ぐらいを超えてきて、ようやく自分のやりたい開発ができる体制になってきたかなと思っています。あと、私はオープンソースの活動もしてまして、Autoware^{*61}というソフトウェア、自動運転ソフトウェアを開発しているのですが、ここのコミュニ

^{*61} Autoware <https://tier4.jp/autoware/>

ティが、今日の時点で、1,600 から 1,700 です。全員が開発に貢献しているわけではないのですが、この1割弱は、最近アクティブに開発に協力していただいているところです。実はベンチャーで9個ぐらい子会社を持っていて、これ、だいたい学生さんがベンチャーをやっているのですが、今回、暦本先生の学生さんも、実はこの右から3番目の Synesthesias^{*62}というベンチャーの創業メンバーの1人で、そういうつながりもあって、今日呼んでいただいたのかなと思っています。

^{*62} Synesthesias <https://synesthesias.jp/>

大学の研究室以外にも、こういうオープンソースやベンチャーという枠組みを使って、自分がつくりたい社会というか世界を、自分なりに体現しようと思って、チームを組んでいます。自動運転は、いろいろな自動運転がありまして、オーディエンスが10人いたら、10人が、恐らく少しずつ違った自動運転のイメージを持たれていると思うのですが、私がやっている自動運転は、大きく2つあります。1つは、今の完成車が、今外を走っている車が、自動運転の機能を持つというパターンと、もうそもそも車自体が、概念が変わってきて、デザインもそうですし、あとはもしかしたら車が将来しゃべるかもしれないし、そういう、今の車とはちょっと一線を画した新しいモビリティというか、新しい乗り物というか、新しいロボットというか、そういう観点の自動運転と、2つあるのではないかと考えてやっています。

ちょっと動画になるので、これがどれぐらい皆さんの画面でフレームレートが出ているのか分からないのですが、今日本も、自動運転を実験する環境というか、制度というのはとても整ってまして、これは1年以上、もう2年ぐらい前になるかもしれませんが、やった実験です。もう今日本でも、運転席に人を乗せなくても、ある条件をしっかりと満たせば、一般公道でも、こういう、運転席無人の自動運転車を走らせることができます。そのソフトウェアを、我々がオープンソースで開発をし

ています。今、車の内部のカメラの絵と、周りの3次元環境をどのように認識するのかという、可視化した絵が、切り替わって出ていると思います。自動運転ソフトウェアというのは、この世界を3次元で認識をして、どういう経路を走って、どういうふうにステアリングやアクセル、ブレーキを制御するかというのを、全て自動で処理をしています。

これを制度的に可能にしているのが、遠隔にドライバーがいるという、そういう建付けになっているので、道交法上、許可をされています。なので、遠隔に人がいなければ、運転免許を持った人がいなければ、こういう運転席無人の車は走らせられないのです。今は1人が、この1台を遠隔で監視しているのですが、それだと、せっかく自動運転車を、運転席無人で走らせている意味がなくなるというか、結局1人、1台の車を見なくてはいけなくなってしまうので、人間拡張という意味ですと、ぜひ1人が複数台、10台とか、将来100台ぐらいを、運転席無人で走っている自動運転車を、遠隔から面倒を見ることができれば、人件費も100分の1とかで済むかもしれないですし、そういうところは、とても研究要素があるなと思ってやっています。

VRの世界に反映させたり、その中に、こうやってキャラクターを表示させたり、運転席が無人で誰もいないと、乗客の方が不安に思うかもしれないので、こういうコンテンツも、これからたくさん出てくるのではないかと考えています。

極論を言うと、もはや、外の世界をそのまま見る必要もないと思ってしまして、自動運転車の中は全く違う世界になっていて、これは実験をしている絵です。これは石黒先生が、まさに研究されている内容で、移動中の時間というようなもの、こういうことも一緒にやっていくと、自動運転で、移動を自動化するだけではなくて、付加価値というのを入れると、自動運転というのは、もっと社会に広がっていくのではないかという思い

で、こういう開発も進めています。

今、車の種類も、我々はたくさん持っていて、これは自分たちで、ゴルフカートをベースにして、3D プリンターで造った車なのですが、これはとても低速の自動運転で、例えば公園内ですとか、田舎のある限定されたエリアとか、そういうところで、短距離、近距離の移動に使ってもらうために開発しています。結構、子どもなども対象になるのかなと思ったりしていて、VR と一緒に連動させると乗っている間にお化け屋敷のような体験をしてもらって、移動を楽しんでもらう、付加価値をつける、我々はこういうことを目的としてやっています。もういろいろな世界がつかれると思っています。高速道路のようなものを、距離の延長で見せてあげて、VR を使うと車がゲームコンテンツを提供できるようになります。

他にも自動運転技術というのは、いろいろなところに使えます。移動だけではなくて、物を運ぶというようなことも、今、我々はビジネスとしてやっていて、これは工場内のけん引作業です。結構大変な作業なのですが、自動化してしまうと、工場内を、大変効率良く回すことができるということで、最近これは、ヤマハ発動機さんという大手企業さんと合併会社をつくって進めています。

ここで、同じソフトウェアを使っている、同じセンサーを使っているというのが、我々としての考え方で、毎回毎回、車が変わるごとにソフトウェアを変えるのではなくて、同じソフトウェアで、自動運転システムをつくっていけると、スマートフォンやPC やサーバーのような世界を、この自動運転の世界にも持ってこられるのではないかとということで、我々はあくまで、こういうプラットフォームを研究開発している組織です。いろいろなチームと組んで、物流に使ったり、さっきのあの低速の近距離移動に使ったり、ロボットタクシーのようなものに使ったりと、そこはパートナーと組んでやっていこうと

考えています。

これを支える技術というのが、結構面白くて、これは三次元地図というのですが、自動運転を実現するのに、必ずこの三次元地図というのを最初に作ります。これは街中や走る場所を、全て三次元でスキャンしてしまうというようなイメージなのですが、このデータを、もっといろいろ活用できると、人間拡張や、それこそ社会の拡張のようなところにつながっていくのではないかと考えています。我々だと、VRの世界もここからつくっています。このスキャンのデータを基に、バーチャルな世界をつくっているのですが、そういうところにも活用していけたらいいと思ってやっています。そんなところです。

これは、もうちょっと最近の自動運転ソフトウェアですが、世界がこう見えています。その自動運転ソフトウェアが認識した結果などのデータを、別の用途に、人間との Interaction などに使えると、もっともっと違う可能性が出てくるというふうに思ってやっています。以上になります。ありがとうございました。

石黒 加藤先生、ありがとうございました。動画を流していただいたときに、ビデオの音声とコメントがかぶってしまって、若干聞き取りづらかったのですが、その辺りは、後ほど、パネルの時間にでも、ご興味のある方は、ぜひ質問していただけたらと思います。

拡張された社会における越境

樋口啓太 (Preferred Networks、醸燾酒類研究所)

1988 年新潟県十日町市生まれ。2010 年金沢工業大学工学部卒業。2015 年東京大学大学院学際情報学府博士後期課程修了、博士 (学際情報学)。同年東京大学生産技術研究所特任助教 (2018 年より特任講師)。2017 年から 2018 年にカーネギーメロン大学 Robotics Institute 訪問研究員を経て 2019 年 10 月より現職。同年クラフトビール醸造ベンチャー醸燾酒類研究所創業に携わる。専門はヒューマンコンピュータインタラクション、特に人工知能技術を活用した人間拡張に関する研究に従事。

もうひとつの所属: 醸燾酒類研究所

- クラフトビール醸造と販売をする会社 (十日町市所在)
 - 2019 年中の醸造免許取得を目指す
- 創業準備期間(2018 年 10 月～)よりほぼリモートで参画
 - 日中は本業先で働き、夜に slack やネット電話で相談



社長研修先でのプロトタイプビール仕込みの様子



石黒 質疑に関しては、後ほど、これは QA の方で書き込んでいただくとして、早速 2 人目のパネリストの方の紹介に移りたいと思います。お 2 人目のパネリストの方は、樋口啓太様。Preferred Networks の研究者であり、醸燻酒類研究所という会社の Founder でいらっしゃいます。1988 年、新潟県十日町市生まれで、2010 年、金沢工業大学工学部を卒業された後、2015 年に、東京大学大学院学際情報学府博士後期課程を終了され、博士 (学際情報学) ということです。同年、東京大学生産技術研究所特任助教。2018 年より特任講師ということで、また、2017 年から 2018 年に、カーネギーメロン大学 Robotics Institute 訪問研究員を経て、2019 年 10 月より現職ということです。また同年、クラフトビール醸造ベンチャーの醸燻酒類研究所創業に携わられ、専門はヒューマンコンピュータインタラクション、特に人工知能技術を活用した人間拡張に関する研究に従事されているということです。ちなみに私の後輩でもあるのですが、お酒が好きな後輩でして、その好きこそものの上手なれなのですが、お酒の会社までつくられたということで、面白いお話をぜひお願いしたいと思います。樋口さん、大丈夫ですか。

樋口 はい、ありがとうございます。それでは、ご紹介いただきました樋口です。今回、10 分ぐらいで話題提供ということで、自分の話と、最近自分が考えていることを、少し話させていただきます。よろしくお願いいたします。それで、「拡張された社会における越境」というので、最初は自分の自己紹介から入らせていただきます。自己紹介といっても、石黒さんに紹介していただいたのですが、98 年、昭和 63 年に、十日町市で生まれて、そして 2010 年から 2015 年の間、暦本先生の研究室で、HCI、特にヒューマンオーグメンテーションに関する研究をして、博士課程を修了いたしました。HCI の研究をし

ていく過程で、2012 年ぐらいから、急速にディープラーニング技術などの機械学習の技術が発展して、これはちょっと、これをキャッチアップして、人間拡張に生かさないといけないということで、2015 年より、生産技術研究所の佐藤洋一先生の Computer Vision の研究室に移りまして、特任助教や特任講師、2017 年、2018 年に、カーネギーメロン大学の訪問研究員をさせていただき、2019 年より現職に就いております。ご紹介いただいたとおり、ビールが大好きです。

最近の研究テーマを簡単に紹介させていただきますと、大まかに言うと、最先端の機械学習技術を活用した人間拡張技術というのをやっています、特に機械学習がする自動検出・認識というのを活用して、人間は、頭はいいけど時間がないので、人間の判断の支援に活用してあげようというような研究をしています。

簡単に幾つか紹介させていただきますと、1 つ目が、一人称視点映像という、人間の頭に着けた主観映像を撮るカメラです。結構、とてもいろいろな、例えば手術の記録を残すとか、警備とかそういうので使われるのですが、まだちょっと映像が長くなる、閲覧に大変時間がかかってしまうという問題があるので、自動解析というのを使って、人間が後から、興味のある映像を発見しやすいものを作ってあげようというようなインターフェースです。簡単に紹介すると、具体的には、再生速度、早回しをするのですが、早回しをする際に、何に興味がありますかというのを入力して、例えば、そういう人と何か Interaction したときの記録が見たいというように設定すると、映像中から、自動的にその部分だけが抽出されて、映像が早回しされる中でも、人との Interaction だけがちゃんと見えるというようなものです。ごめんなさい。今、映像が早回しなので、ちゃんと見えているか分からないのですが。これらは全部短時間の自動解析を自動でやることで、実現できるというようなも

のになっております。

もう1つは、視線解析技術というような、人間がどっちを向いているか、例えばカメラの映像に映る私がどこを向いているかというようなのを、マシンラーニングで自動で判定する技術というものを、同様に暦本研究室で開発されていたので、それを活用いたしまして、発達障害児童の映像診断を行う専門家を支援するために、映像診断支援のインターフェースをつくりました。専門家は、後から映像で、その人の行動、振る舞いを見て、その人がどういう発達障害にあるのかというのを診断したりするのですが、その際に、専門家の時間を少しでも短くしようというような映像診断支援のインターフェースです。

また、実際の、こちらはカーネギーメロンで、IBMにも所属されている浅川智恵子さんのグループと一緒に研究した研究です。人物を検知して、移動方向の予測技術を使って、視覚障害者の方が、公共の環境で自立歩行できるように、周囲の歩行者との衝突の回避を支援するシステムというのを開発しました^{*63}。これを簡単に紹介させていただくと、まず何もない状態ですと、空港内を歩くときに、人とぶつかることが頻発してしまうのですが、このシステムは、人の将来の動きを見て、人がぶつかるかどうかを検知して、音を鳴らします。今、音が鳴っていないですね。音を鳴らします。音を鳴らして、周りの人に気付いてもらおうというようなインターフェースになっています。というような形で、人間の判断というか、周りの人間に助けてもらうというように、機械学習は完璧ではないながらも、どうやって活用できるのかというような研究をしていました。

現在は Preferred Networks^{*64}という会社に、2019年より、HCI Researcherとして所属しています。Preferred Networksというのは、現実世界を計算可能にするというビジョンを持っている会社でして、コア技術として、ディープラーニングやロボティックス、化学、そしてソフトウェアや計算資源などがあ

^{*63} Bbeep <https://wotipati.github.io/projects/BBeep/BBeep.html>

^{*64} Preferred Networks
<https://www.preferred.jp/ja/>

るので、その中で、特にプロダクト開発や問題解決のために、HCl という研究手法というのを活用していこうというのを指して、現在奮闘中であります。

それと同時に、もう 1 つの所属として、醸燻酒類研究所^{*65}というところを、地元十日町の幼なじみと起業をしました。これは、僕がアメリカのカーネギーメロンのピッツバーグにいたときに、大変クラフトビールを好きになって、なぜこんなおいしいものを、日本でそんなに飲めないのだろうかというのを、ショックを受けて、醸造所の友達にやらない？ と言ったら、やると言ったので、醸造所の友達が社長になって、僕はリモートで参画しているというような形になっています。実際に、クラフトビールの免許は 2019 年の取得を目指しているのですが、この今回の困難の中で、まだ延び延びになっているというような状況です。ただ実際に、まだ研修先とかで、プロトタイプビールの仕込みができていますので、何とかことし中には、お届けできるようになりたいという思いです。

^{*65} 醸燻酒類研究所 <https://www.jokun-brewing.work/>

今回、越境がテーマなので、1 つの話題提供になると思いますが、僕は、創業期間の 2018 年 10 月から、ほぼリモートでこの会社に参画しています。日中は本業先で働きつつも、夜に Slack や電話で相談して、いろいろ進めてきたという背景があります。そんな中、世の中が突然変わってしまって、新型コロナウイルス感染拡大防止のために、在宅での学習や仕事が求められるようになっていきます。実際に私のホームである Preferred Networks では、2 月 17 日より Work from Home の体制がとられております。それだけではなくて、結構いろいろな会社、多くの組織が、場所に縛られない越境組織となる改革を行っていて、確かに非常に大きな困難を抱えている方が多いと思います。ですが、もちろんできない仕事もある中、できる仕事の方は、何とかその仕事を少しずつ、意外とできるのではないかということも思いつつ、やられているのではないかと思います。

ます。

やはりこの背景には、実際にネットワークなどのインフラ整備もされていたというのが大きいのではないかと考えています。とはいえ、何か、まだ始まったばかりで、大変な部分があり、どうしたらいいかわからない状況です。そこで1つ、私が最近教えてもらったのが面白くて、皆さんご存じかもしれないのですが、既に越境組織というものを実現していた会社というのがあります。GitLab 社というのは、2014 年より、全社員フルリモート体制を確立して、1,200 人を超える社員が、67 カ国から働いていて、もちろん 67 カ国なので、時差を越えながら働いているということが実現されていました。その中で、今回の状況を受けて、いろいろなリモートワークなどを開始する会社などに向けて、効率的なリモートワーク環境のための tips をまとめた GitLab Remote Playbook として公開しています。例えば時差をまたぐチームのマネジメントや、情報共有のやり方、快適な在宅ワーク環境までカバーしていますので、皆さん、見てください。もう、これの紹介のようになってしまいました。

ただ、これは既存のやり方や方法論、ソフトウェアの活用する方法などは書いてあるのですが、越境集団の構築のためには、まだまだ技術開発はしていかないと考えています。1つはインフラ面で高速のネットワークを提供するとか、どこからでも潤沢な計算資源にアクセスできるとか、そういうものがようになるのですが、もう1つツール面で、実際にどう越境集団を構築していくかという中で、やはり遠隔作業を実現するシステムを開発するような、人間拡張システムが必要になってくるのではないかと考えています。

1つは、今回もっといい例はあるとは思いますが、どのぐらいの遠隔講義で、SaaS^{*66}のマテリアルを使っていいかわからないので、せっかくなので僕の研究を紹介させていただきます。例えば暦本研究室で研究した遠隔のドローンというものを、遠

^{*66} Software as a Service。ソフトウェアを利用者側に導入するのではなく、提供者側で稼働させ、インターネット等のネットワーク経由で利用者がサービスとして利用する状況。

隔で自分の体で操作することによって、遠隔の現地で作業するシステムや、こちらは、博士課程の最中に、マイクロソフトリサーチのインターンシップ中に開発した、未来の Skype で実際に作業をする環境と、バーチャルの中の作業する環境と、本物の人間の身体が事前にスムーズにつながることで、人間の意図をより伝えやすくするシステムや、そしてこれは東大の生産技術研究所で研究したもので、遠隔の手術などを想定して、遠隔の専門家の知識や技術を現地で再現するためのシステムというものです。もちろん、これはあくまで一例なのですが、まだまだ越境集団の構築を助ける人間拡張技術というものが、より開発が必要になってくるのではないかと、それこそ社会に求められているのではないかと考えております。

最後に、技術的には、越境集団を構築することは、徐々にできていくとは思いますが、やはり一番大事なのは、越境組織の構築をして、それを維持することが、拡張社会をつくっていくのではないかと考えております。

今回の非常に大きな困難は、きっといずれ解消されると思うのですが、解消されたからといって、越境組織がせっかく出来上がってきたのを、もういいよねとするのではなくて、それを維持することが大事だと思うのです。それによって多様なライフスタイルの人、例えば家から出られない人のように、いろいろな人が活躍できるような集団がつかれるでしょうし、越境によって、国などに縛られないプロ集団の構築ができたりもします。あと、今回私のように、東京で働きながら、夜、新潟のビール醸造所のことをやるというような、そういうこともできるようになるのではないかと考えています。

これもスライドとして、どのぐらい公開されるか分からなかったのですが、無難なことを書いてはおりますが、やはり大事なのは、一人一人が行動していくことが大事なのではないかと思っています。今回コロナ騒動があって、ようやくいろいろなことが

動き始めましたが、それを実現する環境というのはある程度整っていたので、一人一人が働きかけて行動していくことが拡張社会をつくっていく、皆さん自身が拡張社会をつくっていくのだと信じて、私も、醸燾も PFN(Preferred Networks) も、頑張っていきたいと考えております。ありがとうございました。

石黒 ありがとうございました。

メディアとしてのAI

清水亮（ギリア株式会社）

プログラマー/ハッカーとして世界を放浪した後、2017年、ソニー CSL とともに AI の社会実装を目指すギリア株式会社を設立し、現職。著書に「よくわかる人工知能 (KADOKAWA)」「増補版 教養としてのプログラミング講座 (中央公論新社)」など。

事業モデル

データ収集
世界最高性能のイメージセンサーと業務用カメラのノウハウを活かしたデータ収集による高精度RAWデータ

クレンジング&アノテーション
独自のデータアノテーション工場で専門に訓練されたスタッフによる丁寧で高精度なデータ作成を実現

モデル学習
最先端の技術を用いたAIモデル開発
独自のアルゴリズムで案件に応じて最適なソリューションを専用開発

サービス化
多数の業種を持つアプリケーション
開発の経験豊富な開発者によりAIのサービス化まで一気通貫で対応
クラウドプラットフォームを
提供できる唯一のAIベンダー

AIの性能を決定づける「データ収集」と「アノテーション」に大きな強み

GHILIA

2018/08/29 Copyright 2018 Ghelia Inc. zoom

石黒 ちょうど時間的にもお酒の恋しい時間になってしまっていますが、次に3人目のパネリストの方を、ご紹介させていただきたいと思います。3人目のパネリストの方は、清水亮様。ギリア株式会社、代表取締役社長兼 CEO でおられます。プログラマー・ハッカーとして世界を放浪した後、2017年、ソニー CSL とともに、AI の社会実装を目指すギリア株式会社を設立され現職ということで、著書に KADOKAWA から出ております『よくわかる人工知能』と、中央公論社の『増補版 教養としてのプログラミング講座』などがございます。それでは簡単な紹介になってしまいましたが、清水さん、よろしいですか。

清水 はい。

石黒 よろしくをお願いします。

清水 はい。では、僕の方からは、「メディアとしての AI」というタイトルでやらせていただこうかと思います。

今、ご紹介いただいたように、ギリア株式会社という会社の代表取締役社長兼 CEO というのをやらせていただいているのと、あと、社団法人未踏の NEDO プロジェクトで、AI フロンティアプログラム^{*67}という、AI 人材を育成するプログラムなのですが、そこのメンターをやらせていただいて、今期2期目です。

^{*67} AI フロンティア
プログラム https://www.mitou.org/projects/ai_frontier/

会社概要を大まかにご紹介すると、さっきご紹介にあった2017年6月30日に、ソニー CSL さんと一緒につくった後で、いろいろな会社さんから資本を集めて、現在やらせていただいている会社です。当社がどんな仕事をしているかというのは、なかなか説明しづらかったのですが、非常に分かりやすい例があるので、少しだけ紹介すると、トライさんで CM をやっている、AI で勉強の成績が上がるぞというようなのを、実際にやらせていただいています。あとは基本的に、当社は、いろいろなインフラ系の会社さんと組んでいて、カメラと音響機器に詳し

い会社が関連会社にあったりするので、そこから実際にエンジニアが出向ってきて、カメラを設置したり、センサーを設置したりして、これも新潟に専用の工場を持っているので、実際にアノテーションデータをつくって、モデル学習して、サービス化するということまでをやっています。

僕がなぜ、今、メディアの話をしているのかというと、当社の基本理念が、人と AI の共生を実現するということを言っているからです。その、人と AI が共生するという話の元ネタというのは、リックライダーという方が書いた『Man-Computer Symbiosis』^{*68}という論文で、これが元で、インターネットや現代のパーソナルコンピューターにつながる研究になっているのですが、僕はそれに関係するいろいろな人に直接影響を受けているので、必然的に、そういうことを、今テーマに掲げています。

^{*68} Man-Computer Symbiosis <https://groups.csail.mit.edu/medg/people/psz/Licklider.html>

今のメディアがメディアとして認識され始めたのは、1957年のスプートニク・ショック^{*69}と言われています。今の僕らだと想像しづらいのですが、そのころ世界は、完全に分断されていました。隣の国といっても、もうほとんど全く別の宇宙みたいな感じだったのが、ある日突然、人工衛星が頭の上をぐるぐる回っていて、しかもそれがソビエト製で、何だかよく分からないけれど、他の国のものが頭の上をぐるぐる回っているから、みんなが頭の中に地球というものをイメージできたのです。これに刺激されて、すぐさま、アメリカ合衆国がマーキュリー計画、宇宙計画を始めるのですが、実は、表面上は軍事計画として、宇宙を取られたらやばいぞというような話でありながら、その裏側ではコンピューターが発達したり、あとは、やはりみんなのイメージが変わったりして、このときマクルーハンという人が、『グーテンベルクの銀河系』^{*70}という本を書くのですが、初めてメディアというものが、大変意識されるようになるのです。ここから始まって、スチュワート・ブランドという人

^{*69} スプートニク・ショック: ソ連による人類初の人工衛星「スプートニク 1 号」の打ち上げ成功の報により、アメリカ合衆国を始めとする西側諸国の政府や社会が受けた衝撃感や危機意識のこと

^{*70} グーテンベルクの銀河系—活字人間の形成 (マーシャル マクルーハン 著)

が、NASA に対して、Global Village、地球は 1 つなのだというイメージをやっていて、これがいろいろな技術と結び付いていきます。

例えば、たぶん暦本研の人なら、よくご存じだと思いますが、アラン・ケイという方が、パーソナルコンピュータの基になるアイデア、パーソナル・ダイレクト・メディアということを考えます。このときに非常に象徴的なのが、アラン・ケイはもともと、ダグラス・エンゲルバートの研究所のチームがつくっていた NLS を、パロアルト研究所に入れようとしていたのですが、ダグラス・エンゲルバートはあくまでも、自分たちがつくっているものは、訓練された軍人のような人間が、自分の知能拡張をするためのものだったのですが、アラン・ケイは、そうではなくて、もっと誰でも使えるものでないといけないと、なぜなら、コンピューターはメディアだからだと言うのです。要は、マウスやウインドウというものは、仕組みとして、エンゲルバートがつくっているのですが、それをメディアとして捉え直したのはアラン・ケイなのです。アラン・ケイは、『パーソナル・ダイナミック・メディア』の論文を書く前に、1 カ月以上を使って、マクルーハンの『グーテンベルクの銀河系』を読み込んで、その上でコンセプトを考えています。今、このコンセプトが、いろいろな形でインターネットに結び付いたりして、具現化して、スマートフォンの形になっているのですが、奇しくも、この 3 つの要素というのは、同じ象徴なのです。つまり地球は 1 つなのだ、Global Village なのだということです。

なぜこんな話になっているかというと、今、全世界的に共通する危機を迎えている我々にとって、その地球は 1 つだというメッセージは、とても強いメッセージだと思うからです。今、まさに我々は、もう地域で分断すると言いながら、分断できないし、でも、1 つと言いながら、1 つになってしまうと、全員が情報を知ってしまうしという、大変なジレンマと闘っている

と思うのです。今、最も進化したメディアがウェブメディアだと思っています。それは、このシンポジウム自体を、YouTubeで見る人も ZOOM で見る人もいるのですが、基本的に、その裏側にある技術というのは、ウェブを核とした技術です。ところがウェブには限界があります。例えば今、この瞬間もそうですけれど、送り手と受け手、話す人と聞く人というのが、完全に分断されています。聞く人は、極端な話、質問をできる人もできない人もいます。ZOOM で聞いている人は質問できるかもしれないけれども、YouTube の人は質問できません。完全に分断されています。3分割されています。

さらに言うと、送り手になるハードルが大変高いです。例えば、YouTube などは誰でもできるとか、ブログなどは誰でも書けるとか言いながら、見てもらうためのブログや見てもらうための YouTube をつくるのは、非常にレベルが高いわけです。そう簡単にはできません。さらに受け手の話になると、本当の自分が見たら、絶対に面白いブログや絶対に面白い YouTube などがあるのに、どうやってそれを探したらいいかわからないし、そこにたどり着けません。実際に今、本なども、Amazon で買っている、本屋さんで見つけるような偶然の出会いというようなものがないわけです。そういうのが問題だと思っています。僕はそれに関する活動を続けています。

とにかくこの3つの分断がありますよということです。僕は enchantMOON をつくって、要は Web を作る作り手と見る人というのを、なるべく同じに近づけられないかという、1つの実験だったのですが、簡単にすればするほどコンテンツの質が下がるということが分かって、そこがとてもジレンマでした。コンテンツの質を簡単に上げられないのかということで、ちょうどこれを作ったときに、ソニー CSL の北野さんから声を掛けていただいて、Delta というものを作りました。これは例えば手書きをするのですが、その手書きしているときに、途中

でここをきれいにしたいといって指で操作すると、自動的にそれらしいフォントを選んでくれたり、ここの何か、この場所、上野公園というのは、地図はどこだっけというような感じで、ここだけきれいにしたいというようなことをAIに通知すると、何となく清書してくれたり、地図を出してくれたりというような、そんなことができるのではないかということです。地図のこの辺を押したりすると、レイアウトなども勝手にやってくれます。何かサクラというふうにやると、これジェスチャーも、実際に実装できるように書いてあるのですが、こんなふうにできないかということをやって、実際にプロトタイプまで、CSLではつくりました。実際に、ディープラーニングを使って、例えば適当な日本地図のようなものを描いたら、日本地図なのか、それとも何かドラゴンのようなものを欲しいのか、タツノオトシゴなのか馬なのかみたいなのが出ます。これはなぜかという、ディープラーニングで、当時トップ5正解率が80%以上だったので、5個出せば、どれか1個は、絶対に自分の欲しいものになるからです。というのでやったりして、実際にハードウェアを含めて、プロトまでつくりました。例えばこの犬というのをタップすると、この犬の写真が出てきて、これをびゅつとやると、それが貼り付けられたりします。

いろいろ、東京というのは、これは地名かな、地図かなとか、いろいろつくったのですが、ただこれをつくってから思ったのが、そもそもきれいなデザインというのは、何を基準にしているのかということです。そもそも誰がきれいだと思うようにつくればいいのかということと、誰にとって最適であればいいのかということです。そして誰のために、そのオーサリングをするのかということです。そういうことを、もうちょっとメディアとして考えたときに、何かマルチメディアという言葉はやってしまったときに、メディアというのが1回死んでしまったと思うのです。メディアとして物事を捉えるという考え

方が、1回なくなってしまって、パソコンがあれば、何でもメディアとして扱えるからいいという感じになってしまったのだけれど、メディアというのは、そんなに簡単なものではなかったというので、今僕が考えているのは、次のメディアというのは何かということなのです。

それが、アラン・ケイが言った、パーソナルコンピューター、もしくは彼の言葉で言えば、パーソナル・ダイナミック・メディアから、パーソナルAIに代わっていくのだろうということです。メディアの歴史は、振り返ってもちょっと難しいので飛ばしますけれど、あらゆるメディアは、出てくると、必ず問題が起きます。電話ができたときには、電話がいつでもかかってくるという問題がありましたし、テレビが出てきたときには、テレビが暴走し出す問題がありました。インターネットの問題というのは最近のことですから、皆さん、よくご記憶されていると思うのですが、携帯電話も出たばかりのときは、電車の中で携帯をかけるなど、これは日本だけですけれど、そういうマナーの問題があったりしましたし、ソーシャルメディアも結構、今もまだ続いていますけれど、炎上したり、アルバイトが冷蔵庫の中に入ってしまったりと、そういう問題が出てきています。

これは僕独自の考え方なのですが、メディアとアートというのは、実は共進化していて、新しいメディアが出てくると、そのメディアに対して順応的なアートと、反対に反動的なアートというのが出てきます。例えば日本においては、コンピューターが出てきたときに、みんな計算になってしまうのではないかというときに、ちょうどその時を同じくして、ご当地ラーメンブームというのが出てきます。あとインターネットが出てくると、進化系ラーメンも出てくるわけです。同じことを海外に当てはめると、アメリカだと、実は、日本でご当地ラーメンブームが起きたころは、アメリカではフェスがはやりました。例えばバーニングマン^{*71}というのは、サンフランシスコのエン

^{*71} 8月の最終月曜日から9月の第一月曜日に開催されるイベント。何もない平原に参加者が3街を作り、共同生活を営み、そこで自分を表現しながら生き抜く。そして

ジニアの庭か何かで始まっています。突然木の人形を焼いたら、人が集まってしまったというようなもので、500人ぐらい庭に来たから、もうこれはここでやっていられないからと、ブラックロックの砂漠でやるようになったのだそうです。結構インターネットが進化したとか、大きく変わったとみんなが思うと、ウルトラとか、何か新しいフェスができています。結構、そこがシンクロしているというのが、僕が今思っていたりすることです。

メディアはあるものを拡張して、あるものを分断します。マクルーハンの言う、メディアの範囲というのはとても広くて、話された言葉と書かれた言葉は違うとか、数というのは触覚、1、2、3、4と指を折って数えるやつから視覚に変わるとか、いろいろなもの、時間ですらメディアなのです。そうすると、これから新しく出てきて、これは何に使うのかというメディアというのはいっぱいあるのですが、4K、Ultra HD、5Gとか、VRとかARとかIoTとかブロックチェーンとかAIとか、これはいったい何を拡張して何を分断するのかという視点で、僕はAIを新しいメディアとして捉えていきたいと思っています。

どんどん長くなってしまうのですが、メディアにはこういう4つの性質があって、何かを増強する代わりに何かを衰退させ、衰退させる代わりに何かを回復させ、回復させたものと衰退させたものがくっ付いて、新しいものに反転していくという性質があります。これはたくさんあるのですが、分かりづらいので、一番分かりやすいもので言うと、ラジオというのがありました。ラジオというメディアは、人間の声を拡張して遠くまで届くようにしました。その結果衰退させられたのは、印刷物や新聞です。ラジオの場合は、ニュースというのは、ラジオの方が新聞より速いです。その代わり、回復させられたものというのは、昔イギリスによくあった、王様が死んだとか誰かが結

婚したというタウン・クライヤー^{*72}という仕事があったのですが、これがまたラジオによって回復しました。実際ラジオというのは、そんな機能がありました。そのタウン・クライヤーの役割、つまり声です。聴覚的体験と、印刷物、視覚的体験がくっ付くとテレビになるという、とても分かりやすいテトラッドだと思うのですが、こういう感じで、僕は今、メディアを再定義しようとしています。

^{*72} 町の触れ役。町議会や裁判所などからの広報を行う係。

AI の場合は何かというと、明らかに向上するのは認識力、判断力、想像力で、衰退されているのは、明らかに知的優位や秘密による権威、単純労働者としての職能、個人主義や利己主義です。回復させられているのは、誠実さや思いやりです。今特に、みんなのためを思って家にいよう、Stay Home というのは、AI によってではないのですが、今、まさにこの、この時代的にみんなが思っていることでしょう。そうすると、この2つがくっ付くのは何かというと、非 PV 主義や非広告で、僕はエンゲージメントと呼んでいますが、本当に欲しいものを、本当に欲しい人にだけあげるという考え方です。AI というのは、結局いろいろなやり方で、セマンティック Web などいろいろあったのですが、統計的なものしか分からないものというのは、なかなか難しいです。

これは、僕が、コロナが始まる前に書いたスライドなのですが、世界は今、めちゃくちゃ分断されています。ベジタリアンの中でも、卵は食べられるとか食べられないとか、魚は食べられるけど、肉は食べられるとか、何か全部駄目で、動物性脂肪を使ったものは駄目とか、いろいろな人に分かれていて、もうこれを統計的に、みんながいいと言っているものが、みんなにとっていいのですと言っているということが、もう間違っているということが明らかなのです。だから、これからどんどん分断が進んでいって、コロナなどは、今まさにそうです。県ごとに分断されているというか、下手すれば、区とか町ごとに分断

させられるという、そういうことになってきます。

僕が考えるには、World Wide Web が増強していったものというのは、少数の声だったり、その声の反響だったり、個人の発信力だったりするのですが、一方で権威やイデオロギーや組織の集団のようなものが分断されていって、組織と自分や、自分と組織というのが、完全に分かれ始めているというようなところがあります。この Web と AI がくっつくことによって、僕は、新しくパーソナル Web のようなものができると思っています。Web というのはパーソナルなものではないかと言うかもしれませんが、意外とパーソナルではありません。もっとあなたのための Web であり、自分で発信して自分で受け取るというようなことが、もっと増強されるはずです。AI が増強していくのは知覚能力、身近な繋がりや集団の知性です。つまり全体的に、やはりみんなで自宅にいた方が、結局コロナは早く終わるというのが集団知性だとすると、分断するのは、やはり実はあまり仲良くなかったのだけれど、何となく近くの席に座っているから友達だと思っていたやつらだとか、個人の知性だとかというものは、もう完全に分断されていて、もう、今ネットを見ると、お互いがお互いを罵倒し合って、何か家にいる人と歩き回る人と、お互いがお互いを好きではないというような感じにもなったと言っていました。一番駄目なのは一般大衆で、昔はマスというのがいるという幻想があって、そのマスという幻想に対して何か物を売りましょうという話だったのが、いや、マスというのは実はいないのだということが分かってきています。だから欲しい人は買えばいいし、欲しくない人は全く見向きもしなければいいというような感じになるのだらうというふうに考えています。

その中で、パーソナル AI というのが、僕がイメージするのは、人と一体化する AI で、強制的という言い方をしますけれども、そういう AI であって、あとは、その人が、何が好きかと

いうのは、全部このAIが知っています。そのパーソナルAIとパーソナルAIをつなぐと、インターパーソナルAIになって、この人とあなたは、一見敵同士だけど、実はすごく同じことを考えているし、実は友達になれるというようなことを、うまく教えてくれたりとか、押し付けがましい広告ではなくて、何かこれを知っていたら、何で俺はこれを買わなかったのだろうというようなことが、結構世の中にはあると思うのですが、そういう出会い、エンゲージメント、セレンディピティみたいなものが獲得できるのではないかと考えて、日々いろいろ物をつくったり、考えたりしていますということです。今、With コロナのやつで、明日暦本先生に出ていただくのですが、毎朝 10 時から 11 時まで、無料で、中学生・高校生のための人工知能教養講座^{*73}というのをやっています。というわけで、僕からは以上です。ありがとうございました。

^{*73} 講座録画資料は
Youtube にて視聴可能
<https://youtu.be/HVLx8dIC1Jc>

パネルセッション



石黒 3名のパネリストの皆さま、ありがとうございました。非常にバラエティーに富んだ活動をされている方ばかりで、ここからのパネルセッションが楽しみで仕方ありません。これから早速、今回参加していただいている加藤先生、清水さん、樋口さんの3名と暦本先生、中村先生と石黒で、パネルセッションを始めていきたいと思います。

今回のシンポジウムのテーマとしまして、「Augmented Society 人間拡張による社会の拡張」ということを挙げています。昨今、在宅勤務やオンラインでの講義など、さまざまな、非常に大きな変化というものが起きています。今回パネルで登壇していただいている3名の方々は、それぞれAIのご研究であるとか、自動運転の研究、あるいはお酒の開発といったようなことをやられているわけですが、それぞれのパネルの皆さまの発表を、それぞれの皆さまが聞かれて、何かコメントや質問等ございましたら、ぜひお願いしたいのですが、いかがでしょうか。

加藤 まず質問というか、テーマは、このアフターコロナみたいな感じなのですか。結構前提が変わりましたよね。こうなる前

の人間拡張、社会の拡張と、今、こうなってしまったときの人間拡張、社会の拡張というのは、同じなのでしょうか。それとも、何か意義が変わってくるのでしょうかというようなところを、暦本先生なのでしょうか。人間拡張の価値というのは、変わったのでしょうか。変わらない前提で話す感じですか。

暦本 たぶん非常に変わっていると思っています。だから今回、Augmented Society と言ったのがまさにそれで、人間の拡張というのは、割と loA などと言って、人間は人間で、割と少数のサイボーグ的なコンテキストで見ていたのですが、社会そのものがどっかり変わってしまうわけです。だから未来が空から降ってきたような感じもしていて、そうすると、人間拡張というのは、研究や技術ということもあるのですが、社会の構造全体が切り替わっているときにどうするかということにもなって、それが今日のシンポジウムというか、このパネルの主眼で、たぶん逆に皆さんにお聞きしたいのは、一言で言うと何が変わったのかということをお聞きしたいと思います。

加藤 難しいですね。とにかくサイバーとフィジカルの関係性は、何か変わったと思っているのですが、何がどう変わったか、自分の中では整理できていないというのが現状です。

暦本 僕、この前、ちょっと Twitter で書いたのですが、会議に出るとか仕事に出勤するとか、「出る」と言っていたのが、家で普通に、これから会議に「入る」と言っているのです。「出る」という言葉と「入る」という言葉が、割と逆転していて、だけでも、実は町に出られないのです。だから動詞レベルで、実は反転していることがあって、何かそれを、別にジャックインだからといって使っているのではなくて、普通の自然な会話で、家族と、これからちょっと入ってくるからと言っていたのに、自分で気が付いて、そこが反転しているというのが、何か面白いなと思いました。

あと、さっき清水さんが言った、つながると分断するというような、あるいは都市になるのか、広がって分散するのか、たぶん完全に逆、反意語なことが、矛盾しないで同時に起きています。それはたぶん矛盾しないのだと思うのです。分断とつながるは、1人の人間や社会の中で、全く同時に起きているので、その何か Double Thinking 的な様相が、たぶんいろいろな言葉で、全部反意語などがくっ付いたまま落ちてきているかなと、思っているというのを感じながら、まだ咀嚼できていないような感じです。

加藤 私も、何かそんな感じです。

樋口 人々の意識は大変変わっているのだらうなと思っています。結構昔から、遠隔協調作業ですとか、遠隔指示出しの研究などをしていたのですが、それを研究者の方や、一般の講演の方などにすると、こういうのは結構やられているけれど、何だかんだ使わないというような意識の捉え方だったのですが、今回の騒動で、みんなが本当にリモートになって、こういう使い方があるとか、こういうふうに使いたいというふうに、実際に、今までつくってきたものを、人間拡張技術や遠隔協調システムを導入する、とてもいいチャンスになっているのではないかと、思っています。やはり技術開発と、人々に実際に使ってもらうという、大変素晴らしい、いい機会だと思うので、ぜひ何とか生かしたいと思います。

加藤 そうですね。まさに僕もそこを思っているのですが、テクノロジーは追いついているのでしょうか。つまり、10年後にこの状況になっていたら、社会が完全に変わったと思うのですが、今はどうなのでしょう。この1年ぐらい、こういう、なかなか外に出られないというような状況を少し強制されたとして、ここで何かテクノロジーがヒットすると、本当にたぶん、こっちの生活がメインになっていくような気はするのですが、

やはりテクノロジーがまだ足りていないとなると、だんだんみんな、また元の生活に、戻るまで行かなくても、徐々に、どっかかという元の生活寄りの生活になっていくのかなとも思うのです。テクノロジー的にはどうなのでしょう。完全に社会の在り方を、このタイミングで切り替えられるぐらい Ready なのですか。私は、あまりそこは、分野ではないのですが、清水さんの方が詳しいのでしょうか。要は、こういう分野というのは、今のこの状況を変えられるぐらいの、テクノロジー Ready の状況なのでしょう。

清水 そういう意味で言ったら、技術的、インフラ的には、もはや十分だと思います。不十分なところもありますが、それは例えば、ADSL が出てきたときに、まだダイヤルアップの人がいるというような話でしかなくて、もう社会でこれを使えるのだったら使いそうな人たちが、1 回受け入れてしまった後だから、元の世界に戻りたいという気持ちももちろんあるでしょうけれど、ある意味で、こうして一回獲得した利便性というのは、なかなか手放せないと思います。明らかに、もうノータイムで会議ができる、どこか知らないところに行く、遠いところに行けるのですから、それで済むのだったら、そっちの方がいいのは、もはや明らかなので、ここからわざわざ、もう 1 回、会いに行けるから、またタクシー使いますというような話には、恐らくならないのではないかと私は思っています。

あと、皆さんは、たぶん最先端の世界にいるから、あまり気付かないと思うのですが、僕は今回、日本人が、みんな顔出しをするようになったところが、一番大きな意識の変化だと思っています。ほんの 2 カ月前だと、普通に会議をしていても、例えば北野さんなどは、テレビ会議などで、何をやっているのかは知りませんが、絶対に顔を出さないのです。だから、みんなが顔を隠すから、どうせ他のことをやっているのだらうと思い

ながら見ていたのですが、今は顔を隠して会議に参加すると、おまえ、聞いているのかというようになってしまうので、絶対にそこはきちんと顔を出してやるようになったということと、何かとても細かいところなのですが、恥ずかしいから顔を出したくないとか、あと、恥ずかしいからやりたくないというようなことが、いろいろなスナップカメラやバーチャル背景もそうですが、そういうものによって、いろいろ変わってきています。だからそういう意味では、テクノロジーそのものよりも、もう作法が変わったというのが一番大きいかと思います。テクノロジーとしては、たぶんもはや、ある種のテレビ会議程度だったら、もう十分なインフラがあることが分かってしまったので、あとは作法などがいかにちゃんと浸透していくのか、定着するのかでしょうね。

加藤 僕は特に自動運転などをやっているのですが、そう考えると、AI系全般の技術というのは、かなり価値が変わってきています。例えば、自動運転というのは、よくロボットタクシーなどと言われるのですが、これはみんなが移動している前提で、結構ドライバー不足になったというようなことで、自動運転があるともっと移動できるということなのですが、人々が移動しなくなってくると、例えば今度は配達というか物流の方の需要が出てきたり、あるいは、みんなが移動しなくなってしまうから、例えば工場とか、そういう苦役な仕事を、みんながよりやらなくなってきたりするわけです。今ですら、3Kですか、きつい、汚い、何とかというような、そういう作業をどんどんAIがやっていくという、その需要が急激に伸びてくるのでしょうか。たぶん何かそういう、特に、私は自動運転をやっていて、完全に、今のこの瞬間であれば、ロボットタクシーよりも、そういう苦役な作業を、人間の代わりに、もう自動化するとか、物流に技術を使いたいと、そういう気持ちになっているので、

本当にとても変わるなと思ってやっているのですが、いざこれが、生活が元に戻ると、ビジネス的にはそっちにかけていたのだけれど、あれ？ 戻ったというようになるので、そこがよく最近思うことです。

暦本 それは、だから、人間をA地点からB地点に動かすということよりも、向こうにあるB地点で何かが起きたときに、そのロボットをリモートコントロールするというのがありますよね。だから、ちょっと工場の様子がおかしいのだけれど、誰もいません。でも、コロナの中で、ここから行くのは大変だというときに、向こうのロボットにジャックインして見れば済む話というようなことで、そういう意味では、依然としてロボットの自動走行は大事なのですが、昔の言うトランスポーテーションは、もうみんなが出勤をしないのだったら、トランスポーテーションの概念そのものは崩れるわけです。

加藤 本当にそう思っています。そこが、何かとても大きな話なのではないかと思います。トランスポーテーションというのは、経済で言うと、年間に100兆円前後なのです。そのお金が一気に違うところに回るとすると、かなりドラスティックな経済の変わり方もするのかなと思っています。

清水 あとは、だから、緊急事態宣言のようなものが来月どこかでなくなったとしても、コロナがなくなるわけではないから、何かしら、やはり出掛けたくないという気持ちにはなると思うのです。やはりマナーとして、テレワークができるぐらいちゃんとした会社は、テレワークをさせなかったら、駄目な会社というように、たぶんなってくるのではないかという気がするのです。

暦本 これは、免疫が付かなくて、2周目があるかもしれません。2周目、3周目が。そうすると、もう永遠かもしれないのです。

清水 抗体反応が出てでも安心するなど、WHO は言っているわけです。

中村 すみません。ZOOM の方から、実は質問が2件ほど入っております。一部既に出ているかとは思のですが、まず1つ目です。いずれも、こういう拡張技術というのが、外部的な拡張、そしてあくまで道具にすぎないというようなものになってしまっているという印象を受けるらしいのですが、そういった道具的な拡張というのは、Human Augmentation に含まれるか？ というのが1つです。あと暦本先生指名です。暦本先生は、今のテクノロジーが十分に追い付いているとお考えでしょうかというのが、出ています。

暦本 後から答えると、たぶん、電子的に会議をするというのは、みんな使えているわけです。ですが、物理的なものを、遠隔地で動かすというのは、依然できません。だから遠隔地の、何か発電所の中が調子悪いらしいけれど、誰か見に行かないといけないというときに、誰が行くのかと言ったときのロボットというのは、まだです。テレプレースの研究はあるのですが、そんなに簡単にどこにでもロボットがいて、それにジャックインして済むというふうにはなっていないので、たぶんフィジカルを動かすということは目の前にあって、Chat で、電子的に会議をできる人はいいいけれども、実際に現場で働く人はどうする？ というときの、ソリューションはまだできていないと思います。そこは、たぶん非常に大きな問題で、たぶん樋口さんの会社のお酒を造り出すというときにも、醸造のところで、誰かいないてはいけませんよね。発酵がおかしいというときに、どうするのというようなことは、ZOOM では全然、まだ解決できないですね。

樋口 はい、そうです。結構そこで大事なものは、人間の知識みたいなことです。やはり人間というのは、何か変化が起こったと

ということが分かれれば、何か解決策が提案できるので、とにかく遠隔地のあることを知って、そこに影響を及ぼせるということで解決できる問題というのは、大きいのかなと思っています。機械が全て、人工知能が全てエラーを判断できなくても、うまく人間とつなぐことというのが、1つ大きな技術になるのではないかと考えています。

加藤 ちょっと付け足してもいいですか。でも、結構それは怖い世界ですよ。だって、今まで人間がやっていたフィジカルなほとんどの作業は、ロボットが、遠隔にいる人がジャックインしてくれるから、より現実味を帯びるわけではないですか。何か完全自動化というよりは、遠隔地の人が ある程度サポートしてくれるとなると、ロボット単体で仕事をしているよりはとても楽なのですが、合わせ技でできるようになってくると、その分、やはりだんだん人間の仕事がなくなりますよね。ロボットだけだと、人間をなかなか置き換えられないのですが、ある集団というか、限定された人たちが、そのロボットを操っているとすると、純粋に結構、雇用をどうするか、リモートにいる人……

暦本 CMU の有名な研究で、Zensors というのがあります^{*74}。これは、スマホの何でも画像監視システムのサービスです。たとえば「万引きしそうな人がいたら教えて」というように何でも監視させることができます。最初は、人間がクラウドソーシングで監視しています。そうすると、画像と万引きをしたかどうかというペアのデータが残るわけです。それを教師データとして、機械学習することで、だんだん AI が同じ監視業務ができるようになっていきます。最初は人間がやっている業務を、途中からいつの間にか AI が引き継いでしまうわけです。

これに似たようなことがオンラインやテレプレゼンス、ロボット社会では至るところで起きると思うのです。最初は、人

^{*74} Gierad Laput, Walter S. Lasecki, Jason Wiese, Robert Xiao, Jeffrey P. Bigham, and Chris Harrison, “Zensors: Adaptive, Rapidly Deployable, Human-Intelligent Sensor Feeds”, ACM CHI 2015 <https://www.zensors.com/about/>

間が一生懸命遠隔操作したりして、人間の匠の技だなどと言っていると、匠の技を、だんだん AI が Take over していく。あるとき、あなたは要らない、あなたよりうまくやりますとか、あなたの 100 人分で応じられますというようになるのです。そういう社会には行く可能性は充分にあるでしょうね。

加藤 そうすると、拡張後の社会の雇用とは何なのかという、非常にすごい問題が出てきそうです。生活できるからいいのでしょうか。むしろお金が要らなくなって、牧歌社会が訪れるのでしょうか。

暦本 これが続くと、ベーシックインカムをやらないと、みんな、もたないでしょうという、ということかもしれません。

清水 でも人類の歴史で、こんなにばたばた仕事がなくなっていくというのも、なかなかないと思うのです。全世界から同時ですから。だから、今、結局お金があるやつもないやつも、10 万円配るのは（政府による給付金のこと）ほぼベーシックインカムですから、それが 200 万円でしたら、だいたいベーシックインカムです。とりあえず、今月をしのげというような話です。

暦本 そもそも中世というのは、みんな Stay at Home で、家のまわりで農耕したり、家で何か細工をしていました。それぞれ生まれた場所の家で、ほぼ生活が完結していて、Stay Home 社会でした。それが産業革命になると、都市に出てきて働いた方が、効率的にお金もうかるとなって、怒涛のごとく都市に人口が流入して、通勤のような概念も生まれるわけです。今、その流れが、逆転しているかもしれないです。産業革命以来のトレンドを巻き戻していくような感じかもしれません。

石黒 先ほどの質問でもあったのですが、今回、人間拡張、我々のヒューマンオーグメンテーション学では、人間拡張学をテーマに、これまでも研究してきて、味覚の拡張であるとか、存在の拡張であるとか、さまざまなテーマを研究しているわけです。

けれども、どうでしょうか。技術、人間拡張、先ほどの雇用がどうなるとか、いろいろな問題はありますが、人間の拡張という点で、どういった拡張を行うと、現状のこういった社会で活用できるかというようなお考えは、皆さん、ありますか。

樋口 さっきの、テクノロジーが十分かという話があったのですが、使えるツールはあるけれど、十分ではないのではないかと考えています。その原因としては、やはり何か仕事をする専門家というのが、実はそこにうまく入り込んでこられていないのではないかということが、結構今まであったと思うのです。それは HCI の研究では、やはり専門家を支援するというような文脈で研究をすることが多くて、専門家に話を聞きに行くのですが、今までそもそも遠隔で何かをしたことがなかったとか、そういう人に遠隔で使えそうですかという段階で、その上で我々、人間拡張の研究者や技術開発の人が想像してつくっていったと思うのですが、今回を経て、リモートでいろいろ、今使えるツールで何とかやってみた人が、どういうのが欲しいとか、どういうツールなら使えるのではないかというようなことを言っていたるので、また、今我々自身が想像できないようなツールというような、いろいろな人の本当に必要とするものが出てくるのではないかという意味で、いろいろな人間の集合知というようなものが、どんどん集まってくるのかなと考えています。

清水 例えばですが、ロボットの開発などというのは、実際に動かさなければいけないというようなことで、自宅でできるものとできないものがあると思います。僕は、今、直接、ロボットはやっていないのですが、使い古したスマートフォンに、この自撮り棒を付けて、パソコンの前に置いておいて、学習を走らせて、それが会社に何台もあって、それをリモートで見て、学習が止まっているなと思ったら、ログインして直すというよう

なことなどが、今普通にしています。それはとてもローテクなのですが、何かもっといい方法があるだろうと思わなくもないのですが、実は、監視カメラアプリを使うのが一番簡単だったのです。たまたまなのです。

たぶんロボットなども、電源の問題さえなければ、リモートでプログラムを書いて動かしてみても、動かなかっただけで、もう1回ログインしてやり直すということができるのかもしれませんが。実際には実現しなかったのですが、昔 MIT の石井先生の研究室で、inFORM^{*75}という動くテーブルがありますよね。あれでプログラミングをしたいと言ったら、いいと言ってきて、東京からできるように、ウェブカメラで見ながら、REST API で呼べるようにしてあげるというような話をしていたのですが、そういうやり方だったら、今までその場に行かないと絶対にできなかったことが、とても簡単な話で、意外とカメラさえあればできるようになってしまったり、アクチュエーターがあればできるようになってしまったりするのかもしれませんが。僕はお酒のことはよく分からないのですが、何かありそうだと思うのは、例えばカレーのスープをかき回してとか、何かホットクックでしたか。ただ何か加熱する装置に、ぐるぐる回る腕が付いているだけというような、あんなのでも、実は意外と役に立つのです。それを人間が遠隔操作すると、それは当然機械学習で、どの状態のときに回せばいいかというのが分かるから、すぐ学習できてしまいます。そうすると、要らなくなるというか、やらなくて済むと考えるかどっちかですが、仕事がなくなってしまうという心配は、あまり科学者らしくないというか、政治家の心配事ではあるかもしれませんが、科学の心配事ではありません。それでは、もっと新しい仕事を考えましょうということです。

カメラが出てきたときに、画家がみんな、仕事がなくなると騒いだわけです。画材屋など。もうみんな、自分の絵を描い

^{*75} inFORM
https:
//tangible.
media.mit.edu/
project/inform/

てもらわなくてもよくなってしまうということです。そのときに、カメラをもっと使って、今までだったら、1カ月に1枚しか描けなかった肖像画を、1日10枚作るという発想もあるだろうし、逆にカメラが作れないようなシュールレアリズムにいくという方法もあるだろうし、結局新しい道具が出てきたら、使うか使わないかだけの話でしかないです。僕は、使ってもいいし使わなくてもいいと思っています。

石黒 ZOOM から質問で、今までのお話で、いずれもまだ外部的な拡張というか、あくまで道具にすぎない印象ですが、ヒューマンオーグメンテーションには含まれるのでしょうかということですけれども、それはどうですか。暦本先生。

暦本 外部的な拡張というのがメカニカルな拡張な拡張という意味でしたら、当然あります。ソニー CSL の遠藤君がやっているような義足みたいなのがあって、義足を履いた人の方が速いかもしれないというようなことはあります。ということは、福祉器具だけでなく、ヒューマンオーグメンテーションになっているわけです。また、さきほど冒頭で見せた暦本研究室の張君 (Xinlei Zhang) のやっている、ウェアラブルなソフトロボティックスで人間拡張をするようなものがあります。だからメカニカルな人間拡張は、当然あると思います。ただ、それだけが人間拡張かというと、そうではない。人間の認知能力や学習能力を拡張する、例えば英語の学習を早くするというようなのも、私は人間拡張の一部だと思っています。

中村 もう1件、質問がありますので、そちらに移らせていただいていいでしょうか。生産性は高まる反面、偶然の出会いというのがなくなって、既存の人間関係というのに閉じてしまう、新しい人間関係が広がらなくなるという懸念があるのではないかと、何かいい方法はないかという質問が来ています。これは、事前に登録者の皆さまから頂いたアンケートの中にも、そう

いった出会いを生み出すにはどうすればいいかというところを質問されている方が、何人かいらっしゃいました。

暦本 これは現下の感染症によってリモートワークが増えていることからの懸念だと思いますが、まさに重要な指摘です。現状ではみな Stay at Home で、何とか生活して仕事をしています。しかし来年になると、全員1歳ずつ年を取ります。再来年になると、さらに1歳。このままばらばらで年老いて、そのまま寿命が過ぎたら、人類は消滅するわけです。新しい、本当に子どもができるような出会いも含めて、人と人との出会いがないと、人類は1世代で消滅してしまいます。このまま給料を幾らもらっても、生物的な世代交代が起きないような集団というのは死滅するので、何らかの意味で、人間はクロスオーバーしていかなければならないのです。それを含めて出会いというのをするならば、絶対にフィジカルな出会いがない限りは、ホモサピエンスの種として消滅してしまうと思います。

一方、このままもうばらばらでも、ネットをつなぐればいいのではないかと考えている人の年齢層が割とあると思っています、端的に言うと、子孫を残す役割を終えた人は、このまま好きなのところに住んで、リモートワークして、時々 ZOOM に出ればいいと思っているかもしれません。けれども、生物として、これから出会って子どもをつくるというような、ホモサピエンスで一番大事なことをする人は、きっとそれでは無理でしょうと、たぶん世代の感じがあるのかなと思っています。私は、どちらかというと後者かもなので、このまま好きなのところに行って住んで、時々 ZOOM で見るのかもしれませんが、それだと、人類は消滅してしまうという危機感は持っています。

加藤 何か種の話と、人間というのは欲があります。いろいろな欲があって、結構三大欲求のような、結局、睡眠欲、食欲、性欲という、これを何となく満たしたいのであれば、結構この生

活だけでは無理があるのはそうですが、でも、何か分からないです。僕も、もうアラフォーなのですが、今の若い人たちの欲が変わっているとすると、分からないですけど、結構、別にこれでいいやというような、種は残さなければいけないのだけれど、何かそこに性欲がなければ別にという感じで、でもそうすると、減びていくのですが、欲というのは、どういうふうになってくるのでしょうか。何か、大変難しいです。だって、食欲というのは、おいしいものを食べたいから、家だけだと食べられないから、やはり、おいしいものを食べるためには外に出たいわけです。やはり一流のシェフのご飯なども食べたいわけです。松屋ぐらいだったら、届けてくれるのかもしれませんが、何かそういうのがあると思うのですが、世代が……

清水 松屋でデートする人はいませんよね。

加藤 いませんから。

清水 今、むしろもっと驚くべきことは、お金の使い道がなくなっていることです。10万円もらって寄付するという人がいるということは、お金に今、直近で心配がない人は、お金の使い道がなくて困っているということです。豪華なものというの、せいぜい高い弁当ぐらいしかなくて、車を買ったって、乗ってどこかに行けるわけでもないし、家が大きくても、友達が来るわけでもないし、生きるのに最低限のスペースさえあれば、別にどこに住んでいようと関係ないというような感じに、たぶんなってしまうです。

加藤 そうすると、何か、結局欲が満たされなくなってきましたよね。欲は満たされますか。

清水 でも、そんなものかなという感じです。

暦本 もしかすると滅亡への道かもしれないです。

樋口 若い人は、割と悪くないというか、これでいいのではないかという人も、結構多そうな気がしていて、いつかこれが終わ

るとして、その人たちをいかに外に出すかということを考えるのもいいのかなというふうに思います。

清水 でも、たぶん、その欲が満たされる、されない以前に、何か傷つく回数は減ると思います。要は、だから世の中に出て、いろいろな交流があるから、あの子がいいなと思って近づいても、他の男といちやいつているのを見て、俺は駄目なのだと言って傷つくというのに比べたら、もう最初から、付き合うか付き合わないか、2つに1つだというような感じで、1対1でZOOMのようなものをして、結婚しようと決まって結婚したら、もう命がけで一緒に住めばいいわけです。そうすると、むしろ健全なのではないかという気が、僕はします。そうしたら、無駄に傷つかないです。

暦本 一見、無駄がなくなっています。だから、超最適化していった、通勤のような無駄は消滅しています。一方、通勤のときに見かけたあそこの展覧会があった、行こうというような、そういうリダンダントなものも全てなくなっていて、最適化されていて、それはうれしい反面、やはり種の崩壊かもしれないと、同時に思ったりしています。

清水 僕は、種が崩壊をすることは、たぶんないと思っています。例えば遠距離恋愛とか、結婚して遠くに住む人とかはいっぱいいるわけです。そういう人たちというのは、昔から、ビデオ会話というか、ビデオチャットをやっているわけです。別に、だからといって、その2人の夫婦の中に子どもができないかという、そんなこともないわけで、だから単純に、今、離れているからといって、永久にそうではないし、むしろどちらかという、今は外に出られないから、浮気もできないし、何か健全化している可能性がとても高いのではないかと、僕はと思っています。

暦本 適応して、もう結婚するまで、全部ビデオチャットでずっ

と付き合っていましたというようなことですか。

清水 でも、何かそうなるのではないですか。

暦本 何か、今、急になるような気がしてきました。あるいは DNA を登録して、AI にもう完璧なマッチングをしてもらってという。

清水 そういう SF もあります。

暦本 あります。リコメンデーションした揚げ句、さっきのトップ5から選ばばいいのです。トップ5の中の1人だったら、間違いはないです、AI のレコメンドだから。トップ5で、将来の伴侶を選ぶ世界になるかもしれません。

清水 ムスリムの一夫四妻制は正しかったということかもしれません。

暦本 お互いにというか、女性から見てもということですか。

清水 そうです。

暦本 幸福かつディストピアとされています。

加藤 この二次元が三次元になったら、より、そうなるかもしれませんが。今二次元で、まだちょっと僕は不十分なのですが、これが完全に VR ではないですが、3D の世界に入っていったら、かなり満足し出すかもしれません。

暦本 しかも顔や声は、AI が全部、現実より良く盛るわけです。それでしか接しないので、それが本人とも言えるわけです。

加藤 もうアバターの世界です。

清水 何なら、人類の種が残らなくても、AI が種を受け継いでくれば、僕はそれでいいと思っています。そっちの方が遠くまで行けるし、コロナウイルスなどでは、AI は死なないですから、そういう考え方もあるのではないかと思います。そんな、100年で減びてほしいとは思いませんけれど。

石黒 先ほどの質問で、出会いというものに関して、その種

な出会いということと、あるいは、たまたま偶然、何か人だけではなくて、一種の無駄があることで、先ほど暦本先生からもあったような、通勤で偶然良さそうなお店を見つけるとか、そういった無駄と最適化というのは、結構今回の問題で露見しているのかなという気がしています。それは例えば買いだめなどもそうです。ミニマリストという考え方が脚光を浴びたりして、でもトイレトーパーなどは、普段からストックを持っているお家も、当然たくさんいらっしゃるし、それを置かないのがミニマルかもしれないという、いろいろそういったところもあって、どうなのでしょう。その偶然というものが、こういった現状のオンラインでの活動で、より現実社会での偶然の頻度と同じぐらいにする手段というようなものというのは、人間拡張的にあり得るのですか。

暦本 何か、ZOOMに入ると、ある一定の確率で、ZOOMで混信するというようなことです。昔の電話は、本当に混信していたのです。かけると、平気で他のところにつながりましたが、そういう感じなどです。

加藤 今、これ結構、別に差別ではなくて、結構男性目線という気もしていますが、どうなのでしょう。女性の目線だと、こういうテレワークというか、テレプレゼンスというか、こういうのというのは、どんな感じなのですか。中村さんは、何か意見があったら、ぜひ聞きたいと思います。女性の方は、自分と同じ感覚でいるのでしょうか。

中村 それは、特に出会いという面でということですか。

加藤 はい、それ中心です。この生活を、女性の方はどう思っているのかということです。

中村 女性目線というより、私は、ずっと今の話を聞きながら、ちょっと平安時代あたりに戻るといいのではないかと考えていました。平安時代は手紙のやりとりがあって、ある程度仲良く

なってから、男性の方が訪れるというようなことで、それまでがアバターと同じように、筆跡や付ける香りなどで、お互いこういう人だろうと、その人の様子というのをうかがっていきます。平安時代の物語だと、会ってみればイメージと違う方だったという感じでその差をうまく活用しているのですが・・・そういうことというのは、実際、日本でも昔から起こっていると思っています。

また女性目線といえるか微妙ですが、こういうとき中に引きこもりがちになってしまうのは女性かもしれないと思うときはあります。普段だと、ちょっと買い物に外出したタイミングでお隣さんと会って、そのまま話す、そういう井戸端的なコミュニケーションがあるのかもしれないのですが、そういう機会を失いかねないと思います。

暦本 手紙に香りなどは付いていないですよ。メールも ZOOM も。

中村 そうですね。今の手紙にも、基本的には香りは付いていないです^{*76}。メールも ZOOM も。

^{*76} 実際には、文香という手紙用の香り袋が存在する。

暦本 何か、得ているビット数で、視覚、聴覚はそこそこ変わらないですが、嗅覚や味覚が、とてもビット数が減っている気がします。町に出ると、「うわっ、くさっ」というのも含めて、嗅覚や味覚やそういうところでビットを摂取していたのが、もう非常に視覚、聴覚に、もう本当に寄り過ぎていてというような感じがします。におう ZOOM がいいのでしょうか。

樋口 バーチャル背景が当たり前になって、ある程度信頼できる人でないと、バックグラウンドというのは映しなくなかったのですが、別に自分の顔ぐらいならいいかというようなのは、やはりあります。信頼できない人でも、顔なら見せてもいいというような、生活感のようなものも隠せてしまうという感じでしょうか。

清水 バーチャル背景で、部屋を片付けなくてよくなってしまいましたよね。

中村 確かに。あと、今、私の顔が何かで盛っていないとは限らない、というところでも、どこまで本当に見せていることになるのかというところもありますね。というか、女性としては、こういうところに出るときにはやはりメイクをしなければ、という価値観のようなものからは、まだ逃れられていないかもしれないです。

清水 でも、実際、ZOOM 飲み会などをはしごすると、知らない人とよく会うから、むしろ僕は、コロナの後の方が、知らない人とよく会っています。会ってはいないのだけれど、ZOOM で会っています。生身の飲み会では、怖いし、なかなか混線しないでしょう。わざわざ移動しなければいけないし、これから恵比寿まで行くという嫌だけれど、ZOOM だと、お開きになってしまったから、どこか飲み会をさがさなければというような気分になって、ラリーすると、寝るまで飲んでいられるというような感じです。

意外と出会いが増えていてのではないかと思います。さっきの話も、よく考えたら、元モーニング娘のゴマキが、不倫相手と出会ったのは、ゲームですよね。あれは、もう顔すら出ていないわけで、むしろ、ゲームの中で私を助けてくれたこの人は、かっこいいというような、より、人間の内面にフォーカスしたプラトニックな恋愛と言えるのではないかと思います。

暦本 では、平安時代に戻って文をやりとりするというのと、本質的に同じと考えれば、そんなに悲観することはないという感じでしょうか。文を 5G で飛ばせる時代ですから。

清水 たぶん、皆さん、当たり前のようにヘテロセクシャルの話しかしていないのですが、バイセクシャルとか LGBTQ などまで考えると、種を残さないと駄目だというような発想自体が、

もう差別的という捉え方をされる可能性があると思います。だからそうなると、相手が同性だろうがコンピューターだろうが、物だろうが環境だろうが、たぶん何でもいいことになるというのが、もう前提で生きて、種が残るのはたまたまですというような感じが、ポリティカル・コレクトネスという感じになっていくのではないのでしょうか。

加藤 5年後などの人口の推移を見ると、面白いのでしょうか。

暦本 そうなのです。ただ、それが増えるか減るかなのです。実は、きのう Twitter で Survey をしていて、普通、外向きの人は陽気で、内向きの人は陰気というように言います。陰キャで、要するにこもりというように言います。でも、僕もそうですが、内向きだけれど陽気という人は、結構多いのではと思っていて、Twitter で投票してもらったら、内向き、陰キャが半分ぐらいだったのですが、外向き、陽キャが4 % ぐらいしかいないのです。あと半々で、25 %、25 % ぐらいで、内向きの陽キャと外向きの陰キャが同じぐらいです。だから、実は暗いか明るいかわかるというのは、内向き、外向きとはあまり関係はなくて、内向きで明るいという人は、少なくとも人類の25 % ぐらいいるのです。そういう人にとっては、現状というのは、割と平穏な世界かもしれません。外向きで陽キャという人は、実はそんなにいないというのは意外でして、みんな、とても傷つきながら外にいたのかと、逆に思いました。

清水 なるほど。だいたい何か頭にくるときというのは、通行人などです。今日嫌なことがあったというのは、会社で起きることもあるけれど、会社で、たぶん一緒に仕事をしている人に対していらいらしたりすることというのは、そうないと思います。それがあったら、やばい会社です。普通は、何かあまり関係のない隣の部署の偉い人などが、何かしょうがないことを言って絡んできて、頭にくるとか、通行人に、何かいきなり怒鳴られ

で頭にくるというような、そういう無駄な接触があって、それが、本当にみんなが求めていたものなのかということです。今、無駄がないと寂しいとい話もあったけれども、僕は、本当にそれは必要なことですかというのは思います。

石黒 すみません。そろそろ配信のお時間が、あっという間に過ぎてしまったのですが、せっかく ZOOM であるということを生かして、本当は、ウェブページ上では 45 分終了ということだったのですが、せっかく質問を頂いておりますので、皆さんの画面から QA を開いていただくと、現状、非常にたくさん質問を頂いているのですが、それぞれ、この興味のある質問に対して、簡単にコメントを頂けるとありがたいと考えていますが、いかがでしょうか。読む時間が必要ですか。

厩本 人間拡張の考え方の中で、ロボットエージェントの技術性と、フィジカル、バーチャルというのは、さっきも議論がありましたけれども、これは大変重要だと思っています。さきほど Human-AI Integration と言いましたけれども、ロボットのようない自律的な存在、サイボーグのような身体と結合する間の、中間段階もたくさんあります。馬に乗っている人は、馬と手綱の関係は、ドナルド・ノーマンという認知学者が言っていますが、手綱を引き締めると、人間がよりコントロールして、緩めると、馬がより自律的になるので、人馬一体から人馬二体までを調整しています。そういうアナログな関係はあると思います。どちらかというよりは、その中間段階が面白いです。加藤先生ではないけれど、車も最初はハンドルをきつく握っていると人間側の制御ですが、ふわっとすると、その角を AI が回ってくれるというような、そういうような馬との関係のようなものはあるのではと。何かコメントということで言うと、その間が面白いのではないかとということです。

石黒 他にもいろいろありますけれど、リモートならではの付加

価値は、ないでしょうか。

清水 すぐ寝られる。もう飲み会のことしか考えていません。

石黒 樋口さんは、お酒を実際に造られているわけですけど、なかなか集まっての飲み会ができない中で、ZOOM 飲み会などがはったり、はやっていなかったりというような状況ですけど、いかがですか。

樋口 もう当たり前のように、遠隔地にいる研究仲間や昔の友達などとつながうようになりました。今までだと、飲み会といったら、東京にいる人と会おうという感じだったのですが、当たり前のように、大阪、名古屋にいる人と ZOOM 飲み会するようになったので、そういう意味で、別に交友関係がどうということはありません。もちろんフィジカルに会うのはなくなりましたが、誰とも会わなくなったかという、そんなこともないというのが最近の感じです。お酒を提供する側としては、間違いなくお酒の消費量が減っているので、これをいかにやっていくのかというのは、業界として解決していかなければいけないことですけど、コミュニケーションという意味では、また別のパラダイムになったのではないかと感じます。

清水 いや、お酒は、たぶん今売り上げ増えていませんか？

樋口 いや、そのとおりで、自分たちで直販できる業者や通販をやっている業者は売っていますが、飲食店での消費がなくなって、その中間というか、特に全体として減っているという話です。特に酒屋さんなどは、売り上げが、飲食店に卸さない分、半減しているという話は、よく聞くという感じです。

清水 それは、本屋さんがつぶれて、出版社がもうかるというような感じですね。でも、僕の周りだと、やはり、明日から、夜、みんな家にいようという感じで、ネットでワイン会をやるのですが、それなども、酒屋がびっくりするぐらい売れています。あとは格之進などが肉会セットのようなものをやっていて、

ZOOM でつないで、一緒に肉を焼きますというパッケージを売っていて、これもとても売れています^{*77}。要は業態や価値、実際に自分たちは何を付加価値として売っていたのかということ、みんなが必然的に見直さないといけない時期にきているのだろーと思います。実際に、ゴールデン街のお店などは、もう完全にお酒を売るのをやめて、ZOOM 配信をするから、何か入場料だけ買えというような感じで、結構みんな、それでも来ているのです。会話が売りだったのです。それはそうです。バーに行って、酒が本当に飲みたいことは、ほとんどないはず

^{*77} 格之進オンライン肉会 <https://kakunosh.in/fs/kakunoshin/c/online-nikukai>

加藤 今の話を聞いていると、今回テーマが社会の拡張になったから、そういう話なのかなと思いますが、実は、人間はもうあまり拡張はしなくていいのでしょうか。むしろ他のものを拡張しなくてはいけないのでしょうか。さっきの遠隔のロボットの話も、どちらかというと、拡張されているのはロボットなのです。

暦本 だから対抗でサイボーグです。さっき清水さんが言ったリックライダーという人が、Humanly Extended Machines^{*78}と言っています。人間が拡張するのではなくて、機械を人間で拡張するというような話です。だから都市なども、都市を人間が拡張しているので、人間が都市に拡張されているのではないというような、どっちが主かというのは、見方によって変わると思います。今までは、例えば通勤や出社や作業というものの Enhance だから、それを拡張する自動化だったのですが、それもなくなってしまうと、機械で動いている都市を、人間のインテリジェンスによって拡張するというような、違う感じかもしれません。

^{*78} Humanly Extended Machines <http://groups.csail.mit.edu/medg/people/psz/Licklider.html>

加藤 本当にそんな感じです。だから、もともと人間に求められる能力があって、それを補いたいとか、それを超えたいという

ようなところから、そもそも人間にあまり能力が求められなくなるという話だとすると、他にその分、質量保存の法則ではありませんが、その何かが誰かに求められるわけです。それは結構マシンとか、そういうことなのかもしれません。

清水 極端な話、車いすが要らなくなってしまうです。

石黒 それに関して、少し近い質問で、AI と人が一体化するという清水さんのお話は、イーロン・マスクのニューラルリンクの目標も思い出しますが、AI の方が思考も速く、情報処理能力が圧倒的に高いため、AI と Keep up するためと、イーロン・マスクが提言しているのは、共存となると、どこが境界になるのでしょうか。感情ですかといった質問が、全文、時間の都合で言えません。

清水 共存といった場合は、たぶん、境目がなくなるのだと思います。

石黒 それで、どこが自分でどこがAI か、アイデンティティーの混乱が起きることはないでしょうか。SF チックかもしれませんが、よろしくお願いいたしますという質問です。

清水 僕がよく使うアナロジーは、眼鏡と一緒だと思っていて、眼鏡を掛けているときと掛けていないときで、人そのものは変わらないのだけれども、視力は大きく変わります。でも、眼鏡を掛けているときが本当の自分かもしれないのです。眼鏡を掛けていない視力の弱い人というのは、もはや、生き物として、生きるのが相当難しくなってしまいます。同じように、知力を増幅する何らかの装置があったとしても、それは使っている状態が自然になってしまうと、どっちがどっちということにならないと思うのです。

樋口 結局、主体は人間ということですね。意思決定を行っていくのは人間であるならば、それは進化していくのはいいことだということですね。

暦本 最後の最後にですが、いや、自由意志ではないという説もあるので、その話もしたい気分ですが、さらに1時間ぐらいかかってしまいますね。

石黒 もう1つ質問ですけれども、若干、ちょうどその対極という感じの質問です。道具を使うことは人間拡張かという質問があったかと思いますが、自分以外の身体を認知して、新しいアクションを実現している事象は、全て人間拡張だと思います。現在いろいろなものが急速にインターネット化しています。先ほど暦本先生もおっしゃっていたように、アフターコロナの世界では、ソサエティーの拡張が求められる印象ですが、ソサエティーの拡張は、どんなわくわくするような未来がありますかという質問です。

暦本 たぶん、文明というのは目的がないので、別に、こうあるべきかというふうにはいかないのです。資本主義社会で、産業革命が起きたときに、皆が都市がいいと思ってをつくったというよりも、結果的に人が多く集まって都市になってしまったということなのです。現状の、パンデミックのような大きなエポックがあると、社会は変化するのですが、あらかじめ方向をデザインすることは、実はあまりできません。スマートシティというのは、超ディストピアっぽくて、あれは都市を事前にデザインできているわけなんです。デザインできる都市などというのは、面白くも何ともないです。今回も、たぶん我々が思ってもいないような方向に流れるかもしれないのですが、それも含めて、わくわくしています。予定されていたことが起こるだけでは、ちっともわくわくしません。それはある種、社会主義的な、『1984』のような世界なので、予想もしなかったことが起きることが、たぶんホモサピエンス的にはわくわくするのではないかというところで、わくわくです。

石黒 そろそろ時間なのですが、どういたしましょうか。最後、

時間があと、もう5分を切ってしまっています。加藤：それでも、わくわくに近いことですが、価値というのは何なのかというの、議論もしてみたいです。アフターコロナの価値。皆、結局価値にお金を出して、価値のために生きるわけです。何か価値があって生きるのですが、アフターコロナの価値というのが、お金ではなくなっているというのがあります。

暦本 今回、音楽の力は、非常に感じました。コンサートはなくなっているのですが、ミュージシャンの人がネットでライブをやるというのもあるし、普段聞かない音楽を聞いたりする感じました。音楽というのは無駄といえば無駄です。インダストリー的な考え方で、インダストリー 4.0 に音楽の話はありません。だけど、我々は音楽や芸術がない限り、生きられないというような。普通の意味の効率化というような話が全部消えたときには、芸術や充足感というようなところに、非常に集中するのではないのでしょうか。

清水 だから、僕が最近非常に思っているのが、TikTok が面白いということです。

加藤 僕も、そこに近いです。Netflix がやばいと思っています。あれはすごいです。

清水 Netflix は飽きます。僕は、もう飽きました。TikTok は何かというと、要はコロナで外に出られないから、コンテンツの方向性がどんどん変わっているのです。部屋の中で踊るのが、別に星野源が言うまでもなく、みんなが部屋で踊っている動画なのです。だから、いかに部屋の中でかっこいいカメラアングルを出すかとか、何かそういう方向にシフトをしていて、要は、あれは、僕が最初やりたかった受け手と発信のレベルをそろえるというか、どちらも同じぐらい気軽にできるというのですが、たぶんコロナで起きるのは、死ぬほど暇なので、

ずっと酒を飲んでいても暇だから、暇つぶしに何か、みんなが新しい創作というか表現活動をし始めることではないかと思います。そこに対しては、僕は非常に期待しています。全く見たことがないようなものが出てきます。

加藤 暇つぶしが価値ですか。分かりませんが、そういう感じでしょうか。

暦本 いや、確かに。とてもすごい小説家が出たらどうしますか。

清水 そうそう。例えば絵が下手なのだけど、何か面白い話を書けるとか、『左利きのエレン』などはそうでしょう。だって、あれは画家の天才の話なのに、僕ごときが見ると、絵がそんなに上手ではないように見えます。しょうがないから読みやすく、まだ連載中なのに、もう1回、『少年ジャンプ+』にまたリライトされて連載されるというように、時代的には、めちゃくちゃだと思うのです。でも、これが今なのだということです。この絵が駄目だからといって、読まないのはもったいないよということなのだと思います。昔だったら、クリエイターが自分で描いた絵を、いや、おまえの絵は下手だから、描き直さしてやるというような話はめちゃくちゃではないですか。それが今成り立ってしまっていることが、すごいなと思います。同じようなことが、起きるのではないですか。絵が下手でも、描いて面白かったら、誰かが見つけてくれて描き直してくれるか、もしくはAIがエンハンスしてくれるか、そういうことは起きそうです。

樋口 あとは、そういう天才もそうですが、一人一人が何か副業をしたりして、働く場所に依存しないような生活を送れるようになるというのは、僕としては結構わくわくすることかと思っています。そうなったときに、いろいろな人がどういう生活をしていくのだろうとか、みんなが、意識が変わっていく

のだろうかとか、そういうことは期待しています。

石黒 ありがとうございます。ちょうど、最後皆さまから一言ずつと言おうと思っていたら、皆さん、ちょうどいい感じに一言ずつコメントを頂けました。そろそろお時間が来てしまったようですので、最後に暦本先生、ありますでしょうか。

暦本 これは、ヒューマンオーグメンテーション学寄付講座のシンポジウムだったわけですが、最初に思ったのはコロナが始まる3カ月ぐらい前でしょうか。そのときからの、あまりの変わり具合に驚いていると同時に、さっき、変わっていくことがわくわくだと言いましたけれども、まさにそうだと思うのです。それは技術をやっている我々もそうだし、生活が大変な方もいるということを承知で言うのですが、変わることは、絶対に変わるのです。だから変わるのであれば、もうそれを乗りこなしていかなければという感じで、ひたすら Insanely Positive なように、狂ったように前向きにはないかと思えます。

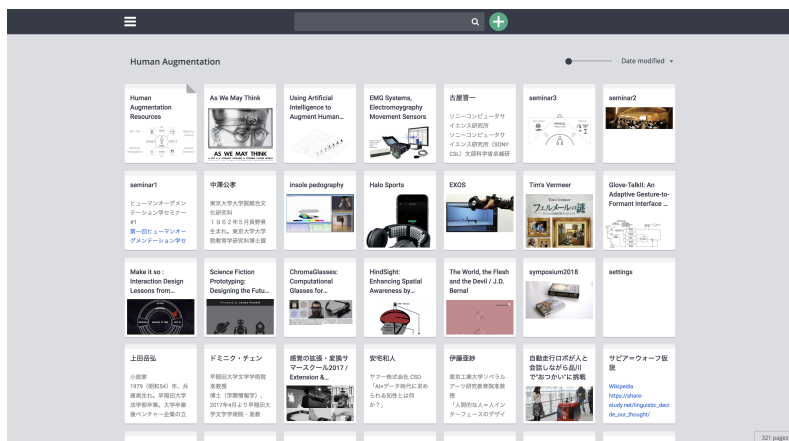
この寄付講座は一応終結なのですが、次のステップを考えています。社会にとって、人間拡張や Augmented Society のようなものが、さらに重要になってきているという思いでやっていきますので、今後ご支援を頂ければと思います。皆さま、どうもありがとうございました。Web 上の方々も、ありがとうございました。

中村 参加者の皆さまも、登壇者の皆さまも、ありがとうございました。事前にもライブでも、非常に多くのご質問を頂いておりまして、時間の都合で、なかなか会の中で紹介できなかったものがたくさんございますが、そろそろ時間が来てしまいました。

それではこれにて、寄付講座、シンポジウム 2020、「Augmented Society 人間拡張による社会の拡張」の配信を、

そろそろ終了させていただきたいと思います。なお、本配信は、後日 YouTube で見られるように配信を行う予定です。配信に関する情報や、これまでの取り組み、今後の活動に関しましては、ヒューマンオーグメンテーション学、ソニー寄付講座のウェブページの方で発信させていただきますので、皆さまご確認いただければ幸いです。それでは皆さま、ありがとうございます。配信を終了します。お疲れさまでした。

「Human Augmentation ポータルサイト」紹介



<https://scrapbox.io/humanaugmentation/>

東京大学大学院情報学環ヒューマンオーグメンテーション学（ソニー寄付講座）では、人間拡張に関連する研究・技術・書籍・ニュースなどを収集したポータルサイト『Human Augmentation』を scrapbox 上で運営しています。ヒューマンオーグメンテーション学は、新しい領域であり、要素技術や応用範囲も広く、既存の研究や技術などのリソースを追うことが難しくなっています。そこで本サイトでは、収集したヒューマンオーグメンテーションに関する様々な情報を概観し、またその詳細情報へのアクセスを容易にすることを目的として運営しています。

ヒューマンオーグメンテーション学とは何かを理解し、その先の新しいアイデアを着想する場としては是非ご活用ください。

発行日：2022 年 2 月 10 日
発行：東京大学大学院情報学環
ヒューマンオーグメンテーション学（ソニー寄付講座）
編集：暦本 純一・石黒 祥生・中村 裕美・張 シンレイ
表紙デザイン：茂木 香代子
印刷・製本：株式会社グラフィック