

JR-EAST Innovation 2019 特別講演

「自動運転を含むコンピュータービジョンとロボットの研究」

カーネギーメロン大学 ワイタカー記念全学教授 金出 武雄 氏

金出 武雄 氏

現在、米国のカーネギーメロン大学 ワイタカー記念全学教授、及び京都大学高等研究院招聘特別教授。1974年京都大学で工学博士号取得後、同助手・助教授を経て、1980年に米国カーネギーメロン大学に移る。1992年から2001年にカーネギーメロン大学ロボット研究所の所長を務めた。主な研究成果には、MPEGなど動画像処理においてもっとも広く使われているアルゴリズムである1981年に発表されたLucas-Kanade法、1995年に最初に自動でアメリカ大陸を横断した自動運転車「Navlab 5」、第35回スーパーボウルで採用された30台以上のロボットカメラで360度の視野の映像を撮影する「Eye Vision」システムなどがある。その業績の特徴は基礎的であるとともに実用的なインパクトのあることである。

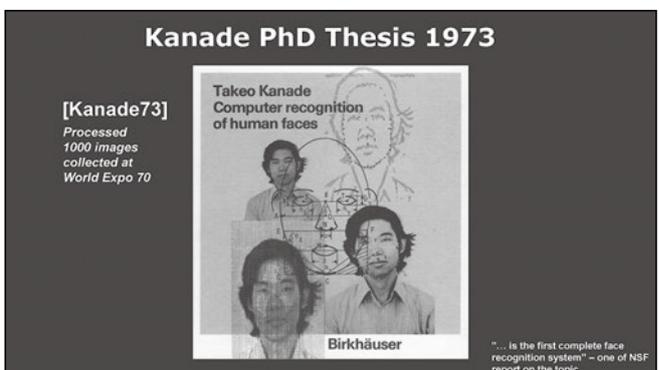
2019年文化功労者、2016年京都賞先端技術部門、2008年フランクリン財団メダル・バウアー賞、2011年アメリカ計算機学会と全米人工知能学会アレン・ニューウェル賞、2017年米国電気電子学会 (IEEE) Founders Medal、2018年アルメニア国家賞グローバルITアワード、2007年計算機視覚研究におけるAzriel Rosenfeld生涯業績賞など、多数受賞。アメリカ工学会アカデミー特別会員、アメリカ芸術科学アカデミー会員。



私はいろいろなコンピューター・ビジョンとロボットの研究をやってきました。古いものでドクター論文は1973年ですから、50年近く前になります。

当時はアセンブラ言語という、機械語みたいなものでプログラムを書いていました。デジタル画像というものもなく、今のようにスマートフォンで撮影するという時代ではありません。研究室には、デジタル画像が1枚あれば研究できたのです。

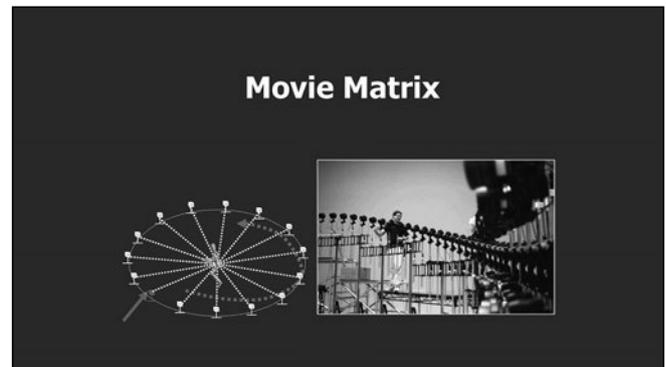
プログラムを書いて、その1枚をうまく処理することができれば論文ができました。デジタル画像は1枚だけですから、適当に成功するようにパラメータを変えれば、必ずできます。10枚もやれば、アブストラクトに「大規模な実験により」と書いたものです。現在、10枚の画像で実験した論文では、査読にも回らずにリジェクトされますが、当時はそういう時代でした。



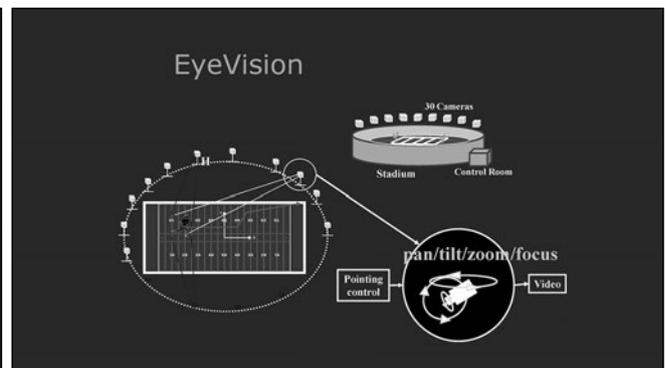


携帯電話やカメラで写真を撮ろうとすると、顔のところに四角が表示されます。我々が1990年の頃にはじめてことが、現在皆さんが使っているこの機能の基となっています。もっとも、この右下の写真の人が着ているシャツに描かれた「顔の画像」の検出はできていますが、それが本当に「人の顔」かどうかというのは今でも難しい問題です。

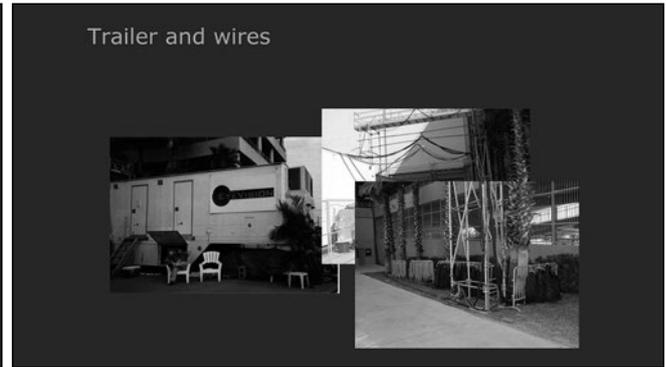
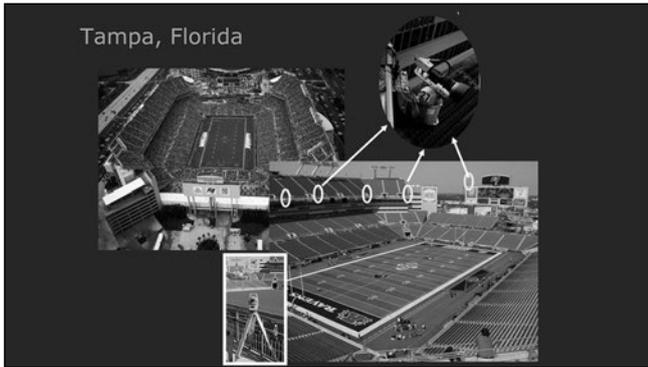
私自身は思いつくままにいろいろなことをやってきました。医療画像からヒューマノイドまで、ありとあらゆることを思いつくままにやりました。私の多少の自慢は、「スポーツ放送で映画『マトリックス』のように、良いプレーの周りをグルッとまわるビデオ再生のシステム「アイビジョン (EyeVision)」というのを作って、アメリカ最大のイベントであるスーパーボウルで使われて大きな話題になったことです。皆さん、映画『マ



トリックス』を見たことはありますか。私は見たことはありませんが、米国CBS放送局の人に、アメリカンフットボールで、映画『マトリックス』のようにぐるっと回るプレーの再生をやってくれないかという依頼で始めました。映画『マトリックス』はどのように作るかというカメラをスタジオの中にこんな風に並べます。すごいもので、点で見えているのは全部カメラなのです。それらのカメラは全部、スタジオ真ん中の一点を見ていてその位置で俳優が演技をします。あの有名な地下鉄のシーンでは、俳優がぼくと飛んだときに、同時に写真を撮ります。その写真を順番につなげると、時間が止まってぐるっと回ったように見えるという仕組みなのです。



同じことをフットボールでやろうというのですが、フットボール場は大きく50メートル×100メートル以上あります。そして最も重要なことは、映画の撮影とは違って、あらかじめ良いプレーが起こってほしい位置を決めておくことはできませんので、『マトリックス』の仕組みのままではうまくいきません。そこでカメラを全部ロボットカメラに換えてそれらが協調しプレーを追い掛けていく仕組みとしました。



フロリダのタンパという町にあるスタジアムの2階に、33台のロボットカメラを並べました。ロボットは日本の三菱重工社製のPA-10という当時の非常に優れたロボットで、1台800万円程度でした。ソニー製のカメラは150メートル以上離れたところを大きく写せる大きな望遠レンズ付きです。角度が少しずれると映るものが違いますので、それを正確に制御して各瞬間瞬間にすべてのカメラが同じところの同じプレーヤーを写す能力が必要です。これらのロボットカメラは、スタジアム外にあるコントロールルームにケーブルでつながっています。イーサネットケーブル、ビデオケーブル、電源ケーブルです。これが33台、ケーブルだけでも20キロメートル以上になる相当なシステムです。一つ一つのロボットカメラの装置は、約1000万円から1500万円しますのでハードウェアだけでも約3億から4億円という巨大なシステムでした。

成功する研究開発：私の観察と経験

成功するアイデアも、もとは案外、単純・すなおなものである

- ・発想の元は想像だから

すなおな発想を邪魔するもの、それはなまじっか「知っている」と思う心、「専門的」「知識」である

- ・専門家とは「こうするものだ」ということを習得した人だから

しかし、実行には専門的な知識と技がいる

- ・餅は餅屋だから

「良い」研究とは？

カーネギーメロン大学
故アラン・ニューウェル(Allen Newell)教授

"Good science responds to real phenomena or real problems."
良い科学は現実の現象、現実の問題に応答する。

"Good science is in the details."
良い科学はちょっとしたところにある。

"Good science makes a difference."
良い科学は差を生む。

つまり インパクト・「役に立つ」！

さて、研究者、開発者の方々に仕事と希望は何かと聞くと、ほとんどの方は「良い研究をすること」と言います。私もそのように言うことが多いです。しかし、良い研究とは何かと質問されると、答えは難しいもので、ひと言で言えないところがあります。人工知能研究の元祖の一人として有名なカーネギーメロン大学のアレン・ニューウェル教授はこれについて非常に含蓄のあることを言っておられます。まず、「良い研究は現実の現象、現実の問題に応答しなければならない」と。つまり現実に存在する問題を解かなければ、良い研究とは言えないのです。勝手に考えた問題を解いてよかったと喜んでいても、それは意味がないと言うのです。2番目は「Good science is in the details.良い研究はちょっとしたところにある。」と言われました。良い研究と

いうのは、大きな話をしなくても身の回りにあると言うのです。さらに、3番目、これが一番大事なところですが、「Good science makes a difference.」本当に良い研究をしたかどうかは、世の中に差を生んだかどうかだと言うのです。つまりインパクトです。だから、大学の先生や研究者がいくら多くの論文を書いても、それで何が起こったかということが言えなければ、良い研究とは言えないのです。大した論文も書かなかったけれど、例えば、「携帯はこうしたら便利で、それを私がやった。」と言うことができたとしたら、これほどすごいことはないという訳です。我々はこのアレン・ニューウェル教授の教えを研究の重要な指針と考えています。

さて、成功する研究開発はどんな風に生まれるのか。わたしの経験と観察によると、成功するアイデアはもともと案外、単純・素直、時にはナイーブ、トリビアルということが多くのように思います。皆さんも経験はありませんか。素晴らしい論文を読み、素晴らしい商品を見たときに「何だそんなことか、自分も考えていたのに。」と。良いアイデア、発想というのは基本的に想像です。こうしたことがあればいいなという想像なのです。素直な想像に従ってアイデアを出せば、自然と良いアイデアになっていきます。では素直なアイデアは誰でも考えつくはずなのに、どうしてなかなか考えつかないのでしょうか。私に言わせると最も邪魔するものは、「知っていると思う心」です。皆さんも経験があると思います。アイデアを言うと、必ず反対する人がいます。多くの場合専門家です。物事・技術はこうならなければならないという思い込み、ある意味専門家意識です。では素人が良いことができるかという、はっきり言って素人ではいいことはできません。それはなぜでしょうか。良いアイデアを実行に移すには専門的な知識と技が要るからなのです。今日の先ほどの新幹線の話聞いても、ある意味アイデアそのものは失礼ながら私だって考えつくような話ですが、実際には私の知識ではとても実現はできません。当然ながら、専門的な知識が要ります。それがプロというものです。私はこれらの研究開発における現象を「素人発想、玄人実装：素人のように考え、玄人として実行する」、英語では“Think Like an Amateur, Do As an Expert.”と名付けて宣伝しています。

インパクトのある研究をするときに重要なことは、良いシナリオ、ストーリーを作ることです。成功を描く、自分の研究、自分の開発はどんな風に進み、一体どういうところに使われ、どう役に立っていくかのシナリオが言えるかということです。研究だけではなく、あらゆる政策にしてもそうだと思います。良い成功のシナリオが書けると、当然、話が大きく、楽しく広がっていきます。面白いので、どうしても人に言いたくなります。すると、いい話は当然ながら人が喜ぶので、人が参加しようとします。これが非常に重要なことです。どんなに賢い人、どんなにできる人でも、1人でできることは限られています。自分の考えを広められるか、つまりどれだけの人間が自分の考えに共感して同じようなことを始めるかということなのです。我々大学の人間にとって論文は重要なのですが、論文を書くことによってその論文を読んだ人が、なるほどそういうものか、あるいは、全く違う分野の人でも私の分野でもこんなふうを考えればという仲間が増えることが重要だと思うのです。

そんな私のシナリオの一つが多数カメラシステムです。アイ・ビジョンもそうですが、非常に多くのカメラを使っているいろいろなことができはざだというシナリオです。始まりは1990年の初め頃、5眼、つまり5台のカメラを使った3次元カメラを作ったことです。普通のカメラは画素の値として白黒とかカラーの画像が出力されますが、それだけではなく各画素に対応する距離の情報を出力するステレオつまり複眼カメラです。人もそうですが、普通ステレオは2眼、2台のカメラを使います。私はカメラは多い

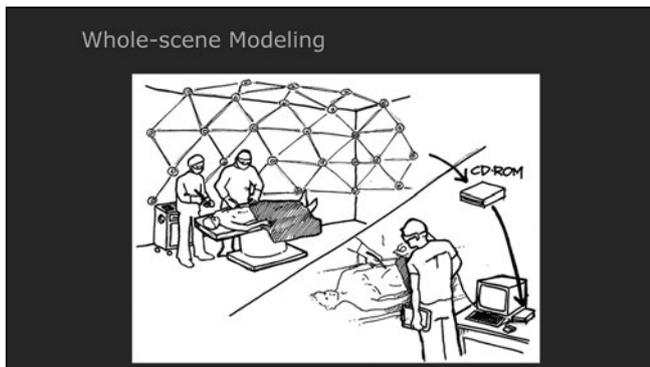
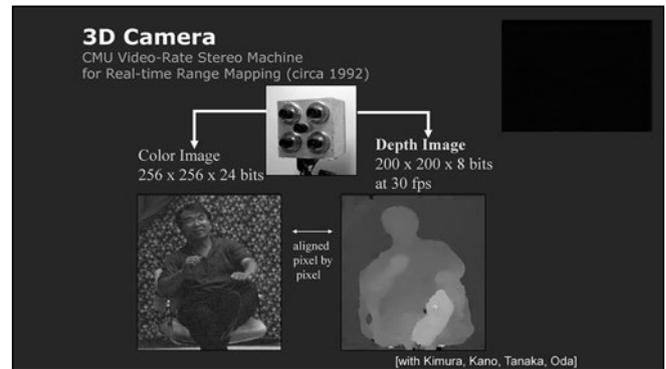
インパクトのある研究： 差を生むシナリオを作る

- ・ 成功を描く
 - ・ どこに、どう役に立ち使われるか
 - ・ 何が起こるか
- ・ 大きく楽しく考え、ストーリーを広げる
 - ・ 話がどんどん広がる
 - ・ 「面白い」と人に話すことができる
- ・ 他の人が参加することができる

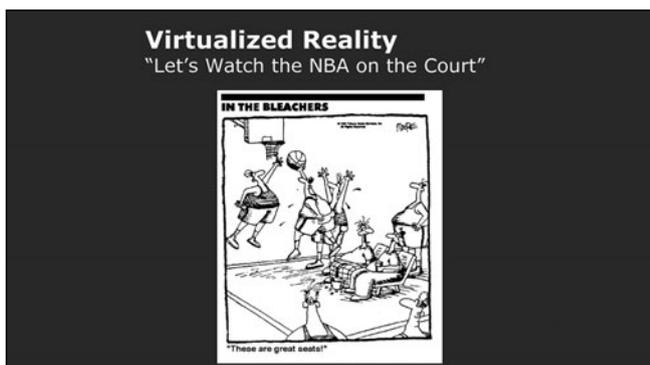
©2020 株式会社東芝

ほうが、処理する画像データは増えるが、実はその方が問題が易しくなって却って簡単に作れるはずだと考えたのです。

DARPAという機関から研究資金を3億円もらい、1990年の初め頃、1秒間に30フレームで「距離の画像」をつくりだす装置を一式作りました。消費電力5キロワットというすごい装置でスイッチを入れると冬でも実験室が暖かくなりました。今は同じことをする装置が100ドルで買えます。皆さんの携帯でもできます。進歩は恐ろしいものです。



そのカメラでは距離がわかりますから、景色、シーンの3次元形状がわかります。しかし、シーン全体を完全に3次元化するには隠れている所がわかりません。それをどうするか。一番単純な方法は違う位置にそこが見えるようにもっとカメラを付けばいいのです。これはその考えを描いた手術室のイメージです。有名な外科医が手術をすると医学生は見学に行きたいが、手術室に入れる人は5人か10人かしかない。手術室をカメラで全部囲って室内の様子と出来事を完全に3次元デジタル化することができれば、この手術室に何千人、何万人が入っても満員になることなく、それぞれ自分の好きな、自由な位置から見る事ができるのではないかと思います。そこで、1995年に51カメラのドームを実際に作りました。ヒッチコック映画『バード』みたいに見えますが、点々と見えるのはカメラです。これでドーム内の時間的様子を完全に3次元デジタル化できます。これはx、y、z、プラスtという意味で4次元デジタル化というべきものです。最近4Dデジタル化という単語がはやっていますが、1995年にはもう使っていました。



今日、多数カメラ 技術は多数の場面で使われている

- Entertainment - Eye-vision like video for sports and stage
- Large-area 3D modeling
- Many cameras on a car for surround view
- Multi-cameras on a cell phone for SNS
- Multi-Aperture Camera (e.g. Lytro, Nikon, Hitachi)
 - Everywhere in-focus camera, Obstacle See-through camera
- Microscopy

実は、最初の **Multi-camera stereo** の論文は **Reject** (掲載不可) された。
 "Devices that use this many unnecessary cameras are too expensive to be useful." (reviewer's comment)

現実を4Dデジタル化して、それを自由な視点から見るといった概念をバーチャライズドリアリティーと名付けました。人工で作った世界の仮想の現実ではなく、仮想「化」された現実です。当時のスローガンはレッツ・ウォッチ・NBA・オン・ザ・コート (Let's watch NBA on the court)、つまりNBAのバスケットボールゲームをコートの中に座って見ようプロジェクトとしました。これは実現しませんでした、その代わりにスーパーボウルでアイビジョンに繋がったわけです。

今日、多数カメラ技術というのは、実は多くの場面で使われています。アイビジョンのやり方は、日本でもほとんどのスポーツで使われています。ラグビー、柔道、ゴルフも使っています。また、現在ほとんどの車は何台ものカメラがまわりに付いていて、運転席から周囲環境をみて駐車などに使えます。警備の本格的監視カメラシステムは何百台というカメラを統合的に使います。顕微鏡にも多数カメラ顕微鏡があります。

ところで、1995年の半ばに最初に5台カメラを使った世界初の完全リアルタイムステレオを作ったとき、論文を書いて学会誌に送ったのですが、その査読結果はなんと「掲載不可」でした。レビュアー (査読者) のコメントは、「こんなに不必要な多くのカメラを使った装置は高価過ぎて使われないだろう」というのです。レビュアーというのは専門家です。今日の5台どころか何百というカメラを使うことは驚きではない現状を見ると専門家の思い込みは恐ろしいです。



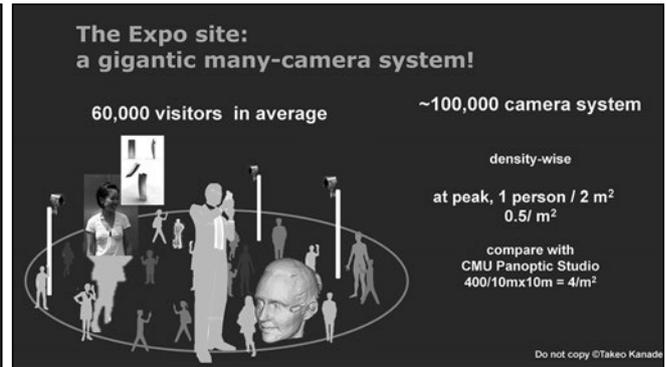
新しい応用

- **PIE Database**
多方向から撮った顔表情データベース
- 人のポーズを認識するプログラムの学習データ

そう言うのなら、私は反対方向に行くことにして、1000台カメラシステムを作ろうという訳でこんなドームを作っています。現在は480カメラ、及び多数のマイクロホンとプロジェクターをもっています。ドーム内の光線全体を観測するという意味でパナプティック・スタジオと呼んでいます。この中の様子は極めて密にデジタル化でき、いろいろな応用と研究の道具に使っています。

同じような考えでこういう超多数のカメラシステムを作るのは現在の一つの潮流です。例えば、ピッツバーグにあるFacebookのOculusという、ヘッドマウントディスプレイ、いわゆるゴーグルを専門にやっている研究所が作ったシステムです。これを使って彼らがおこなったことの一つは、多くの人にこの中でいろいろな表情をさせたデータを集めて、人の顔の表情動作において顔の各部分の動きがどう関連しているかということの高精度で完璧なデータ化です。なぜそのようなことをしたかという、ゴーグルをつけていても、それをつけていない画像を作り出すという能力の開発です。自分だけがゴーグルをつけてARとかMRを楽しむ段にはいいのですが、そのゴーグルをつけた人がほかのゴーグルをつけた人と話をしたい、テレビ会議をしたいとなると、お互い相手の顔がゴーグルに隠れて見えないという致命的問題があります。そこで、ヘッドマウントの中にあるカメラで目の周辺の表情と撮影して、ヘッドマウントの外の表情は外にあるカメラで撮影します。そのふたつからゴーグルが接触して観察できない部分が本来どう動いたはずかを合成し、全部をつなげてゴーグルをつけていない顔を作り出します。この例はそうして作っ

たものですが、ほぼ完璧です。これを使えばビデオ会議で常に相手の顔を見て話すことができます。



私が最近考えているのは、ホップオン・ホップオフと名付けたものです。例えば2025年の万博で考えましょう。聞くところによると、万博会場には常時6万の人が来るそうです。その人たちは、携帯のカメラを持っています。中にはペンダント型のカメラを付けている人もいるかもしれません。ヘッドマウント型のディスプレイとカメラを持っている人もいるでしょう。入場者にはウェアラブルカメラを無料配布してもいいかもしれません。さらに会場には監視カメラなどの固定カメラがありますから、全部合わせると万博会場は10万カメラシステムということになります。先述の我々のパナプティックスタジオには約10メートル四方に400のカメラがあるので、1平方m当たり約4個あります。万博会場では、大きさから考えるとピーク時では2平方メートルに約0.5個になりますのでそんなに変わりません。どういうことができるでしょうか。世界の人が万博会場に行かなくても、例えばこの辺を見たいなと思うとします。一つの実現方法はロボットアバターを使う方法ですが、そんなに多くのロボットアバターを用意するわけにはいきません。しかし心配しなくても大丈夫です。なんといっても10万カメラがあるので、どこかのカメラ、誰かのカメラがその辺を見ています。その人に乗り移る、つまりホップオンすればいいのです。お互いが同意するならその人と話をしても楽しいかもしれません。歩いていくと、その人は左に行きたい、自分は右に行きたいかもしれません。心配は要りません。左に行く人もいます。なので、先の人からはホップオフ（降り）して、新しい人にホップオンするのです。それから、会場に来ている人も使えます。面白そうな出来事が10分前に終わっていた場合は、10分前の人にホップオンすればいいのです。あるいは会場ですら、たくさん人がいるので人気イベントの向こう側に行けないこともあります。心配しなくても向こうにも人はいます。ホップオンです。5Gか何かで会場にもすごい通信設備をつくって世界中に配信します。勿論、画像はそのままではなく、プレをとる、プライバシー保護の処理をする、同じ地点のアイビジョン的映像を作る、自由に検索できるようにするなど人工知能の機能が必要です。これがホップオン・ホップオフの機能です。皆さんも、万博だけでなく他にも観光・ショールームなどもっと一般的な場面でのいろいろなサービス・機能を思いつかれるでしょう。

これを私が考えたのは、1980年の終わり頃にインドのタージ・マハルに行ったときです。その美しさに感動したのときわめて多くの来訪者がいることに気が付いた時でした。1990年頃にホップオン・ホップオフのアイデアを私が言うと、「ドクター・カナデ、そんなことできるわけありません。通信が爆発して絶対使えません。」と言われたのでやめました。しかし、最近いろいろ聞いていると、5Gなどの話がありまんざら荒唐無稽でもなからうというので、昔の話を蒸し返して考えています。

Autonomous Driving Car (aka Driverless Car)

A "car" no longer refers to a moving "mechanism", but to a system that understands the outside real world and acts for providing mobility.

Autonomous Driving: Its beginning 35 years ago

NAVLAB Project (1985~)



Terregator: ~1985
Campus pathway
<100m/hr, 100m total
Camera,
Off-board computing



Navlab 1: 1986-89
Park pathway
~20 km/hr, 10km
1 Color Camera, Laser range finder
Sun 3s and 4s



Navlab 1-5: 1985-1995
Experimental systems

次の話題は自動運転です。車というものは、昔は動くメカニズムを指していたのですが、今ではMaaSという言葉がまさに示唆するように、モビリティを供給する一つのシステムという考え方です。自動運転も、私自身、随分昔から関わっていました。1985年頃にプロポーザルを書いて、DARPAのお金をもらって実施したプロジェクトで、ナビゲーションラボラトリー (NAVLAB) と我々が名前を付けた自律的に動く車の研究でした。はじめは小さな移動ロボットでしたが、大型トラックにコンピューターとカメラや距離センサーを積んで走るように変えました。搭載コンピューターは当時出てきたSun Workstationというもので大変高価でかさのたかいものでしたが、それを3台、4台積み込み、発電機も備え、オンボードセンサー、オンボードコンピューター、さらにオンボードリサーチャー、つまり人間の研究者も積んで走る実験室です。その中でプログラムを書く学生には、「信用できるプログラムを書かないと、あなたは自分の運命と共有しているからね。」とよく言っていたものです。初期の頃は大学のそばにある公園の中を、本当にゆっくり、秒速1センチという動いているかどうか分からない速さの走行でした。それからだんだんと普通の道を走るようになりました。90年の初めぐらいになると、普通のラップトップで計算し、時速60-80Kmといったスピードで自動で走れるようになってきました。今皆さんがよくテレビで見られる運転席に乗っていても手離しの状態です。レーンを認識して走ります。レーンマークに対して、自分の位置は自分で分かっています。前に障害物があることも知っています。あるいは、後ろ側に車が入ったかなどもチェックしていました。自動駐車もやりました。勿論完璧という訳ではありませんでしたが、現在の運転支援・自動運転の機能はそれぞれ要素として持っていました。

1995年には、「ノーハンズ・アクロス・アメリカ (手をはなしてアメリカ横断)」というデモンストレーションをしました。作った本人が言うのもおかしな話ですが、勿論完全ではなく危ないので運転席には人はいます。東海岸のピッツバーグから、西海岸サンディエゴまで約5000キロの98.2パーセントを自動運転で行きました。アメリカ人は遊び心があるので、「ノーバディーオンボード (誰も車には乗っていない)」という標識を出して走っていると、テキサス州警察がやってきて、「面白いから州境まで護衛してやろう。」と一緒に走ってくれたというエピソードがあったようです。

No Hand Across America: 1995



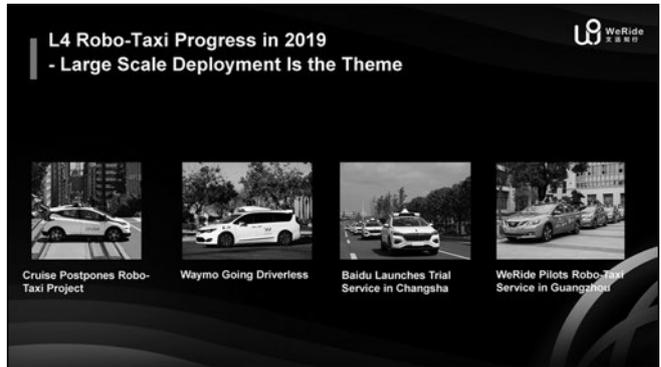
The Navlab 5 steered 98.2% of the distance from Washington, D.C. to San Diego CA, (2797 miles out of 2849) by a computer-vision program.



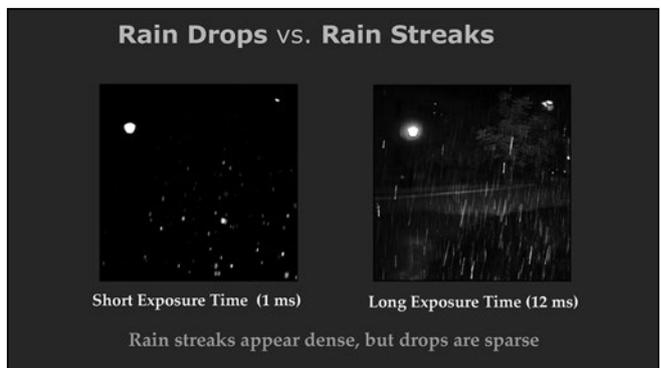
Washington DC Pittsburgh PA Columbus OH Indianapolis IN Kansas City MO
*San Luis Obispo *Kansas City MO *Denver CO *Evanston IL
*Grand Canyon *Las Vegas NV *Los Angeles CA
*San Diego CA

その後、2007年にアーバングランドチャレンジというDARPAの競争があり、同僚であるレッド・ウィタカーとクリス・アームソンという人がこれに優勝しました。現在われわれが目にする距離センサーを使う自動運転の始まりです。ちなみに、このクリス・アームソンは、その後Googleで自動運転を指揮しました。

現在ドライバーアシスタントは、皆さんも使っています。そして完全な意味での自動運転であるレベル4、5の実現も視野に入っています。世界的に見ても、自動運転はいまやレベル4、つまり運転席に人がいないやり方を本格的にやっています。アメリカではウェイモ、それから中国では百度です。私は中国の自動運転ベンチャー企業のWeRideという会社の顧問をしているのですが、本当に元気で起業して2プラスで、運転席に人がいないLevel 4の自動運転を広州市の公道でやっているのですからすごいものです。



最後に、3、4年前にやっていたスマートヘッドライトという研究についてお話をしましょう。自動車のヘッドライトの光源は最初のアセチレンからいろいろ経て現在のLEDに変わってきましたが、その本質的仕組みは過去120年間変わっていません。つまり、車の前方へフラッドライト-洪水のような大量の光-を送って周りをできるだけ明るく照らす仕組みです。さて、これを空間的に光線を制御するヘッドライト、簡単に言えばヘッドライトをプロジェクターに変えれば、何が起こるでしょうか。



例えば、雨の日の夜に運転すると、雨は白く見えて運転に邪魔です。邪魔なので運転者の目に雨が見えないようにする、つまりまるで晴天の夜に運転しているように雨を消すことはできないかと考えます。雨は水なので透明なはずですが、なぜ白く映るのでしょうか。それは自分のヘッドライトの光が雨粒に当たって、光が跳ね返ってくるので白く見えるのです。だから、雨を消すにはヘッドライトの光が雨粒に当たらないようにすればいいのです。まさに素人的発想です。それをどう実現するか。

ヘッドライトをプロジェクターに変え、個々の光線のそれぞれに光を送る機能と入ってきた光を測る機能、つまりカメラの機能が共にあると考えます。そんなヘッドライトでまず非常に短い時間だけすべての光線で光を送ります。そして、すぐカメラで画像を撮ります。送った光が雨粒に跳ね返ると白くなるのですから、ある画素を見て白い場合、それは送った光が雨に当たったことを示しているのですから、すぐに光を送ることをやめます。一方、画素が黒いのは送った光が雨粒にあたっていないことを示していますからそのまま送り続けます。原理はそれだけです。実際には観測と光のONOFFに少し時間がかかりますからその分を考える必要がありますが、ここではその詳細は省きましょう。こうすれば、運転者の目には雨は見えません。実際にデモをすることができました。

この考えが分かると他の機能も作れます。例えば、ハイビーム、ロービームのコントロールです。夜田舎道などを走るときは遠くが見えるようにハイビームで運転したいですが、前から車が来るとヘッドライトの光を下に向けるロービームに変える必要があります。なぜかという、グレアという、相手の運転者の目に光がたくさん入って瞬間的に見えなくさせる現象が起こるからです。しかし、よく考えれば、ヘッドライトの光を全部下に向ける必要はありません。相手の目に入る光だけをオフすればいいはずです。そうすれば、相手からは自分の車は全然まぶしくない、しかし、同時に自分の車は先方を明るく照らしているという状態になるのです。つまり、自分には常にハイビーム。相手にはつねにロービームのヘッドライトが出来上がります。

Innovation

技術革新？

新しい価値作り

"Innovation resides at the intersection of invention and insight, leading to the creation of social and economic values. Thus, innovation starts with problems."

"イノベーションは発明と洞察の交わるところにあり、社会的・経済的価値の創生に結びつく。だから、イノベーションは問題から出発する"

Nicholas Donofrio, ex IBM VP for Innovation and Technology, Council on US Competitiveness

シナリオのある問題を構想する

解けて意味のある、つまり役に立つ問題を構想する



包括的な問題全体

コンピュータービジョンやロボティクスについていろいろと話してきました。私は、「コンピュータービジョンやロボティクスの分野は現在パーフェクトストームの状態にある」と言います。1990年の終わり頃にアメリカ東海岸で三つの悪い気象現象が同時に起きて、ものすごい嵐になったのをパーフェクトストームと呼びます。それと同じ意味で、これは良い意味ですが、現在新しいセンサー、学習アルゴリズム、低電力高計算力のプロセッサの3つ同時に起こっていることによって、全く新しく、しかも人間を超えるような能力を持ったコンピュータービジョンやロボティクスのシステムを作ることができるイノベーションのパーフェクトストーム状態にあると言えるのではないかとことです。

イノベーションは日本語ではよく技術革新と訳されていますが、これは誤訳と言えます。本来、イノベーションは本日の会のスローガンにもあるように新しい価値づくり、社会に役立つ価値を作り出すという意味です。とすれば、最初に紹介したニューウェル教授の言葉にもあるようにイノベーションは問題から出発することで、技術から出発するべきではないのです。だから、イノベーション、あるいは研究においては、役に立つ問題を構想することが最も重要なのです。良い問題を構想する重要性というのは昔からいろいろな人が指摘しています。デューイという人は「よく設定された問題は半分解けたようなものである」と言いました。かのアインシュタインは、「私に1時間の時間をくれたならば、私は55分を問題について考えて、5分で解を考える」と言ったとされます。

この講演の中で私は研究において「役立つ」ということを強調してきました。そう言うと、役立つなどというのはレベルの低い話である。そんなことを言うから研究が短期的になる。研究は長期的基礎的なもので、そもそも基礎研究は役に立たないものであるとまで言う人もいます。わたしはそれは違うと考えます。「役に立つ」というのは、便利、お金もうけという意味ではありません。あるいは応用という意味でもありません。それは「自分の研究によって何が起るか」という問題意識なのです。実際のところ、何の問題を解きたいかということが、研究の方向をドライブするのです。あるいはうまくいかないときに方向変える時にも指針を与えます。言わゆるセレンデピュティと呼ばれる何か思いもかけない出来事から良い結果が得られるということも問題意識があつてのことです。問題意識がない人は「想像していたことが起こらないのでおかし」で終わってしまうでしょう。ずばり、「幸運は準備された心に宿る。」とパスツールは言っています。

また、研究は新しいことをしなければならない、だから普通の人には難しいというのは誤りだと私は考えています。これについて私は学生によく、「新しいこと自体には価値はなく、本当に動いて役に立つものが人を納得させる」、さらに、「誰が最初にそれを言ったかは重要ではなく、誰が最初にそれに到達したかが重要である」とも言っています。

という訳で、本日は、メッセージのある研究を具体的な問題から出発して実行しよう、焦点の定まった研究をすれば、結果で人を納得させることができる、そして、それが世の中にインパクトをあたえ違いを生み出すという話しを進めてきました。ではそのような問題はどこに?と訊かれるかもしれません。心配しなくても大丈夫、

「問題は皆さんが解いてくれるのを待っている」

というのが私の最後のメッセージです。どうもありがとうございました。