

# 経営講演会

## 講演録

### 『本格化する IoT の広がりと新たなビジネスの潮流』

—モノづくりとサービスは IoT でどのように変革するのか？—

(平成27年11月2日 講演)

講師 東京大学大学院情報学環 教授

越塚 登氏



りそな中小企業振興財団



講師

東京大学大学院情報学環 教授  
越塚 登 氏

◆プロフィールご紹介

主な経歴： 1994年 東京大学 大学院理学系研究科 博士課程修了（情報科学専攻）、博士  
1994年 東京工業大学 理学部情報科学科・助手  
1994年 東京工業大学 大学院情報理工学研究科・助手  
1996年 東京大学 大学院人文社会系研究科・助教授  
1999年 同 情報基盤センター・助教授  
2006年 同 大学院情報学環・助教授  
2007年 同 准教授  
2008年 同 総長補佐（～2009年3月）  
2009年 同 ユビキタス情報社会基盤研究センター（兼務）  
2009年 同 教授（現職）

この講演録は、平成27年11月2日に開催された、当財団主催の経営講演会を収録・編集したものです。なお、財団ホームページにも掲載しております。<http://www.resona-fdn.or.jp>

私は自分の学生時代の指導教員でもあった坂村健先生とともに、TRON という OS のプロジェクトの技術研究を、学生のと時から 30 年間やっています。このプロジェクトの最終目標は、IoT です。

技術を使って世の中を変えたいと思って、最近では技術だけではなくて、政府と一体となって政策を作っていくこともしています。「オープンデータ」と言っていて、政府が持っている公共データをどんどん公開したり、内閣官房の委員とか総務省とか、国交省などで、IT とか情報通信技術を使う政策の議論をしたり、いろいろなことをやっています。

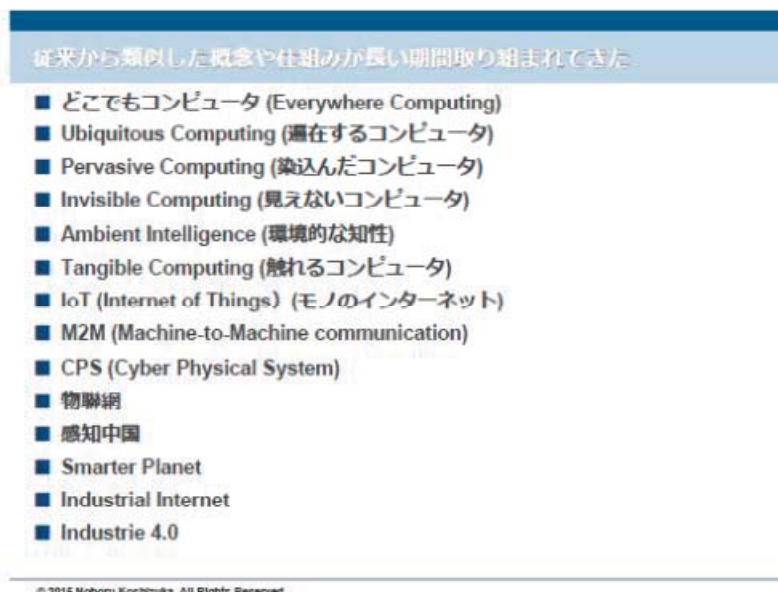
IoT 関係で言うと、2 週前に立ちあがった「IoT 推進コンソーシアム」の運営委員をやっていて、IoT でどういう政策をやるかということをやっています。

## 1. IoT とは何か

IoT は Internet of Things です。モノをインターネットにつないでモノとモノが通信することです。

いま話題になってきていますが、技術自体は古くからあります。私達は 30 年前からそれを研究しています。ただ、社会状況とビジネスの仕方が、大きく変わってきています。技術というのは、長い時間をかけて少しずつ成長していくものです。

そういう意味で、IoT の技術もいままでいろいろな名前と呼ばれていますが、基本的には全部同じものです (図 1)。



(図 1)

坂村先生や私が、日本でこうした研究プロジェクトをやっている当初は「**誰でもコンピュータ**」と言っていました。多分、世界で最初に「こういうことをやりたい」と言ったのは私達のグループだと思います。

ですから、いま IoT は海外で非常に盛んだと言われていますが、一種の逆輸入です。私達が日本の中でこの技術の必要性を言ってきました。そうしたら、ヨーロッパの方でも一

生懸命勉強して、日本に追いつき追い越せと 10 年、20 年かけて地道にやって来たのが今です。

別の言葉で、**ユビキタスコンピューティング**とも言われていました。ユビキタス、遍在するという意味です。IoT というのは意外と古い言葉で、10 年ぐらい前に出てきましたが、一般的になったのは今年です。特に日本でポピュラーになりました。

あと、M2M (Machine-to-Machine communication)、これは、Things を Internet につなぐことで、これも同じです。中国だと IoT のことを「**物聯網 (ウーレンワン)**」と言います。まさに物が連なる網と書く。特にセンサーをつなぐのは「**感知中国**」と言っています。

特に GE が大きなプロジェクトにしている「**Industrial Internet**」があります。あと、日本では IoT の代表のように言われているのが「**Industrie4.0**」です。これはドイツの国家プロジェクトで、ジーメンスとか、ボッシュとか、SAP といった会社がやっているものです。

## IoT でできること

なんとなく私たちは、人工知能とか、コンピュータは、人間が思いつかないような賢いことをやってくれてすごい、と考えてしまいましたが、IoT はちょっと違うと思っています。

こういうことを申し上げたのは、例えば皆さんの中小企業が手掛ける事業で、「やるべきことができていない」、といったことが多くあるのではないかと思うからです。

なぜ、やるべきことができないかと言うと、人間が判断や制御をすると、人件費がかかるので、それに見合う効果がないかぎり、やったほうがいいけど、やらないということになるのです。費用対効果が低いからです。やったほうが当然クオリティも上る、1つ1つは当たり前なことでも難しいことでもない。けれどもできない、やると逆に利益が出ないとか、いろいろなことがあるわけです。

人間が判断して制御するから費用がかかります。IoT でデータを集めて、コンピュータで判断して、場合によっては自動制御まですると、人件費を含めたコストをグッと下げることができます。コストが下がると、今までできていなかったこと、ができるようになります。ここに目をつけることが、IoT では一番重要だと思います。

センサーを使って人間の代わりに監視するとか、コンピュータが判断をする。それで人件費を節約し、それでもきめ細かな最適化とか、品質が実現できるようにする。**IoT は当然やるべきことができない部分を可能にする**というのが、基本的な考え方なのかなと思っています。

例えば、「当然やるべきこと」の例として、看板の効果確認などがあります。お金をかけて看板を作ったら、看板を見る人数は確認したほうがいいです。人が数えても難しくはありません。でも、人件費がかかるとなると普通はやりませんね。数えるための人件費を払うのと、看板に PDCA サイクルを適用して増える儲けのどっちが多かと言われたら…。ただ、広告会社で一部やっている方がいらっしやいます。ほかにも、デパートのショーウィ

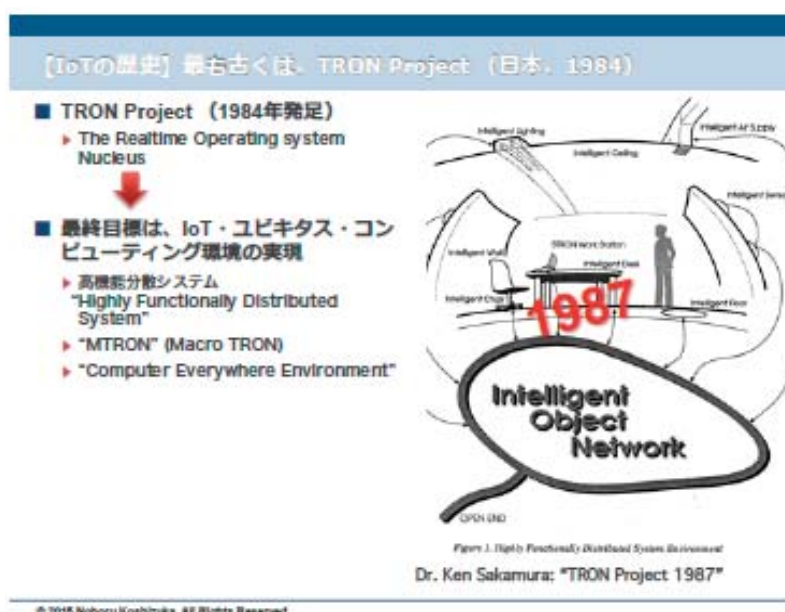
ンドウを見ている人を数えています。それを一々数えるには人件費が非常にかかります。本当はやったほうがいいし、簡単なことだけれども、コストをかけて一々できませんね。

そこに目をつけて、例えば小さい安いネットカメラで画像を撮り、プログラムで視点追跡すると、何人がそれを見ているのかが低コストでわかるのです。人を1日置くよりも、はるかに低コストで24時間監視できます。

まさに、これは当然やるべきことを低コストでやれるわけで、IoTの身近な使い方の例です。後ほどお話しする多くの事例も、いまのような考え方がベースです。

## 日本

IoTというのは逆輸入です。私達が、物をネットワークでつなぎましょうと言って、坂村先生と一緒にやってきた「TRON」プロジェクトは、1984の発足です。もう31年前になりますが、最終目標をこのスライドのように書いています。これは1987年の論文から取ってきた絵です。身の周りのあらゆるものを、インターネットにつなげる。当時「インターネット」という言葉があまり流行ってなかったので、インテリジェント・オブジェクト・ネットワークと書いてあります。全部つなげると、どんなことができるかを研究し始めました(図2)。



(図2)

私もここでずっと研究していて、「どこでもコンピュータ」という言葉もありましたが、「高機能分散システム」とも言っていました。1984年からこういうことをやっていました。皆様に知っていただいたのが1989年につくったTRON 電腦住宅です。これは六本木のいまのテレビ朝日の場所に住宅展示場があって、そこに1個ドンと造りました。303平米の住宅で、当時、1989年に千個のコンピュータとセンサーのアクチュエータを入れて、何ができるかというスマートハウスをやりました。ウインドウズ95でパソコンが広まる6年前で、

ミニコンが中心の時代でしたので、それらを地下室に何十台も並べました。

現在、スマートハウスと呼ばれている取組の多くのことは、かなりこの時代にやりました。例えば、部屋の温度が暑くなってきた時に、外には風もあるし、気温も低ければ、空調をつけずに窓を開ければいいです。だから、そういうことが検知されれば自動的に窓が開く。だけど、ピアノを弾き始めて外に音が漏れたら閉めて空調をつけるというのはスマートな制御です。

そうした制御で思いつくことはかなりやりました。トイレで尿の成分を分析するインテリジェントトイレ等ということもやりました。そこで、アメリカの有名な雑誌の「ポピュラーサイエンス」誌の賞も頂いています。こういうこともやっていたので、1980年代、1990年代の初めは、ユビキタスコンピューティングとか、IoTの分野は日本の技術だとずっと思われていました。

### ヨーロッパ

ここから10年ぐらいたって、ITU（国際電気通信連合）という、国連の下部組織で、電話・放送・電波を使う技術などに関する、世界的な国際標準組織がIoTをやりたいと言って技術調査を始めたのが10年前の2005年です。私達は、こういうことをやらなければいけないと言って、日本から、「電話の標準化や、携帯電話以外にも、少しこういうこともやろうよ」と、始まったのがこれです。日本の提案で、ヨーロッパで始まったわけです。

だから、日本の「ユビキタスIDセンター」という、私と坂村先生とで東大を中心にして始めたユビキタスコンピューティングのようなことをやりたいと、ヨーロッパは言っていました。

そうしたら、ヨーロッパでEUのプロジェクトが起こって、「FP7」という膨大な予算のEUのプロジェクトがありましたが、2009年になってその中でCASAGRAS（カサグラス）というビッグプロジェクトが起こって、そこでユビキタスコンピューティングとIoTの研究を盛んにやります。

そういった成果を受けて、「Industrie4.0」などが出てきているので、歴史的には、ヨーロッパからポンと出てきたわけではありません。それ以前に日本のテクノロジーがあったのです。

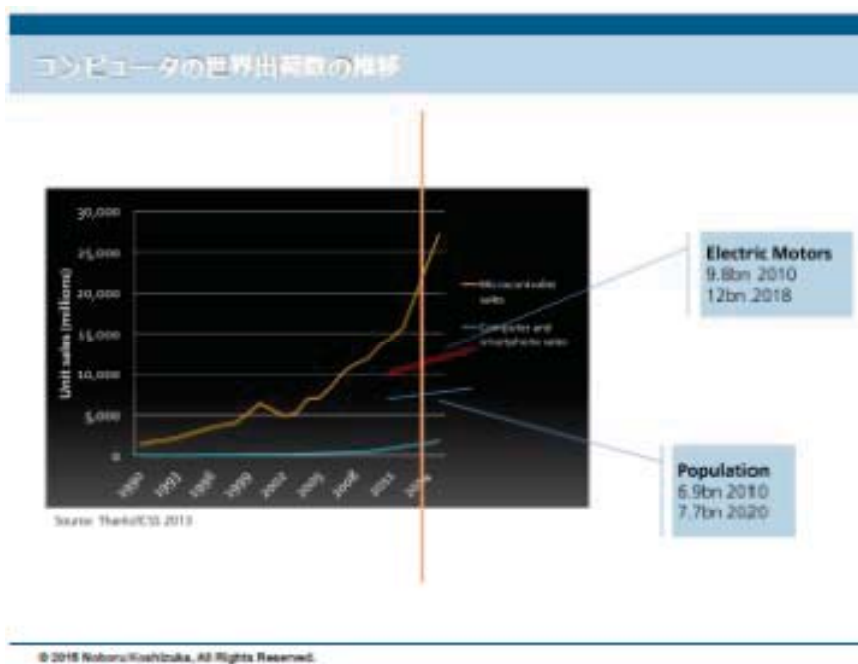
ヨーロッパでIoTと言われているもののサービスは、日本は16年前にも、随分試しています。それをいまヨーロッパがやって、それを更に逆輸入している状況だということを、まず押さえていただければと思います。

### 中国

中国では、温家宝首相がIoTに膨大な予算をつけました。中国はやることの規模が大きくて、「物聯網」をやるために研究学園都市みたいなものを造ります。有名なのが無錫市で、そこをIoTシティにしました。IoTの研究所をボンボン建てて箱をどんどん造っていきまし

た。

こういう流れがあって、ネットワークにつながる数がどんどん増えていって、1兆個ぐらいがつながるのではないかという時代になってきています。いま、コンピュータは世界でなんと年間200億個造られています。地球の人口の約60億人よりはるかに多いのです。モーターの倍ぐらい造られています。コンピュータの製造は、指数関数的に増えています。コンピュータにつながる個数は1兆個ぐらいいくのではないかというくらい、どんどん増えているので、当然、値段もどんどん下がっており、IoTをやっていくとビジネスチャンスがあるのではないかということです (図3)。



(図3)

Cisco や IDC、マッキンゼーなどが試算をされていて、「マーケットは大きいぞ」と言っています。IoTの捉え方はいろいろありますが、時代が変わったと思われたのが、今年の1月か2月に開催された「CES」(コンシューマー・エレクトロニクス・ショー)という、アメリカの家電ショーです。家電ショーと言いつつも、IoTショーになっています。出ている製品の主力の技術も、IoT、ウェアラブルコンピュータ、たとえば時計です、あと、ヘルスとバイオテックなどです (図4)。





(図4)

最近では健康機器というのが世界的にもブームで、家電ショーでも、フィットネス、スポーツが展示される時代です。これも、センサーを体につけて体のデータを取ったりして情報サービスにも送信しています。そういうのでセンサー、**アンマンドシステム**、ということは自動走行であり、ドローンです。だから、家電ショーでヘリコプターが出てきたり、自動走行自動車が出たりする時代です。そして、3Dプリンター、セキュリティ、自動車。

これは日本から見ると結構危機を感じます。日本は家電の国だったと思いますが、その「家電」というマーケットを突き崩そうと世界では思うわけです。そのときに、家電を「家電」と言って相手の土俵で戦うより、「IoT」という新しい土俵のほうがやりやすい。だから、「この分野はIoTだ」と言って、家電業界に参入して来るわけです。実際に造っているものは家電ですが、日本の家電と違う点は、インターネットとつながることです。インターネットとつながる家電は日本にもありますが、多くの場合、自社製品間でつながって、自社製品の付加価値を高めようという、一種の囲い込みです。他社製品と繋げるためではないです。

ところが、IoTはインターネットですから**オープン**です。その発想は根本が違って、小さい企業だったら一社で全部できませんから、他社と繋げるしかないです。だから、他社のものと繋がるような仕組みにした家電をどんどん出します。だから、IoTなのです。

小さい会社同士が連携していろいろなものを組み合わせてできるようになるから、小さい会社の方は、オープンのほうが非常に好都合です。こうしたやり方で家電の業界に殴り込みをかけていて、最近では日本の家電ショーもIoT、IoTと言うようになっています。

### インダストリアルインターネット

もう少し、有名なものをご紹介しますと、1つはGEの**インダストリアルインターネット**です。これは、センサーの技術とか、モバイル技術とか、位置・場所の認識の技術とか、ウェアラブルとか、ロボットとか、クラウドコンピューティングとか、いまトレンドとさ




れているものを全部投入します (図5)。

**Industrial Internet (GE)**

- IoT技術を用いて、社会インフラのメンテナンスの質の向上や経費の大幅な削減を実現
- 技術
  - ▶ インテリジェント機器
  - ▶ モバイル技術
  - ▶ 位置・場所の認識技術
  - ▶ ウェアラブル機器
  - ▶ ロボット
  - ▶ クラウドコンピューティング
  - ▶ コラボレーションとソーシャルソフトウェア
  - ▶ VRとデータ可視化
  - など
- 適用分野
  - ▶ 電力網
  - ▶ 鉄道網
  - ▶ 空港
  - ▶ 医療
  - など
- 目標
  - ▶ 1%の効率改善
  - ▶ これでも膨大な経費削減ができる

インダストリアル・インターネットは、業務用機器、医療機器をはじめとする多種のサービスとメンテナンスのあり方を革新します。



1 設備・施設やサービスに搭載されたセンサーやカメラがデータを収集し、クラウドに送信する。2 クラウドに蓄積されたデータは、分析・処理され、3 デバイスやシステムにフィードバックされる。4 デバイスやシステムは、収集されたデータに基づいて、5 最適な動作やメンテナンスの計画を立てる。

© 2015 Noboru Koshizuka, All Rights Reserved.

(図5)

GEは、発電所などを造っておきまして、インフラの管理などの効率化を狙っています。適用分野は、電力網、鉄道網、空港、医療などです。

GEの目標はなかなか慎ましく、1%の効率改善です。「2倍にします」とは言いません。そこが、信用できると思います。インフラは経済規模が大きいですので、1%改善するだけでも、ものすごいメリットがあるのです。

### Industrie4.0

あと、「工場に入れる」と言って、製造業の復活を掲げてやっているのが、ドイツの「Industrie4.0」です。ドイツ連邦政府の産官学連携のハイテクプロジェクトで、工場にコンピュータとかセンサーとかをたくさん入れて、スマートな工場にするという取組み (図6)。これは、後に少し詳しくしたいと思います。

**Industrie 4.0**



- ドイツ連邦政府の産官学連携ハイテクプロジェクト
  - ▶ 「高度技術戦略の2020年に向けたアクション・プラン」(2011年)の一つ。
  - ▶ 2011年より検討を開始し、2012年より予算額2億ユーロ(当時、約280億円)でプロジェクトがスタート。
- Cyber-Physical System (CPS) 技術を製造業の工場に適用し、「Intelligente Fabrik”(Smart Factory)を目指す。
  - ▶ 「寄える工場」、「スマートファクトリー」の開発・提供
  - ▶ 人工知能システムとインテリジェントセンサーを用いた生産管理の実現
  - ▶ 組込みソフトウェア開発
  - ▶ 輸送・健康・家電・生産分野におけるネットワーク構築など
- ドイツの生産拠点としての競争力を確保。

© 2015 Noboru Koshizuka, All Rights Reserved.

(図6)

## データの重要性

IoT ではいろいろなところにセンサーを付けてデータを取ります。センサーとか、モバイルコンピュータのデバイスも重要ですが、**最も重要なものはデータ**です。**データをいかに集め、いかに発表するのか。そのデータを使って何をするのか**が一番重要なところです。それによって、「本当は当然やるべきことでできなかったこと」を、データを使って自動化してやるようにしようということです。

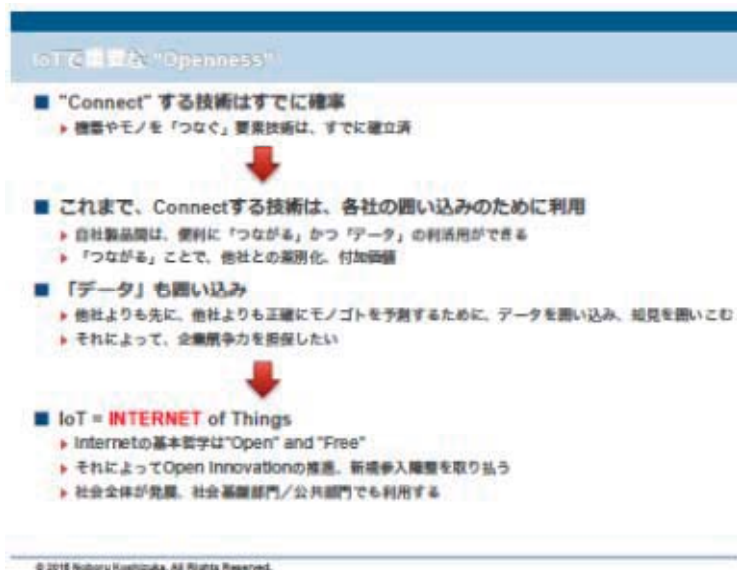
そういう意味で、IoTの時代になって扱うデータがどんどん増えていますが、データはただの数値です。データで現在の状況はわかります。例えば、何度とか、明るいか、何人いるとか、いま何人の方が寝ているかがわかります。でも、その意味はデータからはわかりません。なぜ寝ているのか、なぜこの服装なのか。いま何度というこの温度はどういう意味があるのか、温度が高いのか低いのか。

例えば、温度センサーがあれば37°Cというのはわかりますが、この37°Cの意味はセンサーだけからはわかりません。この37°Cが持つ意味は、まずこの場所が、北極なのか、南極なのか、赤道直下なのかによって違います。北極で37°Cというのはえらいことですね。あと、夏なのか冬なのか。東京で夏だったら37°C、まあ、平均かと思います。そのときに、「平均37°C」というデータも、そういう知識があるから平均だというのがわかるわけです。というような、データの積み重ねがあって、初めてその意味がわかるのです。

だから、そういう**データを扱うとき、重要なのはデータが持つ意味の積み重ねがないと、活かすことが難しい**ということです。そういった意味を分析するのに、人工知能の技術が最近非常に進んでいます。

## 閉じたIoTと、オープンなIoT

世界が今、IoTのどこに一番注目しているのかと言うと、**閉じたIoTと、オープンなIoT**の違いです(図7)。



(図7)

いままでも、技術はあります。ネットワークの技術もあるし、センサーの技術もあるし、それらをつなぐものもあります。センサーをつないで、その分析をしてフィードバックをかけて何かするというのも実はあります。

例えば、世界的に有数の IoT だと思うのは**日本の防災システム**です。日本中に地震計が張り巡らせてあり、それが全部ネットで繋がっています。こんな国はないと思います。そして、地震が起こるとそのデータを収集し、計算して、震源地を見つけて、「どの地域の震度がどのぐらいになりそうだ」ということを一瞬で計算して、「地震が来そうだよ」と知らせます。そして、スマホがプルプルと鳴ると 1 分後に地震が来ます。これはものすごい IoT のシステムです。だけど、これは地震アプリケーションの中だけの、「閉じた」ものです。

だから、気象庁が設置した地震計を、地震のために使っている。別の例で、私が最近一所懸命に共同研究とかをやっている分野に**鉄道**があり、公共交通の運行情報をオープンにしようとしています。公共交通、例えば鉄道会社さんは、鉄道の運行システムも、電車の走行位置をセンサーで全部検知して、それを全部集めて分析して、場合によっては自動運行をしています。東京の都市交通、**ゆりかもめ**は完全に自動運行です。自動運行までいなくても、信号をいろいろ切り替えて制御している仕組みは IoT です。まだここまでだと、鉄道の運行システムの中で閉じています。いまどきのオープンな IoT は、それを業界以外のところに使おうということです。

例えば、他で「なるほど」と思ったのが、**ガス会社**さんの持つ地震計です。ガス管をたくさん管理するために地震は重要で、ものすごい数の地震計を取り付けていらっしやる。それは、ご自身のガス管の管理のための IoT システムです。最近そのデータが他にも提供されています。例えば、鉄道では、地震で「震度 5」とか「震度 5 強」とかが検知されると電車を一旦止めて、線路を検査して安全を確認してから復旧させるので、東京全体が震度 5 と言われると、東京全路線をやらなければいけません。そこで、多くの地震計があって、細かく観測して、震度 5 以上の区域をできるだけ極小化すれば復旧時間を短くできます。だから、そのメッシュのデータをオープンにして、本来の目的と違うところにデータを使っているのです。

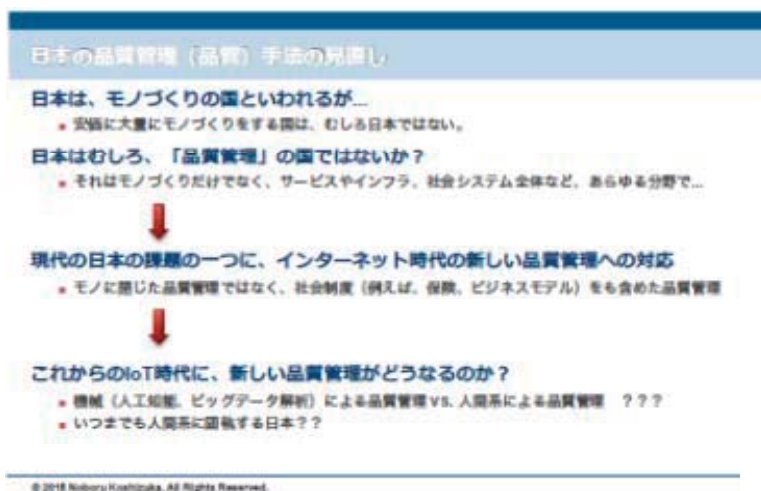
さっきの鉄道の運行システムも閉じた IoT ですが、最近、私がやっている仕事はその電車がどこを走っているかの運行データを、オープンにしようという、まさに、オープン IoT です。オープンにすると何が役立つのでしょうか。電車が遅れていると、電車がどこを動いているかという情報がほしいわけです。電車が 30 分遅延していると、次はいつ来るのか知りたいのですが、いまある乗り換え案内は時刻表ベースなので正確ではありません。いま走っている情報があれば、より正確な案内が出せるわけです。

だから、鉄道の運行管理以外に、そういう情報を出すと違うアプリケーションにいろいろ使えます。そういうやり方はヨーロッパでは非常に一般的で、多くの国が鉄道のリアルタイムデータを出しています。1つの業界だけで使うのではなくて、オープンにするところが IoT の非常に重要な点だと思います。

## 2. IoT 技術を使ったモノづくり

### 品質管理

モノづくりの中で、日本にとって重要なのは**品質管理**です (図8)。よく日本はモノづくりの国と言われますが、それは半分正しくて、半分は間違っていると思っています。単にモノをつくるだけだったら、いま中国や東南アジアのほうがはるかに安く色々なものが大量に造れます。日本のモノづくりは違います。



(図8)

日本はモノづくりの国ではなくて、品質管理の国だと思っています。だから、モノづくりではなくても、サービスにおいても品質管理が日本は素晴らしいと思います。だから、日本のおもてなしというのは、サービス業での品管だと思っています。**IoT**というのは、もしかすると**品質管理への新しいアプローチで、逆に日本の品質管理の強さが脅かされているのではないか**という気が非常にしています。

先日、ゲーム産業のお話を伺ったのですが、「日本のゲームは何で世界に勝つことができたか」？コンピュータゲームを最初に造ったのはアメリカですから、コンピュータゲーム技術で突出していたのはアメリカです。どうも初期のアメリカのコンピュータゲームは、コンテンツ製作の品質管理ができなかったので、ゲームで行き止まりに行って、二度と帰れなくなるとか、ゴールまで行けないとか、変なことが大分起こって、ユーザーが離れてしまったそうです。

そこで、日本のゲーム業界がやったことは、ゲーム造りにも日本流の品質管理を持ち込んで、きちんとした品質のゲームを提供したら、アメリカでも非常にウケたらしいのです。そこから、日本のゲームの躍進が始まります。日本はまさに品管の国だと思うわけです。日本はモノづくりの国と言われるけれども、本当は品質管理の国ではないかと思います。

けども、逆にいまの日本は、品質管理が過剰とかと言われて悩んでいるわけです。海外でやるときはもう少し低くてもいいのに、やり過ぎと言われていています。半分当たって半分違うところがあって、一番課題だと思うのは、結局、**品質というのは物の品質ではなくてサービスの品質**なわけです。電気製品を例にとると、日本的な品質管理では、壊れ

ないように、何にでも使えるように技術者の人が一生懸命やるわけです。それも 1 つのやり方ですが、サービスということで考えると、壊れたら 1 時間後に代替物が届けばいいわけです。それでも、ユーザーのサービスの品質は変わりません。そして、コストはどっちが安いからです。すぐ壊れるけれども、壊れたら 1 時間後にすぐ代わりが届くなら、壊れてもいいじゃないかという話になる。多分、インターネット時代の品質管理は、そういうトータルのことも考えての品質管理というところであって、恐らく、日本はそれが苦手だと思います。だから、ネットの中とか、いろいろなところのサービスでも、日本流のモノとか、サービスそのものに一生懸命に品質を上げようとするけれども、そのリカバリーとか、場合によってはモノが壊れたら保険で代替してあげますよということまで含めての品質管理をトータルで世界はやろうとしていて、そこと太刀打ちしようとするのが非常に難しいというのが現状だと思います。それで、いま日本は結構苦しんでいる。

IoT になると、もっと厳しくなるような気がしています。日本の品質管理は人間がやり、一番大事なのは、QC 運動などと言われている、つまり、人を教育して能力を高めて、人間系で品質を高めましょう、サービスの品質を高めましょうという形でやります。しかし、IoT はそれを機械でやろうとしています。**サービスの品質向上において、人間対機械の闘いが始まるのが IoT の時代**です。2020 年にオリンピックが決まって「おもてなし」だと言っています。日本の旅館のおもてなしは素晴らしくて、例えば、お客さんがやって来て重たい荷物を持って顔色が悪かったとします。おカミさんは、もしかしたらこの方は具合が悪いのかなとピンと来て、一生懸命にサービスをします。そういう 1 つ 1 つのところに気がつく心というか、人間系のサービスをするわけです。そして、より高いサービスを追求します。

でも、体の調子の良し悪しはヘルスデータでわかります。人間がずっとそうやって見て品質を高めると、当然、機械でやるべきことをやっていけばわかることがたくさんあって、その勝負になっていくような気がします。データの積み重ねでサービスを向上させていくのと、日本流に人間系でやっていることが戦っていったときに本当に大丈夫なのかと思います。これが、**1 番目**です。

### industrie4.0 でやりたいこと

モノづくりについて申し上げたい **2 番目**が、先ほどの「**industrie4.0**」です。工場をスマートにしましょう。インテリジェントにして、センサーを取り付けて、コンピュータを入れて、スマートな工場にしましょう。それで、彼らは最後に何をやりたいのでしょうか。コストを下げ、納期を早くすることは当然できますが、それだけでは新しいことができるわけではないです。そうではなくて、スマートな工場にすることで、もう少し新しい付加価値で何が生み出せるかが課題です。

どうもドイツがやりたがっているのは、**マスカスタマイゼーション**です (図 9)。いままでの製造業はマスコダクションでしたが、工場にある様々な機械をコンピュータ制御し



たり、センサーを導入したりすることで、多品種少量生産ができるようにしましょう。それも、少量多品種を小規模にやるのではなくて、少量多品種を超大規模にやりましょうというわけです。だから、マスカスタマイゼーションをやろうというのがドイツの目標らしいです。それが、「industrie4.0」。そうすると、結局、モノを造るときに1つの考え方として、人に物を合わせるということがあります。いろいろな人がいるので、カスタマイズしましょう。これは、技術で解決できる問題です。



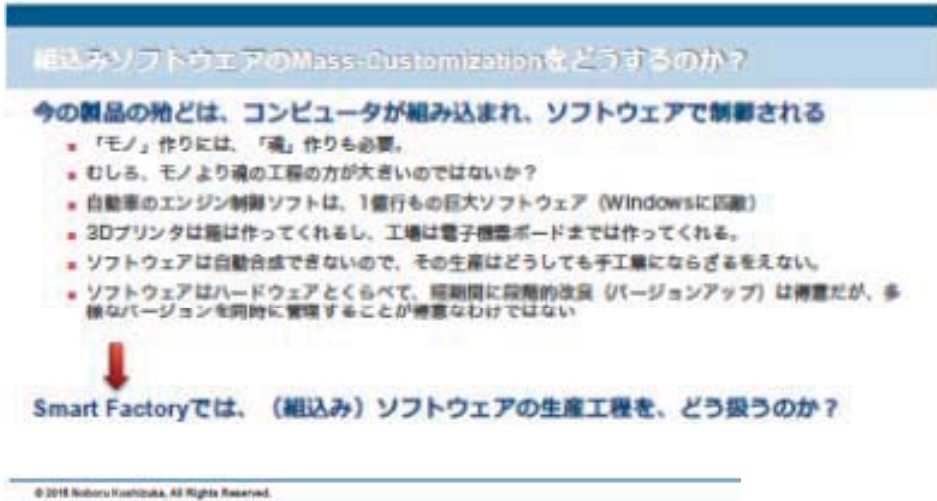
(図9)

ドイツはどのようなカスタマイズをしたいのでしょうか。恐らく、ドイツが目指しているのは、例えば車や電気製品とかを、多品種少量ではなく、多品種を大量にやろうとしているようです。

### 日本の可能性

そうすると、ドイツ以上に日本がいけそうな部分を考えると、工場はハードウェアをつくっているので、「ハコ」のカスタマイゼーションはできる。但し最近の製品の多くは、コンピュータが組み込まれて、ソフトウェアで制御されています。そこで、この**組み込みソフトウェアのカスタマイゼーション**をどうするかというのは実はドイツでもあまり注目されていません。そのためには、組み込みソフトウェアの工学的研究からの視点が必要です (図10)。





(図 1 0)

もう 1 つのやり方は、**ユーザーがカスタマイズできるようにする**という視点が非常に重要です。要は、家電製品をインターネットに繋げて、何をしたいかという、その 1 つの製品だけではできない機能を、ユーザーが他から買ってきたものと、いろいろ組み合わせることによって機能をカスタマイズしようというわけです。

重要なのは、ユーザーが拡張できるようにオープンにすること。ソフトウェア技術では、拡張的にプログラムできるような環境の API (アプリケーション・プログラム・インタフェース) を付けて、カスタマイズ可能にして出すというのが 1 つポイントです。

海外ではこれを積極的にやっていますが、日本では消極的です。一つの問題は、製造物責任で、勝手にカスタマイズされて事故を起こされたら困るわけです。だから、変な使い方をされるような口は、例えばネットワーク API などは、閉じてしまったり公開しなかったりする。

それと、こういうユーザーが拡張できる機能、つまり、人にやさしいモノづくりです。違う話になりますが、私は**イネーブルウェア**という、拡張可能にすることによって今までできなかったことを可能にする技術をずっとやって来ています。拡張できる IoT みたいなものが障害者や、高齢者で体が不自由な人を助ける機器を造るときにも非常に有効です。**IT ダイバーシティ (図 1 1)** と言いますが、IT を使っているいろいろな人を支援していきます。要は、機械を拡張する仕組みをつくると、そこで一番ユーザーが拡張したいのは使いやすい部分です。例えば、身体障害がある方や高齢者を支援するような機械はいろいろあって、例えば画面を音で読み上げてくれます。手が不自由な人、高齢者で細かい作業ができない人のためのいろいろなデバイスがたくさんあります。



(図 1 1)

実は、こういうものが機械につながらないのです。例えば、テレビにつながらないわけです。ところが、いま IoT のプログラムで拡張できるような機能を付けることによって、ビジネス的な意味もありますが、身体障害の人を助けるようなデバイスを繋ぐところにも非常に有効で、IoT 的なやり方によっていろいろな人を支援できるという面もあります。障害などを IoT で大きく解決できます。これから多くの方が高齢者になって体が不自由になっていくと、そのマーケットは非常に大きくなっていくと思います。

### 3. サービス

サービスの場合でも、IoT でクオリティを上げるとか、役立てることを、私自身が 20 年ぐらいやっています。

#### 食品

食品では、いまで言うと**食品トレーサビリティ**とか、食品の品質を担保するために物流をどうしようという話です。**通い容器**と言って野菜や果物を入れて物流するものに全部センサーをつけて、物流しているものの温度変化をずっと検知しています(図 1 2)。トラックの運転手は、例えばイチゴとか要冷蔵のものでも、ガソリン代節約のために高速道路では冷蔵を切り、市場に納入する 1 時間前ぐらいに冷蔵を入れて納品することがあるらしいです。これを防ぐために、容器に全部センサーを付ける、ないしはセンサーが付くことを前提とした容器にして、センサー付容器にします。これについては、10 年ぐらい前、果物とか生鮮を納品するときにデータを一緒に納品するというのをやりました。

生産情報とかを食品トレーサビリティと言って、データベースに入れて、それぞれの食品からデータを取れるようにしたこともあります。それから、**アパレル**でやった、倉庫の中の在庫を管理するためのセンサーとか、カメラを使った例など幾つかあります。



(図 1 2)

## 電力

電力では、スマートハウスで実際に四国・松山で売っている住宅の家中にスマートメーターを付けて電気・ガス・水道のデータを取りました。このデータを元に電力の無駄を分析して電力節約するとか、そういうものもあります。

## 医療

あと、私が最近やった IoT の中で、既に実用化されている分野の 1 つが、医療です。病院の中は意外とローテクで情報通信技術がフルに活用されているとは言えません。病院でよく見かけるのは、救急の空きベッド状況が、ホワイトボードにマジックで書いてあって空き状況を磁石で管理しています。お医者さんは iPad も、情報のサポートもなしでやっています。

それで、医療現場での IoT 活用をここ 5 年ぐらい、病院とか、いろいろなところでやっています。例えば、最もローテクだと思った 1 つが救急車です。救急車でのだらい回しがどうして起こるのかも聞きました。

いま救急車と救急病院の間は、基本的に電話だけでつながっています。救急車の中でバイタルを取っていますが、電話で「血压幾つ」とか、症状はどうだと話しているだけです。だから、救急車と病院の間は、「糸電話」だとよく言われています。

病院の中もそうで、救急車から病院への電話で、「交通事故で足が複雑骨折した患者さんを受け入れ可能ですか」と言われても、ベッド、手術室、検査室が空いているか、医者がいるかどうかもわかりません。だから、電話を受けた人は電話のかけまくりです。まず外科に、医者、検査室、ICU の空きを確認して、走って行って、ベッドの空きを確認するのに 5 分かかります。それで、「だめ」なら、救急隊は次を探さなければいけません。

そこで私は救急関係のベッドにセンサーを付けました。ベッドに直接付けると手術で移

動するので、バイタルモニターにセンサーを付けて、バイタルモニターが「オン」になると、ベッドに人がいるということなので、ベッドが何床かがわかるようにしました。これはICUの集中治療室で、そこが動いているかどうかセンサーで取るようにしました（図13）。



（図13）

IoTで「インテリジェント救急車」をつくらうと思いました。ネットカメラを付けてデジタル回線で病院につながりました。この際に、「救急隊員は忙しいから、カメラを持って患者さんを写すことはできない」と言われました。そこで、病院のお医者さんが遠隔制御するシステムにしました。遠隔制御できるビデオカメラとネットカメラを付けて、1つはバイタルモニターを写した画像を送ります。心拍数などが映像でわかるので、口で言うよりはるかに効果的です。もう一個のカメラで患者さんを写します。特に病院の先生がおっしゃったのは、痙攣などは口では伝わらないので、症状を映像で見るのが一番いいそうです（図14）。



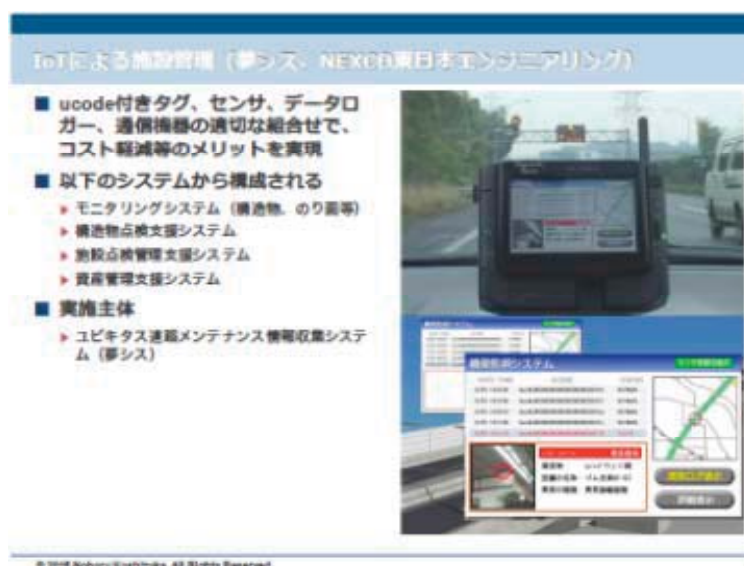
（図14）

もう1つ、GPSを付けて救急車の位置を地図上で確認できるようにしました。救急の受け入れは30秒の争いだと言います。救急車を受け入れるのなら外で待っていなければいけないけれども、その30秒がもったいないのです。1つの処置が30秒のできるの、あと30秒後にその角を曲がって救急車がやって来るというタイミングを教えてくださいと言います。

そのためにGPSでかなり正確に位置がわかるようにして、「さあ今、その角を曲がってやって来ます」という機能を付けました。病院からの要請で、病院の側はネットの環境と医師のiPad1個だけです。電話がかかってくると、回線につないで、カメラを自分で制御しながら患者さんを見ることができます。このシステムは大好評で、横須賀市の消防局の救急車にはこれが全部入っています。横須賀にある三次救急病院にも入れていただいて、ものすごく好評です。来年からは、三浦半島の他地域でも使っていただく予定です。

### 道路や橋梁

もう1つ、これはNEXCO東日本エンジニアリングの例です(図15)。センサーを付けるといいものに、道路とか橋があります。こうしたものにセンサーをつけて、インフラのメンテナンスについては、先ほどのインダストリアルインターネットなど以上のことを私はやっています。日本は、これから道路がどんどん劣化してトンネルや橋が落ちたり、舗装がボコボコになったりする危機に瀕していますが、修繕費用は多分、税金からはあまり見込めません。新しい道路をつくるもの困難です。東京オリンピックの時に造った道路が、完全に老朽化して一気にだめになろうとしています。そろそろ首都高の架け直しが必要ですが、架け直しはできないかもしれないという状況です。



(図15)

高速道路は通行料金でメンテナンスしていますが、地方自治体の区道とか、町道・村道は無料なので、メンテナンスのコストを少しでも下げようとして、「当然やるべきこと」ができていません。NEXCO東日本エンジニアリングとは、橋や道路の下にセンサーを埋め込



んで、そのデータを取りながら、メンテナンスの自動化ができないかということもやっています。これも、1つのインダストリアルインターネットです。

これには時間が必要です。センサーを埋め込んだだけでは、どれだけの振動が起こったら道路が崩れるのか、橋が倒れるのか、その相関関係がわかりません。一回、橋を倒してみれば橋が倒れる直前や、1年前にどうなるのかわかりますが、それができない中で、こういう振動が起こったら危ないとか、長期間かけて集めなければいけないのです。だから、この技術が開くのは20年先かもしれません。

あと、私達は鉄道事業者と共同研究していて、鉄道やバスの走行位置のデータをお客様に提供しようとしています(図16)。運行管理、電車の信号制御に使っているデータを、もっとオープンにして役立てたいのです。



(図16)

これはうちの研究所というか大学で造ったユーザー向けアプリです。都バスの位置と、山手線の位置が地図の上で動きます。本当にやりたいことは、リアルタイムの電車の位置情報を使った乗り換え案内です。電車のいまの遅れの状況の中で、どう乗って行ったらいいかを案内します。時刻表に基づいた乗り換え案内は、人身事故で遅れたら役に立ちません。

それだけではなくて、「オープンIoT」なので、私達がこういったアプリをつくったら、そういうアプリケーションとかサービスを誰でもつくれるような基盤を構築して、オープンデータにして、いろいろな人にこういうサービスがつくれるような環境を提供するというのを我々はやっています。

あと、IoT技術のサービスの典型的なもので、**場所情報サービス**があります。これも私の研究所とかで実際にやっています。現在の場所を感知して、それに基づいていろいろなサービスをするというのは、コンシューマー関連のIoTでは典型的なものの1つです。

GPSは屋外でしか使えませんが、本当は、屋内、地下街、ショッピングモール、デパー



ト、駅の中などもやりたいのです。ビーコンと言う電波の発信機を付けて、発信機の電波を受け取ると屋内でも場所がわかりますから、その場所に行くと、それぞれの売り場の商品の説明をスマホで提供してショッピングのサポートができます。

一番使えるのは**観光**です。私達が実用的にやっているのは、**上野動物園**のシステムです。象の前に歩いてくると、端末に館長さんが出て来て象の説明をします。こういうのを街とか、観光とか、商業施設に適用して、その商店街・観光地の人の収益が上がる仕組みが出来ないかとやっています。これも、IoTの非常に典型的なサービスです。

これは**ココシル**というアプリで (図 1 7)、アンドロイド版も出ているし、iOS 版も出ています。銀座や那須塩原とか、秋葉原の観光案内とか、10 ヶ所以上で実績があります。一番大きくやったのが**銀座**で、銀座の中にちょっと変わった機械が千個ぐらい付いています (図 1 8)。ここから出す電波をスマホで受け取ると自分の場所がわかり、いろいろな案内ができるインフラを提供しています (図 1 9)。これを、民間の人が使っているいろいろなサービスをつくれる仕組みを実験して、まさに IoT です。地図上にいろいろなお店が表示され、お店の前に行くと、お店の情報が出て来たりします。**東京駅**などでも、やっています。



(図 1 7)



(図 1 8)



(図 1 9)

最後に IoT の実現ということで、いまのようなことは、モノづくりにせよ、サービスにせよ、IoT、IT の技術とか、システムなどの機械が必要です。重要な技術が 2 つあって、スマホなどや、それらに取り付けたセンサーなどの**組み込み側の技術**と、取得したデータを処理する**クラウドコンピューター側の技術**です。

私達はクラウド側が一番の専門で、TRON という OS を 30 年間ずっとやっていて、IoT 用センサーのためのボードとか、モーターを制御するためのボードなど用の OS を世界にリリースしています (図 2 0)。組み込み分野の基本ソフトウェアでは、国内シェアで 60% ぐらいあり、78 カ国で使われています。

## Examples of Products Operated by TRON OS or T-Kernel



© 2015 Noboru Koshizuka, All Rights Reserved.

(図 2 0)

クラウド側は、私どもは「ユビキタス ID アーキテクチャー」というクラウドの仕組みを持っていて、最近ではマイクロソフトさんとの協業で、ユビキタスや IoT を支えるクラウド側システムも一緒にやっています。

それと、最近私達は一般の人向けに「コンピューターがネットと出会ったら」という IoT の本を書きました。もしご興味があれば見ていただければと思います。きょうご紹介したプロジェクトの情報もあります。

### For More Information (1)

- 東京大学大学院情報学環
  - ▶ <http://www.illu-tokyo.ac.jp/>
- 東京大学大学院情報学環 越塚登
  - ▶ <http://www.utacs.org/koshizuka/>
- YRPユビキタスネットワーク研究所
  - ▶ <http://www.ubin.jp/>
- トロンフォーラム/ユビキタスIDセンター
  - ▶ <http://www.tron.org/>
- 公共交通オープンデータ研究会
  - ▶ <http://www.odpt.org/>
- ユーシーテクノロジー株式会社
  - ▶ <http://www.uctec.org/>
- トロンショー
  - ▶ <http://www.tronshow.org/>

© 2015 Noboru Koshizuka, All Rights Reserved.

(図 2 1)

## For More Information (2)

### ■ ココシル

- ▶ [Android版] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.uctec.ucdroid>
- ▶ [iOS版] <https://itunes.apple.com/jp/app/kokoshiru/id558488145?mt=8>



### ■ 東京メトロアプリコンテスト

- ▶ <https://developer.tokyometroapp.jp/app/>

### ■ 横須賀オープンデータ (ポータルサイト)

- ▶ <http://yokosuka-opendata.ubln.jp/>

### ■ 豊島オープンデータ (ポータルサイト)

- ▶ <http://toshima-opendata.ubln.jp/>

© 2018 Nohoru Koshizuka, All Rights Reserved.

(図 2 2)

本日はご静聴、ありがとうございました。

(平成 2 7 年 1 1 月 2 日 (月) ホテルグランドパレスにて)