

平成 23 年度 国立情報学研究所 市民講座 第 1 回  
「医療を支えるセンサーネット—健康を見守る最前線のセンサー技術とは？」  
講師：須藤 修  
(東京大学大学院教授、国立情報学研究所客員教授)

◆ 講 義 ◆

・スライド1

「医療を支えるセンサーネット」

ご紹介にあずかりました須藤です。

それでは1時間、お付き合いいただきたいと思います。

先ほど北本先生からお話がありましたように、「医療を支えるセンサーネットワーク」というテーマでお話しします。

その前に、今、われわれが置かれているような時代状況は歴史的にどう見たらよいのかということで、導入部を始めます。

EU の IT 政策を立案しているサセックス大学のクリストファー・フリーマン教授が、いろいろな研究論文を発表しています。

このように、3段階までは説明できるということで、僕が赤字で4段階を書き加えました。

3段階までは大体皆の意見が一致するところだと言われています。

第1段階というのは、皆さん、高校とか中学のときに学んだように、第1次産業革命です。

鉄鋼業と蒸気機関の発明で、鉄道のインフラが整備され、交通網が非常に発達し、物流や人の移動が遠距離までできるようになり、これによって経済は飛躍的に発展しました。

イギリスではもともと、その地域で生まれた人は死ぬまでそこで生活するというのが一般的です。

今でも日本人よりは動かないのですが、この鉄道網の整備によって、例えばウエールズの人がロンドンに行くとか、マンチェスターの人がロンドンに行くといったことができるようになりました。

それまでは、それほど多くの人は移動しなかったと言えます。これが、西ヨーロッパの飛躍的な発展を支えました。

第2段階が、1800年代後半から20世紀初頭までに行われた革命です。このころに物理学がすごく発達します。マックス・プランクや電磁力学、あるいはアインシュタインの相対性理論もこのころに出てきます。その成果も利用して、電力の応用が進んだ時期です。

最初、自動車はほとんどポルシェ博士が作ったもので、ドイツでまず自動車がありました。

これは、現在注目されている電気自動車です。電気を動力として、エンジンではなくモーターで走る自動車を開発しました。しかし、蓄電能力がない、馬力が出ないということで、フランスやドイツの他の地域で発達した内燃機関、ガソリン、ディーゼルエンジンのものに負け、化石燃料をよく使うような時代になりました。それと同時に、道路インフラが整備されました。

ヨーロッパは先行した鉄道インフラがあるために道路インフラの整備が遅れます。

一方、アメリカも、鉄道網はできていたけれど、道路をもっとたくさん作り、これによって内陸部のものすごい

発展が起こり、第二次産業革命で最も成功したのはアメリカだと言えると思います。

ゴアさんという方が、今、地球環境問題で活躍されています。

クリントン大統領のときの副大統領でしたが、彼のお父さんは、アメリカの州と州とを結ぶ州際道路を整備する法律をつくった上院議員です。これによって郵便道ができ、内陸の交通がすごく発達しました。

彼はアメリカの飛躍的発展を道路で支えたと言われています。

それをなぞって、ゴアは副大統領になった 1990 年代、「おれは情報スーパーハイウェイをつくる」と打ち上げたのです。これがインターネットの商業利用の始まりです。

ここでゴアはアメリカを次の経済発展に持っていきました。これがインターネット革命です。

だから、親子 2 代によってアメリカを飛躍的に経済成長させたのです。

クリントン大統領のとき、アメリカはこれまでに経験しなかったほど、未曾有の経済発展をしました。

クリントン政権時代に達成された最大の経済発展は、インターネットによってもたらされたと言えるでしょう。

それを支えたのが、シリコンバレーに代表される応用物理学・物性物理学の成果で、半導体の開発をたくさん行ったわけです。ノーベル賞もシリコンバレーからたくさん出ました。その成果が重なり、情報処理技術が発達しました。

青色発光ダイオードは、中村さんが日本企業に勤めているときに開発されました。

彼は、NTT、名古屋大学、大阪大学、東京大学の先生方の成果をうまく使っていました。あまりにもうまくいかない状態が続いたため、それぞれ研究をやめていくのですが、それでも彼は粘り強く続けて、青色の発光を達成するわけです。これによって今、すごいことが起こっています。

この時代は恐らく今も続いていると思いますが、きっと 20 世紀後半から 21 世紀の前半まででしょう。

今、もう一つ台頭しているのが、地球環境科学、ライフサイエンスです。この分野の勢いは、ものすごいものがあります。この基礎をバイオテクノロジー、ナノテク、ICT が支えています。

ICT、特にコンピューターサイエンスがなければ、この二つの科学に今のような発展はなかったと言えます。

大阪大学の教授で医学者である審良（あきら）教授が、日本で最もノーベル賞に近い学者と言われ、あらゆる学問分野の論文で、引用率ナンバーワンを続けています。

彼の研究は自然免疫で、ガンの治療にも関わってきます。

1 年ほど前、彼は日経新聞のインタビューで「僕の研究室に必要なのはコンピューターサイエンティストと数学者だけ。医学者は要らない」とはっきりおっしゃっていました。

医学者は自分一人で十分だけれども、その研究はコンピューターサイエンスと数学がなければできないとおっしゃっているのです。

同じようなことを京都大学の、同じくノーベル賞に近い学者で、iPS 細胞の山中先生もおっしゃっています。自分が欲しいのはコンピューターサイエンティストと数学者だと。アルゴリズムを作り、それを分析してくれる人、大量のデータを処理してくれる人が必要だと言っています。

ただし、あまりこの状態を続けると縁の下力持ちになりますから、対等に渡り合えるように、どうやってコンピューターサイエンスや情報学が持っていくか、これからの戦略が極めて重要です。

その意味で、国立情報学研究所の使命は大きいのです。彼らと並んでがんがんアピールすることが必要です。

イノベーション、社会的インパクトも与え続けなくてはなりません。

学術的成果ももちろん出さないといけません、アウトリーチ、社会にインパクトを与え続けることが重要です。そうすると、イノベーションという言葉が出てきます。一番初めにこれを定義して使ったのは、経済学者のシュンペーターです。もともとはオーストリアにいて数理経済学をやり、亡命してアメリカに住んだという方です。彼の本に「イノベーションとは経済活動の中で、生産手段や資源、労働力などを今までとは異なる仕方で新結合させて価値を生み出すことである」と書いてあります。

要するに、無から今までなかったものが作られることはほとんどなく、どうやって今まで関係づけられなかったものを関係づけるか、これが独創性となるわけです。売れるものを作るのは経済ですが、学術だって同じです。今までには見えなかったものを関係づけて見せることが重要になるわけです。

そうすると、世の中の見え方が変わってくることになります。そういうものをやらなきゃいけません。

これは、IBMのWebサイトに載っている、サービスサイエンスの論文で使われている図です。

各国のGDPに占める産業分野の比率を表しています。白色がサービス分野、クリーム色が製造業、赤色が農業・漁業です。もちろん最初のころ、1800年代は、赤が日本でも中国でも、ロシアでも、アメリカでも、ドイツでもインドでも大きい状況でした。

しかし、2010年近辺ではほとんどがサービス分野です。唯一サービス分野が弱いのはインドで、ここは製造業・農業が強いのです。ということは、まだ彼らの国は伸びるということの意味しています。

ドイツはやはり製造業が強く、正確なスキルなど、いろいろなものを持っています。

工作機械、ロボット分野では、1980年代に非常に強く、アメリカ市場を圧倒しました。

日本は家電でアメリカ市場を圧倒しましたが、そのときドイツは工作機器などが強かったわけです。

このように製造業は強いのですが、やはりどうしてもサービス業になる。ところがサービス業の生産性は、どこも低いのです。IBMは何を狙っていたか。

サービスサイエンスという学問領域を東京大学とか東京工業大学とか、オックスフォード、ケンブリッジ、ミュンヘン工科大学、あるいはMITやパークレーと協力して立ち上げ、学問として確立しながら、新しいエンジニアリングとして確立しながら、社会を変えていこうという運動を、この間、展開してきました。サービス産業はもっと伸びる領域である、シェアは大きいけれども生産性は非常に低く、まだよく開発されていない領域だということ。

これに着目したのがGoogleです。

つまり、べき乗分布という、今までの統計学でいう正規分布とは違う分布、ロングテール現象です。

ロングテール現象というのは、これまでよく売れているものは、2割の業者が全体の8割を売っていた。

ところが、8割の業者はあとの2割しか売上を達成していない。

しかし、ロングテール同士をうまく関係づけてやると、べき乗分布で、その企業はグイッと伸びることがあり得るということです。同時にサービス業、製造業と、例えば農業のような第一次産業を結びつける。これを可能にするために一番重要なのは、恐らくICTとバイオテクノロジーです。

これによって、従来の産業の区分けそのものもぶち破っていきます。これによりイノベーションを起こすのです。

これは、医学にも言えるわけです。今、医工連携が非常に注目されています。

医学と工学、特にコンピューターサイエンスとコンピューターを使ったエンジニアリングです。

この分野は非常に注目されて、医学そのものを変えていきます。

東大医学部の循環器の医師で、東大教授の永井良三先生は、医学のアイデンティティが今、不明瞭になってきている、だんだんエンジニアリングになってきているとおっしゃっています。

医学のコンセプトをもう一度考え直しているところだと、お会いするたびに言われます。

現場としては、実際そうなりつつあります。学問そのものも変わりつつあると言えます。

## ・スライド2

### 「イノベーション戦略のキーポイント」

日本のイノベーション戦略です。

自民党政権でも現在の政権でも、やはりライフイノベーション、グリーンイノベーションを重視しています。要するに、生命科学や地球科学です。これら全部に、ICT が関係します。だから、情報科学、情報学が関与しなければこの発展はないということです。

では、これにどうアプローチし、どのようなアウトプットを出すのか。

そのアウトプットは社会にどのようなインパクトを及ぼすか。

どのくらいのお金と人材を投入し、工程管理し、何を生み出し、そしてそれが社会にとってどのようなインパクトを持つのか。社会にどう影響を与え、社会をどう変えるかということもイメージしなければならない。これは、トップリーダーの仕事です。

情報学研究所では、坂内先生がそこをきちっと押さえて、その上で他の教員に「ガンガンやれ」と言わなくてはいけない。ただし、手綱は締める。変な方向に突っ走るのではないぞと言うことが必要だろうと思います。

学問、産業もだんだんと融合しつつあります。

私はもともと経済学が専門ですが、だんだん情報科学、情報学の先生と一緒に研究するようになって、今ではIEEEやシュプリングァーで論文を書くことが増えてきています。そこで言えるのは、エビデンスを定量的に可視化するのが重要だということです。

ソーシャルサイエンスでも、この影響力はすごいのです。

僕のところの大学院生に、とにかく、エビデンス、分析、コンピューターを使った解析をやれと言うと、みんな学部時代にそのトレーニングをしていないから戸惑うのです。

他の指導教員の学生も僕の授業に出っていますが、「自分のところの先生はそんなことを言わない」と言います。「あなたの先生は、もう定年が近いから今のままでも大丈夫だけれど、あなたはまだこれからだよ。あと30~40年やらないといけないよ。今のままだどついていけない、食っていけなくなるよ」と言っています。「だから頑張るしかないのだよ。理科系のトレーニングと文系のトレーニングの両方やるしかない、大変だろうけど頑張ろうよ」と言っているところです。

それを裏打ちするように、一昨年夏ごろ、オバマ政権がアメリカの教育改革で出したレポートがあります。今、アメリカに必要な人材は、赤字で書いたこの二つの領域です。

このトレーニングを高等教育と中等教育で徹底的にやらないとアメリカの国力は衰えると言っています。

一つは、non-routine analytic skills (such as mathematics)。

数学のような分析ができる若者を育成し、徹底的に鍛えないといけない。

もう一つは、non-routine interactive skills (direction and planning)。

工程全体を見渡して、工程管理をして、そこで働く人を適切に指導し、評価し、計画が立てられる能力です。この領域は結局、定量的な能力を身につけないとできないのです。

上は従来どおりの理系、下はこれまで文系の仕事でした。法学部・経済学部の人たちです。

しかし、この人たちももっと理系的要素を勉強しないとイケません。逆に、理系の人も文系の仕事もこなせるようにしないとイケません。だから、両方やれということですよ。

最近、私の娘がアメリカ企業に就職しました。娘は文系でしたが、周りはみんな理系だったと言います。

理系は文系がこなせるからです。文系のトレーニングを比較的容易にマスターできます。

しかし、文系が理系をマスターしようとする、若いときならできますが、年を取ってからだとなかなかしんどいということがあります。

そうすると、企業の方も、この両方ができる人材を求めていますから、これができている、あるいはこれからそういうトレーニングをしてもついていける人を欲しがります。

僕らが子どものころ、尊敬されて匠などと言われた世界、non-routine manual skills (physical coordination)、要するに名人芸の世界です。

しかし、アメリカではその市場はもうほとんどなくなるだろうと言われています。

これは中国あるいはインドに行けということです。先進国の市場では、そういう労働市場はほとんどシェアが落ちています。これは、製造業が強い国で求められる人材です。

ここは、付加価値を付けるような、頭で勝負する、サイエンスとインダストリーが融合したような領域。

医学でも経営学でも、そういうものが強くなっていきます。

それを支えるコンピューティングとして、クラウドがあります。皆さんはすぐにイメージできると思いますが、Google や Amazon です。Amazon で本を買うと、「あなたの買った本はこれで、その本を買った他の人はこういう本を買っています」というのが出ます。

それで、面白いことをやってみました。

数年前に、僕の輪読のゼミで、物性物理の教科書と哲学のカッシーラの「人間」という本を両方読ませました。全く違う本です。物理学の本と、哲学の象徴学のような、シンボリックな本です。

それを何十人も買うので、Amazon でその本を検索すると、「物性物理を勉強している人は象徴学をやっています」みたいなものが出るのです。面白いなどみんなと言って、もっとやろう、データがぐちゃぐちゃになるようにやってみようかと話したこともありましたが、事実買っているわけだから、そうなるわけですね。でも、そんな買い方をしている人は本当はほとんどいないと思います。

とにかく、クラウドコンピューティングで、自分は計算機資源を持たずに、借りてサービスを受けてやる。先ほど、坂内所長から話を聞きましたが、データセンター重視で、計算機資源やネットワーク回線を、ある意味では他の大学に使わせてやる。これがクラウドです。IaaS と呼ばれるものです。

恐らくその次に PaaS が来て、将来 SaaS もおやりになると思います。もうやられているかもしれません。

図書データや論文検索、論文のダウンロードなどもやっていますよね。

そういう意味ではクラウド的なビジネスというか、フレームワークで仕事をなさっていると言えます。

SaaS、PaaS、IaaS、これらのハイブリッドの HaaS、ソフトウェア開発も含めると XaaS という分類ができます。

これは、アメリカの NIST という機関が定義したものです。

それをどう使うかということで、コミュニティクラウドがあります。

国立情報学研究所のコンピューターの一種のクラウドコンピューティングとするならば、コミュニティクラウドと言ってよいと思います。学術関係にサービスを売っているということが言えます。

Google の Gmail は、誰でもサーバーにアクセスして使えます。泥棒でも、学者でも、政治家でもいいです。誰にでも開かれている、誰でも使えるということで、パブリッククラウドといわれます。

一方、多くの企業はやはり自分のところだけでそのサーバー群を使いたい。

ライバル社と同じサーバーは使いたくないので、プライベートクラウドというニーズになります。

Microsoft は、プライベートクラウドとコミュニティクラウドの混合形態でビジネスを強化していきます。

一方、Google や、先週トヨタと提携した Salesforce はパブリッククラウドで攻めています。

IBM は今、姿が見えなくなっているとアメリカで言われています。明確なビジネスラインを作れていないので、どう動くだろうかとされています。

Salesforce に言わせると、データベースのものすごい能力を持っていた Oracle がクラウドビジネスにうまくついていけないものですから、どう動くのか。Salesforce のベニオフ会長は、元 Oracle のデータベース屋さんです。彼の講演を聴いたことがあります、Oracle をぶつつぶすと言っています。

あのビジネスモデルをぶっ壊して、全部の客を奪うというような言い方をしていますが、そのように、アメリカは激動に入っています。

クラウドの要素技術としては、仮想化技術。これは日本でも各企業、政府機関が一生懸命やっています。

SOA (Service Oriented Architecture)、これはミドルウェアを使って、アプリケーションソフトウェアをとっかえひっかえできるような、制御するソフトウェアですが、それが基礎になっています。

ところが、日本企業にはこれを作れるところがほとんどありません。

僕が見ているところ、これをうまく操っている、あるいは作ってビジネスとしているのは、Future Systems や、福岡にある RKK コンピューターサービスという Java のプログラミングが得意な会社です。

それから、楽天も得意です。一方、日本の新星の NFH は、この人材が手薄で、今言った日本企業に頼らざるを得ないところがあります。

もう一つ、グリッドコンピューティングを重ねて、今言ったアメリカ企業をやっている。

物理学や医学は、グリッドコンピューティングで、サーバーベースの超並列ですが、高速演算をかけて分析をするのです。それについていく企業は日本にはなかなかないのです。

日本を代表する有名な IT 企業は、株価が 100 円台や 200 円台に落ち込んでいます。要するに、もう売れないのです。彼らはどうしようと、ビジネス的に悩んでいます。

日本の IT 企業は IT サービスにいくしかないのです。製造業ではやっていけません。中国やインドに価格で負けるのです。だけど、アメリカほど高度な IT サービスを供給することもできていないのが、実情です。だから今、分水嶺に立っています。この分水嶺のどちらに転ぶか。

良い方に転べばまた発展していきますが、反対に転ぶと終わり、世代交代になりかねない状況です。

情報爆発のゲストで北本先生に紹介いただいた、喜連川先生が領域代表だった研究に私も加わりましたが、春に成果発表がありました。そのときのゲストだった Microsoft のデニス・ギャノンのプレゼンの一部を紹介します。

前振りが長くて申し訳ありません。

こういう大規模なデータセンターはどのぐらいの面積かというと、アメリカンフットボール競技場の面積の 11.5 倍です。ここにサーバー群がずらっと並んでいます。Microsoft は回線網も全部、IPS 事業者から買い取っています。この Azure というクラウドコンピューティングでは、最もスピードが出る状況では、1 秒間に 100 テラバイトのデータ処理ができると言っています。

100 テラバイトとはどのぐらいかというと、日本政府が膨大なデータだと言う年金システムのメインフレームの総量が 27 テラバイトです。その 4 倍を 1 秒で処理します。すごい能力です。

ただ、日本から使おうとすると、日米回線が遅いのでそんなスピードは出ません。

これは大規模にやっていて、非常に注目されています。

さらに、例えば加速器で、CERN などでも物理学の実験がされていますが、スーパーコンピューターや超並列コンピューターを使わないと速く解析できないので必要となります。

宇宙のシミュレーションでもそうです。NHK で紹介されましたが、東大の宇宙物理学の 30 代の先生が、3 年かかって宇宙物理のシミュレーションをしました。

ビックバンから 4 億年の間がどうなっていたか不明でしたが、それをある仮説に基づいて、ガスがどうやって集まっていった、星を形成したかをシミュレーションしたのです。

それを東京大学の並列コンピューター資源、計算機資源でやったら 3 年かかりました。

でも、国立情報学研究所のを使えばもっと速かったかもしれないし、さらに速くやろうと思ったら、こういうクラウドサービスがあればよかったです。

アメリカに行って、コンピューターを買い取る必要はありません。Azure をその期間だけ貸してもらったら、恐らく 10 時間くらいでできたでしょう。

今、状況が非常に変わりつつあります。

東大の本部の予算会議に出たことがあります。そこでは、理系にも文系にも計算機資源が欲しいという部局長が大勢います。どのくらい要るのだと副学長が質問されると、30 億円とか 20 億円だと言うので、「そんな金が東大のどこにあるのだ」と怒られています。

「神戸を使えよ」とか、いや神戸は使いたくない、使いにくいなど理由はおっしゃっています。

神戸のスパコンを使えるようにするのはいいと思いますが、さらにビジネスでこういう資源を使うと、いろいろなこともできる状況になりつつあります。

さらに、Microsoft がクラウドの定義で重視しているのがここです。Analysis as a service。

サービスとしての分析、データを集めて分析してあるということです。

お前のコンピューター資源ではたいした分析力はないだろう、大量のデータを分析できないだろう、おれがいろいろなアルゴリズムもやるし、お前が持っているソフトウェア上でやったらどうだ。

例えば僕の学生は MATLAB をよく使って分析していますが、僕は彼らのためにライセンスをアメリカ企業から買っていますが、多数の学生にライセンスを買っていますから、ばかにならない金額になります。

そういう大量のデータをクラウドと連携しながら分析するということにもなるわけです。

DNA、宇宙、災害研究も、今後そうなるでしょう。理科系だけではない、もはや経済にもそれが起こっています。

一昨年、大阪大学の先生の影響を受けて、菅首相が新ケインジアンの経済学がすごいと言っていました。また昨年、イェール大学の日本人の先生が一人だけ、経済学ノーベル賞の候補者として注目されましたが、それも新ケインジアンです。どういうものかということ、大量のデータをコンピューターで解析するものです。今までマイクロ経済学とマクロ経済学は全く別の体系でした。

彼らはマイクロのデータを集めて、マイクロとマクロ現象を連続的に説明するというをしています。

僕も国立情報学研究所でお世話になっていますが、最先端研究開発プログラムというのがあって、その中心的研究者が喜連川先生です。

私のところの助教授たちにやらせているのは、500 万円で家計簿データを買って、各世帯の支出を全部分析し、これがマクロ経済にどう影響を及ぼすかという調査です。

どう見ても、医療費と社会保障関係費が家計に占める比率が上がっていますが、これが将来的に日本経済にどう影響を及ぼすか。

逆にそれを低めるためには、政府はどのような対応が必要なのかということ、エビデンスとして出すことができるのです。それをベースにしてここに持っていきけるのです。

### ・スライド3

#### 「センサーネット予防医療」

だから、予防医療が大事だと言えるのです。

予防医療をやる意義を、思いつきではなくエビデンスとしてあって、これに対応するためにここに研究資源を注力し、そのためのソリューションを示すというふうにしていくのです。

僕の弟子たちは、その前提条件を証明してくれて、われわれ3人は本丸を攻めるというやり方です。

これは、アメリカのWebMDというサイトです。初めてお聞きになる方もいるかもしれません。

実はこれを行っている中心的企業は皆さんご存じの会社です。P&G、日本の本社は神戸にあります。

今、女子大学生に最も人気のある企業です。女性が最も生きがいを持てる職場、女性の企画力を尊重して活用してくれる会社として、女子学生に人気です。日本では生理用品やオムツなどに注力していますが、アメリカでは医療に進出し、医療コンサルティングビジネスを展開しています。

医者、看護師や医療技士といった医療従事者のコンサルティングをしたり、データを分析したり、経営データを分析したり、患者とのコミュニケーションをコンサルティングしたりしています。

同じようなことをMicrosoftがヘルスポルトというビジネスモデルを作り、300社くらいの連携でやっています。

両方ともクラウドを使っています。このように、医療の在り方も変わりつつあります。

### ・スライド4

#### 「Number of Diabetes Patients (million) in the world in 2003 and 2025 (Diabetes Voice, 2003.6 P. Zimmet)」

われわれが最も注目しているのは、高齢化の進展と食糧需給です。グリーン革命があって豊かになったということもあります。それによって何が起きているかということ、栄養過多です。糖尿病が増え、運動不足になっています。西洋系に比べて東洋系はエネルギー効率がよい人類です。

なぜそうなったかということ、貧しいところ、食糧があまりないところで効率的にカロリーに変える能力を、われわれは遺伝子として持ってしまったのです。従って、欧米人と同じ量を食べたらわれわれは確実に太ってしまう



のです。欧米人は太りません。彼らは、アメリカの車と一緒に燃費が悪いのです。性能の悪い人類とも言えます (笑)。だから、糖尿病の増加率は低いです。ところが、東洋人はグッと伸びていくのです。これにどう対応するか。

糖尿病になってからだと社会保障、医療費が激増しますから、その前に防がなければいけません。そこで、予防医療が重要になってきます。だから特定健康診断があって、今、それを皆さんに受けてもらって、健康指導を受けます。健康指導をしても、僕のように言うことを聞かない人間は、平成 23 年度から健保組合で保険料率を上げていいのです。他の人はこのぐらいだけど、お前はみんなの保険料を食いつぶしている悪ガキだから、保険料を上げるぞ、となります。そうすると、高くぶんどられてはたまらないから、頑張ろうとなります。僕らが研究開発したフレームワークで、自分も一生懸命やったのですが、目標値に 1 カ月も早く達成しました。逆に言うと、その 3~4 カ月すごく頑張ったのです。そうしたら、反動が来ますよね、開放感で (笑)。「達成した！」となったら、全く真逆の生活になります。東大病院の先生に言ったら、「そういう人は企業経営者に多いです。目標達成のために懸命になるけれど、達成した後はガタガタです。学者のタイプじゃないですね」と言われました。なるほどねと思いました。

糖尿病になる人、生活習慣病になる人、糖尿病が進展すると心臓病、脳梗塞、高血圧、腎臓病、肝臓病と、内臓をどんどんやられますから、それを最初にメタボリックのところまで食い止めるのが 1 次予防です。それから、2 次予防は、病気が進展しない、軽い段階で止めるということです。われわれは、そのために IT 機器を使って何ができるかと考えて、これまで 5~6 年間研究してきました。アメリカも今のままでいくと、GDP の 50%以上が医療費になってしまうのです。だから、アメリカ経済を支えるのは病人であるということになってしまいます。トヨタ記念病院の先生から聞きましたが、自分が今まで経験していることでもあるし、医学的にも言えるのだけれども、50 歳以上で病気を持っていない人は 3 割以下だそうです。60 歳以上で二つ以上の病気を抱えている人がほとんどだということです。それは仕方がないのです。われわれはだんだん遺伝子がコピーエラーを起こして劣化して、死ぬようにできていますから。

これがずっと生き延びるとなると、東大病院の放射線科の医師で、原発の件でテレビに何回も出ている中川先生がおっしゃっていましたが、ガン細胞とは「生きたい」ということなのです。講演の中でおっしゃっていましたが、われわれの遺伝子は死ぬようにできていて、それによって進化しています。しかし、ガン細胞は生き抜く、死なないということなのです。大腸菌化する。大腸菌は、栄養さえ与え続ければ、ずっと生きるのです。ですから、ある意味で逆説的ですが、ガンというのは、生きたいがためにガンになるのです。栄養さえ与えればずっと生き続けます。しかし、われわれの健全な細胞は栄養をいくら与えても、時期がくればいずれ死に、世代交代します。これが健全なスタイルなのです。

ついでに言うと、私は健康の研究プログラムをやりながら、煙草を吸っています (笑)。でも、東大の外科の先生も結構煙草を吸う人が多いのです。あまり言うてはいけない、「おれの名前を出すな」と

言われているので出しませんが、よく、「煙草を吸っていないのにおれの親族は肺ガンになった」ということをおっしゃいます。副流煙でやられたのかと言うのですが、そんなの大間違いです。肺ガンの研究員に聞けば分かりますが、肺ガンになる要因の 50%近くは誤嚥のためです。誤嚥というのは、皆さんも全員が経験されています。誤って飯粒が気管に入ることがありますが、それが肺に入ることがあるのです。肺の中に入って腐って化膿して、炎症を起こして、ガンに転換するのが四十数パーセント、これが大部分です。だから、煙草なんて全く関係ないので (笑)。誰でもガンになるのです。

2 番目に多いのが、実は排気ガスです。

東京都の石原知事がディーゼル車の乗り入れ規制をしましたが、あれは正しいです。

あれが効いているのです。それよりも、煙草によるガンは少ないのです。

そうすると皆さん、煙草を吸おうとお思いでしょう？ それは冗談ですけども (笑)。

煙草が悪いことは確かです。でも、原因ではそれより上位のものはたくさんあるのです。

煙草も悪いのは確かです。

肺ガンの先生から聞きましたが、煙草が明確に悪いのは心臓だとおっしゃっていました。

血管を収縮させるので、心臓への圧迫が強い。それが一番大きいので、やめた方がいいですよとおっしゃっていました。それで力を得て、まだ吸い続けてかみさんに怒られまくっている毎日です。

われわれは、今から 6 年前、とにかくセンシングで行動分析をしようと考えました。

心拍センサー、加速度センサーを使って運動量を量り、タニタの体重計とか、指で血中酸素濃度を取って、何か分かるだろうか。そのデータを大量にとって分析してみようということで研究プロジェクトを始めました。

#### ・スライド 5

『科研費特定領域研究『情報爆発 IT 基盤』(領域代表：喜連川優) 『センサーネットワーク予防医療研究(研究代表：須藤 修)』

その枠として、一番重視するのはカロリー消費量が推計できる運動量を測れるものは重視しようということで、われわれは九州大学の医学部付属病院の中島先生に頼んで、一緒に研究してくれと言いました。

そこにはモニターの患者さんもたくさんいます。循環器系のお医者さんですから。

中島先生はこういう実験に非常に熱心でしたから、一緒にやりましようと言っていたら、このプロジェクトをスタートしました。

こういう枠組です。ウェアラブルセンサで、加速度センサーを使う。

ZigBee (ジグビー) という、比較的電波を長い距離に飛ばすもの、一番長いと 30m ぐらい飛びますが、そういう電波を使えば、結構遠いところでも運動量を計ることができます。今はほとんど、温度とか湿度を測るためにこの ZigBee は使われています。

もともとはカリフォルニア州立大学バークレー校の先生がベンチャーを作って、ビジネスとして展開しました。

最初はそれをかなり買って研究しましたが、測ってみると、エラーがたくさん出るので。

改良を相当加えないと難しいと思いつつ、ZigBee と Bluetooth を使いながら実験しました。

でも、誤作動が多いということで、その間に登場したのが、iPod、iPad、そして iPhone です。

これは加速度センサーが入っています。

これを出すと、Nike、Apple の加速度センサーで自分の運動量を計れる機能があります。

われわれはこれとは別のソフトウェア、ALKAN を開発して、加速度センサーとして内蔵されたものを使って、運動量、何をやっているかをコンピューターに自動判別させました。

例えばこうしていると、立っている。間違ふことは間違えませぬ。歩いているも、「自転車に乗っている」と出て「また間違っている」と思ふこともあります。そうすると、推計消費カロリー量が違ふてきます。

自転車に乗っている方がカロリー消費量は少ないですから、少し違ふてしまふ。

そのアルゴリズムの改良作業をやっているところだす。

そういう枠組で、これが登場する前は、ZigBee と Bluetooth で測つて、これをサーバーにため込んで、そのデータを分析します。

大量に集まれば InTrigger や東京工業大学の TSUBAME を使つて分析させてもらおうと考へていました。

しかし、そこまでのデータはまだ集まっていないので、われわれのサーバーで解析すれば、今のところは十分だということだす。

これは実験に参加してくださっている、メタボリックの方々だす。真ん中の時計を見ている方が中島先生で、お医者さんだす。あとは、メタボリックあるいは糖尿病予備軍の方々だす。

## ・スライド6

### 「福岡センサーネット予防医療実験システム構成」

英語論文で使つた図だすが、Bluetooth と ZigBee で分析しています。

サーバーはクラウド化し、持つて歩いていると、今はWiFi で飛ばしていますが、当時はZigBee で飛ばして、そこからインターネット回線、セキュリティをかけてサーバーに持つていき、サーバーで分析するという形態に持つていきました。

## ・スライド7

### 「Evidence-based Medical Care using Sensor Network」

もちろん行動分析だけでは意味がありませんから、日常的なデータと基礎的医学的データの両方を取ります。基礎的医学的データは、別の機器でしっかり集めます。個人個人の患者さん、あるいは糖尿病予備軍、生活習慣病予備軍の人のデータを取つてきます。

それと日常から取れるデータを集めて照合し、患者が置かれている状態を正確に把握します。

なぜ生活習慣病で日常のデータを取るのが重要かというと、お医者さんの前だと皆さんうそをつくからだす。

「ちゃんと運動してる？」と言うと「毎日やってます」と、いい格好をします。特に近くに美人の看護師さんがいると、余計にうそをつきます。それはお医者さんがはっきり言っています。50%ぐらいはうそをつくそうだす。

それから、きれいな看護師さんを見ると、緊張してデータが狂つてしまふ。

逆に、お医者さんの前ではうまく精神統一しているのでしょうね、データがいいのに家に帰つてリラックスすると、目標を達成すると途端に反動が出て、かえつて悪くなる人もいる。

僕のタイプだすよね (笑)。そういうわけだすずっと経常的に取つていないといけぬ。

性格によって、治療方法や健康指導の仕方を変えないと、ちゃんとトレースしてその人に合った治療はできません。

今後の治療は医学部の先生たち、循環器系の病気は One-to-One、オーダーメイド治療でないと正確なものではありません。既製品でパターン化したものでは絶対にうまくいかない。平均化したものでうまくいくと言う医者がいたら、その人の発想がおかしい。その患者に合わせないといけない、性格まで分析しないといけないとおっしゃっていますので、ではわれわれはこれでいきましょうと、こういう形態に持っていきました。

## ・スライド8

### 「データ収集・分析」

基礎的医学データはいろいろ取っています。食事データは重要です、摂取カロリーがどのくらいか。

センサーもいろいろなものを取っています。

CPX で、酸素吸収量など循環器系のものを測れますので、ここは重要なデータです。

それらを医学的データと、センサーで取れる日常データと組み合わせ、その人に最も合った治療や健康指導をしようというのが、われわれのプロジェクトでした。

幸い非常に熱心なお医者さんがいたので、医学的などころまで持っていけました。

僕は医師免許を持っていないので、医学的などころまでは入っていきません。

もし彼が賛成してくれなかったら、これは健康管理実験はできたけれども、医学的実験には持っていけなかったでしょう。

その結果、加速度による情報センサー、据え置き型体重センサー、血圧センサーなど、いずれも Bluetooth 通信機能が付いたセンサーからの情報を携帯情報端末に蓄積しました。

この端末は、自分たちで手作りしました。どこかの金物屋に置いてあるようなものに入れたり、いろいろしながら作ったのです。その蓄積したデータを、職場に構築した ZigBee/Bluetooth 変換器を介してインターネットで収集。行動センサーは、携帯情報端末で行動の識別を行い、20 秒毎に識別結果を収集しました。

最初はどうもフーリエ変換を使わず、判別のためのアルゴリズムはデシジョン・ツリー（決定木）の Yes/No のアルゴリズムだけを使っていて、それでは精度が悪いので、今ではフーリエ変換の周波数の形状と組み合わせて精度を上げて、うまくその人に合った場合は、9 割程度判別できます。

うまくいかない場合は 7 割程度です。その行動をコンピューターがうまく認識しない、別の認識をしてしまうのです。歩いているのに「走っている」とか、極端な例を言えば、盆踊りなのに「水泳している」となってしまうこともあるわけです。

今の精度は、いろいろな論文を読んで他の研究者がどの程度の識別をしているかということ、MIT やバークレーの研究者と同じくらいの判別をしているので、国際的には高い水準を保っていることが確認できました。複数の企業職員 100 名が 2 時間の実験を行い、解析に十分な情報が取得できた 83 名のうち、75 名で運動量が増加。こういうものを付けて指導すると、インセンティブができて、頑張ってくれて、健康状態がよくなった。だから観測するだけではなく、これに基づいて健康指導すると頑張りがきいて、体調がよくなったということが、実験で明らかになりました。

行動センサーデータで、行動識別をすると、糖尿病予備軍の人たちをちゃんと監視できます。

歩行や立つという行為が増加して、監視効果もあるし、うそはつけないからいい結果を見せたいということで、エレベーターに乗る人が減ってきました。これが第1次レベルです。

第2次レベルとして、既に糖尿病になっている方々で、病気を進行させないためのデータ収集も行いました。医療機関10施設が、50名の患者の同意を得て協力してくれました。最終的には、37名から解析に十分な情報を取得できました。このレベルでも、世界で最もデータ数が多いと思います。MITやバークレーは20~10ケースで行っています。われわれは今のところ、データ量でいえば世界トップクラスのデータ収集に成功しています。もっと集めて超並列コンピューターでがんがやれるようにしたいとは思っています。これも糖尿病患者3名、高血圧症1名の、日常的にリスクの高い患者を発見しました。

自覚症状がない人もいて、なかなか発見できないのです。

また、嫌がって病院に行かない人もいます。するとどんどん進行するので、あらゆるデータから「この人は怪しい、このまま行くと危ない」と、本人が嫌がっているのを見つけ出してちゃんと治療を受けさせるので、命を救うのに貢献できたと考えています。

今までの医療は青いやり方でしたが、今後重要なのは、従来型の物理的なものとデジタルなものをどう組み合わせるかです。われわれは、そのファーストステップを歩きました。

さらにこれを進化させ、サイバー・フィジカルな組み合わせ、すなわち現実的なものとサイバーのデータをうまくコントロールしながら、医療の質を高めたいと考えています。

国立情報学研究所でお世話になっていますし、喜連川先生の研究プロジェクトに参加して、治療における医学・工学融合に貢献できたと考えています。まだまだこれから進化させなければならないと思っています。

## ・スライド9

### 「センサー機器を用いた生活習慣病への保健指導」

われわれのアルゴリズムでは、波形から、歩く、走る、立つ、座る、寝るなど基礎的な動きはかなり高い確率で当てることができます。

盆踊りを踊っているとか、寝ながら本を読んでいるというのはなかなか難しいですが、そういうものも分かるようにコンピューターに学習させているところです。その学習については後でお話しします。

## ・スライド10

### 「情報大航海プロジェクトと連携」

さらに、文科省の研究がベースになって、これはせいぜい私の研究費なので、5年間で7000万円ぐらいしか投入できませんでした。

この研究を経済産業省が評価してくださって、3年間で4億円をつけてくださいましたので、アプリケーションをたくさん開発することができました。

これによって、コンピューターが自動認識して、今、何をやっているかを推定して、「あなた、ちょっと運動が少ないんじゃない？ちゃんと運動したら？階段を歩いた方がいいよ」と、自動的にコンピューターから発信し、携帯電話の画面に出るようにする。

あるいは、この人はちょっと運動しすぎだという場合には、「これ以上やるとかえってマイナスだから、運動をやめておきなさい」というアドバイスをすることもできます。

また、他のデータと組み合わせ、「まだインスリンを注射していない、早くしないとまずい、忘れるなよ」と言ってあげることができます。

この成果は高く評価していただき、OECD でも紹介されましたし、一昨年開かれた APEC でも紹介され、日本でこのような研究がされていると、高く評価していただきました。

われわれは、普通の化学的な薬だけでなく、比喩的な表現ですが、情報が薬になると思っています。

化学的な薬と同じくらい、情報も薬として重要なのだということです。

これを提唱されたのは札幌医大の辰巳教授ですが、われわれはそのコンセプトを実践しようとしています。

情報が薬になるという、「情報薬」というコンセプトを重視するということです。

いいタイミングで、その人の性格に合わせて出せば、免疫と同じくらい効果があり、インセンティブも高まります。逆に、出し方を間違えるとやる気を失うこともあります。僕は目標を達成すると、その反動でやる気を失います。東大病院の先生に聞いたら、「須藤さんの指導の仕方はかなり工夫しないとイケません。ちょっとひねくれていますよね」なんて言われましたが（笑）。

どうやってくるのか楽しみですし、またひねくれてやろうかななんて思っています。そういうコミュニケーションも、一つの楽しみといえば楽しみかもしれません。われわれは、このように情報を薬として使えるようにするエビデンスを明確に取って、サイエンティフィックに証明してみせたいと考えています。

#### ・スライド11

##### 「3軸加速度センサーで得られたデータと特徴量」

しかしながら、3軸加速度センサーで得られたデータと特徴量からデシジョン・ツリーを用いた行動推定アルゴリズムを開発しましたが、悪いパターンだと67%、よい場合は93%ぐらいの行動判別能力をコンピューターはしてくれましたが、まだまだダメです。

ということは、このコンピューターは医師の健康指導のための参考データとしては使えるけれども、医学的に信頼できるデータではありません。だから、もっと確率を上げなければなりません。

#### ・スライド12

##### 「スマートな行動センシング ALKANET（九工大井上遼研究室、東大須藤修研究室）」

そのためには、たくさんの人に iPod を持たせて、データをたくさん取ってコンピューターに入れて、コンピューターに学習させなければいけません。

同時に、国立情報学研究所の若い先生、東大の若い先生、産業技術総合研究所の若い先生など、アルゴリズムの得意なコンピューターサイエンスの先生たちの力を借りて、いろいろなアルゴリズムやその組み合わせを考えています。それによって、コンピューターの学習能力、判断能力を高めることをやっている最中ですが、なかなか上がりません。

今のところ、世界のトップクラスと同じくらいの判別能力を持っていますから、これを一步抜き出たいと思っています。

#### ・スライド13

##### 「スマートフォン行動情報共有システム：ALKAN」

私のところの学生と九州工業大学の学生、熊本済生会病院の患者さん、九州大学の患者さんを使って実験をして

います。私の研究費で300台これを購入して、「研究に協力する人には iPod touch をやる」と言ったら、山ほど学生が来て、協力してくれています。

ただ、それは古い機種でしたから、学生が「先生、次はカメラ付きをくださいよ」などと言うので、「お前、ちょっと動機がおかしいぞ」と言っています（笑）。

カメラ付きも買ってやろうと思いますが、今、実験をやっているところです。

#### ・スライド14

##### 「35,310 行動データを収集」

このデータ量は現在、世界最高です。

ここまで大量のデータを取ったテストベッドは、世界に他にありません。

MIT やバークレーはやっていますが、圧倒的に差を付けるデータで、より観察データとして安定性のあるデータを得るという条件を、われわれはこの数年でより高めようと考えています。

また、研究を手伝ってくれた生産研（生産技術研究所）で土木工学をされている柴崎先生と、その研究助手の鶴岡さんという方が、一緒にやりたいと言ってくくださったので、協力していただきましたが、彼女は今までかなり時間をかけて、工学の機器を使いながら歩行のデータを取っていたのです。

ところが、このデータは、今のわれわれが使っているような加速度センサーを使えば、もっと安く手に入るのです。こういうものを使って、歩行の矯正や、なぜ腰痛が発生するのか、腰痛を防ぐためにはどういう歩行がよいのかを研究してくださっています。そういう研究をしていると伝えたら、ワコールなどのメーカーにも関心を持っていただきました。

もともと、これを思いついて鶴岡さんに一緒に研究していただいたのは、うちの母親が高齢化して、脚が弱り、転倒したのです。そこで、筋力をどうやったら鍛えられるかということに、これは使えると思いました。

ワコールも同じような発想で、若い女性がいかにかいれいな脚を持てるか、ワイヤーの入ったような補正下着にどう活かせるかというデータをたくさん取って、女性用下着を開発しています。恐らく男性用の下着も開発されていると思います。

また、アルペンスキーの選手などは、ものすごく激しい動きと圧力のために腰を痛めますから、腰に巻くワイヤー入りの矯正ギプスのようなものを開発していて、そのためのデータ収集にも協力しました。

日産やトヨタからも、一緒に研究したいと言われました。

トヨタの前社長は、乗れば乗るほど健康になる車を作りたいから、そのためにセンサーをどう使うか、研究に参加させたいということで、トヨタ記念病院の院長さんと仲良くなったのです。

それで、トヨタ病院の先生たちと組んで、一時期トヨタの社員の方のデータも取りました。

日産は、僕が忙しくてまだ対応できていません。

全日空もあります。長時間飛行機に乗っているとエコノミー症候群になるので、それを早期に発見したいということです。客席にセンサーをたくさん埋め込んで、未然にエコノミー症候群の発生を防ぐのに使えるのではないかと、一緒に研究をしたいとおっしゃいました。

それもまだ進展しないままですが、そのように、いろいろなことに使えるのです。

われわれはまず医学的などころでコアを作りますが、応用としては、いろいろなこともできます。これはOKIのソフトウェアで、可視化するための3軸での相関です。あらゆる指標について、どういう分布があるか。センサーで取ったデータと、他のデータを組み合わせると、何が分かるかということで、可視化するためのOKIのソフトウェアを使ってやっています。これを当事者に見せると分かりやすいのです。これとこれの相関があるのかと、自分でも思いつかないような要因が関係づけられたりします。それも、なるほどと思うことがあります。そういうことも今、やっています。

#### ・スライド15

##### 「社会へのインパクト」

われわれはData-Intensive Science (The 4th Paradigm of Science)、科学の第4の在り方と言われていますが、このやり方で、私はもともとエコノミクスの出身ですから、Social Scienceの変革をやろうと思っています。理系のエンジニアリング、あるいはナチュラルサイエンスの発想と、ソーシャルサイエンスのインタラクティブな関係を作って、これまでにないようなフレームワークをやってみたい。

それに協力してくださる先生方もたくさんいらっしゃいます。

その方々と一緒に、残り何年生きるか分かりませんが、そのうちの70%ぐらいの力はそれに使ってみたいと考えているところです。長くなりましたが、私の話を終わります。

ご清聴ありがとうございました。