

2003年度第3回物学研究会レポート

「ユビキタス社会の実現とトロンの役割」

坂村 健 氏

(東京大学教授)

2003年6月16日



BUTSU GAKU  
物学研究会  
SOCIETY OF RESEARCH & DESIGN

コンピュータ社会はいよいよ「ユビキタス・コンピューティング」の時代に突入しました。今回の物学研究会はTRONプロジェクトの提唱者であり、ユビキタス・コンピューティング環境の実現を牽引してこられた東京大学教授の坂村健氏をお招きし、その開発の最前線についてご講演をいただきました。以下はそのサマリーです。

## 「ユビキタス社会の実現とトロン役割」

坂村 健氏 (東京大学教授)



坂村 健氏

## ユビキタス・コンピューティングとマイクロプロセッサの関係

私がTRONプロジェクトを手掛けるようになって20年ばかりたちます。TRONは電気製品や携帯電話、自動車などに組み込まれるコンピュータなので、ちょっと分かりづらい分野です。マイクロプロセッサは、全世界で年間83億個くらいが生産されているといわれています。その内、パーソナルコンピュータに使われているのは1億5000万個くらい、残りは全部組み込み用途になります。携帯電話、レーザープリンター、デジタルカメラ、ファクシミリなどハイテク商品には軒並み組み込まれており、その中でTRONのOSが6割程度のシェアを持っています。つまりパソコンの何十倍もの数が出まわっているわけです。パソコンのマイクロソフトはOSの一つ一つにお金を取っていますが、TRONはオープンアーキテクチャーなのでいくら普及しても私自身には一銭も入ってきません。ウィンドウズとTRONは全く異なるビジネスモデルを実現しているのです。

さて、マイクロプロセッサの性能はどんどん上がっています。パソコンの場合は処理能力を高めてスピードアップすることが最大の目標となっています。しかし能力が高まれば消費電力も膨らみ、熱を発生させることにもなります。もちろん電池で起動することはできません。一方で組込式のマイク

ロプロセッサの世界は小型化を目指しており、名刺大のもの、500円玉大のものとどんどん小型化を実現し、今では指の上に乗ってしまうくらいの大きさのマイクロプロセッサすらあります。消費電力も小さくなっており、そういう組み込み用のマイクロプロセッサを使うから携帯電話は1回の充電で500時間くらいもつのです。今私が持っている縦5ミリ、横50ミリ程度のフィルム状の物体はメモリーだけのチップです。

ここまで小型化されてきますと、一つ疑問ができてきます。これらのチップはバッテリーよりも小さいので電源がありません。普通のチップは電力を供給しないと動きません。RF-IDといって電波で電力を送る技術を活用します。さらに私たちの研究所では、微小振動で発電して、電源なしですっと動きつづける超小型マイクロプロセッサを開発しています。このような極小マイクロプロセッサが実現すると思いがけないものに入ってくるようになります。例えば、自動車や家電製品にコンピュータが入るといのはイメージできますが、これからは食品のパッケージとか薬袋などにペタッと張られるようになるのです。まさに「どこでもコンピュータ」というユビキタス・コンピューティングが本当になってきたわけです。

## ユビキタス・コンピューティングが変えるもの

「ユビキタス」という言葉の由来はラテン語で、「神はどこにでもいる」という意味です。アメリカ人の中にも「ユビキタス・コンピューティング」なんていう言葉を知っている人はそれほど多くありません。1984年に開始したTRONプロジェクトでは、そのゴールとして「どこでもコンピュータ」と言っていたのですが、1991年にゼロックスのマーク・ワイザーさんが[Ubiquitous Computing]という用語を作って、やっぱり英語が母国語の人は知性溢れる言葉を知っているなあと。私の英語の論文では「Computing Everywhere」で、これは中学英語ですね。概念的には私が作ったものですが、この分野を指す用語としては今では「ユビキタス・コンピューティング」が一般化しています。そして20年の歳月が流れ、最近では様々なメディアで「ユビキタス」という言葉が盛んに取り上げられるようになりました。「ユビキタス社会」のイメージは、たぶんだれもが携帯電話を持っているとか、どこでもインターネットとアクセスできるとか、そういったコンピュータ・アクセス可能な社会現象を指しているのだと思います。「ユビキタス・ネットワーク」という言葉も同じなんでしょうね。

このように「ユビキタス」という言葉そのものが広範のイメージを含むようになっていますが、そもそも「ユビキタス・コンピューティング」の狭義の意味は「ネットワークの更新能力を持った超小型チップをあらゆるモノに入れることによって、実世界の状況を認識したコンピュータ群が共同して人間生活をサポートする」ということです。そして今、このような極小のコンピュータが実現して、モノづくりとかデザインの世界に大きな影響を及ぼすようになっているのです。

そこで重要になってきたテーマが「コンテキスト・アウェアネス = 状況認識」と「位置認識」です。状況認識とは人間と物（モノ、空間、環境）の関係であり、位置というのは物の存在の場所を特定するものです。「ユビキタス・コンピューティング」の重要なコンセプトの一つが、今言ったように「物」の状況を認識し、その位置を特定するということなのです。これを実現するのが超小型チップ（マイクロプロセッサ）です。

一つ例をあげてご説明しましょう。ここに小型チップが付けられた胃腸薬、風邪薬、頭痛薬、鼻炎薬があります。そして私が持っているものは第3世代携帯をベースに開発された「ユビキタス・コミュニケーター」という全く新しい端末です。このコミュニケーターを風邪薬に近づけると、そのチップのデータを読みとって「これは風邪薬です。一緒に服用したい薬があれば選んでください」と言います。次に鼻炎薬に近づけると「この薬とは一緒に服用しないで下さい」と言い、胃腸薬に近づけると「一緒に服用しても安全です」と指摘してくれます。あるいは薬の使用期限が切れているとか、アレルギー情報など状況認識をチップとコミュニケーターが言ってくれます。薬に関しては、最近では病院での医療、医薬事故が頻発しています。薬や点滴に極小チップを張っておいて、一方で患者さんの体（爪など）にバンソコウ感覚でチップを貼っていただきます。そして投薬する際にチェックすればこの手の事故はほとんど解決できるでしょう。このようにユビキタス・コミュニケーターとは、従来の携帯電話が人と人のコミュニケーションを助ける機械であったことに加えて、人とモノ、モノとモノのコミュニケーションに介入することになります。

さらに、ユビキタス・コンピューティングの目的はコンピュータやセンサーをネットワークによって結び、環境や状況、モノの位置を高精度に把握することによって、それらを最適に制御することです。例えば、シャツに温度センサー機能をもつ超小型チップをつけたとします。このチップは人の体温を直接感知して、空調機に温度コントロールの指令を送ることもできます。そうなれば今までのようにリモコンで空調を調整する必要がなくなります。このように余計なエネルギーを使わなくて済むようになれば、それは結果的に社会全体をサステナブルに導くことに繋がります。サステナブル（持続可能）な社会システムの構築は21世紀最大のテーマですが、ユビキタス・コンピューティングが大きく貢献できると確信しています。

とはいっても、チップの値段はいくらくらいなのですか？

そうですね。量との関係がありますから、一概にいくらとはいえません。ただ現状で大まかに言えば、CPUが入らない極小チップで数十円くらいです。普及の初期段階では、薬品のような命にかかわる商品、ワインのような管理が重要であったり、ある程度価格がする食品などにつくでしょう。コンビニで売っている100円程度の飲料水のようなものにまで広まるのは、10年くらいかかるでしょね。その時にはチップ1個の値段は数円くらいになると思います。

## ユビキタス・コンピューティングを支える体制

このように何にでもチップ（コンピュータ）がつくようになると、要はモノを識別する（アイデンティフィケーション）ということですから、ある一定のルールに基づいてその番号のユニーク性を保証する仕組みを作らないとまずいことになります。そこでユビキタスIDセンターを設立しました。ユビキタスIDセンターの目的は、「モノ」を自動認識するための基盤技術の確立と普及、さらに最終的にはユビキタス・コンピューティングの実現であり、後ほどご説明しますがT-Engineフォーラムという組織の中にあります。主な活動の目的は「モノ」に付与するID体系（uID: ユビキタスID）の構築であり、

uID を利用するための基盤技術の確立

uID を格納するデータキャリアデバイスと通信する装置 ( Ubiquitous Communicator ) の構築

uID と関連する情報を検索する情報通信基盤の整備

uID とそれに結びつけられた情報を流通させるセキュアな広域分散システムの基盤技術の確立、  
などです。

つまり、ユビキタス・コンピューティングを実現するには、あらゆるモノにチップを装着し、さらに総体として管理できるシステムや組織が必要なのです。

ユビキタス・コンピューティングが実現すれば、物の管理が容易になりますので、特に物流や流通業界は注目しています。先ほども申しましたが、そもそもコンピュータやセンサー技術は軍事技術として発展してきましたから、第2次世界大戦のころからすでにアイデアはありました。レーダーで飛んでくる飛行機を察知することはできました。ところがそれが敵機なのか味方なのか判別できず、結果として攻撃のタイミングを逃したり、味方を攻撃したりしていました。そこで無線を使って特定の電波を発して反応があれば味方だと分かるといったシステムが第2次世界大戦の後期にはイギリスで開発されました。この技術が進歩して、ここ20年くらいの間に民生用として急速に普及してきたのです。日本では皆さんもご存知のJRの「SUICA」などが似たような技術です。これは非接触ICカードと違って自動改札機に近づけると特別な電波を出して情報を読み取り料金を引き落とすという仕組みです。カード自体のサイズは名刺大です。中身を見てみるとチップ自体は数ミリ角で、ほとんどが電波でエネルギーを得るためのアンテナに占領されています。今、私が持っているのはアンテナです。これはひも状のペラペラしたフィルムです。電波を捉えるアンテナは金属で作らなければならないので、このひも状のアンテナは金属の粉を塗っています。紐を切って短くしてもちゃんと機能します。アンテナが小さくなると電波も弱まります。

## ユビキタスとセキュリティ

ユビキタス・コンピューティングの実現の片方では、「何でもかんでもにチップをつけて、セキュリティとかプライバシーの問題は大丈夫なのか？」というご質問を良くいただきます。セキュリティに関してはいえば、日本のパソコンのセキュリティほど危なくて不信感に満ちたものではありません。インターネットを繋いでいるときにも中身のファイルが全部コピーされていたり、ウイルス感染やワームなどは日常的に起きていますよね。日本人は「安全はタダ」みたいな感覚でいますが、インターネットくらいセキュリティの弱い線はないんです。ですから暗号もかけずにクレジットカードや銀行口座を流すのは絶対にやめるべきです。

……で、ユビキタス・コンピューティングだってセキュリティ不安はもちろんありますから、インターネットのプロトコルとは異なるユビキタス用のアーキテクチャーを新しく設計し直すべきだと私は主張しています。そのために、YRPユビキタスネットワークング研究所を設立しました。この組織は東京大学、産業界、T engineフォーラムの連合です。

## ユビキタス・コンピューティングは業界を超える

先ほどから名前が出ているT-Engineフォーラムという組織についてご説明下さい。

結局ユビキタス環境を開発していくには、業界を超えたネットワークがとても重要になっており、T-Engineフォーラムはそのための開発団体です。詳しくは<http://www.t-engine.org/>をご覧くださいだければと思います。概要を申し上げますと、まずTRONプロジェクトにおけるT-Engineの位置付けは次のようになります。

T-Engineはユビキタス・コンピューティング環境構築のための、オープンなリアルタイムシステム標準開発環境である。

T-EngineはeTRONセキュリティアーキテクチャに対応し、その結果ネットワークセキュリティの強固な応用システムの開発を可能とする。

T-Engineは、ハードウェア、リアルタイムOS、オブジェクトフォーマット仕様を規格化しミドルウェアの流通を円滑にする

豊富なミドルウェアの利用により、応用システムの開発期間の大幅短縮と開発コスト低減を可能とする。

T-Engineフォーラムとは上記のビジョンを実現するための組織であり、具体的な目標は次の通りです。

組込型リアルタイムシステムの開発用プラットフォームとして、坂村健・東京大学教授が提唱するT-Engineアーキテクチャの研究開発、標準化、普及啓発活動、関係機関との連絡調整を実施すること。

T-Engineを用いたユビキタス・コンピューティング環境を構築すること。

ユビキタスIDセンターの活動を行う。

このような趣旨で昨年の夏に会員企業を募集しましたところ、現在では世界中から200社ほどの会社が会員になってくれています。中にはサンマイクロシステムズとかユニシス、サムスン、ソニー・エリクソンなどメジャーな企業が名を連ねています。

現在のところ、ユビキタス・コンピューティングに関して日本は世界的に見ても進んでいます。もちろんアメリカも力を入れています。どうしても軍事技術ということで民生の領域では日本が優位にあります。ボストンのMITもユビキタスには相当興味を持っていますが、ユビキタス・コミュニケーターを作るところまでは行っていません。大体、今アメリカが強烈に推し進めるグローバル・スタンダードという価値観は、私に言わせればアメリカン・スタンダードです。日本は自国に不利でも国際機関の決議であればと、何でも守ります。これが本来のグローバル・スタンダードの姿であり、日本のやり方です。それに対して、「インチ」に代表されるように、自国に不利益なら兵器で国際規格を無視するのがアメリカです。他国の顔色をうかがわないで良いという意味では、アメリカが羨ましいです。しかし、アメリカのように一社が支配するようなデファクト・スタンダードは望ましくありません。何度も申し上げますが、コンピュータ、特にOSは社会のインフラストラクチャーです。そのインフラを有料化してビジネスにしようという発想が、私は好きではありません。T-Engineフォーラムはノン・プロフィット・オーガニゼーションの任意団体ですし、私は会長をしています。ノン・プロフィットです。皆さんもご興味があれば、ぜひ参加してください。 以上

## 講師略歴

坂村 健 氏 (サカムラ・ケン)

東京大学教授。1951年東京生まれ。慶応大大学院工学研究科博士課程修了。

1984年にスタートした産学協同民間プロジェクト「トロン = the real-time operating system nucleus」の提唱者。トロンはユビキタス社会のインフラとなるOSとして、期待されている。

主な著書：

『電脳都市』(岩波書店、87年)、

『電脳未来論 トロンの世紀』(角川書店、89年)

『ユビキタス・コンピュータ革命 次世代社会の世界標準』(角川書店、02年)、

『痛快! コンピュータ学』(集英社、02年)ほか

2003年度第3回物学研究会レポート  
「ユビキタス社会の実現とトロンの役割」

坂村 健氏

(東京大学教授)

---

写真・図版提供

; 物学研究会事務局

編集=物学研究会事務局

文責=関 康子

[物学研究会レポート]に記載の全てのブランド名および  
商品名、会社名は、各社・各所有者の登録商標または商標です。  
[物学研究会レポート]に収録されている全てのコンテンツの  
無断転載を禁じます。