

## 特集「センシングネットワーク：要素技術編」にあたって

西村 拓一

(産業技術総合研究所, 科学技術振興機構)

栗原 聡

(大阪大学)

前回の「センシングネットワーク：目的指向編」(Vol. 23, No. 4, pp. 445-497)に続き, 今回は要素技術編である。2回にわたった特集をまとめるにあたり, ここではセンシングネットワーク研究の今後の展開について考えてみたい。これは, 2006～2007年に経済産業省により企画された長期的な視野に立ってロボットに関する学術的な研究領域・方向性を探索する「アカデミック・ロードマップ」の策定プロジェクトの一環において当学会が参画しており, センシングネットワーク分野に関して執筆者が中心となって取りまとめたものがベースとなっている。

20世紀半ばからさまざまなセンサが製鉄所や工場などでの製造管理や製品管理, 自動車や交通機関の制御など特定システム内で閉じた系としてネットワーク化され利用され始めていた。しかし, 近年のセンサ技術や通信技術の改良によるコスト低減, 小型化, 高度化およびインターネット技術の進展に伴い, 情報家電, 医療, 携帯電話など社会全体でセンサ技術が利用されるようになってきている。特に人間中心のシステム技術として, センサ, 通信, 計算, 表示の各機能を人間に装備するウェアラブルコンピューティング, 環境に埋め込むユビキタスコンピューティングなどのコンセプトが提案され日常生活に深く浸透してきた。また, 広範囲かつ長期間のセンサデータの活用のためのセンサデータマイニング技術やWeb上の莫大なコンテンツからのWebマイニング, SNS (Social Network Service) などのWebアプリケーションによるコミュニケーションや知識流通技術などの関連技術との融合が進み時空間を超えた社会活動の基盤となってきた。今後, さまざまなセンサが小型化・省電力化されネットワークの高度化が進み, 人体通信技術も向上し, 2050年頃には人体を含む実環境全域にセンサネットワークが敷設され, 安全・安心・便利な社会基盤として衣食住だけでなく創造的な豊かな心を育むアプリケーションが生まれるだろう。

そもそも, センサ技術は, 宇宙や軍事技術に先導されて発展し, 20世紀半にはさまざまなセンサが製鉄所や工場などでの製造管理や製品管理, 自動車や交通機関の制御などに利用されてきた。しかし, 当初は, 特定システム内で閉じた系としてネットワーク化され利用されて

いるだけであり, ほかのシステムとの連結は考慮されることが少なかった。しかし, 近年のセンサ技術や通信技術の改良によるコスト低減, 小型化, 高度化およびインターネット技術の進展に伴い, 情報家電, 医療, 携帯電話など社会全体でセンサ技術が利用されるようになってきている。特にICカード, 携帯電話, 情報家電は多くのセンサを搭載し人々の日常生活に応じたサービスを提供している。アメリカの軍事技術から生まれたインターネット技術により, 企業や多くの家庭でのパソコンによる通信が可能となった。また, 1990年代からは無線通信技術が進み移動時でも携帯電話による世界規模の通信が可能となり無線LANやUWBによるパソコンや小型デバイスがネットワーク化されている。しかし, 現在は利用するための作業に手間がかかる場合もあり, さまざまな無線通信を簡単な操作で利用することは難しい。センサ, 通信, 計算, マンマシンインタフェースを統合するシステム技術は, 70年代のリモートプログラミングやJavaなどのソフトウェア技術により, 日常生活で自在に利用できるようになってきた。90年代には各機能を人間に装備するウェアラブルコンピューティング, 環境に埋め込むユビキタスコンピューティング, ユーザデバイスに埋め込むタンジブルインタフェースなどコンセプトに応じて命名され進められている。このため, アプリケーションとしても社会基盤強化のための, 防災・災害対策, 防犯・セキュリティ, 食・農業, 医療福祉, 交通など各種分野におけるシステムが構築されている。屋内では, センシングだけでなく人間へのフィードバックを含めたインタラクティブな空間を目指してロボティックルーム, ユビキタスホーム, センサルームなどが提案されている。しかし, 現状では, 課題も多く, 今後のセンサ技術, ネットワーク技術の改良だけでなく社会制度の変革も待たれる。

以下, 執筆者による勝手な未来予想図を描いてみる。10～20年先の技術展望センサ技術においては, MEMSが実用化され電池技術および小電力無線ネットワーク技術の進展により安全安心の面で重要な空間にセンサが敷設されることが想定される。防災, 施設制御, 交通, 構造物管理などのアプリケーションが一般的に利用される。このアプリケーションでは, 人物や環境の状況理解

のためのセンシングとユーザデバイスからのデータをもとに、予測、推論、情報収集を行う枠組みと技術が必要となる。体内センサのロバスト化・長寿命化の研究が成熟期を迎える。そして、センサの小型化が進み、体内ナノセンサのようなデバイスが登場する。これにより、健康モニタリングなど、人間に負荷をかけない状態でのさまざまな人間行動モニタリングが可能となるであろう。この時期には次世代型のインターネットインフラストラクチャの整備も整いつつあり、それに合わせて、膨大なセンサやユビキタスデバイスもネットワークに接続される。このような状況を基盤とする日常生活のサポートや危険を回避するためのさまざまなサービスが稼働し始める。ここでの最大のブレークスルーは、そのようなセンサネットワーク、ユビキタスサービスが社会のインフラとなるための最低限の標準化がされることであろう。さまざまな企画が競合する状況では実現は困難であると思われる。

そして、50年先の技術展望・人間間通信、人体機械間通信までが実現化されると考えても不思議ではないであろう。人間の感覚器がセンサにより拡張、多機能化し、インターネットを母体とする電子世界においても、人間は身体性を認識できるようになる。もはや身体と実環境との境界はなくなり、あらゆるものがネットワークにて接続された世界となる。例えば、人間が何かをしたいと考えたその時点から、その考えを実現するサービスが自動的に動き始める、といったSF映画のようなことも可能となるのではないだろうか。このように、微小発電、センサのさらなる小型化、人間・人体機械間通信により体内へのセンサ遍在化が完了し、環境にも人間レベルの認識性能をもつ五感センサが都市空間や自然空間の随所に敷設される。医療の効率化、食の管理により高度な健康管理を実現、計算や通信電力の省力化も進み、エネルギー効率を上げつつ安全安心で豊かな社会が実現される。このように、50年後の未来像については、ナノセンサ技術、センサネットワーク、ユビキタス情報通信インフラ、インターネットなどの熟成により、人間の感覚能力は飛躍的に拡大し、あらゆるものがネットワークにて接続されることから、社会そのものが、社会システム知という一つの生命体のような存在となる。人々は、高度な創造性や達成感、コミュニケーションにおける喜びの享受に多くの時間を割きつつ、地球規模の消費エネルギーや環境汚染も持続的発展可能な程度に低減する。センサネットワークは、システム技術や認識技術などの要素技術と

連携し、人類の重要な社会基盤となるであろう。

以上勝手に未来を予想してみたが、そのような未来を迎えるためにも現在のセンシングネットワークにおける要素技術を俯瞰しておくことは重要であり、今回は以下にあげる6編を企画した。高度センシングの要素技術として、寺田努氏の「高度なユビキタスコンピューティングを実現する小型ユビキタスデバイス」では、高度なユビキタス環境を構築するために重要な働きをするユビキタスデバイスについて概観し、最近登場してきた汎用性を目指しながらも特定の高度な機能を容易に利用できるようにした一芸型ユビキタスデバイスを紹介する。根岸佑也氏、河口信夫氏の「ユビキタスコンピューティングにおけるコンテキストセンシングとデータ処理」では、コンテキストセンシング技術を概観し、信号処理に詳しくないユーザでも即興的に欲しい処理を組み合わせ、手軽に多様なサービス、アプリケーションに適したコンテキストセンシングを実現できるシステムを紹介する。安藤繁氏、本谷秀堅氏の「ユビキタス指向センサと統合情報処理技術の研究」では、ユビキタス環境に適した新しいセンシング原理とデバイスの開発、多数のセンサを連携させて高い精度と信頼度のセンシングを行うための新しい原理について紹介する。

アプリケーション構築の要素技術として、栗原聡の「センシングネットワークと人間行動マイニング」では、人の振舞いをさまざまな方法にてセンスし、その意図・動機を探る「人間行動マイニング」および習慣的な行動パターンを抽出する研究を概観する。森川博之氏の「Web 2.0から見たユビキタスセンサネットワーク」では、コンテンツを集める機構と行動情報を集める機構の視点からユビキタスネットワークに要求される事項を整理し、Web x.0時代のユビキタスネットワークのあり方を示す。椎尾一郎氏の「日常生活のユビキタスコンピューティング」では、日用品の機能増幅、知的活動の常時支援、カジュアルなコミュニケーション、デジタル世界の情報提示、生活を楽しくするコンピューティングの可能性と実装例を紹介する。

これらの解説記事は、先に企画した「目的指向編」とともに現状のセンシングネットワーク研究における主要な動向を網羅している。複数の著者が指摘しているように、今後の研究では高度な技術を生み出すだけでなく、生活スタイルの設計と提案、人々の生活の質や心の豊かさ、文化の醸成を築く技術開発とシステムデザインが求められていこう。