

特集

センシング ネットワーク *Sensing Network*

編集にあたって

戸辺 義人

東京電機大学未来科学部情報メディア学科

■ センシングネットワーク

センサネットワークという呼び名が定着してきた。しかし、「一時期叫ばれたほど、センサネットワークは使われるようにはならなかったではないか」と言われることも多い。これは、ビジネスをする人たちからよく聞こえてくる声である。この問いに対する答は、「はい」でも「いいえ」でもある。

「はい」となる理由は、すべてを無線化し、ネットワ

ーク化する必然性のないところはそうならなかったからである。今後もそうならないであろう。必然性のあるところで、粛々と進んでおり、多くの実験事例が報告されている。

そして、「いいえ」とするのが、本特集で狙うところである。従来のセンサは、あくまでも、物理量や生化学量を電気信号にし、情報として抽出するだけの手段、あるいは多くの場合、電気信号を出力する部品を指す名称であった。今、これらを「物理センサ」と呼

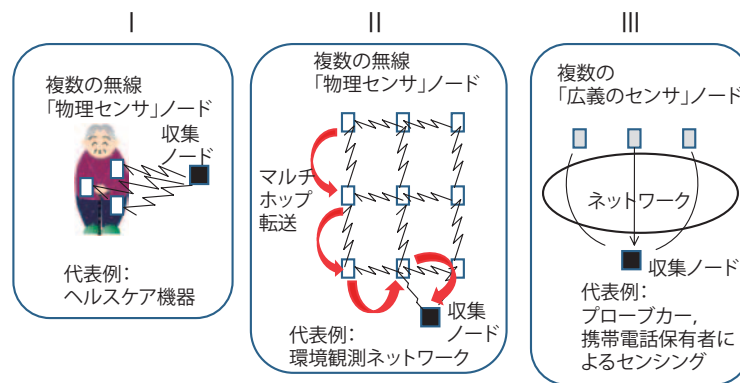


図-1 センシングネットワーク 3つのタイプとその代表例

ぶこととする。これに対し、実世界の現象をなんらかの手段により情報として出力することを広くセンシングと捉え、物理センサを装備した自転車や車などの移動体や携帯電話を手にして情報を発信する人もセンサと見なすことができる。これを「広義のセンサ」と呼ぶこととする。現在、物理センサに加えて多くの広義のセンサによる情報収集機構の構築が進んでいる。

この議論は、インターネットの進化の過程に類似している。元来、インターネットはTCP/IPを基本とした物理的なルータネットワークであった。そのとき、インターネットという言葉は、ケーブルやネットワーク機器を連想させた。しかし、現在では、そのようなイメージを持つ人が少なく、呼び名も新たに「ネット」となり、仮想世界のコミュニティを意味する。センサのネットワークについても、無線の変調方式、MAC (Media Access Control) プロトコル、ルーティング方法といった通信の世界を離陸して、「もの」の情報、実世界の事象の収集・流通機構として捉える時期にきた。

本特集では、従来センサネットワークと呼んでいたものも対象とするが、このような広義のセンサによる情報収集機構の意味も含めるために、「センシングネットワーク」と名づける。

センシングネットワークを、次の3つのタイプに分類してみる。

- センシングネットワークI
複数の物理センサをまとめたもの

●センシングネットワークII

物理センサの無線マルチホップ転送センサネットワーク

●センシングネットワークIII

広義のセンサによる「もの」「実世界の事象」の収集・流通機構

この分類において、IとIIは、物理センサを用いる点で共通であるが、無線マルチホップ転送の事例が多いため、Iと区別する。またIIIの広義のセンサには物理センサも含めるが、制約をはずして自由に定義するため、I、IIと区別することとする。これらのタイプの分類と代表例を図-1に示す。

センシングネットワークIは、センサをネットワークでまとめたものであり、工業プラント発展とともに見られたものである。計測制御のフィードバックループの中であって、制御量と実際の観測値の差を計算する上で欠かせない存在である。ここ数年は、ユビキタスコンピューティングの枠組みでセンサが扱われることが多かった。身体に加速度センサをつけるなどする、ウェアラブルセンサはそうした仕組みである。

センシングネットワークIIは、通信の世界で多く議論される形態である。この形態は、試みに作ってみる段階を過ぎ、明確な観測対象のあるところで適用可能性の検討が長期的に進められている。一例として、中国浙江省天目山の森林で進められるGreenOrbsプロジェクトがある。図-2は、2010年7月時点での観測地点の様子を撮影したものである。このGreenOrbsは、Hong Kong University of

Science and Technology の Liu Yunhao 教授が中心となり、中国国内10の大学の共同プロジェクトとして運営されている。GreenOrbs では、森林の日照状態を中心に森林管理を目的に1000個以上のノードで構成される観測網を構築し、連続稼働させている。連続稼働ならではの問題として、ネットワークの維持自体に労力がかかっていて、まだ設置して放置できるレベルにはなっていない。センシングネットワークIIは設計可能な段階にきているが、設置後の運用コストが見過ごされており、運用ノウハウも含めて、システム設計として確立させる時期にきている。

これらに対して、センシングネットワークIIIは、「実世界情報」を多く収集する目的下で自由に定義される。センシングネットワークI・IIの制約は、次のように列挙される。

- (1) 近距離無線通信
- (2) 実時間通信
- (3) 物理的なセンサ利用
- (4) 小型実装志向

これらの制約をはずすことにより、自由にセンシングネットワークを定義できる。今、(1)の制約がなくてもよいものとする。こうすると、広域網を使った通信によるシステムが構築できる。(2)の実時間通信を仮定しないものとする、データ蓄積型の収集機構ができあがり、1日の終わり、もしくは1週間ごとにデータを収集し回るということも考えられる。(3)をはずすと、街の気分であるとか、Web情報の収集ということになる。(4)がないケースでは、監視カメラであるとかレーザスキャナを組み合わせたネットワークとなり、実用的なものを考える上では何ら支障とならない。

中国の「物聯網」^{☆1}は、センシングネットワークIIIに近い。「聯」は「連」と異なり、物理的なつながりではなく、論理レベルでのつながりを意味する。

さて、本特集では、センシングネットワークの、プ



図-2 GreenOrbs センサノード設置の様子

ラットフォームとしての意味、プライバシーの扱い、広義のセンサの活用、Web情報の抽出の4つの観点から、各分野の専門家に解説いただいた。

「社会創造に資するセンシングプラットフォーム」では、情報通信技術 (ICT) が今後は既存の応用分野の基盤技術であるだけでなく、新しい産業を生み出す社会基盤となる展望が述べられ、センシングネットワークがその起点と位置づけられる。センシングネットワークIIIでの観点も多く、全体像が分かりやすく解説されている。

「センシングデータ処理基盤技術 —ストリームデータ処理—」では、センシング情報源から生成されるデータを連続的な「データストリーム」として捉えた、データストリーム処理技術を解説する。多少専門的な用語もあるが、データベース分野第一線の研究者から、センシングネットワークに対するデータ処理という視点を提供いただいた。

「センサアクチュエータネットワークの情報処理基盤」では、センシングされる場所とアクチュエーションの起こる場所が必ずしも一致しない点に着目して、センシング、プロセッシング、アクチュエーションの3要素の柔軟な組合せを実現するソフトウェアアーキテクチャについて述べられている。アクチュエーションまで組み込むシステムを設計する際の参考になるものと思う。

続いて、「ユビキタス情報社会のプライバシーとその保護技術」では、センシングデータのプライバシーに関するリスクに関して解説されている。直接、人そ

☆1 物聯網 (ウーレンワン) : 中国の「感知中国」政策で進められる、無線センサを中心としたプロジェクトの総称。無錫市が物聯網モデル都市第1号として動いている。本文中に記すセンシングネットワークIIよりも広い考え方で、センサ情報流通機構に重きを置いている。しかし、2010年8月時点で、曖昧なところも多く、各種要素技術を組み合わせた実験を通して、具体化されるものと考えられる。



図-3 ウェザーニュースの例

のものが対象とならなくても、間接的に人にかかわることも多く、ライフログのプライバシー¹⁾の議論と合わせて、データ活用の可能性を広げるために今後の進展に期待したい。

■協働センシング

近年注目されているのが、人間参加型の Participatory Sensing²⁾である。人々が小型のセンサを用いて環境や人間に関するさまざまなデータを収集し、公共データ空間 (Data Commons) を介して情報の共有・可視化・利用を行う。広義のセンサによる情報収集機構として、センシングネットワーク III であると考えてよい。データ収集については、ユーザが意識して明示的 (explicit) に行う場合と、特に意識することなく暗黙的 (implicit) に行う場合がある。人々の日常活動や目標指向の行動にセンシングを埋め込むことによって、価値ある新たな情報を創造することを目指す。この Participatory Sensing の日本語訳は定まっていないため、ここでは、同一の目標に対して大勢の人の力を結集するという意味をこめて、協働センシングと呼ぶこととする。

こうした「人がセンサとなり、情報発信する」を具現化し、すでにビジネスに取り入れた事例として、ウェザーニュース³⁾とプローブカーがある。ウェザーニュースは、世界規模で事業を行う民間気象情報提供

会社の名称でもあり、同時にそのサービスの内容も指す。図-3にウェザーニュースで提供される画面の例を示す。同社では、主要拠点に気象観測装置を備え付けているとともに、サポーターと呼ばれるウェザーニュースに情報を随時提供する人をセンサとしている。

プローブカーは、車そのものを広義のセンサとした協働センシングシステムであり、「プローブ情報システム：車載センサを活用した環境情報の取得」で詳しく解説されている。プローブカーは、本システムを着想され、本記事を執筆された著者ご本人も意識されていないかもしれないが、協働センシングの先駆けであると言ってもよい。

さて、人がセンサとなって即座に情報発信するにも、“道具”が必要となる。その道具として、スマートフォンが有効な手段となっている。「防災情報取得の新しい展開」では、Twitterを利用した防災情報訓練の実施結果が詳細に述べられている。Twitterの有する速報性と、携帯写真の豊富な情報が組み合わさることで、ユーザ発信型リアルタイムニュースとしての価値が生まれる。スマートフォン利用の協働センシングの可能性を考える上で、貴重な報告である。

コンピュータプログラミングの対象としてのスマートフォンにも着目したい。元々、携帯電話の進化の過程で、カメラ撮影機能が付加され、携帯電話カメラで撮影した画像が電子メールで送られ、知人間で共有されるのが一般的な状態にあった。これに加えて、

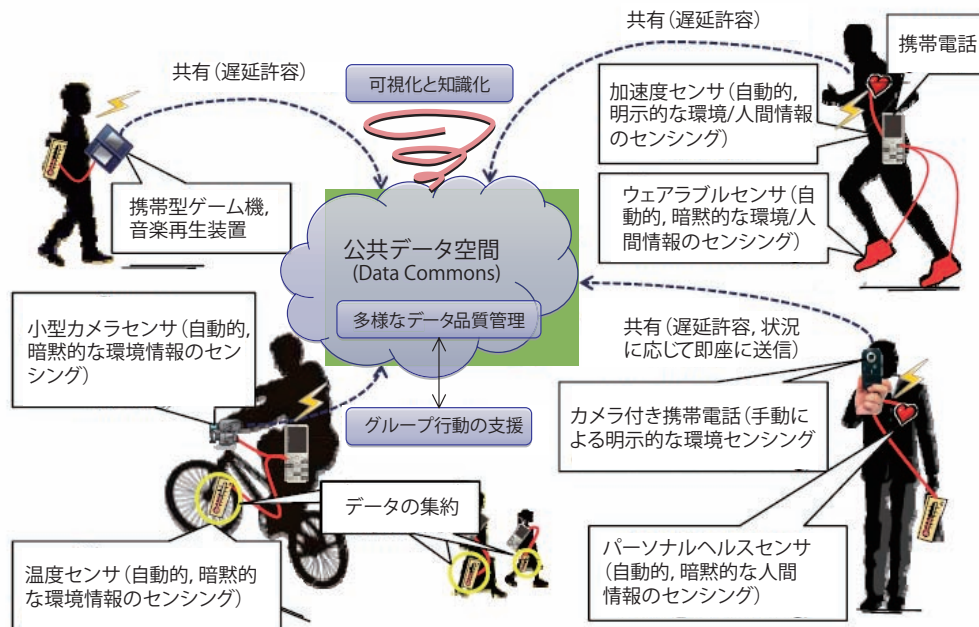


図-4 ヒューマンプロブ

スマートフォンでは、さらに、携帯電話で取得できるセンサデータを撮影画像と同時に送り出すこともプログラミングで可能となった。協働センシングの中でも、携帯電話のセンシング機能に着目して、携帯電話保有者を利用した、図-4に示すヒューマンプロブの取り組みも広がっている。「携帯電話を用いたセンシングの可能性と課題」では、ヒューマンプロブおよびAR (Augmented Reality) を用いた情報提示について、解説している。

東京大学空間情報科学研究センターおよび東京電機大学の我々のグループは、“きときと写真”システム(図-5)⁴⁾を開発した。これは、スマートフォンを用いて、不特定多数の人が撮影位置、向き、その他の付帯情報を画像と同時にサーバにアップロードし、アップロードされた画像が一般に閲覧されることを可能とするものである。他人が閲覧できる形式になれば、実世界の街の様子を実時間で知らせることが可能となる。

以上の協働センシングは、経済学上はどう扱われるのであろうか？ 従来の需要供給で価格が決まるメカニズムとは異なる説明を必要とする。「参加型都市センシングによる価値共創モデルの可能性」では、これ

Android携帯電話

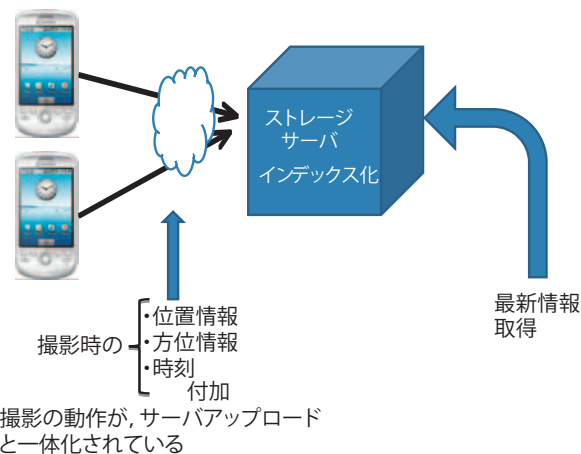


図-5 きときと写真(きときは、富山弁で「新鮮、採れたて」という意味)

までの金銭的価値(value)だけでなく、贈与物としての価値(worth)も取り込んで、経済活動を活発化する必要性も議論している。

Web情報の抽出

SenseWeb^{☆2)}のように、物理センサ情報をWeb上に公開する試みはこれまでもあった。そういう意味で

^{☆2)} <http://research.microsoft.com/en-us/projects/senseweb/>

■特集 センシングネットワーク■

はセンサ情報をWebに融合させる試みがあったと言える。しかし、実世界情報は、テキスト化されたWeb世界にも反映される。そこで、Web上のテキストデータを分析して、実世界情報を抽出する研究も盛んになっている。「Web空間からの実世界情報の発掘」では、人間関係、地理情報、情報伝搬経路の抽出方法について解説している。

■今後の展開

集める仕組みが整ってきて、プライバシーが解決されたとしても、その先がある。工業プラントやロボットと異なり、センシングネットワークではアクチュエーションを必ずしも必要としない。しかし、収集されてもある規則・秩序にのっとり整理されない限り閲覧もされない。世の中のを例を見ると、文部科学省では、現在、「熟議カケアイ」というサイト(図-6)で、教育改善について広く意見を募っていて、実際に意見も多く集まっている。逆に多く集まれば集まるほど、全体像が見えにくくなり、集まっただけということにならないための仕組み作りも必要である。

昨今、日本経済はデフレスパイラルにあると言われている。その原因については専門家の間で諸説があるが、その中の1つに「供給過剰」があり、需要喚起が叫ばれる。センシングネットワークについても、データ供給の仕組みだけでなく、楽しく愉快地に「センサデータを消費する」仕組みも作っていきたい。ウェザーニューズがなぜビジネスとして成立しているかは明白である。細かい気象情報を欲している人がいるからである。今年11月末に東京で開催される、IOT 2010 (Internet of Things 2010 Conference)⁵⁾では、供給だけでなくそうした消費についても議論を期待したい。

.....



図-6 熟議カケアイ

執筆された方は、いずれも、本特集で名付ける「センシングネットワーク」で活躍される研究者である。本特集により、センシングの可能性を考えていただく一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 「ライフログ活用のすすめ」(3章：法的見地からの課題を知る～法律家・識者の見解)、日経BP社 (June 2010).
- 2) Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., Parker, A., Ramanathan, N., Reddy, S. and Srivastava, M. B.: Participatory Sensing, Proceedings of the SenSys '06 Workshop on World Sensor Web (2006).
- 3) 石橋博良:世界最大の気象情報会社になった日、講談社 (2000).
- 4) 石塚宏紀他:きとこと写真:携帯電話画像を用いた実世界検索へ向けて、電子情報通信学会ヒューマンプロブ第3回研究会 (June 2010).
- 5) Internet of Things 2010 Web ページ: <http://www.iot2010.org/>

(平成22年7月5日)