

環境メディア

京都大学学術情報メディアセンター／情報通信機構けいはんな情報通信融合研究センター

美濃 導彦

minoh@media.kyoto-u.ac.jp

● はじめに ●

計算機がさまざまな機器に組み込まれそれらがネットワークでつながるユビキタス社会がすぐそこまで迫ってきている。ユビキタス社会の1つの特徴は、社会のいたるところに設置されるセンサである。さまざまな情報がセンサで集められ、それらが統合されているような情報が生成される。これらの情報は人間に有用なサービスを提供するために利用される。さらに、人間がモバイル機器を持つことにより、その機器が社会のいたるところに存在する環境に埋め込まれた機器と通信して、より便利で有用なサービスが利用できると考えられている。

来たるべきこのような社会において議論すべき問題が多くある。最も大きな問題はプライバシーと安全、便利という対立軸であろう。情報がいったん電子化されるとそれはネットワークの中を駆け巡る。ある人間に関する情報はその人の知らないところで簡単に正確にコピーされるが、それ以上に大切なことはコピーされたという事実すら把握できないという点である。個人情報の漏洩問題が新聞紙面を騒がしているが、いったん漏洩してしまうとそれを発見して完全に廃棄するということが不可能なのである。たとえ安全や便利のために自分の情報を収集されることを許したとしても、その情報がしっかりと管理され破棄される保証がないと技術者が夢描くユビキタス社会は完全な監視社会になり暗黒の社会になる可能性を秘めている。

このように考えてくると戦略として重要な点は、監視という概念に対して対立する概念を提唱することである。監視は「ある場所における不特定多数の人間の行動を安心安全のため権力のある人間が盗み見することである」と捉えることができる。これは他人の行動に関する情報がある人が収集する枠組みである。これは安全安心という大義名分のもとで多くの人に受け入れられているように思われているが、監視する側の信頼性、モラルが

低下すると恐ろしいことが起こる枠組みである。これに対して、ここで提案するのは、環境に埋め込まれたセンサを利用して、自分の情報を自分のために自分で収集する枠組みである。これにより、自分の情報は自分のコントロール下におけるので、個人の責任でその情報の利用方法を定めることができる。

この枠組みに似ているのが自分の行動をウェアラブルカメラにより記録しようとする研究¹⁾である。ウェアラブルカメラによる映像には、そのカメラを身につけている自分自身は映らない。集めている情報は自分の行動を自分側の視点から見たもので、人に限って言えば自分の情報ではなく他人の情報である。このようにして収集された映像は、人生の記録として有用ではあるが、ここで考えている趣旨とは異なったものである。

環境に埋め込まれたカメラを利用して、活動している人間の情報を人間の活動を邪魔することなく、観測記録するメディアを考え、これを「環境メディア」と名づける²⁾。環境メディアで収集される情報は自分を第三者の視点から見た情報であり、環境の中での自分を普段とは違う視点で見直すという意味でも自分に役に立つものであると考える。本稿では、環境メディアの具体例について議論する。

● 環境メディアとは ●

環境メディアは、自分の情報を自分で収集して自分で利用するものである²⁾。まず、自分の情報とは何かを考えよう。カメラで観測できるのは、第三者の視点から見た自分である。鏡に映る自分と概念的には同一であるが、観測のための視点は自分のまわりすべてに設定できるところが鏡と異なっている。すなわち、他人が見ている自分の行動が自分の情報なのである。これまで、この種の情報は人に写真にとってもらうか、監視カメラなどの映像に映るといふかたちで取得されてきたが、それほど身



近なものではなかった。

次に自分の情報を収集する意味を考えよう。人間はその行動にいろいろな情報が現れる。意図的な情報から無意識の情報、身体から発せられるさまざまな情報（姿勢が悪い、顔色が悪いなど）が観測可能である。これらの情報を継続的に獲得し、履歴情報を残してゆくことで、より詳しく自分の状態を知ることができる。

最後に自分の情報を自分で管理し利用することを考えよう。自分の発した情報は精神的肉体的な身体の状態を表している。その情報が毎日、自分の知らない間に履歴として残り、過去のデータが自由に検索できる。このデータを解析すればいろいろなことが判明する。たとえば、自分の知らない癖とか習慣が見つけれられるし、調子が悪くなって原因も特定できるかもしれない。これらのデータを自動的に処理していろいろアドバイスをするエージェントがでてくる可能性もある。ただし、このデータは個人情報であるので、自分でしっかりと管理しなければならない。安心して自分の情報を収集できるようになるためには、その情報を他人が見ることができないことが保障されるような技術的、社会的枠組みが必要である。

ユビキタス社会においては、環境メディアによる自分でのデータ収集以外にも、個人に関する情報は簡単に集められる。街のいたるところに設置された監視カメラは、安心安全のためという論理で広まっている。また、電子マネーなどが実用化されれば、お金を使った場所で履歴が残る。どこで誰が何を買ったかという情報は、マーケティングに必要なという論理で集められる。それにより、個人の志向が把握され、より個人にあったサービスが提供できるというシナリオである。その結果、個人情報はいろいろな個所で蓄積される。これは便利さとのトレードオフであり、便利さを追求する以上仕方がない話である。

デジタル情報は劣化なく簡単にコピーできることがその特徴である。コピーという操作は元の情報に何の痕跡も残さない。管理に不備があれば、コピーされたことすら気がつかない。したがって、デジタル情報がいったん集められるとその管理には十分な注意が必要である。情報技術は社会活動とは切り離せない面を持っており、デジタル情報の管理や利用に関しても十分な議論が求められている。

環境メディアは、この意味で社会のコンテキストに大きく依存したものであり、監視カメラと利用の仕方だけが異なると考えることもできるかもしれない。したがって、これは社会制度の問題であり、情報をどう利用するかのかの概念でしかないかもしれない。しかし、人間と機械の関係という観点から考えると、従来は情報通信に代表

される人間同士のコミュニケーションのメディアとしての機械という立場とロボットに代表される自立型の機械という2つの立場があったのに対して、この中間的な関係を新たに提案していることになると考えている。さらに、McLuhan³⁾によれば、情報はその取得目的、提示装置というコンテキストとは切り離せない。現実的にも、監視カメラの映像と環境メディアによる映像は異なると考えるのが自然であろう。次章では環境メディアに関する技術的問題を議論する。

● 環境メディアの技術的課題 ●

自分の情報を自分で取得し利用するために、技術的にどのような課題を解決しなければならないかを考える。一般的に、人間は同じことを毎日行うのは苦痛である。毎日、食べたものの量を記録すること、体重を測り記録すること、家計簿をつけることなどである。これに対して、計算機に毎日決まったことさせるのはいとも簡単である。この観点から考えれば環境メディアは、人間と機械のいい協調システムであるといえる。

環境メディアを構築する上でまず考えなければならないことは、必要な情報をどのように取得するかということである。具体的には、センサ類をどこにどう設置するかを設計する問題である。これは、情報を利用する目的に依存している。もう1つ重要な問題としては、環境に設置されたセンサだけでなく、人間が持ち歩くモバイル機器からの情報収集がある。場所を固定してその人の情報を集めることだけでなく、その人間が持っているモバイル機器から情報を収集すること、およびモバイル機器をインタフェースとして利用することを考えなければならない。モバイル機器と環境メディアとの接続は、人間が意識するのではなく、ある環境に入れば自動的につながるメカニズムが大切である。同時に、認証などのセキュリティの問題も考慮しなければならない。

環境メディアが日常的に情報を集めるようになるとその結果取得できる情報量は膨大なものになる。そこからいかに有用な情報を抽出するか、要らない情報をどのように捨てるのか、などの情報処理の問題が生じる。この処理においては、セマンティクスのない信号処理的な手法ではなく、信号の意味までをしっかりと解析するパターン認識技術の研究が必須となってくる。この分野はデータが集まれば集まるほどうまくゆくと考えられていたが、現実にはそれができる環境が整ってきたのである。ここで、人間と機械の関係としての自立型とメディア型の中間的な機械という概念がいきってくる。メディア型のように人間に分かりやすく処理するのではなく、また口

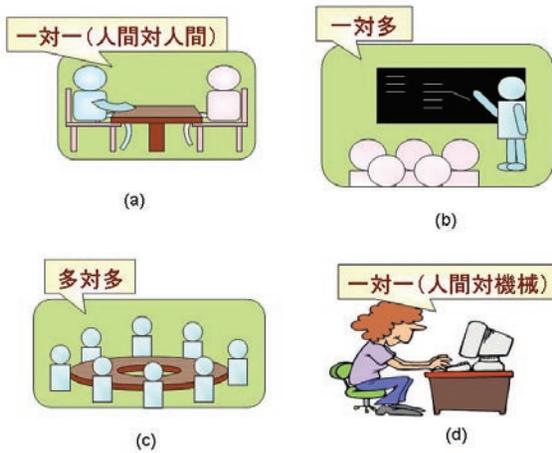


図-1 人間のコミュニケーション活動

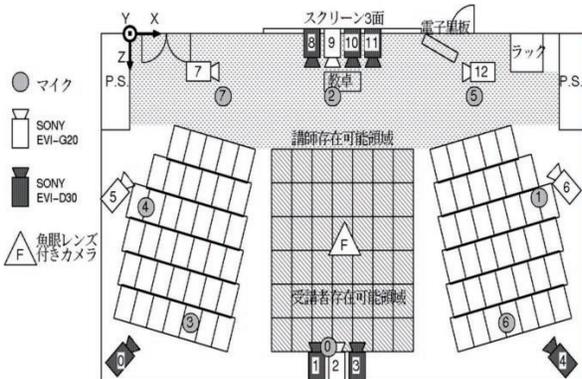


図-2 講義室に設置されたカメラ、マイクの配置

とするものである。すなわち、人間に機械を意識させないで機械を使えるような枠組みが作れないかという試みである。ユビキタス社会においては、さまざまな機械がネットワークを介して接続されているので、意図せずに機械を使うことが自然にできる環境が整っている。逆に考えれば、ユビキタス社会においては、常に人間に意識されないセンサがさまざまな情報をセンスし、社会全体として膨大な情報を収集しているということである。この中で自分の情報が自分で管理できる枠組みが重要となる。

これまでの議論より環境メディアは次の3点にその特徴を見出すものである。

- (1) 人間の自然な振舞いを妨害しないで情報を収集できる。
- (2) インタフェースが機械から独立し、その人独自のやり方で機械を意識することなく機械が利用できる。
- (3) 情報を収集された人間にその情報を安全に管理する仕組みを提供する。ただし、多くの人間が同じ場所で同時に情報を収集された場合は概念的に参加者全員が管理することを想定する。

人間のコミュニケーション活動はある人間を中心に考えると、図-1に示すように、(a) 一対一のコミュニケーション(対話) (b) 一対多のコミュニケーション(講義, 講演) (c) 多対多のコミュニケーション(会議) (d) 人間と機械との対話、の4つに大きく分類できる。これに対して、環境メディアはある場所で観測される人間の活動を記録する。場所を決めるとそこで行われる人間の活動がこの4つの中のいくつかに限定される。

以下では、2つの場所を想定した環境メディアの構築を議論する。1つ目では、講義室という場を設定する。この場合の人間活動は図-1 (b) の形態に限定できる。2つ目は、家という場を対象とする。ここで起こる活動は、主として図-1 (a) と (d) であると考えられる。ただ、研究としては環境メディアのさわりのところしか実現できていないことをあらかじめ断っておきたい。

● 講義室における環境メディア ●

一対多コミュニケーションの代表例として大学で行われている講義を自動でアーカイブするシステムを構築している^{4), 5)}。環境メディアとして重要な点は、講義をしている講師、講義を受講している学生の双方を妨害しないでできるだけ自然なかたちで講義アーカイブを取得することである。

教室に設置したカメラとマイクの配置を図-2に示す。センサとして利用するカメラが6台(図では白のカメラ)

ポットのようにすべて自立的に判断するのではない。集めた情報から必要なものを抽出し、確実に管理し、情報を収集された人にもみ提供することが求められる。

環境メディアは、人間から機械を見えなくする技術でもある。人間と機械とのインタフェースにも新しい考え方が出てくる。人間が機械を利用するという枠組みにおいて、機械は人間の前に存在し、人間は機械を意識して、機械とどう対話するかというインタフェース研究、対話処理研究が進められてきた。これらの研究においては、人間と機械のインタフェースは機械側に存在し、人間の心理を考慮してそのインタフェースをいかに人間に使いやすくするかが研究の中心であった。この枠組みでは、いくら研究が進んでも、人間の周りにあるそれぞれの機械がそれぞれにインタフェースを持つことになるので、人間にとっては複数のインタフェースが存在し、それぞれに対応しなければならないことになる。

環境メディアは、インタフェースから考えれば、最も自然なかたちでインタフェースを機械から独立させよう



ラ), 映像を取得するカメラ(図では黒)が7台, 受講生を真上から観察する魚眼レンズ付カメラ(図では白の△)が1台, 計14台のカメラが設置されている。センサとしてのカメラは教室を広く見渡した画像から情報を抽出するのに対して撮影用カメラは首を振って被写体をズームして撮影する必要があるため、役割を分離している。センサとして音声を検出するマイクが8本設置されているが、講師や受講生の音声を取得するマイクは記載されていない。また、これ以外に、講師の位置を取得するセンサが4台、照明装置としてのランプが8台、スピーカ2台、プロジェクタ5台が講義室に設置されている。講義室の写真を図-3に示す。図からも分かるように、これらの装置は実験用と考えているので、あえて見えにくくしていない。センサ類を隠す方がいいのか、目立つように設置しておく方がいいのかは、心理的な影響があるので慎重に議論しなければならない。

このような教室で行われる講義は、設置されたカメラ、マイクおよび位置センサで観測される。講師は肩に超音波を発する小さな発信機を装着し、その信号は天井に設置されたセンサで検出される。受講者の位置は座席の精度で検出する。天井につけた魚眼レンズ付カメラの映像で視覚的に受講生のいる位置を検出するだけでなく、天井に受講生を取り巻くかたちで設置されている8本のマイクロホンで受講生から発せられる音声を検出する。検出された情報から推定した講師と受講者の位置から講義室の状況を推定する。状況としては、講師がしゃべっている、教材を説明している、受講生が質問をしている、などを考える。

あらかじめカメラマンが取得した映像を解析し、講義室内の状況に応じた撮影ルールを決定する。センサにより講義室の状況が推定されたときは、それぞれの状況に対応する撮影ルールに従って映像を撮影する。たとえば、講師が教材を利用して説明しているときは、講師と教材が同時に映るように撮影する。このようにして、状況推定と撮影ルールに基づく撮影を繰り返すことにより、講義の映像を撮影する。

講義室では講師と受講生は対面しているため講師の撮影用カメラと受講生の撮影用カメラも対向して配置される。状況は講師を中心に定義されるので、受講生の撮影は複数台のカメラでできるだけいろいろな個所を並行に撮影する。講師撮影カメラも撮影ルールに従ってそれぞれのカメラが独自に撮影を続ける。

記録された映像は撮影カメラの台数分存在する。講義アーカイブとしては複数本の映像を蓄積しておいても問題はないが、その日のうちに公開するために撮影ルールに従った映像を1本計算機により選択し講義アーカイ



図-3 講義アーカイブ用講義室

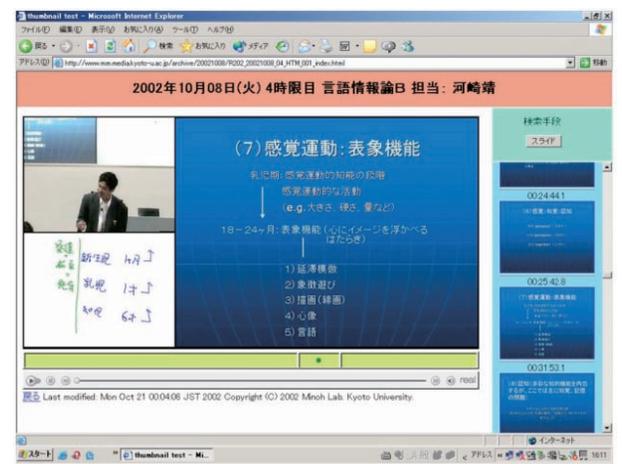


図-4 講義アーカイブの提示画面

ブを構築している。その例を図-4に示す。右側のスライドは検索用のインデックスとして利用できる。環境メディアとしては、取得された情報は参加者が利用するものであるため、講義に参加した講師、受講生が見ることができる。

講義アーカイブシステムが、講義を妨害しないで自然なかたちで運用できるかどうかを調べるために、学生、講師にアンケート調査を行った。この結果、講義が始まった当初はやはり目に見えるセンサ類が気になったという意見が強かったが、時間が経つにつれて講師、受講生ともに慣れてきていることが判明した。これはシステムが段々意識されなくなっていることの証拠であり、環境メディアとして機能していることを示しているとも考えられる。

環境メディアとしての講義アーカイブシステムが収集した情報をどのようなかたちで参加者に還元するか

という議論も重要である。この情報は参加者が自分のために利用するという立場から、授業参加者のみに公開する。学生は授業に対して予習復習を行うこと、講師は授業を振り返って授業方法の改善などFD (Faculty Development) に利用することが考えられる。3年間にわたり講義アーカイブを実際の講義を対象に取得し授業参加者が利用するという実証実験を行ってきた。利用者のアンケート調査によると、この種の情報は特に学生の参加者には有効でないことが判明している。調査によると学生の利用率が5%程度である。その理由を聞くと、出席した授業をもう一度見る価値はないという意見が多かった。講師の方は普段の講義では気がつかないさまざまな点が判明して興味深いという意見が多くあったが、講義が記録されるので緊張しているという感想が本音のように思われる。

大学における講義のアーカイブは、大学の知的財産であり、これを社会貢献に活用しようとする動きがある。環境メディアとしての講義アーカイブシステムはその利用者として授業参加者を想定している。大学の知的財産という公共の利益が表に出てくると、環境メディアではなく、監視カメラとしての講義アーカイブシステムになる。取得された映像は取得した管理者の権限で社会人教育や他の授業などに利用され、その場にいた参加者には何のメリットもない。講義をアーカイブされた講師が記録されることに不安を持っているのはこのことを懸念しているからである。

環境メディアにより取得された情報は監視目的で利用できるのだろうか？ 講義においては講師がきちんと教えているか、生徒の反応はどうかなどが監視対象となる。環境メディアでは講義の内容が復習できる、講師が授業のやり方を反省するなどの目的で情報を収集する。講義の場合は目的が似ているので取得された映像は共通に利用できる。この意味で、環境メディアは監視カメラと概念的には対立するが、映像内容的にはそれほど変わらない場合も多いと考えられる。

● 家庭における環境メディア ●

独立行政法人情報通信研究機構けいはんな情報通信融合センターでは、家庭の情報化を目指して家庭におけるユビキタス環境を構築し、その上でのコンテキストアウトウェアなサービスを構築するプロジェクト (ゆかり (Universal Knowledgeable Interface for Real Life Appliances) プロジェクト) を進めている⁶⁾。

家庭は人間生活の基本的な場であり、そこに生活している人間は利害関係が一致している。その意味で、家庭

で取得された情報はそこで暮らす人たちのものであり、その人々に役に立つ情報をどうにかたちで提供するかが重要になる。ここで、環境メディアの概念が適用できる。

家庭は会社や学校などと違い、さまざまな年代の人間が暮らす場所である。そこで利用される電気機器 (アプライアンス) は、どの年代の人間にも使いやすいものでなければならない。今後、家庭で利用されるアプライアンスがネットワークに接続されユビキタス環境が構築されると、便利さよりも使いやすさの問題がより重要になると考えられる。ゆかりプロジェクトではこの視点からロボットを使った自然言語インタフェースを家庭に導入する可能性を研究している。また、家庭におけるユビキタス環境でどんなサービスが有効であるかを実証的に検討している。

ゆかりプロジェクトでは、家庭におけるユビキタス環境を構築するメカニズムを AMIDEN アーキテクチャ⁷⁾ に基づいてゆかり機能分散協調基盤として構築している。その特徴は、アプライアンスをそれぞれ独立の機器としてネットワークに接続するのではなく、アプライアンスの持つ機能を独立してネットワークに接続する点である。これにより、複数のアプライアンスの機能を利用した新たなバーチャルアプライアンスが構築できる。このアーキテクチャは P2P であるので、サーバが必須ではなくなることで、2つの機器からでもネットワークが構築できること、新たな機器を購入するに従ってネットワークで利用できるサービスが増大すること、などの利点が生じる。このアーキテクチャの基本ソフトウェアを開発中で、完成次第オープンソースとして公開する予定である。

ゆかり分散協調基盤の上で、家庭生活する人間にとって必要なサービスを考える場合、そのポイントは環境メディアである。すなわち、アプライアンスの利用されている状況をさりげなく観測し、そこから利用者のコンテキストを抽出する。このコンテキストに基づいて、利用者特有のコンテキスト依存サービスを提供する。

実証実験のために図-5に示すように、家にさまざまなセンサ、アプライアンスを設置し、そこで活動する人間の行動を観測する。センサとしては、カメラ、マイク、床センサ、人感センサ、RFID タグなどを利用する。これらのセンサを駆使して、個人同定と位置同定、姿勢推定を行う。家庭はそこで暮らす人間の数が多くても数人であると想定できるので、コンテキスト抽出における個人同定処理が可能であると考えている。また、家に設置されたセンサは24時間常に観測しているため、現時点での情報だけでなく、過去の情報を履歴として蓄積でき

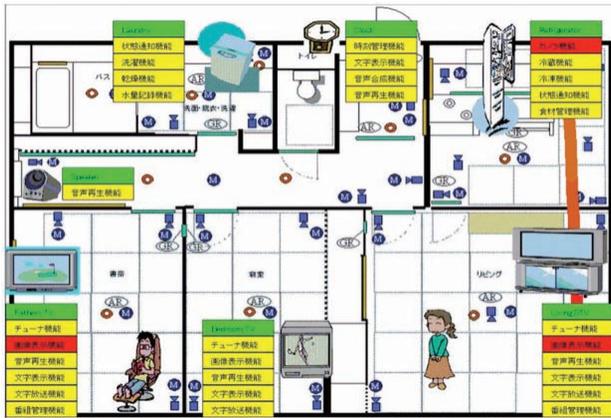


図-5 家庭におけるユビキタス実証実験環境

る。これらの情報から有用なコンテキストをどのように抽出してゆかがこれからの研究の課題である。現在考案中のシステム構成を図-6に示す。

抽出されたコンテキストにしたがっていろいろなサービスを提供する。たとえば、洗濯機の前で悩んでいる家族がいたら、そのコンテキストを検出し電子マニュアルから必要な情報を検索してロボットが対話で支援するサービス、テレビの前に座ったらその人を同定し、好きな番組にチャンネルを合わせてテレビをつけるサービスなどを考えている。これらのサービスの中で、機械から独立したインタフェースおよび家庭におけるインタフェースとしてのロボットの有用性を実証してゆく予定である。

家庭でのユビキタス環境においても監視カメラ型のサービスが安全安心のために必要であるという議論がある。家の中で取得した情報を安全のため家族が外からチェックするというサービスである。家が留守の間は泥棒が入っていないか、ペットはどう暮らしているかなどがチェックでき有用であると思われるが、特に年寄りの生活を家族が安全安心のため見守れるというのはまさに監視カメラの発想である。環境メディアとして設置したセンサがこのような形態で利用される可能性があるとはやはり家にカメラを設置するのは心理的負担が大きくなる。ユビキタス社会では自分の情報を自分が管理するという枠組みが必須であり、最も重要なことなのである。もちろん、その枠組みの中で本人の意思で情報を提供することにより監視カメラ型のサービスを受けることは可能である。

● おわりに ●

ユビキタス環境における環境メディアの概念を提案

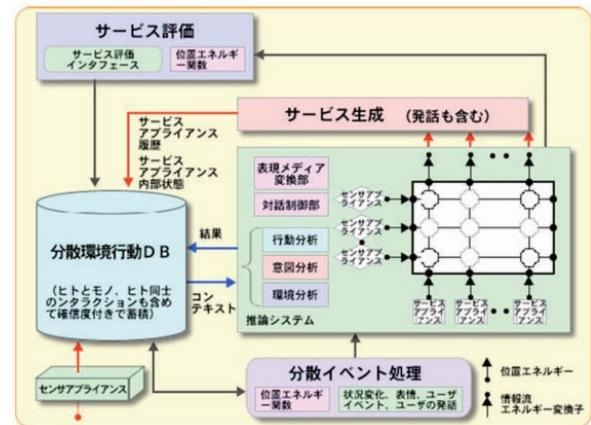


図-6 コンテキスト依存処理のメカニズム

し、我々が行っている研究を通してその有用性を議論した。人間はその活動を通していろいろな情報を発信している。ユビキタス環境においてはその情報をその人が知らない間に簡単に収集できる。このような社会において重要なことは監視型の情報収集ではなく、環境メディア型の情報収集である。言い換えれば、自分の情報を自分が自分のために収集することが重要となる。人間は他人と交流しながら活動をしているので、厳密にこの原則を適用できないが、情報を収集された人間がその情報を活用し役立てることが大切である。監視カメラ型のサービスが分かりやすく受け入れられつつある中でその対立軸としての環境メディアの考え方がユビキタス社会においては必須の重要な概念になると考えている。

このような視点で、講義を自動的にアーカイブするシステム、および家庭の中でさまざまな情報を収集しコンテキストを抽出する枠組みの研究について議論し、環境メディアの概念とその有効性を議論した。この概念はまだ未熟であり、今後ユビキタス社会の進展とともにはっきりとさせていく必要があると考えている。

参考文献

- 1) Kawashima, T., Yoshikawa, K., Hayashi, K. and Aoki, Y.: Situation-Based Selective Video-Recording System for Memory Aid, IEEE Proc. of Int. Conf. on Image Processing, III, pp.835-838 (1996).
- 2) 美濃導彦, 角所 考: 環境メディア: コミュニケーション環境として機能する情報メディア-遠隔講義を具体例として-, システム制御情報学会誌, Vol.47, No.10, pp.481-486 (2003).
- 3) マーシャル・マクラーハン: メディア論, みすず書房, 1987 (原本は1964).
- 4) 西口敏司, 亀田能成, 角所 考, 美濃導彦: 動きの多様性とスケールの均等性に着目した受講者観察のための講義自動撮影, 日本知能情報ファジィ学会, JACIII (2004).
- 5) 西口敏司, 東 和秀, 亀田能成, 角所 考, 美濃導彦: 講義の自動撮影における話者位置推定のための視聴覚情報の統合, 電気学会論文誌, Vol.124, No.3, pp.729-739 (2004).
- 6) 美濃導彦: 家庭におけるユビキタス環境の構築-ゆかりプロジェクト-, 2004年電子情報通信学会総合大会, A-16-8 (2004).
- 7) Minoh, M. and Kamae, T.: Networked Appliances and Their Peer-to-Peer Architecture AMIDEN, IEEE Communications Magazine, Vol.39, No.10, pp.80-84 (2001).

(平成16年7月21日受付)