

日立 総研

特集 情報社会の未来

日立 総研

www.hitachi-hri.com



vol.2-3
2007年12月
発行

株式会社 日立総合計画研究所



日立 総研

vol.2-3
2007年12月発行

2 巻頭言

4 対論 ～ Reciprocal ～

特集

情報社会の未来

- 10 日立総研レポート
アンビエント情報社会が実現する新たなイノベーション 白井 均
- 14 寄稿
Ambient Intelligence and Beyond Walter Van de Velde
- 20 寄稿
知を紡ぐ情報プラットフォームの構築 西尾 章治郎
- 24 日立総研レポート
複雑ネットワーク解析の可能性 池田 裕一
- 28 寄稿
タンジブル・ビット：情報の感触・情報の気配 石井 裕
- 36 日立総研レポート
アンビエント情報社会における社会イノベーションの可能性 嶋田 恵一

42 研究紹介

44 先端文献ウォッチ

IT 産業の国際競争力

(株) 日立総合計画研究所
代表取締役社長

八丁地 隆

英国エコノミスト誌の、The Economist Intelligence Unit が、この7月 "The means to compete" と題して、世界 64 カ国の IT 産業の競争力ベンチマーキングを公表している。今年のポイントは、次の点とされている。

1. 世界一の競争環境を誇る国は米国である。米国は、20 の評価指標の全てでトップ5 にランクされており、量・質ともに優れた環境にある。教育、インフラ、イノベーション、また、法的な対応も優れている。西欧諸国は、11 の指標で高評価。日本、韓国、豪州、台湾はアジアパシフィック IT 企業の競争力を支えている。もとより、弱点のない国はなく、アドバンテージ確保には各国とも努力が必要である。
2. IT セクターの持つ事業環境上の弱点を補えることのできる国は多くはない。印度、中国にはユニークな特徴がある。例えば、労働力のサイズ、低賃金、言語能力であり、これらは、IT セクターの高パフォーマンスに貢献し、事業環境の弱点を補完している。しかし、印度、中国のように成功できる国は少なく、全ての評価指標で競争力を高めなければならない。印度、中国にしても、コスト競争力の剥落への改革に努め、グローバルな規模での競争にむけて IT 企業のイノベーションをはかることが求められている。
3. スキルの豊富な新興国市場は、既存有力プレーヤーへの挑戦を始めている。印度、中国の位置はロシア、ブラジル、マレーシア、ヴェトナム、に加え、エストニア、リトアニア、チリ等の挑戦を受ける。これらの国は、少なくとも評価指標の一つでは高い評価を受けており、特に、各国ともにスキルベースが改善している。これらの国にとってソフト・サービス開発でのニッチ深耕には、最も大きなチャンスがある。
4. 必要とされるスキルの変化は劇的である。世界中どこでも、IT タレント社員は供給過少であり、加えて、スキルが変化するので状況はタフとなる一方である。技術知識に加えて、これからの IT 社員には、プロジェクトマネジメント、チェンジマネジメント、ビジネスアナリシスなどの専門知識が求められる。教育カリキュラムの調整を始めた国は、米国・シンガポール・豪州な

どひとにぎりにすぎない。

5. 法制度が重要な差別化要因となる。オープンな IT 競争を支えるのが、知的財産権の適切な保護である。米国と、EU 諸国が、この面では抜きん出ている。徹底した知的財産権保護が、IT イノベーションへの「オープンなアプローチ」とかみあわない、ということはない。
6. 政府には、バランスある政策展開が求められる。IT 企業の努力する環境の創造に向けて政府のできることは多いが、微妙なバランスをとるべきである。長期的な視野での対外投資と競争政策を考え、ひろく技術の応用を促進し、教育制度を戦略的に設定し、賢明な研究開発投資を行うことにより、政府は競争力向上に寄与することができる。同時に、政府は、IT 企業なり技術の勝者を特定してはならず、過剰な規制も避けなければならない。このバランスをとる点で成功しているのは、西欧の政府である。

経済の諸産業セクターのうち、すべての国が IT 産業への高い優先度を与えているわけではない。例えば、スウェーデンとフィンランドは通信機器とソフトウェアへの集中が高い。しかし、すべての国が IT 産業の成長から多くを享受しており、その恩恵は技術セクターを越えるものがある。「経済の成長は IT なくして不可能である。銀行であれ、商社であれ、IT なくしては何事もできない」とは、IT 企業幹部の実感である。

日本の位置をみてみよう。IT 事業環境指数では 24 位（香港が 1 位）、IT インフラ 17 位（カナダ 1 位）、人的資源 9 位（米国 1 位）、法制度 18 位（米国 1 位）、IT 産業への支援 18 位（デンマーク 1 位）であり、R&D 環境が世界 1 位である。その結果としての総合順位は、米国に次ぎ、日本は 2 位である。

日本は、IT 産業の競争力が「総合的に」高い国になったとあってよいであろう。しかし、ここで休んではならない。次なる IT 産業、IT の活用は如何にあるべきかを問う必要がある。これに挑戦することが本誌の目的である。

「人間」の面白さ、素晴らしさを 究める

株式会社 テレビマンユニオン代表取締役会長・CEO **重延 浩** 氏

テレビマンユニオンの重延 浩代表取締役会長・CEOは、1970年にTBSを離れ、先輩や仲間とともに日本初の番組制作会社の創立に参加されました。

日立とのかかわりでは、1977年に『海は甦る』で始まった日本初の3時間ドラマの基本『近代日本をつくった人々』の企画にあたられ、1986年4月に始まる『世界ふしぎ発見!』を20年以上にわたってプロデュースしてこられました。

経営においては、「経済なくして創造なし」を掲げて経営基盤の安定を図り、プロフェッショナルな人材育成を通じて、幅広いジャンルで最高の作品づくりに取り組んでおられます。

人間を究めてみたいという「道」

八丁地 重延会長が、テレビを超えた文化の創造と会社の経営を両立されてきたことを尊敬しております。創造をリードする経営、テレビマンユニオンに



重延 浩 Yutaka Shigenobu

1941年樺太豊原生まれ。札幌市出身。64年東京放送入社。70年テレビマンユニオン創立に参加。77年取締役、80年代表取締役、84年代表取締役社長、03年代表取締役会長・CEO。『アメリカ横断ウルトラクイズ』でギャラクシー特別賞、ATP賞、『世界ふしぎ発見!』でATP賞、橋田賞など受賞多数。長年の活動で平成16年度芸術選奨文部科学大臣賞を受賞。

かけた夢などをお伺いしたいと思います。

重延 私が今の道を歩んでいるのは、人間にこだわって人間を究めてみたいという思いです。TBS時代に放送という媒体を使って生きる道を先輩に示していただき、大組織を離れてこの道を選びました。そのベースには、人間というのはすごく面白くて素晴らしいんだという考え方があります。歴史は、人間がつくってきたものです。『海は甦る』などの3時間ドラマでは、近代日本を形成した人物像に迫ることがテーマでした。『世界ふしぎ発見!』では、人間の素晴らしさの発見です。火をつくることを覚え、石器を工夫してきた古代人は、自然の中で生きる力を発揮してきた。それが人間の本質的な才能だと思われ、そこから現代人が怠けている何かを教えてくださいという思いでした。これらの企画を日立に提案したのは、日立が技術、人間の知恵から始まっている企業だったからです。

八丁地 テレビマンユニオンは、メジャーリーガーのイチロー選手をクローズアップし、『課外授業ようこそ先輩』や知的ドキュメンタリーに力を注ぐなど、人間を多面的・多元的にとらえていますね。

重延 放送は人間の魅力を知るとてもいい「場所」だ

と思うのです。政治、スポーツ、科学、文学、美術、演劇、音楽、あらゆることにかかわっていただけます。今日、総理大臣に会ったら、明日にはスポーツ選手や映画スターを取材することもできます。それで初めて人間の素晴らしさが見えてきます。どの領域でもトップを究めた人は、とても近い言葉を発するというのが私の印象です。究めていくと同じ境地になるんだという、そんな発見が面白いですね。

八丁地 それは、すごい発見ですね。重延さんは、その原動力を「好奇心」「探究心」とおっしゃいますね。

重延 人間とは一つの宇宙みたいなものです。どんなに調べても究め切れないから好奇心は尽きないですね。

私は、本当は宇宙飛行士になりたかったのですが、1990年に1年後輩の秋山豊寛君が実現してしまいました。TBSをやめて思い残すのは宇宙に行けなかったこと。だから、せめて人間の内面の宇宙を究めたいと思っています。(笑)

トラブルをひとりのものにしない

八丁地 不可思議な人間宇宙を探求するのですから、失敗やトラブルも避けられないのではないのでしょうか。

重延 悩みと一緒に住んでいるようなもので、朝、家を出れば帰宅するまでにトラブルは必ず起きると思っています。大きなプロジェクトでは深刻なトラブルが10回は起きます。しかし、一つ起きるたびに「しめた、一つ減った、あと九つだ」「いいぞ八つになった」とカウントダウンしていくと、ストレスにならない。トラブルって面白いもので、トラブルっている人間の姿が見えてきます。人間と人間が敵対することもあります。一つひとつ解決する中でかえって信頼関係が深まり、新しい仕事につながることも経験しました。

八丁地 トラブルをカウントダウンするという発想はいいで

すね。しかし、組織としてはトラブルに対応する責任体制も必要でしょうね。

重延 トップとして常に責任はとる覚悟です。何しろ、テレビマンユニオンで「第1号の始末書」を書き、一番多く始末書を書いたのが私ですから。(笑)だから、責任のとり方も早くに学びました。例えば、亡くなられた沖縄水産高校の裁監督からも取材を通して大きな示唆をいただきました。あるとき、選手がバント練習でミスをした。そうしたら全員を集めて「今の失敗はなぜか」と選手にしゃべらせるのです。私が「それぞれ守備練習や投球練習をやっているのに、それを全部中断してやる必要があるのですか」とたずねると、「失敗は一挙に教えたほうがいい。ひとりの失敗を100人の失敗にしておく、みんなの経験になる」とおっしゃる。失敗は誰もが起こすことだから、できるだけ公開する。そして、事実を認識し経験を共有したら、マイナスを引かずらないために早く忘れて、楽しい方向に戻りましょうということです。そういう経営感覚を学びましたから、社員が積極的にチャレンジして失敗してもみんなに公開したら、自分が責任をとって許すことにしています。

プロフェッショナルは自分で育つ

八丁地 テレビマンユニオンの最大の資産は人材だと思います。プロの人材育成はどのように工夫されておられますか。

重延 いろいろな形で会社の考えを外に伝えることで、会社に興味をもち何かできそうかなと自然に人が集まってくるというのが一番です。面接もこちらが選ぶのではなく、お互いが評価する双方向の精神的契約だと思っています。入社後は育てることに努めますが、自分で育っていく人であれば育ち切れない。だから自分で育っていく環境をどうしたらいいか考えています。

八丁地 重延さんの著書には「主体性をとり続けよう」という言葉が何度も出てきます。組織の中にも自分は何ができるか考えることが重要ですね。

重延 そうですね、組織というのは架空のものだから、そんなものはどこにもないし、自分を救ってくれるわけではないのです。自分は自分で救う、楽しくしたいと思ったら自分で楽しくする道を考えることが大事で、そのために組織を使えばいいのです。

八丁地 才能という面では、どのような方を望んでおられますか。

重延 創造的なトップレベルのクリエイターは、全体の3割いればいいと思います。彼らが会社のイメージ、プレステージ、ブランドをつくっていきます。そして、安定した仕事を的確にこなしていく才能が3~4割いて、残る3割が全体のバランスをとるヒューマンリレーションが上手な人というのが理想です。その中で、自分の役割を見つけて自分の道を歩いてほしい。テレビマンユニオンには定年も退職金もありません。だから78歳のカメラマンもいますが、今も立派に役割を果たしています。

八丁地 「変わる」というのは、私たちもよくいうところです。突然ぱっと変わるような方もいらっしゃいますか。

重延 ほとんどが、ある日突然ワンステージ上がっている。きっかけは書物や人の言葉、恋人ができた、子供が生まれた、非常に厳しい状況で開き直った、などとさまざまですが、やはり、それまでの蓄積があるかないかが分かれ目ですね。野球選手もシーズン途中で別人のように変わる人がいますし、科学や技術の分野でもそういうことがあるのじゃないですか。

八丁地 ありますね。ひらめきとか解けない問題が突然解けるときもあるし、人事や経理のスタッフでも周囲が驚くほど急激に成長するケースがあります。

重延 成長は3段階あると思っています。最初に、総合的な見方が頭に入ってきて、シミュレーションができるようになって予測能力がつく。次の段階は、自分だけじゃなく横も見てシミュレーションができ、

反応も見えてくる。しかし、反応に迎合するだけではだめで、厳しい反応を承知でわざと強引にやる。当然、問題は起きますが、最後に反対意見まで予測できるようになれば心の準備ができるし、適切な対応もできる。そこまでくれば「スーパープロフェッショナル」です。

八丁地 テレビマンユニオンの採用ホームページには「破壊力求む」とありますが。

重延 既存の構造を破壊するという意味です。この世界は人のコピーでも、ある程度まではいけますが、それを超えて自分の独自性、オリジナリティーを出していくには破壊的なパワーが欠かせません。もちろん、破壊には常に責任が伴いますが、それができるのもプロの条件だと思います。

「共感」が仕事を広げる

八丁地 テレビマンユニオンは、創業時からの仲間がずいぶんいらっしゃいますね。

重延 やっぱり「共感」でしょうね。永六輔さんも黒柳徹子さんも、亡くなった渡辺文雄さんとも長いお付き合いです。萩本欽一さんも株主ですし、亡くなった伊丹十三さんも株主でした。配当は微々たるものですが、欽ちゃんは「おれが演出をやるならテレビマンユニオンだ」といってくれます。「テレビマンユニオンだったら喜んで」と仕事をしてくれる仲間の共感があって続いてきたと思っています。

八丁地 そうした共感があるからこそ、国境を越え、既成の枠も超えてジャンルを広げてこられたといえますね。

重延 まさに、そうですね。メディアは非常に怖いところがあって、先の心理が読めない。今面白くてもどんどん変わっていく。得意な分野にしがみついていると、世の中が動いてだめになってしまうことがあります。だから、若い人には常に新しいことにどんどん挑戦してもらおうというのが私の方

針です。また、会社が仕事をつくって、そこに安易に人をあてがうことは決してしません。音楽番組は初代社長の萩元がつくり、映画は是枝が形にしましたが、それを面白いと思った人が主体的に参加して発展させてきたわけです。ですから、いくらもうかる話が持ち込まれても、こちらにそれに応える才能がない限り、お断りするようにしています。

八丁地 それで、作品の信頼性につながっていますね。日立も総合的な経営をするには、お客さまやステークホルダーとの緊密な人間関係がないとできません。社外の人ともどんどん他流試合をしていこうと考えていますが、その前提として「共感」を築くことが重要だと思っています。

経済なくして創造なし

八丁地 テレビマンユニオンは初年度こそ赤字でしたが、今日まで営業黒字を続けています。重延さんは「経済なくして創造なし」とおっしゃっていますね。

重延 ずっと低空飛行ですが、上昇も墜落もしない経営には技術が要ります。(笑) 過去に映画や演劇、音楽などの素晴らしい創造者集団がありましたが、多くが解体しました。才能の集まりだけでは、人間心理の力学による矛盾が生じて行き詰まるものです。そこに経済的基盤があれば、もう一度考えるゆとりができます。私たちが経済的に厳しい時期がありました。売上に波があることは危険だと思ったので、レギュラー番組を確保して安定経営をめざしました。私は「最適なるものと最高なるものとの両立」といっていますが、「最適」は基礎ベースであり、絶対に必要な構造。でも、これだけやっているのは嫌だ、やっぱり「最高」を究めたいと思って、最高と最適の両立をめざしています。創造と経営はどう考えても矛盾するものです。しかし、会社を継続しなければ最高のものは生まれないから、最高のものを生むために継続しているわけです。だから、私は「現実的理想主義者」です。



そういうと、人は奇異に思うらしいですね。僕、ニコニコ笑っちゃいますから。「確かに無理ですよ、何か妙案があったら教えてください。私としては矛盾を面白いと思うしかないのです」ということにしています。

八丁地 経営と創造は、確かに相入れない面がありますね。日立でいえば、創造的な研究開発を推進するには安定した経営基盤が欠かせない。それだけに、今のお話で創造者集団を率いる経営者の気持ちを強く感じます。

事実を認識することが信頼性につながる

八丁地 『世界ふしぎ発見!』では、リサーチに相当力を入れていますね。

重延 多言語を理解できる8人のスタッフを当てています。表現には社会性が必要だと思っていますが、そのためには事実から始めないといけない。



文献はすべて正しくはないし、インターネット情報は、時にはいい加減なので疑いの目で見てちょうどいい。当事者の言葉やその場で見たことさえも真実でないことがある。真実を引き出すには時間とお金がかかります。その積み重ねでようやく事実ベースができる。そこまでやって始めて番組にするかどうか判断します。違うなと思ったら、膨大な努力と費用が無駄になってもやめましょうということだけは真剣にやっています。それだけやっても100%真実とはいかないから、間違っていたら率直に謝罪することが大事ですね。そして、その経験を次に生かしていかないと自由な制作ができなくなります。

八丁地 そこまでしないと、信頼感やクオリティーは維持できないのですね。

『世界ふしぎ発見!』に限らず、織田裕二さんがアフリカのゴリラに会いに行く番組など、テレビマンユニオンは世界各地で仕事をされています。そうした経験やノウハウはどのように伝承されているのでしょうか。テレビマンユニオン最初の海外出張は重延さんと伺っておりますが。

重延 これも自分で学ぶしかないですね。私の海外初出張では、ホテルの手配から取材のアポイントまですべてひとりでした。空撮したいときはイエローページを開いてヘリ会社に電話して、「お前は誰だ」「ラスベガス上空を飛ばしたい」「キャッシュカ」「何とかする」などと直接交渉しました。撮影や編集もユニオン問題があって現地スタッフを使わざるをえないので、自分のサラリーの5倍もするスタッフを雇って演出席につけました。横から「3番カメラ」などと指示するのを受けて彼がキューを出すので、必ず1秒遅れになってしまう。(笑)

このように、あらゆるトラブルを経験したから何が起きても怖くなくなった。だから『アメリカ横断ウルトラクイズ』という乱暴な企画も平気できました。

今は、海外ロケのコーディネーターシステムができていますから恵まれています。ただ心配なのは、昔より時間に追われているので余裕がないことです。パリのカフェで2時間ぐらいボーッと人間を見ているだけでも違う。ゼロから、白紙から何かを見て吸収する経験が大事で、それが自分に戻ってきて広がりのある人間になっていくという気がします。なかなかできないようです。

ジャンルを超えグローバルな文化の融合へ

八丁地 文化と企業という視点では、どのようにお考えですか。

重延 本来、文化をつくる人が自立してやればいいのですが、才能を発揮できる舞台がないまま終わる人が多いだけに、未知なる才能を迎える舞台が欲しいですね。中世から近代までは王侯や富豪などのパトネージュがいましたが、現代にはいなくなったわけです。そこで、国家が支援するのでもいいし、企業がCSRの一環として応援されることにも期待しています。もちろん、それに甘えないで、創造者が自ら舞台を運営する気概をもつことが重要です。

八丁地 日立も、そうした舞台づくりに協力したいと思っています。創造者による舞台づくりでは、重延さんは「カルチャーモデル」を提唱されていますね。

重延 長いこと経営をやり、そろそろ遊ばせてくれとわがままをいわせてもらって、「JAPAN国際コンテンツフェスティバル」にかかわっています。放送、映画、アニメ・キャラクター、マンガ、音楽、ゲームというジャンルが集まり、一緒にやりましょう、海外の才能をちゃんと見てビジネスとして成立させる交流の場にしましょうと提案しています。これから大事なことは「国際人」になることです。そのための私の標語は「ミーティングをした後は良いグルメを」です。難しい議論が終わったらおいしい食事を一緒に楽しむことができないと、

本当の意味の交流にはならない。

八丁地 まさに、至言ですね。重延さんはフェスティバルの『劇的3時間SHOW』を通じてプロフェッショナルの育成を掲げていると伺いました。具体的な形に実ることを楽しみにしています。

重延 この対談は1時間ですが、対話には時間が必要というのが持論で。(笑)

八丁地 ぜひ、次の機会は3時間をあけておきます。今日は楽しく勉強になりました。ありがとうございました。

対論後記



第2回の対論は、日立が長年おつき合いさせていただいている、テレビマンユニオンの重延会長にお願いしました。日本を代表するプロデューサーです。

重延さんが述べられた、人間への共感とこだわり、人間がつくってきた社会と歴史への好奇心、作品の品質と事実のあくなき追求、伸ばすのではなく自分で伸びる人材への期待、仲間との信頼感、これらすべて『世界ふしぎ発見!』で表現されている価値でもあるとあらためて認識しました。そして、番組のチームでもある日立グループも共有する価値でもあります。日立への応援でした。また、創造者としての重延さんは、優れた経営者としての一面もお持ちでした。最高なるものを究めるには会社は継続しなくてはならない、それには最適なものとの両立を目指す、「経済なくして創造なし」。議論には、笑顔でそうお応えになるそうです。「テレビマンユニオン史1970-2005」によれば、創業以来、同社は一年を除き、営業黒字、配当をされています。「人間は奇跡的な存在であり、自分が生まれてくること自体が奇跡だ」といわれた重延さんの言葉が、私の記憶に残っています。1時間たっぷり対論できたこと、まさしく「奇跡」でした。庄山会長、重延さん、対論を続けるたびに元気がわいてきます。次回をご期待ください。

(対論日 2007年9月3日)

日立総研レポート アンビエント情報社会が実現する新たなイノベーション

副所長 白井 均

情報技術の発展は、アンビエント情報社会という新たなパラダイムを向かえようとしている。知覚機能が加わることによって、これからの情報技術はより人間に歩み寄ったヒューマンな技術へと新たな進化を遂げようとしている。

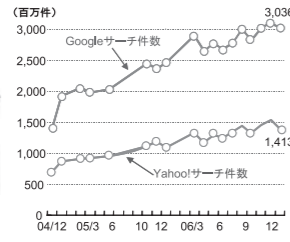
1 ITの歴史と新たなパラダイム

(1) 情報爆発を越えて

現在世界には20億台以上の携帯電話、9億台近いパソコンが普及し、「いつでも、どこでも、誰でも」情報にアクセスできる環境が実現しつつある。Googleなどの高度な情報検索エンジン、Wikipediaに代表される体系的な集合知を使えば、誰もが膨大な知識データベースの活用が可能となった。情報利用コストは劇的に低下し、情報を有する人とそうでない人の間にあった非対称性も劇的に縮小しつつある(図1)。

情報検索の高度化

数テラバイトのデータ、30億のWeb上の文章にインデックスをつけ、毎秒数千リクエストをさばく(例) Googleサーチ



集合知の体系化

ウィキペディアの項目数 英語:161万件、日本語:32万件。ブリタニカの13万件を大きく上回る(2006年1月末現在)

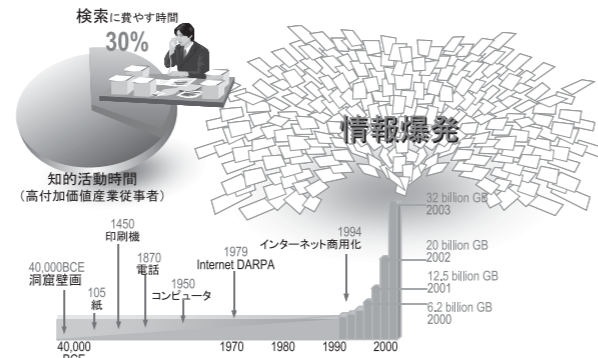
資料: NetRatings, Inc. 資料より日立総研作成

図1 Web2.0が企業経営に与えるインパクト

一方で、米国カリフォルニア大学バークレイ校の報告によれば、2000年前後から人類が創出する情報量は爆発的に増加している。2002年には5エクサバイト(エクサバイトは1ギガの10億倍)の情報量が人類によって創生されており、その後の2年間の情報増加は人類がこれまでの歴史全体の中で蓄積してきた情報の総量よりも多いといわれる。人間の処理能力を超えた情報量の増加により、我々は膨大な情報に触れることはできても、さまざまな不安を抱え込む状況となっている(図2)。

(2) IT 発展の歴史

これからのITが果たすべき役割は何か。それを展望する前提として、まず、これまでのITの発展の歴史を振り返ってみたい。ITは、これまで2つの大きなパラダイムを経て今日に至っている。



資料: Horison Information Strategies、文部科学省資料他

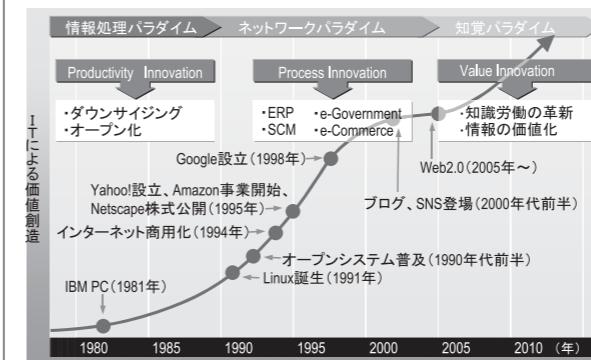
図2 情報爆発時代の到来

第一のパラダイムは、ITが情報をより速く効率的に処理するための技術であった時代である。この時代コンピュータは、「メインフレームによる集中処理」、「ミニコンやオフコンによる分散処理」、「パソコンを中心とした処理」という3つの段階を経て劇的な進化を遂げたが、基本的役割はほぼ一貫して情報をより速く効率的に処理するための機械であった。

第二のパラダイムは、ネットワーク化が進化した時代である。とりわけインターネットの登場とともに、ITは情報処理の機械からコミュニケーションやコラボレーションの基盤へと進化した。Yahoo!が誕生、Netscapeが株式公開し、Amazonがオンラインストアを開業した1995年を境に、ITの利用者は企業から個人へと劇的に広がった。ブラウザとホームページを中心とした初期の時代から、ブログやSNS(ソーシャル・ネットワーキング・サービス)の利用が広がる今日まで、ネットワークの主役としての個人の役割は一貫して高まっている。一方で、サイバーとフィジカルの世界の二元論的対立や先記の情報爆発的状况など、かつてはなかった問題にも直面している。

(3) ヒューマンな技術への進化

ITは現在第三のパラダイムの入り口へさしかかっている。第三のパラダイムとは、ITが、新たに知覚機能を提供する時代である。ITは、これまでも「考える」、「コミュニケーションする」など人間の本来的活動を支援してきた。一方で、論理とともに感性の生き物でもある人間に対して、これまでのITは、感じる、触れるといった知覚機能とは親和性の低い技術であった。新たに知覚機能を提供することによって、論理と感性の生き物である人間とITの間に存在した壁、デジタルとフィジカルの間隔は劇的に縮小する。その結果、ITはより人間に歩み寄ったヒューマンな技術へと進化することが期待される(図3)。



資料: 「情報化白書」他より日立総研作成

図3 IT 発展の歴史

2 アンビエント情報社会とは

(1) アンビエント情報社会の3機能

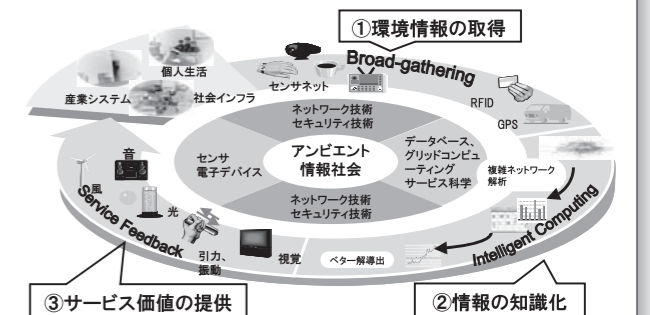
知覚機能が実現する新たな社会はアンビエント情報社会と呼ばれる。アンビエントとは「周囲の、環境の」を意味する形容詞であり、アンビエント情報社会とは、ITが人間の日常生活する環境やそこにある事象と融合し、特別に意識しなくても自然に利用できる社会である。そこでは人間がこれまで見ることでできなかったもの、感じることで困難であったものを、知覚することも可能となる。アンビエント情報社会ではこれまで収集が困難であった現実社会のさまざまな環境情報を基にITを意識させることなく、安全性、経済性、快適性の向上という具体的なサービス価値を提供する。

アンビエント情報社会は3つの機能によって構成される(図4)。第1はセンサーなどから得られる膨大な環境情報をリアルタイムで収集するブロード・ギャザリ

ング(Broad Gathering)と呼ばれる機能である。現在利用されているインターネット上の情報は、地球上に存在するすべての情報の総量と比べればごく一部に過ぎない。今後は社会インフラ、産業システム、生活環境の中から各種センサーなどを通じてはるかに膨大な量の情報をリアルタイムで収集することが可能となる。

第2は、収集した情報を分析・解析するインテリジェント・コンピューティング(Intelligent Computing)と呼ばれる機能である。膨大かつ多様な情報が形成する複雑な相互関係をネットワークとしてとらえ分析・解析することによって、実社会で利用者により高いサービス価値を実現するためのベター解を導き出す。

第3は、解析の結果得られた解決策を現実社会に具体的に適用するサービス・フィードバック(Service Feedback)機能である。ベター解を基に、アクチュエータやユーザインタフェースとなる機器を通じて、利用者が特に意識しなくても、優れた環境や価値を実感できる価値を提供する。



機能	特徴	主要技術
ブロード・ギャザリング (Broad Gathering)	<ul style="list-style-type: none"> 社会環境、生活環境の中に設置されたセンサーから連続的に得られる観測情報を収集 数百万~数億オーダーの実時間情報を時系列データとして取得 	<ul style="list-style-type: none"> センサネットワーク 電子デバイス技術 ネットワーク仮想化技術
インテリジェント・コンピューティング (Intelligent Computing)	<ul style="list-style-type: none"> 膨大かつ多種類の情報を連携させ、ユーザの状況やニーズを実時間で推測 各情報を形成する複雑ネットワークを分析し、よりよい環境を創出するためのベター解を抽出、蓄積 	<ul style="list-style-type: none"> サービス科学 複雑ネットワーク解析 グリッドコンピューティング
サービス・フィードバック (Service Feedback)	<ul style="list-style-type: none"> 導出されたベター解を基に、環境に配置された知覚的なユーザインタフェースを持つ機器を使って、ユーザに価値のある情報、サービスを提供 ユーザにITを意識させることなく価値を提供 	<ul style="list-style-type: none"> 電子デバイス技術 アクチュエータ技術 ユーザインタフェース

資料: 日立総研作成

図4 アンビエント情報社会を構成する3つの機能

(2) 進展する技術開発

アンビエント情報社会の実現には、これら3つの機能の確立と連携が必要となる。既に、国内外において

さまざまな技術開発が進んでいる。

センサー・チップと呼ばれる1cm角の自律型コンピュータは、ヒトに例えれば知覚機能に相当するセンサーを内蔵し、人間によってキーボードから入力される情報を待つのではなく、センサーが自ら情報を取り込む。さまざまなものに配置されたセンサー・チップが形成するセンサーネットワークは、社会に新たな知覚神経を構築する。

物理的な形がなく、無機質な存在である情報に形を与える研究も進められている。MIT メディアラボの石井裕氏は、情報の基本単位であるビットという無形の存在に形を与える研究を行っている。デジタル情報に物理的な形を与えることで、機器と利用者とのインタフェースを、より実体感のある、触れることのできるユーザ・インタフェースにする研究が進められている。

予測が難しいユーザの行動や要望を見込んで柔軟かつ安定的に対応するアンビエント情報社会基盤の構築技術に関する研究も大阪大学などで進められている。そこでは、外界で大きな変化があった場合も多様な生命体が安定した共生環境を維持する生物界のように柔軟かつ安定的に対応する情報基盤を構築する取り組みが進められている。

IT を駆使することによって、人間にとって最適な空間を創造する取り組みも本格化している。EU は2002 年から「アンビエント・インテリジェンス」と呼ばれるプロジェクトを推進している。このプロジェクトは、技術主体ではなく人間主体の考え方に立って、家、オフィス、まち、森林など人間が活動する空間をより魅力的なものにするという基本思想に立っている。空間に存在するさまざまな物体に機能を持たせ、それらをシームレスに統合することによって、その空間にいる人間が、機器や技術を意識することなく、快適に過ごすことができるようにする。そのために、IT だけでなく、心理学、脳科学、神経科学、建築工学などの研究が統合的に進められている。

3 情報の知覚化

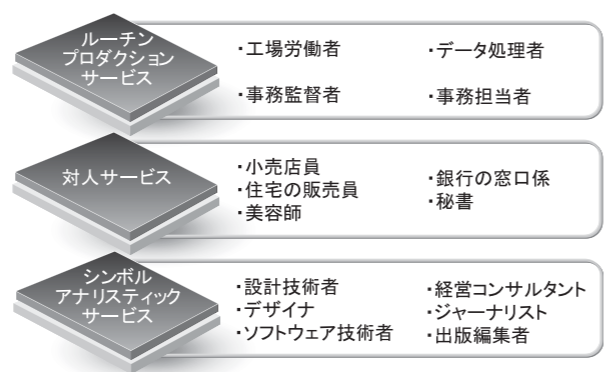
(1) 広がる知識労働のグローバル競争

「私たちはあらゆるものを見ながら生きている。でも、本当に見えているのだろうか?」とは、画家パブロ・ピカソの問いかけである。人間には日々の生活の

中で見えている、感じていると錯覚し、実際にはほとんど知覚できていない事象が数多く存在する。アンビエント情報社会におけるIT は、人間の知覚能力の限界を超えて、情報を知覚できるものにするによって、多方面で新たな革新を実現する。

大きな可能性の一つは知識労働の生産性の革新である。「私たちは、自然資源や労働など基礎的な経済資源がもはや主要ではない知識社会に入っている。そこでは知識が主になり、知識労働者が中心的な役割を果たす」、「20 世紀最大の偉業は製造業における肉体労働の生産性を50 倍向上したことであり」、「21 世紀に期待される偉業は知識労働の生産性を同様に向上することである」これらはいずれも経営学者ドラッカーの言葉である。知識社会の本格的な到来が言われる今日でも、現在までのところ、我々は知識労働の生産性を同様に高める方策を手にしていない。

一方で、経済活動のグローバル化が進展する中で、知識労働における競争は今や国境を越えて激しさを増している。クリントン政権で労働長官を務めた米国の政治経済学者ロバート・ライシュは、1991 年に出版した「ワーク・オブ・ネーションズ」(“The Work of Nations”) において、米国の職種を設計技術者、デザイナー、経営コンサルタント、アナリストなど高い教育を必要とする「知識労働(シンボル・アナリストリック・サービス)」、小売店員、銀行の窓口業務などの「対人サービス業務」、工場やオフィスで決められた仕事をする「ルーチン業務(ルーチン・プロダクション・サービス)」に分類し、知識労働は米国内に残り賃金も上昇するが、対人サービスはマニュアル化が可能であるため移民の増加によって賃金が低迷し、ルーチン業務

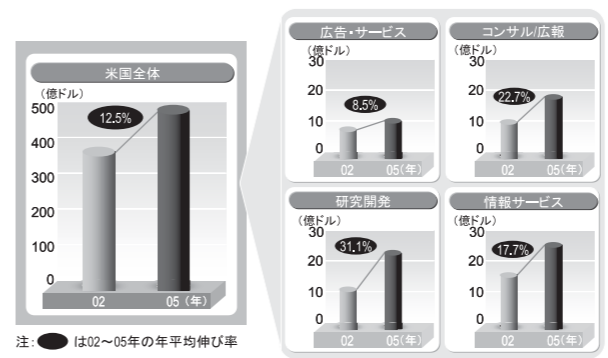


資料：Robert B. Reich(1991), “The Work of Nations” より
日立総研作成

図5 ロバート・B・ライシュの予言

は米国外へのアウトソーシングが進むと予測した(図5)。

その後の現実はいずれもライシュの予測を超えて進展している。ソフトウェアのプログラミング、証券アナリスト、研究開発、コンサルティングなど知識労働の一部も含めた広範な業務においても米国内からインドなど、より低賃金の国へのアウトソーシングが広がっている。ライシュ自身も、現実が「ここまで劇的に変わるとは思わなかった」、ことを認めているという(図6)。



資料：US International Services より日立総研作成

図6 米国から海外へのナレッジワークの移転

(2) 知識労働の生産性向上への挑戦

これからの企業経営において、知識労働の生産性向上がグローバル競争を勝ち抜く上で最重要課題のひとつであることは、既に多くの企業が認識している。しかし未だ知識労働の生産性向上に関する革新的成功事例を聞くには至っていない。その最大の原因は、知識労働者が自らの日々の活動や組織の活動全体を把握する有効な方法がないためである。換言すれば、知識労働をマネジメントする際に不可欠となる可視化手段が無いために労働の実態が把握できず、その結果、マネジメントもできない状況にある。

会議や資料作成などの断片的なイベントの記憶は残っていても、途切れることのない時間の流れの中で自らの活動の全体像を把握しているわけではない。複数の人間が属する組織活動の把握はさらに困難である。誰が誰の行動に影響を与えたのか、いつ何処でどのようなプロセスによって何が創造されたのかなど組織活動全体の状況を可視化する手段の確立が大きな課題となっている。

これに対して、腕時計やネームプレートに埋め込ま

れたセンサー・チップによって、個人の活動、組織の構成員相互のコミュニケーションや行動への影響度等の情報を蓄積し、容易に理解可能な形で表現する方法が米国のMIT と日立の間で研究されている。これにより、知識労働者や組織活動の全体像が初めて科学的に分析可能となり、生産性向上への道も開けようとしている。

4 アンビエント情報社会の可能性

これからの数十年の間に地球社会は先進国、発展途上国をとわず、環境・エネルギー、人口問題、高齢化の進展、食料・水不足、感染症の増加など様々な共通課題に直面することになる。

アンビエント情報社会では、人間の知覚機能の限界をはるかに超えて、理論的には地球規模で、シームレスに「全体」をとらえることが可能となる。現代社会は合成の誤謬という言葉に象徴されるように、ヒトや企業、政府といった個々の主体がそれぞれ最適な行動をとったとしても、全体システムが破綻に向かう場合もある。「個」の小さな変化であっても、負の連鎖によって「全体」が脅かされるためである。環境問題は代表例であるが、こうした事態を防ぐには、まず「全体」を把握した上で、どこまで「個」の活動が許容されるかを判断する思考に立つ必要がある。

アンビエント情報社会は、さまざまな地球規模の課題に対して解決の手段をもたらす可能性がある。例えば、センサーネットワークによって、都市全体の環境物質の状況、災害発生時の被害状況を検知可能な都市の神経系ネットワークを整備することによって、知覚機能を有する「感じる都市」を構築することも実現可能だ。同様に、「感じるビル」、「感じるオフィス」、「感じる家」の実現も視野に入る。

IT をより人間の側に引き寄せ、特別に意識するものではなく、空間や環境の中に自然に融和したものとす。さらに、グローバル社会が直面する課題解決や知識社会の進化へとつなげていく。そのためには、技術開発だけでなく、社会科学、人間科学も含めた融合型の研究開発や人材育成を産学官協力のもとに進めることが求められる。

Ambient Intelligence and Beyond*

Walter Van de Velde
European Commission
DG Information Society and Media
Future and Emerging Technologies

**Please note that the views expressed in this presentation are my own, and do not necessarily represent the opinion of the European Commission.*

Introduction

Ambient Intelligence refers to a vision of the future where we shall be surrounded by electronic environments, sensitive and responsive to people. Ambient intelligence technologies will combine concepts of ubiquitous computing and intelligent systems putting humans in the centre of technological developments.

For several years now Ambient Intelligence has been a long-term driver for European research, stimulating research across multiple disciplines: computer science, electronics and mechanical engineering, design, architecture, social sciences, to name a few.

Yet, we are still far from realising this vision in practice. The technological hurdles remain challenging and even the desirability of the Ambient Intelligence vision can be questioned. And how do other emerging directions fit in, like brain-machine interfaces, the broader convergence of ICT and biology, or the real-virtual confluence?

The following takes stock of what has been achieved and will offer some personal reflections on how the vision and research agenda for Ambient Intelligence 2.0 may be evolving.

Imagining ambient intelligence

Let us begin by imagining ambient intelligence. This does not require a great deal of imagination; you can just think of any space that you know in which people do things with a certain goal in mind.

For example: my own personal experience arriving fresh from Europe at a hotel in the completely unknown place (for me) of Roppongi Hills. The hotel where I have to be, the lobby of the hotel, and the elevator that brings me up to my room are all remote and unknown to me, and yet somehow we, as people, manage even in these remote places to go through the motion of arriving and find ourselves before we know it in a magnificent hotel room. If you think about it, this is an extraordinarily complex task to perform. How on earth do we manage to recognize all these different behaviors that we have to go through in order to achieve what we have to do. In this case, of course, the hotel staff are there to help as soon as one enters, so there is nothing for you to worry about. The ambience is made for you. The idea of ambient intelligence, however, is that all these places and spaces are augmented in such a way that your goal of arriving and getting settled becomes so natural that you do not even have to think about it, just as if somebody were to take you by the hand and lead you through the necessary actions. Here, I would like to tie this into a fairly recent notion that is becoming very popular in European philosophy, which is the idea of *enchantement*, or the idea of “magical places.” Think, if you will, of Judy Garland in *The Wizard of Oz*, where she walks through a garden that,

with every step, unfolds in all its magic and splendor. Ambient intelligence is a bit like that. It is about people living in enchanted houses, enchanted streets or beaches, and enchanted offices or forests, and there is this idea of enchantment as if places are magical; full of signs and signals that somehow keep you on track and make life more pleasurable or more effective.

This magic can be used for many things—for shopping, for healthcare, for managing academia and education, where we spend a lot of money in Europe—and so there are a lot of opportunities there.

History of ambient intelligence

The history of ambient intelligence is usually traced back to the underlying idea of “ubiquitous computing: anyone, anytime, anywhere, anything” put forward in a paper by Mark Weiser. This is the idea, which I am sure is very well known here in Japan, that information and communications have to be ubiquitous; that is, accessible wherever you are, at whatever time, to whoever, and under whatever circumstances. This was later considerably refined to produce the notion of ambient intelligence, which was probably first explicitly used by Phillips Research in Europe, first in internal meetings in 1998, and later publicly in 1999. Three shifts in the evolution of ubiquity to ambient intelligence are identified. At the first stage, the technology and interfaces are fragmented. There are devices for this and devices for that with no interoperability or intercommunication. From this fragmentation we shift to seamless integration,

where everything cooperates and communicates with other devices. A second shift that constitutes the vision of ambient intelligence is from performing a function toward achieving real-life goals in everyday environments. And then there is a third shift from the technology-centric—and you only have to look at the word “ubiquitous computing” to realize that it is a technological word—toward a human-centric vision. This is the vision of ambient intelligence as a means of enhancing human life, rather than making humans perform certain functions using technology.

Though these shifts have become gradually more and more explicit, they remain valid as the underlying ideas behind ambient intelligence, whose big break came in Europe in 2001 when it was taken up by a body called the Information Society Technologies Advisory Group (ISTAG), which is a high-level body of industrialists and scientists that advises the European Commission on strategic directions for research. They have taken this idea of ambient intelligence, arguing that this should be what our research should be directed toward achieving. While this acted as something of a driving force toward the end of our Fifth Framework Programme, it was adopted as a specific focus of the Sixth Framework Programme. (The purpose of these Framework Programmes for Research and Technological Development is to plan public financing of research over longer cycles and to put in place the necessary instruments for longer-term objectives to be achieved. The concrete topics are then decided on a much shorter cycle of one to two years.) The Sixth Framework Program, or FP6, ran for five years, and had a rather meager ICT budget of 3.7 billion euros for five years (the overall budget was of course much bigger). Nevertheless, considerable work on ambient intelligence was carried out under FP6, and some of the results that are currently in place can be traced directly back to this framework programme.

Now we are at the beginning of FP7, which commenced on January 1, 2007, and covers a longer period of seven years. It also has a considerably higher budget of 9.1 billion euros for ICT research alone, even allowing for the longer time span concerned. The European Commission had initially requested for the budget to be tripled, and, although we did not quite get that, funding is still substantially more than it was before. This is a positive sign, as it provides an indication of the strong awareness within European policy that information and communication technologies are a key driver for growth in all other sectors, in addition to themselves constituting the fastest sector of growth in Europe. ICT is thus seen from both sides as a strategic target for investment, and the amount of money that is being poured into ICT research is growing substantially.

Ambient intelligence is more than ubiquitous computing

One thing that is important to realize is that the core problem in ambient intelligence is not a technological one. The technological foundations have already been laid by ubiquitous computing and ubiquitous communication. Naturally, there is still a lot to be done, but the real problem is that of understanding the functioning of society, human behavior, and social contexts. There is so much more going on in a meeting than, say, you listening to me talking, and it will not be possible to build the “intelligent meeting room” unless we understand all the mechanisms that are at play in such situations. You have to have much more than technology; you need an understanding of the psychology, the anthropology, the neural signals, and so on. It is therefore really about understanding all kinds of reality around us, and then using ICT in order to use some of those insights to improve the places that we live in. To give you an idea of how to conceive of this, it would be proposed that you think in terms of designing what I call “behavior landscapes.” Spaces become landscapes in which behavior unfolds, and I use this image of a hilly landscape to illustrate the idea that if you move through a place in this manner, you naturally go into the valleys and stay away from the hilltops. This behavior landscape, which is orchestrated in several ways, actually regulates the behaviors of individuals and groups in space. My interpretation of behavior landscapes is here inspired by the architect Friedensreich Hundertwasser, who mainly worked in Vienna. He produced some very interesting architecture, such as a ticket hall in a station that has a hilly floor designed so that people naturally moved through that space to purchase their tickets and proceed toward the rail tracks. Other examples of his work include gardens, where you see this idea of shaping behavior not only through the use of arrows and other signs, but also through the physical realization of space itself. This is the inspiration behind the idea here of using the landscaping as a means to characterize ambient intelligence.

The way in which ambient intelligence goes further than ubiquity is, I think, best captured by thinking of information as a means to an end. If you are getting information to people but they do not do anything with it, then that information may as well not have been conveyed to them in the first place. Information is a means to an end, the end being changing what they do with it—be it immediately or afterwards—and so affecting what happens in the real world. This step from stopping at the information, which is what ubiquitous computing is doing, toward understanding information and using it as the means to the end, the end being to “bias” behavior, is a crucial difficulty and core issue

in ambient intelligence. There are very many ways in which to bias behaviors, including, as I said, by spatial means. Design consequently plays an enormous role in research on ambient intelligence, and a much greater role than had been anticipated in 2001. It also illustrates how profoundly interdisciplinary research in ambient intelligence has to be in order to be successful. Here a naïve technology push will not work.

The informational means can consist not only of display systems, road signs, and advice systems, but also laws and regulations, and even very inspirational signs like colors, which we may use as very implicit signs to orchestrate behavior in spaces. Symbols are another obvious means, as demonstrated by the way in which people behave in churches. Why do people's behavioral patterns change so dramatically when they enter a sacred space such as a church? It is because of the whole historical development and symbolism behind such spaces. There is nothing different in the physical nature of the space; rather, it is the whole accumulated wisdom and culture that influences behavior. The question is thus one of understanding how these things can be brought into contact with technology as well.

This idea is actually not that new, as one can see from the literature. The French philosopher Jean Baudrillard, for example, wrote a very interesting book called *Le système des objets*, in which he analyzes how collections of objects create what he called the “ambiance” that emits the signs and signals that trigger the enacting of classes of behavior. This and other studies from the sixties demonstrate that the agenda of modern-day ambient intelligence was even then already under consideration, at least from a philosophical point of view.

State of the art and hurdles

As you will probably recognize, this idea of signs and signals means that the concept is to be found all over the place and is not something new. A shopping street, for example, is full of ways to orchestrate behavior, and also illustrates sign overload, indicating that we have perhaps ignored one crucial problem—the problem of attention—that we are only now beginning to scratch the surface of in research on ambient intelligence. We have understood some of the informational aspects—how people choose, pick up, and navigate this overload of information and signs and signals that we constantly encounter, but the question of how you can focus people's attention and do something useful with it is something that we have yet to fully understand in computer science and engineering.

I would like to suggest that it is actually worthwhile looking at completely different technological traditions that may provide us with insights on how to overcome

this problem. Again, the architectural tradition can provide us with the inspiration on how to deal with attention. Consider perspective, which is actually a means of dealing with attention in architecture. Perspective was invented and worked on in Italy by people such as Brunelleschi, and it was initially a mathematical theory. It was an idea of how space is viewed and can be rendered on a flat surface to provide the sensation of depth. To put it another way, perspective might perhaps somewhat disrespectfully be seen as a “bag of tricks” for managing attention. A room in a building, for example, might appear to have a long corridor with a large arch and statue at the end, and your eyes are guided down this corridor to the statue at the end. In reality, however, this one is a very short corridor with a large arch at the beginning, and a small arch and a n even smaller statue at the end. The architect in this case uses perspective to trick the viewer and manipulate what he or she sees.

There are many other such examples, and in my own research I consider in detail how we can learn from urbanism in architecture in order to better manage attention using technological means. That is one idea that I suggest should be worked on more in this emerging field of ambient intelligence.

To summarise, ambient intelligence is foremost a vision for our future environment. It is where smart electronic environments are sensitive and responsive to the presence of people. These are not tools that are just waiting for people to do something with them; no, these environments will be proactively trying to help people in achieving whatever they are trying to do in those spaces. The ambient intelligence technology is very much based on electronics embedded in everyday objects and with very natural interaction, and it should be context aware, personalized, adaptive, responsive, and proactive, keeping in mind the goal or vision of enhancing productivity, healthcare, well-being and so forth.

This vision has been concretized in a report that is available on the web from the ISTAG Group 2001, which describes four scenarios that were developed. These four scenarios, which still make for interesting reading even after all these years, map from the very individually oriented to the socially oriented, and from the very production and professionally oriented to the more private life oriented. The idea of ambient intelligence has subsequently been concerned more with purely technological integration, with computer scientists and engineers saying, “Sure, we can do this. This is something that we understand. We can take ubiquitous computing, ubiquitous communications, and intelligent interfaces, and put them altogether to give us ambient intelligence.” That was the starting point, and a lot of things have certainly been achieved, as has

been well documented in the international literature. (Here I refer, for example, to the results published by the ACM on ‘The Disappearing Computer’ (March 2005), or to research produced by the Fraunhofer-Gesellschaft in Germany, which has pushed the development of ambient technologies in the workplace as an institutional research topic. Another example of research I might mention is that on games that combine inner virtual and augmented worlds. In the last 2 years a handful of books have been published that take stock of results and trends in ambient intelligence research.)

Progress is consequently being made, but there are also many elements still missing, and I would prefer to focus on what is missing, because then I can focus on what we are currently putting in place to fill in some of those gaps. What has been achieved is the laying of numerous technological building blocks; we now know, for example, how to embed minute technologies into objects, how to make them communicate, and how to make use of different types of interface, providing clear evidence of the advances being made.

There is also a strong sense of shared scenarios (both optimistic scenarios and darker ones). This has helped to create a common sense of direction, at least for a large part of European research community—as almost like in the case of the Apollo program, one might say—and that in itself is a big achievement.

Perhaps the greatest achievement to date has been the development of a strong interdisciplinary awareness. The idea that I was referring to before that “technology can do this” is clearly no longer mainstream. What we currently have in European research is this strong awareness that ambient intelligence needs to combine technology with other disciplines, and not only design and architecture, as I mentioned above, but also physiology, anthropology, brain sciences, and cognitive science are becoming central pieces in the development of this whole vision.

I therefore believe that an important development in Europe, achieved through European funding agencies, is that it is now much easier to bring together researchers in different disciplines than it would be for them to work together in their own institutions. The mechanisms for collaboration that we have successfully put in place allow us to engage in a different kind of research from that undertaken by individual institutions, and that mentality shift is in itself a major and lasting achievement of the European funding of research.

A different but equally significant result of Europe's pursuit of this vision has been the emergence of new practices in research innovation that are the result of greater links with business, industries, and society, all of which are very important if you are going to tackle ambient intelligence seriously and with which research organizations previously struggled to collaborate.

While there have thus been some positive results, there have also been some “non-results.” (I avoid the term “negative” as they are results that are simply not there.) A key missing element on the technological side is the “glue” for integration. We may now have numerous building blocks at our disposal, but we lack the glue to bind them. If we take the transportation scenario, we may want to enrich Tokyo with a carpet of technology that suddenly solves all our transportation problems, but the number of elements that have to be brought together to achieve this goal is enormous, and I believe that one of the things that has been severely underestimated since the outset has been the multiplicity of aspects – and thus of stakeholders - that have to be brought together to realize ambient intelligence scenarios; not simply in terms of research topics, but also in terms of deployment, and in terms of the things that you have to combine and the different authorities with which you have to collaborate, all of which is extremely difficult.

Scalable and robust solutions are beginning to appear, but many of the applications that we see remain at this stage little more than toys. We can do things with a couple of hundred devices, but we presently lack the robust, scalable solutions needed to move to really large networks of thousands or, in the long run, millions of devices. The means to analyse and deal with this kind of complexity of socio/technological systems that are not centrally designed or controlled are simply not there. Similarly, we lack business models by which industry can move in and play its part. We lack standardization, with some companies pushing for certain standards and others pushing for their own, and there is only now starting to emerge a forum for discussion of standards. I refer here to the European Technology Platforms and in particular to Artemis, which is focusing on embedded intelligence.

It is a well recognized reality of Europe that we have a hard time creating early markets and promoting early take-up. One current approach is to push public procurement as a tool to create lead markets. What we are trying to achieve in the specific field of healthcare and assistance for the elderly, for instance, is to establish mechanisms to direct additional streams of funding at the regional, national, and pan-European government levels into the early procurement of advanced ambient intelligence technologies to realize support systems for these target groups.

Despite all these hurdles that remain to be overcome, a survey of experts carried out by the German government last year indicates that many are optimistic that ambient intelligence should become a reality in little more than a decade, and that some of the technological problems will in fact be solved in as little as five to seven years.

The preconditions are also starting to be put in place for this kind of technology to be picked up. The traditional indicators for this are, for instance, broadband penetration, which is expanding nicely, and mobile penetration, which is about 100 percent in some European countries, and, on the average, about 72 percent, which, though not on the same level as in Japan, is certainly getting there. The technological capabilities are there, and the renewal of the skill basis in engineering and science education needed to deal with some of these issues in interdisciplinary research is progressing. We are also starting to reverse the brain drain, which has long been killing European research, and we are now trying to encourage European researchers to return to Europe, or to stay in Europe, while at the same time attracting top researchers from other countries, including Japan, with some success.

Spectrum regulation is something that is currently very high on the political agenda in Europe, as reflected by initiatives from the European Commission to optimise the use of radio spectrum. To the layperson, that may seem like a minor detail, but it is in fact crucial if currently inaccessible frequency bands are to be freed up to allow their more flexible use. There are hurdles, as I said: system level integration, experience, design, and business R&D, which is still under financed. Although public funding for research is going up and we are slowly but surely catching up with the rest of the world, business investment in R&D remains relatively low. There is also the aforementioned problem of lead market creation, along with trust and privacy issues. These are all rising up the agenda and will need to be dealt with.

Where do we go from here?

Technically speaking, there is recognition that there exist major bottlenecks at the application level, for instance with context-awareness and autonomy, and experts recognize that there is a greater than 50 percent chance that the underlying technologies will not be achieved in 10 years. There are also key potential technological bottlenecks, like energy, human-machine interfaces, and security—that require more attention.

In spite of all those difficulties, there is a strong conviction that ambient intelligence has a lot to offer Europe and that it may well become an essential element for facing fundamental challenges for a sustainable future European socio-economic model. Population aging will have to be faced, global competition must also be dealt with, and global warming and security concerns, too, present major challenges. There are many others.

There are strong arguments for ambient intelligence having something to offer in respect of each of these challenges, and the focus currently is on redirecting

some of the thinking and some of the orientation of programs toward specifically addressing these challenges head on, though the funding available for such action is of course limited.

In short, while FP6 produced some results, it left some things to be done in terms of research and technology development, and these were incorporated into FP7, which began recently. FP7 has a seven-year ICT budget of 9.1 billion euros, which is roughly 1.3 billion euros per year that we are spending on collaborative research to develop further the idea of ambient intelligence. The programme is structured in a more focused way than previously, so we have horizontal areas of activities, which are the enabling technologies, and we have four vertical activities, which are like scenarios of ambient intelligence. Particular focuses are: ICT for healthcare applications, ICT for mobility (e.g., transportation, personal mobility, and public transportation) and sustainability, and ICT for independent living, inclusion (which deals more with the digital divide), and the graying population.

These are the focus areas for realizing ambient intelligence, and they are underpinned by a policy framework that is being worked on at the legislative level within the European Commission concerning, among other things, radio spectrum use and standardization (including, for example, a recent agreement on standards for mobile TVs). Uses of RFIDs, which raise a lot of concerns regarding privacy issues, is also being closely monitored. There is already at a very practical level the push to move from IPv4 to IPv6, which will enable what has been dubbed the “internet of things” i.e., the internet not just of computers but of any kind of object and people. This is also linked to the implementation of a series of flagship projects of ambient assisted living, which is the application of ambient intelligence to living for the elderly, intelligent cars and intelligent transportation systems, and other areas that are less linked to ambient intelligence as such.

Ambient intelligence and future and emerging technologies

All these elements taken together lead to the idea that what started as a vision for a future environment to live in has become a machine for research and innovation where, almost as a side effect, Europe has put together different building blocks in a coherent framework for financing research, for bringing R&D at the industry level up to speed, for financing innovation, and for bringing users into the loop, all of which are elements that bring about a new dynamics for innovating toward realizing ambient intelligence in a number of key strategic areas.

That automatically implies that ambient intelligence

is a moving target, and that we are building things whose ultimate forms are presently unknown. We face many challenges, one of which being the “dark scenarios” that raise privacy, identity and security concerns and it remains to be seen whether and how public acceptance is to be obtained for technologies of this kind. There is a competition between utopian and dystopian visions, and there are new technologies emerging that are completely changing the picture. Regarding these utopian and dystopian visions, for example, there is of course the fear of the “Big Brother” scenarios that always raise their heads when the subject turns to ambient intelligence, and one might well argue that ambient intelligence is not about programming the world. It is not about viewing the world as a great algorithmic machine, and then performing social engineering to make it function better, which is an idea that people do not necessary like either. (Incidentally, this is taken from a recently published book entitled *European Visions for the Knowledge Age*, which explains the different future visions, all of which are built somewhat on ambient intelligence, and explores the positive and negative sides to them.)

New technologies are appearing that redefine what is possible, and that definitely increase complexity at all levels. Consider, for example, the recent Hitachi RFID results. If you think about what is possible with RFIDs that are smaller than the diameter of a hair, and if you consider the many billions and trillions that you could spread out over the world, then you will see that there is a real complexity problem to deal with.

There are at least two trends that in my opinion will be particularly crucial to understanding where ambient intelligence may be heading in the long run. One is the real-virtual convergence. Ambient intelligence started as a vision for an augmented space that is essentially reality. But more and more we see reality and virtual reality being blended together, and that changes the picture and brings into the area of research the problem of perception, so a lot of the work that we are currently funding in terms of research is actually looking at the neural science of perception and cognition and of what it means to be “you” in an environment (‘Presence’). Ambient intelligence is definitely going to change that idea, and what it means to be you in a mixed

real-virtual environment. The popularity of virtual environments like Second Life even amplifies the issue: what does it mean to be you if you lead different lives in parallel?

A second trend to mention is another form of convergence that is now emerging: the convergence between biology and ICT, which has implications for the confluence between human and machine. This is an area in which we are funding a lot of work, one example of which being a series of projects to mix neurological tissue with chip (ICT) tissue to build completely new types of processing devices or of brain interfaces, with implications for prostheses, such as a cyber-hand that is probably the best artificial hand in the world. The results of other such research have implications for social structures, as is apparent from one study in which micro robots and cockroaches were studied to understand how they can jointly develop social behaviors.

One may also think of the “Replie Q1” robots by Dr. Ishiguro, Osaka University, and more recent results that make the distinction between human and non-human debatable. So what do you do with these developments in an ambient intelligence context? There are the results of human augmentation, such as the HAL exoskeleton research from Tsukuba University, and I could go on. All this illustrates how ambient intelligence is going to be a fluid concept that will need to be adjusted to the reality of what is desirable and technically possible.

Conclusion

I would like to say in conclusion, that Ambient Intelligence has been and is for Europe a strong guiding vision, though it remains to be achieved. All kinds of developments – socio/economical, scientific and technical ones - are going to redefine the picture, which is why ambient intelligence is a moving target, and will remain so for some time to come. But the value, I have argued, is very much in the process that is driving it forward. Increasingly, we have sought to see that ambient intelligence brings together mechanisms for research and innovation that will be widely applicable, and the organizational changes and mentality shifts that it is bringing along will be instrumental in many other areas that we will start working on in the future.

知を紡ぐ情報プラットフォームの構築

大阪大学 理事・副学長
西尾 章治郎

CONTENTS

- 1 知を紡ぐ情報プラットフォーム
- 2 情報の巨大集積化時代の憂鬱
- 3 利活用基盤技術構築のための連携施策群
- 4 情報社会の未来に対する貢献

総合科学技術会議（内閣府）のイニシアティブの下、経済産業省、総務省、文部科学省は、2007年度より「情報の巨大集積化と利活用基盤技術開発」連携施策群を推進している。各省のプロジェクトは、3年間から5年間と期間は異なっているものの、日々爆発的に増加しているインターネット情報の巨大データを集積し活用できる知的情報アクセス基盤、つまり、「知を紡ぐ情報プラットフォームの構築」を目指している。本稿では、筆者がコーディネータを務めている本連携施策群の紹介を中心に、情報社会の未来を拓くデータセントリック（データ中心的）なパラダイムによる情報プラットフォームの構築に関して論じることにする。

1. 知を紡ぐ情報プラットフォーム

国連貿易開発会議（UNCTAD）による2006年度情報経済報告によると、世界のインターネット利用者は2005年度に前年度比19.5%増の10億2千万人を超えており、初めて10億人の大台を超えたことを報じて

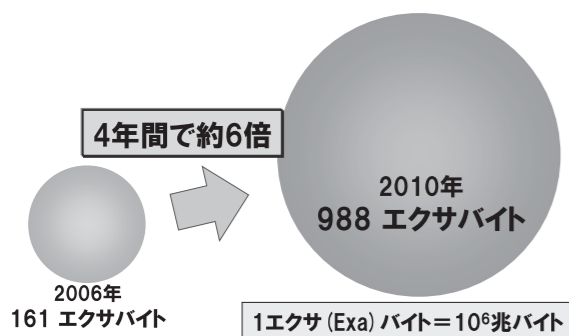


図1 予想される電子データの急激な増大

（にしお しょうじろう）1975年京都大学工学部数理工学科卒業。1980年同大学大学院工学研究科博士後期課程修了。工学博士。京都大学助手等を経て、現職。大阪大学大学院情報科学研究科長・教授、大阪大学サイバーメディアセンター長等を歴任。現在、文部科学省科学官、総合科学技術会議専門委員、経済産業省・総務省・文部科学省の連携施策群「情報の巨大集積化と利活用基盤技術開発」のコーディネータ等を務める。電子情報通信学会業績賞・論文賞、人工知能学会論文賞等、多数の学術賞を受賞。岩波講座「マルチメディア情報学」、「インターネット」等、編集・執筆著書多数。

いる。また、ブログやソーシャル・ネットワーク・サービス（SNS）など、誰でも全世界に情報発信できる新たなメディアの出現によって、人間、さらにセンサーやマシンによって創出される情報量は、急激に増大している。米国の市場調査会社IDCが2007年3月に発表した“The Expanding Digital Universe”と題する白書によれば、全世界で電子データとして創出あるいは獲得され、蓄積されている情報量は、2006年に161エクサバイト（1エクサ（Exa）バイト＝10の6乗兆バイト）であったのに対して、4年後の2010年には約6倍の988エクサバイトという想像を絶する量に達すること、つまり、毎年約1.5倍の割合で増大し続けることを予測している（図1）。

このような状況のなかで、データベース分野の巨人Jim Gray博士は、科学の方法論も図2に示すように変遷してきており、現在、最も重要なのは従来の方法論の拠り所であった実験、理論、およびシミュレーションを統合する「E-サイエンス」または「データセントリックサイエンス（データ中心的な科学）」であることを述べている。

国内でも、国立情報学研究所の坂内正夫所長を中心として、E-サイエンスの確立とその基盤となるサイバー・サイエンス・インフラストラクチャ（CSI）の構築の重要性が謳われており、現在、その一環とも位置付けられる次世代スーパーコンピュータプロジェクトが開始され、超高速ネットワークの整備が推進されている。坂内正夫所長は、このようなCSIの構築こそが、イノベーションを起こし得る「知を紡ぐ情報プラットフォーム」となることを力説している。

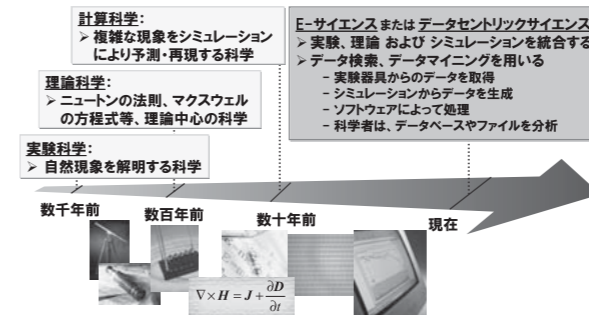


図2 科学の方法論の変遷

2. 情報の巨大集積化時代の憂鬱

先の調査データが示すように、情報の巨大集積化時代の到来が現実のものとなっている現在、学術分野のみならず、日常生活に密着した環境やビジネスの分野も、非常に深刻な問題に直面している。つまり、情報発信量の著しい増加に対し、一人の人間が処理可能な能力には限界があるという現実である。電子メールにしても、一定量のメール受発信であれば極めて効率的であるが、処理に数時間を要するほど受発信量が増大すると、かえって知的生産活動を阻害しかねない。人々が、必要な情報を探し出すために知的活動の内の多くの時間を割かざるを得ないという状況は、最近の統計データでも示されており、巨大な情報空間からの確に必要な情報を引き出す技術が重要になってきている。

そのような技術を実現するためには、巨大集積された情報を整理し、引き出し易い索引（インデックス）等を付与することで、必要な情報を検索し易くするなど、利活用のための基盤技術が重要になる。つまり、容易に知を紡ぐことが可能な情報プラットフォームの構築が求められている。

情報の巨大集積化時代を迎えるに当たり、もう一つ大きな問題が浮上している。蓄積されている情報そのものの信頼性の問題である。いくら大量に情報が集積されたとしても、ゴミ情報や有害情報が多分に含まれていたのではユーザは安心できない。しかし、それらを完全に除外することは難しく、現実的にどのように対応していくかは深刻な課題である。

3. 利活用基盤技術構築のための連携施策群

日々爆発的に増加しているインターネット情報の巨

大データを集積・利活用できる知的情報アクセス基盤の構築に向けて、総合科学技術会議のイニシアティブの下、経済産業省、総務省、文部科学省は、2007年度より「情報の巨大集積化と利活用基盤技術開発」に関わる連携施策群を推進している。連携施策群の具体的な内容として、経済産業省は「情報大航海プロジェクト」、総務省は「電気通信サービスにおける情報信憑性検証技術等に関する研究開発（略して、情報信憑性検証技術プロジェクト）」、そして文部科学省は「革新的実行原理に基づく超高性能データベース基盤ソフトウェアの開発（略して、超高性能データベースプロジェクト）」を推進している。ここで、図3を参照しながら、各省のプロジェクトの目的、意義等の概略を紹介する。

経済産業省：情報大航海プロジェクト

経済産業省の「情報大航海プロジェクト」では、テキスト、画像、音声、映像等の多種多様な大量の情報（コンテンツ）の中から、必要な情報を、簡便・的確・かつ安心して収集・解析・活用するための情報検索・解析技術（知的情報アクセス技術）の開発を推進している。

現在、様々な分野で、多種多様な情報が有効に活用されずに大量に蓄積されている。この状況のなかで、世界最先端のネットワーク環境を有する我が国において、ユーザのニーズを踏まえた形で、これまで活用されていなかった情報や今後増大していく情報にアクセスし、それらを解析し、活用することが可能になれば、新たなビジネスモデルの創出が可能となる。

その結果、我が国発の「次世代検索・解析技術」の開発・普及によって、将来の情報経済社会におけるイノベーション創出環境を確立し、検索・解析技術のグローバル・スタンダードを確立することにより、我が国の産業における国際競争力の向上などが図られる。

このプロジェクトの開発プロセスでは、多種多様な大量の情報（コンテンツ）が「融合した炉（Melting Pot）」を対象として、以下に例示するような基盤技術・検索技術・解析技術に関わる共通技術の開発を展開していく。

- (1) 基盤技術に関する共通技術例
 - ・ Web 情報収集・解析
 - ・ 高速索引付け（インデキシング）

- ・PC クラスタ (並列処理)
- ・大容量ストレージシステム
- ・大規模データ管理
- (2) 検索技術に関する共通技術例
 - ・メディア横断・統合検索
 - ・類似画像検索
 - ・センサー情報の時空間データ検索
- (3) 解析技術に関する共通技術例
 - ・イメージマイニング
 - ・ビデオマイニング
 - ・3次元モデルマイニング

情報大航海プロジェクトの推進方策の特徴としては、以上のような技術を具体的なビジネス分野を対象として実証実験する「モデルサービス」を公募し、採択された事業の商業的成功をもって「次世代検索・解析技術」を普及させ、「次世代検索・解析技術」を利用した様々なイノベーションが創出される環境を確立する方法論を採っていることが挙げられる。2007年度には、

- (1) 新しい価値を生む次世代の Web サービス
- (2) 新たな社会インフラの IT サービス
- (3) プライバシーに配慮した未来型サービス

の三つのカテゴリーに対して、民間企業等の提案による合計 10 課題の実証事業が採択された。新たなビジネスモデルを創出し、その成果を広く一般に共用するオープンな競争環境の整備を促進することにより、我が国の経済成長の実現に資することを目指している。より詳細な取り組みについては、次の URL を参照いただきたい。

<http://www.igvpj.jp/activity/index.html>

総務省：情報信憑性検証技術プロジェクト

最近では、小学生から大学生に至るまで、宿題で分からないことがあると、検索エンジンを用いて Web 情報を調べるなど、あらゆる分野において「不明なことはまず Web 情報を調べる」ことが当たり前になりつつある。

ところが、検索エンジンが誤った情報をトップランクに提示すると、それがもとで歴史的な重要事実に対する誤った認識をもち、また企業において誤った情報をもとにした商品の製造計画を立て、経済的な損失を被るなど、社会経済的に大きな問題に発展する危険性がある。

現在の検索エンジンは、ユーザの観点から情報を分析して提示していないため、ゴミ情報や有害な情報を上位ランクに提示する危険性が多分にある。

特に、ブロードバンド化の進展によって、ネットワーク上の膨大な情報の中には、出所が明らかでないものや有害なもの、正しくないものが混在し、信頼できる情報を得ることが難しくなっている。これらの問題を解決し、誰もが思いのままに、簡単に、かつ信頼して情報を取扱い、高度に利活用できる環境を実現することが必要である。

そこで「情報信憑性検証技術プロジェクト」では、ネットワーク上の文字、音声、映像情報について、偽りの情報、信頼性の低い情報等を分析する技術を確立し、より高度な信頼性を伴って情報を提供する環境を実現するための研究開発を推進する。

その成果として、例えば、あるコンテンツにアクセスしようとしているユーザに対して「このコンテンツは 60%程度デマである可能性があります、それでもよかったらどうぞアクセスして下さい。」というような信頼性情報を提示できるようになれば、ユーザとしては対象コンテンツの慎重な取り扱いが可能になり、ビジネス上の損失等を減じる可能性が生じる。

情報信憑性検証技術プロジェクトでは、大別して以下の二つのテーマを設定している。

(1) Web コンテンツの分析技術

大量の Web コンテンツを構成するテキスト、画像、音声、映像情報等の信頼性を、データ解析的な手法に基づき分析する技術を開発する。

(2) 意味内容の時系列分析技術

Web 上のテキストの集合内に潜在している意見を抽出するとともに、意見間の論理的関係等を抽出する意味理解評価技術や、この意味理解評価技術をもとに各意見の時間的変遷や相互の関係、情報伝搬過程等を分析する時系列分析技術を、言語解析技術を用いて研究開発する。

テーマ(1)に関連して、例えば、情報発信者の信頼性を、発信される情報内容やその履歴から評価する技術は、現状では未開発である。それに対して、評価用に選定した 10 以上のトピックに関して任意に選択したブログ等の情報発信者の特徴を分析・提示することを實現し、人間による評価と比較して「精度 70%以上」を達成することを目指している。

文部科学省：超高性能データベースプロジェクト

上記二つのプロジェクトに共通することは、今後エクサバイト級の大規模なデータベースへのアクセスが求められ、従来の実行原理では性能上到底耐えられない状況になることを想定していることである。

従来、データベース管理システムでは、例えば、

$$\text{残高} = \text{預け額} + \text{利子} - \text{引出額}$$

というような制約を守るために、複数のトランザクションからのデータベースへの同時アクセスがあった場合に、それらのある限られた順序に慎重に並べて実行することが求められている。

ただし、上記二つのプロジェクトでのデータベースアクセスに関しては、ほとんどがデータの更新を伴わないことなどから、相当レベルの並列度を高めたアクセスが可能であることが見込まれる。そこで、「超高性能データベースプロジェクト」では、大規模データベース管理システムの超高性能化技術の創出を目指し、革新的実行原理に基づく超高性能データベースの基盤となるソフトウェアの開発を推進する。特に、今後 3 年後に 10 倍、5 年後には 100 倍程度の性能改善を目指している。

4. 情報社会の未来に対する貢献

本稿で述べた三つのプロジェクトは、相互に深く関連している。「情報大航海プロジェクト」では、巨大集積化した情報(情報融合炉：図3)を再利用できるように仕分けし、整理整頓して格納棚に格納する。「情報信憑性検証技術プロジェクト」では、その格納された情報の純度を上げるべく精錬し、純度の保証付きでユーザに提供する。そして、それら二つの作業の効率を格段に向上させるのが、「超高性能データベースプロジェクト」である。

近年、20 世紀における人工物で、21 世紀の人間社会への最大の贈り物の一つであるインターネットが、捌ききれない巨大情報流通のもとで、ユーザにとって持て余し気味なツールになりつつある。この危機的な状況のなかで、「知の泉」とも言える巨大集積化した大量データの中から「知を紡ぐ」プラットフォームの構築に向け、我が国がリーダーシップを発揮することは、情報社会の未来に対する重要な貢献に繋がるものと確信する。



図3 情報の巨大集積化と利活用基盤技術開発連携群の概要

日立総研レポート 複雑ネットワーク解析の可能性

主任研究員 池田 裕一

1 複雑ネットワークとは何か？

初対面の人同士の間で「奇遇ですね、私もあの人が知ってますよ、世間は狭いですね」という会話がよくある。なぜこのようなことが起きるのだろうか。これは昔から多くの人々が心に抱いてきた疑問である。「狭い世間」のモデルは、スモールワールド・ネットワーク (small-world network) と呼ばれる。本稿の題名である複雑ネットワーク (complex network) とは、このスモールワールド・ネットワークと、後で述べるスケールフリー・ネットワーク (scale-free network) の総称である。

1967年、米国の社会心理学者ミルグラム (S. Milgram) は、ボストンから遠く離れたネブラスカ州オマハに住む一人の人物に向けて、何人の知り合いを介して手紙を届けることができるかを調べる実験を行った。結果は、100人ではなく、わずか6人を介して届けることができた。この実験は今日「6次の隔たり (six degrees of separation)」「スモールワールド問題 (small-world problem)」といった言葉で知られ

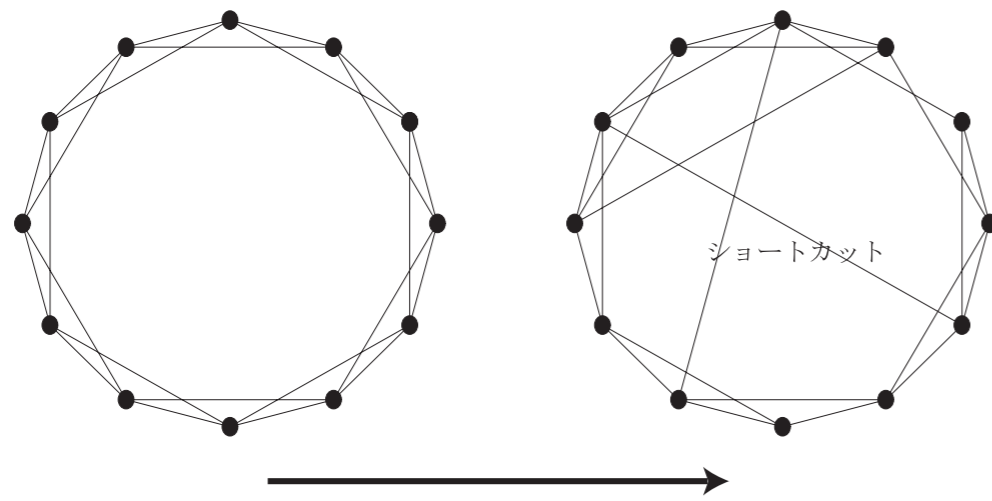
る、世界の小ささを実証した画期的なものであった。

1998年、科学論文誌ネイチャーに掲載された1本の論文が世界中の研究者に衝撃を与えた。ワッツ (D. Watts) とストロガッツ (S. Strogatz) の論文がスモールワールド問題に対して一つの解答を与えた。この論文では、人 (企業) をノードとして、人 (企業) 同士の関係性をリンクとして、全体をネットワークとして捉える。彼らは、図1左側のレギュラー・ネットワークからスタートし、確率 β でリンクのつなぎ替えを行うモデルを提案した。レギュラー・ネットワークのリンクの一端を切って、別のノードにつなぎ替える操作を考えよう。リンクを次々につなぎ替えていくと、ある段階でどのノードも互いに数リンクでつながるネットワークが現れる (図1右側)。これがスモールワールド・ネットワークであり、数本のショートカットがスモールワールド性を創発する。

ワッツとストロガッツが、新しい世界へ通ずる扉の鍵を回した。では、その扉を開けたのは誰だろうか。1999年、バラバシ (A.L. Barabasi) によって、複雑ネットワーク解析の扉が開かれた。彼は、ノートルダム大学内のWWWのリンク構造を解析して、そのネッ

レギュラー・ネットワーク

スモールワールド・ネットワーク



リンクのつなぎ替え
図1 ネットワークモデル

トワークの次数分布 (degree distribution) が、べき分布に従うことを発見した。ここで、次数 (degree) とは、ノードが持っているリンクの本数である。次数がべき分布に従うネットワークは、スケールフリー・ネットワークと呼ばれる。例えば、企業間取引ネットワークの次数分布は、図2のように両対数表示で直線となるので、べき分布に従うスケールフリー・ネットワークである。複雑ネットワーク解析の目的は、さまざまなネットワークの形や成長にかかわる普遍法則の解明である。今日までの数多くの研究によって、さまざまな経済ネットワークが、スケールフリー・ネットワークであることが分かってきた。次に、経済ネットワークの代表例として企業間の取引ネットワーク (transaction network) を取り上げて、従来の経済学では取り扱うことができなかった問題を検討する。

2 複雑ネットワーク上のリスク伝播

取引ネットワークとは、企業が「物流の上流」にある企業から、原材料や商品などの中間財となる財やサービスを買ひ、それに付加価値を加えたものを「物流の下流」にある企業に、最終的には消費者に売るという一連の経済活動全体を意味する。付加価値を次々に付与していく生産という過程は実に複雑である。これらの付加価値を付与していく過程全体は、互いに絡み合いながら、上流から下流におよぶ巨大な複雑ネットワークを形成している。取引ネットワークの各々の

リンクは、基本的には信用取引である。例えば、仕入先である上流側の企業への支払いは納品と同時にされるわけではなく、一定の期間中に行うという信用に基づいている。これは、いわゆる「掛け」であり、支払う側からは買掛金、支払われる側からは売掛金と呼ばれる。もし、ある企業が債務超過や資金繰り悪化により倒産すると、上流側の企業は売掛金が回収できなくなる。その結果、その上流側の企業も結果的に倒産することがある。このような取引ネットワーク上の信用リスクの伝播は、連鎖倒産 (chain bankruptcy) と呼ばれる。

過去10年間、年間倒産件数は1万件から2万件で、倒産時負債総額は10兆円から25兆円で推移している。例えば、2001年の倒産負債総額は約16兆2,800億円であり、同年名目GDPの3%という膨大な金額である。倒産事由を調べると、連鎖倒産が負債総額のおよそ20%を占めており、負債額が大きくなるほど連鎖倒産が多くなることが分かった。従って、これらの事実は、連鎖倒産が大変重要な経済現象であることを意味する。ところが、どのような経済学の教科書を見ても、連鎖倒産の数理モデルにお目にかかることはできない。従来の経済学では、連鎖倒産の問題を取り扱うことが出来なかったのである。連鎖倒産という現象は、重要な経済現象であるばかりでなく、「複雑ネットワーク上のリスク伝播」という新しい一般的な視点を提起していると考えられる。

2007年の春、筆者らは、連鎖倒産を量的に取り扱うことができるモデルを提案した。このモデルでは、

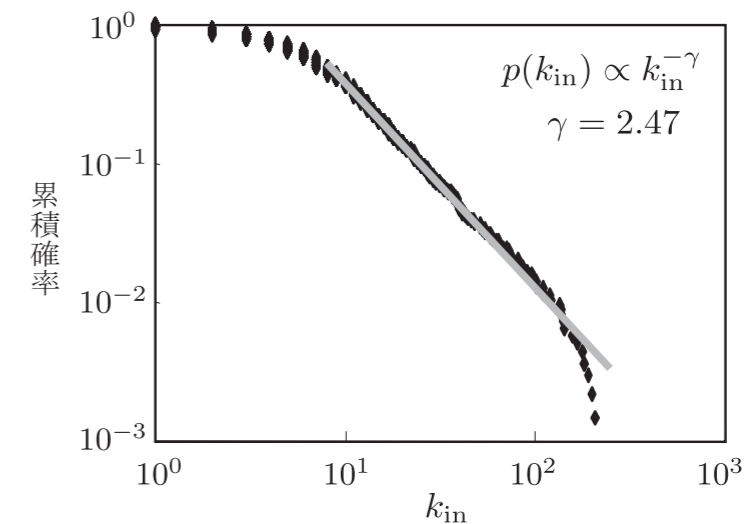


図2 企業間取引ネットワークの次数分布

各々の企業を生産と取引を行う個別性をもつエージェントとして取り扱い、これらのエージェントにより取引ネットワークを構成する。そして、企業エージェントは、取引先の投資戦略のもとで、自社の利益を最大化するように設備と労働への投資意思決定を行う。取引データと財務データを使って過去の実績を再現するようにモデルパラメータを推定することにより、定量的なモデルという際立った特徴を実現できた。図3は、実際の取引ネットワークの中心に位置するある企業が倒産した場合に、それによって引き起こされる連鎖倒産のシミュレーション結果である。三角印が倒産した企業、矢印は代金支払いの方向を示す。このような研究の方法は経済物理学と呼ばれ、物理学者だけでなく数多くの著名な経済学者も加わり、非常に活発な研究が行われている。経済物理学は、複雑ネットワーク解析を重要な方法として使うと同時に、複雑ネットワーク解析の新たな適用分野を提供している。

3 知的生産性とイノベーションの発展過程

企業や業種の生産性を計測する方法は確立している。各々の企業が製造やサービスにより生み出す付加価値（粗利）を、従業員数または全労働時間で割った

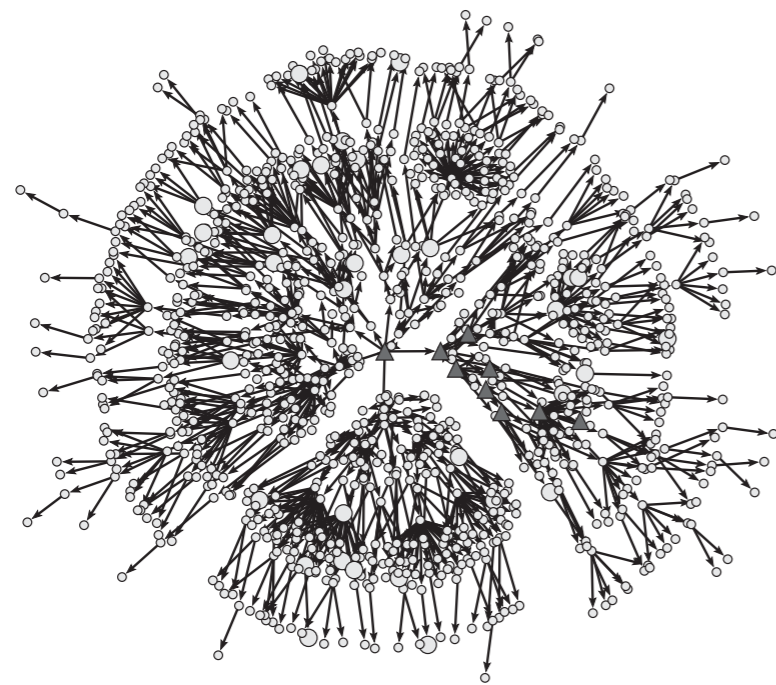


図3 連鎖倒産シミュレーション

値が、労働生産性としてよく知られている。では、企業の間接部門で働くホワイトカラーの生産性を計測することは可能であろうか？問題を明確にするために、企業の研究所で働く研究者の知的生産性を考えてみよう。日本の製造業において、80年代後半までに技術のキャッチアップが終わり、90年代以降は企業が基礎研究から製品開発までを一貫して行う方法が定着してきた。近年、このような研究開発の方法を取ったものの、基礎研究が製品開発へ結実しない事例が多く発生し、企業の競争力低下を招いたとの指摘がなされている。従って、研究者の知的生産性を計測することは、日本の産業界にとって切実な課題なのである。

研究者の知的生産性を、労働生産性に倣って、論文と特許の数という出力を研究費という入力で割った値としてみよう。このような単純な数値指標で研究者が評価されるとなると、研究業務を知る人からは「そんなもので研究開発の価値を測ることはできない」との異論が出ることであろう。研究業務の実態を知る人は、個々の研究者を単純な数値指標で評価することが、研究開発全体の活力を削ぐことにつながると直感しているのである。実際、個々の研究者は得意とする領域が限られており、製品化につながる研究開発を進めるには他の研究者とのネットワークが重要な役割を果たしている。

そこで、筆者は、研究所で得た研究成果が事業部の製品化へ結実した成功事例について、イノベーションの発展過程を調べてみた。その成功事例に関する数多くの研究論文の著者リストについて複雑ネットワーク解析を行い、図4に示すような研究者ネットワークの成長過程が明らかになった。複雑ネットワークでは、何人の研究者とつながり（リンク）があるかを示す次数という量が多いほど、研究者（ノード）は重要な役割を果たしている。大きい次数をもつノードは、ネットワークのハブと呼ばれる。この事例では、80年代前半に比較的少数の研究者で研究が始まり、90年代後半以降に研究者ネットワークが大きく成長していることが分かった。この研究が対象とする製品は、80年代中ごろから製品化が始まり、90年代に新しい技術を使って大きく売上を伸ばした。従って、研究開発から少し遅れて、事業が成長していったことになる。図4で注目すべき点は、80年代後半におけるネットワークの2つの島（コミュニティ）を架橋する研究者の存在である。この架橋する研究者が、初期の技術をもとにして新しい技術への道を開いたのである。複雑

ネットワーク解析では、媒介中心性という量を用いて架橋するノードを抽出することができる。論文数が多いと次数が大きくなるので、上記の知的生産性の数値指標は次数と同じ意味をもつ。一方、媒介中心性は複雑ネットワーク固有の概念であり、単純な数値指標で現すことはできない。知的生産性の計測に複雑ネットワーク解析を活用すれば、研究業務の実態を知る人からの異論に答えることができるであろう。

今、膨大なデータが、複雑ネットワーク解析を待ちながら眠り続けている。実際に、多くの企業において膨大なデータが手付かずのまま、死蔵されている。もしこれらのデータを自在に解析することができれば、さらに多くの複雑ネットワークの普遍法則が得られると期待される。この普遍法則が、さまざまなリスクへの対応力の向上、生産性の向上策を解き明かす鍵であることは明らかである。人類史上未踏の膨大かつ複雑なデータとの対峙（たいじ）という難問を乗り越えることにより、21世紀が大きな飛躍の世紀となることが期待される。

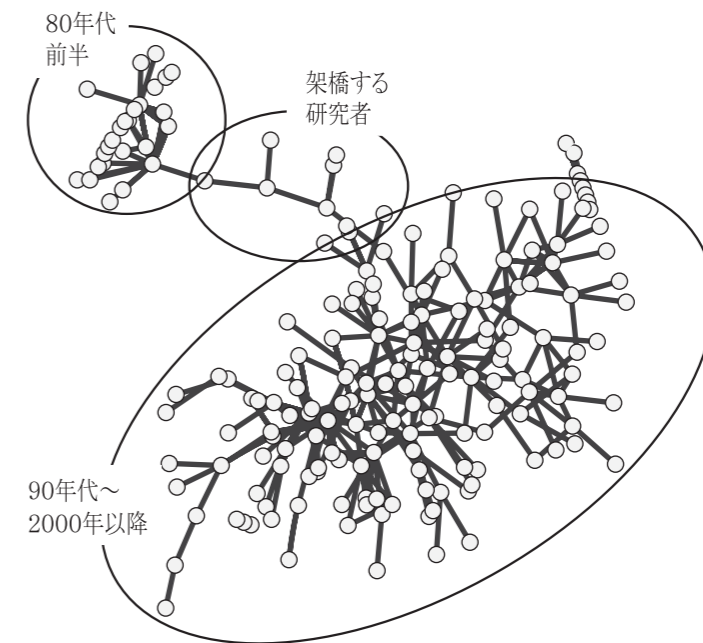


図4 研究者ネットワークの成長

タンジブル・ビット：情報の感触・情報の気配

Tangible Bits: User Interface Design towards Seamless Integration of Bits and Atoms

マサチューセッツ工科大学メディアラボ教授
石井 裕

(いしい ひろし) 1978年北海道大学工学部電子工学科卒業。1980年同大学院情報工学専攻修士課程修了。1992年博士号取得。NTTヒューマン・インターフェイス研究所、トロント大学客員助教授等を経て現職。MITメディアラボ (<http://www.media.mit.edu/>) では、人とコンピュータの対話 (HCI) の新しいビジョン - Tangible Bits - を追求することを目標に Tangible Media Group を設立。デジタル情報に物理的な形を与えることで、抽象的なピクセルの配列から構成される GUI を、より実体感のある直接操作・感知可能なタンジブル・ユーザ・インタフェース (TUI) に変えるべく研究を続けている。Tangible Bits の研究はインダストリアル・デザイン、建築デザイン、及びメディア・アート等の分野に大きな影響を与えつつある。

CONTENTS

- 1 タンジブル・ユーザ・インタフェースの基本モデル
- 2 タンジブル・ユーザ・インタフェースの特徴
- 3 タンジブル・ユーザ・インタフェースのデザイン例

はじめに

情報社会の未来を考える時、人々がオンライン・デジタル情報に接するためのインタフェースのデザインが、それをささえる情報通信技術インフラと同等の重要性を持つ。パーソナルコンピュータ、携帯電話の遍在化と、常時オンのネット接続により、オンライン・デジタル情報は、人々の日常生活の基盤に深く浸透して来た。しかし、デジタル世界と物理世界との境界面の「ユーザ・インタフェース」の視点から見ると、残念ながら、依然深い溝が存在している。

仮想世界は、グラフィカル・ユーザ・インタフェース (GUI) によって規定される「ピクセル」主体の世界であり、スクリーン、キーボード、マウスによって構成される標準的な「ガラス窓」からしか覗くことができない。しかし、ビジュアルに変幻自在なピクセルを操ることで、GUI は多様な機能を視覚的にシミュレートできる「汎用性」をもたらした。これが、GUI の大きな成功の要因となった。

「タンジブル・ビット」は GUI と全く異なる新しいユーザ・インタフェース・デザインのためのパラダイムを目指すための研究アプローチである [5]。物理世界を「メタファー」としてグラフィカルにシミュレートするのではなく、物理世界そのものをインタフェースに変えることが、その究極の目的である。その基本的アイデアは、情報に物理的表現を与えること、それによりスクリーンの内側で光る点 (ピクセル) ではなく、ユーザの身体空間の中で、二本 (あるいはそれ以上) の手をつかって情報を直接操作可能にすることに

ある。情報に物理的実体を与え、直接触れて感知・操作できるようにするという目的から、これをタンジブル・ユーザ・インタフェース (TUI) と呼ぶ。(注)

本稿では、TUI の基本理念を、情報の表現と操作の視点から GUI と対比して説明し、一連の TUI のデザイン例を紹介する。

(注: 「タンジブル」 = 「触れて感知できる実体がある」)

1. タンジブル・ユーザ・インタフェースの基本モデル

情報操作のためのインタフェースを構築するためには、以下の二つのキー・コンポーネントが不可欠である (図1)。

- 1) 人間がその感覚器を用いて知覚可能な情報の外部表現 (出力)、および
- 2) 人間がその手や体を用いて情報を操作可能にするための制御機構 (入力)。

プログラミング言語 Smalltalk-80 の中で提唱・実

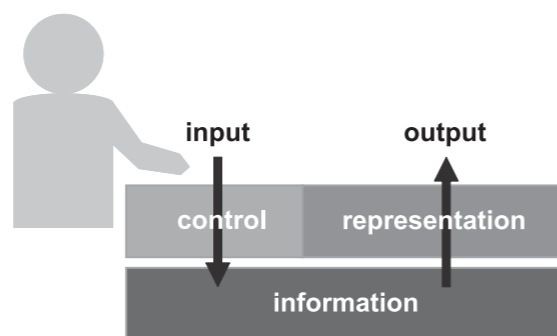


図1 ユーザ・インタフェース・モデル

現された「Model-View-Controller」のソフトウェア・モデルを、GUI の基本概念を記述するモデルに拡張したものを図2に示す。それに対比して、TUI のモデルを図3に示す。

グラフィカル・ユーザ・インタフェース (GUI) (図2) の特徴は、表現 (representation) は「インタンジブル」なピクセルとサウンドであり、入力 (contoroller) のみが「タンジブル」であること、さらに、その入力機器はテレビのリモコンと同様、多目的で汎用的にできていることにある。

タンジブル・ユーザ・インタフェース (TUI) (図3) は、触れて感知できる「タンジブル」な情報表現を用いることにより、表現 (出力) メディアそのものを直接操作 (入力制御) のメカニズムとしても利用できる。さらにインタンジブルな情報表現 (例えばビデオ・プロジェクトンによる、デジタル・シャドウ) とタンジブルな情報表現 (例えばビルディングの物理モデル) とを、シームレスに組み合わせることにより、ダイナミックでより直接的なインタラクションを可能にする。このタンジブルな外部表現に対するユーザの操作は、センサー技術を用いて追跡されており、コンピュータ内部のデジタル情報と計算モデルと密に結合している。

2. タンジブル・ユーザ・インタフェースの特徴

1) 直接操作性—入力空間と出力空間との一致

GUI におけるインタラクションは、「リモート・コントローラ」 (例えばマウス) による「間接的」な操

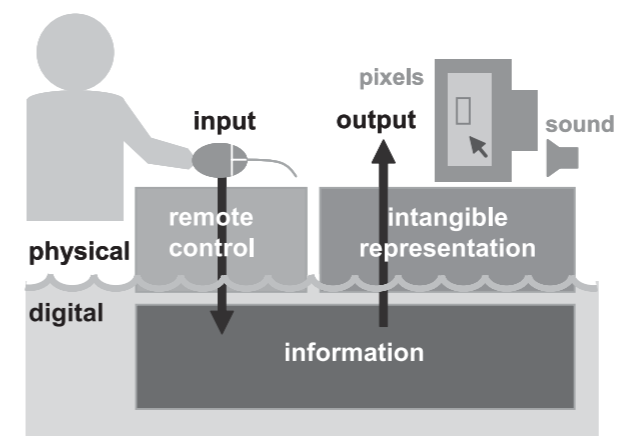


図2 グラフィカル・ユーザ・インタフェース (GUI) のモデル

作であり、かつ視覚・聴覚的なインタラクションに限定される。一方 TUI は、タンジブルな情報の外部表現を、インタラクションのための物理的制御メカニズムとしても同時利用することにより、情報と計算に対する直接操作性を、飛躍的に高め、かつ個々の情報特有な触覚的なフィードバック (受動的あるいは能動的) をインタフェース・デザインに活かすことを可能にする。この直接操作性の向上には、「タンジブルな表現 = 制御」という TUI の原理から導かれる「入力空間と出力空間との一致」という特性が、大きく貢献している。(後で紹介する、curlybot と inTouch は、入力と出力の完全な一体化、及びアクティブなフォースフィードバックを取り入れた、TUI の例を示している。)

2) タンジブルな表現とインタンジブルな表現とのシームレスな融合

情報の物理的的外部表現の大きな欠点は、内部のデジタル情報の変更に応じて、外部の物理表現 (例えば形、大きさ、色) をダイナミックに変更することが、GUI のピクセルの変更に比べて著しく技術的に困難なことである。この問題を解決するために、TUI では、タンジブルな物理外部表現と、インタンジブルな表現 (例えばビデオプロジェクトン) を同じ空間に重畳させ、シームレスにつながったハイブリッドな情報表現として、両者を積極的に組み合わせる。たとえば、後で紹介する「アープ」や「クレイ」システムにおける、ビルディングの物理モデル (タンジブルな表現) と計算されたデジタル・シャドウ (インタンジブルな表現) の組み合わせが、その好例である。TUI の成功の鍵の一つは、タンジブルとインタンジ

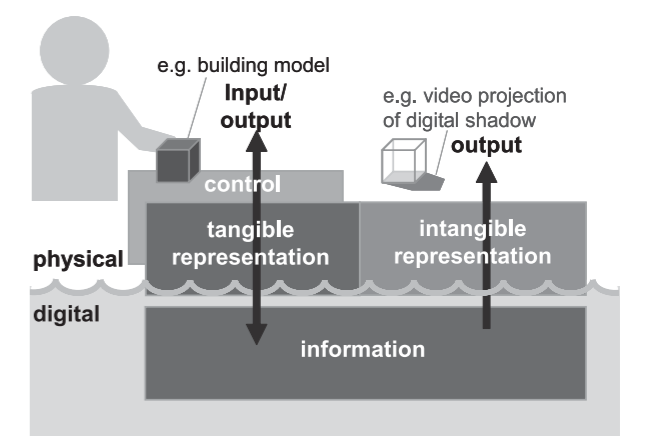


図3 タンジブル・ユーザ・インタフェース (TUI) のモデル

ブルな表現が、知覚的に「一つ」の連続した情報表現として、ユーザに認知されるかどうかにある。

3) 専用インタフェース

GUIと異なり、TUIは「汎用的」なインタフェースを目指してはいない。TUIは特定のアプリケーション・ドメインにおける操作性向上を目的に、特化されたインタフェースを指向している。特に、そのドメインにおいて、人々が、すでに長年にわたって培ってきたスキルや経験（例えば、都市計画における物理モデルの使用）を活かし、物理的表現の直接操作性や直感的な理解容易性のメリットを基礎に、デジタルの力により、さらにそれらのメリットを増大させるというのが、基本理念である。コンピュータが普及する以前に、物理的な表現メディアやツールを使って培われてきた技や経験をベースにし、それと連続性・親和性を保ちながら、デジタルの機能を自然な形で取り込むことを、TUIは狙っている。

4) マルチユーザ・マルチハンド・インタラクション

TUIの最も重要な特徴は、空間的に多重化された入力（space-multiplexed input）[2]を自然な形で支援するという点にある。それぞれのタンジブルな情報表現は、それ独自の空間を占める専用の制御装置として機能するため、両手を使った平行操作、複数のユーザによる同時並行的な処理を、自然な形でサポートすることができる。一方GUIの場合、時間的に多重化された入力（time-multiplexed input）を提供しているため、ユーザは一つの入力デバイスを、異なる多様な制御機能の間で時系列的に切り替えながら、一時に一つの機能を実行するために使用することになる。

3. タンジブル・ユーザ・インタフェースのデザイン例

TUIの基本コンセプトの有効性を実証すると共に、そのデザイン原則と、適用領域を見極めるため、筆者らのチームは1996年から、多様なTUIプロトタイプをデザインし、実験を行ってきた。ここでは、その中から5つの代表的デザイン例を紹介する。

1) 駆動力を持った、入出力一体型 TUI

入力と出力との完全な一体化と、フォースディスプレイ技術による物理的な動きを表現出力とするTUIの例を二つ紹介する。これらのTUIでは、「インタンジブル」な表現は無く、すべてがタンジブルな物理的媒体でのみ成り立っており、「純粋なTUI」ということができる。

1-A) カーリーロボット (curlybot)

カーリーロボットは、物理的な動きを記録し、プレイバックする教育用の玩具である。ユーザがカーリーロボットを掴んで記録ボタンを押して平面上で動かすと、カーリーロボットはその動いた軌跡をメモリに記録する。再生ボタンを押して放すと、カーリーロボットは休止や加速、記録時のユーザの手の震えまで含めた複雑なオリジナルの動きを、繰り返し再現する。このデバイスは、子供たちの幾何学的な思考を助け、と同時に情緒的なジェスチャ表現を支援する [3]。

カーリーロボットは、Phil Freiによりデザインされ、Victor Suの協力を得て、1999年に最初のプロトタイプが実現された（図4）。このプロジェクトは、純粋で最もシンプルなフォームのTUIを追求したということの他に、教育のためのコンピュータ玩具の応用という点でも意義がある。

インタフェースの観点から見ると、カーリーロボットには入力と出力の境界が全く存在していない。タンジブルなカーリーロボットとそのものの動きが物理的情報表現であり、同時にジェスチャを記録するための入力機構でもある。そして、inTouchプロジェクトで開発されたフォース・フィードバック技術を、記録とプレイバックに応用している。

教育の観点からは、カーリーロボットは子供たちが数



図4 カーリーロボット (Curlybot)

学的な概念を理解するための新しい手法を提供している。子供たちが、直接カーリーロボットを掴んで動きを教えることにより、身体の動きと高位の概念（例えば幾何学）との間に強い関係が生まれ、それが学習を助ける。LOGO言語におけるタートル・グラフィックスと同様の概念を、コンピュータを使ってプログラムすることなく、単純に玩具を動かすだけで、実験することが可能になる。

1-B) インタッチ (inTouch)

インタッチは、触覚を使った、インター・パーソナル・コミュニケーションの新しい形を探索するためのメディアである。インタッチは、フォース・フィードバック技術を用いて、人々が距離を隔てて、同じ物体を操作しているという幻想を作り出している。その原理を「分散共有物理オブジェクト」(Distributed Shared Physical Objects)と呼ぶ。共有されたオブジェクトは、遠く離れたユーザとの間の触覚通信のリンクとして機能し、物理的な動きを通して情報の発信と受信を同時可能にする [1]。

同じ形状をしたペアのインタッチデバイスは、それぞれ3本ずつ自由に回転するローラーを備えている（図5）。フォース・フィードバック技術により、それぞれのローラと対応するローラが同期制御されている。片方のデバイスのローラが回転すると、他方のデ



図5 インタッチ (inTouch)

バイスの対応するローラが同様に回転し、両方の機械的状態を同期させようとする。両方のローラが逆方向に回転させられると、「デジタル・スプリング」の機能により、抵抗力を感じる。この機構を用いて、触覚と抵抗力を用いて、離れたユーザが、その存在を互いに感知することが可能になる。インタッチでは、木でできたローラが、入力デバイスであると同時にフォース・ディスプレイにもなっており、カーリーロボット同様入力と出力の境界が全く存在しない、純粋なTUIの形態だと言うことができる。さらに、インタッチでは、触覚をコミュニケーションに応用しているため、情報を送りながら、同時に相手からの情報を手のひらを通して感知することができる。この同時双方向性が、触覚を用いるインタッチの特徴である。図6に、インタッチを説明する拡張TUIモデルを示す。

インタッチは、Scott BraveとAndrew Dahleyが1997年に初期のコンセプト・デザインと実装を行い、1998年にPhil Freiが新しいデザインを行い、Victor Suの協力を得て多くの実験用プロトタイプを実現した。

2) タンジブル・デザイン・ワークベンチ

専門家によるデザインを支援するワークベンチとして、我々は、「未来の机」のプロトタイプを作り、実験を行ってきた。その特徴は、タンジブルな情報表現（つかめるモデル）とインタンジブルな情報表現（ビデオ・プロジェクション）を組み合わせることにある。1996年に試作した、metaDESK（メタデスク）には始まり、illuminating light（ライト）、Urp（アープ）、Sensetable（センステーブル）、Illuminating Clay（クレイ）などを開発し、実験を行ってきた。この中から、「アープ」と「クレイ」の二つのプロジェクトを、紹介する。

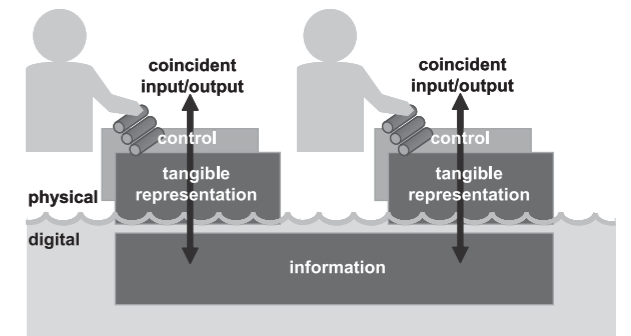
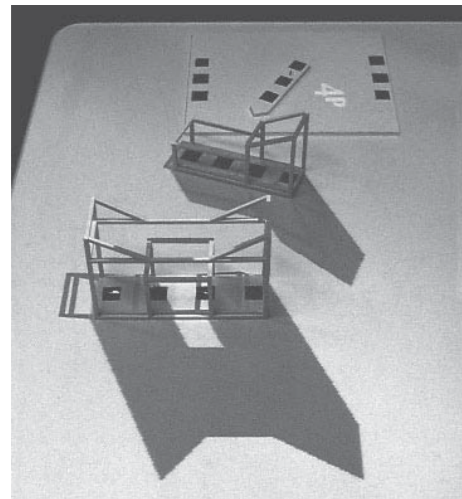


図6 インタッチ (inTouch) を説明する TUI モデル

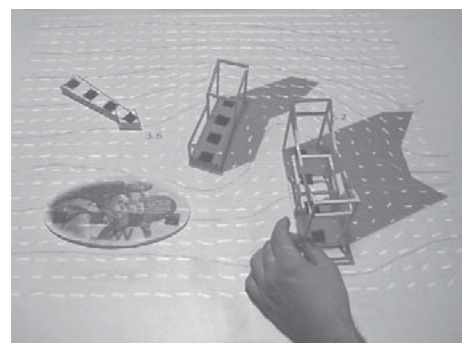
2-A) アープ (Urp) (図7)

都市計画のためのワークベンチに TUI を応用したのが、アープ (Urp) である。アープは、John Underkoffler が、99年に Ph. D. thesis の中で考案した、「入出力電球」(I/O Bulb) というコンセプトを検証するためのプロトタイプの一つとして、実現された [7]。

I/O bulb は、建築空間の表面、及びその上でのモノの操作に、新しいデジタルの「意味」を付与する「電球」として考案された。エディソンが 100 年以上前に発明した「電球」は、1x1 ピクセルの光を投射して部屋を明るくするデバイスであるのに対して、I/O bulb は、高解像度でかつ双方向の光の流れを生み出すデバイスである。建築空間の表面からの光子を集め、ドメイン知識 (例えば都市計画) を使って、その光のパター



(1) 影のシミュレーション
 ビルの物理モデルが、デジタルの影を落としている。時計の針を回すことにより、時刻 (太陽の位置) を変えることが出来る。ビルモデルを動かすと、影もそれに連れて動く



(2) 風のシミュレーション
 風の方向を指示するオブジェクト (楕円形) と、風速を測定するオブジェクト (杖状) を使って、風の影響を分析する例

図7 アープ (Urp) 都市計画のための TUI ワークベンチ

ンを「解釈」し、そのアプリケーションにマッチした「デジタルの影と光」を計算して、物理空間に投射する。

都市計画への応用例 (Urp) では、建築の物理モデルを I/O bulb の照らす机の上に置くと、コンピュータが計算した影が投影される。「時計」の針を回すことで影の動きを調べたり、光の反射をシミュレーションできる。さらに地上での風の流れを視覚化し、「風速計」を置くことにより、任意の地点での風速を測ることができる。I/O bulb を使って物理モデルに、リアルタイムのコンピュータシミュレーションの結果を投影することにより、デジタルに表現された都市空間を、自分の身体のある空間と連続した世界で理解・直接操作することが可能になる。

I/O bulb のプロトタイプは、ビデオカメラとビデオプロジェクタのペアから構成されている。机上のオブジェクトに光学的なタグを付加し、それをコンピュータ・ビジョン技術を用いて認識追跡している。計算されたデジタルの光や影は、ビデオプロジェクタにより机上に投影される。その投影位置を正確に調整することにより、あたかも机上のオブジェクト自身が影を落としたり、光を反射しているかのような、幻想を作り出すことに成功している。

従来の GUI (グラフィカル・ユーザ・インタフェース) を用いたアプローチに比べ、タンジブル・インタフェースが現実の仕事において、本当に大きなメリットをもたらすのかという疑問に、はじめて明快に答えることができたのが、この Urp である。I/O bulb という概念の発明にとどまらず、具体的にその有効性・優位性を示すことのできるアプリケーション分野 (この場合は都市デザイン) を見だし、デモすることで、タンジブル・インタフェースの可能性を広く理解してもらうことが出来た。

また、タンジブル・インタフェースをデザインするにあたり、何に物理的実体を付与し、つかめるモノとして表現するか、何をデジタル・イメージのまま表現するかという判断が重要となる。さらに、両者をいかに有機的に結合させ、デジタル世界と物理世界の境界を透明にするかが、インタフェース成功の鍵となる。この問題に対し、Urp のビルディング・モデルが投げかけるデジタル・シャドウ (ビデオ・プロジェクション) は、一つの明快な回答を提示している。

さらに、このプロジェクトのコア・コンセプトであ

る I/O bulb は、「建築空間の何百、何千という電球を I/O bulb に取り替えたなら、どのようなインタラクション・デザインが可能になるか?」という全く新しい問いを投げかけることで、机の表面にとどまらず、建築空間全体を、新しいデジタル・デザインと統合できる可能性を示すことに成功した。

この Urp システムは、2000 年から、MIT 都市計画学部の学生のプロジェクトに実験的に使用されてきている。

2-B) クレイ (Illuminating Clay) (図8)

Urp システムは、離散的なオブジェクト (たとえばビルモデルや風速計) の空間的位置関係の直接操作をもとに、日照や風の流れのシミュレーションを可能にした。しかし、個々のビルモデルの形状は、あらかじめ定義され、コンピュータの中にデジタル・モデルとして入力されていることが条件となっており、Urp を用いたデザイン・セッションの途中で、その形状 (例えばビルの高さや屋根の勾配) を動的に変化させることはできない。変化させられるのは、2次元平面上の位置と方位だけである。

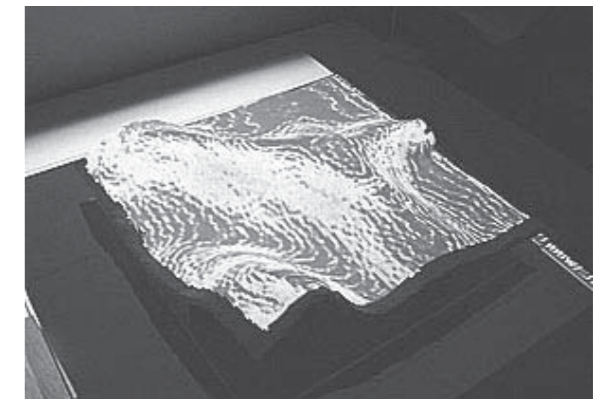
しかし、デザインの上流工程においては、物理モデルの形状自体をユーザの手でダイナミックに変化させながら、理想に近い形状を探し出す、試行錯誤的なプロセスが重要となる。それを支援する TUI は、刻々と変化する物理モデルの形状を捉え、それに応じて適切な計算結果を投影することにより、デザイン・プロセスを支援することが期待される。

Illuminating Clay はこのような背景から、粘土を用いた景観デザインに焦点を当てて開発されたシステムである。Illuminating Clay のユーザは、伸縮性に富んだ粘土を変形させながら、3次元的な景観モデルを作る。その3次元形状を、天井に装着されたレーザー・スキャナが毎秒1回のスピードでスキャンし、Digital Elevation Model をコンピュータ内に生成する。その Model を元に、ユーザの選択により、高度情報、等高線情報、斜面の傾斜角情報、水の流れや浸食情報、ある地点からの視界情報、日照と影などの情報を、リアルタイムに計算し、その結果を、直接クレイモデルの上に投影する [6]。

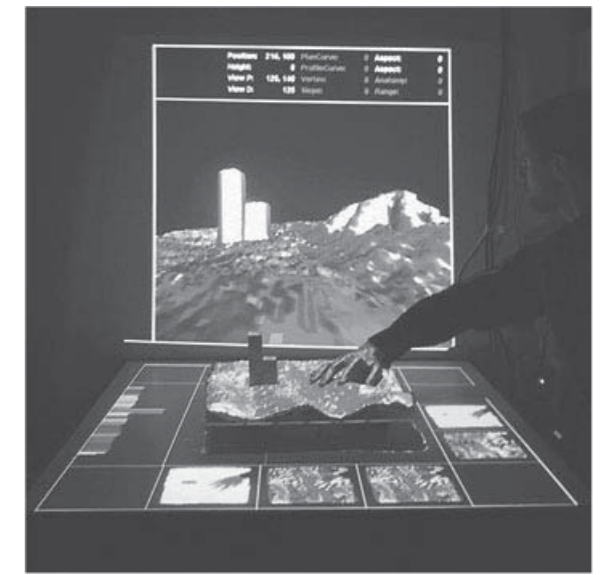
その結果、クレイは、入力と出力空間が一体化し、なおかつ物理形状を直接変更できる TUI 「連続体」

として機能する。Urp とは異なり、クレイ自体は一切タグが付いておらず、個々のオブジェクトとして認識されることはない。コンピュータから見ると、あくまでも物理的な連続体のその3次元形状だけが、入力情報として利用される。

このシステムの大きな特徴は、コンピュータを用いない、従来のクレイ・モデルを使った景観デザインの手法との連続性にある。クレイの形状を変えるとすぐ、新しい計算結果が直接投影するため、ユーザは、従来のクレイモデルを使用した時と全く同じスキルを使ってモデルを手で直接操作できるメリットの上に、モデルの形状に基づく、非常にパワフルな計算機支援をリ



(1) 粘土により作られた景観モデルの地形の変化をを3次元レーザー・スキャナでリアルタイムにコンピュータに取り込み、斜面の角度の計算結果を色づけして投影した例



(2) 粘土による3次元物理モデルに対する投影に加え、垂直壁面へ3次元ビューを投影して使用している例

図8 クレイ (Illuminating Clay) 景観デザインのための TUI ワークベンチ

アルタイムで受けながら、グループで景観デザインを進めることが可能になる。本システムは、Ben Piper と Carlo Ratti が考案し、Yao Wang のプログラミング協力を得て 2001 年秋に、実現した。MIT における 2002 年の都市計画のコースで、実験的に試用する予定である。

Urp とこの Clay とを対比すると、オブジェクト指向の CAD ドローイング・ソフトと、ビットマップ指向の、スケッチ・ソフトの違いに似た関係を見いだせる。都市計画や景観デザインは、その上流工程と下流工程においては、情報の構造化の度合いも、必要とされるツールの持つ精度や使用スピードも異なる。この二つのシステムを結ぶ線上に、情報の構造が未だ不確定な上流工程から、構造が明確化し、その細部を詰めるべき下流工程とを結ぶ、シームレスなデザイン支援環境のあるべき姿が見えてくる。

3) 透明なインタフェース

物理世界におけるモノとのインタラクションと、コンピュータ内にある情報とのデジタル・インタラクションとを、シームレスに融合することに、インタフェースを認知的に「透明」にすることに、TUI の目標がある。最期に紹介する、ボトルは、透明なインタフェースを目指し、モノの持つメタファ的な意味に加え、情緒的・審美的な価値にも注目し、ミニマル・デザインを意図的に追求した作品である。

3-A) bottles

人類が数千年にわたって使ってきたガラスボトル。そのメタファーとアフォーダンスを、デジタル世界にシームレスに拡張することにより、bottles プロジェクトはインタフェースの透明性 (transparency) を追求する。ガラスボトルを、デジタル情報のコンテナ及びコントローラとして使い、蓋の開け閉めで内容へのアクセスを可能にするシンプルなインタフェースが、その基本コンセプトである。コンセプト検証のため、音楽、天気予報、詩、物語など、多様なコンテンツをデザインした。

筆者が、母親への贈り物として暖めていた「天気予報の小瓶」のアイデアが、このプロジェクトの原点である。台所で醤油の瓶の蓋を開けると醤油の香が漂ってくる—この彼女の良く慣れたんだ世界のモデル

を、天気予報のアクセスに応用し、小瓶の蓋を開けて小鳥のさえずりが聞こえれば明日は晴れ、雨の音が聞こえてくれば雨天—がその基本的なアイデアであった。このアイデアを発展させ、1998 年末に、石井と Rich Fletcher が、「音楽の小瓶」(musicBottles) のアイデアを固め、プロジェクトを開始。Joe Paradiso の開発したセンサー技術を用い、カスタム・デザインのテーブル、タグを付けたボトル、クラシック、ジャズ、テクノなどの音楽コンテンツを多くのデザイナー、アーティストの協力を得て作成、SIGGRAPH 99 Emerging Technology において発表し、IDEA 2000 において、インダストリアル・デザインの賞を受賞した (図 9) [4]。

本システムでは、テーブルの下に取り付けたアンテナコイルが、机の上に電磁界を作り出し、タグを付けたボトルの存在と開け閉めにより起きる、電磁界の変化をカスタムメイドの電子回路で検出し、それぞれのボトルに対応したプログラム (例えばピアノを奏でる) を実行するとともに、LED ランプの光をコントロールしている。アンテナコイル内に存在する複数のタグを同時に、リアルタイムに検出できるのが特徴である。

人々の日常生活に溶け込む「透明なインタフェース」が、このプロジェクトのテーマである。日常生活の中に偏在しているガラス瓶に、デジタル・コンテンツ詰めることで、ミニマルな情報アクセス・インタフェースを実現した。

その可能性は、音楽にとどまらない。例えば、詩の入った香水の瓶、物語の入ったワインボトルなどが考えられる。実用性を追求するなら、薬瓶のいっぱい入った棚。薬の服用のパターンを見て、患者に服用をうながす、その情報を病院へ伝えるなど、多様なサービス



図 9 ミュージックボトル (musicBottles) (ジャズ・ボトル)

が考えられる。私たちの生活の奥深くに浸透しているが故に、ガラス瓶のインタフェースには、多様な用途が広がっている。

デザインされたテーブルの上のボトル、それを開けるときのガラスの感触、流れ出る音楽に同期してボトルの中で乱反射する LED ランプからの光、それらは、独特の情緒的な体験を作り上げる。単純なスイッチや、マウスクリックからは決して得ることのできない、情緒的な喜び、想像する喜びを提供する。従来の機能・性能中心のインタフェース・デザインとは異なる、美的価値の創造がこのプロジェクトの狙いである。

おわりに

TUI 研究のユニークな点のひとつは、従来のデジタルの世界に閉じたインタラクション・デザインとは異なり、物理的なデザインを扱うインダストリアル・デザインと、コンピューターショナル・インタラクション・デザインとの融合した、新しい「デザイン・アプローチ」が要求されることにある。

インタラクション・デザインが、デジタルの世界に閉じている限り、それはマウス、キーボード、スクリーンを前提とした、GUI デザインと、それを入れる「箱」のデザインがメインの課題となる。しかし、TUI の視点から見た、インタラクション・デザインは、インダストリアル・デザイン、インテリア・デザイン、建築デザインまで包括した、広いスペクトラムが要求される。

さらに、bottles の例に見られるように、情緒的・審美的側面も、必然的にデザインの射程に入ってくるため、TUI デザインは、インタラクティブ・アートとの境界線をもあいまいにする。

今巷で流行している「ユビキタス」に関して、故 Dr. Mark Weiser の元同僚として、私は強い憤りを感じている。彼の哲学をきちんと理解する事なく、「いつでもどこでも」といった 80 年代の高度情報化社会のプロパガンダのラベルとして「ユビキタス」を濫用している日本の現状に対し、筆者はとてもの情けなく思うと同時に、彼の美学を次の世代に伝える強い責任を感じている。Bottles は天国にいる Mark Weiser に捧げた私の作品である。詳しくは、参考文献に掲げた論文 4) を参照されたい。

謝辞

本稿で紹介した研究プロジェクトと一緒に遂行した、タンジブル・メディア・グループ及び MIT メディア・ラボの多くの学生・卒業生・同僚達、及び本研究を支援して下さった、Media Lab TTT (Things That Think) 及び DL (Digital Life) consortia sponsors の皆様に深く感謝する。

参考文献

- 1) Brave, S., Ishii, H. and Dahley, A., Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication, in Proceedings of CSCW '98, (Seattle, Washington USA, November 1998), ACM Press, pp. 169-178.
- 2) Fitzmaurice, G., Ishii, H., Buxton, W., Bricks, in Proceedings on Human Factors in Computing Systems, (Denver, May 1995), pp.442-449
- 3) Frei, P., Su, V., Mikhak, B., and Ishii, H., curlybot: Designing a New Class of Computational Toys, in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '00), (The Hague, The Netherlands, April 1-6, 2000), ACM Press, pp.129-136
- 4) Ishii, H. Bottles: A Transparent Interface as a Tribute to Mark Weiser, in IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E87-D, No. 6, pp. 1299-1311, June 2004
- 5) Ishii, H. and Ullmer, B., Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97), (Atlanta, March 1997), ACM Press, pp. 234-241.
- 6) Piper, B., Ratti, C., and Ishii, H., Illuminating Clay: A 3-D Tangible Interface for Landscape Analysis, in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '02), (Minneapolis, April 2002), ACM Press.
- 7) Underkoffler, J., and Ishii, H., Urp: A Luminous-Tangible Workbench for Urban Planning and Design, in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99), (Pittsburgh, Pennsylvania USA, May 15-20, 1999), ACM Press, pp. 386-393.
- 8) Weiser, M. The Computer for the 21st Century. Scientific American, 1991, 265 (3), pp. 94-104.

日立総研レポート アンビエント情報社会における社会イノベーションの可能性

研究第三部 部長 嶋田 恵一

アンビエント情報社会では、センサーなどから得られる「リアル情報」を活用し、情報のサービス価値が行われることで、社会基盤にイノベーションを起こすことが可能となる。アンビエント情報社会における社会システム、産業システム、個人活動基盤のあり方はどのように変わるのか、具体的な事例を基にそのインパクトを述べる。

1 アンビエント情報社会による「情報のサービス価値化」

アンビエントはもともと「周辺の、取り巻く」という意味を持つ言葉である。アンビエント情報社会では、ユーザーがシステムを意識しながら情報を入力したり、操作したりするのではなく、周辺のシステムがユーザーを見守り、支援するという世界が広がる。

そして、このような環境を実現するためには、ユーザーの置かれた環境を理解し、そこで得られた情報をユーザーが認める価値、ニーズ、サービスにつなげていくことが重要である。日立総研ではこのような仕組みを「情報のサービス価値化」として、その仕組みを実現するためのアプリケーションのあり方、情報通信基盤技術の方向性について検討を進めている。初歩的な段階ながら、この基本コンセプトに合致したサービスの例が既に社会システム、産業システム、個人の活動基盤の各分野でみられるようになってきている。

本章では各分野での事例を取り上げながら、アンビエント情報社会の基本コンセプトである「情報のサービス価値化」によって、私たちの社会基

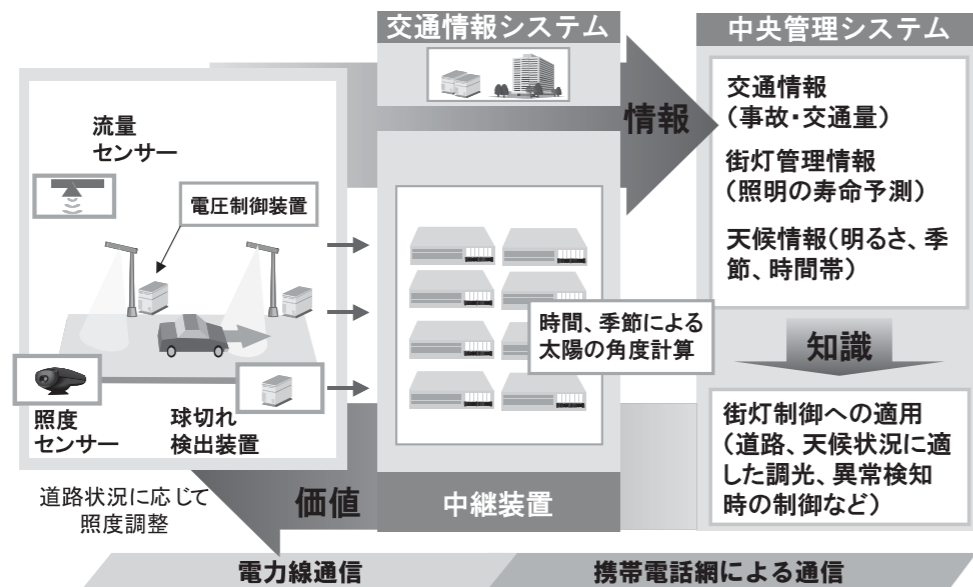
盤がどのように変わっていく可能性があるのかについてみていきたい。

(1) 社会システムにおけるイノベーション —オスロ市 街灯調光システム—

まず、公共サービスなどの社会システムでどのようなイノベーションを起こす可能性があるのかについてみてみたい。

ノルウェーのオスロ市では、市内の街灯に通信機能を取り付け、遠隔監視を行いながら、天候の状態、渋滞状況、事故発生状況を含めた交通情報と臨機応変に連動しながらそれぞれの照明機器の明るさを調整するシステムを2006年より導入している。

システムは、街灯、道路に設置された天候状態、通行量を検知するセンサー類とシステム全体の調整、管理を行い、交通情報システムとの情報連携を行う中央管理システム、そして街灯と管理システムとの通信の橋渡しをする中継装置で構成されている。センサーは中継装置と電力線で、また中継装置と管理システムとは携帯電話網を活用してデータ通信を行っている。中継装置は照度センサー、流量センサーからの情報を取



資料：ヒアリング、公表資料を基に日立総研作成

図1 オスロ市 街灯調光システムのシステム構成

集し、内部の日付情報を参照しながら、管掌する地域のそれぞれの街灯照明の照度を調整する。一方、中央管理システムでは、交通情報システムの情報とセンサー情報、蓄積した各街灯の稼働情報を連携させて、システム全体の調整を行っていく機能を担っている(図1)。

従来、オスロ市では、事前に取り決められた時間に照明を点灯した。新たなシステムでは各センサーから得られる交通量、天候状態などの情報を基に、臨機応変に街灯照明の照度調節を行うことで、ドライバーに違和感を持たせることなく、また安全性を損なうことなく街灯照明の省エネを進める。

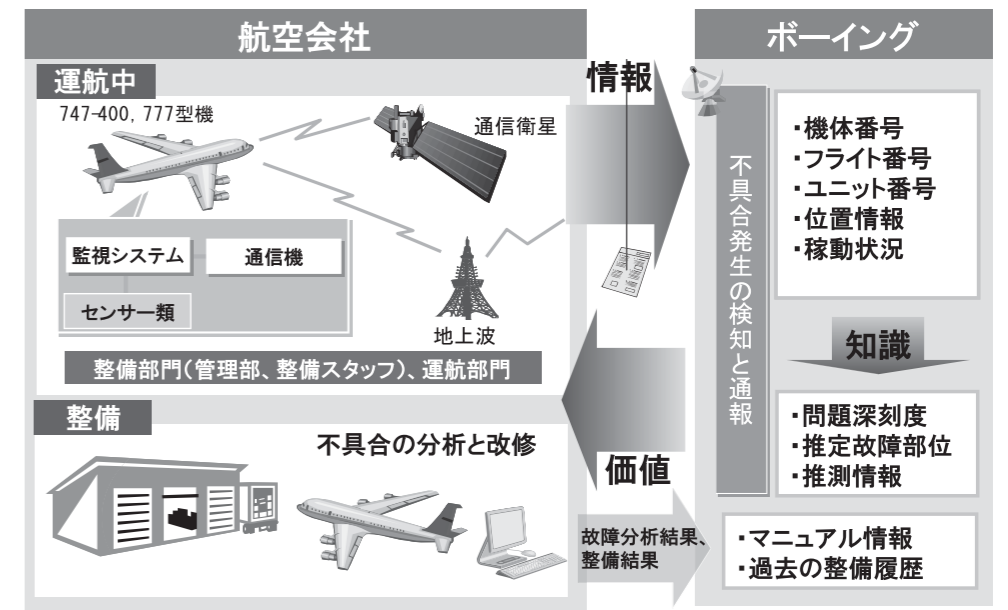
システム導入の本格展開の前に2年間にわたって小規模な実証実験を行い、観測データの収集と効果測定を実施した。2006年4月の稼働開始時点では6,500台の街灯に通信機能付きの照明調節機器を設置し、120台の中継機器が導入されている。最終的にはそれぞれ55,000台、1,200台が設置され、同市の主要幹線道路を網羅する予定である。この結果、消費電力の低減、照明機器寿命の長期化によるメンテナンスコストの削減、ランプの寿命検知作業の自動化などによって、従来の運営維持コストの50%削減が期待される。また、コスト削減効果によって、機器の設置、システムの開発費用を5年間で回収する計画である。今後は引き続き、拡大する街灯の稼働データを蓄積しながら、どの程度の明るさまで落とす問題ないか、安全性確保と費用削減効果との兼ね合いをみながら、システムを継続的に調節し、さらなる効果を上げていく計画になっている。

(2) 産業システムにおけるイノベーション —ボーイング「AHM」—

米国の航空機メーカーであるボーイング社では、同社が製造する大型旅客機に搭載したセンサーから得られる情報を活用し、効果的な整備作業の推進、安全な運航管理を実現する Airplane Health Management (以下 AHM) というサービスを2005年10月より各航空会社に提供している(図2)。

AHMでは各航空機内のセンサーと繋がった機上整備コンピュータシステム(以下整備システム)より、機材の不具合発生検知情報(どのユニットに不具合が発生するというレベルの情報)をリアルタイムで取得し、同社が収集、蓄積した過去の同機材あるいは同型機の障害発生、整備情報を付き合わせることで、各航空会社に対して最適な整備方針を提案する仕組みになっている。具体的には、不具合を引き起こした可能性のある部品候補、成功確率の高い整備対策内容と所要作業時間、作業に関する技術情報を航空会社の運航管理部門、整備管理部門などに提供する。現在は特定メンバー向けのポータル上での情報確認に加え、携帯電話のメールへの転送設定も可能になっている。また、運航制限の必要性の有無、整備遅延により発生する費用概算などを試算し、問題の深刻度を通知する機能も整備している。

AHMサービスの第一のメリットは機材の整備時間



資料：ヒアリング、公表資料を基に日立総研作成

図2 ボーイング社「AHM」サービスの概要

立のビジネス顕微鏡、オスロ市の例では、情報の解析を行い、精度の高い解決策を導出するための「インテリジェント・コンピューティング」機能の整備、強化が必要である。例えば、日立の例では、蓄積した会話パターンデータを基に、オフィスの施設変更や、研究員の座席配置を変更した場合のオフィス内の会話の流れ、業務の満足度、情報共有の活性度がどのように変わる可能性があるのか、といったシミュレーションを行うことができれば、効果的なオフィス環境改善の方向性を導出することが可能になる。オスロ市の例も、現在は照度、道路の交通量を基に照明の明るさを調節しているが、よりユーザーに違和感のない調光を行うためには、歩道を歩く歩行者の状況や周辺地域の行事情報、交通制限などのより幅広い情報との連携と分析が必要になろう。

また、「サービス・フィードバック」の機能の強化も重要である。特に、ボーイング社の「AHM」は現時点では不具合情報、整備関連情報の閲覧のためにパソコンで特定のサイトにアクセスをする必要があるが、AHMのシステムと整備士の勤務管理、部品管理と連動させることができれば、整備スタッフの最適配置や部品在庫の早期確認と手配がスムーズに行えるようになる。さらには、電子タグを機材に装着し、出庫情報と整備方針内容とのつき合わせや、取り付けミスを整備士に通報する仕組みを構築すれば、確実かつ安全な整備作業の遂行が可能になる。

2 求められる ICT の高度化

(1) アンビエント情報社会の ICT へのインパクト

アンビエント情報社会の実現のため必要となる三機能を確立するためには、基盤となる技術通信基盤技術にも大きな変化が求められる。本章では、「情報のサービス価値化」の実現によって情報システムにどのようなインパクトが発生する可能性があるのかについてみてみたい。

まず一つ目は、情報資産の機動的な連携によるインパクトである。ユーザーの状況把握や環境調整のためには、常に変化するユーザーの状況にあわせて情報連携やシステム連携が行われる必要がある。例えば、ノルウェーの街灯システムのように、照度センサー、交通量センサー、交通情報システムなどの連携によっ

て、ユーザーにとって最適な街灯照明の明るさを導出することはその例と考えられる。しかし、より高度なサービスを目指して連携する情報資産の範囲が拡大すれば、参照する情報の重み付けも必要となり、やがては、常に変化する現実社会の環境を把握しながら、システム、情報連携の組み合わせが、その時点、状況にあわせて変化する世界が広がろう。システム構成も機動的かつ柔軟なものになる必要がある。

第二のインパクトは、データ解析を主体としたシステム設計が必要になるという点である。今回紹介した事例では、実験や実運用を通して、状況把握や、よりよい環境調整の方向性を導き出すための知識を得るために膨大なデータを蓄積し、活用している。しかし、このような情報を基にした状況把握、問題解決策の検討では、膨大な観測データから、よりよい方向性を導き出し、実行するための分析技法やアルゴリズムを検討することが重要になる。取り決められた処理を如何に早く遂行するか、という従来のシステム設計の考え方は異なるアプローチが必要になろう。

そして第三のインパクトは、得られた情報をサービス価値に変換し提供していくためには、情報が陳腐化しない内に解析を行い、必要な手続きを実行していくことが重要であり、センサーなどから次から次へと入ってくる情報に対して、タイムリーに処理をする必要がある。サービスに一層の安全性を求めるのであれば、確実性と安定性を両立したリアルタイム処理が重要となり、処理機構にミッションクリティカル性が求められる。

(2) 必要となる情報通信基盤技術像

以上のような変化を踏まえた場合、どのような情報通信基盤技術が必要になるであろうか。いくつかの例を挙げながら将来の基盤技術のあり方についてみてみたい。

「機動的な情報資産連携」では、トランザクションの変化に柔軟に対応するために、現在のハードウェアのみならず、サービスやネットワークの融通性を向上させていく必要がある。特に、ユーザー環境との密接な連携を想定した場合、不規則な情報連携の集中による負荷増大の問題が深刻化するため、情報処理のスケラビリティの向上を意識したアーキテクチャが重要となる。現在、アプリケーションの分野ではサービス・オリエンテッド・アーキテクチャが、ネットワー

クの分野ではオーバーレイネットワークが注目されているが、これら固定的なシステム構成の制約に囚われずに処理能力の調整を可能にするような情報システムの仮想化技術がアンビエント情報社会では積極的に利用されるようになる予想される。

また、情報連携が機動的に変化する中では事前に情報システムの設計要件を確定することが難しくなる可能性もある。そのような中で、情報システムの事後的な調整や機能追加、処理能力の増強を意識した、RAD (Rapid Application Development: プロトタイプと呼ばれるシステムの完成イメージを何度も制作、評価し、次第に完成品に近づけてゆく手法) などのシステム開発手法の重要性が増加していく可能性がある。

「データ解析を主体としたシステム設計」では、データ解析を効果的に行うために、観測データにメタデータなどの説明情報を付与し整理することでデータの再利用を促進していくことも重要となる。また、サービスの的確性に直結する、データの品質を判断する技術も必要になろう。現在総務省が推進する国家プロジェクトである「電気通信サービスにおける情報信憑性検証技術等に関する研究開発」では、膨大なネットワーク上の情報の中から、出所不明、有害、不正確な情報を排除し、信憑性のある情報のみを検出する技術が検討されており、情報の効果的な品質管理によって、有効なデータ解析が可能になる。そして、以上のようなデータの整理、品質管理を行った上でよりよいユーザー環境を導出するためのアルゴリズムやシミュレーションなどの分析技術の強化が行われる必要がある。特に情報解析技術は日本ではなじみが薄い分野であり、早急な対応が必要と考えられる。

最後に「確実性と安定性を両立したリアルタイム処理」であるが、多数のセンサーや移動情報端末などのさまざまな機器の登場や、処理データ件数の増加、イベントドリブン性の高いトランザクションなどを考えると、すべての情報処理を特定の管理者、あるいは管

理システムが集中制御するアプローチに限界が生じる可能性もある。情報システムの構成要素がネットワークやデータ処理システムの稼働状況を判断し、自律的に調整をしてデータ処理の振れや障害を吸収し、堅牢性を維持するようなインテリジェント性を情報システム自らが持つ必要がでてくると考えられ、そのための関連技術の研究開発が活発になっていくことが期待される。最近では、生物の頑強性、自律性に着目し、生物学的な考え方を情報工学に応用する研究が見られるようになっているが、このような学際的な考え方に基づく新しい情報通信技術への期待も今後増していくものと考えられる。

(3) 具体的なアプリケーションの検討と実現

日本は光ファイバーやモバイルなど世界で最先端の ICT 環境を持っている。また、本格的なグローバル化の進展、国内治安の低下、環境問題の深刻化といった社会環境の不安定要因が拡大する中で、今後 ICT の重要性はますます大きくなっていく。アンビエント情報社会は情報をサービス価値に変換し、ユーザーに安全、安心、快適な社会環境を提供するものであるが、コンセプトを実現する上では、具体的なアプリケーション像を明確にしながら、異分野融合型の研究による技術開発、ビジネスモデルの検討を進めることが重要である。今回は初歩的な段階ながら、既に立ち上がりつつある事例を紹介した。今後日立総研では、アンビエント情報社会のコンセプトを企業などの組織における業務プロセス改善への適用可能性や、環境問題、社会インフラといった社会的な課題への係わり方など、具体的な出口を想定しながら、セキュリティ、プライバシー保護を含めた政策議論、アプリケーション開発に携わっていく予定である。そしてそのことが必要となる基盤技術開発分野の明確化、アンビエント情報社会実現におけるキープレイヤーの探索、ユーザーへのわかりやすいメリットの検討と提示の加速へと繋がっていくものと考えている。

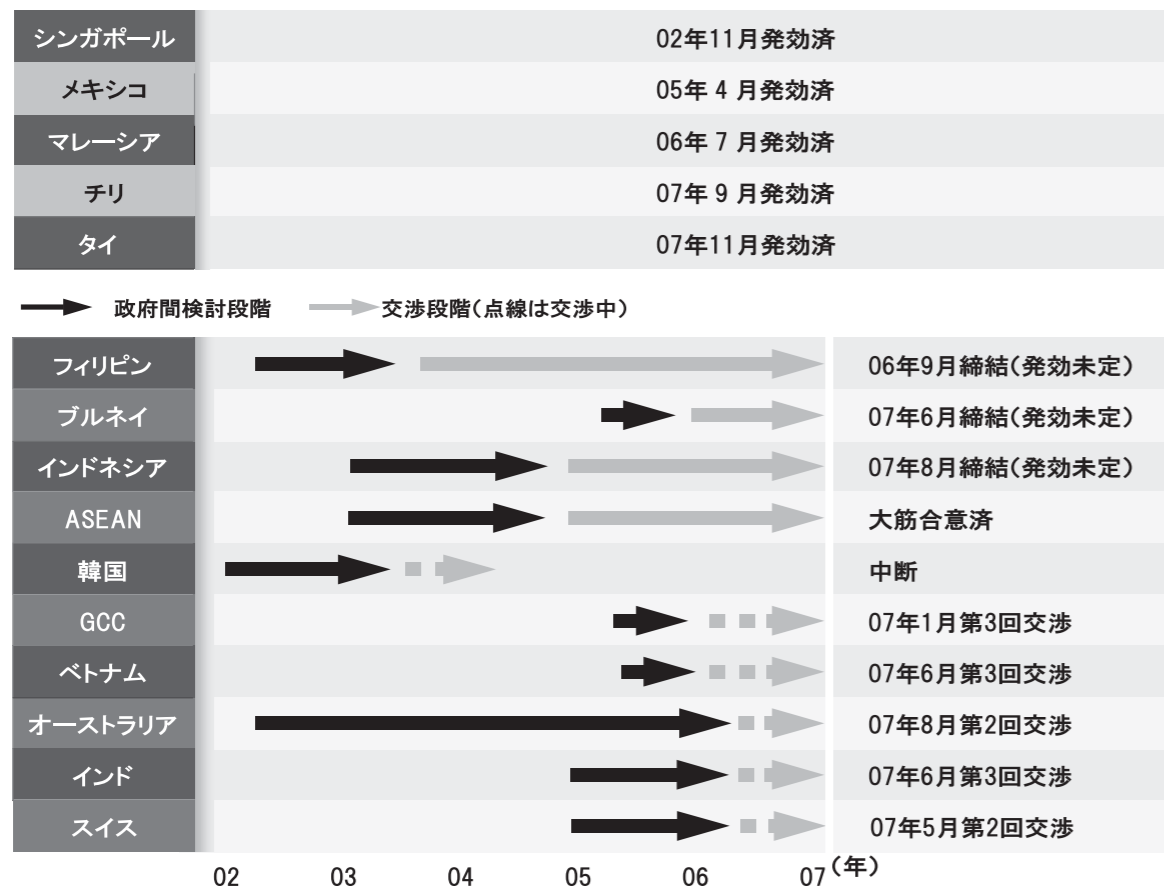
EPA/FTA 時代の海外事業戦略

主任研究員
大和田 洋司

「WTO（世界貿易機関）ドーハ・ラウンド（新多角的貿易交渉）の複数の外交筋は9日、目標としていた年内の交渉妥結はほぼ不可能になったとの認識を示した。…（2007年11月10日 読売新聞 夕刊）」最近の新聞にもあるように、農業、鉱工業分野で先進国と発展途上国間の利害対立が解消されず、WTOドーハ・ラウンドは停滞を余儀なくされている。一方で、EPA（経済連携協定）／FTA（自由貿易協定）の締結交渉は世界的に活発化しており、日本も9月にチリ、11月にはタイとの間でEPAを発効しており、EPA締結・発効相手国は5カ国を数える。さらに、フィリピン、インドネシア、ブルネイとはEPA締結済み、

発効待ち状態であり、ASEAN、オーストラリアなどとは締結交渉を積極的に推進している状況である。

貿易自由化が特定の二国間または地域間において先んじて進められている現状は、言い換えれば特定の二国間、地域間に閉鎖的な貿易関係が構築されているということである。企業はこれによって引き起こされるヒト・モノ・カネの流れの変化を把握し、海外事業戦略に組み込んでいく必要がある。本研究では以上のような問題意識の下、日墨（メキシコ）EPAのインパクトを切り口として、EPA/FTA時代の特にメーカーにとっての海外事業戦略について分析している。



資料：外務省、経済産業省資料より日立総研作成

<参考> 日本のEPA交渉状況

1. 米州事業において高まるメキシコの重要性

「中南米にはインドが二つある」との麻生前外相（07年7月当時）の発言に代表されるように、メキシコの経済規模は既に南米の大国ブラジルとともにインドやASEANに匹敵する水準にある。94年の発効から10年以上が経過したNAFTA（北米自由貿易協定）、60年代末から継続するメキシコの投資優遇制度によって米州市場へのゲートウェイとしての優位性も一層高まっている。メキシコは米国、EU、日本を含め既に44カ国とEPA/FTAを締結し、南米諸国との貿易協定も強化しており、米州市場全体へのハブとしての可能性も期待されるなど、米州事業におけるメキシコの重要性は高まっている。

2. メキシコの位置づけ：北米向け製造拠点から米州市場全体のハブへ

日本企業はこれまで、テレビ、自動車部品、カーオーディオなどを中心にメキシコで製造拠点を展開してきた。これは、IMMEX（新マキラドーラ制度）やPROSEC（産業分野別投資促進プログラム）に代表されるメキシコの輸出促進投資優遇制度を活用して保税輸入措置によって部品・材料を輸入し、低賃金労働力で製造、NAFTAにより無税で米国市場向けに輸出するというモデルである。

近年、メキシコ進出企業は、低賃金製造拠点としての相対的な優位性の低下や技術者・マネジメント層の人材不足などの課題を抱えている。これら課題への対応と共に、新たな成長に向けて、日墨EPAやアルゼンチン、ブラジルとのACE（経済補完協定）を生かし、米州市場全体への供給を展望した事業戦略の策定が求められている。

3. 日墨EPA締結により、国内インフラ市場への対応が可能に

90年代後半以降、メキシコと米国、EUの貿易協定

発効により、日本企業は、メキシコ国内市場への対応において、米国・EU企業に対し関税面で不利な状況に置かれてきた。しかし、2005年4月の日墨EPA発効により、関税撤廃・削減、政府調達市場の開放が実現し、競争条件の不利は解消された。

メキシコ政府が本年7月に発表した「国家インフラ計画2007-2012」によれば、今後6年間のインフラ投資計画は石油関連、電力、道路、下水道などの分野を中心に総額2兆5,320億ペソ（約2,286億ドル）に達し、インフラ関連事業で今後大きな事業機会が見込まれる。その際、メキシコの社会インフラ事業は、PEMEX（石油・ガス会社）、CFE（電力庁）に代表される国営企業が担っているため、これら国営企業への対応が重要となる。

4. 米州向け自動車製造拠点としての発展

北米市場との一体化、日墨EPAによる投資環境の改善を背景に、近年日米の自動車・部品メーカーがメキシコでの生産および投資を大幅に拡大させている。このため短期的には、投資拡大に伴う生産設備関連、空調、コンプレッサーなどの需要拡大が見込まれる。

中期的には、ブラジル、アルゼンチンとの自動車・同部品貿易自由化協定を背景に、南米市場へのアクセスが一層容易になることが予想される。現在メキシコ国内に集積しつつある日米自動車メーカーの製造拠点が、今後米州全域の製造面におけるハブとなることを視野に入れた事業対応も重要となってくる。

さらに、これらメキシコの投資優遇制度とEPA/FTAの組み合わせによって生み出された事業機会、または、米州でのロジスティクス・事業推進体制の変化などは、EPA/FTA締結が加速するアジアにおいても同様の事態が想定される。今後のアジアでの事業戦略を検討する上で、メキシコを一つのモデルとしてとらえ、二国間の関係だけにとらわれず、ベースにある制度や地域とのつながりにも留意していくことが重要である。

“Housing and the Monetary Transmission Mechanism”
by Frederic S. Mishkin

(「住宅と金融政策波及メカニズム」(FRB ミシキン理事))

研究第一部 部長 塩田 光男

米連邦準備理事会 (FRB) ミシキン理事が2007年9月1日にカンザスシティー連銀主催シンポジウムで行った講演原稿である。

第一部では、金融政策が住宅市場を通じて实体经济に与える影響波及経路として、直接的なものとして、①資本コストを通じた金利の直接効果、②住宅価格上昇期待を通じた金利効果、③住宅供給への金利効果、間接的なものとして、④住宅価格変動による資産効果の消費への効果、⑤バランス・シートから信用チャンネル経由の消費への効果、⑥バランス・シートから信用チャンネル経由の住宅需要への効果の計六つの経路を挙げ、それぞれ効果の有無と程度を検討している。

①では、米国での資本コストに対する住宅投資の弾性値の推計値が $-0.2 \sim -1.0$ と幅広い(後にシミュレーションで用いるFRB経済モデルでは -0.3 に設定されている)ことを指摘する。②では、住宅価格に土地代を含むべきか否かに議論があること、住宅価格上昇期待を計測することが困難であることを指摘する。④では、資産価格上昇が限界的に増やす消費の推計値がFRB経済モデルでは1ドル増加に対して3.8セント、OECD推計では3セントと紹介しつつ、住宅価格と株価で同じ係数を使うべきか議論があるが、同じでないことを示す過去データ分析結果は出ていないとする。⑤を、住宅を担保にして信用を得ることが容易になる結果消費が増える効果とし、1990年から2004年で、この効果によって家計の貯蓄率が2.5～5%低下したとする研究を紹介しつつも、信用を得る仕組みをATMになぞらえてATMのおかげで消費が増えたとは考えないという反論をむしろ支持している。⑥を、実質長期金利が住宅投資に影響するとする新古典派の枠組みの外で、名目金利や短期金利が住宅投資に影響する可能性として挙げ、その有無は現状では明らかではないが、住宅ローンの証券化がこの経路を強めるかもしれないとする。

①と④を織り込んだFRB経済モデルを用いて、政

策金利を1%引き上げた場合、実質GDPが約0.35%下落するとシミュレートした後に、①と④の経路を断った場合には、実質GDP下落は0.05% (0.35%に対して14%) だけ小さくなるとする。さらに、①と④の効果の程度は不確かであるので、その効果を拡大した(④資産効果の長期的消費性向を住宅だけ倍の7.6セントにし、さらにその反応スピードを1.5倍に、また①の資本コストに住宅価格上昇トレンドを織り込んだ) 影響拡大版では、実質GDP下落は0.05%増えて0.4%となり、うち0.1% (0.4%に対して25%) が住宅市場経由と示す。GDPに占める住宅投資の比率は5%程度なので、金融政策が住宅市場を経由して実質GDPに影響を及ぼす比率14～25%は大きく、重要性が高いと述べる。

第二部では、住宅価格の下落が金融システムを不安定化させ、さらには金融政策が無力化する可能性について検討する。一般に、規制緩和や自由化、金融技術の変革を伴う金融の急激な変化は、長期的には経済にプラスではあるが、短期的には貸し出し過剰に陥りやすいとし、サブプライムローン延滞率が2006年以降急騰しているのもその例とする。非現実的な住宅価格上昇期待に基づいて、あまりに緩い貸し出し基準で住宅ローンがなされた結果、2005～2006年の住宅需要を押し上げていたものと見る。問題の表面化で今年の夏に投資家が住宅ローン債権市場から逃げてしまった。このように、住宅部門は金融システム不安定化の源泉になりうるが、金融政策が無力化することは、日本のデフレ下の経験を例外として、まれだとする。

そして、第三部で、二つの政策課題を提示し、検討する。一つは、「金融政策が住宅市場を通じて实体经济に与える影響波及の程度の不確実性をどう取り扱うか?」不確実性として、住宅投資の増減を所得、金利、住宅価格などから説明しようとする経済モデルの説明力不足をまず挙げている。さらに、住宅価格上昇期待に土地代を含めるべきか否か結論が出ていないこと、住宅価格上昇による資産効果が個人消費に与える

影響の程度が推計によって相当違っていること、住宅価格が過大評価されているのか、過小評価されているのかも推計者によって異なっていること、と不確実性を列挙する。結論として、経済モデルに盲目的に従うことなく、適切に判断するしかないとする。金融政策は科学を利用しながらも、依然として芸術なのだ。

二つ目の政策課題は、「住宅価格の変動、潜在的バブルに金融政策がどう対処するのがベストなのか?」ここで、再びFRB経済モデルを使って、実質住宅価格が2007年から2008年にかけて均等なペースで20%下落した場合をシミュレーションしている。1979年から1982年にかけての下落率が16%であったので、20%という下落率は相当大きい。不確実性を取り込むために、標準版モデルと第一部で述べた影響拡大版モデルの2つのモデルを用いている。その上で、テイラー・ルールによる金融政策を用いたケースと最適化金融政策を用いたケースとをシミュレーションしている。

テイラー・ルールによる金融政策とは、政策金利をインフレ率とインフレ・ギャップ(潜在GDPを実際のGDPが上回っている差)の関数から導き出すもので、ここでは1987年から2005年の期間から推計された関数を使っている。いわば、これまでのFRBならこう対処したであろう金融政策である。一方、最適化金融政策では、その時点で生じていた住宅価格下落に対して経済損失が最小になるように政策金利を設定している。

シミュレーション結果をグラフから読み取って大ざっぱに紹介すると、テイラー・ルールによる金融政策では、実質住宅価格が2007年から2008年にかけて20%下落すると、実質GDPが何事もなかった場合と比べて最も下落するのは2010年で0.5% (標準版モデル)～1.5% (影響拡大版モデル) 下落する。失業率は2010年に最も上昇し、0.3～0.7%上昇する。政策金利は、2008年には0.25～0.5%だけ引き下げられ、その後引き下げが続き2011年に累計で1.0～2.0%まで引き下げられている。

最適化金融政策では、政策金利は、2008年内により大幅に0.5～1.0%引き下げられ、引き下げのピークは2009年に前倒しされ、その累計幅は0.75～1.75%とテイラー・ルールによる金融政策と比べて小さく済んでいる。実質GDPが最も下落する時期も2009年へ前倒しされ、その下落幅も0.3～0.6%と小さくなる。

失業率のピークも同じく2009年へ前倒しされ、上昇幅も0.15～0.25%に縮小される。

このように最適化金融政策がテイラー・ルールによる金融政策と比べて、実質GDPの下落幅も失業率の上昇幅も少なく済んでいる。これは、住宅価格の下落が实体经济に影響を及ぼすまでに長い時間がかかるため、その影響を待って対応するテイラー・ルールによる金融政策と比べて、最適化金融政策では早めに金利引き下げの手を打つためである。このシミュレーションで、住宅価格下落への対応は容易だと言っているわけではなく、むしろ金融当局には対応する道具があることを示したのだとミシキン理事は述べている。

最後の章「潜在的バブルへの金融政策対応」では、「バブル崩壊時の経済への損害を最小化するために、住宅価格バブルをつぶしたり、その膨張を抑えるように金融政策を運用すべきか?」の問題を検討する。イエスと答える人たちは、三つの前提をおいているとする。第一に、それがバブルだと特定できること。第二に、事前に対応しておかなければ、バブル崩壊後に対応することは、日本の例でも分かるように、困難であること。第三に、中央銀行はバブルをしぼませる方策をもっていること。ミシキン理事はこれら三つの前提を否定する。日本の例では、バブル崩壊それ自身よりも、むしろその後の対処に問題があったとする。

ミシキン理事はさらに中央銀行が住宅価格に過度に敏感になるべきでない理由として、市場参加者に混乱を生じないように、経済のあまりに多くの変数を管理しようとしてはならないとする。

最後のパラグラフは、こう締めくくられる。「資産価格の大幅な上昇は中央銀行家に深刻な挑戦を突きつける。金融政策影響波及経路における住宅の役割の分析からは、金融政策を行う際、住宅価格に特別な役割を認めることに反対し、それがインフレと雇用に予見可能な影響を及ぼす範囲に限って対応する政策に賛成することになる。しかしながら、住宅価格の急激な反転下落が实体经济に深刻な影響を与えないよう、それらに備える方策を中央銀行家はとることができる」

商品価格の高騰などインフレ懸念も生じている中では、複数の要因を検討しながら「芸術」的に金融政策は打たれていくのだろう。その結果が、最適化金融政策ではなく、やはりテイラー・ルールに沿ったものになったとしても驚くべきことではないと思う。

日立 総研

vol.2-3

2007年12月発行

発行人 八丁地 隆
編集・発行 株式会社日立総合計画研究所
印刷 日立インターメディアックス株式会社
定価 1,000円（税、送料別）
お問合せ先 株式会社日立総合計画研究所
東京都千代田区外神田四丁目14番1号
秋葉原UDX 〒101-8010
電話：03-4564-6700（代表）
e-mail：hri.koho.gt@hitachi.com
担当：主任研究員 坂本 尚史
<http://www.hitachi-hri.com>

All Rights Reserved. Copyright© (株)日立総合計画研究所 2007（禁無断転載複写）
落丁本・乱丁本はお取り替えます。