

# センサはWebを 超える

省力化から知覚化へ

矢野和男

(株)日立製作所中央研究所

インターネットが、過去10年ビジネスや社会を変えてきたが、これをさらに超える変化を今後10年に起こすのがセンサとそのネットワークである。従来、センサは産業分野で活用されることが多かったが、今後、幅広い社会・生活を変える存在となっていく。センサは無線技術、電池駆動と連動し、どこでも設置できるという自由度を獲得し、さらに人間あるいは組織の活動と連携することにより、人間の知覚や成長と強く融合したかたちで、知識労働の生産性向上など、21世紀社会の課題を解決するキー技術となっていくであろう。

## はじめに

1946年のENIAC誕生、1948年のトランジスタ誕生に端を発した情報技術革命は、10年ごとにその意味を変え、過去60年にわたり、段階的に情報技術が社会へもたらす価値を増幅させてきた。特に、1995年頃を発端とする「インターネット革命」により、世界中のコンピュータがネットワークで繋がったため、これまで企業や個人に断片的に蓄積されてきた知恵や情報が検索技術などを通じて瞬時に共有される世界が実現された。

今、これに続く、次の大きな波が現れようとしている。ここで登場する大きな波が「新しい文脈でのセンサ」である。もちろん、従来のシステムにおいても入力手段としてのセンサは必須の部品の1つである。しかし、これからの10年におけるセンサの意味は、これまでの60年におけるセンサの意味とは質的に違うものになる。読者の中には、最近、センサという言葉が将来動向の中で聞くことが多くなっているが、その意味については「ピンとこない」と感じている人が多いのではないかと、我々は、4年以上にわたり「センサネット」というテーマでセンサと情報技術と社会との新しい関係を研究してきた。本稿では、この経験を踏まえ、上記の質的变化がなぜ、どのようなかたちで起きるか、さらにこの変化が社会にどのような意味をもたらすかを論じたい<sup>1)</sup>。そして、上記の疑問に答えていきたい。

## なぜ今センサか：起きつつある3つの変化

現在、情報技術は大きな転換点にある。従来の情報技術が価値をもたらすモデルは、作業の自動化とそれによる省力化や時間短縮である。その基盤は、1911年にF.W. Taylorにより発表された「科学的管理法」に遡り、複雑に見える作業も、要素に分解すれば単純な工程の組合

せとなり、その多くは機械やコンピュータによって少ないコストで短時間に遂行できるという価値モデルである。

しかし、21世紀にはいり、「インスパイヤ」「人間」「イノベーション」等のキーワードに代表されるかたちで、省力化を超える経営高度化への期待が高まり、その模索が始まっている。これに応えるべく新しい情報技術においては、すでに起きつつある3つの変化が鍵となり、センサがこれまでにない大きな役割を果たす。

### ● 変化1：1cc コンピュータへ

第1の変化は、コンピュータの小型化がさらなる段階へ進むことである。これまで小型化を牽引してきたのはムーアの法則であり、今後も10年以上に渡り継続することは確実である。しかし、半導体と異なり、コンピュータの小型化の進展は連続的ではなく、むしろ10年ごとに100分の1の飛躍というかたちで現れ、単なるサイズの問題を超えて、社会へ提供する価値モデルを変え、新サービスを生み出してきた。たとえば、PC (Personal Computer) の登場は「誰でも」という価値を実現し、携帯電話の登場は「どこでも」という価値と多様なサービスを生み出した。

携帯電話は約100ccのコンピュータであるが、次の飛躍としてその100分の1の「1cc コンピュータ」が期待される。この時の新たな価値としては「意識しない」という価値が生まれる。これは1ccという大きさでは、従来の入力手段であるキーボードによるデータ入力が可能となるため、センサが自律的に情報を取り込むことが必然となるからである。すなわち、センサがコンピュータへの情報の入り口になる。

### ● 変化2：アップロード型へ

第2の変化は、「ダウンロード型」から「アップロード型」への変化である(図-1)。従来のインターネット

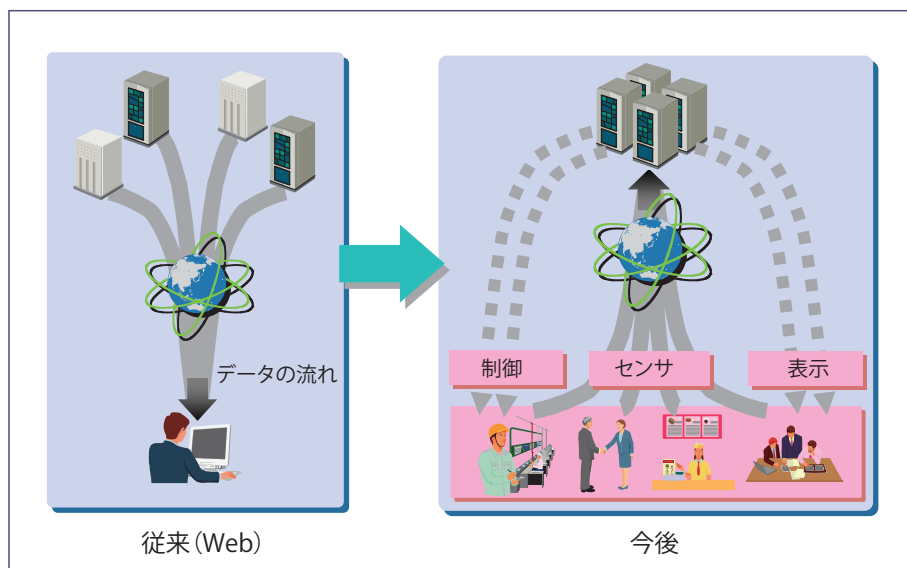


図-1  
情報システムのダウンロード型からアップロード型への転換

従来の Web のシステムでは、サーバから端末へのダウンロード方向のデータの流が支配的であったが、今後の情報システムでは、アップロード方向のデータが急速に増え、このアップロードデータが、情報経済の源泉となる。

では、サーバから端末へのダウンロード方向のデータの流が支配的であった。今後は、上記「1cc コンピュータ」としてのセンサノード（センサつきの小型無線端末）、RFID（Radio Frequency Identification）、カメラなどの入力手段の発展により、アップロード方向のデータが急速に増える。

注目すべき点は、現状のダウンロードが支配的な状況においても、少数派のアップロード情報がより大きな経済的価値を生んでいることである。たとえば、インターネットでは、検索サイトが大きな事業価値を持つようになっている。この理由は、世界中からアップロードされる検索キーワードの蓄積を活用して、広告サービスを行うビジネスモデルにある（総称して「サーチエコノミー」という呼び方がある。J. Battelle 著『The Search』参照）。検索事業は、むしろ検索キーワードをセンシングして、広告サービスを提供する事業と見なすことができる。

ここで、断片的な検索キーワードのアップロードが大きな経済的価値を生んでいることを拡大解釈すれば、上記センサ群からの大量センサデータのアップロードが生む事業価値の大きさは計り知れない。この意味で「サーチエコノミー」は、より大きな「センサエコノミー」<sup>1)</sup>の序章と位置付けられる。センサは、情報経済の価値の源泉となる。

### ● 変化3：知覚化へ

第3の変化は、「省力化から知覚化へ」と呼ぶ、「情報技術と人間との関係」の変化である<sup>1)</sup>。

P. F. Drucker は、『明日を支配するもの（上田惇生訳、1999）』の中で、「20世紀最大の偉業が、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」と述べている。20世紀の情報技術の価値モデルが、Taylor のモデル上での作業の自動化であったのに対し、21世紀の価値モデルは、知識労働の革新に移る。従来の情報技術により、人の作業は、分析・分解され、コンピュータに置き換えられた。コンピュータは「論理の申し子」であり、17世紀から、Descartes — Newton — Leibniz — Kant と続く「分析・論理に価値を置く世界観」を究極まで進めた存在であった。

しかし、論理の申し子たるコンピュータは、今後人間の作業を置き換えるのではなくむしろ知覚の価値を高める役割をしなければならない。なぜならば、知識労働においては部分の総和は全体ではない。すなわち、作業を分解して、コンピュータで置き換えることができない。論理を基盤とする IT と、知覚を基盤とする人間との関係は、20世紀には、論理が知覚を置き換える「対立型」であった。21世紀には「ITの論理と人間の知覚との融合型」に移らねばならない。「融合」型では IT と人間の両者は、相互補完を超えて、IT が人間の五感を地球規模で拡張するものとなる。

この「融合」の具体的特徴として、IT システムの中に、これまで現れることのなかった、人の「メンタルモデル」やそれに基づく「メンタルシミュレーション」が重要な要素として登場する（図-2）。IT システムの記述（UML 等）に「メンタルモデル」が現れないことから明らかなように、「融合」はこれまでは無視されてきた存在に光を当てる。「メンタルモデル」の重要性は、消防士から CEO までの幅広い業務の意思決定において認識され始めている（G. Klein 著『Power of Intuition』）。実は、「メンタルモデル」とセンサとの連携は一足先にライフサイエンス分野で重要性が認識されている。たとえば、体重計というセンサの新しい文脈での役割は、自らの生活行

# センサはWebを超える

省力化から知覚化へ

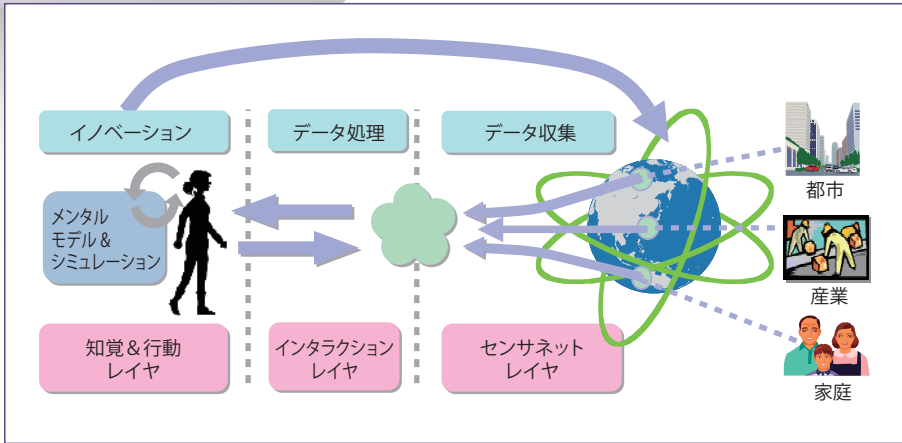


図-2 人間とITとの関係における、論理指向から知覚指向への転換

地球規模で業務や生活からセンシングされたデータは、データ処理を経て、人のメンタルモデルに影響を与える。この結果、人の行動が変化し、現場や生活を変える。このフィードバックループにより、センサデータの価値は飛躍的に増幅される。

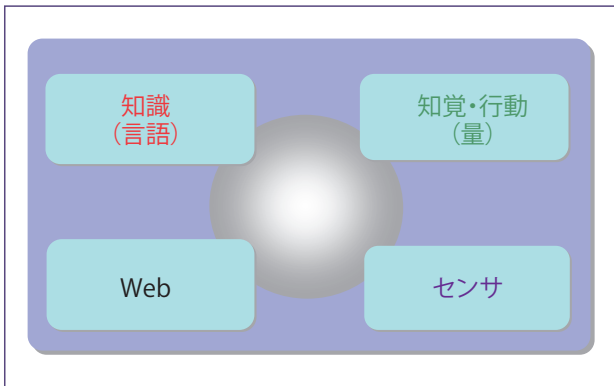


図-3 新たな情報革命へ

従来の情報技術に欠けていた「量による知覚・行動」の世界を加え、知と行を併せ持つ情報技術へ進化する。従来の情報は、「言語による知識」に偏っていた。

動と体重との関係の「メンタルモデル」を生み出し、その結果として行動を変えることである（後に詳述）。ITにおいても「地球規模の五感」としてセンサから得られる多様な「兆候」や「痕跡」と「メンタルモデル」が相互作用し、これにより人の行動が変わり、ひいては社会や組織の行動を変える。この変化はさらに、精神性、人間性の成熟、意識の変容とも結びついていく（P. Senge 著『Presence』）。このように、新しい文脈でのセンサは従来のセンサを遙かに超える重みを持つてくる。

## ● 新たな情報革命へ

以上3つの変化を合わせ、新たな情報技術革命の姿を提唱したい。ここ10年、Web技術により、世界中の知識の共有・活用が可能となった。これに、センサ、RFIDにより、実世界の情報が加わる。この期待については、たびたび論じられてきた。

ここで問題となるのが、センサデータの役立て方である。カメラからの映像情報は、目で見ればよい。しかし、加速度、赤外線、温度などのセンサデータは、どうすればよいか。最近では、センサ情報を組み合わせて、状況

を認識させる情報処理の研究が行われている。人が理解できる意味をつけて、知識化しようということである。

しかし、むしろ、上記のようにセンサデータは「知覚」の手段と捉えるべきであり（図-3）、安易に意味づけすべきではない。単純化すれば、「知識は言語」であるとするれば、「知覚は量」である。この両者の違いは「言葉」と「数値」という単なる表現上の違いを超える。「分析」を指向するのが知識であり言語である。これとは独立に、知覚は量により状況を「統合」する。多くの場合、知識と分析は「行動を抑制、統制」する役割を持ち、知覚と統合は「行動を牽引」する役割を持つ。このため、センサが捉える量の情報により、これまでのWebの世界でほとんどなかった知覚・行動的な側面が、大幅に強化されるのである。

脳の情報処理のアナロジーで考えても、知識処理と知覚処理は、相互補完的であり、人が普通の生活を行うには両者が必要である。今のWebは、「グローバルブレイン」などという比喻には似合わず、この半分を欠いたアンバランスな存在なのである。

こういう話をすると、「量」のままでは、人に理解できないので、役立たないのではないか、という疑問を持つ人がいる。そういう人は、すでに我々が1つの量に強く依存して生きていることを忘れていて、それは、お金である。量は役立たないどころか、言語情報に比べ、人に強い影響力を持つ。現状、お金だけを「量という影響の強い形態」で取り扱っているのが、世界のバランスを欠いているところなのである。

新時代のセンサは、これまで情報技術が定性的、あるいは論理的にしか扱えなかった、あらゆることを量に変換し、情報の影響力を高める。特に、人間や社会情報に関しては、従来、金銭のみが定量化されてきたが、今後、広大な人間社会の現象がセンサで定量化される。これがタイトルにある「Webを超える」原動力となるのである。最近の「Web 2.0」は、センサがもたらす不連続な変化



に比べれば、連続的な進歩である。

## センサネット： そのインパクトを増幅する3つのレベル

ここでは、前章で述べた新しい方向を実現するための最新技術の発展を紹介したい。

センサ自身の技術としては、MEMS技術等の半導体センサの進歩が基盤として重要である。最近の発展としては、構造物監視に向けた超低電力の半導体ひずみセンサ<sup>2)</sup>、小型装置での遺伝子解析への道を拓く半導体DNAセンサ<sup>3)</sup>、CMOS回路上にLSIプロセスで作成できる集積化MEMSセンサ<sup>4)</sup>、ゴルフのスイング解析など幅広い応用が拓ける piezo抵抗型の低電力3軸加速度センサ<sup>5)</sup>、健康管理や高齢者の見守りの応用が期待される赤外線を用いた腕時計型の脈拍センサ<sup>6)</sup>などが挙げられる。

これらセンサ技術は、センサ情報をITとつなげる広義の「センサネット」という形態で、重要性が飛躍的に高まる。特に、以下の3段階のレバレッジ（テコの作用）によりセンサの価値が増大する<sup>1)</sup>。

### ● レベル1：センサ×無線

現在技術開発が進んでいるのが、センサと無線技術の連携による、「どこでも」センサを設置可能にする技術である。特に従来、無線の到達距離は10mから100m程度であるが、バケツリレー式にデータを転送するマルチホップ・アドホックな無線ネットワーク技術により、この実効距離を数kmレベルまで伸ばすことが可能となり、従来接続しにくかった場所や移動する装置などにセンサを取り付けることが可能となった。最近では屋外での広範囲の無線ネットワークの長期間稼働実験も研究レベルでは行われている<sup>☆1</sup>

標準化の進展もこの動きを後押ししている。特に、IEEE802.15.4規格とこの上で2004年に制定されたZigBee規格は、センサを無線接続することを想定した初めての規格であり、通信速度は250kbpsと中庸に抑えつつ、低電力動作での電池駆動を想定している。さらには、インターネット標準のIP (Internet Protocol)での組み込み無線端末までの通信を可能にする技術も開発されている<sup>☆2</sup>。

さらに、今後に大きな期待が持たれているのが、UWB (Ultra-Wideband) 技術である。3～10GHzとい

う広帯域を用いるため、従来に比べて、雑音に強く切れにくいに加え、従来より一桁低電力で、かつ30cmの高精度の位置検出が可能である。YRPユビキタスネットワークワーキング研究所と日立製作所は共同で、世界初の低電力UWBの超小型1ccセンサノードを開発している<sup>☆3,7)</sup>。IEEE802.15.4aにおいて標準化議論や電波帯の解放に関する議論も行われている。

さらには、無線ネットワーク中でのセンサデータの情報処理に着目した研究が、大学を中心として行われている<sup>☆1</sup>。これに関しては、米国では、カリフォルニア大バークレー校のTinyOSが研究用として広く活用されている<sup>☆4</sup>。

### ● レベル2：センサ×電池

上記無線技術は「どこでもセンサ」への道を拓くものではあるが、電源の問題が残る。たとえば、人や移動する機器にセンサを付けるためには、電池動作が必要である。

ここで新たな課題は、電池寿命を伸ばすための低電力化である。また、端末のサイズは電池で決まるので、「どこでも」の条件となる小型化の観点からも、低電力化が必要となる。従来、携帯電話においても、低電力の無線や情報処理が追求されてきた。しかし、前章で述べた1cc級センサノードの小型サイズを考慮すると、さらに2桁から3桁の低電力技術が必要である。

携帯機器の低電力技術において、リーク電流削減回路など基本技術が開発されてきた<sup>8)</sup>。1ccコンピュータにおいても、これをベースに、スタンバイ電流1μA以下という世界最小電力のセンサノードが実現された<sup>6), 9)</sup>。これは従来100μA程度あった携帯電話のスタンバイ電流より2～3桁低い値である。このために「フローズン・スタンバイ」と呼ぶ、センサノードと基地局間の非対称な無線通信、センサ、CPU、電源、クロックを独自のシーケンズで制御する技術が開発された(図-4)。これにより、センサノード側での無線の待ち受け動作に電力を消費することなしに双方向通信を実現できる。この技術は、センサネットの基本技術として、今後広く使われていくであろう。

この超低電力技術を用いた世界初のレベル2センサネットシステム「日立 AirSense」は、数百ノード対応の大規模センサネットの管理ミドルウェア「AirSenseWare」を含めて、2006年9月製品出荷され<sup>☆5</sup>、ついにセンサネットの実使用が開始された(図-5)。今後衛生

☆1 たとえば <http://www.cse.wustl.edu/~lu/ipsn07.html>

☆2 <http://www.sdl.hitachi.co.jp/japanese/people/sakura/>

☆3 <http://www.ubin.jp/press/pdf/UNL060704-01.pdf>

☆4 <http://www.tinyos.net/>

☆5 <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2006/07/0718.html>

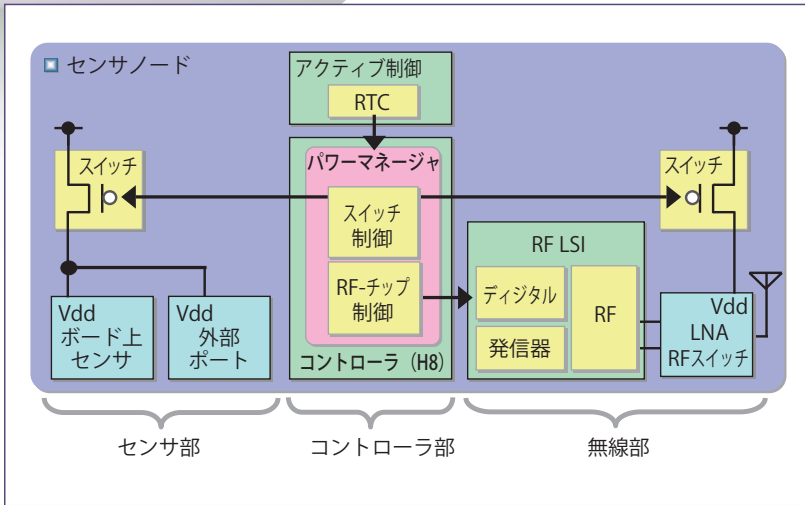


図-4 世界最長の電池寿命を実現した  
フローズン・スタンバイ技術

日立のセンサノードでは、センサ部や無線部のスイッチ制御と無線動作シーケンスを制御して、1  $\mu$  A以下の超低電力動作を実現した。

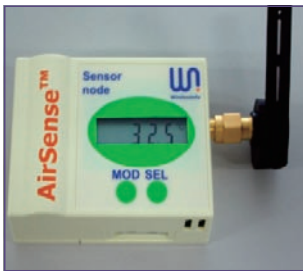


図-5 本格的な実用化が始まった  
センサネット「日立 AirSense」

工場などの環境管理などの幅広い適用が始まったセンサネットの製品。アドホック、マルチホップで無線通信を行いつつ、かつ電池駆動が可能。大量のノードの管理ミドルウェアとともに実用化が始まった。

管理などの幅広い応用が広がるであろう<sup>☆6</sup>。

また、センサノードのコンピュータリソースが従来の組み込みシステムよりも小さいことに着目した、新しい組み込みプラットフォームの研究が東京大学坂村教授を中心に行われており、組み込み OS とソフトの標準化団体 T-Engine フォーラムから、「ピコ T-Engine」と呼ばれるプラットフォームが提案されている<sup>☆7</sup>。

### ● レベル3：センサ×人間（組織）

現状のセンサネットの研究開発は、上記レベル1が大多数であり、レベル2では「日立 AirSense」により大規模実用化の道が拓かれた。しかし、センサの価値が破壊的に大きくなるのは、次のレベル3である。

センサは、従来見えていない未知のものを見えるようにすることで価値を生む。21世紀に残された最大の未知の対象は人間であり、その集合である組織である。これを見えるようにするのが、レベル3である。人間を扱うので、純粋に技術の領域を超えて、人間や組織の科学が必要になる。

新たなセンサの登場が、複雑系の発展に、いかにインパクトのある事件であるかを示す例として、「カンブリア紀」の大進化が挙げられる。5億4300年前からわずか500万年の間にそれまでクラゲやカイメンしかいなかった世界が、三葉虫など多種多様な生物に満ちた地球に突如変わった。これには「眼の誕生」が重要な役割を果たしていたという説が有力視されている（A. Parker 著『In the Blink of an Eye』）。レベル3のセンサネットは、センサという地球規模の眼が新たに登場することにより、人や組織に「カンブリア紀」をもたらすことが期待される。

人については、自らを含めて、よく分かっていると思うかもしれない。そんなことはない。自分が何に時間を使っているかですら、よく分かっていない。知識労働者の生産性をあげるための鍵が、最大の制約条件たる「汝の時間を知る」ことであるといわれている。元々、人は機械とは違う。全体を部分の集合として分析・理解することはできない生命体である。組織についてはなおさらである。人は一人一人違う。多様な人と人との関係が、組織という生命体をさらに複雑にする。

センサは、この複雑系たる人の行動や相互作用を見えるようにする。特に、人に装着することに特化したレベル3のセンサネット技術は、小型で付けていることを人に意識させない。これにより、従来不可能だった生活や業務の24時間×365日のセンシングを可能とする。このようなシステムの最先端として「ライフ顕微鏡」と呼ぶシステムが提案されている<sup>6)</sup>（図-6、7）。これは、腕時計型のセンサノードとPCに接続された基地局とが無線通信するシステムであり、図-7のようなデータを常にとり続ける。縦軸の活動度とは、加速度センサの波形から、1分間あたりのゼロクロス回数を求めたもので、人の動きの活発さの指標となっている。このようなセンサ情報を社会分析に活用する研究はMIT・日立などが

☆6 <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2006/06/0629.html>  
 ☆7 <http://www.t-engine.org/>



サイズ 6×4×1.5cm  
 重量 50g 電池含む  
 電池 15時間 内蔵電池  
 4日 外付け電池  
 (\*2分ごとにセンシング)  
 無線 IEEE802.15.4 距離30m  
 センサ 脈波形, 加速度, 温度

図-6 腕時計型の「ライフ顕微鏡」システム

PCに接続された基地局との無線通信によりデータを転送する。

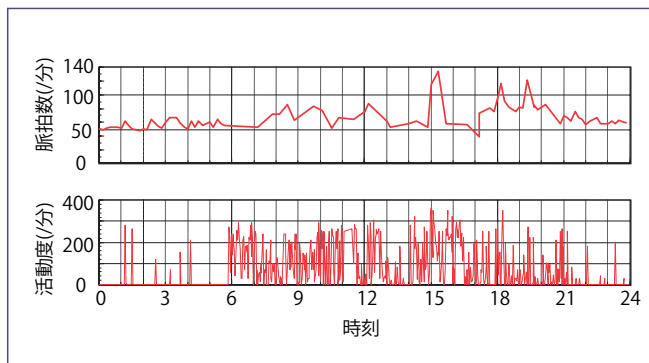


図-7 ライフ顕微鏡による1日の脈拍および活動度データ

活動度とは、加速度波形において、1分当たりのゼロクロス回数である。

中心となり活性化しつつある<sup>1)</sup>。☆<sup>8</sup>。

## 新しいセンサの意味「センサ=時間=鏡」

前記した「ライフ顕微鏡」を長期装着して、センサの新しい意味について問い直してみた。

この「ライフ顕微鏡」、すなわちセンサネットを使った連続測定結果は、これまで「見たことのない像」を見せてくれる(図-8、このデータは、筆者が被験者となり3カ月に渡り連続装着評価を行ったものである)。約3カ月の人生を1つの図に見るといえるのは、その間を生きた当事者にとっても新鮮な印象である。ちょうど、自分が住み慣れた土地であっても、あらためて衛星写真で見るとなんとともいえない新鮮な印象を受けるのに似ている。さしずめ「上空1万キロから見た人生」の眺めに喩えられる。

我々は、時間軸を連続的に捉えているのではなく、イベントごとに断続的なかたちで記憶している。このため、時間軸を埋め尽くしたセンサの像には驚きがある(センサのこの特徴を「センサ=時間」と表現したい)。まず、睡眠中は活動度がゼロとなるので、一目で分かる。寝返りをうっていることも見える。これを見て感じたのが「なんと不規則な生活をしているのだろう」である。特に、夜中に起きていることがここまで多いのは、意外である。レベル3のセンサは自分を再発見させてくれる。

面白いのは、当事者である私には、他人には見えない波形の意味が見えることである。ゴルフで歩き回ったこと(3/25)、翌日は朝早く子供を旅行に送り出したもののゴルフの疲れで二度寝していること(3/26午前)、締め切りに追われて夜中にパワーポイントで資料を作っていたこと(4/5の早朝)、なんとか締め切りに間に合っ

てほっとしていたところに山形から突然父の訃報が来て、気持ちの整理がつかず長風呂に入っているところ(4/5夕方)、お通夜、密葬と続く中で、疲れて読経の間寝てしまっていること(4/7午前)、ゴールデンウィークは遅寝遅起きで夜に読書したこと(4/28~5/7)、6月前半は海外出張で時間のずれた生活をしていること(6/5~19)、この間、学会出席のため座っている時間が長いこと、などあげればきりが無い。

このように、レベル3のセンサのデータは、ユーザの多面的な状況の痕跡や兆候を含んだものであり、その文脈や真の意味を理解しているユーザ本人に大きな価値をもたらす。これらの痕跡や兆候は、背景となる経緯や文脈によってエンコードされた情報であり、これらをデコードするための情報は、ユーザ本人の頭にあるからである。ここで鍵になっているのが、センサデータと人の知覚、思考の連携である。

この連携をさらに深めると、振り返ることを超えて、「見える」ことが人の「メンタルモデル」を変え、これにより人の行動を変える。単純に行動の変更を指示するのに比べると、一見回り道をしているように感じるかもしれない。しかし、これがレベル3の価値創生モデルであり、価値は遙かに高い。

特に、21世紀の最大の課題ともいえるべき、知識労働者の組織においては、Druckerが「ゲリラ戦では、すべての人がエグゼクティブである(『Effective Executive』)」と表現しているように、すべての人が自律的な意思決定者とならなければならない。このために、センサは周りで起きていることを知覚する手段であると同時に、自らを省みる「鏡」となる。すなわち「センサ=鏡」である。私は、その日のデータをPC上で時々見ながら生活しているが、人生の日々の新しいページ上に、私の行動が波形データに変換され、描かれていくのを感じる。限りある、そして二度とない人生の時間に思いをはせ、その日の行動を顧みるきっかけとなっている。

☆<sup>8</sup> <http://web.media.mit.edu/~sandy/Sensible-Organization.pdf>



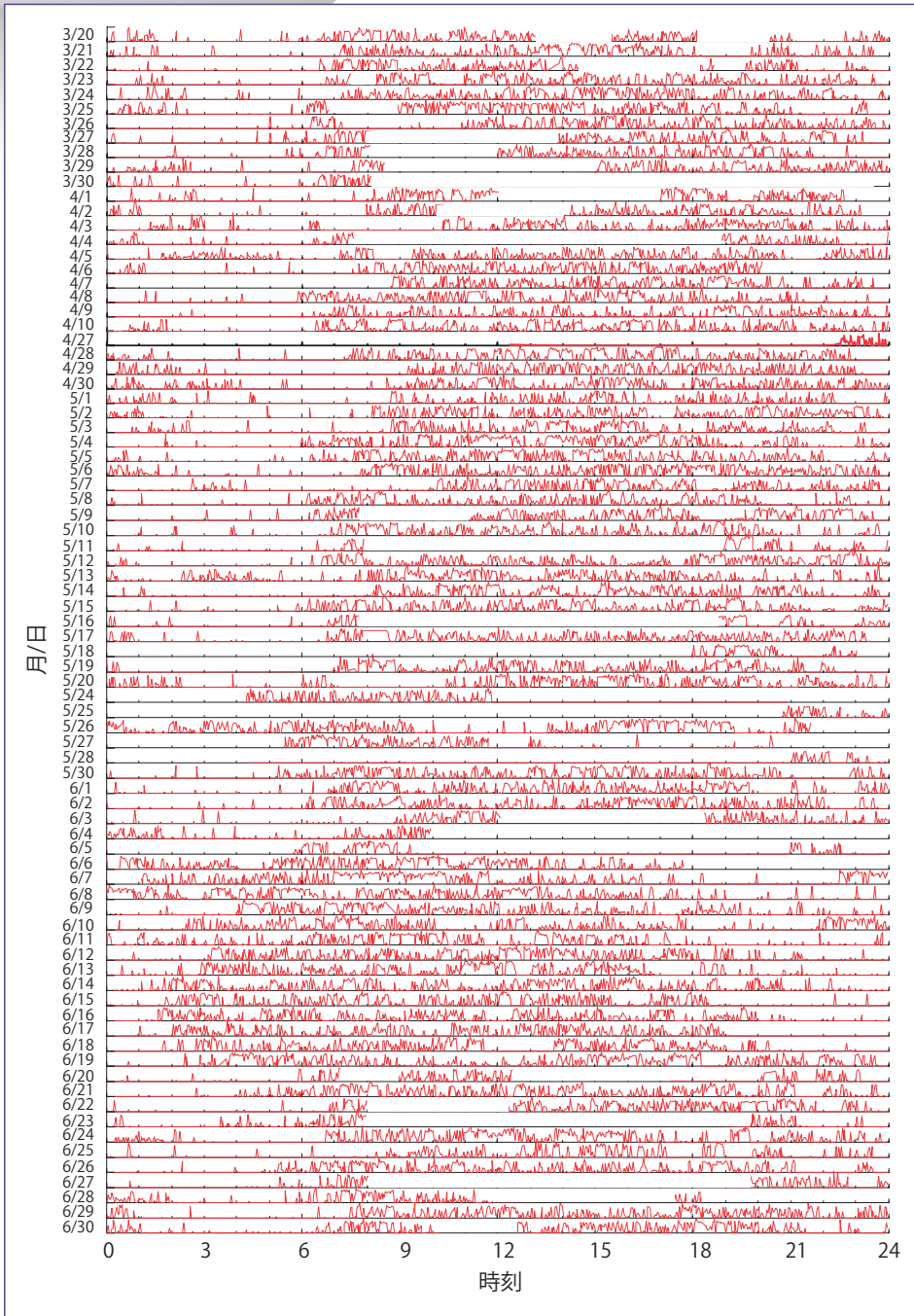


図-8 「ライフ顕微鏡」による約3カ月の活動度データ

「上空1万キロから見た人生」に喩えられる、3月20日から6月30日までの筆者の連続装着データ。途中一部データが抜けている部分は、機器のメンテナンス等のためである。

このように、レベル3「センサ×人間」とは、テクノロジーが到達した「地球規模の五感力」と「人間の知覚と行動」とを融合して、価値を自律的に増大させるプロセスであり、従来のITの枠組みを超えた価値を社会にもたらすと期待される。次章では、これを事例で深めたい。

## センサによる知覚化の実例： 「成長と向上」の価値へ

今後の情報技術の大きな変化として「省力化から知覚化」を提唱した。ここでは具体的な「知覚化」の実例を通して、情報技術がもたらす新たな価値として「成長と

向上」を提唱したい。

### ● 実例1：体重の知覚化

成人病予防やダイエットという観点から体重測定があらためて見直されている。以下では、体重測定を活用したダイエット法の経験から、体重計というセンサがもたらす知覚化と新たな情報革命への意味を明らかにしたい。

私が行ったのは、まず50g精度の高精度の体重計を買うことである。エー&デイ社の「50gデイリィダイエット」のセットを買った。これは、体重計に加えて、記録シートがついてくる。毎日、朝起きた後と夜寝る前に体重を測定し、上記のシートのグラフに記入する(図-9)。

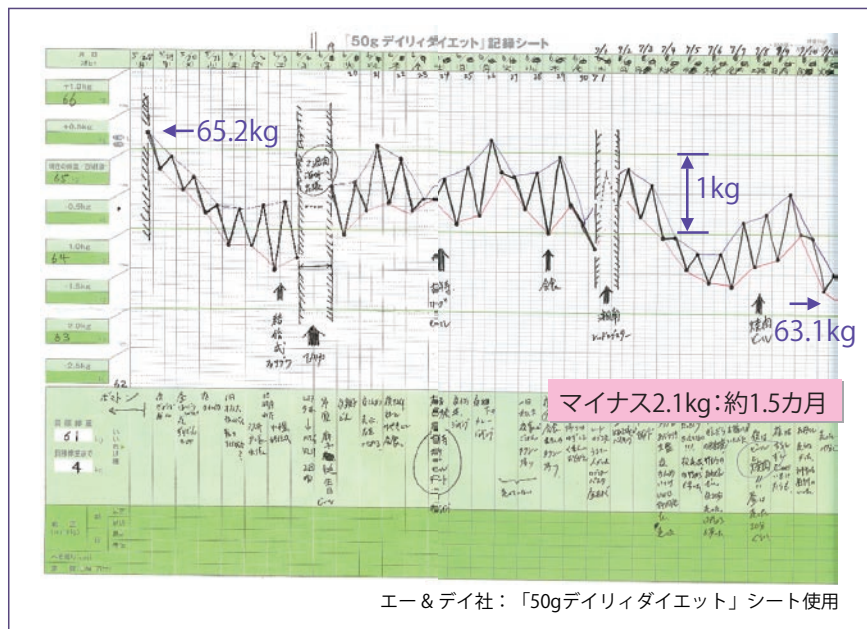


図-9 体重の記録シート

朝起きた後と夜寝る前に測定した体重。日に2回の手書きという行為が、体重の増減を覚させる。(株)エー&デイ社「50g デイリィダイエット」シートを使用した。

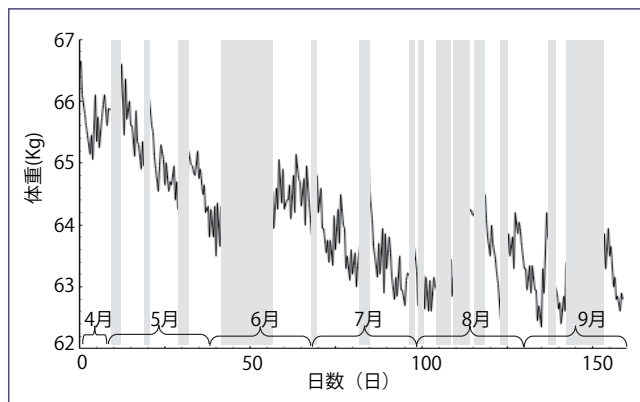


図-10 体重トレンド

長期間に渡る体重の測定結果。ハッチング部分は、出張や旅行で自宅を離れていた日。約半年で4kg程度の体重減を実現した。多様なゆらぎは、人生の豊かさと統制との緊張関係を表している。

同時に「いいわけ欄」があるので、その日のコメントを記入する。50g という精度が重要である。この精度があると、水を一口飲んでも、トイレにいった結果にも出る。これにより、行動と体重という結果の因果関係が、これまで以上に知覚される。

ここで重要なのは、メンタルモデルである。行為と結果の日々のフィードバックにより、新たなメンタルモデルが形成されていく。結果として「もう一杯飲もうか」という日常の意思決定をくだす時にシミュレーション結果が浮かぶようになる。これが行動を変え、結果として体重を下げていく。さらに効果的にしているのが、脳内モルヒネである。体重が右下がりになり低下するさまをみると脳内モルヒネが出るため、さらに下げる意欲が高まるといわれている。

私の場合は結果として、5カ月で4kg程度減少した。

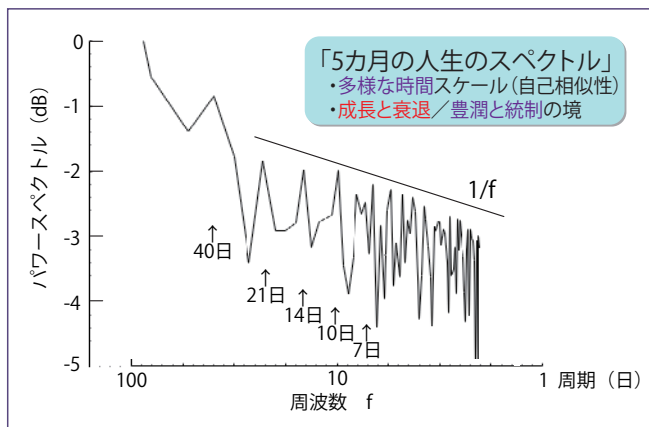


図-11 体重フーリエ変換

40日、21日、14日、10日、7日に見られるピークは、今年の生活の隠れた特徴を表している。

特に食事制限するようなことはしていない。センサによる知覚化のインパクトの実例を示している。

ここでさらに、継続的にセンサで計測・記録することのもう1つの力を紹介したい。私の例で示すように、体重は大きく上下変動している(図-10)。この特徴を浮き立たせるため、この時系列をフーリエ変換して、パワースペクトルを求めてみた(図-11)。40日、21日、14日、7日のあたりに鋭いピークが現れた。これを見て初めて気づいたことだが、40日周期は海外出張の周期と一致し、21日、14日周期は、海辺のセカンドハウスに週末に行く周期である。今年の私の人生の隠れた特徴がよく現れている。

さらには、スペクトルはほぼ1/fのゆらぎを示している。1/fのゆらぎは、「成長と衰退の境目に生じる」(高安秀樹、高安美佐子著『経済・情報・生命の臨界ゆらぎ』)



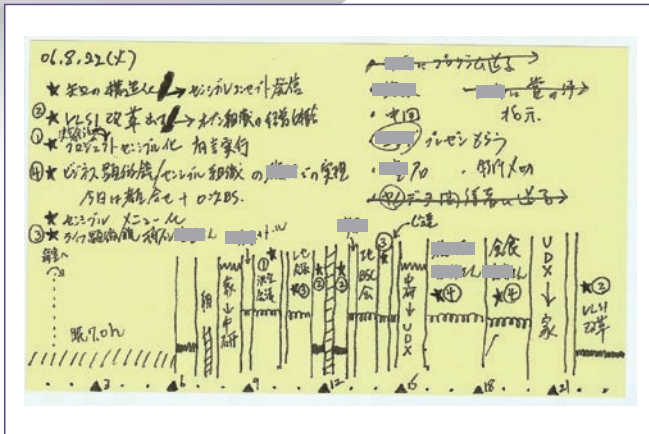


図-12 「時省簿」の例

一日一葉で、何に時間を使ったかを記録する。ToDo リストとして行動の指針となるとともに、振り返って時間の質に対する知覚を高める。  
★印は「先手で仕掛ける仕事」を表す。

といわれるが、この体重の文脈でいえば、人生の豊かさと統制の緊張関係を表している。ダイエットでは、下がった体重が増加することを「リバウンド」と否定的に捉えることが多い。しかし、体重上昇の事例を見ると、部下の結婚披露宴への主賓としての参列、家族で海のそばで相模湾の鮮魚を味わったこと、親友を自宅に招いて、妻の手料理とワインで夜遅くまで語り合ったことなど、人生の豊かさではあっても、否定的な要素はない。すなわち、人生の豊かさと結びついているのが体重の増加であり、人生の統制と結びついているのが体重の減少である。この2つが互いに拮抗し合って、ゆらぎとなって私の人生を形作っているのである。

このように、従来は、限られた機会に、断片的に計測されてきた量を、新たに継続的により高密度に計測・記録することにより、スペクトル分析のような強力な分析手段を活用でき、これまでにない洞察を得るのである。

これは「変化3:知覚化へ」で論じた、センサによる「量の情報技術」の一例である。この「量の情報処理」を「何を当たり前なことを」という印象を持った人もいないかもしれない。コンピューティングとは、元来、数値や量の計算のことを指していたからである。しかし、これまで、量や計算の対象となってきたのは、世の中で経験する事象のほんの一部である。科学・工学の対象か、金銭の関係に限られてきた。小林秀雄は、このような科学技術の偏狭さを「人間の広大な経験の領域を計量できる経験に絞った。科学は、そういう非常に狭い道をつけた」と批判した(1974年講演『信ずることと考えること』)。新たな時代の「センサ×人間」は、従来、科学や計算の対象から外れた「広大な経験」の世界を情報技術の対象とするとともに、すでに科学技術で蓄積された強力な分析

手段の活用を可能とする。

## ● 実例2：時間の知覚化

次の知覚化の具体例が時間である。時間は見えない。断片的なイベントとして記憶されているだけである。センサは、この時間を、空間に変換して表示する装置である。これにより時間の知覚能力を与えてくれる。McLuhanは『グーテンベルグの銀河系』において、「テクノロジーは、人の道具ではなく、人の一部である」と指摘し、特に、新技術の登場が人の五感のバランスを変えて、文化の変容の原動力となってきたと指摘した。この観点で、時間を知覚する装置としてセンサを使うと、人にどんな影響があるか、体感を試みた。

具体的には「ライフ顕微鏡」を活用して、私が「時省簿」と呼ぶものの記録を始めた。家計簿が金銭の出入りを記録するのに対し、「時省簿」は時間の使い方を記録するものである。参考にしたのは、Druckerの時間管理である。「計画を立てよ」といわれる場合が多いが、Druckerによればそれは間違っているという。まず何に時間を使っているかを知ることから始め、そこから無駄を取り除き、最も重要なことに時間を使うことを説く。

これを実現するため、当初、PCで時間の使い方を記録しようと試みた。テキストエディタのタイムスタンプ機能を使えば、記録は簡単かと思われた。しかしこれは現実的ではなかった。まず、PCの前にはいないことが多い。さらに、PCの前にいるときでも、仕事の切れ目がはっきりしていないことが多い。したがって振り返って書かざるをえない。結局タイムスタンプは使えない。振り返ると、いつ何をしていたかを思い出せない。

代わりに考えたのが、「ライフ顕微鏡」の活動度グラフを活用することである。PCに表示されているグラフ(図-7)にそそえて、画面にポストイットを貼って、活動を記録するのである(図-12, 13)。ポストイットの下の部分に時刻の目盛りを書き、線を上に引いて、活動を記録する。これだと時刻を書く必要がない。センサによる波形があると、多少時間がたっても思い出せるので、活動の記録が可能となる。

さらに、この「時省簿」は、ToDo リストを兼ねるようにした。これにより、リストの項目を行ったときには、項目に番号を付けて、該当する時間のところと同じ番号を書くだけでよいので効率的だ。この方法では、席を離れるときも、ポストイットを剥がして、手帳に張って持ちこべるし、記入も早いので、現実的な手間で記録することができる。すでに私は4カ月以上続けている(図-12)。

さらに、これに時間の使い方の質を改善する工夫を加えた。時間の質の向上については、多くの方法が提唱さ

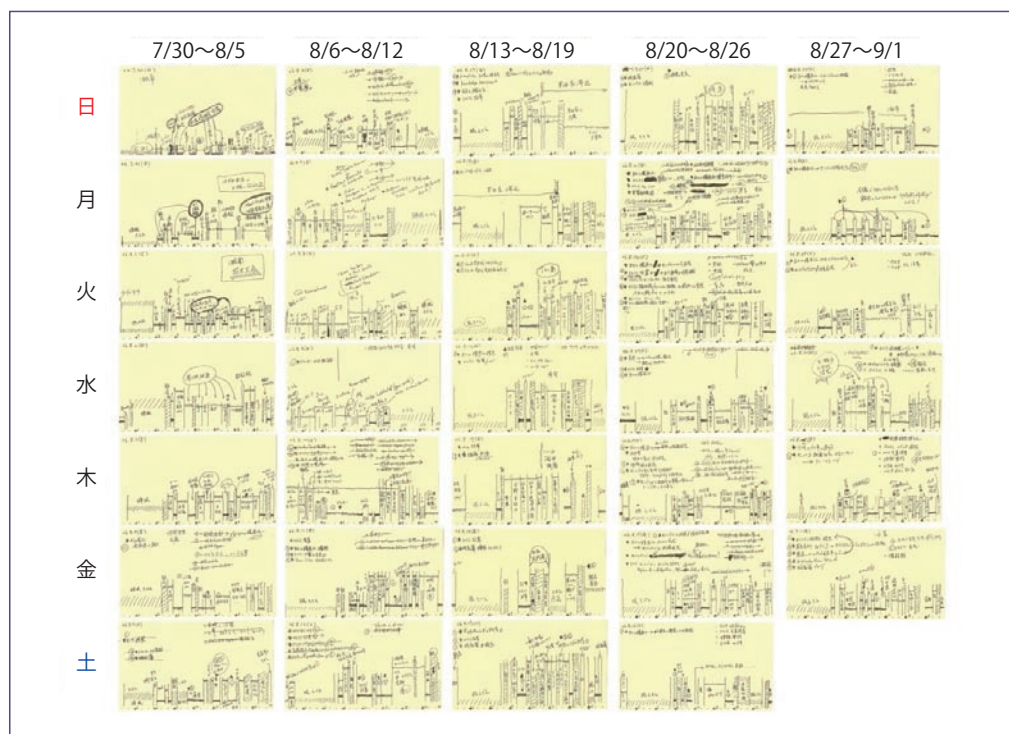


図-13 約1カ月分の「時省簿」

れている。『7つの週間』のCoveyは「緊急でないが重要なこと」に時間を使えという。幸田露伴は『努力論』の中で「直接の努力」に対する「間接の努力」の量を見直すことを勧める。

これらと共通点はあるが、私がじっくりくる表現は「先手で仕掛ける仕事に時間を使え」である。仕事は受け身で「こなしていく」というマインドで行うのと、「自ら仕掛ける」意気込みで進めるのでは、結果がまったく違う。毎日は、目の前のやらなければいけないことだけでも十分忙しい。しかし、仕掛けなければ未来はない。さらに私が心がけているのは、人から頼まれたこと、こなさなければいけないこと、を機会と捉えて「先手で仕掛ける仕事にする」ことである。知識労働では、仕事を依頼する側も目的を明確に描いていないことが多い。これを逆手にとって、こんな意味づけで進めてみよう、こんな工夫を入れて進めましょうと仕掛けていくのである。「時省簿」においては、このような「先手で仕掛ける仕事」は、★印で区別している。

これに加え、この「先手で仕掛ける仕事」に使った時間(★印の総時間)を毎日累積グラフにプロットすることにした(図-14)。これは上記ダイエットの成功を参考に、時間の使い方の知覚化効果を狙ったものである。点線で引いてあるのが、目安として引いた1日2時間の線である。当初なかなかこの1日2時間の目安を超えることができない状況が続いた。しかし、1カ月を過ぎる頃から、フィードバックが効いてきて、累積グラフの傾きが急峻になっていった。時間の質が向上したのは実感

として明らかである。これは「先手で仕掛ける仕事」を常時知覚するようになったからである。体重の知覚と合わせて、従来が五感だったとすれば、七感をもって生活している感じだ。なお、これに伴い副産物ではあるが、「時省簿」により、「漢字や人名を思い出す力」が格段に向上した。

「センサ×人間」の技術が可能にした「時間の知覚化」は、私の人生の手応えを変えた。従来のITが、「省力化」や「便利さ」を競っていたのとはまったく違う価値である。「成長や向上」こそ、人生最大の報酬である。まとまった成果は他人にも見えるのに対し、日々の成長は本人だけが知るものである。「もやもやしていたことが、次第に姿が見えるようになった」という日々の繰り返しが結果を決め、この進歩の手応えは本人だけが知る。センサによる新たな知覚は、これを牽引する。日々の成長を繰り返せば、人の能力は限りなく高まる。これが人と機械との最大の違いである。テーラーに端を発する機械のように人を効率化、省力化した20世紀型の情報技術を超える、21世紀の知覚化の情報技術の突破口がここにある。小林秀雄は『モオツァルト』において「天才は寧ろ努力を発明する」と、日々の「努力の発明」が天才を創ることを強調した。知識労働の生産性を上げるということは、極論すれば「普通の人が天才の仕事ができるようにする」ことである。ここで紹介した日々の成長がその第一歩である。

20世紀の情報技術は、偉大な成果を上げた一方で、負の側面ももたらした。私はここ10年ネット接続され



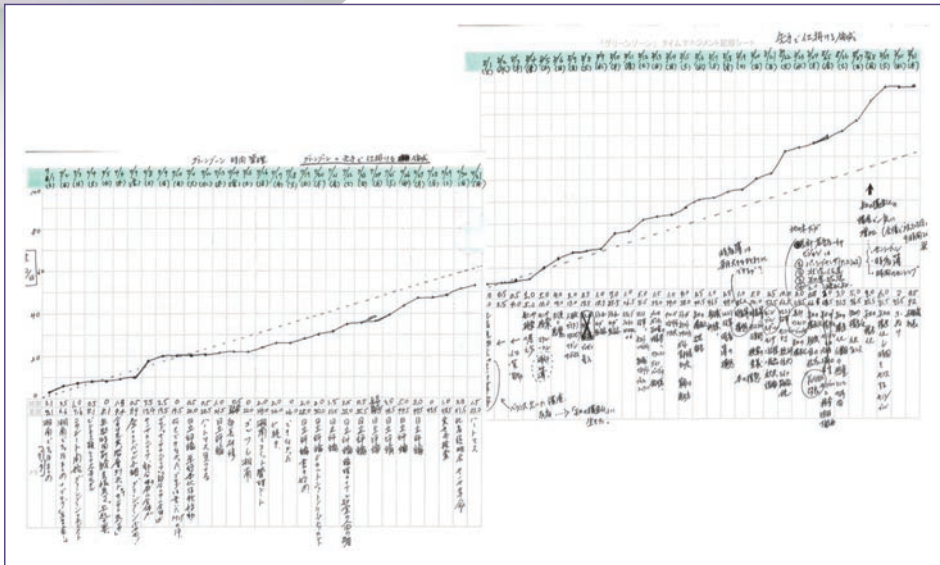


図-14 先手で仕掛ける仕事

「先手で仕掛ける仕事」に当てた時間（「時省簿」での★印の時間の合計）を、累積で夜寝る前にプロットする。点線は、目安として引いた1日2時間の線。1カ月を過ぎる頃から、知覚化の効果により「先手で仕掛ける仕事」の時間が増加した。

た携帯電話の実現にかかわってきた。しかし、一人の高校生の親として、我が子が常時メールにインタラプトされているさまを見るたびに、自ら心血を注いできた情報技術のもたらしたものに違和感を覚える。この状況を超えるには、今後の情報技術は、「成長と向上」の価値を中心として再構築が必要であり、新しいセンサの技術は、これを可能とするものである。

## おわりに

センサが、従来の枠を超えて、情報化社会を破壊的に変える役割を担うことを述べてきた。まだ端緒についてところだが、センサが真価を発揮するための環境は急速に発展しており、特に「センサ×人間」という形態で、人間・組織の知覚や成長と強く融合したかたちで21世紀の課題を解決するキー技術となっていくであろう。

**謝辞** 議論していただいた、日立グループのセンサネット関係者の方々に深く感謝します。特に、センサネットの価値に関しては鈴木氏、禰寝氏、花谷氏、小高氏、また、「ライフ顕微鏡」に関しては山下氏、愛木氏、田中氏、伴氏、栗山氏、森脇氏、荒氏に有益なご議論、ご支援をいただきました。MITメディアラボのPentland教授、Paradiso教授には、センサの人間社会分析への活用に関してご議論いただきました。また本稿の草稿は、日立のイントラブログにおいて掲載され、山崎氏他多数の方々にコメントをいただきました。この場を借りて心から感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 矢野和男：「センサとは何か」ウェブを超えるそのインパクト，日立評論，Vol.88, No.09, pp.762-763 (2006), [http://www.hitachihyoron.com/2006/09/pdf/09\\_Professional.pdf](http://www.hitachihyoron.com/2006/09/pdf/09_Professional.pdf)
- 2) 澁川，太田：機械学会講演論文集，No.04-1, pp.247-248 (2004).
- 3) Yazawa, Y. et al. : A Wireless BioSensing Chip for DNA Detection, International Solid-State Circuits Conference, pp.562-563 (Feb. 2005).
- 4) Fujimori, T. et al. : Fully CMOS Compatible On-LSI Capacitive Pressure Sensor Fabricated Using Standard Back-End-of-Line Processes : The 13th International Conference on Solid State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers '05) Digest of Technical Papers, Vol.1, p.37 (2005).
- 5) 仰木他：ピエゾ抵抗型3軸加速度センサを用いたゴルフスイング技能評価システムの開発，日立金属技法，Vol.20, pp.45-50 (2004).
- 6) Yamashita, S. et al. : A 15x15 mm, 1  $\mu$  A, Reliable Sensor-Net Module : Enabling Application-Specific Nodes, The 5th International Conference on Information Processing in Sensor Networks, pp.383-390 (Apr. 2006).
- 7) Norimatsu, T. et al. : Novel UWB Impulse-radio Transmitter with All-digittally-controlled Pulse Generator, Proc. 31st European Solid-State Circuits Conference, pp.267-270 (Sep. 2005).
- 8) Itoh, K. et al. : Trends in Low-power RAM Circuit Technologies, Digest of Technical Papers. IEEE Symposium on Low Power Electronics, pp.84-87 (Oct. 1994).
- 9) Suzuki, K. : Ubiquitous Services and Networking : Monitoring the real-world, Symp. on Applications and the Internet (SAINT2004), p.11 (Jan. 2004).

(平成18年12月30日受付)

矢野和男  
kazuo.yano.bb@hitachi.com

1984年日立製作所中央研究所入所。以来、低電力回路、単一電子メモリ、高速マイクロプロセッサの研究開発を経て、センサネットの研究開発に従事。現在、中央研究所主管研究長と基礎研究所人間情報システムラボ長を兼任。IEEE Fellow。電子情報通信学会、応用物理学会各会員。工学博士。