

**Professional Report**

# 「人間×センサ」 センサ情報が変える人・組織・社会

Human × Sensor : How Sensor Information will Change Human, Organization, and Society

矢野 和男 Kazuo Yano 栗山 裕之 Hiroyuki Kuriyama

20世紀の省力化モデルを超えて、21世紀の価値創生モデルとして、人の潜在力を最大に活用する「人間×センサ」を提唱する。人に常時装着し、生活や企業活動のあらゆる活動を跡(のこ)す「ライフ顕微鏡」、「ビジネス顕微鏡」により、新しい生き方・働き方が生まれる。これから、分析を超えた暗黙知、過去から未来を知る気づき、個が全体感を持つ組織が実現する。一見ゴミのような信号Sigletを通して、実世界の価値uVALUEを創生する新しい情報技術は、人・組織・社会の進化を牽引していくであろう。

矢野 和男  
1984年日立製作所入社  
中央研究所 所属  
現在、センサ情報を活用した人間情報技術の研究に従事  
電子情報通信学会、応用物理学会会員  
IEEE Fellow  
工学博士



栗山 裕之  
1990年日立製作所入社  
中央研究所 センサネット戦略プロジェクト 所属  
現在、センサノードを用いたヘルスケア応用などのデータ分析技術開発に従事



## 1 21世紀の価値創生モデル: 省力化から知覚化へ

20世紀は、前半は機械、後半はエレクトロニクス・情報技術が、人類の発展を牽(けん)引した時代であった。この中で、製造業の生産性は50倍となり、生活水準も飛躍的に向上した。この指導原理になったのが、1911年にF.W.テイラーが提唱した「科学的管理法」である<sup>1)</sup>。これは、仕事を要素に分解し、不要なものを省いたり、機械やコンピュータで人の作業を置き換えることにより、生産性が向上するという考え方である。ひと言で言えば「省力化」である。企業のIT化においても、長くこれを前提としており、われわれの思考方法に深く染みこんでいる。

ところが、時代はこの考え方の再考を促している。先進国では「知識労働者」が7割を超える<sup>2)</sup>。例えば病院の看護師、デパートの店員、自動車の修理技師、幅広いオフィスワーカーである。この多数派となった知識労働は、絡み合った仕事を要素に分解するのが困難であり、

上記のモデルは壁に当たっている。社会・企業の拡大再生産のために、新たな生産性向上モデルが必要である。

ここで登場するのが、本稿のタイトルの「人間×センサ」という考え方である<sup>3)</sup>。「人の仕事を分解し機械で置き換える」という発想から、「人の能力を増倍させる」ことを指向する。それを可能にするのが、センサからの情報である。センサ情報は、人の五感を拡張し、人の能力や行動を向上させる。人を置き換えるのではなく、人の潜在力を最大限に活用する。

センサ情報が価値を持つのは、「知覚化」をもたらすからである。人は「行動を変えなさい」と言われて、それに従うほど単純ではない。変えるべき世界の変化を、みずから知覚して初めて、行動が変わる。これをわれわれは「知覚化」と呼んでいる。センサによる拡張された五感とは、この知覚化を実現する鍵であり、これが21世紀の価値創生モデルと考える。

このセンサ情報を起点とした考え方は、従来の「省力化」を中心とした価値モデル、「言語情報」を中心とした

技術体系とは大きく異なっている<sup>3)</sup>。本稿では具体事例を交え、この「人間×センサ」のビジョンを提唱する。

## 2 ライフ・ビジネス顕微鏡

システムにおいて、情報の入り口はこれまでもセンサであった。新たな展開は、センサ信号を無線通信でき、電池駆動可能な超小型コンピュータの出現である。携帯電話が100 cc級のサイズであるのに対し、さらに二桁小さい1 cc級の超小型のものが実現されつつある<sup>4), 5), 6)</sup>。すなわち1 ccコンピュータの時代が到来したのである。これには、日立グループが長年培ってきた超低電力の基本技術<sup>7)</sup>、例えば「フローズンスタンプ技術」がキー技術となっている<sup>4)</sup>。

超小型サイズは、コンピュータの役割を根底から変える。最大の意義は、人に常時装着できることである。われわれは、3.4 cc〔15×15×15 (mm)〕の超小型、マイクロアンペアの超低電力コンピュータ技術を用い、腕時計型のセンサノードを開発した。これを用いると加速度、脈拍、温度の信号を24時間サーバに蓄積することができる。この信号処理により、生活のあらゆる活動を可視化する<sup>4)</sup>。このシステムを「ライフ顕微鏡」と呼んでいる(図1参照)。

人の生体信号の活用を重視した「ライフ顕微鏡」に対し、人と人との間の相互作用信号の活用を重視したのが「ビジネス顕微鏡」である。組織の業務のあらゆる痕跡を



図1 「ライフ顕微鏡」のリストバンド型センサノード  
PCに接続された基地局と無線通信によりデータを転送する。



図2 「ビジネス顕微鏡」の名札型センサノード  
PCに接続された基地局と無線通信によりデータを転送する。自席に置かれたクレードルで充電する。

跡(のこ)し、活用することができる。名札の形状をしており、赤外線を送受信により、人の対面を検知し、マイクにより、音声や環境音を取得する(図2参照)。

以下、人に密着するこの新しいセンサの意義について述べる。

## 3 「総てを跡す」の力

上記「ライフ・ビジネス顕微鏡」の登場は、生活およびビジネスの「総てを跡す」という新しい生き方・働き方をもたらす。これは、大容量記憶付きの音楽プレーヤの登場が、「総ての音楽を持ち運ぶ」という新しい音楽の聴き方をもたらしたことを思い起こさせる。音楽プレーヤの場合にもそうであったように、ライフ・ビジネスの「総てを跡す」についても、実生活、実業務で使う中から真の価値が見え、共感者が増えると考えられる。われわれは、実際の生活、業務でこれを徹底活用し、その真価を明確にしてきた。三つの観点からその力を以下に論じる。

### 3.1 「総てを跡す」は分析を超える：ライフ・タペストリー

著者は、ライフ顕微鏡を一年以上にわたり装着し、活用してきた<sup>3)</sup>。24時間×1年である(図3参照)。測定量自体(3軸加速度、脈拍、温度)を単発でみれば、特に目新しさはない。しかし、新たに可能になった24時間継続的な時系列信号には、単発の測定にはない豊かな意味が含まれている。

まず、動き(加速度)の周波数成分を色にマッピングして表示すると、人生が色模様として表現される。日々の活動が、色のパターンとして表現されていく様子は、織物が常時織り出させるようであり、これを「ライフ・タペストリー」と呼ぶ(図3(a))。夜中のように動きが少ない時間帯は、青で表現されており、海のように表現される。この対比で言えば、朝から夜にかけての活動時間は大陸のように見える。陸地上では、腕の動きの周波数増に対応して、青緑から赤までスペクトル状に色が変化している。

目立つ構造としては、大陸下部の海岸線(起床時間に対応)が、海外出張時の時差により、下側に半島状に突き出していることが挙げられる(例:6月前半)。週末や長期休暇は、起床時間が遅くなっているため、湾や

入り江のように見える。昼食時の食堂までの往復は、中央部に赤道のように赤から黄のバンドを形成している。

このライフ・タペストリーにより、普段気づかない生活の規則性や乱れを絵柄で感じることができる。これは、分析を超えて、生活の振り返りを可能にする。人の記憶は、このタペストリーのように時間軸を連続的に覚えておくことができない。過去は断片的な記憶にしかない。しかし、タペストリーに跡る痕跡は、過去を思い出すことを可能にする。時間を超えて、脳を刺激し、豊かな物語がよみがえる。

例えば、サンフランシスコに出張中（2月16日）に、睡眠中にじんましの発作に見舞われた。頭から足先まで猛烈なかゆみであった。これは、タペストリー上に、睡眠の青の領域中の特異な赤い印として跡っている〔図3（b）〕。この絵柄からこの周辺で起きたことがまざまざとよみがえってくる。

この一年を思い起こしてみると、2006年の最後の2か月は特別に知的に活性化した状態であった。これがタペス

トリーにどんな絵柄となっているか、注目してみた。すると、絵柄に「活性化」が見えた〔図3（c）〕。深夜が顕著に乱れている。時間も忘れて深夜まで仕事をしたり、夜中に突然起きて仕事をしたり、切り替えて早寝したりしている。それでいて、朝は乱れていない。「不規則な生活」という言葉では表しきれない状況である。乱れにより積極的な意味がある。「乱れと統制の緊張関係」と呼んでもよい。これは知的に活性化の状態の特徴と考えている。複雑系理論で「カオスの縁」と呼ばれる、変化に適応する状態の特徴とも一致する。抽象的な言葉を超えて、これらの概念が絵柄として見えるのは新鮮な体験である。

この「絵柄が目飛び込んでくる」ということには、予想を超える力がある。この年末の絵柄を見たのはビューアが動き始めた2月22日であった。この時「どうしたら、年末のようになるだろうか。」と考えた。答えはわからなかった。しかし、これ以降、3月下旬に至るまで年末の絵柄に似たパターンが現れ、知的活性化を再現することができた。絵柄が人を動かすことを実感した。

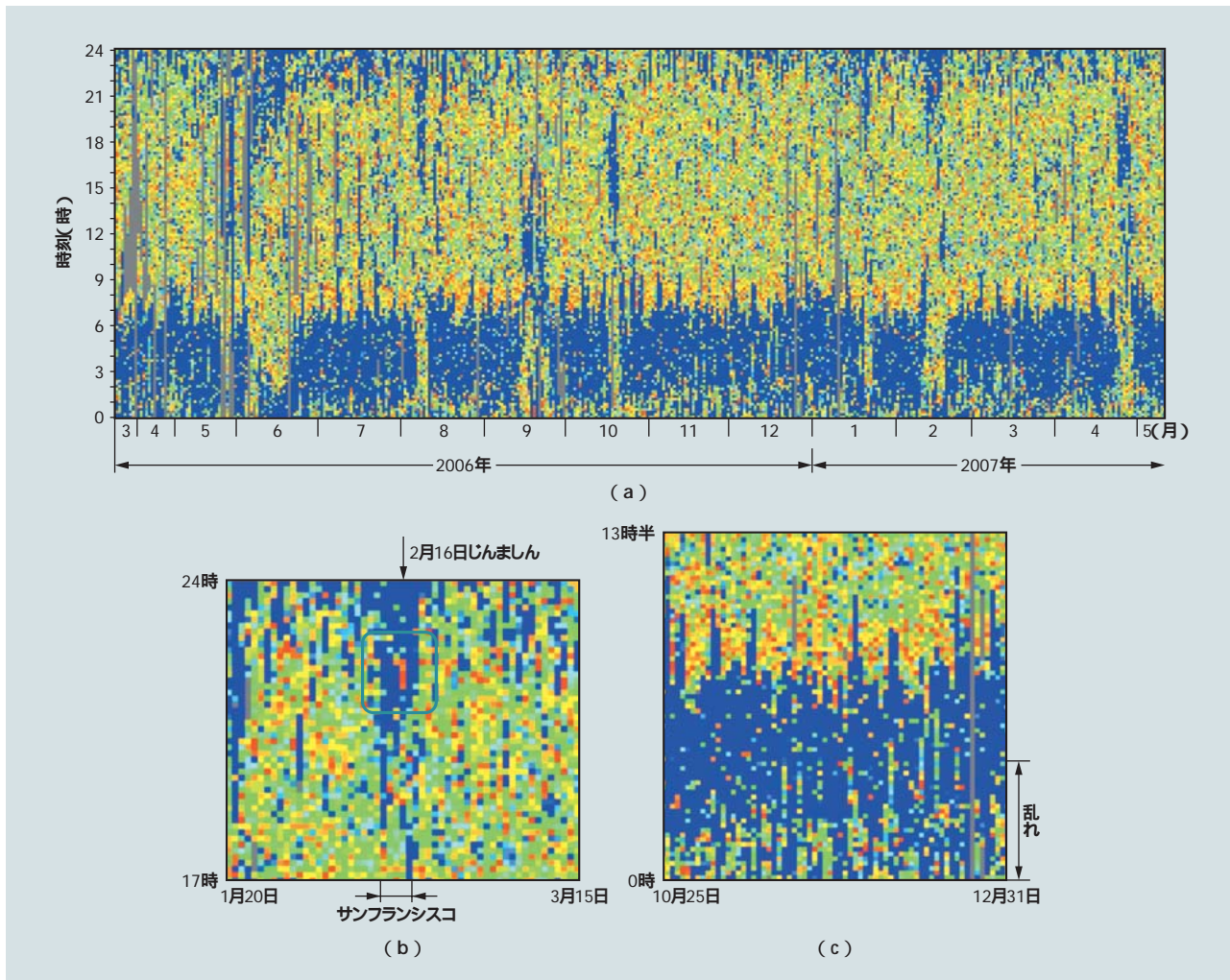


図3 「ライフ・タペストリー」一年間を一気に見るライフ顕微鏡の表示

腕の加速度の周波数成分を色分けで表示する。青（0～0.1 Hz：睡眠）、青緑（0.2～0.6 Hz：受動的な会議参加，食事）、水色（0.6～1 Hz：電車，メール，接客）、緑（1.2～1.8 Hz：能動的な会議参加，説得，熱弁）、黄緑（1.9～2 Hz：歩行）、黄（2.1～2.2 Hz：早歩き，朝の支度）、橙（2.3～2.6 Hz：小走り，立ち話）、赤（2.7～3.2 Hz：ランニング，酔っぱらい歩き）。括弧内の行動は代表的な行動である。

すなわち、過去を知ることは未来を変えることである。振り返りがメンタルモデルを変え、行動を変える。行動を変えると、絵柄が変わる。似ている絵柄と比べるとというフィードバックを通して、よりよい生活パターンを学ぶことができる。タペストリーが、脳の拡張部分として、学習サイクルの重要な一部を占める。

人は、言語で表されることだけに意味があると考えがちである。しかし、絵柄には言葉を越えた力がある。特に、自分を表す絵柄には、他人のものにはない特別な関心が生じる。見たことのない自分の姿をこの鏡を通して見ることには、世界観を変え、行動を変える力がある。

タペストリーは個人の歴史である。このタペストリーを日々見ているうちに、客観的な法則性の価値とは別に、事実そのもの（あるいは歴史）に価値があると感じるようになった。技術者はセンサデータから法則性を見つけることに意識が向きがちである。小林秀雄は、科学技術は法則性を大事にするが、モノそのものや歴史には関心を持たないことに警鐘を鳴らした（講演『文学の雑感』）。個人の歴史の総てを跡す新技術は、われわれに新たな歴史への尊敬と発想の転換を迫る。

### 3.2 「総てを跡す」は時間を超える：ゴミ信号Sigletの力

「総てを跡す」ことにより、論理・分析的な発想を超え、実世界の実態を深く理解することができる。例えば、11月から12月にかけて、加速度が2.8 Hzの腕の動きで特定のパターンが生じる頻度をプロットすると、日によって大きく変動する（図4参照）。これとは独立に、体重の増減を記録していく（これは体重計の測定結果）と、やはりこれも毎日大きく変動する。この一見関係ない二つの量を並べてみると、実は連動して増減しており、同じ日に山があり、強く相関していることがわかる。

このような相関関係を活用すると、過去から未来を知

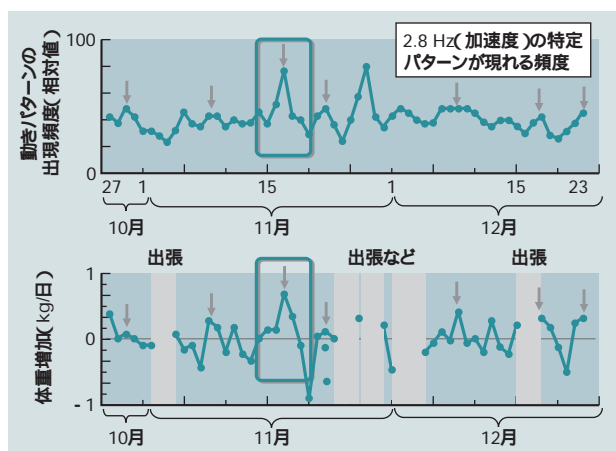


図4 ゴミ信号Sigletに現れる相関関係  
2.8 Hzの特定パターンが一日に現れる頻度（合計時間）の推移を上、前日との体重の増減を下に示す。11月16日を代表に、両者には相関が見られる。

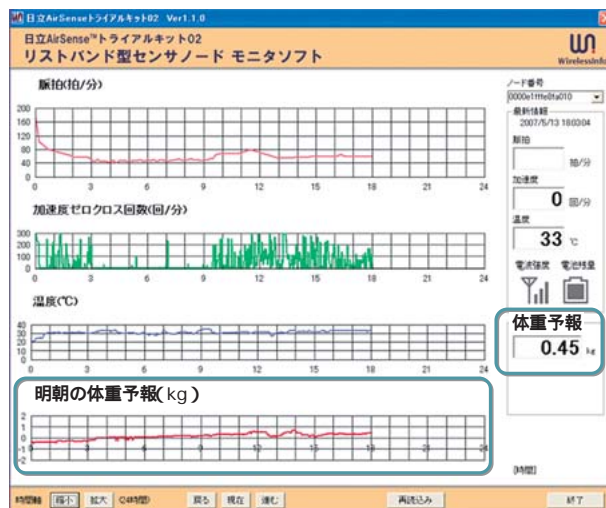


図5 体重予報の画面

実際には、図4の2.8 Hz以外の因子も合わせ11個の因子を組み合わせで行う。著者は、この画面を常に机の上で見ながらフィードバックを受けて生活をしている。

ることができる。体重の例では、腕の動きから明朝の体重が予測できる。これを「体重予報」と呼ぶ。測定してみたのだが、体重は日々複雑な増減を示し、カロリーなどから要素積み上げ式に計算するのは、容易でない。2.8 Hzの腕の動きの相関は、この限界を超える。

著者は、この体重予報の画面を日々見ながら5か月にわたり生活をし、フィードバックの効果を体感してきた（図5参照）。体重は、毎日計測するだけでも、フィードバックの効果があり、ダイエットに効果がある<sup>3)</sup>。しかし、リアルタイム性が高まればフィードバックの効果は大きくなる。M.チクセントミハイの「フロー理論」においても<sup>8)</sup>、人の熱意を生む鍵は、行動とそれに対する短時間のフィードバックにあることが知られている。この体重予報の場合は、翌朝までの行動は、まだ自分の意思で変えることができる。未来は変えることができるのである。

「2.8 Hzの腕の動き」は、一見、何に役立つのかわからない、ゴミのような信号である。これをSigletと呼んでいる。取るに足らないSign, Signatureである。しかし、ゴミ信号が臨界量を超えて集まると、想像を超えた価値に変わる。

しかし、なぜ2.8 Hzなのか。図4でピークを示している11月16日に注目すると、2.8 Hzは夜の11時30分ころから急に現れている。その日、家に帰ると、妻がコンビニエンスストアで買ったボジョレヌーボーがあった。実はヌーボーの解禁日だった。「ヌーボーは縁起物だ」と言っていて、いつもはワインなど空けない二人であるが、思わず夜更けまで飲んでしまった。2.8 Hzは、アルコールを飲むと現れる腕の動きであり、これが体重増と相関していたわけである。Sigletにより、名もない個人の行動の歴史

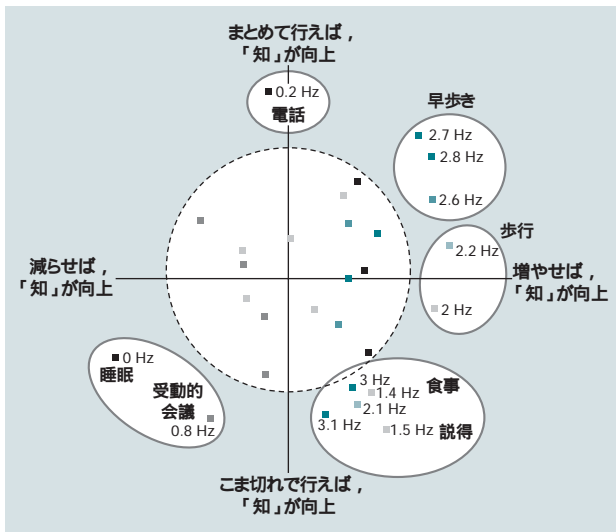


図6 「知的生産性」のモデル

著者の日々の生産性は、さまざまな腕の動きの周波数成分と相関している。歩行や早歩きを継続することは、「知」を高める動きがある。

と結果が結び付けられる。

ゴミ信号Sigletは、未来を知り、未来を変える宝の山である。現実の世界では、言葉では表現できない、微妙なことにこそ価値がある。読者は顧客との商談の席で、何を見ているだろうか。こちらの提案に対し、顧客が出した微妙なシグナルが関心事ではないか。なかなか言葉になりにくい情報である。乳児の異常に気づく母親の感覚は、多数の状況証拠や知覚情報の統合である。匠(たくみ)が炎の色を見る感覚も同様である。現実には、このような言葉に表現し尽くせない微妙な変化で成り立っている。

将来の情報技術では、「リアルな」情報が重要になるという議論をよく聞くが、その実態は見えない。従来から扱っている情報の多くはリアルな情報に違いないからである。われわれは、上記の微妙な信号Sigletこそが、真の「リアルな」情報であると考えている。ビジネスの場でも、生活の場でも、重要なことは常に微妙である。従来、情報技術は、言葉や論理で表現できる範囲で世界を分析し、微妙なことは無視してきた。「暗黙知の形式知化」という言葉があるが、「形式知化」するとき、大事なことは失われてしまう。従来は、テイラーイズムがこれを正当化してきた。Sigletを活用した新たな情報技術は、現場・現物に宿る微妙な事物をとらえ、この状況を変える。

一年にわたるデータ取得の結果、体重だけでなく、人の「知的生産性」のモデル化や予測も可能となった(図6参照)。その日の終わりに、「知的生産性」を10点満点で自己採点し、これと腕の周波数成分との関係を調べた結果、強い相関が見いだされた。因子としては、2.2~2.8 Hzの早歩きの信号がある。歩行の時間が増えると「知的生産性」が高まる(相関係数 $r = 0.15$ , 統計検定の因子 $p < 0.006$ )。ギリシャ時代から歩行と知の創生との関係は

論じられてきたが、現代にそれが定量化された。また、会議や面会を能動的に、かつ、一日の中でこま切れに何度も行う(1.4~1.5 Hz)と知は高まる( $r = 0.18$ ,  $p < 0.03$ )。一方、会議への受動的な出席やメール(0.5~0.8 Hz)は、知の生産性を損なう( $r = 0.1$ ,  $p < 0.08$ )。この技術により、従来見えなかった知識労働の生産性を決める要因が明らかになりつつある。

### 3.3 「総てを跡す」は人や組織の垣根を超える

組織とは、「一人ひとりの『思考』と『相互作用』の産物である」<sup>9)</sup>。これをとらえるのがビジネス顕微鏡である。ビジネス顕微鏡は、センサとして名札型のノードを使い、人の動きのほかに、赤外線を用いて人と人の相互作用を跡す。大事な点は、起きている総ての事象の影が、センサ情報として跡ることである。

日立の装置開発の現場において、半年以上にわたって、ビジネス顕微鏡を活用し、開発メンバーのあらゆる活動の痕跡を跡してきた。図7には、その一部として、社員間の対面のデータの一週間分を示す。この威力は、不良発生時に明確になった。不良発生時には、直接の不良対策を行うだけでなく、関係する業務プロセスを見直すことが重要であり、「ビジネス顕微鏡」をここに活用した。

まず、「ビジネス顕微鏡」で取得した、いつ誰と誰が対面していたかの半年分のデータを色分けで示し、紙に印刷して、会議室の壁3面に貼り出した。半年のデータ量は、かなりの迫力がある。データ自体は、対面の事実を跡すだけである。しかし、この痕跡があると、二か月前の月曜日の朝に、「なぜ、割り込みがつかからないかAさんと議論した」という言葉が担当者から出てくる。データがなければ、一週間前の朝に何があったかさええな

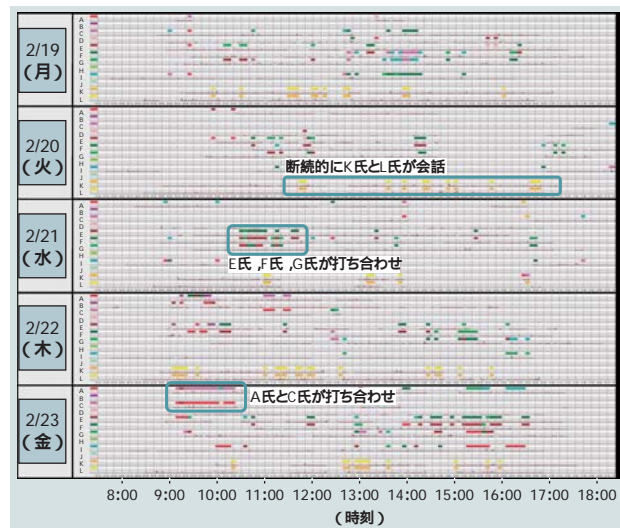


図7 ビジネス顕微鏡による開発現場の記録の一部

12人の社員の対面の状況を一週間分示す図である。平行して走る二つの線が、互いの対面と人を表す。

い。こういう関係者の気づきを紙にどんどん書き込んでいくと、不良発生に至る関係者の状況や葛藤（かっとう）が立体的に見えてきた。特筆すべきは、事実を目の前にして、担当者が自発的に語り出した点である。例えば、打ち合わせの頻度が減ったために、自分の仕事をまとめて見直す機会が減っていったこと。業務の掛け持ちが、対象となる開発の検討時間を圧迫していたことである。記憶だけに頼って議論したときにはまったく出てこなかった事実が次々に浮かび上がった。

従来、このようなレビューの場では、担当者の記憶頼りの説明に対し、周りが追及することになりがちである。脳科学によれば、記憶は常に後づけの都合のよい理屈をつくり出すことが知られている。それでは本当の気づきに至らず、次の改善につながらない。ビジネス顕微鏡による大量の事実が目前にあると状況は違う。責められるからではなく、担当者から自律的な形で、より深い原因や対策を明確にすることができるのである。

21世紀の知識労働者の組織では、従来の階層指揮命令型を超えた経営の必要性が論じられてきた。「生命に学べ」、「組織の壁を越え」などという言葉で、部分が全体感を持ち、自律的に行動することが求められている<sup>10)</sup>。ここで立ち上がる壁は「部分は全体を知り得ないではないか」という疑問である。そのために、知識労働に対しても、仕事や責任を部分に分解する従来型の発想が今も支配的である。

しかし、部分と全体の関係については、別の見方をしたい。宇宙全体の情報を収納する記憶容量を人は持ち得ないが、夜空を見上げて、銀河の果てからビッグバン以来の歴史に思いをはせることができる。すなわち、「部分が全体を知る」ことはできないが、「部分が全体を感じ」行動に反映させることはできる。新しいセンサ技術が可能にするのは、現場から経営までの全員が全体を感じることであり、上記の不良対策ではそれが実現された。

上記の例は、大量データの使い方の端緒であり、今後さまざまな業務の現場で、このような圧倒的なデータを活用する業務革新の新しいメソッドが次々に生まれるであろう。

#### 4 人はどこまでも成長する

希代の起業家スティーブ・ジョブズは、過去33年間、毎日朝、鏡を見て「今日が人生最後の日なら、今日やろうとしていることをやるだろうか」と問うているという。鏡には、真実を見せる力がある。意外なのは、これだけの技術革新にもかかわらず、神話の時代から鏡は変わっ

ていないということである。本稿で紹介した、ライフ・ビジネス顕微鏡は、これを超える新しい鏡である。

人はどこまでも成長する。そのキーとなるのは、振り返ることである。センサ情報をベースにした新しい鏡は、20世紀の「テイラーイズム」を超えた21世紀の振り返りを実現し、成長を促す。1年にわたりセンサ情報のフィードバック下で生きた結果、この鏡による飛躍的な成長を実感した。遺伝子進化を待たずに、進化した感じがする。

P.センゲによれば、全体感を失った部分ががんであり、現在の企業組織はがんがでやすい体質を持つ<sup>9)</sup>。センサ情報は、これを変える。全体感を持つ個が相互作用し合い、限りなく成長する組織への道をひらく。

「人間×センサ」は、客観的な科学法則の追求を超え、現物と歴史に尊敬を持つ新しい思想へいざない、人・組織・社会の進化に向けて21世紀の大きな潮流となっていくであろう。

#### 謝辞

ライフ顕微鏡の開発は、山下春造氏、愛木清氏、田中毅氏が担当し、ビジネス顕微鏡の開発は、森脇紀彦氏、佐藤信夫氏、辻聡美氏、大久保教夫氏、早川幹氏、脇坂義博氏、荒宏視氏、佐藤暁子氏、大塚理恵子氏、福岡晋一氏が担当した。全般に関しては、鈴木敬氏、伴秀行氏のご支援、ご議論をいただき、イントラブログなどにおいて、多くの方々から有益なコメントをいただいた。ここに深く感謝したい。

#### 参考文献など

- 1) F.W.Taylor : The Principles of Scientific Management , New York and London : Harper & Brothers ( 1911 )
- 2) P.F.Drucker : Management Challenges for the 21st Century ,Butterworth-Heinemann Ltd.( 1999.4 )
- 3) 矢野 : 「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, 88, 9, 762 ~ 767 ( 2006 ), センサはWebを超える 省力化から知覚化へ, 情報処理, Vol.48, No.2, pp. 160 ~ 170 ( 2007.2 )
- 4) S.Yamashita , et al. : A15 × 15 mm ,1 μ A ,Reliable Sensor-Net Module : Enabling Application-Specific Nodes , The 5th International Conference on Information Processing in Sensor Networks , pp. 383-390 ( 2006.4 )
- 5) YRPユビキタス・ネットワーク研究所ホームページ, <http://www.ubin.jp/press/pdf/UNL060704-01.pdf>
- 6) G. Ono , et al. : 1-cc Computer : Cross-Layer Integration with 3.4-nW/bps Link and 22-cm Locationing , Symposium on VLSI Circuits ( 2007.6 )
- 7) K. Itoh , et al. : Trends in low-power RAM circuit technologies , Digest of Technical Papers. IEEE Symposium on Low Power Electronics , pp.84-87 ( 1994.10 )
- 8) M. Csikszentmihalyi : Good Business Leadership ,Flow ,and the Making of Meaning ,Penguin Group ( 2003 )
- 9) P. Senge ,et al. :The Fifth Discipline Fieldbook( 1994 ) Presence ,Nicholas Brealey Publishing ( 2005.6 )
- 10) H. T. Johnson and A. Broms : Profit Beyond Measure ( 2000 )