

ネイチャーインタフェースの世界

板生清
東京大学



1. まえがき

20世紀後半になって急速に製造されてきた人工物は、人間と自然に次ぐ第3の極として成長してきた。図1はこれを示す構図であり、3極間の相互作用をインタフェースとして表現した。これをとくに人工物の側から見れば、人工物は人間と自然という環境に囲まれた存在ということもできる。20世紀以前では、人工物は相対的に小さい存在であったため、図に示す人工物のサークルだけで閉じるのみで、他の2極への影響は極めて小さかった。しかし、これが大きく成長した今世紀においては、外部へ及ぼす影響も無視できなくなり、図に示すようなインタフェースが大きな意味をもつようになった。つまり人工物から人間、自然へのマシンインタフェース、自然から人工物へのネイチャーインタフェース、人間から人工物へのヒューマンインタフェースが研究すべき対象として浮かび上がってきた。このような学問分野を人間・人工環境学と称すなら3つのインタフェースの科学・技術が情報通信技術をもって進められるべき状況になってきた。すなわち、自然系と人工物系の対峙する構造から、人間を緩衝体とした調和の構造に変革していくことが必要となってきた。ここに、人間にのみ資する従来のヒューマンインタフェース技術から自然環境保全に資する技術、すなわちネイチャーインタフェース技術へのパラダイム変換を強く提唱したい。本技術はアウトドア・コンピューティングの一典型となるであろう。

2 センサ通信システムのコンセプト提案

古典物理学の時代から現代物理学の時代に入り、量子力学をベースにした技術が発展し、情報技術の時代を迎えるに至った。まさに絶妙のタイミングで環境問題に対処する技術が生まれ、発展してきたと言える。

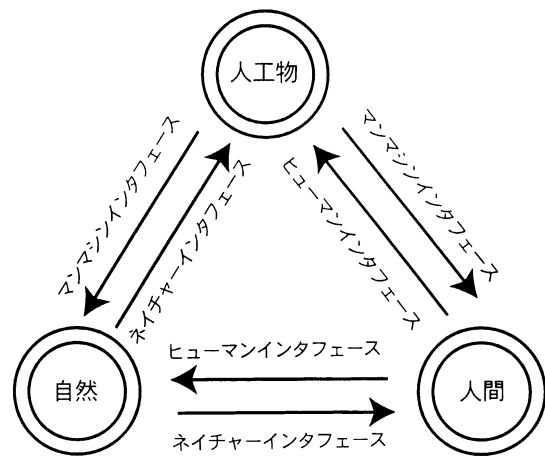


図1 自然・人間・人工物の関係

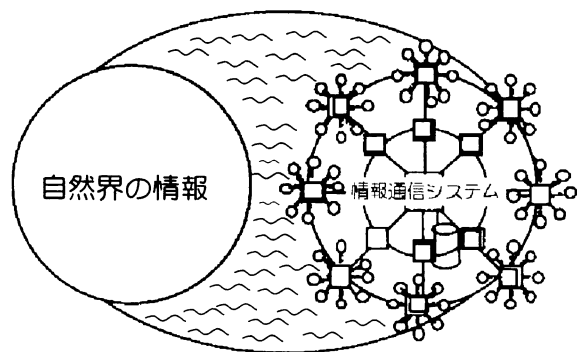


図2 自然・人間融合通信システム

現在の考え方は人間中心で貫かれて、自然系とは全く別の世界に、図2の右円に示すような情報通信システムが構築されている。ここでは、膨大な自然の情報はセンシング技術の貧困さ等から、わずかしかり取り入れられないシステムになっている。現在の科学技術では環境破壊の因果関係を十分解明するだけの力はなく、炭酸ガスの濃度と地球温暖化の関係すら未だ明示されていない。宇宙、地球、生物等が発生する情報は無尽蔵である。宇宙は、

鼓動し、生物は常に活動している。これらの膨大な量の情報は生まれては消え、消えては生まれるが、ほとんど検知されることもなく、まして貯えられることもほとんどない。

これに対してここで提唱したいのは、自然の膨大な情報を取り込むことが可能な新しい情報通信システム「センサ通信システム」の構築である。図で表すと図2のようになり、多様なセンサ群による太い情報入力パイプをもつ情報システムで、自然の状態を深く広くモニターできるシステムである。このシステムでは自然情報のフィードバックループを形成する。つまり、自然環境情報を検出し（情報検知）、大量伝送し（情報伝送）、超大容量の記憶装置に蓄積して（情報蓄積）、さらにデータベース化するとともに（情報検索）、必要に応じてこの情報を出力して環境破壊状態をオンラインで監視し、保全の対策を打てる（情報活用）という一連のループを描く。公害源を最小にし、リサイクルを徹底するという前提に立つ環境保全の基本に忠実なシステム開発を目指す。技術的には、多様なセンサ、超高密度のメモリ、超高速の情報伝送、高速検索・表示・印刷などの技術が求められ、総称して「情報マイクロシステム技術」という言葉を用いることとする。

3 ネイチャーインタフェーサの提案

マイクロマシン技術、マイクロセンサ技術、ウェアラブルコンピュータ技術、無線技術、インターネット技術の融合によって、極微の情報マイクロシステムの構成が可能となってきた。その結果、この微小デバイスを野生動物、人間、動く人工物体に装着し、刻々の状態検出情報を認識処理し、ワイヤレスによる制御、および診断を行うことが現実味を帯びてきた。本節では、情報マイクロシステム技術によって自然とのインタフェース（ネイチャーインタフェース）を高度化する技術、すなわち自然情報の入力の自動化による“自動操作コンピュータ”についてのコンセプト提案を行う。

端末形態	モバイル通信	センサ通信
	携帯型 (Portable)	装着型 (Wearable) → 埋め込み型 (Built-in)
操作	人間が介在	人間介在せず(自動)
入力信号	デジタル主体	アナログ主体
対象 (インタフェース技術)	人間 (Human Interface)	人間、動物、自然、人工物 (Nature Interface)
操作手段	キーボード主体	センサ主体
CPUの役割	信号処理、出力	AD変換、認識処理後、デジタル信号送信
ネットワーク接続	無線	無線、又は有線
KEY WORD	携帯電話・PHS、ヘージャ、PDA、ノートPC	Pervasive Ubiquitous

図3 通信端末形態

図3は、情報通信端末形態の分類の試みである。従来、コンピュータの端末は人間が操作することが基本であり、キーボードなどによるデジタル入力の指令によってコンピュータを動作させるものであった。このような端末が、LSIやマイクロマシン技術の進歩によって重量・体積ともにマイクロ化し、携帯型が出現するとともに装着可能なウェアラブルへと進化してきた。これに対して、もう一つの流れは、コンピュータを操作することを無人化する技術である。つまり、おかれた環境の中でアナログ的な情報を感知し、これをデジタル量に変換し、さらには自分の持つ知識（データベース）に基づいてこの情報を判読し、判読した結果をコンピュータ又は通信回線と結ばれた別の端末に送信するという技術である。これは、図3の右側のセンサ通信に適した端末であり、人間だけでなく動物や人工物に対しても装着可能で、健康モニタ情報、動物の位置情報、あるいは人工物の劣化情報、地球環境情報などを検知するうえでのキーデバイスとなる。筆者はこれを「ネイチャーインタフェーサ」として提案する。図4にこの構成を示す。

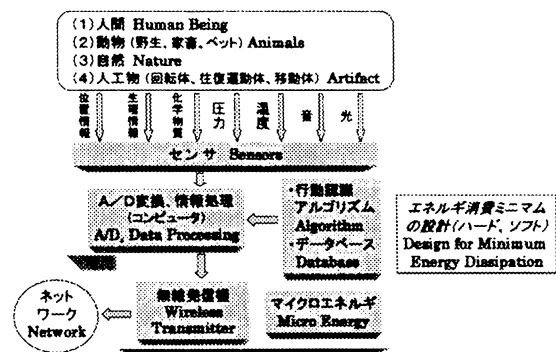


図4 ネイチャーインタフェーサの構成

各種の情報をとらえて、腕時計サイズのコンピュータでA/D変換して認識処理し、この情報を無線で発信するデバイスである。このときのキーとなる技術は、入力情報を意味のある情報か否かを判断して、その採取を続けるかスリープモードに入るかというようなソフト的技術とハード構成技術の両輪によって消費エネルギーを最小にする技術である。このような技術の先達は腕時計にある。図5はこれらの技術によって地球上を動き回る動物の位置、化学物質の同時検出による地球環境情報の検知により環境保全への応用や、歯車や回転軸など、運動する人工物の劣化状態の検知による大事故未然防止などへの応用などのサービスイメージである。

このようにネイチャーインタフェーサがマイクロ化すればするほど、応用範囲は飛行機から小鳥までと広がって

ゆくことが期待される。3次元の位置情報と時間を合せた4次元情報および、各種の化学物質情報を同時にとり込むことができれば、コンピュータは人知れず（無人操作）で我々の生活を護り、また潤いあるものにしてくれるであろう。

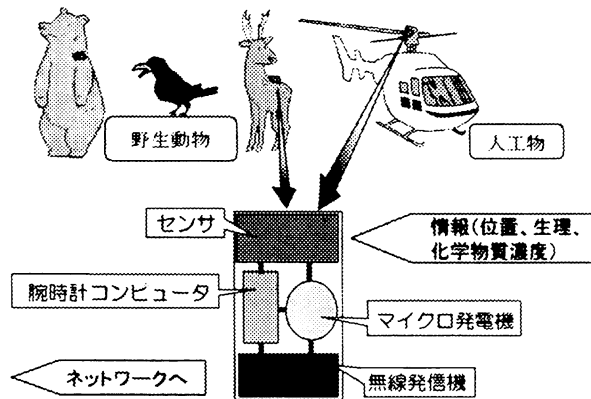


図5 ネイチャーインタフェースの応用

4 まとめ

情報機器の体積・重量は本質的には零であるべきで、この究極の目標値に向けたマイクロシステム技術が電気、機械、物理、化学の各方面から開発されており、今後もその努力が続いてゆく。一方、コンピュータを人間が操るという従来の路線が続くとともに、これを無人で動かすといういわばパベシブ (Pervasive Computer) の世界が拓かれつつある。本稿では上記の2つの潮流、すなわちマイクロ化とパベシブ化の技術を整理するとともに、これか

らの合流による新しい端末の概念「ネイチャーインタフェース」を導出し提案した。

【略歴】

板生清 (ITAO Kiyoshi)

工学博士。東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学研究系教授。

東京大学大学院精密機械工学専攻修士課程修了。1968年日本電信電話公社（現NTT）入社。データ通信用プリンタ技術の研究・開発。1974年マサチューセッツ工科大学（MIT）客員研究員。微小振動の研究。1987年NTT副理事・ファイル記憶研究室長。光ディスク、磁気テープ記憶の研究・開発。1988年NTT副理事・記憶装置研究部長。大容量記憶システムの研究・開発。1990年NTT副理事・研究企画部長。ネイチャーインタフェースの研究および管理。1992年中央大学理工学部精密機械工学科教授。マイクロダイナミクスの研究。1996年東京大学大学院工学系研究科教授。光マイクロメカトロニクスの研究。1999年東京大学大学院新領域創成科学研究科教授。ウェアラブル情報システムの研究。

専門：情報マイクロシステム、環境情報機器、光マイクロメカトロニクス。

著書：「光マイクロメカトロニクス」板生清、保坂寛、片桐祥雅共著、共立出版1999年。「ウェアラブル情報機器の実際」板生清監修、オプトロニクス社、1999年。「情報マイクロシステム—微小振動論—」板生清著、朝倉書店、1998年。