

【特集1 アウトドア・コンピューティング】

特集1 アウトドア・コンピューティング

モバイルからウェアラブルへと、コンピュータはますます我々の実生活の中に入り込み、バーチャルリアリティにとっても切り離せない技術になってきています。研究室から飛び出し、いつでもどこでも、実生活と結びついたコンピュータ利用の概念が、アウトドア・コンピューティングです。本特集では、デバイス機器の研究開発から、都市インフラ管理や屋外展示への応用、ウェアラブル・ファッション、ネイチャーインタフェースの概念にいたるまで、第一線でこの分野にかかわっておられる方々に、それぞれの立場から解説していただきました。



アウトドア・コンピューティング特集によせて

石井威望

東京大学 名誉教授



爾来、システム工学の設計ではコンピュータのようなデバイスに対して、それが環境から受ける負荷を通常「過酷係数 (Severity Factor、本稿では以下 SF と略記)」という数値的表現で示してきたが、インドアとアウトドアの差はこの SF の差として端的に現れる。ちなみに、実験室内の固定的実験装置 (ベンチ・テスト) の SF を 1 とすれば、車上 (onboard) では 10、航空機上では 100、宇宙では 1000 という具合に跳ね上がる。“アウトドア” の範囲を具体的にどこまで広げて考えるかによって、SF の増大度合も当然変わるわけだが、いずれにせよインドア用のデバイス (たとえば電子回路) ではアウトドアの SF には耐えられない。

逆に SF を積極的に軽減する方向がインドアであり、更に環境の影響をより厳密に遮断した空間いわばインドア中のインドアという極端な例が、超精密な実験などを行なう人工の粋を尽くした装置のチャンパー内である。インドア方向で SF の極限的状況としては恐らくクォークあたりを考えるのが常識的かも知れない (ニュートリノになると尚早の感がある) が、他方アウトドアの極端である宇宙の果てまでの距離は、クォークに比べて 10 の 45 乗倍の大

きさだと見積られている。これ以外に、最近では暗黒物質の世界が隠然とした巨大な存在であると推定されているから、アウトドア論議も時代とともに際限なく拡張し知的な豊かさを増していく。ちなみに、工学の場合はナノテクノロジー (10 の -9 乗メートル) がインドアの限界と現在一応考えられているようである。つまり、ドアの「内と外」両側を対称的に見くらべるアプローチを、図らずも「アウトドア・コンピューティング」というネーミングが示唆しているように見える。

生物の進化でも、水中から地上へ、地上から空中へ、あるいは再び水中へと生活環境の変転が繰り返えされてきた。ヒトの場合は、アフリカの熱帯雨林で樹上生活を営んでいたサル類の一部が、アフリカ東部大地溝帯に沿った地殻変動に伴う森林縮小の結果、サバンナ (乾燥した草原地帯) へ降りて、直立二足歩行を始めることによって初期人類 (ヒト科) への「進化の分岐」を果たし、自由になった両手を使い、脳の発達、道具・機械を活用し文明社会へと発展した。この時、熱帯雨林に留まったまま「進化の袋小路」に入ってしまったのがチンパンジーやゴリラであり、いわば“生物学的 SF” に対する適応力

の隔絶した差がついてしまった。さらに、最近の「アフリカ単一起源説」の立場（一応定説化している）に立てば、この高いSF耐久能力を獲得した人類は約14万～19万年前から世界各地へ放散・移動を始め、今日もなお“移動”つまりモバイルの本能は極めて旺盛で、宇宙居住にまで挑戦している。したがって、「アウトドア」への欲求は極めて根強い。つまり、ヒトの誕生が高いSF耐久能力をもつモバイル対応ゲノム（遺伝子）を獲得したことだとすれば当然である。この“モバイル・ゲノム”の発現形の一つとして、アウトドア・コンピューティングを考えれば、21世紀がバイオの世紀であるとの予想を背景に、その重要性が改めて認識される。

近年、「コンピューティング」の意味する範囲も、通信ネットワークとの接続が常識化しており、孤立した単なる計算業務だけに限るのはかえって無理である。ネットワークを前提にすれば、計算作業を含めて多様な機能が接続できるわけで、新しいタイプの協同作業や遠隔の監視・制御などが可能になる。そのような多様なネットワーク機能を利用者に結びつける入出力端末が、空間的にどのように配置される（たとえば集中か分散か）のか、またその位置が固定的なのか移動的（モバイル）なのかなどシステム・アーキテクチャーの選択肢は理論的には数多く存在するけれども、現実にはその時点でデバイスの技術水準に依存しており、デバイスが耐え得るSFの限界値ではほぼ自動的に決ってしまう。たとえば、1960年代末までは民生用電子部品を使う限り10の3～4乗個で構成されたディスプレイ回路が車上で十分長い故障間隔で動作することは期待できなかった。当然、車上の計算機能は極力少なくする方針つまり集中形アーキテクチャーが採られた。半導体集積回路すなわちICとくにLSIが実用普及化した1970年代中頃以降、電子回路のSF対応限界が飛躍的に向上し、分散形アーキテクチャー（車載も勿論）が可能になった。いわゆる“ワンチップ・マイクロコンピュータ”の劇的登場である。元来、IC・LSI技術は宇宙ロケット開発に関連した産物であったのだから、2桁も高いSFをクリアできる過剰とも言える程の技術ポテンシャルを“遺伝的に”秘めているわけで、いわば“地上に降りた宇宙技

術”の切れ味の良さも元をただせば当然で何も驚くに当たらない。このIC・LSIによって拓かれた新応用分野の中で、ネットワーク機能と利用者の間を結ぶヒューマン・インターフェースにおける軽量・小型・携帯化が決定的役割を演じつつある。たとえば、建設作業現場における危険作業の遠隔制御化・ロボット化の場合でも、無線通信を含む広域のネットワーク・システムの導入とともに、現場作業もノートブック型パソコン、パーム・トップのレベルのモバイル・コンピューティングにとどまらず、装着式いわゆるウェアラブル・コンピューティングにまで範囲を拡げることが期待される。その際、VRはもちろん、AR、MRが極めて重要な役割を果たすことは明らかである。

【略歴】

石井威望 (ISHII Takemochi)

昭和5年 大阪生まれ。昭和29年 東京大学医学部医学科卒業。昭和32年 東京大学工学部機械工学科卒業。昭和32年 通商産業省重工業局勤務。昭和38年 東京大学大学院博士課程（工学博士）修了、東京大学工学部専任講師。昭和39年 東京大学工学部助教授。昭和48年 東京大学工学部教授。昭和63年 東京女子医科大学客員教授兼任。平成3年 東京大学名誉教授（現在）。平成3年 慶應義塾大学環境情報学部教授。平成6年 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科教授。平成11年 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科客員教授（現在）

昭和47年 IEEE（米国電子通信学会）論文賞。昭和60年 第39回毎日出版文化賞「ヒューマンサイエンス」全5巻（中山書店）。昭和63年 東京都科学技術功労者表彰・情報化促進貢献・個人表彰（通商産業省）。平成2年 「テレコム旬間」郵政大臣個人表彰（郵政省）。平成9年 設計工学・システム部門功績賞（（社）日本機械学会）。平成10年 前島賞（（財）通信協会）第14回日刊工業新聞技術・科学図書文化賞優秀賞（日刊工業新聞社）