

# 建築空間の生命化



慶應義塾大学

三田 彰

## 1 はじめに

筆者が本格的にかつまじめに振動論や波動論の勉強を始めたのは大学院修士課程に入ってからである。それまではどちらかというと、他の学生たちと同じく、旅行やマージャン、そしてたまにデートと忙しい日々を送っていた。その当時、原子力発電所建屋の地盤との相互作用や不整形地盤の特異な地盤振動の増幅特性の解明がホットな研究テーマであった。大手建設会社入社後も引き続きこうしたテーマに取り組み、カリフォルニア大学サンディエゴ校に留学して取り組んだのも、この延長線上の解析手法の研究であった。帰国後しばらくして、京都大学名誉教授の小堀鐸二先生が取り組まれた振動制御に興味を持ち、振動を抑制するアクティブなマスダンパーや、パッシブな制振構造の研究に取り組んだ。そして今もっとも興味を持って取り組んでいるのが、センサ技術を駆使した環境の把握とその活用である。環境の把握の研究には、たとえば構造物の健全性を診断する「構造ヘルスマニタリング」やこの表題にある「建築空間の生命化」が含まれる。前者については、さまざまな場で発表してきているので、ここでは、読者の皆さんにはきっと聞きなれないであろう「建築空間の生命化」についてお話しすることとしたい。

「建築空間の生命化」は、建築空間自身を生命体のような機能を持つものに進化させることを言う。具体的には、環境を認識する神経系としてのセンサネットワークとその環境認識に基づいてアクションを起こすアクチュエータネットワークを導入することによって、建築空間を能動的な空間とするものである。このことによって、建築空間が未知の環境変動・自己の変動・目的の変動に適応する能力を持ち、また、空間の環境変化を時々刻々捕らえることで、次の世代への進化に必要な情報を正確に伝達する。そうして、柔軟で、安全・快適な空間への進化

を早めることを目指すものである。

たとえば、皆さんのお住まいになっている住宅を考えて欲しい。部屋のちょっとした段差で躓いたり、お風呂の床で滑ったり、柱の角に頭をぶつかけたり、さらにはエアコンの風が不快であったり、生活していると種々の生活上の問題や不満がある。しかし、その不満を直接次の世代の住宅の設計に反映させることは難しい。いろいろな問題や不満は個別のものであり、普遍化するには時間がかかり、かつ、何があったのか皆忘れてしまうからである。住宅は3回建ててみて、やっと満足できると言われるほどで、設計ニーズは個別的で、その要求を設計者に伝えるのはなかなか困難な作業である。どんな小さな問題や課題であっても構わない。すべて自動的に記録されるとしたらどうだろうか。しかも、その情報が設計に必要な形に自動的に加工されて次の世代に受け継がれるとしたら。それは建築空間の一種の遺伝子と呼ぶこともできるであろう。

日本の建築物ほど短命なものは先進国では珍しい。高度成長の過程で、建物に求める水準が急速に上がっていったことがその主因であるとされる。短命な建築は、エネルギーの浪費であって、地球環境の視点からもはや許されない状況にある。「建築空間の生命化」は実は、そうした面でもきっと役に立つものである。

## 2 設計図面は必要か？

建築の設計のほとんどの情報は、設計図面の形で施工者に渡される。しかし、本当に設計図面が空間の創造に関する情報の受け渡し方法としてベストであろうか？たとえば遺伝子は限られた種類の塩基の結合によって構成されていることが知られているが、たとえば人間の外見を見ると、結果的にある形に結実することを実現している。つまり、空間の形

を伝達するのに、設計図面でない方法で受け渡す方法がある、ということの意味している。設計図面は、最終的に出来上がる建築空間のチェックに必要なだけなのかもしれない。設計に必要な情報を伝達するのに、もっと効率的なそして魅力的な方法がきっとあるはずである。

建物の設計は、種々の制約条件および要求条件のもと、最適な解を探す作業である。目標と実現手段との関係が直結していて単純であり、相互のトレードオフ関係がなるべくなければ設計作業は格段に楽になる。たとえば、スケルトン・インフィルは、建物をささえるスケルトンと相対的に寿命の短いインフィルを極力相互に関係しないように分離したものである。しかし、生命システムでは、このようにトレードオフ関係のあまりない機能、器官は実は例外であって、実に多くの相互作用を内在している。このことが未知の外乱や、これまで想定されなかった外乱へも柔軟に対処できることと、深い関係がある。相互作用が多いシステムは、冗長性の高いシステムと言い換えることができるが、その複雑性を高度に利用した設計手法は確立されていない。つまり、単純化して冗長性を低くすることが必ずしも良いことばかりではない可能性があることを示している。

生体防御機能には、中枢および末梢神経系、内分泌系、免疫系、血管系など多層の仕組みが備わっている。それぞれどの範囲までの攻撃に反応するか、どのくらいの速さで反応するかが異なる。個体での防御が不可能な場合には、突然変異などの多様性によって、特定の遺伝子構造を持つグループだけが生き残ることで種の存続が図られるといった巧妙な仕組みがある。それぞれの防御機能は複雑に連携しあって相互に協調しながら働いている。こうした適応能力を建築空間に持たせることで、寿命を飛躍的に延ばし、エネルギー削減とも両立した空間の実現が可能かもしれない。

設計のしやすさの観点からは、相互作用を持つ部分を極力減らして設計変数を少なくすることが重要であるが、生命のこうした仕組みを組み込んで、相互作用を積極的に利用して、超冗長なシステムとしたままで、安定で種々の外乱や使用環境に適応能力を持つ建築空間実現をしたい。ただし、超冗長なシステムをこれまでの手法で設計することはきわめて困難であり、分散システムとしての新たな設計手法の確立が不可欠であろう。

さて、もう一度問いかけたい。建築の設計に本当に設計図面が必要だろうか？設計図面もひとつの情報伝達手段であるが、それがベストであるとは限らない。建築空間がみずからその環境情報を蓄積し、次の世代への進化につなげようとするとき、ベストな情報伝達手段は図面ではないような気がする。

### 3 建築空間の生命化のための環境把握の方法

今ある技術で建築空間に適応能力を持たせるためには、環境を認識するセンシング機能と、その結果を通信・処理・判断するネットワークとコンピュータ、そしてその認識結果に基づくアクチュエーション機能を付与することで実現することになる。たとえば空調機器では温度、湿度、風速などの監視がなされて、その結果がフィードバックされた調整がされる。地震や風に対しては、制振技術の進展で、ゆれの状況をセンサで把握し、制振をつかさどるアクチュエータに対して指令を送るようになっていく。

センサ技術やコンピュータ技術は日進月歩である。新しい建物にセンサやアクチュエータを最初から埋め込むことは可能であるが、その陳腐化のスピードは速い。また、すでに存在する建物にこうしたものを後から設置するのは大変困難である。こうしたものの導入は建築空間について一種の構造化をすることも意味しており、改築などへの対応は複雑になりがちで障害ともなりうる。

そうした観点から現状の技術を見回すと、家庭への導入がもうまもなくと想定されているロボットが、実はセンシング機能、ネットワークとコンピュータ、そしてアクチュエーションの機能の一通りを持っていて、「建築空間の生命化」のための道具として最適であることがわかる。近い将来にロボットが建築空間を構成する一部となることは確実であると信じている。ロボットには移動機能もあり、目的によっては、多数のセンサをひたすら静的に張り巡らせるよりも格段に低価格となりうる。空調制御の一部として、制振装置の一部として、そして建物自身の健全性を検知する仕組みとしても利用可能である。ロボットを移動センサおよびアクチュエータとして活用し、建築空間を生命化することで、生命の持つ冗長性が埋め込まれた、まったく新しい建築空間の構築が可能である。図1にはそうした建築空間のイメージを示す。

たとえば、筆者自身の経験する環境情報をひたす

ら記録するロボットが存在する状態を想定してみる。居室に入るとロボットが筆者の意図を汲み取り、照明を適度な明るさにコントロールして、空調を筆者自身が快適と感じる温度、湿度に設定する。床のちょっとした段差に躓けば、次の世代にその問題が残されないように確実に記録がされる。眠くなれば照明が落とされ、空調も就寝時に適した状態に保たれる、といった具合である。こうした日々の情報がすべて蓄えられることが、次の世代の建築空間の進化に直接役に立つ。こうした空間は、介護を必要とされるような方々には特に魅力的であろう。ただし、情報がひたすら蓄積されるだけでは意味がなく、設計情報として活用できる形に加工されることが必要となる。つまり、環境情報の遺伝子への変換、である。

遺伝子に盛り込まれている、次世代に受け継がれる情報の量は普通一定である。このことはひたすら情報をためこむことだけでは、進化には無意味であり、進化に必要な形へのある種の変換が必要であることを示唆している。

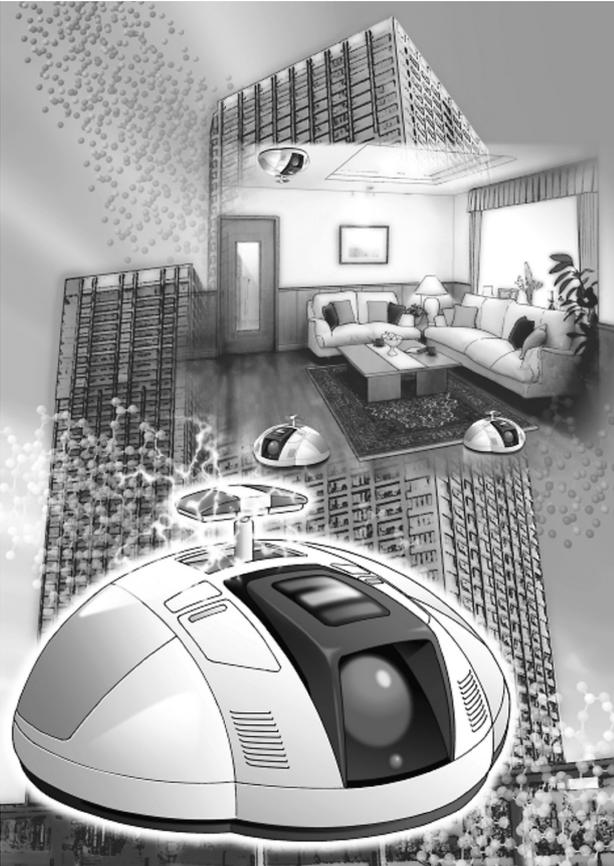


図1 ロボットのいる建築空間

#### 4 建築空間の生命化のための研究課題

センサネットワークとアクチュエータネットワーク、そしてロボットといったハードウェアの研究の必要性が最初に頭に浮かぶ。しかし、この部分に建築工学の研究者が直接貢献できることは限られるであろう。

次に、情報そのものの研究がある。図面の形で渡される情報の本質はなにか。図面に結実されるのに用いられた情報はなにか。なにが設計に要求された条件で、結果的にどういう解決手段がとられたか。こうした設計のプロセスにかかわる情報は実はシステムティックには残されていない。また、もしロボットが建築空間のあらゆる情報を記録可能だとしたら、その情報をどのような形で残すのか。また、遺伝子のように設計に必要な情報にどうやって変換するのか。幅広く、難しい課題がたくさん見えてくる。

環境情報は、建築環境工学の指す狭義の環境ではなく、あらゆる環境を意味している。空間の居住者がどのように行動したのか。また、現在の環境を快適と感じているのか、不快と感じているのか、そうした人の感情も大事な環境情報である。そうした感情をセンサで把握するのは実は大変困難である。居住者の感情や意図をどうやって把握するか、これも重要な研究テーマである。

#### 5 おわりに

「建築空間の生命化」はとても突飛な発想に思われる読者が多いかもしれない。しかし、もし空間ごとの遺伝子が完成したら、異なる空間同士の遺伝子を交配することで、まったく想像していなかった新しい空間が生まれてくる可能性がある。この研究は、今すぐに役立つわけではなく、また実現には大変な努力と周りの理解が必要とされる。こんなことを考えることができるのは大学だからこそ、かもしれない。実際に役立つ研究となるにはまだまだ基礎研究が必要であろうと覚悟している。もし、ご興味のある読者がおられれば、ぜひ一緒に研究しましょう。