

構造制御とsmart概念

早稲田大学教授 西谷 章



The Merriam Webster Dictionaryは、北米でよく使用されているペーパーバックの英語辞書である。

この1997年版で“smart”をひくと、“mentally clear”、“bright”、“witty”、“clever”とともに、最後に“containing a micro-processor for limited computing capability”というきわめて現代的な意味が載っている。IT技術の発達により、さまざまな工業製品がmicro-processorによって制御される時代を反映した「現代版の訳」である。

米英語におけるsmartは普通、頭がよい、という意味をもち、「頭の回転が速い」「頭がさける」「飲みこみが速い」のようなニュアンスで使われるが、「現代版の訳」は、急速に発展するITと結びついたさまざまな概念や工業製品に“smart”が冠せられる最近の傾向を映したものである。

Merriam Webster Dictionaryは1976年以来愛用の辞書であるが、改訂されるごとに買い替えているわけではないので、上述のsmartの「現代訳」が何年版から載っているかは定かではない。手元にあるもっとも古い1976年版にはもちろんこの意味はない。このような「現代訳」は、時代の動きや使用頻度に応じて定着していく米英語の柔軟性を示すものであろう。

構造制御分野では、いま米国を中心にsmart structure、smart sensor、smart dampingといった使い方が見られる。この場合のsmartは、必ずしも、Merriam Webster Dictionaryにあるように、限られた計算や特定の意思決定のみを行うmicro-processorによる制御でなくともよいが、とにかく何らかの、コンピ

ューター的な意味での「頭脳」を備えていて、利口に振舞うものを指す。

はじめの例として挙げたsmart structureは、自らの状態や挙動を監視しながら、必要とあれば自ら変化することで、さまざまな状況に適応するような構造物を広く指しているようにみえるが、現時点で、必ずしも明確な定義があるようには見えない。

これに対してsmart sensor、smart dampingの方は、少なくとも米国では、明快である。

smart sensor はセンシングのみでなく計算能力、判断能力を備えたセンサーを指す。

また、smart dampingは、地震外乱、構造物の応答状況、あるいはダンパー自身の動きに合わせて、ダンパーの減衰係数やリリーフ荷重のような特性を変化させることで、応答低減の実現、あるいは目標とするような応答の実現を目指すスキームを言う。

上述のような意味でのsmart dampingは、その主旨から、セミアクティブ制御に分類される。制御装置の特性を(あるいはその一部を)変化させるのみで、効率的な制御を行う方式を、通常「セミアクティブ制御」と呼ぶ。この定義によるなら、上で述べたような性格のsmart dampingは、まさにセミアクティブ制御である。

構造制御分野では、大地震時には停電も予想されるが、制御装置の特性の変更にはそれほど大きなパワーを必要とせず、省エネルギー型の制御となりうることから、セミアクティブ制御は、アクティブ振動制御本来の目的である大地震時の構造安全性の向上に道を拓く

スキームとして期待されている。

我が国の建築構造物では、鹿島静岡ビル、慶應義塾大学創想館、中部電力岐阜支店ビルにおいて、それぞれ、地震時の構造安全性の向上を意識した、世界に先駆けた特色ある、いわゆるsmart dampingが設置されている。

これらのシステムの開発者自身はsmart dampingとは言っていないが、鹿島静岡ビルは、世界初の建築構造物のためのsmart dampingであり、慶應義塾大学創想館は世界初の、smart dampingを融合したセミアクティブ免震構造である（smart dampingを組込んだ免震構造を、Ramallo、Johnson、Spencerは“smart” base isolationと呼び、この名称をそのままタイトルとする論文をASCE Journal of Engineering Mechanics Vol.128(10) に発表している）。そして、中部電力岐阜支店ビルは、世界初の、smart dampingによる自律分散制御システムの建築構造物への適用例となる。このシステムでは、「分散」して配置されるダンパーひとつひとつにmicro-processorが付き、ダンパーの動きをもとにダンパー減衰係数を「自律的」に制御する。これにより、ダンパーと直列につながるばね要素の「力」負担分も制御して履歴面積を増大し、振動エネルギーの効率的な吸収を図っている。

上に挙げた3つのビルのいずれのシステムにおいても、ダンパーの減衰係数切替えによる制御が行われており、繰り返しになるが、開発者自身はそのようには呼んでいないものの、米国流に言えば、まさにsmart dampingである。

この名称を使用することは、日本で開発・実用化されたシステムに対する、米国からの一方的な命名に追随する感もあるが、世界の共通語である英語の強みもあり、また辞書にも載って現代技術を象徴する用語となりつつあるsmartという形容詞が使われていることも

あって、今後このsmart dampingという名称は日本においても次第に定着していくものと思われる。

建築センターに免震構造評定委員会が設置されてから20年近くが経過しようとしている。兵庫県南部地震の発生以降、免震構造物は急増し、公共建物、病院、集合住宅を中心に、今日まで大臣認定を取得した免震建物は1000棟を超える。

一方、制震構造あるいは制振構造と呼ばれる、免震を除く振動制御建物も、20世紀最後の10年間に大幅に増えている（免震も制震の一部とする分類もあるが、ここでは区別しておく）。我が国では現在、パッシブ振動制御建物は400棟を超えと言われ、アクティブ振動制御建物も40棟を超えようとしている。

一方、日常生活におけるPCの普及や携帯電話の1層のコンピューター化もあって、今後、我々の生活はますますIT技術との融合が進み、コンピューター制御はさまざまな領域に進出するであろう。

時に予測しなかったような反応をすることもあるコンピューターを用いた制御に対して、信頼性が問題視されることもある。この問題に対しては、あれもこれもとさまざまな問題を処理するコンピューターではなく、限られた計算のみを専用に行うmicro-processorを活用することで、より信頼性の高い構造制御システムが実現できるはずである。自動車のサスペンション制御等では既にこのような振動制御が行われているし、分野は異なるが、家庭用の電気製品にはmicro-processorによるさまざまな「マイコン制御」が採り入れられている。

はじめに挙げた、Merriam Webster Dictionaryにあるとおりの、micro-processorを用いたsmart概念の普及と実用化によって、構造制御分野における免震と制震あるいは制振というような境界は次第に曖昧なものとなり、建築物の振動制御は次の発展段階に踏み出していくであろう。