

1 フレキシブル・エレクトロニクスとは

1-1

フレキシブルとはどういうことか

さてフレキシブルとはどういうことをいうのでしょうか。最近日本語として定着してきているような言葉ですが、外来語のせいか、その定義は今ひとつ明確ではありません。広辞苑で引いてみると、「柔軟なさま」とか、「融通がきくこと」という説明がついていますが、これもしっくりしません。英和辞典でFlexibleという単語を引いてみると、「曲げられる」、「融通のきく」、「順応性のある」というような訳語が並んでいます。フレキシブル・エレクトロニクスの場合は、「柔軟で曲げられる」ということに限定して良いようです(図1.1)。したがって、「柔軟で曲げられる電子回路技術と、それに基づいて構成されたエレクトロニクス製品」というような定義になるでしょう。ただし曲げら



図1.1 フレキシブルとは柔軟で曲げられること

れることにより、新しい機能や価値が産み出されなければなりません。一例としてフレキシブルな照明デバイスを考えてみましょう。印刷可能な発光材料を薄いプラスチックフィルムの上に皮膜形成してやると、フレキシブルな平面光源が出来上がります。このようなフレキシブル・デバイスは裏側に粘着テープでもラミネートしておけば、曲がった壁や柱に貼付けることができます。これまでの電球や蛍光灯とはずいぶん違った照明器具となるでしょう。もしかしたら、室内、室外の照明方法に革命を起こすかもしれません。

ここで、エレクトロニクス・デバイスが曲げられるといっても、必ずしも製品全体が曲がる必要性はありません。その電子回路の一部でも曲げられれば、フレキシブル・エレクトロニクスの範疇に入れてよいでしょう。だからといって、硬い本体に柔軟性のある電源コードが付いていても、フレキシブル・エレクトロニクスとはいえないことは、読者のみなさんも納得してもらえるでしょう。電気毛布はどうでしょうか？ 家庭で使われている電気毛布をフレキシブル・エレクトロニクスの範疇に入れるのはちょっと抵抗がありますが、医療用の温度制御機能付きフレキシブル・ヒーターとなると微妙です。ただ、実際にこのようなフレキシブル・ヒーター製品を使ったり、作ったりする立場からすれば、製品が何に分類されるかはどうでもよいことです。このようなところはフレキシブルに考えてください(図1.2)。

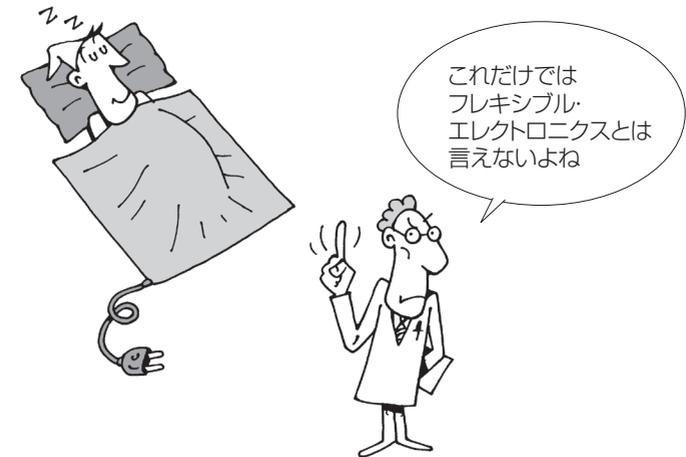


図1.2 電気毛布、電源コードはフレキシブル・エレクトロニクスか？

原因が先か、結果が先か

ところで、禅問答のようになってしまいますが、電子回路が曲げられるようになって、フレキシブル・エレクトロニクスが生まれ、新しい用途が出てきたのでしょうか、それとも曲げることが必要な電子回路の需要があって、それを実現するためにフレキシブル・エレクトロニクスという技術が開発されたのでしょうか。実際には両方のケースがあるようです。フレキシブル太陽電池は前者の例、フレキシブル・ディスプレイは後者の例といえるでしょう。実際には、両方のタイミングがうまく組み合わさってフレキシブル・エレクトロニクスが生まれたというケースが少なからずあります (図1.3)。

始めはひとつの新製品のアイデアがあり、それを実現するための新しい技術が開発されます。その新製品が実用化するには、関連して様々な技術が開発されます。スマートな人たちは、そのような新しい技術

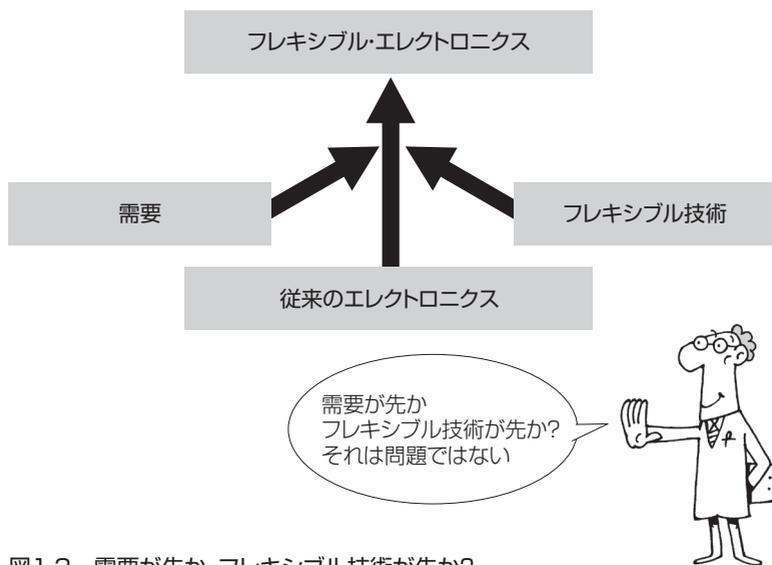


図1.3 需要が先か、フレキシブル技術が先か？

から、新しい用途のアイデアを思いつきます。新しい製品のアイデアを実現するには、さらに新しい技術を開発する必要があるのが普通です。しかし、新しいアイデアに基づいた新製品の市場性が十分にあるのであれば、利益を追求する企業は新しい技術を完成させてしまうものです。このように、需要側と供給側の進歩が織り合わされて裾野も広がり、新しい技術体系が出来上がっていくのでしょうか。フレキシブル・エレクトロニクスは、基本的なアイデアはかなり昔に確立されていました。具体的にはフレキシブル基板に電子部品を実装する形で実現してきています。メンブレンスイッチのように、全ての回路が薄いプラスチックフィルムの上に形成され、全体がフレキシブルになっている電子デバイスもあります。しかしながら、この数年で、新しいフレキシブル回路形成技術が実用化される一方で、新しい用途のアイデアが提案され始め、新しくフレキシブル・エレクトロニクスとして市場ができつつあります。このように、現在は、フレキシブル・エレクトロニクスに関する需要と供給のサイクルが回転し始めたところで、これから新しい用途が次々と提案され、それに必要な技術がどんどん開発されていくという段階に入りつつあるといえるでしょう。

命あるものはフレキシブル？

今度はちょっと哲学的な話になってしまいますが、フレキシブル・エレクトロニクスと生命のメカニズムについて考えてみましょう。私たちの身の回りを見渡してみると、自然が創ったものを生物と無生物とに分けることができます。無生物とは石やガラスですから、そのままでは柔軟性はほとんどないといってよいでしょう。一方、生物の方は何がしかの柔軟性を持っています。特に動物は「動く物」ですから、骨を除けば全身がフレキシブルな材料でできています。単に曲げられるというだけでなく、伸び縮みもするのです。植物は、動物ほどではありませんが、ある程度の柔軟性を持っています。どうも、生命とフレキシビリティとは小さからぬ因縁で結ばれているようです。ただし、

生命とフレキシビリティとが1対1に対応するわけではありません (図1.4)。

人間の知恵はたいしたもので、硬いものの代名詞であるような金属やガラスも、薄くしたり細くしたりすることで、柔軟性を与えることができました。さらに、生物にしかできないと考えられていた有機化合物の合成にも成功し、高いフレキシビリティを持ったプラスチックフィルムや高分子繊維を、生命体の助けを借りずに作り出せるようになってきました。一方、生命体の主要な特徴として生殖機能や再生機能、成長機能がありますが、こちらを人間が制御できるようになるのは当分先のことになるでしょう。(もしかしたら、生命は永遠に解けない謎かもしれません。) このように、生命活動は本質的にフレキシブルな要素を持っているようです。そうして見ると、フレキシブル・エレクトロニクスは、これまでの硬い材料を使ったエレクトロニクスに比べて、もっと生命体と仲良くできるのかもしれない。具体的な応用例として、人工肢体や人工臓器があります。これまで、義手義足といえば、金属と硬いプラスチックを使ったもので、人体とは異質なもの



図1.4 生命活動はフレキシブル

でした。ところが最近では、フレキシブル・エレクトロニクスを使って、人間の関節の動きや触感に近いものが実用化されつつあります。また、視覚障害や聴覚障害を持った人々のために、フレキシブル・エレクトロニクス技術を活用した人工網膜や人工内耳が試みられています。不幸なことに、交通事故や戦争によりこのようなエレクトロニクス臓器の需要は増大しており、フレキシブル・エレクトロニクスが活躍する場面が多くなりそうです。もっと身近な例としては、エレクトロニクス絆創膏があります。皮膚の動きに合わせて伸縮する絆創膏の上に、センサーデバイスと無線発信回路を形成することができれば、患者の負担を最小限に抑えて、健康状態を連続的にモニタリングすることができます。

1-4

フレキシブル化に付随する価値

次は現実的な話になります。フレキシブル・エレクトロニクスを実現しようとする、使う材料としてフレキシブルな素材を使うか、とことん構成材料を薄くするのが現実的なアプローチということになります。薄くなれば、電子回路が占有するスペースが小さくなるだけでなく、最終製品の重量の低減にも少なからずの寄与をすることになります。薄くて軽くて柔軟性がある電子回路ですから、デジタルカメラや携帯電話のような小型電子機器には最適の技術ということができるでしょう。そのようなわけで、デジタルカメラや携帯電話にはたくさんのフレキシブル基板が使われているのです (図1.5)。

通常フレキシブル・エレクトロニクスを構成するには、ロール状に巻かれた薄いサブストレートの上に電子回路を形成していきます。ということは、生産性の高いロール・ツー・ロール (RTR) プロセスを適用できる可能性があるということです。自動化されたRTRプロセスで大量生産すれば製造コストの低減も期待できることになります。ただ、RTRプロセスはなかなか適用が難しい技術で、一筋縄ではいきません。くわしくは第5章で紹介します (図1.6)。