

過熱する半導体競争

2023-02-13

Q: どういうことですか？

A: 世界におけるわが国の半導体シェアは図. 1 のように凋落し続けています。この事態を打開してわが国の経済成長を促すために、政府は米国の IBM との合弁で新たに立ち上げた国産半導体製造会社に予算 700 億円を投じることを決定しました。半導体競争は米国と中国の間でも熾烈化していて、台湾の半導体製造会社の TSMC をめぐって国家間の紛争すら起きようとしています。ですが、このような半導体競争で各国が軽視している重要な問題があります。今回は、この問題について世界に先駆けてトップダウン思考で迫ってみたいと思います。

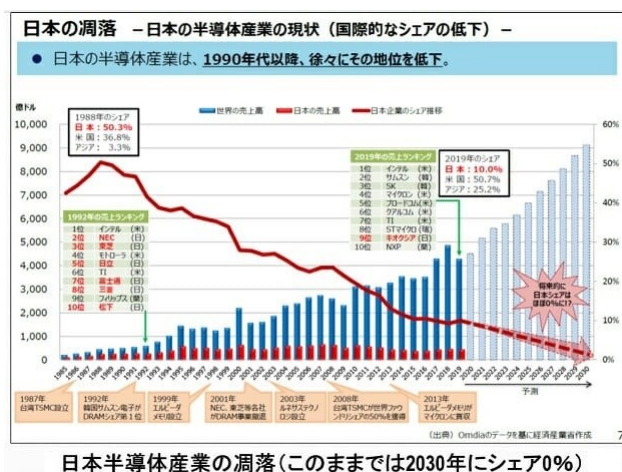


図. 1 世界におけるわが国の半導体シェア

Q: そもそも、半導体とはどのようなものですか？

A: 物質は電気を通す電導体 (Conductor) と電気を通さない絶縁体 (Insulator) に分類できます。ですが、両者の中間の性質をもつとか、両者の性質を併有する物質があることが発見されました。それがシリコン、ゲルマニウム、カドミウムなどの半導体 (Semiconductor) とよばれる物質です。半導体には、マイナス (-) の電荷をもつ n 型半導体とプラス (+) の電荷をもつ p 型半導体があります。近年では、これら 2 種類の半導体を組み合わせたダイオード (Diode) やトランジスタ (Transistor)、集積回路 (IC: Integrated Circuit) などを半導体と総称するようになってきました。

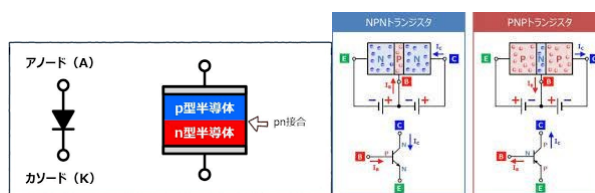


図. 2 ダイオード (左) とトランジスタ (右)

HuFac Solutions, Inc.

Q: ダイオードやトランジスタにはどのような機能があるのですか？

A: ダイオードには、電気を一方向にしか流さない機能があります。その他に、光を発する発光ダイオード（LED）や光を電気に変えるダイオード（太陽光発電）もあります。トランジスタには、電圧を増大させる増幅機能と電流の ON/OFF を切り変えるスイッチ機能があります。これらを基板上に集積した半導体には計算機能や記憶機能、制御機能などがあり、高度な半導体は人工知能（AI）などに利用されています。

Q: 世界の各国は半導体のどのようなことで競争しているのですか？

A: さまざまなことがあります。主に集積回路の集積度（Scale of Integration）で競争しています。集積度とは、限られたスペースにどの程度の機能を収納できるかということです。わが国の半導体製造技術では「10ナノ」レベルの集積度しか達成できていません。台湾や米国のメーカーは「2ナノ」レベルの集積度を実現しています。これからは「1ナノ」レベルの競争になるようです。

Q: 半導体の集積度を増大させると、どのようなメリットがあるのですか？

A: 集積度を増大させると、記憶容量が増し、計算速度が増大して、複雑な制御が可能になるなどのメリットがあります。高度な AI にはこれらのメリットが欠かせません。高度な AI が開発できると、人類のさまざまな夢を実現できるようになります。

Q: 各国が半導体の集積度で競争する理由がわかりましたが、冒頭で述べられている「各国が軽視している重要な問題」とはどういうことですか？

A: 半導体のような電子部品には電磁両立性（EMC: Electromagnetic Compatibility）が要求されます。EMC とは、電子部品が他の部品に電磁干渉（EMI: Electromagnetic Interference）を及ぼさず、また他の部品から電磁干渉を受けても正常に動作する耐性を持つことで互いに共存できる状況を指します。集積度が増して電子部品が互いに接近すれば、EMI の可能性が増します。今後、各国の競争が過熱して半導体の集積度が増せば、EMC がますます問題になることとなります。

Q: 電子部品が EMI を受けると、具体的に何が起きるのですか？

A: ダイオードやトランジスタ、IC などの半導体が誤信号を出して、電子機器に誤作動を起こさせます。半導体を用いた電子機器は、今や社会のさまざまな分野で利用されています。EMI が原因と思われる深刻な事故もすでに起きています。

Q: 「EMI が原因と思われる」というのは、EMI が原因とは特定できないということですが？

A: 残念ながら、そういうこととなります。EMI は、発生しても一切の痕跡を残しません。それに、確認のために EMI を再現させることもできません。電子機器の誤作動で事故が起きて、その原因が人間の誤操作によるものか、EMI に因るものかを判定することはできません。そのため、証

HuFac Solutions, Inc.

抛重視主義のわが国の裁判では EMI が証拠として認められることはありません。マソミなどでも、事故の原因として EMI が取り沙汰された例を聞いたことがありません。

Q: EMI の要因は科学的に解明されているのですか？

A: 意外かも知れませんが、現代の科学でも解明されていません。解明するには、原子や電子などの量子物理学にまで踏み込まねばなりません。いわば、万有引力や磁力の要因を解明できないのと同じで、人類永遠の課題の 1 つといえます。EMI を根本的になくす方法も開発できていません。

Q: EMI が原因と思われる事故を例示していただけますか？

A: 身近な例でいえば、2013 年に JAL と ANA のボーイング 787 で相次いで起きたバックアップ電源用のリチウムイオン電池の発火事故があります。わが国の運輸安全委員会（JTSB）や米国の国家運輸安全委員会（NTSB）、ボーイング、電池メーカーの GS コアが原因を調査しましたが、まったく解明できませんでした。当時、弊社代表はいくつかのテレビ局に要請されて取材に応じました。新聞社や雑誌社からもコメントを求められました。



図.3 リチウムイオン電池の発火で緊急着陸したボーイング 787

Q: リチウムイオン電池の発火原因を解明できていたのですか？

A: 通常の思考では解明できませんが、トップダウン思考で解明できていました。リチウムイオン電池は高性能電池の 1 つです。高性能電池には、過電流や過電圧を防ぐためにマイコン（Micro Controller）という半導体が内蔵されています。リチウムイオン電池のマイコンが EMI で誤作動して過電流を防げなくなったことが発火の原因といえます。詳細は割愛しますが、787 には EMI が発生しやすい要因がありません。JAL と ANA の 787 で起きたのは、わが国特有の気象状況にも関係しています。

Q: テレビや新聞社、雑誌による取材で、なぜ本当の原因を説明しなかったのですか？

A: 前述のように、EMI は一切の痕跡を残しませんし、確認のための再現もできません。証拠がなく実証できないことを公の場で述べるのはかえって混乱をまねくと考えて控えました。ただ、米国の FAA が 787 の運航停止を半年後に解除した際には、新聞社の取材に対して「原因が不明のままの解除には問題が残る」とコメントしました。ボーイングはその後、主力機として期待していた 787 の製造を停止しました。ボーイングは本当の原因に気づいて、対応が困難であると悟ったようです。

Q: 2019 年に池袋で起きたプラス暴走事故も EMI が原因と話していましたね？

HuFac Solutions, Inc.

A: そうです。プリウスなどトヨタのハイブリッド車は、欧米で数多くの暴走事故を起こして提訴されています。そういった情報に疎いわが国の社会や司法界は、池袋の事故の原因を「ブレーキとアクセルの踏み間違い」としか判断できませんでした。年老いた運転者は現在も実刑に服しています。弊社は、諸状況をトップダウン思考で考えて EMI 以外の原因はないと思っています。ハイブリッド車や電気自動車 (EV) には、電動モーターなどを制御するパワー半導体 (Power Semiconductor) が採用されています。パワー半導体が EMI で誤作動すれば、ハイブリッド車や EV が暴走することは大いにあり得ます。



図.4 自動車のパワー半導体

Q: 最近、「グーグルが哲学者を経営トップに迎える」という報道がありましたが、これも何らかの関連があるのですか？

A: その報道は読者の中の IT 技術者の方から知らされました。大いに関連があります。IT 業界では報道にある「哲学者」をカトやテカトのような哲学者と考えているようです。ですがそうではなく、「ヒューマンファクターの専門家」という意味です。弊社は 2016 年に「マイクロソフトの CEO が人間中心の AI を目指している」という内容の安全情報を発信していました。いい換えれば、マイクロソフトがヒューマンファクターを本格的に重要視するようになったということです。それ以前に、グーグルとテスラの EV が自動運転で暴走による死亡事故を起こしていました。マイクロソフトの CEO は、グーグルとテスラの EV が暴走事故を起こしたのは経営トップがヒューマンファクターの原則を知らなかったためと悟ったようです。その後、グーグルもマイクロソフトと同じようにヒューマンファクターの重要性に気づいたのだと思います。テスラの CEO はまだ気づいていないようで、EV の販売を続けています。テスラの EV は最近、中国で相次いで暴走事故を起こしています。

Q: 2019 年にボーイング 737MAX が相次ぐ墜落事故で運航停止になりましたが、この事故の原因も EMI に関係があるのですか？

A: その通りです。NTSB や FAA、ボーイングは事故原因を明らかにしていませんが、EMI 以外には考えられません。事故の切っ掛けは MCAS という失速防止のための操縦特性補助システムの誤作動であることがわかっています。MCAS は、高性能の半導体を用いた自動化電子システムです。EMI を受ければ MCAS が誤作動することがあり得ますが、それを実証することはできません。737MAX にも、EMI を発生

HuFac Solutions, Inc.

させるボーイング 787 と同じ要因があります。FAA は、737MAX の型式証明を直ちに取り消して世界中の 370 機以上の 737MAX を運航停止にしました。



図.4 運航停止になったボーイング 737MAX

Q: EMI をなくすことができないのなら、どうすればいいのですか？

A: EMI と同じように、絶対になくすことができないものがあります。それがヒューマンエラーです。ヒューマンファクターでは、なくせないヒューマンエラーに対処するためのエラートレランス (Error Tolerance) というトップダウン思考の手法があります。因みに、なくせないヒューマンエラーをなくそうとする無駄な手法がボトムアップ思考のエラーレジスタンス (Error Resistance) です。EMI に対しては、エラートレランスをヒントとしたフォルトトレランス (Fault Tolerance) というトップダウン思考の手法が適用できます。わが国の電子機器メーカーが採用している EMI 防止策はすべてボトムアップ思考の対策です。フォルトトレランスで EMI に対処するには、IT 技術者がトップダウン思考やヒューマンファクターを理解できなければなりません。フォルトトレランスを考慮しないで半導体の集積度増大競争を続ければ、半導体は、航空や鉄道、船舶、自動車、医療といった人命を預かるシステムには採用できなくなります。

Q: フォルトトレランスは現実に採用されているのですか？

A: ボーイング やエアバスは最新の航空機の飛行管理システム (FMS: Flight Management System) に採用しています。インテルなどが独占的に製造しているコンピュータの CPU にも採用されています。これらの企業がフォルトトレランス設計の詳細を開示しないのは、企業秘密という理由だけではありません。IT 技術にエラーがあることが明らかになれば、製造者責任 (PL: Product Liability) を負わねばならなくなるからです。これらの技術は俗に「ブラックボックス (Black Box) 」といわれています。わが国の技術者はこれまでのように欧米の真似をするのではなく、トップダウン思考で考えて独自にフォルトトレランス設計を開発できるようになる必要があります。

本情報に関する連絡先：

(株) ヒューファクトリユージョンス

URL: <http://www.hufac.co.jp>

E-mail: info@hufac.co.jp