

## 意見交換会の開催

2023-03-01

Q: どういうことですか？

A: 2023年2月13日に「加熱する半導体競争」と題する安全情報を配信しました。安全情報では、世界の各国が半導体の集積度を上げて高性能化すれば電磁干渉（EMI）による誤作動の可能性が高まると警鐘を鳴らしました。安全情報の発信は、読者のある方からトップダウン思考に関する解説を求められたことに端を発しています。やり取りを聞いていた他の読者の方も講演会の開催に協力を申し出て下さいました。その後、講演会の構想はトントン拍子に進んで、弊社は主催者の方から講演の演題と要旨を求められました。弊社は下記のような演題と要旨を提案しました。コト禍が多少は落ち着いているとはいえ、講演は短時間で効率的にする必要があります。弊社代表の講演時間は質疑応答を含めて1時間30分となり、議論を充実させるために意見交換会にしようということになりました。その趣旨に合わせて、安全情報で関係者の方々に講演内容を事前にお知らせすることにした次第です。意見交換会は3月末に都内で開催されます。

### 記

演題： デジタル化社会のリスクマネジメント

要旨： 電導物質と絶縁物質の中間の性質をもつシリコンなどの半導体が発見され、トランジスタやダイオード、集積回路（IC）など広義の半導体が発明されたことで、人類社会はコンピュータやAIを活用するデジタル化社会に突入しています。世界は半導体の集積度など効率のみを追求して競争していますが、半導体には電磁両立性（EMC）という避けることができない問題があり、半導体の集積度の増大とともに顕在化します。この問題を解決できなければ、高性能の半導体を航空や鉄道、船舶、自動車、医療といった人命を預かる産業分野で安全に利用することはできません。この難問の解決のために、やはりなくせないヒューマンエラーに対処するエラートレランス（Error Tolerance）をヒントに、フォールトトレランス（Fault Tolerance）というトップダウン思考の手法が考えられています。本講では、半導体などデジタル技術の普及で避けることができないEMCの問題とそれを効果的に解決するためのフォールトトレランスについてわかりやすく概説します。

Q: 安全情報について読者の方々からコメントがあったのですか？

A: いくつかありました。その中の1つを下記にご紹介します。ご質問に対する回答を通じて、半導体とEMCの問題についてさらに理解を深めていただけたと思います。コメントを寄せて下さった方は、わが国の鉄道業界で永年にわたって鉄道安全に貢献された方です。それだけに、コメントとご質問には重みがあります。

### 記

ヒューファク安全情報を受講させていただいている〇〇です。此度は、「加熱する半導体競争」をありがとうございました。これを読ませていただき、初めて半導体の問題点の真相を知りびっくりしました。それは、半導体が集積度を増せば、EMIの危険性が増すということのようですが、

- ① 半導体の過熱競争で、何ノくらいの集積度から危険水域か、線は引けるのですか？
- ② ボーイング737MAXはリチウム電池に問題があり、池袋のプリウス事故もブレーキとアクセルの踏み間違いで、半導体の半の字も出てこなかったことは、EMIは痕跡も証拠もないので、誰も言いだせなかったということなのですか？

③ 集積度増大競争下で EMI を無くすのは、ご主張のトップダウン思考によるフォールトトレランスがあるとしても、現実には EMI の危険は究明されることなく増え続ける恐れがあるということになるのでしょうか？

④ 半導体製造の品質管理について日本の現状は如何なのでしょう？

いずれにしても、大変重要な問題をご指摘いただきありがとうございます。また、関連事項について、ご講義をお願いします。

Q: ① についてはどう応えますか？

A: 「何々くらい」という明確な線は引けません。集積度を上げた半導体での EMI の問題は、米ソの宇宙開発競争で顕在化しました。ソ連の人工衛星が行方不明になる事故がありましたが、科学技術者は EMI による半導体の誤作動が原因と考えました。2 進法の 1 と 0 で構成されるデジタル情報の 1 と 0 がある箇所 EMI により入れ替わって、情報が一変してしまったと考えられています。その後、米国のスペースシャトル計画でも数多くの EMI による事故やトラブルを経験しました。NASA はこれらの経験を報告書にまとめています。報告書は、「EMI の問題を認識できたことは宇宙開発の大きな成果で、教訓を産業界などで活かさねばならない」と提言しています。

Q: 民間航空界でも EMI の問題を経験しているのですか？

A: ボーイングが 757 と 767 に初めて飛行管理システム (FMS: Flight Management System) を導入してから、EMI の問題が顕在化しました。エアバスが開発した 320 でも、EMI による FMS のトラブルが相次ぎました。トラブルの多くは民間航空界が独自に導入している匿名安全報告制度で報告されました。EMI による事故も数多く経験しています。FMS は、精密な飛行制御で燃料消費を低減させるためと、航空機関士 (Flight Engineer) の業務を代行させるために開発されました。高集積度の半導体の開発で可能になった小型軽量のコンピュータシステムです。EMI による事故やインシデントに危機感を抱いた ICAO や IATA、FAA などは、人間と自動化システムのインタフェースを最適化するヒューマンファクター (Human Factors) の研究に期待をかけました。研究の成果が「人間中心の自動化設計」と「AQP などのヒューマンファクター訓練」です。どちらもフォールトトレランスの概念の具現化といえます。

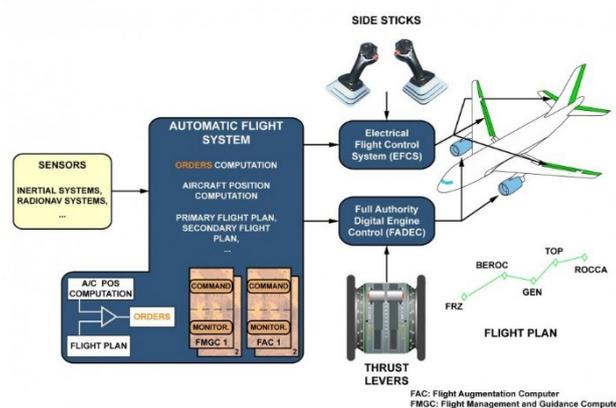


図. 1 航空機の FMS

Q: わが国の航空界は世界の航空界の動向に追随できているのですか？

A: まったくできていません。それどころか、わが国の航空技術者は EMI の存在すら的確に認識できていません。その理由は、技術者がボトムアップ思考しかできないからといえます。ボトムアップ思考の

## HuFac Solutions, Inc.

教育で育ったわが国の技術者が可視化できない EMI の問題の存在を理解できないのは無理ありません。

Q: ② についてはどう応えますか？

A: 先ず、「ボーイング 737MAX はリチウム電池に問題があり」というのは少し違います。737MAX の墜落事故の原因はリチウム電池の発火ではなく、MCAS という失速防止システムの EMI による誤作動です。わが国の国民がボーイング 737MAX や 787 の事故、池袋におけるプリウスの暴走事故の原因を理解できないのは、やはりボトムアップ思考しかできないからといえます。そのために、公式事故調査の結論や裁判の判決に対して自信をもって異論を唱えられないようです。

Q: 池袋の暴走事故の裁判では、EDR の記録が「動かぬ証拠」になったのですか？

A: そのように聞いています。EDR (Event Data Recorder) の記録が「動かぬ証拠」となったのは、裁判官や検事、弁護士などの司法関係者がボトムアップ思考しかできないからと考えています。ボトムアップ思考では、EDR の仕組みを深く考えることなく事実を忠実に記録できる装置と誤解してしまいます。ハイブリッド車や EV は「Drive By Wire」といって、アクセルやブレーキ、ハンドルなどの動きをトランスデューサー (Transducer) で電気信号に変換してパワー半導体に伝達します。EDR はそれらの電気信号を記録しているだけで、アクセルやブレーキ、ハンドルの動きを忠実に記録しているわけではありません。

Q: トップダウン思考ではどのように考えるのですか？

A: トップダウン思考は、事実を的確に把握して論理的に判断します。EDR がアクセルの電気信号の急激な上昇を記録していても、それが運転者によるアクセルペダルの踏み込みによるものか、EMI によるパワー半導体の誤作動によるものかは判別できないと考えます。わが国の司法は「疑わしきは罰せず」という推定無罪の原則を採用しています。推定無罪の原則によれば、EDR の記録だけで被告を有罪にする「動かぬ証拠」にはできません。米国やカナダでは、プリウスの暴走事故による裁判が数多く提起されています。弊社が知る限り、運転者が刑事罰に処せられた事例は 1 件もありません。トップダウン思考で判断できないわが国の司法や科学技術は、欧米にくらべて大きく遅れているといわざるを得ません。

Q: ③ についてはどう応えますか？

A: 世界の IT 業界や民間航空界では、すでにフォルトトレランス設計が実践されています。わが国のメーカーが製造できないパーソナルコンピュータ (PC) の CPU (Central Processing Unit) には、フォルトトレランス設計が採用されています。CPU の製造はインテルなど米国のメーカーに限られていて、フォルトトレランス設計は企業秘密にされています。民間航空機でも、フォルトトレランス設計はすでに採用されています。FMS が航空機に採用された当初には、携帯電話や電子機器の機内における使用が厳しく禁止されていました。フォルトトレランス設計が採用されるにつれ、その規定が徐々に緩和されました。

Q: EMI で発火するリチウム電池でもフォルトトレランス設計が採用されているのですか？

A: リチウム電池ではフォルトトレランス設計の採用が遅れています。その代わりに、民間航空会は運用でカバーしています。航空機の乗客がリチウム電池やリチウム電池を内蔵する電子機器類を携帯して搭乗することを禁止することはできません。民間航空会社の団体である IATA は、それらを貨物室に搭載することを厳しく禁止しています。その代わりに、手荷物として機内に持ち込むことは容認しています。リチウム電池が客室内で発火しても客室乗務員が何とか消火できるからです。この措

**HuFac Solutions, Inc.**

置は、リチウム電池の半導体が EMI で誤作動しても深刻な火災に結びつけないというフォールトトレランスの考えによる「苦肉の策」といえます。

Q: ④ についてはどう応えますか？

A: これは鋭いご質問ですが、真摯にお応えします。わが国における半導体の品質管理は、欧米にくらべて遅れているというよりも、むしろゼロといっても過言ではありません。わが国の半導体メーカーと IBM の合弁事業でも、わが国のメーカーは半導体の品質の中核である制御部分の製造を担当できません。制御部分にはコンピュータの CPU と同じフォールトトレランス設計が採用されているからです。残念ながら、わが国の技術レベルではフォールトトレランス設計ができません。半導体の日米合弁事業では、わが国は IBM の下請けに甘んじることになります。やはり半導体の制御部分を製造できない台湾の TSMC も、米国に工場を置いて米国の傘下に入るようです。

Q: わが国の技術レベルではトップダウン思考によるフォールトトレランス設計ができないのであれば、わが国の技術者がトップダウン思考を理解する必要はないのではないですか？

A: それは違います。EMI の問題を解決するには、フォールトトレランス設計だけでは不十分です。半導体による自動化システムを現場で取り扱う要員にも、トップダウン思考が必要になります。現場の要員がトップダウン思考で判断できるようにする訓練がヒューマンファクター訓練です。ヒューマンファクター訓練では、現場の要員にも EMI の問題やフォールトトレランス設計について理解してもらいます。

Q: コメントを寄せていただいた方は「関連事項」についても解説を期待されていますが、航空機の運航に最近話題の人工知能 (AI) を採用する可能性はあるのですか？

A: それは絶対にあり得ません。AI は人間の脳神経ネットワーク (Neural Network) を模したコンピュータプログラムですが、科学技術者が考える脳神経ネットワークの概念モデルは人間の脳の機能をすべて表現できているわけではありません。人間の脳には、コンピュータのプログラムなどでは模擬できない高度な機能があります。それがトップダウン思考です。コンピュータのプログラムが模擬できているのはボトムアップ思考に限られています。航空機の通常時の運航はパイロットのボトムアップ思考や AI でもできますが、異常時にはパイロットによるトップダウン思考が必要になります。人間の脳のトップダウン思考は、最新の脳科学でも解明されていません。世界の航空界では「航空機のパイロットはゼロにできないばかりか、永久に 2 名のままである」というのが定説になっています。世界の民間航空界は、ゼロにできないパイロットとハードウェアやソフトウェア、環境との調和を考えるヒューマンファクターの重要性を認識しています。AI による無人航空機の出現などは議論すらされたことがありません。

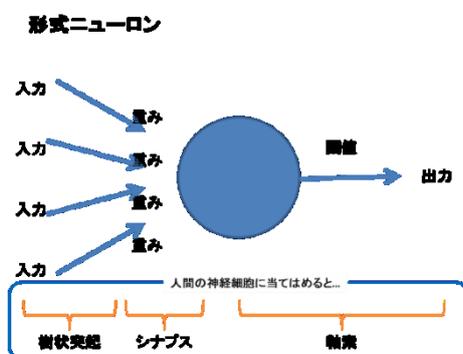


図. 2 人間の脳神経ネットワークの概念モデル

***HuFac Solutions, Inc.***

- Q: 話題になっている ChatGPT も、人間のトップダウン思考までは模擬できないのですか？
- A: その通りです。弊社は、本年 1 月 15 日に起きたネパールのイティ航空 ATR72-500 の墜落事故の原因をトップダウン思考で即座に「主翼前縁の防除氷装置のスイッチの入れ忘れ」と推定しました。現在、事故機の飛行記録装置（DFDR）が回収されて、両側のターボプロップエンジンが停止してプロペラがフェザーリング位置（注：フェザーリングとは、空気抵抗を減らすためにプロペラの羽の断面を気流に平行にセットすること）になっていたことが判明しています。この事実をボトムアップ思考で考えれば、両側のエンジンが停止したことが原因と考えるてしまいます。ですが、両側のエンジンが同時に停止する確率は極めて低く、事故調査団も事故原因を特定しかねているはずで、トップダウン思考で「主翼前縁の防除氷装置の入れ忘れ」が原因と考えれば、すべてが論理的に説明できます。両側のエンジンの停止は事故の「原因」ではなく「結果」であることに気づくはずで、読者の中に関心がある方がおられれば、ChatGPT に「イティ航空 ATR72-500 の事故の原因は何か？」と尋ねてみてください。ボトムアップ思考しかできない ChatGPT は何も応えられないか、あるいは「両側のエンジンの停止による推力不足が原因」としか応えられないはずで、事故原因分析のようなトップダウン思考を要する緻密な作業は AI にはできません。
- Q: 計画されている意見交換会では、以上のような事柄について忌憚のない議論ができると期待しているのですか？
- A: その通りです。最近の社会情勢の変化で、弊社が永年にわたって提唱してきたトップダウン思考が理解されるチャンスがめぐってきたと思っています。意見交換会では、我々が避けることができないデジタル化社会を敏感に感じとれる有志の方々と忌憚のない議論ができることを期待しています。

本情報に関する連絡先：

(株) ヒューファクソリューションズ

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

E-mail: [info@hufac.co.jp](mailto:info@hufac.co.jp)