

罪深い半導体の誤作動

2023-04-02

Q: 表題はどういうことですか？

A: 順を追ってお話しします。3月30日の午後、ある会合で「デジタル化社会のリスクマネジメント」と題する講演をさせていただきました。会場いっぱいの聴講者は、社会で十分な経験を積まれた方々やこれからの日本を背負う若い方々です。皆さん、レベルの高い方々ばかりでした。講演の内容は、主に電磁干渉（EMI）による半導体の誤作動の可能性と原因に関するものでした。幸い、皆さんから好評をいただき、質疑応答も大いに盛り上がりました。その日の夕刻、たまたまNHKのBSプレミアムで放映された「エラー 失敗の法則 - 真相 ハドソン川の奇跡」と題する航空事故解説番組を視聴しました。NHKの番組のホームページには、概要が「失敗を恐れずに前に進む処方箋として“失敗の歴史”を紹介する。今回は、離陸直後に全エンジンが停止した状況で、死者ゼロという結果を残した飛行機事故“ハドソン川の奇跡”を探る。この奇跡の陰には、ある事故の失敗が関係しているという。“ハドソン川の奇跡”を生んだ、もう一つの知られざる事故に迫る。」と案内されています。オリジナルは米国のテレビ局が制作したもののようで、NHKが日本人の解説者を交えて日本語版に編集しています。番組の後半では、JALが航空事故対策として導入しているCRM（Crew Resource Management）訓練が紹介されていました。



図. 1 NHKの航空事故解説番組

Q: 番組の概要にある「ハドソン川の奇跡」とはどういうことですか？

A: 安全情報でもこれまでに紹介したことがあります。2009年1月15日に米国のニューヨークで起きたUSエアウェイズ（現アメリカ航空）1549便（エアバスA320-200）のハドソン川への不時着水事故のことです。離陸してから着水までわずか5分間の出来事ですが、パイロットの優れた判断で乗員・乗客全員を無事に生還させることができました。当時のニューヨーク州知事が「ハドソン川の奇跡（Miracle on the Hudson）」と称して賞賛しました。トム・ハンクス主演の映画にもなっています。



図.2 USエアウェイズ 1549 便の不時着水事故

Q: 番組の概要にある「ある事故の失敗」とはどのような事故のことですか？

A: 1978年12月28日に米国ネブラスカ州ポートランド近郊で起きたエアーテット航空173便（ダグラスDC-8-61）の燃料切れ墜落事故です。乗員・乗客合わせて10人が死亡しました。着陸のために車輪を出した際に、ランディングギアのダウンロックを示す青色ライトが正常に点灯せず点滅していました。パイロットは空中待機（Holding）する間に故障探求と緊急着陸の手順の検討などに専念しました。その間、残燃料が少なくなっていることに気づかず、機を燃料切れで墜落させてしまいました。事故調査に当たった米国国家運輸安全委員会（NTSB）は、パイロットの注意がランディングギアの故障に一転集中したことが燃料切れを失念してしまった原因と結論づけました。併せて、運航乗務員（機長と副操縦士、航空機関士）間のコミュニケーションがよければ事故を防止できたとして、運航乗務員のコミュニケーション能力を養成するCRM訓練の実施を勧告しました。エアーテット航空は、NTSBの勧告を受けて航空会社として世界で初めて独自のCRM訓練を開発しました。JALは、御巣鷹山事故の後にエアーテット航空のCRM訓練を購入しました。当時のエアーテット航空のCRM訓練は、わが国の企業も社員教育に採用していたグリッド理論（Grid Theory）をパイロット訓練に応用したもので、内容は稚拙でした。



図.3 UAL173 便の墜落事故

Q: 番組の概要にある「ある事故の失敗が関係している」とはどういうことですか？

A: オリジナルの番組に登場している米国のパイロット出身の航空学専門家は、「USエアウェイズ 1549 便の機長と副操縦士は、エアーテット航空 173 便の事故を教訓としてドゥソウ川に無事に不時着水できた」と解説しています。別の言い方をすれば、「USエアウェイズ 1549 便のパイロットはエアーテット航空 173 便の事故を教訓

HuFac Solutions, Inc.

としてコミュニケーションを密にできたから死亡者を出さずに済んだ」というわけです。

Q: 米国の航空学専門家によるこの解説には賛同できないのですか？

A: 「ハッソ川の奇跡」と賞賛されている US エアウェイズ 1549 便の機長と副操縦士は、単なるコミュニケーション能力としては表現できない優れた資質をもっていると思っています。そのため、米国の航空学専門家の解説には違和感をもちました。弊社は、従来から「事故を防止できるパイロットの能力は抽象的なコミュニケーション能力などではなく、具体的な問題解決能力」と考えています。「具体的な問題解決能力」というのがトップダウン思考です。そこで、コイト航空 173 便のパイロットがなぜ墜落事故を防ぐことができなかつたのかを弊社なりにあらためて分析してみることにしました。その結果、コイト航空 173 便のパイロットが「ある重要な技術知識」をもっていれば墜落事故を防ぐことができたという結論に達しました。NTSB の事故調査では、そのことはまったく指摘されていません。

Q: 「ある重要な技術知識」とはどのような知識ですか？

A: コイト航空 173 便の事故のヒューマンファクター分析を通じて説明します。パイロットは着陸準備のためにランディングギアを降ろした時点で初めて異常に気づきました。大きな異音が生じ、ランディングギアのダウンロックを示す青色ライトが点滅し始めたのです。機長は当初、ダウンロックの指示ライトの故障ではないかとの疑いをもったようです。

Q: 実際にダウンロックされていないのか、単に指示ライトの故障なのかを確認する手段はあるのですか？

A: あります。ランディングギアが実際にダウンロックされていれば、主翼の上面に金属棒が突起するように設計されています。コイト航空 173 便では、航空機関士が客室に行き窓から金属棒の突起を確認していました。

Q: それでも、機長はランディングギアがダウンロックされていないのではないかと疑ったのですか？

A: 結果からいえば、そう思わざるを得ません。機長が疑いを棄てられなかった理由は、ヒューマンファクターの見地からは青色の指示ライトの故障モードにあると考えられます。つまり、指示ライトがまったく点灯していなければ、機長は断線など機械的な理由による指示ライトの故障と納得したかも知れません。ですが、実際には指示ライトは点滅を繰り返していました。機長は、指示ライトには電気が通じていると考えて、断線などの機械的な故障を否定したはずで、いい換えれば、機長は自身では想定できない指示ライトの故障モードに遭遇して大袈裟に言えばパニックに陥ったといえます。

Q: ヒューマンファクター分析では、その時の機長の心理状態を推定できるのですか？

A: ある程度、推定できます。人間がパニックに陥るということは、ヒューマンファクターでは脳の顕在意識が失われて潜在意識で判断せざるを得なくなると考えます。潜在意識は顕在意識のように理性的で論理的な判断はできません。当時の機長は潜在意識でしか判断できなくなつて、航空機関士が金属棒の突起でダウンロックを確認したという報告を納得できなくなつていたと考えられます。機長の脳裏にはランディングギアがダウンロックされていないのままの着陸の光景が浮かんで、パニックの悪循環からますます抜けられなくなつていた可能性があります。

Q: 人間が非常事態でパニックに陥ってうまく行動できなかった事例は他にもあるのですか？

A: 数多くあります。福島第一原発1号機の炉心メルトダウン事故もその1例です。この事故では、東電の運転員が地震による全電源喪失でパニックに陥って、電力なしでも炉心を冷却できる非常用復水器をうまく使えませんでした。そのため、炉心のメルトダウンをまねいてしまいました。

福島第一原発1号機非常用復水器

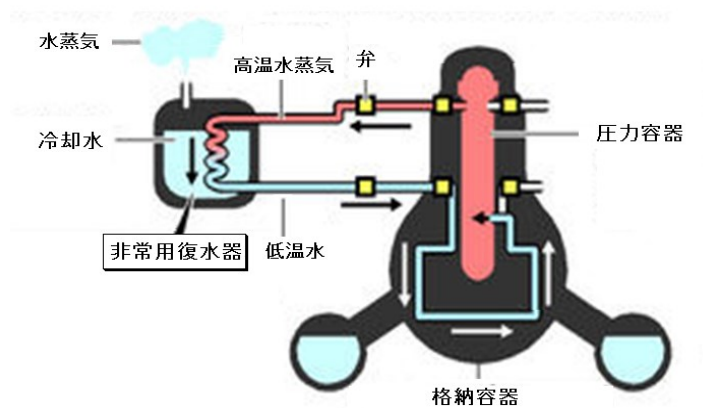


図. 4 福島第一原発1号機の非常用復水器

Q: 指示ライトが点滅するという故障モードの原因は何だと考えられるのですか？

A: 原因は「半導体の誤作動」と考えられます。ランディングギアのダウンロックの指示システムには、電気的なセンサー (Sensor) があります。このセンサーは、俗に知られているリミットスイッチといった機械的な接触型スイッチではありません。プロキシティセンサー (Proximity Sensor) とよばれる非接触型センサーです。非接触型センサーは相手の金属の接近を電磁場の変化で感知する電子部品で、内部に半導体 (集積回路) が組み込まれています。マクドナルド航空173便の事故では、この半導体が電磁波干渉 (EMI) で誤作動したために指示ライトが点滅したものと考えられます。当時、機長や他の運航乗務員にその技術知識があれば、ダウンロックの指示ライトの誤作動であると判断できてパニックから脱出できたはずですが、表題にあるように、このことがまさに「罪深い半導体の誤作動」というわけです。

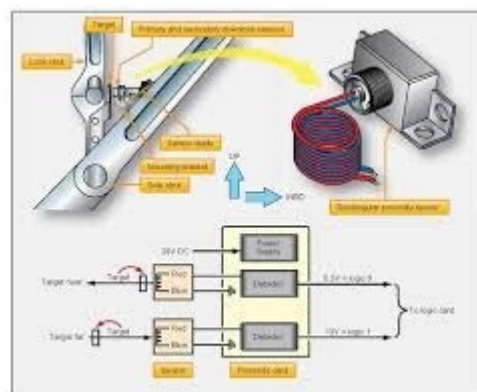


図. 5 典型的な航空機のダウンロック・センサー

Q: EMI はどのような原因で発生したと考えられますか？

HuFac Solutions, Inc.

- A: NTSBの事故調査では、ランディングギアをゆっくりと降ろすための油圧システムのボルトが腐食で折れていたことが判明しています。このボルトが折れて油圧システムが正常に作動しなければ、ランディングギアが急速に降りてダウンロックに激しく衝突します。この金属どうしの衝突で、火花と電磁波が発生して周囲に伝播します。EMIはその時の電磁波の発生によるものと推測されます。
- Q: 運航乗務員がそこまでの技術知識を習得するのは難しいのではないですか？
- A: 一般の航空技術者もEMIを十分に理解できないのですから、運航乗務員にEMIの発生源の特定まで要求するのは無理があるかも知れません。ですが、「電子部品に使われている半導体がEMIの影響で誤作動することがある」ことは、デジタル化社会では一般の人々にも要求される知識です。大勢の生命を預かるパイロットにとって、決して厳しすぎる要求とはいえません。本物のCRM訓練とは、航空機の運航で遭遇するさまざまな難問をトップダウン思考で速やかに解決する能力をパイロットに付与する具体的な訓練でなければなりません。単にコミュニケーション能力を養成するだけの抽象的な訓練であってはなりません。米国では、FAAが航空会社にトップダウン思考のヒューマンファクター訓練であるAQP (Advanced Qualification) の実施を要求しています。「ホノリ川の奇跡」と賞賛されているUSエアウェイズ1549便の二人の優秀なパイロットは、十分な技術知識をもっていて、常に冷静に判断してパニックに陥ることはありませんでした。まさにAQPを実践できていたといえます。
- Q: ところで、講演の概要はどのようなものだったのですか？
- A: 図.6のような概要で問題提起させていただきました。

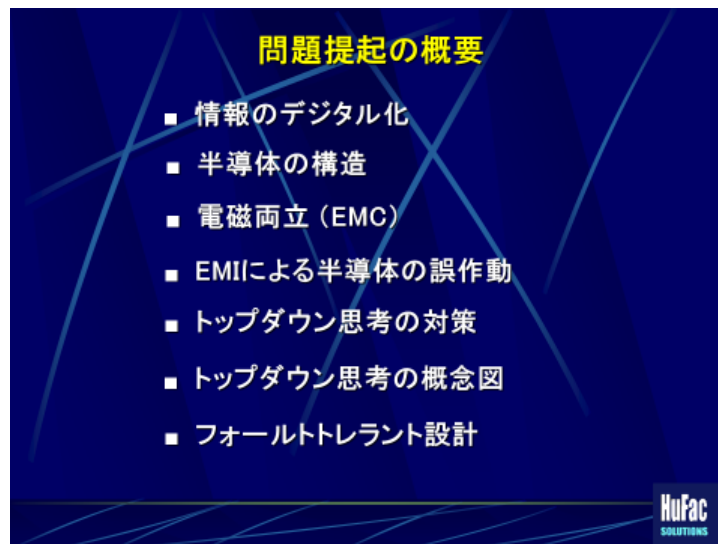


図.6 講演における問題提起の概要

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