

技術立国に暗雲

2021-12-27

Q: 表題はどういうことですか？

A: 去る 10 月 25 日に、「KHI 製地下鉄車両が脱線」と題するヒューファク安全情報を発信させていただきました。この問題の解決のために、米国の国家運輸安全委員会 (NTSB) やワシントン首都圏交通局 (WMATA)、鉄道車両メーカーである川崎重工 (KHI) が全力を注いでいます。ですがまだ原因すらわからず、打開策がまったく見えていません。問題が米国の政治の中枢である首都ワシントンで起きているために、このままでは米国とわが国の間に亀裂が生じるかも知れません。世界経済に影響を及ぼす可能性もあります。KHI はわが国の経済を牽引する企業の 1 つですが、この問題で技術力の低さを露呈する恐れがあります。米国のマスコミは脱線事故を大々的に採り上げていますが、まだそこまでは言及していません。技術力の低さの元凶は、KHI の技術陣がトップダウン思考で発想できないことにあると思われます。トップダウン思考で発想できないのは KHI の技術陣だけではなく、わが国の政治や経済、学術などあらゆる分野の人材に同じ傾向が見られます。このままでは、「技術立国」を自負するわが国の社会により一層の暗雲が立ち込めることになります。脱線事故の原因を科学的に考えることを通じて、KHI やわが国の技術者がトップダウン思考で発想できていない実態を明らかにしたいと思います。本来ならマスコミが警鐘を鳴らすべきですが、なぜか沈黙しています。

Q: 脱線事故の概要をあらためて話していただけませんか？

A: 2021 年 10 月 12 日、米国のワシントン郊外オズリン駅付近のトンネル内で、ワシントン首都圏交通局が運営する地下鉄車両が脱線しました。幸いにも乗客が脱出できたために、死傷者はありませんでした。米国家運輸安全委員会 (NTSB) は重大な事故につながる可能性があったとして調査を開始しました。事故車両は川崎重工業 (KHI) の米国現地法人である川崎レールカーが米国で製造した 7000 系地下鉄車両です。同種車両では 2017 年以降 31 回のゲージ検査で不具合が見つかっていて、年々不具合が増えていました。事故車両は事故直前にも 2 回脱線していてブレーキの一部が破損していました。WMATA は調査を理由に所有車両の 6 割にあたる 7000 系地下鉄車両の使用を一時停止しました。NTSB の委員長は「システム上の問題があるかどうかを調べている」と述べて、同社製の車両を使用している他の交通局に早急に検査を実施するよう要請しました。



図. 1 ワシントン走る 7000 系地下鉄車両

HuFac Solutions, Inc.

Q: 米国議会はどう対応しているのですか？

A: 少なくとも年末まで、KHI 製 7000 系地下鉄車両の運行停止を継続するよう求めています。WMATA がこれまで多数あった 7000 系の不具合を公表しなかったことも強く批判しています。事態を改善するために、NTSB に 23 年間勤務していた David L. Mayer 氏をワシントン・メトロ安全委員会の委員長に指名しました。

Q: 原因が解明されないまま 7000 系を運行に復帰させることはあるのでしょうか？

A: それはあり得ないと思います。米国議会は与野党を問わず、米市民の安全を最優先に考えています。10 月 12 日の脱線事故で死亡者が出なかったのは幸運といえます。再び起きればそうはいかないかも知れません。そんな不安が続けば、地下鉄車両の約 6 割が止まって、ワシトンの首都機能が麻痺する可能性もあります。米国議会はその事態を懸念しています。

Q: Mayer 氏の起用で問題の解決が期待できるのでしょうか？

A: そう期待したいところですが、現実には難しいでしょう。なぜなら、Mayer 氏はわが国の技術者が抱える「問題の根源」にまでは踏み込めないと思うからです。KHI の技術陣は「問題の根源」に薄々気づいていると思います。ですが、KHI は製造者責任 (PL) がある企業として軽々には公言できないでしょう。ワシントン・メトロ安全委員会が「問題の根源」にまで踏み込めるかどうか、今後の動向を注視したいと思います。

Q: 「問題の根源」とは、どういうことですか？

A: 技術立国を自負するわが国にとっては非常に深刻なものです。この「問題の根源」がこれまでわが国で多くの事故を誘発してきました。ボトムアップ思考ではなかなか理解できないと思います。トップダウン思考で考えれば、7000 系の脱線事故の原因は JAL の御巣鷹山事故の要因となった伊丹空港における「尻もち事故」や JR 西日本の福知山線脱線事故などと本質的に同じといえます。これまでのボトムアップ思考の事故調査では「問題の根源」にまで迫れなかっただけでなく、まったく間違った事故原因を公表してきました。「問題の根源」とは、わが国の技術者が数値解析などコンピュータによる問題解決に依存し過ぎて、物事の本質を考えようとしなくなっていることです。

Q: コンピュータや AI に過剰依存するという傾向は技術者だけでなく社会の潮流ともいえますが、7000 系の脱線事故を例に具体的に説明していただけませんか？

A: 鉄道車両は車体と台車で成り立っています。安全の観点からは、とりわけ台車の設計が重要です。KHI はすでに鉄道車両の世界シェアで他を圧倒していますが、他の追随を許さないために台車の思い切った軽量化をはかりました。それが「efWING」という最新鋭の台車です。efWING では、軽量化のために台車フレームや板バネに炭素繊維強化プラスチック (CFRP) を採用するとか、振動を防ぐためのダンパーを取り外すといった大胆な設計変更が行なわれました。もとより台車は不静定構造ですが、CFRP を大幅に採用したことで弾性 (Elasticity) を増して、不静定構造の度合いをさらに強める

こととなります。不静定構造の構造分析や振動解析には有限要素法 (FEM: Finite Element Method) によるコンピュータ数値解析が必要となります。7000 系の脱線は車輪が外側にずれたことで起きたとみられています。これは明らかに台車の異常振動に因るものと思われま。KHI の技術者は、不静定構造の度合いを増した efWING で異常振動が起きることを予測できなかったものと思われま。予測できなかったのは、KHI の技術者が海外から購入した有限要素法のコンピュータソフトに依存しすぎていて、不静定構造の振動特性を本質的に理解できなかったためと推測されま。



図.2 7000 系の efWING 台車

- Q: 不静定構造についてはこれまでも説明を聞きましたが、有限要素法とはどのようなものですか？
- A: わが国の学校教育では、高校までの数学で連立方程式の解法を学びま。連立方程式は、未知数と方程式の数が同じでなければ解けま。ところが、現実社会で遭遇する諸問題では連立方程式の数と未知数の数が同じとは限りま。しかも、方程式は高校までの数学で学ぶ単純なものではなく、非線形偏微分方程式などといった複雑なものです。複雑な方程式を数学的に解くことは困難ですので、コンピュータで近似的に解く必要がありま。そのために考案された近似解法の1つが有限要素法です。有限要素法は今や産業界の多くの分野で用いられていま。不静定構造である鉄道車両の台車や航空機、高層ビル、橋梁などの設計では、有限要素法が不可欠です。
- Q: 技術立国であるわが国の技術者は不静定構造や有限要素法を熟知しているのではないですか？
- A: 日本人としてそう思いたいところですが、現実にはそうではありません。大学の工学部の航空学科や建築土木学科、機械学科などでは不静定構造や有限要素法についてひと通りの授業を受けま。ですが、実社会における応用までは習いま。産業界でも、実用的な有限要素法のコンピュータソフトを作成できる技術者はほとんどいま。コンピュータソフトのほとんどをドイツや米国など欧米先進国から輸入しているのが現実です。コンピュータソフトを海外から購入していれば、難解な不静定構造の原理を理解する必要はありません。コンピュータソフトの中身を理解しようとしても、利潤を追求する海外のメーカーは企業秘密を盾に知らせてくれま。
- Q: 同じことは IT 業界全体でいえるのではないですか？
- A: その通りです。典型的な例がコンピュータの OS (Operating System) です。コンピュータの OS は Microsoft の Windows と Apple の Mac に代表されま。どちらも、わが国の IT 技術者には中身の詳細が知られていま。わが国でも競合する OS の作成が試みられまましたが、うまくいま。ま。

HuFac Solutions, Inc.

コンピュータソフトにも「トップダウン設計」という用語がありますが、わが国の IT 技術者にはトップダウン思考のシステム設計ができないようです。

Q: 有限要素法のコンピュータソフトの問題で、卑近な例はありませんか？

A: あります。わかりやすい例が、数年前にマスコミを賑わせたいわゆる「姉齒事件」です。高層ビルなどの建造物はほとんどが不静定構造です。設計には有限要素法による構造分析や振動解析が必要になります。そのためのコンピュータソフトはわが国の建築土木技術者には作れません。欧米先進国が作ったものを建築会社や設計技師、当局が購入して利用しています。わが国の技術者にとっては、有限要素法のコンピュータソフトは「ブラックボックス (Black Box)」といえます。そのブラックボックスの入力がある民間の設計技師が訳のわからないまま変更してしまいました。その事実を知った当局は、設計技師が設計したすべての建物の建て替えを指示しました。当局もブラックボックスの中身を知らなかったために、設計技師による建物が地震で倒壊する可能性があるかと判断したものです。ところが皮肉にも、建て替えられていなかった設計技師の建物は 3. 11 の大地震でも 1 つも倒壊しませんでした。設計技師もブラックボックスの中身を知らなかったはずですので、単なる幸運としかいえません。

Q: JAL も有限要素法の問題で苦労したそうですね？

A: そうです。伊丹空港におけるいわゆる「尻もち事故」とは別に、営業外の企業活動である HSST (High Speed Surface Transport) の開発で苦労しました。JAL の技術陣は、本業の航空機整備だけでは飽き足らず、HSST という磁気浮上 (牽引) 鉄道の開発に手を染めました。弊社代表はまったく関わっていませんが、有限要素法の問題で苦労したと聞いています。HSST の構造は図. 3 のようなもので、不静定構造であるために振動解析には有限要素法が必要になります。有限要素法のコンピュータソフトはやはりドイツから購入していました。HSST の走行実験中に、高速でカーブを曲がる際に異常振動を経験しました。HSST の技術陣には HSST が不静定構造であるという認識はあまりなかったようです。有限要素法のコンピュータソフトが自前でないこともあり、異常振動の原因を掴めませんでした。その後、HSST は名古屋鉄道などに売却されましたが、通常の営業運転には至りませんでした。

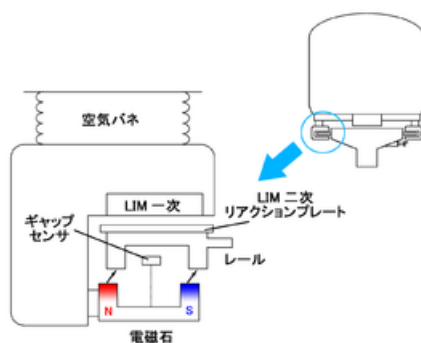


図. 3 HSST の構造

Q: JAL の HSST でも有限要素法の問題があったということは、磁気浮上 (牽引) のタイプは異なります

HuFac Solutions, Inc.

が、JR 東海のリアモーターカーでも同じような問題が懸念されるのではないですか？

A: 弊社は最初からその懸念をもっています。リアモーターカーは JR 東海の技術陣による開発と思われていますが、大半は鉄道総合研究所（鉄道総研）の研究によるものです。弊社代表は以前から鉄道総研の研究者と交流をもっていますが、鉄道総研には鉄道車両の台車や磁気浮上（牽引）のメカニズムが不静定構造であるという認識はあまりないようです。有限要素法のコンピュータソフトも自前では開発できていないと思います。JR 東海はリアモーターカーの実験走行を永年にわたって行なってきましたが、営業運行では実験走行で経験できなかった異常振動に遭遇することもあります。

Q: まさに、技術立国として生きていかねばならないわが国の技術に暗雲が立ち込めているといえますが、どうすればよいのでしょうか？

A: わが国の技術者に 2 つのことを要望したいと思います。どちらも、ボトムアップ思考からトップダウン思考への変革といえます。① コンピュータや AI などによる表層的な数値解析に頼るのではなく、基礎理論を学んで物事の本質を見極めることと、② 事故やインシデントを徹底的に調べて、責任追及や自己保身に走るのではなく、真因を包み隠さず公表することです。当たり前のことのように思えますが、ボトムアップ思考のわが国の技術者には極めて難しいといえます。

Q: リットンにおける脱線事故の顛末はどうなると思いますか？

A: 政治やマスコミは軽視していますが、看過すればわが国の鉄道技術だけでなく技術全般に対する評価を低下させることとなります。わが国の技術者がそこからどう這い上がるか、注視していきたいと思います。

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