

## ◆平成 24 年度 第 6 回 (通算第 32 回) 蔵前ゼミ 印象記◆

日時：2012 年 11 月 19 日 (月)

場所：すずかけ台 J221 講義室

### 自動車技術者のつづやき — 失敗と成功は表裏一体

近森 順<sup>すなお</sup> (1960 機械) 三菱自動車 技術管理部長を経て 90 成蹊大, 02 芝浦工大教授

あと数か月 疎開が遅れていれば、近森さんは原爆の犠牲になっているところだった。1944 年、小学 3 年生の春休みに広島市内から北へ約 40 km のところに疎開した。その時に荷物と共に同乗した木炭トラックが峠の途中で故障し、暗闇の中で心細い一夜を過ごしたことが 近森さんが自動車技術者になる伏線だったようだ。本学では、1941 年に航空機工学科が新設され 若き俊英を集めていたが、戦後は航空機関連の学科はもとより 研究も禁止となってしまった。そんな中、航空機の安定性・操縦性・運動性に関する研究を、自動車に 응용・展開しようとしていたのが近森さんの師である近藤政市 (1968 定年) だ。近森さんは 近藤さんの「航空機より自動車の研究をするほうが平和でいいね」という言葉に感じるところがあり、近藤研究室に所属することにした (1959)。

学術的な話を基調にして、近森さんの辿った道のりが紹介された。私の目には自動車は単なる「道具」としか映っていなかったが、近森さんのような技術者にとっては 運動力学的な数値解析を通して、より優れたものに仕上げていくべき「分身」なのだ。分野外の私が、専門的な内容を紹介するのは難しいが、教室に漂っていたアカデミックな香りだけでもなんとか伝えたい。

#### 1. 大学の研究・企業の研究(卒論から学んだこと)

当時は、ハンドルを周期的に左右に切った時の車の動き (周波数特性) を科学的に解析する試みは世界的にも ほとんどなされていなかった。科学的に解析するには 車の走行軌跡と横加速度を求める必要があるが、適当な測定装置すらなかった。人工衛星による測位システム Global positioning system (GPS) が使える今ならば、任天堂のゲーム機 Wii を試験車に積み込めば済む話だが、半世紀前はそうはいかなかった。走行軌跡をどうやって記録するか悩んでいた時に、河原で採石した砂利を積んだトラックを見て、近藤さんの脳裏にうまい方法が閃いた。砂利から滴り落ちる水で路面が濡れ、トラックの走った跡がくっきりと見えた

のだ。試験車に水タンクを積み、ノズルから地面に噴射しながら走れば走行軌跡が求まる。あとは当時使われていたペン書きオシログラフで (地震計のように) 横揺れの程度を記録すれば何とかなる。そんなわけで、ハンドルを周期的に左右に回転させる装置を組み込むなどの車体改修を施し、時間はかかったが準備万端を整えた。

走行試験は、航空自衛隊 木更津基地の滑走路を借りて行った。夏のことで暑さとの闘いだったようだ。麦わら帽子で日照りを防いでも、地面からの照り返しがきつかった。定規と巻尺を片手に、日が暮れて残跡が見えなくなるまで延々と作業が続いたそうだ。先生も一緒だったところに心動かされた。研究者の定義として、昔はこう言われていたからだ: 若者の成果で名声を得ている人たちが及び 自分も将来そのような立場を享受したいがために若いうちはじっと我慢している人たち。

データの整理と解析も大変だったが、何とか「周期的操舵および過渡的操舵に対する自動車の応答解析」という題目で卒業論文をまとめた。運動方程式の数値解を求め、実測値と理論値を比較したときには、朝から晩まで 来る日も来る日も 手廻計算器 (機械式卓上計算機, タイガー計算機) を回し、腕が痛くなったそうだ。解析は出来たものの その結果が物理的に何を意味するのかについてはよく分らなかった。より簡便で洗練された解析法を考案する必要があることも明らかだった。これらの問題を解決して初めて本当の意味での卒業だという気持ちが いつも心の片隅にあったそうだ。「持つべきものは 友」流に言えば、持つべきものは 高い目標と厳しい自律心か。

三菱重工業の自動車部門 (後の三菱自動車) では、幸いなことに、卒業研究の延長線上の仕事を任せられた。しかし、企業ではスピードが求められるので、大学時代のように車体改修に時間をかけてハンドルを自動的に切る装置 (操舵規定装置) を組み込むことは諦めざるを得なかった。それならばと、手動でメトロノームに合わせてハンドルを左

右に切る方式を試みたが、ドライバーの負担が重く、バラつきの大きな測定結果しか得られなかった。次第に、近森さんから、入社当時の勢いが失われ意気消沈の日々が続くようになった。そんな時にふと手にした雑誌「Machine Design」の広告ページに、化学プラントの動特性をパルス波を用いて調べる記述があるのを見て閃いた；パルス入力（1回のハンドル操作）による応答実験を行い、得られた波形を三角パルスの集合に置き換えてラプラス変換して積算すれば、車の周波数応答関数（横揺れ応答）が比較的簡単に求められるはずだと。卒業研究以来の課題を解決するヒントを異分野から得たことになる。近森さんのパルス法は「モーターファン」誌（1925創刊、1996休刊）のロードテストの標準試験法（1979年）として採用されたのに続いて、国内（JASO Z-110, 1983年）のみならず国際標準（ISO 7401, 1988年）にもなっている。

掛け算・割り算は対数（log）変換によって足し算・引き算になる。高校の数学でこのことを習った時には感動したものだ。そして大学では、積分・微分を掛け算・割り算にするラプラス変換を習った。私たちの時には、Calculusという英語の教科書を使った「応用数学」で習った気がする。選択科目だったので、早川康弼（はやかわ みちかず、1971定年）の講義には出たが、消化不良のため試験はパスした。こんなわけで私には使えないラプラス変換だが、近森さんには身近な存在になっていた。「ラプラス変換ができなくて東工大卒か」と言われそうで、バイオ系とはいえ、私などは少し肩身が狭い。その分、近森さんが輝いて見えた。

もう一つの課題だった車の走行軌跡の求め方も、光学式の速度計とジャイロ（Gyroscope）を組み合わせるにより自動化することに成功した。25年以上かけてようやく定規と巻尺で延々と測る手作業から解放されたのだ。動くものに測定器を積み込み、運動軌跡・ロール角（横加速度）・ヨー角（上から見たときの回転角）・ヨーレイト（旋回速度）等を正確に測定するにはジャイロが不可欠だ。最近ではカメラの手振れ防止機構にもジャイロセンサーが組み込まれている。

ジャイロを手に入れるいきさつも面白かった。ジャイロは高価で、会社といえども簡単に買ってもらえる代物ではなかった。しかし、当時、ゼロ戦の設計に腕を振るった堀越二郎（1903～1982）が

三菱重工業にいたことが幸いした。ジャイロなしに飛行機は飛ばせないから、航空機関係者にはジャイロはごく普通の機器だった。しかも、堀越さんと言えば業界では神様のような人で、会社の重役にとっては気を使う人だったのだろう；若手が堀越さんの相手をすることが多かった。そんな機会にジャイロの必要性を売り込んでおいてから、申請したのだ。あっけなくOKがでた。ジャイロ搭載は自動車業界初で1年以上も独壇場だったそうだ。それでも、走行軌跡の車内計測の成功までには、麦わら帽子をかぶって木更津基地の滑走路で悪戦苦闘してから25年以上の歳月がたっていたと聞いて、ジャイロ以上に必要だったのは「粘り強さ」という気がした。

第1話を近森さんは次のようにまとめた。① 大学と企業の研究環境にはかなりの違いがある、② 研究へのヒントは異なる分野にある場合が多い、③ 成果が得られるまでは失敗の連続が普通、④ 研究成果が得られても企業では更に効率・実用性・コストという関門がある。

## 2. 情報発信に関する責務(欠陥車問題に関連して)

自動車は走る棺桶といわれた時代がある。第二次世界大戦後、米国では自動車の急速な普及に伴い、年間5万人近い死者を出していた。しかも死者の多くはドライバーだったのでまさしく「走る棺桶」だった（交通事故で亡くなる人の多くが歩行者である日本とは対照的だ）。そんな訳で、車にも問題があるのではないかと疑う人が現れた。Ralph Nader (1934～) がその代表で、“Unsafe at Any Speed” (1966) という本を書いて、スピードの出し過ぎとドライバーの不注意のみで年間5万人もの死者が出ているのではなく、車にも欠陥があるからだと主張した。さらにメーカー側がシートベルトなどの安全装置の導入に消極的で、安全性向上のための投資を怠っていると告発した。

欠陥車問題は日本にも飛び火した。ある軽自動車が高速（80 km/h以上）で不安定になる欠陥車だとして、メーカーの社長が告訴される事件が起きた。そのさなか、近森さんに東京地方裁判所から出廷命令が届いた。恐る恐る行ってみると、参考人として次のような説明を求められた：(1) 安定性・操縦性とは自動車のどんな性能をいうのか、(2) 原告はあなたの論文を根拠にして欠陥車だと言っているが、あなたの論文で述べられている特性を持つ自動車は不安定で危険なのか意見を

聞かせてほしい。突然こう聞かれたら、その責任の重さにたじろぎ、答えに窮するのが普通だ。黒板を持ってきてもらっての説明となったが、近森さんは最終的には「論文で議論しているのは、自動車の安定性に影響するいくつかの因子のうちの1 つについてであり、この因子だけで安定・不安定を結論付けるものではない」と述べて、無事参考人としての責務を果たした。この経験を通して学んだことは技術者倫理とも密接に関連している。その要点を以下に整理しておこう。① 発表内容に関しては一生涯責任を持つべし、② 内容は科学的に正しく正確であれ、③ 中立の立場で客観的に公正に論ずべし、④ 立場によって都合のいいように解釈される「あいまい表現」は避けるべし、⑤ 安全・健康・福祉に関連する事項は正確に隠すことなく速やかに公開すべし。

### 3. 技術進歩に終わりはない(ニューマチック制御サスの技術系譜)

空気は良いクッションになる。車のタイヤがいい例だ。空気を詰めたシリンダーはどんなバネよりもよく振動を吸収してくれる。レーザー装置等の精密機器を載せるための防振台の支えにはエアシリンダーが使われている。しかも圧力(容積)を変えることによりバネ定数を自在に変えることができるので理想的な振動吸収装置といえる。このエアサス(Air suspension)方式が自動車にも採用され始めた。近森さんが初めてエアサスを経験したのは入社直後の1960年だ。この年にエアサスを搭載した三菱の21人乗りマイクロバス(ローザ B10)が発売された。技術者たちは、エアサスを単にバネの代わりにするのではなく、エアシリンダーに空気を送り込んだり抜いたりして、車の姿勢制御にも使いたいと考えていた。近森さんも見習いとして試験車に乗せてもらったが、なんと車酔いしてしまった。当時の技術では給排気に時間がかかり、車がカーブに差し掛かって外側に傾きかけたところで空気を送り込み始めても、効果が出るのはカーブを曲がり切った後で、かえって揺れ戻しが大きくなり、裏目に出たのだ。従って、当時はエアサスによる姿勢制御は難しいと考えられていた。

近森さんがこの問題に本格的に取り組むようになったのは通産省のCVSプロジェクト(Computer-controlled vehicle system, 1971~1974)以降だ。CVS<sup>(注1)</sup>は、交通渋滞や通勤ラッ

シュの解消を目指して提案された無公害・無騒音の新交通システムで、専用の軌道上を小型カートがコンピュータ制御によって無人で走る。乗り場は約100m間隔で設けられ、どこからでも1分以内で乗り場へ行くことができる上に、車両を呼ぶと2~3分で空車が来る。あとは、チケットを入れてボタンを押すだけでルートや速度を自動的に判断し、人や荷物を目的地まで運んでくれるという優れものだ。近森さんたちの努力が実り、CVSプロジェクト推進チームは、1974年には東村山の実験路線で、実物大のCVS車両100台を時速60キロ、間隔1秒で安全運行することに成功した。翌年の沖縄国際海洋博覧会で実際に活躍したのがこの次世代交通システムCVSだ。

CVSの実現には車体・装置等のハード担当者とコンピュータ制御のソフト担当者の協力が欠かせないが、当初はこれが意外と難しかったそうだ。お互い相手の技術に対する理解が不足していたために、ソフトの専門家はハードである車の特性を無視して制御プログラムを作ろうとし、ハードの専門家は制御システムの特性を知らないで、それを考慮しないまま装置等を設計するという具合だったようだ。近森さんは、操舵やブレーキ等の車載装置を空気圧で作動させるエアコントロールシステムを担当した。このことが後の電子制御エアサスペンション(ECAS, Electronically controlled air suspension)の開発・実用化につながった。ECASは、文字通り、前述のエアサスを進化させたもので、エアシリンダー(空気バネ)を用いるところまでは同じで、エアチャンバー内に封入した空気がスプリング機能を発揮してくれる。開発当初はサス全体の信頼性耐久性を向上させるためにコイルスプリングを併用した。空気バネは、エアチャンバーの容積変更によってバネのこわさ(硬さ)を変えることができるので、乗り心地を重視するソフトな走行状態とコーナーリングやブレーキ時のハードな走行状態に対応して空気バネを適切なこわさに切り替えることができる。切り替えの遅れは、エアシリンダーの給排気を行う場合よりも小さく、またCVS開発で蓄積された技術もあったので容易に対処できた。多くのセンサーを組み合わせて、走行速度・車体加速度・操舵角速度・スロットルの踏み込み速度等を検出し、コンピュータ制御により何とか快適な乗り心地と良好な操縦安定性の両立を実現することができた。この特性を切り替えるサスの開発途上で、過去に困難だとしていたエアサスの姿勢制御を可能にす

る方法を見出した。急ハンドルによって眼前の障害物や車を避けると、車体は大きなロール運動を発生するが、操舵角速度により、このような急ハンドル状態を検出することができる。この時の車速と操舵角速度の組み合わせから発生する横加速度、そして発生するロール角が予測できる。ハンドル操作をして、ロールが発生するまで 0.3~0.5 秒程度の遅れがあるので、ハンドル操作をした瞬間に予想されるロール角に対応した給排気を開始すれば、遅れることなく横揺れを抑えることができる。

「こんな簡単なことを どうして もっと早く思いつかなかったのだろう！」と不思議でしょうがなかったそうだ。こうして ECAS の基本技術は ほぼ完成し、今では 走行条件に応じて快適な乗り心地を提供するばかりでなく、車高まで調節してくれている。近森さんが強調したかった「技術進歩に“終わり”はない」に従えば、完成という表現は避けなければならないだろう。入社早々で衝撃的だった車酔いを 20 年以上もかけて克服した「粘り強さ」と「しつこさ」も見習いたいものだ。

最後に近森さんのスライドに従って、第 3 話の教訓を整理しておこう。① 技術者は自分の専門領域だけでなく、関連分野の知識も身につけ、全体を見て仕事を進めよう。② 常により良いものを求め

る“粘り強さ”と長期間にわたり課題を追求する“しつこさ”も必要だ。③ ぎりぎり目標を達成するのではなく、120%達成してから振り返って 合理化等を考慮して 100%達成レベルに戻すことを心掛けよう。④ メモの勧め: 企業や研究所等に新しく入ると、当初は見る目が新鮮なので、いろいろな問題点や課題が把握でき、改善のためのアイデアも思いつくそう。しかし、新人のいうことは なかなか聞いてもらえない。そうこうしているうちに、数年が過ぎ、気づいてみると周りの空気に すっかり染まってしまう、問題点がみえなくなる。これでは せっかく 職位が上がり、自分の考えを実行できるようになっても力を発揮できない。「気づいたことは何でもメモしておきなさい。将来 必ず役に立ちます」というメモの勧めが結びの言葉だった。本ゼミのまとめとして A4 一枚のレジメが配布されたが、その出来ばえに、さすがメモ上手の近森さんと感心した。それさえあれば 講演を聞いた学生さんたちには この印象記など不要だ。私自身、一教員としてプリントの作り方を学んだ。

(注 1) 石井威望, 井口雅一, 越正毅 “CVS-都市交通の革命児”「サイエンス」1974 年 8 月号, p10-23.

(生命理工学研究科 生体システム専攻 教授 広瀬茂久)