

# フォルクスワーゲンの不正ソフトウェアについて



高田広章 名古屋大学

フォルクスワーゲン（VW）が、不正なディーゼルエンジン制御ソフトウェアを用いていた事件が大きな波紋を広げている。この件に関して緊急に記事を書くように依頼され、本稿をまとめた。筆者は、車載ソフトウェアの開発技術を研究テーマの1つとしているが、エンジンや排ガス規制に関する知識があるわけではない。本稿の内容は、現時点（2015年10月7日）までに報道されている情報を自分なりに整理し考察したものであり、この記事が読まれる時点では大きく状況が変わっている可能性があることを最初にお断りする。

## ディーゼルエンジンに関する予備知識

ディーゼルエンジンとは、（自動車の場合）主に軽油を燃料とするエンジンで、ガソリンエンジンと比べて、熱効率が高く燃費が良い（CO<sub>2</sub> 排出量も少ない）、低速から大きい馬力を出せるという利点がある反面、黒煙やPM（粒子状物質）、NO<sub>x</sub>（窒素酸化物）といった有害物質が発生しやすいという欠点がある。排ガスに関する法規制をクリアするためには、これらの有害物質の低減策が不可欠であり、PM に対してはDPF（ディーゼル微粒子捕集フィルタ）、NO<sub>x</sub> に対しては尿素 SCR（選択触媒還元）やNO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒などの後処理装置により対応している。これらの後処理装置には、エンジンの価格や保守費を高くするだけでなく、燃費や馬力を下げってしまうという短所がある。

なお、マツダの「SKYACTIV-D」の技術は、圧縮率を下げるというアプローチで有害物質の発生を抑えており、高価なNO<sub>x</sub>の後処理装置なしに日本の排ガス規制をクリアしている。ただし、燃費や馬力を犠牲にすることなく、さらに厳しい米国の排ガス規制をクリアするのは難しいということで、現時点では米国では販売されていない。ちなみに、欧州の排ガス規制は、Euro 6と呼ばれる規制値が2014年に義務化されるまでは、日本よりもかなり緩いものであった。

## VW の行った不正の内容

VW の不正なソフトウェアは、車両が排ガス測定中であることを検出し、そのときに限って、NO<sub>x</sub>

の後処理装置を強く働かせ、NO<sub>x</sub> の排出量を下げる制御をしていたとされている。逆に、実走行時には、NO<sub>x</sub> の後処理装置をあまり働かせず、高い燃費や馬力を実現していた。当然、実走行時には、規制値を大きく上回るNO<sub>x</sub>を排出することになる。このように、実走行時に排ガス低減機能を停止（または著しく低下）させる装置をディフィートデバイス（無効化装置）と呼び、米国や欧州では法的に禁止されている。

排ガスの測定は、車両をシャシダイナモと呼ばれる装置に載せ、車両が実際には走行していない状態で、決まった走行パターンを模擬して行われる。そのため、車両速度やステアリングの舵角などの情報を用いて、排ガス測定中であることをソフトウェアで検出していたということである。

VW は、燃費性能や動力性能を達成しつつ、世界で最も厳しい米国の排ガス規制をクリアするために、このようなディフィートデバイスを組み込んだとされている。その背景には世界一の販売台数を目指す中で米国におけるシェア拡大を焦ったという指摘や、VW の閉鎖的な経営体制が原因の1つであるといった指摘がなされている。

## 過去の同様な事例

同様の不正を、過去に他のメーカーが行った例も知られている。たとえば、国内では2011年に、いすゞ自動車の中型トラックがディフィートデバイスによってNO<sub>x</sub>の排出規制逃れをしていたという疑いが、東京都によって指摘された。いすゞは、意図的なものでなかったとして、対象の車両をリコールにより

改修している。また、これがきっかけになって、自動車工業会が、ディーゼル重量車を対象とした自主取組みとして、ディフィートデバイス禁止の設計ガイドラインを作成している。

さらに過去に遡ると、フォードが、ディフィートデバイスを用いた不正により、多額の賠償金を支払ったという 1995 年の事例など、多数の事例がある。

## 何が不正かは明確か？

この事件を聞いて、情報技術者／研究者が思い出すのは、ベンチマークプログラムに最適化したプロセッサやコンパイラのことではないだろうか。過去には、特定のベンチマークで性能が出るように、プロセッサやコンパイラが最適化され、そのベンチマークによって表示された性能値が、実際のプログラムでの性能と乖離するという問題が指摘されてきた。その結果現在では、小さい合成ベンチマークを使うのではなく、規模が大きく実際のプログラムに近いベンチマーク（たとえば、SPEC ベンチマーク）を使う流れとなっている。

自動車の分野において、燃費や排ガスの測定が特定の走行モード（たとえば、国内の燃費測定で使われる JC08 モード）で行われていることを利用し、その条件下で燃費や排ガスを最適化する制御は一般的に行われているし、(少なくとも現時点では)不正であるとは考えられていない。とは言え、実走行時との性能の乖離は、問題であるとも指摘されている。

そうなると、何が不正であって、何が不正ではないかが問題となる。たとえば、上述のディフィートデバイス禁止の設計ガイドラインにおいては、排ガス低減機能を停止させる制御をいかなる場合にも禁止しているわけではなく、排ガス低減のための後処理装置の重大な損傷・劣化を防止するためなどの一定条件を満たした場合には、これを認めている。

コンパイラの最適化に話を戻すと、コンパイル対象がベンチマークプログラムであると判断したら、ハンドコンパイルした最適化コードを出力するような仕組みとなっていれば、多くの情報技術者は不正

であると考えられるだろう。そうではなく、ベンチマークプログラムを高速化できる一般的な最適化技法を組み込んだのであれば、実際のプログラムにおいても有効となる可能性がある以上、不正であるとはいにくい。

結局、自動車においても、上述のベンチマークプログラムの場合と同様、実走行条件に近い条件で燃費や排ガスを測定することが本質的な対策と考えられる。実際、各国でそのような規制改訂（強化）が予定されているが、今回の VW の不正事件により、そのような動きが加速することになるだろう。

## 我々に対する教訓

今回の事件で、VW には巨額が罰金が科される（であろう）ことに加えて、リコール費用やユーザからの損害賠償請求、ブランドイメージの低下などで、業績が大きく落ち込むことは必至である。また、この影響が、自動車業界全体やドイツ経済全体に及ぶという見方もある。

我々技術者／研究者が、このような不正に加担すべきでないのは言うまでもないし、そう言うことは簡単であるが、どうしてそのような不正に加担することになったのかをよく分析し、今後の教訓としなければならないことも、また明らかである。

不正が行われた経緯について現時点では明確になっていないが、技術者が不正を指摘したが上層部に握りつぶされた（としても、不正を通報をする手はあったであろう）という報道もあるし、許容される最適化を進めるうちにいつの間にか不正となる一線を越えてしまったという、いわゆる「ゆでガエル現象」に陥っていた可能性も考えられる。このようなことは、誰にでも起こり得ることで、今回の事件を受けて、改めて意識を高め直すことが必要であろう。

(2015 年 10 月 8 日受付)

高田 広章 (正会員) hiro@ertl.jp

名古屋大学未来社会創造機構教授。同大学院情報科学研究科教授・附属組込みシステム研究センター長を兼務。リアルタイム OS、リアルタイムスケジューリング理論、車載組込みシステム等の研究開発に従事。オープンソースのリアルタイム OS 等を開発する TOPPERS プロジェクトを主宰。APTJ (株) 代表取締役会長。博士 (理学)。