

# 車載ソフトウェア開発の今後の方向性

株式会社デンソー 技監  
村山 浩之



SEC 所長  
松本 隆明

今、自動車は急速に高性能化・高機能化、更にコネクテッド化され、外部とつながるひとつの大規模システムになりつつある。「自動運転」も大きな話題だ。これらを実際にコントロールしている車載システムも大規模・複雑化が進んでいるが、この車載システムの開発の現状はどうなっているのか。あるいは今後の開発はどのように進むのか。その最先端を担う村山氏からお話を伺った。

## ■自動車は走るコンピュータ

**松本：**車載システムというのは、ほとんどソフトウェアで動いていると思って良いのでしょうか？

**村山：**歴史的に見ると、自動車にソフトウェアが導入されたのは、1970年代初めのアメリカで行われたマスキー法による排ガス規制がきっかけです。従来のメカでは制御しきれない、同時にマイコンが自動車の中でも使えるようになってきたということがあって、ソフトウェアで制御することが考えられるようになりました。

ご質問の、どのくらいソフトウェアで動いているのか、ということですが、例えばある自動車メーカーの人は、現状の電子部品の比率は部品全体の40%だと言っています。電子部品のすべてがソフトウェアではないと思いますが、ニアリーコールだと思えば、この40%が目安でしょう。ハイブリッド車になると、

比率はもっと高まって半分くらいになると思います。

**松本：**昔はブレーキを踏むと油圧でブレーキが作動しました。しかし今は、踏まれたペダルの角度などを検出して、ブレーキをソフトウェアでコントロールすることが行われていますね。

**村山：**それも排ガス制御と同じように、メカでやってきたことをエレクトロニクスに置き換える、ということです。いわゆる運動系のソフトウェアによる制御というのは、全体としては歴史が古い。それが最近になって、カーナビもそうですが、もともとなかった機能を追加するものが現れ、これはほとんどソフトウェアで行っています。現在では、高級車には100個以上のマイコンが搭載されていて、自動車は走るコンピュータと言われる時代になっています。

## ■普遍的な仕様をまず見極めたい

**松本：**車載ソフトウェアの開発の特徴というのは、どういう点ですか？

**村山：**わかりやすいのはリアルタイム性ということでしょう。リアルタイム性には、ハードリアルタイムとソフトリアルタイムの2つがあります。これは、反応が早いか遅いかではなくて、どれほどの厳密さが求められるかどうかということです。自動車の特性上、リアルタイム性は非常に厳しく求められます。また、品質の確保も重要で、品質特性の中で以前は、信頼性や効率が重視されてきましたが、ソフトウェアの規模が大きくなって開発が大変になってきたことで、保守性や移植性も求めら



村山 浩之 (むらやま ひろゆき)

1980年 日本電装株式会社(現 株式会社デンソー)に入社。  
幅広く電子システムの技術企画・研究開発・製品設計に従事した後、1996年プロジェクトを立ち上げ、車載ソフトウェアの改革活動を開始。以後一貫して、車載の電子システムやソフトウェアを中心に、全社横断活動や自動車業界における標準化活動を推進。2001年 ソフトウェア基盤開発室室長、2008年 電子プラットフォーム開発部部長、2008年 常務役員を経て、2012年 技監に就任、現在に至る。

れるようになっていきます。

話を車載ソフトの特徴に戻すと、申し上げたようにリアルタイム性や諸品質があるのですが、自動車ということで少しややこしくなるのは、エンジンやブレーキを制御するようなソフトウェアの特徴とナビのようなものでは、求められるリアルタイム性も違うし使えるリソースも違うということです。自動車というひとつの商品のソフトウェアでありながら色々な特徴が混在している。これが車載ソフトウェアを複雑にさせている要因です。

**松本：**保守性ということも大きな問題でしょうね。パソコンならウィンドウズアップデートなどのように適宜更新することが可能ですが、自動車の場合、一度組み込んだソフトをタイムリーにアップデートすることは考えられません。

**村山：**保守性については色々な見方があると思いますが、開発する立場からすると、自動車のバリエーションは色々な組み合わせで相当広がっていきます。いかにうまく開発するかという意味では、最初に保守性を高めておかなければいけない。例えば自動車そのものの車格の違いがあります。また載せる物、代表的にはエンジンですが、この組み合わせがあり、更に各種のオプションがあり、どの地域向けかという仕向性の違いもある。似たようなソフトウェアだけれど、少しずつ違うということになります。そこが悩みどころであり、知恵の使いどころでもあるわけです。

**松本：**バリエーションの数は大変なものでしょうね。

**村山：**最初に何が普遍的な仕様で、何が変わるのか、そこをどれだけ理解できるかが大切だと思います。

## ■しっかりしたアーキテクチャが必要

**村山：**その意味で最近力を入れているのがアーキテクチャというテーマです。最初に、いかにしっかりしたアーキテクチャが作れるか。

**松本：**車種ごとにアーキテクチャが決まっているのでしょうか？

**村山：**私たちは普遍的なものを作りたいわけです。極論ですがデンソーの立場でいうと、お客様は世界中の主な自動車会社ですがそれも共通にしたい。ただし搭載する自動車もエンジンも装備も違います。ですから最初に本質的なアーキテクチャを作る。違いというのは簡単にいうと実装上の違いであって意味的には同じはずなんです。ところが、それをちゃんと考えられる人間が非常に少ない。

**松本：**エンタープライズ系でも、今はアーキテクチャが

分かる人間が少ないですね。

**村山：**「アーキテクトは育てられない、発掘するのだ」というのが私の基本的な考え方です。その発掘の手段として、電子システム人材という制度を作って若手になるべく距離のある仕事を2、3年ずつ経験させるようにしています。私が考えるアーキテクトの一番の素養は概念化力、抽象化能力です。それには仕事を大きく見渡せるような距離感がないとダメなんです。このような環境において、アーキテクトに必要な思考ができるかを見て発掘するようにしています。

**松本：**抽象化力とか概念化力というのは、本人の持って生まれた素質のようなものも大きいのではないですか？

**村山：**その通りです。例えば、小説を書くなら誰も一行目からいきなり書こうとはしません。まず全体の構成を考えます。ところがソフトウェアでは、不思議なことでありますが開発者はみんな一行目から書きたがる。全体構成のイメージが最初からぱっと浮かぶという人間は非常に少ないですね。

**松本：**最近ではモデルベースのように全体をとらえたモデリングをもっと重視すべきだという議論がありますが、そういうところにもつながってくることでいいですね。

**村山：**モデルベースといっているながら自動車業界で取り組んでいる事例を見ると、往々にしてツールベースですね。本当のモデルではない。乱暴な言い方ですが、そのツールを使うためにソースをリバースしているといったこともあるように思います。

**松本：**まずソースベースで考えてしまって、それを図にしているということですね。自分の過去の経験を振り返ってもプログラムベースで考えているところがありますね。機能を実現するためにどうするか、アルゴリズムから考えてしまうので、全体の構成といったところには思い至らない。

**村山：**例えばコンピテンシーなどの議論をすると



**松本 隆明** (まつもと たかあき)

1978年東京工業大学大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社(現NTT)に入社、オペレーティング・システムの研究開発、大規模公共システムへの導入SE、キャリア共通調達仕様の開発・標準化、情報セキュリティ技術の研究開発に従事。2002年に株式会社NTTデータに移り、2003年より技術開発本部本部長。2007年NTTデータ先端技術株式会社常務取締役。2012年7月より独立行政法人情報処理推進機構(IPA)技術本部ソフトウェア高信頼化センター(SEC)所長。博士(工学)。

き、論理性は何をするにも必要ですが、概念化力というのはこれとは方向性が逆です。論理性というのは何かがあったときにそれを分解できる力。概念化というのは逆で、色々な要素があったときに「それって本質的に何だ」と上に上げる、いわば抽象化する力です。この両方ができるスーパーマンはなかなかいません。

## ■目的を見ずに手法から入ってしまう

**松本:**「オブジェクト指向」などというように、昔から考え方としては言われてきていますね。それがなかなか浸透していかないのは、作る方を優先してきた、という事情があるからでしょうか。

**村山:** さっきのモデルベースと同じで、手法ありきとなると、何のために、というところがおろそかになります。とくに日本ではまじめさが災いするというか、本来目的があってそのための手法なのに、手法だけを見ってしまう傾向があります。研究者も、手法そのものの研究者はいても、上位概念からその適用を考えたりすることはできない。

**松本:** ソフトウェアの開発工程でいうと、もっと上流工程というか、そもそもそのソフトウェアを何のために開発するのかというところからまず考えるようにしていかないといけないということかも知れないですね。

**村山:** その上流という言葉が、社内で議論していて気がついたのですが、先ほどのソフトウェアプロダクトラインのようなイメージがあると、上流ってV字のラインの工程の上のほうではなくて、時間軸での初めの方のことなのです。機種がたくさんあるとなると、上流は展開が始まる前のところ、それぞれの機種展開の仕様を解釈して……という部分なのです。メカ屋さんと話をしていてなんか話が合わないなと思っていたら、上流の方向がちがうんだなと気付いたんですね。

**松本:** なるほど、でも上流というと私もV字の上の方を意識してしまいますね。

**村山:** 実際、エンタープライズ系の方と話をしていると、一品ものが多いので、そのプロジェクトをいかに成功させるかというアプローチになっています。しかし、組込みの世界は、色々な機種展開がうまくいくようにと考える。そのプロジェクトそのものではなくて、色々な展開の仕事をうまくするための仕込みが重要になるんです。中でも一番重要なのがアーキテクチャだと思います。

**松本:** そのアーキテクチャというのは、プロダクトラインのひとつのコンセプトのようなものを考えるというこ

とでしょうか。それが大衆車なのか高級車なのか、どういう層を狙ったものなのか、そういうコンセプトから考えてアーキテクチャに落とし込んでいく。

**村山:** そうですね。かつそれは、世界中のどの自動車会社のどの装備にも対応できるアーキテクチャでなければならない、ということです。ひとくちに車載ソフトといっても色々な種類があります。エンジンなどの駆動系を制御するもの、外部環境の認識をするもの、人への対応に関するもの、エネルギーに関するものなどで、社内では便宜的に6群に分けています。それを実装とは違う論理アーキテクチャ、欧米ではファンクショナルアーキテクチャと呼んでいますが、要するに物ではなくて機能、意味のかたまりとして考えていくことが必要なんです。この点がメカの人となかなか話が合わないところですね。メカの方は当然ですが、物ありきですからね。

例えば駆動系を扱う「パワートレイン制御」系では、ひとつの見方ではこれは走るための動力源です。しかし、別の側面で見るとエネルギーの源なんです。これが顕在化するのには電気自動車です。電気自動車になるとエネルギー源に困る。電気自動車のパッケージの中では、貴重な走るためのエネルギーを、人を暖めるために使わなくてはなりません。今までそれを考えていなかったのは、エンジンが熱を出して、それを担っていたからです。しかし電気自動車ではできない。エネルギーはもっぱら走るために使って航続距離を伸ばしたいのに、エネルギーの一部を人の快適さの確保のために使わなければなりません。そもそもパワートレインとは何か、ということに答えなければいけない。これが論理なんです。

## ■自動車がつながる時代のアーキテクチャ

**松本:** 実際にはどうやって検討していくのですか？一人のスーパーアーキテクトが引っ張っていくのでしょうか？

**村山:** 現実的にはアーキテクトの素養のあるメンバーが目的という視点で試行錯誤することになります。例えば、今世の中で言われている安心安全ということを取ると、自動車を安心安全な物にするために何をしなければいけないか——それは今走っている自動車の装備とか来年あたりに出るものがどうかということとは別次元の話です。論理的なアプローチをしないとアーキテクチャは決まらないんです。一方で、それがある程度できたとき



に、今の車の装備はどうかとマッピングしてみる。そうすると、論理的な構造やインターフェースがすっかりするだけでなく、本来この機能があるべきだという商品企画にもつながります。

**松本：**アーキテクチャを考えるのはいっそ技術屋でないほうが良いのかも知れないですね。本来自動車は社会の中でどういう意味を持っているのか、といったことを考えられる人のほうが良い発想が出るのかも知れない。

**村山：**自動車が色々な物につながる時代になっているので、そういうことまで考えざるを得なくなっているのも事実です。自動車のつながる先まで対象にしたアーキテクチャを考えるためには、我々自身が従来の考えを飛躍させる事が必要になってくるかもしれません。自動車そのものの目的を考え、その目的次第でモビリティ社会として従来の自動車やシステムに代わる別な手段でも実現できるのではないかと考えるということです。

**松本：**確かに単なる移動手段と考えれば、鉄道でもなんでもあるので、そうした手段と何が違うのかを明確にしていく必要があるということです。

**村山：**今話題の自動運転でもそういう議論が必要になっていくと思います。自動運転の話題が活発になっているのはIT業界の動きが刺激になっているようですが、自動車業界ではあくまでも主体は運転者であると考えています。

**松本：**自動車業界としては、自動車は単なる移動手段ではないと言いたいわけですか？

**村山：**IT業界が考えている自動運転の車というのは、もはや今の形である必要はないでしょう。単なる箱で良い。運べる箱。しかし自動車業界としてこれは受け入れ難いと思います。

**松本：**使う側の嗜好にもよるとと思います。単なる移動手段で良いという人は、その間別のことをしたいと思うでしょうし、自分で運転した方が楽しいと思う人もいます。

**村山：**多様化するのだと思います。

## ■ プロセス品質とプロダクト品質

**松本：**ところでお話の自動運転というのは、今後どうなるのでしょうか？本当に無人運転までいくのでしょうか。

**村山：**今考えられる方向性は2つあって、ひとつは自動車専用道路のようなところで、ゲート to ゲートで自動運転をするというものです。これは技術的にはもうかなりのレベルまでできていると思います。不慮の事態をかな

り限定して考えることができますからね。もうひとつは非常に小規模な地域で、コンパクトな、例えば高齢者のための足といったようなことで走らせる。当面はこの両面で実証的な実験をしていくということになると思います。しかし、最終的に実現の鍵を握っているのは社会的なコンセンサスだと思います。自分が運転していて対向車が無人だったら気持ち悪くないですか？

**松本：**それは嫌ですね。

**村山：**ですからかなり時間がかかると思います。この点では自動車専用道の方が考えやすい。商用車で隊列を組んで運転する実験はやっていますし、技術的にはかなり実現できています。

**松本：**私も筑波でトラックの隊列走行の実験車に乗せていただいたことがあります。前の車の7, 8m 後ろから80km くらいのスピードでついて行く。非常に近いので怖かったですね。

**村山：**怖いですよ。「安心安全」という意味で、あの距離感での隊列走行はとても安心とはいえない。そもそも自動運転も本当にぶつからないというだけなら、色々なやり方があります。しかしそれが人間にとってどうなのか、となると難しい点があるわけです。

**松本：**社会に受け入れられるものにしていかなくてはいけないということです。

**村山：**今のいわゆる運転支援系の機能にしても、安全のためには頻繁にウォーニングを出せば良いんですが、これは人間系が入ってくるとかえって危険になります。

**松本：**慣れてしまうと無視してしまったりする。しかし、自動運転は既に国の成長戦略にも明確に組み込まれていますから、国としても力を入れていくことになるでしょうね。

**村山：**方向性としては自動運転の方向に進むのは間違いないでしょう。そもそも自動運転は、通常時の機能を考えるだけなら従来の延長線上の技術でほとんど実現できると思います。どれくらいのことまで想定するのか、ということが悩みどころというか本質のようなところですね。

**松本：**それはエンタープライズ系の開発でも同じで、正常系の部分というのは処理的にはほんの一部でしかない。普通にこの機能を実現しろというだけなら、それほどたいしたプログラムにはなりません。何か想定外のことが起きたときにどう対処していくのか、その処理の仕組みを考えていくということが開発のかなりの部分を占めますね。

**村山：**とくに自動車の場合、温度、振動、ノイズなど電

子機器が使われる場所としては最悪の環境にあります。ノイズでビットが化けたり、何が起こるか分からない。だから色々な手を打っている。

**松本：**そのきめの細かいところは日本の開発ならではの知らない。

**村山：**日本の場合は、文書で定義されていないことでも現場の力で手を打っていくことが多いと思います。要するに品質にかかわることですが、日本では、プロセスの品質は説明できないけれどもプロダクトの品質が良い。

**松本：**すり合わせできちんと作っているから結果として高品質なプロダクトとなる。

**村山：**日本の特徴として、ほぼ単一の民族で「なあなあ」の世界で、わりあい共通善のような考え方もある。ところが欧米はみんなつながっていて基本的にはお互いが信用できない。何で守るかといったら契約とかプロセスしかない。

**松本：**つまり日本の場合は共通の暗黙知みたいなものを持ちやすいが、欧米ではそれができないから、プロセス単位で考える。すると、最後に物として仕上げたときにそれがだめだったりするケースが出てくるということでしょうか。

**村山：**加えて自動車の場合、今までは分野で閉じていた仕事が多かったんです。ところがそれがネットワークで結ばれるようになり、色々な連携をするようになると、そこでは欧米スタイルが必要になってくるんです。最初にインターフェースを決めないといけない。会話する言葉も違っているわけですからね。今後は更に外につながる。正にそれが始まっています。今までの日本のやり方をうまく取り込まないといけないし、全体としては最初に欧米風に整理しておかないといけない、ということになってきます。

## ■国際標準化に向けて

**松本：**そうすると標準化ということがもう少し重要になってくるということですか？

**村山：**2種類あると思うんです。1つは仕事をする上でつながるようになってくるから、そのインターフェースをなんとかしなければならない、ということ。もう1つは、つながるようになった領域の仕事を誰が担うのかとなったときの事業的な観点。簡単に言えば、守りの標準化と攻めの標準化です。自分の領域を守るためにきちんと決めましょう、ということ、新しい世界のための標準化ということ、2つになる。

**松本：**守る世界の方が考えやすいですね。自分の作ったものはこの標準に基づいてやっているからOKと。日本は攻めの標準化というのはあまり得意ではないでしょう。

**村山：**そこが強いのは圧倒的に欧州、とくにドイツです。とくにデジュールとしての進め方。先ほどの話に関係しますが「何のために」ということがしっかりとあるんです。世のため人のためという「共通善」がある。そこから下には理屈があって、自分の国の産業に落ちていく。ところが日本にあるのは「暗黙知」です。世のため人のためなんて当たり前と思って誰も口にしない。だから日本場合は、いきなりハウツーから始まるわけです。そのため途中で「何のためだっけ？」となったりする。

**松本：**日本は海に囲まれた島国で、みんな共通認識みたいなものがあるから、当たりの世界で、そこからどう落としていくかとなる。EUなんかは陸続きにもかかわらず各国バラバラですからね。それをどうやってまとめていくか。

**村山：**言葉にして形式知にしていくんですよ。そうしなければならぬ事情がある。一方、北米は、先行したものの勝ちのデファクトスタンダードです。日本人が気持ちの上で合うのは欧州の方ですね。

**松本：**日本人はきっちりやっていく世界ですね。そういう教育も受けています。

**村山：**標準化が大事だという話はようやく日本でも議論されるようになって、自動車業界ではJASPARという活動や、ISOのTC22という自動車分野で四輪自動車領域で初の幹事国となり、議長を出すといったことが始まっています。

**松本：**良いことですね。そういうことをしていかないと、いつまでも欧米の決めたものに従って右往左往するということが続きかねない。

**村山：**今までは欧米基準の枠の中でもプロダクトの品質で最後に勝てたんです。やり方は欧州流で、最後は品質で勝てた。しかし、これだけ仕事が増えて、しかも車の外につながるようになったら、もう今まで通りにはやれないと思います。

## ■車載システムから見た「Industrie4.0」、「CPS」

**松本：**標準化という意味で言うと、ドイツではIndustrie 4.0ということを使い始めたり、あるいはIoTを使ってなるべく製造工程も自動化して効率化を目指していこう

という動きがありますが、それについてはどう考えていますか？ CPS (Cyber-Physical Systems) という言葉も出てきています。

**村山：** Industrie4.0 をどう見るかということは社内でもまだ共通認識にはなっていません。まだ製造の範疇なんです。Industrie4.0 で言っているコンセプトはもっと広いはず。例えば IoT にしても CPS にしても、どのスコープでどういう目的で、何をしたいのかということ。をあらかじめ話の前提として決めないと、議論がすれ違ってしまいます。組込みというのは小さい世界の CPS といえます。とくに車の場合を考えると、最初のエンジン制御もそうですが、今までメカでやっていたものにサイバーを入れた。つまり小さい世界では CPS は当たり前であって、それが広がっているだけの話です。では何を持って新しいことと捉えるか、というのは、立場によってそれぞれ見方が違う。もの側、組込み側から見るか、サイバーの人から見るかによっても全く違うでしょう。様々な情報が色々使えるようになったね、というだけかも知れないし。

**松本：** 私の理解でいえば、小さい世界では昔から CPS という世界はあったが、外とつながる今の CPS とはコンピューティングパワーが全然違うのだと思います。今までチップとか ECU 単位で処理をしていた世界が、外のハイコンピューティングパワーを使えるようになることによって、様々な新しいことができ、分析もできてフィードバックすることができるということが大きいと考えています。

## ■「つながる時代」のセキュリティの重要性

**松本：** その際、問題になっているのはセキュリティですね。色々なものがつながってくると、どこに脆弱性があるか、攻撃をかけられるかわからない。

**村山：** その問題について、デンソーの中にも専任の組織を立ち上げました。自動車業界でも情報セキュリティは今最大のテーマになっています。自動車業界では以前から、各企業が品質に対する管理システムを持っている。その上に、説明責任的な観点も加えて、機能安全のシステムを追加した。今は更にこの上に、情報セキュリティの仕組みを加えているというイメージです。車にとっての脅威として一番大きいのは人命を代表とする安心安全です。そのため、つながる系の方では、世の中の IT 系

の一番良い物を持ってくる一方で、安心安全の方はきちんと車の中で考えようと段階的に取り組んでいます。

**松本：** つながる世界でいえば、ナビがアタックされて自動車そのものの安心安全にかかわるといった可能性もありますよね。

**村山：** もちろんそこはファイアウォールのものがありますが、とくにつながる系では、その時々最高の技術をいかに取り込めるかというところがポイントだと思いますね。

**松本：** ただし、アタックと防御は“いたちごっこ”の面が否めないですね。そこで最近セキュリティの世界でいわれているのは、完全に防ぐのはもう無理だと、だから万一侵入されても、影響範囲を限定できるようにするか、重要な中心部は絶対に侵害されないようにするか、そういった考え方になっています。

**村山：** 今日話に出てきたアーキテクチャの話はセキュリティにとっても重要なテーマなんです。アーキテクチャがしっかりしていればものすごく楽だからです。機能安全の時もそうでしたが、意味的に固まらずに分散していると非常に大変になります。色々なところに色々な仕掛けをいれなければならなくなる。セキュリティも全く一緒で、つながる系でも、ここでちゃんと遮断できる、となっていれば楽なんです。

**松本：** つながる自動車になってくると、ますます色々なケースを考えなければならなくなる。一対一のコンポーネント間ではだめで、通信路全体を考えないといけない。やはりアーキテクチャが重要ということですね。

**村山：** その通りだと思います。私はそれにここ 10 年くらいずっとこだわっていますし、その真価が問われるときだと感じています。

**松本：** そうですね。本日はお忙しいところありがとうございました。

