

野中郁次郎の

成功の本質

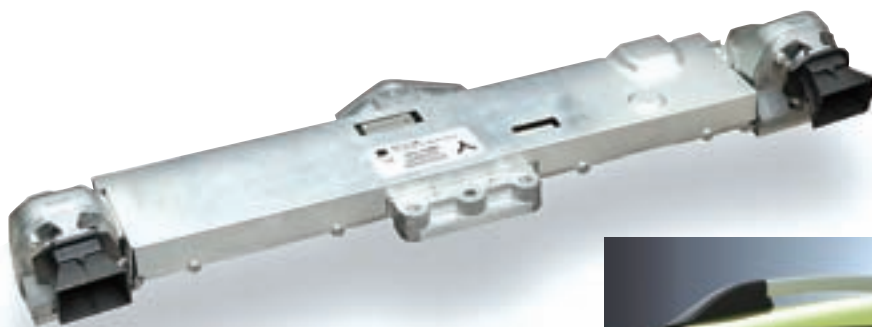
ハイ・パフォーマンスを生む現場を科学する

VOL.73

アイサイト／富士重工業

野中郁次郎氏

Nonaka Ikujiro_一橋大学名誉教授。早稲田大学政治経済学部卒業。カリフォルニア大学経営大学院でPh.D.取得。一橋大学大学院国際企業戦略研究科教授などを経て現職。著書『失敗の本質』（共著）、『知識創造の経営』『知識創造企業』（共著）、『戦略の本質』（共著）、『流れを経営する』（共著）。



アイサイトのユニット本体（上）。左右の黒い部分の背後にカメラがあり、その間の距離は350mmある。運転席上部に搭載される（右）。



燃費性能から、衝突回避の自動ブレーキへ。自動車業界は今、「ぶつからないクルマ」の機能競争へと突入している。そのなかで一歩リードしているのが、日本での自動ブレーキの先がけ的存在、富士重工業の運転支援システム「アイサイト」だ。

国内で販売するスバル・ブランド車の購入者のうち、8割がアイサイトを選択し、販売累計は20万台に達した（2014年4月現在）。グレード別に今年5月から順次発売予定だった新型車レヴォーグは、予約でのアイサイト搭載率が9割を超え、部品調達が間に合わず、「量産体制に万全を期すため」、発売予定日が6月20日に延期された。

人気の理由は、10万円という価格の手ごろさもある

が、何より独自の仕組みが可能にする特徴的な機能にある。自動ブレーキのセンサーには、ミリ波レーダー、赤外線レーザー、カメラの3種類があり、カメラは単眼とステレオカメラ（双眼）がある。アイサイトは世界で唯一、ステレオカメラだけを使う。

機能の最大の特徴は、2つの目を持つ人間と同じように、左右2つのCCD（撮像素子）カメラで走行環境をすべて「見る」ことにある。三角測量の原理で、左右の映像の差から対象を立体的に認識し、形状、距離、移動速度などを把握。歩行者や先行車、障害物を見分け、ぶつかりそうと判断したら、最適な制御をブレーキやエンジンに指示する。

理想は「人間の目と脳」。その機能に限りなく迫る。

世界初！カメラ方式で衝突回避 予算激減からの劇的苦闘の軌跡

開発の困難さから各メーカーとも早々に断念したなかで、富士重工業だけは20年間続け、商品化にこぎつけた。世界で誰も手がけたことがない。燃費性能のような目標とする数値もない。まさにゴールのない未踏の世界を切り開くような開発だった。

「本当にものにすることができるのか、できないのか、判断に悩んだ時期もあります。これだけ続けてダメだったら、会社を辞めることになるかと、考えたこともありました。ただ、プロジェクトを振り返って思うのは、ほかができないことを続けていくことにこそ価値があるということです」

アイサイトのプロジェクトでリーダーを務めたスバル技術本部先進安全PGMプロジェクト・シニア・マネージャーの柴田英司は、こう話す。ステレオカメラと共に歩んだ孤高の20年。イノベーションとはいかにして生まれるものなのか。開発プロセスをたどると、そこに1つの典型的なあり方が見えてくる。話は柴田がプロジェクトに参加したときから始まる。

富士重工業ならではの独自の選択

「柴田君、ちょっと助っ人に行ってくれるか」

上司から声をかけられたのは1998年暮れのことだった。入社10年目。それまでは、電気電子系の部品やシステムが目標性能に達しているかを実験し、欠陥があれば修正する部署に所属していた。腕を買われ、「助っ人」に入ったのは、アイサイトの前身、「ADA（アクティブ・ドライビング・アシスト）」のプロジェクト。翌1999年にレガシランカスターに搭載して発売するため、最終段階のテストの真っ最中だった。柴田はこのとき初めて、ステレオカメラの研究が社内で1989年から続けられていたことを知った。

「当時、他社はミリ波レーダーを開発していました。1990年代に入り、運輸省（現国土交通省）が先進の運

転支援技術を搭載したASV（アドバンスド・セイフティ・ビークル）推進計画を立ち上げた。各種の技術のなかでも、カメラの画像センサーは外界の信号を取り込みデータ化するため、外界の状況に左右されやすく、安定化が難しい。そこで、各社とも軍事技術を応用できる車載レーダーの研究に注力した。一方、スバルだけは、走行環境のすべてを映像で見ることができるステレオカメラにこだわりました」（柴田）

富士重工業は、ピストンを左右水平に配置した、世界的にも希少な水平対向エンジンをスバル車に搭載し続けるなど独自路線で知られる。ステレオカメラへの傾注はある意味、スバルらしい選択だった。

1999年、世界で初めてステレオカメラを使った運転支援システムADAが登場。走行車線逸脱に対する警報や、先行車と車間距離を保って追従制御走行するクルーズコントロール機能などを実現した。

続けて、次期開発プロジェクトが発足。ハードウェアを企画し、ソフトウェアを内製し、集積回路を設計する。電気電子やソフトウェアの知識を持った社員が集められ、柴田はサブリーダーに着任した。

初代ADAは車速の制御方法として、エンジン出力をスロットル弁で調整した。新しいADAでは自動ブレーキ制御を加えたい。それには、70～80メートル先を走る先行車との距離や速度差を安定的に検知する必要がある。しかし、当時のCCDカメラの画素サイズでは、中近距離はともかく、遠距離では高い精度を出せなかった。雨や霧などの外乱要因の識別も苦手とした。一方、レーダーは対象からの反射をとらえるため、安定的に距離と速度を検知できる。雨や霧の影響も受けにくかった。柴田が話す。

「ステレオカメラは形を見るのが圧倒的に得意で、レーダーでは検知できないレーンの白線も識別できます。レーダーと組み合わせれば、最強のセンサーになる。

「なぜ人間にはわかるのに、 カメラではわからないのだろう」

コストのことはほとんど考えませんでした」

開発予算が10分の1に激減

2003年、ステレオカメラとミリ波レーダーを併用し、「世界初のセンサーフュージョン」を謳った新たなADAが新型レガシィに搭載された。しかし、価格が30万~50万円と高額になり、売れ行きはさっぱり。失敗だった。翌2004年、次の開発がスタートするが、コスト意識の低さはそのままだった。

「他社も開発を進めている以上、売れる商品をつくるために、何としてもトップの性能にしよう。そればかりを考え、他社をベンチマークしては、身の丈も考えず、あれもこれもと機能をつけ加えようと思いました。高価格で失敗したのに、できあがったのはてんこ盛りの満艦飾の企画案でした」(柴田)

ステレオカメラ、ミリ波レーダーのほか、赤外線レーザー、画像をフロントガラスに投影するヘッドアップディスプレイ、カーナビゲーションとの同調……等々、コストは積み上がった。「こんな高いもの、誰が買うんだ」。企画案は上層部に却下される。ときに2005年。会社の業績悪化のおおもりも受け、開発予算は一気に10分の1に削減される。

「何もやるなと言われたも同然でした」(柴田)



柴田英司氏
富士重工業 スバル技術本部
先進安全PGM
プロジェクト・
シニア・マネージャー

人員も縮小。リーダーは異動し、柴田が責任者の立場になった。前年にサプライヤーとして日立製作所と契約を結んでいたが、支払う金がない。ステレオカメラの可能性に共感した日立は当面、「手弁当」を申し出てくれた。プロジェクトにはステレオカメラの研究を最初に始めた研究所のメンバーも参加しており、「研究所に戻るように」との通達を断り、残る道を選んでいた。どうすれば開発を続けられるか。

柴田は政府の補助金に望みを託した。経済産業省の「地域新規産業創造技術開発費補助金制度」。「地域において新産業・新事業を創出し、地域経済の活性化を図る」のが目的で、公共性が高い。プロジェクトチームは改めて開発のあり方を問い直した。

これまで開発してきた車間距離制御クルーズコントロールは、時速40キロ以上で高速道路走行時に使うものだった。しかし、交通事故で発生件数がいちばん多いのは、一般道での低速走行時、交差点での前方不注意による追突事故だ。それを避けるには、少し先を走る先行車を検知する必要がある。また、交通事故による死者は歩行者や自転車乗用者が多くを占める。守るべきは交通弱者の命だ。それはドライバーの人生を守ることになる。自分たちが注力すべきは、近距離での対象物の検知ではないか。

ステレオカメラは中近距離に強い。何より対象物の形状が認識でき、レーダーでは測れない先行車の横幅も把握できるので、ぶつかるか、よけられるか、かなり手前で判断できる。近距離での衝突回避ならステレオカメラが圧倒的な強さを発揮する。柴田は開発の方向性について、大きく舵を切った。

「満艦飾は捨て、レーダーも外そう。初代ADAの商品化から、われわれは、売るためには他社をしのぐセンサーをつくらなければならないという発想にとられてきた。結果、高くても売れず、上層部からもダメ出

アイサイト(ver.2)の認識イメージ。クルマや歩行者、自転車などの物体(上2枚)は、カメラがとらえた画像の画素一つひとつの距離をICチップで算出、そのなかから面を見つけ出してグループ化し、立方体として検出。そのサイズや輪郭から、それぞれの物体を識別する。カーブなどの形状も含めた道路の認識(下2枚)には、白線の認識が鍵を握る。画像から、水平方向に黒、白、黒と並んでいるパターンを検出し、さらに3次元上の位置も計算、路面上にあるものと確認できれば、それを白線と認識する。そうすれば、自分の車線と隣の車線にいるクルマを区別して認識できる。



クルマを認識



歩行者や自転車を認識



白線を認識



カーブなど道路形状を認識

しをされました。コストを下げ、性能を高め、多くのお客さまのクルマに搭載してもらうには何をしなければならぬのか。追い込まれるなかで、本気で考え、議論し、浮かび上がったのが、ステレオカメラの特性を活かした衝突回避の機能でした」(柴田)

補助金は、「世の中のためになる」と交付が決定。会社からも運転資金を出してもらえるようになった。再出発。それは真に人間の目と脳に迫る開発を意味し、新たな試練と苦難の始まりでもあった。

「カメラが暴れる」

認識の精度をどこまで、どうやって高めればいいのか。頂上がわからないまま、頂上を目指す。試作品をつくっては日本中を走り回る。採取した膨大な量のデータを一つひとつチェックし、画像処理ソフトを補正し、回路のノイズを消す。これをひたすら繰り返す。難しいのは、雨や霧、対向車のヘッドライトなどの外乱要因の識別だ。人間の目と同様、夜や視界の悪さを苦手とする弱点の克服も課題だった。

天気予報を見ては雨雲を探し、霧の立ちこめる朝を待つ。逆光、西日、黄昏時……苦手な条件下であえて走る。識別がうまくできないと、ブレーキのかかり方がギクシャクする。それを「カメラが暴れる」とメンバーたちは呼んだ。安全性と駆動性の二律背反。そのバランスの解を求めてハンドルを握り続けた。

あるとき、画像処理ソフトの担当者が頭を抱えていた。次から次へトライしても成果が出ない。柴田はこう問いかけた。「なぜ人間にはわかるのに、カメラではわからないのだろうか。どう違うのか」

人間は対象物を常に細部まですべて見ようとするわけではなく、曖昧に見えるものは部分的な特徴でとらえる。カメラも、対象物の特徴的な部分や動きをとらえて識別し、状況認識ができるようにすればいい。担当者は人間の視覚にヒントを得て、開発を続けた。「人間には見えるのだから、開発はまだ限界に達していない」と気づかせようとしたというが、その柴田自身、思い悩む日々を送っていた。

「ゴールが見えない。できるかどうかもわからない。つらく、我慢の日々でした。ただ、ステレオカメラだけで衝突回避の自動ブレーキ機能が実現できれば、世界中のエンジニアがひっくり返って驚くのは明らかでした。チャレンジしがいがあるテーマで、メンバーのモチベーションが高いのが救いでした」(柴田)

この間、柴田は人間の目と脳に迫るという理想を追求しつつも、現実的な対応もとっている。ステレオカメラの精度を高めるには長いリードタイムを要する。その間を埋めることを上層部から求められ、2006年、「SIレーダークルーズコントロール」という、レーダー方式のシステムを商品化したのだ。レーザーレーダーにより先行車との距離、速度差を検知し、高速だけでなく、低速も含む幅広い車速で車間距離を維持する、全車速追従機能付きクルーズコントロールを実現。これは市場でも高い評価を獲得。社内での認知度の向上にも一役買った。柴田が話す。

「このプロジェクトでのもう1つの光明は、ハード、ソフト両面でメンバーが確実に実力をつけ、エキスパートとして育っていたことでした。私に求められたのは、彼らが一つひとつ積み上げていった成果に対し、

「世界のなかでも小さなメーカーは、どこに投資するかが重要です」

人の命にかかわるシステムとして、ここまでやれば大丈夫という判断を下すことでした。頂上がどこにあるかはわからないにしても、想定し得るチェック項目をリストアップし、致命的な内容は防ぐことができるようにする。それが判断基準でした」

アメリカで最高評価を獲得

2007年初頭、役員たちに1本の動画が披露された。クルマが障害物を検知すると自動ブレーキがかかり、1メートル以内で停止する。役員たちの顔つきが変わった。「これはすごい」。翌2008年5月、世界で初めてステレオカメラだけによる制御で「衝突被害軽減」を実現したアイサイトがデビューする。価格は10万円。これが火付け役となり、以降、安全機能の開発競争が本格化していった。

2008年時点では、ドライバーの「過信」を生むとの懸念が行政にあり、停止機能は明示しなかったが、2010年に登場したアイサイト（ver.2）は、対象物との速度差が時速30キロ以下の状況での自動ブレーキによる「衝突回避」を表明。アメリカのIIHS（道路安全保険協会）が初めて実施した前面衝突予防性能を評価する試験において、アイサイト搭載のスパル車は最高評価を獲得した車種のなかで、唯一最高得点を獲得。性能の高さが世界的に認められた。

さらに機能を進化させ、今年商品化されたアイサイ

ト（ver.3）は、エキスパートとして育ったメンバーが開発のリーダー役を担った。柴田が話す。

「距離や速度差の測定はレーダーのほうが得意で、もし業界トップ群と性能面で並ぶのが目的なら、他社も採用しているレーダーを買ってくればよく、事業戦略的にはそれが正解でしょう。ただ、われわれのような世界のなかでも小さなメーカーは、どこに投資するかが重要です。ステレオカメラは白線も見るので、クルマがどのレーンを走り、先行車はそのレーンに対してどこにいるかを判断するという、人が当たり前に行う判断と同じことをする。初代ADAでそのポテンシャルを見てしまった。だから、みんなで頑張って開発を続けてきました。やめようと思えばやめることもできたけれど、前を向いてやらなければと思い続けた。最後に成功につながり、人も育った。続けていくことに価値があったのです」

イノベーションは一朝一夕には起きない。プロジェクトが存亡の危機に陥ると、自らの方向性を再定義して、外部の補助金と社内の資金を引き出し、サプライヤーの“同志的協力”を仰ぎ、必要に応じて“時間稼ぎ”のレーダー方式の商品も繰り出し、その間に開発を一歩一歩進め、最後には、ほかにない商品を生み出す。国内最小の自動車メーカーのスパル・ブランドが国内のみならず、海外でも独自の強さを発揮する秘密の一端がここにある。（文中敬称略）

Text = 勝見 明

ジャーナリスト。東京大学教養学部中退。著書『石ころをダイヤに変える「キュレーション」の力』『鈴木敏文の「統計心理学」』『イノベーションの本質』（本連載をまとめた、野中教授との共著）、『イノベーションの作法』（同）、『イノベーションの知恵』（同）。



アイサイト（ver.2）が搭載されたスパルXVハイブリッド。

「持続的な知の蓄積」がなければ イノベーションは生まれない

野中郁次郎氏 一橋大学名誉教授

頂上がどこにあるかわからない。頂上へ至る道筋も自分たちで見つけなければならない。トライ・アンド・エラーを繰り返しながら、目の前の課題を一つひとつ解決し、つづしていく連続。すると、その連続があるとき、非連続に転換する。連続の非連続。イノベーションの多くはそうして生まれる。

非連続がもたらされる過程では、外からの刺激が大きなきっかけになることが多い。アイサイトの開発では、資金難を打開するための経済産業省への補助金申請が1つの転機をもたらした。

ビッグデータ信奉の落とし穴

運転支援システムの本質は何か。最も多発する低速時の追突事故を防ぐ。交通弱者を事故から守る。それはドライバーの人生を守ることになる。なおかつ、より多くのクルマに搭載してもらうには、コストを抑えたものでなければならない。本質が見えたことで、競合他社と競うための「満艦飾」のコンセプトから離れ、人間の認識の仕方と同様に、外界をすべて「見る」ことができるステレオカメラだけで衝突を回避するというコンセプトに帰着した。そして、見えない頂上を目指す日々が始まった。

もし、そのコンセプトが実現したら、「世界中のエンジニアがひっくり返って驚く」ほど、インパクトがある。だからチャレンジする。コモングッド（共通善）の追求とアンビション（大志）がなければ、多くの苦難とリスクに耐えながら、モチベーションを維持することはできなかつたろう。

画像処理の精度を高めるため、試作品をつくっては日本中を走り、データを収集する。ここで注目す

べきは、現実のただ中に入り込み、データを探り続けたことだ。クルマを制御するための信頼性の高いシステムをつくり上げるには、その場その場の文脈を問うコンテキスト・スペシフィックなアナログの活きたデータとの対話を重ねなければならない。データといえば、デジタルのビッグデータが注目されるが、文脈を問わないコンテキスト・フリーのビッグデータからは、イノベーションは生まれない。

消耗戦と機動戦の相互補完

もう1つ注目すべきは、アイサイトの開発の途中でレーダーを使ったシステムも開発していることだ。ステレオカメラだけを使った運転支援システムの開発は長いリードタイムを要し、長期的・継続的に戦力を投入するため、消耗戦を覚悟しなければならない。その間、刻々と変わる市場の状況に応じて迅速に意思決定し、戦力を振り分け、先手を打つ機動戦を展開した。消耗戦と機動戦を相互補完させたことも、アイサイトの成功に結びついている。

また、絶対安全はあり得ない以上、どこまで精度を高めれば安心できるかの判断もきわめて難しい。そこで、「致命的な内容は防ぐことができている」という線を引く。人間の認識の本質に限りなく迫る一方で、現実的な判断も行う理想主義的プラグマティズムが開発プロジェクトを支えた。富士重工業ならではの「賢い開発」のあり方も示している。

壮大なストーリーも、奇想天外なエピソードもないが、持続的な知の蓄積が連続の先に非連続を生むというイノベーションの1つの本質を改めて想起させられ、「スバルらしさ」が印象に残る。