JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	経営資源劣位の戦略 ： マツダにみる開発戦略についての一考察
Author(s)	竹田，太樹
Citation	年次学術大会講演要旨集，34: 59-62
Issue Date	2019-10-26
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/16476
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

１Ｂ０５

経営資源劣位の戦略：マツダにみる開発戦略についての一考察

○竹田　太樹（一橋大）

1. はじめに

2000 年代以降、自動車業界においては地球温暖化対策のため炭酸ガス排出量規制が強化された。内燃機関での達成はハードルが高いとされたが、一方でハイブリッド車・電気自動車など新技術を開発するのも困難である。マツダは内燃機関の研究開発に注力し、スカイアクティブエンジンを生み出した。これは内燃機関ながらハイブリッド車並みの燃費を実現したエンジンである。ブレークスルーがおこるメカニズムについては組織、マーケティングなど様々な要因から指摘されているが、実務への応用においにはそれらを複合的に活用していくことになる。この研究では経営再建というハンデをもったマツダがブレークスルーを成し遂げた事例を通じて、戦略的な視点で要因の活用について考察する。

2. 事例：マツダのスカイアクティブエンジン開発

2.1. 燃費向上に関するブレークスルーの必要

マツダが内燃機関のエンジンでブレークスルーを起こしたきっかけは、地球温暖化への関心が高まり炭酸ガス排出について規制が強化されたことである。規制を乗り越えようとしての取り組みが、当初達成困難と見られていた水準から技術を高めさせ、ブレークスルーに至ったのである。

地球温暖化は気象に影響を与え災害を引き起こすと考えられている。大気中の温暖化ガス濃度を低下させるべく、自動車に関しては炭酸ガスの排出量に規制が課せられるようになった。炭酸ガスは燃料の燃焼に伴い発生する。炭酸ガスが発生しにくい燃料を用いることも考えられるが世界中で燃料の流通を早期に変えることは難しく、自動車メーカーとしては燃料を燃焼させる量を少なくして、つまり燃費を向上させて炭酸ガス排出量を少なくすることが求められることになる。

マツダにとって EU における炭酸ガス排出量規制の導入はショッキングだったという。EU において従来は、自動車メーカーにおける自主的な炭酸ガス排出抑制の取り組みを促すにとどまっていた。しかし十分な効果が得られないとして 2012 年から規制が開始され、年々強化されることとなった。京都議定書が発効した 2005 年頃この規制導入の見込みがマツダにもたらされたが、規制の強さにマツダは危機感を持つことになった。この規制では 2015 年に 130g/km が求められたが、当時マツダ車の平均は 180～190g/km であり達成困難とみられた。[4] そのため売上の約 1/4 を依存する欧州市場の先行きに大きく不安をもつことになったのである。一般的に、大きい（重い）自動車であるほど加減速に必要なエネルギー量が大きく燃費が悪い。規制は企業が出荷する自動車の平均値で課されるため小さい自動車の割合を高める方法もあるが、マツダは小さい自動車が多い。そのため技術的なブレークスルーによる燃費向上が求められることになった。

2.2. ブレークスルーに導くための開発の集中

この厳しい炭酸ガス排出量規制に直面し、マツダは対処方針を探索する。社内技術者からエンジンでの燃焼のしかたを改めることでの克服が提案されたが、排気管のレイアウトに関係し他の部品も見直す必要があったため、これを機会とし自動車全体で「理想」を目指した開発が行われることになった。しかし開発のために経営資源を無尽蔵に使用できるわけではない。開発期間が限られるなか、マツダが持つ人材や資金などの経営資源で成し遂げなくてはならない。

マツダは 3 つの工夫をする。「一括企画」「コモンアーキテクチャ」「フレキシブル生産」である。「一括企画」は向こう 10 年程度の間に開発する自動車を一括して企画して、開発の効率化を図るものである。車種毎の開発について 1 つの共通設計をもとに微調整する考え方で、各車種で共通な固定部分と変動部分を区分し固定部分の開発の重複を避けるものである。この共通とは業界で進められていた部品の共用ではなく設計が共通という意味であり、この考え方は「コモンアーキテクチャ」と呼ばれる。エンジン開発に関しては、燃焼室内で起こる物理現象を複数開発するエンジンで同じにする。燃焼現象は複雑といわれているが、そこには物理法則がある。燃焼室の各寸法を相似にするなどして物理法則上同じ

挙動をするように設定すれば、燃焼室内における挙動の 1 つのパターンだけに集中して最適化を図ることができる。マツダは当初 5 パターンあった燃焼特性を 1 つにした。[4] なお部品の共用を優先しないこの方針は製造効率化にとってデメリットとなるが、1 つの製造ラインで混流して作り分ける「フレキシブル生産」で補った。これらの工夫でマツダは開発における経営資源の分散を防ぎ、規制の克服のために向き合うことができたのである。

2.3. ブレークスルーに向けた取り組み

前述のとおり、炭酸ガス排出量規制の克服のためにマツダではエンジン内部での燃焼を改める方針がたてられた。エンジンでは燃料と空気を混合して点火、ピストンを動かすことで自動車の動力とするが、エンジン内部などで関係する各物理量を変えるのである。

しかし燃焼は、燃料・空気の混合や着火伝播など複雑な物理現象を含んでいる。従来から透明なピストンシリンダを使って可視化するなどの試みが行われてきたが、レーザーを用いた計測など工夫が進められ現象の把握が進められた。高圧縮比のもとでガソリン分子の結合が切れ発熱する物理現象[8]を新たに見出したことがこの方針での開発を後押ししたが、規制克服のために理想的な設計を目指すなかで、このように設計のための物理的なルールの把握が高度化されたのである。

開発を行うにあたっては、この物理的ルールのうえで最適化を図ることになる。エンジン内部での燃料・空気の挙動や着火は均質ではなく、一方でエンジン動作の 1 サイクルのなかで複数回の燃料噴霧が可能になってきており、開発の取り組みについて具体的には燃焼室形状や制御アルゴリズムの最適化などが行われた。これにはコンピュータによるシミュレーションが活用された。物理的ルールについて精度を高めてシミュレータに反映できたことで、精度が高い設計最適化を、費用や時間を節約して行うことができる。そして結果として、ハイブリッド車に匹敵する燃費性能を達成したのである。

3. 考察：ブレークスルーの要因

3.1. 取り組みへの動機

マツダは炭酸ガス排出量規制をきっかけとして、燃費性能におけるブレークスルーを成し遂げた。この規制はマツダにおいてブレークスルーの必要を発生させた。一般的にブレークスルーが望まれるのは、単に商品のヒットを狙って、或いは他社との競争や利益確保など経営面の理由から、など様々な場合があるだろう。それらに比べ、企業存続ができなくなるというのは最も強い危機感を生じさせる。マツダでは欧州市場に売上の 1/4 を依存しているが、規制を克服できないと事業が成り立たなくなる。同様な規制が他地域に広がるかもしれず、企業存続に影響しかねない危機である。こうなるとできるだけの知恵を絞ろうとするし、努力も高まる。技術者は打開策を広く探索し、経営は資源をより有効に活用しようとする。それはブレークスルーにより近づけることになるだろう。

なお危機感が高まり失敗が許されない状況になると、方針をめぐって様々な意見が現れてくるだろう。危機感は動機付けを強める一方、従業員の一体感を阻害することでブレークスルーを遠ざけてしまうことも考えられる。マツダは規制克服の方針を提案した技術者を責任者に抜擢し、その方針に賛同する技術者で研究開発体制を増強した。一体感の阻害要因を取り除くことで、ブレークスルーに近づけていったのである。

3.2. 開発集中に追い風となった差別化

ブレークスルーへの動機が高まったとしても、それを実現へ導くことが必要である。マツダでは「一括企画」などにより開発を集約させた。高い水準へ技術を高めるためには開発の分散を避けることが必要である。車種毎などそれぞれ開発を行うことはそれまでに得られた知見の展開であり、新たな知見を得て技術的に進歩することにはならないからである。

顧客の嗜好は人それぞれである。燃費の良さや加速性、応答の早遅などを車種ごとに設定し特徴をもたせ、それぞれを嗜好する顧客に訴求する。これら特性の違いは例えばエンジンにおける燃焼の行い方が異なったものになるなど「コモンアーキテクチャ」を行ううえでの課題になる。ここでマツダの経営施策が影響した。拡散した車種の見直しとブランド強化である。開発・製造・販売を効率化するとともにマツダ製品の特徴を明確にして他社と差別化し、利益を高めようとする施策である。自動車業界で効率化が進むなかで最低限必要なスケールメリットを確保すべく、かつてマツダはシェアを高めるために安価での販売を続けた。しかし 1996 年にフォード傘下となり、経営再建と長期的な成長が求められることとなった。バブル期に販売系列の増加に伴い膨張した車種を整理する一方で、マツダらしさとは何

か自動車の足回りのよさを活かしてコンセプトを明確化した。マツダ独自の自動車走行の感覚などを「Zoom-zoom」「走る歓び」といったイメージ訴求でブランドづくりを進め、他社との差別化を図っている。従来から差別化を意識した商品開発は行われていたが、企業でコンセプトの一貫性をもっての差別化である。マツダにとってターゲットとする顧客が限られ、車種ごとの特徴はそのなかでの味付けとなる。燃焼室内における挙動などは統一しやすくなる。

また「一括企画」において 10 年間の開発計画を確定させるには腹をくくる必要がある。顧客は他社と比較し購入する自動車を選択する。他社が優れているからといって途中で仕様を変更してしまうと、狙った効率化のメリットは小さくなる。マツダが企画する自動車が常に選ばれるように企画することが求められる。これにもマツダの車種見直しやブランド施策が影響した。これらによりマツダがつくる自動車はある範囲に限られ各車種における理想像について共通点が多くなりやすく、高い水準を求めながら固定部分を大きくすることができる。また限られた範囲のなかで差別化し独自の価値に強みを持つのであれば、その価値の提供で業界の先頭を保つこともできるし他社の動向に影響されず計画に基づいて開発・販売することも可能だろう。

3.3. 開発における制約の開放

さらに開発の行い方もブレークスルーに影響している。自動車全体を一斉に見直したこと、経験則を見直したことである。

自動車は擦り合わせによる製品づくりで知られる。自動車全体で軽量化が求められるなど、コンポーネント間での調整が求められるのである。燃費を改良するために例えばエンジンを開発することとしても、その他の部品に変わりがなければ擦り合わせで求められる調整のためにエンジン設計を変える幅は限られる。しかしスカイアクティブエンジンの開発においては自動車全体での見直しが行われることとなった。しかも「理想」を追う自動車づくりである。技術的課題に対して全体最適を考えて、より「理想」的に対応できる。対応できる幅の広さが、技術的飛躍の大きさに影響したと考えられる。

またマツダは設計における物理量の設定についての経験則を見直した。エンジンから動力を取り出すにあたりピストンで空気・揮発した燃料の混合気をどれほど圧縮するかについて、効率がよくデメリットも目立たないちょうど良い設定がある。これは従来からの研究開発で見いだされ経験則としてノウハウとなっていた。しかしマツダはこれにとらわれず、大きく設定を変える。当然ながらデメリットが大きくなるが、別に解決策を見出した。例えばディーゼルエンジンでは着火が不安定になるデメリットを、燃料噴射の精緻な制御などによって対応した。これは燃料噴射装置の進歩などによって可能だったが、経験則が成立した時点から状況が変わっているのに応じてノウハウについて改めて考え直したということだろう。そもそも開発余地がなければブレークスルーは起きようがない。当初マツダも開発余地がないと考えただろう。しかし蓄積されたノウハウなどを基に余地がないと判断したのならば、そのノウハウによる前提が崩れれば道が開ける可能性がある。自動車は昔から存在し進歩が積み重ねられてきたから、そのノウハウには重みがあるだろう。それまでの研究開発努力の成果であり、本来積極的に開発に活用すべきものである。しかしそれを見直し設計の前提を変えたことが、ブレークスルーに必要な開発余地をもたらしたのである。

3.4. ブレークスルーをもたらしたツールの進歩

このブレークスルーの実現において、コンピュータが活用されたことが特徴的である。物理的ルールの解析成果をシミュレータに反映させて現実におこるふるまいの再現精度を高め、シミュレーションを反復させて最適化を推し進めた。これには研究開発プロセスへのコンピュータの活用が進んだことが関係した。

コンピュータはシミュレーションや作業の自動化などに活躍する。シミュレーションは試作車によるデータ取りに比べ、費用も時間も飛躍的に節約でき測定困難なパラメータの動向も把握できる。作業の自動化は、設計アシストなど開発者の作業を軽減し開発のさらなる高度化に導く。マツダではフォード傘下となった 1996 年からコンピュータへの投資を促進していた。CAD のリプレースから始まり、2005 年頃までにバーチャルテストや設計支援などが導入された。バーチャルテストは物理量を時系列的など再現させて従来試作車で行われてきた検証を行う、設計支援は 3D モデルを段階的に変形させて干渉チェックなどを行いシステムが要求条件にあう最適値を求めるなどする。[9] マツダはその後も、シミュレーションの増強やオペレータに頼らず開発者自身が扱えるシステムへの変更、計算速度の向上など取り組みを行った。燃焼関係については数値流体力学を用いた燃料・空気の混合や着火のシミュレーショ

ンが更新された。この開発において前述のように物理的ルールの解析も進んだが、シミュレーションの精度が高まり現実の物理現象をよく再現できるほど、より精緻な最適化が可能である。十分な精度を確保し開発者が最適化に何度もトライできる環境ができたことで、高いレベルまで最適化が進められたのだろう。

このブレークスルーは、コンピュータシミュレーションなどの能力向上のタイミングとちょうど重なった。このようなコンピュータの活用は当時自動車業界で進行していた。例えばトヨタの TNGA などの取り組みである。マツダでは経営危機下であったためあまり進まなかったが、フォード傘下となってから積極的に推進された。イノベーションに関して、部品など企業外部における技術の進歩が寄与することがこれまでに議論されているが、マツダでもツールの進歩がブレークスルーに影響したと考えらえる。特にマツダは 1996 年以降のコンピュータ投資において、自社仕様ではなく汎用システムの活用を意識していた。それまで自社開発したサブシステムも汎用システム上で活用ができ、能力向上の恩恵を早く受けやすい状況にあった。なおそれはフォード傘下となることで投資が可能になったという要因もあってのことである。

4. 結言

これまでマツダのスカイアクティブエンジンにおけるブレークスルーをもたらした要因について考えてきた。強い危機感により経営資源をより効率的に活用しようとする動機が生じ、イネーブラとしてのコンピュータの増強と活用、差別化・ブランド戦略に則った開発への資源の集中、一方で経営再建の状況にも関わらず自動車全体へと開発範囲を広げたり経験則を見直すなどの「理想」の追求がされた。これらが複合的に効果をもたらし、高い技術的飛躍に至ったと考えられる。

1 つのポイントとして経営資源の分散を防ぐことがある。様々なやり方があるだろうが、例えばエンジンだけに開発を絞るというのでは擦り合わせのため開発の幅が限られエンジン技術者以外の活躍の場も限られる。例えば小型車だけに限るというのでは「コモンアーキテクチャ」のような物理現象の統一も難しい。経営資源を有効活用しながら、高い水準へ技術を高めるための絞り方が求められる。マツダは企業が提供する商品価値を絞るという経営再建からの戦略がもともと存在していて「一括企画」などを行ったが、経営資源を有効活用しながら開発上の制約を緩和しまた設計の対象を絞る施策だった。それは他企業における動向の影響を受けにくくし技術向上を促進する。技術・経営の様々な要素が複合的にからんでのブレークスルーである。

特に開発対象を単純に絞るだけでなく広げたことも興味深い。自動車全体の開発や経験則の見直しである。スペック達成のための技術的検討の結果だったが、違った方向であったり無駄に大きく広げると開発上の制約が緩和されても経営資源の分散になる。また自動車全体の見直しは燃費以外にも様々な訴求ポイントを生みブランド向上につながる可能性があるなど、開発対象の広げ方いかんによっては経営的にも影響を与える。技術・経営における複合的な見立てが求められるといえる。

参考文献

[1] JETRO ロンドン･センター パリ･センター デュッセルドルフ･センター ミラノ･センター マドリード事務所 海外調査部欧州課, EU 主要国における環境配慮型自動車に関する政策（規制・支援）および技術・市場動向, JETRO ユーロトレンド, 88, report2(2009)

[2] 鶴原吉郎, マツダ SKYACTIV の全貌, 日経 Automotive, 34, 58(2011)

[3] 横畑英明 佐藤圭峰 和田好隆 田所正 小林謙太 植木義治, SKYACTIV エンジンの性能開発に活用した MBD, マツダ技報, 31, 54(2013)

[4] 山中浩之, 金井会長が語るマツダ変革への挑戦, 日経ビジネス(連載), 1929～1934, (2018)

[5] 御堀直嗣, エンジニアの仕事 すべてが SKYACTIV につながっていた, 日経 Automotive, 38, 125(2011)

[6] 佐藤圭峰 横畑英明 山川正尚 西田恵哉 大瀧康宏, DISI エンジン噴霧モデルの最適化手法の開発, マツダ技報, 25, 134(2007)

[7] 宮本喜一, マツダはなぜ、よみがえったのか？, 日経 BP, (2004)

[8] 高田憲一 近岡裕, 燃焼究め未開の圧縮比 14 に到達, 日経ものづくり, 687, 36(2011)

[9] 楠康友 三村光生 佐々木晋, パラメトリック設計システムの開発～エンジン設計の自動化～, マツダ技報, 22, 120(2004)