



RIETI Discussion Paper Series 04-J-047

技術選択のジレンマを超えて —ファナックにおけるジレンマの超克—

柴田 友厚
香川大学

児玉 文雄
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

技術選択のジレンマを超えて

ファナックにおけるジレンマの超克

柴田友厚*

児玉文雄**

要旨

企業が現行技術から新技術への技術転換を、どのようにすればこえることができるのかという課題は、実践的にも理論的にも極めて重要である。一般的に、成功した現行技術を捨てて新技術に移行することは、極めて深刻な経営判断を要求するために、企業はしばしばジレンマに陥る。ファナックは、創業以来40年以上にわたり、NC (Numerical Control, 数値制御) 装置に関する2回の大きな技術転換を超えて、持続的成長を遂げてきた。本稿では、ファナックがいかにして技術選択のジレンマを超え、2回の技術転換に成功したのかを事例分析し、共通要因を抽出する。その結果、現行技術の限界認識が重要であること、および、現行技術と新技術の同時追求という仕組みによって、2回の技術転換を超えてきたということを明らかにする。その仕組みの妥当性と合理性に関して考察を加え、さらに、既存企業はなぜ失敗するのかという課題に対するより根本的説明論理の可能性に関して議論する。

* 香川大学大学院地域マネジメント研究科教授

** 芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科教授, RIETI ファカルティーフェロー

1. はじめに

企業は新技術の台頭をどのようにすればこえることができるのかという課題は、実践的にも理論的にも極めて重要である。既存研究の多くは、現行技術で成功してきた既存大企業は、新技術に直面してそれを越えることができずに失敗するということを明らかにしてきた。その意味では新技術の担い手は既存大企業ではなくて新興企業であった。たとえば、1955年からの四半世紀に起こった真空管から半導体への技術転換に際して、真空管で成功していた企業のうち生き残ったのはRCAとフィリップスの2社だけであった（Foster, 1986）。だがその一方で、既存企業でありながら、新技術の波にうまく乗り移ることができた企業も確かに存在するのである。たとえば前述した真空管から半導体への技術転換を例にとれば、東芝、松下、日立といった既存大企業は依然としてその技術転換の主役であり続けた（Foster, 1986）。一般的に、成功した技術を捨てて新技術に移行することは、極めて深刻な経営判断を要求するために企業はしばしばジレンマに陥る。そしてその判断のタイミングがその後の持続的成長に大きな影響を与えるのである。逆に言えば、企業が持続的成長を遂げるためには、技術選択に関するジレンマをどう超克するかという課題を避けてとおることはできない。

本稿で事例にとりあげるファナックは、創業以来40年以上にわたり、NC（Numerical Control, 数値制御）装置に関する2回の大きな技術転換を超えて、持続的成長を遂げてきた。この2回の技術転換のそれぞれにおいて、新技術か旧技術かというジレンマに直面し、それを越えていったのである。第1回目の技術転換では、NCの主要構成技術であるサーボ機構のアーキテクチャが、オープンループ方式からクローズドループ方式へと大きく変わった。第2回目の技術転換では、NCの論理演算機構のアーキテクチャが、トランジスタやダイオードなどを中心とするハードワイヤード技術から、マイクロプロセッサを中心とするソフトワイヤード技術へと転換した。これらの技術転換はいずれも、設計思想に関わる大きな技術転換であった。

本稿では、ファナックがいかにして技術選択のジレンマを超え、2回の技術転換に成功したのかを事例分析する。その結果、驚くほど似通った仕組みによって、2

回の技術転換を超えてきたということを明らかにし、その仕組みの妥当性と合理性に関して考察を加える。次節ではまず先行研究のレビューを行い、本研究の位置づけを明らかにする。

2．先行研究

なぜ既存企業は技術変化の対応に失敗するのかという課題を巡って、既存研究は様々な原因を明らかにしてきた(Henderson&Clark,1990; Tushman&Anderson,1986; Chistensen,1997;Leonard-Barton,1992; Foster,1986;新宅,1994; 青島,2003)。本稿は其中でも、新技術の台頭に伴って企業が直面する新技術か旧技術かという技術選択のジレンマに焦点をあてる。新技術の登場にともない、新技術に乗り換えるか、あるいは現行技術でゆくかという技術選択の判断を、企業はせまられるからである。この時2つの要因によってジレンマに直面するということを既存研究は明らかにしてきた。

技術選択のジレンマを引き起こす第1の要因は、フォースターが指摘した技術のSカーブ理論に起因する(Foster,1986)。Sカーブとは技術性能の向上と資源の投入量との関数だが、Sカーブ理論は、如何なる技術であれ資源投入量に比べて性能の向上が停滞する停滞期にいずれ直面する、ということを主張する。したがって、そのような技術性能の停滞期に遭遇した企業は、いち早く技術の限界を認識して、新しい技術に移行する必要に迫られる。しかし、新しい技術のSカーブはその初期段階では既存技術のSカーブよりも性能が劣るために、企業は多くの場合新しいSカーブに移行することに躊躇する。その時点で、新技術の発展性に関して確実な見通しを得ることは難しいからである。そこで企業は、新技術に移行するか、あるいは現行技術にとどまりその改良に注力するかという判断を迫られる。これが技術のSカーブ理論によってもたらされるジレンマである。

ジレンマをもたらす第2の要因は、クリステンセンが指摘した顧客や市場からの評価に起因するジレンマである(Christensen,1997)。彼はハードディスク業界の歴史的分析を行い、優良企業の失敗は既存顧客の要望を良く聞くという、まさにその

優れた経営に起因しているということを明らかにした。一般的に企業は、特定の価値尺度を持つ価値ネットワークに組み込まれて行動しているために、新しい価値評価尺度を持つ顧客や市場には対応することが困難になる。例えば、記憶容量や処理速度を重視する価値ネットワークの中で活動しているディスクメーカーは、耐久性や省電力に優れたディスクの新市場に対応することが難しい。記憶容量や処理速度を重視する従来の価値ネットワークのなかでは、たとえ省電力に優れた新しいディスクであっても、市場や顧客は低い評価しか与えないからである。その結果、顧客の要望をよく聞く優れた企業は、省電力に優れた新しいディスクを開発することに否定的な経営判断を下すことになる。このようなジレンマは、技術Sカーブとは異なり、顧客や市場の評価に起因するジレンマと考えることができるだろう。

このように既存研究は、技術Sカーブと市場からの評価という2つの要因によって、企業はジレンマに直面し、優良企業はたびたびそのジレンマのマネジメントに失敗するということを明らかにしてきた。これらのジレンマは、優れた経営によって成功体験を積み重ねてきた企業であればあるほどより深刻になる、という性質を持つ。現行技術を捨てるか、あるいは新技術に移行するかの判断に際して、現行技術によって高い成果をあげてきた企業は、その成功蓄積ゆえにより深刻なジレンマに直面するはずである。他方、現行技術で成功していない企業は、捨てる技術を持たないために技術選択のジレンマに直面することなく、むしろスムーズに新技術に移行することができるであろう。同様に、顧客や市場の声を聞く企業は、その優れた経営ゆえに市場からの評価に起因するジレンマに直面するのであって、市場の声に耳を傾けない企業は、もともとこのようなジレンマに直面することはないからである。

本稿は、これらの既存研究と同じ問題意識に立脚しており、その延長線上に位置づけることができる。しかし既存研究とは異なるアプローチを採用する。既存研究の多くは、優良企業がなぜ失敗するのか、その失敗原因の分析に多くの注意を払ってきた。たとえばヘンダーソン&クラークらによる、製品アーキテクチャと組織内コミュニケーション・パターンとの不適合に関する研究は、その代表的なものである(Henderson and Clark, 1990)。彼らは半導体露光装置に関する失敗事例を分析した。そして、部品間の相互依存関係を規定する製品アーキテクチャの様態は、組

織の部門間コミュニケーション・パターンの中に埋めこまれているのだが、しかし既存の組織内コミュニケーション・パターンを変更することは難しく、それゆえに組織は新しい製品アーキテクチャに適応できない、ということを示した。それらの失敗事例を対象にした研究から、アーキテクチャ・イノベーションなどの新しい概念が生まれてきたことは事実である。

しかし本稿では、失敗事例の原因分析ではなく、技術転換に成功したプロジェクトに共通する成功要因の探索に多くの注意を払う。数は少ないが技術転換を超えてきた企業は確かに存在するし、成功事例からの方がより大きな示唆が得られる可能性が高いからである(青島、2003)。このように、成功事例の共通要因に注目した既存研究にはたとえば、新原(2003)、コリンズ&ポラス(1995)、コリンズ(2001)、ピーターズ&ウオーターマン(1983)などがある。これらの既存研究の分析単位は企業であることに比べて、本稿の分析単位はプロジェクトであるという違いは存在するが、成功事例の共通要因を抽出しようというアプローチは同じである。

3. 事例：ファナックにおけるジレンマのマネジメント

NC(Numerical Control)装置は工作機械を制御する工業用コンピュータとでも言える製品システムであり、それを構成する主要な要素技術は、工具の軌跡を計算する論理演算機構と速度や位置を制御するサーボ機構の2つである(注1)。本節では、論理演算機構とサーボ機構という主要な要素技術の技術転換に直面して、ファナックがどのようにして技術選択のジレンマを超えていったのかを紹介する。

オープンループからクローズドループへ

サーボ機構の技術転換

ファナックは1956年に、稲葉清右衛門を中心とした富士通の社内ベンチャーとして誕生した。その後1972年には富士通から別会社として分離独立したが、翌年の1973年の秋、ファナックは第一次オイルショックという難関に直面することとなった。オイルショックを契機として、ファナックに圧倒的競争力をもたら

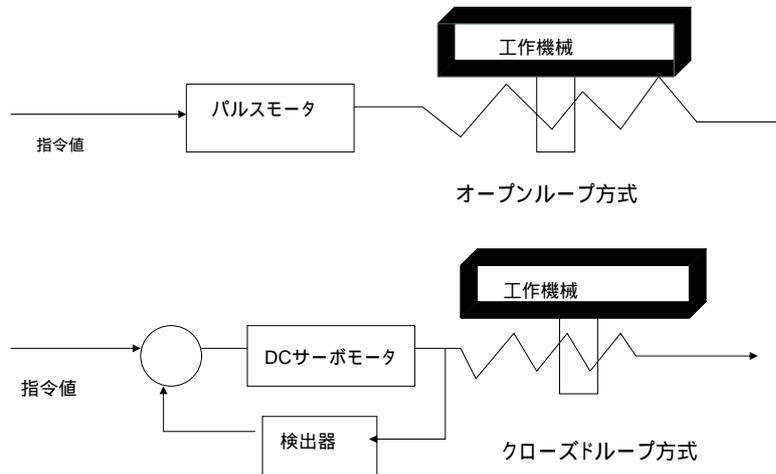
した電気・油圧パルスモータに対するユーザーの評価が否定的なものに変わりはじめたからである。電気・油圧パルスモータは汎用性と柔軟性に優れたオープンループ方式のサーボ機構だが、ファナックはこの特許をおさえることで圧倒的な地位を確立してきた。ところがこの電気・油圧パルスモータは、電気パルスモータの出力を油圧で増幅するという仕組みであるために、大量の油を必要とした。したがって、オイルショックは、ユーザーに対して電気・油圧パルスモータに関する先行き不安を与えると同時に、石油の値段を大幅におしあげたのである。また、電気・油圧パルスモータは高圧の油を使うために油圧ポンプを必要としたが、ポンプの効率が非常に悪く、たとえば50馬力の出力を得ようとする100馬力駆動のためのモータを必要とした。そのためユーザーからは、ファナックのNCを使うには小型の変電所を1つ作らなければいけない、と悪口を言われるほどだったという。このように石油のコストも電気のコストも上昇したために、電気・油圧パルスモータは市場から敬遠されることになったのである。

当時のモーターを巡る技術的選択肢としては、オープンループ方式を採用するパルスモーターとクローズドループ方式を採用するDCサーボモーターとの2つに大別することができる。当時のモーターを巡る競争状況に関して、オークマの梨木政行氏は次のように述懐している。

「工作機械の駆動源は60年後半から70年前半にかけて、2つのモータがしのぎを削っていました。DCサーボモータとステッピングモータ（パルスモータ）です。これは、オークマが好敵手と考えていたファナックさんとの競争でもありました。

ステッピングモータ（パルスモータ）にこだわっていたファナックさんは、大きなトルクを要する場合にはステッピングモータと油圧モータとを複合させた油圧パルスモータを使用していました」（注2）

図表1 NCに使われるサーボ機構



しかし電気油圧パルスモータは、前述したようにファナックが独占的地位を築き上げる主因となった技術であるうえに、社長である稲葉自身が発明した技術であった。そのため、市場の否定的評価のなかでも、稲葉の電気油圧パルスモータに対する執念には大きなものがあった。稲葉は当時、シーメンス社の友人に対して次のように語っている。

「私から電気油圧パルスモータを取り上げられたら、それは私の生命を絶つに等しいことです」(注3)

その時稲葉は、電気・油圧パルスモータという成功体験を蓄積してきた現行技術と新技術との間で、技術選択のジレンマに直面していた。その時の葛藤を次のように表現している。

「現実に市場の反応が変化してきていることを考えると、NCの将来に不安を感じざるを得ない。だからといって、電気・油圧パルスモータに取って代わる新しいモータに確信があるわけでもない。新しいモータに転換するにせよ、しないにせよ、そのタイミングを逸すればファナックの存亡に関る。私の中の技術者と経営者の葛藤は依然として続いた。」(注4)

稲葉はその時点で、あえて無理にどちらかを選択するのではなく、両方の技術の可能性を追求することを決断した。つまり、オープンループ方式を採用した現行技術の追求と、新しいクローズドループ方式のモータの探索を同時に行ったのである。第1に、油を使わない大馬力の電気パルスモータの開発を、1974年(昭和49年)の1月に技術者に指示した。電気パルスモータは、油を使うか使わないかという違いはあるにしても、電気・油圧パルスモータと同じオープンループ方式であり、同じアーキテクチャであった。つまりその時点では、稲葉は電気・油圧パルスモータと同じアーキテクチャを持つ電気パルスモータの限界を追求していたのである。第2に、オープンループ方式ではなくクローズドループ方式であるDCサーボモータの状況を知るために、DCサーボモータのメーカーである米国ゲティス社の状況を別の技術者に詳細に調査させた。万一の場合、DCサーボモータに関する技術提携の交渉ができるような準備をしていたのである。稲葉は当時のことを次のように述懐している。

「その時に私は2つのことを命じました。1つは、小山君に4ヶ月で電気パルスモータの開発を命じたことと、2つめは、遠藤君に米国ゲティス社の調査を命じました」(注5)

小山は、その4ヶ月後の1974年5月31日に、稲葉は指示した電気パルスモータを完成したが、しかし、このモータは騒音が激しく実用化するには困難であった。稲葉はそう判断するやいなや、オープンループ方式のパルスモータを捨て、クローズドループ方式のDCサーボモータへの切り替えを決断するのである。その時の状況を稲葉は次のように言う。

「一瞬の迷いもなく、自ら手がけた電気・油圧パルスモータを断念し、DCサーボモータへ転換することを決断した」(注6)

DCサーボモータへの切り替えを決断した稲葉は、その3日後の6月3日には、米国ゲティス社とDCサーボモータに関する技術提携を結んだ。ファナックの技術者達は、DCサーボモータに関する技術提携先である米国ゲティス社から図面を入手後、わずか2ヶ月でDCサーボモータを完成させることができ、その年の9月には、大阪工作機械国際見本市において、DCサーボをつけたNCを出品した。このオー

プループ方式からクローズドループ方式への技術転換は、基本的な設計思想の変更であり、ファナックにとって実に重大な決断であった。その当時を振り返り、稲葉は次のように述べている。

「その時、もし電気・油圧パルスモータにこだわっていたら、今日のファナックはなかったと思います」(注7)

ハードワイヤード NC からコンピュータ NC へ

論理演算機構の技術転換

次に取り上げる事例は、NCの論理演算機構をハードワイヤード技術からソフトワイヤード技術へと大きく転換した例である。1975年当時のファナックは、トランジスタやダイオードなど集積回路の組み合わせで論理演算機構を作るいわゆるハードワイヤード NC で、安定した技術を持ち高いシェアを維持していた。そのような時ファナックは、インテル3000シリーズという MPU を採用した NC システムであるファナック2000Cを、世界で初めて開発した。MPUを導入することは、ソフトウェアで論理演算を行なうということであるから、ソフトウェアを中心とした技術体系へ変換するということの意味している。つまりファナックは1975年に、論理演算機構のアーキテクチャをハードワイヤードからソフトワイヤードへと大きく転換した。

これは、NCの技術革新史において極めて重要な技術選択であった。MPUを採用したNC、すなわちCNC(Computerized Numerical Control)の開発にいち早く成功したことが、その後のファナックの成功を決定的なものとしたからである。他方、米国のNC装置メーカーは、マイクロプロセッサを始めとする半導体技術の導入に積極的ではなく(日本工作機械工業会、1994)、そのことが米国NC装置メーカーの衰退に大きな影響を与えた。

だが当時の半導体の技術状況を考えれば、インテルの3000シリーズを中心とした半導体技術をNCに使うということは、ファナックにとって大きなリスクをは

らんだ決断であったと言っても過言ではない。インテルは1968年に設立されたばかりで、フェアチャイルド社からスピアウトしたいいわゆるベンチャー企業でしかなかった。そのようなインテルにおいて、LSI技術とコンピュータ技術とが融合してマイクロプロセッサというアイデアが生まれ、それが世界初の4ビットマイクロプロセッサ4004として結実したのは1971年であった(注8)。ファナックが8ビットのインテル3000シリーズをNCに導入したのは、それから4年後の1975年である。当時、MPUを含めて半導体技術は世界的に黎明期であり、性能も信頼性も技術的には不確実性に満ちていた。鞍掛は当時を回想し次のように語る。

「当時プロセッサを使った人は誰もいない、世界全体がそういう状態だった。そういう意味では全員が同じスタート地点に立っていた。ちょっとでも使えそうな情報があると、インテルをよんで聞いていた」(注9)

当時ハードワイヤードNCという現行技術で成功を収めていたにもかかわらず、なぜファナックはソフトワイヤードという新技術への転換を考える必要があったのだろうか。ファナックは当時、ハードワイヤードNCの技術的限界が近いうちに來ることを感じていた。例えばその1つには、NCプログラムの入力手段の問題があった。NCを使用して機械加工をするためには、加工情報を記述したNCプログラムを何らかの方法でNCに読み込ませる必要があった。ハードワイヤードNCの場合は、NCプログラムをパンチした紙テープを読み込ませることにより加工を実現しており、したがって同じ加工をする場合は、同じ紙テープをNCに何度も読み込ませる必要があった。

しかし、紙テープという媒体は、劣化の可能性、紛失の可能性などの点から、その技術的限界が指摘されていた。それに比べてソフトワイヤードNCの場合、一度入力したNCプログラムはコンピュータのメモリに記憶することができるため、そのNCプログラムを読み出すことにより何度でも同じ加工を実現することができ、紙テープの限界を超える可能性が存在していた(注10)。このようなハードワイヤードNCの技術的限界を感じていたことが、ファナックをコンピュータNCの探索へ駆り立てた。

他方、前述のように、半導体技術を採用したソフトワイヤード NC には、いくつかの技術的課題を抱えていた。半導体技術そのものに対する大きな不確実性に加えて、それを NC に採用するためには、性能とコストを信頼性という3つのハードルを抱えていた。特に NC は工場の中で機械制御のために使われるものであるから、工場内のノイズや温度などに耐えうる高度な信頼性を必要とした。常務取締役の稲葉肇は当時の状況を次のように言う。

「MPUを使ってソフト化したら、ハードワイヤードの性能が出るのか出ないかというのが一番大きな問題だった。2番目に大事なことは、今までよりコストがあがるのかさがるのか、3番目に信頼性がいいのかどうか。当時、半導体を使うということは信頼性が落ちるということの意味していた。機械を制御するのに信頼性が悪いとどうしようもない。たとえば、当時磁気コアメモリは格段に信頼性があった。ところが半導体メモリはいつ壊れるかわからない。コアメモリなら絶対壊れないから大丈夫という安心感があった。当時はそういう時代だった。」(注11)

NC の論理演算機能のなかで特に重要なものは、加工指令に従って工具軌跡を計算する補間機能である。補間機能の速度が十分でなければ、モーターに対するパルスの供給が途切れてしまい、スムーズな加工ができなくなってしまうからである。従来はハードワイヤードで処理していた補間機能をソフトウェア処理で実現したときに、果たして十分な速度が実現できるかどうか大きな課題であった。鞍掛は次のように言う。

「補間がコンピュータでソフト的に処理できるか、これが一番の課題でした。いろいろなシミュレーションをしてみて実際にやってみて、それが可能であるとそれがわかったのですが、それが一番の課題でした」(注12)

さらに当時、MPU であれ半導体メモリであれ、信頼性に関して大きな不確実性を抱えていた。前述のように、過酷な工場環境下で稼動する NC にとって、高い信頼性を維持することは極めて重要な課題であるにもかかわらず、当時の一般的認識では、半導体を使用すると信頼性が落ちると言われていたからである。鞍掛は次のように言う。

「半導体メモリを使ったが、その使用技術がまだ確立しておらずメーカー自身が正しくアドバイスできなかった。例えば、ICを使う場合、プリント板のうえにのせるが、ICとICの間は胴のエッジングをしてつなぐか、どういう配線をすればいいのか、ノイズ的に信頼性をあげるにはどうすればいいのか、そういったことに関してはまだ経験がなく手探りの状態でした。」(注13)

つまりファナックは当時、ハードワイヤードNCの限界は感じていたが、その一方で、MPUを中心にしたコンピュータNCに十分な確信があったわけではなかった。性能と信頼性に関して大きな技術的不安を抱えていたのである。ハードワイヤードNCかコンピュータNCかという技術選択のジレンマに直面していたのが、当時のファナックの状況であった。

これに対してファナックは、両方の技術を同時に追求した。それを実現するために組織的には、ハードワイヤードNC部門とは別に、MPUの導入に特化したコンピュータNC部門を新たに設置した。ハードワイヤードNC部門は当時の量産NCを開発する部門であり、利益を生み出す部門であった。技術的には既に確立された技術を採用していたから、その目標はいかにして安いコストで、かつ信頼性の高いNCを開発するかということにおかれていた。一方コンピュータNC部門は、MPUを含む半導体技術の最新動向に注意を払いながら、どうすればそれらの最先端技術をNCシステムへ導入して、NCにとって必要な性能と信頼性を出すことができるかということに開発目標がおかれていた。

当時、コンピュータNC部隊の技術者であった鞍掛は、次のように言う。

「完全に部隊が2つに分かれていました、ハードワイヤードとコンピュータとに分かれていた。統括するマネージャはいたが、分かれていたから、私はコンピュータにいましたが、ハードワイヤードに全然未練はないわけです。一緒にやっていたらどうか分かりませんが。私からみるとぜんぜん未練がないわけですから、新しいことをやってコンピュータの可能性にかけていたわけです。コンピュータは当時、身近なものではなかったが、将来必ずパフォーマンスが向上し、コストが下がるはずだということを期待して仕事をしていました。ただそれがいつくるのか当時わからなかった。ハードワイヤードのことは考えなくても良い、将来のことだけを考え

ていればよい、と明確に言われた。コンピュータをNCに使うにはどうすれば良いのかという明確な目標があった。何をやっても良いという研究所タイプではなかった」
(注14)

同時に、両部門は小林堅固という1人のマネージャが統括していた。これによって、ハードワイヤードNCの限界とコンピュータNCの将来性を、天秤にかけて比較することが可能になった。新技術に移行する両部門に分化させながら同時に統合するという絶妙な組織的バランスをつくりあげたということができる。

「マネージャが両方を統括していましたから、現行NCの限界も知っていたし、その限界を知れば次に行かなければならないというのも見えてくる。現行製品で収益をかせぎながら次にどう発展してゆくか、というのが重大な問題になってくる」
(注15)

このような仕組みによって、MPUを採用したコンピュータNCが、性能と信頼性の面でハードワイヤードNCを凌駕するレベルにまで向上したと判断できる時点で、ハードワイヤードNC部門をコンピュータNC部門に統合することが可能になる。ファナックは技術的不確実性の間、ハードワイヤードとソフトワイヤードという2つの技術体系を併存させた。しかしその後、コンピュータNCのみに技術的に収束させるのである。翌年の1976年に開発したシステム5では、既にコンピュータNC部門のみであったから、新技術への移行はたかだか1年程度で完了したのである。

4. 考察

技術限界の認識

企業が技術選択のジレンマに直面するのは、現行技術か新技術かという二者択一の葛藤におかれるからであろう。その葛藤を越えるためには、現行技術を断念するか、あるいは新技術の将来性を確信するかのいずれかの方法しかない。だが新技術の萌芽期にその将来性を確信することは極めて困難であり、したがって技術転換を

超えるためには、現行技術の限界を認識することが重要になる（Foster、1986）。実際ファナックの場合、サーボ機構の技術転換であれ、論理演算機構の技術転換であれ、まずは現行技術の限界を感じるところから始まったのである。新技術に対する強い確信が技術転換の契機となったわけではない。サーボ機構の場合は、オイルショックという環境変化によって外生的に突然もたされた限界であり、他方論理演算機構の場合は、技術性能からもたらされた性能限界であった。しかし問題は、現行技術は成功経験を蓄積してきた技術であるために、それを断念するほど切実に技術限界を見極めることは、それほど容易ではないということである。オイルショックによる市場の否定的評価の中にあっても、稲葉はオープンループ方式のパルスモータの可能性を簡単には捨てることができなかつたのである。現行技術の限界を見極めることが難しい理由は、大きく3つに大別できる。

第1に、技術能力は経路依存性を持つために、これまでの技術選択の蓄積が将来の技術選択に影響を与えるからである。経路依存性は、企業の学習メカニズムと深い関係がある。ネルソン&ウインターは、企業がこれまでの技術開発活動の中で蓄積してきた技術が、今後の技術機会の探索活動やその成果に影響を及ぼすということを目指した（Nelson and Winter,1982）。また、コーエン&レビンタールは、外部に存在する知識を吸収し活用する能力を吸収能力と呼んだが、彼らによればその能力は当該分野に関して保有する事前の知識に依存する（Cohen and Levinthal,1983）。つまり、組織の保有する事前の知識が組織の吸収能力を決め、その能力の程度が外部からの知識獲得活動に影響を及ぼすと主張する。このよう視点にたてば、企業が保有する現行技術の延長線上に技術の探索は基本的にロックインされていると考えることができる。そのような状態で現行技術の限界を認識することは極めて難しい。

第2に、技術は多面的な視点から評価可能であるために、技術限界の認識も多面性があるからである。1つの側面では限界かもしれないが、他の側面ではいまだ限界ではないという場合が多分に存在する。たとえば、電気・油圧パルスモータの限界は、技術性能からもたらされたわけではなかつた。それは、オイルショックによる油の先行き不安と油のコストアップという全く予期せぬ事件によって、技術限界が顕在化したのである。つまり電気・油圧パルスモータの限界は、モータとしての性能限界ではなくて、オイルショックに伴って外生的にもたらされた限界であつ

た。このように、技術の限界と言っても、技術を評価する評価軸のとり方によって、限界の見え方が異なってくる。換言すれば、価値ネットワーク(Christensen,1997)ごとに、技術限界が存在するということを意味している。ある評価軸では限界だが、他の評価軸ではそうでないという場合、現行技術の限界を見極めて断念することには困難が伴う。

第3に、技術性能の向上がSカーブを描くというそのS曲線の特質もまた、技術限界の認識を難しくする。Sカーブの形状が、技術性能の向上に関する人間の期待を間違った方向に導きやすいのである。Sカーブは、技術の導入時点ではなかなか性能が高まらないが、あるクリティカルマスを超えるとそれ以降急速に性能が向上し、しかし成熟期を越えると再び停滞期が訪れるということの意味している。だが問題は、どの時点でクリティカルマスを超えて急速に技術が向上するのか、そしてどの時点で成熟期を越えて停滞期が訪れるのかを、事前合理的に判断することが難しいということである。それゆえ、現行技術の性能がSカーブにしたがって急速に向上していったという事実が、その傾向が今後も継続するという過度の期待を人間に与えることになる。その結果、現行技術の改良と改善で市場の否定的評価を越えることができるに違いないという期待を人間にもたらす。

これに関して、フォスターはSカーブの変曲点を計算することで、技術限界が近づいていることを知ることができると主張する(Foster,1986)。だが、近年のIT産業ではネットワーク外部性が強く働いたり、新技術に切り替えるためのユーザーのスイッチングコストが高くなるために、限界に達した技術でも市場で長く使われる場合が多い。そのような場合、技術が市場でいまだ使われ続けているという事実が、技術限界の認識を難しくするのである。したがって、たとえSカーブの変曲点が計算可能であったとしても、そのことだけで技術限界を認識し断念することはそう容易なことではない。

現行技術と新技術の同時追求

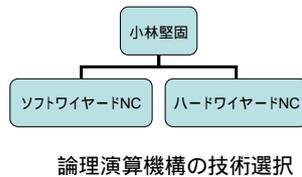
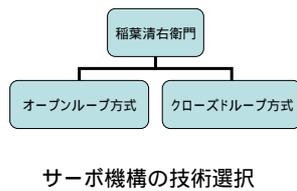
このように難しい現行技術の限界をファナックはどのようにして見極め、現行技

術を断念し、新技術への移行に成功したのだろうか。それは、現行技術と新技術の同時追求によって可能になった。ファナックは前述のように、サーボ機構の技術転換、および論理演算機構の2回の技術転換を超えてきたが、前者は市場の評価によってもたらされたジレンマであり、後者は技術Sカーブによってもたらされたジレンマと考えることができる。いずれの技術選択に際しても、ファナックは極めて短期間のうちに現行技術と新技術を同時追求した。例えばサーボ機構の技術転換の場合、1973年の秋にオイルショックが発生したが、1974年の5月にはパルスモータの限界を認識しDCサーボモータへの移行を決断した。要した時間はたかだか半年であろう。論理演算機構の場合も、前述したようにたかだか1年で技術転換は完了したと推測できる。短期間の同時追及を可能にしたポイントは以下の3つである。

第1に、現行技術を追求する部門と新技術を追求する部門とを、両方同時に共存させたということである。例えばDCサーボモータへの技術転換に際しても、小山は電気パルスモータというオープンループ方式の可能性を追求し、それと同時に遠藤はクロズドループ方式のモータの可能性を探索した。同様に、MPUの導入に際しても、ハードワイヤード方式とソフトワイヤード方式を併存させた。ただし、この新旧両技術の併存は、現行技術を捨てる決断をするまでの一時的なものであることは言うまでもない。そして第2に、両部門のタスクを異なる技術課題に特化させることで、相互依存関係をできるだけ排除した。現行技術の改良や保守に特化させるタスクと、最新の半導体技術の導入という技術課題に特化したタスクの2つである。このように全く異なる技術課題に特化させることで、タスク間の相互依存関係をできるだけ排除することが可能になり、結果として情報を当該部門に局所化することができた。例えば現行技術に関する情報は前者の部門に集中させ、最新技術に関する情報は後者の部門に集中させたのである。両部門が競合的な関係であることを考えれば、このような情報の局所化は部門間の軋轢を回避するのに有効であった。そして第3に、両部門は1人の人間によって調整され統括された。現行技術と新技術の調整と統合が、一人の人間によって行われるからこそ、現行技術と新技術の優劣を見極めることができるのである。オープンループからクロズドループへの移行でも、ハードワイヤードからソフトワイヤードへの移行においても、ファナックは原理的にこの仕組みによって移行期間を乗り越えた。この仕組みによって、新技

術との比較によって、現行技術の限界に対する切実な認識が可能になり、新技術へのスムーズな移行に成功したのである。

図表2 ファナックにおける
ジレンマのマネジメント



- 旧技術と新技術を併存
- 両部門間タスクの相互依存性を排除
- 1人の人間による調整と統合

既存研究の多くは、新技術に多くの関心を払ってきた。例えば、タッシュマン＆アンダーソンらは、組織の技術能力と新技術との不適合を指摘した。彼らは、企業の過去の技術蓄積が生かせるような技術革新には実績ある企業が有利であるが、しかし過去の技術蓄積とは全く異なる新しい知識体系を必要とするような技術革新に対しては、新規参入企業が有利であると主張する (Tushman & Anderson, 1986)。このように、新技術への対応能力という点に、既存研究は多くの関心を払ってきたが、本稿が着目する視点は、新技術ではなくて現行技術であり、現行技術の限界をどう見極めるかという点である。

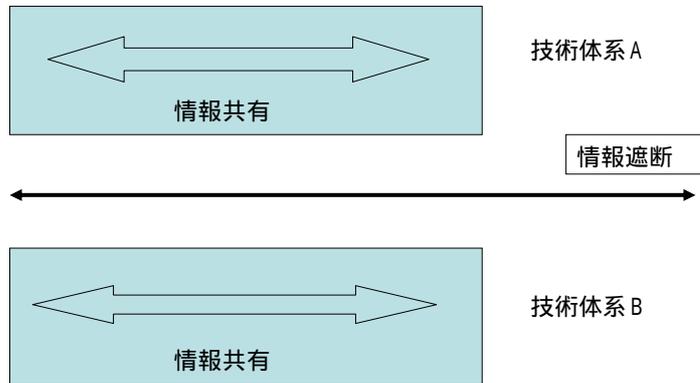
このような視点は、既存の優れた大企業はなぜ失敗するのかという課題に、より根本的な説明論理を提供するように思える。新技術と組織能力との不適合による失敗というよりも、むしろ現行技術の限界を見極めることができないために、新技術への移行に失敗するという説明である。現行技術は成功体験を蓄積してきた技術であるために、技術選択の迷いが生じ、現行技術を捨てる決断が遅れる。そして現行

技術を捨てることができないために、現行技術と新技術のあいだで技術選択の深刻なジレンマに直面する。そして実は、現行技術を捨てる決断ができれば、新技術への適合はそれほど難しい問題ではない。ファナックがゲティス社と技術提携を結ぶことで、DCサーボモータ技術を導入したように、外部からの適切な技術導入により不適合の克服は可能である。そのためには、現行技術の限界を見極めて断念することが前提となる。その意味において、現行技術の限界をどう見極めるかという課題はより根本的な課題である。

5. インプリケーションと今後の課題

本節では、本研究がもたらす2つの実践的含意に関して議論する。現行技術と新技術を同時追求し現行技術の限界を見極めるというこの仕組みは、短期間に、従業員に極めて高い負荷をかけることを余儀なくする仕組みである。例えば稲葉の指示により、小山はわずか4ヶ月間で電気パルスモータを完成させ、パルスモータの限界を追及した。高度な実行力がなければ、難しかったであろう。つまりこの仕組みを可能にするためには、高度な組織的実行力を必要とするのである。その点ファナックは、稲葉を中心とした上意下達の仕組みを組織運営の中心に据えており、稲葉の指示に組織一丸となって従うという組織的実行力を有していた。問題は、果たして他の組織でも、この仕組みは有効に働くのだろうかということである。この仕組みを実行可能にするためには、組織的実行力に富んだ組織設計が必要とされる。今後、この仕組みは、産業の種類や組織の種類を肥えてどの程度汎用性を持った仕組みなのか、その可能性と限界に関して分析を深めてゆく必要がある。

図表3 情報共有と情報遮断



さらにこの仕組みは、異なる技術体系の間では、情報共有ではなくて情報遮断が必要であるということを示唆しているように思える。多くの既存研究は、日本企業の強みとして、コンカレントエンジニアリングなどに代表される部門間情報共有の仕組みを指摘してきた。確かに同じ技術体系に属する部門間では、情報共有は高いパフォーマンスをもたらす。しかし情報共有は、異なる技術体系の間でも有効なのだろうか。その意味において本研究は、情報共有という仕組みの限界を示唆しており、異なる技術体系の間では、むしろ情報を遮断し、情報を局所化することの必要性を示唆しているように思える。既存研究は、従来の価値ネットワークから独立したところに、独立性の高い組織をつくることの有効性を強調してきた (Chistensen, 1997) が、価値ネットワークから切り離すという既存研究の知見は、本稿が示唆する情報遮断という考え方と整合的である。今後は、情報共有と情報遮断それぞれの有効性と限界に関して、更に考察を深めてゆくことが必要とされる。

注1 ここで、NC システムの製品特性を簡単に紹介しておこう。NCとは、工業機械に取り付けられて、加工を自動制御するためのものであり、その意味で工業

用コンピュータともいうことができる。従来は、オペレーターが工作機械を手動で制御していたが、NCにより工作機械の自動制御が可能になり、より精密で柔軟な加工が可能になった。NCは、工作機械に取り付けられて、加工物の加工情報を入力として読み込み、それを数値計算してパルス列を作成し、サーボモータなどの駆動システムへパルス列を伝達することによって工作機械を制御するシステムである。工作機械で加工しようとする場合、加工物の寸法や加工の速度などを指令する必要があるが、NCは指令テープや指令プログラムの形式でそれを読み込む。そして、テープやプログラムに打ち込まれた数値情報を情報処理回路が読み込んで、それを数値計算してパルス列に変換する。このパルス列が駆動部分の入力となって、工作機械を駆動し、指令通りの加工が行われることになる。

注2 「挑戦の軌跡 モータを2度変えた男」日経メカニカル 99年3月号
No.534

注3 黄色いロボット

注4 黄色いロボット

注5 2003年7月14日に行なったインタビュー

注6 黄色いロボット

注7 黄色いロボット

注8 嶋正利(1987)「マイクロコンピュータの誕生 わが青春の4004」

注9 2000年12月7日に行なったインタビュー

注10 2001年1月、ファナックとのファックスによる交信

注11 2000年12月7日に行なったインタビュー

注12 2000年12月7日に行なったインタビュー

注13 2000年12月7に行なったインタビュー

注14 2000年12月7に行なったインタビュー

注15 2000年12月7日に行なったインタビュー

参考文献

- Abernathy, William (1978), *The Productivity Dilemma*, The Johns Hopkins University Press.
- Anderson, Phillip and Michael, Tushman (1990), Technological Discontinuities and Dominant Designs : A Cyclical Model of Technological Change, *Administrative Science Quarterly*, 35, pp604-633.
- Abernathy, William, Kim Clark and Alan Kantrow (1983), *Industrial Renaissance*, Basic Books(望月嘉幸監訳『インダストリアル・ルネサンス』TBS ブリタニカ、1984年).
- 青島矢一(2003)、「技術変化と競争優位 既存研究の論理と日本企業への適用」『研究技術計画』Vol.18, No.3/4, pp.107-126.
- Cohen, Wesley M., and Daniel A. Levinthal(1983), " Absorptive Capacity: A New Perspective on learning and Innovation," *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, April, pp. 147-160.
- 土井康弘、本多庸悟、井上久仁子編集、『NC システム事典』、朝倉書店.
- 稲葉清右衛門編著(昭和45年)『やさしいNC 読本』日本能率協会.
- 稲葉清右衛門編著(昭和55年)『やさしいNC 読本 4訂版』日本能率協会.
- 稲葉清右衛門(平成3年)『黄色いロボット』日本工業新聞社.
- Foster, Richard (1986), *Innovation: Attacker's advantage*, Summit Books, NY.
- Henderson, R and K. Clark (1990), "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms". *Administrative Science Quarterly*, March, pp9-30.
- Christensen, Clayton (1997), *The Innovator's Dilemma*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.
- Collins, James C. and Jerry I. Porras(1994), *Built to Last*, Curtis Brown Ltd.(山岡洋一訳『ビジョナリーカンパニー：時代を超える生存の法則』日経BP、1995.)
- Collins, James C. (2001), *Good to Great*, Curtis Brown Ltd. (山岡洋一訳『ビジョナリーカンパニー2：飛躍の法則』日経BP、2001).
- Leonard-Barton, D.A.(1992), "Core Capabilities and Core Rigidities: Paradox in Managing New Product Development", *Strategic Management Journal*, 13, pp.111-125.

Nelson, Richard R. and Winter, Sidney G., (1982), *An Evolutionary theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge, MA.

奥田耕士(2000)『傳田信行 インテルがまだ小さかった頃』日刊工業新聞社.

Peters, Thomas J and Robert H. Waterman(1982), *In Search of Excellence*, HarperCollins Publishers, Inc.(大前研一訳『エクセレントカンパニー』英治出版, 2003).

嶋正利(1987)『マイクロコンピュータの誕生 わが青春の4004』岩波書店.

新宅純二郎(1994)『日本企業の競争戦略』、有斐閣.

Tushman, Michael and Phillip Anderson(1986), "Technological Discontinuities and Organizational Environment", *Administrative Science Quarterly*, Vol.31, pp439 - 465.

新原浩朗(2003)『日本の優秀企業研究：企業経営の原点 6つの条件』日本経済新聞社.