

顧客を考慮した技術転換

ーデジタル式 X 線画像診断システムの開発事例を用いてー

三木朋乃^{*}，高永才[†]

【要約】

本研究は、技術転換期において、顧客の既存資源や顧客がもつ製品評価軸を企業が考慮することが市場競争に影響を与える可能性を示す。従来、技術特性や企業の既存資源が、技術転換期における市場競争に影響を与えると議論されてきた。更に、企業外部の複数の利害関係者の存在も技術転換期における企業の栄枯盛衰に影響を与えることも近年議論されている。これに対し本研究は、特に顧客の既存資源や新規技術の登場後に顧客が気づく製品評価軸を企業が考慮することが、市場競争に影響を与えることを示す。具体的には、アナログ式からデジタル式へ移行した富士フイルムのデジタル X 線画像診断システムの開発事例を用いて明らかにしていく。

【キーワード】

技術転換，企業の既存資源，顧客の既存資源，技術特性，製品評価軸

1. はじめに

技術¹転換が企業の市場競争に与える影響を議論した既存研究は、新規技術の物理的技術

¹ 本研究が称する「技術」とは、組織が労働力、資本、原材料、情報を付加価値のある製品やサービスに変えていくプロセスである。こうした「技術」における「転換」とは、既存製品の「技術」を代替する新たな「技術」が登場し、それが既存製品の機能を代替し、大量生産に至ることを意味する。こうした定義はクリステンセン（2001）の定義を応用したものである。

特性（以下、技術特性）に対する既存資源の適用可能性という観点から企業の栄枯盛衰を議論してきた（Abernathy and Clark,1985; Christensen, 1997, 2001; Forster, 1986; Henderson and Clark, 1990; Leonard-Barton, 1992; Tushman and Anderson, 1986）。

これに加え本研究は、技術転換期における顧客の既存資源の適用可能性、更には新規技術の登場後に顧客を通じて初めて明らかになる顧客の製品評価軸が、企業の競争優位を築く一つの要因となることを示す。具体的には、アナログ式からデジタル式へ移行した富士フイルム株式会社（以下、富士フイルム）のデジタル X 線画像診断システムの開発事例を用いて明らかにしていく。

技術転換と企業の市場競争を議論する上で、顧客の既存資源の適用可能性だけでなく、技術転換期に顧客を通じて初めて明らかになる顧客の製品評価軸に注目するのは、企業が内的要因だけでなく外部からも影響を受けて製品開発を行うためである。

企業は製品開発におけるすべてを自らまかなうことは難しい（武石, 2001）。得意な分野は自分でいい、その他の部分は外部の取引関係社の協力を仰ぐ。さらに、顧客の要望や競合他社の動きが企業の製品戦略や長期的方向性を決めることもしばしばある。外部の利害関係者の影響という観点から、技術転換と市場競争を考察した研究はいくつか存在する（e.g. Christensen, 1997, 2001; Das and Van de Ven, 2000; Nair and Ahlstrom, 2003; Tushman and Rosenkopf, 1992; Smith,1992; 朱・武石・米倉, 2007）。そこでは、外部の利害関係者の中でも特に顧客の新規技術に対する評価が、企業の競争優位を左右することが示されている（Christensen,1997,2001）。具体的には、既存顧客の既存資源を適用出来ない技術転換に対して企業が躊躇することが明らかとなっている。

さらに、企業の技術転換の結果としての市場競争は、外部の利害関係者の積極的な働きかけとその結果を受け入れた企業の対応によって変化をすることもある（Das and Van de Ven, 2000; Nair and Ahlstrom, 2003; Tushman and Rosenkopf, 1992; Smith, 1992; 朱・武石・米倉, 2007）。例えば、朱・武石・米倉(2007)は、自動車排気浄化の技術革新がある特定の時期に登場した理由を技術に対し異なる解釈を持った社会集団の社会政治的やり取りから説明している。具体的には、外部の社会集団による異なる解釈が内外の自動車メーカーが事前に不可能であると予測していた時期における自動車排気浄化技術の登場を可能にしたことが考察されている。

このように技術転換による企業の市場競争の結果は、外部の利害関係者を通じて初めて明らかになる製品評価軸によって、予想外の展開を迎える場合もあることが分かる。この新たな製品評価軸を念頭において企業が技術転換を行えば、市場シェアの拡大につながる可能性がある。反対に、この評価軸に気づかず既存の製品評価軸に沿ってのみ技術転換を行うと競争優位を築けない可能性もある。

技術転換期に企業が市場シェアを拡大し競争優位を確保するには、企業の既存資源のみならず、外部の利害関係者の既存資源の適用可能性と利害関係者によって新たに明らかとなる製品評価軸を同時に考慮することが重要となる。

2. 既存研究と本研究の分析視点

技術転換期における市場の競争状況を説明する一つの要因として既存研究が早くに注目したのは、技術特性であった (e.g. Abernathy and Clark,1985; Dewar and Dutton,1986; Ettlie, Bridges and O' Keefe, 1984; Forster, 1986; Henderson and Clark, 1990; Leonard-Barton,1992; Nelson and Winter, 1982; Teece, 1986 ; Tushman and Anderson, 1986)。特に、先行的に議論が進められたのは、新規技術と既存技術の主となる評価軸における差であった。主となる評価軸の存在は、既存技術に対する新規技術の性能の優劣を明らかにし、企業が技術転換の方向性を決める際の指標となる。但し、既存技術と新規技術の技術特性だけで技術転換の方向性が決まるわけではない。技術特性を評価する物理的資源や技術知識といった既存資源が存在しなければ、企業は技術転換を事業化に結びつけることができない。

企業の既存資源は、新規技術に関する問題を事前に提示するだけでなく (Cohen and Levinthal, 1990), 不確実性が存在する状況下で何をどうすれば良いのか模範となる解決策を提示し、企業の効率的な組織行動や技術転換への積極的な投資を促す (e.g. Becker, 2005; Becker and Kundse, 2005; Nelson and Winter, 1982)。その結果、企業の市場競争を優位に導く可能性が高まるのである。

一方で、既存資源の存在が新規技術の選択を制約し、企業を衰退させる場合もある。新規技術の選択が、①既存資源と関わる知識やノウハウの陳腐化 (Abernathy and Clark, 1985; Forster, 1986; Tushman and Anderson, 1986), ②新たな技術的課題 (高, 2006), ③取引顧客の変化 (Christensen,1997;2001) といった課題を提示し、企業の経済的、技術的負担が増加する場合、企業は既存の技術体系の継続的選択を推奨する。その結果、技術転換に遅れ、市場競争にて低迷する場合もある。例えば、Tushman and Anderson (1986) は既存の技術知識やノウハウを破壊する技術革新においては社内の既存資源の陳腐化を恐れ技術転換に躊躇した既存企業を取り上げており、高 (2006) は既存技術と関連する知識の蓄積が新規技術の課題を技術転換前に明らかにすることで、新規技術への移転が遅れることを議論している。こうした議論は、既存資源を断ち切り、新たな視点から技術転換を行うことの重要性を提示している。

しかしながら、Christensen (1997,2001) が議論しているように、企業の技術転換は内部の既存資源の有無だけではなく、既存の取引顧客との間で形成した価値ネットワークがもたらす利益によっても影響される。つまり、企業は社内の既存資源と外部の複数の利害関

係者から影響を受けており、既存資源の適用可能性だけで技術転換の推進と市場競争を考慮すべきではない。よって、顧客や関連する社会団体、さらには競争相手といった利害関係者の行動が技術転換に与える影響を考慮しなければならない (e.g. Christensen, 1997, 2001; Das and Van de Ven, 2000; Nair and Ahlstrom, 2003; Tushman and Rosenkopf, 1992; Smith, 1992; 朱・武石・米倉, 2007)。例えば、技術的優位性の側面からすると選択に時間を要したはずの技術が、社会集団の存在とその集団の技術に対する柔軟な解釈によって選択、改善され、予定よりも早い時期に市場に投入された事例 (朱・武石・米倉, 2007) や競合他社の意図的技術改善によって全く原理が異なる複数の技術がどちらも駆逐されることもなく、長期的に共存する事例は (Nair and Ahlstrom, 2003)、技術転換が利害関係者の動向に影響されることを示している。

利害関係者の中でも、とりわけ顧客が企業の働きかけを受け入れなければ新規技術を用いた技術転換は、企業の独りよがりになってしまう。技術転換によって変化する技術特性を顧客に受け入れてもらうには、製品開発を行うプロセスで顧客の既存資源の継続的な適用可能性を提示する必要がある (Christen, 1997, 2001)。さらに、技術転換後も既存顧客をそのまま確保するためには、新規技術の登場によって生じる新たな製品評価軸を考慮することも重要となる。新たな製品評価軸を念頭において企業が技術転換を行えば、顧客を維持できるため企業は競争優位を築ける可能性がある。

以上の議論をまとめると次のようになる。技術転換の方向性は、新規技術の技術特性、企業の既存資源によって変わり、それが企業の市場競争を左右することは既存研究から明らかになっている。それに加え、本研究では、顧客の既存資源の適用可能性、さらには新規技術の登場によって明らかになる新しい製品評価軸を考慮することが、企業の競争優位を確保する上で重要な要因となることに注目する。具体的には、アナログ式からデジタル式へ移行した富士フィルムのデジタル X 線画像診断システムの開発事例を用いて明らかにしていく。

3. 事例分析²

富士フィルムは、1981年に世界初のデジタル X 線画像診断システム (Digital X-ray Imaging

² 事例研究は、富士フィルム株式会社にてデジタル X 線画像診断システム開発に携わった研究者のうち、2名にインタビューを行った内容をもとに記載している (2010年12月10日実施)。具体的には、加藤久豊氏 (富士フィルムメディカル株式会社 取締役会長) 及び宮原諄二氏 (IIF: Institute of Innovation Factor, イノベーション・ファクター研究センター代表) へ半構造的インタビューを行っている。さらに、2007年度に公刊された一橋大学 21 世紀 COE プログラム「知識・企業・イノベーションのダイナミクス」大河内賞ケース研究プロジェクトのケースである武石・宮原・三木 (2007) 「富士写真フィルム：デジタル X 線画像診断システムの開発」のデータと内容も参照している。インタビューや既存の文献で補え切れなかった情報は関連技術者へのメールインタビューを通して得ている。

System) を発表した。FCR (Fuji Computed Radiography) である。従来のアナログ X 線撮影は透過像をレントゲンフィルムに記録するという方式を採用していた。これに対し FCR は、X 線の撮影は従来の装置をそのまま使用しつつ、透過像の検出媒体としてレントゲンフィルムの代わりにイメージング・プレート (IP) を使用し、X 線画像をデジタル化する。1983 年の発売から 25 年以上も経った現在も、FCR はデジタル X 線画像診断システムの製品およびロイヤリティベースで世界トップシェアを保持し続けている (2009 年時点)。なぜ富士フィルムは、世界に先駆けてデジタル X 線画像診断システムを開発でき、その後の競争優位を確保することが出来たのだろうか。富士フィルムが従来のアナログ X 線撮影技術に対しデジタル X 線画像技術をどのように位置づけていたのかに注目しながら、開発過程を追っていくことにする。

3-1 FCR 概要

FCR とは、富士フィルムが開発したデジタル X 線画像診断システムの名称である。X 線は、1895 年にドイツのレントゲン博士が発見した放射線の一種で、レントゲン線とも呼ばれる。X 線の透過性は物質の原子構造や厚みによって変化する。この X 線の透過性を利用して人体内部の病巣発見等の診断に用いた装置が、X 線画像診断システムである。従来、X 線の透過像はレントゲンフィルムに記録していた。ところが FCR は、X 線の撮影は従来の装置をそのまま使用しつつ、レントゲンフィルムの代わりにイメージング・プレートに画像を記録する。イメージング・プレートに記録された画像情報は電気信号に変換され、顧客は、その画像情報を必要に応じて写真フィルムに印刷したりモニターに映したりできる。1981 年に富士フィルムが世界初のデジタル X 線画像診断システムである FCR を発表して以来、医療業界では X 線画像診断システムのデジタル化が進んだ。

X 線撮影から画像表示までの基本プロセスは次の通りである。まず、センサーであるイメージング・プレートに X 線画像を記録する。イメージング・プレートは、光輝尽発光現象を示す特殊な蛍光体の結晶粒子を高密度に塗布した画像センサーで、X 線画像の記録デバイスにあたる。次に、イメージング・プレートを高精密に搬送しながら赤色レーザービームを照射し、蛍光体の結晶に記録された X 線情報を光 (ルミネセンス) に変換する。高効率集光ガイドを用いてこれを集め、電気信号として取り出す。最後に、読み取られた電気信号は、診断目的にあわせて階調処理、空間周波数処理の条件などが決定され、X 線画像として再生される。表示方法は、写真フィルム、CRT、カラーハードコピーなど、目的に応じて使い分けられる。画像を読み取られたイメージング・プレートは、さらに均一な光によって残像画像が消去され、記録可能な最初の状態に戻り、繰り返し使用することができる。

3-2 FCR の技術特性

X 線画像情報がデジタル化されたことで、FCR は従来のアナログ写真のシステムと比べて次のような技術特性をもつ。

第一に、レントゲン技師の技に左右されることなく精度の高い読影・診断を可能である。X 線画像診断は、撮影の部位によって望ましい画像特性が異なり、また受診者の体型によって望ましい撮影条件が異なる。このため、従来のレントゲン写真の撮影では、部位毎に異なるフィルムを用意したり、レントゲン技師がその都度微調整したりしながら撮影を行っていた。レントゲン技師の経験と技に依存するところもあり、画質にバラツキがあった。これに対して、FCR は X 線画像情報を高感度で取得することができるため、レントゲン技師の経験と技に左右されずに、多様な部位、撮影条件に合わせて最適な画像処理を加えることができる。画像診断の水準を全般的にレベルアップし、医療の質的向上に貢献している。

第二に、X 線撮影に伴う受診者の X 線被曝線量の抑制を可能にした。レントゲン技師の経験と技に依存する従来のレントゲン写真の撮影では、望ましい画像情報が得られず、結果的に再撮影を余儀なくされることがある。重症患者の病室内における簡易型 X 線撮影装置による撮影などは特に失敗のリスクが高い。これに対して FCR は、高感度で画像情報を取得して最適な画像処理ができる上に、スキャナーでイメージング・プレートから画像情報を読み取る際に先読みと本読みという二段階をもうけることで失敗する可能性をさらに押さえている。できるだけ被曝量を少なくするという点でその意義は大きい。

第三に、デジタル情報の様々な演算処理により、従来のレントゲン写真では抽出できなかった画像情報を示し、新しい画像診断方法も可能にした。例えば、血管造影剤の注入前後の二枚の画像を電子的に差し引きすることで簡単に血管造影写真が得られるようになった。この他、エネルギーの違いや経時的な変化を演算処理して、効果的な診断画像情報を迅速に描出することができるようになった。

第四に、得られた画像情報の保存・伝達・管理が効率的に行えるようになり、診断業務や事務管理業務のコスト削減やスピードアップを実現している。デジタル情報であることから、繰り返しの記録再生でデータが劣化しないし、画像圧縮処理で画像保管を効率的に行える。光ディスクによる X 線診断画像のファイリングや検索も容易になり、画像情報を送信することで遠隔地での診断も可能になる。進行しつつある医療・病院経営の情報化・ネットワーク化の一翼を担う技術となっている。

このように FCR の技術特性はいくつかあげられる。しかし、これらの技術特性は X 線画像診断システムのデジタル化に起因するもので、FCR 固有のものではない。よって FCR の競争優位を説明する要因としては不十分である。そこで、富士フィルムが既存のアナログ X

線画像診断システムに対して FCR をどのように位置づけて開発を行ったのか、その製品開発プロセスを追っていくことにする。

3-3 FCR 開発の経緯

FCR の原点となる構想は、レントゲンフィルムを含む白黒写真フィルムの研究開発部門を率いていた園田實によって部下に持ちかけられた。1974 年、富士フィルムの足柄研究所でのことだった。園田は入社以来、新しい X 線画像診断システムの開発の必要性を感じていた。レントゲン写真に用いるハロゲン化銀結晶自体の感度の限界、それが塗布されたフィルムの感度の定量測定の限界から、レントゲン写真の技術的限界を感じていたためである。更に、当時のレントゲンをとりまく環境も新しい X 線画像診断システムの必要性に拍車をかけた。第一に、銀価格の急騰により、大量の銀を使用するレントゲンフィルム事業は収益が悪化していたため、社内ではこの事業の打開策が求められていた。第二に、1970 年代に入ってから MRI や X 線 CT など医療画像診断分野においてエレクトロニクスを利用した画期的な技術が立て続けに誕生していた。X 線画像診断システムはエレクトロニクス化されていない唯一の画像診断法となっており、X 線画像診断システムのデジタル化は遅かれ早かれ実現されるというのが一般的な認識であった。第三に、石油ショックと銀価格高騰による白黒写真フィルム事業の採算悪化から、1974 年後半には白黒写真フィルムの研究開発部門組織再編の方針が打ち出されていた。組織再編と人事異動に際して、園田は配下にいた技術者達の処遇を考える必要があり、できれば自分たちで生きる道を切り開きたいと思った。

園田の構想に賛同したメンバーは、議論を重ね、「X 線情報を何らかの材料で受け、それをレーザー光線で読み取ってデジタル信号化し、コンピュータで画像処理を行う」という構想にたどり着く。後に実現する FCR の基本コンセプトがここで示されている。このコンセプトを実現するための技術開発課題として、①X 線情報を蓄積する新素材探し、②その素材から情報を読み取る精密な平面スキャニング技術の開発、③デジタル信号に変換された画像情報を診断に有効な画像に再構成するコンピュータのアルゴリズムの開発の三つのテーマが確認された。

その後、何回か検討会を重ねた結果、新しい X 線画像診断システムはあらゆる特性においてアナログのレントゲン写真システムに劣ってはならないという基準が付加される。新しいシステムは、従来のシステムシステムに比べて、①診断画質、②撮影感度（被ばく線量）、③撮影処理能力、④撮影コスト、⑤撮影の自由度という項目において同等以上でなければならないことが必須の基準として加えられた。さらに、既存の X 線撮影装置、撮影技術が使えることと、既存の X 線画像診断学体系に急激な変化を生ぜしめないことは、満た

すことが望ましい基準として設定された。最初の段階で設定されたこれらの基準は、後から見ると FCR の成功にとって重要な意味を持つことになる。後で分かったことであるが、競合他社のシステムはこの基準が徹底されていなかったからである。現場の放射線医が X 線画像診断システムのデジタル化にスムーズに対応できるよう考慮することは、X 線画像診断システムを利用する顧客と接点のある富士フィルムしか気づかなかったのであった。

その後、三つの要素技術の探索および開発が行われる。一つ目は、X 線情報を蓄積する画像センサー「イメージング・プレート」の開発である。画像情報をレントゲンフィルム並の大きさで、かつデジタル電気信号として取り出すことができるかが焦点となった。二つ目は、「イメージング・プレート」から画像情報を電気信号として取り出す画像読み取りシステムの開発である。レントゲンフィルムと同等以上の画像情報を、いかに高速に高精度に取り出せるかが焦点となった。三つ目は、読み取った電気信号をコンピュータで処理して診断用の画像情報に転換するための画像診断アルゴリズムの開発である。当時のコンピュータ処理能力が限られていたこともあり、膨大な画像情報を短時間で処理するのはおのずと限界があった。しかし、レントゲンと同じ画像ではデジタル化する意味がないため、画像診断が向上できかつ短時間処理可能なアルゴリズムの開発が求められた。

富士フィルムは三つの要素技術の開発にあたり、自社だけでは成功しないと考えた。放射線医、臨床医が抵抗なく受け入れ、かつ役に立つ診断画像を実現するには、どのような処理が望まれるのか開発メンバーには全く見当がつかなかったからである。そこで、富士フィルムは「診断画像研究会」を開く。画像処理した写真を放射線診断医に評価をしてもらう共同研究の場であった。レントゲンフィルムの営業部隊である富士 X レイ株式会社の助けを借りて、4 人の若手の優秀な専門医が集められた。将来有望な若手の放射線専門医であること、専門分野が異なること、勤務先が異なること、学閥が異なることが条件だった。1976 年の春先から月一回のペースで実施され、本当の目的は伏せたまま回を重ね、累計 1000 枚を超えるテスト画像が評価検討された。

研究会は、まず従来のレントゲンフィルムの画像と同じ画像を作ることから始まった。この段階では、画素をどのくらいにするかが問題であった。画素を細かくすれば画像はきれいになるが、処理時間がかかりコストが上がってしまう。何回も繰り返し実験するうち、どの程度デジタル化をすればいいのか分かるようになり、半年もたたないうちに従来のレントゲンフィルムと同じ画像が再現できるようになった。

だが、従来のレントゲンフィルムと全く同じ画像では、デジタル化して画像処理を行う意味がない。そこで、次第に画像処理によって何か診断の向上に貢献できるようなことがないかと様々な処理を試しては評価を仰いだ。手の X 線画像を画像処理できれいにシャープに見えるように作った開発メンバーは、それを「いいきだ」と思い、医師にみせた。

しかし、「ボケてるものはボケてるようにみせてくれないと困る。ボケてるところに病気がある。シャキッと見えるようにすると、病気が無いように見える」と言われてしまった³。一般的に、写真は、高い周波数成分、つまり細かい画像ほどぼけやすく、この部分のコントラストを上げシャープにすると人は写真を見やすいと判断する。だが、レントゲン写真の場合、このような教科書的な理論とまったく反対のことが重要であることが発見された。X線画像は周波数成分の低いところ、つまりぼんやりと大きく写っている領域に診断に必要な情報を多く持つことがわかった。また画像として現れている部分だけではなく、解剖学的に予測される見えない部分も考慮に入れて診断していることもわかってきた。

開発メンバーは放射線医が画像の何を見て、何を考え、なぜそのように診断したのかというノウハウを学んでいった。同時に、診断画像サイズはどこまで小さくできるのか、X線のエネルギー情報は診断画質を向上できるのか、診断に適した画像処理とは何かなど、付加した基準を具体的な製品性能に落とししていく作業を行った。こうして顧客が大事にする製品評価軸と技術的特性とを組み合わせ、画像処理アルゴリズムを様々な診断目的にあわたより効率的で効果的なものへと熟成していった。

こうして開発チームは、当初の計画で目標としていた1979年4月までに、初期の目標を実現する三つの要素技術の開発をなんとか終える。これら三つの要素技術をつなぎあわせ、1981年3月によく試作機ができあがった。1981年4月には、国立がんセンターと関東逓信病院で臨床試験がスタートした。どちらも、診断画質研究会のメンバーであった放射線医の所属する医療機関であった。同年6月にはベルギーで開かれた国際放射線学会で技術発表し、世界に名だたる医療機器メーカーであるフィリップスの高い評価を得た。富士フイルムとフィリップスの関係は現在まで続き、富士フイルムからフィリップスにFCRのOEM供給がなされている。海外での高評価も後押しとなり、1981年7月には商品化へ向けた試作機の開発が始まった。1983年6月、デジタルX線画像診断システムの薬事法認可が下り、翌日FCR101として発売される。世界で初となるデジタルX線画像新システムの発売であった。

同時期には、富士フイルムと同じようにデジタルX線画像診断システムを手がけていたメーカーがいくつかあった。表1は、FCRと同時期に開発が進められていたX線画像診断システム一覧にしたものである。富士フイルムを除く5社は、レントゲンフイルムや医療機器の製造・販売経験のないメーカーばかりであることが分かる。1979年にはAS&E社、81年にはPicker社と富士フイルム、82年にADAC社、1983年にXONIX社、DIGIRAD社と、計6社から製品が公表されている。FCRは6社の中で唯一従来のX線診断システムの

³ 柳田 (1988), 256 ページ。

表1 医療用デジタル X 線画像診断システムの開発競争

| メーカー | 富士フィルム (日本) | DIGIRAD (米国) | ADAC (米国) | PICKER (米国) | XONICS (米国) | AS&E (米国) |
|---------------------------------------|--|--|---|--|---|-----------------------------|
| システム名称 発表 | FCR 1981年 | SYSTEM ONE 1983年 | PDX-4800 1982年 | DIGITAL CHEST 1981年 | DR-2000 1983年 | MICRO-DOSE 1979年 |
| X線照射システム ・ X線ビーム形状 ・ 最小照射時間 (s) | 錐ビーム 1/100以下 | 錐ビーム 1/100以下 | 錐ビーム 1/100以下 | 扇ビーム 4 | 扇ビーム 1.5 | 点ビーム 5 |
| X線像検出システム ・ 原理 ・ 検出器形状 | PSL 2次元 | PSL 2次元 | PC 2次元 | PL 1次元 | PL 1次元 | PL 点 |
| ・ 像検出方法 | 光輝尽性蛍光プレート (BaFBr:Eu2+) ↓ レーザー光走査 ↓ PMT | 光輝尽性蛍光プレート () ↓ レーザー光走査 ↓ | 光導電性プレート (α-Se) ↓ マイクロエレクトロ メータ走査 | 1次元蛍光プレート (Gd ₂ O ₂ S:Tb) ↓ PDアレイ | シンチレータアレイ (CsI) ↓ II ↓ PDアレイ | シンチレータ (NaI) ↓ PMT |
| ・ 画素数/ライン | 2,510~1,760 | 2,048 | 1,024 | 1,024 | 2,048 | 1,024 |
| ・ 画素密度 (画素/mm) | 5~10 | 6 | 3~5 | 2 | 4 | 2.5~6 |
| ・ 検出分解能 (ビット) | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 |
| ・ 画像読み取り時間 (s) | 35~55 | 30 | 90 | 4 | 1.5 | 5 |
| 画像表示システム ・ 表示方法 | フィルム (レーザー画像記録) | CRT | CRT | CRT | CRT | CRT |
| ・ 総画素数 | Max.2,510×2,000 | 512×512 | 1,024×1,024 | 512×512 | 1,024×1,024 | 640×512 |
| ・ 濃度分解能 (ビット) | 10 | (6) | (6) | (6) | (6) | (6) |
| 備考 | 市販中 | 発表のみ | 発表のみ | 市販中 | 開発中止 | 臨床テスト中 |

(注) FCR (Fuji Computed Radiography)、PSL (Photo-Stimulated Luminescence: 光輝尽発光)、PC (Photo-Conduction: 光伝導)、PL (Photo-Luminescence: 蛍光)、PMT (Photo-Multiplier Tube: 光電子増倍管)、PD (Photo-Diode: フォトダイオード)、II (Image Intensifier: イメージインテンシファイア)。

出所: 宮原 (1985)

秩序を尊重したシステムであり、その後、事業として継続し続けられたのは富士フィルム 1 社であった。

3-4 事例のまとめ

なぜ富士フィルムはデジタル X 線画像診断システムの開発に成功し、競争優位を築くことができたのか。

デジタル化とは、値が連続的に変化するアナログ情報を「0」と「1」の離散的な数値情報に置き換えることである。そのためデジタル化の際にアナログ情報の一部は捨てられてしまう。アナログのレントゲンフィルムと比較すると、デジタル化された X 線画像の劣化は真逃れない。このことから、デジタル化の特長をいかし、従来のアナログレントゲンフィルムとは質的に異なる新しい診断情報を提供する技術としてデジタル X 線画像診断技術を捉えるのは、技術的特性からすれば当然のことだったろう。実際、富士フィルム以外の企業はデジタル X 線画像診断技術をそのように捉えていた。しかし、富士フィルムだけは、デジタル X 線画像診断技術を「アナログレントゲンフィルムをデジタル画像に置き換える

もの」と捉えた。なぜなら、富士フィルムは病院に対してレントゲンフィルムを販売していた経験があったからである。X線画像がデジタル化されたときに何が訴求点となるか顧客の立場から考えることができたのだ。当時、医療用のデジタルX線画像診断システムを開発していた企業は、レントゲンフィルムや医療機器の製造・販売経験のないメーカーばかりだった。富士フィルムだけが唯一レントゲンフィルム販売の経験を持っていた⁴。X線画像診断法は長い歴史があり、診断方法も確立されている。原理も単純でコストも安い。非常にシンプルだからこそ、多くの病院、診療所で使われている医療用画像診断法であることを富士フィルムは知っていた。X線画像診断システムをデジタル化に移行する際、現場の放射線医がスムーズに対応できるように考慮することは、X線画像診断システムを利用する顧客と接点のある富士フィルムにとって、ごく当たり前の発想であった。FCRの開発メンバーは、放射線医がデジタルX線画像診断システムに新しい診断情報の提供を期待していないことは分かっていた。それよりも、既存のX線装置が使えるかどうか、既存のX線撮影技術が使えるかどうか、既存の画像診断ノウハウが使えるかどうか、放射線医にとって訴求点となることはやすく予想されたのだ。そこで、FCR開発メンバーは、従来のアナログのシステムにあらゆる特性で劣らず、なおかつ既存のX線撮影装置、技術、画像診断学の体系を乱さないシステムを開発するという基準を掲げた。結果的には、この基準が医療現場への導入障壁を低くする決定的な要因となった。これらの基準を具体的な製品評価軸に落とすために富士フィルムが利用したのも、やはり顧客である放射線医であった。「診断画像研究会」を通じて、開発メンバーは放射線医がX画像の何を見て、何を考え、なぜそのように診断するのかというノウハウを学び、要素技術開発を進めていく。アナログのレントゲンフィルムと同じ画像を再現するところから始まり、その後デジタル化によるメリットを加えた画像処理方法を学び、最終的に要素技術開発を終え、システム開発に至った。

一方、富士フィルム以外の5社は、デジタルX線画像診断技術を、レントゲン写真とは質的に異なる新しい診断情報を提供するものと捉えていた。例えば彼らの開発した製品は、従来のアナログフィルムに比べて画素数が低かった。これは画素数が低くとも、デジタル化されたX線情報は劣化しないとか保存しやすいという技術特性があるため、顧客が魅力を感じる商品になっていると考えていたためだろう。いずれの企業も、既存の診断システムの一部を犠牲にして、デジタル化の特長を活かすことを優先した技術開発を行っていた。レントゲンフィルムや医療機器製造・販売経験のないメーカーにとって、新規技術の顧客である放射線医が、デジタルX線画像診断システムに何を求めるかという評価軸を知る機

⁴ 当時、この分野を専業とする、海外の放射線機器メーカー（ジーメンズ、フィリップス、GE）および日本の放射線機器メーカー（日立メディコ、東芝、島津製作所）はこの開発競争に参加すらしなかった。

会はなかったし、知ろうともしなかった。結果的に、顧客が何を求めているか分からないままに開発されたデジタル X 線画像診断システムは、顧客にとって魅力的なシステムとはいえなかった。よって、いずれも市場に出回ることなく、FCR のみが市場で評価されたのである。

4. 結論及びディスカッション

事例分析から、技術転換に直面した企業は、顧客の既存資源の適用可能性と技術転換期に初めて明らかになる新たな製品評価軸を参照することが、競争優位構築のために重要であることが明らかになった。

技術転換の方向性は、企業が技術特性と自社の既存資源の適用可能性を考慮することで決定するという議論はこれまでも存在した。しかし技術転換期には、顧客も自身の既存資源に照らし合わせて新規技術によって被る負荷を考え、新旧技術を評価する。技術転換期に企業が顧客の既存資源の適用可能性を考慮することは、既存顧客を継続的に確保する手段として有効である。更に、顧客が持つ評価軸は既存技術に関するものだけにとどまらない。新規技術の登場によって、新旧技術を比較することで初めて認知される新たな製品評価軸がある。顧客自身も企業もそれに気づかないこともあるが、こうした製品評価軸を企業が考慮すれば、顧客の技術転換への対応を容易にさせる。つまり、技術転換期にこうした新たな製品評価軸を企業が考慮することで、企業の競争優位を確保できる可能性が高まる。

本研究から得られる含意は、技術転換期に既存の顧客の声を聞くことが企業の競争優位構築につながる可能性があることである。とりわけ、本研究で取り上げた事例のように顧客にノウハウや知識がたまりやすい産業、製品の場合はあてはまると考えられる。Christensen (1997) は、既存企業が技術転換できない現象を、既存企業が顧客の声を聞き過ぎることによる弊害であると説明した。既存の主要製品評価軸において低い性能を示す新規技術へ移行することは、顧客離れを起し、既存取引で得ていた利益を失う可能性が高まる。そのため、既存企業は新規技術への移行を躊躇すると議論されてきた。本研究で取り上げた事例からは、医療機器のように顧客側にノウハウや知識が蓄積されやすい製品の場合、既存技術から新規技術への移行にコストが生じるために顧客離れという現象が起こっていると示唆される。こうした特徴をもつ製品開発をする場合、既存顧客の声を聞くことで、顧客に蓄積されている既存資源とは何か、また新規技術の登場によって初めて顧客が認知する製品評価軸とは何か明らかになる。それらを企業が考慮して製品開発を行えば技術転換が容易になり、最終的に競争優位を構築できる可能性が高まる。

参 考 文 献

- Abernathy,W.J. and K.B.Clark(1985) “Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction”,
Research Policy, Vol.14, pp.3-22.
- Becker,M.C.(2005) “The Concept of Routines: Some Clarifications,” Cambridge journal of
Economics, Vol.29, pp.249-262.
- Becker,M.C. and T. Kundse(2005) “The Role of Routines in Reducing Pervasive Uncertainty”,
Vol.58, pp.746-757.
- Cohen,W.M.and D.A. Levinthal(1990) “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and
Innovation,” Administrative Science Quarterly, Vol.35, pp.128-152.
- Christensen,C.M.(1997) “The Innovator’s Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to
Fail,” (伊藤原弓訳 『イノベーションのジレンマ』 翔泳社,2001).
- Das,S.S.and A.H.Van de Ven(2000) “Competing with New Product Technologies: A Process Model
of Strategies,” Management Science, Vol.46, No.10, pp.1300-1316.
- Dewar,R.D. and J.E. Dutton(1986) “The Adoption of Radical and incremental innovations:An
Empirical Analysis,” Management Science, Vol.32, pp.1422-1433.
- Ettlie,J.E. W.P,Bridges and R.D, O’Keefe(1984) “Organizational Strategy and Structural Differences
for Radical vs. Incremental innovation,” Management Science, Vol.30, pp.684-695.
- Forster,R.N.(1986) Innovation: The Attackers Advantage, Summit Books.
- Henderson,R.M.and K.B. Clark(1990) “Architectural Innovation: The Configuration of Existing
Product Technologies and Failure of the Firms,” Administrative Science Quarterly,
Vol.35 ,p.9-30.
- 高永才 (2006) 「技術知識蓄積のジレンマ」, 『組織科学』, Vol.40, No.2, pp.62-73.
- Leonard-Barton,D(1992) “Core Capabilities and Core Rigidities: A Paradox in Management New
Product Development,” Strategic Management Journal, Vol.2, No.3, Special Issue, pp.11-125.
- 宮原諄二, 園田實, 高野正雄, 加藤久豊 (1991) 「放射線イメージングシステムの開発」財
団法人大河内記念会 『第 38 回大河内賞業績報告書』, pp.1-7.
- 宮原諄二 (1985) 「特集 がん診断・治療に見る最新技術ーコンピューテッド・ラジオグラ
フィ (CR), 初期がん症状の発見に威力を発揮」『日本の科学と技術』26 (233), pp.28-34.
- 宮原諄二 (2001) 「放射線イメージングのイノベーションーイメージング・プレートとその
開発ー」イノベーション研究センター編 『知識とイノベーション』, pp.103-134.
- Nair,A. And D. Ahlstorm(2003) “Delayed Creative Destruction and the Coexistence of
Technologies,” Journal of Engineering and Technology Management, Vol.20, pp.345-365.
- Nelson,R.R.and S.G. Winter(1982) An Evolutionary Theory of Economic Change, Bulknep

Press/Harvard University Press: Cambridge, MA.

Smith,C.G.(1992) “Understanding Technological Substitution: Generic Types, Substitution Dynamics,and Influence Strategies,” Journal of Engineering and Technology Management, Vol.9, pp.279-302.

武石彰 (2001) 『分業と競争:競争優位のアウトソーシング・マネジメント』 有斐閣.

武石彰, 宮原諄二, 三木朋乃 (2007) 「富士写真フイルム: デジタル式 X 線画像診断システムの開発」 一橋大学イノベーション研究センター・ケーススタディ CASE#07-01, 2007年7月.

武石彰, 宮原諄二, 三木朋乃 (2008) 「富士フイルム: デジタル X 線画像診断システムの開発」 『一橋ビジネスレビュー』 56 巻 2 号, pp.126-147.

Teece,D.J.(1986) “Profiting from Technological Innovation; Implication for Integrations, Collaborations, Licensing and Public Policy”, Research Policy, Vol.15, pp.285-305.

Tushman,M.L.and L.Rosenkopf(1992) “Organizational Determinants of Technological Change: Toward a Sociology of Technological Evolution,” in L.L.Cummings, and B.M.Staw(eds.)Research in Organizational Behavior, Vol.14, Greenwich, CT:JAI Press ,pp.311-347.

Tushman M,L.and P.Anderson(1986) “Technological Discontinuities and Organizational Environment,” Administrative Science Quarterly, Vol.31, pp.439-465.

柳田邦男 「続・ガン回廊の朝」 『NEXT』 1988年3月号, pp.244-261.

Zhu,Y.,A,Takeishi and S.Yonekura(2007) “The Timing of Technological Innovation:The Case of Automobile Emission Control in The 1970S,” Organizational Science, Vol.40, no.3, pp.78-92.