技術と活用知識の共進化
（要　　旨）

氏　　名　　大沼　雅也

1. 本論文の構成

第 1 章　本論文の基本的問題

1. 本論文の目的と問題意識
2. 本論文の構成

第 2 章　技術革新をめぐる既存研究

1. はじめに
2. 技術革新と企業行動に関する諸研究
3. 技術革新および産業発展のパターンに関する諸研究
4. 技術の関係性に関する新たな説明枠組みの必要性

第 3 章　分析視角の提示

1. はじめに
2. 新たな説明枠組みへの準備
3. 流動期：活用知識の生成と多様な技術発展の可能性
4. 普及期：活用知識と技術の普及
5. 安定期：社会に埋め込まれた活用知識と技術
6. 説明枠組みの提示
7. 研究の方法

第 4 章　事例の全体像：X 線 CT と MRI の技術革新過程

1. はじめに
2. X 線 CT と MRI の技術革新過程：技術発展と普及の概況
3. X 線 CT と MRI の活用知識の変遷
4. 制度が促進する機器の普及
5. 分析視点の提示と事例の全体像

第 5 章　流動期における技術と活用知識

1. はじめに
2. 顧客による使用学習：活用知識の生成
3. 主要企業による技術開発と製品展開
4. 診療報酬制度と機器の普及
5. まとめ：活用知識の生成

第 6 章　技術と活用知識の普及：流動期から安定期への移行

1. はじめに
2. 医療従事者間を中心とした活用知識の伝播
3. 主要企業による技術開発と製品展開、マーケティング活動
4. 制度による普及促進
5. まとめ：活用知識の伝播
第 7 章　安定期における技術と活用知識
1. はじめに
2. 医療従事者における活用知識の定着
3. 企業の戦略を規定する活用知識
4. まとめ
第 8 章　本論文のまとめと発展的議論
1. はじめに
2. これまでの議論のまとめ
3. 本論文の説明枠組みに基づく技術革新
4. 発展的議論
5. 課題
補論
1. 画像診断装置の歴史
2. X 線 CT と MRI の発明の歴史
参考文献・参考資料一覧

2. 本論文の目的

本論文の目的は、技術革新過程を通じて、特定の技術の関係性が社会において確立されるメカニズムを探求することにある。本論文では、これまで十分に明らかにされてこなかった技術革新のパターンを説明する概念枠組みが提示されると共に、技術開発を主導し、その普及を企図する企業に対する技術戦略上の含意が導かれる。

本論文が焦点を当てる「技術の関係性」とは、大まかにいえば、二つの技術がそれぞれに持つ社会的な役割や価値の関係のことであり、具体的には代替や補完といった関係のことを指す。本論文が焦点を当てるのは、そのような特定の関係性が社会において確立され

る過程である。本論文では、動態的な視点から技術の関係性を捉え、当初は流動的な技術の関係性が時間と共に、特定の関係性へと収斂していく過程について議論する。

こうした議論を展開することの意義は、これまで十分に明らかにされてこなかった技術革新のパターンおよびそのメカニズムを明らかにすることができるという点に求められる。その技術革新のパターンとは、同様の機能的役割や価値がある二つの技術が存在する状況において、一方の技術の発展やそのタイミング、普及が、他方の技術の発展や普及に大きな影響を及ぼしながら、それぞれの技術革新が実現していくというものである。いわば二つの技術が切磋琢磨しながら、共に発展し、普及するという技術革新のパターンとそのメカニズムが本論文の議論からは明らかになる。

3. 各章の概要

本論文の目的と基本的な問題意識を確認する第 1 章に続いて、本論文の議論は、大きく三つのパートから展開された。第一のパートは、第 2 章と第 3 章における理論的検討を中軸とするものである。そこでは、本論文の理論的位置づけならびに説明枠組みが中心的に議論された。続く第 4 章から第 7 章にわたって記される事例分析が第二のパートである。第三のパートである第 8 章では、それまでの議論を発展的に展開しながら結論が記された。

◆ 理論的検討および本論文の説明枠組みの提示：第 2 章～第 3 章

第 2 章の目的は、技術革新と企業行動との関係をめぐる諸研究の検討を通じて、本論文の理論上の位置づけと貢献を明らかにすることにある。そこでは（1）個別企業レベルの行動に主たる関心を向けながら、産業レベルで進展する技術変化と企業行動との関係を検討した議論と（2）産業レベルで進展する技術革新について、技術のライフサイクルに注目しながら議論した諸研究について検討した。

そこでの議論を通じて明らかにされたことは次の二点である。第一に、技術革新と企業行動との関係について議論した既存研究の多くは、分析レベルを問わず、特定の技術の関係性が社会において成立している状況に注目し、議論を展開してきた点である。すなわち、既存研究は、静態的な技術の関係性を想定して、技術革新に関わる問題を検討してきたことが明らかされた。第二に、技術のライフサイクルに注目した諸研究が議論してきた、技術やそれを取り巻く様々な状況が技術革新の進展と共に変化していくという知見は、社会において特定の技術の関係性が時間と共に形成される過程について議論する上で参考にな

る点である。そのような議論では技術に対する人々の認識や解釈が経時的に定まっていくことを想定しており、そうした視点に立てば技術の関係性もまた時間と共に確立されるものとして考えられる。こうした議論を踏まえた上で、最終的には、そもそも技術の関係性がいかにして社会において確立されていくのか、という問題について考察することが、理論的にも実務的にも有益であることを議論した。

第 2 章の議論から導かれた問題意識に基づき、第 3 章においては本論文が「技術と活用知識の共進化」と呼ぶ説明枠組みを中軸に議論を展開した。この概念枠組みは、技術革新の背後では、技術と活用知識が共に発展を遂げることで、社会における技術の関係性が徐々に安定化していくことを説明するものである。ここでの「活用知識」とは、簡単に言えば、技術のユーザーである顧客が日々技術を活用する上で依拠する知識のことを指す。複数の技術が社会的にどのように位置づけられるのかという技術の関係性に関する問題は、個々の顧客がどのように当該技術を活用しようとするかに大きく影響を受けることから、本論文では技術に加えて、個々人が持つ技術の活用に関する知識に注目して議論を進めている。

本論文の説明枠組みにおいては、特定の活用知識の社会における状態を基準として「流動期」、「普及期」、「安定期」という三つの期間に分けて技術革新過程を整理し、その上でそれぞれの期間を通じて、いかにして技術と活用知識が共に発展・普及し、また社会における技術の関係性が徐々に確立されていくのかを議論してきた。

「流動期」は、新規技術の黎明期に当たり、将来的にどのような新旧技術の関係性が社会において確立されるかは明らかではなく、多様な関係性が社会において想定される。この時期には企業と顧客が相互に学習を繰り返しながら、顧客の使用学習を中心として様々な技術の活用知識が生み出される。その際に、企業はプロトタイプ製品の提供や実際の製品展開を通じて、活用知識の生成に間接的に影響を与える。また、顧客と企業は、それぞれの意図に応じて多様な技術発展の方向性を模索する。そのような結果として、産業レベルでの技術発展の方向性は一つに定まらず、この時期の技術は多様な方向へと発展する可能性を持つ。それゆえに、社会における新旧技術の相対的な位置づけもまた多様となる。

続いて、「普及期」においては、特定の活用知識と特定の技術が徐々に社会に浸透していき、活用知識と技術が発展する方向性が徐々に定まっていくことで、新旧技術の関係性もまた、流動的な状況から安定的な状況へと移行していく。その背後では、技術の既存採用者は、潜在採用者に対して直接的な接触やネットワークを通じて、技術に関する知識を伝播させていく。他方で企業は、製品展開ならびにマーケティング活動を通じて、技術や活

用知識の普及を促進する。こうした過程を経て、それまでとは異なる属性を持つ人々へも技術や活用知識が普及していく。そのようにして技術と活用知識が普及していく背後では、各採用者によって学習が進められ、新たな活用知識が生まれたり、特定の活用知識が支持されたりする。さらに、企業は特定の活用知識を想定して技術開発を進めるようになり、結果として特定の方向へと技術が発展する。そうした技術を顧客が用いることで、市場においては、特定の活用知識の支配性がより強まるようになる。このような一連の過程を経ながら、徐々に特定の活用知識が社会に浸透し、また特定の方向性へと技術が発展を遂げていくようになる。そうして特定の活用知識が社会に普及していくことによって、社会における新旧技術の関係性もまた安定していく。

ひとたび、特定の活用知識が社会において支配的になり「安定期」に入ると、その知識は社会に埋め込まれた状態になり、変化する可能性が低下する。それは、顧客と企業が特定の技術や活用知識に適合的な行動をとるためである。顧客は特定の活用知識に基づいて行動するようになり、また企業は特定の活用知識と整合的な技術開発を進めるようになる。その結果として、産業レベルで観察される技術発展は特定の方向へと進むことになる。こうした状況が訪れると、新旧技術の関係性もまた安定し、特定の関係性が確立された状態が続くことになる。

さらに、こうした各期に見られる企業と顧客の行動は、それらを取り巻く外部環境とも関係していることから、その環境もまた社会において成立する技術の関係性について影響を与えうる。

こうした議論に基づいて、最終的には、本論文の説明枠組みである「技術と活用知識の共進化」が提示された。

◆　事例分析：第 4 章～第 7 章

このような説明枠組みの妥当性を検討するために、第 4 章から第 7 章においては、X 線 CT と MRI という二つの医療機器の技術発展ならびにその普及過程に関する事例分析が行われた。はじめの第 4 章では、二つの医療機器の技術発展と普及の全体像を確認した。その上で、続く第 5 章以降において、各期間に関するより詳細な分析が進められた。その際には、機器のユーザーである医療従事者を属性毎に三つに分け、それぞれによる機器の採用行動や学習行為を議論した。また主要企業として東芝、日立、横河を取り上げ、それぞれの企業の戦略的行動を検討した。そうした議論を通じて、いかにして二つの機器が社会

において補完的な関係を構成するものとなっていったのかを明らかにした。

第 5 章では、「流動期」について検討した。ここで具体的に注目したのは、様々な活用知識が医療従事者の使用学習によって生み出されていた点と、X 線 CT と MRI を展開する主要企業が、各機器についてそれぞれ異なる技術発展の経路を探索し、またそれぞれに各機器の普及を企図していた点、さらに二つの機器の普及を促進していた要因である。最終的にこの章では、「流動期」においては、社会的に支配性をもつ活用知識は存在していなかったけれども、二つの機器を補完的に用いるという活用知識が、事後的に支配性をもつようになる可能性が、それぞれの行為主体の行為によって高められていたことが明らかにされた。

市場の黎明期に当たるこの時期に MRI を率先して採用していたのは研究を活動の中心とする医療従事者であり、そうした人々を中心として機器の性能に関する学習が進められていた。その結果として、その時点では、二つの機器をどのように活用するかについて、統一的な見解は存在せず、様々な活用知識が生み出されていた。

他方で、各製品を展開する主要企業もまた、事業を展開する上で、それぞれの製品について様々な位置づけをしていた。東芝は、MRI 事業に参入する一方で、X 線 CT 事業に対して相対的に注力し続け、X 線 CT の高機能化に積極的に取り組んでいた。そのような技術開発を行うことで、二つの機器が、市場において補完的な役割を担うものとして位置づけられる可能性を高め、機能面での棲み分けが実現されることを東芝は企図していた。その過程で、開発された X 線 CT は、スキャン速度を追求したものであった。それは短い検査時間という、スクリーニング機器としての要件を満たす方向への技術発展でもあった。

日立は、東芝と同様に、MRI 事業に早期から参入していたものの、X 線 CT の高機能化よりも低価格化を積極的に進めるという戦略を採用していた点で、東芝と異なっていた。このような方針の日立は、X 線 CT と MRI を機能面で棲み分けるのではなく、異なる顧客層をターゲットとすることで、市場における棲み分けを図っていた。こうした日立の戦略は、X 線 CT の普及を促し、広範な普及というスクリーニング機器として要求される条件を満たすことにつながっていた。

横河の採った戦略もまた日立と同様に、X 線 CT が、事後的にスクリーニング機器として位置づけられる可能性を高めるものであった。横河は、X 線 CT と MRI とを異なる顧客層をターゲットとして展開していた。特に、横河は低価格 X 線 CT に注力し、X 線 CT が小規模医療施設へと普及する契機をもたらした。

二つの機器の普及には、診療報酬制度もまた少なからず影響を与えていた。それぞれに保険診療が適用されるようになることで、医療施設が機器を導入し、日々の診療に使用できる状況を作り出していた。

第 6 章では、「流動期」から「安定期」へと移行する期間に注目し、活用知識や技術開発の方向性がどのようにして流動的な状態から安定的な状態へと移り変わっていったのかを議論した。より具体的には、X 線 CT をスクリーニング機器として、MRI を精密検査用の機器として診断に活用するという知識が社会において広まっていった背景を検討した。

この時期の活用知識は、医療従事者が所属する専門的なコミュニティを通じて伝播していた。そうした医療従事者間での活用知識の普及と並行して、各機器の普及も進んでいた。X 線 CT は一般診療を中心とする小規模の医療施設まで普及が及び、他方で MRI は、大規模医療施設から中規模の一般診療を中心とする医療施設という、新たな顧客層への普及が実現していた。

このような活用知識の普及と機器の普及の背後では、医療従事者による使用学習が進み、その結果として特定の活用知識が支持されるようになっていた。大学病院をはじめとした研究主体の医療施設が中心となって、MRI の性能面での限界に関する知識が伝播し、また一般診療中心の医療施設では、機器の経済性や日々の検査におけるスループットを問題としていた。そうした中で X 線 CT をスクリーニング機器として、MRI を精密検査用の機器として位置づけ、両者を組み合わせて活用するという知識が医学界で徐々に広がりを見せていた。

特定の活用知識が支配性をもつ状況は、X 線 CT と MRI を戦略的に開発し、マーケティング活動を通じて普及を進める各企業の活動とも関係していた。東芝は、低価格の製品を市場に投入し、X 線 CT のさらなる普及を図ると同時に、X 線 CT の高機能化をさらに推し進めていた。また MRI についても、高機能化を進めていた。こうした開発の結果、高速スキャンと高分解能という X 線 CT の機能的な利点がさらに強化されると共に、MRI の描出能も向上し、両者の機能的な棲み分けが、それまでよりも明確にされた。このような技術発展は、X 線 CT をスクリーニング機器として、MRI を精密検査用の機器として用いるという活用知識と整合的であり、そのように両者を位置づける活用知識の成立に少なからず影響を与えていた。

日立は、価格を抑えた X 線 CT を展開し、その普及を図るのみならず、MRI の普及を実現するために、経済性に優れた永久磁石を用いた MRI の技術開発・製品展開に注力して

いた。そのような MRI は、一般診療中心の中規模医療施設に受け入れられ、結果として普及の拡大につながった。こうして普及が進むにつれて、MRI の検査時間の長さが問題と見なされるようになった。それは中規模医療施設では機器の経済性に関心が高く、被検者のスループットの状況によっては機器の採算がとれないからであった。そうした状況は、MRI が、スクリーニングによって選別された人々を対象とする精密検査機器として役割を担うことを後押しすることにつながっていた。

横河は、他社と同様に低価格 X 線 CT に注力し、その普及を推進していた。MRI に関しては、高機能化と低価格化の双方を進め、研究主体の大規模医療施設と一般診療中心の中規模医療施設の二つの市場に製品を展開していた。このような横河の製品展開もまた、活用知識の成立に影響を与えていた。

日立と横河は、特定の活用知識が徐々に支配性を持つ過程で、戦略を修正していた。事後的には高機能の X 線 CT の開発・展開を行うようになっていた。その背後には、X 線 CT と MRI をそれぞれ異なる顧客層に分けて展開するというものから、両者の機能面での棲み分けを図るものへと戦略を変更していたことがあった。

特定の活用知識が支配的になる過程では、制度的な要因も影響を与えていた。診療報酬点数の改正は、X 線 CT の普及を促し、スクリーニング機器としての適正を強化していた。また貿易摩擦解消の一環として行われていた政府による MRI の一括調達は、各社の戦略に影響を与え、結果として日立や横河による中規模医療施設に向けた MRI の展開をもたらしていた。

第 7 章においては、「安定期」について議論した。そこでは、ひとたび社会において支配性を持つようになった特定の活用知識が、その後も支配的であり続けたのはなぜかという問いを検討した。その結果として、この時期には、医療従事者や主要企業が特定の活用知識に依拠した行動を採ることで、結果として一つの活用知識が支配性を持ち続けるようになっていた可能性を指摘した。

医療従事者においては二つの機器を組み合わせて用いるという診断方法が慣習化していた。医学上は両機器を階層的に組み合わせて用いることが必ずしも最適な活用法とは言えない場合でも、補完的に用いるという知識に応じた診断行為が、慣習的に実践されていた。

主要企業においては、特定の活用知識に適応する行動が一部見られ、他方で当該知識を強化するような開発行動が見られた。主要各社の技術開発は社会で支配的な活用知識の適応したものとなり、結果として各企業の技術開発が同一の方向性で進められるようになっ

ていた。具体的には東芝が先陣を切って進めていたヘリカル CT の開発・製品展開に他社が追随することで、結果として X 線 CT の産業レベルでの技術発展の方向性が、高速連続スキャンの実現へと向けられるようになっていた。他方で、MRI については MRI 特有の機能情報を画像することに各社の技術開発の焦点が向けられ、結果として X 線 CT と MRI との機能的な分化がより進んでいった。

そうした企業の技術開発は、二つの機器を補完的に用いるという活用知識が、社会において支配的であり続ける状況に影響を与えていた。X 線 CT と MRI の機能的な分化が進められ、また各機器に関して医療従事者による補完的な活用に適応する技術開発が行われることで、医療従事者による二つの機器の補完的な活用を後押ししていた。

こうした一連の過程の中で、この時期にはそれぞれの行為主体の行動が特定の活用知識に規定されうることを指摘した。そのような状況が生まれるが故に、特定の活用知識が支配的であり続けると議論した。

◆　発展的議論・まとめ：第 8 章

最終章である第 8 章では、それまでの議論を総括した上で、本論文が提示した説明枠組みの理論的・実務的意義が議論された。簡単にまとめると、次の二点が理論的な貢献として指摘された。第一に、技術の具体的な使い方に関する知識である「活用知識」という概念に注目し、その経時的な発展過程を分析の射程に含めることで、既存研究とは異なる視点から技術革新について検討した点である。第二に、そうした技術革新と並行して進展する技術の関係性の経時的な確立過程について議論している点である。さらに、本論文には、既存研究を発展的に議論するための視点や手がかりを提供しているという点から見ても貢献があることを指摘した。具体的には、(1) 技術開発を主導する企業に加えユーザーによる技術開発への関与が必要な製品の技術発展に関する議論と (2)「イノベーションの普及」とよばれる普及理論に関して、それぞれ残された課題を指摘した上で、どのような議論を展開すればそれらの問題点を解決することができるかについて検討した。

実務的な意義としては、少なくとも二つの戦略上の方策について議論した。一つは、製品の普及や新たな市場セグメントの開拓を企図する際に、新規技術の活用方法を既存の「活用知識」に合わせることで、新規技術の普及を促すという戦略について検討した。こうした市場の開拓とは対照的な立場において有効なものが二つ目の方策であり、具体的には、既存技術を展開する企業は、競合する新規製品の登場による脅威に対して、既存製品の活

用に関する知識の普及を通じて対処することが可能である、という議論を展開した。

4. 結論

本論文を通じて主として明らかにされたことは、特定の技術の関係性が社会において確立される過程は、「技術と活用知識の共進化」と本論文が呼ぶ概念枠組みによって説明することが可能である、というものである。技術革新の背後では、技術のみならず活用知識もまた発展し、さらにその発展に応じて、技術の関係性もまた社会において安定化していく。このように技術と活用知識が共に発展を遂げるのと並行して、技術の関係性は当初の流動的な状態から、徐々に安定していき、その背後ではあたかも二つの技術が切磋琢磨を繰り返しながら発展を遂げるような現象が見られうるのである。

本論文の説明枠組みに基づけば、技術革新は、人々の日々の行為を変えていく過程として捉えることもできる。技術が発展することを契機として、さらに新たな活用知識が生み出され、そのことで人々の日々の行為が変わっていく。そのようにして人々の行為が移り変わると、それに合わせて技術が特定の方向へと発展していく。さらにそのような技術発展の実現が、従来から採られる人々の行為を継続させていくことになる。つまり、技術革新とは、技術の開発を担う主体とその活用知識を生み出す主体とが経時的な相互作用を繰り返していくことで、新たな技術を生み出し、また新たな知識に基づく、新たな人々の行為を生み出す過程であるとまとめることができるだろう。

本論文を通じて導出された知見は、既存研究が必ずしも関心を向けてこなかった技術革新の側面を照らすものであることから、本論文には学術および実務的に意義があると考えられる。