

文理融合の核としての経営学科

東京理科大学 経営学部 教授 佐藤 治
経営学科

東京理科大学 経営学部 教授 高橋 伸夫
経営学科

東京理科大学 経営学部 教授 岩城 秀樹
経営学科

東京理科大学 経営学部 教授 井出野 尚
経営学科

1. 文理融合の核としての経営学科

グローバル化の進展，科学・技術の加速度的進化，地球環境問題などの社会問題の顕在化によって，企業を取り巻く環境は急速，かつ大きく変化している．特に環境問題は人類共通の喫緊の課題であり，環境対策は企業にとっての重要な経営課題の一つと認識されるようになってきている．数年前は，「環境対応はコストでしかない」と考える企業が多数であったが，「環境対応は企業の将来を左右する重要な経営戦略の一つ」と多くの企業が捉えるようになり，状況は急変している．また，情報通信技術（ICT）や人工知能などのデータサイエンスの加速度的進化と多様な分野との融合に伴い，企業もICTやデータサイエンスを事業や経営判断に積極的に活用するようになってきている．このような流れは経営学の領域にも波及し，経営学も重大な転換点を迎えていると考えられる．

このような社会情勢の急激な変化を踏まえ，世界中の国々，企業は社会課題の解決と経済的価値創造の両立を目指し，イノベーションの実現に躍起になっている．社会課題の解決と経済的価値創造の両立を実現するためには自然科学と社会科学の融合が必須である．一例として，プラスチック問題を取り上げる．プラスチックは，化石資源の副産物であるナフサなどを原料に生産され，軽量，高耐久性，良好な加工性，低コストなどの特長を有し，幅広い分野で活用がなされ，豊かな人類の生活の実現に大きく貢献してきた．一方，海洋中にはすでに1億5000万トンを超えるプラスチックが存在し，数百万トンのプラスチックが海洋に流入し続けており（約9割は陸域からの流入），生態系を含めた様々な分野に悪影響を及ぼしている．このような背景を踏まえ，各国では，プラスチックの使用量を減らしたり（Reduce），再利用（Reuse）を行ったりした上で，必要不可欠な場合には，バイオマスプラスチック（植物などの再生可能な有機資源を原料とするプラスチックで焼却しても大気中のCO₂は増加しない）や生分

解性プラスチック（微生物が関与して環境に悪影響を与えない物質に分解されるプラスチック）などの再生可能資源への適切な置き換え（Renewable）や徹底したリサイクル（Recycle）を推進する方針が打ち出され，プラスチックのライフサイクル全体を通じた資源循環が積極的に推進されている．他方，上記の試みの実現には多くの課題が存在する．先進国から開発途上国への古着の輸出では，開発途上国で古着として再利用される量は限られ，多くは廃棄され，新たなプラスチックごみの発生源となっている．また，日本でのリサイクルの約60%はサーマル・リサイクル（廃棄物を焼却した際に生じるエネルギーを再利用するリサイクル手法）であり，化石資源由来プラスチックの焼却がCO₂排出の加速要因の一つとなっており，マテリアル・リサイクル（廃棄物を原料として再利用する方法）やケミカル・リサイクル（廃棄物を化学反応により他の物質に変え，それを原料に新たな製品を作る手法）の比率を高めていく必要がある．サーマル・リサイクルの問題解決策の一つとして，バイオマスプラスチックの導入が提唱されているが，バイオマスプラスチックの多くは可食性の植物から生産されており，世界人口が増加する中で食糧問題とのバッティングは避けられない．これに対し，非可食性植物由来のバイオマスプラスチックに期待が寄せられているが，原料となる非可食性植物の必要量を確保する用途はたっていない．上記のとおり，プラスチック問題は，単なるごみ問題ではなく，資源問題，地球温暖化問題，人類の生活や循環型社会のあり様，イノベーションとも絡み合った複雑な問題である．プラスチック問題を解決し，経済的価値を創造するためには，理念や技術に加え，経済的なパワーを取り込むことが必須であり，バイオマスプラスチックや生分解性プラスチックなどの新材料の創造や特性・安全性向上に関する研究，リサイクル技術向上に関する研究などの自然科学分野の研究に加え，社会科学分野（経営学）の研究も並行して行っていくことが重要である．例えば，リサイクルの活性化に向けた分別や回収方法

などの社会システムの最適化、バイオマスプラスチックのサプライチェーンの構築、リサイクルプラスチックやバイオマスプラスチックが企業や消費者に価値あるものとして受容してもらえるようなマーケティング研究、炭素税やカーボンクレジット、インターナルカーボンプライシングなどの導入が企業活動や業績に与える影響といった会計・ファイナンス的研究、さらには、経済的価値を創造するとともに、経済的成果を勝ち取るための戦略論、組織論、イノベーション論などの研究がそれにあたる。

現在の企業は厳しい国際競争に対処しつつ、地球環境や資源を守りながら、人類共通の多様で複雑な問題解決に取り組むことが求められている。こうした時代に求められる人材とは、答えのない問題に対し、問題の全体像を俯瞰したうえで、自然科学と社会科学（経営学）の知見を融合し、全体最適の観点で解決策を立案・実行するとともに、それらを基に新規事業を創出し、経済的価値を創造することができる人材である。経営学科では、「経営を科学する」という伝統に基づき、「文魂理才・理魂文才」の人材の育成をモットーに、社会の変化を見据え、論理的・実証的に考え、理系と文系の両面の観点から企業活動全般を俯瞰できる経営のプロフェッショナルを育てていくことを目指している。その実践のために、経営学科では経営学が内包する学問領域に対応する3つのコース、経営戦略コース、マーケティングコース、会計・ファイナンスコースを設置し、体系的視点からのアプローチを取り入れた教育に取り組んでいる。経営戦略コースでは、企業がいかにして新事業を興し、それを発展させ、他の企業に勝っていくかということを経営学の様々な視点から検討することを、マーケティングコースでは、ソーシャルメディアの発展とグローバル化が進展する中、消費者行動等を適切に分析し、製品開発、価格設定、広告、流通をいかに最適化すべきかを、会計・ファイナンスコースでは、企業に関わるお金の流れ、資産の活用、市場の評価、経営者の意思決定などを主たる教育・研究対象としている。経営学科には、組織論、戦略論、経営工学、技術経営、マーケティング、会計、ファイナンスを専門とする教員に加え、数学やデータサイエンスを強みとする教員が在籍し、それぞれの専門を有する教員同士が積極的にコラボレーションすることによって、経営学科全体の教育・研究レベルの向上と数学・データサイエンスに注力した教育・研究体制への移行を図っている。さらに、自然科学系の他学部の教員との交流を通じて、経営学科が真の意味での

文理融合（コンバージェンス・サイエンス）の核となり、未来と社会への深い洞察を基に、社会課題の解決と経済的価値創造に貢献するとともに、他大学の経営学科ではなしえない理科大の経営学科ならではの教育・研究組織としての役割を果たしていきたいと考えている。

2. 経営の視点

経営学部が目指している文理融合とは、ただ単に、手法面で数理・数量的なものを取り入れるというだけでなく、経営の視点をもった人材を育てることがセットになっている。これからの時代、ただ科学的に優れているというだけでは戦えず、経営の視点が不可欠だからである。たとえば、特許さえあれば、事業化して利益を確保できるのかと問われれば、もちろんそうではないことを、多くの発明者は直感しているはずだ。では何をすれば、事業化して利益を確保できるのであろうか。

一例として、21世紀初頭に、日本で知的財産権に対する関心が一気に高まるきっかけとなった青色LEDの事例を取り上げる。青色LED訴訟では、2004年1月の東京地方裁判所の一審判決で、青色LEDの発明による日亜化学の独占的利益を1208億円とし、いわゆる「404特許」（特許番号2628404号「窒素化合物半導体結晶膜の成長方法」の特許番号の下3桁をとって404特許と呼ばれた）の発明対価をその50%に相当する604億円と評価して、人々の注目を集めた。

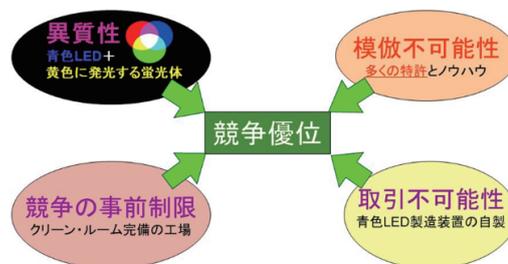
経営戦略論の資源ベース理論（Resource-Based View; RBV）に則って本事例を整理すると、日亜化学がどのようにして1208億円もの利益を得たのかが理解できる。青色LEDのように、普通以上の利益率（これを経営戦略論では「レント」と呼ぶ）を得ている場合、一体何をすればそれが実現できるのか。RBVの中でも比較的シンプルな枠組みを使うと、まず、①レントを生み出す資源のユニークさ・異質性が必要になる。これがなければ、そもそもレントは得られない。その上で、②その異質性を持続させるための何らかのメカニズム（これは「隔離メカニズム」と呼ばれる）が必要になる。以下において、より具体的に、①ユニークさ・異質性、②隔離メカニズムについて、紹介を行う。

裁判当時、発明時には想定もされていなかったカラー液晶搭載携帯電話の爆発的普及があった。そのカラー液晶のバックライトとして、「白色LED」が爆発的に売れた。そこに日亜化学の①ユニークさ・異質性が発揮された。周知のとおり、光の三原色は青・赤・緑

であり、この三色が混じると白になる。もともとLEDで白色を出すには、この三色のLEDが必要であると考えられており、既に赤と緑のLEDは開発されていたので、残る青色LEDの開発が待望されていた。ところが、ここで蛍光体の会社だった日亜化学のユニークさ・異質性が発揮される。「青+赤+緑=白」をコロンブスの卵的な発想で、「青+(赤+緑)=青+黄=白」、つまり「青色LED+黄色に発光する蛍光体」で白色になると考えたのである。こうすれば、三色(3個)のLEDは必要なく、青色LED(1個)だけで白色が出せる。これが、低電力を求められる携帯電話のカラー液晶のバックライトとして爆発的に売れた「白色LED」の正体だったのである。しかも、蛍光体が発する光の波長は元のLEDの光よりも長くなるため、光の三原色の中で一番波長の短い青色のLEDこそが、「LED+蛍光体」方式の鍵であった。

次に、この①《ユニークさ・異質性》を持続させるための②隔離メカニズムは三つあると考えられている。一つは《競争の事前制限》である。これは、先見の明があったり運が良かったりして事前に競争なしにレントを得られるようになっていたことを指している。日亜化学の場合、セレン化亜鉛を用いた開発が主流の中で、赤崎・天野グループが世界で初めて成功した窒化ガリウムを使った青色LEDに的を絞って集中的に研究開発投資を行っていた先見性あるいは運の良さは着目に値する。当時の日亜化学の企業規模からすると桁違いの投資規模で研究開発投資を行っていたことは良く知られており、これが《競争の事前制限》につながった。

しかし、実は、ビジネス的に決定的に効いた《競争の事前制限》は別に存在した。それが工場の建物だった。LEDの需要がどうなるかまだ分からない時期に、先行して、面積的には半分も使う当てのなかった工場建物だけを作っておいたのだ。LEDは小さいので、LEDを作る機械自体もあまり大きい機械ではなく、調達も設置も容易だった。それに対して、半導体用のクリーン・ルーム完備の工場建物の建設には時間がかかる。当時、日亜化学の小川英治社長が、自宅を担保に入れてまでして借金をしたという伝説の残る資金は、実は研究開発にではなく、工場建設に使われていたのである。こうして工場を建設しておいたおかげで、カラー液晶搭載携帯電話用に白色LEDが爆発的な需要を獲得しても、その増産需要を一手に日亜化学だけで引き受けることができたのである。結果、圧倒的シェアを獲得する。



【図1】資源ベース理論 (Resource-Based View; RBV)

その上、日亜化学は青色LEDチップの製造装置まで自製することで、隔離メカニズムの二つ目《取引不可能性》を実現していた。かつて世界のトップに君臨していた日本の半導体産業は、いまや見る影もないが、その凋落の原因の一つが、半導体製造装置を自製せず、外注していたことにあると考えられている。半導体製造装置メーカーが製造装置を韓国や台湾のメーカーに売ることによって、日本のメーカーの優位性は簡単に崩れてしまった。それとは対照的に青色LEDチップの製造装置は日亜化学が自製しており、取引不可能だったのである。

そして隔離メカニズムの三つ目が《模倣不可能性》である。これは、レントを持続させるのに必要な競争に対する事後の制限であり、これに特許や製造ノウハウが含まれる。ただし、工学系の発明分野では、基本特許だけをおさえられても、周辺特許や改良特許で他社に回りを固められると、身動きできなくなり、結局クロス・ライセンスをせざるをえなくなる。つまり、特許だけでは、模倣不可能性を守りきることすら難しい。要するに、特許のみで1208億円もの利益を得たわけではないのである。実際には、経営的仕掛けが決定的に重要だったのであり、【図1】のように、①の《ユニークさ・異質性》、②の隔離メカニズム《競争の事前制限》《取引不可能性》《模倣不可能性》の計四つの隅石 (cornerstone) を満たすことで、初めて事業化して利益を確保できたのである。筆者の一人は、こうした経営戦略論的な整理を含めた四つの経営的な視点から発明対価を考察し、利益に対する特許の貢献度は50%よりもはるかに低いという意見書を、控訴審の東京高等裁判所知的財産第3部に提出している(意見書の内容は、高橋伸夫(2005)『<育てる経営>の戦略』第7章にほぼ全文掲載している)。

その流れで、控訴審は2005年1月に和解が成立し、発明対価は6億円、ただし404特許だけでなく、中村修二氏が単独または共同発明者となっているすべての職務発明等(国内の登録特許191件、登録実用新案4件、特許庁に係属中の特許出願112件、さらにこれらに対応する外国特許および外国特許出願にかかる発明ならびに

特許出願されずノウハウのまま秘匿された発明を含む) に対する相当の対価を含んでいたため、404 特許単独の発明対価は、和解勧告に基づく計算では、最大限に見積もっても 1000 万円程度になった。この金額水準が相場観に近かったことといい、すべての職務発明等を含んだ和解内容だったことといい、この和解は実にライセンス・ビジネス的なセンスに溢れた和解であった。青色 LED の事例は、発明、特許がビジネスとして成立するには、ただ科学的に優れているというだけでは不十分であり、経営の視点が不可欠だということを示す好例といえるだろう。

3. ファイナンスと不確実性下の意思決定

筆者は 1980 年代末に大学院入学以降、一貫して、ファイナンスの研究に従事してきた。ファイナンスとは、資金調達と投資を対象とする学問分野で、その対象の性質から、異時点間の資源配分を考える学問分野である。したがって、例えば、株式投資などを考えれば分かるように不確実性下での意思決定を基本として、先の対象について研究していくことになる。ファイナンスの土台となる不確実性下での意思決定においては、その扱いやすさから、今でも、期待効用 (Neumann and Morgenstern 1953, Anscombe and Aumann 1963, Savage 1954) が広く用いられている。

期待効用というのは、消費量あるいは金銭額 C から得られる効用 $u(C)$ の期待値 $E[u(C)]$ のことで、これを最大化する C が最適であるとする。しかしながら、2002 年のノーベル経済学賞受賞によって注目を浴びた Prospect 理論 (Kahneman and Tversky 1979) に代表される行動経済学や行動ファイナンスが勃興し、近年、期待効用に代えて、実際に観察される人間の行動をもとに、新たな行動原理や意思決定基準を構築しようとする機運が高まってきている。このことは、期待効用基準が実際の人間行動と相いれない矛盾を孕んでいるということの意味している。この矛盾の代表的なものとしては、Ellsberg のパラドクスがある。

Ellsberg の実験 (1961)

赤 (R) と黒 (B) と白 (W) の玉が入っている壺を考える。赤玉の個数は 30 個、黒と白はあわせて 60 個あり、黒、白それぞれ個別の個数は分らない。ここで、この壺の中から玉を取り出すことを考える。このとき、

$$f_R = \begin{cases} \text{賞金1万円} & \text{赤玉を取り出したとき,} \\ 0\text{円} & \text{その他の場合} \end{cases}$$

$$f_B = \begin{cases} \text{賞金1万円} & \text{黒玉を取り出したとき,} \\ 0\text{円} & \text{その他の場合} \end{cases}$$

という籤くじの選択を考えると、少なからぬ数の人々が f_R を選んだ。すなわち $f_R > f_B$ 。それは、黒玉を取り出す確率が分からず黒玉がほとんど入っていないかもしれないからである。次に、

$$f_{RW} = \begin{cases} \text{賞金1万円} & \text{赤玉か白玉を取り出したとき,} \\ 0\text{円} & \text{その他の場合} \end{cases}$$

$$f_{BW} = \begin{cases} \text{賞金1万円} & \text{黒玉か白玉を取り出したとき,} \\ 0\text{円} & \text{その他の場合} \end{cases}$$

とすると、今度は、白玉の個数が少ないかもしれないので、多くの人が f_{BW} を選んだ。

すなわち、 $f_{BW} > f_{RW}$ であった。

この実験結果の選好は期待効用で表現することはできない。実際、 P を $S = \{R, B, W\}$ 上の確率として、賞金の期待効用によって、籤に対する選好が表されるとすると、 $f_{BW} > f_{RW}$ から、

$$u(10000)P(BW) > u(10000)P(RW)$$

であるが、これから

$$u(10000)P(B) = u(10000)(P(BW) - P(W))$$

$$> u(10000)(P(RW) - P(W)) = u(10000)P(R)$$

となり、 $f_R > f_B$ に矛盾する。

この矛盾の解決方法には、確率に代えてシヨケ容量を用いるシヨケ期待効用 (Schmeidler 1989) をはじめとして、いくつか考えられてきたが、ここでは、滑らかな曖昧性モデル (Klibanoff et.al. 2005) を紹介する。先の実験では、確率 $P(B)$ と $P(W)$ が不明であるが、 $P(B)$ の値は $\frac{i}{90}$, $i=0, 1, 2, \dots, 60$ のいずれかであり、 $P(W) = 2/3 - P(B)$ である。そこで、各 i の値は同様に確からしいとしてその確率を $\frac{1}{61}$ とし、確率 P を所与としたときの期待効用の選好を表す効用関数 ϕ とし、その期待効用 $V(f_*) = E[\phi(E[u(f_*)|P])]$, $*$ = {R, B, RW, BW}, によって評価するとしよう。このとき、 $\phi(x) = \sqrt{x}$ とすると、

$$V(f_R) = \sqrt{u(10000) \times \frac{1}{3}} \approx 0.58 \sqrt{u(10000)},$$

$$V(f_B) = \frac{1}{61} \sum_{i=0}^{60} \sqrt{u(10000) \times \frac{i}{90}} \approx 0.54 \sqrt{u(10000)}$$

$$V(f_{RW}) = \frac{1}{61} \sum_{i=0}^{60} \sqrt{u(10000) \times (1 - \frac{i}{90})} \approx 0.81 \sqrt{u(10000)}$$

$$V(f_{BW}) = \sqrt{u(10000) \times \frac{2}{3}} \approx 0.82 \sqrt{u(10000)}$$

であるから、 $f_R > f_B, f_{RW} < f_{BW}$ となって矛盾は解決できる。

私たちは、滑らかな曖昧性モデルが、 $\{P\}$ 上の確率 π と、ある増加関数 $\varphi: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ によって

$$V(f) = \int \varphi(\pi(E[u(f) | P] > t)) dt$$

となることを示した (Iwaki and Osaki 2014)。これより、 μ^φ を $1 - \varphi(\pi(E[u(f) | P] > t))$ から誘導される $\{P\}$ 上の確率として、 E^φ を確率 $\int P d\mu^\varphi(P)$ の下での期待値とすれば、

$$V(f) = E^\varphi[u(f)]$$

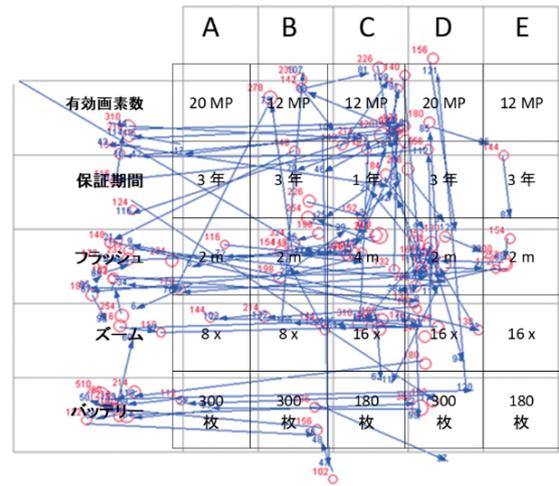
と期待効用として表現できることになる。

不確実性下の意思決定モデルは、まだまだ発展途上にあり、従来の期待効用に代わって広く流布している共通の意思決定モデルがあるわけではない。行動経済学、行動ファイナンスの進歩とともに発展していくことが期待される。

4. マーケティングのマイクロなアプローチ

経営学は組織の学問であるにとらえられることが多い。一方、アプローチは多岐にわたるが、マクロ・アプローチとマイクロ・アプローチに大別することができる。マクロ・アプローチは、経営を取りまく環境・資源などを俯瞰でとらえて理論化するアプローチであり、マイクロなアプローチは人の行動から経営を取り巻く諸問題に対して理論化を試みるアプローチであると位置付けられる。高橋、岩城両氏の研究はマクロ・アプローチにとらえることができる。ここでは、マーケティング分野で用いられている、人の意思決定に関するマイクロ・アプローチを紹介する。

今日の AI の進展は、ビッグデータに象徴されるように、経営学関連の諸分野、特にマーケティング領域に大きな影響を与えた。ポス・データのような人の購買情報が多量に入手可能となり、多くの変数による購買予測が可能となり、解析の大きな進展が見られた。またビッグデータの解析結果が経営判断に活用されていることは言うまでもない。一方、人の意思決定が状況依存的であることは広く知られることであり、どのような要因が購買にとって決定因となっているかを検討するためには、仮説に依拠した実験的な研究が重要な役割を担うことになる。さらに、マクロ・アプローチで提案されたモデルをもとに仮説を構成し、その実証としてマイクロ・アプローチを活用することが、研究知見の精度を上げることに繋がる。



【図 2】 デジタルカメラ選択課題の注視の軌跡

【図 2】 は、EC サイトを模して作成した、デジタルカメラ A から E までの機能を示した表である。この機能表を用いた実験を紹介する。実験参加者は、表を見てどの製品を購入するかを決定する。情報提示から選択までの一連のプロセスを、アイカメラで測定することにより、情報探索過程を定量的に検討することが可能となる。また、情報探索の順序や時間から、どのような決め方（意思決定方略）を用いていたかも推定することが可能となる。現在は、意思決定方略の推定を深層学習を用いて検討を行っている。意思決定プロセスを微視的に検討することにより、どのような提示様式が消費者にとって好ましいのか、つまり消費者支援について検討することも可能になる。また、ここで示した実験例はアイカメラを用いたものであり、今日の科学技術の発展により、脳機能画像を用いたアプローチも進展している。

マイクロ・マクロなアプローチという両者を用いることにより、研究精度を高めるだけでなく、実社会問題への処方提案を進めていくことが、今後の目標となる。

【参考文献】

- Ellsberg, D. (1961). Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms. Quarterly Journal of Economics, 75 (4): 643-669.
- Iwaki, H., and Osaki, Y. (2014). The dual theory of the smooth ambiguity model. Econ Theory 56, 275-289.
- Klibanoff, P., Marinacci, M. and Mukerji, S. (2005). A Smooth Model of Decision Making under Ambiguity. Econometrica, 73: 1849-1892.
- 高橋伸夫 (2005). <育てる経営>の戦略。講談社

