

# 日刊工業新聞 卓見異見

東京理科大学学長 石川正俊

この資料は、日刊工業新聞の卓見異見というコラムに、2023年10月9日から2024年3月25日にかけて6回掲載された原稿をまとめたもので、日刊工業新聞のご厚意により公開するものです。

無断転載・複写禁止

第1回	まだ見ぬ社会受容性発掘 小さな芽育て変革起こす	(2023年10月 9日掲載)	1
第2回	先端走る技術支える 科学の本質に迫る議論を	(2023年11月 6日掲載)	3
第3回	評価指標の悪魔 独創的研究開発の障壁に	(2023年12月18日掲載)	5
第4回	要素技術重視からの脱却 新たなシステム価値創造	(2024年 1月22日掲載)	7
第5回	独創性生かす投資構造 研究者の事業化意識必要に	(2024年 2月19日掲載)	9
第6回	科学技術主義の夜明け 理系人材が日本を救う	(2024年 3月25日掲載)	11

いしかわ・まさとし

79年(昭54)東大院工学系研究科修士修了。同年通産省工技院(現産総研)研究員、99年から20年まで東大教授。在任中、理事・副学長、情報理工学系研究科長を歴任。VCを含む東大の産学連携体制の設計と立ち上げなどに尽力。22年から現職。茨城県出身、69歳。

## 卓見異見／まだ見ぬ社会受容性発掘 小さな芽育て変革起こす

東京理科大学学長 石川正俊

### 課題なき価値の創造

日本の新規分野開拓の力がまだ足りないと感じている。その構造的な要因を考察してみたい。

現代は、科学技術が社会の変革をけん引する時代である。新たな科学技術が、新たな社会構造の創出につながることを、ある種の蓋然(がいぜん)性をもって語ることができる時代となった。

社会の変革を生み出す科学技術の基盤構造もまた以前とは大きく変化してきている。

従来の科学技術の基本構造は、与えられた課題や抱えている問題を解決するための実証論的帰納法を主体としたものである。この構造は、多くの成果を生み出してきた。今後も科学技術の大きな柱となるものである。

近年、これとは違った構造が必要になってきた。解決すべき課題が与えられていない、あるいは課題が顕然化していない状態から、全く新しい価値を創造するという仮説演繹(えんえき)型、価値創造型の構造である。この構造では、無限の可能性の中から、社会が受け入れる価値を創造することが必要となる。

私は、社会が新しい価値を受け入れる可能性を「社会受容性」と呼び、新しい科学技術の構造の重要なファクターだと考えている。つまり、新しい科学技術の構造は、さまざまな独創的な仮説の中から社会受容性の高い価値を探索する過程として定義できるわけである。この探索過程は従来のリアモデルではなく、私が「並列スパイラルモデル」と呼ぶ社会受容性を指標とする並列の探索過程の導入が必須である。

### 最適提案に潜む悪魔

初期の米グーグルやフェイスブックには、もともと明示的に与えられた問題はなかった。できたらいいな、を発想の原点として、技術はあってもマーケットが明確でなかった(グーグル)、あるいはマーケットの可能性はあっても技術の裏付けが乏しかった(フェイスブック)ころの小さな芽を育てあげ、のちに社会受容性の高い価値として、大きな社会変革にまでつなげたものである。

そもそも、誰も指摘していないことを重要であると主張することは極めて難しい。誰も指摘していないので、第三者に重要であることが理解されにくい。もし、どこかで重要性が指摘されているのであれば、独創性は乏しく、誰かが手を付けた研究の改良研究に過ぎない。

誰かが指摘している課題の場合は、ニーズやマーケットという形でその価値は顕然化されていて、それを解決した時の価値は推定でき、研究に着手しやすくなる。筆者は、このことを「キャッチアップの悪魔」と呼び、価値創造の大きな阻害要因と考えている。

この悪魔は、企業や研究機関の予算申請書や技術提案書にも潜んでいる。通しやすい提案は、社会からの要請、課題、目標が明確で、従来の成果を超えるものを提案するものであり、与えられた課題に対して、要素に分解し、その要素を改良することで、課題を解決するという要素還元主義に基づいたものであり、数値目標があるとなお良い。

### 独創的な研究の危機

こういった提案が重要であることに異論はないが、この論理だけで、まだ見ぬ社会受容性の発掘、

ひいては世界をリードする成果を生み出すことは難しい。この論理だけが、研究開発の論理だとすることの弊害は大きく、真に独創的な研究、世界をリードする研究が潰されている。

一方で、社会受容性の高い価値の探索は、大きなリスクを伴う。ファイナンスも含めてこのような研究開発リスクのマネジメントができるモデルを持たなければ、日本からユニコーンは生まれない。いつまでもキャッチアップの悪魔に取りつかれた改良研究だけでは、日本は救えない。課題がなくても研究開発から価値創造・事業化へと導くモデルを持たなければ、世界の先頭に立つのは難しい。

例えば、アーリーステージの研究開発に対して、「マーケットがありますか」という質問は愚問である。まだ見ぬ社会受容性を導き出す社会の構造が必要である。

## 卓見異見／先端走る技術支える 科学の本質に迫る議論を

東京理科大学学長 石川正俊

### 新技術へのブレーキ

科学技術が新しい社会の姿を次々と生み出す現代においては、研究開発や技術・事業評価のスタイルもまた変わる必要がある。

国の施策や企業の研究開発投資の議論では、既存技術や既存マーケットを論拠とした議論はあるが、技術の本質に迫る議論はあまり多くない。国や企業の将来を議論するのに、なぜ技術の本質を議論しないのが不思議である。もとより日本の社会では、競争相手のいない新技術、評価がしにくい無体財産権、ましてや技術者の知的センスやスキルといったものの価値を重要視してこなかった。そのため、こういった本来価値が高いものが流出する一方で、新技術創出に対してブレーキとなる議論が見受けられる。

なぜ科学技術の本質を議論しないのか。マーケットや投資効果の話の前に技術の中身、技術の評価や可能性の話をすべきである。議論できるものしか議論しないのでは、本質にたどり着かないし、評価できるわけがない。

例えば、技術系企業の取締役やベンチャーキャピタルの担当者が自社や投資企業の技術に対して、「私のような素人にもわかりやすく説明して」という発言は、自身の役割を全く果たしていない。この観点からすると、最近の人工知能(AI)、特に生成系 AI に関する一部の評論は、おかしな議論になっていると感じる。AI の深い知識がない場合、複数の専門家に意見を聞き、それらの意見から、技術の是非を論じている場合が多い。ところが、生成系 AI はこれと同等の構造を持つことから、この評論の結論として、もし生成系 AI を良い技術と結論づければ、この評者の仕事は AI が代替できるわけであり、逆にもし生成系 AI をダメなものと結論づければ、この評論はダメな手法を用いた論述であると言っていることになる。

### AIでのパラドックス

ここには、議論のパラドックスのようなものが見えてくる。

本来、対象の技術、この場合は AI の技術の本質や技術的可能性の議論をしなければ、技術の是非や可能性の議論ができないのに、そこを掘り下げずに、技術の効果と影響といった容易に議論できるものでしか議論できていない点に問題がある。

10年以上前になるが、我々の研究室で100%人間に勝つじゃんけんロボットを開発した。独自に開発した高速ビジョンと高速ハンドを使って、人間の認識・行動よりも高速に対応できるようにしたもので、AIと呼べるようなものは何も使っていない。

結果だけを見て、シンギュラリティ(技術的特異点)がやってきたといった論調があったが、技術の本質を見ていないことは明白である。高速ビジョンと高速ハンドがポイントであって、その技術の優位性に気が付かないようでは、新規分野の開拓は難しい。

### 来てほしくない5年後

イノベーション(技術革新)という言葉の使われ方にもパラドックスが隠れている。イノベーションという言葉は、米国で2004年に出されたパルミザノレポートで力説されたもので、それ以降この言葉がさまざまな場面で使われている。私はこの言葉を極力使わないようにしている。その理由は、イ

ノベーションの基本が新たな社会変革であるのに、イノベーションという単語が米国で提唱されたから日本もまねしてイノベーションを推進すべきという極めてイノベティブでない言動をとりたくないからである。

このような議論が行われることに関連して、私はいつも恐れていることがある。最先端の研究で、例えば5年後に「〇〇という技術が他国では進んでいる。だから日本でも推進すべき」という指摘である。この指摘をするのであれば、5年後ではなく、社会受容性の定まっていない今の時点で「〇〇という技術に他国は気が付いていない。だから日本では推進すべき」と指摘し、先端を走る技術を支えてほしい。5年後に遅れていることを指摘するのは、誰でもできる。ましてやAIには簡単にできてしまう指摘だから…。

## 卓見異見／評価指標の悪魔 独創的研究開発の障壁に

東京理科大学学長 石川正俊

### 適切な評価軸は必須

科学技術の新規分野に関する評価の構造とその対象となる報告書や計画書の論理を考えてみたい。

近年の科学技術の進歩の阻害要因の一つに、評価の構造的問題があると考えている。キャッチアップの悪魔は、評価にも潜んでいる。

一般的な評価で評価が高いのは、課題や目標値が明確で、従来技術に対して比較優位性があり、要素の改良に力を注いだものが多い。ところが、独創的な研究開発では、従来技術がなく、課題や目標値も明確でない。もちろん、社会受容性も見えないので、多くの場合、評価ができないか極めて低い評価となる。

しかしながら、現代のユニコーン企業のほとんどが後者の状態から始まっている。このことから、一般的な評価は、新規分野に対しては意味がなく、評価方法として使えない。

よく考えてみると、どんな評価軸を用いるかは、評価のカギであるにもかかわらず、当たり前のように既存の評価軸を用いている評価が多過ぎる。本来は、対象案件の状況に応じて、適切な評価軸を用いるべきである。

### ランキングの課題

研究課題の評価とは違うが、ある大学ランキングでは、10年以上前に評価指標を変えたので、日本の大学は軒並みランキングを下げたが、最近また評価指標を変えたので、少し上がったというようなことがある。しかしながら、ランキングの指標を評価する論調はほとんどなく、ランキングの結果に一喜一憂している。これでは、大学がどうあるべきかの議論にはなっていない。

科学技術論文の査読システムも完璧ではない。ある論文誌に投稿した論文が拒絶されたので、他の論文誌に投稿したら論文賞をもらったといったことはよく聞く話である。5点満点の査読で、一つの論文に対して、1点の査読者と5点の査読者が混在するといったことも、独創性が高い論文に対してはよくある話である。

そもそも、自分で評価できる場合は、第三者の評価は必要なく、自分に評価する能力がないから第三者に評価を求めるわけである。その際、第三者の評価軸と自分が求める評価軸が合っているとは限らない。評価軸の合っていない評価や評価する能力のない評価者の評価がもたらす悪影響は計り知れない。評価手法や評価者の評価が必要である。

### 報告書は必要か？

評価の問題は、報告書や計画書にも通じるところがある。

まず、報告書を考えてみたい。対象の知識があれば、報告を聞くだけで、報告書などはなくてもよい。実際私の研究室の共同研究でも、少数であるが、そういった相手先があり、大歓迎である。

ところが、対象の科学技術がわからない場合には、詳細な報告書を要求されるが、報告書を読んでもわかるとは思えず、誰も読まないライトオンリー報告書が蔓延することになる。

時として、報告書の厚さを求められるが、成果を作業量=文章やリストの量で測るべきでない。フ

フォントやレイアウトをそろえる作業は研究者がやるべき作業ではない。論文が出ていれば、本来は、論文リストを出すだけでよいはずである。ライトオンリー報告書が研究者の研究時間をむしばんでいる。

一方、計画書で、真に独創的な研究開発を提案したいのであれば、独創的なことを思いついた、予想外の結果を得たので展開したいなど書きたいところであるが、この論理では評価が困難なので、通常、そのようなプランは採用されない。

さらに、現在の多くの申請書や提案書のフォーマットは、このような論理を許していない。多くの研究者は、前者の論理を内在化させて、後者の論理に変換して申請しているのが現状である。ここにも評価の問題が影を落としている。こんなことから、評価慣れとか、評価疲れとか言われながら、大量の報告書や提案書を書いている状態は、健全な評価が機能しているとは思えない。

## 卓見異見／要素技術重視からの脱却 新たなシステム価値創造

東京理科大学学長 石川正俊

### 日本の意識変革急務

日本における技術開発や技術評価において、システム技術に対する認識に大きな問題を感じている。インターネットや人工知能(AI)など、システム技術が社会の大きな変革を生み出す現代において、システムとしてまとまった価値を創造することが、日本が次の社会変革をけん引するための必要条件である。

システム技術の対極に位置するデバイスや材料などの要素技術の開発も重要であるが、今、日本に必要なのは、システム技術に対する意識変革である。

旧来の研究開発では、与えられた課題に対して、要素に分解し、カギとなる要素を抽出・改良して、課題を解く形のアプローチが取られることが多い。しかしながら、このアプローチだけでは、システムの独創性や社会受容性の開拓が眼中になく、新たなシステムの価値は生まれない。

そもそも、システムの価値は、評価が難しい。ノーベル賞も縁がなく、『ネイチャー』や『サイエンス』などの科学雑誌にシステム論文は通りにくい。組み合わせがカギなのに、ただの組み合わせではないかと評価されたり、独創的なシステムなのに、ありもしない先行例との比較を求められたりといったことが起こる。これでは、独創的なシステムは評価できない。

例えば、「〇〇の部品は日本製が多いから日本の寄与は大きい」という見解は、〇〇というシステムを生み出した創造性をあまりにも過小評価している。社会を変え、利益を得ているのは、〇〇というシステムの開発者である。

過去を振り返れば、半導体や液晶などで、デバイス技術だけの研究開発だけでは、次の時代のシステム価値創出につなげられず、関連技術の衰退につながったことが残念に思えてならない。

### 過去の失敗に学ぶ

逆に、例えば半導体製造システムのような、本来は保護すべきシステム構成が、重要性の認識が低いために海外に流出する事態が見受けられる。

キャッチアップ型の開発でよくみられる、与えられた用途実現や他と同じシステム機能を前提とした競争に飛び込む技術開発、あるいは、新たなシステム価値や新たな市場の開拓を伴わない技術開発は、コスト競争の敗北や前提のシステムの衰退とともに、関連技術の未来を失うことになる。つまり、課題解決型だけでは、日本は救えない。産業構造変革に向けて、価値創造へシフトし、世界に通じる独創的システムの創生へつながる道を歩まなければならない。そのためには、要素還元主義からシステム思考やデザイン思考への脱却が必要である。よい要素技術を開発すればシステムは誰かが考えてくれる、ニーズに合わせて要素技術を開発すればマーケットは獲得できる、あるいは、競争相手に性能で勝てば必ず売れるといった考え方は、妄想や過去の成功体験であり、そこから目を覚まし、新たなシステム価値の創造へかじを切る必要がある。

具体的には、ニーズがないところから社会受容性を得る構想力、短期間で信頼できるシステムを作り上げる構成力、システム価値の展開力などが重要となる。ただ、これらの力の重要性がなかなか理解されないし、これらの力が足りないから、システムの提案に対して消極的な評価がなされてしまう。



## 独創性は生まれるか

日本から新たな価値を生み出したシステムは多数存在するが、まだ足りない。日本に独創性の高いシステムが生まれる基盤があるとは考えにくい。

システム思考やデザイン思考は言うのは簡単だが、実際に思考法を変えるには、時間と経験が必要である。モノは作れても価値をつくれない現状を理解し、モノの価値を優先し、システムの価値をないがしろにする思考から脱却しなくてはならない。

社会受容性を意識したシステム価値創造型研究開発の推進が強く望まれる。次の時代の日本の産業界を展望する時、今はまだ価値の見えていない独創的なシステム提案の中から、AI の次、スマホの次が生まれるかが問われている。

## 卓見異見／独創性生かす投資構造 研究者の事業化意識必要に

東京理科大学学長 石川正俊

### リスクと利益の検討

研究開発における投資の構造やそのリスクを考えてみたい。大学や公的機関も含めて、経営面、研究面から、短期、中期、長期の視点で、さまざまなリスクと利益の検討が必要である。

しかし、独創的な研究開発に関しては、この議論が難しい。なぜなら、研究開発投資を決める時点では、研究成果やその価値が明確に見えていないからである。

キャッチアップの研究開発や成果の見えている研究開発では、成功しても、得られるゲインはわずかで、社会を変革するようなユニコーンや新規産業分野が生まれる可能性は極めて低い。

逆に、独創性が高ければ、成功する可能性は低くなるものの、大きな社会受容性を得た時のゲインは莫大で、大きな社会変革につながることになる。

そのためには、この構造に対応可能なリスクのある研究への投資、知的生産のマネジメント、特にテクノロジーファイナンスの確立が必要である。

日本の社会では、企業はもちろんであるが、大学や公的機関であっても、後者のモデルを採用するには少なからず勇気が必要である。現状では、失敗が許容されず、独創的な研究のリスクテイクの構造もなく、マーケットドリブン以外の構想力も乏しいという問題が存在する。

この問題に対して、社内ベンチャーを含むスタートアップやプロジェクトファイナンスの有効活用を前提として、私は二つの課題が存在すると考えている。

### ファイナンスの課題

一つは、ファイナンスの課題である。ポイントは、可能性は低いが未来の大きな価値を投資の時点で活用する方法にある。

一般的には、優良な投資機会を増やし、リスク分散を行い、投資リターン期待値を増加させると同時に、社会受容性の早期の獲得に対する手段を充実させることなどが必要である。

また、エクイティ、特にストックオプションなどの活用は、アーリーステージで、人的支援や無体財産権などに対するキャッシュアウトを減らし、将来価値の可能性を担保することでリスクを共有するにはよい手段である。

現状を打破するには、この手段のさらなる活用が必要である。アーリーステージでは、潜在株式の比率を多少高くすることを許容し、社内ベンチャーやプロジェクトファイナンスでも同様の仕組みを導入することが望まれる。

加えて、事業化がうまくいかなくても価値が高いうちにバイアウトするモデルは、再チャレンジを続ける積極的な研究開発の維持のためには重要である。

また、オープンイノベーションの観点から、自前主義を排した、技術導入や共同研究等による研究開発の推進が有効である。この際、費用の一部をストックオプションなどで補填する手段があるとよい。

これらに加えて、日本型のテクノロジーファイナンスの確立のために、ベンチャー投資基準の改善や多様化、投資期間の柔軟化、投資家としての投資リスクの自覚など、改善すべき点は多い。

### 効果的な実現手段構想

もう一つの課題は、研究者側の意識変革である。論文や特許の成果に満足していて、事業化の意欲が乏しい現状から脱却して、効果的な事業化の実現手段（シナリオ）を構想し、事業の推進にアイデアを提供する姿勢が必要である。そのことが、自らの成果の価値を上げること、ひいては、自らの研究の将来性を高めることにつながることを理解すべきである。

特に、大学や公的研究機関では、マーケットがない技術、欧米に競争相手がいない技術に対しても、事業の芽を育て、未来に向けたシナリオをデザインする力の強化が必要である。そのことが、日本全体のリスクテイクの重要な基盤となると考えられる。

独創性は、リスクを招く。このリスクに打ち勝つことで、大きな社会変革が生まれる。このことがポジティブに受け入れられる社会となり、独創性が大きな価値を生む社会となる必要がある。

## 卓見異見／科学技術主義の夜明け 理系人材が日本を救う

東京理科大学学長 石川正俊

### 研究時間の確保カギ

日本の研究開発、特に新規分野開拓のための研究環境の悪化が進んでいて、このままでは日本から社会変革を生むような成果は出にくいのではないかと危惧している。問題が山積している。若い優秀な研究者の研究生活を見ていると、本来であれば必要のない作業にむしばまれて、研究に割く時間が少なくなっているのは明確であるし、マーケットドリブンを強要されることによる思考の狭隘(きょうあい)化のわなの中で喘(あえ)いでいるようにも見える。

結果として、独創的なアイデアが出しにくくなっていないか、次の社会変革を引き起こす芽をつぶしていないかなど、改善すべき点は山積している。

このコラムでこれまで述べてきたように、科学技術を理解しているリーダーが、対象の技術の本質とリスクを伴うファイナンスに基づく判断ができれば、申請書も、報告書も、評価書も必要ないし、今後重要となるシステム技術がないがしろにされることもない。

技術の本質が分からないから、素人にも分かる説明を求め、申請書、報告書、評価書の厚さで満足するという悪癖を生み出してしまっている。自分で評価できないから、他人の評価やマーケットの評価を意味なく絶対視し、チャレンジ精神や自由な思考に対し、強烈なブレーキをかけている。

本来であれば、素人にも分かる説明をする時間、誰も読まない報告書を書く時間があるなら、新たな原理を導いたり、画期的な装置を設計・製作したり、独創的なプログラムを書いたりする時間にあてたい。その時間の中から、新たな事業の芽が生まれる。

### 環境・待遇が好転

古くから、社会を動かすのは、政治、法律、経済などであったが、今や民主主義や資本主義とは別の新機軸として、科学技術主義とでも言うべき時代となり、大きな社会受容性が得られた科学技術が国運の発展を左右する重要な社会資本となる時代である。

その科学技術を支えるのは研究者や技術者である。ところが、その人材が不足している。経済はもちろんのこと、法律や政治といった分野でも、銀行や証券といった企業でも、科学技術を担う人材の必要性が高まり、その不足が顕在化してきた。国も理系人材の教育に力を入れようとしている。今まで研究者や技術者の価値を低く見て、歯車の一つとしてしか扱ってこなかったことのつけがさまざまな形で回ってきた訳である。

幸い、一部の企業を中心に、優れた研究者や技術者の待遇改善が始まっている。知識が乏しく、報告書を求める管理職よりも、キーとなる技術を開発した研究者の方が企業にとって重要であることがやっとわかってきて、そのような人材を厚遇する必要があるが出てきた。待遇も逆転し、管理者よりずっと高い給料の研究者や技術者も徐々にではあるが増えてきた。

一方で、新卒の学生も含めて、優秀な学生のベンチャー熱も高まっているし、能力が発揮できる環境を求めて転職する話もよく聞くようになってきた。もはや、能力の高い研究者や技術者を冷遇する企業に未来はない。

### 企業に求めるもの

これからの科学技術、特に独創的研究開発のあるべき姿は、社会受容性をベースとし、リスクマネジメントを組み込んだ日本型テクノロジーファイナンスの下で、キャッチアップの悪魔から脱却した、挑戦型の研究開発である。

コロナ前には、米国を中心に外国から私の研究室に、大手企業の最高技術責任者(CTO)や研究開発のリーダー、新興のベンチャーのリーダーたちが数多く来ていた。自らの目で、次の技術の芽を見つけるためであり、技術の本質に迫る議論ができた。

日本の企業は、そもそもあまり来ないし、ましてや役員クラスの人ほとんど来ない。来たとしても、資料を求められ、マーケットの議論をし、最後は「社に持ち帰って検討する」というパターンが多く、未来を創造する議論にはなかなかならない。

科学技術主義の時代に、日本の企業が世界をリードする次の社会変革を担うためには、この状況が根本から変わる必要がある。