

Title	新たな産学官連携に向けた複素関数論的一考察
Author(s)	桑島, 修一郎
Citation	年次学術大会講演要旨集, 35: 443-446
Issue Date	2020-10-31
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/17462">http://hdl.handle.net/10119/17462</a>
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

## 新たな産学官連携に向けた複素関数論的一考察

桑島修一郎（京都大学産学官連携本部）  
kuwajima.shuichiro.3c@kyoto-u.ac.jp

キーワード：複素価値、サイバー・フィジカル、認識されにくい価値、産学連携

## 1. はじめに

今回のコロナ禍は大学にも深刻な影響を与え、特に学生と教職員スタッフが物理的に集うことで成立してきた大学教育に根本的な変革を促す機会になった。また、早急なワクチン開発やウイルス検査体制整備に大学の研究成果や研究インフラが必要とされる場面が多々見られ、さらには抜本的な変化を余儀なくされる国内外の産業構造や国民の生活様式に対し、ウィズ及びポストコロナ禍のあるべき姿を描く上で学の知に期待が集まるのは当然かもしれない。

産学連携を含む、大学と社会との関係性については今回のコロナ禍以前から重要視されており、直近の象徴的な変革点としては第5期科学技術基本計画において提唱された Society5.0 が挙げられる。そこで実現される超スマート社会とは「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」と定義される。それ以前は国としての成長を阻む課題を解決することが主眼であり、国を構成する社会や個人のレベルでどうあるべきかなどに言及されることは稀であった。インターネットの発展とそれがもたらすデータ社会は個人レベルの価値観と直接つがることを可能にしたことから、従来の課題設定・解決型の科学技術政策を描いたところでイノベーションにはつながらないことが露呈した結果とも言える。ただし、今回のコロナ禍のような国家レベルの危機から誘発されるイノベーションモデルは一つの類型に過ぎず、現代に求められるイノベーション政策はもっと多様かつ柔軟であるべきとの指摘もなされていることも付け加えておく[1]。

一方、大学の産学連携に目を移すと、本来の研究環境の劣化に加えて社会に向けた貢献が義務化され、財政面でも大学自ら予算を確保していく方向性が定着しつつある中、産学連携は重要な機能として認識が広がっている。Society5.0に象徴されるように、大学への期待は個々の分野から横断的分野へ、また具体的な課題解決から不確実な未来に対する知の提示へと期待の範囲が拡大してきたと言える。民間企業との共同研究にしても、個対個から、必然的に大型化する組織対組織へと期待が広がり、同時に、大学の研究成果が事業にまで具現化されたスタートアップにまで社会の関心が移ってきている。大学の産学連携における課題は、これほどまでに拡張した守備範囲にどのように対応するのかとも言える。かつての産学コーディネータや最近ではリサーチアドミニストレータといった支援専門人財を大学に迎え入れ対応してきた歴史は、特に国立大学に特徴的な教員組織と職員組織との2極体制において、どのように内在化していくのかについて課題を浮き彫りにしている[2]。外部法人化にその解を求める傾向にあるが、これほどまでに拡張した産学連携に対する主体性と対応能力がそもそも大学内部になれば、外部法人の形骸化を招くだけであると筆者は考えており、内在化の鍵は大学における知を生み出す機能（研究者）とその知を価値化する機能（料理人）との役割分担であることを示してきている[3, 4]。

そもそも大学の知自体が価値の基本的概念を提供するものであり、それ自体の価値を表現することは困難であるが、ポストコロナ禍に迎えるであろう、国家レベルから個人レベルまでの新たな価値形成の流れに対し、大学の知が生み出す価値について体系的に捉える試みは、産学連携のみならず、大学に関係する国の施策全般にも新たな視点を提供することを可能にする。本研究では、複素数の概念を応用し、大学の知そのものは実数成分には表れない虚数成分を有する価値（複素価値）として仮定し、複素空間における産学連携の実態描写を試みる。

## 2. 超スマート社会が目指す価値体系の再定義

第5期科学技術基本計画では、超スマート社会の実現（Society5.0）のために3つの要素「ものづくりのみならず科学技術成果のあらゆる分野・領域への浸透」、「サイバー空間とフィジカル空間の高度

な融合」、「サービス事業のシステム化とシステム間連携」を示している。いずれもサイバー空間におけるデジタルデータを媒介として、ものづくりといった実空間（フィジカル空間）に融合させコトづくりへと昇華させるイノベーションモデルを想定している。ものづくりでは品質といった物質的価値が重視される一方、コトづくりでは主観的価値として認識されやすい。かつてはデジタルデータが利用されていた領域は極限られた範囲であったが、技術の進歩により情報科学がありとあらゆる領域で有効となったことが要因とされる[5]。しかしながら、現状の政策スキームからは、深刻化する現状の課題を克服するために、あらゆる領域でデータ化を試み、課題の解決・改善に利用する、また、データを介してあらゆる領域がつながっていくことで自ずとイノベーションが誘発される、ということ以上のことを読み取れない。ビッグデータを人工知能で分析したところで主観的な価値形成まで到達できるかは未知であり、これまで科学技術政策から一線を画していた人文社会科学に注目が集まるのも肯ける。それぞれの産業分野でデジタルトランスフォーメーションと称して出来ることを寄せ集め「超スマート社会」を謳うだけであれば、センシング技術や人工知能技術などの技術革新に依存する、従来型のイノベーションモデルを踏襲するだけである。肝心なのは、サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合した社会（ここではCyber-Physical SocietyとしCPSと略す）がどのような新しい価値を提供し得るのか体系化に描写することだと考える。

CPSを体系的に描写した例としてREALITY2.0が挙げられる[5]。サイバー空間とフィジカル空間との関係性を中国古来の思想に由来する“陰と陽”の関係性と捉え、むしろ、その境界が明確に存在していることを前提としていない。現実社会はサイバーとフィジカルが複雑に入り組んだ状態（森羅万象）であって、その混沌とした状態から、実体定義レンズと称されるレンズにより切り出された“像”が実際に価値を提供するという概念である。従って、どのような課題を解決したいかによりこの実体定義レンズは変わってくる。重要なのは、単にサイバー空間とフィジカル空間を融合させるだけでは新たな価値を生み出すことはできず、実体定義レンズというあるルールで定義づけられた操作を通して価値を具現化するという新たな体系を示した点である。しかし、実務上実体定義レンズの具体化が困難であり実装に向け向けては課題が多いと思われる。本研究では、物理学にヒントを得て、複素数の概念を用いてCPSを表現することを試みる。CPSの体系的描写の必要性はサイバー空間とフィジカル空間の融合によって新たに生み出される価値を可視化することである。従って、ここではサイバー空間を単にデジタルデータと捉えるのではなく、デジタルデータを含む仮想世界が提供する価値として捉える。言い換えれば、物理的因果はよくわからないがこれまでも価値と認識されてきた要素であったり、ポストコロナ禍で新たに共有される価値観であったり、物理的な説明が難しい、しかし価値として存在する要素を描写する場合、物理現象の描写における複素数の役割との類似性を想像するのはさほど困難ではない。また、価値の概念を複素平面上で描写することの利点として以下の点も挙げられる。

- 1) 意思決定に不可欠な向かうべき方向性をベクトルで表現できる。
- 2) フィジカル空間（実部）とサイバー空間（虚部）とを独立に設定できると同時にそれらの関係性を位相角 $\theta$ で表現できる。
- 3) 時間発展について座標原点の軌跡で表現できる。

図1に「複素価値ベクトル」の模式図を示す。実部には一般に認識されやすい価値の要素として、例えば、物質的な価値を提供するものとして日本の産業政策上重要視されてきたものづくりが挙げられ、価格やコストも含めて総合的な価値と認識され購買や投資行動につながってきた。政治、法律、行政、さらには防衛や外交も、多くは実社会で物理的に起こり得る事象に対する価値観に連動する。健康や医療においても、健康であること自体に価値を認識するケースは稀であり、多くは病気や怪我と言った現実の苦痛を回避するための価値と認識される。一方、虚部としては一般に可視化が難しい価値の要素を設定する。実部のものづくりに対して付随するサービスや、ブランドと言った心理や内面に訴える無形の価値要素が考えられるし、実部の政治、法律、行政とは表裏一体の関係と言える文化、芸術、伝統、思想が含む価値も虚部に該当する。昨今の健康・長寿社会に向けた政策効果についても、それぞれの国や地域さらには個人が有する社会性に依存する。

SDGsへの関心の高まりが象徴的であるが、これまで、実部として表されるようなリアルな発展や成長に対する価値観が支配的であったとすると、地球の物理限界であったり、既存の経済システムの限界であったり、今回のコロナ禍が決定的となり、国、地域、個人の間での共存や相互理解と言ったこれまで認識されにくかった価値観の重要性が高まるとと思われる。本研究で提案する複素価値ベクトルは、このように認識されにくいのが確実に存在する要素を視覚的に描写することが可能であり、それぞれのシチュエ

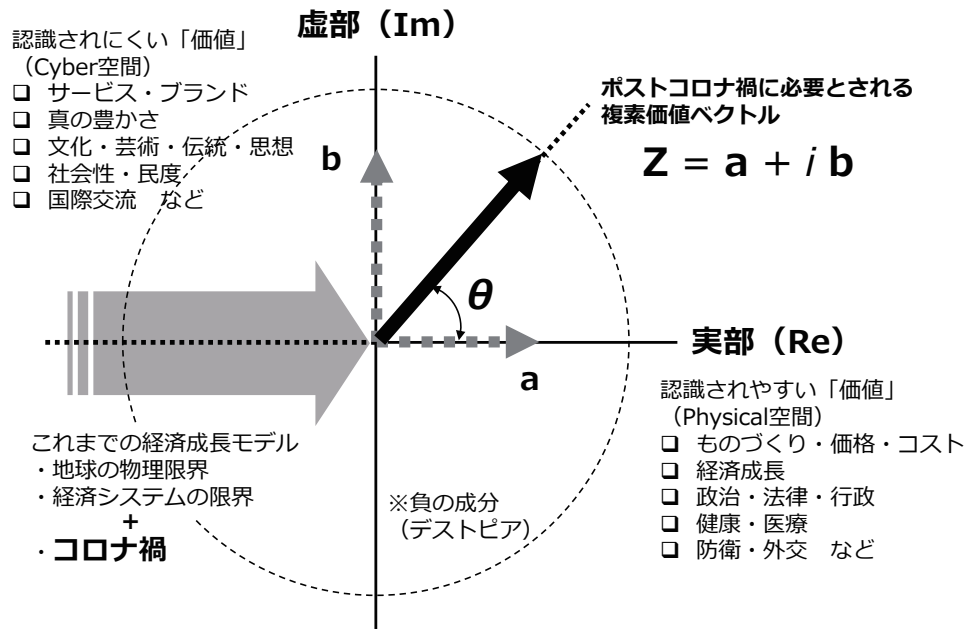


図1 複素平面を利用したポストコロナ禍における社会価値形成の方向性。サイバー空間とフィジカル空間との融合により生み出される「価値」を実部と虚部からなる「複素価値ベクトル」として表現する。実部には認識されやすい価値成分、虚部には認識されにくい価値成分を有する。

ーションにおいて実部と虚部をどのように設定するのか？特に虚部の定義であったり、位相角であったり、どうしても実部に誘導されようとする現実の中で、CPS実現に向けた的確な方向付けを可能とするものである。ただし、負の虚部を持つ世界観（ディストピア）を描写可能であることも言及しておく。

### 3. 産学連携による複素価値形成

本研究の主題である産学連携に複素価値ベクトルを適用してみる（図2）。企業側から見ると、既存事業の売上や利益を維持していても将来の不確実性に備えて新しい知見の獲得に期待するのは当然と言え、それは昨今国立大学における企業との共同研究が増加していることから読み取れる[6]。また、産業分野別で考えても、分野の衰退に対応するために産学連携を選択することもある。研究開発型の企業であれば自社では難しい基礎研究や、自社事業とは一見無関係の基礎学問分野を大学に期待するケースも見受けられる。一方で企業としては産学連携への投資による認識されやすい価値としての実部成分を獲得しなければならず、従って、理想的な産学連携が描く複素価値ベクトルは実部と虚部両成分を有するベクトルで表現できる。例えば、産学連携に期待される認識されやすい価値として、自社事業に直接関係する実学や応用研究、さらに開発まで進めることにより連携の成果を物理的に把握しやすくなる。また論文や特許も同様であり、最終的には売上などの経済効果に価値を求めることになる。一方、大学が提供し得る、一般に企業からは認識されにくい価値として、基礎学問・研究、新しい発想や着想、企業の社会貢献などの要素が考えられる。理想的には、実部の価値形成が困難になった企業と大学が連携することにより（開始点）、企業が実部と虚部の価値要素を獲得し（終了点）、その後新たな成長軌道を獲得する流れである。CPS 実現に限れば、産学連携を通してその後も独自に虚部の価値形成を行いながら競争力のある成長軌道を獲得する場合もあれば、単に既存事業の付加価値とする場合もあり、特に後者の成長持続性は低い可能性があることも付記しておく。

しかしながら、産学連携の実情としては、連携当初は虚部の認識されにくい価値について企業側の理解が得られていたが徐々に実部の認識されやすい価値の方へ重心が移っていき、大学と企業双方にとって有益な成果を確認できないまま連携が終了することが極めて多い。端的には、大学は虚部に、企業は実部に関心が高いとすると、理想的な産学連携を構築するには実部と虚部とのバランス（位相角  $\theta$ ）であったり、連携終了後に企業が新たな成長軌道を獲得できるポイント（終了点）までのベクトルの長さであったりとの設定が適切でなかったとも言える。連携を始める前から、当該企業や属する産業分野がこの複素価値空間でどのようなベクトル情報を持つのか？連携終了後にどのような成長軌道を獲得するポテンシャルを有するのか？を見極めておくことが重要であり、そのための虚部を大学側がどのように設定するのかで連携の効果が大きく異なってくる。ただし、大学側も虚部だけを提供するだけで実部に



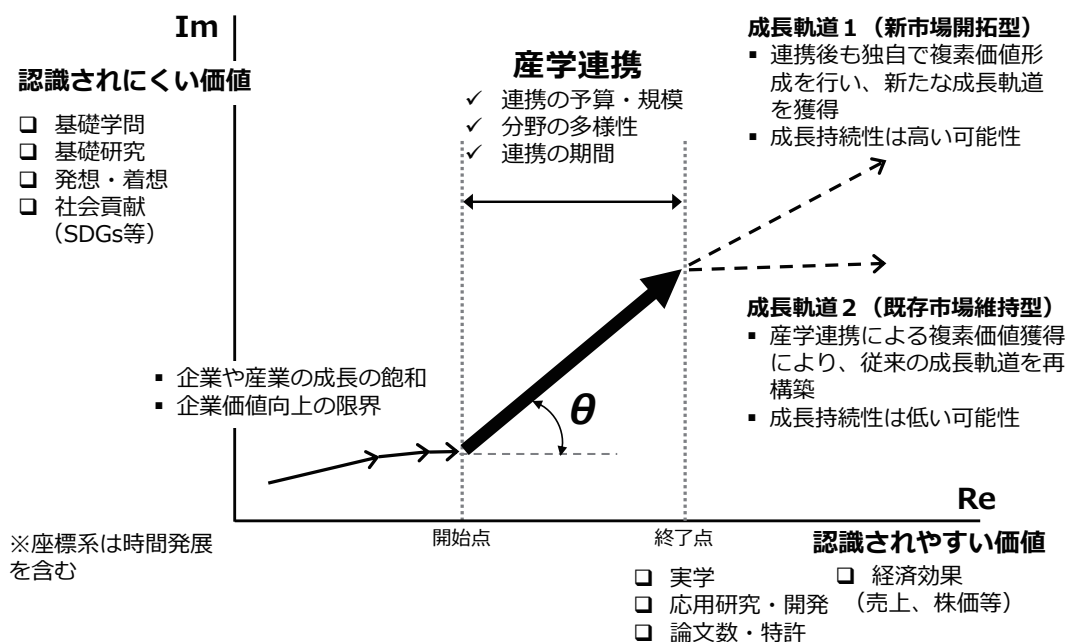


図2 複素価値平面における産学連携の位置づけ。一般的に企業や産業における価値形成の方向性は実部成分が強く、大学から提供される価値には虚部成分が強い傾向を例示的に表している。産学連携を通してその後の企業や産業がどのような成長軌道を描くかにより産学連携の評価が左右される。

ついて十分な配慮をしなければ、やはり連携の成果としての新たな成長軌道への接続は困難であることも認識しておくべきである。

#### 4. まとめ

価値の認識において、認識が容易な価値観が優先されることは当然であるが、超スマート社会実現 (Society5.0) に向けて随所に価値観の転換が迫られるようになってきた。さらにポストコロナ禍と言った決定的な転換点を迎え、これまでも重要と認識されながらも可視化されることが難しかった価値について、複素数の概念を参考に数学的描写を試みた。認識されにくい価値を認識しやすい価値と同等に扱うのではなく、複素空間における虚部とすることによりそれぞれ独立なパラメータとして扱うことが可能となる。さらに、実・虚を有する複素ベクトルを用いることで、これまでイノベーションの文脈で明確ではなかった産学連携の役割について全く新しい体系的描写が可能となった。本研究で提案する「複素価値ベクトル」はあらゆる事象に適応できる汎用な概念であり、ポストコロナ禍の有効な羅針盤としての可能性を示すことができた。

#### 参考文献

1. W.B. Bonvillian and C. Weiss, Technological Innovation in Legacy Sectors, Oxford University Press (2015).
2. 桑島修一郎, 日本の産官学連携に関する再考—大学の立ち位置についての誤解, 研究・イノベーション学会年次学術大会講演要旨集, 501-504(2018).
3. 桑島修一郎, 産官学連携から考える大学経営, 研究・イノベーション学会年次学術大会講演要旨集, 522-525(2019).
4. 喜久里要, 「統合的な価値」を生み出す組織づくりの勘所(1)~(3), 文部科学教育通信, No. 481-483, (2020).
5. “情報科学技術がもたらす社会変革への展望—REALITY2.0の世界のもたらす革新—”, CRDS-FY2015-XR-05, (2015).
6. “大学等における産学連携等実施状況について”, 文部科学省.