

Title	文理融合が目指す価値創造：「複素価値」の考え方
Author(s)	桑島, 修一郎
Citation	年次学術大会講演要旨集, 36: 112-115
Issue Date	2021-10-30
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17901
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

文理融合が目指す価値創造 - 「複素価値」 の考え方 -

桑島修一郎（京都大学大学院総合生存学館）

kuwajima.shuichiro.3c@kyoto-u.ac.jp

キーワード：文理融合、複素価値、学際研究

1. はじめに

国の科学技術政策においてイノベーションへの期待が高まる潮流は、会議体や計画等の名称変更に象徴されるように、主要国共通の様相を見せている。イノベーションへの期待が政策的なキーワードから実際の価値創造へと移る中で、科学技術そのものだけを対象にすることの限界が露呈してきたとも言える。筆者は科学技術政策上の大きな転換点が第5期科学技術基本計画において提案された Society5.0 にあったと捉えており、急速なデジタル化社会への変貌を見据えたサイバー・フィジカルの融合をどのように具現化するかを重視してきた。その問題意識の背景には、筆者が長年関わってきた産学官連携の現場で早くから同様の課題が見られたことがあり、価値観の異なるセクター間で価値を共有する仕組みの欠如に困惑してきたことによるところが大きい [1,2]。それはアカデミア内部において早くから重要性は認識されつつ、実際の活動が難しい学際研究についても同様である [3,4]。

本質的な意義や共通の価値を認識する以前に、学際研究と産学官連携に共通する構図に対し、筆者はこれまで複素数の概念を用いて複素価値を認識することで、異なる価値観が交差するのではなく、双方の価値観が包含され融合する仕組みの可能性について考察してきた [5]。梅棹が当時中心的な価値であったモノづくりを「実業」と表現し、実態は見えにくいけれども確実に存在する情報を扱う産業を「虚業」として情報産業の台頭を予想していたことに始まり [6]、2010年代には社会において、実と虚双方を含む複素数の概念を用いた思考が重要になることを佐藤は説いている [7]。このような背景の下、新たな概念モデルとして提示した複素価値モデルを様々な事例に適用し、有効性を検証することが必要であり、本研究ではグローバル課題解決と文理融合という2つの大きな命題を課された大学院における博士論文研究から読み取れる文理融合の有効性を考察する。

2. 文理融合型大学院における教育研究

文科省「博士課程教育リーディングプログラム（オールラウンド型）」に採択され、京都大学の新たな実行組織として2013年に設置された大学院総合生存学館（思修館）では、総合学術基盤として「八思（人文・哲学、経済・経営、法律・政治、語学、理工、医薬・生命、情報・環境、芸術）」を据え、通常の座学以外にプロジェクトベースリサーチ（PBR）、サービスラーニング、武者修行（中長期インターンシップ）といった実践教育ツールを導入して5年一貫制の博士課程を提供している。一般教養としての文理融合と大きく異なる点は、単に文理個別のカリキュラムを羅列することではなく、「総合生存学」という新たな学問領域を確立することにある [8]。

現在の地球社会が直面するグローバル課題の多くは、文化・産業・経済・国家などの複雑で巨大なシステムに関わる複合的・構造的なものであり、個々人、地域社会、産業システム、社会システム、さらには国家や世界全体が共存するために持続可能で創発力のある新たな社会システムの構築に向けて、リーダーシップを発揮できる人財の育成が必要である。従って、博士論文研究としてグローバル課題を取り上げ、その解決に向けた具体的な道筋を見出すところまでを設定する必要がある、その過程に不可欠な様々な専門分野の教員に研究指導を仰ぐ複数指導体制を採用している。

3. 総合生存学館における博士論文研究

当該大学院の学位授与方針（ディプロマ・ポリシー）は以下となっている。

- 1) 人類の生存と地球社会の持続に係る複合的な諸課題を解決するため、総合的かつグローバルな視野から先駆的・独創的な学術研究に高い倫理性をもって自律的に取り組むことができ、優れた研究企画推進力によって新規性、独創性、応用的価値を有する学術的成果をあげることができること。

- 2) 多様な価値基準が交錯する現代社会の地球規模課題を、関連する諸課題を含め、多元的な価値観を持って深く理解し、文理にわたる複数の学問分野の専門的知識を活用して解決に導く実現可能性のある手段や方法を熟考・評価し、国際社会にて提言できること。

表1 京都大学大学院総合生存学館における博士論文（2021年3月現在）

年度	学位論文タイトル	八思分野	概要
2017	An Assessment of Civic Scientific Literacy and Its Long-term Formation	人文・哲学	民主主義社会において科学に関わる社会的意思決定のために必要な「市民的科学リテラシー」に着目、その現状把握と向上のための方策の検討、そして新たに開発したツールを用いた実践とその効果の検証した。
	セルフヘルプ・グループにおける「対話」の研究	人文・哲学	従来のセルフヘルプ（自助）・グループに関する研究の細分化を克服するために、俯瞰的・総合的な見地から既存の理論的研究を十分に踏まえるとともに、実地調査から「対話」が決定的な役割を果たしていることを明らかにした。
	Foreign Direct Investment in Renewable Energy in Developing Countries	経済・経営	再生可能エネルギー分野における海外直接投資決定要因の新たな分析枠組みの構築に成功した。また社会的意義として、自身の小水力発電投資事業を通じて得た経験知、及びインドネシアでのフィールドワークを踏まえ発展途上国における投資環境構築に向けた評価ガイドラインを作成した。
	The Legal Structure of Global Administration for the Realisation of the Human Right to Water	法律・政治	水に対する人権（水への権利）について、「グローバル行政法」を理論枠組みとして採用した上で、従来の国際法学では捉えきれていない問題も視野に入れて、水への権利の確立と非国家アクターの活動に関わる法的発展を関連付けて水への権利の実現に関するグローバル行政モデルを提示した。
	An Integrated Approach to Combat Diseases of Poverty: Malaria as an Example	医業・生命	解決が切望される喫緊のグローバル課題の中から特に発展途上国で生活する貧困層が直面している世界4大感染症の1つ「マラリア」を中心に抗マラリア薬開発に関する問題点を抽出し、その解決方法を知的財産の共有と創造の観点より提案した。
2018	Effects of Competence-based Curriculum in Secondary Education: Focusing on Critical Thinking and Career Development of Rwandan Students	人文・哲学	ルワンダの後期中等教育段階の学生を対象に2016年から導入されたコンピテンス基盤型教育の効果について批判的思考の向上とキャリア発達の関係を明らかにした。
	Application of Mirror-image Screening Technology by Expansion of Bioassay Systems and Chiral Resources	医業・生命	化学合成が困難で十分な研究がなされていなかった天然物の鏡像体に着目し、合成されたD-タンパクに対して天然物ライブラリーを評価することで、仮想的に天然物鏡像体のスクリーニングができることを実証した。
	Local Redox Imbalance Induced by Intraorganelle Accumulation of Misfolded Proteins	医業・生命	細胞内の局所的レドックス状態を可視化することで、細胞内に取り込まれたアミロイドβタンパクの毒性がリソソーム膜損傷にあることを明らかにし、ハイスループット創薬スクリーニングへの応用可能性を示した。
	Conservation of Archaeological Sites with Local Communities: Mitigating Salt Deterioration through Environmental Control and Implementing Social Cooperation	人文・哲学	従来の保存科学に囚われない観点を軸に、これまで確立されていなかった遺構の塩類風化対策を現地フィールド調査に基づき提示、さらに社会学的な見地から地元住民を巻き込んだ保存を検討した。
2019	A Consideration of Applying Collective Impact Framework to Sustainable Tourism: The Case Studies in California, United States and Iriomote Island, Japan	人文・哲学	グローバル課題であるオーバーツーリズムに対して、貧困、教育、犯罪などのさまざまな複雑な社会問題を解決する方法として提案されたコレクティブインパクトフレームワークについての基礎的な構造を示すことにより持続可能ツーリズムの維持・確立について考察した。
	A Study on the Method of Policy Design for Sustainable Energy Systems: Implications from the Case of Japan	経済・経営	「科学者による政策デザインへの関与」という主題に対し、政策デザインにおける科学者の関与方法について考察し、持続可能なエネルギーシステムを目指した政策デザイン手法を提案した。
	An Evaluation of Rural Electrification Using a Sustainability Assessment Framework: The Case of Kenya	経済・経営	持続可能性評価フレームワークを用いてケニアにおける農村部電化による影響を考察し、現地フィールド調査に基づく政策提言までを行なった。
	The Hidden Contribution of Food Literacy to Food Waste Reduction	経済・経営	国際的に注目されている食品ロスに関して、人類学で使われる参与観察の方法を用いたフィールドワークの結果に基づき、食品ロス削減に向けたフードリテラシー概念の拡張と、ロス削減の方法論の提案まで行なった。
	Synthetic Constitution and Modulation of Microbial Metabolic Systems for Advanced Biochemical Generation	医業・生命	合成生物学の見地から、キシロース異性化酵素に対する金属コファクターの最適戦略によりヘミセルロースからエタノールを生産、また、コリネ菌へのメバロン酸経路導入により、イオン液体処理後の植物バイオマスから次世代ジェット燃料生産を実現した。
	Key Elements of Spring Research and Conservation: Biological Indicator, Habitat Classification and Assessment	情報・環境	生物多様性を維持するためにも不可欠な湧水についてその生物指標種の特定、河川システムにおける湧水の生息地の分類およびその評価方法について考察した。
	ハンナ・アーレントの政治哲学の射程—開発の再考に向けて—	人文・哲学	理論と実践の両面から従来の「開発」の限界を浮き彫りにし、経済成長や進歩として理解されてきた「開発」を、アーレントが提示した「開示」としての「開発」を手がかりとして再検討を行なった。
2020	The International Tax System in the Digitalized Economy Studied from the Viewpoints of Network Science and Policy Process	法律・政治	国際的租税回避という経済のデジタル化を背景とした新たなグローバル問題について、財政学的な基礎検討を行った上で、ネットワーク科学の方法論を用いて実証的な研究を行い、国際的租税回避を抑制する国際課税制度の可能性を示した。
	Space Weather Prediction Using Ground-Based Observations	理工	太陽フレアによる故障リスクが少ない地上望遠鏡を用いて、太陽爆発によるフィラメント噴出とCME発生との関連性を事前に予測する宇宙天気予報システムを確立した。さらに実効的な「SMART/SDDIフィラメント消失カタログ」を作成した。
	Structural Studies of Pt-based Electrocatalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cells	理工	触媒自身の活性だけではなく、担体構造やアイオノマーの特異吸着制御など触媒の周辺構造を制御する技術に着目し、operando計測に基づいて、触媒構造、触媒周辺構造が活性に与える影響を定量的に評価した。
	Study of Effective Use of Sugarcane Residue as Eco-friendly Construction Materials for Disaster Prevention Structures	理工	建設分野での再生可能材料の利用促進を強く求められている今日の情勢に対して、サトウキビバガス材とバガス繊維を最小の加工で実用的な利用に耐えうるための基礎的研究と実際の適用例を示した。
	Synthesis and Evaluation of the Pyrrole-Imidazole Polyamides for Cancer Treatment	医業・生命	新たな分子標的薬の開発に向けて、多種類のDNAアルキル化ピロールイミダゾールポリアミドの探索により抗がん剤としての副作用軽減について示唆を得た。また、医療分野イノベーションに向けた医療系ベンチャー企業と医療関係者との連携オンラインプラットフォームの開発を行なった。

- 3) 社会において多様な価値・システムあるいはイノベーションを創成することを目指し、高度で指導的な役割を担うために必要な理論と実践の双方の能力を発揮して、公共的な使命を果たすに相応しい強い倫理的責任感を持ち、グローバル社会において、幅広い分野で主体的に活動することができること。

表1に示すように、総合生存学館では、2017年度に初めて博士学位の審査が行われ、2020年度までに21の博士論文を認定している[9]。なお、概要については、博士論文に付随する「論文内容の要旨」と「論文審査の結果の要旨」から筆者が抜粋、要約したものである。いずれも地球規模のグローバル課題とされる研究テーマを扱っており、多くの場合、専門性の軸となる八思に分類される研究分野を設定して基礎研究からアプローチし、そこで得られた成果を実証、政策提言、ネットワーク形成といった具体的な課題解決に資する道筋をつけるところまで到達している。ただし注意すべきは、当該大学院では3年時（博士後期課程1年時）に武者修行（海外長期インターンシップ）と4年時（博士後期課程2年時）にプロジェクト・ベースド・リサーチ（PBR）が必須であり、極めて厳しい時間的制約の中で、独創的な基礎研究に加え、自身で行った基礎研究が社会的にどのような意義を持つのかについても考察しなければならない実態となっている。

虚軸 (Im)

※認識しにくい価値

学術性

一般的な大学の基礎研究

総合生存学館における研究

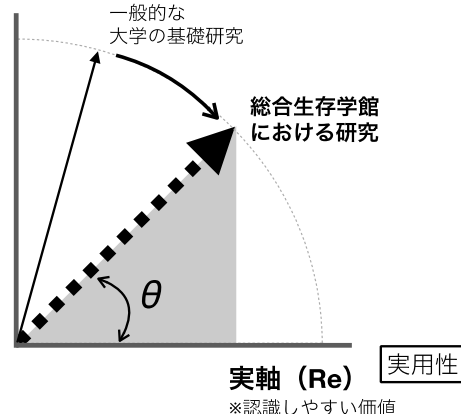


図1 複素価値モデルにおける研究の位置づけ

4. 複素価値モデルによる考察（1）

研究大学における多くの研究科では博士前・後期課程に渡る長期間を費やし、特定の専門分野における高い学術性の追求が学位基準となっていることが一般的であり、独創的な基礎研究から成果を得るのは容易ではない。従って、研究の学術性のみを追求することが要件ではない当該大学院における学位基準の留意点として、研究の学術性以外に実用性を含めた検証が必要であり、しかも学術性と実用性が強く相関しているかについての視点が必要ではないかと考える。しかしながら、実用性といった一般に価値として認識しやすい要素と、研究における学術性といった価値として認識しにくい要素を同等に評価することは難しい。「大学の研究がどのような役に立つのか？」といった議論でいつも誤解されているように思うのは、「大学の研究」と言ってしまうと研究者や研究テーマが実態として存在するので価値として認識されやすいが、「大学の研究」の本当の価値とはその研究の背景や着想に至った経緯などを含む広範な学術性にあるとも言え、その認識しにくい価値要素のうち認識しやすい要素だけを切り取って「役に立つ」と認識しているのではないかと思われる。それは「大学の研究」と「イノベーション」との関係でも同じであり、大学の研究自体の社会的意義を表現することは一般的に困難であり、それらが既存の仕組みの中でどのような変革をもたらすのかを示すことでイノベーションとの関係性が見えてきて初めてそれらを価値として認識できると考えられる。しかしながら、それらは部分的な価値認識と言え、認識しにくい価値すべてを含むトータルの価値として認識するためには、実用性といった認識しやすい要素（実成分）に対して、学術性といった認識しにくい要素を虚数成分としてそれらの関係性を可視化する複素価値モデルが有効に働くと思われる。

図1のように、虚軸に学術性、実軸に実用性としてそれぞれの成分を規格化した場合、大学の研究を複素平面上のベクトルとして表現してみる。一般に学術性が追求される大学の基礎研究では虚数成分を多く含むと考えられ、図1の複素平面上では複素価値ベクトル（実線）として表される。実軸との角度を位相角 θ とすれば、位相角が大きい複素価値ベクトルとなる。一方で大学の研究には学術性を追求するものから実用性を追求するものまで多様であり、学術性よりも実用性（実成分）を求める研究を表す場合は複素価値ベクトルの位相角 θ は小さくなる。従って、複雑なグローバル課題解決に対し学術性と実用性両面の追求が求められる当該大学院の博士論文研究は、虚・実両成分を均等に有する複素価値ベクトル（点線）として表現できる。さらには学術性と実用性双方が均衡する状態（ $\theta \simeq 45^\circ$ ）では複素価値ベクトルと実軸で囲まれる面積が最大となることも研究の複素価値を量として評価し得る可能性を示している。

5. 複素価値モデルによる考察（2）

当該大学院の特徴として、グローバル課題解決に向けて文理融合に象徴されるように学問分野を超えた学際性の追求も挙げられる。八思分野の中から選択される専門分野の学術性を修得するとともに、基礎研究を軸にその実用性を確立していく過程において、文理にまたがる学際性を踏まえなければ複素価値としての最大化は困難と言える（図1）。例えば、今回のCOVID-19用ワクチン開発などは特定の専門分野の研究結果が非常に大きな社会的価値（認識しやすい価値）に直結するが、環境、エネルギー、国際政治などといった複合的課題に対しては、専門分野の学術性を追求するとともに、その分野の研究を俯瞰的に捉え直し、他分野との融合要素（学際性）を見出さなければ解決に向けた実質的な考察は困難である。ここで学際研究を複素価値モデルで表すことを試みると（図2）、研究を通して学術的課題を明らかにしていく（研究の具体化）という認識しやすい価値を実軸とするのに対して、研究を抽象化（相対化）することにより他分野との融合可能性を広げるという認識しにくい価値を虚軸に設定することにより学際研究を複素価値ベクトルとして表現することができる。文理問わず、それぞれの専門分野ごとに発展してきた研究体系の中で命題を明らかにしていく一般的な大学の研究に対して、その体系からも離れた視点で捉え直すことを可能とする研究を学際研究と定義すると、当該大学院が追求する博士論文研究は複素価値ベクトルを最大化するような学際研究であるべきとも言える。

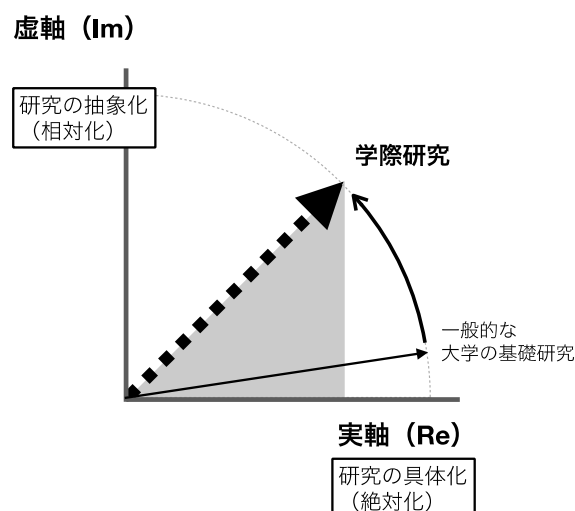


図2 複素価値モデルにおける学際研究

6. まとめ

本研究では、文理融合型大学院における博士論文研究に着目し、当該大学院の教育研究の特異性について、複素価値モデルを用いることにより創出される価値について考察した。一見相反する学術性と実用性双方の追求に対して虚・実に分離することにより新たな価値体系を示した。また同様に、これまで重要性は指摘されつつもその把握が困難であった学際研究に対しても複素価値として可視化の可能性を示した。

参考文献

1. 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).
2. 喜久里要・桑島修一郎, 「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).
3. F. Darbellay, Rethinking inter- and transdisciplinarity: Undisciplined knowledge and the emergence of a new thought style, Futures, 163-174(2015).
4. 森壮一, トランスディシプリナリティに関する調査研究(科学者とステークホルダーの超学際協働について), NISTEP DISCUSSION PAPER No. 105-2(2014).
5. 桑島修一郎, 新たな産学官連携に向けた複素関数論的一考察, 研究・イノベーション学会年次学術大会講演要旨集, 443-446(2020).
6. 梅棹忠夫, 情報の文明学, 中公文庫(1999).
7. 佐藤典司, 複素数思考とは何か。-関係性の価値の時代へ-, 一般財団法人経済産業調査会(2016).
8. 京都大学, 総合生存学総合生存学 グローバル・リーダーのために, 京都大学学術出版会(2015); 実践する総合生存学, 京都大学学術出版会(2021).
9. 京都大学学術情報リポジトリ「紅」, <https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/>.