

数学と物性物理学

(財)国際高等研究所長・大阪大学名誉教授 金森順次郎

1.はじめに

2006年5月17日に日本数学会と日本学術会議の共催で開かれたシンポジウム「礎の学問：数学 数学研究と諸科学・産業技術との連携」での講演とパネルディスカッションで述べた私の意見を以下にまとめた。

一般に日本では理論研究の意義について理解が不足している。私は数学研究者へのエールと同時に数学研究者が自然科学研究者とくに実験研究者の理論を飾りと考えている深層心理を理解することを呼びかけたい。森羅万象に潜む物の理が、既に全て解明されているわけではない。またそれが基本原理から出発した一元的の構造をもっているわけではない。この点については、かつては物理学でも要素還元主義(reductionism)が横行していて、自然の要素(素粒子)とその間の相互作用およびそれらの存在する時空の構造がわかれば、後は応用のみと考える人が多かった。しかし、集団は要素と隔絶した独自の性質を創発するということが認識されるようになり、諸科学の知的独立性が明らかになりつつある。この物の理の仕組みを理解しないで、要素還元主義に連結して数理が万学の礎になると考えるのは危険である。

最初次節(2.)で、物理学で行われている諸科学の知的独立性についての議論を紹介して参考に供したい。第3節(3.)で数学の発展へのエールを送りたいが、物の理と数理の探求はシームレスにつながっている。数学研究者とか物理や化学研究者の区分にとらわれないうで問題意識を共有することが、理論研究の意義の理解を促進することを強調したい。また、未来の数学への期待の一例として、筆者の過去の研究から合金の組成原子の相対濃度により規則的な原子配列構造が出現する問題を紹介する。これは局所的な構造と全体の配列というグローバルな構造の関係という問題を提起していて、固体だけでなく生体分子、言語等かなり広範囲に類似の問題があり、本質を貫く数理の解明が待望される。

第4節(4.)で、今後の数学と諸科学および産業との連携に当ってのご参考に供することを目的として、筆者の勤務する国際高等研究所を紹介する。国際高等研究所は、研究室26室、レクチャーホールなどを擁し、研究分野としては諸科学全てを覆い、専門分野を超えた研究者間の自由な議論をモットーとして、長期短期の滞在を通じた研究会などを実施している。とくに産学連携共同研究についての高等研モデルは、今後の大学の数学研究者と産業技術者の共同研究の出発点構築のよい参考になると考えるので紹介しておきたい。

2. 諸科学の知的独立性

自然科学において、素粒子物理学を中心に、諸科学は究極には素粒子の物理が取り扱う基本粒子の物理に帰着(還元)されるという要素還元主義 Reductionism が20世紀半ばまでは盛んに唱えられていた。Newtonによる天体の運動と地上の運動の両方に適用される普遍

的な法則の発見から，自然は神が普遍的な法則に則って創造したという信念が強固となった．一方，物質に宿る神の法則の探求が錬金術を経て化学に発展し，原子論に到達した．

原子の構造，電子の発見，原子と光と電磁波の相互作用の研究が進み，ミクロの世界には Newton 以来の古典力学は適用できないことは明かになった．その結果ミクロの世界を支配する量子力学が生まれた．物質の探求は，原子核の構造から各種素粒子とそれらの間に働く力の研究が進み，素粒子物理学という分野が確立した．一方光と電磁波の研究は，空間と時間についての相対論を生み，これら素粒子の存在する空間・時間の枠組みの描像も完成した．素粒子の研究は陽子，中性子，ニュートリノから各種の新しい素粒子へと進み，さらにそれらを構成するクォークという基本粒子群があるという描像へと発展した．その結果，各種素粒子とそれらの間の関係の追求が残された課題と考え，物質の究極の構成単位粒子(群)が解明されれば，あとはそれらの間の相互作用から種々の性質が生まれるのであって 2 次の科学であるという，The rest is chemistry. という素粒子物理学の(arrogant) reductionism を象徴する言葉が生まれた．また，V. Weisskopf は，科学を集約的な分野(素粒子物理学)と拡張的な分野(それ以外の全部)に分けて，自然法則は前者で探求され，各分野の法則はそれからの演繹であるとした．

これに反発して P. W. Anderson は，1967 年の講演をまとめ 1972 年に発表した More is different と題する論文で，科学はおおむね階層的であるとしても，各分野は知的独立性があつて，ある分野の法則が他の分野の法則から自明に帰結されるものではないことを鮮明に主張した．これはとくに素粒子物理学とそれに隣接する物性物理学にあてはまるもので，私はこれを物性物理学の精神的支柱として評価した．多数の構成要素からなる集団(物質)について，要素の性質とは隔絶した集団の性質ともいふべき新しい性質と法則が出現することの議論の基礎として，Anderson は当時も斬新な概念として注目されていた対称性の破れを採用した．以下にその内容を解説したい．

秩序が生まれて対称性の破れた状態が出現することは，恐らく強磁性体が最も古くから知られていた例であろう．原子の磁気モーメントが相互作用である温度を境にして 1 方向に揃った秩序状態に移る．この結果，無秩序状態では空間のどの方向も対称であったのが，秩序状態では磁気モーメントが揃う方向が特別になり対称性が失われる．しかし強磁性体の例は，個々の要素(原子)が小さい磁石であるとするとき，それが方向を揃えても別の世界が開かれたという意味を読み取るとうのは困難であった．

対称性の破れの重要性が明らかになったのは超伝導現象の機構の解明であった．超伝導は電気抵抗が全くゼロになる現象で 1911 年に水銀を液体ヘリウムの温度 4.2K まで冷却して発見された．物質の電気抵抗は，電流を担う電子が個々に独立して運動しているとすると，原子配列の乱れによって電子が散乱されることから生まれる．温度が幾ら低温であっても絶対零度で無い限り，原子が熱運動で振動して配列が乱れるので，電気抵抗が突然ゼロになるのは理解できない．

ここで少し話が飛躍することをお許し願いたい．量子力学では粒子と波という二つの描像

が両立する。1957年 Bardeen, Cooper, Schrieffer (BCS) は、電子が集団として運動する全く新しい状態に移ることが超伝導の機構であることを解明した。この新しい状態は巨視的な量子状態で、波としての位相の出現で特徴付けられる。位相が決まると、全体の粒子数は不確定になって、素粒子としての個々の電子という描像は全く成立しなくなる。また相転移の結果集団が決まった位相をもつということは、どの位相も平等であるという対称性が破れることである。超伝導の研究は自然界の粒子集団には隠れた対称性があり、その対称性の破れを作る相転移が存在することを教えた。

Anderson は、したがって、要素が集まって作る集団には隠れた固有の対称性があり、この対称性の破れが集団固有の性質を創発すると考えた。彼はこれを More is different (多は異なり) と表現し、それぞれの科学の対象はそれ自身から生まれる新しい法則をもっていき、学問に根源的と展開的という区別はないことを明快に論じた。この考えは、生物学にとっては当たり前であり、また複雑な系からそれぞれに新しいシステムが創発される (Emergence) というのはその後常識となってきた。数学を礎えの学問と主張されるのは reductionism と無関係であれば幸いであるが、素粒子物理学と連結するだけでは、万学の基礎になったとはいえないことをご理解いただきたい。

一例をあげると、多数の要素 (粒子) からなる集団を取り扱う物理学としては、統計力学と呼ばれる分野がある。巨視的な物理量を、各要素のもつ物理量の統計的平均値として導出するというのが基本的な考えであって reductionism の立場からの素粒子の世界から巨視的な物理量へのアプローチといえる。一方歴史的には、熱機関の効率の研究から 19 世紀に生まれた熱力学は、巨視的な世界からのアプローチの典型である。このアプローチからエントロピーという重要な概念が生まれた。熱平衡状態については、統計力学の立場からエントロピーやその他熱力学で用いられた巨視的な状態を特徴付ける物理量と微視的な物理量との関係が明かになって熱力学は統計力学から導かれるという解釈が支配的になったが、これと異なり巨視的な立場から、ある温度を転移点として対称性が失われる (秩序が生まれる) ことを示すアプローチが Landau たちによって 1930 年代から作られた。超伝導のように各要素と隔絶した巨視的な状態が生まれるときは、このアプローチが非常に重要となる。また、非平衡状態についての巨視的なアプローチが川崎恭治によって作られ、モード結合理論と呼ばれる。この流れでは、状態を巨視的に把握する概念とアプローチを発見することが基本である。

最も近縁の関係にある素粒子物理学と物性物理学の関係について、単純な還元主義が誤っていることを論じたが、このことは他の学問領域にもあてはまることは多言を要しない。生物科学でも社会科学でも、研究対象について要素分析のほかに全体を把握する概念とアプローチを発見することに苦闘が重ねられている。

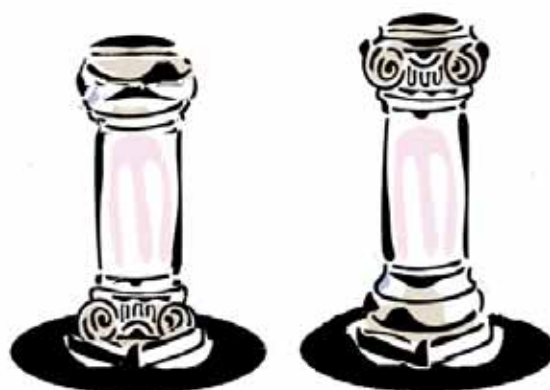
3. 数学への期待

諸科学にはそれぞれに研究対象に潜む理がある。私はこれを物の理を呼びたい。物の理

を記述しさらに拡張するには数学が大きな力を発揮する．数理と物の理はシームレスにつながっているが，理は数理だけでは片付かないので，問題を共有することが大切であることを強調したい．物理の研究者は Newton で象徴されるように必要に応じて物の理から数理へと迫る研究を展開した．Onsager の 2 次元イジング模型の研究から可解模型の数学への発展も数理と物の理の連結発展の例であろう．一方，量子力学の場合には，線形微分方程式の数学が先行していて，それと結びついて物の理が大きく発展した．



第 1 図 数理と物の理



第 2 図 礎か飾りか

しかし他の分野では，物の理の研究が進んでいても，数理自体は未解決の場合が多い．また，さらに数理も物の理も包含した理論科学自体が確立していない場合もある．私自身が関係した合金の物理学の電子構造や原子配列の理論でも，物の理としての有用性が認識されだしたのは 1980 年代で，金属の電子論が始まった 1930 年代から 50 年の歳月を経て，ようやく理論は，議論の枕としての装飾という取り扱いから，議論の礎になりつつある．諸科学でも物理学から生物科学へ進むにつれ，理論研究の重要度の認識は低くなる．また逆に諸科学の要求に応える数理も物の理も研究が進んでいない．以下で我田引水ではあるが，合金の物理学から，数理では必ずしも厳密な証明がなされていない場合でも，物の理は実験データからの支持でその存在意義が確立している場合と，数理が待望されている場合の例を紹介して，言わんとしていることを敷衍したい．

鉄やコバルトが永久磁石の材料であることは知られている．これらの金属では原子が磁気モーメントをもっていて，それがあある温度を境にして，低温側では一定の方向へ向きを揃えると強磁性状態になることは先に述べた．磁気モーメントが上か下か(右か左かでも構わない)の二つの方向しか取りえないとする模型がイジング模型である．これに対してより現実的な模型は，磁気モーメントがあらゆる方向を取りうるとするハイゼンベルク模型であろう．磁気モーメントの方向が無秩序である状態から強磁性状態への相転移が数学的に厳密に取り扱われているのは 2 次元イジング模型だけで，3 次元イジング模型，ハイゼンベルク模型，まして，磁気モーメントを担う電子が原子から原子へ移動する金属強磁性体について数学的にはその数理は完全には解明されていない．しかし遷移金属とよばれている

原子番号が 23 から 29 までの金属 Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu は、互いに溶け合っただ合金を作るが、これらの中には強磁性を示すものが多く、様々な用途に用いられている。これらの合金では、構成原子は結晶格子の上に原子番号の区別なしに無秩序に並んでいるのが普通である。その電子状態を計算する理論は、数学的厳密性が証明されていない近似を用いてはいるが、定量的に磁化の強さ、結晶構造、電気的性質等について見事に定量的に多くの合金についての実験結果を再現することが出来るようになった。その際理論は一切実験データを用いないで結果を導くので第一原理からの計算と呼ばれていて、現在ではどのような合金を作ればどんな結果が得られるかという物質設計の手段として信頼されている。物の理の一つの典型である。講演では実験データと理論との比較を示したが、ここでは省略する。

次に数理が待望されている例として再び合金に例をとるが、後でのべるようにもっと一般的な意味をもつ問題である。2 種類の原子 A と B からなる 2 元合金 $A_{1-x}B_x$ で、原子はある与えられた格子の上に分布しているとする。濃度 x を変えて行くと温度が十分低いとき特定の濃度で、A と B が規則正しく並んだ規則合金が出現する。途中の濃度では、隣接した特定の濃度での規則配列が混合した状態となる。温度が十分高いと A, B 原子が無秩序に並ぶ。面心立方格子合金では $x = 1/8, 1/6, 1/5, 1/4, 2/7, 1/3, 1/2$ など規則構造が発見されている。なお、成分のどちらを A とするか B とするかは自由なので以下では $x < 1/2$ とする。

ここで最も簡単な原子対相互作用モデルで考察を進める。原子の配置に依存する全エネルギー E は V を相互作用のエネルギーの大きさとして

$$E = V_{1AA} p_{1AA} + V_{1AB} p_{1AB} + V_{1BB} p_{1BB} + V_{2AA} p_{2AA} + V_{2AB} p_{2AB} + V_{2BB} p_{2BB} + \dots$$

p_{1AA} : 最隣接 A A 原子対総数 p_{1AB} : 最隣接 A B 原子対総数

p_{1BB} : 最隣接 B B 原子対総数 p_{2AA} : 第 2 隣接 A A 原子対総数

.....

と書く。ところが N を格子点の総数 (端が気になる方は格子がトーラス面上にあると考えたい) として

$$2p_{kAA} + p_{kAB} = A \text{ 原子総数 } N(1-x) \times k \text{ 番目隣接格子点数}$$

$$2p_{kBB} + p_{kAB} = B \text{ 原子総数 } Nx \times k \text{ 番目隣接格子点数}$$

がなりたつので、 p_{kAA} と p_{kAB} を消去して E を p_{kBB} だけで表すことができる。

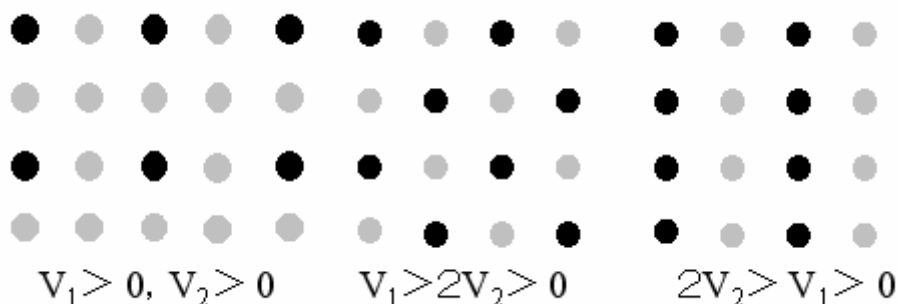
$$E = V_1 p_{1BB} + V_2 p_{2BB} + \dots + x \text{ だけに依存する項}$$

$$V_k = V_{kAA} + V_{kBB} - 2V_{kAB}$$

となるので以下では B 原子だけに注目してこれを粒子とよび、添字 BB を省略して

$E = V_1 p_1 + V_2 p_2 + \dots$ とし、与えられた格子点に与えられた数の粒子 (B 原子) を配置するとき、最低エネルギーの配列を求める問題を考える。手はじめに正方格子で相互作

用が斥力の場合 ($V_1 > 0, V_2 > 0$) をとりあげる。粒子同志がなるべく最隣接の位置にも第 2 隣接の位置にも来ないほうがエネルギーが低いので、 $x = 1/4, 1/2$ で第 3 図の規則配列が出現する。



第 3 図 左が $x = 1/4$ の規則配列，右の二つが $x = 1/2$ の二つの規則配列である。厳密には $x = 1/4$ では第 3 隣接相互作用が引力 ($V_3 < 0$) と仮定している。

この結論は次のような不等式を用いて導くことができる

$p_1 = 0, 2N(2x-1), \dots$ $p_2 = 0, 2N(2x-1), \dots$
 $2p_1 + p_2 = 0, N(4x-1), \dots$ これらの右辺はいずれか大きい方をとるので，変わり目は $x = 1/4$ と $x = 1/2$ である。エネルギーの表式を書き直して

$$E = (V_1 - 2V_2) p_1 + V_2 (2p_1 + p_2) \quad \text{あるいは}$$

$$E = (V_1/2) (2p_1 + p_2) + (V_2 - V_1/2) p_2$$

とすると，それぞれで係数が正の範囲で不等式を用い，その x 依存性の変り目で第 3 図の規則構造が等号を満たしていることを確かめると $x = 1/4, 1/2$ での規則構造の出現が結論される。

問題は不等式をどのようにして導くかということになる。例を $2p_1 + p_2 = 0, N(4x-1), \dots$ にとってその導き方の一つの方法を示す。与えられた粒子配置（例えば第 4 図 A）を，第 4 図 B に示すような格子点 4 つを含む図形に分解する。一つの粒子は，この場合格子点を共有する四つの図形に所属することになる。図形に含まれる粒子数によって，図形を分類すると第 5 図のようになる。それぞれの分類の図形の数，元の粒子配置（第 4 図 A）を与える五つの座標と考えて，全体の粒子配置を表現することにする。第 4 図 A は $u_0 = 6, u_1 = 11, u_2 = 11, u_3 = 1, u_4 = 1$ である。なお，図形の数座標と名づけたのは，四方義啓氏（名城大）である。分解法を変えて他の図形で考えることも可能でそれは別の座標系を与える。話しを元に戻すと，一般的に次の等式を導くことができる。

$$\text{格子点の総数 } N = \sum_m u_m \quad (\sum_m \text{ は今の場合 } m = 0 \text{ から } m = 5 \text{ までの和})$$

$$\text{粒子の総数の 4 倍 } 4N = 4Nx = \sum_m 4mu_m \quad (\text{一つの粒子は 4 回数えられるから } x \text{ は粒子の濃度})$$

$$\text{粒子対の総数 (重複を考慮して)}$$

$$2p_1 + p_2 = \frac{m(m-1)}{2} \cdot u_m$$

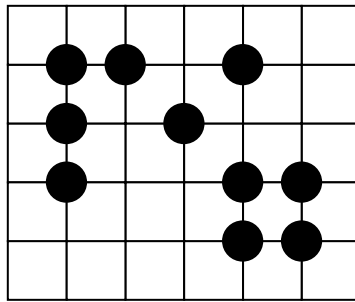
ここで q を任意の整数として

$$\frac{m(m-q)(m-q-1)}{2} \cdot u_m = 0$$

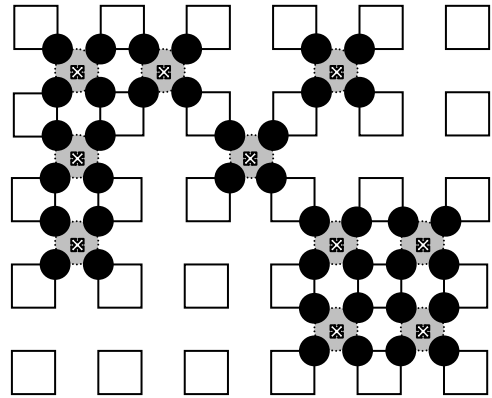
を変形して

$$2p_1 + p_2 = q \cdot 4Nx - \frac{q(q+1)}{2} \cdot N$$

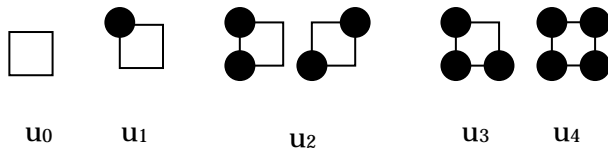
右辺を最大にする q をえらべば $1/4 \leq x$ では $q=0$ で右辺は 0 , $1/2 \leq x < 3/4$ では $q=1$ で右辺は $N(4x-1) \dots$ と問題の不等式を導くことができる。



第4図A 一つの粒子配置



第4図B 第4図Aの配置を図形に分解



第5図 五つの座標 u_0, u_1, u_2, u_3, u_4 に 1 を与える図形．各座標は配置されている粒子の数だけで定義され，配置の仕方にはよらない．例えば図に示した 2 粒子の配置は同じ $u_2 = 1$ をもつ．これを区別するような拡張は可能であるがここでは立ち入らない．文末の文献参照

以上の議論で，同じ座標をもつ粒子配置が複数ある場合とか，座標を与えてもそれに対応する粒子配置が不可能な場合があるとか，数学的に気がかりな点は多々あると思うが，2次元，3次元の様々な格子について，第2隣接相互作用までであればこの方法で，エネルギー最低の規則構造を導くことができる．(例外は蜂の巣格子である．)第3，第4，第5・・・隣接相互作用まで考えると，この方法で導いた不等式は部分的にしか役に立たない．そのとき，ここで考えた図形(座標)よりももっと広い局所構造を取り入れると，一部の格子の限られたケースでは新しい不等式を導いて問題を解決する事が可能である．実験的にはこのような遠くまでの相互作用で始めて説明できそうな規則合金がいくつか発見されているが，そのすべてを導く解析は完成していない。

局所的な構造と大域的な構造の関係が問題となる例は、合金に限らない。言語学でもそのような問題意識があると聞いている。以上述べた初等的な解析を超えた数理の探求は待望される数学の発展の方向の一つである。

4. 産学連携についての国際高等研究所で生まれた新しい法モデル

最初に財団法人国際高等研究所のプロファイルを述べたい。全国財界からの寄付によって1984年に設立された財団法人国際高等研究所の施設は、敷地4ha、本館は延床面積約6,000㎡の規模で、研究室26室、レクチャーホール、セミナー室、会議室、家族用住宅6棟、単身者用宿舎等からなる。研究所は人文・社会・自然諸科学の知の交錯と国際性を標榜し、自由闊達な意見交換が行われるコミュニティを形成して、人類の未来についての哲学と科学の諸課題について新しい基礎概念を創出することを目指して、「人類社会の調和的発展のための問題解決の統合システム創造に係る基礎研究」を総合課題として、従来の研究分野区分にとらわれないユニークな研究を推進している。行っている代表的な事業は、大学、諸研究機関にまたがって組織されるチームによる研究プロジェクトである。研究チームは大小様々であるが、全国各地から参加するメンバーの総数は2006年度には700名に上る。第6図にこれらのプロジェクトを大テーマ別に示した。いずれも今後の研究の指針となる成果をあげているがその詳細およびその他の事業についてはホームページ <http://www.iiias.or.jp> に譲る。

高等研の研究プロジェクトの特色の一つは、学術情報システムや産学連携共同研究について、情報の自由な流通を可能にする研究基盤形成に関するプロジェクトである。これらは1988年に北川善太郎氏（現高等研副所長）によって情報市場の法基盤として提案されたコピーマート構想の発展であって、これまでの研究から下記のような幾つかの高等研モデルが創出され、高等研だけでなく所外でも採用され、評価されている。

高等研モデル I	学術出版コピーマート	適用例：高等研報告書，選書の出版（後出）
高等研モデル II	産学連携研究の法モデル	適用例：日本学術振興会研究開発，産学協力研究各委員会 文部科学省科学技術振興調整費プロジェクト
高等研モデル III	学術情報，知的財産	適用例（計画を含む）：化学物質，電子顕微鏡写真，法情報， 遺伝資源，能の世界，物質理論設計プログラム，・・・
高等研モデル IV	新教育プログラム	適用計画例：大学新構想，e-learning

以下で産学連携に関する高等研モデルを紹介して，数学における産学連携の参考に供したい。

第6図 国際高等研究所の研究プロジェクト 大テーマ別に実施年と代表者を記載

異文化の接触と理解

比較幸福学 1994-1997 中川久定
「一つの世界」の成立とその条件 1999-2003 中川久定
多元的世界観の共存とその条件 2005-2007 石川文康
東西の恋愛文化 2001-2003 青木生子
開発途上国と日本人長期政策アドバイザー 2003-2005 橋本日出男
21世紀の宇宙開発・宇宙環境利用の問題 2002-2006 木下富雄
19世紀東アジアにおける国際秩序観の比較研究 2006-2008 吉田忠

スキルと感受性

わざ学 1995-1997 山口修
臨床哲学の可能性 1999-2001 野家啓一
スキルの科学 2002-2005 岩田一明
センサー論 2002-2005 鷲田清一
芸術と社会 2004-2006 佐々木正子
スキルと組織 2006-2008 榎木哲夫

情報と人間

情報論的転回 1995-1997
吉田民人
社会情報学 1995-1997
吉田民人
言語の脳科学 1997-1999
乾 敏郎
思考の脳内メカニズムに関する
総合的検討 2001-2004 波多野誼余夫

基礎科学と先端技術

物質研究における多角的協力の構築 1998-2001
金森順次郎
物質科学とシステムデザイン 2001-2004
金森順次郎
量子情報の数理 2002-2005 大矢雅則
電子系の新しい機能 2005-2007 新庄輝也
高度計測技術の発展と埋没 2005-2006 本河光博
文化財保存技術 2006 志水隆一
先端考古科学 2005 足立裕彦

研究基盤形成

情報市場における近未来の法モデル
1998 - 2002 北川善太郎
共同研究の法モデル 2003-2006 北川善太郎
学術研究機関における学術情報システムのモデル
構築 2005-2007 北川善太郎
産学連携の知的財産法モデル 2005-2006
北川善太郎

社会の未来

安全科学 1993-1997 村上陽一郎
自己家畜化現象と現代文明 1996-1998
尾本恵市
科学の文化的基底 1997-1999 伊東俊太郎
環境と食料の調和に関する研究 1998-2000
渡部忠世
高度情報化社会の未来学 2000-2001 坂井利之
法観念の比較文化論 2000- 2001 上山安敏
災害観の文明論的考察 2001-2004 小堀鐸二
日本社会の自己決定と合意形成 2002-2005
田中成明
コア・エグゼキュティブと幹部公務員制度

生命と社会

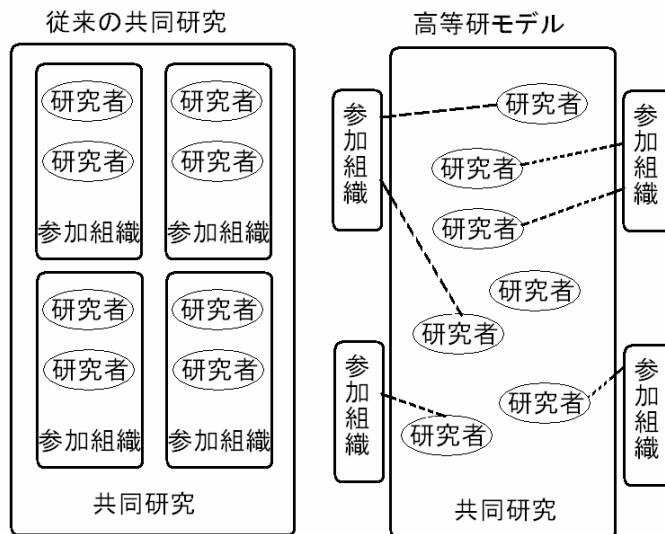
学習の生物学 2004-2006 星元紀
生命科学の発展に対応した新しい社会規範
2006-2008 位田隆一

生命の諸様相

生命体の多様性 岩槻邦男 1996-1998
生物研究と生命 1998-2000 中村桂子
種属維持と個体維持のあつれきと提
携 2000-002 岡田益吉
分化全能性 2003-2006 原田宏

複雑系と進化

複雑系の秩序と構造 1994-1997
長谷川晃
多様性の起源と維持のメカニズム
2000-2003 吉田 善章
隙間 - 自然・人間・社会の現象学
2004-2006 鳥海光弘
ダイナミクスからみた生命的システム
の進化と意義 2004-2006 津田一郎
進化と文法 2005-2006 藤村 靖
認識と運動における主体性の数理脳科
学 2006-2008 沢田康次



第7図 共同研究の高等研モデル

産学連携のように複数の組織が共同研究をする場合、従来は第7図の左のように参加組織の間で契約を結ぶ。このとき個々の研究者はそれぞれの所属組織のルールに従って研究に従事するので、他の組織の研究者との間には常に組織の壁が存在する。これに対し、高等研モデルでは、参加組織が個々の研究者が共同研究を行なう機構(共同研究体)に参加することを承諾し、研究者は機構内では組織の壁を越えて共同研究を行なう。そのさい、参加研究者は知りえた情報については機構外にもらさない守秘義務を負う。また、共同研究の結果生まれた知的財産についてはそれがどの研究者に属するかということ機構内に設置された判定委員会が判定する。その判定後は、知的財産の所有者と認められた研究者は、自分の属する組織のルールでその知的財産を取り扱う。この高等研モデルの特色をまとめると、

- ・参加研究員の独自研究と、各自の職務との直接関係を否定
- ・参加研究員の守秘義務
- ・共同研究体内における研究の自由
- ・共同研究体が知的財産創出判定
- ・個人帰属ルール
- ・個人帰属後に所属の企業なり大学の職務発明規範による最終帰属
- ・二元構造による研究の自由保証

である。詳細は文献を参照されたい。この高等研モデルは機構(共同研究体)の中での自由な討論を可能にすることと、外に対しては公開の場での発表でないという防衛的な機能も持っている。また、共同研究体の主宰者が知的財産権を主張しないことで、知的財産権の最終帰属に影響を与えないことも、参加組織の同意を得る上で重要である。先に述べたように幾つかの公的委員会等の研究組織で採択され好評を得ている。文献にその一例をあげた。

文献

第 2 節

P.W.Anderson, Science 177(1972)393

“More is different”

福山秀敏, 日本物理学会誌 61(2006)546 新著紹介欄: R.B.Laughlin のより敷衍した新著の紹介とともに関連文献リストを記載

第 3 節

J.Kanamori, Prog. Theoret. Phys. 35 (1966) 16-35

"Magnetization Process in an Ising Spin System"

M. Kaburagi and J.Kanamori, Prog. Theoret. Phys.54 (1975) 30-44

"A Method of Determining the Ground State of the Extended Range Classical Lattice Gas Model"

J. Kanamori and M. Kaburagi, J. Phys. Soc. Jpn. 52 (1983) 4184-4191

"Exact Ground States of the Lattice Gas and the Ising Model on the Square Lattice"

J. Kanamori, J. Phys. Soc. Jpn. 53 (1984) 250-260

"Infinite Series of Ground States of the Ising Model on the Honeycomb Lattice"

第 4 節

北川善太郎著高等研報告書 205 「産学連携高等研モデル」2003 年; 同「職務発明と産学連携 - 大学の知的財産ビジネスのために - 」コピーマート研究所, 2003 年

評価の一例は大阪大学大学院工学研究科堀口明子, 国方伸一, 松本茂野, ディニョ ウィルソン, 中西寛, 笠井秀明による日本知財学会 2006 年講演要旨

「国際高等研究所モデルを適応した共同研究運営のケーススタディー

法モデルの実践【ナノスピントロニクスデザインと創製】 - 社会連携の法問題をクリアするための一つの枠組 - 」