

# 新たな学術の地平を求めて

---

2021.5.26 佐藤哲也

◇ 吉田所長の所信表明（2021.4.1）：

☆学術研究所である

☆基本的価値観の共有：「自由意志の尊重」と「合意」の形成

☆成果を一般化する、分節化する：基本概念の構築



新しい学術の地平を開く

☆実行研究体制として双焦点楕円構造のユニット制をとる

★ “我々は何処からきたのか、我々は何者なのか、我々は何処へ行くのか” - ここにこそ吉田所長の崇高な哲学がある

◇ “我々は何処から来たのか” — 人類の進化の歴史を知る

● 人類の誕生（数百万年前）

☆ 道具を使う、火を使う — 原始時代

● 自然の摂理を知る、それを利用する — 古代文明（一万年前～）

☆ 農耕（洪水の仕組み）、牧畜（動物の習性）

- ☆ 都市・国家の形成 → 智恵と欲望（権力）の増大
- ☆ 肥大化した帝国の末路 → 古代文明の崩壊（～4世紀）
- 自立できる閉じた独立小国家（領国）群の分立 — 中世封建文明
  - ☆ 領主と領民の役割分担 → 局所平衡状態の成立
  - ☆ 外部情報の流入 → 航海術・輸送技術の発達 局所平衡の破れ
- 豊かなイタリアに自由意志の目覚め — ルネッサンス（14-16世紀）
  - ☆ 貿易の発展、文化・芸術の開花 → 個人の能力の尊重
  - ☆ 文化・芸術だけでは食べられない → 新しい概念導入の必要性
- 自然の恵みの少ない中央ヨーロッパにおける合理性の目覚め
  - ☆ デカルトの要素還元論の誕生 → 西洋科学の勃興 — 西洋文明
  - ☆ 科学技術による産業革命、戦後の半導体の発見による情報革命
  - ☆ 西洋文明の発展による物質文明の謳歌 — 物欲の文明
  - ☆ 人類による地球環境の破壊と貧富の二極化 → 西洋文明の崩壊



今や、人間の欲望が肥大化し、極度の非平衡状態に達し、

西洋文明は滅びる寸前にある



新しい人類の価値観に転換すべき時代に来ている

◇ “我々は何者か” — 科学の進化の歴史を見る

- 西洋科学誕生以前（～16世紀）：

☆自然の観察・観測 → 自然の法則性（摂理） → 人類の生存

農耕、牧畜、占星術、航海術、災害予知、等々

- デカルト（1596-1650）以降：

☆ルネッサンスの人間の感性の解放 → 知性の高揚（大学創設）

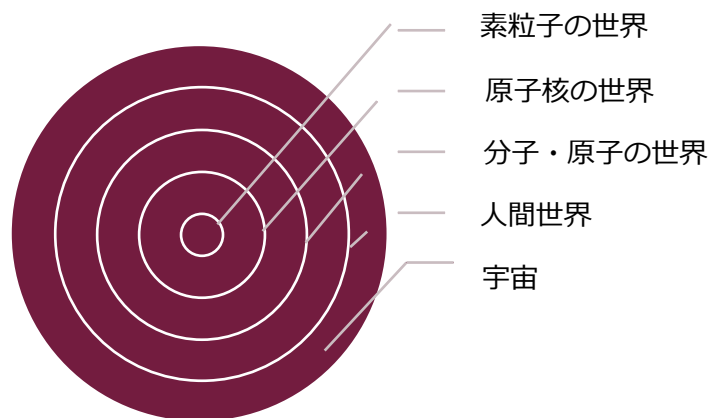
☆自由意志のヨーロッパ北上 → 理性を重んじる西洋科学の誕生

☆西洋科学の基本理念 — デカルトの要素還元論：

自然は階層的に要素で構成されている → 要素に分解する

全ての階層の要素の解明 → 全ての階層の要素を元に戻す

このプロセスで自然の働きは完全に解明される



☆要素還元パラダイムによって20世紀半ばまでに、宇宙、人間界（現象界）、分子の世界、量子の世界を支配する基本法則はほぼ完全に解明した。

☆要素還元科学はより専門分野化を促進：

分野はそれぞれの言語圏を形成、分野間の意思疎通が消滅

現在、各分野はほぼ飽和状態に達し、お互いの情報交換がなくなり、全体的に閉塞感が大きく漂っている



新しい学術の地平を開くことが強く囑望される

---

我々人類文明の栄枯盛衰、我々科学者の信奉する西洋科学の栄枯盛衰を我が身として経験している皆さんが、今何をなすべきかについて、様々な分野を長年渡り歩いた私の経験を通して得た“何処へ行くのか”についての思いを今日はお話ししたい

“行くべき方向に向けての私の基本的な考え方”

今、人類は新たな価値観（パラダイム）を求めている

科学者も新たな学術の地平を探し求めている

では、研究所は何処へ向かうべきか？



## “我々は何処へ行くのか”

---

☆現在のコロナの襲来は人類に西洋文明からの脱却を促している

☆学術の閉鎖性はデカルト的枠組みからの脱却を促している

☆核融合科学研究所は LHD 研究からの脱却が求められている

◆要素還元パラダイムは万能か？：

●自然(宇宙)に最小の要素は本当に存在するのか？

クォークには定まった形はないと言われている

宇宙に始まりはあるのか？



要素還元パラダイムは完璧か？

●要素還元パラダイムは平衡状態においてのみ成立する

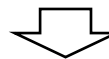
非平衡状態では、要素を取り出せない、元に戻せない

“人体の臓器交換手術が可能なのは、臓器（要素）の生存

時間が手術期間に比べて長い時のみである”

つまり、非平衡状態では要素という概念が存在しない

実証性、厳密性を担保するが故に**未来**は対象にならない



★合理性・平衡性（要素性）からの脱却→**複雑性・多様性の肯定**

★実証性・厳密性からの脱却→**未来予測学の肯定**

★開発研究からの脱却→**学術研究へのシフト**

## 現代西洋科学の方法論 - 木を見る科学 -

要素還元論は木の根の如くどんどん細分化・専門化され、先鋭化していくが、その最先端は決して交わることなく広がり続ける。土地から得た栄養分は技術として吸い上げられて現象界で幹となり枝となって成長していく

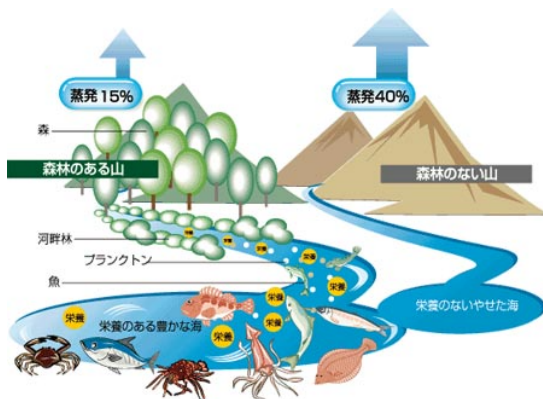


© Can Stock Photo - csp5002769

Google 検索より

## 新しい学術の地平を拓く方法論 - 大海の科学

木々（専門分野）はそれぞれに成長していく。しかし、木には寿命がある。これまでに得た栄養分（科学的知見と応用技術）を川の流れの如く取り込みながら大きな河と成長し、それぞれの海に注いでいく。その海は他種多様な生命を育んでくれる大海となって繋がっていく - “八大河悉く大海にそそぐ”



海洋政策研究所 Ocean Newsletter23 号より



北海道開発局ページより

## 複雑性科学と多様性科学の開拓

### ☆ 複雑性科学の定義 (佐藤) :

一つの論理体系 (非平衡・非線形) の中で起きる異常現象 (爆発、崩壊、相転移、自己組織化等) の因果関係の個別説明を通じて一般法則の抽出を行い、その体系化を図る学問

複雑現象の例 : L/H 遷移、ゾーナルフロー、ブートストラップ電流、ダブルレイヤー、駆動型磁気リコネクション、岩石破壊、材料破壊、車輪のパンク、相転移、等々 - ベクトル型コンピュータ、個別現象説明実験装置

### ☆ 多様性の科学の定義 (佐藤) :

異なった論理体系の共存するシステムにおいて、互いの時空の相関関係 (相互作用) によって現れる特異性を抽出し、その体系化を図る学問 - 自然現象、社会現象、生態、未来予測はその典型

多様現象の例 : 閉じ込めスケーリング則、プラズマ-壁相互作用、太陽風-磁気圏-電離層相互作用 (オーロラや磁気圏サブストーム)、マントル-プレート相互作用 (巨大地震)、地球中心核(熱源)-外核 (ダイナモ層) 相互作用 (地磁気発生と極性反転現象)、二極化対策、温暖化対策、コロナ対策、株価変動、各種社会・経済問題、等々

★複雑性科学・多様性科学構築のための方法論の開拓が必死：

- 核融合科学研究所には様々なプラズマ閉じ込め装置、計測装置、加熱装置、材料実験装置、冷却装置などの実験のノウハウの蓄積 - テーマの設定が問題
- シミュレーション研究・データ解析の実績とマルチスカラ素子とベクトル素子を共有する雷神、表現法として3次元可視化装置 (CompleXcope) の存在

複雑性研究の具体的方法論：MHD、粒子、MD 及びジャイロカインティックコード、加熱、計測、閉じ込め装置、材料実験装置、etc.

多様性研究の具体的方法論：マクロ・ミクロ連結階層 (MMI) アルゴリズム, LHD 基盤装置 (プラットフォーム)、材料実験装置、CompleXcope, etc.



**複雑性科学・多様性科学開拓の方法論と実績を保有**

核融合研には、巨大なプラズマ閉じ込め装置 (LHD)、各種の計測装置、プラズマ加熱装置、低温実験装置、炉工学実験装置、スーパーコンピュータ、没入型3次元仮想現実装置、等々他の機関にない特徴的な装置を有し、それらを活用できる研究者、技術者が豊富にいる。学術研究を推進する潜在的能力を有する研究者も大勢いる。あとは、所員の潜在能力を引き出させる外的環境を整えることである。



# “自然界をエネルギー・物質の発生、輸送、変換という エネルギー・物質循環系として捉える”

「熱・流れ・電場・磁場エネルギーが輸送・変換する循環系の科学」

- 例 1：地球磁気圏系エネルギー循環

太陽風（プラズマ流）



磁気圏境界面：



前面でのリコネクションと側面での粘性輸送

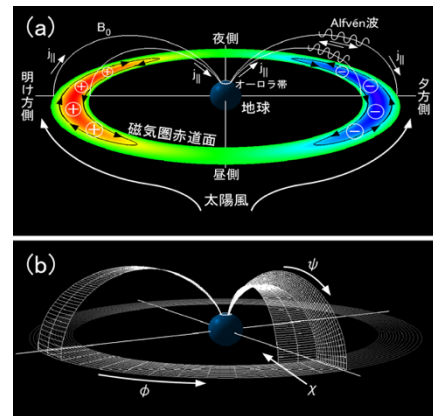
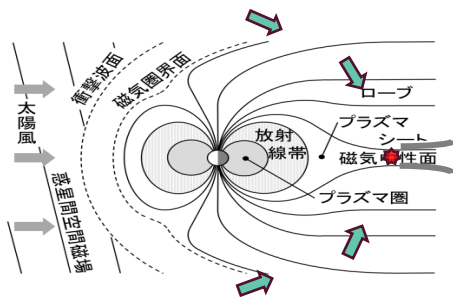
磁気圏内部：



赤道面の二つ目玉の対流（起電力）、尾部での圧縮加熱（プラズマシート）と磁気中性面電流の増加（磁気エネルギー増加）

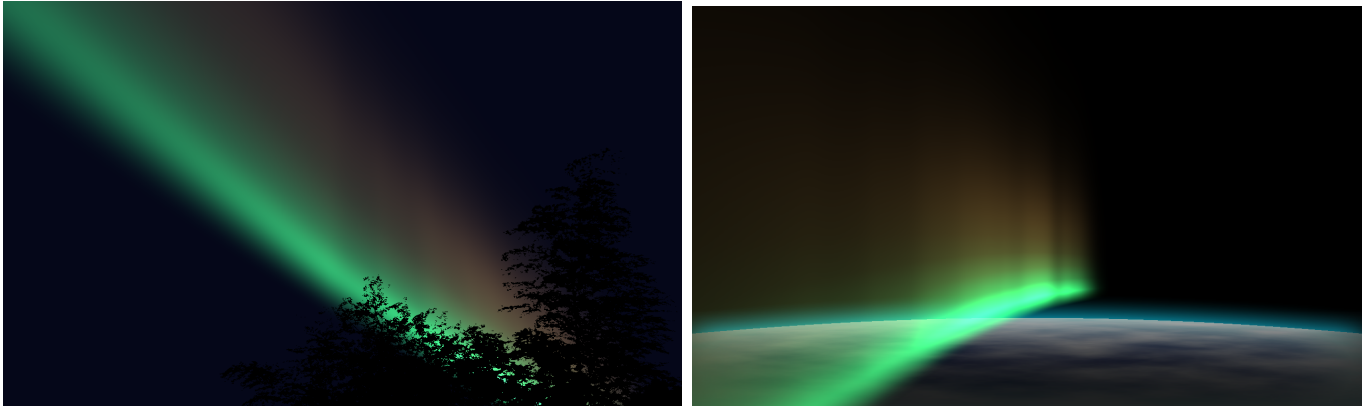
磁気圏・電離圏結合系：

赤道面起電力と電離層（抵抗）を結ぶ沿磁力線電流系の形成



異常現象 1：太陽風の変化による磁気中性面電流の増加、ミクロ不安定の発生、それに伴う異常抵抗発生による磁気リコネクションの駆動、磁気圏サブストームの勃発、高エネルギー粒子の電離層への降下によるオーロラサブストームの発生

異常現象 2 : 太陽風の変化 (流速増加や北向き惑星間磁力線の到来) による起電力の増加、磁気圏・電離圏結合電流系のアルフベン不安定性の発生、沿磁力線電子流増加によるダブルレイヤーの形成、降下電子の異常加速によるオーロラの発生



MMI アルゴリズムを用いた大規模シミュレーションによるオーロラアーク形成のスナップショット  
(長谷川・大野・佐藤論文より)

● 例 2 : 地球マントルにおけるエネルギー循環

地球中心核の熱源



マントル部



プレート層

マントル対流、マントル上部にプレート層が形成される  
マントル対流によるプレートの分裂、マントル対流の合流地点における二つのプレートの衝突・圧縮による摩擦熱の蓄積

異常現象 3 : プレート衝突面における摩擦熱の蓄積によるプレート破壊

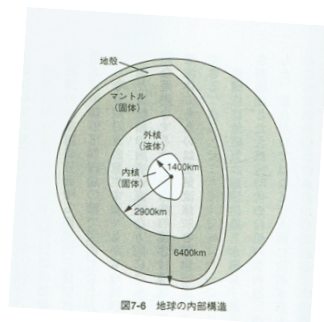
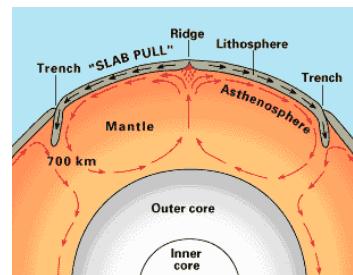


図7-6 地球の内部構造



- 例 3 : 地震波による建物内歪みエネルギー伝搬

地震波発生

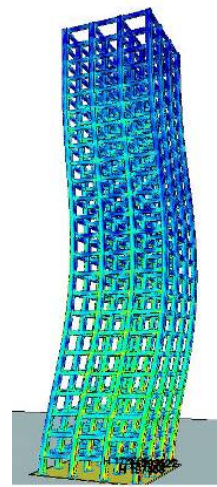


地震波が建物地点に到達、振動が建物内を伝播

24 階建 RC 建物

地震波の応力で構造材に歪みがかかり、弱い箇所が破壊

異常現象 4 : 建物破壊



水島靖典氏より提供（地球シミュレータ利用）

- 例 4 : ダイナモ作用による地磁気発生と不規則反転の繰り返し

地球中心核の熱源



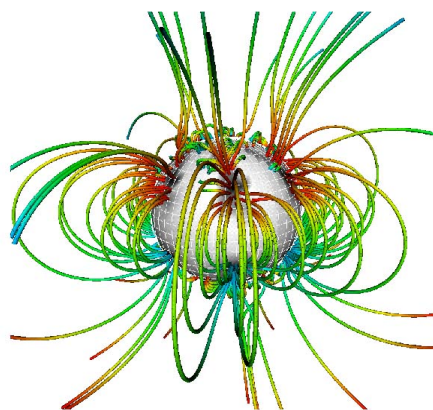
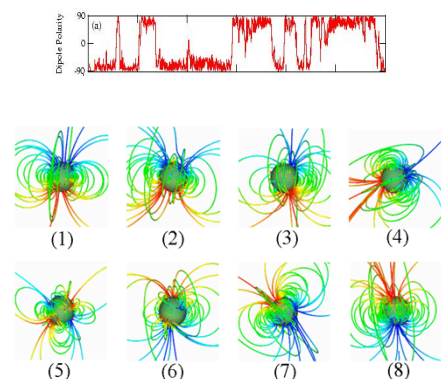
上部コア（ダイナモ層）

対流が誘起、磁場の増大、双極子磁場の形成、北向き磁場と南向き磁場が双安定状態を示し、不規則に極性反転が繰り返される

プレート運動観測から得られた4千万年間の地磁気ダイポール地場の逆転現象



シミュレーションが得た生成ダイポール地場の不規則且つ突然の逆転現象



陰山グループの研究 (上図は李・佐藤・陰山、Science (2002) 論文より引用)

これらの成果は、ほとんど核融合科学研究所所員の研究成果である。しかし、ほとんどの研究者は現役時代に研究所を去っているというのも事実である。核融合炉開発研究一本に走った結果、これらは核融合研の生み出した成果であると学术界は認識していない。

今回学術会議において研究所が評価されなかったのは、シミュレーション研究においても実験研究においても学術として大いに評価されてしかるべき成果が出ているにもかかわらず、核融合燃焼を目指す開発一本という名の下に傍に置かれてしまった結果であろうと推測される。

“核融合研から創出されたシミュレーション、実験の成果を鑑みると、  
学術に新たな地平を拓く素地は十分あると考える。”

LHD 装置という世界でも稀有な巨大な真空容器と磁場を作るトロイダル、ポロイダルコイルが存在し、プラズマ発生・加熱・計測・低温技術、材料工学技術が揃っている。しかも、MMI アルゴリズムを筆頭に各種マイクロ・マクロシミュレーション技法、さらには、巨大なバーチャル表現のできる CompleXcope などの複雑性・多様性現象の研究に打って付けの道具立てが揃っている世界でも稀な研究環境の整った研究所といえる。

“ここで、現在、石黒静児教授の下で検討が進んでいるユニットの一つの基本的テーマとなりうる具体的計画について紹介する”：

●LHD 装置（巨大な実験プラットフォーム）を用いた太陽風-磁気圏-電離圏結合系におけるエネルギー循環システムの研究を検討中：

・太陽風の磁気圏への浸入（リコネクション、粘性輸送）、磁気圏赤道面内の二つ目玉の対流発生、北向き磁場（B）と対流（V）による東西（朝から夕）方向の起電力（電場 E）の発生、抵抗性弱電離の電離層を通してのアルフベン波による放電で磁気圏-電離圏大電流系の形成

・アルフベン不安定性の発生による沿磁力線電流の増加によるダブルレイヤーの発生、沿磁力線電子の加速による静かなオーロラアークの形成

・磁気圏前面でのリコネクションの増大による太陽風の南北からの対流による磁気圏尾部領域の圧縮、プラズマシート加熱と磁気中性面電流の増加によるマイクロプラズマ不安定の発生（電気抵抗の発生）、磁気リコネクションの駆動によるエネルギーの爆発的な解放（サブストーム）、伴う加速粒子の大気圏への降下、それに伴うオーロラサブストームの発生

最後に；

学術の体系化（一般化）に向けた一つの具体例

個別現象の振る舞いを俯瞰することによって一般法則が見えてくる

自然界におけるエネルギー爆発現象の発生仮説の提唱

「一般に、自然界において発生するエネルギーの異常（爆発）現象は大域的（マクロ）なエネルギーの循環（発生・輸送・変換）システムの中の局所エネルギー場の特異点（集積点）において強制されるマイクロプロセスによって引き起こされる」

むすび

“何事がきても、たとえ逆にきても、順に受け、先を明るく見よ、  
されば、恵眼が開かれん”      — ある高僧の言葉から