“共生・共創[1]”の数理リテラシー教育と探究学習・考

～「やらされ探究」、「高校生の探究公害」、日々の理数探究で疲弊する教師たち～

はじめに　私の論稿『今ない不確実に立ち向かう数理リテラシー教育に向けて』[2]の主人公は、私を含め教え学びを担う教師と学び手です。教育現場を離れて 10 年近く経過していた私は、教育には今「浦島」状態だった。そんな私の数理リテラシ−教育内容の充実を志した研究・実践を、英国の検索サイト Core.ac.uk が発掘し、思いもかけない〈探究〉の〈先行研究〉と世界に向け喧伝し検索案内した。しかしこれは本人の意に反する降ってわいた『今ない不確実』であって、世界に喧伝されてもとうてい納得できるものではない。

そして恐らく私以上に「総合的学習の時間」を〈探究〉に代え、〈数理探究〉をはじめ〈探究〉重視を打ち出し法的に実施を強められる渦中にある教師と生徒にとっても『今ない不確実』であったであろうことは想像に難くない。本稿テーマの副題に見る〈探究〉を巡る混乱はその何よりの証左ですが、批判すべきところは別にある。それは「自分たちの生育歴の中で、これが〈探究〉学習といつ教えられ、自分の受けた教科教育法の中のどこでこれが〈探究〉学習の指導法として教わっただろうか？」と自問自答しても蘇ってこないはず。なぜなら、戦後教育の中でそんな教育が行われた史実はないのだから。

私は、その後求められ、半年ばかりかけた 2025 年 12 月 20 日にパート２を『福井の科学者』142 号と Web 併用したホーページ（以下、HP）に公開した。その正月明けから驚く事態が起こっていた。Microsoft-Edge を中心にパート１・２他の私の研究・実践や諸論稿並びに「山岸昭則」を冠した問い掛け（プロンプト）への生成ＡＩが群発していた。曰く、「生涯と業績」を筆頭に、業績と影響、理念と教育、数学＝パターンの科学観、抽象思考育成法等々５０以上の生成ＡＩにのぼる。このどれ一つも私が問いかけたものはなく、〈先行研究〉という情報を頼りに〈探究〉の具体を求め、ＡＩに問いかける疲弊した教師たちの姿が垣間見える、果てに GEMINI は、「山岸氏の 21 世紀型教育をイメージして教材を組んでお見せしましょか？」というご託宣まで。これには冷やかし半分に問いかけた。幸いなことに、６月中旬現在、「不確かな時代に活きる数理リテラシ−教育を創る」研究者と人となりを生成ＡＩされ、何とか〈探究の先行研究〉者という頸木からは免れた。

課題は数理リテラシーと〈数理探究〉との相異をどうするかである。そこでＨＰに継続 UP を試みた。

1．帰納・演繹・発想を統合した全体思考で

～探究活動のあるべき姿とは～

いくつかの数楽問題に挑戦。

数楽１】 統計力学的“ボード・ゲーム”

小さい頃の散歩途中、静かな川面に小石を投げ込むと波紋が広がりつつ、少し経つと波紋が消え元の状態に戻る様子を目にしたことがあると思います。似た事象はもっと身近にもあります、容器内に入れた液体を掻き回して放置するといずれ静止する。また、湯呑み茶碗に熱湯を入れ放置すると常温になります。

この“常温”、“静止”になる状態を“平衡状態”といい、このプロセスを“平衡状態の達成過程”という。この平衡状態の達成過程の時間的な動きをシミュレートする数理ゲーム教材を考案することから教師の〈探究〉活動について考える。

後で出てきますが、数理科学史上には有名な前例があるのですが、私はもっと数理リテラ

---

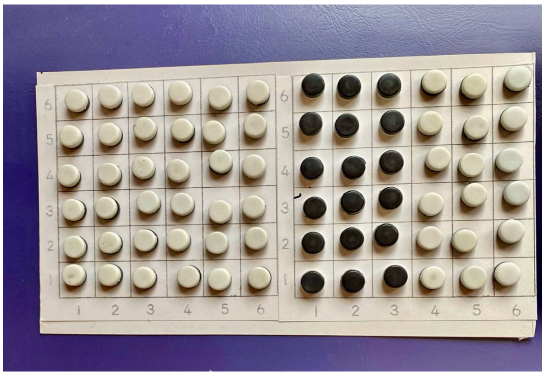
[1] 思想家イヴァン・イリイチが言った conviviality という言葉があった。日本語では「自立共生」と訳されるコンヴィヴィアリティ（conviviality）は、con（共に）＋ vivial（生きる）を語源とする。自立した存在が共に生きる中で生まれる生き生きとした情動や喜びを意味する言葉としてイリイチは使った。

イリイチがこの言葉を持ち出したのは、社会がコンヴィヴィアルな方向とは逆に行っているとの認識があったからだ。とりわけ彼が問題視したのは、人を自由にするはずのテクノロジーや制度が、いつしか人を隷従させる存在になっているという事態であった。脱学校、脱病院、脱高速道路網を説いて指弾していた。

[2] 今ない不確実に立ち向かう数理リテラシーの教育に向け

シー“教育向き”にしたいのです。

手元にある方眼紙でも白紙のＡ４紙でも良い。



写真のように、７x７の格子を作り左縦一列に下から上に１〜６、下横一列に左から右に１〜６と座標を入れ、６x６座標空間のゲーム盤を作る。ゲームは二人（独りでも可）によって座標数字の書いてある６×６の目の盤上で行なう。どちらか一方のゲーマーだけが自分の（表裏黒白のオセロ）チップで盤面を隙間なく埋めた状態から始める（写真左）。

ゲームは、大小あるいは色違いの二つのサイコロを投げて出目の座標（p ,q）にあるチップを「裏返し」し続け、最初盤面に置かれたチップの数の半分を異なった色に代える(この状態が常温・静止を意味する)ために要するサイコロを振った回数が数えられる。サイコロを振った回数の記録は振ったゲーマーのためのものとし、記録とチップの裏返しは相手が行う。

1ゲームが完了するには比較的多くのラウンドが必要である。なおサイコロの目のどちらをpとするかは最初に決めておく。このゲームの勝者は、盤面を半々にした回数が早い点数を示したゲーマーとする。

この平衡状態の存在を確認することが熱力学の始まりで、巨視的な物理量には平衡状態に関するものが極めて多い。時間的に変動する量の場合でも、平衡状態での値からのずれを問題にしたり、部分的にまたはある短い時間の間には近似的に平衡状態が成り立っていると考え、このような平衡状態の存在は、物質を基本粒子の集団として考える時どのようにして理解することができるのであろうか。

この問いに対して答えを出すことが統計力学の重要課題のひとつであり、現在の統計力学はこのことから始まったと言われてきた。

この数理科学史上の平衡状態の達成過程についての統計学的性質を考えるのに物理学者のエーレンフェスト夫妻は、「エーレンフェストの壷」という名前で知られている次のモデルを提示した。

> 二つの容器と、それらの中に分配されるｋ値の粒子を考えている。一つの粒子がランダムに選ばれその容器から他の容器に移される。そしてこの過程が繰り返されるとするｎ回の後、その粒子の分布はどうなっているか

と。ところが、この「エーレンフェストの壷」のモデルを後年、「確率論とその応用」の著者フェラーは次のように言い換えている。

> 第一の容器に入っている粒子を、壷に入っている赤ボール、他を黒ボールとする。そして、毎回取り出したとき、取り出されたボールを他の色のボールと取り替えるのである。もし、赤がなくなれば、黒のボールが自動的に取り出され赤いものと置き換えられるのでこの過程は幾らでも続けられる

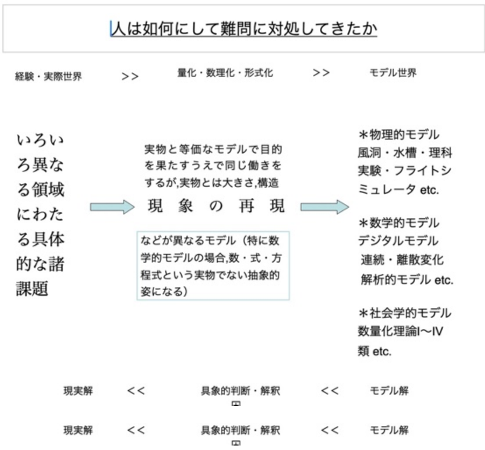
と。私が大学の確率論を学んだ時は前者の教材で、「確率・統計」教科書で教えた高校教師時代はフェラーの教材だったが、大学教師として数学の学びにおける「驚き」や「歓び」をどこに据えるかという視点から教材づくりを考えたとき、第一に重視するのは、学び手にとってリアリティあるモデルということ。この視点では「エーレンフェストの壷」よりフェラーのボール・モデルが、さらには統計データとしての視覚操作的に“現実味”を失わない配慮ができるボードゲームの方が前二者より優っている。

実はエーレンフェストもより平衡状態の達成過程をイメージできるモデル（別名「犬―蚤―モデル」と呼ばれていた）を提示していた。

> 二匹の犬が並んで走っている。一匹は蚤を沢山つけている。これらの蚤があちらへ、またこちらへと跳ね移ることによって、この二匹の犬に均等に分かたれるのにどれく

らいの時間がかかるだろうか、そして、その均等配分の様子はどのようなものだろうか？
と。イメージとして分かるが他より劣る。

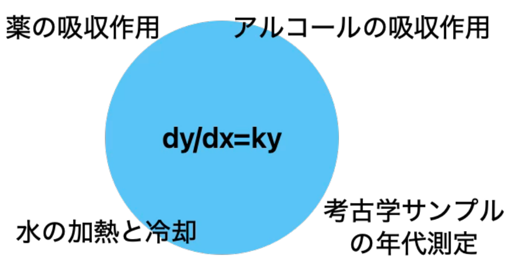
こうして、下図の経験・現実世界の“平衡状態”問題として”ボード・ゲーム”を抽出採用し



実践することとした。

こうして、学び手にとってのリアリティをいっそうより良く実現したのは、学び手たちが繰り返し追試可能にしたボード・ゲームであり、壺とボールは熱力学ではポピュラーなモデルなのに敢えてサイコロとボード・ゲームを導入したのは、パート１、２のモンテカルロ法との続きも可能な上、”格子”モデルによる新たな展開が拓けるからである。

重視する第二の視点は、１個の数学モデル（下図ではdy/dx=ky）でいろいろな分野の非常に多様な状況を表現できること。



“格子”モデルが、この数学モデルdy/dx=ky に相当する２例を挙げる。

数楽 1―１】ゲーム「隆盛か没落か」

〔ゲーム1〕でチップの交換の規則を少し変えるだけで、社会的な現象、「隆盛か没落か」をシミュレートできる。

ゲーム規則はゲーム1の交換規則と全く逆にする。つまり、サイコロで出た目にあるチップの色と反対色の任意の場所のチップが1つ取り去られ、そのかわりにサイコロで出た目のチップと同色のチップがそれに取って代わる。

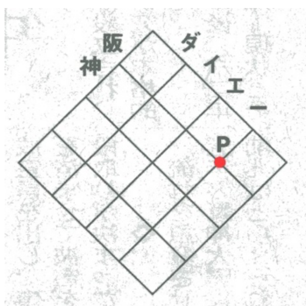
すべての目が同色のチップで覆われたときゲームは終了する。

このゲームにおいては、すでに多くを持っている者がその上さらに多くを獲得し、少ししか持たない者はその僅かばかりの所有をまもなく完全に失ってしまうことになる。
こんな体験をした人は多いだろう。賭け事ではいつも持てる者が有利で、困窮したときに賭け事に頼ってはいけないことを教えてくれる。

数楽２】日本シリーズを数学する

家庭や学校において算数を教えるにあたって、気の利いた具体と結びつけることを大人たちに求めますが、このことはなにも算数だけではなく、高校や大学レベルの数学でも同じです。

４戦先勝で決着が付くプロ野球日本シリーズの勝敗分析に 4×4 の菱形状にした格子モデルを縦にして格子点を使う。私は高校でも大学でも日本シリーズが始まる時期はこれを使って勝



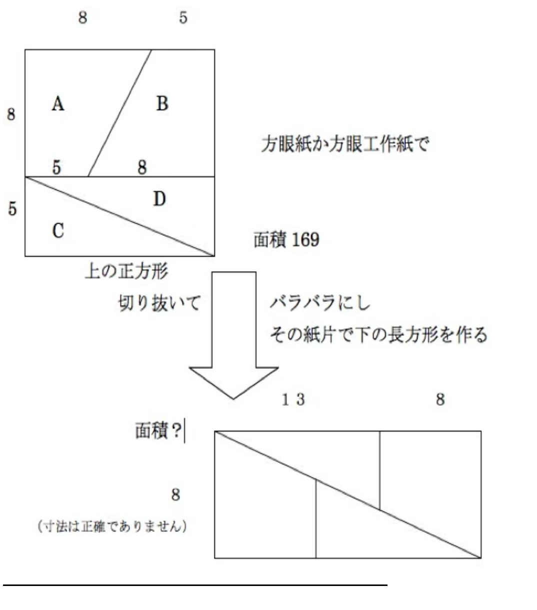
敗分析をした。例えば、実力伯仲(勝つ確率1/2)の阪神とダイエー（現ソフトバンク）が対戦した当時の試合開始前の勝敗予想でダイエーの３勝１敗に当たるのは点Ｐです。別表の過去データを使えば、学生たちはそれを使って先

勝（１戦目や連勝）したチームの優勝確率や逆転優勝の確率、さらには開始前からチームの力量差も見込んだ分析などと発展させます。

数楽１】から続くボードゲームはまだ続きがあるのですが、今回の最後に次回の予告を兼ねて生徒<数理探究？>教材を例示します。

数楽 3】面積増減の不思議！？

グラフ用紙に次図上のように一辺13cmの正方形を描き、８cm、５cmで寸法のような線を入れ、正方形を切り抜き、それをさらに各寸法



で切断し、できた紙片を合わせ (裁ち合わせ) て長方形を作り、それぞれの面積を求めよう。同じように、１辺の長さが８の正方形を３、５さらに、１辺の長さが21の正方形を８、13に切り分け、裁ち合わせて長方形を作り、できた正方形と長方形の面積計算をし比べてみる。

それぞれの面積を求めよ？

あとがき　に代えて

「まえがき」で書きましたが2018年ごろからの学習指導要領改訂の方向は、1918年以来の日本型教育スタイル[3]、私はこれを “創造と競争の狭間を漂う学力観”とも揶揄していましたが、その確固たる反省も示さず、“教え＝学び” を担う教育現場の混乱も何のその、世界の教育転換の流れだとして<探究>重視に大きく舵を切ったと私は観ている。そんな<探究>の<先行研究>と私の研究・実践を位置付けられることは拒んだ。潮流はとっくの昔からあり、遅れて明示されたのがOECD/PISA「21世紀に生きるための知識と技能」であったが、私は評価しつつも弱点を指摘し続けてきた。

その私の指摘もＡI時代の到来で視野が拓けた感がある。乞うご期待。

以上全般をもって、僭越ながら、今回テーマ

帰納・演繹・発想を統合した全体思考で

行って欲しい教師の　探究活動のあるべき姿の事例と考える私の想いをupさせていただきました。生成Ａ Iのいう「山岸氏の21世紀型教育のイメージ」に適った教材づくりになっていますかね。

（不定期upの次回に続く）

[3] 拙稿『今ない不確実…』パート１、２中の日本型教育スタイル批判参照。