

複雑系科学と人工知能：理論物理学から情報工学へ生々流転の軌跡

田中 美栄子
鳥取大学大学院 工学研究科 知能情報工学講座

Complex Systems and Artificial Intelligence:
A Path of the Transmigration From the Theoretical Physics To the Information Science

Mieko TANAKA-YAMAWAKI
Department of Information and Knowledge Engineering, Faculty of Engineering
Tottori University, Tottori, 680-8552 Japan
E-mail: mieko@eecs.tottori-u.ac.jp

Abstract: The author's life of transmigration from the theoretical physics to the information science is illustrated. It was also a transmigration from Japan to the USA, then back to Japan, and in Japan from Nagoya to Miyazaki, then to Tottori. It was partly a result of greedy desire to learn everything in the world, and partly a result of strong influence by many people whom the author met in the course of her long journey, in particular her classmates, friends, and teachers, including Montroll, Newell, Weisskopf, Tisinger, Yanagishima, Muta, Iizuka.

Key Words: High Energy Physics, Charm quark, Quantum chromo dynamics, Complex systems, Econophysics, Random Matrix Theory

1. はじめに

歴史の安定期に生きるのと、変遷期に生きるのでは価値観や物の考え方がまるで異なる場合が多い。しかも、政治・経済の形態の変化と、文化や社会生活様式の変化とは同時に起きるものではなく、多くの場合文化の方が遅れて変化する。貴族が平民を支配する、いわゆる中世的世界が、民主主義を基本とする近代社会へと変化したのは18世紀から19世紀にかけてであったが、それでも日本において、平民が普通の人間としての権利を主張できるようになったのは第2次世界大戦後の急速な民主化の波による部分が多い。この波に伴って、学制改革も実施され、戦後数年で帝国大学が新制大学となり、また、女子学生の入学も認められるようになった。ただ、制度として認められても、卒業後の就職の可能性が限られることから、永い間入学者に女子は少なく、また大学入学者の出身階層も限られていた。それがわずか半世紀の間に本人が希望しさえすれば誰でも大学進学できる社会になったのには隔世の感がある。ただ、そうは言っても、授業料が月千円だった時代から40数万円に値上がりし、入学金などもそれに伴って値上がりした結果、親の金銭的な負担は以前よりも強まっているという部分もある。

私が高校に入学する1966年は、京都の下町ではまだ大学に進学するのは一部のお金持ちか特別なエリート階級の子弟であるという考えが根強く残っていて、女子が学問に熱中して地元から浮いた存在になるのは避けるべきだという考えが根強く残っていた。実家は友禅染工場であり、同業者が同じ町内に多かったため、友禅が既に衰退産業であるにも拘らず、大学進学を選択肢に入れていない同級生が多かったし、高校も普通科ではなくすぐ就職に役立つ職業科の方に人気があったのだ。中学校の先生達は私に京大か奈良女大に進学して教師になるべきだと主張し、高校も進学校を薦めたが、京都に適当な進学校がなかったためと、家族がそもそも進学に反対したため折衷案として、府立桂高校の普通科に入学した。

高2の時に数ⅡAか数ⅡBを選択するかを決める時も、高3で数Ⅲを選択するかを決める時も、かなりの勇気を必要とした。数Ⅲを選択した女子は同学年500名中5名だけであったし、将来の夢が科学者になることで大学は理学部に行く積りだということ等は絶対秘密で誰にも言わなかった。受験勉強も大っぴらにはできず、京大に受かったのは奇跡的だと皆に思われた。それでも受験に際しては比較的のんきで、理学部のほかに文学部も候補に入れていた。教師になる以外の就職が視野

になかったため、同じことなら最高の学問である哲学を学ぼうと思ったが、哲学科は文学部で、科学者になるには理学部の方が良さそうに思えて迷いに迷った。両学部から願書を貰って眺めながら、同じ授業料と時間を使うなら理学部の方が実験装置などが使えたり何らかの技術が身に付いて得な気がして、理学部に決めた。

入学してみると大学紛争の真っ最中で、教養課程では授業も無く旅行や写真に熱中して過ごした。単に遊んでいた訳ではなく、友人とゼミを行って自主的に勉強したり、人並みにマルクスや毛沢東を読んだりしたが、これは主に活動家との論争に勝つための理論武装のためであって、政治には興味がなかった。これは高2の時に三研（社研・部落研・朝文研）に入って政治好きの級友に振り回され懲りたのが大きい。「資本論」にある『価値は如何にして生ずるか』という経済学の話だけは面白いと感じたが、深入りはしなかった。友人や論争相手の殆どは他府県から来た男子学生であったが、違和感はなかった。実家の周りの中世的・因習的な空気から隔絶された、アカデミックな空間は私にはとても居心地が良かったのだ。

大学では、新しい科学の会(新科)、線形代数の勉強会、生物学を志す会の3つのグループに所属した。いずれも理学部の学生のみからなり、新科は全国出身の多数の会員を擁する歴史あるサークルであって、そのメンバであった福島出身の吉田敏(岐阜大工)、東京出身の上羽牧夫(名古屋大理)の諸氏とは今も交流がある。あと二つはサークルではなく単なる仲良しグループであり、線形の方は東京出身の上村岳明(日本航空)など数名、生物は大阪出身の宮崎純一(大阪大医)、桑村哲生(中京大)、上田拓史(愛媛大理)と私の4名であった。もともとサークル活動は中学以来熱心で、中学では合唱と華道と生徒会の役員で1日の大半を学校で過ごし、高校では生物クラブ、ハーブ同好会、三研等の3つのクラブを掛け持ちした上、京都の寺社を訪ね歩く、史跡研究会を新しく立ち上げて会長になって忙しくしていたが、大学ではその対象がアカデミックなものに変化したのだった。

2回生になると紛争が収まり、大学改革のため「自主ゼミ」に単位を認める制度が作られた。私は早速これを利用して生物学グループの4名で「進化論」のゼミを始めた。教授か助教授を一人頼んで単位を出して貰うルールだったので、当時京都大学で唯一の女性助教授であった、教養部生物学担当の柳島静江先生にお願いして引き受けて頂いた。これを契機として柳島先生にはその後の

人生をずっと見守って頂くことになった。実は柳島先生は当時、自主ゼミにはあまり賛成しておられず、ゼミのテキストに選んだ徳田御稔先生の「進化論」(岩波全書)にも批判的だったのだが、私の希望でどうしてもこの本をテキストにしたかったので強引にお引き受け頂いた。

その後私は物理学に熱中してしまい、永く柳島先生をお訪ねしなかった。その間に先生は教授に昇進され、国立大学最初の女性教授ということでマスコミが殺到して身辺が騒がしくなってしまう、我々のように純粋に自分を慕ってくれる学生が遠のいたことを惜しまれていたのだが、こちらは別に俗気を嫌って遠のいたのではなく、単に物理学を勉強するという新たな遊びに熱中していただけだったので、実は先生が教授になられて週刊誌が騒いだ事も全く知らなかったのであった。ある日バス停で再会し、その後は先生のお宅に何回も押しかけてお話を伺う機会を得た。柳島先生は京都大学に入学した最初の女子学生であり、地元京都のご出身で、府立第2高女(今の京都府立朱雀高校)卒業後、お茶の水高等女子師範学校(今のお茶の水大学)を卒業され、大戦後に京都帝国大学が女子学生の入学を許可するとすぐ1946年に理学部に入学された。卒業後、宮地伝三郎先生の助手になり、その後に教養部の助教授になり1970年に教授に昇格されたというお話であった。

3回生になると大学改革の成果が表れた所為か、急に授業が充実して来たので、いろいろな講義に片端から出席し、その中で小林稔先生の「電気力学」に特に興味を引かれ、迷いが吹っ切れて物理学を専攻することにした。今もそうだが、西園寺公望以来の伝統で、京都大学理学部では学科の枠がなく、専門科目の選択は全くの自由であった[1]。従って専攻と言っても形式的な縛りはなくて、個人が自由に科目を選択できるのである。しかし物理学をまずやると決めてからは物理の全科目を取ると決めた。また、バンデグラフ加速器実験施設の助手であった長谷川武夫先生の指導でトリウムから自然放射される α 線と β 線のエネルギーをアルミフィルムを何枚通り抜けるかで測定する実験も面白かった。だいぶ後になって1997年4月に宮崎大学に赴任した時、この大学の工学部長になっておられた長谷川先生から辞令を頂いた折にその事を申し上げると、全く覚えて居られず、大いに落胆した。

4回生のときは町田茂教授のゼミで粒子散乱の理論を勉強しつつ、田平定助手の指導で薄い希ガスを詰めた金属筒に加速電子を散乱させて衝突断

面積を計測する実験を 10 名のグループで協力して行った。残念ながら田平先生は翌年肺がんで急逝され、人生の儚さを思い知らされた。

4 回生の終わりには卒業単位は揃っていたが自主留年することにした。実はゼミの 10 名全部が院入試に落ち、9 名は進路が決まっていなかった。中には卒業してから進路を考えるとという者もいたが、私は「行き先が決まるまで卒業すべきでない」と主張し、同調してくれた仲間と共に研究室の確保に乗り出した。物理教室の旧館が解体予定で空家なので、我々の研究室として使って良いことになった。後聞によれば自主留年に反対の先生が、旧館組には女子もいて風紀上心配との意見を言われたところ、田中嬢なら心配なしと太鼓判を押された先生がおられて目度く研究室を確保した。

この部屋を 24 時間自由に使えたおかげで院入試の準備以外にも仲間とのゼミで様々な勉強ができた。グループで議論すると視野が広がって実りが多い事も学んだ。また独学で一般相対論の本を読んだり、人生で最も充実した時期を過ごせた。仲間の一人である川戸佳は東大教授となって脳内ホルモンの研究をし、自作の頭の良くなる薬を自分に投与して実験していると聞く。

2. チャーム粒子の発見と場の理論

大学院をいくつか受験したが名古屋大学大学院の入試で早川幸男教授が入試委員長だったことがきっかけで名古屋大学に行くことにした。筆記試験はあまり良くできなかったのだが、変わった問題だったため他の受験者達も苦戦したらしく、出題の責任を取る形で早川先生が一人ずつ時間をかけて面接試験をされた。最初、量子力学と統計力学の簡単な問題が出て、それに答えると次はフェルミの「原子核理論」の核力の節とランダウ・リフシッツの「統計物理学」の中性子星の節について詳しく聞かれた。どちらも私が特に興味を持って暗記するほど読み込んでいた本であったからそれを聞かれたことが嬉しくて、知っている事を片端から長時間しゃべった。早川先生の前でこれだけ言いたい事を言ったので落第しても悔いはないと思ったのだが、比較的上位で合格していた。

理論物理専攻の合格者 7 名中、4 名が素粒子論志望であった。その研究室は故・坂田昌一先生が初代の教授で、有名な研究者を多く輩出していた。京大の学部時代に助手だった益川敏英先生と小林誠先生がその研究室のご出身であり、この事も私が名古屋大学に進学したかった大きな理由ではあ

ったが、ノーベル賞などは雲の上の話だと思っていたから後にお二人が受賞されるとは夢にも思わなかった。

修士 1 年の秋、研究室のコロキウムに研究室の先輩である名城大学の中川昌一先生がゲストとして来られて、ロンドン会議の報告をされた。これは偶数年に開かれる素粒子の国際会議であり、第 1 回がロチェスターで開かれたので通称ロチェスター会議と呼ばれ、1974 年はロンドンで開催された。そこでの目玉情報が、4 番目のクォークであるチャーム・クォークをもつ、チャーム粒子の発見が報告されたという大ニュースであった[2]。

4 番目のクォークの存在は理論的にはワインバーグ模型[3]やグラシヨウの GIM 仮説等、様々な形で予測されていたし、前年に出版された小林・益川の論文[4]では 6 番目のクォークまで存在するとされていたから全く初耳というわけではないが、実際にその粒子が実験的に見つかったという事実は、それ以降の素粒子論の流れを決定づける大きな意味をもつ出来事であった。

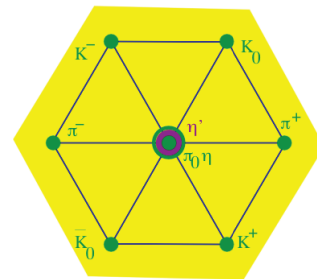


図 1 1974 年夏の London 会議以前の素粒子論は 3 クォーク仮説が主流(ja.wikipedia.org/wiki/クォークモデル)

物質粒子			力を伝える粒子		素粒子発見のあゆみ
第 1 世代	第 2 世代	第 3 世代	強い力	電磁力	
クォーク アップ ダウン	チャーム ストレンジ	トップ ボトム	グルーオン	光子	1897 年 電子の発見 1905 年 光電効果 (光子) 1931 年 陽電子の発見 1937 年 ミューオンの発見 1956 年 eニュートリノの発見 1962 年 μニュートリノの発見 1968 年 アップクォーク、 ダウンクォークの発見
レプトン eニュートリノ 電子	μニュートリノ ミューオン	τニュートリノ タウ	弱い力 Wボソン Zボソン		1974 年 チャームクォークの発見 1976 年 τ粒子の発見 1977 年 ボトムクォークの発見 1979 年 グルーオンの発見 1983 年 W ⁺ , W ⁻ , Z ⁰ ボソンの発見 1995 年 トップクォークの発見 2000 年 τニュートリノの発見
ヒッグス場に伴う粒子			ヒッグス粒子		

図 2 1974 年夏の London 会議で発表されたチャーム粒子の発見により標準理論の基礎が固まった。
<https://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Highlights/20120727150000/>

それ以前はクォークという「物質」と素粒子理論の「数理」とは少し離れた存在だったのだ。既に見つかっている素粒子の構成要素として3つのクォーク(u, d, s)を仮定すると例えば π , K, η 中間子の間に綺麗な対称性が成立して統一的に理解できる(図1)という考えが主流であった[5]。

1967年に発表されたワインバーグ模型はまだ仮説でしかなく、クォーク間に働く力の性質と素粒子の分類とは別々に議論されていた。それが4番目のクォークであるチャーム(c)が発見されたことで(u, d)や(c, s)といった2つのクォークが対になって弱い相互作用を媒介するウィーク・ボゾンという粒子の場に作用する、というワインバーグ理論が「真の理論」として確立する直接の契機となり、そのあとは霧が晴れるように素粒子の標準理論(図2)の確立へと進んだ。つまり大学院に入学した年の夏に図1から図2への大変化が起きたのである。

私達修士課程1年生も急遽、ワインバーグ理論の勉強を始めた。それ以前の素粒子理論は様々な仮説が飛び交って何を信じて良いか解らない状況にあった。それが急に研究対象がワインバーグ理論に定まり、皆がチャーム・クォークやグルオンを受け入れ、場の理論を勉強することになった。

指導教官の飯塚重五郎先生は最初、チャーム粒子の発見に懐疑的で、発見された新粒子は2つのクォークと2つの反クォークがそれぞれ対になったものが更に結合した、エグゾティック状態だという可能性を追究されていたのだが、我々の教育にあたっては多くの人が信じているチャーム粒子とそれらが従うゲージ場の理論を勉強するのが良いと薦めて頂いた。博士課程に進学後は京都大学の牟田泰三先生に師事して深非弾性散乱実験[6]の閾値付近の実験結果の解析から強い相互作用の性質を間接的に推測することで、ワインバーグ理論の持つ、漸近自由の性質を持つ理論が正しいはずだ[7]という研究を行ったが、1年半で牟田先生がシカゴのフェルミ研究所に留学されたので、アメリカのニューヨーク州北部にあるロチェスター大学に留学することになった。実はその1年前に結婚したため、アメリカ行きは夫に同伴しただけであったが、結局そこに長居することになった。

3. アメリカ：ロチェスター大学へ

ロチェスター大学では最初、統計学で有名なエリオット・モンテロール教授の研究室に入れて貰

った。ここで高次WKB近似法の研究[8]をしているうちに教授がメリーランド大学にできた新しい学部の長になって移られたので、素粒子論の大久保進教授の研究室に入れて貰い、ヴィシユヌ・マトゥア博士の下でQCD和則の研究を行い、チャーム中間子の崩壊定数や電磁質量差の計算に応用した論文を数本[9, 10, 11]書いてPh.D.を授与された。つまり、日本では素粒子理論を学んでいたのが、アメリカでは最初、統計力学の研究室に入り、教授の転出に伴って元の素粒子に舞い戻ったのである。専門を変えることにあまり抵抗を感じなかったのは、理論物理学は狭い分野に閉じこもらない、という分野全体の雰囲気があったからである。就職後しばらくして物理学から離れて情報工学に移行したのも、同じ理由からであった。

3-1. 名物教授

ロチェスター大学での思い出の中で、特に印象に残っているのは、物理教室で最も寄付金を集めるのが上手なD教授のことである。Davidという名前の愛称でDaveと呼ばれていたのを、学生同士の話の中で私はわざと「でーぶ」と発音していた。日本人同士ではニュアンスが伝わるものの、外国人の多くはMickoは発音が下手なのだと解釈した。この大学は昔から日本人留学生を多く受け入れており、2002年のノーベル物理学賞を受賞された小柴昌俊先生も卒業生である。東洋からの女子学生が博士候補になったのは私が初めてとのことで、珍獣として皆に大事にされた。博士候補生とは大学院に入って2年以内にPh.D.候補の資格試験に合格した大学院生のことである。

D教授は実験物理学者で結晶作りの名人であり、2メートルにも及ぶサファイアの単結晶を作るのに成功したことで新聞に大きく報道された。小太りなので単結晶と並び立つ写真は、結晶の大きさが強調されて印象深かった。サファイアは誰もが知る宝石なので町の資産家に人気があり、それを利用して寄付を大学に集める立役者になっていた。

大学はD教授の人気にあやかっけて、市民を大学に招き、寄付を募った。D教授は話術も抜群だったのである。例えばブラックホールに変身する直前の恒星が到達する「中性子星」(重いと中性子星になるが、軽いと白色矮星になる)という状態は非常に高密度を持つ。この説明にD教授は右手にスプーンを持って現れ、「皆さん、このスプーン一杯の量で重さが地球と同じくらい、という密度がどんなものか、想像つきますか？ 宇宙にはそうい

う想像もつかない物質が存在するのです」と語りかけるのだ。

この巨大結晶は単なるお飾りではなかった。D教授の計画ではこの結晶の両端を細い糸で吊りして、重力波に共振させ、まだ見つからない重力波の最初の発見者になろうというのだ。他にもクォークが単体で原子核の外に出て来た場合に捕えられるというニオブ元素の化合物を使った「単体クォーク捕獲装置」や磁石のプラス極とマイナス極が単体で存在するという新理論から導かれる仮説的粒子「磁気単極子」を捕獲する装置など、「どれか一つでも当たればノーベル賞」という冒険的な研究計画で人を惹きつけていた。ロチェスター大学ではD教授がダントツに目立っていたが、他大学にもD教授に似た人はいて、1982年に磁気単極子を発見したと称するカブレラという先生が話題になって全米を引っ張りだこになったが、一例しか見つからないまま消えてしまった。しかし完全に嘘だったともいえず、単極子の探索は今でもカミオカンデ等で続けられているらしい。

一方、ロチェスター大学で私の最初の指導教授となった Elliott Waters Montroll は、前述の D 教授とは真逆の意味での名物教授であった。

彼の主分野は統計力学であり、博士論文となった Mayer-Montroll のクラスター展開によって知られているが、元々は応用数学が専門で、学術誌 *Journal of Mathematical Physics* の編集長を 1960 年の創刊から 10 年務めていた。しかし彼の最大の業績は OR(オペレーションズ・リサーチ)の創始者としてであり、確かにこれに対して 1959 年 Lanchester 賞を貰っているが、本人が最も自慢にしていた仕事はマンハッタン島と本土を結ぶトンネルの一つを設計したことで、何故かというところだけがリアル・ワークだというのである。もし設計が間違っていれば人が死ぬが、他の業績は人の生死にかかわらないから重要度において低いのだそうだ。OR で戦略研究をしていた割には、切った張ったの喧嘩は不得意で、策を弄したり戦う事を非常に嫌っていたため、大学の経営陣とは仲が悪く、沢山の仕事を掛け持ちして、アメリカ中を飛び回っていた。広い範囲の学問分野に興味を持つ人で、物理学以外にも経済学、化学、航空宇宙、等の教授を兼任していた。講義も当面の専門である統計物理学だけでなく、*Quantitative Aspects of Social Phenomena*(社会現象の定量的側面)や *The Physical Bases of Modern Technology*(近代技術の物理学的基礎)を受け持っていた。応用数学を基にして物理学と工学と社会科学を繋ぐ基盤としての総

合科学のようなものを意図しており、後の「経済物理学」や環境科学の先駆けでもあった。とはいえ日本で最も知られていた業績は、後で彼のポストドクになった Gordon Newell と共著で 1953 年に *Review of Modern Physics* に書いた磁性体のイジングモデルのレビューであった。これは若い頃に オンザーガー(Onsager, 1968 年ノーベル化学賞受賞)のポストドクをしていたのが契機であったらしい。この論文は新しい発見に対するものではなく他人の論文のまとめであったが、彼ら二人はこれを応用して交通渋滞問題のモデルを作り、Newell さんはその業績でカリフォルニア州立大学バークレイ校の交通工学教授になられた。

Newell さんは全くの自由人であり、愉快な方であった。彼は自分のことを Gordon とファーストネームで呼ぶようにと私に命令し、友人のように楽しく会話した。私がモンローの研究室にいた間の半年間、バークレイを離れてロチェスター大学でサバティカル留学休暇を楽しまれたが、その期間の最初の 2 か月ほどは行方不明であり、双方の大学がかなり慌てていた。受け入れ側のモンローは「心配しなくてもそのうち現れるよ」と落ち着いていたが、果たして西海岸から東海岸まで、夫人と共に自家用車でゆっくり旅をしながら、ある日突然、予告も無く到着されたのである。突然サバティカルを取った理由は文学部の教授の選考委員会で他の委員と意見が衝突して飛び出したのが理由だという話であった。ロチェスターに来てからも怒りはおさまらず、「ベストセラー作家の教授資格審査なんておかしいよ、本がどれだけ売れたかってことと、学問的価値は何の関係もないだろ?」と言い募っておられた。そこへこの先生を心の師と仰ぐ日本人研究者が表敬訪問にやってきましたために騒動が起きた。彼は文部省の海外研修の帰り道にバークレイに立ち寄りとうして実に変な思いをして文部省から旅行経路変更の許可を取ったのだ。ところが相手がバークレイを出発してしまっている事がわかり、ロチェスターにもなかなか現れないので困り果てていたところ、やっと現れたので胸を撫で下ろして訪問のアポを取った。このために更に大変な思いをして更なる経路変更の許可を取ったのだ。問題は Newell 先生に「表敬訪問」の意味が全く理解できない事だった。「用事も無いのに会いに来るんだよ、どうしよう。電話では全く英語が話せない様子だし。」と本当に困り果てていて気の毒であった。そこで私を通訳として夕飯をご一緒することになり、更なる珍騒動が起きたが詳細は割愛する。

3-2. 大学の資金源

名物教授以外にも大学は独自の資金源をいくつも持っていた。そのうち最大の資金源は大学の設立者であるイーストマン・コダック社を始めとして、地元のレンズ会社であるボシュ&ロムやゼロックス社等で、大学はこれらの株主となっており、保有する株式を運用する専門家を雇っていた。噂では大学で最も高給を取っているのはその運用係である Treasurer だと言われていた。

また、私の最初の指導教授であったモンテローはニューヨーク州が出資する「アインシュタイン・プロフェッサー」という特別な職にあり、大学で Treasurer に次ぐ2番目の高給だったらしい。しかし高給な特別職であるだけに不安定で、評価の如何や州の財政状況でいつでも切られる可能性があった。急にメリーランド大学に転出したのもそれが原因だったが、着任後すぐに手術不可能な癌となり、翌年には亡くなってしまった。

一見安定して見える大学教授も場合によっては過酷な職業なのだと思う。モンテロー教授は穏やかな人格の人で競争や争いを極度に嫌ったが、メリーランド大学から IBM に転出し、ロチェスター大学からメリーランド大学に戻るという軌跡を辿った中で、IBM 研究所の部長をしていた時が一番、競争に晒されず楽であったと語っていた。

ところで「アインシュタイン・プロフェッサー」を州から貰っている大学はもう一つあり、ニューヨーク州立大学ストーニー・ブルック校(SUNY Stony Brook)の C.N. Yang(楊振寧、1957年ノーベル物理学賞受賞)だった。この特別教授職は一人の教授の給料だけではなく、数名以上の教授やポストドクを含む研究所全体の費用がニューヨーク州から出ているのだった。Yang 教授は SUNY の「理論物理学研究所」の所長であり、ロチェスター大学の Montroll も、3名の准教授と数名のポストドクを擁する「理論研究所」の所長だった。州立大学だけでなく、私立大学であるロチェスター大学にこのような大きな予算が州から来ているのは或る意味で例外的な措置だったと言える。推測だが、大財閥ロックフェラーがニューヨーク州知事だった時代の寄付に頼っていたのではないかと思う。知事の急死後、州内の大学の台所事情が急変したからである。

ところで私はモンテロー先生が他大学に消えてしまったため素粒子論研究室に移ったのだが、その研究室を率いていた大久保進教授は前任者で

あるロバート・マルシャックが米国エネルギー省(DOE)から支給されていた大型予算を継承して大きな予算を持っておられた。このような大型予算はマルシャックのように原爆を作るマンハッタン計画に参加していた科学者を擁する大学や研究所はたいてい貰っており、戦争協力に対する政府のお礼金のような感じであった。無一文の私がロチェスター大学で奨学金や授業料免除を受けて Ph.D. を取れたのもこのお金のお陰と言える。しかし戦後長い時間が経つうちにマンハッタン科学者の生存者が減ってゆき、高エネルギー物理学にお金が出なくなって大型加速器の建設計画も次々と廃止になり、テキサスに建設予定だった SSC の中止が国民意思で決まったあとは、物理学の研究費が急減してゆくことになった。

このように、原爆開発の末裔だったり、財閥の後援があったり、軍事研究の一部だったりする研究題目には大きな予算が付いていたが、そうでない D 教授は個人の努力で頑張っていたわけである。

3-3. 授業料に頼らない大学経営

ロチェスター大学は学部生の数が非常に少なく、1人当たりの授業料は高かったが大学の収入源としての授業料の寄与は微々たるものであり、授業料を当てにしない大学の経営が行われていた。私のような大学院生は授業料も全額免除の上、リサーチアシスタント料として月 500 ドルが支給された。資金源は DOE 研究費であったがこれは研究室ごとに異なるもので、同じ物理学科でも資金源のない研究室には大学院生が居なかった。しかも戦後が遠のくにつれ研究費が減って行ったのは前述のとおりである。頼みは原子力エネルギー関連の研究費であったが、原発事故の影響や環境問題のクローズアップにより次第に減って行ったようである。一方、コンピュータサイエンス専攻では、対イラク戦争で期待された迎撃ミサイル・パトリオット開発の資金が DOD(国防省)研究費として出ていたが、ソ連が消滅して表向きの戦争需要がなくなると、研究費も激減したと聞く。

以上はロチェスター大学のような大学院中心の研究志向大学のことであるが、こういった大学院大学とは別に、学部学生の教育に特化した大学は大型研究費の対象とならないので、資金源は学生の払う授業料と、設立者の出資金を運用することで賄われる。私がテニユアを貰った大学はこの種の大学である。大学教員の給料は基本的に学部生に授業をすることに対して支払われるので、研究

費はない。しかし授業は普通、9月か10月に始まって4月か5月には卒業式である。長い夏休みは教員も学生も大学を留守にして、学生は家に帰るか翌年の授業料を稼ぐアルバイトに精を出し、教員は思い思いの形で研究生活に入る。素粒子物理学の教員はブルックヘヴンやシカゴ、スタンフォード等にある国立研究所の夏期研究員に応募して採用されれば夏の間そこに滞在する。私もこれに従い、BNLに2回、Fermilabに1回、また1989年の夏はつくばの高エネルギー研究所(KEK)に滞在した。

KEK滞在中に日系2世でオハイオ州立大学教授のWalter Wadaさんと知り合って短期間だが共同研究をした。WilczekとZeeの論文[12]にある水平対称性を応用して小林・益川の質量行列を既知の実験データから決定する問題であった[13]。この場合はクォークの質量行列だが、同じ考えをレプトンに拡張するとニュートリノ質量についても同様の議論ができる。2015年のノーベル物理学賞がニュートリノ振動を使ってニュートリノに質量のあることを検証した実験に対して与えられたのを機に、再度検討してみたいと考えている。

理論物理学の良い処は、大きな装置や多額に研究費がなくても、紙と鉛筆があれば研究ができることである。後に情報工学に移ってからも、研究費が無くてもできるテーマを選んで平気だったのは、理論物理学における経験のお陰である。

日本では大学改革の波が押し寄せて研究費が削減されるという問題が今起きている。問題の本質は約百校あった国立大学の多くが医・農・工という理系の学部からなり、研究成果を重視する大学院中心の研究大学を目指したにも拘らず、政府がこれを支えきれなくなり、2004年に法人化したことである。更に、大学院と学部の分業が行われず、全ての教員が両方を担う、とされた事である。その上、アカデミックな仕事と事務的な仕事の分業も曖昧である。アメリカの大学では管理職は事務職であり、アカデミックな活動は全て禁止される。講義も研究室を持つことも無く、研究費の申請も任期中は禁止され管理に専念する。一方、教員は教育と研究に専念し、入試に係ることもない。教員が教育と研究以外の仕事振り回される日本の制度で世界と競争するのは難しいと思われる。

3-4. 好々爺ワイスコップ教授

Victor WeisskopfはMITの名物教授であり、原子核理論の有名な教科書の著者である。この人の

娘さんがロチェスター大学に入学したため、卒業までの4年間、毎年の保護者会に出席するためにワイスコップが来ることになった。彼は好々爺といった感じで、求められればどこにでも顔を出して、気さくに話に応じた。十八番は名著「原子核理論」がBlattとWeisskopfの共著になっているが第1著者のJohn Blattは誰か、という話で、実は彼はワイスコップ先生の講義をノートに取った学生に過ぎないのだが、素粒子論のコミュニティでは著者はアルファベット順に並べる習慣があるのでそれに従ったまでだ、と言うのだ。日本では第1著者が誰かを非常に気にするが、アメリカの物理学者の間では著者は厳密にABC順だった。

ワイスコップが好きな話は沢山あったが、特にWolfgang Pauliの助手になった時の話を何遍も話してくれた。パウリはイタリアの物理学者で量子力学の「排他原理」で1967年ノーベル物理学賞を受賞した大変な秀才だが、「排他的」な性格のため、その性格とその業績名との類似が揶揄の対象となっていた。曰く、「パウリは理論は得意だが実験が苦手で、そのため、パウリがその場所に来ると研究所の実験装置が故障する、これぞ本当の排他原理である」等という類である。ワイスコップ先生はそのキャリアの最初にパウリの助手になり、就職先に移動中、前任者であるKleinに出会い、「パウリの助手がどんなものか、行ったらわかる」と脅された。到着してパウリに会うと「問題をあげよう」と言われ、これを解いて持参すると、言下に「やっぱり失敗だったか。ベーテ(Hans Bethe;1967年ノーベル賞受賞)の方がやっぱり良かった」と言われてしまった。確かにベーテとパウリは秀才度において共通であり、滅多に間違わないのだった。ワイスコップはパウリに無茶苦茶に貶されたにもかかわらず、ベーテではなく自分を雇ってくれた事を自慢したかったのかもしれない。ワイスコップ先生は後に私が赴任したマサチューセッツ州立大学へも(私の赴任直前だったが)気軽にやって来て、いろいろな話をしてくれた後、些少ですが、と差し出したお車代を学生さんたちの奨学金の助けにして下さい、と寄付して帰ったという逸話が残っていた。

4. アメリカでの就職：テニュアと永住権

ロチェスター大学でPh. D.を取るまでは就職のことなど全く頭になかった。実は日本での学部時代は授業料が月千円であったし、大学院に入る時少し値上がりして月3千円になっていたが、奨

学金が月2万円程度あったので経済的には問題がなかった。アメリカに渡ってからは、大学院を選ぶときに授業料免除を条件にしていたので学費はかからず、TAやRAをしながら月500ドルの給料が無税で支給されるのでお金のことを全く考えずに済んでいたのだ。それがPh.D.を取得したために職探しをしなければならなくなった。

ところで、Ph.D.取得後の職探しは決まったルートが敷かれていないため大変である。特に最初のポストドクは指導教授のコネで決まることが多い。それが無いときは研究費を持っていそうな大学院大学に直接書類を送りつける。私も最初はこの方法で、年間100以上の書類を送り続けた。次に頼れるのは学会のJob Marketであり、雇い主の教授や学科長が職探しをする若い研究者と直接面談をする貴重な機会である。APS(アメリカ物理学会)の年会には必ずこれがあるので毎回出席していた。日本の学会がこれをしていないのは何故かを考えると、おそらく、筆記試験の点数で合否を決める入学試験に対する信仰の深さではないかと思われる。面談を先にすることで主観が入るのを恐れるあまり、書類という客観的証拠に頼るわけだが、そもそも本人がどの程度寄与したか不明な論文の数や第1著者論文の数を数えたり、ページ数を気にするなどが応募者の選定にどの程度有効かわからない。本当は雇ってみなければわからないのである。もっとも、アメリカの大学ではテニュア制度があって、テニュアが取れるまでは原則、一年雇用である。大学職にはテニュア・トラック職と非テニュア職があって、後者は1年限りの契約だが、前者は6年までは更新され、その5年目にテニュアに応募して合格すれば7年目以降は永久職となり、適当な時期を選んでAssistant ProfessorからAssociate Professorに身分が変わった後、また適当な時期を選んでProfessorに昇格する仕組みである。不合格になった場合は6年目に更新された後は更新されないのその年のうちに次の職を見つけて出てゆく。このように雇った後もすぐには永久職になれないので、1年目はとりあえず雇ってくれることが多い。外国人であってもアメリカで職を得やすいのはこのためである。日本では最近、テニュアという言葉が違った意味に使われるようだが、アメリカでテニュアと言えば永久教授職のことで、それ以外の意味はない。

私が得た最初の職はニューヨーク市立大学のポストドクであった。2年後、ニューヨーク州立大学の一つで物理学科の助教授の職を得た。1年限りの非テニュアの職であったが、初めて英語で講

義を行った。2年目にマサチューセッツ州立大学の一つであるノースアダムズ大学の物理学科でテニュア・トラック助教授として赴任し、1年毎に契約更新を繰り返したあと、5年目にテニュアに応募して合格したため、身分安泰となった。これでもう応募しなくても定年までは雇用が保障されるのである。同時に永住権も取れた。

給料が保障されてみると改めて研究を始めたくなる。それには研究費を得る必要があるが、何度か応募したNSFの研究費は全て落選した。勤務先と同僚も大抵落選するので次第に解ってきたことは、所属する大学が学部教育中心の大学なので研究費獲得の競争に負けるという話であった。確かにアメリカでは研究大学院と学部教育との分業が行われていて、後者の大学では研究費を取りにくいのだ。その上、戦後40年経って平和が続くとそもそも物理学に研究費を付ける動機が薄れてきたらしかつた。物理学は20世紀の初めから百年近く急激に発展したので、これからは医学と情報科学の時代だというのである。同じ大学でも物理学担当の教員と比べてコンピュータサイエンスの教員の方が給料が2倍近く高いことがわかった。こうなるとコンピュータサイエンスの学位を取るのが最善の策だとなり、調べてみると勤務先の大学から50マイル東に全米でも上位に入るコンピュータサイエンス学科を持つ大学があったので、在職のまま、その大学院に正式に入学した。週2回の通学を1年位続けたところで問題が起きた。勤務先の学長に呼び出されて、マサチューセッツ州が私の給料二重取りにクレームをつけたというのだ。実は大学院生となっている大学で授業料を免除されるためにはTA(ティーチングアシスタント)として働く事が条件となっていた。私は自分の勉強にもなると思って離散数学のTAを引きうけた。するとわずかではあるがTAの給料が出るので、本務校からの給料と併せて二重に貰っていることになるのだ。そこで給料を辞退して授業料免除だけ受けようとしたがそれはできなかった。

一方で、西50マイルのところにあるランスレア・ポリテクニクという工学系大学の好意で客員教授にして貰った。給料は出ないが図書館と駐車場を自由に使える上、学科の研究活動にも参加できるという願っても無い身分であった。しかし距離が遠いだけでなく、東へは深い谷を越えなければならず、西へは山越えをしなければならぬため、夜に霧に包まれて危険な目に会うこともしばしばあり、無理が多かった。

そうこうするうちに日本で就職する可能性が持

ち上がり、名古屋大学の近くにある椋山女学園大学に新しくできる学科に赴任することになった。最初は教養部の物理の教授にとの話であったが、途中で情報の助教授の方をお願いしたい、と話が変わり契約違反ではないかと思ったが、情報も面白そうだと思って引き受けてしまった。

5. 女学長キャスリン・タイシンジャー

マサチューセッツでの本務校の学長は女性で、語学の天才 Catherine Ann Tisinger だった。彼女は若い頃、伝道師の両親について世界各国を移動しながら様々な国の言葉に習熟し、ハーバード大学から名誉博士号を受けていた。ちょうど日本に来た時病気になる、入院を余儀なくされたので日本語は特に上手なのであった。語学はしかし余技であり、社会科学分野でペンシルバニア大学から修士号と博士号を得ていた。しかし落下傘人事で学長に赴任した後、地元の男性教員たちの強い反発に会って、私の帰国後リコールで解任されてしまった。在任期間は7年位で特に短いわけではない。

6. 理論物理学から複雑系へ

大学を渡り歩きながらも、自分の研究テーマとして博士論文で扱った QCD 和則の応用を考えていた。QCD はクォーク間の強い相互作用を記述する理論であり、漸近自由性(超高エネルギー領域でしか入り込めない核子の奥の方では力が弱まってクォークは自由粒子のようになる一方、低エネルギーで接近可能な核子の表面近くでは強い束縛力が働いてクォークが核子の中に閉じ込められてしまう性質)を持つため、例えば核子の代表である陽子の性質を知ろうとすると非常に強い力が絡み合うため有効な計算方法がなく、数値シミュレーションに頼るしかない。これに対して QCD 和則は、Wilson 展開という級数展開手法によりこれを解析的に扱える部分と非解析にしか扱えない部分をうまく分離して理論を構築しようとする画期的な手法だったのだが、パッとした結果が出ないまま世界的な流行は別の方向へと流れて行った。

1984 年に Edward Witten が発表した超弦理論(superstring)が学会を席卷するようになり Witten 理論の信望者が学界を埋め尽くすようになったが私はこの風潮について行けなかった。

同年代の Witten の活躍には目を見張る他ないが、自分が崇拝するのは少し上の年代の人々である。何とんでも Feynman や Weinberg が私の神様で

あり、特に Albert Einstein には私淑していた。実はこれは私だけではなく、素粒子理論を志す殆どの研究者がそうなのでそれが普通なのかと思っていたが、そうでもないらしい事を後年知った。学問の継承は多くの場合、個人から個人へとなされることが多い。つまり駆け出しの学生は先生からテーマやヒントを貰う事が多いのだ。しかし素粒子理論はそうではなかった。模倣は誉められないし、どうしても模倣から始めるなら超一級の論文詳しく読んでそれを模倣すべきだというのである。私が最初に経験した名古屋大学の大学院でも、週一回の「速報」をメンバの回り持ちで行い、その週の Physical Review Letters に出た論文を全て読んで発表するのが研究室の伝統であった。しかし、毎週出る論文数が異常に増えて全てをレビューすることが現実的ではなくなってくると、「全て」をやめて「一本」へと変更された。

一方、私がロチェスター大学で学位を取って短期就職先を転々としていた 1980 年代に、物理学は次第に斜陽へと向かっていた。まず、ニューヨーク市郊外のブルックヘヴン研究所に建設中であったイザベル加速器が建設中止になり、それより大型で超電導技術を使った夢の超電導大型加速器 SSC (Superconducting Super Collider) も建設中止になって、ビッグサイエンスに資金が出なくなって行った。1977 年にノーベル賞を受賞した物性物理学者、フィリップ・アンダーソンは「小さな科学」を主張し、SSC のような大金を使った科学よりも、お金は使わないが科学的に高い内容を持った研究こそを支援すべきだ、と主張した。同じく指導的立場にあったマレー・ゲルマンも 80 年代には上記のアンダーソンと共にサンタフェ研究所を作って、これからの研究者は複雑系をやるべきだ、と声高に宣伝した。

複雑系(Complex Systems)を研究するとは、20 世紀に大発展した物理学の基本原則を、現実の様々な問題に適用して解を探すことを指す。対象は物理のみならず、生物・社会・経済を含むありとあらゆる実在物である。自然に存在するものだけでなく、人が作った社会や経済までも含めた対象を設定し、人工物を対象とする工学と理学との境界線の探求が奨励された。サンタフェ研究所とその共同研究者達が発表する論文や書籍がその手本となった。解析的に解ける問題ばかり追いかけていては限度があるので、計算機を使った数値的な究解も良しとされた。それ以前は数値解は単に正しい解の目星をつけるだけで、そのあとに解析的な解が求められなければ多くの人は納得しなかった

のである。一方私は、計算機を使った数値解をそれほど悪いとは思わず、むしろ強力な手法だと考えた一人であった。

話が前後するが、学部3回生の時、初めて計算機を使う講義と演習が集中講義の形で行われた。単位が出ないため、興味を示さない同級生が多かった中で、私を含む十数名がこれを受講した。動機は、習えるものは習っておこう、という考えの他に、第1週目の「数値計算法」の担当が高名な一松信先生であったため、とにかく一度見に行こうという考えが湧いたためだった。内容はガウスの消去法であったが、驚くべきは一松先生の講義であった。当時、先生は京都大学の数理解析研究所に所属されており、通常の講義は担当されていない。そういう先生は普通、講義が下手な方が多い。ところが一松先生はその逆であり、猛烈な早口で「立て板に水」の話し方なのに、論理的飛躍が皆無で、全部がするするとわかるように準備されているのだった。私はそれまでそのような講義を聞いたことがなかったので度肝を抜かれた。第1日目の印象が良かったので最後まで受講した。2週目は別の先生によるFORTRANの講義だった。そのあとは学生が自由にプログラムを書いてコンピュータに通るまで書き直し、答えを出したらレポートを提出するだけだった。このような講義が企画されたのは丁度その年に大学の大型コンピュータが入れ替えになり、新しい方はFACOMだがそれは研究者しか使えず、古い方のHITAC500のリース期間が過ぎたのを大学が日立から貰い受けて学生の演習に供したのであった。

こうして計算機に親しんでいたことが、後に情報工学に商売替えする萌芽になった。更に、一松先生の講義のおかげで「完全にわかる講義を準備することは原理的に可能だ」という確信が持てたことが教員になる原動力になった。

7. 日本への帰還

1991年に帰国して椋山女学園大学の生活科学部・生活社会科学科・助教授として働き始めた。永く日本を留守にしていたのと、日本で初めての就職であることとかなり戸惑った。新設学科で定員250人には肝をつぶした。しかも最初の年のために歩留まりが解らず、かつ、受験者から見ても期待が大きかったらしく340名超が入学した。教員は15名であるから均等割りでは20名以上の研究室を各教員が運営することになる。新設学科で何もかも新しく決めなければならず、毎日複数の会

議に追い回された。

またこの年にインターネットの前身であるSINETが日本を縦断する形で各大学を結ぶことになった。SINETバックボーンが引かれるのは主要大学だけなので、椋山女学園大学は近くの名古屋大学から分岐する形で支線を引くのである。赴任した最初の年はこれに熱中した。おかげで椋山女学園は名古屋で最初にネットを引いた私立大学になった。ネットとはいえ、メールだけである。しかも最初はPPP接続で1時間毎に名古屋大学に直通電話をかけてメールを非同期に受け取るというシステムであったが、後にリアルタイムでメールを受け取れるIP接続に移行した。電子メールのためにUNIXシステムが必要だ、と主張するとすぐ2台のSUN-Microsystemsのワークステーション(Spark-2)が支給された。こういう点は私学の柔軟性が発揮される。学生のプログラミング演習に使うのはNEC-98型のPCである。

4年目には卒業研究が始まった。私の研究室には18名の希望者が来た。これは平均より少ない数であり、私を含めて理系の教員のところへは少なめ、文系の教員の研究室は多めの学生が志願する。均等割りではなく、あくまで人気投票なので、厳しい先生は学生が近寄らず優しい先生の処は満杯になるのである。私のところはやや厳しいため、2年目には8名、3年目は3名、と減って行った。この規則はn年目の卒研生数 x_n が

$$x_{n+1} = x_n/2 - 1$$

という漸化式に従うため、次の年は1人になるはずだなどと冗談を言っていたらその通りになったのには驚いた。しかしその年に宮崎大学に移ることになり、この学生は別の研究室に移って貰った。

ところで赴任4年目の時、初めての卒業研究を指導することになって18名の卒業研究のテーマをどうしようかと悩んだとき、文系志向の強い女子学生にも熱意を持って取り組んで貰えそうなテーマを3つ考えた。

- 1) 源氏物語の著者が一人か複数かという問題
- 2) 人間乱数
- 3) 経済と社会のモデルとそのシミュレーション

このうち、3)のテーマで科研費が貰えたので、その後の私の研究テーマは「経済と社会」にかかわるものになってゆく。ちょうどこの頃、総合研究大学院大学(総研大)の教育研究交流センターで湯川哲之教授と平田光司助教授を中心に「新分野の開拓」プロジェクトが始まり、私も「経済学」小グ

ループを立ち上げて積極的に参加しているうちに客員助教授と言う身分を貰い、「理系の経済学」をテーマとして追及するようになって行った。

8. 情報工学へ

椋山女学園大学には6年いたが、始めは新学科の立ち上げで毎日会議と講義に追い立てられ、自分の研究はできなかった。最後の年に卒業生の一人が研究生として1年間いてくれたので、意思決定のセルオートマトン模型を作ってシミュレーションし、国際会議に発表し、後から論文誌に投稿した[14]。共同研究者の福田敏男教授はその2年前に東京理科大から名古屋大学の機械工学科に移られた先生で、年間論文数が100以上になることをノルマとしておられた。理学部出身の私にはこれは驚きだった。論文というのは或る一つの事を深く研究したのちに、まだ解けていない謎を解いた場合を書くものだと思っていたからである。しかし福田教授に誘われていくつかの国際会議に出ているうち、いつの間にか国際会議論文が溜まって行く結果となった。科研費が貰えたことと、国際会議に次々出席したことで、国立に移るよう上司に勧められた。理系の研究を本格的に行うには私立大学ではサポートしきれないから国立大学に移るのが良い、と言うのである。

そこで、学会誌に公募の出ていた宮崎大学工学部の情報工学科助教授に応募したところ、採用されてしまった。何故私が選ばれたのかと思って聞いてみると、形式言語とオートマトンの講義の引き受け手がなく、前任者はそれを嫌って転出したのだという話であった。その理由をすぐには理解しかねたが、1年位経つと、この講義を担当する先生は学生に敬遠されるのだとわかった。そこで学生に好かれる講義とはどういうものかを考え始めた。前任校の椋山女学園大学では比較的好かれていたのだ。例えば物理学を担当される先生が急に辞められて私に番が回ってきたときは受講者が30数名から一挙に百数十名に増えたのだ。そのときのコツは数式を排除して直観に訴えることであった。そこでなるべく数学的にならないように直観的な説明を多く取り入れることにした。

宮崎大学に移って最初の年の研究室配属では、優秀な女子学生が3人集まって来て楽しく研究できた。これは宮崎が交通の不便な場所にあり、少子化から親が子供を遠くに行かせたがらないことに起因して、優秀な女子学生が地元の大学に集まり易いという事情によるものであった。しかし大

学院には進学せずすぐ就職してしまったので1年限りの付き合いであった。いずれも人間乱数をテーマに、隠れマルコフモデルやカオスの技法を使って卒業研究とした。2年目には優秀な男子新入生が2人、偶然のきっかけから私の元に集まり、そのあと修士1年まで研究に付き合ってくれた。後は修士論文を書くだけという段階で私が鳥取大学に移ることになったので他の先生に預かって貰い、それまで一緒にやって来た研究を元に修士論文を書いて二人共、首尾よくIT会社に就職した。この時彼らと一緒に研究を始めた株価変動がその後の私の主テーマとなった。

宮崎大学では「親和会」という組織が活動していて、工学部全体で旅行に行ったり釣りに行ったり食事会に参加する機会が多かった。企画は主に技官グループが担当し、特に年配の技官で様々な特技や趣味を持った人々が知恵を絞った。その結果、工学部全体が一つの仲良しグループを形成し、いつも明るい雰囲気であった。法人化する前であったこともあるかもしれない。排他原理に従う人々も少しはいたが、大半は人付き合いの良い愉快な人々であった。

9. 知識工学へ

2003年6月より鳥取大学へ教授として赴任した。宮崎大学工学部情報システム工学科では丁度、上司の北添徹郎教授がその年の3月に定年退官となり、赴任時に助手で途中で昇格した田伏正佳助教授が京都府立大学に転出することになって所属講座が前途不明になっていた。外部に教授として迎えてくれる大学があるならば移るのが一番良いと考えた。移ってみると三つ良い事があった。一つは夏の暑さが宮崎より凌ぎ易く、また建物の冷房状態も宮崎より良い事であった。二つ目は本州にあるため、飛行機に乗ることなく実家の京都に帰ったり、東京出張が可能な事であった。三つ目は知能情報工学科が気に入った事で、担当科目も「人工知能」や「オートマトン理論」であるため、自分に合っていると感じられた。大勢の希望者が殺到してもおかしくない人事だと思えるのに、どうして私が選ばれたのかと思ったが、応募者数は私が思ったほど多くなかったらしい。

総研大の研究グループ「経済学」は1997年から始まった「新分野の開拓」プロジェクトが2002年度で終了して、解散するかどうかが決める時だった。プロジェクトを牽引していた湯川・平田両教授も転機を迎えていた。教育研究交流センターが

解散し、平田教授は総研大の副学長になった。湯川教授も定年間近になっていた。プロジェクト内のグループの多くは解散したが、我々の「経済学」は、同じ総研大に属する文部科学省統計数理研究所(統数研)の田村義保教授に誘われて、統数研「経済物理とその周辺」共同研究として再出発することになった。

またこの年、2003年から始まって3年間、科研費Aを得た。テーマは「統計物理学の視点から見た新しい金融と経済の理論を構築するための基礎研究」代表者は国際基督教大学の海蔵寺大成教授である。これは2000年頃から前述の総研大「経済学」と統数研「経済物理とその周辺」共同研究で主テーマとしてきたエコノフィジックス(経済物理学)[15]の活動を基にした研究計画であり、私が集中的に行ってきたティック価格変動のデータ解析[16]も主テーマとして含まれていた。

エコノフィジックスは日本だけでなく、欧米に於いても盛んになり、国際会議が各国周り持ちで開催されて行った。しかし物理学の分野としてはやや異質で、単発的にフィジカルレビューに論文が掲載されるものの、ピッタリした分野ではないように思われた。

この頃、広い意味での知識工学を主体とした国際会議を催すグループKESが立ち上がり、2003年はこれがオックスフォード大学で開催されたので、これをきっかけにKES国際会議に参加するようになった。2009年にはこれから派生して、知識工学の中でも特に知的意思決定技術に興味を持つ研究者のグループによる、KES-IDTという国際会議が姫路で開かれることになり、これにも参加するようになった。それまでの知識工学はエキスパートシステム等に代表される既存の技術に特化したイメージがあったのを、コンピュータ科学の中で発展して来た機械学習やニューラルネットワーク技術、データサイエンスなどを含むもっと幅広い発展性を備えた知識工学の枠を作りたいという機運に乗って多くの研究者を集め、現在にいたっている。今年を最後の機会としてシンガポールで開かれた第19回KESに招待セッションを立てて座長となり、参加した。仲間は新潟大・理学部・数学科の家富洋教授とその院生、および京大情報科学研究科の佐藤彰洋である。

博士課程の学生は少ないが鳥取大学在職中に2名を卒業させた。但し最初の1名は前任者から引き継いだ日本人の男子学生で、一緒に研究するこ

とはなかったが就職の世話はした。もう1名は中国の吉林大学の修士を卒業した女子学生で、楽しく共同研究できたが就職のため母国へ帰り、台州職業学院の教員となった。2006年頃、ドイツ人の博士候補生が短期間滞在したが、母校のテュービンゲン大学に帰って博士を取り、Boschの研究所に就職した。そのあと、日本人の男子学生で修士卒業後に博士に進学したが、途中で就職が決まり退学したのは残念であった。

鳥取大学には2003年の6月に着任して知能情報工学科の知識A研究室の教授を務めたが、2008年迄の5年間は価格変動や人間乱数等のランダム系の研究に進化計算法やゲーム理論を取り入れたものであった[22]。特に元山智弘の2003年度の卒業研究となった、現実の市場における価格変動データを相手に戦う投資戦略を進化計算で求める研究を基点にして、翌年の徳岡聖二の卒業研究となったマイノリティゲームのシミュレーション[17]、修士論文となった、テクニカル指標の動的選択による超短期価格予測[18, 20, 21]、また三島雅史の卒業研究および修士論文となった、短い人間乱数のための指標の選択[19]、は情報処理学会MPS研究会で発表賞を受賞した。他にも、Lnidgrenモデルによる囚人のジレンマの最適戦略[33, 39, 43, 44]、は糸井良太の修士論文となり、其々の学生と楽しく共同研究した。

最後の5年間の研究テーマはランダム行列理論の応用で、株式市場の主成分抽出と乱数度測定法の開発が主な成果である。主成分抽出は主に木戸丈剛、および山本敦史と行い、其々の修士論文となった[23, 24, 25, 26, 32, 40, 41, 51]。乱数度測定法[27, 29, 30]は楊欣の博士論文[31, 42, 45, 49]、および三賀森悠太の卒業論文[38]と修士論文[52, 56]になった。また、田中侑希は人間乱数を用いたパスワードの可能性を実験し、RIP(ランダム入力パスワード)[48, 50, 53, 54, 55, 57]を提案して電気学会から表彰された。

2011年頃から、招待講演をいろいろと頼まれるようになった。まず、金融実務者の集まりで話を頼まれ、「アインシュタインからノイマンへ」という題で話をした[28]。この趣旨は、私自身の前半生がアインシュタインに私淑していたのを、後半生においてはノイマンのゲーム理論に私淑して「相手のある場合の最適選択」の研究へと移ったことを伝えたかったのであるが、正しく伝わったのかどうか自信がない。また、機械学会の招待講演、続いて横幹の集まりで「経済物理学」について話すことになり、価格変動の研究の話をさせて

貰った[34, 46, 47, 35, 36, 37]. しかし、価格変動の研究の成果は何かと考えると、長期変動ならともかく、短期価格変動の場合は、株式投資のソフトを作る事か、または株式市場の制度設計を考えなおす事位しか応用がない。将来的にはそれも考えて行きたいが、さしあたりは、研究の道具として整備した様々のプログラムが株価以外の様々なビッグデータ解析の手段として応用価値があるのではないかと考えている。

また、最後の2年間は近隣の高校のSSH(スーパーサイエンスハイスクール)のお手伝いで岡山県立津山高校、同県立天城中高高校、兵庫県立龍野高校で中高生達に物理学や情報工学の話をする機会を得た。それ以外にも、留学を考える高校生に向けての話を依頼され、2014年12月に津山高校で「理系女子、物理で世界を巡る」という題で話をしたが、女子だけでなく男子生徒も大勢集まり、留学のタイミング等、活発な議論ができた。

10. 科学研究費

1991年に帰国して一番有難かったのは、研究費が貰えてそれを比較的自由に使えた事である。これが日本の大学の最大の利点であったと思う。1991年に帰国後、赴任した最初の大学である椋山女学園大学では、文部省の科研費が取れるようになるまでの間、学内研究費をかなり頂けた。科学研究費を取れると学内研究費は切られたが、帰国後の25年間に計5件の科研費を貰うことができた。

- 1) 社会問題のシミュレーション:社会情報学の構築に向けて(単独, 1995年度~1996年度, 計算機科学:一般(C)→基盤(C), 椋山女学園大学)
- 2) 人工知能の基礎としての複雑系科学の探求(単独, 1998年度~2001年度, 計算機科学, 基盤(C), 宮崎大学)
- 3) 統計物理学の視点から見た新しい金融と経済の理論を構築するための基礎研究(分担, 2003年度~2005年度, 社会システム工学・安全システム, 基盤(A), 代表:海蔵寺大成, 国際基督教大学)
- 4) 高頻度価格変動データの情報科学および物理科学的手法による解析((単独, 2002年度~2005年度: 計算機科学-統計科学, 基盤(C), 鳥取大学)
- 5) 高頻度価格データを例とした非定常時系列解

析手法の検討(単独, 2008年度~2012年度: 社会システム工学・安全システム, 基盤(C), 鳥取大学)

謝辞

定年を機に工学部研究報告の総説を書かせて頂けるとのことで紙面を汚すことになりました。見返してみると、特別環境にも恵まれず、才能も程程で、引っ込み思案なのに、与えられた環境の中で思い切り好き勝手に生きて来たことがわかります。

定年を迎えても懲りずに続ける積りです。まずは Springer との約束を守って本[58]の執筆を完成させなければなりません。(請う、ご期待!)

また、「人物でよむ物理法則の事典」[59]のお手伝いでクロード・シャノンの項を担当した際、地域学部の後藤和雄先生からお借りしたシャノンの全論文集[60]に嵌ってしまい、当分、退屈しそうにありません。

最後に、帰国後の25年の半分以上を鳥取大学で過ごさせて頂き、多くの学生達と楽しく学問が出来ましたことを深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 米澤貞次郎, 永田親義: ノーベル賞の周辺:第5章 京都大学の学風をつくった人びと:(株)化学同人,1999
- [2] チャーム粒子を実験的に発見したりヒターとティンは1976年ノーベル物理学賞を受賞した
- [3] 標準模型の基本的考えを示した1967年のワインバーグ模型(S. Weinberg: A Model of Leptons: Physical. Review Letters, Vol. 19, p.1264, 1967); とその先駆となったグラシヨウ論文(S.L. Glashow: Partial Symmetries of Weak Interactions: Nuclear. Physics, Vol. 22, p. 579, 1961)は1979年のノーベル物理学賞を受賞した
- [4] M. Kobayashi, T. Maskawa: CP Violation in the Renormalizable Theory of Weak Interaction: Progress of Theoretical Physics(Kyoto: Yukawa Institute for Theoretical Physics) Vol. 49 pp. 652—657, 1973
- [5] M. Gell-Mannはこのクォーク仮説により1969年のノーベル物理学賞を受賞した
- [6] 深非弾性散乱実験によりクォークの存在が確認されたことで1990年のノーベル物理学賞がJ.I. フリードマン達に贈られた

- [7] Mieko Yamawaki (Tanaka), Taizo Muta: Phenomenological Analysis of the Bjorken Scaling Violation in Electro-productions, Progress of Theoretical Physics, Vol.58, pp. 281-293,1977
- [8] F. T. Hioe, E.W. Montroll, Mieko Yamawaki (Tanaka): On Higher Order WKB Approximations for the Calculations of Energy Levels: Chapter 16 of Perspectives in Statistical Physics (Ed. H.J. Raveche), North Holland, 1981
- [9] Mieko Yamawaki (Tanaka): Decay Constants of Pseudoscalar Mesons Containing Heavy Quarks: Physics Letters B, Vol. 107, pp.127-131, 1981
- [10] V. S. Mathur, Mieko Yamawaki (Tanaka): D(+)-D(0) Mass Difference: Physical Review D, Vol. 28, pp.669-670, 1983
- [11] V. S. Mathur, Mieko Yamawaki (Tanaka): Decay Constants and SU(2) Mass Splittings of Pseudoscalar Mesons: Physical Review D, Vol.29,pp.2057-2066, 1984
- [12] F. Wilczek, A. Zee: Horizontal symmetries and weak mixing angles: Physical Review Letters. Vol. 42, p.979, 1979; Physical Review D25, p.553, 1982
- [13] Mieko Tanaka Yamawaki, Walter W. Wada: Cabibbo-Kobayashi-Maskawa Mixing Matrix and the Quark Masses in Horizontal SU(2) Symmetry: Physical Review D, Vol.45,pp. 2432-2435, 1991
- [14] Mieko Tanaka-Yamawaki,Sachiko Kitamikado, Toshio Fukuda: Consensus Formation and the Cellular Automata: Robotics and Autonomous Systems, vol.19, pp.15-22, 1996
- [15] Mieko Tanaka-Yamawaki: Two-phase oscillatory patterns in a positive feedback agent model: Physica A Vol.324, pp.380-387, 2003
- [16] Mieko Tanaka-Yamawaki: Stability of Markovian Structure Observed in High Frequency Foreign Exchange Data: Annals of Institute of Statistical Mathematics vol.55 no.2 (Kluwer 2003)
- [17] 徳岡聖二, 田中美栄子:マイノリティーゲームにおける資産分布の現実化: 情報処理学会論文誌, Vol.47 p,p.1443-145, 2006
- [18] Mieko Tanaka-Yamawaki, Seiji Tokuoka: Adaptive use of technical indicators for the prediction of intra-day stock prices: Physica A Vol.383, pp.125-133, 2007
- [19] 三島雅史, 田中美栄子: 短い人間乱数による診断可能性と指標の選定: 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用(MPS), Vol.48, pp.47-54, 2008
- [20] 徳岡聖二, 田中美栄子: テクニカル指標の動的選択と tick 価格予測: 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用, Vol.49 SIG4, pp.88-91, 2008
- [21] Mieko Tanaka-Yamawaki, Keita Awaji, Seiji Tokuoka: Short-Term Price Prediction and the Selection of Indicators: Progress of Theoretical Physics Supplement, Vol. 179, pp.17-25, 2009
- [22] 田中美栄子,科学カフェ京都 第 59 回例会 (<http://ameblo.jp/kagaku/archive1-201001.html>) 「経済物理学をやろう」2010年1月9日(京都大学吉田南総合館北棟 25 号室
- [23] Mieko Tanaka-Yamawaki: Extracting Principal Components from Pseudo-Random Data by Using Random Matrix Theory: Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6278, pp.602-611, 2010
- [24] Mieko Tanaka-Yamawaki: Cross Correlation of Intra-day Stock Prices in Comparison to Random Matrix Theory: Intelligent Information Management, Vol. 3- 3, pp. 65-70, 2011
- [25] 木戸丈剛, 楊欣, 田中美栄子, 高石哲弥: ランダム行列理論を用いた主成分抽出法による日本と米国の株式市場における主要セクタの変遷: 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用(MPS), Vol.4-4, pp.104-110, 2011
- [26] Mieko Tanaka-Yamawaki, Takemasa Kido, Ryota Itoi: Trend-extraction of Stock Prices in the American Market by Means of RMT-PCA: Intelligent Decision Technologies SIST, Springer,Vol.10,pp.637-646, 2011
- [27] Xin Yang, Ryota Itoi, Mieko Tanaka-Yamawaki: Testing Randomness by Means of RMT Formula: Intelligent Decision Technologies SIST(Springer),

Vol.10, pp.589-596, 2011

[28] 田中美栄子, Sybase Financial Executive Summit 2012 基調講演「アルゴリズム取引から次のステージへ：現場が求めるアルゴリズムモデルのとリアルタイムモニタリング新時代の幕開け」東京ステーションコンファレンス 2012 年 2 月 22 日:講演の内容が、5 月 6 月号の記事として 2 回にわたり日本語版ウォール・ストリート・ジャーナル(金融系 WEB サイト)に掲載された。

[29] Mieko Tanaka-Yamawaki, Xin Yang, Ryota Itoi: Moment Approach for Quantitative Evaluation of Randomness Based on RMT Formula: Intelligent Decision Technologies, SIST(Springer), Vol. 16, pp.423-432, 2012

[30] 田中美栄子, 糸井良太, 楊欣: ランダム行列理論を用いた乱数度評価法の提案: 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用(MPS), Vol. 5- 1, pp. 1-8, 2012

[31] Xin Yang, Ryota Itoi, Mieko Tanaka-Yamawaki: Testing Randomness by Means of Random Matrix Theory: Progress of Theoretical Physics, Supplement, Vol.194, pp.73-83, 2012

[32] Mieko Tanaka-Yamawaki, Takemasa Kido, Atsushi Yamamoto: Extracting Quarterly Trends of Tokyo Stock Market by Means of RMT-PCA: Advances in Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems/IOS Press, pp.2028-2036, September, 2012

[33] 糸井良太, 田中美栄子: ノイズ付き進化型繰返し囚人のジレンマにおける長寿戦略の探究: 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用(MPS): Vol. 6, No.1, pp.31-37, 2012

[34] 田中美栄子: 4th 横幹連合総合シンポジウム(<http://www.trafst.jp/sympo2012/program2012.html>) 「経済物理学の進展」2012 年 11 月 2 日(日本大学生産工学部津田沼キャンパス 31 号館 3 階 312 室)

[35] 田中美栄子, 日本機械学会 25th 計算力学講演会 (CMD2012 : Computational Mechanics Division Conference) フォーラム F2「社会シミュレーション」(吉村忍(東大)) F205. ゲーム理論と人工知能 :

新しい科学の方法論としての視点 2012 年 10 月 6-9 日 (神戸市ポートアイランド・京コンピュータ)

[36] 田中美栄子, スーパーコンピュータ「京」と生命科学・シンポジウム「価格変動の科学：複雑系としての視点」2012 年 6 月 1 日(岡山大学)

[37] 田中美栄子, 2nd スーパーコンピュータ「京」と生命科学・シンポジウム「ランダムネスを利用したビッグデータ処理の効率化」2013 年 7 月 19 日(岡山大学)

[38] 三賀森悠大, 楊欣, 糸井良太, 田中美栄子: RMT テストの性能検証-NIST 乱数検定との比較: 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用(MPS), Vol. 6-1, pp.57-63, 2013

[39] 糸井良太, 田中美栄子: ノイズ付き進化型繰返し囚人のジレンマにおける長寿戦略の探究: 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用(MPS), Vol. 6-1, pp.31-37, 2013

[40] Mieko Tanaka-Yamawaki, Xin Yang, T. Kido, A. Yamamoto: Extracting Market Trends from the Cross Correlation between Stock Time Series: Communications in Computer and Information Science, Vol. 246, pp.25-38, 2013

[41] Yuuta Mikamori, Xin Yang, Ryota Itoi, Mieko Tanaka-Yamawaki: Randomness Criteria of the RMT-test Compared to the NIST: Procedia Computer Science, Vol. 22, pp.1201-1209, 2013

[42] Xin Yang, Yuuta Mikamori, Mieko Tanaka-Yamawaki: Predicting the Security Levels of Stock Investment by Using the RMT-test: Procedia Computer Science, Vol. 22, pp.1172-1181, 2013

[43] Mieko Tanaka-Yamawaki, Ryota Itoi: Finding a Prototype Form of Sustainable Strategies for the Iterated Prisoners Dilemma: HCI2013, pp. 616-624, 2013

[44] Mieko Tanaka-Yamawaki, Ryota Itoi: Characteristic Features of the Sustainable Strategies in the Evolvable Iterated Prisoner's Dilemma: Intelligent Decision Technologies, R. Neves-Silva et al. (IOS Press), pp.216-224, 2013

- [45] Mieko Tanaka-Yamawaki, Xin Yang, Yuuta Mikamori: "Randomness as the Security Levels of Investments", Intelligent Decision Technologies: R. eves-Silva et al. (IOS Press), pp.344-352, 2013
- [46] 田中美栄子: 経済物理学とその周辺: 横幹, Vol. 7, pp.79- 82, 2013
- [47] 田中美栄子, 楊欣, 糸井良太: 戦略の自動進化および時系列乱数度による価格予測: 横幹, Vol. 7, pp.83- 91, 2013
- [48] 田中侑希, 田中美栄子: 人間乱数による個人識別の可能性: FIT2013(第 12 回情報科学技術フォーラム), RJ- 006, 2013
- [49] Xin Yang, Mieko Tanaka-Yamawaki: A Study on the Randomness of Stock Prices by Using the RMT-Test: JPS Conf. Proc.: 12th Asia Pacific Physics Conference (APPC12), Vol.1- 019001, pp.1-4, 2014
- [50] Mieko Tanaka-Yamawaki, Yuki Tanaka, Atsushi Yamamoto, Masaki Jinushi: Personal ID System by Means of Random Input Passwords: ISCT2014, Tottori University, October 2014
- [51] Mieko Tanaka-Yamawaki, Takanori Yamamoto and Atsushi Yamamoto, Katsutoshi Yoshii: Trend Extraction of Tokyo Market by Means of RMT-PCA in Various Time Resolutions Including Arrowhead Market: ISCT2014, Tottori University, October 2014
- [52] Mieko Tanaka-Yamawaki: Security levels of stock investment and the Randomness of Price Fluctuation Measured by the RMT-test: Social Modeling and Simulation + Econophysics Colloquium: SMS+EC2014, Kobe, November 2014
- [53] Random Input Password for Personal Identification, Mieko Tanaka-Yamawaki, Yuki Tanaka, The 46 th ISCTE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications (SSS'14), Kyoto Institute of Technology, November 2014
- [54] Mieko Tanaka-Yamawaki: Proposing a System for Individual Authentication using Random Input Password: COST Action TD1210 (European Union): eGovernment and eKnowledge - wider societal use of knowledge maps" Working Group Meeting, University of Seville, Spain, September 16-18, 2014
- [55] 田中美栄子、田中侑希、吉井勝俊、「医療,医学,薬学分野への SOM の応用」第 21 章 "人間乱数パスワード:人間乱数の ID システムへの応用", (徳高平蔵他編,海文堂 2015)
- [56] Mieko Tanaka-Yamawaki, Xin Yang, Yuuta Mikamori: Verification of the Relationship Between the Stock Performance and the Randomness of Price Fluctuation: Procedia Computer Science, Vol. 60, pp.1247-1254, 2015
- [57] Mieko Tanaka-Yamawaki, Yuki Tanaka, Katsutoshi Yoshii: Personal ID System by Means of Random Input Passwords: Procedia Computer Science, Vol. 60, pp.1817-1825, 2015
- [58] Mieko Tanaka: Principal Component Analysis and Randomness Tests for Big Data Analysis, Springer (ISBN 978-4-431-55904-7), Evolutionary Economics and Social Complexity (<http://www.springer.com/jp/book/9784431559047>)
- [59] 人物でよむ物理法則の事典(朝倉書店,2015年 11 月 25 日) ISBN978-4-254-13116-1 米沢富美子 総編集 / 辻和彦 編集幹事 ; 項目「シャノン」を担当
- [60] Ed. N.J.A.Sloan, A.D.Wyner: Claude Elwood Shannon Collected Papers (IEEE Press, 1993)

(受理 平成 27 年 10 月 30 日)