
 ひ ろ ば

統計力学と電子計算機

- 梯子と踏台 -

桂 重俊

本日私の東北大学を去るに当たっての最終講義の機会を作って下さいました応用物理学科はじめ関係の方々に厚く御礼申し上げます。

昭和19年東北大学通信工学科を卒業してから、5年間の大学院特別研究生時代を含め、42年間研究、教育に従事して来ましたがその流れをいくつかの思出を中心としてお話してみたいと思います。

§ 渡辺研究室

昭和19年の始め太平洋戦争の敗色も濃くなっていた頃です。私は渡辺寧先生の研究室に居りました。先生は海軍第2技術廠島田実験所長を兼務して居られ、全国の大学の電気と物理の大学院学生を学徒動員の形で集められ、私もその中の一人でした。当時は研究所全体が何の研究をしているかは知らされませんで、私はマグネトロンの発振実験をさせられて居りました。渡辺先生は研究所に朝永振一郎、小谷正雄、伏見康治、永宮健夫、高尾盤夫、渡瀬譲等の先生方を集められ、また大学院生としては昨年東北大を退官された佐藤岩男、電通大の神戸謙次郎、宇宙研究所の小田稔さん等の物理の方々が居られました。

戦争が終り研究室にもどりました。先生は「学会の効は休憩時間のダベリである」とか、「講演のabstractをよく読め」などと言われました。その頃のPhysical Reviewには論文の他に講演のabstractも出ていました。実際先生はSchockleyの書いた半頁のトランジスターのabstractを見て、これは大変だと言って半導体研究の要を叫ばれたのです。

私は島田でマグネトロンのやっていたのでマグネトロンの陰極から放出された電子の初速度分布がマグネトロンの電流電圧特性にどういう影響があるか調べたのが、最初の論文です。これは講演はしませんでした。が学会講演の最初は半導体陰極でconduction bandとimpurity levelがあることで電流電圧特性がどうなるかを調べたものでした。その頃渡辺先生は、島田で多くの物理学者を友人にもたれた為もあったかと思いますが物理に非常に傾斜され、研究室でプランクの熱輻射の起源のゼミをされました。また物理学会東北支部例会で「量子力学に関する一管見」と題する熱気にみちた特別講演をされたこともあります。そんな熱気に当てられて津屋昇、武内義尚、西澤潤一、中野朝安、本多波雄さんなどの方々が物理に興味を見出してそちらに行かれました。このグループはまた物理の森田章、堀江忠児、なくなった藤田尚明さんなどとも交流がありました。

プランクに魅せられし師に魅せられて辿り歩みし波の粒かな

学問に注ぎたまひし師の思い焔となりてわがむねを灼く

§ 助教授就任

昭和24年に助教授に任ぜられました。渡辺先生から君には電気機関車か照明の講義をしてもらうと言われ、どちらも在学中講義さえ聞いたことがなかったので茫然としていたら照明をとということになりました。医学部生理に岩間吉也さん（昨年まで阪大医学部長）が居られ、そこに日参して人間の眼と色覚についての勉強をして講義にとり入れました。その頃授業をしていたら、次の時間になったのに気づかずにて、いきなり教室の戸があいて「桂君、もう僕の時間だよ」と永井健三先生が十数名の学生をつれてどやどやと入って来られたことがあります。

§ 応用理学教室

昭和26年に応用理学教室の野邑雄吉先生の研究室に移りました。始のテーマが円板による電波の回折、次はリボンによる電波の回折です。野邑先生は、「一生冷飯を食ってもいいから学問をしたい」という覚悟のものでなければ弟子はとらないと言われました。八田達、山村一郎、猪苗代盛、春海佳三郎、高久浩俊さんなどが野邑先生のグループでした。特殊関数論、Weber-Schafheitlin の不連続積分、鞍部点による積分評価、級数を Γ 関数を用いて積分表示になおし、積分路をうつして別な表式を得る方法等のノウハウを学びました。これらのノウハウは其後私が電波の回折を離れた後も、液体のピリアル係数や分子分布関数、またスピングラスの研究等に常に役立って来ております。複素積分の計算でsaddle pointの位置は分かったが積分路をどうとてよいか分からなくて困ったことがあります。

鞍部点定め得たれど積分路求むに難し虚部零の路

またこの頃の仕事に八田達君や森田章さんと電場のかかった場合のenergy bandの話がありますが、1973年になってStark ladderのはじめの仕事としてとり上げられました。

§ CondensationとIsing 病

Maxwell 分布やFermi 分布を用いることから統計力学に入って行ったことは先に申しました。藤田君や化学の中島威さんとFowler-Gaggenheim の統計力学

の輪講をしたりしました。そこでぶつかった問題が凝縮の問題です。水蒸気は何故水になるかという問です。この頃凝縮に関するMayer-Kahn-Uhlenbeckの理論というのがありました。それは圧力を逃散能で展開した級数を解析接続した関数の解析的特異点が凝縮を与えるというものです。藤田君とこの理論をしらべてその必然性がないことを指摘しました。これを大阪の物理学会で発表した時、N大先生が「Mayerの理論は正しい。あなたの理論はMayerの理論と異なる。故にあなたの理論は誤りである。」と言われました。私は学会発表が2度目位のときで、N先生の論理は全くなっていないと思いながら何も言わずに壇上で数分立往生したのちそのまま壇を下りてしまい、藤田君から「せめて「後で考えてお答します」とでも言うてくるものだ」と言われました。上の主張は「凝縮点は木の節ではなく、木に竹を継いだ点である」という表現で示し、1953年日本で行われた最初の国際会議でも討論し、Yang-Leeのcondensationの凝縮理論をもってしても解決出来ないことを示しました。

Yang-Leeの理論は気体-液体の転移を強磁性のIsingモデルの転移に結びつけたもので、これからIsingモデルの勉強をはじめました。KaufmannのIsingモデルの論文を読んだあとYangの自発磁化の論文のゼミを藤田君や福田義一さんと一緒にやり、その精妙な論理の進め方のとりこのなりました。結果は

$$M = \left[1 - \frac{1}{s h^4 (J/kT)} \right] \frac{1}{8}$$

という実に簡単な式なのですが8頁の論文を読むのに半年かかりました。その頃Ising病という言葉はまだ出来ていませんでしたが皆Ising病の重症患者でした。例えば福田さんは「3次元Isingモデルがとけたら物理をやめて百姓になる」と言われました。また4月1日に藤田君に「有限磁場中のIsingモデルがとけたという論文を今日見つけた」と電話したら、彼は物理から南六軒町の応理まで息せき切って走って来て、走り通し切れずに一と休みしたときApril Foolでだまされたらしいことに気がつき、あとは歩いて来たといっておられたこともあります。

Condensationの続きとしては井戸型ポテンシャル気体や剛体球気体のビリアル係数やクラスター積分、分子分布関数の計算を行ないました。ビリアル係数の計算はPhys. Rev.に投稿して1年間何度催促しても梨のつぶてであった所へ、いきなり校正刷が来てほっとしました。出たらFeynmannから "I am enjoying and admiring to read your article." という手紙をもらいました。Reichlの教科書にはKatsura's methodとして紹介されていますが、ReichlがKatsura's methodといったところはMontroll's methodであって、私のやったところはMontroll's methodでは出来なかった部分なのです。

1977年にMayer and Mayerの統計力学の2版が出たときDorfmanがそのBook reviewを書いてMayer理論の批判をしています。

through the value b_0^{-1} from below. This sharp change signals the onset of condensation of the gas. For an infinitely large system, Mayer expected that the virial expansion of the density would have a mathematical singularity at $z = b_0^{-1}$.

By means of this and other, similar arguments, Mayer was able to map out a description of condensation phenomena. He predicted that the critical temperature T_c , defined as the temperature where the gas and liquid phases have the same density, should, in general, be greater than the temperature T_m below which the meniscus separating the two phases appears. According to the Mayer theory, the so-called "derby hat" region between T_m and T_c is such that the gas-phase isotherms approach the coexistence curve in the PV plane with zero slope, i.e., the isothermal compressibility becomes infinite as the coexistence curve is approached from the gas phase. The prediction of the existence of a derby hat region stimulated a number of experimental searches for it. When the first edition of Mayer and Mayer was written, there was in fact some experimental evidence that T_c and T_m could differ by as much as 10–15 K.

At the time of active research on the Mayer theory of condensation, it was generally realized that the theory had a number of difficulties. First of all, one had yet to prove that the requirements on the cluster integrals b_l for condensation were satisfied at low enough temperatures for any system with a realistic intermolecular potential. For the ideal Bose-Einstein gas, Uhlenbeck and Kahn⁽¹⁾ showed that the b_l were all positive, and that they did behave as b_l^1 for large l . Thus the Mayer theory seemed to be successful in describing the ideal Bose-Einstein condensation, but no other cases were known. Another difficulty was that Mayer's arguments indicated that once the isotherms became horizontal in the two-phase region they would remain horizontal even in the pure liquid phase. However, it was argued that this deficiency in the theory was due to the fact that Mayer had replaced the volume-dependent cluster integrals $b_l(V)$ in the virial expansion by their values at infinite volume $b_l(\infty) = b_l$, thus ignoring a subtle double limiting process as the system's size becomes large.⁽²⁾

In spite of the fact that Mayer's theory is a very suggestive one, it is no longer actively pursued, because it is plagued by a number of shortcomings. To begin with, there are no reliable experimental data suggesting that T_m and T_c are different. All the experiments that purported to do so were shown to suffer from impurity and/or gravity effects.³ Although Mayer's arguments for the derby hat region were strong, they were not at all rigorous, nor could they predict the size of this region. It might have been possible to reconcile Mayer's

² A historical survey of the experimental literature on this subject has been prepared by Levitt Sengers.^(a) I would like to thank Dr. Levitt Sengers for her helpful remarks on this subject.

theory with the experimental failure to detect the derby hat, but in 1952 Yang and Lee presented their rigorous theory of phase transitions which showed that Mayer's theory could not be a general description of the liquid-gas phase transition. Yang and Lee considered the analytic properties of the grand canonical partition function as a function of the fugacity z and showed that the phenomena of phase transition can be associated with the distribution of zeros of the grand canonical partition function in the complex z plane. As consequences of the Yang and Lee description, it was possible to show that:

(a) If Mayer's fugacity expansions have a singularity on the z axis, this singularity need not coincide with the actual value of z where the condensation takes place, but may be larger than the actual value. Here the difference is due to the improper $V \rightarrow \infty$ limit procedure alluded to earlier.

(b) The fugacity and density expansions and their analytic continuations, if such are possible, have in general no meaning outside the gas-phase region. In fact, a study of these expansions and their analytic continuations for a system that does undergo a phase transition may not even indicate that a condensation occurs. Ford^(b) has constructed a mathematical model of a grand canonical partition function which has many features of a real gas partition function. In this model one can sum the fugacity series for the density and study its analytic continuation outside the small- z region. The fugacity series for the density and its analytic continuation have no singularities on the positive z axis, while in actuality there is a singularity in $n(z)$ at $z = 1$. For $z < 1$, the fugacity expansion of n and the actual value of n coincide, but not for $z \geq 1$.

There have been a number of attempts to redo the Mayer theory more carefully, and to find conditions on the potential energy of the system such that the Mayer expansions would predict the correct location of the singularity on the positive z axis.⁴ These attempts have not been very successful, and the Mayer theory is no longer an active area of research in statistical mechanics.

The second edition provides an exposition of those features of Mayer's theory that have held up over the intervening years. That is, the virial expansions are derived, and the volume dependence of the cluster integrals is discussed, as is the relation between the cluster integrals and actual physical clusters. Then Mayer gives a careful treatment of the analytic properties of the virial expansion in light of the Yang-Lee theory. The presentation is along the lines developed in the first edition and anyone who is familiar with the Mayer theory can find here and there some echoes of the derby hat region. Nevertheless, this chapter is sufficiently clear and self-contained that it is worth studying on its own merits. The chapter on dense gases would be of

⁴ For a useful summary of the Mayer theory and of later attempts to improve it, see Münster.^(c)

この辺に書いてあることは正に私が25年前から口を酸っぱくして繰返し言ってきたことです。あるときはあなたの理論はMayerと異なる故に誤りだと言われ、ある時は論文を没にされました。木に竹をつぐ所はたまたま木の節である可能性はあるにしても、木の節である必然性はないことは今や周知なこととなっていました。私はDorfmanに

When I look back upon the past quarter of century on this problem, I am full of deep emotion though our works may be buried in oblivion. という手紙を書きました。

これら統計力学の研究にあたっては伏見康治先生の「量子統計力学」から大きな影響を受けました。

一切の根源は勢力演算子(ハミルトニアン)に含まれて

密度行列また状態和

8 SENAC公開まで

次に電子計算機にかかわる回題をお話して見ようと思います。

計算機といえば昔はタイガー計算機でした。私は昭和20年代のはじめから中頃にかけて、朝から晩までガラガラ回してやっと連立一次方程式1個をとき、その解を100個以上用いて1本のカーブをかくというような仕事をやって居りました。他でも述べましたので詳しくは省きますが、この苦しみを免れるためには日本でも電子計算機が必要であると思うに到り、電気、物理、数学などの雑誌会でその必要性をといて回りました。

数年後大泉充郎先生から東北大でも電子計算機を作るからお前も手伝えとのお話で、本多波雄、小野寺大、野口正一君などと一緒に川崎の鈴半という宿に泊まりこみ日電に通いました。そこで、浮動固定小数点切換、1語48ビット、先行制御機能をもち命令数256という当時としては日本有数のSENACが設計されたのです。

SENACが公開の前日故障を起こし、夜中3時頃やっと復旧してほっとしていたところ、朝の6時過ぎに東大の後藤英一さんが大泉教授室に見えられました。後藤さんはたむろしていた我々に向かって「やっぱり徹夜ですか、ハハハ。寝台で来ましたがいま大泉教授室に鍵がかかっているようだったら大したもんだなと思って来たのですがね」と言われました。その頃はNeumannの法則というものがあった時代です。お前の所の計算機は何時出来るかときくと、どこの大学でも、どこのメーカーでも「半年後」と答える。半年たって質問するとまた「半年後」という答が返ってくる。これがストアードプログラム方式の

桂 重俊

電子計算機の生みの親 Neumann の法則と言われたものです。

計算機をはじめてから大泉先生、高橋秀俊先生、喜安善市先生、後藤英一さん、和田英一さん、駒宮安男さん、室賀三郎さんなどにいろいろ教えて頂きました。

公開の前夜の徹夜知れば足ると早朝訪い来し後藤英一

§ オレゴン大学

Mayer 理論への批判が Hill の統計力学の本にとり上げられたのが縁で 1961 年から 2 年間アメリカのオレゴン大学に参りました。

またこの間何度かの conference など T.L.Hill, M.E.Fisher, G.H.Wannier, R.B.Griffiths, G.Stanley, M.S.Green, D.D.Betts, T.H.Berlin, G.A.Baker, J.E.Mayer, A.J.F.Siegert, H.B.Callen, R.Kikuchi, T.Tanaka 等の人々と接触することが出来、その後の私の研究に大きな影響を与えられました。また外国人であれ日本人であれ、以前から知っていた人でも新に紹介された人でも、招待されたりしたりすると急に親近感が深まることを教えられました。

§ 応用物理学科

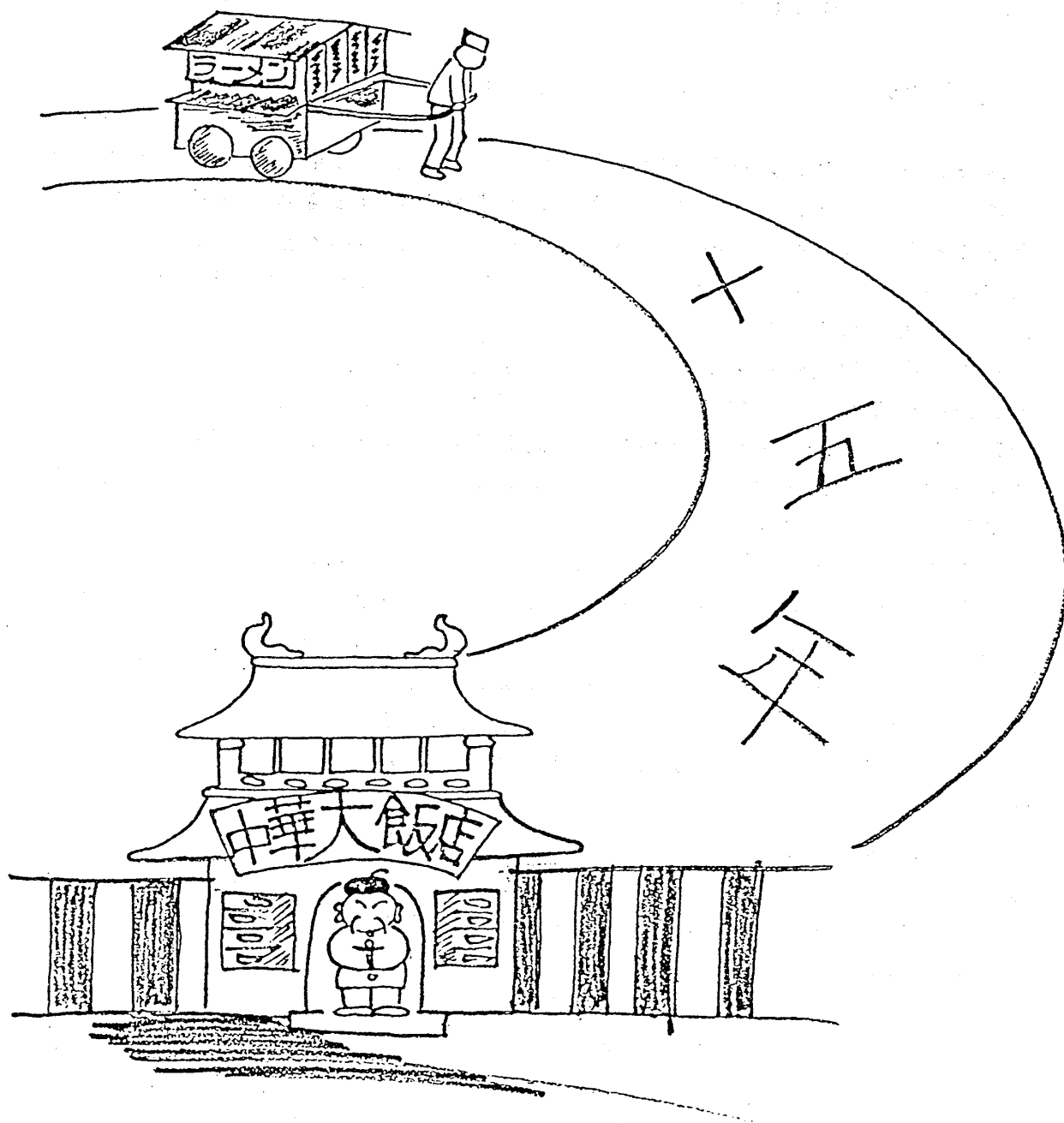
アメリカから帰って来て間もなく新設の応用物理学科に移りました。当初清野節男、高橋実、堀江忠児の諸先生と応用物理学とは何か、応用物理学科とはいかにあるべきかについて口角泡をとばした議論もありました。建物もなく旧工専内のボロな木造に住んで居りました。

創成の日は借家にて床板を踏みぬきしこと一再ならず

それから旧精密工学科の建物に移り、ついで青葉山の電気・応物系の建物に移りました。菊地喜充先生ほか電気系の先生方の御意見をうかがったとき、デパートのなかに入って片隅で豊富な仕入れ品を卸してもらって営業するか、デパートを出て屋台を引いてラーメン屋でもやるかと問われたことがあります。情報工学専攻の予算と交換して応用物理学科の独立棟が竣功したとき、次の歌を読みました。

ラーメン屋屋台を引きて十五年いま新装の店舗竣（な）りたり

また応物創設に引続いて原子核工学科事件や大学紛争がありました。この間、応物では一致結束して事に当りました。大きな学生のビラが貼られたとき堀江先生が「君たちは自分の学校を愛さないのか、学校を愛したらこんな汚いビラがはれる筈はないではないか」と一喝されたり、機動隊導入に学生が反対した



桂 重俊

とき、「便所が詰まったら便所掃除屋を呼んで何が悪い」と啖呵をきられたのは特に印象に残って居ります。

其後他大学では殺人も起きたのでこの歌は色あせてしまいましたが、当時は

学長告示「強盗傷害放火を禁ず」まだ殺人と強姦のなき

という状態でありました。

§ XYモデル、Heisenbergモデル

Ising モデルの研究からやはり磁性体のモデルであるHeisenbergモデルの研究に入ってゆきました。交換相互作用の z 成分が0のとき状態和をexactに求めることが出来てPhys. Rev.にのりましたが、preprintを送ったときFisherから "Congratulations, one exactly soluble model was added in physics." といったような手紙をもらいました。

その後交換相互作用の z 成分の入った場合について摂動論やHartree Fock近似、Green 関数法などで猪苗代君や堀口剛君と一緒に仕事をしました。Green 関数のdecoupling法を用いた論文で、同じ場所におけるスピン演算子のフェルミオンの性格が自発磁化の温度特性に対して本質的であることをのべ、この効果を見捨てた論文はすべてinconsistencyを含むことが起きていることを指摘しました。この論文に対してPhysical Reviewのrefereeから悪意にみちているとしか思われないコメントが届き、論争しても無駄と思って、Jour. Phys. Soc. Japanにのせました。Mayerのときといい、今度の場合といい、定説となってしまった偉い人にたてつくのは容易なことではありません。

XYモデルについては其後堀口君とdynamicsの研究を行いました。鈴木増雄さんも手がけて居られたというので連名にしました。これもexactである為なかなか好評のようです。

なお1次元のHeisenbergモデルの第2ビリアル係数を正確にBethe Ansatzを使って求めた仕事があります。ただそれだけの仕事のつもりでしたが、数年程たって物性研の高橋賢さんの1次元Heisenbergモデルのexact solutionという論文が現れたとき、その正しさを証明するためのcheckに私の仕事がいれられていました。自分の仕事はこれにくらべて実に小さい仕事ではあるが、ああこういうことに役立ったのか、と思ったとき浮かんだのが次の歌です。

かのビルの足場のひとつ五年前わが作りしは小さな梯子

§ 格子Green関数

次に格子Green関数のことにふれておきます。質点がバネでつながれて1次元的にならんでいるときの格子振動の振動数の分布がどんな形になるかは物性

や統計力学の殆んどの教科書も出ている話です。2次元の場合は1940年頃にMontrollによってとられました。3次元の場合格子振動の振動数分布は次の積分

$$I(a) = \frac{1}{\pi^3} \int_0^\pi \int_0^\pi \int_0^\pi \frac{dx dy dz}{a - \cos x - \cos y - \cos z}$$

により定義される解析関数のimaginary partで与えられることが知られて居り、一般の場合これをlattice Green's functionといいます。

この積分を変形してBessel関数の積の積分になおし、更にこれを級数表示にしてからもう一度 Γ 関数の積分表示になおして変形するという事を考えました。これは正に野邑先生から学んだ方法の適用です。energy bandの内と外に対して私は別個の積分表示を用いて計算した所、猪苗代先生がそれは解析接続で互に移ることを示され、猪苗代、阿部芳彦君と一緒に仕事をしました。このとき守田徹さんと堀口剛、山崎義武君は楕円積分の積分でアタックするという方法を取り、連名で書いたり別個に書いたりしながら、結晶構造をかえたり、漸近形を求めたり、特殊な点の正確な値を求めたりして次々に論文が出来ました。

いま作るこの踏台は誰が踏まむ我も踏まめど他人（ひと）よ踏めかし

という歌を作ったのはこの頃です。1973年になってJoyceにより単純立方格子の格子Green関数が、任意のenergyに対して楕円関数の積としてあらわされるという論文が発表されました。これは3階の微分方程式をみたすHeun関数という特殊関数を用いた大変な論文ですが、彼が結果を出すために我々の出した結果を用いているのを見て、2年前に作った踏台は踏まれた、しかも今度はこの踏台なしには登り得ない高所へ彼は登ったのだと感慨一入のものがありません。

§ スピングラス

次にランダム系のお話を致します。辻山文治郎君とランダム系の問題を取り上げ、アンニールド系の稀薄Isingモデルは $S=1$ のイジングモデルで表わし得ることを示し、1次元の場合はアンニールド系、ケンチト系共に正確にとけることを示しました。1965年ワシントンでの臨界現象の国際会議に出したところ招待講演だけ載せるプロシーディングに出してもらいました。これは外に論文として出さなかったのでBlume-Capel-Griffithsモデルと言われているときもあります。

1974年に松原史卓君がランダム系の分布関数法をはじめ、1976年に

松原一坂田のスピングラスの理論が出ました。1月位おくれて非線型帯磁率のスピングラス転移温度における負の発散を私が示し、後に藤木君とこれを精密化しました。これについては1977の鈴木増雄さんの仕事の方が知られています。

其後、猪苗代盛、藤木澄義、永原出、宮本なほみ、白倉孝行、松野明、保坂茂、大黒茂、今泉孝弘、末永敏幸、小西和夫君などと、対近似の精密化、クラスター近似でベースとなるクラスターを大きくすること、三角格子、FCC格子等では正方格子、立方格子と違って相図が非対称になること、サイトモデルへの拡張、 $\text{Eu}_p\text{Sr}_{1-p}\text{S}$ への適用、等々の仕事を行ないました。図2, 3はFCCの相図、図4, 5は $\text{Eu}_p\text{Sr}_{1-p}\text{S}$ の相図で、何れも実験の相図と定性的に一致して居ります。国際会議もポーランド、ベルギー、カナダ、イタリアと続けて出かけました。

これらの国際会議で異国の情緒をカメラにおさめようと張切ったのはよかったのですが、1度目のときはロンドンの汽車の中で、2度目はパリの空港で、フィルムとともになくしてしまいました。3度目はシカゴの空港で金属探知機のところにおいて出てきたところスチュワーデスが持ってきてくれました。

Condensationからスピングラスに至る統計力学の研究は、“皇統連綿として続いた”所謂C班グループにおける実り多い交流の中で行なわれました。小野周、松原武生、斉藤信彦、庄司一郎、長谷田泰一郎、小口武彦、堀淳一、池田和義、中野藤生、鈴木増雄さん等お名前をあげれば限りがありません。

8 女王と女中

少し数学と物理の関係についてお話してみたいと思います。数学者は数学は学問の女王だと思って居ります。これに反して物理学者や工学者は数学は学問の女中だと思って居ります。私は、伏見先生から引きついだと自分では思っているのですが、後者の立場をとっているつもりです。単純なモデルの厳密解を求め、いろいろなモデルの結果を物理的にextrapolateすることで実在の真相をつかんで行きたいと思って居ります。こういう立場をとっているとしばしば計算屋と思われがちですが、語学の達者な人が未熟な人より意志の疎通がよいように、道具としての応用数学を駆使して物理的思考の節約を計りたい、仮定さえ物理的にたてれば中間過程では物理は考えなくてすむということを目指しているつもりで居ります。ただし測量学から発生した数学は現代数学となって我々の手の届くところではなくなっていました。

絶世の美女と育ちし女中の子もとの主人を顧みはせず

とはこの歎きを歌ったものであります。

8 計算センターと物理学会

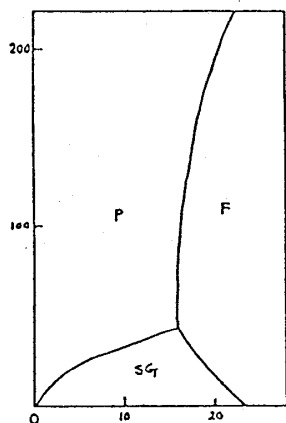


図2 AuFe合金のスピンガラス¹²⁾

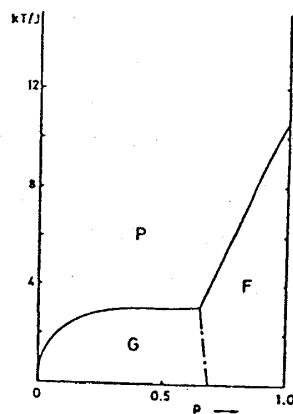


図3 FCC上の強, 反強磁性ボンド混晶の四面体近似による相図^{13,14)}

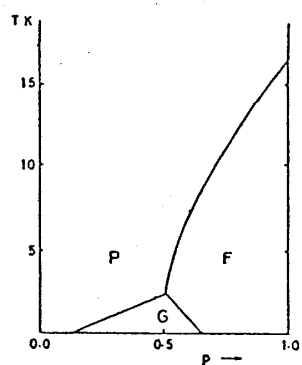


図4 $\text{Eu}_p\text{Sr}_{1-p}\text{S}$ の相図¹⁵⁾

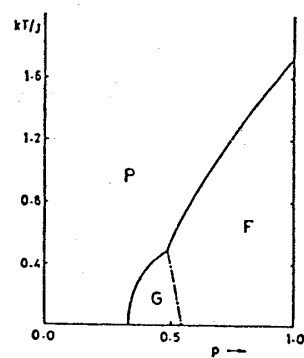


図5 $\text{Eu}_p\text{Sr}_{1-p}\text{S}$ の相図(理論)^{16,17)}

桂 重俊

大型計算機センターに対しては、ずっと運営委員をしてお手伝し、学内センターは1978年から82年まで二村忠元センター長の後をつとめさせて頂き、松田蔵さんと仕事をしました。大計の負担金委員会でいつも単価を半額に下げてユーザーを3倍にふやせば大計もユーザーも共に助かるという議論をしたのですがなかなか思うようには行きませんでした。学内センターにおける仕事として、学内センターに大計分室を置くことにしたことは利用者の役に立ったことだったと思っています。

1977年から1979年まで物理学会で働きましたが、松山、高知、富山、福島等を訪ねて学会の開催地を引受けて頂きました。理事会のあと事務室で空腹にオンザロック2杯を飲んで気を失ない、救急病院に運ばれたことがあります。目がさめたら傍に物理学会の事務局長の野々村蔵さんが心配そうに付添っていてくれました。家内は病院からの電話で、葬式をどうやって出そうかと心配していたそうです。

§ 研究室

研究室では花見、ソフトボール、駅伝大会などの年中行事の他に、学年により海水浴やスキーに行った年や登山した年などがあり思出が沢山あります。特にロスアンゼルスから来られた菊地良一先生を交えて大東岳で道に迷ったときは、皆様に大変御心配をおかけいたしました。研究室のゼミは毎週行いましたが、応物研修、修論、D論の発表会近くなると皆熱のこもった発表をしました。時には深更におよんだこともあります。

また外国人研究者が研究室を訪問したときは、お客さんの専門に近いことを研究している人に自分の仕事を英語で話してもらいました。4年生の工藤大誠君がGuntonの前でIsingモデルのground stateを超多面体の頂点でとらえるという卒論の話をしたとき"Good! Is that your Ph.D thesis?"と聞かれ"No, bachelor's thesis."と答えたことがあります。

一人ずつ師を超えてゆく弟子ありて学問の進歩はかくて成るらし

§ ワープロ

次にワープロの研究について申し上げます。昔はタイプを打ったとき手書きで式を書き、間違ったところは貼り紙をして直しました。IBMのボールタイプライターが現れたとき、シンボル10とパイカのタイプエレメントを取り替えながら式がきれいに打てたときは全く感激しました。そのうち大型計算機にRUNOFFとかROFFなどという論文清書システムが入るようになりましたが、ギリシャ文字、上ツキ、下ツキの操作は複雑で使いものになりませんでした。パソコンのワープロにしても同様です。

22. A Large Example

Here is the complete source for the three display equations in the abstract of this guide.

```
.EQ 1
G(z)-mark = e sup { ln - G(z) }
          = exp left (
sum from k >= 1 { S sub k z sup k } over k right )
          = prod from k >= 1 e sup { S sub k z sup k /k }
.EN
.EQ 1
lineup = left ( 1 + S sub 1 z +
{ S sub 1 sup 2 z sup 2 } over 2! + ... right )
left ( 1 + { S sub 2 z sup 2 } over 2
+ { S sub 2 sup 2 z sup 4 } over { 2 sup 2 cdot 2! }
+ ... right ) ...
.EN
.EQ 1
lineup = sum from m >= 0 left (
sum from
pile { k sub 1 , k sub 2 ..... k sub m >= 0
above
k sub 1 + 2k sub 2 + ... + mk sub m = m }
{ S sub 1 sup { k sub 1 } } over { 1 sup k sub 1 k sub 1 ! } -
{ S sub 2 sup { k sub 2 } } over { 2 sup k sub 2 k sub 2 ! } -
...
{ S sub m sup { k sub m } } over { m sup k sub m k sub m ! }
right ) z sup m
.EN
```

UNIXのマニュアルの入力の例題

$$\begin{aligned}
 G(z) &= e^{\ln G(z)} = \exp \left[\sum_{k \geq 1} \frac{S_k z^k}{k} \right] = \prod_{k \geq 1} e^{S_k z^k / k} \\
 &= \left[1 + S_1 z + \frac{S_1^2 z^2}{2!} + \dots \right] \left[1 + \frac{S_2 z^2}{2} + \frac{S_2^2 z^2}{2^2 2!} + \dots \right] \dots \\
 &= \sum_{m \geq 0} \left[\sum_{\substack{k_1, k_2, \dots, k_m \geq 0 \\ k_1 + k_2 + \dots + k_m = m}} \frac{S_1^{k_1}}{1^{k_1} k_1!} \frac{S_2^{k_2}}{2^{k_2} k_2!} \dots \frac{S_m^{k_m}}{m^{k_m} k_m!} \right] z^m
 \end{aligned}$$

10 nf:cr3:cpPATSF1

20

$$30 \quad G(z) = e^{\ln G(z)} = \exp \left[\sum_{k \geq 1} \frac{S_k z^k}{k} \right] = \prod_{k \geq 1} e^{S_k z^k / k}$$

40

$$50 \quad = \left[1 + S_1 z + \frac{S_1^2 z^2}{2!} + \dots \right] \left[1 + \frac{S_2 z^2}{2} + \frac{S_2^2 z^2}{2^2 2!} + \dots \right] \dots$$

70

$$\begin{aligned}
 80 \quad &= \sum_{m \geq 0} \left[\sum_{\substack{k_1, k_2, \dots, k_m \geq 0 \\ k_1 + k_2 + \dots + k_m = m}} \frac{S_1^{k_1}}{1^{k_1} k_1!} \frac{S_2^{k_2}}{2^{k_2} k_2!} \dots \frac{S_m^{k_m}}{m^{k_m} k_m!} \right] z^m \\
 90 \quad & \\
 100 \quad & \\
 110 \quad &
 \end{aligned}$$

左頁の例に対する我々のシステムによる入力（下）と出力（上）

ここにUNIXのマニュアルにのっている例題がありますがタイプを打つというよりはプログラムを作るというような有様です。 $\sum_{n=1}^{\infty} 1$ をsum from n=1 to infinityと入力するのですが Σ が総和であるか自己エネルギーであるかはタイピストの預り知らぬところなのです。RUNOFFの説明会などでかくあるべきだと何度も言ったがとり上げてもらえませんでしたので、研究室で作って見ようと思うに至りました。丁度増子進君、一年おいて益子純一君というマイコンの熱愛者が研究室に入り、2代の卒論をつづけて——間の一年間は私が続けましたが——ディスプレイでの入力イメージが出力イメージと一対一に対応するシステムを作り上げることが出来ました。現在東大、東工大、京大、九大、広島大、秋田大、電通大等でもお使い頂いて居ります。このシステムを用いるためにFM11を購入されたところも一二に止まりません。惜しむらくはパソコンの世界ではNEC全盛で、富士通を持って居られる所が僅かなことです。

§ コンピューター通信

最近はコンピューター通信に関心を持って居り、そのソフトやハードを作っています。ソフトは益子君、福田互君などと一緒に仕事です。約十年前の国際会議でポーランドからテレックスが来て返事を出そうと思って電報局に行ったら、そんなものは電報局にはない、どこかでコネで打ってもらえと言われました。どこにあるかときいたら東北大にもあるよといわれ、情報工学専攻にあることを教えられ、根元義章さんに打って頂き、打ち方も教えて頂きました。その後何度か使っている内に、これは絶対研究室から打つことが出来るようになるべきであると思い、KDDに問合せたり金研の小岩昌宏さんなどと議論しましたが、そのときはそのままに終わりました。昨年春より大計を通じてテレックスが打てるようになったことは全国に誇るべき野口センター長の大ヒットと思って感謝致して居ります。本年秋頃からはビットネットも実用になるうとして居ります。

いまカナダのDalhousie 大学に藤木君がいますが、一番手っとり早い方法として用いている方法は、D大学の計算センターに直接アクセスして彼のIDでログオンし、MAILSKという彼のファイルにメッセージをアップロードしておくことです。彼から私への通信文はMAILSFというファイルに入っています。手際よくやれば片道10行位の文章の往と復合わせて2分位ですみますから、航空便の2通分とあまり違わないかもっと安い料金で通信が出来ます。

しかし、折角mailが2分で届いても10日に一度計算機をアクセスするのは郵便よりおそくなるわけです。これを打開する為にはモデムがmailの着信を検知したら、自動的に端末とプリンターの電源が入って無人でもプリンターに打出しておくようにすればよいのです。此度研究室で伊与田健敏君がこの装置を試作しました。このような装置が普及すれば電子mailは郵便より早く安く使えるのです。

桂 重俊

§ 梯子と踏台

時間もなくなってきましたのでそろそろ幕を閉じたいと思います。このお話の副題に梯子と踏台と名付けたわけはもう皆様にお分り頂けたと思います。学問というものは一步一步踏台に登り、梯子をかけて築き上げて行くものです。皆さんも先人の作った踏台に上り、梯子を上ってビルを建てて下さい。ビルが出来あがったとき、梯子も踏台もと外され、消えてしまうかも知れません。そのとき、いま出来たビルはまた次のビルのための梯子と踏台になるのです。

私を今日まで支えて下さった諸先生、同僚友人、一緒に仕事をして下さった後輩、それをこまごまと助けて下さった芝山多香子さんはじめ秘書の方、他多くの方々に心から感謝して拙い話をおわりたいと思います。