# 金沢大学 計算機センター 広報

Vol. 3, No. 3, 1974

目次



DATA PROCESSING CENTER

KANAZAWA UNIVERSITY

——随　　想——

# コンピュータとの出合いの感

医学部・公衆衛生　鏡　森　定　信

出来ることならこういう所へは入りたくない様な思いで計算機センターへいったのは，昨年の1月であったろうかと思う。丁度そのころはどうしても計算機のお世話にならざるを得ない事情があり，同僚と二人して工学部へでかけたのを憶えている。（その実は計算機ではなく計算機室の人々に大変お世話になってしまったのだが）私は医学のなかでも公衆衛生という言ってみればその仕事上一番統計と関係が深く，そして実際いろいろな Population Study にはうんざりする程数字を扱って来たわけだが，どうもコンピューターという機種には体質上なじめないものがあった。現在はどうかわからないが私達が医学部へ入学したころは工学部に大変人気があったころであり「数学が嫌いだったから医学部へ来た。」などと言う人が以外と多かった。もっとも本人は嫌いだったなどといい気になって言っているが，「数学は不得手だったから。」と言いなおす必要があるかもしれない。
しかしそうはいうものの入試では合格，非合格の決め手になるのは数学であり，少なくとも医学部合格者の数学の平均点は悪くないわけであるから入学したものは点はとるが数学的思考方法は好きでないという集団ということになる。だからほろ酔いかげんで歩いていて財布を落してしまい，帰りのバス賃をかりにすっかり酔いもさめてしかたなく交番へ入ってゆく様な気持で，あの冷たい機械の館へ入っていったのも私個人の数学アレルギーではなく医学部一般の病状であることを弁護しておきたい。「また、医学の研究対象は人であるため，身体的にも精神的にも十人十色である人を集めて論じるなんてけしからん，ましてそれをNで割ったり，S.D.をだすなんていうのは人に対する暴瀆であるという医学の本質から迫るコンピューター有害論すらあるわけである。しかしこういった医学の分野にあってもコンピューターの導入はめざましく，私達の公衆衛生でも集団検診のデータ整理からはじまり，疾患発生の予知や健康管理のシミュレーションといったものにまで利用される様になって来ている。

私は以前に教室の先輩がやっていた疾病発生の予知に関して，特に老人の脳卒中死亡発生に影響を与える各因子の重みを計算するためにセンターを昨年の1月におとづれた。先輩から借りたプログラムであり，しかも夏のコンピューターの講座には出たが，教室の出入りの時だけはみんなといっしょに行動したものの講義中はみんな全く別行動をとりねてばかりいたためにERRORがでても理由がわからず，コンピューターにも調子の悪い時があるだろうと勝手に診断をして，チエックもせずかけ直しても全く同じ箇所にERRORがでるので，あきらめて二階へあがって車古さんをはじめ皆さんに見当違いの質問をして困らせたものである。そんな時相談にのって下さった女性の方が「脳卒中って，中風のことでしょう？おばあちゃんやおじいちゃんが倒れるあの中風のことでしょう？」そしてそんなものが計算でわかるのか知ら，という顔をされたことがあった。その時は「そうですよ。」というだけで返答が不充分でもあったので，またこの随想を読んで下さる医学以外の研究者の人達のためにもすこし説明しておこうと思う。

私達の公衆衛生のなかのひとつに予防医学という分野がある。それは治療（臨床）医学という言葉に対して使用され，疾病の発症阻止のためにいろいろ手をつくす医学である。脳卒中について言えば原因があるとすぐ発病するという種の病気ではなく，発病までの期間が長く慢性疾患といわれるものである。ここに対策をたてる時間的余裕もあり，またその原因がわかればそれをコントロールすることにより発病の時期を遅らせるか，さらには発病を予防することも可能となって来るわけである。私達はこういった原因をRisk Factor（危険因子）といっているが，脳卒中では高血圧，尿蛋白，尿糖陽性，眼底細動脈高血圧性変化などといったRisk Factorを有している人の将来の発病率が有意に高いのである。私の場合は 3,000人余りの老人を3年

間追跡しその死亡に関するデータにもとづいて，脳卒中や心臓病に対するRisk Factor の重要度を重回帰分析法により計算するものであった。これまで学会のたびに準徹夜で卓上計算機をたたいていたのに比較して，時間の節約は何よりもありがたかったし，また卓上計算機では事実上不可能な計算でもあったので大変感謝しているのだが，心臓には相当負担がかかったのではないかと思う。返却のデータをみて「ガックリ」する瞬間が相当頻回にあったことは，わが愛する心臓の将来にとってそれこそRisk Factor とならないだろうかと心配している。こんなことならアウトプットが途中で打ち止めになっているのは自分のERROR のためだとはしらず，コンピューターが計算時間10分のところを５分にまちがえたのだと受け付けのお嬢さんに抗議して，あとで冷や汗をかく方がまだ心臓には良かった様である。

医学部には統計に対する喰わず嫌いがまだまだ多い様に思う。ある人は「やり方によってはどんな結論にでも持っていけるから信用できない」といって統計を学ばない理由にしているが，条件を変えればまた違った結論が出るというのは医学上の実験でもいえることで特に統計だけではないと思うのだが変な話しである。一方では「統計学なくして医学なし」などという戦争中の大政翼賛会みたいことをいう信者もあらわれたりして，医学における統計はここしばらくはまだ安定した地位を得ることは難しい様である。しかし当大学の医学部では百万石の安泰のためか，暖いフトンをかぶった統計の眠りは私達がすこし位うるさくパンチするだけではめざめそうもない様である。近い将来は計算機センターへ出入りする私達の同僚がうんとふえるのを楽しみにしつつ学んでゆきたいと思っているが，願ゆくばちょっとの失敗は見のがして来れる心暖いコンピューター君の出現を心から期待している。

## 電子計算機を通して

教育学部・産業技術　広　瀬　幸　雄

何か書かなくてはならないという時になって，自分が電子計算機のお陰を被ることは多いのに，電子計算機に関しては素人であることに気づき，何を書いてよいのやら迷ってしまっているのである。……

私は，割と単純に学校で勉強ができるということが，そのまゝ学問に従事して研究上の成果を生み出すことにつながる様な，一様的な考え方をしている方であったし，現在もよくそういう錯覚に陥りやすい者である。（これは困ったことだが，私がなまじ学校という枠内にいる為かもしれない。むしろ，他の社会で，いろいろな関係の中で動いている方が考え方に多様性が持てるのかもしれないが。）しかし，数学や物理の点数がよい人間（本来は，他人のつける点数がよいということと，その人の実際に持っている能力の関係が問題なのであろうが。）ということと，私が共に研究に従事していて，何かを生み出すような人間，もっと端的に頼りになる者とは結びつかないのである。もちろん，頼りにならない理由には，頭は非常に切れるが，まったくやる気のない者，他人との関係で非協力的な者等，いろいろの理由がある。そして，これは当り前だと言えば，これ程当り前のことはないという気になる。人間，そんな単純な者であるはずがないという思いが，あるのではあるが，気付かないでいる時には，不思議に思ったり，頭をかしげたりすることがある。（こんなわかり切った思い込みが世の中にはなんと多く，又，常識化しているのであろうか！）

そして，私に，こんな当り前のことに気付かせてくれたことの一つに電子計算機に関する事があった。以前勤めていた大学で，入試等の際に点数にうんざりさせられながら，実際に卒業研究の指導にあたって，よくやるのにハッとさせられることがたびたびあった。私の専門は，Ｘ線を使って金属の強度について考察することであるから，比較的計算を用いることが多く，

機械工学科の中でも数学を得意とする学生と一緒にやりたかったのだが，意に反して点数やら，知識に関する限り，まったく逆の学生が集ってしまったわけである。ゼロから教えなくては，という思いや，一体，彼等に理解できるだろうかという思いやらが交互する中で，いざ卒研指導を始めてみて，びっくりしたことは，彼等のうちの幾人かは電子計算機を自由に使えるということであった。X線回析線のフーリェ積分，集合組織の三次元解析等を電子計算機でこなし，（かなり計算機センターの先生に指導してもらっているところもあったようだが，)計算処理のうち私が気の付かないような質問を発してくる事があり，その内，いままで不得意だった物理，数学についても進んでやり直し，更に私に，計算に必要なもっとむづかしい数学のゼミをやってくれと言い出したのである。

彼等のこの見違える進歩に目を白黒させながら，彼等とつきあっていく中で，一つの要因に彼等が〝電子計算機を使えた〞ということがあるのではないかという気になった。彼等に電子計算機を近づけたことのうちには，現代の最先端をいくものを使えるという楽しみや，機械を実際に操作できるというおもしろさもあったであろう。しかし，同時に，それまで学校でやることは，できない，わからない分野の多い彼らにとって，電子計算機のプログラムは，必ずしもこれまでの小・中・高の数学の積み重ねを必要とせず，又電子計算機は文科系の人々でも入りやすい要素を持つと言われるように，何か新しい面を持つもの，彼等にも取り組んでいけそうなものとして，彼等の前に出現したということもあると思われる。ともかく，彼等の大学では全学生に２年間，電子計算機概論や，プログラムの講義，演習を必須単位として週６時間課し，学生１人当り10分の電子計算機の使用が認められ，自由に使えるように指導しているのであった。そして，ここで彼等の内の幾人かは，これまですべての学科にあまり興味を抱けなかったにもかかわらず，電子計算機に興味を持って，それを突破口にして，卒研の中で大きく伸びていったということもできるようである。

私には，電子計算機の持つ新しさ，多様性が電子計算機それ自体の役割としての計算以外にも生きたような気がするのである。

振り返って，金沢大学においても，すばらしい電子計算機センターがあるのであるから，全学生に電子計算機の単位を必須課目としてカリキュラムの中にとり入れたらよいと思ったりもするのである。それに，現代においては，電子計算機はもはや，社会の中にしかと腰をおろしたものであり，少数の者でなく，多くの人々がいかに自由に使いこなしていくかが一つの重要な課題でもあると思えるのであるから。

——解　　説——

# パターン認識と学習　(1)

工学部・応数物　上　坂　吉　則

昨夜，私は，高校を卒業してから一度も顔を合せたことがない友人に，文字通り久方振りに会って昔話に花を咲かせた。昼間，電話で打合せておいた場所にでかけ，そこにその友人を見たとき，一瞬のうちに“彼”であることが私には分った。大低の人はこうした経験を何度かお持ちであろう。ごく日常的な，ありふれた現象ではあるが，しかし少し深く考えてみると大変に不思議なことでもある。というのも，私の記憶にある“彼”のイメージはいが栗頭でつめ襟りの学生服を着た，そして高下駄をはいている高校生に過ぎない，一方，昨夜私の目前に現われた“彼”は頭髪をきちんと七三に分け，ネクタイを締め，落着いた色合いのスーツに身を包んだ，りゅうとした紳士である。この２つのイメージはまるで似ても似つかない。それにもかかわらず，何の困難もなしに，両者を同一人物と認めることができたのはどうしたわけであろうか？

２才半になる私の息子は乗物，とくに電車や汽車が大変に好きである。日に一度は近くの踏切に連れて行けとせがむ。ひとしきり電車見物を堪能して帰る途中，電車の到来を告げる踏切の鐘の音が遠くから聞えてくると，ふたたび踏切まで駆戻ったりする。その息子が家ではエンピツと紙をどこからか持ちだして，絵の下手な親に電車を描けとせまる。仕方なしに，横長の長方形の下に丸を２つ描いて渡すとそれで満足する。紙に描かれたお粗末な“電車”の像と踏切で見た実物の“電車”の像には雲泥の違いがある。それにもかかわらず，この両者を“電車”という同じカテゴリーに分類してしまうのはどうしてなのだろうか？　思えば不思議なことである。

物理的な像としてはどう考えても重なり合わないもの同志を同一視してしまう例は日常生活の中で多く見いだすことができる。というよりも，もし人間にこのような機能が備わっていなかったら，文化的な生活はおろか生物学的にも生きていくことすら困難であろう。文字を覚えたての子供がたどたどしく書いた「あ」も，レタリングの専門家が活字のようにあざやかに書き上げた「あ」も等しく“あ”と読むことができる。あるいは幼児が可愛らしく「コンニチワ」と言っても，麗しい女性がまろやかに「こんにちわ」と話しかけても，またダミ声のオッサンが「こんにちわ」と呼びかけても，皆同じ“こんにちわ”と聞くことができる。こうしたことのお陰で，私達は誰とでもコミュニケーションができ，意志の疎通をはかることができるのであろう。

私達人間が持っている，こうした不思議な機能についてはこれまでは哲学や心理学など人文科学の分野で研究されるのが普通であった。ところが第２次大戦前後に芽えつつあった情報科学やコンピューターの発達によってこの種の研究は工学の分野でも行なわれるようになってきた。今日，“パターン認識と学習”の研究と呼ばれているものがそれである。このことについて，これから少しばかりお話しして見たいと思う。

## 1.　情報科学とパターン認識

情報科学における不朽の業績としてすぐ思いだされるのは情報理論とサイバネティックスである。情報理論は当時ベル電話研究所に在籍していたマサチューセッツ工科大学（ＭＩＴ）の数理工学者C.E.Shannonによって創られた理論で，情報の統計的な側面について画期的な数学的基礎付けを行なったものである。この理論によって，それまでの電気通信の技術者達がばく然と抱いていた通信にまつわる本質的な疑問が透明に解消されたといってよい。一方，サイバネティックスはやはりＭＩＴに籍をおく数学者 N.Wiener によって新しく提唱された一つの科学方法論である。第２次大戦前後は科学の進歩の一つのヤマ場であった。当時，科学が進歩す

るにつれて専門化の傾向が著るしくなり，すぐ隣りの分野で何が研究され，どんな結果が得られているかを理解することすら困難な状態になりつつあった（この事情は今日でもあまり変らないと思われるが）。こうした傾向に対処するために，科学全体を統一的な立場から組替えようとする考えが生まれ，その試みの一つがWiener のサイバネティックスである。これまで動物は生物学や医学で，機械は物理学や工学でとバラバラに研究されていたが，この両者を“制御”と“通信”という２つの概念によって統一的に論じようとするのが，この方法論の基本的な考え方である。今日，工学者と生理学者が協同で研究したり，あるいは数学者と心理学者が手を組んだりといった，いわゆる境界領域の研究が大変に盛んであるが，こうした傾向はサイバネティックスに負うところが大きいと思われる。“制御”と“通信”の２つは情報科学においても基本的に重要な概念であり，サイバネティックスでは科学の統一体系の根底にそれらを据えようというのであるから，サイバネティックスが世に浸透するにしたがって情報科学もまた隆盛の道を辿っていったのはある意味で当然かも知れない。

この２つの偉業のうち，情報理論は“The Mathematical Theory of Communication”と題してベル電話研究所の論文誌 B.S.T.J に1948年の７月と10月の２回にわたって発表された。またサイバネティックスは“Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine” と題して，1949年にＭＩＴより一冊の単行本として出版されたことはよく知られている。これらの発表年代を考慮に入れると，情報科学の誕生を1940年代の後半とするのが妥当であろう。そうすると情報科学が世にでてから約¼世紀経過していることになる。

ところでパターン認識の研究は今日情報科学の中で重要な一分野となっている。実際，いくつか出版されている情報科学の講座ものの中にはパターン認識や学習に関する分冊が必らず含まれており，また大学における情報関係のカリキュラムには認識・学習の講義科目が見られるのが普通である。こうした形で成長してきたこの分野の研究は，それでは何時ごろから始まったのであろうか？ 人文科学等での認識の研究は，前にもふれたように，ずいぶんと古く哲学の歴史のはじまりと機を一にしているといってよい。しかし，ここでお話ししようとするのは情報科学としての認識の研究であり，その最も古い論文は1949年にアメリカ音響学会誌に発表された

J.W.Forgie and C.D.Forgie : Results obtained from a Vowel recognition computer Program

であろうと思われる。これをパターン認識の研究の起点と考えると，情報科学の誕生とほぼ同時にはじまったことになる。したがって，¼世紀の歴史をすでに持っているわけで，人間でいえば，とっくに成人式は終えているわけである。

25年のキャリアがあるのだから，認識の原理も相当に解き明かされ，人間と同程度の柔軟で高級な認識のできる装置もまもなく開発されるのだろうと思われる方もあるかもしれない。しかし残念ながら，最終目標に到達するまえに解決しなければならない多くの困難な問題が横たわっているというのが実情である。もっと悲観的にいえば，何をどんな形で解きほぐせば，人間の認識のからくりが理解でき，高度の認識機械を創り上げることができるのかという，問題の所在さえも必らずしも明確になっていないといえるかもしれない。こんな状況を眺めていたＭＩＴの哲学者 H.L. Dreyfus は“What Computers Can't Do— A Critique of Artificial Reason”（Harper & Row, 1972）という本の中でパターン認識の研究のそもそも方法論がなっていない，まるで「月に行こうとして木に登るための研究をしているようなものだ」と批判している。そして，Dreyfusのいうには，認識という所作をコンピューターにやらせること自体がそもそも無理なことであり，パターン認識の研究というのは「現代の錬金術」にほかならないという。

しかし，25年もの間パターン認識の研究者たちは別段怠けてばかりいたわけではない。その証拠に毎年発表される認識研究の論文数は年ごとに，昨今の物価高騰を思わせるような形で増

加している（図1）。そして，これらの論文がすべて駄作であるわけでは，もちろん，ない。

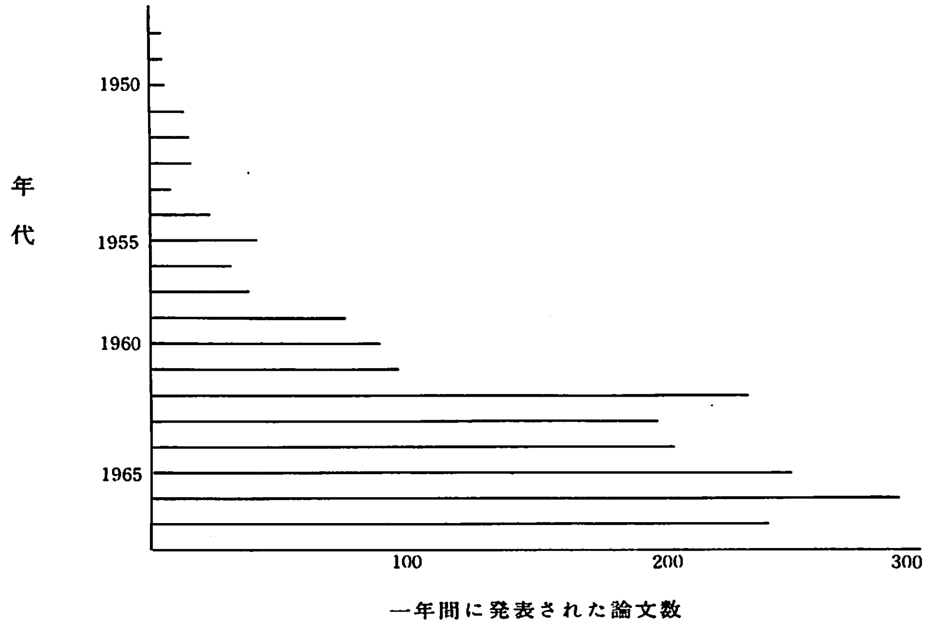


図　1　パターン認識に関連した論文数(単行本も含む)の推移　(文献(1)による)

興味深いさまざまな発見や技術をそれらの中に見いだすことができる。これから，そのいくつかをお話ししてゆきたいと思うのである。

パターン認識の研究者達も，Dreyfus にいわれるまでもなく認識のメカニズムがそう易々とは解明されるとは思っていない。そもそも，認識の問題は2000余年の歴史を持つ哲学の中での基本的な重要課題であり，デカルトをはじめカント，フッサール，メルロ・ポンティなどの偉大な哲人達でももて余すほどの難問である。これが解けたら，それこそ大変である。科学の終焉——もう人は何も研究することがなくなってしまうといっても過言でないであろう。パターン認識の問題がどうしてそんなに難しいのかということを，このお話の後半の部分で，筆者の私見もまじえながらお話ししてみたいと思う。

2．パターン認識の語義

いままで，“パターン認識”という言葉を何ら定義しないで用いてきた。しかし，どの分野でもそうであるが，たとえば「物理学とは何か？」という問に一口で答えるのが難しいと同じように，「パターンとは？」，「認識とは？」と問われてもそれを簡明に定義することはやはり難しい。パターン認識に関する具体的な研究内容をいろいろと提示して，これら全体の研究が扱っている対象がパターン認識ですと答えるよりいたしかたないと思われる。具体的な研究内容の前に，ここでは“パターン”とか“認識”とかいう言葉の語義的な意味を，ごく軽い気持で詮索してみることにしよう。

“パターン”は英語で“Pattern”と書くが，これはPatternのフランス古語である“Patron”を語源としている。日本語で“パトロン”というと通常，後援者とか恩人といった意味に用いられるが，Patron にはこのほかに料理屋や洋服店などの“ひいき客”，“常連”といった意味がある。パターン認識でいう“パターン”は意味的には後者に通ずる。広辞苑には残念ながら“パターン”の見出し語はないので，Websterをひいて見ると

(1) 模造したり，複写したりするのに役に立つお手本

(2) 物をつくるのに用いられる型

(3)　ある範囲や型式を表示するためのもの

(4)　形の配列

(5)　定まった方向，傾向，特性

といった説明を見いだすことができる。(1)に対しては習字やレタリングのお手本，(2)に対しては洋服をつくるときの紙型や靴の木型，(3)に対しては人種の範囲を規定する東洋人，西洋人といった概念，(4)に対しては紋章や洋服布地の模様，そして(5)に対しては物語りの起承転結の構成などをその例としてそれぞれ上げることができよう。

これに対してパターン認識の方では，やゝ異った用い方をする。たとえば，“あ”という文字を考えたとき，それを表わす具体的な文字図形（紙の上などに書れたもの）は非常に多様である。大きい“あ”もあれば，小さい“あ”もあり，傾いたものもあれば，ゴチック字体のように肉太に書かれたものもある。これらの個々の文字図形のことを“パターン”と呼んでいる。そして，“あ”という文字を表現するすべての文字図形の全体――これは“あ”という文字概念ともいえるもので，上の(3)に相当する――は“パターン・クラス”あるいは“パターン集合”“カテゴリー”などと呼ばれている。したがって，パターン認識でいう“パターン”は上でいえば(4)の意味が最も近いといってよい。情報科学的ないい方をすれば，パターンとは情報が何らかの形態で空間的・時間的に分布しているものということになる。時間的に分布している例には音声がある。このような把え方をすると，パターン認識というのは，個個のパターンがどのカテゴリーに属しているものであるかを決定する所作として把えることもできる。実際，“現代用語の基礎知識”には「物の形や音声を計算機に識別させることをいう」とある。この意味で，パターン認識のことを別名“パターン識別”とか“パターン分類”ということもある。

しかし，認識という語感にはもっと高度な所作が含まれている響きがあるので，パターン識別の意味でのパターン認識のことを“狭義の認識”と呼ぶこともある。それでは“認識”はどのような語義を持っているだろうか？

広辞苑によれば，「知る作用および成果の両者をさす，知識と同義語」とある。しかし，これだけでは，いささか分りにくい。知識とは何なのか，知るとはどうゆうことなのか？と問い質して見たくもなる。これに対して，広辞苑では哲学の一部門として認識論があり，そこでは人間がすでに知っているさまざまなことがらを一体どうやってどこから知り得たのかという知識の起源や，その本質などが論究されると説明がつづいている。

このように“認識”という所作には識別・分類としての狭義の認識のほかに，たとえば「今日のきびしい情勢を十分に認識することによって，…」というように，もう少しこみ入った意味が含まれている。哲学における認識論では，現在でもHumeらにはじまる経験論とDescarteによる合理論が対照をなしていて，最後的な結着はついていない。こうした，哲学・心理学上の概念は情報科学におけるパターン認識とは別物と思われるかも知れないが，実はそうではなく，哲学上のどの立場をとるかがパターン認識の研究をすすめていく上の骨組の構築に大きな影響を持つのである。このことについてもう少し詳しく後にふれたいと思う。

3.情報通信機械と認識機械

情報科学のなかで行なわれているパターン認識の研究としては，活字および手書き文字の識別，音声の認識，話し手が誰であるかを推量する話者の識別，病気の自動診断，天候の自動予測などが代表的なものである。しかし，こうした堅くるしいものだけがパターン認識ではない。たとえば，つぎの一文をみていただきたい：

「銀座の靴磨きが客(0)のフトコロ具合(1)を推量するのは靴のよしあし(2)によってではない。小銭(3)で150円を支払う客は豊か(1A)であり，紙幣(4)を出すのは貧しい(1B)ことを経験(5)で知っている」（本田靖春：虫眼鏡でのぞいた東京，文藝春秋，昭48．11より）

大変具合のよいことに，この短い文章の中に，パターン認識に関する基本的な概念がすべて表

われている。この場合，（0）“客”がパターンであり，これをフトコロ具合の豊かな客と貧しい客に分類するのが認識者としての銀座の靴磨きである。このとき，(1A)と(1B) がカテゴリーと呼ばれる。パターンとしての客を慢然と眺めていたのではカテゴリーに分類することは難しい。目のつけ所があるわけで，上の文章では客の靴のよしあしではなく，代金の支払方法に着目しなさいと教えている。この支払方法が(3)小銭であるか(4)紙幣であるかといった着眼点をパターンの“特徴”または“特徴パラメータ”と呼んでいる。靴磨きははじめからこうしたパターン認識をできたのではなく，長い間多くの人の靴を磨いてきた経験によって認識能力を習得したとある。この(5)経験に相当することがらを，一般に“学習”と呼んでいる。人間が文字を読んだり，音声を聞きわけたりできるのは，当然ながら生れてすぐというわけにはいかない。幾年かの学習を経たのちにはじめてそうした能力が身につくわけである。この意味で，認識の能力には学習が深く関係しているわけで，パターン認識と学習はいつも一体となって研究されるのが普通である。この稿の表題を「パターン認識と学習」としたのもこのためである。

さて，上の例からも分るように，認識の所作のごく一般的なスキームは図2のように表わすことができる。つまり，認識機械（または認識者）というのは外部からパターンという情報を受け取り，それを処理して，そのパターンが属していると思われるカテゴリー名を情報として外部に出す，一つの情報処理機械と考えることができる。ここで注意すべきことは，たとえば電気通信で用いられるさまざまの機械も図2のような形に書くとまったく同じになってしまうので，認識機械がこれらの通信機器とよく似ているのではないかと思い易い点である。通信機械も認識機械もともに情報処理機械ではあるが，前者は情報をできるだけ“忠実”に伝達することが狙いであるのに対して，後者はあくまでパターンをカテゴリーに分類するという“処理”に力点が置かれている。通信機械でも情報に処理を施こすことが多いが，それはあくまでその機械の前後に接続される通信機械との物理的な整合をとるための止むを得ない処置に過ぎない。因みに，認識機械に情報伝送の忠実性を要求すると，入力パターンを何も処理しないでそのまま出力する機械が最も優れていることになり，これでは何ら認識できないことになってしまう。

図2　認識機械の一般的なスキーム

一般に情報にまつわる操作は，情報の発生，伝達，処理（変換），受理と大別することができよう。さきにふれたShannonの情報理論はこのうちの発生と伝達に関する統計的な理論であり，パターン認識の研究ではむしろ情報の受理に力点が置かれる。コンピューターが情報に対して行なっているのは主に情報の変換または処理といってよいであろう。

パターン認識の研究にはコンピューターが多いに利用される。そのコンピューターに関係した初期の人達は多くは電気・通信系の出身者であった。このためか，パターン認識の研究者の多くはやはり電気・通信系の人達が多い（最近は情報関係の独立した学科が方々の大学に設置されているから，将来はこの事情は少し変るかも知れないが）。このためばかりではないと思われるが認識機械と通信機械の機能的な混乱がしばしば見受けられる。しかし，上に述べたようにこの両者は思想的には明確に区別すべきものである。Shannonの理論が通信機械に対するものであったことを思い起すと，新しい情報機械としての認識機械の理論が新らたに要請されるわけである。

（つづく）

## 参　考　文　献

(1)　C.J.W. Mason : Pattern recognition bibliography, IEEE Systems Science & Cybernetics Group Newsletter. 1970.

# 洟の熱力学的考察

蒸気圧の対数は絶対温度の逆数に比例することはよく知られている。変化の度合はもちろん対象となる物質により異なるが，多くの物質でわずかな温度の変化により蒸気圧の値が大きく変わるのは興味のある点である。これから水の蒸気圧の温度による変化の仕方を，我々の身の回りの現象に関連づけて考えてみよう。今我々が空気を吸う大気中においても，幾らか水の蒸気圧が関与していて，人と水との縁は尚更である。蒸気の圧力は温度が下がれば低くなるのが普通であり，水にも各温度における飽和蒸気圧というものがあって，そのとき水は蒸気として飽和の状態にある。温度が少しでも下がれば，許容できる飽和蒸気圧は小さくなり，余分の水蒸気がはみ出される。それが水となって，下がった温度における水と水蒸気との平衡関係が保たれるのである。自然現象を例にとると，冬の電車の内窓が人いきれで曇るのは，暖かい車内の温度で水蒸気圧が飽和状態になっていなくても，外気の低い温度と接した窓では十分飽和状態になっているので，許容できない水蒸気があり，これが水滴となって窓にへばりつくためであり，また夜露が降りるのは，地表の温度降下により冷やされた過剰の水蒸気が水玉になるためである。人体を例にとると，寒いときに人の吐く息が白くなったり，あるいは洟が出たりするのをよく経験する。本研究では，考察は後者にだけ止める。洟と云っても風邪によるものや持病によるものなど，人の生理的に異常な状態にあるときは取扱わない。この方面に関する事は他の文献を参照されたい。さて，ウドンを啜るときに洟が止どめなく出て，これをウドンと一緒に啜らなければならなかったり，あるいは寒くなったりすると鼻のあたりがむず痒くなったりするのが何如なのか，この点に関しいままで述べた蒸気圧の取扱いで考察していきたいと思う。前者は，湯気の立ち登った丼からウドンを箸でつまみ上げると，ウドンつゆの温度が低下し，勢い込んだ顔全体に湯気が当たり，特に鼻腔が湯気の直撃を受ける。人の鼻腔内はある程度の湿度を許容できるし，事実幾分か温度を有している様である。が，高温の飽和水蒸気が更に加算されるとなると，鼻腔内温度における飽和蒸気圧を越えることは確かであり，そこで余分の水蒸気が滴となって，熱力学的な安定状態を保つ方向に進むのである。では，ウドン食中時に洟を防ぐにはどうすればいいのであろうか。暖かいウドンを食べようとすれば，鼻に栓をするか，ウドンを丼の縁にずらし顎を突き出して啜るよりない。すなわち鼻腔に湯気の直撃を避けるようにして食べればよいのであるが，ウドンの美味は一気に喉に掻込むときに味わえるものなので，美食たらんと思えば洟の啜りもウドンつゆの啜りと同じく何のそのである。

後者については，外出時によく経験するものであるが，いままでの考察から容易に類推できるから説明は省く。さて，金沢の冬はいよいよ寒く，また湿気の多いところである。筆者の所属する研究室から計算機センターに向かう短い道すがらでさえ，鼻腔がむず痒くなってくるのであるが，センターに入るやそこは適度に保温，保湿が行き届いているから，鼻がすっきりするのである。計算機センターに幾度も出入りすれば，この意味からも計算機の有難味がひしと胸に迫ってくるものであります。

(化工 M1 S.Y)

——解　　説——

# 動的システムのシミュレーション

工学部・電気　松　村　文　夫

## 1.　まえがき

筆者の所では昭和35年から真空管式アナログ計算機（以下アナコンと略す），昭和39年からトランジスタ式アナコンを用いて自動制御系のシミュレーション，非線形を含む電気回路のシミュレーションなどを行なってきた。そして，工学部にディジタル計算機（以下ディジコンと略す）が設置された前後から，問題の種類，性質によってディジタルシミュレーションも併用するようになった。このような事情からか，この解説記事の執筆を依頼されたが，ディジタルシミュレーションについては今までごく限られた種類の問題しか経験しておらず，むしろ筆者がこのような解説記事を読みたい気持でした。これを契機にいろいろな方が参考になる資料を発表していただくことを期待してこの一文を書きます。

シミュレーション手法が現在，重要な技術であり，またその方法もディジコンによる手法が多くなってきていることの一つの表れとして，筆者の属しているアナログ技術研究会は昨年8月から発展的にシミュレーション技術研究会と改称されたことがあげられる。この記事はいくらかアナログシミュレーションのことも含まれるがお許し願いたい。

## 2.　シミュレーションの種類

シミュレーションと一口に言ってもその対象は非常に広く，方法も多数ある。文献(1)では次のように分類している。（図1）

- シミュレーション
  - アナログ
    - 直接模擬（磁場，電場，電解槽，ＬＣＲ回路，抵抗網など）
    - コンポリュータ
    - 関数模擬（微分解析機，アナコン）
  - ハイブリッドシミュレーション
  - ＤＤＡ
  - ディジタル
    - モンテカルロシミュレーション
    - 離散システムのシミュレーション（ＧＰＳＳ，ＳＩＭＣＲＩＰＴなど）
    - 連続システムのシミュレーション（ＭＩＤＡＳ，ＣＳＭＰなど，状態遷移方程式）

図　1　　シミュレーションの分類

以下ではこのうち，常微分方程式で記述されるような系のアナコンおよびディジコンによるシミュレーションのみについて記述する。したがって，極言すれば微分方程式をいかに早く，正確に解くかということに帰着する。

## 3.　シミュレーションの方法

3.　1　アナログシミュレーション　　アナコンとディジコンの違いはしばしば計算尺とソロバンに例えられる。つまり，アナコンでは諸種の物理量を電気的な量(多くは電圧)に相似して計算するものである。したがって解は電圧波形で出てくるのでペン書きオシロ，Ｘ－Ｙレコーダに記録したり，シンクロスコープで観測したりすることになる。計算機には積分器，加算器，係数器などの線形要素と乗算器，任意関数発生器，比較器などの非線形要素から構成されている。

システムで成立つ式が与えられると，まず電圧換算，時間換算を行なう。電圧換算とは変数が計算機の演算電圧（計算機により異なり10～100V程度)を越えないように，かつノイズ，ドリフトの関係であまり小さすぎないように換算を行なうものである。また，時間換算とは計算機の周波数特性，ドリフトの関係で，1回の計算が0.1ms～100s程度になるようにタイムスケ

ールの換算を行なうものである。

次に，換算された式を満足するように各種要素を接続し，係数，初期値をセットしCOMPUTEボタンを押すと解波形が出てくる。係数，初期値のセットのし直しは極めて容易である。「計算」というよりも一種の電気回路の実験をするという感じが強い。

3．2　ディジコンのシミュレーション言語を用いる方法　後述の方法によってF$\bar{O}$RTRANを用いてシステムを記述してシミュレーションを行なうこともできるが，問題ごとにプログラムを作るのが大変であるし，プログラムミスを除くのにかなりの時間を要する。このため1955年頃からシミュレーションのためのプログラムを簡単化する努力がはらわれてきている。比較的多く使われているものにはMIDAS（IBM），CSMP（IBM），DYNAM$\bar{O}$（MIT），CSSL（東大），DDS（日立）などの多くのプログラムがあるようである。[2]〜[6] これらではアナコンのプログラムと同じ手法でディジコンをプログラムし，内部にはEuler，trapezoidal，Runge-Kutta-Gillなどの積分方式のどれかいくつかが内蔵されていて入力のとき，積分方式，きざみなどを指定する。

3．3　ディジコンによる微分方程式の解法

古くから常微分方程式の数値解法についてはいろいろな方法が提案されている。代表的なものの名称だけあげれば

(a) Euler法
(b) trapezoidal法
(c) Runge-Kutta法
(d) Runge-Kutta-Gill法
(e) Milneの予測子修正子法
その他多数
(f) マトリクス法[2]
(g) 渡辺らのマトリクス法[7]（仮称）

これらのうち(a)〜(e)は数値計算の本によく紹介されている方法であり，(d)は本学FACOMのSSLにもおさめられている。

これらでは，1ステップの計算時間幅をどのくらいにとるかということと，計算時間，計算精度が密接な関係にある。問題によっては解いてみないと応答波形がわからないので適切なきざみ幅を決められないという面もあるし，また，逆に計算時間幅を気にしないで結果の得られることが好ましいという面もある。したがって，計算時間幅を可変にして応答波形の急激な変化のときはきざみ幅を小さくし，逆にゆっくりした波形のときはあらくして計算時間の短縮を図るのが好ましいと考えられる。（きざみ幅自動可変）

なお，一般論として，簡単な積分方式では1ステップの計算所要時間は短いがきざみ幅を細かくとる必要があり，高度な積分方式は逆に1ステップの計算所要時間は長いがきざみはあらくとれる。全体として同じくらいの誤差という条件では全計算時間は両者同じくらいか，いくぶん高度の積分方式を用いたほうが計算時間が短いと言われる。[2] また計算時間間隔も出力が印字のときは人間がプロットするので比較的あらい時間間隔の印字でもよいが，プロッタによる図形出力の場合にはスムーズな曲線を描くのに細かい計算ステップ幅が必要である。それから，きざみ幅を自動可変にすると結果をプロットするのがむずかしくなるし，また，この計算をもとにさらに何かの計算を行なうときプログラムが複雑になる。また，高度な積分方式を用いてきざみ幅を大きくとっても，システムに飽和，不感帯，オンオフ要素などの非線形要素が含まれており，その動作モードが移り変るような場合，解を接続して行くのが結局むずかしくなるということもある。

次に，最も簡単な積分方式であるEuler法によって微分方程式を解く場合，きざみ幅$h$と累積誤差の関係をサンプル値制御系で用いるZ変換の手法を用いて求めた結果を示す。

<u>例1</u>　$\dot{x}+x=1$　　　$x(0)=0$

真の解　　　　　　　　　　　　$x=1-e^{-t}$

きざみ幅を $h$ としたときの解　　$x=1-(1-h)^N$　　$N=0,1,2,\cdots$

今，$t=Nh=1$ における誤差 $\delta$ を求めるとおよそ次の値となる。

$$\delta \simeq h/2e \tag{1}$$

<u>例2</u>　$\ddot{x}+x=1$　　　$x(0)=\dot{x}(0)=0$

真の解　　　　　　　　　　　　$x=1-\cos t$

きざみ幅を $h$ としたときの近似解($t=Nh$)

$$x=1-e^{\frac{h}{2}t}\cos\left(1-\frac{h^2}{3}\right)t$$

今，$t=2\pi$ における誤差を $\delta$ とするとおよそ次の値となる。

$$\delta \simeq \pi h \tag{2}$$

この2つの例から，求める精度を得るにはどのくらいのきざみ幅にするかの見当がつけられる。ただし，上の例では丸め誤差はないとしている。

次に(f)，(g)のマトリクス法についてはあまり知られていないようなのでいくらかくわしく説明を加える。

〔マトリクス法〕　$n$ 次の線形定係数微分方程式は次の行列形式で表わされる。

$$\dot{\boldsymbol{x}}=\boldsymbol{A}\boldsymbol{x}+\boldsymbol{B}\boldsymbol{u} \tag{3}$$

ここで，$\boldsymbol{x}$ は状態変数 $x_1, x_2, \cdots, x_n$ による $(n\times 1)$ 行列，$\boldsymbol{u}$ は $l$ ケの入力 $u_1$，$u_2$，$\cdots$，$u_l$ による $(l\times 1)$ 行列，$\boldsymbol{A}$ は $(n\times n)$ 行列，$\boldsymbol{B}$ は $(n\times l)$ 行列である。(3)式の真の解は

$$\boldsymbol{x}(t_0+h)=\boldsymbol{\Phi}(h)\boldsymbol{x}(t_0)+\int_{t_0}^{t_0+h}\boldsymbol{\Phi}(t_0+h-\tau)\boldsymbol{B}\boldsymbol{u}(\tau)d\tau \tag{4}$$

ここで

$$\boldsymbol{\Phi}(h)=e^{Ah}=\boldsymbol{I}+\boldsymbol{A}h+\frac{\boldsymbol{A}^2}{2!}h^2+\frac{\boldsymbol{A}^3}{3!}h^3+\cdots=\sum_{m=0}^{\infty}\frac{\boldsymbol{A}^m}{m!}h^m \tag{5}$$

であるが，$t_0\leqq t\leqq t_0+h$ において入力 $\boldsymbol{u}(t)$ が一定であるとみなせると次式となる。

$$\boldsymbol{x}(t_0+h)=\boldsymbol{\Phi}(h)\boldsymbol{x}(t_0)+\boldsymbol{N}\boldsymbol{u}(t_0) \tag{6}$$

ここで　$$\boldsymbol{N}=\{\boldsymbol{\Phi}(h)-\boldsymbol{I}\}\boldsymbol{A}^{-1}\boldsymbol{B} \tag{7}$$

$\boldsymbol{\Phi}(h)$ を遷移行列とよび，$\boldsymbol{\Phi}(h)$，$\boldsymbol{N}$ は $\boldsymbol{A}$，$\boldsymbol{B}$ が与えられると (5)，(7)式によって計算できるから，これを一度求めておけば(6)式から初期値をもとに $\boldsymbol{x}(t)$ をつぎつぎと計算できる。

(5)式は無限級数の和であるが $\boldsymbol{x}$ の変化が小さいような時間幅では収斂は早い。

〔渡辺らのマトリクス法〕　同じく(3)式において $t_0\leqq t\leqq t_0+h$ において $\boldsymbol{u}$ が一定とみなせる場合，

$$\boldsymbol{x}+\boldsymbol{A}^{-1}\boldsymbol{B}\boldsymbol{u}=\boldsymbol{y} \tag{8}$$

とおくと，(3)式は

$$\dot{\boldsymbol{y}}=\boldsymbol{A}\boldsymbol{y} \tag{9}$$

となる。この式の解は上の方法でももちろん求められるが，この方法は

$$\boldsymbol{y}=\sum_{m=1}^{\infty}\boldsymbol{B}_m \qquad ここで，\boldsymbol{B}_{m+1}=\boldsymbol{A}\boldsymbol{B}_m h/m,\ \boldsymbol{B}_1=\boldsymbol{y}(0) \tag{10}$$

$$\boldsymbol{x}=\boldsymbol{y}-\boldsymbol{A}^{-1}\boldsymbol{B}\boldsymbol{u} \tag{11}$$

として求めるものである。この方法によると1ステップごとに $\sum_{m=1}^{\infty}$ の計算を行なう必要があるが，$h$ が小さければ数項で収斂し，しかも，非線形，変係数の微分方程式でも，きざみ幅 $h$ の間で線形とみなし得るときはそのまま適用できる。また，計算ステップ幅を変更しながら計算を進めることもできるという特長がある。

<u>例 3</u>　Van der Pol の方程式　$\ddot{x}+2\rho(x^2-1)\dot{x}+x=0$

$x=x_1$,　$\dot{x}=x_2$　とおくと

$$\left.\begin{aligned}\dot{x}_1&=x_2\\ \dot{x}_2&=-x_1-2\rho(x_1^2-1)x_2\end{aligned}\right\}$$

$$\therefore\quad \boldsymbol{A}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -1 & 2\rho(1-x_1^2)\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{u}=\boldsymbol{0}$$

となり，きざみ幅$h$の間で$x_1$は一定と考えて(10)式の計算を行なう。

<u>例 4</u>　Mathieu の方程式　$\ddot{x}+a(1+\varepsilon\cos t)x=0$

同様にして

$$\boldsymbol{A}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -a(1+\varepsilon\cos t) & 0\end{bmatrix},\quad \boldsymbol{u}=\boldsymbol{0}$$

となり，これもきざみ幅$h$の間で $\cos t$が一定であると考えて(10) 式の計算を行なう。

4．アナログ演算とディジタル演算の比較，および，ハイブリッド計算機

アナコンとディジコンの特長を文献(2), (8)などと筆者の考えを総合して比較すると表１のよ

表１．　アナコンとディジコンの特長

| 項　　目 | ア　ナ　コ　ン | ディジコン |
|---|---|---|
| 信号 | 連続量，物理量と対応，全体の様相を把握するのに適す。 | 不連続量，抽象化特定の点を詳細に調べるのに適す。 |
| 計算機と人間，外部回路との対話連絡 | 直接的であり，特に人との対話は直感的に行ないうる。 | 間接的で，ＤＡまたはＡＤ変換を必要とすることが多い。 |
| 演算形式 | 並列同時演算 | 逐次演算 |
| 計算速度 | 高速 | 低速 |
| 情報の記憶 | 困難 | 容易 |
| 精度 | 低い，良くて$10^{-3}$ | 必要なだけとりうる |
| ダイナミックレンジ | 狭い，例えば0.1～100Ｖ | 広い，例えば$10^{-76}$～$10^{76}$ |
| 複雑な計算に対して | 演算器数の増加につれて位相，振幅のひずみを生ずる。 | 計算時間の増加，誤差の累積となって表れる。 |
| 時間積分 | コストの割に正確に行ないうる。ただし時間積分に限られる。 | 近似計算で困難（計算時間の増加，丸めや切捨て誤差が問題） |
| 多変数関数発生 | ほとんど不可 | 容易でないが可能 |
| プログラムの保存と発展性 | プレパッチボード上で保存できるが，他の計算を行なうとき自由に活用できず，発展性がない。 | テープやカードの形で保存され，それがサブルーチンとして活用でき，発展性が大きい。 |
| 解の表示 | ただちに波形となって出てくる。ペン書きオシロの周波数特性は例えばDC～50Hz，シンクロスコープでは例えばDC～5MHz | 例えば，本学のラインプリンタでは約16行/sec，Ｘ－Ｙプロッタでは 0.1 mm × 400ステップ／sec と遅い。 |
| 使用上の問題点 | 電圧換算，時間換算にいくらか慣れを要する。特に非線形が入ると厄介。いくらか電気の知識が必要。 | きざみ幅と桁数の選定を要する。計算の実行順序によって誤差が違ってくることもある。 |

うになる。計算速度について意外に思われる読者も多いかと思うが，これも次のように言われている。[9] つまり，ディジコンの計算速度は急速に早くなりつつあるが，それとともにアナコンの計算速度も早くなりつつある。そのため，逐次演算と並列同時演算との差で，約2ケタ半ぐらいの違いがいつまでも残る。2つの計算機には図2に示すような精度と計算速度の得意な領域がある。

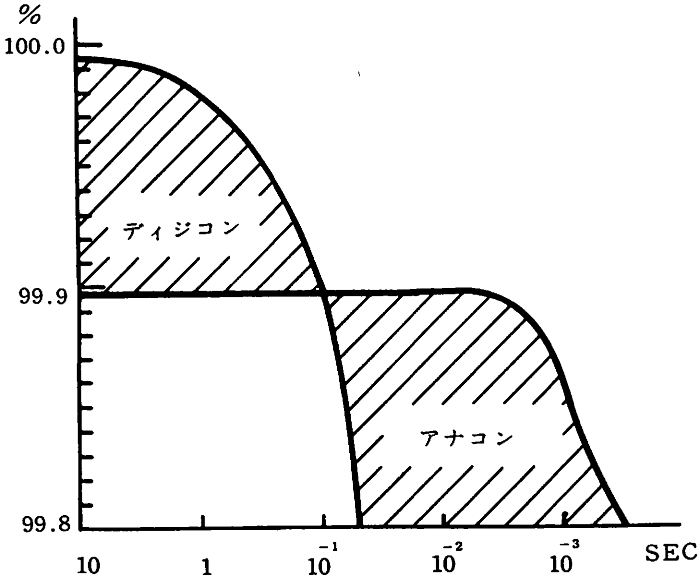


図　2　精度と計算速度の関係

そこで，当然のなり行きとして両計算機の長所をとり入れて，微分方程式の解はアナコンで，記憶，関数発生，論理判断はディジコンでというようにするハイブリッド計算機（hybrid あいの子）が研究，製作されているがあまり普及していない。その理由としては，ディジコンの速度が急激に上昇しているのでディジコンの欠点がだんだん取除かれてきていること，ハイブリッド計算機を用いるにはアナコン，ディジコンの両方を使いこなせなければならないこと，などが考えられる。

5．いくつかの計算方法の比較（実例）

次の3階の微分方程式について4つの方法の比較を行なう。

$$\left.\begin{array}{l}\dddot{x}+7\ddot{x}+15\dot{x}+25x=0\\ \quad x(0)=1,\ \dot{x}(0)=\ddot{x}(0)=0\end{array}\right\}\qquad(12)$$

(12)式の真の解は

$$x=\frac{1}{4}e^{-5t}+e^{-t}\left(\sin 2t+\frac{3}{4}\cos 2t\right)\qquad(13)$$

例5　アナコンによる解　　例えば，実時間1秒を計算機内で5秒に引きのばすと(12)式は次のように変形される。

$$16\dddot{x}=-3.2\,x-9.6\dot{x}-22.4\ddot{x}\qquad(14)$$

また，$x=1$ を計算機内で25Vに換算することにすると図3の演算回路となる。①，②，③の部分の電圧を観測すれば，それぞれ $x$，$\dot{x}$，$\ddot{x}$ の波形を得る。図4にこうして得られた波形

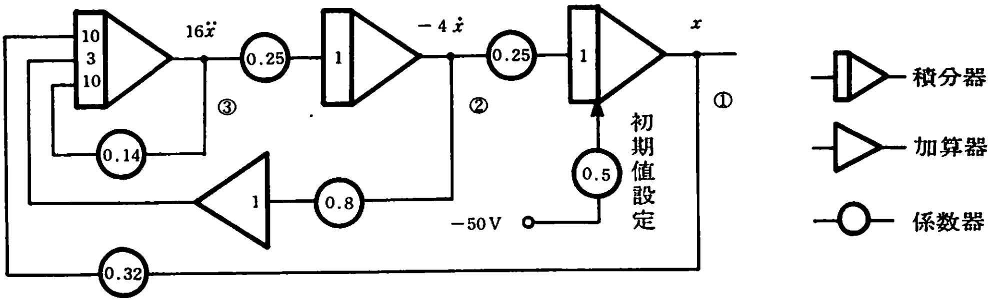


図　3　(14)式を解くアナログ演算回路

のうちの$x$の波形を示す。

(要する時間)

| | | | |
|---|---|---|---|
| プログラム | (個人差は大きい) | 約10分 | 計　約20分 |
| 結線，係数器セット | (　同　上　) | 約10分 | |
| 計算 | (10*ms* ぐらいでもできるが) | 約30秒 | |

上のように，計算機を占有して使える場合，問題が与えられてから解が得られるまでの時間はかなり早い。しかし，計算してみて換算のしかたが不適当であったときはプログラムをやり直すことになる。

例6　Euler法による解　単精度でEuler法によって解いてみたら，$x$の最大誤差($|\dot{x}|$がほぼ最大のときに生じている)はきざみ幅$h$に対して図5のような関係になった。ほぼ，きざみ幅と誤差とは比例しているが，きざみ幅をあまり小さくとっても丸め誤差のためにあまり小さくできない。

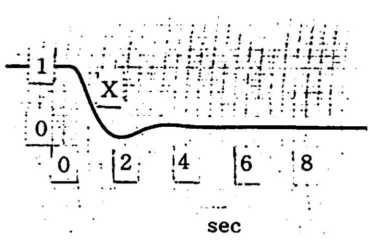


図　4　アナコンによる解波形

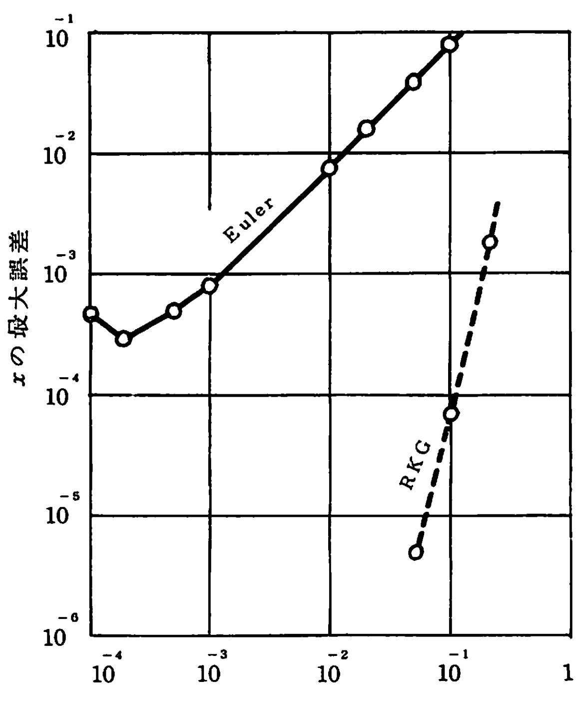


図　5　きざみ幅と誤差の関係

例7 Runge-Kutta-Gill法 (FACOM SSL SRKGS) による解　同じく，図5に示すように，きざみ幅の変化に対して$x$の最大誤差の変化が急激である。あまりきざみ幅を大きくすると発散する恐れもあるし (h ＝1 では発散した)，プロットできる点の数が少なくなる。

例8　マトリクス法による解　(12) 式で$x=x_1$, $\dot{x}=x_2$, $\ddot{x}=x_3$ とおくと

$$\boldsymbol{x}=\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{x}(0)=\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad A=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -25 & -15 & -7 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{u}=\boldsymbol{0} \tag{15}$$

となる。印字された結果を手でプロットするために，きざみ幅をh ＝0.1にとるとして，(5)式を第何項までとれば$x_1$の最大誤差はどの程度になるかを計算してみた。その結果を図6に示す。

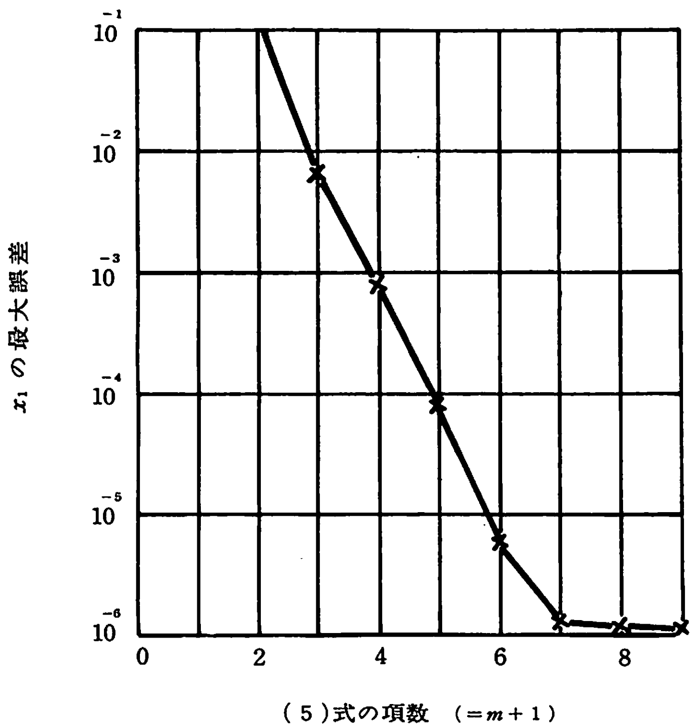


図　6　遷移行列を計算する際の項数と誤差の関係

項数はそう多くなくても，単精度計算で得られる限界に近い値が得られていることがわかる。

次に，Euler, RKG,　マトリクス法について計算時間のおよその比較を行なってみる。一般に，n 次の線形定係数微分方程式を相変数表示 (例8で行なった表示法) する場合の単精度実数型の計算回数は1ステップにつき，およそ

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Euler法 | 乗算 | $2n$ 回 | 加減算 | $(2n-1)$回 |
| RKG法 | 〃 | $(24n+20)$ 回 | 〃 | $(20n+12)$回 |
| マトリクス法 | 〃 | $n^2$ 回 | 〃 | $n(n-1)$回 |

の回数を必要とする。マトリクス法ではこの他，$\Phi(h)$ を求めるとき，1項増すのに，およそ

乗算　n(3n－1)回　　加減算　n(n－1)回

の計算を必要とする。本学ＦＡＣＯＭでは単精度実数の乗算が約27$\mu s$，加減算が約 7$\mu s$である。これらをもとに，例6～例8について$x$( ＝$x_1$) の最大誤差が，例えば$10^{-3}$程度になるようなきざみ幅hでt＝0～10の計算を行なう場合の比較を行なってみると次のようになる。(次数

ｎはすべて３，ステップ数をＮとする）

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Euler法 | h＝0.001 | Ｎ＝１００００ | | 計算時間 | １．９７　秒 |
| RKG 法 | h＝0.2 | Ｎ＝５０ | | 〃 | ０．１４９秒 |
| マトリクス法 | h＝0.1 | Ｎ＝１００ | m＝３ | 〃 | ０．０３１秒 |

（内訳　$\boldsymbol{\Phi}(0.1)$ の計算　０．００２秒，　$\boldsymbol{x}(t)$の計算　０．０２９秒）

実際にはこの他に，準備計算，添字計算，各種論理判断，格納などの時間が必要であるから，このまま比較はできないがおよそのめやすとなろう。３つの例ではマトリクス法が最も早くなっているが，Euler法，ＲＫＧ法の計算回数がｎの１乗で増加するのに対し，マトリクス法はｎの２乗で増加するので，次数が高くなるとＲＫＧ法が早くなる。

## 6. むすび

以上，不完全ながらアナコンのことも含めて，動的システムのシミュレーションについて述べた。

５章でEuler法，ＲＫＧ法，マトリクス法について理論上の計算時間の比較を行なったが，実際に計算機にかけて時間を測ってはいない。これは，執筆時，ＢＯＳではＣＡＬＬ　ＣＬＯＣＫがないこと，単に線形の３次系だけについて比較してもあまり意味はないこと，実際の計算では問題に応じて要求する精度が異なることなどの理由による。

また，例１，２，６，７では１次～３次系についてきざみ幅と誤差の関係を述べた。さらに高次の場合にはその代表根（安定な系の特性方程式の根を複素平面上にプロットするとき，そのうち最も虚軸に近い根の一つまたは二つの根）のおよその値がわかれば，その代表根を用いて系を一次系または二次系で近似して，要求する精度に対する計算のきざみ幅を推定できる。

終りに，非常に不備な解説でしたが，いくらかでも参考になれば幸いです。ご批判，ご教示をお願い致します。

### 参　考　文　献


(1)　寺尾：計測と制御　12〔３〕，245　（昭48）
(2)　三巻：　同　上　　7〔４〕，258　（昭43）
(3)　尾崎，寺尾：同上　　7〔11〕，804　（昭43）
(4)　三浦：電気学会雑誌　92〔１〕，32　（昭47）
(5)　三巻，水野，春名，並木：計測と制御　11〔５〕，455　（昭47）
(6)　寺尾：　同　上　　12〔４〕，338　（昭48）
(7)　渡辺，岩田，平野：電気学会論文誌　92－Ｃ〔１〕，55　（昭47）
(8)　黒川：アナログ・ハイブリッド計算機，オーム社　（昭44）
(9)　黒川：計測と制御　8〔４〕，281　（昭44）


――Ｉ／Ｏチャネル――

## コンピューター一年生の独白

小生，大学院の一年生，そしてコンピューターを使いはじめて一年。４年の間は院生の使い走り程度で，さして自分でプログラムを作ることもせず，すごしてきたが，大学院に入り，自分の名前を登録し，自分でプログラムを作ってコンピューターというものを自分で使いはじめて一年近くになる。その間の印象を少々…………。

最初のうちは，ステートメントエラーは別として，それがなおった後も，なかなか答が出ない。プログラムを何度見なおしても，間違いなどないように思われる。そういうときはすぐにいい

なおる“コンピューターが間違っている”と。そのときの感想“コンピューターは何と不便なものか！”。そして先人によく聞いたものだ“コンピューターは間違うことはないのか？”と。しかし一週間ほどたって，何となく見なおしてみると，得てして間違いが見つかる場合が多かった。そのときの感想“コンピューターは正しかった！”。そして現在に至るまでそれが続いている。また現在の感想“コンピューターは便利なようで不便であり，不便なようで便利である”。コンピューターは，たしかに人間が一生かかっても計算できないような計算量をまたたく間にやってのける。しかし，小生，現在の知識で考えるに，答をどの程度信用してよいものか不案である。なにしろ，自分で計算したのではないのだから………。

しかるに，プログラムを作ったのは自分自身であり，計算機の計算は正しくそのプログラムにそって行なわれているのであるから，自分のプログラムに自信がないのか……。

感想“コンピューターにふりまわされているような気がする”。計算機を作ったのは人間であり，かつまた計算機を使うのも人間である。計算機を使う人間が，計算機の全ての機能を正しく把握してはじめて，使う人間にとって有益なものとなるのではなかろうか。学生の間は机上の計算ですむ。しかし，社会に出て，プラントの設計，制御などにたずさわるとき，それはすでに机上の計算ではすまず，なんらかのミスがあれば，人命にかかわるような大惨事になる可能性もある。そのためにも，人間がコンピューターを使うのだという自覚のもとに，正しくその機能を把握し，有益に利用したいものだと考える。

現在の実感“コンピューターにたよりすぎることは危険だ”

（化工 M 1 Y.H）

## コンピューター雑感

三年生の頃，工学部に電算機が入るとのことで“ＪＩＳ ＦＯＲＴＲＡＮ入門„をテキストとした講義が始まった。流行のコンピューターとあって好奇心も手伝いテキストを開いたもののＤＯループとかサブルーチンとか出てくるに致って，好奇心は恐怖心にとって変わった。それで卒研で電算機を使わねばならなくなった時，どうなることかと思った。現在では１時間もあれば組めるような簡単なプログラムを，テキスト片手にまる一週間考えた。出来上がったプログラムはやたら長い上，ＷＲＩＴＥ文が一つとしてない。カードパンチに致っては，遅い上に三枚に一枚は必ずパンチミスをする始末であった。さてようやくカードパンチも終り，喜び勇んで電算機にかけると，ＥＲＲＯＲ ＬＩＳＴが一枚ついて戻ってきた。この種のエラーは容易に直すことができたので，今度こそはと再挑戦した。ところが，新手のエラーが登場した。ＥＲＲＯＲ5054（ＣＯＮＴＩＮＵＥ）と，にくらしくも約50個ほど一行おきに整然と印刷されている。エラーの理由がわからず幾度も電算機を疑ってみた。センター員の方にお伺いを立てるといつも『計算機は絶対にまちがいません。あなたのプログラムがまちがっているのです』という返事が戻ってきた。確かにその通りではあるが，何度プログラムを直してもエラーがでてくると，人事として電算機を疑いたくなるものである。

研究の性質上，Trialの計算が多く，中には１回の計算で十分満足できる解の得られないものもある。このような場合，最近までＭＴをデータファイルとして使えることを知らなかったので，１回目の計算結果をパンチし，再び計算を続けていた。計算の結果生ずるデータの数が100程度のものであれば恐れるに致らないが，１回の計算で少くとも4000個のデータが発生するので，これをパンチすると並み並みならぬものであった。幾度か人気の全くないパンチ室で徹夜したこともある。おかげでデータパンチだけは人一倍速くなった。

電算機を使い始めてはや三年目となり，講座内では電算機のベテランとして後輩達に頼られるようになったものの，今だにエラーとは縁が切れず四苦八苦している。

（化工 Ｍ２ Ｔ．Ａ）

——研　　究——

# 分子の基準振動の計算

理学部・化学　佐　道　　昭　　教養部・化学　野　田　邦　夫

現在私達が計算機をつかっている主要テーマの一つは分子の基準振動の計算です。[1] 皆さんも御存知のように分子の計算は量子力学を用いてなされねばなりませんが，分子内の原子のポテンシヤルエネルギーを変位の二次までにおさえるかぎりは，調和振動として取扱え，一量子数だけ異なる準位への遷移にともなう光の吸収又は放出のエネルギーを $h\nu$ とすれば，$\nu$ は古典的に取扱った場合の分子の固有振動数に等しいことが知られています。そして実験によって観測される遷移はまたそのようなものであります。それ故私達は分子振動を分子を構成する原子が力を及ぼし合って平衡位置にあり，それからの変位によって位置のエネルギーが大きくなる，として古典的に分子の固有振動数を計算し，実験値と比較しながら，原子に働いている力を推定しようとしているわけです。工学部の方にはですから何ら目新しいことはないと思いますがこの計算法は分子軌道法での計算にも応用出来るのですがあまり広くは知られていないようですのでこゝにこの文を書くことにしました。問題は質点系の力学ですので，運動エネルギーと位置のエネルギーを先づ

$$2T=\sum_{i=1}^{N} m_i(\dot{x}_i^2+\dot{y}_i^2+\dot{z}_i^2) \tag{1}$$

$$2V=\sum_{i=1}^{3N-6} f_{ij}\xi_i\xi_j \tag{2}$$

で形式的にあらわします。こゝで $\xi_i$ は $i$ 番目の変位座標で，デカルト座標を用いて現わしますと

$$\xi_i=\sum_j (A_{ij}\Delta x_j+B_{ij}\Delta y_j+C_{ij}\Delta z_j) \tag{3}$$

です。こゝで $\xi_i$ をどのようにとるかによって $f_{ij}$ のもつ物理的な意味が異ってきます。化学者としては一般に結合距離の変化とか，結合角の変化とかをとります。そして多くの場合 $3N$ 個以上とって $\xi_i$ の一次の項も入れます。しかしこの場合も自由度から云って $3N-6$（直線分子では $3N-5$）の自由度だけが分子内振動に対応しますから形式的には $3N-6$ 元にすることは出来ます。実際には平衡関係を用いて $\xi_i$ についての一次の項はすべてなくするようにして(2)式の形にもって行ってから計算をはじめます。こゝでもまだ $3N-6$ 以上の変位座標が残ることがありますが，その時は計算をそのまゝ行って $\nu=0$ の解をすてればよいので，このようなものを余分の座標と云っています。ただこの余分の座標のとりかたは $f_{ij}$（力の常数）に影響を及ぼしますので，計算を始める前に，余分の座標のもつ意味を考えておく必要があります。しかしこのことは計算を行う上からは問題ではないので先に進みます。

次に行うことは $f_{ij}$ をなんとか今までの私達の常識から推定しなければなりません。類似の分子からもって来たり，結合の性質から推定したり，電子状態の計算から断熱ポテンシヤルをもとめてそれから推定したりします。そして $f_{ij}$ が一応決まると次にそれを用いて，固有振動数の計算を行うわけです。そのために計算に都合のよい座標に直します。即ち $\xi_i$ を先づ点群の既約表現の基底になる座標に変換します。これを $S_a$ とかき対称座標と呼んでいます。そうすると永年方程式を因数分解することが出来るからです。それを用いて

$$2T=\sum G_{ab}^{-1}\dot{S}_a\dot{S}_b \tag{4}$$

$$2V=\sum F_{ab}S_aS_b \tag{5}$$

とします。そしてこの $G$ とか $F$ とかは原子の質量，幾何学な形，$f_{ij}$ から直接もとめることが出来ます。これについてはWilson氏[2] らがあたえた公式により簡単にもとめることが出来ます。

$\underline{F}$ や $\underline{G}$ をもとめるところは計算機に公式をおぼえさせてあります。さてこれから座標変換で

$$Q_q=\sum L_{qa}S_a \tag{6}$$

を行い

$$2T=\sum\dot{Q}_q^2 \tag{7}$$

$$2V=\sum\Lambda_q Q_q^2 \tag{8}$$

になる基準座標$Q_q$をもとめると固有振動数$\nu_q$は

$$\nu_q=\frac{1}{2\pi c}\sqrt{\Lambda_q} \tag{9}$$

でもとめることが出来ます。

この座標変換をさがすために

$$|GF-E\lambda|=0 \quad \text{又は} \quad |F-G^{-1}\lambda|=0 \tag{10}$$

であらわされる永年方程式をときます。こゝで問題になるのは$G$や$F$は対称行列であるのにくらべて$GF$は対称行列にならないことです。そこで先づ

$$GD=D\Gamma \tag{11}$$

の解を考えます。こゝで$D$は$G$行列の固有ベクトルで$\Gamma$は$G$の固有値であります。$D$は直交しており，実で正であるから

$$G=D\Gamma\widetilde{D} \tag{12}$$

となります。そこで行列$W$を

$$W=\Gamma^{\frac{1}{2}}D \tag{13}$$

として定義しますと

$$G=W\widetilde{W} \tag{14}$$

となり，次に$H$を

$$H=\widetilde{W}FW \tag{15}$$

として定義し，

$$HC=C\Lambda \tag{16}$$

と永年方程式を作る。こゝで$C$は$H$の直交固有ベクトルで，$\Lambda$はその固有値行列です。

(15)式と(16)式とをあわせると

$$\widetilde{W}FWC=C\Lambda \tag{17}$$

となり(17)式に左から$W$をかけると

$$(W\widetilde{W})FWC=WC\Lambda$$

即ち

$$GFWC=WC\Lambda \equiv GF\Gamma=\Gamma\Lambda \tag{18}$$

となりこれがもとめる方程式であったわけです。即ち$G$の固有ベクトルを得て，そのベクトルを用いてあたらしい$H$行列をつくりその$H$の固有値が$\Lambda$となります。これはさきに述べたように，分子軌道法の解法にも利用出来ます。普通私達はLCAO-MO法を用いますがそのとき，実際には直交しない原子軌道を直交するとして

$$|F-E\lambda|=0$$

のような永年方程式を作っています。これは

$$F_{ab}=\int x_a H_{eff} x_b d\tau \tag{19}$$

であり，こゝで$x_a$は$a$番目の原子軌道で，分子軌道は

$$\Psi_i=\sum C_{ia}x_a \tag{20}$$

であらわされ

$$H\Psi_i=E_i\Psi_i \tag{21}$$

を満足する$C$を求めようとしています。しかしこゝでは重り積分$S$について

$$S_{ab}=\int x_a x_b d\tau=\delta_{ab} \tag{22}$$

と云う近似をおいています。しかしこれは$x_a$をそのまゝ計算したとすればこのようになりません，そこで今(22)の近似をやめて永年方程式を作ると

$$FC = ESC \tag{23}$$

なる方程式となりこれは(10)式と形式的に一致します。そこで私達は(18)式までの過程を通して(23)式を解くことが出来ます。一時期，重なり積分を考慮した方法がよく用いられていましたが，計算機が導入されたにもかかわらず，その後あまり使われていないのは広くこの方法が知られていないためではないでしょうか[4]。

さてこゝで第一段階は終りました。次は計算値と実験値との差違をなるべく小さくするために $f_{ij}$ を変えて行かねばなりません。$f_{ij}$ の値により結合の性質が推定されるからです。

これから先は計算法としてのおもしろ味はありません。ただひたすら計算をくりかえし，収斂値にもって行くばかりです。この方法は須原さん等[6]がくわしく書いておられます。私達の用いているのは先ず$F_0$から出発して

$$GF_0L_0 = L_0\Lambda_0 \tag{24}$$

$$\sum_{k\cdot l}(L_0)_{ki}(L_0)_{li}\Delta F_{kl} = \Delta\lambda_i = \sum_{k\cdot l\cdot hj}(L_0)_{ki}(L_0)_{li}Z_{klhj}\Delta f_{hi} \tag{25}$$

ここで $\Delta\lambda_i = \lambda_i Obs - \lambda_i Calc$ 　　$F_{kl} = \sum_{k.l} Z_{klhj}\ f_{hj}$ 　　(26)

である$L_0$は(18)式でもとまっているし $Z_{klhj}$ は Wilson の公式でわかっているから(25)の連立方程式をとけばそれでおしまいである。ただ $F_0 \to F_1 \to F_2 \to$……とくりかえし計算を行って収斂するまでやるだけである。かくして形式的には終ったのであるが一つ考えていただきたい，正三角形分子があったとします。自由度は３×３であり，並進と回転の自由度をのぞくと３つの自由度がのこります。さて化学者ですと結合距離の変化を$\xi_i$に入れるでしょう。それで３つの自由度は消費されてしまいました。しかし化学者であれば結合角の変化も$\xi_i$の内に入れたくなります。さてそこでこの３つ余計な座標が入って来ます。位置のエネルギーをどのようにふりわければよいでしょうか[5]。ここが頭のつかうところです。計算機にふりまわされることなく，頭で考えてから計算機へ。以上蛇足。

## 参　考　文　献


１）浅井，野田，佐道，Spectuochim. Acta，印刷中

２）E. B. Wilson， J. C. Decius and P. C. Cross， "Molecular Vibrations"， McGraw-Hill Book Co., Inc. New York (1955)
水島三一郎，島内武彦 "赤外線吸収スペクトルトラマン効果"， 共立全書 (1958)

３）宇野利雄 "計算機のための数値計算"，朝倉書店 (1963)

４）Y. Fujimura. A. Sadô and S. Aono. Sci. Rep. Kanazawa Univ., 15, 13 (1970)

５）R. West, A. Sadô and S. W. Tobey, J. A. C. S. 88, 2488 (1966)

６）須原，村田，広報，3，No.１，P．10; No.２，P．16

——会議報告——

## 運　営　委　員　会

昭和48年10月6日(土)

1. 今年度の実行予算の説明後，カードパンチ機1台の購入を決定した。
2. 1件につきＬＰ紙の紙代は1枚2円とする。（実施は11月1日より）
3. 情報科学についての講演会を11月7日に行なうことに内定した旨，説明があった。
4. ＶＴＲについては3台入る可能性があるので，事務局へ要望書を提出する。

## 連絡委員・相談員合同委員会

昭和48年12月12日(水)

1. 人事について報告があった。
2. 京都大学の利用の件について報告があった。
   (1) 年末年始の業務について
   (2) 登録者について
   ※ 新たに研究補助者承認申請書が加わることになった。
3. ラインプリンター用紙の不足について
   (1) 現在の状況の説明があり，プリンター用紙の型式の異なることもあるが了承してほしい旨要望があった。また出力についての紙を節約するよう要望があった。
4. カード穿孔機について
   (1) 今年度購入分について11月に入る予定であったが，ＩＢＭの事情で3月以降になるため他から借り入れに努力したが難しく現在の台数のまま利用してもらわなければならなく不便をかけるが，了承してもらいたい。
   (2) 最近カードパンチ機の故障が非常に多いので学生の指導をお願いしたい。

## 運　営　委　員　会

昭和48年12月25日(火)

1. 人事について
2. 連絡委員会の議事報告
3. 予算について
   収支決算の報告があった。
4. 大型について
   大型機既算要求書の作成にあたって，次回までに青野，大村，平井，武部委員に原案作成を依頼した。
5. ＶＴＲの件について事務局に交渉したが，最初は入る様子であったが，現状では無理のようであるとの報告が事務長よりあった。
6. 特定研究についての現状報告が武部委員よりあった。
7. オン・ラインカード穿孔機についての要望があり次回の委員会で来年度の機器要求に関して検討することになった。

——センターから——

# 金沢大学計算機センター概要の発行にあたって

広報委員　林　良茂

金沢大学計算機センター概要を作製しようという案が持ち上がり，我々広報委員はともに賛成の意を表示しましたが，その時は作製が依頼されるなどとは夢にも思っていませんでした。この案が運営委員会にかけられた結果，どういうわけかその考案から作製に到るまで広報委員にまかせられてしまいました。我々広報委員は未知な所が多く戸惑いましたが，〝なせばなるなさねばならぬ何事もなさぬは人がなさぬなりけり〟の言葉どおり，誰かがそれを手がけない以上永遠にできあがるものではありませんので，一応お引受けして，広報とかけ持ちで計算機センター概要なるものを作製しました。ここでは特にその苦心談について述べたいと思います。

我々は最初センター概要とはだいたいこういうものであろうという知識しかもっていませんでした。しかし，実際それを作製するとなると〝……であろう〟という推定ではだめで，〝…………である〟と強く断定できる知識が必要となるため，各大学の計算機センター概要を参考にして，どのような形式にするのが一番よいか，どのようにすれば一見して金沢大学計算機センターの制度，付属設備，その性能などを理解してもらえるかなどといろいろ検討を加えました。なにしろ予算が約11万円，最大２色刷り，部数2,000部の初期条件がついていますので，用紙の大きさおよび枚数が制限され，掲載事項も必要最小限に留めることを念頭に入れました。また，いろいろなパンフレットを見てもわかりますように，カラー刷りであればわずかな枚数でもみた目にはきれいに仕上がりますが，２色刷りにした場合どのような色を使用し，いかなる技巧をこらせば立派なものに見えるか，表紙は白黒の写真にしたのではみた目には冷くあたるであろうから，ものやわらかくするにはスケッチにして背景をぼかした方がよかろうなどとつぎからつぎへといろいろな意見がでてきましたが，未経験者の集まりであっても〝三人よれば文殊の知恵〟の諺のごとく討論を重ねた結果原案なるものができあがり，その案を運営委員会に提出して御教示を願い，さらに訂正を加えて現在の金沢大学計算機センター概要の案ができあがりました。

写真は素人が写すよりも専門家に写してもらった方が刷りあがりがよいので，さっそく専門家に委託しましたが，その撮影風景はまるでミニロケとでも云おうか，一応照明装置なるものが数種もちこまれ，こちらは映画監督になったような気分で人物はこの辺にいれるからここはこの角度からこのあたりまでとってくれなどと注文をつけ，そのあげく写真機(ビューカメラ)をのぞくなどしてこのときばかりは計算機センター概要作製にあたって一番楽しかったときです。

つぎに印刷に入るわけですが，当方ではこれであとは印刷するだけであろうと安心しておりました。ところがそれは思惑違いで，２色刷りでもその組み合わせによって数種の方法があることを教えられ，できるだけ注目をあびるようにするにはどの部分にどれをのせるか掲載事項が固まっている以上みた目が肝心となり，一義的にその色合いが重要になってきます。それで，どのような組み合わせの色合いにすれば最もバラエティに富んだものになるか専門家の意見を聞き，さらに検討を加えなければなりませんでした。

その結果，最終案なるものができあがりましたが，はたしてどのようなものになるかは専門家であっても実際刷り上がるまではわからないとの事でした。当委員会の面々は一応できるだけのことをしたので〝人事をつくして天命を待つ〟の心境で後は完成待ちとじっくりかまえることにしました。しかし，今度はこの種の内容の印刷はあまりにもバラエティに富んでおり，当方の注文が多いため印刷屋泣かせとなり専門家がやっても失敗があったそうです。そのため完成も少々遅れましたが，どこへ出しても見劣りしのない立派なものになったと我々は自己満

足している次第です。

終りにこの金沢大学計算機センター概要の作製にあたり，影の力となりいろいろな面で御尽力いただきました計算機センターの方々に厚く感謝の意を表します。

## 速　報・再　録

1. 11月１日より１ジョブあたりの出力が 300枚を越えた場合には，１枚につき２円を徴収することになりました。
2. 11月１日より計算料金は，80円／分となりました。
3. 11月１日よりシステムが，ＥＤＩＴＩＯＮ－40に変更されました。（速報No.８参照）
4. 11月19日から紙テープリーダの６，８単位の併用が出来ます。
5. 12月より２月までの受付時間を21時までとします。（土曜日は16時30分まで）
6. カード・パンチ機を使用する場合，必ず使用簿に記入して下さい。
7. ジョブの処理時間，優先，打切り等について

（平　日）

| | |
|---|---|
| ９：00～11：00 | ＢＯＳ－２(ただしＢＯＳ－２が終わり次第Ａジョブをかける) |
| 11：00～13：30 | １－Ｂジョブ，２－Ａジョブ |
| 13：00～18：00 | １－Ａジョブ，２－Ｂジョブ |
| 18：00～ | １－Ｃジョブ，２－Ａ，Ｂジョブ |

（土曜日）

| | |
|---|---|
| ９：00～13：00 | １－Ａジョブ，２－Ｂジョブ |
| 13：00～ | １－Ｃジョブ，２－Ａ，Ｂジョブ |

（保守日）

| | |
|---|---|
| ９：00～９：30 | Ａジョブ |
| 13：00～18：00 | １－Ａジョブ，２－Ｂジョブ |
| 18：00～ | １－Ｃジョブ，２－Ａ，Ｂジョブ |

※注

| | |
|---|---|
| Ａジョブ | ＤＥＢＵＧ，ＴŌＫＫＹＵ，ＫＹＵＫŌ |
| Ｂジョブ | ＫＡＩＳŌＫＵ，ＦＵＴＵＵ |
| Ｃジョブ | ＣＹŌＫＹŌＲＩ，ＹＡＫŌＵ |

平　日……………１人１日　10件，　120分

時間内……………１人１日　５件，　40分（土曜日，保守日は３件，20分とする。）

8. カード穿孔機について

| パンチ機名 | 使用時間 |
|---|---|
| A | 60分以内 |
| B | 30分以内 |
| C | 10分以内（教職員優先） |
| D | 10枚以内 |
| E | 120分以内（センター優先） |

9．ジョブ打ち切りについて

| ジョブ名 | USE・TIME | CPU・TIME | PAGE数 |
|---|---|---|---|
| DEBUG | 3 | 制限なし | 40 |
| TŌKKYU | 5 | | 40 |
| KYUKŌ | 10 | | 80 |
| KAISŌKU | 20 | | 160 |
| FUTUU | 30 | | 320 |
| CYŌKYŌRI | 60 | | 640 |
| YAKŌU | 120 | | ／ |

# 原稿募集要項

1　この広報を有用なものにするため，つぎのような原稿を募っておりますので，積極的なご協力をお願いします。

a　計算機に直接・間接に関係する随想・論説

b　計算機を利用した研究・開発の紹介とプログラミング技法

c　**I／Oチャネル**に載せる情報，利用者・非利用者の声

2　原稿用紙は規定のものを用意してありますので，広報委員かセンターに申しこんでください。

3　原稿は，各キャンパスの広報委員にご提出ください。計算機センターを通していただいても結構です。投稿について不明の点がありましたら，広報委員にお問いあわせください。

# 編集後記

昨年末からの物資の不足，それにつれての物価の高騰とで，本号は節約ムードで編集するはこびとなりました。しかし，当初予定した年3回の発行が一応でき，ここに今巻No.3をおとどけでき，うれしく思っています。

当センターのシステムも導入されてから，はや満3年を経過しようとしております。利用状況は年毎に増加の傾向を示しており，また，利用者の層もかなり拡がり計算機の利用内容も多種多様になりつつあることがうかがわれます。

さて，本号の解説「パターン認識と学習」は昨年11月に当計算機センターと電気系学会との共催で開かれた情報科学講演会での上坂先生の講演をまとめていただき，その(一)を掲載したものであり，パターン認識の問題も計算機機能の今後の課題であると思われます。

なお，今年度の編集を終るにあたり，こころよく御寄稿下さった先生に感謝の意を表します。また，ページ数縮少のやむなき事情から一部には次号にお願いする結果となったことをこの欄をかりてお詫び申し上げるとともに，今後とも御協力をお願いいたします。

（K．K．記）

| プログラム相談委員名 | | |
|---|---|---|
| 所属 | 氏名 | TEL |
| 教育学部・教心 | 小嶋秀夫 | 62−4281 (732) |
| 理学部・地学 | 河野芳輝 | 62−4281 (564) |
| 理学部・化学 | 佐道昭 | 62−4281 (548) |
| 理学部・地学 | 松本崧生 | 62−4281 (568) |
| 医療短大・放射線 | 小島一彦 | 62−8151 (494) |
| 工学部・土木 | 西田進 | 61−2101 (246) |
| 電気 | 武部幹 | 61−2101 (331) |
| ・機械 | 佐藤秀紀 | 61−2101 (258) |
| センター | 車古正樹 | 61−2101 (291, 292) |
| センター | 沼田道代 | 61−2101 (291, 292) |

**センター　電話(0762)61−2101(内線)291.292番**
**センター(時間外)　電話(0762)61−2108**
**理学部分室　電話(0762)62−4281(内線)536番**

昭和~~48~~49年3月20日　発行

編集者　金沢大学計算機センター
広報委員会

発行者　金沢市小立野2丁目40番20号（〒920）
金沢大学計算機センター

印刷所　田中昭文堂印刷株式会社