

# OR ランダムウォーク

伏見 正則

学生時代に OR に興味を持ってから約半世紀、この間に行った研究や学会活動などのいくつかについて思い出すままに書き綴る。理論的な研究としては、逐次解析や最適停止問題、疑似乱数や準乱数に関するものが多い。実践的な OR としては、情報技術者の養成計画の定量的検討、国産旅客機 YS11 の後継機 YX の開発にかかわる OR などが思い起こされる。学会活動としては、『オペレーションズ・リサーチ』の編集、APORS の発足と福岡での第 3 回大会、文部省科学研究費補助金の申請分科・細目の新設を目指しての FMES を中心とする重点領域研究活動などの思い出を述べる。

キーワード：最適停止，シミュレーション，都市の OR，FMES と科学研究費，国際協力

## 1. はじめに

私が OR 学会に入会したのは大学院学生ときであり、それからほぼ半世紀が経ってしまった。過去を振り返って、心に移りゆくよしなしごとを書き綴ることとしよう。2010 年の定年退職に伴い、勤務先の居室に保管していた書類や書籍は、大半は処分してしまった。したがって、以下の記述はほとんど記憶だけに頼っている。不正確なところや誤りが多いと思われるし、また話題も時代も方々に跳ぶことになるが、ご容赦いただきたい。

## 2. 初めの一步

修士課程の学生だった当時は、主に確率・統計関連の問題に興味を持って基礎的な学習をしていた。学外の研究会や講演会にもなるべく参加するようにしていた。あるとき、統計数理研究所の講演会で、アメリカで Ph. D を取得してイスラエルに帰国する途中の若手研究者 G. Schwarz 氏の話聞いた。テーマは、指数型分布族のパラメータに関するベイズ流逐次検定の漸近理論であった。“逐次検定”であるから、観測値を得るたびに、パラメータに関する帰無仮説の採否を決定するか、観測を続行するかを決めることになる。観測を継続する（観測値空間の）領域を“観測続行領域”と言うが、この領域は誤った（採否の）決定をすることによる損失に比べて 1 回の観測に要するコスト  $c$  が小さくなるに従って拡大する。 $c$  を無限に 0 に近づけたとき、観測続行領域（を  $c^{-1}$  の増加関数  $-\log c$  で

割算して縮小したもの）がどのような形になっていくかを示したのが G. Schwarz 氏の研究であった。これは、A. Wald の統計的決定理論の枠組みの中での議論であり、分布が指数型でありさえすればよくて（正規分布とか二項分布とか特定する必要がなく）、またパラメータに関する事前分布も任意でよいという意味で大変に一般的で美しい理論であった。そして、有限のコスト  $c$  については、上記のように縮小した領域の極限を  $-\log c$  倍して拡大したものを近似的な観測続行領域として使用するというのが彼の提案であった。

理論の美しさには感激したが、工学部に在籍する者としては、最後の提案が本当に実用になるかどうかに興味を湧き、修士論文のテーマとしてこの点を調べてみようと考えた。手始めに、正規分布と二項分布について、事前分布や（仮説の採否の決定を誤った場合に被る）損失関数の具体形を決めて、厳密な観測続行領域を数値計算によって求めた<sup>1</sup>。この計算結果と漸近理論に基づく近似観測続行領域を比較してみるとあまりにも乖離が大きくて、後者は（過度に多くの観測回数を必要とし）実用にはほど遠いことがわかった。

そこで、漸近理論を改善することによって、実用的な近似観測続行領域が得られないか検討することにした。そのためには、漸近展開における  $-\log c$  の次の

<sup>1</sup> 計算には当時の“大型計算機”IBM 7090 を使用した。これは、日本 IBM 社のご厚意により、大学関係者が無償で計算機を使用できる UNICON (University Contribution) という制度によるものであった。計算機の手元や記憶容量は、現在の PC の足元にも及ばないものであった。また、利用者はプログラム（言語は FORTRAN）をカードにパンチして学内の所定の場所に置いておくと、計算結果が 1 週間後くらいに印刷されて返ってくる（そしてプログラムやパンチのミスがわかる）というような調子で、所望の結果が得られるまでには何週間もかかるのが普通であった。

(低次の) 項を求めなければならない。数式処理システムなどない時代のことであるから、手計算によるしかないが、大変に複雑で長い数式を扱わなくてはならず、普通のノートでは何ページにもわたってしまっで見通しが悪いので、前記の IBM 7090 からの出力が印刷されて戻ってきたラインプリンター用紙の裏面を活用した。こうして悪戦苦闘の末に、 $-\log c$  の次の項は  $-2.5 \log(-\log c)$  となることがわかり、G. Schwarz が得た極限の領域を  $-\log c - 2.5 \log(-\log c)$  倍すると真の観測続行領域にきわめて近くなるのが数値計算によって確かめられた。

この結果を修士論文としてまとめ、その一部分を [1] として発表した。拙い論文であるが、私にとっては初めてのレフェリー付き論文ということで思い出深いものである。

### 3. 大学院後期時代

#### 3.1 逐次解析と最適停止問題

修士時代の研究室には、私以外にも逐次解析や最適停止 (オプティマル・ストップング) 問題の研究をしている仲間がいたので、自然とこれらの領域に興味を持って、後期課程でも研究を続けた。[2] は研究結果の一つで、二つの二項分布の母数  $p_1, p_2$  の大小に関する逐次検定方式として A. Wald が提案していたものを改良したものである。二つの二項分布から同時に一つずつ標本を取ると、 $(0, 0), (1, 1), (0, 1), (1, 0)$  の 4 通りのいずれかの観測結果が得られるが、前の二つは  $(p_1, p_2)$  の大小を判定するのに役立たないから) 捨ててしまって後の二つの結果だけを利用するというのが Wald の考え方であった。しかし、 $(0, 0)$  あるいは  $(1, 1)$  という観測結果は、 $p_1$  と  $p_2$  が“近い”という情報を持っていて、 $p_1$  と  $p_2$  が近い場合には誤った判定をしても損失は小さいという前提で議論しているので、これらの観測結果も利用することによって、結論を下すまでに必要な観測回数の平均値を減らすようにしたのが [2] の主要な結果である。

##### 3.1.1 Play-the-winner sampling

数年後になって、アメリカのコネル大学の OR 学科に客員研究員として滞在中に、上記の問題に関連して、2 種類の薬 (あるいは治療法) A, B の優劣を判定する問題が研究されていることを知った。この場合、二人の患者を“対にして”、一人に A、もう一人に B を投与するとすれば、上記の二項分布の比較と全く同じ問題になる。しかし、治験のためとはいえ、患者のためにはできるだけよい薬を使ってあげたいという立

場に立てば、患者を“対にする”のではなくて、一人一人の患者にできるだけよい薬を投与するほうが望ましい。そのための一つの手段として考えられたのが、play-the-winner という方式である。これは、ある患者に A を使って効果があったら次の患者にも A を使い、A を使って効果がなかったら次の患者には B を使うという具合に、使用する薬を逐次決めていくという方式である。この方式の話聞いたときに、論文 [2] のことを思い出して、薬の効き方  $p_1, p_2$  に大きな差がない場合には、早く治験を終了するようなメカニズムを導入することによって、結論を下すまでの観測回数の平均値を減らすことができるのではないかと考えた。論文 [3] は、こうして得られた方式を発表したものである。

##### 3.1.2 自由境界問題

逐次解析や最適停止問題は、“現在の状態”の評価関数と、観測を 1 回行って得られる“次の状態”の評価関数との間の関係式 (漸化式) によって記述されることが多い。漸近理論では、この離散的な関係式が (適当な変数変換によって) 偏微分方程式で記述されることになる。この偏微分方程式は、観測続行領域で成り立ち、観測を停止して最終判断を下すべき領域との境界では、ある種の条件 (境界条件) が満たされるべきことが導かれる。しかし、普通の偏微分方程式の境界値問題と違って、境界の形は未知であり、偏微分方程式と境界条件を満たすような境界の形状を求めなくてはならない。このような問題を“自由境界問題”という。

このようなわけで、逐次解析や最適停止問題の理論的研究を続けるためには、自由境界問題の勉強をすることが必要あるいは効果的ではないかと考えた。しかし、当時この問題を扱った日本語の書物は (少なくとも私には) 見つけられなかった。そこで東京・神田の書店街を回り、A. Friedman の著書 [4] を見つけた。日本育英会から月額 4,000 円の奨学金を貸与されている学生の身分にとっては、4,800 円という値段は目が飛び出るようなものであったが、自分が興味を持っていた偏微分方程式がちょうど放物型だったこともあり、清水の舞台から飛び下りるような決意で購入した。

数学者の書いたこの書物は、解の存在や一意性の議論ばかり多くて、工学部の学生が独習するには不向きであった。ただ、放物型偏微分方程式の自由境界問題の簡単な例として挙げているステファン問題 (池に氷が張っていき、氷と水の境界が時間とともにどのように変化していくかを求める問題) の項は、他の部分に比べて理解しやすかった。

大金(?)と多くの時間をつぎ込んだ書物は結局論文の作成には役立たなかったが、ずいぶん後になって数理ファイナンスの研究が盛んになったとき、思いがけず役に立つことになった。アメリカン・オプションの価値評価の問題は、まさに放物型の偏微分方程式の自由境界問題であり、この問題を扱っている論文や書物の理解は容易であった。

### 3.2 シミュレーション

指導教官であった森口繁一先生のところへ電電公社(現在の NTT の前身)の研究所(略称:通研)から委託研究が来た。研究のテーマは、当該研究所が行おうとしているシミュレーションにはどのようなシミュレーション用言語を利用するのがよいか、あるいは新たに言語を開発するとすれば、どのような仕様のものがよいか、というものであった。この研究の手伝いを私がすることになった。最初に文献調査により、離散系のシミュレーション用言語(あるいはシステム)としては GPSS, SIMSCRIPT, SOL, SIMULA, GASP などがあり、連続系用としては CSMP が代表的であることを知った。これらは東大内部では使えなかったため、外部の企業のご協力を得て、いくつかの言語を試用させてもらった。学内の計算センターに比べて桁違いの利用料金に驚いたが、なんとか委託研究費の枠内に収まってほっとした。

これらの調査と試用経験の結果、上記のような高価なシミュレーション専用言語(あるいはシステム)を購入しなくても、汎用のプログラム言語(当時は主に FORTRAN)を使って、シミュレーションのために基本的な諸機能を果たすプログラム単位を作ってパッケージを構成すれば、十分であろうという結論に達した。そこで、そのようなプログラム・パッケージを試作して研究報告書をまとめた。

#### 3.2.1 YS-11 の後継機 YX 開発のための OR

第二次世界大戦終了直後から活動を禁止されていた日本の航空機産業が、1952年サンフランシスコ講和条約の発効に伴って禁止を解除された。そこで日本政府は、戦後初の国産旅客機の開発を目指すこととなり、長い年月と多くの企業、技術者・研究者の協力により開発が続けられ、1962年に試作1号機の初飛行が行われた。その後改良が重ねられた YS-11 は国内航空各社のみならず海外でも採用された。しかし、市場の変化などにより後継機 YX を開発する必要に迫られ、1966年から調査・研究が始められた。YS-11 の開発に際して OR を担当された近藤次郎先生が、今回も OR を担当されることになり、私がお手伝いをするこ

た。主な内容は、収益を最大にする座席数をシミュレーションによって求めることであった。そこで適当なモデルを作り、プログラムを作成してシミュレーションを行い、答えを導き出した。詳細はすっかり忘れてしまったが、“新聞売り子”の問題において機会損失を重視する場合と同様に、平均的な需要予測よりは多い座席数とするのが最適であるという結論ではなかったかと思う。

YX 開発計画のその後についての詳細は知らないが、国内の政治や経済状況、さらには国際情勢の影響などで紆余曲折を経て、ボーイング社との共同開発へと移行していったようである。

## 4. 情報処理技術者の養成計画

1965年前後から企業や大学などでのコンピューターの導入が進み、情報処理関係の技術者が多数必要になってきた。そこで通産省は将来必要となる情報処理技術者の数を予測して発表した(手元に資料は残っていないが、10年後に二十数万人というような数値ではなかったかと記憶している)。これを受けて、1968年に文部省の大学学術局に「情報処理教育に関する会議」が設置され、大学としての対応策が検討された。会議のメンバーは、旧帝国大学や有力私立大学の大学教授を中心とする20余名であった。私はもちろんメンバーでないので伝聞にすぎないが、会議での議論の中心は、これらの大学に計算機学科を新設すべきであるということであったということである。1学科の定員は50名が標準であるから、仮に20大学に計算機学科を新設したとしても、毎年の卒業生は1,000人にすぎないので、予測需要に到底及ばないことは誰にでもわかる算数であるが、会議ではほとんど問題にされなかったようである。文部省の担当者は困り果てて、定量的な検討をするために「定量部会」という下部の小さい部会を作り、私はそのメンバーとなった。考え方の基本は、文科系も含めてすべての学生に情報処理教育を行う体制を作れば、教育を受けた学生のほんの一部が卒業後情報処理関係の仕事に進むとしても、相当数の技術者が確保できるであろうというものであった。ただし、彼らが生涯にわたって情報技術者としてとどまるとは考えにくいので、プログラマー、システムエンジニア、他の職種、管理職、などと推移していくと考えて、マルコフモデルを作った。推移確率は、企業に在職中の専門家などの意見を参考にして推定した。こうしてシミュレーションを行って、定量部会としての報告書をまとめた。

上部の「会議」では、専門学科の新設と学生全般に対する情報処理教育という二本立てで進むという結論を出し、その後の文部省の施策はそれに沿って進められたようである。

## 5. FMES の活動と科研費

FMES（経営工学関連学会協議会）は、OR 学会が“公的地位の確立”（創立 25 周年における長期計画の一つ）を目指して日本品質管理学会および日本経営工学会とともに 1984 年 6 月に設立したものである。FMES が推薦した近藤次郎 OR 学会会長は、1985 年に学術会議会員となるとともに学術会議会長に選出され、3 期 9 年の間学術会議の改革・発展に尽力された。私は、1987 年から 2 年間 FMES の代議員を務めたが、近藤会長から「文部省の科学研究費補助金の申請部門設置の働きかけ<sup>2</sup>のためには、重点領域研究を行って学会の存在感をアピールすることが大切である」という助言をいただいた。そこで FMES の中で相談して、各学会から数名の代表を出して申請の準備作業グループを作り、OR 学会副会長であった竹内啓先生に代表をお願いした。1 年間の作業の末に申請書を提出したが、不採択となってしまった。捲土重来を期して翌年もう 1 年間頑張って準備作業をして申請した結果、ようやく認められることとなった。

5 年間に組織された研究班は 40 を超え、参加した研究者も 200 名を超えた。参加者がばらばらにならないように、頻繁に打ち合わせ会、研究発表会、公開講演会、ニュースレター（月刊）の発行等が行われ、最後には研究成果を編集して和文および英文 [5] で出版するという作業もあり、きわめて多忙な 5 年間であったが、なんとか乗り切った。

1993 年には、待望の科研費の申請分野として「社会システム工学」が新設され、OR 関係の研究の申請がしやすくなった。また、科研費の総額も年々着実に増加し、1985 年には 400 億円程度であったものが 1996 年には一千億円を超え、現在では 2,400 億円程度まで増加している。こうして若手の研究者にも研究費が配分されるようになったことは、まことに喜ばしいことである。重点領域の申請準備をしていた頃を思い出すと、まさに隔世の感がある。

<sup>2</sup> 上記の 25 周年における長期計画の中の目標の一つ。当時の科研費申請の分科・細目の中には OR や経営工学関連のものはない。重点領域研究は、分科・細目とは関係なく、世のために重点的に研究することが特に重要であるということで申請を行って、審査が通れば認められるものであった。

## 6. 国際協力

### 6.1 APORS

IFORS は、各国の OR 学会の連合組織であるが、下部組織としてヨーロッパ、北米、ラテンアメリカなどの地域グループがある。伊理正夫先生が IFORS の副会長を務められたとき、アジア地域のグループを作るように要請され、その実現に向けて尽力された。日本 OR 学会では、国際委員会が中心となって協力した。周到な準備作業の後、1985 年 3 月、筑波万博（科学博）開催の直前に、筑波で APORS (Asian-Pacific OR Societies) 設立のための会議が行われた。筑波の地が選ばれたのは、当時の日本 OR 学会の近藤会長が公害研（現在の国立環境研究所の前身）の所長を務められていたからである。定款その他の諸事項が話し合われたが、8 学会が加盟し、3 年に 1 度大会を開くこと、大会の開催国から会長を選出することなどが決まった。第 1 回の大会は韓国で開催することになり、後日 Dr. RHA Woong Bae が初代会長に就任した。事務局長 (Secretary) は若山邦紘先生が務めることとなり、ニュースレターの発行その他を通じて長年にわたって APORS の発展に努力された。その後この役目は大山達雄先生に引き継がれた。

第 1 回大会は、1988 年 8 月 24~26 日にソウルで開かれ、日本からは近藤次郎、松田武彦、伊理正夫の諸先生はじめ多くの参加者があった。会議の期間中に理事会が開かれ、次回の大会の開催国などについて話し合われた。RHA 会長は、日本が引き受けるべきだと強く主張されたが、日本としては事務局長を引き受けているので開催国（=会長選出国）は他の国にするのがよいとして断った（当時の日本の経済状態はよくなかったため、資金集めなどが困難であろうというのが裏の理由であった）。RHA 会長はおかんむりで、会議は水入りとなった。翌日再開したところ、中国 OR 学会から引き受けるという申し出があり、一件着した。

1991 年には北京で第 2 回大会が開かれ、日本からも多数の参加者があった。このとき開かれた理事会で、次回 1994 年の大会は日本で開催すべきだと主張され、引き受けざるを得なかった。帰国後国際委員会で相談した結果、組織委員長は長谷川利治先生に、また国際プログラム委員長は伊理先生（APORS 会長、日本 OR 学会会長）にお願いし、開催場所は会場費などの高い東京・関西を避けて、（アジアに近い）福岡とすることなどが決まった。

私は組織委員会の一員として働くことになり、他の

メンバーとともに資金集めなどに動き始めたが、伊理先生が超多忙であったため、プログラム委員会のほうも全面的にお手伝いすることとなった。E-mail が普及していない時代であり、とくにアジアの国々では全く使えないところもあり、参加申込者との連絡には非常に苦労した。ようやくプログラムの編成を終えて Final Announcement を参加申込者に発送できたのは、会議開催の1カ月少し前であった（会議当日になってみると、連絡に苦労した人々はほとんど皆不参加であった）。

国際会議にハプニングは付き物であるが、このときには、中国を代表して参加予定の徐会長（第2代 APORS 会長）と章教授（徐会長の後継予定者）に書類不備という理由でビザが発給されないということが会議直前に中国側から知らされた。急ぎょ書類を作り直して送り、中国からの留学生に手伝わってもらって電話でも入念に連絡を取り、なんとか会議初日の夜に福岡に来てもらった。徐会長は、晩餐会のスピーチで、中国科学院の中に APORS 傘下の組織として APORC (Asia-Pacific Operations Research Center) を設立すること、1999 年の IFORS 大会の開催国として立候補するので支持を頼む、等の話をされた。日本 OR 学会は支持を表明した。

APORC の事業の一つとして、1995 年 8 月に第 1 回 ISORA (OR とその応用に関する国際会議) が北京で開催され、日本からも長谷川 IFORS 副会長はじめ多数の参加者があった。ISORA は以後 2 年に 1 回程度の頻度で中国各地で開催されていて、中国以外からの参加者数は毎回日本が最多であった。組織委員長はずっと章教授が務めていて、私もほとんど毎回出席するように努めてきた。

## 6.2 IFORS

私は 1986 年から 97 年まで IFORS の日本代表 (Representative) を務めた。(各国の) 代表の役目は、普段から IFORS 本部との連絡にあるとともに、3 年に 1 回開催される大会の際には、代表者会議に出席することである（代表者会議の各国定員は、会員数の平方根に比例して割り当てられるので、代表以外にも何名かが出席することになる）。会議は 2 日間に分けて、各 90~120 分程度行われるが、議題の内容説明や討論は難解なことが多く、その場ですべてを理解するのは困難で、正直なところ苦痛であった。

IFORS 大会では種々の表彰が行われるが、その一つに “OR in Development” Prize (発展途上国の OR 賞) がある。これに対して発展途上国の一部の代表からは、「発展途上国の研究者は、そもそも旅費がなく

て大会に出席して発表ができないので、この賞は不公平である」というような苦言が出された。日本 OR 学会の創立 40 周年 (1997 年) の記念事業が検討された折にこの苦言を思い出し、国際協力事業の一つとして、1999 年に北京で開催される IFORS 大会での上記 prize competition に参加する発展途上国代表者に旅費・参加費を援助してはどうかと提案し、承認された。このことを中国 OR 学会と IFORS 本部に連絡すると、大変に喜ばれ、章会長および Peter C. Bell 会長からは丁寧な礼状をいただいた。

北京大会の参加者数は 1,000 人を優に超え、歴代最多となった。日本からも多数の参加者があり、中国 OR 学会から感謝された。

## 7. 疑似乱数と準乱数

### 7.1 疑似乱数

モンテカルロ・シミュレーションにとって乱数 (たいがいは疑似乱数) は必須の小道具であるが、たいがいの利用者にとって疑似乱数発生プログラムは “ブラックボックス” であって、中身には無頓着である。しかし乱数とは本来サイコロを振って出る目のように “予測不能” な数列なのに、疑似乱数はアルゴリズムによって作り出す “予測可能” な数列であるから、原理的な矛盾をはらんでいる。フォン・ノイマンは、「四則演算によって乱数を作り出そうと試みる者は、言うまでもなく、神に背こうとしているのである」と言っている [6]。

私自身も 3.1 節で述べたシミュレーションでは、プログラミング言語に備わっているブラックボックスを使っていた。疑似乱数の発生法のことを真剣に考えるようになったきっかけは、論文 [7] である。これは、いわゆる M 系列 (1 ビットの系列) を用いて (多数ビットの) 疑似乱数列を作り出すことに関連する研究であるが、その中に出てくる “realistic generator” のプログラムを大学院生の手塚集氏 (現在は九州大学教授) が書いて正方形内に点をプロットしたものをを見せてくれた。これはランダムな点列とは程遠いもので、いくら多数の点をプロットしてもほとんどの領域には点が絶対にプロットされないというものであった (後になって出版した [8] の表紙は、このプロットを使っている)。そこで、手塚氏と一緒に、その原因と解決法を研究した [9]。疑似乱数の生成において大切なのは、多次元分布の一様性を理論的に保証することであり、これによってより低次元での点の分布のランダムネスも (ある程度) 保証される。

M 系列を使う疑似乱数生成法については、これより

以前に論文 [10, 11] も発表されていた。[10] は理論的に正しく、多次元の一様性も保証されるものであるが、生成に大変時間がかかるという欠点があった。一方 [11] の方法は、生成は早いと理論的にはいい加減で、多次元の一様性の保証がなく、系列自己相関もきわめて悪いものであった。そこで、これら二つの生成法の関係を調べた結果、両者には密接な関係があることがわかり、この関係を使って、多次元分布の一様性と系列自己相関係数の良さが理論的に保証された疑似乱数列を高速に発生する方法を得た [12]。

この後も M 系列に基づく疑似乱数生成法についてはいろいろな研究がされてきているが、[13] で発表された Mersenne Twister は、(一生かかっても到底使いきれないほど) 長周期で多次元一様性が保証された疑似乱数を高速に生成し、しかも記憶容量はそれほど多く必要としないという点で優れた方法である。ただし、実際に使うのは 1 周期のほんの一部であり、その部分について多次元一様性が保証されているわけではない。また系列相関についてはわかっていない。

疑似乱数生成法には、原理から考えて、完璧なものはありません。よく使われている生成法についても、理論的に解明されている性質はわずかであり、思わぬ欠陥が潜んでいるかも知れない。そこで複数の生成法を使って、シミュレーション結果を比較してみるのがよい。このような観点から、JIS 規格の改訂を行った際には、複数の生成法を規格に含めることにした [14]。

## 7.2 準乱数

ランダムな変動要因が多いシステムの評価値の期待値を求めようとすると、シミュレーションを多数回繰り返して得られる評価値の平均値を計算するのが一般的な方法であろう。しかし、求めようとすると期待値を多重積分の形に表現して、その近似値を数値的に計算するという方法もある。被積分関数は解析的に表現できなくて、複雑なプログラムで計算するものであっても構わない。この場合、被積分関数の値を計算する点は、ランダムに選ぶ必要はなく、むしろ積分領域内から一様に点を選ぶのがよい。この目的のために便利なのが準乱数 (列) である。乱暴な書き方をすれば、 $\{\text{一様乱数列}\} - \{\text{ランダムネス}\} = \{\text{準乱数列}\}$  である。

一様乱数について研究したついでに、親戚筋の準乱数についても調べたり研究したりして、論文 [15] や『オペレーションズ・リサーチ』への解説記事 [16] などを書いた。しかし、当時はほとんど興味を持たれなかったのではないと思う。だいぶ後になって、数理

ファイナンス・金融工学の研究が盛んになると、オペレーションの評価に準乱数が有効であることがわかり、これらの研究者・実務家の間でも Sobol' 列や Faure 列などの準乱数がよく知られるようになった。

## 8. 都市の OR

### 8.1 『オペレーションズ・リサーチ』の編集

『オペレーションズ・リサーチ』の編集・発行は、昔は (財) 日本科学技術連盟で行われていたが、1976 年から OR 学会に移管され、初代の編集委員長は森村英典先生が務められた。第 2 代の編集委員長奥野忠一先生から幹事に指名された私は、十数名の編集委員とともに、慣れない仕事に悪戦苦闘した。現在と違って、PC やワープロのない時代であるから、原稿はすべて手書きで、編集担当者が割り付けをして、印刷所で植字工が活字を拾って組み上げて版下・校正刷りができるという手順である。これに修正の赤字を入れて印刷所に戻して直してもらう。最後は編集委員何人かが 1 日印刷所に詰めて、植字工と何度もやり取りして完成させるわけである。幹事である私は 2 年間毎月印刷所に通ったが、よく一緒に通ってくださったのが奥平耕造先生と腰塚武志先生であった。両先生は、当時 OR 学会の中に「地域研究部会」を作って研究活動をされていた。植字工が作業をしている間我々は暇であるから、この研究会の活動内容などを話してもらったが、大変に興味深いものであった。

### 8.2 地域研究から都市の OR へ

約 10 年後に、5 節で述べた重点領域研究が始まったとき、腰塚先生はじめ何人かと「地域研究」関連の研究班を組織して研究を行うことにした。領域全体の活動状況は前記のとおりであるが、我々の班としても多くの研究成果が出て、分厚い研究報告書を出すことができた。

その後、「地域研究」は「都市の OR」と名前を変え、各地で研究が続けられている。私自身は、2000 年 4 月に南山大学に移ったが、その年から毎年「都市の OR ワークショップ」を開催し、海外からの参加者も交えて数十名の参加者が交流している。同様のワークショップ/セミナーは筑波大学および中央大学でも開催され、特に大学院生や若手研究者が活発に発表を行っている。また、南山大学では、文部科学省の補助金を得て、都市の OR 関連のオープン・リサーチ・センターを設置し、2008 年から 5 年間にわたって活動を行った。ここでは、公開研究会を頻繁に開催し、地方自治体など、大学の研究者以外に対する普及活動にも力を注いだ。

## 9. おわりに

予定では、「ORのためのデータとプログラム研究会」や、創立40周年記念事業の一環としてのOR事典の編集などについても書くつもりであったが、紙数が尽きてしまったので割愛する。“ランダムウォーク”が見通しどおりにいかないのは致し方ない。

個人的な昔話が多くなってしまって、若い読者の皆さんには、「昭和は遠くなりなけり」という印象しか与えなかったかもしれない。昭和と比べて計算機の能力が飛躍的に向上し、また最適化などの理論も格段に進歩してソフトウェアも充実してきている現在、かつては不可能であった膨大なデータを使って現実問題を解決することが可能になった。皆さんが“実学としてのOR”の発展のために寄与してくださることを期待している [17]。

### 参考文献

- [1] M. Fushimi, “On the rate of convergence of asymptotically optimal Bayes sequential tests,” *Reports of Statistical Application Research, Union of Japanese Scientists and Engineers*, **14**, 149–155, 1967.
- [2] M. Fushimi, “Bayes sequential test for two binomial populations,” *Reports of Statistical Application Research, Union of Japanese Scientists and Engineers*, **16**, 33–43, 1969.
- [3] M. Fushimi, “An improved version of a Sobel-Weiss play-the-winner procedure for selecting the better of two binomial populations,” *Biometrika*, **60**, 517–523, 1973.
- [4] A. Friedman, *Partial Differential Equations of Parabolic Type*, Prentice-Hall, 1964.
- [5] Y. Matsuda and M. Fushimi (eds.), *Urban Life and Traffic*, Maruzen Planet, 1996.
- [6] D. E. Knuth (渋谷政昭訳), 『準数値算法／乱数』, サイエンス社, 1981.
- [7] A. C. Arvillias and D. G. Maritsas, “Partitioning the period of a class of m-sequences and application to pseudorandom number generation,” *Journal of the ACM*, **25**, 675–686, 1978.
- [8] 伏見正則, 『乱数 (UP 応用数学選書 12)』, 東京大学出版会, 1989.
- [9] M. Fushimi and S. Tezuka, “The  $k$ -distribution of generalized feedback shift register pseudorandom numbers,” *Communications of the ACM*, **26**, 516–523, 1983.
- [10] R. C. Tausworthe, “Random numbers generated by linear recurrence modulo two,” *Mathematics of Computation*, **19**, 201–209, 1965.
- [11] T. G. Lewis and W. H. Payne, “Generalized feedback shift register pseudo-random number algorithm,” *Journal of the ACM*, **20**, 456–468, 1973.
- [12] 伏見正則, “M 系列に基づく乱数発生法に関する相反定理とその応用,” 情報処理学会論文誌, **24**, 576–579, 1983.
- [13] M. Matsumoto and T. Nishimura, “Mersenne twister: A 623-dimensionally equidistributed uniform pseudo-random number generator,” *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, **8**, 3–30, 1998.
- [14] 『JIS Z 9031 : 乱数発生及びランダム化の手順』, 日本規格協会, 2001.
- [15] 手塚集, 伏見正則, “有限体上の多項式演算に基づく高速な準モンテカルロ法,” 応用統計学, **21**, 37–48, 1992.
- [16] 伏見正則, “準モンテカルロ法,” オペレーションズ・リサーチ, **36**, 590–594, 1991.
- [17] 大宮英明, “会長就任の挨拶 : OR を課題解決の実学へ,” オペレーションズ・リサーチ, **59**, 357, 2014.