



第22回 “数理計画法”

— 部会シリーズ (2) —

昭和46年9月3日

出席者 井上越夫 (日本航空)・江藤 肇 (日立中研)・東明佐久良 (東京瓦斯)・高森 寛 (青山学院大)・田辺国土 (統数研)・富田恭一矢 (都立工専)・松本政雄 (住友電工)・武川博臣 (三菱総研)・矢部 真 (国鉄)・安田八十五 (東工大)

研究普及委員会 森口繁一 (司会・東大)・刀根 薫 (慶大)

記録作成者 田辺国土 (MP 部会)

A 私はこれまで工程管理, 需要予測などのシステム設計を行ってきた。LP, DP などの数理計画法のモデルを, 問題を整理するために用いるが, 納期の関係で理論的なものより heuristic な方法に傾きがちである。数理計画法ももう少し現場で使えるようなかたちになってほしい。

B LP の一般的解法がまだなかった頃, MIT で出た資料に「LP は問題をたてるだけで意味がある。連立一次不等式の形に問題を表現して初めて経営者は問題が相互に密接に関係があることを意識するようになり総合的判断を下せるようになる」という話があったが, 負けおしみばかりとはいえないと思った。モデルがあるからこそ問題の本質がわかる。今モデルがもっと扱いやすくなってほしいといわれたが, 定式化してもその後の数学的な取扱いがむずかしいということですか。

A 定式化できない問題が多いことです。問題を四苦八苦して解いた後で, それに適した解法があったことを知るということもあります。あらかじめ情報があればありがたい。

B それは学会でも努力しなければならない部分ですね。いろいろな人と接触して, その人の問題の特徴を抽出し, それにピッタリした解法を工夫する, というふうに, 手法の研究者は努力するのがいいと思います。

C 私は工専で数学や OR を教えているが, 問題をいかに教えるかがむずかしい。また, 教える側でも計算機コンプレックスの人が多いので困っている。

B OR と計算機の教育についていえば, 身近な

現象の統計をとるなりして, ほんとうに生きている問題を解いて見せることが必要ですね。

D 計算機を大学の一般教養で教えるべきだと思います。

E 計算機科目は文部省では一般教育科目として認めていないようです。情報科学ならよいが。

B 最近は事情がよくなってきています。

F 私のやっている輸送業は OR の応用の宝庫と思うが, リサーチはいらないという考え方が経営者にあるのでやりにくい。今までのように輸入プラス α の OR をやっている, 常識と違う結果が出た場合には抵抗が大きく, おまへのやっているのは research で, 実際とは違うんだといって一蹴されてしまう。OR が説得力を持つためには, OR の OR という観点から research だけではなく, development や application をやって, 実際家の経験を裏づけてやるような仕事をする必要がある。

B OR から OD, OD から OA というのは示唆に富む指摘ですね。

G 私はガスの需要予測, 生産計画, パイプラインの解析をこれまでやってきたが, 需要予測は不確定な要素が多く, 現場のエキスペートにはとうてい太刀打ちできないので, 計算機でやるのはあきらめている。生産計画はこれまで勘でやってきたが, 今では LP なしではたてられないという状態である。パイプラインの最高損益問題は, 問題自体を定式化するのがむずかしく, 定式化できる部分も非線形であるため, 最適解を得る方法がない。

B パイプライン解析の問題は現在の MP の技法

で十分取り扱える問題であると思う。こういう問題はそそ実家と理論家が交流すべきである。

E 私は在米中に航空会社でORのいろいろなプロジェクトにタッチしていたのですが、ORの人達は数学や工学の出身が多く、社内でコンサルタント的な役割を演じているのですが、相手になる日々の煩瑣な仕事に追われているビジネス出身の人達に対して「おまえの問題は何か。問題を定義してくれば解いてあげよう」という態度になりがちである。こうなるとORの連中は、decision variableとかobjective functionだとか使う言葉からして違う異質な人間だということになり、信用されない。またビジネスの人達がせっかく苦勞して問題を定義しても、今度はORの人達にそれは数学的に解けないといわれる場合もある。たとえば、スケジューリングやプランニングなどを定式化すると(0,1)変数の大型問題となり、実際には解けないことが多い。そこでたまに問題を持っていっても解けないじゃないかということになる。

これは大学でのORの教育に問題がある。これからORが役立つためにはモデル作りの教育を十分に必要がある。たとえば切符販売の窓口の設計を待ち行列の理論でやろうとしても、理論で取り扱えるのは非常に簡単な場合しかなくて、マルチチャネルとか顧客の行動が複雑になった場合は、結局シミュレーションをやるしかない。そのシミュレーションも猛烈に金がかかり、やるたびごとの結果のばらつきが大きい。客の到着レートも時間によって違うので、そのたびにパラメータを変えてシミュレーションをやることになるが、半日分をやっても定常状態にならない。そこで客の到着を予測する必要があるという具合に、問題がどんどん拡大してゆく。

ORの人達は、解くために問題をどんどん限定してゆく。限定の仕方が進むほど解きやすくなるが、現実性が薄くなってくる。

ORを適用するときの困難には三つのものがある。一つは数量化できないが無視できない要素をどう取り扱うかということ、もう一つは安定したデータが得られないこと、もう一つはtotal systemから考えた場合、management policy自体に疑問が出てくることである。こういう点でモデル作りは非常にむずかしい。

H 言葉の話が出たが大事な点ですね。OR屋のほうから近寄って行かねば無理ですね。

B そう。少なくともOAとかODの段階になる

と相手の言葉で話すことが必要ですね。

D データの安定性にこだわる必要はないのではないか。

E しかしたとえばpopulationが存在しないとか、刻々と変化して不安定なところではdecision theoryのモデルを使っても、勘による意思決定と同じ程度の意味しかもってこない。

F 平均値だけでは考えられないことが多い。

B 現象そのものの本質を捉えなければならぬ。

F 交通の場合、平均値ではなくピークで設計する。

輸送で一番問題になるのは、ピークでないところでどうするかということだ。

I 私は数理計画法の開発適用やGPSS, SIMSC-RIPTを用いたシステムシミュレーションなどを担当しているが、たいてい問題は数理計画でやろうとしてもうまくできなくて、結局シミュレーションということになるようだ。

整数計画法関係のアルゴリズムなどの開発をやっている、MPについて感じるものが三つ程ある。一つはモデルに組み込むと問題が複雑になってしまう制約条件がどんな問題にもあるようで、数式モデルが解きたい問題の一部しか表現しないことが多い。今ある整数計画法のアルゴリズムは、制約条件をたとえば $Ax=b$ という形に表現しておいて、それについてどんな問題でも解けることを目指しているようだが、実際には、モデルに表現されていない制約条件とか現場のエキスパートが持っている情報を少し用いるだけで、branch and boundなどのheuristicな方法で解くと有効なことが多い。たとえばネットワーク上のどこに施設を開設するかという問題でいくつかの候補地の中から複数の地点を選ぶ場合、あるところを選ぶとその近所には必要なくなるとか、ある個所に置かないと全体のバランスがとれないとかいった現場からの情報を用いてやると効果的に解けることがある。したがって、相当大きな問題でも、制約条件式に入れられない制約条件などの情報を組みやすいアルゴリズムを用いることによって解けるようになるのではないか。

もう一つは特にintegerの問題をMPで定式化しても現在の技術で解けるものは、実際に必要なものに比べて相当小さい。そこで解けないからとあきらめないうで、現在の技術で解ける範囲に問題のほうを定式化するという態度も必要ではないだろうか。

もう一つは、最近多くの heuristic なアルゴリズムが発表されていて、それぞれ実用になるならないが議論されているが、良し悪しの判定が計算実験から行なわれているが、このアルゴリズムがプログラムに直しやすいかどうかということもかなり重要である。travelling salesman の問題を branch and bound で解く場合、アルゴリズムをまったく変えないでプログラムを工夫するだけで、十倍位のオーダーで速くなった経験がある。プログラミング・テクニックと数学的な取り扱いとのギャップをうめるような研究が必要である。私達プログラマーから見ると、大学でやっているようなことは空理空論のように感じることがある。

B 今の話は、モデルを確立してそれを解こうという段階で、いかに計算機の制限内でうまく解くかということですね。進んできたからこのような意見や考え方が出てきたのだと思います。

E ほとんどの問題は integer programming の問題になるが、問題の特質を利用してうまく解く方法を考えなければならぬ。integer programming に定式化するだけでは問題の本質が失われることが多い。

B ネットワーク関係の問題は、全体は大変だが局部は非常に簡単な構造を持っているのが特徴である。ヒッチコック形の輸送問題はうまく行った例であるが、このような構造を確認して、たとえば航空輸送会社の乗組員のスケジューリングならこれで行けるということになればうまいですね。確かに人間の持つ漠然とした直感的なものをアルゴリズムの中に直接組み入れ、役立てられるとずいぶんおもしろい。

J Iさんのところのように computational experience が豊富なところでは、アダプティブにいろいろな方法で解く技術を開発できるのではないかと。integer programming でいうと、いろいろな方法を小刻みに出して解くと有効であることが知られている。アダプティブという考え方は、制御にはあるが OR にはない。経験を積むとあの問題にはあれを使えばよいということがわかってくる。あるいは、ある解法のこの段階まできたら次の方法に switch するというようなこともできる。

I integer programming の問題をグルーピングできれば、今の計算テクニックの壁を破れるのではないかと。

B ILP というつかみ方はあまりにも一般的すぎ

る。もっと細分化して類型をはっきりうち出して、それぞれに向く解法を考えるべきだ。MP 部会では ILP をやっているのですか。

K ケース・スタディをやっているが、やはりほとんどは branch and bound でやっている。

B branch and bound はそれが適用できるところではかなりいいようですね。

I そうですね。人間の知っている情報を組みこみやすいようですね。

B これは一般向けの教科書がないようだ。役に立つ実際例をそえて、チャーチマン・アコフ・アーノフの本のようなスタイルで、一般にアピールするように記述する仕事をやるべきだ。

E integer programming はまた理論的にも開発、発展中の分野だから、標準的教科書を書くのはむずかしいでしょうね。

B そうなんです。全体を網羅したわかりやすい本は無理だと思うが、ただ branch and bound だけは比較的いいものが書けるのではないのでしょうか。

K 普通の integer programming の教科書では、branch and bound のようなものがあるようだという程度にしか扱われていない。

I 実際にうまくいっているのは branch and bound だけですからね。

K 電子計算機と結びついた研究が待たれるわけですね。

B そういうものが学会の旗の下でできれば、評判も上がるのではないのでしょうか。

J 私は社内でコンサルタント的な仕事をしているので、マネージャー・クラスの問題に接することが多い。そういう場合 OR の OR が大事である。相手がつくってきた問題がだめでないことを指摘して驚かせると効果がある。たとえば、民間会社の長期的投資はほとんどの会社で前年度の利益によって決まっている。つまり decision はきわめて単純なことでやっている。したがって、相手のもってきた問題を必ずしも尊重する必要はない。問題を全然違う形にしてやって、相手が喜ぶということもある。相手が自分の問題を真剣に考えていない場合もある。たとえば、ビルの内部に取める商品の販売の予測では、新しいビルの建設届の官庁統計を調べれば相当わかるのに工場内のデータだけで予測をしたいというような態度のマネージャーがいる。計算技術もたいせつであるが、場合によっては問題を組み替えて

しまう必要がある。

H それは高級な作戦ですね。

B Jさんの理論的なお話は何度も聞いたが、今回のような話は初めてでびっくりしました。

ORの教育が画期的な改善を必要とするの一つですね。モデル作りの訓練が大事ということの延長で、発想の根底に帰って問題を立て直すことが必要であるということですね。

K 部会の宣伝になりますが、現場の問題もいくつか持ちこまれて解かれています。部会はオープンですから、問題がありましたらどしどし持ってきてください。

L 解法技術についていえば、グラフィック・ディスプレイなどを利用して、人とコンピュータがreal timeでコミュニケーションができるといいのではないかと思いますね。反復解法のstopping ruleなど計算機にやらせるよりも、人が目で観測していればすぐ判断できることがある。

D 今までのORは企業にcommitしすぎたのではないですか。これからはニーズからいってもso-

cialやurban systemにORが出てゆくべきではないか。これまでのORでは目的がはっきりしていたが、都市の問題になるとはっきりしなくなる。地域計画などLPのモデルでやってもあまりうまくいかないようだ。またsocial systemを取り扱う場合、待ち行列その他もろもろのORの手法を総合化する必要がある。

B 最後にひとことずつどうぞ。

A 問題を短時間に解決してやることも必要である。

F 予測の問題も、多数の人間の行動が問題になると、urbanの問題に関連して来る。

B 旅客の問題と都市の問題は非常に共通している。旅客の問題を足がかりにして都市全体にせまることも考えられる。

G 企業にいと、LPとかの手法よりも、どこにそれを応用するかが問題になるので、経営的なことを学ぶ機会をつくってもらいたい。

B 従来のORからの脱出の話が出たが、これを機会にわがOR学会も幅を広げたいですね。

第23回 “電力のOR”

—部会シリーズ(3)—

昭和46年10月8日

出席者 大島 戊(日本システム開発研)・小林富士男(東工大)・権藤 元(中国電力)・真田英彦(大阪大)・東明佐久良(東京瓦斯)・平本 巖(日科技研)・本告光男(中部電力)・森清 堯(電力中研)・山口 襄(東芝)・若林 剛(電力中研)

研究普及委員会 森口繁一(司会・東大)・刀根 薫(慶大)・古林 隆(埼玉大)

記録作成者 森清 堯(電力部会)

電力部会の誕生と取り上げる話題

A 電力部会が誕生した時のことを思い出してみると、当時部会はスケジューリング部会だけだった。そして2番目の部会として電力部会ができたわけだが、この部会は、名前は電力となっているが、単一の業種のためだけの部会ではなく、他の業種にもこの部会の成果が参考になること、特に興味を持つ電力関係以外の人にも参加希望があれば門戸を開くということ、さらに単一業種のためのORでなく、ORそのものの発展にも寄与する研究活動をするという条件で認めた。その後の経過をみると、まさに当初の目的どおりに運ばれたようです。

B 電力部会は電力関係の人達を中心に集まって勉強されたわけですが、その成果は広くいろいろな業種の人達にとっても参考になるはずで、今夜は、電力でやられたことのうちで広く一般の会員の関心をひきそうだという話題を拾い出しながら、これをもとに話を進めることにしよう。

電力のPERT

A 電力部会で取り上げた最初のテーマはPERTで、電力のORのなかで最も適用の進んだ分野であった。当時社内に工事管理専門部会をつくって社内普及と工事のネットワークのパターン化を推進した。やりにくいのは用地の問題で、特に送電線工事

では長い送電線のうち1箇所でも用地が確保されないと困ってしまう。また現場を納得させるだけの効果のあるデータが整備できていないことも問題であった。

B PERTを火力発電所の定期点検に適用実施しようと考え、上役を説得し、現場の責任者にやらせようように要請した。そして工事を実施するところからPERTを実施してもらった。そして、PERTを使った現場から実にいいものだという反応がでてきた。それ以来、むずかしい計算をどうしようよりは現場の人にどう売り込むかということにより力を注いできた。まず、PERTの味をわからせること、それにはどう教育するかということが問題である。

A PERTに関する討論のなかで、コンピュータを使うPERT屋さんは、紺屋の白ばかまではないかという話がでたが、実際プログラムをつくる作業に対して自ら適用している例はあまり聞かない。

B PERTを使ってもらおうという点に関連して、たとえば回帰分析プログラムのプログラム教育については、実際の身近にあるデータを用いて実習してみると非常に効果が上がった。

A データとして手がとどかないようなものを用いるより、身近なデータを用いると、プログラムを通して結果が少々変だなと思ったときにすぐにいじれるというよさがある。

B ガス会社でもPERTは随分古くから工事計画に用いているが、PERT COSTの概念がまだ入っていない。そこでこういう考えを入れるために、小規模のミニPERTなるものをつくった。

A 手で書ける位のミニPERTは非常に使いやすく、ちょっとの手間で効果がでるが、コンピュータに入れなくてはならないような大きさのものについては、なかなか用いられていないように思う。原

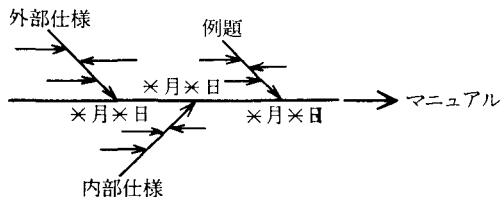


図1 “魚の骨”

注) でき上がった部分をハサミで切り取り、きれいに書きなおしてからその部分にはめこんでゼロックスをとる。そうすると、できていないところがはっきりする(オペレーションズ・リサーチ誌、1970年11月号参照)。

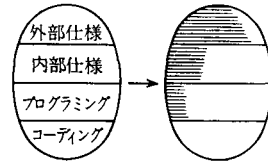


図2 “ワラジ虫”

注) でき上がった割合をスツていく。担当者に内容を問いつめないところがよい。

因ははっきりしない。

B 環境に何か欠けるところがあるのでないか。会計システムがきちんとしていないため、コストに関するデータがそう簡単に得られないが、火力発電所の定期点検にCPMを使うと著しい効果があり、アピールした。

A データをただとるのはむずかしいもので、目的に応じたデータは何かをはっきりさせてデータをとるべきだ。得られたデータは、これをいかに使うかが問題である。

B 研究開発にPERTを使った例はないだろうか。

A 研究開発のPERTはむずかしい。研究はうまくいくだろうということで計画を立てるが、実際はうまくいくのはごく稀である。

B 研究開発ということではないが、ソフト開発などのときに、時間を考慮した“魚の骨”(図1)とか“ワラジ虫”(図2)を愛用している。これによって一目で進捗状況がわかる。

A それは変形ミニPERTといえるのだろうか、一見してわかるような形にするのは便利だし、頭の中で考えるよりはっきりする。

電力の需要予測

B 需要予測が2番目の研究テーマだったが、このときのパネル討論で、需要の想定値を作るほうと使うほうとのコミュニケーションの問題が指摘された。想定値を作るほうでは、予測には誤差がつきものであることを十分認識しているが、使うほうでは、想定値を誤差のないものとして扱い計画を立てているのが現状で、このギャップを埋めていくことが計画を現実的なものにする上でたいせつであるという議論がなされた。

A 実際の需要予測には、公式のものとして日本電力調査委員会のEEI方式による予測がある。また、国民経済モデルと結びつけた形の電力需要予測も試みられている。

B 電力需要は最新のデータが掴まえられるとい

うことで、これをもとに逆に経済の短期的変動を予測するというのもできそうですね。

A 人口100人当たりの電話の個数を調べた結果を見たことがあるが、ロジスティック曲線がよくあてはまる。県庁所在地のデータをプロットしたら、東京、大阪、……、青森という順で成長曲線になっている。このようなことが電力の場合にもいえないか。

B 首都圏をメッシュに切ってみると、需要の重心が九段あたりにあって、北のほうに重心が移動しているという話を聞いたことがある。

A 地域別の需要予測では、特別大きな需要がボンとできる場合もあり、必ずしも的確に捉えられないが、グローバルな予測では、データが確実にとれるので比較的精度の高い想定値が得られる。

B 電力さんと違い、多種類の製品を扱う場合には、製品別の予測はなかなか当たらない。日本の文化あるいは日本人の国民性（隣人との競争など）が欧米のそれと違うために、欧米なみの普及度を考えて予想を立てると、まったく当たらない場合もでてきます。

電力のシミュレーション

A 3番目のテーマはシミュレーションだったが、その事例として、要員計画のシミュレーション、設備計画のシミュレーション、収支計画のシミュレーション、特殊なものとして原油輸入基地のシミュレーションがある。また、電力系統網のシミュレーションといったものがある。

B シミュレーションの結果として、電力消費が予定より減っているので、47年あたりで収支バランスがとれないおそれがでてきている。

A たとえば財務のシミュレーションのタイプには、収入・支出項目等をデータとして入力するタイプと計算で求めていくタイプが考えられると思うが。

B 私のところでは、そういう種々のケースに対応できるようにしている。

A シミュレーションのパネル討論ではこんな議論がされた。モデルが大きくなり、計算機がよく使われるようになった。ORは机上で実験を試みるものであり、シミュレーションは正にORそのものである。最適でなくても、満足しうるものを選択が可能になると。

B 要員計画シミュレーションでは、現在のひょうたん型の人員構成をならすための採用計画、昇進



第23回金曜サロン風景

の問題を検討することが狙いとなるが、乱数を使うとトップへの説明がむずかしくなる。

A 収支計画シミュレーションでは、なんとかバランスがとれるようになっている。最終的には決算操作でなんとかなるのであるが。

B シミュレーションでは、都市問題等を官庁関係から計算センターに依頼する例が多いようだが、数理計画がうまくいかないのでもシミュレーションをやっているのではないか。

電力の数理計画

A 4番目のテーマは数理計画法だったが、このときはLPの価値を再認識しようということで、「LP再発見!？」というタイトルでパネル討論をやった。

B 理論的には最適であるとわかっていても、現実の計画にやき直すプロセスでインフィジブルになる可能性があるといった内容の議論がされたと思う。

A そうして、LPは直接役立つものではなくても、シミュレーションの裏付け的な役割を果たすことができるのだという話になった。

B 大勢的な判断には使えると思う。

A いわばミニLPとでもいおうか。簡単なLP計算をする。そのときのパラメータは使う人が決める、というようにすれば、いろいろな判断に利用できると思う。

B 投資効率を評価する場合、先行投資を有利にするような結果がなかなかでない。これには、目的関数の選び方、現在価値換算の考え方などに問題があると思う。

電力の「ORとアプリケーション・プログラム」等

A 最後のテーマとしては「ORアプリケーション

ンプログラム」を選んだが、これは、アプリケーション・プログラムをもっと使うようにしたい、その上でどうしても必要な開発を考えよ、その場合、手順だけ与えればいろいろの計算ができるような言語として作成することが望ましいというような、種々の主張を背景として選んだものである。パネル討論は「経営計画のためのアプリケーション・プログラム」というテーマで議論された。

B 電力系統関係などでは、関連要因が多数あって、相当複雑なプログラムになるのではないか。

A たしかにそのとおりですね。発電所の数も機械の種類も多く、新鋭と古いのでは熱効率が違う。1年に1回の機械点検があり、その計画も立てねばならない。送電の距離も長く、送電損失を考慮せねばならない。こうした複雑な要因のからみ合いをうまくバランスさせることがたいせつである。実際の運転では、自動的に経済的負荷配分を行なうようにしている。

B 故障に対して保護装置を設けると、その装置の故障といった問題が起こってくるのではないか。

A 私の所では、重大事故が生じて東西に系統が2分された場合には、2分されたそれぞれで需給バランスをとるようにしている。そうして、たとえば50万KWがダウンすれば、この位の負荷を切るといようなことがテーブルになって自動化されており、ニューヨークのような大停電はまず起こり得ない。リレーを2重化するなどの信頼性強化の問題は、電力会社でもますます大きな問題になっている。

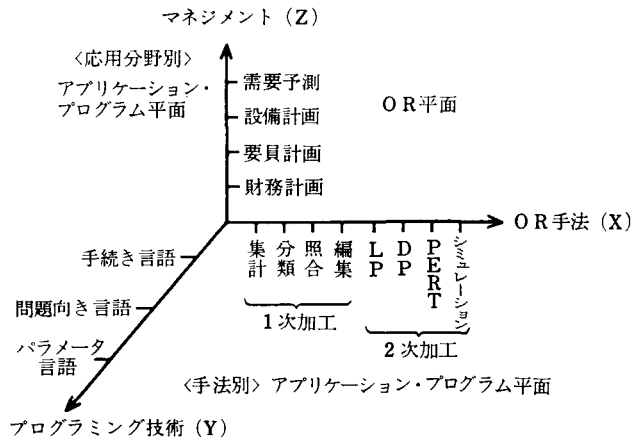


図 3

B 対策が進めば進むほど、新しく派生した問題への対策に応じきれなくなる。普通の場合はよろしいが、2重になれば複雑になるので、故障が起きた場合、その手段が複雑になってくる。

A 系統の自動化……コンピュータによる集中制御は現在まで部分的に進んでいる段階であるが、総合化が進むと問題になってくるだろう。

B 「OR とアプリケーション・プログラム」のときのゼネラル・レポートでは、図3に示すような捉え方がなされたが、これはおもしろい捉え方だと思う。

A OR は従来経営面との結びつきが強かったが、これからは技術面との結びつきを考えていくことも必要だろう。

……それではきょうはこのへんで……。

春季研究発表会のお知らせ

日時：1972年5月27日(土)～28日(日)

場所：法政大学工学部(国電・中央線 東小金井駅下車)

特別テーマ：予 測

講演申込みおよびアブストラクト締切：4月10日(必着)

今回は、アブストラクトの提出をもって講演申込みの受付といたします。アブストラクト用紙は学会がお送りいたします(無料)ので、アブストラクトが上記締切日に間に合うように、各自学会まで申し込んでください。