超冷中性子実験の目的と現況

(京都大学原子炉実験所) 宇津呂 雄彦,

(高エネルギー) 吉城 肇, (ミュンヘン) アルバート・シュタイエル
(物理学研究所) (工科大学)

最近、熱中性子などよりもずっとエネルギーの低い超冷中性子を密閉した箱の中に長時間閉じ込める実験が海外で行われ、この方法を基礎物理実験に利用した場合の重要性から、その発展が注目されている。また、超冷中性子を用いた光学的装置は従来にない新しい分野を開くものである。国内でもこの方面の実験が始まっているので、本稿では、超冷中性子の発生装置の話も含めて、その現況を解説する。

I. 序 論

1942年に最初の原子炉の制御運転が成功し、中性子発生源の強度が飛躍的に増大して以来、実験研究に利用される中性子源強度は年々増大してきた。そしてこれに応じて種々の新しい実験が可能となってきた。中性子実験の分野におけるこれまでの発展の中には、実験精度などにおける改善のみでなく、実験目的や原理・手法における画期的な変革も少なくない。しかし、本稿で以下に述べる超冷中性子の分野は、中性子実験の大きな変革と発展を生む可能性を示しているのではないと思われる。この意味における一つの象徴的な装置は中性子導管であろう。熱中性子ビームをほとんど強度損失なく遠方まで導くことは、初期の中性子実験においては一つの夢であったろうが、今日ではすでに実用化されている。

さて、低速中性子のエネルギーが低くなるほど、粒子性よりも波動性が重要になってくることはよく知られている。熱中性子から冷中性子にかけての領域では、この波動性が結晶におけるブラッグ散乱をもたらす。さらにエネルギーが低下すると、中性子の波長は固体内の原子間距離よりもずっと長くなり、したがって中性子は物質の平均密度を見ながら進むようになる。このような波長領域(約30～数100 Å)の中性子を極冷中性子(Very Cold Neutron, VCN)といい、エネルギーは約100 μeV ($1 \mu\text{eV} = 10^{-6} \text{eV}$)以下である。さらに一層低エネルギーになると、ついには中性子は物質中の核から受ける実効的ポテンシャルのために、多くの物質では中性子をどのような向きに入射させても真空中から物質中に全く入り得ないようなこと(全反射)が起るに至る。このような領域の中性子を超冷中性子(Ultra Cold Neutron, UCN)と呼び、エネルギーで大体1

μeV 以下、中性子速度で10 m/s 程度以下の領域である。

超冷中性子のような低エネルギー領域は、これまでわれわれが実際に物理実験で取り扱ってきた中でも最も低いエネルギーの領域とすることができるので、ここにおける諸現象は興味を持たれる。さらに超冷中性子は種々の特異な性質を示す。第1図は、このような超冷中性子の特性の一端を図示してみたものである。すなわち、約1/1,000 K 以下のエネルギーを有する超冷中性子の運動は、すでに述べたように、物質表面や境界においてはその物質の実効的核散乱ポテンシャルに依存するほか、重力場の中では例えば垂直上方に飛び出しても1 m程度の高さしか到達せず再落下してくる。さらに、中性子の磁気双極子能率のために、10 kG 程度の強磁界の存在がその運動に決定的な影響を及ぼすこととなる。核散乱、重力、磁場という3種の力が超冷中性子の運動を主として支配するという特性は、超冷中性子の発生装置の開発・実現や、実験装置の原理・構造等において、いろいろな形で利用される。次章ではこのような超冷中性子源の代表例を紹介し、次に2, 3の超冷中性子実験についてその現状を説明する。そして最後に超冷中性子独特の新しい光学的装置の原理や構造を示す。また、これらにおいて目下技術的に問題となっている点についても随時触れたい。

II. 超冷中性子源の開発

第1図からもわかるように、超冷中性子のエネルギーは冷凍機や極低温液体によって到達できる温度よりもずっと低い。まして常温の炉心や減速材の場合は、

Purpose and Present Status of Ultra-Cold Neutron Experiments, Masahiko UTSURO, Hajime YOSHIKI, Albert STEYERL. (1980年 5月7日 受理)

第1図 超冷中性子の特性図

そこから取り出された熱中性子束全体の中に占める超冷中性子束の比率は 10^{-10} 程度ときわめて少ない。したがって、超冷中性子を明確に観測できるためには、これを他の熱中性子や高速中性子から能率よく分離し、あるいはその強度を格段に増加させる特別な手段を講じることが必要となる。Zel'dovich が超冷中性子観測

の可能性について、種々の具体的方法とそれらの定量的評価を示したのは1959年であるが⁽¹⁾、Lushchikov らが Dubna で最初の超冷中性子観測にかろうじて成功したのはそれから約10年後であった⁽²⁾。その後種々の超冷中性子発生の実験と超冷中性子源の試作・開発が行われてきた。以下ではそれらの主な流れについて説明する。

1. コンバータと中性子導管

これは Lushchikov らの実験でも用いられた方式であり、これまでの超冷中性子源の大部分はこの方式を応用している。その基本原理は、原子炉炉心近傍に挿入された実験孔内のコンバータから発生する超冷中性子を、大きく湾曲した中性子導管を経て炉外に引き出すもので、熱中性子等は曲導管の途中で分離される。

第2図は、Groshev らが Kurchatov 研究所において、熱中性子束 $10^{13} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ の IRT-M 炉に取り付けた装置の概要であり⁽³⁾、そこではコンバータには低吸収で散乱振幅の小さな Al が使用された。そして得られた超冷中性子計数率は約 5 count/s であった。コンバータ

第2図 コンバータおよび導管式超冷中性子源の概要

を導管内に置く必要があるわけは、同図右下に示されているとおりであり、炉心内では折角超冷中性子が生まれても、途中の実験孔壁等で吸収されるか、反射されてしまうからである。コンバータ内には、熱分布に基づき種々のエネルギーの原子が含まれているが、これからコンバータの温度を下げることは超冷中性子発生率の増加に大きく役立つことがわかる。例えば、極低温コンバータとして液体水素や液体重水素についての実験も行われている⁽⁴⁾。さらに、最近、⁴He は中性子吸収が全くないことから、温度約0.5Kの超流動 He コンバータの提案と基礎実験が行われており⁽⁵⁾、きわめて高い超冷中性子密度を実現できると期待されているが、実用化は今後の課題である。国内では高エネルギー物理学研に超流動 He コンバータ試作の計画がある。

このほか、Steyerl は重力による中性子減速を利用した垂直導管超冷中性子源を München の FRM 炉に設置した。また、Grenoble の高中性子束炉の傾斜実験孔には軽水コンバータの超冷中性子源が設置されている。

2. 中性子タービン

第3図に中性子タービンの構造例を示す。蒸気タービンなどと似た構造をもつ実験装置で、回転運動をする反射羽根を利用した超冷中性子発生装置の一種である。蒸気タービンは、ノズルより噴き出す高速気流を羽根にあてることにより、高速気流は減速してそのエネルギーがタービンの回転軸の動力として取り出されるが、中性子タービンでは中性子流の密度はきわめて小さいので、タービンは外部動力により所定の回転数で駆動される。原子炉から取り出されてタービンの入射導管から供給される中性子は、タービン車の円周上に植ええられた中性子反射羽根に当たってその運動量を

第3図 中性子タービンの構造例

羽根に伝え、自身は超冷中性子に変換される。このためには、羽根に入射した中性子が所定の幾何学的条件を満たしながら反射運動をすることが必要であり、Steyerl が1974年に FRM 炉に設置した第3図の中性子タービン⁽⁶⁾では、第4図(a)のように、入射中性子の速度の約半分速度で羽根を回転し、約25 m/sの相対速度の中性子が半円形の反射羽根内で平均10回全反射を繰り返し、その結果相対速度の方向が反転することにより、実験室系において約5 m/sの超冷中性子となって取り出されるものである。Steyerl のタービンのタービン効率は約45%であり、約3 UCN/cm²・sの超冷中性子強度が約10 cm × 20 cmの大面积で取り出された。

第4図 中性子タービンの動作原理(3種類)

ところで、上述のように銅の反射羽根の場合は、中性子の全反射臨界角が小さいため、方向反転には平均10回の反射と曲面状羽根が必要であった。そこで Utsuro らは、多層膜からなるスーパーミラーを用いると中性子の全反射臨界角が約3倍になることを利用して、第4図(b)のような三面鏡形の反射羽根の中性子タービンを製作し、KUR に設置した⁽⁷⁾。また、結晶のブラッグ反射を利用した中性子タービンが ANL で Brun らにより作られている⁽⁸⁾。その原理を第4図(c)に示すが、このブラッグ反射羽根の回転とパルス中性子源からの冷中性子の飛来とを同期させて超冷中性子発生の実験を行なっている。

3. 中性子磁気減速機

序論でも述べたように、一般に中性子はその磁気双極子能率のため、磁界強度に勾配がある所では力の作

第5図 中性子磁気減速機の概要

用を受ける。その力の働く向きは中性子のスピン状態により異なり、スピンの磁場の向きに平行な中性子は強磁界側より反発力を受け、反平行のものは吸引力を受ける。その結果、平行スピンの中性子は、第1図に示したような入射中性子エネルギーに相当する磁界強度よりも、より強い磁界が局在していると、そこを通り抜けることができず全反射される。Utsuroはこの現象を利用して中性子を減速して超冷中性子に変換する装置を考えた⁽⁹⁾。その概要を第5図に示す。すなわち、第1図からもわかるように、実際に比較的容易に発生できる磁界強度(数T以下)からの反発力で全反射されるような中性子の速度は数 m/s 以下なので、コールド・ソースから多量に得られる冷中性子に対しこの作用を起させるため、磁界の方も走らせて、これと中性子との相対速度が磁気全反射の条件を満たすようにする。この様子が第5図中に速度ベクトルでもって示されている。さらに中性子の進行につれて磁界を減速していき、中性子が繰り返し反射減速を受けて最終的に超冷中性子に変換されるようにする。この新しい原理による超冷中性子発生については、すでに試作装置を用いた減速実験によりその動作原理が実証され、目下実際に超冷中性子を発生させるべく装置の拡張が行われている。この原理の特徴は、パルス中性子源と組み合わせることにより、広い速度範囲の入射中性子をピーク強度のときに利用し、高い減速能率でもって超冷中性子に変換できること、発生超冷中性子が偏極していることである。

Ⅲ. 超冷中性子を用いた基礎物理実験の現況

1. 金属箱を用いた中性子貯蔵実験

序論でも簡単に述べたとおり、超冷中性子には金属面から全反射する性質があるので、これを利用して金属箱の中に中性子を閉じ込めることができるはずであ

る。これはあくまで原理的な話であって、実際には金属が中性子を吸収する性質もあり、表面の汚れなどの影響で超冷中性子がエネルギーを得て熱くなり超冷中性子特有の性質を失うことから、閉じ込めはそう簡単ではない。ただし、金属による中性子の吸収という前者の問題は理論的にはっきり計算することができるので、これを実験と比較してみることができる。超冷中性子を金属面から散乱させる実効的ポテンシャル V と吸収ポテンシャル W の比

率 f は、Beの場合 0.5×10^{-5} 、Cuの場合 15×10^{-5} 程度であり、5 m/sの超冷中性子を直径10 cmの管の中に貯えればBeで数1,000 s、Cuで100 s程度の間、壁から吸収を受けることなしに中性子は管の中で反射を繰り返すことができる。1971年 Groshev ら⁽¹⁰⁾は、先に述べた超冷中性子源を用いて実験を行い、Cuに対して30s、Beに対しても大体同様な値を得た。(第6図)

1, 2: おおの入口, 出口シャッター
3: 検出器

(a) 装置

t : 貯蔵時間, N : 貯蔵中性子数

1: 化学研磨銅ボトル
2: 普通銅板ボトル
3: パイロクラファイト・ボトル

(b) 実験結果

第6図 超冷中性子貯蔵実験の例

その後1977年までに Groshev 自身も含めて種々の実験が繰り返されたが、どの実験も超冷中性子貯蔵時間は10~200 s程度であり、その結論はこれを金属の吸収だけで考えるのには無理があり、何か他のメカニズムが貯蔵時間を大幅に下げていることを示したので

ある。このため理論的に多重散乱効果(Ignatovich¹⁰, 1975)や準弾性散乱効果(Blokhintsev¹¹, 1976)等が考えられたが、いずれも実験事実を説明することにはならなかった。現在考えられているのは、①金属表面の音響的振動、②金属表面にゆるく結びついた原子団の振動、③金属表面の微細な穴に超冷中性子がかまえてしまう確率、④金属表面の汚れ、などがある。この中で現在最も有力視されているのは(4)であり、特に付着した水素原子が超冷中性子と衝突してこれを暖めてしまうと考えられている。Lanford と Golub¹² の beam profile method による測定によれば、 $2 \sim 5 \times 10^{16}$ atom/cm² で普通金属表面には水素が分布しており、これで超冷中性子が散乱を受けると考えれば、測定された貯蔵時間を説明できる。しかし、測定に温度効果が認められないところから、水素説が完全に支持されているわけではない。一方、壁から水素を取り除くことは現在多くの研究所で試みられていることであり、また壁を極低温に冷却した場合、貯蔵時間がどう変わるかなど興味ある問題が残されている。高真空技術と極低温技術の両方を同時に使用すれば理想的であるが、これを意識して研究が進められた報告はいまだない。

2. 中性子の電気双極子能率検出

超冷中性子は前章までのように、中性子物理学の新しい分野を開拓するものと思われるが、中性子自体の性質をもっと深く理解し、ひいては時間空間・宇宙の成

立等についてわれわれの知識を増してくれるかも知れない。その一つに中性子が電気的に極性化しているのかどうかを調べることがある。もし極性化していれば、中性子のスピンの存在と相まって時間の不可逆性の実証されることになる。現在までに Ramsey ら¹³ によって、中性子の電気双極子能率は実質上ゼロであるか、あるいは仮りに存在したとしても90%の確率で 3×10^{-24} electron·cm 以下という非常に小さい量であることが知られている。Ramsey の測定方法は分子線法を用いるものである。150 m/s ほどの冷中性子線はすでに相対論的效果による誤差を生む。これを避けるために、超冷中性子を箱の中で等方的に走らせてこの誤差を抑えれば、精度はさらに1桁か2桁上がるであろう。この考えに基づいた実験が現在 Grenoble の ILL 研究所などで進行中であり、成果が期待される¹⁴。

3. 中性子の磁気貯蔵リング

先に述べた中性子箱(Neutron bottle)は核散乱の作用を応用したものであるが、中性子の運動を制御するものとして磁場の作用を利用することもできることはすでに序論などで述べた。そこで第7図に見るようなドーナツ型の磁場を想定し、この半径方向に不均一磁場を作っておき、それと磁気双極子能率で中性子に内向きの力をつくり出して遠心力と釣り合わせ、中性子をドーナツの中に回して貯えることが考えられ実行された。Paul, Trinkins らの Bonn 大学グループの業績

である。もちろん通常の加速器と同様に内部を回る中性子線の集束と軌道安定の問題がある。加速器内を回る粒子は荷電をもっている電気単極子で、これは四極の磁場レンズで集束できる。同じように、中性子の場合には六極のレンズで集束することができる。Paulらは検討の結果、内側の二極は省略しその代わり2本の補助導線を外側に設置することによって軌道の安定性を増すことを試み、結局第7図の右図のような断面の超電導電磁石を製作した。黒点を取り囲む6個の白い長方形が電流の断面であり、そのうち右上と右下がその補助導線である。

用いられた磁場は最大12 kG/cmの不均一性を持ち、軌道半径50cm、軌道幅約5cmで、この時貯蔵可能な中性子の速度は平均14 m/sで、超冷中性子よりはやや熱いものである。このグループはこの装置で、中性子それ自身の崩壊時定数918 sに匹敵する907±70 sの時間貯蔵することに成功した。この実験は初めて中性子を一定の空間内に閉じ込め得たものとして意義が大きい。同グループはこの原理を拡張して、第8図に示す、いわゆる「六極球」を製作中である。これは第7図の左上図をy軸の回りに回転したものであり、3次元的な集束が得られる。その結果は1980年中に出るはずである。

Ⅳ. 超冷中性子を用いた光学的装置の試み

すでに述べてきたように、超冷中性子はこれまでにない極低エネルギー領域の中性子であるから、その利用面としては当然、固体物理などにおける低エネルギーレベルを調べるための超高分解能分光鏡に用いることが考えられる。しかしここでは、これ

第8図 Paul らの「六極球」⁽¹⁸⁾

とは少し違った角度から超冷中性子利用実験装置の話をする。こととする。

中性子の波長が長くなると光学的現象が顕著になってくることはすでに述べたが、超冷中性子光学ともいふべき様々な現象や実験、さらにはこれを利用した装置の試作開発がこれまで FRM 炉において、Steyerl により行われてきている。この超冷中性子光学がこれまでの光学と異なる独特の性質を持っていることは、第1図に示した超冷中性子の特性、例えば、それが重力場の影響を大きく受けるということからも明らかであろう。以下では、この種の試作装置または実験の中から2,3の例を紹介しよう。

1. 重力利用回折装置

重力場の中で飛行する粒子が描く放物線を超冷中性子ビームの2次元的集束(線対線の集束)に利用することができる。第9図は、FRM 炉に設置された重力利用回折装置の概要である。図からわかるように、狭い入口スリットが出口スリットの所に像として映される。

第9図 重力利用超冷中性子回折装置

このことは、中性子の運動量の垂直成分をスリットからの落下距離の関数として精密に決定し解析することを可能にする。一方運動量の水平成分に対しては広い範囲のものが許される。したがって、この装置はある1つの方向にのみ高い分解能を要求するような回折実験等に特に適している。そのような試料としては、例えば平面鏡からの反射とか、けい線をひいた格子からの回折などがある。現在試作された装置は中性子の垂直方向の運動に対応するエネルギーに対し、 $0.002 \mu\text{eV}$ の分解能を有している。この装置を用いた測定では、ガラス平面鏡の反射実験から、その表面に予想外に多くの水素原子が含まれていると考えられることがわかった⁽¹⁵⁾。この結果は前章で述べたように中性子箱での問題に重要なかわりがある。

放物線集束の原理を用いたさらに新しい装置として重力利用スペクトロメータ“NESSIE”が現在FRM炉に設置されつつあり、これを用いれば巨大分子の高分解能弾性散乱や核スピン反転によるエネルギー微細構造等を調べることができると考えられる。

2. 中性子顕微鏡

次に、超冷中性子の3次元映像(点对点の集束)の可能性について述べる。ここでも再びわれわれは重力の問題に直面する。通常の光学では、点集束をさせるには凹面鏡を用いればよかったが、超冷中性子では重力の作用による軌跡の曲がり中性子の速度、したがって波長によって異なるので、単純な凹面鏡は色収差を示すことになる。この問題は、凹面鏡と逆の色収差を示す帯状板をこれに組み合わせることにより解決された⁽¹⁶⁾。このようにして製作された混成装置、すなわち帯状凹面鏡が第10図である。これは、凹面を有するガラス基板上にNiをピラミッド形に電気メッキして作られた。この帯状凹面鏡はGrenobleの高中性子束炉の超冷中性子源を用いてテスト実験が行われた。

中性子導管の出口に2 mm幅のスリットを設け、そこから出る超冷中性子を凹面鏡で反射し、その像がどのように観測されるか調べた結果が第11図である。中性子検出器は3通りの倍率の位置にセットされ、それらの測定結果は予測とよく一致し、約0.1 mmの分解能の範囲内において、散漫散乱による像のぼやけはないことを示している。なお試作した鏡は階段の角が多少丸みを持っており、さらにその表面を電子顕微鏡で見るとスポット状の模様が存在が認められたが、その原因はまだ明らかでない。上の実験はもちろんまだ初步的段階であり、実用的な中性子顕微鏡に至るまでにはいくつかの困難な問題があると思われる。しかしな

第10図 中性子顕微鏡用帯状凹面鏡の構造

がら、これらの問題点を解決でき、中性子顕微鏡が実現すれば、数100 Å程度の分解能の光学装置として、電子顕微鏡とは全く異なるコントラスト特性が貴重な役割を示すであろう。

第11図 中性子顕微鏡の初歩的実験結果

3. 共鳴型モノクロメータ

超冷中性子は物質境界でその実効的核散乱ポテンシ

ャルを受けることはすでに何度か述べたが、このことから、通常の光学におけると同様に、ポテンシャル井戸の幅が中性子の波長にちょうどマッチすると共鳴現象が起ることが予想される。数層の金属物質から成る中性子鏡を用いてこの現象を調べることが Steyerl らにより行われ、その結果このような多層膜鏡は優れた中性子モノクロメータとなり得ることが示されるとともに、試作多層膜の基底共鳴レベルの線幅から、このレベルに共鳴状態の中性子は約 10^{-7} s 程度の寿命の準結合状態に対応するという結果が得られた。

V. あとがき

以上述べてきたように、これまで実用化され、あるいは試作されてきた超冷中性子源や超冷中性子実験装置には、高真空、極低温、高速回転あるいは強磁界等、種々の原理と技術が利用されており、これらの先端技術の応用という面でも、またこれら関連技術を促進させるという面でも興味深い。また、ここでは誌面の関係で省略したが、このような低エネルギー中性子に対する検出器も特殊な計測技術の分野である。さらに、このような超冷中性子実験の分野では、強力な中性子源が必要であり、中性子源強度の向上と相まってますます発展するものと思われる。

— 参考文献 —

- (1) ZEL'DOVICH, YA. B.: *Soviet Phys.-JETP*, **36**, 1952 (1959).
- (2) LUSHCHIKOV, V. I., et al.: *Soviet Phys.-JETP Lett.* **9**, 23 (1969).
- (3) GROSHEV, L. V., et al.: *Phys. Lett.* **34B**, 293 (1971).
- (4) UTSURO, M., HETZELT, M.: *Proc. Symp. Neutron Inelastic Scattering 1977*, Vol. I, 67 (1978).
- (5) AGERON, P., et al.: *Phys. Lett.*, **66A**, 469 (1978).
- (6) STEYERL, A.: *Nucl. Instrum. Methods*, **125**, 461 (1975).
- (7) 白濱茂樹, 宇津呂雄彦, 他: 原子力学会昭55年会要旨集, D10, (1980).
- (8) BRUN, T. O., et al.: *IPNS Newsletter*, 2[3], (1979).
- (9) UTSURO, M.: *Phys. Lett. A*, 投稿中.
- (10) IGNATOVICH, V. K., et al.: *JINR, Dubna, Commun.*, P3-8795 (1975).
- (11) BLOKHINTSEV, D. I., PLAKIDA, N. M.: *ibid.*, P4-9631, (1976).
- (12) LANFORD, W. A., GOLUB, R.: *Bull. Amer. Phys. Soc.*, **22**, 548 (1977).
- (13) DRESS, W. B., et al.: *Phys. Rev.*, **D15**, 9 (1977).
- (14) SMITH, K. F., PENDLEBURY, J. M.: 私 信.
- (15) SCHECKENHOEFER, H., STEYERL, A.: *Phys. Rev. Lett.*, **39**, 1310 (1977).
- (16) STEYERL, A., SCHÜTZ, G.: *Appl. Phys.*, **17**, 45 (1978) Springer.
- (17) KUGLER, K.-J.: *Bonn-IR-78-25*, (1978).
- (18) TRINKS, U.: *ibid-78-33*, (1978).

○第18回粉体に関する討論会○

共催 日本化学会, 本会ほか21学協会

会 期 11月27日(木)～29日(土)

会 場 豊橋技術科学大学・大講義室

(豊橋市天伯町字雲雀ヶ丘1-1)

討論主題 (1) 分散系とその物性

(2) 粉体の生成とその特性化

(3) 粉体の成形, (4) その他

講演申込締切 7月26日(土)必着

申込方法 葉書に「第18回粉体討論会申込書」と明記し, ①申込者氏名, ②所属学協会, ③勤務先(〒, 電話), ④連絡先(〒, 電話), ⑤演題(討論主題(1)～(4)のいずれかを明記), ⑥発表者氏名(講演者に○印), ⑦200字程度の要旨を記入して下記宛に送付する(1件当たり討論を含めて25分を予定)。

なお, 今回はポスターセッションを企画しているので, 希望者はその旨を記入する。

原稿締切 10月4日(土)必着

採択された講演については原稿用紙および執筆要領を送付する。要旨は図表を含めて原稿用紙2～4枚にまとめる。

参加登録費(要旨集1冊含む)(送金は現金書留か銀行振込)

予約4,000円(学生2,000円), 非予約5,000円

参加申込締切 10月11日(土)

①氏名, ②勤務先, ③連絡先, ④懇親会の出欠, ⑤送金方法を葉書に記入して申し込む。なお, 希望者には郵送料500円

で「予稿集」を事前に発送する。

懇親会 11月27日(木)の予定

講演, 参加申込先 (〒440) 豊橋市天伯町字雲雀ヶ丘1-1

豊橋技術科学大学物質工学系

第18回粉体に関する討論会 小寺嘉秀宛

(Tel. 0532-47-0111, 内線 432)

○第23回自動制御連合講演会○

主催 日本自動制御協会, 他 協賛 本会ほか12学協会

会 期 11月20日(木)～22日(土)

会 場 京都工芸繊維大学工芸学部

(京都市左京区松ヶ崎。Tel. 075-791-3211)

講演内容 既発表のものでも差支えないが, なるべく最近の研究で学術的なものが望ましい。

部 門 第1部 理論, 第2部 制御要素と機器, 第3部 応用, 第4部 計測

講演時間 討論とも約15分(予稿は2頁で図・表・写真を含めて和文で2,800字以内)

講演申込金 3,000円

申込方法 所定の申込書, 講演原稿, 申込金を同時に下記宛に申し込む。

申込・原稿締切 8月30日(土)必着

問合せ・申込先 (〒606) 京都市左京区吉田河原町14
近畿地方発明センタービル内

日本自動制御協会(Tel. 075-751-6413)