

陰・陽電子コライディングビーム

小 柴 昌 俊 (物理)

3年計画の特別事業として本学部から概算要求をしていた「国際協力による高エネルギー素粒子実験」が本年度その発足を認められました。(48年度は、外国旅費 5,641,000 円, 特別事業費 30,000,000 円, 特殊装置維持費 4,406,000 円, 設備充実費未定) 昨年度から準備費によってすでに現地での準備にも一部参加しておりますが本格的な発足を迎えるこの時期に当り (1) 何をしようとしているのか? (2) なぜそんなことをするのか? の二点を理学部のこの分野以外の方々にも御理解頂きたいと希ってこの筆をとっています。

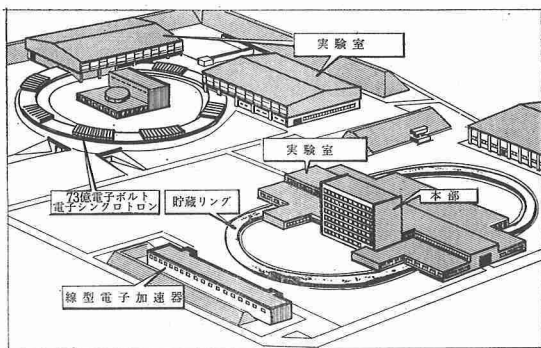
西独はハムブルクの街外れに DESY というドイツ国立電子シンクロトロン研究所があります。ここでは 73 億電子ボルトの電子シンクロトロンを用いて高エネルギー実験を行って来ていましたがここ数年来このシンクロトロンとは別に競馬場型の加速リング, それも二つの独立なリングを直線部分で交わるように上下に重ねたものを建設しています。これはシンクロトロンで加速した電子で創られる陽電子を一方のリングに貯え, もう一方のリングには電子を入れそれぞれを加速した上で直線部の交差点で正面衝突をさせようとするもので今年末に完成予定になっています。それぞれの加速最高エネルギーは 35 億電子ボルトずつです。

直線部が 2 つあるわけですから同時に 2 つの実験が可能です。一つは大きな円筒型超電導電磁石をその衝突部分におき衝突軸方向の磁場を用いて反応粒子を調べるもの, もう 1 つは衝突部分の両側に大きな電磁石 2 個を磁

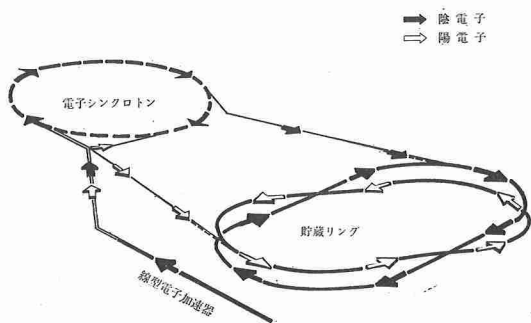
場を上向きと下向きにして向い合わせこれによって反応粒子を分析しようというものです。後者は DASP (Double Arm Spectrometer) 実験とよばれわれわれがとりくもうとしているのはこれです。2 個の巨大電磁石を含めたこの DASP の実験費用は 10 億円を超えており DESY の研究グループの他にミュンヘン大学, アーヘン大学, ボン大学等が集って DASP グループを作っています。向い合った 2 つの電磁石が如何に巨大であるといってもその磁場部分は衝突点から見て極く一部の立体角しかカバーできませんしたこのような高エネルギー陰陽電子衝突となると一般に衝突後の生成粒子 (π , K 中間子の電荷を持ったもの中性のもの, γ 線, 生残り陰陽電子等) は 2 個より多いのが普通ですから両電磁石の内側衝突領域のすぐ近傍にできるだけ全立体角に近くなるように粒子検出器を設置しなくてはなりません。この内部検出器系を担当するのが DESY の F35 研究グループでわれわれはこれと直接に協同し特にその中で高エネルギー陰・陽電子および γ 線を検出するシャワーカウンターを担当します。

さてこんな大掛りなことをして何を狙っているのかという点ですが一つには素粒子をもつと分解能よく見ようということです。電子顕微鏡の例やラザフォードの α 粒子散乱による原子核の発見の例を引くまでもなく分解能を上げるには的に当てる粒子の加速エネルギーを大きくしなくてはなりません。これが高エネルギー屋が「より高エネルギーの衝突を」と追い求める理由の一つです。

高エネルギー電子の散乱実験から陽子、中性子の荷電分布、磁気能率分布の空間的・形状因子を測定してホフシュッターがノーベル賞を受けたのを記憶されていられる方もおいででしょう。特殊相対論での距離が空間的・時間的・二種類あることは良く知られていることで陰陽電子コライダーリングビームの面白い点の一つは素粒子の時間的・形状因子を測ることができることです。すでに $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$, $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ の観測によって π 中間子と K 中間子の時間・形状因子が測定されておりそれぞれ ρ^0 中間子、 ϕ^0 中間子の共鳴形を示しています。核子の時間的・形状因子もボツボツデータが出始めて来ていますがこれらのデータをエネルギー領域をさらに広げるだけでなく精度を一気に改善できるものと期待されます。第2の面白い点は量子電磁力学の適用限界をチェックできることです。御承知のように量子電磁力学は朝永、Schwinger, Feynmann を経て現在われわれの識っている理論の中で一番信頼できるものですが、それと同時に素粒子の未知の分野を調べて行く上の寄り所となっているのは丁度月ロケットの計算に古典力学が寄り所となっているのとは対比できるかも知れません。いずれにしろわれわれはこの道具の適用限界を常に注意深く検証しておかなくては安心できません。量子電磁力学では電子を拡がりのない数学的な点として記述していますが $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$, $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ や $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ の反応が果して量子電磁力学の教える所とどれだけ違っているかを見ることによって電子の空間的および時間的拡がり・上限、さらには μ 中間子が電子と静止質量以外に何か違う所があるかどうかとも検証できるかも知れません。第3の面白い点はこの実験ばかりでなく新しいエネルギー領域に入る時常に存在することですが懸案となっている未発見の仮定粒子やあるいは想像もしなかった全く新しい粒子が発見されるのではないかという期待感です。湯川中間子 π 中間子として実証されたと同時にこの世での役割も定かでない μ 中間子も見つかってしまったこと、奇妙粒子の発見、核子や中間子の共鳴励起状態の発見、オメガ粒子の発見等々程度の差こそあれそれぞれ物理学者を安心させあるいは困惑させて来ました。一方では電場と磁場との対称性から Dirac が考えた磁気単極はもとより、素粒子の対称性から考えてその素材粒子として存在しそうだとなっているクワーク粒子もあるいはまた崩壊などの弱い相互作用を媒介するために考えられている W 中間子も幾多の実験的探索にもかかわらず未だに見つかっていません。われわれもこれらのある程度期待されている粒子あるいは考えもしなかった新粒子の発見も夢見ないわけではありませんが、そういうことは起これば起こ



第 1 図



第 2 図

った時のことで、それよりも第一義的に追求せねばならないのは散乱振幅や各種粒子の生成振幅の暫近形があるのかないのか、またあるとすればどのようにその暫近形に近づいて行くのか、またどんな物理量を変数として取れば暫近形への移行がうまく書き表わせるのかなどをできるだけ定量的につめて行くことでしょう。この問題は高エネルギー電子の核子による非弾性散乱や高エネルギーの核子核子衝突における二次粒子の多重発生現象等に関連して理論的には Yang の極限解離理論、Feynmann のパートン理論等が提唱され実験的には Stanford の 2 マイル電子線型加速器の他、CERN の ISR (陽子と陽子のコライダーリングビーム) や米国 NAL の 3000 億電子ボルト陽子シンクロトロン等で精力的に究研されていますが、われわれの実験においても Stanford の非弾性衝突と相補的な形でこの方面に寄与することができると考えられます。

さてこのように“より高エネルギー”を目指し続けて高エネルギー物理は際限なく追いかけて行くのかといろいろな意味で恐れを抱かれる方もあるかも知れません。これに対する卒直な答はイエスといわざるを得ません。しかもそれが素粒子実験屋の宿命なのでしょう。しかし考えてみて下さい。かつて高エネルギー物理学の先端で

あった放射能物理は現在医学，農学にわたる一大分野となっていますし，また，現在のいわゆる低エネルギー原子核物理は或る一時期高エネルギー物理学のフロンティアであったことを想い出されることでしょう。最近の高エネルギー物理で大きな一分野を作った素粒子スペクトロスコピー（現在化学元素の数より多い素粒子が見つかり分類されつつある）で代表されるような100億電子ボルト領域の高エネルギー物理は恐らくさらに精密化されていって一つの分野としてまとまって行くことが考えられても不思議ではありません。現在進行中の筑波の高エネルギー研究所の80億電子ボルト陽子シンクロトロンは正にこの分野での日本の究研を大きく推進させるでしょう。またわれわれ本学の高エネルギー屋もそのために本気で取り組む覚悟でおります。

と同時に，それ以上の高いエネルギー領域を加速器で攻めるには，経済的な理由から国際協力にまつべきであるとの文部省学術審議会の意向もありましたのでわれわれは Novosibirisk でまず国際協同研究をてがけました（広報2巻4号の拙稿参照）しかしながらこの Project は残念ながら事情により中断せざるを得なくなり，われわれは新しく協同究研の相手として DESY をえらんだのです。今後この DESY Project を遂行するためには，国内の根拠地として，東大のなかに高エネルギー研究施設が是非入用であり，われわれはその実現を待望んでいる次第です。

素粒子の素粒子を求め続けるこの仕事は，動物園の猿に与えられた玉葱でないことを祈りつつ。