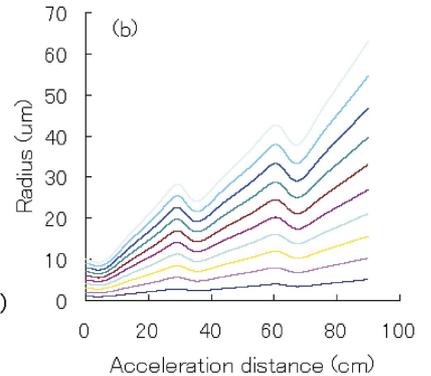


CONTENTS

- プラズマを用いないレーザー加速
『レーザーベッセルビーム加速』
- 『光と蔭』また8月15日が巡ってきた
- 自由電子レーザー国際会議に参加
26th international free electron laser conference

【表紙グラフ】電子ビームの径方向の加速のゆがみによる電子径方向位置の変化
(当然、加速エネルギーもこれに伴い変化する)
【表紙図】レーザーベッセルビーム加速器概念図
(初期加速は通常の線形加速器で行い、その後ベッセルビーム加速器を用いる)



プラズマを用いないレーザー加速 『レーザーベッセルビーム加速』

レーザーエネルギー研究チーム 今崎一夫、李大治

■ プラズマを用いないレーザー加速

レーザーによる加速の研究が行われはじめてかなりの時間が経つ。レーザー加速は大幅に加速勾配を上げることが可能であるという大きな利点があるにもかかわらず、なかなか現実には使われない。この主な理由はレーザー-プラズマ相互作用を用いるところにあると思われる。加速器には常に安定した動作が求められる。多数のコンポーネントからなる多数の加速段が確実に正確に動作しないと実際には使用できない。しかし不安定で不定形のプラズマを使い、なおかつ非線形性が誘起される大振幅の波を利用することによるレーザー加速は安定性等に問題点があることは確かである。このためプラズマを用いないレーザー加速がいろいろと提案され研究が行われてきた。

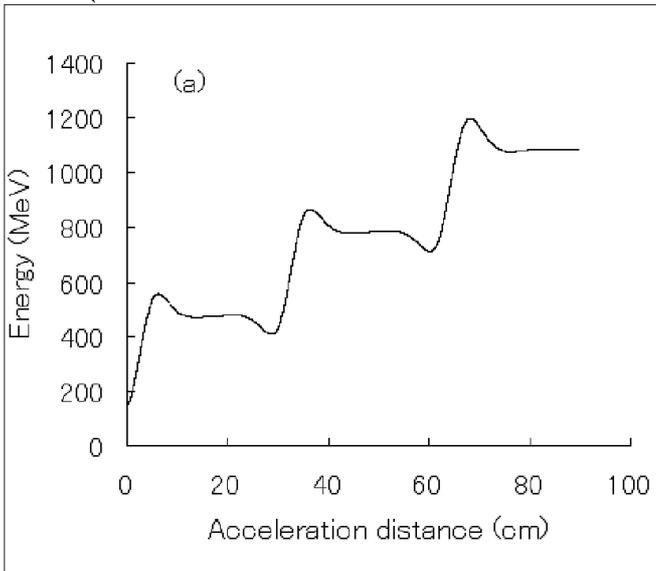
■ 光波の位相が干渉し合いながら伝搬するベッセルビーム

最近ベッセルビームが注目を集めだしている。ベッセルビームは興味深いビームである。通常はガウスビームがレーザーの基本である。このようなモードと異なりベッセルビームは円環状のビームが基本であり、光波の位相が干渉し合いながら伝搬する。ホイエンスの原理そのもののような形態をもっている。そのため収束が極めて小さく、かつ長い。いわゆるレーリー長が成り立たない。ベッセルビームは言い得て妙である。

■ 電子の速度が光速であるという矛盾

これをレーザー加速に使うと効果的である。NRL(The Naval Research Laboratory)の研究者がこの応用を考えて計算しているが、彼らは「光速の電子」を仮定している。いかに高速であろう

次ページへつづく▶



【図1】レーザーベッセルビームによる電子の加速エネルギー

とすぐに電子は光波位相からずれだす。そのため加速だけでなく減速も同様に起こる。有効な加速を得るためには、電子の速度が光速であるというような矛盾が起きてしまう。

■1000MeV/mの加速勾配が得られる

われわれはベッセルビームの加速に寄与する位相部分だけを選んでビーム照射することができるフィルターを付加することにより、有効な加速が起こることを明らかにした。まだ簡単な理論研究のみではあるが、この方式で1000MeV/mの加速勾配が計算では得られている。このアイデアは李研究員が出したもので、この結果を図1に示す。150MeVの入射ビーム電子が約1mで1200MeV程度にエネルギーが上がることを示されている。レーザー入力は100TWである。加速度はレーザーの位相と電子の位置関係により変化している。レーザーパワーや入射電子エネルギーを増すことにより、まだまだ加速勾配を上げることが可能である。

■ベッセルビームおよび電子は右の方向に伝搬

このようなベッセルビームの伝搬について図2に示す。ベッセルビームおよび電子は右の方向に伝搬していく。左側面に波長の100倍程度の構造をもつ同心状の光の空間選択透過ができるフィルターを設置する。Wは透過、dは不透過部でそれぞれのサイズを示す。Rはこのフィルターの径でcmレベルである。ベッセルビームとこのフィルターは非常に精度よく軸が揃っていることが必要である。またこの陰を作るためにフィ

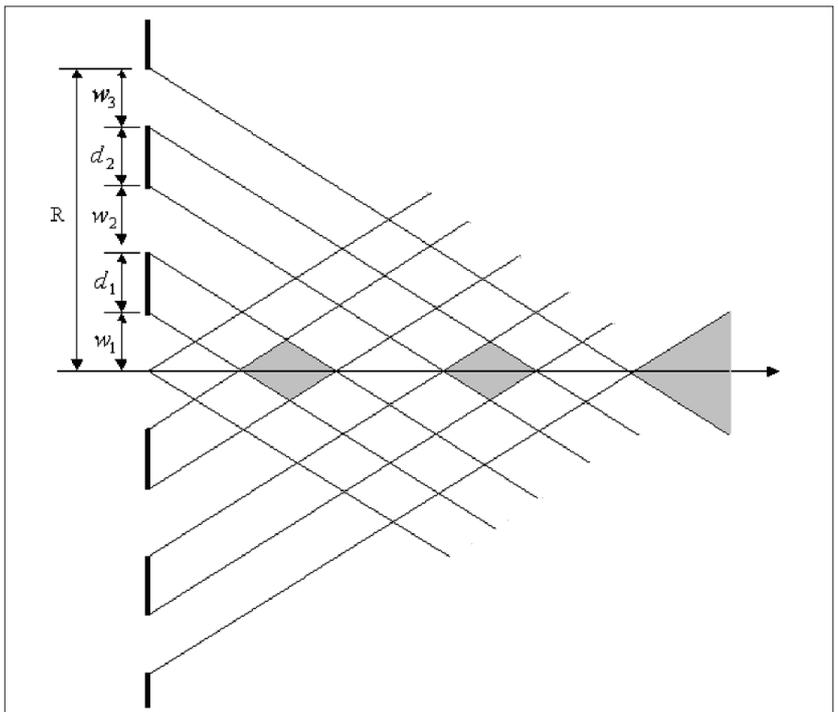
ルターでなく部分的に透過及び反射が可能な細管を利用することも可能である。フィルターであるとその構造の回折効果が大きくなりエッジ部分に光波の揺らぎが生じてしまう。図1の平坦部分の両端に加速 - 減速部の突き立ちが現れるのはそのためである。

■電子は有効に加速され1mで1GeVの加速を得る

電子の速度とレーザーサイズ等によるが、図2のように光が照射されるところとされない陰の部分ができる。この照射部において電子が加速位相に一致し加速が起こる。一方、光波と電子はずれて、電子は光波の加速部分の位相から減速位相に入る。この場所はちょうど光の透過がフィルターで阻止された部分である。図1においては光が当たっている部分では電子は加速され、その後電子は光が当たらないので減速相では減速もされず一定速度を保つ。ある所定の距離を進むと再度、光波の加速位相と電子は同期し加速される。この繰り返しである。これにより電子は有効に加速されていく。この計算例にもあるように1mで1GeVの加速を得る。条件によればより高い加速勾配も可能である。

■問題点は電子ビームのサイズ

この方式の問題点は電子ビームのサイズである。加速器がRFである場合は電子ビームの径と比較して、加速する波の波長サイズは大きく空間的に一定の加速電界をかけ得る。しかし、特にベッセルビームの場合はこれが難しい。そのため径方向の電界が空間的に変化し、中心の粒子とそこから少しずれた



【図2】収束ベッセルビームの空間伝搬とフィルター

粒子とでは加速度およびその方向がずれ、これによる加速粒子ビームにずれが生じる。これを表紙グラフに示す。完全な中心軸にある電子とそこから離れた位置にある電子(カラー化)では軌道が変わりそのためよりいっそう速度ずれが大きくなる。この許容範囲を理論的にも実験的にもよく検討することが必要である。レーザー光が定在波であれば、より一定にすることができる。進行波加速と定在波加速の原理と類似している。また現実的には収束磁場で補正することは十分可能である。

■高出力・高繰り返しセラミックレーザー建設中

さて次に、加速器として繰り返しが問題となる。現在のレーザー技術の進歩からみると、近未来において加速器に要求される繰り返し率達成の可能性は高い。ファイバーレーザー発振器であればMHzの繰り返しはすでに得られており、原理的には100MHzが可能である。問題はこの先の増幅部である。熱の影響で繰り返しが上がられないため出力も制限される。レーザー結晶の大きなサイズのものが作れないためこの部分がネックに

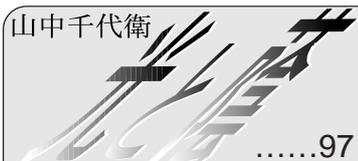
なっている。しかしセラミックで極めて高性能のレーザー母材ができたしており、これを用いれば近い将来繰り返し周波数や必要出力をクリアすることが可能であると期待できる。現在これに近いEUV用の高出力・高繰り返しセラミックレーザーが建設中である。

■レーザーベッセルビーム加速器で1TeVを得る

この方式によれば最終的には40~50kmの長さが必要とされる10TeV級加速器を1km長で作れる可能性がある。十分挑戦するに価値のある研究である。表紙図にTeV級加速器の概念設計例を示す。長さは約100mである。初期加速は通常のRF加速器で~400MeVのレベルに電子のエネルギーを上げる。これをレーザーベッセルビーム加速器で加速し最終的には1TeVを得る。このときのレーザーは1PWを想定している。

この方式はどこまで現実性があるかは不明で、いろいろな検討が必要である。より詳しくはHPに関連論文を掲載中である。ご意見をいただければ幸いである。

山中千代衛



また8月15日が巡ってきた

暑苦しい8月15日が蝉の声と共に巡ってきた。広島・長崎への原爆の投下、そしてお盆、終戦の日である。あの昭和の苦悩の年月も時代と共に遠い思い出になるうと

している。

当時のことを物心ついて覚えている人は最も若くて65歳である。従って今日第一線で働く人々は全く敗戦の日々を知らない。昨今の歴史教育から考えると新・旧日本人の心の断絶はまこと凄まじいものがあると言えよう。

アメリカは日本を7年の年月占領下においた。当時のGHQ(連合軍総司令部)のマックカーサーの威光は草木もなびくという有様、配下の第二級の軍人が日本の改造を計画したのである。財閥解体、戦犯裁判、好ましからざる(と見なした)人物の追放、教育改革と次々にマック指令が繰り返され、日本人の人々はイラクなどと全く異なって唯々諾々、占領されているのに進駐軍といたり、慈悲深いまるで救世主のような崇め方。日本人は島国育ち、初めての敗戦降伏、権謀術策で生存を窺う智慧も持ち合わさず、心底からのサレンダーだった。イノセントで世界知らず。やっぱり民族としての経験が不足していたのだ。

しかしアメリカの占領政策も日本のハード的基盤は改変できなかった。その後の日本の復興を見ればそのことは明瞭である。1980年代には、Japan as NO. 1という状況が出現し、Look the Eastが叫ばれた。でも1990年代旧日本人がいなくなると共にこれも崩壊した。それには見事な伏線が埋められていたからである。

ただ一つ米国の政策で成功したものがあつた。これが新教育の導入による日本人の改造だ。50年の教化が効を奏して今や日本のソフト的基盤の弱体化は見事に達成されたのである。かつての日本の教育の規範は儒教的ディシプリンが中心であった。武士道と言ってもいい。それがえせ民主化教育の下、個人主義は自己中心の思考に転化し、自由主義はまさにアナーキーに至らんとしている。改造教育を受けた人が現在主流を占めてしまったから、ちょっとやそつとで教育改正を企てることなど及びもつかない。その発想すらもはや日本人の心に浮かばない。教育の恐ろしさである。米国万歳。

次の50年本当の教育をやり直すとして、それまで日本は持ちこたえられるだろうか。教育こそ未来社会への唯一の投資なのだが。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

自由電子レーザー国際会議に参加

26th international free electron laser conference

レーザーエネルギー研究チーム 李大治

◆イタリアのトリエステで開催

自由電子レーザー国際会議は一年に一度開催され、今年は第26回目である。今回は Sincrotrone ELETTRA という研究所が主催し、場所はイタリアのトリエステであった。期間は8月29日から9月3日までの1週間で、約257名ほどの出席者があった。レーザー加速と線核変換発表のため標記会議に出張した。トリエステは海が近く、大阪よりちょっと涼しいと思う。

◆自由電子レーザーの研究成果が多数報告

本国際会議は大きく分けて「自由電子レーザー理論」、「自由電子レーザー実験」、「自由電子レーザーと加速器に関する新構想」、「自由電子レーザー応用」、「その他」のセッションで構成されている。口頭発表とポスター発表全部で約263件。本会議ではX線自由電子レーザーの理論、シミュレーション、技術、最先端の研究成果が多数報告された。

◆可視、紫外、真空紫外の発振に成功したSASE型のFELに注目

近年、真空紫外から軟X線、さらにはX線領域の高輝度放射光源としてSASE型(Self-Amplification of Spontaneous Emission)のFELが注目を集めている。この分野ではドイツ・ハンブルグ DESY 研究所の TESLA グループ、米国シカゴにあるアルゴンヌ国立研究所の LEUTL グループが先行しており、可視、紫外(LEUTL 380nm)、真空紫外(TESLA 80nm)の発振に成功している。今後、アメリカは Stanford 大学直線加速中心(SLAC)の大型加速器より、

X線自由電子レーザーを建造されていくと予想される。ドイツ・DESY、日本・SPRING 8、中国・高エネルギー物理所にも同様の計画がある。SASE型FELでは低エミッタンス、高密度の電子ビームを得ることが発振の絶対必要条件となっており、電子銃、加速器とビーム圧縮等いろいろな物理と技術が研究されている。一方、新構想、実験、理論、レーザー応用も報告された。レーザー加速やSmith-Purcell輻射やCompton散乱など、新実験結果と理論・シミュレーションの発表も盛んである。自由電子レーザーを用いた、化学、生物、医学方面の応用論文もたくさん発表された。

◆新構想ベッセルビームレーザー加速にも注目

われわれの二論文ベッセルビームレーザー加速とレーザーコンプトン散乱ガンマ線による核変換が注目を集めだしている。ベッセルビームレーザー加速は新構想であり、ベッセルビームの加速に寄与する位相部分だけを選んでビーム照射することができるフィルターを付加することにより、有効な加速が起こることを明らかにした。興味がある専門家と理論から実現可能性までいろいろな問題を討論した。レーザーコンプトン散乱ガンマ線より陽電子源を開発する意見もあった。将来はその実験を行うことを考えている様である。

来年の会議はアメリカの Stanford 大学で開催される。

【写真】国際会議場—イタリア、トリエステ(上)
ポスターセッションにおけるわれわれの発表(下)

