

## 6. 「高部の公式」と実験室宇宙物理(1995-2005)

1. 実験室宇宙物理国際会議(隔年の開始)(1996年)
2. 北京で集中講義(1997年8月) XT He, WY Zhang
3. 超強度レーザープラズマの物理(Varenna, Italy, 1997) 8/31ダイアナ事故死
4. ICPP: プラハ、核融合エネルギー研究でなく学術を(1997)
5. 水田「相対論的プラズマのコード開発」(1999)
6. APS Fellow (2000年) Bruce and Paul
7. 森田「宇宙のX線レーザーの可能性」(2001.5)
8. トリエステ学校(2001年10月)北原、吉田
9. 張傑(Zhang, Jie: 上海交通大学学長)との出会い。2002年12月
10. Edward Tellerメダル受賞(2003年)
11. 実験室宇宙物理・中国夏の学校(2004年8月) Feilu Wang
12. 数値天文台(2001, 2002, 2003) 星野、蜂巢、梅村、松元、富阪
13. 日本物理学会理事(2003-2008) 北原会長指名 国際化

1

## 大きな決断をし、世界に宣言した (1998年、研究者歴20年、45歳)

- ローゼンブルス教授にたきつけられた
- 世界の前で「学術路線」を宣言した
- 覚悟は既にあった
- モラレス教授に握手を求められる

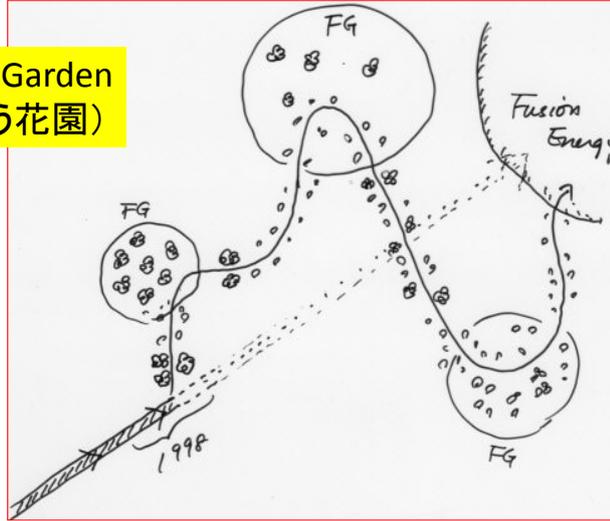


ローゼンブルス

2

## レーザー核融合研究のあるべき姿の個人的見解 (98年プラハでのICPP国際会議最終日パネルにて)

FG: Flower Garden  
(学術という花園)



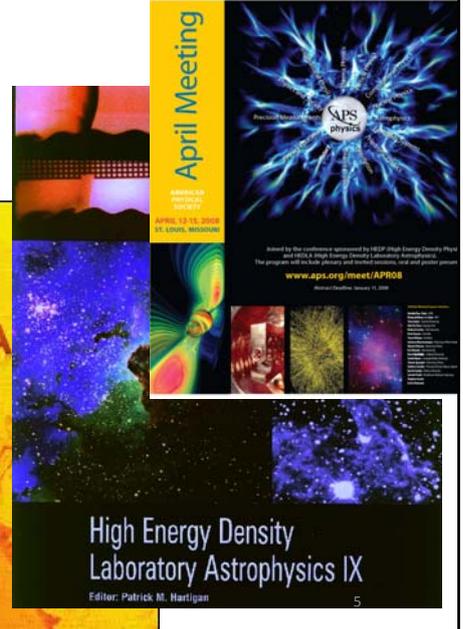
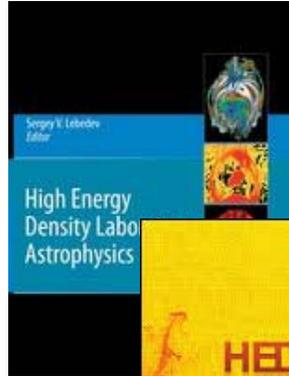
3

## 張傑との出会い(2002)、中国での実験室宇宙物理立ち上げ(2004)、AAPPS理事(2003-)



# International Conference on HED Laboratory Astrophysics

1996年に第1回



## 第2回のLab-Astro国際会議をTucsonで。朝日の辻さんが電話取材で記事に

享月 日 発行 月号 (夕刊)

第3種郵便物認可

1998年4月27日

### 米で開始 日本も準備

「プが、野本憲二東京大教授ら天文学者と準備を進めている。高野教授は「宇宙の現象を模擬するものは、理論の検証のためにも重要がある」と話す。今後は高エネルギーレーザーを使い、ブラックホールや宇宙のジェット、ガンマ線バーストなどの現象も実験できるようになるかもしれないという。

### 阪大など秋にも

米国では、核兵器用にレーザー核融合の研究を進めてきたローレンス・リバモア研究所が、会議を主催したアリゾナ大のテッド・アーネット博士らと実験を始めた。民生研究への転換が迫られる研究所に好評のテーマで、早速、宇宙物理学研究所センターの看板が掲げられた。日本では、高野教授が核融合研究

# 実験室で超新星

(ロンドン=辻篤子)

## レーザー核融合使い再現へ

きつかけは、一九八七年二月に現れた超新星一九八七a。観測で、爆発は従来考えられていたように同心円状に对称に広がっていったのではなく、内部の物質と外部の物質とが渦じり合って複雑な様相を呈していることがわかった。日本の超新星望遠鏡「きんもく」も、エクス線予想より早くと見え、強い重力によって、重い物質が中に落ち込んだり、内部の物質が押し出されたり、不均一な混ざり方をしているらしい。これが、レーザー核融合の研究を極まってきた「流体不安定」と呼ばれる現象に似ていた。レーザー核融合は、重水素三重水素でできた小さな燃料球にレーザーを当て、高温プラズマの圧力で燃料を圧縮し核融合を起こさせる。燃料を均一に圧縮した方がよいのだが、やはり外からの強い力によって、物質の不均一な混ざり起きる。その広がり約半分は十分の一ほど、エネルギーではさらにその三乗分の一という小さなものだが、流体のふるまいという点では驚わらぬ。



辻 篤子

下痢など  
中腸菌の芽  
胞に感染す  
一毒素分泌  
るが構造等  
ユイコク  
ループが頭  
等々



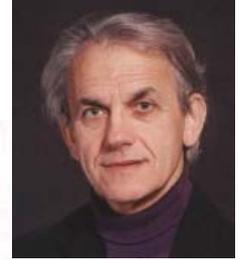
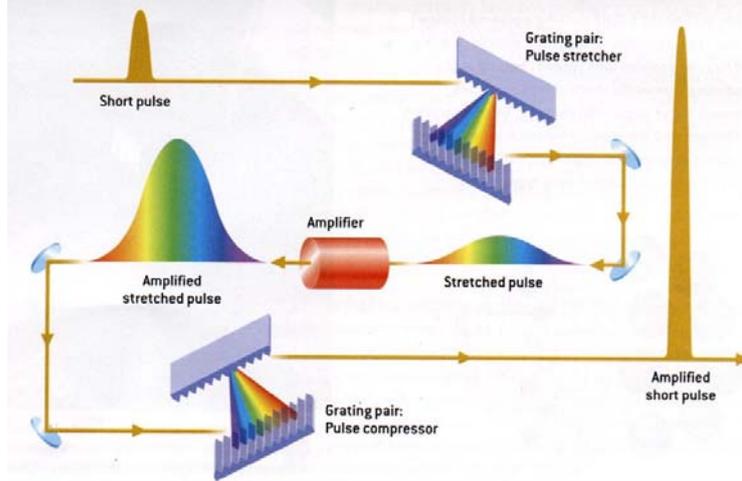
「ぼく大  
った」「不  
...東京  
ていた日本  
の年次大会  
連環爆発の  
欧州の原字  
相次いで失  
をした。開  
ない間に衣  
を改めて印  
フランス  
業者のクロ  
ル資源エネ  
ウラン管  
高騰を恐れ

# 超強度レーザーとプラズマの相互作用の物理

## 1997年8月、イタリア、バレンナ



1997年8月31日  
ダイアナ妃・パ  
リに死す



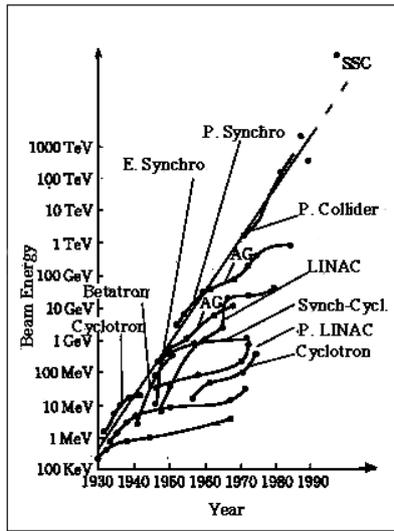
G. Mourou



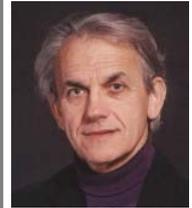
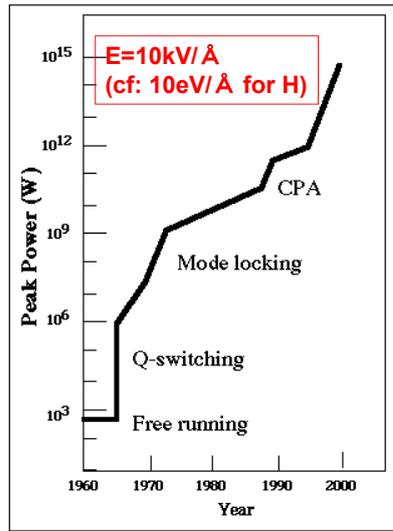
宅間 宏

レーザーの強度は、技術進歩と新アイデアでどんどん強くなる。さも加速器が歩んだ歴史をたどるように

(a) Accelerator



(b) Laser



## 新しい道 ( 教授懇談会配布 : 1999年 )

99.8.25

高部英明

今、レーザー核融合エネルギー研究は大きな曲がり角にさしかかっている。それは、1つの大きなポジティブな理由と、2つの小さなネガティブな理由による。

ポジティブな理由とは、「高強度レーザー科学」とでも表現できる極限物理を研究する新たな分野が生まれようとしていることである。核融合研究に牽引されてきた高強度レーザーが、CPA等の革新的アイデアも加わり、相対論的プラズマ、光核反応や輻射流体力学に代表される極限物理研究のツールと成長したことである。高強度レーザーの目を見張る成長により、レーザーは極限物理研究の「第2の加速器」とも形容できる状況になりつつある。

ネガティブな理由の第1は、「核融合エネルギーの開発」の緊急性がこの10年間に急に薄れてきたことである

ネガティブの理由の第2が、「NIFやLMJがweapon activitiesであること

確かに「核融合」の予算枠で研究費が出ているセンターで上記のような発言は**大きな賭**の要素があります。しかし、\*\*\*\*\*

9



Edward  
Tellerメダ  
ル受賞  
(2003年)



Edward Teller  
(Nuclear Physicist  
and Founder of  
LLNL)



10



近藤洋君逝去(1994年4月24日)

## 7. レーザー核物理など相対論プラズマの時代 (2000年～2008年)

1. 物理学会シンポジウム「レーザー核物理」(2001.3)
2. 陽電子生成論文(Nakashima-Takabe, 2002)
3. 米国・サンディエゴ、2ヶ月滞在: Mike and Tom(2002.8)
4. 「相対論的プラズマ物理学」特集(2002年)
5. アジア太平洋物理学会連合(AAPPS)理事(2003～2010) 土岐、中野
6. NSF審査委員(2004、2006) Lee Jameson
7. 中央公論記事(2005年5月号)立花隆
8. レーザー研全国共同利用(2006年)学術会議2回説明
9. 家族でドイツ・オーストリア(2003年)、スイス・イタリア(2005年)

Special Topic Article



# Laser Nuclear Physics

## 特集: レーザー核物理学

(Received 26 September 2001)

- Chapter 1. Preface (this one; H. Takabe)
- Chapter 2. Introduction to LNP (H. Takabe)
- Chapter 3. Nuclear Physics with Lasers (H. Yoneda)
- Chapter 4. Experiment of Nuclear Physics (T. Tamae)
- Chapter 5. Theory of Nuclear Physics (T. Sato)
- Chapter 6. Application of Nuclear Physics (Y. Ikeda)
- Chapter 7. Comments on Nucleus under Strong Laser Field (T. Yukawa)



湯川哲之 総研大(KEK)

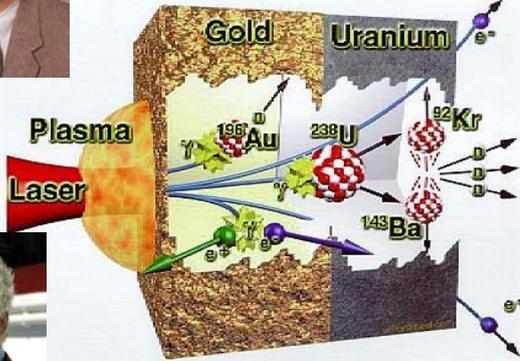
この小特集「レーザー核物理」を英文で発行することに決めました。そもそも、本小特集が企画された経緯はこの序文にありますように、2001年春の物理学年会(中央大学)で開催された合同シンポジウムが発端です。領域2(プラズマ物理・核融合、放電)と原子核理論・原子核実験の合同のシンポジウムとして開催されました。残念ながら参加者はそれほど多くはありませんでしたが、活発な議論が展開されました。レーザー・プラズマと核物理の学際的研究ですが、まだ、知名度も低く多くの人の関心には届かなかったようです。しかし、この研究は発展すると確信していることから、何とか記録を残したいと考え、本学会の小特集としてシンポジウムでの発表を再現してみました。当初は、日本語の原稿をお願いしたのですが、その後、欧米の研究者と話すなかで彼らが「レーザー核物理」に大変な興味を示したことから、英文とし、世界中の研究者に読んでいただくことにしました。核物理が専門でないと思われる「プラズマ・核融合学会」の会員の方にも読みやすくする目的で、筆者が全部の原稿を勉強し、予備知識を持ってもらうための「レーザー核物理入門」(第2章)を書かせていただきました。これは、全編の要約にもなっています。英文での小特集は初めての試みです。ご意見など編集委員会にお寄せいただければ、今後の企画の参考とさせていただきます。(高部英明)

# レーザーによる陽電子生成・プラズマ効果 (2002年)

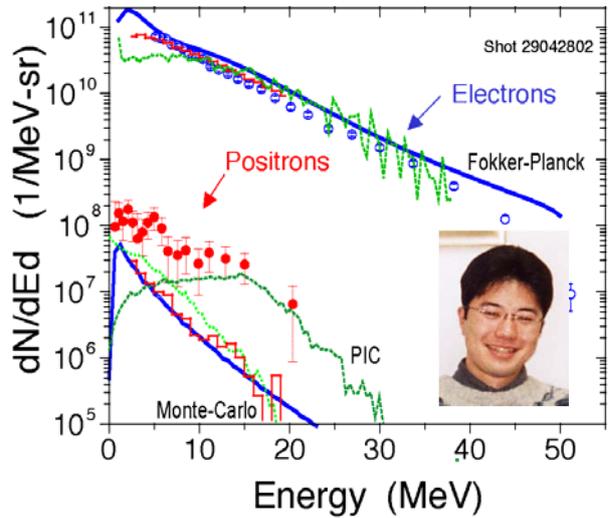
Nakashima & Takabe Phys. Plasmas 2002



Mikeに「共同研究を始めよう」と誘われて、中島君をGAに派遣



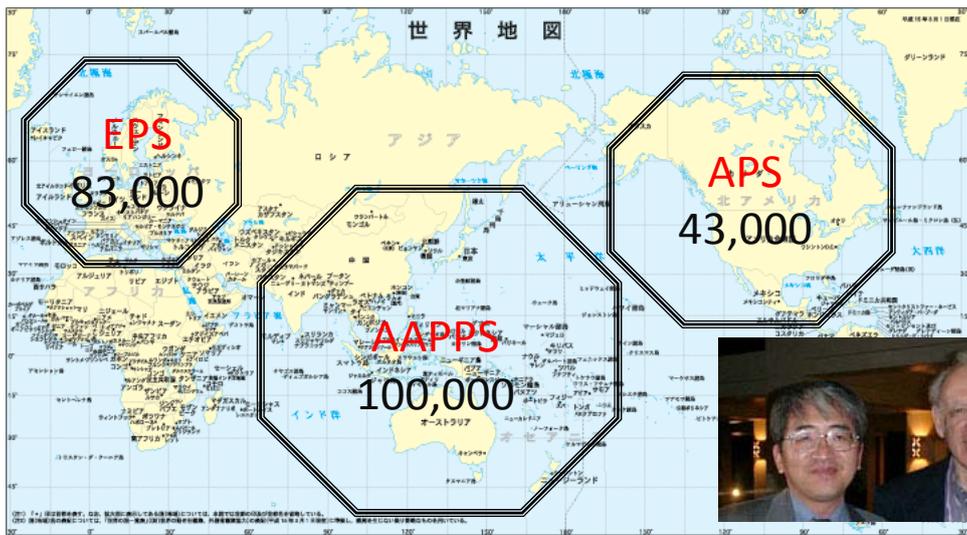
Tom



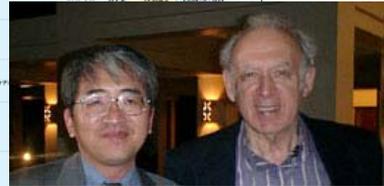


15

## The Globe is Getting Narrower



The numbers mean the total of individual members



フリードマン教授(1990年ノーベル賞)

2004.4.14 合意した全共の理念(レーザー研の新憲法に相当)



北原和夫



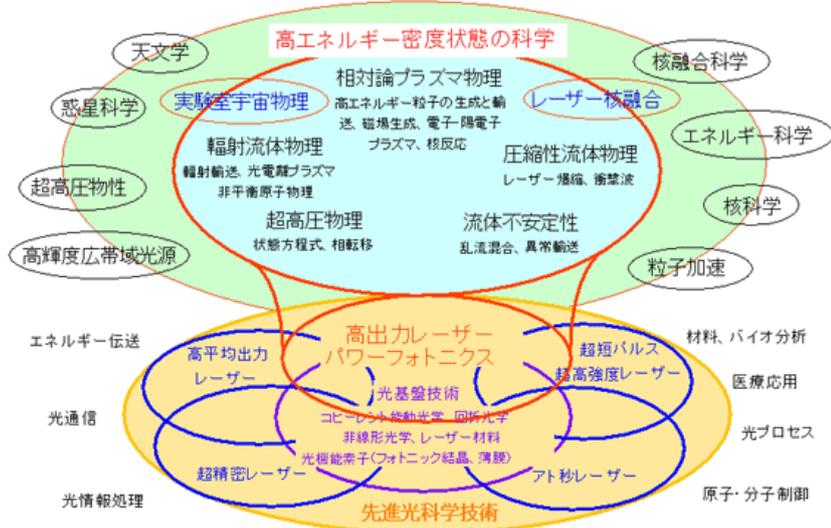
井沢靖和



江沢洋



三間 圀興



Monument Valley in 1981.



Monument Valley in 2002



子供を思い  
出の地に、  
20年後、連  
れて行く

Munich in 1980.



Munich in 2003.



## 8. 「宇宙線の起源」無衝突衝撃波の時代 (2008年～現在)

1. Weibel-mediated CLS (Kato-Takabe, 2008, 80回)
2. 坂和Gの無衝突衝撃波レーザー実験開始、坂和、蔵満、森田
3. 「光電離プラズマ」(Fujioka, Takabe et al., 2009、59回)
4. IUPAP-C20 CCP2012 at Kobe
5. 静電無衝突衝撃波論文: Kuramitsu et al., 2011, 68回
6. Science on NIF審査委員(2010-2013) 坂和PI
7. ACSEL-team(2010~) Hye-Sook Park et al.,
8. 山崎・松清・星野ら参入 (田中君)

19



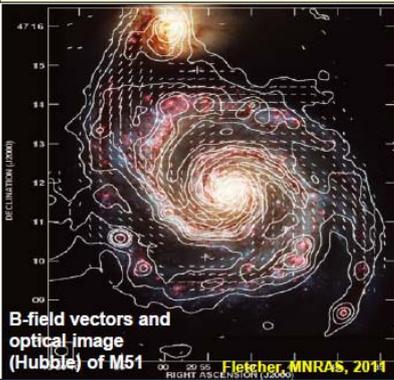
星野真弘



寺沢敏夫

**Astrophysical collisionless shocks are believed to be responsible for many astrophysical phenomenon**

**Generate and amplify magnetic fields**

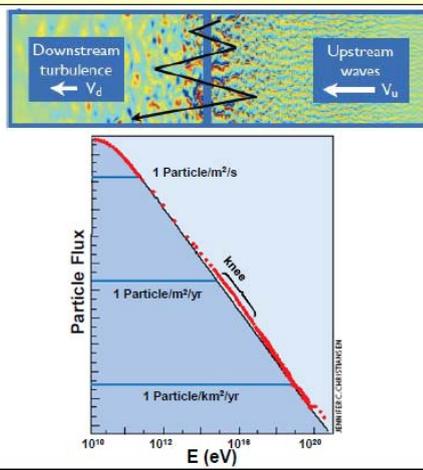


B-field vectors and optical image (Hubble) of M51  
Fletcher, MNRAS, 2014

- The universe is ubiquitously magnetized
- The origin and nature of the weak seed fields is unknown
- Collisionless shocks may be a possible mechanism

Neronov, Science (2010)  
Fletcher, MNRAS, (2011)

**Accelerate particles**



Downstream turbulence  $V_d$       Upstream waves  $V_u$

Particle Flux vs E (eV) plot showing a power-law distribution with a 'knee' at  $10^{15}$  eV.

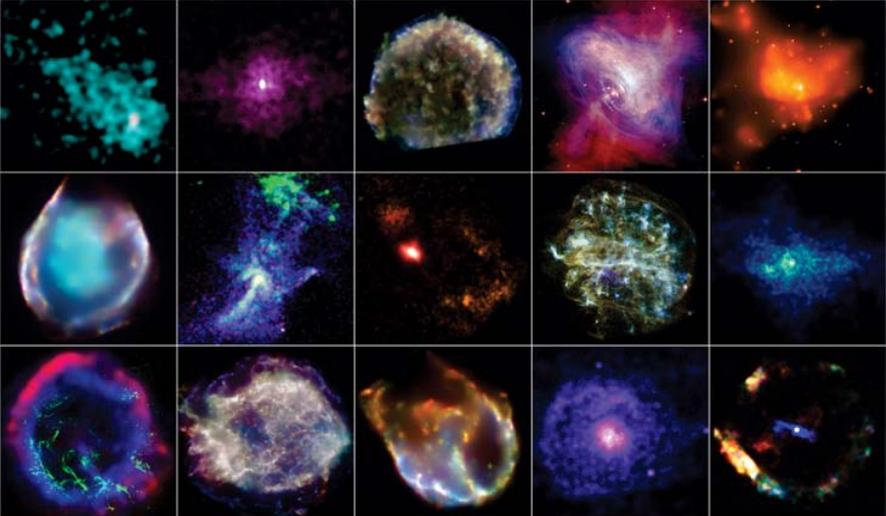
1 Particle/m<sup>2</sup>/s  
1 Particle/m<sup>2</sup>/yr  
1 Particle/km<sup>2</sup>/yr



- Collisionless shocks may be responsible for cosmic ray acceleration via rapidly evolving magnetic fields structures

R. Blandford, Physics Reports (1987) 20

# SUPERNOVAE



CHANDRA X-RAY OBSERVATORY

-3-



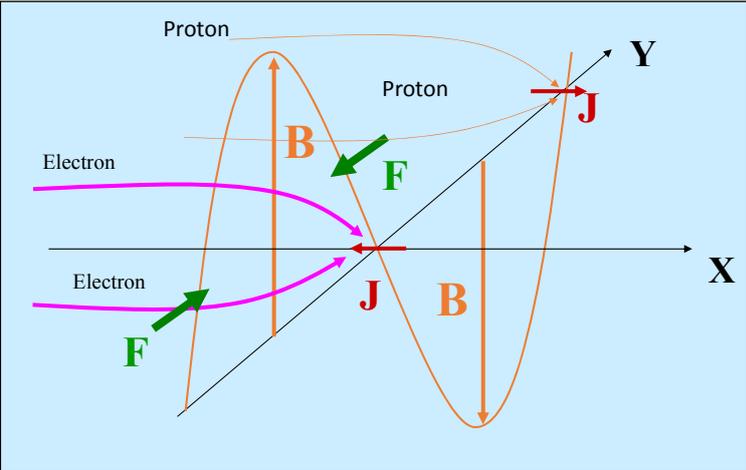




常深 博  
 北本俊二  
 小山勝二  
 山崎 了  
 内山泰伸

21

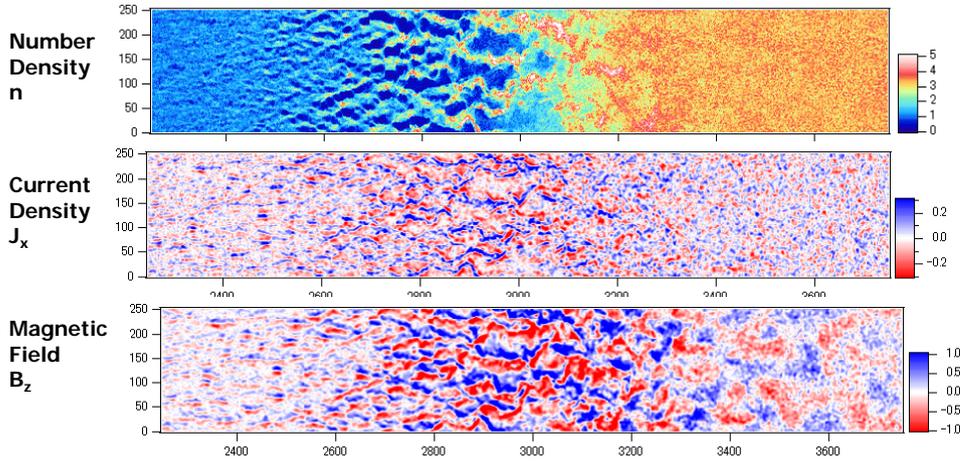
## ワイベール不安定性



ローレンツ力:  $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$

22      22

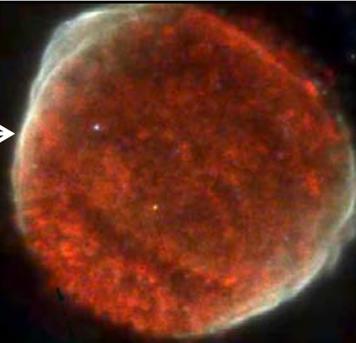
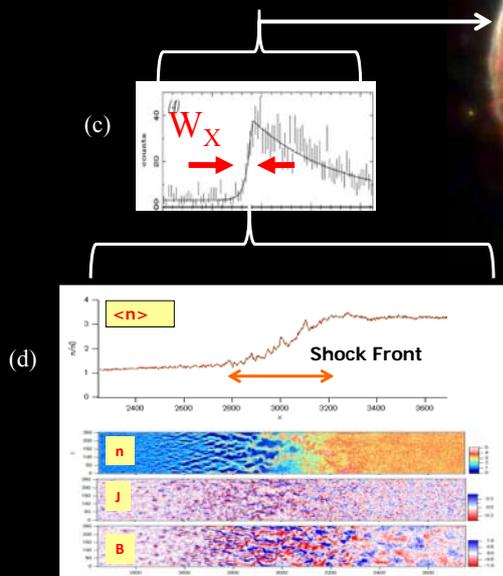
# 磁場乱流が衝撃波構造を支える(混沌と秩序)



加藤恒彦

TN Kato and H. Takabe, ApJ, 2008

## Laser Experiment on Astro-Shock and Cosmic-Rays



(b) SN1006 (X-ray image)

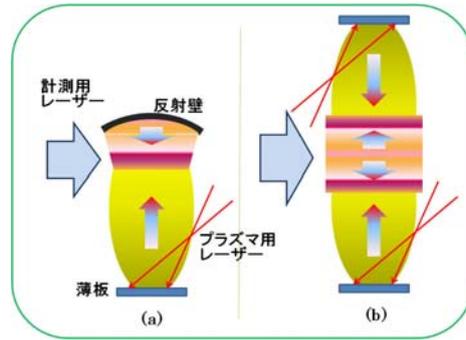
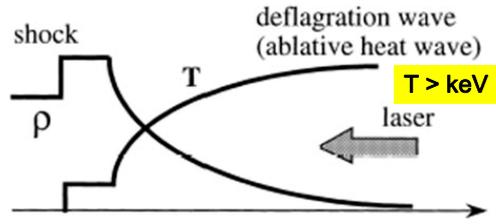


Chandra X-Ray Satellite

### 高速噴射プラズマの生成 (ロケットの原理との比較)



A Good Deflagration !  
Solid Rocket Boosters with 325,000 lbs of  
Aluminum dust



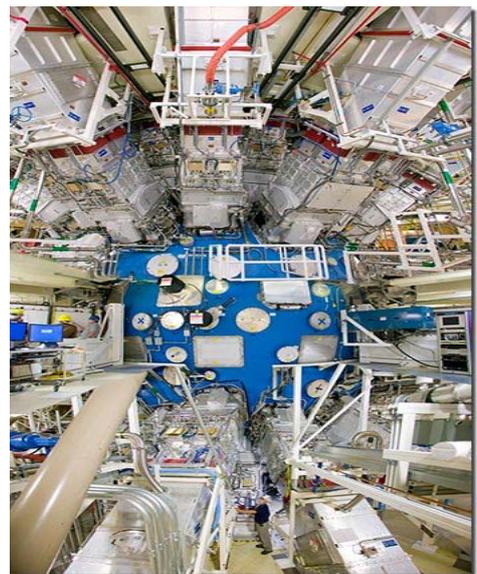
-9-

25

## National Ignition Facility (国立点火装置)



総工費：約4000億円(200×20)  
一日3ショット、1ショット：5000万円



$$\frac{1}{2}MV^2 = E_L = 1.8 \text{ [MJ]}$$

M=1000kg  
V=200km/h



Science on NIF Committee just after the Evaluation  
July 15, 2010 at LLNL



**超新星残骸の無衝突衝撃波模擬実験がNIF基礎実験として採択された**

The NIF Science Committee (R. Rosner, chair) reviewed 40 proposals for fundamental science at NIF on July 13-15, 2010



NIF審査会のスナップ。12名の審査委員(高部も委員)が国際電話やスカイプで申請者と質疑応答して評価



**ACSEL Lunch Meeting at the 10<sup>th</sup> HEDLA, Bordeaux, France, May 14, 2014**



## ACSEL プロジェクト 参加者名簿

日本

Osaka University (Japan):

Y. Sakawa, Y. Kuramitsu, T. Morita, H. Ide, K. Tsubouchi,  
Y. Yamaura, T. Ishikawa, T. Norimatsu, N. Ozaki, R. Kodama,  
A. Nishida, K. A. Tanaka, T. Sano, T. Moritaka, H. Takabe  
T. N. Kato; Y. Matsumoto

Hiroshima U; Chiba U (Japan) :

M. Hoshino, Y. Ono; T. Sugiyama

U. Tokyo (Japan); JAMSTEC (Japan) :

N. Ohnishi ; A. Mizuta; H. Yoneda, K. Nagamine

Tohoku U; KEK; U Elect. Comn (Japan) :

K. Tomita, K. Inoue, R. Shimoda, K. Uchino, S. Matsukiyo

Kyusyu University (Japan):

N. Woolsey, C. Gregory, J. Waug, R. Crowston

York University (UK):

G. Gregori, C. Murphy, A. Bell, H. Doyle, J. Meinecke

Oxford University(UK):

M. Koenig, A. Ravasio, A. Pelka, A. Diziere; B. Louprias

LULI (France); CEA (France) :

C. Michaut, P. Barroso

LUTH (France):

F. Miniati

ETH Zurich (Switzerland):

D. Yuan, Q. Dong, Y. Li; J. Zhong, K. Zhang, F. Wang

IOP (China) ; NAO (China) :

J. Zhang

Shanghai Jiao Tong University (China) :

LLNL (USA):

H-S. Park, D. Ryutov, B. Remington, S. Pollaine,

S. Ross, N. Kugland, C. Plechaty

Princeton University (USA):

A. Spitkovsky, L. Gargate, L. Sironi, H. Ji

LLE, Univ. of Rochester (USA):

D. Froula, J. Knauer, G. Fiskel

Rice University (USA):

E. Liang

University of Michigan (USA):

E. Rutter, M. Grosskopf, C. Kuranz, P. Drake

University of Nevada, Reno (USA):

R. Presura

欧州

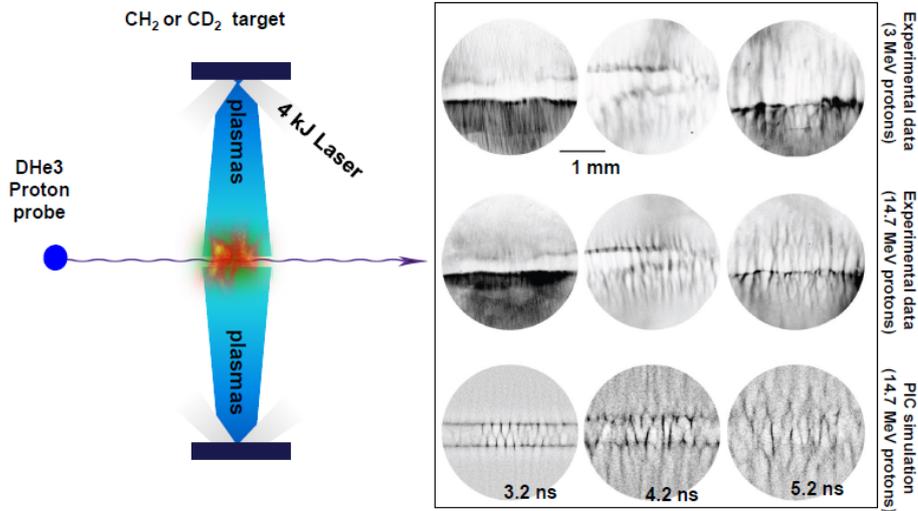
中国

米国

31

### Omega experiments observed clear Weibel filaments from high velocity counter-streaming plasmas using proton probes

C. M. Huntington et al, Nature Physics, Accepted, Oct 2014



Proton deflection difference at 3 MeV vs. 14.7 MeV indicate the structures are magnetic fields

11

32

-11-

米国の大規模レーザーによる無衝突衝撃波生成の  
国際共同実験結果が新聞発表された。

2012年10月8 読売新聞



「超新星爆発 衝撃波を再現  
阪大など、実験室内で」

巨大な星の最後である「超新星爆発」によって生じる衝撃波を、大型レーザー発生装置を利用して実験室内で再現することに、大阪大など日米欧の研究チームが成功した。謎の多い宇宙現象の解明につながる事が期待される。科学誌ネイチャー・フィジクスに発表された。

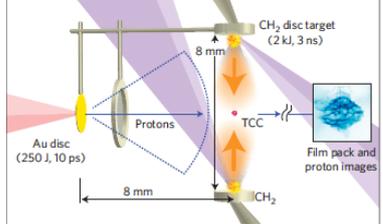
衝撃波は、超新星爆発でできる

粒子を加速させ宇宙線を生み出していると考えられているが、その生成過程や加速の仕組みはよくわかっていない。

阪大レーザーエネルギー学研究所センターの高部英明教授らは、8ミリの間隔で置いた2枚のプラスチック板に高出力レーザーを照射した。するとそれぞれの板から、超新星爆発での放出速度に近い毎秒

1000<sup>+</sup>の超高速プラズマ(電離ガス)ができ、超新星爆発の後に似た状態が再現された。プラズマの状態を計測した結果、対向するプラズマ流で生じた電磁場により衝撃波が発生することを確認した。

実験結果は、9月28日から本格稼働したスーパーコンピュータ「京」(神戸市)で詳しく解析する。



2012年10月4日 朝日新聞

超新星爆発が作る衝撃波をレーザー実験で再現することに、大阪大のほか米欧の大学が加わった研究チームが成功した。英科学誌ネイチャー・フィジクスに発表された。

寿命を迎えた恒星が爆発して、超新星は、秒速3000キロメートルでプラズマを噴き出す。この流れが宇宙空間に薄く分布するガスなどをつかき、丸い衝撃波の境界面ができる。

研究チームは、この現象を8ミリの間隔で置いたプラスチックに高出力レーザーを照射し、衝撃波が伝わる様子を観測した。

実験には、1年半ほどかかっていたが、実験では10億分の5秒で再現した。今後は衝撃波がどう振る舞うかを、理化学研究所のスーパーコンピュータ「京」(京大)で計算で調べるという。(小山雄樹)

阪大など、英科学誌に発表

実験で超新星の衝撃波が再現される様子。上下から噴き出されるプラズマの二つの流れがぶつかり、約10億分の5秒後にふたつの衝撃波が形成される(右側)＝大阪大提供

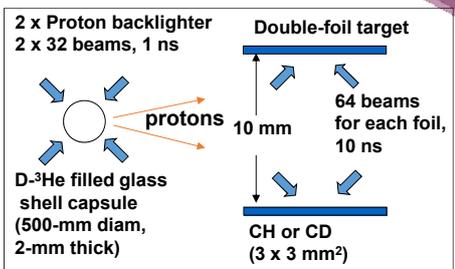
N. Kugland et al. Nature Physics (2012)

33

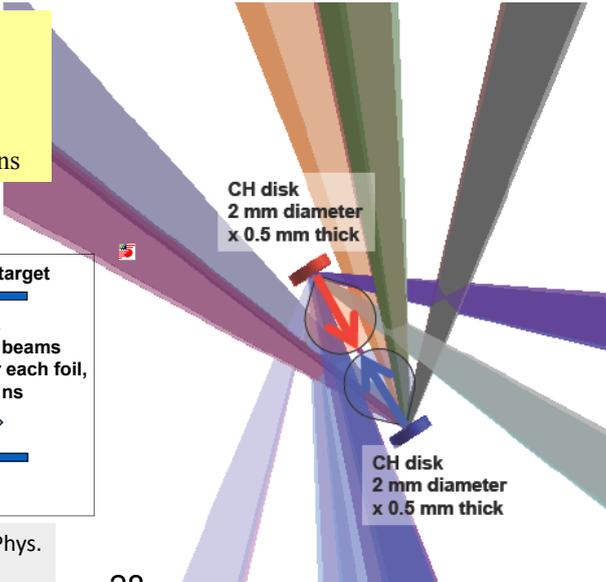
NIFを用いた無衝突衝撃波実験

**Drive beam**  
10 kJ / beam x 64 beams  
for each foil, 10 ns

**D-He<sup>3</sup> implosion beam**  
1.5 kJ / beam x 64 beams, 1 ns



Takabe, H. et al., 2008, Plasma Phys. Control. Fusion, 50 124057.



NIF experiment on Oct 22, 2014



国際純粋応用物理学  
 学会連合(IUPAP)主  
 催「計算物理学」国  
 際会議、2012年10月  
 神戸、参加400人。



35

er: K Computer, Kobe, Japan

## 9. 非線形QEDプラズマ、真空崩壊(2010~現在)

1. ECLIM-31 (2010.9)、KEK-PIF10 (2010.10)
2. ELI Project (G. Mourou et al.、ALPS, VALCUN-10PW)
3. A. Titov参画(2010~)
4. Proposals for Future: Starting from Inconvenient Truth after FUKUSHIMA(2011.11 at UCB and Chicago)
5. 欧州連合の戦略(高強度光科学の世界拠点)
6. Global-30(2010-2014) IPC Luca Baiotti
7. 2015年6月12日:母の死(享年90歳)
8. 2015年8月5日:「最終講義」
9. 2015年8月23日:ドレスデンへ飛ぶ
- 10.2015年9月30日:大阪大学早期退職

37

## EU decided to use €2B (2800億円) for ELI +3ELI-modules

ELI cost:  $\approx 800\text{M€}$

3 mod. cost:  $\approx 800\text{M€}$

World's most powerful laser will pull apart vacuum of space

1 The laser is used to create super laser

2 The laser creates a vacuum, creating each other in a way to be observed

3 Laser creates a vacuum of space that pulls apart particles, then to find they in a vacuum (space) in the vacuum

200PW ELI facility

ELI Hungary

ELI Nuclear Physics Romania

38

# Quantum Vacuum

*Heisenberg's  
Uncertainty Principle  
(1927)*

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{1}{2} \hbar$$

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{1}{2} \hbar$$

Electron and Positron

$$\Delta t = 10^{-21} \text{ s}$$

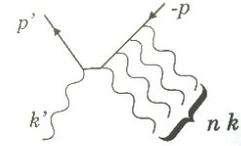
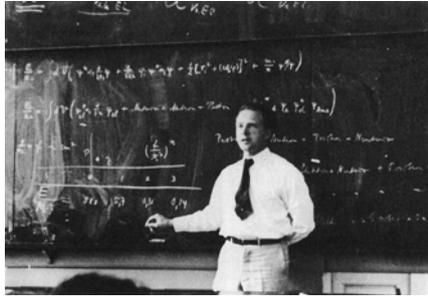
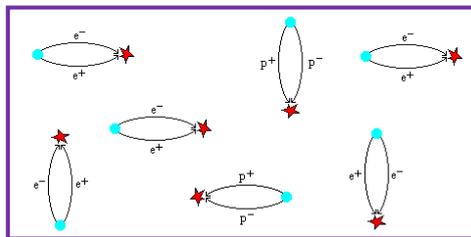


Fig. 3.60. Feynman graph describing pair production by the collision of one high-energy and  $n$  laser photons in perturbation theory



**E =**  
 **$1.3 \times 10^{16} \text{ V/cm}$**   
**I =**  
 **$4 \times 10^{29} \text{ W/cm}^2$**

39

## Sokolov Model for the Self-force

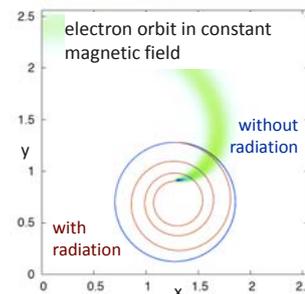
### (1) Equations of motion with radiation reaction

$$\frac{dp^\alpha}{d\tau} = \frac{e}{m_e c^2} F^{\alpha\beta} \frac{dx_\beta}{d\tau} - \frac{I_0 p^\alpha}{m c^2},$$

$$\frac{dx^\alpha}{d\tau} = c p^\alpha + \frac{\tau_0 f_{Le}^\alpha}{m_e}, \quad \tau_0 = \frac{2e^2}{3m_e c^3}.$$

Sokolov+, PoP (2011)

⇒ Particle motion with energy reduction rate I



### (2) Equations of motion + random walk model

- Event generator (total probability of emission / pair production)
- Additional photon / pair with theoretical spectrum

40

## Cascade Pair Production by Radiation Damping

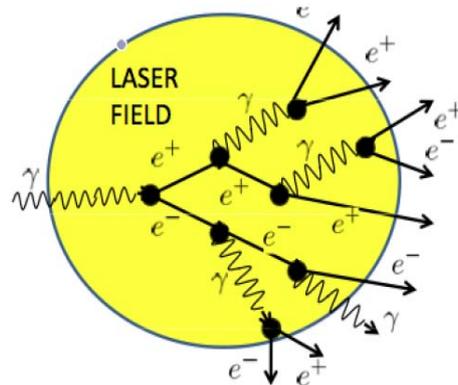
$$I_L > 10^{24} \text{ W / cm}^2$$

$$l = \frac{1}{n\sigma} = 5 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

$$\gamma = 1 + \frac{1}{2} a^2$$

$$a_0 = 10^3 \Rightarrow \gamma = 10^6$$

$$\hbar^2 \omega_1 \omega_2 = 4m^2 c^4 = (1\text{MeV})^2$$



41

## Joint Works with Titov (Sasha) on Non-linear QED Physics

1. **Laser pulse shape dependence of Compton scattering**  
A.I. Titova, Käämpfer, T. Shibata, A. Hosaka, and H. Takabe  
Submitted to Physical Review A, October 2013
2. **Breit-Wheeler process in very short electromagnetic pulses**  
AI Titov, B Kämpfer, H Takabe, A Hosaka  
Physical Review A 87 (4), 042106(2013)
3. **Enhanced Subthreshold e+ e- Production in Short Laser Pulses**  
AI Titov, H Takabe, B Kämpfer, A Hosaka  
Physical Review Letters 108 (24), 240406 (2012)
4. **Neutrino pair emission off electrons in a strong electromagnetic wave field**  
AI Titov, B Kämpfer, H Takabe, A Hosaka  
Physical Review D 83 (5), 053008(2011)
5. **Dimuon production by laser-wakefield accelerated electrons**  
AI Titov, B Kämpfer, H Takabe  
Physical Review Special Topics-Accelerators and Beams 12 (11), 111301(2009)



August, 2013 at JINR, Dubna

42

# Proposals for Future: Starting from Inconvenient Truth after FUKUSHIMA

Hideaki Takabe

Professor, Institute of Laser Energetics  
and Dep. of Physics, Osaka University, Japan  
Distinguished Guest Professor,  
Shanghai Jiao Tong University, China

(This is prepared for plenary talk at Chicago, November 4, 2011)

倫理は経済や技術より優先する  
 (「脱原発」を答申したドイツ原子力審議委員会)

**G30 国際物理特別コース(IPC)**

The International Physics Course at the Graduate School of Science, Osaka University. The International Physics Course at the Graduate School of Science of Osaka University ordinarily admits only those applicants who have completed an undergraduate major in Physics or the equivalent. In determining the advisability of a prospective graduate student, the IPC carefully considers transcripts of academic work, letters of recommendation, research experience, statement of purpose, and proficiency in English.

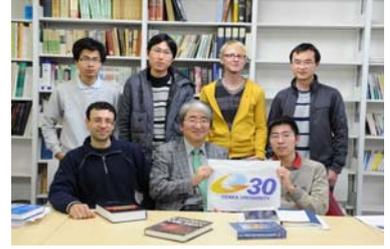
The International Physics Course at the Graduate School of Science of Osaka University ordinarily admits only those applicants who have completed an undergraduate major in Physics or the equivalent. In determining the advisability of a prospective graduate student, the IPC carefully considers transcripts of academic work, letters of recommendation, research experience, statement of purpose, and proficiency in English. The Graduate Program in Physics at the IPC is designed for those intending to pursue research leading to a PhD. A Master degree will be awarded to students who successfully complete the necessary coursework requirements and a Master thesis. The IPC faculty also all academic work, letters of recommendation, research experience, statement of purpose, and proficiency in English.

The International Physics Course at the Graduate School of Science International. The International Physics Course at the Graduate School of Science of Osaka University ordinarily admits only those applicants who have completed an undergraduate major in Physics or the equivalent. In determining the advisability of a prospective graduate student, the IPC carefully considers transcripts of academic work, letters of recommendation, research experience, statement of purpose, and proficiency in English. The Graduate Program in Physics at the IPC is designed for those intending to pursue research leading to a PhD. A Master degree will be awarded to students who successfully complete the necessary coursework requirements and a Master thesis. The IPC faculty also all academic work, letters of recommendation, research experience, statement of purpose, and proficiency in English.

Hideaki Takabe  
 Institute of Laser Energetics  
 Department of Physics  
 Graduate School of Science  
 Osaka University

Luca Bellotti  
 Institute of Laser Energetics  
 Department of Physics  
 Graduate School of Science  
 Osaka University

高部英明(2010-2014、コース長)  
 G30評価委員会 2015年3月5日



ルカ・バイオッティ

国際物理特別コース(IPC)



四十九日法要

7月29日が四十九日ですが、9人全員が集まれる日に、ということで25日(土)に営みました。





同僚、世界中の友人、学生など、私の人生を導いてくれた方々に、心から感謝しています。

