

我が研究者人生、ピンチこそチャンス

= 核融合、宇宙、学術 =

高部英明

[LeCosPA](#), National Taiwan University

【核融合科学研究所 (NIFS) のユニット構築セミナー (2021 年 6 月 16 日 (水) 13:15 - 14:30)、オンライン講演のために用意】

概要

吉田所長の依頼で、所員の皆さんが新しい学術展開を考える参考意見を話すことになりました。私は「メッセージは自分の具体的な経験を踏まえ、伝えたい概念を示さなければ説得力がない」と考えています。文章なども具体例を挙げながら書いてきました。概念だけでは空疎ですし、人の心に伝わりません。そこで、依頼の講演（お話）を表題のようにし、私の約40年強の研究人生のピンチを話し、どのようにチャンスに繋がったか話します。全てを紹介する時間はないのでピンチ2-3, 4-5, 8について、そのピンチをチャンスに変えた経験を話します。何も自慢するのではなく、特に若い方がピンチを感じた時の参考にして頂きたいのです。

最初のピンチ2-3は、ポスドクとしてミュンヘンとアリゾナにいた2年間（1980-1982）の経験です。マックス・プランクで理論研究をしましたが、私のボスが半年後に大学に栄転しました。私は一人となり、実験解析を依頼されました。しかし、理論の修行をもう少ししたい。そこで、レーザー核融合研究の中心、米国に移る行動を起こしました。1年後には米国アリゾナ大学へ。そこでも大変なピンチ。しかし、ボスの計らいで加わった別の研究で成果を上げることができました。

ピンチ4-5は、レーザー核融合の可能性を信じていた私に突き付けられた現実です。それは3つ。まず、爆縮実験を多数行った結果、爆縮の流体不安定・乱流混合が致命的であることが分かったこと。2つ目は、レーザー核融合が核保有国では核兵器研究として推進されている事実の確証を得たこと。3つ目は、もはや石油危機は去り核融合の魅力自信が薄れたこと。1990代のこの3つのピンチは、1987年に爆発した超新星1987Aの物理、乱流混合という1番目の課題がチャンスとなりました。そこから、実験室宇宙物理学という新しい学術分野を生み出すことができた。ピンチとチャンスのおかげです。

ピンチ8は、阪大の早期退職を決断した2014年までの部局との軋轢です。阪大レーザー研では石油危機で研究者になった団塊の世代の教授が過半数を占めていました。私もその一人です。2006年には全国共同利用となり、学術拠点に舵を切ったはずが、「人類のための核融合エネルギー研究こそ正義」が復活。「目的研究か学術研究か」の平行線の「不毛な議論」を5年ほど繰り返しました。その結果、私

は部局を去る決意をしました。ピンチがあればチャンスあり。幸い、ドイツの友人が厚遇で受け入れてくれました。

ドイツでは念願の英文教科書を書くチャンスに恵まれました。全3巻（最後のページに目次掲載）。第1巻は2020年に刊行。第2, 3巻は執筆中です（何とか、来年中に両方刊行したい）。ドイツで教科書を書きながら感じたのは、最先端の教科書のない中（機密研究が多々あるため、特に米国研究者は教科書を書きたがらない）、部局で研究の方向性の議論を繰り返したことの反省です。ドイツで良き環境を得、念願の教科書執筆開始。「人生すべからく塞翁が馬」です。なお、台湾で書き続けようと思いましたが、新しい勉強と研究が忙しい。何としても書き上げたい。

さて、地球生命の進化論、興味のある方も多いと思います。数十億年の生物の進化もピンチとチャンスの連続です。例えば、大海の大型魚類から逃れ、浅瀬に生息するようになった魚は、エラ呼吸だけでは難しい。すると、進化して肺ができて、陸上で生活ができるようになる。両生類の誕生です。その後もどんどん進化し、大きな脳を持つ人類が生まれます。進化とはピンチをチャンスに生かす生き物の物語ではないでしょうか。

研究者には常に進化が求められます。一つのテーマを象牙の塔で研究できた良き時代と異なり、グローバル化が否応なく進む今日。外的な変化が貴方に否応なしの進化を求めてきます。新型ウイルスというピンチはオンライン会議という新しい研究の進め方の有効性を証明しました。それを研究にどう生かせるか。5G通信の時代になれば、世界はすぐそこになります。私が台湾から講演できるのもそのお陰です。この便利さを有効に生かすことが求められます。貴方はどうするか。価値観は個々人で異なりますが、私は情報を集め楽しみながら、変化をどう取り込むか考えながら研究者人生を送っています。

吉田新所長の方針である研究のパラダイム・シフトは一部の方にはピンチです。しかし、それをチャンスと変える貴方の能力が問われます。進化が求められているのです。私の具体的な経験談を貴方なりに解釈し、新しいパラダイムへの参考にさせていただければ幸いです。

なお、最後に簡単に、NIFSの新たな研究ユニットのテーマとして大きく2つのテーマを個人的に提案させていただきます（付録1）。1つは、世界中で研究されているレーザー・プラズマ加速の発展した課題です。これは付録1に書いたように3つの新たな研究テーマを含んでいます。その3つ目は私が台湾で始めた研究です（付録2）。もう1つはクオーク・グルーオン・プラズマの運動論的研究です。論文は擬似電磁場のワイベール不安定です。プラズマのワイベール不安定から磁場乱流と類似の物理が議論されています。先日、QGP理論の専門家、理研の初田さんとオンラインで研究の可能性を議論しました。またの機会があれば、詳しく提案したいと思います。

最後に、過去に書いた記事3つを別のPDFで配布させていただきます。朝日新聞のweb誌に掲載していた記事です。本講演の背景である私の価値観がご理解できるかと思えます。

私の研究者人生年表

- 1971 : 大阪大学・工学部・電気工学科入学
1972 : 大学バリエード封鎖 (1/9-9/1) ピンチ?
1973 : 第1次石油危機 (第4次中東戦争)
1974 : 山中研究室 (レーザー核融合)
1977 : 理論修行、名大物理・プラズマ研へ (2年間) ピンチ1
1979 : 第2次石油危機 (イラン・イラク戦争)
1980 : 西ドイツ・マックスプランク・プラズマ物理研究所・ポスドク、ピンチ2
1981 : 米国アリゾナ大学・ポスドク (Takabe formula)、ピンチ3
1983 : 阪大・激高 XII 号完成
1985 : 爆縮コード開発開始、計算科学開始
1986 : 中性子 1 兆個達成、流体不安定がカギ ピンチ4
1987 : 超新星 1987A 爆発、宇宙物理研究を開始、流体不安定がカギ
1988 : 爆縮データ解析論文、乱流混合が致命的
1992 : ソ連崩壊 (91-12-15)、ロシア核兵器研究所 (C-70) 第1回国際会議、ピンチ5
1992 : 「実験室宇宙物理」分野創生提唱
1994 : 米国リバモア研で実験開始
1996 : 包括的核実験禁止条約 (CTBT)、科学を基礎とした核兵器の維持管理 (SBSS)
1996 : 実験室宇宙物理の国際会議開始
1997 : 自律神経がおかしくなる。体調すぐれず入院 ピンチ 「いい加減」な生活へ (医者)
1998 : ICPP, Prague にて学術路線を宣言、「学術という名の花園」
2001 : 省庁統合 (1/6) 文部省と科学技術庁が文部科学省へ
2001 : ITER 誘致議論、臨時核融合ネットワーク委員会会合 (名古屋、1/13-14)、ピンチ6
2003 : 阪大「量子科学研究所」構想。
2004 : 国立大学法人・大阪大学
2006 : レーザー研・全国共同利用研究施設「核融合」から「エネルギー学」へ
2008 : 新センター長 (~2016)
2008 : 学術大型プロ、マスタープラン (学術会議)、ロードマップ (文科省) 発足、ピンチ7
2008 : 流体物理からプラズマ運動論の物理へ、無衝突衝撃波実験の提案
2009 : 米国 LLNL の National Ignition Facility (NIF) 実験開始
2010 : 無衝突衝撃波実験の国際プロジェクト開始
2011 : 東北大震災、福島原発事故
2014 : 早期退職決断 (4月)、ピンチ8
2015 : ドイツ・ヘルムホルツ機構ドレスデンに再就職 (9月)
2016 : 「NIF 点火せず」、DOE が結果公表。

2016: Springer、英文教科書3巻執筆開始(1巻刊行、2020)

2017: レーザー研が「レーザー科学研究所」に(新所長)

2020: ドイツを去る(8月)、**ピンチ9**

2021: 国立台湾大学にて量子宇宙物理開始(1月)、実験室宇宙論の始まり?

付録1 ユニット構築への提案

1 相対論的ビームによる非線形プラズマ波動と荷電粒子の相互作用の研究

1.1 ハイブリッド・レーザー・プラズマ加速の物理 [1]

1.2 相対論的非線形電磁場による宇宙線加速の物理 [2]

1.3 加速プラズマ鏡による真空からのホーキング放射の物理 [3]

2 Quark-Gluon-Plasma (QGP)

2.1 運動論的QGPの非平衡物理の理論・シミュレーション研究 [4]

References

- [1] T. Kurz et al., *Demonstration of a compact plasma accelerator powered by laser-accelerated electron beams*, NATURE COMMUNICATIONS | (2021) 12:2895 | <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23000-7>
- [2] H. Takabe, in Chapter 9, *The physics of laser plasmas and applications* (Springer, 2020); <https://www.springer.com/gp/book/9783030496128>
- [3] See the abstract below.
- [4] Michael Strickland, *The Chromo-Weibel Instability*, Brazilian Journal of Physics, vol. 37, no. 2C, June, (2007).

付録2 台湾での研究概要

Hawking radiation from true and analog black holes
= Grasping physics intuitively and
thinking about analog black hole experiments with ultra-intense lasers =

Takabe, Hideaki (Aki)

Visiting Chair Professor, [LeCosPA](#) (Leung Center for Cosmology and Particle Astrophysics) and
Dep. Physics, National Taiwan University (NTU),

(This is prepared for an online talk for ELI-NP, Romania, June 14 Monday, 10am (3pm, tw) ,2021)

I started my new research regarding the quantum field theory in curved space-time [1] here at LeCosPa, NTU, Taiwan in January. It is to verify Hawking radiation from black holes using accelerating plasma mirror induced by ultra-intense laser as analog black holes proposed by Chen and Mourou [2,3]. This project is called “AnaBHEL” (Analog Black Hole Evaporation via Lasers). The Hawking radiation is generated via excitation of quantum vacuum fluctuation due to an extremely strong gravitational force at the event horizon of black holes [4]. This is also regarded as the phase transition of vacuum, which is a core concept of creation of particles (matters) in the big bang cosmology [5]. This concept is also related to dynamical Casimir effect (DCE) and has been already applied to nano-technology devices [6].

Based on the equivalence principle, the inertial force to a frame being accelerated with acceleration α works as an effective gravity. If we can accelerate the flying plasma mirror with extremely large α , the vacuum is excited in this flying frame to be full of Hawking radiation. Vacuum excitation in an accelerating frame is called Unruh radiation [7]. AnaBHEL project aims at detecting this infrared Planckian radiation by separating a lot of plasma noise radiation in laboratory. The anticipated radiation noise is also evaluated theoretically. We assume that a statistical analysis is demanded with accumulation of more than 1000 shots data.

In my talk, I would like to explain all physics intuitively mainly with use of the uncertain principle. I would like to give the image on why the vacuum is excited and energy is created in the curved space-time. In general, Hawking radiation has been derived by use of complicated mathematics as Hawking showed [8], while I derive Hawking radiation temperature intuitively as analogy of the vacuum breakdown and pair creation by Schwinger field [9]. I use only *classical and quantum mechanics of undergraduate level* in my talk.

Finally, I would like to discuss why analog Hawking radiation can be detected and how we can verify the vacuum phase transition in laboratory. Before my talk, I recommend you to watch 16 min. video on Hawking radiation at YouTube [10], which was very useful for me to obtain the image of physics. Enjoy a very fundamental physics with me.

References

- [1] N.D. Birrell and P.C.W Davies, *Quantum Field in Curved Space* (Cambridge University Press, 1982).
- [2] P. Chen and G. Mourou, *Accelerating plasma mirrors to investigate the black hole information loss paradox*, Phys. Rev. Lett. 118, 045001 (2017);
- [3] P. Chen and G. Mourou, *Trajectory of a flying plasma mirror traversing a target with density gradient*, Phys. Plasmas 27, 123106 (2020).
- [4] S. W. Hawking, *Black hole explosions ?*, Nature 248, 30–31 (1974)
- [5] L. Parker, *Particle creation and particle number in an expanding universe*, J. Phys. A: Math. Theor. 45, 374023 (2012)
- [6] Tao Gong et al., *Recent progress in engineering the Casimir effect – applications to nanophotonics, nanomechanics, and chemistry*, Nanophotonics, 10(1): 523–536, (2021)
- [7] W. G. Unruh, *Notes on black-hole evaporation*, Phys. Rev. D 14, 870 (1976).
- [8] S. W. Hawking, *Particle Creation by Black Holes*, Commun. math. Phys. 43, 199 (1975).
- [9] A. R. Bell and J. G. Kirk, *Possibility of Prolific Pair Production with High-Power Lasers*, Phys. Rev. Letts. 101, 200403 (2008)
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=isezfMo8kWQ&t=50s>

The Physics of Laser Plasma and its Applications

Hideaki Takabe

(Springer-Nature publisher)

Volume -1 Physics of Laser Matter Interaction

(400 pages)

1. Introduction
2. Laser absorption by Coulomb collision
3. Absorption of ultra-short pulse and collisionless processes
4. Nonlinear laser-plasma interactions
5. Relativistic laser electron interactions
6. Relativistic laser propagation in plasmas
7. Relativistic laser and solid target interactions
8. Stochastic electron heating by relativistic lasers
9. Theory of stochasticity and chaos of electrons in relativistic lasers

Volume -2 Hydrodynamics of Laser Produced Plasmas

(500 pages)

10. Introduction
11. Fluid model of laser-produced plasmas
12. Atomic process in laser plasmas
13. Energy transport in laser plasma
14. One-dimensional Hydrodynamics
15. Plasmas in non-ideal high-density states
16. Laser fusion ICF and integrated codes
17. Multi-dimensional hydrodynamics and magnetic fields
18. Hydrodynamic instabilities in laboratory and Universe
19. Turbulence and turbulent mixing in compressible fluids
20. X-ray from laser plasmas for applications

Volume -3 Particle and Kinetic Physics in Laser Plasmas

(400 pages)

21. Introduction
22. Plasma instability and magnetic field generation
23. Kinetic theory and plasma turbulence
24. Collisionless shocks and magnetic turbulence
25. Cosmic-ray generation and stochastic acceleration
26. Wake field acceleration of electrons by ultra-intense lasers
27. Ion acceleration by relativistic lasers
28. Nuclear physics with gamma-rays
29. Vacuum breakdown and anti-matter production by relativistic lasers
30. Hawking radiation and laboratory cosmology