

## 2011年度 仁科記念賞 受賞者一覧

2011年12月6日

公益財団法人仁科記念財団

2011年度の仁科記念賞は次の方々に贈られます。

受賞者： 秋葉 康之 氏 Yasuyuki Akiba

(理化学研究所仁科加速器研究センター・理研BNL研究  
センター実験研究グループリーダー：東京都出身、52歳)

受賞者業績：

「衝突型重イオン反応の諸研究、特にレプトン対生成による  
高温相の検証」

受賞者： 藤澤 彰英 氏 Akihide Fujisawa

(九州大学応用力学研究所 教授：北海道出身、50歳)

居田 克巳 氏 Katsumi Ida

(核融合科学研究所 教授：大阪府出身、54歳)

受賞者業績：

「高温プラズマにおける自発電磁場の実験的検証」

## 2011年度 仁科記念賞 受賞者

受賞者： 秋葉 康之 氏 Yasuyuki Akiba

(理化学研究所仁科加速器研究センター・理研BNL研究  
センター実験研究グループリーダー：東京都出身、52歳)

受賞者業績：

「衝突型重イオン反応の諸研究、特にレプトン対生成による  
高温相の検証」

“Researches at Heavy Ion Collider, in particular, on Lepton-Pair  
Production”

業績要旨：

秋葉康之氏は、米国ブルックヘブン研究所 (BNL) の衝突型重イオン加速器 (RHIC) ・  
PHENIX 実験グループの副スポークスマンとして、重イオン衝突で作られる高温高密度  
物質の性質の解明に繋がるいくつかの重要な発見を行った。グループは、高温のハド  
ロン物質が事前に全く予想しなかった完全流体に近い液体状になっていることを発見  
した。

さらに秋葉氏が主導したレプトン対の測定装置を用いて、不変質量分布を利用した  
独創的な手法により、初めて初期状態の温度測定に成功し、クォーク・グルーオン  
プラズマが生成されているという傍証を得た。



**学歴:**

- 1982 年 東京大学理学部物理学科 卒業
- 1984 年 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻・修士課程修了
- 1988 年 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻・博士課程修了 理学博士

**職歴:**

- 1987 年 日本学術振興会特別研究員 (DC)
- 1988 年 東京大学原子核研究所・助手
- 1997 年 高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所・助手
- 2003 年 理化学研究所・副主任研究員
- 2008 年 理化学研究所仁科加速器研究センター・副主任研究員  
兼 理研BNL 研究センター実験研究グループリーダー

(その他の経歴)

- 2004 年 米国ブルックヘブン国立研究所 (BNL) RHIC 加速器・PHENIX 実験の副実験  
代表者

## 授賞理由：

秋葉康之氏は、米国ブルックヘブン研究所の衝突型重イオン加速器（RHIC）において、二大実験グループの一つである PHENIX 実験グループの副スポークスマンとして、重イオン衝突で作られる高温高密度物質の性質の解明に繋がるいくつかの重要な発見を行った。

最初に、RHIC で生成された高温高密度物質中から放出される高い運動量を持つハドロン集団（ジェット）のエネルギー損失や、楕円型フローと呼ばれる粒子生成分布の非対称性が大きいという観測により、この物質が気体状ではなく液体状であり、しかも完全流体に近い特殊な液体になっていることを発見した。この実験以前には、ほとんどの研究者が気体状のクォーク・グルーオンプラズマが生成されることを予想していたため、この発見は大きな驚きであり広範囲からの注目を集めた。また、すべての観測を総合した結果、この物質はクォークやグルーオンなどの陽子や中性子を構成する粒子（パートン）の集まりであることが分かり、いわゆる、クォーク・グルーオンプラズマ状態であることの傍証を得た。秋葉氏はこの 500 名規模の実験グループの副スポークスマンとして、これらの発見に関わる 100 ページの総合報告論文（文献 1）の執筆委員長を務め、名実ともに主導的役割を果たした。

一方、高エネルギー重イオン衝突後にできた高温高密度物質から直接放出される光子や電子・陽電子対は、ハドロンとは異なり物質内部での相互作用が弱く、攪乱されずに観測されるため、より初期の高温状態を反映していると考えられる。しかし、重イオン反応の場合、他の様々な要因で生じる光子や電子対によるバックグラウンドが大きく、高温高密度物質のシグナルを選びだすのは大変難しい。秋葉氏は、PHENIX グループにおける電子・陽電子対の測定器の建設および測定を主導して多くの成果を得た。特に、電子対の不変質量がゼロの極限を取ると、それは、まさに非常に熱せら

れた状態から直接出てくる光子のシグナルを見ていることになることに着目した独創的な測定法を用いて、放出された光子が示す温度の測定に成功した。得られた温度は 220 MeV で、格子ゲージ理論などから予想されるクォーク・グルーオンプラズマ状態への転移温度とされる 170–190 MeV をはるかに越えており、温度の高い初期状態を捉えたものとして注目されている（文献 2）。この研究は、秋葉氏がまさに中心となって行われたものである。

さらにこの測定では、電子対の不変質量が 300 - 600 MeV の領域に説明のつかない山が見えていて、新しい理論の契機として期待されている。また、チャームやボトムと呼ばれる重いクォークの高温高密度物質中での性質を解明するために、秋葉氏らは単電子測定を用いる測定法を考案・確立した。その測定では、予想されなかった大きなエネルギー損失や楕円型フローがみられ、重いクォークの物質中での振る舞いの見直しを迫られるなど、その後も革新的な発見が続いている。

RHIC において PHENIX 実験グループがもたらした成果は質、量ともに抜きんできて目覚ましく、Physical Review Letters 誌に 10 年間で 50 編以上の論文を発表している。特に、このグループで日本人研究者が果たした役割は非常に大きく、その中でも秋葉康之氏は継続的に主導的役割を果たしてきた。400 人以上からなるグループを率いて実験を遂行、成果をまとめてきた秋葉氏の功績は非常に大きい。

#### 文献：

- 1) K. Adcox, et al., “Formation of dense partonic matter in relativistic nucleus-nucleus collisions at RHIC: Experimental evaluation by the PHENIX collaboration”, Nucl. Phys. **A757** (2005) 184-283.
- 2) A. Adare, et al., “Enhanced production of direct photons in Au+Au collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=200$  GeV and implications for the initial temperature”, Phys. Rev. Lett. **104** (2010) 132301.

受賞者： 藤澤 彰英 氏 Akihide Fujisawa

(九州大学応用力学研究所 教授：北海道出身、50歳)

居田 克巳 氏 Katsumi Ida

(核融合科学研究所 教授：大阪府出身、54歳)

受賞者業績：

「高温プラズマにおける自発電磁場の実験的検証」

“Experimental identification of intrinsic electromagnetic-field structures in high-temperature plasmas”

業績要旨：

藤澤彰英、居田克巳の両氏は、高温磁場閉じ込めプラズマにおいて、自発的に形成される巨視的・メゾスケールの電磁場構造（自発流、自発電場界面、帯状流、帯状磁場等）を世界に先駆けて次々と実験で観測し、電磁場構造が微視的乱流から形成される機構を実証した。プラズマ乱流にかかわる輸送と非線形相互作用の解明に決定的進歩をもたらした。微視的熱乱流が大域的磁場を形成する、乱流ダイナモ仮説の素過程の一つも実証した。これらは、プラズマ物理学の新しい研究領域を開拓する傑出した業績である。核融合実験炉のコスト減や信頼性向上につながる等核融合研究にも多大な貢献をした。

[ 藤澤 彰英 氏 ]



**学歴:**

- 1985年 東京大学理学部物理学科 卒業
- 1987年 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻・修士課程修了
- 1990年 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻・博士課程修了 理学博士

**職歴:**

- 1990年 学術振興会特別研究員 (東京大学理学部物理 宮本研究室)
- 1990年 核融合科学研究所・助手
- 1994年 文部省在外研究員 (テキサス大学 オースチン校)
- 1998年 核融合科学研究所・助教授
- 2007年 職名変更により核融合科学研究所・准教授
- 2009年 九州大学応用力学研究所・教授

[ 居田 克巳 氏 ]



**学歴:**

- 1980年 東京大学理学部物理学科 卒業
- 1982年 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻・修士課程修了
- 1984年 米国プリンストン大学プラズマ物理研究所へ留学
- 1985年 米国プリンストン大学プラズマ物理研究所から帰国
- 1986年 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻・博士課程修了 理学博士

**職歴:**

- 1986年 名古屋大学プラズマ研究所・助手
- 1991年 英国合同ヨーロッパトーラス研究所（文部省在外研究員）
- 1992年 核融合科学研究所大型ヘリカル研究部開発研究系・助教授
- 2001年 核融合科学研究所大型ヘリカル研究部開発研究系・教授
- 2010年 （改組により）ヘリカル研究部高温プラズマ物理研究系・教授

## 授賞理由：

強い磁場で閉じ込められた超高温のプラズマの輸送や閉じ込め特性を支配するのは乱流である。プラズマ乱流は核融合発電にとって重要な課題である。宇宙天体においても高温磁化プラズマが広く観測されており、プラズマ乱流と乱流による輸送が、変化と発展に大きな影響を与えている。核融合燃焼プラズマの実現、自然界のプラズマダイナミクスの理解、等の強い動機からプラズマ乱流物理学は世界的かつ精力的に研究されてきた。

閉じ込められたプラズマの輸送を増加させるものは、ドリフト波と呼ばれる短波長の乱流と考えられており、数十年來研究が蓄積されてきた。その研究展開のなかで、乱流からプラズマの電磁場や流れが生み出され、乱流レベルの低いプラズマが実現出来るという、理論的予測が提案されてきた。二重連結のトポロジー（ドーナツ型）の磁化プラズマでは、トロイダル・ポロイダル双方の流れと電磁場の構造が乱流によって生成される（図1）。

藤澤、居田の両氏は、高精度化した計測装置を開発し、双方の流れと磁場を実験的に観測しマイクロな乱流から生み出されている事を実証する事に成功した。

ポロイダル方向の流れについて、（流れの向きが半径方向の短い距離で変化する）帯状流の観測に世界で初めて成功し、帯状流が乱流から生成されていることを実証した（業績論文 1）。トロイダル方向の流れを精密に観測し、外部から働く力でなく自発的にプラズマが回転している事も発見した（業績論文 2）。両氏は、乱流から作られる自発電磁場とマイクロな乱流とが共存するものであるという、プラズマ乱流状態を描く新パラダイムを実験的に検証し、プラズマ乱流輸送の理解に決定的な進歩をもたらした。帯状磁場構造を観測する事に成功しマイクロな熱対流乱流に起因していることを実証したことも、世界初の快挙である（業績論文 3）。16世紀にギルバートが考察した事を

皮切りに、地磁気や天体磁場の研究が展開し、20世紀に入って熱対流乱流が巨視的磁場を生み出す「乱流ダイナモ仮説」が提唱されている。本研究はプラズマ乱流がメゾスケール磁場構造を作り出す事を示したもので、「乱流ダイナモ仮説」の実証へも大きな寄与を持つ。温度のようなスカラー量の不均一が生み出すプラズマ乱流が、マクロ・メゾスケールの軸性ベクトル場を作り出す事を実証し、物理学上の価値が高い。

両氏の成果は、核融合研究への大きなインパクトを与えた。1990年代には、乱流が国際熱核融合実験炉（ITER）の核融合燃焼を阻害するのではないかという論争があり[J. Glanz, Science 274 1600 (1996)]、ITER計画を揺るがせた。帯状流の観測成功は、この論争に終止符を打ち、信頼性を飛躍的に高めた。自発トーラス流についても、高性能プラズマを安定に維持するために必要な速度の約半分にも達しており、低循環入力核融合炉設計の基盤になっている。本研究成果は核融合科学の世界的潮流の原動力となっている。

以上のように、藤澤彰英、居田克巳の両氏は、プラズマに自発的に形成されるマクロ・メゾスケールの電磁場構造を世界に先駆けて観測し微視的乱流から形成される機構を実証した。これは、プラズマ物理学の新しい研究領域を開拓する傑出した業績である。両氏は、プラズマ物理学に明確な進歩をもたらし、核融合研究に強固な学術基盤を提供した。

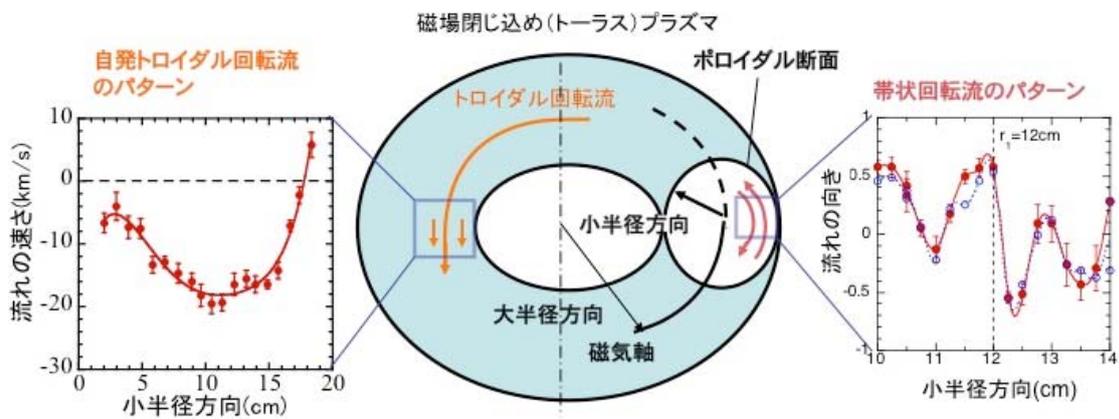


図 1 トロイダル回転流と、ポロイダル方向を向いた帯状流の概念図。本研究で初めて計測された自発トロイダル回転流（左）と帯状流（右）の観測結果。帯状磁場はポロイダル方向を向いた自発磁場である。

文献：

- 1) A. Fujisawa, K. Itoh, H. Iguchi, K. Matsuoka, S. Okamura, A. Shimizu, T. Minami, Y. Yoshimura, K. Nagaoka, C. Takahashi, M. Kojima, H. Nakano, S. Ohshima, S. Nishimura, M. Isobe, C. Suzuki, T. Akiyama, K. Ida, K. Toi, S. - I. Itoh, and P. H. Diamond: Identification of Zonal Flows in a Toroidal Plasma, *Physical Review Letters* **93** 165002 (2004)
- 2) K. Ida, Y. Miura, T. Matsuda, K. Itoh, S. Hidekuma, S.-I. Itoh and JFT-2M Group: Evidence for a toroidal-momentum-transport nondiffusive term from the JFT-2M tokamak, *Physical Review Letters* **74** 1990 (1995).
- 3) A. Fujisawa, K. Itoh, A. Shimizu, H. Nakano, S. Ohshima, H. Iguchi, K. Matsuoka, S. Okamura, T. Minami, Y. Yoshimura, K. Nagaoka, K. Ida, K. Toi, C. Takahashi, M. Kojima, S. Nishimura, M. Isobe, C. Suzuki, T. Akiyama, Y. Nagashima, S.-I. Itoh and P.H. Diamond: Experimental Evidence of a Zonal Magnetic Field in a Toroidal Plasma, *Physical Review Letters* **98** 165001 (2007).