

京都大学大学院エネルギー科学研究科

エネルギー基礎科学専攻 K-4 (岸本 教授、李 准教授、今寺 助教)

プラズマ・核融合基礎学分野 (岸本研究室)

次世代のプラズマ物理学を担う活力ある大学院学生を募集 (研究室訪問歓迎)

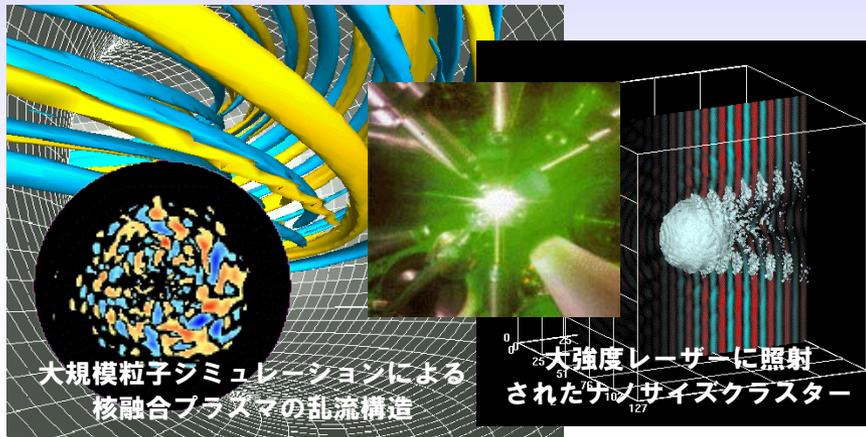
H25年度： 日本原子力研究開発機構 共同実験研究 (高強度レーザー物質相互作用)
への参加大学院生を募集

【核融合・光量子・宇宙の理解を目指した理論プラズマ物理学の探求】

複雑なプラズマ状態をスーパーコンピュータ上で再現するシミュレーションを駆使することにより、核融合プラズマや光量子プラズマ、相対論領域の極限プラズマや宇宙・天体プラズマを中心に、産業応用も視野に入れた幅広いプラズマ物理学の理論研究に取り組みます。

研究 課題

- A1 核融合プラズマの乱流輸送・電磁流体力学 (MHD) 現象に関する理論・シミュレーション研究
- A2 高強度レーザー物質相互作用・レーザー核融合と高エネルギー密度科学に関する研究
- A3 原子・分子過程に支配される基礎・自然・宇宙プラズマの複雑性に関する研究
- A4 粒子加速・高強度X線源を中心とした荷電粒子多体系・ビームプラズマに関する研究
- A5 大規模シミュレーション手法とインターネットを駆使した遠隔研究に関する研究



平成26年度 修士課程入試説明会

第1回 平成25年 4月27日 (土) 13:30~16:30
京都大学 百周年時計台記念館 2階 会議室Ⅲ

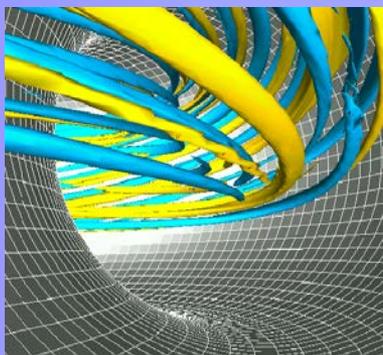
第2回 平成25年 5月19日 (日) 13:30~16:30
京都大学 百周年時計台記念館 2階 国際交流ホールⅡ

第1回選抜試験 試験期日：平成25年8月26日(月)
第2回選抜試験 試験期日：平成25年9月26日(木)

問合せ・出席希望・訪問：kishimoto@energy.kyoto-u.ac.jp
HP：<http://www.center.iae.kyoto-u.ac.jp/kishi/index.html>

京都大学大学院 エネルギー科学研究科
プラズマ・核融合基礎学分野

K-4



岸本・李研究室
Kishimoto-Li
Laboratory



核融合・光量子・宇宙の理解をめざした
理論プラズマ物理学の探究

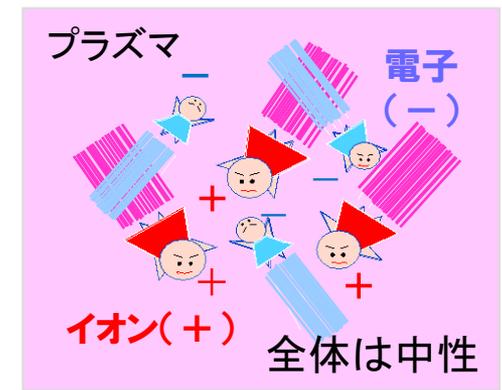
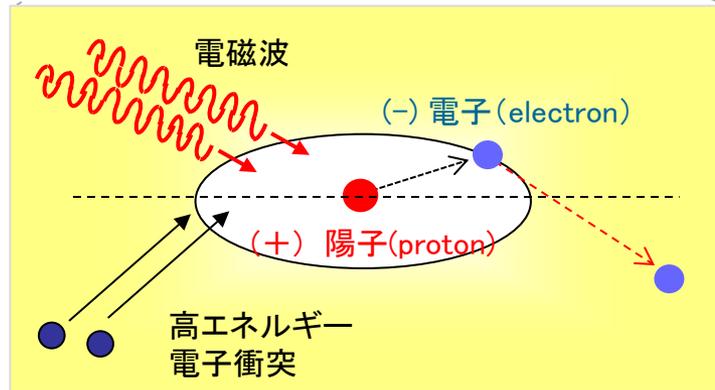
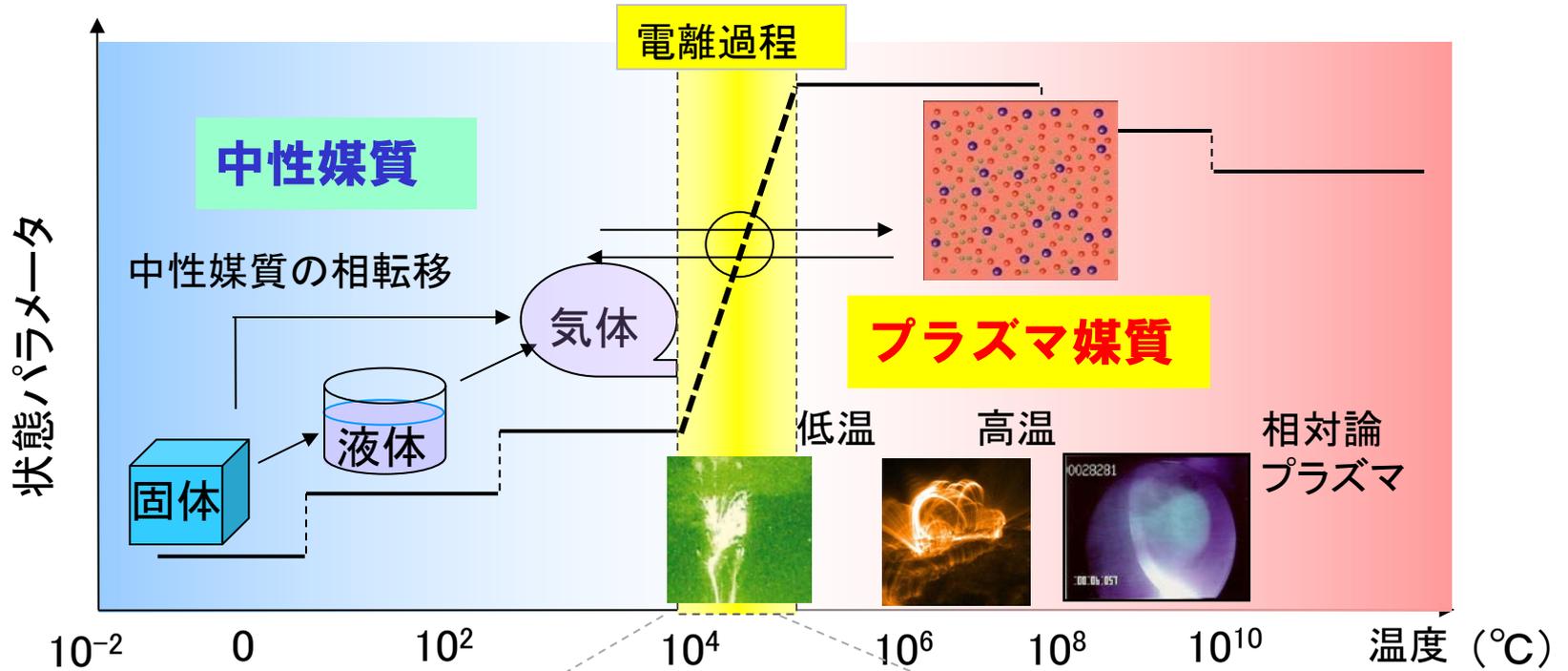
<http://www.center.iae.kyoto-u.ac.jp/kishi/>

kishimoto@energy.kyoto-u.ac.jp



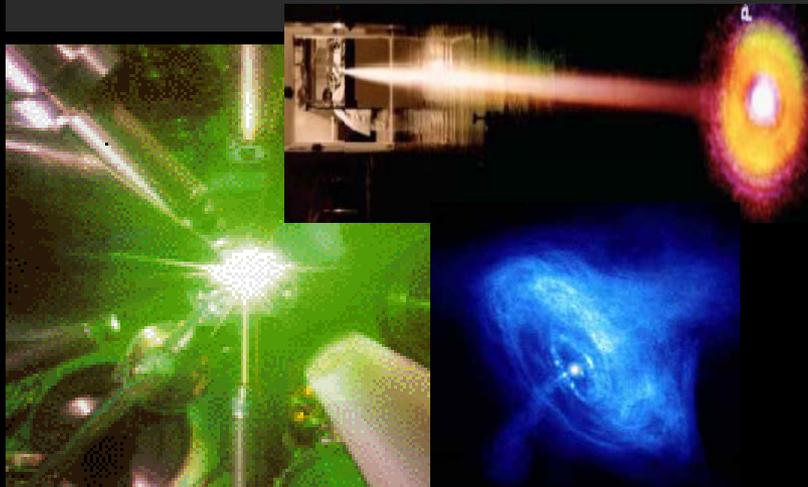
中性媒質からプラズマへの「相転移」

宇宙 99%以上 (可視物質)



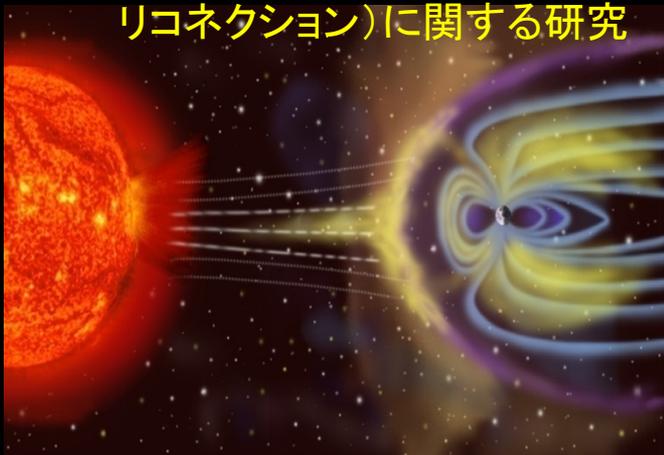
物質の第4の状態：宇宙の 99.99%はプラズマ状態

プラズマの理解は宇宙・自然の理解



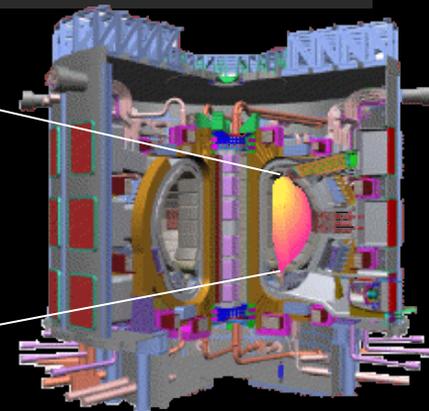
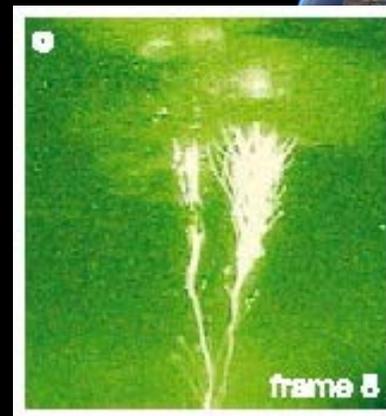
高強度レーザーと物質との相互作用と実験室宇宙物理に関する研究

磁場とプラズマとの相互作用(磁気リコネクション)に関する研究

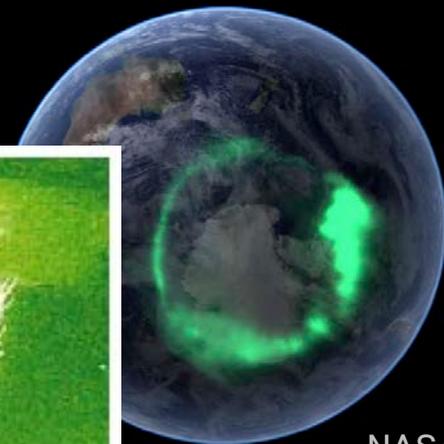


超高温核融合プラズマに関する研究

放電・雷過程に関する研究



国際熱核融合炉 (ITER)



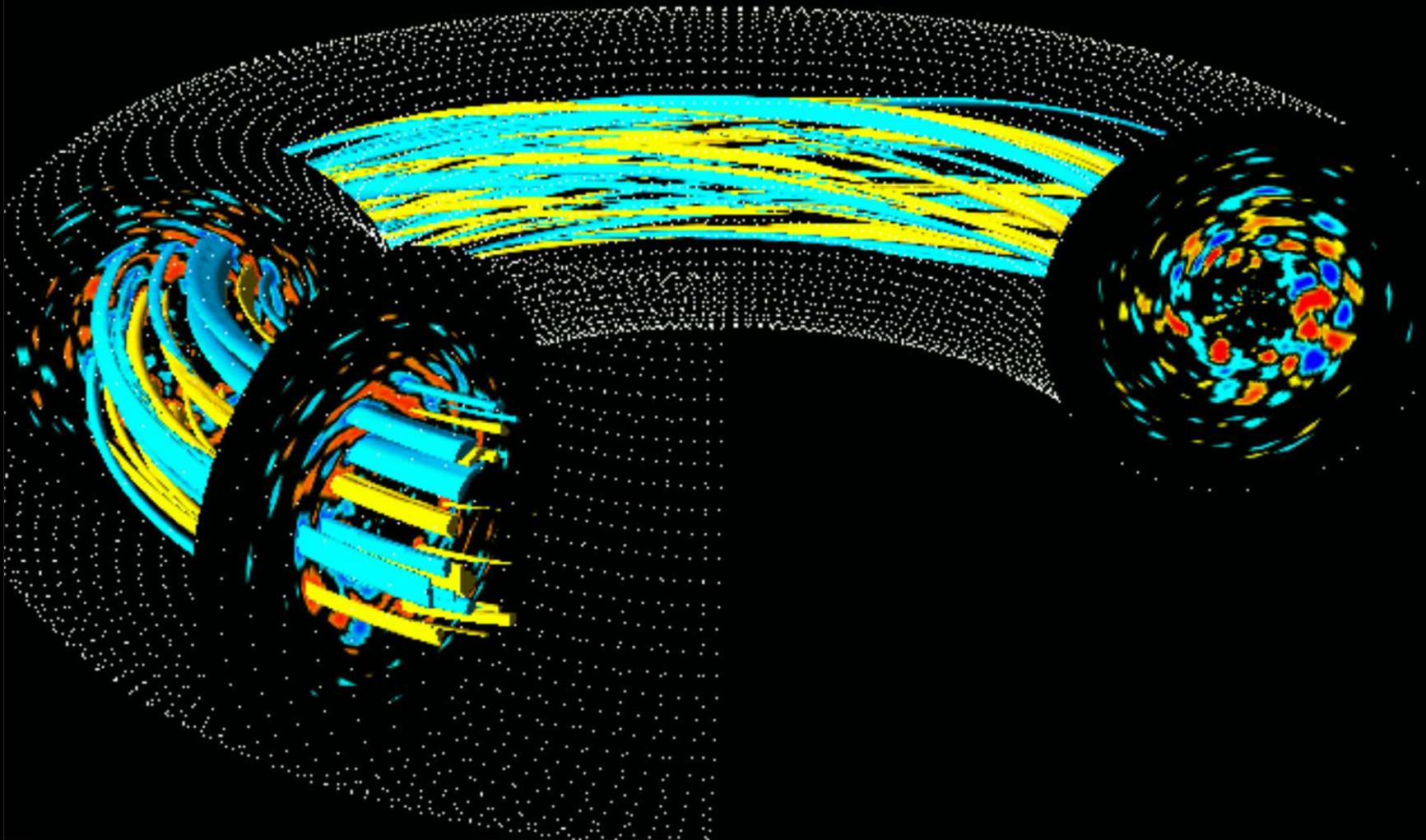
NASA

トカマクにおける揺らぎの構造

$$a/\langle\rho_i\rangle \cong 150$$

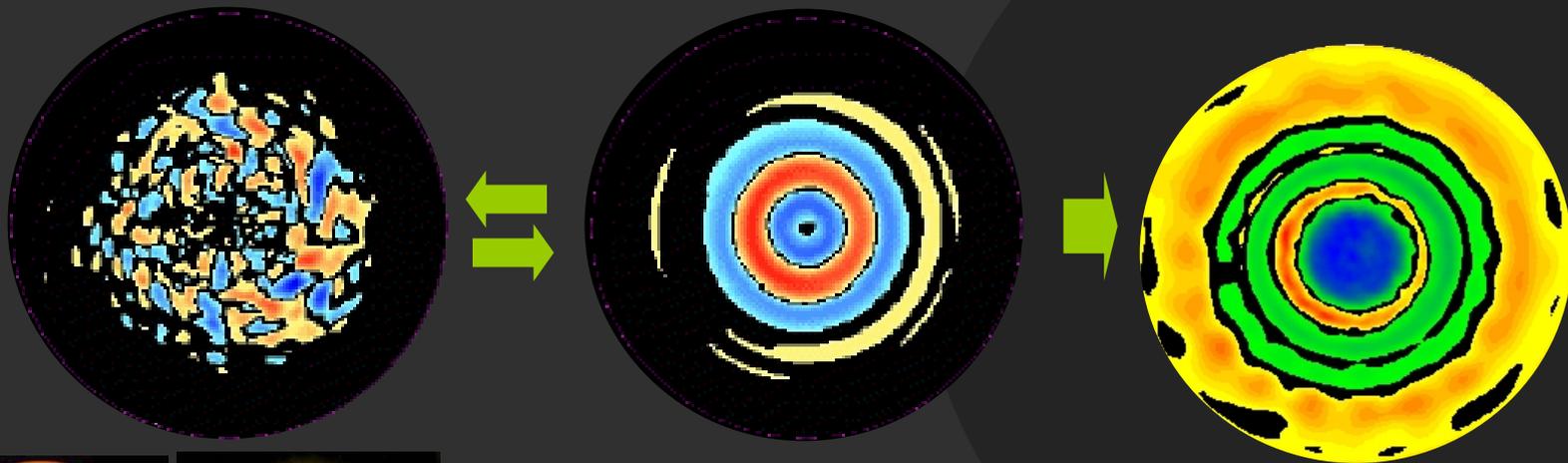
Y. Kishimoto, T. Tajima, et al.,
Phys. Plasmas 3, 1289, (1996)

イオン温度勾配(ITG)モード乱流

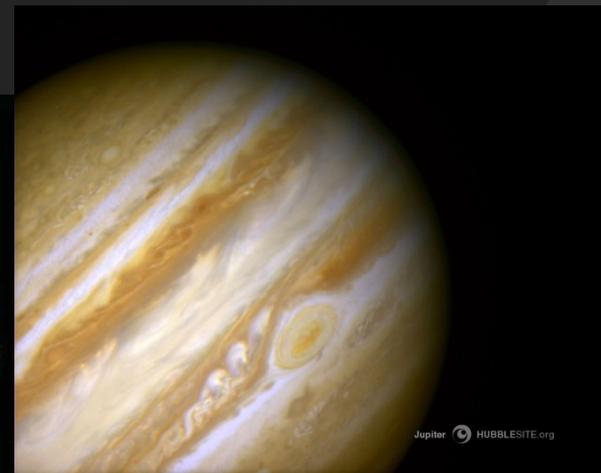
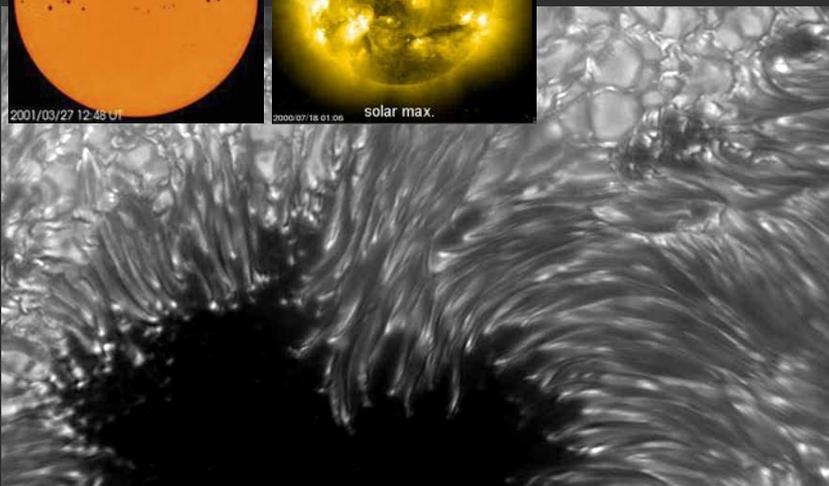


核融合実現の鍵となるプラズマ乱流

乱流・渦と層流が作る世界

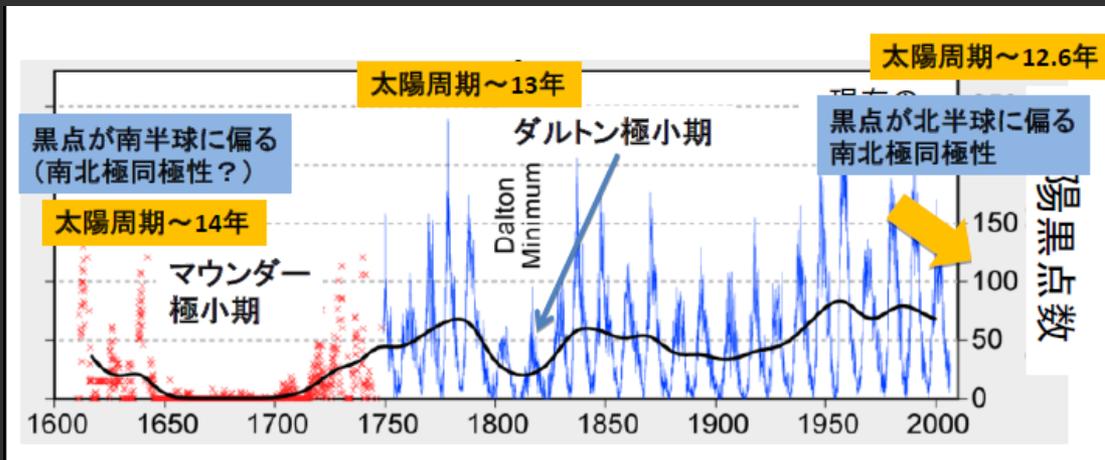
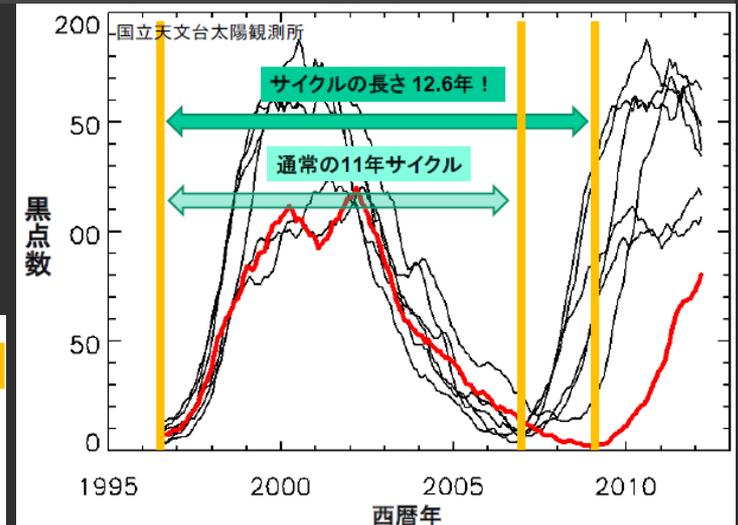


太陽の黒点活動
と乱流渦



太陽プラズマ活動の異常とエネルギー問題

- ▶ 2012年4月19日: 自然科学研究機構・国立天文台プレス発表
ひので衛星による観測事実 (常田佐久教授)
- ▶ 米国国立太陽観測所

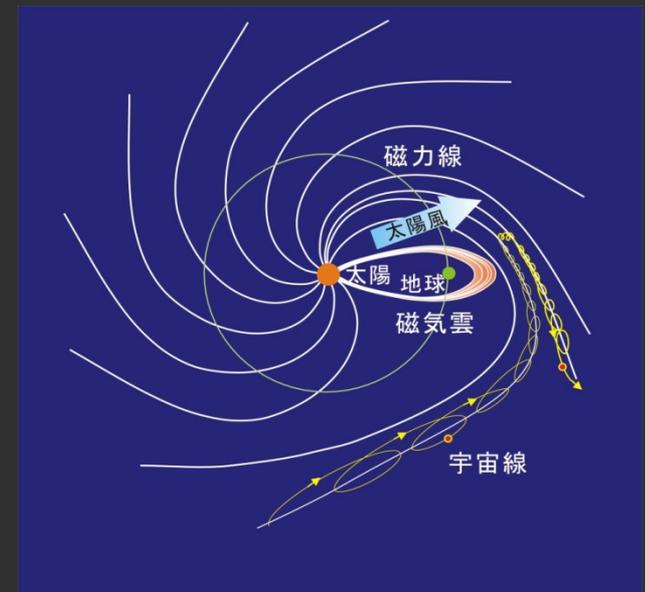


- 太陽磁場の低下による銀河宇宙線の増大
- 雲の発生量の増大による寒冷化の可能性

Nature vol 476, p.429 (Aug. 25)

欧州原子核研究機構 (CERN)

雲(の要因となるエアロゾル)は宇宙線が大きな要因

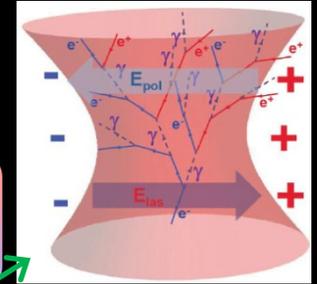


高強度レーザーと高エネルギー密度科学

実験室宇宙物理学
高速点火レーザー核融合
(10^{21}W/cm^2 , ps pulse)

Tera (10^{12}) W \rightarrow peta (10^{15}) watt
 \rightarrow peta (10^{18}) watt

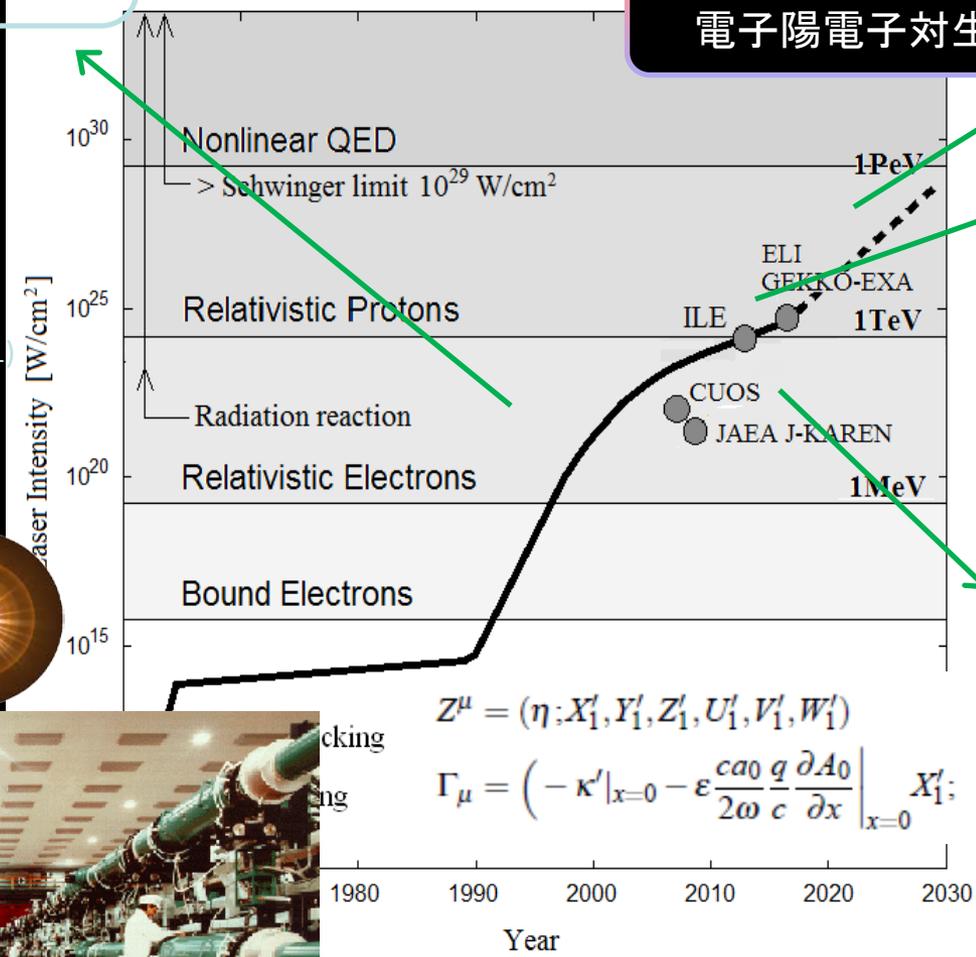
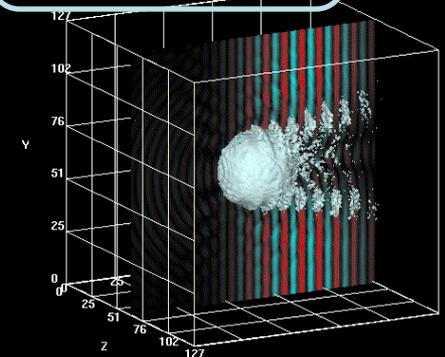
真空の崩壊 (10^{29}W/cm^2)
電子陽電子対生成



極短パルスアト秒
(atto, 10^{-18}) の科学

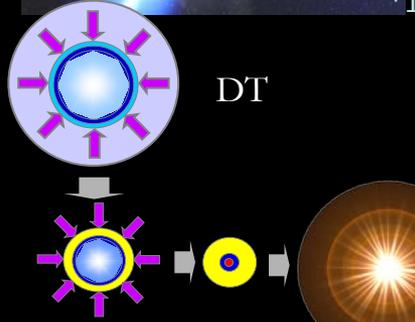
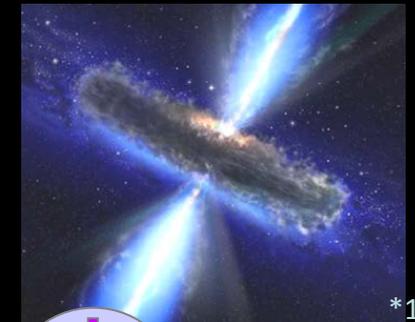


小型装置による
高エネルギー
粒子加速



$$Z^\mu = (\eta; X'_1, Y'_1, Z'_1, U'_1, V'_1, W'_1)$$

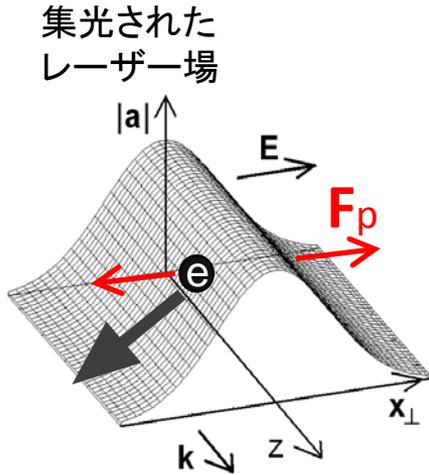
$$\Gamma_\mu = \left(-\kappa' \Big|_{x=0} - \varepsilon \frac{ca_0}{2\omega} \frac{q}{c} \frac{\partial A_0}{\partial x} \Big|_{x=0} \right) X'_1$$



高強度の実現 → 波長限界近くまで

「無限小変換理論を用いた高強度レーザー中での粒子軌道に関する研究」博士課程・岩田夏弥さん
 「第67回 日本物理学会 年次大会」で学生優秀発表賞

→ **動重力 (ponderomotive force)**
 = 光の圧力, 重要な物理過程を



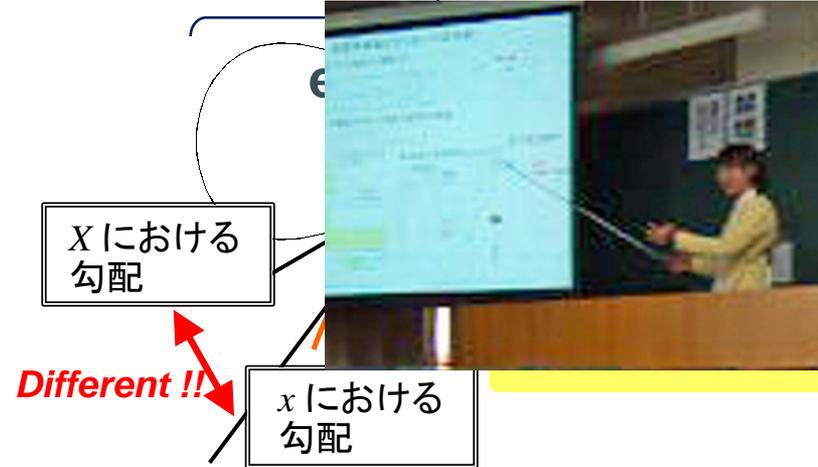
従来の動重力の表式

$$\frac{d\langle \mathbf{p}_\perp \rangle}{d\eta} = -\frac{mc^2}{2\omega} \nabla_\perp a^2(X)$$

強い集光の下では、場の勾配 (∇a) だけでなく

- 場の曲率 (2階微分)、
 - 曲率の変化率 (3階微分)
- 等が重要となる (右図)。

非局所的な粒子の運動



■ 非正準Lie摂動論

Hamilton力学を非正準座標に拡張

→ 解析に有利な任意の座標系の選択が可能

$$\gamma_\mu dz^\mu = \Gamma_\mu dZ^\mu \Rightarrow \Gamma_\mu(Z) = \gamma_\nu(Z) \frac{\partial z^\nu(Z)}{\partial Z^\mu}$$

スカラー関係式と非正準変換

変分原理

$$\delta S = \delta \int \mathbf{p}_c \cdot d\mathbf{q} - h dt = 0$$

$$\delta \int \gamma_\mu dz^\mu = 0$$

$$\Rightarrow \frac{dz^i}{dz^0} = J^{ij} \left(\frac{\partial \gamma_j}{\partial z^0} - \frac{\partial \gamma_0}{\partial z^j} \right)$$

基本一形式 (2N+1次元位相空間)

$$\begin{cases} z^\mu = (t; \mathbf{q}, \mathbf{p}) \\ \gamma_\mu = (-h(t, \mathbf{q}, \mathbf{p}); \mathbf{p}, 0) \end{cases}$$

$$h = \sqrt{(mc^2)^2 + c^2(\mathbf{p}_c - m\mathbf{c}\mathbf{a})^2}$$

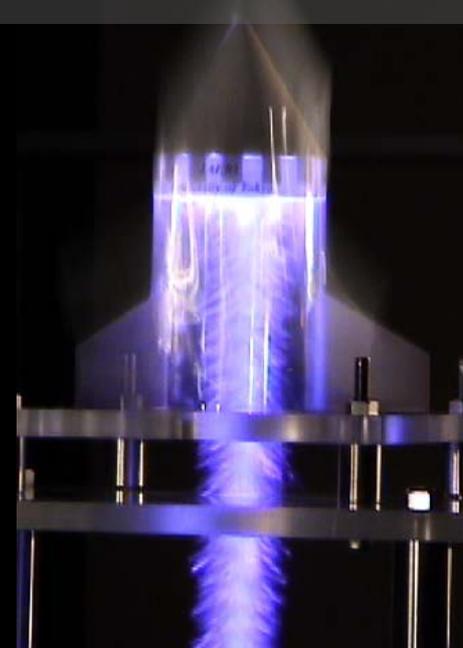
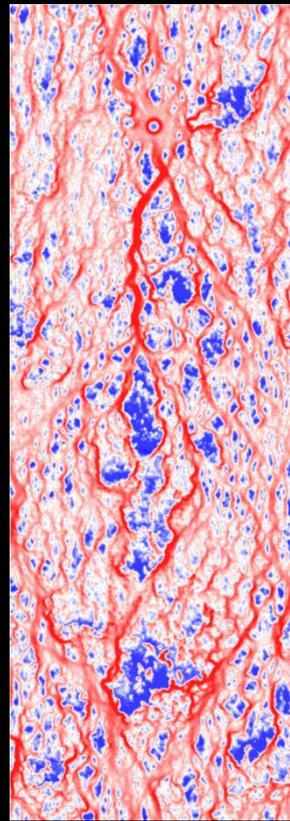
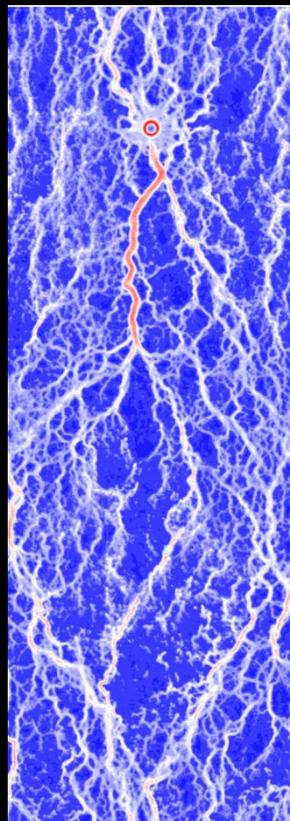
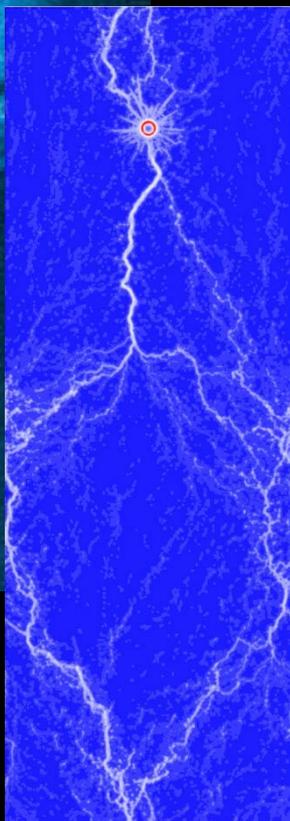
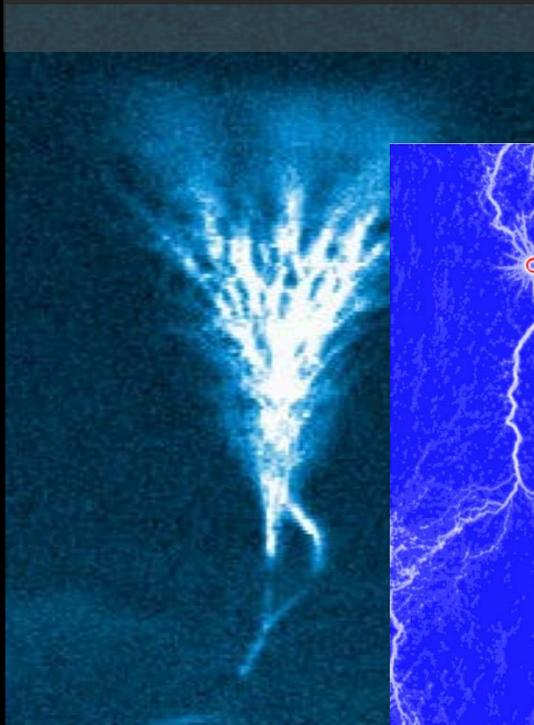
相対論的 Hamiltonian

Euler-Lagrange 方程式

速い振動を除去した方程式系を与えるHamiltonian → 振動中心のダイナミクス

「プラズマ相転移」の解明に向けた研究

放電・雷：中性物質からプラズマへの相転移



電離・放電過程を利用した
衝撃波による推力発生
(謝辞:東京大 小紫教授)

圧縮ネオン気体の放電過程の原子過程
を取り入れた粒子シミュレーション

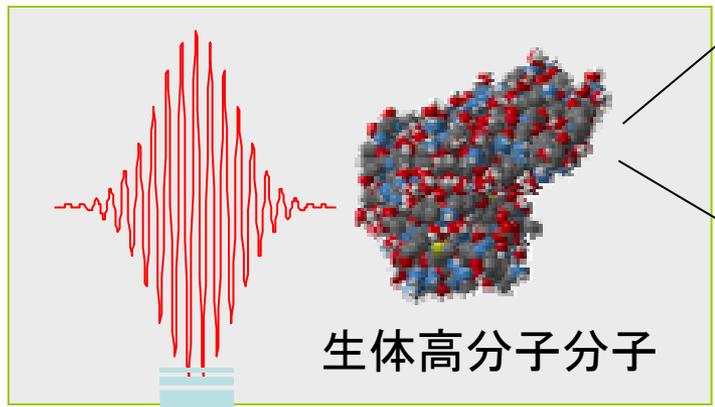
X線自由電子レーザー利用推進研究

「生体高分子構造解析プロジェクト」参画

「相乗的複雑性プラズマの生体高分子科学」への展開



X-FEL高強度極短パルスX線
(50nm-0.1nm / 10-100 fsec)

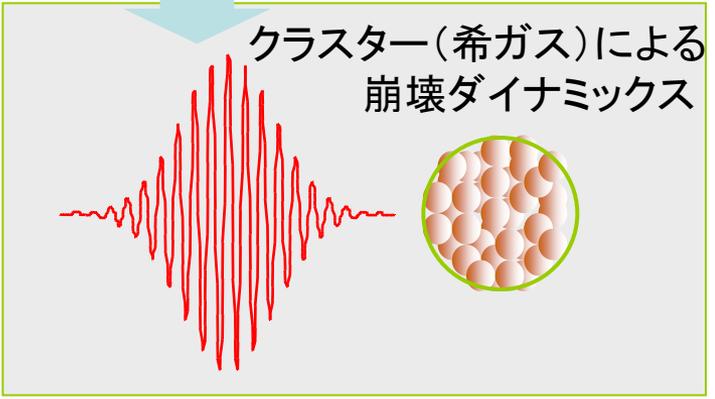
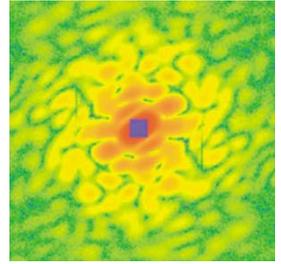


生体高分子分子

散乱

- 弾性散乱
- 非弾性散乱 (コンプトン/ラマン)

回折像

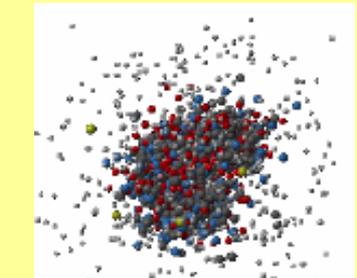


クラスター(希ガス)による
崩壊ダイナミクス

光吸収

内殻イオン化
オージェ過程

光電離プラズマ



クーロン爆発(崩壊)

▶ 少数多体系

- バルクに対する表面の割合が大 (表面に起因する自由エネルギーが大)

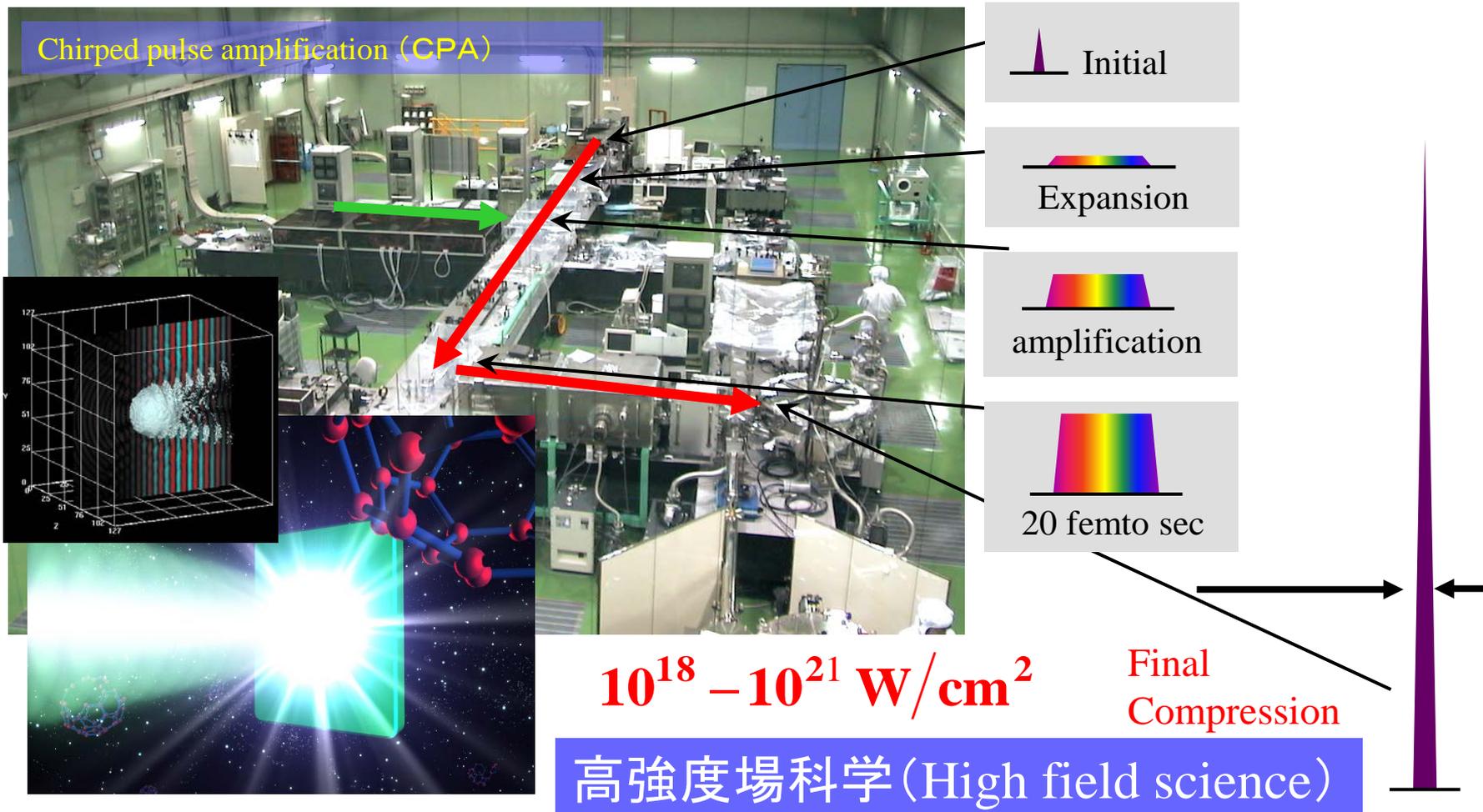
▶ 横方向分極 (→ 分極波の存在)

高強度レーザー物質相互作用 実験研究 参加希望大学院生の募集

(興味ある学生が個別に相談しますので、岸本まで連絡下さい。)

Ultra-short high peak-power laser system

100 Tera (10^{14})watt



核融合・光量子・宇宙の理解を目指した プラズマの理論・シミュレーション研究

▶ 核融合プラズマの輸送と構造形成に関する研究

- 磁場方式(太陽コロナ)とレーザー方式(太陽内部)
異常エネルギー輸送と揺らぎ・乱流現象

▶ 高強度レーザー・物質相互作用による相対論プラズマと 高エネルギー密度科学に関する研究

- 高強度場物理、高エネルギー粒子加速、高強度X線源・中性子源、実験室宇宙物理

▶ 原子・分子過程に支配されるプラズマの複雑性 (プラズマ相転移)に関する研究

- 雷・放電現象、プラズマ着火現象、レーザー着火現象

▶ プラズマの非線形ダイナミクスの数理とシミュレーション手法

- プラズマの記述法(Lie 変換論・非正準摂動論)

▶ 大規模シミュレーションを中心に据えた遠隔研究システム

- インターネットによるシミュレーションの遠隔モニタリング、高度可視化技術

研究室の概要(平成25年度)

教授： 岸本泰明、 准教授： 李 継全、 助教： 今寺賢志
秘書： 高祖京子

博士課程： 6名、うち留学生5名(フランス、ドイツ、中国、パキスタン)

修士課程： 5名

学部： 2名、うち留学生1名(中国)

ゼミ(M1)

- プラズマ物理の基礎に関するゼミ
- シミュレーションを行うためのプログラミングに関するゼミ



様々な大学・研究機関との協力研究

- 日本原子力研究機構
- 産業総合研究所
- 外国研究所(大連工科大学、西南物理学研究所、プロバンス大学)

