

原子核時計 A nuclear clock

山口 敦史
Atsushi YAMAGUCHI

研究場所：理化学研究所 和光キャンパス (埼玉県和光市)
RIKEN (Wako, Saitama)

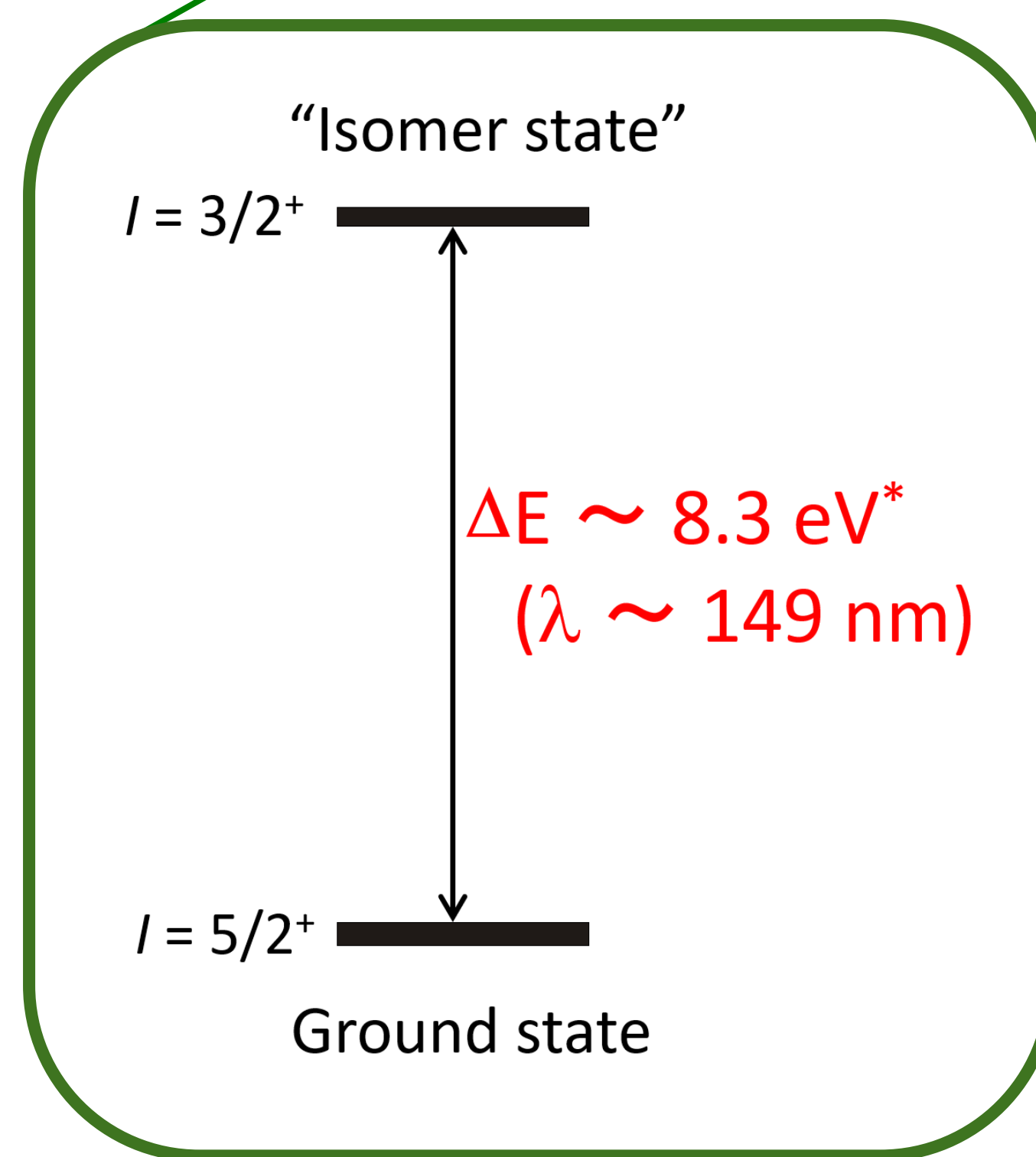
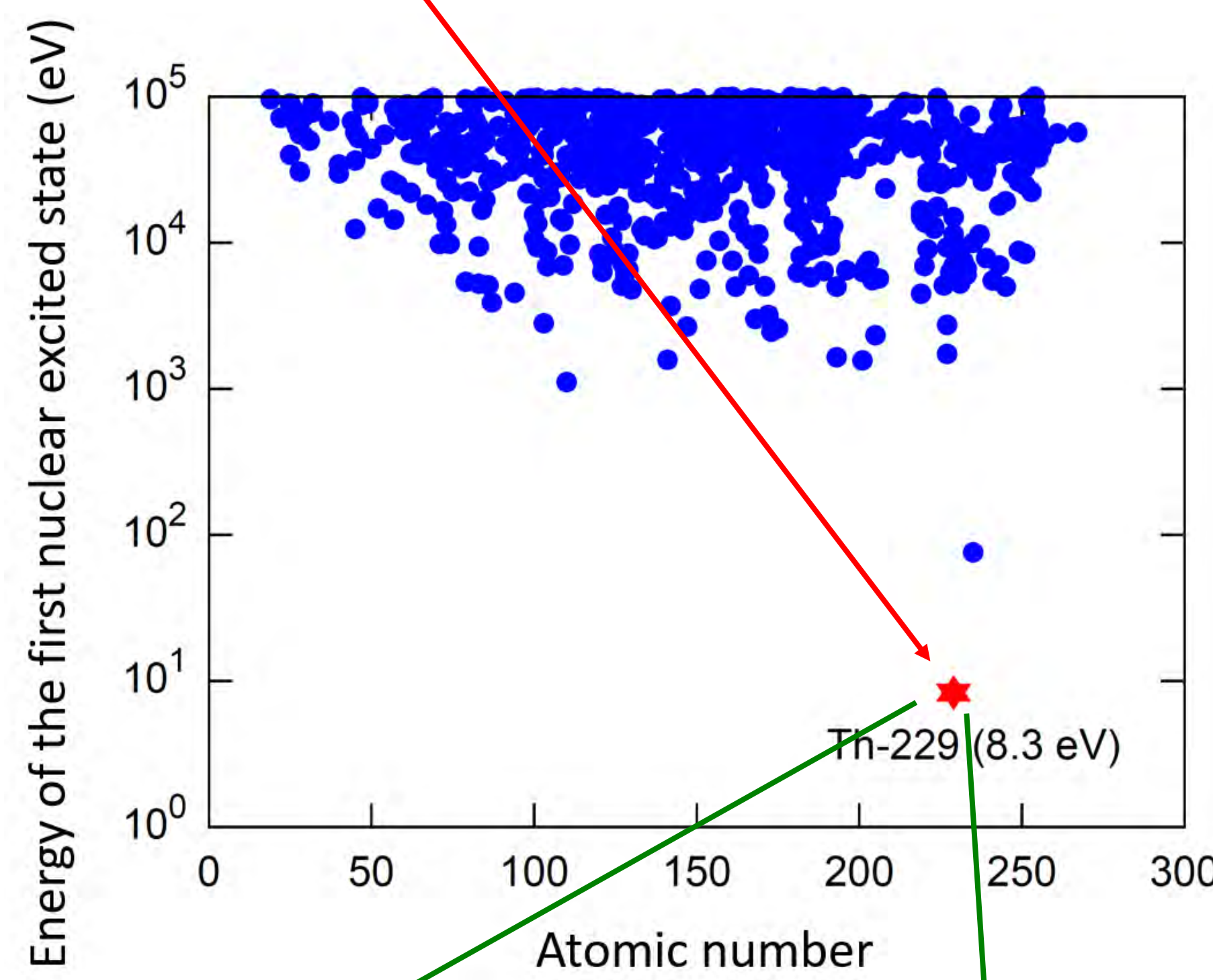
研究の背景

Research Background

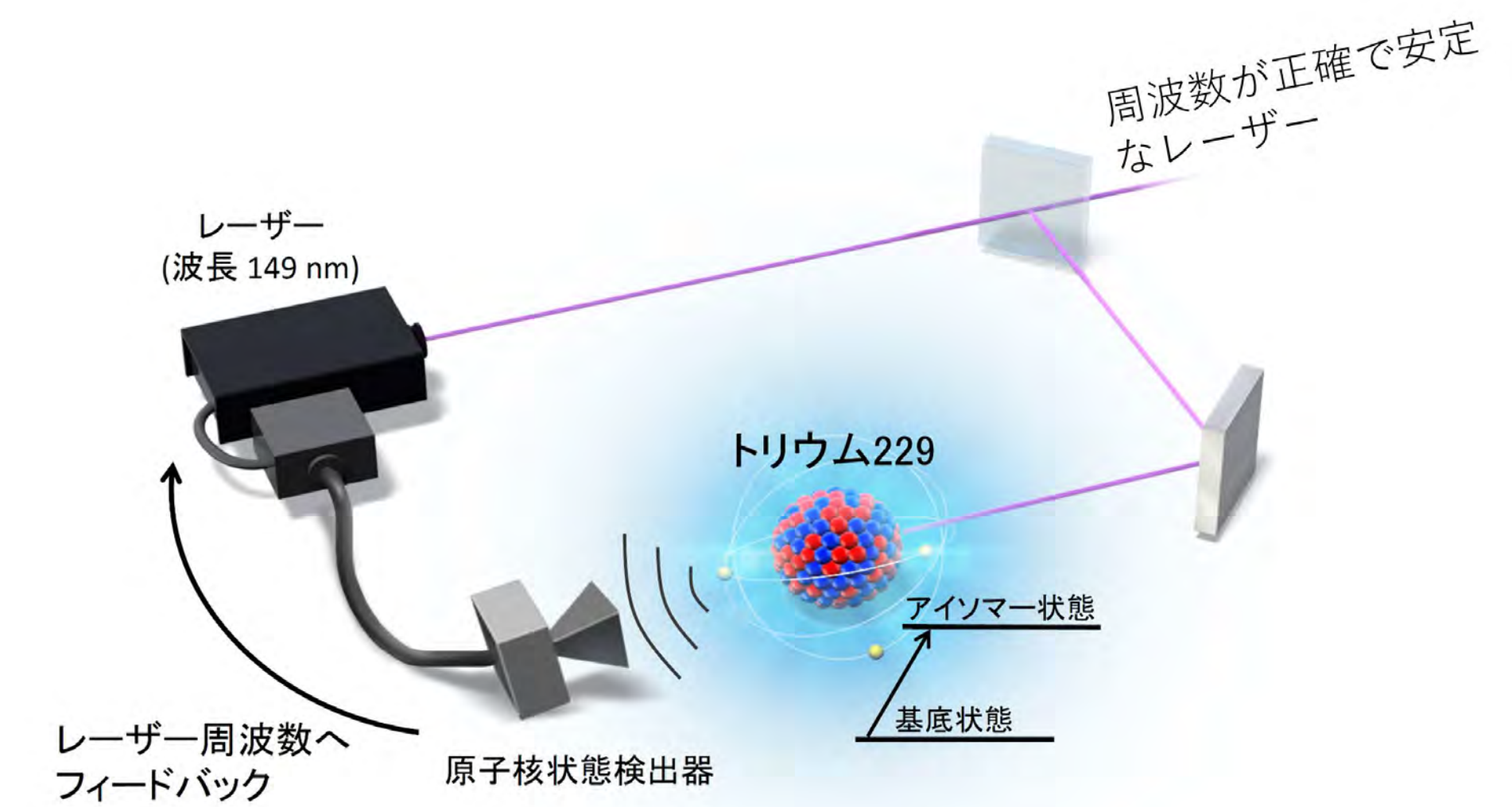
トリウム229(Th-229)を使った、原子核時計の研究を行っている。Th-229は、レーザーで直接励起できる原子核励起状態を持つ同位体である。この励起状態を使った「原子核時計」の実現を目指し、Th-229のイオントラップ装置を開発している。

We are developing a nuclear clock based on thorium-229 (Th-229). The first-excited nuclear state of Th-229 can be directly excited by a laser. We are developing a “nuclear clock” that is an optical nuclear clock: an atomic clock based on this nuclear transition. Towards a Th-229 optical nuclear clock, we are developing a Th-229 ion trap apparatus.

トリウム229は異常にエネルギーの低い原子核励起状態をもつ
Low-lying nuclear isomer state in Th-229



原子核時計の動作原理
How Th-229 nuclear clock works



Th-229原子核時計の期待される性能
Expected performance of Th-229 nuclear clock

C. J. Campbell *et al.*, Phys. Rev. Lett. 108 120802 (2012)

Systematic effect	uncertainty (10^{-20})
2nd Doppler	10
Gravitational	10
Cooling laser Stark	5
Electric quadrupole	3
Linear Zeeman	1
Background collisions	1
Blackbody radiation	0.013
Clock laser Stark	0.01
Trapping field Stark	0.01
Quadratic Zeeman	0
Total	15

Effect due to fluctuation of external field

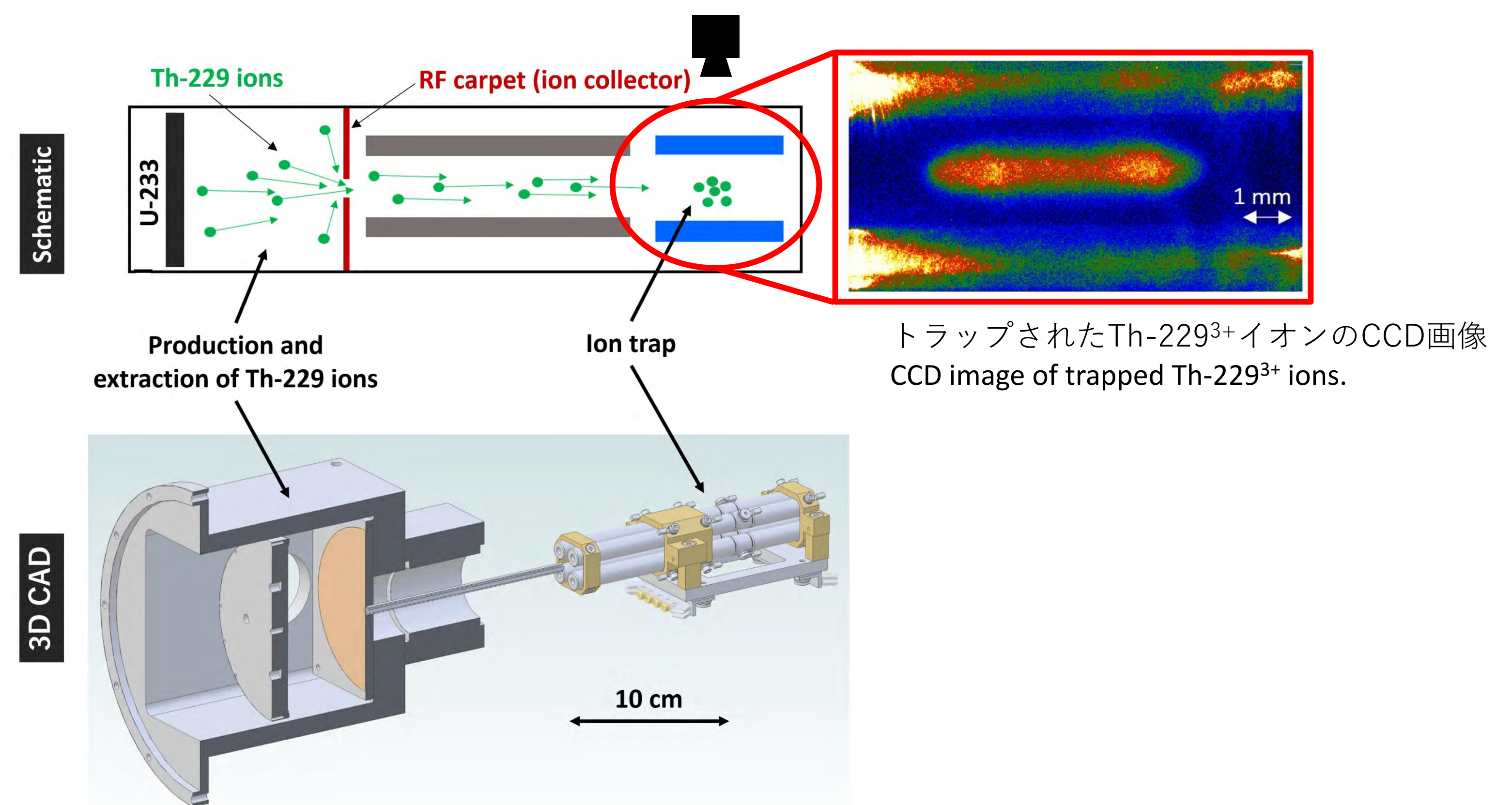
1.5 x 10⁻¹⁹

corresponding to 1 mm height difference between two clocks

Th-229³⁺イオントラップ装置の開発 Development of Th-229³⁺ ion trap

原子核時計の舞台となる、トリウム229イオンのトラップ装置を開発中。2022年に、Th-229イオンのトラップとレーザー分光に成功した。

Toward a Th-229 optical nuclear clock, we are developing a Th-229 ion trap. We have succeeded in trapping of triply ionized Th-229 ions in 2022.



現在進行中のプロジェクト Ongoing projects

Th-229³⁺イオンのレーザー冷却 Laser cooling of Th-229³⁺

トラップされたTh-229³⁺イオンをレーザー冷却する。レーザー冷却に必要なレーザーの開発も行う。We will develop techniques of laser cooling of Th-229³⁺ ions.

Th-229原子核励起用の真空紫外レーザーの開発

Development of VUV laser for excitation of the Th-229 nuclear excited state

世界初のTh-229原子核レーザー励起をめざして、その実現に必要な真空紫外レーザーの開発を行う。We will develop lasers required for optical excitation of Th-229 low-lying nuclear state.

学べる技術

- イオンの量子状態制御技術
- レーザー周波数制御技術
- プログラミング技術
- 超高真空技術

レーザーを使いイオンの量子状態を制御する
電気回路を使いレーザー周波数を操作する
実験装置を動かしたり、データを解析するためのプログラムを作る
イオントラップ用の超高真空チャンバーを製作する