

筑波大学28GHzジャイロトロンを用いた ミリ波放電の実験

東京大学 小紫研究室 原田祐貴

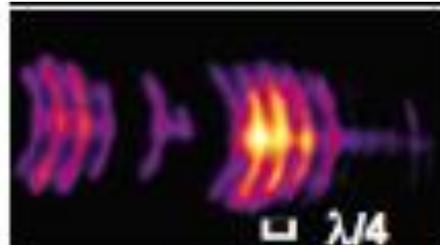
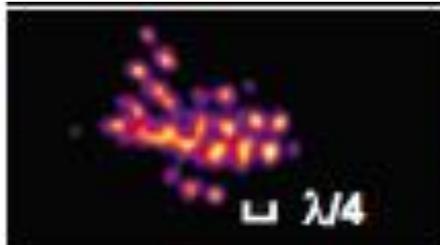
目次

- ✓ ミリ波放電の実験、数値計算モデル
 - ✓ Cookらの放電実験
 - ✓ Boeufらのモデル $\lambda/4$ 構造
- ✓ 昨年度の実験結果
 - ✓ 放電閾値付近における構造
- ✓ 新たな電離モデルの提案
- ✓ 今年度の実験予定
 - ✓ 低パワー密度における進展限界
 - ✓ 発光分光による振動温度、回転温度の推定

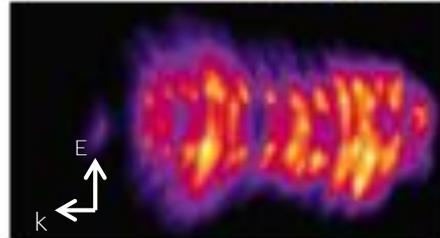
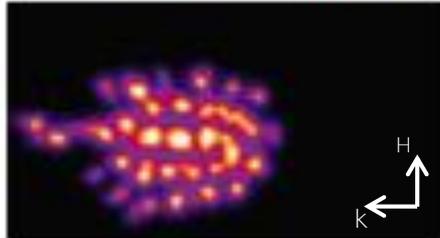
110 GHzにおける放電実験

放電閾値に沿ったパワー密度条件での実験結果

(g)
400 Torr
270 kW



(h)
700 Torr
845 kW



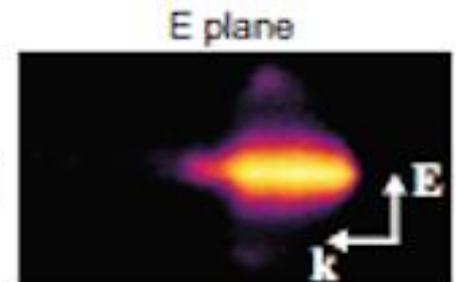
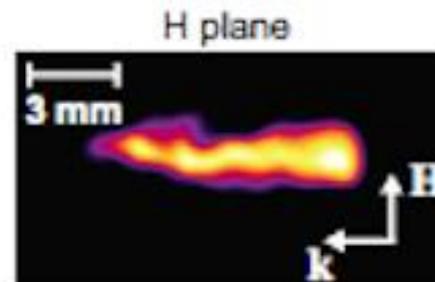
Filamentary

$\lambda/4$ 構造($\lambda=2.7\text{mm}$)

Diffusive

低圧力条件(5Torr)

(a)
5 Torr
60 kW



Pressure dependence of plasma structure in microwave gas breakdown at 110 GHz, Cook et al.(2010)

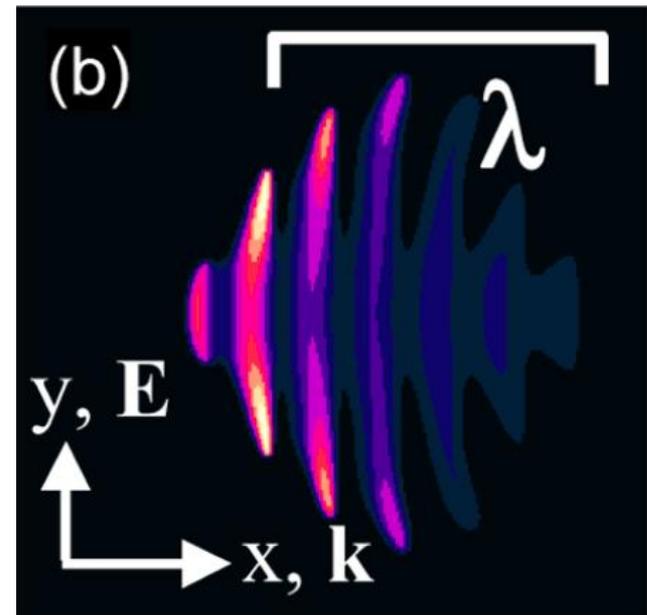
Boeufらの数値計算モデル

✓ $\lambda/4$ 構造

入射波と反射波による定在波の電界強度が
臨界を越えて放電、進展がおきる



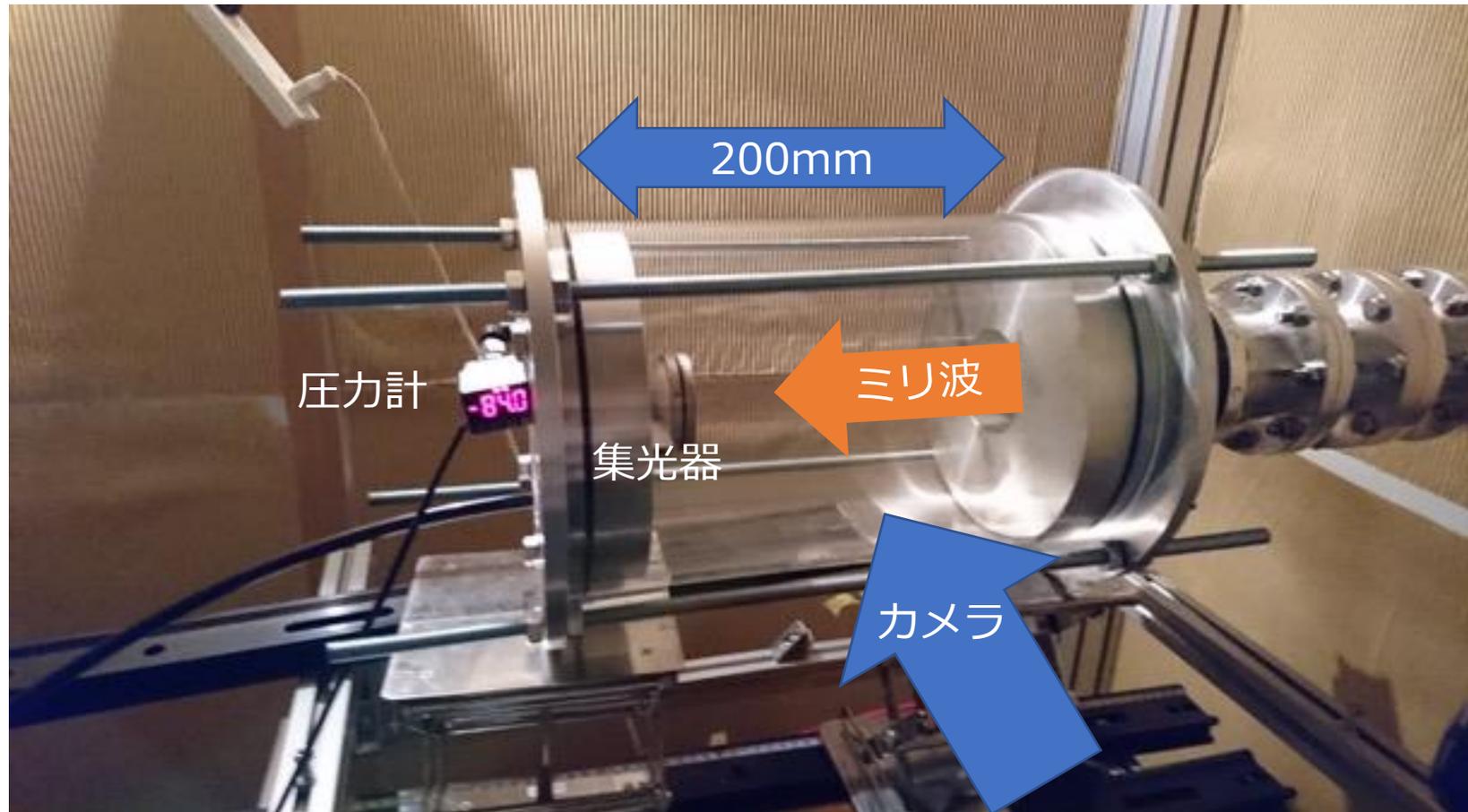
放電閾値付近での放電メカニズムの解明
 $\lambda/4$ 構造に関して実験の再現に成功



Theory and Modeling of Self-Organization and Propagation of Filamentary Plasma Arrays
in Microwave Breakdown at Atmospheric Pressure, Boeuf et al. (2010)

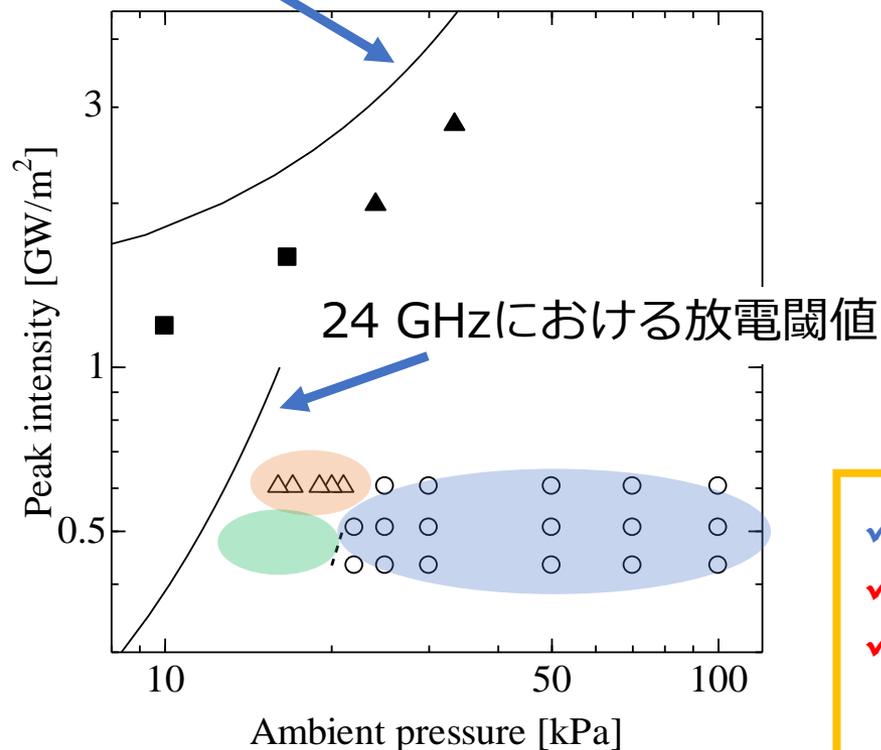
昨年度の実験系

筑波大28GHzジャイロトロンを用いた放電実験



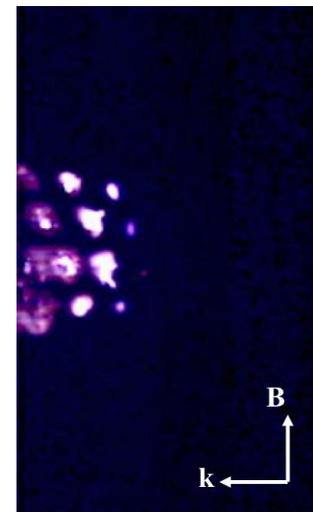
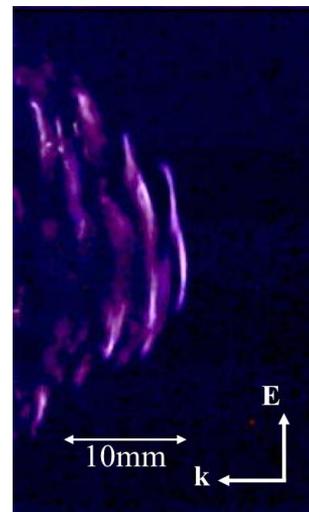
臨界電界強度付近の構造

110 GHzにおける放電閾値



110 GHz structure 28 GHz structure
 ▲ Clear $\lambda/4$ ○ Complex
 ■ Diffusive △ Clear $\lambda/4$

Breakdown threshold (experiment)
 — 110 GHz Cook, 24.1 GHz MacDonald
 - - - - This work



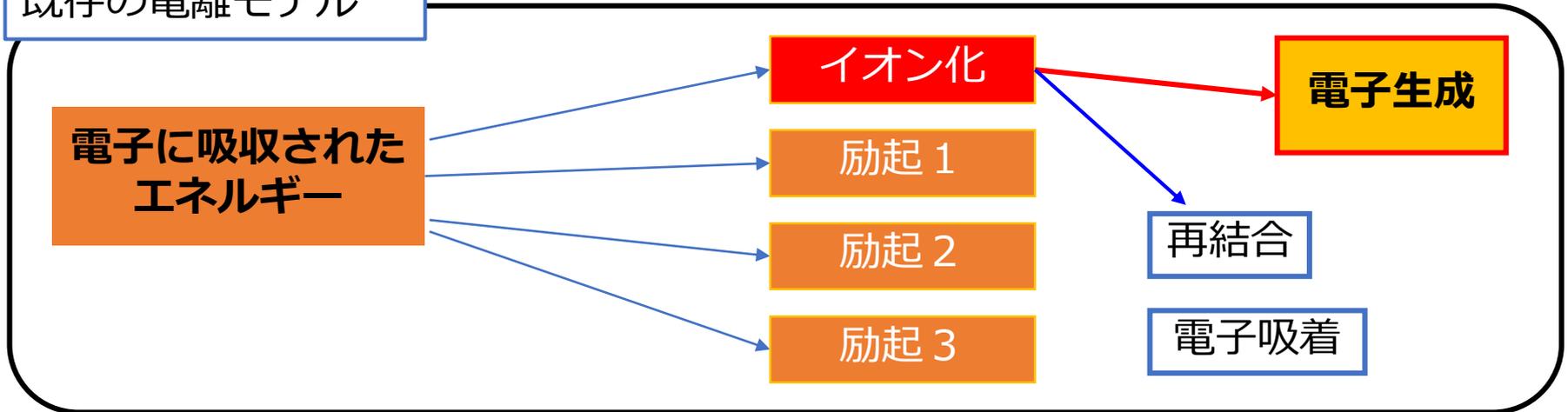
- ✓ MITの実験と同様に $\lambda/4$ 構造がみられる
- ✓ 放電閾値から離れた領域でも進展がみられる
- ✓ 進展しない領域がある



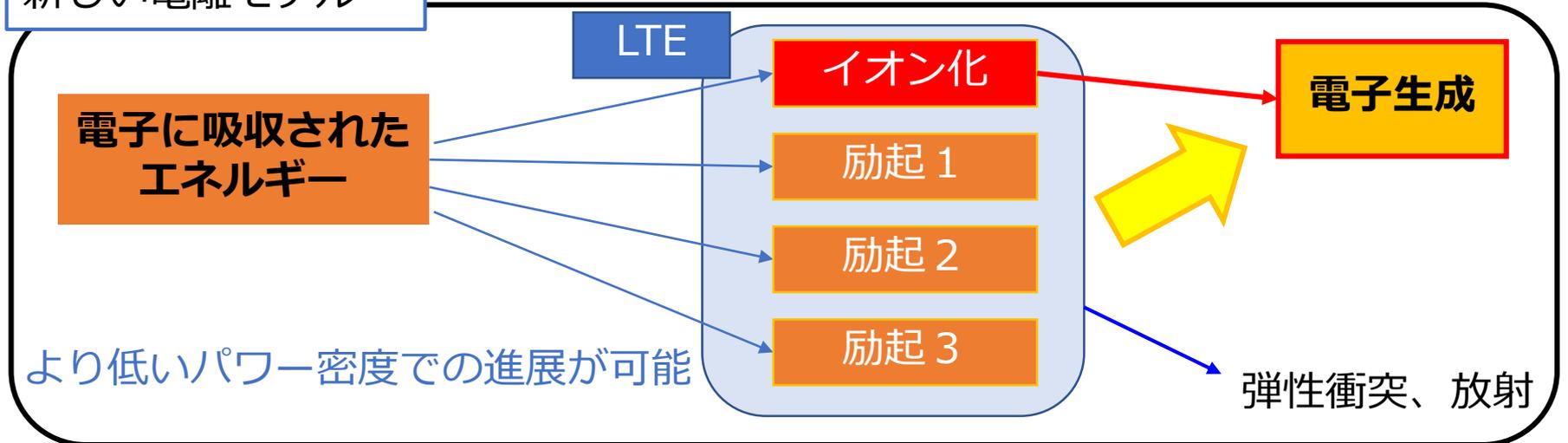
- ✓ 放電閾値から離れた
 パワー密度がより低く圧力が低い領域での
 放電メカニズムの解明が必要

新たな電離モデルの提案

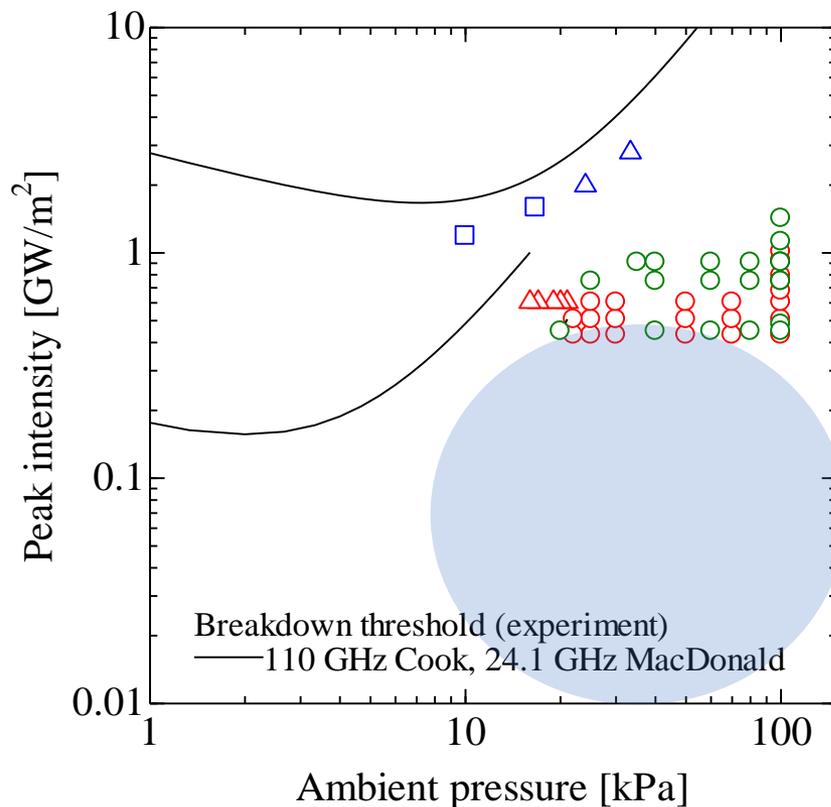
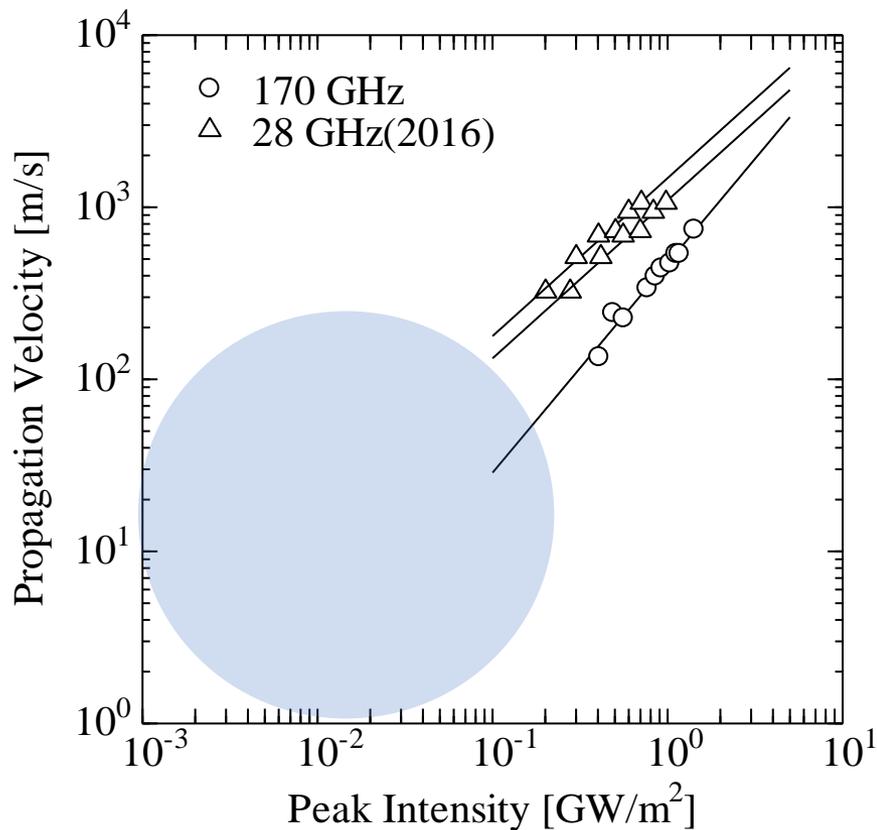
既存の電離モデル



新しい電離モデル

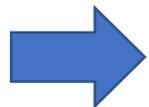


今年度の実験の狙い



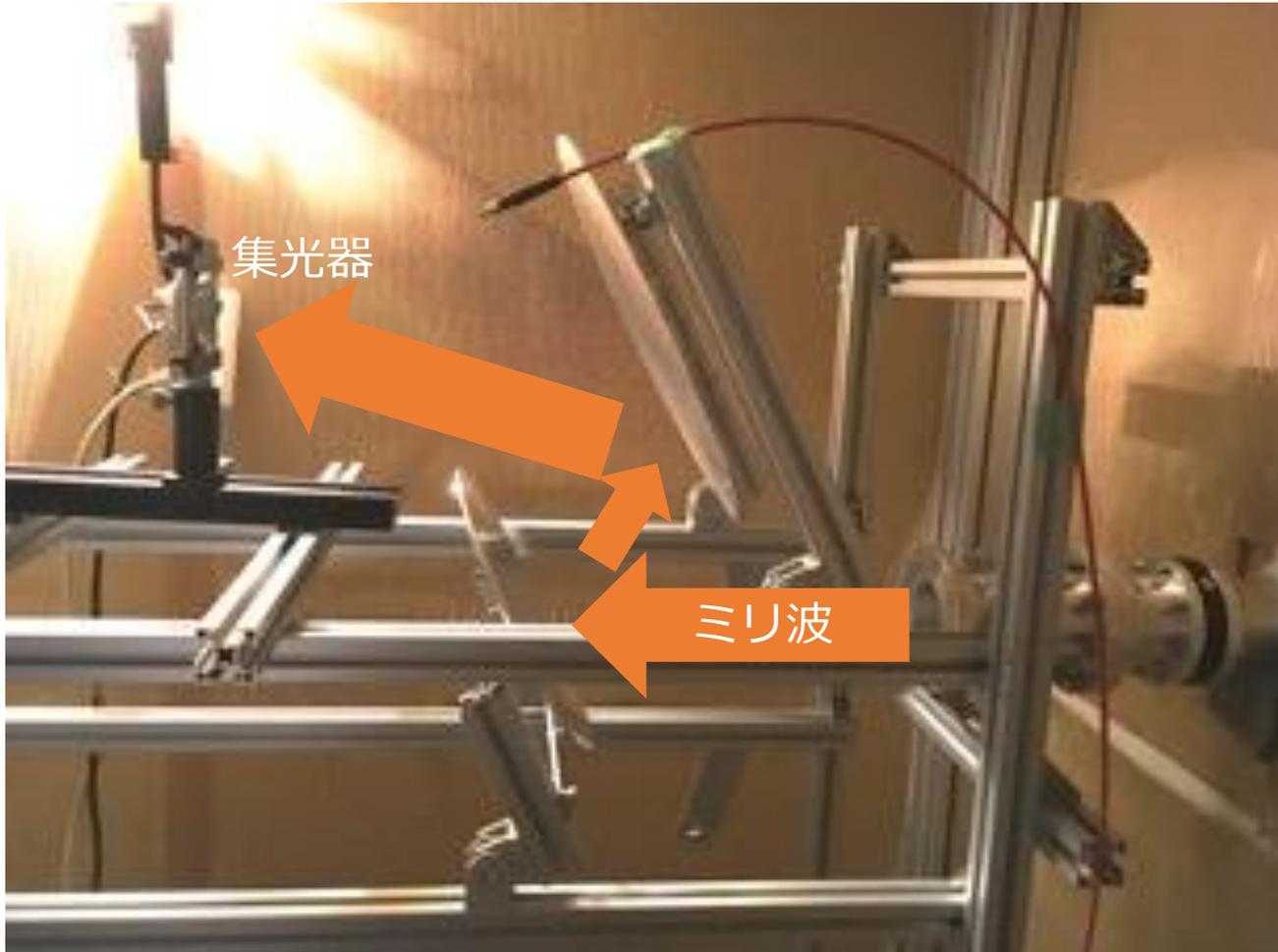
110 GHz structure	28 GHz structure	170 GHz structure
△ Clear $\lambda/4$	○ Complex	○
□ Diffusive	△ Clear $\lambda/4$	

- ✓ 進展速度の傾向が大きく変わるか？
- ✓ 進展限界はあるのか？



低パワー密度・低圧力実験 & 分光実験

ミラーを用いた低パワー密度領域実験

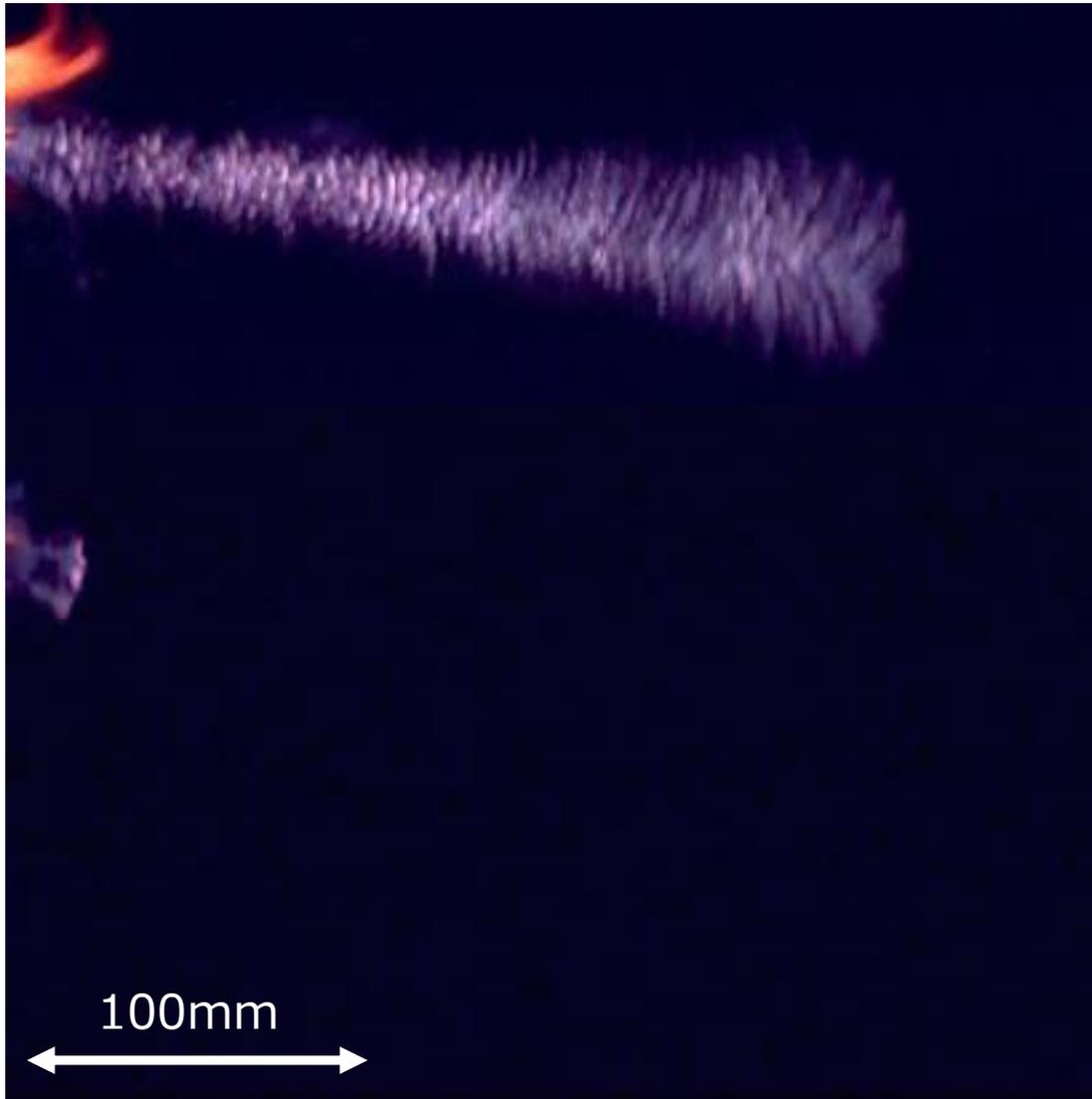


焦点距離279 mmの
放物面鏡を2枚用いる

入射パワー
10 - 230 kW

ピークパワー密度
0.003 - 0.3 GW/m²

実験結果

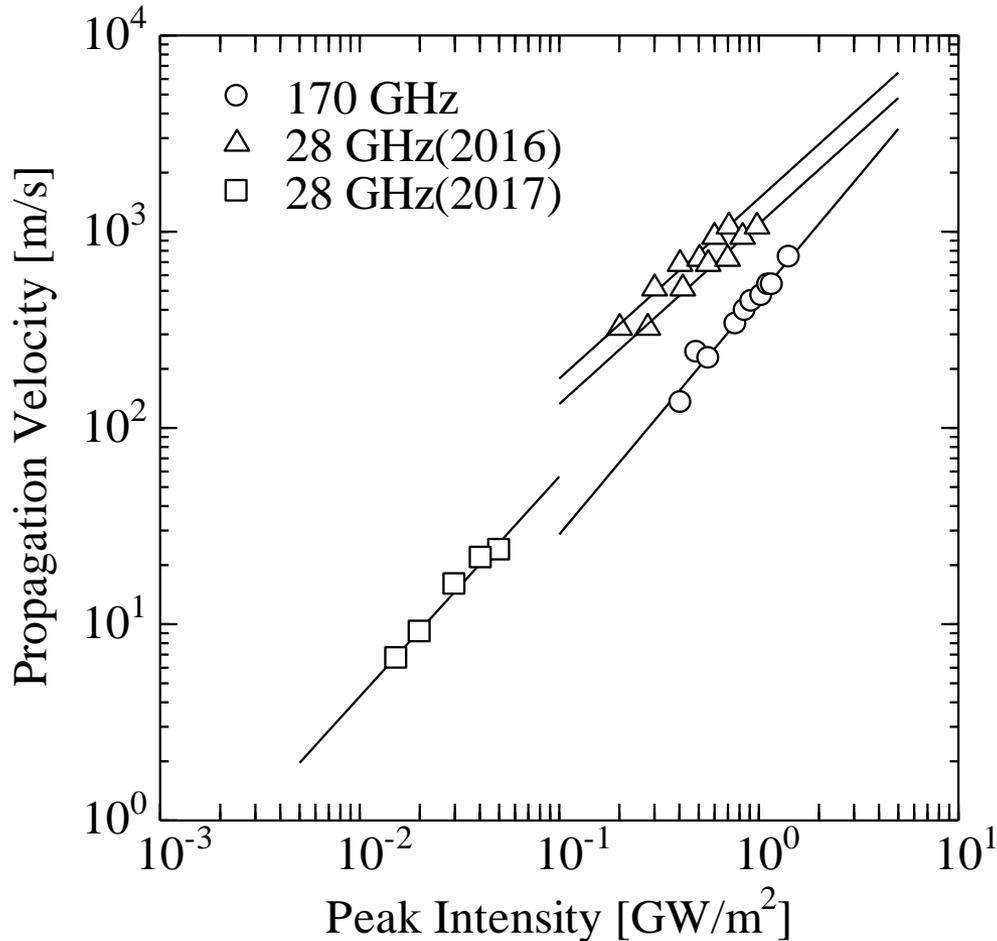


- ✓ 入射パワー 53 kW
 - ✓ パルス幅 12 ms
 - ✓ ピークパワー密度
0.01 - 0.05 GW/m²
 - ✓ 進展速度 7 - 25 m/s

 - ✓ パワー密度が小さくなるにつれて、進展速度が遅くなり構造も変化

 - ✓ 電離波面の後方でプラズマが数msにわたり残っている
- ↓
- ✓ 電離以外にもエネルギー輸送が行われている可能性

進展速度



$$V \propto S^\alpha$$

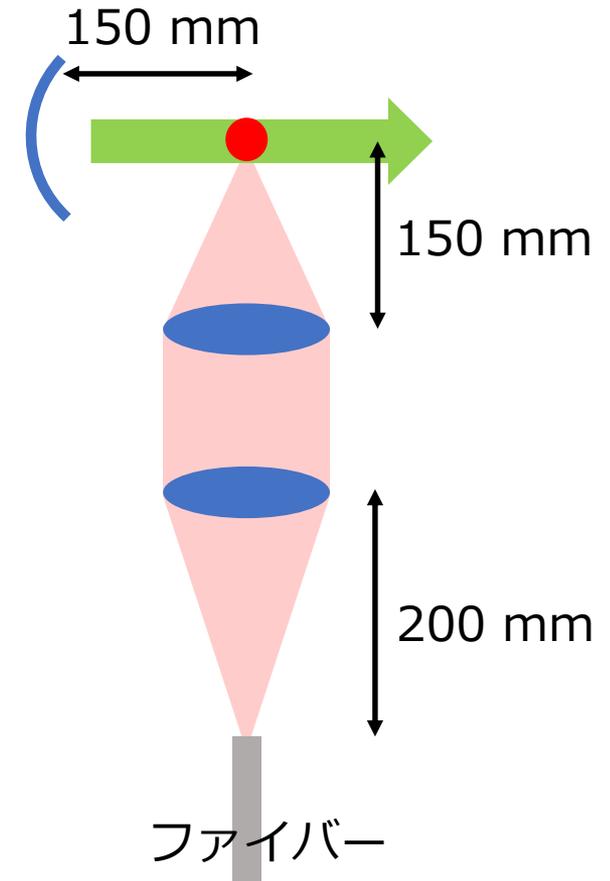
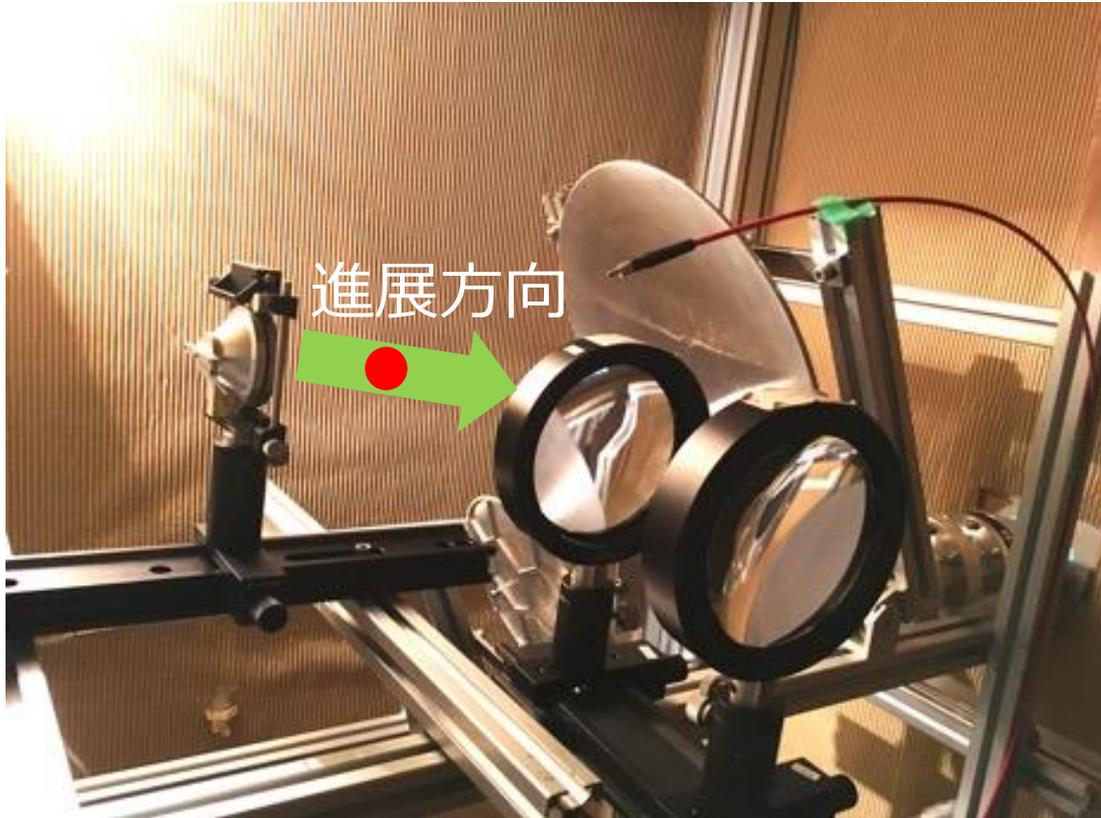
周波数	傾き α
28 GHz (2016)	0.92
28 GHz (2017)	1.12
170 GHz	1.22

- ✓ 低パワー領域（今年度の実験）では傾き α が大きくなっている

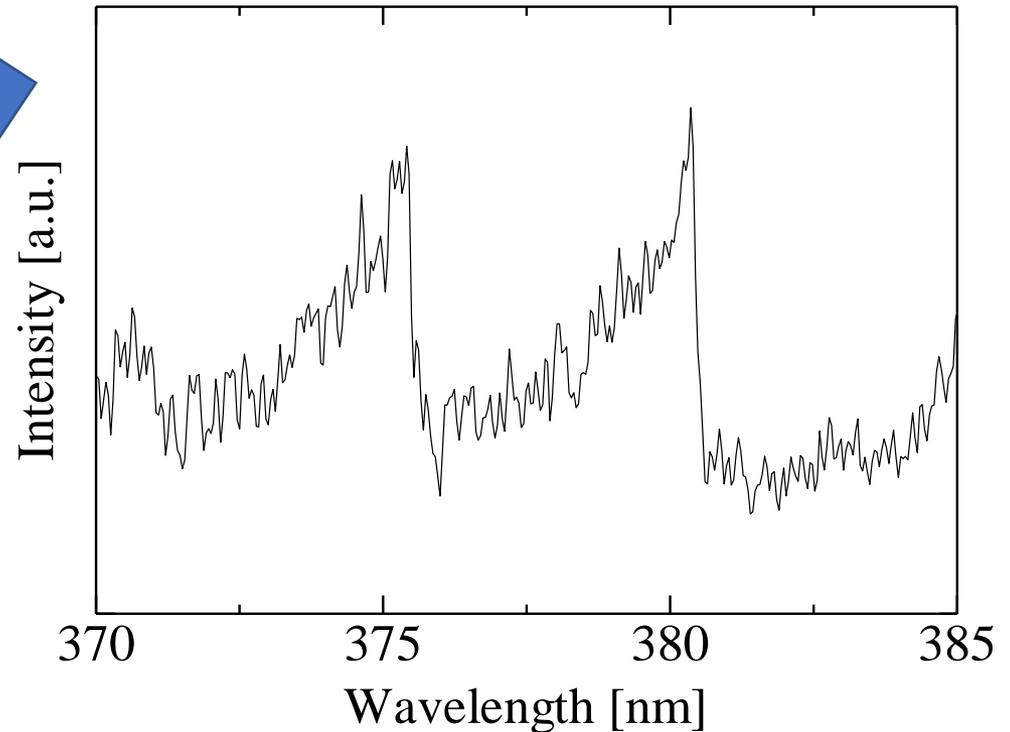
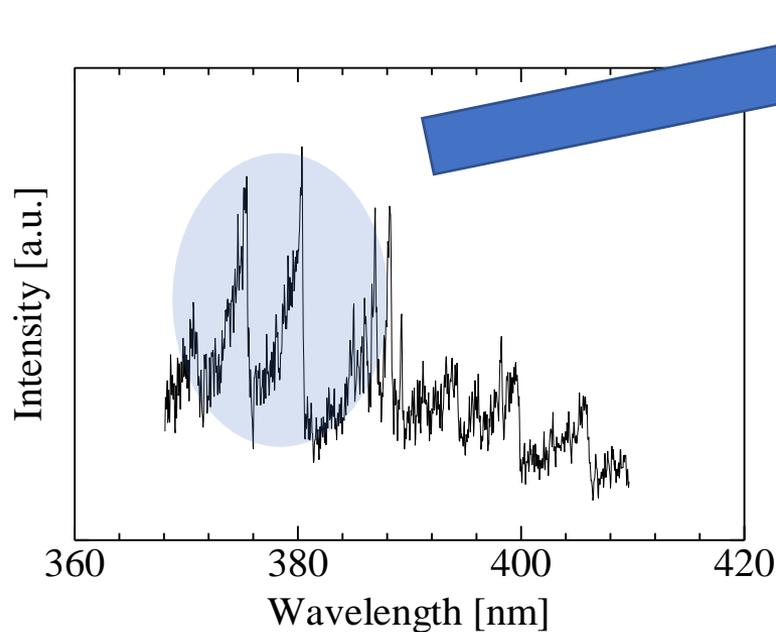


- ✓ 傾向が大きく変わったとはいえず、より幅広いパワー領域での実験が必要

分光による振動温度、回転温度の推定



窒素分子のスペクトル(2nd positive system)



分光器：浜松ホトニクス PMA50
 グレーティング：600, 1200 g/mm
 スリット幅：100 μ m
 波長分解能：0.05 nm

窒素分子のスペクトルを利用して、振動温度、
 回転温度をパラメータとしてフィッティング
 を行い、温度を推定する。



重粒子への影響を調べる

今後の実験予定

- ✓9月25日 より幅広いパワー領域での実験
 - ✓入射パワー 10-230 kW

- ✓9月26日 チャンバを用いた圧力変化実験
 - ✓石英窓付きチャンバ
 - ✓雰囲気気圧 10-100 kPa

- ✓9月27日 分光実験

ご清聴ありがとうございました
