

---

# イオントラップを用いた矩形型収束系における 共鳴不安定性に関する研究

---

K. Fukushima  
- *AdSM, Hiroshima University*

# Background

## 高密度ビームにおける Space charge effect の解析

1. 実際の加速器を用いた実験  
高コスト、多くの場合パラメータ(Tune等)はほぼ固定
2. 数値シミュレーション  
計算時間と計算精度がトレードオフ
3. イオンラップ実験 (S-POD)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{小型、低コスト} \\ \text{非常に広いTune Range} \end{array} \right.$

# About **S-POD** (Simulator for Particle **O**rbit **D**ynamics)

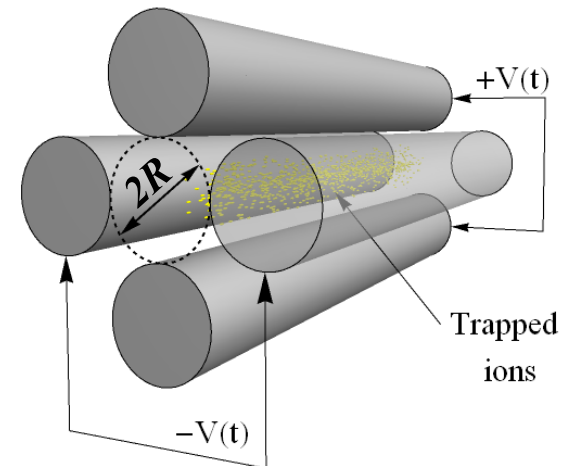
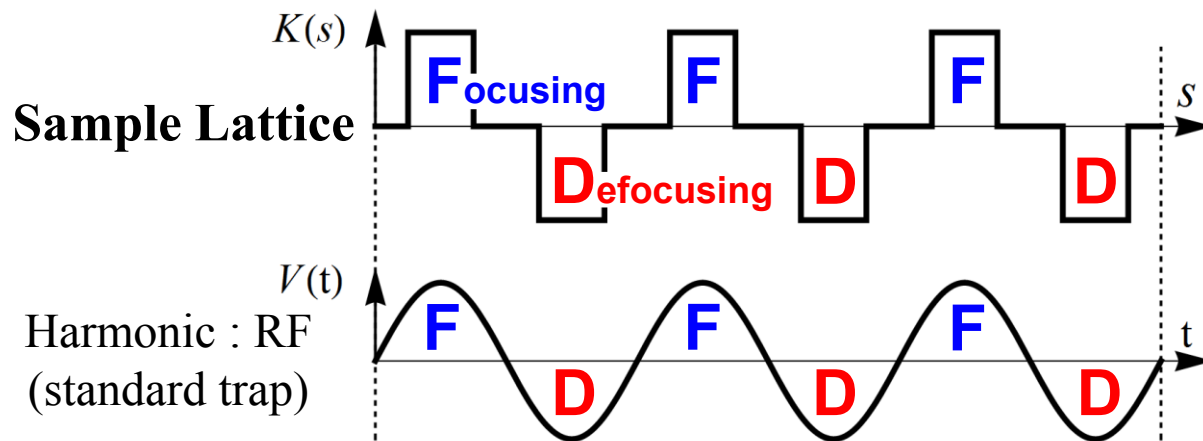
## Storage Ring Hamiltonian (2D)

$$H_{2D\text{-ring}} = \frac{p_x^2 + p_y^2}{2} + \frac{K(s)}{2} (x^2 - y^2) + \frac{q}{p_0 \beta_0 c \gamma_0^2} \phi$$

## Linear Paul Trap Hamiltonian (2D)

$$H_{2D\text{-trap}} = \frac{p_x^2 + p_y^2}{2} + \frac{qV(t)}{mc^2 R^2} (x^2 - y^2) + \frac{q}{mc^2} \phi_{sc}$$

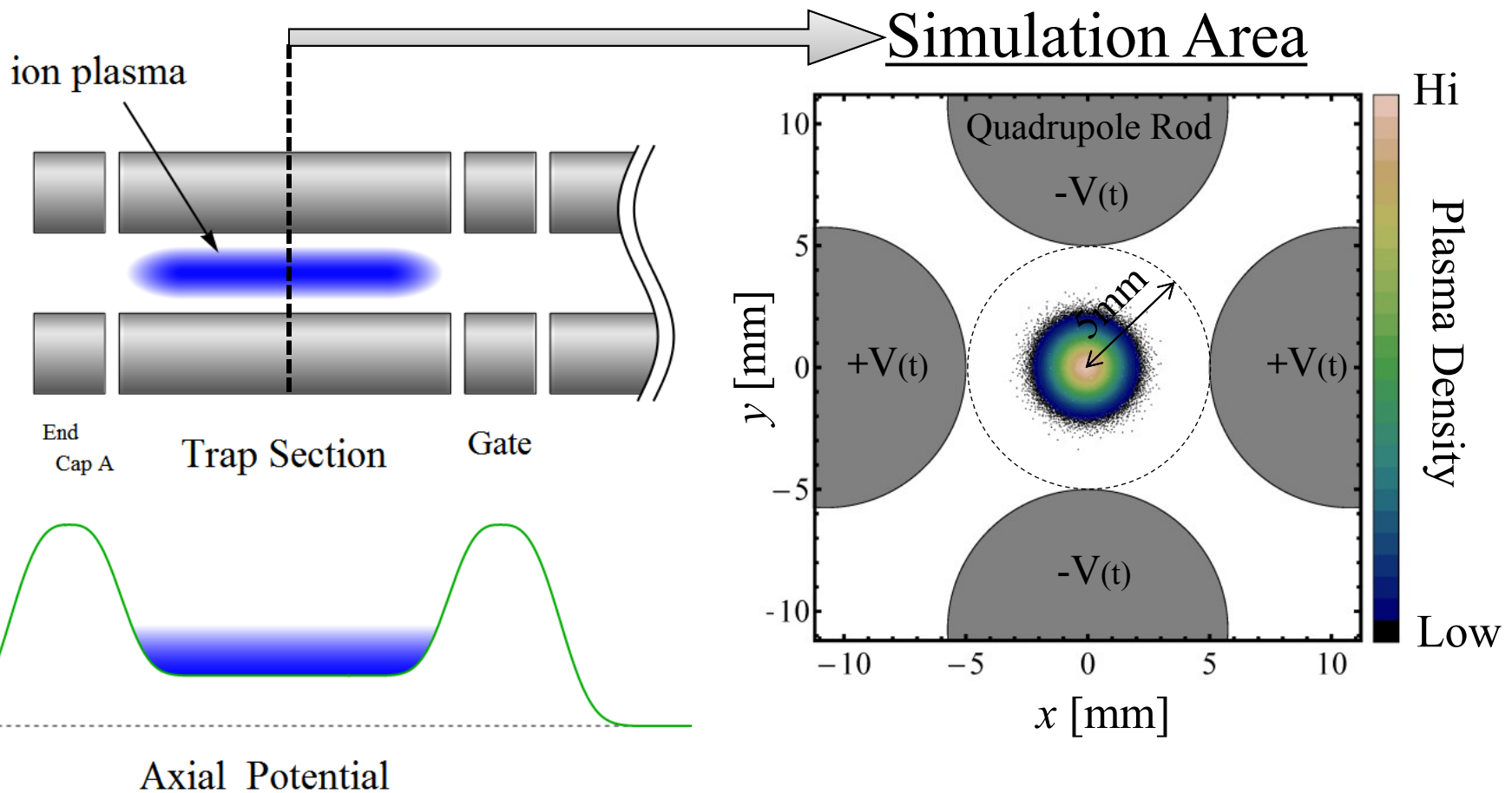
+ Vlasov-Poisson Eqs.



Schematic of a Linear Paul Trap

# 2D-PIC Simulation

- ・実験で用いているトラップの断面を想定し、PIC法を用いて空間電荷効果を計算する。



# 2D-PIC Simulation

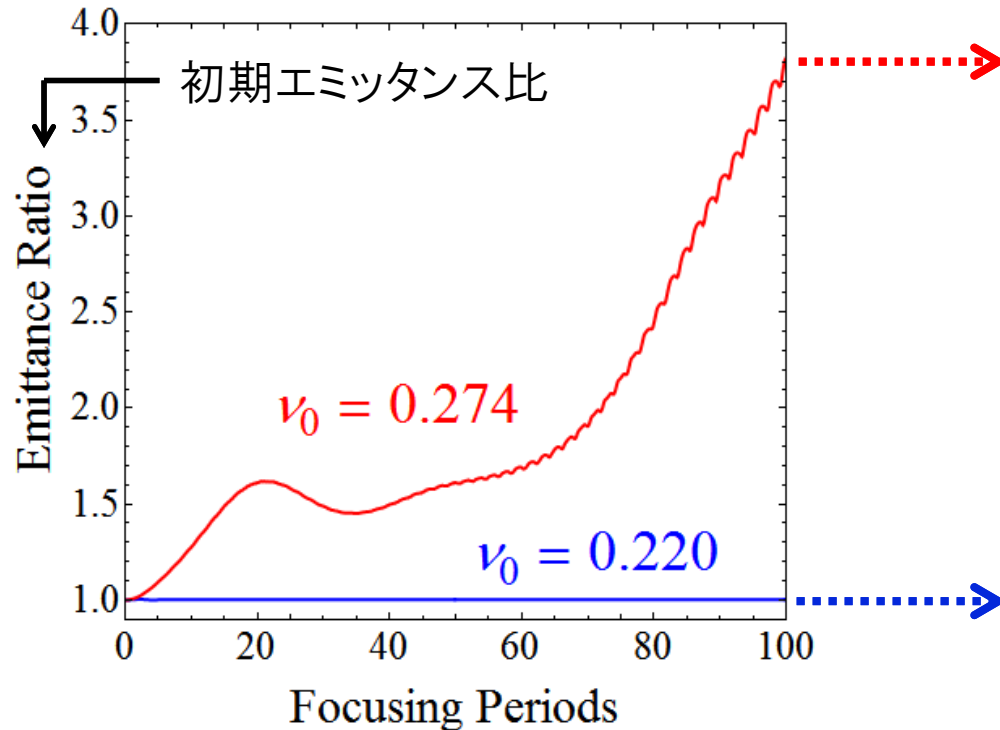
- ・シミュレーションパラメータ

初期分布 : Gaussian , 初期温度 :  $T_p = 0.1 \text{ eV}$

Tune Depression :  $\eta = \frac{\nu}{\nu_0} = 0.80 \sim 0.95$

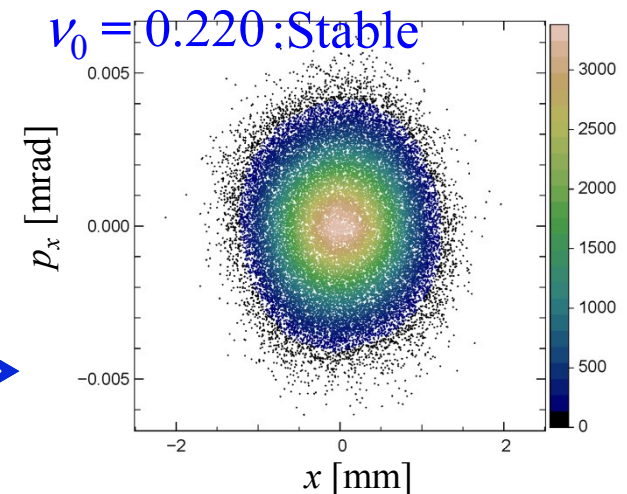
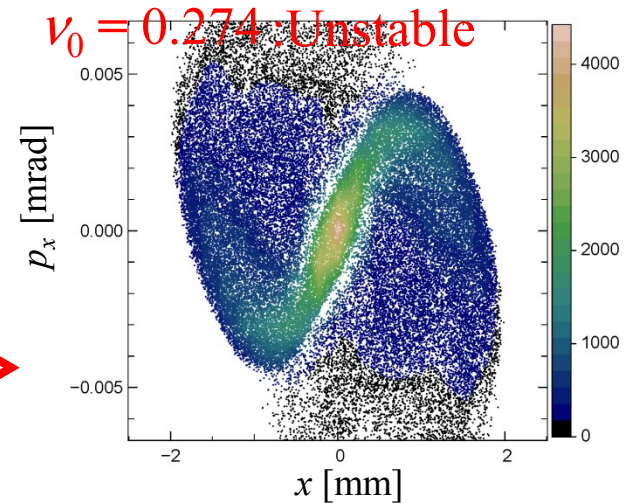
- ・固定チューンでのシミュレーション例

RMS Emittance History :  $\eta = 0.80$



After 100 RF periods

$x$ - $p_x$  Phase Space



# Stopband Distribution (sinusoidal)

Case - Bare Tune :  $\nu_{0x} = \nu_{0y} = \nu_0$

$m$ 次の共鳴位置 ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )

・コヒーレント共鳴条件

$$\nu_0 - C_m \Delta \nu \approx \left( \frac{n}{2m} \right)$$

**2<sup>nd</sup> order**

**$m = 2, n = 1$**

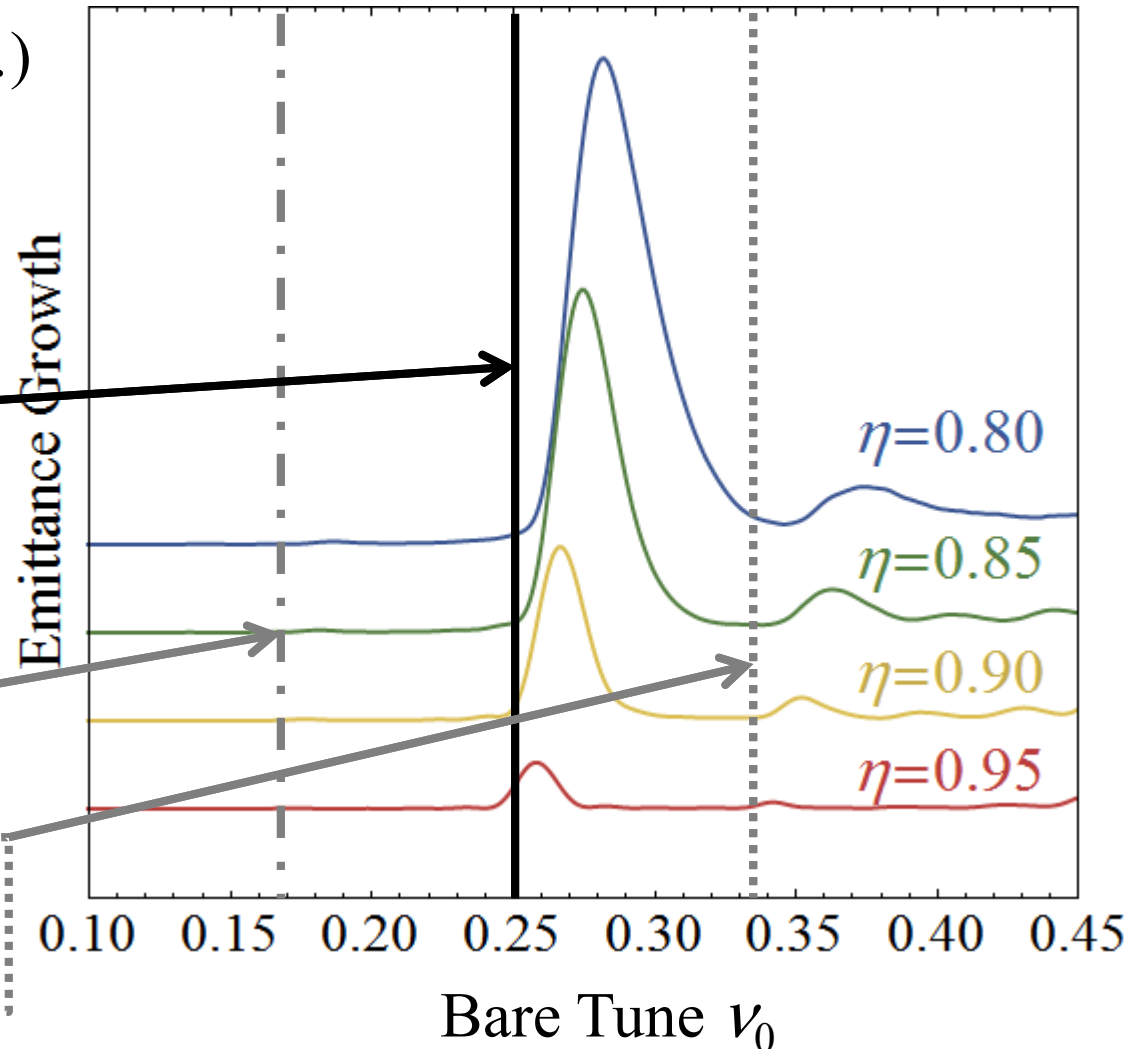
**3<sup>rd</sup> order**

**$m = 3, n = 1$**

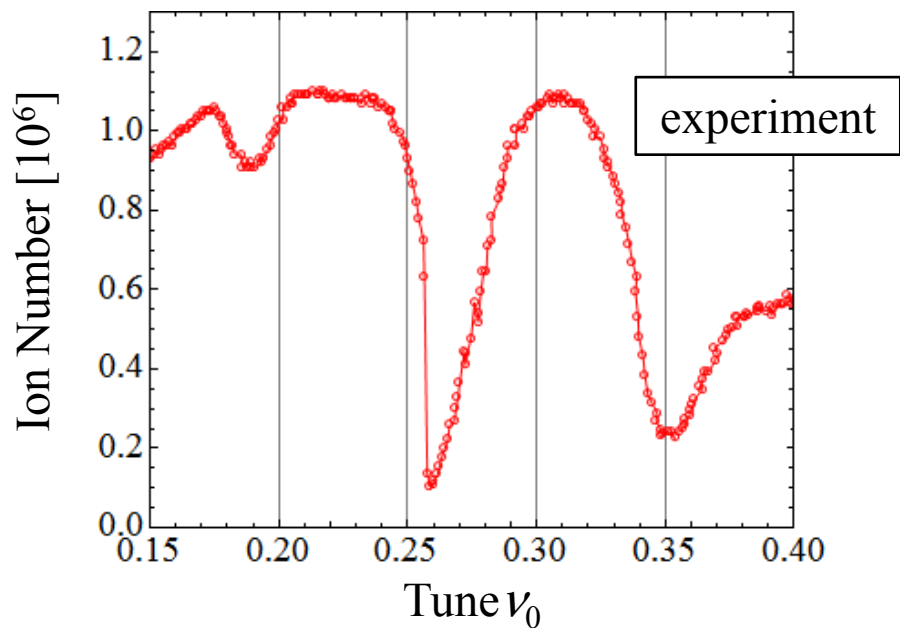
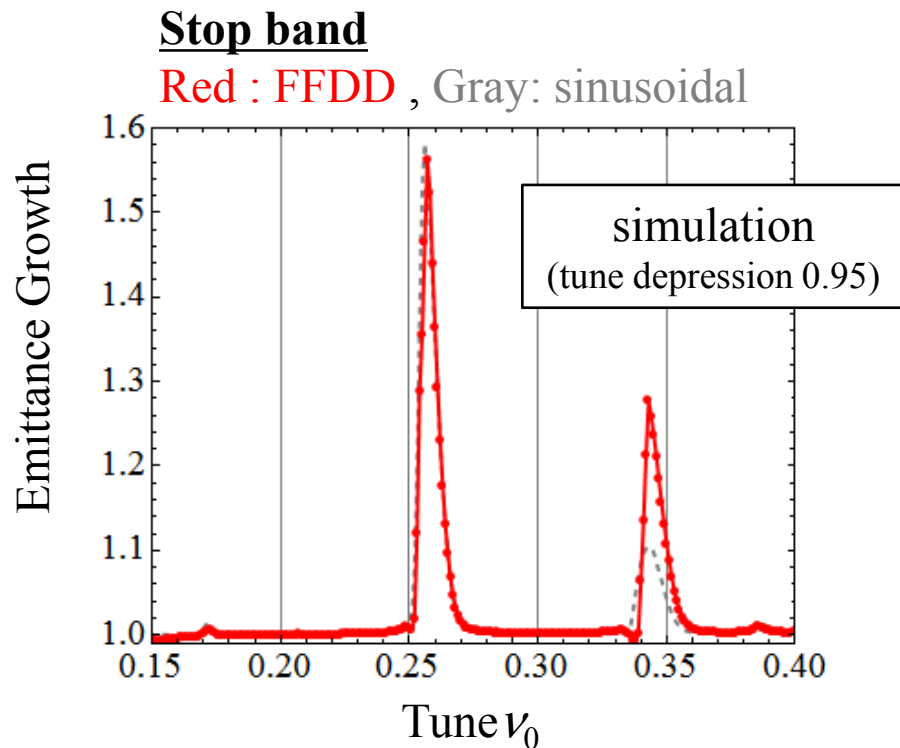
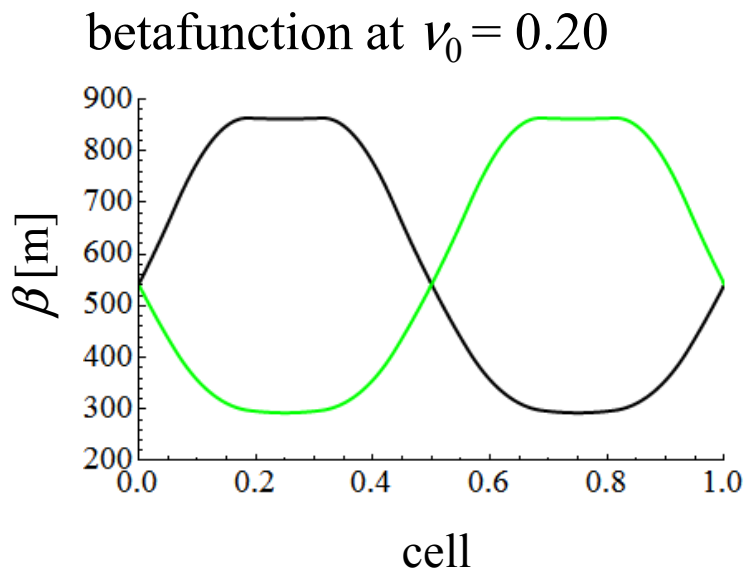
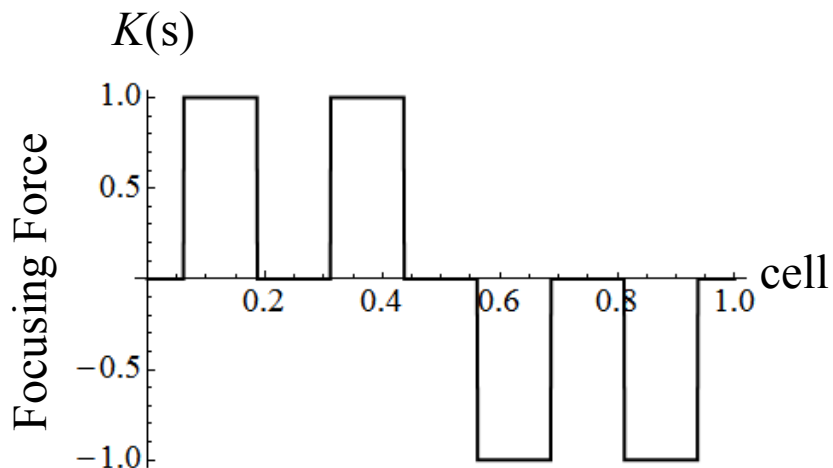
**3<sup>rd</sup> order**

**$m = 3, n = 2$**

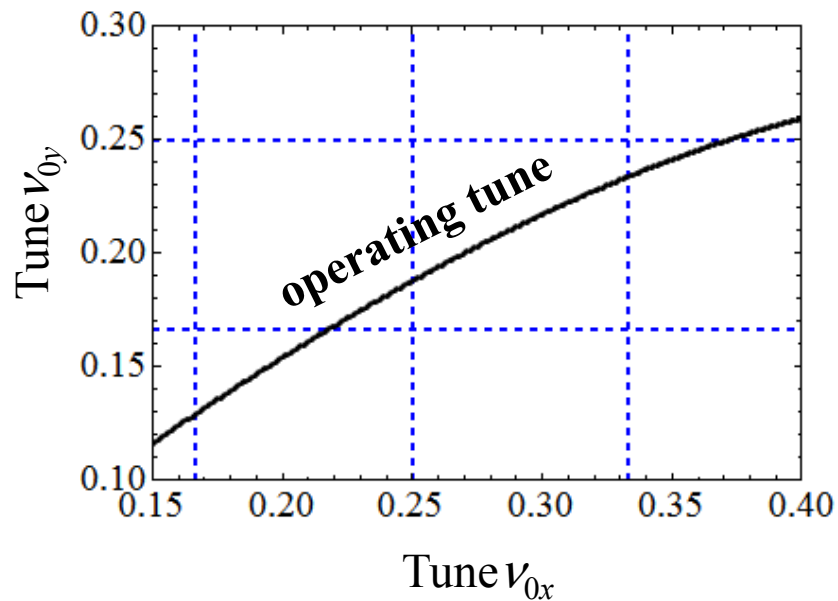
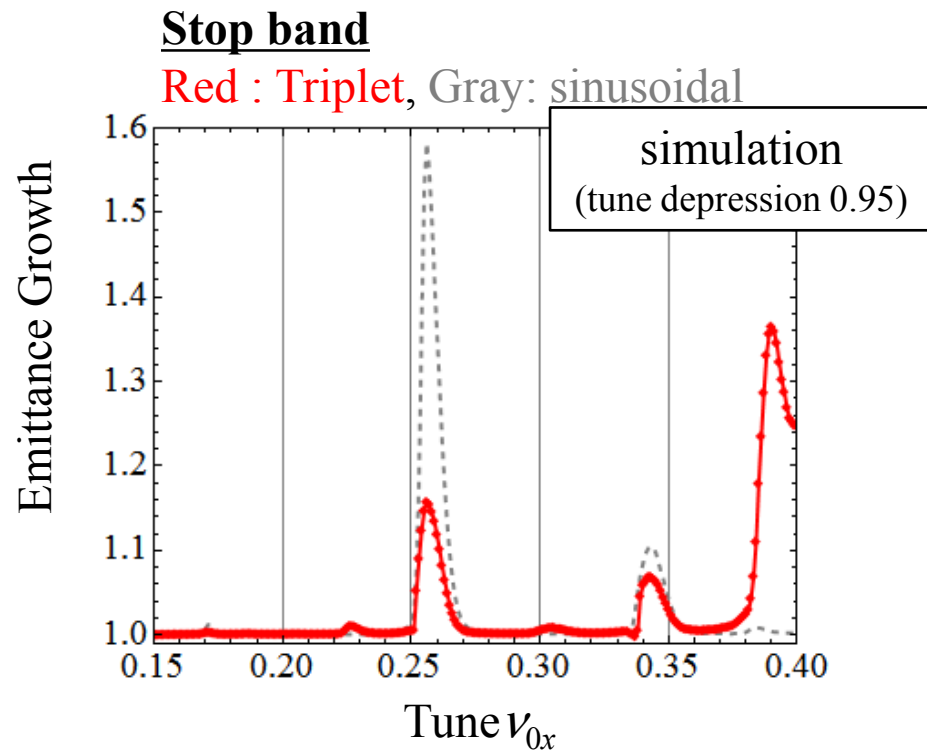
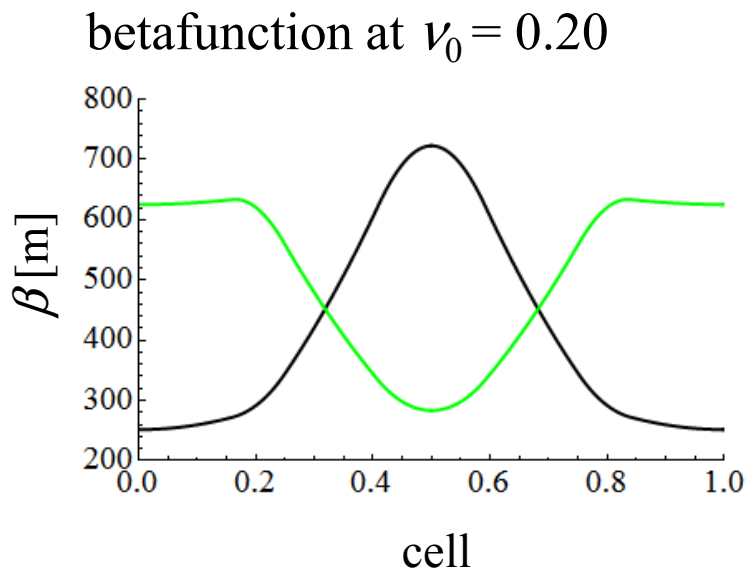
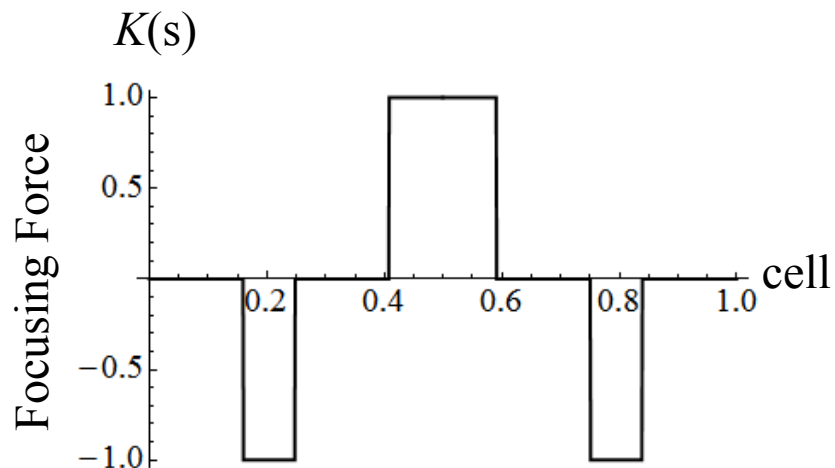
Stopband : Gaussian dist.



# FFDD Lattice

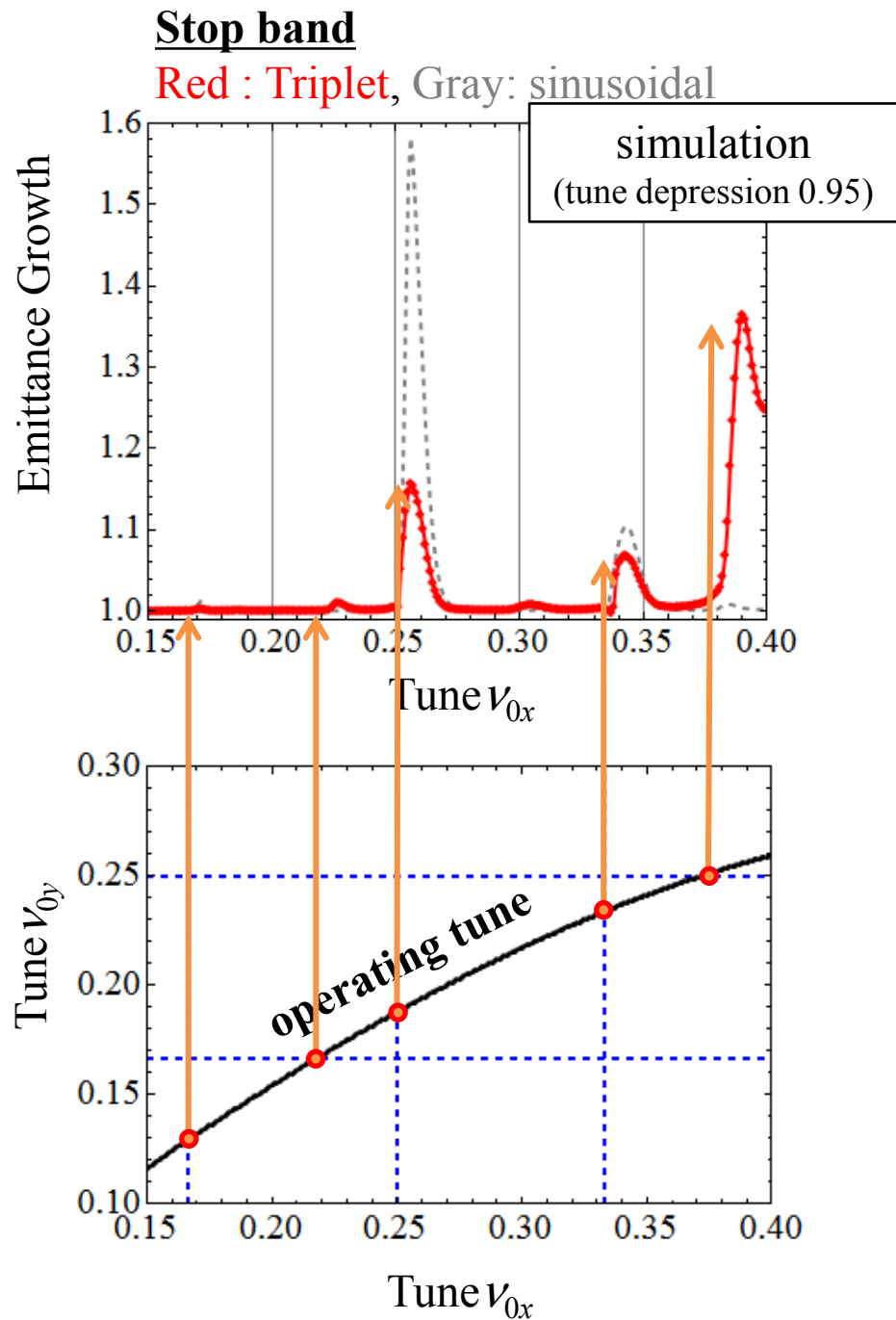
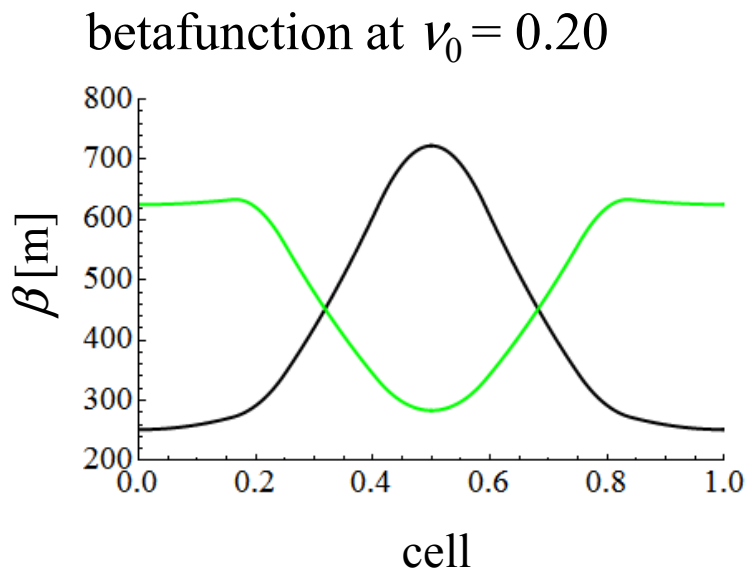
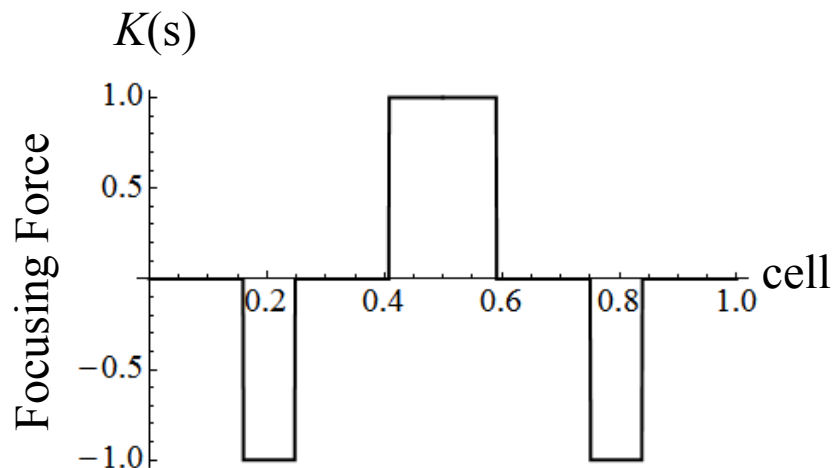


# Triplet Lattice

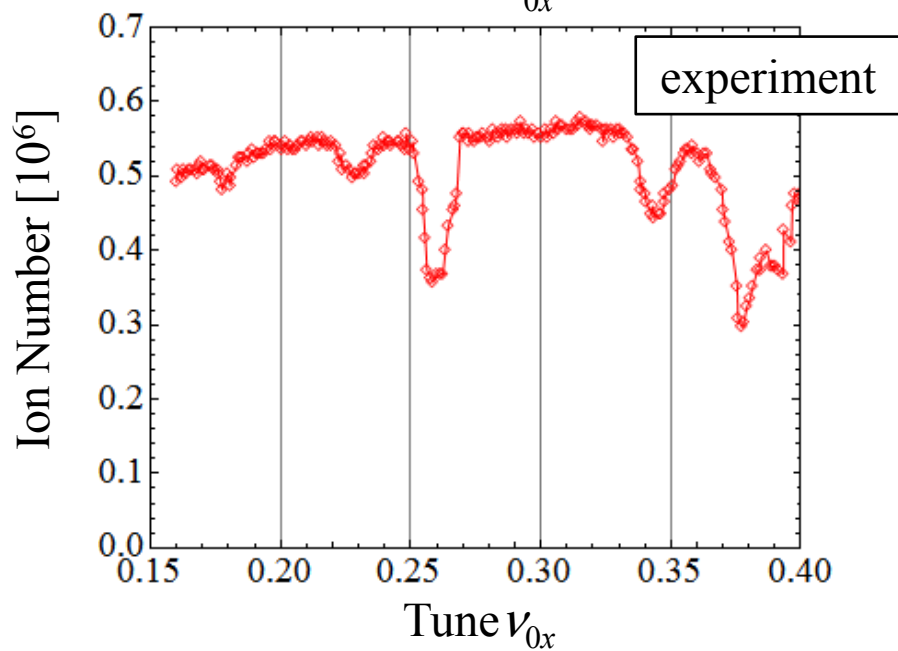
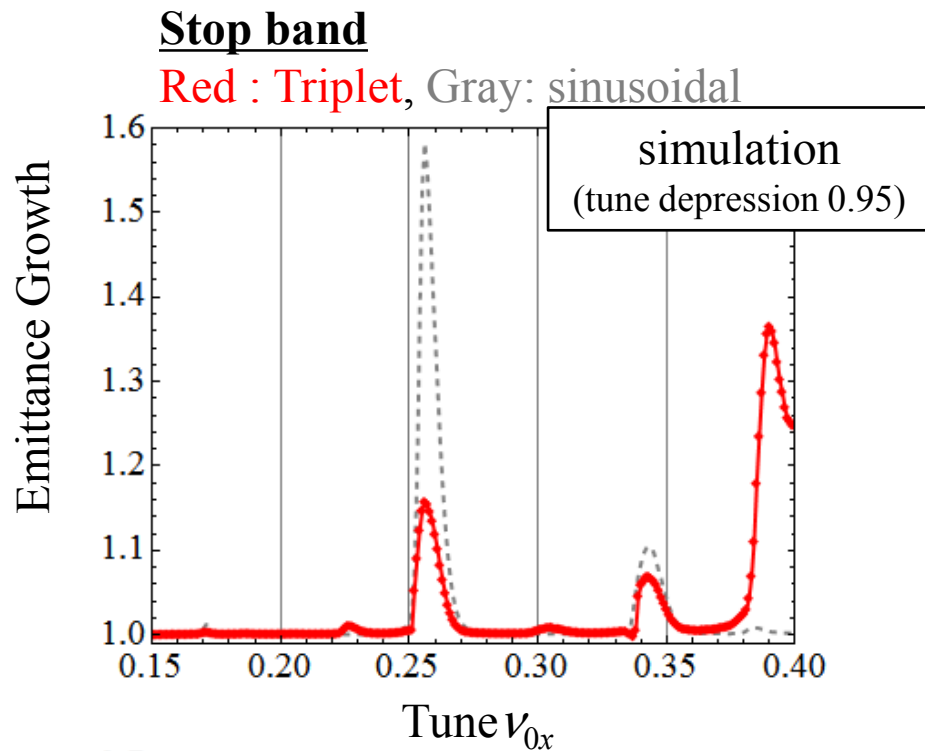
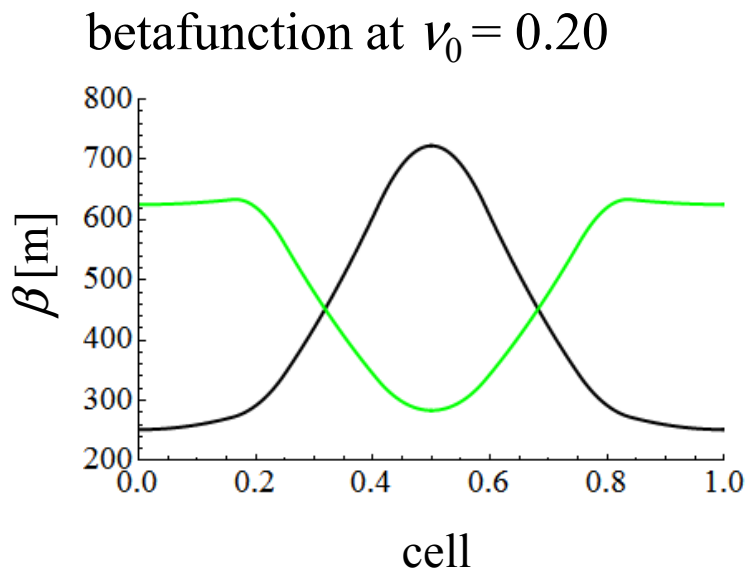
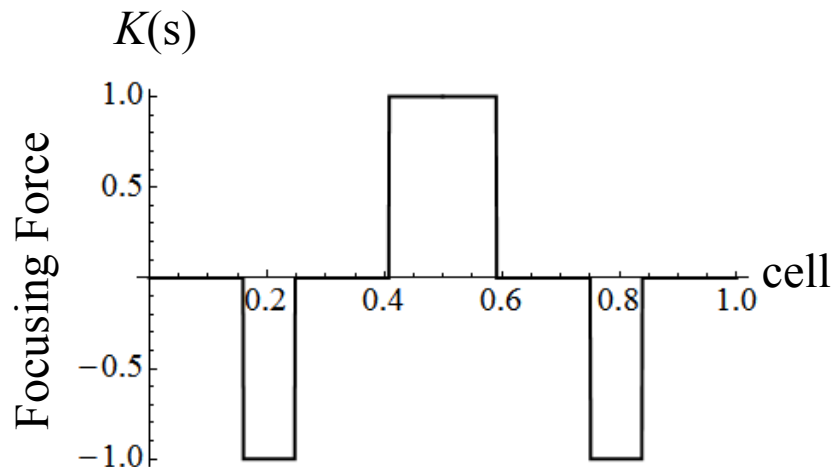




# Triplet Lattice



# Triplet Lattice



# Summary

---

- ・矩形型の収束系を生成し、FFDD・Triplet型のラティス構造を想定したトランプシミュレーションを行った。
- ・特定の条件で共鳴不安定性によるエミッタンスの成長が確認でき、実験で粒子損失が起こる条件とほぼ一致した。
- ・同時に実験において $5 \times 10^5$ のイオン数を補足している場合、プラズマのチューン降下率は0.95程度と推測できる。
- ・今後は複数のFFDD・Tripletで周期構造をつくるような、より加速器に近い収束系を生成し、研究を行う予定である。