

# 50kV-3ns超高速2極-4極キッカーの開発

中村 剛, 出羽 英紀, 安積 隆夫<sup>A)</sup>,  
小林 和生, 藤田 貴弘, 正木 満博,  
鈴木 伸介, 佐々木 茂樹, 大熊 春夫

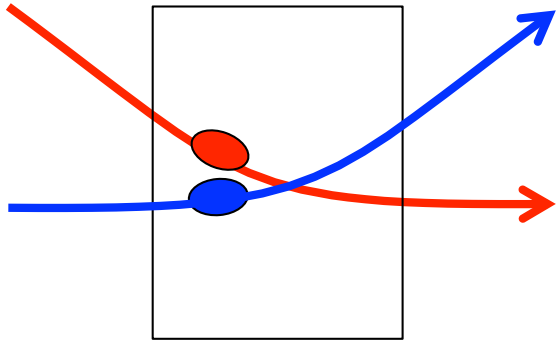
高輝度光科学研究センター  
A) 理化学研究所

# 超高速 2極-4極 キッカー

バンチ毎 (2ns 間隔) にキック (超高速) を ON/OFF  
ダイナミックアパチャの狭いリングへの入射

2極

非常に狭い場合



On-axis 入射

すべての RF バケットに  
蓄積可能

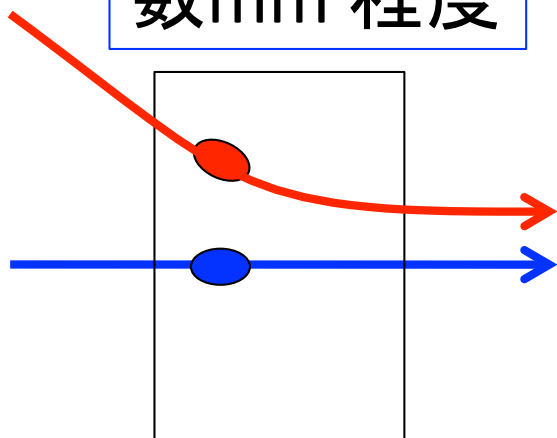
On-axis スワップ入射

(電流が低下したバンチの入替)

ユーザー運転に十分な平均電流

4極 (既存のものは無い)

数mm 程度



Off-axis 入射

キックの影響を

入射バンチにのみに留める

(磁石の場合は多くのバンチに影響

するので6極が使われる => 超大強度)

## 2極

### リニアコライダのダンピングリングでの出射キッカー

T. Naito, <https://journals.aps.org/prstab/pdf/10.1103/PhysRevSTAB.14.051002>

### バンプキッカーの代替 (DAΦNE)

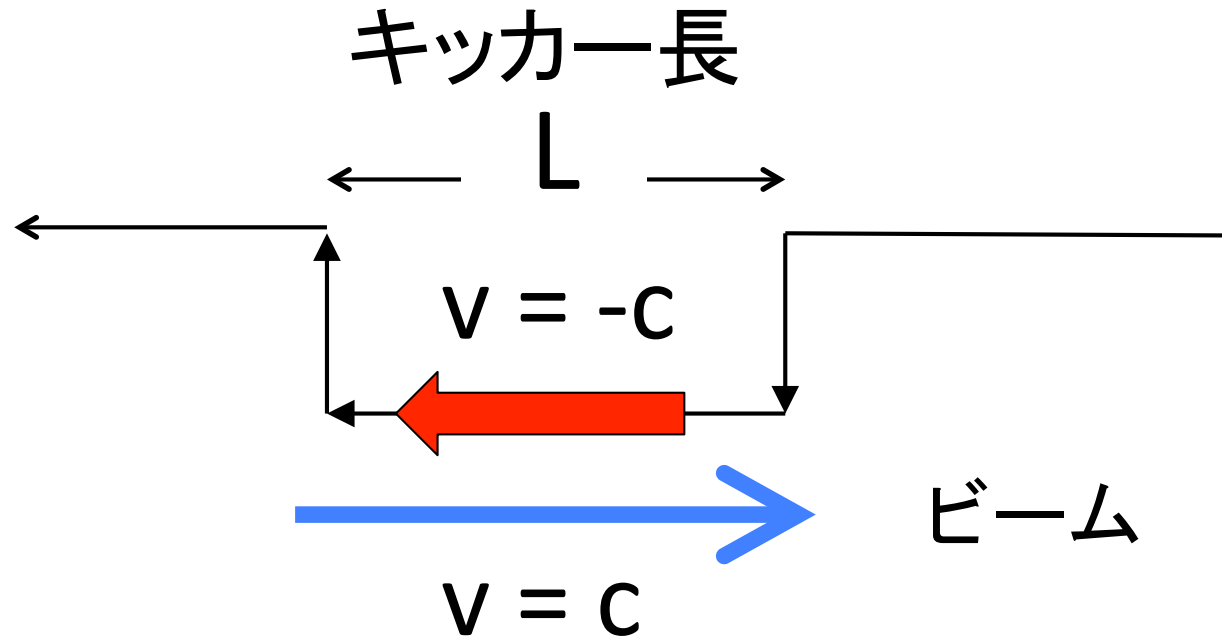
入射の影響 = キックを入射バンチに留める

D. Alesini, <http://indico.cern.ch/event/45580/session/5/contribution/275/material/slides/>

## 4極

既存リングに追加設置して振幅低減

# 時定数の短縮 : ストリップラインキッカー



ビームがキッカー中ですれ違う電磁場は、

$$\tau = 2 \times L/c = 2L/c$$

キックの時間構造は、この時間で電磁場を積分したもののデルタ関数入力でもこの時間幅のキックとなる

$$L = 0.2\text{m} \Rightarrow \tau = 1.33 \text{ ns}$$

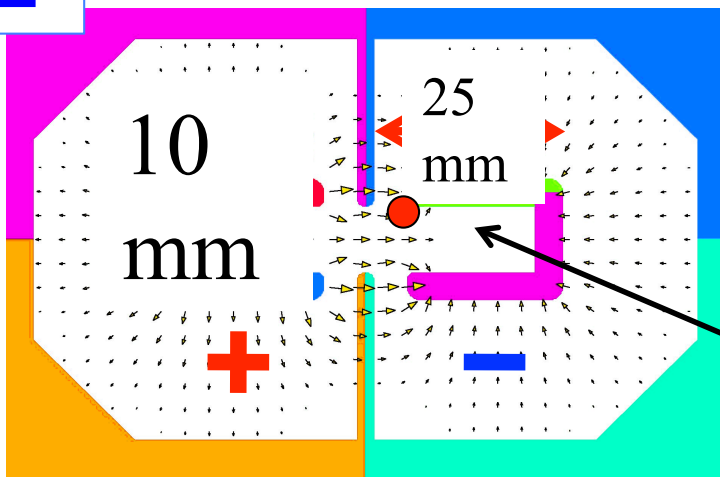


# 超高速 2極-4極 ストリップライン キッカー

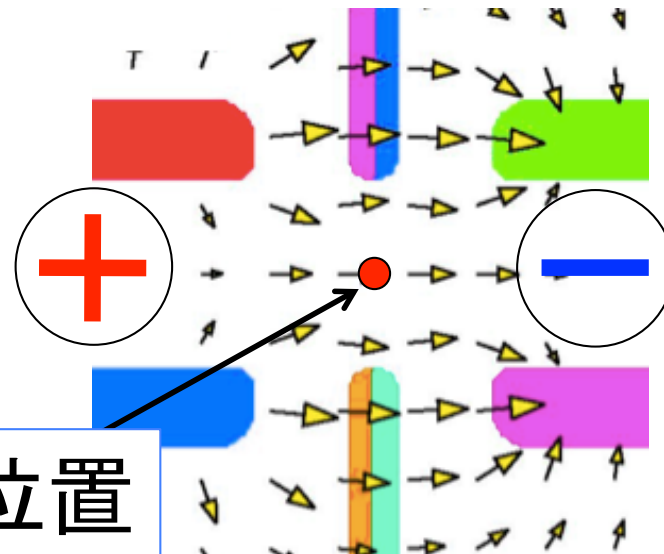
ストリップラインの駆動電圧、極性 => 2極-4極切り替え

2極

断面形状



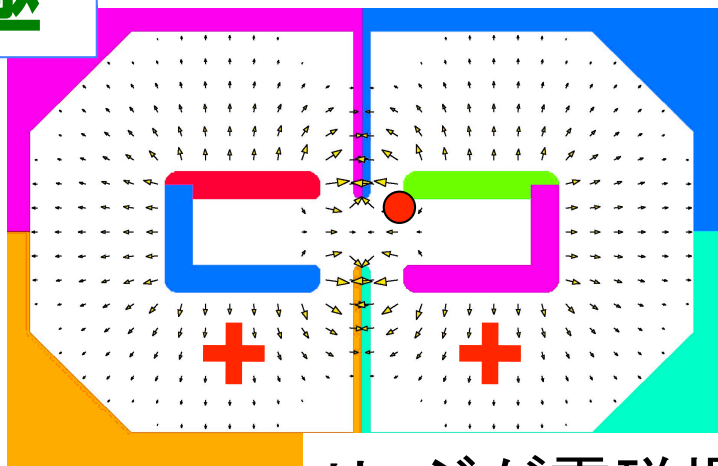
拡大



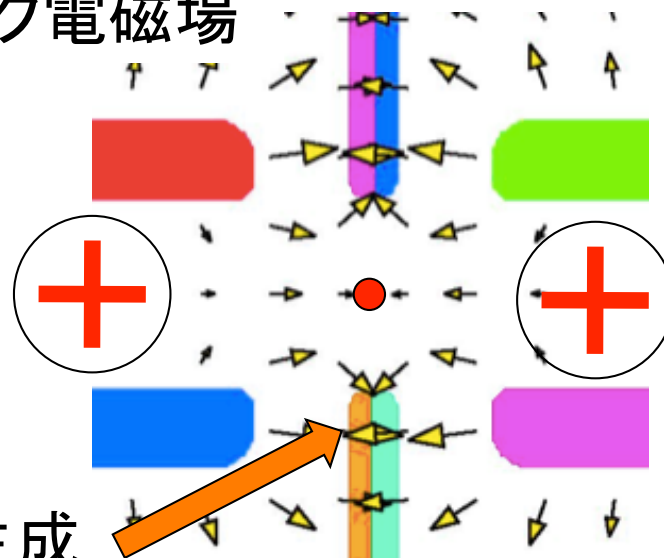
ビーム位置

4極

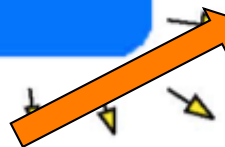
垂直アパチャの低減による強いキック電磁場



拡大



リッジが電磁場の一様性を生成



# キック電場の水平方向分布

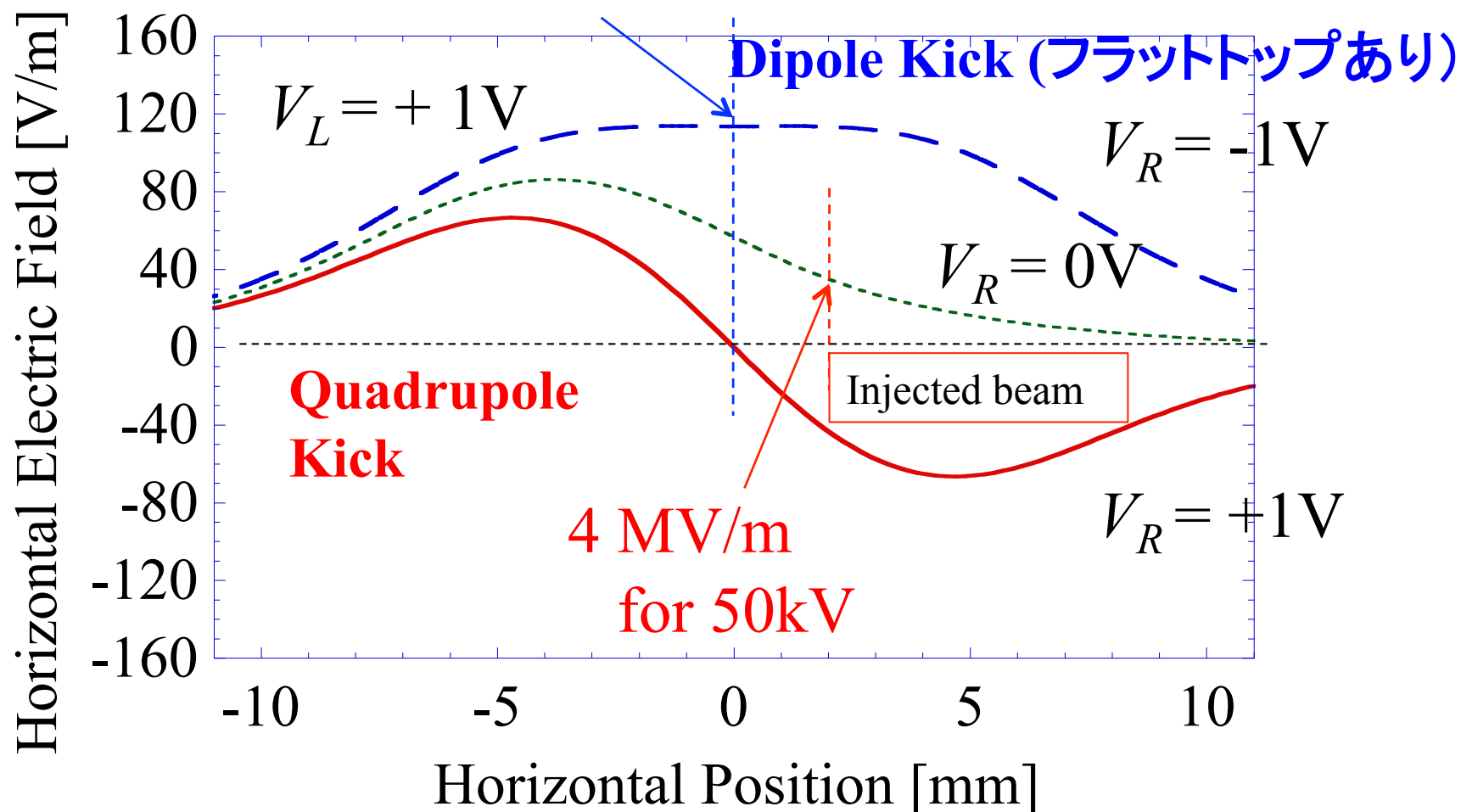
$$L = 0.2\text{m} \times 5\text{台} = 1\text{m}$$

## キック電磁場

$$E = 6\text{ GeV}$$

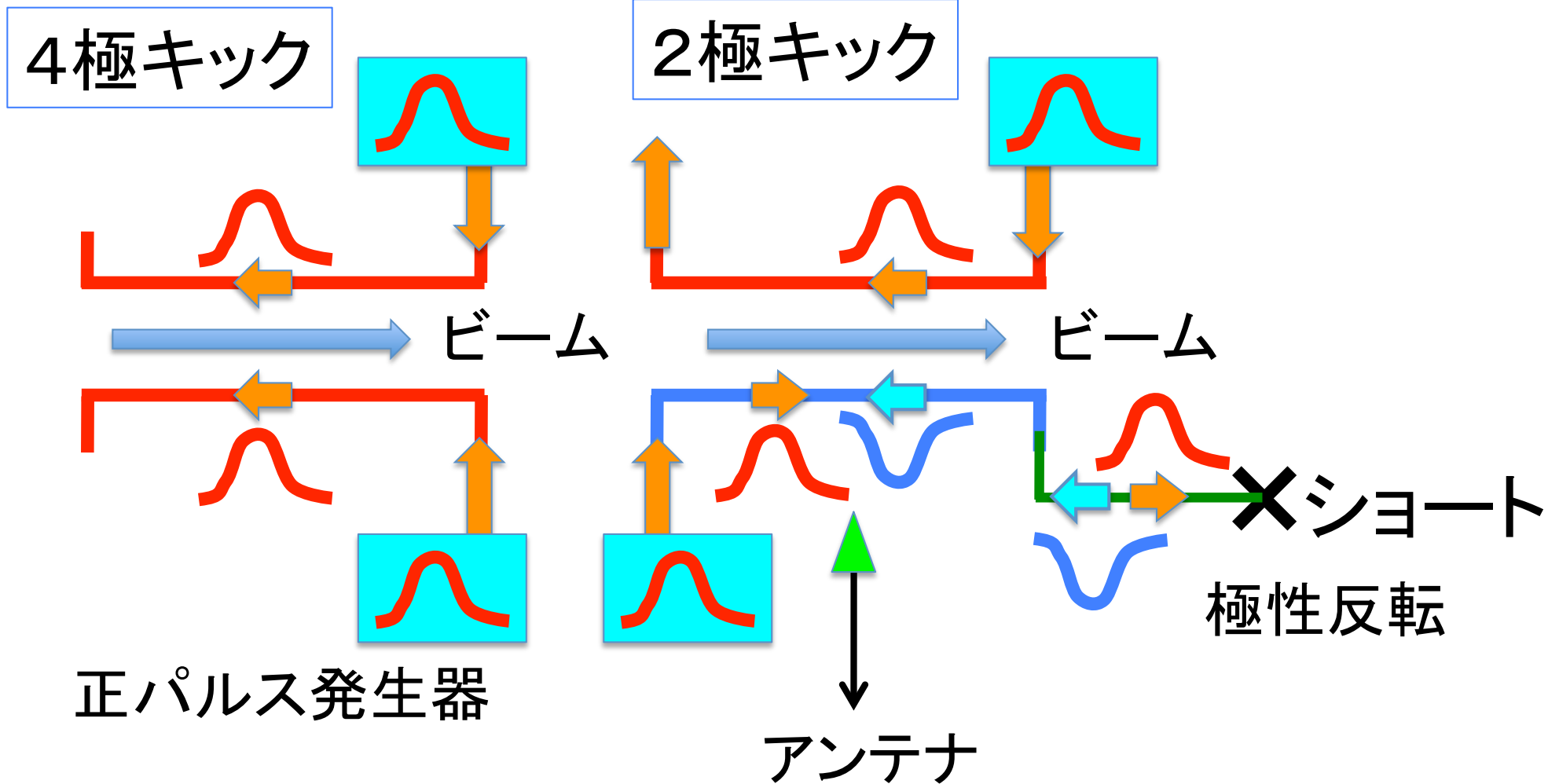
$$Ex + cBy = 11\text{ MV/m (50kV)}$$

$$\Rightarrow 1.8\text{ mrad}$$

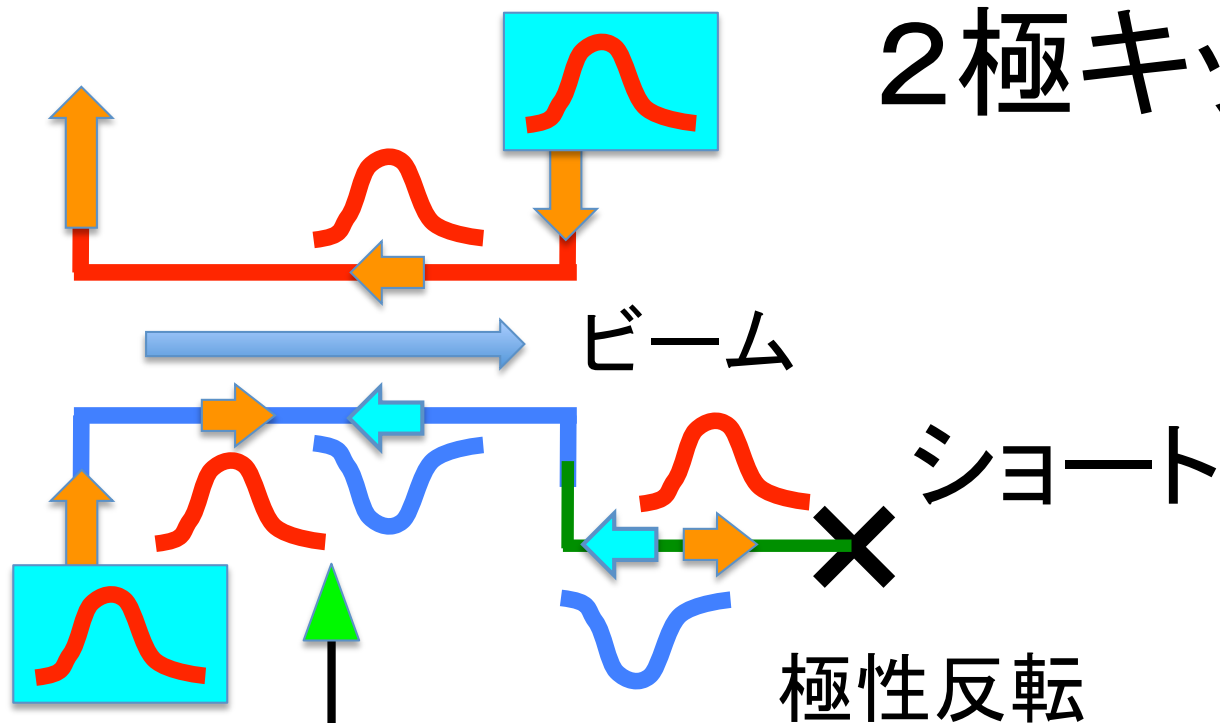


# キッカーの駆動方法

手持ちは、正パルス発生器 2台

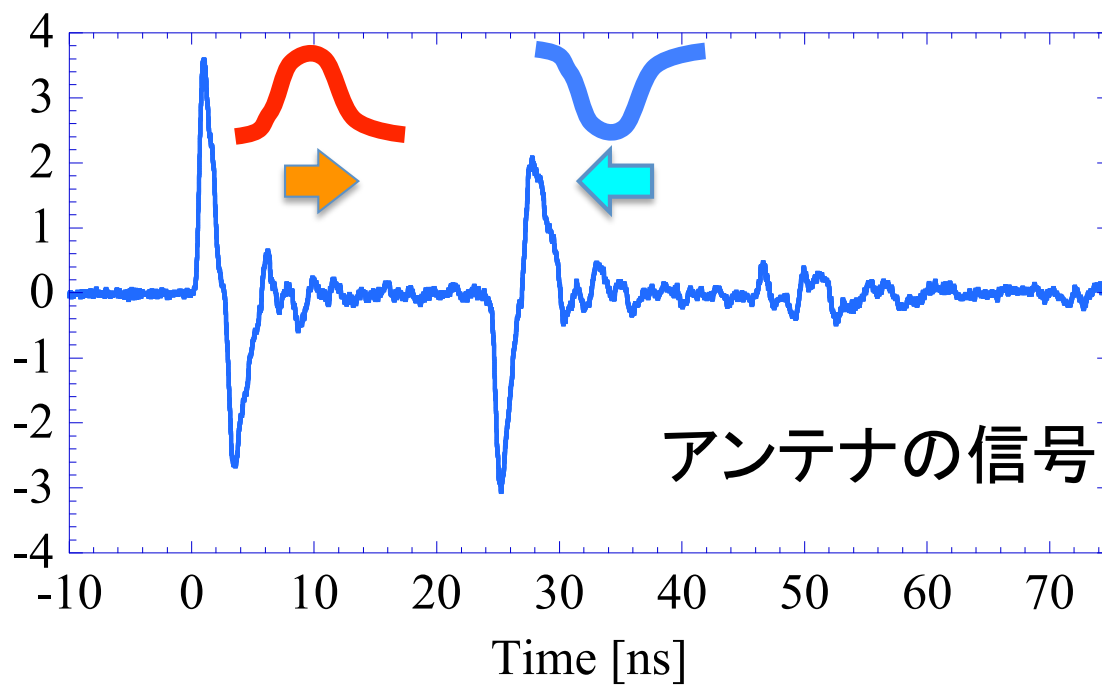


# 2極キック



極性反転

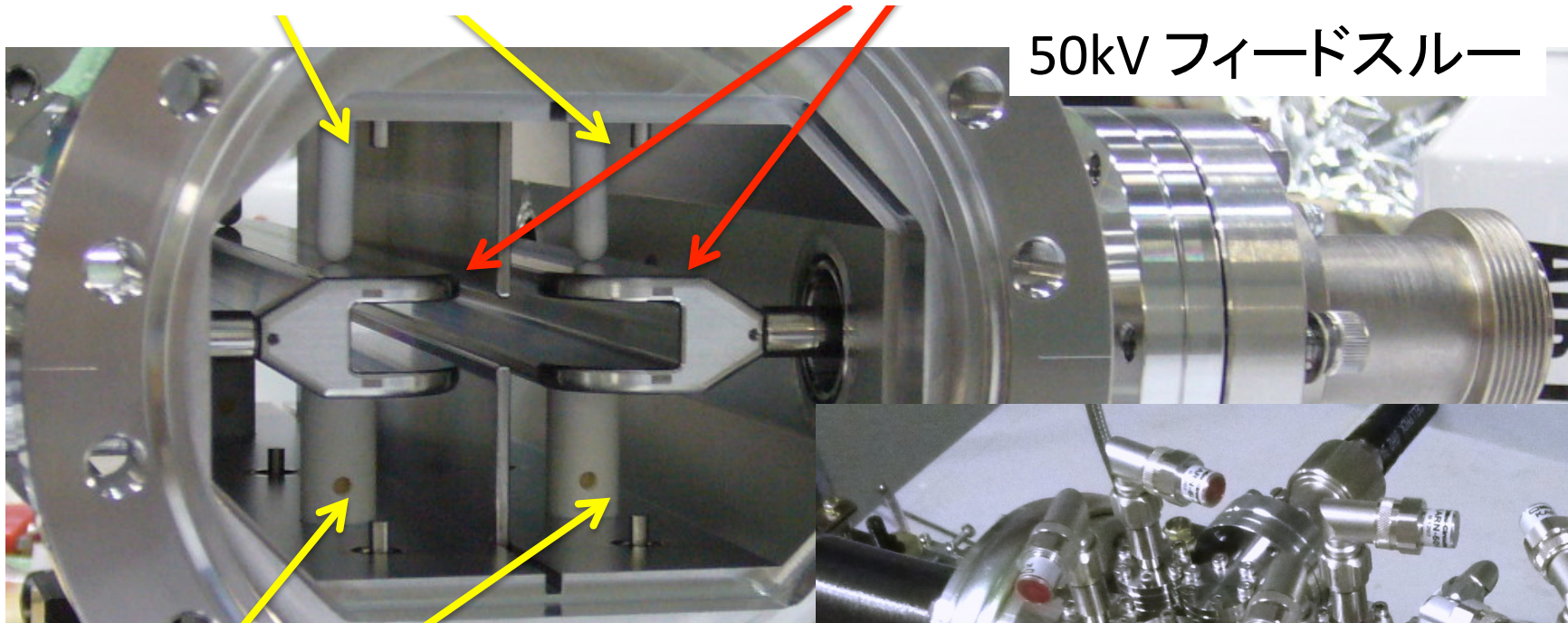
Antenna Voltage [arb. unit]



セラミックス製サポ

ストリップライン電極

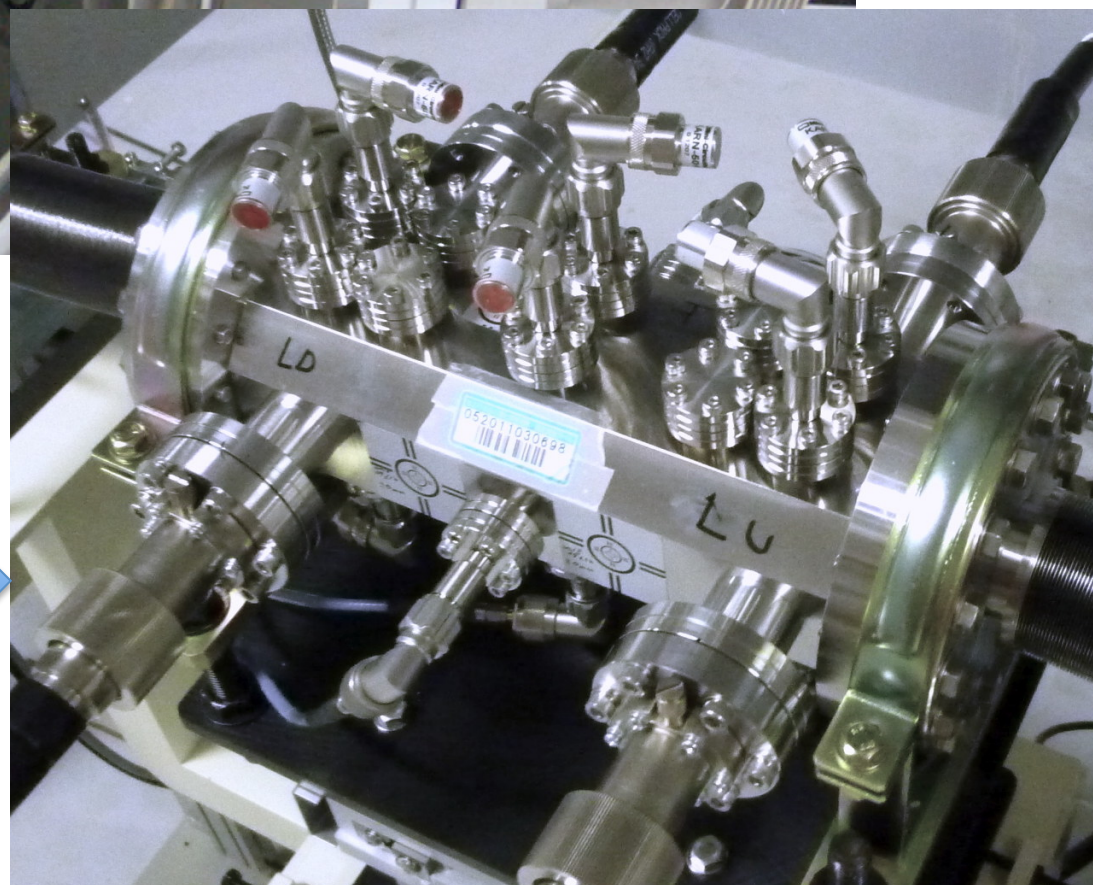
50kV フィードスルー



支持、位置決め用  
セラミックス製サポ

ビームラインに設置  
N型ポート

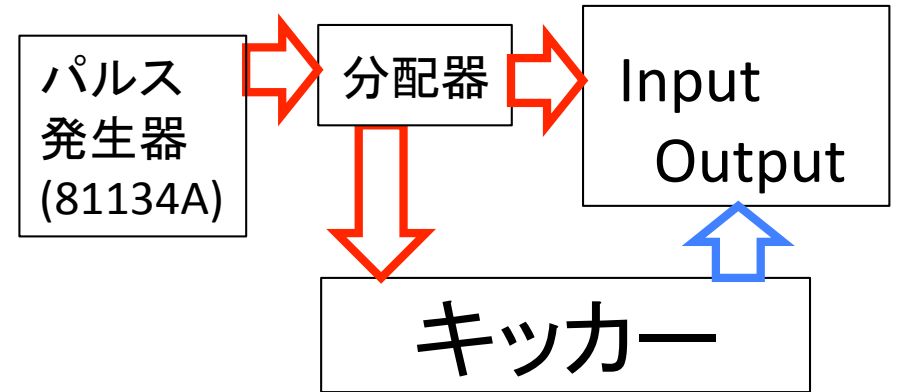
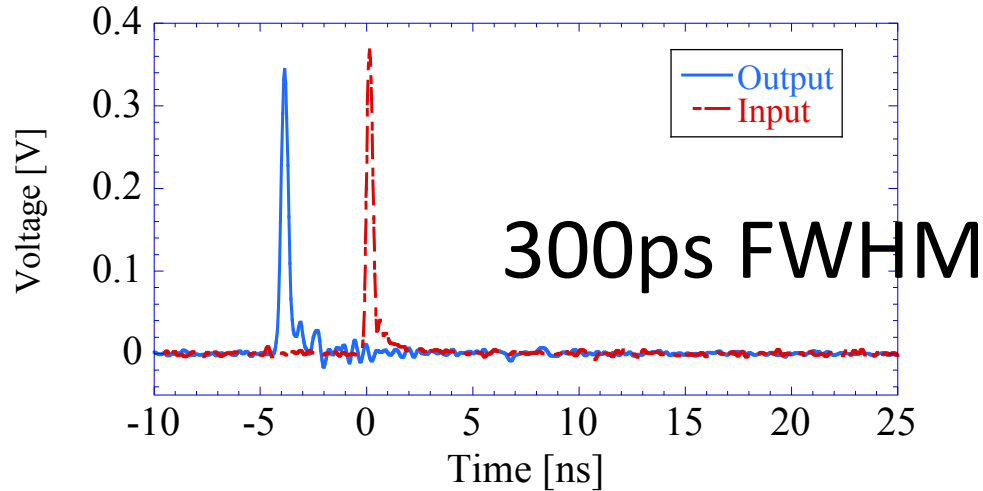
トラップモードダンパー  
キッカー内電磁場観測





# キッカーの透過信号試験 (小信号)

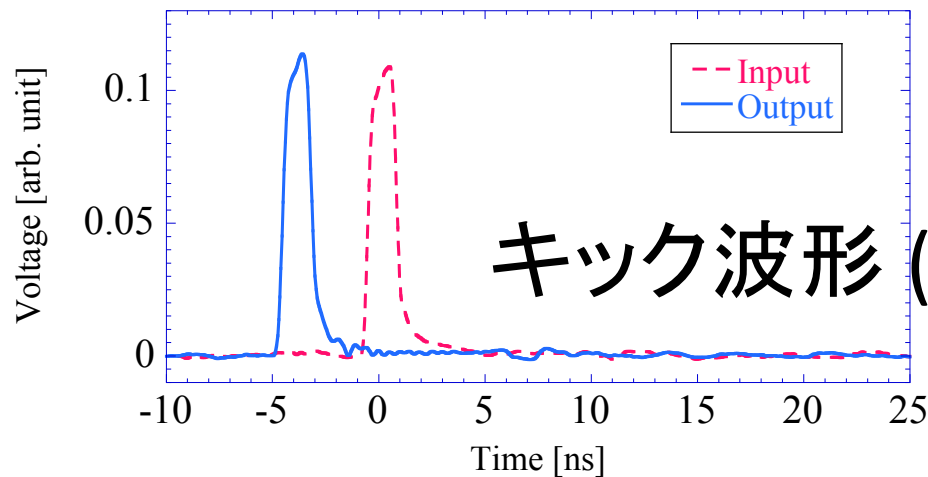
入力パルスに対するキッカー出力の応答(劣化)を観測



キッカーの時定数

$2 \times$  キッカー長/光速

キッカー長=0.2m



出力の方が高い?  
分配器、ケーブル損失等の  
キャリブレーションが必要

大きな乱れは見られない

キッカー構造、フィードスルー、セラミックスサポート には問題なし

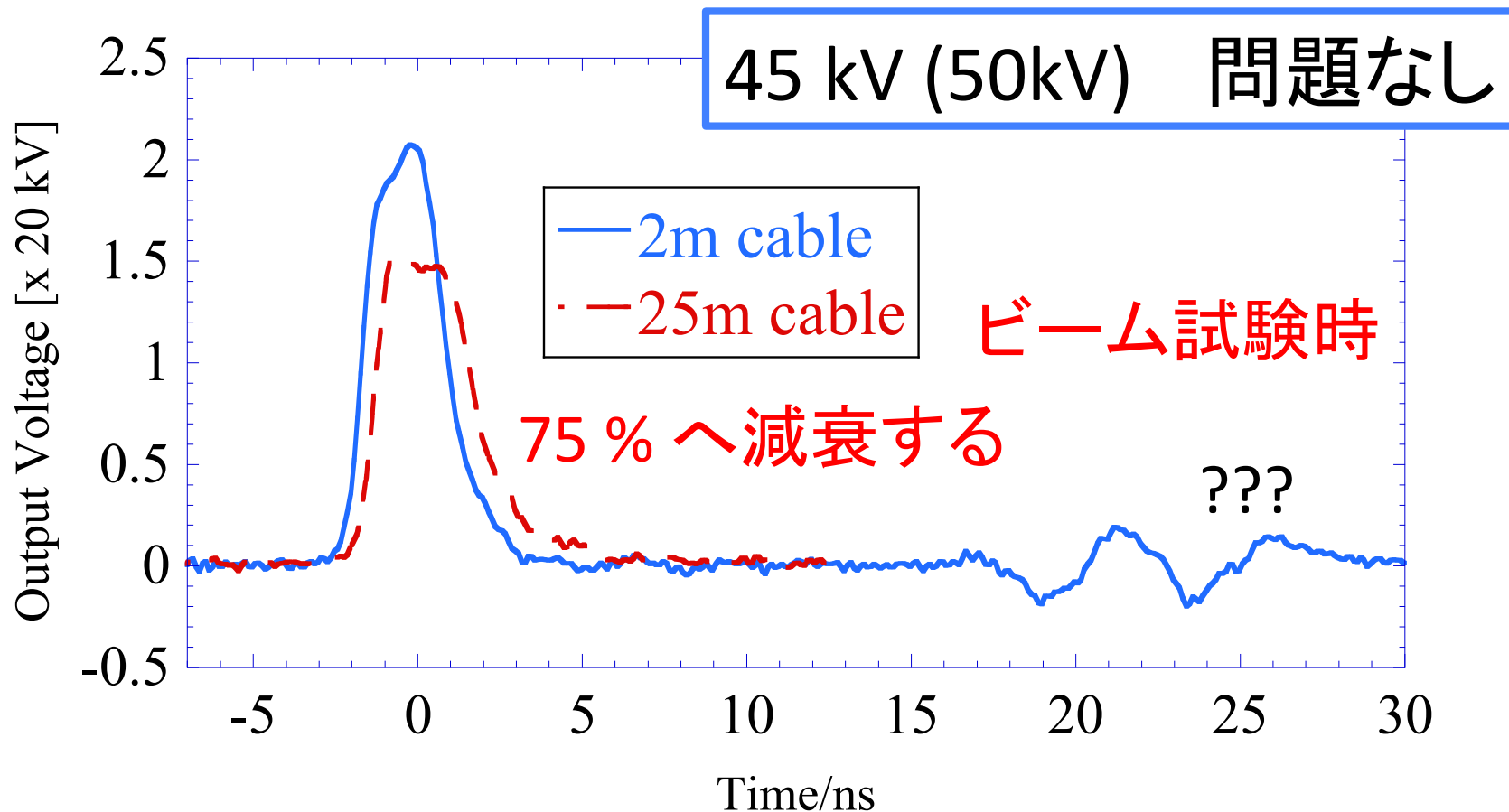
# 高電圧パルス試験

パルス発生器 FID 社 FPG 50-01NKS2

仕様: 50kV、測定: 45kV

~ 50kV 入力に対する キッカーからの出力

2m ケーブル、 25m ケーブル (ビーム試験時)

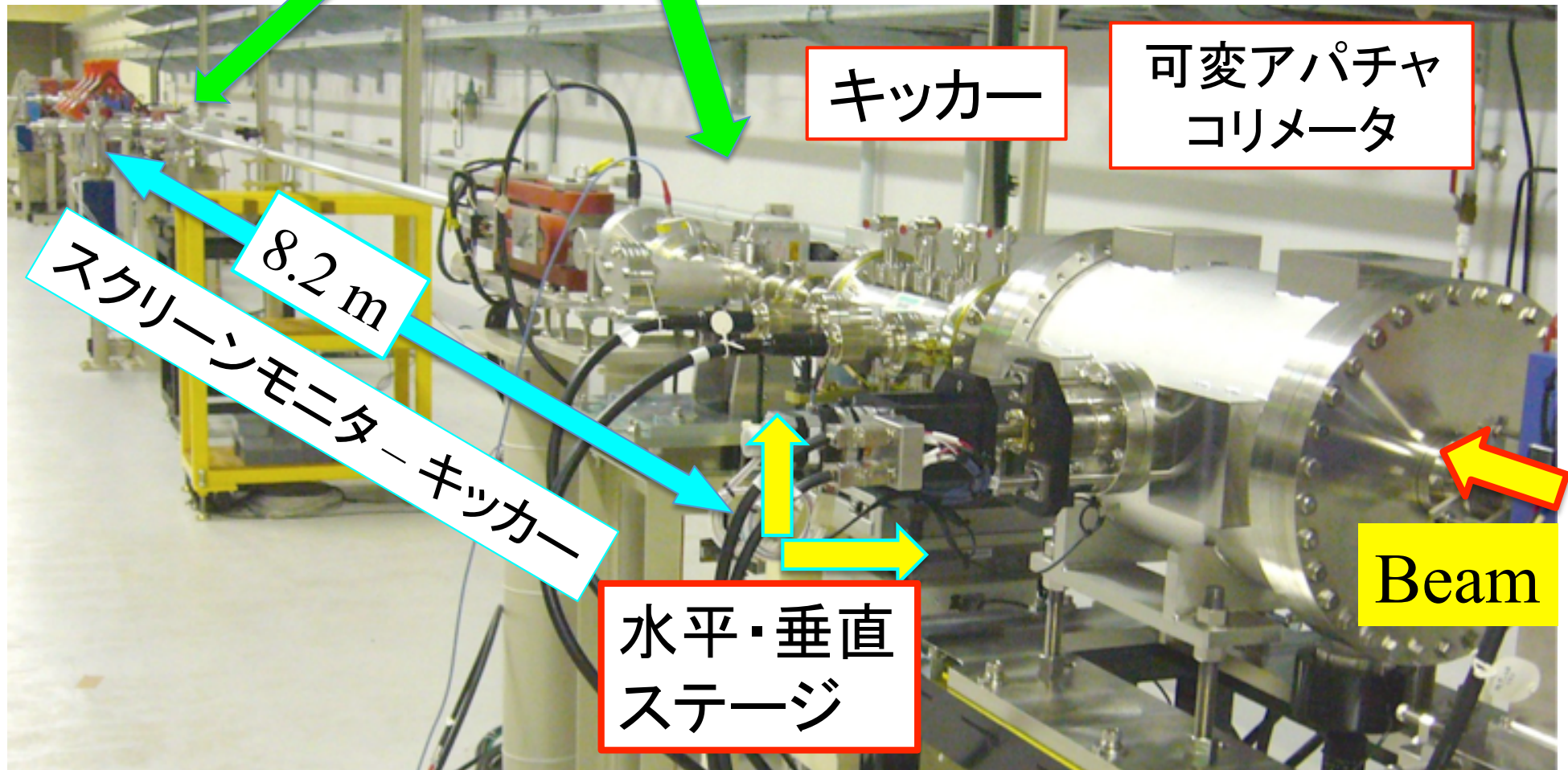


# ビーム試験のセットアップ ( 1GeV 線型加速器ビーム )

スクリーンモニタ(Ce:YAG)

キッカー

可変アパチャ  
コリメータ



Beam

水平・垂直  
ステージ

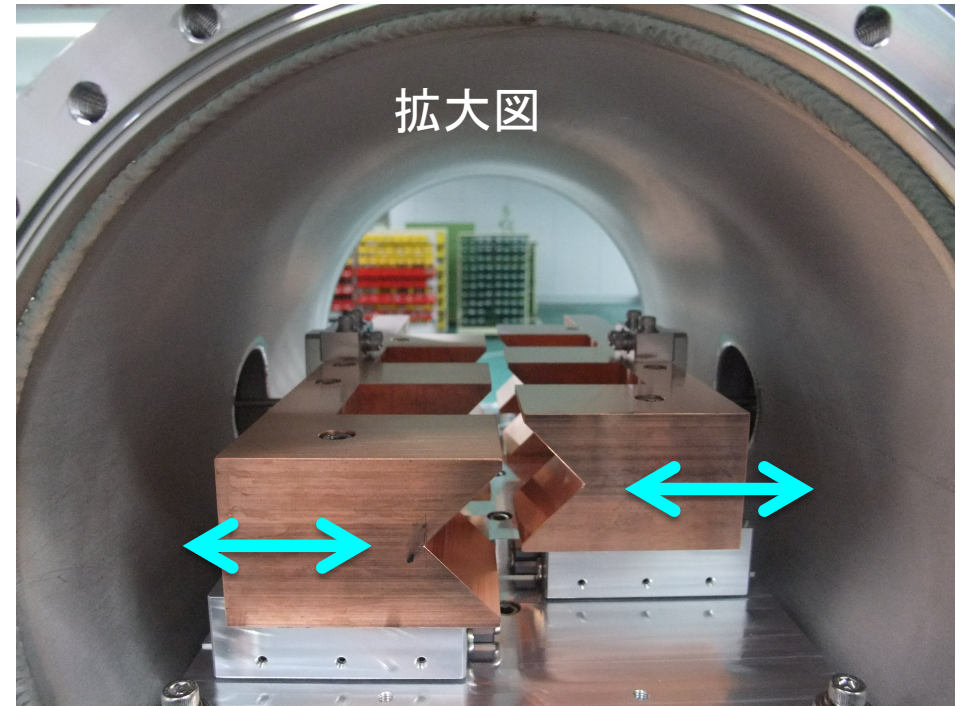
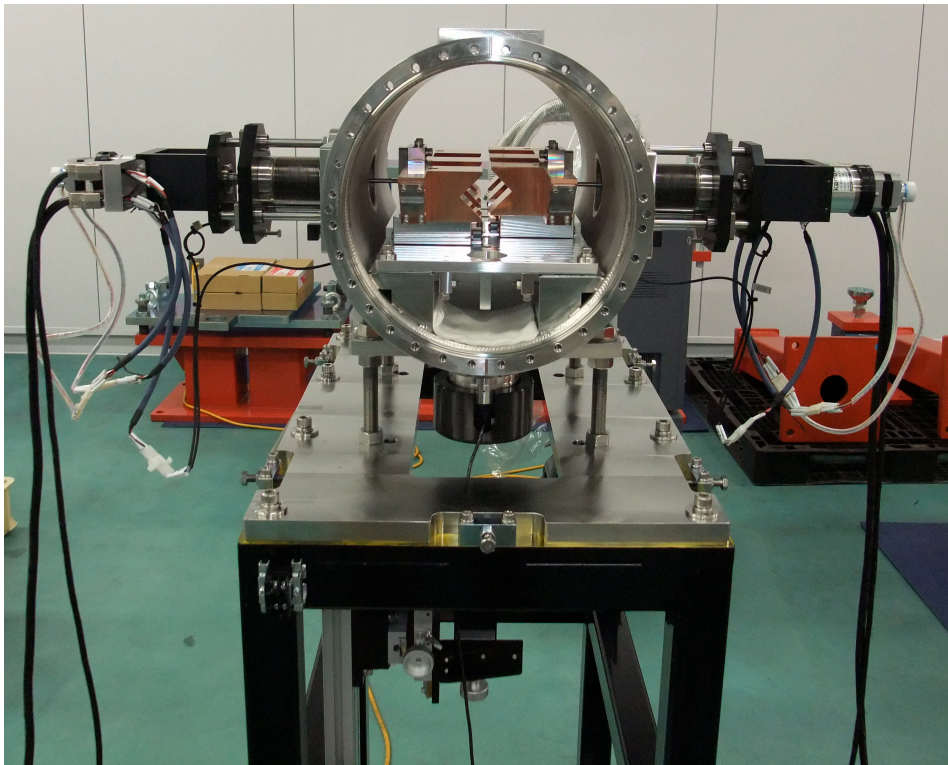
ビームを動かすかわりにキッカーを移動しキック分布を測定



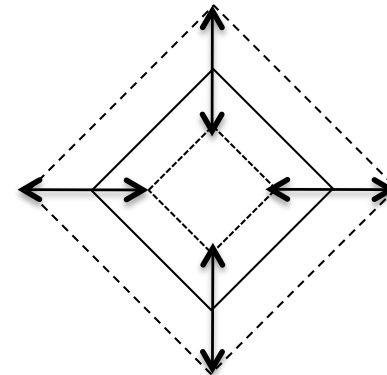
# 可変アパチャビームコリメータ

左右2台のステッピングモーターで  
くの字型コリメータ(左右各3つ)  
を開閉する。

ビームをダイヤモンド型に削る

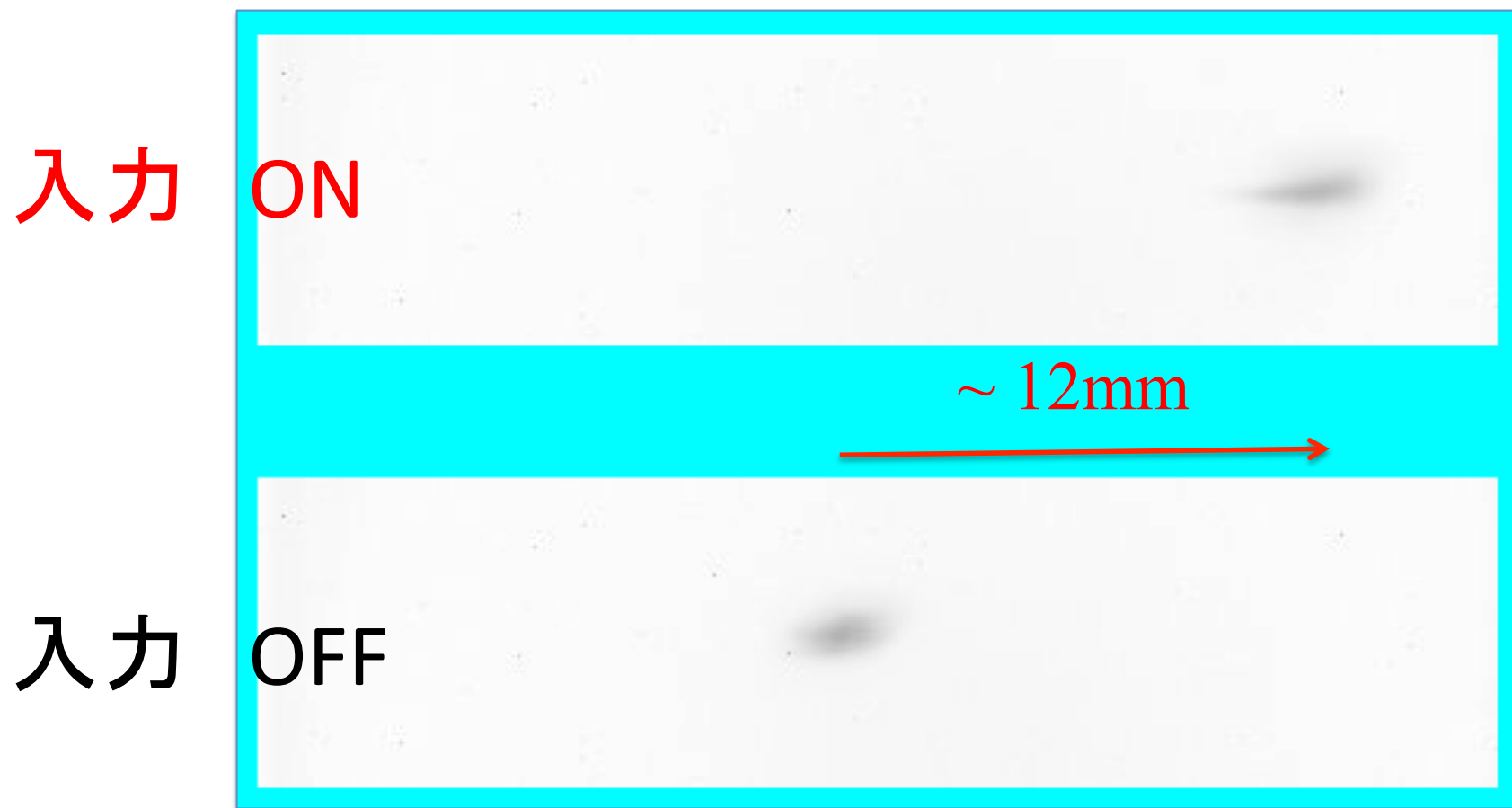


開口の形状  
サイズ可変



安積

# ビームプロファイルモニタでのデータの一例

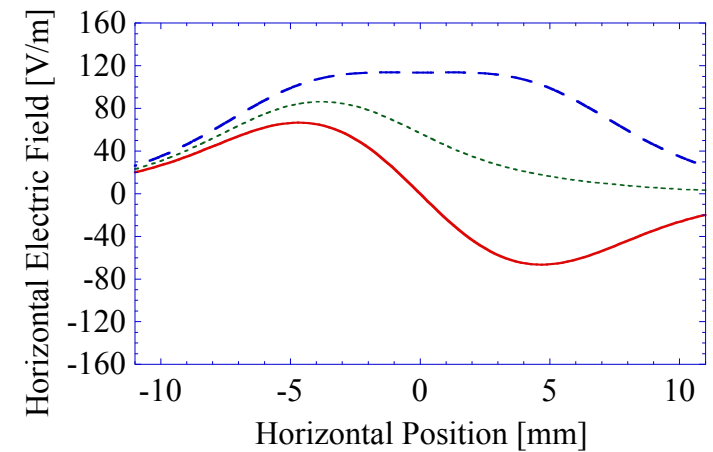


電子銃ゲート幅 500ps      2-3 バンチ / パルス

# キック測定：片側駆動

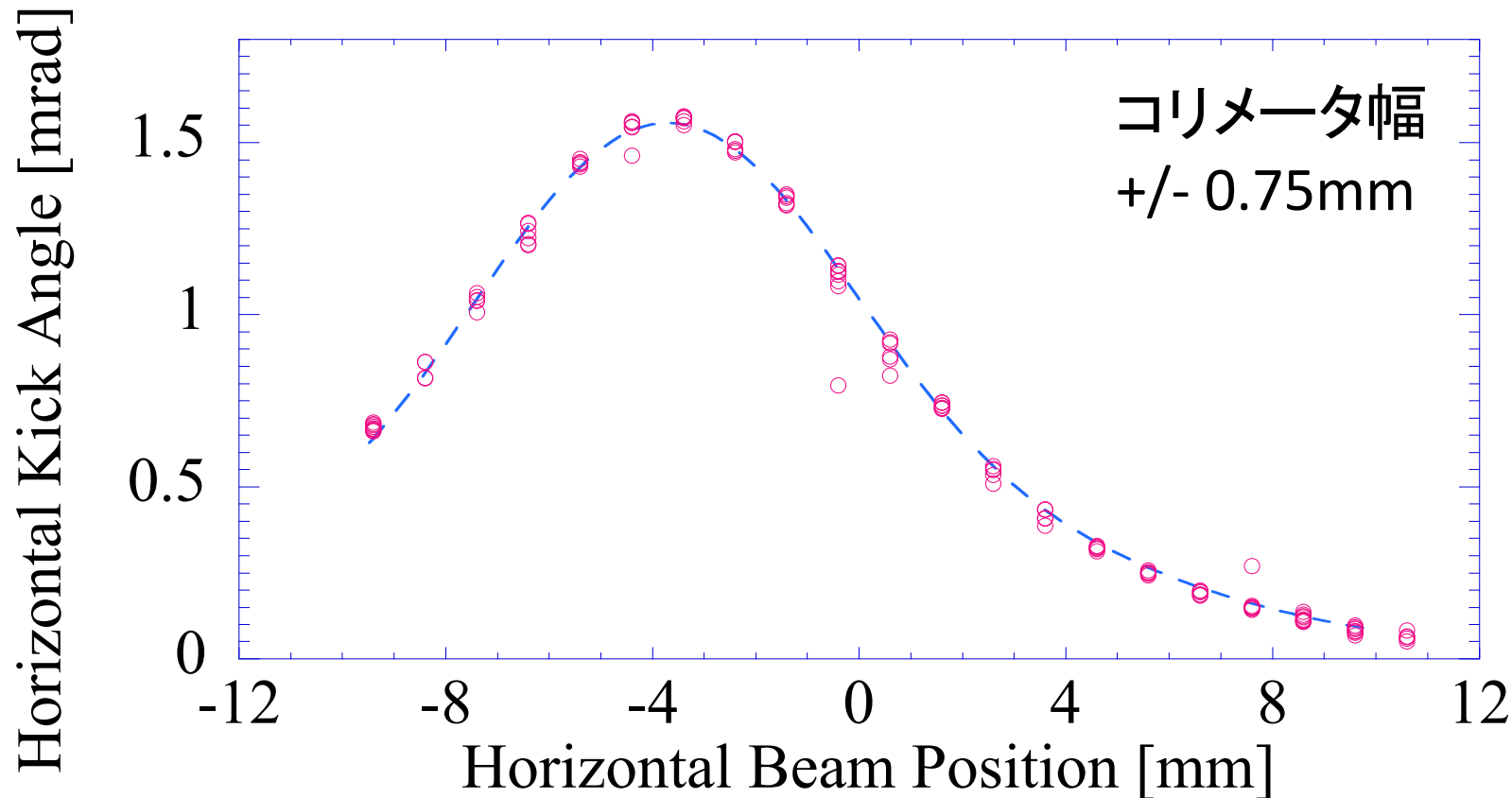
パルス発生器出力設定: 50kV

出力測定+ケーブル損失 予想: 34 kV



マーク : 実験結果

破線 : 計算 (45kV, 中心: -0.6mm)



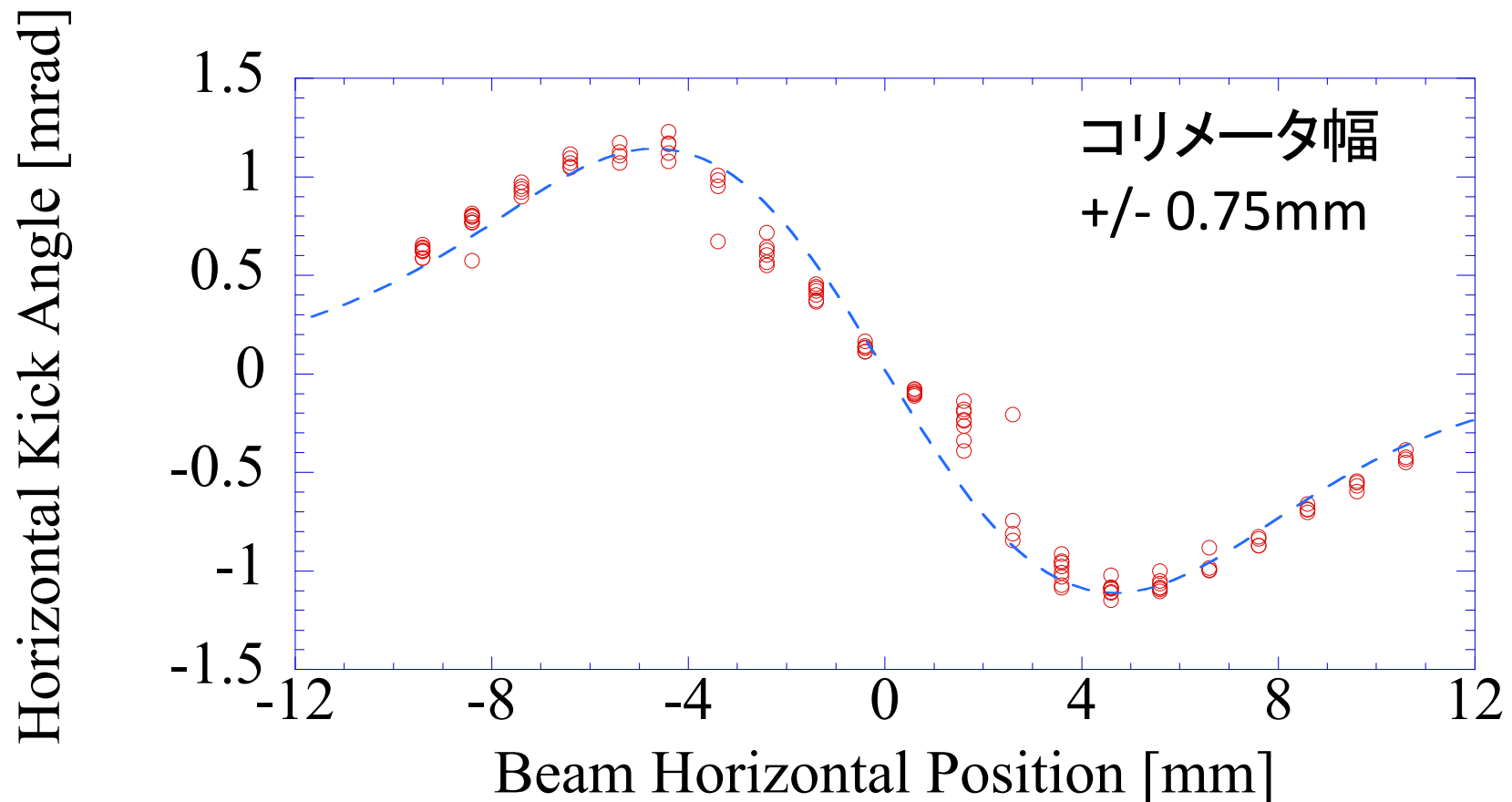
# キック測定： 4極キック (+, +)

パルス発生器出力設定： +50kV, +50kV

予想： +34 kV, +34kV

マーク： 実験結果

破線： 計算 (+40kV, +40kV 中心: -0.6mm)



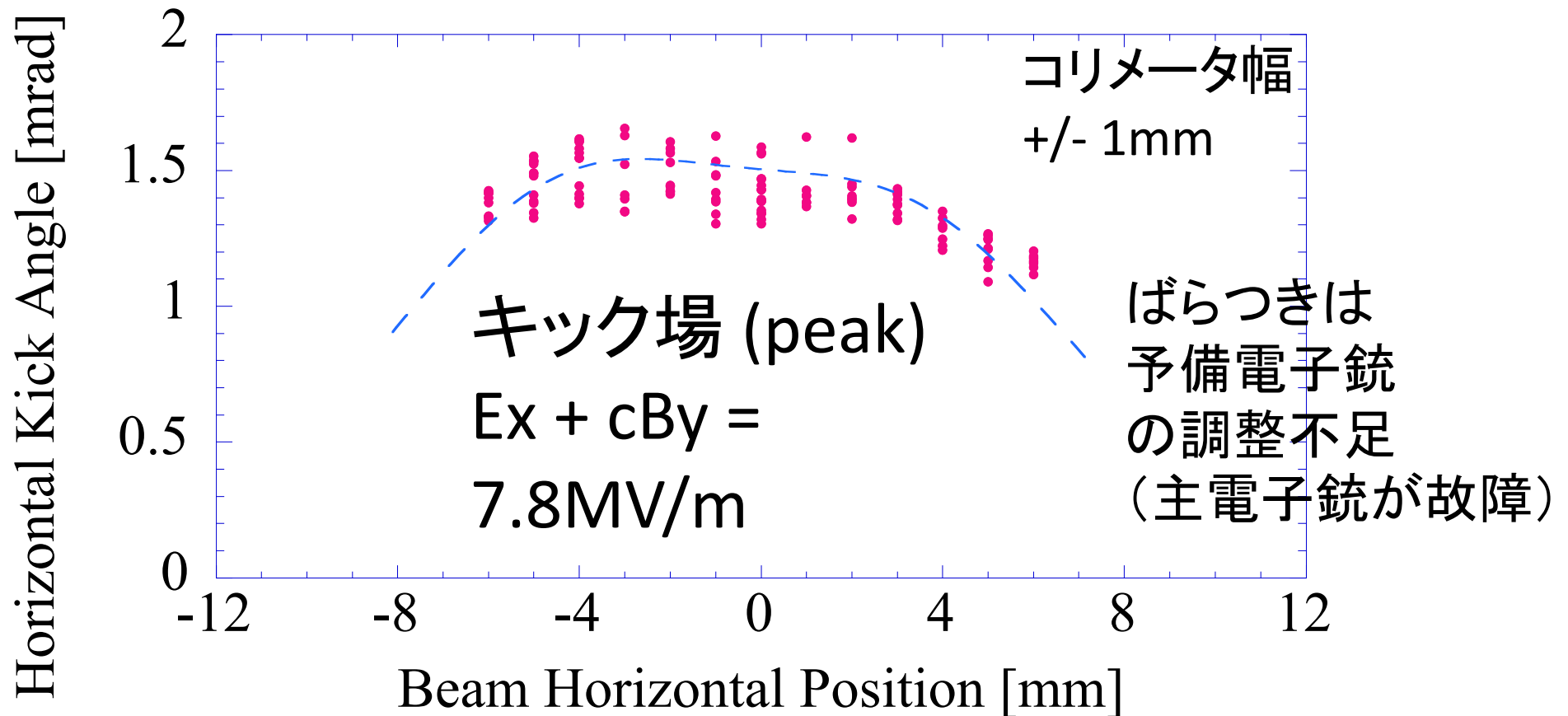
# 実験結果： 2極キック (+, -)

パルス発生器出力設定： +40kV (+側), +50kV (-側)

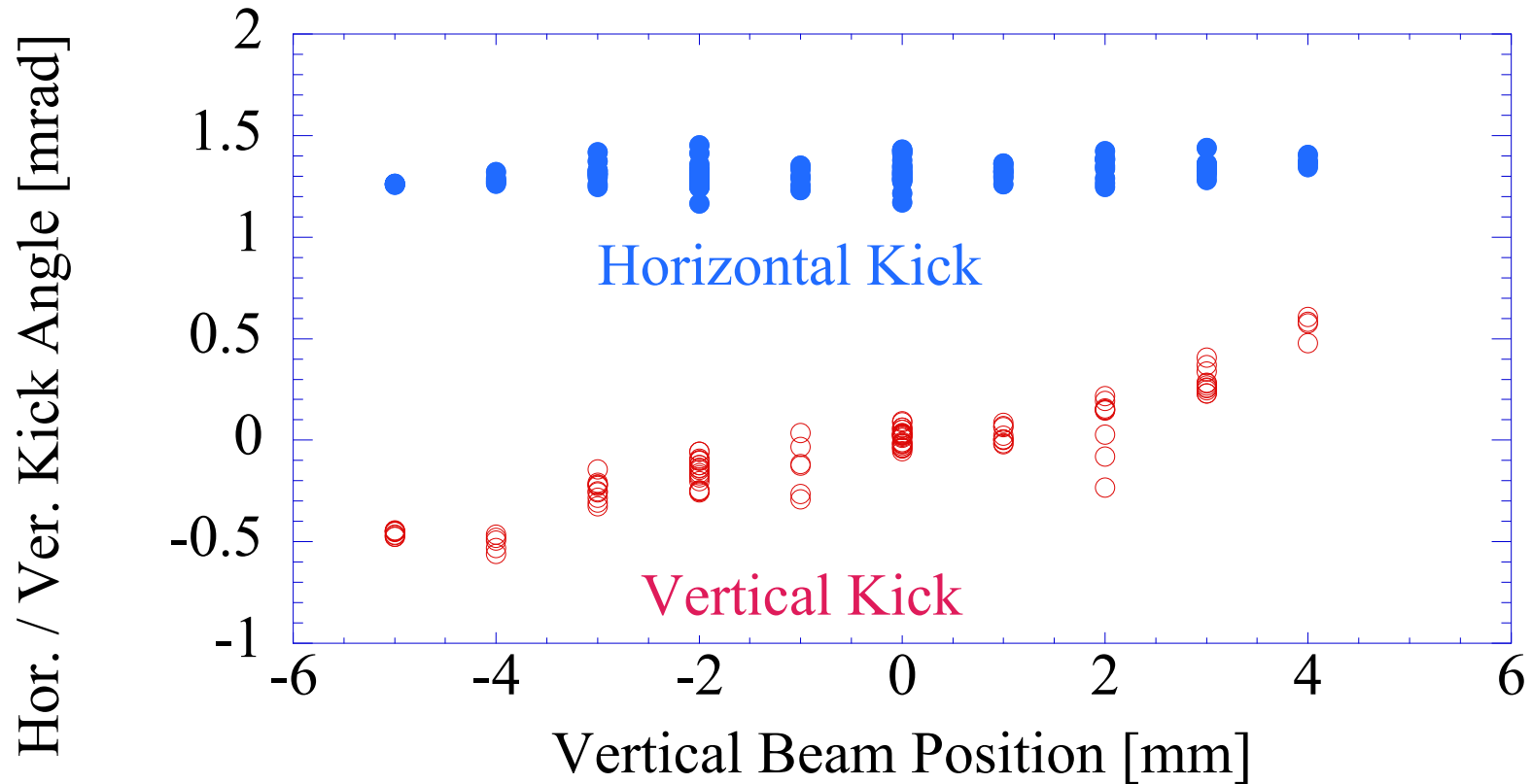
予想： +27kV, ? (反射率、ケーブル損失不明)

マーク： 実験結果

破線： 計算 (+32kV, -35kV, 中心: -0.6mm)



# 水平、垂直キックの、垂直方向依存性



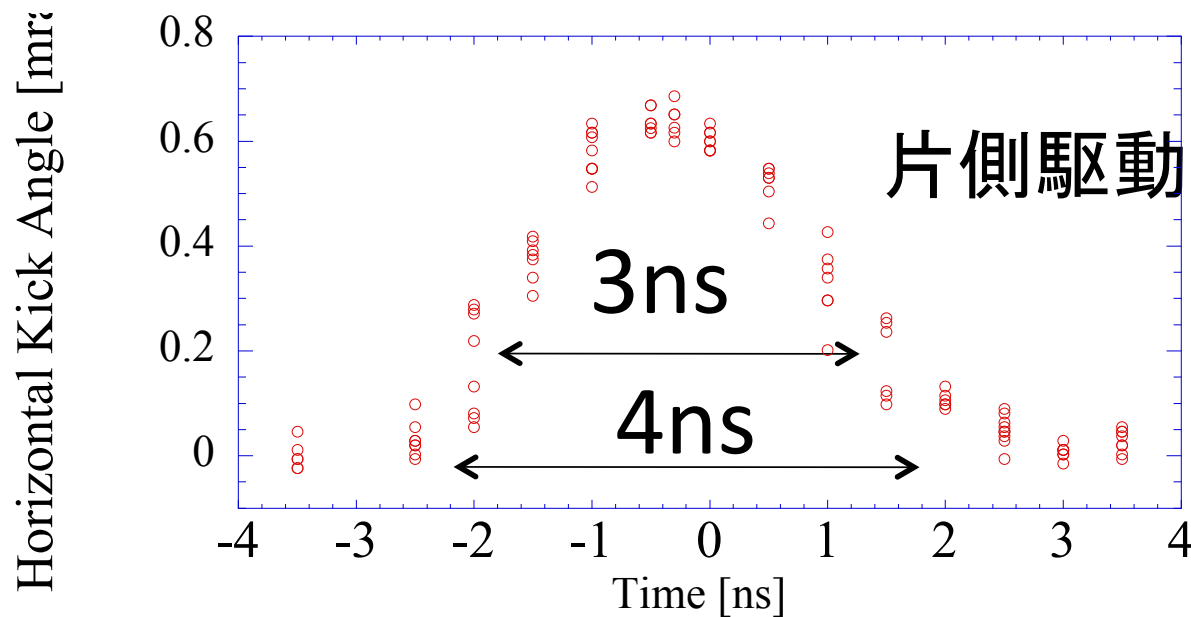
垂直キック:

ビーム近辺ではフラットだが、それ以外の点で強度が大きい  
いろいろな仮定での計算を実施したが再現できず

# キック時間構造測定

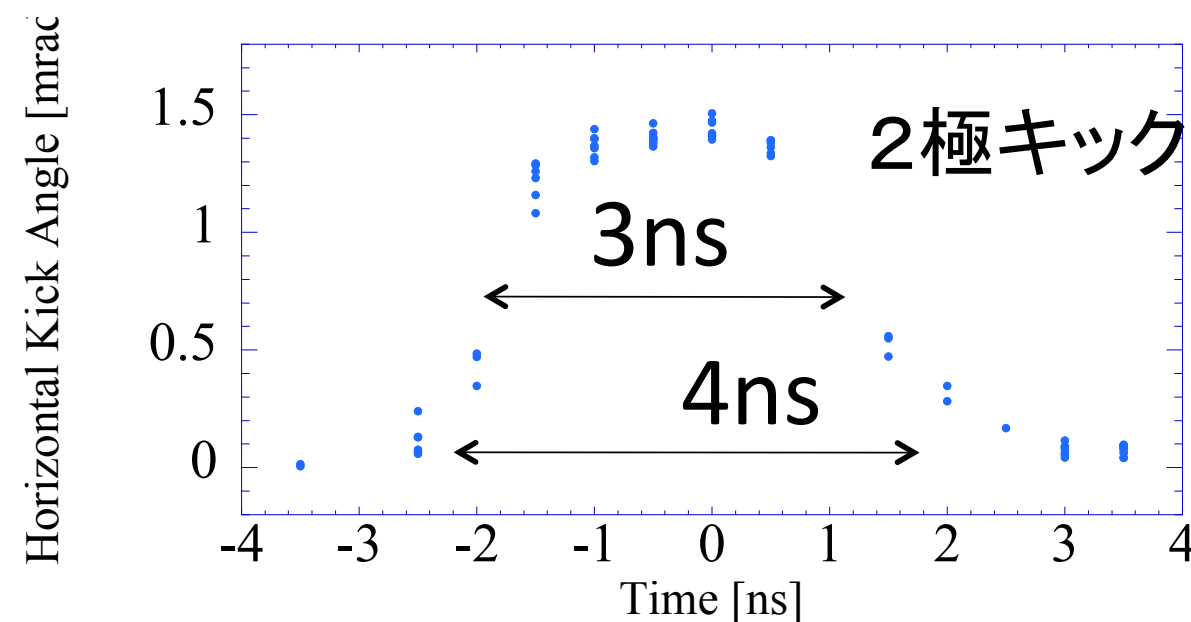
電子銃ゲート幅 500ps

2-3 バンチ / パルス



3ns (FWHM)

4ns (full)



パルス発生器の改造の余地がある

# キック電磁場強度

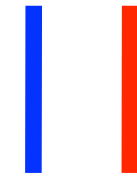
7.8 MV / m を達成      これまでの2倍  
(50kV 駆動時に換算すると、10MV/m)

従来のキッカー      平行平板

強いキック電磁場 => 狭い水平アパチャが必要

本キッカー      垂直アパチャを低減

強いキック電磁場 => 水平アパチャの制限なし



	電圧	キック電磁場 (E+B)	水平アパチャ(half)
DAΦNE [1]	45kV	2.8 MV/m	25mm
ATF [2]	10kV	3.9 MV/m	4.5 mm
SPring-8	40kV	7.8 MV/m	25mm (原理的な制限無)
	45kV	8.8 MV/m	

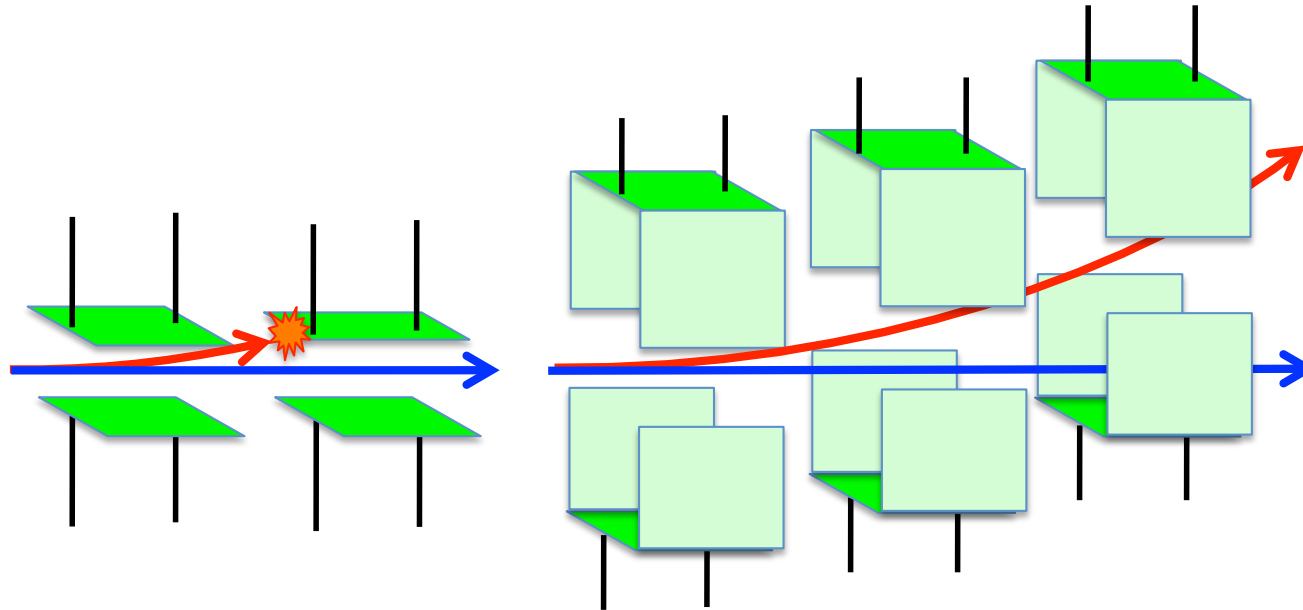
[1] D. Alesini, <http://indico.cern.ch/event/45580/session/5/contribution/275/material/slides/>

[2] T. Naito, <https://journals.aps.org/prstab/pdf/10.1103/PhysRevSTAB.14.051002>



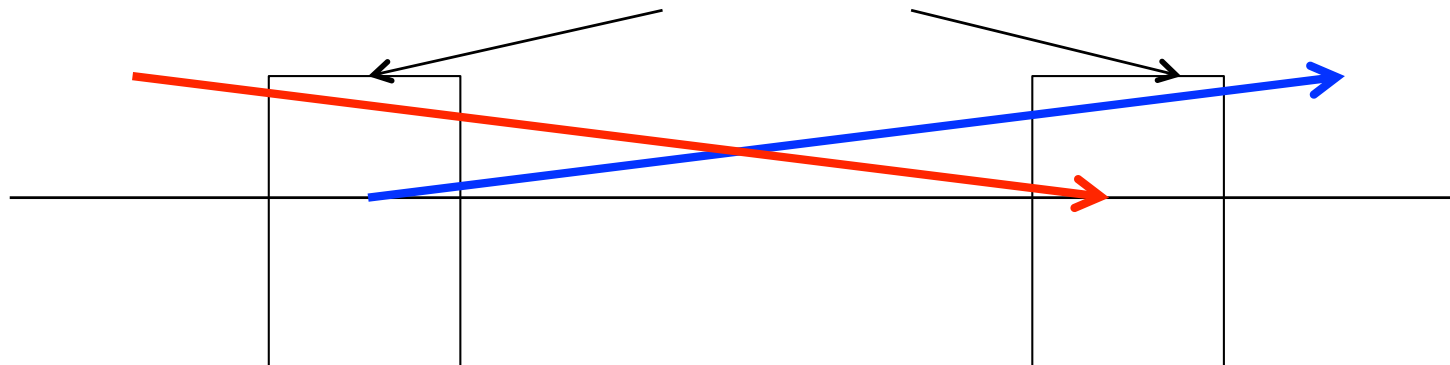
水平方向アパチャに制限がない

強いキックのための多段化が容易



On-axis スワップ入射の新しい配置

キック力 0 に設定可能



# まとめ

- \* 時間幅 3-4 ns をもつ 2極 - 4極キッカーを開発  
50kV での動作を確認  
ビーム試験によりキック分布を測定
- \* 得られたキック分布は、計算値とくらべて  
キック分布の形状は合致  
絶対値が2割ほど大きい
- \* 2極キックのキック電磁場強度は、従来の2倍
- \* 原理的には水平アパチャへの制限はなし
- \* 垂直キックの垂直方向依存性  
ビーム近辺ではフラットだが、それ以外の点で  
強度が大きい  
いろいろな仮定での計算を実施したが再現できず

## 残された課題

ブロードバンドインピーダンスの従来の装置との比較、低減  
垂直キック分布の原因