

KEKB入射器における高精度レーザーアライメントのための500m長レーザー長基線の伝送及び安定性特性

諏訪田剛^{#, A)}, 佐藤政則^{A)}, 寺田総一^{B)}, 美野島薫^{B)}

A) KEK加速器研究施設

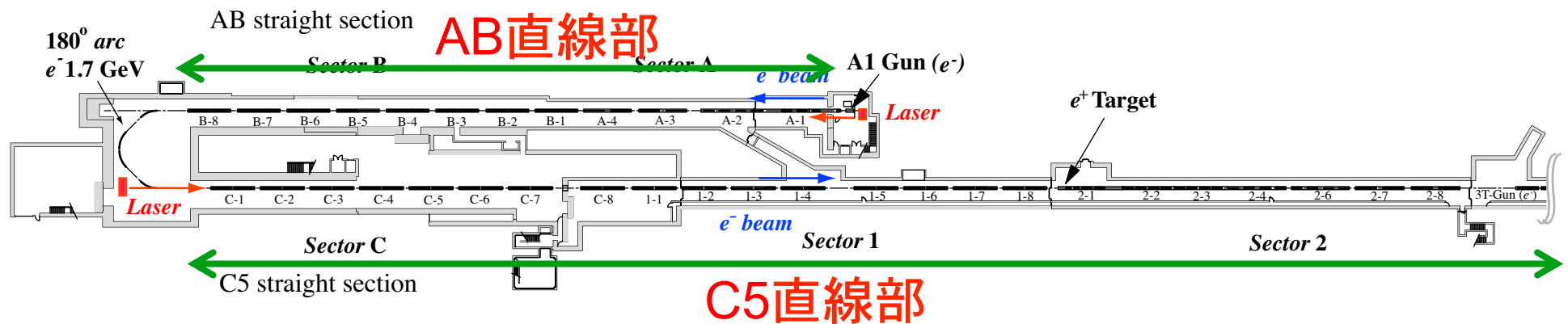
B) AIST計測標準研究部門

はじめに

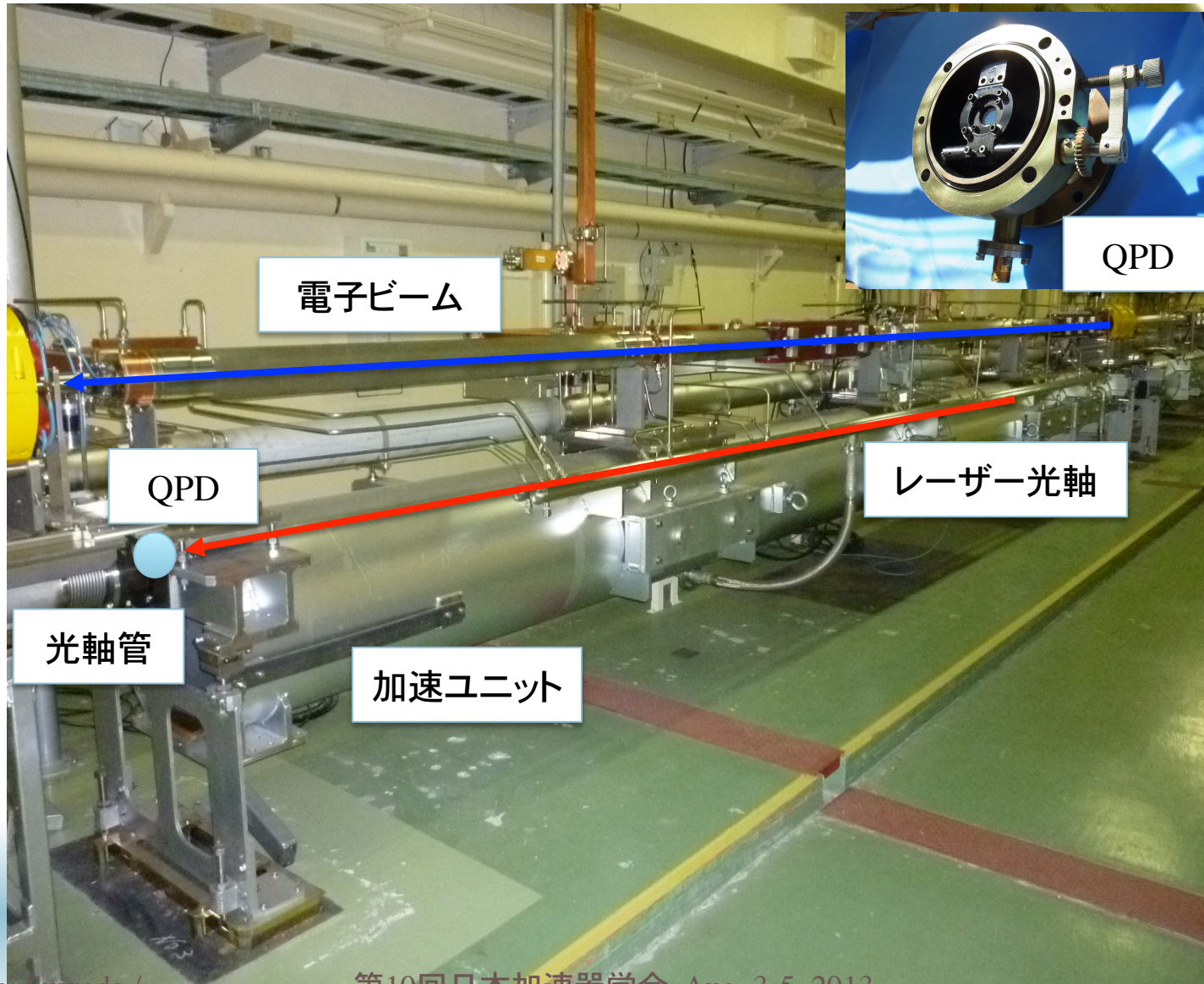
- 現在入射器では、次期計画SuperKEKBに向けた入射器増強とその高度化が進行中である。
- 高精度アライメントは入射器の高度化に向けた最も重要な項目の1つである。
- 先の東北大地震による入射器の被害は甚大で、入射器ビームラインのアライメントは大きく変位したままである。
- 2009年度より開始した高精度レーザーアライメントシステムが完成し、最大直線部のアライメントに必要な500m長の長基線レーザーの安定化にようやく成功した。

入射器ビームライン

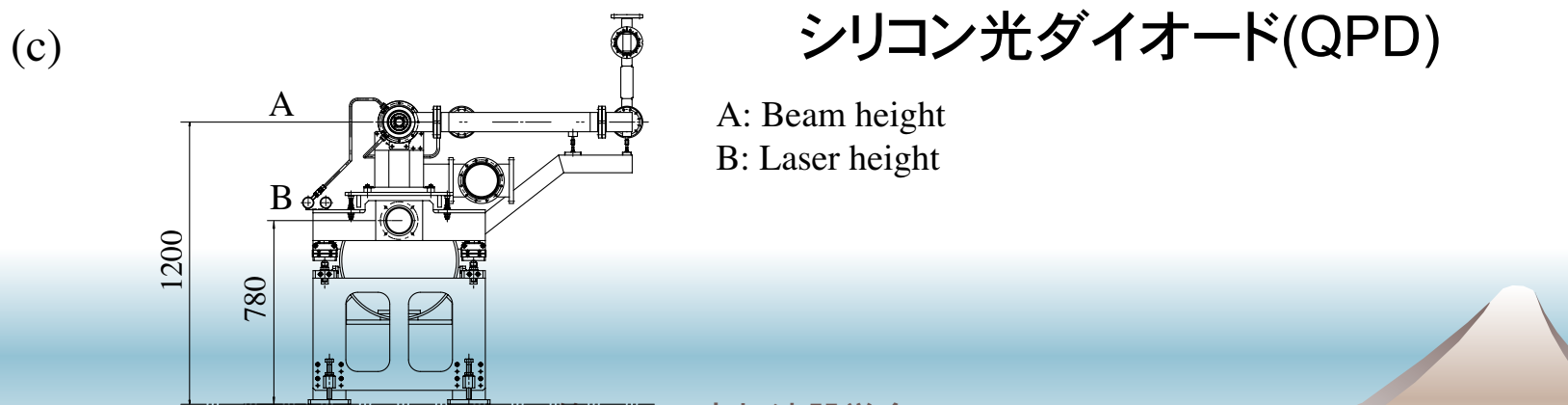
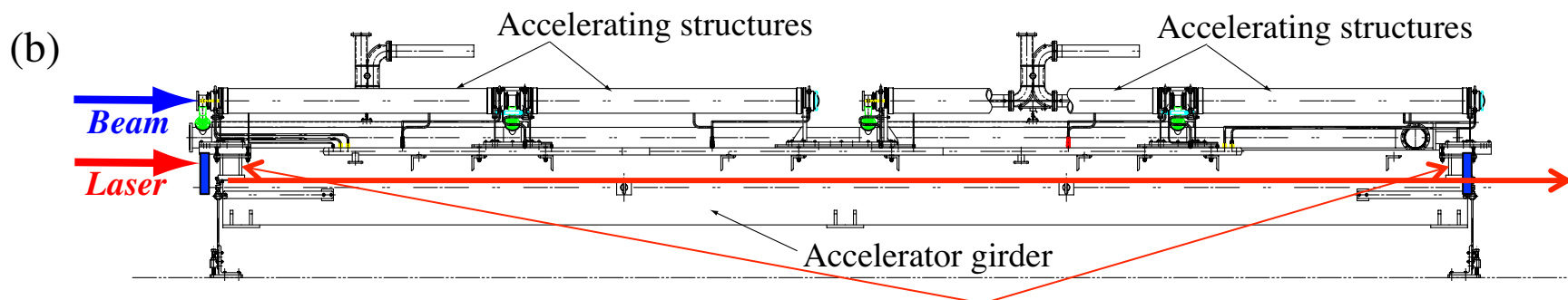
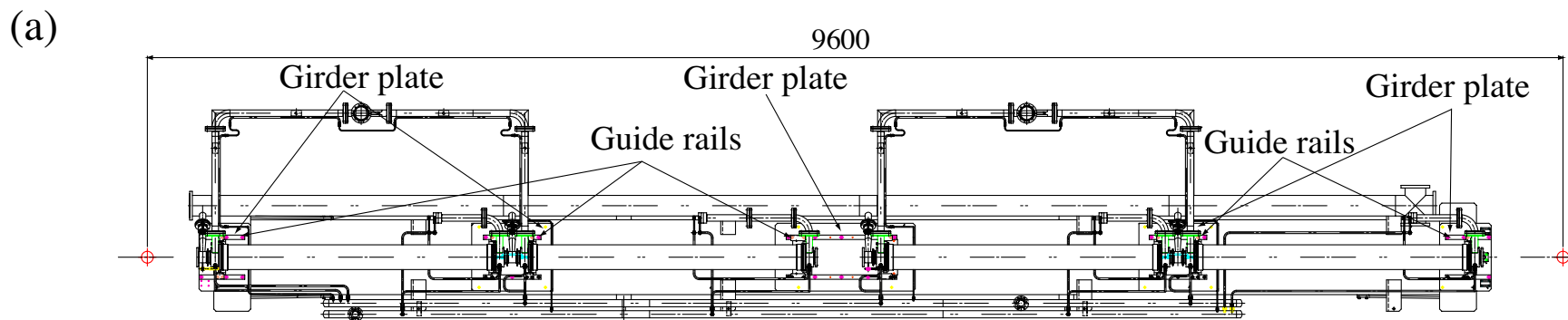
- 2本の長直線部からなる電子陽電子入射器(総長600m)
- AB直線部 100m、C5直線部 500m
- 各直線部の最上流にはレーザー(He-Ne)を設置し 独立してレーザーアライメントをすることができる



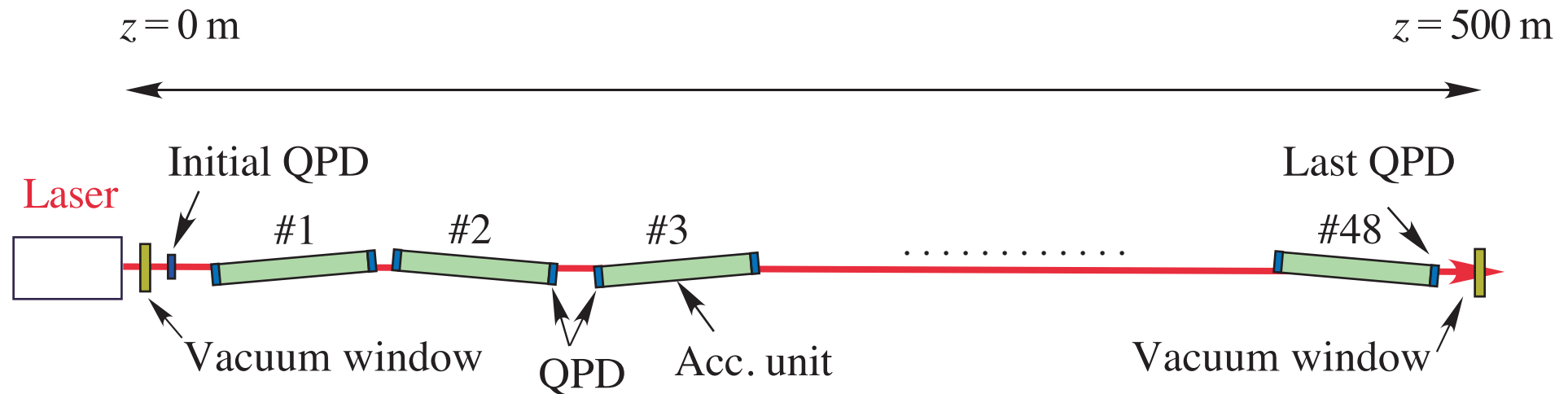
KEKB入射器の加速ユニット



加速ユニットの構成

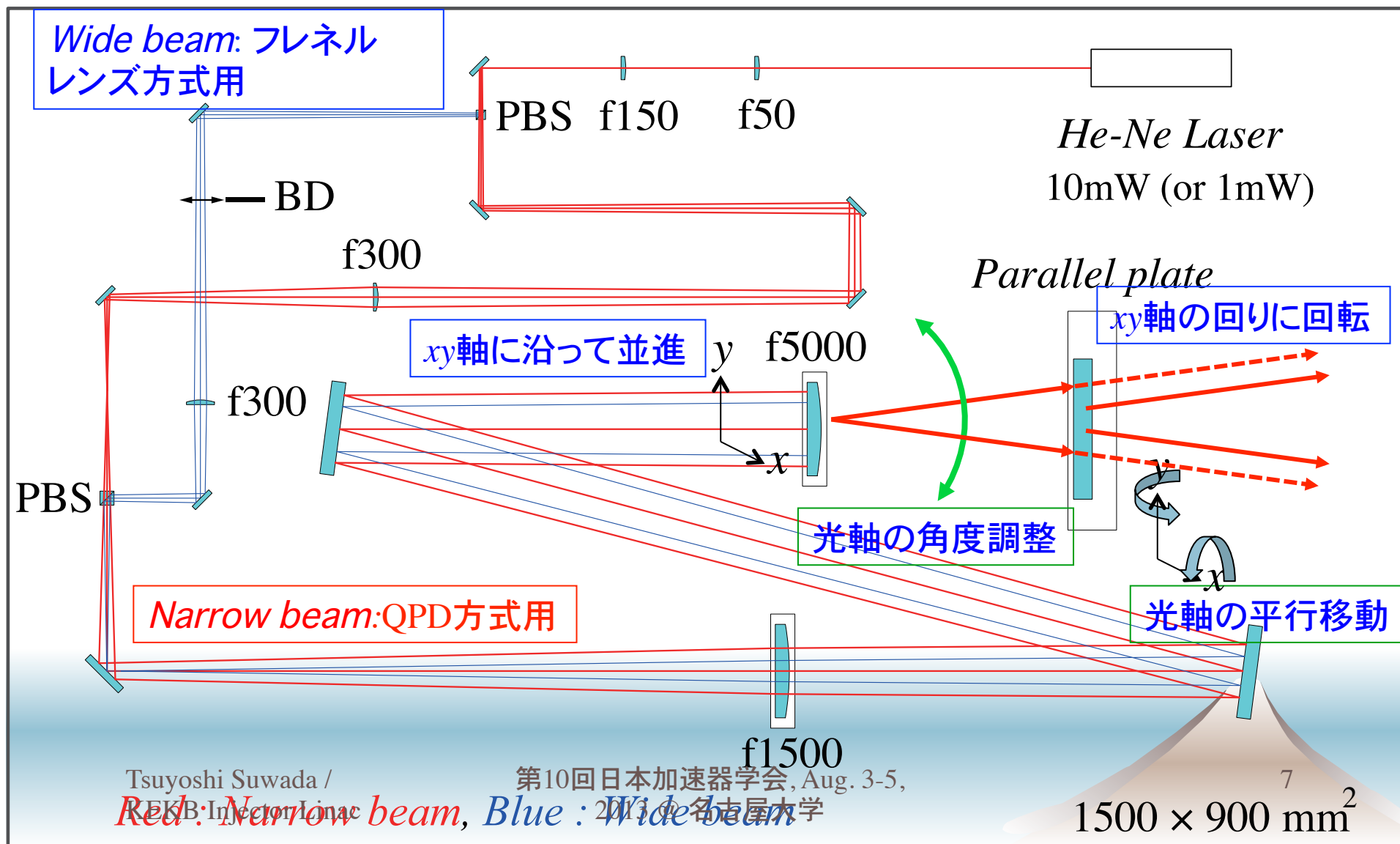


レーザーアライメントの原理 - 二段構え -

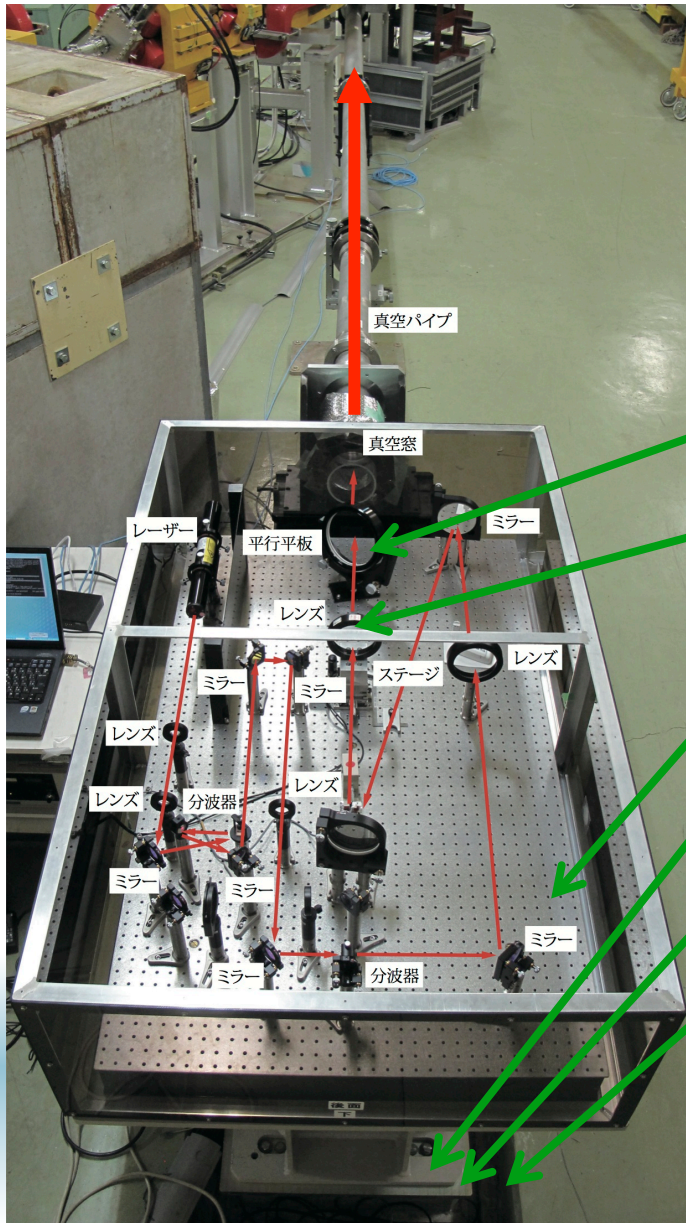


- 長基線レーザーアライメント(精度 $\sigma \approx 100\mu\text{m}$)
レーザー光軸に沿って加速ユニットを直線上に並べる
- 加速ユニット内アライメント(精度 $\sigma \approx 50\mu\text{m}$)
加速ユニット内に配列した加速管をレーザートラッカーで直線上に並べる

レーザー光学系 - 屈折光学系 -



レーザー光学系 – 堅牢な光学架台–



C5直線部レーザー光学系

- よく枯れたHe-Neレーザーを使ったこと
 - 堅牢な架台、大面積の光学架台が肝要
- 光軸管を真空にする
- スクロールポンプ(1000//min) 2台
 - 真空度 ~3 [Pa]

光軸平行移動用平行平板

光軸角度調整用レンズ $f5000$

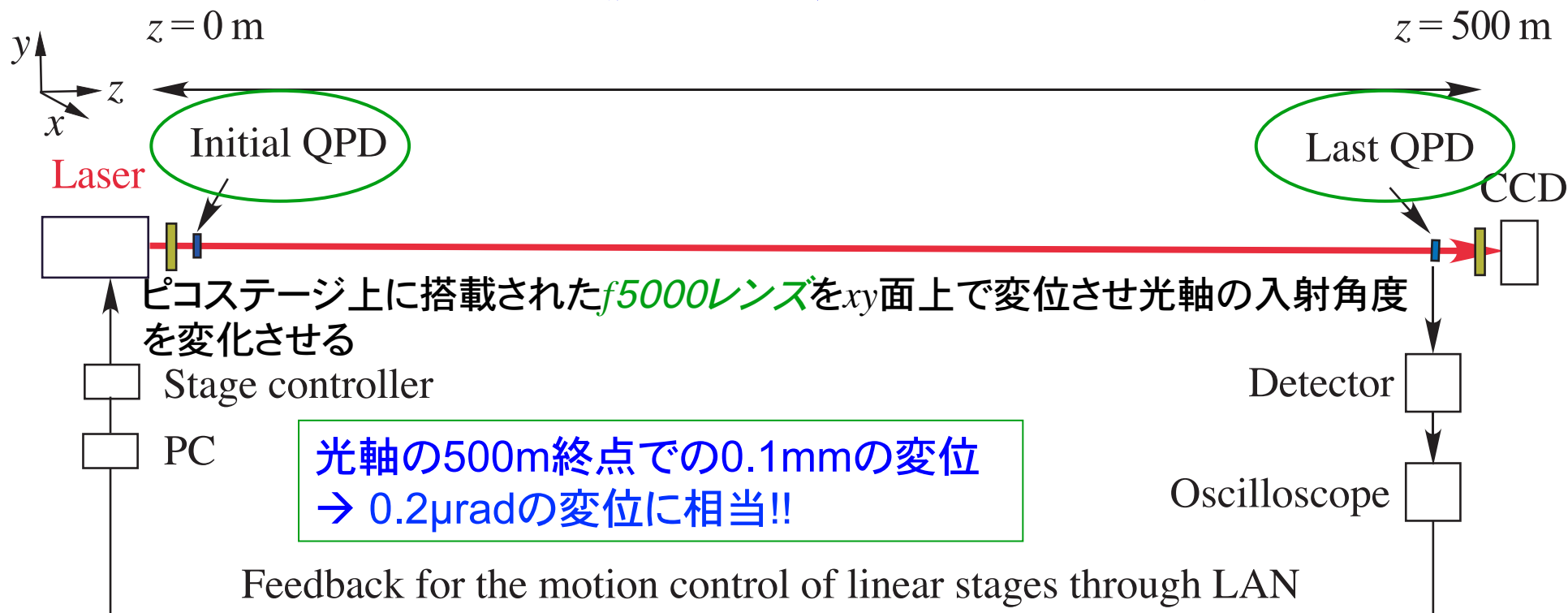
光学定盤(1500×900×112^tmm³)

鉄架台

鉄板(1510×500×20^tmm³)

縁切り床面(1510×500mm²)

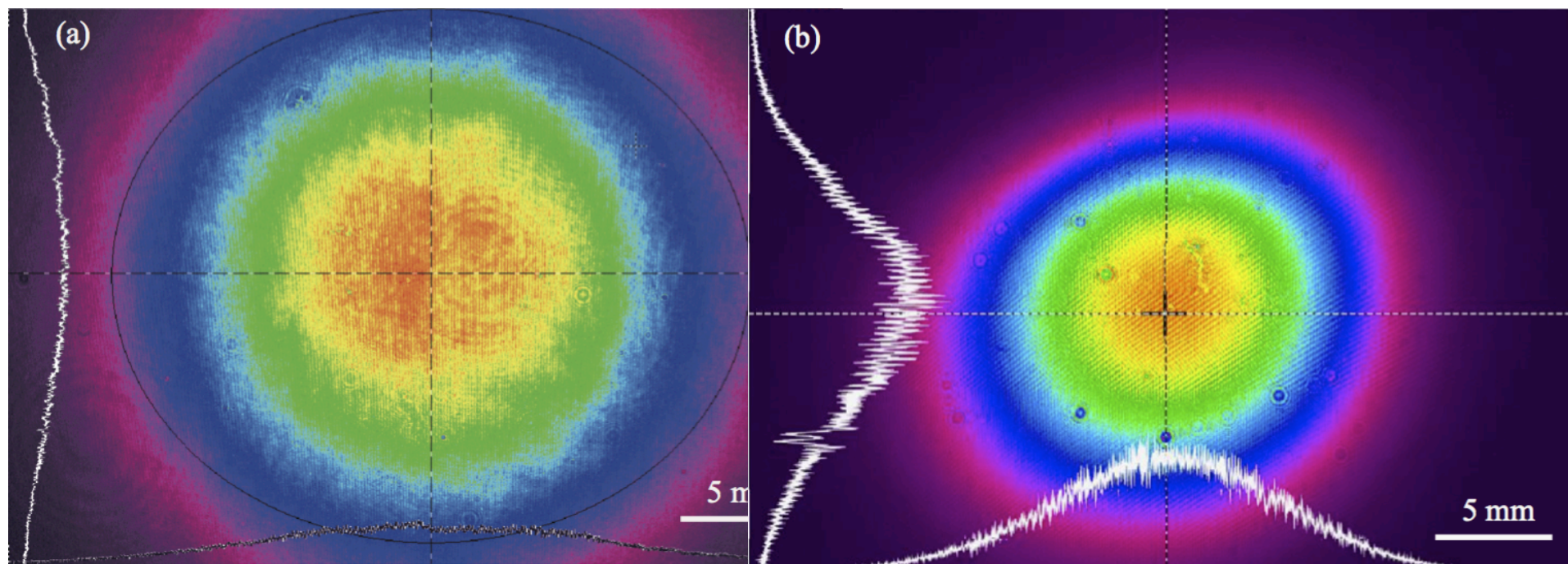
光軸のフィードバック制御 - 入射角度の安定化に必須 -



安定化成功のカギ

- ピコモーター付ステージ(M-562-XYZ/Newport, 30nm/step)、ドライブシャフトを piezo 素子で回転駆動させる。基本はメカなので安定度が非常によい
- 当初はS社の piezo ステージを使ったが piezo 素子上でステージを直接動作させるので安定度が足りない(豆腐の上に乗っているよう)

始点と終点におけるレーザープロファイル

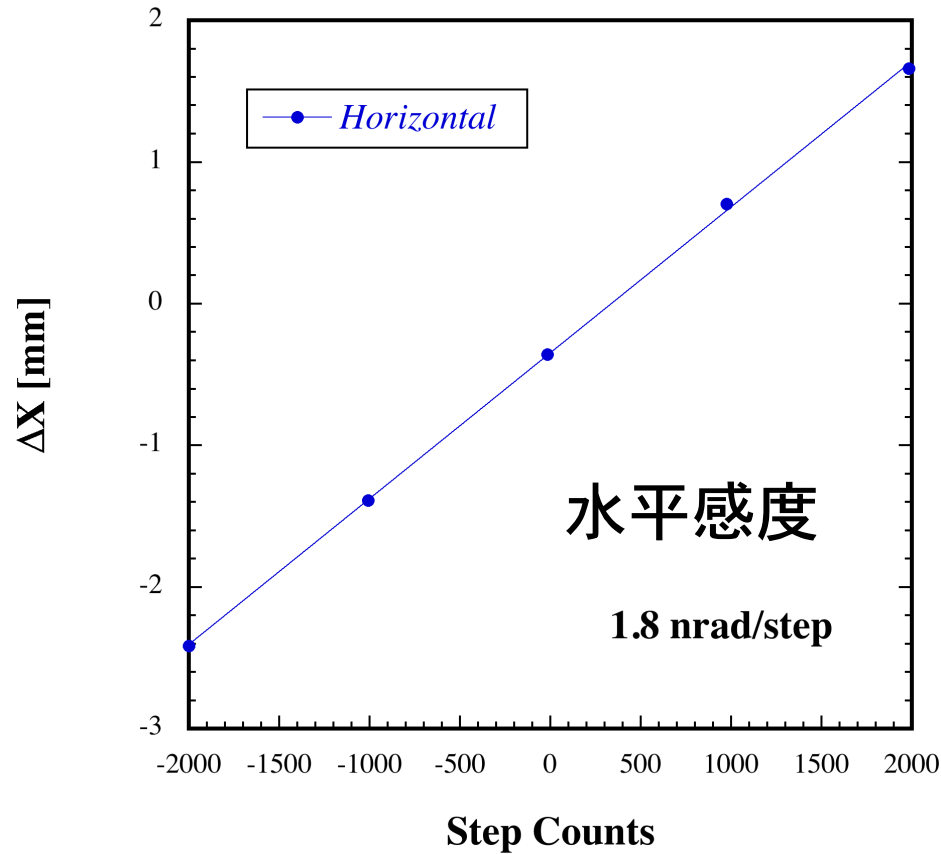


光学系直後(z=0)
 $W_x \approx W_y \approx 29\text{mm}$ (4 σ 幅)

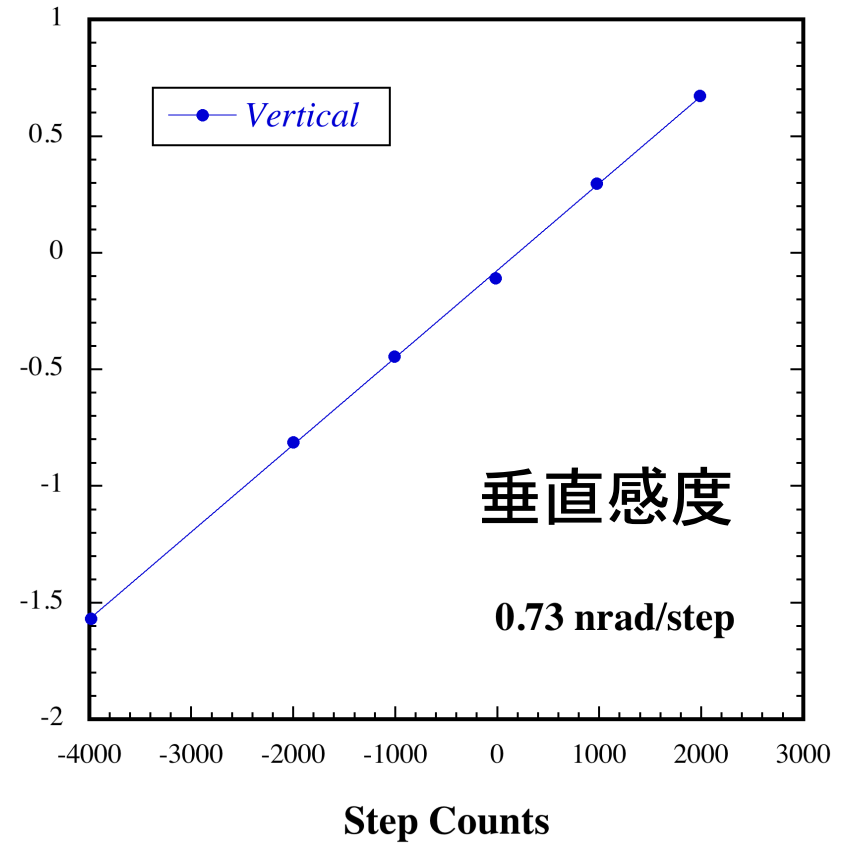
入射器終端(z=500m)
 $W_x \approx 21.2\text{mm}$ (4 σ 幅)
 $W_y \approx 17.8\text{mm}$

500m終点に置ける光軸の感度測定

C5Laser X-Sensitivity Meas.



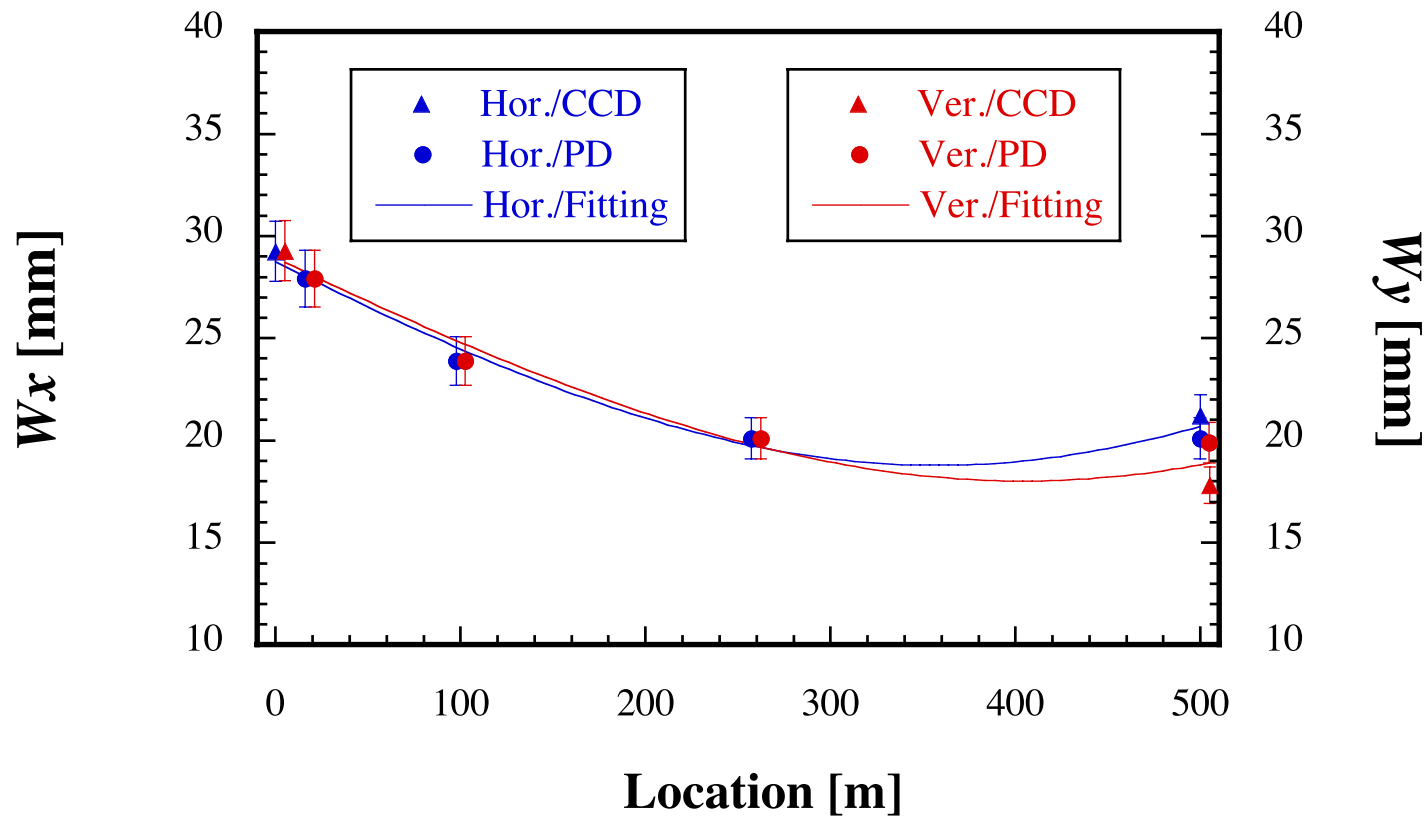
C5Laser Y-Sensitivity Meas.



光学系直後(z=0)

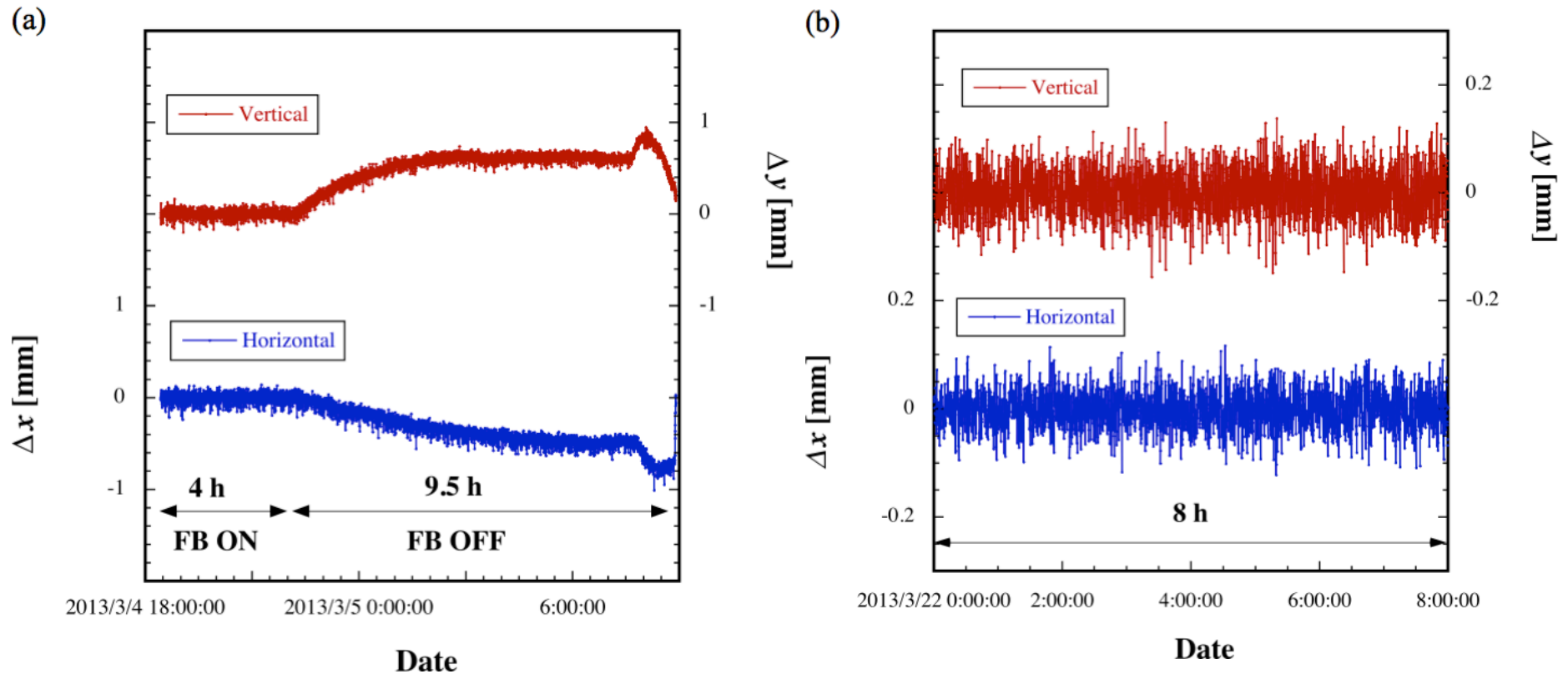
入射器終端(z=500m)

光軸に沿ったレーザー径の変化



- ウエスト点を中心として対称的ではないが問題ない程度
- 伝送途中のレーザー径は可動QPDによる感度計測から算出

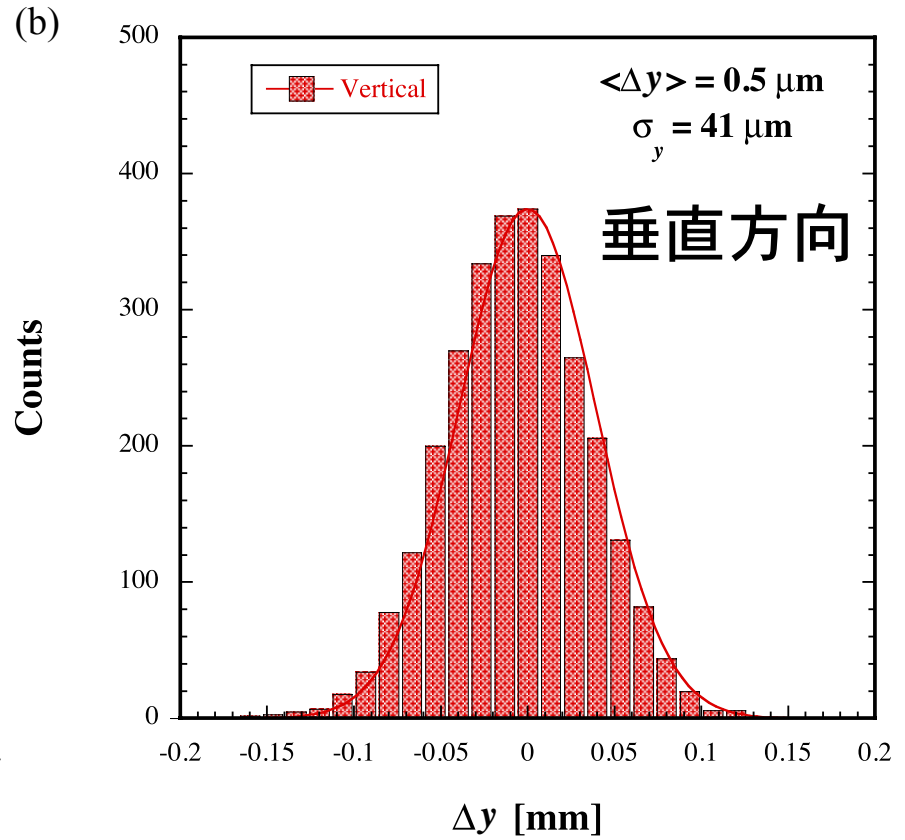
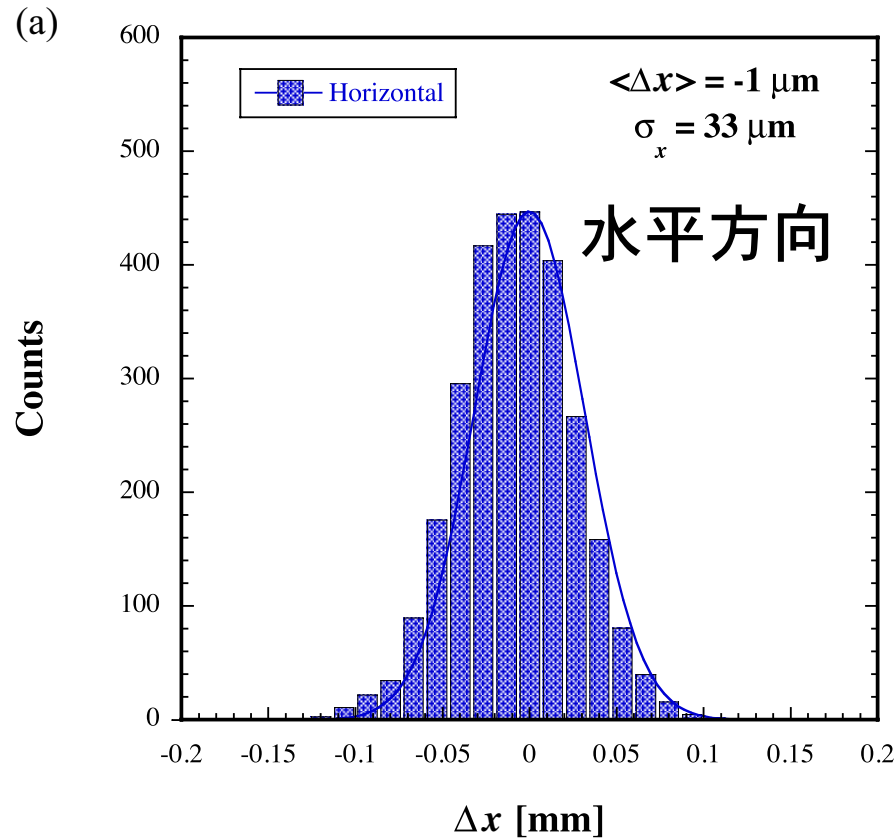
FB ON/OFF時の光軸安定化連続試験 @終端QPD



終端QPDにおける光軸の安定性測定

FB On時を拡大

光軸の安定度分布



X軸方向の光軸安定度分布

Y軸方向の光軸安定度分布

誤差要因のまとめ – 要求精度を満足 –

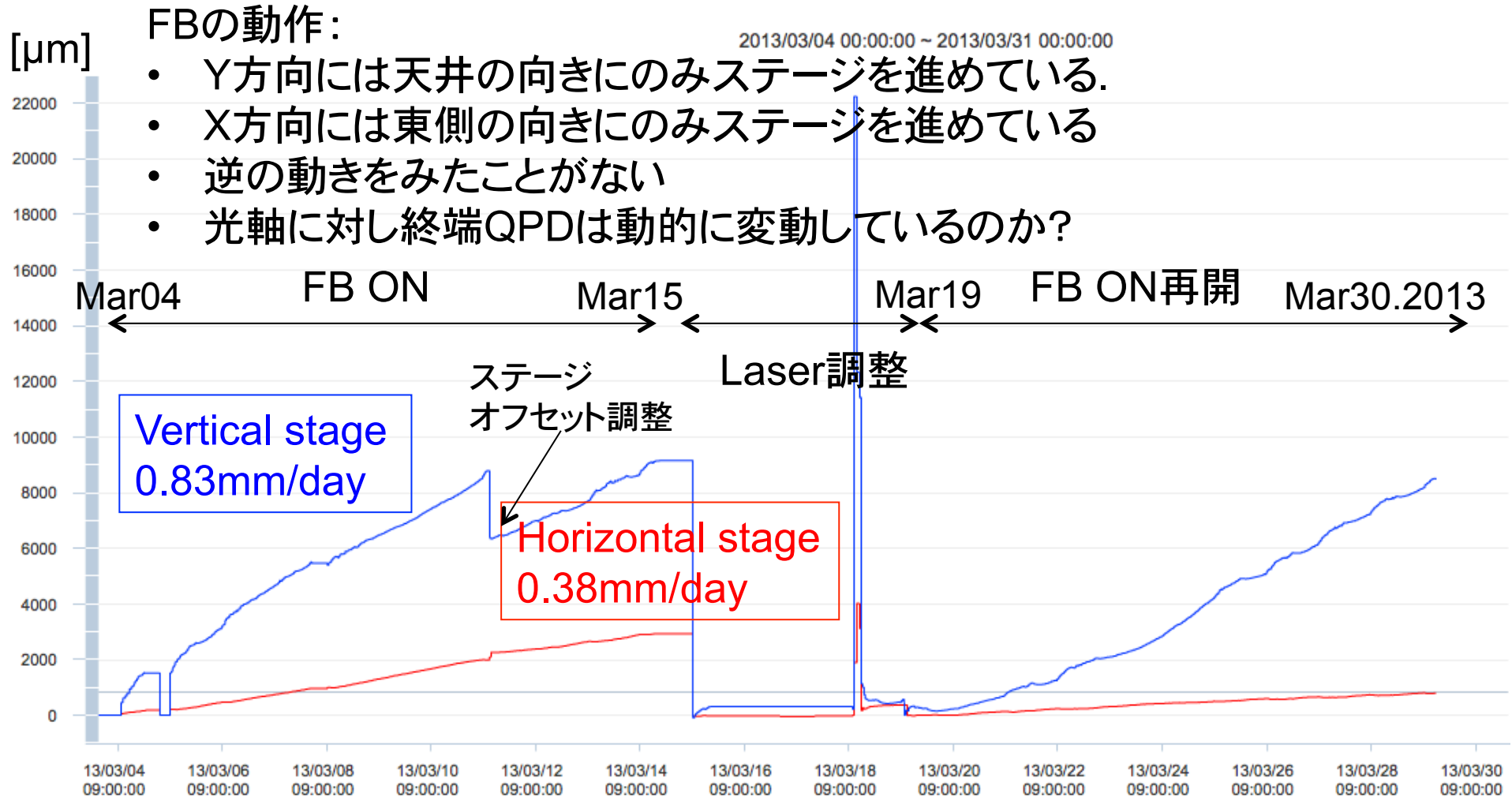
Table 1: Expected error sources in the laser-based alignment measurement

誤差要因	要因	大きさ[μm]	
系統誤差	QPD 装着誤差	10	機械的要因
	ホルダー装着誤差	30	
	QPD 挿入誤差	30	
	オフセット誤差	12	電気的要因
	レーザー形状誤差	10	レーザー要因
	合計	46	
統計誤差	光軸安定性	40	統計的要因

まとめ

- 現在入射器では、次期計画SuperKEKBに向けた入射器増強とその高度化が佳境に入った。
- レーザーアライメントシステムの500m長の長基線光軸の安定化がようやく完成し、高精度アライメント作業に貢献している。
- 今回の成果は、次世代の長距離線形加速器の高精度アライメントのみならず、ダム事業、トンネル構築など長基線を利用する大規模土木事業への貢献が期待できる。
- 本研究に関し、松井氏(理研)、木村氏(SPring-8)には有益な意見を頂きました。

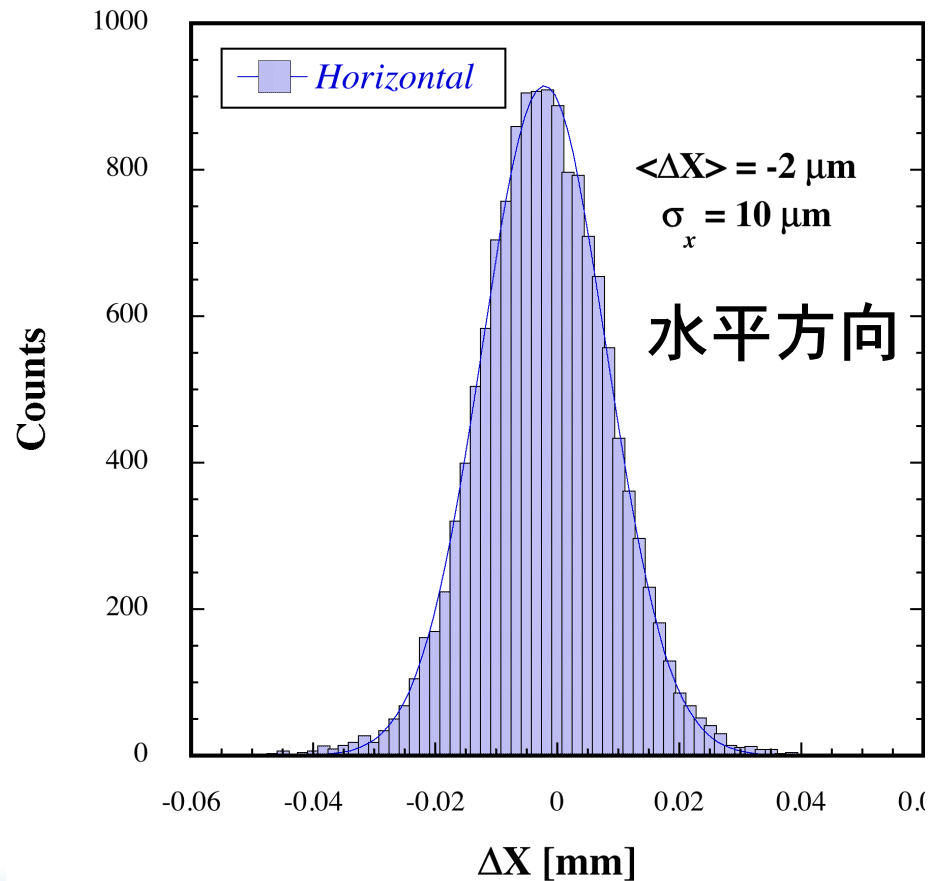
FB ON時のFBステージの動き@終端QPD



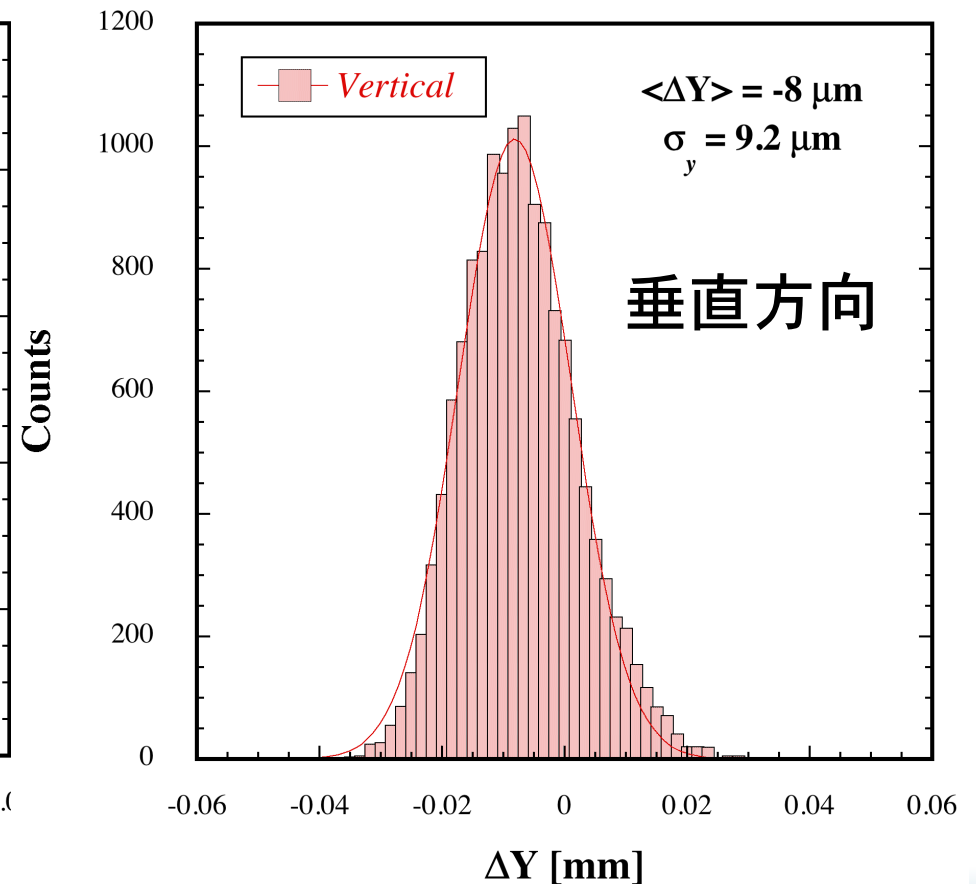
日時

100長直線部 --光軸の安定度分布--

2013.July.12.AB.Laser



2013.July.12.AB.Laser



X軸方向の光軸安定度分布

Y軸方向の光軸安定度分布