

ATF2 (ATF Final Focus Test)
10～12月の報告

LC 推進委員会 2012.12.27

久保浄

ATF2 (Final Focus test) 10～12月

10月の推進委員会での報告より

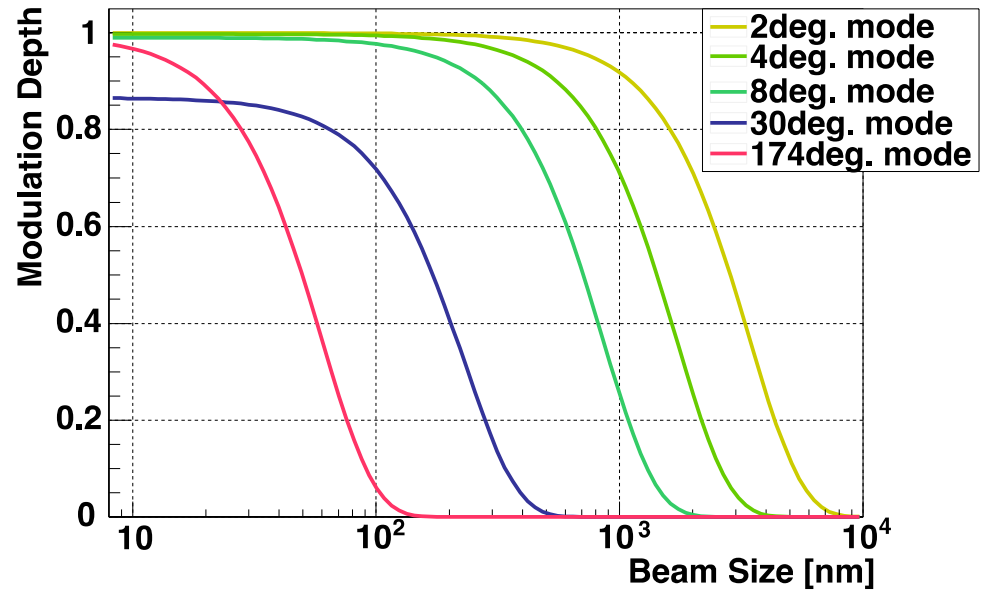
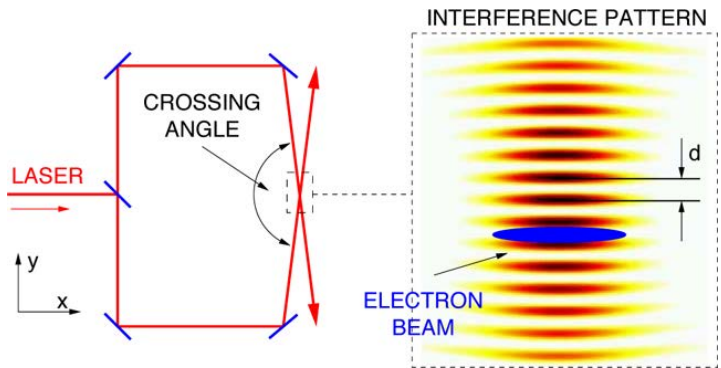
- 12月までの目標

- 70 nm 以下のビームサイズを確認する
- さらに小さいビームサイズを目指す。
 - <40nm にならない場合、原因の究明

結果

- 新竹モニターで、ビームサイズ約70nm に相当する強さの modulationを確認した。
 - バンチ当たりの電子数 $\sim 10^9$ 程度(小電荷)
 - 誤差の大きさは解析中
- ビームサイズが、ビーム強度に強く依存することが判明。

IPBSM 交差角と測定可能ビームサイズ



Modulation

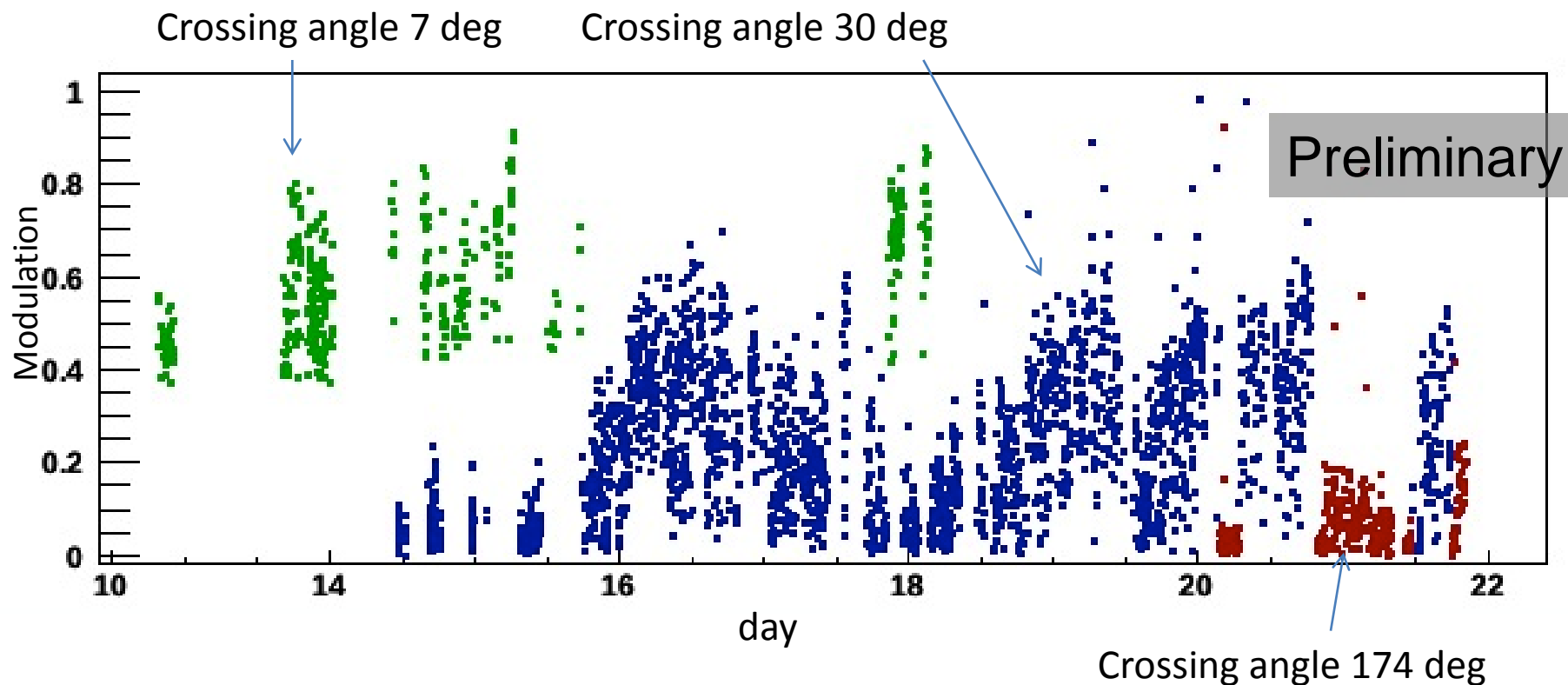
$$\equiv \frac{\text{peak} - \text{bottom}}{\text{peak} + \text{bottom}}$$

	174°	30°	8°	2°
Fringe pitch	266 nm	1.03μm	3.81μm	15.2μm
Minimum	25 nm	100 nm	360 nm	-
Maximum	100 nm	360 nm	-	6 μm

最後の24時間の経過

- 交差角30度での調整後、最適と思われる状態で交差角を174度に変更。
- 明らかなmodulationを観測。(modulation 0.2~0.3程度)
- 7時間程度、引き続き明らかなmodulationを観測。
- その間、ビームを調整でより大きい modulation を目指すが、有効な調整はできなかった。
- 調整中にmodulation が見えなくなり、交差角30度に戻して再びビーム調整の後、174度に変更。
- 運転終了まで2時間以上、引き続き明らかな干渉縞を観測。

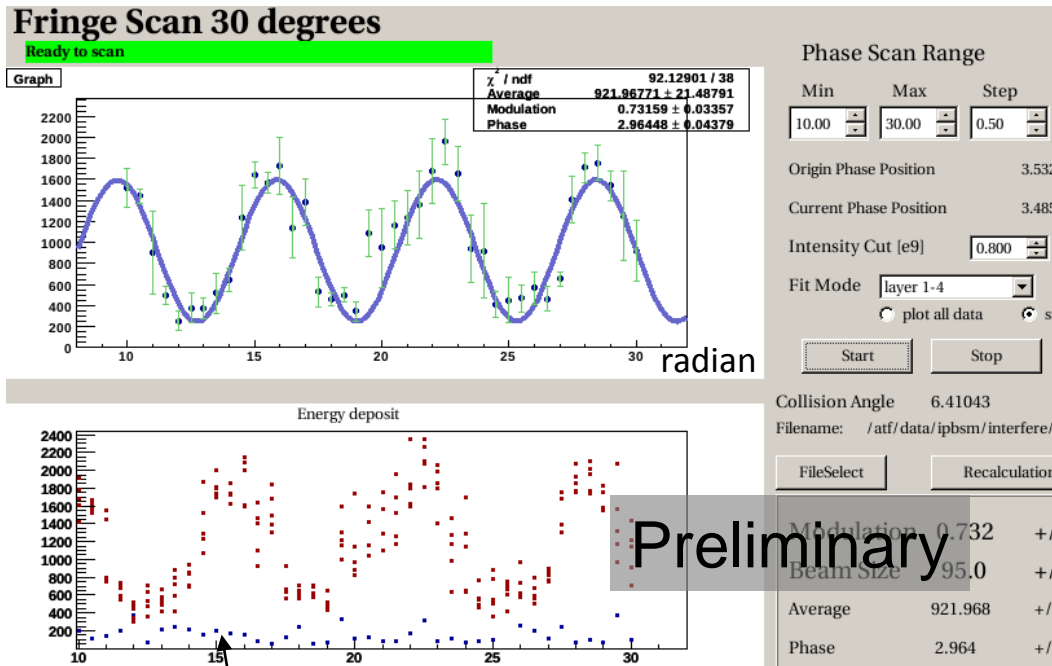
Fringe scan history, Dec. 12-21



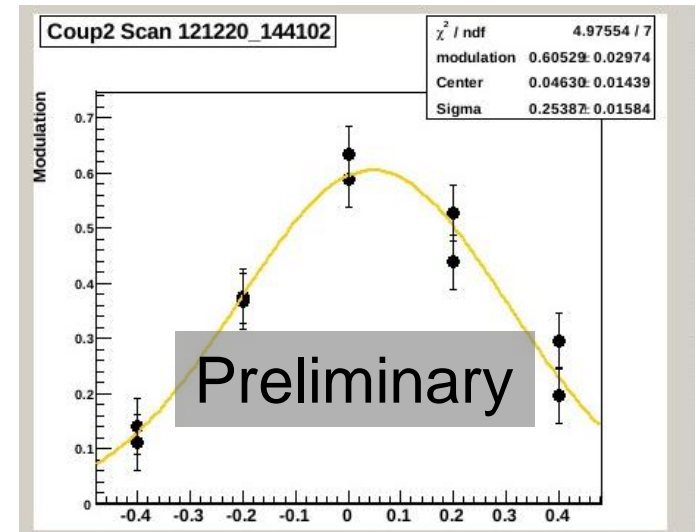
(ビーム調整ノブのscanなど、全てのfringe scanを含む)

交差角30度の測定例

Fringe scan

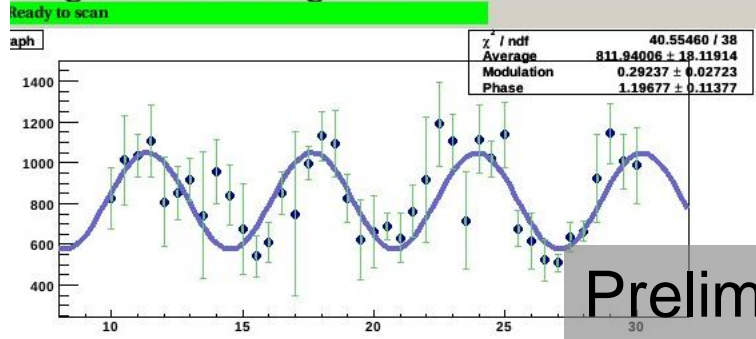


ビーム調整ノブのスキンの例

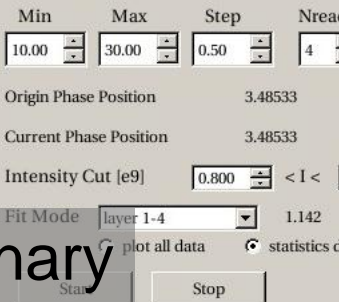


交差角174度の測定例

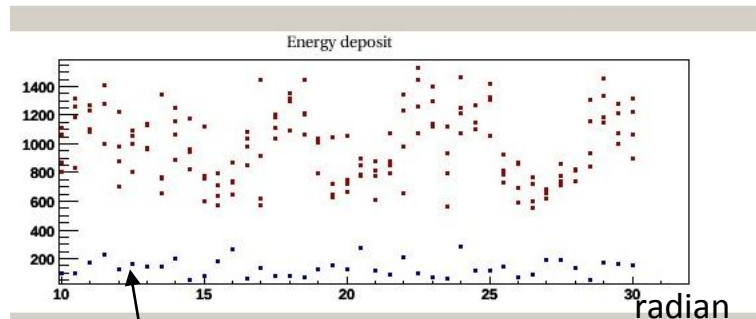
Fringe Scan 174 degrees



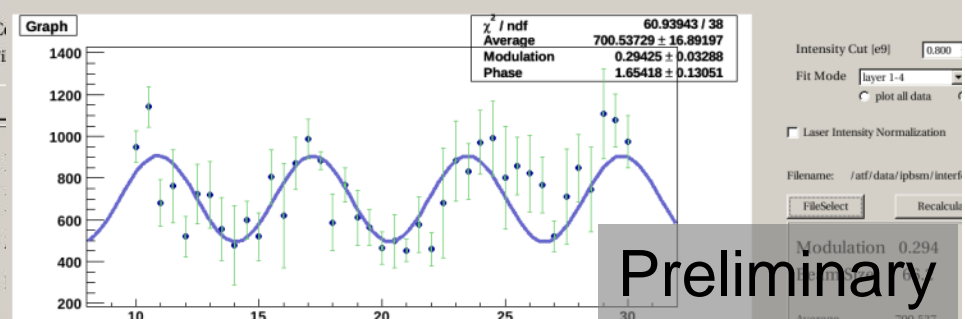
Phase Scan Range



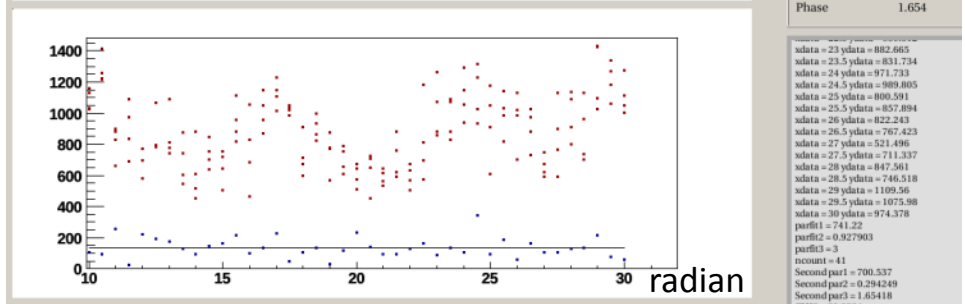
$$0.8e9 < N < 1.2e9$$



background (laser off)



Modulation 0.294
Average 700.537
Phase 1.654



Bema size 約70 nm に相当する Modulation を観測した。
誤差の大きさについては解析中。

交差角174度、modulation が確認できない例

Fringe Scan 174 degrees

Ready to scan

Graph

χ^2 / ndf	302.00479 / 302
Average	903.06329 ± 6.57129
Modulation	0.01033 ± 0.01040
Phase	0.49954 ± 0.98622

Phase Scan Range

Min	Max	Step	Nread
10.00	40.00	0.50	5

Origin Phase Position: 3.47343
Current Phase Position: 3.48533
Intensity Cut [e9]: 2.000 < I < 2.400
Fit Mode: layer 1-4 (2.252)
 plot all data statistics data

Start Stop

Collision Angle: 6.41043
Filename: /atf/data/ipbsm/interfere/meas121220_200213.0

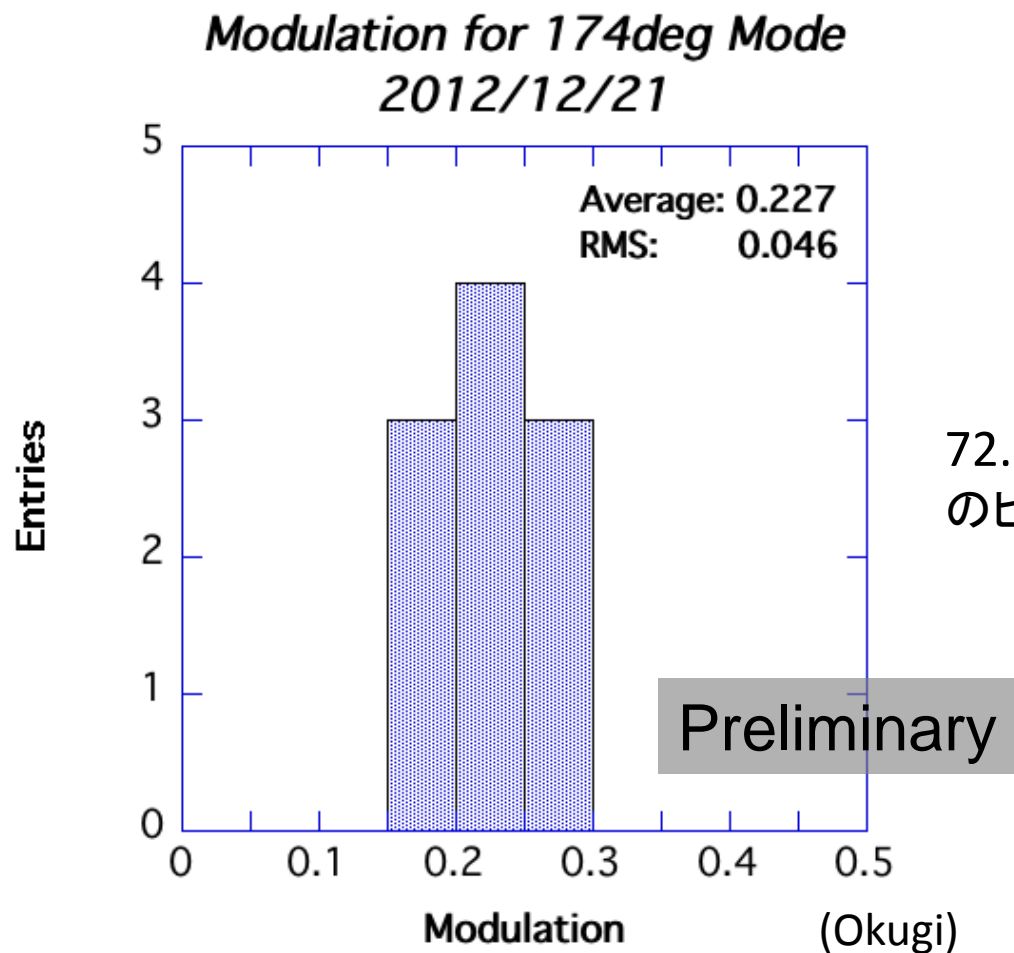
FileSelect Recalculation

Modulation	0.010	+/-	0.010
Beam Size	128.1	+/-	0.117
Average	903.063	+/-	6.571
Phase	0.500	+/-	0.986

Energy deposit

0. Preliminary

交差角174度での連続測定の結果



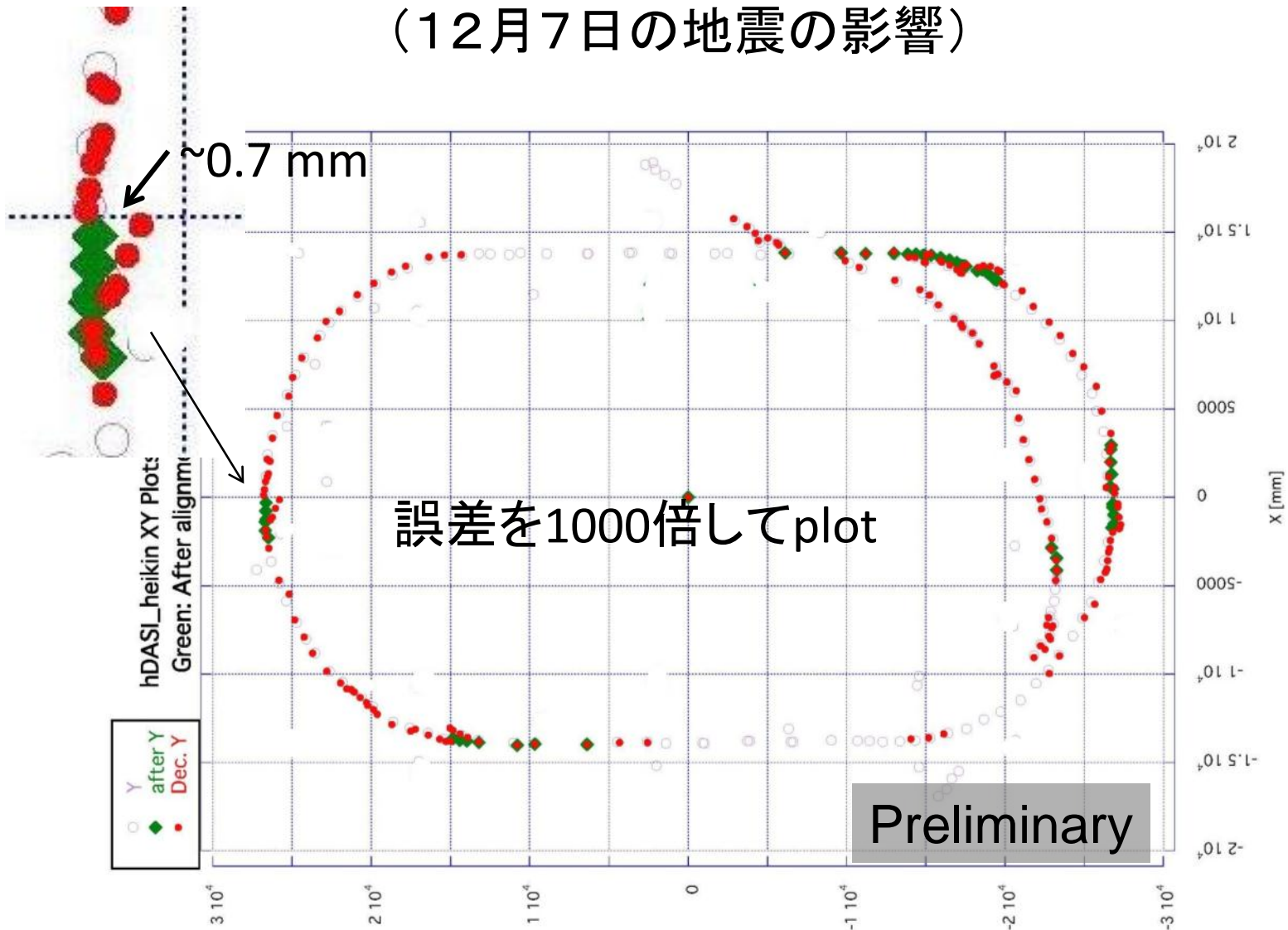
交差角174度でmodulation観測

新竹モニターの交差角174度で明らかな干渉縞(modulation)を観測。

- Modulation 0.2~0.3程度であり、ビームサイズ約 70 nm に相当する。誤差の評価などがまだできていない。
- 非常に低いバンチ電荷(粒子数 $1\sim 2e9$ 程度)でのみ測定できた。
 - バンチ当たりの粒子数を増やすと、ビームサイズが急速に増大する。
 - より低い電荷での測定は、現状の測定システムでは困難
- ビームサイズモニターとしての性能、安定性を確認することができた。
 - ただし、小交差角でも理論上の最大modulationにならない。
 - レーザー自体の安定性などには問題が残っている。
- ビームサイズがバンチ電荷に強く依存することは問題であり、原因を理解することが必要。できればこれを低減する対策をとる。
 - ILC の設計に影響を与えるのかどうか、検討の必要がある。

- 10月15－19日、22－27日
 - － 夏期シャットダウンからの復帰、新たに立ち上げたシステム(繰り返し1.5Hz → 3Hz 等)のチェックなど
 - － IPビームサイズモニター交差角7度で高い modulation (～0.9)を確認
 - － 電磁石電源の故障で1日運転停止
- 11月5－9日、12－16日
 - － IPビームサイズモニター交差角30度で modulation を確認
 - － Linac Modulator の故障で1週間運転キャンセル
- 11月26日－30日、12月3－7、10－21日
 - － IPビームサイズモニター交差角174度で modulation を確認
 - － 12月7日の地震の影響で、ダンピングリングのアラインメントの修正を実施

ダンピングリングアライメント確認、修正 (12月7日の地震の影響)



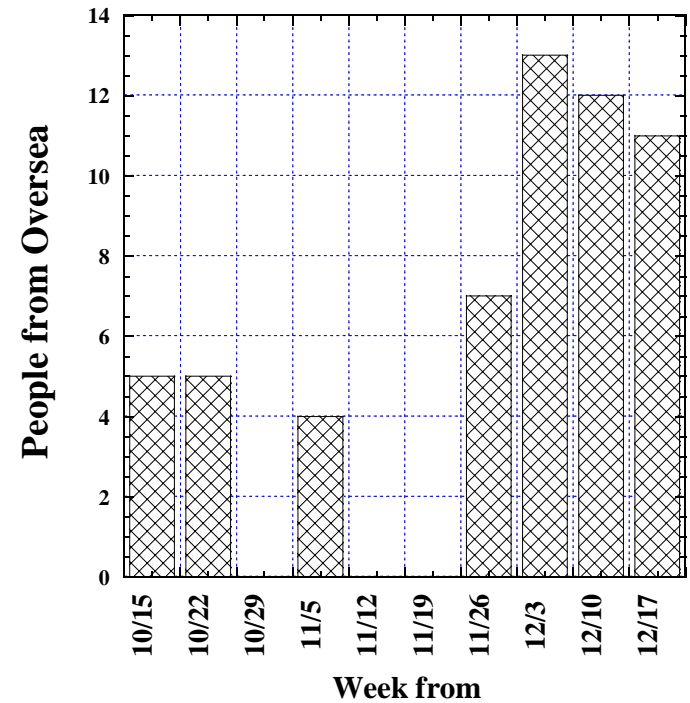
(S. Araki)

実験参加者(海外)

ATF2 Visitors Schedule for Oct.-Dec. 2012

Put your name and schedule. (You are welcome to improve the format by editing this page.)

Name	Oct. 15	Oct. 22	Oct. 29	Nov. 5	Nov. 12	Nov. 19	Nov. 26	Dec. 3	Dec. 10	Dec. 17
Test Example	no	23-26	no	7~	~15	no	29~	yes	~12	?
SLAC										
G. White	15-19	23-26	no	no	no	no	26-30	3-7	10-14	17-21
M. Woodley	no	no	yes	yes	yes	no	yes	yes	yes	yes
J. Nelson	no	no	no	no	no	no	30~	yes	yes	~21
E. Marin	no	no	no	no	no	no	28~	yes	~14	no
CERN										
J. Pfingstner	no	no	no	no	no	no	yes	yes	yes	yes
Yves Renier							no	yes	yes	yes
Hector Garcia Morales	no	no	no	no	no	no	no	yes	yes	yes
IFIC										
J. Resta-Lopez	no	no	no	no	no	no	yes	yes	no	no
J. Alabau	no	no	no	no	no	no	yes	yes	no	no
Oxford U. (FONT)										
Young Im Kim	yes	yes	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Davis	yes	yes		no	yes		no	no	yes	yes
Blaskovic	yes	yes		no	cancelled		no	yes	yes	no
Burrows	yes									
Christian		yes								
KNU										
Siwon Jang	no	no	31~	yes	yes	no	no	no	?	?
RHUL										
S. T. Boogert (RHUL)	no	no	no	no	no	no	no	no	yes	yes
J. Snuverink (RHUL)	no	no	no	yes	no	no	no	yes	yes	yes
Oxford JAI (EXTLW)										
L. Corner	no	no	no	no	no	no	no	yes	yes	yes



シフト体制

8時間のシフトにStudy leader, sub leaders をassign。
(assign されない人も多数参加)

12月最後の2週間(週末を含む)の例

	1:00 – 9:00	9:00 – 17:00	17:00 – 25:00
12/10 Mo	---	---	<i>Kubo</i>
12/11 Tu	Kuroda + A	White + B	<i>Okugi + C</i>
12/12 Wd	Woodley + D	<i>Tauchi + E</i>	Kuroda + A
12/13 Th	Kubo + B	<i>Okugi + C</i>	Tauchi + D
12/14 Fr	White + E	Terunuma + A	Woodley + B
12/15 Sa	Kuroda + C	Terunuma + D	White + E
12/16 Su	Kubo + A	Tauchi + B	Woodley + C
12/17 Mo	Okugi + D	White + E	<i>Terunuma + A</i>
12/18 Tu	<i>Kuroda + B</i>	Tauchi + C	Okugi + D
12/19 Wd	Woodley + E	<i>Kubo + A</i>	White + B
12/20 Th	<i>Okugi + C</i>	Kuroda + D	Kubo + E
12/21 Fr	White + A	<i>Tauchi + B</i>	

Name: Study/Tuning leader (*Italic: shift leader (for safety)*)

A-D: Study/Tuning sub-leaders

The assignments are not strict and you may join any shifts.

A: J. Nelson, E. Marin, L. Corner

B: Y. Renier, H. Garcia Morales

C: S. Boogerd, J. Snuverink, m

D: Y-I Kim, N. Blaskovic, Davis

E: J. Pflingstner, Akagi, Tanaka

実験中の打ち合わせの様子



Multi-pole field 低減のための作業、及びビームによる調査

Multi-pole field 低減のための作業(最後の4週間運転の前に実施)

- Q-magnet 交換(QF1: 最終収束点の直前2番目の収束磁石)
 - 今までのものはMulti-pole field が大きいため。
 - SLAC (PEPII) の大口径のものに交換
- 最終収束点の直前2個のQ磁石に付いていたCavity BPM (feed-throughがKovar製、磁場を乱す可能性あり)を取り外し。

ビーム実験による調査

- Skew 6極磁石を4台設置。これらの磁場強度の変更により焦点でのビームサイズが減少すれば、他に何らかのmulti-pole field が存在する証拠となる。
 - 測定を試みたが、時間の不足もあり、はっきりした結論は得られなかった。

- Final H-focusing Quad の multi-pole error が大きいので交換
 - SLACからPEP-IIのもの。大口徑、multi-pole error 小
- Final doublet Q磁石についている Cavity BPM 取り外し
 - feed-through が Kovar 製で磁場を乱す可能性あり



ビームサイズがバンチ強度に強く依存

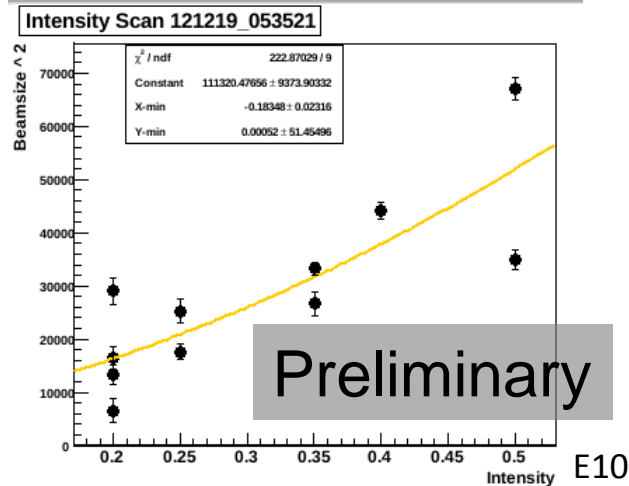
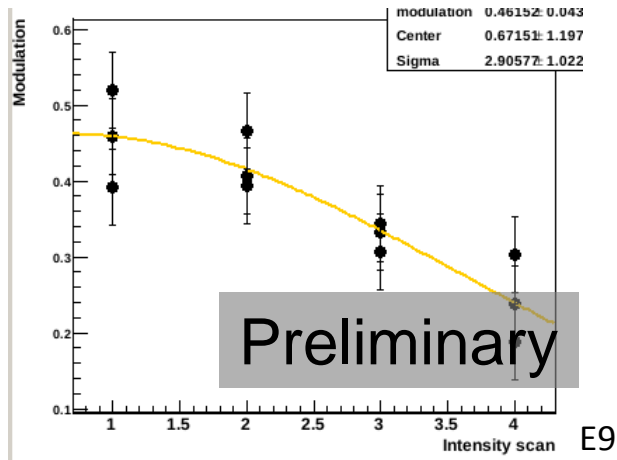
考えられる原因:

- Wakefield が最も疑われる (特にベータ関数の非常に大きい場所)
 - Cavity –BPM
 - ビームパイプの段差
 - 細い部分でのビームパイプ壁抵抗
- Intra-beam scattering + Non-linear magnetic field が影響しているという可能性も否定できない
 - Intra-beam scattering により energy spread, 水平エミッタンスが増大
 - → Non-linear field により垂直ビームサイズが増大

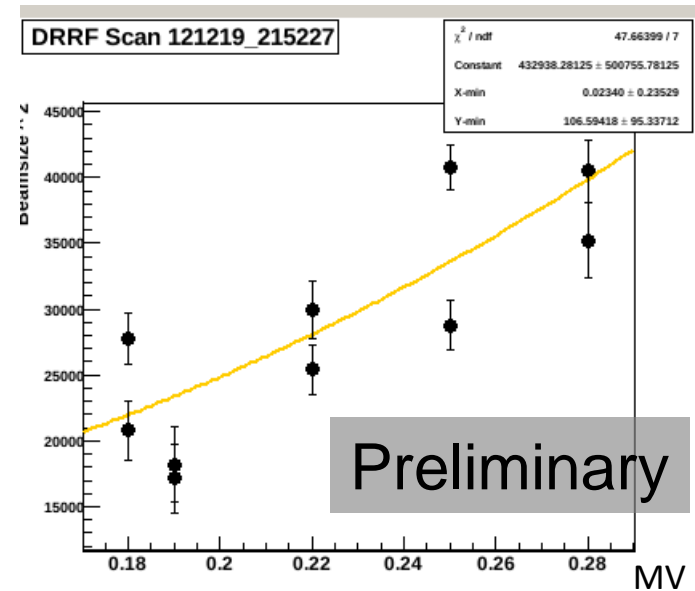
はっきりした結論には、まだ調査が必要。

Intensity dependence

交差角30度での modulation (beam size) をバンチ intensity を変えて測定



交差角30度での beam size をダンピングリングRF電圧(バンチ長)を変えて測定



バンチの全電荷量だけでなく、電荷線密度にも依存している

Wakefield の調査、低減の試み

- Wakefield源として疑われる構造を可能な限り取り除く
- 可動台上にCavity BPM (reference cavity)を設置 (Wakefield generation, compensation)
 - Cavity の位置とビームサイズの相関を測定
 - Cavity の位置とビーム軌道の相関を測定
- Wakefield (再)計算
- 測定結果からは、計算よりもCavity による wakefield が強いように見えるが、詳しくは現在解析中。

ベータ関数の大きい場所で Wakefield源となりうる構造を可能な限り取り除く

真空ポートを対称性の高いものに交換



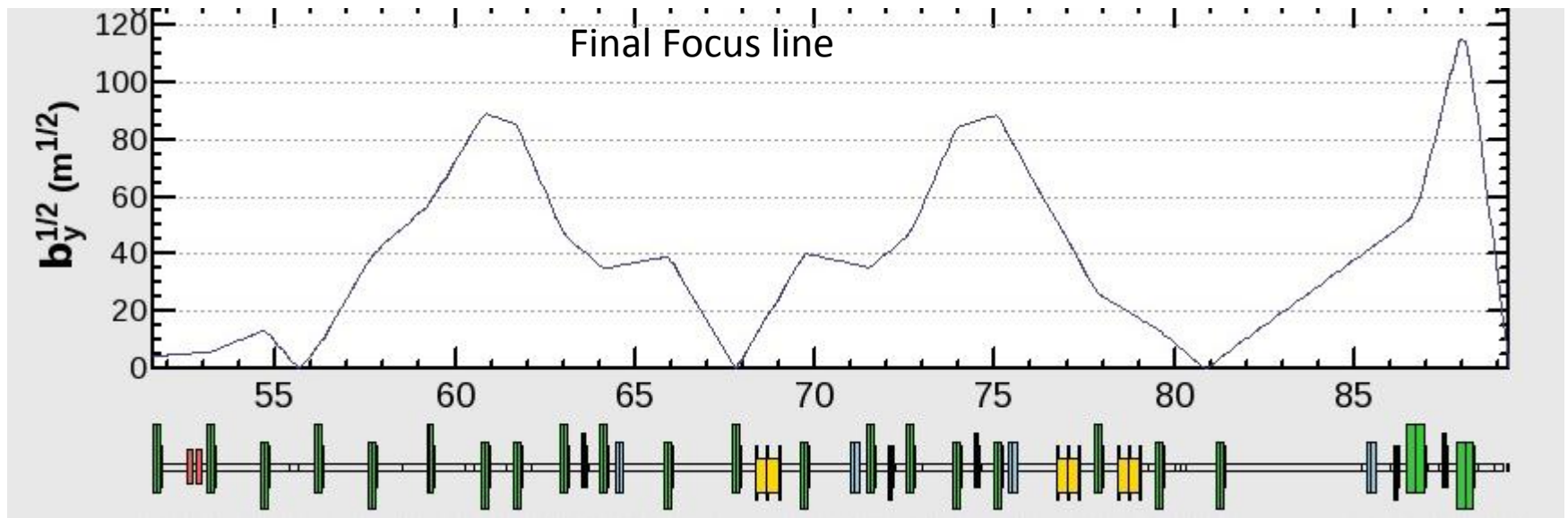
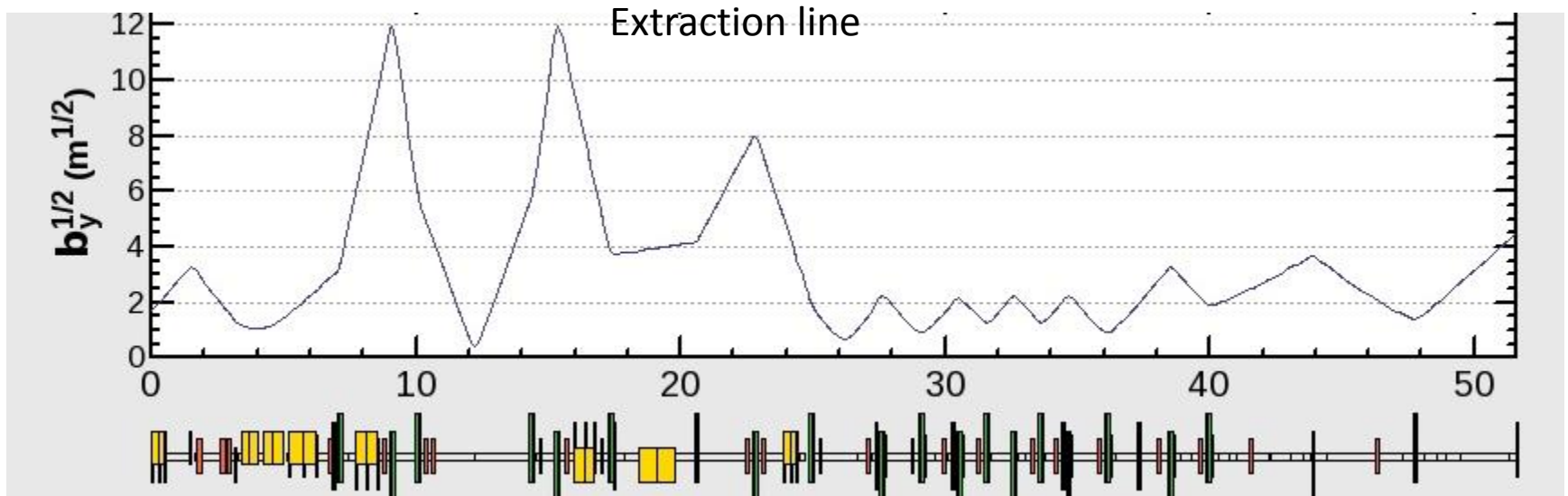
使用していないCavity-BPMの
reference cavity 3台を取り外し

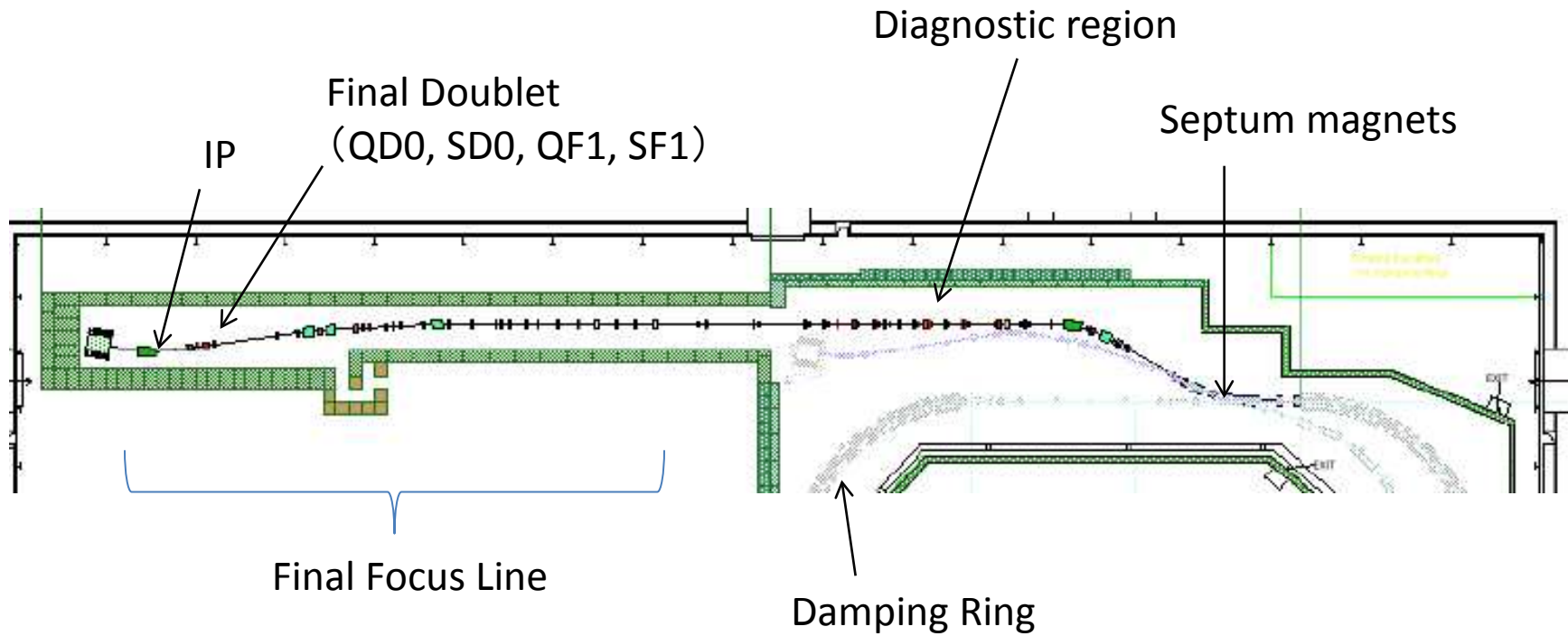


High beta region にあった、ゲートバルブ、
Reference cavity を lower beta の位置に移動



垂直ベータ関数

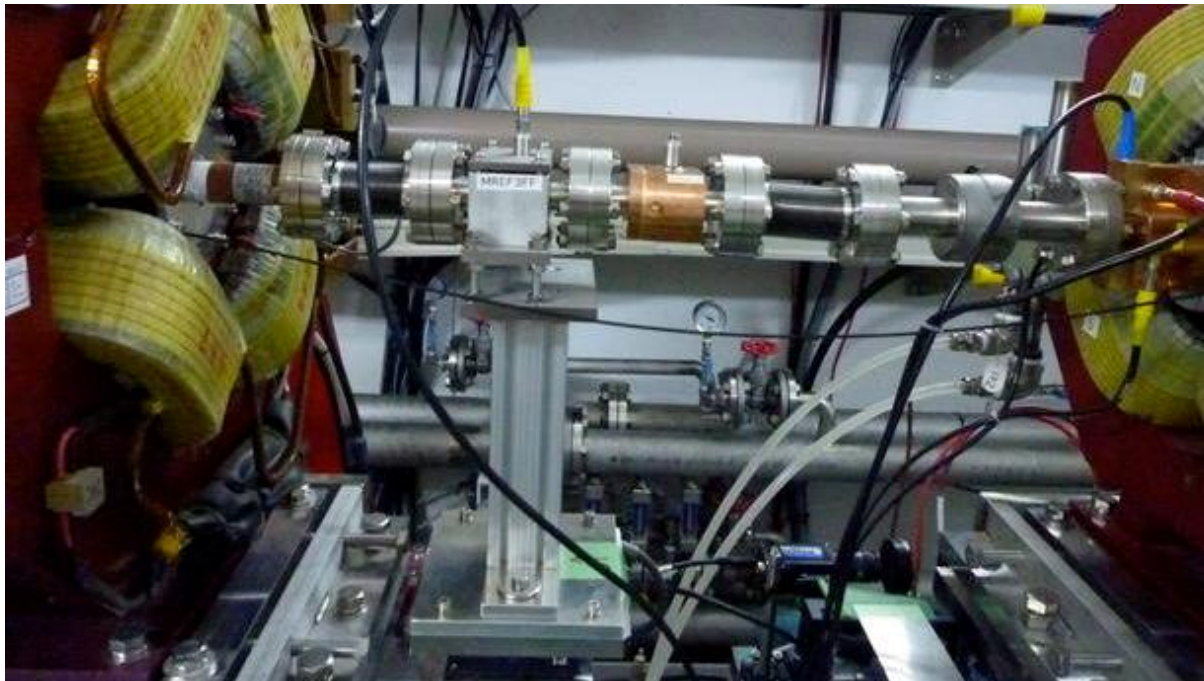




可動台上にCavity BPM (reference cavity)を設置

Cavity BPM の wakefield の影響の調査のため。

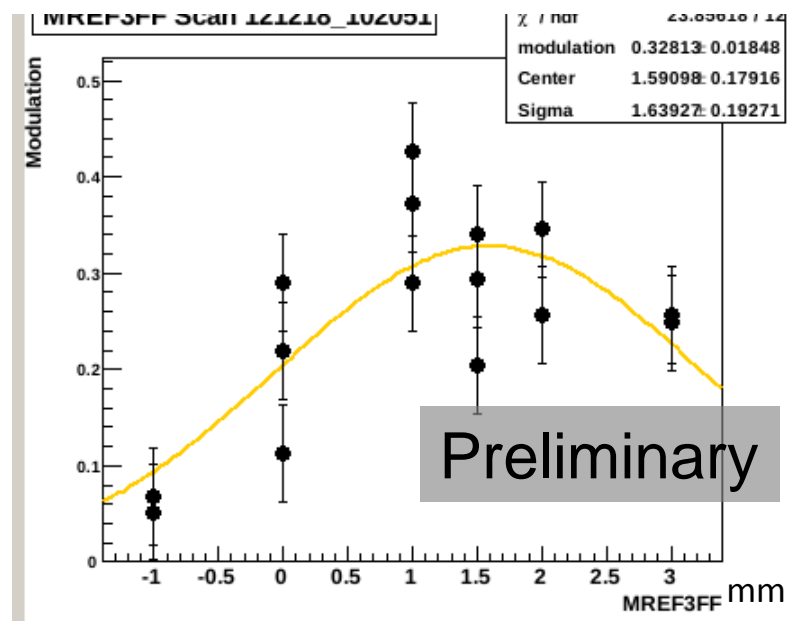
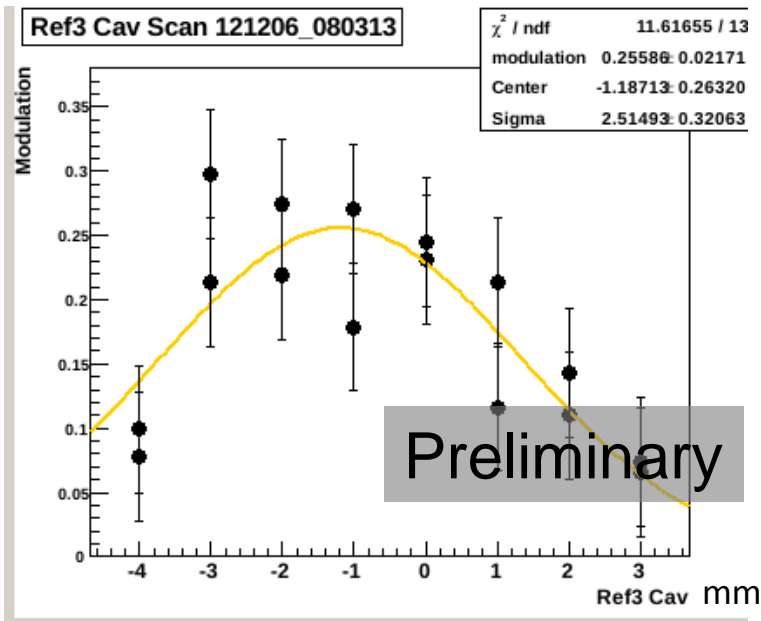
他の場所でのWakefield の影響を打ち消すことも期待。



可動台上にCavity BPM (reference cavity)を設置し、 Wakefield の影響を調査 ー 1

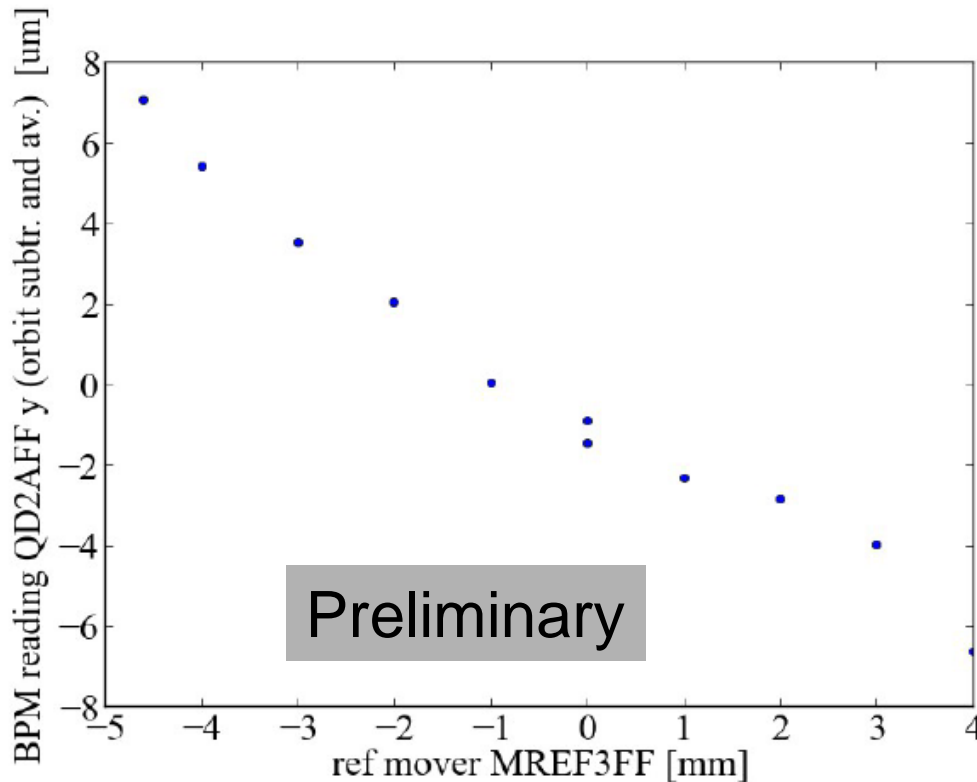
ビームサイズ測定の場合:

交差角30度での modulation をcavity の位置を変えて測定



可動台上にCavity BPM (reference cavity)を設置し、 Wakefield の影響を調査 ー 2

測定の例: 下流のBPMの読みをcavity の位置を変えて測定 N~6e9



計算: ~0.5 micron/mm
測定: >1 micron/mm

Cavity 以外の部分の効果?
さらに詳しい解析が進行中。

Wakefield について、今後の課題

- 強い intensity dependence に関する調査
 - 本当に Wakefield なのか
 - どの部分が問題なのか
- Wakefield の低減の検討
 - ビームパイプの要所にテーパーあるいはシールドを組み込む
 - Cavity BPM の再アライメント(磁場中心により正確に合わせる)
 - 幾つかのCavity BPM取り外し
 - Etc.
- ILC BDS での wakefield の影響との比較検討

ATF2 での Wakefield の影響の ILC との大雑把な比較

- ビームエネルギー $\sim 1/200 \rightarrow$ wakefield の影響 200倍
- エミッタンス ~ 100 倍 (divergence 10倍) $\rightarrow 1/10$
- バンチ長 20倍 \rightarrow 約 $1/3$ (depend on shape of wakefield)
 \rightarrow 同じoffsetに対する影響: 7倍

- アライメントの許容誤差: $1/7$
- ビーム軌道のジッターの許容値 (ビームサイズとの比): $1/70$
(ATF2 の方が厳しい)

- 長さ当たり同じwakeとすると、(ビームラインの長さ $1/20$)
 - 上の値の20倍
(ATF2 と ILC で同程度の厳しさ)

10月の委員会での「まとめ」と、その結果

- 12月までの目標
 - 70 nm 以下のビームサイズを確認した後、さらに小さいビームサイズを目指す。(40 nm) : (最後の2日間に70 nm 程度のビームサイズを観測できた)
- 改善、対策
 - ビーム調整の方針決定過程を明確に: (シフト体制が整い、情報の共有、studyの継続性を持つことができた。)
 - 取出し軌道とエミッタンスの相関の再調査: (調査したがまだ不十分)
 - IPでのビーム位置のモニター設置: (設置されたが性能はまだ不十分)
 - Multi-pole filed error への対策
 - 最終4極磁石 (H-focus) の交換, S-band BPM 取り外し: (実施)
 - Skew 6極補正磁石の追加: (ビーム調整に使用した。有効性についてはさらに調査が必要。)
 - IP ビームサイズモニターの安定性、再現性の改善: (明らかに改善された)

まとめ

- ビームサイズ約70nm に相当する強さのmodulationを確認。
 - バンチ当たりの電子数 1×10^9 程度の低電荷でのみ(電荷を増やすと modulation が見えない)
 - 誤差の大きさなどは解析中
- ビームサイズモニターとしての性能を確認できた
 - 夏期シャットダウン中の改造により、安定性、再現性は明らかに改善した。
 - レーザー自体の安定性にはまだ改善の余地がある。
- ビームサイズが、ビーム強度に強く依存することが判明
 - Wakefield が原因と思われるが、さらに調査を要する。
 - ILC の設計に影響があるのかどうか要検討
- 海外から多数の参加者を得ることができ、積極的に実験の進展に貢献。国際協力の成果があった。