

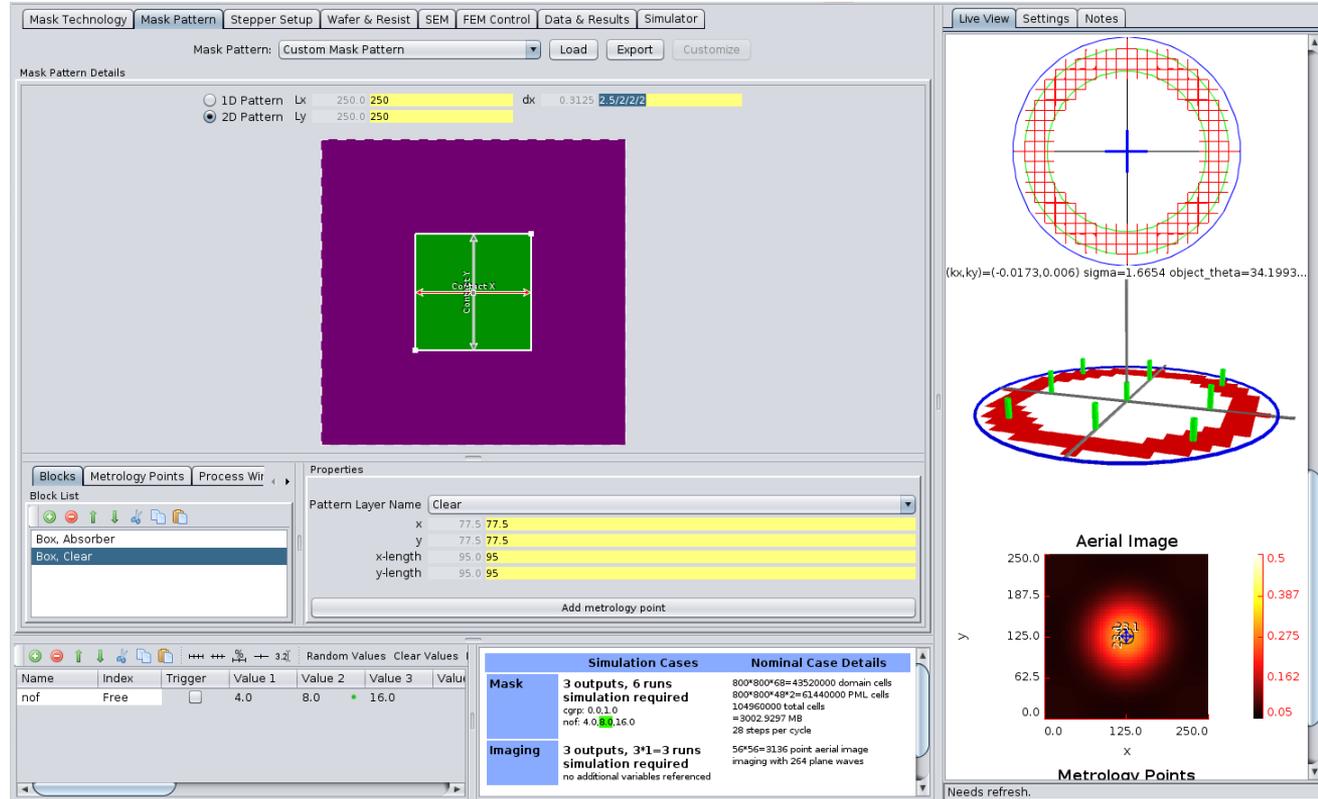
# Panoramic v7 TRIG 及び TEMPESTpr2 DUVの詳細性能ベンチマーク

by Tom Pistor



# テストケース：

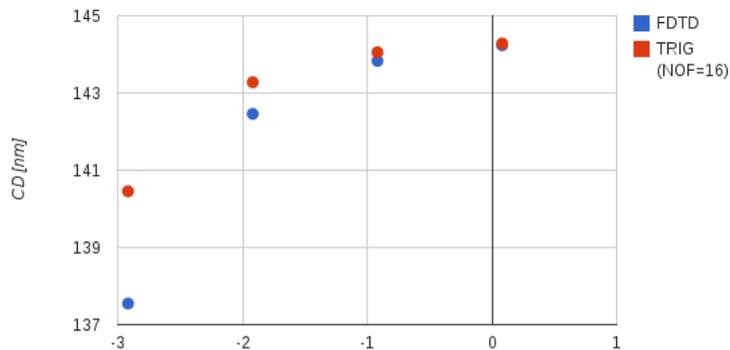
- lambda=193nm
- domain size is 250nm x 250nm (ウエハー寸法)
- 68nm MoSi (n=2.343, k=0.586)
- SiO2 substrate (n=1.563)
- NA=1.35, sigma\_inner=0.7, sigma\_outer=0.9, nSamples=10, annular illumination
- 測定
  - aerial image 最小
  - aerial image 最大
  - CD@I=0.1 正規化していない空中像 (かなり低いILS)



# TRIGとFDTDは一致するか？

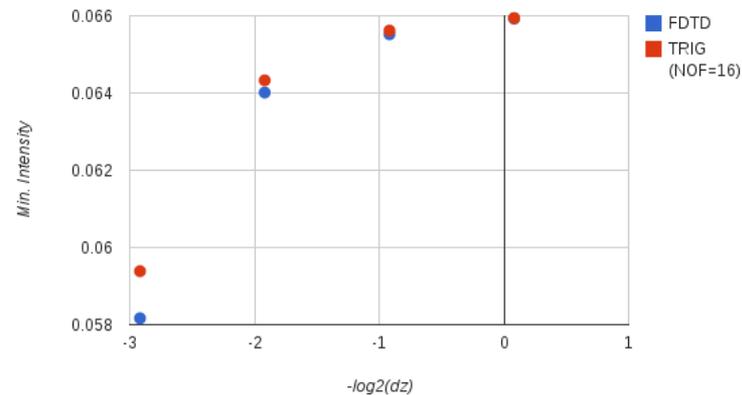
はい、十分にプッシュすれば一致します！

Aerial Image CD @ 0.1 threshold

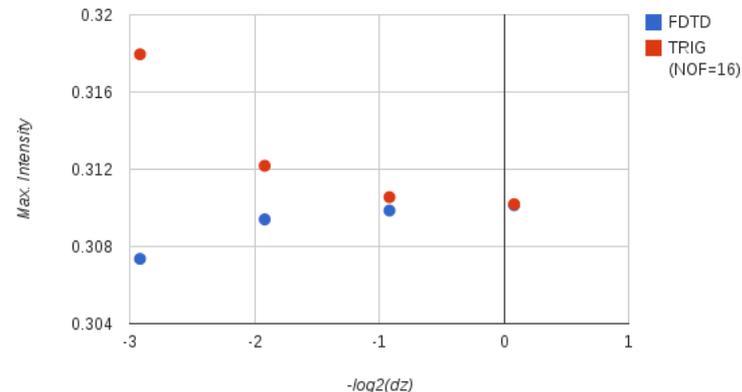


- 明らかに同じ解に収束します。グラフ上で右に一つ進むと、セルサイズは半分になります。(dz=68/9nmからスタート (マスク))
- TRIGでは、dx=dyは2.5/8 (ウエハー) で一定になっており、NOFは16に設定されています。
- TEMPESTではPMLの48のセルが使われています (dzが非常に小さくなくても、十分な厚みを確保できるようにするため)。dzが半分になると、dxとdyも半分になります (2.5nmからスタート)。また、dzが半分になると、励起とアウトプット面の間のスペーシング (セルの数) は倍になり、一定の位置を維持します。励起エンベロップは10サイクルで設定され、収束の許容値は0.01になっています。
- FDTDとTRIGの相対的差異は (最高精度の場合) 0.04%よりよくなっています (0.0004)
- FDTDとTRIGの最良の解の平均を取って“的確な”解を作り (CD\*, Imin\*, Imax\*)、他のすべてのシミュレーションはそれと比較するという形を取っています。
- 最高精度の設定は正確ですが、現実的ではありません。TEMPESTpr2では約9000s、TRIGでは約4000sかかりました。

Min. Aerial Image Intensity



Max. Aerial Image Intensity



最高精度の設定では、正確な結果（0.04%以下）が出ますが、現実的ではありません。  
（TEMPESTpr2は9000s、TRIGは4000s）

現実的な精度を設定した場合の性能はどうなる  
でしょうか？

精度の設定は、CD、最大強度、最低強度の間の最も悪い相対的精度としています：

$$\text{errCD} = |\text{CD} - \text{CD}^*| / \text{CD}^*$$

$$\text{errMin} = |\text{lmin} - \text{lmin}^*| / \text{lmin}^*$$

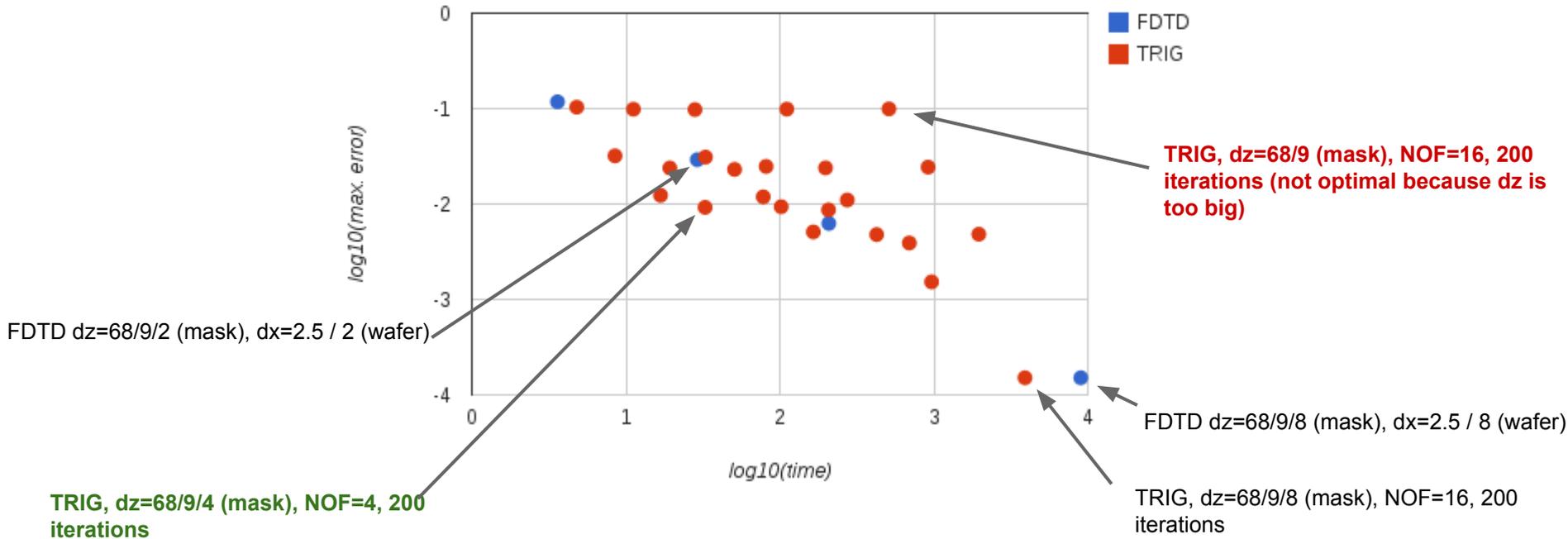
$$\text{errMax} = |\text{lmax} - \text{lmax}^*| / \text{lmax}^*$$

$$\text{errWorst} = \max( \text{errCD} , \text{errMin} , \text{errMax} )$$

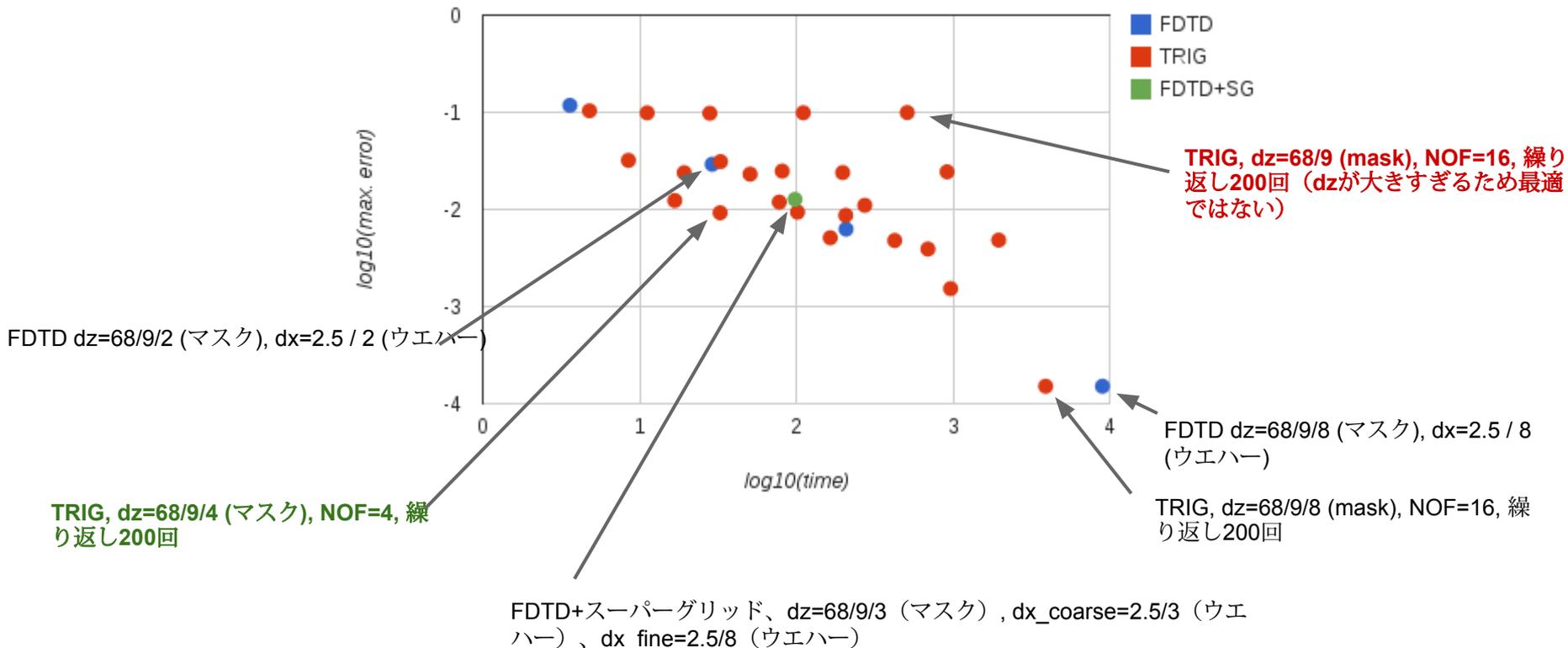
# その他の詳細...

- 様々なセルサイズに対して、TEMPESTpr2/FDTDを実行しました（ $dx=dy$ は $dz$ に伴い変化）。その他のパラメータ（PMLの厚み、収束の許容値）は慎重に選定されました（速度や精度に制限をかけることにならないよう）。
- NOF、 $dz$ 、繰り返しの回数等、TRIGの一部のパラメータは変更されました。その他のパラメータは慎重に選定されました。
- シミュレーションは、6スレッドを使い、1 x PSS（一つのプロセッサ）で実行されました。
- 報告されている時間は、TEモードとTMモードの両方を順に実行したものです。

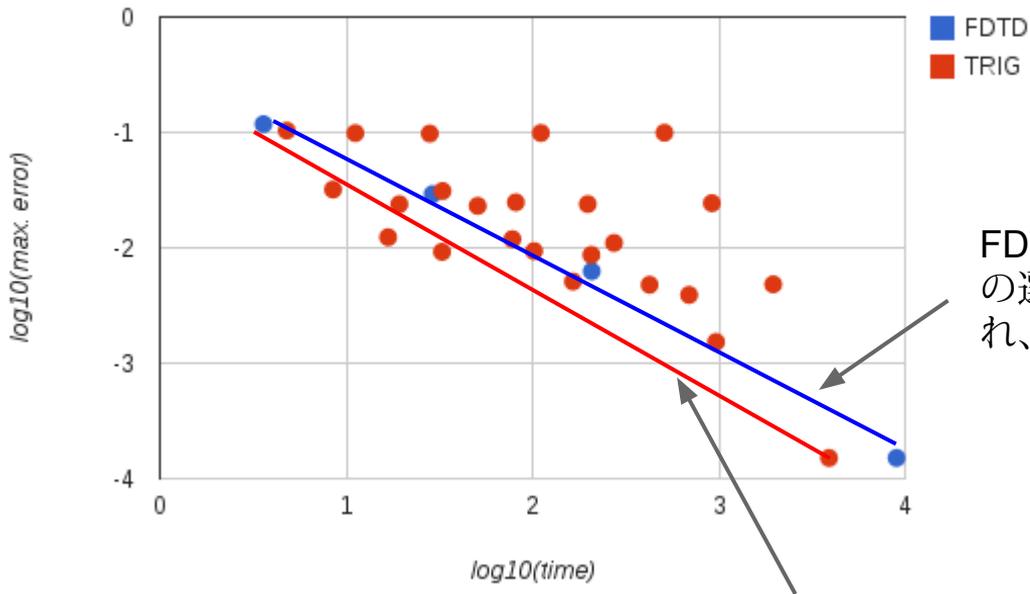
### Accuracy vs Speed



## Accuracy vs Speed



## Accuracy vs Speed



FDTD 最適なパラメータ  
の選択、 $dz$ が下がるにつ  
れ、 $dx=dy$ が下がる

最適なパラメータ ( $dz$ 、NOF、繰り  
返し回数) を選択すると、TRIGの  
方がFDTDより速くなる。

TRIG 最適なパラメー  
タの選択、NOFが上  
がるにつれ、 $dz$ が下がる

# TRIGの最適設定—DUVの場合

最適な設定は以下のように考えると考えられます。:

- NOF=4
- dz=1.5nm~2.0nm (マスク寸法)
- 繰り返し回数: 150~200

これにより、妥当なシミュレーション時間で約1%の絶対精度を出すことができます。

(250nm x 250nmの領域 (ウエハー寸法) で30s)