

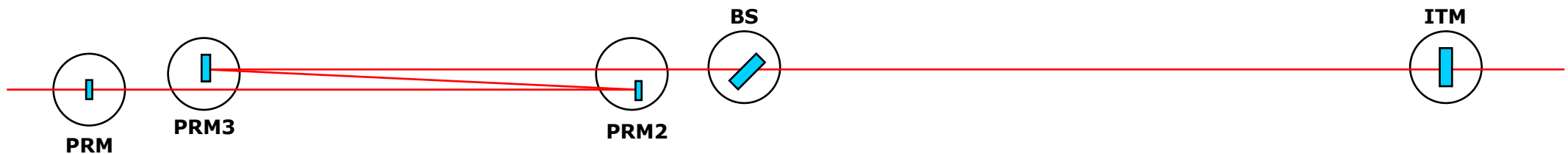
# LCGT PRC/SRC folded design

2009年までの LCGT design では Power Recycling Cavity (PRC) および Signal Recycling Cavity (SRC) とともに one round-trip での gouy phase shift が 1.2 度となっており、Input Test Mass (ITM) と PRM, SRM の角度変動の分離が困難であることが分かっている。[1]

ここでは Advanced LIGO での議論を元に、ざっくりと **gouy phase shift 20 度** を満たすように cavity 内に gouy phase telescope (レンズ) を挿入することを考える。

ITM の anti-reflection coating (AR) 側に曲率を持たせてレンズとしての役割を果たさせる **unfolded design** については宗宮君のレポート (JGW-T1000092) があるので、ここでは下図で示すような 2 つのレンズを挿入しビームを折り返す **folded design** について考えた。

[1] S. Sato, J. of Phys: Conf Ser, 122, 2008, 012025



拘束条件:

PRC length (ITM-PRM)                      73.3 m

BS-ITM    >25 m  
(ITM は 20 K に冷却されるので、室温の BS を近くに置けない)

Tank Separation                                      >3 m  
(Tank 直径は 2 m なので真空グループの要請より、推奨は 5 m とのこと。)

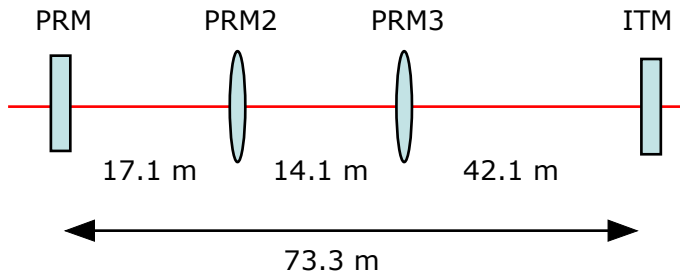
なるべく lens1-lens2 間および lens2-PRM 間は長くしたい。

0 次案として非点収差のことは忘れて設計する。



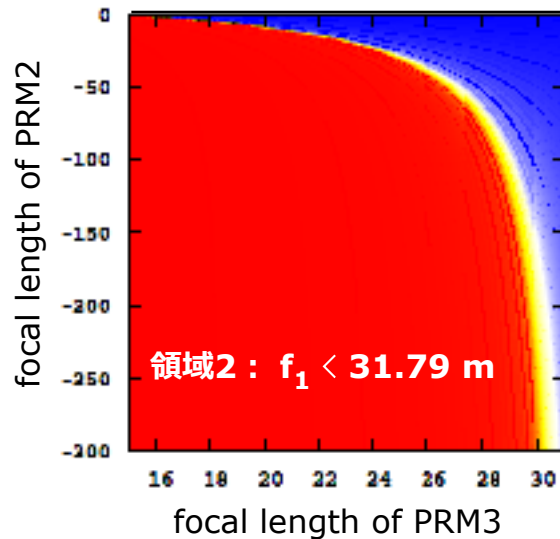
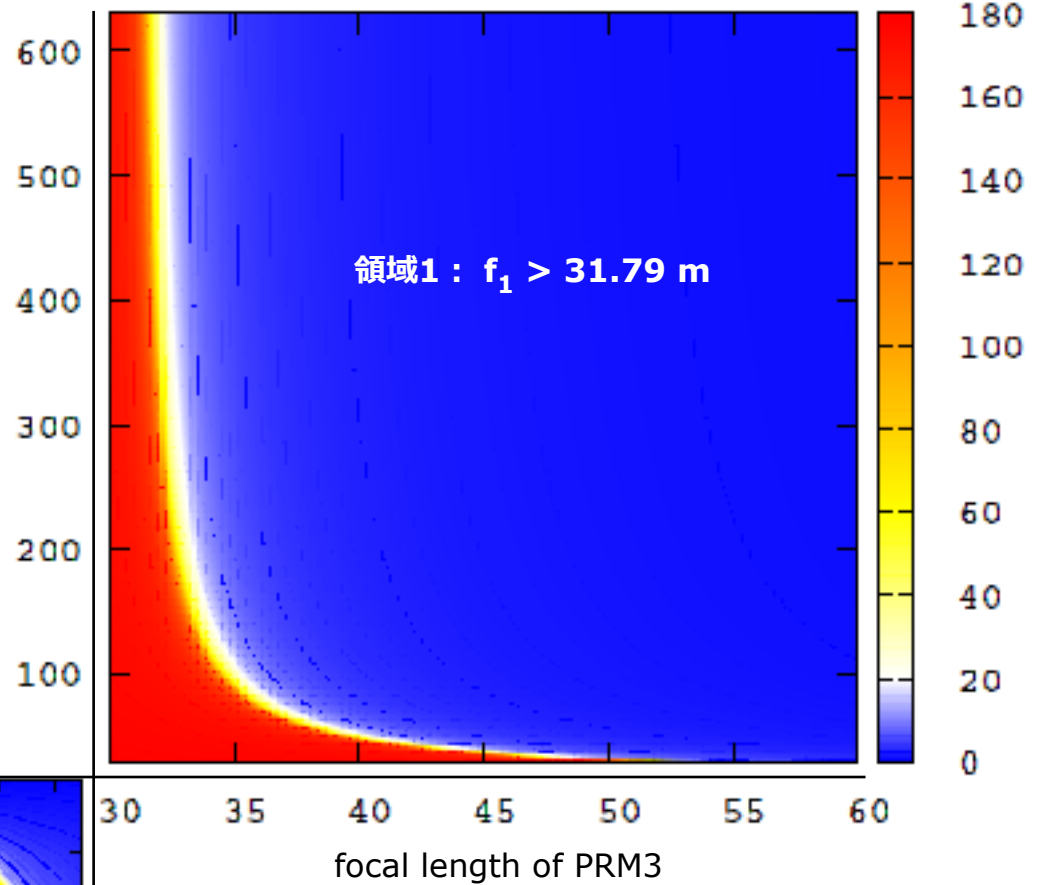
**一意にレンズ位置が決まる。**

# Folded PRC design



レンズ位置を決めて、反射型レンズと透過型レンズに取り替えて、折り返しを展開すると上記のようになる。  
 後は PRM2, PRM3 の焦点距離を free parameter として gouy phase shift が 20 度となる組み合わせを探す。

focal length of PRM2



ここでは lens2の焦点距離が  $+\infty$  or  $-\infty$  なので lens2 なしと同じ。

gouy phase shift (degree)

180  
160  
140  
120  
100  
80  
60  
40  
20  
0

領域1 :  $f_1 > 31.79$  m

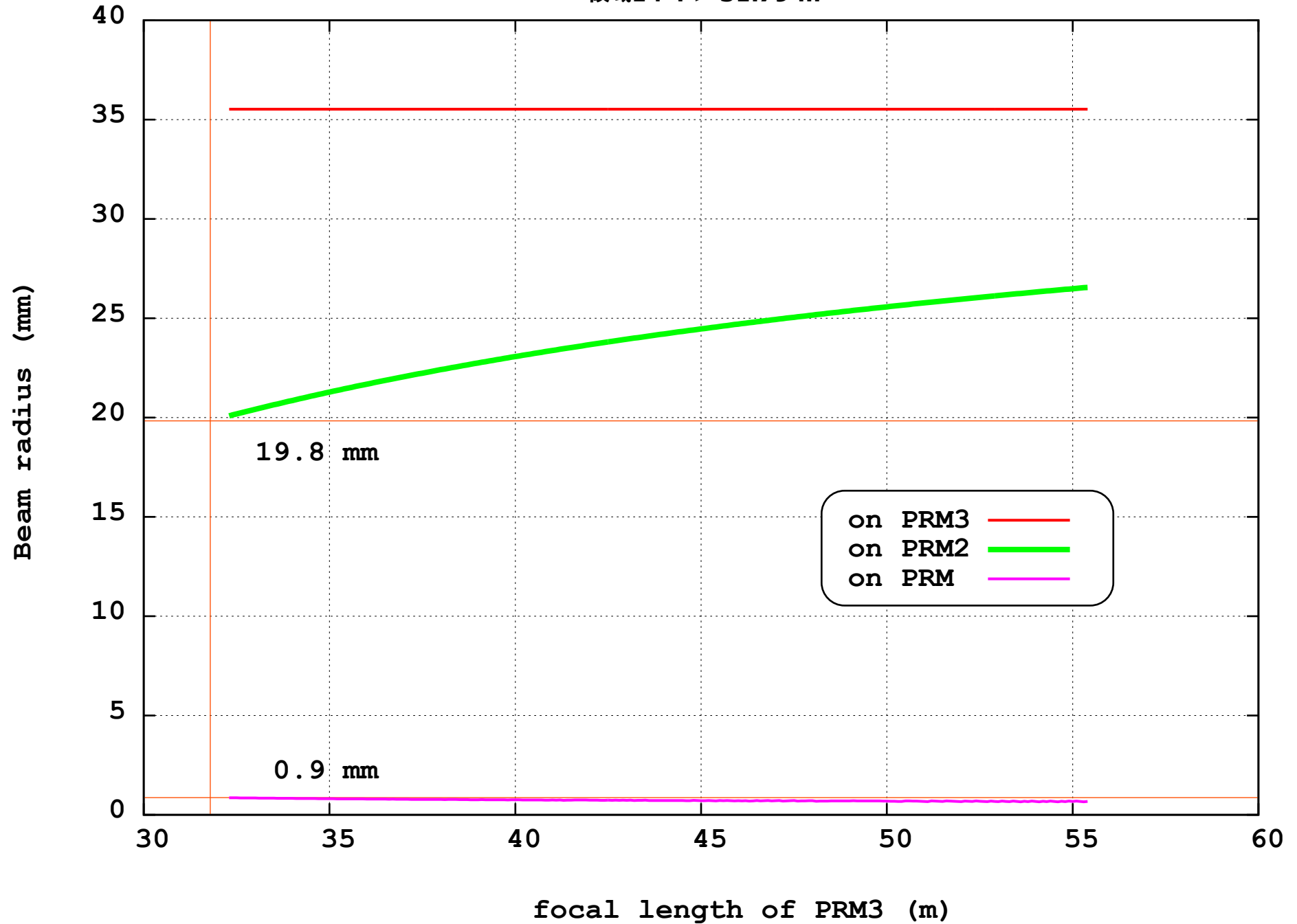
領域2 :  $f_1 < 31.79$  m

focal length of PRM3

focal length of PRM3

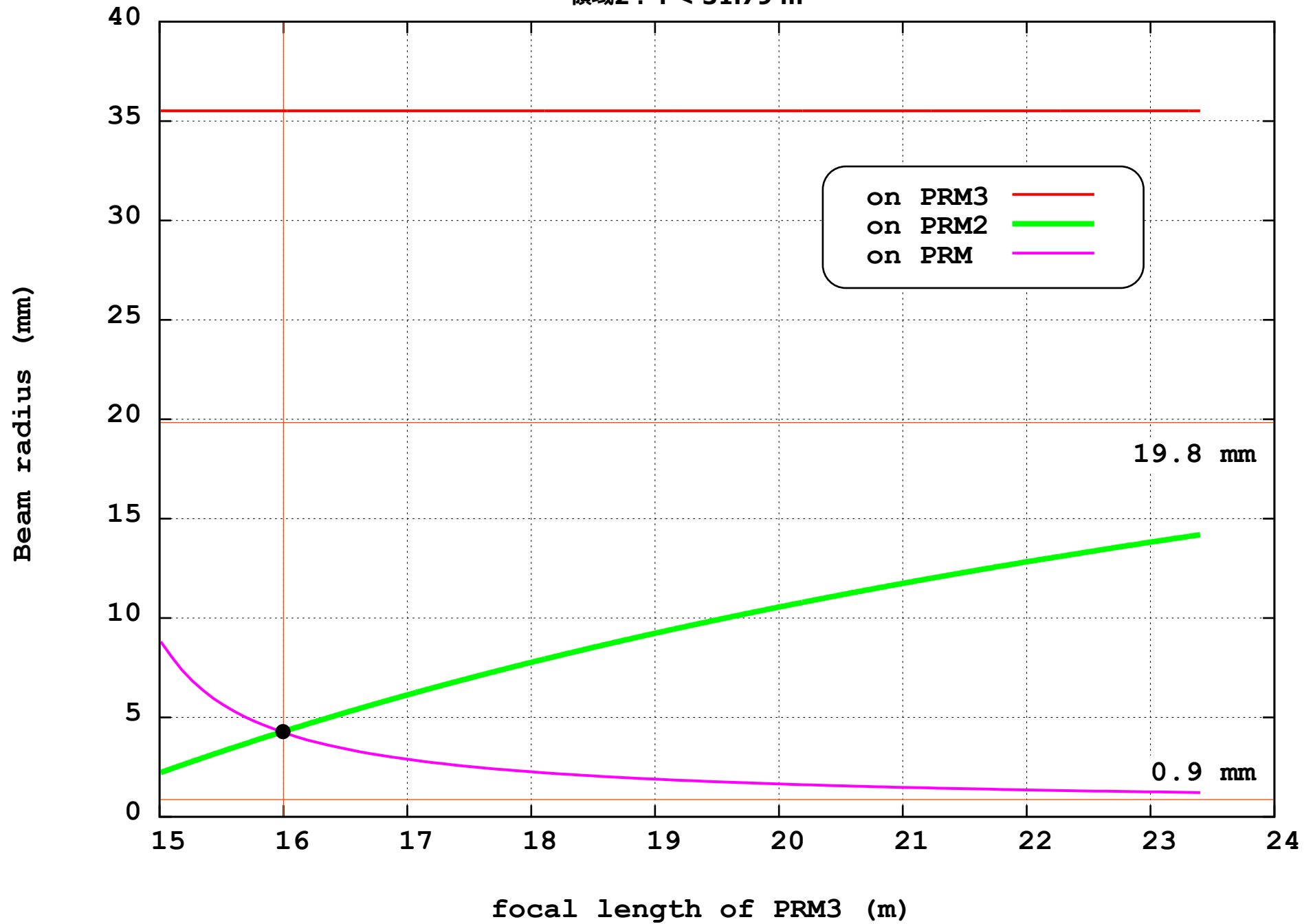
# Folded PRC design

領域1 :  $f > 31.79$  m

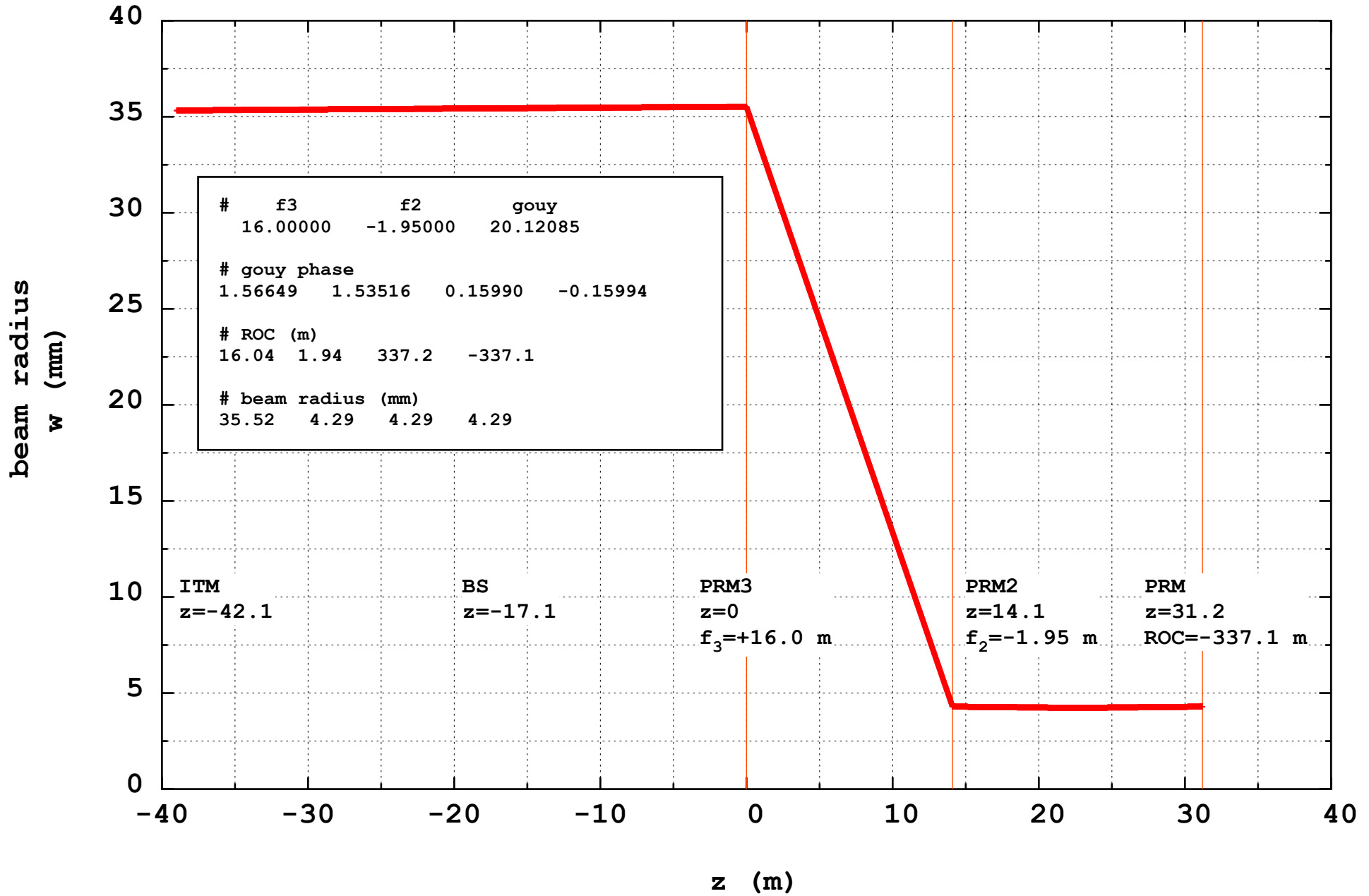


# Folded PRC design

領域2 :  $f < 31.79$  m



# Folded PRC design



## 結果の考察

\* PRM3 の焦点距離が 31.79 m を超えるかどうかで、2つの領域の組み合わせがある。  
( $f_3 = 31.79$  m の時、PRM2 は平面鏡となる。)

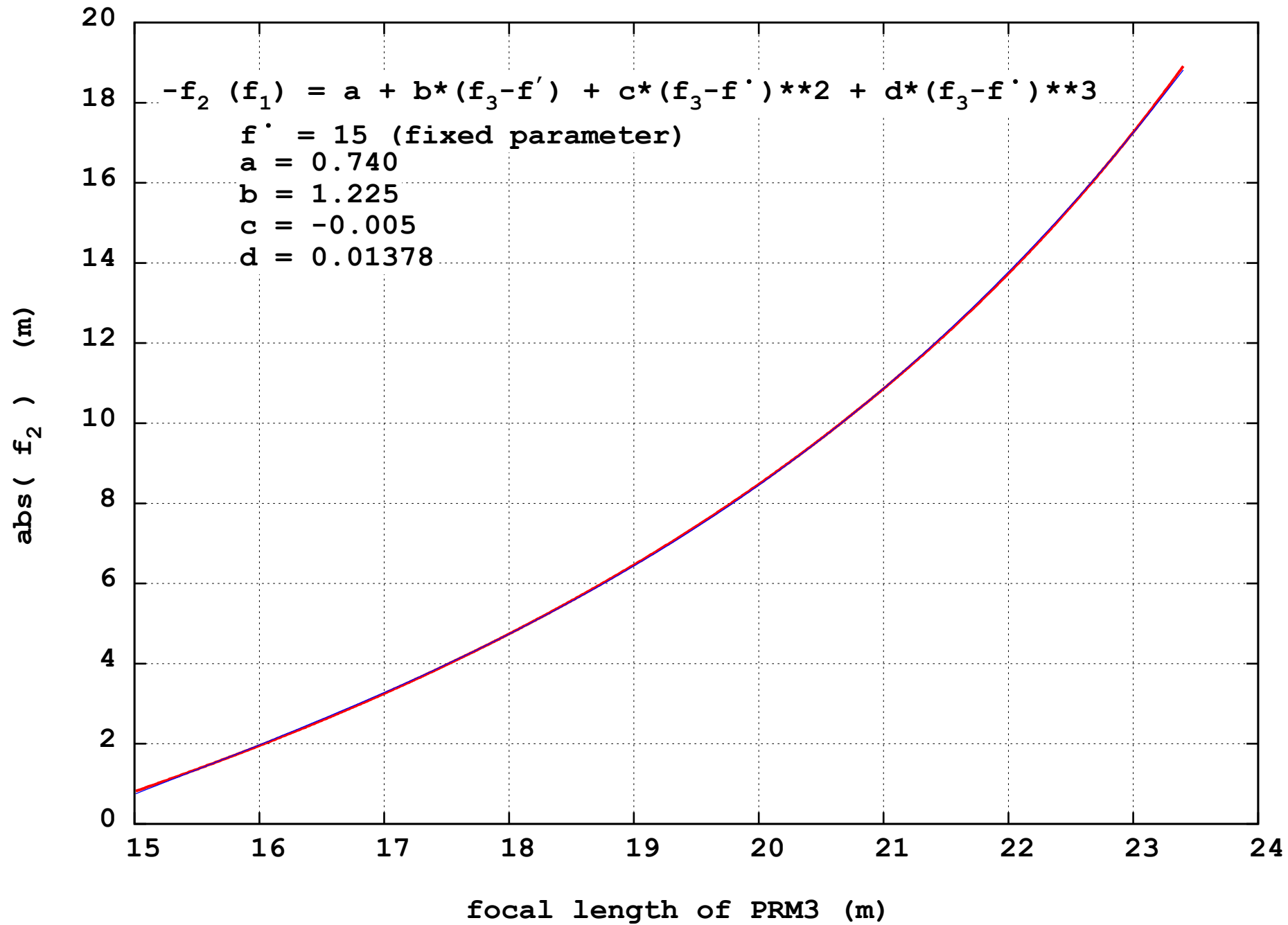
\* 領域1 :  $f_3 > 31.79$  m では  $f_2 > 0$  となり、PRM 上のビーム半径は  $f_3 = 31.79$  m の時より大きくなる。 ( $w_{\text{PRM}} < 0.9$  mm)

unfolded design の場合  $w_{\text{PRM}} = 2.06$  mm なので、やはりビーム径は小さい。

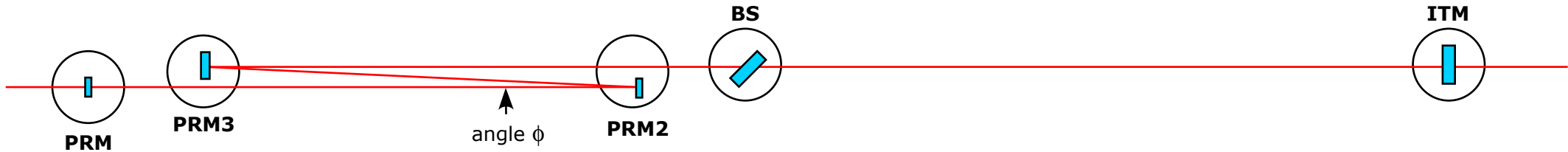
\* 領域2 :  $f_3 < 31.79$  m では  $f_2 < 0$  となり、PRM 上のビーム半径は大きくなる。  
それに反して PRM2 上でのビーム半径は小さくなる。

例えば、1つの design として PRM と PRM2 上のビーム径が等しくなるような組合せを選ぶと

$f_3 = 16$  m,  $f_2 = -1.95$  m となる。



# Evaluation of astigmatism effect



Folded power recycling cavity (PRC) design has astigmatism due to reflection angles  $\phi$  at lens optics. The effect is evaluated by using mode mis-matching as follows

waist of the arm cavity ( $Z_{RC}, d_C$ )  $\rightarrow$  beam transform through two lenses of  $f_3, f_2$   $\rightarrow$  incident beam mode to PRM

**--> reversely beam transform with astigmatism**

horizontal  $(f_2 / \cos \phi, f_3 / \cos \phi) \rightarrow (Z_{Rx'}, d_x)$

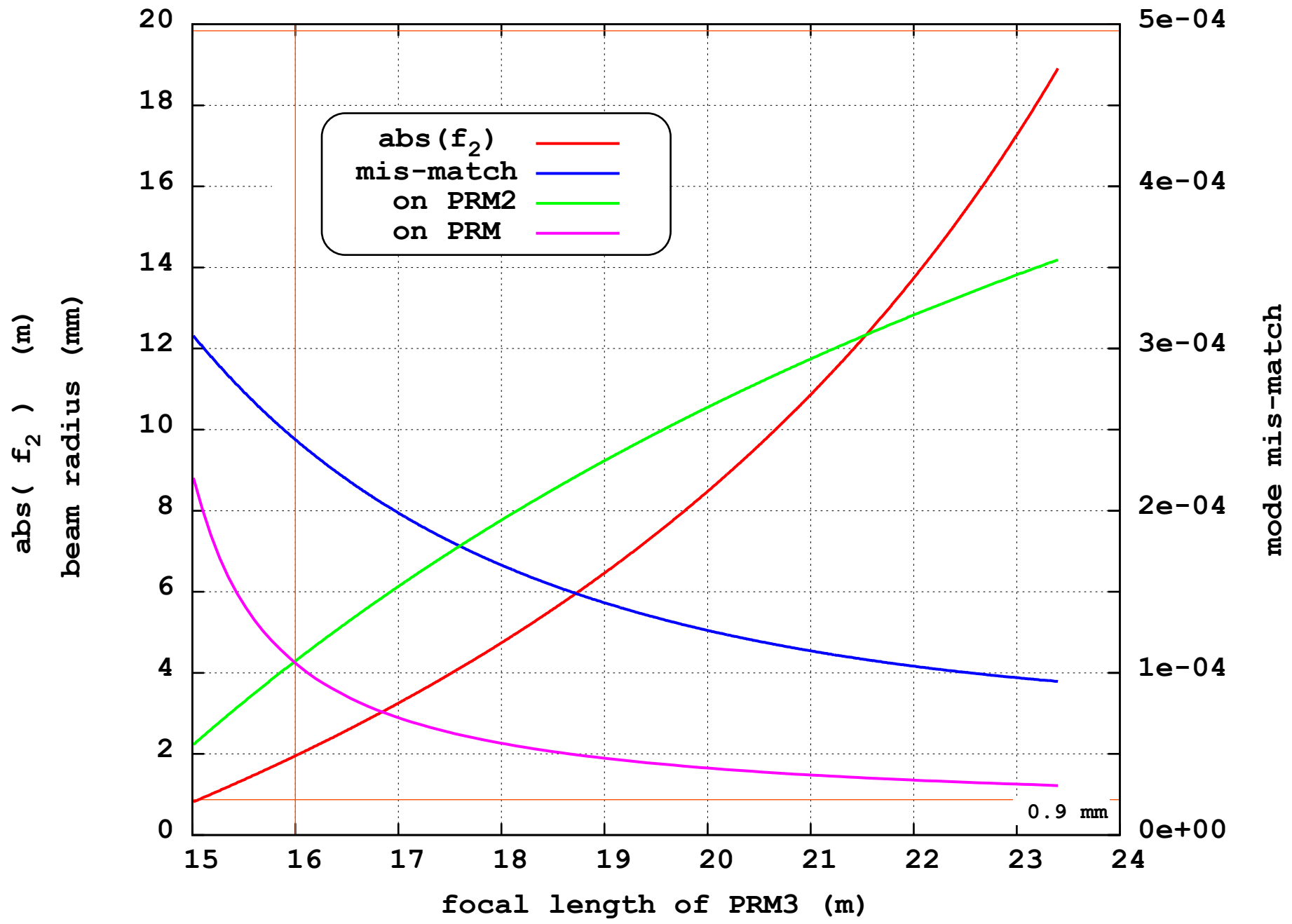
vertical  $(f_2 * \cos \phi, f_3 * \cos \phi) \rightarrow (Z_{Ry'}, d_y)$

\*\* in this first evaluation, reflection angles are assumed to be same.

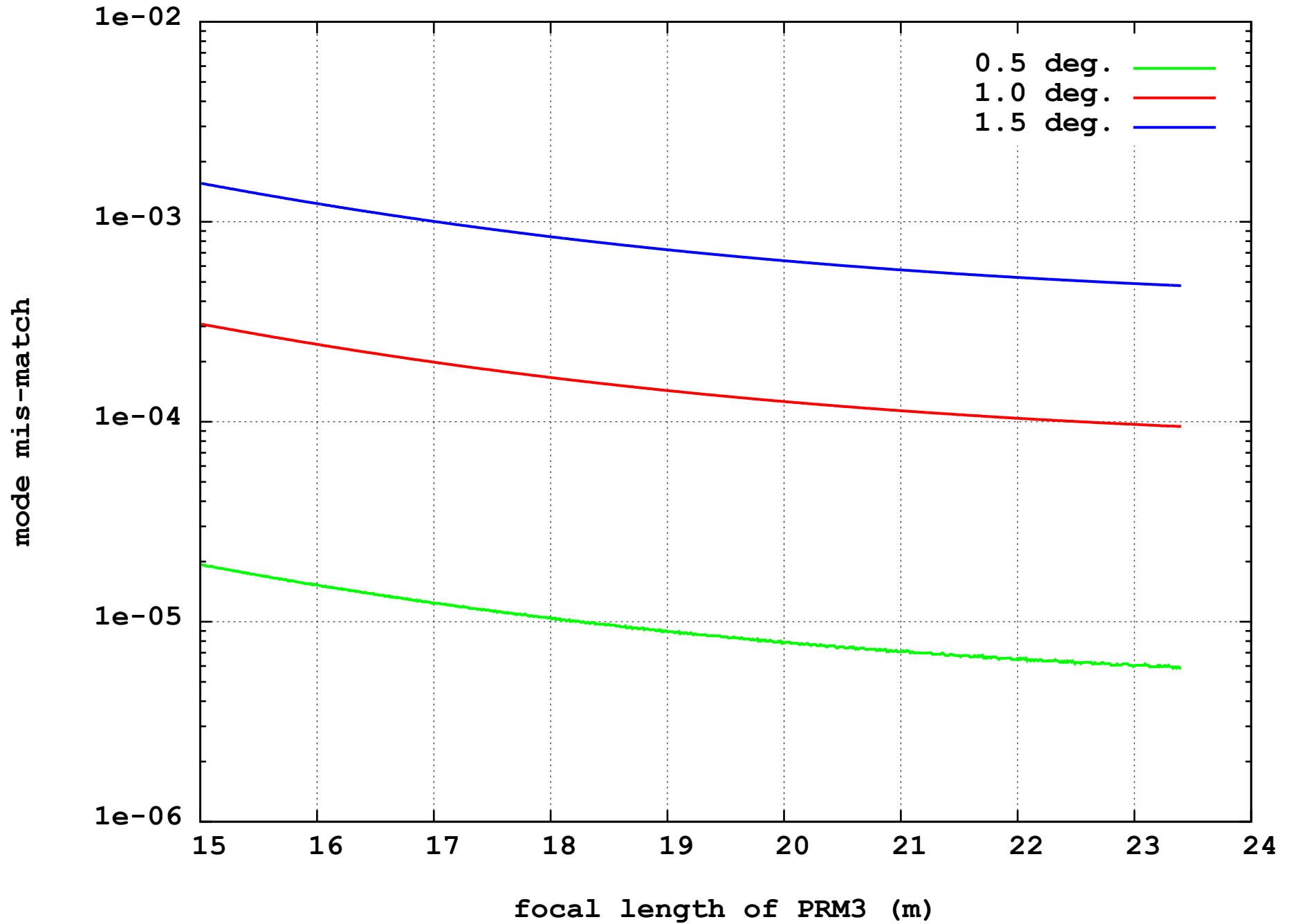
(mode mis-matching) =

$$1 - 4 \left| \frac{z_{RC} \sqrt{z_{Rx'} z_{Ry'}}}{[z_{RC} + z_{Rx'} + i(d_x - d_C)][z_{RC} + z_{Ry'} + i(d_y - d_C)]} \right|$$

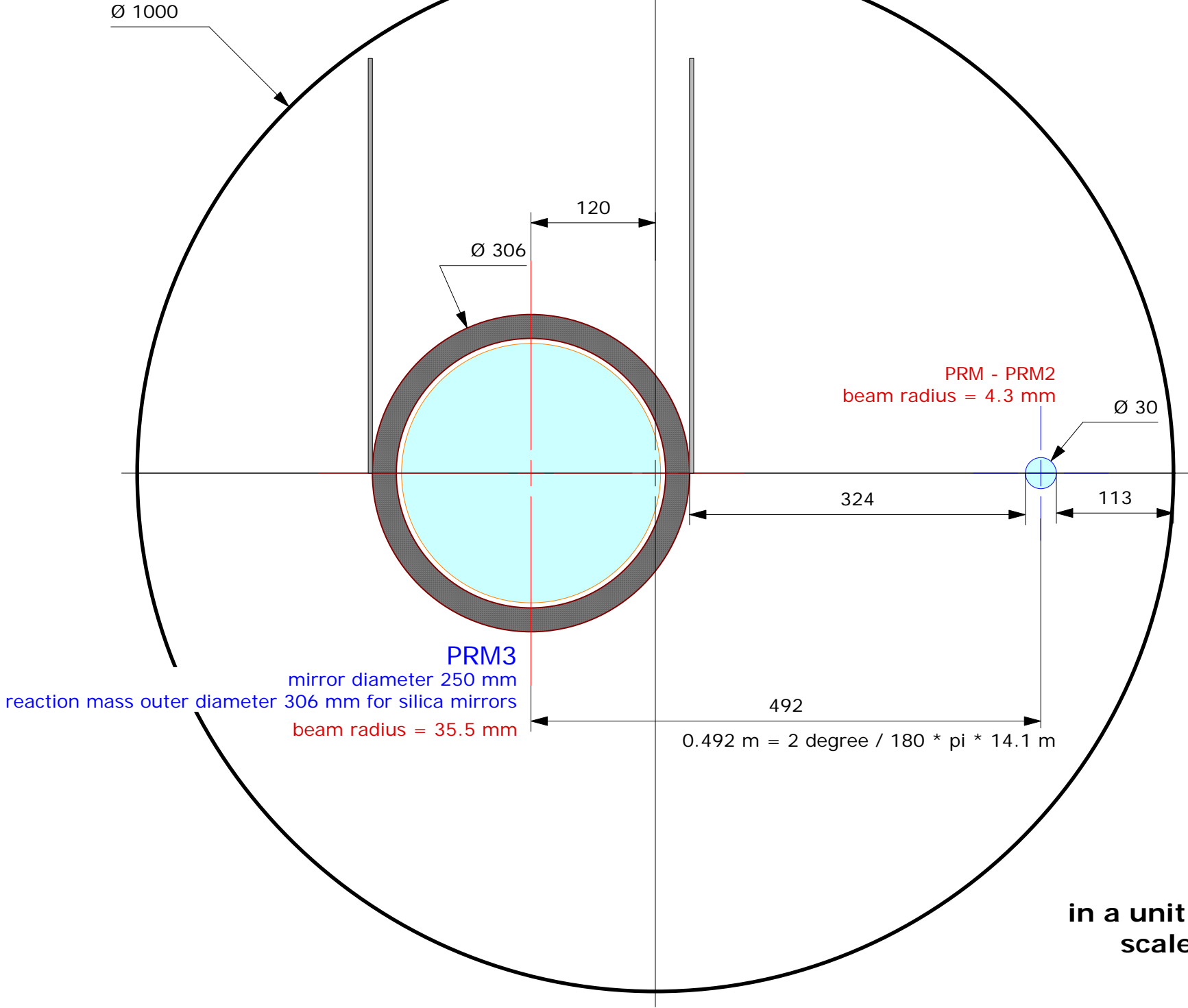




# Reflection angle dependency



In the case of incident angle is 1 degree

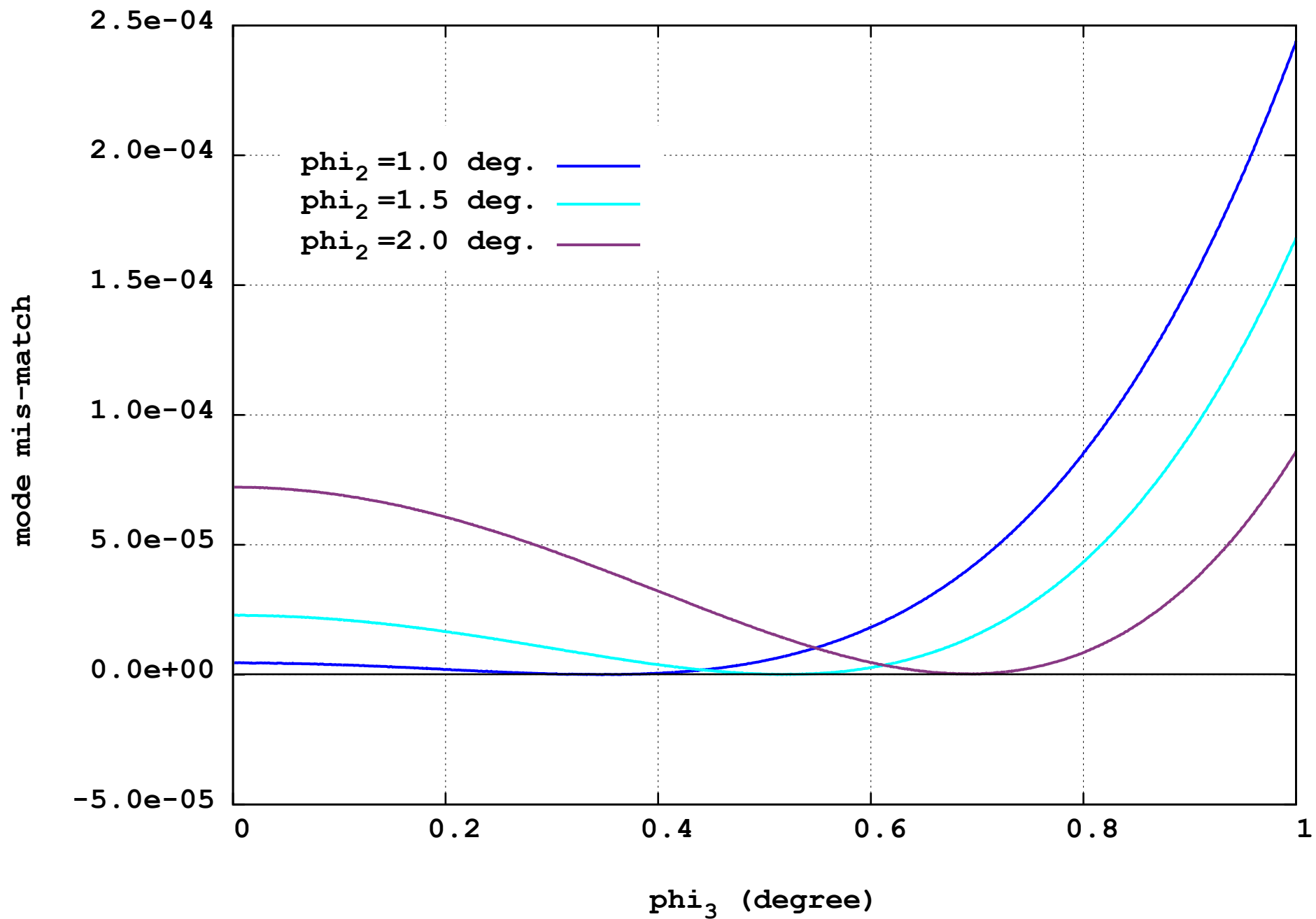


in a unit of mm  
scale of 1:5

## Cancelation of Astigmatism

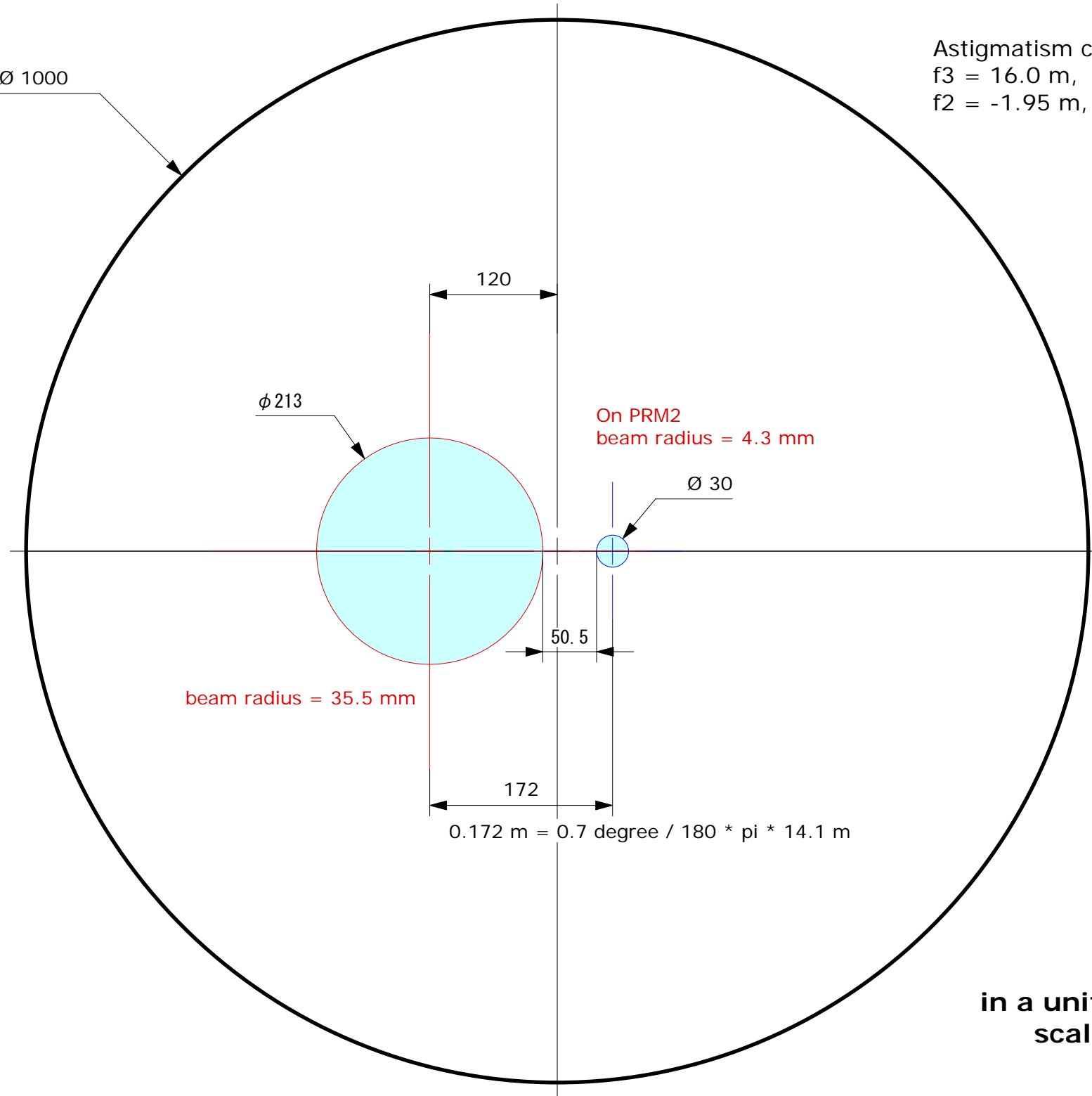
Astigmatism of the telescope can be cancelled by choosing reflection angles at lens optics. For a case of telescope ( $f_3 = 16.0$  m,  $f_2 = -1.95$  m), mis-mode-matching parameter was calculated as a function of reflection angle  $\phi_3$  .

For a set of telescope ( $f_3 = 16.0$  m,  $f_2 = -1.95$  m)



Astigmatism cancel design  
f3 = 16.0 m,  $\theta_3 = 0.35$  deg.  
f2 = -1.95 m,  $\theta_2 = 1$  deg.

Ø 1000



Ø 213

On PRM2  
beam radius = 4.3 mm

Ø 30

beam radius = 35.5 mm

50.5

172

$0.172 \text{ m} = 0.7 \text{ degree} / 180 * \pi * 14.1 \text{ m}$

in a unit of mm  
scale of 1:5