

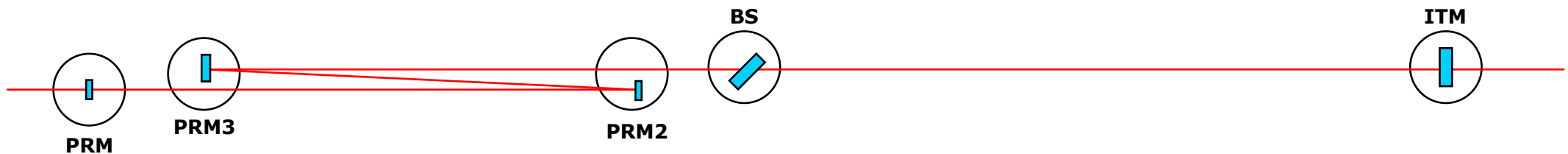
LCGT PRC/SRC folded design

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。)

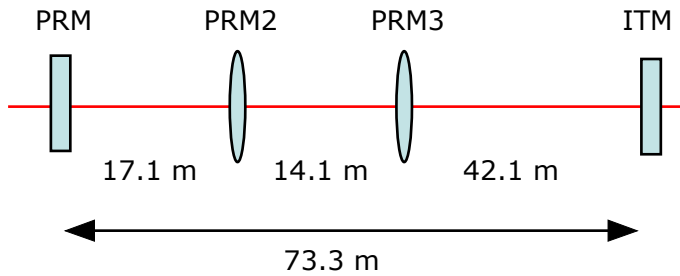
なるべく lens1-lens2 間および lens2-PRM 間は長くしたい。

0 次案として非点収差のことは忘れて設計する。



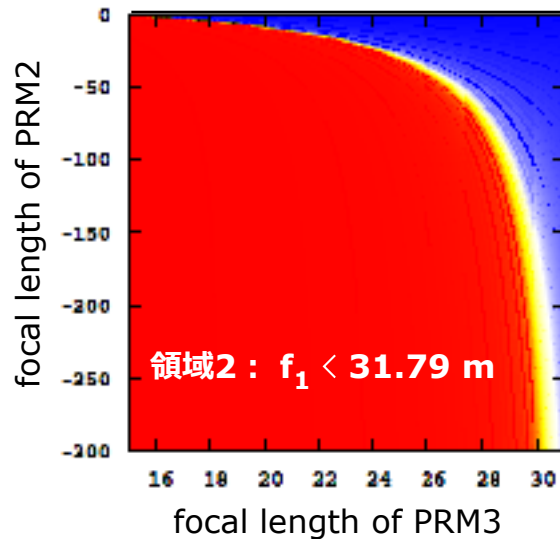
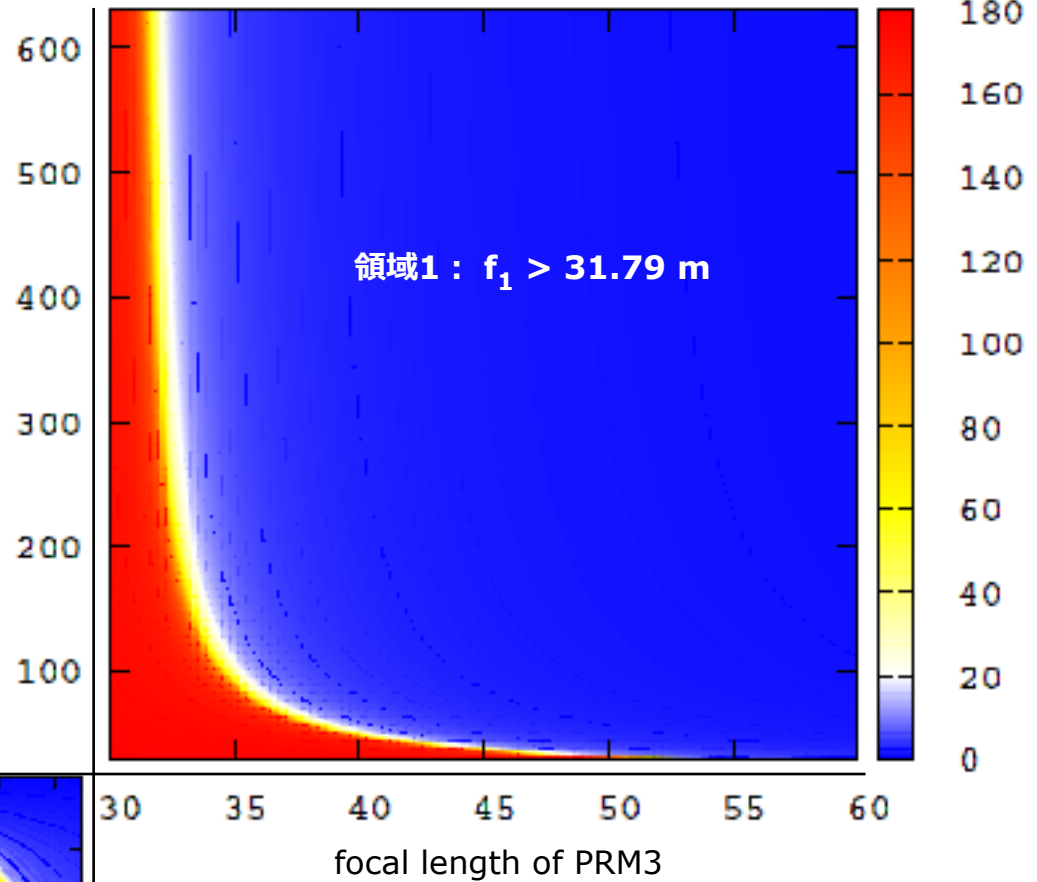
一意にレンズ位置が決まる。

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。

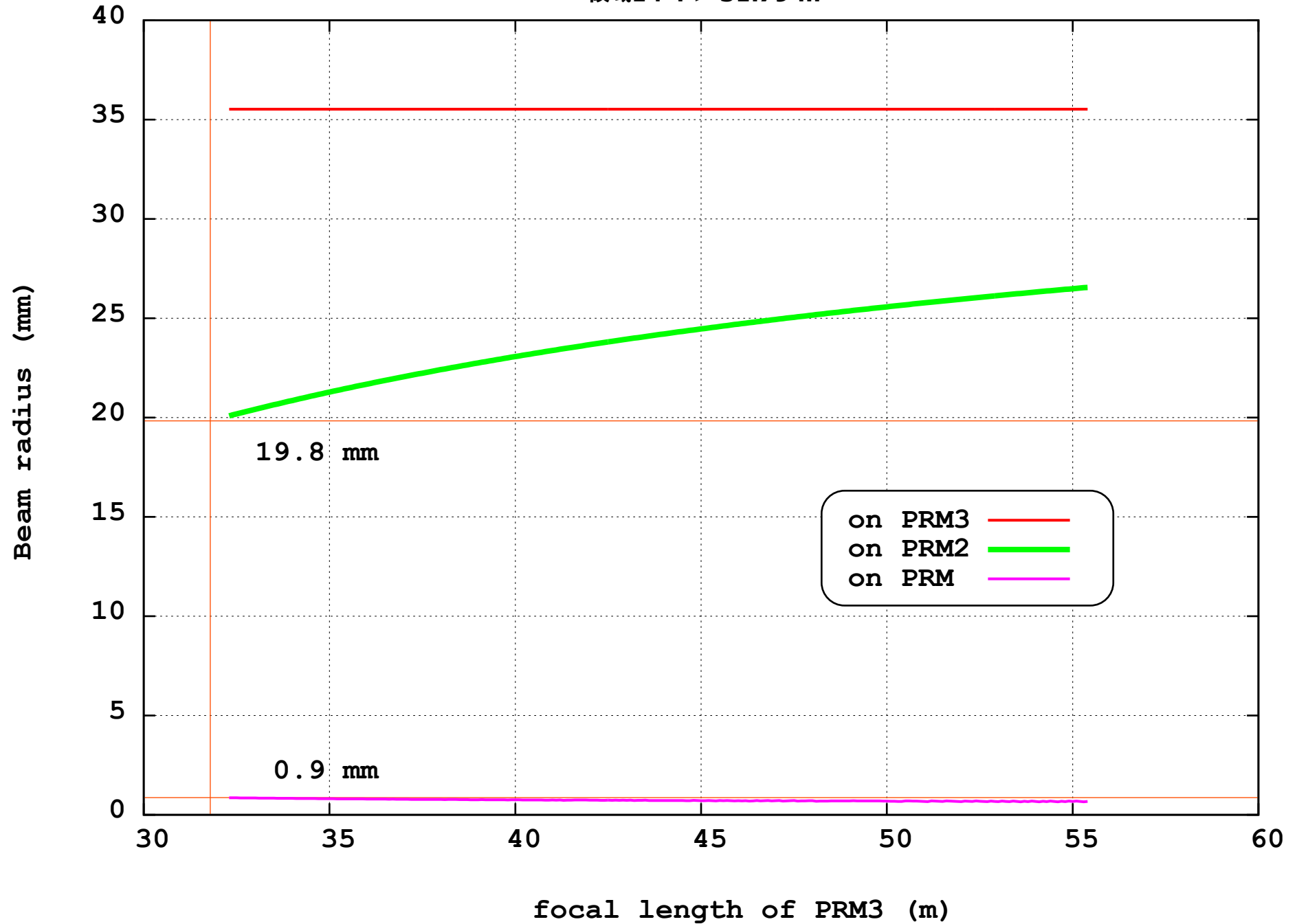
focal length of PRM2



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

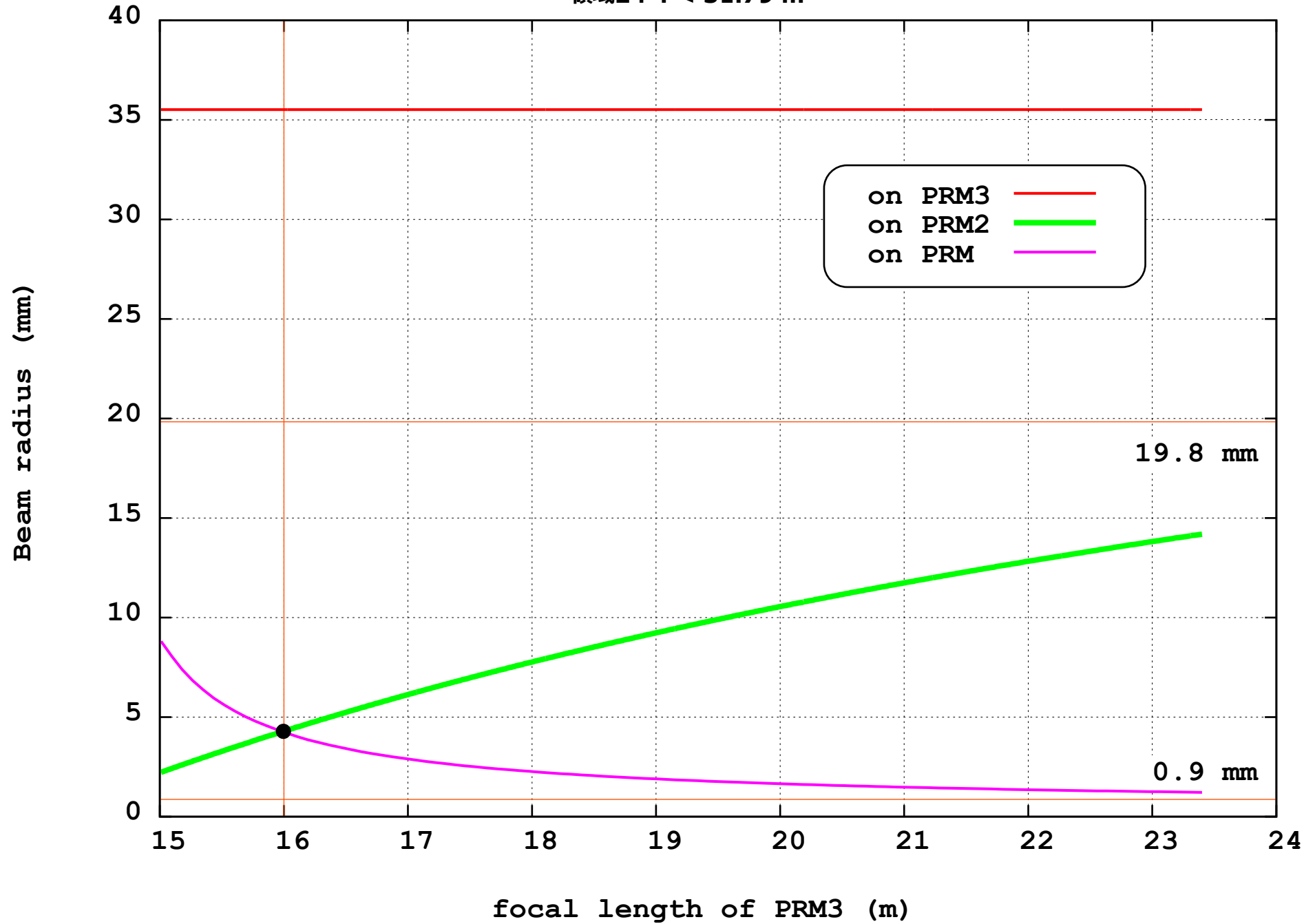
Folded PRC design

領域1 : $f > 31.79$ m

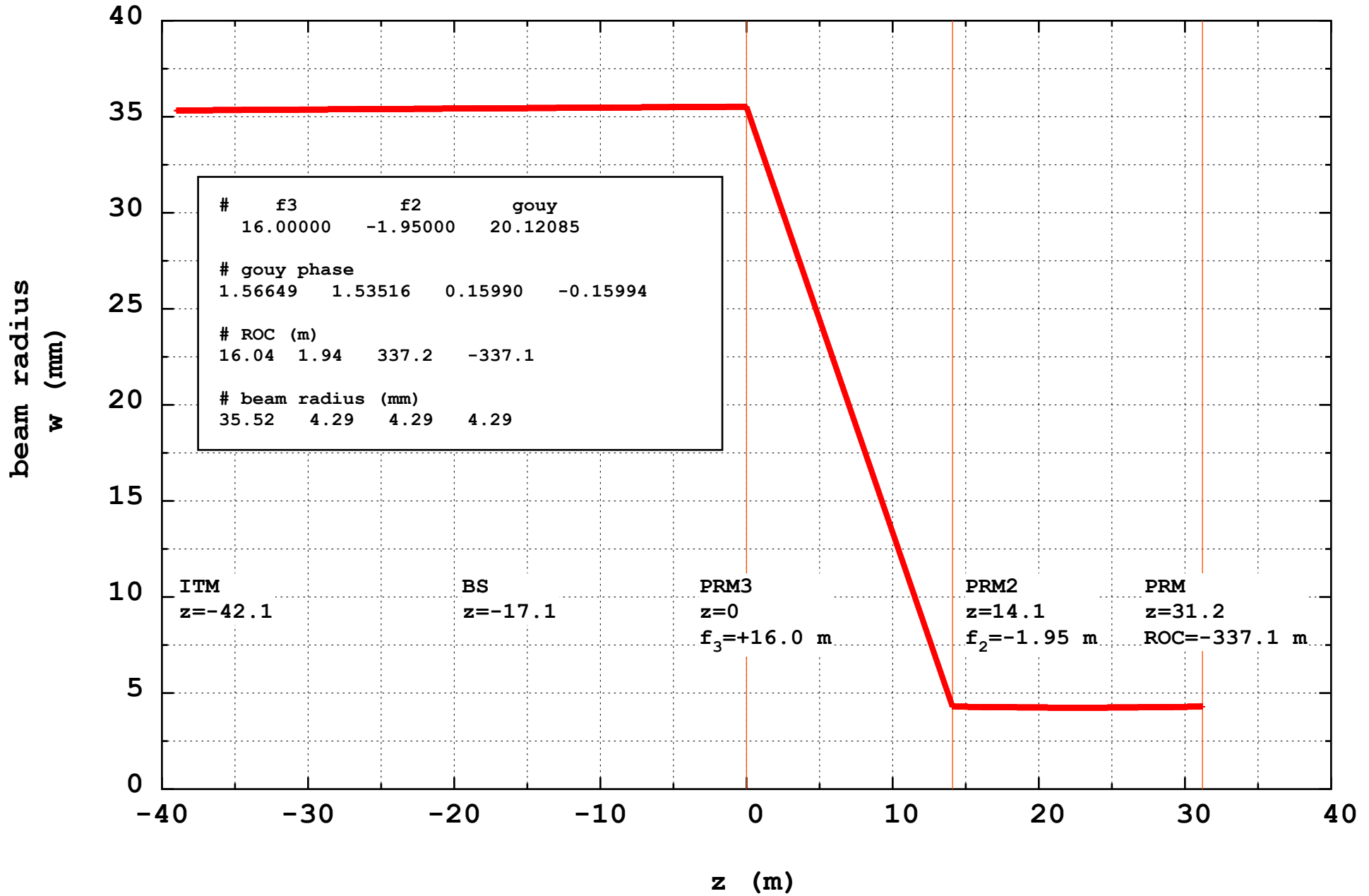


Folded PRC design

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。)

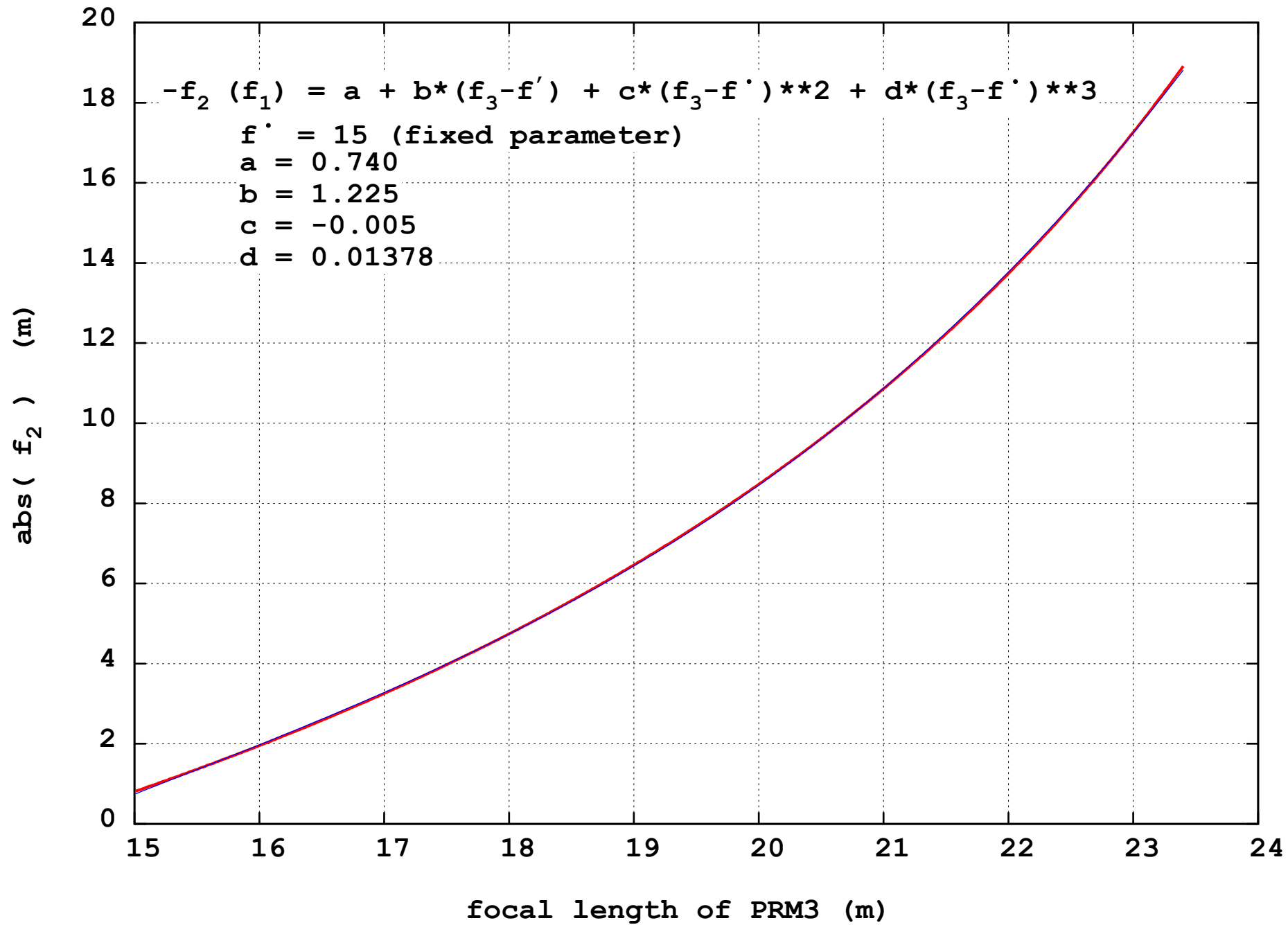
* 領域1 : $f_3 > 31.79$ m では $f_2 > 0$ となり、PRM 上のビーム半径は $f_3 = 31.79$ m の時より大きくなる。 ($w_{\text{PRM}} < 0.9$ mm)

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。

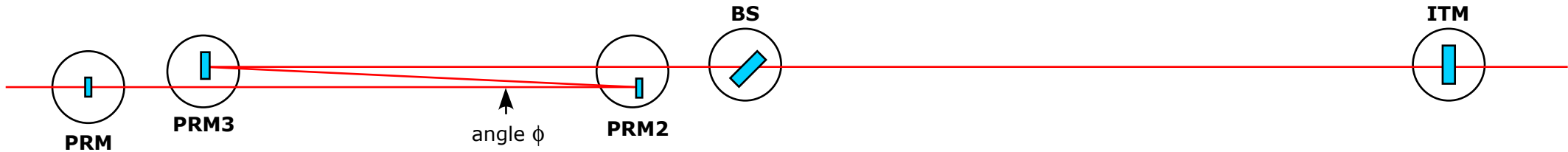
* 領域2 : $f_3 < 31.79$ m では $f_2 < 0$ となり、PRM 上のビーム半径は大きくなる。
それに反して PRM2 上でのビーム半径は小さくなる。

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 ϕ 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

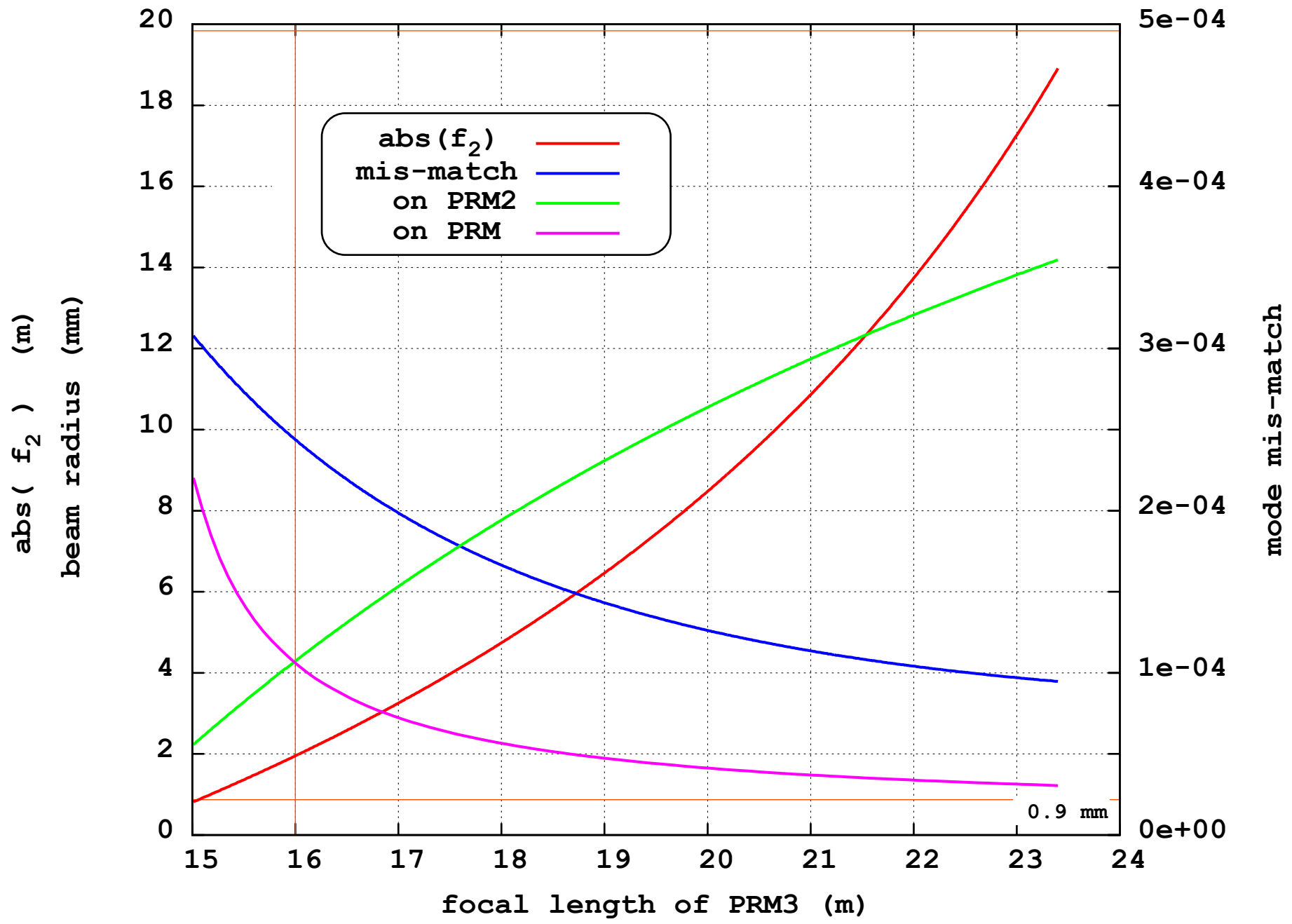
horizontal $(f_2 / \cos \phi, f_3 / \cos \phi) \rightarrow (Z_{Rx'}, d_x)$

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

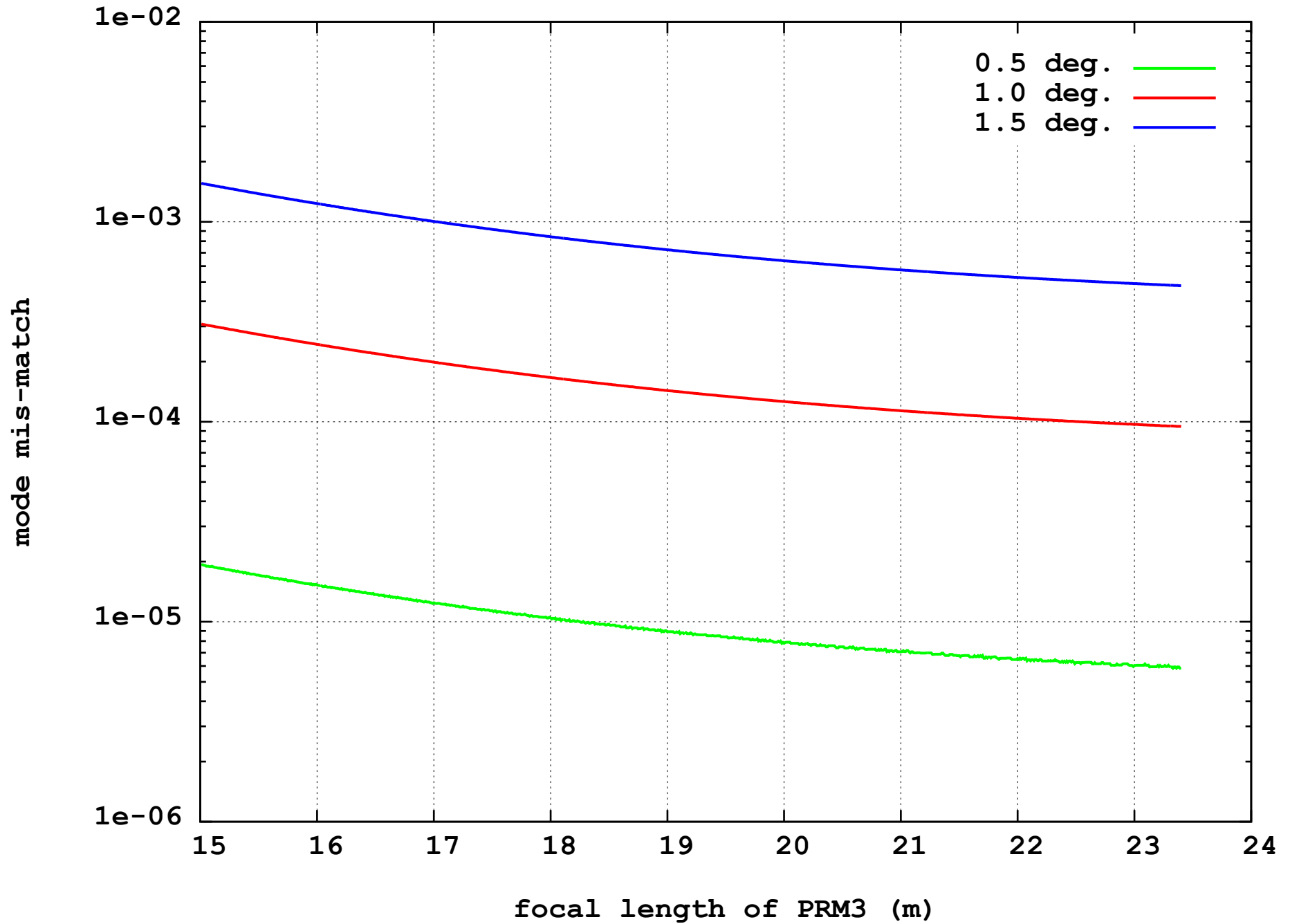
** in this first evaluation, reflection angles are assumed to be same.

(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



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 ϕ_3 .

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

