

検出器、パタパタフィルターの配置についての再検討。

1 検討結果

今回、検討に使ったパラメータは以下の表 1 の通り。

パラメータ	値
検出器	0.15 arcsec/18 μ m 一辺 76mm
検出器間の距離 p	片側 10 – 20mm
視野	直径 24 arcmin – 54 arcmin の間
焦点面での視野の大きさ	直径 172.8mm – 388.8mm の間
F 比	
@第一焦点面	10.12
@最終焦点面	16
検出器 1 枚分の大きさ ¹	
@第一焦点面 –85mm (position 1)	70mm
@第一焦点面 +85mm (position 2)	70mm
@最終焦点面 +85mm (position 3)	80mm
@第一焦点面 \pm 0mm (position 4)	60mm
けられ	なし

表 1: 今回の検討に用いたパラメータ。1: 池田さんの 2009/05/24 のレポート report_090524.pdf 参照。

考慮すべき条件は、

- 最終焦点面で検出器が互いに重ならないようにする
- フィルター配置位置で、パタパタフィルター (駆動機構も含めて) が互いに重ならないようにする

の 2 つである。

Appendix §A より、今回、考えるフィルター配置場所 3ヶ所 (その位置 i での検出器の大きさ a_i , F 比 F_i)

$$\text{position 1:}(a_1, F_1) = (70, 10.12) \quad (1)$$

$$\text{position 2:}(a_2, F_2) = (70, 10.12) \quad (2)$$

$$\text{position 3:}(a_3, F_3) = (80, 16) \quad (3)$$

$$\text{position 4:}(a_4, F_4) = (60, 10.12) \quad (4)$$

に対して、それぞれ保持機構を含めたパタパタ全体の大きさ k_i は、表 3 のようになる。

ここでは、最も大きさの小さくなる case 3 の場合についてのみ考え、それぞれ $k_1 = 70 + 2p, k_2 = 70 + 2p, k_3 = 80 + 2p, k_4 = 60 + 2p$ である。

検出器、フィルターの配置の図 (図 1-7) は、それぞれ

- 黒線: 最終焦点面での視野。(左)
- 薄いグレー: 最終焦点面での検出器の大きさ。(左)
- 濃いグレー: position 1,2,3 での検出器の大きさ。(中)
- 赤線: パタパタ駆動機構 $p = 10[\text{mm}]$ のときの全体の大きさ。(中)
- 青線: パタパタ駆動機構 $p = 20[\text{mm}]$ のときの全体の大きさ。(中)
- 検出器サイズの 0.5 枚分 (x 方向)、1.0 枚分 (y 方向) ずつずらして 30×16 回の露出を行った時の重複回数。スケールはそろっている。(右)

を表している。

パターン	position	検出器枚数	dithering 幅		dither 回数	面積 [deg^2]
			(x)	(y)		
1	1	6	0.5	1.0	30×16	4.4 (≥ 15 回)
2	1	8	0.5	1.0	30×16	4.4 (≥ 10 回)
3	2	6	0.5	1.0	30×16	4.4 (≥ 15 回)
4	2	8	0.5	1.0	30×16	4.4 (≥ 10 回)
5	3	6	0.5	1.0	30×16	4.4 (≥ 15 回)
6	3	8	0.5	1.0	30×16	4.4 (≥ 10 回)
7	3	7	0.5	1.0	30×16	4.4 (≥ 13 回)
8	4	7	0.5	1.0	30×16	4.4 (≥ 13 回)

表 2: パタパタフィルターの場合の検出器枚数、dithering 幅 (\times 検出器サイズ)、dithering 回数、ある回数以上重ねることができるサーベイ面積。

検出器 6,7 枚の場合 (図 2, 4, 6, 7) は、多少検出器が視野外にはみ出てもよいので、なるべく赤線が重ならないように配置した。

1.1 position 1

図 1、図 2。

1.2 position 2

図 3、図 4。

1.3 position 3

図 5、図 6、図 7。

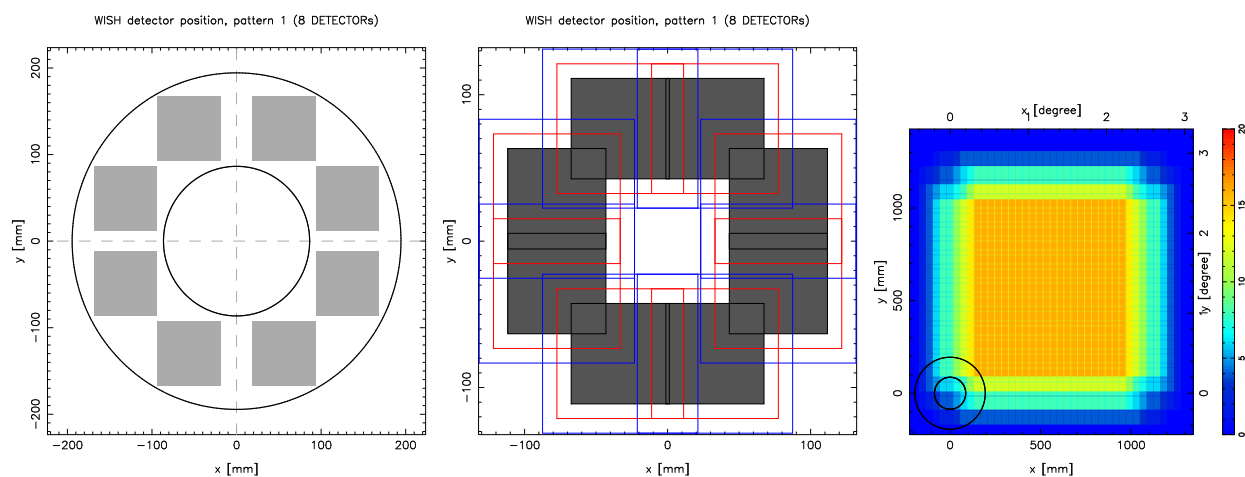


図 1: position 1 での検出器 8 枚配置案 (左: 最終焦点面、中: position 1) と各天域での露出回数 (右)。

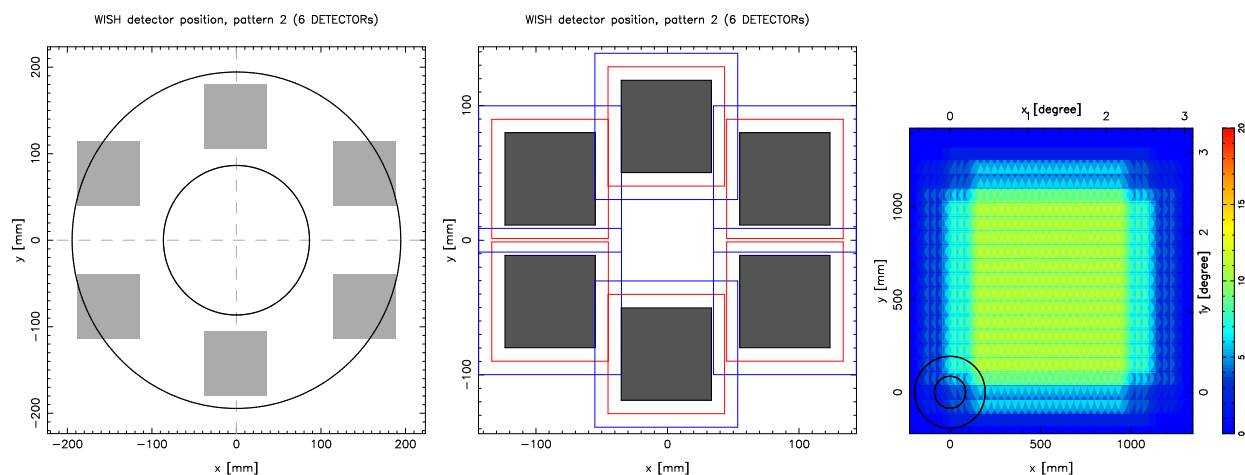


図 2: position 1 での検出器 6 枚配置案 (左: 最終焦点面、中: position 1) と各天域での露出回数 (右)。

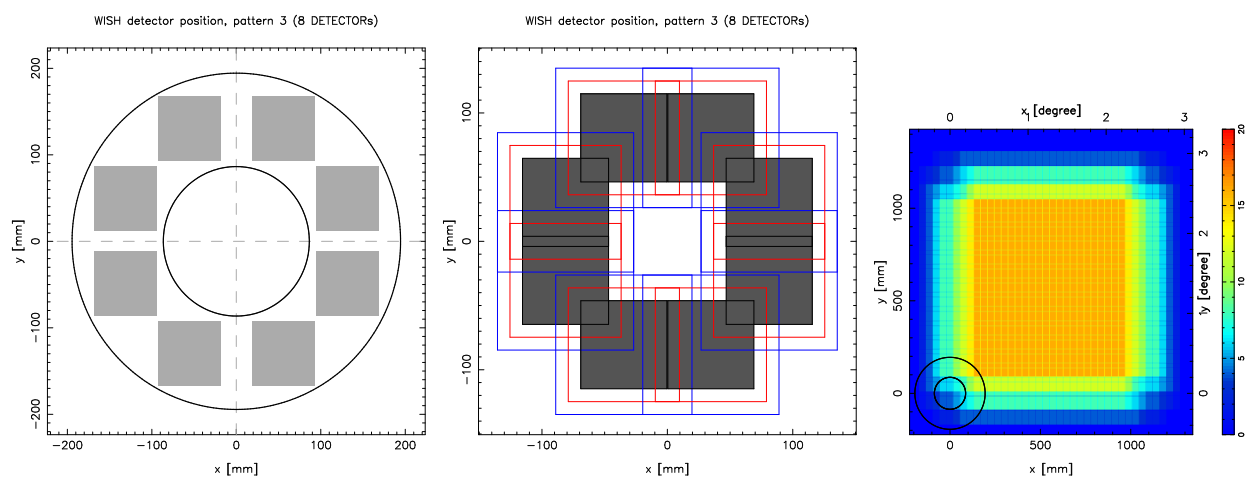


図 3: position 2 での検出器 8 枚配置案 (左: 最終焦点面、中: position 2) と各天域での露出回数 (右)。

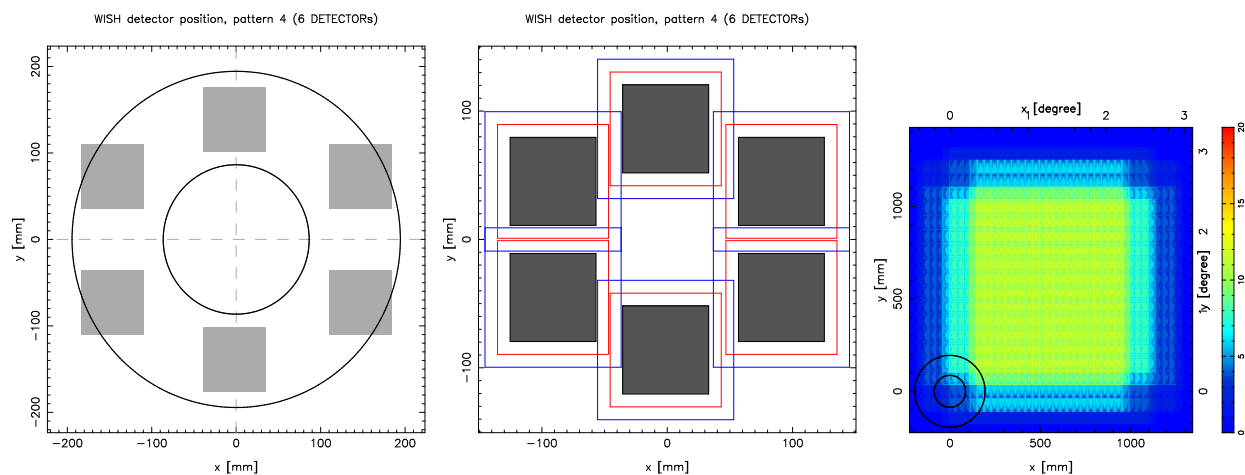


図 4: position 2 での検出器 6 枚配置案 (左: 最終焦点面、中: position 2) と各天域での露出回数 (右)。

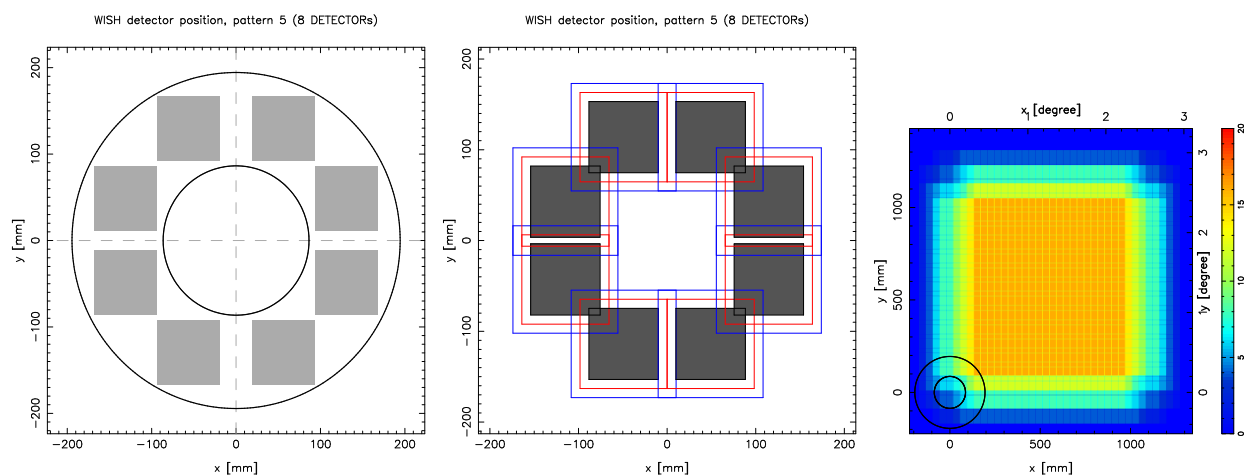


図 5: position 3 での検出器 8 枚配置案 (左: 最終焦点面、中: position 3) と各天域での露出回数 (右)。

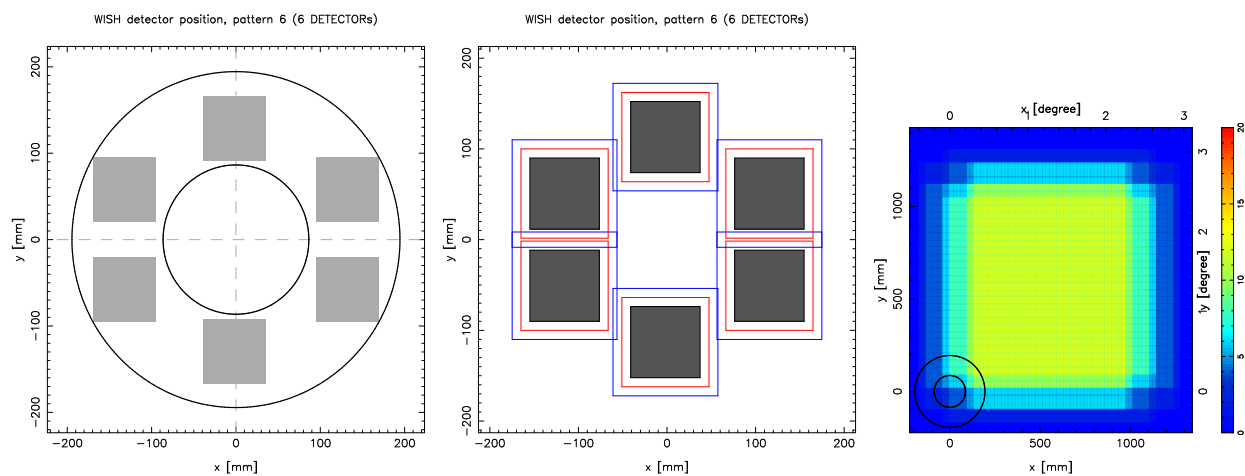


図 6: position 3 での検出器 6 枚配置案 (左: 最終焦点面、中: position 3) と各天域での露出回数 (右)。

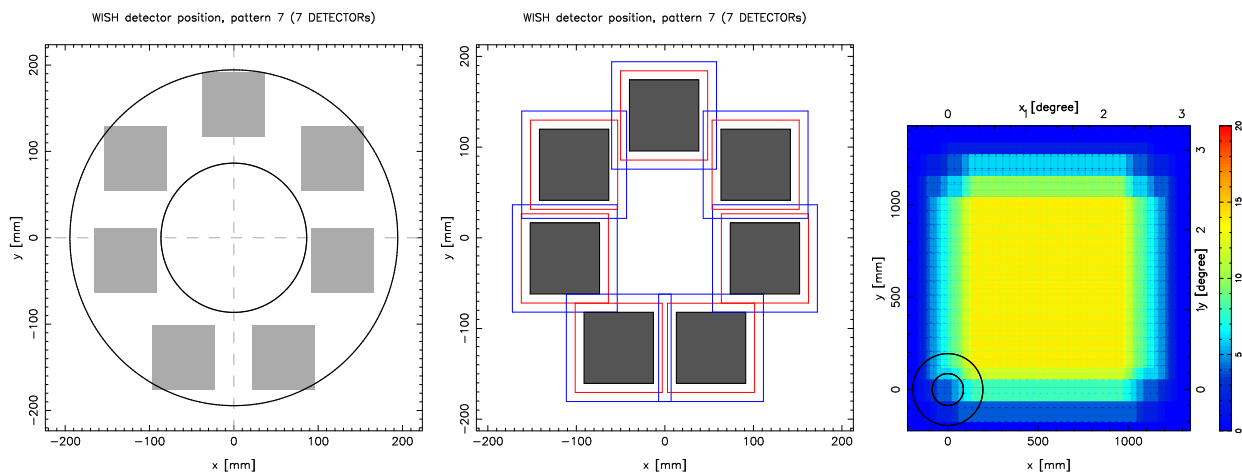


図 7: position 3 での検出器 7 枚配置案 (左: 最終焦点面、中: position 3) と各天域での露出回数 (右)。

1.4 position 4

図 8。

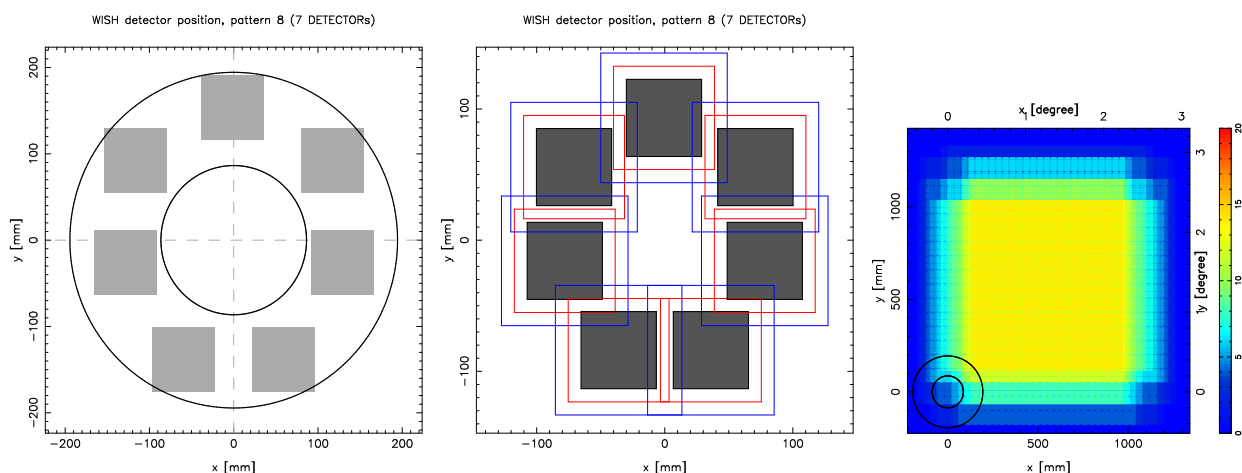


図 8: position 4 での検出器 7 枚配置案 (左: 最終焦点面、中: position 4) と各天域での露出回数 (右)。

2 まとめ

- position 3 は、パタパタ機構の大きさが、その場所での検出器の大きさ、および視野円の大きさに対して最も小さいため、position 1, 2 と比べて、パタパタ機構配置に余裕がある。
- position 3 だとなんとか 7 枚配置できる (図 7)。position 1, 2 は 6 枚でギリギリ¹。
- position 3、7 枚配置 (図 7) は、対称性が悪くなるが、サーベイの一様性という意味ではさほど問題なし。
- ただ、position 3 はコールドストップより検出器側で好ましくない。

¹ 多少視野円から検出器がはみ出ることでも厭わずに配置した

- また、視野端での主光線の傾きが大きい (15-20°) ため、配置できる検出器の数はより小さくなるかもしれない。
- 複数の検出器をまとめてカバーするようなパタパタ機構?
- パタパタの駆動機構の大きさ (ここでは $p = 10[\text{mm}]$:赤線を主に考えた) が大きくなるとどんどん厳しくなる。できる限り小さくしたい。
- フィルターは垂直に保持するのと、斜めに保持するのとでは、どちらが迷光が出にくい?
- コールドストップ付近でのフィルタホイール案の可能性を真剣に検討した方がよいかもしれない。ただし、コールドストップ ~ 検出器間にフィルターが存在するという問題は依然残る。
- 第一焦点面の置くと、検出器サイズは小さくなるが、視野サイズも小さくなるので検出器配置という意味では改善しない。

A パタパタ機構の保持方法

使用していない時のフィルターの保持方法によって、少しだけ場所を稼げる。

検出器部分の大きさ a 、その場所での F 比 F に対して、以下の 3 パターンでのフィルターの大きさ x_i 、および検出器 1 枚あたりに必要なスペース一辺 k_i を考える。パタパタの駆動機構に必要なスペースは $p = 10 - 20[\text{mm}]$ とする。

case 1, 2, 3 は、焦点面からずれた位置に配置する場合、case 4 は焦点面に配置する場合を示した。

A.1 フィルターを垂直に保持する場合 (case 1)

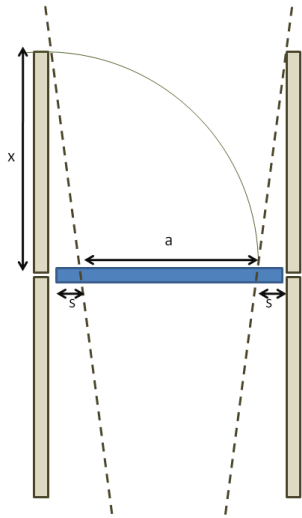


図 9: case 1 のパタパタ機構。

図 9 のように保持する場合、

$$x_1 = s_1 + a \quad (5)$$

$$\frac{x_1}{s_1} = 2F \quad (6)$$

が成り立つので、これを解くと、

$$s_1 = \frac{a}{2F - 1} \quad (7)$$

となり、パタパタ駆動機構に必要な大きさも考慮すると、検出器 1 枚あたりに必要なスペースは

$$k_1 = a + 2s_1 + 2p = \frac{2F + 1}{2F - 1}a + 2p \quad (8)$$

となる。

A.2 フィルターを垂直に保持する場合 (case 2)

図 10 のように保持する場合、

$$x_2 = 2s_2 + a \quad (9)$$

$$\frac{x_2}{s_2} = 2F \quad (10)$$

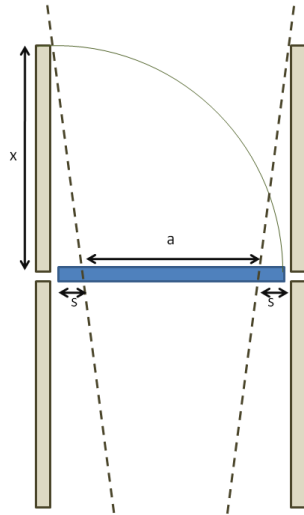


図 10: case 2 のパタパタ機構。

が成り立つので、これを解くと、

$$s_2 = \frac{a}{2F - 2} \quad (11)$$

$$k_2 = x_2 + 2p = a + 2s_2 + 2p = \frac{2F}{2F - 1}a + 2p \quad (12)$$

となる。

A.3 フィルターを光線にそって保持する場合 (case 3)

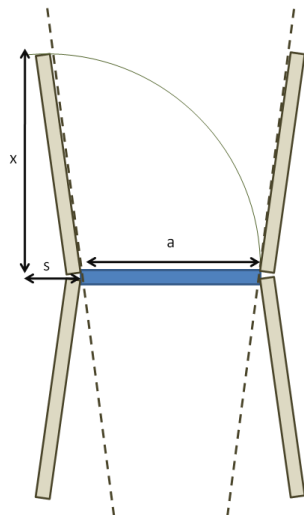


図 11: case 3 のパタパタ機構。

図 11 のように保持する場合、

$$x_3 = a \quad (13)$$

$$\frac{\sqrt{x_3^2 - s_3^2}}{s_3} = 2F \quad (14)$$

が成り立つので、これを解くと、

$$s_3 = \frac{a}{\sqrt{4F^2 + 1}} \quad (15)$$

$$k_3 = a + 2p(+\alpha) \quad (16)$$

駆動機構の厚みによって少し外側へ出す必要あり。

となる。

以上 3 パターンは、焦点面からずれた位置でのパタパタ機構のサイズである。

パタパタ機構をもし第一焦点面に置いたとすると、たとえば以下の case 4(case 2 に相当) のようになる。

A.4 フィルターを垂直に保持する場合 (case 4)

大藪さんレポートの計算と同じ。

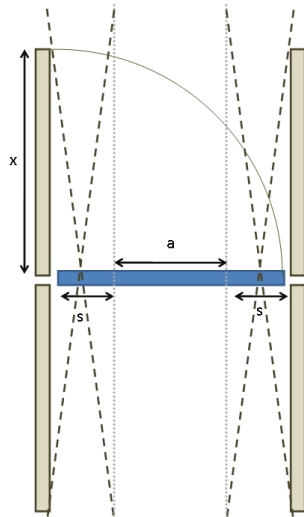


図 12: case 4 のパタパタ機構。

図 10 のように保持する場合、

$$x_2 = 2s_2 + a \quad (17)$$

$$\frac{x_2}{s_2} = 2F \quad (18)$$

が成り立つので、これを解くと、

$$s_2 = \frac{a}{2F - 2} \quad (19)$$

$$k_2 = x_2 + 2p = a + 2s_2 + 2p = \frac{2F}{2F - 1}a + 2p \quad (20)$$

となる。

以上、4 パターンをまとめると、表 3 のようになる。case 3 にすると、数 mm スペースを稼げるが、フィルター、および駆動機構の厚み (縦方向) を考慮した場合の検討がさらに必要である。

position	a	F	case i	s	x	k
1,2	70	10.12	1	3.64	73.64	$77.28+2p$
			2	3.84	77.68	$77.68+2p$
			3	3.45	70	$70+2p$
3	80	16	1	2.58	82.58	$85.16+2p$
			2	2.67	85.33	$85.33+2p$
			3	2.50	80	$80+2p$
4	60	10.12	4	3.28	66.57	$66.57+2p$

表 3: パタパタ駆動機構の大きさ k 。

B 視野端での主光線の傾き

position 1,2 では主光線の傾きはほぼゼロになっているのに対して、position 3 では、視野端で主光線が $15-20^\circ$ 傾いている。そのため、この Appendix で検討した、パタパタ機構の全体サイズは実際には大きくなることになる。詳細な検討には視野の内側での主光線の傾きを知ることが必要になるが、傾向としては、配置できる検出器の数はより少なくなる可能性がある。