



GRASPを用いた CMB観測LiteBIRD衛星 光学系の検討

木村公洋(1)

井上将徳(1), 伊藤誠 (1), 真鍋武嗣(1), 小川英夫 (1), 大西利和 (1), 関本裕太郎 (2), 稲谷順司 (2), 鹿島伸悟 (2), 松村知岳 (3), 西堀俊幸 (4), 菅井肇 (5), 片山伸彦 (5), 大田泉 (6), 石野宏和 (7), 羽澄昌史 (5) (8)

(1)Osaka Prefecture University

(2)National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ)

(3)Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

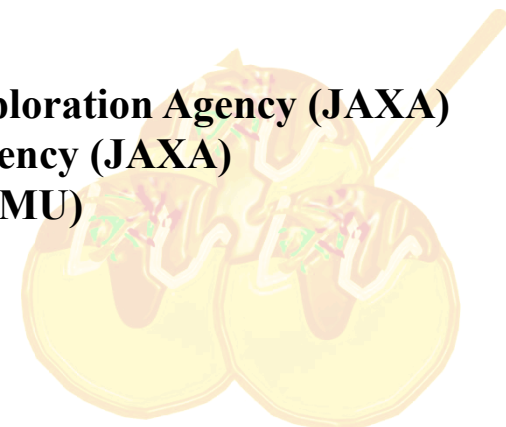
(4)Research and Development Directorate, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

(5)Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (Kavli-IPMU)

(6)Konan University

(7)Okayama University

(8)High Energy Accelerator Research Organization (KEK)



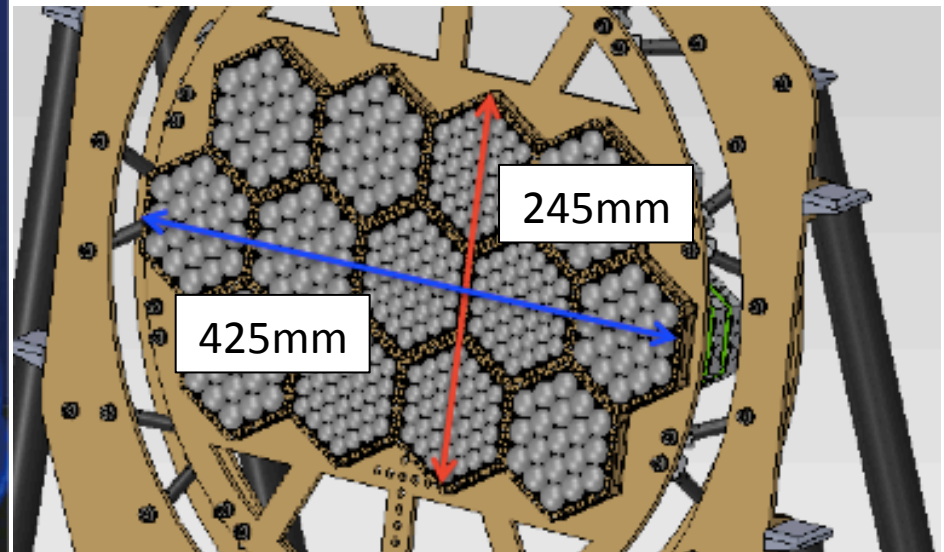
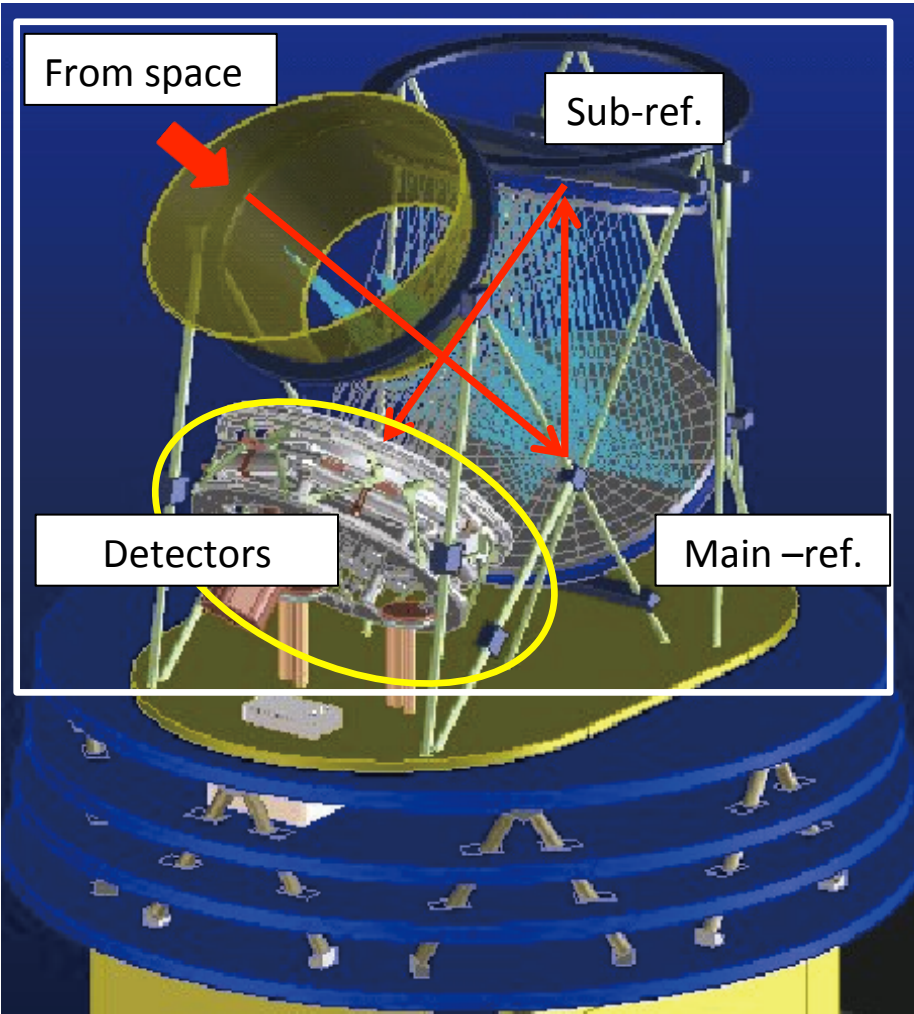
アウトライン

1. Introduction
2. GRASP simulation
3. Scale model measurement
4. Summery

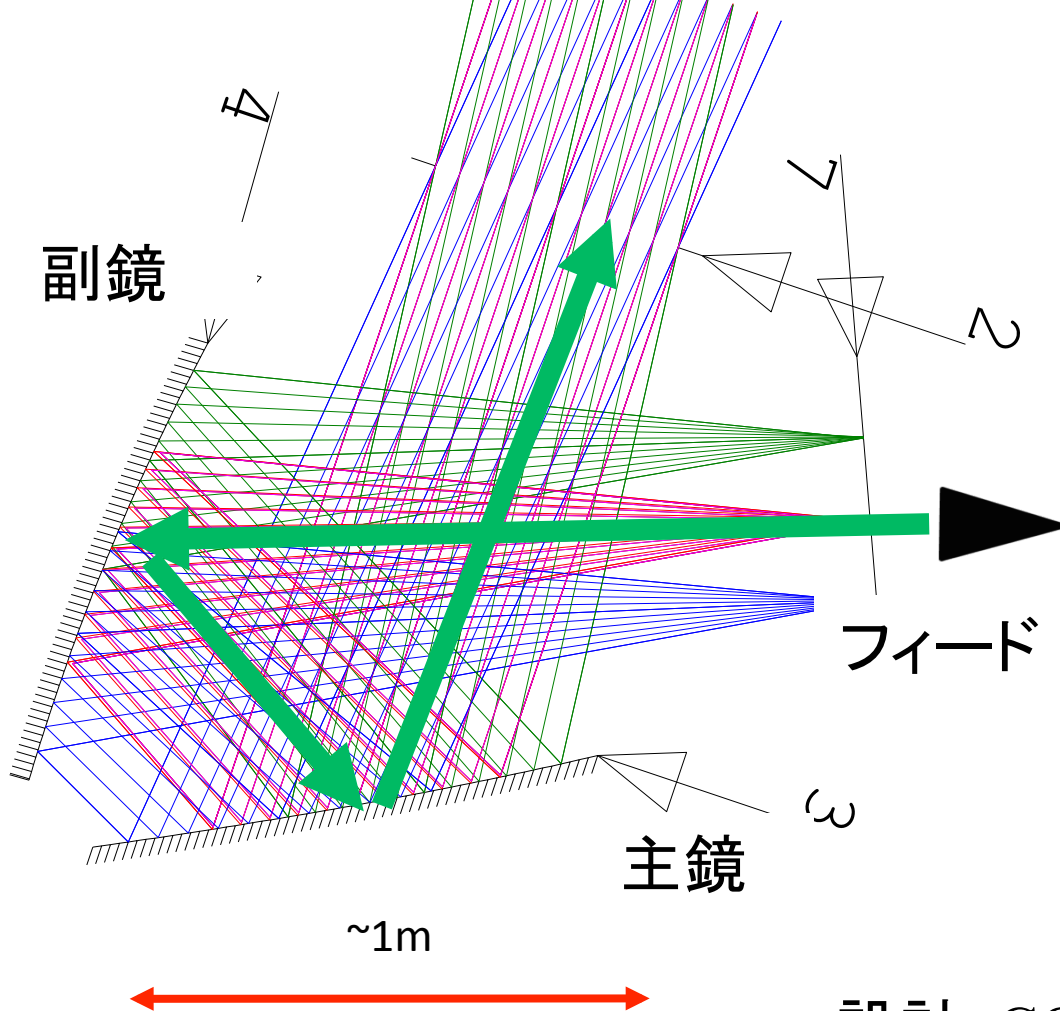
1) Introduction

LiteBIRD アンテナ

- 焦点面サイズ
245mm×425mm
- アンテナサイズ
less than 1.6m×1.6m



クロスドラゴンアンテナ



>メリット
大きな焦点面
コンパクトサイズ

>デメリット
迷光
多重反射

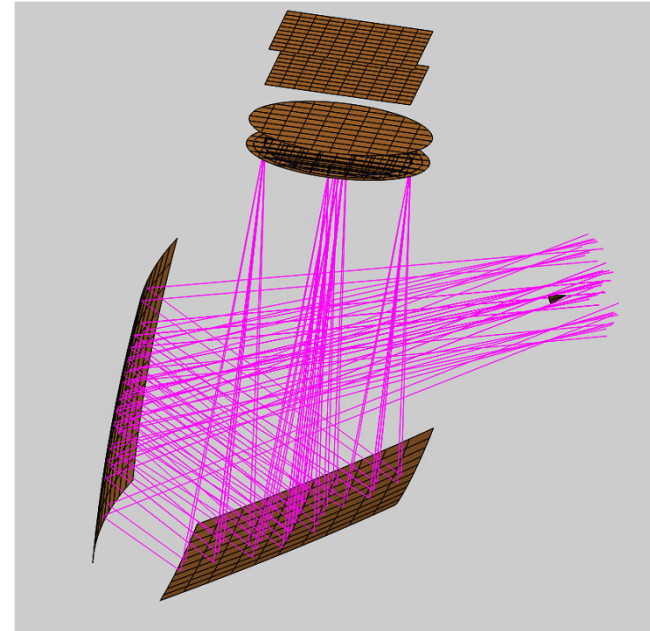
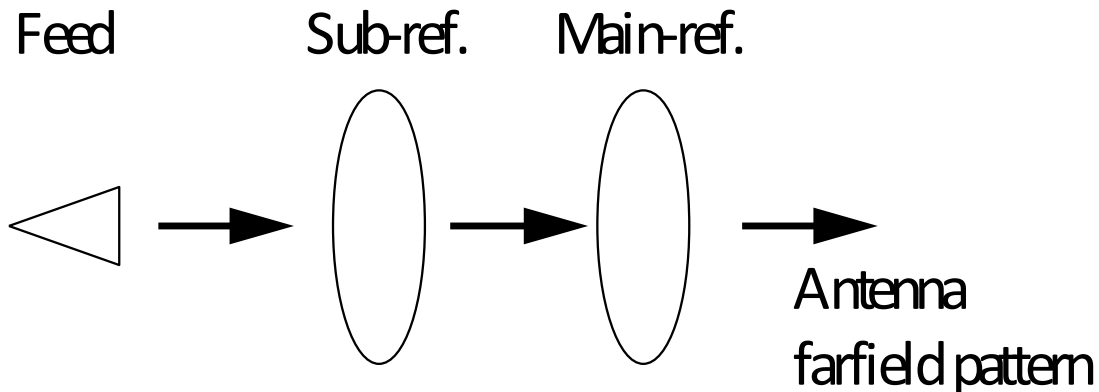
設計: CODE V and Light Tools
評価: CODE V, Light Tools
and **GRASP**

2) GRASP simulation

GRASPとは

- GRASP(General Reflector Antenna Software Package)、ticra社

ミラー毎に、反射波は入射波から計算される。



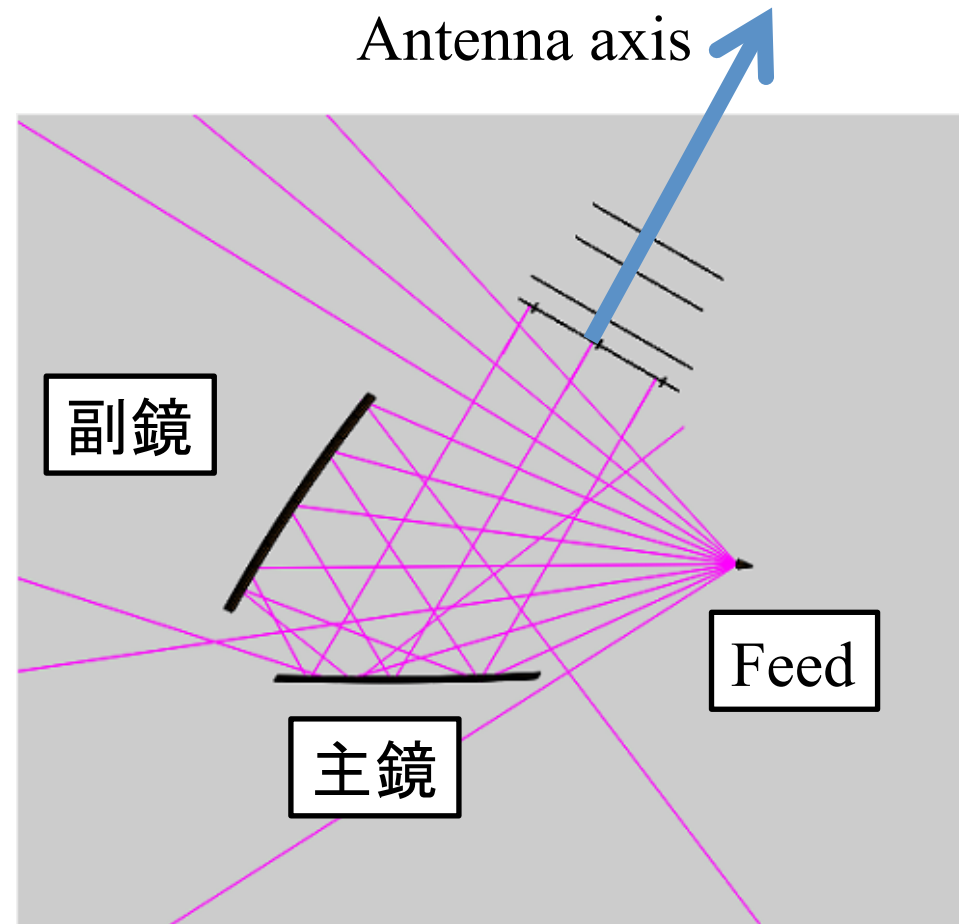
Lite BIRD GRASP シミュレーション

迷光、スピルオーバー、多重反射等

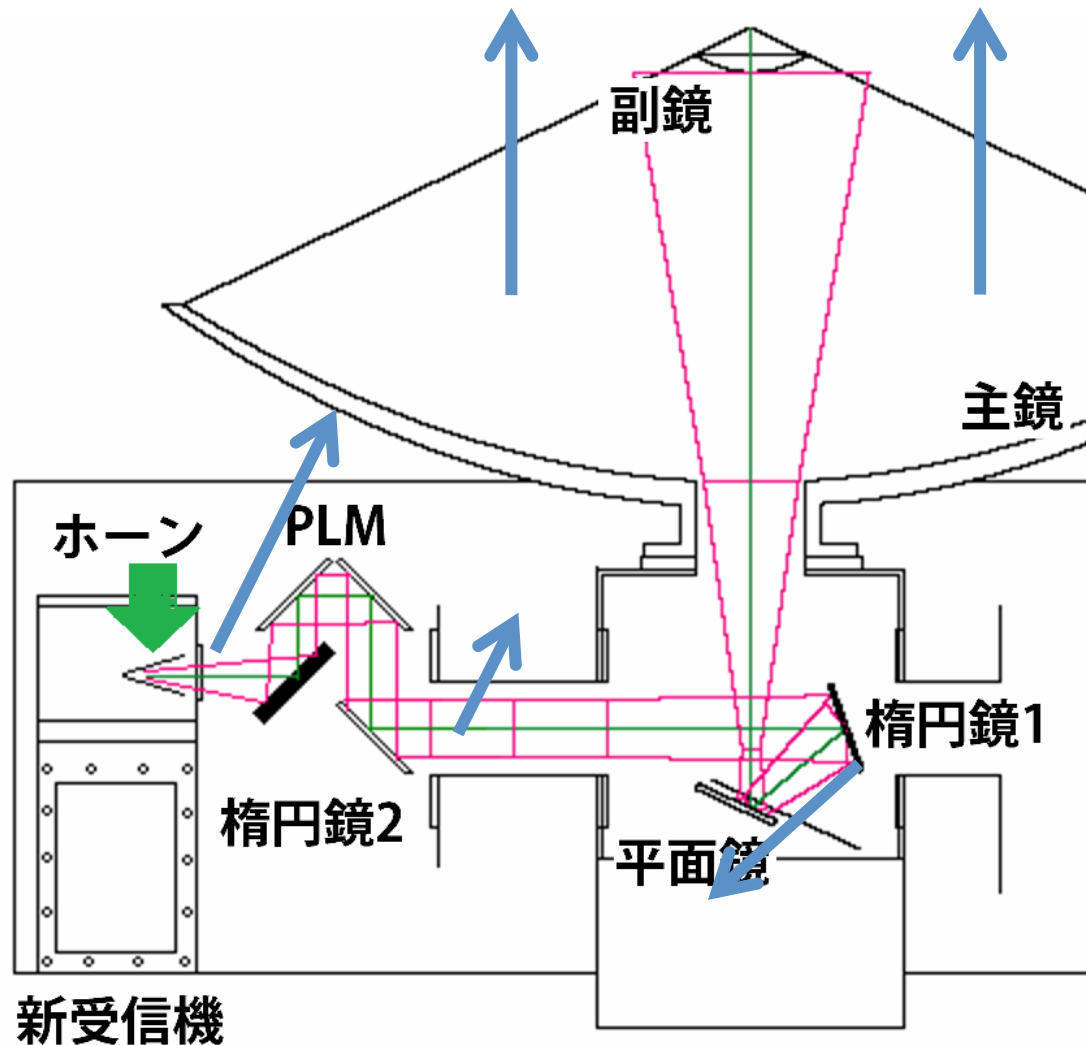
- 計算条件

1. ミラーのみ
2. ミラーと開口
3. ミラーとフード
4. サイドバツフル

Freq.	60 GHz
Feed	Conical horn
光路	11 paths

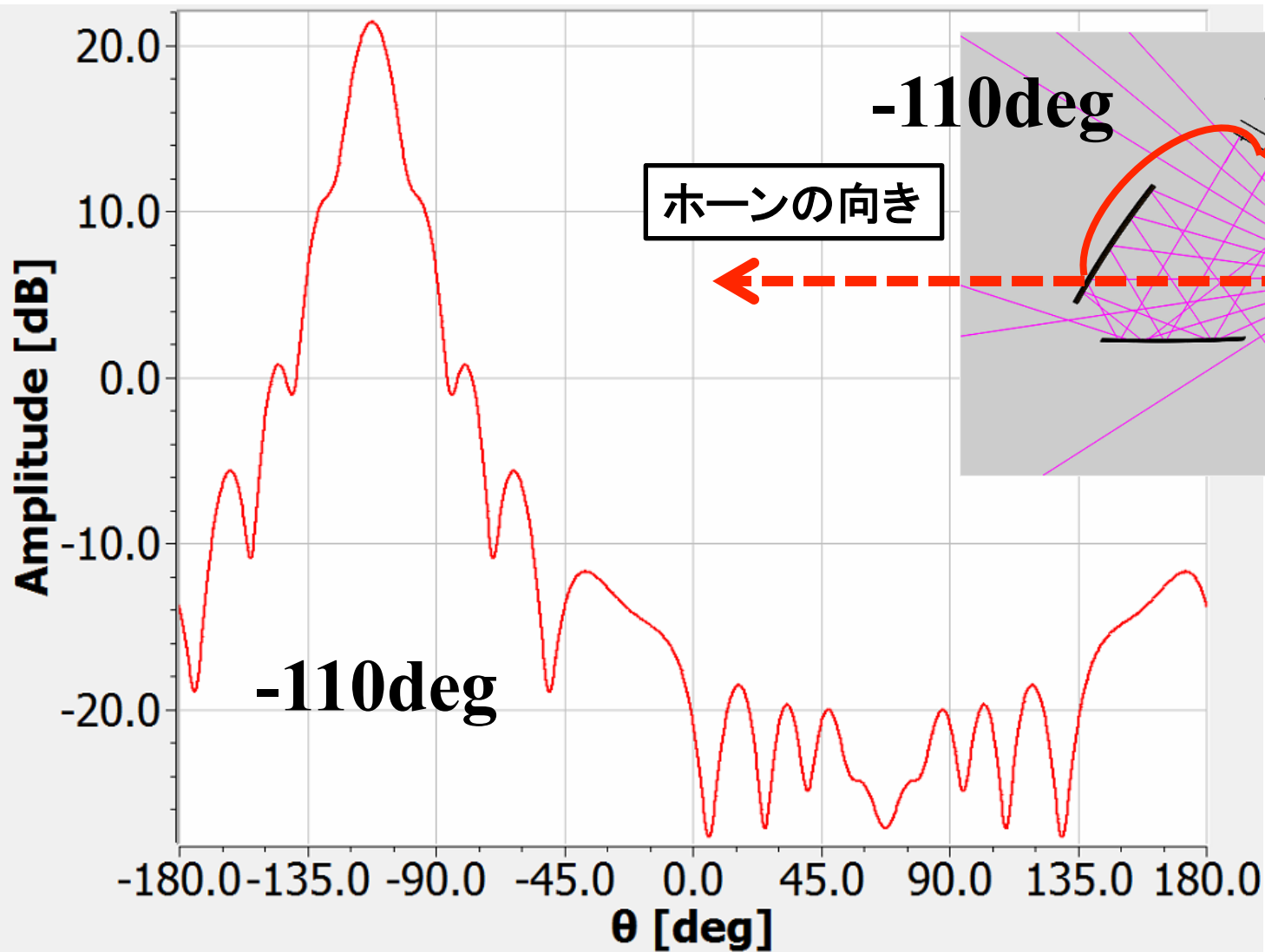


今までの望遠鏡ではあまり気にしていなかった。。。



コニカルホーンパターン

$\theta=0\text{deg}$



-110deg

ホーンの向き

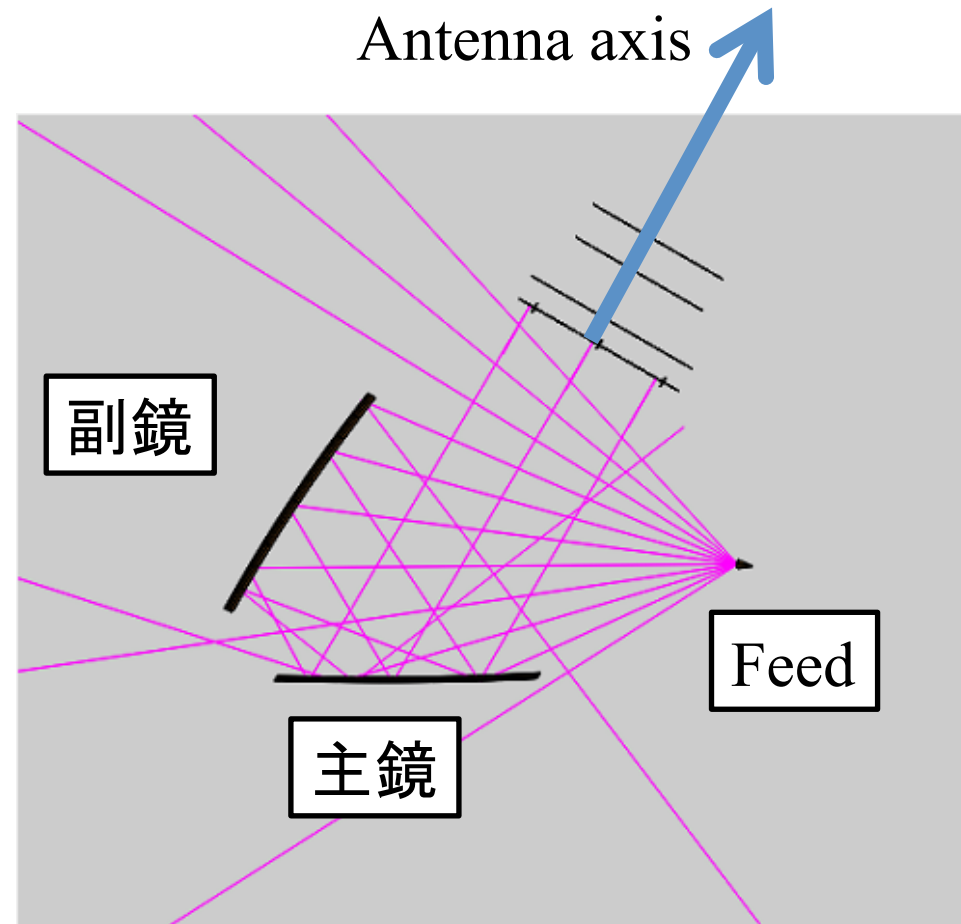
90deg

-110deg

Lite BIRD GRASP シミュレーション

- 計算条件

1. ミラーのみ
2. ミラーと開口
3. ミラーとフード
4. サイドバッフル

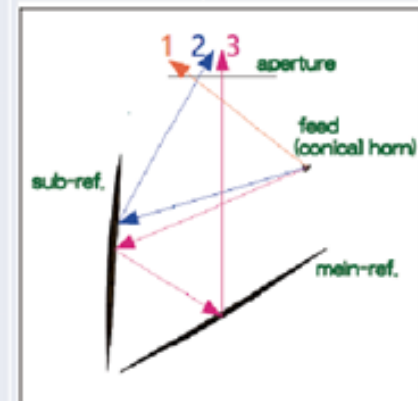


光路設定

Reflection paths



Case 1	feed	Sky						
Case 2	feed	sub ref.	Sky					
Case 3	feed	sub ref.	main ref.	Sky				
Case 4	feed	sub ref.	main ref.	sub ref.	Sky			
Case 5	feed	sub ref.	main ref.	sub ref.	main ref.	Sky		
Case 6	feed	main ref.	Sky					
Case 7	feed	main ref.	sub ref.	Sky				
Case 8	feed	main ref.	sub ref.	main ref.	Sky			
Case 9	feed	main ref.	sub ref.	main ref.	sub ref.	Sky		
Case 10	feed	main ref.	sub ref.	main ref.	sub ref.	main ref.	Sky	
Case 11	feed	main ref.	Sub ref.	main ref.	sub ref.	main ref.	sub ref.	Sky

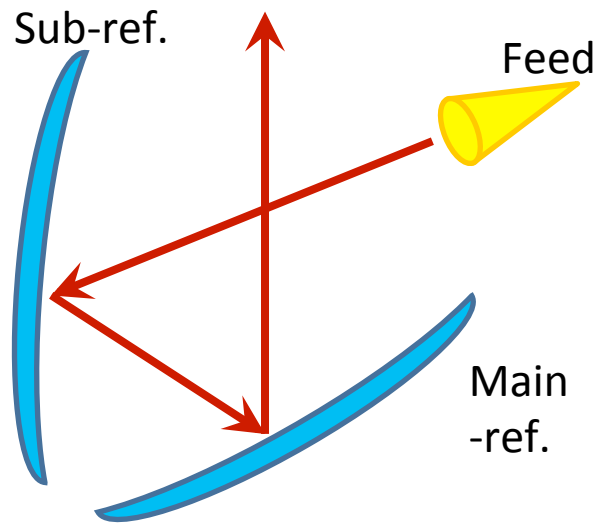
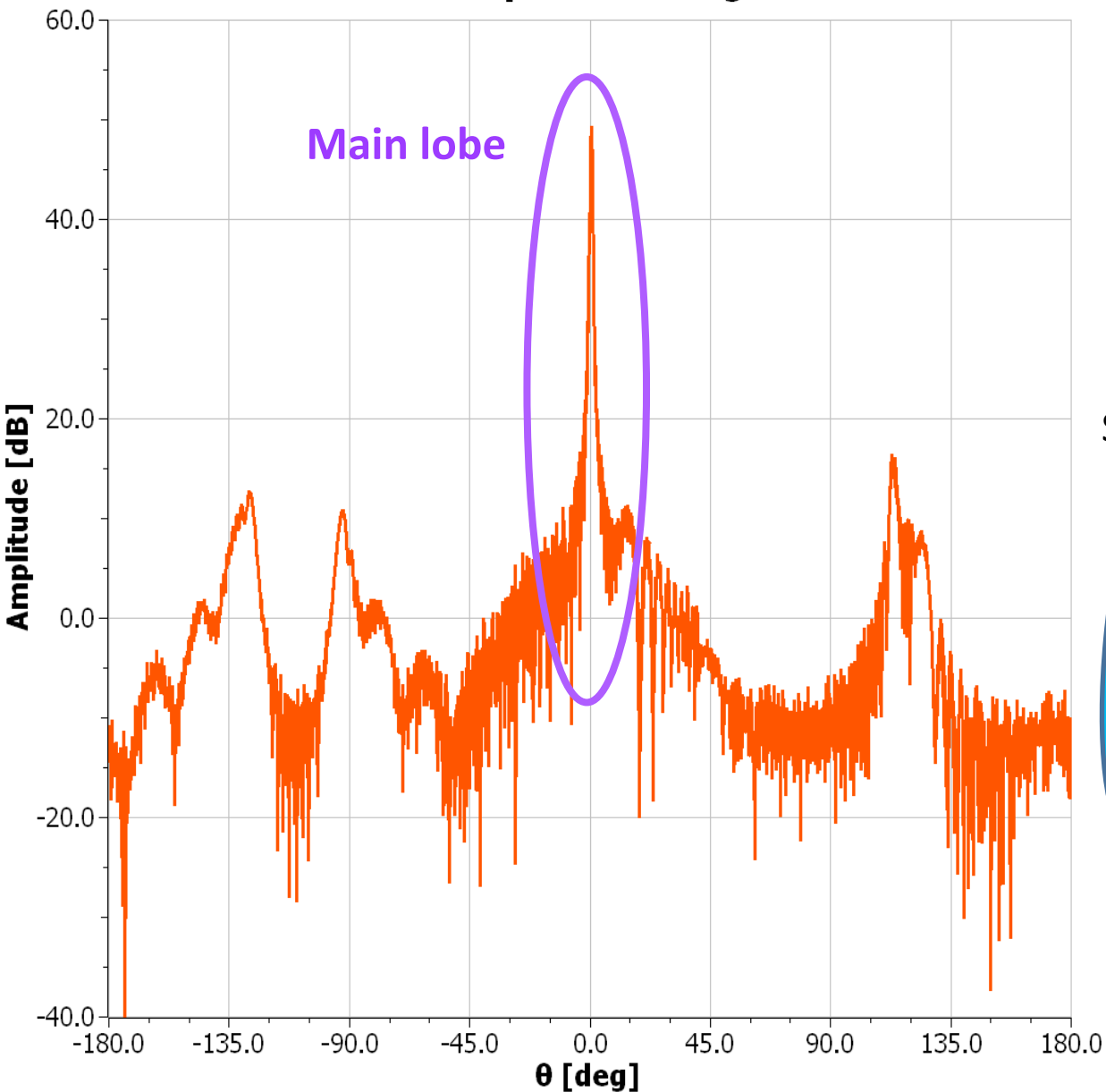


examples of multi path

アンテナビームパターン

Optical path (Case1,2,3 feed -> Sub-ref. -> Main-ref.)

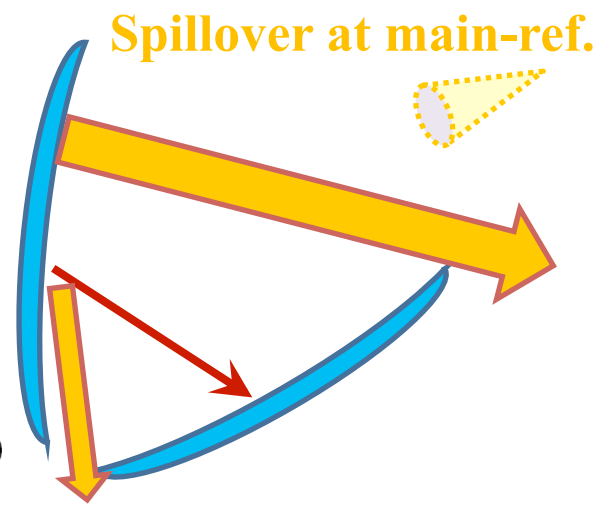
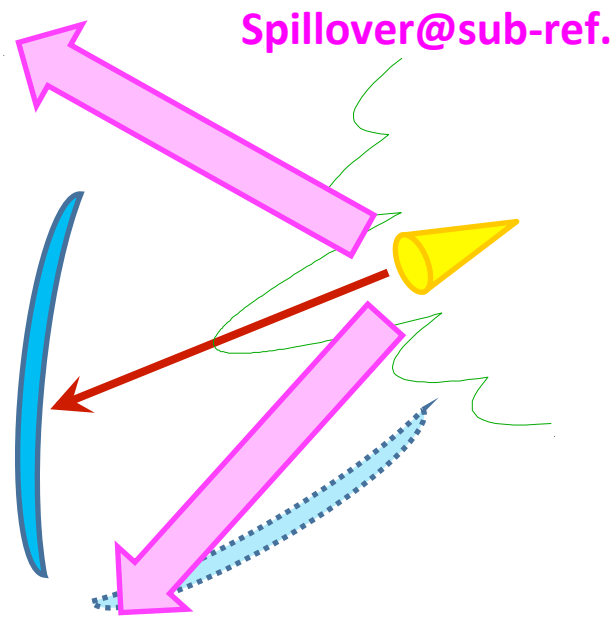
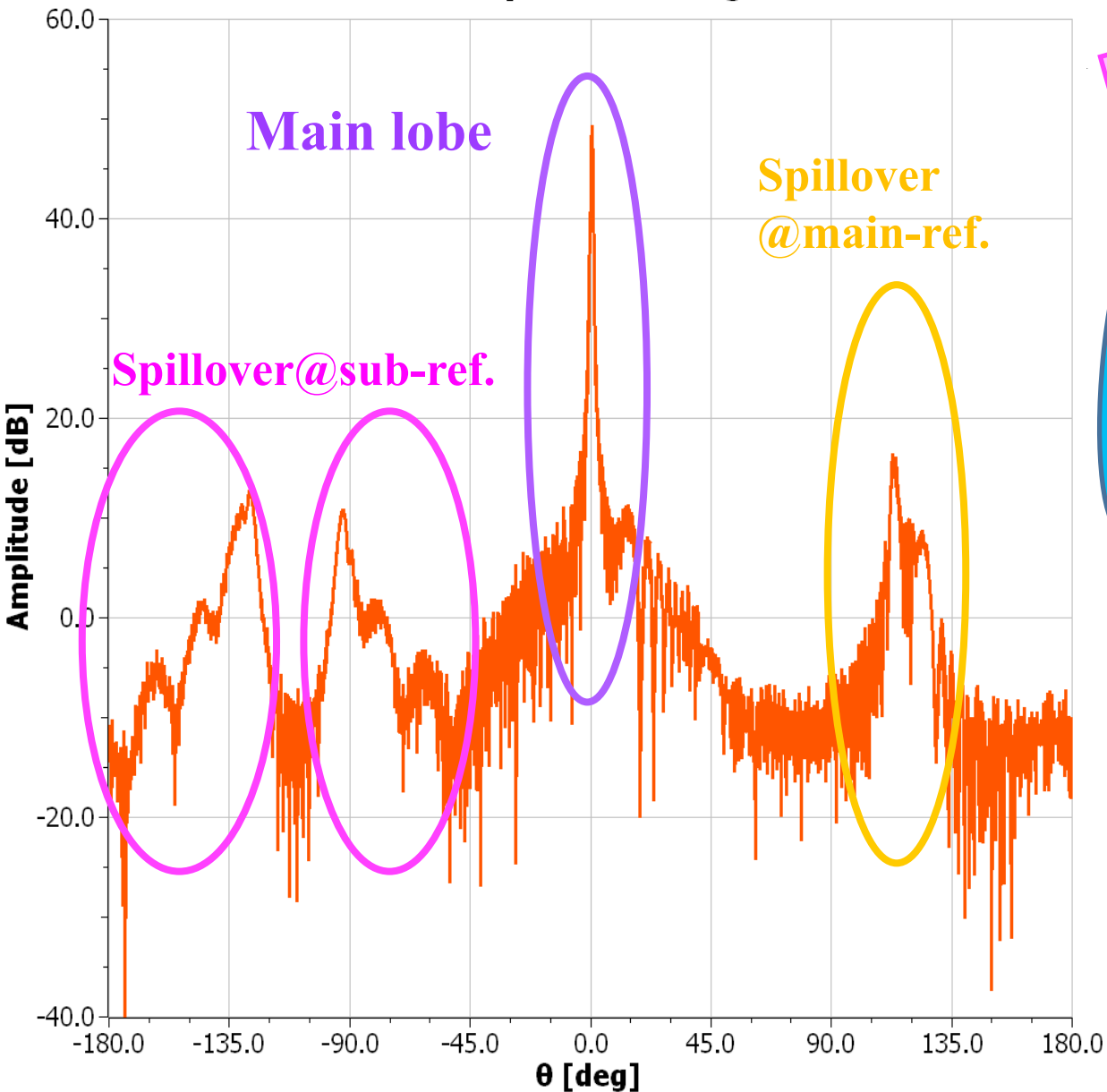
antenna beam pattern 90deg cut @60GHz



アンテナビームパターン

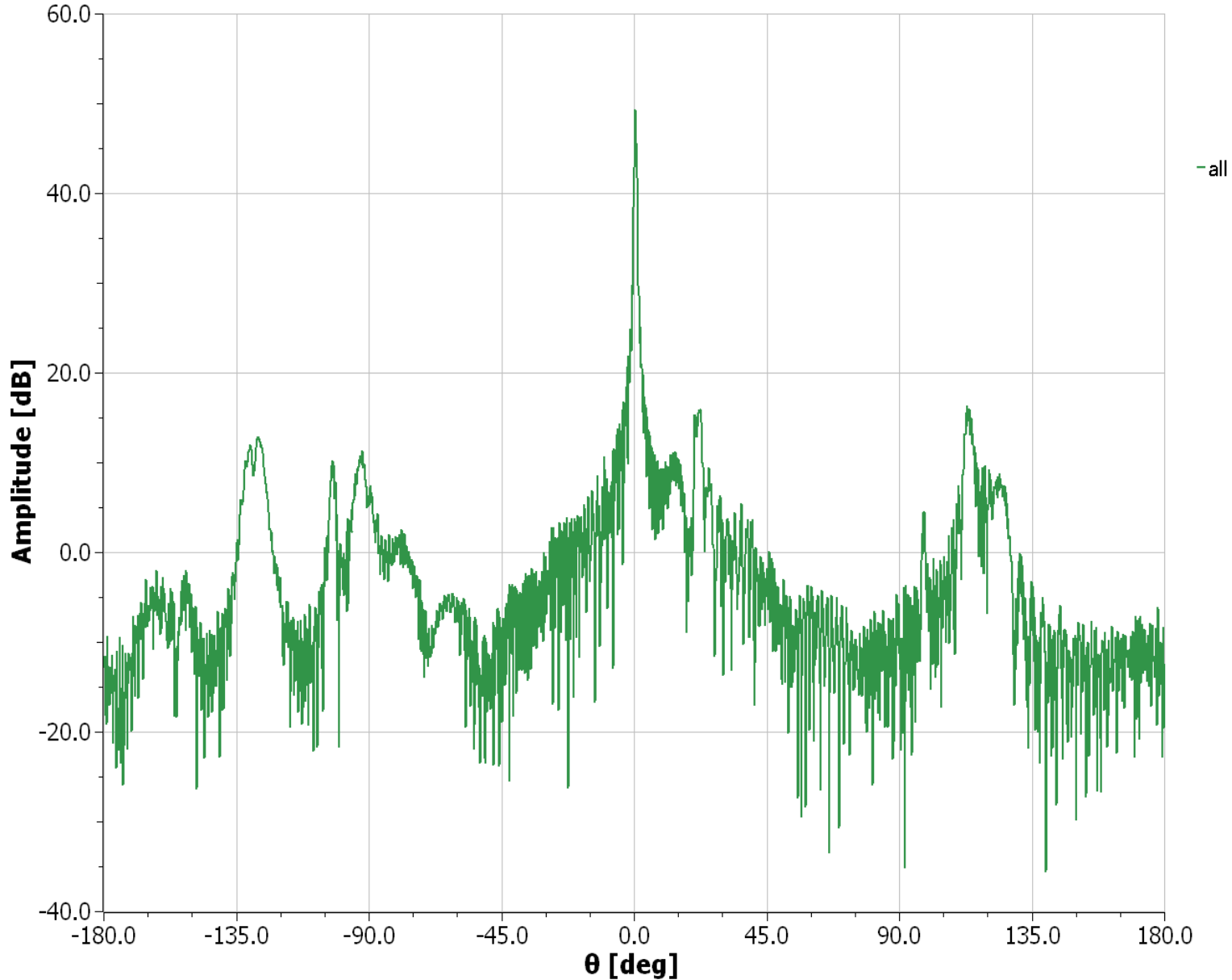
Optical path (feed -> Sub-ref. -> Main-ref.)

antenna beam pattern 90deg cut @60GHz



アンテナビームパターン

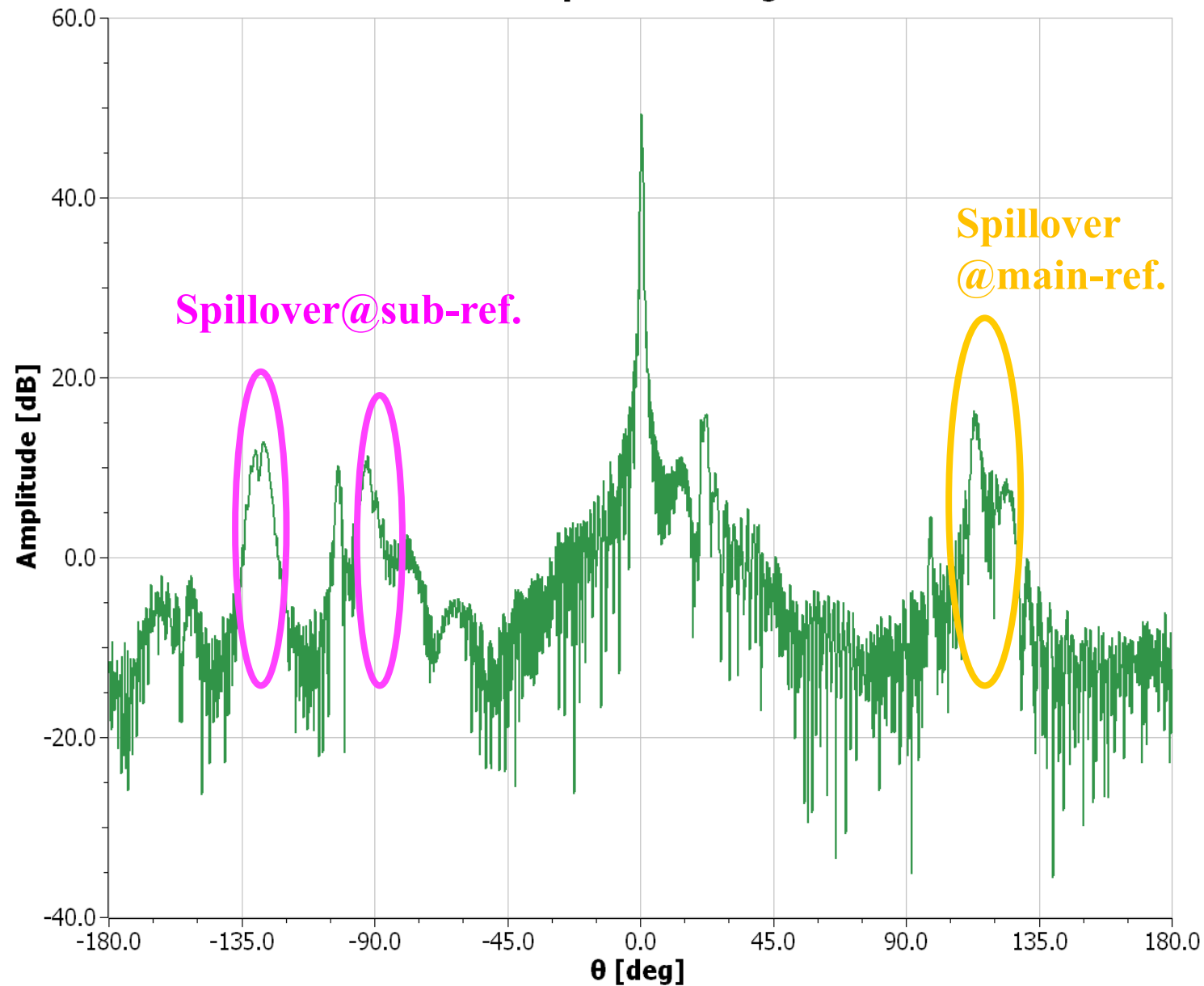
Optical path (Case1+2+...+11)
antenna beam pattern 90deg cut @60GHz



Antenna beam pattern

Optical path (Case1+2+.....+11)

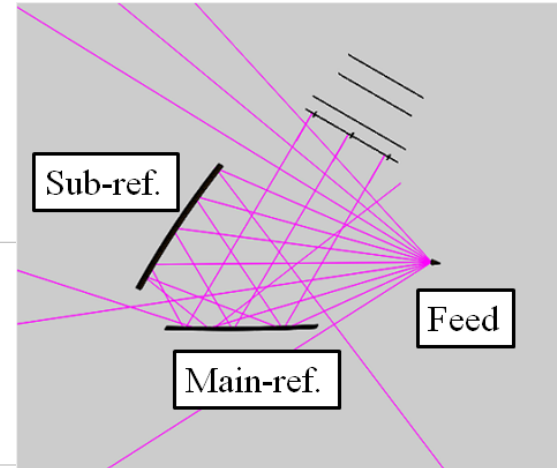
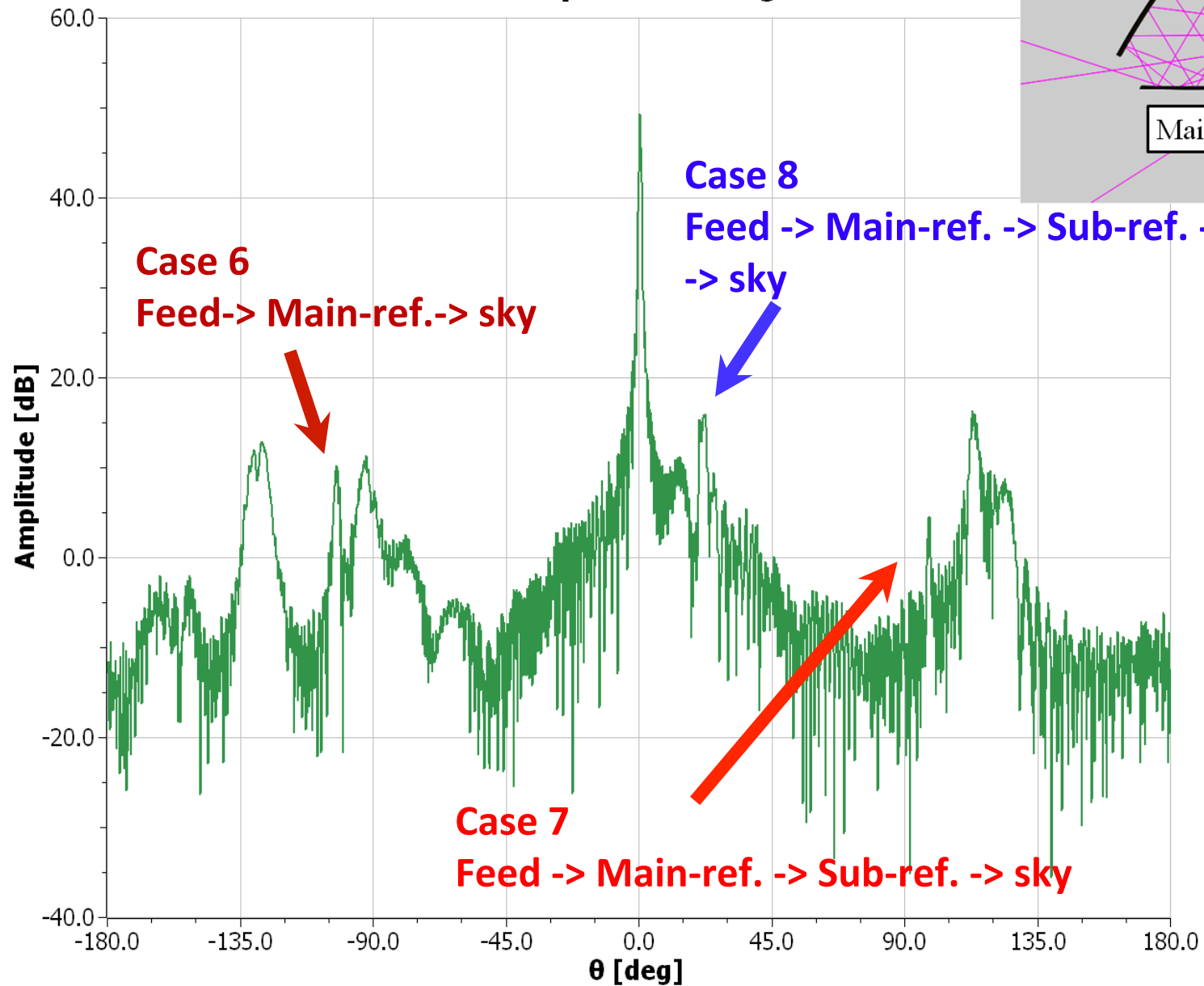
antenna beam pattern 90deg cut @60GHz



Antenna beam pattern

Optical path (Case1+2+.....+11)

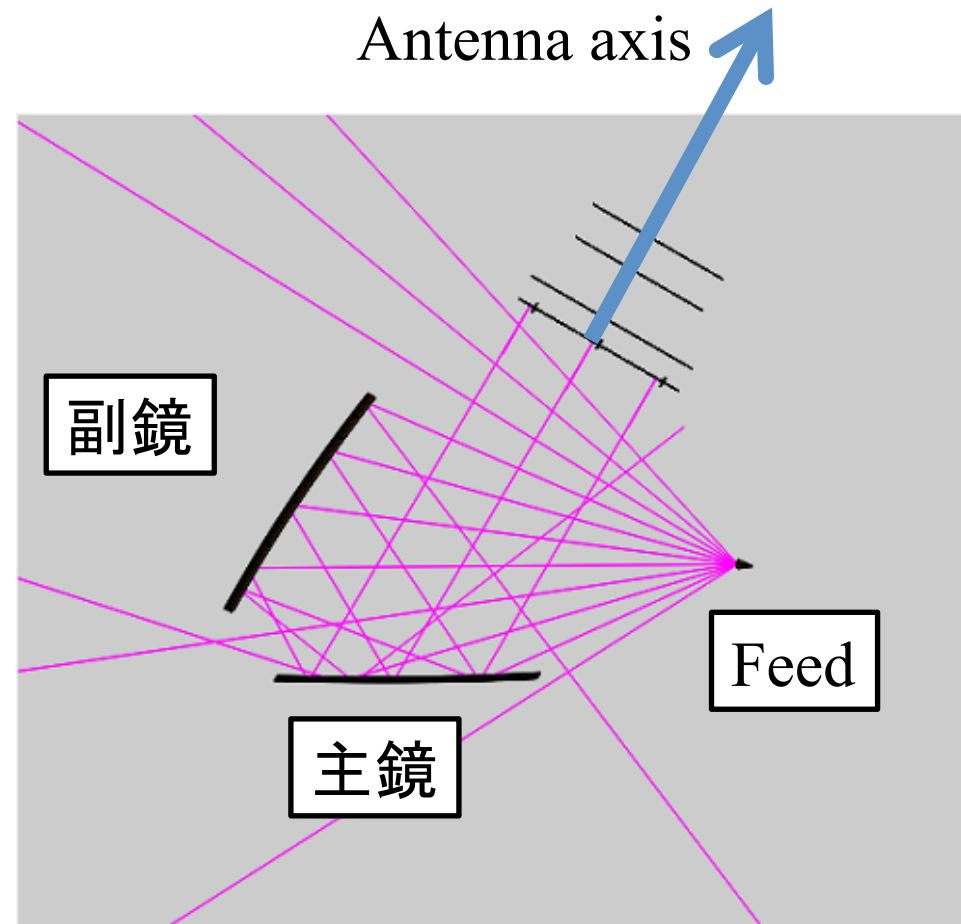
antenna beam pattern 90deg cut @60GHz



Lite BIRD GRASP シミュレーション

- 計算条件

1. ミラーのみ
2. ミラーと開口
3. ミラーとフード
4. サイドバッフル



Lite BIRD GRASP シミュレーション

- 計算条件

1. ミラーのみ
2. ミラーと開口
3. ミラーとフード
4. サイドバツフル

Sum()

Case 1

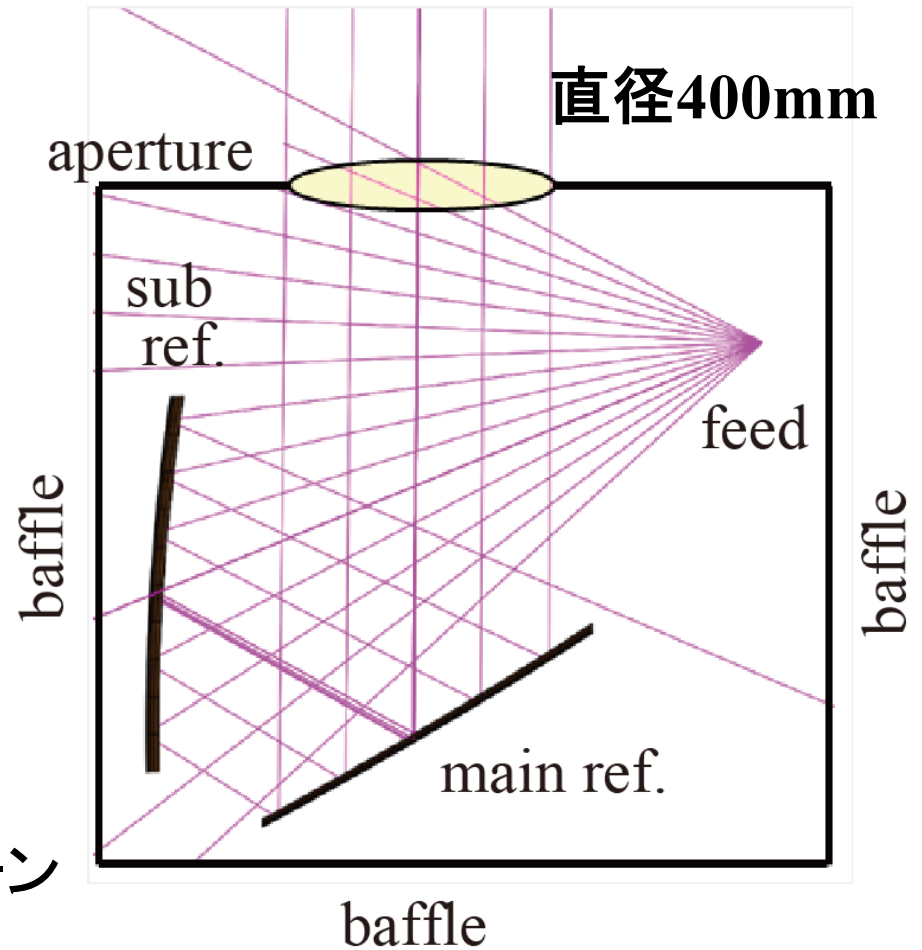
Case 2

Case 3

.....

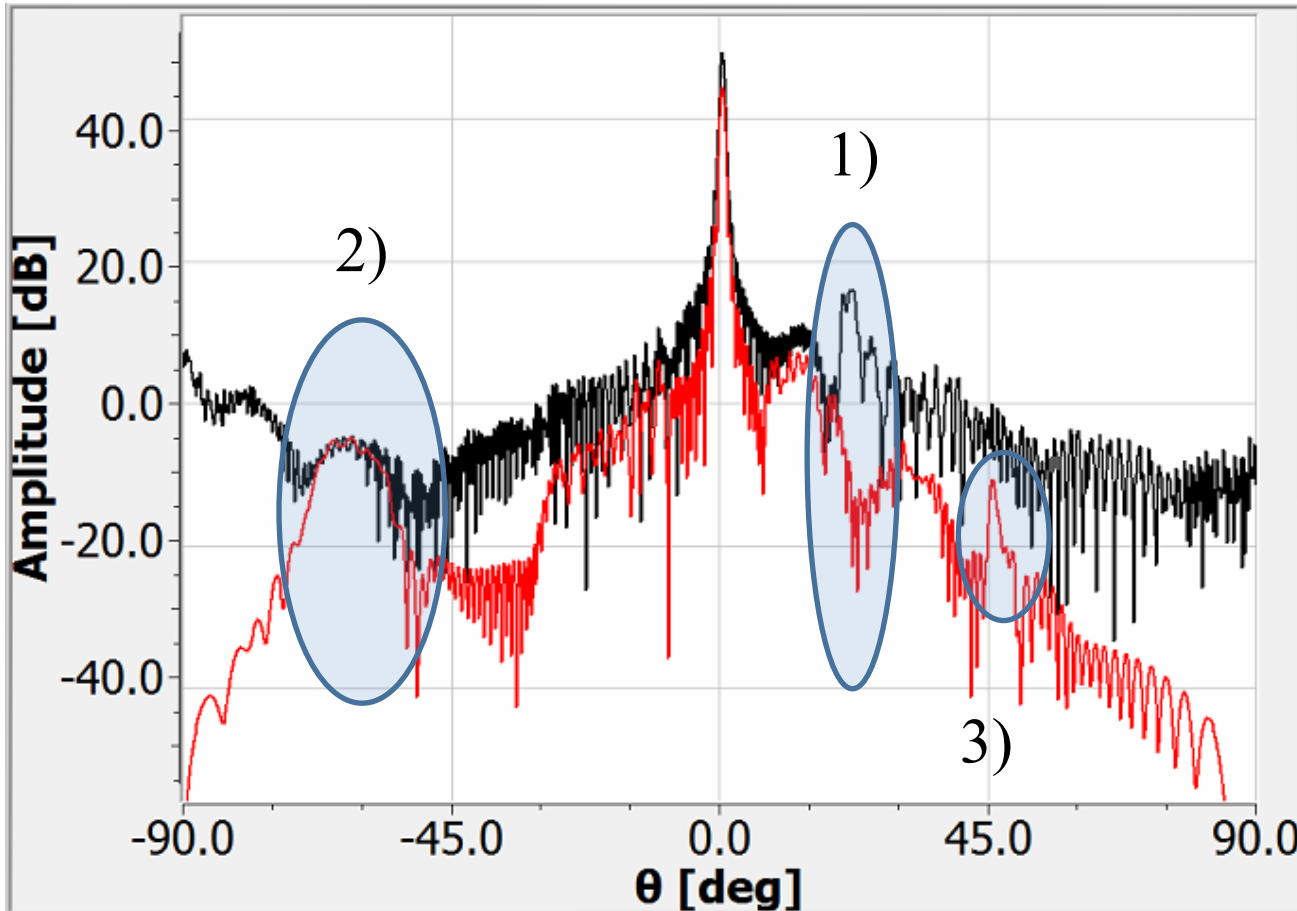
Case11

開口 => ビーム
(truncation) パターン



アンテナビームパターン

Optical path (Case1+2+.....+11)



Black : ミラーのみ
Red: 開口

1)
Case 8 のサイドローブは低減.

2)
ホーンのスプilloーバーは部分的に低減

3)
Case 11? は顕在化

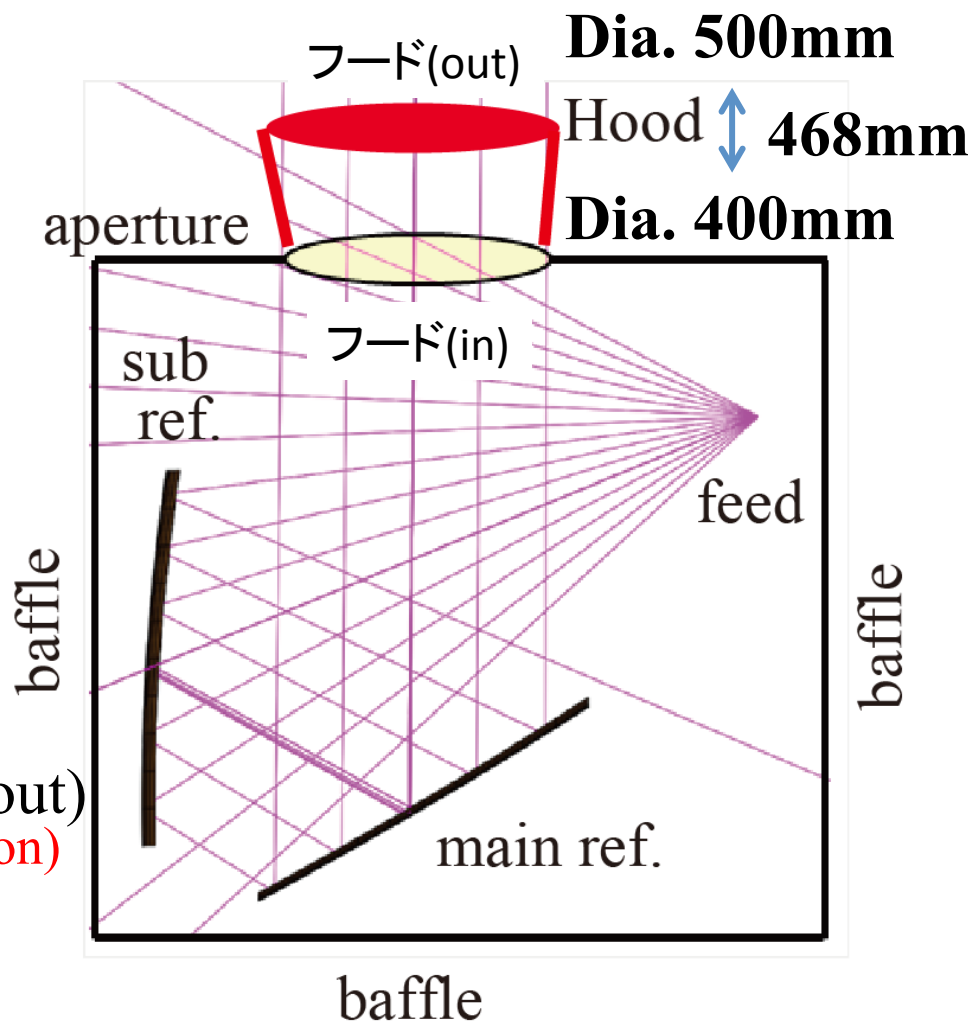
Lite BIRD GRASP シミュレーション

• 計算条件

1. ミラーのみ
2. ミラーと開口
3. ミラーとフード
4. サイドバツフル

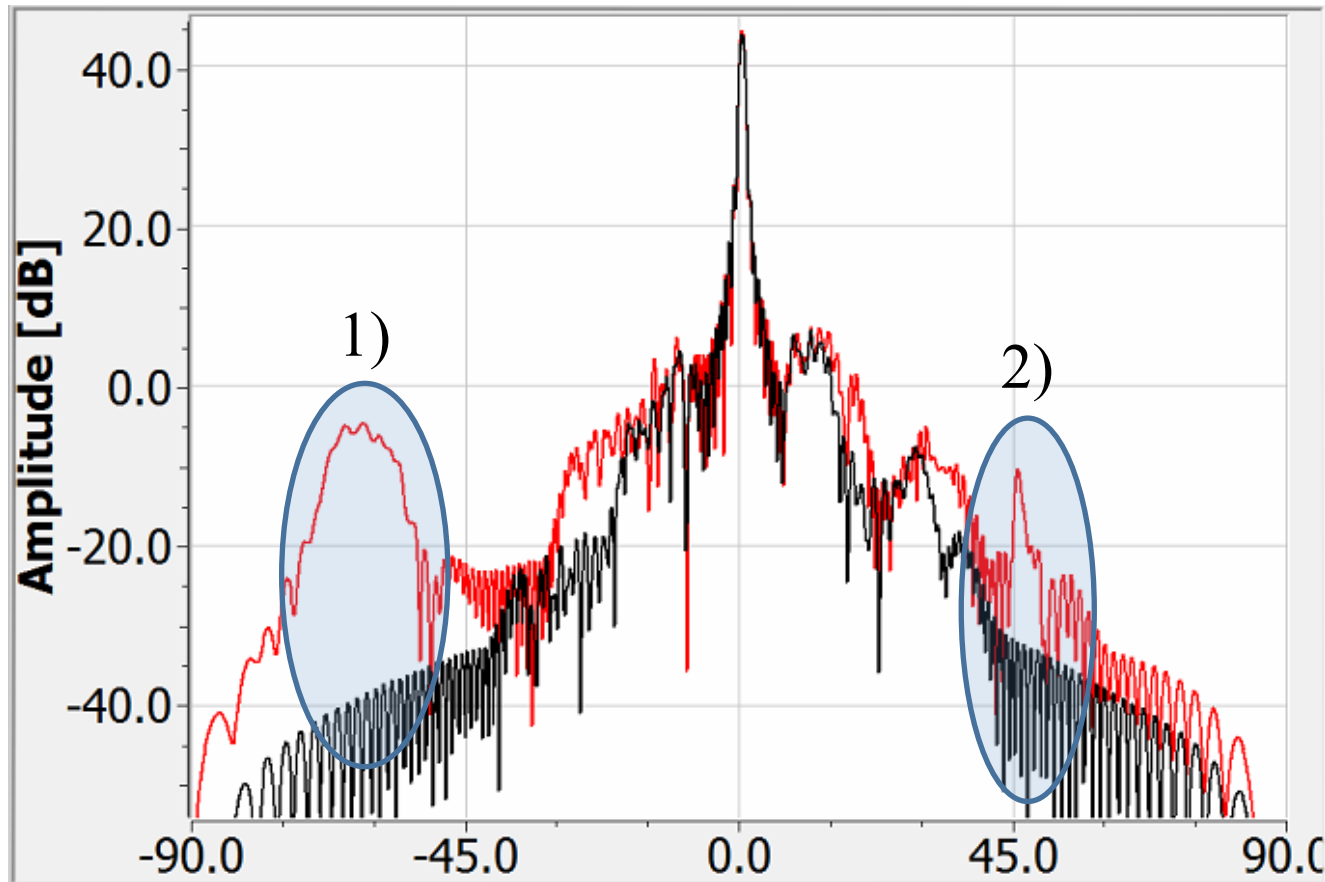
Sum()
Case 1
Case 2
Case 3
.....
Case 11

フード(in) => フード(out)
(truncation) (truncation)
=> ビームパターン



アンテナビームパターン

Optical path (Case1+2+.....+11)



Red: 開口
Black : フード

1)
ホーンスピルオー
バーの低減

2)
Case 11パターンも
低減

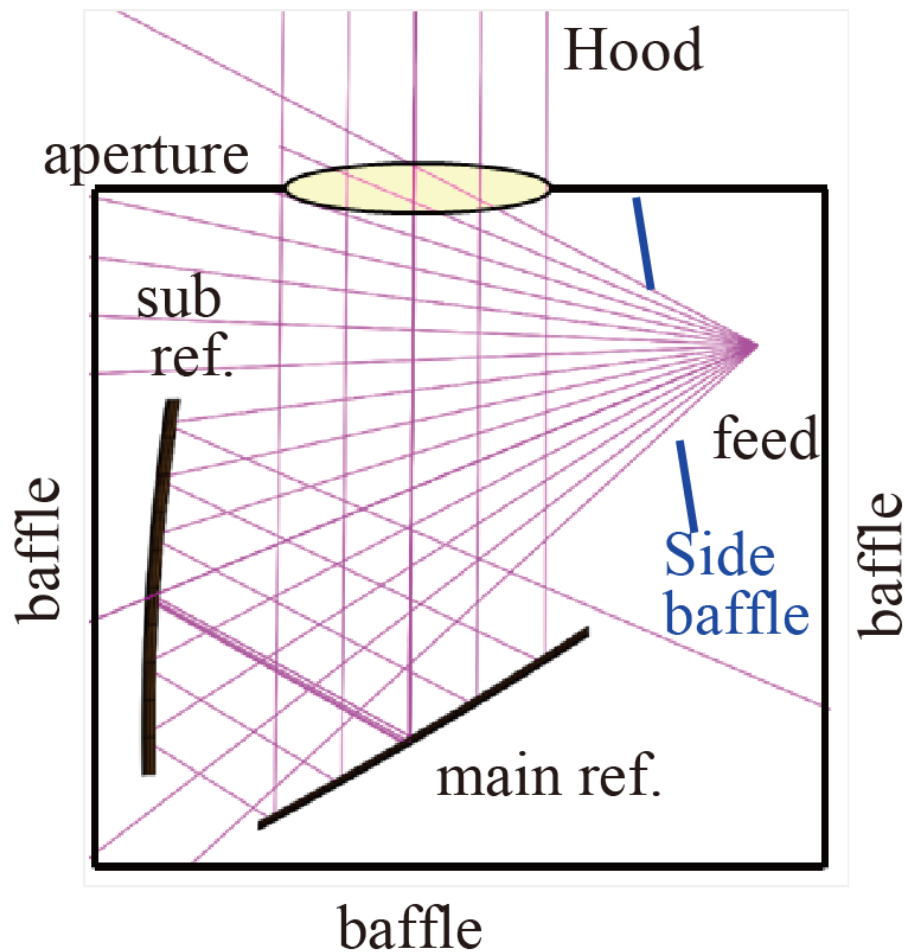
3)
フードによってアンテ
ナサイズが大きくな
る。

Lite BIRD GRASP シミュレーション

- 計算条件

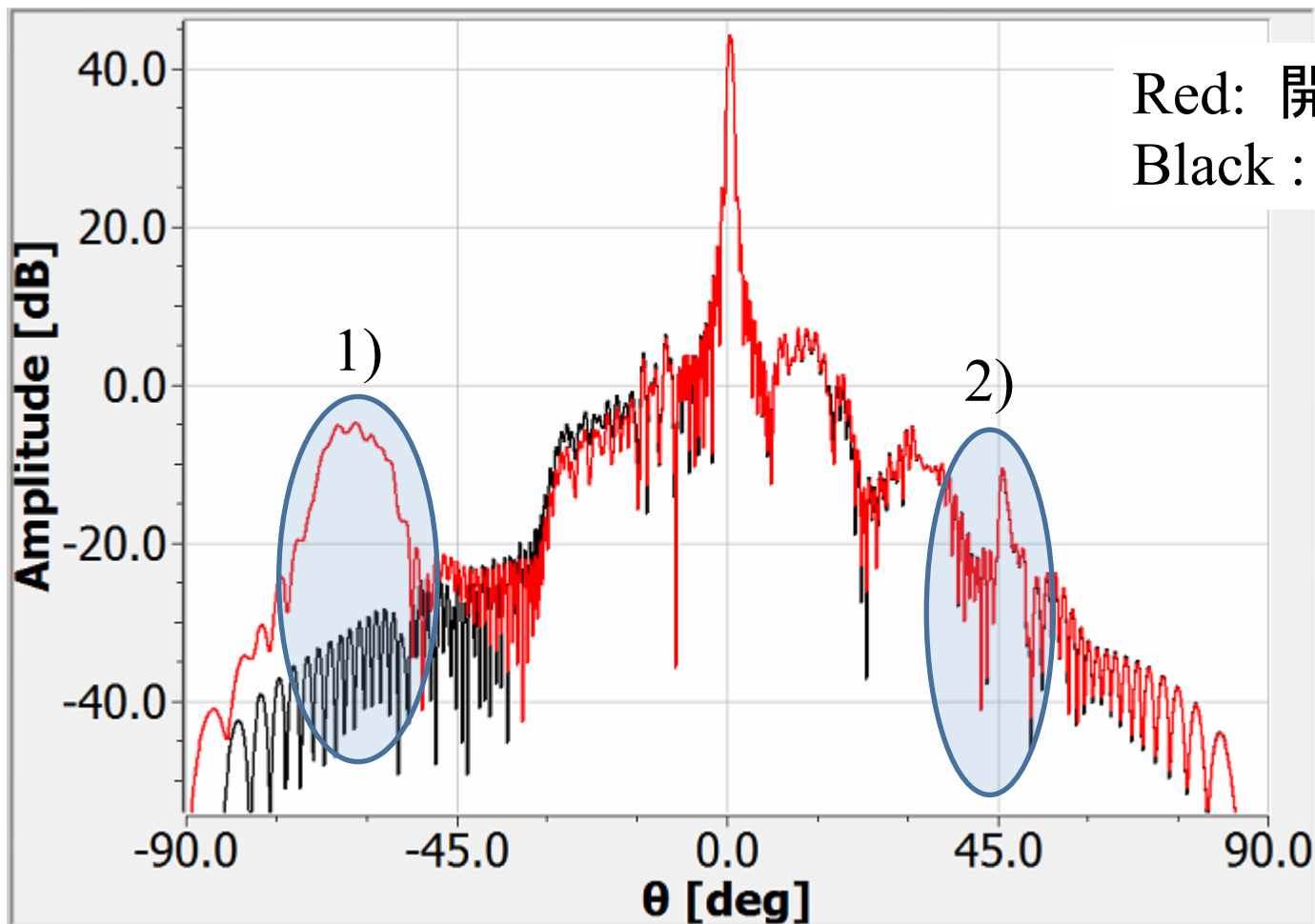
1. ミラーのみ
2. ミラーと開口
3. ミラーとフード
4. サイドバツフル

ホーンからのサイドローブ
信号を直接終端する。



アンテナビームパターン

Optical path (Case1+2+.....+11)



Red: 開口

Black : サイドバツフル

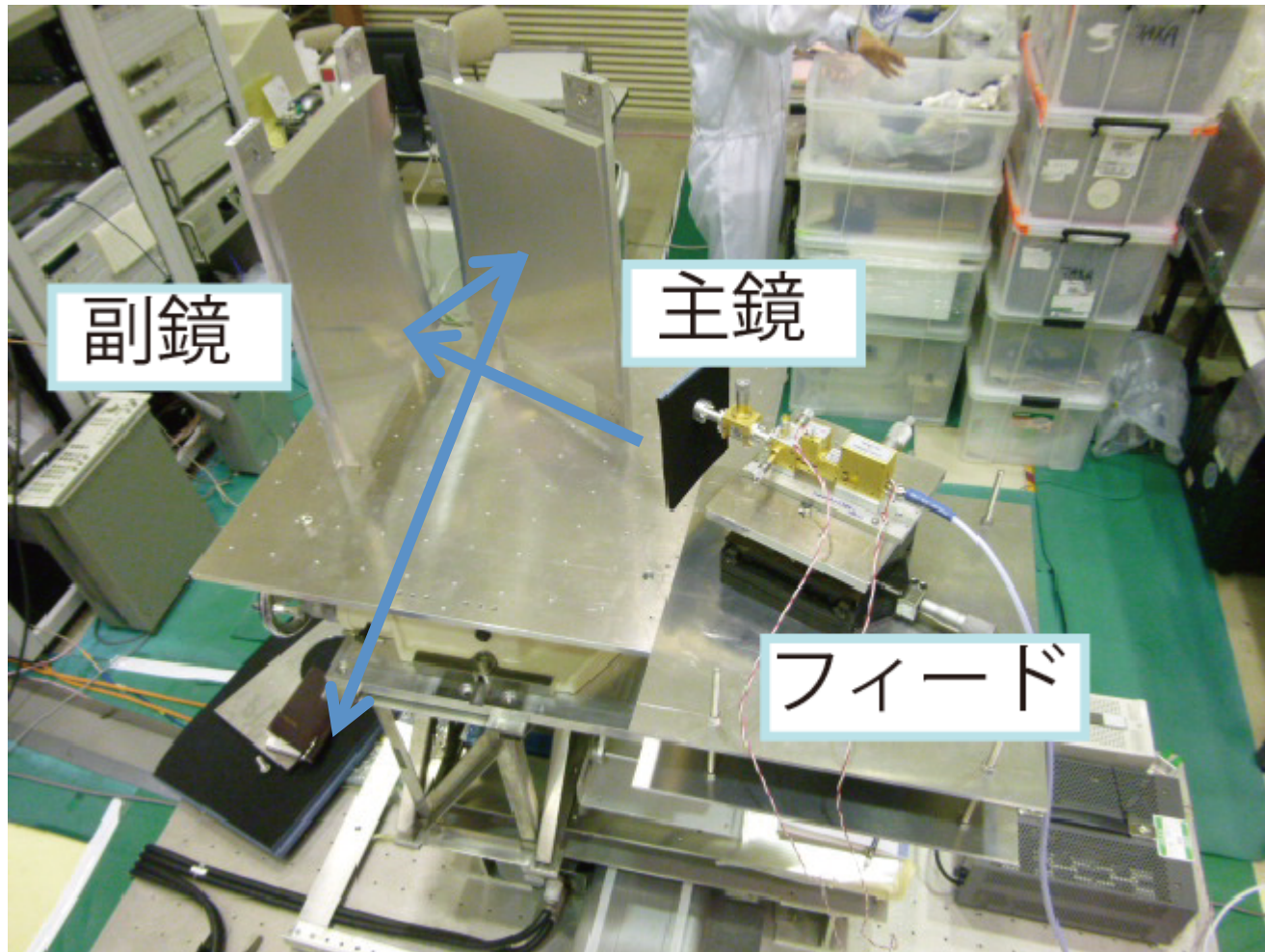
1)
ホーンのスピルオーバーは低減

2)
Case11が残った。。

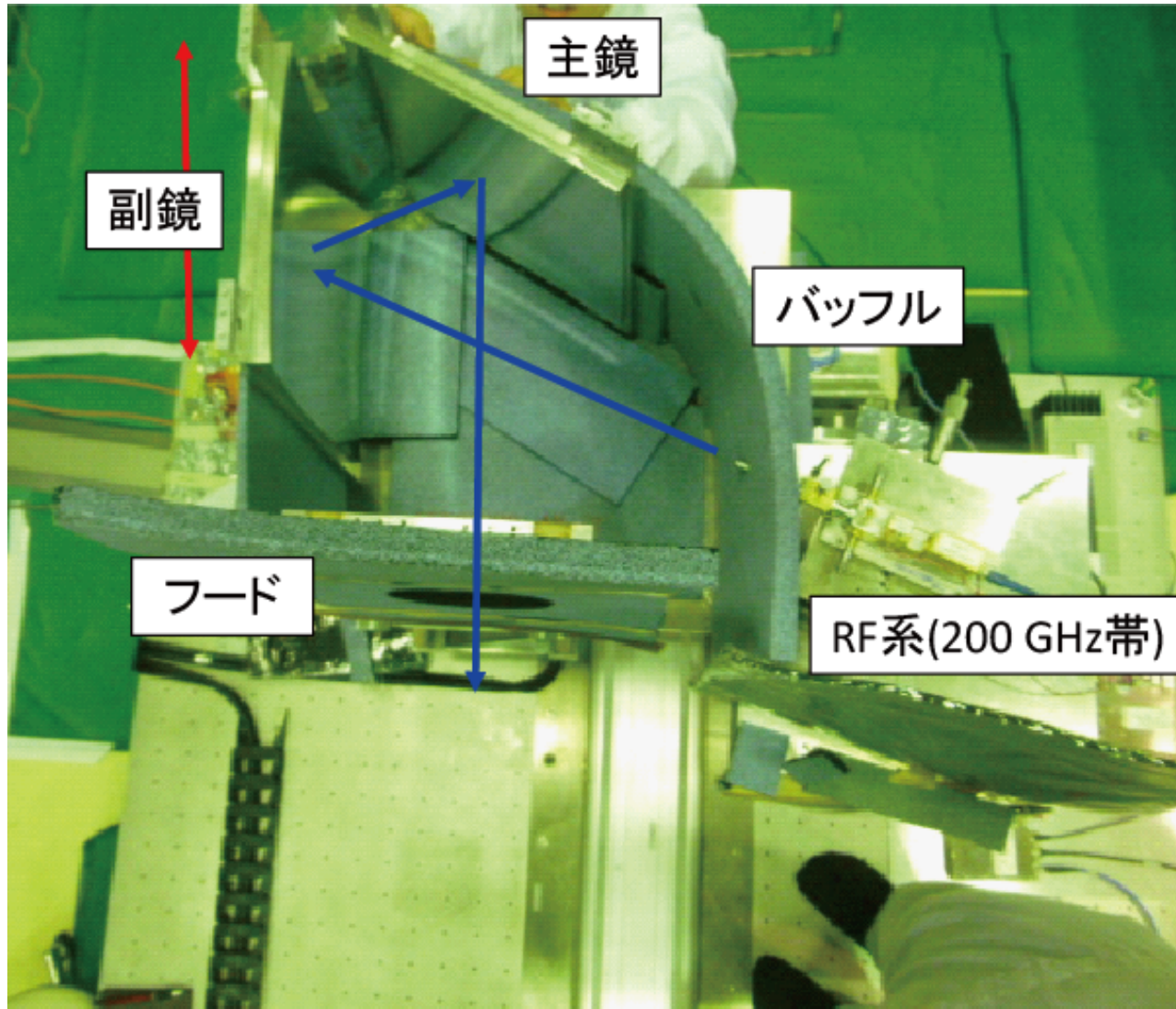
3) Scale model measurement

- 1/3サイズ スケールモデルを製作、ビームパターン測定.
 - 1/3スケールモデル=> 低価格、扱い
 - 周波数 => $60\text{ GHz} \times 3 \Rightarrow 200\text{ GHz band}$
- 目的
 - シミュレーションとの比較 (multiple reflection etc.)
 - フード、バッフル、サイドバッフル等のデザイン

1/3 Scale model

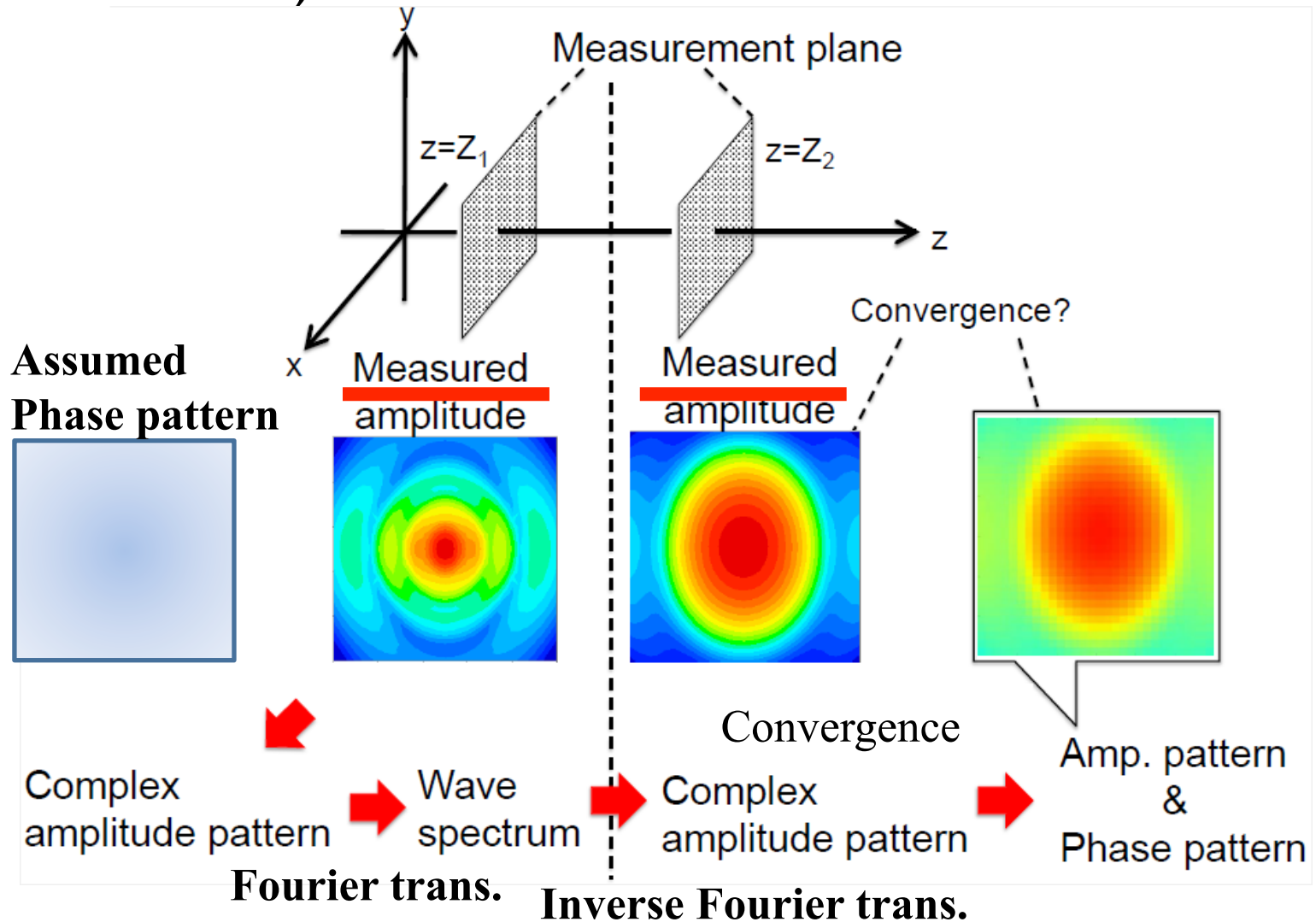


1/3 Scale model with 黒体



3) Scale model measurement

1) Phase retrieval method



Preliminary results

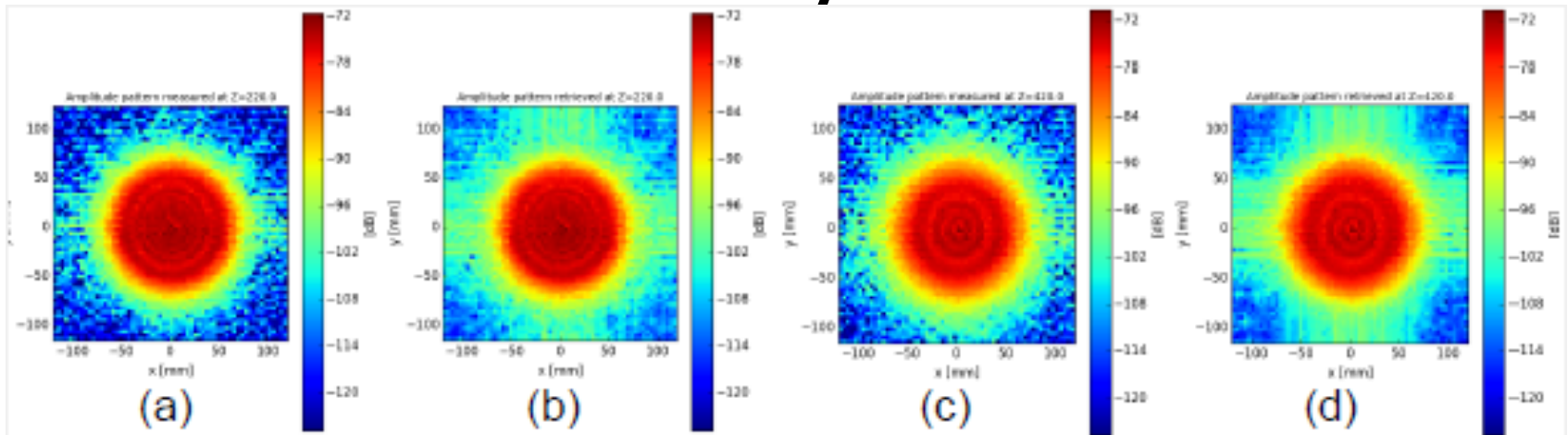


Fig. 4 Measured and retrieval amplitude at $z=220$ mm and 420 mm
(a) measured at $z=220$ mm (b) retrieved at $z=220$ mm
(c) measured at $z=420$ mm (d) retrieved at $z=420$ mm

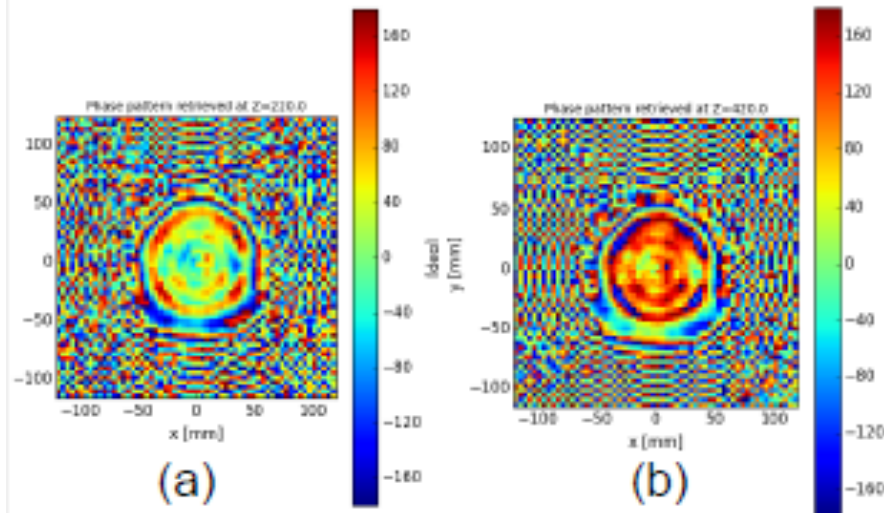


Fig. 5 Estimated phase pattern at
(a) $z=220$ mm (b) 420 mm

As the initial guess of the phase pattern at $Z_1(z=220$ mm), a flat pattern $\Phi_1^{(0)} = 0$ was assumed. The phase-retrieval process converged after about 1000 cycles and RMS at final cycles is about 1.1×10^{-9} .

5) Summery

- 物理光学(GRASP)を用いてクロスドラゴン型光学系の評価を行った。
- 直径400mm程度のフードを用いることでサイドローブ強度は抑えることができた。
- コンパクト化の為にサイドバッフルを検討した結果、case11以外は軽減することができた。
- 今後、フードやサイドバッフルの形状を最適化(コンパクトかつサイドローブ軽減)を進める。

- また、GRASP計算の検証等のために、1/3スケールモデルの製作を行い、測定評価を進めている。