

第2回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ

JASMINEの迷光技術 I

迷光評価技法と

Nano-JASMINE, Small-JASMINEの実際

12/17/2012

JASMINE検討室

鹿島 伸悟

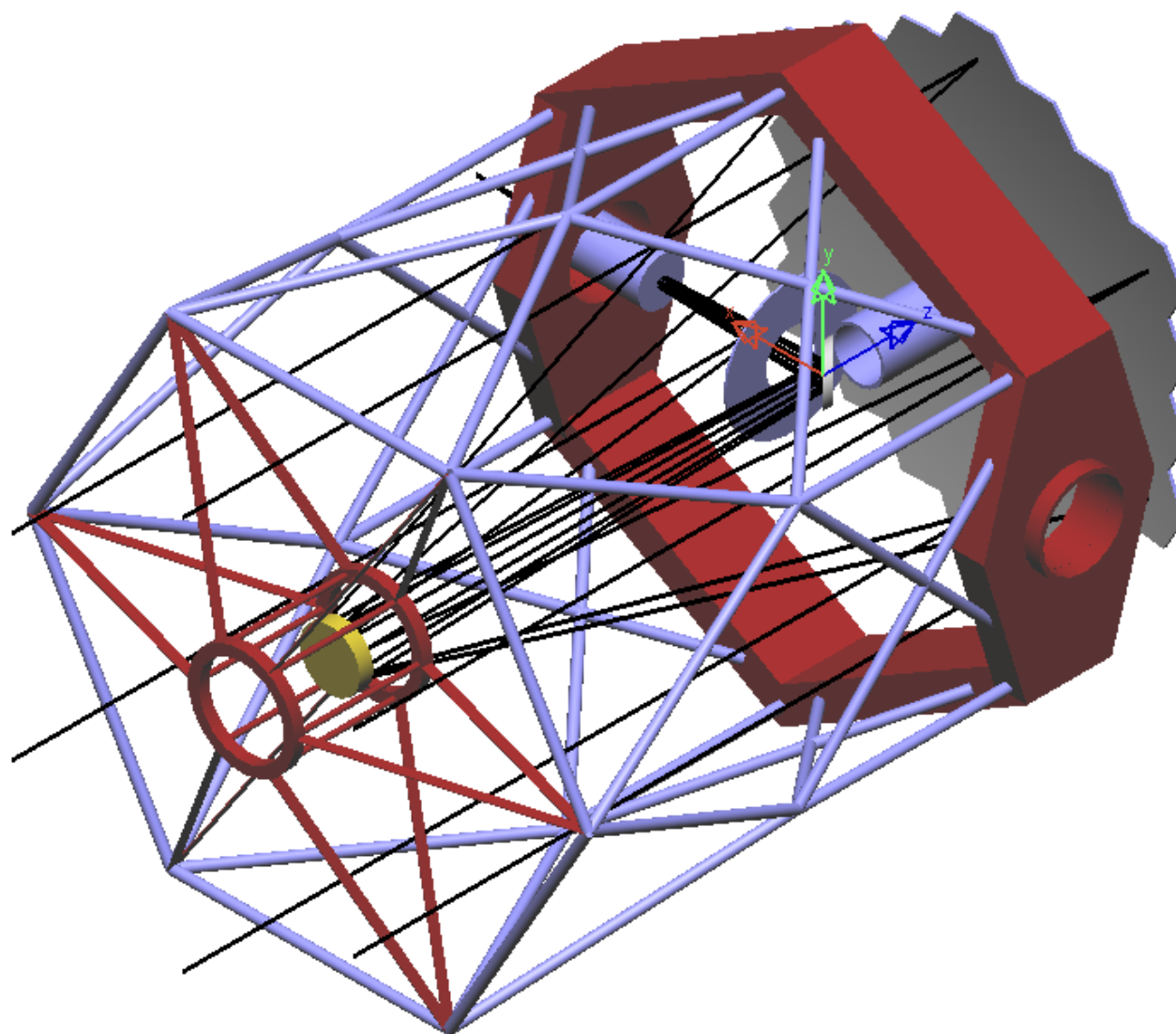
実際は
「LightTools入門」

 &
JASMINEでの解析例

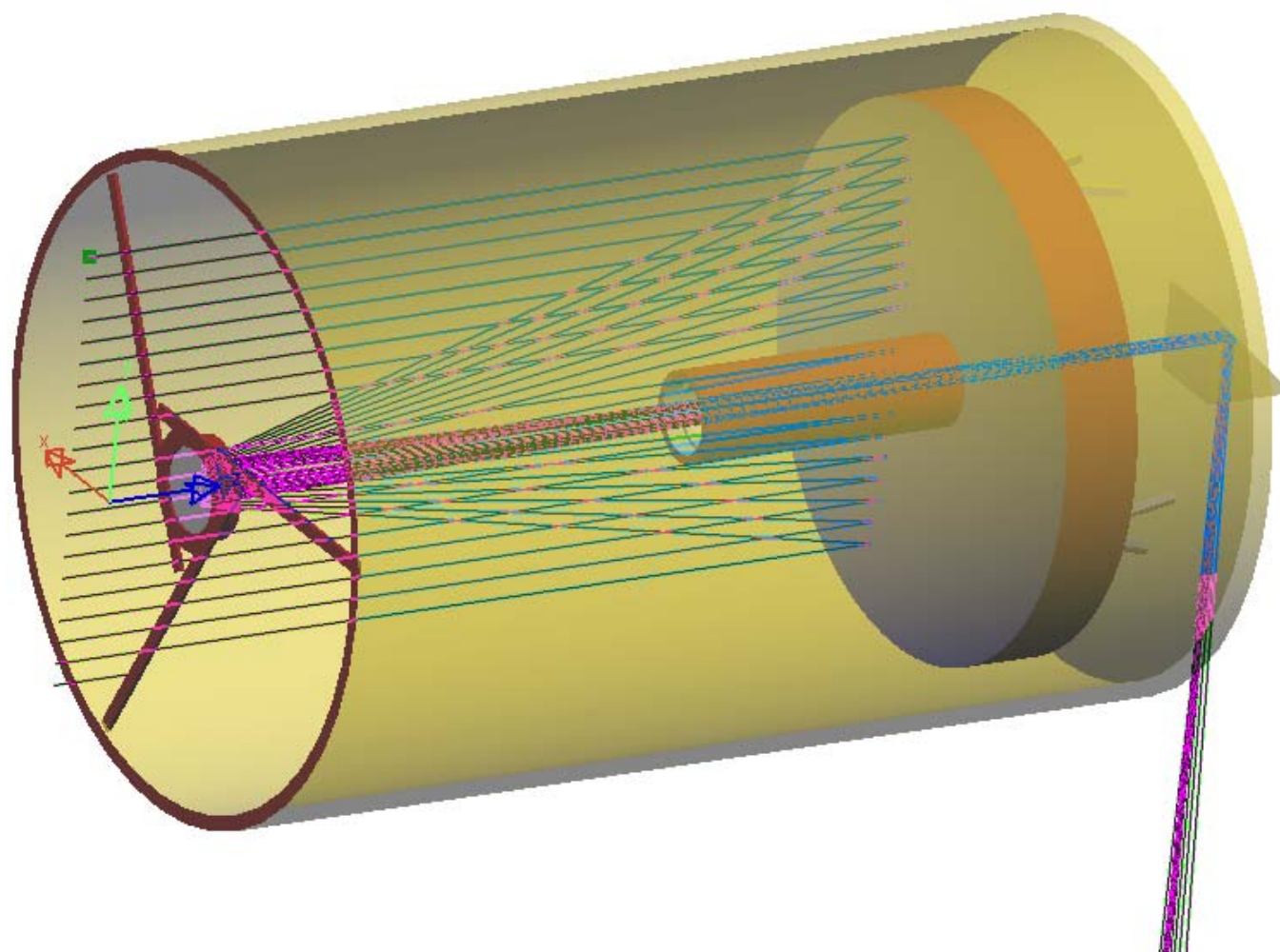
LightToolsって何？

- LightToolsは、極めて正確な光線追跡と結果の解析が可能な3D-CADであり、「**散乱**」が扱えるのが最大の特徴である
- 本来は照明系の設計・解析用のソフトだが、**迷光解析用**としても非常に優れたソフトである
- 全て**幾何光学ベース**で、**回折は一切考慮しない**
- 基本はモンテカルロであり、数多くの光線を飛ばし、その光線追跡結果を統計的に解析する
- CodeVや一般の3D-CADとデータのやりとりが可能である

サンプルデータ;Keck望遠鏡



サンプルデータ;よくある望遠鏡



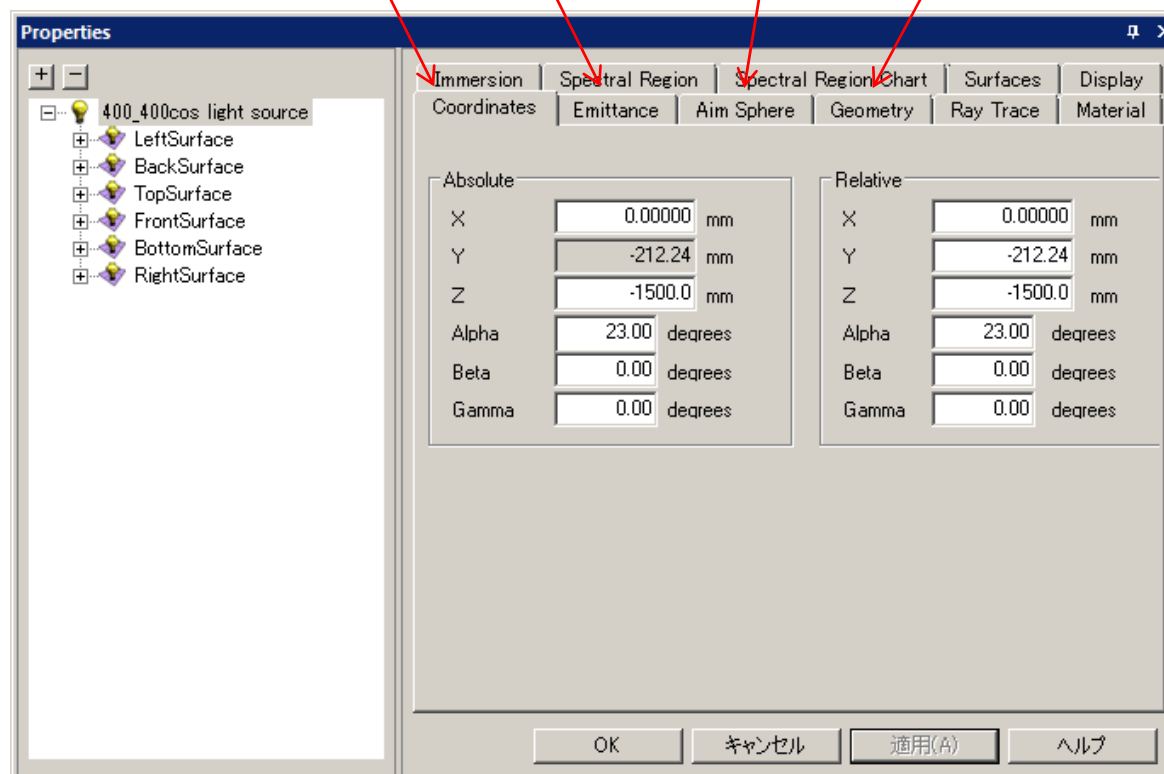
迷光解析時の入力要素

- 光源：配光特性や形状、強度等を指定可能
 - 太陽光の場合は平行光を出す面光源とする
- フード等内面処理
 - 半球反射率：立体角 2π 内に散乱する全散乱光強度
 - 散乱特性：Lambert、Gauss、これらの組み合わせ、実測データ
 - 角度特性：上記ふたつに入射角依存性がある場合、角度毎に特性を指定可能
- 光学部品の散乱特性：レンズやミラーの表面での散乱特性も勿論設定可能
- 受光器
 - 複数設定可能で、一度の光線追跡で計算可能
 - 大きさ・向き・メッシュ分割数等を指定可能

光源の入力要素

数多くのパラメタがあるが、重要でよく使うのは以下の4つ

位置座標 放射強度 配光特性 形状



散乱特性の入力要素

複雑な特性も簡単に指定可能

吸収・伝搬 反射・透過 散乱・近接スペキュラー 近接スペキュラー特性

The diagram on the left illustrates the components of light scattering on a surface. An incident ray (入射光線) strikes a surface with a normal vector (面の法線). The surface is divided into three regions: a diffuse component (拡散成分), a near-specular component (近接スペキュラー成分), and a specular component (スペキュラー方向). The reflected ray is shown as a dashed line, and the transmitted ray is shown as a solid line. The diagram also labels the specular direction (スペキュラー方向), near-specular component (近接スペキュラー成分), and diffuse component (拡散成分) for the transmitted ray.

The software interface on the right shows the 'Optical Properties' dialog box. The 'Complete Scattering' tab is active, showing the following settings:

- Absorb:** 0.00%
- Propagate:** 100.00%
- Reflect:** 0.00%
- Transmit:** 100.00%
- Diffuse (Reflect):** 0.00%
- Diffuse (Transmit):** 0.60%
- Near Specular (Transmit):** 99.40%
- Specular Distribution (Transmit):** Gaussian (selected), Power: 0.01, Angle: 0.00

Additional settings include:

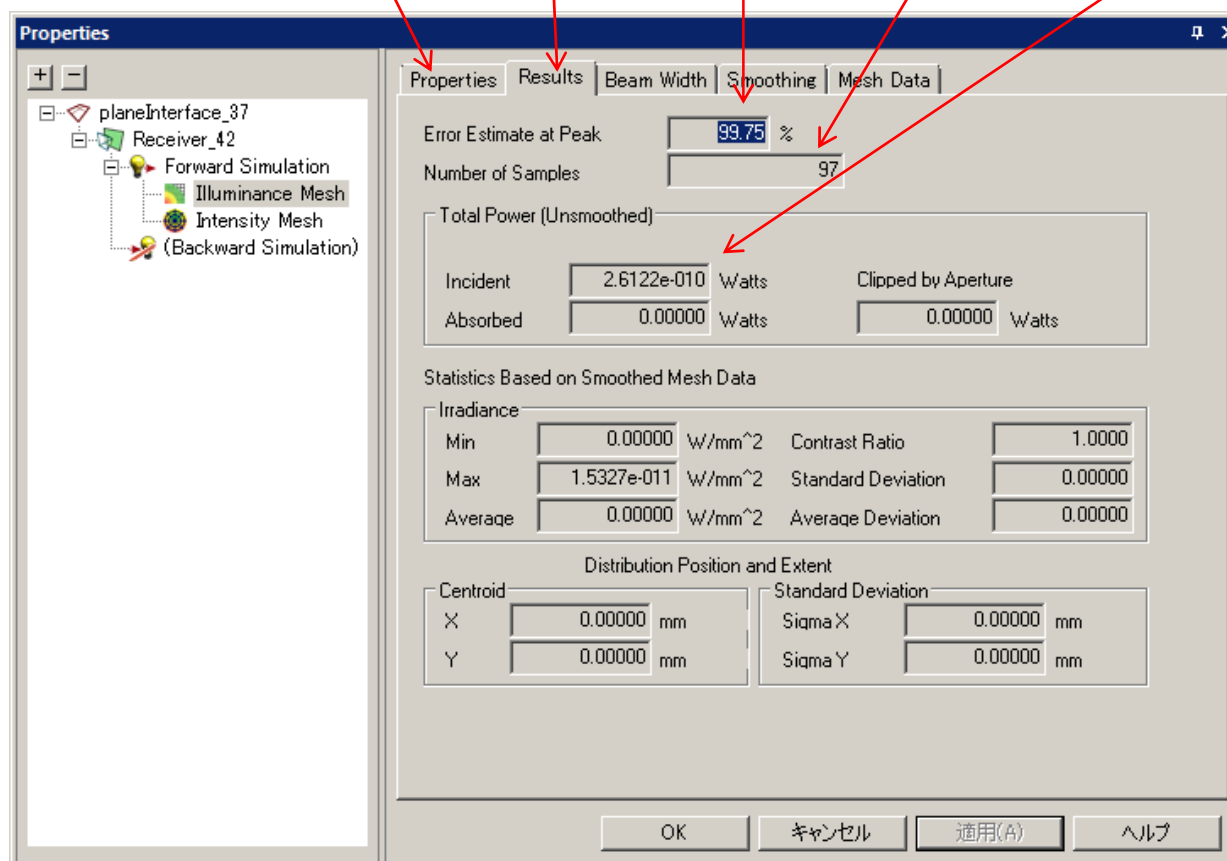
- Number of Scattered Rays:** 1
- Fresnel Loss:**
- Force Energy Conservation:**
- Weighted Rays:**
- Probabilistic Ray Split:**
- Distribution:** Intensity (selected), Radiance
- Polarized:** Diffuse , Near Specular

Buttons at the bottom: OK, キャンセル, 適用(A), ヘルプ

受光器の入力要素

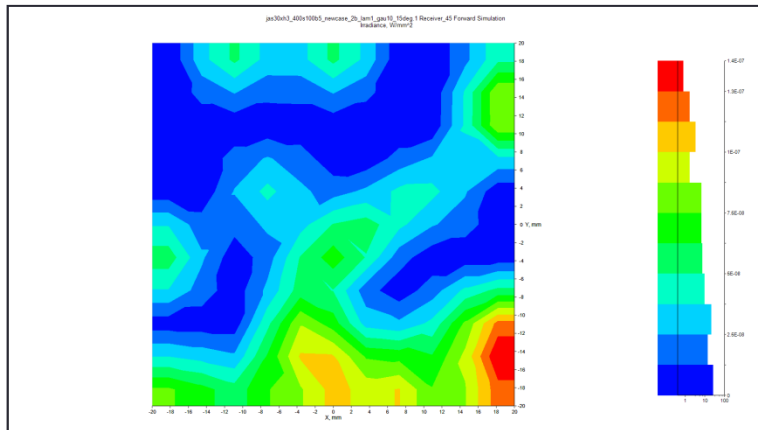
様々な計算結果を表示

メッシュ分割数や形状 計算結果 誤差 到達した光線本数 トータルパワー

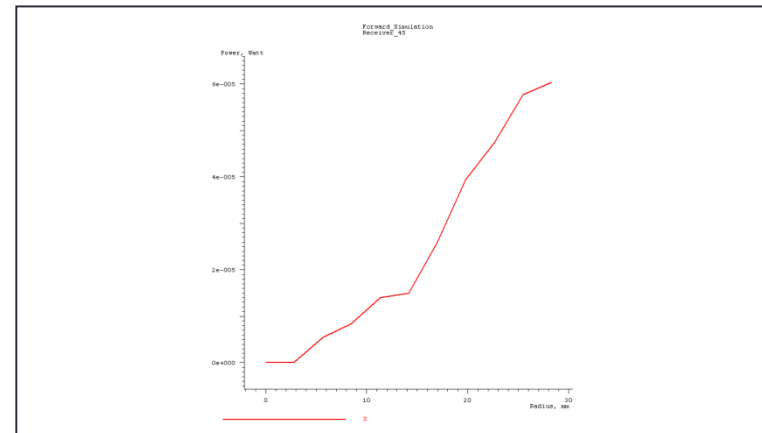


計算結果のグラフィカル表示

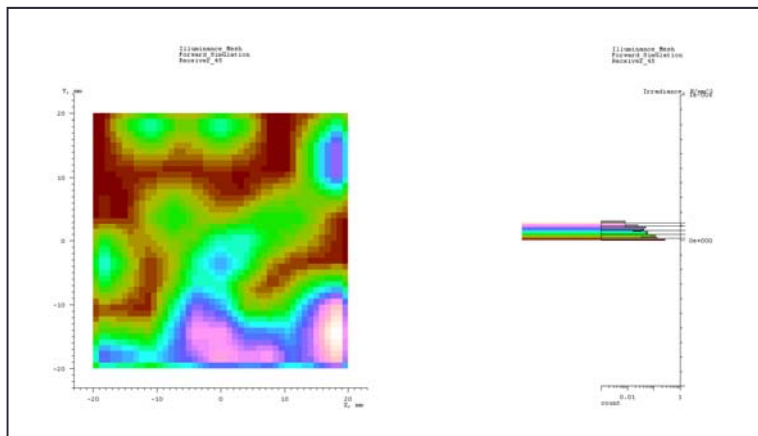
これらを組み合わせたカスタマイズ表示も可能



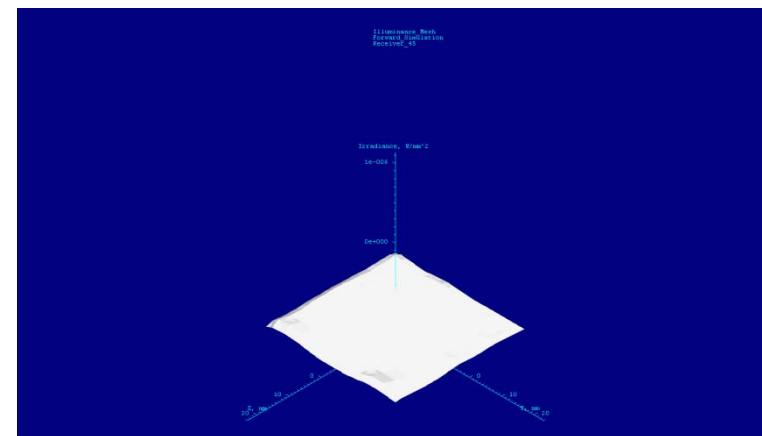
LUM Viewer



Encircled Energy



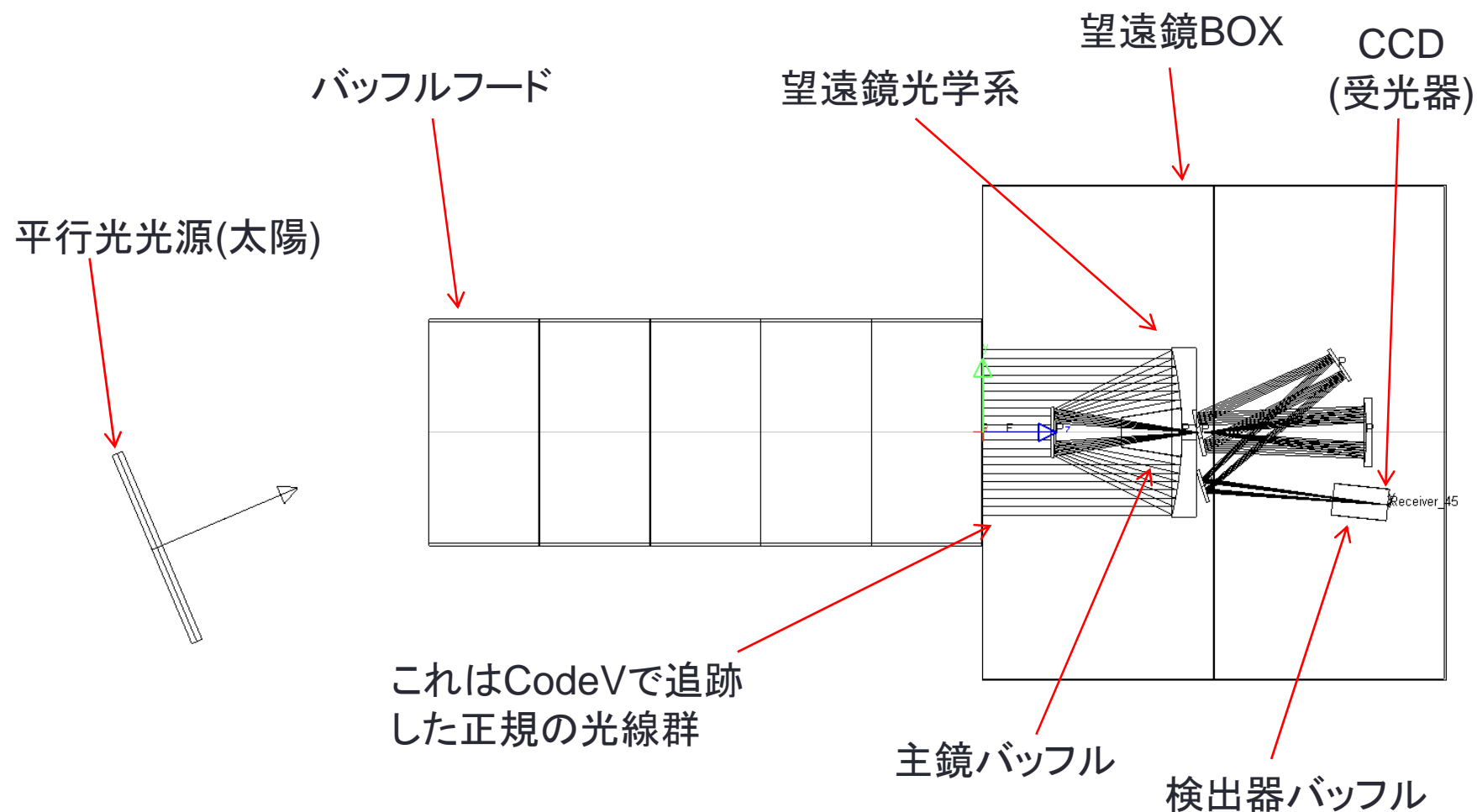
Raster Chart



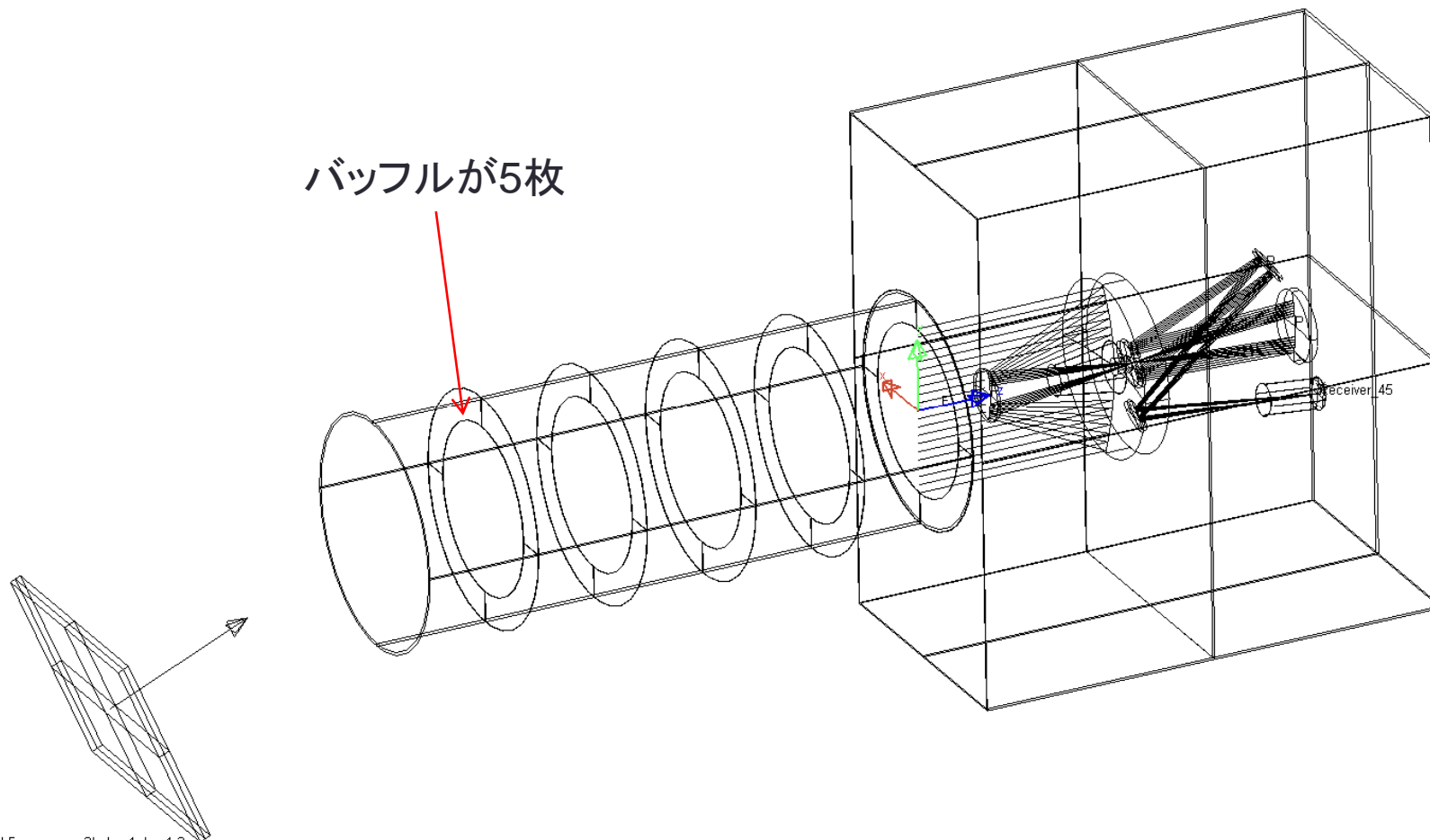
Surface Map

JASMINEの迷光解析

小型JASMINE全体のレイアウト

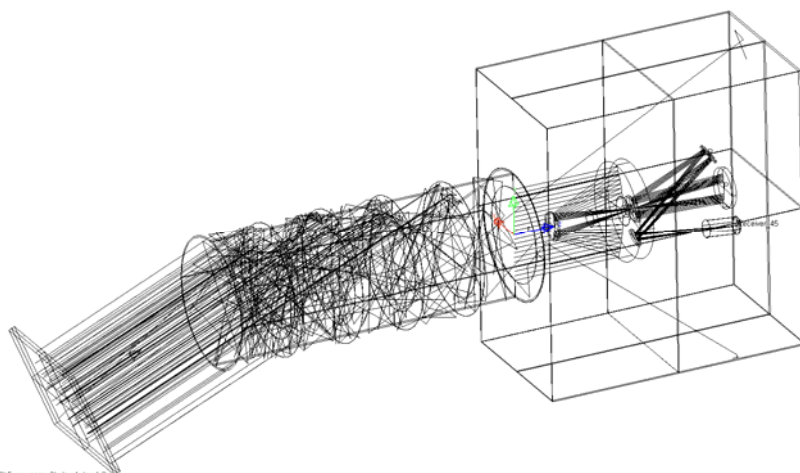


全体のレイアウト; 鳥瞰図

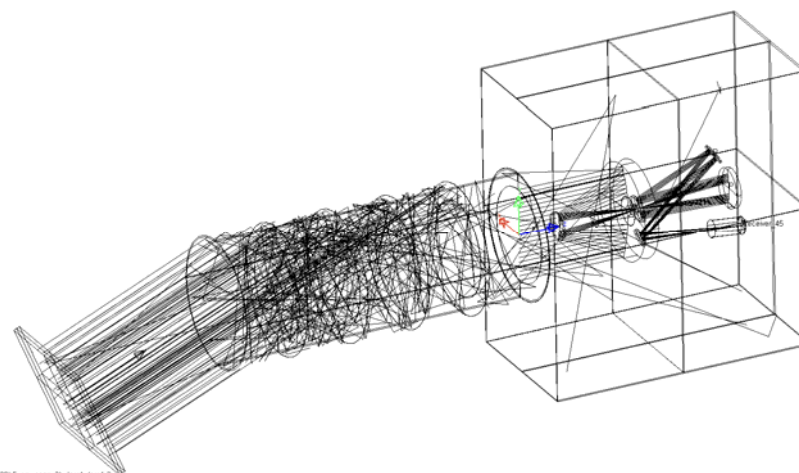


散乱光追跡の様子

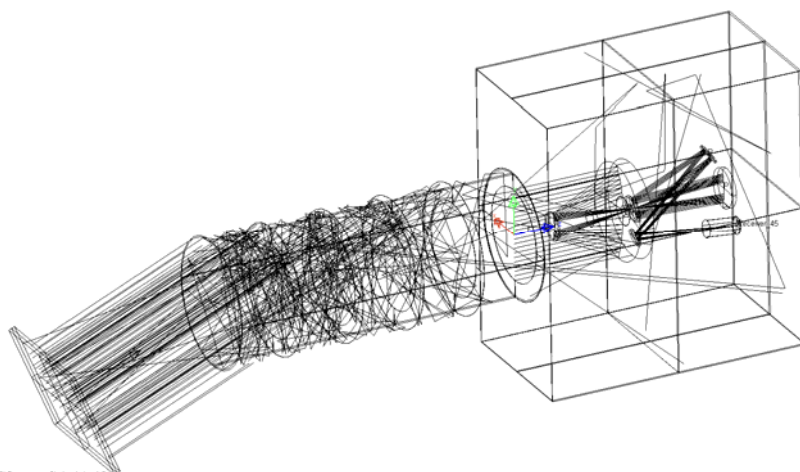
毎回異なる乱数で追跡するため結果が異なる



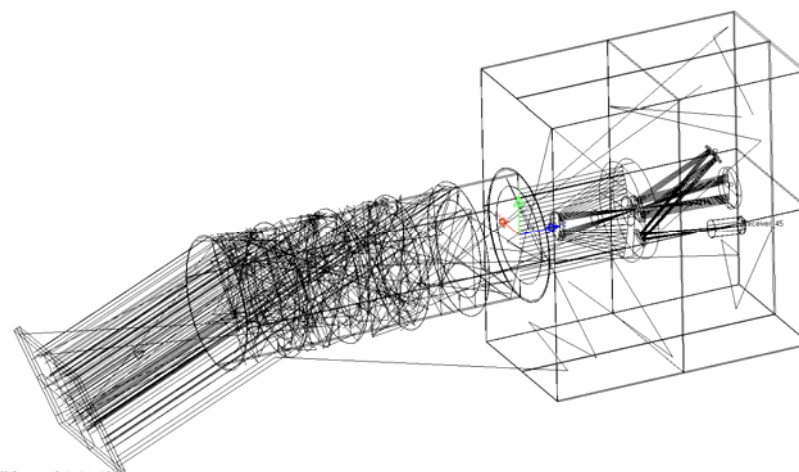
Dec 09, 2012
jav3Dv3_400x1000_6_newcase_2b_lam1_lam1.3
LightTools 7.2.0 SR1



Dec 09, 2012
jav3Dv3_400x1000_6_newcase_2b_lam1_lam1.3
LightTools 7.2.0 SR1



Dec 09, 2012
jav3Dv3_400x1000_6_newcase_2b_lam1_lam1.3
LightTools 7.2.0 SR1



Dec 09, 2012
jav3Dv3_400x1000_6_newcase_2b_lam1_lam1.3
LightTools 7.2.0 SR1

迷光強度分布の解析

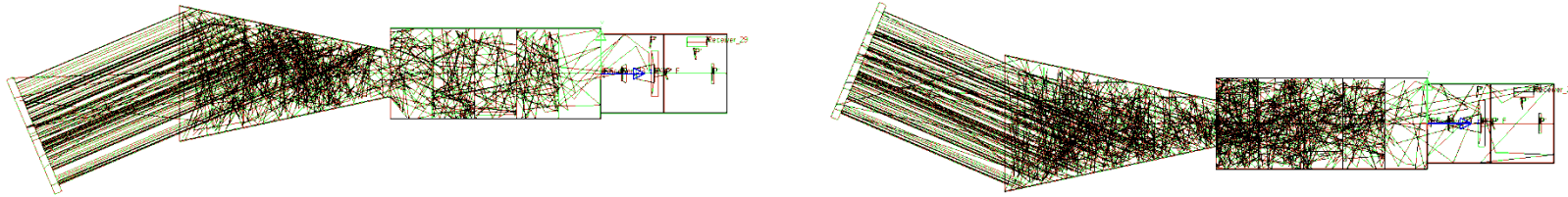
- CCD上で迷光が一様に広がらず、強度分布を持ってしまうと場所によって迷光の影響が異なり、後の解析が非常に面倒になる
- また、計算に非常に時間がかかるため、迷光は総量だけで合否を判断したい
- 強度分布を考慮する場合は受光面をメッシュに分ける必要があるが、計算精度は各メッシュに到達する光線本数のルートで決まるため、より多くの光線を飛ばす必要があるため
- 上記より、小型JASMINEで迷光に強度分布を持つ原因と、その対策方法に関して検討した

勾配の方向を決めている要因(1)

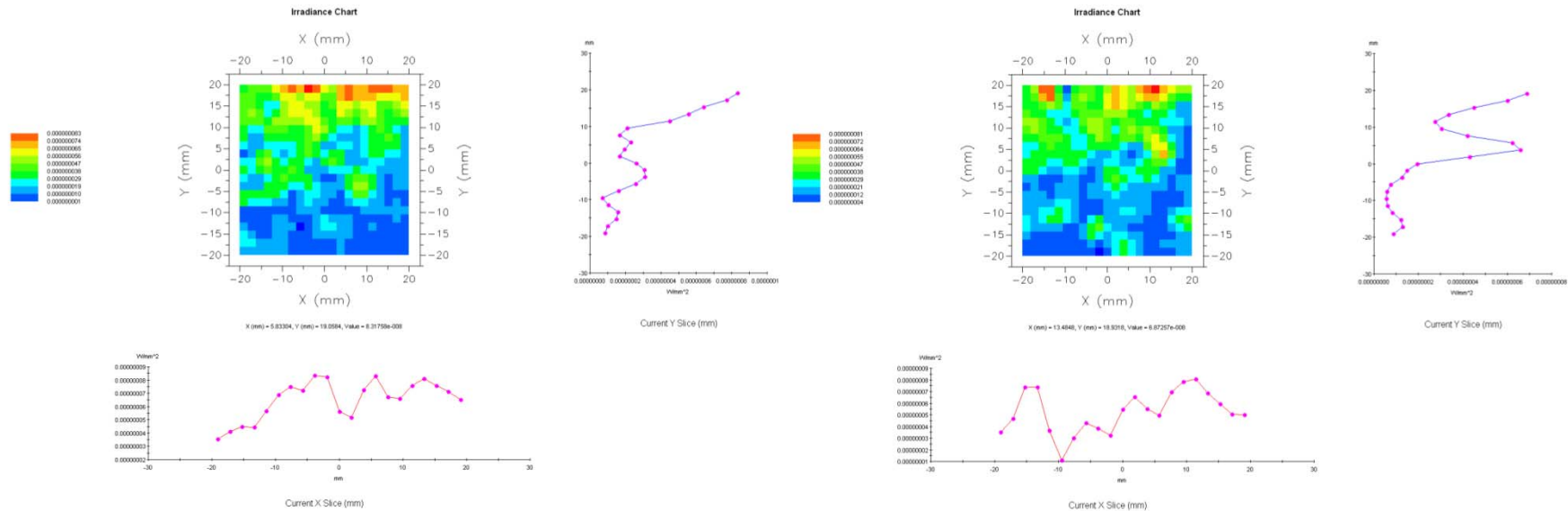
- フード直後の迷光強度分布はほぼ回転対称であるため、検出器上の勾配方向を決める要因は以下の二つと考えられる
 - フードから射出する光線の角度の偏り
 - 望遠鏡光学系の第1平面鏡以降の非対称レイアウト
- この確認のため、望遠鏡とフードの向きはそのまま、光源方向を180度逆にしたもので計算を行った
- 結果、勾配方向を決めているのは主に望遠鏡の非対称レイアウトであり、換言すれば「勾配は光源方向に依存しない」ということがわかった

勾配の方向を決めている要因(2)

少し前の2段フードの場合であるが傾向は同じ

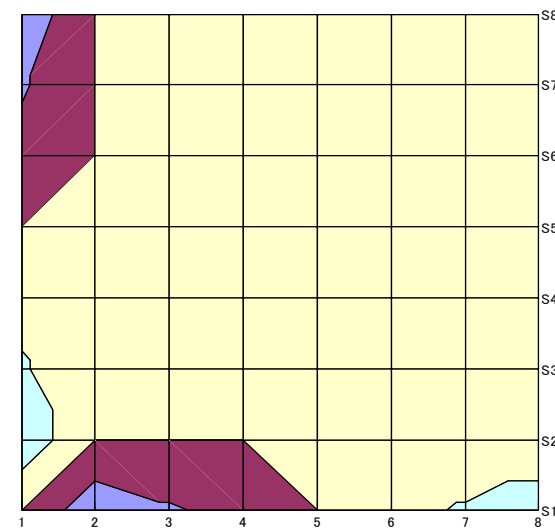
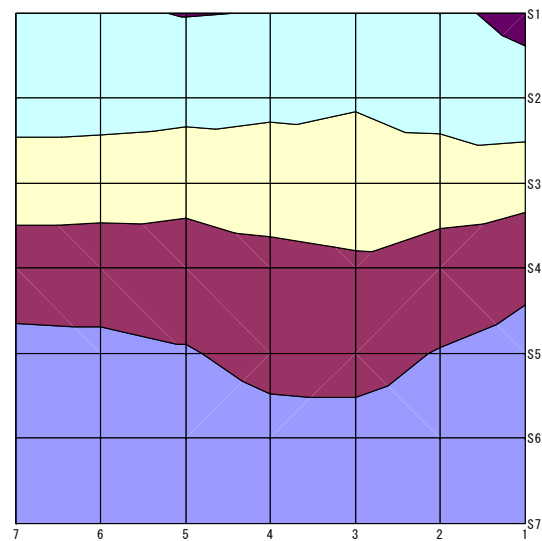
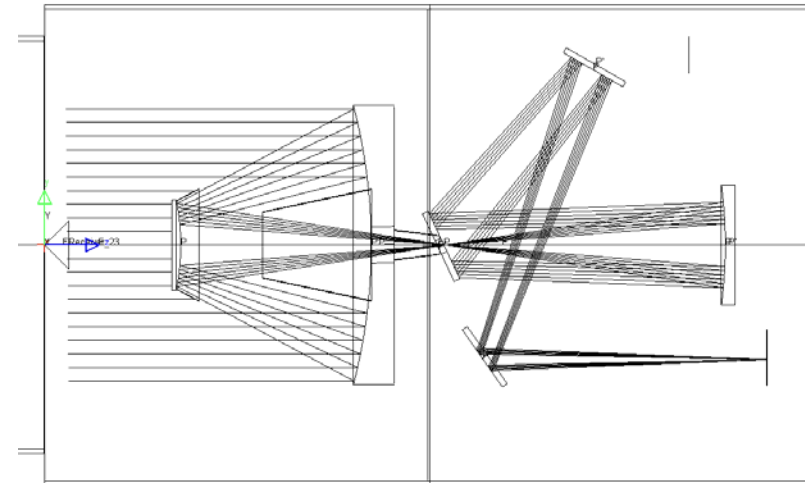
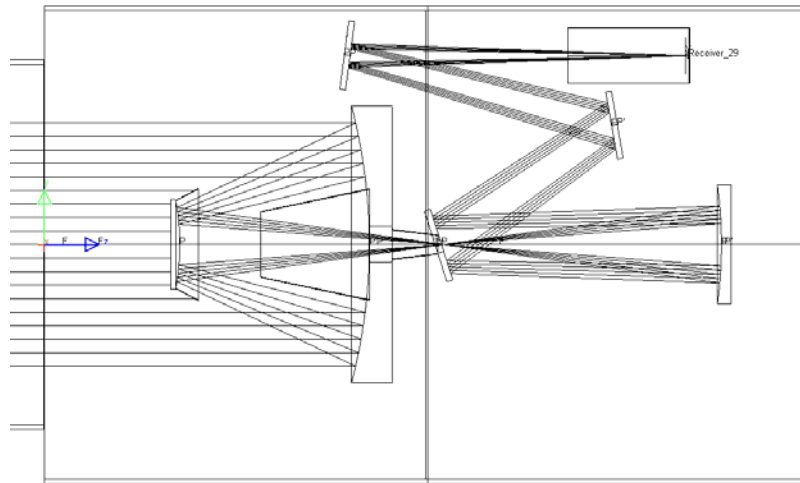


反転させても、強度分布は同傾向



対策方法

折り曲げミラーのレイアウトを変更し、対称っぽい光路に変更

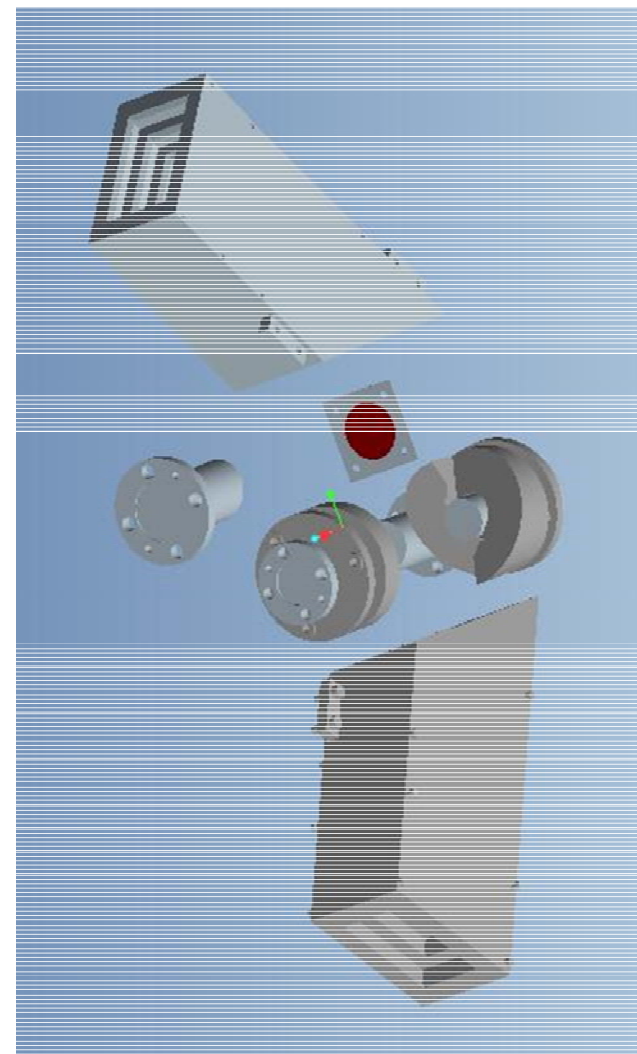
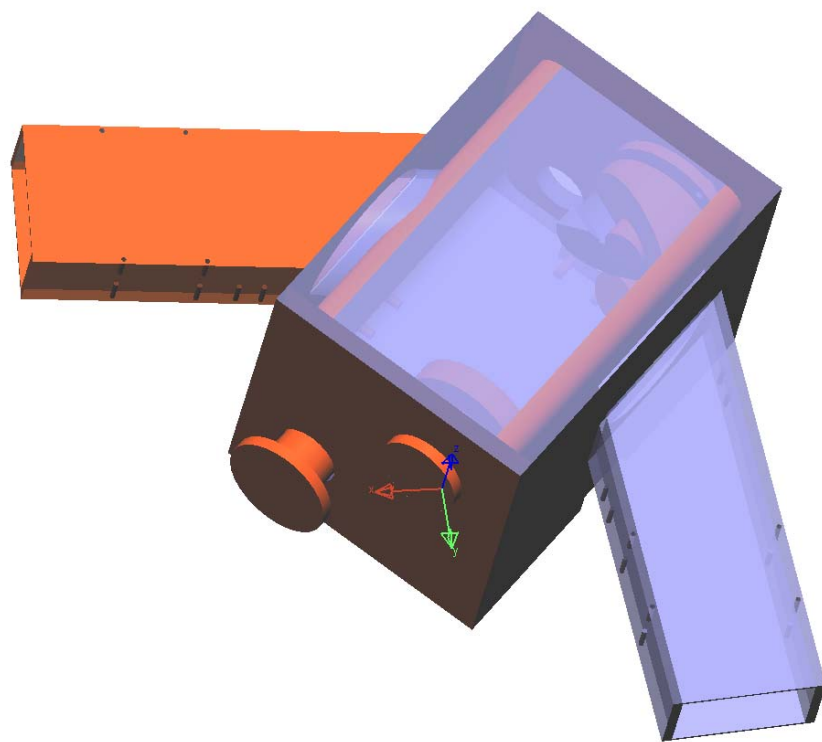


Nano JASMINEでの解析例

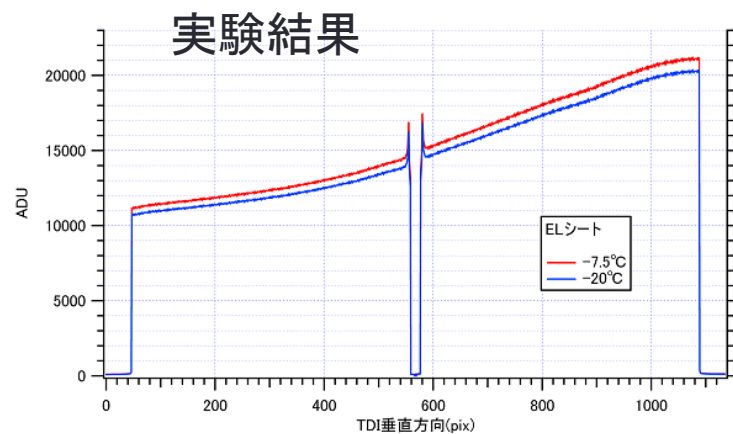
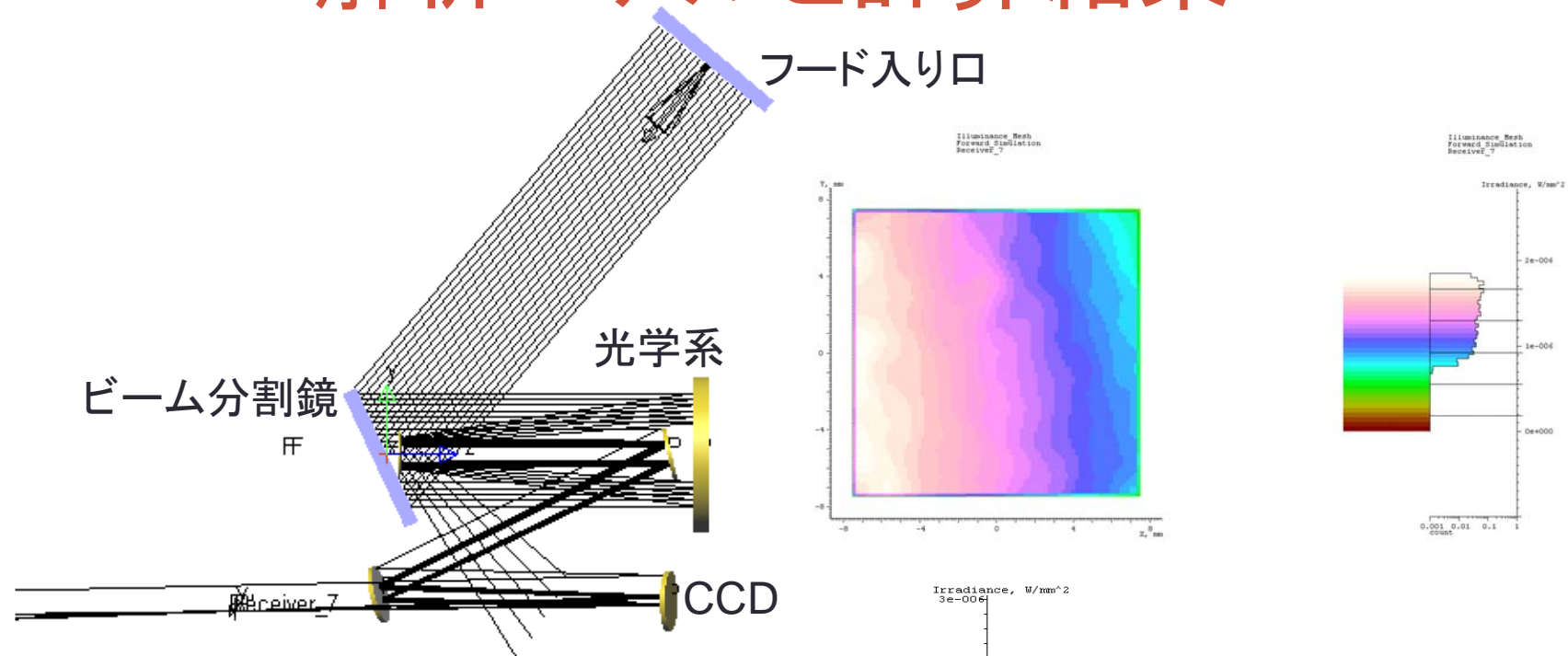
- Nano JASMINEの迷光解析はLightToolsでは行っていない(鹿島が参加する前なので・・・)
- フライトモデル(FM)が既に出来上がっているが、諸般の事情で打上が延期になっている
- CCDの一様性をチェックするため、開口部から光を入れて撮像したところ、**明らかな強度勾配**が見られた
- これが光の入れ方によるものなのか、CCDの特性がおかしくなっているのかを見極めるため、実験をモデリングして解析してみた
- 結果、光の入れ方が原因であることがわかった

Nano JASMINE光学系レイアウト

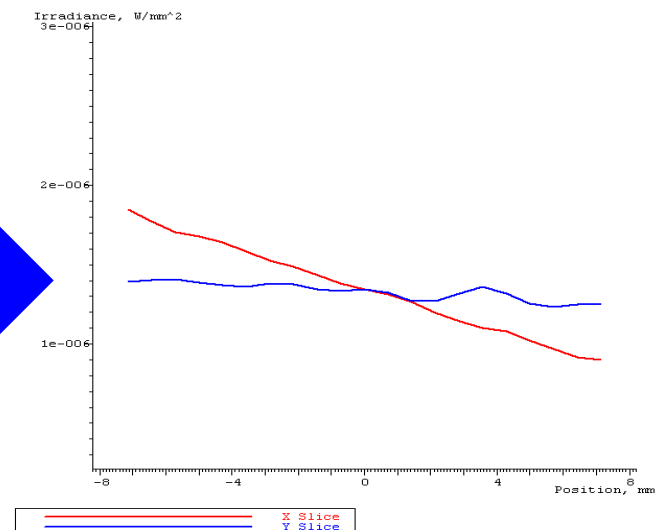
ビーム分割鏡を用いて、2方向を同時観測できている



解析モデルと計算結果



良く一致



まとめ

- 通常の光学ソフトではなかなかシミュレーション困難な、散乱を含む解析に非常に有用なツールである
- CodeVはかなり専門的で、使いこなしが難しいソフトであるが、LightToolsは直感的で、使いこなしやすいソフトである
- モンテカルロなので、多数の光線を飛ばさないと精度の良い結果が出ず、計算に時間がかかるのが玉に瑕であるが、結果は非常にreasonableで有効である
- 望遠鏡の開発に携わっているものには、是非使って欲しいソフトである
- 正規に買えば600万円だが、アカデミック版なら10万円/年で使えるので、皆さん是非とも導入して下さい