
# Ashra実験：
# 測定器開発の現状

2004．4．22　@宇宙線研セミナー

Ashra-1　Collaboration

東大・宇宙線研・浅岡陽一

## 内容

1. Ashra検出器
   - Ashra実験概要
   - 検出器概略
2. プロトタイプ
   - 16”UVII
   - 2/3スケール望遠鏡
3. 実機製作
   - 24”UVII + 望遠鏡
   - 光電撮像パイプライン/トリガーセンサー/CMOSセンサー
   - サイト
4. 性能評価
   - TeV γ線観測
5. まとめ

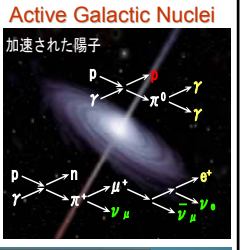
UV用大口径イメージインテンシファイア
＝UVII

# 内容：Ashra検出器

- Ashra実験概要
  - Ashra実験
  - 計画
- Ashra検出器
  - 望遠鏡
  - 光電撮像系
  - トリガー/CMOSセンサー

# Ashra実験

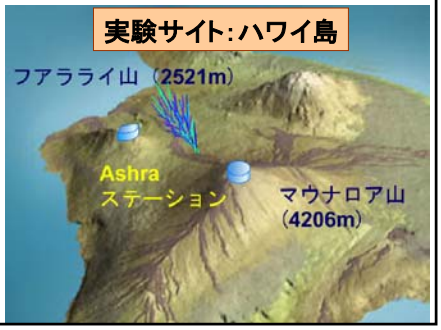
**Ashra ：チェレンコフ、大気蛍光の観測を行う新しい検出器**


空気シャワーの撮像

**特徴:**

- 全天監視　⇒ 2π sr
- 高分解能　⇒ 1分角
- 同時観測
  - TeV γ
  - EHE p/γ
  - VHE ν




**Ashra ステーション:**

- 12 望遠鏡 / ステーション
- 全天 (2π sr) / 80Mピクセル
- 光学系と光電撮像パイプライン

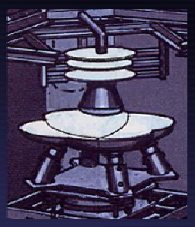
# Ashra Project Plan

Ashra研究代表者
佐々木真人

2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007

**phase 0**
R&D

sub-telescope



prototype in labo.

**phase 1**
Pioneering

1 + 1/3 stations

2 Mt.s on the Hawaii Is.

**phase 2**
High Statistics

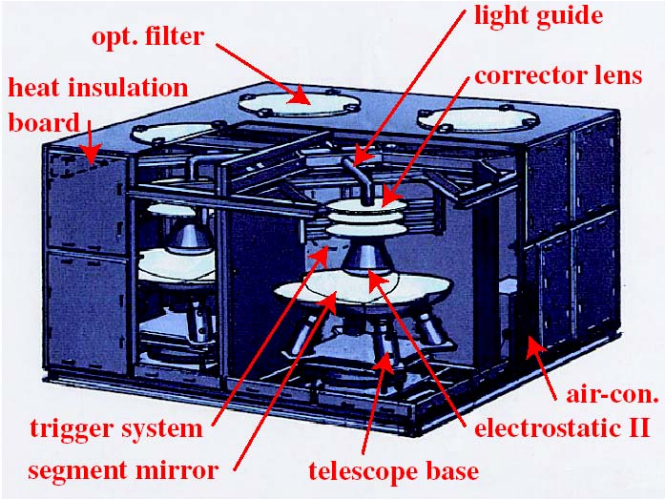
complete 3 stations

3 Mt.s on the Hawaii Is.

Ashra-1

# Ashra検出器：望遠鏡

望遠鏡




望遠鏡：
i) 4台の副望遠鏡
ii) 光電撮像系

4台の副望遠鏡は、高いコスト効率でより大きな集光力を得るため、同じ視野を向いている。

# Ashra検出器：望遠鏡

望遠鏡

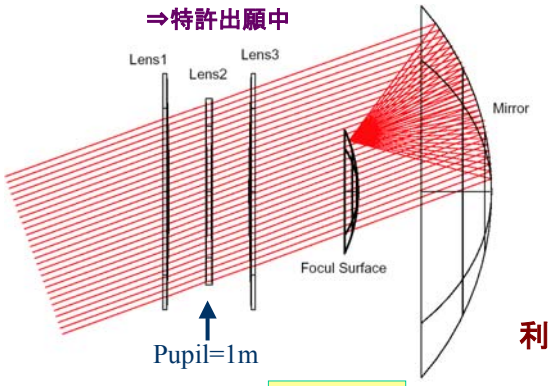

望遠鏡：
i) 4台の副望遠鏡
ii) 光電撮像系

4台の副望遠鏡は、高いコスト効率でより大きな集光力を得るため、同じ視野を向いている。

# Ashra検出器：光学系設計

**修正Baker-Nunn**

⇒特許出願中




F/0.74

- シュミット型光学系
- 球面鏡（分割鏡）
- 球面焦点面
- 補正レンズ系

**利点：レンズ形状最適化の自由度が大きく、収差を消すことが可能**

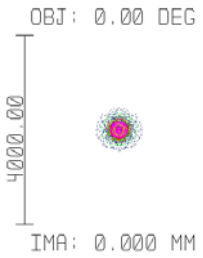
1. 球面収差
2. 色収差

詳細：

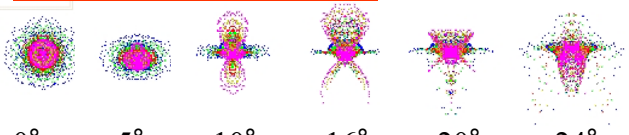
*M.Sasaki et al, NIM A492 (2002) 49*

# Ashra検出器：光学系性能

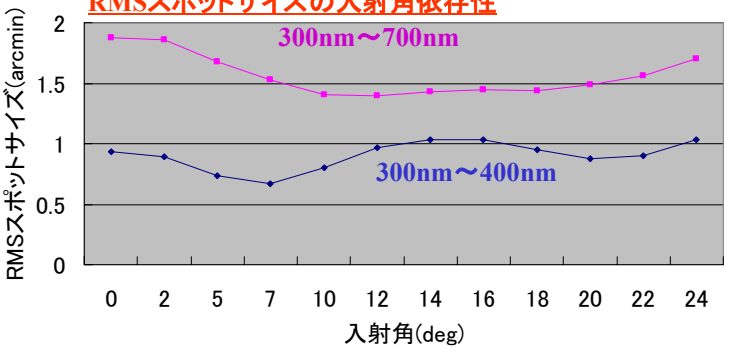
**レンズ有効径：φ1180mm-φ1000mm-φ1180mm**

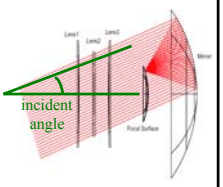



**最適化後のスポットダイアグラム**




**RMSスポットサイズの入射角依存性**

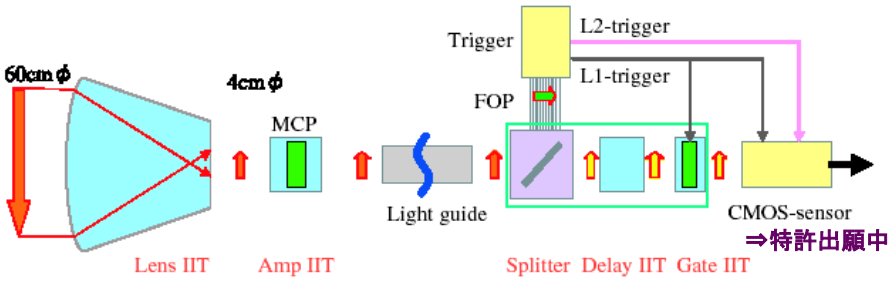



**By H.Usami**

# Ashra検出器：光電撮像系

**光電撮像系** ⇒特許出願中




## 高精度・高S/N・自己トリガー可能なイメージパイプライン

1. パイプライン化されたI.I.による輝度増幅
2. 光分配と蛍光面での光遅延を用いた自己トリガー
   - 信号の時間スケールは ns～μs
   - 高S/Nを確保するには露光時間制御が必須
3. CMOSセンサーによる精細画像取得

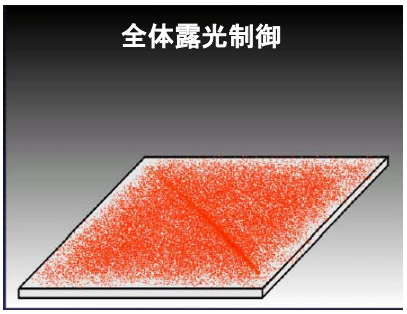
# Ashra検出器:トリガー/CMOSセンサー

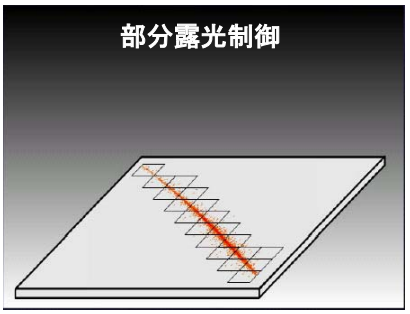
**トリガーセンサー**

1. MCPにより増幅した信号を128×128 ピクセルでピクセルごとに波高弁別
2. X, Y 方向から、Wired OR された信号(On/Off)をとりだす
3. <30ns でCMOSセンサーへ出力を出す

**CMOSセンサー**

1. トリガーセンサーの信号をうけて、128×128のマクロセルで部分露光制御
2. 1kHzのトリガー頻度に対応するため、部分読出しを行う



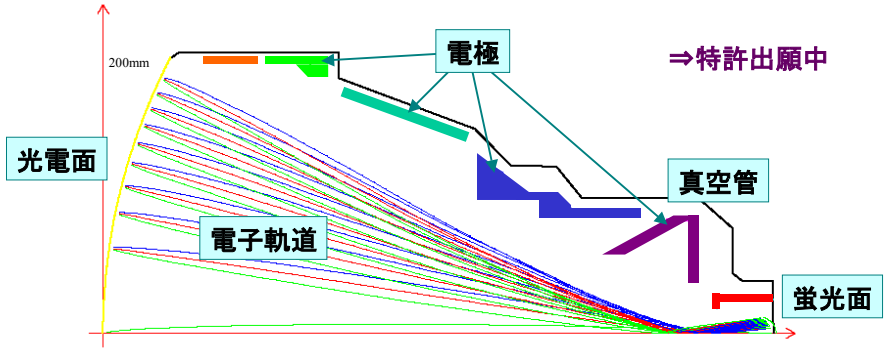

# 内容:プロトタイプ

1. 16" UVII
   - 開発
   - 性能評価
2. 2/3スケール望遠鏡
   - 光学要素開発
   - 光学系調整
   - 恒星観測による性能評価

# 16” UVII機能

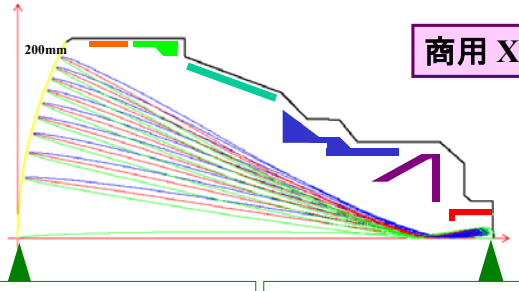
**UVIIの機能**: 1. 焦点面を形成
2. 固体撮像素子のレベルまで像を収縮

PMTアレーを用いた他の競合実験と比べて、Ashra実験が抜群のピクセルコストを実現する要因



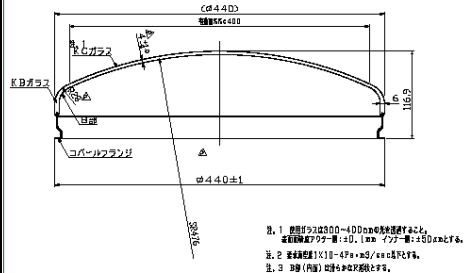

φ400mm　**焦点面 ⇒ CMOSセンサー**　φ25mm

# 16” UVII設計

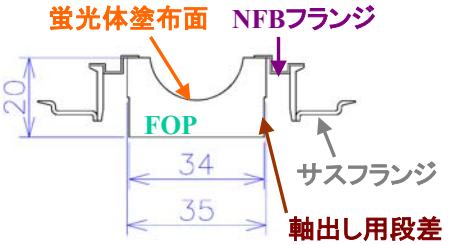



**商用 X線 I.I.の改造**

## 入力光電面

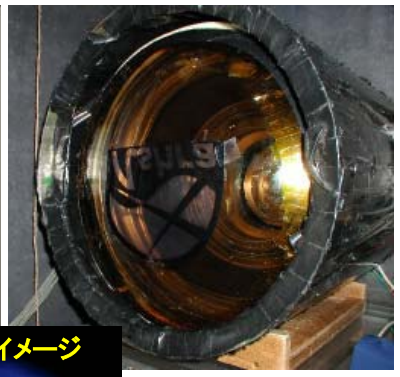



## 出力蛍光面



# 16” UVII 1号管

2004.1.14



出力面イメージ

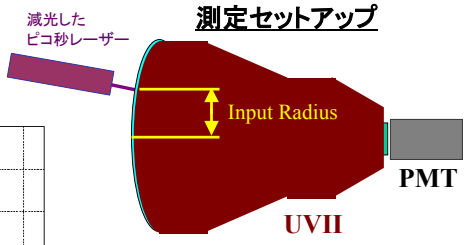
光電面を点光源を
用いて照射

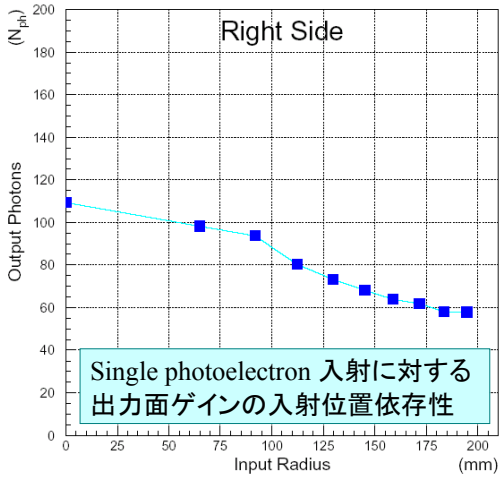
**16” UVII の試作に
初めて成功！**

入力面は未研磨品

# 1号管 出力面性能評価

パルスレーザー(415nm) を用いて、
single photoelectron 入射に対する
ゲインを測定した。



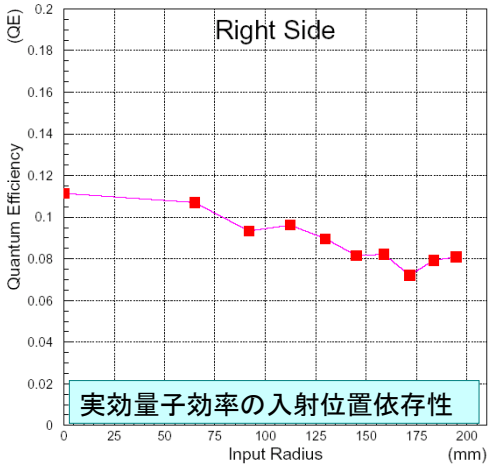




Single photoelectron 入射に対する
出力面ゲインの入射位置依存性

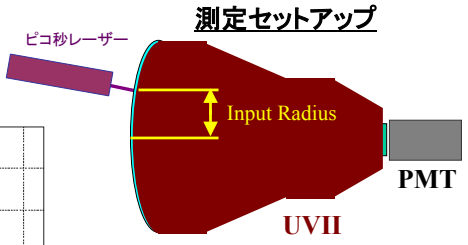

P47蛍光体の減衰特性

# 1号管　光電感度評価

パルスレーザー(415nm) を用いて、
量子効率×収集効率の判明している
PMTとの相対的な感度から計算した




**測定セットアップ**




**実効量子効率：**

1. 入射ガラスの透過率
2. 光電変換効率
3. 収集効率
4. 出力面のinefficiency

を全て考慮した、
**「実際に信号が得られる確率」**

# 16” UVII　2号管

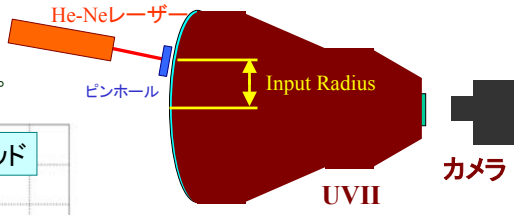


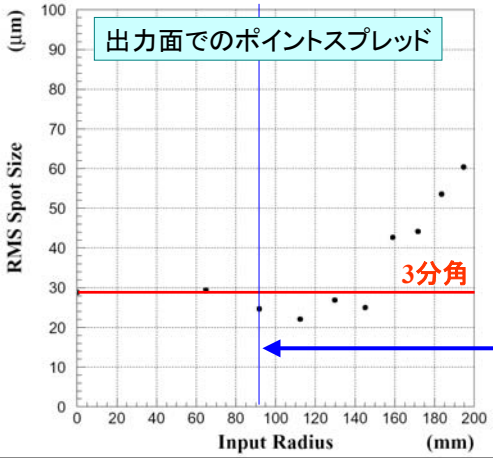
**中心での解像度として、3Lp/mm を達成。**
**3Lp/mm はほぼ1分角の解像度に対応。**

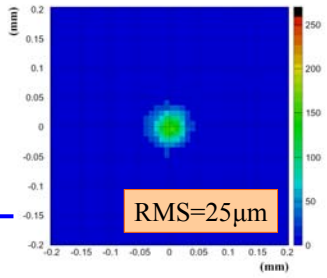
# 2号管　解像度評価

電極間での放電によって、本測定の際には1.6Lp/mm に性能が劣化していた。
⇒ 企業に送り返さないと性能を回復できない。

**測定セットアップ**



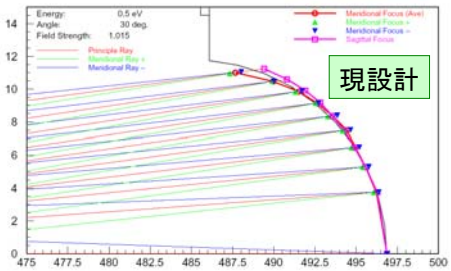

# 16”UVII 3号管 設計改良

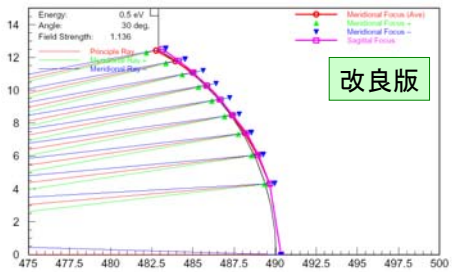
**改良点:**

1. 電子レンズ系
   - 入力面の形状変更に伴い、電場が最適ではなくなっていた ⇒ 再最適化
   - 特に周辺部の解像度を改善。
2. 出力面形状
   - 利得の位置依存性を軽減するために、凹面を浅くする。
   - 蛍光体塗布の条件だし
3. 製作プロセスの改良
4. 4月製作予定

**1分角の解像度**
**周辺部解像度**
**ゲインの入射位置依存性改善**

電子レンズフォーカス:出力FOP部

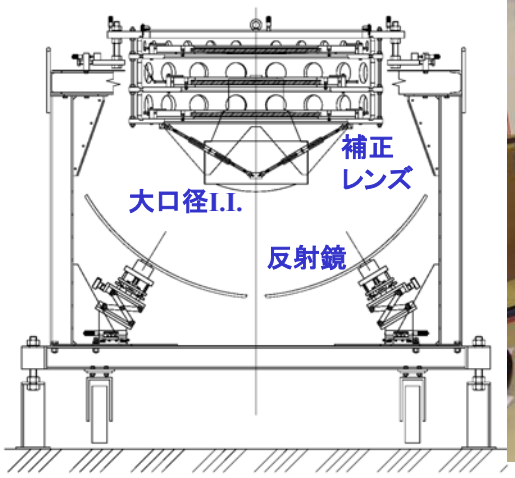


# 2/3スケール試作望遠鏡

**光学系統合試験** ⇒ **UVIIを用いた、超広角望遠鏡の実現**

- **分解能1分角の達成**
- **調整方法の確立**



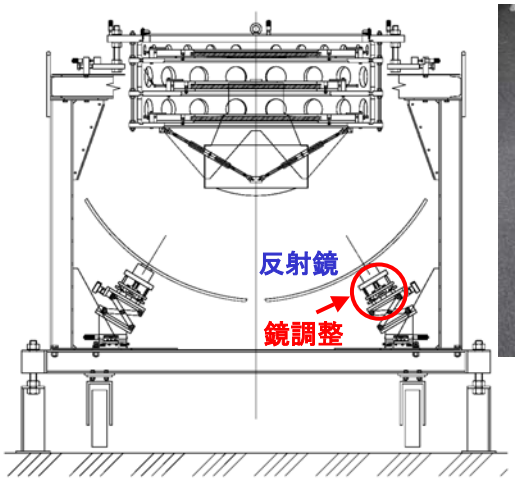


# 反射鏡試作

テンパックスガラス、鋳造・研磨、4枚の分割鏡

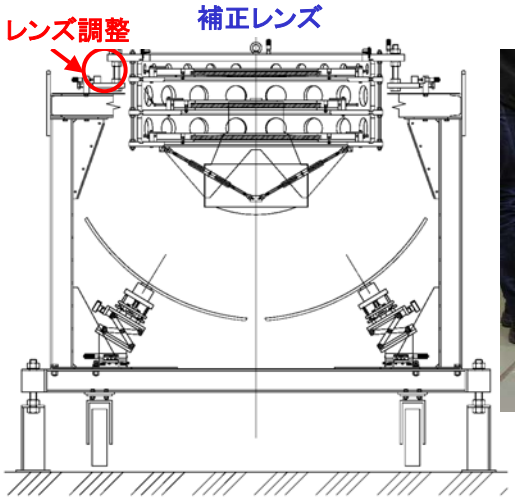
要求精度（表面粗度< 20nm、スポットサイズ < 0.1mm、曲率半径 ± 0.1%）

→達成




# 補正レンズ試作

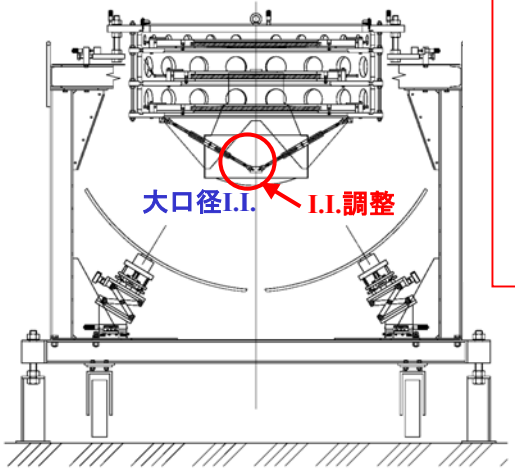
UV透過アクリル樹脂、直接切削（＋研磨）

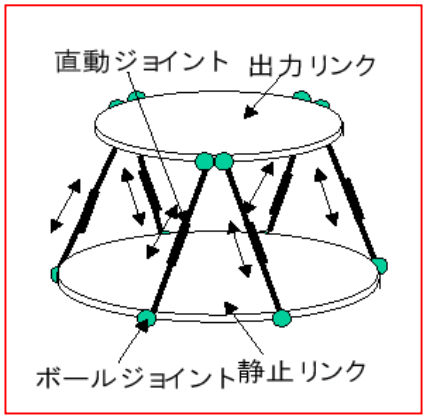



# UVII調整機構

**スチュワートプラットフォーム**

焦点面（x, y, z, θ , φ , ρ ）⇔
棒の長さ（L1,L2,L3,L4,L5,L6）




すばる副鏡の支持に
使用されている方法

Suggested by Y.Kobayashi@NAOJ

# 光学系調整

1. **粗調整**　人工光源

   目標：　星の観測が可能なレベルまで人工光源で調整

   (a)　反射鏡　　F値が小さい＝焦点深度が浅い

   (b)　補正レンズ系

   (c)　UVII 焦点面

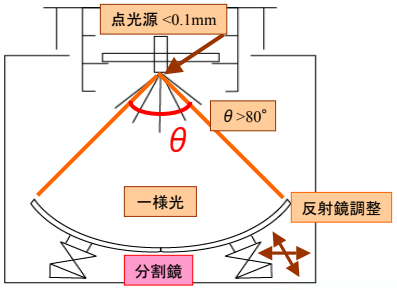
2. **微調整**　星（理想的な平行光源）

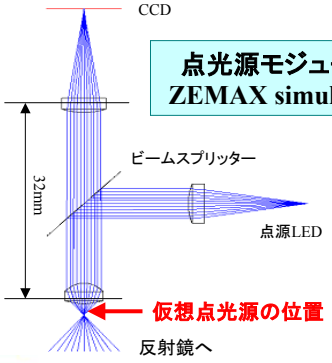
   目標：　全視野で1分角の分解能

**一貫した調整法の確立**

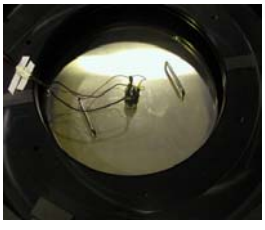
# 粗調整（a）反射鏡調整

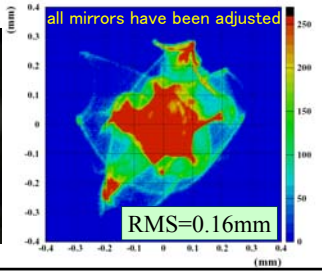
分割鏡の曲率中心を一致させる




**点光源モジュール**
**ZEMAX simulation**

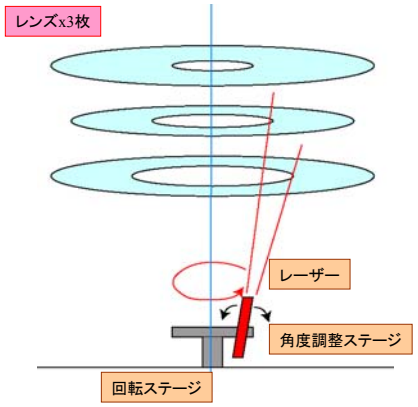





**4枚の分割鏡の調整完了。**

# 粗調整(b) 補正レンズ調整

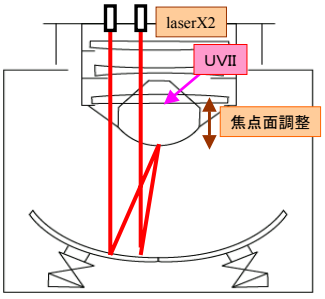
レンズ系の軸調整　⇒
回転ステージにのせたレーザーと
レンズ内側の穴のエッジを合せる

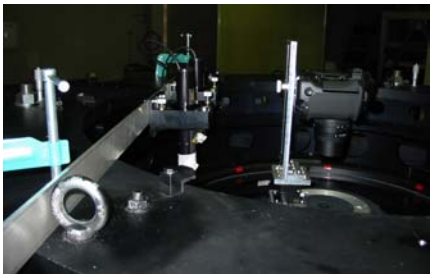




# 粗調整(c) UVII 焦点面調整

単純化したHaltmanテストを使用　⇒ 焦点化の前後でも光束を追える。

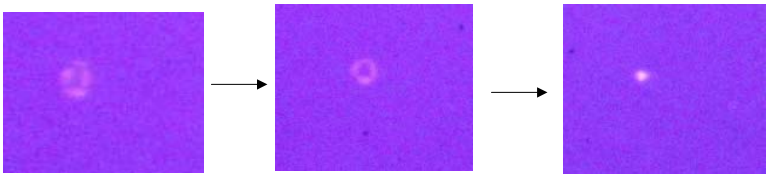


# 2. 光学系微調整


星の撮像に成功＝粗調整の目標を達成

# 星の撮像　微調整



4枚の鏡からのスポットが非対称に。

**鏡の調整が狂った**

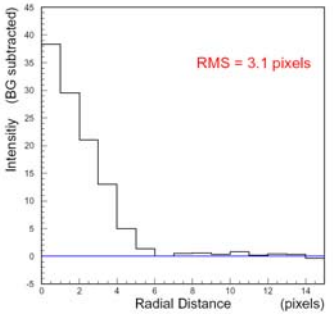
**→鏡の再調整**

円形に並んだ。

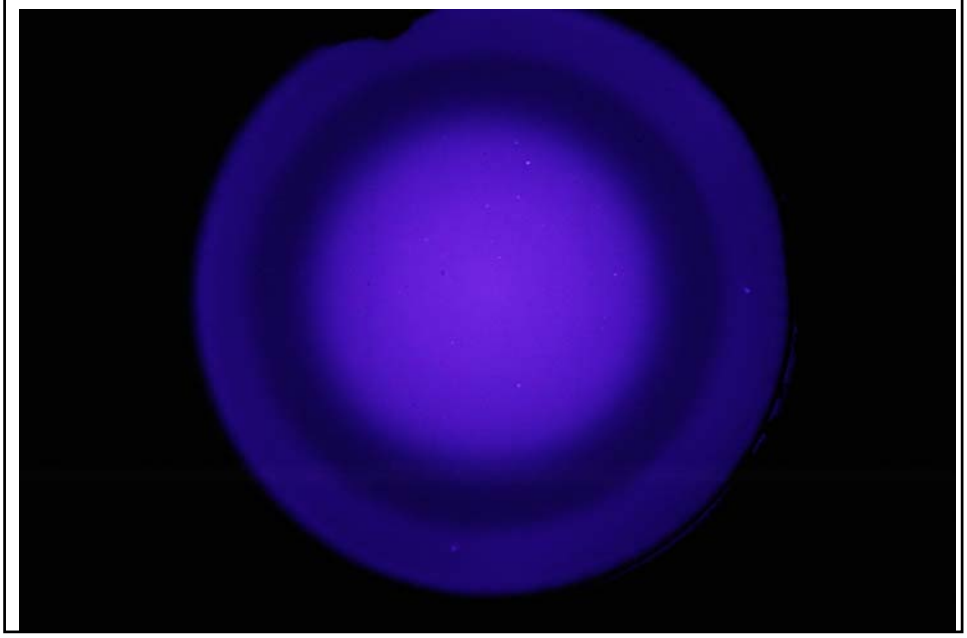
**I.I.焦点面が上下に変位。**

**→I.I.の調整**

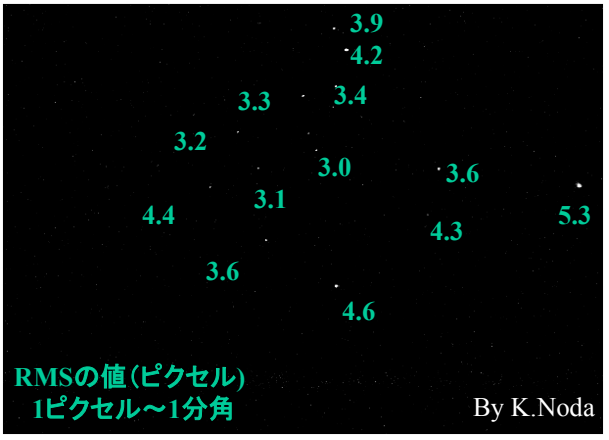
**一致！！**



# 星の撮像：生データ



# 星の撮像　微調整




イメージインテンシファイアを焦点面とした、
“超広角望遠鏡”というコンセプトが実現

# プロトタイプ望遠鏡まとめ

1. 16インチ口径のUV＆可視光用イメージインテンシファイアの開発に世界で初めて成功
2. Ashraの重要コンセプトである、イメージインテンシファイアを焦点面とした、超広角望遠鏡を実現

# 内容：実機製作

1. 望遠鏡
   - 24”UVII 開発
   - 望遠鏡製作
2. 光電撮像パイプライン
   1. 設計 … lens/ZEMAX
   2. 製作
3. トリガーセンサー
4. CMOSセンサー
5. テストサイト

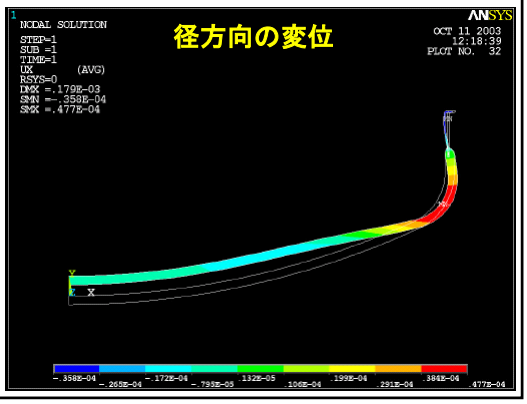
# 24”UVII 開発

1. 16インチ製作の経験を元に1.5倍のスケールアップを目指す
2. 入力ガラス光電面の開発が最大のR&D項目
   - ANSYSによる耐圧強度計算 ⇒ OK
   - 製作プロセス検討
3. 電子レンズ系の計算 ⇒ OK
4. 管製作における設備の検討 ⇒ ほぼOK
5. 出力蛍光体の改良

**24”用面板の製作:**

1. 「吹き」で製作するための限界を超えている
   - φ700mmX8mm厚
   - R=714mm
   - 表面精度<0.1mm
   - 紫外線(>300nm)透過
2. 新たな製作方法が必要
3. 完成した面板は火加工にてKOVフランジを溶着する

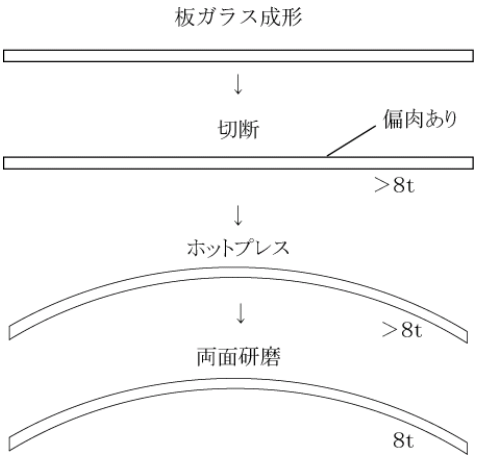
⇒ 24”UV-I.I.の鍵となるR&D




# 24”UVII入力面板成形方法

**面板成形方法:**

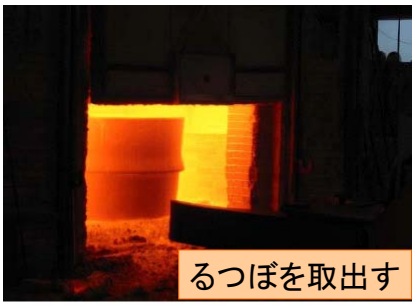
1. ガラス素材の粘土るつぼによる光学溶解
2. ガラス塊を取得 ⇒完了！
3. 型落し成形
   ⇒φ760mm 円筒ガラス
4. スライス
   ⇒φ760mm板ガラス完成
5. ホットプレス工程へ




16”用入力面成形で、面板の偏肉が加工を著しく難しくしていたが、本工程では改善される。

⇒ 16”と同様の工程で火加工によりKOVフランジを融着

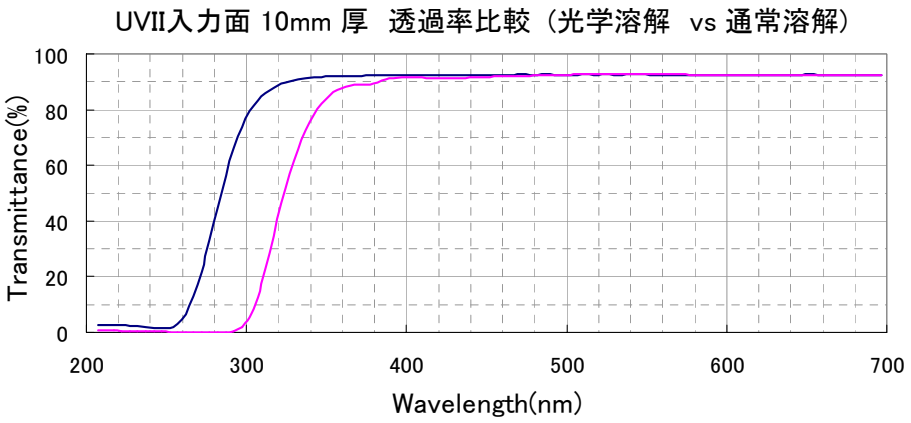
# ガラス素材の溶解と、塊の収穫


るつぼを取出す


パレットに設置


収穫したガラスをパレットへ

# 24”UVII入力面ガラス素材




KOVと同等の熱膨張係数を持つガラスの中では、短波長側での透過率がとても高いガラス素材を手に入れることに成功。

# 24”UVII 出力蛍光体開発

より崩壊幅が短く、より高輝度の蛍光体が望ましい

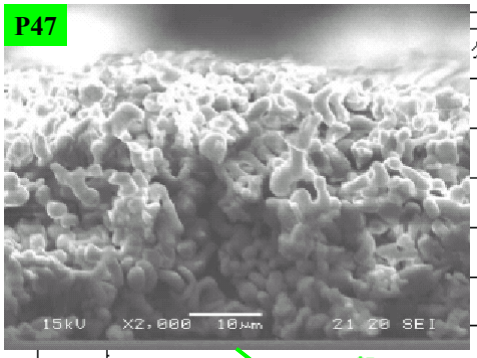
| 蛍光体名 | photons/MeV | Decay Const. |
|---|---|---|
| P47 | 4000 | 110 [ns] |
| LSO | 27000 | 11,36 [ns] |

**LSOが有望。粉体を作成する。**
**第一回のサンプルが完成。**

| 蛍光体 | 化学組成 |
|---|---|
| P47 | $Y_2(SiO_4)O:Ce$ |
| LSO | $Lu_2(SiO_4)O:Ce$ |
| P46 | $Y_2Al_5O_{12}:Ce$ |
| LAG | $Lu_2Al_5O_{12}:Ce$ |

表 1: 蛍光体の化学組成。”:Ce”とは、セシウムがドープされている事を示す。

# 蛍光体サンプル



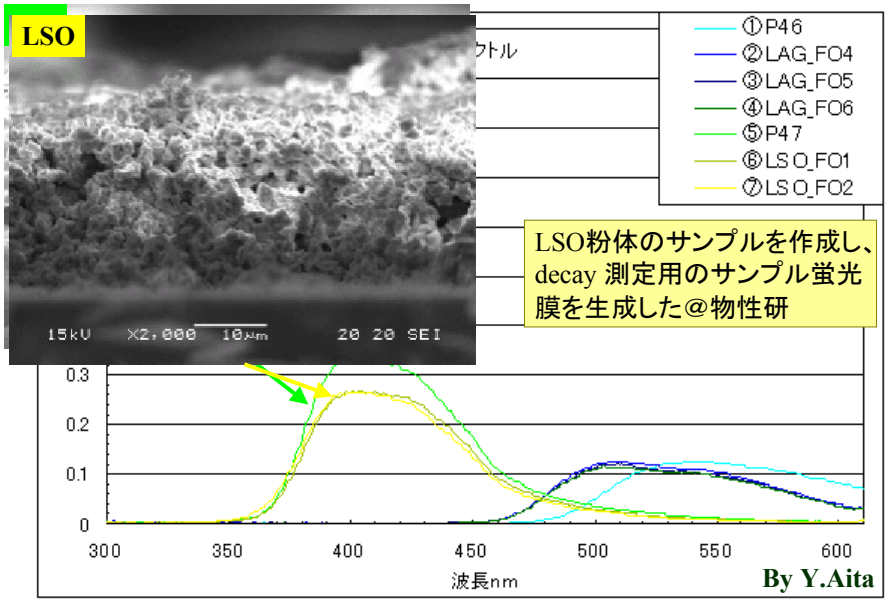




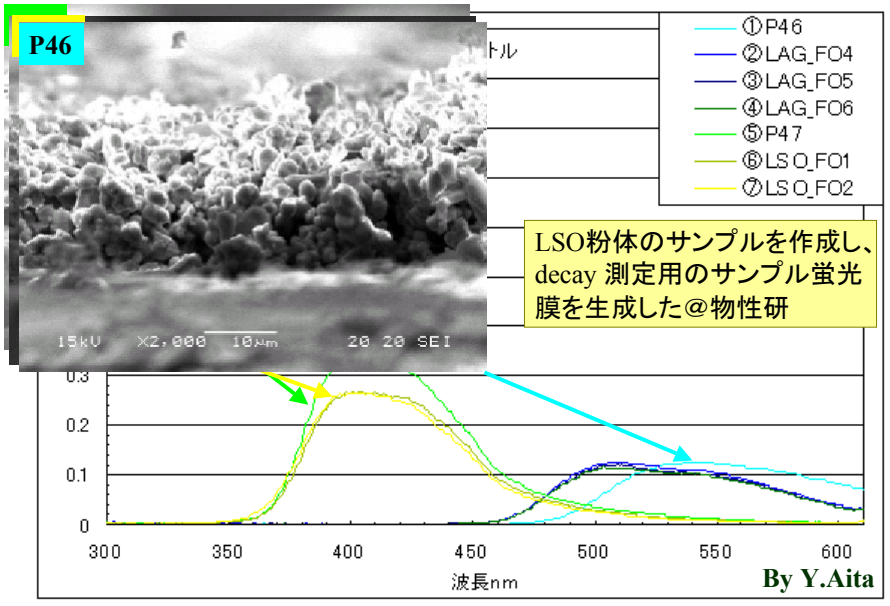
LSO粉体のサンプルを作成し、decay 測定用のサンプル蛍光膜を生成した＠物性研

By Y.Aita

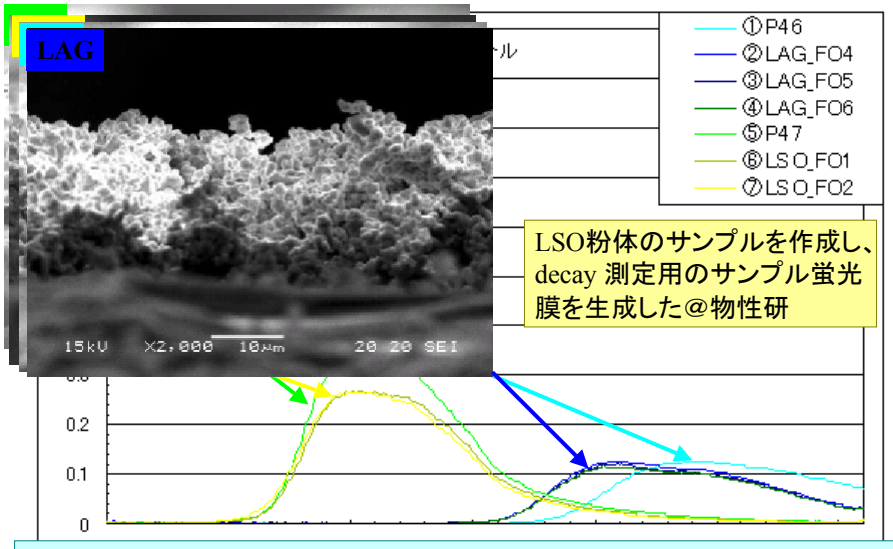
# 蛍光体サンプル




# 蛍光体サンプル



# 蛍光体サンプル

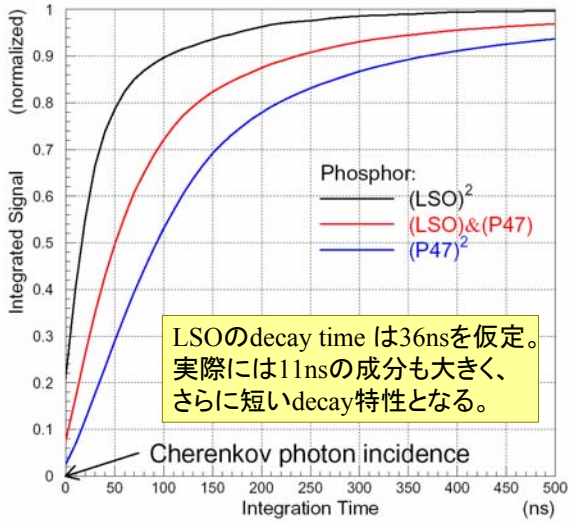



LSO粉体のサンプルを作成し、decay 測定用のサンプル蛍光膜を生成した＠物性研

KEKにて、線源を用いて崩壊幅の測定を実施中 by Y.Aita

# LSOの効果

**UVII, Amp II の蛍光体によるトリガー用信号のなまり具合**




LSOのdecay time は36nsを仮定。実際には11nsの成分も大きく、さらに短いdecay特性となる。

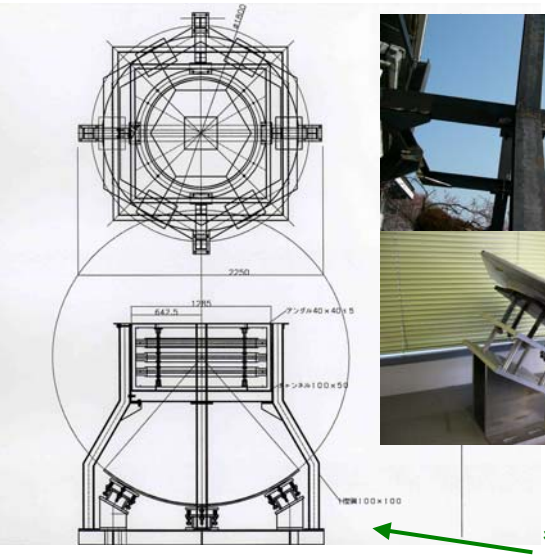
全電荷で規格化した、信号の時間積分

LSOは圧倒的に早い。チェレンコフ光のような、もともとの信号幅が短い信号に対しては、積分時間を短くできるため、S/N比の向上が見込める。

**とても重要な開発**

# 望遠鏡製作

試作機の経験を元に設計



組立て中の写真

分割鏡アオリ

各鏡をしっかり支持するために
6角形にフレームを入れる

# 光電撮像パイプライン：リレーレンズ

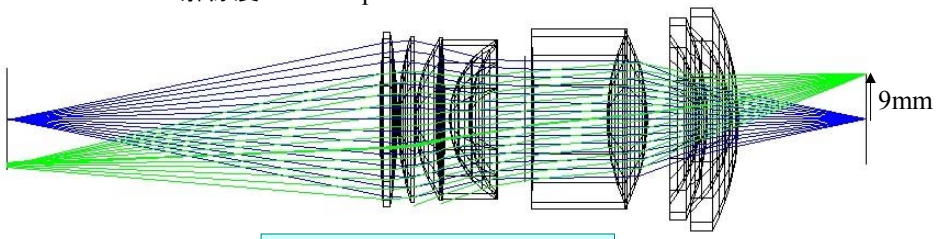
光電撮像パイプラインは、リレーレンズと近接型IIを連結したもの。
コストはリレーレンズの値段によって決まる。要請は以下のとおり。

1. 解像度
2. 中心・周辺光量比
3. 小さいF値

⇒ **市販のカメラレンズを使用**

解像度の実測、レンズ形状・材質の測定から、
レンズ系をシミュレーションで再現し、性能を評価。

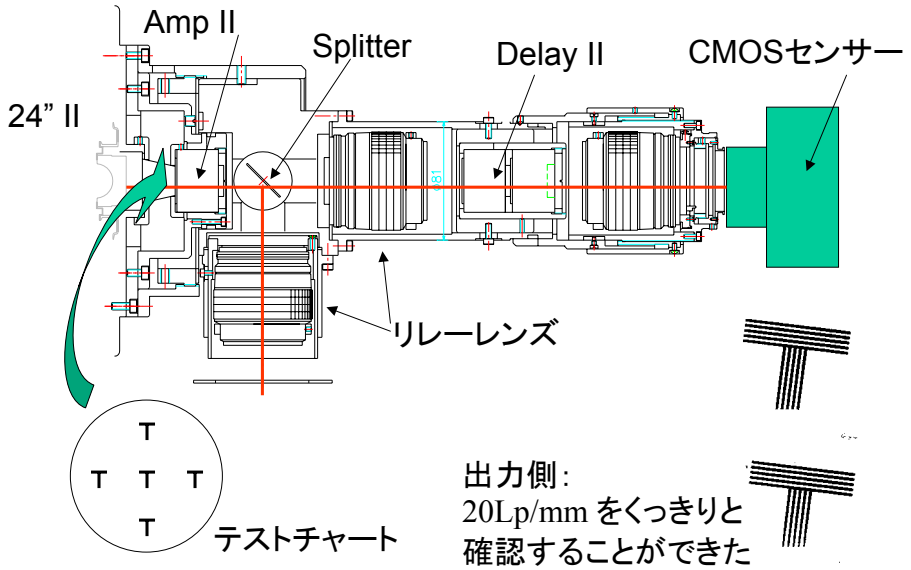
- 中心・周辺光量比 ～85%
- 解像度 >> 20 Lp/mm




リレーレンズのZEMAXデータ

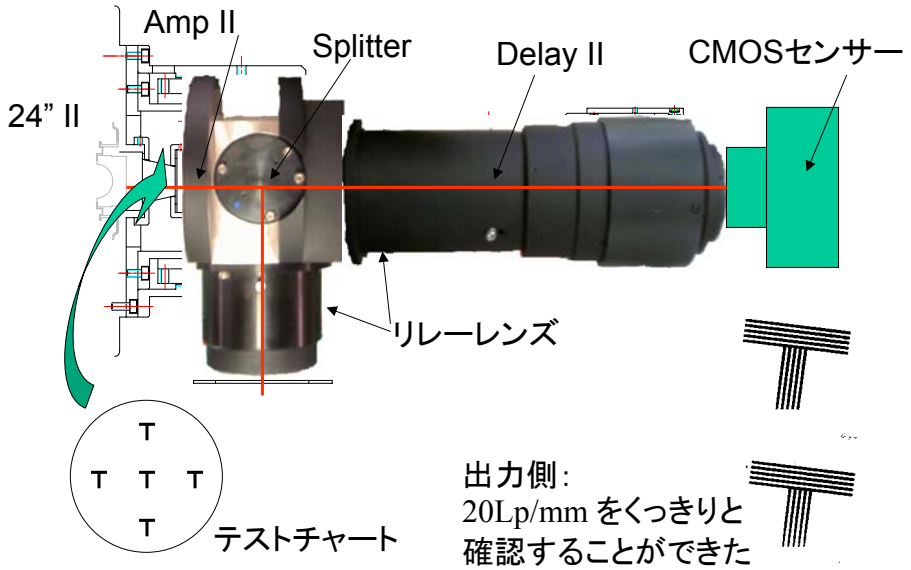
By H.Usami

# 光電撮像パイプライン



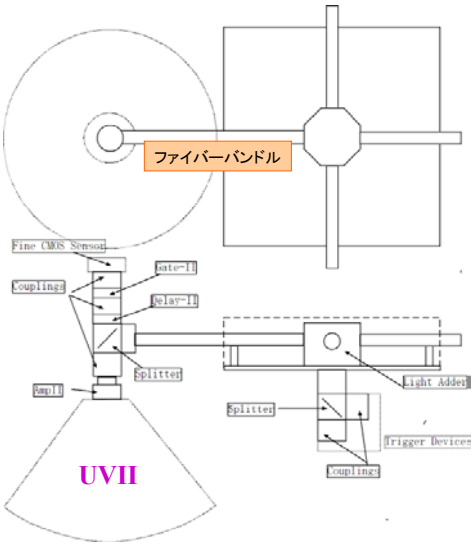

出力側:
20Lp/mm をくっきりと
確認することができた

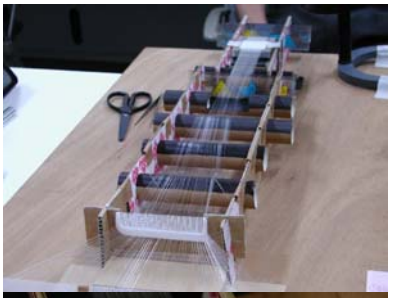
# 光電撮像パイプライン




出力側:
20Lp/mm をくっきりと
確認することができた

# トリガー用イメージの結合



Fiberバンドル作成のR&D

# トリガーセンサー

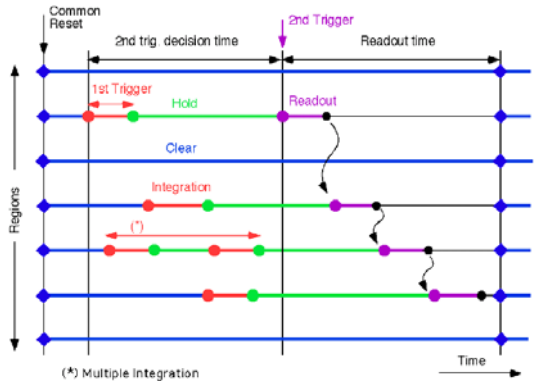
**トリガーセンサーの機能：**

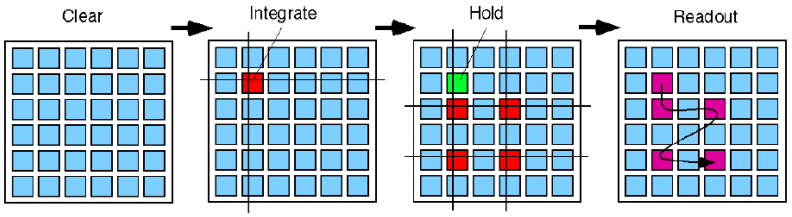
1. 128×128ピクセル
   - 0.4° ×0.4° に相当
2. 各ピクセルに積分アンプ＋ディスクリ
   - 積分時定数は前段の蛍光体に最適化
   - 3bit 閾値制御
3. 1st トリガー(pixel trig.)をCMOSセンサーへ
   - 出力は、X 128ch, Y 128ch へと短絡
   - 30ns 未満で生成
4. 2nd トリガーはFPGAで別途生成。
5. ハードウェアの詳細はNDAにより説明不許可

# CMOSセンサー（1）

**CMOSセンサーの機能：**

1. 部分露光制御
2. 部分読出し
   - 複数回積分
   - ゴースト



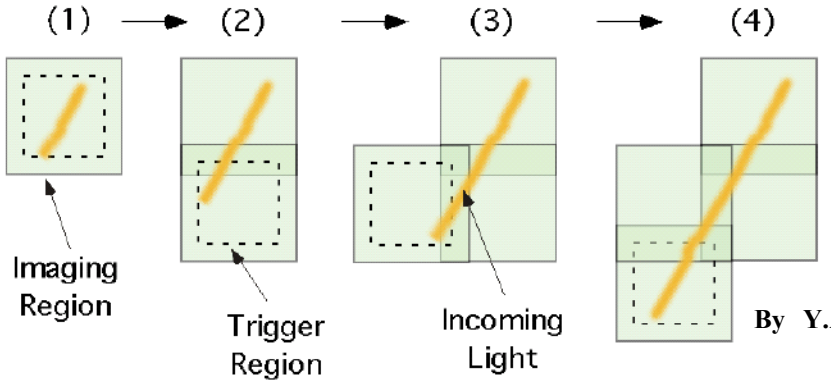




By Y.Arai

# CMOSセンサー（2）

**CMOSセンサーの機能：**

3. オーバーラップした撮像




By Y.Arai

技術的な検討はまとまり、仕様も固まった。
来年には完成する予定。

# テストサイト

## マウイ島ハレヤカラ山頂… マグナム望遠鏡のあるところ


ハワイ島の土地使用は交渉中であるが、テスト実験サイトとして確保しているハレヤカラ山頂も高度3000mで人口光がない、良いサイトである。

# テストサイト

## マウイ島ハレヤカラ山頂… マグナム望遠鏡のあるところ


ハワイ島の土地使用は交渉中であるが、テスト実験サイトとして確保しているハレヤカラ山頂も高度3000mで人口光がない、良いサイトである。

# テストサイト

マウイ島ハレヤカラ山頂… マグナム望遠鏡のあるところ


ハワイ島の土地使用は交渉中であるが、テスト実験サイトとして確保しているハレヤカラ山頂も高度3000mで人口光がない、良いサイトである。

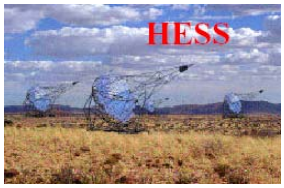
# 内容：性能評価

1. TeV γ線観測の現状
   - 解像型チェレンコフ望遠鏡 … Big 4
   - 地上アレー … Tibet, Milagro
2. MCシミュレーション
   1. 条件：サイト/集光力/トリガー
   2. イメージング
3. 感度の比較
   1. Exposure
   2. 流束感度

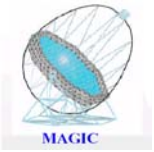
⇒ Ashraの狙いどころは？

# 世界のTeVγ線検出器

解像型チェレンコフ望遠鏡　Big 4






1. 狭視野(≦φ4°)& duty 10%
2. 有効面積大
3. 角度分解能 excellent w/ stereo 観測
4. P/γ弁別 by mean scale width

⇒ cCrab の流束感度(50hr)

地上アレー



シンチレーター

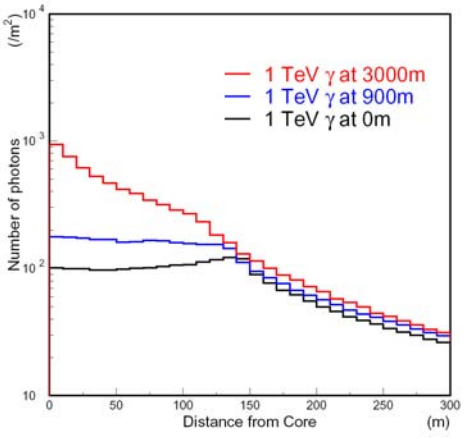
水チェレンコフ

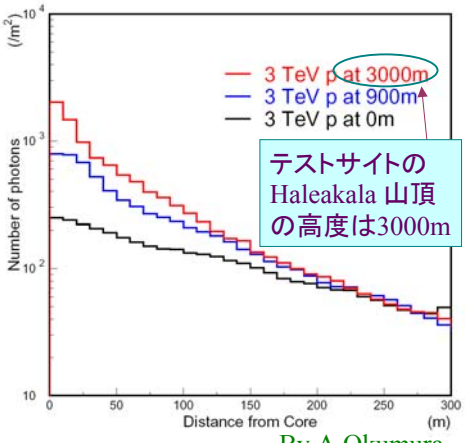
1. 全天(θ<45°) & duty 100%
2. 有効面積小
3. 角度分解能有
4. シャワー形状でのp/γ弁別

⇒ 全天のマッピング　~ Crab流束

# チェレンコフ光の light pool

**Light Poolの高度依存性を CORSIKA を用いて調査**



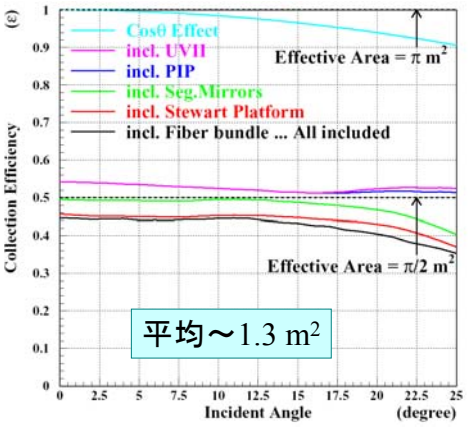

By A.Okumura

Coreからの距離120m以下で、地表に比べて3倍の光量 ⇒ **Haleakala の優位性**

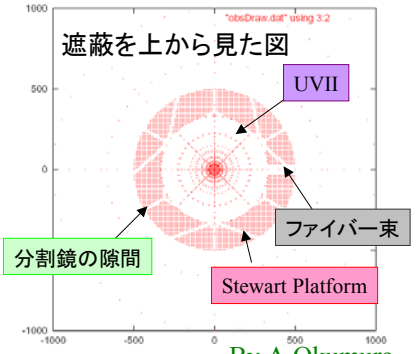
# 望遠鏡の集光能力(1):遮蔽

Pupil＝1m,　副望遠鏡4台が同視野を有す
⇒　Light Collection Area = $0.5^2\pi \times 4 = \pi$ [$m^2$]

広角望遠鏡なので、遮蔽が大きくなる⇒　レイトレースによって正確に評価



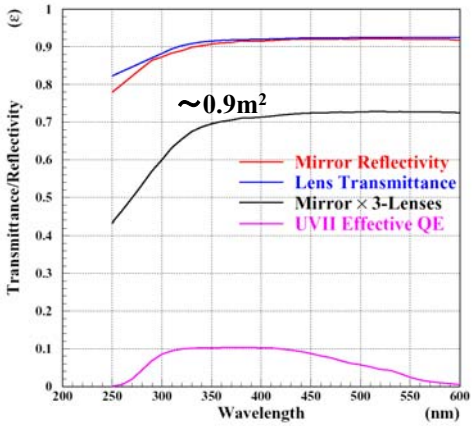

平均～1.3 $m^2$




By A.Okumura

… 全て現状の値。少しずつ「改善」を計る。

# 望遠鏡の集光能力(2):透過率




**光学要素:**

1. 反射鏡
   - アルミコーティング
     ⇒ 増反射の可能性？
2. アクリル補正レンズ
   - 現状で最も透過率に優れた8mm厚のもの
     ⇒ ARコーティングの可能性
3. UVII
   - QE:実測値@415nm
     (含む:収集効率等)
     ⇒ **高感度化:目標20%**

… まだまだ改善の余地あり！

注)　確かに集光能力がAshra望遠鏡の課題である。
しかしUVIIを使用しているので、**"dead space"ゼロ！**

例) CangarooIII では、焦点面の有効面積～33%　(Ref:　C.Itoh D論)

# チェレンコフトリガー

- トリガーピクセルのサイズ＝0.4°
  - チェレンコフイメージのトリガーには大きい
  - たくさんのピクセルはヒットしない（特にγ）

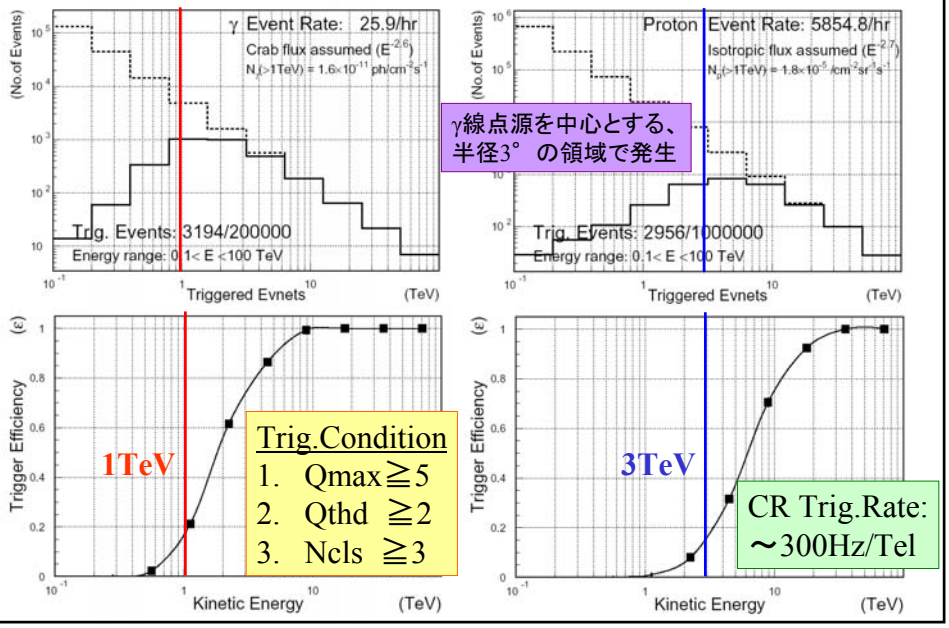
  ⇒ トリガー条件候補

  Qmax ≧ 5 p.e.

  Ncls ≧ 3

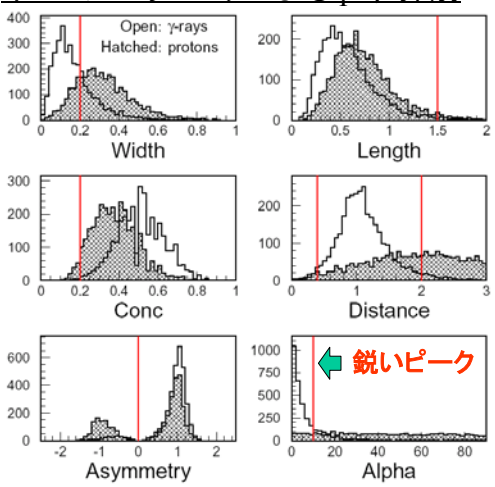
  Qcls ≧ 2
- NSB ＋ CR のトリガー頻度 < 1kHz
  - Charge分解能が鍵⇒ダブルMCPの使用
  - 上記トリガー条件は、charge分解能が十分であれば、頻度条件を満たす。

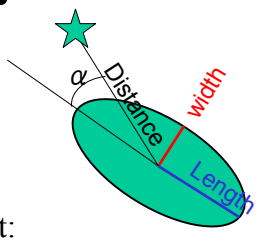
# トリガー効率



# p/γ 弁別能力

イメージパラメータによる p/γ 弁別




検出効率: ε(γ) = 0.52
ε(CR) = 0.003

Comment:

1. Distance, Asymmetry, Alpha は全て到来方向に関するカット
2. **ファインピクセル・高精度光学系により、α分布のピークがシャープなっている⇒likelihood等のAshra用解析を開発する事により、大きく改善する可能性あり。**

Width カット⇒CR1/3より、角度関係のカットでのCR rejection は100倍。元々半径3° の範囲にCRを発生させているので、事象毎の角度精度はφ0.3° に相当する。

# 事象頻度

- γ : Crab流束を仮定 [Ref: HEGRA ApJ 539 (2000) 317]
  - Int. Flux = $1.6 \times 10^{-11}$ $(E/1TeV)^{-1.6}$ ph $cm^{-2}$ $s^{-1}$
- CR:
  - Int. Flux = $1.8 \times 10^{-5}$ $(E/1TeV)^{-1.76}$ ph $cm^{-2}$ $s^{-1}sr^{-1}$

**HEGRAとの比較** **by D.Horns @ The Universe viewed in gamma rays**

| | Ang. resol. [°] | Energy resol. ΔE/E | Thresh.[a] [GeV] | γ-rate(Crab) [b] [1/hr] | CR-rate[b] [1/hr] | Signal/$\sqrt{hr}$[c] [σ/$\sqrt{hr}$] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CTSystem | <0.1° | >10% | 500-600 | 36 | 3.3 | 10 |
| CT1 | ≈0.2° | >25% | 700-900 | 28 | 23.3 | 3.3 |
| **Ashra** | **~0.3°** | | **1~2[TeV]** | **13** | **26** | **2.5** |

[a] In zenith
[b] After cuts at z.a.<30°
[c] Calculated using Li&Ma Log-Likelihood

注）視野は150倍/Tel

十分なオフソースの統計量

約4時間で5σ検出が可能

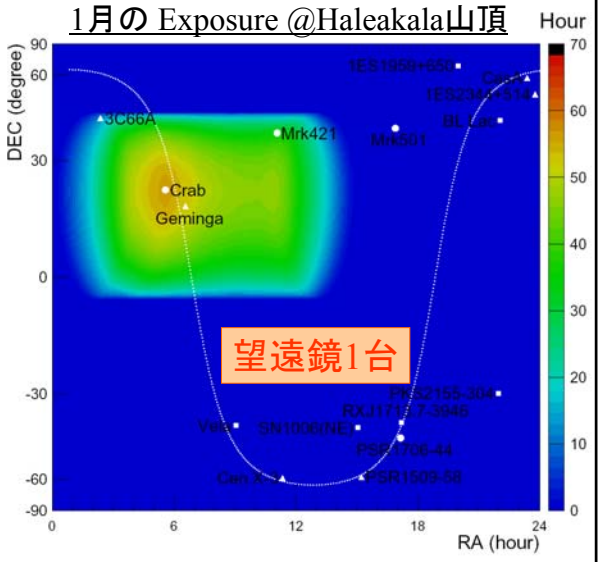
# Exposure（1）

□ 観測時間の定義：

1. 太陽が水平線下18°より下にある。
2. 月が水平線下にあるか、輝いている面積10%以下である。
3. 惑星からの距離は考慮に入れていない。
4. 天候は考慮に入れていない。
5. 天体の見える高度は考慮に入れていない

**Crabが天頂に見える！**
**⇒測定器の性能評価に最適**

1月の Exposure @Haleakala山頂



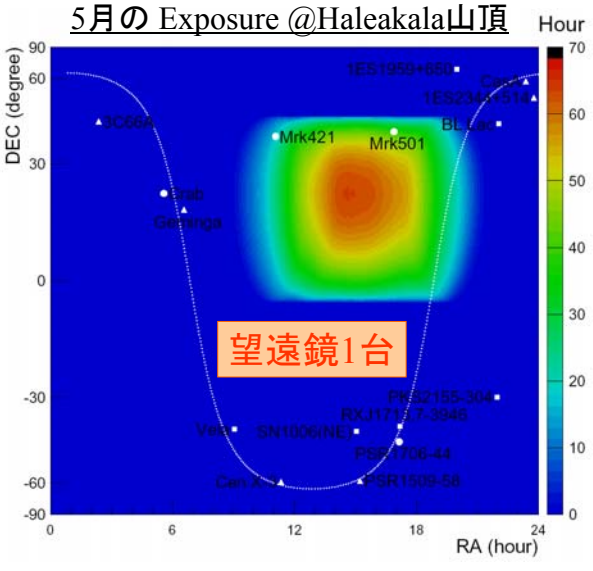

By N. Manago

# Exposure（2）

3月から7月には、Mrk421, Mrk501が視野に入る。

⇒ 突発的なフレアに対する感度の評価・証明

5月の Exposure @Haleakala山頂



# Exposure（2）

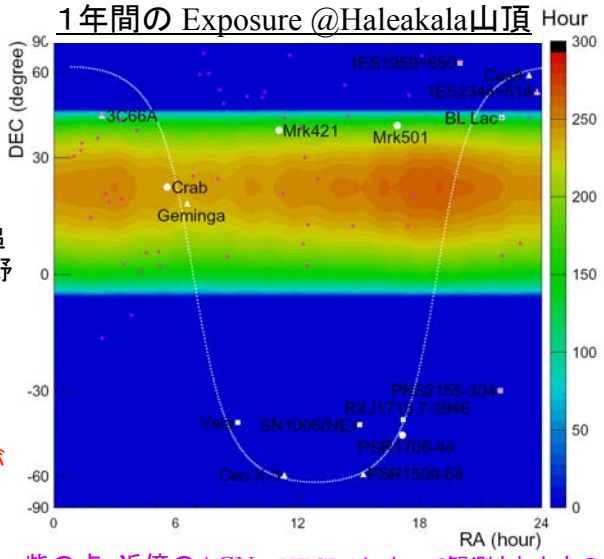
3月から7月には、Mrk421, Mrk501が視野に入る。

⇒ 突発的なフレアに対する感度の評価・証明

1. 1年を通して、HEGRAが追尾した、近傍のAGNを視野に捉えることができる。
   ⇒ 突発天体モニター
2. Crab等のexposureとして、100時間取れる（天候等のineff. 50%を仮定する）。
   ⇒ 0.3Crab程度のソースがあれば“発見”できる。

**最適なサイト**

1年間の Exposure @Haleakala山頂



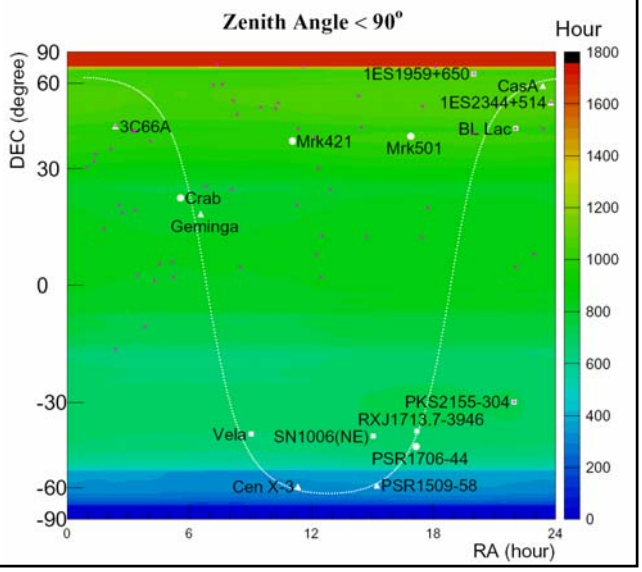

紫の点：近傍のAGN…HEGRAによって観測されたもの

# Exposure（3）

All-sky Survey (=12 station) での観測 （1年）:

1. 全視野を表示すると、南極付近以外はかなりのexposureで見えることになる。
2. Cherenkovの場合は大角度は厳しい

⇒ 天頂角で、45° 未満のみを表示する。



# Exposure（3）

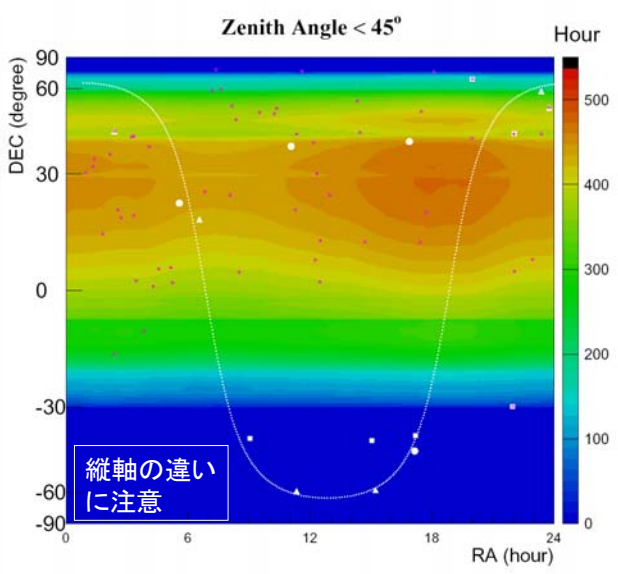
All-sky Survey (=12 station) での観測 （1年）:

1. 全視野を表示すると、南極付近以外はかなりのexposureで見えることになる。
2. Cherenkovの場合は大角度は厳しい

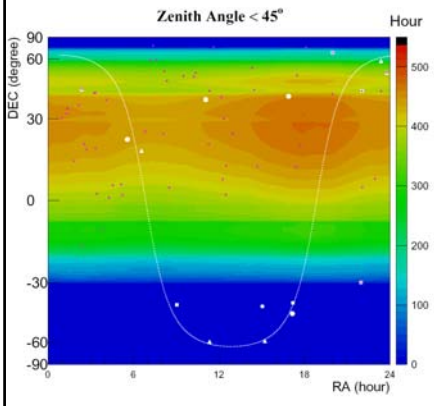
⇒ 天頂角で、45° 未満のみを表示する。

天頂角 45° 未満の場合のExposure:

HEGRAが探索した近傍のAGNはよく観測できる




# HEGRA Exposure との比較





Ref: D.Horns @ The Universe viewed in Gamma Rays

Ashra exposure （1年）

HEGRA exposure （total）

解像型の望遠鏡として、広視野を有し（4° ）survey観測を積極的に行っていたHEGRA実験の exposure との比較からも、Ashra望遠鏡が、圧倒的に広視野を監視できることが明快に示される。

# 地上アレーとの比較

Tibet [Ref: ApJ 525 (1999) L93], Milagro [Ref: ApJ 595 (2003) 803]

| | Ang. resol. [°] | Det. Area [m$^2$] | Thresh.[a] [GeV] | γ-rate(Crab)[b] [1/hr] | CR-rate[b] [1/hr] | Signal/$\sqrt{\text{hr}}$[c] [σ/$\sqrt{\text{hr}}$] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tibet | 0.8° | <5175 | ～3 | 0.17 | 10 | 0.050 |
| Milagro | 0.8° | <4800 | ～3 | 0.44 | 96 | 0.043 |
| **Ashra** | **～0.3°** | **70000** | **1～2** | **13** | **26** | **2.5** |

* event by event 相当

注）duty 10% (= exposureの図は、20%相当)、望遠鏡1台での観測と比較するために、FOVφ50° を仮定すると、実時間での Signal/√hr は、√(10×(45/25)^2)=5.7倍小さくなる （2.5 ⇒ 0.44)。

**Ashra の狙いどころ:**

1. 解像型の利点は大きい（＝高角度分解能・大面積）＋高精度光学系・ファインピクセル ⇒ p/γ 弁別性能の向上
2. 角度分解能をもっと向上させたい … ステレオ？
3. 観測時に視野内で transient現象が起きれば特に高感度

# まとめ

- 16”UVIIの製作に成功
- UVIIを焦点面とする超広角望遠鏡を実現
- 実機の開発が進んでいる
- CMOSセンサーの仕様策定完了
  ⇒ Ashraの重要なコンセプトが形になってきた
- AshraによるTeV γ線全天監視は面白い
  - 3000mの高度が小口径をカバー
  - ファインピクセルに対応した新たな解析が必要
    ⇒大幅なp/γ弁別性能向上の可能性
  - 地上アレーよりずっとずっと高感度になりうる
  - 新たなソースの発見・突発事象の監視