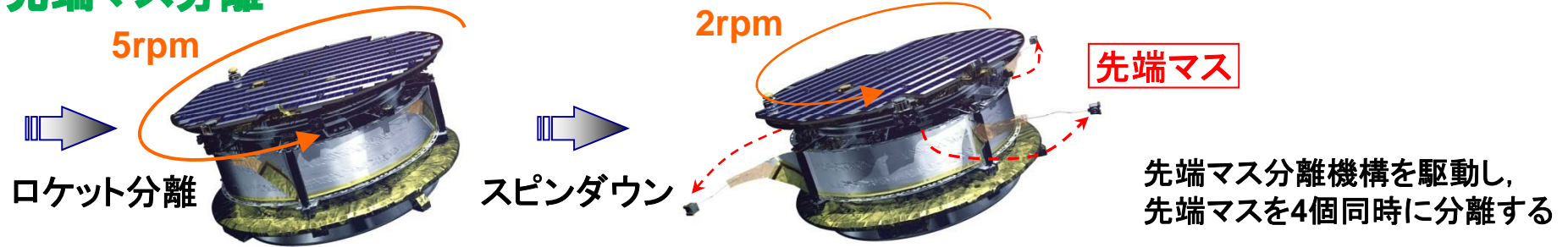


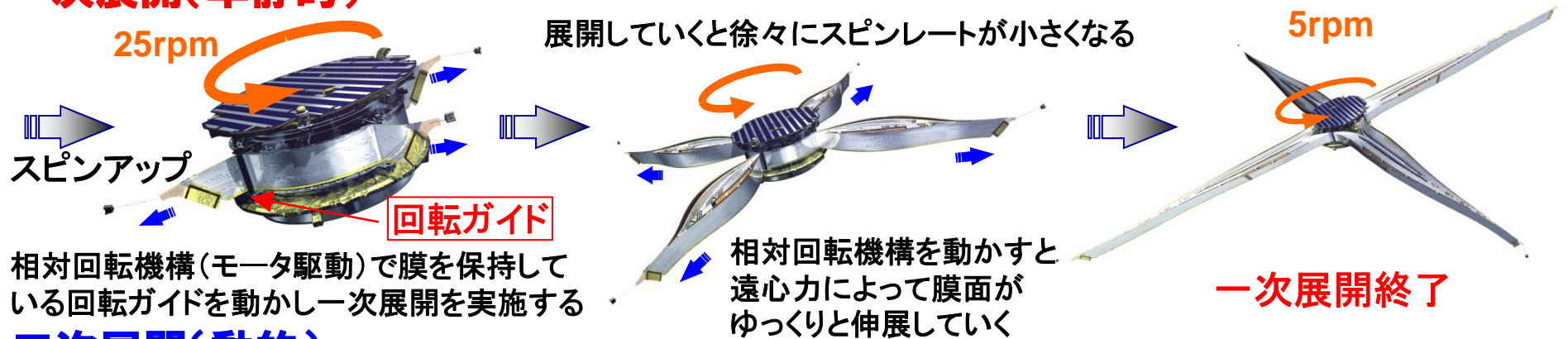
# 4. 参考資料 膜面展開手順・機構

マスト(支柱)タイプに比べ、  
展開機構が軽量化でき、  
膜面の大型化が可能。

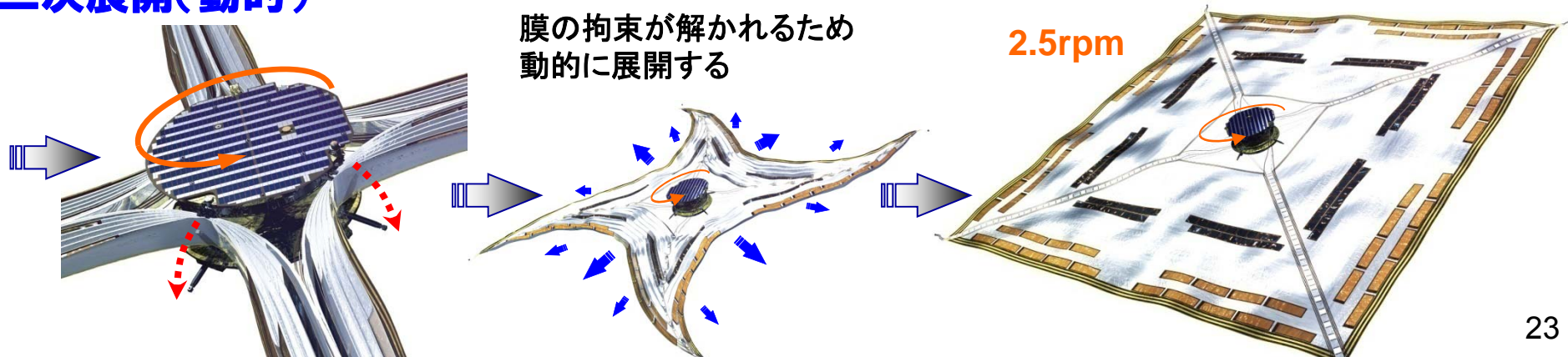
## 先端マス分離



## 一次展開(準静的)



## 二次展開(動的)



# 4. 参考資料

## ガンマ線バースト偏光検出器 (GAP)

イカロス衛星には、ガンマ線バーストの偏光を観測する装置:GAPが搭載されている。GAPは、ガンマ線バースト(GRB)の偏光を専門に観測する世界で初めての装置である。GRBは、星の寿命の最後に迎える巨大な爆発で、超新星の爆発よりも巨大である。この明るさを使って、遠い宇宙(初期の宇宙)を観測する手段としても注目されている。事実、現在までに知られる最も遠い天体の観測記録は、すばるやハッブル望遠鏡ではなく、ガンマ線バーストによるものであり、132億光年果となっている。このように遠くからも観測できる巨大な爆発のメカニズムを説明する理論として、ブラックホールの形成に伴い、物質が光速の99%にまで加速されているとする理論(火の玉モデル)がある。これを偏光(磁場)を測る事から実証するのがGAPの目的である。

観測装置は、右図のように、直径が17cm、重さが4kgの小さな装置ではあるが、世界で始めて、GRBのコンプトン散乱同時計数を実現した、野心的な装置である。打ち上の一ヶ月後に電源を入れ、それ以来、故障も無く順調に観測をしている。GRBを検出後、メモリーに保存し、それを地球に送り届けている。今までに受かったGRBと代表的な強度曲線を表1に示す。GRBは突然現れ、激しい強度変動を示す。

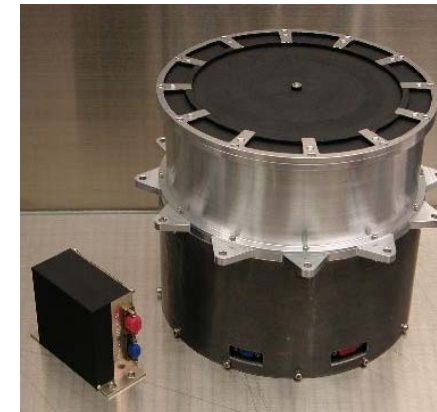
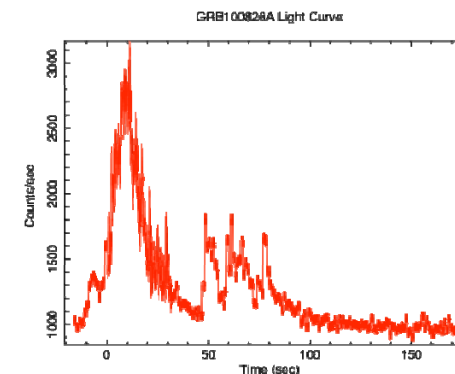
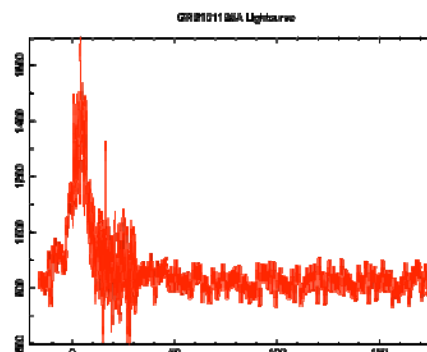
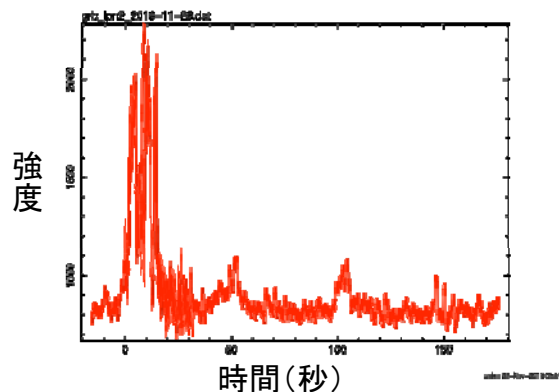


表1 GAPが観測したGRB.

GRB名称	トリガー時刻	距離 (km)	$\alpha$ (deg)	$\delta$ (deg)	入射角 (deg)	同時観測
GRB100707A	00:47:22.878	17917783.43	-150.290	-24.320	89.9	S,F,K
GRB100715A	00:12:32.568	20806431.98	-147.515	-24.896	18.6	S,K,I,M
GRB100719B	23:44:15.407	22520208.30	-145.650	-25.286	145.2	F,K
GRB100722A	02:17:25.963	23218963.10	-144.838	-25.455	33.6	F,K
GRB100804A	02:28:45.837	27050613.80	-139.749	-26.476	62.7	F,K
GRB100809A	00:32:17.858	28337922.70	-137.683	-26.867	non	K
GRB100820A	08:55:31.696	30602741.24	-133.100	-27.668	29.5	F,K
GRB100826A	22:57:20.805	31472564.09	-130.590	-28.046	20.8	S,F,K,M,MO
GRB101014A	04:12:15.610	29017161.30	-129.807	-24.919	60	F,K
GRB101021A	00:14:23.267	28983861.16	-134.666	-22.451	40.5	F,K
GRB101113A	11:37:44	29063225.85	-129.393	-25.124	25.63	F,K
GRB101123A	22:51:41.536	48964008.95	-151.749	-10.295	74.55	F,K,I,MO,Sw,A
GRB101126A	04:45:50	51445521.45	-151.467	-10.175	61.98	F,K
GRB101219A	02:35:2.551	80403597.405	-140.516	-11.774	51.69	K,Sw

(S:Suzaku, F:Fermi, K:KONUS, I:INTEGRAL, M:MESSENGER,  
MO:Mars Odyssey, Sw:Swift, A:AGILE)

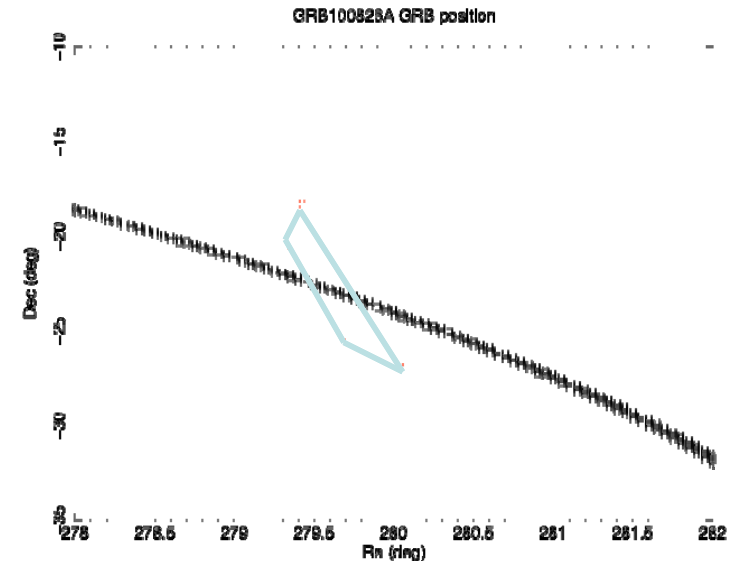


# 4. 参考資料

## ガンマ線バースト偏光検出器 (GAP)

GAP検出器の本来の目的は、偏光を測り、巨大な爆発のメカニズムに迫ることだが、偏光の存在の結論を得るには、まだ十分な数のGRBの数に達していない。打ち上げから8ヶ月が経ったが、GAPの実質的な運用時間が4ヶ月に留まるからである。

以下の報告は、GRB観測用に開発された世界中の人工衛星との国際共同観測により行われている発生方向の決定についての作業である。GRBは突然に発生する短時間現象で、あらかじめ発生方向を予言が出来ない。待ち受ける複数の衛星で受かったGRBの観測時刻の差から、発生方向が決められる。これは、光の速度が有限であることを使った、観測時刻差法(time of flight)による方向決定である。前ページの一覧表には、他の衛星での受信状況をK (ソビエトKonus衛星), F (アメリカFerml), S (アメリカ+イタリアSwift)などと表記しているが、それらの衛星での検出時刻とGAPの検出時刻の差と、それぞれの衛星の位置を使って、GRBの方向を決める。光の速さが有限であることを使った、実に面白い決定方法である。このような形で、世界中のGRB衛星が国際共同で仕事をしている。しかし、数多くの衛星の中で、偏光を測れるのは、イカロスGAPだけである。

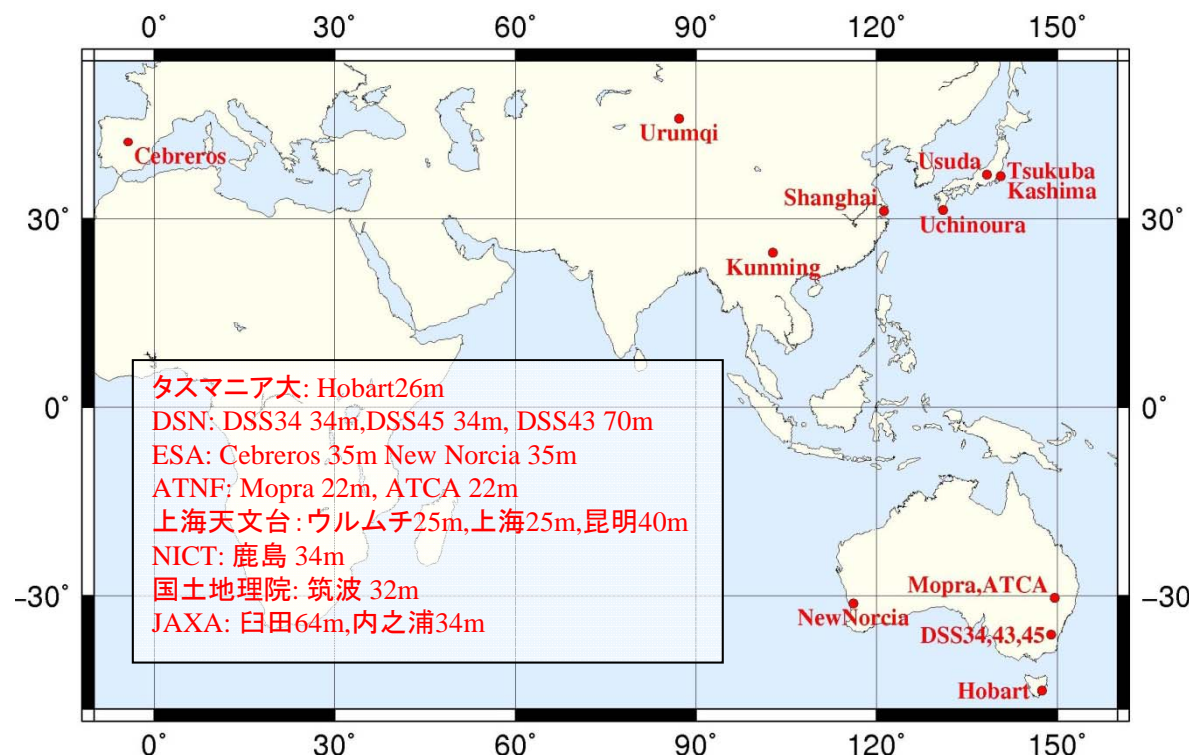


GRB 100826A(2010年8月26日発生)は、他の衛星により、上の図で青で囲まれた領域内と決められた。惑星空間にいる(距離が遠い)イカロスを使うと、その距離が遠いだけ、より高い精度で決まる。黒い帯状に走る線が、イカロスにより決められた制限帯で、他の衛星に比べて、許される領域が細い帯になる。両者を組むと、許される領域がとて狭い事がわかる。このように、幾つかの衛星の情報を使うと、GRBの発生方向が極めて良く決まり、その中から、GRBを発生させた対応天体を探す武器となる。特に、惑星空間に出たイカロスGAPの情報は、距離が遠いだけに重要な情報となっている。この狭い場所内を探せば、非常に遠い距離(初期宇宙)の天体を探せると同時に、GRBを起こす奇妙な天体の情報となる。現在の宇宙は137億光年の広がり知られるが、GRBにより132億光年まで見えている。

## 4. 参考資料

# VLBI計測用マルチトーン送信器 (VLBI)

実験の成果: 熱雑音**50ピコ秒**という極めて高い精度で計測に成功。JAXAの従来の深宇宙探査機(はやぶさ、あかつき)に比べ、**約20倍の精度向上**を達成。



のべ8機関15アンテナが参加。合計24パスの実験を実施。

あかつき

精度(熱雑音): 700ピコ秒

確度: 1-2ナノ秒

IKAROS

精度(熱雑音): 50ピコ秒

確度: 50-150ピコ秒

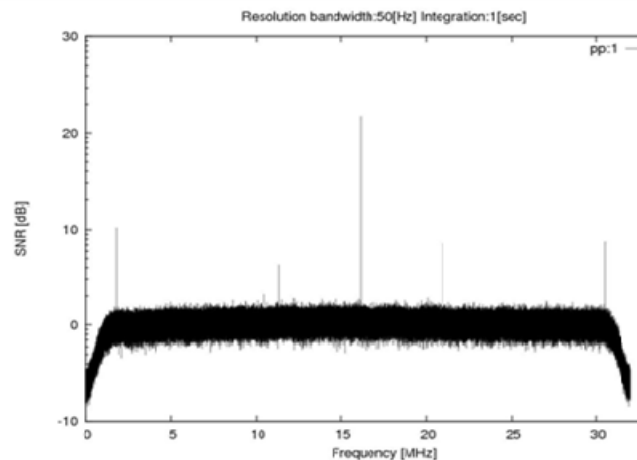
実験の目的・背景

遠方の電波星からの電波を補正信号として用いて深宇宙探査機の天球面上の位置を精密に計測する手法である、DDOR(Delta differential one-way range)技術の実証を目的とするミッションである。地球上の遠く離れた複数のアンテナで同時に電波を受信して干渉させる事(VLBI:超長基線干渉計)により、三角測量の原理で、探査機の天球面上の位置を精密に決定することができる。近年はJPLを中心にほぼ全ての深宇宙探査機で利用されるようになりつつある技術であり、例えば、あかつきの金星軌道投入直前の精密軌道決定が必要な時期においては、NASA DSN局においてほぼ毎日DDOR計測が行われていた。しかし、JAXAのこれまでの深宇宙探査機には、DDOR技術において本質的に重要な、マルチトーン送信機能が備わっていなかったため、本来得られるべき性能に比べはるかに低い精度しか得られていなかった。そこで、今回、IKAROSの飛行機会を利用し、VLBI専用のマルチトーン送信機と、広帯域のデジタル受信器を新規に開発し、DDOR技術の実証を行う事になった。

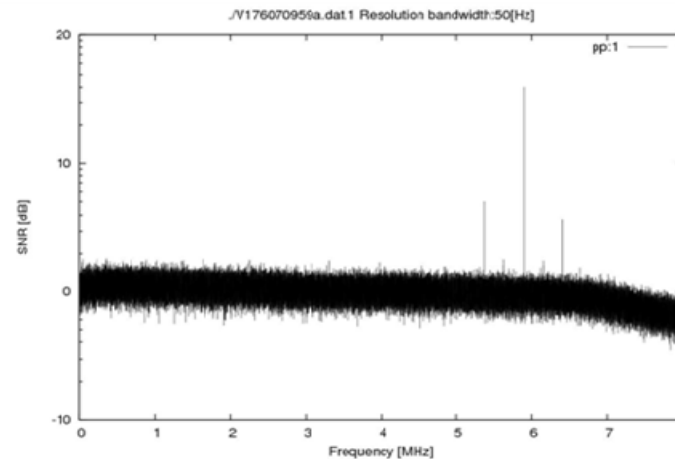
## 4. 参考資料

# VLBI計測用マルチトーン送信器 (VLBI)

世界最高の記録データレート (64MSPS/16ch/4bit, 4096Gbps) の DDOR用デジタルベースバンドコンバータを開発



デジタル広帯域システムによる  
記録データ(32MHz bw)  
(デジタルベースバンドコンバータ  
サンプリング速度世界最速を記録！)

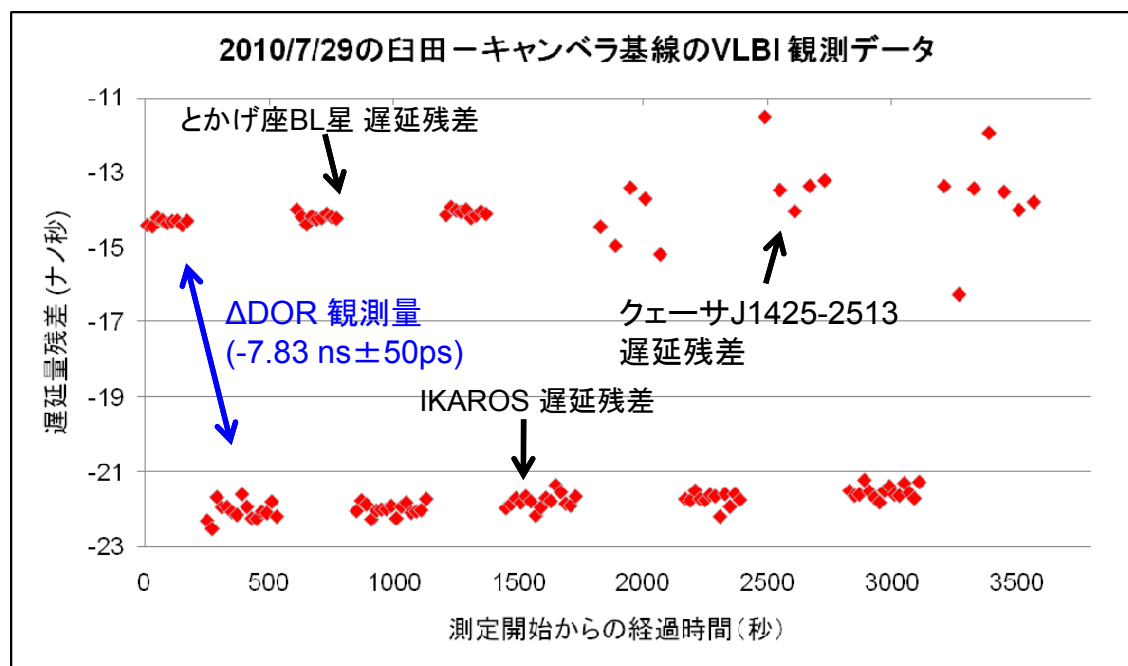


従来型アナログ狭帯域システムによる  
記録データ(上図はバス系信号 8MHz bw)  
8MHz帯域幅のアナログ信号を複数組み合わせる必要がある。帯域内のゲイン・位相がフラットではない。

海外の従来システムに比べ8倍のクエーサー観測帯域幅を利用する事により、探査機からの離角がより小さい、微弱なクエーサまでcalibratorとして利用する事が可能に。将来のKa帯による広帯域DDORにも余裕をもって対応可能。

## 4. 参考資料

# VLBI計測用マルチトーン送信器 (VLBI)



左図において、下の6つの点の集まりがIKAROSのVLBI遅延残差、左上の3つ及び、右上の3つが、天球面上においてIKAROSの近傍に位置している、位置がよく知られている2つの天体の遅延残差。IKAROSのプロットは、レンジ・ドップラーで得られた決定軌道をもとにした遅延残差であり、軌道が正しければ、天体の残差と同一直線上にのるはずであるが、明確なバイアスが残っている。すなわち、レンジ・ドップラーでは推定しきれない軌道誤差が測定された事になる。キューサJ425-2513はとかげ座BL星に比べ強度が弱いためノイズが大きいですが、遅延残差は同一直線上にのっている。異なる仰角の天体にも関わらず同一直線上にのっている事から、大気遅延誤差等の系統バイアスが取り除けている事がわかる。

### 今後の運用方針

VLBI用送信アンテナはバス系アンテナに比べビーム幅が狭いため、今後の観測機会は限られ、計測精度も高くはないが、将来の探査機において定常運用に資するシステムになるよう観測システムの改良(パイプライン化・半自動化)を進める事を目的として実証観測を継続する。これまでの観測で、軌道決定精度向上を評価する上で十分な量の良質なデータが得られているが、従来に比べ格段に高い計測精度が得られるようになったため、軌道決定システムに数cmの精度の局位置モデル・観測モデルを導入(従来の深宇宙軌道決定では数mの精度で十分)する必要がある。近地球衛星等で用いられる高精度モデルの導入を進め、軌道決定精度向上を実証する。

# 4. 参考資料

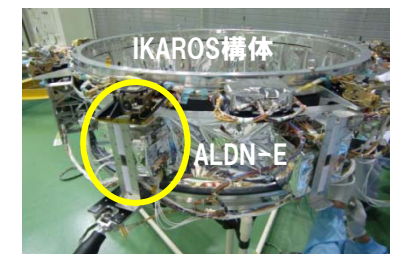
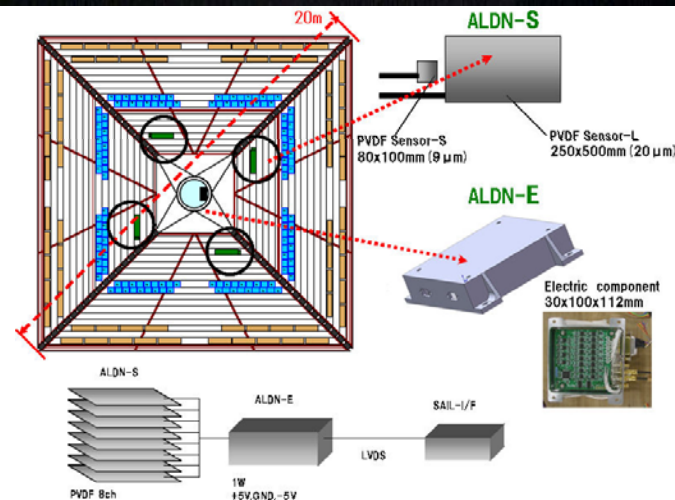
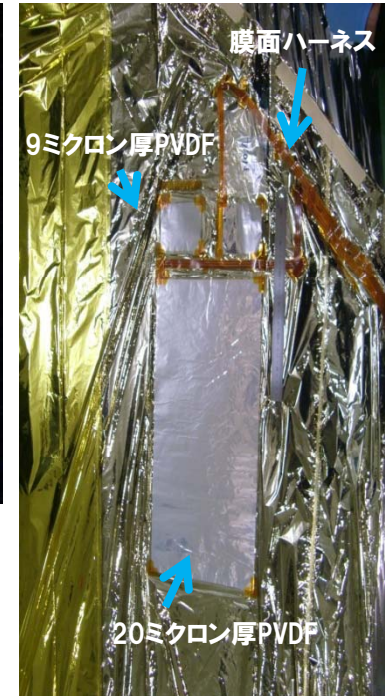
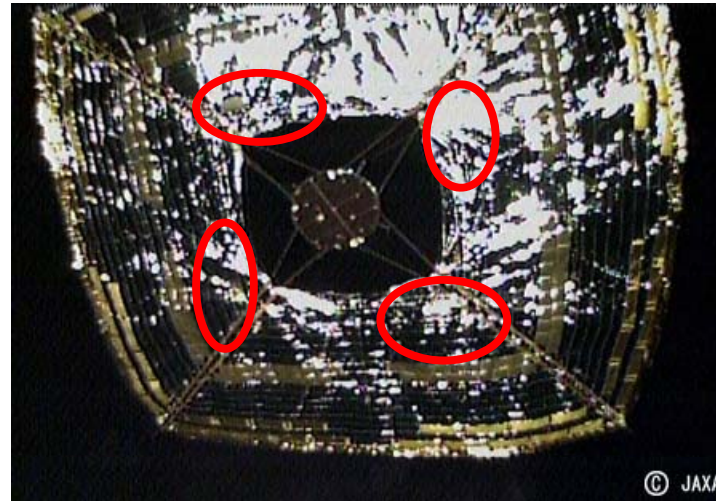
## 大面積薄膜ダスト検出アレイ(ALDN)

### <ミッション目標>

- \* 「アラジン(ALADDIN = Arrayed Large Area Dust Detectors in Interplanetary space)」とは、「魔法のじゅうたん」のようなイカロスに搭載される、日本初の純国産宇宙塵検出器。将来の木星圏探査など、外惑星領域用の大面積宇宙塵検出器の宇宙での技術実証と、地球より太陽に近い領域での宇宙塵の検出とその分布の理学研究を目指して搭載された。

### <機器構成>

- \* 総面積200m<sup>2</sup>のセイル膜面上の0.3%(0.54 m<sup>2</sup>)占めるだけだが、太陽系探査史上最大の面積を持つ宇宙塵検出器である。このため、同一計測時間内で過去の他国の探査機の実績より一桁以上多い衝突を検出でき、宇宙塵の存在量や分布を、統計的に高い信頼性の元、より微細な分布構造まで計測できる。
- \* セイル膜面に厚さ9/1000mmと厚さ20/1000mmの国産「PVDF(ポリフッ化ビニリデン)」圧電素子薄膜を4チャンネルずつ配置したセンサ部(ALDN-S, 約40g)と、宇宙塵の衝突信号を検出するエレキ部(ALDN-E, 210g)から構成される。千分の数mm以上の宇宙塵の超高速衝突で生じる電荷信号を増幅し・変換し、衝突時刻、信号ピーク値、信号の減衰時間などを記録する。



# 4. 参考資料

## 大面積薄膜ダスト検出アレイ(ALDN)

### <運用成果>

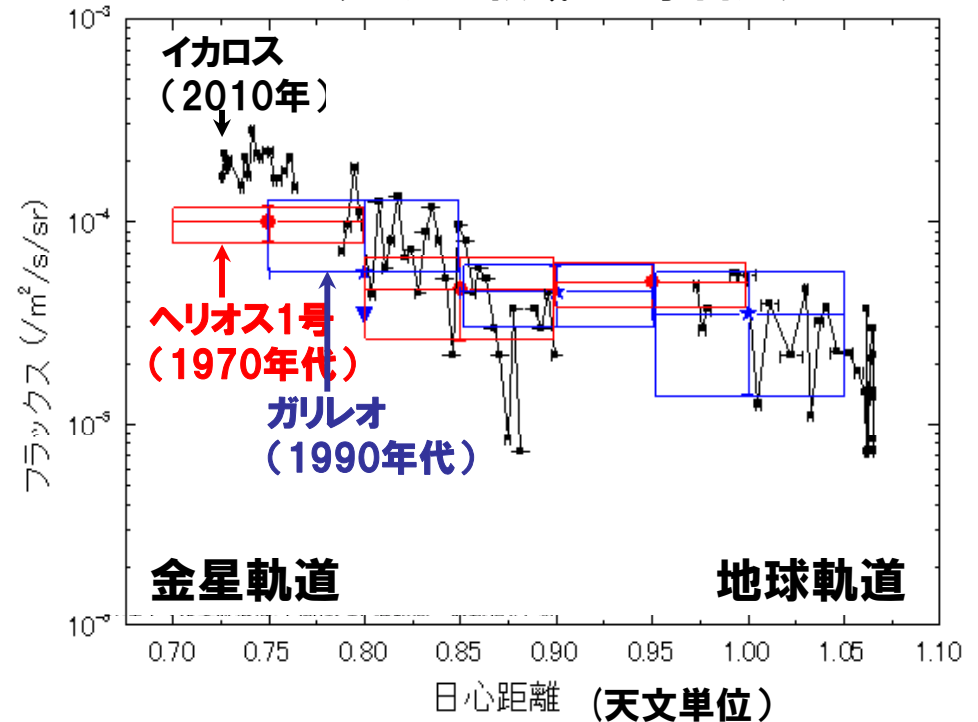
#### (1) 国産初、世界最大面積の宇宙塵検出器の宇宙実証

2010年6月21日から稼働を開始。日本で初めて製作・校正された宇宙塵計測器として、宇宙塵の超高速衝突データを取得。また宇宙探査史上最大の検出面積を持ち、8チャンネル全てで衝突を検出。2010年6月30日からの累積25日間分の待ち受け時間で、数ミクロンより大きな宇宙塵の衝突信号を100個以上検出。この数は火星探査機「のぞみ」に搭載されたドイツ製ダスト計測器(MDC)が、1998年8月から45か月間にわたって検出した全データ数に相当。短期間で宇宙塵衝突を大量に検出でき、統計的に精度の高いデータを生み出す大面積ダスト検出器の有効性を実証し、将来の木星圏探査での宇宙塵計測に向けた、日本独自の技術基盤を確立。

#### (2) 太陽系内宇宙塵分布の日心距離依存性の研究

イカロスの航行期間中に連続計測して、地球公転軌道よりも太陽に近い内惑星領域における、宇宙塵分布の日心距離依存性を評価。1970年代、1990年代の海外の探査機では、同領域で日心距離とフラックスともに大きな不確定性を持ったデータしか取得できなかったが、イカロスは累積24時間ほどの細かい時間分解能、つまり日心距離をかつてない微細な区分で宇宙塵の分布を計測することに成功した。これにより、地球から金星近傍までの領域で、太陽に近づくに連れて、多少ばらつきを持ちつつも、ほぼ1ケタ連続的に上昇する宇宙塵の分布構造が明らかになった。なお、後期運用でも連続観測を続ければ、宇宙塵分布の日心距離依存性だけでなく、黄道面上の位相や惑星との位置関係における分布依存性も調査できると期待される。

### 地球より太陽に近い領域での宇宙塵分布



【探査機軌道】

