

# DBE compatibility testing at the Haystack observatory~ADS3000+優勝への道

岳藤一宏 (NICT) & 竹内央 (ISAS/JAXA)

## Abstract

2012年11月ボストンのHaystack観測所で4カ国のデジタルバックエンド(DBE)の比較大会が開催された。日本からはNICT&JAXA共同開発のデジタルバックエンドADS3000+を持ち込み実験にのぞんだ。現地での実験はゼロベースラインでの相関処理である。シンセサイザから疑似雑音を発生させてBPF(512-1024MHz)と抑圧する。その後、1024MHzサンプリングをおこない、デジタルバックエンド内で32MHz\*15~16chの狭帯域に分割して記録する。その後ソフト相関処理DiFXで相関処理が行われた。結果をみると、われわれの装置が最もよいSNRを得ていたことがわかった。さらに詳細をしらべるため、ソフト相関処理Gico3を用いて結果を調べたところやはりADS3000+が最も良い成績を収めていることがわかった。

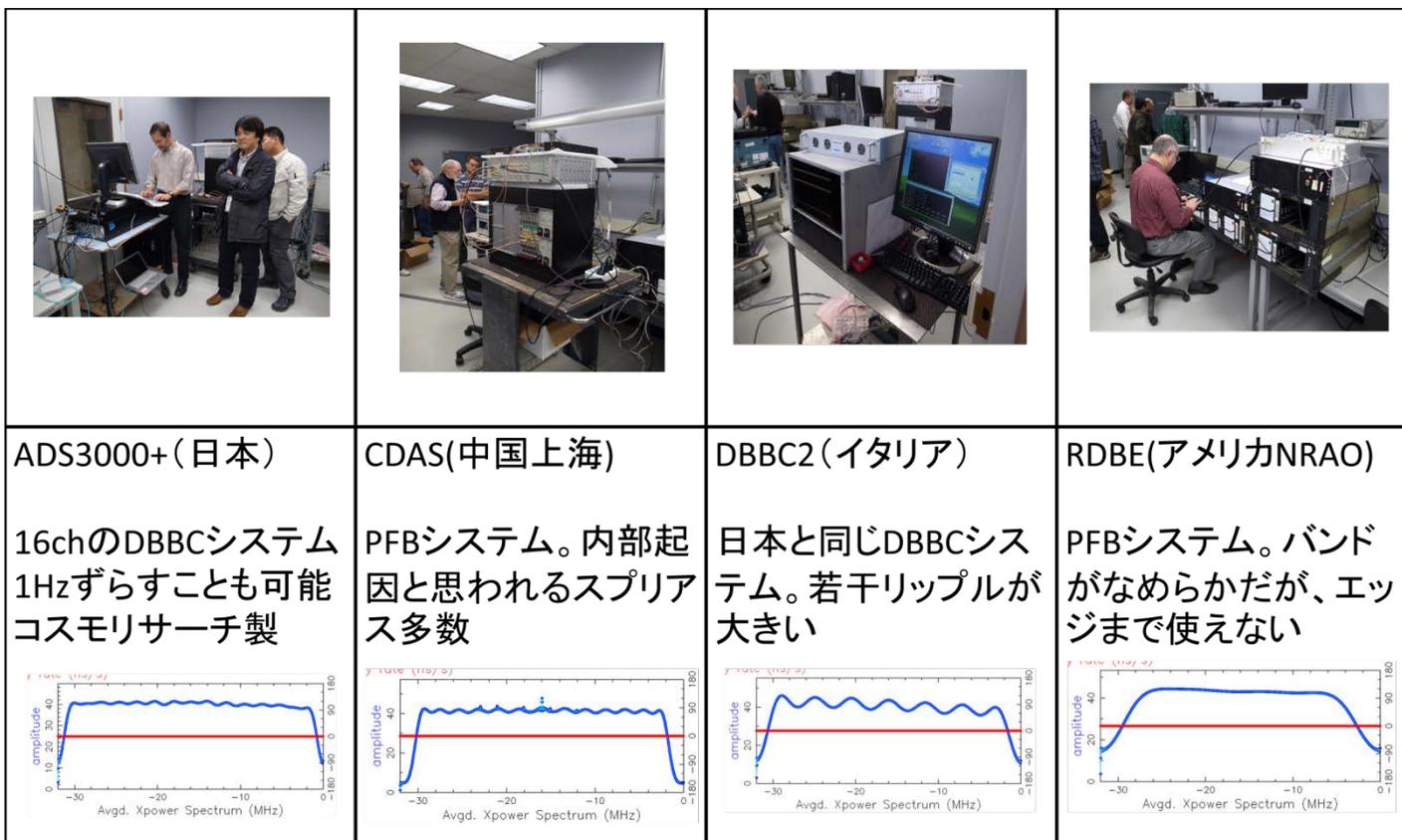


図 1 4カ国のデジタルバックエンドとデジタルフィルタで切り出した狭帯域の周波数特性。スペクトルはDiFXによる。

## GICO3を用いた4カ国のゼロベースラインテスト

まず、各国のデータにたいして、相互相関と自己相関をおこないSNRを求めた(数値が大きいほどよい)。共通に取得できた29秒のデータ(64Mps\*16ch\*2bit)について処理を行った。GICO3で相関処理とさらにフリッジを検出して、SNRを求めた。表1はその結果である。GICO3で自己相関を行った結果が左半分。相互相関から単機の性能を求めたものである。これは以下の数式(1)のように、2組のデジタルバックエンドの相関処理によるSNRが受信性能(SEFD)の積に逆比例するため、3つのバックエンドから2つをとる組み合わせから単機の性能を求めることができる。

$$SNR_{12} = \frac{\text{Flux} * \sqrt{2BT}}{\sqrt{SEFD_1 SEFD_2}} \quad (1)$$

$$SNR_{13} = \frac{\text{Flux} * \sqrt{2BT}}{\sqrt{SEFD_1 SEFD_3}} \quad (2)$$

$$SNR_{23} = \frac{\text{Flux} * \sqrt{2BT}}{\sqrt{SEFD_2 SEFD_3}} \quad (3)$$

単一サンプルの  $SNR_{11}$  をもとめるには数式(1)\*(2)/(3)とすればよく、以下のようになる。

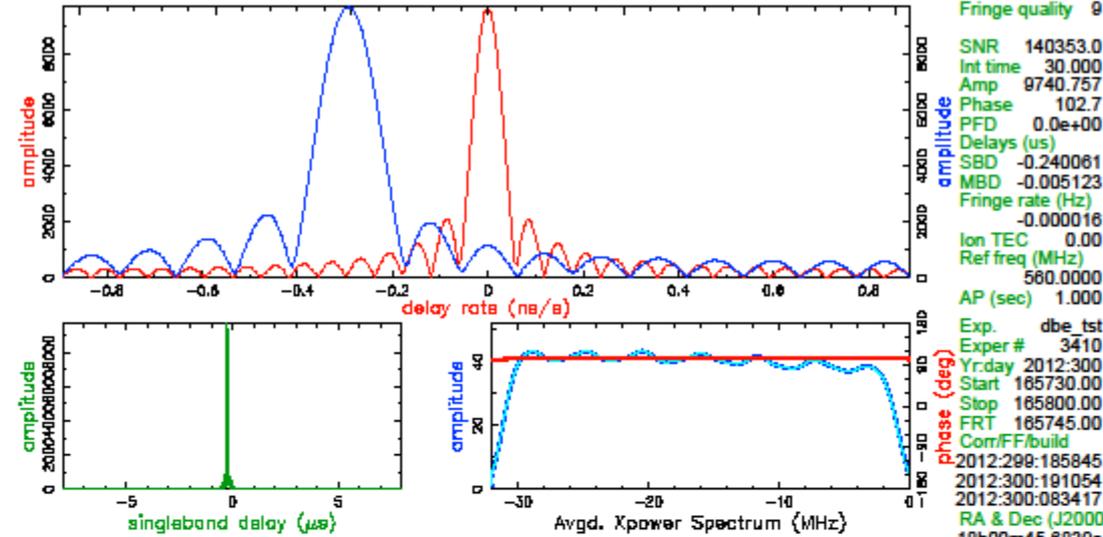
$$SNR_{11} = \frac{\text{Flux} * \sqrt{2BT}}{\sqrt{SEFD_1 SEFD_1}} \quad (4)$$

さらに実験では4つのバックエンドがあるため、この単一サンプルの SNR が3種類得られる。そこで幾何平均を取り、これを16ch分計算した。

表1をみると、ch1がないものがあるが、これはポリフェーズフィルターバンク (PFB) システムをもつアメリカと中国のシステムは周波数とその特性により固定されており、最初のチャンネルに意味の無いデータがくるため、15chとされている。DBBCシステムをもつ日本は16chを任意の周波数に割り当てることができるため、フル活用できる（おそらくイタリアのシステムもできるであろう）。自己相関、相互相関の結果を良い順番にならべると、日本、イタリア、アメリカ、中国となる。この結果は図1の周波数特性や、リップル、スプリアスなどにより大きく影響される。しかしながら、われわれのサンプルが最も良い SNR を得られたことは今後の観測や実験の励みになる。

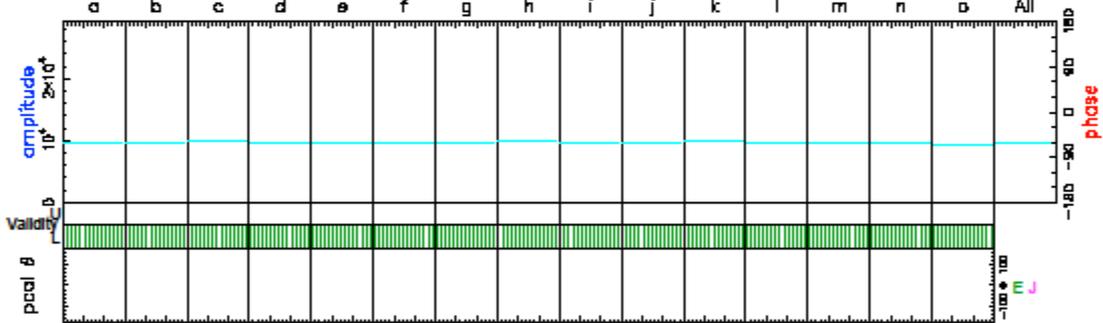
**表 1 GICO3 をもちいたゼロベースラインテスト結果 (SNR : 数値が大きいほど良い結果となる)**

ch	Auto-cor				Cross-cor			
	ADS3000+	CDAS	DBBC2	RDBE	ADS3000+	CDAS	DBBC2	RDBE
1	1576.8	-	-	-	-	-	-	-
2	1542.2	1322.1	1332.2	1316.7	1415.3	1242.0	1314.4	1209.3
3	1576.6	1377.8	1482.6	1301	1502.3	1297.4	1443.9	1181.0
4	1579.1	1287.3	1494.9	1305.6	1493.5	1316.4	1441.8	1184.5
5	1599.9	1363.7	1494.7	1309.4	1513.4	1297.8	1456.8	1170.3
6	1625.9	1387.2	1486.8	1317.2	1529.4	1308.5	1442.3	1217.7
7	1557.1	1386.4	1485	1314.1	1475.9	1304.6	1438.9	1183.9
8	1569.7	1350.4	1522.3	1310.4	1490.7	1309.4	1476.2	1175.8
9	1543.2	1319	1503.6	1313	1465.5	1290.6	1472.7	1183.2
10	1552.8	1367.3	1500.1	1323.3	1460.0	1294.7	1465.8	1200.7
11	1624.6	1381.7	1482.4	1325.4	1533.6	1293.1	1426.8	1202.1
12	1600.6	1307.4	1529	1323.5	1497.5	1284.9	1476.8	1189.8
13	1556.9	1342	1480.4	1330.1	1469.5	1271.4	1445.9	1208.2
14	1548.5	1377.7	1547	1333.4	1491.1	1335.3	1503.5	1197.4
15	1567	1362.9	1467.2	1327.9	1474.8	1287.4	1416.5	1191.0
16	1526.1	1259.4	1325.2	1296.9	1400.0	1204.5	1283.5	1208.8
ave	1571.7	1346.2	1475.6	1316.5	1480.4	1288.8	1432.5	1193.5



Fringe quality 9  
 SNR 140353.0  
 Int time 30.000  
 Amp 9740.757  
 Phase 102.7  
 PFD 0.0e+00  
 Delays (us)  
 SBD -0.240061  
 MBD -0.005123  
 Fringe rate (Hz)  
 -0.000016  
 Ion TEC 0.00  
 Ref freq (MHz)  
 560.0000  
 AP (sec) 1.000  
 Exp. db\_e tst  
 Exper # 3410  
 Yr.day 2012:300  
 Start 165730.00  
 Stop 165800.00  
 FRT 165745.00  
 Cor/FF/build  
 2012:299:185845  
 2012:300:191054  
 2012:300:083417  
 RA & Dec (J2000)  
 18h00m45.8839s  
 +78°28' 4.018"

Amp. and Phase vs. time for each freq., 15 segs, 2 APs / seg (2.00 sec / seg.), time ticks 2 sec



560.00	592.00	624.00	656.00	688.00	720.00	752.00	784.00	816.00	848.00	880.00	912.00	944.00	976.00	1008.00	Freq (MHz)	All	
97.0	101.8	99.5	101.9	103.5	106.9	105.8	104.2	105.9	108.3	105.5	104.8	105.9	99.7	90.0	Phase	102.7	
9996.0	9808.5	9912.5	9744.2	9848.9	9841.7	9749.9	9852.2	9822.8	9820.2	9898.5	9773.7	9788.5	9818.8	9221.8	Amp.	9770.9	
994.2	994.3	994.4	994.3	994.3	994.3	994.3	994.3	994.3	994.3	994.2	994.3	994.3	994.1	994.3	Std box	994.3	
U/L	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30	APs used		
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PC freq		
E/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	PC phase		
E	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	Main PC		
J	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	PC amp		
L15L	L14L	L13L	L12L	L11L	L10L	L09L	L08L	L07L	L06L	L05L	L04L	L03L	L02L	L01L	Chan ids		
J	L15L	L14L	L13L	L12L	L11L	L10L	L09L	L08L	L07L	L06L	L05L	L04L	L03L	L02L	L01L	Tracks	
Group delay (usec)		-5.12311858128E-03			Apriori delay (usec)			0.00000000000E+00			Resid mbdelay (usec)			-5.12312E-03 +/- 8.2E-09			
Sband delay (usec)		-2.40061461819E-01			Apriori clock (usec)			0.00000000000E+00			Resid sbdelay (usec)			-2.40061E-01 +/- 1.2E-07			
Phase delay (usec)		5.09662542094E-04			Apriori clockrate (us/s)			0.00000000000E+00			Resid phdelay (usec)			5.09663E-04 +/- 4.0E-09			
Delay rate (us/s)		-2.79475929680E-08			Apriori rate (us/s)			0.00000000000E+00			Resid rate (us/s)			-2.79476E-08 +/- 2.3E-10			
Total phase (deg)		102.7			Apriori accel (us/s/s)			0.00000000000E+00			Resid phase (deg)			102.7 +/- 0.0			
RMS		Theor.		Amplitude		9740.757 +/- 0.069		Pcal mode: MANUAL, MANUAL		Pcal period (AP's) 9999, 9999		sb window (us)		-8.000 8.000			
ph/seg (deg)		0.1 0.0		Search (54X64)		9470.626		Pcal rate: 0.000E+00, 0.000E+00 (us/s)		mb window (us)		-0.016 0.016		0.000 0.000			
amp/seg (%)		0.0 0.0		Interp.		9470.626		Bits/sample: 2		SampCntNorm: disabled		dr window (ms/s)		-0.893 0.893			
ph/frq (deg)		4.6 0.0		Inc. seg. avg.		9740.763		Sample rate (MSamp/s): 64		Data rate (Mb/s): 1920		niags: 1024 t_cohere Infinite		Ion window (TEC) 0.00 0.00			
amp/frq (%)		1.7 0.0		Inc. frq. avg.		9770.946		Iterative Interpolator									

図 2 DiFX による相関処理結果で、最も良い組み合わせである日本とイタリアの相関処理結果。15ch すべてで、位相が揃い、もっともシャープなフリンジとなっている。もちろん今回の結果から ADS3000+ が 2 台あれば、さらに良い結果を得ることができる。

まとめ

ヘイスタック観測所に ADS3000+ を持ち込んで 4 カ国のデジタルバックエンドと同時にデータを取得した。相関処理してみると、ADS3000+ が時間領域、周波数領域でもっとも良い値を示していたことが分かった。ADS3000+ は株式会社コスモサーチにより製造販売されています。