

水素メーザの停止とガスセルCsの起動について

藤沢健太

1. はじめに

2007年6月22-23日に国土地理院・宇宙研と協力して山口32mの測地観測を行うことを計画し、そのための試験観測を開始した。その段階で、水素メーザが停止する現象が発生し、あわせてガスセルCsの起動を行ったので、以下に報告する。

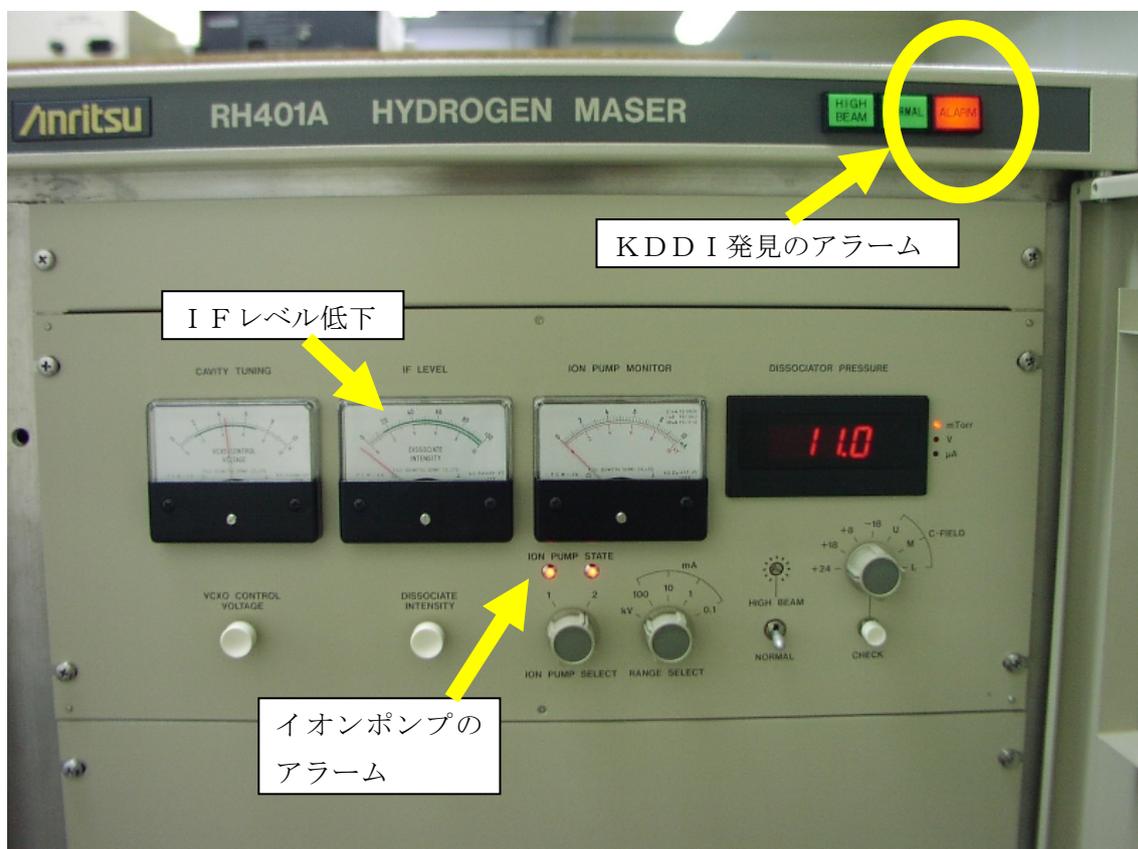
2. 水素メーザの停止

2-1. 経過

6月10日、測地観測の試験観測を光結合観測 (s07161a) にあわせて実施した。光結合観測は成功したが、測地試験観測は観測帯域幅の設定ミスやサンプリングビット数のミスにより、観測は失敗した。光結合観測は成功して通常通りのフリンジを検出したので、この時点では水素メーザには異常はなかったと考えられる。

6月13日、帯域幅の設定などを正しくし、観測を実施した。しかしフリンジを検出できなかった。この後、観測システムについていくつか検討したが、特に問題点は見出されなかった。

6月15日朝、KDDIのメンテナンス担当者より電話があり、水素メーザでアラームが発生していることが連絡された。日本時間20時に現地を確認作業を行ったところ、IFレベルの低下、イオンポンプが停止していることが確認 (アラームが出ていた) された。



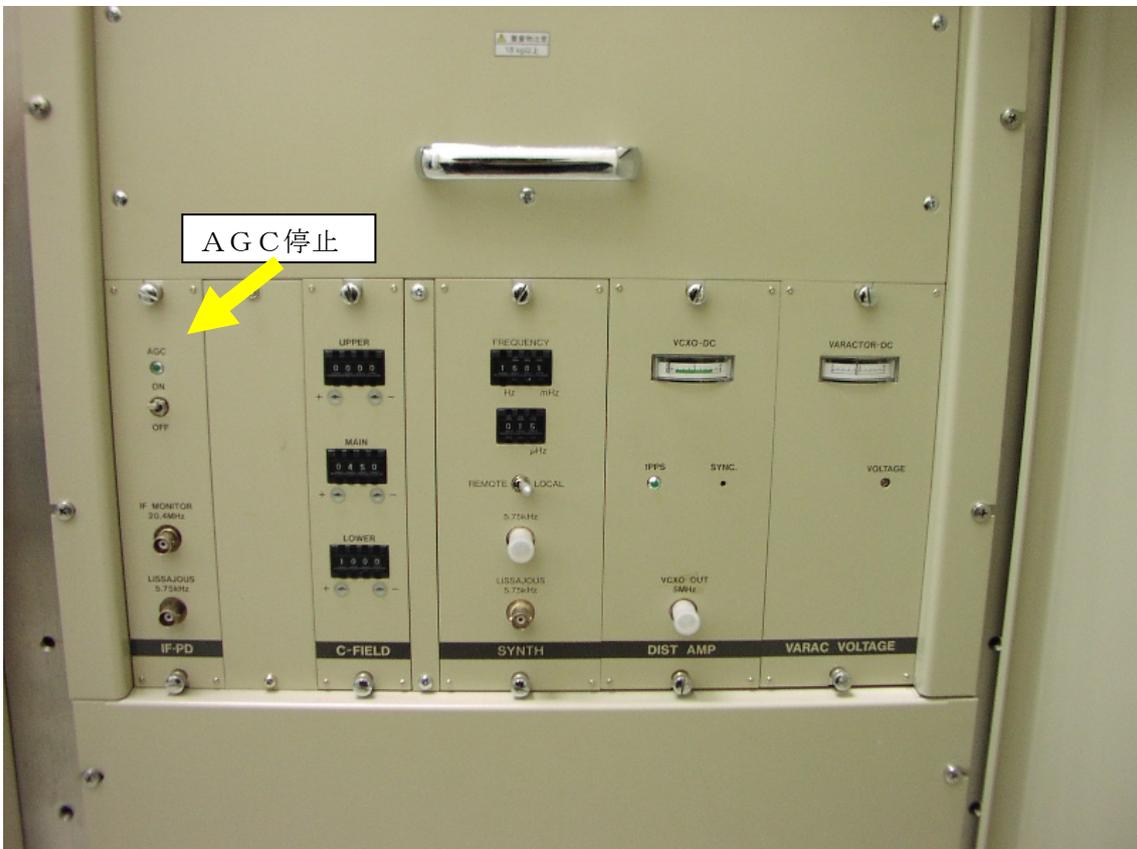
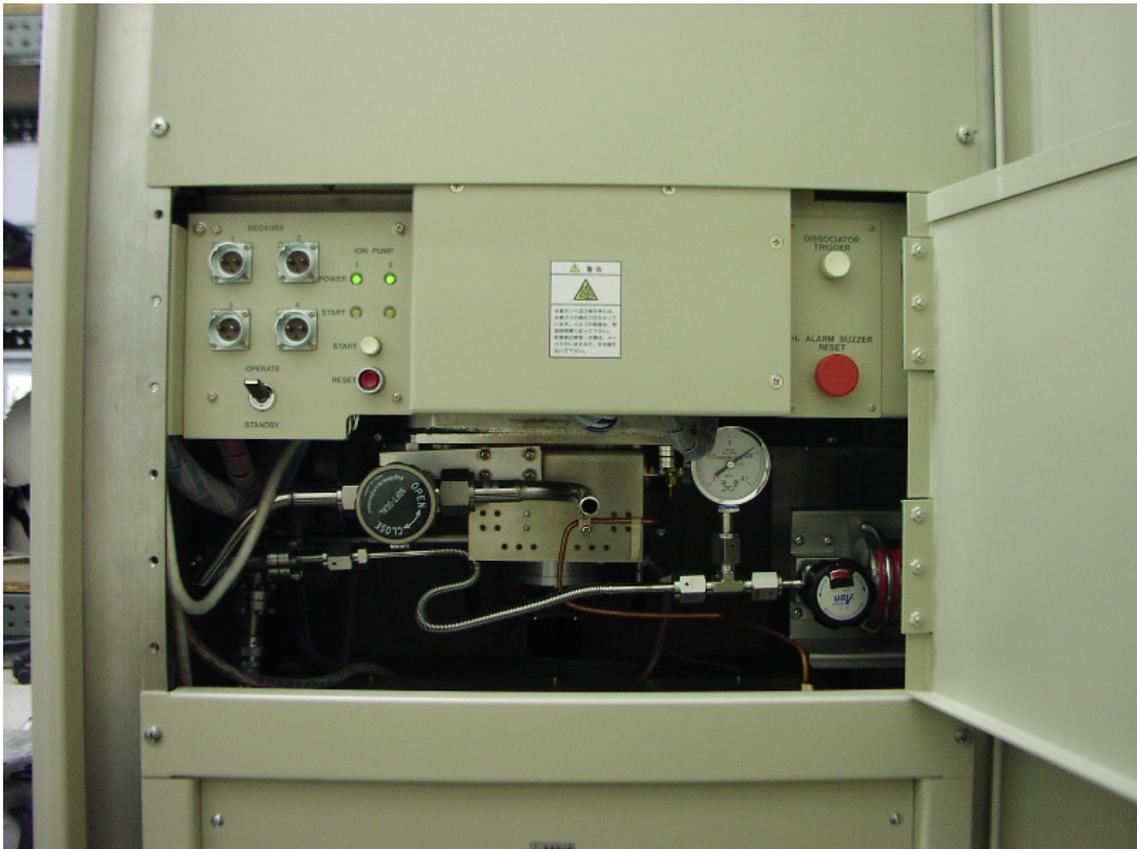


図1. イオンポンプ停止時（15日20時）の水素メータ各パネルの写真

イオンポンプが停止して12時間経過すると共鳴器内のガス圧が高まり、イオンポンプでは排気できなくなる（無理に動作させるとイオンポンプを損傷する）。製造元のアンリツと相談することとし、水素メーザはそのまま放置とした。

3. ガスセルCsの起動

3-1. 経過

V L B I 観測対応のために、長期間停止していたガスセルCs周波数標準を起動することにした。

ガスセルCsは2002年に設置され、8GHzでのV L B I 観測に使用した実績がある。2003年に行われた測地観測（J A D E 0 3 0 7）ではガスセルCsが使われている。

2006年7月、Csを設置している恒温槽が異常加熱していて、発振が停止しているのが見つかった。水素メーザが安定稼動していたため、それ以後ガスセルCsは電源を停止させていた。ガスセルCsを設置している恒温槽内のクーラーが停止したと考えられ、停止当時、内部温度は約60度になっていた。

2007年6月15日夜、ガスセルCsの状態を確認したところ、外観には特に異常はなかったため、手順どおり電源を投入して起動させた。このとき、恒温槽が異常加熱するのを防ぐため、恒温槽の前面ドアを取り外した状態とした。モニタPCも動作させ、起動時のデータを取得した。

電源投入から1時間程度で大部分のパラメータは設定範囲内の値となり、発振は安定化した。しかしLD光源光量など2項目はその後2時間でも設定値範囲に収束しなかったため、そのまま放置した。6月18日、現地で全てのパラメータ（本体の設置環境温度を除く）が設定値範囲内となって安定化していることを確認した。ただしGPSとの時刻比較によって周波数に大きなオフセット（出力周波数が低い）があることが確認された。

3-2. 周波数調整

6月19日、引き続き現地調査により周波数オフセットが残存していることが確認されたので、以下の手順で周波数調整を行った。

● 周波数オフセットの測定

GPSの1PPSとガスセルCsに準拠した1PPSの時刻差をTIカウンタで測定した。測定値はCs-GPSである。Csの周波数が低いことが予めわかっていたので、測定値が正の値になるようセットしてから測定を始めた。測定結果を表1に示す。

測定開始から約40分間に4μ秒の時刻オフセット変位が観測された。この測定結果を1次関数でフィッティング（図2）してドリフトレートを計算した結果、-135.018767μs/dayが得られた。表1には、測定値から計算値（オフセット+ドリフト）を引いた残差をあわせて示した。これから周波数オフセットは

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{-135.018767 \times 10^{-6}}{86400} = -1.5627 \times 10^{-9} \text{ [sec/sec]}$$

を得た。

表 1. 周波数オフセット修正前の測定データ

測定日	2007/6/19	
測定者	藤沢・輪島	
Time	測定値 delta(μs)	残差 residual(μs)
2:22:00	100.032	-0.00137
2:33:00	99.002	0.00002
2:39:00	98.4415	0.00210
2:44:00	97.974	0.00342
2:49:00	97.4995	-0.00227
2:54:00	97.029	-0.00395
2:59:00	96.566	0.00186
3:04:00	96.0955	0.00018

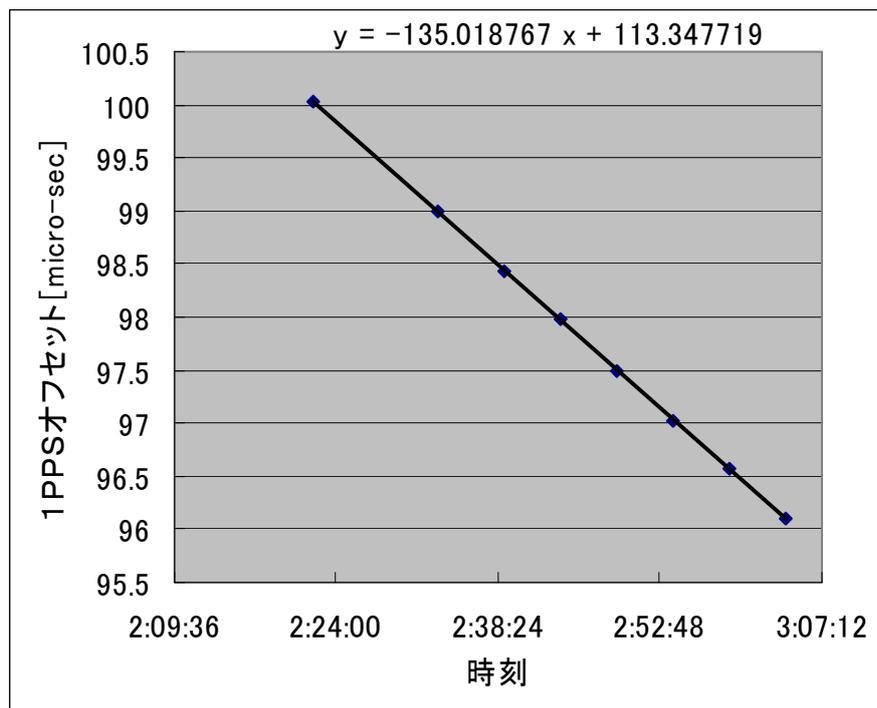


図 2. 1 次関数によるフィッティング

- ドリフトレートの修正

ガスセル C s の周波数オフセット値は電源・コントローラの前面パネルで調整可能である。6月19日の時点でガスセル C s に設定されていた周波数オフセット値は、表 2 に示す値であった。これに測定値、既設定値+測定値をあわせて示す。

表2. 6月19日時点での、ガスセルCsの周波数修正前の設定値、測定値、修正値

桁	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹³
既設定値	5	5	1	2	5
測定値	1	5	6	2	7
修正値	7	0	7	5	2

6月19日12時08分（日本時間）に表2の修正値に変更し、SETボタンを押してセットした。

● 修正後の周波数オフセット測定

修正後も修正前と同じ測定を行った。結果を表3に示す。まだ-1.7424 μ s/dayのドリフト（周波数オフセットは 2.017×10^{-11} を）が残存していたが、安定化するまで時間がかかると考え、そのまま放置した。最終的に、クロックオフセットを0に近づけて作業を終えた。

6月19日の12:27:00におけるクロックオフセットは2.653 μ 秒である。翌日、6月20日に現地で確認したところ、クロックオフセットは1.1800 μ 秒（13:26:00）であった。これから周波数オフセットは-1.6378 $\times 10^{-11}$ を得た。この値は通常のVLBI観測を行うにはかなり大きな値であるが、これ以上修正を行うことは危険と考え、追加修正は行わなかった。

4. 測地試験観測とFRINGE検出

ガスセルCsがVLBI観測に使える状態になったと判断し、6月20日に測地試験VLBI観測（f07171）を行った。観測相手局はつくば32mであり、観測はIP-VLBIシステムを用いて、アナログ帯域4MHz、1ビットサンプリング、積分時間5秒で行われた。P-c a lはRFで5%程度注入した。観測データを随時つくばにネットワーク伝送し、FRINGEサーチを行っていただいた。その結果、OJ287についてFRINGEが検出された（図4）。各チャンネルともS/N \sim 27、 $\Delta\tau = -3.3\mu$ 秒という結果を得た。遅延時間変化率は積分時間が短いため優位かどうか不明であるが、およそ 2×10^{-12} という結果となっている。

この結果を踏まえ、周波数オフセットの修正を行わずに6月22日の本観測を実施することとした。

表3. 周波数オフセット修正後の測定データ

測定日	2007/6/19	
測定者	藤沢・輪島	
Time	測定値 delta(μs)	残差 residual(μs)
3:10:00	95.6695	-0.00045
3:15:00	95.6655	0.00160
3:20:00	95.656	-0.00185
3:25	95.6525	0.00070

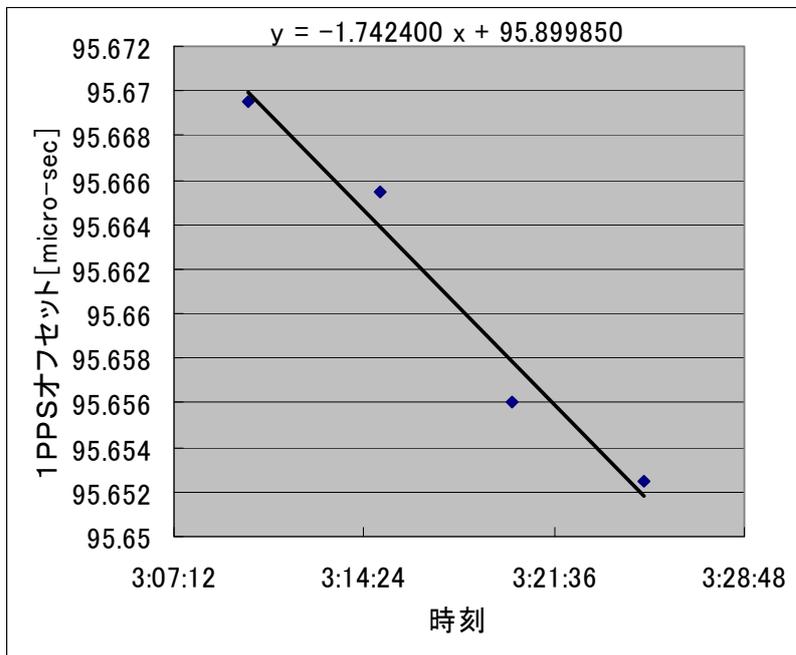


図3. 周波数オフセット修正後の測定結果

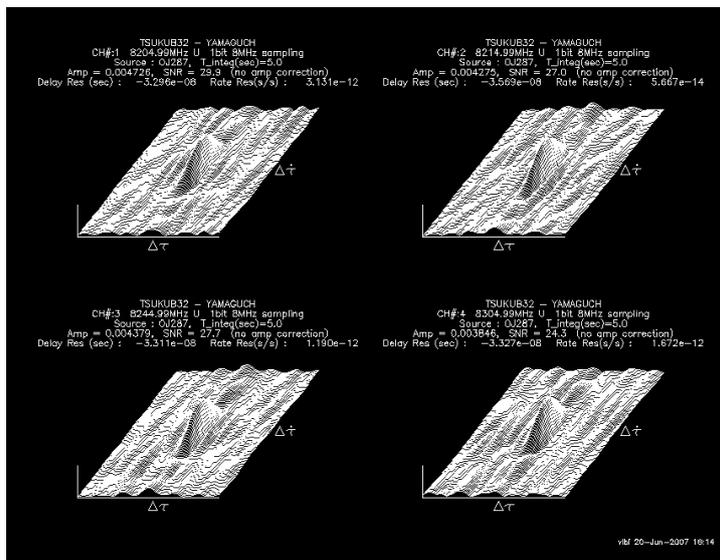


図4. つくばー山口中で検出したフリンジの図 (天体=O J 2 8 7)

参考資料 6月18日にアンリツへ連絡を取ったメール

Date: Mon, 18 Jun 2007 16:39:25 +0900

To: Inoue Koji <Inoue.Koji@jj.anritsu.co.jp>

From: FUJISAWA Kenta <kenta@yamaguchi-u.ac.jp>

Subject: HMトラブル

アンリツ株式会社 井上様、待鳥様、須藤様、大内様

山口大学の藤沢です。ご無沙汰しております。

山口32m電波望遠鏡に設置しているNICT所有の水素メーザが
停止しました。状況をお知らせしますので、対策の手ほどきを
お願いいたします。

あわせて、長い間停止していたガスセルCs周波数標準を起動しました。
これについても報告いたします。

【水素メーザ】

(1) 状況

6月15日、水素メーザのアラーム発生との連絡をKDDIから受ける。
同日20時に確認したところ、
・出力のIFレベルが0に低下
・イオンポンプが停止
していることがわかりました。

現地で調査したパラメータは以下のとおりです：

放電管内水素圧 12.5mTorr (15日)

30.1mTorr (18日)

IF-LEVEL <0

ION PUMP1 0.0mA、0.0kV

ION PUMP2 0.0mA、0.0kV

CAVITY TUNING 4.4

VGXO CONTROLL VOLTAGE 1.1

電源電圧 全て正常

C-FIELD U:12、M:27、L:120

水素一次圧 0.041MPa

キャビティ内の水素の発色はピンク色で、これは正常でした。

(2) 緊急対策

特に対策を施していません。

(3) 監視装置

監視装置のPCは時々自動再起動します。今回、運悪く自動再起動後で、ソフトウェアは動作していませんでした。

お手数をおかけしますが、これ以上事態が悪化しないよう緊急の対策と、再起動への手順を教えてくださいませんか。

どうぞよろしくお願いします。

=====

【Cs】

2006年7月、Csを設置している恒温槽が異常加熱していて、発振が停止していることが見つかりました。
恒温槽内のクーラーが停止した様子で、内部温度は約60度になっていました。
報告が大変遅くなって申し訳ありません。
このとき取得したログを添付でお送りします。

その後、電源を停止させた状態で長らく放置していました。

(BVAは通電していました)

今回、水素メーザが停止しましたので、急遽Csを起動しました。

(15日の夜)

BVAは使っていません。恒温槽も前面の扉を外した状態です。
この状態で電源を入れたところ、大部分のパラメータは正常で、安定化しました。
約2時間放置しましたが、まだ完全には安定化の状態となりませんでしたので、そのまま放置し、本日18日、現地で確認しましたら、全て正常な状態となって発振していました。

ただ、周波数のずれが著しく、 10^{-9} 程度の偏差があるようです。

明日、また確認して偏差が大きいうでしたら、周波数補正を行う予定です。

以上、お知らせいたします。

=====

藤沢健太 FUJISAWA Kenta

<kenta@yamaguchi-u.ac.jp>

山口大学 理学部 物理・情報科学科 物理学講座 電磁宇宙物理学研究室

電話 & F A X : 083-933-5673 住所 : 〒753-8512 山口市大字吉田 1677-1

=====