

K-3型VLBIシステムを利用した木星デカメータ波放射観測  
1985 - 1986

鹿島支所 第三宇宙通信研究室

近藤哲朗・雨谷 純・徳丸宗利・金子明弘

### 1. はじめに

木星からはデカメータ波帯において非常に強いバースト状の電波が放射されており、地球上では時として、太陽電波よりも強い電波として観測される。この木星デカメータ波放射が発見<sup>(1)</sup>されてから、30年以上たち、木星デカメータ波放射の性質が詳しく調べられ、木星の極域での激しい電磁擾乱現象の結果として放射されていることが明らかになりつつある。地球からも極域から、AKR（オーロラキロメータ波放射）等と呼ばれる電波が放射されていることが知られている。ただこの電波は地球電離層の遮蔽により、地上から観測することはできない。また土星や天王星からも同種の電波が放射されていることが知られている。これらの惑星に共通することは磁場を持っているということである。このように磁場を持つ惑星の極域から電波が放射されることが一般的となっているがその電波の発生メカニズムは完全に解明されているわけではない。電波の発生メカニズムを明らかにするには発生場所の同定、放射される電波の偏波状態の観測が重要である。そこで、当所で開発されたK-3型VLBIシステムを利用した受信周波数28MHz～30MHzのデカメータ波帯干渉計を製作し、地上からの受信が比較的容易である木星デカメータ波放射について発生場所の同定、放射される電波の偏波状態のモニターを目的とした観測を1984年から行っている。<sup>(2)(3)</sup>当初、基線長はわずか60mと短いものであったが、原振に水素メーザ周波数標準器を用いるなど、二つの受信系で共通ローカルを使用したことを除けば、大陸間VLBIシステムと全く同じ構成であった。このシステムで木星デカメータ波放射が受信できることを確認した後<sup>(2)</sup>1985年には、アンテナ設置のためのタワーを建設し、鹿島支所内で基線長約600mの干渉計を実現した。それぞれのアンテナとして直交八木アンテナを用い、偏波成分の受信を可能とした。さらに東京天文台野辺山宇宙電波観測所(NRO)にもアンテナと受信器の設置を行い、NRO所有のMark-III VLBIシステムを利用して、鹿島との間で基線長約200kmのデカメータ波帯VLBI観測を行った。ただし今年(NRO)のMark-III端末が臼田局に移設されているため鹿島-野辺山基線の観測は行えなかった。

本報告では昨年(1985年)と今年(1986年)の観測結果を述べる。

### 2. 観測システムおよび観測

観測システムの詳細はすでに資料(2)(3)で報告しているのでここでは省略し、各アンテナの位置関係を図1に示す。鹿島にはAおよびBアンテナがあり、それぞれ直線偏波成分X、Yを受信する。仰角は45°に固定されているが、方位は動かすことができ、観測時には木星の方位角に合わせる。野辺山のアンテナは天頂方向固定であり、受信偏波は東西方向の直線偏波成分のみである。

木星デカメータ波放射はいつも出現している電波ではなく、木星の磁場に固定した系の自転周期と衛星イオの公転周期にコントロールされ、10分から1時間程度バースト的に出現する電波である。とくに28MHz以上ではイオ衛星にコントロールされる成分(イオ依存性電波源と呼ばれてい

る) がほとんどであることが知られている。<sup>(4)(5)</sup> そこでイオ依存性電波源のみに的を絞って観測することにした。とくにイオ依存性電波源では観測中に発生域が木星の南北でスイッチすることも期待され、VLBI観測でその現象を捕えることができるかもしれない。イオ依存性電波源の出現時刻は木星の位置、イオ衛星の位置から簡単に予測できる。観測は木星の衝の前後3ヶ月間としている。この期間は観測が深夜となり、通信による障害が少なくなる。観測頻度は一週間に1回程度である。一回の観測は2時間であり、観測開始1分後から6分間システムの位相差を較正するための信号(白色雑音信号)がレシーバー入力部から注入される。

### 3. 相関処理

K-3型VLBIシステムで取得した1ビットサンプリングデータはK-3相関処理装置で処理を行う。ところで、データには5 msec(20000bit)ごとに160bitのヘッダー(時刻ラベル等)がついている。そのため短基線(遅延が160bit = 40  $\mu$ sec 以内)データの場合、相関処理データにヘッダー部分の相関が含まれてしまう。ヘッダー部分の相関が定常的(時間に依存しない)であれば、単純オフセットとして取り去ることが可能である。しかし、ヘッダー部分は時刻ラベルを含むためその相関関数は刻一刻と変化し、単純オフセットと取り扱えない。そのため相関処理時にヘッダー部分を取り除いておけば後の解析が容易となる。そこで、鹿島支所内基線データに関してはヘッダー部を取り除くモードで相関処理を行った。ただし相関器の制約から、ヘッダー部分を取り除いた場合、有効データ数が $\frac{1}{2}$ となる。つまり、相関器での積分単位を3秒で処理しても、実際の積分時間は1秒間だけである。相関器1ユニットで8ラグの相互相関関数を取得できる。<sup>(6)</sup> 今回の相関処理では8ユニットのラグを連結し計64ラグの相互相関関数を取得した。

### 4. 解析

#### 4.1. 混信の除去

鹿島支所内短基線の場合、通常相関データは図2 aに示されるように、混信および干渉のため、周期性の強い相関関数となっている。しかも比較的定常である。そこで12分間のデータを1区切りとして、その時間内に変動しない成分は通信や定常的な干渉成分として単純オフセットと考え取り去った。具体的にはラグ毎に12分間の平均値を求め元の相関関数から引き去った。さらに突発的な混信を取り除くためオフセット分を取り除いた後の相関強度が異常に大きいもの(ここでは相関強度10%を超えるもの)を取り除いたデータでさらに平均化を行い最終的にオフセットとして引き去る関数を求めた。このような処理を行うことによって木星デカメータ波放射の良好な相関を検出することに成功した(図2 b)。

鹿島-野辺山基線では相関処理時にフリンジ回転を行うため、定常的な干渉成分は自動的に取り除かれる。

#### 4.2. 偏波解析

最終的にはストークスパラメータを求めることを目標としているが、現在のところ、受信電波の円偏波成分(右旋または左旋)の判定まで可能となった。直交した直線偏波アンテナで受信した電波はその位相差が右旋偏波か左旋偏波かを表わす。観測に使用しているアンテナのXYの定義と極性を図3に示す。この場合、XがYより位相が進んでいる場合右旋偏波、逆にXがYより遅れている場合左旋偏波となる。またXYでの受信強度がほぼ等しいならば、位相差が $\pm 90^\circ$ の場合は円偏波となる。XとYの位相差を求めるにはAX-AYの相関関数から求めれば良いのだが、取り除き

れないオフセット分のため精度がおちる。そのため、ここでは、BY-AY, BY-AX の相関関数から間接的にAX-AY の位相差を計算した。こうすることにより、精度良く位相差を決定できた。

## 5. 結果

鹿島-野辺山基線については現在のところ1観測データしか処理していない。また偏波解析も一部のデータのみについてであり、まだ統計的な議論を行える段階ではない。そこで今回は解析例のみであるが、図4には鹿島-野辺山基線で得られた木星デカメータ波放射の相関関数、図5には鹿島支所内短基線で得られた例、また偏波解析を行った例を図6に示す。図5にはフリンジ位相の予測値も示すが、得られた現象はこの予測値と良く一致していることから、木星から放射された電波であることが結論できる。また偏波解析結果は右旋偏波が卓越しており、現在までに知られている偏波特性と一致している。

## 6. おわりに

現在、解析は進行中であるが、偏波データに関しては、VLBI装置の特徴を發揮した質の良いデータが取得できている。従来の偏波観測はアナログ的手法が主であり、定量的な議論を行う場合、安定性に問題があった。今回取得したデータはデジタルデータであり、位相の補正を解析の段階で簡単に行うことができるという特徴がある。また、ここでは述べなかったが、デカメータ波帯の長基線VLBIで相関処理時の問題点として、電離層による分散がある。例えば、foF2が10MHzと12MHzの2地点で観測されたデカメータ波帯の信号の電離層による遅延時間差は2MHz帯域の両端で数 $\mu$ secにもおよび、単純な時系列上での相関処理では相関が検出されない可能性があり、データ処理時には考慮に入れなくてはならない問題である。しかし鹿島-野辺山基線で良い相関を検出することができ、200km程度の基線ではそれ程深刻な問題ではないかもしれない。

これからさらに、観測と解析を進め木星デカメータ波放射の偏波特性を明らかにしたい。

## 参考文献

- (1).Burke,B.F. and K.L.Franklin,"Observation of a Variable Radio Source Associated with the Planet Jupiter", J.Geophys.Res.,Vol.60,pp.213-217,1955.
- (2).近藤、栗原、金子、雨谷「K-3型VLBIシステムを利用した木星デカメータ波放射観測」第317回研究談話会資料、1984年8月
- (3).近藤、栗原、雨谷、金子「K-3型VLBIシステムを用いた木星デカメータ波放射観測'85」第334回研究談話会資料、1985年7月
- (4).近藤、磯崎、大内「平磯リオメータデータ中に見られる木星デカメータ波放射」第278回研究談話会資料、1982年8月
- (5).Thieman,J.R., "A Catalog of Jovian Decameter Radio Observations from 1957-1978", NASA TM-80308,1979.
- (6).杉本、浜「K-3型相関・一次処理システム 2.相関処理」電波季、Vol.30、特1,pp.163-175、1984年11月.

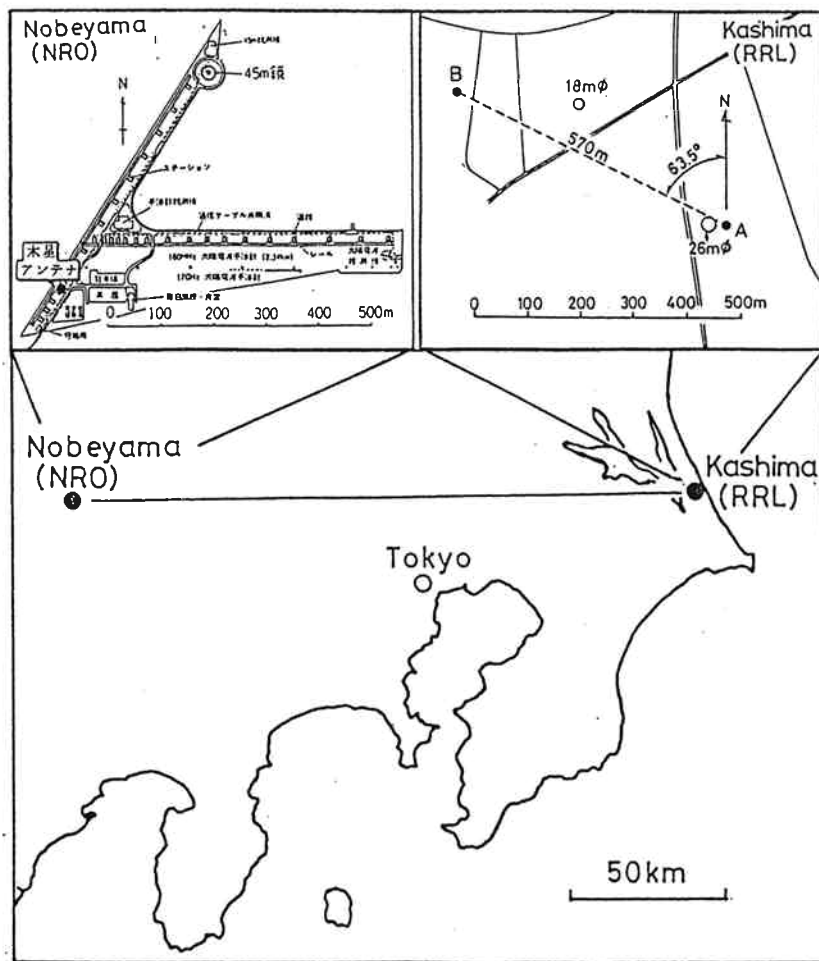


図1 . アンテナの位置。鹿島支所内にはA Bアンテナがあり、それぞれ直交直線偏波成分XYを受信する。野辺山は東西方向の直線偏波成分のみ受信できる。

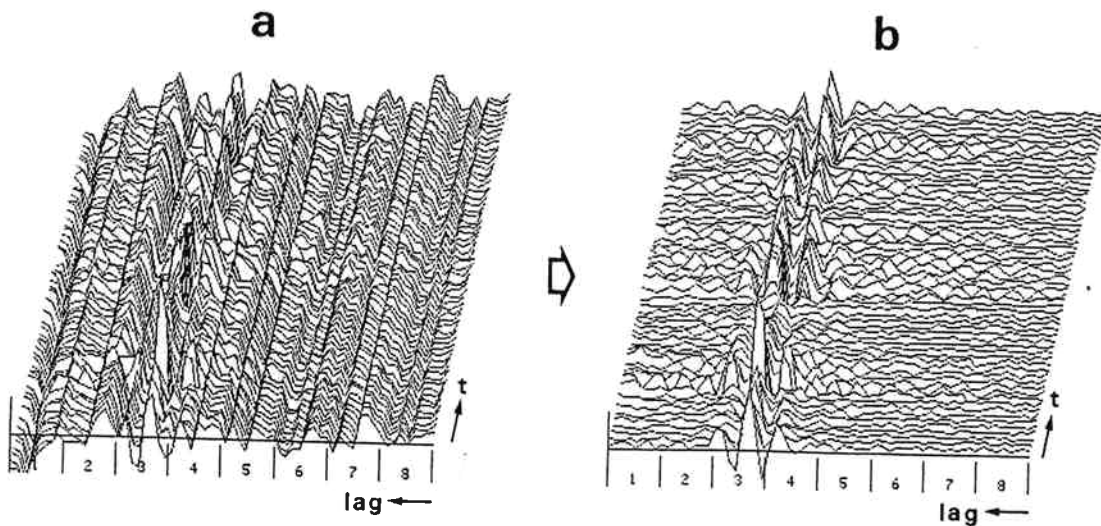


図2 . 相関データ例。

a . 生の相関データ

b . オフセットを取り除いた後の相関データ

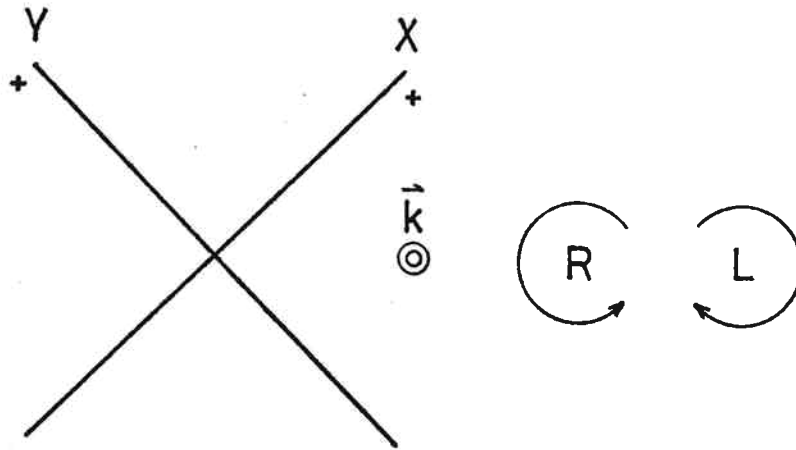


図3 . アンテナのXYと極性および円偏波 (R、L) の定義。この図では電波は紙面裏側からこちらに向かってくるとする。

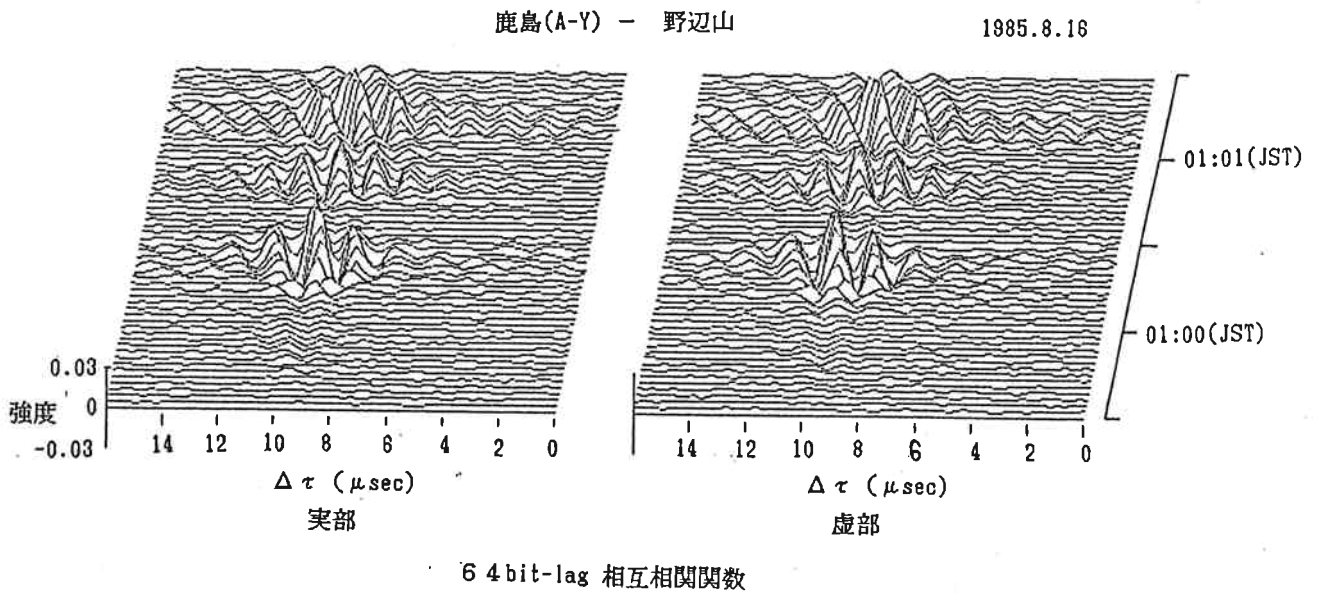


図4 . 鹿島-野辺山基線で得た相関データ。図中 $\Delta \tau = 0$ は鹿島26mアンテナと野辺山45mアンテナの位置から計算した予測値を示す。

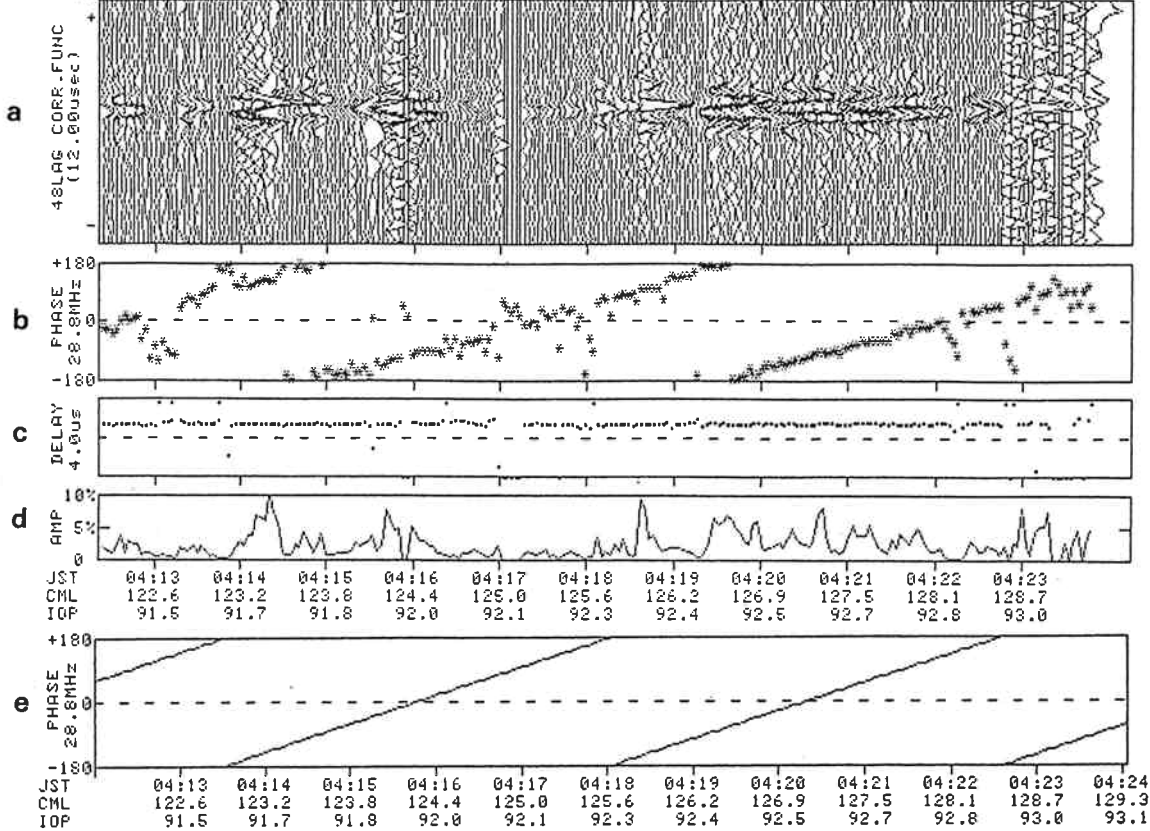


図5 . 鹿島短基線相関データ例。

a . 48点相互相関関数。 b . 28.8MHz でのフリンジ位相。 c . 遅延残差。 d . 相関強度。  
e . フリンジ位相の予測値。

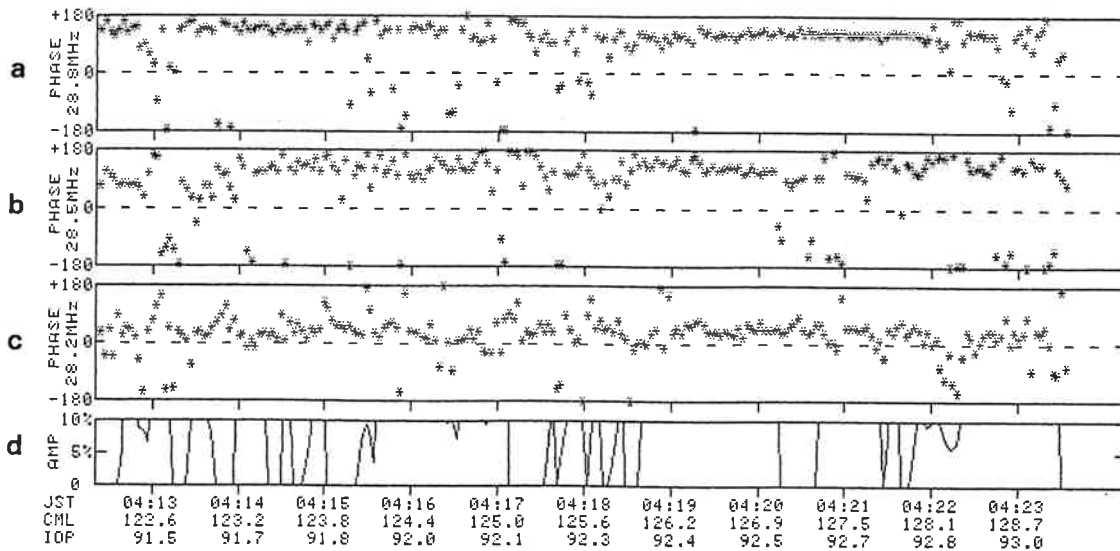


図6 . 偏波解析例。BY-AY,BY-AX の相関データからAX-AY の位相差を求め表示している。図中位相差+は右旋、-は左旋偏波を意味する。

a . 28.8MHz    b . 28.5MHz    c . 28.2MHz    d . BY-AY,BY-AX 相関データの相乗平均強度