すばる γ 線観測装置 CHESS の改良案

京都大学 理学部　谷森 達
平成 12 年 6 月 6 日

本観測時の動作不良の調査結果

CHESS の回路系は 3 つの信号規格が混在した状態になっている (図 1)。まず、光電子増倍管からの信号を最初に受けるフロントエンド回路は TKO 規格、次にイベントトリガーを作り出しているのが NIM 規格の回路、CPU によるデータの取り込みや計算、全系の制御などを行うのが VME 規格の回路である。3 種の規格はそれぞれ別の電源を持ち、TKO の電源は入力 120V のシリーズ電源、NIM の電源も入力 120V のシリーズ電源 (ただし、TKO の電源とは違う製品である)、VME の電源は入力 240V ~ 100V まで可変のスイッチング電源だった。

1.TKO 回路

TKO 回路については、問題無かったと考られる。TKO 回路には、光電子増倍管からの信号のうち、ある閾値を超えた数をカウントするスケーラーがついており、本観測の際も直接通信してスケーラーのデータを取り込むことができ、その値は妥当な値だった。また、TKO 回路からの出力は VME のスケーラーによりカウントされているが、その値も正常であり、トリガー要求回路までは (図 1 中、VME Interrupt 回路までは)、本観測中正常に動いていたことが確認できている。さらに日本に持ち帰ったデータを解析しても TKO による問題はみつからなかった。TKO の電源はシリーズ電源で一般に入力電圧の変動に弱いのだが、実験室での試験だけでなく、本観測時においても安定して動作していたといえる。

2.VME 回路

VME はスイッチング電源のため、元来入力電圧変動には強い。確認のため日本にて CHESS に組み込まれている VME 回路と同じ製品を使い、VME 回路のみの入力電圧に対する挙動を調べてみた。各種回路からでるパルスをオシロスコープで確認しながらスライダックにて入力電圧を、100V から徐々に降下させていった。すると、69V までは回路は正常に動き、さらに下げると先に CPU が落ちてしまった。本観測時は、CPU 自体は正常に動いていたことを考えると、本観測時においても VME 系回路は正常に動いていたものと考えられる。実際、多くの VME 系の回路が本観測時に正常に動いていたことは確認できている。

3.NIM 回路

残るは NIM 回路である。NIM 回路はシリーズ電源であるため、もともと入力電圧変動には弱い。メーカーに問い合わせてみたところ、入力電圧が 108V(10% の減少) までの電圧降下には対応できるが、それ以下の挙動は保証できないということだった。そこで VME と同じく、NIM についても電圧降下試験を行った。CHESS で使っていた回路とほぼ同じ回路を使い (全て同じ回路を揃えることは出来ず、一部違うメーカーの回路を使用した。しかし、消費電力、機能等がほとんど同じなので、試験結果には影響がないと考えている)、NIM 電源も CHESS とほぼ同じものを使った。違いは CHESS に搭載したのが入力 120V 用であり、今回の電圧降下試験で使ったのが入力 100V 用ということだけである。内部構

造としては、変圧器の巻数が違うだけで、供給電流の量やノイズ量、入力電圧変動に対する許容範囲など、性能は全く同じである。以下では 100V 基準の値を、120V 基準に換算した値を書く。

120V から始め、入力電圧を徐々に下げていくと、106V からイベントトリガー回路 (特にデータ収集要求パルスを出す Gate generater 回路) が不安定になりはじめ、トリガー要求のパルスが、ランダムに出たり出なかったりした。これは、本観測時に見られた不調と同じである。さらに下げると 101V でトリガー要求が全く発生しなくなくなり、90V 程度になると、トリガー回路だけでなく全ての NIM 回路が正常に動作しなくなった。次に 90V から始めて電圧を徐々に上げていったところ、108V を超えて初めて回路は正常に戻った。つまり、一度 101V 以下まで電圧降下が起きて回路が不安定になってしまうと、電源が 110V 程度まで回復しないと回路は正常に戻らないことがわかった。前回の報告でも書いたとおり本観測時に PFU からの電圧が、少なくとも 105V まで下がったことは間違いない。これは CHESS に搭載した UPS が入力電圧が、105V 以下になった際に発する警告音が鳴り続けていたからである。この試験結果によれば、本観測時に NIM トリガー回路が不調になっていたことは間違いない。

4. まとめ

以上の結果から考えられる本試験での不調は以下のように考えられる。

まず、試験観測開始時は、PFU から 120V 近い電圧で電力が供給されていた。よって、最初の 1 時間は何事もなく制御できた。その後、UPS の警告音が鳴ったことから、少なくとも 105V まで電圧降下が起きた。この時点で NIM のトリガー回路が動作不安定、もしくは動作不能となった。

その後、主電源はやや電圧を回復したかもしれない、しかし、1 度不安定になったトリガー回路が再び回復するためには、少なくとも 110V まで電圧が回復しなければならない。おそらく、そこまでは電圧が回復しなかった。このトリガー回路が動かなければ、データ収集プログラムは動かない。

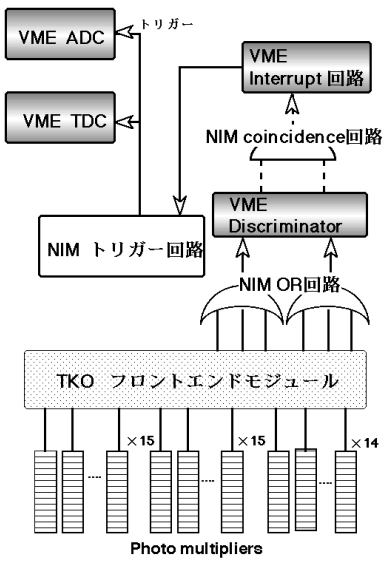

図 1: CHESS の主な回路のブロック図

改良案

以上の結果から考えた改良点は以下の通りである。

1. 入力電圧許容範囲を広くし、電圧降下に耐えられるようにする。
2. 光電子増倍管 (PMT) への HV を 2 本単位でかけられるようにする。
3. 全 PMT に対し ADC を装備する。
4. 光ケーブルを 1 対減らす。
5. 入力電圧モニター、アナログ波形モニターを装備する。
6. CheSS 上部からエレキへのアクセスを可能にする。

・1 について

今回の動作不良の原因は、NIM 回路が 105V 以下の入力電圧降下に耐えられなかったためである。そこで、CHESS で使われているシリーズ電源を、入力電源電圧の変動に強いスイッチング電源に変更する。ただし、NIM 回路に関してはスイッチング電源に変更することが難しいため、85V までの入力電圧降下を保証するシリーズ電源を特注する。これにより、PFU からの電源電圧が 85V まで下がった場合でも、安定して観測し続けることが可能になる。さらに、スイッチング電源は電力効率がよいので、消費電力を現状の 1kW から、600W 程度に押さえることができ、PFU の電源電圧降下を起こりにくくする効果もある。また、ノイズ対策のため、高圧電源の直前につけていた UPS だが、本観測時に 105V 以下の入力電圧降下が起こり、UPS の電源が入らなくなるというトラブルが起きた。この時は小笠原、臼田両氏に高圧電源の電源コネクタを主電源を直結することにより運転を再開することができた。次回は PFU の電圧降下を考慮し、はじめから UPS は使用しないつもりである。UPS は電圧降下がある場合、バッテリーを放電し切ってしまうと異常停止し、回復出来ない可能性があるためである。ノイズ対策としては UPS ではなく絶縁トランス等を使用する。

・2 について

小笠原氏の提案により、光電子増倍管への高圧を 2 本単位 (現行 5 本単位) でかけられるようにする。これにより、光電子増倍管のゲインのばらつきは現行の $\pm 20\%$ 以内から $\pm 5\%$ 以内に押さえることができる。これにより、より精度の高いエネルギー値が出せる。

・3 について

改良案 2 番に付随して、さらにエネルギー分解能を上げるための改良である。現在、光電子増倍管からの電荷量 (パルス高に相当する) は、パルスの時間幅を計測し、計算によりパルス高に変換することで導出している。この方法はモジュール数は少なくて済むが、誤差も多く、ダイナミックレンジも狭い。そこで、ADC を光電子増倍管全チャンネルに装備させることにより、光電子増倍管からのパルス高を直接測定するようにする。これにより エネルギー分解能が向上し、精度も上がる。

・4 について

RS232C-光ファイバー変換器により制御していたため、光ファイバーを 1 対占有していた高圧電源を、RS232C-Ethernet 変換器により Ethernet 経由で制御する。この変換器は、観測時も含めハワイ滞在中常に安定して動作していた製品で信頼できる。これにより、CHESS が使用する光ファイバーは、Ethernet 線 (制御コマンドの送信、観測データの受

信)、主電源の on/off 制御、の 2 対と、GPS 用の 1 ラインとなる。

・5 について

PFU からの AC120V を監視するために、電圧モニターを追加し、なんらかの理由で電圧降下が起きた時に電源を切り、回路の故障を防ぐようにする。また、デジタルオシロスコープの画面を 1Hz のレートで Ethernet 経由で観測室に送り、観測中に見れるようにする。これにより、今回の観測中にはわからなかった回路系の信号の波形を得ることができ、トラブル発生時にできるかぎりの対処ができる。オシロスコープは入力 4ch で、アナログ信号を確認するのに十分な性能を持つ、2.5G サンプリング以上の製品を考えている。

・6 について

本観測中に回路の不調が起きた際、回路系にアクセスできなかったため、全く対処することが出来なかった。そこで、できるだけ回路系は上部からアクセスできるように配置を変更する。現在の CHESS は配置の変更は難しいため、CHESS の異なる 3 つの規格 (VME、NIM、TKO) を、2 つの規格 (VME と NIM) にする。これにより、電源の種類を減らすことができるので、電力とともに空間の面でも余裕が出て、比較的自由に配置の変更が可能となる。

追加購入を希望する物品

以上の改良を行うために、以下の物品の購入を希望する。

・絶対必要な物品

改良点	品名	個数	金額
1	NIM ビン改造費	2	40 万
1	スイッチング電源	2	32 万
4	FA-11(RS232C-Ethernet 変換)	1+予備 1	8 万
5	電圧・電力モニター	1+予備 1	4 万
5	オシロ+ネットワークユニット (4ch,2.5GS/s)	1	113 万
6	工作費		50 万
	計		247 万

・性能改善のために必要な物品

改良点	品名	個数	金額
2	光電子増倍管アンプ回路	1	210 万
2	光電子増倍管用 HV カード	1	36 万
3	9U ADC module	2+予備 1	167 万
3	9U VME ラック	1	35 万
6	VME discri module	2+予備 1	158 万
6	バスリピーター	1+予備 1	78 万
	計		684 万

また、CHESS で使用している製品の一部は東工大備品である。これらを国立天文台の予算で購入し、東工大備品と交換することを希望する。該当する製品の価格は以下の通りである。

品名	個数	金額
回路モジュール	6	150 万