

時刻パルス発生器の設計・製作

濱口佳之

教育・研究技術支援室 計測・制御技術系

概要

地球規模に渡る巨大なオーロラを EMCCD カメラなどで観測する際、地球上の複数の地点でオーロラ現象を撮影する必要がある。この時に必要となるのが、撮影タイミングの同時性である。この度、製作した「時刻パルス発生器」は GPS コアと PIC マイコンを組み合わせることで、指定した時刻に精度の高いトリガ信号を発生させ、各 EMCCD カメラの撮影タイミングの同期化を可能にした。ここでは、「時刻パルス発生器」のシステム構成、機能などについて紹介する。

1 システム構成

製作した時刻パルス発生器のブロック図を図 1 に示す。

精度の高い時刻パルスを発生させる為、GPS コア(GPS15xH-W)が出力する 1pps (pulse per second)と NMEA データ(NMEA0183)を使用した。1pps は 1 秒毎に出力されるパルスで、時刻誤差が $\pm 1\mu\text{s}$ 以内と非常に精度が高い。また、NMEA データには時刻情報などが含まれており、それを利用する事で現在の時刻を認識する。

PIC マイコンは NMEA データを受信して時刻情報を得ると共に、緯度・経度、受信品質、受信衛星数などの諸データも入手する。また、3 つのロータリースイッチを用いて秒・分・時を指定し、NMEA データから取得した時刻情報と比較する。そして、設定した秒・分・時に達した時、デジタルスイッチを制御して 1pps を出力させる。この様にして秒・分・時それぞれの時刻パルスを、 $\pm 1\mu\text{s}$ 以内の精度で得ることができる。

なお、参考に現在の時刻や緯度・経度などの情報を、LCD で表示できるようにしている。

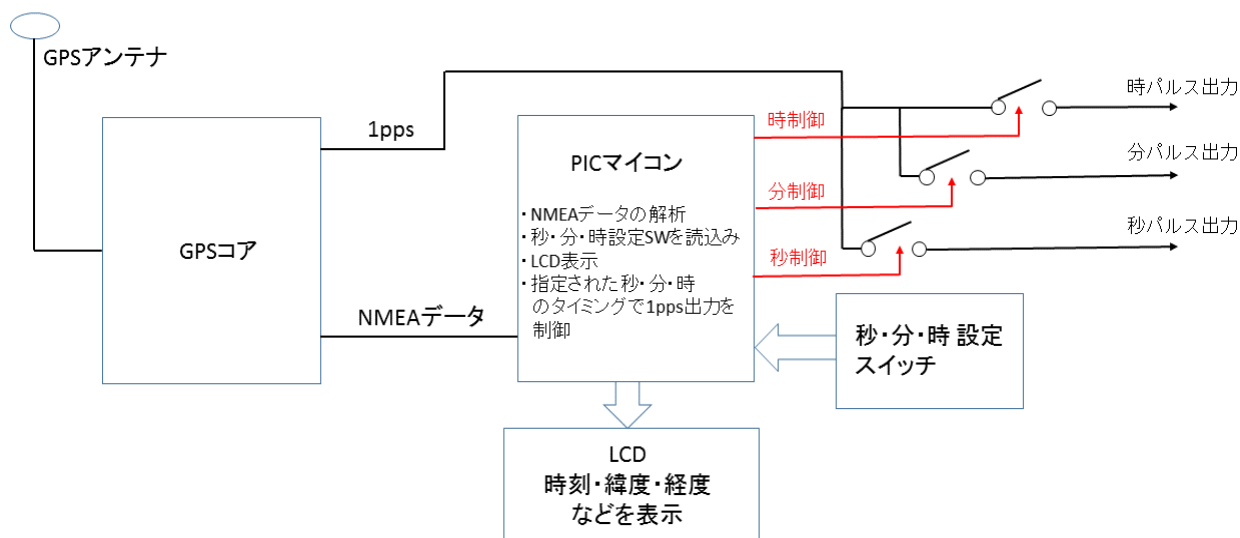


図 1 ブロック図

本装置には、NMEA データと 1pps を出力する DSUB 端子がついており、EMCCD を制御している観測用 PC と接続することにより、観測用 PC の時刻校正も可能である。この観測用 PC の時刻校正には、PC 内で動作する時刻校正プログラムが必要であるが、これも別途開発済みである。

図 2 は、本装置の全体写真である。

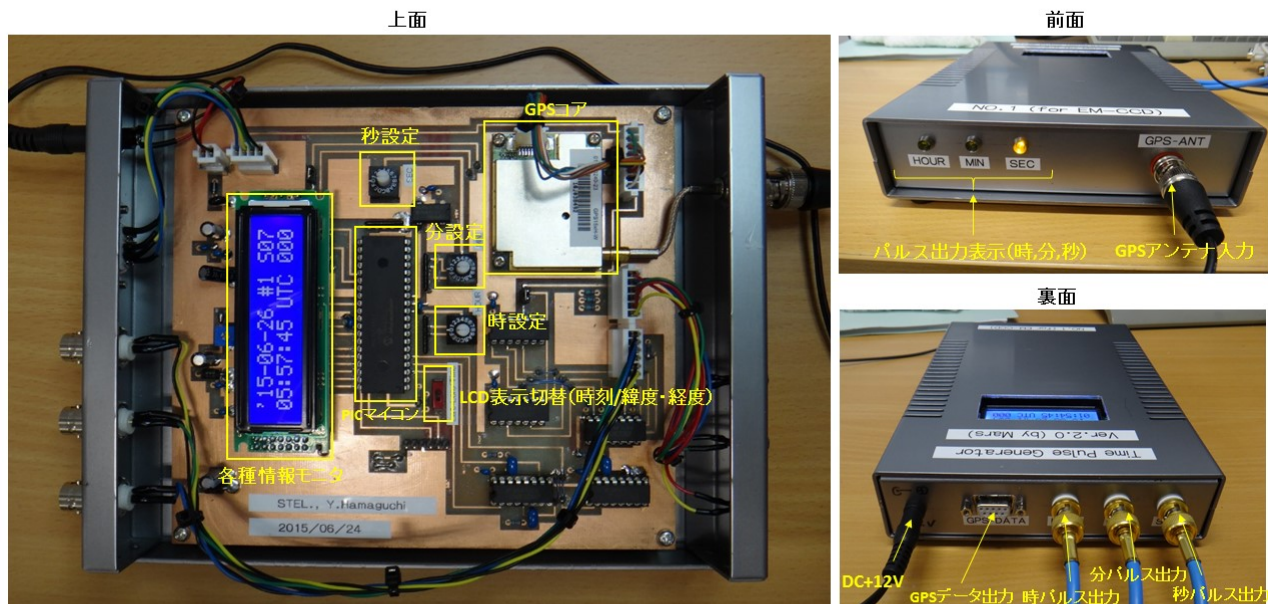


図 2 全体写真

2 機能

図 3 は秒・分・時の設定値（ロータリースイッチの値）に対するパルス間隔の関係を表したものである。出力パルス時刻の設定は、0 時、0 分、0 秒を基準とした時間間隔として設定するようにしている。

ロータリースイッチの種類 ↓	ロータリースイッチの値										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
SEC	1秒間隔	2秒間隔	3秒間隔	4秒間隔	5秒間隔	6秒間隔	10秒間隔	12秒間隔	15秒間隔	20秒間隔	30秒間隔
MIN	1分間隔	2分間隔	3分間隔	4分間隔	5分間隔	6分間隔	10分間隔	12分間隔	15分間隔	20分間隔	30分間隔
HOUR	1時間間隔	2時間間隔	3時間間隔	4時間間隔	6時間間隔	8時間間隔	12時間間隔	24時間間隔	24時間間隔	24時間間隔	24時間間隔

図 3 秒・分・時の設定値に対するパルス間隔の関係

GPS の受信状況を確認する為、NMEA データから情報を取得し、LCD に表示するようにしている。図 4 のように時刻表示モードでは、現在の日付、時刻(UTC)、衛星の受信状況、受信衛星数などが表示できる。緯度・経度表示モードでは、現在の緯度、経度、高さを表示できる。表示モードはスイッチによって切り替えることができる。



図 4 LCD の表示機能

3 検証

図 5 では、1pps と秒・分・時の各パルスとのタイミング誤差を測定している。結果は、50ns の誤差しかなく、1pps と各パルスのタイミングは、ほぼ同時と考えて良い。また、念のため、2 台の GPS コアの 1pps のタイミング誤差を測定したのが、図 6 である。2 台の間の誤差は 500ns であり、仕様通り時刻精度 $\pm 1\mu\text{s}$ 以内を満たしている。これらのことより、秒・分・時各パルスの時刻精度は、 $\pm 1\mu\text{s}$ 以内ということになる。

また、安定性を検証するために半年間連続して運転させたが、バグなどで異常動作をすることはなく、安定であった。また、海外での試用でも問題はなかった。

4 今後の展開について

現時点では、アラスカ、ノルウェー、フィンランドに開発した装置を設置する予定である。

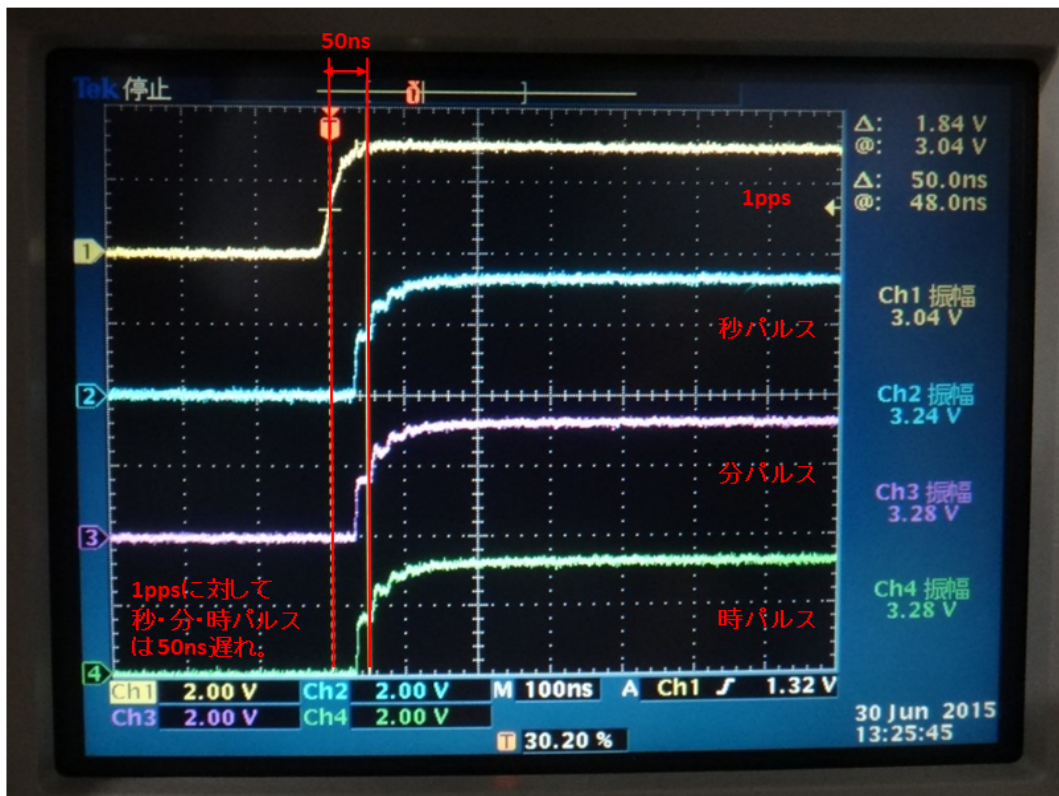


図5 1pps と秒・分・時パルス間のタイミング誤差

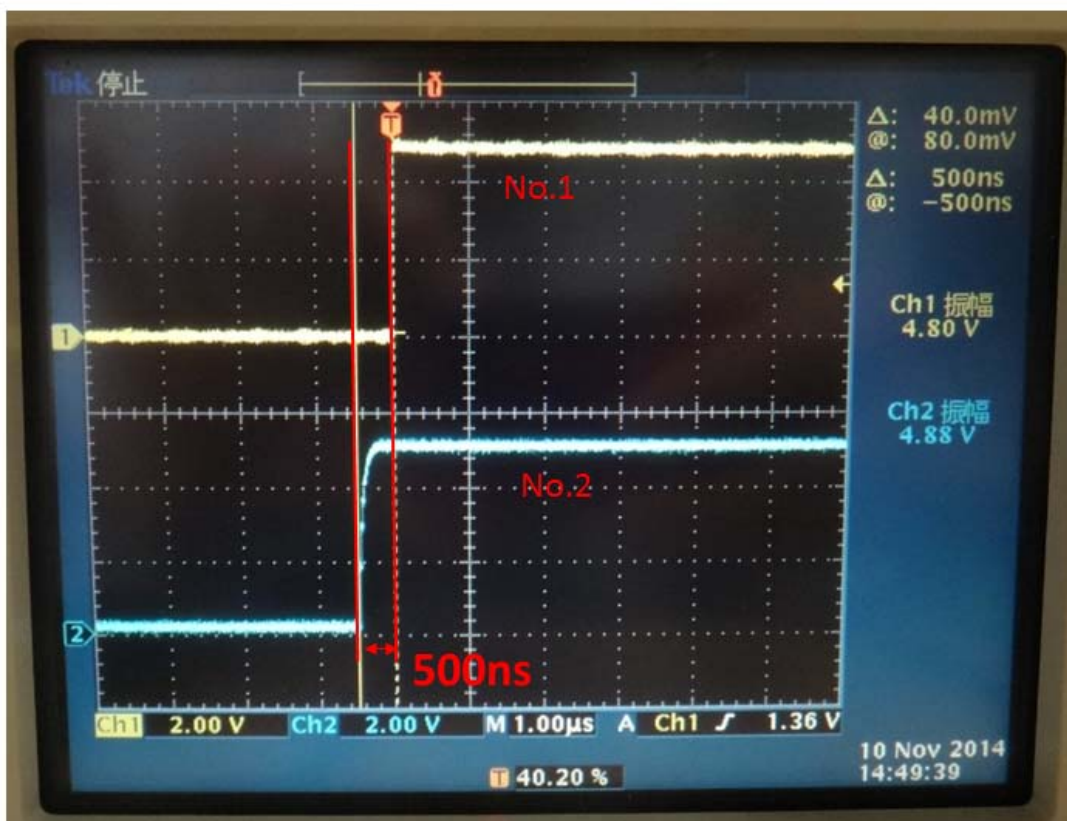


図6 GPS2 台の間の 1pps のタイミング誤差