

INADUMA RULER2

香川高等専門学校 宇宙開発研究部
気象観測機器コンテスト 2次審査報告書

開発者		
機械工学科	2年	大西克也
電気情報工学科	2年	平山覚也
		和気佑弥
担当教員		村上幸一

目次

要旨	3
1 制作背景と目的	4
2 ミッション内容	5
3 使用機器	6
3.1 使用機器の説明	6
3.1.1 AS3935 使用雷センサーモジュール	6
3.1.2 Raspberry Pi	7
3.1.3 3.5 インチ Raspberry Pi ディスプレイ	7
4 システムの概要	8
4.1 原理	8
4.2 雷センサーのシステム	8
4.2.1 雷センサーの動作システム	8
4.2.2 雷センサーの動作説明	9
4.3 プログラムの概要	10
4.3.1 ライブラリのバグ修正をするプログラム	10
4.3.2 アンテナのチューニングを行うプログラム	10
4.3.3 雷センサー本体のプログラム	11
4.3.4 雷を測定するプログラム	11
5 測定方法と結果	12
5.1 測定方法	12
5.2 測定結果	12
雷の規模	12
考察	13
感想	14
参考文献	15

要旨

「INADUMARULER2」(以後「稲妻ルーラー2」)は AS3935 を使用した雷センサーモジュールを用いて雷を検知する気象観測機器である。これは Raspberry Pi を用いているため機器が小さく済む。また、比較的安価なため、環境さえあれば家庭でも再現することが可能である。この利点は大きく、現在、雷の情報を取得するにはネット回線が必要であるが、この機器であれば、ネット回線のない場所でも雷の情報が取得できる。

1 制作背景と目的

現在、雷の発生を知るには気象庁などの web サイト等にアクセスし閲覧する必要があり、その情報の取得にタイムラグが生じる。そこで、雷を検知できる機器を比較的安価に、小型のものを開発できれば手元で早期に情報を取得することができる。それによって、インターネットを介した情報の取得が難しい状況、例えばキャンプ地などで雷を検知することができればゲリラ豪雨の到来を察知するなどの利用ができる。

2 ミッション内容

- ① 機器と雷までの距離を測定
- ② 発生した雷の規模を測定
- ③ ①、②で測定されたデータその場で解析し即座にディスプレイに表示する

前年の「稲妻ルーラー」は距離を測定することは出来たが、規模の測定は出来なかった。また測定したデータは一度 Raspberry Pi を機器から取り出しパソコンと接続しなければ確認する必要があった。そのため「稲妻ルーラー2」は雷の規模を測定でき、また雷が発生すれば即座にそのデータを確認できるものになっている。

ミッション内容①、「機器と雷までの測定」は既に前年の「稲妻ルーラー」で達成できているが、より精度を高くするために今年も行う。

ミッション内容②、「発生した雷の規模を測定」は去年もミッション内容に含まれていたが達成はできなかった。ミッション内容②を完了するためには、雷との距離をセンサーが算出する際に用いられるデータから雷の規模を示したものを抽出する必要がある。

ミッション内容③、「①、②で測定されたデータその場で解析し即座にディスプレイに表示する」は今年が初のミッションである。機器に搭載されたディスプレイにセンサーが感知したデータを分かりやすい形で雷発生後、すぐに表示する。これは「稲妻ルーラー2」の本来の目的であるインターネットを介した情報の取得が難しい状況で雷のデータを知るためには必要不可欠なミッションである。

3 使用機器

- ・ AS3935 使用雷センサーモジュール
- ・ Raspberry Pi
- ・ 3.5 インチ Raspberry Pi ディスプレイ
- ・ リチウムバッテリー
- ・ Raspberry Pi リチウムバッテリー拡張ボード

3.1 使用機器の説明

3.1.1 AS3935 使用雷センサーモジュール



図1 AS3935使用雷センサーモジュール

このセンサーはおよそ40km以内の雷で発生した信号をバーアンテナで受信し、独自のアルゴリズムによって雷雲までの距離やエネルギーを判定する。

雷の発生を検知すると内部のレジスタにデータが記録される。同時に割り込み信号(IRQ)が出力される。IRQ をトリガーとしてマイコンからレジスタデータを呼び出すことによって雷雲の動きや発生状況を知ることができる。

3.1.2 Raspberry Pi



図2 Raspberry Pi

これはラズベリーパイ財団が開発したシングルボードコンピューターである。今回は機器の制御及びデータの記録、解析のために用いる。充電のできない屋外での実用を目的としているためリチウムバッテリーを電源として使用する。

3.1.3 3.5 インチ Raspberry Pi ディスプレイ

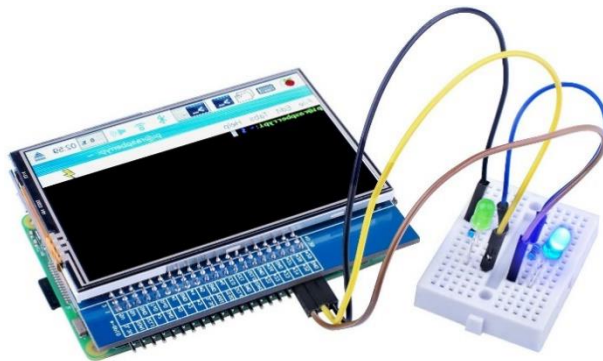


図3 3.5 インチ Raspberry Pi ディスプレイ

3.5 インチのディスプレイ。Raspberry Pi に接続して制御する。今回はセンサーが感知した雷の距離や規模を即座に表示するために用いる。

4 システムの概要

4.1 原理

Raspberry Pi に雷センサーとディスプレイを接続し、Python にて制御を行う。機器が起動されている状態で雷が発生すると雷センサーがその距離と規模を測定する。測定されたデータは Raspberry Pi に記録され即座にその数値をディスプレイに表示する。

機器は固定して測定するのではなく持ち運びながら測定する仕様のため内部に電源としてリチウムバッテリーを搭載する。

4.2 雷センサーのシステム

4.2.1 雷センサーの動作システム

バーアンテナはAnalog Front-end (AFE) に直接接続され、AFE で受信信号を増幅し、復調する。Watchdog 回路は、連続的にAFE の出力をモニターして、信号があると、Lightning Algorithm 回路に対して注意イベントを喚起する。

Lightning Algorithm 回路は、信号パターンをチェックすることによって、信号を確認する。雷に起因する信号か人工的ノイズ源に起因している信号かを区別し、もし信号が人工的と判断された場合、イベントは拒絶され、センサーはリスニングモードに自動的に戻る。イベントが雷と分類されると、統計距離評価ブロックが嵐の近端までの距離の評価を実行する。

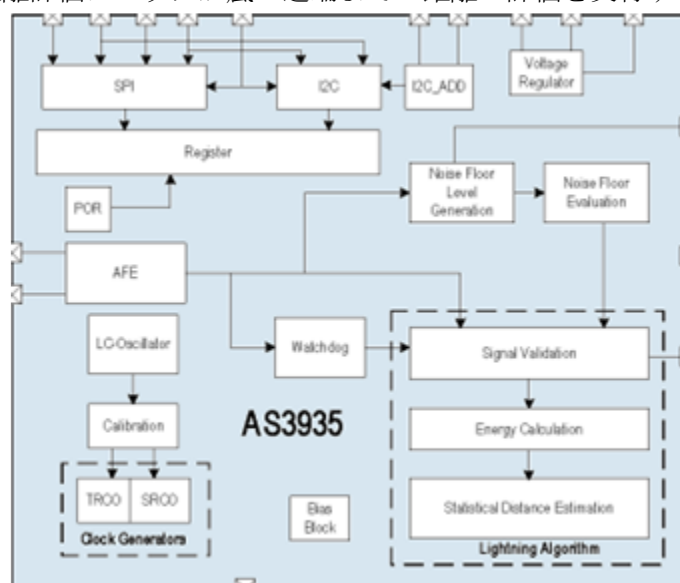


図 4 雷センサーの動作システム

4.2.2 雷センサーの動作説明

センサーには、「パワーダウン・モード」、「聴取（リスニング）モード」、「信号検証モード」の3つのモードがある。

パワーダウン・モードとは雷の測定をしていない状態である。そのため消費電流を最低限の1 μ A（標準）に下げ、全ての回路の電源が切られる。レジスタ[00h]のbit[0] PWD で設定。（初期値は0「パワーダウン無し」）

聴取（リスニング）モードとはセンサー内部のAFE、Watchdog、ノイズレベルフロア、バイアスブロック、TRCO が起動して雷の発生を待機している状態である。消費電流は60 μ A（標準）に下がっている。

信号検証モードとは受信した信号が Watchdog のしきい値を超えたとき、信号の解析を行う状態である。消費電力は350 μ A（標準）に上がる。

信号検証モードで信号が人工的なノイズと判断されると、センサーは自動的に聴取（リスニング）モードに戻る。

センサーは上記の動作を繰り返しながら雷の測定を行う。

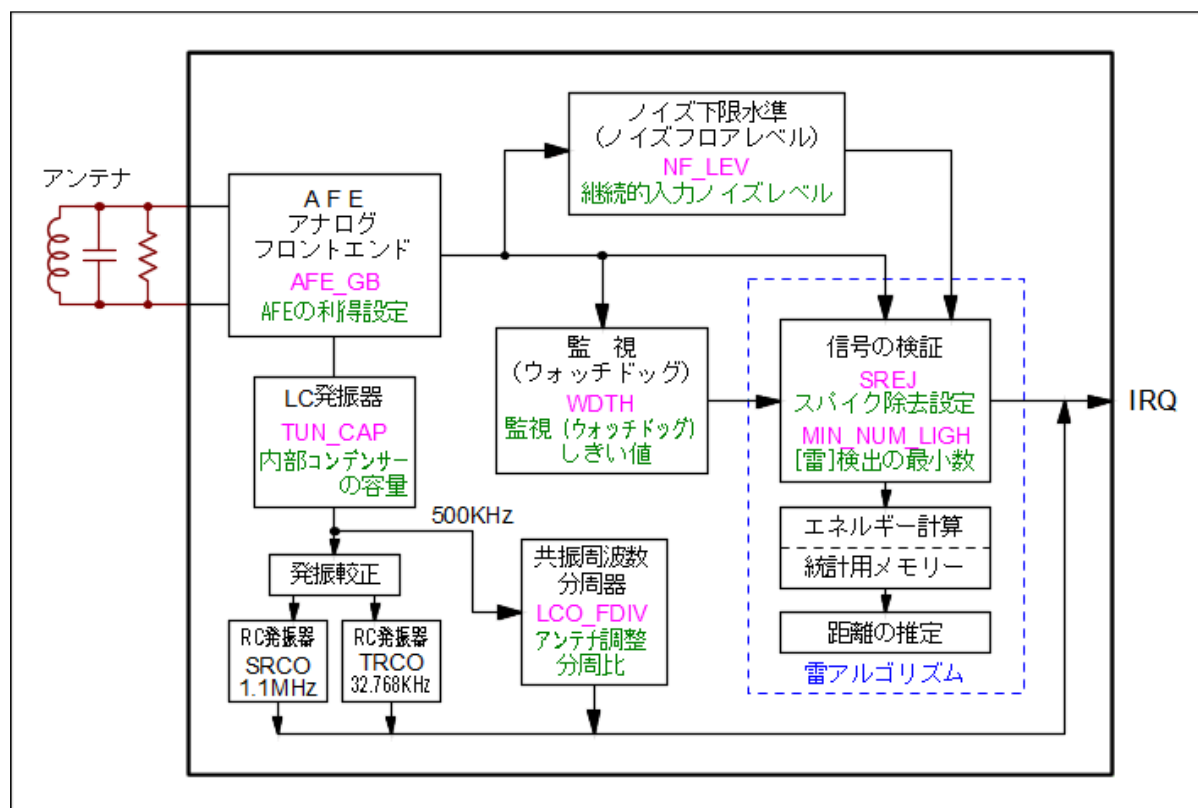


図5 信号処理のブロック図

4.3 プログラムの概要

この機器のプログラムには大きく5つある。python による AS3935 ライブラリのバグを修正するプログラム、アンテナのチューニングを行うプログラム、雷センサー本体のプログラム、雷センサーを使用して雷を測定するプログラム、測定したデータをモニターに表示するプログラムがある。

4.3.1 ライブラリのバグ修正をするプログラム

Python によるAS3935 ライブラリはPhil Fenstermacher 氏が開発されたものをダウンロードする。そしてその中のバグ等を修正するプログラムを作成する。

4.3.2 アンテナのチューニングを行うプログラム

この雷センサーのアンテナは部品のばらつきによってずれている可能性があるため正確に500kHz に同調する必要がある。

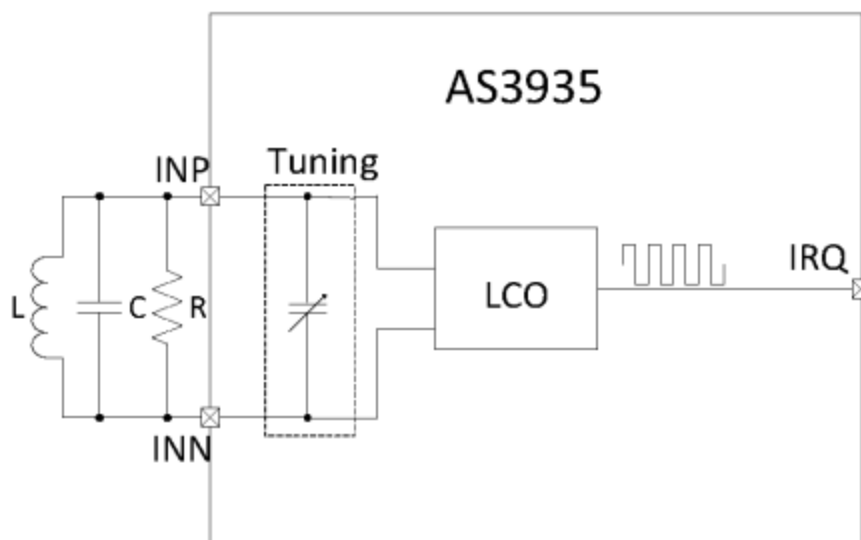


図6 アンテナの構造

図のように補正用のキャパシタが内蔵されており、レジスタ0x08のビット[7]を1にセットすると、チューニング回路LCOが発信回路として動作し、分周された矩形波がIRQピンに出力される。レジスタ0x08のビット[3:0]の値（以下tun_cap）を0から15まで16ステップ（1ステップは8pF）変化させることが出来る。

何分の一に分周するかをレジスタ0x03のビット[7:6]で指定することができ、デフォルトは16分周である。たとえばこの場合IRQピンには1/16周期の矩形波が出力されるので、500kHzの直接計測は無理でも分周されたものであれば、通常のアシロスコープで計測できる。500kHzのばあい、 $500/16=31.25$ であるため、tun_capをプログラムで変化させながら、IRQの周波数を計測し、この値になるようなtun_cap値を求める必要がある。

4.3.3 雷センサー本体のプログラム

雷センサー本体のプログラムはAS3935 ライブラリの`calibrate` を呼んで、レジスタ0x08 のビット[5:0]に`tun_cap` 値をセットすると共に、TRCO とSRCO のクロック発生回路を正しくセットする。

4.3.4 雷を測定するプログラム

観測結果は `lightning` ディレクトリに `lightning.txt` というファイル名で、`csv` ファイルを出力する。設置は屋外を指定してノイズの自動設定をし、求めたアンテナのチューニング結果 `tun_cap` 値を指定する。

信号が人工的なものと判断された場合はマスクビットを立て、信号が雷と判断された場合は距離とエネルギーのデータを該当のレジスタから読み取り出力する。割り込みがあった場合は `handle_interrupt` が動くように設定し、このプログラムを一秒ごとにループさせる。

これらのプログラムは Raspberry Pi を起動すると同時に自動実行される。

5 測定方法と結果

5.1 測定方法

センサーと Raspberry Pi をケースに収納し、ケースの上面にモニターを設置する。このときセンサーと Raspberry Pi とモニターが干渉し合わないよう少し距離を置く。

測定は雷と同時にモニターに結果が表示されるかを確認するため。雷が発生すると思われる日時に野外で機器を持ち運びながら行う。雷発生後は web で公開されている雷情報と測定結果を照らし合わせ、機器が正確に雷までの距離と規模を測定できているかを確認する。

5.2 測定結果

機器の製作が間に合わなかったため、季節的に観測が厳しく測定は実施できなかった。



図7 製作中のモニター表示

測定は行えなかったが実際はモニターにこのように表示される。これは機器の製作中にとれたデータを表示したものである。「lightning!」は雷の発生を示していて、日付と時間、距離[m]が表示されている。

雷の規模

「稲妻ルーラー2」での雷の規模の測定は達成できなかった。

考察

実際に機器を使った測定は行えなかったが去年の「稲妻ルーラー」のデータや製作期間中に得られたデータをもとに考えると「稲妻ルーラー2」の大部分は完成していると思われる。

しかし、「稲妻ルーラー2」の電源にはリチウムバッテリーが使用されているが製作の際はコンセントから直接充電をしていたため機器を起動した状態でのバッテリーの駆動時間は不明である。これから実験を行い機器が短時間しか機能できない場合は電源部に使うバッテリーの数や種類を変える必要がある。

また、製作中にモニターに表示することができていることから、ミッション内容③「測定されたデータその場で解析し即座にディスプレイに表示する」は達成できたと思われる。改善点としては現在「メートル」で距離を表示しているが「キロメートル」で表示をしたほうがより実用的であると考えられる。

最後に去年と今年に続いて達成できなかった規模の測定だが、やはりエネルギー(規模)の測定はされているが、そのデータはセンサーの内部メモリに保存され距離を測定するための検索テーブルとして使用されている。またそのデータは自動的に削除される。雷の規模を測定するにはこのセンサーの内部メモリにあるエネルギーのデータを削除される前に抽出するプログラムを作成する必要があると考えられる。

感想

私は今回で二回目の気象観測機器コンテストの出場になります。今年は新型コロナウイルスなどの関係もありなかなか機器の製作をすることができず測定を行えないという結果になりましたが、1年生の間に身につけた知識や技術は大いに活かすことができたと思っています。

去年は機器の製作のために必要な物資を購入するところから先輩方の力を借りずにはいられませんでした。今年チーム3人だけでできることも増え、プログラムの作成以外は自分たちの力でほとんどをやり遂げられたのではないかと考えています。授業で習うプログラミングや機械科だからこそ得られる知識を十分に活かせるよう勉学にもっと励み、力をつけていきたいと考えています。

この気象観測機器コンテストは私に大きな力と目標を与えてくれます。そして来年も今年の「稲妻ルーラー2」を超える機器を製作しこのコンテストに挑みたいと思っています。

機械工学科2年 大西克也

自分は、Inaduma ruler2 を制作する過程で、実測データを見やすくモニターに表示するプログラムの開発やレポートの修正に携わりました。コロナによる長期休暇により学校に行くことができず、部活をすることもままならない日が続きましたが、アイデアを出し合って何とかInaduma ruler2 を完成させることができました。

今年の成果として、Inaduma ruler の欠点であった別の機器に繋がないとデータを表示できない点を、モニターを取り付ける事でネット環境のない場所でパソコンなどに繋がなくても雷センサーの実測データを表示できるようにする事で克服、より実用性が向上させることができたことは良かったと思います。モニターは当初タッチパネルにする予定でしたが、技術的な問題で導入することができなかつたため、来年リベンジしたいです。

しかし、欠点を克服したと同時に新たな課題も見えてきました。雷センサーが時折誤作動を起こすこと、距離を計算するとき用いる雷から放たれた特定の電波の周波数を取り出す方法、モニターを取り付けた事による機器自体の大型化などが挙げられます。来年はこれらの欠点を克服し、機能の拡張につなげていけるようにしたいです。

今回は、約2ヶ月半という短い期間で制作するり、どこへどの様に改良を加えたらよいかを考える中で、前回制作した Inaduma ruler の基本原理を今一度考え、理解する良い機会になったと思います。更に機能を追加し、より実用性を上げていけるよう、知識や技術の向上を目指し、これからも頑張ります！

電気情報工学科2年 平山覚也

今回、私は本機器のディスプレイ表示に関するプログラムについて主に取り組みました。プログラムに用いたツールはこれまでに使ったことがなく、手探り状態からのスタートで、最初目指した機能の最低限しか実現することができませんでした。初めて機器に計測データが表示されたときは感動しました。

昨今のコロナ禍で制作の開始が遅れ、また扱ったことのないツールでのプログラミングや機器の改修に手間取り、作業が遅れ季節的に雷の観測が難しくなってしまったことは残念でしたが、最終的に一定の目標をクリアできたことには達成感を感じました。まだまだ技術力不足を感じる開発となってしまいましたが来年の課題として勉強していきたいと思えます。

電気情報工学科 2年 和気佑弥

参考文献

ナチュラル研究所

https://www.ishikawa-lab.com/RasPi_lightning.html

AS3935使用雷センサマニュアル

http://www.ne.jp/asahi/shared/o-family/ElecRoom/AVRMCOM/AS3935/AS3935_test.html