

科研費による無線リンク式波高計測プローブの開発報告

中村 和夫*¹

*¹ 鹿児島大学工学部技術部

1. はじめに

本報告は、平成 22 年度に課題番号：22920009 で採択された、「PC と波高計測プローブから成り、校正容易で任意にチャンネルを増設できる波高計の開発」に関し、無線リンク式波高計プローブと制御用 PC に関する技術的要点を報告する。

従来から、実験室用の水位計測には、抵抗線式波高計や容量線式波高計(Capacity type wave gauge)が用いられてきた。また、近年音波を用いたものや、接触針を用いたサーボ式のものなども、入手可能になっている。しかし、コストの安さ、取り扱いの容易さを考えると、室内実験用波高計としては、容量線式波高計が一番適している。

しかし、市販品を見ると、構成的にも従来からの形態で新規性はなく、プローブと計測器本体を多芯の複合ケーブルで接続するものが殆どである。平面水槽の模型実験など、多数の波高計測プローブを使用する場合は、重量のある接続ケーブルの取り回しに労力するが、それは現場の実験担当者を悩ませ、また迅速な実験配置の変更に支障がある。

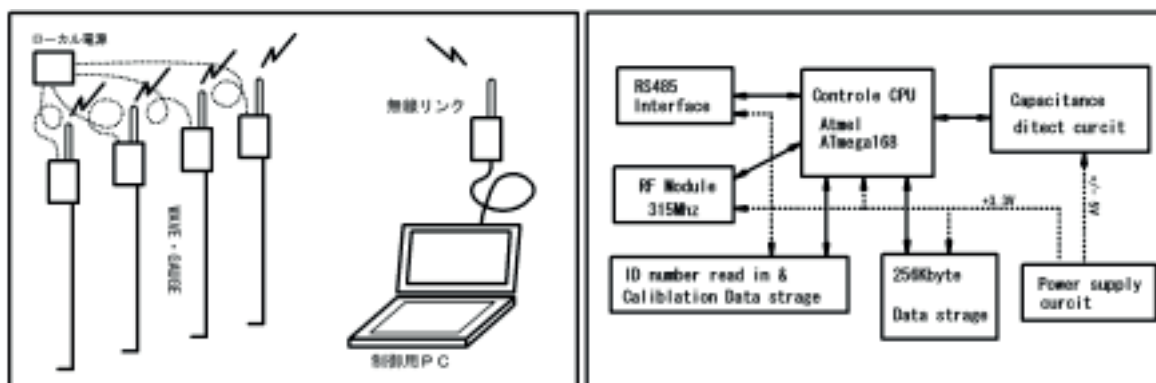
そこで波動水槽等での予備実験から本実験まで、波高計測ポイントの変更や測点の追加が任意に行え、従来からの制約を殆ど解消した、PC をメインコントローラーとした無線リンク式波高計のプロトモデルを開発する事とした。

2. 全体の構成

ここで、全体の構成を説明する。パソコンのソフトウェアは計測に必要な司令塔として機能し、各波高計プローブへコマンドを発行したり、波高計プローブに蓄積されたデータを回収しデータ・ファイル化して保存する、Windows グラフィカルユーザインターフェース (GUI) によって波形を表示し、計測データの確認を行うなどの機能を受け持つ。今回の研究では、通信制御部のみで、波形表示機能部分までは、プログラムを製作していない。また、パソコン側には、波高計プローブと同じ無線モジュールからなる通信ユニットを接続し、PC のシリアルポートである、COM ポートまたは USB ポートを介して、波高計プローブと通信を行う。

波高計プローブは、無線によるデータ送受信機能を持つ無線モジュールと、全体の制御を受け持つワンチップマイコン (Atmel 社製、ATmega628) と、データ・ストレージメモリー (256K バイト)、調整時に使用する無線代替 RS485 通信ポート、DC6V-12V 入力極性の制約がない電源部と、ID データ管理および構成データ記録部、これらの機能が集積・構成されたもので、制御プログラムは Atmel ワンチップ CPU 用として開発された MCS 社製のコンパイラ-BASIC 言語である BASCOM -AVR を使用して開発した。なお、BASCOM-AVR は、I²C、LCD インターフェース、1-wire インターフェースなど、外部デバイスとの通信に必要な、多彩なプロトコルの多くをコマンドとして実装しており、非常に使いやすくなっている。

プログラムは BASIC で記述しコンパイルの後に、基板上の専用書き込みポートから CPU に書き込まれ、電源リセット後は即動作状態となる。開発環境として WindowsXP-PC 下に BASCOM-AVR に加えて、Atmel 社純正書込インターフェース AVRISP mk II を用意した。この書込インターフェースを使用する事で、USB ポートからターゲットボードに一瞬でプログラムの書き込みが終了する。



【全体構成図】

【無線リンク式波高計プローブ・内部構成図】

全体構成図のように、波高計プローブと制御用PCとは無線リンクを介して接続され、コマンドの発行やデータの回収などが行われる。通信速度は115Kbpsで約10Kバイト/秒の、高速での通信やデータ転送が可能である。

また、波高計プローブの回路構成を簡単に説明すると、処理用ワンチップ・マイコンとして高速処理能力とコストパフォーマンスに優れたAtmel社製のATmega168を10Mhzで使用し、Capacitance detect circuitは従来から容量線の静電容量検出に使用されてきた回路を使用している。外部との通信には、RS485インターフェースと315Mhzの周波数帯で無線リンクを行える無線モジュールの2つの通信機能を搭載し、またData storageには、時系列計測データとして128K個のデータを記録可能であり、サンプリングタイム100msで10回/秒のサンプリングを行ったとき20分間のデータ保存が可能である。ほかに外部インターフェース機能と4Kビットのデータ保存機能を持つデバイスを搭載し各プローブのIDデータの読み込みと、波高計プローブ毎の計測データ直線補正用のデータを保持する。最後に電源部はデジタル系の+33Vとアナログ系±5Vを供給し、外部からDC8-12V極性なしかACの8Vを電源入力端子に与えると動作し、電源の極性やAC/DCに依存しないユニバーサル入力とし、不用意な電源供給でも破損しにくい設計となっている。

3. 各部の動作について

コマンドやデータの授受

基本的に無線通信機能は、待機時にはすべてがListn(受信)となっており、制御PCはTaker(送信)としてコマンドを送信する。指示を受信した波高計プローブはコマンドを解釈し実行するものはそのまま実行するし、応答を返すべきものには呼び出された波高計プローブのみがTaker(送信)として応答し、他の波高計プローブは応答しない。

具体的には、一斉コマンドとして、ID+MemErase、ID+SampConditionSet、ID+SampStart、ID+TimeSync、ID+AllStop、ID+NawSfIni、ID+NawSfGet、といった機能の7コマンドを用意する。また個別コマンドには、ID+ReadStart、ID+ReadNext、ID+ReadCancelの3コマンド用意し、これらの10コマンドを用いて、波高計の制御を行う。IDはWavegaugeのWで始まる番号で表され、W00が一斉命令、Wnnが個別命令であり、nnは01から3Fまでの16進数で与えられ1~63の番号をとることが出来る。

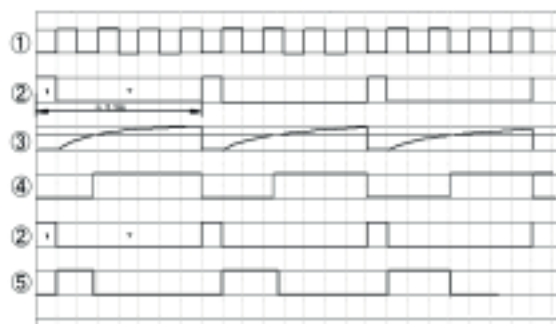


図1 動作タイミングチャート

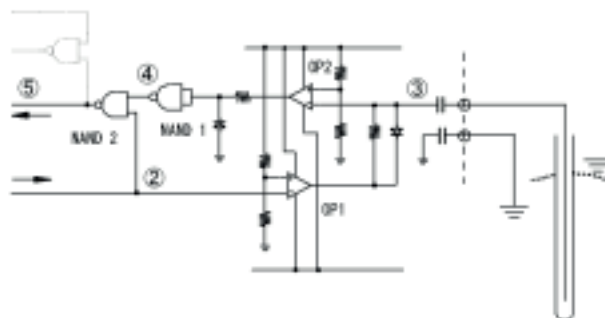


図2 波高検出部の回路図

ここでは容量線式波高計の、アナログ部の動作について解説する。

基本動作原理は、RC積分回路の目標電圧までの充電時間を幅をパルス化して、その時間の変化幅と水位の線形関係を求めておけば、変化幅(時間)から水位の変化が求められると云う原理を用いている。

具体的に、(図2)波高検出部の回路図にそって説明すると、②に1対7に分周して波形整形した、同作ロックが供給される。同作ロックはOP1で両極にスイングする増幅された波形となり、OP1の出力に接続されたRを通して容量線に供給される。抵抗(R)と容量線が水中に没している事で生じるキャパシタンス(C)によって、積分回路が構成され、③のような充放電波形が生じ、水中にある容量線の長さで変化するキャパシタンスにより傾きが変化する。その波形が一定の電圧になるとOP2でコンパレートし、NAND1で反転したパルス波形に整形する。入力した②の波形と得られた④のパルスをNAND2により合成して⑤の波形を得る。普通はこのパルスを平滑化し平均電圧を得る事で、水面に変化に対する電気信号を得ている。

ここでは⑤のパルス幅の時間をワンチップマイコンにより20個分積算して計測し、1/100秒おきのパルス時間変動分を水位変化として確定させ、精度とノイズに対する問題を回避している。この様にして、無線リンク式波高計は、時々刻々の水面変動をデジタルデータ化して、指定されたインターバルタイムで、メモリーにデータを保存する。波高測定に於いて1/100秒は十分に高速であり砕波現象の波高測定にも問題なく使用可能である。

4. 実用機の製作

今回は手作り・試作という事で、使用した電子回路部品は、極力従来タイプのP-DIPデバイス、CRパーツもリード付を使用し回路基盤も150×100のサイズで試作し、動作の検証を行った。今後、実際に使用する為には、表面実装タイプのデバイスを使用したコンパクトな回路基盤を製作する必要があり、基盤設計および部品実装の作業を専門業者に外注する必要がある。

今回は水面データを計測しデジタル数値として保存、実験終了後に各波高計からデータを、制御用PCに無線リンクを通して回収すると云った、基本部分の確認にとどまった。パソコン側の制御ソフトも、通信・制御のみのソフトウェア実装となったが、実際の使用状況下では、グラフィカルユーザインターフェース(GUI)による波形の確認や、リアルタイム波形表示などの機能が必要であり、こちらも機能を拡張し操作性を改善する部分が残った。

5. 今後の展望

今回は無線リンクによる波高計を開発したが、ほかの計測器(流速計、変位計、応力計、濁度計)なども同じ無線リンクでデータの授受が可能になれば、水位データと相互に同期の取れたデータとなり、解析時の作業性・利便性が向上する。そこで、別途に、アナログデジタル変換機能を持ち複数チャンネル入力を処理可能な、無線リンク・データ収集補助装置を提供し、波高計の計測データと同期の取れた同一のEXCELフォーマットCSVファイルとして、一元的に取り扱えることを目指したい。

6. 謝意

この無線リンク式波高計の開発・設計に当たり、有用な情報や助言をいただいた、東洋建設工業株式会社の鳴尾研究所の方々、個人的にAtmelのワンチップCPU用いたホビー製作を行っている筆者の友人である崎原氏、研究費を提供いただいたJSTに謝意を表す。

またこの無線リンク式波高計開発に関する、回路図や部品の規格および性能評価などの詳細情報は、後日鹿児島大学大学院理工学研究科・技術部ホームページに掲載して報告する。