



USB2.0 接続, オープンなハードウェア & ソフトウェアで DC ~ 5.9 GHz まで送受信!

GNU Radio と USRP で始める ソフトウェア無線

山本 衛

Mamoru Yamamoto

1 はじめに

■ ソフトウェア無線とは何か?

デジタル信号処理技術の進歩と計算機の高速化とともに「ソフトウェア無線」または「ソフトウェア・ラジオ」への関心が高まってきています。英語では Software-Defined Radio と呼ばれ, “SDR” と略記されるこの技術用語が意味するところは, かなり広くて曖昧さがあり「(従来の)通信機器のアナログ回路をデジタル信号処理に大幅に置き換えたもの」程度ではないでしょうか。

最近では, さまざまな企業や大学・研究所による研究開発のニュースがしばしば聞かれますし, アマチュア無線家(に限らず趣味の人々)が開発に取り組むソフトウェア無線の機器やシステムもあるようです。

■ GNU Radio とは何か?

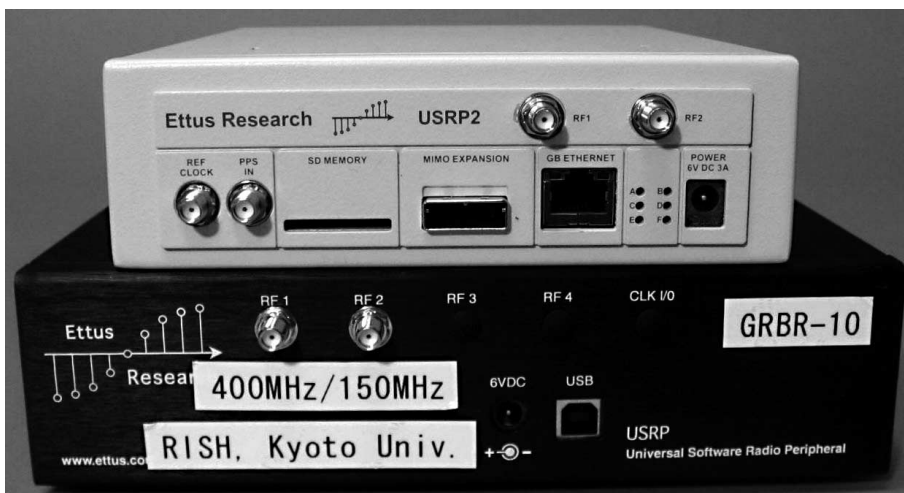
「^{グニュー}GNU Radio」は, ソフトウェア無線のために開発されたソフトウェア・ツール・キットです。

オープン・ソフトウェアであること, 専用のハードウェアと組み合わせることによって非常に広い範囲のソフトウェア無線を開発できること等から, 多くの人に関心を持ち始めています。しかし, その実際のところは, 特に日本では, まだあまり知られていないようです。ここでは GNU Radio と, それを手軽に体験できる USRP (写真1) というオープン・ハードウェアについて, 具体例と共にご紹介しようと思います。

■ きっかけと現状など

本稿を進める前にお断り申し上げますが, 私は大気の研究者であって, レーダが主な観測装置です。いわゆる通信の研究者ではありません。しかしながら, 衛星~地上間のビーコン実験用の受信機を開発する必要から GNU Radio に出会い, 利用し始めました。その受信機は今では実用に至っており, 観測データを使った論文もいくつか発表しています。写真1の USRP のフロントパネルに貼られたシールは, このビーコン受信機用のものです。

本稿は GNU Radio のホーム・ページなどから得られる情報と私の限られた経験を基にした解説記事で



〈写真1〉 GNU Radio を手軽に体験できる USRP (上: USRP2, 下: USRP)

す。この記事が読者のお役に立つことを切に願うところです。しかし(どこかの取説ではありませんが)まさに「保障なし」であることはご理解ください。

2 GNU Radio の概要

■ プラットホーム

前述のように GNU Radio は GNU プロジェクトの一環として開発されている、ソフトウェア無線専用のソフトウェア・ツール・キット⁽¹⁾です。その名前と由来から想像されるとおり、GNU ライセンスの下にオープン・ソフトウェアとして配布されています。

インストールできる計算機としては、Linux (Ubuntu, Fedora, Debian ほか)、MacOS X, Net BSD, Windows 等が挙げられています。インストールが最も簡単なのは、現在は Ubuntu 9.04 で、バイナリが配布されています。

一方 Windows へのインストールは、Linux や Unix から隔たりの大きな OS を相手にすることになるので高難度でしょう。私は未経験です。

■ 開発の中心メンバー

GNU Radio の開発の中心は Eric Blossom, Johnathan Corgan, Matt Ettus という 3 名の技術者です。私の理解ですが、Blossom 氏がソフトウェア開発の中心、Ettus 氏がハードウェア周りの開発者、Corgan 氏が取りまとめ役と渉外係、という風な役割分担がなされているようです。

私は 2007 年末に 3 名に会ったことがあります。大学の先生ではなく、それぞれが自分の名前を冠した小さな会社の社長さんだったのが面白かったです。

■ スクリプト言語 Python から 信号処理ルーチン呼び出す

さて、GNU Radio にはソフトウェア構成上の際立った特徴があります。計算速度が要求される信号処理部分は C++ で開発されていますが、利用者はそれをスクリプト言語である Python から呼び出すという構造です。

このおかげで、ツール・キット全体の構造が複雑化するという不利はあるものの、GNU Radio に準備された機能の範囲であれば Python だけを使って送受信機が実現できます。独自の信号処理を C++ で開発して追加することもできます。Python スクリプトによる GNU Radio の書法にも特徴がありますが、それはあとで実際例とともに説明します。

■ 情報源など

GNU Radio の情報やソース・コードは <http://gnuradio.org/> から得ることができます。以前は GNU Radio を知るための最大の難関が文献不足だったのですが、最近はかなり改善してきました。本稿もここからの情報をもとにしています。

また、わからないことはメーリング・リストを使って直接開発者に問い合わせることができます。これまでの問い合わせと回答が FAQ として整備されていますので、まず探してわからなければ積極的に尋ねてよいと思います。ただし、以上の情報源はすべて英語だけで、これも GNU Radio の敷居が少し高い理由かもしれません。メーリング・リストへの書き込みに日本人(らしき)名前があまり見つからないのは寂しいことです。

日本語による情報としては、静岡大学や東京大学のグループが GNU Radio の wiki ページ⁽²⁾を開設しておられます。この方たちが中心となって、2009 年 10 月に「GNU Radio チュートリアル」(主催: 電子情報通信学会アドホック通信研究会)が開催され、多数の参加者がありました。わが国においても GNU Radio への関心は高まりつつあります。

3 USRP の概要

USRP (Universal Software Radio Peripheral) は、GNU Radio とほぼ 1 対 1 の関係を持つほど親和性の良い無線周波数の信号入出力モジュールです。オープン・ハードウェアとして回路図や FPGA プログラムが公開されているほか、Ettus Research 社⁽³⁾から発売されています。

■ USRP は高速信号処理を、 GNU Radio は複雑な変復調を分担

USRP は、SDR 機器のアナログ RF 回路と計算機の間に入って、信号のデジタル変換と定型的な高速デジタル信号処理を受け持ちます。USRP で行う信号処理は、受信では A-D 変換、ダウン・コンバージョン、帯域制限と間引き処理です。送信では補間、アップ・コンバージョンと D-A 変換です。

通信のための復調や波形生成(変調)などの込み入った信号処理はパソコン上にある GNU Radio が受け持つこととなります。もちろんすべてはオープンなので、ユーザが FPGA プログラムを開発することも、パソコン側のプログラムを独自のものに置き換えることも可能です。

■ USRP の構成

USRP はメイン・ボード(写真 2)とドータ・ボード