

喜多が行く



明るい未来テクノロジー紀行

第1話

デ・ニーロ、省エネ、ソフトウェア無線

ギャングの親玉も花嫁の父も、圧倒的な存在感で演じる稀代の俳優、ロバート・デ・ニーロ。役者としての彼の力量に疑義を差し挟む人は少なからうが、ではその演技力とはどういう因数から成るものか。

クローズアップでスクリーンに映し出される彼が我々に見せているのは、世間の多くの人とそうも違わない顔面の皮膚やその付属物(鼻、ヒゲ、眼鏡の類)にすぎない。だがそれらを適切に動作させることで、彼は見る者の心のある部分をピンポイントで掴むことができる。皮膚の下には皺眉筋や上唇挙筋といった多くの表情筋があるからだから、つまり彼の演技力とは、顔面や全身の筋肉を狙いどおりに協調させて動かす能力ではないかと私は思うのだ。それもシナリオというコードを適切に解釈し、映画という限定された時空間の中の正しい位置で、自らの肉体を自在に制御するソフトウェアの力……、これこそが彼をしてベトナム帰還兵や恋する中年男たらしめる力の源泉であり、映画史に燦然たる足跡を刻んだ理由ではないのか。

と、やや(かなり)強引な前フリで今回ご紹介したいのは「ソフトウェア無線」である。「ソフトウェア」も「無線」もありきたりの言葉だが、この2つを組み合わせさせた造

語の意味するところは、「ソフトウェアを書き換えることで、さまざまな周波数や変復調方式、ひいては通信環境に対応する無線通信システム」となるのだそうだ。要はPCみたいに無線端末も、ソフトを入れ替えることで違う仕事をさせようということらしい。で、どうせやるならそれをデ・ニーロレベルで働かせようという高い目標を掲げて研究に取り組むのが、横浜国立大学の河野隆二教授である。横浜市保土ヶ谷区の緑に包まれた丘陵地に位置し、つい先頃の一部報道でイケメン密度が高いと認定された横国大のキャンパスを訪ねた。

T2型万能無線端末

河野教授はこの分野での文字どおりの第一人者。つい先頃も河野研は、研究教育拠点としての競争力を高めるため集中的に補助金が交付される、文部科学省の「21世紀COEプログラム」の1つに選ばれた。いわば一部リーグで世界トップを競う専攻コースと認定されたわけで、当然ながら学生の人気も高い。在籍の学部生・院生が40人を超える比較的大きな研究室を指導する河野教授は同時に、ソフトウェア無線研究会の専門委員長を務め、ITS(高度交通システム)の推進役の1人としての公職もこなし、さらにCRL(独立行政

法人通信総合研究所)の横須賀無線通信研究センターに招聘されてUWB(ウルトラ・ワイド・バンド)無線通信システムの研究開発のリーダー役も務める。つまりメチャクチャ忙しい先生であり、当然、早口だ。

「英語ではSDR、ソフトウェア・ディファインド・レイディオとかソフトウェア・リコンフィギュラブル・レイディオって言うんです。リ・コンフィギュラブルですから“再設定可能な”とかいう意味になりますね。これが一番のキーワードなんですが、日本語の“ソフトウェア無線”にはその意味が入ってこないんで、あんまりいい呼び名じゃないかもしれませんけどね」

自分で名付けておいてもいいも悪いもないが、要は呼び名が定まっていないほどテーマとして新しく、これからのビジネスとしても有望な分野だということのようだ。

「従来の無線機はアナログ回路で構成されていた。ある決まった範囲の周波数の電波を選択的に受信し、それを復調して音声なり映像なりを拾い出す回路がハードウェアとして作り込まれていた。テレビならテレビ、携帯電話なら携帯電話の回路で、他に転用したりすることはできなかった」

早口は続く。

「ところが、携帯電話なんかを見ていてもわかるように、世代が進むごとにデジタル回路が占める比重が大きくなってきてい



河野隆二教授(横浜国立大学大学院工学研究院 知的構造の創生部門 電気電子と数理情報分野)

「ソフトウェア無線」をよりよく理解(?)するための雑学 1
「赤く塗られた沈黙の時間」

空間を伝わる電波をみんなで利用するわけだから、そもそも無線通信に「混信」は付きもの。だが混信ゴメンじゃ済まない通信もある。いちばんマズイのが「SOS!」の遭難信号で、これを守るため法律には次のような規定があった。

電波法 第64条(沈黙時間) 海岸及び船舶局は、中央標準時による毎時の15分過ぎから18分過ぎまで及び45分過ぎから48分過ぎまでは、490kHzから510kHzまでの周波数の電波を発射してはならない。(以下略)

無線通信士はこの間文字どおり沈黙し、遭難や緊急の通信がないかと耳を澄ました。間違っただけで発信した日にゃ、日本中からドヤされたそつだ。船の通信室には、大事な「沈黙時間」がひと目でわかるよう文字盤のこの時間帯だけが赤く塗られた時計が掲げられた(図1)。

そもそも避けがたい「混信」を運用の知恵、

つまり法律というソフトウェアでカバーしようというのがこの規定。デバイスや回路技術といったハードウェアの進歩を、社会の側のソフトが追いつけながら電波の有効利用が進められてきた。これが無線の進歩、そのものなのだ。

さて、現行世代の携帯電話やPHSでは、同じ周波数帯を時間割りを決めて複数で共用する「TDMA方式」が採用されている。100分の数秒という短い時間をさらにいくつか分割し、PHSでは3人、携帯では3~6人が同時利用するもの(図2)。うまい方法ではあるが、同時利用数を大きくすぎると問題になるのが分割時ののりしろにあたる無通信時間「ガードタイム」。1時間に2回の「沈黙時間」のようなものが、1秒の中に何十回も押し込められるわけだから、分割するほどアソビが増え、通信効率が悪くなっていってしまう。そこで、無線LANや第3世代携帯電話など新しい無線システムは、ガードタイムを必要とせず、より効率の高いCDMA方式が採用されている。

「沈黙時間」の条文も、SOS通信を守る別

の確かな手段が確立したことで平成11年、電波法から削除された。無線通信の世界では、通信方式というソフトも法律というソフトも、どんどん変貌を遂げているのである。

図1 船舶用時計

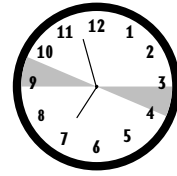
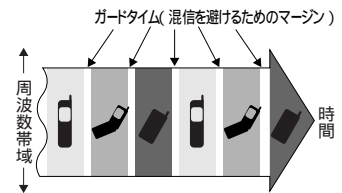


図2 TDMA方式の概念



「ソフトウェア無線」をよりよく理解(?)するための雑学 2
カミオカンデと“ソフトな”アンテナ

小柴昌俊東大名誉教授のノーベル賞受賞で脚光を浴びた巨大科学施設「スーパーカミオカンデ」(写真)。直径・高さともに約40mの巨大水槽を地下1000mに建設、内壁にびっしりと



検出器で埋め尽くされたスーパーカミオカンデ

取り付けた「光電子増倍管」でかすかな光を検出するニュートリノ天文台だ。この前身の施設「カミオカンデ」が大マゼラン星雲での超新星爆発による宇宙ニュートリノを世界

で初めてつかまえたことが受賞につながったが、ではなぜニュートリノの来た方向までが光でわかるのか?

前提として、ニュートリノが電子や陽子と衝突した場所から出る光「チェレンコフ光」の性質がわかっていることが挙げられる(図3)。円錐形に広がっていくこの光をびっしりと敷き詰めた光電子増倍管で検出して逆算すれば、ニュートリノが飛来してきた方向が推定できる、というわけだ。

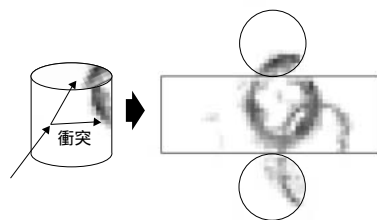
この「逆算」に小柴教授は相当に気を使ったようだ。初観測のデータを納めた磁気テープを大急ぎで東大に運び、徹夜で解析を続ける弟子たちを、「実験屋が間違っただけの結果を出したら、いっぺんに信用を失うぞ!」と叱咤激励したと伝えられている。こうして推定されたニュートリノの飛来方向は、光学望遠鏡が見た超新星

の方向と見事に一致、世界初の業績が揺るぎないものとなったわけである。

ところで、ソフトウェア無線端末を支える重要技術「アダプティブアレーアンテナ」の動作原理は、実はカミオカンデと似通っている。

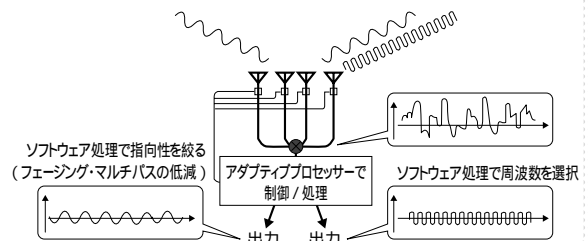
アンテナ素子をたくさん並べ(アレー)それぞれから引っ張ってきた信号を、あるルールに従って重ね合わせる(演算)することで、特定の方向からの電波だけ、あるいは特定の周波数の電波だけを検出する、というものだ(図4)。電波を放射するときはそのルールを逆に適用すれば、指向性や周波数分布を絞り込んだ電波が出せる。もちろん、このルールはソフトウェアで記述することができ書き換えも可能なので、アダプティブ(適応型)アレーアンテナはさまざまな環境に複数の周波数帯域に適應でき、柔軟性/リコンフィギュアラビリティを持つ、というわけだ。

図3 スーパーカミオカンデのニュートリノ検出



スーパーカミオカンデ内部の検出器の概念図と展開図。検出光の時空間分布からニュートリノの飛来方向を推定した。

図4 アダプティブアレーアンテナ



写真提供: 東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設

る。プロセッサでデジタル処理しているわけだから、読み込ませるソフトを替えれば別の仕事をさせられるわけです」

信号処理の効率やスピードを考えた場合、これまでの無線機は回路をハードウェアで構成せざるを得なかった。だがプロセッサの性能が上がり消費電力やコストが下がっていくことで、従来アナログ回路が担っていた仕事をプログラマブルなデジタル回路で処理できる……。

すると、普段は携帯電話として使っているが、ソフトの書き換えでラジオにもポケベルにもGPS受信機にも無線LANアダプターにもなり、しかもその場の電波環境に応じて自動的に必要とあらばしるべき場所からソフトウェアモジュールをダウンロードして中身を再構成してしまう無線機が、すぐそこに見えてくる。まるでシュワルツェネッカーを追う「T2」が無線機になったみたいなのが、実現するわけだ。

むろん容易な道のりではなからう。映画制作の難しさは、監督や照明マンや配給会社など多くの資金や労力、さらにキャストのスケジュールなどをコーディネートしていく点にあるが、ソフトウェア無線機もアンテナや信号処理のアルゴリズムやOS、記述言語などさまざまなデバイスや要素技術の集合体である。

アンテナならば、幅広い周波数帯に対

応したり指向性を絞ったりして電波を受信するアダプティブ・アレー・アンテナ(179ページ下側の囲み記事を参照)のような新しいタイプの技術が必要になる。ソフトウェアで周波数特性を変えられるチューナブル・フィルタも不可欠だ。

また、ソフトウェアを自動的にダウンロードして自らの機能を書き換えると言っても、その間も無線機として機能しつづければならないわけだから、ピットストップせずに給油やタイヤ交換ができるようなOSも不可欠になる。機能やサービスを記述するプログラミング言語にしても、いずれ生まれてくる新しい機能やサービスをも記述可能な高い柔軟性を備えたものでなくてはならない。

それぞれにいったいどんな性能が要求され、それぞれがどんな仕様であるべきか……。メンバーみんなに割り振っても手に余るほどの研究テーマが次々と立ち現れてくる。しかも河野教授は茶目っ気たっぷりに「それ、みんな特許ネタにもなるしね」(笑)と言うのである。

リコンフィギュラブルな時代

先例のような「何にでも変身型」のソフトウェア無線機の登場は、ユーザーとして大歓迎したい。一方で、メーカーサイドが

切実に求めるのは、ソフトウェア無線機を別の側面から見たときに浮かび上がってくる「いつでもバージョンアップできる」という特質だ。

「携帯電話なんて今やソフトウェアの塊でしょ。それでいて半年に1回とかいうサイクルで新製品を出さなきゃいけないわけですから、開発工数も膨大で現場はほとんどネを上げている。パグもツブしきれないから“不具合が出たので回収します”なんて恥ずかしい新聞広告もなかなか減らない。でも従来モデルに加える新機能の差分だけ開発し、リコンフィギュアして載せるだけで新製品が出せるならこんな嬉しいことはない。クレームの回収や修理もソフトウェア無線なら、ピュッとやってパッドOKなんですから」

開発費やクレームつぶしのコストまで削減してくれるソフトウェア無線機。ユーザーにもメーカーにも喜ばれるのだから、実現時期は思いのほか早いかもしれない。

さらにその先には、従来我々が無線機としては認識していなかったモノたちが、続々とソフトウェア無線機のカテゴリーに組み入れられていくシナリオも描ける。プロセッサが載り高機能化していくあらゆる家電製品を、LANケーブルでニョロニョロと結びつけるのは現実味に欠ける。だからそこでは無線が使われる。となれば

「ソフトウェア無線」をよりよく理解(?)するための雑学 3

聖徳太子のカクテルパーティー

「カクテルパーティー効果」という音響心理学用語がある。グラスの触れ合う音やバンド演奏で賑わうパーティー会場でも、人間は話し相手の声をノイズの中から浮かび上がらせ、中身を理解できる、というような意味である。

私も逆の意味でカクテルパーティー効果を実感したことがある。喫茶店でのインタビューテープを聞き直し、さっぱり聞きとれなかったときだった。対面していれば周囲が少々うるさくても会話は成立する。相手の身振りや話の流れに注意を向け、発話を単なる音ではなく、意味のあるストーリーとして“デコード”しつつ聞くからだろう。飛鳥時代、同時に7人の詠

えを聞き分けたと伝えられる聖徳太子は、こうした能力にとりわけ秀でたお方だったに違いない。

さて、雑音に強く、秘匿性が高く、電波の利用効率に優れた「CDMA」という通信方式の解説にこの「カクテルパーティー効果」が用いられることがある。シグナル(話題)をエンコード(たとえばロシア語で)、広い周波数帯域に拡散させて送り出す(発話する)。受信側でそれをデコードできる(ロシア語として聞き取れる)なら、ノイズの多い環境(多言語が乱れ飛ぶ騒々しいパーティー会場)でも通信(会話)が成立する、というような例えである。

そしてパーティーの成否はホスト役の力量にかかっている。うるさくて聞こえにくいからとみなが大声で話し始めたらアウトだ。演奏や

個々人の話し声が適正なレベルに保たれるよう、ホストには大声の人にそっと話しかけてレベルダウンを促したり、スピーチのために静聴を求めたりするなど細かな配慮が求められる。

CDMA方式の基地局と各々の端末の間でも、実はトラフィックに応じて出力レベルやコードの選択など、ダイナミックな制御が必要とされているのと同じなのである。

もし聖徳太子がホスト役なら、そのパーティーはきっとうまくいく。伝説になるほどの音声・言語処理能力を持つからだけではない。その高いソフトウェアの力は、「和を以て尊しと為す」という理念に裏打ちされているからだ。



技術基準適合マークはクルマでいう型式証明

当然リコンフィギュラブルであったほうが何かと都合がいいわけだ。

たとえば電力会社が夏場のTVCMで「エアコンの温度を1度上げて……」などと流すのといっしょに、ホームサーバーを介して各家庭の冷蔵庫に「夜中のうちに庫内をよよく冷やして氷を貯め、昼間は省エネにつとめてくださいね」とリクエストしてもいい。大規模にやれば相当の省エネ効果がありそうだし、やる価値はあるし、技術的にも可能ではないかと思うが、どうでしょう河野先生？

「うん、なかなかいい着想ですね。そういうアプリケーションが大事なんですよ」

冷蔵庫までソフトウェア無線機にしてしまうのは、ちょっと定義を広げすぎかとも思ったが、おホメいただいてちょっと嬉しい。いずれにせよリコンフィギュラブルな無線機(やそれを備えたキカイ)が生活のさまざまな局面に浸透することで、おもしろいアプリケーションが続々と生まれてきそうなのである。

電波法制定以来の大変革期だ！

個人情報の保護やセキュリティーにかかわる問題について、実は私はさほど心配していない。飛行機に搭乗するのと同様

に、リスクと便益のバランスの問題であり、実用的な解決策はきっと見出されるだろうと考えているからだ。

それよりもソフトウェア無線機ならではの法的社会的課題、つまり現在の法律や制度が整備された段階では想定されおらず、ソフトウェア無線の登場で新たに浮かび上がる事態のほうが興味深く思える。

「携帯電話の電池を外すとわかりますが、“テ”を丸で囲ったようなマークがあるはずです。技術基準適合マーク、略して“技適”という総務大臣のお墨付きが、無線機には必ずなくちゃいけない」

電波は有限の資源であり社会の貴重な共有財産。だからお上の決めたルールに基づいてこれを慎み深く利用しなくてはならない……というのがこれまでの考え方だった。無線機の1機種1機種についてクルマでいうところの型式証明が必要で、使用する周波数帯や出力などのほか、改造に対する物理的なプロテクトや人体に対する影響なども考慮されたものである必要があった。

「ところが、ソフトを書き換えれば違う無線機になるソフトウェア無線機は、いったいどうすりゃいいんだ、と。これ、たいへん重要なポイントなんです」

アナログ時代の法律と新しいデジタル技術との齟齬や摩擦はよくある話だ。だが、電波法もソフトウェア無線も、さらに河野教授のもう一つの研究テーマであるUWBも「電波資源を有効に利用する」という点では同じ根を持っている。最初は多少のパッチを当ててソフトウェア無線機を迎え入れた電波法は、徐々にデジタル時代にふさわしいものにリコンフィギュ

されていく、はずである。

2000年1月、ハリウッド女優H・ラマールの訃報が流れた。「世界で初めてヌードを披露した肉体派女優」と紹介されていた彼女は、実は同時に無線LANや携帯電話など比較的新しいデジタル無線通信技術の背景に使われている「スペクトラム拡散」という通信方式の発明者の1人でもあった。古くはSS、現在ではCDMAと呼ばれるこの通信方式は、現代社会を支える重要技術の1つであり、ソフトウェア無線やUWBも確実にこれを母としている。

「元女優の大臣」なら内外に何人かはいらっしゃるが、通信技術史に名を残す女優が今後登場するとはとうてい思えない。その美貌と肉体とを駆動した彼女の頭脳には、はかりしれない“ソフトウェア”が詰まっていたのである。

横国大・河野研究室

URL <http://www.kohnolab.dnj.ynu.ac.jp/index-j.html>

SDRフォーラム

(4月14日に慶応大でDownload Security Workshopが予定されている)

URL <http://www.sdrforum.org/>

電子情報通信学会・ソフトウェア無線研究会

URL <http://www.ieice.or.jp/cs/sr/jpn/>

H・ラマール公式サイト

URL <http://www.hedylamarr.at/>

喜多充成(きた みつなり)

1964年石川県生まれ。

産業技術・モノ作りを10年来のテーマとする技術系ライターで、本誌草創期からの執筆陣の1人。連載「インターネットビジネス利用の現場から(1995～)」「2005年へ光る道(1998～)」「超未来ラボ(2001～)」特集「電子メール革命(1995)」いまそこにある定額制(1999)などを担当。ウェブ上ではキャノン広報記事『開発者が語る「これがキャノン!」』などがある。

URL <http://web.canon.jp/technology/interview/>

今回は「温める光ルーター？」に行く!(予定)



[インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

株式会社インプレスR&D

All-in-One INTERNET magazine 編集部

im-info@impress.co.jp