

コンテンツ制作のための歌声素材生成 Web ツール “ぼーか郎”

野 池 賢 二†

歌声を含む音楽素材を手軽に生成し、コンテンツ制作に利用しやすい形式で得られる Web ツール “ぼーか郎” を開発した。“ぼーか郎” は、Web ツールであるため、OS やハードウェアなどのクライアント環境を問わずに使用できる。また、多様な入出力形式を用意していることが特徴であり、コンテンツ制作を行うためのさまざまなオーサリング・ソフトウェアで利用できるように留意されている。本報告では、その詳細を述べる。

A Web Tool “VOCALOU” to make Singing Voice Materials for Contents Production

KENZI NOIKE†

I developed a web tool “VOCALOU” to make singing voice materials for contents production. In this reports, I describe its details.

1. はじめに

歌声生成ソフトウェア VOCALOID シリーズ¹⁾のうちのひとつである「初音ミク」²⁾の人気により、歌声を含んだ楽曲制作、動画コンテンツの作成に注目が集まっている。また、その影響で、フォルマント・シンギング・ボード⁶⁾、ワンダーホルン³⁾、うたひめ⁴⁾、Humanoid Voice⁵⁾などの既存の歌声生成ソフトウェアが再注目されている。

しかしこれらは、動作させられる OS があるひとつの OS に限定されていたり、ハードウェアにある程度の処理能力を求めているりするなど、導入にあたっての敷居は必ずしも低くなかった。

また、歌声生成を行うためのデータ作成ソフトウェアは、あるひとつの入力方式だけを採用していることが多く、採用している入力方式も、ピアノロール方式やシーケンスソフトのステップ入力方式など、必ずしも誰にとってもなじみやすい入力方式ではない場合があった。

さらに、歌声生成のためのデータの輸入は、それ専用で別のソフトウェアを使うようになっていることが多く、他の楽器パートを想像しながら楽曲を構成することを強いられることがあった。

使用できる声素材も、あらかじめ提供される声素材

以外を使うことが困難である場合が多く、提供された声素材の声質に不満があっても、それを根本的に改善することができないことが多い。

そこで、(1) 歌声作成環境のための OS やハードウェアを限定せず、(2) 多様なデータ入力方式を持ち、(3) 歌声パートと楽器パートとを区別することなくシームレスに作成でき、(4) ユーザが声素材を自由に追加・変更できるソフトウェア・ツールの提供を目標とし、歌声を含む音楽素材を手軽に作成できる Web ツール “ぼーか郎” を開発した。開発にあたっては、(5) 多様なデータ出力形式を用意する、という点にも気を配り、コンテンツ制作を行うためのさまざまなオーサリング・ツールで利用しやすくすることにも留意した。

本報告では、主にその実装上の工夫について述べる。

2. “ぼーか郎” の設計と実現

2.1 実現に向けての設計

1 節で挙げた目標を達成するために、“ぼーか郎” は次の実現手段をとる。

- (1) Web ツールとして実装する
- (2) プリ・プロセッサを用意し、歌声生成エンジンへの入力データは、プリ・プロセッサを経由して渡す
- (3) 既存のデータ入力用ソフトウェアやツールを活用する
- (4) ポスト・プロセッサによって、多様な形式での出力を行う

† 株式会社トランス・ニュー・テクノロジー
Trans New Technology, Inc.

ツールを Web ツールとして実装することで、ユーザが使用する OS を限定することがなくなる。また、処理のほとんどが Web サーバ上で行われるため、クライアント PC に高い処理能力を要求することもなくなる。さらに、新規にソフトウェアをインストールすることなく使用できるため、“ぼーか郎” 導入の敷居を低くすることができる。

プリ・プロセッサを経由して入力データを歌声生成エンジンに渡す仕組みにすることによって、歌声生成エンジンに手を加えることなく、多様な入力方式を用意したり、入力方式を拡張したりすることが容易にできるようになる。

プリ・プロセッサによって多様な入力方式を提供できる仕組みを持っていても、それぞれの入力方式に対して、使いやすいデータ入力用ソフトウェアを準備することは短期的には困難である。そこで、既存のデータ入力用ソフトウェアやツールを活用し、それらの出力データを“ぼーか郎”で受け付けられるようにすることで多様な入力方式を提供する。

ポスト・プロセッサによって“ぼーか郎”の出力データを加工することにより、多様な出力形式を提供する。

2.2 Web ツールとしての実装

Web ツールとしての実装方法にはいくつかの方法がある。“ぼーか郎”は、CGI スクリプトによる実装方法を採用した。一連の歌声生成における各処理は、CGI スクリプトから suEXEC によって各処理が呼び出され、実行される。

実装にあたって、一部の機能を除いて、JavaScript が動作しない環境でもなるべく利用できるように配慮した。これは、携帯電話や携帯ゲーム機などからの利用も視野に入れているからである。

図 1 に、Web ツールとして実装した“ぼーか郎”の Web フォームを示す。

2.3 歌声生成エンジンとその処理

「歌う TiMidity」⁷⁾ という簡易的な歌声生成の仕組みが木本雅彦さんによって公開されている。これは、ソフトウェア・サンプラー TiMidity++⁸⁾ を歌声生成エンジンとし、こえうえぶ⁹⁾ の声素材を用いることにより、指定した音節を指定した音高で自由に歌わせることのできる仕組みである。「歌う TiMidity」の仕組みによって生成される歌声の品質は、STRAIGHT¹⁰⁾をはじめとする最先端の歌声生成研究の成果に比べて「声素材を切り貼りした」感が否めないが、この仕組みは、(1)すべてフリー・ソフトウェアで構成されていることと、(2)Web ツールへの組み込みが容易である、という長所がある。

MML 送信フォーム

The screenshot shows a web form titled "MML 送信フォーム". It has several sections:

- MML ファイル:** A text input field with a "JAIL を直接書く" button and a "MML タイプ" dropdown menu with options: "MML2cmd", "MML2cmd (本家)", and "FMML".
- SMF 変換時オプション:** A "トランスポーズ(音高シフト)" field with a range from -12 to +12.
- MP3 変換時オプション:** A table of settings:

音源	Exopus
bitrate	128 kb/sec
声色	れいご音源
声の強がり	80
声の速行き	30
- 音質変換時オプション:** Radio buttons for "ステレオ/モノラル" (Stereo/Monaural) and "サンプリング周波数" (16000 Hz) and "ファイルサイズ上限" (300 KB).

図 1 MML to MP3 with ぼーか郎

現段階の“ぼーか郎”では、1 節で挙げた目標を達成すべく、まずは、「Web ツールとして実現した歌声素材生成ツールの実用可能性を探ること」を主目的とし、歌声生成エンジンとその処理に「歌う TiMidity」の仕組みを採用し、それに改良を施して用いることにした。

2.3.1 各音節とプログラム・チェンジ番号との対応の調整

「歌う TiMidity」⁷⁾ では、各音節を固有の MIDI 音色バンク、MIDI プログラム・チェンジ番号に割り当てることで、指定した音節で歌わせることを実現している。これは、音節を楽器(音色)に見立てることに相当し、歌声生成データを作成するにあたって柔軟性と可搬性の高い方法である。

しかし、「歌う TiMidity」の割り当て方は、五十音表の順にプログラム・チェンジ番号を詰めて割り当てているため、「や、ゆ、よ」のような五十音表中で不連続になる箇所でもプログラム・チェンジ番号が連続になり、直感的に推測しづらくなっている。また、

清音と濁音のプログラム・チェンジ番号の関係が、「か=5」と「が=46」との差は 41 であるのに対し、「さ=10」と「ざ=56」との差は 46 となっており、一貫性がない。

“ぼーか郎”では、「歌う TiMidity」の方式を基本的に踏襲するが、音節とプログラム・チェンジ番号との対応を見直し、一貫性を持たせるように変更することで、その対応をある程度直感的に推測できるようにした。まず、母音 a, i, u, e, o と、プログラム・チェ

ンジ番号の5の剰余は、常に0, 1, 2, 3, 4となるように割り当てた。これにより、たとえば、「や=35」, 「ゆ=36」, 「よ=37」であった割り当ては、「や=35」, 「ゆ=37」, 「よ=39」となり、五十音表中の列位置と行位置から規則的にプログラム・チェンジ番号を算出することが容易になった。

次に、「清音と濁音との差を50」, 「清音と拗音との差を80」となるように割り当てた。これにより、たとえば、「か=5」であることがわかれば、「が=55」, 「きゃ=85」であることが規則的に推測できるようになった。

音節とプログラム・チェンジ番号との対応表の最新情報は http://noike.info/~kenzi/cgi-bin/mml2mp3/doc/utau_mml.html#prgno_syllable_table で公開しており、いつでも参照できる。

2.3.2 声素材の基本周波数と基本音量の調整

「歌う TiMidity」では、声素材として、さかいれいしうさんがこえうえぶ⁹⁾ で公開している声素材を使い、音節ごとにループ・ポイントを設定して用いている。この声素材は、発声者がピッチ(音高)に留意して発声しているため、全音節を通して、比較的ピッチが揃っている。しかし、これをそのまま歌声生成に用いると、指定した音高によってはピッチのずれが拡大され、音高について、いわゆる「音痴」の状態になる。また、この声素材は、ピッチへの留意はあるが、音量への留意があまりない。

そこで、声素材の各音節の基本周波数の推定と最大音量の算出を行い、それを TiMidity の調整パラメータに変換し、与えることでピッチと音量の補正を行った。

基本周波数の推定には、512点FFTによる簡易推定プログラムをFFTライブラリ FFTW¹¹⁾ を用いて Python で記述し、それを用いた。

基本周波数としては、振幅が最大となるフレームより後のフレームで、パワーが最大となる 261Hz(C4) 付近の周波数を採用した。また、基本周波数を取得したフレームの振幅を最大音量とした。

簡易推定プログラムによって機械的に調整した後、人間が実際に聴くことによって、調整パラメータ値の手修正を行った。

このようにして調整した TiMidity++ 用の調整パラメータ・ファイルが、http://noike.info/kenzi/cgi-bin/mml2mp3/CFG/reisiuja_06_normal.cfg である。

2.3.3 声素材「ささやき声」の追加

こえうえぶ⁹⁾ では、「ささやき声」も公開されている。「ぼーか郎」の目標のひとつである、「ユーザが声素材を自由に追加・変更できる」ことを実現するための手始めとして、こえうえぶで公開されている「ささや

き声」を追加した。各音節とプログラム・チェンジ番号との対応付けは、2.3.1 節で記した割り当てと同じにし、音色バンク番号だけを異なるようにした。

声の種類と音色バンク番号との対応は、

http://noike.info/~kenzi/cgi-bin/mml2mp3/doc/utau_mml.html#bank_kowairo_table で公開しており、いつでも参照できる。

「ささやき声」の基本周波数と音量の調整も、2.3.2 節で記した方法と同様にして行った。しかし、「ささやき声」はほぼ無声音であり、基本周波数の推定は期待したようには推定できず、そのほとんどを人間が実際に聴いて調整することになった。このことから、通常の有声音を声素材として用いるときにはあまり問題にならないが、「ユーザが声素材を自由に追加・変更できる」ことを実現するにあたっては、ひとつの課題となることがわかった。

2.4 多様な入力方式

誰にとっても導入の敷居が低く、なじみやすい入力方式を提供するために、「ぼーか郎」では、既存のアプリケーション・ツールの利用も視野に入れ、多様な入力方式を用意した。現在までに、公開・準備済みの入力方式は次のとおりである。

- SMF の音色バンク番号、プログラム・チェンジ番号として直接記述
- MML で記述する (mml2mid 形式¹²⁾、はてなダイアリー MML 形式¹³⁾¹⁴⁾)
- 五線譜入力 (Finale¹⁶⁾ やスコアメーカー¹⁷⁾ などを利用)
- ピアノロール入力 (VOCALOID Editor を利用)
- SMF に Lyric Event, Text Event として歌詞情報を記述

2.3.1 節で述べたように、各音節に対応するプログラム・チェンジ番号は、規則的で直感的に推測しやすく割り当てである。しかし、それは人間にとってはなじみやすい入力方式ではないため、通常は、2 番目以降の入力方式が使われるであろう。

以降の節で、それぞれの入力方式について、詳しく述べる。

2.4.1 MML で記述

「歌う TiMidity」では、プログラム・チェンジ番号を用いた歌声音楽データを作成しやすくするために、mml2mid¹²⁾ の MML 記述方式を拡張し、それを mml2mid でのプログラム・チェンジ番号記述に変換する Perl スクリプトを提供している。この拡張は、通常の MML 記述での音高指定文字の直前に、音節をそのまま記述するという拡張であり、人間にとって可読性

がよい。「ぼーか郎」でも、この拡張された MML 記述方式を、入力方式のひとつとして採用した。MML 記述例として、図 2 に示す「かえるのうた」を mml2mid の拡張 MML で記述したものを図 3 に示す。



図 2 かえるのうた

```
A か c4 え d4 る e4 の f4 う e4 た d4 が c2
```

図 3 mml2mid の拡張 MML による「かえるのうた」記述

MML による音楽情報の記述形式には、mml2mid の形式のほかにも数多く存在する。「ぼーか郎」では、Web 日記に MML を書くことで音楽を掲載することを可能にした「はてなダイアリーの MML 記述形式 (FIMML)¹³⁾¹⁴⁾」も、MML 記述方式のひとつとして採用した。はてなダイアリーの MML システムである FIMML では、フォルマント・フィルタによって、a, i, u, e, o の 5 母音の歌声を生成することができる。その記述は、音高指定文字の直前に「@ 音節」と記述することで行う。

「ぼーか郎」では、a, i, u, e, o の 5 母音以外に、すべての音節を受け付けられるようにした。図 2 に示す「かえるのうた」を FIMML の MML で記述したものを図 4 に示す。

```
@' か'c4 @' え'd4 @' る'e4 @' の'f4
@' う'e4 @' た'd4 @' が'c2
```

図 4 FIMML の MML による「かえるのうた」記述

これらの MML 記述による「ぼーか郎」の利用は、<http://noike.info/~kenzi/cgi-bin/mml2mp3/> から行うことができる。

2.4.2 五線譜入力

五線譜上の音符の下に歌詞を書く記述方式は、義務教育の現場でも使われており、おそらく、日常生活においてもっともよく目にする記述方式であろう。

「ぼーか郎」では、「五線譜に歌詞を書く」という記述方式を入力方式のひとつとして採用する。

実現にあたって、新規に五線譜入力ソフトウェアを作成するのではなく、既存の使いやすい優秀なソフトウェアを利用し、それらのファイル出力を「ぼーか郎」が受け付けられるようにすることで実現する。

五線譜をファイルに記述するための記述形式のひとつとして、Recordare LLC の MusicXML¹⁸⁾ がある。MusicXML による五線譜の記述は、IANA の Application Media Types のひとつとして採用される¹⁹⁾ など、XML での西洋音楽楽譜の記述形式として、事実上の標準になりつつある。

「ぼーか郎」では、MusicXML を受け付けられるようにし、それを出力できる五線譜ソフトウェア、たとえば、イーフロンティアの Finale¹⁶⁾、河合楽器のスコアメーカー¹⁷⁾ などを利用することで、五線譜入力を実現した。

図 2 に示す「かえるのうた」の歌詞音節「か」とそれが付随する音符を MusicXML で記述したものを図 5 に示す。「ぼーか郎」のプリ・プロセスは、図 5 に示されている<lyric><syllabic><text>の情報を「ぼーか郎」のプログラム・チェンジ番号に変換し、歌声生成エンジンに渡す。

```
<note>
  <pitch>
    <step>C</step>
    <octave>4</octave>
  </pitch>
  <duration>1</duration>
  <voice>1</voice>
  <type>quarter</type>
  <stem>up</stem>
  <lyric number="1">
    <syllabic>single</syllabic>
    <text>か</text>
  </lyric>
</note>
```

図 5 MusicXML による「かえるのうた」の音節「か」記述

五線譜入力ならではの機能として、図 6 に示すように「息継ぎ記号 (プレス、ポウイング)」を記述しておくことで、その箇所息継ぎの音を生成する機能を実装した。息継ぎの音は、「ささやき声」の「は」を適度な音高と音量で生成することによってエミュレーションしている。サンプルサウンドは、http://noike.info/~kenzi/cgi-bin/xml2mp3/demo/negaigoto2_Steinway_M6.mp3

で試聴することができる。



図 6 五線譜上の息継ぎ記号

MusicXML を介した五線譜入力による“ぼーか郎”の利用は、<http://noike.info/kenzi/cgi-bin/xml2mp3/> から行うことができる。

2.4.3 ピアノロール入力

VOCALOID シリーズ¹⁾では、VOCALOID Editor によってピアノロール入力方式を提供している。この VOCALOID Editor が出力する VSQ ファイルを“ぼーか郎”でも受け付けられるようにすることによって、“ぼーか郎”もピアノロール入力方式を提供した。

これにより、“ぼーか郎”がピアノロール入力方式を提供できるようになっただけでなく、すでに VOCALOID を使用しているユーザにとっての“ぼーか郎”使用の敷居を低くすることができる。また、“ぼーか郎”は、VOCALOID にはない声素材を持っているので、VOCALOID との使い分けによる活用も期待できる。

ここで記した、VSQ ファイルを介し、VOCALOID Editor を利用したピアノロール入力による“ぼーか郎”の利用は、<http://noike.info/kenzi/cgi-bin/smf2mp3/> から行うことができる。

2.4.4 SMF Lyric Event, Text Event に記述

微細な表情付け施した MIDI データを作成するとき、MIDI シーケンサー (MIDI シーケンス・ソフトウェア) を用いるユーザは、現在でも多い。

そこで、SMF の Lyric Event や Text Event に音節情報を記述することで、“ぼーか郎”に歌声生成をさせる入力方式を用意した。Lyric Event を入力できる MIDI シーケンサーでは、Lyric 情報として音節を入力し、そうでない MIDI シーケンサーでは、Text Event の Text 情報として、“VO “に続けて音節を入力する。音節に続けて“音色バンク番号”を書くことにより、「ささやき声」などの他の声素材を使用することができる。

この入力方式による“ぼーか郎”の利用は、<http://noike.info/kenzi/cgi-bin/smf2mp3/> から行うことができる。

2.5 多様な出力形式

“ぼーか郎”によって生成される歌声素材が、コンテンツ制作のさまざまなオーサリング・ソフトウェアで活用できるようにするために、次に示す多様な出力形式を用意した。

- MP3, WAV, AIFF などの一般的な音響信号ファイル
- VOCALOID VSQ 形式
- 3GP ファイル (携帯電話の着信音として設定可能)
- SMF (音節情報がプログラム・チェンジ番号として埋め込まれている)

ある特定の音響信号ファイル形式だけでなく、MP3, WAV, AIFF の 3 種類の音響信号ファイルを出力することにより、多くのオーサリング・ソフトウェアでそのまま利用できるようになる。

また、VOCALOID Editor で読み込めるファイル形式で出力することにより、VOCALOID との相互利用も可能となり、“ぼーか郎”活用が広がる。

また、携帯電話の着信音に設定可能な処理²⁰⁾²¹⁾²²⁾を施した 3GP ファイル (i モーション着うた) を出力することにより、一般ユーザが通常では作成しづらい「歌声を含んだ着信メロディ」の作成が容易にできるようになる。生成した 3GP ファイルへのアクセスは、携帯電話でダウンロードしやすいように、QRcode Perl CGI & PHP scripts²³⁾ を用いてアクセス URL を QR コード化した。サンプル 3GP ファイルに実際にアクセスできる QR コードを図 7 に示す。



図 7 サンプル 3GP ファイルへのアクセス QR コード

2.6 生成される歌声の品質を向上させる工夫

现阶段の“ぼーか郎”は、歌声の生成を単純なサンプラー方式で行っているため、歌声として許容できる音域が限られていたり、「声素材を切り貼りした」感が否めず、音節同士の連結の滑らかさに欠けたりする。

これらの欠点を聴感上目立たなくするために、“ぼーか郎”に次の機能を実装した。

- トランスポーズ (音高シフト)
- 声の拡がりの付加とその度合いの調整

- 声の奥行きが付加とその度合いの調整

「声の拡がり」は、歌声を生成するときそのコピーを生成し、それらの左右の定位を調整することによって実現した。「声の奥行き」も、同様にコピーを生成し、それらの時間的な遅れ (Delay) を調整することによって実現した。

“ぼーか郎”の Web インタフェースとしてトランスポーズ機能を実装したことにより、生成される歌声を、歌声として適切に聴こえる音域に調整しやすくなった。また、「声の拡がり」と「声の奥行き」を実装したことにより、単純なサンプラー方式であることに起因する品質の悪さが目立たなくなり、聴感上の品質が向上した。

3. 今後の展望

すでに Web 上で稼動し、好評をいただいている“ぼーか郎”であるが、今後は、(1) ユーザが声素材を自由に追加・変更できる支援ツールの提供、(2) テキスト読み上げ機能の提供、(3) ローカルマシン上で使用することのできる“ろーか郎”の提供、を計画している。

“ぼーか郎”は、通常のテキスト読み上げツールとは異なり、各音節の音高や発声時間を詳細に指定できる仕組みを持っているので、「雲が飛ぶ」と「蜘蛛が飛ぶ」との違いを読み上げることができる可能性がある。「視覚障害者のためのツール」という発展の方向も視野に入れていきたい。

4. まとめ

本稿では、歌声を含む音楽素材を手軽に生成し、コンテンツ制作に利用しやすい形式で得られる Web ツール“ぼーか郎”の設計と実装の詳細について述べた。ユーザが声素材を自由に追加・変更できる支援ツールを提供するにあたって、「ささやき声」のように、無声音に分類されるような声に対する考慮が必要になる可能性があることがわかった。

今後は、ユーザによる使用感や改良点などの意見を収集し、ツールとしての評価を行い、多様な応用を視野に入れて発展させていきたい。

謝辞 本ツールを実現するにあたって、Twin Sun, Inc. の野口賢治さんに Python スクリプトを提供していただくなど、多くのご協力をいただきました。また、「ささやき声」の扱い方について、科学技術振興機構 CREST CrestMuse プロジェクトの片寄晴弘先生、北原鉄朗さんにご助言をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) ヤマハ株式会社 : VOCALOID, <http://www.vocaloid.com/> .
- 2) クリプトン・フューチャー・メディア株式会社 : 初音ミク, <http://www.crypton.co.jp/mp/pages/prod/vocaloid/cv01.jsp>, .
- 3) NTT アドバンステクノロジー株式会社 : うたばら.com, <http://www.utabara.com/> .
- 4) ウィンテック株式会社 : うたひめ, <http://www.wintechnology.co.jp/download.html>.
- 5) ヤマハ株式会社 : Humanoid Voice, <http://entame.smaf-yamaha.com/jp/>.
- 6) ヤマハ株式会社 : PLG100-SG, <http://yamaha.jp/product/music-production/plugins/plg100-sg/>.
- 7) 本木雅彦 : 歌う TiMidity, <http://www.ohnolab.org/~kimoto/timidity/>, 2004.
- 8) TiMidity++, <http://timidity.sourceforge.net/>.
- 9) さかいれいしう : こえうえぶ, <http://www.reisiu.info/>.
- 10) 河原英紀:STRAIGHT, http://www.wakayama-u.ac.jp/kawahara/STRAIGHTadv/index_j.html .
- 11) FFTW, <http://www.fftw.org/> .
- 12) 門田暁人, 藤井秀樹, 黒田久泰, 新出尚之 : mml2mid, <http://platz.jp/mml2mid/> .
- 13) おおくぼ : FIMML, <http://coderepos.org/share/wiki/FIMML>.
- 14) はてなダイアリー日記:テキストで音楽が演奏できる、「メロディ再生記法」(MML 記法)をリリリースしました, <http://d.hatena.ne.jp/hatenadiary/20071011/1192086766> .
- 15) おおくぼ:FIMML - Flash でも初音, http://sketch.txt-nifty.com/blog/2007/10/flmml_3966.html .
- 16) 株式会社イーフロントニア : Finale, <http://www.e-frontier.co.jp/music/finale/> .
- 17) 株式会社 河合楽器製作所 : スコアメーカー, <http://www.kawai.co.jp/cmusic/products/scomwin/>.
- 18) Recordare LLC : MusicXML, <http://www.recordare.com/xml.html> .
- 19) IANA:Application Media Types, <http://www.iana.org/assignments/media-types/application/> .
- 20) isogawa : FFmpeg で変換した 3GPP 動画を NTT ドコモ i モーションのストリーミング再生に対応させる (for Linux), http://labs.unoh.net/2007/11/ffmpeg3gpntti_for_linux.html .
- 21) PetitFlat : 制限なし着モーションを作成する方法, <http://www.eonet.ne.jp/link-room/k-tai/docomo/FOMA/no-restriction-tyaku.html> .
- 22) uniphi:FOMA で着うたを登録する, [http://cgi15.plala.or.jp/~uniphi/pyuki/wiki.cgi?3GPP\(AAC\)](http://cgi15.plala.or.jp/~uniphi/pyuki/wiki.cgi?3GPP(AAC)).
- 23) Y.Swetake : QRcode Perl CGI & PHP scripts, <http://www.swetake.com/qr/qr.cgi.html> .