

グロッケン音色の利用に関する考察

A study for MIDI timbre "Glockenspiel"

長嶋 洋一

YOICHI NAGASHIMA

静岡文化芸術大学大学院デザイン研究科

Shizuoka University of Art and Culture

nagasm@suac.ac.jp

内容梗概：本来は楽譜より2オクターブ高く演奏される移調楽器のGlockenspielであるが、MIDI演奏データにおいてはオルゴールの音色として使用されるだけでなく、本来ありえない音域でも利用されている。本稿では、非斉次倍音の強いこの音色に特有の作曲の事例と、問題あるアレンジによって違和感のある事例から作曲における活用法について考察するとともに、楽器音の分析と違和感の印象についての実験によって検証した。

Key Words : Glockenspiel, Pitch perception, Virtual pitch, AniMusic, Mahler

1 はじめに

筆者はこれまで、Computer Musicやメディアアートに関連する、研究・システム開発・作曲・公演・教育などの活動が続けてきた[1]。今回、日本音楽知覚認知学会2013年春季研究会の開催案内を受けて、この機に発表するネタを探して思い出したのが発端となったAniMusicでの事例であり、関連してMahler第2交響曲のフィナーレ、そして筆者自身の作曲公演での体験も含めて、3週間ほどまとめた内容である。本稿は最後の被験者実験の準備中に締切を迎えたため、「続きはWebで」[2]となっている事を何卒ご容赦いただきたい。

2 その3つの発端

ことの発端はAniMusic[3]である。2000年頃に発表された最初のバージョンのAniMusicの7曲の中で、チャイム/ベル/ゴング系の音色が使われている曲のうち、違和感のない2曲に対して、ある1曲で以前からそのピッチに違和感を覚えていたのをふと思い出した。AniMusicは、プロジェクト内の作曲家が作曲したMIDIデータを入力として、「データを逆算して発音の前から動いて発音動作するCGを自動生成する」というオリジナルのソフトウェア自体がプロジェクトのメイン作品である。従って、このソフトウェアによって制作されたDVDのアニメーション映像のサウンドは、シーケンスデータによって駆動されたMIDI音源のサウンドである。

このような音色は、MIDI音源では、グロッケン・チューブラー・クリスタル・ティンクル

ベルなどの名称で散見する。いずれもMIDI入力されたノートのfundamentalよりも、ヘンなところ(非斉次倍音)の倍音強度の方が強く、敢えてホンキートンク(チューニング狂い)の印象を与えるために活用される事が多い。筆者の過去の作品[4]の中でも、いくつかの作品において、敢えてピッチ感が失われるような意図でこの音色を使用している。その場合、背景音響に調性的でないものやパーカッション系による音響を用いたり、同時に生成演奏されるフレーズには調性感の乏しい全音音階やクロマティック音階を使用してきた。

そして、ここでさらに思い出したのが、マーラーの第2交響曲「復活」のフィナーレ部分である。90分ほどの大曲の最後、30分以上かかる第5楽章のラスト、ソリストから合唱に至って盛大なフィナーレとなり、合唱が終わって管弦楽だけのコーダとなった部分(最後の1分半ほど)で、まさにこのサウンドで「鐘の乱れ打ち」が印象的に使われている。

この曲のスコアにおいて「Glockenspiel」と書かれているパートが該当する楽器のサウンドであり、Wikipediaの「マーラー第2交響曲」[5]によれば、“3 deep, untuned steel rods or bells”とある。深くてuntunedなsteelサウンド、というのはまさに上述の特徴そのままである。Wikipedia[5]の第5楽章の解説によれば、このコーダ部分については以下の記述がある。

The instrumental coda is in this ultimate key as well, and is accompanied by the tolling of deep bells. Mahler went so far as to purchase actual church bells for performances, finding all other means of achieving this sound unsatisfactory. Mahler wrote of this movement: "The increasing tension, working up to the final climax, is so tremendous that I don't know myself, now that it is over, how I ever came to write it."

この交響曲のクライマックスに必須の緊張感のために、他の楽器では駄目なので、初演に際してマーラー自身が教会の鐘を買い求めた、という上記の話は象徴的であり、このサウンドの持つ不思議な魅力と、作曲上の要請が伝わってくる。

楽譜のこのパートの部分には "from deep, among each other different sound without certain pitch" と書かれている。3つの異なるピッチが使われるが、そのピッチが不確かであること、とわざわざ明記されているのである。そして楽譜のこのパートの音部記号をよく見ると、なんとト音記号もヘ音記号もハ音記号も無く空白である。まさに、オーケストレーションにおいて、他のパートとの調和を否定する存在感が際立っている。

3 GlockenspielとTubular bells

ここで「Glockenspiel」をWikipedia[6]で調べてみると、楽譜で書かれるよりも2オクターブ高い音が鳴る楽器、とあり、マーラーの用法とはやや違う印象がある。Wikipediaに置かれたGlockenspielのサウンドは低音域の丸い音色の基音に対して、かなり高い音域でより強い金属的な倍音が聞こえる。これは聴感上のピッチとしては16/3倍音ないし32/3倍音(fundamentalの周波数を3倍音に持つ基音の4-5オクターブ上の音)に相当していて、通常の楽器によくある自然数倍の倍音系列には存在しない、金属の剛体振動に固有のものである。「Glocken」の音色は、GM音源ではMIDIプログラムチェンジ10番である。

「復活」のコーダに使われているサウンドは、マーラー自身が演奏において「church bells」を用いたように、むしろチャイムとかベル類の方が近いように思われる。そのサウンドは、聴感上のピッチとしてもっとも強い金属的なサウンドを基準にすると、より低音域の丸い音色が5/8倍音と5/16倍音のミックスとして聞こえる。この低音域の丸い音色の

ピッチの方をfundamentalだとすれば、高い音域でより強い金属的な倍音は8/5倍音ないし16/5倍音(fundamentalの周波数を5倍音に持つ基音の3-4オクターブ上の音)に相当する。このテストのサウンドとして、筆者はMIDIプログラムチェンジ15番の「Tubular bells」をよく活用してきた。筆者はここでベル音のピッチに関する文献[7]から、以下のような興味ある記述に注目した。すなわち、17件あるいは137件の歴史的なチャーチベルでの実験によって、79%のサウンドが音楽的に何らかのピッチを持つと知覚されながら、上部倍音の構成が通常の楽器と異なる配置のために、Virtual Pitchとして知覚されるピッチが曖昧である、と検証されたという。何らかのピッチを持つ、すなわちノイズではない楽音でありながら、そのピッチがよく判らない(曖昧である)、というのは面白い知覚現象(ある種の錯覚)であり、ここに作曲上の要請が生まれるとも考えられる。

4 MIDI音源による実験

ここで、筆者がこれまで感覚的にチューニングがずれた音として使ってきた、MIDI音源のグロッケンなど前述の4音色について、実際にその倍音構成をビジュアル化しつつ聞き比べて検討した。音源装置は、過去の音楽情報科学研究において実質的標準音源としてポピュラーだったRoland社「SC-55mkII」をファクトリーリセットして使用し、比較のために、MIDIプログラムチェンジ1番の「Piano」もデータ収集した。

最初に行った実験では、1オクターブ中に2音(CとF#)をとり、MIDIノートナンバ12から120まで、計9オクターブにわたって等間隔に自動演奏したサウンドをサンプリングしてサウンドファイル化し、同時にこのサウンドのソノグラム(縦方向の周波数は22500Hzまで)を共通のスケールで画像として記録した。実験してみると、前述のようにMIDIプログラムチェンジ10番のGlocken音色は音域が高いのでMIDIノートの低音域ではほとんどサウンドが無い状態であったため、2番目の実験としてあまり実用的でない音域は低音域も高音域もカットして、MIDIノートナンバ「24-72」の4オクターブ、ノートは同じCとF#で計9音とした。これと合わせて、ソノグラムの縦軸方向の分解能を向上させるために、最大音量の倍音成

分がぎりぎり表示できる3000Hzまでに設定した。いずれも最大音量がほぼフルスケール(割れない)ように調整している。図1はグロッケン、図2はチューブラーベルである。

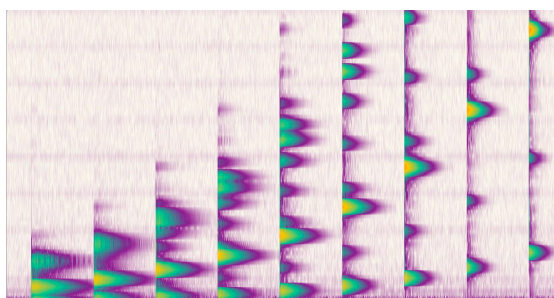


Fig. 1 Sonogram of "Glocken".

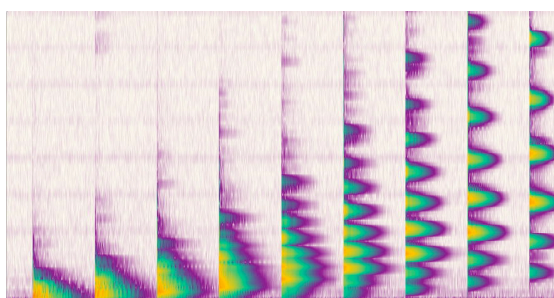


Fig. 2 Sonogram of "Tubular Bells".

5 MIDI音源サウンドの分析

市販のMIDI音源装置では、ピアノ等に見られるストレッチ・オクターブの効果をもとに、基音のピッチに対して顕著に作用させていないので、MIDIプログラムチェンジ1番のPianoのソノグラムに現れる高次倍音の系列を、周波数軸(対数でなくリニア表示)において等間隔な整数次倍音であると見なして、他の音色の倍音を参照する物差しとして使用した。実験では、オクターブをCとF#という整数比にない等間隔に分割しているため、CとF#のいずれかを比較してちょうど重なる(倍音関係)ところを探し、前述のような聴覚上の倍音関係を見出す作業である。なお、本節での用語として「○倍音」と「○次倍音」とを明確に使い分けることに注意されたい。つまり、通常の楽器では、基音fundamental(1倍音)の周波数の整数倍で、上部倍音が2倍音、3倍音・・・と連なるが、ここでのピアノ以外の音色については、サウンドの最低音成分(これを1次倍音と呼ぶ)の上に連なる○番目のピーク周波数成分を○次倍音と呼ぶことになるが、それらは単なる順番であって周波数に整数倍の関係は無い、という点が重要である。

詳細は紙面の関係でWeb[2]に譲るが、Glockenでは低い方から3番目の倍音(3次倍音)が最大強度であり、次がいちばん低い周波数成分(1次倍音)、そしてかなり高域に去っていく成分があり、かなり広い3次倍音と1次倍音との間に、レベルの低いもう一つのピーク周波数(2次倍音)がある。まず、1次倍音(ピアノでは強度も最大)の基準ピッチがPianoとGlockenの両者できちんと一致した。次に、Glockenの最大音量である3次倍音のピッチは、CでもF#でも、同じオクターブ下のPianoの5.333・・・倍音付近、オクターブ下のPianoの10.666・・・倍音付近と一致した(ピアノ音を完全5度下のFとした追実験でのピーク一致により確認)。これは前述したように、聴感上のピッチとしては8/3倍音ないし16/3倍音(fundamentalの周波数を3倍音に持つ基音の3-4オクターブ上の音)に相当する金属の剛体振動に固有の成分である。またGlockenの1次倍音と3次倍音との間のピーク(2次倍音)はPianoに対してC-F#という「増4度=減5度=3全音=6半音」の関係で一致した。さらにGlockenの高域で全体で3番目の強度を持つ成分のピークが、同様にPianoの9倍音に対してC-F#、という同じ音程関係で一致した。この音程は純正律に登場しない、もっとも整数比にならない関係であり、この不協和感からくるピッチ感の曖昧さがGlocken音色の特徴である。

同様に調べると、Tubularでは1次倍音および2次倍音の強度は小さくて、強度が大きいのは3次倍音(最大)と4次倍音(2番手)と、あと5次・6次・7次倍音あたりまで漸減して、これでサウンドのパワーのほぼ全てを占めた。Tubularの小さい音量の1次・2次倍音のピッチをPianoと比較すると、fundamentalを上下に挟んでいて周波数がまったく一致しない一方で、Tubularの最大音量成分の3次倍音とPianoの2倍音とがC4/F#3/C5のいずれにおいてもきちん一致した。またTubularの5次倍音とPianoの4倍音(2オクターブ上)ともきちん一致した。つまりMIDIノートナンバを与えられると、Tubularはオクターブは違うものの同じクロマのピッチ成分を強く持つ。次に、やや小さいながらもTubularの1次倍音のピッチはオクターブ下のPianoの1.25倍音付近、2次倍音のピッチはオクターブ下のPianoの2.5倍音付近、Tubularの6次倍音のピッチはオクターブ下のPianoの10倍音付近、と一致した(ピア

ノ音を短6度下のEとした追実験により、純正律と平均律の長3度音程の違いを考慮してほぼピーク一致を確認)。これは前述したように聴感上のピッチとしては、より低音域の5/8倍音として聞こえ、聴取される倍音の音程から単音のサウンドだけでも長3和音の調性感が生まれることになる。また、残されたTubularの4次倍音はPianoの3倍音に誤差を持ちつつも近いために、聴感上は4/3倍音として単音での長3和音の調性感を補強する。これ以外の音色の実験についてはWeb[2]を参照されたい。

6 Mahler第2交響曲の収集

MIDI音源の実験を受け、焦点のMahler第2交響曲「復活」のコードに取りかかった。筆者はかねてよりこの作品を愛好しており、個人的に11種ほどのCDを購入してスコアを読みながら愛聴したり、コンサートに出かけて鑑賞してきた[8]。しかしここでは、より多くの事例からこの作品における指揮者(オーケストラ)の解釈について分析するために、YouTubeで「マーラー第2交響曲」と検索してヒットしたムービーを多数、収集した。サウンドでなくYouTube動画とした理由には二つあり、(1)ライブ演奏の動画にこのコード部分で実際に演奏された楽器が映っている可能性がある、(2)世界各国の著作権管理団体と提携しているYouTubeでは、違法アップロードされた動画は視聴停止・凍結/アカウント停止/視聴地域制限などによって禁止されているので違法ダウンロードの心配がない、という点を考慮した。Mahler第2交響曲の動画をYouTubeから70本以上収集し、全て視聴・比較して重複を除外した結果、対象ムービーは計59本となった。次いで対象となるコード部分、すなわち楽譜の730小節からラストまでを切り出したMPEG4ムービーに変換した。これと合わせてライブ映像のカテゴリの動画を慎重にスキャンして、12本の動画において、実際に楽譜でGlockenspielと指定された楽器を演奏している模様を抽出した。たった3本の金属棒が吊り下げられたゴング、立派なチャーチベル、音階の数だけチューブの並ぶチューブラーベル等、動画で使用されている楽器のバラエティは豊富であった。さらにそのサウンドは、全てのオーケストラに共通の変ホ長調に対して、調和した特定のピッチの音階が聞こえるものから、まったく異質のデチューンのもので、同じマーラーの楽譜からこれだけ解釈

の多様性が生まれるのか、と驚いた。これにより、楽譜にパートとしてGlockenspielと書かれたものの、マーラー自身を含めて実際の演奏では、いわゆる(小型の)鉄琴のグロッケンが使われることは無いと確認できたが、本稿ではマーラーの楽譜の記述を尊重して、この「深い音色で不確かなピッチの金属製の楽器」の便宜的な総称として、これ以降も「グロッケン(系)」と呼ぶことにする。

7 第2交響曲の音響からの分析手法

以上の準備を受けて、収集した59本の「復活」コード部分(約90秒)について、焦点である「グロッケン(系)楽器」の演奏音の分析手法を検討した。ただしここで重要なのは、音部記号の無い楽譜やMIDI音源の実験で明らかのように、この楽器はfundamentalが聞こえなかったり上部倍音構造と無関係だったりという特徴を持っている。従って、ピッチを分析検討する対象は実際に聴取できる周波数成分だけであり、個々の「グロッケン(系)楽器」のサウンドの倍音構造については問わないという点が重要である。求めたいのは、明確なピッチと調性感を持つオーケストラのコード部分の音響の中でのこの楽器音のピッチの意味合いの抽出である。ただしこれまで25年以上の音楽情報科学研究の進展をもってしても、このコード部分で多数の楽器音が重畳した音響、ティンパニの強打、パイプオルガンの重低音、さらにシンバル的に打ち鳴らされる高低の銅鑼(tam-tam)まで加わった中で、素早く減衰するこの「グロッケン(系)楽器」のピッチを正確に抽出する(採譜する)システムは存在していない。この部分の検討については紙面の関係でWeb[2]に譲る。結局、文献[9]にある以下の記述の通りである。

Music Source Separation is the problem of extracting each single instrument sound from the mixture. It is the key technique in applications like automatic music transcription, remixing in studio, content related music indexing etc. Well trained musician can finish this task easily. Unfortunately, computer needs more information than people aware of to do the same job.

つまり人間には出来てもコンピュータには無理なのである。そこでMahler第2交響曲の音響

からの分析の手法としては、上述のMIDI音源の実験で簡単に聞き分けたように、耳による分析に頼る事にした。ちなみに筆者は幼少時のバイオリン演奏歴からピッチ知覚の分解能は5セント以下であり、過去に各種の音律を実際に聞き比べた解説を上梓[10]、また合唱音楽の指揮者/作曲家/編曲家として、アカペラ音響の聞き分けと音楽演奏の「耳コピ」(人間音源分離による楽譜化)において多数の実績を持つ。ここでの対象であるMahler第2交響曲の音響は、幸いなことにコーダ部分と限定されていて、全体として鳴っている和声は Es dur だけである。従って基本的にはポピュラー音楽からコードネームや(聞こえにくい)Bassの音やコーラスパートを「耳コピ」するテクニックと同じ戦略であり、全体の調性感に身を委ねて、その中でハマらない音、(楽譜に)ハマる音、をHuman Auditory Scene Analysisの手法で抽出することになる。これは、作曲家の書いたスコアを事前にアナライズして頭の中で鳴らしたり、アンサンプルの場で演奏音が楽譜と異なるミスに気付く「指揮者の耳」そのものでもある。

8 Mahler第2交響曲の音響からの分析

まず最初に前節のMahler第2交響曲の音響の分析から、対象としている「グロッケン(系)楽器」のサウンドの扱い(指揮者/オーケストラごとの演奏解釈)に関しては、大きく以下のようないくつかのカテゴリに分類された。

- ・ 意識的にオーケストラの響き(Es dur)とピッチを合わせた楽器とする(調律されたチューブラーから選択)
- ・ ほぼオーケストラのクロマと合っているものの金属剛体振動に固有のピッチずれにより自然に浮き立つ
- ・ 意識的にオーケストラ(Es dur)のクロマと大きく異なるピッチ(50cent程度)として「浮いた存在」とする
- ・ ピッチ感の乏しい金属剛体のようなサウンドの物体を敢えて使用
- ・ 音量も演奏もきわめて控え目で、よほど注意しないと聞こえないような軽い扱いにする
- ・ 目立つ大きな音量で、ラストのある意味で主役のような目立ち方を演出
- ・ 同時に演奏されるGong(銅鑼)の音色音域と敢えて分離して、明るい音色、高音域に配置
- ・ 同時に演奏されるGong(銅鑼)の音色音域と敢えて近付けて、太く暗い音色、低音域に配置
- ・ 楽譜に忠実に、3本パイプとか3個の鐘のように限定された楽器で演奏
- ・ 3本でなく多数のピッチを持つ楽器によって、3種類だけでなく多数のピッチを演奏

もちろん、どれが正解であるとか妥当であるとかの判断は存在しない。指揮者ごと、オーケストラごと、プロデューサごとの解釈と演奏が存在することになるが、ここまで色々な演奏があるのは、マーラーの楽譜の記述の曖昧さ(自由さ)に起因するのであろう。上記のいろいろな分類の特徴から言えることは、解釈における以下のような異なった戦略である。

- i. 作曲家Mahlerの楽譜の指示「深くてuntunedなsteelサウンド」を忠実に守り、非協和な倍音構造をそのまま使う
- ii. 全体の和声Es durに調和するような倍音となるよう、敢えて楽器のチューニング(選択)を行う(→調和した1つのパート)
- iii. 楽音としての「ベル」よりも異質な響きを優先して、雑音に近い響きの汚い金属体を敢えて使用する
- iv. 基音および非調和倍音の基準ピッチをオーケストラのピッチと50セント近く敢えてずらして設定(→強烈なデチューン感)
- v. 基音および非調和倍音の基準ピッチをオーケストラのピッチと10数セント程度にずらして設定(→ある種のコーラス効果)

いずれにもそれぞれの音楽的理由、音楽的意図がある。ちなみに筆者の個人的な好みで言えば、2番目と3番目の方針には賛同しかねるが、4番目と5番目はそれぞれに趣きがあり、甲乙つけがたい。

2001年9月に欧州ツアー[11][12]で発表した筆者の新作“Japanesque Germanium”[13][14]において、尺八と笙と箏と電子音響のライブセッションにおいて邦楽器(尺八と箏)の基準ピッチをA=445Hzとして電子音響も笙も合わせて始まり、やがて途中では笙をA=435Hzのピッチに持ち替え、電子音響はA=445Hzの和声音響とA=435Hzの和声音響とを対等のバランスで同時に鳴らしたことがあった。その時の、わずかにずれて重複重層する響きによってホールを満たした浮遊感は忘れられない。第2交響曲のフィナーレ部分で、この「グロッケン(系)楽器」のパートだけ音部記号の無い特殊な楽譜、そして楽譜欄外にMahlerが記した言葉から、何らかの違和感・浮遊感を望んでいたという解釈がもっとも普遍的ではないか、というのが筆者の感想である。

9 AniMusicにおける違和感の分析

ここで再び、冒頭に紹介したAniMusicに戻る。チャイム/ベル/ゴング系の音色が使われている曲のうちピッチに違和感のある1曲の該当部分のムービーの前半は、

Cm → Ab → Eb → Bb → Db → Ab
→ Eb → Eb → (Cm)

というシンプルなコード進行を2回、繰り返している。メロディーの音の冒頭1小節は「G→F→Eb→C」である。そして問題のパイプが登場し転調して、BGMのコードはお約束の全音上行転調で、

Dm → Bb → F → C → Eb → Bb →
F → F → (Dm/Bb)

という同じコード進行を2回、繰り返して最後のBbで終わっている。ところがここに鳴らされているグロッケン系の音色の耳に聞こえる倍音成分は、最初の小節で言えば本来の転調後のメロディーの「A→G→F→D」に対して完全4度だけ下の「E→D→C→A」と鳴っている。その最初のE音の違和感は、2音目のD音と3音目のC音がBGMの調性のDmのスケールに含まれているのでいったん消えるが、2小節目に繋がるメロディーのA音が、2小節目のBGMのコード:Bbと完全に不協和関係となっていて、ここで違和感の限界を越える。それ以降、耳に聞こえるメロディーの調性はAm-F系なのにBGMはDm-Bb系であるために、同様にそこかしこで不協和関係が続き、全体として堪え難い違和感となっている。

これは、前述のMIDI音源サウンドの分析のGlockenのサウンド解析の結果から、以下のような現象となっていると考えられる。すなわち、この楽曲の作曲者は、全体として調和したシンプルなコード進行で作曲して、シーンごとにメロディー楽器の音色を切り換えており、この最後の転調のところで、メロディーのMIDIデータは転調に従って「A→G→F→D」となる筈である。しかし、ここでメロディー担当パートの音色としてMIDIプログラムチェンジ10番の「Glocken」を指定しているが、この音は、耳に聞こえる最大音量の3次倍音はMIDIで与えるノートの8/3倍音にほぼ近いピッチなので、コードのメロディーに対して完全4度だけ下の調性のメロディーのように聞こえるのである。

MIDI音源のオーケストレーションにおいて、どうしてもラストの部分でこのような非調和成分の強い音色の楽器を選択するのであれば、その聞こえる倍音成分を考慮して、意図的にその音色のメロディー部分だけ移調すれば、あくまで耳に聞こえるメロディーが全体の調整と違和感を持たないように作曲/編曲できたものと思われる。ポップな感じのこのAniMusicの曲においては、Mahlerのように「untunedなサウンド」を求めている事はないので、ここは音楽パートを担当したスタッフの一種の失敗であった、と言えるだろう。

10 おわりに

本稿では時間的制約のためにここまでになってしまったが、この後にいくつかの実験を試みているので、興味のある方は「続きはWebで」[2]を参照されたい。今後も、機会があればさらに新しいテーマでの心理学研究を目指していきたい。

参考文献/URL

- [1] 長嶋洋一. Art & Science Laboratory. <http://nagasm.org>
- [2] 長嶋洋一. グロッケン音色の利用に関する考察. <http://nagasm.org/ASL/Glocken/>
- [3] AniMusic. <http://www.animusic.com>
- [4] <http://nagasm.org/ASL/YouTube.html>
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Mahler_2
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Transposing_instrument
- [7] Strike note of bells. <http://www.mmk.ei.tum.de/persons/ter/top/strikenote.html>
- [8] <http://nagasm.org/1106/news2/mahler/>
- [9] Ruolun Liu (2009). A review on music source separation. Information, Computing and Telecommunication, 2009. YC-ICT '09. IEEE Youth Conference, pp. 343-346
- [10] <http://nagasm.org/ASL/midi03/>
- [11] <http://nagasm.org/1106/europe/>
- [12] <http://nagasm.org/1106/europe/report.html>
- [13] <http://www.youtube.com/watch?v=vtbUT2R2qmE>
- [14] <http://www.youtube.com/watch?v=SwXv1hsB8qw>