

# 音楽・音声制作演習

## 第2回 MIDIについて

高岡 明

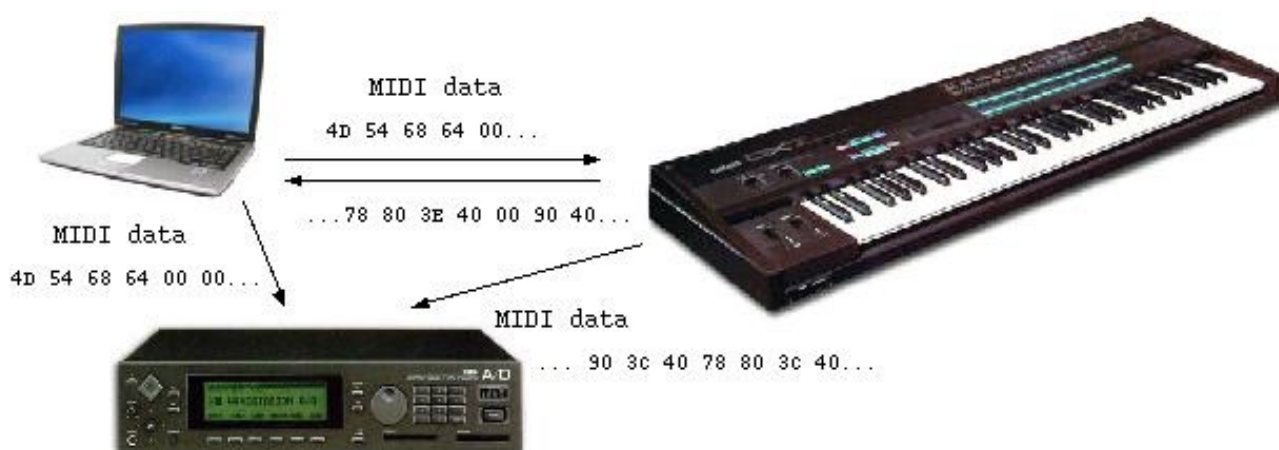
### 1. MIDIについて

MIDI(Musical Instruments Digital Interface) は、音楽の演奏データをシンセサイザーやコンピュータに転送するための通信プロトコル、インターフェイスのハードウェア、および MIDI ファイルの規格である。MIDI 規格は、1982 年に日本の楽器メーカーが中心になって制定された。

「General MIDI とは、基本的な音色マップとコントロールチェンジなどを規定したMIDIの統一規格である。略称はGM。GMが制定される前、MIDIの音色マップやコントロールチェンジはMIDI音源のメーカーや機種毎に違っており、他の製品とは基本的に互換性が無かった。例えば、PC (Program Change) の1番にはA社のMIDI音源ではピアノの音色が割り当ててあるが、B社の製品では弦楽器が割り当てられている、ということが多々あった。これにより、違うメーカーのMIDI音源で制作した曲データは、別のMIDI音源では作者の意図しない演奏をすることがあるという問題があった。こういった互換性の問題を解決するために、1991年に日本MIDI評議会（現在の音楽電子事業協会）とMIDI Manufacturers Association (MMA) によってGMが制定された。」（出典：[https://ja.wikipedia.org/wiki/General\\_MIDI](https://ja.wikipedia.org/wiki/General_MIDI)）

### 2. シーケンサーと MIDI ファイル

シーケンサー (sequencer) や MIDI プレーヤー (Windows Media Player など) の プレイ・ボタンを押すと、MIDI ファイルの内容がシンセサイザーに送られる。文書ファイルが文字から構成されるように、MIDI ファイルは MIDI メッセージ (MIDI message) から構成される。シンセサイザーは、受信した MIDI メッセージに含まれる命令に従って様々な音を出す。



### 3. MIDI メッセージ

MIDI 機器を用いて楽曲を作成する場合、楽曲データの入力のためには、通常、シーケンサーを使用する。しかし、MIDI のためのコンピュータ・プログラムを書くときはもちろん、個々のシンセサイザー独自の機能を最大限に活用し、音楽表現の可能性を広げようと試みるときに、MIDI メッ

セージのデータ表現を理解することが必要になる。また、MIDI メッセージのデータ表現についての知識は、シーケンサーの利用に際しても非常に役立つ。

MIDI メッセージにはいくつかの種類があり、大別すると、チャンネル・メッセージ (channel message) とシステム・メッセージ (system message) に分けられる。チャンネル・メッセージは、さらにチャンネル・ボイス・メッセージ (channel voice message) とチャンネル・モード・メッセージ (channel mode message) に分類される。



一つの MIDI メッセージは、命令の種類を表す 8 ビットのステータス・バイト (status byte) とそれに続く一つか二つのデータ・バイト (data byte) から構成されている。

$$\text{MIDI message} = \text{Status byte} + \text{Data byte(s)}$$

例えば、シンセサイザーは、90H 3CH 40H というメッセージを受け取ると、中央ドの音を mf で鳴らす。これは、90H というステータス・バイトが「音を出す」という命令、続く二つのデータ・バイト 3CH と 40H が、それぞれ中央ド (C4) というピッチと mf という音の大きさを意味するからである。ピッチと 16 進数の対応は、Appendix B を参照すること。音の大きさは、10 進数で 1 から 127 の間の値を取る。0 は無音である。音の大きさ (音量) のことを、MIDI ではベロシティ (velocity) と呼ぶ。

Status byte	Data bytes	命令
Hex (Binary)		
8x (1000xxxx)	nn vv	ノートオフ (Note Off) : 音を止める nn=note number(ピッチ)、vv=velocity
9x (1001xxxx)	nn vv	ノートオン (Note On) : 音を出す nn=note number、vv=velocity
Ax (1010xxxx)	nn vv	Polyphonic after touch: 鍵を押した後の変化 nn=note number、vv=velocity
Bx (1011xxxx)	cc vv	Control change: 様々な効果 cc=controller number、vv=new value
Cx (1100xxxx)	pp	Program change: 音色の切り替え pp=new program number
Dx (1101xxxx)	cc	Channel after-touch cc=channel number
Ex (1110xxxx)	bb tt	Pitch bend

### 3.1 チャンネル・ボイス・メッセージ

チャンネル・ボイス・メッセージは、音楽作品を構成する個々の音の高さや大きさといった演奏情報の大部分を含む。上述の 90H 3CH 40H もチャンネル・ボイス・メッセージの一つである。従って、チャンネル・ボイス・メッセージは、MIDI メッセージの大部分を占めることになる。チャンネル・ボイス・メッセージには、90H(音を出す) という命令の他にも、次に挙げる様々な命令がある (x にはチャンネル番号が入る。x が 0 のときチャンネル 1、x が 1 のときチャンネル 2、...、x が FH のときチャンネル 16 となるので注意を要する)。

Hex	Value	Use	No	命令
Bx 00	0-127	MSB	0	Bank select
Bx 01	0-127	MSB	1	Modulation wheel
Bx 02	0-127	MSB	2	Breath control
Bx 04	0-127	MSB	4	Foot controller
Bx 05	0-127	MSB	5	Portamento time
Bx 06	0-127	MSB	6	Data entry
Bx 07	0-127	MSB	7	Channel volume
Bx 08	0-127	MSB	8	Balance
Bx 0A	0-127	MSB	10	Pan
Bx 0B	0-127	MSB	11	Expression controller
Bx 0C	0-127	MSB	12	Effect control 1
Bx 0D	0-127	MSB	13	Effect control 2
Bx 20	0-127	LSB	32	Bank select
Bx 21	0-127	LSB	33	Modulation wheel
Bx 22	0-127	LSB	34	Breath control
Bx 23	0-127	LSB	35	Undefined
Bx 24	0-127	LSB	36	Foot controller
Bx 25	0-127	LSB	37	Portamento time
Bx 26	0-127	LSB	38	Data entry
Bx 27	0-127	LSB	39	Channel volume
Bx 28	0-127	LSB	40	Balance
Bx 2A	0-127	LSB	42	Pan
Bx 2B	0-127	LSB	43	Expression controller
Bx 2C	0-127	LSB	44	Effect control 1
Bx 2D	0-127	LSB	45	Effect control 2
Bx 40	<63=off, >64=on		64	Damper pedal on/off (Sustain)
Bx 41	<63=off, >64=on		65	Portamento on/off
Bx 42	<63=off, >64=on		66	Sostenuto on/off
Bx 43	<63=off, >64=on		67	Soft pedal on/off
Bx 44	<63=off, >64=on		68	Legato footswitch
Bx 45	<63=off, >64=on		69	Hold 2
Bx 62	0-127	LSB		Non-Registered Parameter Number LSB
Bx 63	0-127	MSB		Non-Registered Parameter Number MSB
Bx 64	0-127	LSB		Registered Parameter Number LSB
Bx 65	0-127	MSB		Registered Parameter Number MSB

### 3.2 コントロール・チェンジ

BxH で始まるコントロール・チェンジ (control change) は、ダンパー・ペダル (damper pedal)、パン (pan)、ポルタメント (portamento)、モジュレーション (modulation) などの情報をシンセサイザーに伝える。コントロール・チェンジによって、音に様々な効果を与えることができる。ここでは、主なものを列記する。

なお、MIDI では、“MSB” と “LSB” を通常とは異なる意味で使う。データが 2 バイトで表される時、上位バイトを MSB、下位バイトを LSB と呼ぶので注意が必要である。

シンセサイザーの機種によっては、限られた種類のコントロール・チェンジしか受信できない。受信可能なコントロール・チェンジの種類は、各シンセサイザーの MIDI インプリメンテーション・チャートに記載されている。

### 3.3 チャンネル・モード・メッセージ

チャンネル・モード・メッセージ (channel mode message) は、シンセサイザーがチャンネル・ボイス・メッセージを受け取ったとき、シンセサイザーがそのメッセージにどのように反応するか決定する。ここでは一部だけを列記する。

Hex	命令
Bx 7C 00	オムニ・オフ (Omni Off) : MIDI チャンネルを識別するモードになる
Bx 7D 00	オムニ・オン (Omni On) : すべてのチャンネルのメッセージを受ける
Bx 7E xx	モノ・モード・オン (Mono Mode On) : モノフォニックな発音状態にする
Bx 7F 00	ポリ・モード・オン (Poly Mode On) : ポリフォニックな発音状態にする

### 3.4 システム・メッセージ

システム・メッセージにもいくつかの種類がある。ここではシステム・エクスクルーシブ・メッセージ (system exclusive Message、略して sys ex) のみについて簡単に触れる。システム・エクスクルーシブ・メッセージは、シンセサイザーの各機種独自の機能を利用するため、各メーカーが仕様を決めているメッセージである。F0H で始まり F7H で終わるが、F0H に続いて、あらかじめ定められたメーカーの ID(例えば、ローランドは 41H、ヤマハは 43H) を送る。メーカー独自の MIDI 拡張規格 (ローランドの GS やヤマハの XG) を利用するときにもこのメッセージが使われる。

## 4 スタンダード MIDI ファイル

### 4.1 ヘッダー・チャンクとトラック・チャンク

スタンダード MIDI ファイル (Standard MIDI File、略して SMF) は、ヘッダー・チャンク (header chunk) とトラック・チャンク (track chunk) と呼ばれる二つの部分から構成されている。スタンダード MIDI ファイルは、必ず一つのヘッダー・チャンクを持っているが、トラック・チャンクは、一つのことでもあれば、複数のこともある。

ヘッダー・チャンクは、MIDI ファイルの冒頭に置かれ、ファイルのフォーマット (format)、トラックの数、ディビジョン (division: 四分音符あたりの分解能、またはタイムコード) という三つの情報を含む。トラック・チャンクには、曲のデータが含まれる。

ファイルのフォーマットには、フォーマット 0、フォーマット 1、フォーマット 2 の 3 種類がある。フォーマット 0 のスタンダード MIDI ファイルは一つのトラックのみを持つ。フォーマット 1 は複数のトラックを持ち、すべてのトラックは同期が取られ、同時に演奏される。フォーマット 2 も複数のトラックを持つが、同期は取られない。フォーマット 2 が使用されることは稀である。

Header chunk	Track chunk
4D 54 68 64 00 00 00 06 00 00 00 00 00 60 (M T h d...)	4D 54 72 6B... FF 2F 00 (M T r k...)

### Standard MIDI file in format 0

ヘッダー・チャンクは次の様に構成されている:

4D 54 68 64 00 00 00 06 ff ff nn nn dd dd

最初の 4 バイト、4D 54 68 64 は、それぞれ ASCII 文字の 'M' 'T' 'h' 'd' を表す。つまり、スタンダード MIDI ファイルは、必ず "MThd" という文字列で始まる。次の 4 バイトは "MThd" に続くデータのバイト数である。ヘッダーのデータサイズは、現在 6 バイトに決められているので、これは常に 6(00 00 00 06) である。次の 2 バイト (ff ff) は、フォーマットを表す。従って、フォーマット 1 のときは、00 01 が入る。続く 2 バイトはトラックの数を表す。最後の 2 バイトは四分音符あたりの分解能 (タイムコードも使用可能) が入る。例えば、ここが 00 60H のとき、60H は 10 進数の 96 なので、四分音符/96 の精度で音の長さや発音のタイミングを決めることができる。別の言い方をすると、四分音符の長さを 96 という量で表すことになる。

Header chunk	Track chunk	Track chunk	Track chunk
4D 54 68 64... (M T h d...)	4D 54 72 6B... FF 2F 00 (M T r k...)	4D 54 72 6B... FF 2F 00 (M T r k...)	4D 54 72 6B... (M T r k...)

### Standard MIDI file in format 1

トラックチャンクは、ASCII 文字の 'M' 'T' 'r' 'k' を表す 4DH 54H 72H 6BH で始まり、次にデータ・サイズが 4 バイトで記述される。各トラック・チャンクの最後には、トラックの終了を示す FFH 2FH 00H を必ず置き、これもデータ・サイズに含める。



## 4.2 メタ・イベント

スタンダード MIDI ファイルには、メタ・イベント (meta event) と呼ばれる演奏 情報以外の情報を含めることができる。メタ・イベントの記述は次のフォーマットに従う:

FF xx nn dd...

xx は命令の種類、nn にはデータ・サイズを可変長数値で記述する。ここでは可 変長数値については触れない。可変長数値について知りたい受講者は質問するこ と。dd... にはデータが入る。チャンネル・ナンバーを指定する必要はない。

Hex	Data bytes	命令
FF 00	nn ssss	トラックのシーケンス番号をセットする nn=02 (length of 2-byte sequence number) ssss=sequence number
FF 01	nn tt ..	テキストを挿入する nn=length in bytes of text、tt=text characters
FF 02	nn tt ..	著作権情報 nn tt=same as text event
FF 03	nn tt ..	シーケンスあるいはトラックの名前 nn tt=same as text event
FF 04	nn tt ..	トラックの楽器名 nn tt=same as text event
FF 05	nn tt ..	歌詞 nn tt=same as text event
FF 06	nn tt ..	マーカー (タイトル、リハーサル番号など) nn tt=same as text event
FF 07	nn tt ..	Cue point nn tt=same as text event
FF 2F	00	トラックの終わりに必ず置かれる
FF 51	03 tttttt	テンポをセットする tttttt=マイクロ秒/四分音符
FF 58	04 nn dd cc bb	拍子記号 nn=拍子の分子 dd=拍子の分母: 2=四分音符, 3=八分音符, etc. cc=number of ticks in metronome click bb=number of 32nd notes to the quarter note
FF 59	02 sf mi	調号 sf=sharps/flats (-7=7 flats, 0=key of C, 7=7 sharps) mi=major/minor (0=major, 1=minor)
FF 7F	xx dd ..	各シーケンサーに固有の情報 xx=number of bytes to be sent, dd=data

メタ・イベント

## 5 スタンダード MIDI ファイルの例

C Major ハ長調の音階を演奏するスタンダード MIDI ファイルの内容をASCIIファイルとして表示すると次のようになる (ここでは、解読を容易にするため、1 バイト毎に空白あるいは改行を入れてある)。

```
4D 54 68 64 00 00 00 06 00 00 00 01 00 F0 ←ヘッダー・チャンク。分解能は F0H(240D)。
4D 54 72 6B 00 00 00 4B ←トラック・チャンク開始。データサイズは 4BH(実際に 数えてみよ)。
00 FF 51 03 0C B7 35 ←テンポの設定。最初の 00H はデルタ・タイム。
00 90 3C 40 ←最初のノートオン
78 80 3C 40 ←デルタ・タイム 78H が経過したらノートオフ
00 90 3E 40 ←デルタ・タイムが 00H なので、前の音 (ピッチ 3CH) のノートオフと 同時に発音
78 80 3E 40
00 90 40 40
78 80 40 40
00 90 41 40
78 80 41 40
00 90 43 40
78 80 43 40
00 90 45 40
78 80 45 40
00 90 47 40
78 80 47 40
00 90 48 60
78 80 48 60
00 FF 2F 00 ←トラック・チャンク終了
```

### 5.1 デルタ・タイム

スタンダード MIDI ファイルでは、あるメッセージから次のメッセージまでの経過時間をデルタ・タイム (delta time) によって表す。この例では、四分音符の長さが F0H(240D) なので、78H(120D) というデルタ・タイムは四分音符の半分の長さである。デルタ・タイムも可変長数値で記述する。

この MIDI メッセージにプログラム・チェンジを挿入し、音色を変える。

```
4D 54 68 64 00 00 00 06 00 00 00 01 00 F0
4D 54 72 6B 00 00 00 54 ← 9 バイト増加 (4BH → 54H) 00 FF 51 03 0C B7 35
00 C0 35 ←プログラム・チェンジ
00 90 3C 40
78 80 3C 40
00 90 3E 40
78 80 3E 40
00 90 40 40
78 80 40 40
00 90 41 40
78 80 41 40
00 C0 36 ←プログラム・チェンジ
00 90 43 40
```

```

78 80 43 40
00 90 45 40
78 80 45 40
00 90 47 40
78 80 47 40
00 C0 0F ← プログラム・チェンジ 00 90 48 60

78 80 48 60
00 FF 2F 00

```

最初のプログラム・チェンジ、00H C0H 35H の 00 はデルタ・タイム、C0H はチャンネル 0 に対するプログラム・チェンジの命令、35H(53D) は音色番号 (APPENDIX A: GM1 Instrument Patch Map 参照) である。例えば、音色番号 1 の Acoustic Grand Piano を指定するときは 00H、音色番号 2 の Bright Acoustic Piano は 01H、... となるので注意を要する。一つのプログラム・チェンジは 3 バイトから構成されているので、メッセージ全体のサイズは 9 バイト増加する。書き換えによってメッセージのサイズが変化したときは、トラック・チャンクのヘッダー (4D 54 72 6B: M Tr k) に続くデータサイズを必ず修正する。ここに書かれたデータサイズとトラック・チャンクのデータの実際のサイズが一致していない MIDI ファイルを演奏することはできない (演奏できるシーケンサーもある)。

## 5 MIDI メッセージの転送

既に見たように、MIDI メッセージは 8 ビットを単位としているが、MIDI ケーブル上で転送されるときには、各バイトの最初と最後にそれぞれスタート・ビット とストップ・ビット が付加され 10 ビットになる。従って、一つの音を鳴らすためには、最低 30 ビット必要である。MIDI によるデータ転送は、シリアル転送であり、1 秒間に 31.25Kbits のデータが順番に送信される。つまり、一つの音を鳴らすためには、30/31250 秒、およそ 1 ミリ秒を必要とする。

次の MIDI メッセージは、4 つの和音を鳴らす。なお、00 90 30 40 00 90 40 40 00 90 43 40 00 90 48 40 の様に、同じステータスが続くときは (この場合 90 が連続している)、2 番目以後のステータスを省略することができる。これを、ランニング・ステータス (running status) という。次の例では、ランニング・ステータスが使われている。

```

4D 54 68 64 00 00 00 06 00 00 00 01 00 F0
4D 54 72 6B 00 00 00 73
00 FF 51 03 0C B7 35
00 90 30 40
00 40 40 ←ランニング・ステータス (90 が省略されている)
00 43 40 ←ランニング・ステータス
00 48 40 ←ランニング・ステータス
78 80 30 40
00 40 40 ←ランニング・ステータス (80 が省略されている)
00 43 40 ←ランニング・ステータス
00 48 40 ←ランニング・ステータス
00 90 35 40

```



```

00 41 40
00 45 40
00 48 40
78 80 35 40
00 41 40
00 45 40
00 48 40
00 90 37 40
00 41 40
00 43 40
00 47 40
78 80 37 40
00 41 40
00 43 40
00 47 40
00 90 30 60
00 40 60
00 43 60
00 48 60
78 80 30 60
00 40 60
00 43 60
00 48 60
00 FF 2F 00

```

現代のオーケストラ曲では、同時に 100 の音が鳴ることも稀ではない。そうした音楽を MIDI シンセサイザーで再現すると、最初の音が鳴り始めてから 100 番目の音が鳴るまでの間に、1 ミリ秒 × 100、つまり、0.1 秒が経過することになる。これでは、もはや同時に鳴っているようには聞こえない。

コンピュータ音楽や音楽認知の専門家の間では、クラシック音楽の演奏家の微妙な演奏のニュアンス (発音のタイミングなど) を、MIDI で再現することはできないこともよく知られている。MIDI は、また、ピッチが明確ではない音の操作や拍節が明確ではないリズムの記述にも不適切であり、さらに、General MIDI で定められていない音色を指定することもできない。つまり、MIDI で扱える音楽様式は、主に、拍節リズムと調性和声に基づく 18 世紀半ばから 19 世紀末までの西洋音楽および現代のポピュラー音楽ということになる。MIDI 用いた作曲や演奏には、こうした音楽様式上の様々な制約があるが、そうした制約に囚われないコンピュータ音楽は、Csound、RTcmix、SuperCollider、Pure Data (PD)、MAXなどのコンピュータ音楽言語を使用することによって可能になる。

## 參考資料

## General MIDI Level 1 Percussion Key Map

35	Acoustic Bass Drum	51	Ride Cymbal 1	67	High Agogo
36	Bass Drum 1	52	Chinese Cymbal	68	Low Agogo
37	Side Stick	53	Ride Bell	69	Cabasa
38	Acoustic Snare	54	Tambourine	70	Maracas
39	Hand Clap	55	Splash Cymbal	71	Short Whistle
40	Electric Snare	56	Cowbell	72	Long Whistle
41	Low Floor Tom	57	Crash Cymbal 2	73	Short Guiro
42	Closed Hi Hat	58	Vibraslap	74	Long Guiro
43	High Floor Tom	59	Ride Cymbal 2	75	Claves
44	Pedal Hi-Hat	60	Hi Bongo	76	Hi Wood Block
45	Low Tom	61	Low Bongo	77	Low Wood Block
46	Open Hi-Hat	62	Mute Hi Conga	78	Mute Cuica
47	Low-Mid Tom	63	Open Hi Conga	79	Open Cuica
48	Hi Mid Tom	64	Low Conga	80	Mute Triangle
49	Crash Cymbal 1	65	High Timbale	81	Open Triangle
50	High Tom	66	Low Timbale		

# General MIDI Level 1 Instrument Patch Map

## GM1 Instrument Patch Map

1	Acoustic Grand Piano	43	Cello	86	Lead 6 (voice)
2	Bright Acoustic Piano	44	Contrabass	87	Lead 7 (fifths)
3	Electric Grand Piano	45	Tremolo Strings	88	Lead 8 (bass + lead)
4	Honky-tonk Piano	46	Pizzicato Strings	89	Pad 1 (new age)
5	Electric Piano 1	47	Orchestral Harp	90	Pad 2 (warm)
6	Electric Piano 2	48	Timpani	91	Pad 3 (polysynth)
7	Harpichord	49	String Ensemble 1	92	Pad 4 (choir)
8	Clavi	50	String Ensemble 2	93	Pad 5 (bowed)
9	Celesta	51	SynthStrings 1	94	Pad 6 (metallic)
10	Glockenspiel	52	SynthStrings 2	95	Pad 7 (halo)
11	Music Box	53	Choir Aahs	96	Pad 8 (sweep)
12	Vibraphone	54	Voice Oohs	97	FX 1 (rain)
13	Marimba	55	Synth Voice	98	FX 2 (soundtrack)
14	Xylophone	56	Orchestra Hit	99	FX 3 (crystal)
15	Tubular Bells	57	Trumpet	100	FX 4 (atmosphere)
16	Dulcimer	58	Trombone	101	FX 5 (brightness)
17	Drawbar Organ	59	Tuba	102	FX 6 (goblins)
18	Percussive Organ	60	Muted Trumpet	103	FX 7 (echoes)
19	Rock Organ	61	French Horn	104	FX 8 (sci-fi)
20	Church Organ	62	Brass Section	105	Sitar
21	Reed Organ	63	SynthBrass 1	106	Banjo
22	Accordion	64	SynthBrass 2	107	Shamisen
23	Harmonica	65	Soprano Sax	108	Koto
24	Tango Accordion	66	Alto Sax	109	Kalimba
25	Acoustic Guitar (nylon)	67	Tenor Sax	110	Bag pipe
26	Acoustic Guitar (steel)	68	Baritone Sax	111	Fiddle
27	Electric Guitar (jazz)	69	Oboe	112	Shanai
28	Electric Guitar (clean)	70	English Horn	113	Tinkle Bell
29	Electric Guitar (muted)	71	Bassoon	114	Agogo
30	Overdriven Guitar	72	Clarinet	115	Steel Drums
31	Distortion Guitar	73	Piccolo	116	Woodblock
32	Guitar harmonics	74	Flute	117	Taiko Drum
33	Acoustic Bass	75	Recorder	118	Melodic Tom
34	Electric Bass (finger)	76	Pan Flute	119	Synth Drum
35	Electric Bass (pick)	77	Blown Bottle	120	Reverse Cymbal
36	Fretless Bass	78	Shakuhachi	121	Guitar Fret Noise
37	Slap Bass 1	79	Whistle	122	Breath Noise
38	Slap Bass 2	80	Ocarina	123	Seashore
39	Synth Bass 1	81	Lead 1 (square)	124	Bird Tweet
40	Synth Bass 2	82	Lead 2 (sawtooth)	125	Telephone Ring
41	Violin	83	Lead 3 (calliope)	126	Helicopter
42	Viola	84	Lead 4 (chiff)	127	Applause
		85	Lead 5 (charang)	128	Gunshot

(中央ドは C4。ヤマハのみは C3 で中央ドを表す)

Dec	Bin	Hex	Char	Pitch	Dec	Bin	Hex	Char	Pitch	Dec	Bin	Hex	Char	Pitch
0	0000 0000	00	NUL		43	0010 1011	2B	+	G2	86	0101 0110	56	V	D6
1	0000 0001	01	SOH		44	0010 1100	2C	,	G#2	87	0101 0111	57	W	D#6
2	0000 0010	02	STX		45	0010 1101	2D	-	A2	88	0101 1000	58	X	E6
3	0000 0011	03	ETX		46	0010 1110	2E	.	A#2	89	0101 1001	59	Y	F6
4	0000 0100	04	EOT		47	0010 1111	2F	/	B2	90	0101 1010	5A	Z	F#6
5	0000 0101	05	ENQ		48	0011 0000	30	0	C3	91	0101 1011	5B	[	G6
6	0000 0110	06	ACK		49	0011 0001	31	1	C#3	92	0101 1100	5C	&	G#6
7	0000 0111	07	BEL		50	0011 0010	32	2	D3	93	0101 1101	5D	]	A6
8	0000 1000	08	BS		51	0010 0011	33	3	D#3	94	0101 1110	5E	^	A#6
9	0000 1001	09	HT		52	0011 0100	34	4	E3	95	0101 1111	5F	_	B6
10	0000 1010	0A	LF		53	0011 0101	35	5	F3	96	0110 0000	60	`	C7
11	0000 1011	0B	VT		54	0011 0110	36	6	F#3	97	0110 0001	61	a	C#7
12	0000 1100	0C	FF	C0	55	0011 0111	37	7	G3	98	0110 0010	62	b	D7
13	0000 1101	0D	CR	C#0	56	0011 1000	38	8	G#3	99	0110 0011	63	c	D#7
14	0000 1110	0E	SO	D0	57	0011 1001	39	9	A3	100	0110 0100	64	d	E7
15	0000 1111	0F	SI	D#0	58	0011 1010	3A	:	A#3	101	0110 0101	65	e	F7
16	0001 0000	10	DLE	E0	59	0011 1011	3B	;	B3	102	0110 0110	66	f	F#7
17	0001 0001	11	DC1	F0	60	0011 1100	3C	<	C4	103	0110 0111	67	g	G7
18	0001 0010	12	DC2	F#0	61	0011 1101	3D	=	C#4	104	0110 1000	68	h	G#7
19	0001 0011	13	DC3	G0	62	0011 1110	3E	>	D4	105	0110 1001	69	i	A7
20	0001 0100	14	DC4	G#0	63	0011 1111	3F	?	D#4	106	0110 1010	6A	j	A#7
21	0001 0101	15	NAK	A0	64	0100 0000	40	@	E4	107	0110 1011	6B	k	B7
22	0001 0110	16	SYN	A#0	65	0100 0001	41	A	F4	108	0110 1100	6C	l	C8
23	0001 0111	17	ETB	B0	66	0100 0010	42	B	F#4	109	0110 1101	6D	m	C#8
24	0001 1000	18	CAN	C1	67	0100 0011	43	C	G4	110	0110 1110	6E	n	D8
25	0001 1001	19	EM	C#1	68	0100 0100	44	D	G#4	111	0110 1111	6F	o	D#8
26	0001 1010	1A	SUB	D1	69	0100 0101	45	E	A4	112	0111 0000	70	p	E8
27	0001 1011	1B	ESC	D#1	70	0100 0110	46	F	A#4	113	0111 0001	71	q	F8
28	0001 1100	1C	FS	E1	71	0100 0111	47	G	B4	114	0111 0010	72	r	F#8
29	0001 1101	1D	GS	F1	72	0100 1000	48	H	C5	115	0111 0011	73	s	G8
30	0001 1110	1E	RS	F#1	73	0100 1001	49	I	C#5	116	0111 0100	74	t	G#8
31	0001 1111	1F	US	G1	74	0100 1010	4A	J	D5	117	0111 0101	75	u	A8
32	0010 0000	20	SP	G#1	75	0100 1011	4B	K	D#5	118	0111 0110	76	v	A#8
33	0010 0001	21	!	A1	76	0100 1100	4C	L	E5	119	0111 0111	77	w	B8
34	0010 0010	22	"	A#1	77	0100 1101	4D	M	F5	120	0111 1000	78	x	C9
35	0010 0011	23	#	B1	78	0100 1110	4E	N	F#5	121	0111 1001	79	y	C#9
36	0010 0100	24	\$	C2	79	0100 1111	4F	O	G5	122	0111 1010	7A	z	D9
37	0010 0101	25	%	C#2	80	0101 0000	50	P	G#5	123	0111 1011	7B	{	D#9
38	0010 0110	26	&	D2	81	0101 0001	51	Q	A5	124	0111 1100	7C	—	E9
39	0010 0111	27	'	D#2	82	0101 0010	52	R	A#5	125	0111 1101	7D	}	F9
40	0010 1000	28	(	E2	83	0101 0011	53	S	B5	126	0111 1110	7E		F#9
41	0010 1001	29	)	F2	84	0101 0100	54	T	C6	127	0111 1111	7F	DEL	G9
42	0010 1010	2A	*	F#2	85	0101 0101	55	U	C#6	128	1000 0000	80		