

# コンピュータによる電子オルガンの自動演奏システムのためのソフトウェアシステム

(昭和54年6月4日 原稿受付)

情報工学教室	玉	木	明	和
日本電気	田	中	英	俊
日立ソフトウェア・エンジニアリング	平	野	孝	明
情報工学教室 (大学院)	戸	部	田	哲
徳山高等専門学校	小	林	明	伸
情報工学教室	加	藤	清	史

## Software System for Automatic Player of Electronic Organ

by Akikazu TAMAKI  
Hidetoshi TANAKA  
Takaaki HIRANO  
Tetsuya TOBETA  
Akinobu KOBAYASHI  
Kiyoshi KATO

### Abstract

In this report, we describe the software system for the music machine which is constructed of electronic organ, hardware interface and interpreter. We discuss the information in score, and define the machine instruction of the music machine. Score Description Language is also described.

### 1. まえがき

オルゴールや自動ピアノ等のように、音楽の自動演奏をする機械が古くから製られ利用されている。最近ではコンピュータ (マイクロ・コンピュータも含む) による電子楽器等の自動演奏システムも製作されている。電子オルガンは他の電子楽器より、操作性、音域や音色等において優れているので、電子オルガンを用いて、コンピュータによる自動演奏システムを製作した。この電子オルガンの自動演奏システムをまとめて、ミュージック・マシン (フォートラン・マシン等の高級言語マシンとして考えることができる) と呼び、そのミュージックマシンを動かす命令体系 (以下、マシン命令と呼ぶ) を設計した。さらに、自然の楽譜から容易に楽譜のコーディングができるように楽譜記述用言語を開発した。

本報告は音楽のシステムについて論じ、コンピュータによる電子オルガンの自動演奏システムのソフトウェア・システム (特に、マシン命令と楽譜記述用言語) について述べる。ハードウェアシステムについては文献1を参照のこと。

### 2. 楽譜の情報

音楽という芸術は、絵画等の他の芸術と異なり、二つの段階を経て我々一般大衆が鑑賞 (理解) できる。絵画等は画家と云う芸術家が創作した作品が絵画であり、我々が、直接自分自身で鑑賞することができる。一方、音楽は作曲家と演奏家という二種類の芸術家によって合作された作品である (耳に聴こえる音としての) 曲を我々

注1) 文献1はハードウェア・インターフェイスとインタープリタについて述べてある。

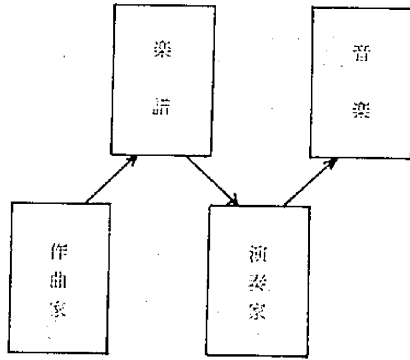


図-1 音楽システム

が鑑賞する。作曲家の創る曲は通常楽譜として表わされ、一般の人々には理解できない。この楽譜から一般の人々が鑑賞できる曲に変換するのが演奏家の役目である。画家の表現したいものはすべて絵画として実現される。しかし、作曲家の表現したいものの一部は演奏家に委ねられ、曲が両者の合作として実現される。同じ楽譜でも演奏者によって異なる印象を受けるのはこのためである。

図-1に示すように、作曲家が曲を創り楽譜として表わし、演奏家に渡し、演奏家はその楽譜をもとに曲を音として実現する。楽譜は作曲家と演奏家との間に交される仕様書（プログラムとも考えられる）であり、それがもつ情報はつぎの二つに分類できる。

### 1. 規定された情報

作曲家が演奏家に対して指示した通りに演奏することを示す。(演奏家の意思が入る余地のないもの)たとえば、拍子、調、音の高さ等がある。

### 2. あいまいな情報

作曲家が演奏家に対してある程度自由に演奏しても良いことを示す。(演奏家の意思が入る余地が十分にあるもの)たとえば、曲の速さ、音の長さ、音の強さ、タイ、スラー等の奏法等がある。

しかし、一つの音符記号でも、それがもつ情報として、音の高さ、音の長さ、音の強さ、奏法に関する情報等があり、規定された情報とあいまいな情報の両方を演奏者に伝える。

また、楽譜のもつ情報は機能上つぎの二つにも分類できる。

### 1. データ処理情報

音の高さや音の強さを示すもので、たとえば、音符

記号や強弱記号等がある。

### 2. 制御情報

演奏の順序の変更、曲の速度や奏法を示すもので、たとえば、リピート記号や速度記号等がある。

以上述べたように、楽譜の情報はあいまい性による分類と機能による分類ができる。

### 3. アーキテクチャー

楽譜に書かれた情報を基礎にコンピュータによる電子オルガンの演奏を行うのであるが、コンピュータから電子オルガンとのインターフェイスは一度に一回の制御信号しか送れない。したがって、コンピュータからインターフェイスには、時分割で順次情報を送らなければならない。また、電子オルガンは、同時に複数の音を出す必要があるため、音を鳴らしたり、止めたりする時、すなわち変化のある時だけインターフェイスに情報を送る方式にする。よって、インターフェイスには、変化の順序に従って情報を送る必要がある。

コンピュータに電子オルガンを演奏させるには、楽譜をコーディングして、コンピュータに入力しなければならない。人間にとって、コーディングは楽譜と類似したもの（楽譜と一対一対応をしたもの）が良いが、楽譜の順序と、インターフェイスに送られる順序は異なるため、楽譜記述用言語 (Score Description Language 略して、SDL と呼ぶ) を製作した。SDLを用いて楽譜のコーディングを行い、SDLからインターフェイスに送られる指令に翻訳するという手順で楽譜の入力を行う。インターフェイスに指令を送る処理も複雑なので、ソフトウェアで行うことにし、インタープリタをその間に置く。インタープリタ、インターフェイス、電子オルガンをまとめてミュージック・マシンと考えると、ミュージック・マシンの入力となる楽譜はミュージックマシンのプログラムとなり、プログラムを構成する各指令は、ミュージック・マシンのマシン命令と考えることができる。この方式による演奏システムの概略を図-2に示す。作曲者の書いた楽譜をSDLを用いて、ソース・プログラムにコーディングする。翻訳プログラムでミュージック・マシンのオブジェクト・プログラムに翻訳する。オブジェクト・プログラムをミュージック・マシンが演奏し、音楽を実現する。

まえに述べたように、楽譜そのものの情報だけでは不十分であるため、演奏者による情報の追加が必要である。

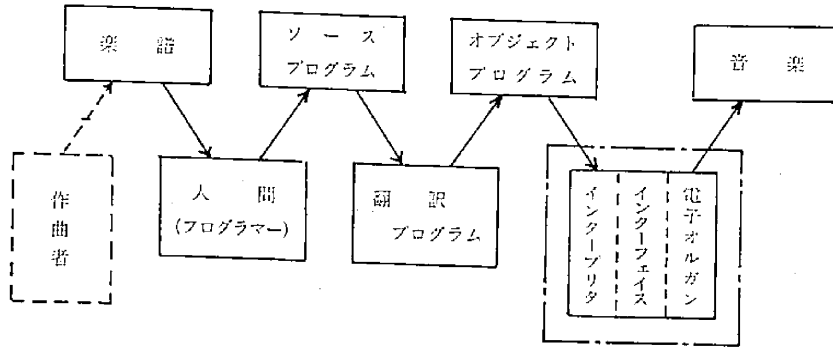


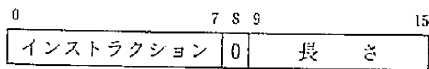
図-2 演奏システム

すなわち、曲の速度、音の強さ、奏法等の制御が必要である。あいまいな情報を規定された情報に変換する手順は次のようにする。奏法に関するあいまいな情報の処理は、インタープリタが行い、音量等は翻訳プログラムで行う。

#### 4. マシン命令

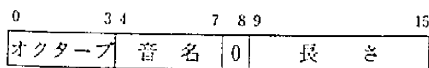
マシン命令は2バイト命令と4バイト命令がある。第8ビットが0のデータ処理命令と1の制御命令の二つに分類される。

##### 4.1. データ処理命令



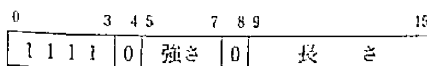
0～7：音の指定またはボリュームの指定をする。  
9～15：データ処理の実行時間の長さを指定する。

##### a. 音符命令<sup>2)</sup>



0～3：音名の属するオクターブを指定する。  
4～7：音名を指定する。<sup>3)</sup>  
9～15：音の長さを指定する。<sup>4)</sup>全音符を X'40' とし、二分音符をその半分の X'20' とする。他の音符についても同様である。単位時間は速度設定命令で設定する。

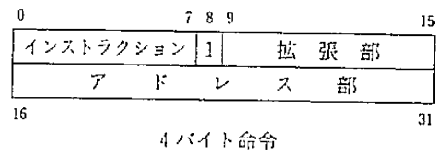
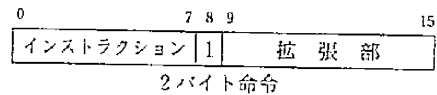
##### b. ボリューム命令



5～7：音の強さを X'0'（最弱）から X'7'（最強）で指定する。<sup>5)</sup>

9～15：音符命令と同様。

##### 4.2. 制御命令



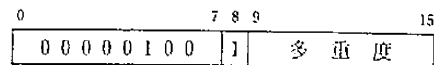
0～7：電子オルガンの制御やプログラムの分岐等の機能を指定する。

9～15：制御拡張部で各命令によって異なる。

16～31：分岐命令のみこのアドレス部をもち、相対アドレス<sup>6)</sup>で指定する。

##### a. 多重度設定命令

この命令はストリーム多重度の設定および変更を行う。



9～15：多重度を指定する。

注2) 休符命令も音符命令と同様の処理が行われる。ただし、オクターブと音名で指定された音がハードウェアにないものを指定する。通常は0～7ビットが X'00' を使用する。

注3) 付録1参照

注4) 付録2参照

注5) 付録3参照

注6) 相対アドレスとは分岐命令の格納されている番地から分岐先までの変位をいう。

## b. 音色設定命令

電子オルガンの音色や各種の演奏効果の制御を行う命令である。

0	7	8	9	10	11	12	15	
0	0	0	0	1	0	0	0	
							1	0
							強さ	音色

10~11: 強さを四段階で指定する。'00'の時はOFFになり'11'の時最大となる。

12~15: どの音色<sup>7)</sup> または効果の設定を行うかを指示する。

## c. 奏法指示命令

スタカート、タイ等の音の“ハギレのよさ”を指示する命令である。この命令を実行後、音符はすべて(つぎに、他の奏法指示命令を実行するまでの間)指示された“ハギレのよさ”に従って演奏される。

0	7	8	9	11	12	15				
0	0	0	0	1	1	0				
							1	0	1	0
							N			

12~15: “ハギレのよさ”を指定する<sup>8)</sup>音の長さが演奏する際には、(2<sup>N-3</sup>)分の1だけ縮められ、後半の余った部分は休符(グミー休符と呼ぶ)となる。

## d. 速度設定命令

音符命令やボリューム命令の長さの部分の一単位を設定する命令である。速度は並行処理を行うプログラム毎に設定できず、最後に設定した速度で演奏される。

0	7	8	9	15
0	0	0	1	0
				1
				一単位の時間

9~15: 一単位あたりの時間をミリ秒単位で指示する。

## e. リピート命令

リピート命令は相対アドレスと命令を格納している番地の和を飛び先として分岐を行う。楽譜のリピート記号と対応し、相対アドレスは負数となる。

0	7	8	9	15
0	0	0	1	1
				1
				X
				X
				相 対 ア ド レ ス

注7)付録4参照

注8)付録5参照

9~15: 無視する。

16~31: 分岐先の相対アドレスを示す。

## f. ブランチ命令

ブランチ命令は、リピート命令を指定した回数ほど実行するまでは何もせず、その後リピート命令と同様の動作を行う。楽譜の一番カッコ記号等に対応し、相対アドレスは正数となる。

0	7	8	9	15
0	0	0	1	0
				1
				回 数
				相 対 ア ド レ ス

9~15: リピート回数を指示する。

16~31: 分岐先の相対アドレスを示す。

## g. ダル・セーニョ命令

ダル・セーニョ命令は、リピート命令とほぼ同様の動作をするが、リピート回数が0を指定している時は、本命令実行後、ブランチ命令はすべて無条件分岐をする。楽譜のダル・セーニョ記号、ダ・カーポ記号に対応する。

0	7	8	9	14	15
0	0	1	0	0	0
					1
					X
					X
					$\alpha$
					相 対 ア ド レ ス

9~14: 無視する。

15:  $\alpha$ が1の時はダ・カーポ、ダル・セーニョ後もリピートを行う。

16~31: 分岐先の相対アドレスを示す。

## h. コード命令

コード命令はダル・セーニョ命令通過前は何もしないが、通過後は分岐を行い、ダル・セーニョ命令と対で使われる。楽譜のコード記号に対応する。

0	7	8	9	15
0	0	0	1	1
				1
				X
				X
				相 対 ア ド レ ス

9~15: 無視する。

16~31: 分岐先の相対アドレスを示す。

## 5. SDL

図-3-aの楽譜をSDLを用いてコーディングを行い、SDL翻訳プログラムで翻訳した。そのソース・プログラム・リストを図-3-bに、オブジェクト・プログラムの16進表示を図-3-cに示す。

SDLの文法をBNF記法を用いて以下に示す。

## a. SDLの文法

<原始プログラム> ::= <プログラム>;  
 <プログラム> ::= <ラベル部> | <音符部> |  
                   <プログラム> | <音符部> |  
                   <プログラム>; <プログラム>  
 <ラベル部> ::= <ラベル> | <ラベル部>, <ラベル> |  
                   <ラベル部>, <ラベル>  
 <ラベル> ::= <リピート群> | <速度> |  
                   <拍子> | <調子> | <多重度> |  
                   <音色>  
 <音符部> ::= <ストリーム> | <音符部>,  
                   <ストリーム>.\*<sup>1</sup>  
 <ストリーム> ::= <音符列> | <ストリーム>.  
                   <音符列>.\*<sup>2</sup>  
 <リピート群> ::= RBEGIN | 〔 <d1> | REND  
                   | SENO | CODA1 | DS | DSNO |  
                   CODA2  
 <速度> ::= Y <長さ> = <d23>  
 <拍子> ::= Z <d12> / <d12>  
 <調子> ::= <調号> | <調子> <音名>  
 <調号> ::= # | @ | ♯  
 <多重度> ::= T <d1> | T10  
 <音色> ::= <トーン> = <レベル>  
 <レベル> ::= 0 | 1 | 2 | 3  
 <トーン> ::= FL 4 | ST8 | OBE | BRS | MAN  
                   | VIB | FL8 | FL16 | VC8 |  
                   HR8 | WD8 | BS8 | BS16 | REV  
                   | BAL | BRL  
 <音符列> ::= <音符群> | <カッコ> |  
                   <レンプ>  
 <音符群> ::= <奏法指示> | <音符> | <休符> |  
                   <ボリューム>  
 <カッコ> ::= <d<sub>12</sub>> <カッコ1>  
 <カッコ1> ::= (<カッコ2>)

<カッコ2> ::= <音符群> | <カッコ2>.  
                   <音符群>  
 <レンプ> ::= <d<sub>12</sub>> <レンプ1> <長さ>.\*<sup>3</sup>  
 <レンプ1> ::= " " <レンプ2> " "  
 <レンプ2> ::= <オクターブ> <音> |  
                   <レンプ2> <オクターブ> <音>  
 <奏法指示> ::= S | N | U | L | X | W | T  
 <音符> ::= <オクターブ> <音> <長さ> |  
                   <オクターブ> <音> |  
                   <オクターブ> <長さ> | <オクターブ>  
                   <音> <長さ> | <音> | <長さ> | |  
 <オクターブ> ::= A | B | C | D | E | F | G |  
                   H | I\*\*  
 <音> ::= <音名> | <音名> <# | @ |  
                   N | ♯>.\*<sup>5</sup>  
 <音名> ::= C | D | E | F | G | A | B |  
                   H  
 <休符> ::= Q <長さ> | Q  
 <ボリューム> ::= V <強さ> <長さ> | V <強さ> |  
                   V <長さ> | V  
 <強さ> ::= PPP | PP | P | MP | MF | F | FF |  
                   FFF  
 <長さ> ::= 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 |  
                   1 + | 2 + | 4 + | 8 + | 16 + | 32 +  
 <d<sub>1</sub>> ::= 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  
                   8 | 9  
 <d<sub>2</sub>> ::= <d<sub>1</sub>> <d>  
 <d<sub>3</sub>> ::= <d<sub>1</sub>> <d> <d>  
 <d<sub>12</sub>> ::= <d<sub>1</sub>> | <d<sub>2</sub>>  
 <d<sub>23</sub>> ::= <d<sub>2</sub>> | <d<sub>3</sub>>  
 <d> ::= 0 | <d<sub>i</sub>>

## (注 意)

- \*1 ストリームの数は多重度と一致する。
- \*2 ストリーム内の長さは拍子と一致する。
- \*3 <レンプ1> に書ける連符の数は<d<sub>12</sub>> と一致する。
- \*\*5 すべての組合せが可能であるわけではない。

図3-a 例に用いた曲

```

*****ソング ノ 7"-9*****
SENO.Y4=1RD.Z474.T6.GHEA.MAN=3.FL4=2.FL8=2.FL16=2.HR8=2.BS8=1: N.IE2+.4.
                                                    N.CG8.F#.G.E.BC.
G.CG.F#.BB2.Q2.G.Q.FH2+.T.4. N.E2+.T.4: IE2. 2(CG8.E.AB.G) u1. u. FB2
.E.: |B1. CFA.EN.F.D.BB.F.E.C#. Q1. Q. FB1. D: |B1. BD8.F.B.CC#.D.GB.F.D
.Q1. Q. FB1. D: |F2+.4. CEB.D.E.C.BAN.F.Cc.D. BAN2.Q2. F.u. FAN2+.4. (2+.4:
|F2. 2(CFB.C.BAN.F) Q1. Q. FAN2. C.: |R1. CUB.C#.D.BB.G.F.E.C#. BF2.u
2. D.Q. FF1. EB:CODA1:|B1. BD8.AB.BC.AAN.B.BF.Q4. G1. G. FF1. EB: |D2.G.uB
.BBB.D.C.AN.D.AB.BG. QB.BF#.Q4.FN.Q4.E. Q1. Q. FD2.EG4+.FC8:
|C#4.F.B2.BC8.AAN.
BF.AF.BE.AF.BD.AF. Q4.BD8.W8.BC.N8.AB.WR. Q1. u. FC4.EF.B2: |E.G. uB.BE
B.F#.B.Q.G.B.CD. u.BC.Q4+.D.Q4. Q1. Q. FF2.G: |F2.B. uB.BANB.CC.E.D.BF.CF.BA.
Q.F.Q4.A.QB.CD.QB. N1. Q. FF2.H: DS.CODA2:Q2.QR.|B4+.BDR.AB.BC.AAN.B.Q4+.u1. u
. FF2. Q2. EB2.Q:
*****エド- フツレ-シ*****
ERROR=NO. SHOSETSU DATA MESSAGE
TOTAL***** 239
17*ソングニ 647*ソング ノ 7" 8" ***** 2860
647*ソング ノ 7" 8" フツレ-シ***** 2024*ソング
RHYTHM(17*ソングノ 647*ソング ノ 8")= 64
7307***** & HEARER
9" 17" ***** 6
    
```

図-3-b ソース・プログラム・リスト

	0	2	4	6	8	A	C	E	10	12	14	16	18	1A	1C	1E	
09BD	1094	0486	0084	03A0	03A6	00A7	03A9	039D	0CAA	0430	0CAA	C809	0020	0320	2330	0CAA	
	2430	C709	C309	C408	0303	0020	0020	3508	0410	C003	0CAF	2910	0CAF	2410	C709	0420	
	C809	0040	0040	2320	2420	C404	0908	3308	0420	C909	2920	2420	C409	0808	0808	0840	
	C608	0040	0040	2B40	2340	C505	C608	C309	8009	8603	0403	0205	0340	3309	0040	0040	
	2040	2340	8603	8003	C208	C309	0003	3609	8308	0630	C408	0A20	0620	2A30	2130	C309	
	C409	C108	8A03	0020	0020	8608	0610	C408	2A10	2110	C308	0620	C408	0040	0040	2A20	
	2120	C103	8A09	B608	0620	C409	2A20	2120	C103	8A08	B608	0340	C308	B520	B320	2640	
	1040	C203	C309	B808	9003	0020	0020	B608	D409	0209	1C80	00C4	0340	B308	0040	0040	
09BE	2640	1B40	A308	B108	AA03	A003	B603	0010	0320	0008	0006	0040	0040	2320	3808	0709	
	B308	0010	0108	0020	8A08	8603	1818	0308	0010	A803	B808	0408	2108	0010	B108	0010	
	0040	0040	2110	AA03	0610	8608	B308	1610	A603	0008	0820	B408	9108	1320	A608	0008	
	B308	A803	A603	0008	0420	0008	0008	0040	0040	2420	B408	0108	0708	0010	0008	0820	
	0008	2320	0008	B308	0008	0010	C308	0620	0008	0003	0040	0040	2620	B408	B608	C108	
	0010	C409	0020	C309	0008	2B20	B608	0008	C609	C308	B908	0003	2031	FE44	08A0	0020	
	B308	0040	0040	2620	1820	A908	B108	AA08	0009	A808	0020	0020	0818	0018	7FFF	0000	
	0000	0000	0000	0000	0000	0900	0000	C000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	

図一3-c 16進表示

## 6. あとがき

本報告では電子オルガンをコンピュータで制御する場合に必要なソフトウェア・システムについて述べた。「楽譜は演奏家のプログラムである」ということを基礎として、ミュージック・マシンを考え、そのマシン命令をできるだけ楽譜の記号と対応づけられるように設計した。このマシン命令による楽譜のコーディングは人間にとっては、大きな負担となるので、マン・マシン・インターフェイスを容易に行うために、SDLを開発した。この言語は命令の並べ変えを除けば、マシン命令とほぼ一対一に対応しており、アセンブラ言語に近いものである。今後の問題として、SDLにマクロ命令等の機能を取り入れより使いやすいものにする課題が残っており、さらに高級言語への発展が考えられる。また、ここで設計したミュージック・マシンのマシン命令とSDLの命令において、あいまいな情報を規定された情報に変換するのをどのレベルで行うかについて再検討する必要がある。(すなわち、マシン命令で処理する機能を増せば、それだけミュージック・マシンの汎用性が少なくなる)

あるいは、この自動演奏システムを用いて人間のもつ(音楽に関する)芸術性を工学的に研究する手段として利用できると思われる。

## 参考文献

- 1) 玉木 et al. 「コンピュータによる電子オルガンの自動演奏システムのためのハードウェアシステム」九州工業大学研究報告(工学)39号.
- 2) H. F. オルソン「音楽工学」, 誠文堂新光社
- 3) 池内 et al. 「楽典」, 音楽之友社.
- 4) 田中, 「計算機による音楽の研究」九州工大情報工学科昭和53年度修士論文.
- 5) 戸部田, 平野, 「計算機による音楽の研究」九州工大情報工学科昭和53年度卒業論文.

## 付録一 音名の対応表

楽 譜	SDL	マシン命令
C	C, H#	X・1・
C#	C#, D@	X・2・
D	D	X・3・
D#	D#, E@	X・4・
E	E, F@	X・5・
F	F, E#	X・6・
F#	F#, G@	X・7・
G	G	X・8・
G#	G#, A@	X・9・
A	A,	X・A・
A#	B, A#, H@	X・B・
B	H, C@	X・C・
C	C¥, H#	X・D・

## 付録二 音符の対応表

楽 譜	SDL	マシン命令
全 音 符	1	X・40・
二 分 音 符	2	X・20・
四 分 音 符	4	X・10・
八 分 音 符	8	X・08・
十 六 分 音 符	16	X・04・
三 十 二 分 音 符	32	X・02・
六 十 四 分 音 符	64	X・01・
付 点 全 音 符	1+	X・60・
付 点 二 分 音 符	2+	X・30・
付 点 四 分 音 符	4+	X・18・
付 点 八 分 音 符	8+	X・0C・
付 点 十 六 分 音 符	16+	X・06・
付 点 三 十 二 分 音 符	32+	X・03・

付録一 3 音の強さの対応表

楽 譜	SDL	マシン命令
ppp.	PPP	X・0・
pp.	PP	X・1・
p.	P	X・2・
mp.	MP	X・3・
mf.	MF	X・4・
f.	F	X・5・
ff.	FF	X・6・
fff.	FFF	X・7・

付録一 4 音色の対応表

電子オルガン	SDL	マシン命令
FLUTE 4	FL 4	X・0・
STRING 8	ST 8	X・1・
OBOE	OBE	X・2・
BRASS	BRS	X・3・
MANDORIN	MAN	X・4・
VIBRATO	VIB	X・5・
FLUTE 8	FL 8	X・6・
FLUTE 16	FL 16	X・7・
CELLO 8	VC 8	X・8・
HORN 8	HR 8	X・9・
WOOD 8	WD 8	X・A・
BASS 8	BS 8	X・B・
BASS 16	BS 16	X・C・
REVERB	REV	X・D・
BALLANCE	BAL	X・E・
BRILLIANCE	BRL	X・F・

付録一 5 奏法の対応表

楽 譜	SDL	マシン命令
スタカート	S	X・9・
ノンレガート	N	X・A・
レギュラー	U	X・B・
レガート	L	X・C・
テスート	X	X・D・
スラー	W	X・E・
クイ	T	X・F・