

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6135312号
(P6135312)

(45) 発行日 平成29年5月31日(2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日(2017.5.12)

(51) Int.Cl. F I
G 1 O H 1/00 (2006.01) G 1 O H 1/00 A
G 1 O H 1/34 (2006.01) G 1 O H 1/34

請求項の数 10 (全 29 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-122090 (P2013-122090) (22) 出願日 平成25年6月10日 (2013.6.10) (65) 公開番号 特開2014-238552 (P2014-238552A) (43) 公開日 平成26年12月18日 (2014.12.18) 審査請求日 平成28年6月9日 (2016.6.9)</p>	<p>(73) 特許権者 000001443 カシオ計算機株式会社 東京都渋谷区本町1丁目6番2号 (74) 代理人 100106002 弁理士 正林 真之 (74) 代理人 100120891 弁理士 林 一好 (74) 代理人 100154748 弁理士 菅沼 和弘 (72) 発明者 伊庭 章雄 東京都羽村市栄町3丁目2番1号 カシオ 計算機株式会社 羽村技術センター内 審査官 大野 弘</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子弦楽器、楽音制御方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

指板上における押弦操作に基づいて発生すべき楽音の音高を決定する音高決定手段と、
 張設された弦の振動を検出する弦振動検出手段と、
 前記検出された弦の振動のレベルが第1のしきい値を超えたか否かを判別する第1の判別手段と、
 前記第1のしきい値を超えたと判別された後の最初の第1の区間において設定された第2のしきい値、及び当該第1の区間に続く第2の区間において設定されている第3のしきい値を、前記検出された弦の振動のレベルが超えたか否かを判別する第2の判別手段と、
 前記第2の判別手段の判別結果に基づいて、前記決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する制御手段と、
 を有する電子弦楽器。

【請求項2】

前記電子弦楽器は、前記検出された弦の振動のレベルのゼロクロスタイミングを検出するゼロクロス検出手段をさらに有し、
 前記制御手段は、前記第1のしきい値を超えたと判別された後、最初に判別されたゼロクロスタイミングまでの第1の区間において設定された第2のしきい値、及び当該ゼロクロスタイミングから次に検出されたゼロクロスタイミングまでの第2の区間において設定されている第3のしきい値を、前記検出された弦の振動のレベルが超えたか否かを判別する第2の判別手段と、

10

20

前記第 2 の判別手段の判別結果に基づいて、前記決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する、請求項 1 に記載の電子弦楽器。

【請求項 3】

前記第 2 の判別手段は、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値以上か否か判別し、前記制御手段は、この判別結果に基づいて前記決定された音高の楽音の発生タイミングを制御する請求項 2 に記載の電子弦楽器。

【請求項 4】

前記第 2 の判別手段において前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値以上と判別された場合に、前記制御手段は、前記楽音の発生タイミングを前記次に検出されたゼロクロスタイミングとし、超えない場合は当該タイミングより遅いタイミングとする請求項 2 又は 3 に記載の電子弦楽器。

10

【請求項 5】

前記第 2 の判別手段において、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値以上と判別され、かつ前記第 2 の区間において前記第 3 のしきい値を超えない場合に、前記制御手段は、前記発生すべき楽音の音量を、前記第 1 及び第 2 の区間内それぞれにおける前記弦の振動のレベルの波高値の平均値に基づいて決定する請求項 2 乃至 4 いずれかに記載の電子弦楽器。

【請求項 6】

前記第 2 の判別手段において、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値以上と判別され、かつ前記第 2 の区間において前記第 3 のしきい値以上の場合に、前記制御手段は、前記発生すべき楽音の音量を、前記第 1 及び第 2 の区間内それぞれにおける前記弦の振動のレベルのいずれか大きい方の値に基づいて決定する請求項 2 乃至 5 いずれかに記載の電子弦楽器。

20

【請求項 7】

前記第 2 の判別手段において、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値を超えていないと判別され、かつ前記第 2 の区間において前記第 3 のしきい値以上の場合に、前記制御手段は、前記発生すべき楽音の音量を、前記第 1 及び第 2 の区間内それぞれにおける前記弦の振動のレベルの波高値の平均値に基づいて決定する請求項 2 乃至 6 いずれかに記載の電子弦楽器。

【請求項 8】

30

前記第 2 の判別手段において、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値を超えていないと判別され、かつ前記第 2 の区間において前記第 3 のしきい値を超えていない場合に、前記制御手段は、前記発生すべき楽音の音量を、前記第 1 及び第 2 の区間内それぞれにおける前記弦の振動のレベルのいずれか大きい方の値に基づいて決定する請求項 2 乃至 5 いずれかに記載の電子弦楽器。

【請求項 9】

張設された弦の振動を検出する弦振動検出手段を有する電子弦楽器に用いられる楽音制御方法であって、

指板上における押弦操作に基づいて発生すべき楽音の音高を決定し、

前記検出された弦の振動のレベルが第 1 のしきい値を超えたか否か判別し、

前記第 1 のしきい値を超えたと判別された後の最初の第 1 の区間において設定された第 2 のしきい値、及び当該第 1 の区間に続く第 2 の区間において設定されている第 3 のしきい値を、前記検出された弦の振動のレベルが超えたか否かを判別し、

40

この判別結果に基づいて、前記決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する、楽音制御方法。

【請求項 10】

張設された弦の振動を検出する弦振動検出手段を有する電子弦楽器に用いられるコンピュータに、

指板上における押弦操作に基づいて発生すべき楽音の音高を決定する音高決定ステップと、

50

前記検出された弦の振動のレベルが第1のしきい値を超えたか否かを判別する第1の判別ステップと、

前記第1のしきい値を超えたと判別された後の最初の第1の区間において設定された第2のしきい値、及び当該第1の区間に続く第2の区間において設定されている第3のしきい値を、前記検出された弦の振動のレベルが超えたか否かを判別する第2の判別ステップと、

前記第2の判別ステップにおける判別結果に基づいて、前記決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する制御ステップと、

を実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子ギター等の電子弦楽器に係り、特にその入力波形信号からピッチ抽出を行って種々の音高の楽音を発生する電子弦楽器、楽音制御方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、自然楽器の演奏操作によって発生する波形信号からピッチ（基本周波数）を抽出し、電子回路で構成された音源装置を制御して、人工的に楽音等の音響を得るようにした楽音生成装置が開発されている。

このような楽音生成装置を備えた電子ギター等の電子弦楽器においては、弦を指で押さえるフレット操作と、弦を弾くピッキングとが演奏操作として行われ、これらの演奏操作に応じた楽音を発生させる。

20

ところが、ピッキングにより振動した弦のピッチを抽出する場合、ピッチの抽出に一定の時間を要することから、楽音の発生が遅れる場合がある。

これに対し、特許文献1に記載の電子弦楽器では、フレットに対する操作によって、操作された位置に対応する楽音を発生させている。このように楽音を発生させる場合、弦の振動からピッチを抽出するよりも以前に音高を決められることから、楽音の発生が遅れることを抑制できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0003】

【特許文献1】特開2003-084776号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に記載の技術においては、フレットを叩くことにより直ちに楽音を発生させるハンマリングを可能としているものの、自然楽器のギターと同様の演奏を行う場合に、ピッチの抽出に起因して、楽音の発生が遅れる事態を解消するには至っていない。

また、電子ギター等の電子弦楽器においても、自然楽器のギター等と同様に、チョーキング等、種々の演奏方法を実現したいという要求があるが、特許文献1に記載の技術では、演奏者に許容される演奏方法が限られている。

40

このように、特許文献1に記載の技術を含め、従来の電子弦楽器においては、楽音の発生の遅れを抑制しつつ、演奏方法の制約を少なくすることが困難であった。

【0005】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、電子弦楽器による楽音の発生の遅れを抑制しつつ、演奏方法の制約をより少なくすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するため、本発明の一態様の電子弦楽器は、

50

指板上における押弦操作に基づいて発生すべき楽音の音高を決定する音高決定手段と、張設された弦の振動を検出する弦振動検出手段と、前記検出された弦の振動のレベルが第1のしきい値を超えたか否かを判別する第1の判別手段と、前記第1のしきい値を超えたと判別された後の最初の第1の区間において設定された第2のしきい値、及び当該第1の区間に続く第2の区間において設定されている第3のしきい値を、前記検出された弦の振動のレベルが超えたか否かを判別する第2の判別手段と、前記第2の判別手段の判別結果に基づいて、前記決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する制御手段と、

10

を有する。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、電子弦楽器による楽音の発生の遅れを抑制しつつ、演奏方法の制約をより少なくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本実施例に係る電子ギターの主要部の構成を示す模式図である。

【図2】全体の回路を示すブロック図である。

【図3】フレットの押弦状態を検出するためのフレット検出回路を示す図である。

【図4】ピッチ抽出回路及びマイコンの具体的な機能構成を示すブロック図である。

20

【図5】マイコンが楽音を発生する際の処理の概要を示す模式図である。

【図6】マイコンが実行するフレット検出処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図7】マイコンヘインタラプトがかけられたときの処理を示すインタラプトルーチンを示すフローチャートである。

【図8】メインルーチンを示すフローチャートである。

【図9】図8のM5として示すステップ0 (STEP0) のときのフローチャートである。

【図10】図8にM6として示すSTEP1のフローチャートの詳細である。

【図11】図10にS13として示すVEL1_ONのフローチャートの詳細である。

【図12】図11にS132として示すサブルーチンNOTE_ONのフローチャートの詳細である。

30

【図13】図8にM7として示すSTEP2のフローチャートの詳細である。

【図14】図8にM8として示すSTEP3のフローチャートである。

【図15】S311のサブルーチンの詳細な内容を示す図である。

【図16】図8のM9として示すSTEP4のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施形態について、図面を用いて説明する。

【0010】

[実施例]

40

以下、この発明の実施例について図面を参照して説明するが、ここではこの発明を電子ギター（ギターシンセサイザ）に適用した場合を例に挙げて説明する。なお、これに限らず他のタイプの電子楽器であっても同様に適用できる。

【0011】

図1は、本実施例に係る電子ギター1の主要部の構成を示す模式図である。

図1に示すように、電子ギター1は、指板FB上に張設された6つの弦STG1～STG6を備えており、各弦に対して、フレット及びピッキングを行うことにより、アコースティックギター等の自然楽器と同様の操作でユーザの演奏を可能とするものである。図1に示すように、電子ギター1は、指板FB上に張設された6つの弦STG1～STG6にそれぞれ設けられ、各弦にスキャンパルスを入力するスキャンパルス発生器PGを備えて

50

いる。そして、電子ギター 1 は、各弦に対するフレットあるいはピッキングが行われた場合に、フレットスキャン部 F S 及びピッチ抽出回路 P C によって、各操作を検出する。

図 2 は、全体の回路を示すブロック図である。ピッチ抽出回路 P C は、各弦の振動を電気信号に変換し、振動波形のゼロクロス点及び振幅の絶対値を取得して、マイコン M C P に出力する。

【 0 0 1 2 】

マイコン M C P は、後述する音程データ変換テーブル（ピッチテーブル）を含むメモリ例えば R O M 及び R A M を有するとともに、タイマー T M R を有し、音源発生装置 S O B に与える為の信号を制御するものである。音源発生装置 S O B は音源 S S とデジタル - アナログ変換回路 D / A と、増幅回路 A M C と、スピーカ S P とからなり、マイコン M C P からのノートオン（発音）、ノートオフ（消音）、周波数を変える音高指示信号に応じた音高の楽音を放音するものである。なお、音源 S S の入力側とマイコン M C P のデータバス B U S との間に、M I D I (M u s i c a l I n s t r u m e n t D i g i t a l I n t e r f a c e) 形式のインターフェースが設けられている。勿論、ギター本体に音源 S S を設けるときは、別のインターフェースを介してもよい。アドレスデコーダ D C D は、マイコン M C P からのアドレス読み出し信号 A R が入力されたとき、弦番号の読み込み信号 R D I、時刻読み込み信号 R D j (j = 1 ~ 6) と M A X , M I N のピーク値及びその時点その時点の瞬時値読み込み信号 R D A I (I = 1 ~ 1 8) をピッチ抽出回路 P C に出力する。

【 0 0 1 3 】

マイコン M C P は、一定時間毎（例えば 1 m s 毎）の割り込み処理として、各弦における各フレットの押弦状態を常に検出している。押弦状態の検出処理は、各弦のピッキングによるピッチ抽出とは別に並列処理として実行されている。

図 3 は、フレットの押弦状態を検出するためのフレット検出回路 F D C を示す図である。フレット検出回路 F D C は、フレットスキャン部 F S に備えられている。

図 3 に示すように、フレット検出回路 F D C は、フレットの数に対応する 2 2 の選択線 K I 0 ~ K I 2 1 と、弦の数に対応する 6 の信号線 K C 0 ~ K C 5 とがマトリクス状に配列された構成を有している。

【 0 0 1 4 】

各選択線 K I 0 ~ K I 2 1 は、所定時間（例えば 1 m s ）毎に順次アクティブな状態にスイッチングされる。これら選択線 K I 0 ~ K I 2 1 は、ハイレベル（例えば 5 v ）にプルアップされている。アクティブな状態とされた選択線 K I 0 ~ K I 2 1 に対し、押弦により指板 F B に接触されている弦があると、その弦に対応する信号線 K C 0 ~ K C 5 からハイレベルの信号が読み出される。

すなわち、フレット検出回路 F D C は、所定時間毎に選択線 K I 0 ~ K I 2 1 を 1 つずつアクティブな状態に切り替え、信号線 K C 0 ~ K C 5 の状態（ハイレベルまたはローレベル）を読み出して、すべてのフレットについて、いずれの位置が押弦されているかを検出する。

【 0 0 1 5 】

図 4 は、ピッチ抽出回路 P C 及びマイコン M C P の具体的な機能構成を示すブロック図である。ピッチ抽出は、主にピッチ抽出回路 P C 及びマイコン M C P の以下に説明する機能によって実行される。

図 4 に示すように、ピッチ抽出回路 P C は、ローパスフィルタ L P F と、増幅回路 A M C と、ゼロクロス点取込回路 Z C R と、絶対値取込回路 A B S とを備えている。

ローパスフィルタ L P F には、ピッキングが行われることにより各弦において発生する波形の信号がヘキサピックアップから入力され、ローパスフィルタ L P F は、入力された信号の高周波成分をカットし、低周波成分のみを通過させる。

増幅回路 A M C は、ローパスフィルタ L P F の出力信号を設定されたゲインに応じて増幅し、ゼロクロス点取込回路 Z C R 及び絶対値取込回路 A B S に出力する。

【 0 0 1 6 】

ゼロクロス点取込回路 ZCR は、入力された波形の信号のゼロクロス点を検出し、ゼロクロス点より正側の場合にハイレベル信号、負側の場合にローレベル信号を出力する。なお、ゼロクロス点取込回路 ZCR の出力信号は、反転したもの（反転出力）と非反転のもの（非反転出力）との両方がマイコン MCP に入力される。

絶対値取込回路 ABS は、入力された波形の信号の正負両側におけるピーク値をそれぞれ検出し、ピーク値の絶対値及び符号をマイコン MCP に入力する。

【 0 0 1 7 】

マイコン MCP は、割込制御回路 IC と、タイマー TMR と、アナログ - デジタル変換回路 A/D と、メモリ MEM とを備えている。

割込制御回路 IC は、ゼロクロス点取込回路 ZCR の非反転出力及び反転出力が入力され、これらの立ち上がりエッジで割り込み信号を発生させる。すなわち、割込制御回路 IC は、ピッキングによって各弦に発生した波形の信号がゼロクロスするタイミングで、割り込み信号を発生させる。割込制御回路 IC は、発生した割り込み信号をタイマー TMR に出力する。

【 0 0 1 8 】

タイマー TMR は、割込制御回路 IC から割り込み信号が入力されると、入力された時間 t （非反転出力による割り込み信号の場合）及び時間 T （反転出力による割り込み信号の場合）をメモリ MEM に出力する。

アナログ - デジタル変換回路 A/D は、絶対値取込回路 ABS から入力されたピーク値の絶対値をデジタル信号に変換し、メモリ MEM に出力する。なお、アナログ - デジタル変換回路 A/D は、ピーク値の絶対値とともに入力される符号をデジタル化されたピーク値と併せてメモリ MEM に出力する。

【 0 0 1 9 】

メモリ MEM は、タイマー TMR から入力された時間 t 、 T と、ピーク値の絶対値（デジタル値）及び符号を記憶する。メモリ MEM に記憶された時間 t 、 T は、マイコン MCP が前回記憶された時間 t 、 T と今回記憶された時間 t 、 T の差分を算出して周波数（発生させる楽音の音程であるピッチ）を求める際に用いられる。

また、メモリ MEM は、各弦のフレットと周波数との関係を示すフレット - 周波数データテーブル（不図示）を記憶している。

【 0 0 2 0 】

フレット - 周波数データテーブルでは、スケール A4 を 442 Hz とし、各弦がいずれの周波数に対応するか、また、フレット位置による音程のコード（キーコード）が関連付けて記憶されている。

また、メモリ MEM は、ピッチ抽出によって取得された周波数を音程データ（キーコード）に変換するための音程データ変換テーブル（不図示）を記憶している。

音程データ変換テーブルでは、ピッチ抽出によって得られた周波数が、cent 比例した音程データ（キーコード）と対応付けて記憶されている。

【 0 0 2 1 】

マイコン MCP は、メモリ MEM に記憶されたこれらのデータを参照ながら、ピッキングが行われた場合に、フレットスキャンの結果及びピッチ抽出の結果に応じて、音程を決定し、楽音を発生する。

【 0 0 2 2 】

次に、マイコン MCP が楽音を発生する際の処理の概要について説明する。

図 5 は、マイコン MCP が楽音を発生する際の処理の概要を示す模式図である。

図 5 において、ピッチ抽出回路 PC に図 5 (c) に示す波形の信号が入力されたとすると、これに対するゼロクロス点取込回路 ZCR の非反転出力は、図 5 (a) に示す波形となり、反転出力は、図 5 (b) に示す波形となる。

【 0 0 2 3 】

マイコン MCP は、ピッチ抽出処理を実行する場合、設定された所定の波高値 THL A B より小さいものはノイズとみなして波形の信号を破棄する (STEP 0 ~ 2)。一方、

10

20

30

40

50

マイコンMCPは、STEP0において、所定の波高値THLAB以上となった場合、STEP0の波高値VEL0がSTEP0における波高値のしきい値TH0以上となっている場合には、ピッチ抽出処理と並列的に実行しているフレットの押弦状態の検出処理で検出された各フレットの情報から音程（音程の初期値）を検出し、STEP0の波高値に基づいて、STEP1において発音を開始する。具体的には、STEP1の波高値VEL1が、STEP1における波高値のしきい値TH1未満である場合、マイコンMCPは、音量を定めるベロシティVELを $(VEL0 + VEL1) / 2$ として、STEP1で発音を開始する。一方、STEP1の波高値VEL1が、STEP1における波高値のしきい値TH1以上である場合、マイコンMCPは、ベロシティVELをSTEP0, 1の波高値VEL0, 1の最大値 $(\max[VEL0, VEL1])$ として、STEP1で発音を開始する。この場合、演奏者が弦を強く弾いている状態であることから、本実施形態においては、なるべく早期に発音を開始する。

10

【0024】

また、STEP0の波高値VEL0がSTEP0における波高値のしきい値TH0未満となっている場合には、マイコンMCPは、STEP1, 2の波高値に基づいて、STEP2において発音を開始する。具体的には、STEP1の波高値VEL1が、波高値のしきい値TH1未満である場合、マイコンMCPは、ベロシティVELをSTEP0~2の波高値の最大値 $(\max[VEL0, VEL1, VEL2])$ として、STEP2で発音を開始する。一方、STEP1の波高値VEL1が、波高値のしきい値TH1以上である場合、マイコンMCPは、ベロシティVELを $(VEL1 + VEL2) / 2$ として、STEP2で発音を開始する。この場合、演奏者が弦を繊細に弾いている状態であることから、本実施形態においては、演奏表現を加味してSTEP2まで発音を遅らせる。

20

【0025】

この後、マイコンMCPは、STEP0~2において、所定の波高値THLAB以上となっている場合、その波が新たに入力された初めてのものであるときに、波形のピーク値及び符号をベロシティVELの値として取り込む(STEP3)。そして、マイコンMCPは、ピッチ抽出処理において検出したベロシティVELの値を基に、その音程の発音を行う(ノートオン)。発音が行われる場合、マイコンMCPは、音源SSに対して、音程及びベロシティVELの値を出力することにより、発音の指令を行う。この後、ピッチ抽出処理は継続され、マイコンMCPは、前回記憶された時間 t, T と今回記憶された時間 t, T の差分から周波数(ピッチ)を算出し($TP(b), TP(b')$)、この周波数によって、すでに発音している音程に対する補正を行う。

30

【0026】

以下、マイコンMCPの動作についてフローチャートや波形を示す図面を参照して説明する。

初めに、図面の符号について説明する。

AD・・・図2の瞬時値読み込み信号RDA13~18によりピッチ抽出回路PCの入力波形を直接読んだ入力波高値(瞬時値)

AMP(0, 1)・・・正または負の前回(old)の波高値

AMRL1・・・振幅レジスタで記憶されているリラティブ(relative)オフ(off)のチェックのための前回の振幅値である。ここで、前記リラティブオフとは波高値が急激に減衰してきたことに基づき消音することで、フレット操作をやめて開放弦へ移ったときの消音処理に相当する。

40

AMRL2・・・振幅レジスタで記憶されている前記リラティブオフのための前々回の振幅値で、これにはAMRL1の値が入力される。

【0027】

CHTIM・・・最高音フレット(22フレット)に対応する周期

CHTIO・・・開放弦フレットに対応する周期

CHTRR・・・時定数変換レジスタで、上述の時定数変換制御回路TCC(図2)の内部に設けられている。

50

DUB・・・波形が続けて同一方向に来たことを示すフラグ
 FOFR・・・リラティブオフカウンタ
 HNC・・・波形ナンバーカウンタ

【0028】

K・・・半音以上と半音未満の音高コードからなる音高データ
 MT・・・これからピッチ抽出を行う側のフラグ（正 = 1，負 = 0）
 NCHLV・・・ノーチェンジレベル（定数）
 OFTIM・・・オフタイム（例えば当該弦の開放弦周期に相当）
 OFPT・・・通常オフチェック開始フラグ
 ONF・・・ノートオフフラグ
 RIV・・・後述のステップ（STEP）4での処理ルートの切替を行うためのフラ

グ

ROFCT・・・リラティブオフのチェック回数を定める定数

【0029】

STEP・・・マイコンMCPのフロー動作を指定するレジスタ（1～5）
 T・・・周期データ
 TF・・・有効となった前回のゼロクロス時刻データ
 TFN(0, 1)・・・正または負のピーク値直後の前回のゼロクロス時刻データ
 TFR・・・時刻記憶レジスタ
 THLIM・・・周波数上限（定数）
 TLLIM・・・周波数下限（定数）

【0030】

TP(0, 1)・・・正または負の前回の周期データ
 THLAB・・・STEP0, STEP1におけるノイズ除去用しきい値
 TH0・・・STEP0における波高値判定用しきい値
 TH1・・・STEP1における波高値判定用しきい値
 TRRLR・・・リラティブオン（再発音開始）
 TRRS・・・共振除去しきい値

【0031】

TLLIM・・・トリガー時の周波数下限
 TTP・・・前回抽出された周期データ
 TTR・・・周期レジスタ
 TTU・・・定数（17/32と今回の周期情報ttの積）
 TTW・・・定数（31/16と今回の周期情報ttの積）
 VEL・・・速度（ベロシティー）を定める情報で、発音開始時の波形の最大ピーク値（波高値）にて定まる。

VEL0・・・STEP0におけるノイズ除去後の波高値（= a0）

VEL1・・・STEP1におけるノイズ除去後の波高値（= b0）

VEL2・・・STEP2における波高値（= a1）

【0032】

X・・・異常または正常状態を示すフラグ
 b・・・ワーキングレジスタBに記憶されている今回正負フラグ（正ピークの次のゼロ点のとき1、負ピークの次のゼロ点のとき0）
 c・・・ワーキングレジスタCに記憶されている今回波高値（ピーク値）
 e・・・ワーキングレジスタEに記憶されている前々回波高値（ピーク値）
 h・・・ワーキングレジスタHに記憶されている前々回抽出された周期データ
 t・・・ワーキングレジスタTrに記憶されている今回のゼロクロス時刻
 tt・・・ワーキングレジスタTOTOに記憶されている今回の周期情報

【0033】

図6は、マイコンMCPが実行するフレット検出処理ルーチンを示すフローチャートで

10

20

30

40

50

ある。

F 1において、マイコンM C Pは、選択線K I 0 ~ K I 2 1のうち1つ（例えば選択線K I 0）を選択し、アクティブな状態とする。

続くF 2において、マイコンM C Pは、信号線K C 0 ~ K C 5の信号レベルを読み出す。このとき、押弦されている弦に対応する信号線では、信号レベルがハイレベルとなり、押弦されていない弦に対応する信号線では、信号レベルがローレベルとなる。

【 0 0 3 4 】

そして、F 3において、マイコンM C Pは、押弦されているか否かの判定を行う。マイコンM C Pは、押弦されている場合すなわちイエス（以下、Yと称する）の場合、F 4の処理に移行し、押弦されていない場合すなわちノー（以下、Nと称する）の場合、F 1の処理に移行する。

F 4において、マイコンM C Pは、音程コードを算出する。このとき、マイコンM C Pは、押弦位置の音程コードを算出する。

このような処理を繰り返し、マイコンM C Pは、すべてのフレットについて、各弦の押弦状態を検出する。

【 0 0 3 5 】

図7は、マイコンM C Pへインタラプトがかけられたときの処理を示すインタラプトルーチンであり、I 1において、マイコンM C PはアドレスデコーダD C Dを介し、ゼロクロス時刻取込回路Z T Sに対し、弦番号読み込み信号R D Iを与えてインタラプトを与えた弦を指定する弦番号を読み込む。そして、その弦番号に対応する時刻情報つまりゼロクロス時刻情報をゼロクロス時刻取込回路Z T Sへ時刻読み込み信号R D 1 ~ R D 6のいずれかに対応するものを与えて読み込む。これをtとする。しかる後、I 2において、同様に波高値取込み回路P V Sへピーク値読み込み信号R D A I（I = 1 ~ 12のうちのいずれか）を与えて、ピーク値を読み取る。これをcとする。

【 0 0 3 6 】

続くI 3において、当該ピーク値は正、負のいずれかのピークであるのかを示す情報bをゼロクロス時刻取込回路Z T Sより得る。そして、I 4にて、このようにして得たt, c, bの値をマイコンM C P内のバッファレジスタT r, C, Bにセットする。このバッファには、割込み処理がなされる都度、このような時刻情報、ピーク値情報、ピークの種類を示す情報がワンセットとして書込まれていき、メインルーチンで、各弦毎にかかる情報に対する処理がなされる。

【 0 0 3 7 】

図8は、メインルーチンを示すフローチャートである。パワーオンすることによりM 1において、各種レジスタやフラグがイニシャライズされ、レジスタS T E Pが0とされる。M 2で上述したバッファが空かどうか判断され、Nの場合にはM 3に進み、バッファよりレジスタB, C, T rの内容が読まれる。これにより、M 4において、レジスタS T E Pはいくつか判断され、M 5ではS T E P 0, M 6ではS T E P 1, M 7ではS T E P 2, M 8ではS T E P 3, M 9ではS T E P 4の処理が順次行われる。

【 0 0 3 8 】

M 2でバッファが空の場合すなわちYの場合、M 1 0 ~ M 1 6へと順次に進み、ここで通常のノートオフのアルゴリズムの処理が行われる。このノートオフのアルゴリズムは、オフ（O F F）レベル以下の状態が所定のオフタイム時間続いたら、ノートオフするアルゴリズムである。M 1 0でS T E P = 0かどうか判断され、Nの場合には、M 1 1に進む。M 1 1では、その時点の入力波高値A Dが直接読まれる。これは、波高値取込み回路P V Sへピーク値取込み信号R D A 1 3 ~ R D A 1 8のいずれかを与えることで達成できる。そして、この値A Dが、入力波高値A D オフレベルかどうか判断され、Yの場合にはM 1 2に進む。M 1 2では前回の入力波高値A D オフレベルかどうか判断され、Yの場合にはM 1 3に進み、ここでタイマーT M Rの値 オフタイムO F T I M（例えば当該弦の開放弦周期の定数）かどうか判断される。Yの場合には、M 1 4に進み、レジスタS T E Pに0が書きこまれ、M 1 5ではノートオンかどうか判断され、Yの場合に

10

20

30

40

50

は、M 1 6 でノートオフ処理され、M 2 の入側のMに戻る。M 1 2 でNの場合にはM 1 7 に進み、マイコンM C P 内部タイマーT M R をスタートし、M 2 の入側Mに戻る。M 1 0 でYの場合、及びM 1 1、M 1 3、M 1 5 でNの場合には、いずれもM 1 2 の入側のMに戻る。

【 0 0 3 9 】

このように、波形入力レベルが減衰してきた場合、オフレベル以下の入力波高値A D がオフタイムO F F T I M に相当する時間続くと、ノートオフの指示を音源S S に対しマイコンM C P は送出する。なお、ステップM 1 5 において、通常の状態ではYの判断がなされるが、後述するような処理によって、楽音の発生を指示していない場合でもレジスタS T E P は0以外の値をとっていることがあり、(例えばノイズの入力による。)そのようなときは、M 1 4、M 1 5 の処理後M 2 へ戻ることで、初期設定がなされることになる。

なお、図8では、1つの弦についての処理しか示していないが、この図に示した如き処理を弦の数に相当する6回分、多重化してマイコンM C P は実行することになる。勿論、プロセッサを複数個設けて、別個独立して同等の処理を実行してもよい。

【 0 0 4 0 】

次に、M 4 にて分岐して対応する処理を行う各ルーチンの詳細について説明する。

図9は、図8のM 5 として示すステップ0 (S T E P 0) のときのフローチャートであり、S 0 1 で絶対トリガーレベル(ノートオン、しきい値)T R L A B (b) < 今回波高値c かどうか判断され、Yの場合にはS 0 2 に進み共振除去がチェックされる。なお、このトリガーレベルは、正と負との極性のピークそれぞれについてのチェックを行うようになっている。これら正の場合のT R L A B (0) と負の場合のT R L A B (1) とは、実験等によって適切な値とすることになる。理想的なシステムではT R L A B (0) とT R L A B (1) とは同じでよい。S 0 2 では、共振除去しきい値T R L R S < [今回波高値c - 前回波高値A M P (b)] かどうか、すなわち今回波高値と前回波高値の差が所定値以上か否かが判断される。

【 0 0 4 1 】

1つの弦をピッキングすることによって他の弦が共振を起こす場合、当該他の弦については、振動のレベルが徐々に大きくなり、その結果前回と今回とのピーク値の変化は微小なものとなって、その差は共振除去しきい値T R L R S を超えることはない。ところが、通常のピッキングでは、波形が急激に立上る(あるいは立ち下がる)ことになり、前記ピークの差は共振除去しきい値T R L R S を超える。

【 0 0 4 2 】

いま、このS 0 2 で、Yの場合つまり共振の場合でないのみなした場合には、S 0 3 において次の処理が行われる。すなわち、今回正負フラグb がフラグM T に書込まれ、レジスタS T E P に1 が書込まれ、さらに今回のゼロクロス時刻t が前回のゼロクロス時刻データでT F N (b) として設定される。そして、S 0 4 では、その他フラグ類がイニシャライズされ、S 0 5 に進む。S 0 5 では、今回波高値c がS T E P 0 における波高値V E L 0 として設定されるとともに、今回波高値c が前回の波高値A M P (b) としてセットされ、しかる後図8のメインルーチンへリターンする。すなわち、ステップS 0 5 では、S T E P 0 において得られた波高値がベロシティとしては使用されないように設定される。ただし、S T E P 0 におけるゼロクロス点は、ピッチ抽出のために保持される。S T E P 0 において取得される半波長の波は、一般に波高値が低く、ベロシティとして用いることが適当ではないことが実験により判明している。

【 0 0 4 3 】

図9において、A はリラティブオン(再発音開始)のエントリであり、後述するS T E P 4 のフローからこのS 0 6 へジャンプしてくる。そして、S 0 6 では今まで出力している楽音を一度消音し、再発音開始のためにS 0 3 へ進行する。この再発音開始のための処理は、通常の発音開始のときと同様であり、以下に詳述するとおりとなる。

【 0 0 4 4 】

そして、また S 0 1 で N の場合と、S 0 2 で N の場合（今回波高値 c - 前回波高値 $AMP(b)$ が所定値以上ない場合）には、S 0 5 に進む。従って、発音開始のための処理は進まないことになる。

以上述べた S T E P 0 では、フラグ M T に B レジスタの内容 ($b = 1$) が書込まれ、レジスタ T r の内容 (t) が前回ゼロクロス時刻データ T F N (1) に書込まれ、レジスタ C の波高値 (c) が前回の波高値 $AMP(1)$ に書込まれる。

【 0 0 4 5 】

図 1 0 は図 8 に M 6 として示す S T E P 1 のフローチャートの詳細を示すものであり、S 1 1 では、レジスタ B の内容 (b) と、フラグ M T が不一致かどうか判断され、Y の場合には S 1 2 に進む。S 1 2 では、絶対トリガーレベル（ノートオンしきい値） $TRLAB(b) < \text{今回波高値 } c$ かどうか判断され、Y の場合には S 1 3 に進む。S 1 2 で Y の場合には S 1 3 でサブルーチン $VEL1_ON$ が実行される。サブルーチン $VEL1_ON$ は、波高値がしきい値を超えることにより暫定発音を開始するための処理である。続いて、S 1 4 でレジスタ S T E P に 2 がセットされ、S 1 5 でレジスタ T r の内容 (1) を前回のゼロクロス時刻データで T F N (b) としてセットし、さらに S 1 6 で今回波高値 c を、前回の波高値 $AMP(b)$ へセットする。S 1 1 において、N の場合すなわち入力波形信号が同一方向にきた場合 S 1 7 に進み、今回波高値 $c > \text{前回波高値 } AMP(b)$ かどうか判断され、Y の場合すなわち今回の波高値 c が前回の波高値 $AMP(b)$ より大の場合には、S 1 5 に進む。一方、S 1 2 において N の場合には、S 1 6 に進み、これにより波高値のみが更新される。また、S 1 7 において、N の場合及び、S 1 6 の処理の終了時にはメインルーチン（図 8）へリターンする。

【 0 0 4 6 】

以上述べた S T E P 1 では、今回正負フラグ $b (= 0)$ とフラグ M T = 1 が不一致ということで、今回のゼロクロス時刻 t を前回のゼロクロス時刻データ T F N (0) としてセットし、さらに今回波高値 c を前回の波高値 $AMP(0)$ として書込む。

【 0 0 4 7 】

図 1 1 は、図 1 0 に S 1 3 として示す $VEL1_ON$ のフローチャートの詳細を示すもので、S 1 3 1 において、S T E P 1 の波高値 $VEL1$ に今回波高値 c をセットする。

S 1 3 2 でサブルーチン $NOTE_ON$ が実行され、所定の音程及びベロシティで発音が開始される。

以上述べた $VEL1_ON$ では、S T E P 1 から S T E P 2 または S T E P 3 に移行する場合に、サブルーチン $NOTE_ON$ が実行される。

【 0 0 4 8 】

図 1 2 は、図 1 1 に S 1 3 2 として示すサブルーチン $NOTE_ON$ のフローチャートの詳細を示すもので、S 1 0 0 1 において、S T E P = 1 かどうか判断され、Y の場合には S 1 0 0 2 に進む。S 1 0 0 2 では、S T E P 0 の波高値 $VEL0$ 波高値判定用しきい値 $TH0$ であるかが判断され、Y の場合には S 1 0 0 3 に進み、S T E P 1 の波高値 $VEL1 < \text{波高値判定用しきい値 } TH1$ であるかどうか判断される。S 1 0 0 3 で Y の場合には、S 1 0 0 4 に進み、ベロシティ VEL に S T E P 0 の波高値と S T E P 1 の波高値の平均値 $(VEL0 + VEL1) / 2$ が設定される。

【 0 0 4 9 】

S 1 0 0 3 で N の場合には S 1 0 0 5 に進み、ベロシティ VEL に S T E P 0 の波高値 $VEL0$ と S T E P 1 の波高値 $VEL1$ の最大値 $max[VEL0, VEL1]$ が設定される。

S 1 0 0 1 で N の場合、つまり S T E P = 1 でない場合には、S 1 0 0 6 で S T E P 0 の波高値 $VEL0$ 波高値判定用しきい値 $TH0$ であるかが判断され、N の場合には S 1 0 0 7 で S T E P 1 の波高値 $VEL1 < \text{波高値判定用しきい値 } TH1$ であるかどうか判断される。S 1 0 0 7 で Y の場合には、S 1 0 0 8 に進み、ベロシティ VEL に S T E P 0 の波高値 $VEL0$ 、S T E P 1 の波高値 $VEL1$ 及び S T E P 2 の波高値の最大値 $max[VEL0, VEL1, VEL2]$ が設定される。S 1 0 0 7 で N の場合には、S 1 0

10

20

30

40

50

09に進み、ベロシティVELにSTEP1の波高値VEL1とSTEP2の波高値VEL2の平均値 $(VEL1 + VEL2) / 2$ が設定される。

【0050】

S1004、S1005、S1008及びS1009の後、処理はS1010に進み、振動が検出されている弦のフレット状態を検出し、フレット検出処理で検出された弦の押弦位置を基に、スケールコード（音程）を取得し、その音程及び設定されているベロシティVELによって発音を開始する。

また、S1002でNの場合と、S1006でYの場合（既に発音済みの場合）と、S1010の後、メインルーチン（図8）へリターンする。

【0051】

図13は、図8にM7として示すSTEP2のフローチャートの詳細を示すもので、S20において、今回正負フラグb = フラグMTかどうかすなわちSTEP0の方向と同一のゼロクロス点の到来かどうかを判断し、Yの場合にはS21に進む。S21では、レジスタCHTRRへ開放弦周期CHTIOをセットし、S22に進む。S22では、今回波高値 $c > (7/8) \times$ 前回の波高値AMP(b)かどうか、つまり波高値が前回と今回とで略同一かどうかをチェックし、Yの場合つまり美しい自然減衰の場合には、S23に進み、フラグDUBを0にセットし、S24に進む。S24では、周期計算を行い、今回のゼロクロス時刻t - 前回のゼロクロス時刻データTFN(b)を前回周期データTP(b)に入力し、今回のゼロクロス時刻tを前回ゼロクロス時刻データTFN(b)として入力する。S24におけるTP(b)は、STEP3でノートオン(1.5波)の条件として使用される。また、S241では、STEP2の波高値VEL2に今回波高値cをセットする。さらに、S242では、図12のサブルーチンNOTE_ONが実行され、S243でレジスタSTEPが3とセットされる。さらに、また、S244では、今回波高値cを前回の波高値AMP(b)へ書込む。S244の後、メインルーチンへリターン(RET)する。

【0052】

S20でNの場合には、S25に進み、フラグDUBすなわち同一方向の入力波形がきたということを意味するフラグを1にし、S26に進む。S26では、今回波高値 $c >$ 前回の波高値AMP(b)かどうか判断され、Yの場合にはS29に進む。S29では今回波高値cに前回の波高値AMP(b)が書替えられ、レジスタTの内容tに前回のゼロクロス時刻データTFN(b)が書替えられる。また、S22において、Nの場合には、S27に進み、フラグDUB = 1かどうか、つまり前回STEP2を実行したとき、ダブルたか否かのチェックを行い、Yの場合つまりダブルしていればS28に進む。S28では、フラグDUBを0にする。この場合にはS29に進みメインルーチンにリターンする。またS26のNのときも、同様にメインルーチンへリターン(RET)する。

【0053】

以上述べたSTEP2では、今回正負フラグbとしてフラグMT = 1が書替えられ、レジスタCHTRRに0フレット周期すなわち開放弦周期CHTIOが書替えられ、またフラグDUBが0にセットされ、さらにt - TFN(1) TP(1)なる周期計算が行われ、また今回ゼロクロス時刻tに前回のゼロクロス時刻データTFN(1)が書き替えられ、今回波高値cがSTEP2の波高値VEL2としてセットされ、図12のサブルーチンNOTE_ONが実行され、さらに今回波高値cとして前回波高値AMP(1)がセットされる。

【0054】

図14は、図8にM8として示すSTEP3のフローチャートであり、S30でフラグMT 今回正負フラグbかどうか判断され、正常の場合すなわちYのときは、S31に進む。S31では、 $(1/8)c <$ AMP(b)ならXが0、また逆の場合にはX = 1にセットされ、S32に進む。S32では今回波高値cとして前回の波高値AMP(b)が書替えられる。

そしてS33において、STEP2で得られたVELより今回波高値cが大であれば、

10

20

30

40

50

ベロシティ V E L は今回波高値 c が入力される。もし逆ならば、このベロシティ V E L は変化しない。次に今回正負フラグ b にフラグ M T が移替えられ、これによりピッチ変更側が逆にされる。これは、後述する S T E P 4 からフラグ M T の意味が変り、ピッチ変更側を意味している。そして、S 3 4 で [$t - T F N (b) \quad T P (b)$] なる周期計算が行われる。また、今回のゼロクロス時刻 t として前回のゼロクロス時刻データで $T F N (b)$ が書替えられる。

【 0 0 5 5 】

次に、S 3 5 において、 $X = 0$ かどうかを判断し、Y の場合には S 3 6 に進み、周波数上限 $T H L I M <$ 前回の周期データ $T P (b)$ かどうか、つまりピッチ抽出上限チェックを行い、その結果、最高音の周期より大きな周期をもてば、許容範囲にあるということで Y となり、S 3 7 に進む。S 3 7 では、トリガー時の周波数下限 $T T L I M >$ 前回の周期データ $T P (b)$ かどうか、つまりピッチ抽出下限チェックを行い、最低音の周期より小の周期をもてば許容範囲にあり、Y の判断をして S 3 8 に進む。S 3 7 のピッチ抽出下限は、後述する S T E P 4 のピッチ抽出下限とは定数が異なる。

具体的には、周波数上限 $T H L I M$ は、最高音フレットの 2 ~ 3 半音上の音高周期に相当し、トリガー時の周波数下限 $T T L I M$ は、開放弦の開放弦フレットの 5 半音下の音高周期に相当するものとする。

【 0 0 5 6 】

S 3 8 では、前回の周期データ $T P (b)$ を前回抽出された周期データ $T T P$ としてセットすなわち、ピッチ抽出側で抽出されたピッチをセーブ（これは後述する S T E P 4 で使用される）し、S 3 9 に進む。S 3 9 では、前回の周期データ $T P (b) \quad T P (b ')$ かどうか、すなわち極性の違うゼロクロス点間の周期の略一致のチェックである 1 . 5 波ピッチ抽出チェックを行い、Y の場合には S 3 0 1 で次のような処理が行われる。すなわち、前回のゼロクロス時刻データ $T F N (b ')$ として時刻記憶レジスタ $T F R$ が書替えられ、また今回のゼロクロス時刻 t が前回のゼロクロス時刻データ $T F$ としてセットされ、波形ナンバーカウンタ $H N C$ をクリアする。このカウンタ $H N C$ は後述する S T E P 4 にて使用される。レジスタ $S T E P$ は 4 にセットされ、ノートオンフラグ $O N F$ は 2 (発音状態) にセットされ、定数 $T T U$ は 0 すなわち ($M I N$) にセットされ、定数 $T T W$ は最高 $M A X$ にセットされる。これらはいずれも後述する S T E P 4 にて使用するものである。また、リラティブオフの為の前回波高値レジスタ $A M R L 1$ がクリアされる。

【 0 0 5 7 】

次に S 3 1 0 で、いま求めた $T P (b)$ の周期データを、T レジスタへ入力し、S 3 1 1 で音高コード K を求めるサブルーチン $P I T C H C A L$ (図 1 5) ヘジャンプする。

【 0 0 5 8 】

図 1 5 は、前記 S 3 1 1 のサブルーチンの詳細な内容を示している。

マイコン $M C P$ は、まずオクターブ値 $O C T$ を 0 とし (S 1 8 1)、抽出ピッチデータ T がマイコン $M C P$ の内に記憶している音程データ変換テーブル内の基準ピッチデータ $T 0$ 「 4 5 2 5 」より小さいか否か判断する (S 1 8 2)。いま抽出ピッチデータが例えば「 9 8 0 0 」であったとすると、このデータ T 「 9 8 0 0 」は基準ピッチデータ $T 0$ 「 4 5 2 5 」より大きいので、S 1 8 3 に進み、抽出ピッチデータ T 「 9 8 0 0 」を $1 / 2$ にして「 4 9 0 0 」とし、オクターブ値 $O C T$ を - 1 して「 - 1 」とし (S 1 8 4)、再び S 1 8 2 に戻って、 $1 / 2$ にした抽出ピッチデータで「 4 9 0 0 」が基準ピッチデータ $T 0$ 「 4 5 2 5 」より小さいか否か判断する。

【 0 0 5 9 】

今度も基準ピッチデータ $T 0$ より大きいので、再度 S 1 8 3 , S 1 8 4 の処理を繰り返し、抽出ピッチデータ T を $1 / 2$ にして「 2 4 5 0 」とし、オクターブ値を - 1 して「 - 2 」とし、同じく抽出ピッチデータ T 「 2 4 5 0 」が基準ピッチデータ $T 0$ 「 4 5 2 5 」より小さいか否か判断する (S 1 8 2)。

【 0 0 6 0 】

今度は基準ピッチデータ $T 0$ より小さくなるので、S 1 8 5 に進み、抽出ピッチデータ

10

20

30

40

50

T「2450」が1/2の基準ピッチデータT0「2262.5」より大きいか否か判断する。抽出ピッチデータT「2450」の方が大きいので、S188に進み、上記基準ピッチデータT0「4525」により抽出ピッチデータT「2450」を引いてオクターブ未満の端数データt「2075」を求め、順番データmを「0」とし(S189)、この「0」の順番データmに応じた差分ピッチデータdTm「129」より上記端数データt「2075」が小さいか否か判断する(S190)。

【0061】

差分ピッチデータdTmの方が小さいので、S191に進んで、端数データt「2075」より先頭の差分ピッチデータdTm「129」を引いて「1946」とし、順番データmを+1して「1」とする(S192)。そして、端数データtが差分ピッチデータdTmより小さくなるまで、ステップS191, S192の処理を繰り返して、端数データtより差分ピッチデータdTmを順番に引いていく。

そして、差分ピッチデータdTmが「73」まで差し引かれ、順番データmが「21」になると、端数データtが残り「17」となり、次の差分ピッチデータdTm(m=21)「70」より小さくなるので、S193に進み、 $K = K_0 + 12 \times OCT + (m + t / dTm) / 2 = 57.0 + 12 \times (-2) + (21 + 17 / 70) / 2 = 43.62$ の演算を実行して、新たな音高コードKを求める。この音高はG1よりやや上の音高となる。なお、K0はスケールA3の音高コードである。

【0062】

こうして、音程データ変換テーブルに記憶されたA3~A4の1オクターブ分のピッチの差分データdTmだけで、他のオクターブの音高データを求めることができる。

また、抽出したピッチデータTが1/2の基準ピッチデータT0/2「2262.5」より小さければ、S185~S187で抽出ピッチデータTが「2262.5」より大きくなるまで 2^n 倍(n=1, 2, 3, ...)していき、以後は上述したS188~S193の処理を行って、音高データKを求める。

【0063】

以上要約すると、マイコンMCPは、S181~S187で、抽出ピッチデータTを 2^n 倍(n=..., -2, -1, 0, 1, 2, ...)して、音程データ変換テーブルに記憶されているピッチデータの範囲内にはいるようにすることにより、このnの値であるオクターブ値OCTを求め、S188~S192で、上記抽出ピッチデータTのオクターブ未満の端数データと差分ピッチデータdTmの累算データとの対応から音名を求められることになる。

【0064】

また、上記実施例では、音高の表示を、シリアル番号とするようにしたが、オクターブ、音階名(コード)、半音以下のデータにて表現するようにしてもよく、その他どのような表現形態であってもよい。

さらに、上記実施例ではピッチデータを50セント単位(半音の半分)でもつようにしたが、100セント単位(半音毎)にもつてもよく、あるいはさらに細分化してもつようにしてもよく、加えて、1オクターブを超えてそのようなデータをもつようにしてもよい。

このようにして、周期データから、対応する音高コードを求めることができ、図14のSTEP3の処理時には、音高コードは、半音以上のものとされ(S311)、発音時の音高はクロマチックに指定されることになる。

【0065】

さて、図14のS30において、Nの場合(同一方向のゼロクロス点検出の場合)は、S303に進み、前回の波高値AMP(b)<今回波高値cかどうか判断され、Yの場合はS304に進む。S304では、今回波高値cが前回の波高値AMP(b)としてセットされ、ペロシティVELまたはレジスタCの値cの内のいずれか大きい値がペロシティVELにセットされる。S303, S35, S36, S37, S39のいずれの場合もNの場合には、メインルーチンへリターン(RET)する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 6 】

S 3 1において、 $X = 1$ すなわち異常となる場合、 $(1/8) b_1 < b_0$ のときと、 $(1/8) a_2 < a_1$ のときのジャッジではいずれもその条件を満足せず、 $X = 1$ となる。

すなわち、波形入力初期等に入力される波形のピークは、ノイズによるもので、これらのノイズの周期を検出して発音開始を指示すると、全くおかしい音が発生してしまう。そこで、S 3 1では、波高値が大きく変わったことを検知して、 $X = 1$ とし、S 3 5でNの判断をするようにする。そして、S 3 1にて波形が正常な変化をすることが検知されてから、発音開始を指示するようにする。

【 0 0 6 7 】

ここでは、 $TP(b) - TP(b')$ の検出がなされたときにノートオンとなる。

10

以上述べたSTEP 3では、 $MT = 1 - b$ 、 $AMP(0) = c$ 、 $\max[VEL, c]$ (のいずれか大きい方) VEL 、 $MT - b = 0$ 、 $TP(0) = [t - TFN(0)]$ 、 $TFN(0) = t$ 、 $TTP = TP(0)$ 、 $TFR = TFN(1)$ 、 $TF = t$ 、 $HNC = 0$ 、 $ONF = 2$ 、 $TTU = 0(MIN)$ 、 $TTW = MAX$ 、 $AMRL1 = 0$ 、ノートオン条件 $TP(0) - TP(1)$ についての処理がなされる。そして、適切な波形入力に回答してこのSTEP 3において、抽出されたピッチに従ったクロマチックな音高の楽音が発音開始されることになる。すなわち、周期検出を開始してから、1.5周期程度の時間経過で発音指示が音源SSに対しなされることになる。

【 0 0 6 8 】

図16は、図8のM9として示すSTEP 4のフローチャートであり、この場合ピッチ抽出のみを行うルート(1)、実際にピッチ変更を行うルート(2)がある。先ず、S 4 0, S 4 1, S 4 2, S 6 3 ~ S 6 7に示すルート(1)について説明する。S 4 0において、波形ナンバーカウンタ $HNC > 3$ が判断され、Yの場合にはS 4 1に進む。S 4 1では、リラティブオンしきい値 $TRRL < [今回波高値c - 前回の波高値AMP(b)]$ かどうかの判断が行われ、Nの場合にはS 4 2に進む。S 4 2では今回正負フラグ $b =$ フラグ MT つまりピッチ変更側かどうか判断され、Yの場合にはS 4 3に進む。

20

【 0 0 6 9 】

ところで、初期状態では、前記波形ナンバーカウンタ HNC は0である(図14のS 3 0 1参照)ので、S 4 0ではNの判断をしてS 4 2へ進む。そして、例えば、理想的な波形入力の場合は、 $b = 1$ で $MT = 0$ であるから、S 4 2からS 6 3へ進む。

30

【 0 0 7 0 】

S 6 3においては、同じ極性のピークが続けて入力されてきているか(ダブリであるか)、否かチェックするために、レジスタ $RIV = 1$ かどうか判断され、Yの場合にはS 6 8に進み、また、Nの場合(ダブリでない場合)にはS 6 4に進み、ここで以下の処理が行われる。すなわち、S 6 4では今回波高値 c が前回の波高値 $AMP(b)$ に入力され、リラティブオフ処理のために前回の振幅値 $AMRL1$ が前々回の振幅値 $AMRL2$ に入力される。なお、いまの場合は $AMRL1$ の内容は0である(STEP 3のS 3 0参照)。さらにS 6 4において、前回の波高値 $AMP(b')$ と今回波高値 c のうちいずれか大きい方が前回振幅値 $AMRL1$ に入力される。つまり、周期の中で2つある正、負のピーク値について大きい値のピーク値が振幅値 $AMRL1$ にセットされる。そして、S 6 5で波形ナンバーカウンタ $HNC > 8$ かどうか判断され、ここで波形ナンバーカウンタ(ピッチ変更側でないゼロクロスカウンタ) NHC が+1され、カウントアップされる。

40

【 0 0 7 1 】

従って、波形ナンバーカウンタ HNC は、上限が9となる。そして、S 6 5もしくはS 6 6の処理の後S 6 7へ進行する。S 6 7では、レジスタ RIV を1とし、今回のゼロクロス時刻 t から時刻記憶レジスタ TFR の内容を引算して、周期レジスタ TTR へ入力する。そして、今回のゼロクロス時刻 t は、時刻記憶レジスタ TFR へセーブされ、この後、メインルーチンにリターン(RET)する。

【 0 0 7 2 】

S 6 3でYの場合は、S 6 8に進み今回波高値 $c >$ 前回の波高値 $AMP(b)$ かどうか

50

が判断され、Yの場合はS 6 9に進む。S 6 9では、今回波高値cに前回の波高値AMP (b)が書替えられ、S 7 0に進む。S 7 0では今回波高値c > 前回の振幅値AMRL 1かどうか判断され、Yの場合にはS 7 1に進み、ここで今回波高値cが前回の振幅値AMRL 1に入力される。

もし、S 6 8でNの判断がなされるとすぐにメインルーチンへリターンする。従って、新しい入力波形のピークが大である場合についてのみ、新しい波形の振幅値が登録される。(その場合は、倍音のピークをひろっていないと考えられるので。)

【0073】

また、S 7 0でNのときと、S 7 1の処理の終了のときには、同様にメインルーチンへリターンする。

以上述べたようにルート(1)は、以下のような処理がなされる。MT = 0、b、RIV = 0、AMP(1) = c、AMRL 2 = AMRL 1、max[AMP(0), c(のいずれか大きい方)]、HNC = (HNC + 1) = 1、RIV = 1、TTR = (t - TFR)、TFR = 1が処理される。従って、周期レジスタTTRに前回の同極性のゼロクロス点(STEP 2 - 3のところ)から今回のゼロクロス点までの時刻情報の差つまり、周期情報が求まったことになる。そして、メインルーチンへ戻り、次のゼロクロスインターラプトを待つ。

【0074】

次に、S 4 0 ~ S 6 2に示すルート(2)へ進んだ場合の説明を行う。いま、波形ナンバーカウンタHNC = 1なので(S 6 6参照)、S 4 0からS 4 2へ進む。S 4 2では、MT = 0、b = 0なのでYとなり、S 4 3へ進む。S 4 3では、レジスタRIV = 1かどうか判断される。既にルート(1)において、レジスタRIVは1とされている(S 6 7参照)ので、S 4 3の判断はいまの場合Yとなり、S 4 4へ進む。

【0075】

S 4 4では、レジスタSTEP = 4かどうか判断され、Yの場合にはS 4 5に進む。S 4 5では、今回波高値c < 60H(Hは16進法表現を示す)かどうか判断され、いま波高値は大なのでYとなり、S 4 6に進む。S 4 6では、前々回の振幅値AMRL 2 - 前回の振幅値AMRL (1/32) × 前々回の振幅値AMRL 2かどうか判断され、Yの場合にはS 4 7に進み、リラティブオフカウンタFOFRが0にセットされる。このリラティブオフの処理については後述する。そして、S 4 8では周期計算が行われる。具体的には(今回のゼロクロス時刻t - 前回のゼロクロス時刻データTF)が今回の周期情報ttとしてレジスタTOTOにセットされる。そして、S 4 9に進み、S 4 9では、今回の周波数情報tt > 周波数上限THLIM(発音開始後の上限)かどうか判断され、Yの場合にはS 5 0に進む。

【0076】

S 4 9の周波数上限THLIMは、STEP 3のS 3 6で使用したトリガー時(発音開始時)周波数の許容範囲の上限(従って周期として最小で、最高音フレットの2 ~ 3半音上の音高周期に相当する)と同一のものである。

次に、S 5 0では次の処理が行われる。すなわち、レジスタRIVを0にし、今回のゼロクロス時刻tが前回のゼロクロス時刻データTFとして入力され、また前回の波高値AMP(b)が前々回波高値eに入力され、さらに今回波高値cが前回の波高値AMP(b)に入力される。

【0077】

そして、S 5 0の処理の後S 5 1に進み、S 5 1では、周波数下限LLLIM > 今回の周期情報ttかどうか判断され、Yの場合すなわち今回の周期がノートオン中のピッチ抽出音域下限以下になった場合にはS 5 2に進む。

この場合、周波数下限LLLIMは、例えば、開放弦音階の1オクターブ下にセットされる。つまり、STEP 3の周波数下限TLLIM(S 3 7参照)に比較して、許容範囲を広くしている。このようにすることで、トレモロアームの操作等による周波数変さらに対応し得るようになる。

10

20

30

40

50

従って、周波数の上限、下限について許容範囲に入る場合についてのみ S 5 2 まで進み、そうでない場合は S 4 9 , S 5 1 よりメインルーチンへリターンする。

【 0 0 7 8 】

次に、S 5 2 では周期データ T T P が前々回抽出された周期データ h に入力され、また、今回の周期情報 t t が前回抽出された周期データ T T P に入力される。そして、S 5 3 で今回波高値 c がベロシティ V E L に書込まれ、S 5 4 に進む。S 5 4 では、ノーチェンジレベル N C H L V > (前々回波高値 e - 今回波高値 c) かどうかの判断が行われ、Y の場合には S 5 5 に進む。

すなわち、前回の同極性の波高値 ($e = A M P (b)$) と今回の波高値 c とが大きく変化している場合は、その差が N C H L V を超えることになり、そのようなときに、抽出された周期情報に基づきピッチ変更を行うと、不自然な音高変化を呈することになる可能性が高い。そこで、S 5 4 で N の判断がなされると、S 5 5 以降の処理をすることなく、メインルーチンへリターンする。

【 0 0 7 9 】

次に、S 5 4 で Y の場合、S 5 5 では、リラティブオフカウンタ F O F R = 0 が否かが判断される。後述するリラティブオフ処理を行っているときは、リラティブオフカウンタ F O F R は 0 でなくなっており、そのような場合もピッチ変更 (S 6 0 2 を参照) の処理を行うことなく、S 5 5 で N の判断をしてメインルーチンへリターンする。そして、S 5 5 にて、Y の判断をしたときは、S 5 6 , S 5 7 へと順次進む。

ここで 2 波 3 値一致条件が判断される。S 5 6 では今回の周期情報 $t t \times 2^{-7} > |$ 今回の周期情報 t t - 前々回周期データ h | が判断され、Y の場合には S 5 7 に進み、また S 5 7 では今回の周期情報 $t t \times 2^{-7} > |$ 今回の周期情報 t t - 周期レジスタ T T R の内容 | が判断され、Y の場合には S 5 8 に進む。

【 0 0 8 0 】

すなわち、S 5 6 では、今回の周期情報 t t (S 4 3 参照) が、前回の周期データ h (= T T P) (S 5 2 参照) の値と略一致するか否かを判断し、S 5 7 では、今回の周期情報 t t の値が、それに重なる周期で T T R とほぼ一致するか否かを判断する。なお、その限界範囲は、 $2^{-7} \times t t$ として周期情報に依存してその値が変わっている。勿論、これは固定の値としてもよいが、本実施形態採用技術の方が良好な結果を得ることができる。

【 0 0 8 1 】

次の S 5 8 では、今回の周期情報 t t > 定数 T T U かどうか判断され、Y ならば S 5 9 に進み、ここで今回の周期情報 t t < 定数 T T W かどうか判断され、Y ならば S 6 0 へ進む。なお、S 5 8 , S 5 9 は急激なピッチ変更を認めないための判断である。

【 0 0 8 2 】

つまり、S 5 8 の定数 T T U は、S T E P 3 の S 3 0 1 でいま 0 とされ、定数 T T W は同様に M A X の値とされており、初めてこのフローを通るときは必ず S 5 8 , S 5 9 で Y の判断がなされるが、その後は後述する S 6 2 において、定数 T T U には、 $(1 7 / 3 2) t t$ (略 1 オクターブ高音の周期情報) がセットされ、定数 T T W には同様に S 6 2 にて $(3 1 / 1 6) t t$ (ほぼ 1 オクターブ低音の周期情報) がセットされる。従って、急激にオクターブアップする (これは、フレットを離してミュート操作したとき等に生ずる) ことやオクターブダウンすること (これは波形のピークをとり逃したとき等に起る) があつたときは、ピッチ変更をすると、不自然となるので、ピッチ変更をしないようにランチする。

【 0 0 8 3 】

もし、S 5 8 , S 5 9 で Y の判断がなされたときは、次に S 6 0 へ進む。S 6 0 では、レジスタ S T E P = 4 にされたかどうかの判断が行われ、Y の場合には、S 6 0 1 へ進み、周期情報 t t をレジスタ T へセットし、S 6 0 2 にて音高コードを求める。この S 6 0 2 は、上述した S 3 1 1 と同様の音高コードを求めるサブルーチン P I T C H C A L (図 1 5) の実行を意味する。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 4 】

その結果、半音未満の音高コードを含む音高コードKが得られ、それをもって、音源S Sに対しピッチ変更指示をする。

次にS 6 2に進み、今回の周期情報t tに対応して時定数チェンジをし、また定数T T Uが $(17/32) \times$ 今回の周期情報t tに書替えられ、さらに定数T T T Wが $(31/16) \times$ 今回の周期情報t tに書替えられる。

【 0 0 8 5 】

つまり、後述するように、リラティブオフの処理がなされたときに限り、S T E P = 5となるが、そのときは、ピッチ変更を行うことなく時定数チェンジを行う。この時定数チェンジの処理とは、レジスタに今回の周期情報t tの値に基づくデータをマイコンM C Pがセットすることをいう。これは、既に説明したとおりである。

10

【 0 0 8 6 】

そして、S 6 2の処理の終了でメインルーチンへリターンする。従って、以上述べたようにルート(2)は、次の処理がなされる。

すなわち、 $HNC = 1$ 、 $MT = 0 = b$ 、 $RIV = 1$ 、 $FOFR = 0$ 、 $tt = (t - TF)$ 、 $RIV = 0$ 、 $TF = t$ 、 $e = AMP(0)$ 、 $AMP(0) = c$ 、 $h = TTP$ 、 $TTP = tt$ 、 $VEL = c$ であり、

【 0 0 8 7 】

さらに、

(1) $TTP = TTR = tt$ 、

(2) $TTU < tt < TTW$ 、

(3) $AMP(0) - c < NCHLV$

20

の3条件の満足で、t tに従った半音未満(100セント未満)の音高変更も含むピッチ変更を行う。しかる後、 $TTU = (17/32) \times tt$ 、 $TTW = (31/16) \times tt$ がなされる。

【 0 0 8 8 】

従って、ルート(2)にて、実際の音源S Sに対するピッチ変更が行われ、続くゼロクロスインタラプトでルート(1)の処理、同様に、続くゼロクロスインタラプトで、ルート(2)の処理が行われる。このようにして、ルート(1)では、単に周期を抽出(S 6 7参照)し、ルート(2)では実際のピッチ変更(S 6 0 2参照)し、時定数チェンジ処理(S 6 2参照)が行われることになる。

30

【 0 0 8 9 】

なお、S T E P 4におけるS 4 0において、ルート(1)のS 6 6で波形ナンバーカウンタHNCが3を超えるように、カウントアップされた後は、Yの判断がなされ、次にS 4 1へ行き、リラティブオンの条件を検出する。これは、 $c - AMP(b) > TRLRL$ であり、前回の振幅値AMRL1に比べて今回の振幅値がしきい値TRLRLを超えて増大したとき、つまり、これは弦操作後に同じ弦を市政ピッキングしたとき(トレモロ奏法等による)にこのようなことがおき、この場合はS 4 1でリラティブオンの処理をすべくS 4 1からS 7 8へ進み、時定数変換制御回路TTCの時定数チェンジレジスタCHTRRへ最高音フレット(例えば22フレット)の周期CHTIMをセットする。しかる後、図16のS 6 0へ進み、当該発音中の楽音をノートオフした後、再発音開始する。

40

【 0 0 9 0 】

通常の演奏操作によれば、S 4 0, S 4 1, S 4 2へ進み、上述したルート(1)もしくはルート(2)へ進む。

次に、リラティブオフ処理を説明する。つまり、フレット操作している状態から、開放弦状態へ移行すると、波形の振幅レベルは急激に落ちてきて、前々回の波高値AMRL2と前回の波高値AMRL1との差が $(1/32) \times AMRL2$ を超えるようになると、S 4 6からS 7 4へ進む。そして、リラティブオフカウンタFOFRが定数ROFCTを超えるまでカウントアップするようにS 7 4からS 7 5へ進む。このとき、S 7 5からS 4 8へ行きS 4 9 ~ S 5 5の処理を行うが、 $FOFR = 0$ でないので、リラティブオフ処理に

50

入る直前ではピッチ変更を行うことなくメインルーチンへ戻る。

【0091】

そして、S74でYと判断すると、FOFRの値が3となったとき（ROFCTは2である）、S74からS75へ行く。

ただし、S46のジャッジでYの判断が一度でもあると、S46からS47へ進み、FOFRをリセットするようになる。従って、ROFCTで指定される回数だけ続けてS46の条件を満足しなければ、リラティブオフの処理はなされない。なお、ROFCTの値は、音高が高い弦について大きな値としておけば、略一定の時間経過で、いずれの弦についてもリラティブオフ処理ができる。

【0092】

そして、S74からS76へ行くと、リラティブオフカウンタFOFRをリセットし、レジスタSTEPを5とし、S77へ進んで音源SSに対しノートオフを指示する。このSTEPが5の状態では、ピッチ抽出処理をSTEP4の時と同様に実行するが、S60からS601、S602を介することなくS62へ進むので、音源SSに対しては、ピッチ変更はされない。ただし、S62において抽出した周期に従って時定数チェンジ処理を行う。

【0093】

そして、STEPが5の状態では、リラティブオンの処理を受付けるが（S41，S78）、それ以外の場合では、図8のメインルーチンの中で、振動レベルが減少してきたことが検知されることによりM14でSTEPが0となり、初期状態に戻る。

なお、S46で使用するAMRL1、AMRL2はS64で作られており、1周期の中でレベルが大な方のピーク（最大ピークと最小ピークとの一方）が、この値とされ、最大ピーク a_k が最小ピーク $b_k - 1$ より必ず大である場合であって、 a_{n+1} と a_{n+2} 、 a_{n+2} と a_{n+3} 、 a_{n+3} と a_{n+4} の差がいずれも所定値を超えるようになっている。

【0094】

また、このときルート(2)の処理においては、最小ピーク b_{n+1} 、 b_{n+2} 、 b_{n+3} が極端に減少してきているので、S54でNの判断が成されて、メインルーチンへリターンし、ピッチ変更処理はなされない。

次に、ピッチ抽出しているなかで、オクターブ関係にある倍音、つまりオクターブ高い音やオクターブ低い音が続けて検出されたときの処理について説明する。

【0095】

既に説明したように、S58ではttがTTUを超えなかったとき、つまり、前回抽出した周期の $17/32$ 倍した値TTUより小になったとき、S76へ進む。つまり、オクターブ高い音が抽出されたときは、指定していたフレットから指を離してミュート操作をした場合とみなし、オクターブ高い音を出力することなく、S58からS76へ行き、リラティブオフ時同様S76，S77の処理によって当該音の発音を停止する。

また、S59では、ttがTTWを超えなかったとき、つまり前回抽出した周期の $31/16$ 倍した値TTWより大となったとき、S60へ進むことなく、メインルーチンへリターンする。

【0096】

通常ノートオフ近辺の非常に波形が小さい場合、他のピッキングによってヘキサピックアップのクロストークやボディの共振によって波形が乗ってくる。すると、1オクターブ下の入力波形が続けて検出されてしまうことがある。

このような場合、何等処理を施さないと、急にオクターブ下の音を出力してしまい、極めて不自然となる。そのために、S57，S56で $T_{a_{n+2}} - T_{a_{n+3}} - T_{b_{n+2}}$ が検出されても、 $T_{a_{n+3}} > T_{a_{n+1}} \times (31/16)$ となるので、ピッチ変更することなく、S59からメインルーチンへリターンする。

【0097】

次に、ダブリの波形が抽出される場合つまり、同じ極性のゼロクロス点が拭けて到来す

10

20

30

40

50

る場合について説明する。MT = 1 の場合の例を考えると、基本波周期と倍音成分の周期が非整数倍の関係にあるので、倍音の位相がずれて行き、同じ極性のゼロクロスを検出してしまうことになり、そのために誤ったピッチ変更をしないようにしないといけない。

そこで、図のダブリと書いてあるゼロクロス時のSTEP 4 の処理では、S 4 2 から S 4 3 へ行き、S 4 3 では Y の判断をして S 7 2 へ行く。ここで、 (a_{n+3}) と (a_{n+2}) の大きさが比較され、もし (a_{n+3}) が (a_{n+2}) より大であれば、S 7 2 で Y の判断をし、AMP (1) に、 (a_{n+3}) の値をセットし、もし逆の場合は何等変更処理をしない。

【 0 0 9 8 】

ところで、このダブリの場合抽出している時刻データは何等使用しないので、周期情報 $T a_{n+3}$ は何等変わらない。また、当然周期データに基づくピッチ変更は行わない。

同様に、波形のダブリの場合の例、すなわち MT = 0 の状態では、ダブリの状態が生じているときに、S 4 2 から S 6 3 へ行き、Y の判断をして S 6 8 へ行く。S 6 8 では、いまの場合 (a_{n+2}) と (a_{n+3}) との比較をして、 (a_{n+3}) が (a_{n+2}) より大なときに限り S 6 9 へ行き、AMP (1) を書替える。この場合は、さらに前回の振幅値 AMRL 1 と今回の振幅情報 (波高値 c) の比較を S 7 0 で行って、もし Y ならば S 7 1 へ進み、今回の振幅情報 c を前回の振幅値 AMRL 1 へセットする。

このようにして、倍音の影響で、波形がダブったときにも、S 5 6 , S 5 7 を満足しない限りピッチ変更処理はなされないことになる。

【 0 0 9 9 】

以上述べたように、本実施形態に係る電子ギター 1 は、フレットスキャン部 FS と、ピッチ抽出回路 PC と、マイコン MCP とを備えている。フレットスキャン部 FS は、指板上における押弦操作に基づいて発生すべき楽音の音高を決定し、ピッチ抽出回路 PC は、張設された弦の振動を検出する。また、マイコン MCP は、検出された弦の振動のレベルが第 1 のしきい値を超えたか否かを判別し、検出された弦の振動のレベルのゼロクロスタイミングを検出する。マイコン MCP は、第 1 のしきい値を超えたと判別された後、最初に判別されたゼロクロスタイミングまでの第 1 の区間において設定された第 2 のしきい値、及び当該クロスタイミングから次に検出されたゼロクロスタイミングまでの第 2 の区間において設定されている第 3 のしきい値を、検出された弦の振動のレベルを超えたか否かを判別し、その判別結果に基づいて、決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する。

【 0 1 0 0 】

そのため、ピッキングが行われた場合に、弦の振動のレベルが第 1 のしきい値よりも大きければ、第 1 の区間における第 2 のしきい値及び第 2 の区間における第 3 のしきい値を弦の振動のレベルが超えているか否かの判別結果に応じて、指板上の押弦操作されている位置に基づく音高の楽音が発生される。

従って、自然楽器のギターと同様の演奏を行う場合に、フレットの操作によって決定された音高の楽音をピッチ抽出の結果によって発音開始させる際の発音の遅れを抑制することができる。また、発音開始時のベロシティをピッキングの強さに応じた適切な値とすることができる。

【 0 1 0 1 】

具体的には、検出された弦の振動のレベルが大きければ、演奏者は意識的に弦を強く弾いていることから、第 1 の区間及び第 2 の区間の弦の振動のレベルによって、ベロシティを決定し、早期に発音を開始することができる。

なお、検出された弦の振動のレベルが小さい (第 1 のしきい値を超えていない) 場合には、演奏者が繊細な弾き方をしていることから、発音開始のタイミングよりも正確なベロシティとすることを優先し、第 2 の区間以降の弦の振動のレベルを加味して発音が始される。

すなわち、本発明によれば、電子弦楽器による楽音の発生の遅れを抑制しつつ、演奏方法の制約をより少なくすることが可能となる。

10

20

30

40

50

【0102】

また、マイコンMCPは、検出された弦の振動のレベルが第1の区間内において第2のしきい値以上か否か判別し、この判別結果に基づいて決定された音高の楽音の発生タイミングを制御する。

従って、弦が強く弾かれている場合には、より早いタイミングで楽音を発生させることができるため、演奏者の意図に沿う発音タイミングとすることができる。

【0103】

また、マイコンMCPは、検出された弦の振動のレベルが第1の区間内において第2のしきい値以上と判別された場合に、楽音の発生タイミングを次に検出されたゼロクロスタイミングとし、超えない場合は当該タイミングより遅いタイミングとする。

従って、演奏者が弦を強く弾いた場合にはより早く発音を開始し、演奏者が弦を弱く弾いた場合にはより遅く発音を開始することができる。すなわち、演奏者の表現をより適切に反映させて、発音を行うことができる。

【0104】

また、マイコンMCPは、検出された弦の振動のレベルが第1の区間内において第2のしきい値以上と判別され、かつ第2の区間内において第3のしきい値を超えない場合に、発生すべき楽音の音量を、第1及び第2の区間内それぞれにおける弦の振動のレベルの波高値の平均値に基づいて決定する。

従って、第1及び第2の区間内それぞれにおける弦の振動のレベルを加味した適切なペロシティで早期に発音することができる。

【0105】

また、マイコンMCPは、検出された弦の振動のレベルが第1の区間内において第2のしきい値以上と判別され、かつ第2の区間内において第3のしきい値以上の場合に、発生すべき楽音の音量を、第1及び第2の区間内それぞれにおける弦の振動のレベルのいずれか大きい方の値に基づいて決定する。

従って、演奏者による強く弦を弾くという意図をより反映して発音を行うことができる。

【0106】

また、マイコンMCPは、検出された弦の振動のレベルが第1の区間内において第2のしきい値を超えていないと判別され、かつ第2の区間内において第3のしきい値以上の場合に、発生すべき楽音の音量を、第1及び第2の区間内それぞれにおける弦の振動のレベルの波高値の平均値に基づいて決定する。

従って、第1及び第2の区間内それぞれにおける弦の振動のレベルを加味した適切なペロシティで早期に発音することができる。

【0107】

また、マイコンMCPは、検出された弦の振動のレベルが第1の区間内において第2のしきい値を超えていないと判別され、かつ第2の区間内において第3のしきい値を超えていない場合に、発生すべき楽音の音量を、第1及び第2の区間内それぞれにおける弦の振動のレベルのいずれか大きい方の値に基づいて決定する。

従って、弦の振動のレベルとして信頼性の高い値を用いて発音のペロシティを決定することができる。

【0108】

なお、前記実施例においては、最大ピーク点、最小ピーク点の次のゼロクロス点毎の間隔から周期抽出を行うようにしたが、その他の方式、例えば最大ピーク点間や最小ピーク点間の時間間隔から周期抽出を行ってもよい。また、それに合わせて回路構成は種々変更し得る。

また、前記実施例においては、この発明を電子ギター（ギターシンセサイザ）に適用したものであったが、それに限らない。ピッチ抽出を行って、オリジナルの信号とは別の音響信号を発生するタイプの楽器または装置であれば、種々適用可能である。

【0109】

上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるし、ソフトウェアにより実行させることもできる。

換言すると、図2及び図4等の構成は例示に過ぎず、特に限定されない。すなわち、上述した一連の処理を全体として実行できる機能が電子ギター1に備えられていれば足り、この機能を実現するためにどのような機能構成及び回路構成とするかは特に図2及び図4の例に限定されない。

また、1つの機能ブロックは、ハードウェア単体で構成してもよいし、ソフトウェア単体で構成してもよいし、それらの組み合わせで構成してもよい。

【0110】

一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、コンピュータ等にネットワークや記録媒体からインストールされる。

コンピュータは、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータであってもよい。また、コンピュータは、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能なコンピュータ、例えば汎用のパーソナルコンピュータであってもよい。

【0111】

このようなプログラムを含む記録媒体は、ユーザにプログラムを提供するために装置本体とは別に配布されるリムーバブルメディアにより構成されるだけでなく、装置本体に予め組み込まれた状態でユーザに提供される記録媒体等で構成される。リムーバブルメディアは、例えば、磁気ディスク（フロッピディスクを含む）、光ディスク、または光磁気ディスク等により構成される。光ディスクは、例えば、CD-ROM（Compact Disk-Read Only Memory）、DVD（Digital Versatile Disk）等により構成される。光磁気ディスクは、MD（Mini-Disk）等により構成される。また、装置本体に予め組み込まれた状態でユーザに提供される記録媒体は、例えば、プログラムが記録されているROMやハードディスク等で構成される。

【0112】

なお、本明細書において、記録媒体に記録されるプログラムを記述するステップは、その順序に沿って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

【0113】

以上、本発明のいくつかの実施形態について説明したが、これらの実施形態は、例示に過ぎず、本発明の技術的範囲を限定するものではない。本発明はその他の様々な実施形態を取ることが可能であり、さらに、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、省略や置換等種々の変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、本明細書等に記載された発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【0114】

以下に、本願の出願当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

[付記1]

指板上における押弦操作に基づいて発生すべき楽音の音高を決定する音高決定手段と、張設された弦の振動を検出する弦振動検出手段と、前記検出された弦の振動のレベルが第1のしきい値を超えたか否かを判別する第1の判別手段と、前記第1のしきい値を超えたと判別された後の最初の第1の区間において設定された第2のしきい値、及び当該第1の区間に続く第2の区間において設定されている第3のしきい値を、前記検出された弦の振動のレベルが超えたか否かを判別する第2の判別手段と、前記第2の判別手段の判別結果に基づいて、前記決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する制御手段と、を有する電子弦楽器。

[付記 2]

前記電子弦楽器は、前記検出された弦の振動のレベルのゼロクロスタイミングを検出するゼロクロス検出手段をさらに有し、

前記制御手段は、前記第 1 のしきい値を超えたと判別された後、最初に判別されたゼロクロスタイミングまでの第 1 の区間において設定された第 2 のしきい値、及び当該ゼロクロスタイミングから次に検出されたゼロクロスタイミングまでの第 2 の区間において設定されている第 3 のしきい値を、前記検出された弦の振動のレベルが超えたか否かを判別する第 2 の判別手段と、

前記第 2 の判別手段の判別結果に基づいて、前記決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する、付記 1 に記載の電子弦楽器。

10

[付記 3]

前記第 2 の判別手段は、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値以上か否かを判別し、前記制御手段は、この判別結果に基づいて前記決定された音高の楽音の発生タイミングを制御する付記 2 に記載の電子弦楽器。

[付記 4]

前記第 2 の判別手段において前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値以上と判別された場合に、前記制御手段は、前記楽音の発生タイミングを前記次に検出されたゼロクロスタイミングとし、超えない場合は当該タイミングより遅いタイミングとする付記 2 又は 3 に記載の電子弦楽器。

[付記 5]

前記第 2 の判別手段において、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値以上と判別され、かつ前記第 2 の区間において前記第 3 のしきい値を超えない場合に、前記制御手段は、前記発生すべき楽音の音量を、前記第 1 及び第 2 の区間内それぞれにおける前記弦の振動のレベルの波高値の平均値に基づいて決定する付記 2 乃至 4 いずれかに記載の電子弦楽器。

20

[付記 6]

前記第 2 の判別手段において、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値以上と判別され、かつ前記第 2 の区間において前記第 3 のしきい値以上の場合に、前記制御手段は、前記発生すべき楽音の音量を、前記第 1 及び第 2 の区間内それぞれにおける前記弦の振動のレベルのいずれか大きい方の値に基づいて決定する付記 2 乃至 5 いずれかに記載の電子弦楽器。

30

[付記 7]

前記第 2 の判別手段において、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値を超えていないと判別され、かつ前記第 2 の区間において前記第 3 のしきい値以上の場合に、前記制御手段は、前記発生すべき楽音の音量を、前記第 1 及び第 2 の区間内それぞれにおける前記弦の振動のレベルの波高値の平均値に基づいて決定する付記 2 乃至 6 いずれかに記載の電子弦楽器。

[付記 8]

前記第 2 の判別手段において、前記検出された弦の振動のレベルが前記第 1 の区間内において前記第 2 のしきい値を超えていないと判別され、かつ前記第 2 の区間において前記第 3 のしきい値を超えていない場合に、前記制御手段は、前記発生すべき楽音の音量を、前記第 1 及び第 2 の区間内それぞれにおける前記弦の振動のレベルのいずれか大きい方の値に基づいて決定する付記 2 乃至 5 いずれかに記載の電子弦楽器。

40

[付記 9]

張設された弦の振動を検出する弦振動検出手段を有する電子弦楽器に用いられる楽音制御方法であって、

指板上における押弦操作に基づいて発生すべき楽音の音高を決定し、

前記検出された弦の振動のレベルが第 1 のしきい値を超えたか否かを判別し、

前記第 1 のしきい値を超えたと判別された後の最初の第 1 の区間において設定された第 2 のしきい値、及び当該第 1 の区間に続く第 2 の区間において設定されている第 3 のしき

50

い値を、前記検出された弦の振動のレベルが超えたか否かを判別し、

この判別結果に基づいて、前記決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する、楽音制御方法。

[付記10]

張設された弦の振動を検出する弦振動検出手段を有する電子弦楽器に用いられるコンピュータに、

指板上における押弦操作に基づいて発生すべき楽音の音高を決定する音高決定ステップと、

前記検出された弦の振動のレベルが第1のしきい値を超えたか否かを判別する第1の判別ステップと、

前記第1のしきい値を超えたと判別された後の最初の第1の区間において設定された第2のしきい値、及び当該第1の区間に続く第2の区間において設定されている第3のしきい値を、前記検出された弦の振動のレベルが超えたか否かを判別する第2の判別ステップと、

前記第2の判別ステップにおける判別結果に基づいて、前記決定された音高の楽音の発生タイミング及び音量の少なくとも一方を制御する制御ステップと、

を実行させるプログラム。

【符号の説明】

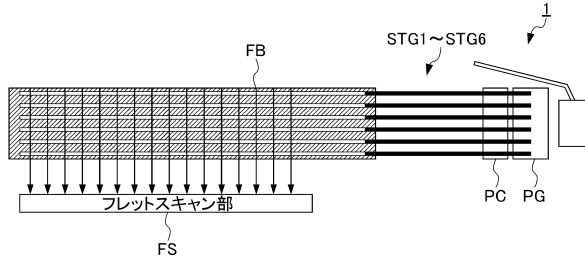
【0115】

1・・・電子ギター、PG・・・スキャンパルス発生器、FS・・・フレットスキャン部、FDC・・・フレット検出回路、PC・・・ピッチ抽出回路、LPF・・・ローパスフィルタ、AMC・・・増幅回路、ZCR・・・ゼロクロス点取込回路、ABS・・・絶対値取込回路、FB・・・指板、MCP・・・マイコン、IC・・・割込制御回路、TMR・・・タイマー、A/D・・・アナログ-デジタル変換回路、MEM・・・メモリ、SOB・・・音源発生装置、SS・・・音源、D/A・・・デジタル-アナログ変換回路、AMC・・・増幅回路、DCD・・・アドレスデコーダ

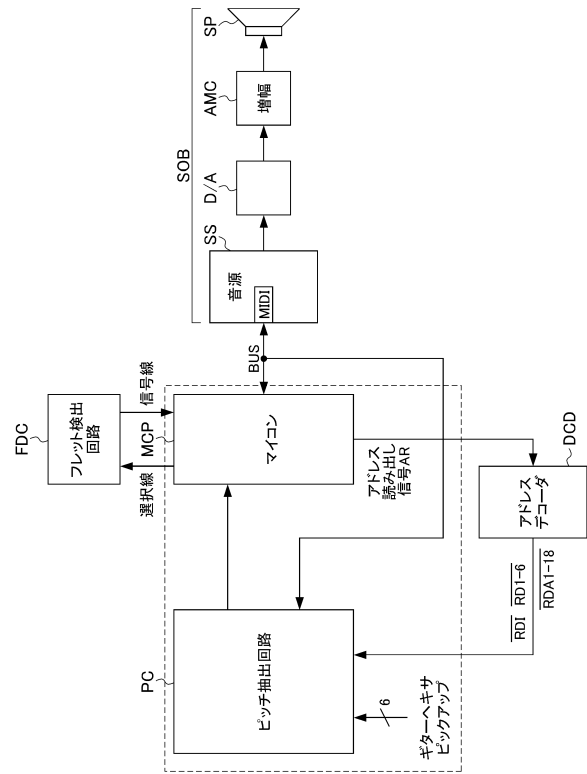
10

20

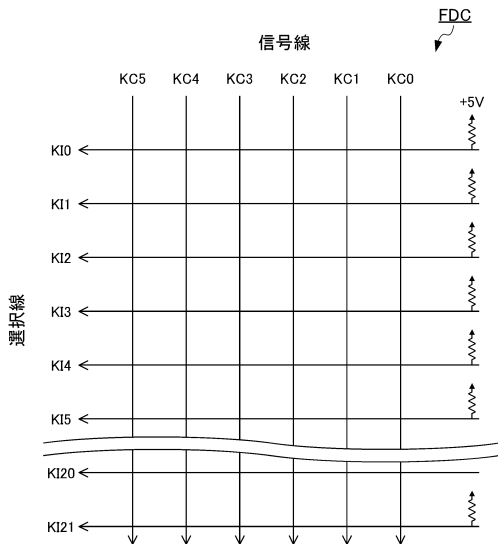
【図1】



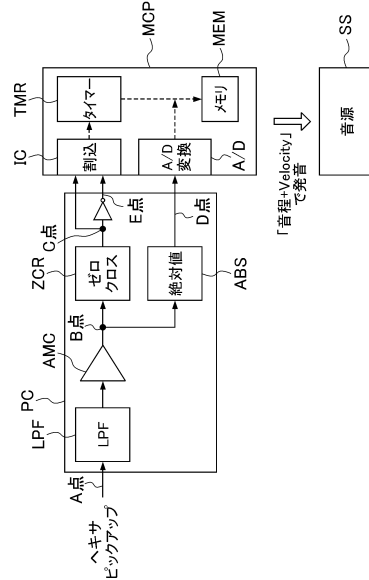
【図2】



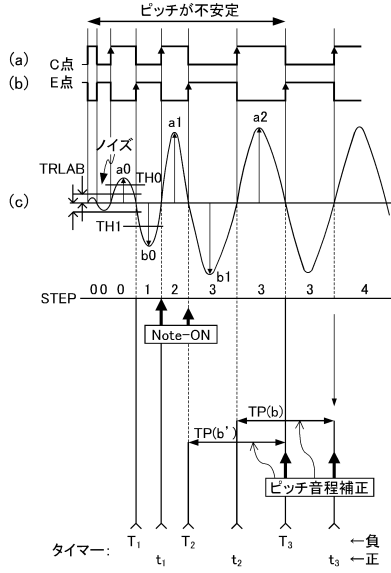
【図3】



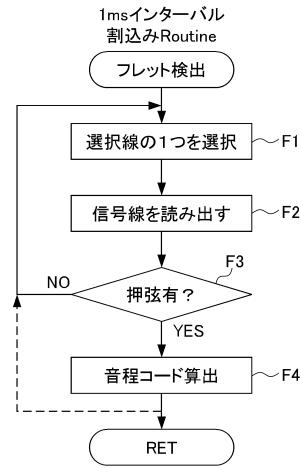
【図4】



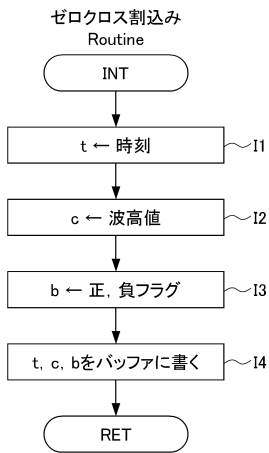
【図5】



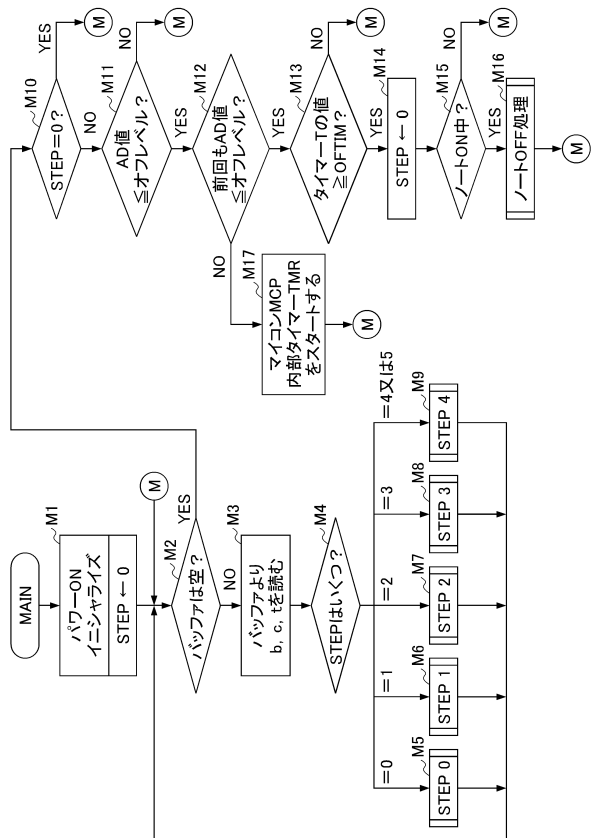
【図6】



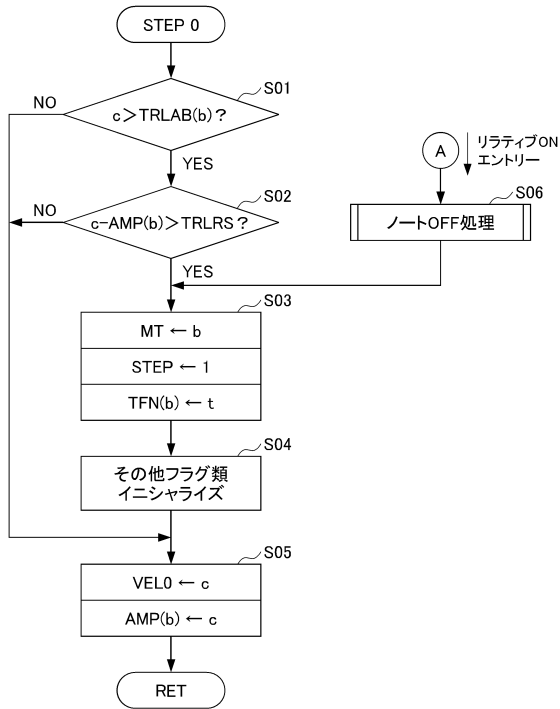
【図7】



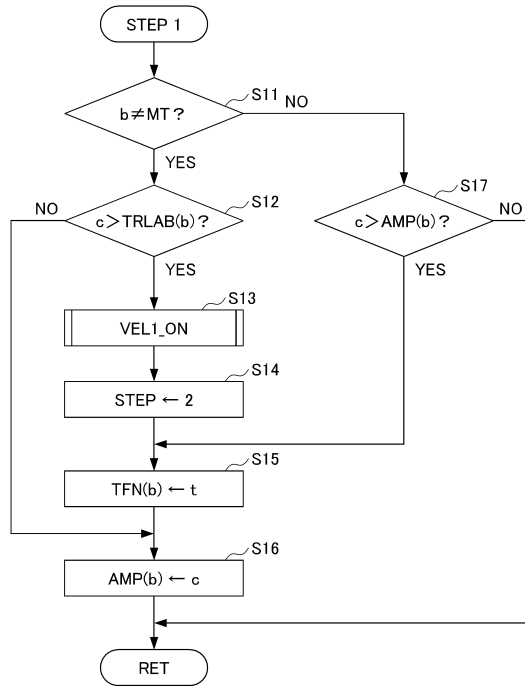
【図8】



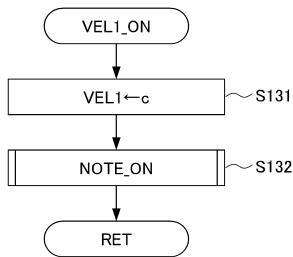
【図9】



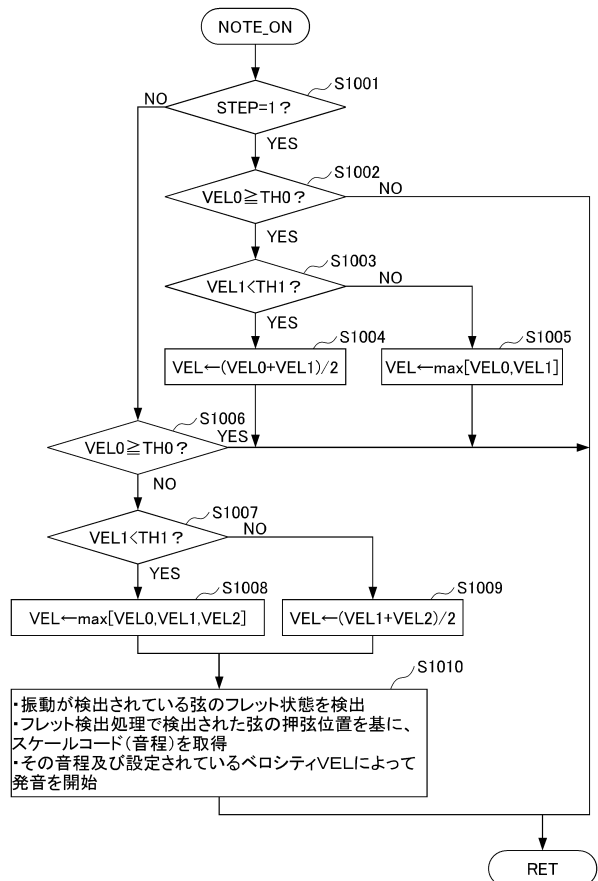
【図10】



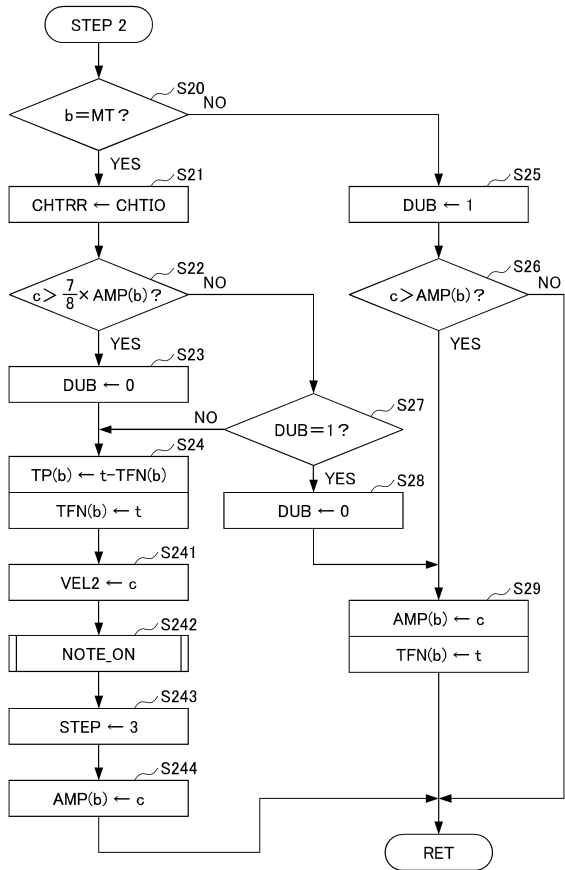
【図11】



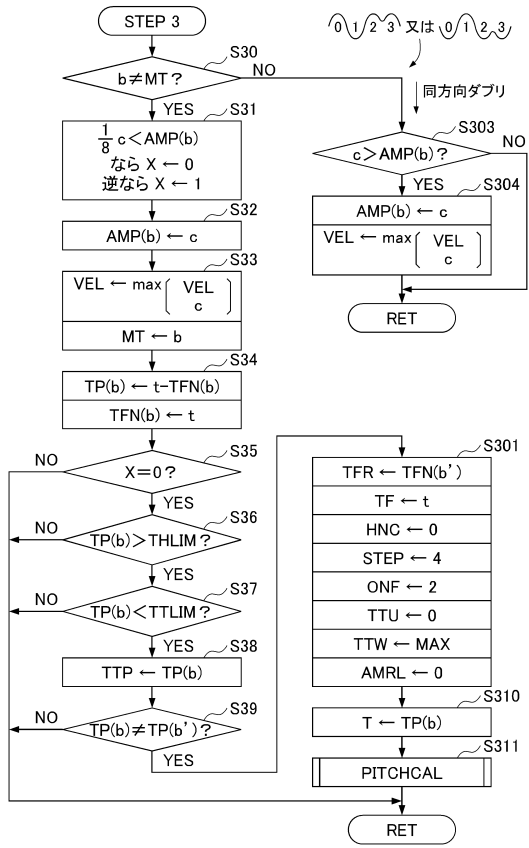
【図12】



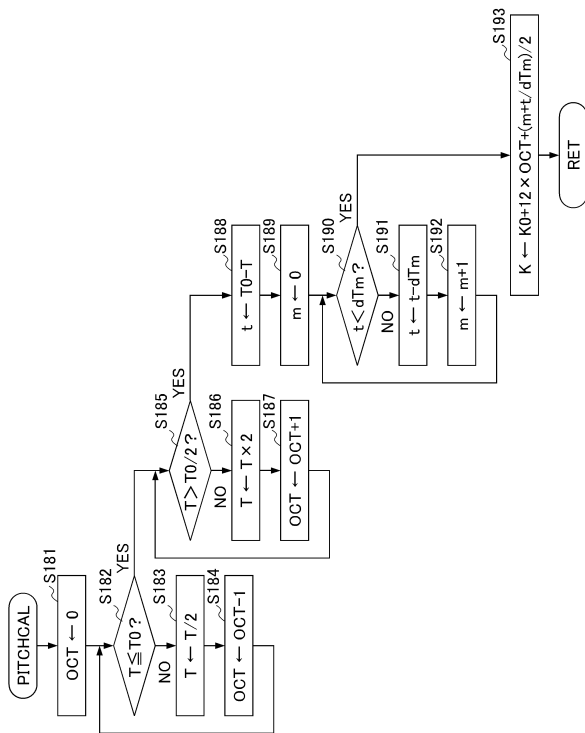
【図13】



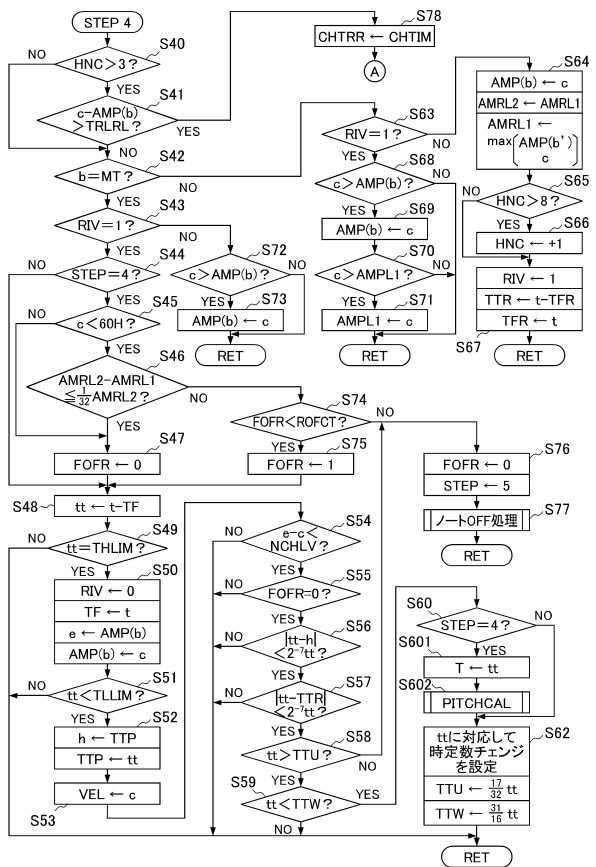
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平01-279297(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10H 1/00

G10H 1/34