

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3887968号
(P3887968)

(45) 発行日 平成19年2月28日(2007.2.28)

(24) 登録日 平成18年12月8日(2006.12.8)

(51) Int. Cl.

F I

G 1 O H 1/34 (2006.01)

G 1 O H 1/34

G 1 O H 1/053 (2006.01)

G 1 O H 1/053

D

G 1 O F 1/02 (2006.01)

G 1 O F 1/02

請求項の数 4 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願平10-265533	(73) 特許権者	000004075 ヤマハ株式会社 静岡県浜松市中沢町10番1号
(22) 出願日	平成10年9月18日(1998.9.18)	(74) 代理人	100098084 弁理士 川▲崎▼ 研二
(65) 公開番号	特開2000-99029(P2000-99029A)	(74) 代理人	100104798 弁理士 山下 智典
(43) 公開日	平成12年4月7日(2000.4.7)	(72) 発明者	浦 智行 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内
審査請求日	平成16年11月24日(2004.11.24)	(72) 発明者	佐々木 力 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内
		審査官	板橋 通孝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鍵盤楽器および鍵速度判定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

押下されていない状態の鍵位置であるレスト位置と、押下しきった状態の鍵位置であるエンド位置の間に、前記レスト位置から前記エンド位置に向かって順に、第1の鍵位置、第2の鍵位置、第3の鍵位置、第4の鍵位置が定められており、鍵が押下されると、前記第1の鍵位置における鍵速度である第1の鍵速度と、前記第1の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第2の鍵速度と、前記第2の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第3の鍵速度とを算出する算出手段と、前記算出手段により算出された第1の鍵速度と第2の鍵速度を比較する比較手段と、前記比較手段による比較の結果、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度より小さかった場合は、前記第3の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする一方、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度以上であった場合は、前記第2の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする鍵速度決定手段と

10

を具備することを特徴とする鍵盤楽器。

【請求項2】

押下されていない状態の鍵位置であるレスト位置と、押下しきった状態の鍵位置であるエンド位置の間に、前記レスト位置から前記エンド位置に向かって順に、第1の鍵位置、第2の鍵位置、第3の鍵位置、第4の鍵位置が定められており、鍵が押下されると、前記第1の鍵位置における鍵速度である第1の鍵速度と、前記第1の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第2の鍵速度と、前記第2の鍵位置から前記第

20

4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第3の鍵速度とを算出する算出手段と、
 前記算出手段により算出された第1の鍵速度と第2の鍵速度を比較する比較手段と、
 前記比較手段による比較の結果、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度より小さかった
 場合は、指付け打鍵であると判定する一方、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度以上で
 あった場合は、指離し打鍵であると判定する奏法判定手段と、
 前記奏法判定手段により指付け打鍵であると判定された場合は、前記第3の鍵速度を前
 記押下された鍵の鍵速度とする一方、前記判定手段により指離し打鍵であると判定された
 場合は、前記第2の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする鍵速度決定手段と
 を具備することを特徴とする鍵盤楽器。

【請求項3】

押下されていない状態の鍵位置であるレスト位置と、押下しきった状態の鍵位置である
 エンド位置の間に、前記レスト位置から前記エンド位置に向かって順に、第1の鍵位置、
 第2の鍵位置、第3の鍵位置、第4の鍵位置が定められており、鍵が押下されると、前記
 第1の鍵位置における鍵速度である第1の鍵速度と、前記第1の鍵位置から前記第4の鍵
 位置までの区間における平均鍵速度である第2の鍵速度と、前記第2の鍵位置から前記第
 4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第3の鍵速度とを算出する算出手段と、
 前記算出手段により算出された第1の鍵速度と第2の鍵速度を比較する比較手段と、
 前記比較手段による比較の結果、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度より小さかった
 場合は、前記第3の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする一方、前記第1の鍵速度が
 前記第2の鍵速度以上であった場合は、前記第2の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度と
 する鍵速度決定手段と
 を具備することを特徴とする鍵速度判定装置。

【請求項4】

押下されていない状態の鍵位置であるレスト位置と、押下しきった状態の鍵位置である
 エンド位置の間に、前記レスト位置から前記エンド位置に向かって順に、第1の鍵位置、
 第2の鍵位置、第3の鍵位置、第4の鍵位置が定められており、鍵が押下されると、前記
 第1の鍵位置における鍵速度である第1の鍵速度と、前記第1の鍵位置から前記第4の鍵
 位置までの区間における平均鍵速度である第2の鍵速度と、前記第2の鍵位置から前記第
 4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第3の鍵速度とを算出する算出手段と、
 前記算出手段により算出された第1の鍵速度と第2の鍵速度を比較する比較手段と、
 前記比較手段による比較の結果、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度より小さかった
 場合は、指付け打鍵であると判定する一方、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度以上で
 あった場合は、指離し打鍵であると判定する奏法判定手段と、
 前記奏法判定手段により指付け打鍵であると判定された場合は、前記第3の鍵速度を前
 記押下された鍵の鍵速度とする一方、前記判定手段により指離し打鍵であると判定された
 場合は、前記第2の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする鍵速度決定手段と
 を具備することを特徴とする鍵速度判定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、自動演奏ピアノ等の鍵盤楽器や、その鍵センサに用いて好適な鍵速度判定装
 置に関する。

【0002】

【従来の技術】

周知のように、近年にあつては、記録した演奏情報（あるいは外部から供給される演奏情
 報）に応じて自動演奏する自動演奏ピアノが各種実用化されている。この自動演奏ピアノ
 においては、キーの動きを検出するためのキーセンサが設けられ、演奏記録時においてキ
 ーの挙動を検出するようにしている。また、所定の機構を作動させることにより、ハンマ
 ーの打弦を抑制して消音させる消音ピアノも開発されているが、この消音ピアノでは、消
 音時にはキーの動きをキーセンサによって検出し、これにより電子的に楽音を発生するよ

10

20

30

40

50

うにしている（特開平9-54584号公報等）。

【0003】

ここで、上記公報における鍵速度（ベロシティ）の検出方法の概要を図29を参照し説明する。図においてレスト位置とは、押下されていない状態の鍵位置であり、エンド位置とは鍵を押下しきった状態の鍵位置である。レスト位置にある鍵に軽く指を乗せて力を加え続けると、鍵は徐々に加速され図示のような軌跡を描く。なお、このような奏法を「指付け打鍵」という。

【0004】

自動演奏ピアノにおいて演奏記録を行う場合は、この鍵軌跡がサンプリングされ、鍵軌跡が所定の鍵位置K1～K4に達した時刻が順次記憶される。そして、最終的なベロシティは、原則として、鍵軌跡が鍵位置K2からK4に達するまでの時間、すなわち鍵位置K2からK4の区間における平均速度に基づいて決定される。なお、ベロシティの算出において鍵位置K1からK2迄の時間を原則として算入しない理由は、この区間における鍵の挙動はハンマーの挙動に影響しない場合が多く、この区間の鍵速度を加味するとベロシティの算出が不正確になる場合が多いことに鑑みてである。

10

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、鍵の奏法には「指離し打鍵」と称するものがある。これは、高い位置から指を振り下ろすようにして打鍵を行う奏法である。強いタッチの指離し打鍵においては、指が鍵に当接した時点で鍵が自由回転を開始し、指と鍵とは非接触あるいは非接触に近い状態になる。ここで、指離し打鍵における鍵軌跡の例を図30に示す。

20

【0006】

図において鍵軌跡はレスト位置からエンド位置に向かってほぼ直線状に変化しているが、図示の「A」に示す部分に段が形成されている。これは、メカニカルな伝達系におけるフェルトやクロスの粘弾性に起因するものであり、タッチの強さやキーに応じて現れる位置や大きさが異なる。かかる場合に鍵位置がK2からK4に達する迄の時間に基づいてベロシティを算出すると、ベロシティが不正確になるという問題が生じる。

この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであり、正確なベロシティが得られる鍵盤楽器および鍵速度判定装置を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため本発明に係る鍵盤楽器は、押下されていない状態の鍵位置であるレスト位置と、押下しきった状態の鍵位置であるエンド位置の間に、前記レスト位置から前記エンド位置に向かって順に、第1の鍵位置、第2の鍵位置、第3の鍵位置、第4の鍵位置が定められており、鍵が押下されると、前記第1の鍵位置における鍵速度である第1の鍵速度と、前記第1の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第2の鍵速度と、前記第2の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第3の鍵速度とを算出する算出手段と、前記算出手段により算出された第1の鍵速度と第2の鍵速度を比較する比較手段と、前記比較手段による比較の結果、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度より小さかった場合は、前記第3の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする一方、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度以上であった場合は、前記第2の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする鍵速度決定手段とを具備することを特徴とする。

30

40

また、本発明に係る鍵盤楽器は、押下されていない状態の鍵位置であるレスト位置と、押下しきった状態の鍵位置であるエンド位置の間に、前記レスト位置から前記エンド位置に向かって順に、第1の鍵位置、第2の鍵位置、第3の鍵位置、第4の鍵位置が定められており、鍵が押下されると、前記第1の鍵位置における鍵速度である第1の鍵速度と、前記第1の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第2の鍵速度と、前記第2の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第3の鍵速度とを算出する算出手段と、前記算出手段により算出された第1の鍵速度と第2の鍵

50

速度を比較する比較手段と、前記比較手段による比較の結果、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度より小さかった場合は、指付け打鍵であると判定する一方、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度以上であった場合は、指離し打鍵であると判定する奏法判定手段と、前記奏法判定手段により指付け打鍵であると判定された場合は、前記第3の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする一方、前記判定手段により指離し打鍵であると判定された場合は、前記第2の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする鍵速度決定手段とを具備することを特徴とする。

さらに、本発明に係る鍵速度判定装置は、押下されていない状態の鍵位置であるレスト位置と、押下しきった状態の鍵位置であるエンド位置の間に、前記レスト位置から前記エンド位置に向かって順に、第1の鍵位置、第2の鍵位置、第3の鍵位置、第4の鍵位置が定められており、鍵が押下されると、前記第1の鍵位置における鍵速度である第1の鍵速度と、前記第1の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第2の鍵速度と、前記第2の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第3の鍵速度とを算出する算出手段と、前記算出手段により算出された第1の鍵速度と第2の鍵速度を比較する比較手段と、前記比較手段による比較の結果、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度より小さかった場合は、前記第3の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする一方、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度以上であった場合は、前記第2の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする鍵速度決定手段とを具備することを特徴とする。

また、本発明に係る鍵速度判定装置は、押下されていない状態の鍵位置であるレスト位置と、押下しきった状態の鍵位置であるエンド位置の間に、前記レスト位置から前記エンド位置に向かって順に、第1の鍵位置、第2の鍵位置、第3の鍵位置、第4の鍵位置が定められており、鍵が押下されると、前記第1の鍵位置における鍵速度である第1の鍵速度と、前記第1の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第2の鍵速度と、前記第2の鍵位置から前記第4の鍵位置までの区間における平均鍵速度である第3の鍵速度とを算出する算出手段と、前記算出手段により算出された第1の鍵速度と第2の鍵速度を比較する比較手段と、前記比較手段による比較の結果、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度より小さかった場合は、指付け打鍵であると判定する一方、前記第1の鍵速度が前記第2の鍵速度以上であった場合は、指離し打鍵であると判定する奏法判定手段と、前記奏法判定手段により指付け打鍵であると判定された場合は、前記第3の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする一方、前記判定手段により指離し打鍵であると判定された場合は、前記第2の鍵速度を前記押下された鍵の鍵速度とする鍵速度決定手段とを具備することを特徴とする。

【0008】

【発明の実施の形態】

1. 実施形態の構成

以下、図面を参照してこの発明の実施形態について説明する。なお、この実施形態は、本発明を消音機構付きの自動演奏ピアノに適用した例である。図2は、本実施形態におけるキーの構造を示す側面図である。図において、10はキーであり、バランスピンBPを中心に揺動する。このキー10の下部には、板状のシャッタKSが設けられており、シャッタKSの下方にはセンサボックスSBが設けられている。センサボックスSBは、棚板11の上面に取り付けられており、キー10の位置に応じた量だけシャッタKSが進入するようになっている。

【0009】

ここで、図3はセンサボックスSBの内部を示す概略図であり、図において221は発光側センサヘッドである。この発光側センサヘッド221は、光ファイバを介してLED224から光を供給されて、直径約5mm程度の光ビームを出力する。222は、受光側センサヘッドであり、発光側センサヘッド221が照射する光ビームを受光する。その受けられた光は、光ファイバを介してフォトダイオード225へ送られ、そのフォトダイオード225は光量に応じた信号Saを出力する。

【0010】

10

20

30

40

50

この場合、発光側センサヘッド 2 2 1 から照射される光ビームは、シャッタ K S の位置に応じた分だけ遮蔽されるようになっており、この結果、受光側センサヘッド 2 2 2 の受光量はシャッタ K S の位置、すなわち、キー 1 0 の位置に応じて変化する。したがって、フォトダイオード 2 2 5 の出力信号 S a は、キー 1 0 の位置を反映するアナログ値となり、例えば、図 4 に示すような特性となる。なお、この図においてレスト位置とは、キー 1 0 の初期位置であり、また、エンド位置とはキー 1 0 を押し切った位置である。ところで、図 1、図 2 および図 5 に示す S O L は、ソレノイドであり、励磁されるとプランジャ P・S O L が突出してキー 1 0 の右端側（演奏者に対して奥側）を押し上げ、演奏者による押鍵と同様の鍵動作を行わせる。

【 0 0 1 1 】

次に、図 5 は、この実施形態におけるピアノアクションの構成を示す側面図である。本実施形態においては、押鍵に応じた打弦を行う通常演奏モードと、押鍵があっても打弦を抑制して弦から発音させない消音演奏モードとがあり、以下、図 5 を参照して、各モードにおけるピアノアクションの動作について説明する。

【 0 0 1 2 】

(1) 通常演奏時の動作 押鍵が行われると、ウイペン 2 3 はキャプスタン 1 2 によって突き上げられ、ピン 2 2 a を中心として時計回りに回転する。これにより、ジャック大 2 6 a がバット 4 1 を突き上げてハンマーアッセンブリ 4 0（バット 4 1、ハンマー 4 4、キャッチャー 4 6 等からなる）を時計回りの方向へ回転させ、ハンマー 4 4 が弦 S を打撃する。この打弦操作時において、ジャック 2 6 は、その回転途中でジャック小 2 6 b がレギュレーティングボタン 3 4 に当接することにより、時計方向への回転が阻まれる。一方、ウイペン 2 3 は回転を継続しているため、ジャック 2 6 は、レギュレーティングボタン 3 4 を支点としてウイペン 2 3 に対して反時計方向へ相対的に回転し、これにより、ジャック大 2 6 a の上端面がバット 4 1 の下面から図中左方向へ逃げ、バット 4 1 との非当接位置に移動する。そして、ハンマー 4 4 による打弦後のハンマーアッセンブリ 4 0 の回転復帰の動作は、キャッチャー 4 6 がバックチェック 3 8 に当接することにより一時的に停止され、その間にジャック 2 6 は、キー 1 0 の復帰動作に伴うウイペン 2 3 の回転復帰に連動し、ジャック大 2 6 a の上端部は再びバット 4 1 の下部に入り込み、次の打弦動作を可能にする。

【 0 0 1 3 】

(2) 消音演奏時の動作 次に、消音演奏状態にするには、所定の操作を行ってストッパー 6 6 を実線で示す水平状態から回転させて下方へ向けて鎖線で示す状態にする。本実施形態においては、ストッパー 6 6 はアクチュエータ 7 7（図 1 参照）によって駆動されるが、これに代えて、ストッパー 6 6 に連動するレバーやペダルを設けておき、これら进行操作することによってストッパー 6 6 を回転させてもよい。また、本実施形態においては、ストッパー 6 6 は、キャッチャー 4 6 の回転を阻止することで、ハンマーアッセンブリ 4 0 全体の回転を阻止するようにしているが、ハンマーアッセンブリ 4 0 の他の部分を阻止することでハンマーアッセンブリ 4 0 全体の回転を阻止するようにしてもよい。

【 0 0 1 4 】

さて、ストッパー 6 6 が回転した状態で押鍵が行われると、ウイペン 2 3 はキャプスタン 1 2 によって突き上げられ、ピン 2 2 a を中心として時計回りに回転する。これにより、ジャック大 2 6 a がバット 4 1 を突き上げてハンマーアッセンブリ 4 0 を時計回りの方向へ回転させる。次に、ジャック小 2 6 b がレギュレーティングボタン 3 4 に当接することにより、ジャック大 2 6 a の上端面がバット 4 1 の下面から図中左方向に逃げる。その間、ハンマーアッセンブリ 4 0 は慣性力で回転を続けるが、弦 S に当たる手前でキャッチャー 4 6 がストッパー 6 6 に当接し、反時計回りの方向へ跳ね返される。その後のハンマーアッセンブリ 4 0 等の復帰動作は通常演奏の場合と同様である。なお、消音演奏時においては、電子的に楽音が形成されるが、これについては後述する。上述した通常演奏時および消音演奏時における押鍵は、演奏者による押鍵であっても、また、ソレノイド S O L による押鍵であっても、全く同様の動作となる。

10

20

30

40

50

【0015】

次に、図1は、本実施形態の制御回路の構成を示すブロック図である。図において、201は装置各部を制御するCPUであり、202はプログラムや各種テーブルが記憶されているROMである。203は各種データが一時記憶されるワーキングエリアや、各種処理に用いられるテーブルが設定されているRAMである。204は種々のスイッチが設けられているパネルスイッチ部であり、この中には前述した通常演奏と消音演奏を切り換えるための通常/消音切替スイッチSWが設けられている。ここで、通常/消音切替スイッチSWが押されると、そのスイッチ信号がCPU201に検出され、この結果、CPU201はアクチュエータ駆動回路208を制御してアクチュエータ77を回動させる。これにより、ストッパー66が図5に示す鎖線の位置に移動し、消音演奏モードになる。そして、通常/消音切替スイッチSWを再び押すと、CPU201はアクチュエータ駆動回路208を制御して、アクチュエータ77を反対方向に駆動させる。この結果、ストッパー66は図5に示す実線位置に戻り、通常演奏モードになる。このように、通常/消音切替スイッチSWを押す毎に、通常演奏モードと消音演奏モードとが交互に切り替わる。

10

【0016】

次に、210は音源回路であり、CPU201から供給されるキー番号(キーコードともいう)、ペロシティ(押鍵の強さに対応したデータ)、キーオン信号KON、キーオフ信号KOFおよびリリースレートRL等に基づいてピアノ音の楽音信号を生成し、スピーカSPまたはヘッドホンHHに供給する。この場合、キーオン信号KONが供給されると、アタック、ディケイ、サステインの各部分のエンベロープ制御を行い、さらに、リリース期間のエンベロープ制御としてリリースレートRLに基づく減衰制御を行う。なお、楽音信号の振幅(音量)は、ペロシティKVに基づいて制御される。また、音源回路210は、16個の発音チャンネルを有しており、これにより、16音の同時発音が可能になっている。

20

【0017】

次に、223は、前述したフォトダイオード225(図3参照)の出力信号をデジタル信号に変換するA/D変換器であり、その出力信号はCPU201に読み取られるようになっている。本構成では、センサマトリクス方式が採用されており、12個のLED224と8個のフォトダイオード225を使って88鍵分のデータ(88<12×8)を読み取るようになっている。すなわち、12個のLED224は、各々8個の発光側センサヘッド221に接続されており、また、各発光側センサヘッド221に対応する受光側センサヘッド222は、各々フォトダイオード225に接続される。この時、1つのフォトダイオードが12個の受光側センサヘッドを受け持つように接続される。そして、ある1つのLEDだけを点灯させ、その時の8個のフォトダイオードの出力を読み、次に、また別のLEDを1つだけ点灯させて8個のフォトダイオードの出力を読むというように順次データを獲得する。また、本構成ではハードウェアの制約から、一度に4個のフォトダイオードの出力をA/D変換するようになっている。これら受発光センサヘッド221、222、LED224、およびフォトダイオード225等でフォトセンサを構成している。

30

【0018】

CPU201は、A/D変換器223によってデジタル値に変換された各キーの位置情報に基づいて各キーの状態を認識し、これに基づいて、ペロシティ、キーオン信号KON、キーオフ信号KOFおよびリリースレートRLを生成する。また、CPU201は、スキャン操作に応じて、いずれのキーについての位置情報かを認識し、これに基づいてキー番号KNを出力する。

40

【0019】

次に、250はFDドライバであり、フロッピーディスク251に対して、演奏情報の書込/読出を行う。この場合の演奏情報は、前述したペロシティ、キー番号KN、キーオン信号KON、キーオフ信号KOFおよびリリースレートRLであり、MIDI情報に変換されて書き込まれる。また、フロッピーディスク251から読み出された演奏情報は、RAM203に一旦格納された後、楽曲の進行に応じて読み出され、ソレノイド駆動回路2

50

60に供給される。ソレノイド駆動回路260は、演奏情報に応じたソレノイド駆動信号を作成し、ソレノイドSOLに供給する。これによって、各キー毎に設けられているソレノイドSOLが駆動され、演奏情報に基づいた自動演奏が行われる。

【0020】

2. 実施形態の動作

(1) しきい値設定動作

次に、上述した構成によるこの実施形態の動作について説明するが、始めに、キーストロークの所定位置に設定されるしきい値について説明する。この実施形態においては、しきい値を超えたことが検出された時刻や位置に基づいて、後述するキー・ステートの決定やペロシティの決定などが行われる。また、この実施形態においては、キー・ステートに基づいて、楽音制御が行われるようになっており、このため、しきい値の設定は極めて重要な事項となる。

10

【0021】

ここで、しきい値には、図6に示すように、レスト位置からエンド位置へ向けて順次設定される $K_1 \sim K_4$ と、しきい値 K_2 と K_3 との間に設定される K_{2A} とがある。上述したしきい値 $K_1 \sim K_4$ および K_{2A} は、キー・ステートの決定に用いられ、特に、しきい値 K_{2A} は、リリース時におけるエンベロープ制御にも用いられる。なお、図6に示す曲線C1は、一般的なキー軌跡の一例である。

【0022】

始めに、装置に電源が投入されると、CPU201は、各レジスタやRAM203を初期化し、また、割込処理を許可した後に、以下のようなしきい値設定動作を行う(図17のステップS1, 2参照)。まず、CPU201は、A/D変換器223によってデジタルデータに変換されたフォトダイオード225の出力信号を、4キー分ずつ受け取る。ここで、CPU201は、4キー分ずつのA/D変換情報を、第0～第23の検出チャンネルのデータとして受け取る。なお、この実施形態のキー数は88鍵であるから、実際には第0～第21の検出チャンネルを設定すれば足りるが($22 \times 4 = 88$)、ハードウェアの関係から0～95を1周期とするため、第0～第23の検出チャンネルが設定されている。

20

【0023】

さて、電源投入直後においては、全てのキーは押されていない状態にあるから、CPU201が受け取るデータは、全て各キーのレスト位置のデータとなる。次に、CPU201は、各キーのレスト位置に対して所定の演算を行い、しきい値 $K_1 \sim K_4$ および K_{2A} を算出する。

30

【0024】

この実施形態の場合は、レスト位置データを X_r とした場合に、所定の係数 r_i ($i = 1 \sim 4$ および $2A$)を乗算することによって各しきい値を得る。すなわち、 $K_1 = X_r \times r_1$ $K_2 = X_r \times r_2$ $K_3 = X_r \times r_3$ $K_4 = X_r \times r_4$ $K_{2A} = X_r \times r_{2A}$ という演算によって各しきい値が求められる。各係数 $r_1 \sim r_4$ および r_{2A} は、キーの状態を識別するのに適した値が実験等によって求められ、例えば、白鍵と黒鍵のそれぞれについて、実験値の平均が設定される。

40

【0025】

以上の演算によって求められた各しきい値は、RAM203の所定エリアに記憶される。ここで、図7に、RAM203内に設定されているキー情報用のテーブルを示す。この図においてはマトリックス状に表示してあり、横方向にはキー番号が示されている。ただし、実際のキーは第0番から第87番までであるが、各キーの現在位置を示すKEY-POSの行(詳細は後述)には、ハードウェアの関係上、第95番までのキー番号が付されている。

【0026】

また、図に示すKEY-RSTの行は、キーのレスト位置情報が記憶される行であり、上述した処理によってCPU201が読み取った各キーのレスト位置情報は、対応するキー

50

番号のエリアに記憶される。同様に、THR - K 1、THR - K 2、THR - K 3、THR - K 4 および THR - K 2 A の行は、各々しきい値 K 1、K 2、K 3、K 4 および K 2 A を記憶する行であり、上述の演算によって求められた各しきい値が、対応するキー番号のエリアに記憶される。また、KEY - STATE の行は、キー・ステート（キーの状態）が記憶される行であり、また、TBL - NUM はテーブルナンバーが記憶される行である。テーブルナンバーとは、押下されたキーについての発音を制御するための発音制御テーブルのナンバーである。この実施形態においては、音源回路 210 の 16 個の発音チャンネル（同時発音可能チャンネル）に合わせて、第 0 ~ 第 15 の発音制御テーブルが用意されている。すなわち、発音制御テーブルによって指示された発音情報が、16 個の発音チャンネルに適宜割り当てられて発音される。KEY - TIM 行は、キーの位置情報が AD 変換された時刻を示す。K 0 および K 0 - TIM には、各々上記 KEY - POS および KEY - TIM の内容が必要に応じてコピーされる。

10

【0027】

ここで、図 8 に発音制御テーブルの内容を示す。この発音制御テーブルは、RAM 203 内の所定エリアに設けられ、後述する処理によってその内容が適宜書き込まれるようになっている。また、図 8 においてはマトリクス状に表示してあり、横方向にはテーブル番号が示されている。そして、KEY - NUM の行には、テーブルが割り当てられたキーの番号が書き込まれ、OVR - K 1 ~ OVR - K 3 には、しきい値 K 1 ~ K 3 を越えたときのキーの位置が各々書き込まれるようになっている。同様に、OVK 1 - TIM ~ OVK 3 - TIM の行には、しきい値 K 1 ~ K 3 を越えたときの時刻（検出時刻）が書き込まれるようになっている。この実施形態においては、各キーの位置情報は、所定のタイミングで検出するようにしており（図 13 参照）、このため、各キーがしきい値に達するタイミングと検出タイミングとが一致するとは限らない。そこで、上述のように、各キーがしきい値を越えたときの位置と時刻とを対にして記憶するようにしている。また、上述の時刻データは、2 バイトのデータ長になっている。

20

【0028】

(2) ベロシティの基本演算

次に、図 8 に示す VELOCITY の行には、ベロシティ（押鍵速度に対応）が書き込まれる。この場合のベロシティの基本的な算出は、以下のようにして行われる。

【0029】

まず、あるしきい値 K_i ($i = 1 \sim 3$) を越えたときのキー位置を d_1 とし、それより大きいしきい値 K_j ($j = 2 \sim 4$, $j > i$) を越えたときのキー位置を d_2 とする。また、これらのしきい値を越えたときの時刻を各々 t_1 、 t_2 とすると、CPU 201 においては、まず、以下の計算を行う。 $(d_1 - d_2) \times 2^8 \div (\text{レスト位置データ}) \times 2^8 =$ (正規化された変位) ここで、 $d_1 - d_2$ はキーの移動距離（変位）である。 d_1 から d_2 を減算しているのは、キー位置データがレスト位置からエンド位置に向かって小さくなるように出力されるからである。また、レスト位置データで除しているのは、各キーのレスト位置のばらつきを正規化するためであり、 2^8 を乗じているのは時刻データのバイト数（2 バイト）と合わせるためである。以上のようにして、正規化された変位が演算されると、これを時刻データの差（移動時間）で除して速度を求める。すなわち、次の演算を行う。 $(\text{正規化された変位}) \div (t_2 - t_1) \div 2^8 =$ (速度データ) なお、この演算において 2^8 で除しているのは、データ長を再び 1 バイトに戻すためである。

30

40

【0030】

次に、CPU 201 は、以上のようにして求められた鍵の速度を表す速度データを、図 11 に示すテーブル TB 2 を参照してハンマーの打弦速度を表すハンマーベロシティに変換する。テーブル TB 2 は、速度データ x に対し、所定の演算に従う変換曲線によって、キーについての速度データを MIDI 規格によるハンマーベロシティに変換するとともに、フォトセンサの非線形特性を補正する。実際には、これら 2 つの変換を同時に行うような変換曲線が設定されている。この場合、このテーブル TB 2 は、ROM 202 内に設定されている。

50

【 0 0 3 1 】

次に、図 1 1 に示すテーブル T B 3 - 2 ~ T B 3 - 4 は、各々ダウンカウンタ出力テーブルであり、テーブル T B 2 が出力するベロシティに基づき、当該ベロシティでハンマーが運動を続けた場合の打弦までの時間データ（ダウンカウンタ値）を出力する。打弦までの時間は、キー速度を算出したときの位置、すなわち、どのしきい値を通過していたかによって異なる。このため、上述の d 2 がどのしきい値を超えたときのデータであるかによって、ダウンカウンタ出力テーブル T B 3 - 2 ~ T B 3 - 4 のいずれかが選択される。すなわち、しきい値 K 2、K 3、K 4 に対応して、ダウンカウンタ出力テーブル T B 3 - 2、T B 3 - 3、T B 3 - 4 が適宜選択される。

【 0 0 3 2 】

さて、テーブル T B 2 から出力されるベロシティおよびダウンカウンタ出力テーブル T B 3 - 2 ~ T B 3 - 4 から出力されるダウンカウンタ値は、各々図 8 に示す V E L O C I T Y および D W N - C N T R の行に書き込まれる。この場合、ベロシティは、キーが新たなしきい値を通過すると再計算されるが（詳細は後述）、再計算によるベロシティの方が大きい場合にのみ、該当するエリアの値が更新される。また、ダウンカウンタ値は、所定の周期でダウンカウンタされ、その値が「0」になると、そのキーについてのキー番号とベロシティが音源回路 2 1 0 に供給されて発音されるようになっている。

【 0 0 3 3 】

(3) 各種処理ルーチンの関係

次に、各種処理ルーチンについて説明するが、始めに、各ルーチンの時間的な関係について説明する。この実施形態においては、メインルーチン（分岐するルーチンを含む）、A / D 割込みルーチンおよびタイマ割込みルーチンがあり、それぞれのタイミング的關係は、図 1 2 に示すようになっている。ここで、同図に示す（ロ）がメインルーチンの処理タイミングである。メインルーチンは、発音制御における主な処理を行うルーチンであり、大半の処理はここにおいて行われる。

【 0 0 3 4 】

次に、同図（イ）は、タイマ割込みルーチンであり、1 0 0 μ s 毎に割込で起動される。このルーチンは、時間計測に用いられるタイマ値を更新する処理や、上述したダウンカウンタ値を減算する処理を行う。また、同図（ハ）は、A / D 割込みルーチンであり、約 1 m s e c 毎に割込で起動される。この A / D 割込みルーチンは、フォトダイオード 2 2 5 の出力信号を 4 キー分ずつ読み込む処理を行う。前述のタイマ割込み処理ルーチンと A / D 割込み処理ルーチンとが競合する場合は、タイマ割込み処理ルーチンが優先される。これはタイマ割込み処理ルーチンが所定周期で起動されないと、タイマの値に誤差が生じるからである。なお、図 1 2 は、各処理ルーチンの動作タイミングを模式的に示すもので、それらの処理時間の割合を示すものではない。以下、各処理について、順次詳細に説明する。

【 0 0 3 5 】

(4) タイマ割込み処理

図 1 4 はタイマ割込み処理を示すフローチャートである。まず、図に示すステップ S P a 1 においては、タイマの値を 1 増加させる。この場合、タイマは C P U 2 0 1 内のレジスタによって構成されている。すなわち、図 1 0 に示す C P U 2 0 1 内のレジスタセットのうち、レジスタ E 6 がタイマとして機能する。

【 0 0 3 6 】

ここで、図 1 0 に示す各レジスタについて説明すると、図示のように、E n (n = 0 ~ 6)、R n H (n = 0 ~ 6)、および R n L (n = 0 ~ 6) の合計 2 1 個が設定されている。これらのうち本実施形態で特に機能を決めて使用しているのは、上述のレジスタ E 6 (タイマ) の他、以下の 6 つである。

【 0 0 3 7 】

まず、メインルーチン（詳細は後述）に関連して、レジスタ E 5 には A / D 変換の時刻が書き込まれ、レジスタ R 3 H にはキー・ステート（キーの状態）が書き込まれ、レジスタ

10

20

30

40

50

R 3 Lにはキーの現在位置が書き込まれ、レジスタR 4 Lにはテーブル番号が書き込まれ、レジスタR 5 Lにはキー番号が書き込まれる。そして、レジスタR 6 LにはA / D変換を行うチャンネルが書き込まれる。なお、その他のレジスタは、汎用レジスタとして使用される。

【 0 0 3 8 】

さて、ステップS P a 1の処理は、タイマ割込みが起動される毎に行われるから、タイマ値は1 0 0 μ 毎に1つずつ増加する。したがって、タイマ値は、現在時刻を示す値となる。次に、ステップS P a 2に進み、タイマ値が8の倍数であるか否かが判定される。この判定が「NO」の場合はそのままメインルーチンへ復帰し、「YES」の場合はステップS P a 3へ進む。この場合、ステップS P a 2の判定は、8 0 0 μ s毎に「YES」となる。

10

【 0 0 3 9 】

次に、ステップS P a 3においては、図8に示す各発音制御テーブルのダウンカウント値(DWN - CNT Rの行の各値)を各々1減算し、減算後の値が0の発音制御テーブルがあれば、音源回路2 1 0に対応するM I D I信号を出力する。すなわち、ダウンカウント値が0となったキーに対応するペロシティ、キー番号K Nおよびキー音信号K O Nを音源回路2 1 0の空きチャンネルに出力する。この結果、音源回路2 1 0はキー番号K Nに応じた音高で、かつ、ペロシティに応じたエンベロープを有する楽音を発生する。

【 0 0 4 0 】

また、ステップS P a 3においては、ダウンカウント値が0になったキーについては、そのキー・ステートをS O U N Dにし、図7に示すK E Y - S T A T E行の該当エリアを書き換える。さらに、そのキーについてのテーブル番号(図7に示すT B L - N U M行に書かれる番号)をクリアし、発音制御テーブルを解放する。すなわち、今まで当該キーが使用していた発音制御テーブルを解放し、他のキーの使用を許可する。ここで、キー・ステートがS O U N Dであるということは、そのキーについては発音がなされていることを意味する。

20

【 0 0 4 1 】

次に、ステップS P a 4に進み、タイマ値が8 1 9 2の倍数か否かが判定される。この判定が「NO」の場合は、メインルーチンに復帰し、「YES」の場合はステップS P a 5に進む。この場合、ステップS P a 4は、8 1 9 . 2 m s毎に「YES」となる。そして、ステップS P a 5においては、第0 ~ 第1 5の各発音制御テーブル毎に設けられたタイムオーバー検知用カウンタを各々1増加させる。タイムオーバー用カウンタは、R A M 2 0 3内に設定されており、そのカウンタ内容に基づいてキー・ステートがt i m e o v e rか否かが判断される。この場合、t i m e o v e rとは、キー・ステートが所定時間以上継続したことを示す。なお、タイムオーバーカウンタについては、図示を省略する。

30

【 0 0 4 2 】

(5) A / D 割込み処理

次に、A / D割込み処理について図1 3を参照して説明する。A / D変換器2 2 3は、C P Uの動きと並行して動作しており、4キー分のA / D変換が終わると割込み要求を発生し、これによりC P Uは、A / D割込み処理を開始する。まず、ステップS P b 1においては、A / D変換処理を停止させ、また、次のチャンネルのL E D 2 2 4を点灯させる。

40

【 0 0 4 3 】

次に、ステップS P b 2へ進み、4キー分の位置データおよびタイマ値(レジスタE 6の値)を、図7に示すK E Y - P O S行およびK E Y - T I M行の対応するエリアに書き込む。さらに、該タイマ値は、図9に示すテーブル(K E Y - T I M行のみ)にも書き込まれる。この場合の書き込みは、現在読み込んだ検出チャンネル番号に対応するエリアに行われる。図9に示すテーブルは、各検出チャンネルについての検出時刻(A / D変換時刻)を記憶するテーブルであり、R A M 2 0 3内に設けられている。

【 0 0 4 4 】

50

次に、ステップSPb3に進み、検出チャンネルの番号を1インクリメントし(ただし、「23」の次は「0」)、A/D変換をスタートさせて、メインルーチンに復帰する。ここで、上記処理におけるA/D変換のスタート/ストップのタイミングについては、図12の(八)、(二)に示す。

【0045】

(6)メインルーチン

次に、メインルーチン(分岐されるルーチンを含む)について説明する。このメインルーチンにおいては、キー・ステートを適宜設定する処理が行われるので、理解のために、まず、キー・ステート設定の概略について説明する。

【0046】

図15は、キーの軌跡の一例を示す図であり、図においては、時刻 t_1 においてレスト位置にあったキーが時刻 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 において、それぞれしきい値 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 を通過し、時刻 t_6 においてエンド位置に達している。このような軌跡は、一般的な押鍵の軌跡である。そして、この実施形態における原則的なキー・ステートは、キーがレスト位置からしきい値 K_1 の間にあるときにUPPER、しきい値 K_1 を超える場合にTOUCH-A、しきい値 K_2 を超えた場合にCOUNT-DOWN-0、しきい値 K_3 を超えた場合にCOUNT-DOWN-1、しきい値 K_4 を超えた場合にCOUNT-DOWN-2としている。また、発音がなされた場合のキー・ステートは、前述のようにSOUNDとする。

【0047】

また、時刻 t_6 から t_7 においてエンド位置にあったキーが離鍵され、時刻 t_8 、 t_9 、 t_{10} においてしきい値 K_4 、 K_3 、 K_2 を通過した場合は、しきい値 K_2 を通過するまではキー・ステートはSOUNDを維持し、しきい値 K_2 を通過した後にキーオフされてキー・ステートがHOLDになる。すなわち、離鍵過程にあるキーが、しきい値 K_2 を通過したときは、キー・ステートはHOLDとなる。

【0048】

また、時刻 t_{10} でHOLDとなったキーが、その後、レスト位置に戻ることなく再び押下されてしきい値 K_2 を超えると、キー・ステートはTOUCH-Bとなる。一方、TOUCH-Bとなったキーが、その状態を所定時間以上維持すると、キー・ステートはTIME-OVERとなる。また、押鍵速度が早い場合には、キー位置のサンプリング間隔において、2以上のしきい値を通過することがあり、この場合のキー・ステートはCOUNT-DOWN-3としている。図16は、このような押鍵があった場合の軌跡を示しており、この軌跡において、前回のサンプリングにおけるキー位置が点P1であり、今回のサンプリングにおけるキー位置が点P2であることが検出されると、COUNT-DOWN-3となる。同様に、前回サンプリング位置がP3で、今回サンプリング位置がP4の場合も、キー・ステートはCOUNT-DOWN-3となる。

【0049】

以上がこの実施形態におけるキー・ステート設定の概略であるが、実際には前のキー・ステートやその継続時間などによって適宜決定される。上述の説明はあくまで原則的なものである。次に、各処理ルーチンについて説明する。

【0050】

a:メインルーチン

図17は、メインルーチンの処理内容を示すフローチャートであり、電源が投入されると、ステップSP1の初期化およびステップSP2におけるしきい値計算処理が行われる。なお、これらの処理内容については、前述した「しきい値設定動作」の項において説明したので省略する。

【0051】

次に、ステップSP3に進むと、図10に示すレジスタR5Lに1を加える。ただし、レジスタR5Lの内容が「87」であれば0にする。すなわち、レジスタR5Lは、これから処理を行おうとするキーのキー番号が書き込まれるレジスタであり、0~87までを循

10

20

30

40

50

環する必要があるため、ステップSP3において歩進するようにしている。

【0052】

次に、ステップSP5に進み、レジスタR5Lが示すキーについてのA/D変換された位置データおよびA/D変換時刻をRAM203のテーブルのKEY-POS行(図7参照)およびKEY-TIM行(図9参照)から読み込み、レジスタR3LおよびE5に各々書き込む。この場合、前述したA/D割込み処理によって各テーブルには所定のデータが書き込まれている。そして、ステップSP6に進み、図7に示すKEY-STATE行から当該キーのキー・ステートを読み出し、図10に示すレジスタR3Hに書き込む。

【0053】

次いで、ステップSP7~SP12においては、レジスタR3Hに書き込まれたキー・ステートがUPPERか、COUNT-DOWNか(COUNT-DOWN1~3のいずれか)、TOUCH-Aか、SOUNDか、HOLDか、あるいはTIME-OVERかが判断され、「YES」であれば、それぞれに対応したステップ(分岐ルーチン)SP13, 14, 15, 16, 17あるいはSP18に進む。また、ステップSP7~12の全てにおいて「NO」と判断された場合は、そのキー・ステートはTOUCH-Bであるので、ステップSP19に進んでTOUCH-Bルーチンに入る。そして、各分岐ルーチンであるステップSP13~SP19のいずれかに進んだ後、それらの処理が終了すると、再び、ステップSP3に戻り、レジスタR5L内のキー番号を更新し、次のキーについて上述の処理を行う。このように、各キーについて、順次そのキー・ステートに対応した処理が行われる。次に、各分岐処理について説明する。

【0054】

b: UPPERルーチン

図18はUPPERルーチンの処理内容を示すフローチャートであり、ステップSPc1においては、レジスタR3Lのキー位置データがそのキーのしきい値K1を超えたか否かが判定される。この判定が「NO」の場合は、処理はステップSPc6に進む。ここでは、K0に位置データであるKEY-POS行(図7参照)がコピーされ、K0-TIMにA/D変換時刻であるKEY-TIMがコピーされ、処理が終了する。このように、キー位置データがしきい値K1を超えるまで、K0およびK0-TIMは逐次更新される。

【0055】

一方、ステップSPc1の判定が「YES」の場合は、ステップSPc2に進んで、発音制御テーブルの確保を行う。すなわち、キーが押されたと認識し、発音制御のための準備を開始する。ここで、テーブルの空きがあれば、当該テーブル番号をレジスタR4Lに書き込んでステップSPc3に進むが、空きテーブルがない場合は、メインルーチンに戻る。これは、本実施形態においては、16音まで同時発音可能にしているが、16の発音制御テーブルが全て使用中であれば、それ以上の発音制御は不可能だからである。

【0056】

次に、ステップSPc3においては、レジスタR3L内のキー位置データが、しきい値K2を超えたか否かが判断される。この判定が「NO」の場合は、キーがしきい値K1だけを超えた場合であり、キー・ステートがUPPERからTOUCH-Aに変化した場合である。そこで、ステップSPc4に進み、図7に示すKEY-STATE行の該当するエリアをUPPERからTOUCH-Aに書き換える。また、ステップSPc4においては、そのキーが割当てられた発音制御テーブルに対応するタイムオーバー検知用のカウンタをクリアするとともに、レジスタR3L内のキー位置データおよびレジスタE5にある時刻データを、図8に示す発音制御テーブルのOVR-K1行およびOVK1-TIM行の当該キー番号のエリアに書き込む。これにより、当該キーについて、しきい値K1を超えたときの位置と時刻が記憶される。

【0057】

一方、ステップSPc3の判定が「YES」の場合は、サンプリング間隔内において、しきい値K1とK2を一度に超えた場合である(図16のP1, P2参照)。そこで、ステップSPc5に進み、図7に示すKEY-STATE行の該当するエリアをUPPERか

10

20

30

40

50

らCOUNT - DOWN - 3に書き換える。また、キー・ステートがCOUNT - DOWN - 3の場合は、キーが最高速度で押されたと判断して、ベロシティとしての最高値「7F」をVELOCITY行(図8参照)の該当するエリアに書き込み、さらに、このベロシティを基にダウンカウント値を求め、DWN - CNT R行の該当するエリアに書き込む。この場合、ダウンカウント値は、前述したTB3 - 2(図11参照)を用いて求められるが、ベロシティはテーブルTB2を用いずに予め設定された最高値を設定する。上述したステップSPc4またはSPc5の処理の後にはメインルーチンにリターンし、次のキーについての処理を開始する。

【0058】

c : TOUCH - Aルーチン

図19は、TOUCH - Aルーチンの処理内容を示すフローチャートである。まず、ステップSPd1においては、time overか否かが判断される。この判断は、タイムオーバー検知用カウンタの値が予め定められた所定値を超えたか否かによって判断される。タイムオーバー検知用カウンタは、図14に示すステップSPa5においてタイマ割込み処理毎に歩進されるので、所定値に達する前にリセットされないとタイムオーバーとなる。そして、ステップSPd1の判定が「YES」の場合には、ステップSPd2に進み、獲得していた発音制御テーブルを解放するとともに、図7に示すKEY - STATE行の該当するエリアをTOUCH - AからHOLDに書き換えてメインルーチンにリターンする。

【0059】

このように、ステップSPd1 SPd2と移行するときは、TOUCH - Aの状態が所定時間以上継続する場合であり、キーが浅く押された位置で長時間止まっている状態と認識される。このような押鍵操作は、そのキーに指を乗せているだけで、しばらく押鍵されない可能性が高いので、この実施形態においては、上述のように、発音制御テーブルを解放して当該キーの発音準備を解除し、他のキーの発音処理を優先させるようにしている。なお、キー・ステートがHOLDとなった場合でも、その状態からキーを押下すれば、後述する処理によって発音される。

【0060】

一方、ステップSPd1において「NO」と判定された場合は、ステップSPd3に進み、しきい値K3を超えたか否かが判定され、「NO」であれば、ステップSPd4に進んでしきい値K2を超えたか否かが判定される。この判定が「YES」であれば、キーがしきい値K2を超えた場合であり、キー・ステートがTOUCH - AからCOUNT - DOWN - 0に変化した場合である。そこで、ステップSPd5に進み、図7に示すKEY - STATE行の該当するエリアをTOUCH - AからCOUNT - DOWN - 0に書き換える。また、ステップSPd5においては、レジスタR3L内のキー位置データおよびレジスタE5にあるA/D変換の時刻データを、図8に示す発音制御テーブルのOVR - K2行およびOVK2 - TIM行の当該キー番号のエリアに書き込む。これにより、当該キーについて、しきい値K2を超えたときの位置と時間が記憶される。また、ステップSPd5に至る場合は、図18に示すステップSPc4を経過しているから、しきい値K1を超えたときの位置と時刻がRAM203のテーブルに記憶されている。そこで、ステップSPd5においては、前述した数式に基づいて速度データを算出し、かつ、図11に示すテーブルTB2を用いてベロシティを求める。また、テーブルTB3 - 2を用いてダウンカウント値を求め、ベロシティとともに発音制御テーブル(図8参照)の所定エリアに書き込む。

【0061】

一方、ステップSPd3において、「YES」と判定された場合は、サンプリング間隔内において、しきい値K2とK3を一度に超えた場合である(図16のP3, P4参照)。そこで、ステップSPd6に進み、図7に示すKEY - STATE行の該当するエリアをTOUCH - AからCOUNT - DOWN - 3に書き換える。また、ベロシティとしての最高値「7F」をVELOCITY行(図8参照)の該当するエリアに書き込み、さらに

10

20

30

40

50

、このペロシティを基にダウンカウント値を求め、DWN - CNT R 行の該当するエリアに書き込む。この処理は、前述したステップ S P c 5 と同様である。

【 0 0 6 2 】

一方、ステップ S P d 4 において「 N O 」と判断された場合は、ステップ S P d 7 に進み、キーがしきい値 K 1 を超えているか否かが判定される。この判定が「 Y E S 」の場合は、キーはいぜんとして T O U C H - A の状態を維持している場合であるから、何もせずにメインルーチンに戻る。また、ステップ S P d 7 において「 N O 」と判断された場合は、ステップ S P d 8 に進み、獲得していた発音制御テーブルを解放するとともに、図 7 に示す K E Y - S T A T E 行の該当するエリアを T O U C H - A から U P P E R に書き換えてメインルーチンにリターンする。

10

【 0 0 6 3 】

このように、ステップ S P d 8 に至るときは、 T O U C H - A から U P P E R に戻る場合であり、言い換えれば、キーが浅く押された直後に離された場合である。このような押鍵操作では、通常のピアノでは発音されないので、この実施形態においては、上述のように、発音制御テーブルを解放して当該キーの発音準備を解除し、他のキーの発音処理を優先させるようにしている。

【 0 0 6 4 】

d : C O U N T - D O W N ルーチン

次に、 C O U N T - D O W N ルーチンについて図 2 0 を参照して説明する。まず、ステップ S P e 1 においては、キー位置 (レジスタ R 3 L 内のキー位置データ) がしきい値 K 2 を超えているか否かが判定される。この判定が「 N O 」の場合には、しきい値 K 2 を一旦超えたキーが戻された場合であるので、発音準備を停止すべく、ステップ S P e 2 に移って発音制御テーブルを解放する。そして、ステップ S P e 3 において、キーがしきい値 K 1 を超えているか否かが判定され、「 N O 」であれば、レスト位置かそれに近い位置まで戻された場合であるから、ステップ S P e 4 に進んでキー・ステートを U P P E R とする。すなわち、図 7 に示す K E Y - S T A T E 行の該当するエリアを C O U N T - D O W N (0 ~ 3) から U P P E R に書き換える。

20

【 0 0 6 5 】

また、ステップ S P e 3 において「 Y E S 」と判定された場合は、ステップ S P e 5 に進んで、 K E Y - S T A T E 行の該当するエリアを C O U N T - D O W N (0 ~ 3) から H O L D に書き換える。一方、ステップ S P e 1 において「 Y E S 」と判定された場合には、ステップ S P e 6 に進み、 C O U N T - D O W N - 2 , 3 か否かが判定される。この判定が「 Y E S 」の場合には、以下の処理を行わず、そのままリターンする。ステップ S P e 6 の判定が「 N O 」の場合には、ステップ S P e 7 に進み、レジスタ R 3 L 内のキー位置データがしきい値 K 3 を超えたか否かが判断される。この判断が「 N O 」の場合は、キーはしきい値 K 2 ~ K 3 の間にある場合なので、いぜんとして図 1 9 のステップ S P d 5 で設定したキー・ステート C O U N T - D O W N - 0 のままであると認識されるので、何の処理も行わずリターンする。

30

【 0 0 6 6 】

一方、ステップ S P e 7 において「 Y E S 」と判定された場合は、ステップ S P e 8 に進んでしきい値 K 4 を超えたか否かが判定される。このステップ S P e 8 において「 N O 」と判定された場合は、ステップ S P e 1 2 に進み、キー・ステートが C O U N T - D O W N - 0 か否かが判定される。この判定が「 Y E S 」の場合は、キーがしきい値を一つ超えて C O U N T - D O W N - 1 に移行したと考えられるので、ステップ S P e 1 3 に移って、キー・ステートを C O U N T - D O W N - 1 に変更するとともに、しきい値 K 1 , K 3 を超えたときの位置および時刻に基づいてペロシティおよびダウンカウント値を求める。そして、新たに求めたペロシティが、発音制御テーブルに記憶されているペロシティより大きければ、新たに求めたペロシティおよびダウンカウント値に書き換える。これは、キーの押下が加速されたと認識されるので、それに対応させるためである。

40

【 0 0 6 7 】

50

なお、ステップ S P e 1 3 における演算において、しきい値 K 1 を超えた場合の位置および時刻は、発音制御テーブルから得るが、しきい値 K 3 を超えたときの位置および時刻は、現在位置および時刻であるから、レジスタ R 3 L、E 5 (図 1 0 参照) から読み出す。また、ステップ S P e 1 2 において「 N O 」と判定された場合は、既に設定された C O U N T - D O W N - 1 がそのまま維持されていると考えられるので、直ちにリターンする。

【 0 0 6 8 】

一方、ステップ S P e 8 において「 Y E S 」と判定された場合は、キー・ステートが C O U N T - D O W N - 0 か否かが判定される。この判定が「 Y E S 」のときは、サンプリング期間の間に、2 つのしきい値 K 3 , K 4 を超えた場合であるから、ステップ S P e 1 0 に進んでキー・ステートを C O U N T - D O W N - 3 に更新し、最大ベロシティおよびこれに対応するカウントダウン値を発音制御テーブルに書き込む。

10

【 0 0 6 9 】

また、ステップ S P e 9 において「 N O 」と判定された場合には、処理はステップ S P e 1 4 に進む。ここでは、速度 S 0 1、S 2 4 および S 1 4 が計算される。速度 S 0 1 は、しきい値 K 1 おける速度であり、速度 S 2 4 はしきい値 K 2 ~ K 4 の区間の平均速度、速度 S 1 4 はしきい値 K 1 ~ K 4 の区間の平均速度である。ここで、K 0 および K 0 - T I M (図 7 参照) にはしきい値 K 1 を超える直前の鍵位置および時刻が記憶されており、超えた直後の鍵位置および時刻は O V R - K 1 行および O V K 1 - T I M 行に記憶されているから、これらによって速度 S 0 1 が求められる。同様に、しきい値 K 2 を超えた場合の位置および時刻は、発音制御テーブルから得るが、しきい値 K 4 を超えたときの位置および時刻は、現在位置および時刻であるから、レジスタ R 3 L、E 5 (図 1 0 参照) から読み出す。

20

【 0 0 7 0 】

次に、処理がステップ S P e 1 5 に進むと、速度 S 0 1 が速度 S 1 4 よりも小さいか否かが判定される。ここで、「 Y E S 」と判定されると、本実施形態においては、図 2 9 に示すような指付け打鍵が行われたものと看做され、処理はステップ S P e 1 6 に進む。ここでは、まず、キー・ステートが C O U N T - D O W N - 2 に更新される。そして、速度 S 2 4 が発音制御テーブルに記憶されているベロシティより大きければ、ベロシティがこの速度 S 2 4 に更新され、この新たなベロシティに基づいてダウンカウント値も更新される。これは、キーの押下が加速されたと認識されるので、それに対応させるためである。ところで、スタッカートのように押鍵後直ちに離鍵されるような演奏の場合に、ステップ S P e 2 に至る可能性があり、発音されないこともある。しかしこのようなケースは希であると考えられるため、本実施形態では他のキーの発音処理を優先させている。しかしながら、このようなケースにおいても発音を有効とさせた方がよい場合には、ダウンカウント値が書き込まれている発音制御テーブルについては解放しないように制御してもよい。

30

【 0 0 7 1 】

一方、ステップ S P e 1 5 において「 N O 」と判定されると、本実施形態においては、図 3 0 に示すような指離し打鍵が行われたものと看做され、処理はステップ S P e 1 7 に進む。ここでは、まず、キー・ステートが C O U N T - D O W N - 2 に更新される。そして、ベロシティが速度 S 1 4 に更新されるとともに、この新たなベロシティに基づいてダウンカウント値も更新される。

40

【 0 0 7 2 】

e : S O U N D ルーチン

次に、図 2 1 を参照して S O U N D ルーチンについて説明する。このサウンドルーチンが実行されるのは、前述した各処理において設定されたダウンカウント値が、図 1 4 に示すタイマ割込みのステップ S P a 3 の処理で減算され、その値が 0 となって発音処理が開始されてキー・ステートが S O U N D となった後である。

【 0 0 7 3 】

さて、図 2 1 に示すステップ S P f 1 においては、キーがしきい値 K 2 を超えているか否かが判定される。この判定が「 N O 」の場合は、ステップ S P f 2 に進み、音源回路 2 1

50

0 に対してキーオフ信号 K O F (M I D I O F F) を出力する。この結果、音源回路 2 1 0 は、当該キーについての発音を急速ダンプさせて消音する。そして、ステップ S P f 3 に進み、キー位置がしきい値 K 1 を越えているか否かを判定する。この判定が「 N O 」の場合は、ステップ S P f 4 に進んで、キー・ステートを U P P E R にしてリターンし、また、「 Y E S 」の場合はキー・ステートを H O L D にしてリターンする。

【 0 0 7 4 】

一方、ステップ S P f 1 の判定が「 Y E S 」の場合には、ステップ S P f 6 に進んで、リリース・ルーチンの処理を行う。ここで、図 2 2 はリリース・ルーチンの処理を示すフローチャートである。始めに、ステップ S P g 1 において、キー・ステートが S O U N D 0 が否かが判定される。ところで、キー・ステート S O U N D は、S O U N D 0 と S O U N D 1 の 2 つのステートがある。前述した図 1 4 のステップ S P a 3 で設定されるキー・ステートは、実際には S O U N D 0 である。したがって、発音が開始されたときのキー・ステートは S O U N D 0 になっている。このため、リリースルーチンに移行した際のステップ S P g 1 の判定は、当初は「 Y E S 」になり、ステップ S P g 4 に進む。ステップ S P g 4 においては、キーがしきい値 2 A を越えているか否かが判定され、「 Y E S 」であれば未だ深い押鍵位置にあるので、なにもせずにリターンする。一方、ステップ S P g 4 の判定が「 N O 」の場合には、押鍵位置がしきい値 K 2 A より浅くなっているため、S P g 5 に進み、キー・ステートを S O U N D 1 に変更するとともに、リリースレート R L をダンピングが大きい値 (A x x x 0 1 (M I D I 信号の一例)) に書き換える。この結果、音源回路 2 1 0 においては、当該キーの発音のリリースエンベロープにおける減衰レートが大きくなり、その音は自然減衰より若干早く減衰する。

【 0 0 7 5 】

一方、ステップ S P g 1 の判定が「 N O 」の場合 (キー・ステートとして S O U N D 1 が設定されている場合) には、ステップ S P g 2 に進み、キー位置がしきい値 K 2 A を越えているか否かが判定される。この判定が「 N O 」の場合には、押鍵位置が浅く S O U N D 1 のままであると認識されるので、そのままリターンする。また、ステップ S P g 2 の判定が「 Y E S 」の場合は、押鍵位置が深くなっている場合であり、ステップ S P g 3 に進み、キー・ステートを S O U N D 0 に変更し、リリースレートをダンピングが小さい値 (A x x x 0 0 (M I D I 信号の一例)) にする。この結果、当該キーの発音のリリースエンベロープにおける減衰レートが小さくなり、その音は自然減衰と同様の速度で減衰する。

【 0 0 7 6 】

したがって、押鍵の深さが変化すると、リリースルーチンによってリリースレートが切り替わり、微妙なリリース制御が行われる。アコースティックピアノにおいては、ダンパが弦を押さえることによって消音が行われるが、演奏の仕方によってはダンパと弦とが触れたり離れたりし、また、その触れ方も一様ではない。従って、上述のようにキーの位置によってリリースレートを制御すると、実際のピアノのダンパ動作による音の消え入り方を模倣することができる。

【 0 0 7 7 】

f : H O L D ルーチン

次に、H O L D ルーチンについて図 2 4 を参照して説明する。始めに、ステップ S P i 1 において、キー位置がしきい値 K 2 を越えているか否かが判定され、「 N O 」であれば、ステップ S P i 2 に移ってキー位置がしきい値 K 1 を越えているか否かを判定する。このステップ S P i 2 の判定が「 Y E S 」の場合は何もせずにリターンする。これは、キー・ステート H O L D は、一旦しきい値 K 2 より深く押鍵されたキーが、再び K 2 より浅い位置 (ただし、しきい値 K 1 より深い位置) まで戻されたとき、あるいはしきい値 K 2 以下で K 1 を超える領域に所定時間以上止まっていた場合に設定されるステートであるから、S P i 2 で「 Y E S 」となるときは状態の変化は生じていないと判断されるからである。また、ステップ S P i 2 で「 N O 」と判定された場合は、キー位置がレスト位置に近く、極めて浅くなった場合であるから、キー・ステートを U P P E R に変更してリターンする

(ステップSPi3)。

【0078】

一方、ステップSPi1において「YES」と判定された場合、すなわち、キーが再びしきい値K2より深く押下された場合は、ステップSPi4に進み、発音制御テーブルを確保して発音の準備に入る。ただし、空きテーブルがない場合はリターンする。

【0079】

次に、ステップSPi5に進むと、キー位置がしきい値K3を超えたか否かが判定され、「YES」であれば、サンプリング期間に2つのしきい値K2, K3を超えた場合であるので、キー・ステートをCOUNT-DOWN-3にするとともに、最大値のペロシティおよびこれに応じたダウンカウント値を設定してリターンする(ステップSPi6)。また、ステップSPi5の判定が「NO」の場合は、ステップSPi7に進み、キー・ステートをTOUCH-Bとするとともに、タイムオーバー検知用カウンタをクリアする。また、ステップSPi7においては、レジスタR3L内のキー位置データおよびレジスタE5にある時刻データを、図8に示す発音制御テーブルのOVR-K2行およびOVK2-TIM行の当該キー番号のエリアに書き込む。これにより、当該キーについて、しきい値K2を超えたときの位置と時刻が記憶される。

10

【0080】

g: TOUCH-Bルーチン

次に、TOUCH-Bルーチンについて図25を参照して説明する。まず、ステップSPj1においては、time overか否か、すなわち、タイムオーバー検知用カウンタが所定値を超えたか否かが判定される。この判定が「YES」の場合には、発音テーブルを解放して他のキーの発音を優先させ、また、キーステートをTIME-OVERに書き換える(ステップSPj2)。

20

【0081】

一方、ステップSPj1の判定が「NO」の場合は、ステップSPj3に進んで、キー位置がしきい値K4を超えているか否かが判定される。この判定が「YES」の場合は、サンプリング期間に2つのしきい値K3, K4を超えた場合だから、キー・ステートをCOUNT-DOWN-3にするとともに、最大値のペロシティおよびこれに応じたダウンカウント値を設定してリターンする(ステップSPj4)。

【0082】

また、ステップSPj3で「NO」と判定された場合は、ステップSPj5に進み、キー位置がしきい値K3を超えているか否かが判定される。この判定が「YES」の場合は、ステップSPj6に進み、キー・ステートをCOUNT-DOWN-1に更新するとともに、しきい値K2, K3を超えたときの位置および時刻に基づいてペロシティおよびダウンカウント値を求める。そして、発音制御テーブルに、新たに求めたペロシティおよびダウンカウント値を書き込む。なお、ステップSpe13の場合と同様に、しきい値K2を超えた場合の位置および時刻は、発音制御テーブルから得るが、しきい値K3を超えたときの位置および時刻は、現在位置および時刻であるから、レジスタR3L、E5(図10参照)から読み出す。

30

【0083】

一方、ステップSPj7において「NO」と判定された場合は、ステップSPj8に進み、発音制御テーブルを解放して他のキーの発音を優先させ、次いで、ステップSPj9においてキー位置がしきい値K1を超えているか否かを判定する。この判定は「YES」の場合はキー・ステートをHOLDに、「NO」の場合はキー・ステートをUPPERにする。

40

【0084】

h: TIME-OVERルーチン

次に、TIME-OVERルーチンについて図23を参照して説明する。まず、ステップSPh1において、キー位置がしきい値K2を超えたか否かが判定され、「YES」であればそのままリターンする。すなわち、キー・ステータがTIME-OVERになった後

50

は、その状態からキーを押し下げてもキー・ステートは変わらない。したがって、仮に、キーをエンド位置まで押下しても発音はされない。これは、実際のピアノでもしきい値K2とK3の間でキーがある時間以上停止した場合、その後キーを押し下げても発音がされないので、これに対応させるためである。

【0085】

一方、しきい値K2よりもキー位置を浅くすると、ステップSPh1の判定が「NO」となり、ステップSPh2の判定を介して、キー・ステートHOLDかキー・ステートUPPERのいずれかが設定されるので(ステップSPh3, SPh4)、それ以後の押鍵操作によって再発音が可能になる。以上のように、各ルーチンにおいてキー・ステートが適宜設定され、また、書き換えられる。そして、各キー・ステートに応じた発音制御が行われる。ここで、参考のために、図26にキー・ステートの遷移状態を示す。

10

【0086】

(7)動作例

次に、上述した各処理ルーチンの動作の関連をより明確にするために、図15、図16に示すキー軌道が発生した場合を例にとって説明する。始めに、図15の時刻t1において押鍵が開始される。初期状態におけるキー・ステートはUPPERが設定されるので、押鍵開始直後は図18に示すUPPERルーチンにより処理が行われる。そして、キーがしきい値K1を超えるまでは、ステップSPc1からすぐにリターンするので、キー・ステートは変化しない。次に、キーがしきい値K1を超えると、ステップSPc2, 3, 4の処理が行われ、発音制御テーブルが獲得されて、発音の準備が開始される。また、キー・

20

【0087】

したがって、以後は図19に示すTOUCH-Aルーチンに処理が移行される。そして、図15の時刻t3においてしきい値K2を通過した後は、図19のステップSPd1, 3, 4, 5の処理が行われ、カウントダウン値の計算などが行われる。また、キー・ステートはCOUNT-DOWNとなり、以後の処理は図20に示すCOUNT-DOWNルーチンに移行する。そして、時刻t4においてしきい値K3を通過した後は、ステップSPe7, 8, 12, 13の処理が行われ、カウントダウン値の計算等が行われるとともに、キー・ステートがCOUNT-DOWN-1となる。さらに、時刻t5においてしきい値K4を通過した後は、図20のステップSPe8, 9, 11の処理が行われ、カウントダ

30

【0088】

次に、時刻t7から離鍵が開始され、キー位置がしきい値K2より浅くなると(時刻t10)、キーオフ信号KOFが出力されて発音が停止され、キー・ステートはHOLDになる(図21のステップSPf1, 2, 3, 5)。そして、再びキーが押下され始め、時刻t11においてしきい値K2を超えた後は、図24に示すステップSPi1, 4, 5, 7の処理によって発音制御テーブルが獲得され、かつ、キー・ステートがTOUCH-Bになる。次に、キー位置が更に深くなると、前述の場合と同様にキー・ステートがCOUNT-DOWNとなり、カウントダウン値が0になった時点(時刻t14)において発音が行われる。そして、離鍵が行われ、時刻t17以後にHOLD、時刻t18以後にTOUCH-Bのキー・ステートが設定される。次に、TOUCH-Bの状態が所定時間以上経過すると、図25に示すステップSPj1, 2の処理によってキー・ステートがTIME-OVERとなる。この後、図15に示すように、キー位置が深くなってもキーステート

40

50

はTIME - OVERのまま変化せず、カウントダウン値が設定されることはないため、発音は行われぬ。そして、図15の時刻t21、t22において、キー位置が各々しきい値K2およびK1より浅くなると、キー・ステートは各々HOLD、UPPERとなる。

【0089】

ところで、図15の点P10において、キー位置が維持され、そのまま所定時間が経過すると点P11においてtime overとなり、キー・ステートはHOLDとなる(ステップSpd1, 2)。また、点P10からキー位置が浅くなり、例えば、点P12の位置に達すると、キー・ステートはUPPERになる(ステップSpd7, 8)。

【0090】

一方、TOUCH - Bにある点P20から離鍵が行われ、例えば、点21の位置に達すると、キー・ステートはHOLDになる(ステップSpj9, 10)。次に、図16に示す点P1, P2の場合は、サンプリング期間に2つのしきい値を通過した場合であるから、図18に示すUPPERルーチンのステップSpC1, 2, 3, 5が行われ、COUNT - DOWN - 3となり、最高ベロシティの発音が行われる。また、点P3, P4の場合も同様である(ステップSpi1, 4, 5, 6)。

【0091】

ところで、図6に示すように、発音が開始されてキー・ステートがSOUNDとなった後の離鍵操作において、しきい値K2Aを上下するようにキー位置が変化すると、図22のリリースルーチンにより、リリースレートが切り替わり、音の消え入り方を微妙に制御することができる。

【0092】

C：実施形態効果

(1) しきい値の設定をソフトウェア処理によって自由に行うことができる。

【0093】

(2) しきい値K1までに至らない浅いキー位置、しきい値の間のキー位置、あるいはしきい値K4を超えた深いキー位置についても、正確な位置情報が得られるので、種々の奏法に対応できる楽音制御を行うことができる。例えば、しきい値K1まで達しない浅い打弦の発音制御や、音の消え入り方を微妙に制御することが可能である。

【0094】

(3) しきい値をソフトウェア処理によって自由に設定できるので、フォトセンサの取付精度が要求されない。

【0095】

(4) 上記実施形態においては、例えば、TOUCH - A、COUNT - DOWN - 0、TOUCH - B、HOLDなどのキー・ステートを決定する際に、前のキー・ステートとキーの位置(どのしきい値の間にいるか)によって決定しているので、適切な状態把握を行うことができる。さらに、TIME - OVERやHOLDを決定する際においては、前のキー・ステート、キーの位置、および前のキー・ステートの継続時間も考慮して決定しているので、実際のピアノに即した状態把握を行うことができる。

【0096】

しかも、以上のようにして設定したキー・ステート(状態)に基づいて楽音が制御されるから、ピアノ等の自然楽器の発音を正確に模倣することができるとともに、きめ細かな楽音制御を行うことができる。また、しきい値をキーオフ近傍の領域に複数設定し、離鍵時にキーがどのしきい値の間にいるかによってリリースレートを制御するようにしているので、例えば、ピアノのダンパー操作を模倣した発音制御を行うことができる。

【0097】

(5) 上記実施形態においては、速度S01および速度S14の比較結果に基づいて指離し打鍵または指付け打鍵の何れが行われたのか判断され、判断された奏法に応じて異なる方法でベロシティが算出できるから、演奏態様に応じて適切なベロシティを算出できる。すなわち、前述したように、「指離し打鍵」の場合にはタッチの強さ等によって位置や大

10

20

30

40

50

きさが異なる段 A が形成され、極端な場合には、段 A が区間 K 1 ~ K 2 から始まり、区間 K 3 ~ K 4 で終わるようなこともあり得る。その場合、短い区間（例えば区間 K 1 ~ K 2、区間 K 2 ~ K 3、区間 K 3 ~ K 4 の何れか）の速度を採用するようにしていると、鍵タッチを正確に検出することはできない。そこで、本実施形態においては、「指離し打鍵」の場合には、広い区間（区間 K 1 ~ K 4）の速度を採用するようにして、段 A が形成されることによって生じる速度検出誤差を低減することができる。

【 0 0 9 8 】

D : 変形例

(1) 上述した実施形態では、キー位置がしきい値 K 2 , K 3 , K 4 を超える毎にベロシティを検出し、以前に検出された（今回ベロシティが検出された区間よりも前の区間の）ベロシティよりも大きい場合にベロシティおよびダウンカウント値を更新するようにしたが、このような処理を行わないようにしてもよい。

10

すなわち、速度 S 0 1、速度 S 1 4 および速度 S 2 4 のみを検出可能とし、キー位置がしきい値 K 4 を超えた時点で速度 S 0 1 と速度 S 1 4 とを比較して、速度 S 0 1 が速度 S 1 4 よりも小さい場合に速度 S 2 4 を採用するとともに速度 S 2 4 に基づいてダウンカウント値を設定し、速度 S 0 1 が速度 S 1 4 よりも大きい場合には速度 S 1 4 を採用するとともに速度 S 2 4 に基づいてダウンカウント値を設定するようにしてもよい。

【 0 0 9 9 】

(2) また、上記実施形態においては、「指付け打鍵」のとき速度 S 2 4 を採用し、「指離し打鍵」のとき速度 S 1 4 を採用するようにして、前者の速度検出区間が後者の速度検出区間に完全に包含されるようになっているが、前者の速度検出区間の一部が後者の速度検出区間に包含されるようにしてもよく、あるいは、前者の速度検出区間が後者の速度検出区間に包含されないようにしてもよい。

20

【 0 1 0 0 】

(3) 上述した実施形態は、ピアノ音を電子的に発生する例であったが、ピアノ音以外の楽音を合成するようにしてもよい。この場合には、エンベロープ制御は、楽音に応じたエンベロープを予め設定して置けばよく、リリース時のエンベロープ制御は実施形態と同様に行えばよい。また、実施形態におけるリリースルーチンのエンベロープ制御は、リリース時の制御に限らず、その他の部分（例えば、サステイン部）のエンベロープ制御に用いることもできる。

30

【 0 1 0 1 】

(4) 上述した実施形態は、消音機構付きの自動演奏ピアノにおける例であったが、本発明は打弦機構を持たない、電子楽器にも適用することができる。また、本発明は、鍵以外の種々の演奏操作子に適用できる。

【 0 1 0 2 】

(5) フォトセンサの出力信号を自動演奏時のキー位置フィードバック信号として用いることもできる。

【 0 1 0 3 】

(6) また、TOUCH - A ではしきい値 K 1 ~ K 2 間、COUNT - DOWN - 0 ではしきい値 K 1 ~ K 3 間、COUNT - DOWN - 1 ではしきい値 K 2 ~ K 4 間で速度を算出するようにしたが、どのような間隔を選んでも良く、例えば、COUNT - DOWN - 0 においてしきい値 K 2 ~ K 3 間で速度を算出してよい。

40

【 0 1 0 4 】

(7) リリース時のエンベロープ制御をより繊細に行うために、図 2 7 に示すように、しきい値 K 2 と K 3 の間をより細かく区切っても良い。そして、同図に示すように、上方の区間に行くほどダンピングが大きくなるようにリリースレートを設定する。このようにすると、例えば、同図に示すような鍵の軌跡の場合は、点 P 5 0 ~ P 5 1、P 5 2 ~ P 5 3 の間は自然消音するが、鍵が上方に行くに従いダンピング係数が強くなって次第に早く減衰するようになり、より自然な楽音とすることができる。図 2 8 は、この時のエンベロープの様子を示している。また、しきい値 K 2 と K 3 の間をより細かく区切る場合であって

50

も、キーセンサ等を追加することなく、しきい値 $K_2A \sim K_2C$ をソフトウェア処理で設定すればよい。したがって、ハードウェアの変更が不要であり、コストアップにならない。さらに、使用状況や演奏者の技量に応じて、しきい値 K_2 と K_3 の間の区間数を切り換えるようにしてもよい。

【0105】

(8) また、上述した実施形態においては、キーが新たなしきい値を通過する毎にベロシティを再計算し、再計算によるベロシティと既に得られているベロシティとを比較することにより、ベロシティおよびダウンカウント値を更新するようにしているが、既に得られているダウンカウント値の現在値と再計算によるベロシティに対応したダウンカウント値とを比較するようにすれば、より精度が向上する。ただし、本出願人の実験によれば、両者の比較結果は、ほぼ完全に一致するので、上述した実施形態においては、処理の簡単化のために、前者を採用している。

10

【0106】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、正確なベロシティを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明による一実施形態の構成を示すブロック図である。

【図2】 同実施形態のキーの構成を示す側面図である。

【図3】 同実施形態におけるキーのシャッタ付近の構成を示す斜視図である。

【図4】 図3に示すフォトダイオード225の出力特性を示す特性図である。

20

【図5】 同実施形態におけるハンマーアクションを示す側面図である。

【図6】 同実施形態におけるしきい値を示す図である。

【図7】 同実施形態においてRAM203内に設けられているテーブルを示す概念図である。

【図8】 同実施形態における発音制御テーブルを示す概念図である。

【図9】 同実施形態におけるサンプリング時刻を記憶するためのテーブルを示す概念図である。

【図10】 同実施形態におけるレジスタを示す概念図である。

【図11】 同実施形態におけるベロシティおよびダウンカウント値を求めるためのテーブルを示す図である。

30

【図12】 同実施形態における各処理のタイミング関係を示す図である。

【図13】 同実施形態におけるA/D割込み処理を示すフローチャートである。

【図14】 同実施形態におけるタイマ割込み処理を示すフローチャートである。

【図15】 同実施形態におけるキー軌道の一例と、これに対するキー・ステートの関係を示す図である。

【図16】 同実施形態におけるキー軌道の一例と、これに対するキー・ステートの関係を示す図である。

【図17】 同実施形態のメインルーチンを示すフローチャートである。

【図18】 同実施形態のUPPERルーチンを示すフローチャートである。

【図19】 同実施形態のTOUCH-ALLルーチンを示すフローチャートである。

40

【図20】 同実施形態のCOUNT-DOWNルーチンを示すフローチャートである。

【図21】 同実施形態のSOUNDルーチンを示すフローチャートである。

【図22】 同実施形態のリリースルーチンを示すフローチャートである。

【図23】 同実施形態のTIME-OVERルーチンを示すフローチャートである。

【図24】 同実施形態のHOLDルーチンを示すフローチャートである。

【図25】 同実施形態のTOUCH-Bルーチンを示すフローチャートである。

【図26】 同実施形態におけるキー・ステートの遷移状態を示す図である。

【図27】 しきい値 K_2 , K_3 間をより細かく区切る際のしきい値の例を示す図である。

50

【図28】 図27に示すしきい値を用いた際の楽音制御の一例を示す図である。

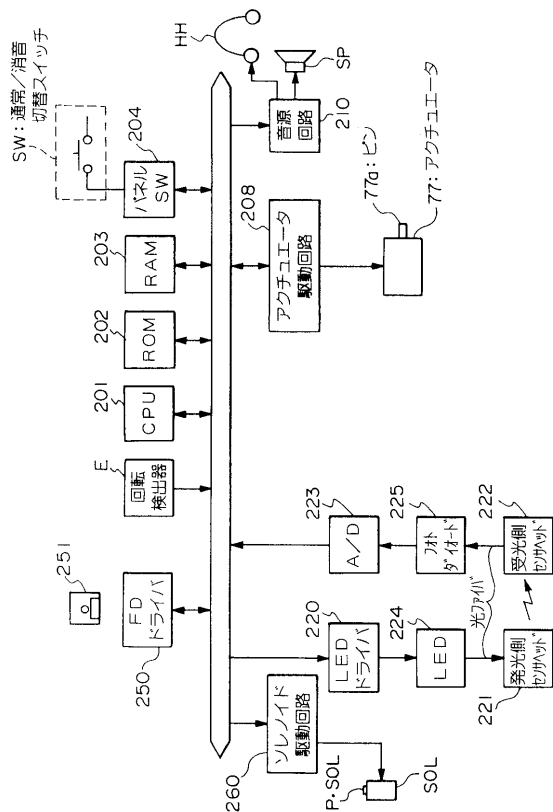
【図29】 従来のキーセンサの動作説明図である。

【図30】 従来のキーセンサの動作説明図である。

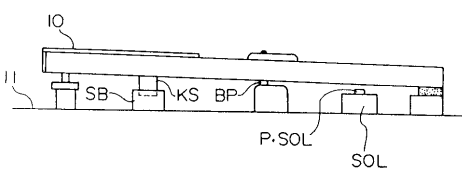
【符号の説明】

201.....CPU(判定手段、操作態様判定手段、演奏速度決定手段)、202.....ROM、203.....RAM(記憶手段)、210.....音源回路、220.....LEDドライバ、221.....発光側センサヘッド、222.....受光側センサヘッド、223.....A/D変換器、224.....LED、225.....フォトダイオード。

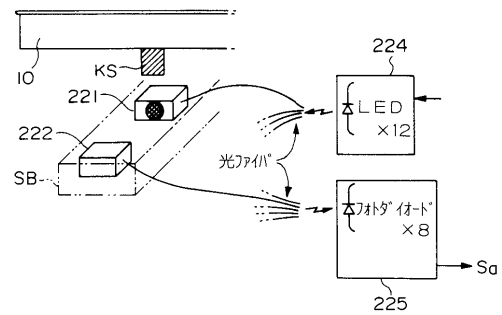
【図1】



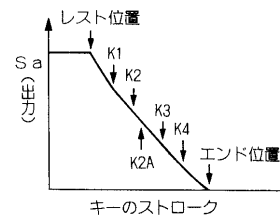
【図2】



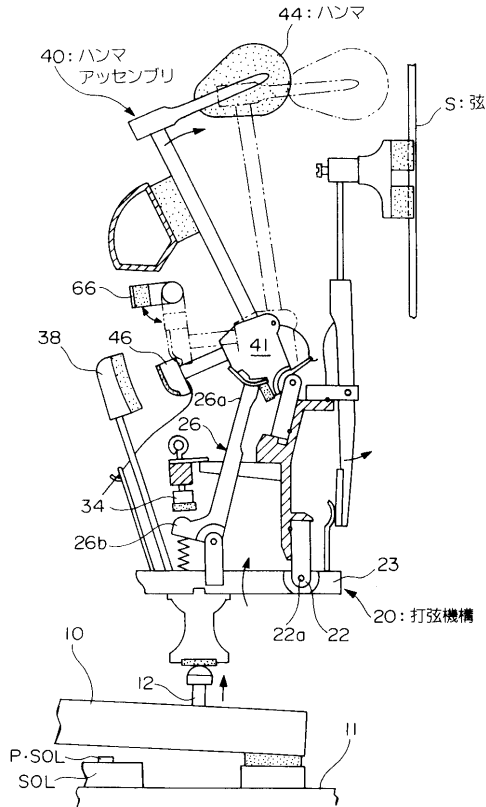
【図3】



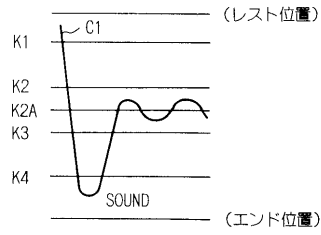
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

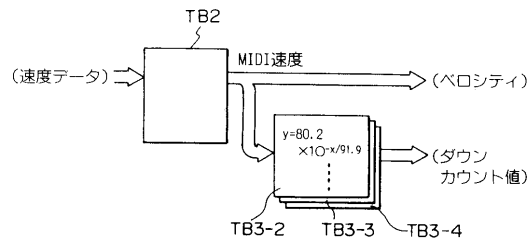
KEY_POS	0	1	2	3	4	5											87											95
KEY_RST																												
THR_K1																												
THR_K2																												
THR_K3																												
THR_K4																												
THR_K2A																												
KEY_STATE																												
TBL_NUM																												
KO																												
KO_TIM																												
KEY_TIM																												

【 図 8 】

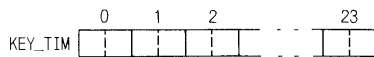
KEY_NUM	0	1	2	3	4	5											15			
OVR_K1																				
OVR_K2																				
OVR_K3																				
OVK1_TIM																	8			15
OVK2_TIM																				
OVK3_TIM																				
VELOCITY																				
DWN_CNTR																				

□ = BYTE □□ = WORD

【 図 11 】



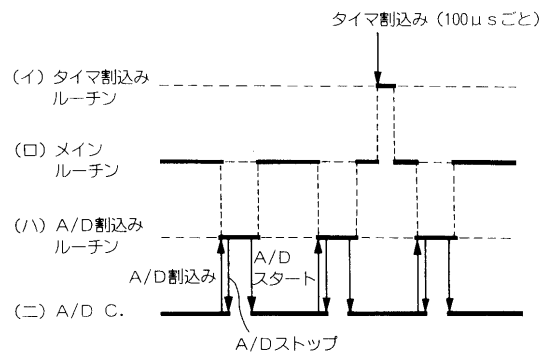
【 図 9 】



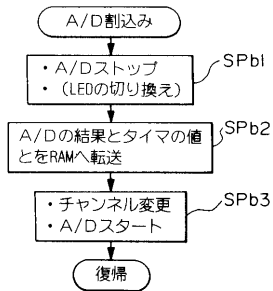
【 図 10 】

	En	RnH	RnL
0			
1			
2			
3		キーの状態	キーの現在位置
4			テーブル番号
5	A/D変換の時刻		キー番号
6	タイマ		A/Dチャンネル

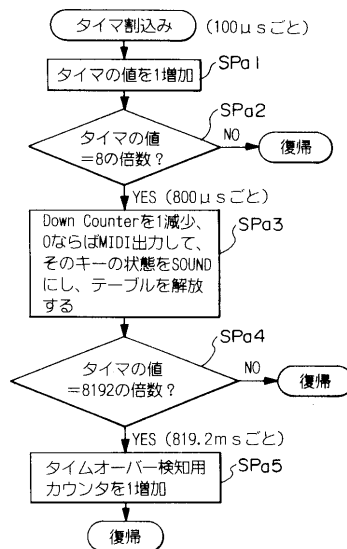
【 図 12 】



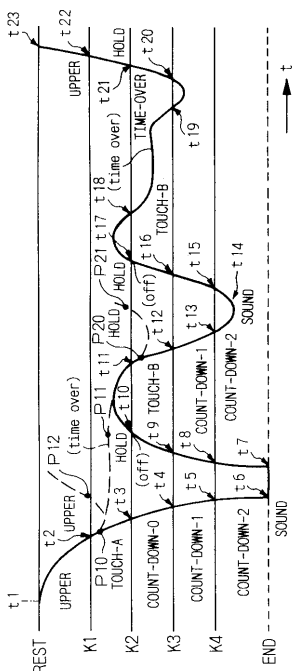
【 図 1 3 】



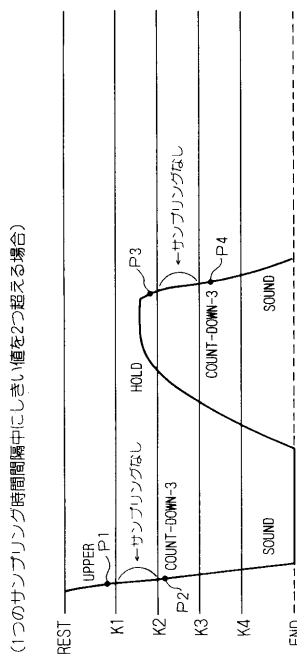
【 図 1 4 】



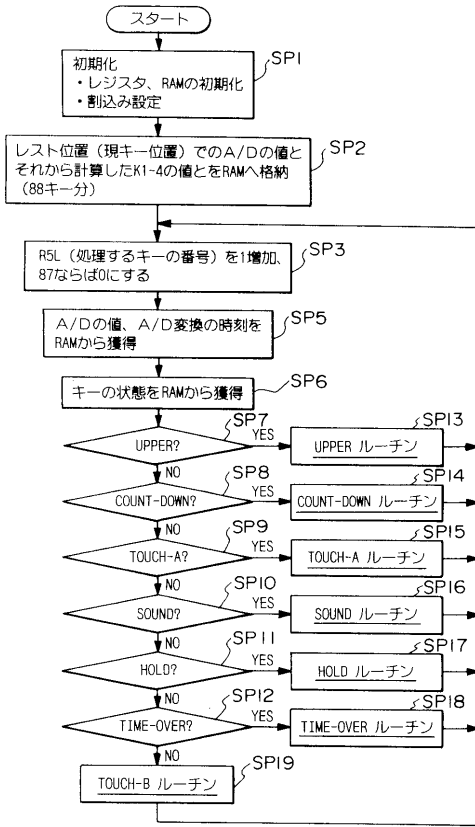
【 図 1 5 】



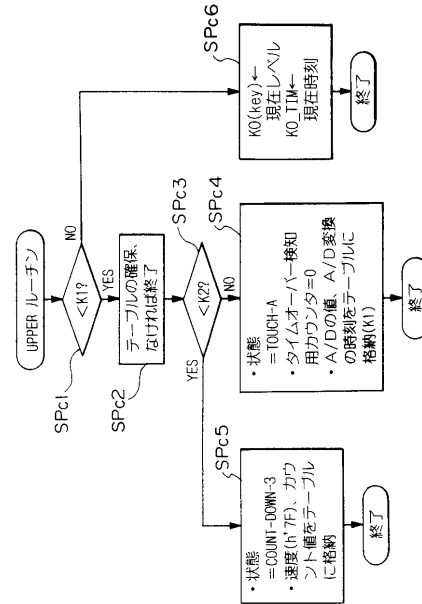
【 図 1 6 】



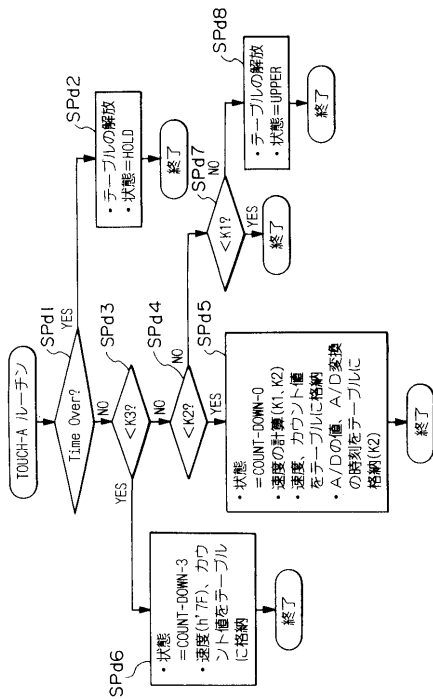
【 図 17 】



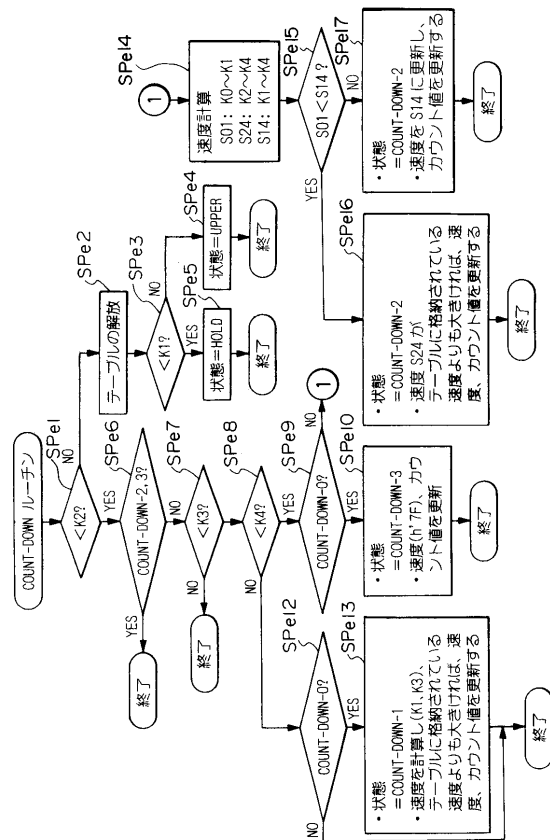
【 図 18 】



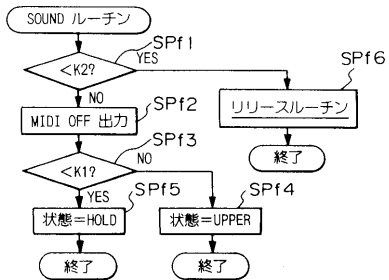
【 図 19 】



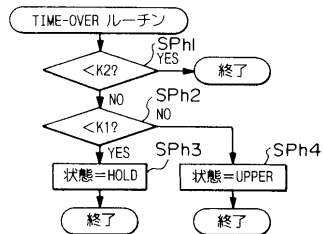
【 図 20 】



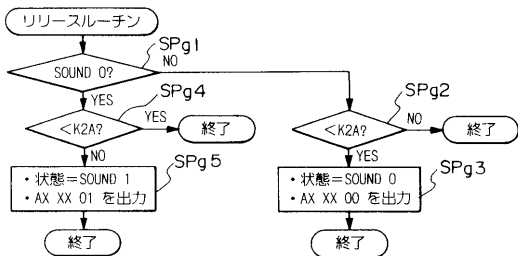
【 図 2 1 】



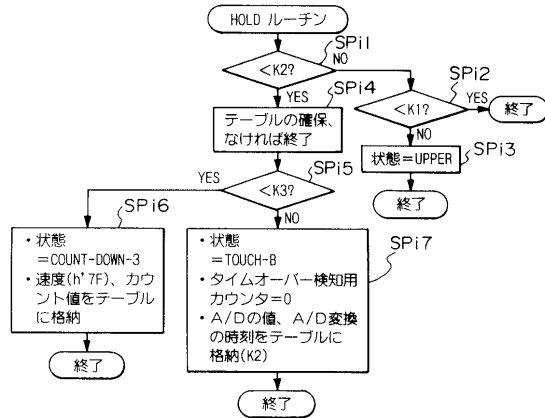
【 図 2 3 】



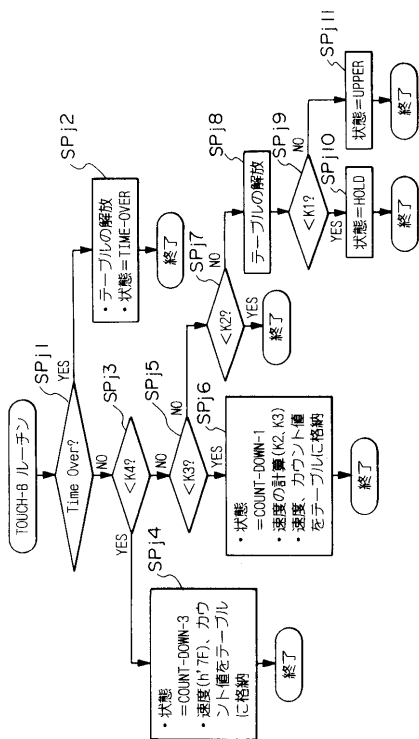
【 図 2 2 】



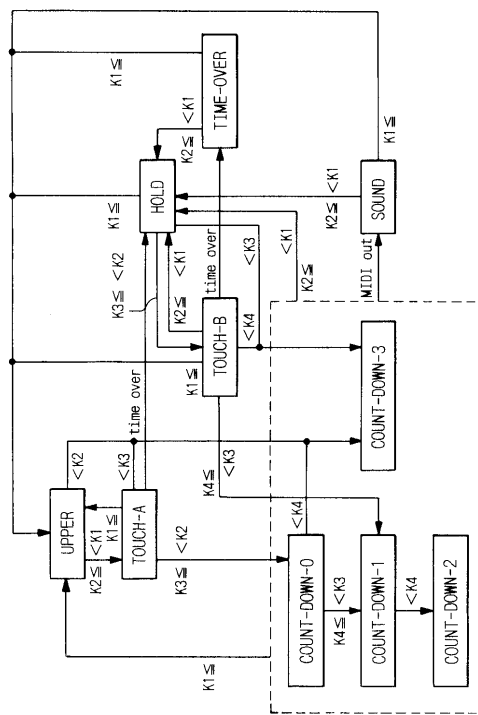
【 図 2 4 】



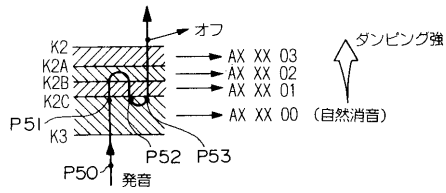
【 図 2 5 】



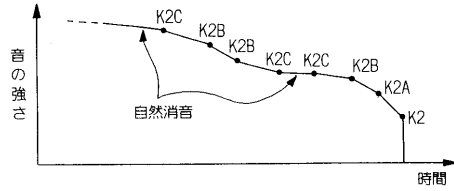
【 図 2 6 】



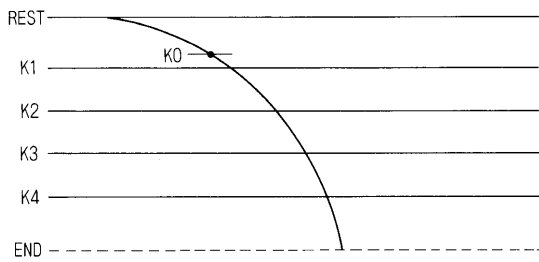
【 図 2 7 】



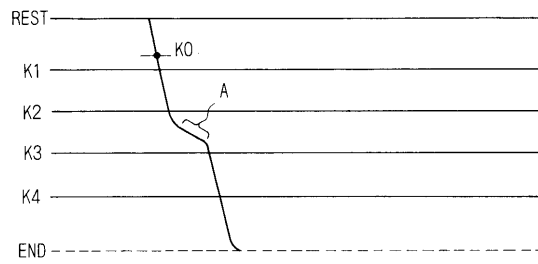
【 図 2 8 】



【 図 2 9 】



【 図 3 0 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07 - 110682 (JP, A)
特開平05 - 333859 (JP, A)
特開平09 - 114465 (JP, A)
特開平09 - 054584 (JP, A)
特開平08 - 076757 (JP, A)
特開平09 - 044148 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10H 1/00 - 7/12
G10F 1/00 - 5/06