

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5572941号
(P5572941)

(45) 発行日 平成26年8月20日 (2014. 8. 20)

(24) 登録日 平成26年7月11日 (2014. 7. 11)

(51) Int. Cl.	F 1				
G 1 O H	1/32	(2006. 01)	G 1 O H	1/32	A
G 1 O H	1/34	(2006. 01)	G 1 O H	1/34	
G 1 O H	1/18	(2006. 01)	G 1 O H	1/18	Z
G 1 O B	3/12	(2006. 01)	G 1 O B	3/12	J

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2008-283620 (P2008-283620)	(73) 特許権者	000004075
(22) 出願日	平成20年11月4日 (2008. 11. 4)		ヤマハ株式会社
(65) 公開番号	特開2010-113026 (P2010-113026A)		静岡県浜松市中区中沢町10番1号
(43) 公開日	平成22年5月20日 (2010. 5. 20)	(74) 代理人	100077539
審査請求日	平成23年9月19日 (2011. 9. 19)		弁理士 飯塚 義仁
		(72) 発明者	谷口 成泰
			静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内
		審査官	毛利 太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子鍵盤楽器の力覚制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鍵とペダルを含む複数種類の操作子と、
前記鍵の動作を検出する鍵動作検出手段と、
前記ペダルの動作を検出するペダル動作検出手段と、
前記鍵の操作に対して電気的な駆動力による反力を発生させる鍵反力発生手段と、
前記ペダルの操作に対して電気的な駆動力による反力を発生させるペダル反力発生手段と、

前記鍵の力覚制御を行うための鍵盤用力覚付与テーブルと前記ペダルの力覚制御を行うためのペダル用力覚付与テーブルとを含む複数種類の操作子それぞれの力覚制御を行うための力覚付与テーブルを記憶した記憶手段と、

前記鍵反力発生手段及び前記ペダル反力発生手段にて発生させる反力を制御する力覚制御手段と、
を備え、

前記鍵盤用力覚付与テーブルは、互いに異なる反力パターンを出力するための第1のテーブルと第2のテーブルとを含む複数のテーブルを有し、

前記ペダルの踏込量が所定の閾値よりも小さい第1の領域では、前記ペダル用力覚付与テーブルにより出力される前記ペダルの反力の変化率が比較的小さな第1の反力パターンとなる一方、前記ペダルの踏込量が前記所定の閾値以上である第2の領域では、前記第1の領域よりも前記ペダルに対する反力の変化率が大きな第2の反力パターンとなり、

前記力覚制御手段は、
 前記ペダル動作検出手段の検出値に基づいて、
 前記ペダルの踏込量が前記所定の閾値よりも小さいときには、前記鍵盤用力覚付与テーブルに含まれる前記第1のテーブルを選択し、
 前記ペダルの踏込量が前記所定の閾値以上のときには、前記鍵盤用力覚付与テーブルに含まれる前記第2のテーブルを選択し、
 前記選択した第1又は第2のテーブルと前記鍵動作検出手段の検出値とに基づいて、前記鍵反力発生手段による前記鍵に対する反力を制御することを特徴とする電子鍵盤楽器の力覚制御装置。

【請求項2】

前記鍵盤用力覚付与テーブルに含まれる前記第2のテーブルは、
 前記鍵のストロークの全領域に対する所定の間領域において、同一のストローク位置にある前記鍵に対して、前記第1のテーブルよりも大きな反力値を出力するように設定されていることを特徴とする請求項1に記載の電子鍵盤楽器の力覚制御装置。

【請求項3】

前記ペダル用力覚付与テーブルの値と、前記鍵盤用力覚付与テーブルが備える前記第2のテーブルの値とは、設定値入力手段により入力された設定値に基づいて変更可能であり、

前記力覚制御手段は、
 前記設定値入力手段により入力された設定値に基づいて、前記ペダル用力覚付与テーブルの値を変更したものを算出するとともに、前記第2のテーブルの値を変更したものを算出し、
 前記変更後のペダル用力覚付与テーブルの値と、前記ペダル動作検出手段で検出した前記ペダルの動作とに基づいて、前記ペダルに対する反力を制御するとともに、
 前記変更後の第2のテーブルの値と、前記鍵動作検出手段で検出した前記鍵の動作とに基づいて、前記鍵に対する反力を制御することを特徴とする請求項2に記載の電子鍵盤楽器の力覚制御装置。

【請求項4】

前記鍵またはペダルの少なくともいずれかに対応して設けられ、該鍵またはペダルの操作に対して物理的な付勢力による反力を付与する付勢手段をさらに備えることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の電子鍵盤楽器の力覚制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子鍵盤楽器が備える鍵やペダルなど操作子の操作に対する反力を制御する力覚制御装置に関し、特に、操作子の操作感覚をアコースティックピアノなどの自然鍵盤楽器に近づけることができる電子鍵盤楽器の力覚制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

アコースティックピアノなど生音を発生する自然鍵盤楽器の鍵盤ユニットは、押鍵により回転するハンマーが打弦して発音するように構成されており、鍵とハンマーの間には、ジャックやウィッペンを有してなるアクション機構が設けられている。このアクション機構によって、演奏者の指に鍵から独特の反力が掛かるようになっており、自然鍵盤楽器の鍵盤ユニットでは、各楽器に特有の鍵タッチ感が得られる。

【0003】

一方、電子音を発生する電子鍵盤楽器の鍵盤ユニットは、押鍵時に鍵を初期位置に復帰させるスプリングや質量体（擬似ハンマー）などを備えており、それらの反力によって自然鍵盤楽器の鍵タッチ感を模擬している。しかしながら、電子鍵盤楽器は、押鍵により電子音を発生させる装置であり、実際に打弦して発音する機構を有しないので、自然鍵盤楽

10

20

30

40

50

器のような複雑なアクション機構がない。そのため、自然鍵盤楽器のアクション機構で生じる鍵タッチ感を忠実に再現しきれず、電子鍵盤楽器の鍵タッチ感は、厳密には自然鍵盤楽器の鍵タッチ感とは異なるものとなっている。

【0004】

そこで、電子鍵盤楽器では、自然鍵盤楽器に近い鍵動作あるいは鍵タッチ感を得ることを目的として、押鍵に対する反力を変化させる鍵駆動装置や制御装置（力覚制御手段）などが提案されている。すなわち、特許文献1に記載の鍵盤ユニットは、ジャックやレベティションハンマーを備えており、これらが鍵と連動することで、自然鍵盤楽器のアクション機構に近い鍵タッチ感が得られるようになっている。また、特許文献2に記載の鍵盤ユニットは、鍵を駆動するためのソレノイドと、ソレノイドを制御する制御装置とを備えて

10

【0005】

また、アコースティックピアノなどの自然鍵盤楽器は、押鍵による打弦時の音の響きや音量を変化させるためのペダル装置を備えている。ペダル装置は、幾つかのペダルを有しているが、そのうちのダンパーペダルは、踏込動作に連動してダンパーを移動させることで、弦に対するダンパーの当接状態を調節するペダルである。このダンパーペダルでは、打弦による音の響きを持続させたり抑えたりすることで、楽音の音色や響きを変化させることができる。

【0006】

ダンパーペダルとダンパーとは、複数の連結部を介して連結され、各連結部の動作には若干の遊びがある。したがって、ダンパーペダルの踏み込みが浅いとき（踏込量が小さいとき）は、踏込動作がダンパーに伝達されず、ペダルに発生する反力（ペダルを介して演奏者に伝わる抵抗力）の変化率は小さい。その後、ダンパーペダルの踏込量が増してゆく段階で、連結部を介してダンパーに踏込動作が伝わり始め、各連結部が有する弾性要素の反力の増加、部分的に弦から離れたダンパーの重さや摩擦により、ペダルの反力の変化率が大きくなる。さらにペダルの踏込量が増すと、ダンパーが弦から完全に離れ、ダンパーの摩擦が減少するとともに、各連結部が有する弾性要素の反力が増加しなくなる。したがって、ペダルの反力の変化率が再び小さくなる。このように、ダンパーペダルの踏込動作では、踏込量に応じて反力の変化率が段階的に変化するようになっている。

20

30

【0007】

また、ダンパーペダルの踏込動作において、ダンパーが弦から完全に離れる前の所定領域をハーフペダル領域と呼ぶことがある。上級演奏者は、ダンパーペダルの踏込深さを微妙に変化させて、このハーフペダル領域を効果的に活用し、弦から発生する楽音の音色や響きを微妙に変化させることができる。したがって、ハーフペダル領域は、演奏上、重要な役割を果たしている。

【0008】

また、アコースティックピアノでは、ダンパーペダルを踏み込んでいない状態で、鍵のストローク（押鍵深さ）の所定範囲において、鍵に連動してダンパーが動作するようになっている。すなわち、押鍵時に鍵のストロークが所定以上になると、鍵によってダンパーが持ち上げられて弦から離間し、離鍵時に鍵のストロークが所定以下になると、鍵によって持ち上げられていたダンパーが弦に当接して止音が開始される。

40

【0009】

ここで、上述のように、ダンパーペダルが所定以上踏み込まれた状態では、ダンパーは既に持ち上がっているため、ダンパーと鍵が連動するのは、ダンパーペダルが踏まれていないか、踏込量が所定以下の場合のみである。したがって、ダンパーペダルを所定以上踏み込んだ状態では、ダンパーペダルを踏み込んでいない状態よりも、鍵盤のタッチが軽くなる（鍵の反力が小さくなる）という性質がある。

【0010】

一方、電子ピアノなどの電子鍵盤楽器にも、押鍵に伴う音の響きや音量を変化させるた

50

めのペダル装置を備えたものがある。しかしながら、電子鍵盤楽器は、アコースティックピアノのような弦やダンパーを有しないので、ダンパーペダルに相当するペダル（以下、単にダンパーペダルということがある。）の踏み込みでは、踏込位置に応じて、電子音源の音色や効果を制御して音の響きをコントロールするだけである。そのため、電子鍵盤楽器のペダル装置では、鍵盤ユニットと同様、スプリングなどの機械的な機構でペダルの反力（復帰力）を発生させている。

【 0 0 1 1 】

前述した特許文献 1 , 2 の電子鍵盤楽器は、鍵の反力を制御する機構を備えており、鍵タッチ感を自然鍵盤楽器に近づけることが可能である。しかしながら、ペダルの反力を制御する機構を備えていないので、ダンパーペダルの操作感覚を自然鍵盤楽器に近づけることはできない。したがって、鍵とダンパーペダルそれぞれの操作に対する反力に特徴があり、かつ、鍵とダンパーペダルの反力が所定の動作領域において関連を有する自然鍵盤楽器の演奏感覚を忠実に模擬することができなかつた。

10

【 0 0 1 2 】

すなわち、特許文献 1 に記載の鍵盤ユニットは、ジャックやレペティションハンマーにより鍵タッチ感を改善するものではあるが、鍵とダンパーペダルの動作に関連を持たせる機構を有していない。したがって、ダンパーペダルの踏込操作に対する反力と、鍵の操作に対する反力との間には関連がなく、自然鍵盤楽器のようなダンパーペダルの踏み込みに伴う鍵タッチ感（反力）の変化を再現できない。なお、特許文献 2 には、ダンパーペダルのオン/オフを検出するとともに、検出したオン/オフに従って鍵の反力を制御するための力覚付与テーブルを切り替えることが開示されている。しかしながら、特許文献 2 の鍵盤ユニットでは、ダンパーペダルは、オン/オフの検出のみが可能であり、その反力を制御することはできない。

20

【特許文献 1】特許 2 6 5 7 5 8 7 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 1 4 6 2 5 9 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 3 】

本発明は上述の点に鑑みてなされたものでありその目的は、鍵とダンパーペダルそれぞれの操作に対する反力に特徴があり、かつ、鍵とダンパーペダルの反力が所定の動作領域において関連を有する自然鍵盤楽器の演奏感覚を再現できる電子鍵盤楽器の力覚制御装置を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

上記課題を解決するため、本発明にかかる電子鍵盤楽器の力覚制御装置は、鍵（ 1 1 ）とペダル（ 3 1 ）を含む複数種類の操作子（ 1 1 , 3 1 ）と、鍵（ 1 1 ）の動作を検出する鍵動作検出手段（ 2 5 ）と、ペダル（ 3 1 ）の動作を検出するペダル動作検出手段（ 4 5 ）と、鍵（ 1 1 ）の操作に対して電気的な駆動力による反力を発生させる鍵反力発生手段（ 2 0 ）と、ペダル（ 3 1 ）の操作に対して電気的な駆動力による反力を発生させるペダル反力発生手段（ 4 0 ）と、鍵（ 1 1 ）の力覚制御を行うための鍵盤用力覚付与テーブル（ 8 1 ）とペダル（ 3 1 ）の力覚制御を行うためのペダル用力覚付与テーブル（ 8 2 ）とを含む複数種類の操作子それぞれの力覚制御を行うための力覚付与テーブル（ 8 1 , 8 2 ）を記憶した記憶手段（ 5 2 ）と、鍵反力発生手段（ 2 0 ）及びペダル反力発生手段（ 4 0 ）にて発生させる反力を制御する力覚制御手段（ 5 0 ）と、を備え、鍵盤用力覚付与テーブル（ 8 1 ）は、互いに異なる反力パターンを出力するための第 1 のテーブル（ 8 1 - 1 ）と第 2 のテーブル（ 8 1 - 2 ）とを含む複数のテーブルを有し、ペダル（ 3 1 ）の踏込量が所定の閾値よりも小さい第 1 の領域（ A 1 ）では、ペダル用力覚付与テーブル（ 8 2 ）により出力されるペダル（ 3 1 ）の反力の変化率が比較的な第 1 の反力パターンとなる一方、ペダル（ 3 1 ）の踏込量が所定の閾値以上である第 2 の領域（ A 2 ）では、第 1 の領域（ A 1 ）よりもペダル（ 3 1 ）に対する反力の変化率が大きな第 2 の反力

40

50

パターンとなり、力覚制御手段(50)は、ペダル動作検出手段(45)の検出値に基づいて、ペダル(31)の踏込量が所定の閾値よりも小さいときには、鍵盤用力覚付与テーブル(81)に含まれる第1のテーブル(81-1)を選択し、ペダル(31)の踏込量が所定の閾値以上のときには、鍵盤用力覚付与テーブル(81)に含まれる第2のテーブル(81-2)を選択し、選択した第1又は第2のテーブル(81-1, 81-2)と鍵動作検出手段(25)の検出値とに基づいて、鍵反力発生手段(20)による鍵(11)に対する反力を制御することを特徴とする。なお、ここでの括弧内の符号は、後述する実施形態の対応する構成要素の符号を本発明の一例として示したものである。

【0015】

本発明にかかる電子鍵盤楽器の力覚制御装置によれば、鍵とペダルを含む複数種類の操作子それぞれに対応して該操作子の操作に応じた反力を発生させる反力発生手段を備えたので、複数種類の操作子の力覚制御を同時に行うことができる。これにより、例えば、アコースティックピアノにおける鍵のタッチ感と、ダンパーペダルのハーフペダル領域の操作感覚との両方を再現することができ、自然鍵盤楽器の演奏感覚を忠実に模擬可能となる。また、本発明の力覚制御装置では、ペダルの動作に基づいて複数のテーブルのいずれかを選択し、該選択したテーブルと鍵の動作とに基づいて、鍵の反力を制御するようにした。これにより、例えば、アコースティックピアノのダンパーペダルの踏み込みに伴う鍵タッチ感の変化を再現可能となる。つまり、鍵とダンパーペダルの反力が所定の動作領域において関連を有する自然鍵盤楽器の演奏感覚を模擬することが可能となる。

【0016】

また、上記の力覚制御装置では、鍵盤用力覚付与テーブル(81)に含まれる第2のテーブル(81-2)は、鍵(11)のストロークの全領域に対する所定の中間領域において、同一のストローク位置にある鍵(11)に対して、第1のテーブル(81-1)よりも大きな反力値を出力するように設定されてよい。すなわち、この場合、第1のテーブルは、アコースティックピアノにおいて、ダンパーペダルが踏み込まれてダンパーの荷重が鍵に掛からない状態での鍵の反力を再現するためのテーブルに相当し、第2のテーブルは、ダンパーペダルが踏み込まれておらず、ダンパーの荷重が鍵に掛かる状態での鍵の反力を再現するためのテーブルに相当する。

そして、力覚制御手段は、所定の閾値に対するペダル(31)の動作を検出する動作検出手段(45)の検出値の大小に応じて、第1、第2のテーブル(81-1, 81-2)のいずれかを選択するようにする。つまり、ペダルが所定量以上踏み込まれる前は、第2のテーブルにより鍵の力覚制御を行い、ペダルが所定量以上踏み込まれた後は、第1のテーブルにより鍵の力覚制御を行うことで、アコースティックピアノにおけるダンパーペダル踏込時の鍵タッチ感を忠実に再現することが可能となる。

【0017】

また、上記力覚制御装置の他の実施形態として、ペダル用力覚付与テーブル(82)の値と、鍵盤用力覚付与テーブル(81)が備える第2のテーブル(81-2)の値とは、設定値入力手段(61)により入力された設定値に基づいて変更可能であり、力覚制御手段(50)は、設定値入力手段(61)により入力された設定値に基づいて、ペダル用力覚付与テーブル(81)の値を変更したものを算出するとともに、第2のテーブル(81-2)の値を変更したものを算出し、変更後のペダル用力覚付与テーブル(82)の値と、動作検出手段(45)で検出したペダル(31)の動作とに基づいて、ペダル(31)に対する反力を制御するとともに、変更後の第2のテーブル(81-2)の値と、動作検出手段(25)で検出した鍵(11)の動作とに基づいて、鍵(11)に対する反力を制御するようにしてもよい。

【0018】

この構成によれば、演奏者が設定値入力手段によりペダル用力覚付与テーブルの値を変更することで、ペダルの反力を換えられるようになる。これにより、アコースティックピアノのダンパーペダルが有するハーフペダル領域を演奏者が所望する反力及び位置で再現可能となる。また、演奏者が設定値入力手段により第2のテーブルの値を変更することで

10

20

30

40

50

、ペダルが踏み込まれていない場合の鍵の反力も変えることができる。つまり、アコースティックピアノでは、ダンパーの荷重が鍵にかかるので、ダンパーの重さなどの要素が異なれば、ダンパーペダルの反力と鍵のタッチ感の両方が異なるが、本発明の力覚制御装置では、そのことを再現できるようになる。

【 0 0 1 9 】

また、上記の力覚制御装置では、鍵 (1 1) またはペダル (3 1) の少なくとももいずれかに設けられ、該鍵 (1 1) またはペダル (3 1) の操作に対して物理的な付勢力による反力を付与する付勢手段 (3 5 , 2 4 , 4 4) をさらに備えてもよい。これによれば、反力発生手段による反力と付勢手段による反力とを合わせた力でペダルまたは鍵を駆動するようになるので、反力発生手段の機構を簡単にでき、力覚制御装置を簡単な構成で実現できる。また、付勢手段にバネなどの弾発手段を用いれば、ペダル装置の駆動に必要な電力を削減できるので、電子鍵盤楽器の消費電力を少なく抑えることが可能となる。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明にかかる電子鍵盤楽器の力覚制御装置によれば、鍵とダンパーペダルそれぞれの動作に特徴があり、かつ、鍵とダンパーペダルの反力が所定の動作領域において関連を有する自然鍵盤楽器の演奏感覚を忠実に再現することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の説明では、後述する鍵あるいはペダルの長手方向の両側のうち、電子鍵盤楽器の演奏者の側を手前あるいは前といい、その反対側を奥あるいは後という。

20

【 0 0 2 2 】

〔 第 1 実施形態 〕

図 1 は、本発明の第 1 実施形態にかかる力覚制御装置を備えた電子鍵盤楽器の全体構成例を示すブロック図である。同図に示す電子鍵盤楽器は、鍵 1 1 (操作子) を有する鍵盤装置 1 0 と、ペダル 3 1 (操作子) を有するペダル装置 3 0 と、鍵 1 1 及びペダル 3 1 の操作に対する反力を制御するための制御部 (力覚制御手段) 5 0 とを備えている。鍵盤装置 1 0 及びペダル装置 3 0 と制御部 5 0 とは、バス 5 を介して互いに接続されている。

【 0 0 2 3 】

図 2 は、鍵盤装置 1 0 の構成を示す図であり、鍵 1 1 及びその周辺を示す概略側断面図である。なお、同図では、鍵盤装置 1 0 が備える 1 個の鍵 1 1 及びその周辺の構成部品を示している。鍵盤装置 1 0 は、電子鍵盤楽器本体に取り付けられたフレーム 1 2 と、フレーム 1 2 に対して揺動自在に支持された鍵 1 1 とを備えている。なお、図 2 では、鍵 1 1 が白鍵である場合を示しているが、黒鍵の場合も同様の構成になっている。

30

【 0 0 2 4 】

鍵 1 1 は、フレーム 1 2 に設けた鍵支点 1 3 に軸支されており、該鍵支点 1 3 を中心に長手方向が上下に揺動自在になっている。鍵 1 1 の鍵支点 1 3 より後側の下方には、フレーム 1 2 に固定された上限ストッパー 1 4 が設置されており、前側の下方には、フレーム 1 2 に固定された下限ストッパー 1 5 が設置されている。上限ストッパー 1 4 は、図 2 の実線で示す非押鍵位置 (初期位置) にある鍵 1 1 の下面に当接し、鍵 1 1 の前端が非押鍵位置より上方へ回動することを規制する。下限ストッパー 1 5 は、図 2 の破線で示す押鍵位置 (最下位置) にある鍵 1 1 の下面に当接し、鍵 1 1 の前端が押鍵位置より下方へ回動することを規制する。

40

【 0 0 2 5 】

また、鍵盤装置 1 0 には、鍵 1 1 の操作に対して電気的な駆動力による反力を発生させるソレノイド (反力発生手段) 2 0 が設けられている。ソレノイド 2 0 は、鍵支点 1 3 よりも後方の鍵 1 1 の上面側に設置されており、コイル 2 1 と、コイル 2 1 の中央に設置された進退移動可能なロッド 2 2 とを備えている。また、コイル 2 1 の外側 (上下及び外周) を覆う位置には、ヨーク (磁性体) 2 6 が設置されている。ロッド 2 2 は、軸方向が上

50

下方向に配置され、下端が鍵 1 1 の上面に当接している。また、ロッド 2 2 の上端には、平板状の板部材 2 3 が取り付けられている。板部材 2 3 は、その面がロッド 2 2 の軸方向と直交するように取り付けられており、板部材 2 3 がヨーク 2 6 の上端に当接する位置で、ロッド 2 2 の下端が非押鍵位置にある鍵 1 1 の上面に当接するようになっている。また、板部材 2 3 と、ソレノイド 2 0 の真上に張り出したフレーム 1 2 の上壁 1 2 a との間には、コイル状のバネ（付勢手段）2 4 が介在している。このバネ 2 4 により、ロッド 2 2 が下方へ付勢されている。

【 0 0 2 6 】

したがって、鍵 1 1 は、ロッド 2 2 を介して鍵 1 1 に付与されるバネ 2 4 の付勢力によって非押鍵位置へ付勢されている。そして、押鍵操作に伴い、鍵 1 1 は、バネ 2 4 の付勢力に抗してロッド 2 2 を押し上げながら鍵支点 1 3 を中心に回転する。一方、鍵 1 1 を押し下げている力が解除されると、鍵 1 1 は、バネ 2 4 の付勢力で自動的に非押鍵位置へ復帰する。また、このようなバネ 2 4 の付勢力による鍵 1 1 の動作において、コイル 2 1 への電圧印加によりロッド 2 2 を進退駆動すれば、バネ 2 4 の付勢力をアシストすることができる。したがって、制御部 5 0 によりソレノイド 2 0 の駆動を制御することで、鍵 1 1 の操作に対する反力の力覚制御を行うことができる。この力覚制御の手順については後述する。

【 0 0 2 7 】

また、鍵盤装置 1 0 には、鍵 1 1 の位置を検出する鍵位置センサ（動作検出手段）2 5 が設けられている。ここでの鍵位置センサ 2 5 は、図 2 に示すように、鍵 1 1 に取り付けられたシャッタ 2 5 a と、該シャッタ 2 5 a により光路が遮蔽されるフォトセンサ 2 5 b とで構成される光学式センサである。この場合、鍵 1 1 の位置変化に応じて遮光量が連続的に変化するようにシャッタ 2 5 a の形状が設定され、フォトセンサ 2 5 b の出力信号から鍵 1 1 の位置が一義的に特定されるようにする。なお、鍵位置センサ 2 5 は、鍵 1 1 の位置を検出できるものであれば、上記のような遮光式センサ以外にも、図示は省略するが、鍵 1 1 の位置変化に応じて反射光量を連続的に変化させることが可能な反射面を鍵 1 1 に設置し、該反射面で反射した光を受光部で受光して鍵 1 1 の位置を検出するように構成した反射式センサでもよい。さらにいえば、光学式センサに限らず他の方式のセンサでもよい。また、図示は省略するが、鍵位置センサ 2 5 に代えて、鍵位置検出用のスイッチなどを設置してもよい。また、ここでは、鍵 1 1 の動作を検出する動作検出手段として、鍵位置センサ 2 5 を設置した場合を説明したが、それ以外にも、鍵 1 1 の速度、加速度、角度、角速度をそれぞれ検出する鍵速度センサ、鍵加速度センサ、鍵角度センサ、鍵角速度センサのいずれか、あるいはこれらのうちの複数を設置することも可能である。

また、図示は省略するが、鍵盤装置 1 0 には、楽音を発生させるために鍵 1 1 の動作を電氣的な出力に変換するスイッチ接点やボリューム検出部などの機構も設けられている。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、ペダル装置 3 0 の構成例を示す図で、(a) は概略側断面図、(b) は正面図である。ペダル装置 3 0 は、フレーム 3 2 に対して回転可能に支持された複数のペダルを備えており、本実施形態では、グランドピアノにおけるダンパーペダル、ソステヌートペダル、ソフトペダルに相当する 3 本のペダルが設置されているが、同図では、ダンパーペダルに相当する演奏者から見て最も右側に位置するペダル 3 1 のみを示し、他のペダルは図示を省略している。本発明の構成は、ダンパーペダルに相当するペダル 3 1 に適用されるので、以下では、ペダル 3 1 及びその周辺の構成部品について説明する。

【 0 0 2 9 】

フレーム 3 2 は、金属などで構成された板状部材を適宜に折り曲げて、略矩形の箱型に形成されている。フレーム 3 2 は、複数のペダルに対応する位置に跨る横長形状で、前壁 3 2 a におけるペダル 3 1 の取付箇所には、開口部 3 3 が形成されている。ペダル 3 1 は、長尺状に形成された略平板状の部材からなり、前側が足で踏込操作する操作部 3 1 a になっており、後側がフレーム 3 2 に取り付けられる取付部 3 1 b になっている。そして、フレーム 3 2 の開口部 3 3 は、ペダル 3 1 の断面よりも大きな矩形に形成されている。

開口部 3 3 の内周には、両側の縁を後方に折り曲げてなる平板状の曲げ板部 3 3 a , 3 3 a が設けられている。

【 0 0 3 0 】

ペダル 3 1 は、取付部 3 1 b が開口部 3 3 からフレーム 3 2 内に差し込まれた状態で、操作部 3 1 a がフレーム 3 2 の前方に突出している。このとき、ペダル 3 1 は、取付部 3 1 b の中間がペダル支点 3 4 に支持されており、該ペダル支点 3 4 を中心として長手方向が上下に揺動自在になっている。

【 0 0 3 1 】

フレーム 3 2 内におけるペダル 3 1 の下面側には、復帰バネ（付勢手段）3 5 が設置されている。復帰バネ 3 5 は、金属などの弾性を有する線材をコイル状に巻き回してなるバネ材であり、コイル軸方向に圧縮されることで弾発力（付勢力）を生じるものである。復帰バネ 3 5 は、ペダル支点 3 4 より前方に配置されており、その位置のペダル 3 1 を上方に向かって付勢するようになっている。

10

【 0 0 3 2 】

また、ペダル 3 1 の操作に対する反力を発生する反力発生手段（駆動手段）として、ペダル 3 1 の上面側に設置したソレノイド 4 0 を備えている。ソレノイド 4 0 は、ペダル支点 3 4 より後方に配置されており、鍵盤装置 1 0 のソレノイド 2 0 と同様、ヨーク 4 6 の内側に設置されたコイル 4 1 と、コイル 4 1 の中央に設置した進退可能なロッド 4 2 とを備えている。ロッド 4 2 の上端には、板部材 4 3 が一体に取り付けられており、該板部材 4 3 とフレーム 3 2 の上壁 3 2 b との間には、コイル状のバネ（付勢手段）4 4 が介在している。このバネ 4 4 により、ロッド 4 2 が軸方向の下方に向かって付勢されており、ロッド 4 2 の下端は、ペダル 3 1 の上面に当接している。

20

【 0 0 3 3 】

また、ペダル装置 3 0 には、ペダル 3 1 の位置を検出するペダル位置センサ（動作検出手段）4 5 が設けられている。ペダル位置センサ 4 5 の具体的な構成は、鍵盤装置 1 0 が備える鍵位置センサ 2 5 と同じであり、シャッタ 4 5 a とフォトセンサ 4 5 b とで構成される光学式センサとすることができる。あるいは、図示は省略するが、ペダル位置センサ 4 5 に代えて、ペダル位置検出用のスイッチなどを設置してもよい。また、ペダルの位置を検出するセンサ以外にも、ペダル速度センサ、ペダル加速度センサ、ペダル角度センサ、ペダル角速度センサのいずれか、あるいはこれらのうちの複数を設置することも可能である。

30

【 0 0 3 4 】

また、ペダル 3 1 には、ガイド部材 3 6 が取り付けられている。ガイド部材 3 6 は、取付部 3 1 b の前端に設置された略矩形状の部材であり、その両側面には、小突起 3 6 a が複数個（図では両側に各 2 個ずつ）設けられている。小突起 3 6 a は、フレーム 3 2 の曲げ板部 3 3 a の内側面に当接している。これにより、ガイド部材 3 6 は、ペダル 3 1 の揺動に伴って小突起 3 6 a が曲げ板部 3 3 a , 3 3 a に対して摺動しながら、その内側を上下移動してペダル 3 1 の揺動をガイドする。また、ガイド部材 3 6 の上端に対向するフレーム 3 2 の壁面 3 2 c には、ペダル 3 1 の上限位置を規定するための上限ストッパー 3 7 が設置されている。上限ストッパー 3 7 は、ガイド部材 3 6 の衝突による衝撃を緩和するための緩衝材からなる。ペダル 3 1 は、踏込操作が開始される最上位置（以下、「初期位置」という。）にある状態で、ガイド部材 3 6 の上端が上限ストッパー 3 7 に当接するようになっている。

40

【 0 0 3 5 】

一方、開口部 3 3 の下端には、ペダル 3 1 の下限位置を規定するための下限ストッパー 3 8 が取り付けられている。下限ストッパー 3 8 は、ペダル 3 1 の衝突による衝撃を緩和する緩衝材で構成されており、初期位置にあるペダル 3 1 の下面に対して所定距離を有して対向するように設置されている。

なお、図示は省略するが、ペダル装置 3 0 には、ペダル 3 1 の動作を電気的な出力に変換するためのスイッチ接点やボリューム検出部などの機構も設けられている。

50

【 0 0 3 6 】

上記構成のペダル装置 3 0 の動作について説明する。ペダル 3 1 は、初期位置で、その自重と、ガイド部材 3 6 が上限ストッパ 3 7 を介してフレーム 3 2 の壁面 3 2 c に当接して受ける抗力と、復帰バネ 3 5 の付勢力と、バネ 4 4 の付勢力及びソレノイド 4 0 で発生する反力とが釣り合っている。したがって、初期位置における各力の釣り合いにより、ペダル 3 1 は、前後方向（長手方向）が略水平な状態で静止している。このペダル 3 1 を踏み込むと、ペダル支点 3 4 を中心に回転し、ペダル 3 1 に押された復帰バネ 3 5 が圧縮されるとともに、ソレノイド 4 0 のロッド 4 2 が上方へ移動する。これにより、ペダル 3 1 には、復帰バネ 3 5 の付勢力とバネ 4 4 の付勢力とが付与される。さらにペダル 3 1 を踏み込むと、下限ストッパ 3 8 に当接して停止する。一方、ペダル 3 1 を踏み込んでい

10

【 0 0 3 7 】

次に、図 1 に示す制御部 5 0 について説明する。制御部 5 0 は、CPU 5 1、ROM 5 2、RAM 5 3、フラッシュメモリ（EEPROM）5 4 を備えている。また、CPU 5 1 にはタイマ 5 5 が接続されている。CPU 5 1 は、鍵盤装置 1 0 及びペダル装置 3 0 を含む電子鍵盤楽器全体の制御を司る。ROM 5 2 やフラッシュメモリ 5 4 には、CPU 5 1 が実行する制御プログラムや各種テーブルデータのほか、後述する力覚付与テーブル 8 0 が記憶されている。RAM 5 3 は、演奏データ、テキストデータなどの各種入力情報、各種フラグやバッファデータ及び演算処理結果などを一時的に記憶する。タイマ 5 5 は、タイマ割り込み処理における割り込み時間などの各種時間を計時する。

20

【 0 0 3 8 】

また、電子鍵盤楽器には、制御部 5 0 のほか、設定操作部 6 1、表示装置 6 3、音声出力部 6 5、外部記憶装置 6 6、HDD 6 7、通信インターフェイス 6 8、MIDI インターフェイス 6 9 などが設けられている。通信インターフェイス 6 8 には、外部装置 7 1 を接続でき、MIDI インターフェイス 6 9 には、MIDI 機器 7 2 を接続できる。また、通信インターフェイス 6 8 は、インターネットなどの通信ネットワーク 7 3 を介して外部のサーバ装置 7 4 との間で通信を行えるようになっている。設定操作部 6 1 には、演奏者が設定操作情報を入力するために用いる不図示の各種スイッチなどが含まれ、スイッチの操作による信号が CPU 5 1 に供給されるようになっている。外部記憶装置 6 6 や HDD 6 7 は、上記の制御プログラムを含む各種アプリケーションプログラムや各種楽曲データなどを記憶するものである。表示装置 6 3 は、表示制御回路 6 2 を介してバス 5 に接続されており、音声出力部 6 5 は、音源回路 6 4 を介してバス 5 に接続されている。

30

【 0 0 3 9 】

図 4 は、ROM 5 2 に格納された力覚付与テーブル 8 0 の構成例を示す図である。力覚付与テーブル 8 0 は、鍵盤装置 1 0 のソレノイド 2 0 が発生すべき反力のパターンを格納した鍵盤用力覚付与テーブル 8 1 と、ペダル装置 3 0 のソレノイド 4 0 が発生すべき反力のパターンを格納したペダル用力覚付与テーブル 8 2 とを有している。鍵盤用力覚付与テーブル 8 1 には、第 1 の制御パターンに対応する第 1 のテーブル 8 1 - 1 と、第 2 の制御パターンに対応する第 2 のテーブル 8 1 - 2 とがそれぞれ別に用意されている。ここでの第 1 の制御パターンは、アコースティックピアノにおいてダンパーの荷重が鍵に掛からない状態（ダンパーペダルによりダンパーが持ち上げられている状態）を再現した鍵 1 1 の反力パターンであり、第 2 の制御パターンは、アコースティックピアノにおいてダンパーの荷重が鍵に掛かる状態（ダンパーペダルによりダンパーが持ち上げられていない状態）を再現した鍵 1 1 の反力パターンである。

40

50

【 0 0 4 0 】

さらに、第1のテーブル81-1には、押鍵用のテーブル81-1aと離鍵用のテーブル81-1bとが用意されており、第2のテーブル81-2には、押鍵用のテーブル81-2aと離鍵用のテーブル81-2bとが用意されている。また、ペダル用力覚付与テーブル82は一種類であるが、それには、押ペダル用のテーブル82aと戻ペダル用のテーブル82bがそれぞれ用意されている。

【 0 0 4 1 】

さらに、これらテーブル81-1a, 81-1b, 81-2a, 81-2b, 82a, 82bはそれぞれ、反力パターンテーブル80aと指令値テーブル80bを備えている。反力パターンテーブル80aは、鍵位置センサ25あるいはペダル位置センサ45の検出値（または該検出値から算出した鍵11あるいはペダル31の速度、加速度などの値）の信号に対するソレノイド20, 40の出力値を参照するためのテーブルである。また、指令値テーブル80bは、ソレノイド20, 40に上記の出力値を発生させる指令値を参照するためのテーブルである。

【 0 0 4 2 】

図1に示すように、制御部50からの制御信号は、ソレノイド制御ドライバ（駆動制御部）28を介して鍵盤装置10のソレノイド20に入力され、ソレノイド制御ドライバ（駆動制御部）48を介してペダル装置30のソレノイド40に入力されるようになっている。また、鍵位置センサ25の検出信号と、ペダル位置センサ45の検出信号は、いずれも制御部50に入力されるようになっている。

【 0 0 4 3 】

ここで、上記構成の電子鍵盤楽器における鍵11及びペダル31の操作に対する力覚制御の手順について説明する。ここでは、ペダル31の力覚制御の手順と鍵11の力覚制御の手順を順に説明する。図5は、ペダル31の力覚制御の手順を説明するためのフローチャートである。ペダル31の力覚制御では、まず、ペダル31の位置情報を初期化する（ステップST1-1）。その後、ペダル位置センサ45にて検出したペダル31の位置（踏込量）を読み込む（ステップST1-2）。また、ペダル速度センサを設けている場合は、検出したペダルの速度を読み込み（ステップST1-3）、ペダル加速度センサを設けている場合は、検出したペダルの加速度を読み込む（ステップST1-4）。ペダル速度センサを設けていない場合は、ペダル位置センサ45で検出したペダル位置データの差分からペダル速度を算出してもよい（ステップ1-3）。また、ペダル加速度センサを設けていない場合は、ペダル速度データの差分からペダル加速度を算出（ステップST1-4）してもよい。なお、ペダル装置30に角度センサや角速度センサを設置している場合は、それらで検出したペダル角度やペダル角速度を読み込んでよい。

【 0 0 4 4 】

次に、ステップST1-3で読み込んだペダル速度の検出値（あるいは算出値）の符号（正負）を判定する（ステップST1-5）。その結果、ペダル速度が正である場合は、ペダル31が踏み込まれる（押ペダル）過程にあるので、ペダル用力覚付与テーブル（図4参照）82から押ペダル用テーブル82aを選択し、これを読み込む（ステップST1-6）。一方、ペダル31の速度が負である場合は、ペダル31の踏み込みが解除される（戻ペダル）過程にあるので、ペダル用力覚付与テーブル82から戻ペダル用テーブル82bを選択し、これを読み込む（ステップST1-7）。続いて、読み込んだ上記いずれかのテーブル82a, 82bの反力パターンテーブル80aを参照して、ソレノイド40の出力を決定するとともに、指令値テーブル80bを参照して、ソレノイド40の出力を発生させるための指令値を決定する。そして、決定した指令値をソレノイド制御ドライバ48へ出力し（ステップST1-8）、ソレノイド40を駆動する。このようにして、ペダル用力覚付与テーブル82に基づくペダル反力の制御が行われる。その後、新たなペダル位置情報の入力があるかを判断する（ステップST1-9）。その結果、ペダル位置情報の入力がある（YES）、ステップST1-2以降の手順を繰り返して行い、ペダル位置情報の入力が無ければ（NO）、処理を終了する。

【 0 0 4 5 】

図6は、上記の力覚制御を行った場合のペダル31の変位（踏込量）と荷重（反力）との関係を示すグラフである。このグラフの反力分布は、ペダル位置センサ（動作検出手段）45による一の検出値に対応する反力分布を一例として示したものである。すなわち、ペダル位置センサ45で検出された値が異なるものである場合は、同図に示すグラフとは別の反力分布となる。ペダル用力覚付与テーブル82による力覚制御では、同図に示すように、ペダル31の踏込量が小さく、反力の変化率が小さい領域A1と、ペダル31の踏込量が増して、反力の変化率が大きくなる領域A2と、さらにペダル31の踏込量が増して、再度、反力の変化率が小さくなる領域A3の三種類の領域を有している。領域A1では、アコースティックピアノにおいてダンパーの荷重がダンパーペダルに掛かる前の状態が再現され、領域A2では、ペダルとダンパーの連結部を介してダンパーに踏込力が伝わり始め、連結部全体が有する弾性要素からの反力が次第に増加する状態が再現され、領域A3では、ダンパーが完全に弦から離れて摩擦が減少するとともに、連結部全体が有する弾性要素からの反力が増加しなくなる状態が再現されている。このように、本実施形態の力覚制御装置では、アコースティックピアノのダンパーペダルの反力パターンを忠実に再現することができる。また、この場合、領域A2の後半から領域A3の前半にかかるハーフペダル領域の反力パターンも再現することができる。したがって、ペダル31がこのハーフペダル領域に位置する際の押鍵に伴う楽音の音色や響きを適宜に設定しておけば、電子鍵盤楽器の演奏者は、ハーフペダル領域を利用して、ペダル31の踏み込み深さに応じて楽音の音色や響きなどを微妙に変化させる高度な演奏操作を行うことが可能となる。

10

20

【 0 0 4 6 】

図7は、鍵11の力覚制御の手順を説明するためのフローチャートである。鍵11の力覚制御では、まず、鍵11の位置情報を初期化する（ステップST2-1）。その後、鍵位置センサ25で検出した鍵11の位置（押鍵による変位量）を読み込む（ステップST2-2）。続けて、鍵速度センサを設けている場合は、検出した鍵の速度を読み込み（ステップST2-3）、鍵加速度センサを設けている場合は、検出した鍵の加速度を読み込む（ステップST2-4）。鍵速度センサを設置していない場合は、鍵位置センサ25で検出した鍵位置データの差分から鍵速度を算出（ステップ2-3）してもよい。また、鍵加速度センサを設置していない場合は、鍵速度データの差分から鍵加速度を算出（ステップST2-4）してもよい。なお、鍵盤装置10に角度センサや角速度センサを設置している場合は、それらで検出した鍵11の角度や角速度を読み込んでよい。

30

【 0 0 4 7 】

次に、ペダル装置30が備えるペダル位置センサ45で検出したペダル位置（踏込量）を読み込む（ステップST2-5）。なお、ここでは、ペダル角度センサを設置している場合は、ペダル位置以外にペダル角度を読み込んでよい。続けて、読み込んだペダル位置（あるいはペダル角度、以下同じ）が所定の閾値以上か否かを判定する（ステップST2-6）。ここでの所定の閾値は、アコースティックピアノにおけるダンパーペダルの踏み込みによりダンパーの持ち上げが開始されるペダル位置とする。その結果、ペダル位置が閾値以上でない場合（NO）は、アコースティックピアノにおいてダンパーの反力が鍵に伝達される状態（ダンパーペダルによりダンパーが持ち上げられていない状態）を再現した第2の制御パターンを選択する（ステップST2-7）。その後、先のステップST2-3で読み込んだ鍵速度の符号を判定する（ステップST2-8）。その結果、鍵速度が正である場合は、鍵11が押される（押鍵）過程にあるので、鍵盤用力覚付与テーブル（図4参照）81の第2のテーブル81-2から押鍵用テーブル81-2aを選択し、これを読み込む（ステップST2-9）。一方、鍵速度が負である場合は、鍵11が初期位置へ戻る（離鍵）過程にあるので、第2のテーブル81-2から離鍵用テーブル81-2bを選択し、これを読み込む（ステップST2-10）。

40

【 0 0 4 8 】

一方、先のステップST2-6で、ペダル位置が所定の閾値以上である場合（YES）は、アコースティックピアノにおいてダンパーの荷重が鍵に掛からない状態（ダンパーペ

50

ダルによりダンパーが持ち上げられている状態)を再現した第1の制御パターンを選択する(ステップST2-11)。その後、先のステップST2-3で読み込んだ鍵速度の符号を判定する(ステップST2-12)。その結果、鍵速度の符号が正である場合は、押鍵過程にあるので、鍵盤用力覚付与テーブル81の第1のテーブル81-1から押鍵用テーブル81-1aを選択し、これを読み込む(ステップST2-13)。一方、鍵速度の符号が負である場合は、離鍵過程にあるので、第1のテーブル81-1から離鍵用テーブル81-1bを選択し、これを読み込む(ステップST2-14)。

【0049】

続いて、読み込んだいずれかのテーブル81-1a, 81-1b, 81-2a, 81-2bの反力パターンテーブル80aを参照してソレノイド20の出力を決定するとともに、指令値テーブル80bを参照してソレノイド20の出力を発生させるための指令値を決定する。そして、決定した指令値をソレノイド制御ドライバ(駆動制御部)28へ出力し(ステップST2-15)、鍵盤装置10のソレノイド20を駆動する。このようにして、鍵盤用力覚付与テーブル81に基づく鍵11の反力の制御が行われる。その後、新たな鍵位置情報の入力があるかを判断する(ステップST2-16)。その結果、鍵位置情報の入力がある場合は(YES)、ステップST2-2以降の手順を繰り返して行い、鍵位置情報の入力が無ければ(NO)、処理を終了する。

【0050】

図8は、上記の力覚制御を行った場合の鍵11の変位(押鍵量)と荷重(反力)の関係を示すグラフである。同図のグラフにおける実線は、第2の制御パターン(第2のテーブル81-2)に基づく反力特性であり、破線は、第1の制御パターン(第1のテーブル81-1)に基づく反力特性である。本実施形態の力覚制御装置による鍵11の力覚制御では、鍵11の変位量(押鍵量)が小さく、鍵11の操作に対する反力が比較的小さくその変化も少ない領域B1と、鍵11の変位量が増加して、鍵11の操作に対する反力が大きくなる領域B2とを有している。領域B1では、第1のテーブル81-1で、アコースティックピアノにおいて鍵にダンパーの荷重がかからない場合の反力が再現され(破線)、第2のテーブル81-2で、鍵にダンパーの荷重がかかる場合の反力が再現されている(実線)。したがって、第2のテーブル81-2は、鍵11のストロークの全領域に対する所定の間領域である領域B1において、鍵11の同一変位量(鍵位置センサ25の同一検出値)に対して、第1のテーブル81-1よりも大きな反力値を有している。このように、第1、第2の制御パターンにより、アコースティックピアノにおけるダンパーの荷重の有無による押鍵時の反力の違いが再現されているので、ダンパーペダルの踏み込みによる鍵のタッチ感の変化を忠実に再現される。また、領域B2では、アコースティックピアノにおけるいわゆるジャック抜けに伴う急激な鍵盤の反力変化が再現されている。したがって、本実施形態の力覚制御装置では、アコースティックピアノの鍵盤の反力パターンを忠実に再現することができる。

【0051】

上記では鍵11の力覚制御とペダル31の力覚制御の手順を別に説明したが、本実施形態の電子鍵盤楽器では、鍵11とペダル31それぞれの反力を制御するためのソレノイド(反力発生手段)20, 40を設けているので、実際には、電子鍵盤楽器が演奏操作される際、鍵11の力覚制御とペダル31の力覚制御とが同時に行われる。したがって、アコースティックピアノにおける鍵のタッチ感とダンパーペダルの操作感覚の両方を再現可能となるので、自然鍵盤楽器の演奏感覚を忠実に模擬できるようになる。

【0052】

以上説明したように、本実施形態の電子鍵盤楽器によれば、鍵11とペダル31それぞれの操作感覚を自然鍵盤楽器に近づけることができるとともに、鍵とダンパーペダルの反力が所定の動作領域において関連を有する自然鍵盤楽器の演奏感覚を忠実に再現することが可能となる。なお、本実施形態では、鍵盤用力覚付与テーブル81は、第1のテーブル81-1と、第2のテーブル81-2の二つのテーブルを有する場合を説明したが、鍵盤用力覚付与テーブル81には、第1のテーブル81-1と第2のテーブル81-2だけで

10

20

30

40

50

なく、これらに加えて、ハーフペダル領域での鍵の反力（第1、第2のテーブル81-1、81-2の中間の反力）を再現した第3のテーブル（図示せず）などをさらに追加することも可能である。これによれば、ペダル31の踏込量に応じた鍵11の反力をより細かく制御することができるので、アコースティックピアノの鍵タッチ感をより忠実に再現可能となる。

【0053】

〔第2実施形態〕

次に、本発明の第2実施形態にかかる電子鍵盤楽器について説明する。なお、第2実施形態の説明及び対応する図面においては、第1実施形態と同一又は相当する構成部分には同一の符号を付し、以下ではその部分の詳細な説明は省略する。また、以下で説明する事項以外の事項については、第1実施形態と同じである。これらの点は他の実施形態についても同様とする。

【0054】

本実施形態の電子鍵盤楽器の構成及びその力覚制御手順を概説すると、第1実施形態では、鍵盤用力覚付与テーブル81とペダル用力覚付与テーブル82の制御パターンをそのまま参照して鍵11及びペダル31の力覚制御を行っていたが、本実施形態では、鍵盤用力覚付与テーブル81とペダル用力覚付与テーブル82をそれぞれ鍵盤用とペダル用の基準となる力覚付与テーブルとし、設定操作部61から入力された設定値に基づいて、これら基準となる力覚付与テーブルの値を任意に変更できるようになっている。そして、この変更した力覚付与テーブルを用いて、鍵11及びペダル31の力覚制御を行うようになっている。したがって、本実施形態の電子鍵盤楽器では、演奏者がペダル31の反力を基準値に対して変更するために、設定操作部61が備えるつまみなどの操作で、反力の基準値からの変更量（例えば+1、+2、0、-1、-2など）を入力するようになっている。以下、この点について詳細に説明する。

【0055】

図9は、基準となる力覚付与テーブルを変更する手順を説明するためのフローチャートである。この手順では、まず、ペダル反力の設定値を初期化する（ステップST3-1）。続いて、設定操作部61から入力されたペダル反力の設定値（基準値からの変更量）を検出する（ステップST3-2）。図10は、図6のグラフに、変更したペダル用力覚付与テーブル82の反力特性（点線で示す）を追記したものである。ここで、設定操作部61から入力される設定値は、例えば、図10に示す領域A1、A2の境界の反力値P1と、領域A2、A3の境界の反力値P2との差とすることができる。ここでは、当該差の値が $P2 - P1$ から $P2' - P1$ （ $P2 < P2'$ ）に変更される場合を示している。次に、検出したペダル反力の設定値が0（デフォルト）であるか否かを判断する（ステップST3-3）。その結果、設定値が0であれば（YES）、そのまま処理を終了する。すなわち、この場合は、鍵11及びペダル31の力覚制御において、基準となる力覚付与テーブル（鍵盤用力覚付与テーブル81及びペダル用力覚付与テーブル82）の反力パターンをそのまま用いて、第1実施形態と同様の力覚制御を行う。

【0056】

一方、設定値が0でない場合（ステップST3-3でNO）は、検出した設定値に基づいて、基準となるペダル用力覚付与テーブル82の反力パターンを変更したものを算出する（ステップST3-4）。すなわち、検出した設定値と、押ペダル用のテーブル82aの基準値とに基づいて、領域A2の反力の傾きを計算し、図10のグラフにおいて点線で示す反力パターンを算出する。なお、変更する反力パターンの具体的な算出（計算）方法は、基準となる反力値と設定値とを用いて算出すれば、加算、乗算、比例計算、関数近似など何でも良い。そして、算出した反力パターンを新規のペダル用力覚付与テーブル81とし、これをRAM53などの記憶手段に記憶する（ステップST3-5）。

【0057】

また、アコースティックピアノでは、ダンパーの荷重が鍵にも掛かるため、ダンパーの重さなどの要素が変わると、ダンパーペダルの反力だけでなく鍵の反力も変わる。この点

10

20

30

40

50

を再現するために、設定操作部 6 1 から入力されたペダル反力の設定値に基づいて、基準となる鍵盤用力覚付与テーブル 8 2 の反力パターンを変更したものを算出する（ステップ 3 - 6）。ここでは、ダンパーに関連する反力値を変更すべく、第 2 のテーブル 8 1 - 2 の反力パターンを変更する。なお、この際に変更する反力パターンの具体的な算出（計算）方法は、加算、乗算、比例計算、関数近似など何でも良い。そして、算出した反力パターンを新規の鍵盤用力覚付与テーブル 8 2 とし、RAM 5 3 などの記憶手段に記憶する（ステップ 3 - 7）。

【 0 0 5 8 】

本実施形態では、第 1 実施形態と同様、図 5 に示す手順で鍵 1 1 の力覚制御を行い、図 7 に示す手順でペダル 3 1 の力覚制御を行うが、その際、第 1 実施形態で用いた基準となる鍵盤用力覚付与テーブル 8 1 とペダル用力覚付与テーブル 8 2 に代えて、先の手順で算出した新規の鍵盤用力覚付与テーブル 8 1 とペダル用力覚付与テーブル 8 2 を用いて、鍵 1 1 及びペダル 3 1 の力覚制御を行う。したがって、本実施形態の電子鍵盤楽器では、鍵 1 1 やペダル 3 1 の操作に対して生じる反力を演奏者自身が設定した反力とすることができる。また、ここでは、ペダルの反力パターンにおける領域 A 2 と領域 A 3（図 1 0 参照）の反力パターンを変更することで、ハーフペダル領域の操作感覚を演奏者が所望する反力で再現できる。よって、演奏者は、所望のハーフペダル領域を利用して、ペダル 3 1 の踏み込み深さを微妙に変化させて楽音の音色などを変える高度な演奏操作を行うことが可能となる。

【 0 0 5 9 】

また、本発明の力覚制御装置では、基準となるペダル用力覚付与テーブル 8 2 の反力パターンを変更する際、鍵 1 1 の力覚制御を行うための第 2 のテーブル 8 1 - 2 の反力パターンも変更するので、ペダル 3 1 の操作感覚とともに鍵 1 1 の操作感覚も変更することができる。これにより、鍵とダンパーペダルの反力が所定の動作領域において関連を有するアコースティックピアノの操作感覚を忠実に再現することが可能となる。

【 0 0 6 0 】

以上本発明の実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲、及び明細書と図面に記載された技術的思想の範囲内において種々の変形が可能である。たとえば、上記実施形態では、鍵盤装置 1 0 は、鍵 1 1 に対して電気的な駆動力による反力を付与するソレノイド 2 0 に加えて、物理的な付勢力による反力を付与するバネ 2 4 を備えており、ペダル装置 3 0 は、反力発生手段であるソレノイド 4 0 に加えて、ペダル 3 1 に対して付勢力を付与する復帰バネ 3 5 やバネ 4 4 を備えている。しかしながら、本発明にかかる鍵盤装置やペダル装置としては、復帰バネ 3 5 やバネ 4 4 などを省略し、ソレノイド 2 0 , 4 0 のみを設けることも可能である。それにより、鍵盤装置やペダル装置の部品点数を少なく抑えることができる。

【 0 0 6 1 】

なお、上記各実施形態のように、ソレノイド 4 0 に加えて、復帰バネ 3 5 やバネ 4 4 を備えていれば、それらで鍵 1 1 やペダル 3 1 の操作に対する反力を付与することができるので、ソレノイド 2 0 , 4 0 だけで鍵 1 1 やペダル 3 1 を駆動するように構成した場合と比較して、ソレノイド 2 0 , 4 0 で発生させる反力が小さくて済む。したがって、ソレノイド 2 0 , 4 0 や周辺機器の構成を簡単にして小型化できるので、鍵盤装置 1 0 やペダル装置 3 0 の小型化、軽量化を図ることができる。また、電子鍵盤楽器の消費電力を少なく抑えることができる。

【 0 0 6 2 】

また、上記実施形態では、鍵 1 1 やペダル 3 1 の操作に対して電気的な駆動力による反力を発生させる反力発生手段として、ソレノイド 2 0 , 4 0 を備える場合を説明したが、本発明の反力発生手段は、ソレノイドには限らず、他の構成のアクチュエータなどでも良い。

【 0 0 6 3 】

なお、上記実施形態では、ペダル 3 1 を付勢する付勢手段として、ソレノイド 4 0 の口

10

20

30

40

50

ッド42に連結されたバネ44と、ペダル31に直接当接して反力を与える復帰バネ35との両方を設置した場合を説明したが、ペダル31の踏込操作に対して反力を与える付勢手段としては、復帰バネ35とバネ44のいずれか一方のみを備えていればよい。したがって、復帰バネ35とバネ44のいずれかを省略することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる力覚制御装置を備えた電子鍵盤楽器の全体構成例を示すブロック図である。

【図2】鍵盤装置を示す図であり、鍵及びその周辺の構成部品を示す概略側断面図である。

。

【図3】ペダル装置の構成例を示す図で、(a)は概略側断面図、(b)は正面図である。

。

【図4】力覚付与テーブルの構成例を示す図である。

【図5】ペダルの力覚制御の手順を説明するためのフローチャートである。

【図6】ペダルの力覚制御によるペダルの変位と荷重との関係を示すグラフである。

【図7】鍵の力覚制御の手順を説明するためのフローチャートである。

【図8】鍵の力覚制御による鍵の変位と荷重の関係を示すグラフである。

【図9】鍵盤用力覚付与テーブルとペダル用力覚付与テーブルの反力パターンを基準に対して変更する手順を説明するためのフローチャートである。

【図10】変更したペダル用力覚付与テーブルの反力特性を追記したペダルの変位と荷重との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

【0065】

- 10 鍵盤装置
- 11 鍵(操作子)
- 20 ソレノイド(反力発生手段)
- 24 バネ(付勢手段)
- 25 鍵位置センサ(動作検出手段)
- 30 ペダル装置
- 31 ペダル(操作子)
- 35 復帰バネ(付勢手段)
- 40 ソレノイド(反力発生手段)
- 44 バネ(付勢手段)
- 45 ペダル位置センサ(動作検出手段)
- 48 ソレノイド制御ドライバ
- 50 制御部(力覚制御手段)
- 80 力覚付与テーブル
- 81 鍵盤用力覚付与テーブル
- 81-1 第1のテーブル
- 81-2 第2のテーブル
- 82 ペダル用力覚付与テーブル

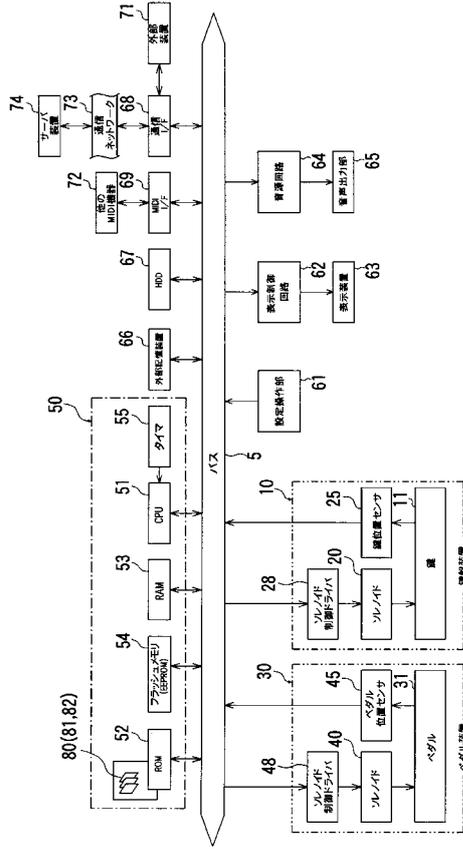
10

20

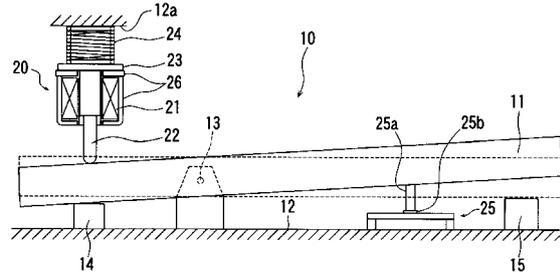
30

40

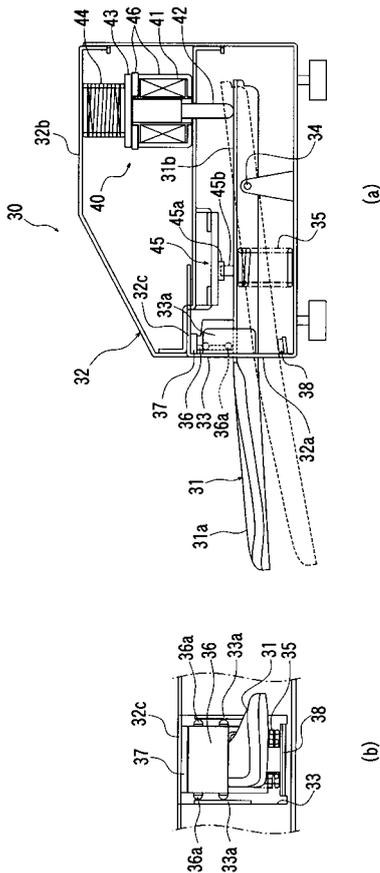
【図1】



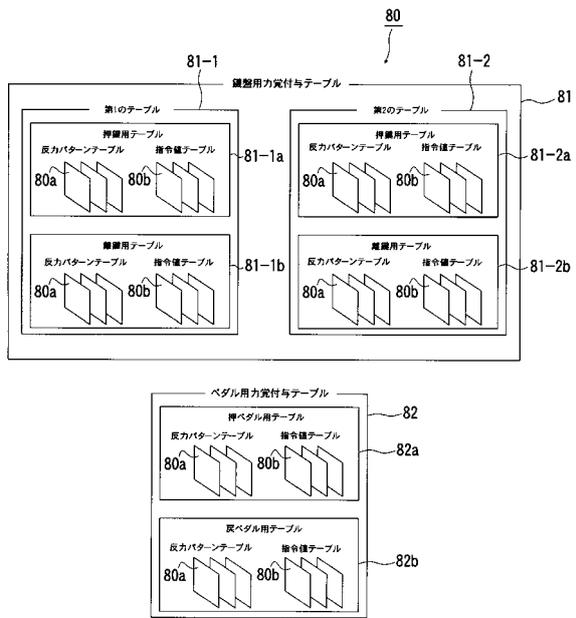
【図2】



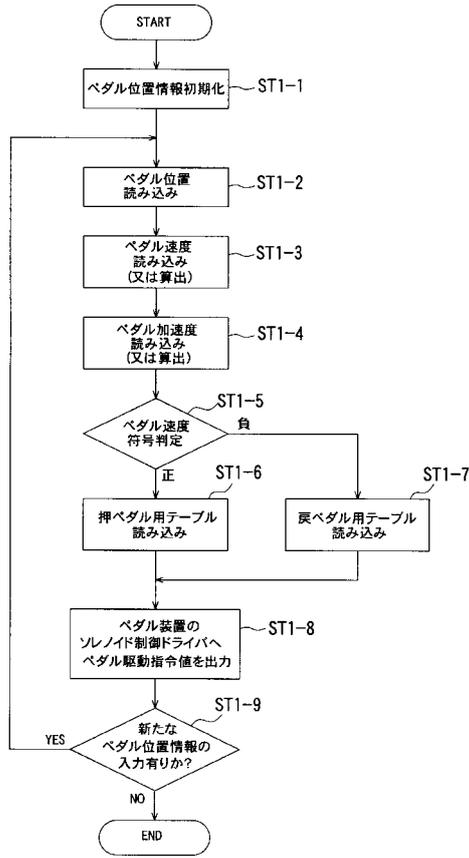
【図3】



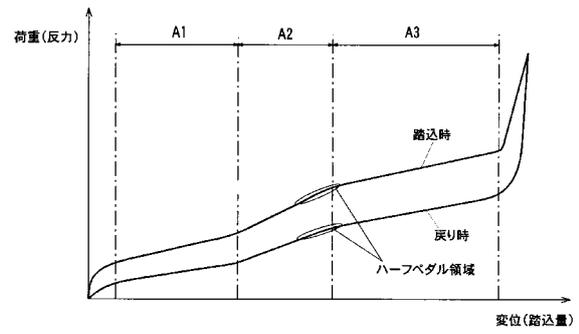
【図4】



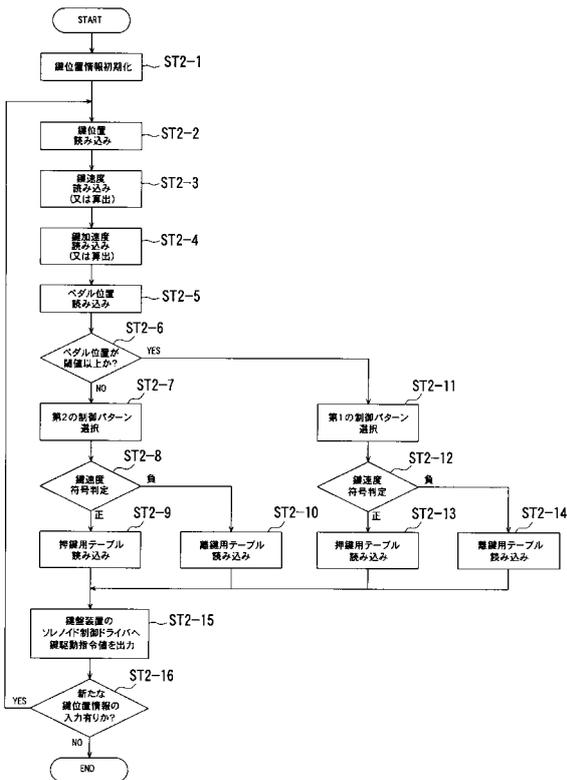
【図5】



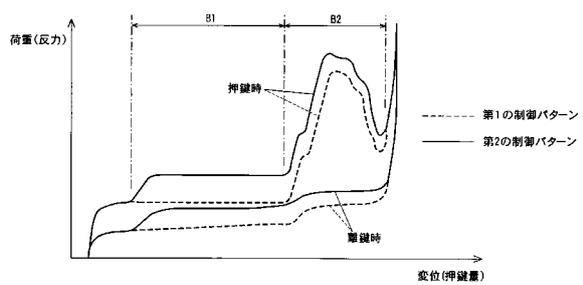
【図6】



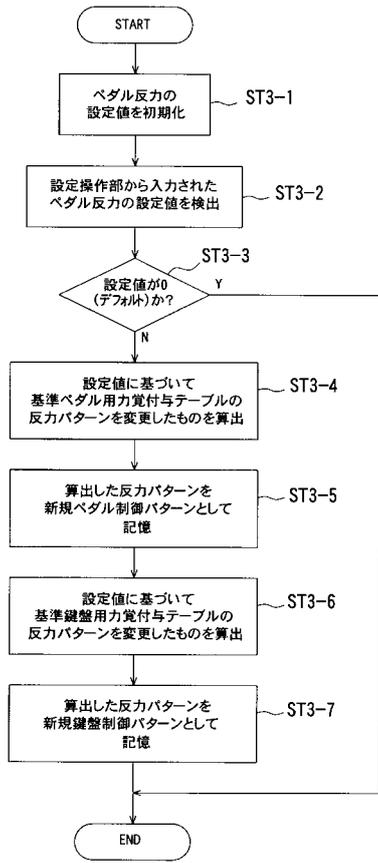
【図7】



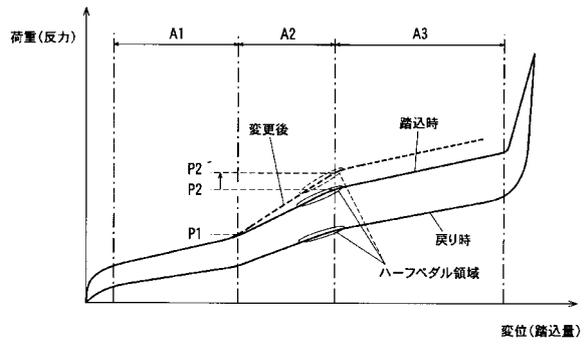
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-094285(JP,A)
特開平10-020858(JP,A)
特開平10-026984(JP,A)
特開2005-250148(JP,A)
特開平10-161652(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10H	1/00 - 7/12
G10B	1/00 - 3/22
G10F	1/00 - 5/06