(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6728811号
(P6728811)

(45)発行日　令和2年7月22日(2020.7.22)　(24)登録日　令和2年7月6日(2020.7.6)

(51)Int.Cl.			F I		
G10H	1/00	(2006.01)	G10H	1/00	C
G10H	1/12	(2006.01)	G10H	1/12	
H04S	1/00	(2006.01)	H04S	1/00	200

請求項の数 6　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2016-52343(P2016-52343)
(22)出願日　平成28年3月16日(2016.3.16)
(65)公開番号　特開2017-167324(P2017-167324A)
(43)公開日　平成29年9月21日(2017.9.21)
審査請求日　平成31年1月24日(2019.1.24)

(73)特許権者　000004075
ヤマハ株式会社
静岡県浜松市中区中沢町10番1号
(74)代理人　110000752
特許業務法人朝日特許事務所
(72)発明者　四童子　広臣
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　大野　弘

(56)参考文献　実開昭55-142100(JP,U)

特開2007-096690(JP,A)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電子鍵盤楽器

(57)【特許請求の範囲】
【請求項1】
鍵盤と、
前記鍵盤の操作に応じて第1チャンネルおよび第2チャンネルの音信号を出力する音源と、
前記第1チャンネルおよび前記第2チャンネルのうち処理対象となる対象チャンネルの特定周波数帯域の音信号について、他方のチャンネルの当該特定周波数帯域の音信号との相関を下げる処理を行い、当該処理がされた前記第1チャンネルの音信号および前記第2チャンネルの音信号を出力する処理部と、
前記処理部により処理された前記第1チャンネルの音信号に応じた音を出力する第1スピーカと、
前記処理部により処理された前記第2チャンネルの音信号に応じた音を出力する第2スピーカと、
前記第1チャンネルの前記特定周波数帯域の音信号を通過させる第1フィルタと、
前記第1フィルタの出力を遅延させて出力する第1遅延回路と、
前記第1遅延回路により遅延された前記特定周波数帯域の音信号を、前記第1チャンネルの他の周波数帯域の音信号と加算して出力する第1加算部と、
前記第2チャンネルの前記特定周波数帯域の音信号を通過させる第2フィルタと、
前記第2フィルタの出力を遅延させて出力する第2遅延回路と、
前記第2遅延回路により遅延された前記特定周波数帯域の音信号を、前記第2チャンネ

ルの他の周波数帯域の音信号と加算して出力する第２加算部と
を有し、
前記第１スピーカは、前記第１加算部から出力された音信号に応じた音を出力し、
前記第２スピーカは、前記第２加算部から出力された音信号に応じた音を出力する
電子鍵盤楽器。
【請求項２】
鍵盤と、
前記鍵盤の操作に応じて第１チャンネルおよび第２チャンネルの音信号を出力する音源と、
前記第１チャンネルおよび前記第２チャンネルのうち処理対象となる対象チャンネルの特定周波数帯域の音信号について、他方のチャンネルの当該特定周波数帯域の音信号との相関を下げる処理を行い、当該処理がされた前記第１チャンネルの音信号および前記第２チャンネルの音信号を出力する処理部と、
前記処理部により処理された前記第１チャンネルの音信号に応じた音を出力する第１スピーカと、
前記処理部により処理された前記第２チャンネルの音信号に応じた音を出力する第２スピーカと
を有し、
前記鍵盤は、連続した複数の鍵を含む第１鍵域、および前記第１鍵域と異なる鍵を含む第２鍵域を有し、
前記処理部は、前記第１鍵域の操作に応じて出力された音信号を処理対象とする第１処理部と、前記第２鍵域の操作に応じて出力された音信号を処理対象とする第２処理部とを有し、前記第１処理部および前記第２処理部は互いに異なる周波数帯域を前記特定周波数帯域として前記処理を行う
電子鍵盤楽器。
【請求項３】
鍵盤と、
前記鍵盤の操作に応じて第１チャンネルおよび第２チャンネルの音信号を出力する音源と、
前記第１チャンネルおよび前記第２チャンネルのうち処理対象となる対象チャンネルの特定周波数帯域の音信号について、他方のチャンネルの当該特定周波数帯域の音信号との相関を下げる処理を行い、当該処理がされた前記第１チャンネルの音信号および前記第２チャンネルの音信号を出力する処理部と、
前記処理部により処理された前記第１チャンネルの音信号に応じた音を出力する第１スピーカと、
前記処理部により処理された前記第２チャンネルの音信号に応じた音を出力する第２スピーカと
を有し、
前記特定周波数帯域は、前記鍵盤の処理対象となる鍵域にある鍵の基音の周波数を含まない周波数帯域である
電子鍵盤楽器。
【請求項４】
前記処理部は、前記第１チャンネルおよび前記第２チャンネルの音信号の周波数特性を補正する補正部を有し、当該補正部により補正された前記第１チャンネルおよび前記第２チャンネルの音信号を出力する
ことを特徴とする請求項１ないし３のいずれか一項に記載の電子鍵盤楽器。
【請求項５】
前記処理部は、前記対象チャンネルの前記特定周波数帯域の音信号を位相反転して前記相関を下げる処理を行う
ことを特徴とする請求項１ないし４のいずれか一項に記載の電子鍵盤楽器。

【請求項６】
前記処理部は、前記鍵盤のうち操作された鍵に応じて前記対象チャンネルを選択する
ことを特徴とする請求項１ないし５のいずれか一項に記載の電子鍵盤楽器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、音像の広がりを制御する技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
スピーカを有する電子鍵盤楽器が知られている。このような電子鍵盤楽器においては、設計の制約によりスピーカが鍵盤の下方に設けられていることがある。例えばアコースティックのグランドピアノでは弦およびハンマーは鍵盤のやや奥に、またアップライトピアノでは鍵盤のやや上に、それぞれ位置しており、打鍵に応じた音は弦から発せられる。これに対してスピーカが鍵盤の下方に設けられた電子鍵盤楽器では打鍵に応じた音が下から聞こえるため、演奏時の音像の位置や音の広がりがアコースティック楽器とは異なったものとなってしまう。
【０００３】
上記の問題に対して特許文献１には、ピアノの弦を模擬した共鳴音を生成する技術が記載されている。また、特許文献２～４には、共鳴音が発生する位置に仮想スピーカを設定し、そこに仮想音源を定位させる技術が記載されている。特許文献５には、ピッチシフトにより音像の広がりを得る技術が記載されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１５－１４３７６４号公報
【特許文献２】特開平７－２１９５３２号公報
【特許文献３】特開平８－５０４７９号公報
【特許文献４】特開平８－１９０３７５号公報
【特許文献５】特開平７－３１９４８３号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
特許文献１によれば共鳴音を再現することができるが、音像の広がりが得られなかった。特許文献２～４においては各鍵の音に対し畳み込み演算を行うため演算負荷が重いという問題があった。特許文献５においては、楽器音にとって重要であるアタック音を無相関化することができないという問題があった。
【０００６】
これに対し本発明は、より負荷の軽い処理で音像の広がりを得る技術を提供する。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明は、鍵盤と、前記鍵盤の操作に応じて第１チャンネルおよび第２チャンネルの音信号を出力する音源と、前記第１チャンネルおよび前記第２チャンネルのうち処理対象となる対象チャンネルの特定周波数帯域の音信号について、他方のチャンネルの当該特定周波数帯域の音信号との相関を下げる処理を行い、当該処理がされた前記第１チャンネルの音信号および前記第２チャンネルの音信号を出力する処理部と、前記処理部により処理された前記第１チャンネルの音信号に応じた音を出力する第１スピーカと、前記処理部により処理された前記第２チャンネルの音信号に応じた音を出力する第２スピーカとを有する電子鍵盤楽器を提供する。
【０００８】
この電子鍵盤楽器は、前記第１チャンネルの前記特定周波数帯域の音信号を通過させる

第１フィルタと、前記第１フィルタの出力を遅延させる第１遅延回路と、前記第１遅延回路により遅延された前記特定周波数帯域の音信号を、前記第１チャンネルの他の周波数帯域の音信号と加算する第１加算部と、前記第２チャンネルの前記特定周波数帯域の音信号を通過させる第２フィルタと、前記第２フィルタの出力を遅延させる第２遅延回路と、前記第２遅延回路により遅延された前記特定周波数帯域の音信号を、前記第２チャンネルの他の周波数帯域の音信号と加算する第２加算部とを有し、前記第１スピーカは、前記第１加算部から出力された音信号に応じた音を出力し、前記第２スピーカは、前記第２加算部から出力された音信号に応じた音を出力してもよい。

【０００９】

前記鍵盤は、連続した複数の鍵を含む第１鍵域、および前記第１鍵域と異なる鍵を含む第２鍵域を有し、前記処理部は、前記第１鍵域の操作に応じて出力された音信号を処理対象とする第１処理部と、前記第２鍵域の操作に応じて出力された音信号を処理対象とする第２処理部とを有し、前記第１処理部と前記第２処理部は互いに異なる周波数帯域を前記特定周波数帯域として前記処理を行ってもよい。

【００１０】

前記特定周波数帯域は、前記鍵盤の処理対象となる鍵域にある鍵の基音の周波数を含まない周波数帯域であってもよい。

【００１１】

この電子鍵盤楽器は、前記処理部において前記音信号の周波数特性を補正する補正部を有してもよい。

【００１２】

前記処理部は、前記対象チャンネルの前記特定周波数帯域の音信号を位相反転する処理を行ってもよい。

【００１３】

前記処理部は、前記鍵盤のうち操作された鍵に応じて前記対象チャンネルを変えてもよい。

【発明の効果】

【００１４】

本発明によれば、より負荷の軽い処理で音像の広がりを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】一実施形態に係る電子鍵盤楽器１の外観を例示する図。

【図２】一実施形態に係る電子鍵盤楽器１の構成を例示する図。

【図３】ＰＥＱ１７１による補正を例示する模式図。

【図４】位相反転処理を例示する図。

【図５】一実施形態に係る音像位置の概要を示す図。

【図６】変形例１に係る音処理部１７の構成を例示する図。

【図７】変形例１に係る位相反転処理を例示する図。

【図８】変形例２に係る電子鍵盤楽器１の構成を例示する図。

【図９】変形例４に係る電子鍵盤楽器１の構成を例示する図。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

１．構成

図１は、一実施形態に係る電子鍵盤楽器１の外観を例示する図である。電子鍵盤楽器１は、本体１１、鍵盤１２、スピーカ１３、スピーカ１４、および操作子１９を有する電子鍵盤楽器である。本体１１は、鍵盤１２、スピーカ１３、スピーカ１４、および操作子１９を含む他の構成要素を収容するものであり、例えばアップライトピアノを模した形状の筐体を含む。鍵盤１２は、演奏者（ユーザ）による演奏操作を受け付ける操作子の一例であり、複数の鍵を含む。鍵が操作されると、操作された鍵に応じた音信号を音源（図１では不図示）が生成する。音信号は音処理部（図１では不図示）で処理される。スピーカ１

３およびスピーカ１４は、音処理部により処理された音信号に応じた音を出力する。操作子１９はスイッチ、ボタン、ダイヤル、レバー、またはタッチパッド等のユーザーインターフェースである。操作子１９は音色や音量など電子鍵盤楽器から出力される音に関する種々のパラメータを調整するためのものである。この例で、スピーカ１３およびスピーカ１４は、鍵盤１２よりも下側に設けられている。なお、スピーカ１３およびスピーカ１４が鍵盤１２よりも下側にあるとは、電子鍵盤楽器１を使用状態に置いたときにスピーカ１３およびスピーカ１４が鍵盤１２よりも低い位置にあることをいう。

【００１７】

図２は、一実施形態に係る電子鍵盤楽器１の構成を例示する図である。電子鍵盤楽器１は、押鍵センサ１５、発音制御部１６、音処理部１７、および増幅器１８を有する。押鍵センサ１５は、鍵盤１２の複数の鍵のうちどの鍵が押鍵されているか検知し、押鍵された鍵を示す信号を出力する。この信号は、各鍵の押鍵量（鍵がどのくらい押し込まれているか）を示す情報を含んでいてもよい。押鍵センサ１５は、例えば、ＬＥＤおよびフォトダイオードを用いた光学式のセンサである。

【００１８】

発音制御部１６は、鍵盤１２の操作に応じて、すなわち押鍵センサ１５から出力される信号に応じて音信号を生成する。発音制御部１６は、音源１６１および音信号生成部１６２を有する。音源１６１は、各鍵に対応する音データを記憶している。ある鍵に対応する音データは、その鍵を押鍵したときに発生する音の立ち上がりから消え際までの音波形を示すデータである。各鍵に対応する音データは、左チャンネル（第１チャンネルの一例）のデータおよび右チャンネル（第２チャンネルの一例）のデータを含む。音信号生成部１６２は、押鍵センサ１５から出力された信号に応じた音データを音源１６１から読み出し、読み出された音データに応じた音信号を出力する。各鍵に対応する音データは、基音および倍音を含んでいる。基音とは、鍵盤１２の各鍵が押鍵されたときに発する音の音高を決定する周波数の音で、鍵毎に定まっている。基音は、押鍵に応じて音源１６１から読み出される音データのうち最も低い周波数の音である。倍音とは基音の周波数の整数倍の周波数の音をいう。楽器の音色は倍音の成分によって特徴付けられる。

【００１９】

音処理部１７は、発音制御部１６から出力された音信号を処理する。音処理部１７は、第１チャンネル（左チャンネル）および第２チャンネル（右チャンネル）のうち処理対象となるチャンネル（以下「対象チャンネル」という。この例では右チャンネル）の特定周波数帯域の音信号について、他方のチャンネルの特定周波数帯域の音信号との相関を下げる処理を行う。音処理部１７は、この処理がされた第１チャンネルの音信号および第２チャンネルの音信号を出力する。

【００２０】

ここで、「特定周波数帯域」とは、例えば音色への影響が少ない周波数帯域をいい、具体的には鍵盤１２の特定の鍵（以下「特定鍵」という）、具体的には中心付近の鍵の基音を含まない周波数帯域をいう。一例として鍵盤１２および音源１６１がアコースティックピアノに対応するものであり、音処理部１７が鍵盤１２の全鍵域に対して処理を行う場合、特定鍵は鍵盤１２の４９番目の「ラ（Ａ４）」の鍵であり、特定周波数帯域は、この特定鍵の基音の周波数４４０Ｈｚよりも高い周波数帯域に設定される。

【００２１】

本実施形態において、音処理部１７は、さらに、音像の位置を上に持ち上げる処理すなわち音像をスピーカ位置より上方に定位させる処理を行う。ここでは、音像をスピーカ位置より上方に定位させるために、人間の聴覚特性を利用する。人間の聴覚には、音高が高い音は上から、音高が低い音は下から聞こえるように感じるという特徴がある。また、複数の音源から音が出力された場合に、先に聞こえた方に音像を感じるという特徴（ハース効果）もある。本実施形態においては、音信号を低域と高域に分割し、低域の信号を高域の信号よりも遅らせて出力することで、スピーカから出力される音がより高い位置から聞こえるように感じられる効果を奏する。音処理部１７は、人間の聴覚のこのような特性を

利用して音像をより上方に定位させる。

【００２２】

音処理部１７は、ＰＥＱ（パラメトリックイコライザ）１７１、ＨＰＦ（High Pass Filter、高域通過フィルタ）１７２、遅延回路１７３、乗算器１７４Ｌ、ＬＰＦ（Low Pass Filter、低域通過フィルタ）１７５、遅延回路１７６、乗算器１７７、加算器１７８、および位相反転回路１７９Ｒを有する。この例で、音処理部１７は、右チャンネルの音信号および左チャンネルの音信号をそれぞれ処理する。右チャンネルの処理系と左チャンネルの処理系とを区別するときは添字ＲおよびＬを用い、両者を区別しないときは添字を用いない。ＨＰＦ１７２、遅延回路１７３、乗算器１７４Ｌ、および位相反転回路１７９Ｒは高域の処理系であり、ＬＰＦ１７５、遅延回路１７６、および乗算器１７７は低域の処理系である。

【００２３】

発音制御部１６から出力された音信号は、まずＰＥＱ１７１に入力される。ＰＥＱ１７１は、音処理部１７から出力される音信号の周波数特性を補正して出力する補正部の一例である。音信号の周波数特性については後述する。ＰＥＱ１７１から出力された信号は２分割され、ＨＰＦ１７２およびＬＰＦ１７５に入力される。

【００２４】

まず低域の処理系について説明する。ＬＰＦ１７５は、カットオフ周波数ｆＬ以上の周波数帯域の信号を減衰させ、カットオフ周波数ｆＬ以下の周波数帯域の信号を通過させるフィルタである。遅延回路１７６は、ＬＰＦ１７５を通過した音信号（低域成分）を遅延させて出力する。遅延回路１７６は、低域成分の音信号を高域成分の音信号よりも相対的に遅延させる。高域成分の音信号に対する低域成分の音信号の相対的な遅延量は、ハース効果を生じさせる程度の遅延量、具体的には、例えば、１～５ｍｓｅｃ以下である。乗算器１７７は、遅延回路１７６から出力された音信号に所定の係数を乗算する。低域の処理系は、左チャンネルおよび右チャンネルで共通である。

【００２５】

次に高域の処理系について説明する。ＨＰＦ１７２は、カットオフ周波数ｆＨ以下の周波数帯域の信号を減衰させ、カットオフ周波数ｆＨ以上の周波数帯域の信号を通過させるフィルタである。ＨＰＦ１７２Ｌは第１チャンネルの特定周波数帯域の音信号を通過させる第１フィルタの一例であり、ＨＰＦ１７２Ｒは第２チャンネルの特定周波数帯域の音信号を通過させる第２フィルタの一例である。すなわちこの例では、周波数ｆＨ以上の周波数帯域が「特定周波数帯域」である。遅延回路１７３は、ＨＰＦ１７２を通過した音信号（高域成分）を遅延させて出力する。遅延回路１７３Ｌは、第１フィルタの出力を遅延させる第１遅延回路の一例であり、遅延回路１７３Ｒは、第２フィルタの出力を遅延させる第２遅延回路の一例である。以上の要素は左チャンネルの処理系と右チャンネルの処理系とで共通であるが、遅延回路１７３の後段の回路要素が、左チャンネルの処理系と右チャンネルの処理系とで異なっている。すなわち、左チャンネルの処理系において遅延回路１７３Ｌの後段には乗算器１７４が設けられており、右チャンネルの処理系において遅延回路１７３Ｒの後段には位相反転回路１７９Ｒが設けられている。

【００２６】

乗算器１７４Ｌは、遅延回路１７３Ｌから出力された音信号に所定の係数を乗算して出力する。位相反転回路１７９Ｒは係数が－１．０の乗算器である。ただし、位相反転回路１７９Ｒの係数は－１．０以外の負の値に設定してもよい。乗算器１７４Ｌと位相反転回路１７９Ｒの係数比を変えることで左右のチャンネル間の相関の程度を調節することができる。音像の拡がり感は音信号の同相成分と非同相成分の比率に関連があり、非同相成分が大きくなることで空間が拡がったように感じられる。したがって位相反転回路１７９Ｒの出力レベルを大きくすることで、より大きな拡がり感が得られる。なお、乗算器１７４と乗算器１７７の係数は通常は１．０であるが、共通のゲイン（１．０より大きな係数）を持たせてもよい。

【００２７】

ＨＰＦ１７２のカットオフ周波数ｆＨとＬＰＦのカットオフ周波数ｆＬは等しい値に設定されるが、フィルタの通過域外の周波数帯域であっても、各々のフィルタのロールオフ特性に応じたレベルの信号が通過する。ＨＰＦ１７２が通過させる周波数帯域とＬＰＦ１７５が通過させる周波数帯域とが一部重なっていると、重なっている周波数帯域で信号強度が増大するピークや信号強度が減衰するディップが生じる可能性がある。これらのピークやディップの周波数や振幅は、遅延回路１７３および遅延回路１７６における遅延量にも依存する。ＰＥＱ１７１は、ＨＰＦ１７２、遅延回路１７３、ＬＰＦ１７５、および遅延回路１７６の特性に応じて生じるピークやディップを補正する。また、右チャンネルの音信号は高域側の位相が反転するため、その周波数特性が音信号生成部１６２から出力される音信号の周波数特性から変化する。ＰＥＱ１７１はこの周波数特性の変化を補償する機能も有する。

【００２８】

高域と低域との境界は、例えば、特定の音高の鍵に対応する基音の周波数に基づき、基音の周波数が低域側に含まれるように設定される。当該特定の音高の鍵とは、音処理部１７が鍵盤１２の全鍵域に対して共通の処理を行う場合は、全鍵域の中心となる４９番目の鍵盤である。さらに、後述のように音処理部１７が全鍵域の一部の範囲で複数の鍵を含む鍵域に対して共通の処理をする場合は、当該鍵域の中で最も音高の高い鍵に対応する基音に基づいて周波数帯域を分離すればよい。すなわち、当該鍵域の中で最も音高の高い鍵に対応する基音の周波数が低域側（ＬＰＦの通過帯域側）になるようにＬＰＦ、ＨＰＦのカットオフ周波数を設定する。

【００２９】

図３は、ＰＥＱ１７１による補正を例示する模式図である。この図において、横軸は周波数を、縦軸は信号強度を、それぞれ示している。曲線Ｃｏは、発音制御部１６から出力される音信号の周波数特性を示している。曲線Ｃｃは、比較例に係る周波数特性を示している。ここで比較例とは、音処理部１７のうちＰＥＱ１７１を用いない例をいう。曲線Ｃｃにおいては、曲線Ｃｏと比較して周波数ｆＤ近傍に信号強度が減衰するディップが生じている。例えば人間の声のような特定の周波数帯域の音のみを出力する系では、このようなディップの発生は問題にならない場合も多い。しかし、電子楽器のように比較的広い周波数帯域に渡って平坦な周波数特性が要求される場合、このようなディップの発生は音質の劣化として認識されてしまう。一方、曲線Ｃｐは、本実施形態に係る周波数特性を示している。ＰＥＱ１７１の補正により、曲線Ｃｃと比較してディップは改善されている。すなわち、音質が改善されている。

【００３０】

再び図２を参照する。位相反転回路１７９Ｒは、遅延回路１７３Ｒから出力された音信号の位相を反転して出力する。位相を反転する処理は、右チャンネルの音信号と左チャンネルの音信号との相関を下げる処理の一例である。

【００３１】

図４は、位相反転処理を例示する図である。本実施形態においては、右チャンネルおよび左チャンネルそれぞれの音信号の、第１成分（高域の音信号）および第２成分（低域の音信号）のうち、右チャンネルの第１成分の音信号のみ位相が反転される（図中の「－」）。したがって、第１成分においては、位相反転が行われない場合と比較して右チャンネルと左チャンネルとの相関が低下している。音像の広がりは、２つのチャンネルの同相成分と非同相成分との比率に依存しており、具体的には非同相成分が多くなることで空間が広がったように感じられる。このように、右チャンネルと左チャンネルとの相関を低下させる処理は、音像の広がりを与える効果がある。

【００３２】

また、右チャンネルの音信号と左チャンネルの音信号との相関を下げる処理は、音信号のうち一部の周波数帯域の音信号（上記の例では第１成分すなわち高域成分）に対してのみ行われる。したがって、音信号の全周波数帯域に対して相関を下げる処理が行われる場合と比較して、音色を保持しつつ、音像の広がりを与えることができる。

【００３３】
再び図２を参照する。加算器１７８Ｌは、乗算器１７４Ｌから出力された音信号および乗算器１７７Ｌから出力された音信号を加算して出力する。加算器１７８Ｌは、第１遅延回路により遅延された特定周波数帯域の音信号を、第１チャンネルの他の周波数帯域の音信号と加算する第１加算部の一例である。加算器１７８Ｒは、位相反転回路１７９Ｒから出力された音信号および乗算器１７７Ｒから出力された音信号を加算する。加算器１７８Ｒは、第２遅延回路により遅延された特定周波数帯域の音信号を、第２チャンネルの他の周波数帯域の音信号と加算する第２加算部の一例である。
【００３４】
増幅器１８は、加算器１７８すなわち音処理部１７から出力された音信号を増幅して出力する。スピーカ１３およびスピーカ１４は、増幅器１８により増幅された音信号に応じた音を出力する。スピーカ１３およびスピーカ１４は、それぞれ、音処理部により処理された第１チャンネルの音信号に応じた音を出力する第１スピーカおよび音処理部により処理された第２チャンネルの音信号に応じた音を出力する第２スピーカの一例である。
【００３５】
図５は、一実施形態に係る音像位置の概要を示す図である。音像Ｓｃは、比較例に係る音像位置を示している。ここで比較例とは、低域の音信号を高域の音信号に対して相対的に遅延させず、かつ右チャンネルの高域の音信号の位相を反転する処理を行わない例をいう。音像Ｓｐは、本実施形態に係る音像位置を示している。音像Ｓｐは、音像Ｓｃよりも相対的に広がっている。これにより、電子鍵盤楽器１は、演奏者に対しより広がった音像を与えることができる。また、音像Ｓｐは、音像Ｓｃよりも相対的に上に移動している。これにより、電子鍵盤楽器１は、演奏者に対しよりアコースティック楽器に近い位置に定位された音像を提供することができる。
【００３６】
２．変形例
本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく種々の変形実施が可能である。以下、変形例をいくつか説明する。以下の変形例のうち２つ以上のものが組み合わせて用いられてもよい。
【００３７】
２－１．変形例１
図６は、変形例１に係る音処理部１７の構成を例示する図である。音信号の分割方法は、実施形態で説明した２つの周波数帯域に分割するものに限定されず、３つ以上の周波数帯域に分割されてもよい。ここでは、低域、中域、および高域の３つの周波数帯域に音信号を分割する例を示している。図面を簡単にするため、図６は右チャンネルの音信号の処理系のみを示している。変形例１に係る音処理部１７は、ＰＥＱ１７０１、ＬＰＦ１７０２、遅延回路１７０３、乗算器１７０４、ＨＰＦ１７０５、ＰＥＱ１７０６、ＬＰＦ１７０７、遅延回路１７０８、位相反転回路１７０９Ｒ、ＨＰＦ１７１０、位相反転回路１７１１Ｒ、および加算器１７１２を有する。ＬＰＦ１７０２、遅延回路１７０３、および乗算器１７０４は低域の処理系であり、ＨＰＦ１７０５、ＰＥＱ１７０６、ＬＰＦ１７０７、遅延回路１７０８、および位相反転回路１７０９Ｒは中域の処理系であり、ＨＰＦ１７１０、および位相反転回路１７１１Ｒは高域の処理系である。
【００３８】
なお、図示は省略したが、左チャンネルの処理系においては、右チャンネルとの相関を下げるため、位相反転回路１７０９Ｒおよび位相反転回路１７１１Ｒに代わり、位相反転を伴わない乗算器が用いられる。
【００３９】
発音制御部１６から出力された音信号は、まずＰＥＱ１７０１に入力される。ＰＥＱ１７０１は、音処理部１７から出力される音信号の周波数特性を補正するための補正部の一例である。ＰＥＱ１７０１から出力された信号は２分割され、ＬＰＦ１７０２およびＨＰＦ１７０５に入力される。ＬＰＦ１７０２は、カットオフ周波数ｆＬ１以上の周波数帯域

の信号を減衰させ、カットオフ周波数ｆＬ１以下の周波数帯域の信号を通過させるフィルタである。遅延回路１７０３は、ＬＰＦ１７０２を通過した音信号（低域成分）を遅延させる。乗算器１７０４は、遅延回路１７０３から出力された音信号に所定の係数を乗算する。

【００４０】

ＨＰＦ１７０５は、カットオフ周波数ｆＨ１以下の周波数帯域の信号を減衰させ、カットオフ周波数ｆＨ１以上の周波数帯域の信号を通過させるフィルタである。ＰＥＱ１７０６は、音処理部１７から出力される音信号の周波数特性を補正するための補正部の一例である。ＰＥＱ１７０６から出力された信号は２分割され、ＬＰＦ１７０７およびＨＰＦ１７１０に入力される。ＬＰＦ１７０７は、カットオフ周波数ｆＬ２以上の周波数帯域の信号を減衰させ、カットオフ周波数ｆＬ２以下の周波数帯域の信号を通過させるフィルタである。カットオフ周波数ｆＬ２は、ｆＬ２＞ｆＬ１を満たす。遅延回路１７０８は、ＬＰＦ１７０７を通過した音信号（中域成分）を遅延させる。位相反転回路１７０９Ｒは、遅延回路１７０８から出力された音信号の位相を反転する。

【００４１】

ＨＰＦ１７１０は、カットオフ周波数ｆＨ２以下の周波数帯域の信号を減衰させ、カットオフ周波数ｆＨ２以上の周波数帯域の信号を通過させるフィルタである。カットオフ周波数ｆＨ２は、ｆＨ２＞ｆＨ１を満たす。位相反転回路１７１１Ｒは、ＨＰＦ１７１０から出力された音信号の位相を反転させる。

【００４２】

カットオフ周波数ｆＬ１、ｆＬ２、ｆＨ１、およびｆＨ２は、それぞれ、相対的に低域、中域、および高域の音信号を分離できるように設計される。そのカットオフ周波数はｆＬ１＝ｆＨ１、ｆＬ２＝ｆＨ２の関係となる。乗算器１７０４、位相反転回路１７０９Ｒ、位相反転回路１７１１Ｒの係数は上記の例と同様に、典型的にはそれぞれ１．０、－１．０、－１．０に設定されるが、音源の種類に応じて係数の値を変えてもよい。また、ＰＥＱ１７０１およびＰＥＱ１７０６は、ＬＰＦ１７０２、遅延回路１７０３、ＨＰＦ１７０５、ＬＰＦ１７０７、遅延回路１７０８、およびＨＰＦ１７１０の特性に応じて生じるピークやディップを補正する。

【００４３】

図７は、変形例１に係る位相反転処理を例示する図である。変形例１においては、右チャンネルおよび左チャンネルそれぞれの音信号の、第１成分（高域）、第２成分（中域）、および第３成分（低域）の音信号のうち、右チャンネルの第１成分の音信号および第２成分の音信号のみ位相が反転される（図中の「－」）。したがって、第１成分および第２成分においては、位相反転が行われない場合と比較して右チャンネルと左チャンネルとの相関が低下しており、音像の広がりが与えられる。また、右チャンネルの音信号と左チャンネルの音信号との相関を下げる処理は、音信号のうち一部の周波数帯域成分（上記の例では第３成分すなわち低域成分）に対しては行われないので、音色を保持することができる。

【００４４】

また、周波数帯域を詳細に分割することにより、音色を保持するための周波数帯域をより適切に選択することができる。なお、位相反転の対象となる周波数帯域は図７の例に限定されない。音信号が３つの周波数帯域に分割される場合において、例えば中域成分に対してのみ位相反転が行われてもよいし、高域成分に対してのみ位相反転が行われてもよい。

【００４５】

再び図６を参照する。遅延回路１７０３および遅延回路１７０８はそれぞれ、低域成分の音信号を中域成分の音信号に対して遅延させ、中域成分の音信号を高域成分の音信号に対して遅延させる。遅延回路１７０３および遅延回路１７０８における遅延量は、全体としてハース効果を生じさせる程度の遅延量、具体的には、例えば、高域成分の音信号に対する低域成分の音信号の遅延が１～５ｍｓｅｃ以下となる遅延量である。加算部により加

算された音信号は増幅器（図６では略）により増幅され、スピーカ（図６では略）から音として出力される。図６の音処理部１７を用いた電子鍵盤楽器１は、図２の構成を有する電子鍵盤楽器１が提供する音像に対して、よりアコースティック楽器に近い位置に定位された音像を演奏者に提供することができる。

【００４６】

２－２．変形例２

図８は、変形例２に係る電子鍵盤楽器１の構成を例示する図である。この例では、鍵盤１２が、それぞれ連続する複数の鍵からなる複数の鍵域、具体的には鍵域１２Ａ（第１鍵域の一例）および鍵域１２Ｂ（第２鍵域の一例）の２つの鍵域に分割されている。第１鍵域および第２鍵域はいずれも、連続した複数の鍵の集合である。第１鍵域および第２鍵域は、少なくとも一部の鍵が異なっている（すなわち、第２鍵域は第１鍵域と異なる鍵を含んでいる）。この例では、第１鍵域は、基音の周波数がｆ０である鍵からｆ１である鍵までを含み、第２鍵域は、基音の周波数がｆ２である鍵からｆ３である鍵までを含んでいる。変形例２において、音処理部１７は、第１鍵域の操作に応じて出力された音信号を処理する場合と第２鍵域の操作に応じて出力された音信号を処理する場合とで、異なる周波数帯域の音信号を特定周波数帯域の音信号として処理を行う。

【００４７】

この例で、発音制御部１６および音処理部１７は鍵域毎に設けられている。鍵域１２Ａおよび１２Ｂに対応するものをそれぞれ、添字ＡおよびＢを用いて表す。例えば、鍵域１２Ａに含まれる鍵の押鍵に応じて生成された音信号は、音処理部１７Ａに入力される。音処理部１７Ａおよび１７Ｂの構成は例えば図２で説明したとおりであるが、位相反転処理が行われる周波数帯域が異なっている。音処理部１７Ａは第１鍵域の操作に応じて出力された音信号を処理対象とする第１処理部の一例であり、音処理部１７Ｂは第２鍵域の操作に応じて出力された音信号を処理対象とする第２処理部の一例である。

【００４８】

具体的には、音処理部１７Ａは、鍵域１２Ａの操作に応じて出力された音信号を、鍵域１２Ａの特定鍵（以下「第１特定鍵」という）、具体的には鍵域１２Ａ中で最も音高の高い鍵の基音ｆ１を含む低域側の周波数帯域と第１特定鍵の基音ｆ１を含まない高域側の周波数帯域に分割する。音処理部１７Ａは、このうち基音ｆ１を含まない周波数帯域について位相反転処理を行う。同様に、音処理部１７Ｂは、鍵域１２Ｂの操作に応じて出力された音信号を、鍵域１２Ｂの特定鍵（以下「第２特定鍵」という）、具体的には鍵域１２Ｂの中で最も音高の高い鍵の基音ｆ３を含む低域側の周波数帯域と第２特定鍵の基音ｆ３を含まない高域側の周波数帯域に分割し、基音ｆ３を含まない周波数帯域について位相反転処理を行う。鍵域毎に処理された音信号は、加算器２０により加算され、スピーカから音が出力される。なお図８では図面を簡単にするため、片方のチャンネル分のスピーカしか図示していない。

【００４９】

この例によれば、鍵域毎に音色を維持しつつ、音像の広がりを変えることができる。なお、鍵盤１２は３つ以上の鍵域に分割されてもよい。

【００５０】

２－３．変形例３

鍵盤１２が複数の鍵域に分割される場合、位相反転処理の有無を鍵域毎に異ならせてもよい。例えば図８の構成において、音処理部１７は、鍵域１２Ａに対応する音信号に対しては位相反転処理を行わず、鍵域１２Ｂに対応する音信号に対してのみ位相反転処理を行う。この例によれば、鍵域に応じて音像の広がりを変えることができる。

【００５１】

２－４．変形例４

図９は、変形例４に係る電子鍵盤楽器１の構成を例示する図である。この例では、複数の周波数帯域の中から選択された少なくとも一の周波数帯域の音信号の位相が反転される。音処理部１７は、ＬＰＦ１７２１、ＢＰＦ（Band Pass Filter、帯域通過フィルタ）１

７２２、ＢＰＦ１７２３、ＨＰＦ１７２４、選択回路１７２５、位相反転回路１７２６、および加算器１７２７を有する。

【００５２】

ＬＰＦ１７２１、ＢＰＦ１７２２、ＢＰＦ１７２３、およびＨＰＦ１７２４は、発音制御部１６から出力された音信号を４つの周波数帯域に分割する。これらを第１～第４成分の音信号という。第１成分の音信号が最も高い周波数帯域に対応し、第４成分の音信号が最も低い周波数帯域に対応する。選択回路１７２５は、ＢＰＦ１７２２、ＢＰＦ１７２３、およびＨＰＦ１７２４の出力信号、すなわち、音信号の第１～第３成分の音信号の中から少なくとも１つの成分の音信号を選択する。選択回路１７２５は、選択された信号を位相反転回路１７２６に出力し、選択されなかった信号を加算器１７２７に出力する。なお、選択回路１７２５は、選択された信号を個別に出力してもよいし、選択された信号を互いに加算した信号を出力してもよい。選択されなかった信号についても同様である。

【００５３】

加算器１７２７は、位相反転回路１７２６からの出力信号、選択回路１７２５により選択されなかった信号、およびＬＰＦ１７２１からの出力信号を加算する。すなわち、選択回路１７２５により選択された信号は位相が反転され、それ以外の信号は位相が反転されずに加算される。

【００５４】

選択回路１７２５は、例えば、位相反転する周波数帯域を音源の種類に応じて選択する。この場合、音源１６１は、複数の楽器（例えば、グランドピアノ、アップライトピアノ、およびチェンバロ）にそれぞれ対応する複数の音源すなわち複数セットの音データを有している。あるいは、選択回路１７２５は、位相反転する周波数帯域をユーザの指示に応じて選択してもよい。具体的には、ユーザが操作子１９を介して楽器（音源）を選択する指示を入力すると、選択回路１７２５は、その楽器に対応付けられた帯域を位相反転する周波数帯域として選択する。この例によれば、音像の広がりを音源の種類等の要因に応じて変えることができる。

【００５５】

なお、図９の例では、第１～第４成分の音信号のうち周波数が最も低い第４成分の音信号に対しては位相反転処理が行われない構成となっているが、これは、この例においては第４成分が最も音色に影響を与える周波数帯域の成分であるためである。しかし、位相反転処理が行われない帯域は、周波数が最も低い帯域に限定されない。周波数が最も低い周波数帯域以外の周波数帯域について位相反転処理が行われず、他の周波数帯域に対して位相反転処理が行われてもよい。

【００５６】

２－５．変形例５

右チャンネルおよび左チャンネルの音信号のうち位相反転処理が行われるチャンネルは、実施形態で説明した例に限定されない。位相反転処理が行われるチャンネルは、例えば、操作された鍵に応じて選択されてもよい。より具体的には、操作された鍵に近いスピーカから出力されるチャンネルの音信号に対して位相反転処理が行われてもよい。具体的には、図８のように鍵盤１２が鍵域１２Ａおよび鍵域１２Ｂに分割される場合、音処理部１７は、鍵域１２Ａに属する鍵の操作に応じて出力される音信号においては左チャンネルの音信号に対して位相反転処理を行い、鍵域１２Ｂに属する鍵の操作に応じて出力される音信号においては右チャンネルの音信号に対して位相反転処理を行う。例えば、音源１６１がアコースティックピアノの音データの場合、鍵域１２Ａのように相対的に左側に位置する鍵の音は右チャンネルよりも左チャンネルの方が大きく、鍵域１２Ｂのように相対的に右側に位置する鍵の音は左チャンネルよりも右チャンネルの方が大きい。より音の大きいチャンネルの音信号に対して位相反転処理を行うことにより、より効果的に音像の広がりを与えることができる。

【００５７】

２－６．変形例６

特定鍵は実施形態で説明した例に限定されない。例えば、鍵盤１２全体のうち最も音高の高い鍵が特定鍵であってもよい。この場合、音処理部１７は、鍵盤１２の操作に応じて出力された音信号を、鍵盤１２中で最も音高の高い鍵の基音を含む低域側の帯域とこの基音を含まない高域側の周波数帯域に分割する。この例によれば、すべての鍵の基音が位相反転処理されずに出力されるので、より自然な演奏音が得られる。

【００５８】

２－７．変形例７

右チャンネルと左チャンネルの音信号の相関を下げる処理は、いずれか一方のチャンネルの音信号の位相を反転する処理に限定されない。例えば、右チャンネルおよび左チャンネルのそれぞれに対しパラメータの異なるピッチシフト処理を行うことにより、両者の相関を下げてもよい。ただし、異なるピッチシフト処理を２つ行うよりも一方のチャンネルの音信号に対して位相反転処理を行う方が処理の負荷が軽いという利点がある。

【００５９】

一例として、右チャンネルの音信号と左チャンネルの音信号との相関を下げる処理は、一方のチャンネルの音信号の特定周波数帯域の出力を他方のチャンネルのこの特定周波数帯域の出力より遅延させる処理であってもよい。この場合、同一の音が分離して聴こえる現象を避けるためには、遅延時間は１ｍｓｅｃ以下とするのが望ましい。また、特定周波数帯域におけるチャンネル間の遅延を保ったまま、同一チャンネルの帯域間（特定周波数帯域と特定周波数帯域以外の帯域間）でその音信号出力に時間差をつけてもよい。ハース効果による音像の上方への定位処理を伴わない場合は、特定周波数帯域の音信号出力を遅延させればよい。音信号を３帯域以上に分割し、特定周波数帯域を中域とすれば、ハース効果による上方への音像定位と特定周波数帯域の遅延処理の両方を行うことも可能である。また、位相反転処理と遅延処理の両方を行ってもよい。特定周波数帯域の音信号の位相反転を伴う場合は、両チャンネルの特定周波数帯域の音信号の遅延時間は同一でもよい。

【００６０】

２－８．他の変形例

音処理部１７の機能および構成は実施形態で例示したものに限定されない。例えば、音処理部１７は、音像の位置を上に持ち上げる機能およびそのための回路要素（例えば遅延回路１７３および遅延回路１７６）を有していなくてもよい。図９の例において音処理部１７は音像の位置を上に持ち上げる機能を有していないが、この場合、位相反転処理が行われないチャンネル（左チャンネル）は帯域分割等の処理は行われずそのまま増幅器１８Ｌに出力される。図２の例でも同様で、音像の位置を上に持ち上げる機能を省略する場合、音処理部１７において左チャンネルの処理系は不要である。

【００６１】

また、音処理部１７において、ＬＰＦおよびＨＰＦに代えてＢＰＦが用いられてもよい。例えば、図２のＨＰＦ１７２に代えてＢＰＦが用いられてもよい。この場合、ＢＰＦの中心周波数およびバンド幅は、高音鍵の倍音成分に応じて決められる。倍音成分がほとんど存在しない高域の音信号は通過しなくてもよい。あるいは、音信号が３つの周波数帯域に分割して処理される場合において、低域を通過させるＬＰＦ、中域を通過させるＢＰＦ、および高域を通過させるＨＰＦを用いて音信号を分割してもよい。

【００６２】

図２に例示した音処理部１７において、遅延回路１７３は省略されてもよい。また、図２に例示した音処理部１７において、ＰＥＱ１７１はＨＰＦ１７２およびＬＰＦ１７５の前段に配置されていたが、加算器１７８の後段に配置されていてもよいし、省略されてもよい。

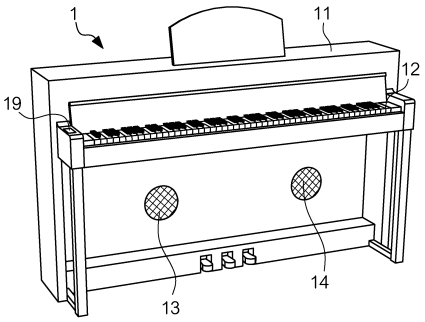
【００６３】

音処理部１７は、電子鍵盤楽器に用いられるものに限定されない。音処理部１７は、鍵盤楽器以外の電子楽器、または電子楽器以外の装置における音信号の処理に用いられてもよい。

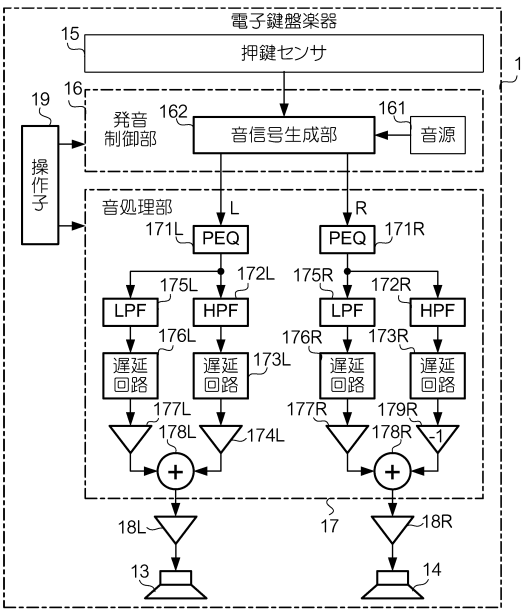
【符号の説明】

【００６４】
１…電子鍵盤楽器、１１…本体、１２…鍵盤、１３…スピーカ、１４…スピーカ、１５…押鍵センサ、１６…発音制御部、１７…音処理部、１８…増幅器、１９…操作子、１６１…音源、１６２…音信号生成部、１７１…ＰＥＱ、１７２…ＨＰＦ、１７３…遅延回路、１７４…乗算器、１７５…ＬＰＦ、１７６…遅延回路、１７７…乗算器、１７８…加算器、１７９…位相反転回路、１７０１…ＰＥＱ、１７０２…ＬＰＦ、１７０３…遅延回路、１７０４…乗算器、１７０５…ＨＰＦ、１７０６…ＰＥＱ、１７０７…ＬＰＦ、１７０８…遅延回路、１７０９…位相反転回路、１７１０…ＨＰＦ、１７１１…位相反転回路、１７１２…加算器、１７２１…ＬＰＦ、１７２２…ＢＰＦ、１７２３…ＢＰＦ、１７２４…ＨＰＦ、１７２５…選択回路、１７２６…位相反転回路、１７２７…加算器

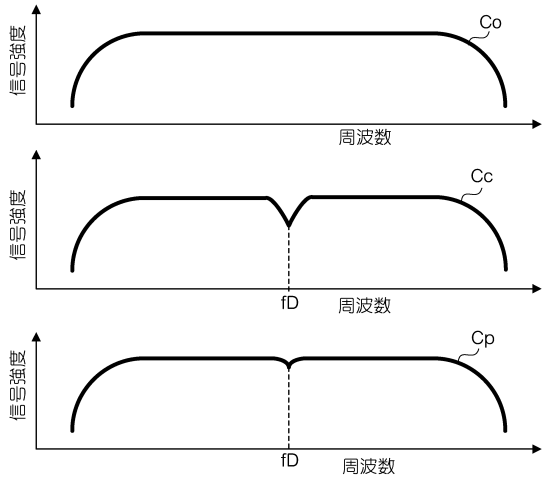
【図１】



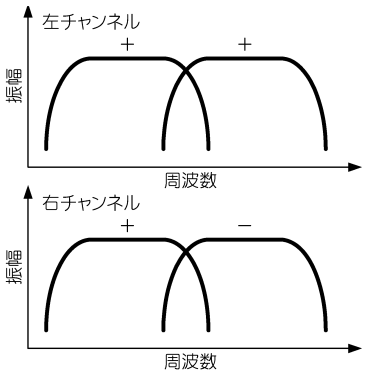
【図２】



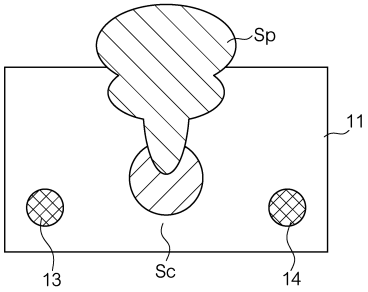
【図３】



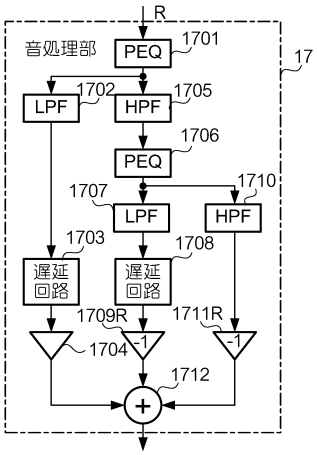
【図４】



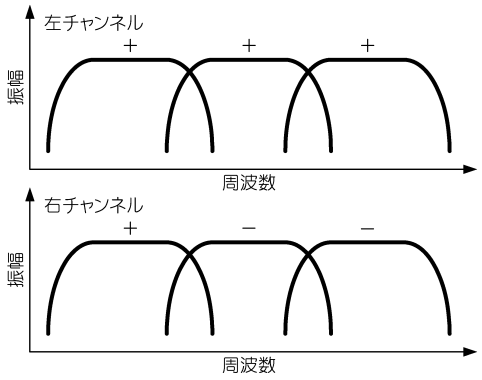
【図５】



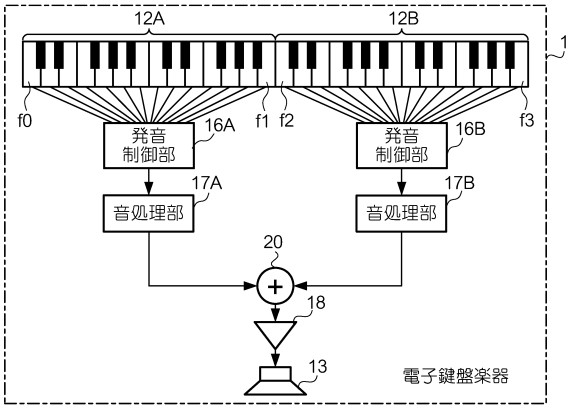
【図６】



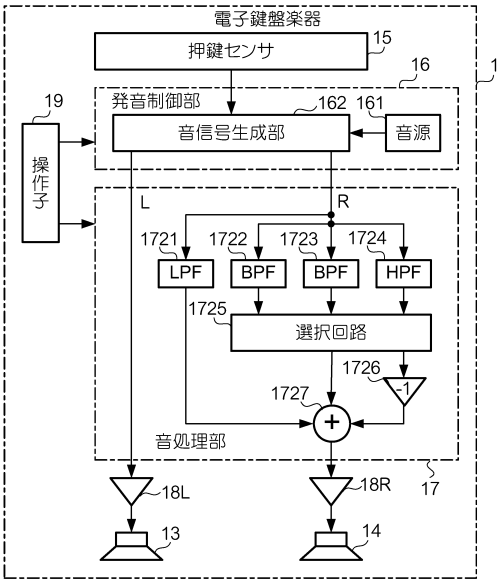
【図７】



【図８】



【図９】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｇ１０Ｈ　　１／００
Ｇ１０Ｈ　　１／１２
Ｈ０４Ｓ　　１／００