

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1/1)

研究題目	電子ピアノの直接伝達振動/騒音のアクティブ減振	報告書作成者	森和也
研究従事者	森和也, 徳臣佐衣子, 矢野怨雅, 福谷直紀		
研究目的	<p> 厳しい現代社会において、安らぎを提供する音楽はかけがえのないものである。音楽は、鑑賞も然ることながら、演奏により高い幸福感が得られる。手狭な都会の住宅環境では、演奏する楽器として電子ピアノが価格、演奏技術習得のし易さからなどの理由から最も適している。ヘッドホンの使用によって周囲環境へも優しい楽器である。しかしながら、鍵盤楽器では避けられない、鍵盤打鍵音の問題がある。打鍵音はタッチの関係から構造的に低減するには限界がある。打鍵音の問題は、楽器から床へ直接伝わる振動が最大の問題である。その対策として、防振マットや防振カーペットが使用されているが、それら受動的な方法では原理的に振動絶縁の性能に限界がある。そこで本研究では、アクティブに振動を絶縁する装置を開発し、演奏中の静寂な周囲環境を提供することによって、現代社会に安らぎを提供する。 </p>		

研究内容	<p>1. 緒 言</p> <p>現代社会において、安らぎを提供する音楽はかけがえのないものである。音楽は、鑑賞も然ることながら、演奏により高い幸福感が得られる。手狭な都会の住宅環境では、演奏する楽器として電子ピアノが価格、演奏技術習得のし易さから広く普及している。ヘッドホンの使用によって周囲環境へも優しい楽器である。しかしながら、鍵盤楽器では避けられない、鍵盤打鍵の直接振動音の問題がある。その対策として、防振マットや防振カーペットが使用されているが、それら受動的な方法では原理的に振動絶縁の性能に限界がある^{1), 2)}。そこで本研究では、図1に示すようなアクティブに振動を絶縁する装置を開発した。</p> <p>2. アクティブ減振装置</p> <p>2.1 減振の原理 図1の減振装置は図2に示すような系となる。打鍵力がピアノに作用する力を図3(a)のような半正弦波とすると、アクチュエータで重りを動かして図3(b)の実線に示すような対称な力を発生させればよい。しかしながら、アクチュエータで動かされた重りは、速度を持っているので、そのまま自由振動を生じ、Fig.3(b)の点線のような力を発生させる。この自由振動は新たな騒音源となり、その振動は消すことができない。そこで、本研究では、重りの固有振動数を可聴音以下の振動数にすることによって、自由振動による騒音問題を解決した。図3(c)に示すように、重りの重さを重くして、支えるバネを柔らかくすると、重りの固有振動数は20 Hz未満の可聴音以下の振動数となる。すると、重りの自由振動が残っても耳で聞き取れない振動であるので、騒音とならない。</p> <p>2.2 減振装置 減振装置の構造を図4に示す。重りをスプリングでベース上に保持し、その重りをリニアソレノイドの本体に固定する。ピアノのステージはリニアソレノイドのプランジャを介してベースに固定する。リニアソレノイドは本体が動く構造とする。</p> <p>3. 実 験</p> <p>打鍵によって床に生じる振動がアクティブ減振装置で減振可能であるかどうかを実験的に検証した。実験装置を図5と図6に示している。減振装置の下に板を挟んでロードセル置いて、床に作用する荷重を測定した。また、減振装置を制御するための入力信号を取り出すためのひずみゲージを金属製のピアノスタンドに貼った。アクティブ減振装置の重りの質量は2.1kgであり、スプリングのバネ定数は1.8N/mmである。</p>
------	--

研究内容

図7は、ベートーヴェンのピアノソナタ第20番 Op.49のNo.2の第1楽章のはじめから2小節目頭までを弾いた時の床に作用した力を示している。打鍵によって床に作用する力の周波数は100Hz以下であった。階上から聞こえる打鍵音も一般に、「ドコドコ」といった低い音である。

図8は、ピアノの金属スタンドに生じたひずみを示している。図7と図8を比較すると、床に伝わる力はスタンドのひずみを測定することによって正確に把握することができることが分かる。

図9は、リニアアクチュエータに0.01sのパルス状電圧を入力したときの床に作用した力を示している。鋭いパルスの後、10Hz以下の自由振動が発生していることが分かる。

4. 考 察

図7と図9を比較すると、アクティブ減振装置によって発生できる周波数は、打鍵によって発生する周波数より高いことが分かる。このことは、アクチュエータの駆動力さえ強くすれば、打鍵によって生じる力をアクティブ減振装置で打ち消すことができることを意味している。図9の自由振動以降の振動は10Hz以下で、重ね合わせても10Hzを超えることはなく、騒音とならない。従って、図9の最初のパルスを自由に組み合わせることが可能で、図7と反対の力を発生することができるのである。

減振装置を駆動させる電流大きさは、図8のピアノステージに作用するひずみが床に生じる力と極めてよく一致していることから、ステージのひずみを測定することによって決定できると考えられる。

5. 結 言

打鍵楽器によって生じる直接振動をアクティブ減振する装置の開発をおこなった。減振装置は打鍵によって生じる振動の周波数を発生することが可能で、アクチュエータの駆動力を増すことによって、減振が可能であると考えられる。今後の課題は、打鍵楽器のステージのひずみからアクティブ減振装置に供給する電流の制御方法を確立する必要がある。

文 献

- 1) 平野興彦, 騒音制御, Vol. 5, No. 5 (1981), pp. 267-273.
- 2) 山本耕三, 騒音制御, Vol. 14, No. 6 (1990), pp. 299-302.

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1/1)

<p>研究のポイント</p>	<p>研究のポイントは、打鍵によって発生する床振動をアクティブ減振装置で打ち消すことが出来るかどうかを明らかにすることである。そのためには、①打鍵によって生じる床振動を計測し、その特性を評価することと、②アクティブ減振装置で発生可能な振動が①の振動の逆の振動を発生可能であることを明らかにすること、が必要である。</p>
<p>研究結果</p>	<p>打鍵によって生じる床振動を計測し、その特性を評価した。①床に生じる力の周波数は 100Hz 以下で、4 本のピアノスタンドの一本によって床に作用する力は 40N に達した。②アクティブ減振装置で発生可能な振動の周波数は、打鍵によって床に生じる周波数より高くすることが可能であることがわかった。従って、アクチュエータに入力する電流を適切に制御すれば、床に生じる力を低下させることが可能である。</p> <p>騒音の低下が可能となるポイントは、床に発生する振動を可聴音以下の振動にすることである。20～100Hz の打鍵による振動をアクティブ減振装置で 20Hz 以下の振動に変換する。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>アクティブ減振装置のアクチュエータに入力する電流の制御方法を開発する必要がある。ピアノスタンドに生じるひずみは、打鍵によって床に生じる力を正確に表現しており、このひずみを計測して電流を制御すればよいと考えられる。</p>

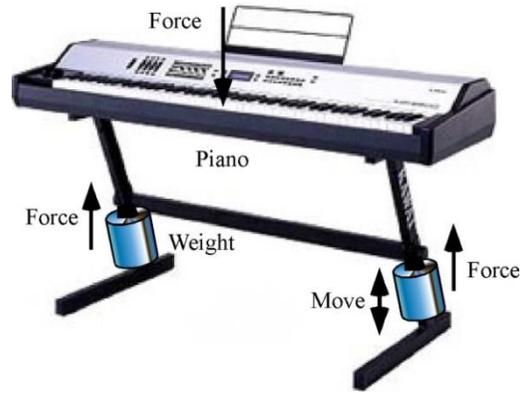


図1 電子ピアノのためのアクティブ減振装置

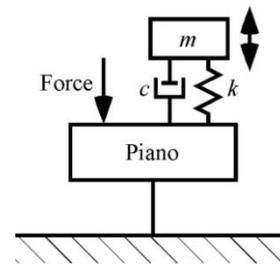
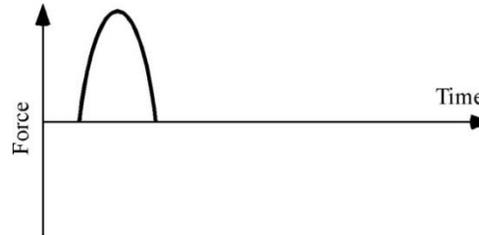
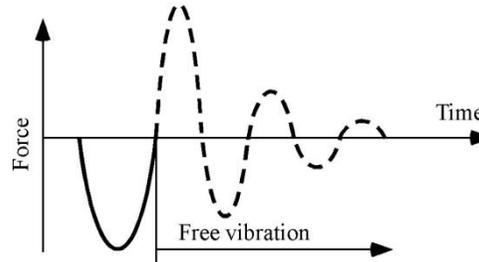


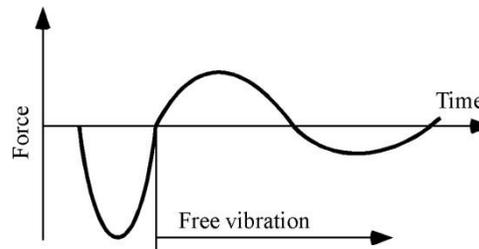
図2 アクティブ減振装置の振動系



(a) 打鍵による力



(b) 重りの運動による力



(c) 低い周波数の重りの運動による力

図3 打鍵による力と重りの運動による力

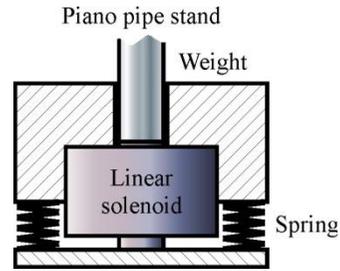


図4 アクティブ減振装置の構造

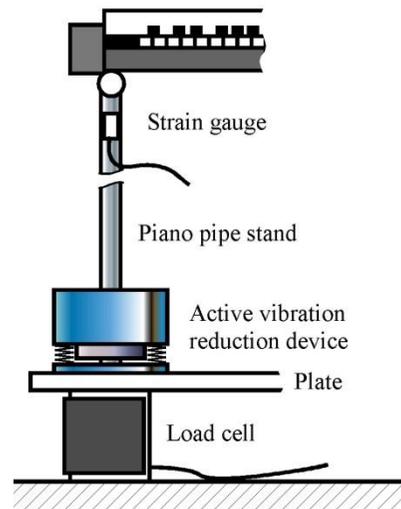


図5 実験方法



図6 アクティブ減振装置と実験の様子

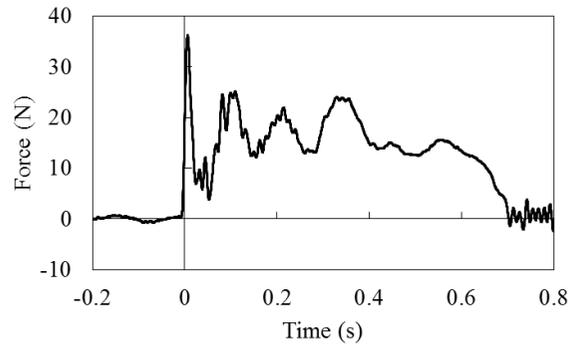


図7 打鍵によって床に生じた力

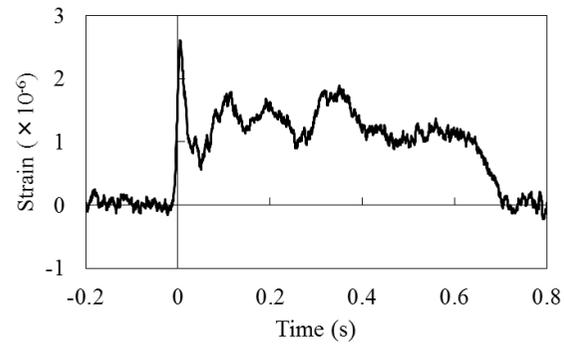


図8 金属製のピアノスタンドに生じた打鍵によるひずみ

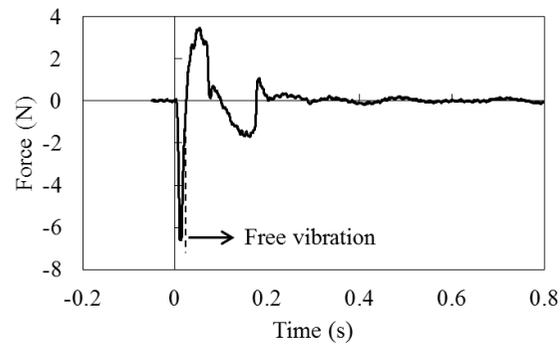


図9 アクティブ減振装置によって発生した床に作用する力