

# 楽器研究用 PSE を用いた 合成ピアノ音の品質向上

TONE QUALITY IMPROVEMENT OF PIANO SIMULATOR  
USEING PSE FOR MUSICAL INSTRUMENT

酒井康博<sup>1)</sup>、梅谷征雄<sup>2)</sup>  
Yasuhiro Sakai and Yukio Umetani

- 1) 静岡大学 情報学研究科情報学専攻 (〒432-8001 静岡県浜松市城北 3-5-1, cs1040@s.cs.inf.shizuoka.ac.jp)
- 2) 工博 静岡大学教授 情報学部情報科学科 (〒432-8001 静岡県浜松市城北 3-5-1, umetani@cs.inf.shizuoka.ac.jp)

The piano simulator is useful not only for investigating the sound production mechanism, but also as a tool for the sound synthesis. In order to raise the quality of the simulator, we incorporated the function to take the effect of other string's induced vibrations when some string hit being bit into consideration. We also examined the effect of this facility.

**Key Words:** Piano simulation , other strings

## 1. はじめに

楽器の発音機構解明のため、または音合成の1つの手段として、計算機を用いての楽器の物理シミュレーションは行なわれてきた。特に合成音の生成においては、近年実形状に忠実なモデルも開発され、その数値解析において計算された値を直接手に入れて波形化することができ、高い音質を再現することも可能とされている。

現在、ピアノの物理シミュレーションでは市販の有限要素法解析ソフト ANSYS で作成された高精度な響板モデル [1] と、その響板モデルをコンポーネント化し、振動観測を行うことの出来る可視化対話シミュレータ [2] が開発されている。しかし、それはあくまで ANSYS と同等の振動解析を自作のシミュレータで行うことが目的であり、弦と接続して合成ピアノ音を作るためにシミュレートすることを考慮していない。そこで、この ANSYS 響板コンポーネントと既存の弦コンポーネントの連結を確立し、より音質のよい合成ピアノ音を作成する。

## 2. ピアノ合成音の問題点

### (1) 合成音と実音の比較

現在のピアノ合成音を図 1 に、実音を図 2 に記す。ともに C 4 音の 1 秒分のスペクトル分布図である。2 つとも基本音 (約 260Hz) とその倍音成分は同じであるが、低周波数成分に差異がある。特にピアノ合成音は 100Hz 以下では平均スペクトルが 20db も実音に比べて小さい。

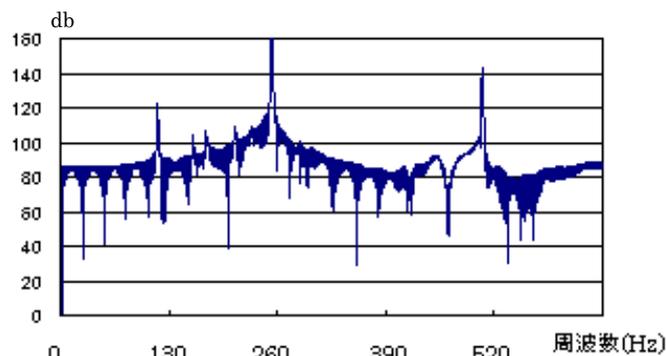


図 1 合成音スペクトル分布図

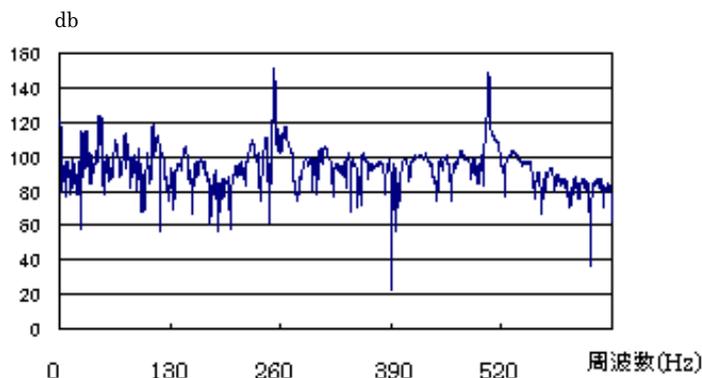


図 2 実音スペクトル分布図

ピアノの低周波数成分は響板の振動から主に発生しているとされており (響板の基本周波数は 65Hz 周辺)、この低周波数成分を増強するには響板の振動改善を行う必要がある。

## (2) 他弦振動について

ピアノの弦は通常、低音以外は2弦3弦で1音を形成しており、鍵盤88音、約250弦ほどが響板に対して常時接続されている。現在のシミュレータは必要となる音以外の弦を響板と接続することは出来ず、ある1点の駒位置のみしか弦を接続できない。しかし、叩いていない弦も響板からの振動を受け取り、微小ながら振動しているのが確認されている[3]。この他弦の振動が、響板に影響を与えて実音では低周波数成分が強くなっていると考えられる。よって、違う響板駒位置に複数の弦を接続して実行が出来るように可視化対話シミュレータを拡張する。

### 3. ピアノシミュレータの拡張

ピアノシミュレータはピアノの各発音機構、弦、駒響板をそれぞれ独立したコンポーネントとして構築し、各コンポーネントを接続することで振動のやり取りを行っている。このため、実際のピアノと同じように考えれば、ひとつの響板コンポーネントに対し、複数個の弦コンポーネントを接続する必要がある。

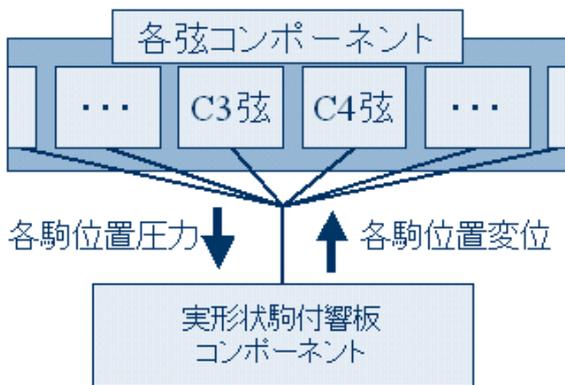


図3 弦響板間の接続概念図

図3が今回のシミュレータの接続概念図である。響板の各駒変位を一括で弦コンポーネントに渡し、弦コンポーネントそれぞれで振動を計算、そしてまた響板コンポーネントに各駒位置への弦圧力を一度に渡す。以下の図4に実際の実行画面を示す。弦を接続した2点の駒位置から圧力を受け取っているのがわかる。

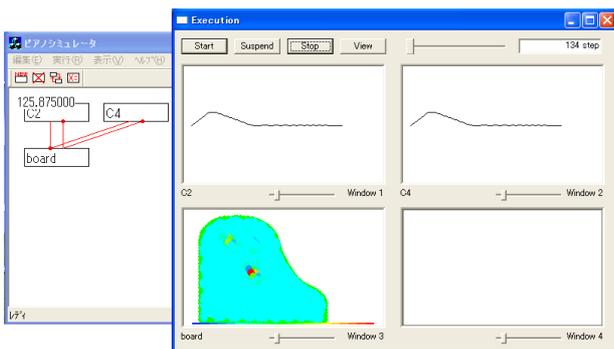


図4 シミュレート画面

このシミュレータを用いて他弦の影響を観測する。C4とC3弦を響板と接続し、C4弦のみ打弦する。そのときのC3弦の振動を図5に、C4単弦を接続したときの響板振動とC3弦も接続したときの響板振動の比較を図6に示す。

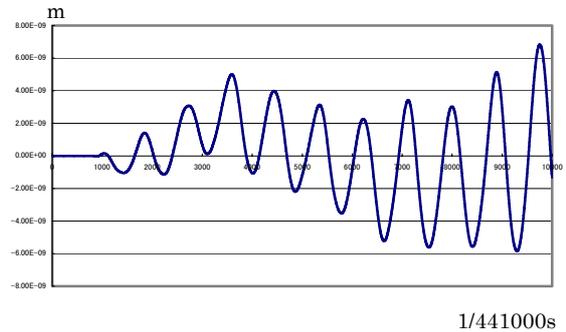


図5 C3弦の振動変位図

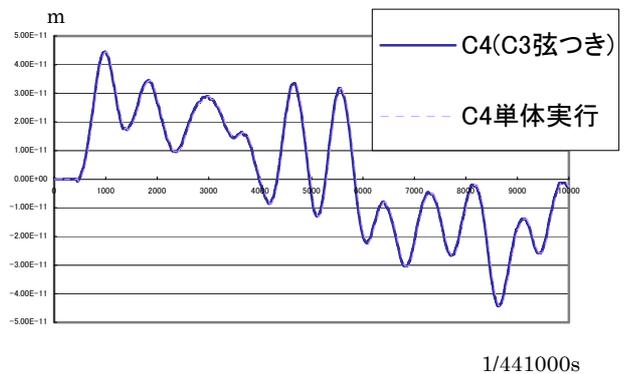


図6 単弦実行との比較

### 4. 結果の考察と今後の課題

打弦していない弦の振動は図5より確認がとれた。しかし、他弦の影響という意味では図6より大きな違いは未だ得られていない。図5の振動変位はC3が打弦された場合の振動変位より $10^{-3}$ ほど小さく、やはり一弦だけの影響では小さすぎると言える。また、今回は分かり易い比較と言うことでちょうど倍音のC3とC4で試したが、さらにC4に近い音、また響板振動の腹の駒位置を観測すれば結果は変わると考えられる。

以上のことから今後の課題はさらに他弦を増やしての実行結果観測、またそれに伴う計測時間の増加が見込まれるので、シミュレータ自体の処理能力の向上が望まれる。

#### 参考文献

- 1) 柘植敦司、梅谷征雄：ピアノ響板における減圧とムクリ形状効果の解析、日本音響学会音楽音響研究会資料MA2003-42, pp. 13-1 (2003)
- 2) 能崎友博、梅谷征雄：可視化対話型3次元ピアノ響板モデルの開発、第7回問題解決環境ワークショップ、第2回グリッドセミナー論文集 pp111-116 (2004)
- 3) 中村勲：響板の振動・音響特性—ピアノの音響学的研究 第3報—、日本音響学会誌 37巻 10号 PP510-517 (1981)