

インタラクティブアートのためのソフトウェアセンサ

平井重行* 片寄晴弘** 金森務* 井口征士***

*(財)イメージ情報科学研究所

**和歌山大学システム工学部

***大阪大学大学院基礎工学研究科

E-mail: hirai@senri.image-lab.or.jp

URL: <http://www.senri.image-lab.or.jp/inokuchi/member/hirai>

最近のパソコンは、処理能力の飛躍的な向上と共にオーディオ・ビデオ入力機能の装備が標準的になってきている。これら入力機能をA/Dコンバータとして用い、トランスデューサを接続するだけで簡単にセンサシステムとして機能させることが可能である。また、A/D変換されたデータに対しソフトウェアによる信号処理を行うことで、より高レベルなセンサとしても用いることができ、これらを「ソフトウェアセンサ」と呼ぶことを提案する。インタラクティブアートのシステムにソフトウェアセンサを用いることで、システムの開発の効率化、コンパクト化、また保守が容易になると考えられる。本稿では、ソフトウェアセンサをMacintosh上のMAXオブジェクトとして実装した例とそれらを用いたアプリケーションについて述べる。

Software Sensors for Interactive Digital Art

Shigeyuki Hirai* Haruhiro Katayose** Tsutomu Kanamori* Seiji Inokuchi***

*L.I.S.T. **Wakayama University ***Osaka University

Recent PCs are getting more powerful and having multimedia functionalities for Audio/Video inputs. We propose Software Sensor, utilizing the AV inputs as A/D devices and higher level sensors with Audio/Video DSP. System designers of interactive digital arts will be able to develop interactive systems which have more various sensors utilizing the Software Sensors. This means interactive system, which does not use complicated hardware sensor systems except transducers, will be simpler and easier to develop and manage. This paper describes some of the Software Sensors implemented as MAX external objects on Macintosh platform and some applications with them.

1 はじめに

インタラクティブアートのシステムに携わる人々は、インタラクションのための計算機への入力装置として、トランスデューサやその他ハードウェアを含む様々な入力デバイスの研究開発を行ってきている。インタラクティブアートの中でもコンピュータ音楽の領域においては、テルミンやオンドマルトノ等、それ単体で完全な「楽器」として捕らえられるものから、入力デバイスの出力

をMIDI信号に変換することでMIDI音源を制御するもの等、様々な形態のものが存在する。これらのものについてはCurtis Roadsの“The Computer Music Tutorial”^[1]にまとめられているのでそちらを参考にされたい。最近の研究では、ParadisoらによるSpirit Chair^[2]やMarrinらによるDigital Baton^[3]、澤田らによるGraspMIDI^[4]等が挙げられ、新世代楽器としてより様々な入力デバイスが研究されている。一方、これら単体の入力デバイスの他に、リアルタイムパフォーマンスへの利用を可能とする汎用目的のセンサーシステムも研究されている。

この例としては、Mulder による I-Cube System¹⁵⁾や、片寄らによる ATOM8¹⁶⁾、Paradiso らによる Fish¹²⁾、Leider らによるシステム¹⁷⁾等が挙げられる。これら汎用センサシステムには A/D デバイスとマイコンを持っていることで、インタラクティブシステムの構築の際にどのトランスデューサを用いてパフォーマンスを計測するかだけを考慮すればよく、システム構築の効率化を図ることが可能となる。

これらのハードウェアセンサは、システムの構築・運用にハードウェアとしての知識が少しは必要であるものの、主なデータ処理を行うホスト計算機の処理負荷分散という意味で、これまで大きく貢献してきた。しかし、扱うハードウェアの数が増えると逆にシステム全体として制御や保守が難しくなっている。そこで、今日のパソコンの処理速度の向上とマルチメディア化によるオーディオ・ビデオ入力機能の装備を考慮すると、それら入力機能を A/D デバイスとして用いてトランスデューサを接続することで、より簡単でコンパクトなセンサシステムが構築することが可能と考えられる。また計算機自身の処理速度の向上から、これら A/D 変換されたデータに信号処理を行うことで、より高次の処理を行うセンサの実現も可能である。ここで、これら AV 入力機能を用いて主な処理をソフトウェアで行うセンサシステムを「ソフトウェアセンサ」と呼ぶことを提案する。本稿ではこのソフトウェアセンサについて、実装とその応用について述べる。

2 ソフトウェアセンサ

2.1 AV 入力機能の利用

前述の通り、今日のパソコンは AV 入力装置が標準装備となりつつある。それらを A/D デバイスとして考えると、マイクはオーディオ入力に対するトランスデューサ、CCD カメラはビデオ入力に対するトランスデューサと考えることもできる。これら以外の様々なトランスデューサを用いる場合、ビデオ信号でなければオーディオ入力を汎用の A/D デバイスとして利用することを考えれば良いが、そこで幾つかの問題が出てくる。まず一つめはトランスデューサ自身の駆動に必要な電源の問題である。これは別途電源部分だけの簡単な回路を用いることでクリア可能である。このような

回路は前述のセンサシステムで使われているような A/D 変換も行うシステムと比べ、はるかに安価で簡単に実現できることからさほど問題でないと考えられる。他の問題としては、これらパソコンのオーディオ入力部には DC キャンセラとして数 Hz でのカットオフを持つハイパスフィルタが存在するというのである。用いるトランスデューサによっては信号が DC 成分が主となる静的なデータを出力するものも多数あり、これらを入力可能にするのも課題として挙げられる。これに関しては図 1 に示すような DC/AC 変換を行う回路の装置をオーディオ入力の前段に用いることで解決する。AC の信号となったデータ自身はソフトウェアで DC の信号として復調することで本来の DC 成分のデータとして取り出すことが可能である。この回路自身も電源回路と同様、安価で簡単に実現できることからさほど問題でないと考えることができる。

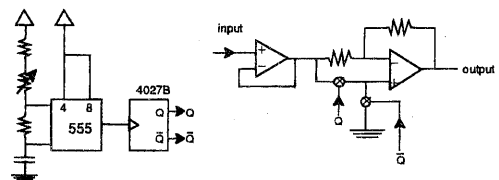


図 1 DC/AC モジュレータの回路図

2.2 MAX オブジェクトとしての実装

インタラクティブアートのソフトウェア環境を考慮すると、ビジュアルプログラミング環境である MAX を利用しているものが最も多いと考えられる。それらは入力デバイスとして様々なトランスデューサを用いたハードウェアセンサにおいて A/D 変換され MIDI 信号として送られてきたデータに対し、MAX 環境上でデータ処理を記述するという形で実現されている。これは他のシステム開発・実行環境に比べ、人間の動作のような連続量で変化を行うデータに対して処理が記述しやすいという特徴を持っており、データフローをビジュアルにプログラミングできるためコンピュータプログラミングに詳しくない人でも処理の記述が可能であることから用いられている。ここで、ソフトウェアセンサを MAX オブジェクトとして実現することを考慮すると、ハードウェアセンサユニットが無い状態でも直接センサのデータを MAX

上のメッセージとして使用可能となる上、センサオブジェクト内で DSP 処理を行うことで、より高次のセンサ出力をメッセージとして用いることも可能と考えられる。また、システムとしてハードウェアユニットの数を減らせることが可能なことから、トラブルの減少やメンテナンスが容易となることも考えられる。そこで、Macintosh プラットフォーム上で MAX オブジェクトとして実装してみたので以下にそのセンサオブジェクトの例を示す。

2.3 ピッチ抽出センサ

オーディオ入力機能を用いたソフトウェアセンサの一例として、ピッチ抽出センサオブジェクトを実装した。このオブジェクトは Macintosh のマイク入力やライン入力を用いて入力された歌声や楽器のリードノートからオーディオ信号処理を行い、ピッチと音量を出力するセンサオブジェクトである。(22kHz, 8bit サンプリング)

ピッチ抽出に関しては採譜や音声認識の分野で様々な手法が研究されてきているが、本研究においては音声認識のような子音部のピッチのような細かい精度は必要とせず、また、マイク等により直接入力される単一音を対象としているので複雑な処理は行っていない。現在のところ、積分型ゼロクロス法を用いたもの (pitchsensor) と信号の自己相関により計算するもの (pitchsensor2) の2つを実装した。pitchsensor オブジェクトで用いられている積分型ゼロクロス法は、信号の積分値がゼロになる周期からピッチを計算する手法である。

この MAX オブジェクトを用いることで、ピッチや音量を簡単に画面表示することが可能となり、次章で述べる VSG にも適用することが可能である。pitchsensor オブジェクトの MAX help パッチを図2に示す。

2.4 3次元モーショキャプチャセンサ

ビデオ入力機能を用いたソフトウェアセンサの一例として、3次元モーショキャプチャセンサとして動作する DigitEyeClassic オブジェクトを実装した。このオブジェクトの処理内容や機能は我々が開発した簡易モーショキャプチャセンサ DigitEye3D システムがベースとなっている。まず

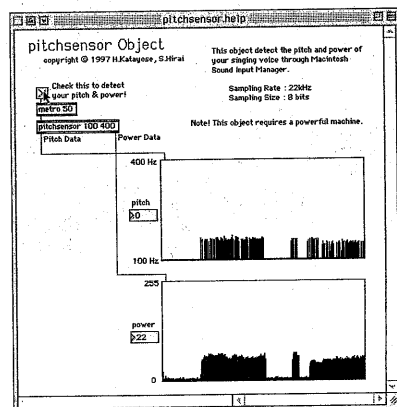


図2 pitchsensor オブジェクト (help パッチ)

はこの DigitEye3D について簡単に述べた上で、DigitEyeClassic オブジェクトについて述べる。

2.4.1 簡易モーショキャプチャセンサ DigitEye3D

DigitEye3D^{[8][9]} は光学式の簡易モーショキャプチャセンサであり、複数の球状マーカとモノクロ CCD カメラ、DigitEye3D 本体からなるシステムである。マーカには赤外線 LED が埋め込まれており、CCD カメラは赤外透過フィルタを装着している。このシステムは NTSC の垂直同期信号を元に各マーカに対し時分割発光の制御を行い、CCD カメラからの映像を各フィールド単位で位置検出処理を行うという仕組みである。これにより複数マーカの個別の3次元位置計測が可能となっている。3次元位置としては画像上の発光領域から計算し、RS-232C により DigitEye3D 本体からパソコンへデータを転送する仕様である。また、このシステムは他のモーショキャプチャのシステムと比べ安価に実現可能で、関西新技術研究所より実際に発売されている。図3に DigitEye3D システム、図4にその装着例を示す。

2.4.2 DigitEyeClassic オブジェクト

DigitEyeClassic オブジェクトは機能制限された DigitEye3D と言える MAX オブジェクトである。CCD カメラから Macintosh のビデオ入力を通して取り込んだ画像に対し、DigitEye3D と同様の処理

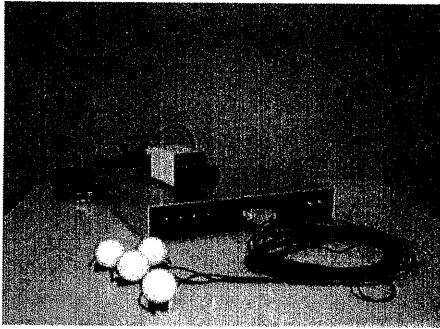


図3 DigitEye3D



図4 DigitEye3D

を行うことで発光点の3次元位置計測を行う。但し、複数発光点の発光制御を行わないので、現在は1点のみの3次元位置センサである。また計測されるカメラ軸方向の値は画像上の発光点の直径を算出しているのみであるため、正確な3次元位置データへの補正に関しては、レンズ特性のデータを含んだデータ補正用MAXオブジェクトを現在開発中である。

このオブジェクトの処理速度を調べたところ、PowerMac 8500/150MHzで15fpsの処理が可能であった。DigitEyeClassicオブジェクトのMAX Helpバッチを図5に示す。

3 アプリケーション例

この章では前述のソフトウェアセンサMAXオブジェクトを用いたアプリケーション例を示す。これらはインタラクティブアートのシステム自身ではないが、インタラクティブシステムであると

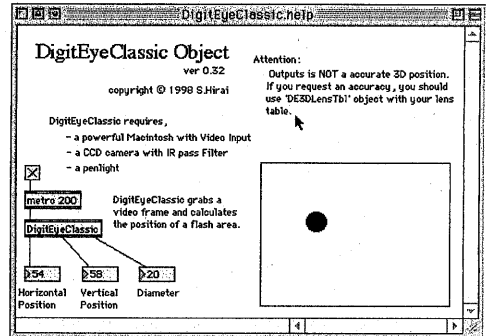


図5 DigitEyeClassic オブジェクト (help バッチ)

いう点を考慮すれば、ソフトウェアセンサの応用性は確認できる。

3.1 VSG (Voice Shooting Game)

VSG^[10]は調子外れの治療用ソフトウェアとして作られたMAXアプリケーションである。リアルタイムに歌声のピッチを抽出し、ビジュアルフィードバックを行うシステムで、ゲーム感覚でも楽しめるインタラクティブシステムとも言える。図6に画面の一例を示す。

VSGは元々我々が開発したハードウェアによるピッチ抽出センサを用いていたが、前述のpitchsensorセンサオブジェクトを導入することでパソコン単体で動作するMAXアプリケーションとなった。

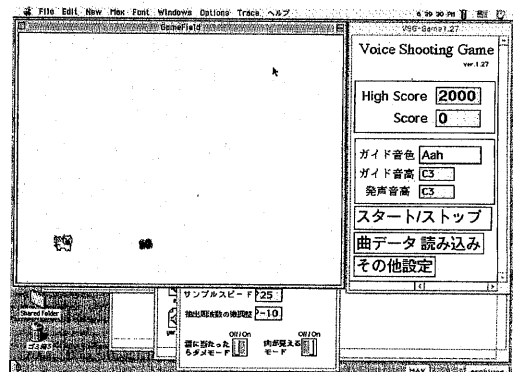


図6 VSG

3.2 Play the D.E.

Play the D.E.はDigitEyeClassicオブジェクトを用いた新世代楽器と言えるもので、単一のマーカー

の3次元位置から音を生成する MAX バッチである。水平軸方向の位置で音高 (MIDI note number) が、垂直方向の位置で音量 (MIDI velocity) が、カメラ軸方向の位置で音の密度が決定される。また、これらに加えて生成される音はブルーススケールやペンタとニックスケール等、幾つかのスケールに沿った形の音で出すことも可能である。

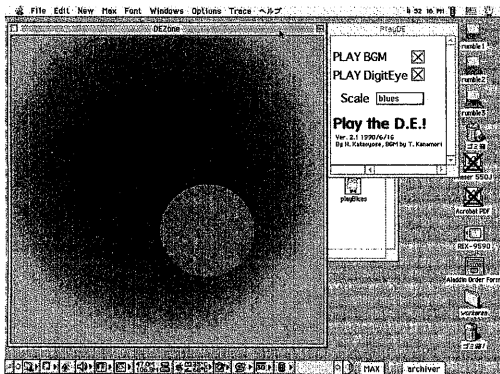


図 7 Play the D.E.

4 今後

今回はソフトウェアセンサの例として、オーディオ入力を利用したオーディオ信号処理とビデオ入力を利用したビデオ信号処理のセンサ、2個の例を示したに過ぎないが、今後はより様々な信号処理を行うセンサオブジェクトの開発を行っていく予定である。例えば、オーディオ信号処理に関してはフォルマントを計測するオブジェクト、母音判別を行うオブジェクト等、ビデオ信号処理に関しては、図形や記号や文字を認識するオブジェクトが考えられ、オーディオ・ビデオ以外のトランスデューサを用いたセンサオブジェクトも今後開発を行っていく。また、現在 Macintosh プラットフォームにおいては MAX 上でオーディオ信号処理が可能な MSP が出てきており、KORG 1212/IO 等のサウンドカードと併用することで、複数チャンネルのオーディオ入力が可能となっている。オーディオ入力を利用するソフトウェアセンサをこの MSP 上で実装すれば、オーディオ入力に関する制御は MSP のシステムで行うため、センサオブジェクトの開発としてはセンサの機能のみに

集中でき、開発効率も向上すると考えられる。また、MSP ではデジタルフィルタもオブジェクトとして既に提供されているので、フィルタを通ったデータに対する処理を考えるだけということも可能である。Windows プラットフォーム (95/NT) や Linux, IRIX (SGI) プラットフォームに関しても、現在は MSP と同様の処理が行える Pd/GEM^{[1][11][12]} が現在開発されている。これらに関してはオーディオ入力だけでなく、ビデオ入力を用いた信号処理を行うセンサオブジェクトの開発も可能である。しかし、Pd と MSP はオブジェクトのソースがほぼ互換ということから、とりあえずは MSP 上でセンサオブジェクトの開発を行う予定である。

5 まとめ

本稿ではソフトウェアセンサの概念と MAX オブジェクトとしての実装例、またそれらを用いたアプリケーションについて述べた。最近のマルチメディアパソコンには AV 入力機能が標準となってきたことから、それらを A/D デバイスとして直接トランスデューサを接続することで簡単にセンサが実現できること、また計算機自身の処理能力の向上により、それら入力されたデータに信号処理を施すことでより高次のセンサが実現できること、がソフトウェアセンサとしての概念である。これらを MAX オブジェクトとして実装することで、ソフトウェアセンサの利用がより簡単に行え、インタラクティブシステムの開発効率の向上の他、既存のインタラクティブアートのシステムのコンパクト化も行えると考えられる。また、これらソフトウェアセンサ自体はインタラクティブアートのみならず、マルチメディアコンテンツ制作において、マルチモーダルなインタラクティブシステムを構築する上で非常に重要な技術となりうる。今後は、より様々なソフトウェアセンサを研究開発し、有効なツールを提供することで、インタラクティブアートの創作活動、システムの保守運用に貢献したい。

参考文献

[1] C.Roads.: The Computer Music Tutorial, The M.I.T.

- Press, 1996.
- [2] J.A.Paradiso. and N.Gershenfeld.: Musical Applications of Electric Field Sensing. *Computer Music Journal*, 21:2, pp.69-89, 1997.
 - [3] T.Marrin. and J.Paradiso.: The Digital Baton: a Versatile Performance Instrument. *Proc. ICMC*, pp.313-316, 1997.
 - [4] H.Sawada. et al.: Sounds in Hands -A Sound Modifier Using Datagloves and Twiddle Interface-. *Proc. ICMC*, pp.309-312, 1997.
 - [5] A.Mulder: The I-Cube System: moving towards sensor technology for artists. <http://fas.sfu.ca/cs/people/ResearchStaff/amulder/personal/infusion/ISEA95.html>, 1995.
 - [6] H.Katayose. et al. : An Environment for Interactive Art. *Proc. ICMC*, pp.173-176, 1996.
 - [7] C.N.Leider: A Realtime MIDI Library for an Inexpensive General-Purpose Microcontroller-Based Interactive Performance System. *Proc. ICMC*, pp.482-484, 1997
 - [8] 金森, 片寄, 井口: モーションキャプチャ「DigitEye3D」の実装, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J81-D-II, No.5, pp.804-809, 1998.
 - [9] 片寄, 金森, 平井, 坂口, 井口: 簡易モーションキャプチャセンサ DigitEye3D とインタラクティブシステムへの応用, インタラクション' 98 論文集, pp.67-72, 1998.
 - [10] 片寄, 平井, 金森, 井口: 歌唱トレーニングシステム VSG の改良, インタラクション' 97 論文集, pp.143-147, 1997.
 - [11] M.S.Puckette: Pure Data. *Proc. ICMC*, pp.224-227, 1997.
 - [12] M.Danks: Real-time Image and Video Processing in GEM. *Proc. ICMC*, pp.220-223, 1997.
 - [13] 山崎, 石川: センサフュージョン, コロナ社, 1992.
 - [14] 新田義雄: ビデオセンサ, 電気書院, 1988.
 - [15] David Zicarelli: *Writing External Objects for Max*, Opcode Systems, 1996.
 - [16] David Zicarelli: *How to Write MSP Externals*, 1997.