

## マルチメディアビジュアルプログラミング環境 DIPS2

松田 周†

安藤 大地‡

美山 千香士‡

酒井 由‡

DIPS は Max インターフェースを採用した、リアルタイム映像処理・生成環境である。本稿では、バージョンアップされ大幅な機能強化がなされた「DIPS2」について発表する。QuickTime インターフェースの実装、各 DIPS サブパッケージの新たなオブジェクト群、プログラミングを簡易にするためのサポートライブラリの実装、音響処理との連携の強化、および使用法の実例について紹介する。

## DIPS2 : a multimedia programming environment on jMax

Shu Matsuda†

Daichi Ando‡

Chikashi Miyama‡

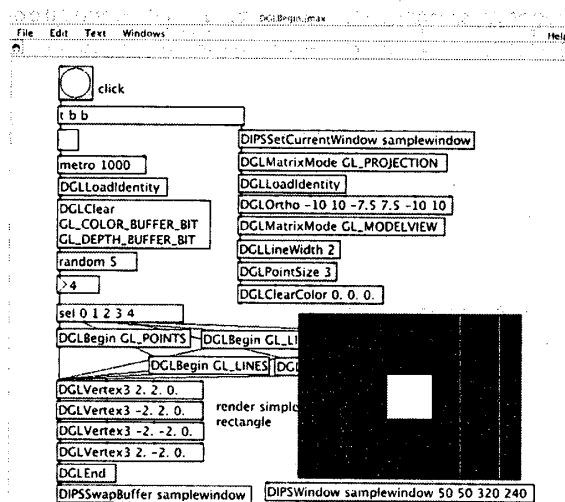
Yu Sakai‡

The DIPS (Digital Image Processing with Sound) is a set of Max objects that handle the realtime visual image processing. In this paper, we would like to present DIPS2, the new version of the DIPS. We will describe improvements of the user interface, new objects, utility libraries and a recent unique usage of the DIPS.

## 1. 導入と DIPS の概要説明

## 1.1 DIPS とは

DIPS, "Digital Image Processing with Sound" は、IRCAM で開発されている GUI プログラミング環境 jMax のエクスターナルオブジェクトの形で実装されたリアルタイム映像処理・生成ソフトウェアである。DIPS では、Max の視覚的なユーザーインターフェースを用いることにより、容易に音と映像の間に高度なインタラクションを実現することができ、各オブジェクトを組み合わせることで様々な 3 次元映像の描画が可能である。1997 年に松田により開発が始められ、すでに 100 以上のオブジェクトが実装された。現在、DIPS は GPL 準拠にてオープンソース公開され、Linux と Mac OS X プラットフォームで稼働している (図 1)。

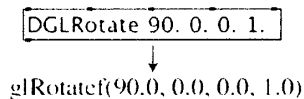


(図 1 : DIPS for Mac OS X)

## 1.2 OpenGL と DIPS のオブジェクト群

多くの DIPS オブジェクトは、3 次元グラフィックライブラリ OpenGL の関数を、その柔軟性を最大限に活用するために、ほぼそのままの形で実装したものである (図 2)。

† デジタルアートクリエーション  
Digital Art Creation‡ チャルマース工科大学  
Chalmers University of Technology‡ 国立音楽大学  
Sonology Department, Kunitachi College of Music



(図2: OpenGL関数)

DIPS オブジェクトは大きく6つに分類できる。

**DIPS:** DIPS 独自のオブジェクト群。デジタルビデオカメラからの入力をリアルタイムに取り入れる DIPSVideoIn オブジェクト、QuickTime ムービーや画像ファイル読み込みの機能を持つ DIPSPixTable オブジェクト、さらにレンダリングされた映像を出力する DIPSWindow オブジェクト等がこれにあたる。

**DGL:** OpenGL の関数を個々に実装したオブジェクト群。視野や視体積の指定によるモデルの見え方の決定、点、線、面等の基本的な図形描画、移動、回転、伸縮といったモデリング変換、色、材質、照光処理、テクスチャマッピング、ディスプレイリストの管理、後述するステータス管理等を行うオブジェクトによって構成され、DIPS における最も基本的な機能を提供する。

**DGLU:** OpenGL Utility Library を基に、視点やパースベクティブの設定、新たに追加された Nurbs の描画を行うオブジェクト群。

**DGLUT:** OpenGL Utility Toolkit を実装したオブジェクト群で、球体、立方体等の単純な 3 次元プリミティブをワイヤー及びポリゴンで描画することができる。

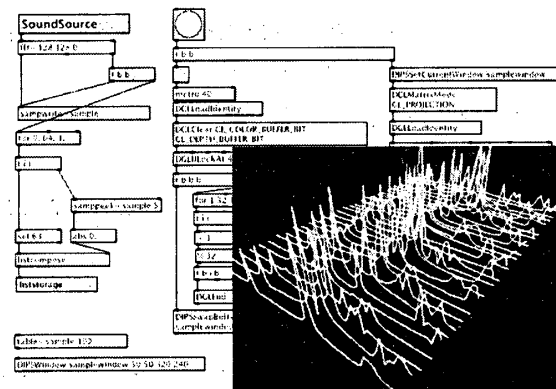
**D3D:** 3 次元上の描画処理を効率的に行うために開発されたオブジェクト群で、他の 3 次元モデリングソフトウェアで制作されたポリゴンモデルをバッファ上に取り込み、パーティクルとして多数同時描画することや、頂点座標の移動によるモデル本体の変形が可能である。

**DPX:** DIPSPixTable に入力された映像に対してピクセル演算を行うオブジェクト群。複数のソースに対しての演算も可能である。これらのオブジェクトによりビデオエフェクトや画像の解析を実現する。

### 1.3 DIPS におけるプログラミング

DIPS オブジェクトのうち、いくつかのオブジェクトは生成されると同時に何らかの動作をする（例えば DIPSWindow オブジェクトは自身が生成されると同時にレンダリングのためのウィンドウを生成する）。しかし、

大部分のオブジェクトは jMax の bang 信号を受け取るとそのオブジェクト名に対応した個々の OpenGL 関数を実行する。DIPS のパッチ上では、metro オブジェクトを用いて一定の周期（example パッチでは 30msec に 1 度）で各オブジェクトに bang 信号を送ることによって、映像を滑らかに描画する。下図（図 3）は周波数帯域を X 軸に、個々の帯域でのアンプリチュードを Y 軸に、時間経過を Z 軸に適用し、リアルタイムで FFT による音声の解析データの映像化を行うプログラム例である。



(図3: 音声解析データの映像化)

このように DIPS では音声と映像の関連を緻密にかつ簡便にプログラムすることができ、マルチメディア・インタラクションの様々な可能性を拡張する。

本稿では、今回バージョンアップがなされた DIPS2 について述べる。DIPS2 では、プラットフォーム間でのソースコードの一本化が計られ、QuickTime の機能が大幅に強化されている。

## 2. DIPS2

DIPS2 では、jMax のメジャーアップデートに対応するため、大幅な変更が行われた。同時に多くの新機能の実装と、旧 DIPS で問題のあった部分が解決されている。

主に、プラットフォーム間のソースコードの一本化、インターフェースイベントハンドリングの改良とそれに伴う DIPSWindow の機能強化、QuickTime 機能の充実がなされている。以下に詳細を述べる。

### 2.1 プラットフォーム間のソースコードの一本化

旧 DIPS では、Mac OS X と Linux では、それぞれ異なったパッケージでリリースされていた。ソースコード

においても多くの共通部分は存在したが、エンジン部分が大幅に異なるため別のリポジトリで開発が行われていた。DIPS2 では、同一パッケージでのマルチプラットフォームに対応したソース構造が採用されている。また、DIPS2 for Mac OS X ではプロジェクト管理ファイルにより jMax との自動的なリンクが確立される。

## 2.2 イベントハンドリングの改良と DIPSWindow の機能強化

DIPS2 では、ウィンドウに対するイベントハンドリングに大幅な改良が加えられている。

旧 DIPS のウィンドウに関しては次のような問題点があった。

Mac OS X では、インターフェースで発生するイベント等は、mach メッセージングによるイベントモデルが採用されており、プロセス単位でのメッセージングになっている。したがってプライマリイベントハンドラを子スレッドにおくことができない。もしくは特定のイベントを転送するメソッドをメインスレッドにおくか、協調スレッドモデルを採用するほかない。しかしながら、jMax ではエンジン部分のプライマリスレッドは、メインイベントループによって占拠されている。

旧 DIPS for Mac OS X の DIPSWindow には、この問題の解決のためのコーディング複雑化を回避するために、システムフローティングウィンドウが採用されていた。

Mac OS X におけるシステムフローティングウィンドウは、アプリケーションフォーカスの処理とは関係なしに、基本イベントハンドラが可能であり、該当イベント子スレッドのイベントハンドラからでもアクセスが可能である。DIPS はこのシステムフローティングウィンドウのイベントバッファに子スレッドからポーリング (jMax の metro オブジェクトと同様の処理) しウィンドウへのフォーカス、移動などを実現していた。

しかしながら、この手法では DIPS はスタンダード/ドキュメントウィンドウを生成することができず、またダイアログウィンドウを表示しても/されても、イベントを受け取ることができず fts 自体がその時点で停止してしまっていた。このため QuickTime 関連の様々なダイアログや、独自の設定用ダイアログなどを一切使用することができず、DIPS の使用感と機能実装に大きな障害をもたらしていた。

この実装は、DIPS において jMax のオリジナルのソースコードに一切手を加えないという理念を尊重した結果でもあった。

jMax は、そのインターフェース部は java によりコーディングされ、またエンジン部分は fts と呼ばれ、C 言語により記述されている。DIPS は、fts 部分にプラグインとして新たなパッケージ群を導入することで実現されている。jMax はバージョン 4 になってから、fts のスケジューラに大幅な変更が加えられている。オーディオを扱う優先順位の高い子スレッドがあり、他の処理、たとえばインターフェースとの通信の処理などは、そのスレッドと同期的に動作するように設計されている。このため、DIPS の行う映像処理などのタイミングを jMax の metro オブジェクトと同様の fts timer からコントロールしようとしても、定期的に映像がスタックするなど不具合が多数発生した。

この問題は jMax2 ではスケジューラモデルの相違のために発生しておらず、DIPS の駆動は単純に fts timer からの駆動で事足りていた。しかしながら、jMax4 でのタイミングの問題は DIPS の映像処理には重大な欠陥であり、また、これは jMax4 for Linux、Mac OS X 双方で発生しているため、何らかの解決手段が望まれていた。

これらの問題を一挙に解決するため、DIPS2 のシステムとウィンドウハンドリングには大幅な変更が加えられた。

一点は DIPS のイベントループをメインスレッドに置き、fts 関連はすべて子スレッドにおくというものである。このため jMax のメイン部分をオーバーライドする必要があるが、最小限の変更にとどめることで、頻繁な jMax のアップデートに即座に対応できる。

もう一点は fts のスケジューラに依存しない独自の timer の導入である。

前述の jMax タイマーコントロールの問題点を回避するため、全ての DIPSWindow は独自の timer を実装する。

全ての DIPS オブジェクトは、この timer により定期的に出力される bang メッセージでの同期的な駆動が望ましい。(ただし旧 DIPS での jMax-metro オブジェクト駆動との互換性は保たれている。)

以上の変更の結果、DIPS2 における DIPSWindow オブジェクトは、スタンダード/ドキュメントウィンドウとして生成され、また副産物としてではあるが大幅な機能

強化がもたらされている。以下に記す。

### 2.2.1 ウィンドウに関する機能

ウィンドウに対して、(open/ close/ move/ resize/ minimize/ maximize/ orderFront/ orderBack) などの操作がマウス/DIPSWindow へのメッセージングにより実現。また、DIPS2 for Mac OS X ではウィンドウの透明度のコントロールや形状の設定も可能。これにより、複数 OpenGL コンテキストの重ね合わせによる簡易レンダリングが実現される。さらに、QuickTime コンテキストの直接レンダリングもサポートされた。イベントハンドラを有する QuickTime ファイルを用いたインタラクティブなビューの構築も可能である。

### 2.2.2 ウィンドウからのイベントを出力

内包する OpenGL ビューをファーストレスポンドとして、そこで発生する様々なイベントが取得可能である。

- ・マウスイベント{up/ down/ drag/ motion/ rightbutton} + location, scrollwheel
- ・キーイベント (モディファイアキーも含む)

これらは DIPSWindow に対してユーザーが設定するイベントマスクに基づき、DIPSWindow の2番目のアウトレットからイベントタグつきで出力される。使用時には route オブジェクトによるイベント振り分けが適当である。

## 2.3 QuickTime 機能の充実

主に DIPS2 for Mac OS X に実装された QuickTime 関連の機能の改良について述べる。

DGL パッケージに、glReadPixels が実装されたことで、DIPSWindow に描画されている画像を DIPSPixTable に再び取り込むことが可能になった。

これを受けて、DIPSPixTable をソースとする QuickTime 機能の、以下の三点が実装された。

**エクスポート:** DIPSPixTable が保持するイメージシーケンスを、QuickTime が対応する全てのフォーマットでエンコードしファイルに出力する

**ストリーミング送付:** DIPSPixTable の任意のフレームをソースとし、エンコードした上でネットワークに向けて送信する。

**QuickTime Effect :** 単一の、あるいは複数の DIPSPixTable が保持するイメージをソースとし、QuickTime Effect を適用する。エフェクトのパラメータは外部からのメッセージングによっても操作が可能。DPX

パッケージに準じた使用感を持つ。

それぞれ独自の設定用ダイアログがあるため、旧 DIPS では実装が不可能であった。DIPS2 ではダイアログウィンドウへもイベントが到達可能であるため、これらのオブジェクトの実装が可能となった

## 3. 機能の追加

### 3.1 新たなオブジェクト

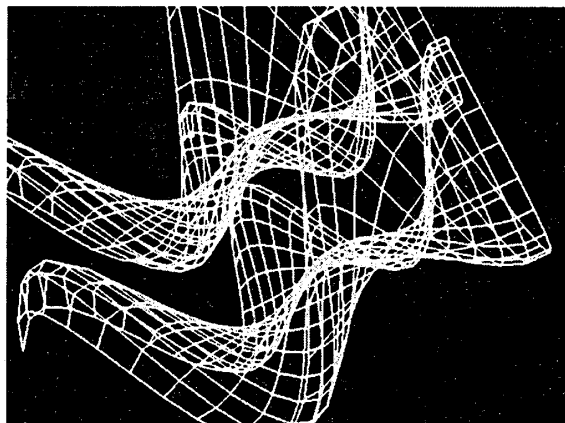
今回のバージョンアップに伴い、DGL、DGLU、DPX に新たな 20 個のオブジェクトが追加された。

まず、以下のオブジェクトは、様々なステータス情報を OpenGL に問い合わせ、ユーザーが複雑なパッチ内で現在の OpenGL の状況を容易に把握することを可能にする。また DGLPopAttrib, DGLPushAttrib はステータス情報の管理を行い、複数の設定を同一コンテキスト内で切り替えながら使用する際に有用である。

DGLGetBoolean, DGLGetInteger, DGLGetFloat,  
DGLGetDouble, DGLGetMaterial, DGLGetLight,  
DGLIsEnabled, DGLPushAttrib, DGLPopAttrib

また OpenGL Utility Library(glu)の Nurbs Object の機能を拡張した以下のオブジェクトは、リアルタイムでの複雑な Nurbs 曲面の描画を可能にし、また DGLUCPHandler オブジェクトによりコントロールポイント座標を移動させることにより曲面の形状を自由に変形させることができる (図4)。

DGLUBeginSurface, DGLUEndSurface,  
DGLUNurbsCPHandler, DGLUNurbsPlane,  
DGLUNurbsProperty, DGLUNurbsSurface

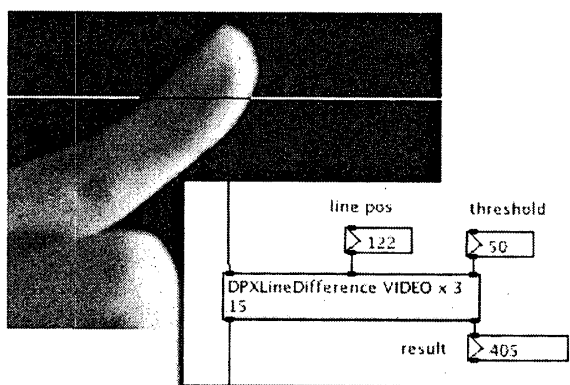


(図4: DIPS で描画される Nurbs 曲面)

さらにピクセル演算を行う DPX オブジェクト群には新たな 5 種の画像解析のためのオブジェクトが新たに実装された。

DPXMonochrome, DPXLineBrightness,  
DPXLineDifference, DPXSquareBrightness,  
DPXSquareDifference

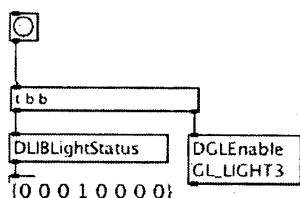
これらのオブジェクトはデジタルビデオカメラの撮らえた画像をリアルタイムに解析するのに利用し、カメラに映る物体の位置や動きなどの情報を数値化し Max のコントロール値として出力する (図5)。これにより音から映像だけでなく、映像から音、映像から映像へのインタラクションも DIPS で実現できるようになった。



(図5: 動きを解析する DPXLineDifference)

### 3.2 パッチライブラリの提供

パッチライブラリとは再利用可能な汎用ルーチンをパッチ内に実装したもので、一般的な初期設定や、使用頻度が高いと思われるステータスの問い合わせなどの処理を jMax のテンプレート機能を用いて提供したものである (図6)。現在約 10 の基本的なライブラリがパッケージに含まれ、ユーザーはこれらのパッチライブラリをオブジェクトと同様の操作で扱うことができる。



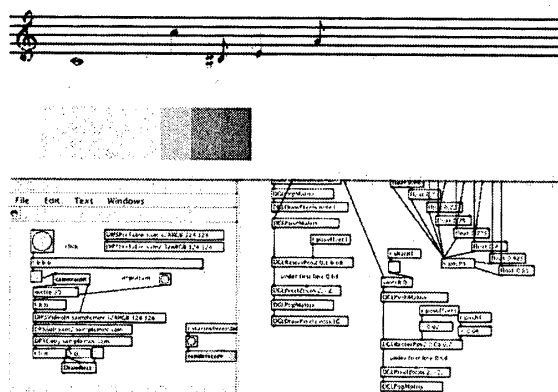
(図6: パッチライブラリの例)

## 4. DIPS の新しい可能性

リアルタイムの映像プログラミング環境である DIPS はこれまで音楽と同期したビジュアルエフェクトのために用いられることが主流であった。しかし、DIPS はその機能を組み合わせることで、他にも様々な用途に使用することができる。その一例として、jMax から容易に操る事が可能な楽譜描画機能を DIPS を利用して作成するという試みを行った。

ユーザーは OpenGL で描画する事が可能なプログラムは全て DIPS 上でプログラミングを行う事が可能である。また jMax 本体が持つピッチトラッキング、MIDI 関連などの計算処理との連携も非常に容易である。ところで、jMax にはシーケンサの簡易版のような機能を持つオブジェクトが存在する。又、五線譜は音楽家のためのマンマシンインターフェースとして最適である。そこで DIPS を使用しリアルタイムで楽譜を表示するためのプログラムを作成すれば、さまざまな場合において多くの音楽家にとって理解が容易になると考えた。

実際の実装法としては DIPS の持つ OpenGL を使用した画像の描画のみで行うことができた。また、五線譜の描画プログラムに MIDI ノートナンバーを直接入力することが可能で、table オブジェクトや sequence オブジェクトの連携も容易になった (図7)。



(図7: DIPS によるリアルタイム五線譜描画)

さて、この楽譜表示機能を利用した作品の例を挙げる。

### "Transfer for Dance and Jazz Quartet"

Transfer はコンテンポラリーダンスとフリージャズカルテットのための作品である (図8)。

ダンサーの動作を DIPS のビデオ解析機能によりデータ化し、作曲者によって決められたマッピングによりシン

ブルな音列や旋律に変換し、楽譜として表示する。また、楽譜を表示している画面には曲の進行状況やダンサーの一定時間内での動作のダイナミクスなども表示される。これらの情報と実際に見る事ができるダンサーの動作を元に、演奏家はインプロビゼーションを行う。またダンサーは演奏された音楽を聴く事により、自らのパフォーマンスを変化させていく。



(図8: Transfer for Dance and Jazz Quartet)

使用したマッピングの手法の例を以下に記す。

- ・一定時間ごとにダンサーのポジションを取り、それを元に音列を生成。単調な音列にならないよう移動速度によりレートを変更。
- ・急激な動作により、音列を生成する際に使用するスケールを変更。
- ・主題提示部で生成した音列に対し、再現部でダンサーの動作の大きさの変化によりリズムを付加し、旋律を生成。

この作品では、ダンスと音楽のコラボレーションの新しいスタイルを提案している。

## 5. まとめ

本稿では、バージョンアップしたマルチメディアビジュアルプログラミング環境「DIPS2」について、バージョンアップの詳細と新たに実装された機能を述べた。

また、従来とは異なる手法による、作品での新しいインタラクションの可能性を提示した。

今後、DIPS は更なる洗練を目指し、またユーザーからのフィードバックをもとに、新たな機能の拡張を行う予定である。

## 参考文献

- [1]Dechelle, F., De Cecco, M., Maggi, E., Schnell, N., "jMax: An Environment for RealTime Musical Applications", in Computer Music Journal, 1999, Beijing, China.
- [2]Dechelle, F., De Cecco, M., Maggi, E., Schnell, N., "jMax recent developments", in Proceedings of the International Computer Music Conference 1999, Beijing, China.
- [3]Dechelle, F., De Cecco, M., Maggi, E., Schnell, N., Rován, B., Borghesi, R., "jMax: A new JAVA-based editing and control system for real-time musical application", in Proceedings of the International Computer Music Conference 1998, Ann Arbor, Michigan, USA.
- [4]Dechelle, F., De Cecco, M., Maggi, E., Schnell, N., Rován, B., Borghesi, R., "Latest evolutions of jMax realtime engine", in Proceedings of the International Computer Music Conference 1998, Ann Arbor Michigan, USA.
- [5]Maggi, E., Dechelle, F., "The evolutions of the graphic editing environment for the IRCAM Musical Workstation.", in Proceedings of the International Computer Music Conference 1996, HK.
- [6]Apple Computer, Inc., Inside QuickTime: API Reference for QuickTime  
[<http://developer.apple.com/techpubs/quicktime>]
- [7]Apple Computer, Inc., What's New in QuickTime6
- [8]Apple Computer, Inc., Preliminary Documentation: Broadcasting with QuickTime6
- [9]Matsuda, S., Rai, T., "DIPS : the real-time digital image processing objects for Max environment", in Proceedings of the International Computer Music Conference 2000.
- [10]Matsuda, S., Rai, T., Miyama, C., Ando, D., "DIPS for Linux and Mac OS X", in Proceedings of the International Computer Music Conference 2002.
- [11]松田 周: 「DIPS: Max のためのリアルタイム映像処理オブジェクト群」, 00-MUS-36
- [12]橋田 光代, 美山 千香土, 安藤 大地: 「DIPS エクスターナルオブジェクト開発と作品制作への応用」, 00-MUS-36
- [13]橋田 光代, 美山 千香土, 安藤 大地, 松田 周: 「DIPS プログラミングの実際」, 00-MUS-38
- [14]松田 周, 美山 千香土, 安藤 大地: 「マルチメディアプログラミング環境 DIPS : Linux と Mac OS X への移植」, 02-MUS-48