

# Funnel v1.0：仕様書（草稿）

開発者：小林茂

共同開発者：遠藤孝則＋増田一太郎

2007 年 9 月 1 日

## 1 はじめに

Funnel は、ソフトウェアとハードウェアからなるフィジカルコンピューティングのためのツールキットです。Funnel は 2007 年度第 I 期末踏ソフトウェア創造事業の支援を得て開発されています。

### 1.1 概要

- センサやアクチュエータを、GUI パーツと同様の感覚で扱えるようにするための言語拡張をライブラリ形式で提供します。対象とする言語は ActionScript 3、Processing と Ruby です。
- 機能がシンプルであるため、短いドキュメントを読めばすぐに理解して利用できるようになっています。また、ライブラリが提供する機能で対応できない場合でも、ユーザによって拡張できるような柔軟性を持たせています。
- Funnel 用に開発した I/O モジュール（FIO）以外に、既に広く普及している I/O モジュール（Gainer と Arduino）を利用できます。

### 1.2 ターゲット

Funnel のターゲットは、Flash CS3/Flex 2 や Processing をある程度扱ったことがあり、PC 標準の入出力デバイス以外の世界を扱ってみたいと考えているデザイナー、アーティスト、エンジニアおよび関連した教育分野（フィジカルコンピューティングなど）です。

### 1.3 マイルストーン

- 2007 年 6 月：Sketching in Hardware 2<sup>\*1</sup>にてプレゼンテーションとディスカッション
- 2007 年 9 月～10 月：公開ワークショップ（東京または名古屋）
- 2007 年 11 月：v1.0β 版リリース
- 2007 年 12 月：v1.0 リリース

---

<sup>\*1</sup> Mike Kuniavsky 氏が主催するフィジカルコンピューティングの教育と実践に関わるメンバーのための会議。2006 年に第 1 回を開催。http://www.sketching07.com/

## 2 特徴

### 2.1 マルチプラットフォームへの対応

Funnel v1.0 は以下の I/O モジュール（一部はマイコンモジュール）への対応を予定しています。新規に開発する Funnel I/O モジュール以外に、既に普及している Gainer<sup>\*2</sup>および Arduino シリーズ<sup>\*3</sup>に対応します。これにより、Funnel は v1.0 のリリース時点で 1 万台以上のハードウェア環境で動作できることになります。

- Funnel I/O モジュール（USB 接続、基本モジュール+拡張モジュール）
- Gainer I/O モジュール（USB 接続）
- Arduino（USB 接続）
- Arduino Bluetooth（Bluetooth 接続、無線）

それぞれの I/O モジュールは Funnel Server に接続され、Funnel Server は仮想シリアルポートドライバ経由でそれぞれの I/O モジュールと通信します。

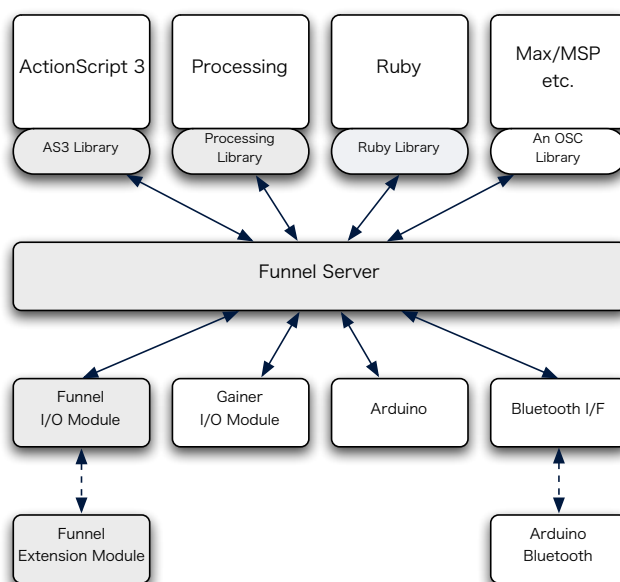


図1 ツールキット Funnel のシステム全体図（今回開発する部分はグレーの部分）

Funnel Server とアプリケーション側との通信は、音楽系のプログラミング環境を中心に広く用いられているプロトコル Open Sound Control<sup>\*4</sup>で行います。ActionScript 3 と Processing に対しては言語拡張を行うための Funnel ライブラリ（詳細は後述）で利用できますが、これに加えて Open Sound Control に対応する全てのプログラミング環境<sup>\*5</sup>からも利用できます。

<sup>\*2</sup> 2007 年 5 月の時点で 500 台以上。 <http://gainer.cc/>

<sup>\*3</sup> 2007 年 5 月の時点でシリーズ合計で 10000 台以上。 <http://arduino.cc/>

<sup>\*4</sup> <http://www.cmat.berkeley.edu/OpenSoundControl/>

<sup>\*5</sup> 音楽系では Max/MSP や SuperCollider 3 など、スクリプト系では PHP、Perl など多数。

Funnel Server により、物理的な I/O モジュールは抽象化されるため、販売期間終了後の故障などにより特定の I/O モジュールが利用できなくなってしまう場合でも、その時点で対応するものに交換することが可能です。このように抽象化するレイヤーを用意することにより、Funnel は長期間に渡って利用と開発を継続することが可能になります。

## 2.2 疑似コードベースによるロジック重視のプログラミング

### 2.2.1 疑似コードベースのプログラミングとは

初心者最初にプログラミングの概念を教える際、「疑似コード」と呼ばれるものを使うことが多くあります。ここでの疑似コードとは、次のように自然言語でプログラムのロジックを記述するものです。

リスト 1 疑似コードの例

デジタル入力 0 に接続したスイッチが押されたらハンドラを呼ぶ

自然言語で記述することから、親しみやすく、可読性に優れているのが特長ですが、そのままでは実行できません。そこで、C や ActionScript といった言語を用いて実装していくことになります。こうした言語は「高級」言語と呼ばれますが、実際にはローレベルの記述しかできず、ロジックを「そのまま」記述することはできません。ロジックをローレベルの記述に変換する作業は、初心者にとってはかなり敷居の高いものになってしまいます。例えば、この場合には次のようなコードを実装することになります。

リスト 2 コード例 1 の実装例 (ActionScript 2 + Gainer)

```
var io:Gainer = new Gainer(...);
var wasActivated:Boolean = false;

function loop() {
    var isActivated:Boolean = io.digitalInput[0];
    if (!wasActivated && isActivated) {
        handler();
    }
    wasActivated = isActivated;
}

function handler() {
    ...
}
```

経験者にとっては何でもないこうしたコードですが、初心者にとってはかなり敷居が高いものになります。また、経験者はテンプレート的にこうした実装を行うことができますが、ただかこれだけのことをするために毎回同じようなコードを書かなければならないというのはかなり無駄です。

そこで、疑似コードに近い形で記述できる新しい言語拡張ライブラリを提案します。例えば、次のように記述することができれば、短い行数で簡潔に記述することができますし、何をしようとしているのかも明確です。

リスト 3 コード例 1 の実装例 (ActionScript 3 + Funnel)

```
var fio:Funnel = new Funnel(...);
fio.port(0).addEventListener(RISING_EDGE, buttonPressed);

function buttonPressed():void {
    ...
}
```

### 2.2.2 疑似コードベースのプログラミングの実現方法

今回の提案は、全く新しい言語の提案ではなく、新しいパラダイムの提案です。もちろん、新しい言語をデザインするというアプローチもありますが、今回の主なターゲットとしているユーザ（デザイナー、アーティスト、プログラミング初心者）には、以下の理由により適さないと考えます。

- 初心者が同時に複数の言語を学習しようとするとうと混乱が生じる
- 新しい言語に対して十分なドキュメントを提供するのは容易ではない
- 新しい言語が十分に普及すれば獲得したスキルは無駄にならないが、そうでない場合にはスキルが無駄になってしまう

Funnel は、ActionScript と Processing という、世界的に既に広く用いられていて、かつ学習用の教材も十分に整っている言語をベースにして、I/O モジュールに関連した処理を行うための必要最小限の拡張を行います。拡張の内容は以下の通りです。

- 入力の変化を検出する（例：閾値付き変化検出）
- アナログ入力に対する代表的なフィルタ処理（例：ローパス、ハイパス）
- 時間とともに変化する出力（例：ワンショット、点滅）
- 異なる単位間にも対応するスケーリング（例：加速度センサの電圧出力→角度）

拡張は必要最小限であるため、ユーザがベースになる言語を習得していれば、いくつかのサンプルを眺めるだけですぐに使い始めることができます。また、これらのライブラリを使用して記述されたコードは、何を目的としているのかが明確になり、ロジックそのものの記述ミスによるバグの発生を防ぎます。また、目的が明確になることで、教育分野で初心者が書いたコードを添削する場合にも有効です。

Funnel は、これらのライブラリをバイナリで提供するのではなく、ソースコードの状態を提供します。これにより、スキルがアップした段階でローレベルではどのように記述されているのか知りたくなった時や、自分なりに機能拡張したくなった時に手軽に調べることが可能になります。

なお、「センサからの入力を一定回数サンプリングして加算平均することで自動的にベースラインを求める」といったレベルでライブラリを用意してしまうと、確かに特定の処理は簡単に行えるようになります。しかし、それぞれ用途が限定されているために応用範囲が狭く、ライブラリが肥大化してしまう危険性が大いにあります。また、内部処理がブラックボックス化されてしまうため、ユーザのスキルアップにつながりません。この観点から、あくまで必要最小限のレベルにとどめます。

## 2.3 専用ハードウェア「FIO」について

Funnel 用に開発する I/O モジュール（FIO：フィオ）は、以下のパートから構成されます。

- 基本モジュール
  - － USB 機能内蔵 PSoc（CY8C24794 または CY8C24894）
  - － ワイヤレス通信モジュール（オプション）
- 追加モジュール（有線）
  - － PSoc などのマイコン（CY8C29x66 シリーズ？）

- ワイヤレス通信モジュール
- 追加モジュール（無線）
  - PSoC などのマイコン（CY8C21x34 シリーズ？）

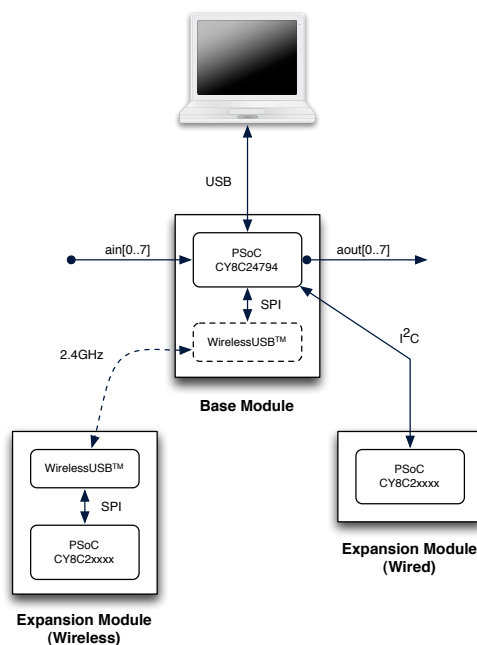


図2 Funnel I/O module の構成図

基本モジュールの機能は以下のようになっています。基本モジュールは、USB ケーブルで PC と接続され、必要最小限の入出力に加えて、拡張モジュールに対するハブの役割も担当します。

- アナログ入力：8 ポート（8 ビット）
- アナログ出力：8 ポート（8 ビットソフトウェア PWM）
- I²C：1 ポート
- SPI：1 ポート（無線モジュール用）

追加モジュールの機能は、モジュールごとに異なります。基本モジュールと追加モジュールの通信は I²C（有線の場合）または WirelessUSB<sup>TM</sup>（無線の場合）で行われます。追加モジュールのファームウェアは基本パターンを目的ごとに用意しますが、PSoC Express<sup>\*6</sup>や PSoC Designer<sup>\*7</sup>により、ユーザ自身がデザインして簡単に追加することも可能です。

<sup>\*6</sup> C やアセンブラでコードを書くことなくマイコンのファームウェアを開発できるツール。

<sup>\*7</sup> PSoC マイコンの全ての機能を利用できる開発ツール。利用できる言語は C またはアセンブラ。

## 3 API リファレンス

### 3.1 データの表現について

入出力ポートのデータは、0 から 1 までの実数 (float 型) で表現します。これにより、I/O モジュールごとに A/D や D/A (または PWM) の分解能が異なる場合でも同様に扱えます。

### 3.2 Funnel クラス

Funnel クラスは Funnel の基本となるクラスです。Funnel オブジェクトは PC に接続された I/O モジュールを抽象化してアクセスできるようにします。複数のモジュールが接続されている場合には、Funnel オブジェクトから連続したポートとして表現されます。

#### 3.2.1 コンストラクタ

```
Funnel(hostname:String, portNumber:int, config:Array, samplingInterval:int)
```

#### 3.2.2 インスタンス変数

変数名	型	説明
autoUpdate	boolean	出力ポートの値を自動で更新するか否か
samplingInterval	int	現在設定されているサンプリング間隔
samplingInterval =	int	サンプリング間隔を設定
portCount	int	ポート数
port(n).direction	int	ポートの方向 (INPUT または OUTPUT)
port(n).type	int	ポートのタイプ (DIGITAL または ANALOG)
port(n).value	float	ポート n の現在の値
port(n).value =	float	ポート n の値を設定 (ポートの direction が OUTPUT の場合)
port(n).average	float	平均値
port(n).minimum	float	最小値
port(n).maximum	float	最大値
port(n).filters	Filter[]	現在設定されているフィルタ
port(n).filters =	Filter	フィルタを設定

#### 3.2.3 メソッド

メソッド名	戻り値	説明
port(number:int)	Port	number で指定したポートを返す
port(n).setFilters([Filter f1, Filter f2, ...])	boolean	フィルタを設定
port(n).clear()	void	ヒストリをリセット
update()	void	全ての出力ポートの状態を手動で更新する
port(n).addEventListener(e:Event, f:function)	void	イベントリスナを設定

### 3.2.4 イベント

イベント名	設定先	説明
Event.RISING_EDGE	各ポート	入力の変化 (0 → 0 以外)
Event.FALLING_EDGE	各ポート	入力の変化 (0 以外 → 0)

### 3.2.5 定数

名前	説明
INPUT	入力
OUTPUT	出力
DIGITAL	デジタル
ANALOG	アナログ

### 3.2.6 エラー

名前	説明
ErrorEvent.SERVER_NOT_FOUND_ERROR	Funnel Server が見つからなかった
ErrorEvent.REBOOT_ERROR	I/O モジュールの再起動に失敗した
ErrorEvent.CONFIGURATION_ERROR	コンフィギュレーションに失敗した

## 3.3 Filter について

Funnel では、任意のポート（入力または出力）にフィルタをセットすることができます。フィルタは次の関数を実装しているクラスのインスタンスです。

リスト 4 フィルタが実装するインタフェース

```
interface Filter {  
    public function processSample(in:Number, buffer:Array):Number;  
}
```

具体的には、以下のクラスが Funnel v1.0 でのフィルタとなるクラスです。

- Convolution
- Scaler
- Threshold
- Osc

次のようにフィルタをセットすると、filter1、filter2、filter3 の順で実行されます。これにより、入力をスムージングした後にスケーリングし、その変化を検出する、というような処理が可能になります。

```
funnel.port(0).filters = [filter1, filter2, filter3];
```

## 3.4 Convolution クラス

Convolution クラスは入力に対していわゆるデジタル信号処理的なフィルタ処理を行うためのクラスです。細かいノイズを取り除くためのローパスフィルタや、ドリフトを取り除くためのハイパスフィルタがあります。あらかじめ良く使われる種類の波形は用意されていますが、ユーザが独自に定義した関数も利用できます。

### 3.4.1 コンストラクタ

Convolution(Array coef)

### 3.4.2 インスタンス変数

変数名	型	説明
coef	Array	現在設定されているフィルタの係数
coef = []	Array	フィルタの係数を設定

### 3.4.3 定数 (型: const Array)

名前	説明
Filter.LPF	ローパスフィルタ
Filter.HPF	ハイパスフィルタ
Filter.MOVING_AVERAGE	移動平均フィルタ

## 3.5 Scaler クラス

Scaler はある範囲の入力がある範囲にスケーリングするためのクラスです。その際、直線でのスケーリング以外に、よく使われるカーブも用意されています。また、ユーザが独自に定義した関数も利用できます。

リスト 5 ユーザ定義関数の実装例

```
function myFilterFunc(in:float, buffer:Array):float {  
    return Math.abs(in);  
}
```

Funnel オブジェクトの port(n) のインスタンス変数 `filters` にセットすることもできますし、独立して別のオブジェクトに対して利用することもできます。

### 3.5.1 コンストラクタ

Scaler(float inMin, float inMax, float outMin, float outMax, function type)

### 3.5.2 インスタンス変数

変数名	型	説明
type	function	現在設定されているタイプ
type =	function	タイプを設定する
inMin	float	現在設定されている入力範囲の最小値
inMin =	float	入力範囲の最小値を設定する
inMax	float	現在設定されている入力範囲の最大値
inMax =	float	入力範囲の最大値を設定する
outMin	float	現在設定されている出力範囲の最小値
outMin =	float	出力範囲の最小値を設定する
outMax	float	現在設定されている出力範囲の最大値
outMax =	float	出力範囲の最大値を設定する



### 3.5.3 定数 (型: function)

名前	説明
Scaler.LINEAR	直線 ( $y = x$ )
Scaler.LOG	対数カーブ
Scaler.EXP	指数カーブ
Scaler.SQUARE	平方カーブ ( $y = x^2$ )
Scaler.SQUARE_ROOT	平方根カーブ ( $y = \sqrt{x}$ )
Scaler.CUBE	立方カーブ ( $y = x^4$ )
Scaler.CUBE_ROOT	立方根カーブ ( $y = \sqrt[4]{x}$ )

## 3.6 Threshold クラス

Threshold オブジェクトは、アナログの値に対して閾値とヒステリシスを持つポイントをセットし、processSample() を実行する度に現在の状態を返します。

### 3.6.1 コンストラクタ

```
Threshold(float threshold, float hysteresis)
```

### 3.6.2 インスタンス変数

変数名	型	説明
threshold	float	現在設定されている閾値
hysteresis	float	現在設定されているヒステリシス
threshold =	float	閾値を設定
hysteresis =	float	ヒステリシスを設定

### 3.6.3 メソッド

メソッド名	戻り値	説明
setThreshold(float threshold, float hysteresis)	boolean	ポイントを設定する

## 3.7 Osc クラス

Osc クラスは主に出力に用い、LED をふわふわ点滅させたりする時などに使います。また、回数を 1 回に設定すると、ワンショットの制御にも使えます。あらかじめ良く使われる種類の波形は用意されていますが、ユーザが独自に定義した関数も利用できます。サービス間隔は Funnel オブジェクトのインスタンス変数 serviceInterval の設定に従います。

Funnel の出力ポートに対して利用することを想定したのですが、画面表示などの他の部分でも利用することができます。

### 3.7.1 コンストラクタ

```
Osc(function wave, float freq, int times)
```

```
Osc(function wave, float freq, float amp, float offset, float phase, int times)
```

### 3.7.2 クラス変数

変数名	型	説明
serviceInterval	int	サービス間隔

### 3.7.3 インスタンス変数

変数名	型	説明
wave	function	現在設定されている波形
wave =	function	波形を設定
freq	float	現在設定されている周波数
freq =	void	周波数を設定
amplitude	float	現在設定されている振幅
amplitude =	void	振幅を設定
offset	float	現在設定されているオフセット
offset =	void	オフセットを設定
phase	float	現在設定されている位相 (degree)
phase =	void	位相を設定 (degree)

### 3.7.4 イベント

イベントハンドラ名	変数	説明
Event.UPDATE	value	オシレータが更新された

### 3.7.5 メソッド

メソッド名	戻り値	説明
start()	void	Osc オブジェクトの動作をスタートする
update()	void	Osc オブジェクトの状態を手動で更新する
addEventListener(Event e, function)	void	イベントリスナを設定する

### 3.7.6 定数 (型: function)

名前	説明
Osc.SIN	サイン波
Osc.SQUARE	矩形波
Osc.SAW	ノコギリ波
Osc.TRIANGLE	三角波
Osc.IMPULSE	インパルス (1 区間のみ 1 になりその後は 0)

## 4 コード例

Funnel のライブラリを使用することにより、どの程度コードがシンプルかつ可読性の高いものになるか、いくつか具体的な例を示します。

### 4.1 アナログ入力に対する閾値付き変化検出

リスト 6 疑似コード

光センサの値があらかじめ設定した閾値を下回ったらハンドラを呼ぶ  
例：レーザー光源と光センサの間を通行者が遮ったことを検出

リスト 7 6 の実装例 (ActionScript 2 + Gainer)

```
var io:Gainer = new Gainer(...);
var lastStatus:Number = -1; // -1: unknown, 0: low, 1:high
var thresholdL:Number = 50;
var thresholdH:Number = 200;

loop() {
    if (io.analogInput[0] < thresholdL) {
        status = 0;
    } else if (io.analogInput[0] > thresholdH) {
        status = 1;
    } else {
        status = lastStatus;
    }

    if ((lastStatus == 0) && (status == 1)) {
        handler();
    }

    lastStatus = status;
}

function handler():void {
    ...
}
```

リスト 8 6 の実装例 (ActionScript 3 + Funnel)

```
var fio:Funnel = new Funnel(...);
var threshold:float = 0.3;
var hysteresis:float = 0.1;

fio.port(0).filters = [new Threshold(threshold, hysteresis)];
fio.port(0).addEventListener(FALLING_EDGE, handler);

function handler():void {
    ...
}
```

## 4.2 デジタル出力の状態を時間とともに変化させる

### リスト 9 疑似コード

デジタル出力 0 の状態を 2Hz で交互に切り替える  
例 :LED を点滅させる

### リスト 10 9 の実装例 (ActionScript 2 + Gainer)

```
var io:Gainer = new Gainer(...);
var value:Boolean = false;

var blinkTimer:Timer = new Timer(250, 0); // 250ms, forever
blinkTimer.addEventListener(TimerEvent.TIMER, blink);
blinkTimer.start();

function blink():void {
    if (value == false) {
        value = true;
    } else {
        value = false;
    }

    io.digitalOutput(0, value);
}
```

### リスト 11 9 の実装例 1 (ActionScript 3 + Funnel)

```
var fio:Funnel = new Funnel(...);
var blinkOsc:Osc = new Osc(Funnel::Osc.SQUARE, 2, 1, 0, 0); // 波形、周波数、振幅、位相、回数(0 は無限)

fio.port(0).filters = [blinkOsc];
blinkOsc.start();
```

### リスト 12 9 の実装例 2 (ActionScript 3 + Funnel)

```
var fio:Funnel = new Funnel(...);

fio.port(0).filters = [new Osc(Funnel::Osc.SQUARE, 2, 1, 0, 0)];
fio.port(0).filters[0].start();
```

### 4.3 アナログ出力の状態を時間とともに変化させる

リスト 13 疑似コード

アナログ出力の値を三角波で連続的に変化させる  
例 :LED をふわふわ点滅させる

リスト 14 13 の実装例 (ActionScript 2 + Gainer)

```
var io:Gainer = new Gainer(...);
var value:Number = 0;
var i:Number = 0;

var blinkTimer:Timer = new Timer(20, 0); // 20ms, forever
blinkTimer.addEventListener(TimerEvent.TIMER, dimming);
blinkTimer.start();

function dimming():void {
    i += 1;
    if (i < 255) {
        value += 1;
    } else if (i < 509) {
        value -= 1;
    } else {
        i = 1;
    }

    io.analogOutput(0, value);
}
```

リスト 15 13 の実装例 1 (ActionScript 3 + Funnel)

```
var fio:Funnel = new Funnel(...);
var dimmingOsc:Osc = new Osc(Wave.TRIANGLE, 0.5, 1, 0, 0); // 波形、周波数、振幅、位相、回数(0 は無限回)

fio.port(0).filters = [dimmingOsc];
dimmingOsc.start();
```

リスト 16 13 の実装例 2 (ActionScript 3 + Funnel)

```
var fio:Funnel = new Funnel(...);

fio.port(0).filters = [new Osc(Wave.TRIANGLE, 0.5, 1, 0, 0)];
fio.port(0).filters[0].start();
```

## 4.4 デジタル出力 0 を一定時間だけ high にする

リスト 17 疑似コード

デジタル出力 0 を 20ms だけ high にする

例：ソレノイドを駆動して対象物を叩く（電流を流したままだとコイルが焼き切れるため時間を制限する）

リスト 18 17 の実装例（ActionScript 2 + Gainer）

```
var io:Gainer = new Gainer(...);

function startTrigger():void {
    io.digitalOutput(0, true);
    var tTimer:Timer = new Timer(20, 1); // duration, times
    tTimer.addEventListener(TimerEvent.TIMER, finishTrigger);
    tTimer.start();
}

function finishTrigger():void {
    io.digitalOutput(0, false);
}
```

リスト 19 17 の実装例（ActionScript 3 + Funnel）

```
var fio:Funnel = new Funnel(...);
var trigger:Osc = new Osc(Osc.IMPULSE, 50, 1, 0, 1);

fio.port(0).filters = [trigger];
trigger.start();
```

## 5 コマンドプロトコルについて

サーバとクライアント間の通信は OSC に準拠した形で行われます。サーバにはコマンド用、通知用の 2 つのポートが連番で用意されています (例: 9000 番と 9001 番)。コマンド用のポートでのやりとりは全て同期型ですが、通知用のポートからの通知はサーバ側でイベントが発生した時点で任意に通知されます。

### 5.1 サーバに対するコントロール (コマンド用ポート)

コマンド	引数	説明
/quit	none	サーバを終了する
/reset	none	I/O モジュールをリセットする
/polling	int	入力のポーリングを開始 (1) または停止 (0) する
/configure	int, int, ...	I/O モジュールのポート設定を行う
/samplingInterval	int	I/O モジュールのサンプリング間隔をミリ秒単位で設定する
/out	int, float, ...	最初の引数で指定したポートから続くポート数分の値を指定する
/in	int, int	指定したポートから指定したポート数分の値を取得する

### 5.2 サーバからのリプライ (コマンド用ポート)

アドレス	引数	説明
/コマンドと同じアドレス	int, string	第 1 引数はエラーコード、第 2 引数はエラーメッセージ

### 5.3 サーバからの通知 (通知用ポート)

コマンド	引数	説明
/in	int, float, ...	入力イベントが発生した通知 (ポート番号、値 1、値 2...)

### 5.4 定数 (型: int)

名前	値	説明
PORT_AIN	0	アナログ入力 (値は 0~1.0)
PORT_DIN	1	デジタル入力 (値は 0 または 1.0)
PORT_AOUT	2	アナログ出力 (値は 0~1.0)
PORT_DOUT	3	デジタル出力 (値は 0 または 1.0)
NO_ERROR	0	エラーなし
ERROR	-1	エラーあり
REBOOT_ERROR	-2	I/O モジュールの再起動に失敗した
CONFIGURATION_ERROR	-3	指定したコンフィグレーションに間違いがある

## 6 補足

### 6.1 ソフトウェアの動作環境について

#### 6.1.1 PC

ActionScript 3 と Processing は、PC 上で動作することを想定しています。PC 側の処理能力を活用することにより、動画や音声などのリッチなメディアを自由に利用できます。

また、カメラを使った画像認識とのハイブリッド処理も考えられます。画像認識とセンサーによる検出は、それぞれ得意とする分野が異なります。これら 2 つを組み合わせることにより、プロセッサの負荷を軽減したり、精度を向上させたりすることが期待できると考えます。

#### 6.1.2 組み込み系デバイス

ここでの組み込み系デバイスとは、Gumstix<sup>\*8</sup>などの Linux が動作する小型デバイスを想定しています。組み込み系デバイスの場合には、Ruby によるコントロールを想定しています。Ruby はインタプリタであり、リアルタイム性は保証されていません。確かに、1/1000 秒オーダーの処理は難しいかもしれませんが、「ネットワーク経由で RSS を取得し、その内容を解析して LED などのアクチュエータをコントロールする」という場合には十分なパフォーマンスが期待できます。

ActionScript 3 をはじめとする JavaScript を、Tamarin<sup>\*9</sup>などの仮想マシンを組み込み系デバイスに実装することで動作させることも考えられますが、Funnel v1.0 の正式リリース後の状況により検討したいと考えています。

## 7 更新履歴

2007.9.1 致命的なエラーを個別のイベントに変更。Osc のサービス間隔をクラス変更に変更し、start メソッドを追加。

2007.8.17 イベントハンドラを廃止してイベントリスナに変更。

2007.7.3 ポートのプロパティ hysteresis、および OSC コマンドの定数 PORT\_DIN の説明に誤りがあったのを修正。

---

<sup>\*8</sup> <http://www.gumstix.com/>

<sup>\*9</sup> <http://www.mozilla-japan.org/projects/tamarin/>