

# 報告書

## 心理物理実験のための統合環境開発

我妻 伸彦<sup>†</sup>      羽鳥 康裕<sup>†</sup>      清水 亮平<sup>†</sup>      気仙 拓也<sup>†</sup>  
明治 涼子<sup>†</sup>      沖 めぐみ<sup>†</sup>      指導教員: 酒井 宏<sup>†</sup>

Development of the Integrated Environment for Psychophysical Experiment

Nobuhiko WAGATSUMA<sup>†</sup>, Yasuhiro HATORI<sup>†</sup>, Ryohei SHIMIZU<sup>†</sup>, Takuya KISEN<sup>†</sup>,  
Ryoko MELJI<sup>†</sup>, Megumi OKI<sup>†</sup>, and Ko SAKAI<sup>†</sup>

あらまし 視覚心理物理実験を用いた研究が、医学、心理学、神経生理学、人間工学など、様々な分野において、近年盛んに行われている。視覚心理物理実験を行うためのプログラム作成には高度なプログラミング技術が必要とされるため、プログラミングに精通していない研究者や学生はしばしば技術的困難に直面している。実験プログラムの機種・OS 依存性も研究者や学生を悩ませる問題の一つである。このような研究者や学生を支援するための実験プログラム作成ツールが多数存在するが、作成の困難さと環境依存性を同時に解決できるものはまだ存在しない。そこで我々は、GUI(Graphical User Interface) によって容易に刺激やプログラムを作成でき、さらにコンピュータの機種・OS 依存性による問題を解決するシステムを開発した。これによって、視覚心理物理実験を行う研究者や学生の大幅な負担軽減が期待される。

キーワード 視覚、心理物理実験、GUI、Matlab

### 1. まえがき

我々は、視覚、聴覚、臭覚などの感覚によって外界の情報を得ている。それらの感覚のうち、我々にとって最も優位なものが視覚であると考えられている。このことはさまざまな実験心理学的研究によって支持されている [1][2]。また、サルの大脳皮質において、視覚情報を処理する領域が半分以上を占めるという事実 [3] も人間の視覚優位性を示唆している。

”感覚の特性を知ることは心の働きを知ることにつながる”、との考えが古くから多くの研究者たちに支持されている。そのため、人間や動物の感覚を研究する実験心理学が心理学の主要な一分野として独自に発達してきた。実験心理学の一領域である心理物理学は、感覚の特性を測定するための主要な実験心理学的アプローチである [4]。現在、心理物理学的手法による実験的研究は、心理学にとどまらず、医学、神経生理学、人間工学などの幅広い分野において、特に視覚を

対象として盛んに行われている。

視覚心理物理実験では、通常、コンピュータで制御した実験刺激 (図 1 参照) をディスプレイに表示し、キー操作などの被験者の反応を記録する。これを行うためには C 言語や OpenGL などのプログラミングによって実験プログラムを作成しなければならない。視覚心理物理実験による研究は現在幅広い分野において行われているため、プログラミングに精通していない研究者や学生も多く関わっている。そのような人々にとって、実験プログラムの作成・実行はしばしば困難を伴い、技術的な制限のために思い通りの実験ができない、精密な測定ができない、などの問題が起こっている。

実験プログラムの機種・OS 依存性も視覚心理物理実験を行う研究者や学生を悩ます問題の一つである。C 言語や OpenGL などで書かれたプログラムは実行マシンが変わると正常に動作しないことが度々ある。そのため、研究室間の交流、共同研究などに伴う実験プログラムの移行・共有の実施にしばしば支障が生じている。

以上二つの問題を解決し、視覚心理物理実験を行う研究者や学生の負担を軽減するために、我々は視覚心

<sup>†</sup> 筑波大学大学院システム情報工学研究科  
Graduate School of Systems and Information Engineering,  
University of Tsukuba, 1-1-1 Ten-nodai, Tsukuba, Ibaraki,  
305-8557 Japan

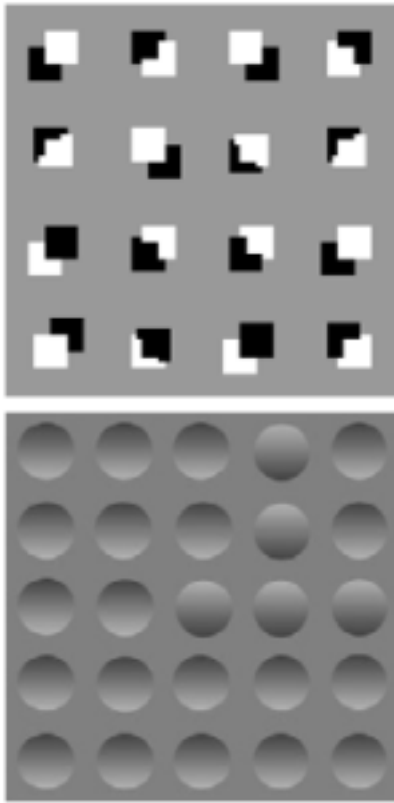


図 1 視覚心理物理実験に用いられる刺激の例  
Fig. 1 Examples of stimuli for visual psychophysical experiment.



図 2 ランダムブロックマスク (左) と、固視点付きblankマスク (右)  
Fig. 2 A random block masj and a blank mask with fixation point.

理物理実験のための統合環境の開発を目指す。本システムは、プログラミングの知識を必要とせずに、GUIによる操作のみで容易に画像や実験プログラムを作成できる。さらにプログラムの機種・OS 依存性による問題も緩和できる。

## 2. 視覚心理物理実験とは

心理物理学は、外的な刺激と、内的な感覚 (人の知覚など) の対応関係を定量的に測定する学問である。外的な刺激は物理量として客観的に測定できる。そこで、外的な刺激と内的な感覚との対応関係が分かれば、内的な感覚も客観的に測定できることになる。1860年にドイツの物理学者グスタフ・フェヒナーに創始されて以来、心理学の発展に多大な貢献を果しており、現在でも、我々の精神の働きを明らかにするための主要なアプローチとして、様々な研究分野をまたいで活発な研究が行われている。特に、視覚心理物理実験では、視覚刺激の物理量 (輝度、明度、大きさ、傾き、密度、など) と、それを見たときの心理量 (人の知覚) の対応関係を定量的に測定する。

視覚心理物理実験は、一つあるいは複数の画像と固視点によって構成され、それらが連続的に呈示される。画像には、被験者の応答を測定するための刺激と、正確な応答を妨げる様々な要因を排除するためのマスクがある。刺激として呈示される画像は様々である。例を図 1 に示す。マスクには、平均輝度が調整されたランダムブロックパターンや、等輝度のblankが良く使われる (図 2)。固視点は被験者に固視して欲しい場所を示す小さな点で、単体で呈示されることもあれば、刺激やマスクと同時に呈示されることもある。被験者にはあらかじめ何らかの課題 (どちらの図形が手前に見えるか選ぶ、直線がどちらに傾いているか識別する、ある図形を探す、同じ色の図形を選ぶなど) が与えられる。被験者はマウスやキーボードを使って与えられた課題に答える。

視覚心理物理実験の流れの例を図 3 に示す。はじめにマスクが呈示され、続いてマスクの中心に固視点が呈示される。その後、刺激が呈示され、被験者は刺激中に一つだけ違うものがあるかどうかをマウスをクリックして回答する。

## 3. 要求の解析

開発を行うにあたり、視覚心理物理実験の実施に伴う問題について、実際に実験を行っている学生や研究者に対して事前にアンケートを実施した。

質問: 実験プログラムを作成・使用するにあたって、どのような困難が考えられるか、または、実際に経験したか。

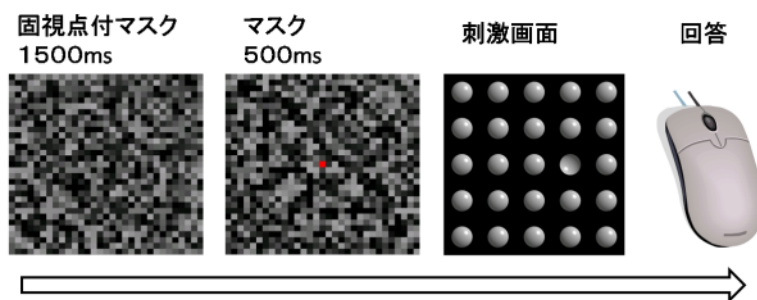


図 3 視覚心理物理実験の例  
Fig. 3 An example of visual psychophysical experiment.

この質問に対して、以下の回答が複数の回答者から得られた。

回答：

- 呈示する刺激の数が多く、作成に時間が掛かった。
- 動作マシンが変わると、OS が同じであってもプログラムが動かないことがあった。
- 刺激呈示時間の管理法が研究室によって異なり、インターン先で操作に戸惑った。

以上の回答から、以下のような問題に学生や研究者が実際に直面していることがわかる。

- 刺激の作成・制御に伴う困難
- 実験プログラムの機種・OS への依存性
- 実験プログラムの共有性の問題

#### 4. システムの概要

我々は、上述の諸問題を解決し、心理物理学に関わる研究者や学生の負担を軽減するために本システムを開発する。プログラミングに精通していない者であっても容易に操作を行えるように、GUI のみによる呈示画像の作成や呈示時間、応答記録の制御を可能とする。また、実験プログラムの機種や OS 依存性の問題を極力回避するため、様々な分野の研究室に広く普及し、様々なプラットフォームで動作する Matlab[5] を用いてシステムを構築する。システムの概要を図 4 に示す。

##### 4.1 既存のシステム

代表的な実験プログラム作成支援ツールの一覧を表 1 に示す。GUI を採用しているツールはいずれも動作

表 1 心理物理実験プログラム作成ツールのリスト  
Table 1 An list of systems for psychophysical experiment.

	GUI	動作 OS
Affect		Win
PsyScope X		Mac
FLXLAB	×	Win, Linux
RSVP EXPERIMENT		Win
Vision Egg		Win, Mac
E-Prime		Win
Presentation		Win
Superlab		Win, Mac
Cogent graphics	×	Win *Matlab
Psychtoolbox	×	Win, Mac, Linux *Matlab

OS が限られており、視覚心理物理実験用マシンの OS としてよく用いられている Linux 上で動作するものはない。したがって、実験プログラムの他マシンへの移行や共有をスムーズに行うためのシステムは存在しないというのが実状である。Psychtoolbox[6] は Matlab 上で動作するため、Windows、Mac、Linux に対応しているが、GUI が実装されておらず、プログラミング初心者にとって、操作は容易ではない。

我々は、これらの問題を同時に解決するシステムの構築を目指す。

##### 4.2 動作環境

本システムは Mathworks 社の Matlab を動作環境とする。Matlab を採用した理由は以下の通りである。

- (1) windows, mac, linux 上で動作する
- (2) 実験心理学、医学、工学分野の研究室に広く普及している
- (3) 画像処理のための関数が多数用意されている
- (4) GUI 環境の作成が容易である

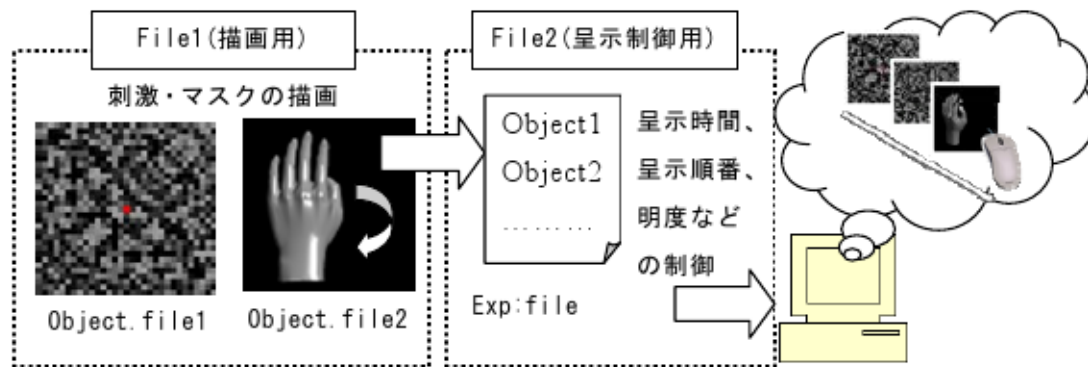


図 4 本システムの処理概要図  
Fig. 4 An illustration of the system.

以上から、GUIによる容易な操作、研究室間の実験プログラム移行・共有のスムーズ化を実現するための環境として、Matlabが最適であると考えた。

#### 4.3 画像作成

本システムでは、視覚心理物理実験において呈示される画像を、以下の要素に分割する。

- 円、楕円、多角形
- 関数によって表現されるパターン (例:図 5、ガボール関数)
- ランダムノイズ
- 外部画像 (自然画像、顔画像など)

これらの要素は以下のパラメータを持つ。

- 輝度
- 色度
- サイズ
- 傾き
- 配置
- 密度
- 運動方向 (直線・回転運動)
- 運動の速さ
- 呈示領域

以上の要素とパラメータ、そしてガウシアンフィルタなどの線形フィルタによる輝度・色度のフィルタ処理を組み合わせることで、非常に多彩な画像を表現することができる。本システムはこのような分類に基づいて画像の作成を行う。その手順を以下に説明する。

#### 1. 基本パターンの選択

円、楕円、多角形、関数によるパターン、外部画像ファイルの中から、作成したいパターンを選ぶ。

#### 2. パラメータの入力

それぞれのパターンに応じたパラメータを入力する。

全パターンに共通のパラメータ: 傾き、配置 (ランダムまたは初期座標指定)、運動種類・方向 (直線、回転運動)、運動の速さ、呈示範囲

個別のパラメータ:

- 円、楕円、多角形  
長半径、短半径、辺の長さ、輝度、色度
- 関数によるパターン  
色度と輝度を記述する関数 (三角関数、ガウス関数、ガボール関数の中から選択、あるいは新規追加)、関数のパラメータ (周期、振幅、波長など)

#### 3. フィルタ処理

フィルタ処理が必要な場合はそれを行う。よく使われるフィルタがあらかじめ用意してある (ガウシアンフィルタ、ガボールフィルタなど) が、新しいフィルタを定義することもできる。

#### 4. 各パターンの重ね合わせ

複数の基本パターンを重ね合わせたい場合は、これを行う。各パターンの配置を指定する。

#### 4.4 視覚心理物理実験プログラムの構築手順

視覚心理物理実験のプログラムを構築するためのお



図 5 ガボルパッチ  
Fig.5 Gabor patches.

おまかな手順は次の 5 ステップである。

- (1) 刺激の定義
- (2) マスクの定義
- (3) 固視点の定義
- (4) 実験全体の定義
- (5) 回答記録の定義

まず(1)では、実験で呈示される刺激を作成する。(2)ではマスクを定義する。(3)では固視点を定義する。(4)では(1)~(3)で定義した画面の呈示回数などについて定義する。そして(5)では被験者の入力による回答の記録先や記録方法を定義する。以上の流れによって実験プログラムを構築していく。

以下に、上述の 5 ステップを実現するために必要なシステムの機能や処理について説明する。

#### (1) 刺激の定義

視覚心理物理実験における刺激は、主に 2 次元の画像である。ここでは、刺激の作成、もしくは画像の場所や呈示順のリストを読み込む処理をする必要がある。また実験において呈示される時間も定義されなければならない。

#### (2) マスクの定義

視覚心理物理実験において、マスクとは以前呈示された刺激の残像を除去するものである。これにより、次の刺激の知覚は前の刺激の知覚に影響されない。ここではマスクの種類(ランダムスクエア、またはブランク)と呈示時間などを定義しなければならない。

#### (3) 固視点の定義

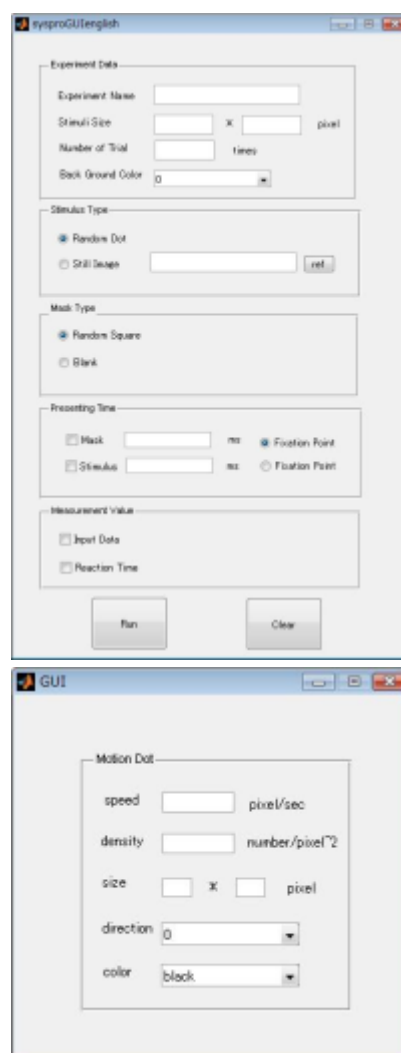


図 6 一部実装が完了した GUI  
Fig.6 An implemented GUI.

視覚心理物理実験において、固視点とは実験中に被験者に固視してもらおう点を指す。固視点は刺激や被験者との距離によって位置や色、サイズが異なるため、変更する機能が求められる。

#### (4) 実験全体の定義

実験は単独で実施されるものは少なく、複数の実験を同時に行うことが多い。そのため、ユーザやシステムが実験を区別するための名前や、(1)~(3)を繰り返す回数などが必要となる。

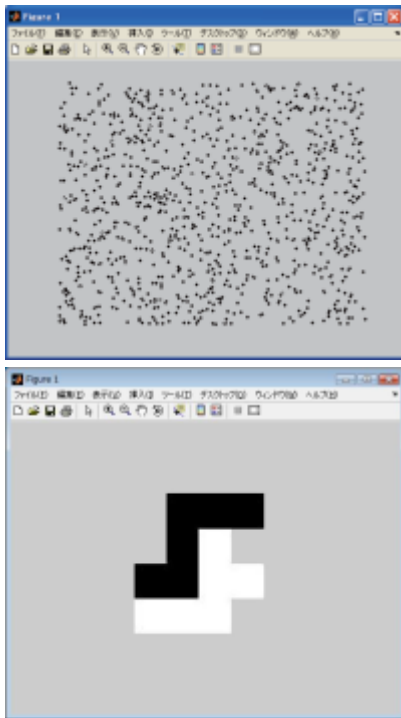


図 7 本システムを用いて作成した画像  
Fig. 7 Images created by the system.

表 2 関数の一覧

Table 2 An list of functions.

関数名	機能	実装段階
MakeCircle	円、楕円を作成	完
MakePolygon	多角形を作成	完
MakeRNoize	ランダムノイズを作成	完
MakePatch	関数によるパッチを作成	一部済
AddNewPatch	パッチ関数の追加	完
LImage	画像を読み込む	完
DefLMotion	オブジェクトの直線運動を定義	完
DefRMotion	円運動を定義	未
DefPeriod	表示時間を定義	完
DefArea	表示領域を定義	完
DefLocation	配置を定義	完
Filter	フィルタ処理を行う	未
AddNewFilter	フィルタを追加する	未
MakeLayer	新規レイヤーを作成	未
RecTime	時間を記録	一部済

#### (5) 回答記録の定義

視覚心理物理実験では、被験者が回答するまでの反応時間やマウスやキーボードの入力内容を結果として記録する。ここでは記録する結果の種類や出力ファイルの名前の定義が必要となる。

## 5. システムの実装

### 5.1 実装したライブラリ

本システムは、表 2 に記載された関数群を持つ。実装済みの関数を用いて、以下のライブラリを実装した。

#### (1) 刺激の定義

MakeMRandomDot(DENS, SPEED, DIRECTION, LUM, COLOR)

LUM: 輝度

COLOR: ドットの色

DENS: ドットの密度

SPEED: ドットの速さ

DIRECTION: ドットの運動方向

モーションランダムドット刺激 (図 7 参照) を作成する。

MakeBlock(LUM, COLOR, SIZE, POS1, POS2,...)

LUM: ブロックの輝度

COLOR: ブロックの色

SIZE: ブロックのサイズ

POS: 各ブロックの位置

ブロック刺激 (図 7 参照) を作成する。

#### (2) マスクの定義

MakeBMask(LUM, COLOR, BS, WS)

LUM: 平均輝度

COLOR: 色

BS: 各ブロックのサイズ

WS: マスク全体のサイズ

ランダムブロックマスク (図 2 参照) を作成する。

#### (3) 固視点の定義

MakeFixPoint(LUM, COLOR, SIZE, POS)

LUM: 平均輝度

COLOR: 色

SIZE: 固視点のサイズ

POS: 固視点の表示位置

固視点を作成する。

#### (4) 実験全体の定義

DefinePeriod('OBJ', SEQ, TIME, TRIAL)

OBJ: オブジェクト名

SEQ: 表示順序

TIME: 表示時間

TRIAL: 呈示回数

作成した固視点、マスク、刺激の呈示順序と時間を定義する。

現在実装中の GUI(図 6 参照) により、これらのライブラリの一部を利用することができる。作成した画像の例を図 7 に示す。これらの画像を、GUI による操作のみで、容易に作成することができた。

## 5.2 構築環境

上述の視覚心理物理実験の実験プログラムの構築のために必要な事柄を MATLABR2007b を用いて実装した。実装環境は、OS : Windows Vista Enterprise Service Pack 1、CPU : Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E6850 @ 3.00GHz 3.00GHz、メモリ : 2.00GB である。

## 6. 今後の課題

実装済みの関数を用いて様々な画像を容易に作成できることが確認されたが、応答の記録を行う機能などが未実装であるため(表 2 参照)、実用可能な視覚心理物理実験プログラムの作成にはまだ至っていない。開発中の関数と様々なライブラリを順次実装し、実用に耐えうるシステムを構築したいと考えている。

近年よく用いられている実験刺激のうち、本システムで作成できないものに以下の 2 つがある。

### 1. 複雑な運動をするオブジェクト:

直線と回転運動のみでは再現できない運動、特に数式による軌道の記述が難しい場合は、支援ツールなしに実験プログラムを作成することが非常に難しいため、GUI の有用性が大きい。そのため、システムの概要の項で説明した機能の実装が終わり次第、運動を扱う関数の機能を拡張し、複雑な運動をする実験刺激の作成も可能としていきたい。

### 2. 3次元画像:

3次元画像を用いた視覚心理物理実験が近年増加している。本システムでは、未実装である外部画像取り込み機能を利用すれば、既存のツール等によって作成した 3次元画像を利用することが可能である。今後、視覚心理物理実験を行っている研究者や学生の意見を集め、3次元画像を扱うための特別な機能が必要であるか否かについて検証を行うつもりである。

## 7. おわりに

近年、技術的進歩に伴い、脳科学は急速な発展を遂げている。神経細胞から我々の心にいたるまで、様々なスケールからのアプローチによって脳の解明が日々進んでいるが、まだ多くの部分が謎に包まれており、「ものを見る」という基礎的機能のメカニズムについてもはっきりとしたことはわかっていないのが現状である。

心理物理実験的研究は、脳機能の解明を試みる主要な手法の一つであるが、その実施には非常に手間がかかる。本システムはまだ実用には至っていないが、視覚心理物理実験を行う研究者や学生の負担を大いに軽減することが期待されるものである。今後、さまざまな研究者や学生の意見を取り入れながらさらに開発を進めていく。

## 文 献

- [1] F. B. Colavita, Human sensory dominance, Perception & Psychophysics, vol.16, no.2, pp.409-412. 1987.
- [2] M. I. Posner, M. J. Nissen, R. M. Klein, Visual dominance: An information-processing account of its origins and significance, Psychological Review, vol.83, issue 2, pp.157-171, 1976.
- [3] D. J. Fellman and D. C. Van Essen, Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex, Cerebral Cortex, vol.1, issue 1, pp.1-47, 1991.
- [4] G. A. Gesheider, Psychophysics: The Fundamentals, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Third Edition, 1997.
- [5] Matlab: The Math works, <http://www.mathworks.com>
- [6] PsychToolbox: <http://psychtoolbox.org>

( )

### 我妻 伸彦

筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻博士後期課程 3 年在学中。計算視覚科学研究所所属。

### 羽鳥 康裕

筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻博士前期課程 2 年在学中。計算視覚科学研究所所属。

### 清水 亮平

筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻博士前期課程 2 年在学中。計算視覚科学研究所所属。

気仙 拓也

筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻博士前期課程 2 年在学中。計算視覚科学研究所所属。

明治 涼子

筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻博士前期課程 1 年在学中。計算視覚科学研究所所属。

沖 めぐみ

筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻博士前期課程 1 年在学中。計算視覚科学研究所所属。



**Abstract** A visual psychophysical experiment is broadly carried out in many areas of researches, such as medical science, psychology, neurophysiology and ergonomics. To create a computer program for a visual psychophysical experiment advanced computer skills are required, hence experimenters who are not skilled in programming often face a difficulty in carrying out an experiment. An environment dependencies of an experiment program is also a headache for experimenters. Many tools that help experimenters create and carry out a visual psychophysical experiment exist, but none of these solve all of the problem for experimenters. We therefore develop the integrated environment for creating and carrying out visual psychophysical experiments, that are easily operated and solve an environment dependencies.

**Key words** Vision, Psychophysical experiment, GUI, Matlab