

## 視覚研究のための実験環境：VSG

井戸 啓介

京都大学大学院 人間・環境学研究所

〒606 京都市左京区吉田近衛町

### 1. はじめに

VSG (Visual Stimulus Generator) は、英国 Cambridge Research Systems (CRS) 社によって開発された視覚実験用の刺激作成・呈示装置である。英国を中心としたいくつかの研究者グループで用いられており、その名前は Vision Research 誌等の論文にも時折見受けられる。筆者の所属する研究室（環境情報認知論講座江島研究室）においても昨年4月に導入され、現在運動視や空間視の心理物理学的実験に活用されている。VSG は非常に多くの機能を備えた装置であり、その機能をさらに拡張する周辺装置もオプションとしていくつか準備されている。そのすべてを紹介するのが理想であるが、本稿では、江島研究室に導入され利用されているシステムを中心とした VSG の紹介としたい。

### 2. 基本的なスペック

VSG は IBM-PC およびその互換機 (DOS/V マシン) 用のアドインカードである。基本部分は GSP と名付けられたフレームメモリである。描画および動画コントロール用のプロセッサ (TMS34020) が実装されているため、コンピュータ本体とは独立して動作する。オプションとして、グレーティング刺激の作成を容易にする波形ジェネレータ (DSP)、ガンマ補正用の輝度計 (OptiCAL)、反応記録用スイッチボックス (CB2)、両眼視実験のためのシャッターゴーグル (FE-1) が別売されている。

#### 2.1 必要とされるコンピュータ

制御用のホストコンピュータは IBM-PC およびその互換機であり、最低限度で 80386 以上の

CPU、640 kbyte の RAM、ハードディスクを有し、MS-DOS ver.3.1 が動作する環境が必要とされている。ISA スロットを少なくとも1個使用し、補助コネクタや後述の増設メモリ・波形ジェネレータなどを利用する場合には、利用状況に応じてさらに空きスロットが必要となる。

#### 2.2 GSP

VSG には、その基本部分として、4 Mbyte の VRAM (フレームメモリ；GSP と名付けられている) が実装されている。これは空間的には 2048×2048 pixel の画像領域に相当する。このフレームメモリは 68 Mbyte まで増設することができる。

ピクセルデータは 8 bit のルックアップテーブル (LUT) を通して出力される。これにより、約 1678 万色 (RGB 各 8 bit) 中の 256 色が同時に呈示できる。また、2つの独立した 8 bit データをスケールを調節して合成することにより、擬似的に 12 bit 階調での表示を可能にする。

LUT は標準的なフレーム書き換え時間内に完全にロードしなおすことが可能である。したがって、時間的に変化するパターンを呈示したい場合、異なった画像を多数用意してそれらを継時的に呈示する以外に、LUT の書き換えと再ロードによってもアニメーションを実現することができる。この手法は、たとえばグレーティングパターンをドリフト運動させる場合などに特に効果的である。

GSP には、さらに、2 Mbyte の VRAM (4 bit/pixel) が備わっており、メインのフレームメモリに対してオーバーレイ・アンダーレイとして

利用できる。

### 2.3 モニタ・タイミング

15-120 MHz の範囲でピクセルクロック周波数を生成することができる。これはフレームスキャンレートで 400 Hz 以上までを可能にしている。同期信号に関しては、垂直同期信号・水平同期信号・複合同期信号・複合同期信号 (sync-on-green) の生成が可能である。したがって、ほとんどすべてのカラーモニタ・白黒モニタを接続して刺激を呈示することができる。ラインスキャンレート・フレームスキャンレートはかなりの自由度で設定できるので、特にマルチスキャンモニタを利用した場合には、画面の解像度は (モニタにとって追従可能な範囲内で) ほほ任意に設定できるといえる。

モニタのタイミングパラメータの設定は、メニュー形式のソフトウェアを用いて対話的に行うことができる。設定値はコンフィグレーションファイルとしてテキスト形式で保存される。モニタを別のものにつなぎ変えた場合でも、ボード上のスイッチを切り替えるようなハードウェア的な操作は必要なく、別のファイルを読み込みなおすというソフト上の操作だけで対処できる。

また、高いフレームレートで画像を呈示することが可能なため、複雑なパターンを呈示する場合、パターンを 2 つの構成要素に分解し、それらを画面のリフレッシュごとに交替させて呈示するという手法を利用することができる。この機能の利用を容易にするためのライブラリ関数も用意されている。

なお、付属のケーブルの終端部はデフォルトでは 4 つの BNC コネクタとなっているが、この点はオーダーが可能である。

### 2.4 補助入出力

VSG にはアナログおよびデジタル入出力機能が備わっており、他の入出力ボードを使うことなく外部機器とのデータのやりとりができる。これらの利用により、被験者の反応をホストコンピュータに取り込むこと、外部機器とトリガ信号をやりとりすること、モニタの画像呈

示と他の機器の動作を同期させることなどが可能である。

### 2.5 ソフトウェア

描画・刺激呈示・表示画面の制御・外部とのデータの受け渡しなどに対応した 200 以上のライブラリ関数が用意されており、C (C++)、Pascal、Basic で書かれたプログラム中でそれら呼び出すことができる。ライブラリ関数には、心理物理学的な実験手続き (PEST<sup>2)</sup>) の実行をするためのものも含まれている。また、C 言語による様々な描画・刺激呈示のデモンストレーションプログラムがソースリストとともに提供されている。

オプションとして、Windows 上で動作するコントラスト感度測定用プログラム PSYCHO が別売されている。

### 2.6 ガンマ補正

モニタに与えられる電圧と実際に表示される輝度値から、ガンマ補正関数を自動的に生成するアプリケーションソフトウェアが付属している。オプションの輝度計 (OptiCAL) を同時に利用することによって、きわめて短時間で電圧と輝度のキャリブレーション・ガンマ補正を行うことができる。モニタの各発光体の色度をコンフィグレーションファイルにあてておけば、ガンマ補正後、CIE 座標および Boynton-MacLeod 座標上の値で呈示される画像の色を指定することも可能である。

### 2.7 波形ジェネレータ (DSP)

VSG ボードに装着して使用する波形ジェネレータがオプションで準備されている (これは DSP と名付けられている)。DSP は、フレームメモリのようにメモリに保存されている値を読み出して表示するのではなく、表示される 1 ラインごとにリアルタイムで値を計算する。DSP を用いた場合、RGB 各 14 bit という輝度階調を実現できるとともに、様々な時空間波形を容易に生成・表示することができる。

### 2.8 取扱説明書

ユーザーズマニュアルとライブラリ関数のレファレンスマニュアルが付属している。

## 2.9 その他のオプション

スイッチボックス (CB2) はブザー音を発生させることができ、ホストコンピュータのシリアルポートに接続して使用する。両眼視実験用のシャッターゴーグル (FE-1) はVSGボード上の補助コネクタと接続する。シャッターは動作速度  $50 \mu\text{s}$  で開閉が切り替えられる。開放時の透過率は 30% である。

極めて高いフレームレート (300 Hz) に追従し、ラインスキャンの方向を変えられるモニター (Joyce DM4) もオプションとして別売されている。

## 2.10 利用した論文例

Vision Research 誌, Journal of the Optical Society of America 誌に掲載されたもののいくつかを文献の項に示す<sup>3,9)</sup>。正弦波グレーティングや Gabor パッチ (含等輝度パターン) の呈示に用いたものが多い<sup>3,7)</sup>が、ランダムドットパターンを呈示しているものもある<sup>9)</sup>。Derrington & Suero (1991)<sup>9)</sup>はモニター画面のリフレッシュごとに画像を切り替える手法によって2つの正弦波の複合波パターン (plaid pattern) を被験者に呈示している。Simmons & Kingdom (1994)<sup>7)</sup>は画面の切り替えと同期させて液晶シャッターを利用し、両眼視差のある画像を被験者に呈示している。

## 2.11 ユーザーサポート

CRS社の電子メールアドレスがマニュアルやカタログに記されており、技術的な質問に答える体制になっているようである。実際に筆者もメールで自作のプログラムに関してアドバイスを求めたことがある。また、カタログに「具体的な要求を聞かせて欲しい」とあり、(有償なのか無償なのかはわからないが) こちらの注文に対応してもらえらると思われる。

CRS社の連絡先は

Tel.: +44-1634-720707

Fax.: +44-1634-720719

Email: crsltd@crsltd.demon.co.uk

である。

## 2.12 購入方法・価格

筆者の所属する研究室では、ナモト貿易

(株) (tel. 0473-27-4110, 担当は計測器事業部営業課長大谷氏) を通じて購入した。価格は仕様によるが、最小限の構成で130万円程度とのこと (ナモト貿易談)。英国の開発元から直接購入することもできるようである。

## 3. 実際の使用にあたって

現在、筆者らは次のような環境でVSGを使用している。

使用VSG: VSG 2/3 (36 Mbyte)

VSGソフトウェア: ver. 4.02

オプション: DSP, CB2, OptiCAL

コンピュータ: COMPAQ Prolinea MT  
CDS (80486 CPU, 20 Mbyte)

OS: MS-DOS ver. 6.20

使用言語: Borland C++ ver.3.1

刺激呈示用モニター: MITSUBISHI  
RD17S

以下では、実際にプログラムを作成し実験を行った感想を述べたい。

確かに視覚実験用に開発されたシステムだけあって、実験をする上で有用な機能が多く実装されていることに気づく。例をあげれば、キャリブレーションがほとんど自動化されていること、幾何学的図形やグレーティングパターンの描画・フレーム同期信号の読みとり・スイッチボックスからの反応の取得などに関してライブラリ関数がすでに用意されていることなどがある。マルチスキャンモニターを利用した場合には、任意の時間・空間解像度で刺激を呈示でき、大いにその特性を生かすことができるという利点もある。デモンストレーションプログラムがソースリストとともに提供されているのも非常にありがたいことである。実際にプログラムを書くということを考えれば、マニュアルよりもソースリストを読む方が手助けになることも多い。また、汎用的なフレームバッファでは、視覚実験に使うということが想定されていないので、実験に使用する上での疑問点を開発元に問い合わせても、満足のいく回答が得られないことや情報を公開してもらえないことがあ

る。その点、VSGは視覚実験に使うことを目的とした装置であるので、ユーザーサポートでも実験と関連づけた形で回答が得られることが期待できる。

しかしその一方、多機能であるためか、ある一つの刺激操作を行うための方法が何通りも存在する場合があります、かえって操作がわかりづらいものになってしまっているような感もある。実現できる機能をすべて把握しようと思うと、かなりの時間を要するだろう。

使用にあたって注意すべき点としては、ソフトウェアのバージョンアップがかなり頻繁に行われているということが挙げられる。これは、それだけバグ修正の必要が生じているということの意味しているのかもしれない。実際、READMEファイルにはバグフィックスの歴史が書き連ねられており、現在も筆者自身使っていてバグではないかと疑問に思われる点が二つ三つある。不審な点は努めて問い合わせるべきであろう。マニュアルにもいくつか誤植が見受けられる。また、開発者が複数であるためであろうか、マニュアルやデモプログラムの記述に一貫性や統一性を欠く部分がある。これはハードウェア・ソフトウェアの何度かのバージョンアップとも関係しているのかもしれない。全体像を把握するまでは戸惑うこともあると思われる。局所的な不満点としては、同時呈示できるのが256色であること、DSPモードで完全に独立に制御できるグレーティングは1つであること、スイッチボックスCB2の反応ボタンがかたく感触がよくないことがとりあえず筆者の頭に浮かぶ。スイッチボックスについては好みの問題もあるだろうが、前二者については（事情があるのだろうが）拡張を望みたい。

以上、VSGの紹介を書き並べてきたが、その特徴をあえて一言でまとめるならば、多機能であるがそれだけに操作上の複雑さ（と高価格）もさげられない、ということになるだろう。

なお、筆者の知る限りでは、現在日本国内の6つの研究室でVSGを用いて視覚実験が行われているようである。

#### 文 献

- 1) D. G. Pelli and L. Zhang: Accurate control of contrast on microcomputer displays. *Vision Research*, 31, 1337-1350, 1991.
- 2) M. M. Taylor and C. D. Creelman: PEST: Efficient estimates on probability functions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 41, 782-787, 1967.
- 3) R. J. Snowden: Adaptability of the visual system is inversely related to its sensitivity. *Journal of the Optical Society of America A*, 11, 25-32, 1994.
- 4) M. A. Webster and J. D. Mollon: Contrast adaptation dissociates different measures of luminous efficiency. *Journal of the Optical Society of America A*, 10, 1332-1340, 1993.
- 5) S. J. Cropper and A. M. Derrington: Motion of chromatic stimuli: first-order or second-order? *Vision Research*, 34, 49-58, 1994.
- 6) A. M. Derrington and M. Suero: Motion of complex patterns is computed from the perceived motions of their components. *Vision Research*, 31, 139-149, 1991.
- 7) D. R. Simmons and F. A. A. Kingdom: Contrast thresholds for stereoscopic depth identification with isoluminant and isochromatic stimuli. *Vision Research*, 34, 2971-2982, 1994.
- 8) M. Edwards and D. R. Badcock: Global motion perception: no interaction between the first- and second-order motion pathways. *Vision Research*, 35, 2589-2602, 1995.