

視覚研究のための実験環境 Macintoshで視覚実験をするためのVideoToolbox

小田 浩一

東京女子大学 現代文化学部 コミュニケーション学科
〒181 三鷹市牟礼 4-3-1

1. はじめに

Macintosh は、市場に安定して存在している期間の長さから言っても、ビデオの性能から言っても、刺激を作ったりデータ処理をしたりするためのアプリケーションの多さから言っても、視覚研究に使いたくなる PC の1つである。HyperCard や Director という、いわゆるマルチメディア・オーサリング・ソフトは、時空間特性を比較的気にしないで済む場合（たとえば認知実験の一部）には、開発コストの低い、良い環境を提供する。しかし、マシンの性能ぎりぎりまで制御・駆使することは、プログラミング・コストを下げるために trade-off されている。そこで、視覚実験のために性能ぎりぎりまで使いたいという人たちが作ったのが、VideoToolbox である。

Macintosh の基本ソフトには、いわゆる BIOS の上に Toolbox という名前と呼ばれるルーチン群がある。ここには、Window Manager, QuickDraw, Event Manager 等々お馴染みのルーチンが含まれる。このレベルにおいて、視覚実験で必要になるビデオ関係のルーチンを新たに開発し集めたものが VideoToolbox (以下 VTB) になる。VTB は、200 ほどの C 言語の関数のソースコードがその中核をなしている。たとえば、QuickDraw にある CopyBits() の代わりに使うための CopyBitsQuickly() や、QuickDraw が、すべてのモニタに同じ color lookup table (以下 CLUT) を使おうとするのをさけてモニタごとに別々の CLUT を読み込ませるための GDSetEntries() などである。

VTB のパッケージには、この他に、VTB を使ったデモプログラムや、自分が使用している Macintosh の機種 of ビデオ性能を自動計測する TimeVideo のようなユーティリティプログラム、視覚実験に Macintosh を使うためのさまざまなノウハウを記した文書が含まれている。デモプログラムには、実時間で1次元ずつ文字にローパスフィルタを掛ける Filter.fat, grating を画面に表示する Grating.fat, CLUT を変化させることで grating を時間変調させる FlickeringGrating.fat, あらかじめメモリに計算して描き込んでおいた画像をつぎつぎに表示することで動画刺激を提示する NoiseVBL.fat, 1 フレームのランダムドットにランダムな CLUT を与えることによって、ちょっと使えないランダムノイズを提示している Sandstorm.fat がある。1年に数回のバージョンアップのあるパッケージであり、現在は、BinHex した状態で、2.5 MB ものサイズがある。

C 言語と、Macintosh でのプログラミング (UNIX や MS-DOS での C プログラミングと根本的にかなり異なるので、学習コストがかなり高くつく) に習熟していないと使えないのが最大の問題点であるが、視覚実験という特殊な用途を Macintosh に強いるためのノウハウを得るために、付属する文書を読むだけでも、多くの知識が得られることは間違いない。また、このような視覚実験用のルーチンや、技術情報がネット経由で入手できるところに、Macintosh を視覚研究の装置として選択する利点があるとも言えるであろう。

2. 基本的なスペック

種類: ソフトウェア, 全くフリーであるが, それだけに当然サポートを要求できない. また, **ReadMe** には非常に mild な配布の条件が記されている.

目的: Macintosh による視覚実験

ソフトの種類: 200 個の C の関数のソースプログラムとデモプログラム, ユーティリティプログラムを集めたもの. C のソースコードを実際
に実験に利用するためには, MPW-C, Think-C, CodeWarrior のいずれかが必要であるが, デモプログラムやユーティリティは実行形式で与えられているので, 必要なソフトはない. パッケージに含まれるファイル数は, 300 程度になるが, Contents という文書ファイルを見ると, ファイルや関数の内容についての短い紹介がある.

使用環境: デモやユーティリティは Macintosh Plus でも動作するようである (VideoSync の節参照) が, C のソースについては, それぞれのコンパイラが動作する環境が必要となる. また, 後述する ISR ビデオ・アッテネータを利用しようとするれば, RGB それぞれに 8 bit の出力のできる, つまり 1670 万色を外部モニタに出力できる環境が必要になる.

開発者: Dennis Pelli 他視覚研究者を含む多数 (以下にリスト).

Adobe (ATMInterface.c and ATMInterface.h)

Apple (IsCmdPeriod.c, MoveMouse.c, TrapAvailable.c, Zoom.c)

Kevin Bell (PatchExitToShell in Timer.c)

Philipp Biermann ("Multisync Sense Pins.note")

David Brainard (AfterDark.c, 12 in Assign.c, 1 in GDOpenWindow.c, GetTimeString.c, PeekTimer in Timer.c)

EJ Chichilniski (SetFileInfo.c)

Raynald Comtois (SetEntriesQuickly.c)

Frans Cornelissen (VideoToolbox folder icon)

Steve Coy (PatchExitToShell in Timer.c)

Bart Farell (several routines in SetOnePixel.c and SetPixelsQuickly.c)

Bill Haake (SetEntriesQuickly.c)

C. K. Haun, Apple Computer (KillEveryoneButMe.c)

Bill Hofmann (PatchExitToShell in Timer.c)

Mike Kahl (CopyQuickDrawGlobals.c, kbhit.c)

Joseph Laffey (GetVersionString.c)

Peter Lennie (SetEntriesQuickly.c)

J.N. Little & jmb (ReadMATLABFile.c)

Jamie R. McCarthy (IsCmdPeriod.c)

Izumi Ohzawa (CVNetConvert in the Utilities folder)

Denis Pelli (most of the routines)

Dave Radcliffe (FlushCacheRange.c)

Evan Relkin (kbhit.c)

Mike Schechter (PixMapToPICT.c)

SPLAsh Resources (HideMenuBar.c, SetMouse.c)

Preeti Verghese (GetVoltage.c)

ソフトについての論文: 特になし. ただし, VTB の利用を述べたい場合は, 文献リストにある, Pelli らのビデオ・アッテネータの論文¹⁾を引用されたいという記述が VTB の ReadMe ファイルに書かれている.

利用した論文例: 文字認知に關与する周波数チャンネルの実験²⁾, 両眼視で見かけの視線の方向がどのように決定するかの実験³⁾, ローパスフィルタがかかっている場合の人間の物体の検出と認知⁴⁾等々.

入手法: 以下の URL へアクセスすれば, 最新版 (執筆時点で 951108) の VTB を入手できる.

<ftp://mirror.apple.com/mirrors/info-mac/dev/lib/video-toolbox-95-11-08-c.hqx>

<ftp://mirrors.aol.com/pub/info-mac/dev/lib/video-toolbox-95-11-08-c.hqx>

<ftp://sumex-aim.stanford.edu/info-mac/dev/lib/video-toolbox-95-11-08-c.hqx>

<ftp://grind.isca.uiowa.edu/mac/infomac/dev/lib/video-toolbox-95-11-08-c.hqx>

<ftp://ftp.uu.net/archive/systems/mac/info-mac/dev/lib/video-toolbox-95-11-08-c.hqx>

<ftp://amug.org/pub/ftp1/info-mac/dev/lib/video-toolbox-95-11-08-c.hqx>

ftp://wuarchive.wustl.edu/systems/mac/info-mac/
dev/lib/video-toolbox-95-11-08-c.hqx

ftp://src.doc.ic.ac.uk/packages/mac/info-mac/dev/
lib/video-toolbox-95-11-08-c.hqx

ftp://ftp.stolaf.edu/pub/macpsych/video-toolbox-
95-11-08-c.hqx

CompuServe://MacDev forum/Library 4 C and
Pascal/VIDEOT.SEA

(The filename changes slightly to reflect each
version's release date. You can request a
file from the Info-Mac Archive by email;
for instructions send a query to Info-Mac-
Request@sumex-aim.stanford.edu.)

The VideoToolbox is distributed as a Stuffit
archive. You'll need Stuffit Expander to
unpack it.

ftp://ftp.aladdinsys.com/pub/
StuffIt_Expander_3.5.2.hqx

Microsoft Windows users can now use StuffIt
Expander too.

ftp://ftp.aladdinsys.com/Pub/SITEX10.UUE

ftp://ftp.aladdinsys.com/Pub/SITEX10.EXE

URL = [http://www.twcu.ac.jp/persons/mure/
odalab/k-oda/VTB951118.hqx](http://www.twcu.ac.jp/persons/mure/odalab/k-oda/VTB951118.hqx)

マニュアル：マニュアルと呼べるようなものは

ないが、比較的丁寧なドキュメンテーションが
添付されている。もちろん、すべて電子化され
ている。

紹介者の使っているバージョン：1995-11-08

紹介者の使っている環境：Macintosh /
Quadra840AV, PowerMac 8100/100AV,
PowerMac 7500/100

3. ISR ビデオ・アッテネータ

現在 PC 用に入手できるビデオボードのほと
んどは、RGB それぞれに 8 bit しか割り当てて
いない（ビデオメモリからコントローラが読み
出してきたデジタルデータをテレビモニタにア
ナログ変換して出力するビデオ DAC; D/A 変換
器が 8 bit であることによる）。このため、
RGB それぞれを見ると、256 階調の輝度レベル
しか表示できない。表示色 1670 万色というの
は非常に大きな自由度に見えるが、RGB それ
ぞれには 256 階調でしかないのである。

人間のコントラスト感度は、3 cpd のピーク
で 500 程度はあるが、コントラスト閾で言うと
0.002 になる。256 段階の輝度でこのようなコ
ントラストを実現することはきわめて困難であ
る $((128-127)/(127+128)=0.004)$ 。VTB の主な作
者である Pelli らは、3 つの 8 bit 出力を抵抗ア

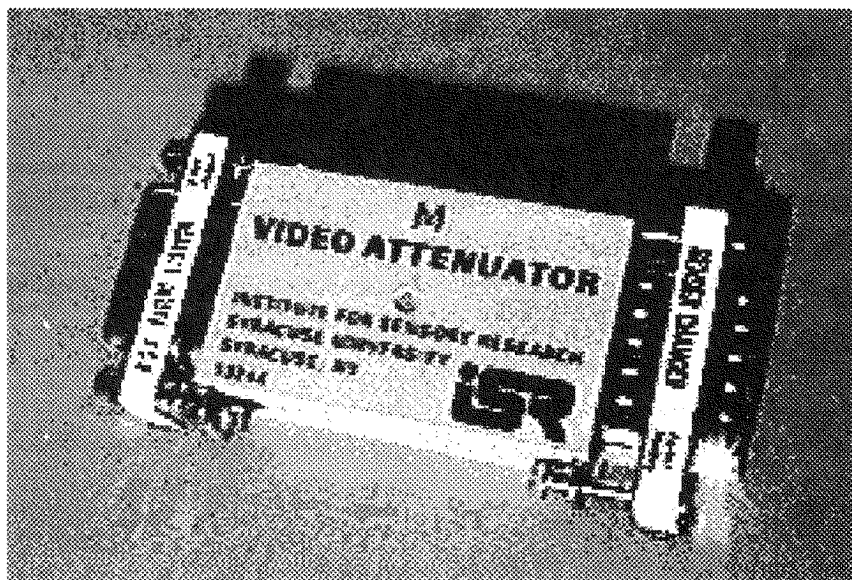


図1 ISR ビデオ・アッテネータ

レイで結合して、12 bit の輝度レベルが制御できることを報告している。これを商品化したものが、ISR ビデオ・アッテネータ (ISR Video Attenuator, 以下 ISR アッテネータ) である。マッチ箱大のこのハードウェアは、両側に 15 pin D-SUB コネクタが付いており、Macintosh のビデオ出力端子とビデオのケーブルの間に挟んで使用する (図 1)。このハードを制御するのに特別なドライバなどを必要とする訳ではないが、正確な輝度の出力をするためのプログラムが VTB に用意されている。

価格: \$185 (Federal Express による送料込み。

ちなみにアメリカ国内では、\$175)。

入手先:

Electronics Shop
Institute for Sensory Research
Syracuse University
Merrill Lane
Syracuse, NY 13244-5290
(315)-443-4164
Art_Wixson@ISR.SYR.EDU

付属: 古いヴァージョンの VTB disk, Pelli & Zhang¹⁾ の抜き刷り。

4. Macintosh の機種間のビデオ回路の速度比較

モニタに動画あるいは、時間的に変化する刺激を表示する場合には、あらかじめメインメモリに描きためておいた刺激をビデオメモリに高速に転送する。このときに、どのくらいの大きさの画像まで動かすことが出来るかは、その CPU が単位時間当たり転送できる情報量に依存している。この速度は、しかし、単に CPU のパワーだけではなく、マザーボードのクロックやビデオ回路のバスの速度にも依存している。以下にリストしたのは、VTB951108 に付属していた、VideoSync という文書からのコピーである。

驚くなかれ、最近の機種では、PM 7500 > PM 8500 > PM 9500 という CPU パワーとの逆転が起きている。PM 9500 はビデオボードが PCI

バス上にあるので、PCI バスの 33 MHz の速度がボトルネックになっているし、8500 はマザーボードのクロックが 40 MHz なのに対して 7500 は 50 MHz であるために、最も速度が出ているのだと言う。視覚実験には、7500 か 7200 (7200 はビデオメモリを増設すると速くなる) が適していることを示している。なお、VTB951108 には、アップルの技術者が開発した 7500/8500 用のビデオドライバも付属しており、640×480 の解像度で、120 Hz の時間周波数をだせるようにしている。

Power Mac 7500/100: Built-in 36 MB/s

Power Mac 7200/90 with 2 MB VRAM: Built-in 33 MB/s

Power Mac 7200/90 (with standard 1 MB VRAM): Built-in 25 MB/s

Power Mac 7200/75 (with standard 1 MB VRAM): Built-in 25 MB/s

Power Mac 8500/120: Built-in 25 MB/s, ATI PCI card 17 MB/s

Power Mac 9500/120: ATI PCI card 17 MB/s, Radius Thunder 30/1600 PCI card 4 MB/s

Power Mac 8100/80: Built-in VRAM 18 MB/s, DRAM 17 MB/s, "Built-in AV" 15 MB/s

Power Mac 7100/66 (w AV, secondary cache): Built-In VRAM 17 MB/s, DRAM 13 MB/s.

Workgroup Server 6150/66: Built-In DRAM 16 MB/s.

Power Mac 6100/60AV (w secondary cache): Built-in VRAM 12 MB/s, DRAM 15 MB/s

Quadra 840av: Built-in 12 MB/s, NuBus 9 MB/s

Quadra 630: Built-in 12 MB/s

Quadra 950: Built-in 11 MB/s, NuBus 5 MB/s

LC 475: Built-in 10.6 MB/s

Centris 660AV: Built-in 10.2 MB/s

Quadra 660AV: Built-in 9.6 MB/s

Quadra 900: Built-in 9.5 MB/s, NuBus 5.5 MB/s

Centris 610: Built-in 9 MB/s

Centris 650: Built-in 5.8 MB/s

LC III: Built-in 5.8 MB/s

IICI: Built-in 5.5 MB/s, NuBus 3.7 MB/s

II with Rocket 68040 accelerator: NuBus 4.0 MB/s
 PowerBook 520/540: 3.6 MB/s
 IIfx: NuBus 3.0 MB/s (8·24GC "acceleration"
 reduces it 1.5 MB/s)
 PowerBook 160: Built-in LCD screen and video
 port 3.0 MB/s
 IICx: NuBus 2.7 MB/s
 II: NuBus 2.7 MB/s
 LC II: Built-in 2 MB/s
 PowerBook 170: Built-in LCD screen 1.6 MB/s,
 SCSI Radius PowerView 1 MB/s
 Classic: Built-in 1.7 MB/s
 Classic II: Built-in 1.4 MB/s
 SE: Built-in 0.9 MB/s
 Plus: Built-in 0.6 MB/s
 * The quoted rate is the best, across all pixel depths
 and across CopyBits and CopyBitsQuickly,
 which are usually within +/-20% of each
 other. CopyBits, being part of QuickDraw,
 always runs native.

5. Mac でない人のための VTB

VTB には、以下のユーティリティプログラムのソースコードも含まれている：輝度の制御、統計関係のプログラム (ex. サンプルを与

えると二項分布を使って信頼区間を返す Binomial.c) , 最尤法でモデル・フィッティングするアルゴリズム, 変数の定義だけを書いたファイルを実行時に読み込んで利用するプログラム。これらは, Macintosh でしか使えないというようなものではない。他の機種を使っているユーザも入手してみる価値はあると思われる。

謝辞：文部省の科学研究費補助金総合研究 (A) #06301011 (代表者：河内十郎) から補助を受けた。

文 献

- 1) D. G. Pelli and L. Zhang: Accurate control of contrast on microcomputer displays. *Vision Research*, 31, 1337-1360, 1991.
- 2) J. A. Solomon and D. G. Pelli: The visual filter mediating letter identification. *Nature*, 369, 395-397, 1994.
- 3) J. S. Mansfield and G. E. Legge: The binocular computation of visual direction. *Vision Research*, 36, 27-41, 1996.
- 4) W. J. Braje, B. S. Tjan and G. E. Legge: Human efficiency for recognizing and detecting low-pass filtered objects. *Vision Research*, 35, 2955-2966, 1995.