

## 視覚研究のための実験環境： Director による視覚実験の制御

河本 健一郎

東京工芸大学 工学部 光工学科

〒243-02 厚木市飯山 1583

### 1. はじめに

#### 1.1 視覚実験におけるプログラミング環境

近年、コンピュータにグラフィックを主体とした GUI (Graphic User Interface) が多く用いられるようになった。視覚の優れた情報伝達作用に支えられた、マウス操作を基本としたインターフェイスは、従来のコマンドラインによる操作より、簡単かつ対話的に操作することができる。一方、高度に発達したコンピュータ環境下のプログラミングは、簡単になってきた操作に反比例するように、複雑で難しいものとなってきている。現在はプログラミング言語として C 言語が主流となっているが、この言語はテキスト主体の記述であり、GUI の操作のように直感的にプログラミングを行うことは難しく、慣れていないと使用しにくい。視覚実験では専用のソフトウェアは皆無に等しく、測定者自身が作成することが多いが、C 言語以外に有効なプログラミング言語がないことや、さらに C 言語が、時空間的なパターンの表示や被験者の反応を収集するために使用される、グラフィックやシリアルポート等のデバイスの操作方法を標準化していないことなどが、視覚実験でのコンピュータの有効な利用を妨げている。

アプリケーション (Application:業務適応ソフトウェア) の中には、C 言語のような汎用性を持たないものの、プログラミングを行えるものもある。これらのアプリケーションは、GUI により初心者でもある程度使用できること、特定の分野に対しては強力な機能を有すること、

より高度な機能拡張を C 言語等の言語にて記述できること、他のアプリケーションや異なるプラットフォーム間との互換性があることなどの特徴を持っている。本稿では、これらの特徴を持つアプリケーションの 1 つである Director について、概要・視覚実験への応用例・応用における注意を簡単に説明したい。

なお本稿は、著者が使用している機材の関係上、プラットフォームに Macintosh を使用することを前提としている。この点を御了承願いたい。

### 2. Director について

#### 2.1 Director の概要

Director は、もともと Macintosh 用のマルチメディア作成ソフトとして開発されたアプリケーションである。画像・音声などを取り込み、"Movie" というファイルを作成し再生できる。Movie という単語から想像されるように、主にアニメーション表示に用いられることが多いため、表示のみしかできないような印象があるが、特に拡張機能を追加しなくても、画像・音声の出力はもちろんのこと、スクリプトによって対話的な操作やファイル入出力、周辺機器の制御など、ほとんどのコンピュータの機能を使用できる。したがって Director は、動画を表示するためのアプリケーションと言うよりは、動画を含めたグラフィックの扱いに強い、汎用プログラミング言語のようなアプリケーションといえる。

操作は GUI (図 1) が取り入れられており、比

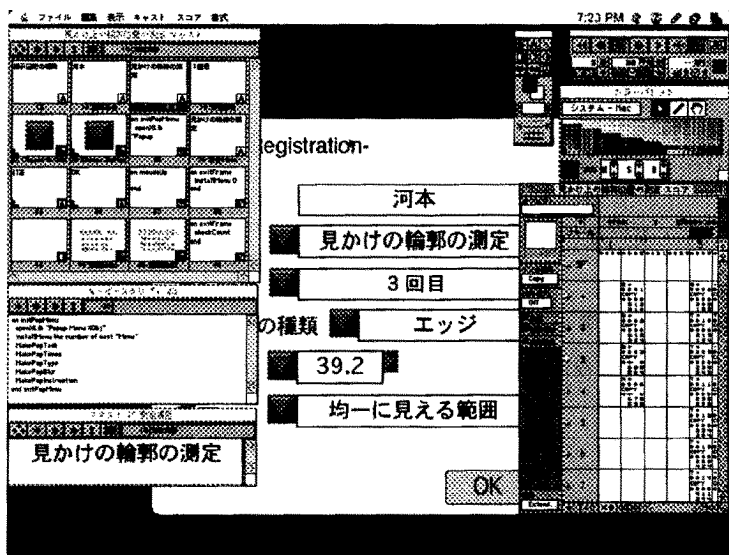


図1 DirectorのGUI. 筆者の測定Movieより.

する過程では、スクリプト等のテキストによる記述は一切必要ない。この後に、「ボタン」といわれるスイッチや、「Lingo」と名付けられたスクリプトを記述することにより、対話的なMovieは完成する。Lingo自体は、オブジェクト指向型の完全なプログラミング言語としての機能があり、「XObject」と呼ばれる拡張機能を併用することにより、他のアプリケーションとのリンクやデバイス

較的簡単である。画像・音声・テキストなどのデータを、スコアと呼ばれるフレーム制御用の時間軸に drag & drop で配置すると、音声付きのいわゆる Movie は完成する。この動画を作成

の制御を行うことができる。

'94年にバージョンが4.0になり、高速化と共に大幅に機能が強化された。さらに現在ではWindows用も発売されており、2つのプラットフォーム

表1 Directorのスペック

名称	Macromedia Director 4.0J for Macintosh
動作環境	68030以上のCPUを搭載したMacintosh
システム	漢字Talk7 (System 7.0) 以上
アプリケーションRAM	4MB以上 (8MB以上推奨)
必須ソフトウェア	QuickTime
入手法	市販ソフト
マニュアル	添付/チュートリアル付属
仕様	
動画表示	最高60 [Frames/s] (システムに依存)
階調度	最高RGB各8 [bit] 256色以下はカラーパレット (ルックアップテーブル) をサポート
画面数	ソフトウェア上は無制限
最小時間単位	1/60 [s]
取り込み画像	PICT/PICS/QT Movie
取り込み音声	システムサウンド/AIFF
プログラミング	独自のスクリプト (Lingo) をサポート HyperCardとのリンク・XObject Developer's KitsによるC言語使用も可能
操作可能なデバイス	標準で、モニタ/ADB (キーボード・マウス等) 補助記憶装置/CD /PCM音源/シリアルポート/マイク など 他は、XObjectにより拡張可能

フォーム間でデータの互換性を持つ。

## 2.2 Director の基本的スペック

Director の基本的スペックを表1に示す。Director を使用することにより、コンピュータのかなりの機能を使用できることが御理解頂けるだろう。

## 2.3 Director の構成

Director を使用する前に理解が必要な点を以下に示す。

・データの扱い...画像・音声・テキストなどのデータは、「キャスト」という最小単位で扱われる。スクリプト・カラーパレット情報もキャストとなる。キャストの内容は「キャストウインドウ」(図2)という一覧表に表示される。このウインドウはGUIとなっていて、画像等の配置は、キャストウインドウから「ステージ」と呼ばれる表示画面や後述する「スコア」へ、drag & drop および copy & paste で行えるため、基本的にスクリプトによる記述は必要ない。これらのデータはDirector 本体に付属する、簡単な画像作成ツールや音声取り込みツールでも作成できるが、これらのツールは一般に普及している専用のアプリケーションに比べると機能が限られている。また、視覚実験に使用するような正弦波パターン等を作成することは困難である。したがって、専用アプリケーション作成した表1に示したフォーマットでデータを読み込み Director 上で使用の方が一般的である。

・スコア...Director では各フレームごとに画像48チャンネル・音声2チャンネルを使用でき

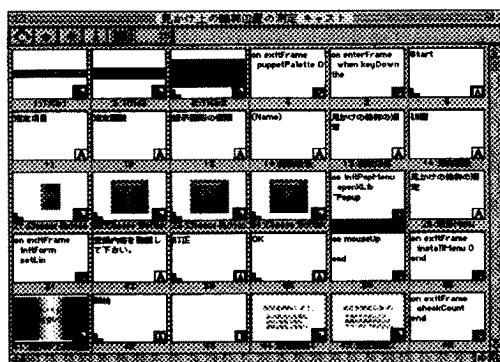


図2 キャストウインドウ

る。フレームタイミング・カラーパレット・スクリプトなども各フレームごとに設定できる。スコアはこれらのデータの配置・位置・重ね合わせなどの情報を時間軸に沿って、チャンネルごとに「スプライト」という単位で表示する。このスコアも GUI になっており(図3)、Movie 作成時にはマウス操作だけでデータの配置は完了する。スコアにしたがって動画を再生するだけならば、後述するスクリプトの記述は一切必要ないが、スクリプトを記述・配置することで、ループ・ジャンプ・再生停止などの進行の操作やフレームに応じたスクリプトの呼び出しが行える。

・スクリプト...Director を単なる動画作成・表示アプリケーションとしてではなく、プレゼンテーションや視覚実験にも応用できるアプリケーションとして使用するためには、「Lingo」と呼ばれるスクリプトを使用しなければならない。スクリプトを使用することにより Movie に以下のような制御性を加えることができる。

- ・進行の制御
- ・インタラクティブ性
- ・画像の変形・移動
- ・テキストの操作
- ・音声の制御
- ・ファイルの操作

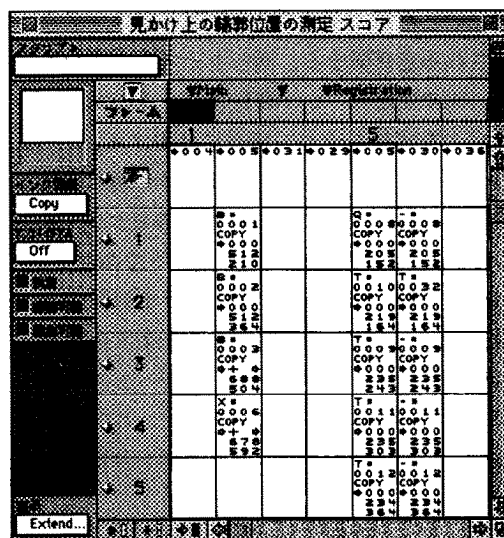


図3 スコアウインドウ

- ・GUIの作成
- ・各種数学関数による数値演算
- ・デバイスの制御

このスクリプトはオブジェクト指向型で、「ハンドラ」とよばれるC言語の関数のような形で記述する。このハンドラをスコアや画像・ボタンキャストに記述して使用する。

ハンドラは下記の「イベント」に応じて実行される。

- ・再生位置がフレームに入った・  
抜け出した。
- ・マウスボタン・キーが  
クリックされた・離された。
- ・ムービーが開始した・終了した。
- ・再生中にイベントが生じなかった。
- ・指定のイベントが生じる前に  
指定の時間が過ぎた (timeout)。

Director のスクリプトは以下のように、実行方法によって分けられる。

- ・スコアスクリプト...スコアに記述され再生フレームに応じて実行される。
- ・キャストスクリプト...グラフィックのキャストごとに記述され、キャストをマウスでクリックしたりすると実行される。キャストが表示されている場合のみ有効である。
- ・スプライトスクリプト...スコアスクリプトと機能は同じだが、キャストを配置したスコアに記述される点異なる。同一キャストを複数のフレームで使用し、かつ特定フレームのみでスクリプトを実行させたい場合に使用する。
- ・ムービースクリプト...再生フレーム位置に関係なく実行されるスクリプトや、前記のスクリプトから呼び出され実行されるスクリプトである。

Lingo では一般的に、全体の進行を制御するC言語の main 関数に相当するようなスクリプトは使用しない。イベントにしたがってハンドラが呼び出され、処理が進んでいく。したがって Movie の進行に沿った、スクリプト全体のリストも存在しない。

スクリプト自体はコンパイルされるが、実行方法はインタプリタを使用した BASIC に似て

いる。エラーはスクリプトの実行中に発見され、エラーの場合スクリプトは停止する。

#### ・XObject

Director の拡張を行うためのソフトウェアである。このオブジェクトを用いることにより、他のソフトウェアとのリンクや標準では扱えないデバイスが扱えるようになる。いくつかの XObject は Director アプリケーション本体に組み込まれているが、その他の XObject はファイルの形で供給されている。ファイルの中身は Lingo から使用できるソースリソース (XCOD) であり、ユーザーは各ディベロッパーから供給された XObject を Lingo から呼び出し、各種機能を使用することができる。また、XObject Developer's Kits を使用することにより、XObject を作成し Director の機能拡張を作成者自ら図ることもできるが、XObject の作成には C言語と各プラットフォームに関する知識が必要である。

### 3. Directorを使用した視覚実験：アイマークレコーダーを使用した測定を例に

#### 3.1 実験について

次に Director を使用した視覚実験の例を紹介する。これは著者が所属する研究室で、'94~'95 年にかけて、当時卒研生であった吉田隆之の卒業研究として行われた測定である。目的は、操作しやすい GUI 環境を検討するために、マウス操作と眼球運動との関連を測定することであった。著者はこの研究で主にソフトウェアを担当し、Director によるプログラミングも行った。

一般的に眼球運動を測定する場合、刺激提示用のコンピュータとは別に、アイマークレコーダー (以下 EMR を略す) に専用のコンピュータを接続し、解析は専用の解析ソフトウェアで行ったり、眼球運動はビデオに録画し、後にモニター上で定性的な解析を行うことが多い。しかし著者が手掛けた測定では、これらの方法では不都合があった。測定はアイカメラをつけた被験者が、CRT 上の GUI のウィンドウを模した指標のクリックングエリアを、マウスカーソ

ルを移動させてクリックするというもので、指標はクリックすると CRT 画面内の他の場所に移動し、タスクが繰り返されるものであった。解析には、両眼の眼球運動や測定中のマウスの軌跡、操作性を検討する尺度となる作業時間を測定する必要があったので、指標の提示とマウスの軌跡、EMR のデータ記録は、正確に同期をとる必要があった。したがって2台のコンピュータを使用しなければならない上記の方法では同期は困難であったし、また、解析に関しても眼球運動のデータの補正や軌跡の表示、作業時間の表示を効率的に行えるソフトウェアはなかった。そこで、これらの測定の処理を1台のコンピュータですべて行えないかと考え Director の使用に至ったわけである。Director といくつかのサブソフトウェアを使用することにより、これらの問題は比較的簡単に解決できた。

測定に関する Director に関連したデータは表 2 に示す通りである。

### 3.2 測定プログラムの作成手順

Director による視覚実験プログラムの作成手順を、実際行った作成手順に沿って以下に示す。Director 独特のプログラミング方法が御理解頂けるだろう。特徴は、Director は画像表示・イベント管理などについては優れた機能を発揮するが、C 言語等に比べると、汎用性やテ

キスト主体の処理、速度の面では劣り、それを補うためには、サブソフトウェアの利用が必要であることである。

#### ・提示図形の作成

ウィンドウを模した図形は、Photoshop で作成した。付属のエディタでも作成できたが、大きさを揃えたり・階調を設定したりする作業は、専用アプリケーションの方が便利である。

#### ・データの取り込み

提示図形は、PICT ファイルとして取り込み、マウスの操作によって表示順にスコアに配置した。この段階ではスクリプトはまだ使用していない。これは GUI を持つアプリケーションの強みといえる。

#### ・進行を制御するスクリプトの付加

提示図形をクリックすると測定が進むように、キャストにスクリプトを記述する。

#### ・EMR ドライバーの作成

NAC 社製 EMR-V の場合、制御用シリアルポートを介して、制御コマンドや測定データをやり取りできる。その仕様にしたがって Lingo によるプログラミングを行う。このドライバーによって EMR の初期化・測定開始の合図・データの転送・エラーチェックなどの制御がコンピュータから可能となる。

#### ・同期信号の付加

コンピュータと EMR の測定時間の同期をとる

表 2 本稿で紹介する測定の諸データ

Director の使用目的	測定画面表示・EMR 制御・各種測定データの記録・出力
使用機材	
コンピュータ	Macintosh Quadra950 (RAM76MB)
指標提示用 CRT	東京特殊電線製 20" CRT (CDT2034A-2A)
EMR (アイカメラ)	NAC 社製 EMR-V
(データ出力ユニット)	NAC 社製 V-99
	(Mac と EMR はシリアル接続)
使用ソフトウェア	Macromedia Director 4.0J
サブソフトウェア	Adobe Photoshop 3.0J (提示図形作成用)
	Microsoft Excel V.5.0・Wolfram Research Mathematica 2.2
	(データ解析用)
	ガンマコントロールパネル (表示階調調整用)

ために Cue 信号を付加する。測定時、コンピュータは時間軸に対応したマウскарソルの座標の取り込みを行っている。一方 EMR 側では、時間軸に対応した注視点座標の取り込みを行っている。注視点のデータは、測定終了後にシリアルポートを介してコンピュータに転送され処理されるが、これら2つの測定データのサンプリング間隔が異なるために、解析上時間軸を揃える信号を付加する必要がある、これを Cue 信号という。コンピュータの音声出力から特定周波数の正弦波を、EMR のデータプロセスユニットの AUX IN 端子に入力することにより発生し、EMR では Cue 信号が入力されている間、測定データにコードメッセージであるキャラクタを付加する。解析時はこれを基に時間軸を合わせたりタスクの終了を判断したりする。Cue 信号の音声は、Mathematica で作成し、Director に cut & paste で取り込んだ。スクリプトで提示図形をクリックされたときにこの Cue 信号の音声が発生するようにし、時間軸の調整と各タスクの区切りを判断できるようにした。

・サブソフトウェアによる解析プログラムの作成  
解析に Director を使用することは残念ながら

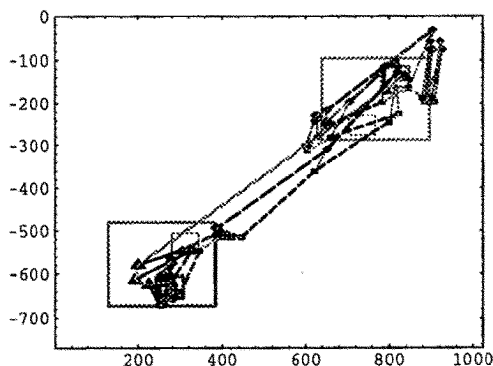


図4 Mathematicaによる測定結果表示例。左右の眼球運動の軌跡(点線)とマウскарソルの軌跡(実線)および提示図形(移動前:薄い実線,移動後:濃い実線)で表示した。蛇足だが、Mathematicaは数学のための汎用アプリケーションであるが、強力なグラフィック作成機能も有しており、しかもEPSやPICT等の形式で出力できるため、解析から書類用の作表までを効率的に行うことができる。

難しい。これは Director というアプリケーションの性格を考えると当然のことかもしれないが、短所として捕らえれば汎用性が低いことになる。スクリプトは、取り込んだ画像データを変形したり移動させたりという操作は得意とするが、C言語等でグラフィックを扱う場合のように、スクリプトによって線を引いたり色を塗ったりする機能は持っていないため、グラフ・表の作成は困難である。また、数値演算では、専用のアプリケーションを使用した方が処理速度も速く、データの利用もしやすい。この測定では、作業時間の集計を Excel で、また、眼球運動とマウスの軌跡の表示を Mathematica で行った(図4)。Director ではデータの処理を、解析アプリケーションが読み込める CSV (TEXT形式で数値をカンマで区切った形式)形式への変換だけ行い、XObject を使用してファイルとして書き出した。解析プログラムでは、測定時の EMR のずれを修正したり、同期信号の付加処理におけるタイムラグを補正したりする必要がある。

#### 4. おわりに

以上のように、Director を核とした視覚測定環境のプログラミングは、今までのテキストを主体としたC言語等を使用したものとは、かなりの相違点がある。したがって、すでにC言語等でプログラミングをされていて、その処理速度や汎用性を十分に発揮させる能力がある方にとっては、もしかするとあまり魅力的なものではないかもしれない。しかし、現在の大半のユーザーはアプリケーションを主に使用し、プログラミング言語を使用したプログラミングには慣れていない。実は著者も現在の Macintosh プラットフォーム環境下ではC言語等によるプログラミングをしたことがない。今回紹介した Director は、著者も含むこのようなユーザーにとっては、視覚測定のための優れたツールの一つであるといえる。

本稿では、Director の概要・視覚実験への応用例を簡単に紹介してきた。したがって、割愛

させて頂いた項目もあり、特に、Director の操作方法や、スクリプトの具体的な記述方法には触れていない。これらは以下に示す文献等に詳しく説明されているのでそちらを参照されたい。

最後に、著者はコンピュータに関して専門ではないため、本稿の内容に不適切な点もあるかと思われるが、御容赦とともに御指摘をお願い申しあげるとともに、このような発表の場を与えて下さった皆様への感謝を示し結びとしたい。

#### 補遺 1. Director を使用する際の参考文献等

Director のパッケージに付属しているマニュアルを紹介する。Director を使用するにあたって、必要かつ十分な内容となっており、本稿で紹介した測定程度の内容ならば、他に文献は必要としないだろう。

- 1) J. Schwamberger: Director 入門ガイド Version 4.
- 2) J. Schwamberger and R. Foster: Director 操作ガイド Version 4.
- 3) J. Schmitz: Lingo 操作ガイド Version 4.
- 4) J. Thompson: Lingo 辞書 Version 4.
- 5) R. Foster: 上級テクニック集 Version 4.

文献<sup>1)</sup>は入門に適しており、パッケージに付属するサンプルムービーを実行させながら Director を修得できる。文献<sup>2)</sup>はリファレンスであり、実際の Movie 作成に役立つ。文献<sup>3)</sup>には他のプラットフォームとの互換性などの情報が記載されている。

また、Director の情報は、インターネットの WWW (World Wide Web) でも得ることができる。これらの情報は、使い方に関するものから、Lingo、XObject の配布、バグ情報など幅広い。マニュアルに説明されていないことで問題が生じた場合、以下に示すアドレスを参照されると良い。

Welcome to Macromedia !

<http://www.macromedia.com/>

Director Web

<http://www.dist.maricopa.edu/director/index.html>

updateStage

<http://www.xensei.com/usrs/gcm/>

これらのホームページからは、以上に紹介していない Director 関係のページへリンクも張っており、更新頻度も高いため、有用で最新の情報を得ることができる。但し、WWW の性格上、サービスが打ち切られる場合があることを御了承願いたい。紹介したページは'95年11月現在のものである。

#### 補遺 2. ハードウェア上の注意事項

本文中では触れなかった、Director とは直接には関係ないが、紹介したような視覚実験を行う場合に、ハードウェア上問題となりやすい点について述べる。

##### 補遺 2.1 Macintosh と周辺機器との接続

本稿で紹介した視覚実験では、周辺機器の制御を Macintosh で行っている。Macintosh は周辺機器を制御するポートとして、SCSI・シリアルポート (RS-422) を装備しているが、広く使用されている EMR など、PC98 などでの使用を前提に、GP-IB や RS-232 を装備している。紹介した測定においては、Mac 用の解析ソフトはおろか接続ケーブルすら用意されていなかったため、ケーブル・ドライバなどを自作したのだが、このように視覚測定を Macintosh で行う際、この接続方法が問題となりやすい。

##### ・ケーブルの作成

接続は、シリアルポート (RS-232/RS-422) を介して行った。各コネクタピンの接続を図 5 に示す。送信・受信・アースのみを結ぶ、シリ

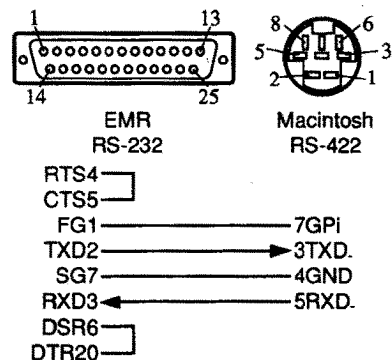


図 5 シリアルポートのコネクタピンの配置と結線

アルポートの接続では一番簡単な方法である。

- ・シリアルポートの設定
  - ・ボーレート: 9600 [bps]
  - ・ストップビット長: 2 [bit]
  - ・データ長: 8 [bit]
  - ・パリティ/Xパラメータ制御: なし

Macintosh 側のボーレートは 9600 [bps] よりも速く設定することができるが、EMR 側が対応していないため、9600 [bps] とした。機器同士のパラメータの設定が同じであっても、ストップビット長やパリティチェックの設定によっては、うまく作動しないことがあったので、もしシリアルポートで周辺機器を制御される場合は、様々な設定を試してみる必要がある。

- ・ドライバー  
ドライバー作成時に接続方法を考慮しない

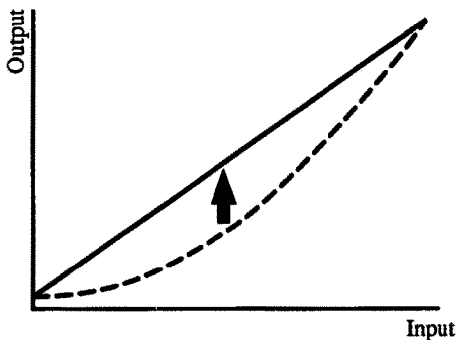


図6 入力に対するCRT出力応答の模式図。実線：線形応答，破線：一般的な非線形応答。

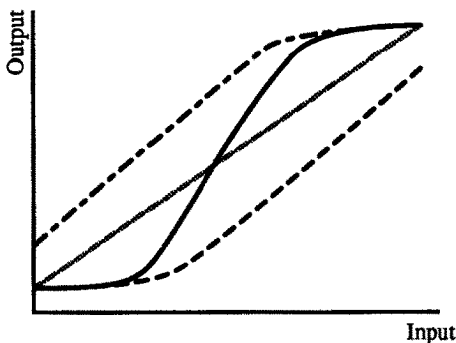


図7 CRTの調整不良状態における応答の模式図。線形応答（薄い実線）に対して、濃い実線：コントラスト調整の不良（高すぎ）、破線：暗すぎ、一点鎖線：明るすぎ。

と、思わぬトラブルが生じる。前述した接続方法の場合、データ転送における機器間の同期をとることができない、いわゆるデータの垂れ流しの状態でデータを転送している。したがって、データ送受信は周辺機器の処理速度を考慮し余裕を持って行わなければならない。送受信の前にはバッファをクリアする、複数のコマンドを同一の周辺機器に送る場合はコマンド間にウェイトを置く、周辺機器の動作状態を示す返値がある場合には必ず参照するなどの配慮が必要である。処理能力を超えた場合、データの欠落・周辺機器の制御不能などのトラブルが生じる。

## 補遺2.2 CRTの階調調整

コンピュータで指標を提示する場合、正確な階調を得るためには、CRTの応答を知る必要がある。人間の視覚は、明度に対して一般的にWeber-Fechnerの法則に従う。これに対応してCRTの階調は、見えの明るさが出力に対して等間隔になるように、一般的には入力に対して図6の点線で示されたような非線形となっている。しかし、コンピュータで正確な輝度勾配を表示したい場合など、コンピュータの階調度に応じて出力される輝度が線形に回答した方が便利な場合もある。

この目的のために著者は測定で、非線形であるCRTの応答を線形に修正することができる。Adobe Photoshopに付属していたガンマコントロールパネルを使用した。もともとはガンマ値を補正してCRT上のイメージと印刷物上のイメージをマッチングさせるものであるが、輝度計を併用することによりCRTの線形応答を得ることができる。

また、明るさ・コントラストの調整がうまく行われず、応答にサチュレーションが生じてしまうことがある。この場合は、CRTの明るさ・コントラスト調整スイッチを操作し、線形な応答が得られるようにする。図7に参考として、各調整不良の状態における応答を示す。