

サブフレーム点灯制御方式による連珠状 LED ディスプレイ

谷脇 史高[†] 山岡 大祐[†] 矢野 政顕[†]

[†]高知工科大学 大学院 工学研究科 電子・光システム工学コース

〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町宮ノ口 185

E-mail: {085307v,095321v}@gs.kochi-tech.ac.jp

あらまし 本稿ではフルカラーLED を連ねて実装し、柔軟な表示画面の構成を可能とする LED ディスプレイを提案する。従来の LED ディスプレイがマトリクス状に配置した LED を、行および列駆動回路によって点灯していたのに対して、本提案の LED ディスプレイは点灯制御データをサブフレーム毎にシリアルに転送するため、制御線が少ないことを特徴としている。このためルミチューブのような透明なチューブに LED を連ねて実装し、極めて柔軟性の高い表示画面を実現することも可能となる。

キーワード LED ディスプレイ、サブフレーム点灯制御方式

A LED Display with Serial Control of Sub-frame Lighting Data

Fumitaka TANIWAKI[†] Daisuke YAMAOKA[†] and Seiken YANO[†]

[†]Electronic and Photonic Systems Engineering Course Kochi University of Technology

185 Miyanakuti, Tosayamadachou, Kami-gun, Kochi, 782-8502 Japan

E-mail: {085307v,095321v}@gs.kochi-tech.ac.jp

Abstract This paper proposes a LED display which consists of full-color LEDs in a line to construct a flexible display screen. Comparing to existing LED displays which adopt row and column drivers to light on LEDs, the proposed LED display uses serial transmission of the sub-frame lighting data and features a small number of control signals. This allows full-color LEDs to be packaged in a transparent tube like LUMITUBE and to construct a very flexible display screen.

Keyword LED display, Serial control of sub-frame lighting data

1. はじめに

フルカラーLED の出現で屋外のディスプレイのシユアは、長寿命・低消費電力の点から LED ディスプレイに移行している。従来の LED ディスプレイでは、LED が行列状に配置され、画面を行と列の 2 方向から点灯制御している。すなわち、最初に行方向の制御信号で行を選択し、次に列方向の制御信号で選択された行の点灯制御を行っている。この制御方式は、LED が行列状に配置され多数の制御信号を必要とするため画面構成については柔軟性にかけている。本稿では、フルカラーLED を連ねて実装し、柔軟な表示画面の構成が可能な LED ディスプレイを提案する。本提案の LED ディスプレイでは、点灯制御データをサブフレーム毎にシリアルに転送するため、制御信号が少ないことを特徴としている。このためルミチューブのような透明なチューブに LED を実装すれば、極めて柔軟性の高いディスプレイ画面などの実現も可能となる[1],[2]。

2. 連珠状 LED ディスプレイ

2.1. 従来の LED ディスプレイ

従来の LED ディスプレイの例として、LED を 16×16 のマトリクス状に配置したモジュールについて説明する(図 1)。図 1 は単色 LED ディスプレイについて示したものであるがこのモジュールを複数個つなげていくことでディスプレイの大型化を、またこのモジュールを RGB 分重ねることでフルカラー表示を可能としている。

点灯制御レジスタは 8 ビットの輝度データを保持する 16 個のレジスタで構成されており、右側から入力された 8 ビット輝度データを左へシフトしていくシフトレジスタとなっている。モジュール上の LED ランプは行ごとにグループ分けされ、行ごとに制御される。この行を選択するために行選択回路があり、回路はリングカウンタで構成されている。8 ビットカウンタと比

較回路はLEDの点灯時間を制御するもので、カウンタの値と点灯制御レジスタに格納されている輝度データが一致するまで、対応するLEDを点灯させる。

このモジュールの動作を説明する。初めに、点灯制御レジスタに、画像生成装置などにより生成された8ビットの輝度データをシフト入力していく。一行(16個)分の輝度データが格納されると、次に行選択回路で点灯させる行グループを選択する。続いて、8ビットカウンタを動作させ、比較回路によって点灯制御レジスタに格納されているデータと一致するまで対応するLEDを点灯させる。8ビットカウンタが最後までカウントすると、また新たな輝度データが点灯制御レジスタにシフト入力されていく。この動作を繰り返して1秒間に30フレーム以上の速度で表示していく。

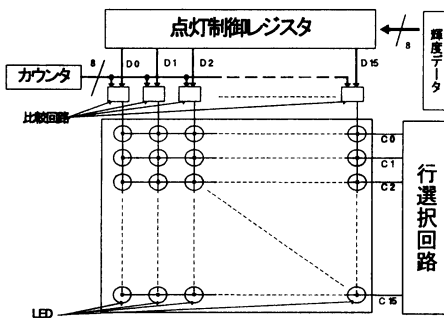


図1 従来のLEDディスプレイの制御

2.2. 連珠状LEDディスプレイ

連珠状LEDディスプレイは極めて柔軟性の高い表示画面を実現することを目標としている。これは、フルカラーLEDをルミチューブのように透明なチューブで連ねることで、矩形は無論のこと、例えば球のオブジェクトにまきつければ球形のディスプレイへと、必要に応じて自由な表示画面を構成できることである。

このような連珠状LEDディスプレイを実現するには、できるだけ少数で一方向の配線のみでモジュールを実現する必要がある。従来方式で説明した制御方式を用いて、これを実現しようとする以下のような問題が生ずる。例えば、図2のようにLEDを線上に並べ替え、連珠状LEDディスプレイを製作したとする。この場合、4cmピッチで256個のLEDを連ねると、ドライバとLED間の配線の最大長は10mとなり、駆動できる長さの限界を超えてしまう。また、配線数は少なくとも32本必要で、フルカラーであればその3倍の配線数となり、好ましくない。このため配線長が短く配線数が少ない、新たな連珠状LEDディスプレイの制御方式が必要となる。そこで、サブフレーム点灯制御方式を用いて連珠状LEDディスプレイを図3のように構

成し、一端に配置された制御回路から少数の信号線で駆動回路(ランプユニットの集まり)を制御する連珠状LEDディスプレイを提案する。

2.3. サブフレーム点灯制御方式

サブフレーム点灯制御方式では、8ビットの輝度データをビットの重み毎にサブフレームとし、サブフレーム毎の点灯時間を2倍する。したがって各サブフレームの点灯時間の比は1、2、4、8、...128となる。例えば輝度データ"00001010"の場合、図4に示すようにサブフレームS1、S3の時だけLEDを点灯し、2+8=10に相当する時間だけ点灯することになる[2]。サブフレーム制御方式の採用によって従来の制御方式で必要であった8ビットカウンタと比較器が不要となる。

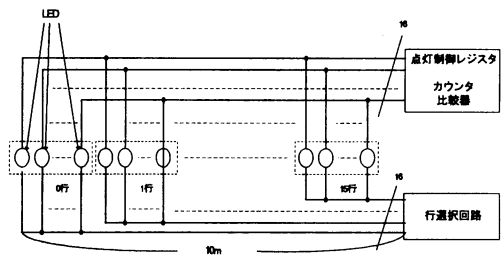


図2 従来の制御方式を用いて一方向配線

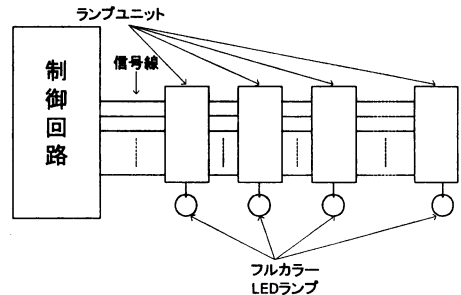


図3 連珠状LEDディスプレイの概要

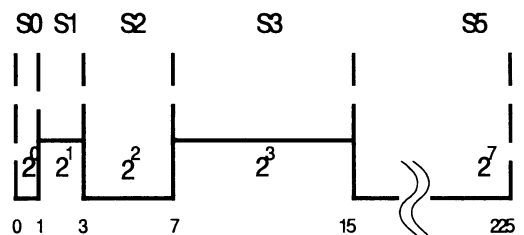


図4 サブフレーム点灯制御

2.4. 駆動回路

2.3節で述べたように、連珠状LEDディスプレイの

構成は制御回路と駆動回路にわけられる。駆動回路はフルカラーLED とそれに対応する点灯制御シフトレジスタ、選択シフトレジスタから構成されるランプユニットを配置し、隣接しているランプユニット相互間を必要な信号線で結んだものである。連珠状LEDディスプレイでは、ランプユニットを4個連結したものを連珠状LEDモジュールと称し、これを図5に示す。この連珠状LEDモジュールを、さらに複数個連結しLEDディスプレイを構成する。

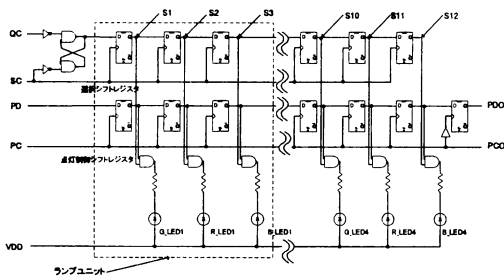


図5 連珠状LEDモジュール

2.5. 連珠状LEDディスプレイの動作

連珠状LEDディスプレイの動作を説明する。まず、全LEDの輝度データの1ビット目を、制御回路から点灯制御シフトレジスタに順次シフト入力する。サブフレーム点灯制御方式では、サブフレームごとに駆動回路にシフト入力する。点灯制御シフトレジスタにデータを格納し終わると、次に各モジュールの選択シフトレジスタにクロックを送り、「1」をシフトしていき、点灯制御シフトレジスタに「1」が格納されている場合、LEDを点灯する。すなわち、点灯制御シフトレジスタのあるレジスタに「1」が格納されており、かつそれに対応する選択シフトレジスタに「1」がシフトされてくると、次のレジスタに「1」をシフトするまでの期間LEDを点灯する。つまり、選択シフトレジスタに「1」が保持されている周期がLEDを点灯させる周期となる。選択シフトレジスタの全てのビットが「0」になると続いて、輝度データの2ビット目を点灯制御シフトレジスタにシフト入力する。以上の動作を繰り返していく。

点灯制御シフトレジスタを制御する信号線をPDI、PCIと称し、これにより上述のように輝度データを格納していく。また、選択シフトレジスタを制御する信号線をQCI、SCIと称する。QCIは選択シフトレジスタの最初のビットに「1」を入力するために必要であり、その後続くSCIにより「1」をシフトしていく。前述のように、SCIの周期がLEDの点灯周期となっている。QCI、SCIは全ての連珠状LEDモジュールに同時

に供給されるが、PDI、PCIは直列に供給されている。つまり、PDO、PCOを次段の連珠状LEDモジュールのPDI、PCIに接続されている。制御回路に求められる信号(QCI、SCI、PDI、PCI)を図6に示す。これは1サブフレーム分の点灯制御を示している。SCIの周期はホワイトバランスを保つため、G：R：B=3：2：1としている。また、輝度データ2ビット目はLEDの点灯周期を1ビット目の2倍にするため、SCIの周期を2倍とする。3ビット目は4倍とする。

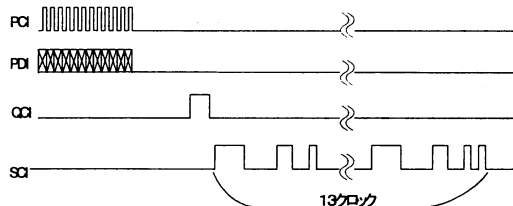


図6 輝度データ1ビット目の制御信号

3. 制御回路

制御回路は連珠状LEDディスプレイを動作させるために、2.5節で述べたような信号を出力する必要がある。これを達成するため、マイコン(H8マイコン)とハードウェア回路を用いて以下に示すような制御回路を設計した(図7)。マイコンは、パソコンから送られてくる輝度データを一度マイコン内メモリに格納し、その後ハードウェア回路内の輝度データメモリに書き込むためのものである。以下、各機能ブロックについて説明する。

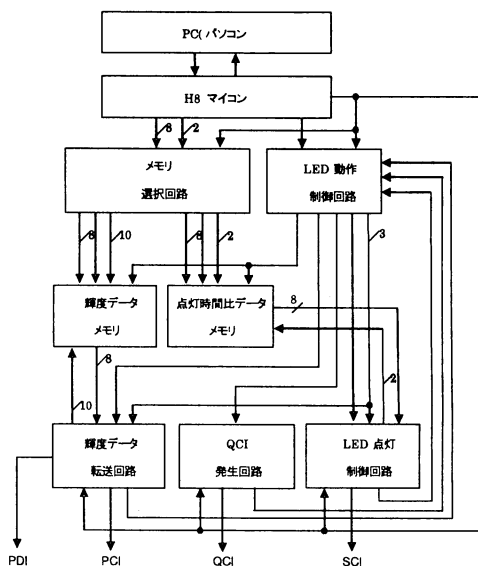


図7 制御回路の構成

3.1. メモリ選択回路

メモリ選択回路は、マイコンから送られてきたデータを識別し、輝度データメモリまたは点灯時間比データメモリに格納する回路である。メモリ選択回路のブロック図を図8に示す。入力信号のSCLK_Hはシステムクロック、RESETはリセット信号、RECEIVE_DATAはマイコンから受信したデータ、RECEIVE_IDは輝度データと点灯時間比データを識別する信号である。出力信号のWR_PD_DATA、WR_PD_CLK、WR_PD_ADDRESSは輝度データメモリへ送る信号であり、それぞれ順に、輝度データ、書き込みクロック、書き込みアドレスである。またWR_RGB_DATA、WR_RGB_CLK、WR_RGB_ADDRESSは点灯時間比データメモリへ送る信号であり、それぞれ順に、点灯時間比データ、書き込みクロック、書き込みアドレスである。

データ選択回路は、マイコンから送られてくる2ビットの識別信号(RECEIVE_ID)によりWR_PD_DATA、WR_PD_CLK、WR_RGB_DATA、WR_RGB_CLKを出力する。RECEIVE_IDが“01”の場合、WR_PD_DATAは8ビットのデータ(RECEIVE_DATA)を出力し、WR_PD_CLKは1パルスの信号を出力する。RECEIVE_IDが“10”の場合、WR_RGB_DATAは8ビットのデータ(RECEIVE_DATA)を出力し、WR_RGB_CLKは1パルスの信号を出力する。WR_PD_ADDRESSはWR_PD_CLKの立下りで0から767までのカウントアップを繰り返す10ビットカウンタの値となる。WR_RGB_ADDRESSはWR_RGB_CLKの信号の立下りで0から2までのカウントアップを繰り返す2ビットカウンタの値となる。

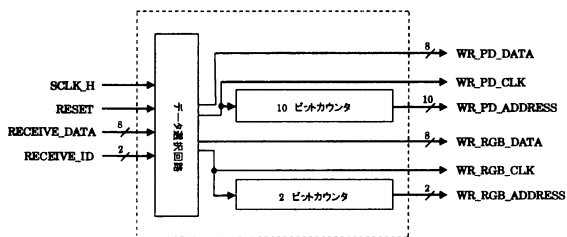


図8 メモリ選択回路のブロック図

3.2. LED動作制御回路

LED動作制御回路は、マイコンから送られてくる信号に従って、メモリのリード・ライトおよびLED点灯の動作を制御するための回路である。LED動作制御回路のブロック図を図9に示す。

リード・ライト切り替え回路は、マイコンからのスタート信号(H8_START)を受信すると、WR_RD_SIGを'1'とし、リセット信号(RESET)を受信すると、

WR_RD_SIGを'0'とする。WR_RD_SIGが'1'のとき、メモリはリード状態になり、WR_RD_SIGが'0'のとき、メモリはライト状態になる。

PC_PD_START出力回路は、マイコンからのスタート信号(H8_START)とLED点灯制御回路からの動作終了信号(SC_END)を受信すると、輝度データ転送回路へ動作開始信号(PC_PD_START)を出力する。QC_START出力回路は、輝度データ転送回路からの動作終了信号(PC_PD_END)を受信すると、QCI信号発生回路へ動作開始信号(QC_START)を出力する。SC_START出力回路は、QCI信号発生回路からの動作終了信号(QC_END)を受信すると、LED点灯制御回路へ動作開始信号(SC_START)を出力する。つまり、PC_PD_START、QC_START、SC_STARTの3つの信号により、輝度データ転送回路、QCI信号発生回路、LED点灯制御回路の順に動作するように制御している。

BIT_SELECT回路は、LED点灯制御回路からの動作終了信号(SC_END)により動作する3ビットカウンタである。これは、輝度データのサブフレームとLED点灯制御回路のクロックを選択するための回路である。

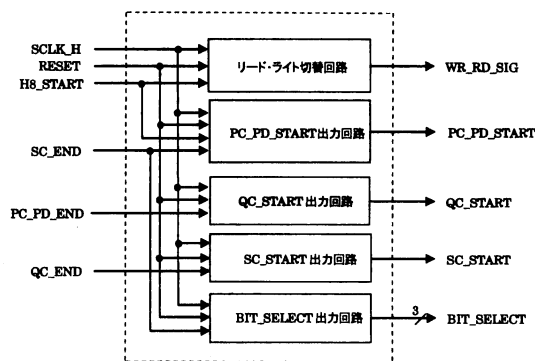


図9 LED動作制御回路のブロック図

3.3. 輝度データ転送回路

輝度データの転送方法は、図10に示すように輝度データのサブフレームを選択し、青、赤、緑の順にPCIの立ち下りに同期して、PDIから1ビットずつ出力する。これは、ランプユニットがPCIの立ち上がり同期して、輝度データを1ビットずつシフトするからである。この輝度データの転送方法を達成するために設計した回路が輝度データ転送回路である。輝度データ転送回路のブロック図を図11に示す。

11ビットカウンタは、LED動作制御回路からの動作開始信号(PC_PD_START)を受信すると、カウントを開始する。この時、11ビットカウンタの1ビット目をPCI、2ビット目から11ビット目までをリードメモリアドレス(RD_PD_ADDRESS)として出力する。

輝度データ選択回路は、LED 動作制御回路から動作開始信号(PC_PD_START)を受信すると、輝度データメモリから送られてくる輝度データ(PD_DATA)を格納する。その後、LED 動作制御回路から送られてくるBIT_SELECTによって、輝度データのサブフレームを選択し、PDI から出力する。

PC_PD_END 出力回路は、11 ビットカウンタの 2 ビット目から 11 ビット目のデータ (信号①) が 768 になった時に動作終了信号(PC_PD_END)を出力する。すなわち、1 サブフレーム分の輝度データを全て駆動回路側に送出した場合に出力される。

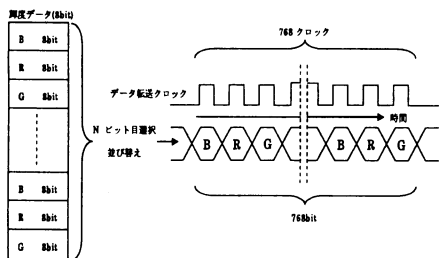


図 10 輝度データ転送方法

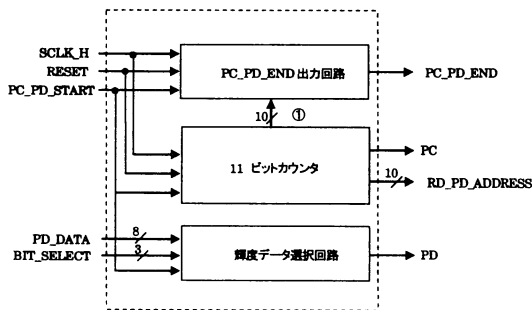


図 11 輝度データ転送回路のブロック図

3.4. QCI 発生回路

QCI 発生回路は、QCI を出力する回路である。QCI 信号発生回路のブロック図を図 12 に示す。この回路は 2 ビットのシフトレジスタで構成されており、LED 動作制御回路から動作開始信号(QC_START)を受信すると '1' を 1 つだけシフトしていく。この時、1 ビット目を QCI として、また 2 ビット目を動作終了信号(QC_END)として出力する。

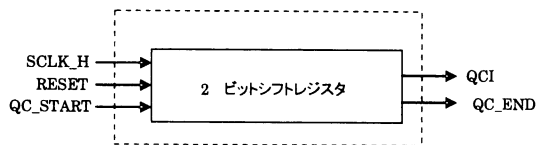


図 12 QCI 信号発生回路のブロック図

3.5. LED 点灯制御回路

LED 点灯制御法について説明する。各色の点灯時間を制御するには、SCI を制御すればよい。本研究で使用している LED の並びは、制御回路から近い順に緑、赤、青となっている。また、駆動回路は、12 個の LED (4 個のフルカラーLED) を 1 モジュールとし構成している。このため SCI は緑、赤、青を 4 回繰り返すための 12 パルスと、選択シフトレジスタの制御信号をすべて 0 にするための 1 パルスの計 13 パルスを必要とする。したがって、SCI は図 13 に示すようなパルス列となる。また、図 13 に示す SCI は、RGB 比を 2 : 3 : 1 とした時の 1 サブフレーム分を点灯するのに必要な出力である。図 13 のような出力を得るために設計した回路が LED 点灯制御回路である。LED 点灯制御回路のブロック図を図 14 に示す。

CLK 生成回路は、LED 動作制御回路から動作開始信号(SC_START)を受信すると、SCLK_H で CLK 生成回路内の 8 ビットカウンタを動作させ、BIT_SELECT でそのカウンタの何ビット目かを選択し、それを RGB 点灯時間比較回路のクロックとして出力する。この出力信号が①である。

RGB 点灯時間比較回路は、8 ビットカウンタと比較回路で構成されている。このカウンタは、CLK 生成回路から送られてくる信号①の立ち上がり同期してカウントする。そして、点灯時間メモリから送られてくる点灯時間データ(RGB_DATA)と 8 ビットカウンタを比較し、一致すると、SCI 出力回路、SCI 信号カウンタと RD_RGB_ADDRESS 出力回路に信号②を出力する。

RD_RGB_ADDRESS 出力回路は、2 ビットのカウンタで構成されており、RGB 点灯時間比較回路から信号②を受信すると、0 から 2 までカウントする。このカウンタ値を RD_RGB_ADDRESS として、点灯時間比較データメモリに出力する。点灯時間比較データメモリに格納されている RGB の点灯時間比データは RD_RGB_ADDRESS が 0 の場合 G、1 の場合 R、2 の場合 B というように読み出される。

SCI 信号カウンタは、4 ビットのカウンタで構成されており、RGB 点灯時間比較回路から送られてくる信号②に同期してカウントアップし、出力信号③を SC_END 出力回路へ送る。SCI 出力回路は、まず、LED 動作制御回路から動作開始信号 (SC_START) を受信すると SCI を 1 パルス出力する。次いで、RGB 点灯時間比較回路から信号②に同期して、12 パルス出力する。SC_END 出力回路は、SC 信号カウンタから送られてくる信号③が 13 になった時に動作終了信号(SC_END)を出力する。この信号は 1 サブフレーム分の LED の点灯を終えたことを知らせる信号である。

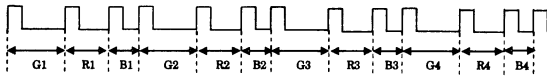


図 13 SCI

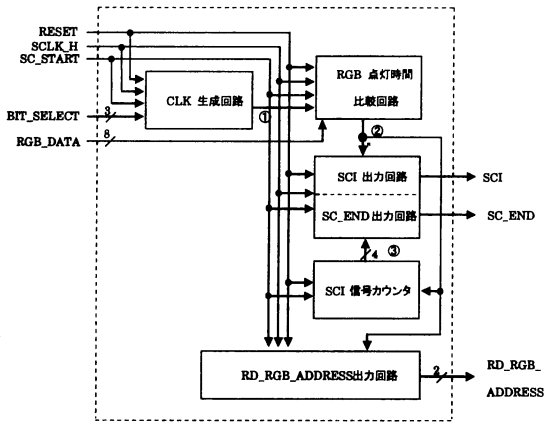


図 14 LED 点灯制御回路のブロック図

4. まとめ

以上の制御回路、駆動回路からなる連珠状 LED を設計、試作した。その結果シリアル点灯制御で LED の点灯制御が行えることが確認でき、連珠状 LED ディスプレイの実現可能性が確かめられた。今後はランプユニットの LSI 化を検討し、ルミチューブのような透明なチューブにフルカラー LED とランプユニットを実装した連珠状 LED ディスプレイを目指し、球面ディスプレイなどの柔軟な画面構成が可能な LED ディスプレイの実現を検討したい。

謝辞 本報告で試作した LED モジュールのフルカラー LED を提供いただいた日亜化学工業株式会社に感謝いたします。

文 献

- [1] 西田信夫, “大画面ディスプレイ,” 共立出版株式会社, 2002.
- [2] 松本正一, “電子ディスプレイ,” オーム社, 1995.
- [3] 高橋望, “LED ドット・マトリクス・ディスプレイ,” 光エレクトロニクスの基礎と活用法, pp.33-37, CQ 出版社, 1999.