

目次

第1章	はじめに	……………	2
第2章	構成	……………	3
	2. 1. 輝度ヒストグラムの生成	……………	4
	2. 2. 輝度ヒストグラム情報の特 徴抽出と適合判定		
	2. 3. 照明条件適応機構の検証	……………	6
第3章	照明条件適応機構の回路構成	……………	13
	3. 1. 輝度ヒストグラム生成回路	……………	14
	3. 1. 1. 動作原理	……………	14
	3. 1. 2. 回路構成	……………	15
	3. 1. 3. シミュレーション結果	……………	19
	3. 2. 特徴抽出と適合判定回路	……………	22
第4章	まとめ	……………	23
	謝辞	……………	24

第1章 はじめに

実世界の中での「目」を作るためには、視覚からの実世界の情報を実時間で処理しなければならない。視覚情報は一般に膨大であるために汎用の CPU などを使用して処理する場合かなり長い処理時間を必要とする。例えば、ロボットを制御するためのロボットビジョンなどは、視覚情報の処理速度に対する要求が厳しく高速に処理しなければならない。しかも、外界の環境変化に対して非常に敏感である。

これらの問題に対して、本研究では、照明条件に適応できるような学習適応アルゴリズムと、それに必要な高速に動作する回路構成について検討する。

第2章 構成

本研究では、まず実画像の各輝度値に対する画素数のヒストグラムを生成する。そして、それから特徴抽出し、前の時間に抽出したものと比較することで照明条件の変化を知り、より細かな処理の実行を決定する。図 1 に、時間パラメータ t を用いた構成の概略を示す。

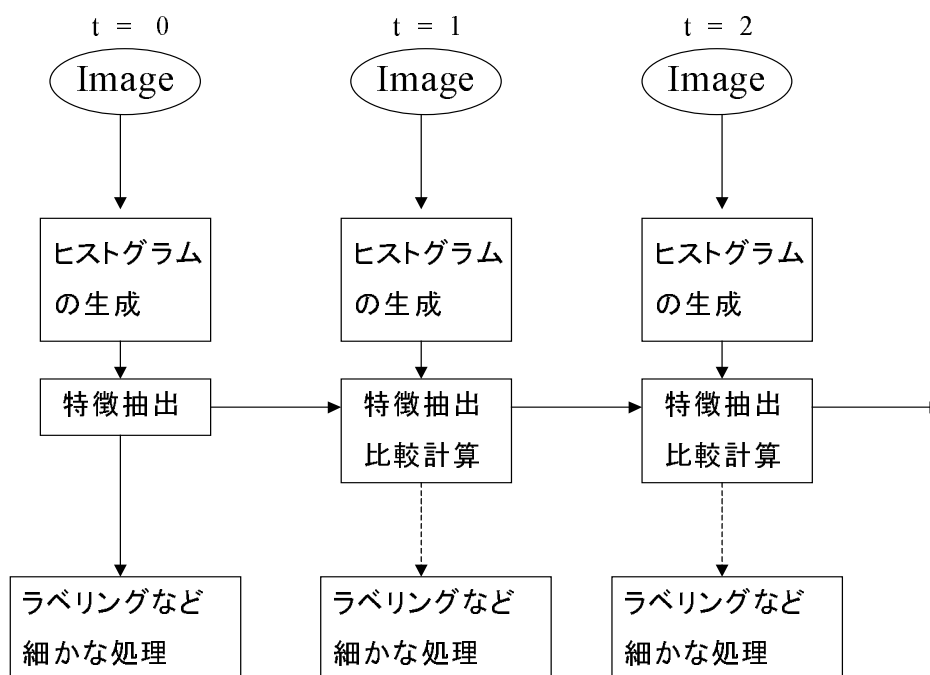


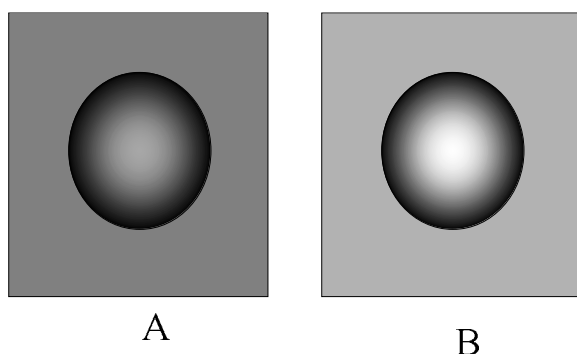
図1. システム構成

2. 1. 輝度ヒストグラムの生成

輝度値に対する画素数を求めた輝度ヒストグラムを生成する。

輝度ヒストグラムは照明条件の変化に対して形を保持したまま遷移する。これは、照明条件の変化によりヒストグラムの輝度値に対する分布域が変化するためである。

例えば、図2のような照明条件の違う白黒の画像A,Bがあり、



この画像の輝度ヒストグラムを求めると、図2のようになり、照明条件を明るく変化させると輝度値の高いほうへ引き伸ばされたように遷移し、暗く変化すると輝度値の低いほうへ押し縮められたように変化する。

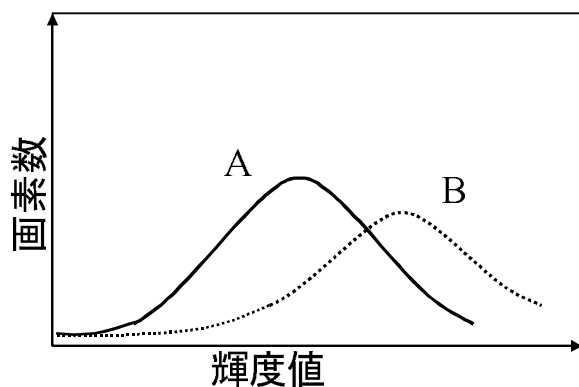


図2. ヒストグラム生成

2. 2. 輝度ヒストグラム情報の 特徴抽出と適合判定

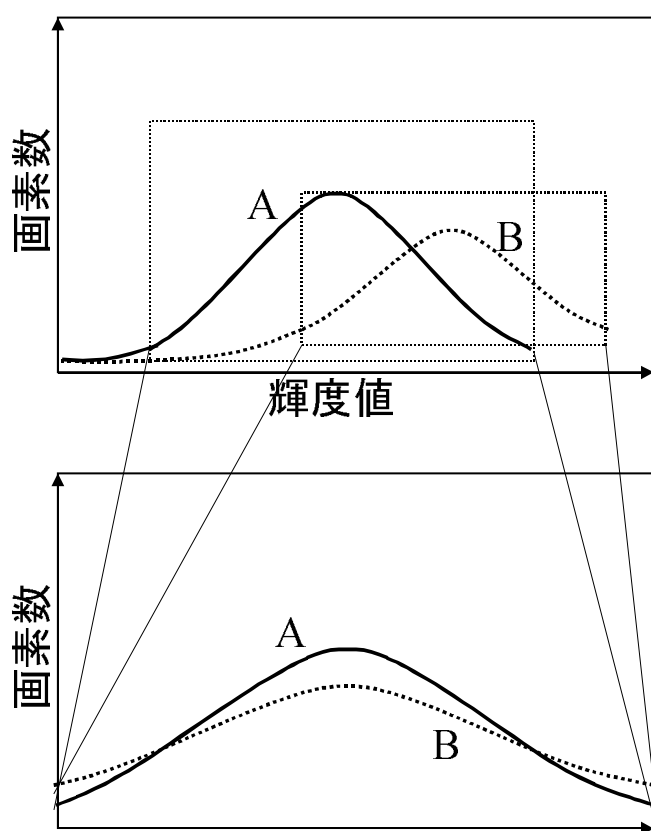


図3. 特徴抽出と比較計算

生成された輝度ヒストグラムより、特徴ある部分を抽出する。ここで特徴は最大値付近とし、抽出幅はこちらで設定する。

抽出したグラフを1つ前の時間に抽出したグラフと最大値の位置を合わせ、x軸それぞれについて比較することで照明の変化を知る。

2. 3. 照明条件適応機構の検証

この方法の検証にあたり、サンプル画像として図4に示す段階的に照明条件を変化させた画像を使用した。

これを使い、C言語によりシミュレーションを行った。



図4. サンプル画像

図5にサンプル0~7までの輝度ヒストグラムを示す。図に示すように0~7まで照明条件を暗く変化させると、徐々に最大値の位置が輝度値の低い値へ、最大値が高く遷移していく。

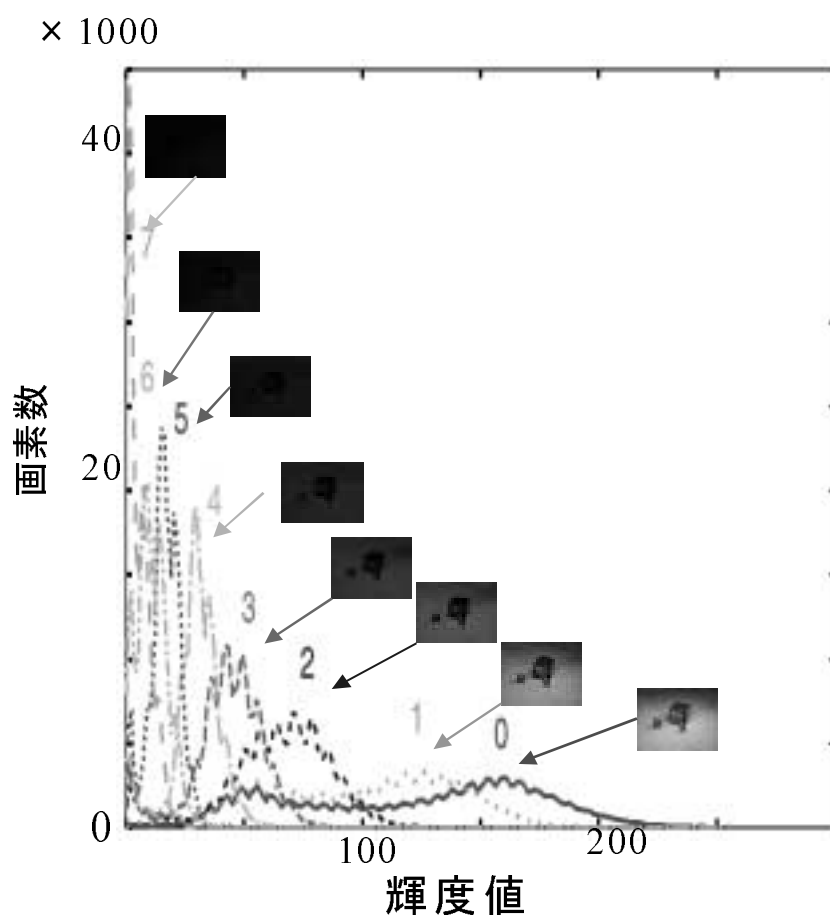


図5. サンプルの輝度ヒストグラム

図6に、サンプルの輝度ヒストグラムの最大値付近を抽出幅25で抽出したものを示す。

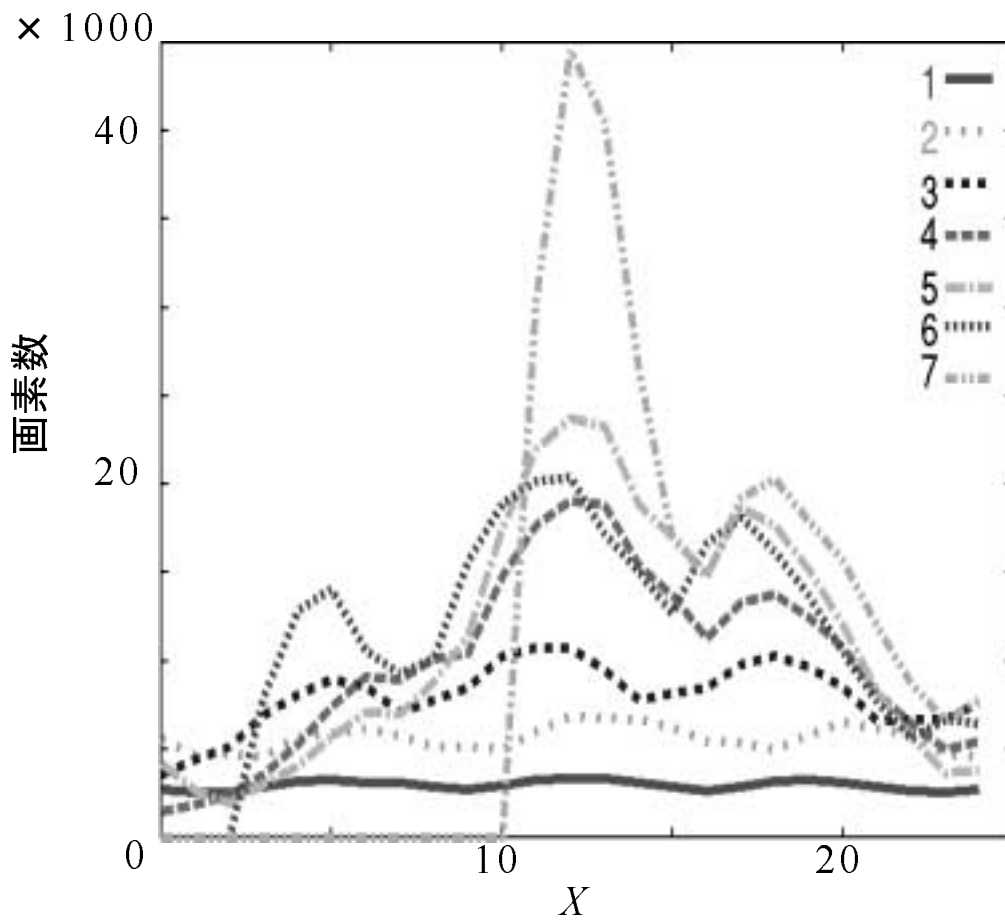
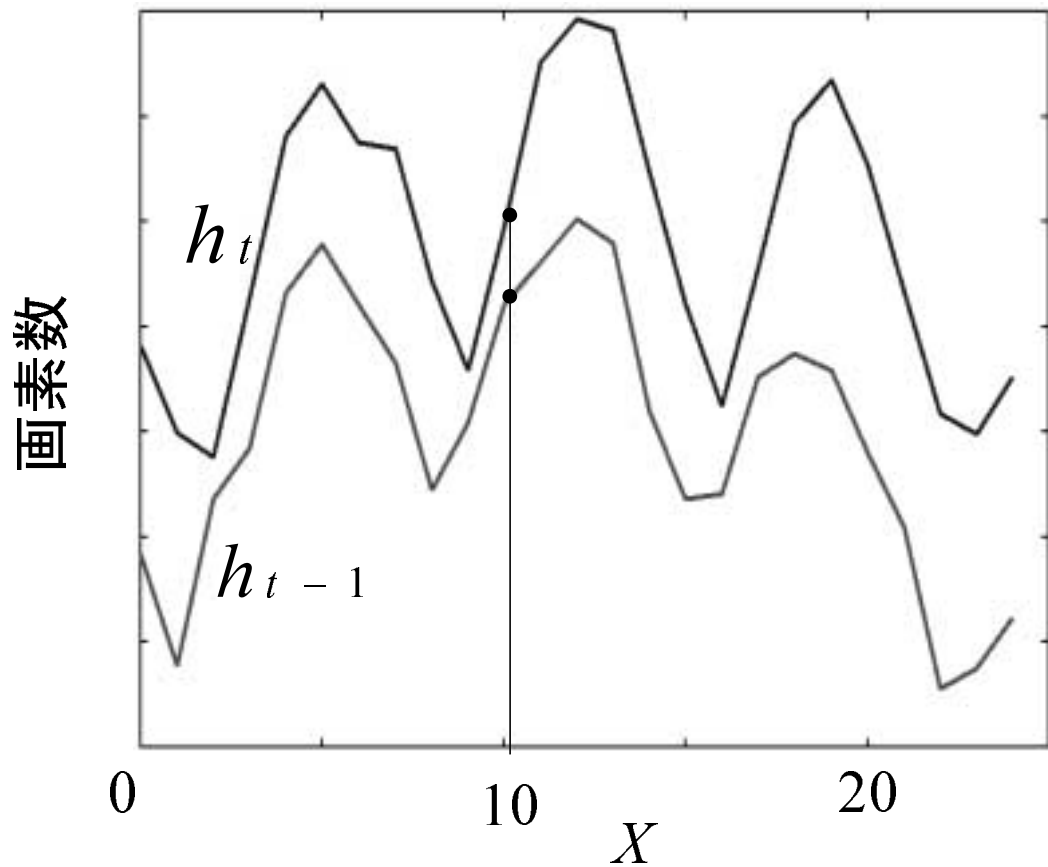


図6. 特徴抽出後の輝度ヒストグラム

比較計算として、抽出したグラフの各 X について、式 (1) を満たしているかどうか調べる。ここで、 h_{t-1} は 1 つ前のタイミングで抽出した画素数であり、 h_t は現在抽出した画素数である。 ρ は警戒定数と呼び、設計段階で設定する。図 7 にサンプル 0 から 1 への連続入力した場合を示す。

$$\rho < \frac{h_t(X)}{h_{t-1}(X)} < \frac{1}{\rho} \quad \dots (1)$$



h_{t-1} : 比較基準(サンプル0)



h_t : 比較対象(サンプル1)



図7. サンプルの特徴抽出後

C 言語によるシミュレーション結果を図 8 に示す。ここで y 軸の割合とは、抽出幅に対する条件式を満たした X の割合である。

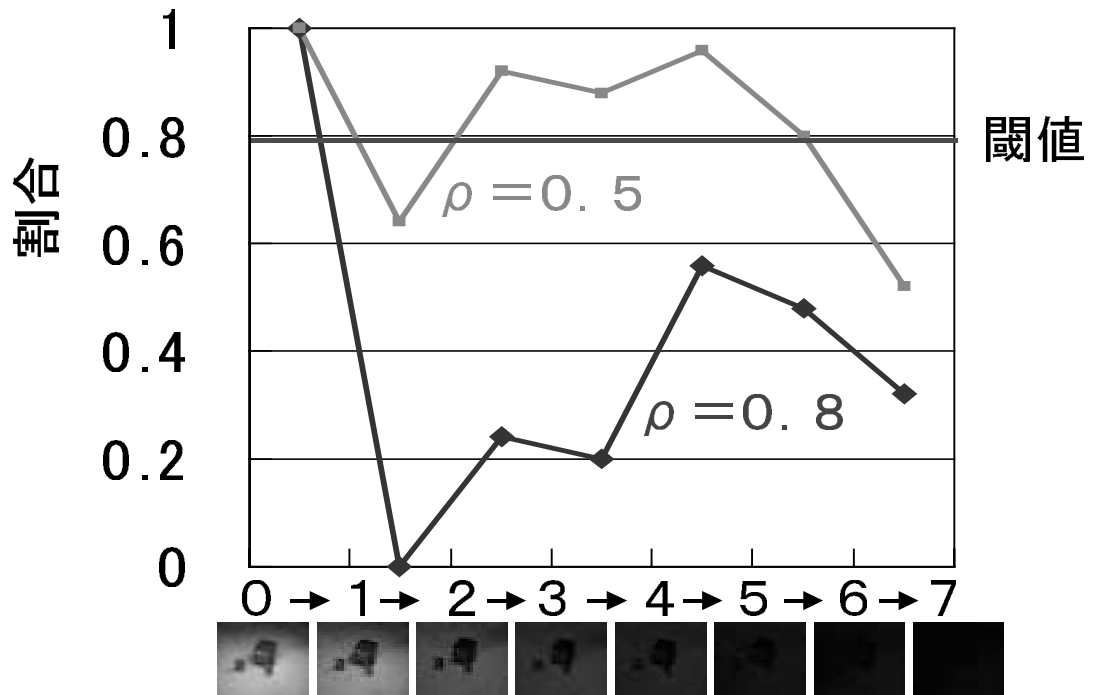


図8. シミュレーション結果

割合の閾値を 0.8 とした場合、 $\rho = 0.8$ とした時ほとんど追従できていなかった。しかし、 $\rho = 0.5$ とすれば、追従することができた。このことにより、照明条件の変化スピードと、 ρ の値を最適に設定すれば、照明条件の変化に追従できる。

ここで、動画への応用では照明条件の変化はもっと緩やかになり、 ρ の値はより 1 に近い値で動作すると思われる。

第3章 照明条件適応機構の

回路構成

回路構成として、大まかに輝度ヒストグラム生成回路と特徴抽出、比較計算部に分かれる。今回、おもに輝度ヒストグラム生成回路について検討を行った。

3. 1. 輝度ヒストグラム生成回路

3. 1. 1. 動作原理

図 9(a)のような画像があり、そのうちのある列を取り出しその画素列に対する輝度値のグラフが図 9(b)である。ここで、A の輝度値をもつ画素が 1 つ、B の輝度値をもつ画素が 3 つ、C の輝度値をもつ画素が 4 つとなり、このように輝度値が高い画素から検出していくことで、輝度ヒストグラムを生成する。

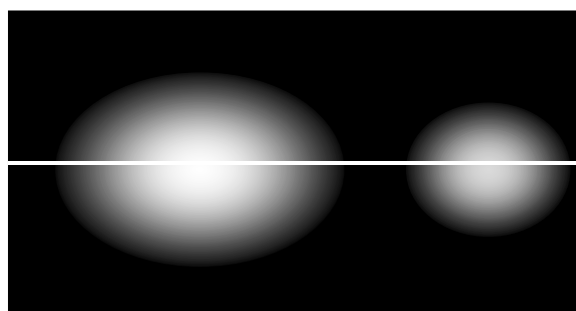


図9(a). サンプル

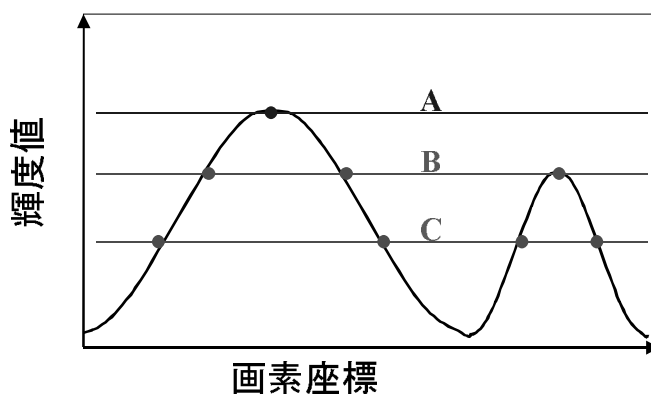


図9(b). 画素一輝度値

3. 1. 2. 回路構成

今回構成した回路を図 10 に示す。

左側の点線で囲まれた部分が 1 画素分である。光検出器により輝度値を電圧として検出し、コンパレータにより参照電圧としてののこぎり波と比較することで、輝度値が高い画素から検出し、画素数検出部により輝度ヒストグラムを形成する。LOGIC 部は 1 度検出した画素が 1 通りヒストグラムを形成し終わるまで検出されないためである。のこぎり波は、画素数検出部の NMOS を安定動作させるため、LOGIC 部でのクロックと同じ周期の階段波にする必要がある。電流源として画素数検出部の NMOS を、飽和領域で使用することにより定電流を得ている。

LOGIC 部のスキマティックと動作について、図 11 に示す。

ここで、参照電圧 V_{ref} とのタイミングについて考慮し、 V_{ref} もクロック同期しなければならないことがわかる。そのタイミングチャートを図 12 に示す。見て取れるように、 V_{ref} が直線的に電位を下げるのこぎり波の場合、b 点でクロックより短い周期のパルスが発生し安定動作しなくなる可能性がある。

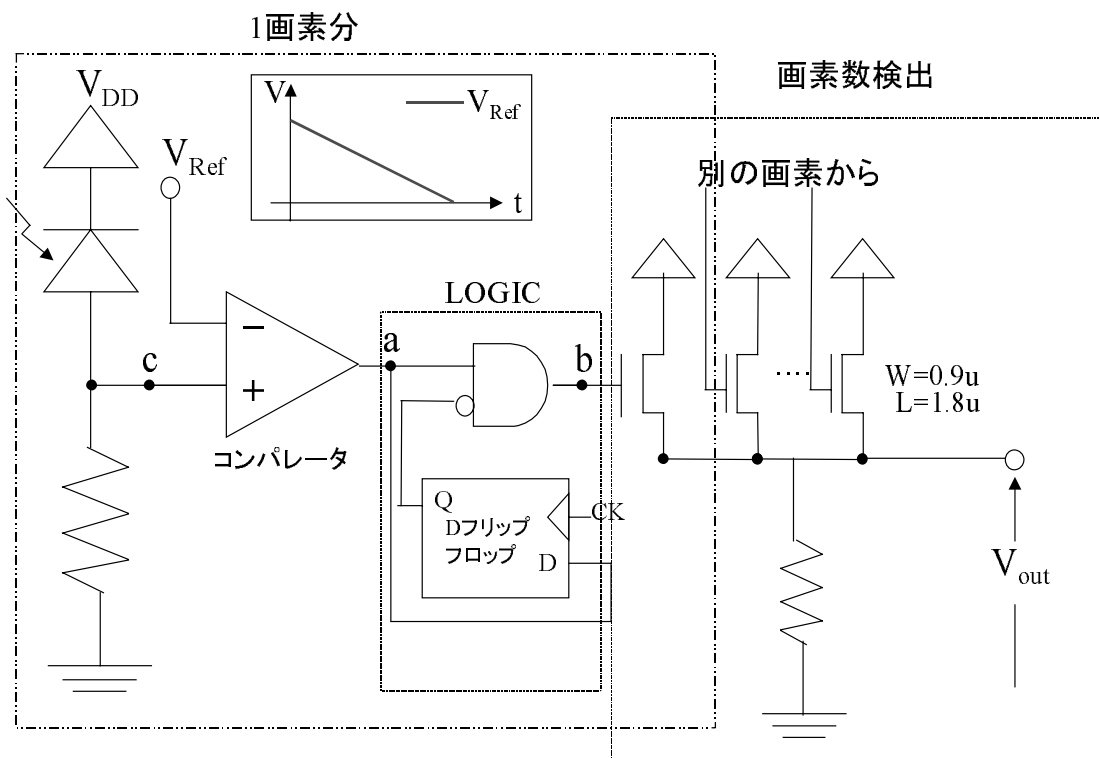


図10.ヒストグラム生成回路(a)

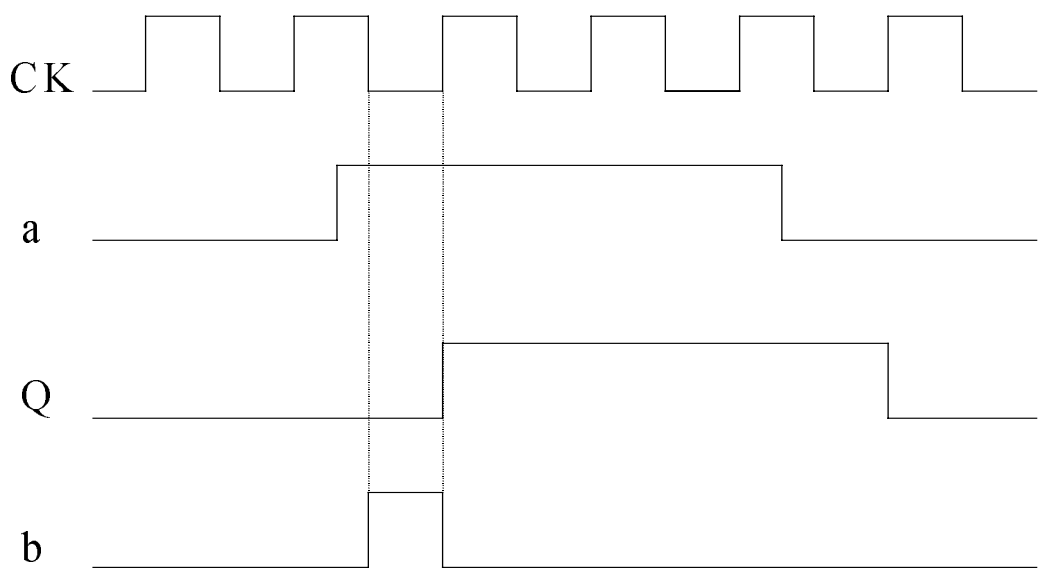
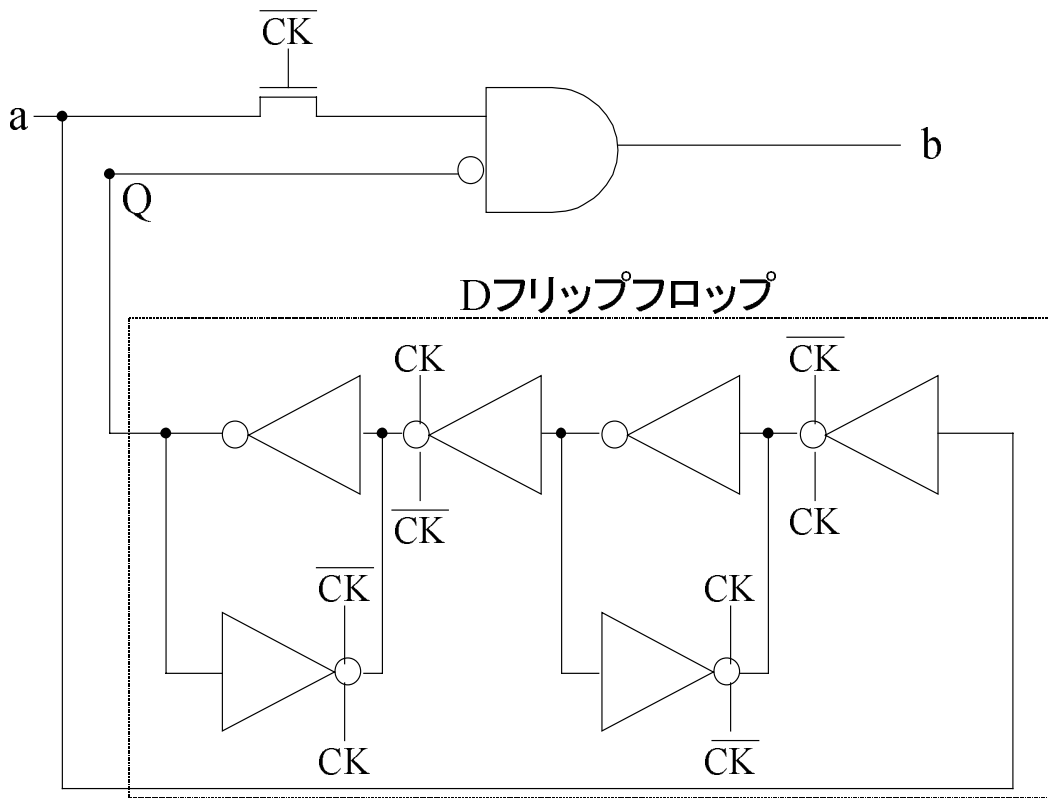


図 11 . LOGIC 部

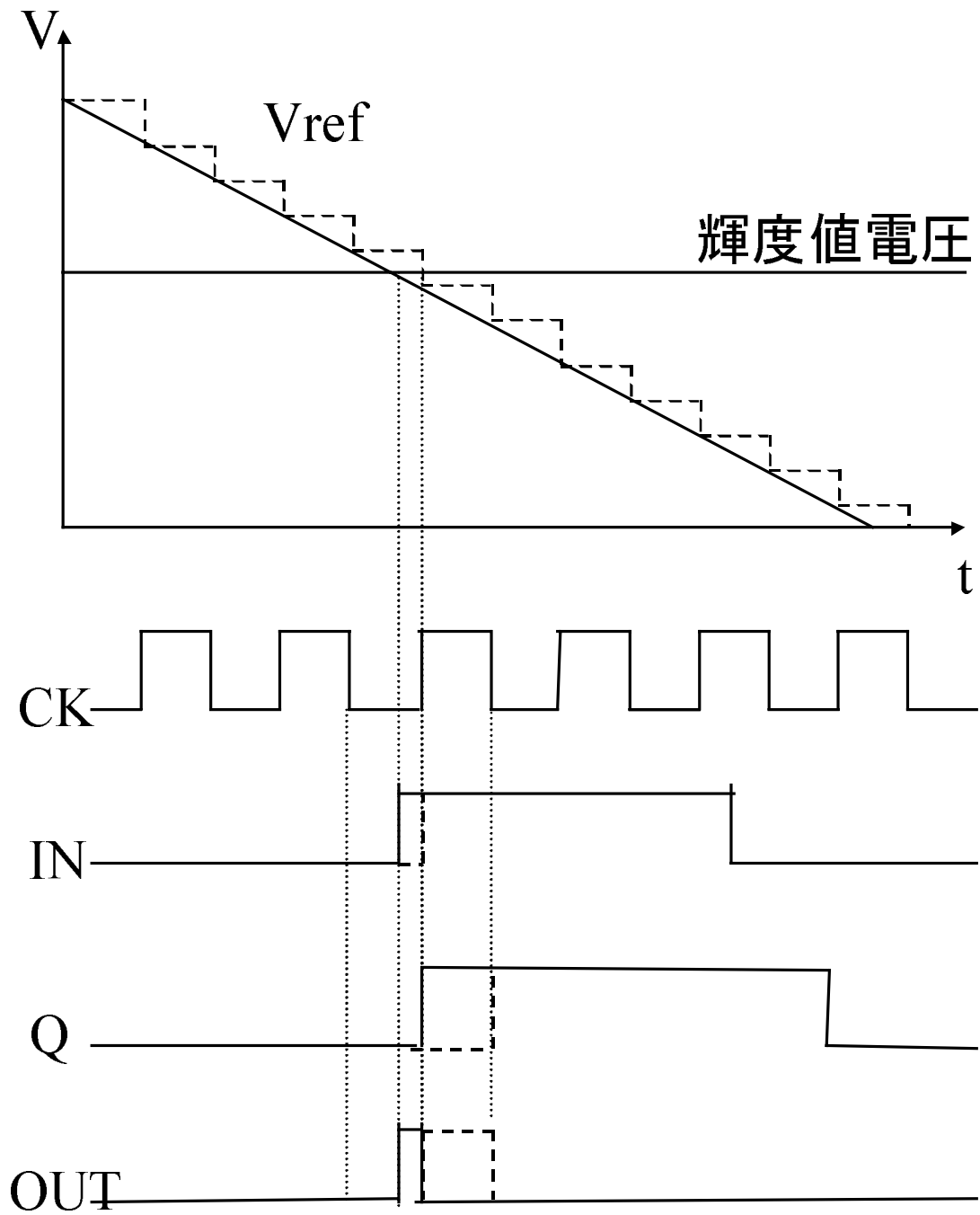


図12. タイミングチャート

3. 2. 3. シミュレーション結果

出力 V_{out} を得るために抵抗 10Ω と 100Ω をつけて HSPICE によりシミュレーションを行った。反応した画素数に応じた V_{out} のシミュレーションの結果を図 13 に示す。

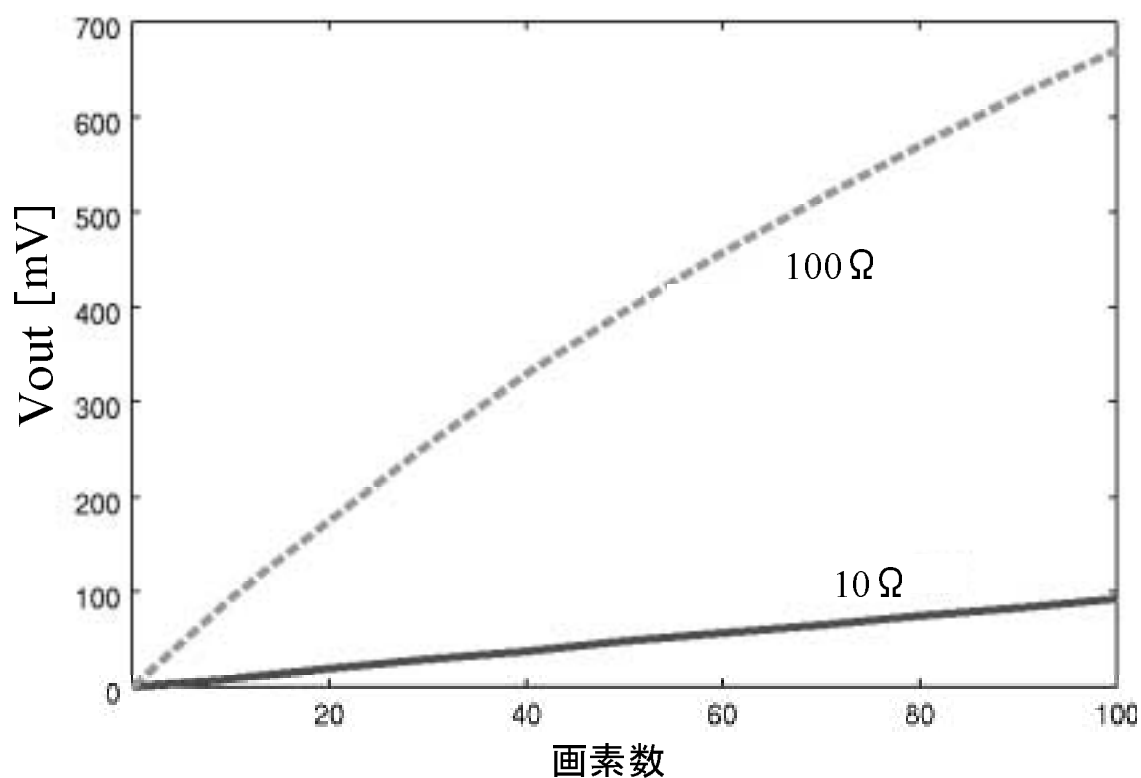


図13. 抵抗値の違いによる画素数に対し発生する電圧

ここで、抵抗値 $100\ \Omega$ のとき、 V_{out} は画素数が多く反応したとき飽和した。これは、 V_{out} が高くなったために NMOS の動作領域が変化したためだと思われる。そこで、出力においてオペアンプを使用して、電流を電圧に変換した。その回路構成を図 14 に示す。その回路の HSPICE によるシミュレーション結果を図 15 に示す。

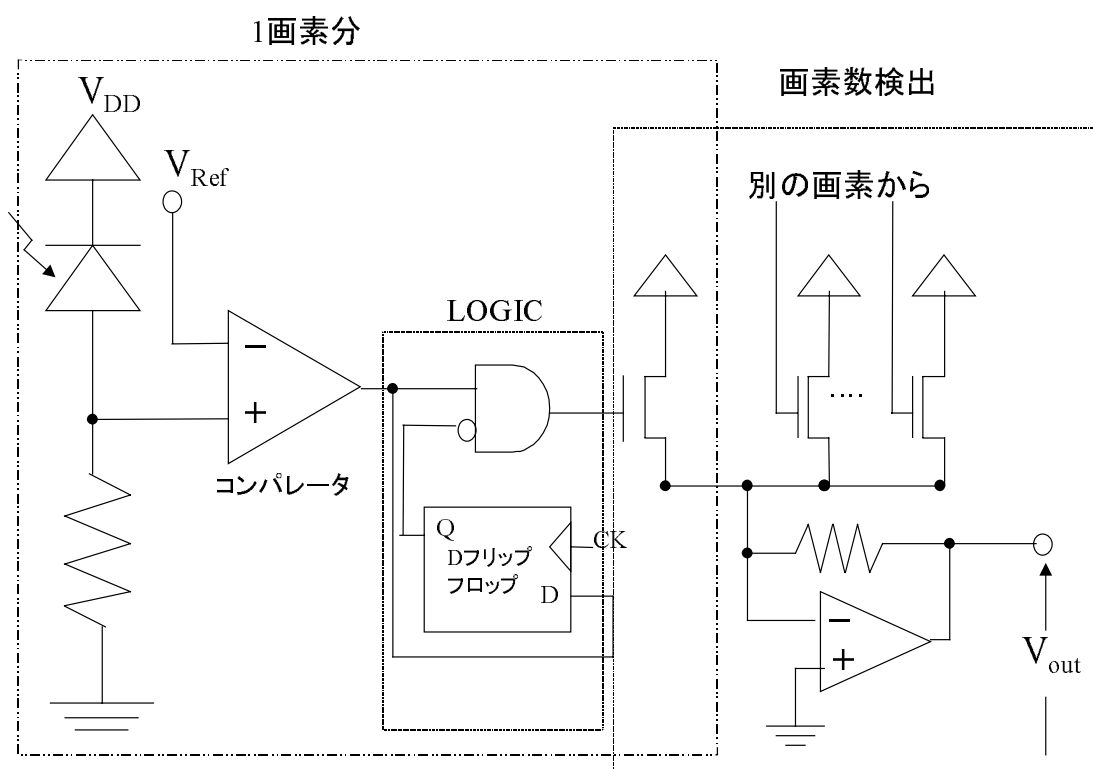


図14. ヒストグラム生成回路(b)

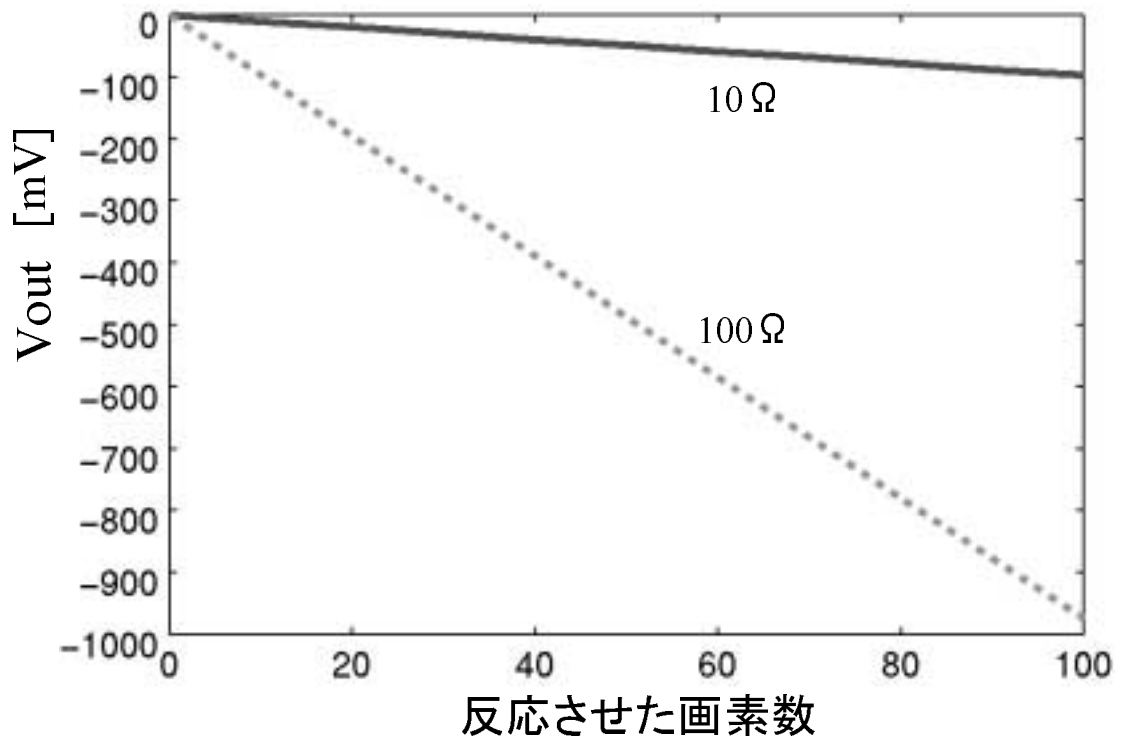


図15. シミュレーション結果

これにより、反応させた画素数に比例して電圧が発生した。電圧が負で出力されているのは、出力に負帰還を使っているからである。動作速度は、のこぎり波（階段波）の周期、光検出器に依存する。今回、参照電圧を5Vから1Vまでの周期とし、クロック1MHzでシミュレーションした結果、 $120\mu\text{s}$ で動作した。対象精度をグレースケール256階調とした時、光検出器とのこぎり波を調節すれば、クロック $\times 256$ で輝度ヒストグラムを生成できる。

3. 2. 特徴抽出と適合判定回路

特徴抽出、適合判定回路については、輝度ヒストグラムを電圧として生成したことにより、その値を保持する必要がある、そのままアナログで処理するには簡単に考えるとコンデンサが大量に必要になり、集積化に対してあまり実用的であるとはいえない。そこで、ここで、A-D 変換し、DSP などにより処理することが考えられる。適合判定部については、 ρ の値が 1 に近い場合、 $1/\rho$ と ρ の 1 との差がほぼ等しいとみなし、差で置きかえられるのではないかと考えられる。よって差動増幅などにより前の時間との画素数の差を求め、コンパレータなどにより閾値を設け検出し、その和によって適合の判定するような回路が考えられる。

第4章 まとめ

これまでに、照明条件の変化に適合できるような学習適合アルゴリズムについて検討し、それに必要であろう高速に動作する回路について検討してきた。

今回提案した、照明条件適応機構については C 言語によりシミュレーションを行い、照明条件の変化スピードと ρ の値を最適に設定すれば照明条件の変化に追従できることがわかった。

つづいて、その機構に必要であろう高速に動作する回路を輝度ヒストグラム生成回路については構成し、HSPICE でシミュレーションを行い、動作を確認した。この回路を照明条件適応機構に使用することにより照明変化への適応処理の高速化、しいては視覚情報処理の高速化が望めるであろう。

謝辞

本研究を進めるに当たり、多くの方々に御助言、ご指導頂きました。この場を借りて、お礼申し上げます。

指導教官としてご指導頂いた故鈴木正國教授に、お礼申し上げますとともに、ご冥福をお祈りします。北川章夫助教授にはご多忙な中興味深い専門分野の知識を教えて頂き、深く感謝いたします。さらに研究を進めるに当たって多大な御助言と実践的なご指導頂いた秋田純一助手には、深く感謝いたします。また、短い間ではありましたが御助言をいただいた深山正幸助手に感謝いたします。研究室の行事など多くの場面でお世話頂いた柿本芳雄技官には感謝いたします。

私の研究において多くのご協力をいただき、また大学生活を楽ししいものにしてくださった博士前期課程の高瀬信二氏、小川明宏氏、中橋憲彦氏、早川史人氏、藤田隼人氏、数馬晋吾氏、渡辺晃氏、今井豊氏、水野浩樹氏、Dr.NandanaFernando、また違う研究室ながらお世話頂いた、村上崇氏、藤井直樹氏、金沢大学医学部保健学科助手の中山和也氏に心からの感謝を致します。さらに、笠井稔彦君、佐々木勝光君、辻川隆俊君、高松直樹君、遠山治君、水木誠君、蓮達弘君、中村公亮君とともに過ごしたことは私にとって喜びでありました。

最後に、ここまで支えてきてくれた友人たち、家族、関わってくれたすべての人に感謝いたします。