

1. 研究背景及び目的	2
1.1 はじめに	2
1.2 目的.....	2
1.3 検液装置	3
1.4 使用機器	3
1.4.1 Ar レーザー	3
1.4.2 バンドパスフィルタ	4
1.4.3 ビームエキスパンダー	4
1.4.4 ND フィルター	5
2. 検液装置の原理.....	7
2.1 原理.....	7
2.2 CCD ラインセンサ	8
2.2.1 概要	8
2.2.2 CCD の動作.....	8
2.2.3 一次元ラインセンサ	9
2.3 攪拌装置の概要.....	9
2.4 波形出力の原理.....	10
2.4.1 実験概要	10
2.4.2 実験結果	11
2.5 異物検出の原理.....	12
2.5.1 実験概要	12
2.5.2 実験結果	12
3. LabVIEW を用いた異物検出実験.....	14
3.1 異物検出実験	14
3.1.1 実験概要	14
3.1.2 実験結果	17
4. まとめ	23
5. 考察.....	23
6. 参考文献.....	24
7. 謝辞.....	24

第1章 研究背景及び目的

1.1 はじめに

近年、食品業界及び医薬品製造業界において毛髪や繊維、金属など、様々な異物の混入が大きな問題となっている。しかし、食品や医薬品などは製造段階で人が携わっている以上、異物の混入を完全に防ぐことは困難である。異物として、人毛や衣類に付着している繊維、工場のライン生産での金属片やプラスチック片などがある。異物の中には微小なものも多く、人間の目だけで混入の有無を判別するのは非常に難しいと言える。昨年7月には、大阪府吹田市の清掃用品レンタル大手「ダスキン」で、同社の加盟店で販売した粉末タイプの栄養機能食品に金属が発見され、自主回収するという事件があった。同年8月には徳島県の赤池食品で製造販売した「手延べ冷やしそうめん」にステンレス製の金属片が発見され、商品を自主回収し、工場内の製造ラインで立ち入り検査が行われるという事件もあった。このように、異物混入の事件は全国各地で後を絶たず、多くの消費者に不安を与えている。

1.2 目的

特に医療業界では目薬などの薬品を多く扱っているため、製品に異物が混入する事を避ける必要がある。そこで、異物が混入されているか、検査するために自動化された装置が使われている。この検査段階で薬液の中に異物が混入していると、不良品と判別される。

本研究では、異物などの微小粒子を検出できる、精度の高い検液装置の開発を目的とする。

1.3 検液装置

検液装置は、光源である Ar レーザー、バンドパスフィルタ、ビームエキスパンダー、ND フィルター、検査対象、CCD ラインセンサが直線上に配置されたものである。その概要を図 1-1 に示す。

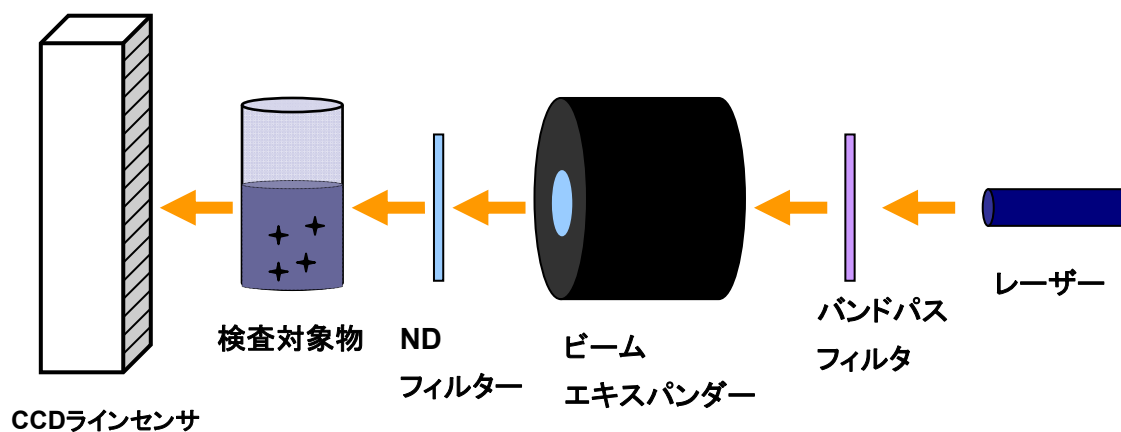


図 1-1 検液装置

1.4 使用機器

1.4.1 Ar レーザー

網膜に感じ、目に見える電磁スペクトルの範囲を可視スペクトルと言う。波長では、約 400nm～750nm の範囲で、網膜による感度は 550nm 付近が一番良い。可視域、可視光、可視光線、可視放射などとも言い、また一般的には光という。可視スペクトルの青緑部分で数ワットのレーザーエネルギーを放出する事が出来る気体レーザーが Ar レーザーである。これには、高い入力パワーと非常に高い放電流が必要となる。

1.4.2 バンドパスフィルタ

バンドパスフィルタは、ある周波数からある周波数までの特定の範囲の周波数成分だけを通すもので、帯域フィルタ(BPF, Band Pass Filter)とも呼ばれている。正確には帯域通過フィルタという。検液装置では ND フィルターと組み合わせて光の量を減らすのに用いている。本研究ではファブリペロー型誘電体多層膜バンドパスフィルタを使用した。そのバンドパスフィルタの仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 バンドパスフィルタの仕様

型番	
中心波長	515nm
半値全幅	10nm
透過率	≥45%
板厚	4.6nm

1.4.3 ビームエキスパンダー

ビーム拡大器とも言い、放射ビームの口径を大きくするように設計された光学系。異物を検出するには検査対象物全体に光を当てる必要があり、本研究では光の口径を 20 倍にまで大きくするビームエキスパンダーを使用した。ビームエキスパンダーの仕様を表 1-2 に示す。

表 1-2 ビームエキスパンダーの仕様

型番	55579-1
拡大力	20X
全長	122.5mm

1.4.4 ND フィルター

ND(Neutral Density)フィルターは、中性濃度フィルターとも呼ばれ、所定の波長帯において波長を選ぶことなく、一定の光量を落とすことができる。ND フィルターは、反射型と吸収型に大別される。反射型フィルターは、ガラス基盤の表面に光学薄膜(金属膜など)を蒸着したものである。この薄膜による光の反射と吸収作用によって、所定の光学濃度(透過率)を実現する。一方の吸収型フィルターは、主に基盤自体の光吸収作用によって所定の光学濃度(透過率)を実現する。ND フィルターは、光学濃度(Optical Density: OD)で定義され、フィルターを重ね合わせた時の全体の減衰率(透過率)が求めることができる。光学濃度と透過率の間には、次式の関係がある。

$$OD = \log_{10}(1/T) \quad (\text{但し } T \leq 1)$$

一つのフィルターだけで所望の光学濃度が得られない場合は、数枚のフィルターを重ね合わせることで、所定の濃度を得ることができる。以下に例を示す。

(例 1) OD=0.3 と OD=1.5 のフィルターを重ねた場合

(1) 単純に各 OD 値を加算する。

$$OD_{\text{total}} = 0.3 + 1.5 = 1.8$$

(2) 光学濃度(OD)と透過率(T)の関係式は、

$$OD = \log_{10}(1/T)$$

(3) よって重ね合わせた時の透過率は、

$$T = 1/10^{1.8} = 0.0158 = 1.58\%$$

(例 2) 透過率 0.5%のフィルターが必要な場合

$$T=0.005 \text{ から、} OD=\log_{10}(1/T)=\log_{10}(1/0.005)=2.3$$

よってフィルターの重ね合わせにより OD_{total} が 2.3 となる組み合わせにより、0.5%の透過率が得られる。

第2章 検液装置の原理

2.1 原理

検液装置の概要を図 2-1 に示す。光源のレーザーから出た光は、バンドパスフィルタによって減光されて(必要な範囲の周波数のみを通し)、その減光された光の口径はビームエキスパンダーで大きくなる。その後、ND フィルターで再び光量を減らされ、検査対象物を透過し、CCD ラインセンサ上に像を作る。そして CCD ラインセンサの出力波形は、PC 上に表示される。ここで、検査対象物の中に微小粒子が存在するか調べるため、攪拌装置を用いる。これにより攪拌させ、沈んでいる異物を浮き上がらせる。この時、微小粒子の像が CCD ラインセンサ上に投影され、CCD ラインセンサの出力波形に変化が現れるため、異物を確認できる。

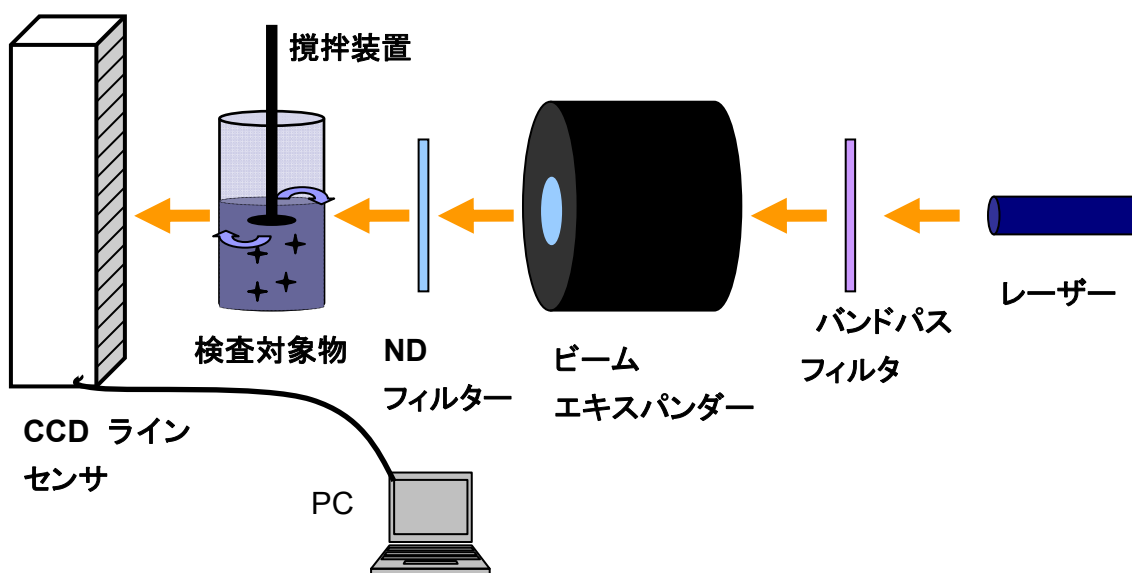


図 2-1 検液装置の概要

2.2 CCD ラインセンサ

2.2.1 概要

CCD ラインセンサは固体撮像素子の一つで、ビデオカメラ、デジタルカメラなどに広く使用されている半導体素子である。単に CCD と呼ばれる事も多い。画像を電気信号に変換する際に、受光素子が光から発生した電荷を読み出すために電荷結合素子 (CCD: Charge Coupled Device) と呼ばれる回路素子を用いて転送を行うことからこう呼ばれる。別な転送方式を使う CMOS イメージセンサとともによく用いられる。CCD は、他の撮像素子に比べて相対的に感度が高く、ノイズが少ないという特徴を持つ。しかし、CCD を動作させるためには入力電圧として正電圧と負電圧を含む複数の電圧を必要とする。そのため CCD の消費電流は比較的高い。また数種の電圧を生成するための電源 LSI が必要になる。この構造のために CMOS センサに比べて CCD の製造は難しい。

2.2.2 CCD の動作

CCD は MOS 構造半導体素子の一種で、シリコン基板表面の酸化膜上に多数の電極を設け、各電極に隣同士で異なる電圧を与えることによりポテンシャルウェルを作り出し、これを利用して電荷を保持できるようにしたものである。各電極に加える電圧を適切に制御することにより各素子の電荷が隣の素子にいっせいに転送される。これにより各素子が保持する画素ごとの電荷をバケツリレー式に順次外部に取り出すことができる。ちょうどデジタル回路の平行=シリアルシフトレジスタと同じ動作であり、アナログ量を扱えるシフトレジスタとも言われる。この性質を利用して、一列の端から入力した電荷を素子

数分の転送回数に相当する。また、遅延を持たせて反対側の端から取り出せば、ディレイラインとして動作させることができる。

2.2.3 一次元ラインセンサ

リニアラインセンサともいい、フォトダイオードを一行に並べ、これに並列に CCD を配置している。1 回の露光でフォトダイオードが光電変換した電荷を各画素に対応する CCD 素子にいったん転送し、続いて CCD に転送パルスを与え電荷を順次読み出す。全画素の電荷を出力し終わると次の露光が可能になる。

2.3 攪拌装置の概要

検査の際異物を浮き上がらせる必要があるため攪拌装置の製作が必要である。攪拌装置の概要を図 2-2 に示す。攪拌装置のギヤボックスを製作し、ギヤ比は 11.6:1 に設定した。攪拌の方法は、まず検査対象物を置き攪拌装置の先端の部分を水中に軽く入れる。そして、モーターを電圧は 4 V で駆動させ、電源とギヤボックスの間にスイッチを接続して攪拌装置を作動させる。スイッチを押している間は回転し、離すと停止させる事ができ、この方法で攪拌させる事によって、異物を浮き上がらせる事ができる。

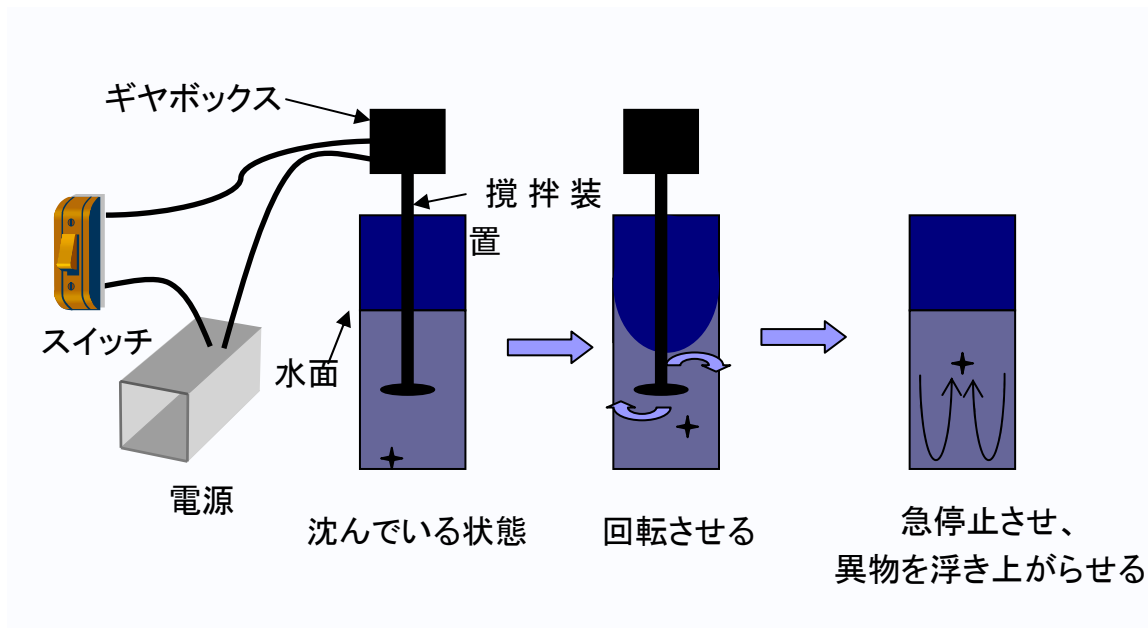


図 2-2 攪拌装置の概要

2.4 波形出力の原理

2.4.1 実験概要

CCD ラインセンサの出力波形を確認するため、 $300\mu\text{m}$ のワイヤーを微小粒子に見立てて実験を行った。CCD イメージセンサに光を当てた時の CCD イメージセンサの概要を図 2-3 に示す。図 2-3 のように CCD イメージセンサの全体に光を当て、出力波形を取得した。

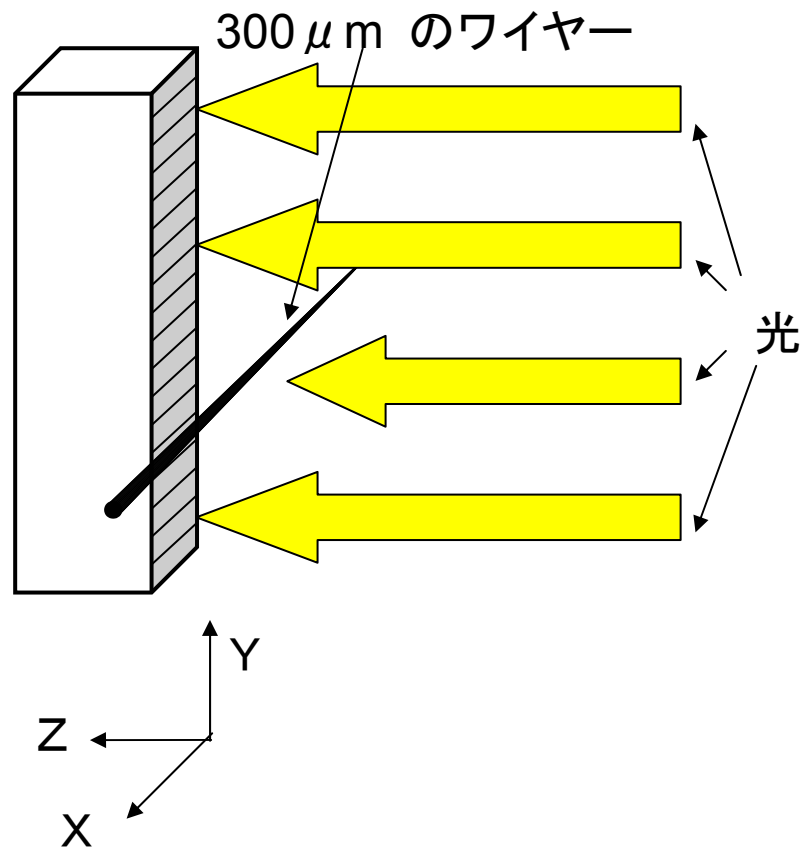


図 2-3 CCD ラインセンサに光を当てた時の図

2.4.2 実験結果

実験で取得した出力波形を図 2-4 に示す。この出力波形の横軸は図 2-3 の Y 軸に対応しており、出力波形のように光が当たったところは出力される。この結果からワイヤーによる光量の減少が確認できる。

太さ300 μ mのワイヤーによって

光が遮られている部分

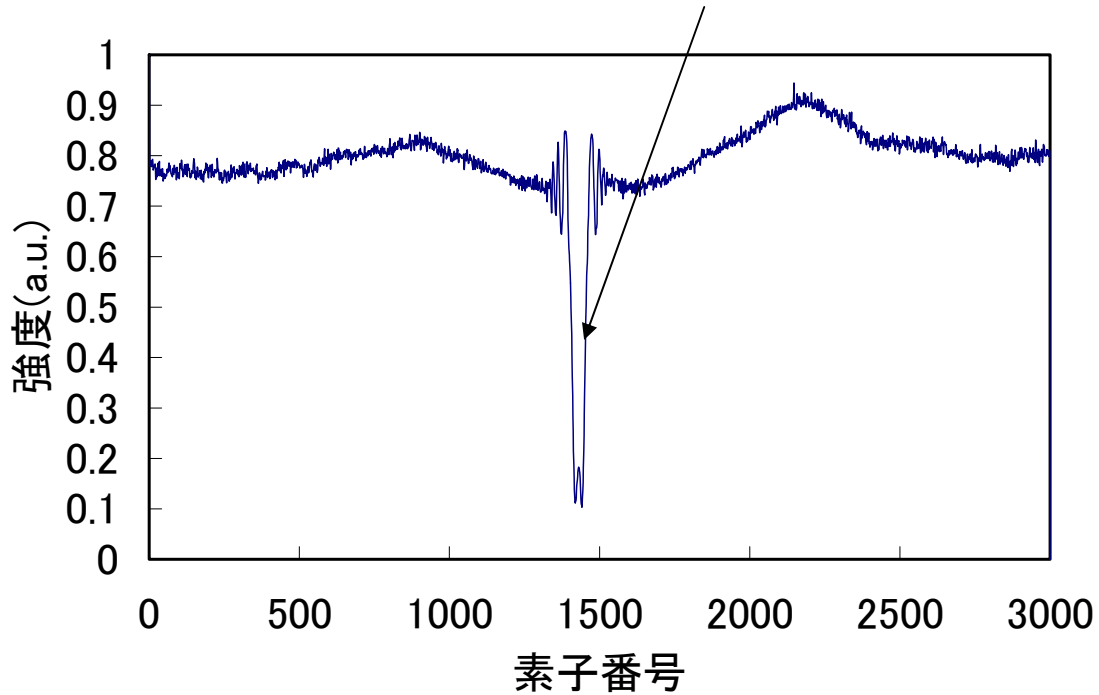


図 2-4 実験で取得した出力波形

2.5 異物検出の原理

2.5.1 実験概要

実際に異物を用いて検液装置で検査を行い、その時の出力波形を取得する。実験は水の入った容器に直径300 μ mの異物を入れて行う。レーザーを発振させ、攪拌装置によって沈んでいる異物を浮き上がらせ、その時のCCDラインセンサ出力波形を取得する。

2.5.2 実験結果

実験で取得した出力波形を図2-5に示す。この出力波形から、光量の減少や波形の乱れが確認出来る。この結果より、ワイヤーだけでなく異物も同様に検出可能という事が

確認出来る。

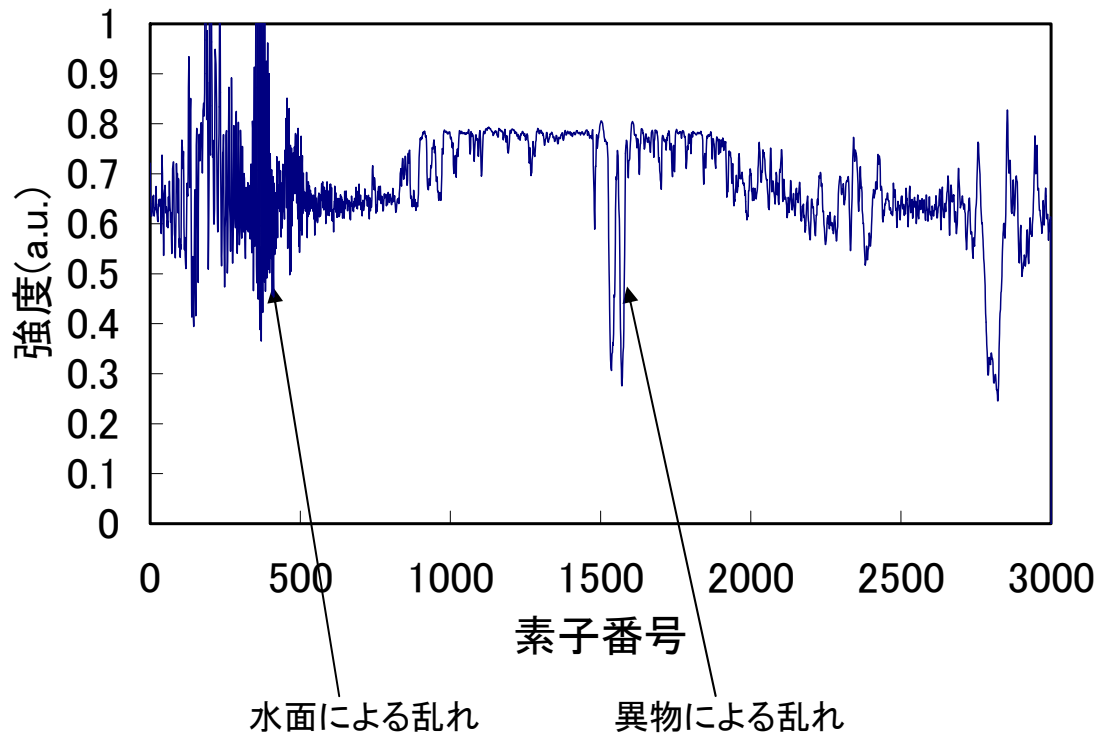


図 2-5 実験で取得した出力波形

第3章 LabVIEW を用いた異物検出実験

3.1 異物検出実験

3.1.1 実験概要

今回異物を検出するにあたって LabVIEW プログラム言語を使用した。その LabVIEW を用いて異物検出プログラムを作成し、異物検出プログラムを図 3-1 に、異物検出プログラムのフローチャートを図 3-2 に示した。まず始めに攪拌装置で 20 秒間攪拌を行い、攪拌終了後 30 秒間を検査時間とする。その検査時間の中にまず CCD ラインセンサ出力波形を取得する。次に、その波形には先ほどの出力波形のように水面による乱れも映っているので、水面の位置を削除する。そして、その状態の出力波形から異物判定を行い、またその判定回数もカウントする。30 秒経過したら検査終了で、ここまでの異物検出の 1 回分の流れとなる。この流れを 10 回繰り返し行う。この実験を、容器に異物を 50 個、10 個、5 個、4 個、3 個、2 個、1 個、0 個入れた時でそれぞれ行った。

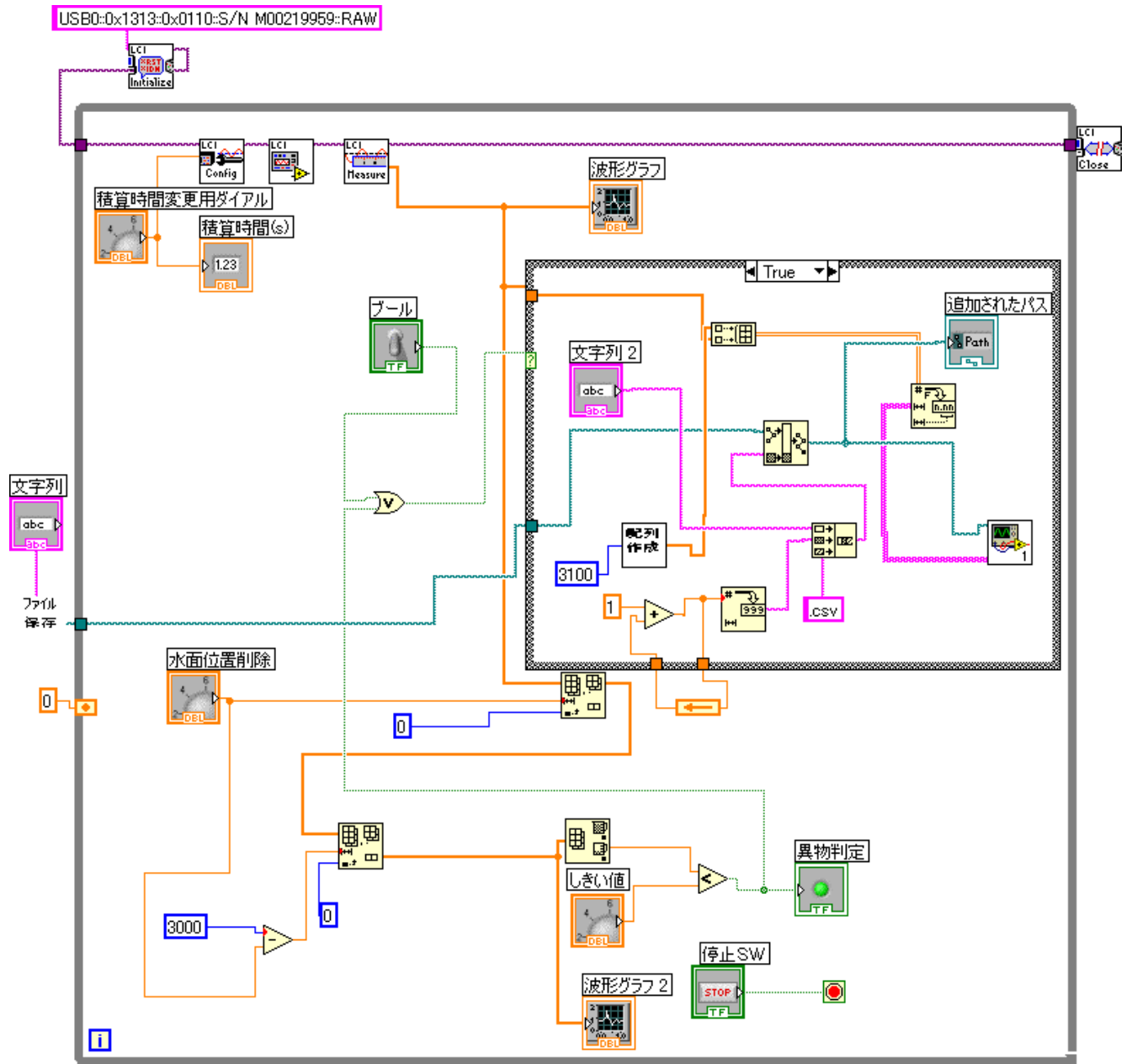


図 3-1 異物検出プログラム

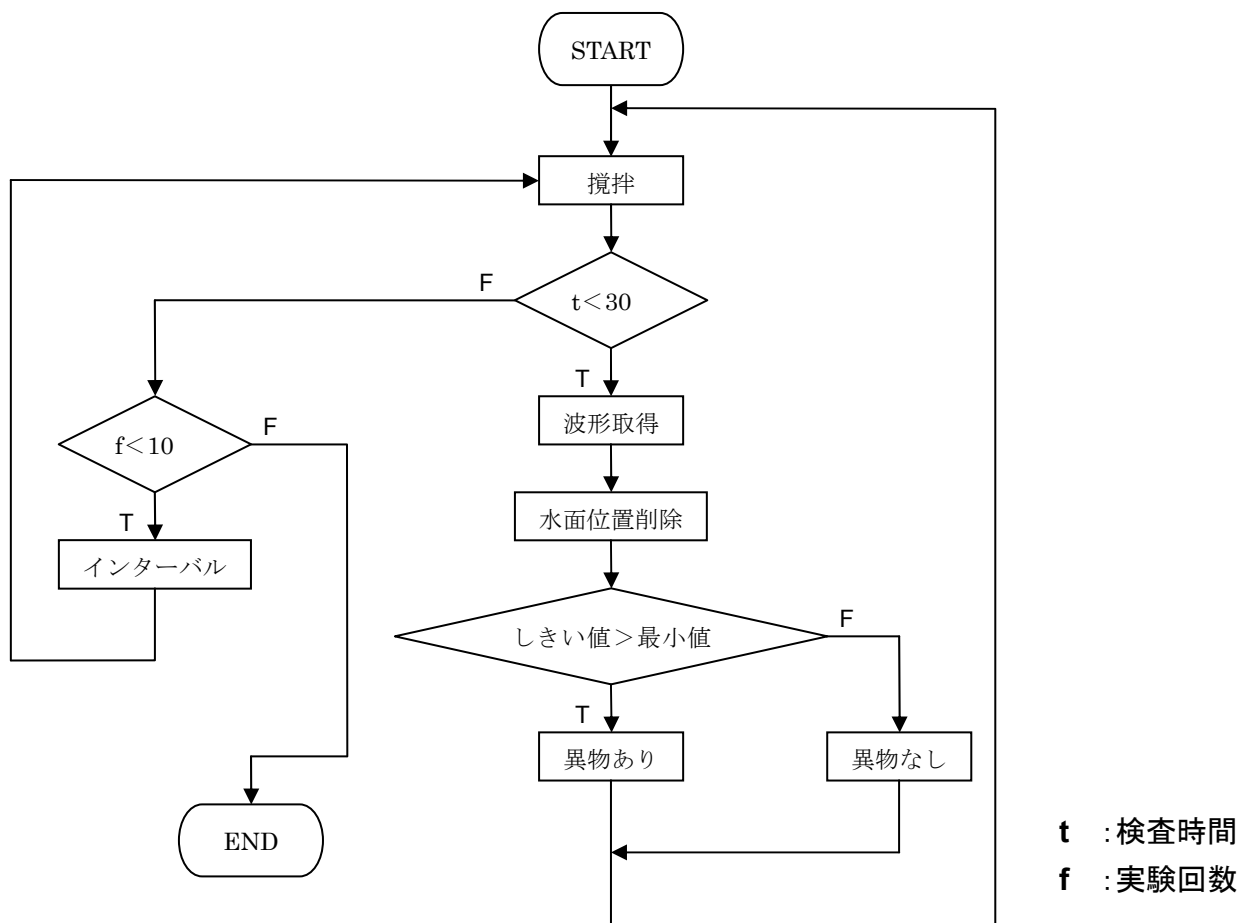


図 3-2 異物検出プログラムのフローチャート

3.1.2 実験結果

異物を 50 個、10 個、5 個、4 個、3 個、2 個、1 個、0 個入れたそれぞれの時の異物検出実験の結果を表 3-1、表 3-2、表 3-3、表 3-4、表 3-5、表 3-6、表 3-7、表 3-8 にそれぞれ示す。そして、その実験結果を、異物検出実験の実験回数に伴う異物判定回数のグラフとしてまとめたものを図 3-3 に示す。異物判定回数とは実験 1 回分の検査時間 30 秒間で異物が何回判定されたかを示すものである。また、異物個数に伴う異物検出確率の関係を示したグラフを図 3-4 に示す。

検査時間[秒]	30s
異物個数[個]	50
攪拌時間[秒]	20s

検査時間[秒]	30s
異物個数[個]	10
攪拌時間[秒]	20s

実験番号	異物判定	○の判定回数
1回目	○	40
2回目	○	41
3回目	○	30
4回目	○	42
5回目	○	48
6回目	○	45
7回目	○	26
8回目	○	22
9回目	○	33
10回目	○	46
計	10	
検出確率	100%	

実験番号	異物判定	○の判定回数
1回目	○	21
2回目	○	9
3回目	○	23
4回目	○	12
5回目	○	31
6回目	○	34
7回目	○	26
8回目	○	22
9回目	○	8
10回目	○	17
計	10	
検出確率	100%	

表 3-1 異物 50 個の時の実験結果

表 3-2 異物 10 個の時の実験結果

検査時間[秒]	30s
異物個数[個]	5
攪拌時間[秒]	20s

検査時間[秒]	30s
異物個数[個]	4
攪拌時間[秒]	20s

実験番号	異物判定	○の判定回数
1回目	○	12
2回目	○	9
3回目	○	18
4回目	○	24
5回目	○	10
6回目	○	14
7回目	○	26
8回目	○	11
9回目	○	13
10回目	○	7
計	10	
検出確率	100%	

実験番号	異物判定	○の判定回数
1回目	○	14
2回目	○	18
3回目	○	20
4回目	○	16
5回目	○	15
6回目	○	10
7回目	○	5
8回目	○	9
9回目	○	9
10回目	○	17
計	10	
検出確率	100%	

表 3-3 異物 5 個の時の実験結果

表 3-4 異物 4 個の時の実験結果

検査時間[秒]	30s
異物個数[個]	3
攪拌時間[秒]	20s

検査時間[秒]	30s
異物個数[個]	2
攪拌時間[秒]	20s

実験番号	異物判定	○の判定回数
1回目	○	12
2回目	○	13
3回目	○	15
4回目	○	7
5回目	○	18
6回目	○	20
7回目	○	6
8回目	○	17
9回目	○	17
10回目	○	13
計	10	
検出確率	100%	

実験番号	異物判定	○の判定回数
1回目	○	10
2回目	○	12
3回目	○	11
4回目	○	8
5回目	○	16
6回目	○	7
7回目	○	8
8回目	○	12
9回目	○	9
10回目	○	6
計	10	
検出確率	100%	

表 3-5 異物 3 個の時の実験結果

表 3-6 異物 2 個の時の実験結果

検査時間[秒]	30s
異物個数[個]	1
攪拌時間[秒]	20s

検査時間[秒]	30s
異物個数[個]	0
攪拌時間[秒]	20s

実験番号	異物判定	○の判定回数
1回目	○	8
2回目	○	9
3回目	○	8
4回目	×	0
5回目	○	9
6回目	×	0
7回目	○	1
8回目	○	3
9回目	○	2
10回目	○	5
計	10	
検出確率	80%	

実験番号	異物判定	○の判定回数
1回目	×	0
2回目	×	0
3回目	×	0
4回目	×	0
5回目	×	0
6回目	×	0
7回目	×	0
8回目	×	0
9回目	×	0
10回目	×	0
計	0	
検出確率	0%	

表 3-7 異物 1 個の時の実験結果

表 3-8 異物 0 個の時の実験結果

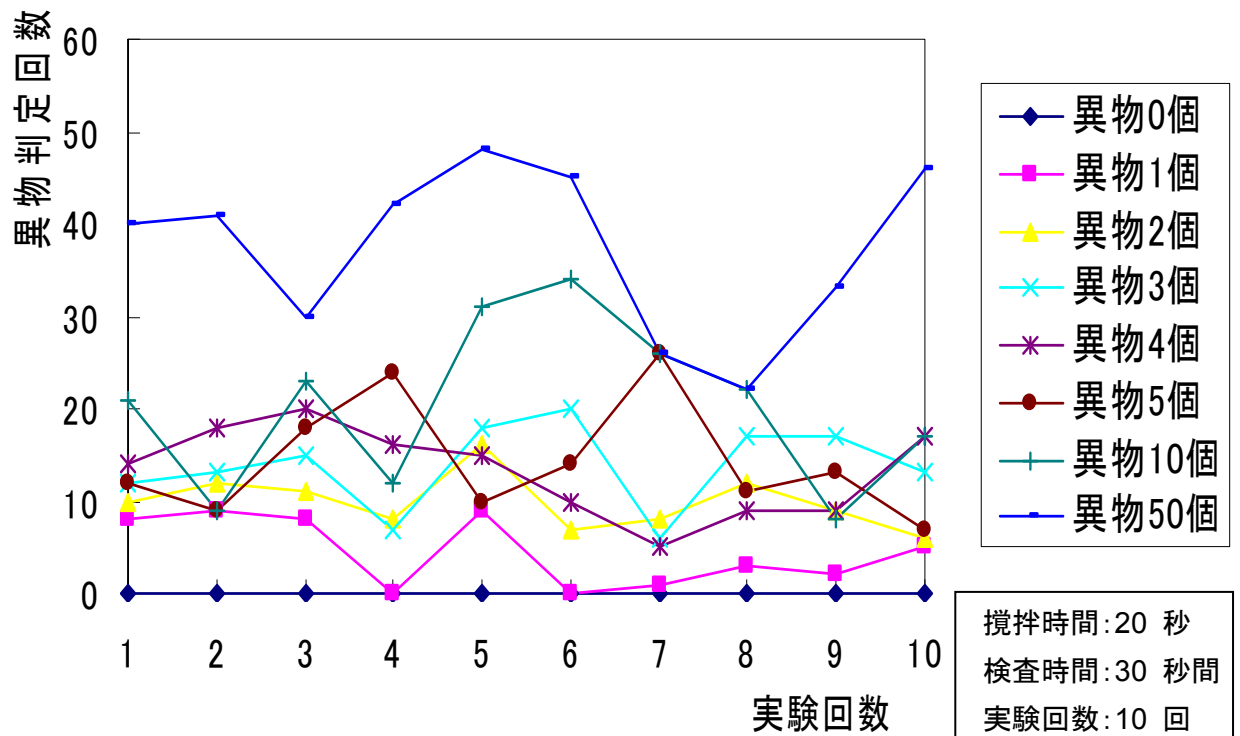


図 3-3 実験回数に伴う異物判定回数

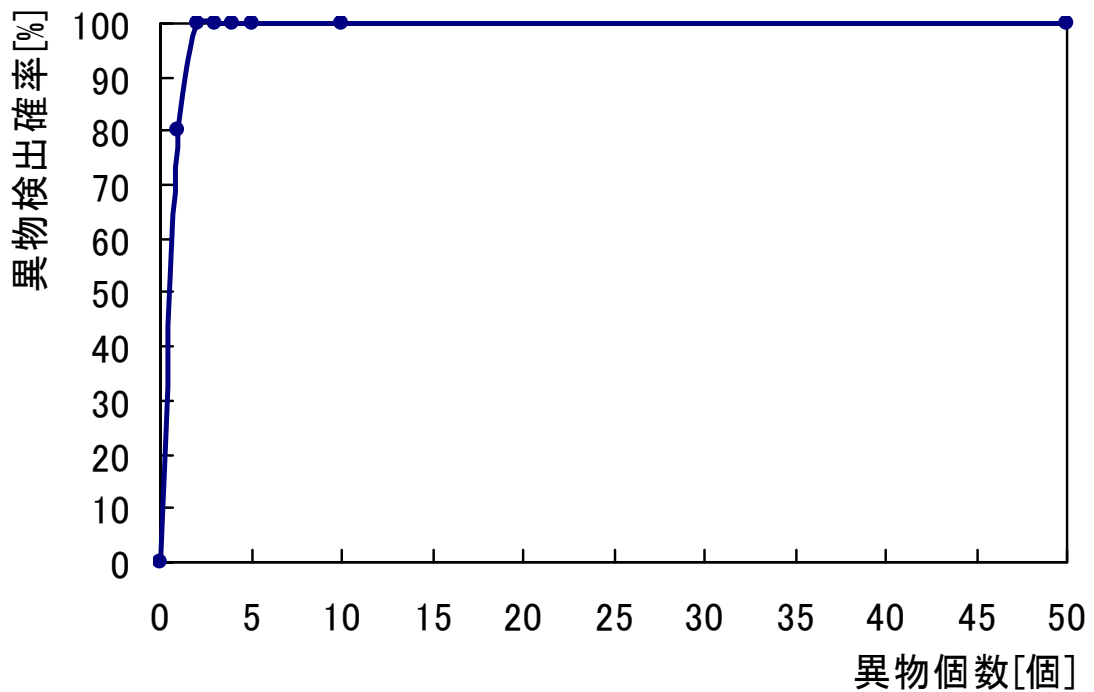


図 3-4 異物個数に伴う異物検出確率

4 まとめ

検液装置の製作を行った。また、検液装置で異物検出実験を行い、異物検出実験の実験回数に伴う異物判定回数のグラフと、異物個数に伴う異物検出確率の関係を示したグラフをそれぞれ示した。この実験で異物 2 個以上の場合の異物検出確率が 100%という結果が出た。

5 考察

実験結果のグラフから、同じ異物個数の時でもこのように判定回数に差が出てくるといことが分かった。また、異物が 1 個の時でも異物判定回数が 0 個の時があり、このことから異物があっても個数が少ないと光が通り抜けてしまうこともあるのではないかと、ということが考えられた。さらに、異物が 0 個の時は異物検出確率 0%だったので、今回の実験で気泡による誤検出はないと思われた。このことから、攪拌装置の攪拌の強さや溶液の粘性を検討してみる必要があるのではないかと、ということが考えられた。

6 参考文献

- 1)成田 義也：はじめての LabVIEW
- 2)興水大和、「目視検査の自動化技術」、株式会社フジ・テクノシステム(1995)
- 3)2007 年度版 光学部品・製品総合カタログ：エドモンド・オプティクス・ジャパン株式会社

7 謝辞

本研究を行うにあたり、終始変わらぬご指導をしていただいた本校電子制御工学科由井四海教員、専攻科生蒲靖人氏及び、実習工場の技官の方々に心から深く感謝申し上げます。