

# EXCELを用いた画像処理シミュレーション

\*伊澤 和也<sup>1</sup>、酒井 大輔<sup>1</sup>、須澤 啓一<sup>2</sup>、原田 建治<sup>2</sup>、亀丸 俊一<sup>2</sup>  
北見工業大学大学院<sup>1</sup>、北見工業大学工学部<sup>2</sup>  
[mcs07001@std.kitami-it.ac.jp](mailto:mcs07001@std.kitami-it.ac.jp)

## 1 研究背景・目的

光学実験の測定・記録には主に銀塩カメラ(フィルム・乾板)が使用されている。しかし銀塩カメラによる測定・記録では、撮影毎に現像処理が必要になるなど煩雑で時間を要する操作が多い。そこで、デジタルカメラでも銀塩カメラと同程度の精密測定ができれば測定・記録の利便性は格段に向上すると考えられる。

本研究の目的は、まず光学実験(矩形開口の観察)を行い、その画像をデジタルカメラで記録し、スペクトルの大きさについて理論値との誤差を考察する。その際必要に応じて、光学実験のシミュレーションの改良を行って利便性の向上を図り(今回の研究の主となる箇所はここである)、最終的にはデジタルカメラを用いた精密計測の完成を目指す。

## 2 Excel

光学シミュレーションソフトには MATLAB や MATHEMATICA などがある。しかし身近にある Excel でも、十分に同様の画像処理ができることは昨年までの研究で明らかになっている。[1]今回の研究では Excel を使用したが、それは Excel に以下のようなメリットがあるからである。

- ・セルとピクセルが 1 対 1 対応可能
- ・シートが使用可能
- ・標準搭載されているパソコンが多い

## 3 理論値

矩形開口の回折パターン強度分布  $I(x)$  の理論式[2,3]は以下のように示される。

$$I(X) = a^2 \sin^2 \left( \frac{a}{\lambda f} X \right) \quad (3.1)$$

ここで  $a$  は入力開口の幅、 $\lambda$  は光源のレーザーの波長、 $f$  はフーリエ変換レンズの焦点距離である。これをグラフ化したものが図 3.1 である。

このスペクトル幅を求める式は(3.1)より

$$2 * \frac{\lambda f}{a} \quad (3.2)$$

今回の実験では  $\lambda$  に He-Ne レーザーの波長 633nm を入れ、 $f$  には今回の実験で使用した値の 350mm を入れて計算を行った。

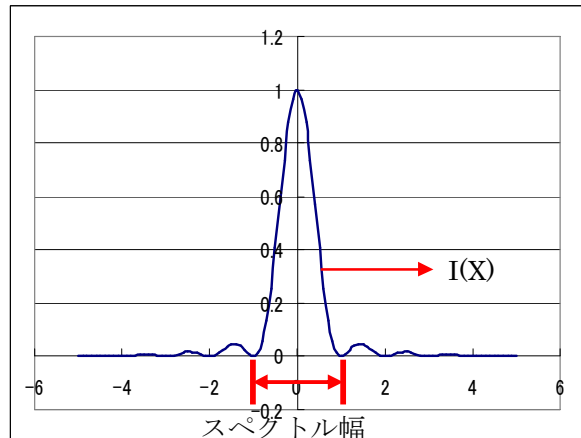


図 3.1 スペクトルの強度分布とスペクトル幅

## 4 光学実験

### 4-1 光学実験を行う前に

光学実験を行う前に精密測定に用いるデジタルカメラの解像度を求めた。

デジタルカメラの 1 ピクセルの大きさはキヤノンの研究所からのデータより縦・横ともに  $7.400 \mu\text{m}$  となる。デジタルカメラのピクセル数はキヤノンの公式ホームページ[4]の製品カタログより縦×横=2056(pixel)×3088(pixel)となる。これらの値から解像度、撮影した像の大きさの測定が行われる。

### 4-2 光学実験の結果

光学実験の結果得られた画像を以下に示す。

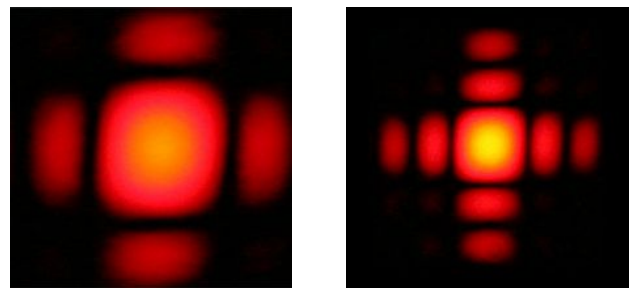


図 4.1 光学実験のスペクトル像

この結果を見ると小さな開口からは大きなスペクトルが、大きな開口からは小さなスペクトルが得られている。よって光学的なこの実験は定性的な結果を示していることがわかる。続いて定量的な議論を行う。

光学実験のスペクトル幅と理論値との誤差は次ページのとおりである。

その 2: その結果得られる具体的なメリット

(旧) オプションとして選べるのはピクセル数の選択(256 ピクセルか 512 ピクセルの 2 種類)のみ

→シートの書き出しを行うか否かのオプションを追加しようにも、シートでは同時に行うことが不可能。

(新) ユーザーフォームを使用することによって、オプションとしてピクセル数の選択、シート書き出しの選択を同時に行うことを実現した

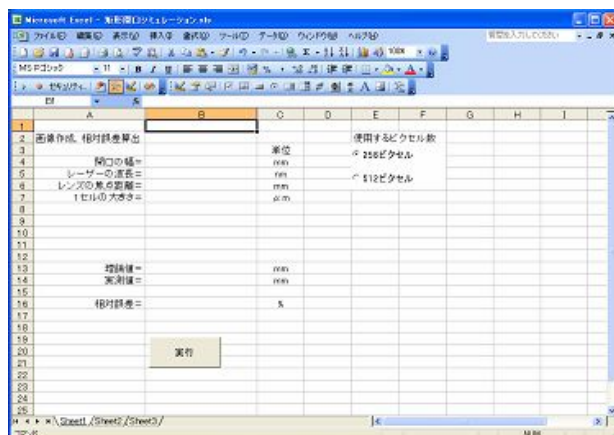


図 5.2 改良前のシミュレーションの入力画面  
(矩形開口シミュレーション.xls)

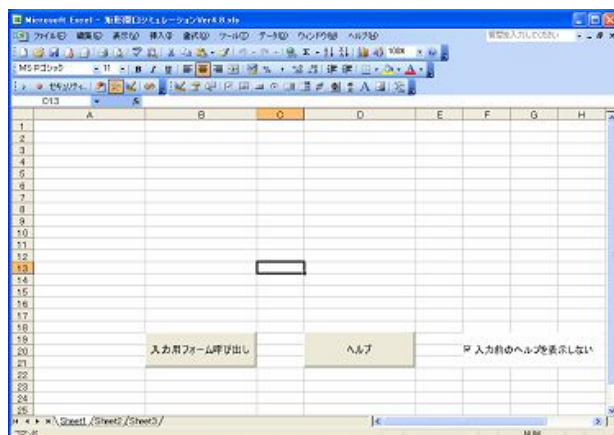


図 5.3 改良後のシミュレーションの初期画面  
(矩形開口シミュレーション Ver4.8.xls)



図 5.4 改良後のシミュレーションの入力画面  
(矩形開口シミュレーション Ver4.8.xls)

(2)回折パターンを幅を求めるアルゴリズムの改良

その 1: 回折パターンを幅を求めるアルゴリズムそのものに関するもの

(旧) 画像を 2 値化(回折パターン強度のうち 0 は 0、それ以外を全て 255 にする)して、回折パターンを幅を求める  
→結果によっては、正確な幅を求めることができない(解像度などが悪い場合、0 次光と 1 次光の境界部分が 0 にならないことがあるため)。

(新) 画像の極小値(画像の中心から外側に向かって、直線的に値を見て行ったとき、最初に 0 またはそれに近い値の手前の部分までを回折パターンを幅とする)から幅を求める

その 2: 回折パターンを幅求めたあとに表示されるもの(表示される画像の精度がやや悪い場合)

(旧) 結果によっては 0 次光と 1 次光の境界部分が 0 にならない可能性もあるが、それに対する警告はまったくなし  
→使い勝手その他を考えると、何の警告もないのはあまりにも不親切。

(新) 回折パターンを幅求めたあと、0 次光と 1 次光の境界部分が 0 にならない場合、画像を表示する前に警告画面が表示されるようにした

その 3: 回折パターンを幅求めたあとに表示されるもの(表示される画像の精度が非常に悪い場合)

(旧) 結果によっては強度が全て 0 の可能性もあるが、それに対する警告はまったくなし  
→使い勝手その他を考えると、(先の境界部分が 0 にならないときと同様に)何の警告もないのはあまりにも不親切。

(新) 回折パターンを幅求めたあと、中心の強度が 0 だった場合、画像を表示する前に警告画面が表示されるようにした

(3)エラー検出機能の改良、強化

その 1: 入力のうち 1 セルの大きさに関するもの

(旧) 1 セルの大きさを(0 より大きな範囲で)限りなく小さくすることができる(0 より大きな範囲でと但し書きがついているのは、この機能を実装した段階のエラー検出機能でも、0 より小さな値は入力できないように作られていたため)  
→ピクセル数に制限(256 ピクセル、512 ピクセル)がある以上 1 セルの大きさを下げ続けることは現実には不可能。

(新) 1 セルの大きさをある一定の値以下にできないように改良(下限値はピクセル数などの入力条件から計算によって求めることが可能)し、その際にどこまでの値ならば入力可能かどうか警告画面に表示するようにした

その 2: 入力全般に関するもの

(旧) 今までのエラー検出機能でサポートしていたのは数値に関するエラーのみ(使用者が数値を入力するという前提でその数値が適正かどうか判断していた)  
→数値以外のもの(文字、文字列など)を入力されると検出できない(バグが発生する)。

(新) 数値以外のものは入力のかかなり最初の段階で(エラー検出機能の判断アルゴリズムの中で 2 番目、1 番目に判断されるのは、テキストボックスに数値が入力されているかどうか)

表 4.1 を見ると開口の幅が 1.0mm のときは誤差がかなり小さくなっているが 0.43mm のときはかなり大きくなってしまっている。これは 0.43mm と 1.0mm の開口を製作する際の困難さがそのまま反映されたと考えられる。それでも誤差はおおむね小さな範囲にまとまっているのでこの実験は定量的な結果を示していると言って良い。

表 4.1 開口を変化させた場合の理論値と測定値の誤差

開口の幅	0.43mm	1.0mm
理論値	1.030mm	0.4431mm
0次光のスペクトル幅	1.036mm	0.44mm
理論値との誤差	0.6%	0.2%

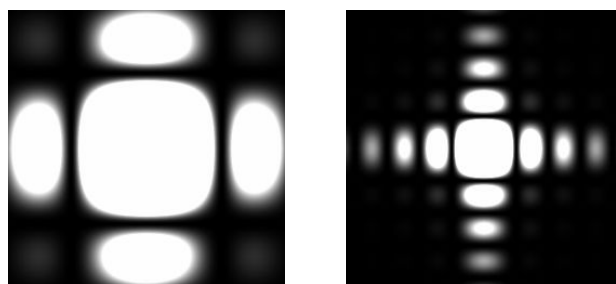
## 5 光学シミュレーション

### 5-1 シミュレーションを行う前に

定量的なシミュレーションを行うには 1 セルの大きさの定義が必要になる。今回は光学実験との比較を行うことも兼ねているので 1 セルの大きさを縦横 7.400  $\mu\text{m}$  と定義する。

### 5-2 シミュレーションの結果

シミュレーションで得られた画像を以下に示す。



(a) 開口の幅 0.43mm (b) 開口の幅 1.0mm

図 5.1 シミュレーションのスペクトル像

この結果を見ると小さな開口からは大きなスペクトルが、大きな開口からは小さなスペクトルが出てくる。(3.1)からも分かるが、一般に回折の原理より開口の幅と回折パターンの間には反比例の関係がある。よってこのシミュレーションは定量的な結果を示している。

シミュレーションのスペクトル幅と理論値との誤差は右上のとおりである。

表 4.1 よりシミュレーションの理論値との誤差はかなり小さい範囲に収まっていることがわかる。よってこのシミュレーションは定量的でもあるということが出来る。

表 5.1 開口を変化させた場合の理論値と測定値の誤差

開口の幅	0.43mm	1.0mm
理論値	1.030mm	0.4431mm
シミュレーションのスペクトル幅	1.0212mm	0.4366mm
理論値との誤差	0.899%	1.47%

### 5-3 シミュレーションの改良

改良を行う前のシミュレーションでは使用するにあたり、かなりの知識が必要(入力方法など)になる。このシミュレーションは卒業研究で[1]を改良して作られたものだが、今回、ひいては今後の研究を行う際に、必要と思われる様々な機能が実装されていない。さらにこのシミュレーションは教育用としても使用用途も十分に考えられるので、今後のことも見据えてシミュレーションの改良(ない機能に関しては新たに実装)を行う。

現時点においてシミュレーションの改良点を、大まかに記述すると次のページのようになる。なお、シミュレーションの改良には[5]を全面的に参考にして行った。

- (1)入力、出力のユーザーフォーム化
- (2)回折パターンの幅を求めるアルゴリズムの改良
- (3)エラー検出機能の改良、強化
- (4)画像の保存機能の改良
- (5)ファイルに関する改良
- (6)ヘルプ機能の実現

以下にこれらの記述した各項目の詳細について記述する(比較のために各点の改良前についても記述し、さらに一部の項目については画像も添付してある)。

#### (1)入力、出力のユーザーフォーム化

##### その 1: ユーザーフォーム化するメリット

##### (旧) 入力、出力に(主として)シートを使用

→機能の拡張をする際、様々な制約が出る(シートでのオプションボタンの使用など)。

その入力画面をこの項目の最後に示す。(図 5.2)図の番号、名前のある括弧内はファイルの名前であり、これは卒業研究でつくられた最初のもので、バージョン 1.0 に相当する。

(新) 入力、出力における(採用できる範囲における)ユーザーフォームの全面採用(シートはフォーム呼び出しなどの最低限の動作を行うのみ)を行ったことによって後に記述する機能を実現した

先ほどと同様に初期画面、入力画面をこの項目の最後に示す。(図 5.3、図 5.4)先ほどと同じく、こちらは括弧内を見れば分かるとおりバージョン 4.8 となっており、これは現時点における最新のものである。

か判断するアルゴリズム)適正でないと判断できるようになった

#### (4)画像の保存機能の改良

**(旧)** 画像を保存する際のパス名をソースに直接記述  
→画像を保存したいか否かにかかわらず画像は保存され、さらに保存場所を変更したい場合、ソースを直接変更する必要がある(変更しないとエラーが生じる)ため、汎用性が低い。

**(新)** 入力フォームに画像の保存先パスを設定するテキストボックスと参照用ボタンを設置し、さらに画像を保存しないチェックボックスも設置した(当然のことだがこれにチェックを入れた場合、前の2つは操作できなくなるように作られている)

#### (5)ファイルに関する改良

**(旧)** シートの書き出しを行う際に、シートの書き出しを行う関数にファイル名を文字列で直接記述していた  
→ファイル名を変更するたびにソースを変更する必要がある(先の画像のときと同様に変更しないとエラーが生じる)ため、汎用性が低い。

**(新)** 今後このシミュレーションの更なる改良、またはこれを参考に別のシミュレーションを行う際に、私以外の人が行う可能性は十分に考えられるので、ファイル名を変更してもそれに自動で追従する機能を実現した結果、汎用性が向上した

#### (6)ヘルプ機能の実現

**(旧)** 入力、出力などをはじめとするシミュレーションに関する説明などのヘルプはまったく存在しない  
→教育用として使用することを考えるとヘルプがないのは不適切、または今後の改良を考えた場合、ヘルプがあるほうが保守性の向上が望める。

**(新)** ヘルプ機能を実現することによって教育用としての使用用途、またシミュレーションそのものの保守性の向上を実現した

## 6 結論

矩形開口の定量的シミュレーション、光学実験を行い、それぞれ理論値誤差を比較することによって Excel による光学シミュレーションが定性的・定量的な結果を与えることが証明できた。使用できる画像も 256×256 ピクセルだけではなく 512×512 ピクセルの画像の作成に成功した。さらに今回のプログラムには従来のプログラムにはなかったエラー検出機能も実装することができた。

今後の課題は、先の 5-3 でも述べたがこのシステムの教育用としての使用用途も考えられることから、シミュレーションのさらなる改良を目的としたい。かつて卒業研究で今後の課題になっていた、エラー検出機能の強化を行ってエラー検出を完璧に行うことと、同時にユーザーの使いやすさを考慮してユーザーフォームを使用するなどして GUI 部分の改良を行うことは、現状においてはほぼ達成することができた。現時点における具体的に改良を行いたい点としては、画像の保存を行う際のパス名が現時点では絶対パスになっているので、汎用性の向上のために、これを相対パスで実現すること、さらに現在シミュレーションそのものの改良に忙殺されていたため、それらの機能のヘルプが現状に追いついていないので、ヘルプを現状に適用させることである。その際、最初にヘルプ機能を実現したときに比べ、かなりシミュレーションの拡張が行われているので、ヘルプの構成もあわせて考えたい。

## 参考文献

- [1] 阿部聡: デジタルカメラと Excel を用いた光学系の精密計測システムの研究、北見工業大学卒業論文(2006)
- [2] 吉村武晃: 光情報工学の基礎、コロナ社(2000)
- [3] 谷田貝豊彦: 光とフーリエ変換、朝倉書店(1992)
- [4] キヤノンホームページ(2007/02/22)  
<http://cweb.canon.jp/camera/eosd/kissd/catalog/index01.html>
- [5] プロジェクト A&できるシリーズ編集部: できる大事典 Excel VBA 2000/2002/2003 対応、株式会社インプレス(2005)