

平成28年 卒業研究論文

疑似ラインセンサーを用いた
S P レコード音検出

北海学園大学工学部 電子情報工学科
魚住研究室

4513213
クーン・トビアス

2016年10月11日

目 次

第 1 章 はじめに	2
第 2 章 画像データ生成	3
2.1 実験装置	3
2.1.1 接続図	4
2.1.2 CCD カメラ	4
2.1.3 パルスステージ	5
2.2 音溝形態と光照射	5
2.3 プログラム構造	5
第 3 章 画像データの前処理	8
3.1 重複部分問題	8
3.2 湾曲問題	11
3.3 うなり問題	11
第 4 章 音検出アルゴリズム	12

第1章 はじめに

第2章 画像データ生成

2.1 実験装置

SP レコードの撮像に用いられる実験装置を図 2.1 に示す。レコードに下にあるパルスステージはレコードをカメラの位置に対して平行に（図 2.1 で言うと左右に）動かす。この平行移動をパルスモータ F が実装する回転運動と組み合わせると、SP レコードの全領域を顕微鏡の下に持ってこられる仕組みができる。

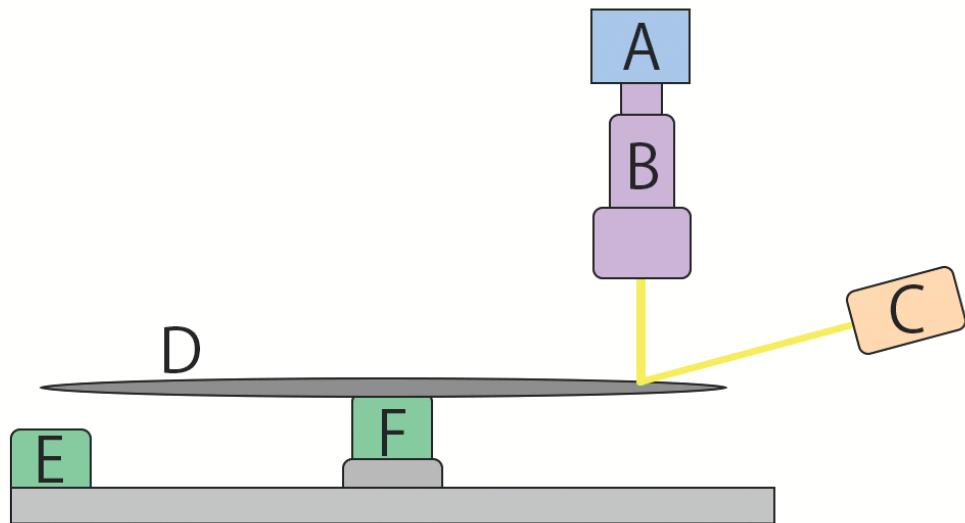


図 2.1: 実験装置の設定

- A CDD カメラ
- B 顕微鏡
- C 照射装置
- D SP レコード
- E パルスモータ、平行移動用
- F パルスモータ、回転用

2.1.1 接続図

それぞれの実験装置がどのようにしてパソコンと繋がっているかを図 2.2 に示す。GigE バスはパソコンの NIC (Network Interface Card) と接続される。

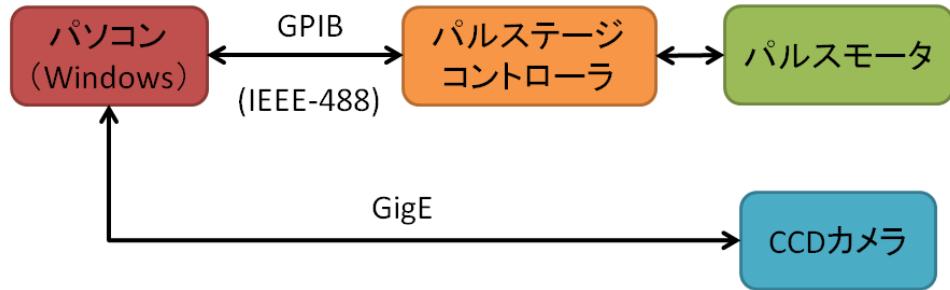


図 2.2: 実験装置の設定

2.1.2 CCD カメラ

本研究で使用されているカメラは JAI 社の「BB-500GE」である。カメラの最大解像度は 2456(h)x2058(v) であるが、Variable Partial Scan 機能を利用して実際にデータとしてパソコンに送られるのはもっと幅が狭い領域のデータである。表 2.1 にカメラのパラメータの設定を示す。

表 2.1: JAI BB-500GE のパラメータの設定

ROI 範囲設定	2456 (h) x 32 (v)
GainRaw	550
ExposureTimeRaw	222
AcquisitionMode	Continuous
ExposureMode	EdgePreSelect
PartialScan	Variable Partial Scan
VariablePartialScanStartLine	1013
VariablePartialScanNumOfLines	32
TriggerSelector	FrameStart
TriggerMode	On
TriggerSource	Software
LineSelector	CameraTrigger0
LineSource	SoftwareTrigger0
LineInverter	ActiveHigh

画像データ生成段階で SP レコードを一定の速度で回転させながら順次に撮像を行うため、ExposureTimeRaw パラメータ（無単位）は実験的にぶれが生じないよう設定した。表 2.1 のパラメータは全て自作の C# プログラムで設定される。SoftwareTrigger を実行して画像一枚取得するためのコードを図 2.3 に示す。

```
// We need to "pulse" the Software Trigger feature in order to trigger the camera!
myCamera.GetNode("SoftwareTrigger0").Value = 0;
myCamera.GetNode("SoftwareTrigger0").Value = 1;
myCamera.GetNode("SoftwareTrigger0").Value = 0;
```

図 2.3: C# プログラムの中からカメラの SoftwareTrigger を実行させるためのコード

2.1.3 パルスステージ

パルスステージの仕様を図 2.2 に示す。

表 2.2: パルスステージの仕様

degrees per pulse (回転運動)	0.0025
mm per pulse (平行移動)	0.002

2.2 音溝形態と光照射

顕微鏡を通って撮像される光から SP レコードの音溝に記録されたデータを復元するのが本研究目標であるから、撮像されるデータに音溝の形態が何らかの方法で読み取れなければならない。これを成し遂げるために、光を斜めに照射して、音溝の壁の一部が明るく映るようにするのが有力な方法であることが過去の研究でわかつた (ref!)。図 2.4 に光の反射具合を模式的に表す。

図 2.4 を見てわかるように、SP 盤に対して垂直に反射する光は、音溝の壁部分が一番多い。一方、音溝以外の平面部分で反射する光は垂直に反射せず、顕微鏡にはほとんど入らない。この設定でカメラと顕微鏡で撮像した画像を図 2.5 に示す。

2.3 プログラム構造

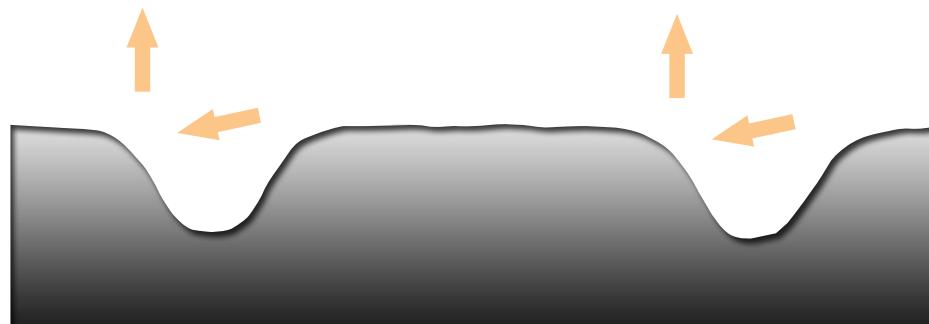


図 2.4: 反射の仕方

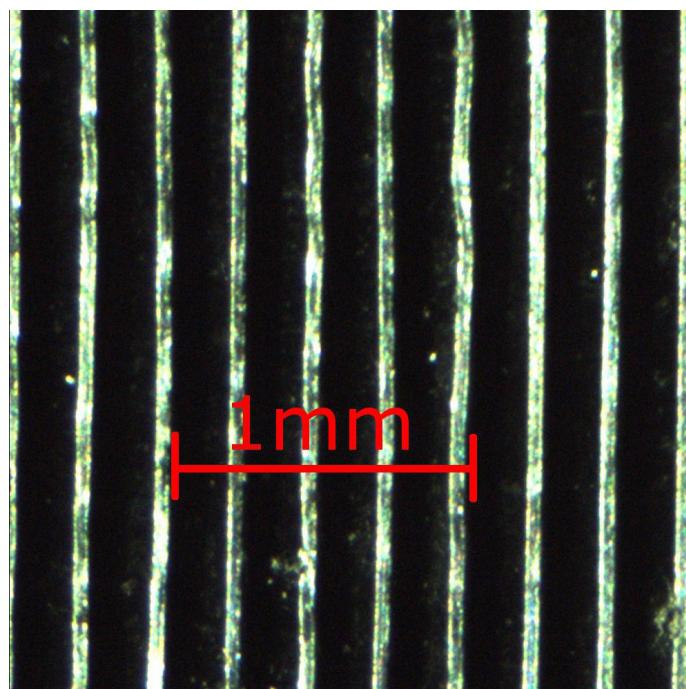


図 2.5: SprecMicroscopeImgLabeled

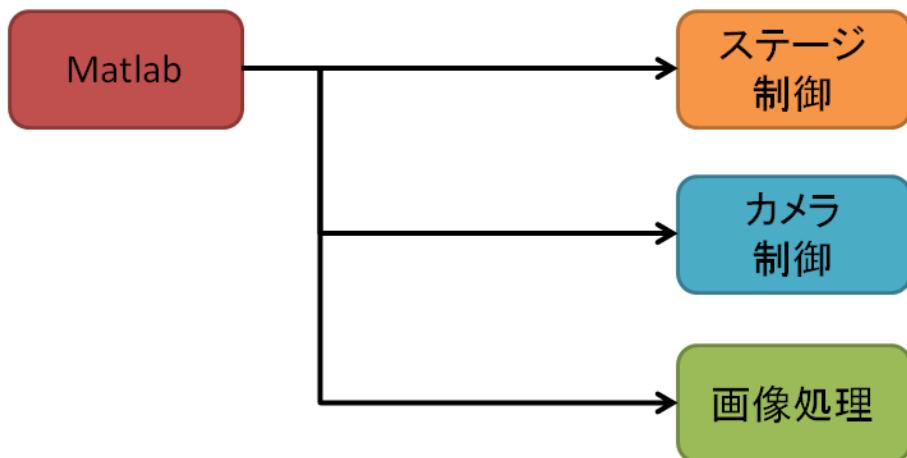


図 2.6: Prog Setup Old

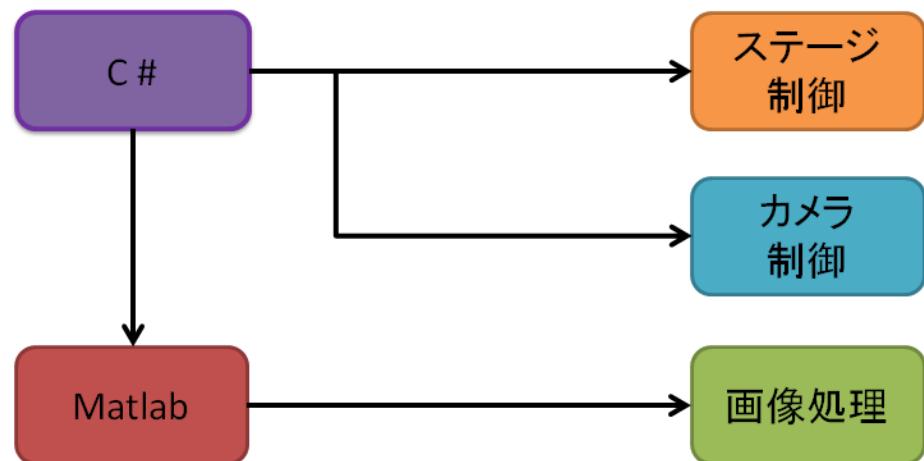


図 2.7: Prog Setup New

第3章 画像データの前処理

画像処理を駆使して音溝から音データを抽出するためには、画像上の音溝データが連続的で、余分な重複などがないものでなければならない。四角形の画像を撮影するカメラでその下を回る円盤の表面を撮像するときに、どのような問題が起きるかを調べて、解析する。

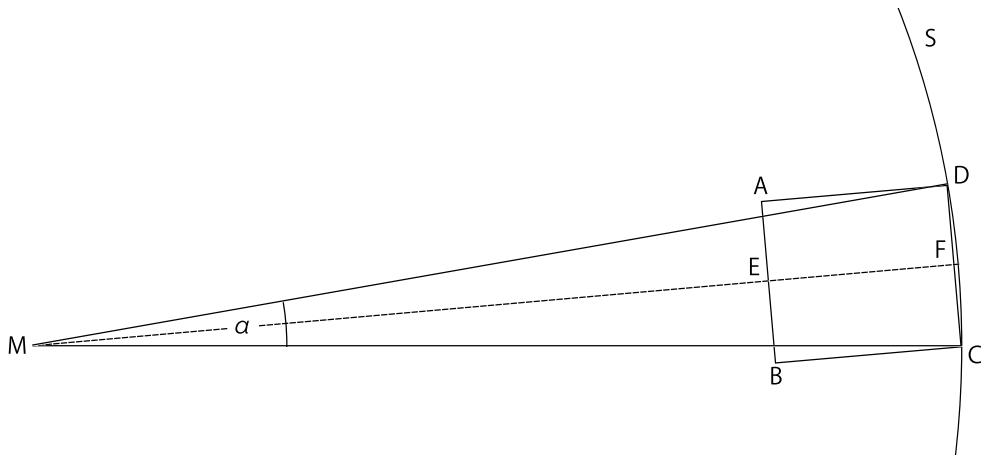


図 3.1: 撮像の様子を幾何学的に表した図

図 3.1において、四角形 ABCD がカメラの撮像範囲、S が SP レコードの外側、M が SP レコードの中心、 α が次の画像を取るために回転角度だとする。

3.1 重複部分問題

図 3.2 の四角形 A, B, C が順番に撮像された画像範囲だとする。このとき、それぞれの撮像範囲が重なることがわかる。撮像範囲が四角形であることを前提とすると、画像をどのように撮像しても重複部分、または情報損失が生じる。音溝から音を抽出する画像処理段階で、情報損失があってはならない。重複部分も画像処理を困難にするから何らかの方法でそれを最低限に抑える必要がある。

本研究では、撮像範囲の幅（図 3.3 中 $\overline{AB} = \overline{CD}$ ）を小さくすることで重複部分の影響を無視できる程度に抑える。どのくらいの幅であれば無視できるといえるかを調べる。図 3.3 中の ϵ が一画像の片方の重複部分だとする。隣り合っている画像でのピクセルの重複部分を考えると 2ϵ となる。

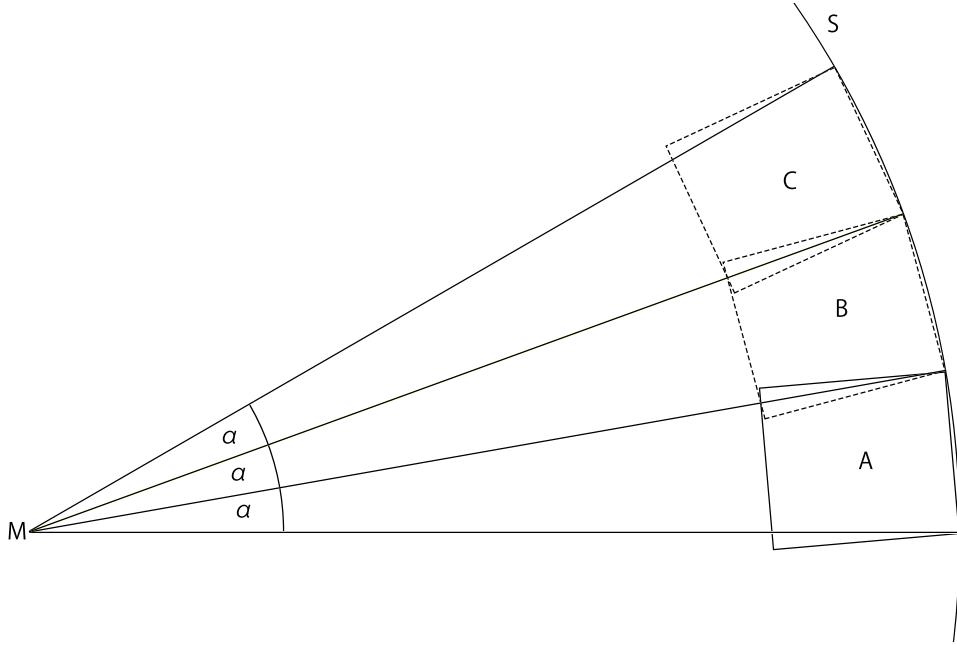


図 3.2: Overlap Problem 2

ϵ を求めるために、まず直角三角形 MCF より $\frac{\alpha}{2}$ を求めておく。

$$\frac{\alpha}{2} = \arctan \left(\frac{\overline{BE}}{\overline{MF}} \right) \quad (3.1)$$

$\frac{\alpha}{2}$ を用いて以下の方程式が成り立つ。

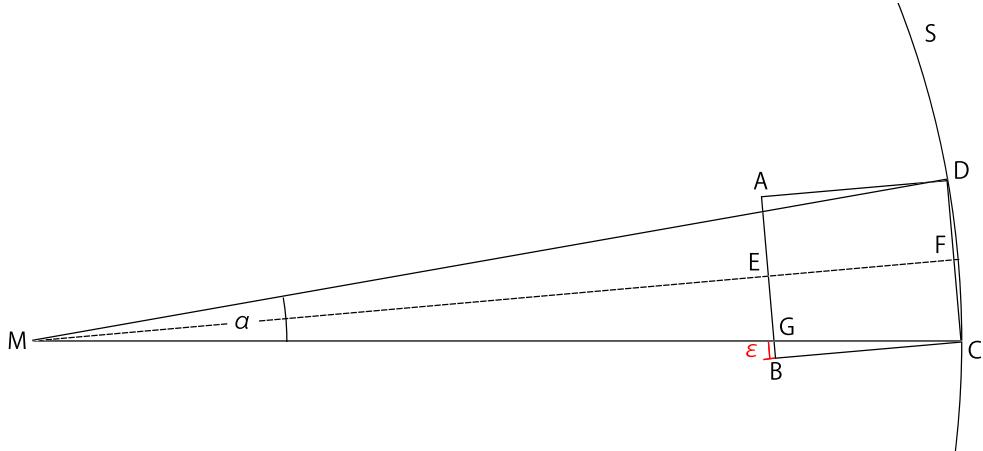
$$\overline{BE} - \overline{BG} = \tan \left(\frac{\alpha}{2} \right) \overline{ME} \quad (3.2)$$

$$\epsilon = \overline{BG} = \overline{BE} - \tan \left(\frac{\alpha}{2} \right) \overline{ME} \quad (3.3)$$

式 3.1 を式 3.3 に代入し式を整理すると

$$\epsilon = \overline{BE} \left(1 - \frac{\overline{ME}}{\overline{MF}} \right) \quad (3.4)$$

が得られる。本研究で作成した C# プログラムの中のキャリブレーション機能を利用した後のパルスステージだと、変数 \overline{BE} , \overline{ME} と \overline{MF} は常に把握できていることから、SP レコードの任意の位置においての ϵ を求めることができる。 ϵ の性質を調べるために、まず SP レコードの一番外側と内側という 2 つのケースに分けて、カメラの最大解像度で撮像が行われると仮定して計算を進めてみる。また、カメラに直結している顕微鏡の拡大率を 1.0x にしたときの次の定数を計算に用いる。

図 3.3: 重複問題を数値化する ρ の幾何学的図

$$\gamma = 0.002366 \left[\frac{\text{mm}}{\text{pixel}} \right] \quad (3.5)$$

$$\delta = 422.65 \left[\frac{\text{pixel}}{\text{mm}} \right] \quad (3.6)$$

最大解像度で撮像した画像は実際のサイズは

$$\text{height} = \overline{EF} = 5.81 \text{ [mm]} \quad (3.7)$$

$$\text{width} = 2 \cdot \overline{BE} = 4.87 \text{ [mm]} \quad (3.8)$$

となり、またレコードの外側で撮像したときの \overline{ME} は

$$\overline{ME} = 120.0 \text{ [mm]} \quad (3.9)$$

となる。 $\overline{MF} = \overline{ME} + \overline{EF}$ を考慮しながら式 3.7, 3.7, 3.7 を式 3.4 に代入して計算すると

$$\epsilon_1 = 0.1124 \text{ [mm]} \quad (3.10)$$

となり、式 3.6 の単位換算定数 δ をかけると

$$\epsilon_1 = 47.52 \text{ [pixel]} \quad (3.11)$$

という結果が得られる。同様に SP レコードの内側での ρ を $\overline{ME} = 50.0 \text{ [mm]}$ として求めると

$$\epsilon_2 = 0.2534 \text{ [mm]} = 107.14 \text{ [pixel]} \quad (3.12)$$

となる。ここで、前述したように、隣り合っている画像の隣接重複距離が 2ϵ であることを思い出すと最悪の場合の隣接重複距離が

$$2\epsilon_2 = 0.5068 \text{ [mm]} = 214.28 \text{ [pixel]} \quad (3.13)$$

となり、これが画像の幅 (2058 pixel) の 10.4 % にも至るため、無視できない問題と判断せざるを得ない。

3.2 湾曲問題

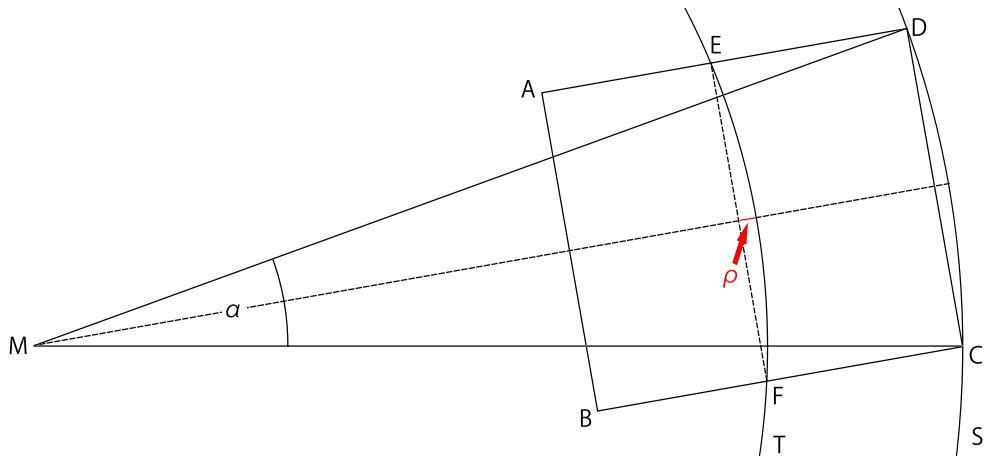


図 3.4: Curve Problem

3.3 うなり問題

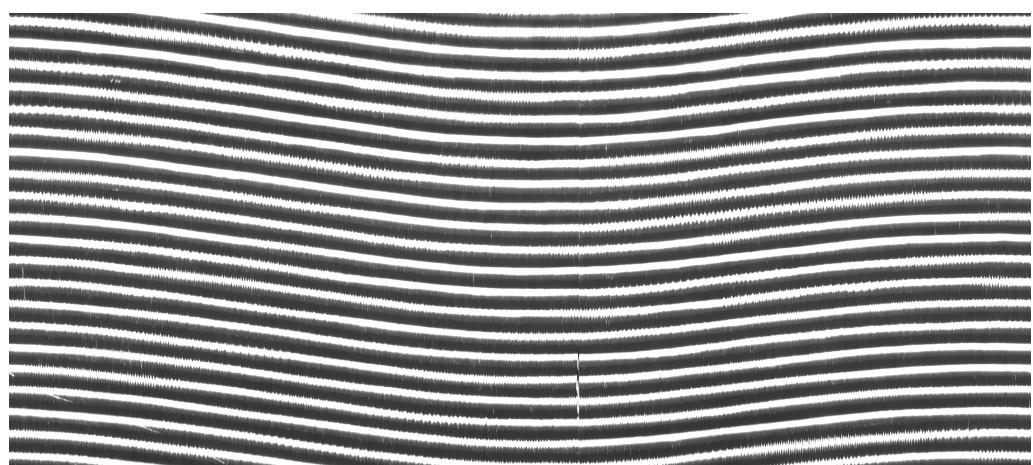


図 3.5: うなり

第4章 音検出アルゴリズム