

変化球の測定

2019 年度卒業研究レポート
明治大学総合数理学部現象数理学科

今井寛 涌嶋悠介（共同研究）

2019 年 2 月 29 日

目次

1 はじめに

2 実験の手順

①

②

③

④

3 回転数と回転軸

4 ボールの軌跡

① ストレート

② スライダー

5 2球種の比較

① 上からの撮影

② 横からの撮影

6 終わりに

7 プログラム

1 はじめに

今回私たちは「変化球の測定」をテーマに実験・研究を行った。この研究テーマにした理由は、私たちは野球が好きであり、吉田海人さんの卒業研究である「野球ボールの軌跡と速度」に興味を持ったからである。また、吉田さんの理論研究を実験的に行いと思ったのも理由の一つである。

この研究はボールの回転数・回転軸・球速がボールの軌跡とどのような関係があるのかを実験を通して解析することを目標として行った。

条件は以下の通りである。

- ・水平方向で、マウンドとホームの中心を通る軸を x 軸
 - ・水平方向で、 x 軸と直角な軸を y 軸
 - ・鉛直方向を z 軸
- として解析を行った。

また、実験で用いる器具は、カメラが2台とテクニカルピッチ（回転数・回転軸・回転軸、平均球速を求めることができるボール）である。

2 実験の手順①

最初は手がかりを掴みに公園にてひとまず投球を行った。下の図のように横からと、捕手目線で iPhone にて撮影を行った。



ここで挙げられた問題点はカメラの画質と投球環境である。測定においてスローモーションにカメラを設定すると、ボールが見えないことがあった。また、屋外では風の影響などからデータにズレが生じることも考えられた。

そこで、次の手順ではカメラの性能と環境を変えて実験を行う。

手順②

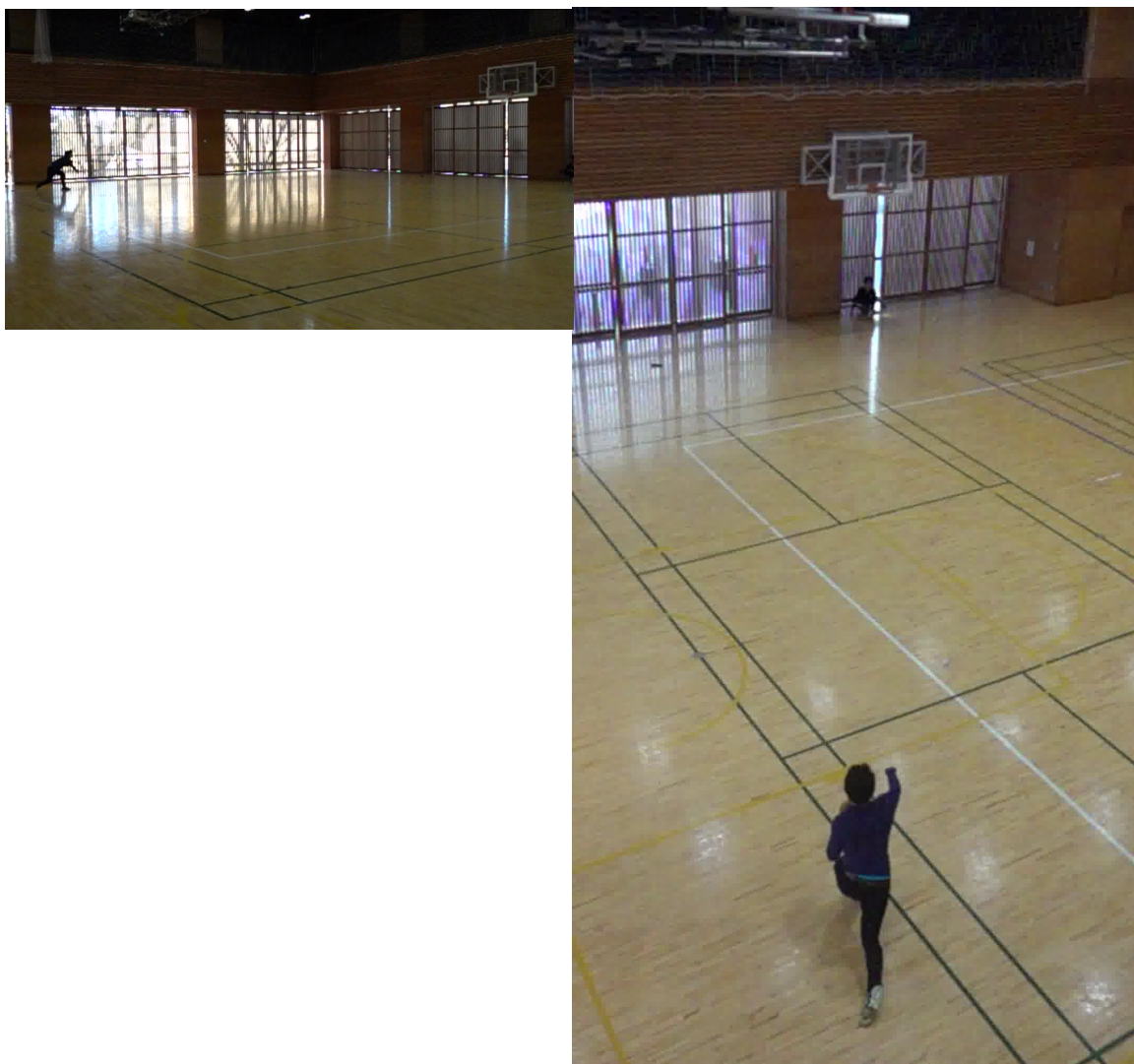
手順①を踏まえ、ハイレームレート(960f/s)搭載の高性能カメラを使用。フレームレートとは、動画における単位秒あたりの静止画の枚数である。使用したカメラは1秒あたりに960枚の静止画をつなげて動画にするものである。

また、環境を体育館に変更し天気などの影響を受けずに実験を行った。以下はその時の図である。



ここではカメラの台数が足りないという問題点が出た。一台では二次元までしか測定ができないのである。実際、上の図では $x-z$ 平面、下の図では $y-z$ 平面のみである。そこで次の手順では座標の問題点を念頭において実験を行う。

手順③



ここでは先ほどの問題点を踏まえ、カメラを二台用意した。投手の横から（図左）と投手の後ろから（図右）から撮影を行った。この位置で同時に撮影することで二次元のものを組み合わせ、三次元へと変換することができた。結果については後ほど言及する。

また、座標は取ることができたのだが回転数や回転の軸まではカメラにより測定することができなかった。そこで次の手順では新たに器具を用いる。

手順④

テクニカルピッチ（(株)SSKの製品）を導入する。加速度、地磁気、角速度のセンサーを内蔵しており、BluetoothにてiPhoneと同期することで球種、球速（平均）、回転数（平均）、回転軸の向きを調べることができる。



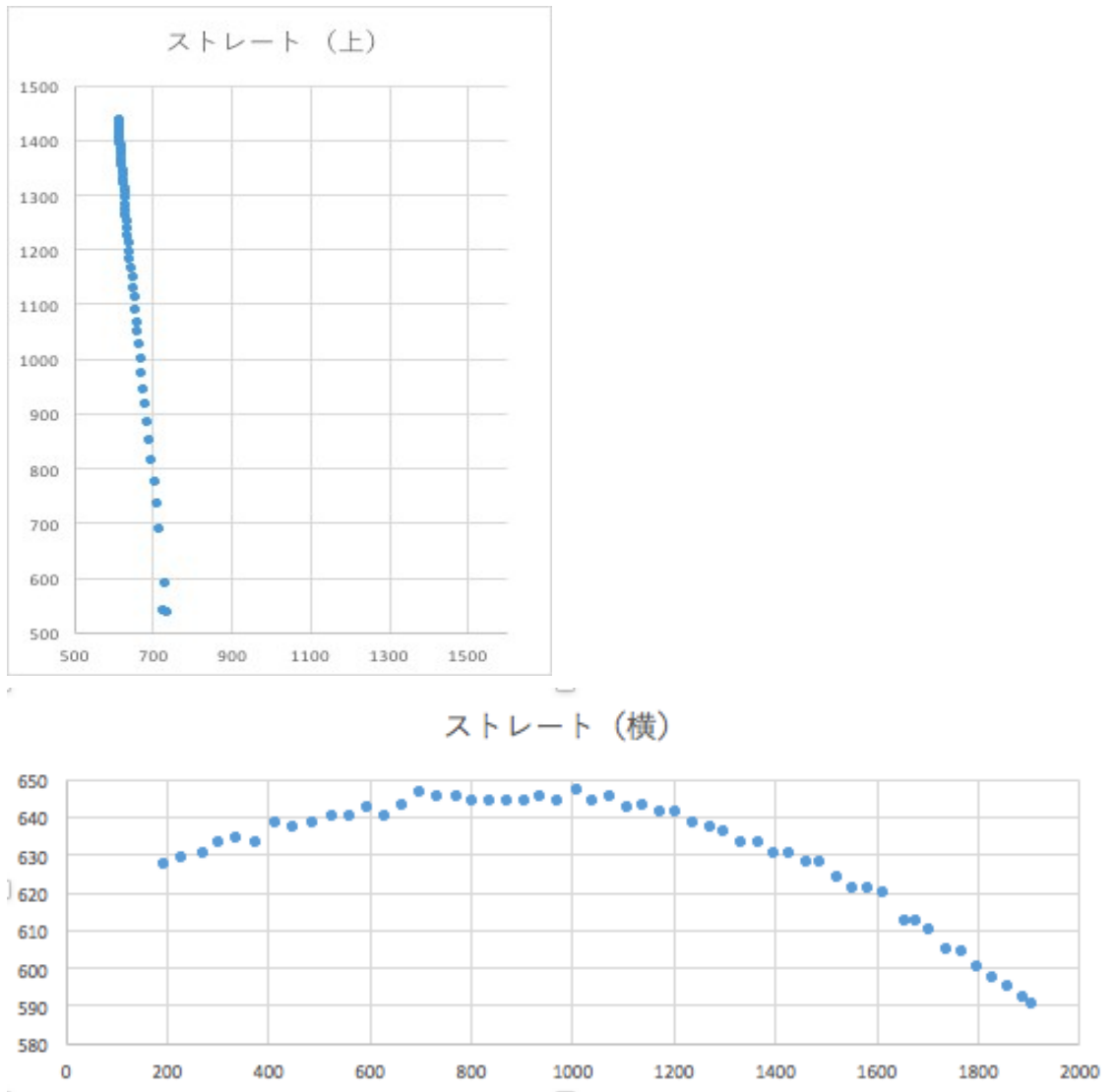
ここではこの器具を用いて手順③と同様に実験を行った。次でその結果を示す。

3 回転数と回転軸



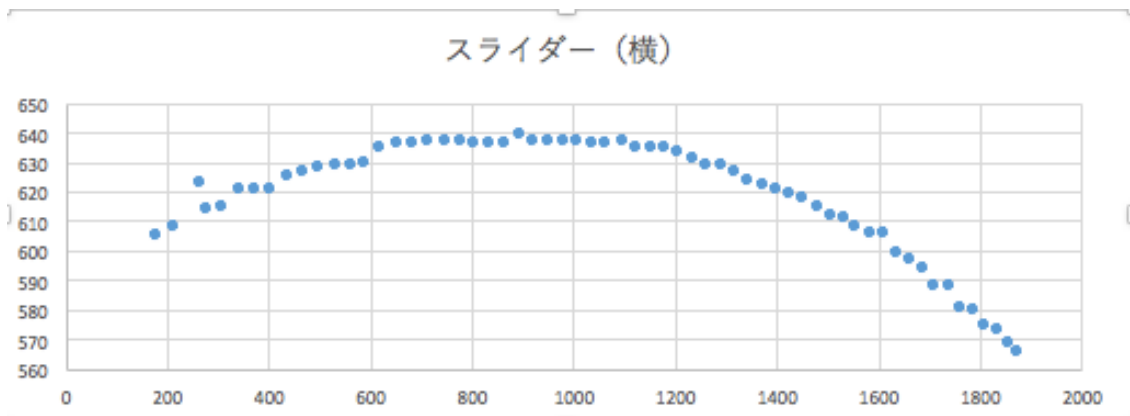
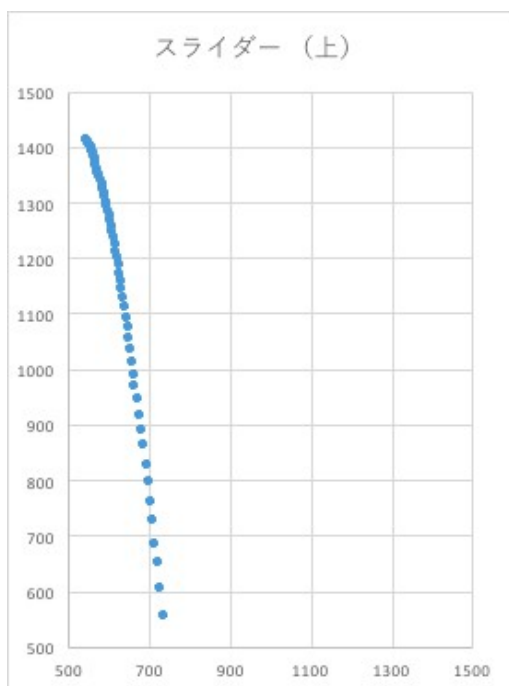
左がストレートで、右がストレートの結果である。図の上部の119と103は球速である。また1176と1529は回転数を示しており、1分あたりの回転数を見ることができる。この結果から各球種の回転軸の傾きや、回転数を調べることができる。

4 ボールの軌跡 ① ストレート



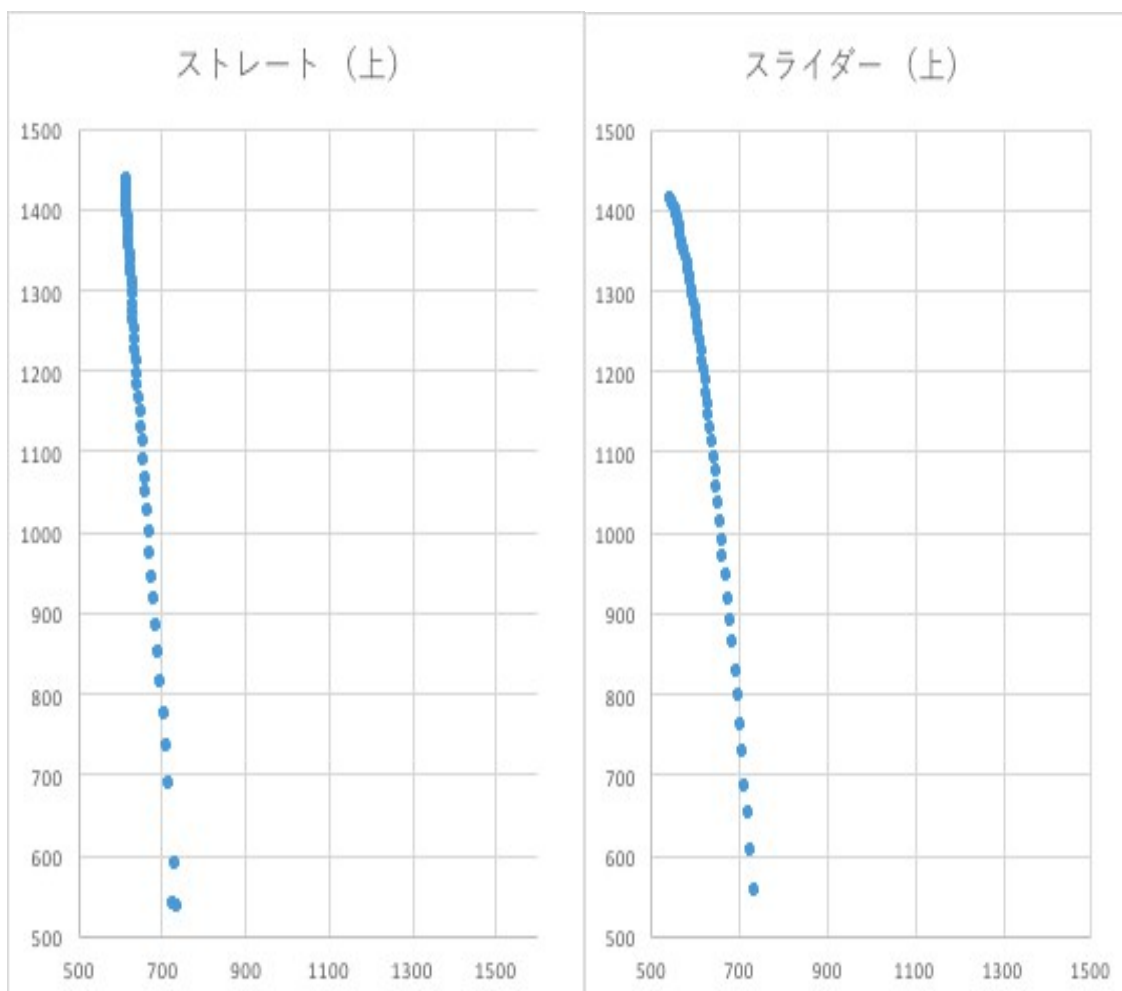
図はストレートの軌跡を ImajeJ で抜き出し、エクセルにてグラフ化したものである。曲線上部で一回回転の力で上に上がる様子など、詳しい軌跡を見ることができる。

③ スライダー



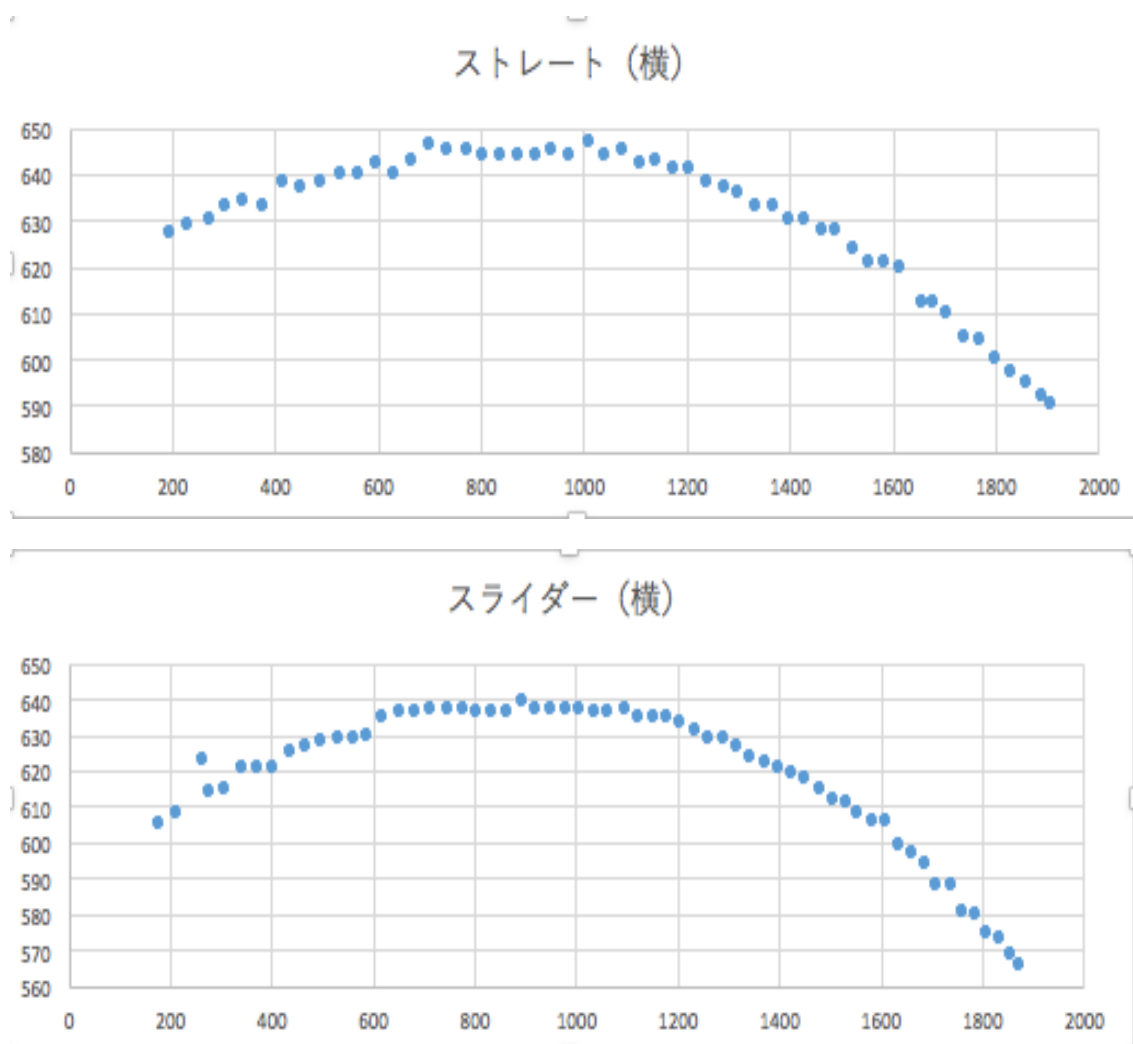
これはスライダーの軌跡である。上からの図では左に曲がっていく様子を確認できる。また、ストレートとは違い揚力は働かないため、一度ボールが浮き上がることもない。また、重力に逆らわないため、曲線的にボールが落ちていることも確認できる。

5 2球種の比較 ①上からの撮影



ここでは、二つの球種を比較する。プロットの間隔から球速の違いを確認できる。また、縦軸の1200あたりからの軌跡に違いが見える。打者から見たら、ストレートの軌道で打つ瞬間にボールが曲がるイメージである。

③ 横からの撮影



次に、横からの比較を見る。先ほども述べた通り、スライダーでは途中でボールが浮き上がることはない。また、横軸の1200あたりからの落ち方において、ストレートは揚力からか直線的に落ちているのに対し、スライダーはやや曲線気味に落ちている。

6 終わりに

この実験は私たちが手探りで始めたものであるため、実験場所の確保、カメラの配置、球速・回転数の計測方法などの決定に多くの時間を費やしてしまい、最終実験・解析に多くの時間を費やすことができなかった。ここでは、今後私たちの実験を引き継ぐ後輩に向けて、この実験の注意点と今後の展望について述べる。

実験の方法は前述した通りであるので、今後はより多くの実験を行い、同じ球種であっても回転数・回転軸・球速による軌跡の違いを吉田海人さんの卒業研究に照らし合わせて数値化してほしい。また、実験者（投手）は肩に怪我を抱えていたため、高いレベルの投球をすることができなかった。この実験をより実践で活用出来るものとするために、高いレベルの投球ができる投手で実験してほしい。

解析は imageJ を使い、ボールの座標をプロットすることでボールの軌跡を追った。しかし、この方法は 3 次元のものを無理やり 2 次元で解析するに過ぎず、必ずしもプロットされた座標が正しいとは限らないことが問題である。今後は 3 次元から 2 次元に落とし込む際は、画像の歪み補正プログラムを作成すべきであると考えます。また、私たちは imageJ を使いこなすことができず、座標のプロットを手作業で行ったが、今後はプログラムによってボールの座標を取り出すと効率的である。

最後になりましたが、様々なご指導をしてくださった桂田祐史教授に心から感謝いたします。

7 プログラム

```
wakushimanopasokonn:tokyu ev60086$ ffmpeg -i 0201SLUP.MP4 -f
image2 %04d.jpg
```

```
ffmpeg version 2.8.6 Copyright (c) 2000-2016 the FFmpeg
developers
```

```
built with Apple LLVM version 7.0.2 (clang-700.1.81)
```

```
configuration: --prefix=/opt/local --enable-swscale --enable-
avfilter --enable-avresample --enable-libmp3lame --enable-
libvorbis --enable-libopus --enable-libtheora --enable-
libschromedinger --enable-libopenjpeg --enable-libmodplug --
enable-libvpx --enable-libsoxr --enable-libspeex --enable-libass
--enable-libbluray --enable-lzma --enable-gnutls --enable-
fontconfig --enable-libfreetype --enable-libfribidi --disable-
indev=jack --disable-outdev=xv --mandir=/opt/local/share/man --
enable-shared --enable-threads --cc=/usr/bin/clang --enable-vda
--enable-videotoolbox --arch=x86_64 --enable-yasm --enable-gpl -
enable-postproc --enable-libx264 --enable-libxvid
```

```
libavutil      54. 31.100 / 54. 31.100
```

```
libavcodec     56. 60.100 / 56. 60.100
```

```
libavformat    56. 40.101 / 56. 40.101
```

```
libavdevice    56.  4.100 / 56.  4.100
```

```
libavfilter    5. 40.101 / 5. 40.101
```

```
libavresample  2.  1.  0 / 2.  1.  0
```

```
libswscale     3.  1.101 / 3.  1.101
```

```
libswresample  1.  2.101 / 1.  2.101
```

```
libpostproc   53.  3.100 / 53.  3.100
```

```
GuesSED Channel Layout for Input Stream #0.1 : stereo
```

```
Input #0, mov,mp4,m4a,3gp,3g2,mj2, from '0201SLUP.MP4':
```

```
Metadata:
```

```
major_brand    : XAVC
```

```
minor_version  : 16785407
```

```
compatible_brands: XAVCmp42iso2
```

```
creation_time  : 2020-02-01 04:05:49
```

Duration: 00:00:39.04, start: 0.000000, bitrate: 53293 kb/s
Stream #0:0(und): Video: h264 (High) (avc1 / 0x31637661),
yuv420p(tv, bt709/bt709/iec61966-2-4), 1920x1080 [SAR 1:1 DAR
16:9], 50222 kb/s, 59.94 fps, 59.94 tbr, 60k tbn, 119.88 tbc
(default)

Metadata:

rotate : 270
creation_time : 2020-02-01 04:05:49
handler_name : Video Media Handler
encoder : AVC Coding

Side data:

displaymatrix: rotation of 90.00 degrees

Stream #0:1(und): Audio: pcm_s16be (twos / 0x736F7774),
48000 Hz, 2 channels, s16, 1536 kb/s (default)

Metadata:

creation_time : 2020-02-01 04:05:49
handler_name : Sound Media Handler

Stream #0:2(und): Data: none (rtmd / 0x646D7472), 1473 kb/s
(default)

Metadata:

creation_time : 2020-02-01 04:05:49
handler_name : Non-Real Time Metadata

[swscaler @ 0x7fa05903cc00] deprecated pixel format used, make
sure you did set range correctly

Output #0, image2, to '%04d.jpg':

Metadata:

major_brand : XAVC
minor_version : 16785407
compatible_brands: XAVCmp42iso2
encoder : Lavf56.40.101

Stream #0:0(und): Video: mjpeg, yuvj420p(pc), 1080x1920 [SAR
1:1 DAR 9:16], q=2-31, 200 kb/s, 59.94 fps, 59.94 tbn, 59.94 tbc
(default)

Metadata:

handler_name : Video Media Handler
creation_time : 2020-02-01 04:05:49
encoder : Lavc56.60.100 mjpeg

Stream mapping:

Stream #0:0 -> #0:0 (h264 (native) -> mjpeg (native))

Press [q] to stop, [?] for help

frame= 2340 fps= 48 q=24.8 Lsize=N/A time=00:00:39.03

bitrate=N/A

video:141883kB audio:0kB subtitle:0kB other streams:0kB global

headers:0kB muxing overhead: unknown