

title

情報学群
1270328 佐藤謙成

2025 年 5 月 27 日

概要

1 全体の目的

1.1 第六回の目的

第六回では、地球に到達する光を分析することにより、恒星の動きを知ることが目的とする。恒星がどの程度の速度で地球から遠ざかっているのかを算出し、観測されたスペクトルを描画する。また、単一の恒星についての分析と複数の恒星についてどのような分析を行い、～～する。

1.2 第七回の目的

第七回では、次回の眼球運動継続実験の準備として MatLab 及び Psychtoolbox を用いてプログラムを作成する。本課題では、被験者が左右に提示される顔画像の魅力を判断し、キー押しで反応する二者択一の選択課題を 2 試行行う実験環境を構築することである。

1.3 第八回の目的

1.4 第九回の目的

第八回では、EyeLink II によって過去に測定された眼球運動実験のデータをプログラムを用いて解析することである。被験者が左右の顔画像のどちらかを選択する際に、選択した顔画像のどの程度視線を向けていたかの確率を時間経過とともにグラフ化することを目的とする。

1.5 第十回の目的

2 方法

2.1 第六回の方法

```
1 load starData
2 nObs = size(spectra,1);
```

??では、まず starData というデータファイルを読み込み、size(spectra,1) で各スペクトルに含まれる観測点の数を取得する。

次に、恒星 HD94028 のスペクトルを抽出する。それが以下のコード ??である。

```
14 figure(2)
15 loglog(lambda, s, ".-")
16
17 xlabel("Wavelength")
18 ylabel("Intensity")
19
```

ここでは、両軸対数スケールで出力するために関数 `loglog` を用いている。また、恒星 HD94028 のスペクトルはベクトル `s` に格納する。

ベクトル `s` に格納された値を用いて水素アルファ線の波長を求める。コード ?? では、`s` の最小値が水素アルファ線であることを利用して `min(s)` で求めている。関数 `min` はここでは 2 つの値を出力することができる。一つ目の値が水素アルファ線の値で二つ目の値がそのインデックスとなる。

```
20 %task4
21 [sHa, idx] = min(s)
22 lambdaHa = lambda(idx)
23
```

特定した水素アルファ線に対して点を追加するためのコードがコード ?? である。ここでは、`hold on` を記述することで既存のグラフに点を追記することができ、`hold off` で追記を終了することができる。今回は、水素アルファ線の値の部分にマーカーサイズが 8 の赤い正方形をプロットする。

```
24 %task5
25 hold on
26 plot(lambdaHa, sHa, 'rs', 'MarkerSize', 8)
27 hold off
```

赤方偏移係数と星が地球から遠ざかる速度を求める。赤方偏移係数は係数を z としたときに $z = \frac{\lambda Ha}{656.28} - 1$ で求めることができるため、これを実装する。速度に関しては、赤方偏移係数に光速の値をかけることで求めることができる。

```
29 %task6
30 z = (lambdaHa / 656.28) - 1
31 speed = z * 299792.458
```

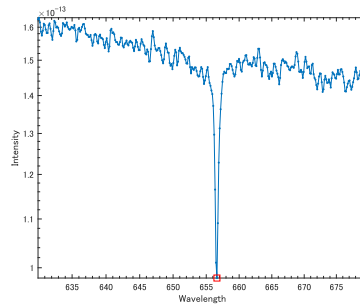


図 1: 恒星 HD94028 のスペクトルと水素アルファ線

ここから、各星の水素アルファ線を求める。行列の各行に対して最小値とそのインデックスを計算する。これは `min(spectra(:, :))` で求めることができる。また、各星の H α の波長を `lambda(idx)` で求め、その値を用いて赤方偏移係数と速度を求める。

```

11 lambdaHa = lambda(idx);
12 z = lambdaHa/656.28 - 1;
13 speed = z*299792.458;
14 %task3,4,5
15 figure(3)

```

この各星で求めた値を 1 つの図にまとめるプログラムで出力する。全ての星のスペクトルを一つのグラフに目止めて描画し、青方偏移か赤方偏移を視覚的に区別し、どの線がどの星に対応するかを明確にする。各星について速度が 0 以下の場合は青方偏移、0 より大きい場合は赤方偏移と判断するため、if 文を用いて条件分岐を行う。また、その条件分岐を各星に対して行うために for 文を用いる。

```

16 for c = 1 : 1 : 7
17     s = spectra(:,c);
18     if(speed(c) <= 0)

```

```

19         loglog(lambda, s, "--")
20     else
21         loglog(lambda, s, "LineWidth", 3)
22     end
23     hold on
24 end
25 hold off
26
27 %task6

```

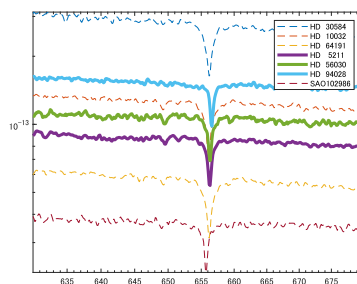


図 2: 各星のスペクトルと水素アルファ線

2.2 第七回の方法

まず、刺激呈示環境を構築する。まず、背景色を白色とするために `bgcolor = 255` と設定する。刺激画像の大きさは 640×480 とするので 高さは `h = 640` とし、幅は `w = 480` とする。

画面左右端と画像端との距離は 220 ピクセルとするため、`margin = 220` とする。固視点は 画像中央に幅 40、縦 4 及び 幅 4 縦 40 の黒色の十字とする。黒色は 0 で指定することができ、固視点の十字は長方形を二つで組み合わせることで表現できる。ここで長方形は `[left top right bottom]` でベクトルで定義できる。

```

5 trialnumber = 2; % ★修正: 試行数を 2 に設定
6 h=640; % 刺激画像の横のサイズ (pix)
7 v=480; % 刺激画像の縦のサイズ (pix)
8 textcolor=0; % 文字色 (黒)
9 % 課題 bgcolor=という形で作成する。 % 背景色
10 bgcolor = 255; % ★修正: 背景色を白に設定 (白は 255)
11 % 課題 fxcolor = という形で作成する。 % 固視点色
12 fxcolor = 0; % ★修正: 固視点色を黒に設定 (黒は 0)

```

```

32 rectF1=[rectW(3)/2-rectF(1)/2 rectW(4)/2-rectF(2)/2 rectW(3)/2+rectF(1)/2
    ↳ rectW(4)/2+rectF(2)/2]; % 横棒
33 % 課題 上の rectF1 を参考に rectF2 というのを作成する
34 rectF_vertical = [rectF(2) rectF(1)]; % 縦棒用に幅と高さを入れ替え
35 rectF2=[rectW(3)/2-rectF_vertical(1)/2 rectW(4)/2-rectF_vertical(2)/2
    ↳ rectW(3)/2+rectF_vertical(1)/2 rectW(4)/2+rectF_vertical(2)/2]; % ★修正: 縦棒
36

```

Listing 2.1: 固視点の表示

固視点呈示後、準備された左右の顔画像を表示する。それはコード 2.2 で表示することができる。

Listing 2.2: 刺激の呈示

```

95 % 刺激画像を呈示する。
96 Screen(window, 'FillRect', bgcolor); % 背景ウィンドウの描画
97 Screen(window, 'PutImage', fileL, rectIL); % 左画像の描画
98 Screen(window, 'PutImage', fileR, rectIR); % 右画像の描画
99 [VBLTimestamp StimulusOnsetTime FlipTimestamp Missed Beampos] = Screen(window, 'Flip');
    ↳ % FlipTimestamp が刺激画像を呈示した時間になる

```

刺激を呈示した後の回答を格納するための関数は KbWait([], 3) を用いる。KbWait の返り値の一つである keyCode1 で押されたキーが確認できるが 1×256 の論理配列であり、各キーに対応した要素を真である。keyCode1 で真になった要素を探索するため関数 Find を使用して行った。そのコードが 2.3 である。

Listing 2.3: 反応時間の取得

```

102 % 回答キーが押されたらキーコードと反応時間を取得する。
103 [secs, keyCode1, deltaSecs] = KbWait([], 3); %
104 res = find(keyCode1); % キーコードの取得
105
106 % 回答（キーコード）（g はコード 71、j はコード 74）
107 results(i,2) = res(1); % 最初に押されたキーを記録

```

これで、全ての試行が完了した後は、results 配列にデータを格納するコードをコード 2.4 に示す。

Listing 2.4: データの保存

```

106 % 回答（キーコード）（g はコード 71、j はコード 74）
107 results(i,2) = res(1); % 最初に押されたキーを記録
108
109 % 反応時間
110 % 課題 % 回答を参考にして、反応時間を results の 3 列目に入れる。
111 results(i,3) = tKey - stimOnset; % ★修正：反応時間を計算して記録

```

最後に、results 配列の値を csv ファイルに書き出した保存する。ここでは writematrix 関数を使用して writematrix(results, filename) と記述することで書き出すことができる。ここでの filename は、exp3_7_05.csv のことであり、拡張子に csv がついているため csv ファイルで保存される。

Listing 2.5: データの書き出し

```

129 % writematrix を使ってデータをカンマ区切りで保存する。ファイル名は exp3_7_**.csv とする。**には班の数字
    ↳ を入れる。
130 group_number = '05'; % ★修正：ここに班の数字（例：'01'）を入れる
131 filename = ['exp3_7_' group_number '.csv'];
132 writematrix(results, filename); % ★修正：結果を CSV ファイルに保存

```

2.3 第七回の結果

第七回では眼球運動計測実験で使用するプログラムを作成した。このプログラムを実行した後に書き出される csv ファイルには 1 列目に 試行番号、2 列目に 被験者が押したキーに対応するキーコード、3 列目に反応時間が入力される。これらのデータを用いて眼球運動に関してのデータ分析をすることが期待できる。

2.4 第八回の方法

以下の 4 つの実験を行う。ただし、Eye Link II が故障しているため、第 2.4.1 目については実施をしない。

2.4.1 眼球運動計測実験 (1)

時間計測度の高い眼球運動計測装置を用いて、顔の印象に関する判断を行う時に眼球運動の計測を行う。眼球運動計測装置として Eye Link II を用いる。まず、被験者に Eye Link II の愛カメラを装着し、キャリブレーション、バリデーションを行う。次に固視点を注視し、左右に現れる顔画像のどちらかが魅力的かを判断し、キー押しで反応してもらう。この試行を合計 20 試行行う。

2.4.2 眼球運動計測実験 (2)

メガネ型眼球運動計測装置である Tobii Glass 3 を用いて対象を自由に見る時の眼球運動を解析する。実験の手続きとしてはアイトラッキング用メガネを装着し、呈示されるマークを追視。視線方向のキャリブレーションを行う。ここで、対象を自由に観察した時の Gaze Plot と Heat Map を作成する。

2.4.3 脳波計測

タイプしたい文字を脳情報のみから指定するブレイン・マシン・インターフェースのシステムを体験する。脳波による指標は、刺激提示から約 300 ミリ秒ほど後に頂点をもって現れる陽性の脳電位である p 300 を用いる。MatLab から Simulink のブロックセットを起動する。ドライ電極を頭部に装着する。電極位置は電波キャップに従って決める。本実験では視覚的刺激を提示する。

2.4.4 筋電計測

最大随意収縮及びダンベルを持っている時の上腕二頭筋の筋活動を計測する。まずは、LabChart を立ち上げる。今回は上腕二頭筋から筋活動を計測する。設置電極は肩峰とする。電極間の距離は約 2cm とする。サンプリング周波数は 1000Hz とする。

最大随意収縮の計測については、安静状態から腕を 90 度曲げた状態で机等の動かないものに対して等尺性収縮で最大筋力を発揮する。ダンベルについては、1kg, 3kg, 5kg を用いて安静状態から選んだダンベルを 90 度曲げた状態で保持中の筋活動を計測する。

2.5 第九回の方法

結果を格納するための行列を作成する。行数はサンプリング周波数に対応する 500 行と列数は時間データ列と試行数となる。時間軸のデータについてはキー押しの 1 秒前からのデータを用いる。キーを押した時を 0msec として -998 までの 2msec おきの配列を作成する。これらを実装したコードがコード 2.6 である。

ここから各試行ごとにデータ処理を行っていく。キー押しの瞬間を基準とした相対的な時間軸を用いるため、キーを押した時刻を 0 の基準として、元々格納している時間である絶対時間を用いて相対時間を求める。それが以下のコード 2.7 である。

Listing 2.6: 結果格納用の準備

```

1 % 初期設定
2 clear all;
3 filename = 'exp4i_g0310.csv';
4 data = csvread(filename);
5
6 choice = data(:,2,:);
7 num_trials = length(choice);
8 sampling_freq = 500;
9 data_matrix = zeros(500, num_trials + 1);
10 time = -998:2:0;
11 data_matrix(:,1) = time;

```

Listing 2.7: 注視データの整形

```

18 % 必要な情報を抽出して行列 expos を作成
19 % 行はサンプル数を示す
20 % 列は 1. 時間, 2. 画面の状態, 3. 左右どちらを見ているか, 4. 選択した方を見ているか, 5. X座標
21
22 end_time = eye_data(end, 1); % 最終行の時間 (終了時)
23 adjusted_eye_time = eye_data(:, 1) - end_time; % 終了時を 0 とする
24 times_to_zero = -2 * ((rows - 1) : -1 : 0); % キー押し時を 0 として時間を格納
25 expos = zeros(rows, 5);
26 expos(:, 1) = times_to_zero;
27 expos(:, 2:4) = -1;

```

ここで、欠損値についても考えていく。欠損値とは、眼球運動の測定データにおいて、特定の時点でデータが取得されなかった場合や解析するにあたって無効なデータの場合は欠損として扱われる。EyeLink の測定では、まばたきやセンサの誤作動によってデータが欠けることがあるため、MatLab 上では欠損値として扱う。欠損データは -1 で初期化する。また、有効な行のみを対象に画面状態や X 座標を代入する。有効な行の識別は `ismember(expos(:, 1), eye_data(:, 1) - eye_data(end, 1))` でき、`expos` の各時間点で実際の眼球データが存在するかを確認する。その結果から有効な行のインデックスを取得する。`expos` の各列は以下の形式で入力を行う。

- 1 列目 時間
- 2 列目 測定する目の情報
- 3 列目 両目の状態
- 4 列目 左目注視位置 X 座標
- 5 列目 左目注視位置 Y 座標
- 6 列目 左目瞳孔径

この列に対応した情報を入れていくが有効な行のみを対象とするため、`ismember` で取得したインデックスを用いて行う。これらのコードをコード 2.8 に示す。

Listing 2.8: 欠損値の処理

```
29 %expos の時間列を「終了時 0 基準にした」eye_data の時間と比較
30 [is_valid_time, idx_in_eye_data] = ismember(expos(:, 1), eye_data(:, 1) - eye_data(end,
    ↪ 1));
31
32 % is_valid_time は expos の時間が eye_data の時間に存在するかどうを示す論理配列
33 % idx_in_eye_data は expos の時間が eye_data の時間に対応するインデックスを示す
34 valid_rows = is_valid_time;
35
36 % 欠損でない行に画面状態を代入に画面状態を代入
37 expos(valid_rows, 2) = eye_data(idx_in_eye_data(valid_rows), 3);
38
39 % 欠損でない行に X 座標を代入
40 % 少数の値になるため 10 倍して整数に変換
41 expos(valid_rows, 5) = round(eye_data(idx_in_eye_data(valid_rows), 4)*10);
42
43 % 画面の状態が 1 の時の X 座標を抽出
44 fixation_rows = expos(:, 2) == 1 & expos(:, 5) ~= -1;
45 fixation_x_values = expos(fixation_rows, 5);
46
47 % X 座標の平均を算出し、中心座標とする
48 center_x = round(mean(fixation_x_values));
```

これから、注視位置の判定を行う。画像提示時のうち、 x 座標を取得し、これらの平均値を計算する。この平均値の四捨五入したものがその試行における画面の中心 x 座標とする。この中心よりも左であるならば左側の画像を選択したと判断し、右であれば右側の画像を選択したと判断する。ここで、左側を見ていた場合を 100、右側を見ていたなら 102 とする。画像提示時は `expos` の 3 列目に格納されており、その時の値は 2 であれば刺激画像を提示してる時である。また、左目の注視位置は、5 列目に格納されており、中心よりも左であるか右であるかの論理積を取ることでそれぞれ求めることができる。これらのコードをコード 2.9 に示す。

Listing 2.9: 注視位置の判定

```

50  % 画像提示時のうち、X座標が center_x より小さい行を 100, それより大きい行を 102 とする
51  left_rows = expos(:, 2) == 2 & expos(:,5) < center_x;
52  expos(left_rows, 3) = 100;
53
54  right_rows = expos(:, 2) == 2 & expos(:,5) > center_x;
55  expos(right_rows, 3) = 102;
56
57  % どちらの画像が魅力的だったかを取得
58  selected_side(i) = data(i,2);

```

注視方向と選択の位置判定はキー押しの選択と視線が一致していたら 1, 一致していなければ 0 とする。これを行うために expos の 3 列目の値が 2 の時に選択位置と注視位置の判定を行う。また、選択位置は 100, 102 のどちらかであり、注視位置は -1, 1 のどちらかであるため、それらの論理積を取ることで一致しているかを判定する。どちらの顔画像が魅力的かを判断したデータは data という行列の 2 行目に格納されているため、そのデータとキーコードが一致しているかを確認する。また、キー押し直線の一秒間に限定して、被験者が最終的に魅力的だと判断した画像を見ていたかどうかをのデータを格納する。これらを実装したコードをコード 2.10 に示す。

Listing 2.10: 注視位置と選択位置の一致

```

60  % 欠損値でないデータを探す
61  not_missing = expos(:, 3) ~= -1;
62
63  % キー出力データファイルと比較して、一致していれば 1 を出力
64  expos(not_missing & expos(:, 3) == selected_side(i), 4) = 1;
65
66  % 一致していない場合と欠損値の場合は 0 を出力
67  expos(not_missing & expos(:, 3) ~= selected_side(i), 4) = 0;
68
69  % 魅力的だと判断した画像の方向と見ている方向が一致しているかのデータを
70  % キー押し時の 1 秒前からキー押し時まで取得し、対応している試行の行に値を代入
71  % ここではキー押し時を 0 として、-998 ms から 0 ms の間のデータを取得
72  time_window = expos(:,1) >= -998 & expos(:,1) <= 0;
73
74  % 該当する expos 4 列目を抽出して代入
75  selected_segment = expos(time_window, 4);
76  data_matrix(:, i + 1) = selected_segment;

```

コード 2.11 では、全試行のデータが格納されている data_matrix をもとに、キー押し前の各時点において、平均してどのくらいの割合で被験者が最終的に選択した魅力的な画像を見ていたのかを求める。500 行 1 列のゼロベクトルを用意する。その後、そのベクトルに抽出されたデータの平均値を計算する。0 と 1 のデー

タセットの平均値は、1 の割合を表す。したがって、`mean_valid_data` には、`j` の場合において有効な試行データの中で魅力的な画像を見ていた試行の割合が格納される。

Listing 2.11: 注視位置と選択位置の一致率

```
79 % 各サンプリング時点についての処理
80 proportion_correct = zeros(500, 1);
81 for j = 1 : 500
82
83     % 現在の行のうち、欠損値でないデータの論理配列を作成
84     valid_trials = data_matrix(j, 2:end) ~= -1;
85
86     % 欠損値でないデータの平均を計算
87     valid_data = data_matrix(j, 2:end);
88     mean_valid_data = mean(valid_data(valid_trials));
89     proportion_correct(j, 1) = mean_valid_data;
90 end
91
```

全試行分の統計として、各時間ごとに視線が魅力的な画像と一致していた割合を計算する。結果を時間軸に沿ってグラフ描画する。これをコード 2.12 に示す。

Listing 2.12: 注視位置と選択位置の一致率のグラフ化

```
92 x=-998:2:0;
93 plot(x,proportion_correct, "-");
94 xlabel("キー押し時 (0) までの時間 [ms]");
95 ylabel("視線が魅力的な画像に一致していた割合");
96 title("キー押し時前に視線が魅力的な画像と一致していた割合の時間変化");
```

2.6 第九回の結果

これらの結果より、以下のグラフを得ることができる。

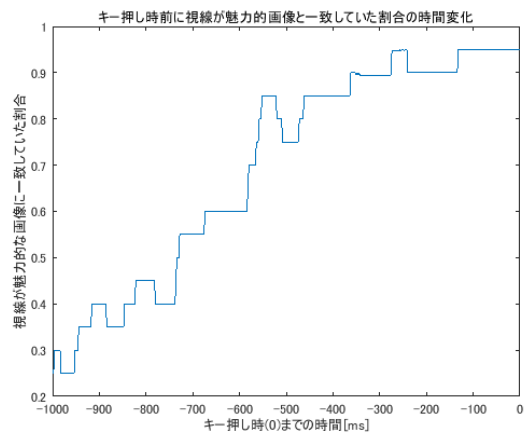


図 3: 注視位置と選択位置の一致率