平成２９年度　鹿児島大学理学部物理科学科 AO 入試問題

【注意事項】

1. 試験開始に先立って以下のものが配布されているか確認せよ。
   (1) 本冊子（１部）試験開始後に全３ページであることを確認せよ。
   (2) 提出用レポートの表紙（１枚）
   (3) 図１を含むページ（１枚）
   (4) 表１を含むページ（１枚）
   (5) レポート用紙（３枚）
   (6) グラフ用紙（２枚）
   (7) 下書き用紙（１枚）
   (8) 電卓（１台）
   (9) ものさし（１本）
2. 上記(2)—(6)を合わせて、答案レポートとせよ。
3. 解答中に、レポート用紙、グラフ用紙、下書き用紙が不足した、あるいは電卓に不具合がある、等の場合には、無言で挙手せよ。

課題

銀河の観測によってスペクトルを得た。これらを解析し、レポートを完成させよ。

【観測について】

太陽系からの距離が既に測定されている７個の銀河を、研究用大型望遠鏡で観測した。それぞれの銀河に対して、回折格子を用いた観測から得られたスペクトル画像を、図１に示す。横方向は波長を示し、左端が 648.0 nm、右端が 672.0 nm（1 nm = 10^{-9} m である）となるように、縮尺を調整してある。縦方向は、図 A に示すように、それぞれの銀河が伸びて見える方向に沿った空の異なる場所を示す。

このスペクトルには、全波長にわたって明るさがほとんど変わらない光（連続光）と、特定の波長でのみ輝いている光（輝線）とが共に写っている。輝線の波長は光っている物質の種類によって決まっている。しかし、光源が近づいたり遠ざかったりしている場合には、その波長が静止している場合の波長からずれて観測されることが知られている。

銀河から発せられる輝線は、銀河全体の動きに加えて、銀河がその中心の周りを自転していることにより、銀河内の場所によって輝線の波長が異なって観測される。銀河が放つ輝線は、図１の波長範囲では２本写っており、銀河 NGC673 と NGC5055 について輝線が写っている範囲を四角で囲んだ。

また同時に、地球大気が放つ輝線も観測される。地球大気の動きは地球に対する銀河の動きよりずっと遅いので、そのような輝線は、全てのスペクトル画像において同じ波長で見える。

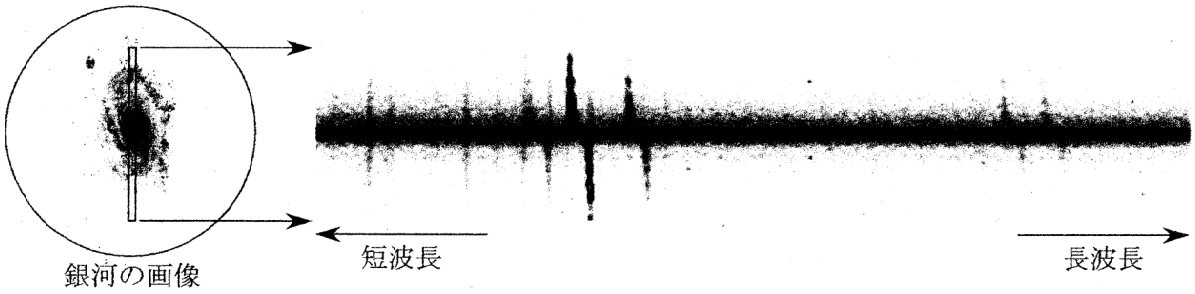

図 A: スペクトル上での縦方向に対応する銀河の見かけの姿における位置。銀河が最も長く伸びて見える方向が縦方向になるように、銀河の画像を回転させて表示してある。この銀河の画像は、陰陽反転（明るいところを黒く、暗いところを白く）したもので示している。

※図 A は、レポートの一部として提出する必要はない。

＜レポートの作成方法＞

以下の指示に従い、「１．目的」、「２．方法」、「３．画像データ」が示されたレポート表紙に続けて「４．手順」、「５．結果」、「６．考察」を記述し、図１と作成した表とグラフを加えて、レポートを完成させよ。

【レポートに書くべき内容】

以下の各項目に対応する内容を記述すること。（4－1）と（4－2）は「4．手順」の中、（5－1）と（5－2）は「5．結果」の中に記述すること。各項目それぞれの先頭に、「（4－1）」のような注記を付した上で、内容を記述すること。

手順

以下に示すそれぞれの手順について、どのような方法を用いたのか、なぜそうしたのかがわかるように記述すること。

（4－1）図1の中で、銀河NGC673 と NGC5055 以外の5個の銀河のスペクトル画像で、銀河が放っている輝線だと思われる部分を四角で囲んで示しなさい。

（4－2）（4－1）で見つけた輝線について、地球上に存在する同じ輝線を放つ物質に対する測定から、静止している場合の波長がそれぞれ 656.3 nm と波長 658.4 nm であることが知られている。それぞれの輝線の波長を画像から測定して、各銀河が示す2本の輝線が静止している場合の波長からそれぞれどれくらいずれているか求めよ。

結果

（5－1）「手順」に従って得られたデータを整理し、表1にまとめよ。

（5－2）各銀河までの距離は、この観測とは別の方法によって、以下の通りであることがわかっている。

NGC673	距離 26740万光年	NGC4501	距離 15040万光年
NGC1003	距離 5930万光年	NGC5055	距離 3260万光年
NGC1084	距離 9850万光年	NGC7723	距離 9850万光年
NGC4178	距離 7130万光年		

これらを用いて、横軸に銀河までの距離を、縦軸に波長のずれをとり、図2としてグラフを作成せよ。

考察

銀河までの距離と波長のずれとの間に関連性が見られるかどうかを検討せよ。ただし、どのような考え方で検討を進めたのかがわかるように記述すること。

題目：銀河が示す輝線の波長に関する観測実験

受験番号：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

氏　　名：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

1．目的

さまざまな距離にある銀河が示すスペクトルを比較し、その特徴と銀河までの距離との間に、どのような法則性が見られるかを調べる。

2．方法

太陽系からの距離が既に測定されている7個の銀河を研究用大型望遠鏡で観測した。観測には回折格子を用いた分光器を使用し、それによって得られたスペクトル画像をCCDカメラで撮影してデジタル画像とした。

3．画像データ

撮影した画像を解析しやすくするために、画像処理ソフトを用いて陰陽反転（明るいところを黒く、暗いところを白く）したものを図1に示す。この図は、左端が648.0 nm、右端が672.0 nmになるように縮尺を調整してある。上下は銀河が伸びている方向に沿った位置に対応し、中央がそれぞれの銀河の中心に対応する。

（これ以降を別紙に書き、レポートを完成せよ。）

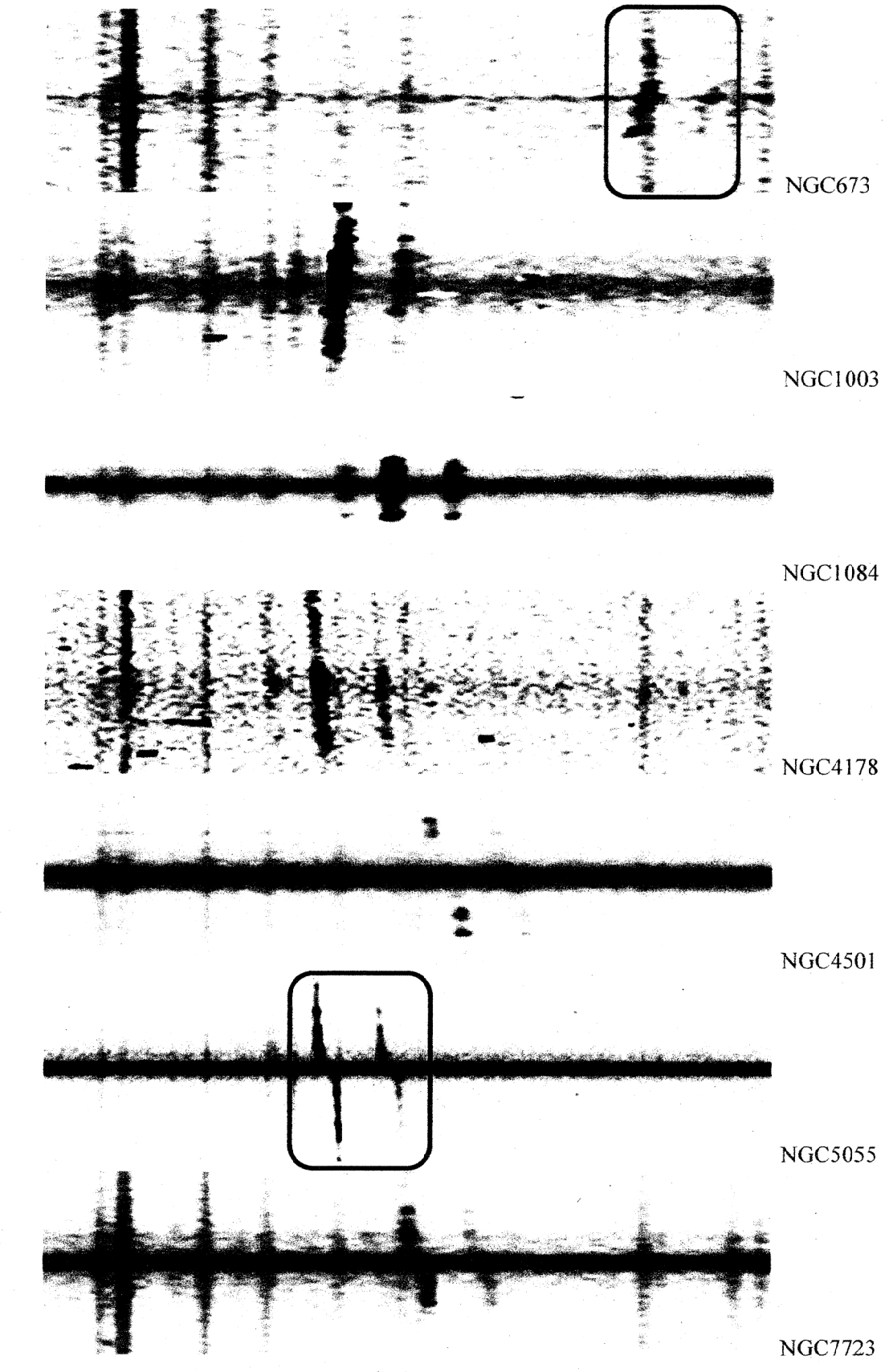

図１：距離がわかっている７個の銀河のスペクトル。明るいところを黒く、暗いところを白く示した。右端に銀河名を示す。銀河が放っていると考えられる輝線を四角で囲んだ。

表１：銀河の距離と２輝線の波長のずれ

銀河名	距離 [万光年]	測定された輝線波長 [nm]	静止している場合の波長 [nm]	波長のずれ [nm]	測定された輝線波長 [nm]	静止している場合の波長 [nm]	波長のずれ [nm]
NGC673	26740		656.3			658.4	
NGC1003	5930		656.3			658.4	
NGC1084	9850		656.3			658.4	
NGC4178	7130		656.3			658.4	
NGC4501	15040		656.3			658.4	
NGC5055	3260		656.3			658.4	
NGC7723	9850		656.3			658.4	

平成２９年度ＡＯ入試問題解答例

題目：銀河が示す輝線の波長に関する観測実験

受験番号：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

氏　　名：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

１．目的

さまざまな距離にある銀河が示すスペクトルを比較し、その特徴と銀河までの距離との間に、どのような法則性が見られるかを調べる。

２．方法

太陽系からの距離が既に測定されている銀河７つを研究用大型望遠鏡で観測した。観測には回折格子を用いた分光器を使用し、それによって得られたスペクトル画像を CCD カメラで撮影してデジタル画像とした。

３．画像データ

撮影した画像を解析しやすくするために、画像処理ソフトを用いて陰陽反転（明るいところを黒く、暗いところを白く）したものを図１に示す。この図は、左端が 648.0 nm 、右端が 672.0 nm になるように縮尺を調整してある。上下は銀河が伸びている方向に沿った位置に対応し、中央がそれぞれの銀河の中心に対応する。

（これ以降を別紙に書き、レポートを完成せよ。）

４．手順

（４−１）

図１に銀河が放っている輝線と推定される部分を四角く囲った。選択に当たっては以下の特徴を手がかりとした。

- 空の上（図の縦方向）で広がった範囲で続いている輝線は、銀河または地球大気が起源であると判断した。
- 全てのスペクトルで波長が共通している輝線の組は地球大気起源と判断して除いた。
- 空の位置ごとで輝線の波長が変化しているものは銀河起源と判断した。
- 位置ごとでの波長変化が４本の輝線で共通しているかも判断基準とした。
- ４本の輝線の相対的な波長間隔が、全ての銀河で共通であることを確認した。

（４−２）

銀河起源であると判断した４本（NGC673 は２本）のうち、短波長側の２本について、物差しで、その波長位置を測定した。図の左右の端がそれぞれ、波長 648.0 nm および 672.0 nm に対応することを用いて、その波長を計算した結果を表１に示す。

ただし、１つの銀河でも場所ごとに銀河起源の輝線の位置がずれているため、代表的な位置として銀河の中心付近を測定対象とした。銀河の中心部が放つ連続光のために輝線位置が直接読み取れなかったため、図の上下に見える輝線位置から銀河の中心での輝線位置を推定した。

各スペクトルの横幅が 140 mm あり、672 − 648 = 24 nm の波長範囲を表示しているので、1 mm あたり 0.2 nm の刻みになる。これに基づいて、得られた輝線波長と対応する本来の輝線波長との差を求めた。

５．結果

（５−１）

銀河ごとの輝線のずれをそれぞれの輝線について求めたものを、表１にまとめた。

（５−２）

表１に示された銀河までの距離を横軸に、上記の測定で得られた輝線のずれを縦軸としてグラフを作成した（図２）。天の川銀河をサンプルに加えると距離０でずれは０となるはずであるから、これもデータとして考慮した。

６．考察

図２を見ると、散らばりは大きいが両者には関係があることがわかる。そこで、すべての測定点について誤差による散らばりが均等になるように目分量で直線を当てはめた。ここから、銀河の距離とそれが放つ輝線が示す波長のずれとはおおむね比例関係であることがわかった。

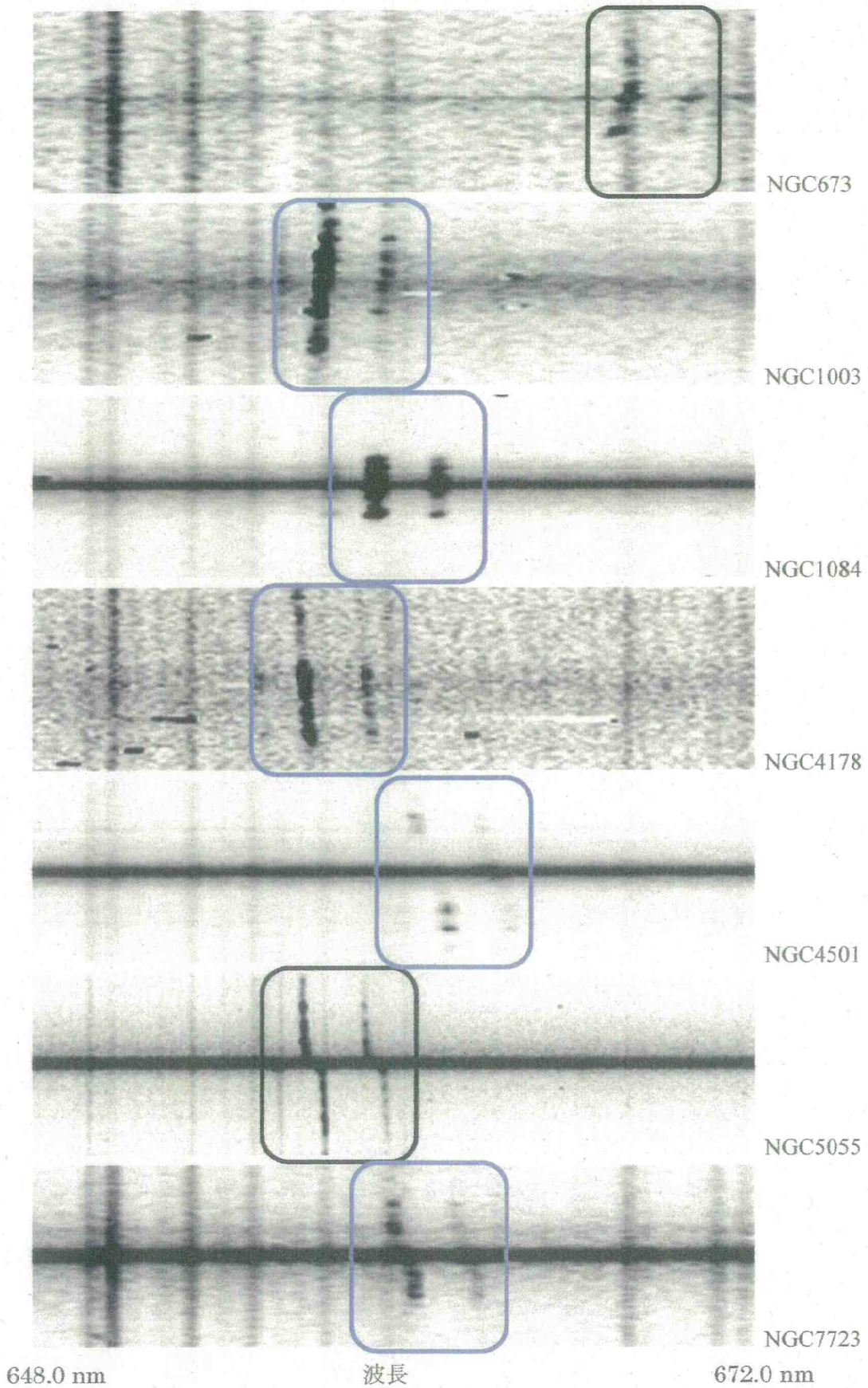

図１：距離が分かっている７個の銀河のスペクトル。明るいところを黒く、暗いところを白く示した。右端に銀河名を示す。銀河が放っていると考えられる輝線を四角で囲んだ。

表１：銀河の距離と２輝線の波長のずれ

銀河名	距離 [万光年]	測定された輝線波長 [nm]	静止している場合の波長 [nm]	波長のずれ [nm]	測定された輝線波長 [nm]	静止している場合の波長 [nm]	波長のずれ [nm]
NGC673	26740	667.77	656.3	11.47	670.05	658.4	11.65
NGC1003	5930	657.57	656.3	1.27	659.65	658.4	1.25
NGC1084	9850	659.44	656.3	3.14	661.52	658.4	3.12
NGC4178	7130	657.15	656.3	0.85	659.23	658.4	0.83
NGC4501	15040	661.32	656.3	5.02	663.40	658.4	5.00
NGC5055	3260	657.36	656.3	1.06	659.44	658.4	1.04
NGC7723	9850	660.07	656.3	3.77	662.15	658.4	3.75

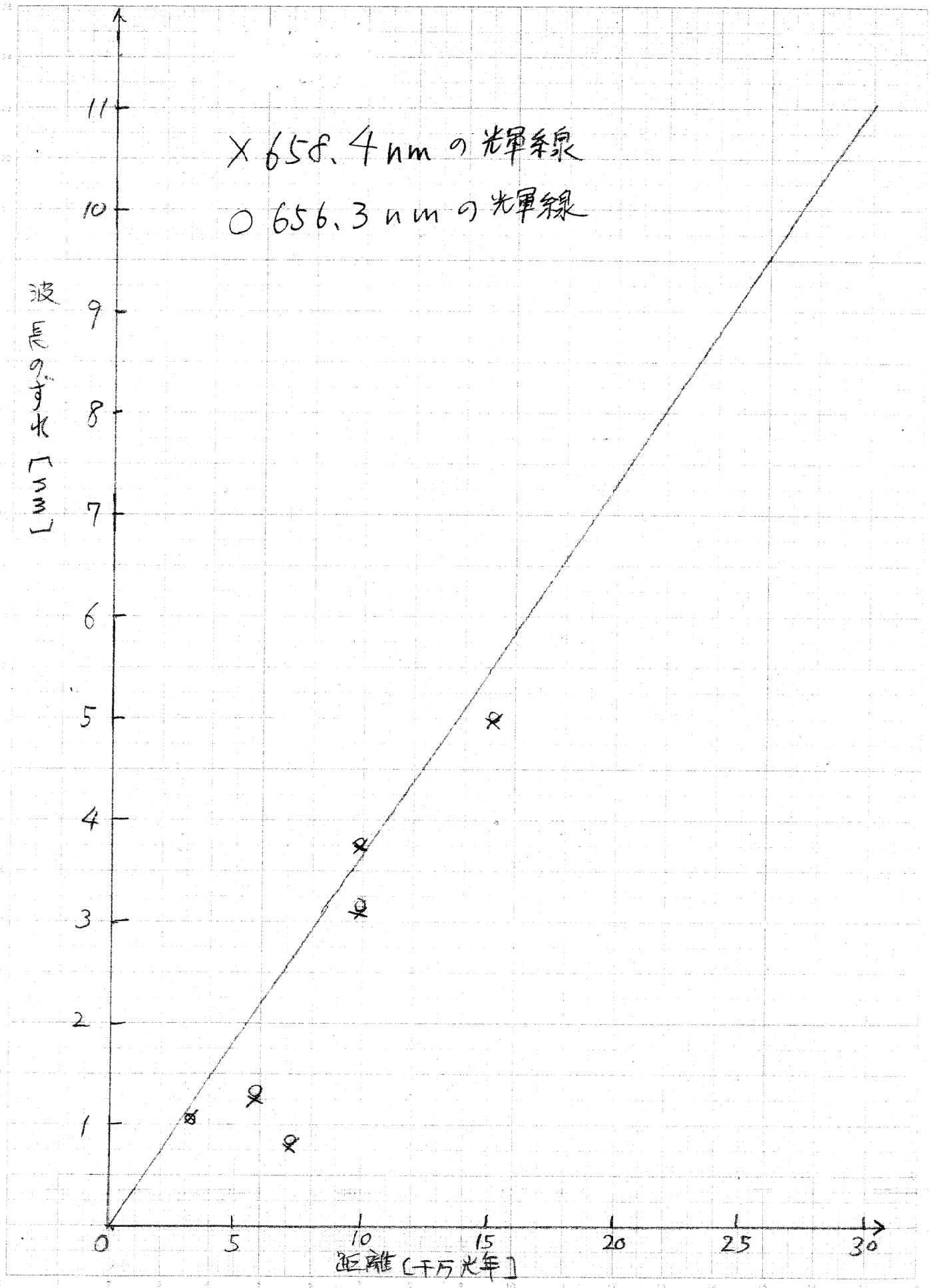

図2. 銀河の距離と輝線の波長のずれの関係