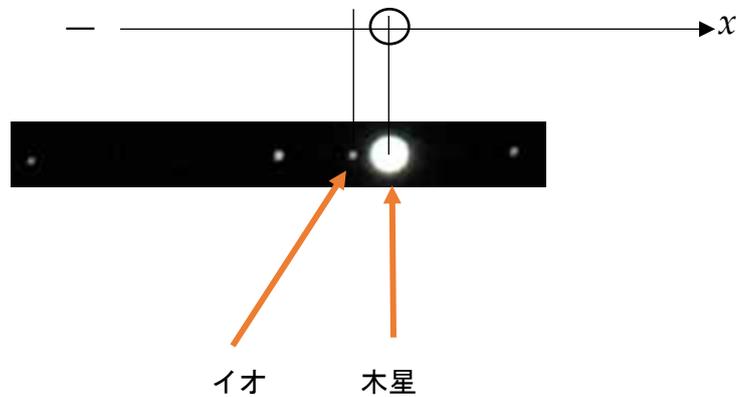


- (3) 速さが $v = 4.0 \text{ m/s}$ の物体の水平方向成分の速さは $v \cos 30^\circ$ [m/s] であった。水平成分の速さを求めよ。角度の誤差は考えなくてよい。
- (4) 水平方向に質量 $m = 2.0 \text{ kg}$ の物体を 9.8 N で引っ張ったところ、水平面上を等速で動いた。水平面と物体との動摩擦係数 μ' を求めよ。ただし重力加速度を $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とする。
- (5) 半径 $r = 4.23 \text{ cm}$ の円の面積 S を求めよ。
- (6) 半径 3.0 m の球の体積 V を求めよ。
- (7) 傾き 45° 、高さ 2.0 m の斜面の長さ L を求めよ。
- (8) 初速度 $v_0 = 10.33 \text{ m/s}$, 加速度 $a = 3.02 \text{ m/s}^2$ のとき 1.0 s 後の速さ v を求めよ。

課題Ⅲ イオの公転周期

木星の衛星イオは、木星の周りをほぼ完全な円軌道を描いて公転している。下の画像は、地球から望遠カメラで木星を撮影したもので、その画像から割り出したイオの位置と時間の関係を示しているのが下表である。観測は5回行われた。時間は1/24日、つまり1時間おきに木星を撮影した。イオの位置は、木星の半径を1として示してある。

イオの公転周期 T [日] を求めよ。このとき決め手となったグラフの理論曲線と観測値・誤差バーが一緒になったグラフ（縦軸 x 軸横軸 t ）が一緒になったものをレポートに示すこと。なお、この課題に必要な理論的な背景を次に解説してある。なおイオの位置の観測誤差は ± 0.5 、時間誤差は無視できるとする。



観測日時	9月11日21時	22時	23時	24時	9月12日1時	20時	21時	22時	23時
通しの観測時 h	0	1	2	3	4	23	24	25	26
イオの位置	観測不可	観測不可	-1.6	-2.3	-3.4	1.2	2.0	3.0	3.7

観測日時	9月13日21時	22時	23時	24時	9月14日20時	21時	22時	23時	24時
通しの観測時 h	48	49	50	51	71	72	73	74	75
イオの位置	-4.0	-4.7	-5.3	-5.6	5.1	5.5	5.9	5.9	5.9

観測日時	9月15日21時	22時	23時
通しの観測時 h	96	97	98
イオの位置	-5.8	-5.7	-5.3

イオの周期 T を決める理論式

木星の周りを半径 A の完全な円軌道で等速で公転しているガリレオ衛星イオを考えよう。周期 T [h] で木星の周りを一周しているとすると、図のP点を通りしときを $t=0$ とし、 t [h] 後には

$$\frac{2\pi}{T}t \text{ [rad]}$$

の角度だけまわっていることになる。

すると、このときの x 座標は

$$x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \dots \textcircled{1}$$

となる。我々は地球から木星を見ているとき、イオはちょうど図2のように x 軸上を木星を中心に行ったりきたりしている。これは図1のような公転面を図2のように横から見てみると考えることができる。

このとき、 t [h] 後のイオの位置 x は①式で表すことができることになる。 A が公転半径を表し、 T が公転周期を表している。

それでは、このイオの動きの理論式は①で決まり！かという、実はもう一つ考えなければならぬことがある。それは、観測を始めたときに、ちょうどP点にイオがいるとは限らないということだ。きっと軌道のどこかにいるのだが、その位置を見つけなければならない。そこで、①式を

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}(t + \alpha)\right) \dots \textcircled{2}$$

としておいて、観測を始めた $t=0$ のときは、P点からはすでに α [h] だけ経っていたと考えて、この α [h] も求める必要がある。

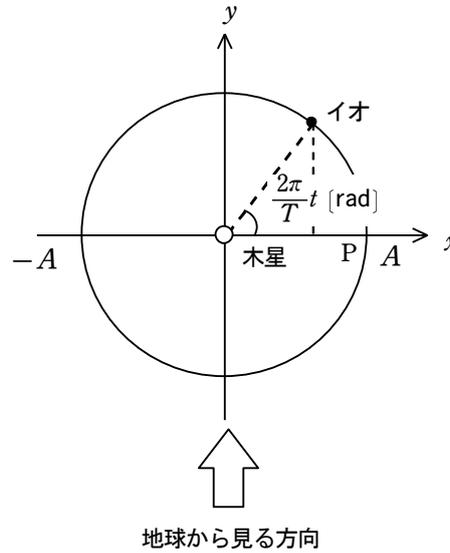


図1

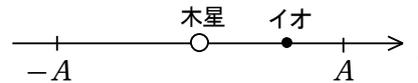
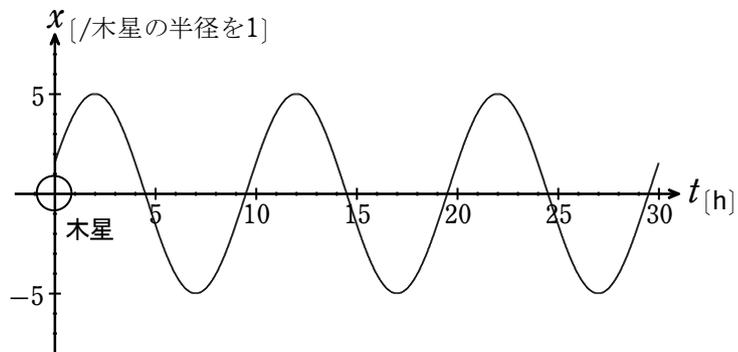


図2

注1 前と後で \cos が \sin になっているが、 \sin と \cos は角度が 90 度 (2π [rad]) ずれているだけで双子の兄弟だ。 α で調整していくときには、どっちを使ってもかまわない。

注2 ②式は $\frac{2\pi}{T}(t + \alpha)$ 全体で角度 [rad] になる。

下のグラフは、 $\alpha=8$ [h]、周期 $T=10$ [h] 軌道半径 A を木星の半径の5倍としたときの理論式②のグラフである。このように実際に木星の衛星イオが、どのくらいの周期と公転半径で公転しているかを実験で求めるには、このグラフの中に観測データをプロットし、そこに右図のような理論曲線を描き、一致する A, T, α を探索していく必要がある。



課題IV 宮崎は温暖化？！

気象庁のHPには過去の気象データが蓄積されており、研究者にとっても大事なサイトになっている。その一日の平均気温などは、なんと1886年から日本各地点の記録が蓄積されている。明治の時代の日本人が、欧米に肩を並べようとしていた気概がデータから伝わってくるように思うのは僕だけだろうか。

さて、地球温暖化対策とよく言われているが本当に地球は温暖化しているのだろうか。気象庁の気象データを探し出し、宮崎の1日の平均気温、年間の最高と最低気温のデータを使って温暖化の兆候があるのかを以下の方法で探究せよ。

横軸に1886年から2019年までの時間軸〔年〕を取り、縦軸に温度〔℃〕をとって1日の平均気温を散布図でプロットせよ。さらに最小二乗法を使って近似された直線の傾きから、100年で何度上昇しているかを求めよ。

年間の最高と最低の温度についても同様にせよ。グラフは3つの情報を一つのグラフに書く。またはひとつずつグラフにするのどちらでもよい。直線近似するとき以下のルールを守ること。

最小二乗法での直線近似のルール

年平均気温 1886年のときに16.25℃を通る直線として求めよ。

最高気温 1886年のときに35.1℃の値を通る直線として求めよ。

最低気温 1886年のときに-5.65℃の値を通る直線として求めよ。

データ検索方法

Google Chrome(グーグルクローム)やYahoo(ヤフー)の検索サイトから気象庁のHPに行き、「各種データ・資料」のタブをクリックし左端の「気象」の「気象観測データ」の列の「過去の気象データ検索」を選択する。

ホーム > 各種データ・資料 > 過去の気象データ検索 > 年ごとの値

年ごとの値

一覧表 グラフ

主要要素 詳細(気圧・降水量) 詳細(気温・蒸気圧・湿度) 詳細(風) 詳細(日照・雪・その他)

宮崎 年ごとの値 主要要素

年	気圧(hPa)		合計	降水量(mm)			気温(℃)					湿度(%)		平均風速	最大風速
	観地	海面		最大			日平均	平均		最高	最低	平均	最小		
				日	1時間	10分間		日最高	日最低						
1886	1015.8	3282.0	490.2				16.3	21.8	11.5	36.3	-5.6	80			
1887	1015.2	2915.0	175.7				16.6	22.0	11.8	35.7	-3.4	78			
1888	1014.9	2752.8	265.6				17.0	22.1	12.3	36.2	-3.3	80			
1889	1015.3	2811.4	152.9				16.8	21.7	12.3	36.1	-4.4	79			
1890	1014.4	2901.0	199.1				17.8	22.7	13.2	34.6	-3.3	78			
1891	1015.8	2149.4	98.4				17.0	21.7	12.2	35.9	-5.4	78			
1892	1015.3	2763.8	135.3				16.6	21.3	11.6	35.9	-6.1	79			
1893	1015.9	2124.2	188.3				16.2	20.9	10.8	36.1	-5.9	78			
1894	1015.7	1727.7	143.1				17.3	22.1	11.6	37.7	-6.1	79			
1895	1014.9	2501.1	157.2				16.6	21.2	11.0	35.7	-6.1	79			
1896	1015.5	2890.7	165.1				16.9	21.2	12.0	35.4	-6.4	78			
1897	1015.8	1999.6	119.5				16.8	21.2	12.2	34.9	-5.1	78			
1898	1014.7	2769.9	175.9				17.4	21.7	13.0	34.8	-3.7	80			
1899	1015.1	2885.4	198.7				16.6	21.0	12.1	33.7	-4.0	79			
1900	1015.4	2614.7	293.0				16.6	21.1	12.3	34.7	-5.0	79			
1901	1014.7	2611.3	122.4				16.3	21.2	11.8	35.6	-4.6	78			
1902	1014.8	2763.3	104.3				16.9	22.0	12.1	34.8	-4.8	78			
1903	1015.5	2607.7	154.8				16.8	21.7	12.2	36.0	-4.1	79			

図IV-1

「過去の気象データ検索」から「地点の選択」の下にある「都道府県選択」「宮崎」県を選択する。表示された観測地点から「宮崎市」を選択。すると元のページに戻ってしまいが安心してほしい。ページの左下に青ベースに白文字で「宮崎県宮崎」と出ていたらOKです。

次にそのページの右側にある「データの種類」の中から「年ごとの値を表示」をクリック。図IV-1のページに行くことができます。

年ごとの値

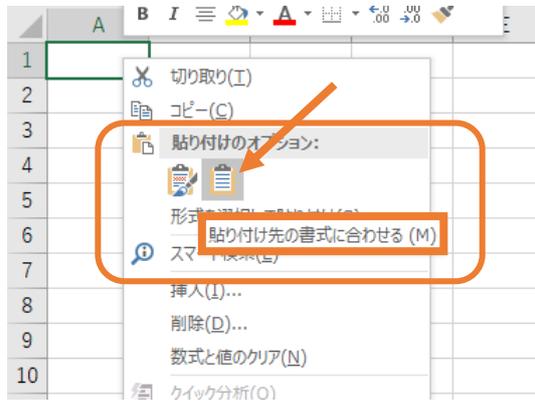
一覧表 グラフ 見出しの固定 メニューに戻る

主な要素 詳細(気圧・降水量) 詳細(気温・蒸気圧・湿度) 詳細(風) 詳細(日照・雪・その他)

宮崎 年ごとの値 主要要素

年	気圧(hPa)		降水量(mm)		気温(°C)					湿度(%)		風向・風速(m/s)				日照時間(h)	全天日射量(MJ/m ²)	
	現地	海面	合計	最大	日平均	日最高	日最低	最高	最低	平均	最小	平均	最大	瞬間	最大瞬間	平均	平均	
1886	1015.8	3282.0	490.2	19.3	21.8	11.5	36.3	-5.6	30									
1887	1015.2	2915.0	175.7	19.6	22.0	11.8	35.7	-3.4	78									
1888	1014.9	2752.8	285.6	17.0	22.1	12.3	36.2	-3.3	30									
1889	1015.3	2811.4	152.9	19.8	21.7	12.3	36.1	-4.4	78									
1890	1014.4	2901.0	199.1	17.8	22.7	13.2	34.6	-3.3	78									
1891	1015.8	2149.4	98.4	17.0	21.7	12.2	35.9	-5.4	78									
1892	1015.3	2763.8	135.3	16.6	21.3	11.6	35.9	-6.1	78									
1893	1015.9	2124.2	188.3	16.2	20.9	10.8	36.1	-5.9	78									
1894	1015.7	1727.7	143.1	17.3	22.1	11.6	37.7	-6.1	78									
1895	1014.9	2501.1	157.2	16.6	21.2	11.0	35.7	-6.1	78									1883.9
1896	1015.5	2690.7	165.1	16.9	21.2	12.0	35.4	-6.4	78									1832.9
1897	1015.8	1999.6	119.5	16.8	21.2	12.2	34.9	-5.1	78									1703.7
1898	1014.7	2768.9	175.9	17.4	21.7	13.0	34.8	-3.7	30									1883.1
1899	1015.1	2885.4	198.7	16.6	21.0	12.1	33.7	-4.0	78									2122.4
1900	1015.4	2614.7	293.0	16.6	21.1	12.3	34.7	-5.0	78									2045.8
1901	1014.7	2611.3	122.4	16.3	21.2	11.8	35.6	-4.6	78									2076.5
1902	1014.8	2763.3	104.3	16.9	22.0	12.1	34.8	-4.8	78									2211.2
1903	1015.5	2607.7	154.8	16.8	21.7	12.2	36.0	-4.1	78									2082.3

図IV-2



図IV-3

H4

年	気圧(hPa)	降水量(mm)	気温(°C)		湿度
現地	海面	合計	最高	最低	
平均	平均	最大	日平均	日最高	日最低
1886	1015.8	3282	16.3	21.8	11.5
1887	1015.2	2915	16.6	22	11.8
1888	1014.9	2752.8	17	22.1	12.3
1889	1015.3	2811.4	16.8	21.7	12.3
1890	1014.4	2901	17.8	22.7	13.2
1891	1015.8	2149.4	17	21.7	12.2
1892	1015.3	2763.8	16.6	21.3	11.6
1893	1015.9	2124.2	16.2	20.9	10.8
1894	1015.7	1727.7	17.3	22.1	11.6
1895	1014.9	2501.1	16.6	21.2	11
1896	1015.5	2690.7	16.9	21.2	12
1897	1015.8	1999.6	16.8	21.2	12.2
1898	1014.7	2768.9	17.4	21.7	13
1899	1015.1	2885.4	16.6	21	12
1900	1015.4	2614.7	16.6	21.1	12.3
1901	1014.7	2611.3	16.3	21.2	11.8
1902	1014.8	2763.3	16.9	22	12
1903	1015.5	2607.7	16.8	21.7	12.2

図IV-4

次にこの課題のデータを張り付けるために EXCEL を立ち上げ「課題IV温暖化」と名前を付けてファイルを立ち上げておきます。

図IV-1の表のすべてのデータを左クリックしたままドラッグし、図IV-2のようにして右クリックして「コピー」を選びます。

次に EXCEL 側のセルをクリックし右クリックして図IV-3のように「貼り付けのオプション」で右側のシンプルな紙ばさみのアイコン「貼り付け先の書式に合わせる」にすると、図IV-4のように張り付きます。

このデータの中で今回使うのは囲った部分です。必要のないデータは、削除しますが安全のためシートをコピーして「Sheet2」を作りそれを加工していきましょう。

後は、自分で工夫して最小二乗法による近似直線の傾きを見つけ出し、100年で温度がどのくらい変化しているのかを見つけ出しましょう。