

平成 27 年 (2015 年) 度「宮水学園」マスター講座〈前期〉

日常は物理で満ちている —こんなところに自然法則—



真貝寿明

講義予定

- | | | |
|-------|----------|--------------------|
| 第 1 回 | 5 月 8 日 | カレンダーの物理——惑星運動を巡って |
| 第 2 回 | 5 月 22 日 | おもちゃの物理——長く回転続けるコマ |
| 第 3 回 | 6 月 5 日 | 乗り物の物理——空気抵抗と闘う乗り物 |

5月8日 受講に行くことが出来ません
ので失礼ですが紙面で質問致します。

先日「源氏物語」の中で「御法(19)夕霧の
歌で

いにしへの秋の夕の恋しきにいまはと見えし
あけぐれの夢

とあるのですが先生によると朝明あけぐれになった後
一瞬暗くなる時があつてその時あけぐれ
と言らしい。

~~25年内~~
私は毎日朝5時から散歩していますが
今だ遭遇したことがありません。なぜ
その様な現象があるのか教えて下さい。

(二〇)夕霧野分の
大将の君も、御忌に籠りたまひて、あから
日を回想し、秘 さまにもまかたたまはず、明け暮れ近くさ
めた暮情に泣く ぶらひて、心苦しくいみじき御気色を、こ
とわりに悲しく見たてまつりたまひて、よろづに慰めきこえ
たまふ。

風野分のわかだちて吹く夕暮ゆぐれに、昔のこと思し出でて、ほのかに
見たてまつりしものを、と恋しくおぼえたまふに、また限り
のほどの夢の心地せしなど、人知れず思ひつづけたまふに、
たへがたく悲しければ、人目にはさしも見えじとつつみて、
夕霧「阿弥陀仏、阿弥陀仏」とひきたまふ数珠すずの数に紛らはし
てぞ、涙の玉をばもて消けちたまひける。

夕霧いにしへの秋の夕の恋しきにいまはと見えしあけぐ
れの夢

ぞなごりさへうかりける。やむごとなき僧どもさぶらはせた
まひて、定ままりたる念仏ねんぶつをばさるものにて、法華経ほけきやうなど誦ずぜ

過ごそうとなさるにつけ、胸がいっぱい
なる、それが堪えがたいのであった。

(二〇)大将の君も御忌にお籠りになって、い
ささかの間も退出なさらず、明け暮れ院の
おそばに侍して、痛々しくうちひしがれて
いらつしやるご様子を、無理もない悲しい
ことと拝されて、万事につけてお慰め申し
あげていらつしやる。

風が野分めいて吹く夕暮れに、昔のこと
をお思い出しになって、ほのかにお見かけ
申したことがあったのに、と恋しくお感じ
になる、そのうえまたご臨終のとき夢を見
ているような心地がしたことなど人知れず
思いつづけていらつしやる、たまらなく
悲しいので、人目にはそうとは見えないよ
うにとこらえて、「阿弥陀仏、阿弥陀仏」と
爪つめ繰る数珠の玉の数にかこつけて、やっと
涙の玉をお払いになられるのであった。

いにしへの……(昔、ほのかにお姿を見か
けた秋の夕べが恋しい、そのうえ、今は、ご
臨終と思われたあの明けぐれ時の夢のような
お姿)

が、目に残っている、そのことまでがせつ
ないのであった。尊い位の僧に奉仕をおさ
せになって、きまりになっていゝ念仏はい
うまでもないことで、そのほかに法華経な
どを誦読おさせになる。あれやこれやにつ
けてしみじみとした感慨をおぼえる。



あけぐれ【明暮】〔名〕夜明けと夕暮れと。朝晩。転じて、日々。毎日。副詞的にも用いる。・竹取「明暮見なれたるかぐや姫をやりていかか思ふべき」・多武峰少将物語「明け暮れのながめに袖のひぢつつ物おぼえぬになむ」・源氏「須磨」ひめ君の、あけぐれにそへてはおもひなげき給へるさまの心くるしうあはれなるを」・増鏡「春の別れ」あけぐれねん比（ころ）に孝（けう）じたてまつり給ふさま、いとかたじけなし」・洒落本・遊婦多数寄「女郎由緒物語」お袋は幼少の時より風与（ふと）悪所通ひでもしよふかと明暮（アケクレ）苦勞せらるれど」
〔究音〕（音）アケ 〔余〕アケ

あけぐれ【明暗】〔名〕夜が明けきる前の、まだ薄暗い時分。・万葉「四・五〇九」吾妹子に恋ひつつ居れば

〔古語〕伊京・明心・天正・鎌頭・黒本・易林・書言

明晩（あけぐれ）の朝霧隠（こもり）鳴く鶴（たづ）

のねのみし泣かゆ（丹比笠麻呂）・延喜御集「また

じとてたのめし物をあけぐれにまどはでいでし人は

うかりき」・源氏「若菜下」のどかならず立ち出づる

あけぐれ、秋の空よりも、心づくしなり」・俊成卿女

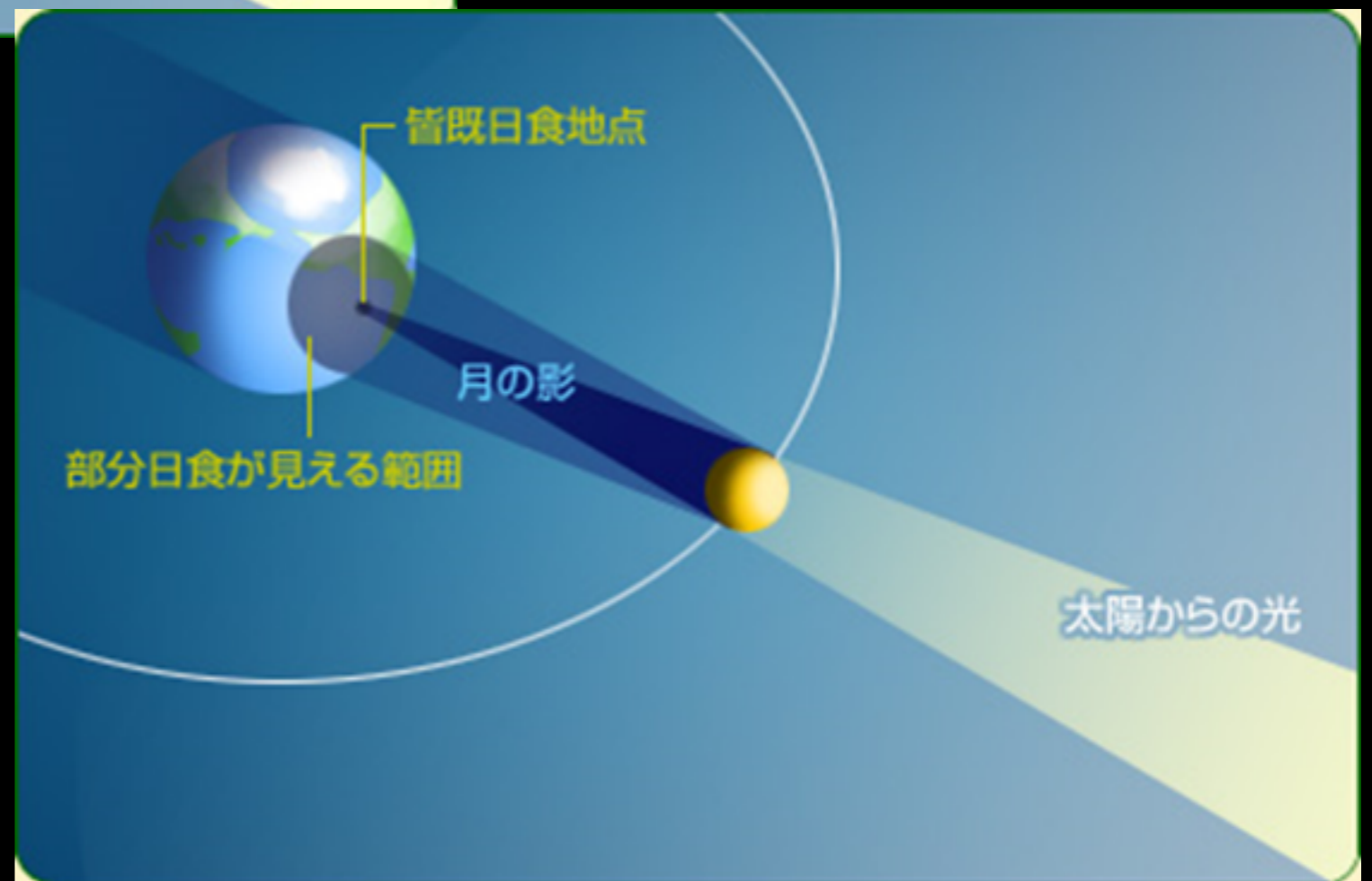
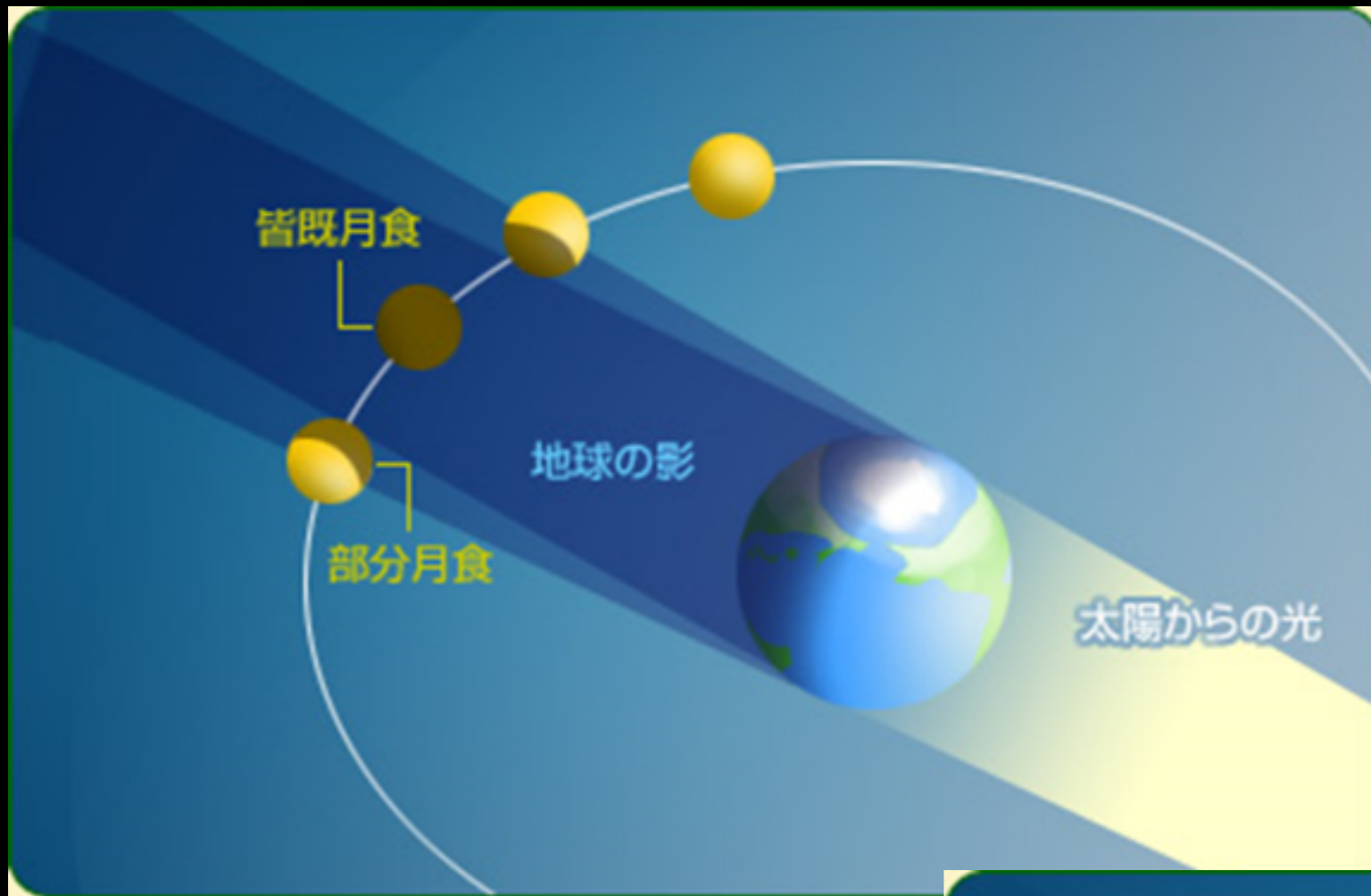
集「消えはつる夕べもかなしあけ暮の夢に迷ひし春

のふるさと」
〔古語〕書言

明けぐれ＝夜が明けきる前の、まだ薄暗い時分。

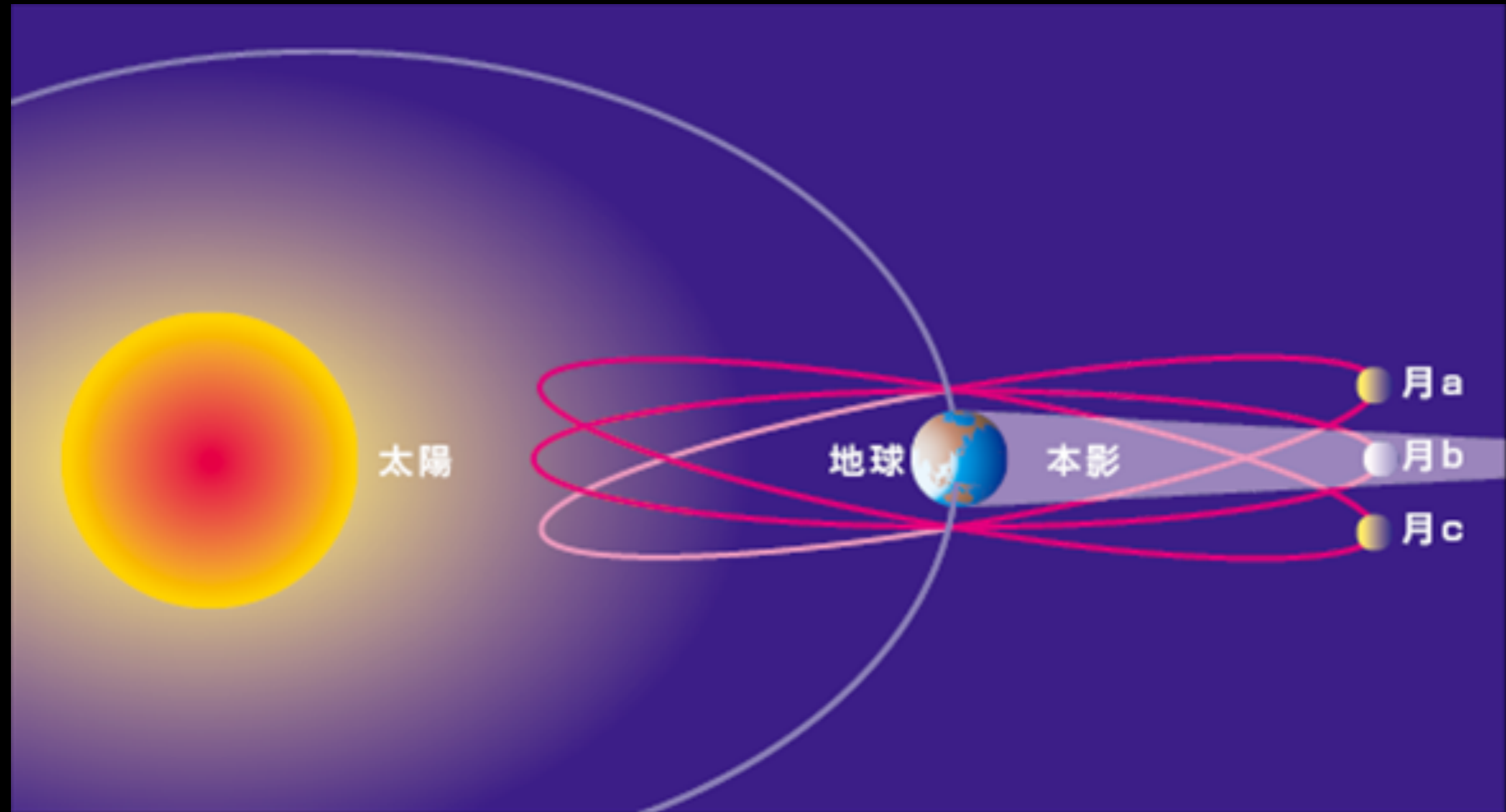
天文薄明＝6等星が見えなくなる時間
日の出の2時間前位

月食のしくみ



日食のしくみ

★日食・月食はなぜ毎月見られないのか？



月の軌道面が地球の公転面と5度傾いているから

土星の動き 2015年

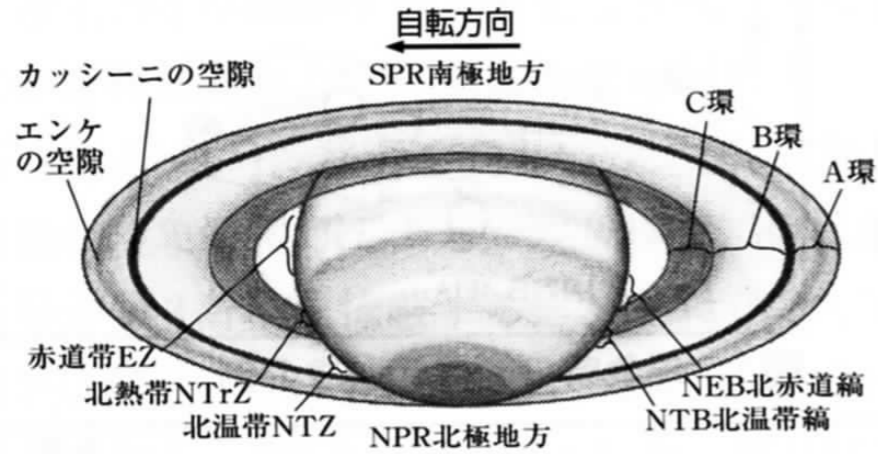


図1 土星面の模様 of 名称

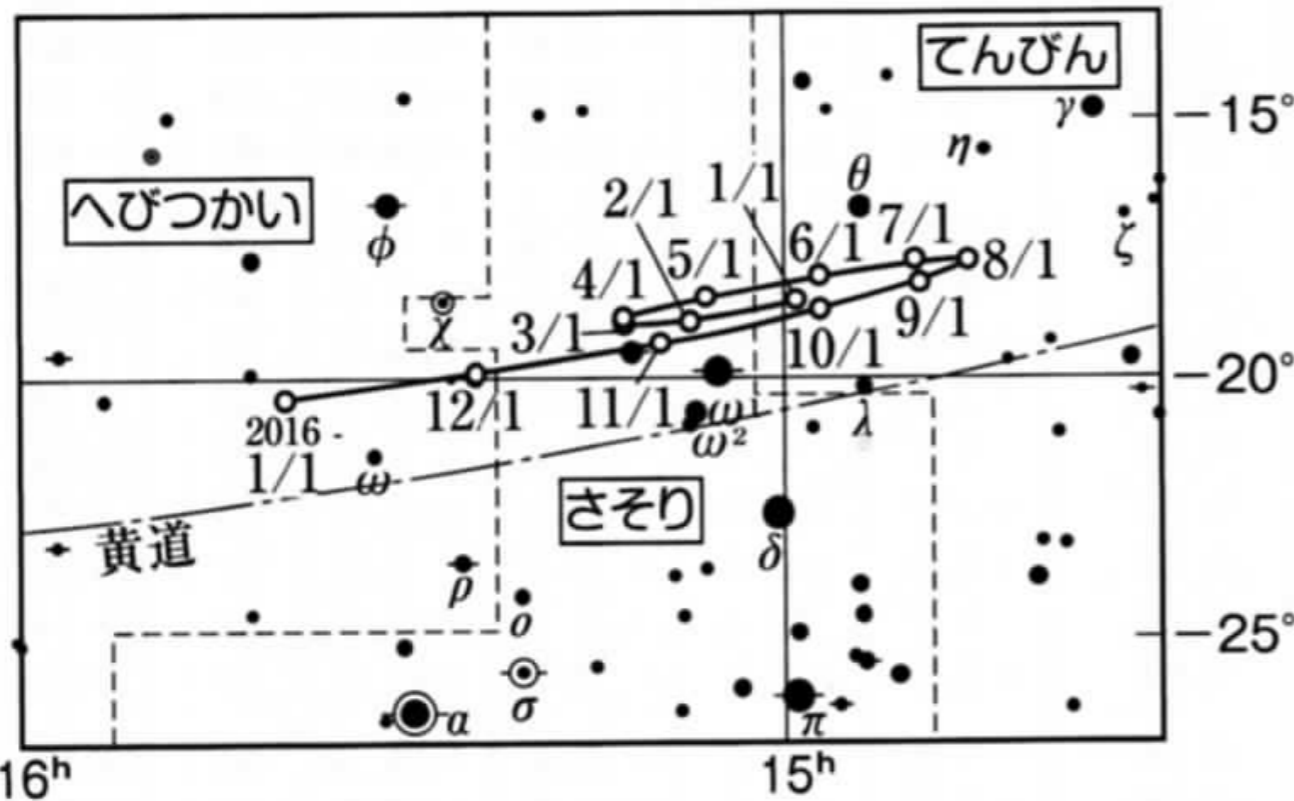
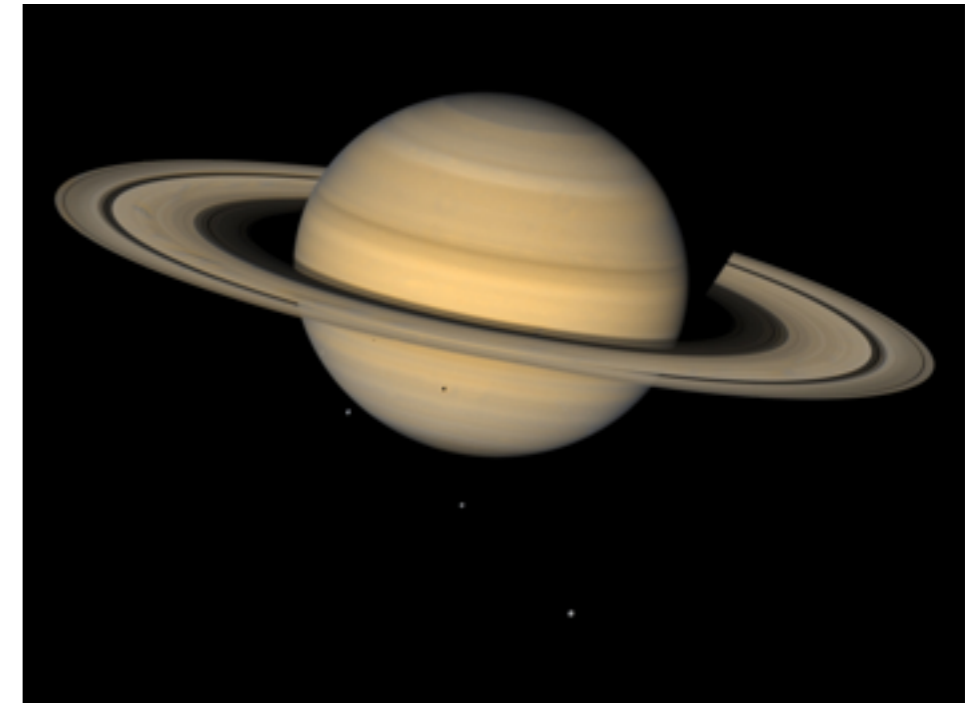
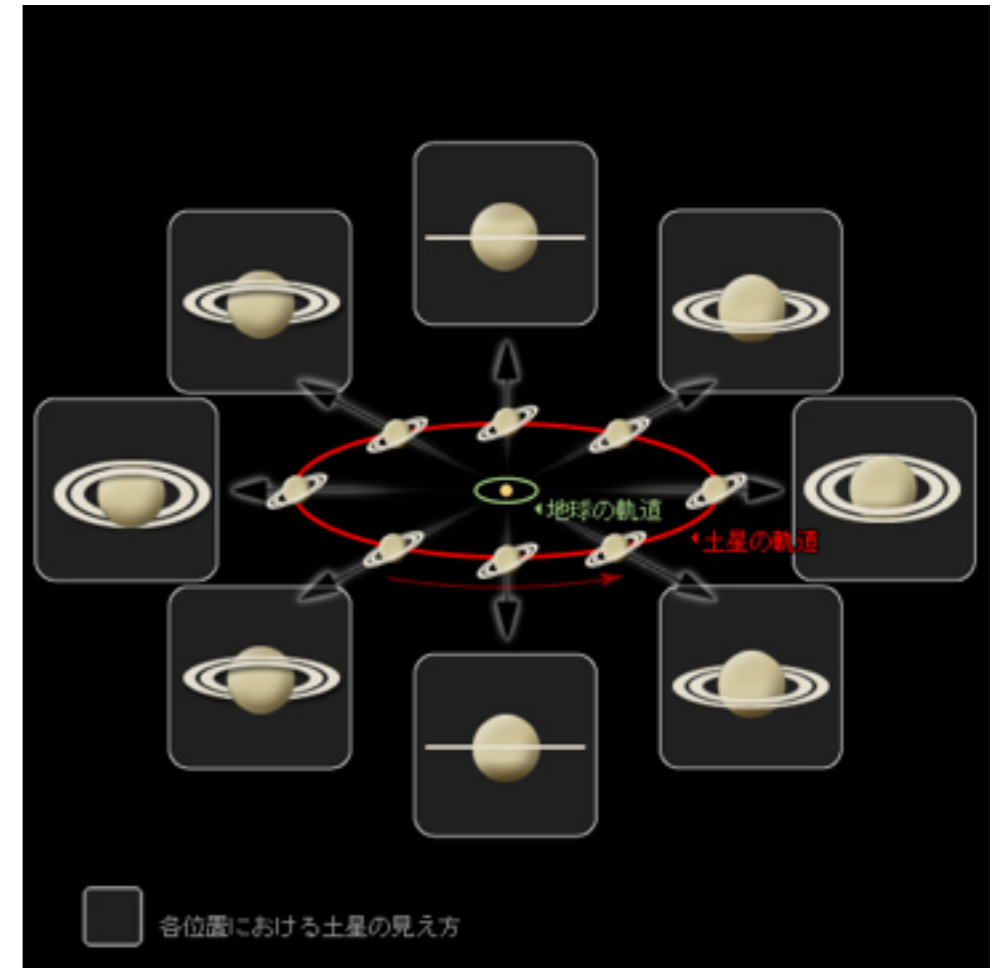
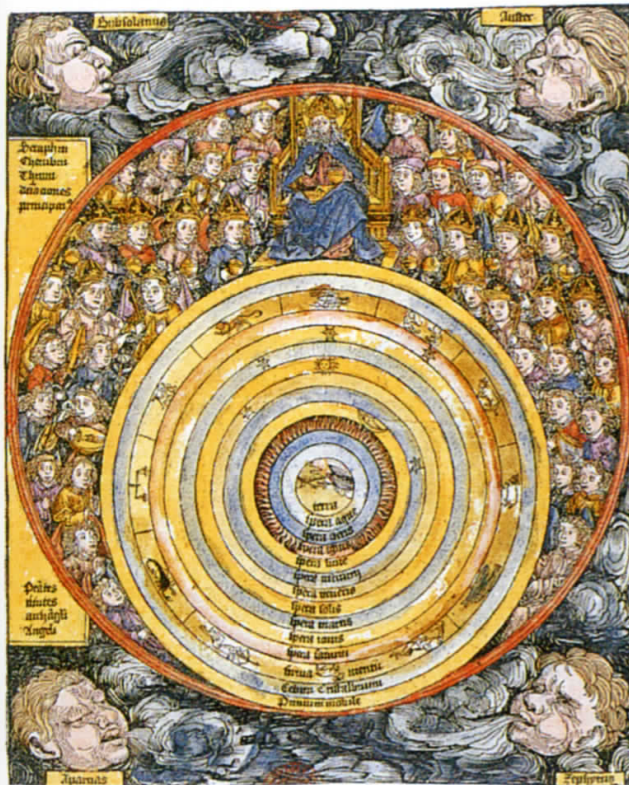
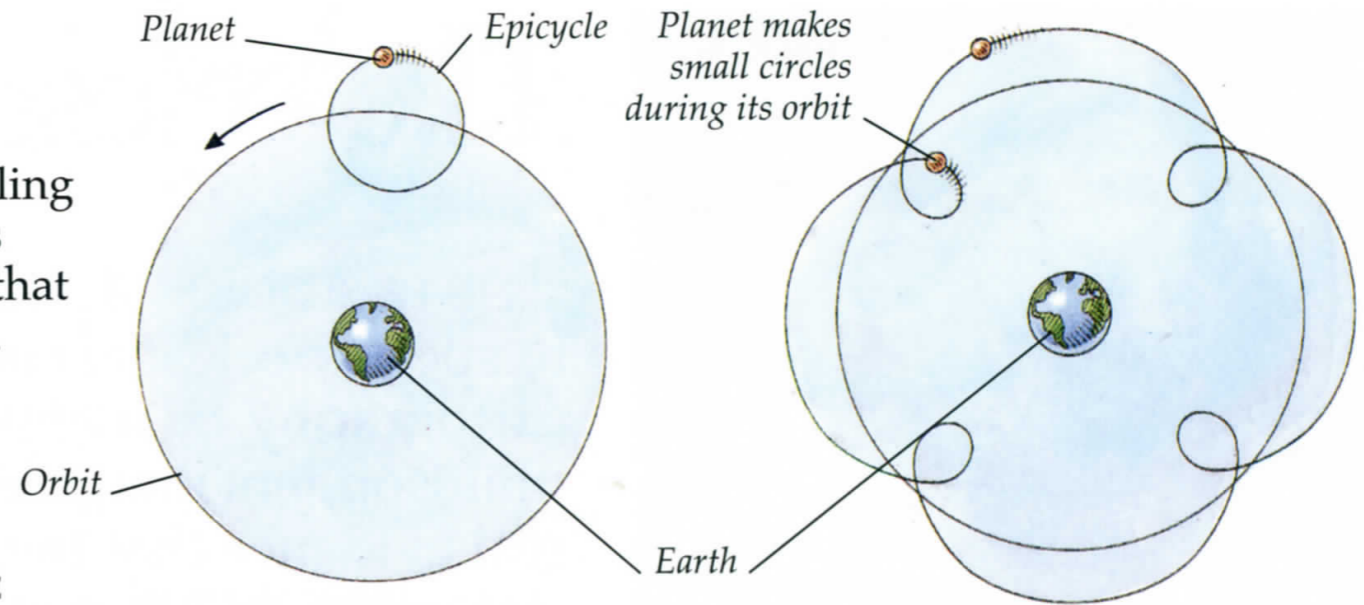


図2 2015年 星座間の土星の動き (毎月1日の位置)



Geocentric Universe

It is logical to make assumptions from what your senses tell you. From the Earth it looks as if the heavens are circling over our heads. There is no reason to assume the Earth is moving at all. Ancient philosophers, naturally, believed that their Earth was stable and the centre of the great cosmos. The planets were arranged in a series of layers, with the starry heavens – or the fixed stars as they were called – forming a large crystalline casing.

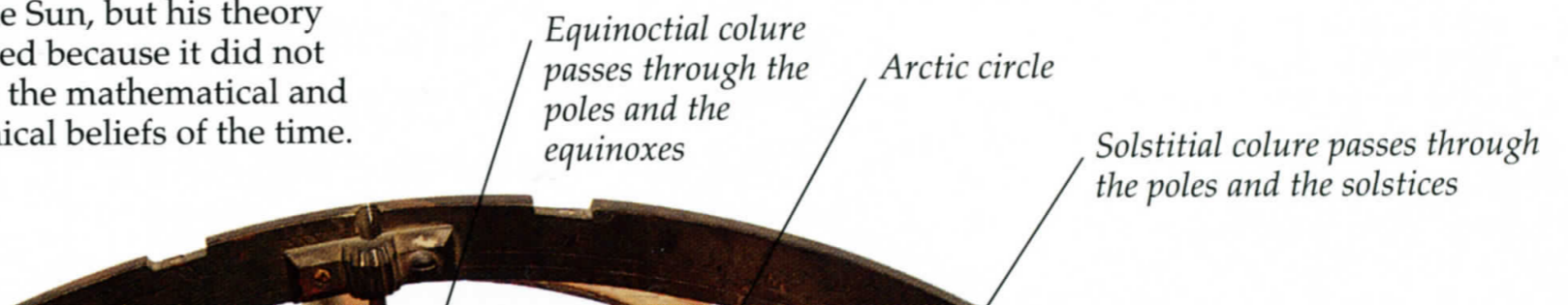


Engraving (1490)
of the Ptolemaic Universe

THE EARTH AT THE CENTRE
The geocentric or Earth-centred Universe is often referred to as the Ptolemaic Universe by later scholars to indicate that this was how classical scientists, like the great Ptolemy, believed the Universe was structured. He saw the Earth as the centre of the Universe with the Moon, the known planets, and the Sun moving around it. Aristarchus (c. 310-230 BC) had already suggested that the Earth travels around the Sun, but his theory was rejected because it did not fit in with the mathematical and philosophical beliefs of the time.

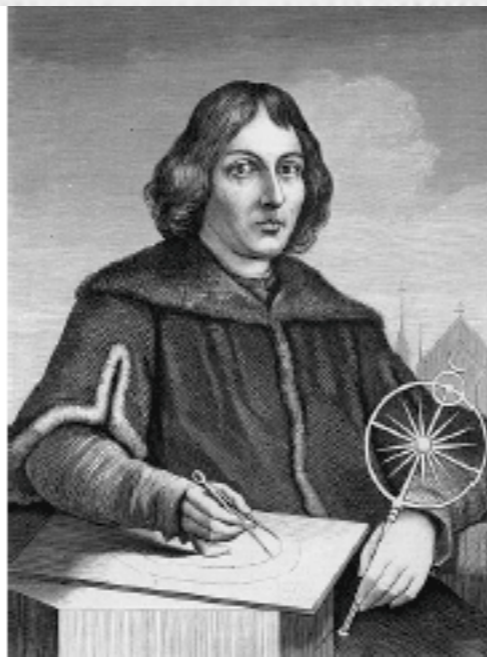
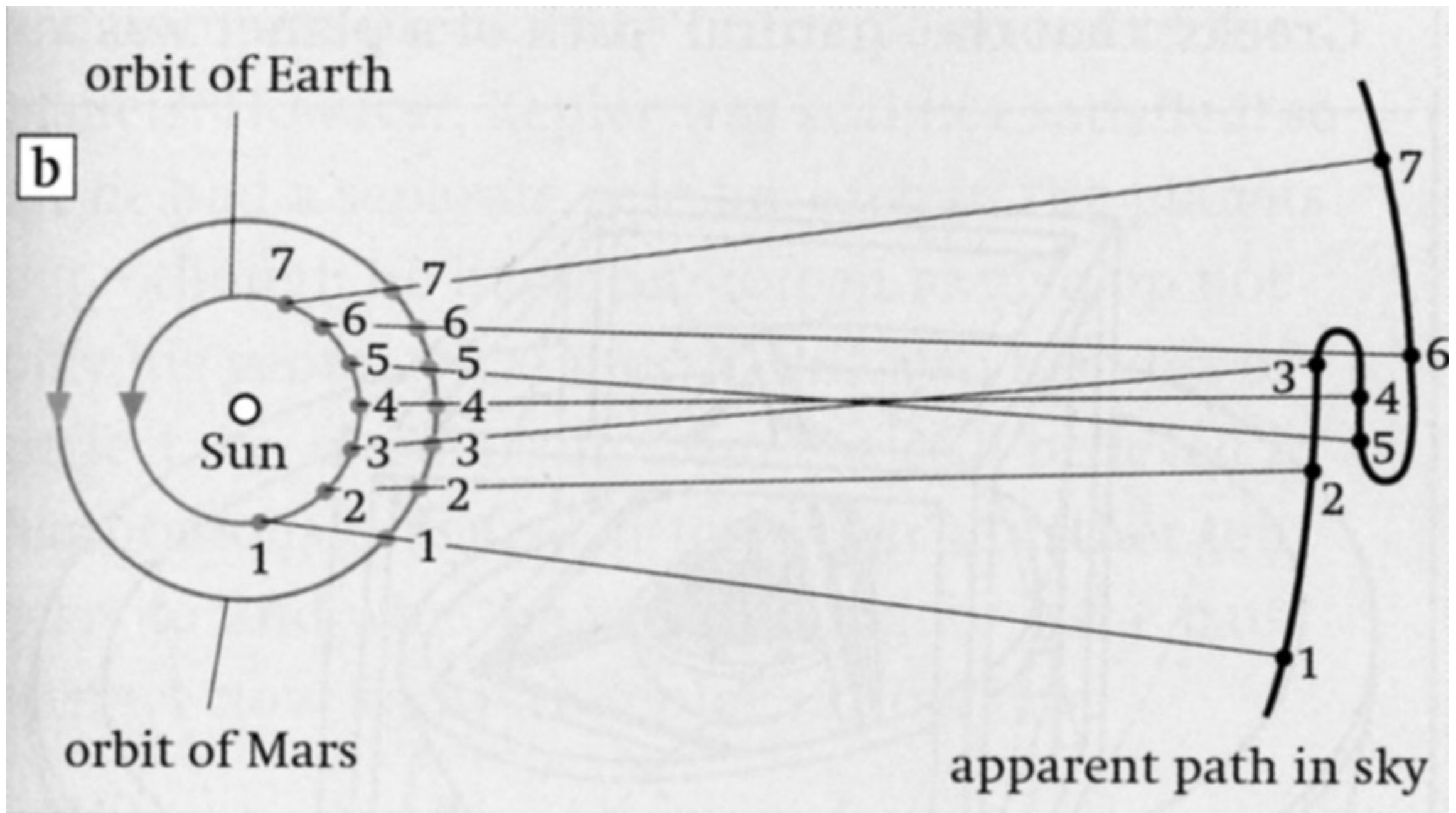
PROBLEMS WITH THE GEOCENTRIC UNIVERSE

The main problem with the model of an Earth-centred Universe was that it did not help to explain the apparently irrational behaviour of some of the planets, which sometimes appear to stand still or move backwards against the background of the stars (p. 19). Early civilizations assumed that these odd movements were signals from the gods, but the Greek philosophers spent centuries trying to develop rational explanations for what they saw. The most popular was the notion of epicycles. The planets moved in small circles (epicycles) on their orbits as they circled the Earth.



天動説

プトレマイオス(2c)



地動説

コペルニクス(15c)

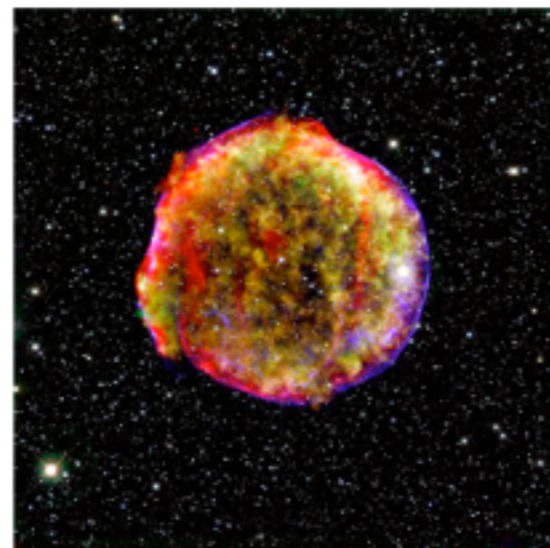
2.1 ティコ・ブラーエとケプラー



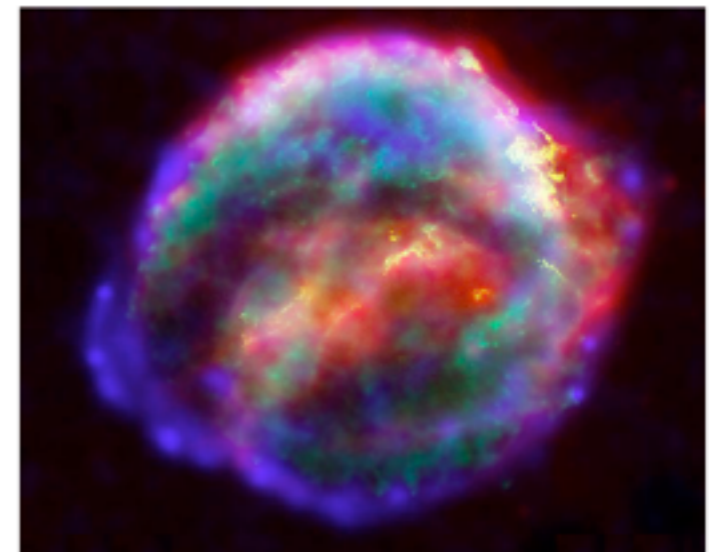
図 1: ブラーエ
Tycho Brahe
(1546-1601)

精密で膨大な天体観測記録を残す
観測的権威だが天動説支持
「太陽は地球の周りを回り、
惑星は太陽の周りを巡る」

1572 超新星を発見
(SN1572, 通称「ティコの新星」)



SN1572 (ティコの新星)



SN1604 (ケプラーの新星)

超新星は、数百年に一度、観測されている。

表 1: 歴史的に有名な超新星。超新星名には発見された西暦がつく。SN 185 は 185 年に、SN 1987A は 1987 年に発見された一番始めの超新星である。

超新星	星座	銀河	最大光度	型	備考
SN 185	ケンタウルス座	銀河系	-8		最古の観測記録 (中国『後漢書』)
SN 393	さそり座	銀河系	-1		
SN 1006	おおかみ座	銀河系	-9	I	
SN 1054	おうし座	銀河系	-6	II?	かに星雲
SN 1181	カシオペア座	銀河系	0	II	
SN 1572	カシオペア座	銀河系	-4	I	ティコの新星
SN 1604	へびつかい座	銀河系	-2.5	I	ケプラーの新星, 天の川銀河で最新のもの
SN 1885A	アンドロメダ座	アンドロメダ銀河	5.8	Ia	アンドロメダ座 S 星, 他銀河で初の発見
SN 1987A	かじき座	大マゼラン星雲	2.9	II	肉眼で見えた最新のもの
SN 2002bj	うさぎ座	NGC 1821		Ia	2009 年の解析により新型超新星と確認
SN 2006gy	ペルセウス座	NGC 1260	15.0	II	最大級の超新星
SN 2009dc	かんむり座	UGC 10064		Ia	チャンドラセカール限界を超えた初の爆発

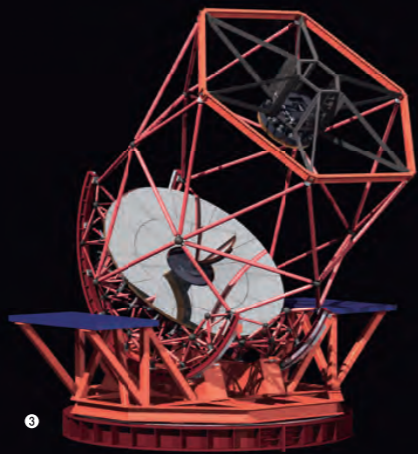
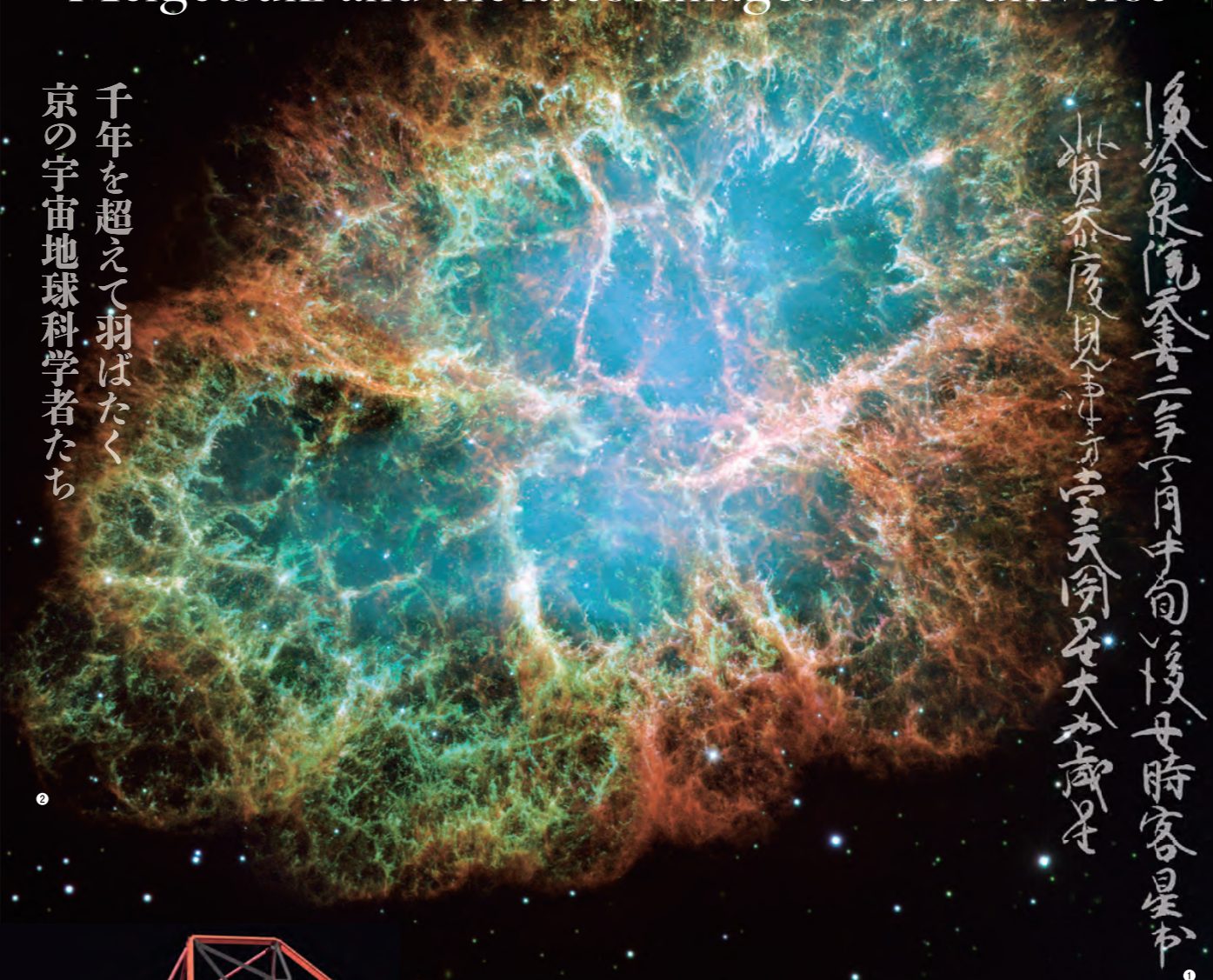
京都大学総合博物館 平成26年度特別展

明月記と最新宇宙像

Meigetsuki and the latest images of our universe

千年を超えて羽ばたく
京の宇宙地球科学者たち

後冷泉院天壽二年丁酉中旬後夜時客星也
此頃亦度見時方空天同星大也歳星



2014年

9月3日[水]

10月19日[日]

9時30分—16時30分(入館は16時まで)

休館日●月曜日・火曜日(平日・祝日にかかわらず)
観覧料●一般400円 高校生・大学生300円
小学生・中学生200円

※20名以上の場合は団体観覧料が適用されます

※70歳以上の方身体障害者手帳をお持ちの方は無料

主催●京都大学総合博物館、京都大学大学院理学研究科附属天文台、京都大学大学院理学研究科地球物理学教室、京都大学大学院理学研究科宇宙物理学教室
共催●NPO法人花山星空ネットワーク、京都大学宇宙総合学研究所、京都大学研究資源アーカイブ協賛●株式会社西村製作所

協力●冷泉家時雨亭文庫、自然科学研究機構国立天文台、NHK

後援●京都府教育委員会、京都市教育委員会

ワークショップ・講演会

期間中の土曜日または日曜日に開催します。

4次元デジタル宇宙シアター

3D映像の宇宙の中をナビゲーターとともに旅します。原則として期間中の土曜日・日曜日、1日5回、各回30分程度。

※詳細は総合博物館ホームページをご覧ください。

明月記原本展示期間 9月17日(水)~9月28日(日)

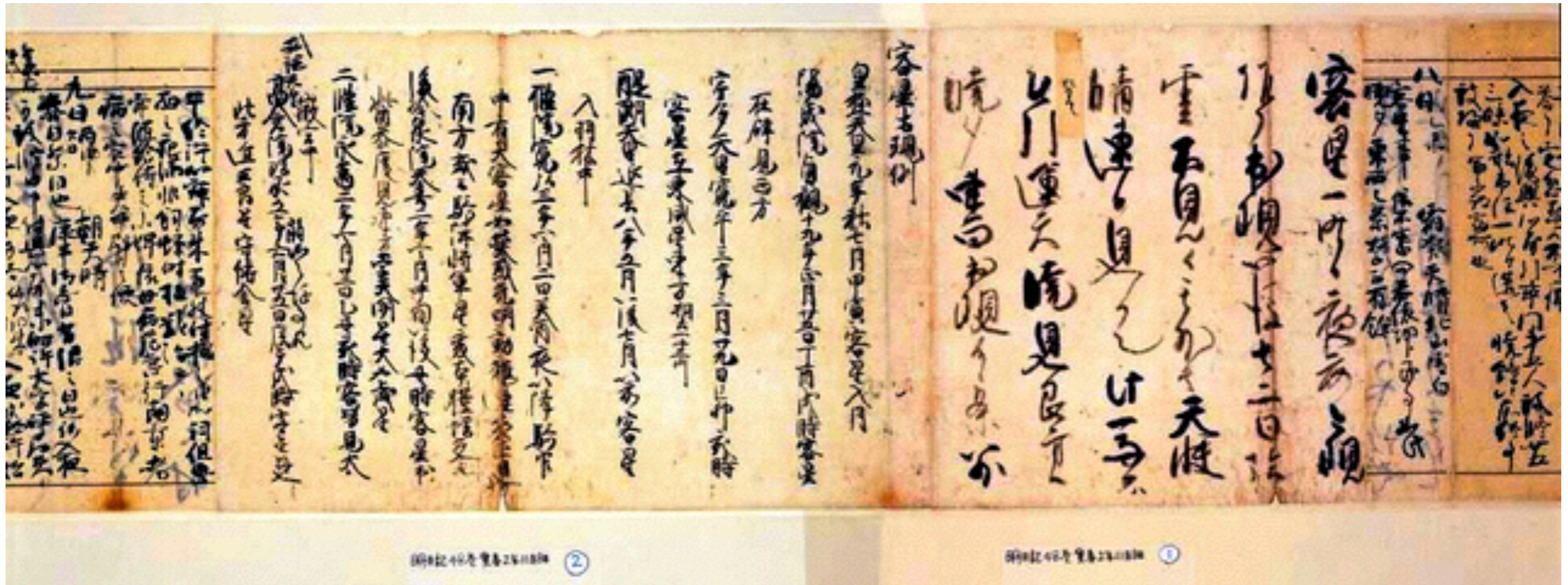
●明月記における客星出現古例の記載(部分) ●かに星雲 ●3.9m新技術望遠鏡

京都大学総合博物館



〒606-8501 京都市左京区吉田本町
TEL (075) 753-3272
http://www.museum.kyoto-u.ac.jp/

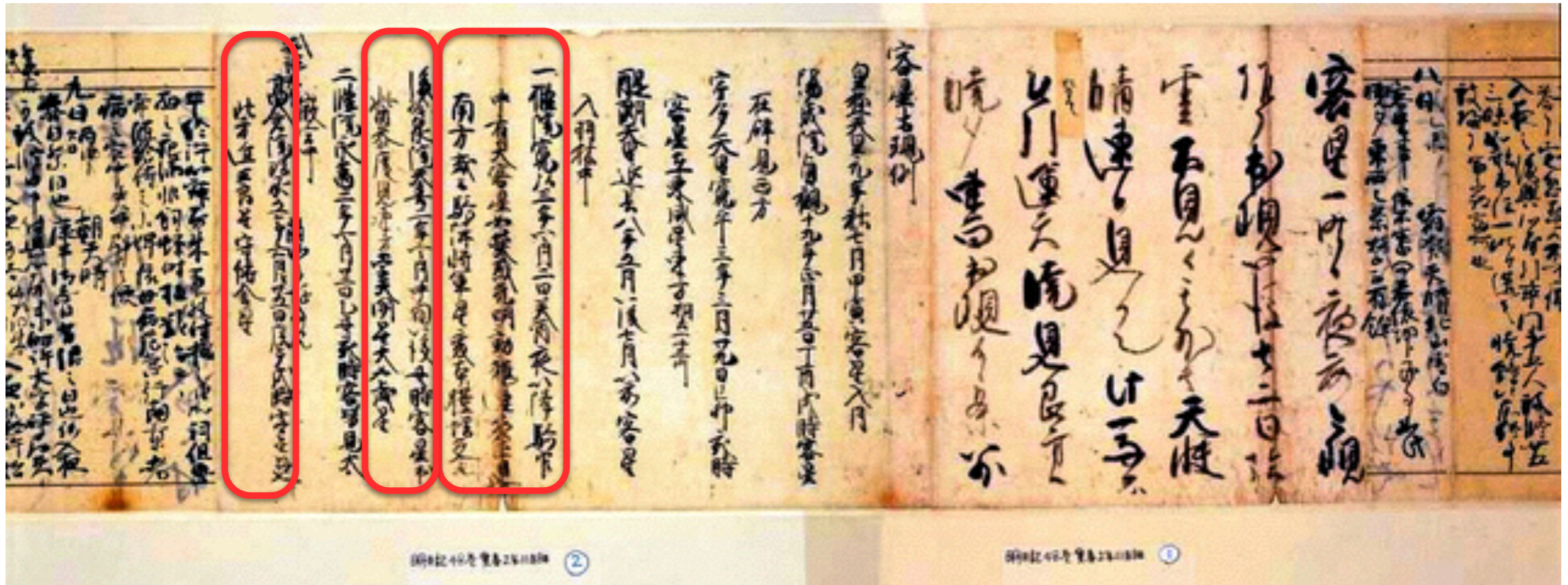
「明月記」の天文現象について書かれた部分



藤原定家(1162-1241)は、陰陽師（天文博士）に調べさせた報告文をそのまま切り貼りした。



「明月記」の天文現象について書かれた部分

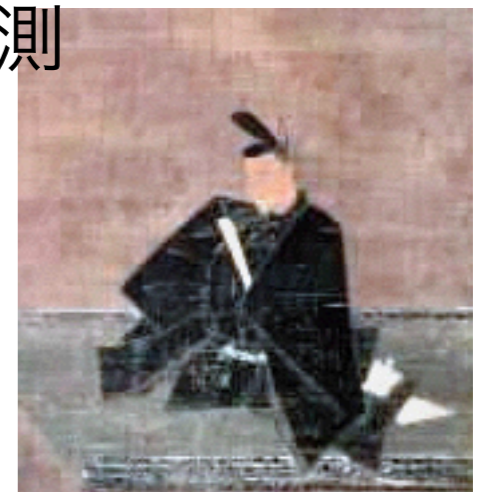


① 安倍清明の息子， 安倍吉昌がSN1006を観測

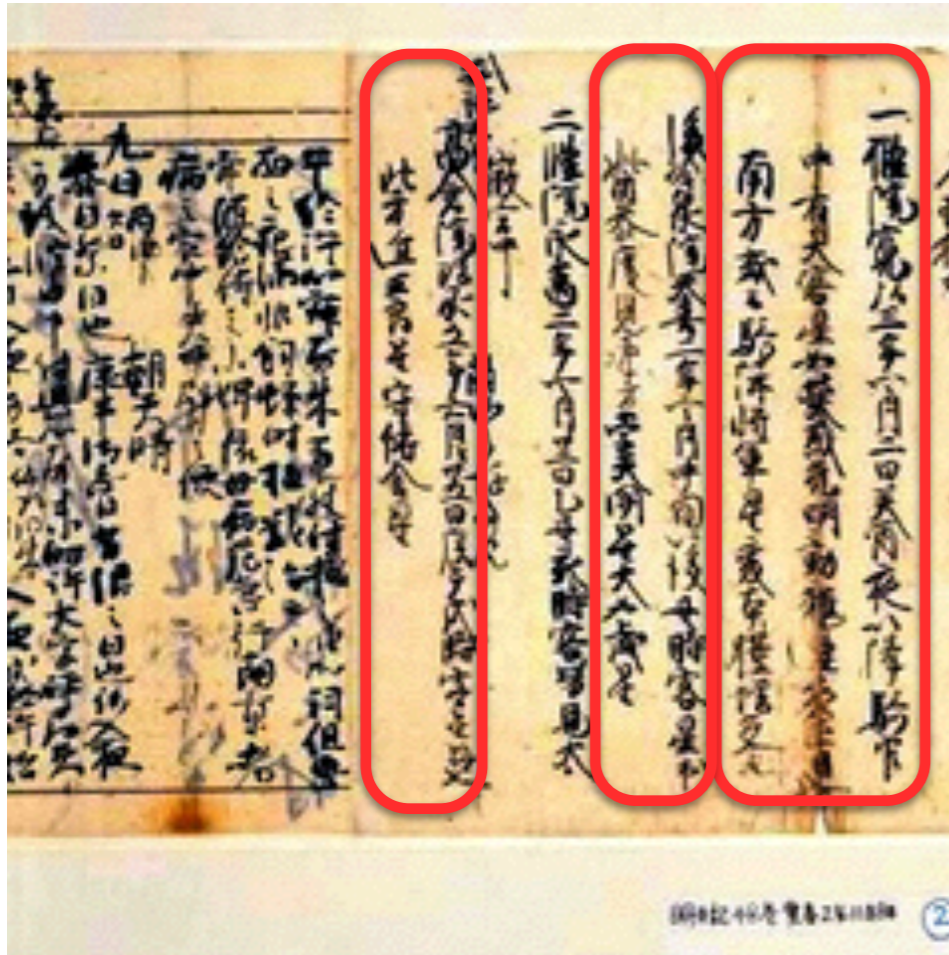
② 清明の子孫（詳細不明）がSN1054を観測

③ 清明の子孫（詳細不明）がSN1181を観測

藤原定家本人も見ている可能性あり



1 安倍清明の息子， 安倍吉昌がSN1006を観測



一條院 寛弘三年四月二日 葵酉
夜以降 騎官中 有大客星 如螢惑
光明動耀 連夜正見南方
或云騎陣將軍星變本體：



図2 1006年の大客星

SN 1006

7200光年. 記録に残されている限り、歴史上で最も視等級が明るくなった天体（太陽と月を除く、-7.5等[1]）.

1006年4月30日から5月1日の夜におおかみ座領域に初めて出現したこの「客星」は、スイス、エジプト、イラク、中国、日本、そして恐らくは北アメリカの観察者たちにより記録されている.

SN 1006 Supernova Remnant

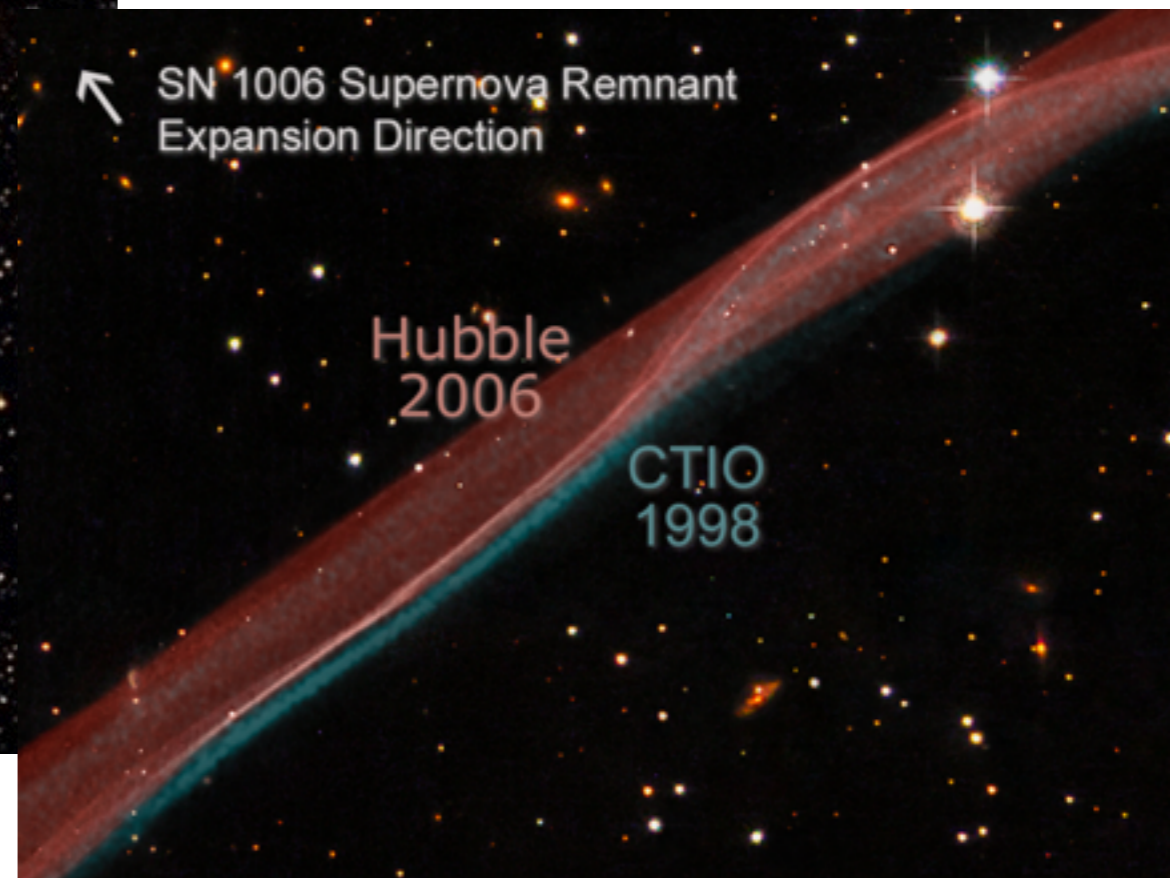
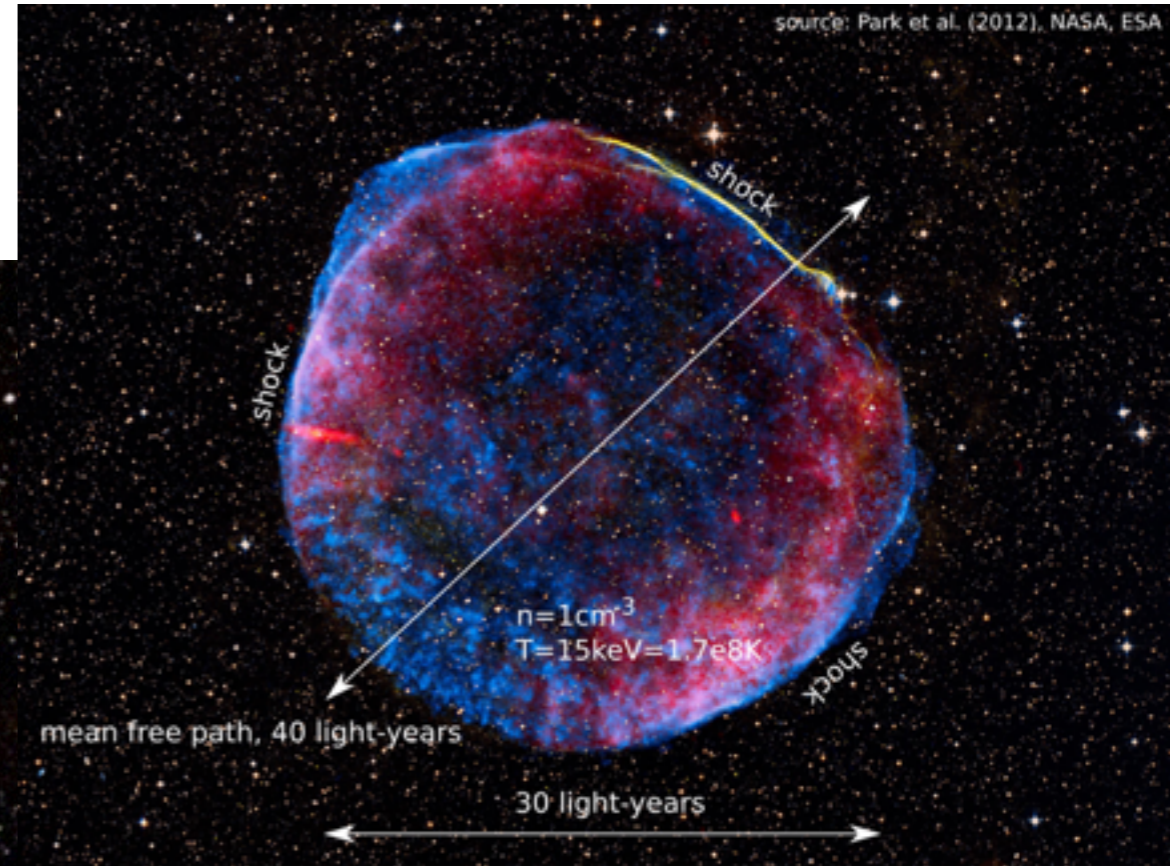
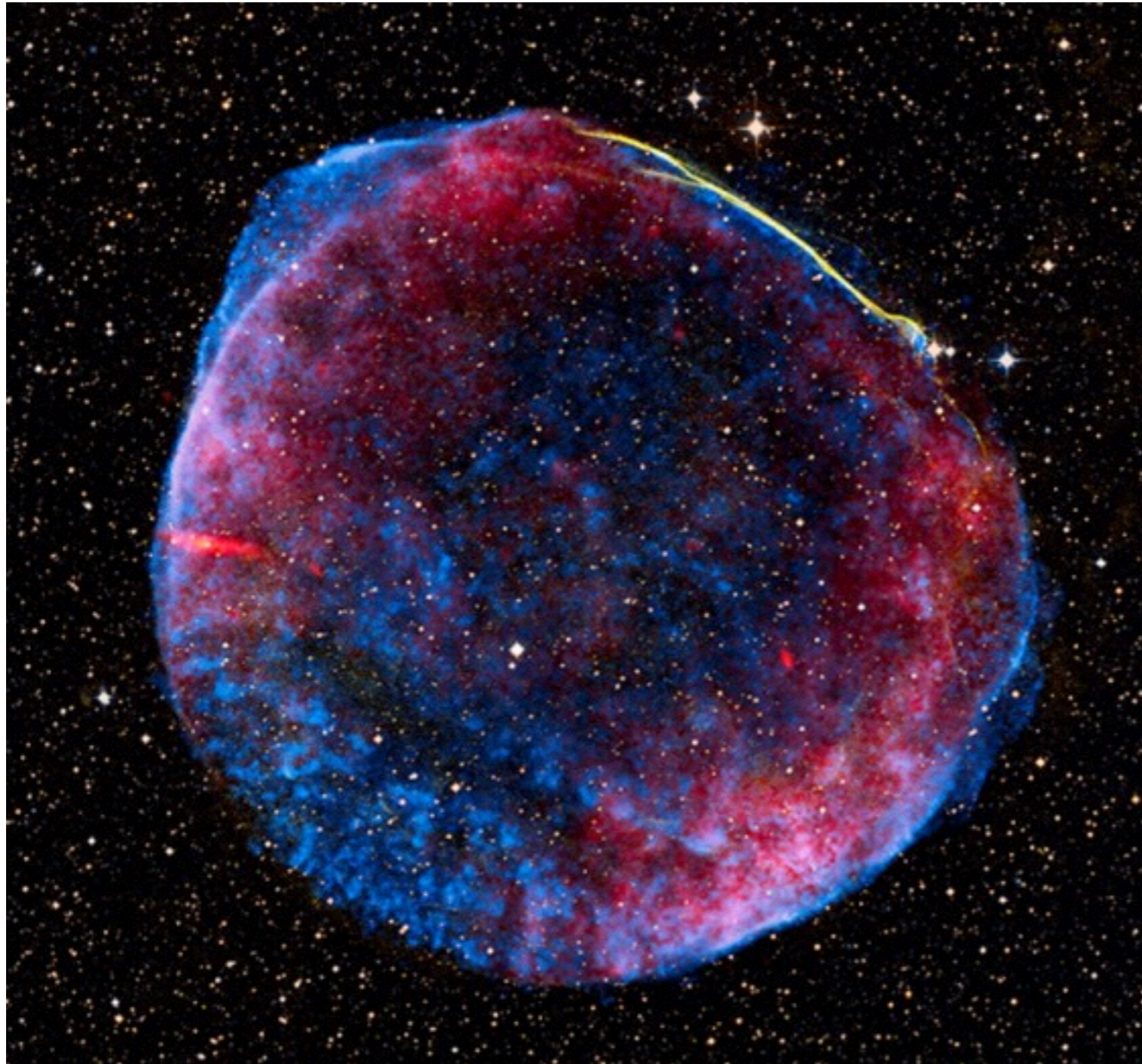
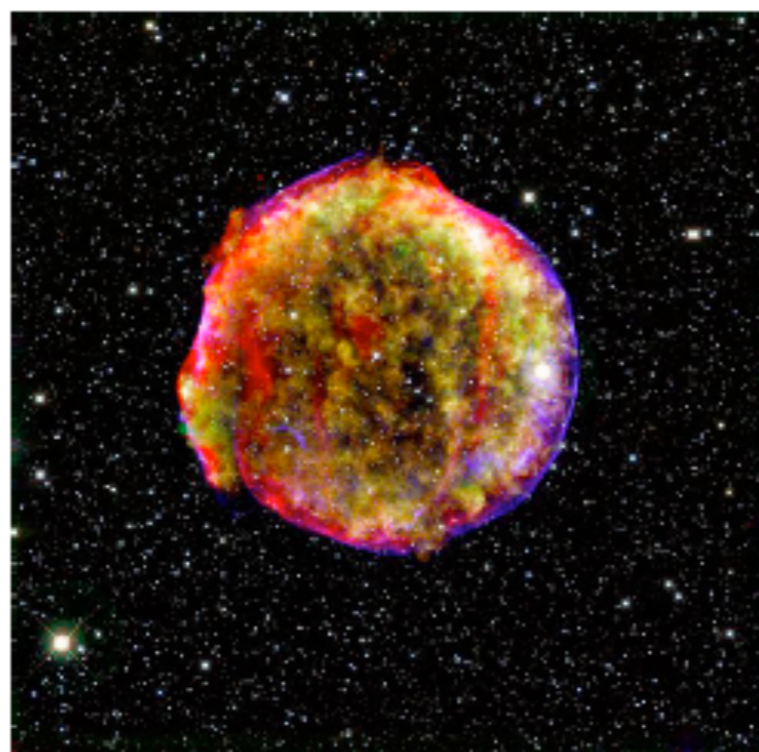
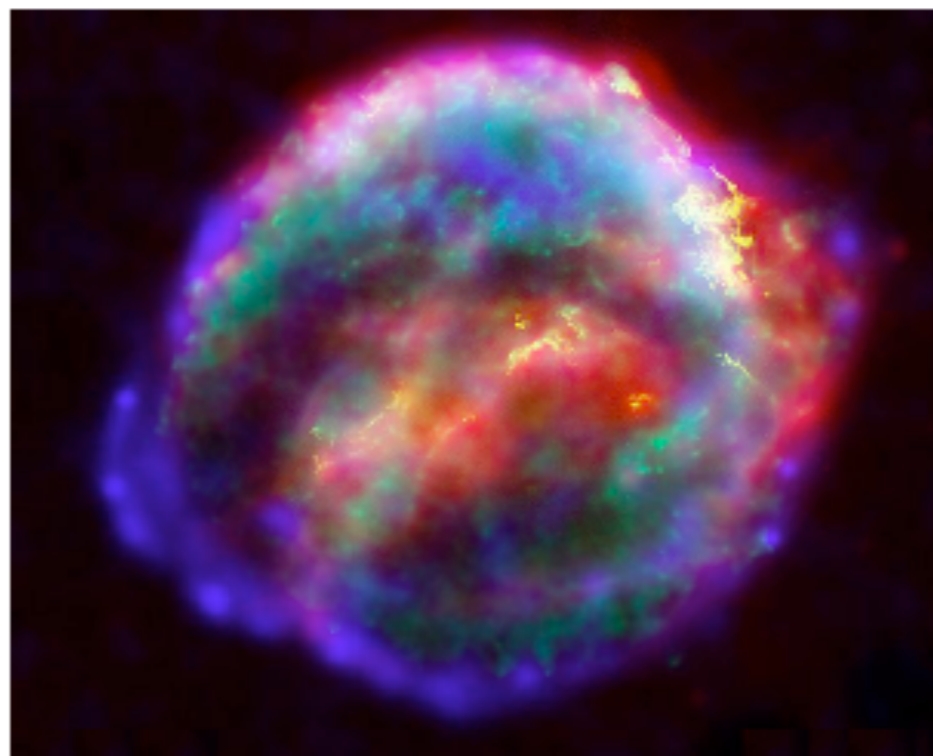


Image credit: Chandra, Hubble, and NRAO teams,
retrieved from heasarc.gsfc.nasa.gov.



SN1572 (ティコの新星)



SN1604 (ケプラーの新星)

図 14: 超新星 SN 1572 と SN1604 の現在の姿. 数百年が経ち, 爆発の先端の衝撃波が球状に広がっていて, 超新星残骸 (supernova remnant) と呼ばれる.

探し続けて**50**個
日食のコントラスト
極木の環が沈む
中国・青島
天文文よりみち配付
熊野に
謎の三体月を追う



機材セクション
ビクセン本気の103mm屈折
ニコンが天体望遠鏡アイビスを続行
世界天文年記念別冊 熊野縁を渡る
みんなであらうアンテナカメラ観望録

超新星ハンター 板垣公一さん (1947年山形県出身)

豆の板垣代表取締役社長



超新星発見用のメガ光管の50cm口径アポロニクス反射、エムア光路の望遠鏡コントロールとピントコントロールのソフトウェアで導入と画像を連携して撮影、超新星でピントが安定するように、鏡筒を固定するカメラの固定を手動でエアコンでドーム内を冷却して、遠望望遠鏡に導入する。15秒から30秒の短時間露光で10等の超新星を発見可能。

板垣公一さん超新星発見への情熱
気がつけば**50**個



いつの間にか超新星捜索に夢中
2009年8月16日の夜、自宅での観測中に「新星らしい天体です」というメールが来た。板垣公一さんから超新星の発見だ。自宅のスタジオグループ観測所に設置した25cm望遠鏡は、高の空に見られるやぎ座に向いている。急いで発見位置が地上に見えるかどうかを確認してみると、高度20度ほどで東西の空だ。「よし、まだ暗いから」観測中の観測を中止し観測を再開させて現場へ急行する。視野に導入してみると、観測の位置に明るい星が写った。目的の新星らしき天体の存在を確認した瞬間だ。しかし画像の一部が黒くなり星が写っていない。「しまった、夜空の電柱に遮られる方向だ」目撃運動が少しづつ視野に星が戻ってきたので観測開始。撮影した画像をただちに測定すると発見された天体に間違いはない。兵庫県の中野圭一さんが板垣さんの発見データを確認観測をまとめて、天文電報中央局へ通報。中央局で発見が発見されると、WEBの未確認天体ページに掲載されて追加の観測が収集される。翌日1へ

世界的な超新星ハンター板垣さんが節目の発見を遂げた。その清麗な裏方としてサポートをしてきた天体観測家・門田圭一さんがレポート。

板垣公一 1947年山形県生まれ、中学卒業と同時に山形県立大に進学。1963年11月の発見がきっかけで超新星の観測に興味を持つ。超新星・新星・新星の発見に加えて、小惑星・彗星、海外観測の経験など多岐の発見活動をする。超新星2009の科学的成果などにより、山形大学の名誉博士号を受けた。2009年には、超新星発見したアマチュア天文家として知られるD.J.ガウリックに師事。

門田圭一 1961年長崎県生まれ。超新星発見者として1975年VISTAを見て、中学生のころから超新星に夢中。1999年に出版した超新星観測を始めた。2004年に自宅観測所を設置して継続的に超新星観測、超新星の位置観測は全世界の中で、100以上の超新星を使って観測の全てを担っている。

ついで超新星2009iとして公表されて、発見は成功裏に終わった。
板垣さんは、山形県の電王山麓に設置した観測所を捜索する超新星ハンター。超新星発見を目指していたが、1998年ごろから世界的に大規模な移動天体サーベイが盛んになり、2000年から60cm望遠鏡を使った超新星捜索に転向し、2001年5月に初めて超新星を発見。初発見の超新星2001baは、銀河の塵光部に属して出現の確率が低く、一旦は取り返しの連絡をしたが、海外で勝手に確認されたという話があったそうだ。捜索を始めたころは、超新星と違って移動しない星は見られず、さっぱり面白くなかったとのこと。しかし、観測を重ねるうちに少しずつ興味が深まり、11等星で発見した超新星2004diに、ハッブル宇宙望



超新星と超新星の観測に使用したスライディンググループ望遠鏡。本館に近づくと超新星の観測に使用し、観測の位置を調整するための地上6mの高さの塔で、250kgのコンピュータ制御装置を乗せ、平日は深夜から明け方まで、休日は一晩中観測を続ける。パソコンから観測データは15分ほどで観測を開始するので、観測中はほぼ寝ることも可能。

望遠鏡が向けられたことに感謝して、捜索に夢中になったとのことだ。気が付けば、発見が報じられて、賞状を受けることが快感になった。と目を細めた。2005年には、50cm望遠鏡を追加で設置して、2台体制の観測で発見を続け、2009年7月には超新星の発見数は50個に達した。

板垣さんの捜索スタイルは、撮影した画像を適当な画像と目視で比較する手法だ。撮影用パソコンに保存された画像を次々と表示し、別のパソコンで適当な画像を呼び出して、見比べて真実がないか調べる。観測中は望遠鏡任せにして、一旦起きて保存された画像をチェックする方法では、見つかった瞬間の楽しみを味わえないため、目標でリアルタイムに捜索することである。望遠鏡の制御と画像は自動で、



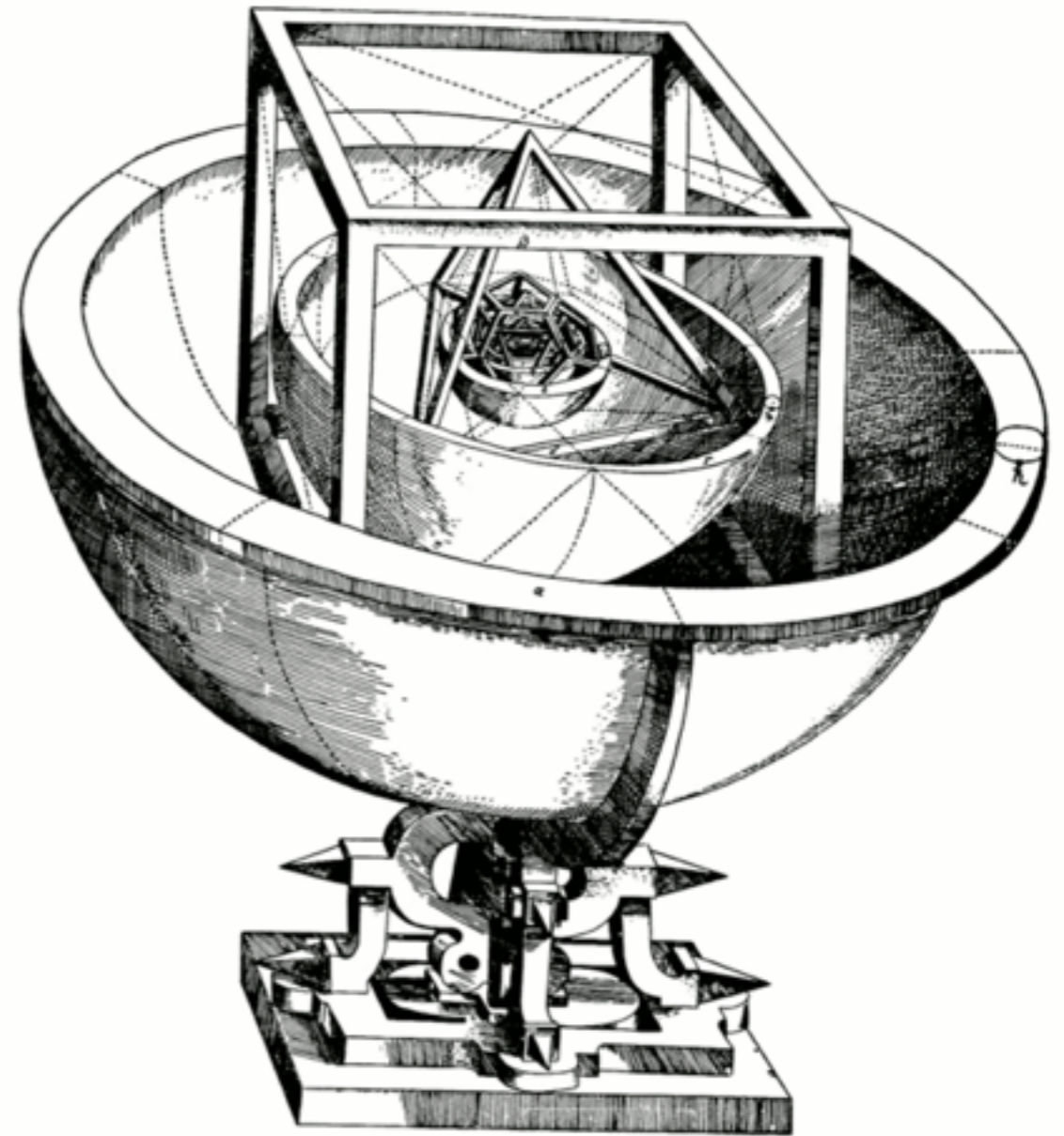
観測ルームの一隅には、日本天文学会と東京天文学会の天体発見賞で授与されたメダルと賞状が置かれていた。ケースのままで積み上げられメダルの山と、深く掘られた賞状を一目見て、発見の瞬間を思い出す。心算で天体を捜索する。心算で天体を捜索する。心算で天体を捜索する。

画像のチェックは手作業という。現代の技術とベータ線検査者の経験が融合し、地球に届く未知の光を見逃しているのだ。超新星は、物質が最終の燃え尽きの大規模な爆発で7つの銀河で数千年から100年に一度と考えられているので、数多く捜索されると見つかる確率がアップするが、8年間ほどでこれほどの数に見つけたことは驚異的な成果である。超新星を見つけるコツを尋ねてみる。「たくさん銀河を毎日捜索すること」なるほど発見の確率を高める良方です。昨日観測した光を今日見つけたいという思いで、同じ

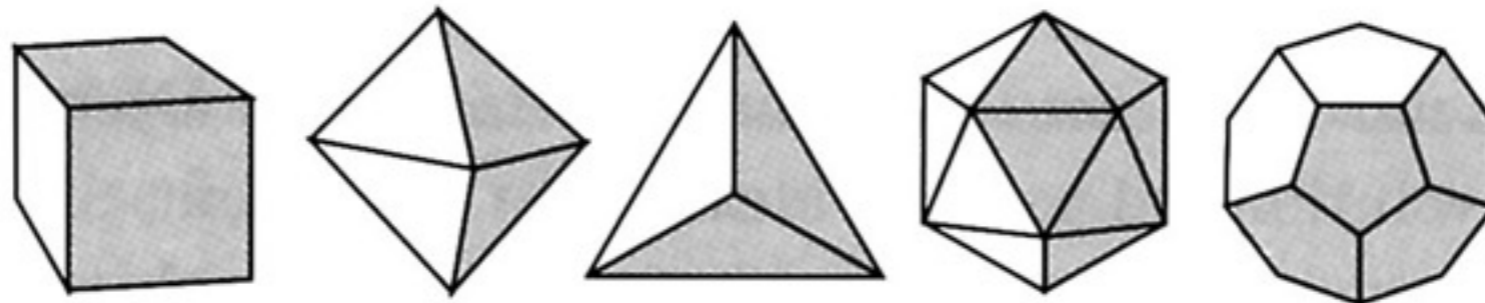
21cm望遠鏡2台による観測と超新星発見を目的にした広視野サーベイを開始。2008年3月には、110年以上見失われていたジャコビニ星(1890年)を金田さんと共同で再発見した。さらに2009年8月には、板垣さんの観測所に寄った超新星の発見だ。超新星(C/2009 E1)を発見し、初めての超新星を見つけてから約40年が経過して、自分の名前の付いた超新星が空に輝くことになった。観測システムを維持して効率よく捜索するには、ソフトウェアの改良が必要で、金田さんの協力がないとでは成果に届かず、共同発見に届くと話す。

ヨハネス・ケプラー

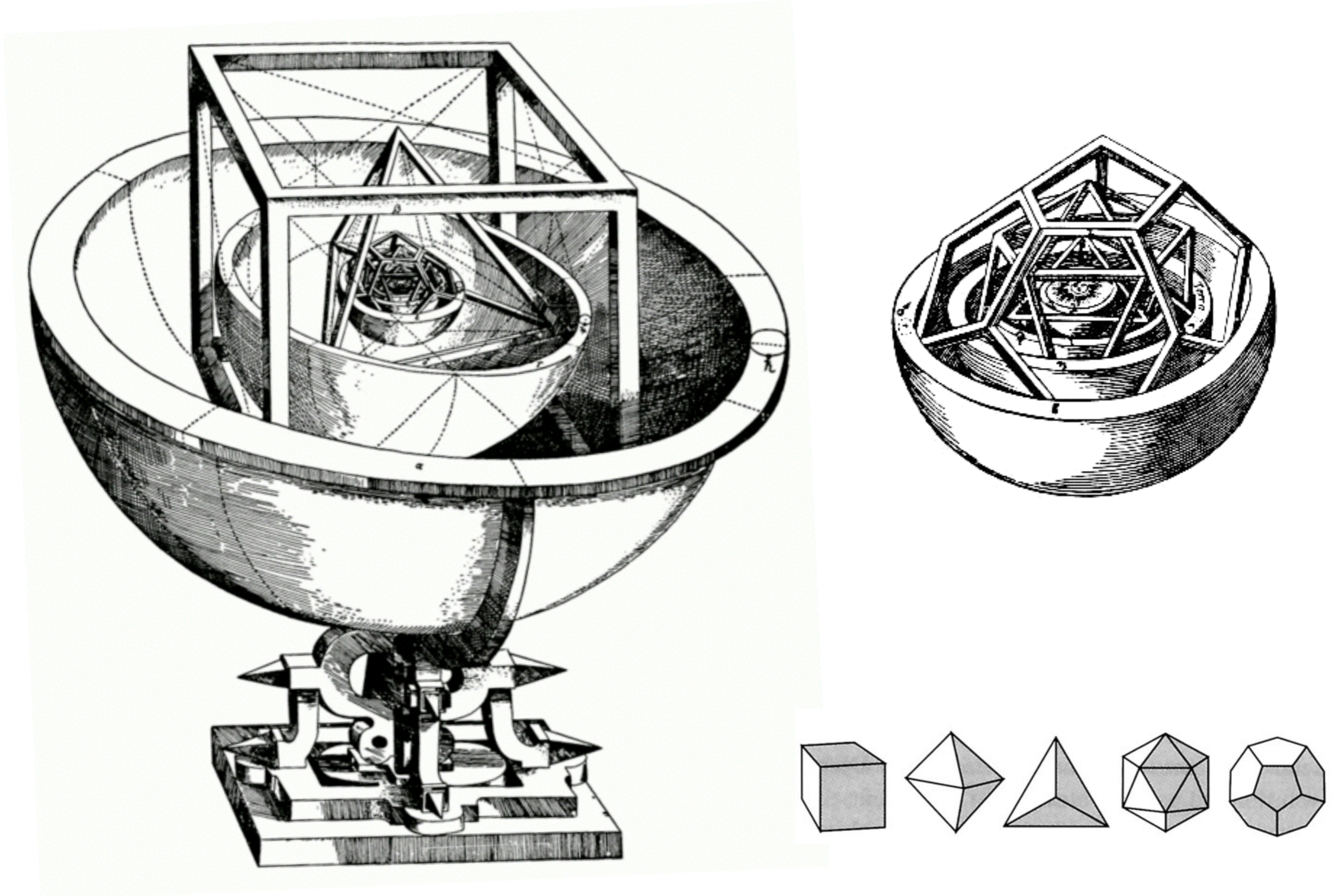
Johannes Kepler
(1571-1630)



『宇宙の神秘』(1596年)に描かれた
ケプラーによる初期の多面体太陽系モデル



Kepler's Platonic solid model of the Solar system from *Mysterium Cosmographicum* (1600)



ケプラーの惑星の運動についての3法則 (1609,1618)

第1法則 楕円軌道の法則

惑星は太陽を1つの焦点とする楕円軌道を描く。

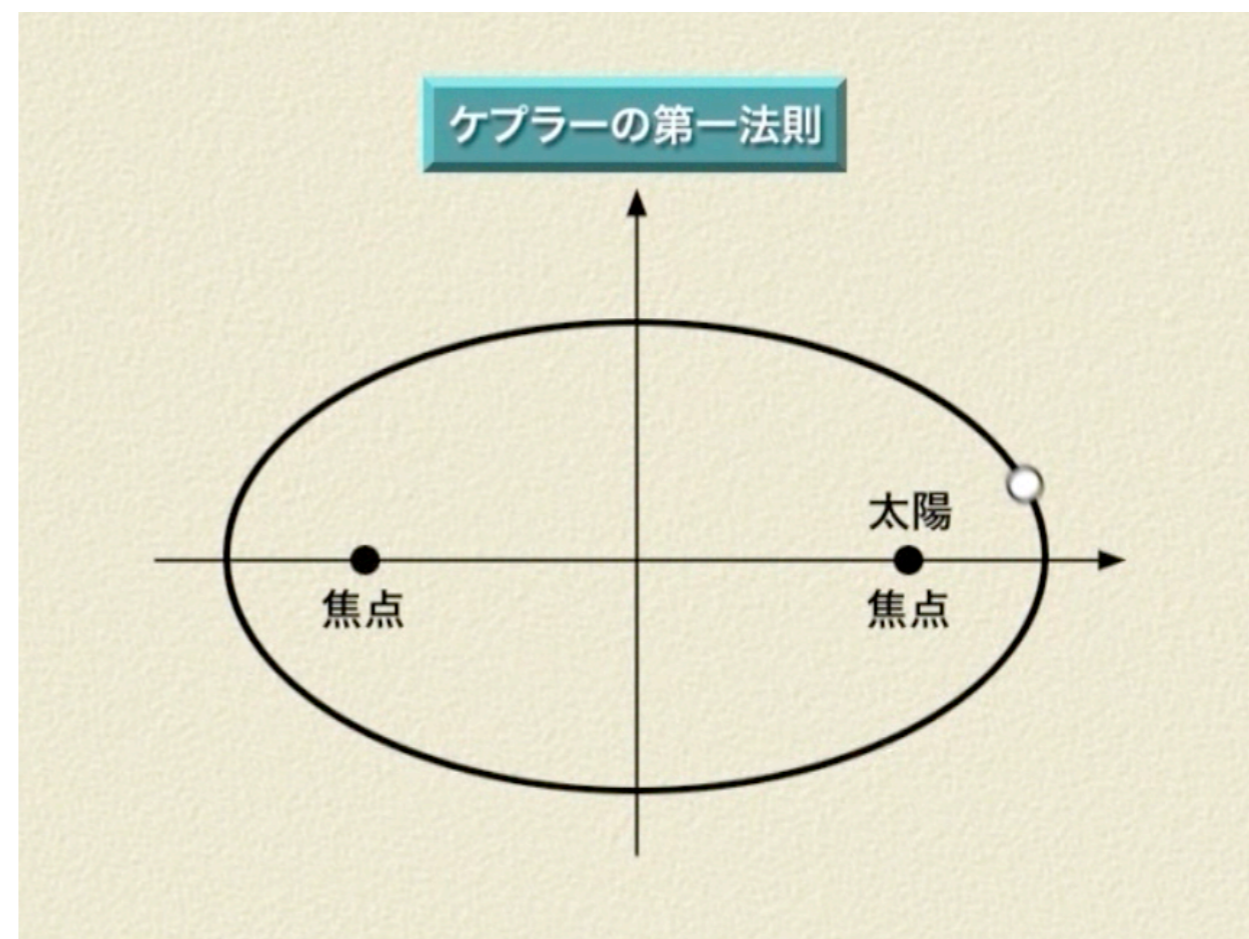
第2法則 面積速度一定の法則

太陽と惑星を結ぶ線分が単位時間に描く扇形の面積（面積速度）は、惑星それぞれについて一定である。

第3法則 T^2/R^3 一定の法則

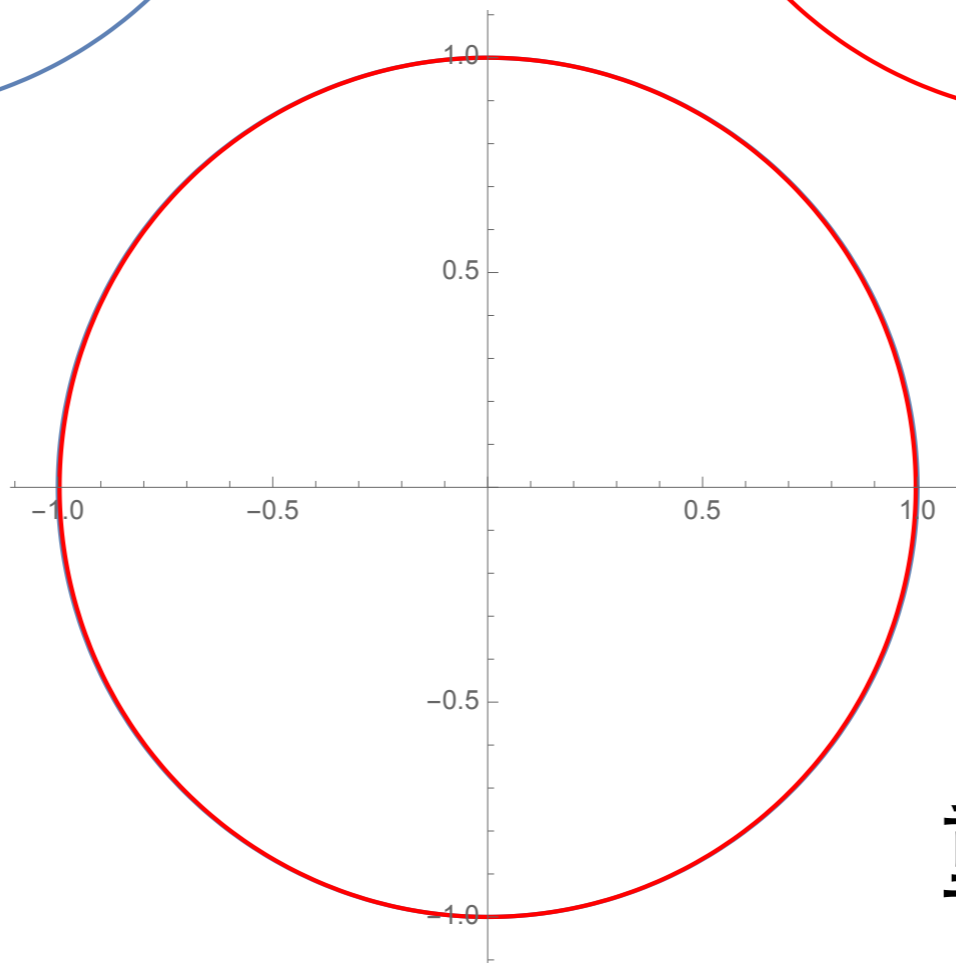
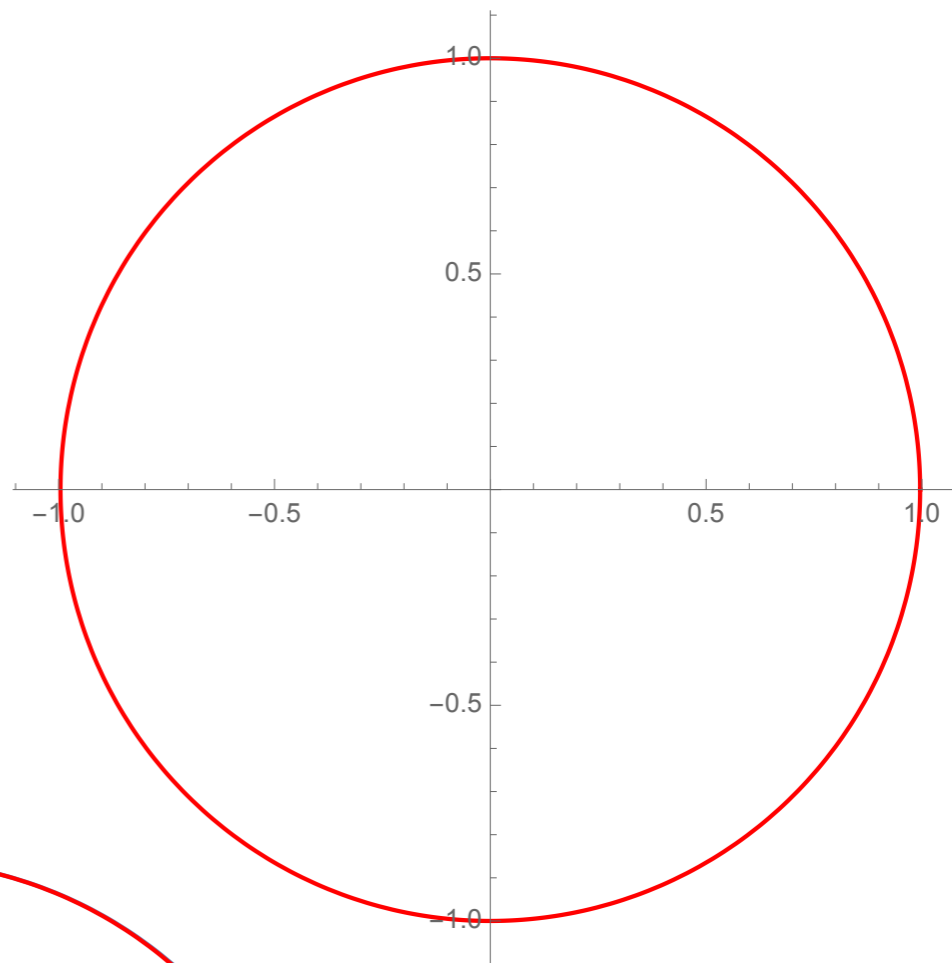
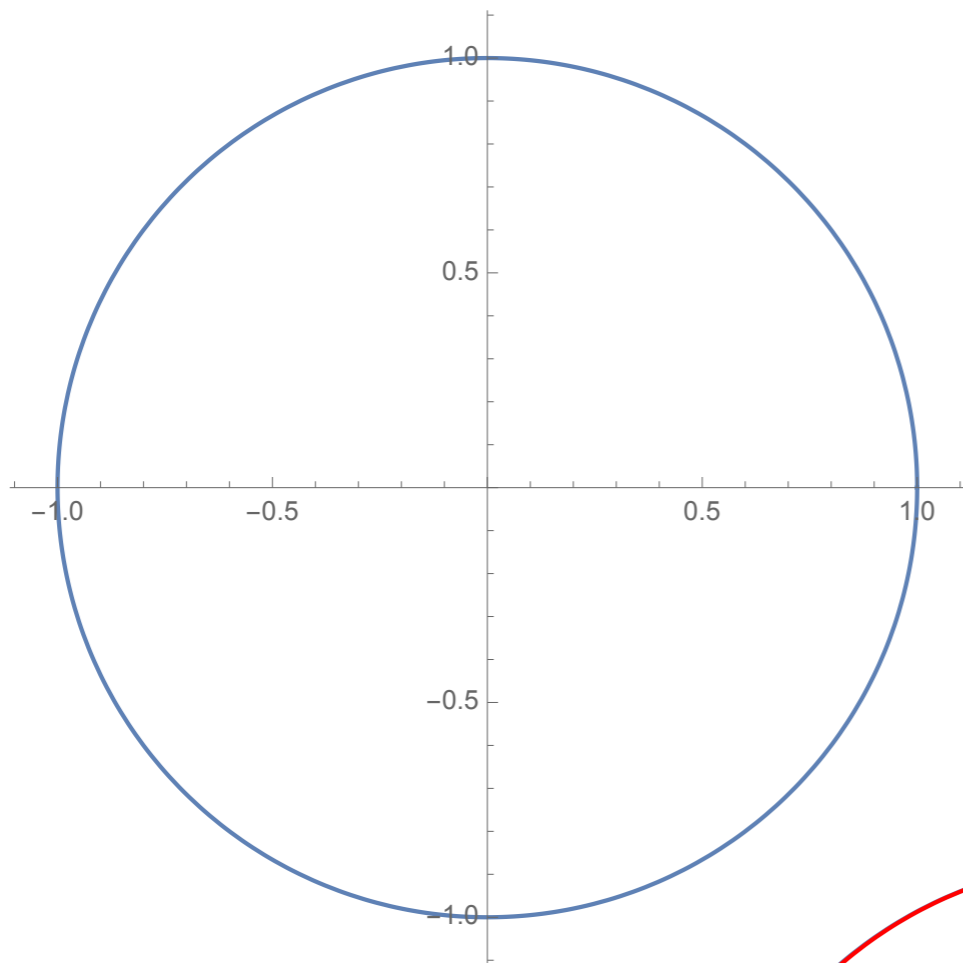
惑星の公転周期 T の2乗と、惑星の描く楕円の長軸半径（長軸の長さの半分） R の3乗の比 T^2/R^3 は、惑星によらず一定である。

Johannes Kepler
(1571-1630)



円

離心率0.09の円 (火星)



重ね合わせ

ケプラーの惑星の運動についての3法則 (1609,1618)

第1法則 楕円軌道の法則

惑星は太陽を1つの焦点とする楕円軌道を描く。

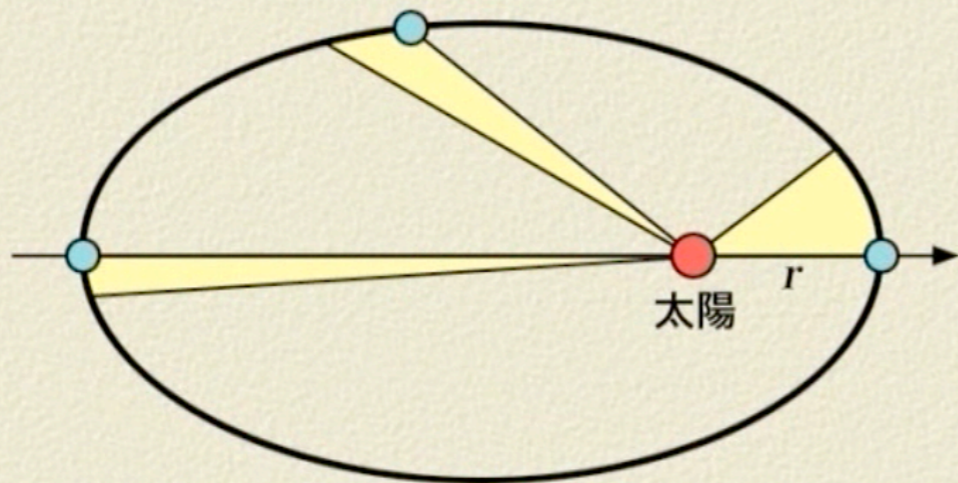
第2法則 面積速度一定の法則

太陽と惑星を結ぶ線分が単位時間に描く扇形の面積（面積速度）は、惑星それぞれについて一定である。

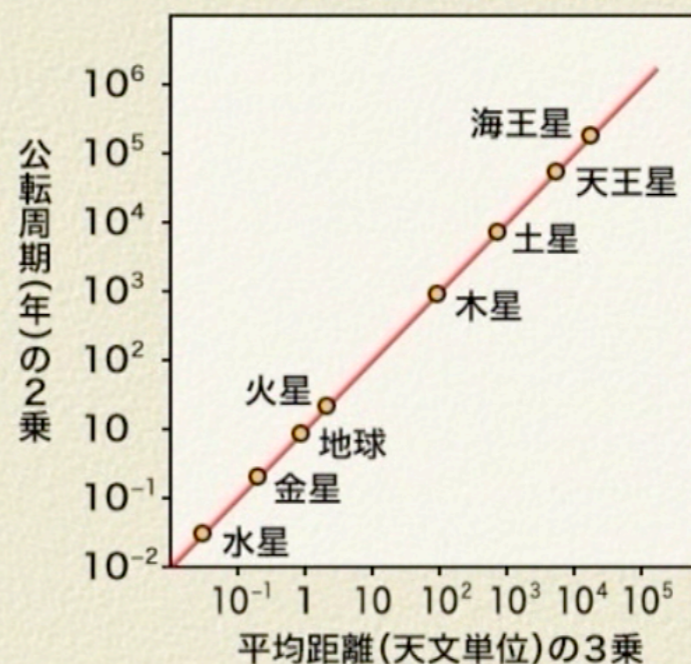
第3法則 T^2/R^3 一定の法則

惑星の公転周期 T の2乗と、惑星の描く楕円の長軸半径（長軸の長さの半分） R の3乗の比 T^2/R^3 は、惑星によらず一定である。

ケプラーの第二法則



ケプラーの第三法則



ティコ・ブラーエ

Tycho Brahe
(1546-1601)



ヨハネス・ケプラー

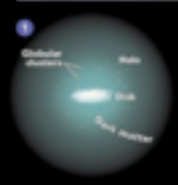
Johannes Kepler
(1571-1630)



THE MILKY WAY

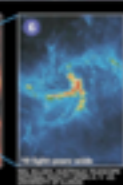
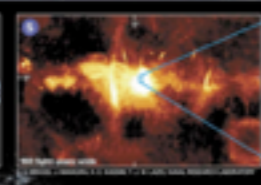
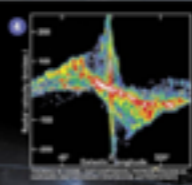
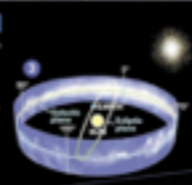


Home galaxy of Earth, the Milky Way is a spiral-shaped system of a few hundred billion stars. Bright regions of recently formed stars highlight its arms, while older stars reside in aged their outer layers as beautiful planetary nebulae, then fade away and die. A thick swarm of orange and red stars marks the galactic bulge, encompassing the star-packed galactic center. At its core may lie a black hole, a region so dense that not even light can escape its gravitational pull. All objects in the Milky Way orbit the galactic center, much like planets in Earth's solar system revolve around the sun. But the scale is staggering: Light from a star at one edge of the galaxy takes about 100,000 years to reach the opposite side.



GUIDE TO THE GALAXY

- 1 For beyond the galactic disk, we descend by the galaxy's core into a rich galactic center's core. Regions of dark matter surround the disk through its gravitational attraction, extending beyond that.
- 2 Most clouds of interstellar dust block much of our sight.
- 3 The view of the Milky Way which shows our position in the Sun's galactic disk appears as a hazy band of light. Infrared satellites can see through the dust to reveal the galaxy's structure.
- 4 Earth's orbit around the sun is in a plane perpendicular to the galactic plane.



A TURBULENT HEART

- 1 A graph based on a radio survey reveals the turbulent motions of interstellar gas in the inner part of our galaxy's core.
- 2 Probing even deeper into the core, a radio image shows a spiral of hot gas that is falling toward what may be a black hole some 3.6 million times as massive as the sun.
- 3 Electrons that race along magnetic field lines, illuminating remnants of star destruction, produce even deeper into the core, a radio image shows a spiral of hot gas that is falling toward what may be a black hole some 3.6 million times as massive as the sun.

This computer-generated image of the Milky Way—our perspective of a 3-D model newly compiled for National Geographic—incorporates the actual positions of hundreds of thousands of stars and nebulae.

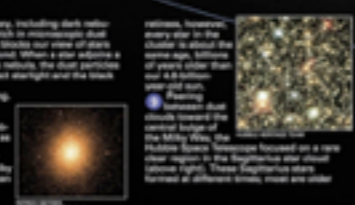
- Interstellar gas and dust
- nebulae
- Younger star regions
- Older stars
- Molecular cloud
- Galactic bulge or center
- Star ring

Reference numbers for galaxies, nebulae, and other objects in this map are listed in the legend.



PLANETARY NEBULA NGC 6

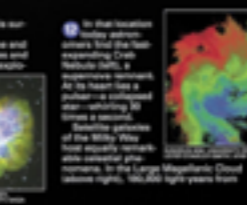
Small, hot cores, which will cool and fade over time, become, by their wind, swarms of charged particles, pushing each other in opposite directions, the outward flow leads to death of nebulae. The expansion, caused by the Helix Space Telescope, is common among planetary nebulae. Ultraviolet light from the star heats the gas and makes them glow.



galaxy, including dark matter that is thought to be distributed throughout the galaxy. Even a part of the red star may eventually produce a nebula of increasing beauty. Just as our sun will die, so will others. Some stars live for billions of years, while others live for only a few million years. The Helix Space Telescope, in common with other space telescopes, ultraviolet light from the star heats the gas and makes them glow.



galaxy, including dark matter that is thought to be distributed throughout the galaxy. Even a part of the red star may eventually produce a nebula of increasing beauty. Just as our sun will die, so will others. Some stars live for billions of years, while others live for only a few million years. The Helix Space Telescope, in common with other space telescopes, ultraviolet light from the star heats the gas and makes them glow.



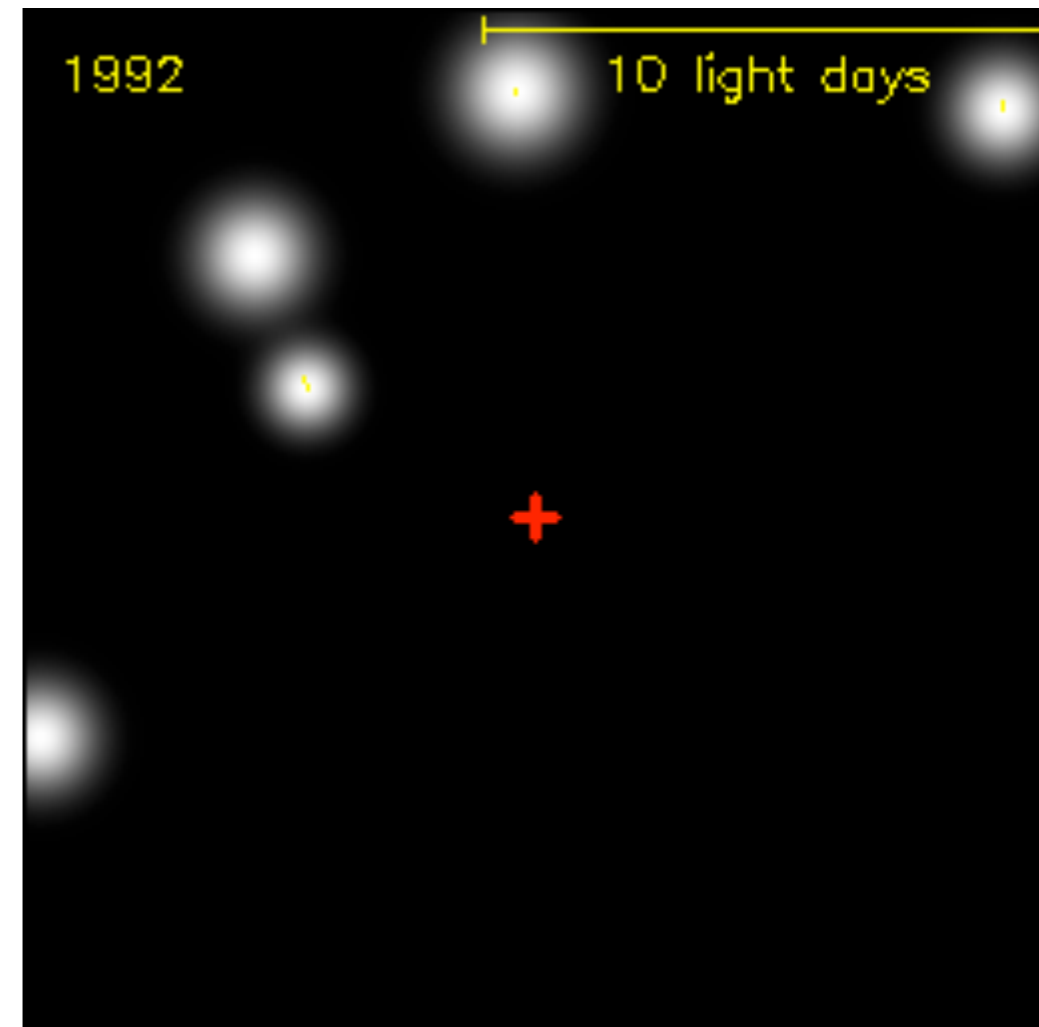
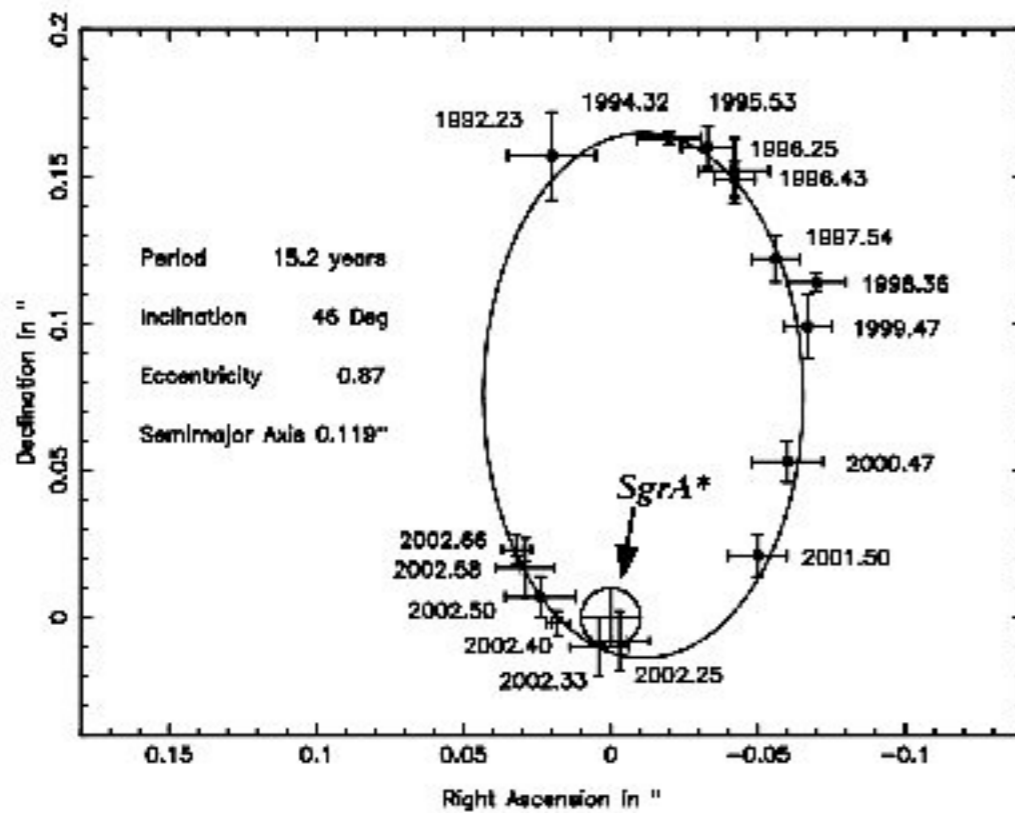
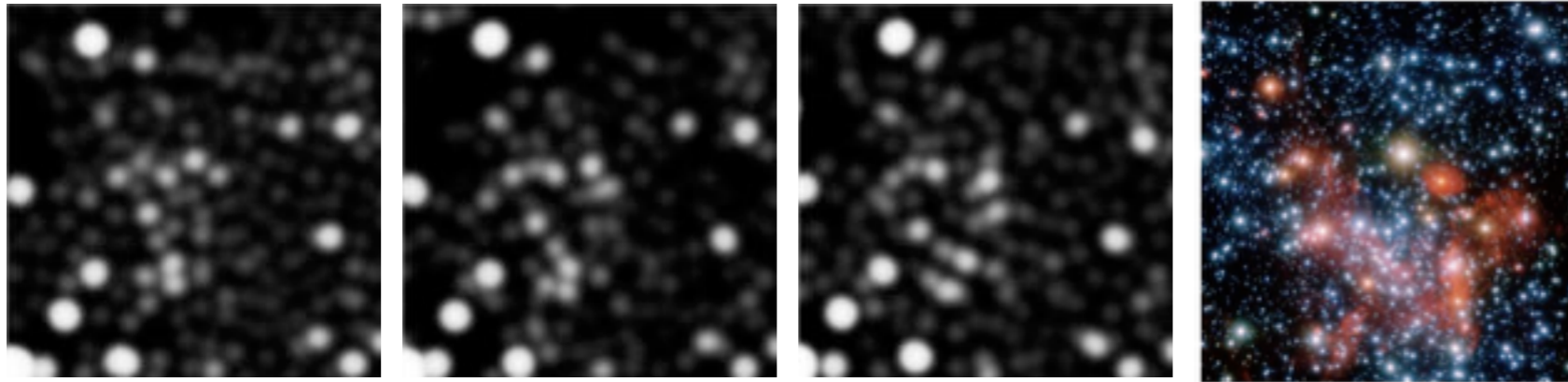
galaxy, including dark matter that is thought to be distributed throughout the galaxy. Even a part of the red star may eventually produce a nebula of increasing beauty. Just as our sun will die, so will others. Some stars live for billions of years, while others live for only a few million years. The Helix Space Telescope, in common with other space telescopes, ultraviolet light from the star heats the gas and makes them glow.



LAGOON NEBULA

With new tools, astronomers are capturing the nature of the Milky Way and measuring distances to stars and nebulae with greater accuracy. Still, they ask, how did the Milky Way form in the first place? How and when did the arms form? How many more planets circle nearby stars besides the 102 already discovered? And the biggest question of all: Do any of them harbor life?

S2 orbit around Sgr A*



<http://www.extinctionsift.com/SignificantFindings08.htm>

<http://www.brighthub.com/science/space/articles/13435.aspx#>

2.2 速度・加速度

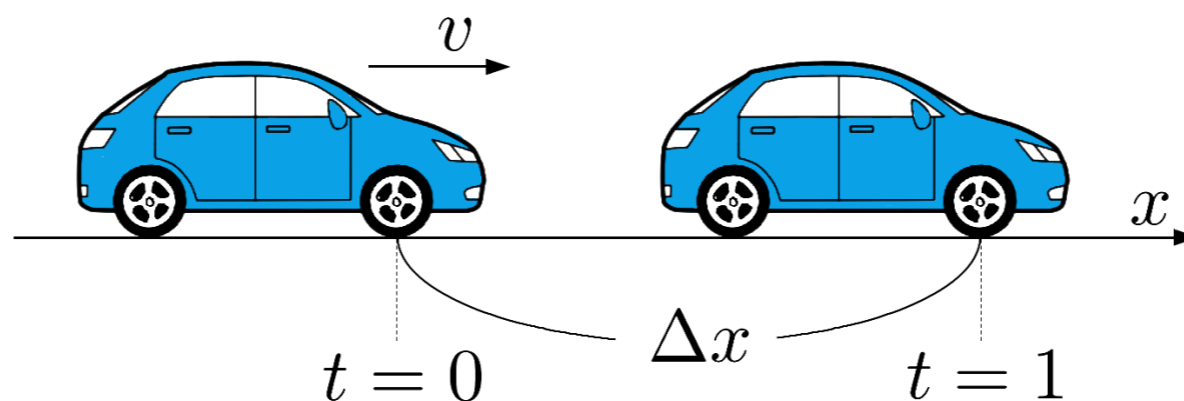
■速度（平均的速度）

「速い」「遅い」を区別する言葉は、**速度** v （スピード）である。速度は

定義 **速度**

$$\text{速度 } v = \frac{\text{移動した距離 [m]} }{\text{かかった時間 [s]} } = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

として決める。国際単位系では、速度の単位は、 $[\text{m/s}]$ （メートル毎秒）を使うのが基本である。



知っておくと便利な速度（基準とされる速度）

表 2: 知っておくと便利な速さ

人の歩く速さ	分速 80 m（不動産広告で徒歩〇分というときの基準） 時速 4 km（江戸時代の距離の単位 = 1 里）
マラソン選手	分速 280 m（=42.195 [km] / 150 [分]）
新幹線	時速 180 km = 3000 [m/分] = 50 [m/s]
旅客機	時速 900 km
音速	340 m/s（温度 T によって若干変化する）
光速	30 万 km/s（1 秒間で地球を 7.5 周）

Topic

稲妻までの距離

稲妻がピカッと光ってから、ゴロゴロゴロゴロと音が届くまでの時間差は、光の速度と音の伝わる速度との違いである。表2にあるように、光は一瞬で伝わるが、音速は 340 m/s である。稲妻が光ってから10秒後に音が聞こえたら、稲妻は自分の位置から

$$\text{距離} = \text{速度} \times \text{時間} = 340[\text{m/s}] \times 10[\text{s}] = 3400[\text{m}]$$

先にいることになる。



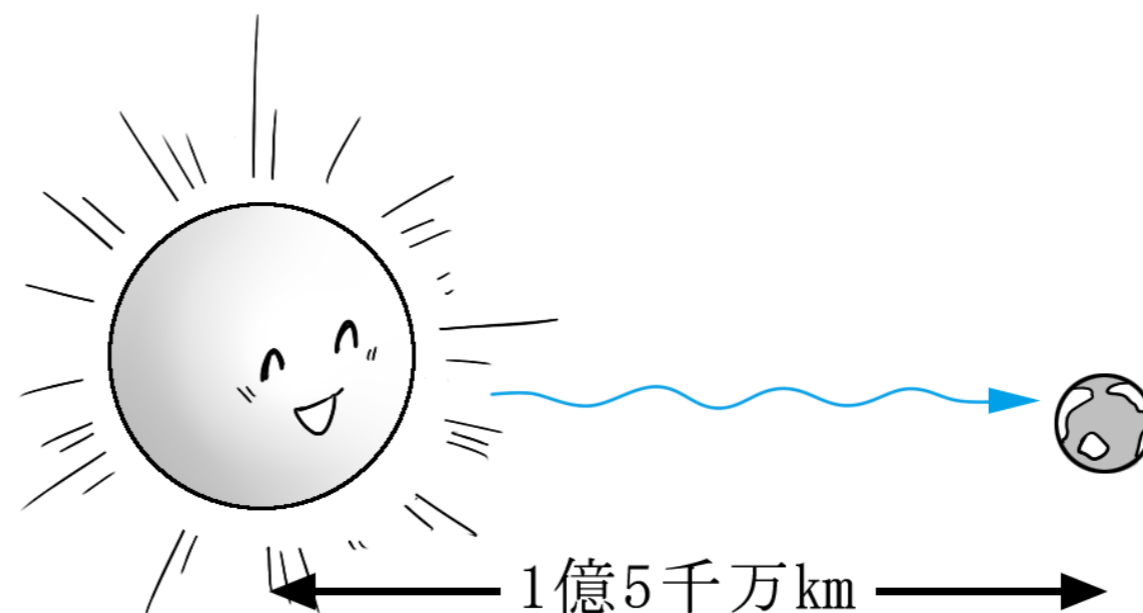
Topic

太陽が消えても...

地球上では、光速は無限に速く感じられるが、宇宙空間では光でさえも、伝わるのには時間がかかる。太陽から出た光が地球に届くまでには、

$$\text{時間} = \frac{\text{距離}}{\text{速度}} = \frac{1 \text{ 億 } 5 \text{ 千万 [km]}}{30 \text{ 万 [km/s]}} = 500[\text{s}] = 8 \text{ 分 } 20 \text{ 秒}$$

経過する。つまり、地球に届いている光は 8 分 20 秒前に太陽を出た光だ。太陽が今この瞬間に消失しても、地球では 8 分 20 秒の間、その事実が伝わらない。



642光年
ベテルギウス

252光年
ベラトリックス

1975光年
アルニラム

692光年
ミンタカ

735光年
アルニタク

646光年
サイフ

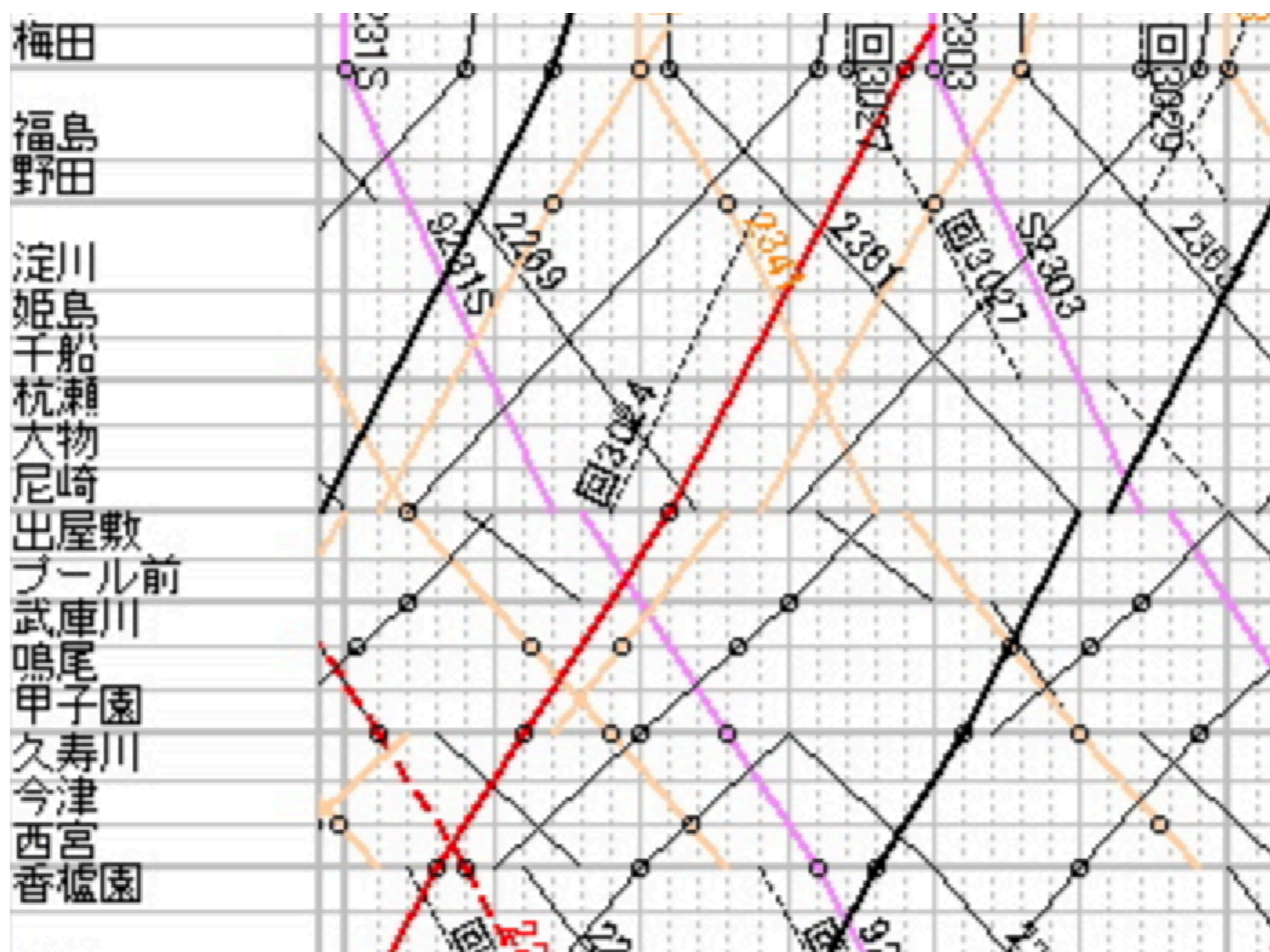
772光年
リゲル



Topic

「ダイヤの乱れ」のダイヤとは

列車の時刻表を $x-t$ グラフで一覧できるように表したものをダイヤグラムという。上下の列車をすべて書いていくと、図面がダイヤモンド型に見えるからである。荒天や事故などで列車の運行が乱れるときには「ダイヤの乱れ」が生じた、という言葉がよく使われる。



定義 加速度

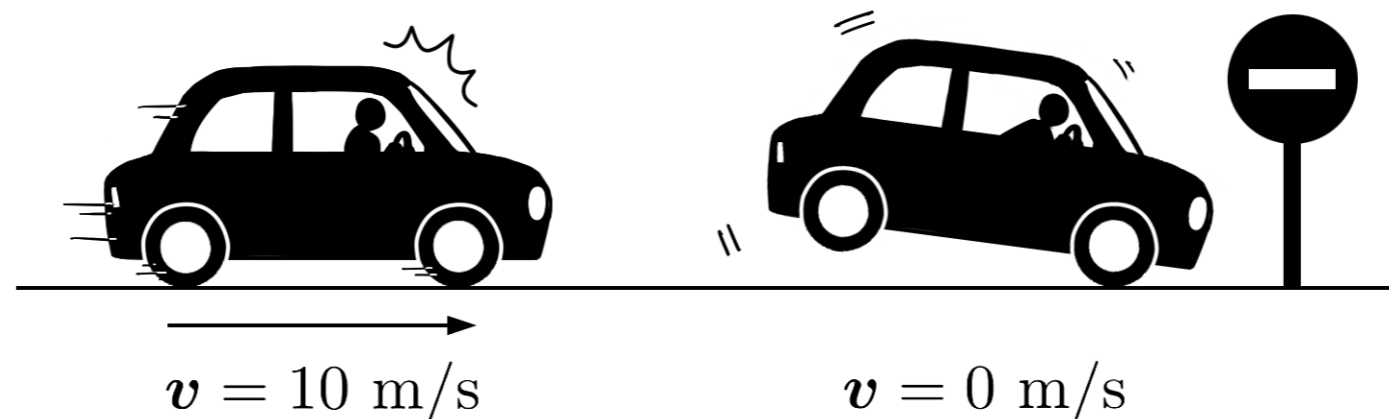
速度の増減の具合を加速度として定義する.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\text{速度の変化 [m/s]}}{\text{かかった時間 [s]}} \quad \text{単位は [m/s}^2\text{]} \quad (3)$$

加速度が正ならば, 速度は増加する. 加速度が負ならば, 速度は減少する.
等速運動ならば, 加速度はゼロである.

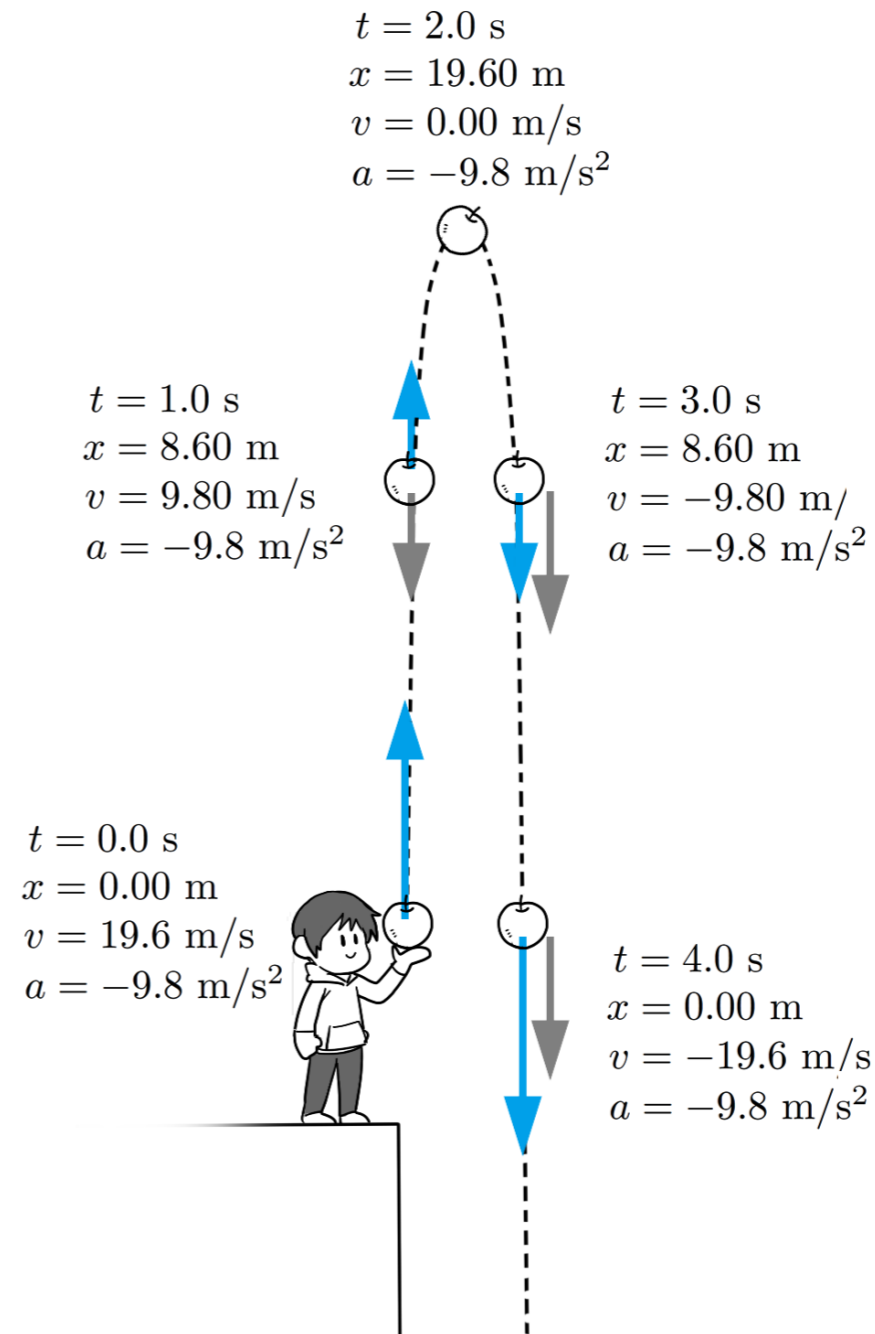
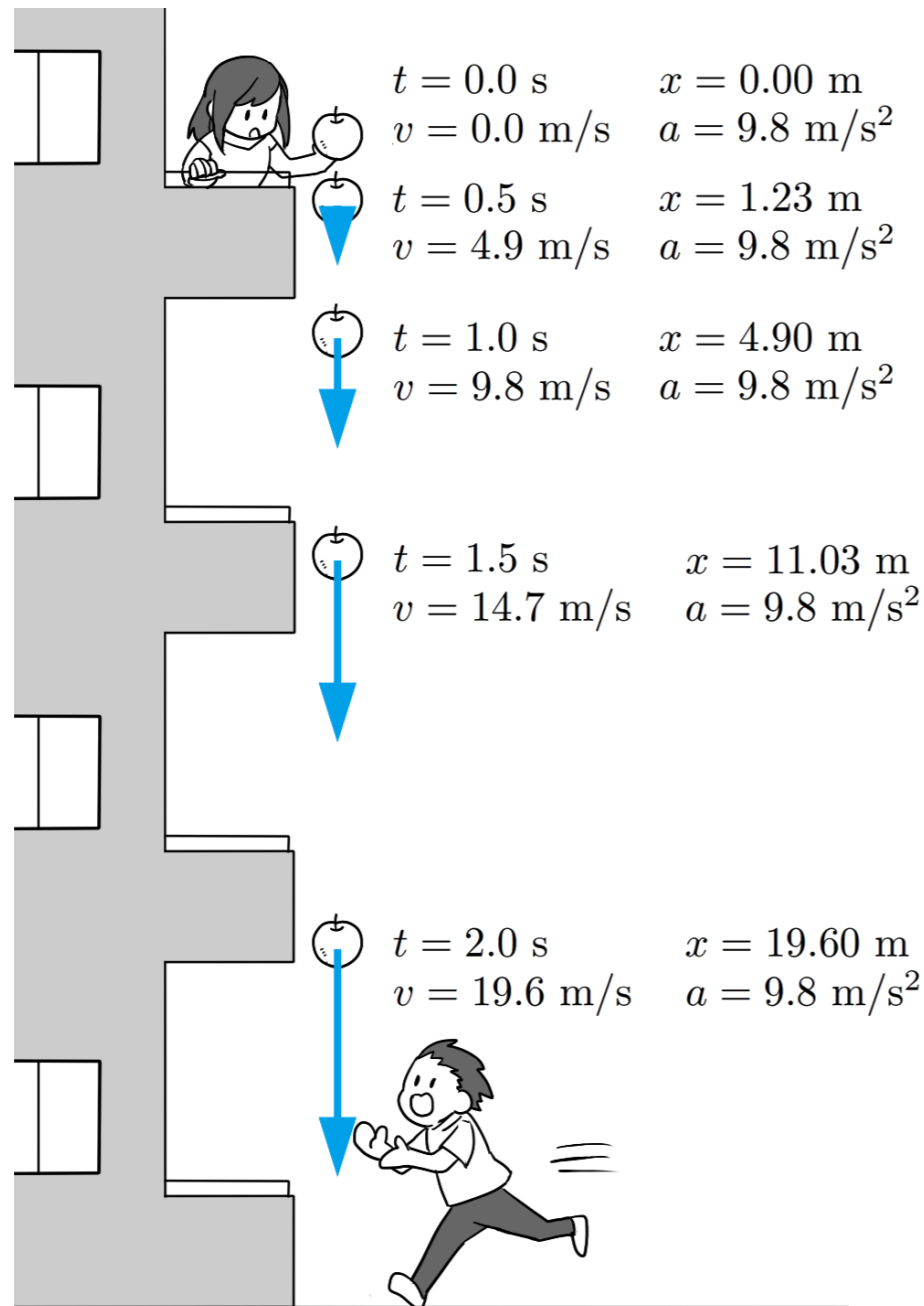
例えば, 時速 36 km (= 秒速 10 m) の車が急ブレーキを踏んで 2 秒後に停止した, としよう. このときの加速度は,

$$a = \frac{0 \text{ [m/s]} - 10 \text{ [m/s]}}{2 \text{ [s]}} = -5 \text{ [m/s}^2\text{]} \quad \text{となる.}$$



自由落下運動は、等加速度運動

重力加速度 $g = 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$



自由落下運動 + 水平等速運動 = 放物運動

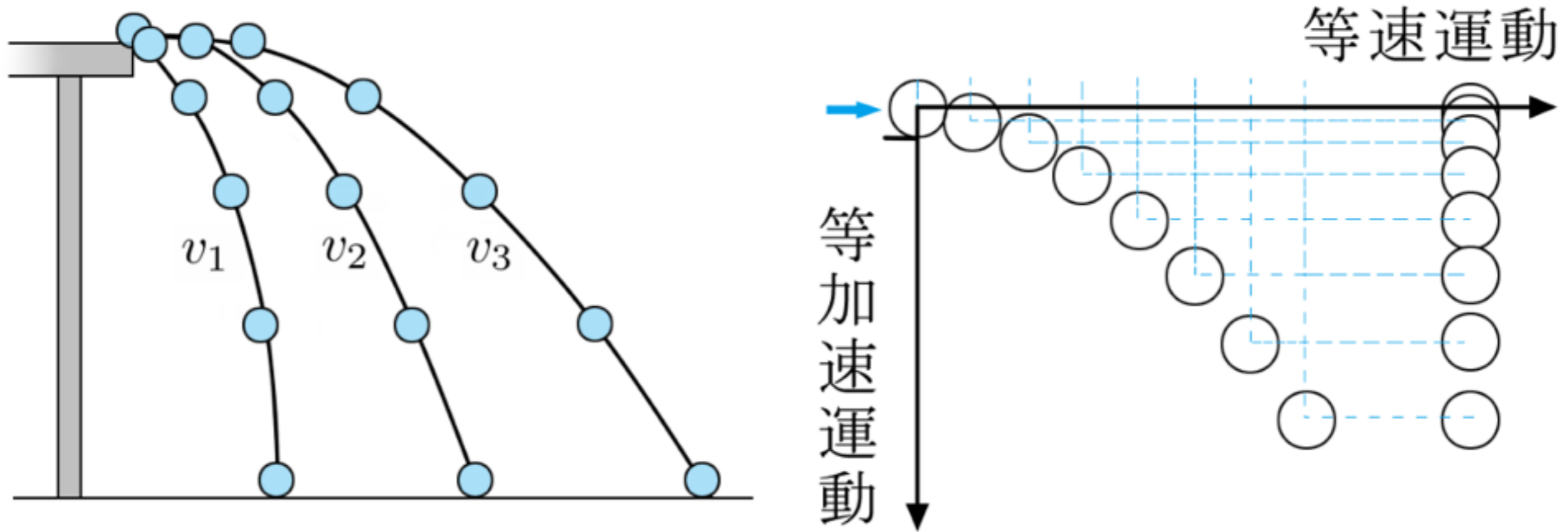


図 16: 放物運動は, 等速運動と等加速運動の組み合わせ.

自由落下運動 + 水平等速運動 = 放物運動



Wile E. Coyote falls off cliff

http://www.youtube.com/watch?v=Gq_bjal0NTo

画面の縦横



落下時にHDオフ

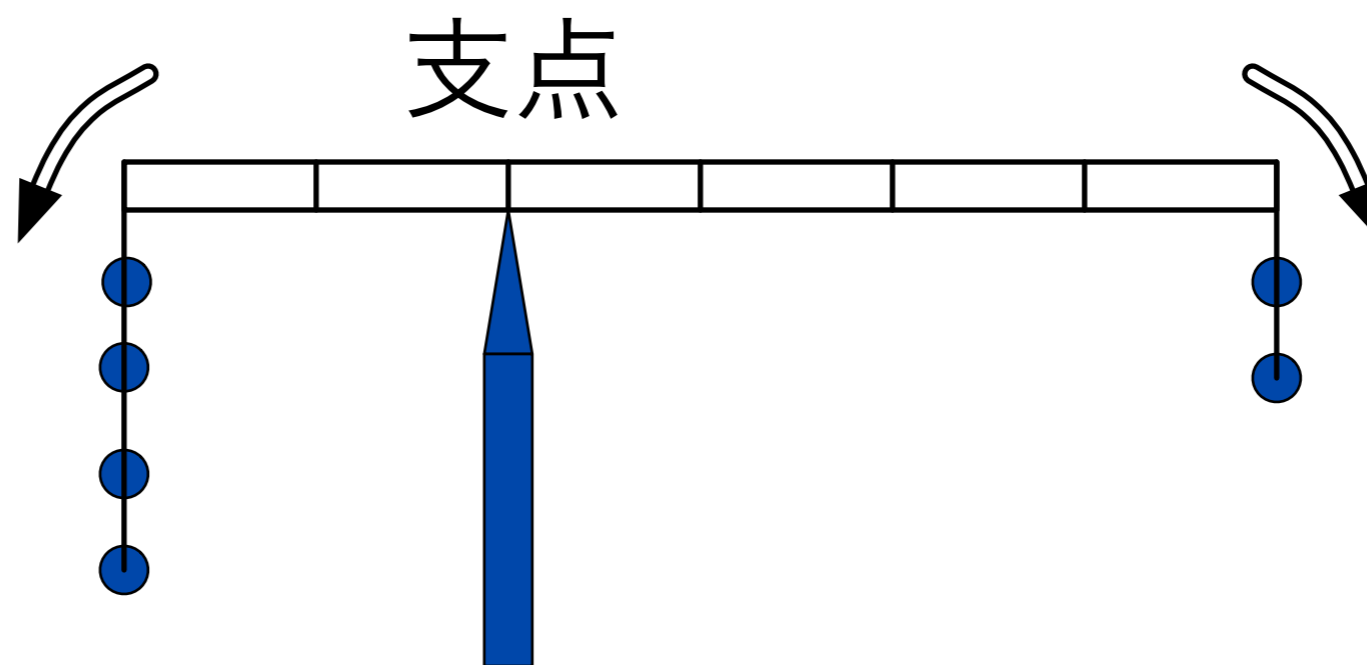


衝突時のエアバッグ

力のモーメント (torque)

= 回転させようとする力

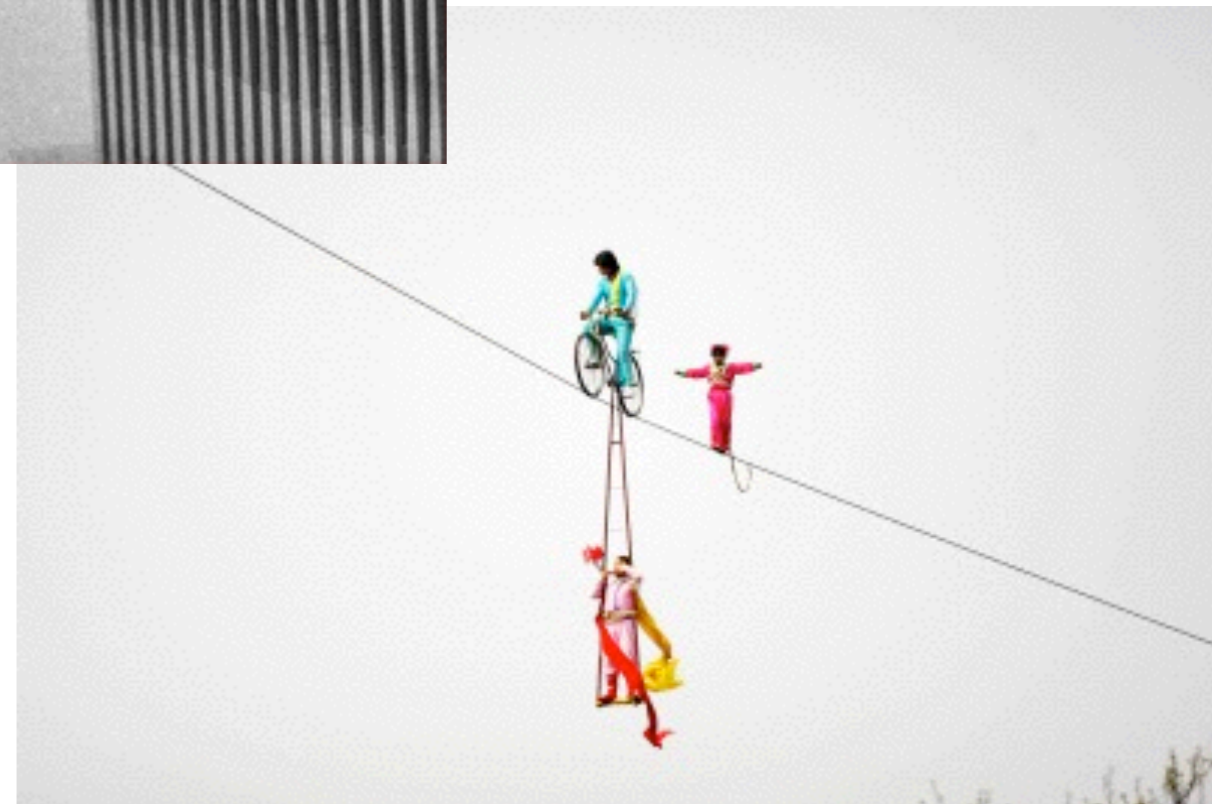
= (支点からの長さ) × (重さ)



右回りのモーメント = (長さ) 4 × (おもり) 2

左回りのモーメント = (長さ) 2 × (おもり) 4

綱渡りで長い棒を持つ理由は？



長い棒ほど，回転させるのに大きなモーメントを必要とする。

→ 長い棒を持てば，自分自身が回転せず制御しやすい。

CD 盤の中央にビー玉をつけるとコマになる。安定して長い時間回り続けるようにするには、トルクを大きくすればよい。CD 盤におもりを貼り付けておくと、安定して回るようになる。おもりの位置を中心付近、端の部分と変えてものをつくり、比較してみよう。

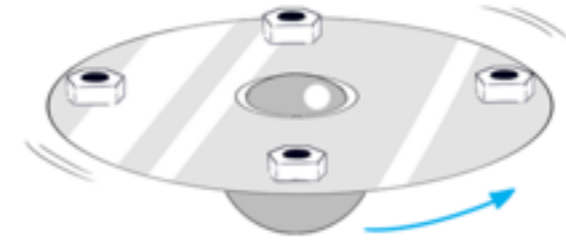
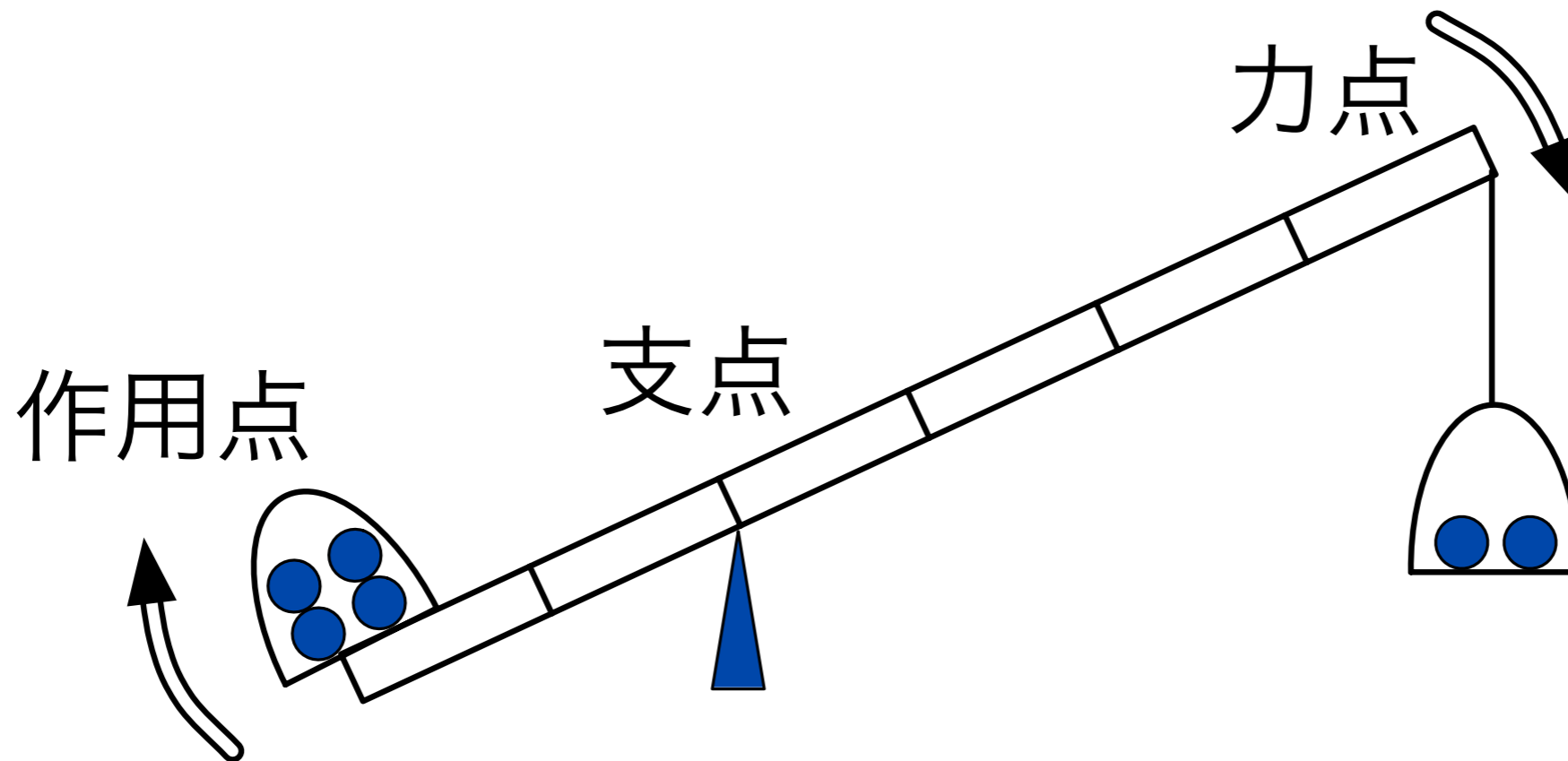


図 23: トルク (角運動量) が大きいコマ。

てこの原理 (torque)

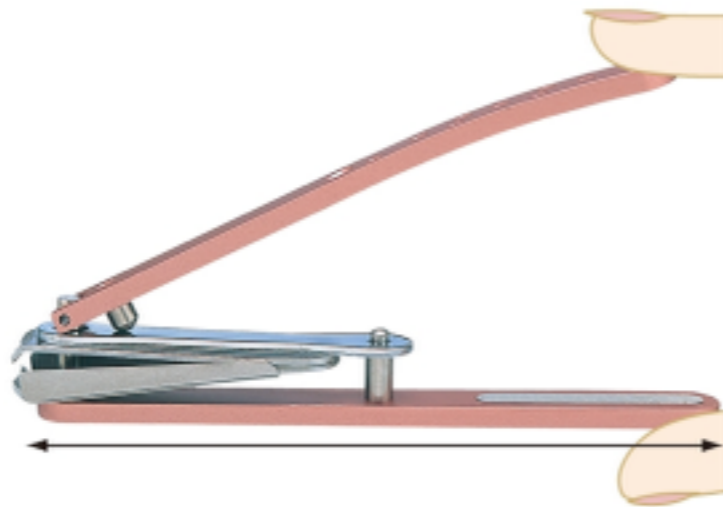
$$\begin{aligned} & (\text{力点から作用点の長さ}) \times (\text{力}) \\ = & (\text{支点から作用点の長さ}) \times (\text{力}) \end{aligned}$$



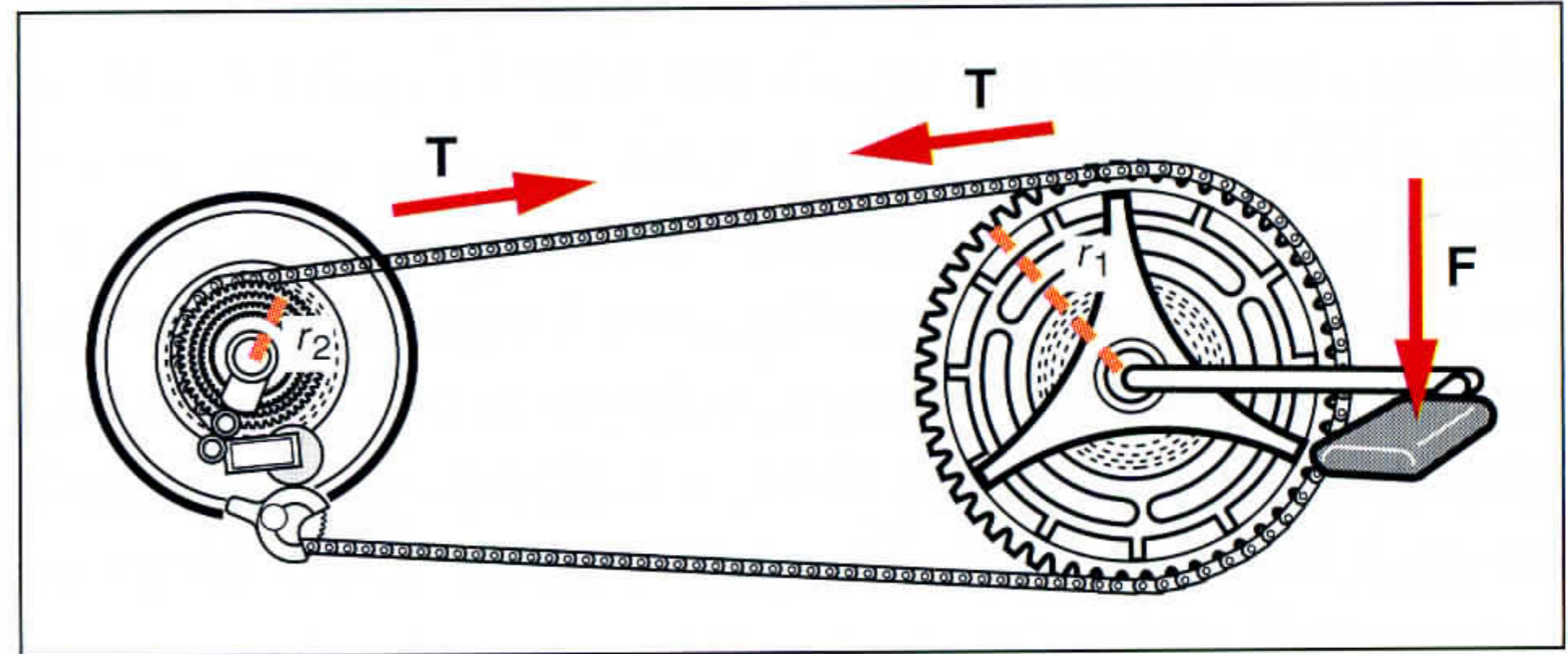
$$\text{右回りのモーメント} = (\text{長さ}) 4 \times (\text{おもり}) 2$$

$$\text{左回りのモーメント} = (\text{長さ}) 2 \times (\text{おもり}) 4$$

てこの原理の応用



てこの原理の応用



A force applied to the pedal produces a torque on the pedal wheel. This torque produces a tension in the chain that exerts a smaller torque on the rear-wheel sprocket due to its smaller radius.

正座がっらい理由

自転車のギアチェンジ

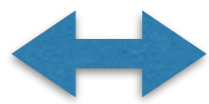
topic

てこで地球を動かす

「支点さえあれば、私は長い棒を使って地球を動かすことができる」



$6 \times 10^{24} \text{kg}$



1m

100 kgw



?

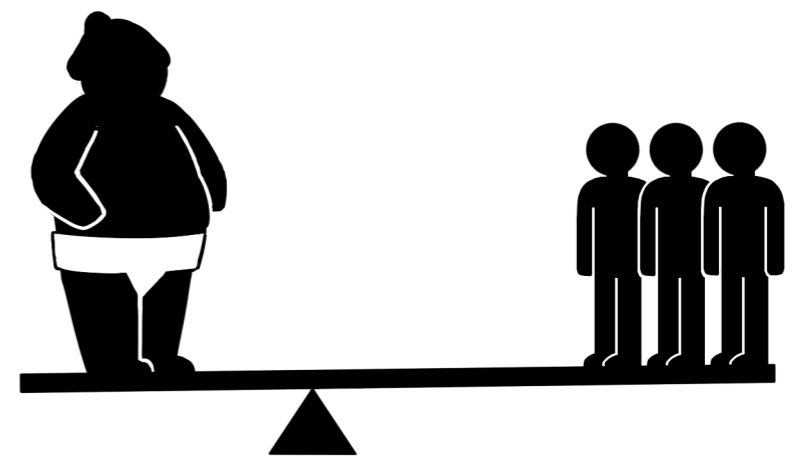
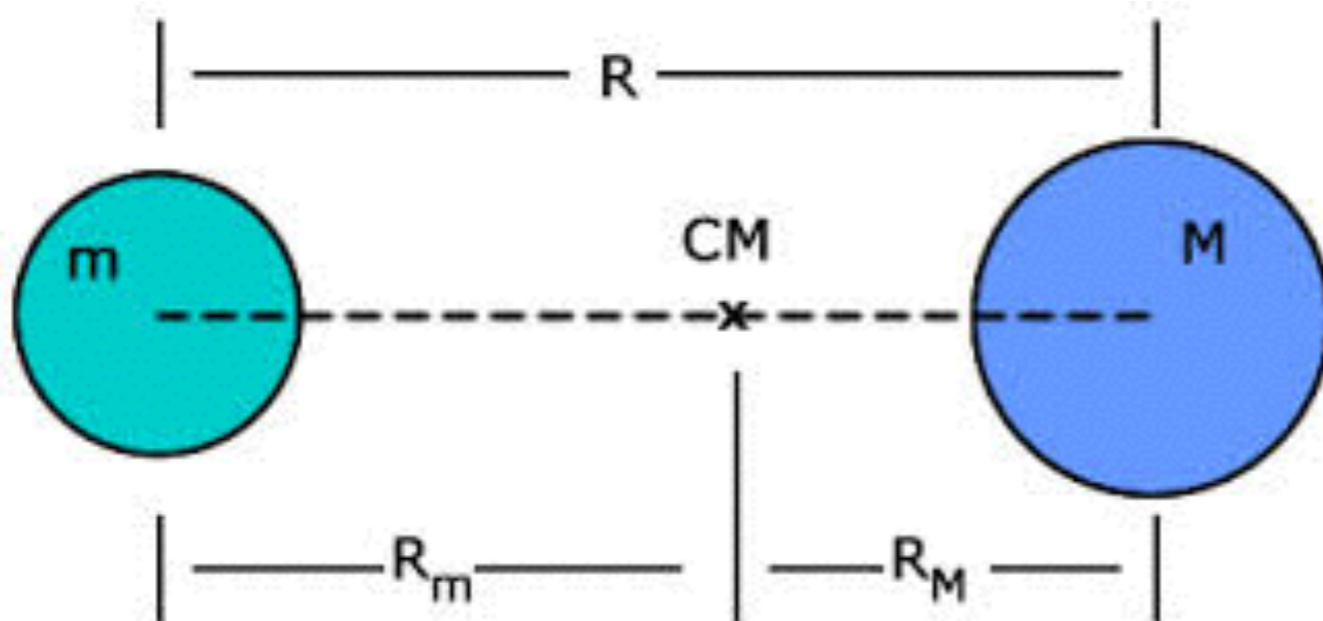
重心 (center of mass)

= モノの重さの中心

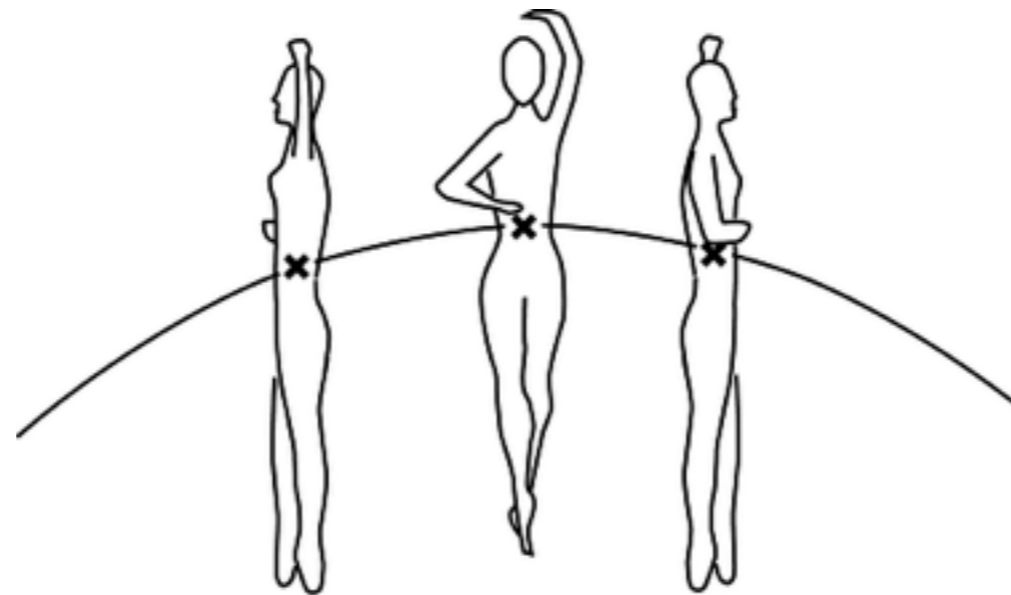
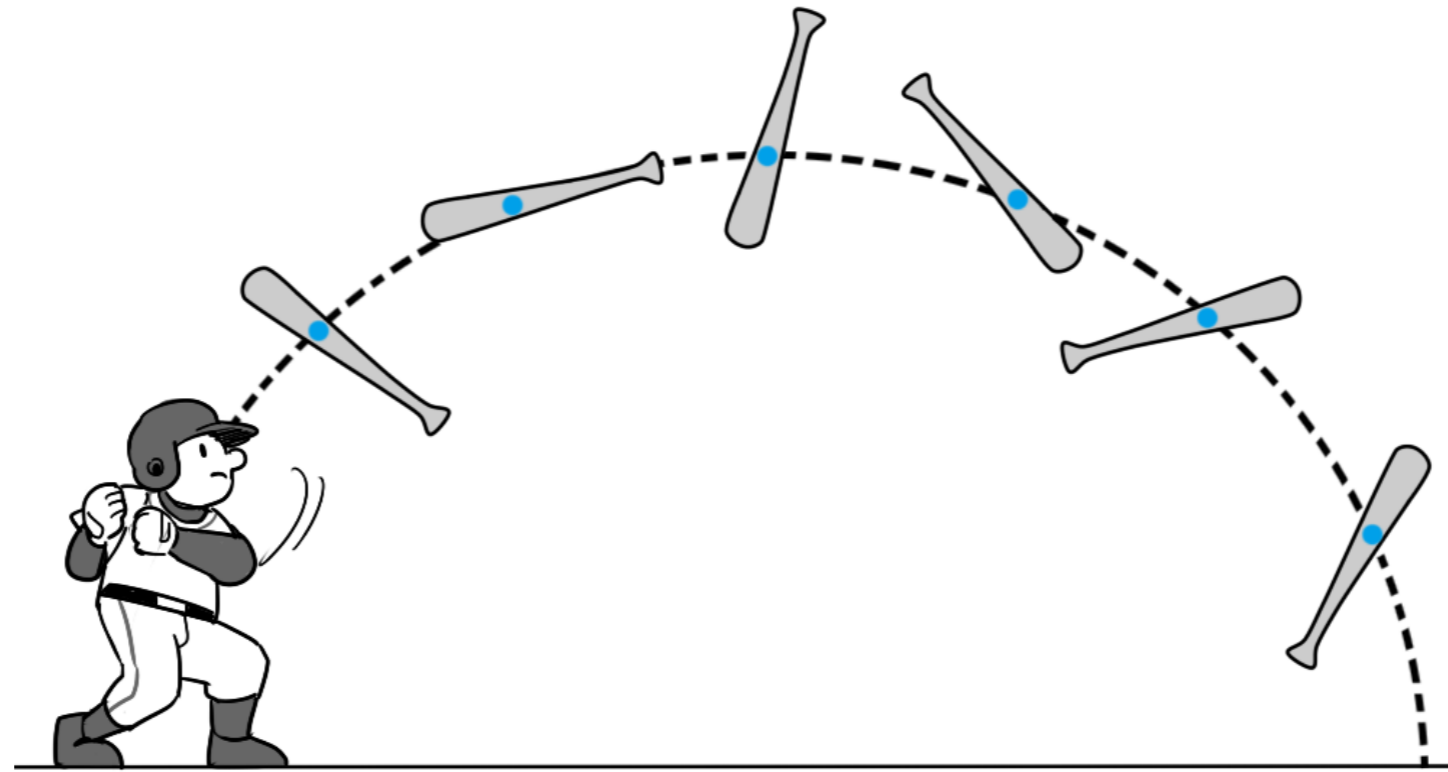
= 全体の重さが、その1点にあると考えるとよい場所

2つの物体があるとき、質量 m_1 が位置 \boldsymbol{x}_1 、質量 m_2 が位置 \boldsymbol{x}_2 にあるとすれば、重心の位置 \boldsymbol{x}_C は、

$$\boldsymbol{x}_C = \frac{m_1 \boldsymbol{x}_1 + m_2 \boldsymbol{x}_2}{m_1 + m_2} \quad (2.26)$$



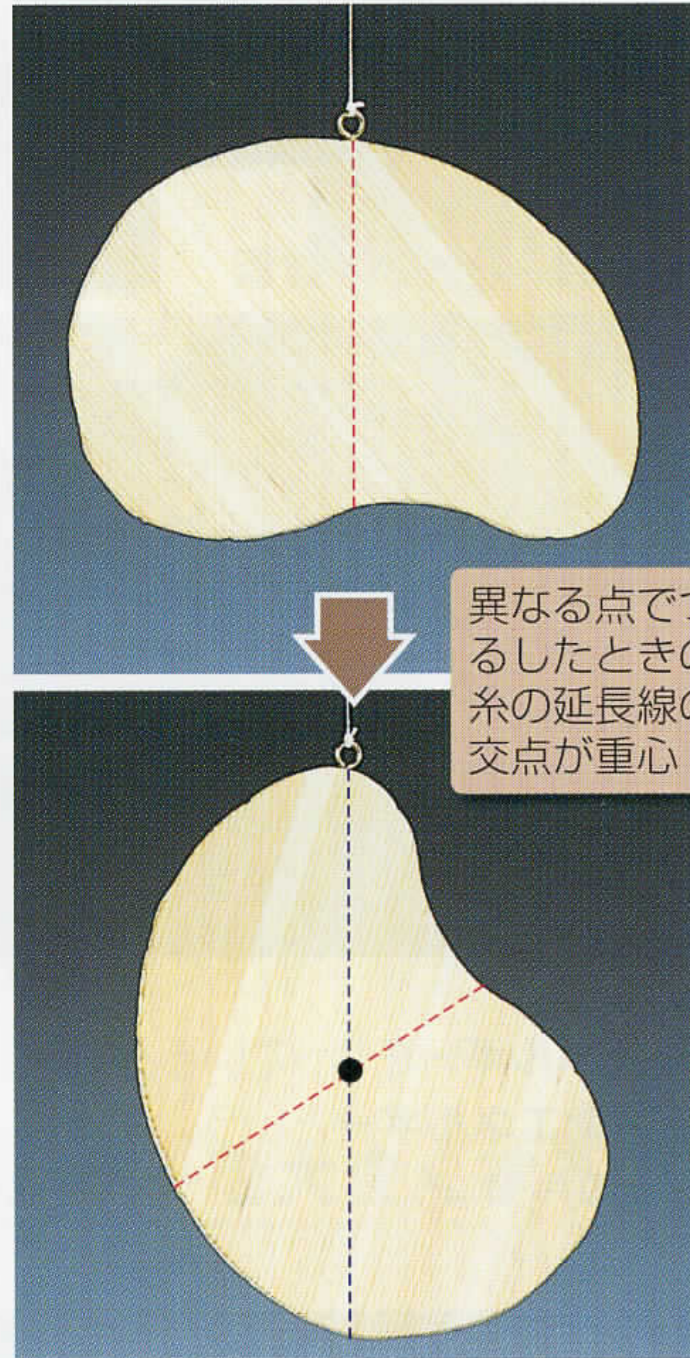
重心 (center of mass)



—x— center of mass

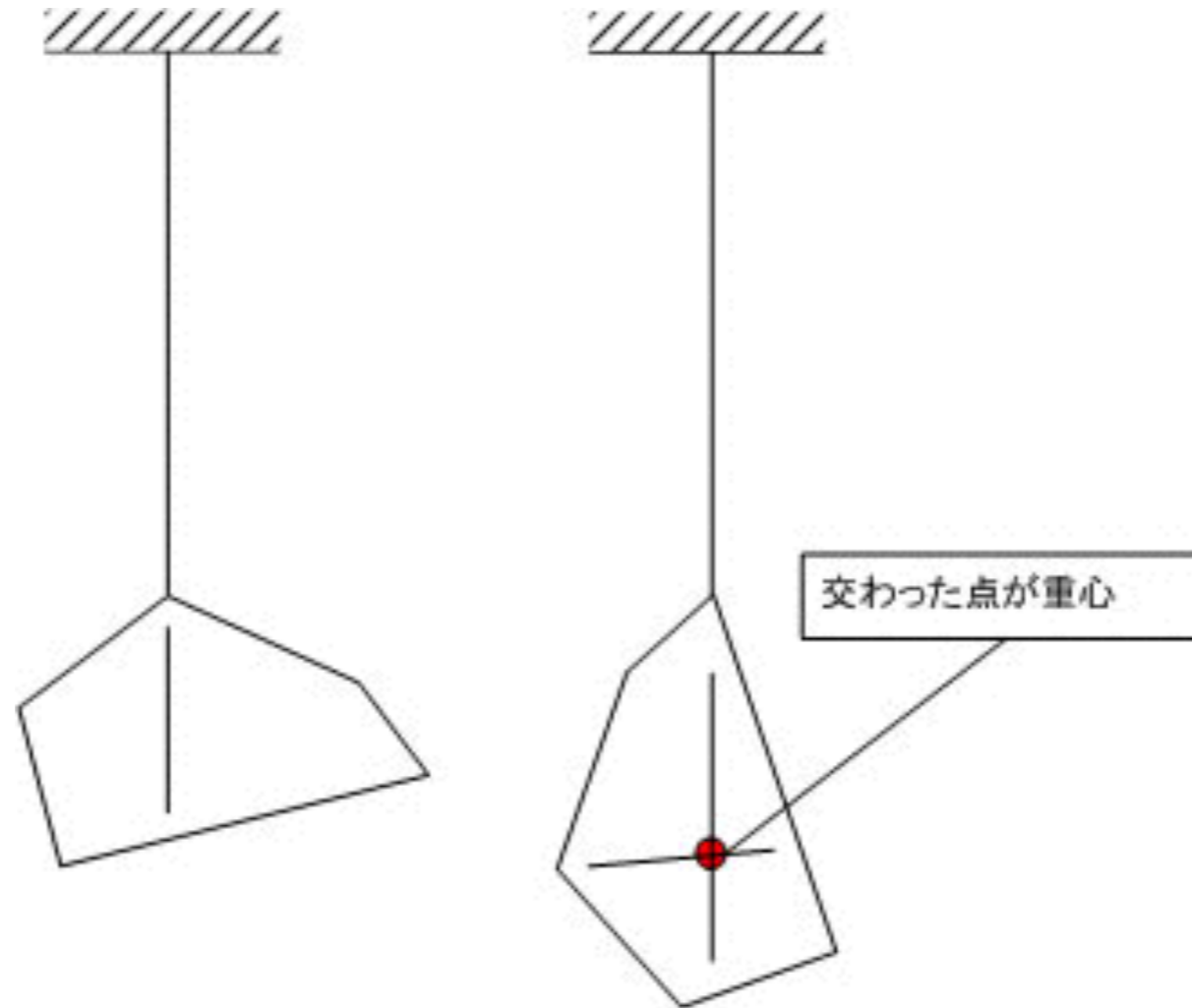
重心 (center of mass)

● 重心の求め方

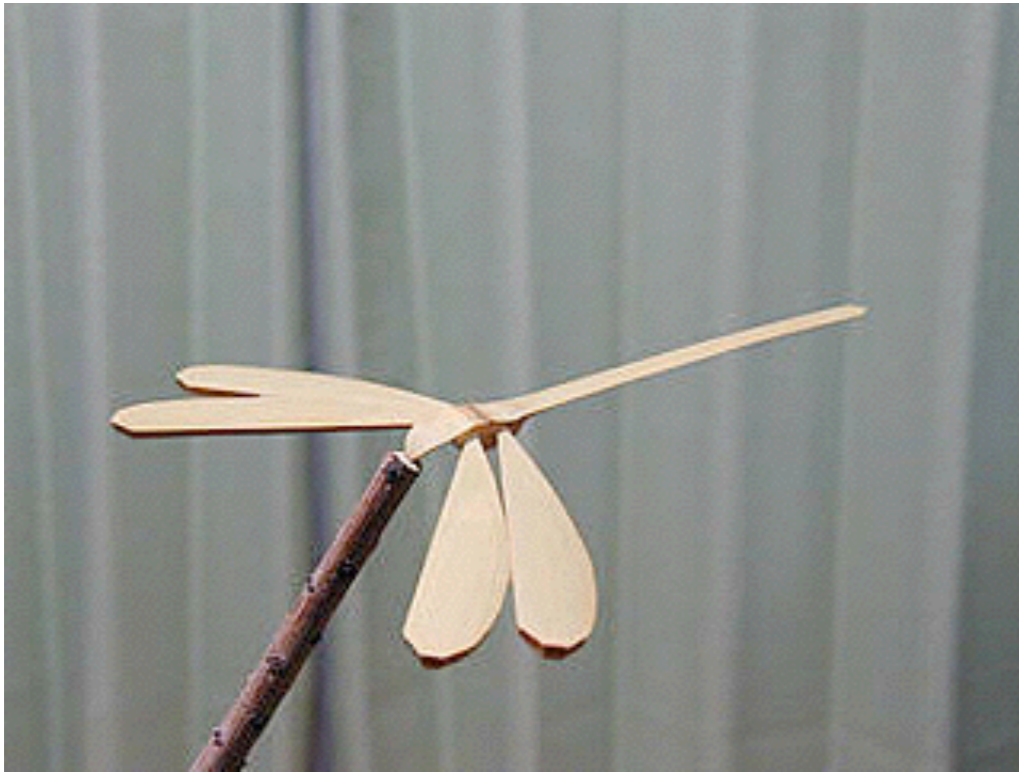


異なる点でつるしたときの糸の延長線の交点が重心

剛体を糸でつるすと、重心は糸の延長線上にある。



交わった点が重心



ポータルサイト > 西脇市の紹介 > 日本のへそ > 「日本のへそ」西脇市

「日本のへそ」西脇市

西脇市には、東経135度・北緯35度の交差点があり、ここが「日本列島の中心」に当たることから、「日本のへそ」のまちとしてPRしています。



東経135度と北緯35度の交点。
経緯度で日本列島をみたとき、
そこはまさに日本の中心にあたり
ます。わたしたちは日々日本の中
心に立つ喜びを感じています。



我が国の人口重心 —平成22年国勢調査結果から—

図1 我が国の人口重心の推移（昭和40年～平成22年）



<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/topics/topi61.htm>

2 首都圏及び近畿圏の各県の人口重心は、おおむね東京都、大阪府の方向へ移動

首都圏及び近畿圏の都府県の人口重心についてみると、平成17年～22年の移動方向は一様でないものの、栃木県及び山梨県を除く首都圏の各県は東京都の方向へ、京都府を除く近畿圏の各県は大阪府の方向へ移動しています。(図2・3、表2)

図2 首都圏の人口重心の移動方向

(平成17年～22年)



図3 近畿圏の人口重心の移動方向

(平成17年～22年)



注) 矢印は「移動方向」を示したものであり、移動距離を反映したものではない。

やじるべえの重心

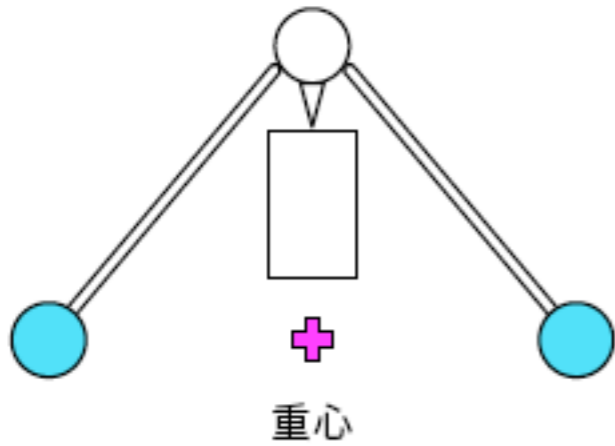


図 2: やじるべえの重心

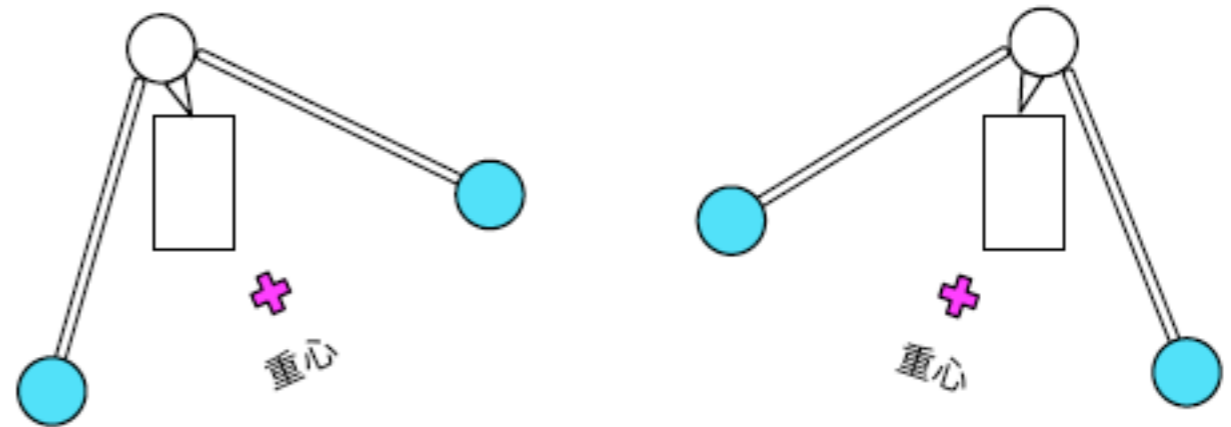


図 3: 傾いたやじるべえの重心

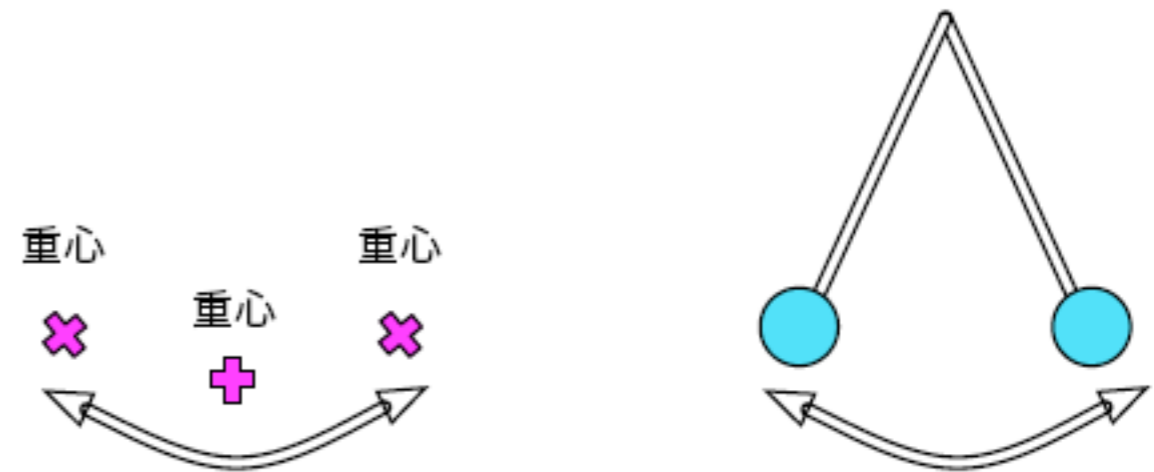


図 4: 左右に振れる様子は，振り子と同じ.

やじるべえの重心

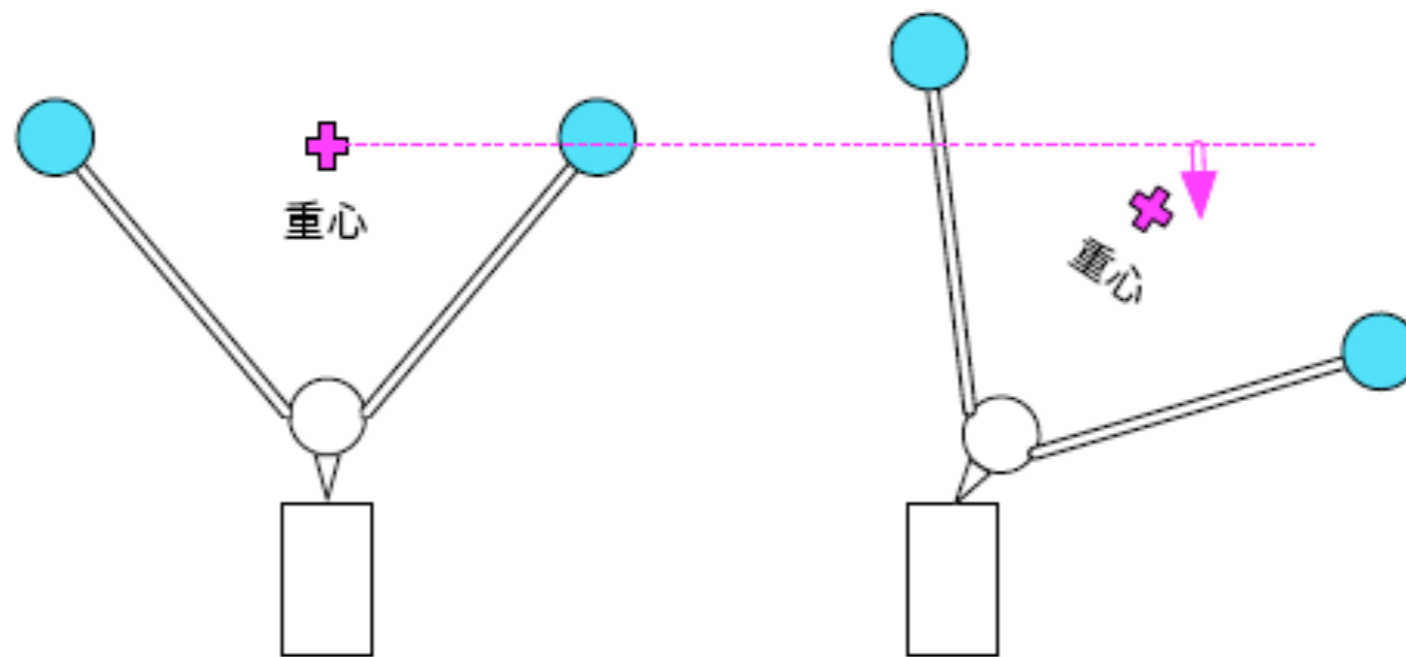
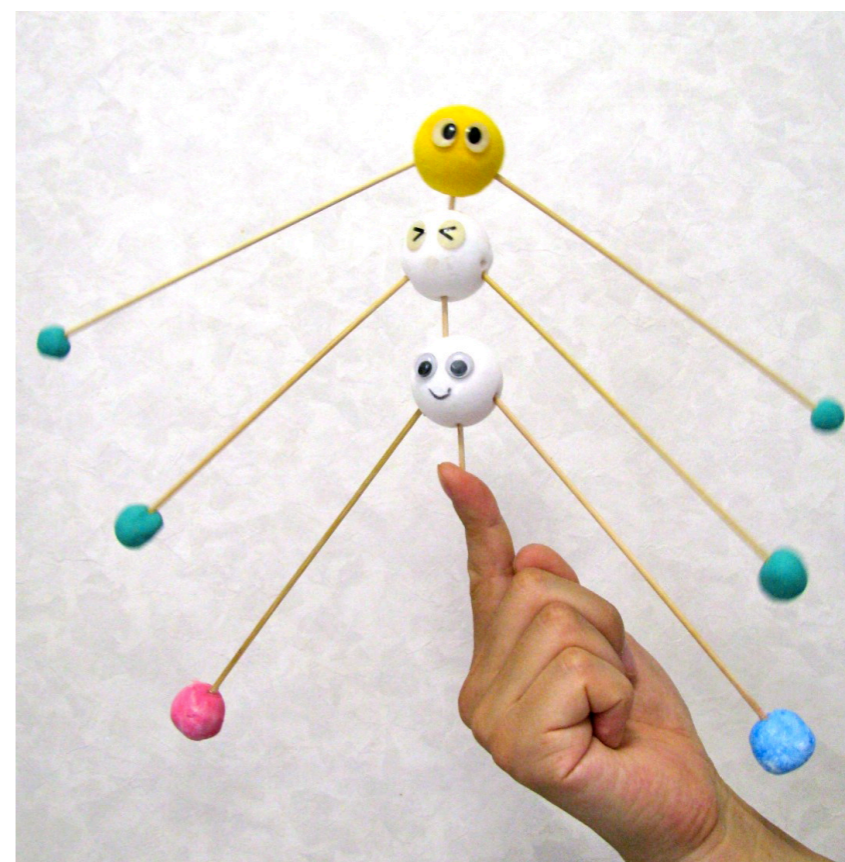
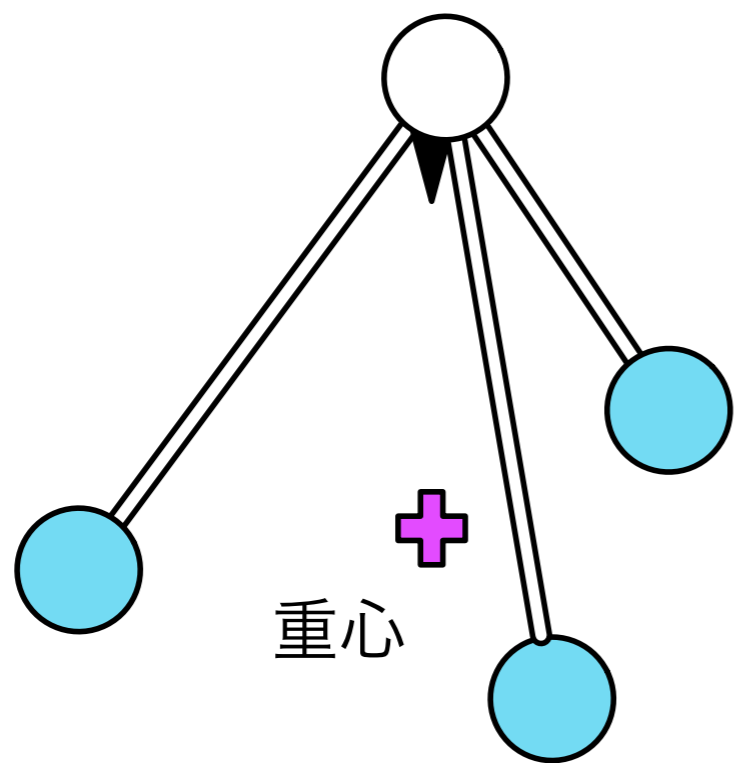
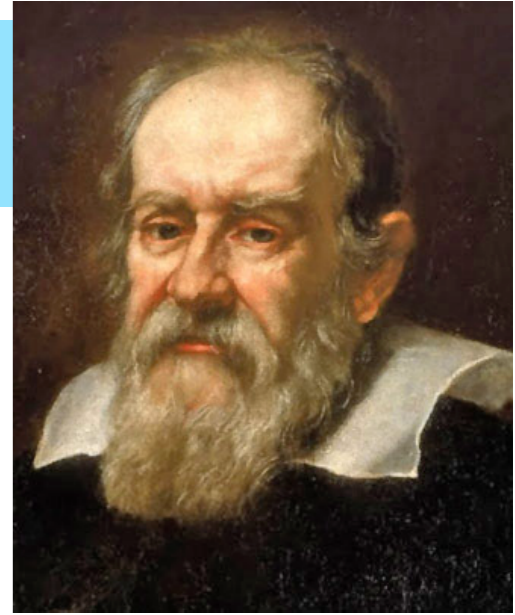


図 5: 支える点より上に重心があると, 不安定になる



2.4 運動の法則 — 力を加えると，生じるのは加速度だった

第1法則：慣性の法則



Galileo Galilei
(1564-1642)

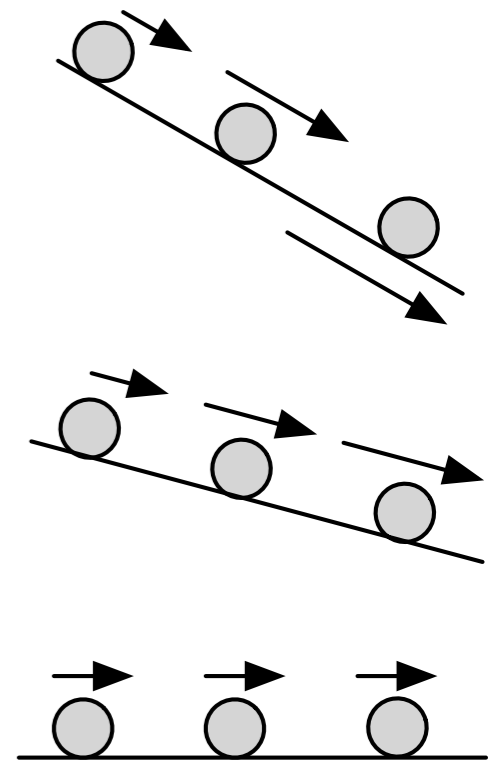
ニュートンの運動法則 (1)

第1法則 慣性の法則 (law of inertia)

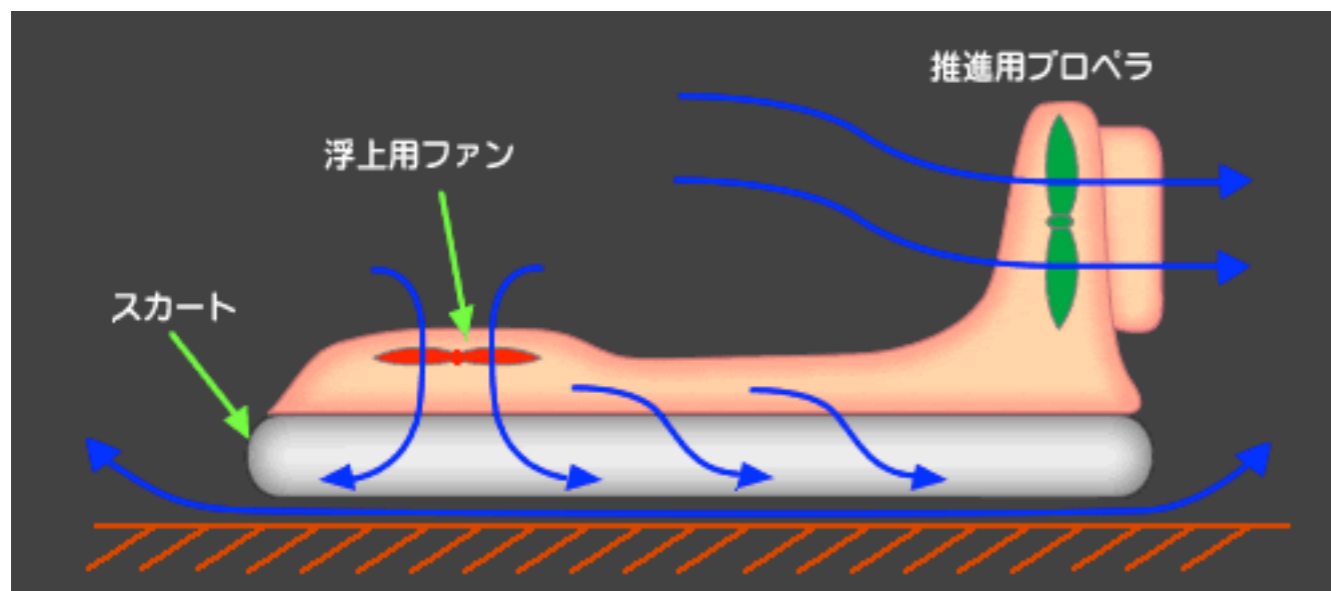
物体は慣性を持つ（そのままの運動状態を保とうとする）。

力を加えなければ，物体は等速直線運動を行う。

斜面に球を置いて手をはなすと，球は加速しながら転がり落ちる。斜面の角度を急にすれば加速は一層速くなる。一方で斜面の上向きにボールを放つとボールは減速してゆく。この場合も減速は斜面の角度に依存する。それでは，水平面ならば，ボールはどのように動くだろうか。—加速も減速もせず，そのままの運動を保ち続けると考えるのが自然である。（『天文対話』1632年）



CDホバークラフトで実験しよう





NHK「大科学実験」 リンゴは動きたくない！？

成功したテーブルクロス引きから、布を引き抜くスピードによって摩擦の大きさがことなることを知る実験。



NHK「大科学実験」 リンゴは動きたくない！？-ハイライト

時速140kmで走るレーシングカーを使い、10mの巨大テーブルクロス引きをする実験。



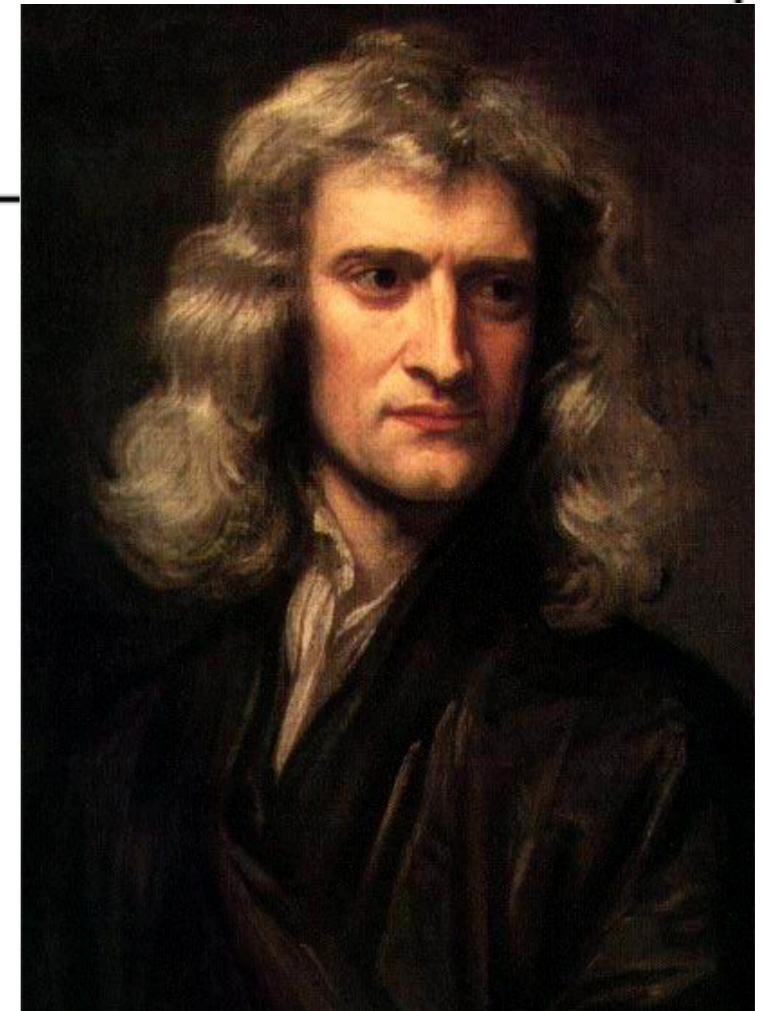
第2法則：運動の法則

ニュートンの運動法則 (2)：運動方程式

第2法則 **運動方程式** (equation of motion)

物体に力 F を及ぼすと、物体の質量 m に反比例した加速度 a が生じる。

$$F = ma$$



平成 27 年 (2015 年) 度「宮水学園」マスター講座〈前期〉

日常は物理で満ちている —こんなところに自然法則—

真貝寿明

次回は、6月5日（金）です。

- | | | |
|-------|----------|--------------------|
| 第 2 回 | 5 月 22 日 | おもちゃの物理——長く回転続けるコマ |
| 第 3 回 | 6 月 5 日 | 乗り物の物理——空気抵抗と闘う乗り物 |
| 第 4 回 | 6 月 19 日 | 気象の物理——ペットボトルで雲を作る |