

Unveiling the Invisible Universe

	English	日本語 (Japanese)
	All ancient civilizations have felt the need to study the sky. Their observations were restricted by the capabilities provided by the sole optical instrument they possessed. The human eye.	すべての古代文明は、夜空を研究する必要性を感じ、毎晩星を眺めていました。それは、彼ら自身の目を使って。それが、唯一の方法だったのです。
	All they could see, without being able to understand there nature, were 3500 stars at most.	そのため彼らが理解できたのは、目で見ることができる3500個程度の星が瞬く空だけでした
	But, In our days science has managed to observe the universe at enormous distances of up to almost 13 billion light years.	しかし現在では、目で見ることができない130億光年という途方もない宇宙の彼方を観測することができます。
	One light year is the distance a light ray travels in a year and is about 10 trillion kilometers.	1光年とは光が1年間に進む距離で、およそ10兆キロメートル。それは、私たちの想像を遥かに超えたものといえるでしょう。
	The modern image of the Universe reveals a huge, complex and impressive environment, in which we exist as we live and evolve on the surface of a small but hospitable planet, called the Earth.	解き明かされた宇宙の姿は、大変に大きく、複雑で、とても印象的な世界でした。そのような宇宙に、私たち生命は 地球 と呼ばれる小さくても住み心地の良い惑星で生まれ、進化しながら生存しています。
	Earth is the only oasis of life at least in our solar system.	地球は少なくとも太陽系では生命の唯一のオアシスです。
	The conditions prevailing on its surface allow the existence of huge amounts of water in liquid form both in the seas and on land. Water in liquid form is the most essential ingredient for the formation and development of the phenomenon of life.	この惑星は温暖で、大量の水が海となって存在しています。また陸地にも豊富にあります。生命にとって水は、欠かすことのできない重要なものなのです。
	Limited to the environment of our planet, so far been able to visit and explore only the very near celestial bodies such as the Moon and the planets of our Solar System.	私たちの活動は今のところこの惑星だけに限定され、わずかな人が月に到達しただけです。太陽系の惑星のような非常に近い天体を、探査機を使って調べましたが、宇宙全体の距離と比べるとごくわずかなものです
	But how did we manage to study the universe at such enormous distances and understand its content, its structure and its evolution? How did we unveil many of its secrets?	しかし、この果てしなく広がる宇宙をいったいどのように研究して理解することができるのでしょうか。どうやって、人類は宇宙の多くの秘密を解き明かしてきたのでしょうか。ほとんどの人は、その方法を知らないのです。
	Unfortunately, only few people know that all this knowledge is gained by the collection and analysis of the dim starlight that reaches the Earth from the remote heavenly bodies known as Stars.	実は遠く離れた天体から地球にわずかに届くシグナルを、巨大な装置を使って調べています。それは、見えない宇宙を探るために・・・。
	This adventure actually begun in 1609, when the Italian scientist Galileo Galilei, turned a small homemade telescope to the sky for the first time.	この冒険は、イタリアの天文学者ガリレオ・ガリレイが小さな手作りの望遠鏡を夜空に向けた1609年に始まりました。
	His observations opened a huge window to the universe and revealed its greatness.	彼の観測は宇宙への大きな窓を開き、その重要性を明らかにしたのです。
	The optical telescope operates in the same way as the human eye.	光を集める望遠鏡は、人間の目と同じように機能します。

Unveiling the Invisible Universe

	<p>The telescope collects light and focuses it on a single spot. There are refracting telescopes which employ lenses and reflecting telescopes which use concave mirrors to collect and focus the light.</p>	<p>望遠鏡は一点に光を集めて焦点を合わせます。レンズを用いた屈折望遠鏡や、鏡を使って光を集める反射望遠鏡といったものがあります。</p>
	<p>The amount of the collected light depends on the area of lens or the mirror of the telescope. A larger optical system collects more light and thus makes visible dim celestial objects which are invisible to the human eye.</p>	<p>集められる光の量は、レンズや鏡の大きさによって違いがあります。大きな望遠鏡になるほどより多くの光を集め、それによって人間の目には見えない淡い天体の像を作り出すことができます。</p>
	<p>Most dim objects are invisible because they are distant. Their image, traveling at the speed of light takes a long time to cover the enormous distances. Thus, when we observe them through the telescope, we see them as they were in the past.</p>	<p>ほとんどの天体は遠く離れているため、直接目で見ることはできませんが、その光は時間をかけて広大な宇宙を旅するため、望遠鏡で観測するとその天体の過去を見ることとなります。</p>
	<p>In other words, a telescope is a kind of time - machine that allows us to observe the universe as it was in the past and thus understand its evolution.</p>	<p>言い換えれば、望遠鏡は一種のタイムマシンであり、宇宙の過去の姿を観察し、その進化を調べることができるのです。</p>
	<p>As time passed, the telescope evolved from Galileo's simplistic instrument into huge technologically advanced and precise scientific instruments.</p>	<p>時が経つにつれ、望遠鏡はガリレオの簡単なものから、技術的に進歩した巨大で精密な科学装置へと進化していきました。</p>
	<p>Today we use large optical telescopes placed strategically on remote mountain tops all over our planet.</p>	<p>今日、私たちは大都市から遠く離れた山の上に、巨大な光学望遠鏡を設置し、観測しています。</p>
	<p>Far from the urban areas they avoid light pollution which prevents astronomical observations.</p>	<p>都市部から遠く離れることで、天体観測の妨げとなる街明かりを避けているのです。</p>
	<p>Furthermore, in the high altitudes on mountains where there are built the atmosphere is much more transparent and stable.</p>	<p>さらに、標高の高い山では、大気がより透明で安定しているため、観測場所に適しています。</p>
	<p>The larger telescopes in the 8 - 10 meter range aperture that are used by the American astronomers placed on Mauna Kea in Hawaii.</p>	<p>これはジェミニ北望遠鏡。ハワイのマウナケア山に設置され、アメリカが運用しています。その鏡の大きさは直径8メートルもあります。</p>
	<p>The European Southern Observatory (ESO) has erected the very large telescope (VLT) on Cerro Paranal in the Chilean Atacama desert. This telescope consists of 4 reflectors with a diameter of 8.2 meters each.</p>	<p>超大型望遠鏡VLT ヨーロッパ南天天文台が、チリのアタカマ砂漠に建設しました。この施設は、直径8.2メートルの鏡を持つ4台の望遠鏡で構成されているのです。</p>
	<p>The Atacama desert is one of the most arid places on Earth thus providing ideal conditions for astronomical observations.</p>	<p>アタカマ砂漠は地球上で最も乾燥した場所の一つであり、天候や湿度に邪魔されることのない天体観測に理想的な条件を備えています。</p>
	<p>These telescopes can observe in optical and infrared radiation and can record objects 4 billion times dimmer than those can be observed by the naked eye.</p>	<p>これらの望遠鏡は、可視光や赤外線でも観測することができ、人間の目と比べ40億倍も暗い天体を観測することができます。</p>
	<p>They weigh hundreds of tons, but are capable of pointing and tracking celestial objects extremely accurately. They also employ adaptive optics which can compensate for atmospheric disturbances.</p>	<p>数百トンもの重さを持つ望遠鏡ですが、観測する天体を極めて正確に向けることができます。また大気のゆらぎによって歪んだ像を修正できる装置も備えています。</p>
	<p>And are equipped with many auxiliary instruments such as light sensitive cameras and high technology spectrographs.</p>	<p>さらに超高感度のカメラやハイテク分光器など数多くの機器を揃え、宇宙を解き明かそうとしているのです。</p>

Unveiling the Invisible Universe

	<p>These large telescopes are mostly used for the study of the large scale structure and the evolution of the universe, by observing the remote clusters of galaxies and the interactions between their members.</p>	<p>これらの大型望遠鏡は、宇宙の大規模な構造やその進化を研究するために使われています。また銀河団や銀河団同士の影響の観測にも役立っているのです。</p>
	<p>Alongside these giant telescopes, the older and smaller telescopes continue to contribute significantly in scientific research.</p>	<p>これらの巨大な望遠鏡と並んで、比較的古くて小型の望遠鏡も、科学研究に大きく貢献し続けています。</p>
	<p>In the near future, new giant earth based optical telescopes, such as the European Extremely Large Telescope (ELT), will be available to astronomers. It will have a 40 meter diameter segmented mirror and will be erected at Cerro Armazores in the Atacama desert in a few years.</p>	<p>近い将来、ELTと呼ばれる新しい超巨大望遠鏡が天文学者に利用可能となるでしょう。直径40メートルの分割された鏡があり、数年後にアタカマ砂漠に建設される予定です。</p>
	<p>Yet, in spite of all these technological advancements, we still cannot eliminate all the problems caused to astronomical observation by the Earth's atmosphere. Thus, we had to put telescopes in space above Earth's atmosphere.</p>	<p>しかし、これら技術の進歩にもかかわらず、地球の大気によるすべての影響を取り除くことはできません。そのため、地球の大気圏より上の宇宙に望遠鏡が置かれました。</p>
	<p>Until now, the biggest space telescope is Hubble, which has a mirror of 2.4 meters.</p>	<p>直径2.4メートルの鏡を持つハッブル宇宙望遠鏡です。</p>
	<p>Since1991, Hubble observes the universe with unprecedented accuracy and is credited with many important discoveries.</p>	<p>1991年以来、これまでになく精度で宇宙を観測し、多くの重要な発見をしてきました。</p>
	<p>Hubble's successor is the James Webb space telescope. This telescope has a 6.5 meters mirror and is designed to observe light in infrared radiation. It will be able to observe galaxies at a distance of 12.5 billion light years.</p>	<p>ハッブル宇宙望遠鏡の後継機は、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡です。この望遠鏡は6.5メートルの鏡があり、赤外線で光を観測するように設計されています。それは125億光年彼方の銀河を観測し、神秘の世界を私たちに魅せてくれることでしょう。</p>
	<p>But light is something more than that recorded by all mentioned optical telescopes.</p>	<p>しかし、光は、すべての光学望遠鏡で観測できるものではありません。</p>
	<p>Light consists of electromagnetic radiations at different frequencies. All these together make up the electromagnetic spectrum. Most of them of course invisible to the human eye but also to even the most advanced optical telescopes.</p>	<p>光は、さまざまな周波数の電磁波で構成されています。これらすべてを合わせて、電磁スペクトルと呼んでいます。人間の目で見えるのは、ごくわずかな幅だけで、最先端の光学望遠鏡でも捉えることができません。そう、見えない宇宙があるのです。</p>
	<p>The celestial bodies we observe and all astronomical phenomena emit in several frequencies simultaneously.</p>	<p>私たちが観測している天体は、同時にいくつかの周波数で放射しています。</p>
	<p>But, they emit most strongly in some frequencies according to their energy level.</p>	<p>それはエネルギーのレベルに応じて、一部の周波数で最も強く放射します。</p>
	<p>These hot and violent processes radiate mostly in short wavelengths whereas the colder and quieter processes radiate in longer wavelengths as microwaves and radio waves.</p>	<p>それはエネルギーのレベルに応じて、一部の周波数で最も強く放射します。</p>
	<p>Radio waves are observed with giant parabolic antennas, called radio telescopes. These instruments can observe the sky 24 hours a day regardless of atmospheric conditions. There are many radio telescopes around our planet.</p>	<p>電波は電波望遠鏡と呼ばれる巨大なパラボラアンテナで観測されます。これらの装置は大気の状態に関係なく24時間空を観測することができるのです。地上にある多くの電波望遠鏡が、宇宙に向けて</p>

Unveiling the Invisible Universe

		アンテナを広げています。
	The most sophisticated of them, is ALMA which is situated on a high altitude plateau in the Atacama desert in Chile.	最も最新鋭なものが、チリのアタカマ砂漠の高地にあるアルマ望遠鏡です。
	Most of the electromagnetic radiation cannot pass through the Earth's atmosphere. For this reason we put in orbit space observatories that can observe in all the frequencies of the electromagnetic spectrum.	ただ電磁波のほとんどは地球の大気を通過することができません。 そのため、電磁スペクトルの全周波数を観測できる宇宙に望遠鏡を設置しました。
	Most notably, the high energy ultraviolet, X-rays and Gamma rays cannot be observed from the Earth's surface at all.	最も注目すべき高いエネルギーの紫外線やX線、ガンマ線は、地球の表面からではまったく観測できないのです。
	The only way to observe the Universe at high energies is to use observatories in space. These observatories allow us to study physical processes previously unimaginable.	それらを観測する唯一の方法は、宇宙に望遠鏡を置くことです。 それによって、これまで想像できなかった宇宙の姿を解き明かすことを可能にしました。
	But X-rays and Gamma rays allow us to observe the most violent and impressive phenomena of the Universe. For example, the sky seen at these wavelengths is completely different from the usual image of the quiet, night sky.	人間の目では見えない宇宙を、人工衛星を使って観測することで、印象的な世界が現れました。 例えば、これらの波長によって見られる空は、いつもの静かな夜空のイメージとは全く異なる姿を私たちに見せてくれるのです。
	But light is not the only source of information about physical processes in the Universe.	しかし、電磁波だけが宇宙のすべての情報源ではありません。
	During violent high-energy natural processes in the Universe, elementary particles called neutrinos are produced in inconceivably large numbers.	宇宙の激しいエネルギーの自然現象の中で、ニュートリノと呼ばれる素粒子が考えられないほど大量に作られています。
	Neutrinos are elusive particles that move at relativistic speeds, have minimal mass, and rarely interact with the rest of matter.	ニュートリノは光速で飛び回り、他の物質とほとんど反応しない、とらえどころのない小さな粒子です。
	To detect them we use special sensors deep in the ground or at sea to minimize the various interferences.	邪魔になる他の宇宙線を避けるため、岐阜県の地下深くに特別なセンサーを設置し、このニュートリノの観測を行っています。 意外にも地下に宇宙を観測する施設があるのです。
	Finally, as the General Theory of Relativity predicts, the space-time web is altered by the existence of mass and Energy.	一般相対性理論が予言するように、時空のつながりは質量とエネルギーの存在によって変化します。
	Some of the most violent and energetic processes in the Universe, produce ripples, the gravitational waves, in the fabric of space-time. These cosmic ripples travel at the speed of light, carrying with them information about their origins, as well as clues to the nature of gravity itself.	宇宙で最も激しいエネルギーのいくつかは、時空間に 重力波 という波紋を生み出しているのです。 重力波は、光の速度で移動し、その起源の情報や、重力そのものの性質を知る手がかりとなります。
	Recently, we have managed to develop special observatories for recording these ripples as they pass through our planet.	この波紋が地球を通過する様子をとらえるための、特別な観測所が開発されました。

Unveiling the Invisible Universe

	<p>LIGO – the Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory in the US and the Virgo antenna hosted at the European Gravitational Observatory (EGO) at Pisa Italy, employ very sensitive laser interferometers to detect them.</p>	<p>アメリカのLIGO（ライゴ）とイタリアのVirgo（バーゴ）、そして日本のKAGRA（カグラ）では、高感度のレーザー干渉計を使用して、この重力波を観測しているのです。</p>
	<p>Let's have a look to some of the most violent phenomena in the Universe that must be observed by all our instruments in order to have a clear picture of the underlying natural processes.</p>	<p>さてここからは、これらの機器による観測で解き明かされた、壮大で迫力ある 見えない宇宙の世界に旅立ってみましょう。</p>
	<p>The most massive stars suffer violent death during Supernovae explosions.</p> <p>After these explosions, the cores of stars can end as white dwarfs, neutron stars or black holes.</p>	<p>重い星は、超新星と呼ばれる大爆発を起こして終わりを迎えます。</p> <p>この爆発の後、星の核は白色矮星や中性子星、ブラックホールのいずれかに変化します。</p>
	<p>In particular the stars with high masses end up in what we call black holes. From these stellar remnants nothing can escape. Even light gets trapped, making these objects invisible.</p>	<p>特に重い星は、ブラックホールとなってしまいます。</p> <p>このような星の残骸に捕まってしまうと、逃げ出すことができません。</p> <p>光さえも閉じ込められてしまい、これらの物体は見えなくなってしまうのです。</p>
	<p>Black Holes attract everything that goes near them, thus increasing their mass.</p>	<p>ブラックホールは近くにあるものすべてを引き寄せ、その質量を増やしさらに巨大化します。</p>
	<p>Matter, as it collapses onto black holes, creates an accretion disk around them as it spirals inward.</p> <p>In this disk, the temperature and kinetic energy are so high that gamma rays and X-rays are generated.</p> <p>At the same time, strong gravitational fields create jets, which move with a speed close to the speed of light and interact violently with the interstellar matter that surrounds them. This produces radiation at all light frequencies.</p>	<p>ブラックホールに衝突した物質は、その周りに降着円盤を作り、内側に向かって渦を巻きます。</p> <p>この円盤の中では、温度と運動エネルギーが非常に高く、ガンマ線やX線が発生すると同時に、強力な重力によってジェットが発生し、光速に近いスピードで移動しながら、周囲に激しく影響を与えています。</p> <p>これによって、あらゆる電磁波が発生するのです。</p>
	<p>The death of medium mass stars creates what we call neutron stars. These small but very dense objects spin at very high velocities and their radiation can most easily be observed when the beam of emission is pointing toward Earth.</p>	<p>中くらい重さの星の消滅は、中性子星という星を生み出します。</p> <p>とても小さい天体ですが、非常に密度が高く、高速で回転しているため、放射ビームが地球を向くときに最も簡単に観測することができます。</p>
	<p>This creates periodical changes in their luminosities and this is why we call them pulsars.</p>	<p>この回転によって、地球からは周期的に変化するように見えることから パルサー と呼ばれています。</p>
	<p>Pulsars may also have accretion disks and jets, but their scales are smaller compared to black holes.</p>	<p>パルサーにも降着円盤やジェットがあるかもしれませんが、ブラックホールに比べるとスケールは小さなものです。</p>
	<p>Binary stars can be very close together interacting strongly with each other or eventually merging.</p> <p>There are special cases, where one of the binary stars is very dense, like a neutron star or a stellar mass black hole. In these cases, mass is transferred to the neutron star or stellar black hole from the accompanying star.</p>	<p>連星は非常に接近していて、互いに強く影響し、場合によっては合体することがあります。</p> <p>また連星の一つが中性子星やブラックホールということもあります。</p> <p>この場合、恒星の物質は、中性子星やブラックホールに吸い取られてしまうのです。</p>

Unveiling the Invisible Universe

	<p>The results of the merging of two common stars or the more violent merging of two neutron stars.</p> <p>These mergers always end up in the brightest explosions known, which produce copious amounts of X-rays and Gamma rays – the Gamma-ray Bursts.</p> <p>Furthermore, they also produce detectable gravitational waves.</p>	<p>2つの中性子星がより激しく合体すると、これらの融合によって大量のX線とガンマ線を発生させます。</p> <p>今知られている宇宙で最も明るい爆発。ガンマ線バーストです。</p> <p>さらに、この時に重力波も発生します。</p>
	<p>Less often, but at larger scales and more impressive are the mergers of two black holes.</p> <p>These are the most violent phenomena in the universe and generate inconceivable amounts of energy in the form of gravitational waves.</p>	<p>頻度は低いものの、ダイナミックでより印象的な現象は、2つのブラックホールの合体です。これらは宇宙で最も激しい現象の一つで、重力波として物凄いエネルギーを発生させるのです。</p>
	<p>The environment at the centre of our Galaxy is a super massive black hole which interacts with the surrounding matter. Studies of the motion of nearby stars revealed that the mass of the black hole is 4 million times the mass of our Sun.</p>	<p>私たちの天の川銀河の中心には、周囲の星に影響を与える超巨大ブラックホールがあります。この近くの星の動きから、ブラックホールの質量は太陽の400万倍であることが明らかとなりました。</p>
	<p>Observations from the Fermi telescope showed that there are two large lobes of gamma rays that expand out to 25000 light years from the centre of our Galaxy. These lobes are ejected by violent phenomena at the very center of our galaxy.</p>	<p>フェルミ望遠鏡による観測では、天の川銀河の中心から25000光年の範囲に広がるガンマ線の大きな膨らみが二つあることがわかりました。これらは天の川銀河の中心で起こった激しい現象によって放出された姿と考えられています。</p>
	<p>Galaxies that emit huge amounts of energy from their nuclei and are known as Active Galactic Nuclei: radio galaxies, quasars and blazars.</p>	<p>銀河の中心から大量のエネルギーを放出する活動的なものとして、電波銀河やクェーサー、ブレーザーと呼ばれるものがあります。</p>
	<p>These galaxies have supermassive black holes in their centers, with masses a million or even a billion times the mass of our Sun and accrete huge amounts of matter and jets that extend out into the intergalactic medium.</p>	<p>これらの銀河の中心には、太陽の100万から10億倍もの質量を持った超巨大ブラックホールがあり、大量の物質とジェットが宇宙に放出されているのです。</p>
	<p>The interactions, collisions and mergers of whole galaxies, play a crucial role in their evolution.</p>	<p>銀河同士の相互の影響や衝突、合体は、その進化に重要な役割を果たしています。</p>
	<p>Finally, we can observe the primordial universe, where the death of the first stars was much more violent and the interactions and merging of the galaxies was taking place more often.</p>	<p>そして私たちは、宇宙の最初の姿を解き明かそうとしています。この時の宇宙は、最初の星の死が大変激しく、また銀河同士が影響しあって合体することが頻繁に起こっていたようです。</p>
	<p>The decoding of the hidden messages that the light of stars carry, as well as the torrents of exotic particles and space itself, reveal to us the Universe in all its grandeur.</p>	<p>星の光によって運ばれた隠されたメッセージの解読と、エキゾチックな粒子の激しい流れが、宇宙の壮大さを私たちに明らかにしました。</p>
	<p>Humans although bound on the surface of a small planet called Earth, have the ability with science to glimpse the limits of the visible and invisible Universe.</p>	<p>私たちは地球という小さな惑星にいますが、科学の力によって、目に見える宇宙と見えない宇宙の境界を垣間見ることができるのです。</p>

Unveiling the Invisible Universe

The video is released under: Creative Commons License

Film Director: Theofanis Matsopoulos

Script/Scientific Advisors: Dr. Vadim Burwitz, Dr. Maite Ceballos, Marco Faccini, Dr. Ioannis Georgantopoulos, Prof. Stavros Katsanevas, Nicolas Matsopoulos, Dr. Lorenzo Natalucci, Prof. Paul O'Brien, Dr. Edwige Pezzulli, Dr. Luigi Piro, Dr. Ektoras Poulisias, Dr. Francesca Spagnuolo, Dr. Natalie Webb

Music: Costas Papageorgiou

English Narration: Gregory Patrick Karr

Produced by: Integrated Activities in the High-Energy Astrophysics Domain (AHEAD2020)

This project is funded by European Union's Horizon 2020 research and innovation

programme under grant agreement No 871158

日本語タイトル 「見えない宇宙に挑む」

日本語翻訳：合同会社アルタイル Japanese translation: Altair LLC

日本語ナレーション：笹井 結加 Japanese narration: SASAI Yuka

録音：(株) テイクス Recording studio: TAKE' S co., ltd

協力：田島秀樹事務所 (有) Cooperation: TAJIMA HIDEKI OFFICE Ltd.

日本のプラネタリウムで上映しやすいようにローカライズしています。

内容を意識していますのでご了承ください。

※日本語版のナレーションは、プラネタリウム（常設・モバイルどちらも可）のみで使用可能です。 インターネットへの配信には使用できませんのでご注意ください。