

【DRニュース・040】：ホーキング博士の偉大な業績と人類へのアドバイス&宇宙データ

2018年04月20日発信

1. 偉大なホーキング博士

2018年03月14日：^{イギリス}英国の物理学者スティーブン・ホーキング博士が死去、**76歳**でした。

今回は、偉大なホーキング博士が残した「業績と宇宙について」調べて見よう。

(1) **ホーキング氏の略歴**

- 1942年1月8日に戦時疎開先のイギリスオックスフォードに生まれる。
- 1959年（17歳）に、オックスフォード大学に入学。専攻は自然科学。その後、ケンブリッジ大学・大学院へ進学。応用数学・理論物理学科に入学。博士号を取得。
- 1963年（21歳）に、**運動ニューロン疾患**と診断され、**余命2年と宣告される**。（その一方で、次第に筋力が低下する**筋萎縮性側索硬化症（ALS）**を発症し、身体機能を次第に失っていった。車椅子の使用を余儀なくされ、会話には音声合成装置が必要だった）
- 1974年（32歳）に、「**ブラックホールの蒸発理論**」発表。ロンドン王立協会フェロー（FRS）に選出。後に、「**ホーキング放射**」と呼ばれる「**ブラックホールからの熱放射**」を提唱する。
- 1977年（35歳）に、ケンブリッジ大学の教授職を得る。
- 1983年（41歳）に、ジェームズ・ハートルと共同で「**無境界仮説**」発表する。
- 1988年（46歳）に、「**ホーキング、宇宙を語る**」が出版され、1000万部（日本110万部）を超えるベストセラーになる。
- 1991年（49歳）に、「**時間順序保護仮説**」を提唱する。
- 2007年（65歳）に、アメリカ合衆国でのゼロ・グラビティー社の専用機「G-フォースワン」に搭乗し、車いすから離れ「**無重力体験**」を行う。
- 2014年（72歳）に、博士の半生を描いた**映画「博士と彼女のセオリー」**が公開される。

2. ホーキング博士の偉大な業績

ブラックホールからビッグバンまで、博士の描いた宇宙像を追ってみよう。

NASA 創設 50 周年式典で、公演したスティーブン
・ウィリアム・ホーキング博士
(2008 年 4 月 21 日撮影・66 歳)



(1) ホーキング放射を発見する

ブラックホールは、強い重力のために
光さえも脱出できない「物体」です。

- ・・・ 重力の物理学理論である相対性理論から、その存在が予想されます。
- ・・・ そんな奇妙な代物が、果たしてこの世に実在するのでしょうか？
その性質は、他の物理法則と矛盾しないでしょうか？
- ・・・ ブラックホールがまだ 1 個も見つかっていなかった 1960 年代から、ホーキング博士などブラックホール研究者は、紙とペンを使ってブラックホールの性質を調べてきました。

1972 年(30 歳)、プリンストン大の大学院生だったヤコブ・デヴィッド・ベッケンシュタイン(1947 年～2015 年)は、大量の紙とインクを消費した末に、ブラックホールが「エントロピー」を持つという珍説を博士論文として発表します。

- ・・・ ブラックホールという奇妙な存在を受け入れた研究者にとってさえ、ベッケンシュタイン博士の主張は常識外れに思えました。

「エントロピー」とは、何かという詳しい説明は、^{りやく}略しますが、
・・・ それは熱と温度に関係する物理量だと述べておきます。

もしも、ブラックホールが「エントロピー」を持つならば、必然的に温度も持つことになり、

- ・・・ 温度を持つ物体は、温度に応じた光を放射（黒体放射）するはずです。
- ・・・ そんなバカな、とホーキング博士も最初は考え、
ベッケンシュタイン博士のアイデアを否定しようとしてしました。

ホーキング博士は、「量子力学」をブラックホールのエントロピーに応用し、少々計算をして、
そして驚くべき結果を得ました ⇒ 世界を驚かせた「ホーキング放射」の発見です。

ベッケンシュタイン博士の言う通り、ブラックホールは「エントロピーと温度」を持つのです。
・・・ そして、温度を持つブラックホールは微弱な光を放射するのです。

(2) **ブラックホール熱力学を創始する**

ホーキングとベッケンシュタインは、ブラックホール^{ねつりきがく}熱力学を創始します

ブラックホールからのホーキング^{ほうしや}放射は、異常な性質を持っていました。

通常の物体は、放射することによって温度が下がり、次第に放射が弱まります。

・・・そして周囲と同じ温度になったところで安定します。

ところがブラックホールは、放射することによって、かえって温度が上がるのです。

ホーキング放射をするブラックホールはどんどん高温になり、それにつれて放射が強まり

・・・しまいには、強烈な光を放って消滅^{しょうめつ}してしまう。

これがホーキング放射から掃蕩されるブラックホールの最期です。

1974年(32歳)、ホーキング博士はこの研究結果を『**ブラックホール爆発?**』という、科学論文にしてはずいぶん刺激的な題の論文として発表しました。・・・世間は驚愕しました。

それまでの「なんでも吸い込む真っ黒なブラックホール」というイメージは塗り替えられた。

(3) **ビッグバンが計算不能であることを証明**

相対性理論^{そうたいせいりろん}から導かれるブラックホールですが、この中心を、相対性理論にしたがって計算しようとする、時間や空間のゆがみなどに無限大がでてきて計算不能になります。

・・・ このような計算不能な箇所を「特異点」といいます。この中心は、特異点なのです。

一方、この宇宙は **138億年前**に「**ビッグバンという大爆発で生まれた**」と考えられています。

どうやって考えたかという、これもやっぱり相対性理論を用いて考えられています。

・・・ 宇宙全体も、相対性理論の方程式の解なのです。

そしてホーキング博士は、宇宙の始まりビッグバンの瞬間もやはり特異点であることを証明しました。ブラックホールもビッグバンも、相対性理論から導かれるにも関わらず、

・・・ 計算を進めていくと、あるところで相対性理論が使えなくなってしまうのです。

どういふことかという、**相対性理論はまだ不完全な理論**で、

・・・ ブラックホールやビッグバンをきちんと計算するには、

・・・ **新しい完全な物理学理論が必要なのです。**

その新しい完全な物理学理論を見た人はまだいませんが、二つのことは分かっています。

- 一つは、その理論は「**相対性理論と量子力学を組み合わせたもの**」になるということ。
- もう一つは、それが「**量子重力理論**」という名前だということです。
 - ・・・ それ以外は、まあ、あまり分かってないと言っていいでしょう。

(4) **相対性理論とは (簡単な説明)**

相対性理論とは、**アインシュタイン**が 1905 年から作り上げた物理の理論で、相対論と略されます。その内容は「**ものが縮む**」「**空間が曲がる**」など、非常に難解なものになっています。

また、アインシュタインの式と言われる $E=mc^2$ という式を見たことがある人もいるのではないかと思います。これも相対性理論の一つを表しているものです。

相対性理論は大きく二つに分かれます。「**特殊相対性理論 (光の理論)**」と「**一般相対性理論 (重力の理論)**」というものです。

・・・特殊相対性理論の方が難しそうですが、実際は一般相対性理論の方が何倍も難しいです。

今回は特殊相対論・一般相対論のエッセンスのみを一覧にまとめてみます。

結果	相対性理論の現象	相対性理論の簡単な説明
1	光の速度よりも速く動けるものはない(特殊)	相対性理論によると、スピードがあるものは、若干重くなります。つまりあなたが止まっているときと、走っているときでは走っているときの方が、体が重くなるのです・・・もしも光の速度で走ると、あなたの重さは無限になり、体が重すぎてこれ以上[つまり光の速さ以上]にスピードを出すことができなくなるのです。
2	光の速度に近い速さで動くものは、縮んで【ちじんで】見える(特殊)	実際には光の速度に近くなくてもかまいません。そのへんを走る車も、歩く人も、実は縮んでいるのです。ただ、縮む量があまりにも小さすぎて、僕たちの目には識別できないのです。 <ul style="list-style-type: none"> ・・・目に見えるぐらい縮んで見えるには、光の速度に近い速さで動く必要があります。 (地球からロケットを見るとロケットは縮んで見えるので、ロケットから地球を見たら地球は伸びて見えるのでしょうか?・・・答えは、「ロケットから見ても、地球は縮んで見える」が正解です) ・・・この理由の説明は非常に難しいですが、「周りから見ると動いているのは電車だけど、電車の中から見ると動いているのは周りの景色」というのと似ています。

結果	相対性理論の現象	相対性理論の簡単な説明
3	光の速度に近い速さで動くものは、時間が遅く【おそく】流れる（特殊）	実際は光の速度でなくともかまいません。結果2と同じですが、そのへんを走る車も、歩く人も、飛ぶ飛行機も、実は時間は遅く流れているのです。ただ、遅くなる時間の量があまりにも小さすぎて、僕たちの間隔では捉えることができないのです。 ・・・頭で分かるくらい遅れるには、光の速度に近い速さで動く必要があります。
4	重いもの周りでは、時間が遅く【おそく】流れる（一般）	この効果を感じるのは宇宙の巨大な星やブラックホールなど“めちゃくちゃ重いものの周り”に限られます。またこの文章を裏返すと「重いものから離れると、時間は早く流れる」となります・・・地球という重い星の上にはいますので、「海の底」と「エベレストの頂上」では、地球から離れている「エベレストの頂上」の方が、ちよっぴり時間が早く進んでいることとなります。
5	重いもの周りでは、空間が歪む【ゆがむ】（一般）	これも大変難しいことです。どのように歪んでいるのかは分かりませんが、とにかく歪んでいるのだそうです・・・天体級に重いものになると、空間を極端に曲げ、そこを通る光さえも曲げてしまうのです。
6	重さとエネルギーは同じ（特殊）	今までエネルギーとは、力がかかっていたり、熱をもっていたり、電気が流れていたり、ものが動いていたりしないとならないものだと考えられていました・・・しかし相対性理論を解いていくと、止まっているものにもエネルギーがあることが分かりました ・・・そして、そのエネルギーは重さに比例するのです。

それを表した式が有名なアインシュタインの式 $E=mc^2$ です。

ここで E はエネルギー、m が重さ、c は光の速度を表します。

光の速度は決まっています定数なので、E と m が比例していることが分かります。

- ・・・ **重い物はそれだけでエネルギーが大きく、軽い物はエネルギーが小さいということになる。**
- ・・・ **光速不変の原理は、「光の速度は常に一定」だということです。**
- ・・・ **速ければ速いほど、時間は遅れ、空間は曲がり、質量とエネルギーが増えます。**

「**光の速度は不変**（毎秒30万 km）」。「**時間と空間は縮む**」：固定概念を外すことから始めよう
YouTube の動画を見て学習して理解を深めて見る（第1回 1.2～第4回；7回の動画有り）

[アインシュタイン 相対性理論 第1回 part1 - YouTube](http://www.youtube.com/watch?v=MmCCHHAbogY)

<http://www.youtube.com/watch?v=MmCCHHAbogY>

ガリレオガリレイの相対性原理やアインシュタインの相対性理論の物理学の再読が必要です

(5) **GPS と相対性理論の実例** **GPS; 位置情報の補正 (時計は進む)**

実際に使われている相対論の実例として、GPS を紹介します。相対論はかなりスケールの大きい話にならないと見えてきません 自然と実例もビッグなスケールのものになります

- 今、使っているカーナビなどに、GPS が使われています。これおかげで道に迷わずにすむわけですが、正確な情報が得られるのは「**GPS 衛星の中の時計が正確に動いている**」おかげです。
- GPS 衛星ですが、地球の周りをものすごいスピードで毎日グルグルとまわっています。ものすごいスピードでまわるので、**[結果3 光の速度に近い速さで動くものは、時間が遅く流れる]**から **「GPS 内の時計は遅れてしまいます」**
- 一方、GPS 衛星というのは、地表から 2 万キロメートル以上の高度にあります。すると今度は**[結果4 重いものの周りでは、時間は遅く流れる]**を言い換えた「**重いものから離れると、時間は早く流れる**」が関係してきます。
. この効果により、**「GPS 内の時計は進んでしまいます」**
- まとめると**[結果3]**から時計は遅れ、**[結果4]**から時計は進みます。実際に計算をすると**[結果4]**の方が、影響が大きい為、全体として時計は進んでしまうのです。

GPS 計算はこれによる補正を自動で行うため、正しい位置情報を得ることができます。

. . . **この補正がなければ 1 日に 10km 以上のずれが生じてしまい、使い物にならないのです。**

(6) **ホーキング博士の研究**

ホーキング博士が研究を始めたころには、ブラックホールが実在するかどうか誰も知りません。「**ブラックホール**」という言葉さえありませんでした。

. . . そんなふざけた物があるはずがない、机上の空論に過ぎないという研究者も大勢いました。現在では、ブラックホールから放射された「重力波」をはじめとするさまざまな証拠がそろっています。ブラックホールの実在を疑う人はほとんどいません。

そしてホーキング博士は、1960 年代から 1970 年代に、**ブラックホール研究をリードした、[ブラックホールは重力が極端に大きいため光さえ脱出できなくなった天体 (境界面; 空間; 特異点) と考えられています] 世界最高の研究者 (理論者) だったのです。**

相対性理論の研究者は**タイムマシンの専門家ともいえるのですが**、タイムマシンに対する態度は人によって違います。ホーキング博士は**強硬な否定派で、タイムマシンが不可能であることを証明する論文『時間順序保護仮説』**を書いています。

. . . 『時間順序保護仮説』は、「高度に進んだ文明は時空を曲げて閉じた時間的曲線を作り、過去への時間旅行を可能にするかもしれないといわれている」という書き出しで～
. . . 論文の結論は、トポロジー的手法でも量子力学的手法でも、**タイムマシンは実現できない。**

(7) **ホーキング、宇宙を語る** . . . **ビッグバンからブラックホールまで**

1988年（46歳）に発表した**通俗科学の書籍**である。

（科学知識を難解な専門用語を用いずに、平易な表現や図解で一般大衆にもわかりやすく説明したもの）

ベストセラーとなり、20年間で1,000万部以上の売り上げを記録した。また、ロンドンのサンデー・タイムズ紙では4年以上もベストセラーリストに選ばれ続けました。

. . . 2001年（59歳）までに35言語に翻訳されています。



この宇宙はどうやって生まれ、どんな構造をもっているのか。

この人類の根源的な問いに正面から挑んだのが、「アインシュタインの再来」ホーキングである。

ホーキングは専門家ではない読者に向け、**ビッグバン、ブラックホール、光円錐**を含めた**宇宙論**の一分野を説明しようと試みている。彼の主な目的はその分野の概観を伝えることであるが、ある種の込み入った**数学を説明することにもまた試みている**。

彼の著作の1996年度（54歳）に出版されたものとその後続の版において、彼は**タイムトラベル**と**ワームホール**について論じ、時間の始まりにおいては量子特異点無しに宇宙が存在し得るとの**可能性を探究している**。

1983年初期（41歳）に、ホーキングは初めてケンブリッジ大学出版局で天文学に関する書籍の担当であったサイモン・ミットンと会い、**一般向けの宇宙論の本を書く構想を示した**。

ミットンはそこに書いてあるあらゆる方程式に対し、難解すぎるのではと疑義を差し挟んだ。

. . .、彼はホーキングにひとつの方程式を残しその他の方程式をすべて除去するよう説得した。

著者は本の謝辞で、もし本に方程式をひとつ書くごとに読者数が半減するだろうとの

趣旨の忠告を受けたため、この本には**ひとつの方程式： $E = mc^2$** しかないと述べている。

探究対象の概念の詳細を述べるために、

. . . **この本ではたくさんの複雑なモデル、図、挿絵等が用いられている。**

難病と闘い、不自由な生活を送りながら、遙かな、時空へと思念をはせる。

. . . **現代神話の語り部としての「車椅子の天才」科学者、ホーキング博士。**

限りない宇宙の神秘と、それさえ解き明かす人間理性のいとなみに全世界の読者が驚嘆した。

. . . **本書は、今や宇宙について語る人間すべてにとって必読の一冊であります。**

3. 宇宙ビジネスと宇宙データ

ビッグバンやブラックホールなど宇宙に対する好奇心は、絶えないのですが
宇宙創造と究極的な理論なので、実際の現実的に手が届く宇宙ビジネスから宇宙を捕らえて見よう。

(1) 宇宙ビジネスはロケットの打ち上げて終わりでは無い . . . 2018年3月31日の記事

イーロン・マスク氏率いる米宇宙ベンチャー、スペースXがロケット打ち上げを成功させたり、
実業家の堀江貴文氏が4月下旬の打ち上げを発表と、民間による宇宙開発が盛り上がっている。

人工衛星を50機飛ばす起業家たちの「提案」. . . 衛星データはこれまで軍事など国家レベル
での活用が中心とされてきたが、民間が商業目的で利用しやすくするのが狙いです。

人工衛星の設計・製造から衛星データの解析まで～衛星のデータをもっと身近にと、超小型人工衛星を製造して、打ち上げるベンチャー企業が増えています。

(写真は、人工衛星の模型：超小型化：アクセルスペース社)



(2) ソニーが宇宙ビジネス参入 . . 家電技術で衛星機器量産 . . . 2018年4月15日の記事

確かに市場規模は、35兆円まで成長し、魅力的な市場である。
そして、Sonyは、自社の技術をテコに、光通信機器領域で参入。
(光ディスク技術を応用 → レーザーによる光通信技術の開発)

宇宙産業の市場規模は35兆円に達するとあるが、ロケットや人工衛星などインフラ製造に関する市場は、そのうちの6%に当たる約2兆円で、

. 77%が宇宙データ活用によるビジネスとなっている。

現在、宇宙での通信は電波が主流だが、データ容量や効率面で課題が多い.

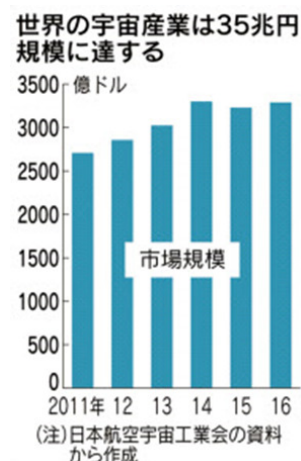
レーザーを使うと高精度の画質を常時やり取りできるため、山間部の災害を瞬時に把握したり、交通状況を監視したりする用途が広がる。

重さ50キログラム以下の超小型衛星の打ち上げは、

. 2023年に、2016年比4.6倍の460基に急増する見通しとなっている。

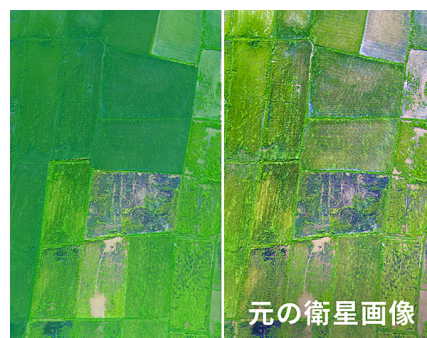
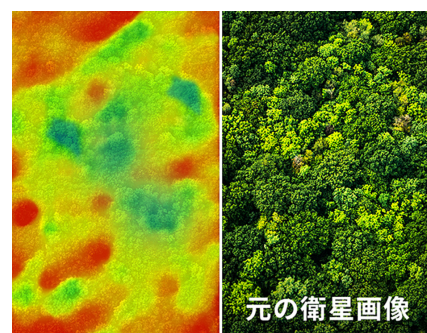
ソニーのカバー領域でもあるコンテンツや、

. . . 既存事業とどういったシナジーを生んでいくのかにも、大いに期待される。



(3) **宇宙データを買いませんか？**・・・ **使い方は、あなた次第です。**宇宙データの活用によるビジネス効果を追って、**ビジネスの利便性を皆さんと考えて見よう。**(3.1) **衛星データの中で一番身近なのは、グーグルアースで見られるような「衛星画像」**

これに、人工知能 (AI) を用いて画像解析をかければ、

・・・ **実は「人間の目」で見える以上のことが分かります。****例えば**、田んぼの衛星画像に解析をかけると、
作物の生育状況が一目で分かるようになります。・・・ **「緑が濃いほどよく育っている」**田んぼの衛星画像に解析をかけたイメージ（写真：
iStock/primeimages）これは農業分野で役立ちます。これまで、一律に肥料を与えて一斉に収穫していた農家も、**この画像を利用すれば**、生育が
不十分なところのみ肥料を散布したり、収穫期を迎えたものから収穫する効率化が計れる。**例えば**、森林の衛星画像に解析をかけると、
木の健康状態をヒートマップで見ることができます。・・・ **「青いところは不健康とわかる」**これにより、森林のメンテナンスにかかる費用を
抑えられます。これまで、人間が一本一本健康状態をチェックして森中を回っていましたが、
解析画像があれば、不健康な木が集まっているところに人的リソースを絞れます。(3.2) **新時代の地球観測のインフラを構築****例えば**、衛星が撮りたい方向にきちんと向くよう機体の「**姿勢**」を制御するための**センサー**
は、非常に精度が高いものを内製しています。宇宙においては、機体の向きがたった 1、2 度ずれるだけでも、地球上では数百 km のズレ
になるので ・・・ **正確さが欠かせないのです。****例えば**、2013 年の衛星は、「ウェザーニュース」という気象会社のために飛ばしたもので、
北極海域の海氷を観測します。海氷の分布情報は、実は大型船舶を運航する会社にとって非
常に価値があります ・・・ ウェザーニュース社は、そうしたデータを衛星から取得し、
販売することでビジネスにしているわけです。

(4) **宇宙データ（衛星データ）の活用事例**

農業・林業・漁業～位置情報・地図などを加味したシステムサービスの適応が考えられている。

サービス名称	サービス概要・企業	アピールポイント
AgriLook	衛星を利用した営農管理システム (株式会社ビジョンテック)	<ul style="list-style-type: none"> ■複数の安価な政府系衛星データを組み合わせて利用することで、低コストで更新頻度の優れた営農管理情報 サービスを構築した。 ■リモートセンシングに関する専門的な知識は不要で、インターネットを介して手軽に利用可能なサービスとしたことで利用が進んでいる
ArcGISOnline & ArcGISMarketplace	衛星画像・GIS 共通のクラウドサービスとネット市場 (ESRI ジャパン株式会社)	<ul style="list-style-type: none"> ■スマートフォン等で使われているアプリ「Google Play」や「App Store」と同じ感覚で、衛星データや画像アプリを手軽に入手できる仕組みを作った。 ■多くのユーザが利用する GIS サービスに衛星データを容易に入手できる仕組みを設けたことで、今後の衛星データの販売拡大に貢献する。
BizXaas Map	位置情報コンテンツと業務アプリケーションを連携した新しいクラウドソリューション(株式会社 NTT データ)	<ul style="list-style-type: none"> ■行政や企業の利用ニーズが高い住宅地図を柱とするサービスの中に ALOS 衛星のデータで作られた「だいちマップ」をコンテンツとして加えることで、これまで衛星データにあまり触れることのなかった人々への効果的なアピールに成功。
GeoMation Farm	GIS・GPS・衛星画像を活用した農業情報管理システム (株式会社日立ソリューションズ)	<ul style="list-style-type: none"> ■GPS による位置情報と衛星画像を GIS を介して融合することで、利用者にとってより価値の高い情報を創出、提供するサービスとした。 ■衛星画像を用いて小麦の収穫順序を決める機能により、作物の生産コスト削減を実現したこと等が、サービス 利用者の支持を獲得した。
エビスくん	宇宙から魚群を見つけ出す (一般社団法人漁業情報サービスセンター)	<ul style="list-style-type: none"> ■漁師が知りたい情報を厳選して提供するサービスを構築した。 ■無償で使える衛星データのみを利用することにより、サービスを低価格で提供している。 ■海洋気象のノウハウを持った経験豊富なスタッフを揃え、複数の衛星データと漁船からのデータを組み合わせることで、高精度で利用ニーズに則した情報を提供している。 <p>※衛星データの漁業現場への応用が高く評価され、2013 年度宇宙開発利用大賞内閣総理大臣賞受賞!!</p>

サービス名称	サービス概要・企業	アピールポイント
海流・潮流情報ソリューションサービス	接続可能な海洋利用のパートナー (株式会社フォーキャスト・オシアン・プラス)	<ul style="list-style-type: none"> ■衛星データ解析と数値シミュレーション技術の組み合わせにより、高付加価値を提供するサービスを構築した。 ■研究機関による最先端の研究成果をビジネスに活かし、かつ、ビジネスを通じて研究へのフィードバックも得ており、産学一体となった仕組みを構築した。
ダナン市 地図・地理情報システム実証実験	日本の詳細地図と GIS ソリューションの輸出をめざして (株式会社ゼンリン&株式会社日立ソリューションズ)	<ul style="list-style-type: none"> ■対象地域は基盤図が整備されておらず、また、地図作成において衛星データ活用に優位性があった。 ■行政利用のニーズが高いサービスの海外展開を目指したものの、実証を通じてその有効性を示したことで、相手国におけるサービス利用の定着・拡大が見込める。 ■相手国政府機関や地元 IT 企業と組んでニーズの発掘に成功した。
UE-Net	都市生態系ネットワーク評価システム (清水建設株式会社)	<ul style="list-style-type: none"> ■都市緑化による生き物の棲みやすさへの波及効果を可視化する。 ■衛星データから作成される成果物を自社の建設事業の価値を高めるために活用し、売り上げ規模の大きなビジネスにつなげた。 ■衛星データの処理に独自の工夫を加えることで、衛星データを GIS 上で効果的に活用できるようになり、システム が提供情報の厚みが増した。
ブラジルでの違法伐採監視	宇宙から森林を守る (一般財団法人リモート・センシング技術センター)	<ul style="list-style-type: none"> ■衛星データ利用に関心のある新興国に対し、サービスの提供に加えキャパシティビルディング実施。 ■対象国の既存運用システムに我が国の衛星データを利用する仕組みを提供、継続的に運用された。 ■雲が多い対象国の実情を考慮して被雲に左右されない SAR データを利用した運用システム構築。

【2016年3月 内閣府の資料から抜粋】・今から2年前のコンテスト情報なので、さらに実用化が進んでいる。

※1：GIS (Geographic Information System) とは、「地理情報システム」と言われ、地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ (空間データ) を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術であると定義している。

※2：SAR データの合成開口レーダ(SAR)は、マイクロ波を用いるため、夜間や雲、霧、噴煙下など光学カメラでは撮影が不可能な状況下でも映像が撮れ、地理情報の迅速な取得に有効である。

4. ホーキング博士の人類へのアドバイス10選

【2018年4月2日の記事から引用】

ここでは、ホーキング博士が「人間や宇宙について」私たちに授けてきた数々のアドバイスのうち、「10の教え」を紹介している。

(1) 知性と知能指数 (IQ) は違う

知性は、持って生まれた知能のことではない。知性とは、努力する意思があること、物事が変化することを理解する意識と鋭さを持っていることだ。ホーキングはオックスフォード大学の卒業式で「知性とは、変化に適応できる能力」と述べている。

(2) 自分がいかに知識不足かを知る

より多くを知るほど、自分の知識のなさに気づく、という趣旨の格言は多い。ホーキングは、「知識の最大の敵は無知ではなく、知識の幻想だ」と述べている。

(3) ブラックホールにも出口はある

博士の分析は、宇宙だけでなく、人生そのものに応用できることも多い。

ストックホルムのスウェーデン王立工科大学での講演で、彼は次のように述べた。

「ブラックホールは、その名が示すほど暗黒ではない。かつて考えられていたような永遠の牢獄ではないのだ。ブラックホールから外へ抜け出すことも、別の宇宙へと抜けることもできる自分がブラックホールに捕らわれていると感じていても、諦めてはいけない・・・出口はある」

(4) 失敗は重要である

ホーキングは、自分のことを完璧だとする意見に同意したことはなかった。欠陥を持つことが重要だと信じていたからだ。

「失敗したことを誰かに責められたら、それは良いことなのかもしれないと言おう。

..... 不完全性がなければ、私もあなたも存在しないはずなのだから」

(5) 知性を見せびらかすのは愚かなこと

英テレビ司会者のピアース・モーガンはホーキング取材し、ホーキングが世界で最も聡明な人物だと考えている人がいることを指摘。これに賛成か、そうでなければ世界で最も賢いのは誰だと思うかを尋ねられた。彼は「私は、決してそのようなことを主張しない。

..... 自分のIQを自慢するのは敗者のすること」と言った。

(6) 好奇心を絶やさない

ホーキングは貪欲な好奇心を持ち、自分自身を信じていた。彼はシドニーのオペラハウスで、次のように話した。

「足元を見ず、星空を見上げること。」

目に見えるものを理解し、宇宙がどのように存在しているのかを考える。好奇心を持つ。

・・・ **人生がどんなにつらく感じても、必ず自分にできること、成功できることがある」**

(7) 自分の運命は決まっていると考えない

米紙ニューヨーク・タイムズとの取材で、・・・ホーキングは「**私が21歳になったとき、期待値はゼロになった。それからは、何もかもがボーナスだ**」と語った。

(8) 絶対に諦めない

ホーキングが克服したことや達成したことは、並大抵のことではなく、インスピレーションにあふれている。病気を物ともせず研究を諦めなかったその姿勢は、粘り強さの模範だ。

「人生がどんなにつらく思えても、必ず自分にできること、成功できることがある。」

・・・ **諦めないことが重要**」とホーキングは語った。

(9) 自分を過小評価しない

ホーキングはニューヨーク・タイムズに対し、次のように述べた。

「私は病気の限界を超え、できる限り充実した人生を送ろうと常に努力してきた。」

・・・ **世界を旅し、南極から無重力状態まで経験した」**

(10) 感謝する

ホーキングが何かを当たり前と考えることはなく、自分の人生や宇宙の運命の責任を持つのは自分自身や人類以外の何者でもないと考えていた。

・・・ **彼は自分の人生、そして宇宙を研究する機会を持たたことに感謝していた。**

「宇宙を創造した人はいないし、私たちの運命を支配する人もいない。」

こう考えると、私は天国も死後の世界もおそらく存在しないだろうという深い気づきを得た。

誰しも人生は一度しかなく、この壮大な宇宙を味わう機会も一度きり。

・・・ **そのため、私は非常に感謝している」**

5. ホーキング博士のファイナルメッセージ

2018年4月10日の記事

「重力の法則があるため、宇宙は無から自らを創造できる。この自発的な創造が、無ではない有、すなわち、宇宙と人間が存在することになった理由だ」と脱き、世界をうならせたのです。

亡くなる2週間前には結果的に最後の論文となった「A Smooth Exit from Eternal Inflation?」が発表されている。(Google 翻訳：永遠のインフレーションからの滑らかな出口)

その内容は、宇宙は膨張し続けているという「**インフレーション理論**」の数学的パラドックスを解消し、無数の宇宙が存在するという「**多世界解釈**」を実証可能な科学的フレームワークに乗せる試みであるということだ・・・つまり、**思考実験による理論宇宙物理学を、実際に検証可能なサイエンスの世界に運び込むという画期的な取り組みなのである。**

インフレーション理論では、全てのはじまりである“ビッグバン”が発生した後、この宇宙は無限の膨張を続けていると考えられているのだが、**本当に膨張は未来永劫にわたって続いていくのか？** ホーキング博士によれば、**そもそもこの宇宙はひとつではなく、膨張し続ける宇宙がある一方で、エネルギーが消費して“フェイドアウト”していく宇宙もあるということだ。**

そしてエネルギーが枯渇した時点で、もはや宇宙とは呼べないビッグバン以前の状態に戻るようになるのだが、**今まさにこの我々人類が住まう宇宙は、膨張のピークを過ぎて衰退するモードに入り込んでいるというのである**・・・つまりホーキング博士の“ファイナルメッセージ”は、**我々が今いるこの宇宙は、「滅亡に向かって」動き出したことを伝えるものだった。**

・ **無重力を体験するホーキング博士** 2007年(65歳)

理論物理学者としてさまざまな思考実験を続けてきたホーキング博士だが、ここ最近では自説の理論を検証可能な領域に持ち込むことに尽力していたという。



そして現在、ホーキング博士の“**最後の論文**”は、科学界によって綿密な査読が行われている。

ホーキング博士は、「**時間**」と「**空間**」の物理学を研究し、「**時空を超越**」した理論家であった(彼は、**21歳**の時に余命2年の宣告を受けたが～「**研究に没頭**」して、**76歳迄長生きした**)
ピュアな志を探求し続けることは、生命の生きる喜びを与えてくれる

今後、宇宙ビジネスとして、無重力・宇宙データ・位置情報・通信など多くの探求が期待される
最後に、ホーキング博士のご冥福をお祈りする