

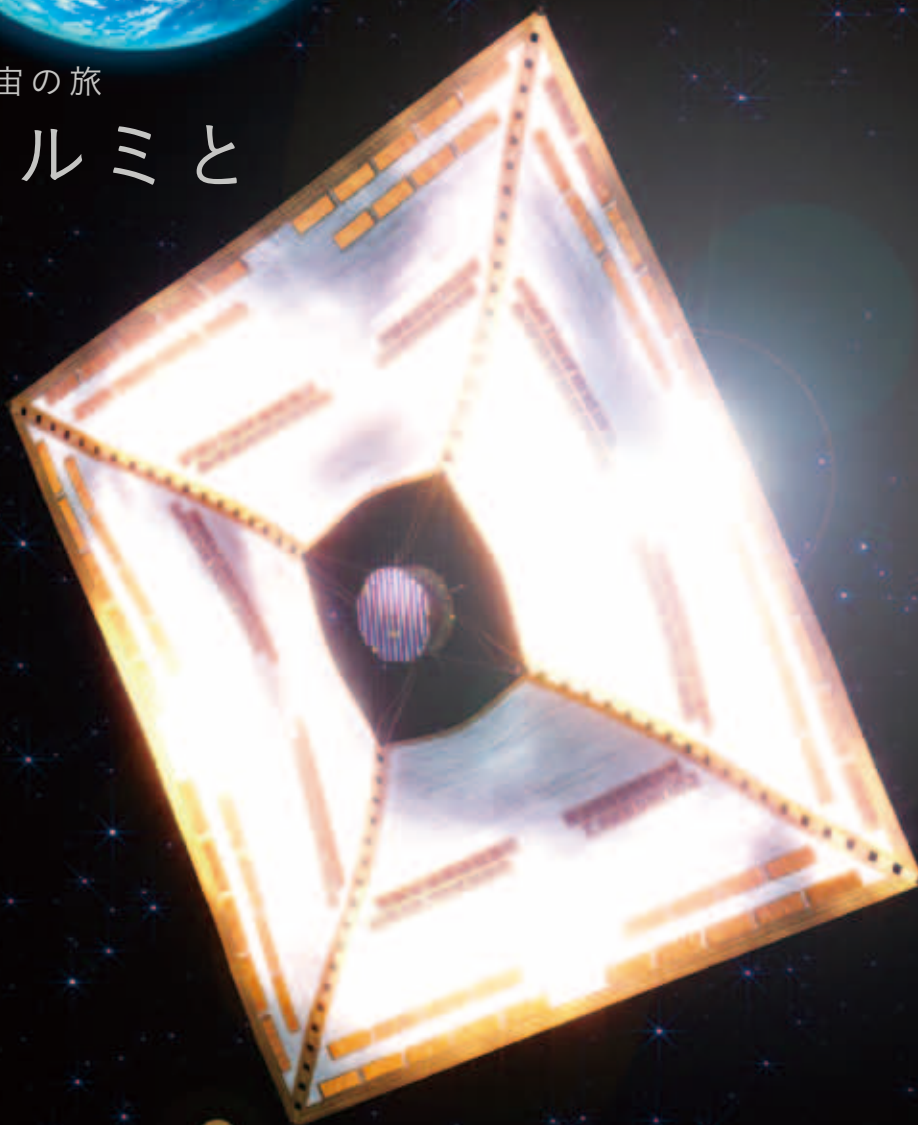
# アルミエージ

2013  
AUTUMN  
No.178  
JAPAN  
ALUMINIUM  
ASSOCIATION

ALUMI-AGE

[特集] JAXAの宇宙の旅

## 宇宙とアルミと 帆船の 不思議な 関係



Interview

電気バイク zec00 開発者  
根津孝太 さん

アルミのある風景

東京駅の窓

アルミの話

なぜ手塚治虫は悪役に  
アルミの名をつけたのか？

No.178



風を帆で受けて推進力にする帆船。ソーラーセイルも太陽の光を推進力にして宇宙空間を進む。

# Aluminium

特集

アルミと宇宙と  
帆船の不思議な関係

# Space

風を帆に受けて航行する帆船やヨット。

風のかわりに太陽光圧を受けて航行する宇宙帆船（ソーラーセイル）は次世代の宇宙探査にむけ大きな期待を集めています。

世界初のソーラーセイルである IKAROS（イカロス）にはアルミニウムが使用され、現在も宇宙を航行中です。

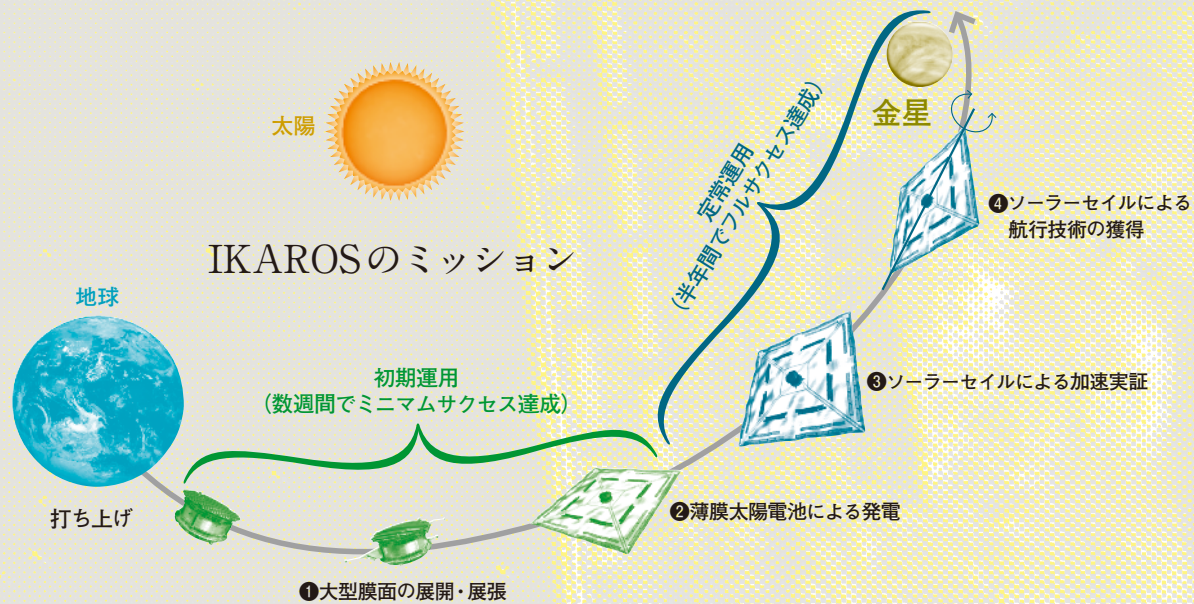
*text by ALUMI AGE photographs by Takaoka Hiroshi*

# Sailing ship

取材協力・写真提供：宇宙航空研究開発機構  
参考文献：『宇宙ヨットで太陽系を旅しよう 世界初！イカロスの挑戦』（森治著、岩波ジュニア新書）







左側がIKAROS。奥に見えるのが金星探査機「あかつき」。

このアイデアを現実のものにするためには、宇宙の厳しい環境に耐えられる丈夫で薄い膜や宇宙空間で帆をどうやって展開するかな

空想から現実へ  
ソーラーセイルが行く

メートル。この帆が太陽光を受けた場合に押される力はわずか0.1グラム。一円玉の10分の1以下の重さに相当します。しかし、宇宙空間には空気抵抗がないので、一度受けた力は蓄積されて失われることはありません。弱い力でも押し続けていけば、理論上、速度はどんどん上がり、光速に達します。

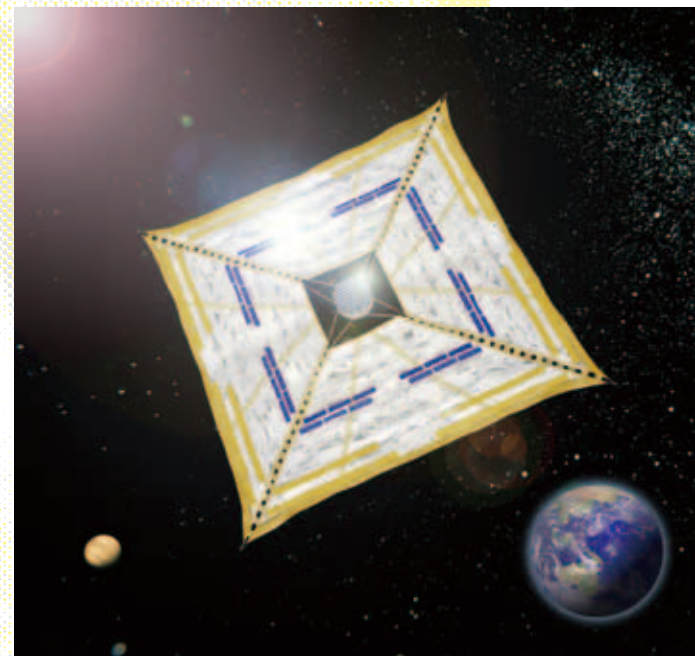


種子島から打ち上げられたH2A。先端に「あかつき」とIKAROSが積まれている。

ど、クリアすべきたくさんの課題がありました。長期航行が可能なソーラーセイルは世界各国で研究開発が進められていましたが、2010年にJAXAが打ち上げた実験機「IKAROS」(Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation Of the Sun)が宇宙空間で帆を広げ、太陽の光を受けて加速・航行し、帆の一部に貼り付けた薄膜太陽電池で発電できることを世界で初めて実証しました。打ち上げ前に考えられたすべてのミッションを成功させた今もIKAROSは航行し続けています。そのIKAROSの帆には太陽光を

# 帆

に風を受けて進む帆船やヨットは実に優雅な姿です。私たちの身の回りには、ほとんどの場合、燃料を必要とせず、燃料を必要とせずに航行できる「ソーラーセイル」なら、長期の宇宙探査が可能です。この構想が生まれたのは古く、1619年にドイツの天文学者ヨハネス・ケプラー(1571-1630)が、太陽光には圧力



アルミを蒸着した膜を太陽の方に向けて航行する。

## アルミと宇宙と帆船の不思議な関係

Aluminum Universe Sailing ship

があると考えました。1919年に宇宙飛行理論の先駆者として知られる、旧ソ連の物理学者コンスタンチン・ツィオルコフスキー(1857-1935)らによって「ソーラーセイル」が提唱され、1924年により具体的な論文が発表されました。

一般にソーラーセイルが広く知られるようになったのは『2001年宇宙の旅』の原作を書いた作家のアーサー・C・クラークの『太陽からの風』という、月に向かうソーラーセイルのレースを描いた短編小説でした。

### 進むエネルギーは太陽の光

ソーラーセイルの原理はシンプルです。帆が風を受けて進むように、宇宙空間で帆が光を受けて推進力を得るといえます。私たちが日常生活で、太陽光からの「圧力」を感じることはありませんが、実際には太陽光は光子からなり、これが微量の運動量を持つ



©早川書房『太陽からの風』

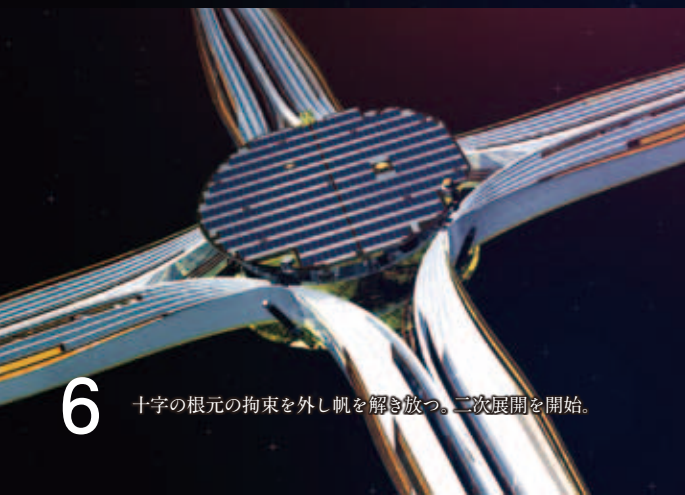


コンスタンチン・ツィオルコフスキー  
Tsiolkovsky Museum, Kaluga, Russia

ています。ソーラーセイルの薄膜に光子が当たり反射すると、この反動により帆に力が発生します。ソーラーセイルはこれを推進力として宇宙を航行します。IKAROSの帆は14メートル×14メートルの正方形、面積は約200平方



5 帆が十字の形になって一次展開終了。5rpm。



6 十字の根元の拘束を外し帆を解き放つ。二次展開を開始。

7 帆が広がるにつれて、スピンドレットが落ちていく。

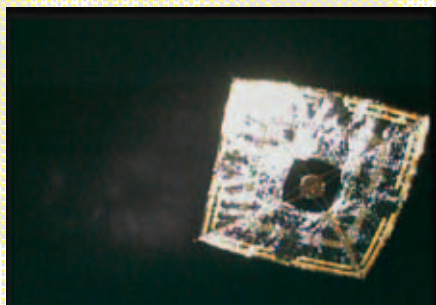
8 帆が正方形になって二次展開終了。2.5rpm。

1 ロケットからイカロスが分離される。5rpm (回毎分)。

2 スピンドアウンした後、おもりを解放する。

3 25rpmまでスピンドアアップして、遠心力で帆を引き出す。

4 遠心力によって帆が繰り出されるのにもない、スピンドレットが落ちていく。



帆が四角く広がったところを撮影するため分離カメラを搭載。きれいに帆が展開したことが確認でき、世界を驚かせた。

「木星の計画を提案したけれど、通りませんでした。あまりにも挑戦的すぎたのです。そこで小型の計画をやることになりました。それがIKAROSです」

IKAROSを搭載するH2Aロケットの打ち上げは2年半後に迫っていました。IKAROSについた予算は「はやぶさ」や「あ

かつき」の10分の1の15億円。時間も予算もない中で、森さんを中心とする若い研究者や技術者、大学生を巻き込んだ計画がスタートしました。

ソーラーセイルの課題の1つは、折りたたんだ帆を宇宙空間でどうやって展開するかでした。スピンの遠心力を使って帆を広げる方法を考案し（P7を参照）、帆の形や折り方は、実際に折り紙を折って考えました。もう一つの課題は、帆の素材です。展開しやすい素材でなければいけません。そこで、耐熱、耐放射線、耐紫外線に優れ

るポリイミドフィルムにアルミを蒸着することになりました。

「ポリイミド膜の厚さは7.5マイクロンで、髪の毛の10分の1以下の厚さです。アルミは非常に薄く蒸着しているのですが、ポリイミドの厚さはほぼ変わりません。アルミを蒸着しない状態では光が透過してしまい、ソーラーセイルにはならない。アルミを塗ると鏡面反射で光を跳ね返し、これが推進力になります」。ポリイミドの上に薄膜太陽電池や、光の反射特性を変えて姿勢を制御するための液晶デバイス、温度センサー、ダストカウン

反射させるためにアルミが蒸着されています。

2001年頃、ソーラーセイルを木星圏に向かわせようと宇宙科学研究所(宇宙研)のワーキンググループが研究していました。一辺50メートルという大型の帆にイオンエンジンを組み合わせて、木星圏を探索するという壮大な計画です。通常、宇宙開発はワーキンググループで数年研究をした後、プロジェクトとして提案します。

木星圏探査計画は2003年頃に計画を提案する予定でした。しかし、2003年は日本の宇宙研究開発が大きな転換期を迎える時期でした。それまでであった宇宙研、

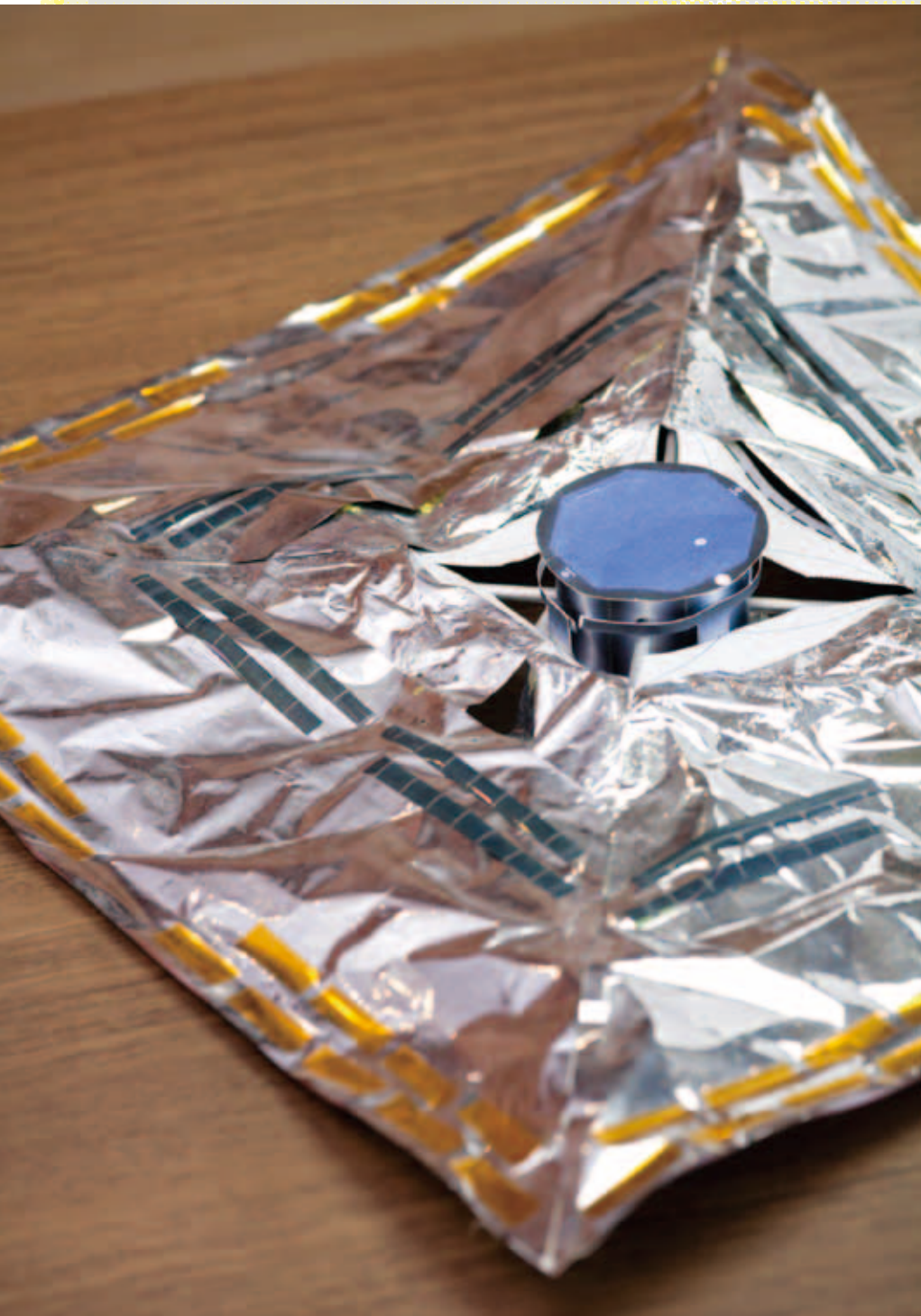
航空宇宙技術研究所(航技研)、宇宙開発事業団(NASDA)の3つの組織が統合され、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が誕生しました。組織が変わり、木星圏探査計画はしばらく様子を見ることになりました。その頃、日本の宇宙開発は失敗が続き、「巨額予算が宇宙の塵に」、「モノ作りニッポンの土台が崩れた」などと、批判にさらされていました。

60億キロの旅を終え、国民に大きな感動を与えた「はやぶさ」も2005年にイトカワに着陸した後、トラブルにみまわれ行方不明になってしまいました。当時は振り返って、IKAROSのプロジェクトリーダーの森治さんは言います。



IKAROSのプロジェクトリーダーの森治さん。





アルミ蒸着したポリミドを使用したIKAROSの模型。

は木星の先にある、トロヤ群を探査します。行くだけではなく小惑星に着陸します。トロヤ群は太陽系最後のフロンティアと言われ、まだ誰も訪れたことのない場所です。しかも、小惑星のサンプルを

取って地球に帰ってきます。トロヤ群への着地が2031年頃。地球に戻ってくるのはさらに先のこと。壮大なる計画です」。

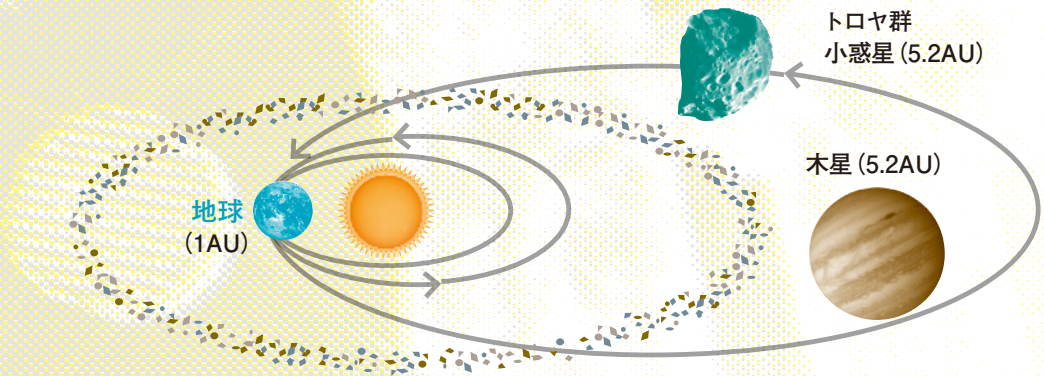
世界の宇宙開発をリードするソーラーセイルは、高い技術力と長期にわたる日々の研究に支えられています。そして、その裏にはアルミニウムの存在があるのです。ソーラーセイルは私たち人類の可能性を乗せ、近い将来、トロヤ群に向けて飛び立ちます。



帆の展開を考えた紙のサンプル。日本の折り紙の技術がIKAROSで使われた。

ターなどの各種センサーが搭載されています。「アルミは宇宙ではソーラーセイルだけではなく、圧倒的に多く使われている素材です。宇宙ステーションやロケットの本体、宇宙服などに広く使われている。アルミは丈夫でし、それに軽い。打ち上げのことを考えると、少しでも軽くしたいのが宇宙の要求なんです」

ロケットのフェアリング（ロケットの最先端部。このスペースに衛星などを搭載する）も、軽量で強度のあるアルミのハニカム構造（蜂の巣のような強い構造）を採用しており、打ち上げの際の振動や摩擦熱から護る役割を果たしています。



2022年に「ソーラー電力セイル探査機」の打ち上げを想定。AUは地球と太陽の平均距離に由来した天文単位。5.2AUの木星は途方もない距離だということわかる。

小惑星帯 (3AU)

トロヤ群  
小惑星 (5.2AU)

木星 (5.2AU)

地球  
(1AU)

IKAROSの成功、次はトロヤ群小惑星へ

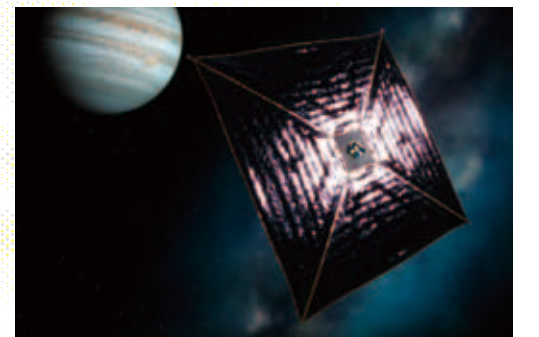
2010年5月21日IKAROSは金星探査機あかつきと共に、種子島宇宙センターよりH2Aロケット17号機で打ち上げられました。

「6月9日に世界で初めて帆の展開に成功し、翌日6月10日には薄膜太陽電池による太陽光発電を實現しました（ミニマムサクセス達成）。帆を展開後、約半年間かけて太陽光を受けて加速していることを軌道データから確認し、太陽に対する膜面の方向を調整して軌

道制御を実現して、ソーラーセイルによる航行技術を獲得しました（フルサクセス達成）。2010年12月に当初予定していた実験をすべて成功し世界初のソーラーセイルを實現しました。現在も運用を継続し、ソーラーセイルを操る技術を高めています」

2022年に大型ソーラーセイルとハイブリッドイオンエンジンを搭載した「ソーラー電力セイル探査機」の打ち上げを想定しています。

「一辺50メートルのソーラーセイルです。すでにアメリカや欧州で木星探査計画があるので、私たち



ソーラー電力セイル探査機が木星を通過するイメージ



黄色く見えるのがポリミド本来の色味。反対側がアルミ蒸着した面。





根津さんが手にするのは岩間工業所「アルモデル」による1/6サイズ切削スケールモデル。

# 根津孝太

さん

デザイナー／クリエイティブコミュニケーター Designer / Creative Communicator Nezu Keita

電気バイク<sup>ゼックウ</sup>zecOOを見て心が踊らぬ人はいないだろう。SF映画に登場するような近未来的なデザインでありながら、太いタイヤ、アルミの削り出しによるメインフレームや、有機的なカーボン製のカウル（風防）などが武骨なバイクスピリッツを継承している。

zecOOを企画・デザインしたツナグデザイン znag design 根津孝太さんにアルミの魅力を訊いた。

text by ALUMI AGE  
photographs by Tanaka Masaya

根津孝太さんはトヨタ自動車時代、数々の車両企画やデザインを手がけた。『愛・地球博』で発表されたコンセプトカー「Tuniti」もその一つだ。トヨタから独立した後も「わくわくするもの作り」を理念とし、モビリティを中心に様々なデザインを手がけている。電気バイク zecOO には、根津さんのものづくりへの想いと情熱が注がれている。根津さんと共に zecOO の設計・製作を担当したのはオートスタッフ末広の中村正樹さん。中村さんは千葉県・蘇我市で合法的改造を行う「町のバイク屋さん」だ。一人のデザイナー

と町工場が創り出した zecOO。大企業でなくとも、世界を驚かせるものはうまれる。zecOO は日本のものづくりの希望の形だ。根津さんに話を聞いた。

妥協をしないものづくり。

アルミは軽くても丈夫で、精度感がいい。そこが好きなんです。若い頃から、アルミは「格好いい機械に使われている素材」というイメージがあって、憧れを持っていました。アルミを溶接した太いフレームや鋳物のパーツは格好いい。そういうものを見ている中で、素材で設計が変わることに気がつ



ねづ・こうた 1969年東京生まれ。znug design (ツナグデザイン)の代表。千葉大学工学部工業意匠学科卒業。トヨタ自動車(株)を経て、05年(有)znug design を設立。自動車をはじめとする工業製品のコンセプト企画とデザインを手がけながらミラノサローネや100%デザインなどで作品を発表。2011年 パリ Maison & Objet'now' 経済産業省 JAPAN DESIGN+出展。グッドデザイン賞、ドイツIFデザイン賞、他多数受賞。



世界中から注目を集めている zec00。

photograph by Yamada Kazunobu

くようになりました。20歳の頃、手に入れたスズキのRGV1は念願のアルミフレーム。うれしくてしかたがなかったですね。当時から、アルミは僕の中ではなにか特別なものであると直感的に思っていました。

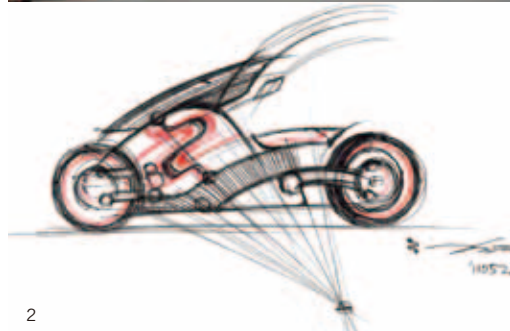
現在、売られている多くの電気バイクは、ガソリンエンジンが載っていた頃とあまり変わらないデザインのように感じます。僕は「電気バイクならではの形」を作りたいかった。zec00のメインフレームはアルミの削り出しです。二つのアルミ製切削フレームにバッテリーやモーターなどの機械要素を挟んでしまえば、たとえ大きな工場でも精度の高いものが

が作れます。製作を担当してくれたオートスタッフ末広さんは、アルミの工作が非常にうまい。スイングアーム(車輪とフレームをつなぐパーツ)はアルミを切り出して溶接して磨いたり、zec00はあらゆる部分が最新の技術と職人の手業の組み合わせでできています。中村さんと共に、最高傑作の電気バイクを作り出したいと考えて作ったのがzec00です。zec00はアルミ材ありきで発想し、デザインしています。加工方法が多彩で強度のあるアルミなしでは考えられなかった。アルミは僕の世代だと、乗り物ではないものに使われている印象がある。ホンダのNSXやアウディA8は



アルミボディでした。トヨタで働いていた頃は、比較的低価格帯の車を担当していたので、アルミをボディに使うチャンスはありませんでした。今はやりたいようになっていきます(笑)。実用性や合理性だけを追求していくと、誰のためになるのかわからなくなってしまう。妥協せずに作りたいものを作り、お金を払っていいと思う人を買って頂く。実際、ドバイの見本市でzec00を一目見て買って

下さった王子様もいますから(笑)。zec00のメインフレームには、切削跡が残されています。こういう所に気づいてくれるのはうれしい。こだわりのある人に向けて物を作るとき、アルミはすごくいい素材だと思います。軽くて丈夫なだけでなく、いい技の跡が残しやすい。アルミってそんな素材じゃないでしょうか。







D A T A ●物件名称：東京駅丸の内駅舎復原工事／所在地：東京都千代田区丸の内1丁目／事業主：東日本旅客鉄道株式会社  
設計：(株)ジェイアール東日本建築設計事務所／施工：東京駅丸の内駅舎保存・復原工事共同企業体

## 次の100年を見守る アルミの窓。

**東京**の顔ともいえる東京駅丸の内駅舎の保存・復元工事が2012年10月に完了した。東京駅が生まれたのは第一次世界大戦が始まった1914年（大正3年）。建築家辰野金吾は西洋の建築物をモデルに、東京駅を設計した。堅牢でありながら優雅な姿は国内はもとより諸外国からも大変驚かれたという。東京駅は日本が近代国家になった象徴だった。

東京駅はマグニチュード7.9の関東大震災を耐えることができたが、第二次世界大戦の空襲で3階部分や丸の内駅舎のドームが焼失してしまっ。戦後の修復では資材も少なく、ドームは八角屋根に、3階部分は撤去されてしまい、長きに渡って完全な復元には至らなかった。今回の保存・復元工事は創建当時の姿だけでなく、今後100年間の使用を見越してド

ム<sup>ひそ</sup>底にアルミハニカムパネルなどが用いられている。

丸の内駅舎のほぼ全数に当たる450窓の建具工事を担当したのが三協立山株式会社、三協アルミ社だ。多くの資料が散逸してしまっており、窓に関しては辰野金吾が設計した旧岩手銀行本店本館を視察したり、文献にあたったりして新しく起型し、専用サッシを「再創造」した。創建当時の「木製窓枠の風合い」にアルミサッシの印象を近づけた。その甲斐もあって、現代の技術を備えながら、やさしい印象を持つ450窓が生まれた。

これからの100年間、東京駅丸の内駅舎に据え付けられたアルミサッシ越しに、人々はどうな風景を見るのだろうか。

アルミエージ no. 178

平成25年9月20日

発行…一般社団法人日本アルミニウム協会

<http://www.aluminum.or.jp>

〒104-0061 東京都中央区銀座4-2-15

(塚本素山ビル) tel. 03-3538-0221

大阪支部

〒541-0055 大阪市中央区船場中央2-1-4-301

(船場センタービル) tel. 06-6268-0558

企画・制作…株式会社放送映画製作所

本誌の掲載記事・写真などの無断複写、複製、

転載を禁じます。

©Japan Aluminium Association



# The story of alumi nium

アルミの話

## なぜ手塚治虫は 悪役にアルミの 名をつけたのか？

**少** 女漫画の第一号と言われる『リボンの騎士』。天使のいたずらのせいで、男の子と女の子ふたつの心を持って生まれたサファイア姫が、リボンの騎士として活躍するファンタジーです。この話は数誌の少女雑誌に掲載され、テレビアニメ、ミュージカルの舞台にもなっているのでご存じの方も多いでしょう。

『リボンの騎士』には印象的な悪役が登場します。それが自分の息子を王位につけたいと考えている家臣のジュラルミン大公です。大公はサファイアが女であることを証明しようとし、王位を剥奪すべく様々な悪だくみを企てます。この悪役の名「ジュラルミン」とはすなわちアルミニウムのことです。

なぜ手塚治虫は悪役にジュラルミンの名をつけたのでしょうか。ジュラルミンはアルミニウムに銅、マグネシウム、マンガンを加えた合金です。比重は鉄の約3分の1で、同一重量当りの強さは鉄材の3倍となるため、航空機用材として広く使われています。

『リボンの騎士』の最初の連載が始まったのは1953年。戦争は8年前に終わったばかりで、日本人の心や社会の中に戦争の傷がまだ深く残っていました。おそらく手塚治虫の記憶にも、ジュラルミンは戦闘機などの素材として「強く恐ろしい」印象があり、悪役の名に

ピッタリだと思って使ったのではないのでしょうか。ジュラルミン大公の悪事は、すべては愛する息子のためでしたが、最期は罪を悔いて自殺してしまいます。手塚治虫はこのキャラクターを絶対悪として描きませんでした。主人公の名前でもある「サファイア」自体も酸化アルミニウム的一种。手塚治虫にはどんな素材も、「人の役に立つ大切な素材」との思いがあったのかもしれませんが、『リボンの騎士』の悪役ジュラルミン大公の名は、そんな人間の希望を有した名前のようにも思えてきます。

