

宇宙政策委員会

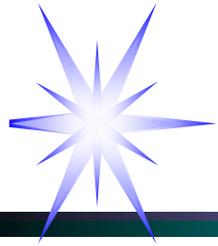
第9回宇宙産業部会

海外における新たな宇宙ビジネスの動向

2014年4月24日

シー・エス・ピー・ジャパン株式会社





Skybox Imaging (1)

● 企業概要

- 2009年に設立された非上場ソフトウェア企業(自らをリモセン企業と位置付けていない)。
- 創設者: Dan Berkenstock (chief product), Julian Mann (product dev.), John Fenwick (operation), Ching-Yu Hu (biz dev.)の4名
 - ⇒ いずれもStanford Univ.出身(最初の2人は同大学において3U CubeサイズのMiniature Imaging Spacecraftの開発を担当)。
 - ⇒ 最初の3人の職歴は、NASA ARC Advanced Supercomputing Division, NASA Constellation Program, USAF National Intelligence and Military Program.
- 所在地: Mountain View, CA, USA

● オーナー・株主

- 2009年~2012年にかけて約9100万ドル(約91億円)の資金を調達。
 - ⇒ 2009年7月 300万ドル Khosla Ventures
 - ⇒ 2010年7月 1800万ドル Khosla Ventures, Bessemer Venture Partners等
 - ⇒ 2012年4月 7000万ドル Canaan Partners, Norwest Venture Partners



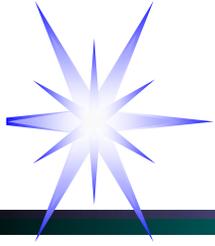
Miniature Imaging Spacecraft

● 製品／サービス

- 小型EO衛星コンステレーションが高頻度で取得する高分解能画像データからユーザーが求める情報を提供するサービス。
- 2010年4月にNOAAからEO衛星運用ライセンスを取得。
- ユーザーが必要とする情報をデータから自動的に抽出できる「自動解析ソフト」を開発。
- コンステレーションの規模は24機。再帰帰時間は8時間。
 - ⇒ 初号機であるSkySat-1を2013年11月にDneprで打上げ。2号機のSkySat-2は2014年にSoyuz-2で打上げ予定。
 - ✦ 2号機では打上げから利用可能な画像取得に至るまでのチューニングやキャリブレーションに要する時間を大幅に短縮する計画。
 - ✦ これら2機は自社製で、推進系を持たず、その重量は100kg、軌道は高度450kmの太陽同期軌道、設計寿命は6年。
 - ⇒ Skyboxの設計に基づき、推進系を搭載した性能向上版の13機の製造をSpace Systems/Loralが担当。
 - ✦ 内、1機は2014年にDneprで、6機は2015年にMinotaur-Cで打上げ予定。
 - ✦ 同型衛星の大量生産はSkyboxがリソースをかける作業ではないと判断し、地理的に近い衛星大手SS/Lに製造契約を授与。



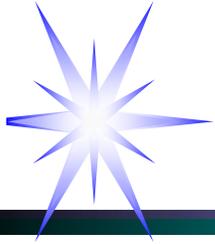
SkySat-1



Skybox Imaging (2)

- 市場／顧客

- 現在の衛星画像需要の大半を占める政府及び軍という枠を超えた幅広い層の顧客に「新鮮」な衛星データを提供し、市場を拡大させたいと考えている。
- 高分解能画像の需要・顧客は現時点ではきわめて限定的である。Skyboxは同社のシステムをITの世界で言う「プラットフォーム」と位置付け、第三者にアプリの開発を奨励する考えである。
 - ⇒ 例：AppleがプラットフォームとしてiPhoneを提供し、そのユーザ向けに様々な会社・個人がアプリを開発し、Appleを通じて提供。
- エネルギー、金融、不動産、農林水産業等の幅広い産業及び個人向けに、Skyboxの情報を生かした様々なアプリが(第三者によって)開発され、利用が拡大する。
- GPSの発展と同様に、衛星画像をユビキタスな存在にすることを目標としている。
- 近年はGoogleが同社買収に興味を示していると度々報じられている。
 - ⇒ 画像データソースの第三者への依存を減らし、Google Earth、Google Mapに自由な観測情報利用を可能とすることが狙いか。



Planet Labs

● 企業概要

- 2010年にWill Marshall, Robbie Schingler, Chris Boshuizenの3名によって設立された非上場地球観測情報サービス事業。
 - ⇨ これら3名全てが元NASA職員。MarshallとBoshuizenの2名はAmes Research Centerにて、PhoneSatの開発・運用を担当。SchinglerはNASA HQにてSpace Technology Programを担当。
- 所在地: San Francisco, CA, USA

● 資金調達

- 2013年に約6500万ドル(約65億円)の資金を調達。
 - ⇨ 1300万ドル Draper Fisher Jurvetson, Capricorn Investment Management, Founders Fund Angel, Innovation Endeavors, Data Collective, First Round Capital, O'Reilly Alpha Tech.
 - ⇨ 5200万ドル Yuri Milner, Industry Ventures, Felicis Ventures, Lux Capital, Ray Rothrock
 - ◇ Yuri MilnerはFacebookやTwitterに対する投資家としても有名。



Dove



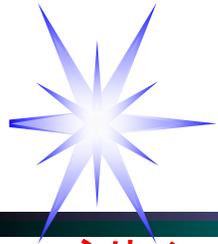
28機のDove

● 製品／サービス

- 3U CubeサイズのDove衛星を計28機のコンステレーションで運用する計画を2013年に発表。観測画像の分解能は3~5m。
 - ⇨ 画像データの利用として最重視しているHumanitarian(人道的活動)には、十分な解像度であると共に、プライバシーへの抵触を回避するためにこの分解能を選択。
- 高度450kmという比較的低い軌道で運用するため各衛星の設計寿命は2年と短い、短いサイクルで教訓や最新技術を次の衛星設計・運用へと活かすことができる利点がある。
- 2013年に2回に分けてDove 1&2と3&4を打ち上げた。2014年1月にはISS補給船CygnusにDove 5~32 (Flock 1~28)を搭載し、同年2月末にはISSからFlockミッション全28機の放出が完了した。
- 2014年3月半ば、同社は、1年後に100機を追加する大規模なコンステレーションの構築を目指すと発表した。
 - ⇨ この規模のコンステレーションは、24時間で全地球を観測する高頻度観測が可能となる。

● 市場／顧客

- 市場は、地球の変化に関する情報を迅速かつ定常的に要求する全てのユーザであり、観測データのユーザ基盤を飛躍的に拡大することを目指している。



Skybox ImagingとPlanet Labsの共通点

● シリコンバレー流の手法を宇宙機開発・宇宙事業開発に導入

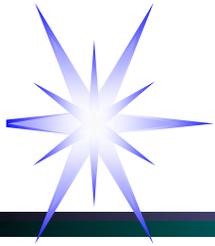
- ▶ NASA或いは大学で小型・超小型衛星部門に在籍していた元職員が創始者。
 - ⇒ 米政府は約10年前に従来の大型衛星を代替するシステムとして小型衛星の開発・利用を検討し始め、2007年には”game-changing capabilities”(従来のやり方を一変させる能力)の開発を目標にNASA Ames Research Centerに小型衛星部門を設立。2013年にはスマートフォンをオンボードコンピュータとして使用するPhoneSatを3機打ち上げており、それらの製造コストは僅か3500~7000ドルと報じられた。
- ▶ 小型・超小型衛星開発にシリコンバレーの手法の一つである”Release Early and Release Often”を導入。
 - ⇒ これは、主にソフトウェア開発で使用される手法であり、開発者とユーザに緊密なフィードバックループを確立することで、ユーザの要求に応えた品質の高い製品の開発を目指すもの。この手法の導入を可能とした二つの要因は：
 - ① 民生用電子部品の急速な成長 — 熱的変化や放射線といった過酷な環境での利用が十分可能な信頼性を持ち、スマートフォンの急増により、モバイルプロセッサや各種センサ等の重要部品が豊富に供給されコストも低減している。例えば、Planet Labsはその衛星にx86プロセッサや無料OSのUbuntuを使用(同衛星で最も高価な部品は望遠鏡)。
 - ② 低コストで革新的なデータベース技術の出現 — FacebookやYahoo等のWebサービス開発者によって開発されているHadoopが好例。例えば、Skyboxでは衛星が取得した画像の処理及び再構築にHadoopの技術を活用している。これら新興企業はGoogleやYahoo等から技術者を引き抜き、本分野の技術開発を進めていると報じられている。

● ビッグデータと新興宇宙企業のベストミックス

- ▶ 小型・超小型衛星を利用すれば、衛星・打上げ・運用を含むミッションコストが大幅に下がる。
- ▶ 数十機を超える数のコンステレーションを組むことで、観測頻度はリアルタイムへと近づき、衛星観測の目標である“The right picture at the right time”を実現できると共に、短いサイクルで取得される地球に関する膨大な量のデータをビッグデータへ活かすことが可能となる。

● ベンチャーキャピタルの資金的サポート

- ▶ Skybox ImagingとPlanet Labsは過去4年で合わせて1億5600万ドルもの資金をベンチャーキャピタルから調達することに成功した。これらの中にはビッグデータとしての観測データ利用に期待している会社も多い。
- ▶ 両社は、従来の一元的なpay-par-imageではなく、顧客の予算や顧客の要求するサービスのレベルによって価格を柔軟に設定する方法を取り入れている。
- ▶ Planet Labsはケースバイケースで、非営利団体やジャーナリストに対し無償でサービスを提供している。この手法は売上にも貢献しており、ベンチャーキャピタルより調達した額を上回る売上を既に計上している模様。



SSTL/DMCii

- 地球観測市場の競争環境の激化が予測される中でSSTL/DMCiiが打った次の手は、単なる観測データの販売ではなく、高分解能衛星のリースという新たなスキーム。
- 2011年、DMCの一部を構成するBeijing-1を運用している中国企業21AT (Twenty First Century Aerospace Technology Ltd.)とDMCiiは、SSTLが開発する分解能1m(PAN)のDMC-3衛星3機のコンステレーションの撮像能力をリースする契約を締結した。
 - ▶ 契約額1億1千万ポンド(1億7千万ドル)は衛星製造・打上げ・保険等を含んでおり、軌道上での性能確認後、7年間にわたり独占的(衛星能力の100%)に衛星を利用できる権利を与えている。
 - ▶ DMC-3の打上げは2014年を予定。SSTLが衛星を製造し、DMCiiがそれらを買取り、21ATにリースするという仕組み。
- 「衛星のリース」と「大量のデータの購入を保証すること」は同じように思えるが、SSTL/DMCiiが抱えるリスクの点からは「衛星のリース」の方が有利。
 - ▶ 従来の地球観測衛星事業では、衛星のデータ販売の売上が計上される以前に、衛星の製造及び打上げの費用負担はもとより、打上げ失敗、搭載機器の不具合、観測データ売上の不調といったリスクも全て負うことになる。
 - ▶ 今回の契約の条件は明らかにされていないが、21ATが契約直後からある程度の支払いを行っていることから、同社が衛星製造・打上げに必要な投資の一部を負担し、打上げ失敗、搭載機器不具合、コスト超過、保険金の変動等のリスクもある程度負っていると考えられる。

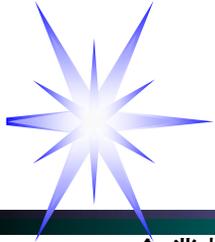
SSTL: Surrey Satellite Technology Limited
DMCii: DMC International Inc.
DMC: Disaster Monitoring Constellation



DMC-3 constellation



DMC-3



Planetary Resources (1)

- 企業概要

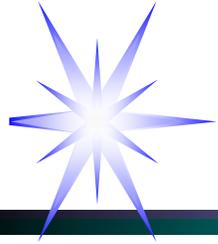
- 2010年にArkyd Astronauticsとして設立され2012年に現在の社名となった、小惑星マイニングを目標とする非上場企業。
- 所在地: Seattle, WA, USA

- オーナー／株主

- 投資額の詳細は不明だが、投資家には以下が名を連ねている。
 - ⇒ Larry Page, Eric Schmidt, K. Ram Shriram, Google, Inc.
 - ⇒ Charles Simonyi, Microsoft
 - ⇒ Ross Perot Jr., Hillwood and The Parot Group
 - ⇒ Rena Shulsky David, Shire Realty
 - ⇒ Raymite Stata, former Yahoo CTO
 - ⇒ John C. Whitehead, former Goldman Sachs GEO
- 2011年にはMulti-functional Optical Subsystem Enabling Laser Communication on Small Satelliteに関する研究開発に対し、NASA STTRから12万5千ドルの助成金を獲得。
- 2013年7月には150万ドルの資金をクラウドファンディングを通じて調達。

- 経営・組織構造

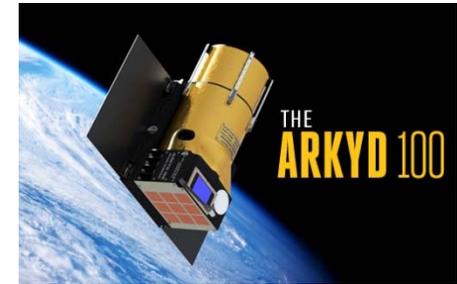
- 従業員数: 約25人
 - ⇒ 元NASA火星ミッションマネージャー、元宇宙飛行士、宇宙機開発エンジニア等をヘッドハンティング。
- 経営陣
 - ⇒ Co-Founder Co-Chairman Eric Anderson
 - ◇ Space Adventures、International Software Corp. 創設者
 - ◇ Romney州知事のSpace Policy Advisory Groupのメンバー
 - ⇒ Co-Founder Co-Chairman Peter Diamandes
 - ◇ X Prize Foundation CEO
 - ◇ Singularity Univ. Executive Chairman
 - ◇ Space Adventures Co-Founder



Planetary Resources (2)

● 製品／サービス

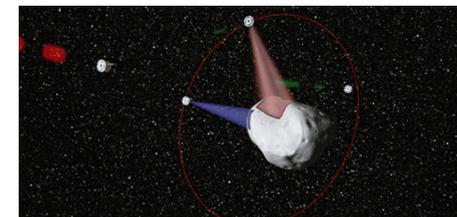
- 小惑星資源探査としては「水」の検知・抽出を最重視している。
 - ⇒ 他には、プラチナ、パラジウム、オスmium、イリジウム等の白金族金属。
- 第一フェーズ
 - ⇒ LEOに約6機の小型望遠鏡Arkyd Series 100(重量20kg)を配備し、氷などの資源含有量の観点から最も有望と思われる小惑星を探す。初号機を2015年に打上げ予定。ミッションコストは数百万ドル。
- 第二フェーズ
 - ⇒ 性能を向上させた望遠鏡Arkyd Series 200を高軌道に複数機打上げ、対象となる小惑星を詳細にマッピングし、資源の鉱脈を特定する。
 - ⇒ 2機をGTOに投入し、編隊飛行させ、小惑星観測すると共に、フライバイミッションを実施する。ミッションコストは3千万ドルを予定。
- 第三フェーズ
 - ⇒ 複数機のArkyd Series 300探査機を小惑星へと打上げ、周回しながら形状、回転、密度、表面／表面下の構成要素に関するデータを収集し、レーザ通信で地球へと送信する。
- 最終フェーズ
 - ⇒ 小惑星の資源・材料の抽出・収集を行い、可能であれば精製し、地球近傍の推進剤貯蔵基地へと輸送する。
- 実現のためにキーとなる技術
 - ⇒ 複数衛星の協調運用、深宇宙における光通信、効率的な超小型推進システム等



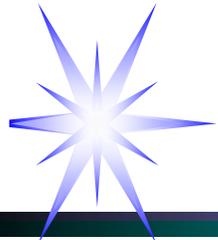
ARKYD 100



ARKYD 200



ARKYD 300



Kickstarterによる資金調達

- 新ビジネスクリエーターの活動のための資金調達を支援するサービス。
- Planetary ResourcesはARKYD 100を「誰でも使える宇宙望遠鏡」と位置付け、100万ドルを目標に後援を募ったところ、2013年7月に150万ドルを達成した。
 - Kickstarterでは、資金提供者への見返りを「PLEDGE(誓約)」として確約する。
 - ⇒ 右表はPLEDGEの内容と後援者数を示したもの。合計数はKickstarterサイトでの発表値と若干異なる。
- Kickstarterの特徴
 - プロジェクトに対して、多数の人が比較的少額の資金提供を行う。
 - 資金提供者への見返りがPLEDGEという形で製品やサービスで提供される。
 - ⇒ 投融資とは異なり金銭的な見返りを前提としない。



資金提供額	PLEDGE	後援者数	資金合計*
\$10~	望遠鏡の製造及び打上げに関する写真、動画、アップデートへのアクセスを提供。	1865	18,650
\$25~	自分の好きなデジタル画像(SELFIE)をARKYDIにアップし、地球を背景とした写真(SPACEL SELFIE)を撮影し、そのデータを贈呈。PLEDGEの順番でSELFIEをアップ。また、いつ自分のSELFIEがアップされるか残り時間(カウントダウン)を見ることも可能。キャンペーン終了後にPLEDGEに対するCertificateを発行。	7208	180,200
\$39~	SPACE SELFIEのデータに加え、4"X6"サイズのプリント2枚(正式であることの証明付)を提供。米国外への SHIPPINGには\$5必要。	1353	52,767
\$65~	SPACE SELFIEをHDモードにて撮影。基本はデータ提供、オプションでプリント可。	2781	180,765
\$99~	ARKYDの観測を5分間使用可能。HD SPACE SELFIEを優先撮影。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	1978	393,622
\$125~	SPACE SELFIEファミリーパック。5枚のSELFIEに対し、SPACE SELFIEのプリントを各2枚提供。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	275	34,375
\$200~	太陽以外の好きな惑星を1つ指定し、それをARKYDIにて撮影したデジタルデータを提供。HD SPACE SELFIEをデータ提供。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	1041	208,200
\$325~	HD SPACE SELFIEファミリーパック。5枚のSELFIEに対し、HD SPACE SELFIEのプリント(11"X17")を各2枚提供。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	62	20,150
\$450~	太陽以外の好きな惑星を3つ指定し、それをARKYDIにて撮影したデジタルデータを提供。HD SPACE SELFIEをデータ提供。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	102	45,900
\$650~	太陽以外の好きな惑星を3つ指定し、それをARKYDIにて撮影したデジタルデータを提供。HD SPACE SELFIEをデータ+プリントを提供。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	35	22,750
\$1000~	衛星工場見学ツアー、四半期毎に発行される冊子、エンジニアリングチームの直筆サイン入りのミッションポスター、HD SPACE SELFIEのデータ+プリントを提供。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	49	49,000
\$1750~	1枚を対象に太陽以外の好きな惑星を10指定し、それをARKYDIにて撮影したデジタルデータを提供。10つのSPACE SELFIEをデータ提供。ARKYDの技術紹介教育用ポスター、エンジニアリングチームの直筆サイン入りのミッションポスターを提供。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	26	45,500
\$2500~	6秒間の動画をARKYDIにアップ。エンジニアリングチームの直筆サイン入りのミッションポスター、HD SPACE SELFIEのデータ+プリントを提供。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	1	2,500
\$5000~	1枚を対象に、太陽以外の好きな惑星を25指定し、それをARKYDIにて撮影したデジタルデータ、30のSPACE SELFIEデータ、ARKYDの技術紹介教育用ポスター、エンジニアリングチームの直筆サイン入りのミッションポスター、ARKYDの実物大デスクトップモデルを提供。The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	6	30,000
\$5000~	宇宙機公開イベント及び打上げイベントに招待、ARKYDIに氏名をエッチング、ARKYDの実物大デスクトップモデル(エンジニアリングチーム直筆サイン入り)、HD SPACE SELFIEのデータ+プリント、The Planetary Societyの年間メンバーシップを獲得。	10	50,000
\$10000~	1枚を対象に、太陽以外の好きな惑星を25指定し、それをARKYDIにて撮影したデジタルデータ、30のSPACE SELFIEデータ、ARKYDの技術紹介教育用ポスター、エンジニアリングチームの直筆サイン入りのミッションポスター、ARKYDの実物大デスクトップモデルを提供。宇宙機公開イベント及び打上げイベントに招待、ARKYDIに氏名をエッチング、ARKYDの実物大デスクトップモデル(エンジニアリングチーム直筆サイン入り)、HD SPACE SELFIEのデータ+プリント、The Planetary Societyの年間メンバーシップ。ARKYD新たに発見した惑星・天体にあなただの名前を付ける。	27	270,000
計		16819	1,604,379

<https://www.kickstarter.com/projects/arkydforeveryone/arkyd-a-space-telescope-for-everyone-0>