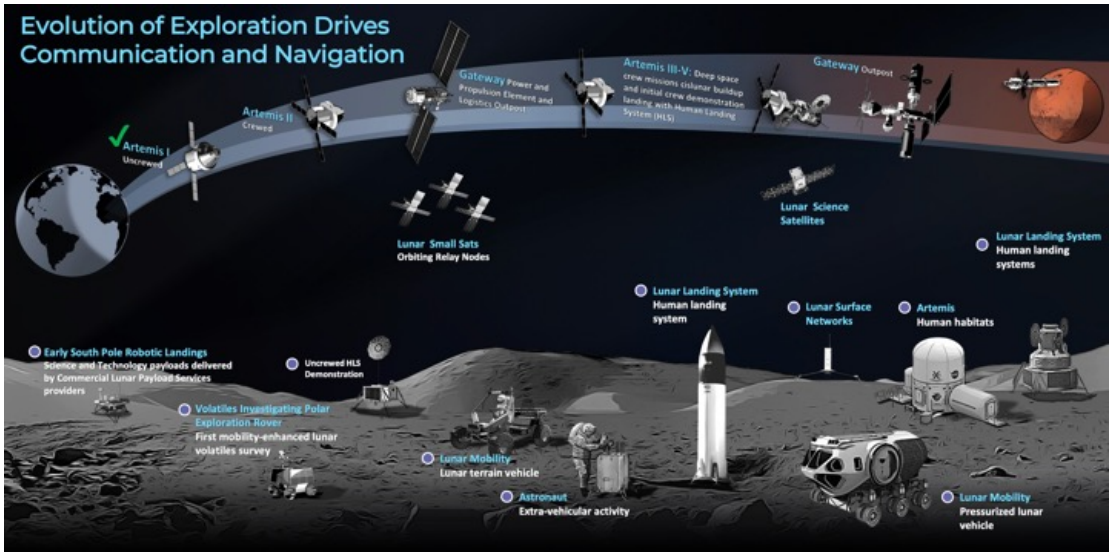
イーロン・マスク と ジェフ・ベゾス

～宇宙開発競争の第2幕～



NASAアルテミス計画での月面探査イメージ（NASA資料より）

2026年 9月

A2A研究所　田代　務

目次

1 イーロン・マスクとジェフ・ベゾス

宇宙新世紀の開拓者 3
イーロン・マスク 4
ジェフ・ベゾス 5

2 LEOコンステレーション

主なLEOコンステレーション 6
OneWeb 7
日本でのOneWebサービス 8
Starlink 9
Starlink将来システム 10
SpaceX宇宙データセンター計画 11
宇宙データセンター計画への懸念 12
Amazon LEO 13
TeraWave衛星網計画 14

3 アルテミス計画

アルテミス計画 15
アルテミスII号 16
アルテミスIII計画 17
アルテミスIV計画 18
アルテミスV計画 19
HLS (Human Landing System） 20

4 世界の大型ロケット

世界の大型ロケット 21
StarshipとNew Glenn 22

宇宙新世紀の開拓者

マスクはウサギ、ベゾスはカメに例えられることも

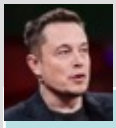
21世紀に入って、ロケットや衛星通信などの宇宙開発は新たな競争の時代を迎えている。
それを先頭で牽引するのは、イーロン・マスクとジェフ・ベゾスの二人である。

マスクは一般には電気自動車テスラモーターズで有名だが、元々、宇宙への関心が高かった。マスクが率いるスペースX社が開発したロケットは長年の開発や闘争を経た後、NASA初の民間ロケットとして採用されることになる。
また、スペースX社は約1万基のLEO衛星を配置して全世界を覆う衛星通信網Starlinkの構築とサービス提供を進めている。更に、スペースX社は2026年の米国株式市場へのIPO（新規株式公開）直前に宇宙データセンター構想を発表した。

一方、ネット通販でスタートしたアマゾン創業者ベゾスは新型ロケットの開発製造を行うブルーオリジン社を設立して、ニューシェパードやニューグレンロケットを開発製造する一方、約3千基のLEO衛星を配置するAmazon LEO計画を進めている。
加えて2026年1月にはLEO衛星5,280基とMEO衛星128基によるTeraWave計画を発表し、早ければ2027年4Qに打上げを開始し、企業や政府機関へのサービス提供を目論んでいる。

この二人の創造的破壊者であるマスクはウサギ、ベゾスはカメに例えられることもあるが、NASA計画への本格参入によって両者の宇宙開発競争は第2幕を迎えている。

マスクとベゾスの年表



イーロン・マスク		
1971	0歳	南アフリカ・プレトリアで出生
1983	12	対戦ゲームソフトを開発し販売
1986	15	母親母国カナダへ単身移住。後に米ペンシルベニア大に入学
1995	24	スタンフォード大学院に進むが2日で退学し、ソフト会社Zipを創業
1999	28	後にPayPalとなる金融会社を設立
2002	31	スペースX社を設立
2004	33	テスラに出資後、会長にファルコン9の初段の回収に成功
2019	48	Starlink衛星打ち上げ開始
2020	49	テスラ株の時価総額がトヨタを抜く
2022	51	Twitterを買収しサービス名をXに
2024	53	トランプを支持し政府効率化省トップになるが、翌年に退任
2026	55	宇宙データセンター構想を発表 スペースXがナスダックに上場



ジェフ・ベゾス		
1964	0歳	米ニューメキシコ州で出生
1986	22	プリンストン大卒。金融IT部門でトレーディング・システム構築
1994	30	インターネット書店を開業 翌年、Amazon.comとしてスタート
1998	34	設立直後のGoogleに25万＄を投資
2000	36	宇宙開発企業ブルーオリジン設立
2013	49	ワシントン・ポストを買収
2018	54	フォーブス世界長者番付で1位に
2019	55	世界12箇所にAWS地球局設置開始
2020	56	FCC, Kuiper衛星計画を認可
2025	61	大型ロケットニューグレン打ち上げ ブルーオリジンは10回目の宇宙旅行ミッションを実施
2026	62	TeraWave計画を発表

マスクとベゾスによる新型ロケットや衛星通信網の開発競争の第2幕が始まっている。

ⓒ A2A Research, 2026

イーロン・マスク

母の影響が大きいようだ

イーロン・マスクの生まれや育ちはやはり常人とは異なっていた。

母のメイ・マスクは31歳で夫のDVから逃れるため離婚。
その後、シングルマザーで三人の子供を育てるためモデルとして必死で働いてきた。

メイが南アフリカ共和国の大学で勉強した栄養学は、カナダ、アメリカと引っ越す度に現地での資格が必要となったため都度、勉強をし直した。

プロとして他人の食生活をカウンセリングする一方で、自身はストレスでジャンクフードを食べ続けたため体重が90キロ以上になったこともあったとか。40代に入ってからは『お腹がすいたときに、体にいいものを適量食べる』ルールを守り続けることで現在の体型に落ち着く。

長男イーロンを含む3人の子供たちには、幼少期に興味を持ったことを尊重して口を出さず、見守り続けたとのこと。その結果、3人とも自分で学び、会社を興し、夢を実現させてゆく。

72歳になったメイはSNSを活用して仕事の幅を広げ続け「今が一番楽しい」と断言する。
「人生は何度でもやり直せる。あきらめずに挑戦し続ければ、必ず幸せになれる」 は
メイ・マスク著「72歳、今日が人生最高の日」 より。

メイ・マスク



左: Wikipediaより
右: 自伝の表紙



メイ・マスクは米国のモデル、栄養士。モデルのキャリアは50年以上に及び、タイムやヴォーグ等の表紙を飾る。

ⓒ A2A Research, 2026

ジェフ・ベゾス

「起業の天才」江副浩正との関係

ジェフ・ベゾスがAmazonを設立しAWSを始める少し前、ベゾスはリクルートを創業した江副浩正と幾らかの関係があった。そのことが、大西康之著「起業の天才」に描かれている。

大学新聞広告社を創業した江副は、暫くして創業まもない米国ベンチャー企業ファイテルを買収するが、そのファイテル社のトップがベゾスだったのである。

1984年、通信自由化により電電公社が民営化されてNTTとなるとともに、通信事業への民間企業参入が可能になった。この時、江副はコンピュータネットの時代到来を予測し、理工系学生を大量採用、ニューヨーク, ロンドン、川崎に設置した巨大計算機間を結ぶ通信網を建設し、金融機関等へのサービスを始めようとした。

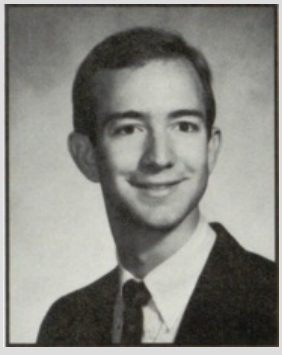
現在とは計算機能力や通信網の規模は桁違いに劣るものの、今やAmazonの収益の柱であるAWS（Amazon Web Service）と同種の構想を30年も前に江副は抱いていた。
各企業が自社内に設置するサーバーを使うのではなく、巨大なデータセンターに設置される共用の計算資源を使用するのである。

その後、江副は戦後最大級の贈収賄（リクルート事件）で失脚してしまうが、江副の起業家精神は現在のリクルート社や同社からのスピンアウト社員に脈々と引き継がれている。

江副浩正とジェフ・ベゾス



写真: Wikipediaより





江副はAWSの原型とも言える計算機間を結ぶ通信網を30年も前に構想していた。

ⓒ A2A Research, 2026

主なLEOコンステレーション

地上ユーザ局との間はKu帯やKa帯を使用する

2026年現在、大規模なLEOコンステレーションを用いて多数の小型地球局に高速インターネット接続や各種データ伝送を提供中、あるいは提供予定の主なシステムにはStarlink, OneWeb, Amazon LEOがある。

これらのシステムはGW局と衛星間リンク（フィーダリンク）には全てKa帯を使用する一方、ユーザ局と衛星間リンク（ユーザリンク）にはStarlinkとOneWebがKu帯、Amazon LEOがKa帯を使用する。

Starlinkは合計1万余基のLEO衛星を高度340km～570kmの傾斜軌道面上に配置して中国等の一部地域を除く全世界で、合計1千万超の個人や法人ユーザに高速インターネット接続等のサービスを提供している。

OneWebは地上高1200kmの12の極軌道面に配置した約650基のLEO衛星を用いて、政府機関や法人むけにデータ伝送サービスを提供している。

Amazon LEOは当初、海王星軌道外側にある小惑星密集領域（カイパーベルト）に由来するProject Kuiperとしていたが、その後、改名され2028年迄に約3千基全数の配置を目指して目下打ち上げが進行中であり、限定的なサービスを近く開始するとしている。

Starlink, OneWeb, Amazon LEOの比較

	Starlink	OneWeb	Amazon LEO
運用者	SpaceX	Eutelsat	Amazon
運用中衛星数 (2026央現在)	約 10千	約650	約4百 (2026.8現在)
計画数	42千基	追加検討中	3,236基
軌道高度	340～570km	1,200km	590～630km
フィーダリンク	Ka帯	Ka帯	Ka帯
ユーザリンク	Ku帯	Ku帯	Ka帯
衛星間リンク	有	無	有
対象ユーザ	個人、法人、政府	法人・政府機関	個人、法人
サービス	提供中	提供中	2026年内開始予定

1万余基を配置し1千万以上のユーザにサービス提供中のStarlinkが大きく先行している。

ⓒ A2A Research, 2026

OneWeb

2024年末より、主に企業や政府機関等に商用サービスを提供

現在はEutelsat傘下となった旧OneWeb社が2020年より地上高1200kmの極軌道に配置を進めてきたLEOコンステレーションである。

主に、ロシアの打ち上げ機を使用して打ち上げてきたが、ウクライナ戦争などの影響を受け、一時、打ち上げが中断された。
その後、米SpaceXや印ISROのロケットにて打ち上げが再開され、2024年末から日本を含む世界全域で、主に企業や政府機関にEutelsat OneWebデータ通信サービスを提供している。

使用周波数帯はサービスリンク（ユーザ局ー衛星間）にKu帯、フィーダーリンク（ハブ局ー衛星間）にKa帯を使用する。このうち、サービスリンクの周波数範囲は次である。
・サービスリンク周波数範囲：　上り 14.0-14.5GHz,　下り 10.7-12.7GHz

衛星が赤道付近に到来した際には、無線通信規則に従って静止衛星網への混信を回避するため、ビーム放射の停止（赤道上空 ±3°　以下の場合）、あるいはビーム放射方向を軌道上位置に応じて段階的に変化させるProgressive Pitchと呼ぶ独自技術を適用している。

衛星間リンクを有しないため、GW局の設置がない大洋上などではサービスが利用できない。
日本ではソフトバンクがOneWebサービスを提供している。

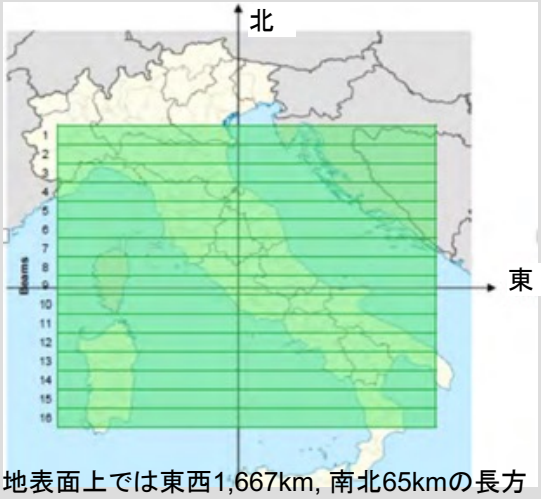
OneWeb衛星

総務省　衛星通信システム委員会資料より

【コンステレーションイメージ　】



【サービスリンクのビームパターン】



地表面上では東西1,667km, 南北65kmの長方形エリアを照射域とするビーム16個を有する。

赤道付近ではビーム放射軸を傾けることでGEO衛星への混信を回避する。

ⓒ A2A Research, 2026

日本でのOneWebサービス

2024年末より、主に企業や政府機関等に商用サービスを提供

ソフトバンクは”Eutelsat’s OneWeb LEO constellation” の名称で主に次のようなユースケースでの通信利用を勧奨している。
・災害時に備えた重要拠点の通信回線確保
・取材現場からの迅速かつ低遅延な報道を実現
・建設現場で建機の自動操縦を可能に

サービスプランには次の4つがある。
・陸上固定設置プラン
・陸上可搬プラン
・陸上移動プラン
・海上プラン

各プランでは月額利用可能容量と帯域確保条件（ベストエフォートor帯域確保）を選択できる。例えば、陸上固定設置の場合、ベストエフォート型では月額利用可能容量は100GB/500GBから選択するが、帯域確保型では利用可能容量に制限はない。

通信可能範囲は日本の領土領海並びにEEZ（排他的経済水域）としている。

OneWeb衛星向けアンテナ

Softbank社サイトより

【陸上可搬/陸上移動/海上向け】

Kymeta u8（Kymeta社）

895 x 895 x 140 mm



【陸上固定/陸上可搬向け】

Foldsat LEO（Inster社）

855 x 374 x 57 mm



陸上や海上での高速通信向けに幾つかの平面型アンテナが利用できる。

ⓒ A2A Research, 2026

Starlinkシステム

初期衛星の数倍以上の重量で通信容量を拡充した第2世代衛星の配置が進む

Space X社が進めるLEOコンステレーションStarinkは、当初は地上高500～550kmの傾斜軌道上に配置し、2021年頃から日本を含む世界全域でサービスを提供している。
その後も、地上高が約300kmから約1200kmまでのLEO軌道にFalcon9ロケットを月に2-3回のペースで打ち上げ、2026年6月時点での軌道上衛星数は約10千基に達している。

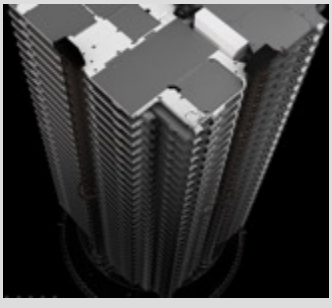
使用周波数帯はサービスリンク（ユーザ局ー衛星間）にKu帯、フィーダーリンク（ハブ局ー衛星間）にKa帯を使用する。このうち、サービスリンクの周波数範囲は次である。
・サービスリンク周波数範囲：　上り 14.0-14.5GHz,　下り 10.7-12.7GHz

初期衛星（第1世代）に比べて通信容量の大幅拡大を図ったV2 Mini等の衛星は、Starlink第2世代衛星と呼称され、その一部の衛星（最大840基まで）では、各国MNOの地上携帯網が使用する2GHz帯の周波数をサービスリンクで使用できるようにしている。

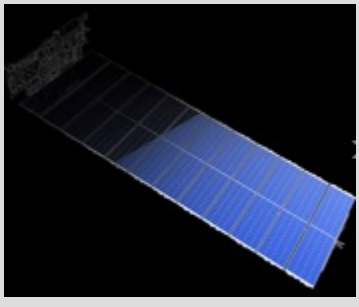
日本ではau, ドコモ, ソフトバンクが地上携帯網に使用している上り:1920-1980MHz, 下り:2110-2170MHzにて、地上網のサービスエリア外ではStarlink衛星回線経由とするD2C（Direct-to-Cell）方式でのSMSや緊急時通信（SOS）を提供している。
D2C機能を有するスマホ機種は増加中であり、KDDIでは2026.7月時点で約90機種とのこと。

Space XのStarlink

Starlink サイトより



板状の機体が約60個積み重ねられて、ロケット先端に収容される。
各々はphased arrayアンテナや全電子化によって薄くなっている。



折り畳まれた太陽電池パネルは本体片側の1枚が展開。
クリプトンガスを燃料とするホールスラスタで軌道位置を制御。
スペースデブリを見つけ追跡するOptical Trackerも搭載する。



極軌道と傾斜軌道上に数千の衛星を配置する。

パネルからの反射光による天文観測への支障軽減のため、サンバイザー取り付けを実験している。

Starlinkでは新技術の開発・実験を通じて、多くの難題を解決しようとしている。

ⓒ A2A Research, 2026

Starlink将来システム

2026年にSpaceXは第3世代衛星を最大10万基まで打ち上げる計画を発表

2026年1月、米国連邦通信委員会（FCC）は、Space X社が申請していた第2世代Starlink衛星の追加打ち上げにより総計15千基の衛星コンステレーションとする計画を承認した。

また、SpaceXはその僅か半年後の2026年7月、最大10万基の第3世代Starlink衛星構成に関する認可申請をFCCに提出した。ここでは1基あたり最大1テラbit/sの通信容量を持つ衛星群の打ち上げを2026年内に開始するとしている。

これら衛星はドライマス（燃料や消耗品を除いた正味機体重量）が2から2.5トンと大型のため、打ち上げロケットには100トンの積荷積載容量を有する新型Starshipを利用すると見られる。

衛星増加の主たる理由は、電子ビームステアリングアンテナや、Ka帯、V帯、E帯に加え、新たに申請する92～275GHzのW帯（及びD帯）を含んだ多数の中継器等の搭載によるものと見られる。

衛星高度は約325km 及び 約475kmという比較的低いLEO衛星軌道上であり、各衛星での同時送信ビーム数は2048に達するとのこと。
多数の周波数帯と多数ビームを用いることで、1基あたりの最大通信容量は上り160Gbit/s, 下り1Tbit/sとV2衛星の22倍（上り）/10倍（下り）になるとしている。

Starlink 第3世代衛星システム諸元

下表：FCCに申請中資料より



上： 第3世代衛星外観イメージ
下： 衛星間及び地上との光リンクイメージ
SpaceX社サイトより



衛星数	最大 約 10万基
打上開始予定	2026年
軌道高度	325km, 475km
使用周波数帯（UL/DL）	Ku: 13.75-15.6 / 10.7-13.4GHz Ka：21.4-31.0 / 17.3-21.2GHz V：45.5-52.4 / 37.5-42.5GHz E：77.0-86.0 / 67.0-76.0GHz W：92-110 / GHz D: 111-275/ 122-275GHz
下り通信容量	最大1Tbit/s （V2の10倍）
上り通信容量	最大160Gbit/s （V2の22倍）
同時ビーム数	2048 ビーム（V2衛星では下り192/上り144ビーム）

Starlink第3世代衛星では使用周波数帯や同時通信ビーム数を大幅に拡充する。

ⓒ A2A Research, 2026

SpaceXの宇宙データセンター構想

太陽同期軌道上に巨大ソーラーパネルを持つ衛星を最大100万基配置

SpaceXは2026年1月、米国FCCにLEO軌道上に最大百万基の衛星を配置して、宇宙データセンターシステム（Orbital Data Center System)を建設する計画を申請した。

当該衛星は高度500kmから2000km、軌道傾斜角30° 及び常時太陽が照らす太陽同期軌道上にて同一シェルでは50km間隔に配置される。光ISL（Inter Satellite Link）を当該システム内の衛星間に加え、Starlink 第1世代及び第2世代衛星システムとの間にも設定する。

2026年3月には当該システム向け衛星であるAI Sat Miniと、その打上げロケットStarship V3を発表。また、8月には宇宙データセンター構想名称をStarmindと名付け、第1世代衛星AI1にNVIDIA製のRubin GPUとVera CPUを採用すること、更にルイジアナ州に巨大なStarship打上げ施設を建設すると相次いで発表した。

打ち上げロケットStarship V3の全長は124mと大きいが、AI Sat Mini衛星は太陽電池パネルを展開するとその全長はStarship V3ロケットより約50%大きい170mに達する。
衛星1基あたり供給電力は当初100kWだが、将来はその10倍の1メガワットを目指している。

また、毎年100ギガワットの供給能力を追加していくことで、（10年後には、100万基の衛星全体で） 1テラワットという途方もない電力を衛星上のAI計算機に供給するとしている。

Starship V3ロケットとAI Sat Mini衛星

Spacenews記事より https://spacenews.com/spacex-offers-details-on-orbital-data-center-satellites/



AI Sat Mini衛星のソーラーパネルの横幅は50階建物高に匹敵する170mに達する。

ⓒ A2A Research, 2026

宇宙データセンター計画への反対意見

多数の批判や否定的意見が相次いで表明されている

SpaceXの宇宙データセンター建設計画は、地上でのデータセンター建設が次のような理由から年々、困難となっている背景がある。
電力価格が高騰に加え、大容量電力の引き込みが難しくなっていること、冷却用インフラ建設やデータセンター設置に適した土地選定も難しさを増していること。

太陽同期軌道上の衛星であれば、24時間、大気の影響を受けず発電できる利点のほか、懸念されている真空中での放熱問題解決策もあるとのこと。しかし、毎年100ギガワットのAI計算能力増加には、毎年、百万トンの衛星打上げ継続が必要との計画である。
因みに10年後の1テラワットという電力は現在の米国全体で供給可能な電力に相当する。

この計画はSpaceX単独のプロジェクトではなく、最近、同社が買収したx AIとの共同プロジェクトとも見られている。衛星に搭載されるAI処理向けチップの製造はTesla、SpaceX、xAIのJVであるTERAFABが担うとのこと。

しかし、この計画には多数の著名人から次のような強い批判や否定的意見が表明されている。
・データセンターでの電力はそれほど大きな問題ではない。新空中での冷却は簡単でない。
・装置故障や更新にはエンジニアを宇宙に送る必要がある。
・宇宙ゴミ(スペースデブリ)の発生確率を莫大に高める等々。

宇宙データセンターに反対する主な理由

莫大な運用コスト
・宇宙空間でのDC維持コストは地上の約5倍(グーグル)
・GPU等の半導体は数年で陳腐化

宇宙環境での装置の物理的限界
・空気での熱対流がない真空中ではサーバー冷却の難度が高い。
・宇宙線被曝によるAI半導体の誤作動防止は容易でない。

宇宙ゴミの増大リスク
・宇宙ゴミの連鎖衝突(ケスラー・シンドローム)を招く恐れ
・天体観測への悪影響(天文学者)

地上展開で十分な経済合理性
・DC総コストのうち、電気代の割合は僅かであり、地上展開が重要(SB孫会長)

ケスラー・シンドロームの発生確率を著しく高める恐れなど1企業の運営成否に留まらない深刻な問題を内在している。

ⓒ A2A Research, 2026

Amazon LEO

2026年内に限定的なサービスを開始予定

Amazonは高度590km/傾斜角33° 610km/42° 630km/52° の計98軌道面に総計 約3230基のLEO衛星配置を進めている。

使用周波数帯はサービスリンク（ユーザ局ー衛星間）とフィーダーリンク（ハブ局ー衛星間）ともに次のようなKa帯を使用する。
・サービスリンク：上り 28.35-29.1GHz/29.5-30.0GHz
　　下り 17.7-18.6GHz/18.8-19.4GHz/19.7-20.2GHz
・フィーダリンク：上り 27.5-30.0GHz
　　下り 17.7-18.6GHz/18.8-20.2GHz

サービスリンクにもKa帯を使用するため。ユーザ局アンテナはKu帯のそれに比べて小型化でき、A4版サイズの平面アンテナが試作されている。

Ka帯では一般的に降雨時の電波減衰が懸念されるが、ユーザ局の最小仰角を35° に設計しているため大きな問題にはならないだろう。

日本ではNTTドコモ/がサービスを提供するものと見られる。

Amazon LEOシステム

総務省資料を元に作成

【コンステレーションイメージ 】



【システム構成】



【最小仰角】 ユーザ局：35° GW局: 20°

サービスリンクでは上下リンクともKa帯を使用する。地上の低仰角では降雨時に大きな電波減衰を生じるが、ユーザ局の最小仰角は35° と高いので問題にならないだろう。

ⓒ A2A Research, 2026

TeraWave 衛星網計画

5千基余りのLEO衛星と百基あまりのMEO衛星で構成

2026年1月、AmazonはTeraWaveと称する新たな衛星コンステレーション計画を米国FCC（連邦通信委員会）に申請した。

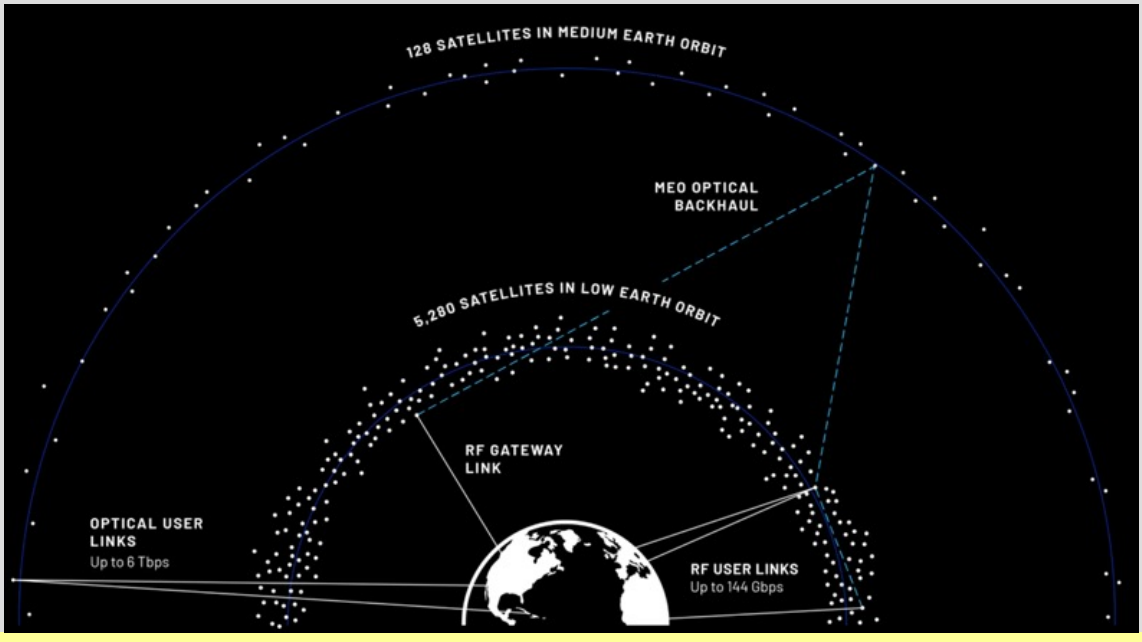
TeraWaveはLEO衛星5,280基とMEO衛星128基で構成され、早ければ2027年4Qから打ち上げを開始し、企業や政府機関へのサービス提供を見込んでいる。

TeraWaveでは地上ユーザ局とのサービスリンクにはQ帯及びV帯（上り47-52GHz/下り37-42GHz）、ゲートウェイ局とのフィーダリンクにはE帯（上り81-86GHz7/下り71-76GHz）の電波を使用する。また、これらの電波に加え光通信を衛星間リンク（ISL）や、衛星と地上ユーザ局間（サービスリンク）にも使用する。

Amazon LEOが主に多数のコンシューマ向けであるのに対して、TeraWaveは最大10万の企業、データセンター、政府機関向けであり、ユーザ局での伝送速度は無線の場合に最大144Gbps, 光伝送では最大6T bpsの超高速となる。

また、2026年4月、AmazonはGlobalstarを買収する合併契約を締結したと発表した。
同衛星の周波数帯域（上り:1.6GHz帯、下り:2.4GHz帯）の取得により、Amazon LEOの将来サービスにスマートフォン等とのD2Dサービスを追加する意図があるものと見られている。

TeraWave衛星網　Blue Origin社サイトより



企業や政府機関等に、無線に加え光通信による超高速データ通信を提供する。

ⓒ A2A Research, 2026

米国アルテミス計画

NASAはアポロ計画実施の経験を踏まえ、宇宙開発の次のステップを目論む

2019年5月、米国航空宇宙局（NASA: National Aeronautics and Space Administration）は、新たな有人宇宙飛行計画（アルテミス計画）を発表した。アルテミスはギリシア神話に登場する月の女神であり、アポロ計画の由来となった太陽神アポロンとは双子の関係にある。

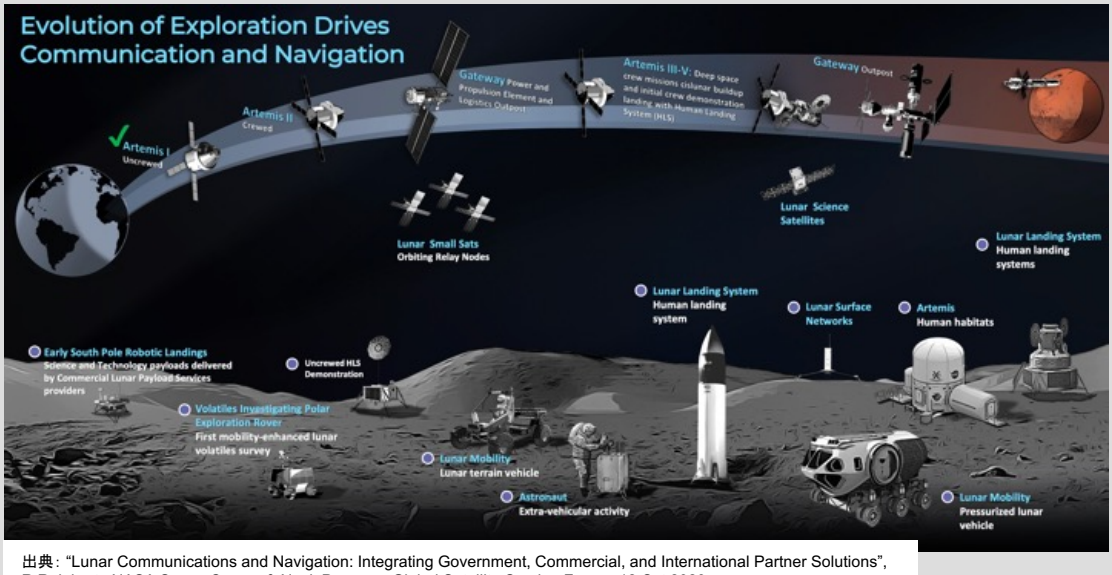
2021年4月にNASAは月着陸船の開発・運用にスペースXを選定する。
2022年11月には無人のアルテミス1号をNASA開発のSLS（Space Launch System）により打ち上げた。SLSはスペースシャトルから派生した大型打ち上げロケットである。

当初計画では2024年までに、「最初の女性と、次の男性を」月の南極付近に着陸する目標だったが、その後、新型宇宙船開発に遅れが生じたため計画は大幅に遅延している。

2026年4月に4名の宇宙飛行士が登場するアルテミスII号が打ち上げられ、月の外側を回った後、9日後に無事、地球洋上に着水した。宇宙飛行士による月面着陸と月面活動はアルテミスIII号での各種模擬実験の結果を踏まえたアルテミスIV号となる見込みである。

アルテミス計画の遂行には各種観測機器やロボットの配備など多数のミッションが必要であるため、計画にはNASAとNASA契約の米国民間会社のほか、日本の宇宙航空研究開発機構（JAXA）、欧州宇宙機関（ESA）、カナダ宇宙庁（CSA）などがパートナー参加している。

アルテミス計画のビジョン



出典：“Lunar Communications and Navigation: Integrating Government, Commercial, and International Partner Solutions”, R.Reinhart, NASA Space Comm. & Navi. Program, Global Satellite Serving Forum, 12 Oct 2023

月面調査や各種産業応用、更には火星探査に向けた基地の役割が期待される。

ⓒ A2A Research, 2026

アルテミスII号

アルテミス計画での最初の有人飛行

4名の宇宙飛行士が搭乗したアルテミスII号は2026年4月1日にSLS ロケットにより打ち上げ後、先端部に取り付けた月宇宙船Orionが月の外側を回った後、9日間に無事、地球に帰還した。地球対流圏突入前にはOrionのSM（機械船）を切り離し、宇宙飛行士が乗るCM（指令船）のみが地球に着水した。

アルテミスII号では月の自由帰還軌道(Free-return trajectory)を用いることで、人類史上最も遠方の宇宙まで到達することになった。
当該ミッションは、Orion宇宙船にとって初の有人ミッションであったが、地球LEO軌道以遠の航行でも1972年のアポロ17号以来となる初の有人ミッションだった。

ここでは、月面着陸する後継ミッションに向けて各種航行試験を行うのが主たる目的だった。加えて、将来の深宇宙探査で重要な乗組員の健康状態を計測するため、個々の宇宙飛行士の臓器を模倣できるAVATARというペイロードが搭載された他、小型の光通信システムを用いて地上との間で最大260Mbpsでのデータ送信を行った。

宇宙飛行士4名のうち3名は米国、1名はカナダ人であり、米国人のうち1名は女性である。Gloverは有色人種初、Kochは女性初、カナダ人のHansenは米国以外初の宇宙飛行士となった。

アルテミスII号



【搭乗した宇宙飛行士】 NASAサイトより

左から J.Hansen ミッションスペシャリスト
V.Glover パイロット
R.Wiseman 船長
C.Koch ミッションスペシャリスト

【アルテミスII号の軌道】
YouTube,「Artemis Quarterly Update」より

①～④ SLSによる打ち上げ
⑥ 上段ロケット切り離し
⑪ 月接近
⑬ 着陸船切り離し



2026年4月、4名の宇宙飛行士は月の外側を巡った後、打ち上げ9日後に無事帰還した

ⓒ A2A Research, 2026

アルテミスIII計画

アルテミスIVでの月面着陸に備える重要システムの実験を行う

アルテミスIII計画ではアルテミスIVで開始される月面着陸に備えた重要システムの性能や機能を地球のLEO軌道上で実験する予定である。

アルテミスIII号は計画当初、有人月面着陸を目指していたが後に計画が見直され、地球LEO軌道上での月着陸船とのドッキングや月面着陸に備えた技術検証を行うことになった。
月着陸船にはSpaceX製あるいはBlue Origin製のいずれか、あるいは両方に対する試験が行われるようだ。

このミッションでは、SLS（Space Launch System）ロケットが4名の宇宙飛行士が搭乗するOrion宇宙船をフロリダのNASA宇宙センターから打ち上げる。
その後、Orion宇宙船は別に打ち上げられている月着陸船と地球LEO軌道上にてドッキングする計画であり、このための各種地上試験が実施されている。

打ち上げ目標が2027年夏となったアルテミス III号のSLSロケットでは2個のブースターを使用する。下の写真はそのうちの1個のブースターであり、写真両脇は、搭乗予定の4名のうち2名の宇宙飛行士である。（2026.7.10撮影）

アルテミスIII号打ち上げロケットのブースター



第1段ロケット用エンジン **RS25**
合計4個搭載される再利用可能なエンジンであり、30年以上に亘り百以上のミッションに使用実績あり



2027年に打ち上げ予定のアルテミスIII号はIV号での月面着陸に備えた実験を行う予定。

ⓒ A2A Research, 2026

アルテミスIV計画

半世紀ぶりに有人での月面着陸を目指す

アルテミスIVは、NASAが有人での月面着陸を目指すミッションであり、2028年初頭の打ち上げを計画している。

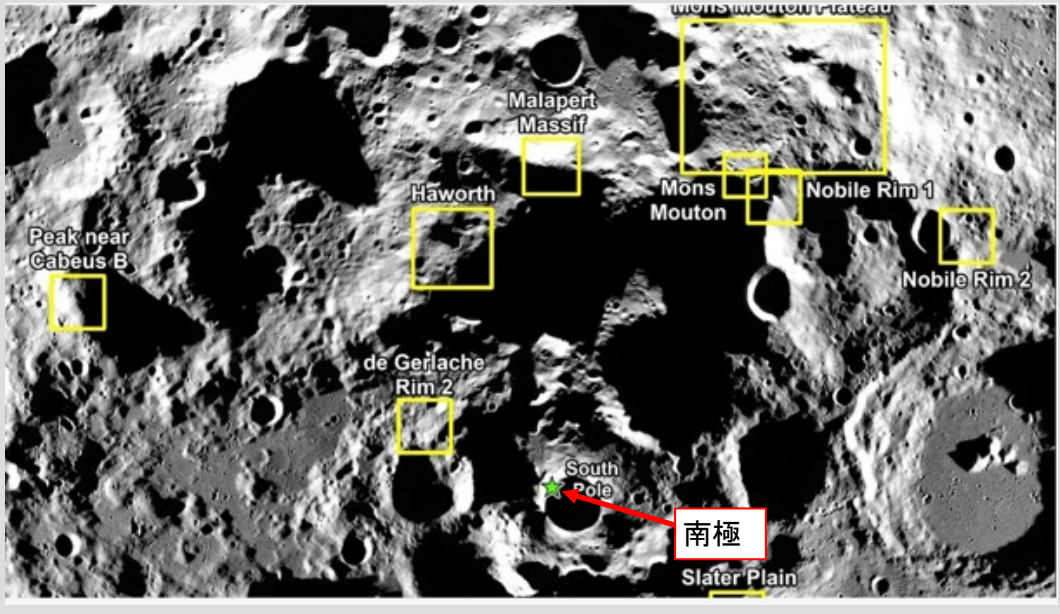
アルテミスIVでは4名の宇宙飛行士を乗せたOrion宇宙船が、先に打ち上げられた月着陸船と地球LEO軌道上でドッキングした後に月に向かう。
その後、月周回軌道上にてOrion宇宙船から2名の宇宙飛行士が月着陸船に乗り移った後、月着陸船は月面に着陸する。この着陸船としてSpaceXのStarship HLS(Human Landing System)あるいはBlue OriginのBlue Moonのいずれかが使用される。

着陸地点は水資源の取得等で南極付近が望まれるが、急峻な地形等で難度が高いようだ。

現在、アルテミスIV向けSLS (Space Launch System)ロケットの標準化作業を行なっており、特に、第2段ロケットの極低温システムをアルテミスI, II, IIIで使用のものから変更するようだ。加えて、第2段ロケット上部に結合する予定だったEUS(Exploration Upper Stage)とML2 (Mobile Launcher 2)も開発が大幅遅延したため2026年3月にキャンセルされている。

なお、これに続くアルテミスVでは年に1回のペースで月面作業ミッション用ロケットを打ち上げて月面基地の建設を開始するとしている。

アルテミスIV号での月面着陸地点の候補　NASAサイトより



アルテミスIVは月の南極付近への着陸を目指しているが、急峻な地形のため難度が高い。

ⓒ A2A Research, 2026

アルテミスV計画

2名の宇宙飛行士を最長30日間、月面に滞在

2030年頃予定のアルテミスV計画では2名の宇宙飛行士を最長30日間、月面に滞在させる。無人での模擬飛行は2027年中としている。この無人飛行実験では、月面着陸から月周回軌道に復帰するまでの宇宙飛行士の生命維持システムの確認を含むアルテミスV計画HLS（Human Landing System）の全ミッションの模擬実験を行う。

HLSは月周回軌道から月面に宇宙飛行士を安全に送り届け、月面活動後、月周回軌道に復帰させるシステムである。月周回軌道上で2名の宇宙飛行士が月着陸船に乗り込み、月面に着陸する。その後、月面でのサンプル収集、科学実験、月面環境の観測等を行った後、月着陸船に乗り込み月周回軌道に復帰する。

アルテミスIII及びIV計画でのHLSでは主にSpaceX社、アルテミスV計画ではBlue Origin社が主たる役割を果たすとみられている。

■ 開発中の月着陸船の主要諸元：
- ・打ち上げ時重量： 45トン以上、高さ16 m
- ・ドライマス： 16トン
- ・ ペイロード搭載容量： 20トン（再利用の場合）、30トン（片道）
- ・ 乗組員： 4人迄

宇宙飛行士による月面作業イメージ　NASAサイトより



2名の宇宙飛行士は月面着陸後、サンプル収集、月面環境観測、科学実験を行う予定。

ⓒ A2A Research, 2026

HLS（Human Landing System）

開発中の月着陸船

NASAの有人着陸システム(HLS: Human Landing System)は、米国民間企業2社（SpaceXとBlue Origin）が参加して、月周回軌道から月面に宇宙飛行士を安全に送り届け、月面活動後、月周回軌道に復帰させるシステムである。

アルテミスIII及びIV計画では主にSpaceX社のStarship HLSが、アルテミスV計画ではBlue Origin社のBlue Moon HLSが主たる役割を果たすことになる。

アルテミスIV計画では、1972年のアポロ17号以来半世紀ぶりとなる宇宙飛行士の月面着陸と月面活動を行う。
NASAのSLS（Space Launch System）ロケット最上部に取り付けたOrion宇宙船は前もって打ち上げた月着陸船と地球LEO軌道上でドッキング後に月に向かい、月周回軌道上でOrion宇宙船搭乗の4名のうち2名が月着陸船に移動し、月着陸船は月面に降下する。

2名の宇宙飛行士は月面でのサンプル収集、科学実験、月面環境の観測等を行った後、月着陸船に戻る。その後、月面から離陸して月周回軌道上のOrion宇宙船にドッキングし復帰する。

月着陸船イメージ　NASAサイトより



左：SpaceXのStarship HLS（アルテミスIII, IV）

右：Blue OriginのBlue Moon HLS（アルテミスV）



アルテミスIII, IVではStarship HLS, アルテミスVではBlue Moon HLSの使用を想定。

ⓒ A2A Research, 2026

世界の大型ロケット

StarshipではLEOへの打ち上げコストを1kgあたり約1万円に低減を見込む

ロケット性能の比較において主要な指標には次の3つがある。ペイロードは最大積載量のこと。
・LEO (低軌道）ペイロード能力
・GTO（静止トランスファー軌道）ペイロード能力
・打ち上げ成功率

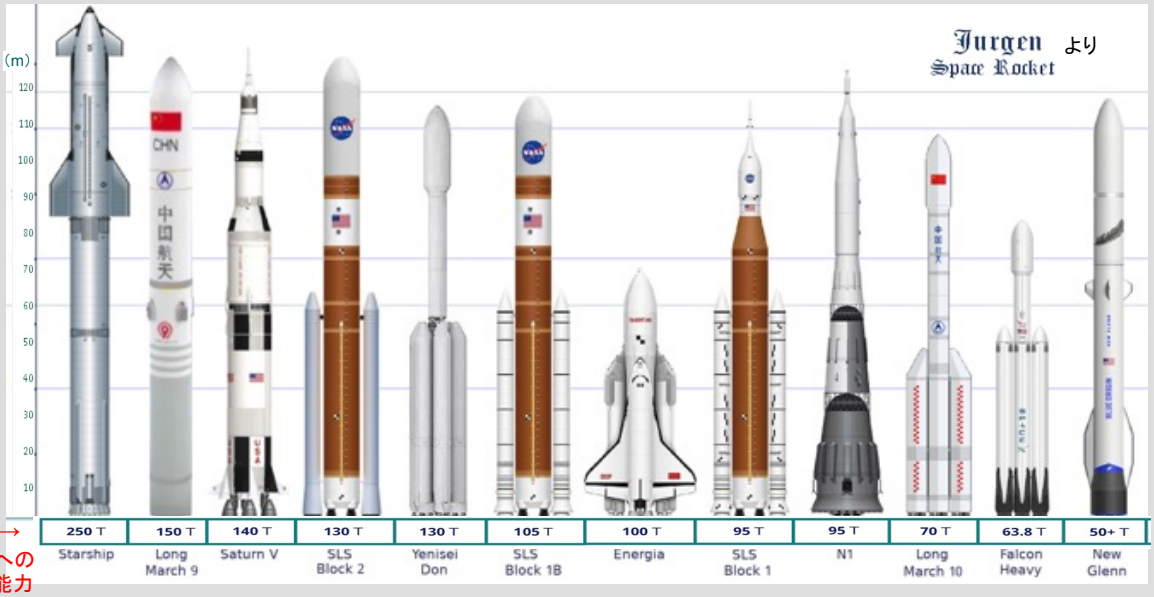
加えて2020年代の宇宙輸送では、大幅なコスト削減に寄与する「再使用」が重要になった。
一方、H3やAriane 6のような使い捨てロケットでも従来から相当なコスト削減が図られている。

ロケットの信頼性を示す指標には打ち上げ成功率がある。
例えば、Falcon 9の99.8%, H-IIAの98.0%は数十年にわたる実績の積み重ねを通じて極めて高い成功率を達成している。ここで成功率99.8%は1千回の打ち上げで失敗は2回のみ、成功率98.0%は百回の打ち上げで失敗が2回のみに相当する。

LEOペイロードでの打ち上げコスト比較は概ね次のようになる。
Falcon 9 (再使用）　打上げ:2千万ドル,　ペイロード: 22,800kg,　kg単価:880ドル
Falcon Heavy（再使用））　打上げ:9.7千万ドル, ペイロード: 63,800kg,　kg単価:1520ドル
Starship(再使用、目標)　打上げ:1千万ドル,　ペイロード: 150,000kg,　kg単価:67ドル
（参考） https://宇宙旅行.com/business/launch-cost-comparison-2026/

大型ロケット比較

LEO軌道へ50トン以上のペイロード運搬可能なロケット



StarshipはLEO軌道上に重量150トンものペイロードを打ち上げ可能である。

ⓒ A2A Research, 2026

StarshipとNew Glenn

StarshipはNew Glennに大きく先行している

アルテミスIII, IV, V計画での打ち上げロケットにはSpaceX社のStarshipとBlue Origin社のNew Glennが使用される。

Starshipは全長121m,直径9mの史上最大の巨大ロケットであり、第1段のSuper Heavyブースターと、第2段のStarship宇宙船で構成される。StarshipのLEOへのペイロード投入能力は150トンと非常に大きい。

New Glennも再利用できるように設計された2段式ロケットであり、ブースターの回収によって打ち上げコストを従来の数分の一程度に抑え、高い頻度での打ち上げを可能にしている。
2025年末に公表したNew Glennの改良機New Glenn 9x4ではBE-3Uエンジン数を第1段、第2段ロケットでそれぞれ7個から9個、2個から4個に増加させることでLEOへのペイロード投入能力を45トンから70トンに増加させている。

しかし、現時点ではこれら巨大ロケットの需要は少ない。
殆どのペイロードはFalcon 9で打ち上げ可能であり、コスト面でも安上がりのようである。

そこで、NASA計画だけでなく、別分野の需要開拓が望まれる。
New Glennでは大きいフェアリングを利用して、Terra WaveのようなAmazon自身のI EO衛星コンステレーション構築のための多数衛星同時打ち上げを探るかもしれない。

Starship と NewGlennの比較

https://宇宙旅行.com/data/rocket-compare/ を元に作成

項目	Starship	New Glenn 9x4
開発者	SpaceX	Blue Origin
全高	121m	98m
直径	9m	7m
段数	2段	2段
第1段ブースター再利用	可能	可能
打上時 重量	5,000トン	1,500トン
LEO投入能力	150トン	70 トン
初飛行	2023年4月	2025年1月
打上回数（成功回数）	7回（3回）	1回（1回）

StarshipとNew Glennはいずれも2段式で、第1段ブースターは再利用可能である。

ⓒ A2A Research, 2026

【著者略歴】

田代　務

KDDにて、衛星通信設備の設計や設備導入、研究開発計画の策定、人材育成、海外事業等に従事。ワシントン事務所長、KDDアメリカ副社長、IP事業企画部部長の後にKDDIを退職し、2003年に同僚と株式会社A2A研究所を設立。2023年の会社解散後も個人事業主として衛星通信やモバイル通信関係の調査や技術支援を行なっている。東大工学部電子工学修士修了。静岡県出身。

主な著書　「どこでもワーク、いつでもラーニング」,「携帯電話の仕組み」,「衛星通信のしくみ」など。
（以上、A2A研究所ウェブサイト　www.a2a.jp にて公開中）

ⓒ A2A Research, 2026