I/O アイオー

7 CONTENTS 2026

I/O 45th Anniversary 45 +4 Since 1976

特集 改めて見直す OSのしくみと最新動向

OSはなぜ必要なのか……34
OSの中で何が起こっているのか……39
Windowsの現在とこれから……44
macOS、Linux、そして、SteamOS……49
1台で複数のOSを使う時代……54
これからOSはどう変わるのか……59

スマホ×衛星通信 ―圏外ゼロ時代は本当に来るのか?―

NTN(非地上系ネットワーク)とは何か……65
日本の衛星通信サービスはどこまで使える?……68
「圏外ゼロ」は実現するのか?……71

電子工作

最近の直流電源器と出力コントロールユニット……10
<100円ガジェット分解>[第88回]ダイソーの「4K対応Type-C-HDMI変換ケーブル」…14
Kyoto Micro Maker Faire 2026……104
<100円ロボット部!>人工音声㊲……118
<こんな「自作」>多関節4足走行ロボットの製作その8……123

ハード・最新技術

<新着!デジタルデバイスニュース>4Kディスプレイ一体型デスクトップPC……2
<用途で見るマイコン>(3)ESP32-IoT向けマイコンの大本命……20
自作半導体の実機レビュー　オリジナル設計のOPAMPを製造・計測・評価してみた!……25
<未来技術>CERN、世界で初めて反物質のトラック輸送に成功……84
PicoCalcで遊んでみよう!液晶画面とキーボードつきのMMBasic搭載マシン……100
第十三回技術書同人誌博覧会 蒲田で技術同人誌の祭典が開催!I/O編集部も参戦!…18
海外カンファレンスの歩き方　⑦FOSSASIA26レポート……87
<その技術、何の役に立つんですか?>技研フリマ……30
<FURUのガジェット>装着感を感じさせないVRグラス他……114

ソフト・AI・ネットワーク

Krita 5.3.1/6.0Beta テキスト機能がより使いやすくなった……4
Ibis Paint ver.14.0.0 バージョンアップデート……7
技術者のためのプレゼンテーション資料 ⑤聞き手に配慮した色選び……90
「Irodori-TTS」で日本語音声を作ってみよう　注目のローカル音声生成AI……94
ビジネスパーソン必携の「NotebookLM」活用法……74
<AIリスク>⑩AIシステムの土台に潜む脅威……92
生成AIの「コンテキスト長」とは……108
<ニュースの深層>サイバーセキュリティの形を変えかねない怪物AI「Claude Mythos」……109
<家庭用ルータ>LANケーブルで通信も電力も伝送……81
OpenSSL 4.0「安全なホームページ」の陰の主役……97

プログラム・数学

アルゴリズム小事典 第7回　カルマンフィルタ……77
共振器-導波路結合[後編]波数表示のフーリエ変換……116
技術者のための会計・税務の話 交際費の話……124

情報/連載

I/O価格改定記念　電子書籍キャンペーンのお知らせ……127
かおもじくん……113
T-chanのアメリカレポート……122
New Products……120
I/Oプラザ……126

表紙・目次イラスト　かづきひぃろ

Krita 5.3.1/6.0Beta

テキスト機能がより使いやすくなった、高機能なオープンソースのペイントソフト

■西村　太一

今回は、高機能なフリーのお絵かきソフト「Krita」のベータ版をご紹介します。

Kritaとは

Kritaは20年以上開発.が続いているフリーウェアです。当初は画像加工ソフトAdobe PhotoshopやGIMPを意識した開発が行われていましたが、2009年に水彩や油彩の表現が得意な人気ペイントソフト「Corel Painter」や、シェアウェアとして人気を博した「ペイントツールSAI」など、イラスト専用ソフトを意識した開発に切り替わりました。そのため、鉛筆、エアブラシなどイラストソフトのように様々な種類のブラシを搭載しています。

Krita 5.3.1と6.0ベータの違い

今回、Kritaは5.3.1と6.0ベータの2つのバージョンが同時に公開されました。

Kritaはマルチプラットフォームを実現するために「Qt（キュート）」のフレームワークを利用して開発されていますが、バージョン5.3.1は従来のフレームワーク（開発基盤）であるQt5で作成されています。そのQt5が2025年5月にサポート終了を迎えたことを受け、バージョン6.0ベータでは、2020年に登場した新しいフレームワーク「Qt6」へと移行し、システムが一新されています。

ベータ版とは

ベータ版とは、安定した「正式版」をリリースする前に、不具合がないかを検証するために公開されている「実験中のバージョン」です。 そのため、お使いのパソコン環境によってはうまく動作しない可能性もあります。「安定してイラストを描きたい」という方は、同時にリリースされた正式版の5.3.1を使いながら、6.0の正式リリースを待つのがおすすめです。

6.0ベータの入手方法

Krita 6.0ベータを試したい方は次の手順で入手できます。

[手順]

[1]公式サイトにアクセス

Krita公式サイト（https://krita.org/jp/）

蒲田で技術同人誌の祭典が開催！ I/O編集部も参戦！

第十三回技術書同人誌博覧会

■FORTEgp05

幅広い技術を取り扱う技術同人誌の即売会「第十三回技術書同人誌博覧会」（技書博13）が2026年05月10日（日）、東京都の大田区産業プラザPiOで開催されました。技書博は初心者にもベテランにも優しく、ゆったりと交流し知識を深められるのが特徴です。I/O編集部も参加してきたイベントの雰囲気をお伝えします。

会場準備

イベントは11時開始なのですが、それに先立って会場の準備が9時から行われていました。なかなか見る機会の少ない会場準備の様子をお伝えします。

空っぽから始まります

■机と椅子、そして電源の準備

まず会場と机と椅子を並べていきます。技書博では1サークルに1つの机と2つの椅子を配布しており、配置図に従いテーブルと椅子を並べていきます。

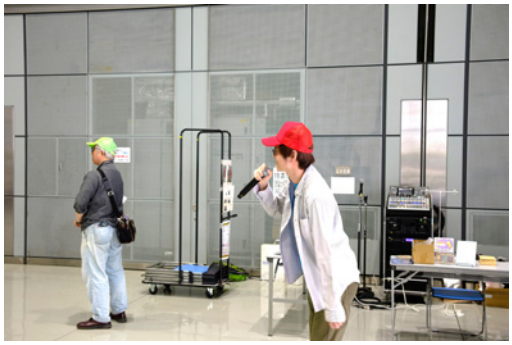
次に電源の準備をします。電源は床下から引き出す必要があり、とても重たい金属製の蓋を開ける必要があるので慎重に作業します。

専用の道具を使って開ける

おおよそ1時間で会場の準備を行い、10時からはサークル入場を開始しました。11時の開幕までにサークルごとにブース設営を行い、いよいよイベント開始の11時を迎えました。

イベント開始!

11時となり、技書博主催の挨拶とともにイベントが始まりました。



即売会では恒例 主催から開始の挨拶

用途で見るマイコンボード

(3)ESP32-IoT向けマイコンの大本命

■田中　正幸

Arduino Unoの次におすすめする、ちょうどいいIoT向けマイコンであるESP32シリーズの紹介になります。

ESP32の概要

上海に本社を置くEspressif Systems社の製品でWi-FiとBluetoothが利用できるマイコンになります。

Arduino Unoなどでマイコンに入門した後によりリッチなアプリケーションや、ネットワークに接続したい場合に最適です。

個人利用のみではなく、ホームIoTやおもちゃの中で利用されていることがあり、世界的なシェアもかなり高いマイコンになります。

内蔵マイクとスピーカーでAIと会話できるｽﾀｯｸﾁｬﾝ

ESP32の特徴

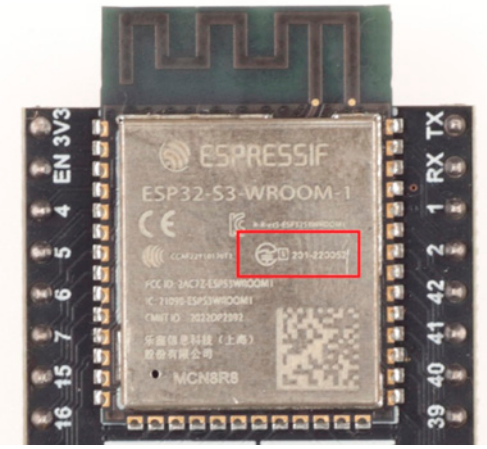
Arduino IDEで開発可能

プロ向けにはESP-IDFという開発環境があるのですが、Arduino IDEでも開発が可能ですのでArduino Unoの次にさわるボードとして違和感なく移行が可能です。

無線利用が可能

Wi-FiやBluetoothを利用するためには、日本の電波法に適合している必要があります。

ESP32はアンテナまで内蔵している製品提供を行っており、技適マークが入っているモジュールを使うことで気軽に無線の利用が可能です。



アンテナ内蔵モジュールと技適マーク

データシートなどが公開され、小売されている

ESP32が登場した約10年前にはデータシートなどの仕様が非公開であることが多く、少数での販売があまりされていない時代となります。特に無線対応しているものは個人では入手性が悪いものが多かったです。

ちょうどいい性能

ESP32は低価格でありながら、バランス良い性能を実現しています。他社ではハードウエアで実現する機能も、ソフトウエア実装を行うことでシンプルなハードウエア構成となり、特定機能のスペックは他のマイコンに負けることも多いですが、トータルバランスがよく、がんばれば性能を使い切れるぐらいのちょうどいい設計となっています。

[特集] 改めて見直すOSのしくみと最新動向

-Windows、Linux、macOS、SteamOS-

PCを使う上で欠かせない縁の下の力持ち「OS」。どれにするかで向いている用途や使えるソフトなどが違ってくることから、OS選びには一家言あるという人も多いです。

しかし、そういった違いはどこから生まれるのでしょうか？そもそもPCが動いているときにOSは何をしているのでしょうか？

本特集では、OSの基本を改めて整理しWindowsやLinux、macOS、SteamOSなども含めて現在の状況を俯瞰。「なんとなく使っている」状態から一歩進んだ理解につなげます。また、仮想化やWSLなど、近年のOSの使い方の変化も取り上げ、OSの今を紹介します。

OSはなぜ必要なのか …… 34

OSの中で何が起こっているのか …… 39

Windowsの現在とこれから …… 44

macOS、Linux、そして、SteamOS …… 49

1台で複数のOSを使う時代 …… 54

これからOSはどう変わるのか …… 59

OSはなぜ必要なのか

PCは切り離せない基本ソフト

■本間　一

今やOSとPCは切り離せない関係性がありますが、世界初のコンピュータにはOSはありませんでした。なぜOSが生まれ、必要な存在になったのでしょうか。

OSとは何か

OSの役割

OS（**オーエス**）は、「**Operating System**」の頭文字を取った略語です。

OSはPC（パソコン、パーソナルコンピュータ）を動かすために、基本的に必要なソフトウェアなので、「**基本ソフト**」と呼ぶこともあります。

PCは、**ハード**（**ハードウェア**）と**ソフト**（**ソフトウェア**）から構成されます。ハードは物理的に動作する部分です。ソフトはハードを制御するためのプログラム群です。PCには多くの用途があり、それに応じたソフトも膨大な種類があります。それらのソフトとハードの中間で、橋渡しをするのがOSの役割です。

OSの誕生

ハードを動かすには、特定の電気信号を送る必要があります。ソフトのプログラムは、最終的に0または1を組み合わせた数値を出力します。その数値を電気信号に変換してハードに伝え、ハードはその信号に従って動きます。

しかし、ハードを動かすために、毎回多数の数値を手作業で入力するのでは、多大な時間がかかってしまいます。そこで特定の数値の組み合わせを人間が理解しやすい言葉に置き換え、その言葉を入力することによってハードを動かす仕組みが考案されました。そのような仕組みが発明されて、初期のコンピュータは格段に使いやすくなりました。

ハードを動かすための多くの言葉をまとめたものが**プログラム**です。プログラムを作るためにまとめた言葉の体系を「**プログラミング言語**」と呼びます。

プログラミング言語が開発され、プログラムが短期間に開発できるようになると、多種多様なプログラムが作られました。すると、複数のプログラムから構成されるソフトも激増し、それらのプログラムやソフトを管理するシステムが求められるようになりました。

そのような必然性から生まれたのがOSの概念です。

CUIとGUI

インターフェイスによる分類

OSには、**CUI**（**クイ**）と**GUI**（**グイ**）というインターフェイス（操作画面の形式）による分類があります。

CUIは「**Character User Interface**」の略称で、キャラクター（文字）によるコマンド入力を基本操作とするインターフェイスです。

コマンドとは、特定の機能やプログラムを動作させるための文字列です。あらかじめ定められた書式に従って、文字列を入力してからEnterキーを押すと、そこで指定されたプログラムが動作します。

一方、GUIは「**Graphical User Interface**」の略称で、アイコンなどの画像やウィンドウなどの図形を用いて操作する方式のインターフェイスです。

WindowsやmacOSの主要インターフェイスはGUIであり、主流のOSとして広く使われています。

OSの中で何が起こっているのか

リソース管理の裏側を覗く

■久我　吉史

私たちの生活で欠かせないPCの中では何が起きているのでしょうか。高画質なゲームをプレイしたり、膨大なデータを処理するとき、その背後ではOSが、計算処理を行なうCPU命令のスケジューリングやメモリのページングといった複雑なリソース管理を絶え間なく行っています。これらの裏側を詳らかにしてみましょう。

OSが持つ2つの役割とは?

OSには、根本的な役割が2つあります。①**ハードウェアの抽象化**(HAL:Hardware Abstraction Layerの提供)と②**リソースの調停**です。

OSの上で動くあらゆるアプリケーションは、OSが提供するAPIやシステムコールを経由することで、CPUとの橋渡しをしてくれています。つまり、CPUの命令セットアーキテクチャ(ISA)の違いや、ストレージコントローラなど、様々なベンダーごとの仕様の違いを意識することなく動作するためのハブとなっているわけです。

2020年代になり、PCIe Gen5の超高速SSDや、DDR5メモリ、数千万ポリゴンを処理するGPUなど、ハードウェアの性能が向上しており、これらのリソースをいかに無駄なく・上手く使うかがOSの至上命題となっています。

OSの心臓部であるカーネルには、それぞれ異なる設計思想(アーキテクチャ)があります。

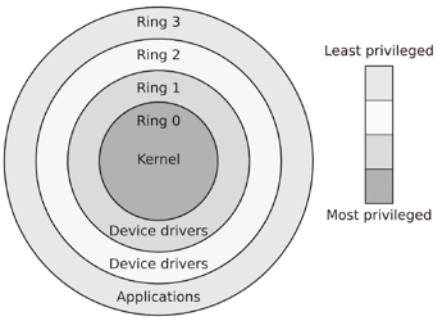
それらの異なるOSが内部のカーネル空間でどのような処理を行っているのか、深堀りして見ていきましょう。

ユーザーモードとカーネルモードの境界線

カーネルを守るために、CPUには「**特権レベル**」(**リング・プロテクション**)という明確な境界線があります。

特権リングとは?

一般的なx86系CPUには、**Ring 0**～**Ring 3**までの4段階の権限が用意されていますが、現在のOSのほとんどは「Ring 0」と「Ring 3」の2つしか使用しません。



特権リングの図
(出典:wikipedia　https://ja.wikipedia.org/wiki/リングプロテクション)

Ring 0(**カーネルモード**):メモリの物理アドレスへのアクセスや、ハードウェア周辺機器の直接制御など、あらゆる命令が実行できる絶対的な権限。OSのカーネルやデバイスドライバがここで動く。

Ring 3(**ユーザーモード**):権限が厳しく制限された領域。ブラウザやゲームなど、一般的なアプリケーションはすべてここで動く。

なぜこのような分離が必要なのでしょうか。

もしアプリケーションが直接メモリやハードウェアを操作できてしまうと、バグのあるアプリが他のアプリのデータを書き換えたり、システム全体をクラッシュさせたりする危険があるからです。OSはユーザーモードの壁を作ることで、システム全体の堅牢性を担保しているというわけです。

Windowsの現在とこれから

ユーザーにとって何が変わる?

■なんやら商会

Windowsの現在地を整理し、現在のWindowsがどのような方向へ進んでいるのか、ユーザーにとって何が変わっているのかを予測します。

Windowsの現在地

Microsoft Windows(以降「Windows」)は、マイクロソフトが開発・販売するオペレーティングシステム(OS)の製品群です。

コマンド入力が中心のMS-DOS(CUI)の代替として開発され、1995年発売の「Windows 95」で人気に火が付き、2000年代以降は世界で最も普及しました。

パソコンのOSとしては、ほとんどの人にとって人生で最初に触れたOSですね。

図1　Windws11パッケージ

2026年現在、パソコン(デスクトップ)市場における「Windows」のシェアは依然として約64%前後(Statcounter 2026年4月データ)と、「macOS」や「Linux」、「ChromeOS」と比較して圧倒的です。

「Windows」他OSとの比較

他OSと比較したWindowsの強み・弱みを**表1**にまとめました。

他OSと比較して「Windows」の強みは、汎用性と過去から積み重ねた多くのソフトウェア資産が使えることにあります。

ゲーミング環境から、Officeに代表されるビジネスアプリケーション(企業向けに開発された業務システムも含む)、昔はMac環境が主流だったクリエイティブ用途も取り込み、多くのアプリケーションが動作させることができます。

そのためコンシューマ用途は無論のことビジネス用途では圧倒的なシェアを取る勝因となっています。

開発環境においても、「WSL」(Windows Subsystem for Linux:Linux用Windowsサブシステム)を公式提供し、「Linux」環境も取り込みつつ、ナンバーワンシェアにより多くの開発経験者を維持しています。

PCゲーム市場においても、「macOS」も「Game Porting Toolkit」などで追い上げていますが、ネイティブタイトル数とハードウェア(自作PC、ポータブル機)の多様性において「Windows」は独走状態です。

今後もこのまま盤石なのか?

しかしながら、スマートフォンを含めた個人用ネットワークデバイス全体で見ると話は異なります。

「Android」が約36%前後、「Windows」が29%前後、「iOS」が18%前後と(Statcounter 2026年4月データ)となり、「Android」の後塵を拝する結果となっています。

macOS、Linux、そして、SteamOS

Windows以外のOSは、なにが違うのか?

■大澤　文孝

PCショップで売られている多くのパソコンには、OSとしてWindowsが搭載されています。

しかしOSは、Windowsだけではありません。

Windows以外のOSは、いったい何が違うのでしょうか?

Apple社が作るmacOS

Windowsパソコンと並んで人気なのが、Apple社の「**Macパソコン**」です。

同社のiPhoneやiPadと似た操作性で扱えるのが特徴です。

「各社が作るPC」と「1社独自のPC」

そもそも私たちがWindowsパソコンとして認識しているパソコンの歴史は、IBM社が販売していた「IBM PC」に遡ります。

IBM社は、ハードウェアの仕様を公開していたため、各社が、その互換機(コンパチブル機)を作ることができました。

いまでも、Windowsパソコンは、富士通やNEC、東芝、HP、DELLなど、さまざまなメーカーが作っているのは、その名残です。

つまりWindowsは、さまざまなメーカーのパソコンで動きます。

それに対して、Macパソコンの発端は、Apple社が発売した「**Macintosh**」に遡ります。

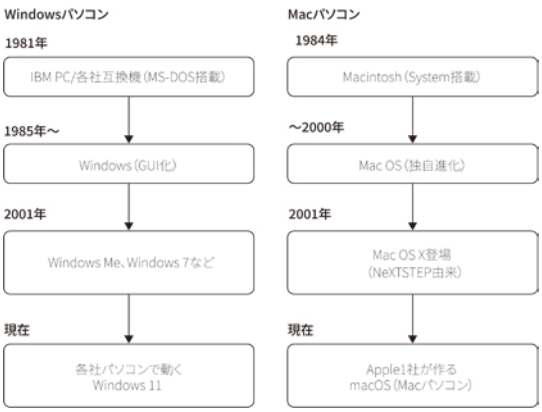


図1　WindowsとmacOS

当時から、グラフィカルな画面で操作できる独自のOS「**System**」(のちに**Mac OS**)が搭載されていました。それが進化して、現在の**macOS**となっています(**図1**)。

Windowsパソコンでは使えない

macOSは、Apple社が、自社のMacパソコンのためだけに設計したOSです。

他社製のパソコンにmacOSを(正規の方法で)インストールすることはできません。また、現行のMacパソコン(Apple Silicon搭載Mac)で、Windowsをそのまま動かすこともできません。

※Parallels Desktopなどの仮想化ソフトウェアを使えば、仮想マシン上でWindowsを動かすことはできます。また、Apple SiliconではなくIntelのCPUを搭載したMacでは、Boot Campという仕組みを使うことで、仮想マシンではなく、直接Windowsを起動できます。

Macパソコン本体にmacOSが組み合わさった、「閉じた一つの体験」が、Apple社が選んだスタイルです。

歴史をたどると、現在のmacOSは、スティーブ・

1台で複数のOSを使う時代

WSL・仮想化・コンテナが変えるPC環境のかたち

■新井　克人

かつてOSを切り替えるには、PCを買い替えるかディスクを切ってデュアルブートをするしかありませんでした。ところが今や、1台のWindows PCの中でLinuxが普通に動き、開発者は手元のノートPC上で本番環境を再現するのが当たり前です。背景にあるのは、仮想化・WSL・コンテナという3つの技術の流れです。

本記事では、OSの使い方がどう変わってきたのかを、その歴史的な背景から最新の姿まで追って解説します。

「共有」と「占有」のコンピューター史

コンピューターの出発点は「共有」

1960年代、コンピューターはまだ部屋ひとつを占有するほど大きく、価格も組織にとって大きな投資が必要な機械でした。

こうした時代のコンピューターは、当然のように「組織で共有する資産」として扱われていました。

具体的にはIBMが提供していたタイムシェアリングシステム、たとえばTSO（Time Sharing Option）といった仕組みを使い、1台の計算機に多人数のユーザーが同時にログインして、それぞれの仕事をこなしていました。

さらに、IBMのVM/370（1972年）のように、1台のメインフレーム（大型汎用コンピューター）上で複数のOSを同時に動かす仮想化技術も、半世紀以上前から実用化されていたのです。

つまり「1台のコンピューターに複数の環境を同居させる」という発想は、決して新しいものではありません。

それどころか、汎用コンピューターが世に出てきた当初からの、ごく当たり前の姿だったのです。

EUCがもたらした「1人1台、1台1OS」

この流れを変えたのが、1980年代に広まった「EUC」（End User Computing：エンドユーザー・コンピューティング）の考え方でした。

EUCを一言で言えば、「中央のコンピューターを共有する利用形態」から「個人が自分の手元に計算機を持つ利用形態」への大きな転換です。

パーソナルコンピュータ（PC）の登場と低価格化により、これまで専門家が中央のマシンを操作して行っていた業務の多くが、エンジニアでもオペレーターでもない普通の人々の机の上のマシンに移っていきました。

個人のマシンで個人の業務が完結する時代になれば、1人のユーザーには1つのOSがあれば十分です。

こうして「1人1台、1台1OS」という形が、私たちの常識として定着していきました。

しかしコンピューターの歴史を俯瞰すると、これは半世紀以上ある計算機の流れの中ではむしろ短い、特殊な一時期だったとも言えるのです。

PCの性能向上と仮想化の民主化

時代は流れ、2020年代の現在、私たちが手にしているPCの性能は、かつてのメインフレームを軽々と凌駕しています。

さらにCPUには仮想化を支援する機能（Intel VT-xやAMD-V）が標準で組み込まれ、複数のOSを並行して動かすコストは劇的に下がりました。

その結果、WindowsでLinuxコマンドが動き、Macで他社製OSが走り、開発者は1台のノートPCで本番環境を再現する。そんな景色が当たり前のものとなっています。

メインフレーム時代の「1台に複数環境」という思想が、PCというかたちで私たちの机の上に蘇ってきたと言えるでしょう。

これからOSはどう変わるのか

AI時代におけるOSのあり方とは?

■Cala Maclir

AI時代をむかえ、OSのあり方が変わろうとしています。私たちはどのような姿勢でOSと向き合うべきかを考えてみました。

AI時代のOSはどうなるのか?

コンピュータを使うとき、私たちは普段あまり「OS」の存在を意識しません。Windows、macOS、Linux、Android、iOSといった名前は知っていても、実際にはアプリを開き、ファイルを保存し、Webを見て、メールを書き、ゲームを起動しているだけです。

しかし、その背後ではOSが常に働いています。CPU、メモリ、ストレージ、ネットワーク、画面、キーボード、マウス、各種センサ、そして近年ではAI処理用のプロセッサまでを管理し、多数のアプリケーションが安全かつ効率的に動くように調整しています。

OSは、コンピュータという複雑な機械を、人間が扱える道具に変えるための基本ソフトです。

さらに開発者にとっては、自分の発想を形にするためのプラットフォームでもあります。

では、AIの進化が著しい現在、これからのOSはどう変わっていくのでしょうか。

その答えを考えるには、まずOSがこれまでどのように変化してきたかを振り返る必要があります。OSの歴史は、単に機能が増えてきた歴史ではありません。コンピュータを取り巻く課題が変わるたびに、OSの役割も変わってきた歴史なのです。

ハードウェアを動かすためのOS

コンピュータの黎明期には、現在のような**汎用的なOS**という考え方はまだ一般的ではありませんでした。

コンピュータは極めて高価で巨大な専用機であり、それぞれの機種ごとに操作方法やプログラムの動かし方が大きく異なっていました。あるコンピュータで苦労して作成したプログラムが、別のコンピュータでもそのまま動くとは限りませんでした。

ハードウェアの構造が違えば、命令の形式も違います。磁気テープやパンチカードなどの入出力装置の扱い方も違います。そのため、別の機械を使うには、プログラムを大きく書き直す必要がありました。

この時代のOS、あるいはそれに類する実行環境の役割は、まず「その機械を動かすこと」でした。ハードウェアを直接制御し、プログラムを読み込み、計算結果を出力する。その特定のコンピュータを使うための専用の操作環境だったのです。

いわば、OSはハードウェアに強く結びついた「**機械ごとの操作装置**」でした。

互換性を高める時代

次に直面した大きな課題が「互換性」です。

コンピュータが企業や大学、研究機関で広く使われるようになると、利用者は同じプログラムやデータを、別の機種でも使いたいと考えるようになります。高価なハードウェアを買い替えるたびに、ソフトウェア資産まで作り直すのでは、あまりにも負担が大きいからです。

この流れを象徴するものの一つが、1964年に発表されたIBMの「System/360」です。System/360は、単なる個別機種の集合ではなく、互換性を持つコンピュータの系列として位置づけられました。コンピュータを一つひとつの機械ではなく、共通のプラットフォームとして考える時代が始まったのです。

この考え方は、現在のOSにもつながっています。OSはハードウェアの違いを吸収し、アプリケー

NTN（非地上系ネットワーク）とは何か

標準化の経緯と通信技術の進化

■瀧本　往人

いよいよ日本でも「スマホ×衛星通信」が実運用段階に入りました。NTN技術の進化と衛星通信の標準化のプロセスや背景を整理してみます。

NTNとは何か

「NTN」は「Non-Terrestrial Network」（**非地上系ネットワーク**）の略号です。

従来の地上基地局を中心とした通信網を、空中、海上、宇宙へと拡張した広域ネットワークを指します。

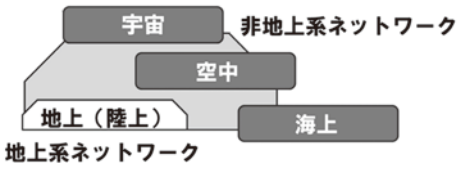
これまで私たちが利用してきた固定電話網や携帯電話網は、基本的に、地上に設置された基地局や光ファイバ網を前提としていました。

一方で、「非地上系ネットワーク」は、衛星や**高高度プラットフォーム**（HAPS）、**海上中継局**など、地上以外の空間に配置された通信拠点を活用するものと、とらえられていました。

つまり、当初は「地上系とは異なる方式」という意味合いが強く、地上網とは別体系の通信インフラとして扱われていたのです。

ところが近年になって、「NTN」は、「地上系ネットワーク」の代替というよりも、「地上系ネットワーク」の一部として統合される方向へと大きく変化してきています。

衛星や「HAPS」を「地上系ネットワーク」に組み込み、陸上、海上、空中、宇宙を立体的につなぐ多層ネットワークとして再定義されつつあるのです。



「地上系」と「非地上系」の融合

これにより、従来の地上網だけではカバーできなかった広域、海上、山間部、災害時などの通信を補完し、通信インフラ全体の強靭化が進んでいます。

NTNの変容

これまで日常的に利用されてきた無線通信は、地上に設置された基地局を中心とする「地上系ネットワーク」に依存していました。

対して衛星通信は、テレビ放送や専用端末による緊急通信など、用途が限定され、コストや遅延の大きさから、一般ユーザーのスマホとは別世界の技術とみなされてきました。

ところが近年、衛星の小型化や大量生産、そして、大量打ち上げによる低コスト化などが進みました。

また、さらに高度数百キロの「**低軌道衛星**」（LEO）が普及したことにより、遅延が大幅に改善されました。

これにより、衛星通信が日常的なモバイル通信の延長として利用できる環境が整いはじめたのです。

加えて、衛星アンテナの高性能化により、地上のスマホのような小型端末に向けて細く強いビームを照射できるようになり、従来の衛星電話のような大型アンテナを必要としなくなりました。

さらに決定的だったのは、国際標準化団体である「3GPP」が、「5G」の発展版である「**5G-Advanced**」のなかに「NTN」を正式にとりこんだことです。

衛星通信を携帯電話ネットワークの一部として扱えるようにしたわけです。

これにより、衛星通信は、「地上系ネットワーク」の補完物ではなく、「地上系ネットワーク」と一体化した通信基盤へと位置づけが変わりました。

当初はデジタル格差の解消や災害時のバックアップを目的としていた「NTN」ですが、現在では物流、農業、海運など広域を移動するIoT機器の通信にも適しており、社会インフラ全体を支える新たな基盤として注目されています。