

IT社会を支える プラットフォームの 技術トレンド



JEITA

Japan Electronics and Information Technology Industries Association

一般社団法人 電子情報技術産業協会

発行にあたって

1940年代の誕生以来、コンピュータシステムはわが国の発展に大いに寄与してきた。研究開発から始まった用途も、今日では国民生活や経済活動を支え、社会の利便性向上などに広がっている。

これに伴い、コンピュータシステムを支える ITプラットフォームも技術が著しく発展した。最近では、迅速な意思決定を支える高性能化の実現、24時間365日ビジネスを継続する高信頼性の追求、複雑化するシステムの効率的な運用/管理を実現するクラウドコンピューティングや仮想化といった分野で、大きな進化が見られる。

本冊子は、ビッグデータや IoT の拡大など、今後ますます発展するコンピュータシステムを支える ITプラットフォームの技術について、市場トレンドや技術トレンドを踏まえて、電子情報技術産業協会会員企業を例として最新技術を紹介する。

本冊子を通じ、皆様の ITプラットフォームの重要性と最新技術の知見を深めていただければ幸甚である。

2014年10月

一般社団法人 電子情報技術産業協会
ITプラットフォーム事業委員会

目次

Part 1

2020年 ITで社会はこう変わる
世界が注目する社会を実現……………3

Part 2

2020年 ITプラットフォームはこう変わる
牽引する三つの技術トレンド……………7

Part 3

日本を支える ITプラットフォーム
キラリと光る最先端技術の数々……………12

2020年 ITで社会はこう変わる 世界が注目する社会を実現

クラウドやモバイル端末などの普及により、人やモノがリアルタイムにつながる社会が出現する。ソーシャルメディアですべての人が互いにつながり、IoTでクルマや社会インフラの状態を把握する。さらに膨大なデータを分析することで新たな知見を得る——。ITによる、こうした“スマートな社会”の実現により、少子高齢化などの課題を乗り越え、日本の新たな成長を築いていく。

東京で再びオリンピックが開催される2020年。それに向けて日本経済も動き出した。

安倍政権が打ち出した経済政策、いわゆるアベノミクスに呼応し、多くの企業が新規ビジネスの創出などに向けた投資を活発化させている。所得アップなどの恩恵を受けた消費者も支出を増やしており、少なくとも2020年までは日本経済に明るい展望が描ける。

期待と課題が錯綜する日本の将来

ただ、東京オリンピック後に日本は試練のときを迎える。すなわち団塊の世代が後期高齢者となるなど少子高齢化が深刻化し、社会保障制度や地方の市町村がいっそう厳しい事態に直面する恐れがある。このほか電力問題など課題を多数抱えており、経済に余力のある2020年までに解決に向けた道筋をつけておかなければならない。

このように日本の将来に対しては、成長への期待と課題が交錯して

いる。そうした中、多くの課題を解決し更なる経済成長と社会の発展を実現するインフラとして期待されるのがITである。

ここ数年で、各種クラウドサービスや、スマートフォン/タブレットといったモバイル端末などが急速に普及している。こうしたITを活用し“社会のスマート化”を推進するならば、2020年の東京オリンピックの際には、世界から訪れる人々を驚かせ、模範としたいくなるような社会を実現できる(図1-1)。

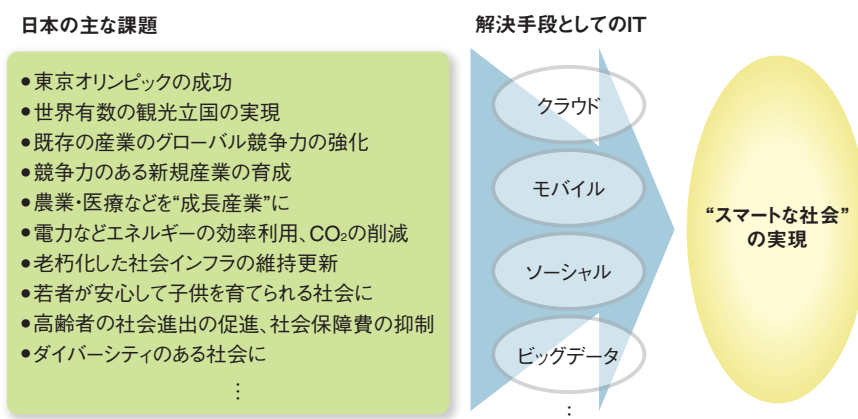
IT活用に大きな可能性広がる

では、2020年にはITは今どう変わるのか。「多くの課題を解決し更なる経済成長と社会の発展を実現する」というベストシナリオを基に、具体的に予測してみよう。

クラウドが登場した頃、「ITの所有から利用への転換」がよく喧伝された。2020年にはさらに一歩進んで、クラウドは経済活動や社会生活、行政サービスに欠かせない社会インフラになる。ソーシャルメディアも、

図1-1 ●2020年に向けての日本の課題とITの可能性

東京オリンピックの成功や2020年以降に深刻化する少子高齢化への対応など山積する課題の解決へ向けて、ITの活用による“スマートな社会”を実現する



従来の電話や電子メールに代わるコミュニケーション手段として、いわゆる“ライフライン”となるだろう。

そして、ほとんどの人がスマホやタブレットなどのモバイル端末を持つようになる。今はまだ「スマホは難しい」と感じる人が少なからずいるが、2020年までに音声認識などのインタフェースの向上により、誰もが使える端末へと進化する。さらに、メガネや腕時計などの形状のモバイル端末、いわゆるウェアラブル端末も普及する(図1-2)。

つまり2020年には、人は様々なモバイル端末を必要に応じて使い分けて、クラウド上の各種サービスや

ソーシャルメディアを利用して生活し仕事をするようになる。換言すれば従来の社会活動の多くがネット上で行われるようになっていってよい。

まさに本格的なネット社会の到来。犯罪や不正行為もネットへ移行するから、当面はサイバー攻撃や個人情報漏洩などのリスクが増大していくのはやむを得ない。ただ2020年頃には、こうしたセキュリティリスクへの対処法を技術面、社会制度面で大きく前進させる必要がある。

ロボットや自動車も“端末”に

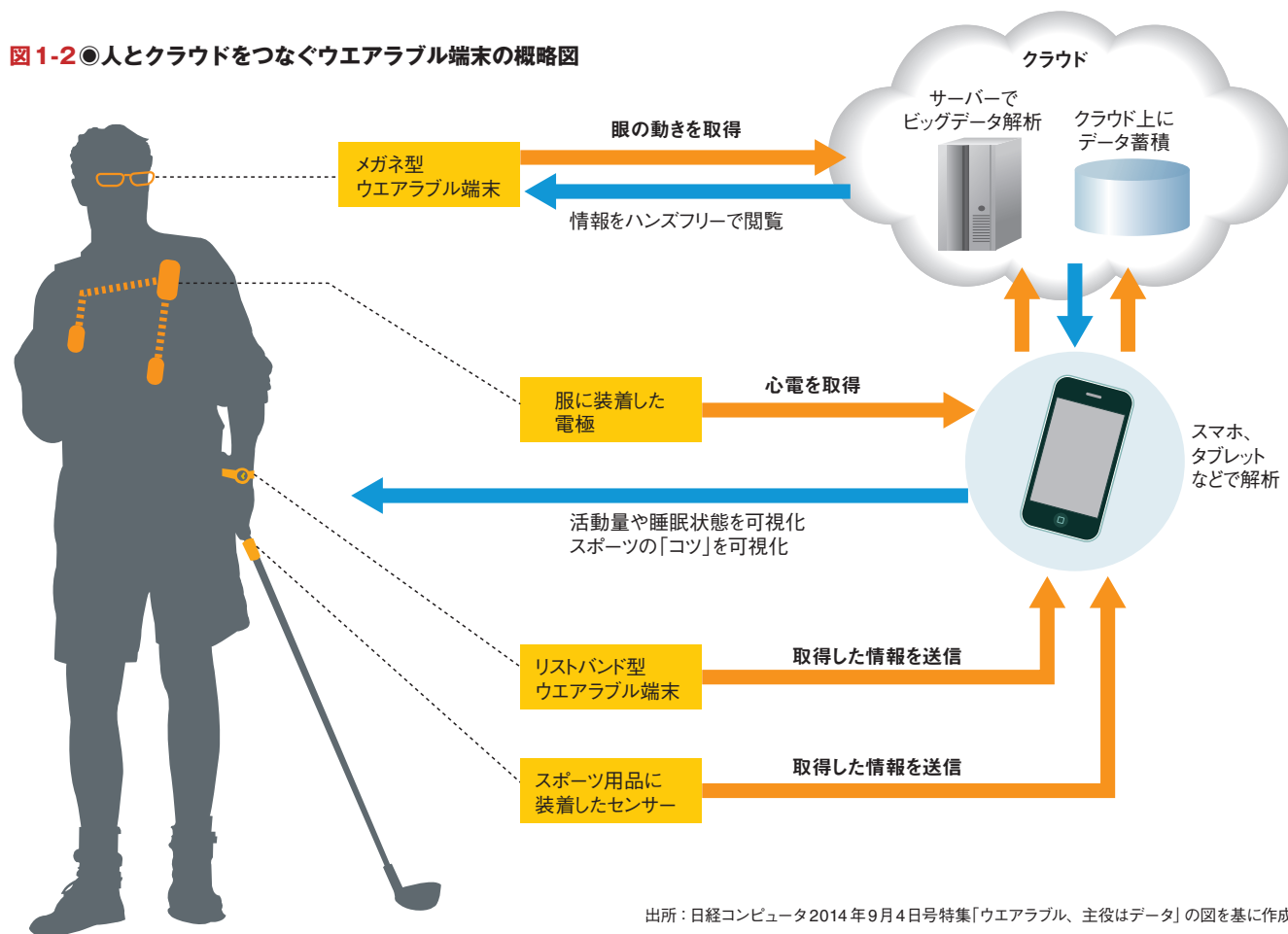
本格的なネット社会の到来は、これまでITと縁遠かった分野にも及

ぶ。その代表が「モノのインターネット」とも呼ばれるIoT(インターネット・オブ・シングス)である。

このIoTは様々な機械、電力・ガス・水道などの設備、そして橋やトンネルなどにセンサーを取り付け、振動などのデータを常時ネットで吸い上げることで、適切な保守サービスの提供や新たなサービスの創出につなげようというものである。すでに建設機械や医療機器などで成功事例が生まれているが、2020年にはこうしたモノのインターネットが従来のインターネットに負けないくらい普及しているだろう。

そしてITとの融合で最も注目さ

図1-2●人とクラウドをつなぐウェアラブル端末の概略図



れるのは自動車分野である。IoTの仕組みを使ってクルマの走行状態をチェックしたり、クラウドからドライバーに各種情報を提供したりすることは、2020年にはクルマの標準サービスになっている。そして、こうしたITのインフラやAI(人工知能)技術なども組み合わせた自動運転車の実用化が目前に迫り、悲惨な交通事故の撲滅への期待が広がっている(図1-3)。

ロボットの普及も要注目である。産業用だけでなく家庭用のロボットも2020年には普及期を迎える見通しである。その際、ロボットはネットに接続され端末としても機能する。人に代わってネット上の情報を検索したり、アプリをダウンロードして新たな機能を追加したりするロボットが活躍しているだろう。

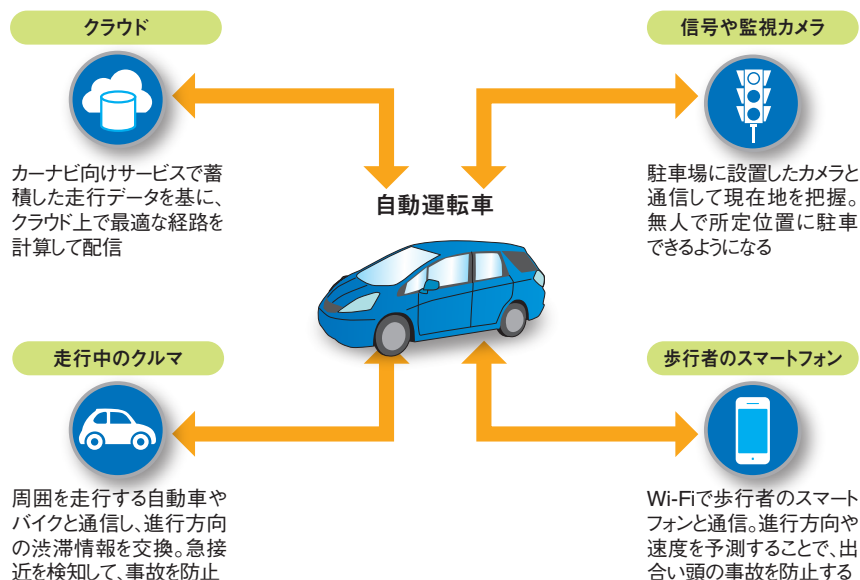
こうしたネット社会の到来により、多種多様の膨大なデータがクラウド上などに蓄積される。まさにビッグデータであり、分析すれば様々な知見が得られる宝の山である。分析手法の高度化や、システムが自ら学習して解を見つける機械学習技術の確立で、企業のマーケティングから災害対策に至るまでビッグデータの活用が進んでいるだろう。

農業や医療を“成長産業”に

こうした新たなITの普及は、日本が直面する課題の解決に大きな役割を果たす。特に地方再生の観点から期待が大きいのは、農業分野での

図1-3 ●日本の自動車メーカーが開発を進めている「協調型自動運転」技術

他の自動車や信号、歩行者の持つスマートフォン、そしてクラウドと連携することで安全な自動運転の実現を目指す



出所：日経コンピュータ2014年1月9日号特集「到来、IoT時代」の図を基に作成

IT利用。最先端の領域では、かつての半導体工場などを“居抜き”した植物工場がある(次ページの図1-4)。温度や湿度、養分濃度、光合成に必要なCO₂(二酸化炭素)の濃度、照明の明るさなどをITで制御し、作物を安定供給する。こうした植物工場は、製造業の工場に代わる新たな産業として地方に根付いていることだろう。

さらにハウス栽培などでもIT活用が進む。センサーやタブレットなどを活用して、作物の生育状況などをクラウドで記録する。農作業の効率化と作物の安定供給を実現すると共に、クラウドに蓄積した情報、生産ノウハウを若い農業従事者に提供することにより、農業の次世代への引き継ぎも円滑に行える。

過疎化が進む地方では、医療の品

質維持と効率化も大きな課題だが、やはりITが重要な役割を果たす。クラウドを活用し、地方の中核病院と各地の診療所などで電子カルテなど患者データを共有することで、劇的な効果を上げているだろう。ウェアラブル端末などを高齢者に装着してもらい、本人の了解のもとにライフログを取得することで、日々の健康管理に役立てる取り組みも活発になる。

災害に強い国土を実現するIoT

社会インフラの維持・効率化も大きな課題。中でも最大の焦点は電力である。2020年には小売りが完全自由化されており、既存の電力会社や新規参入組による競争が繰り広げられているだろう。家庭などに設置したスマートメーターなどのデータ

を活用して、電力逼迫時には利用者に節電を促して割引する「お得プラン」の提供が当たり前になっているだろう。

一方、水道や橋、トンネルなど自治体や公共団体が管理する社会インフラは高度成長期に造られたものが多く、老朽化が進んでいるだけに管理や保守に多大なコスト負担がのしかかる。センサーで設備などの状況をモニタリングして大量のデータをクラウドに蓄積し、ビッグデータ分析を通じて故障や事故のリスクを把握できるようになる。

さらに、ITを活用した防災の取り組みも多く進む。地震や津波といった広域に被害が及ぶ災害に加え、

地球温暖化による局地的な豪雨や土砂崩れなども、IoTやクラウド、ビッグデータ分析などを組み合わせることで、被害の可能性を高い精度で予測できるようになる。

「匠の技、おもてなしの心」×IT

一般のビジネスでは、ITを活用して海外で定評のあるジャパנקオリティに磨きをかける。製造業ではAI活用やビッグデータ分析を通じて、熟練工の“匠の技”をさらに極める。一方、小売りやサービス業では、タブレットやウェアラブル端末を活用することで、おもてなしの品質の更なるアップを図る。

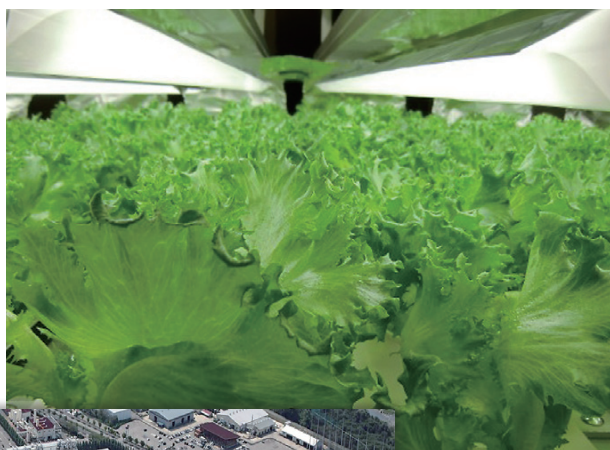
クラウドなどをビジネスの基盤と

して活用することで、起業するベンチャー企業も増える。高齢者や出産・育児期の女性の就労や社会参加も、ソーシャルメディアなどの進化で容易になる。それは外国人にとっても、住みやすく働きやすく起業も容易な社会である。

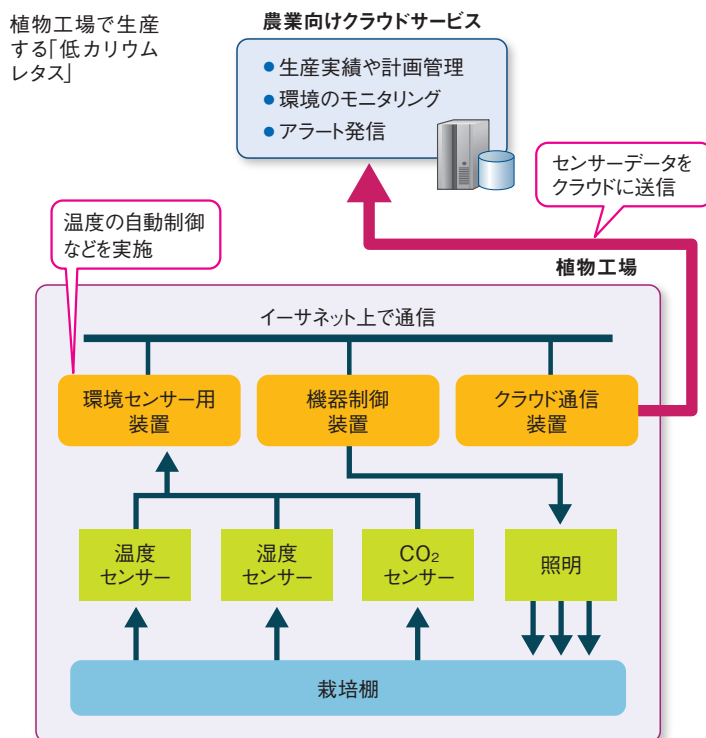
2020年の東京オリンピックでは、大勢の外国人が日本を訪れるとみられる。ITを活用したおもてなしや、快適な滞在環境の提供により、彼らを日本へのリピーターに変えることができる。さらに一歩進んで、長期滞在しビジネスに勤しんでもらうことで、真にダイバーシティ（多様性）のある魅力的な社会を実現していく。

図 1-4 ●半導体工場を転用した植物工場の例

人工透析患者向けにカリウムの含有量が少ない特別なレタスを生産する



半導体の遊休工場を転用



出所：日経コンピュータ2013年10月3日号特集「あなたの知らないITの底力」の図を基に作成

2020年 ITプラットフォームはこう変わる 牽引する三つの技術トレンド

ITプラットフォームは今後、二つの方向に拡張していく。一つは水平方向。サーバーやストレージ、ネットワークなどの機器が一体として扱えるようになる。仮想化技術の進展に伴って、リソース調達はやり容易になる。また、垂直方向へ拡張することで、ITプラットフォームは「アプリケーション開発」に近づいていく。高速化やPaaSの充実で、アプリ開発を支援する。

今後数年のITプラットフォームを展望したとき、現状の「制約」を打ち破ろうとする力が、三つの大きなトレンドを生み出す(図2-1)。

一つは、ビッグデータの先にある、これまで以上に大量かつ多様なデータを高速処理する能力を強化する動きである。この分野では、メモリー活用がいっそう進む。フラッシュメモリーを搭載したストレージや、インメモリー機能を備えたデータベース製品などの活用が期待される。

二つめのトレンドは、サーバーやストレージ、ネットワークといったコンピュータリソースの調達しやすさである。従来の“物理単位”の調達方式は、時間も手間もかかる。こうした課題に応えるように、サーバーから始まったリソースの仮想化が進み、ソフトウェアでインフラを調達する「ソフトウェア・デファインド」が実用期に入ってくる。

最後は、クラウド利用の「高度化」である。パブリッククラウドの機能充実により、オンプレミスから移行

可能なケースが増えてくる。オンプレミスとパブリッククラウドを併用するハイブリッドクラウドや、複数のクラウドを使い分けるマルチクラウドも現実的になってくる。

データ処理の「高速化」、リソース調達の「容易化」、クラウド利用の「高度化」の順に解説する。

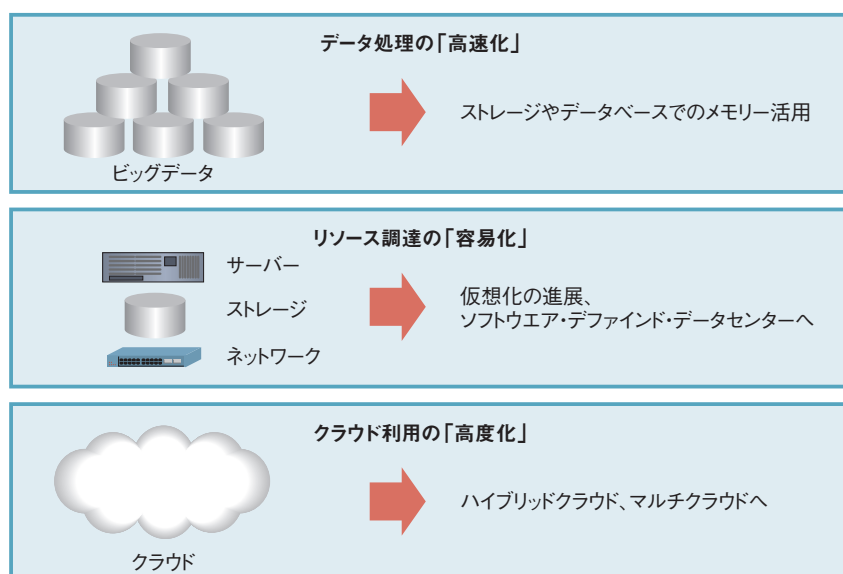
フラッシュ搭載ストレージが続々

メモリー活用を前提としたデータ

処理が主流になりつつある。ストレージ製品の多くが、フラッシュメモリーを採用している。従来のHDD(ハードディスクドライブ)と、フラッシュやSSD(ソリッドステートドライブ)を混載する「ハイブリッド型」は今や、一般的な利用形態である。全容量をフラッシュでまかなう「オールフラッシュアレイ」製品も投入されている。

オールフラッシュアレイの中に

図2-1 ●ITプラットフォームの三つのトレンド



は、100万IOPS(1秒間に可能なI/O＝入出力回数)を超える性能を掲げる製品もある。そうした高速性を生かし、バッチ処理やデータベース処理の時間を短縮するほか、仮想デスクトップ(VDI)の基盤などにも用途を広げている。

HDDのような駆動装置がないため、省スペース、省電力であることもフラッシュの特徴である。データセンターを立ち上げるに当たり、こうした特性を持つフラッシュをメインで使う「シリコン・データセンター」という考え方にも、最近注目が集まっている。

フラッシュやSSDの普及に向けて価格は下落傾向にあるが、HDDの下げ幅も大きい。数年というスパンでは、ギガ・バイト単価はHDDの方が安いだろう。データの用途、アクセス頻度、要求性能、性能/容量単価などでHDDと使い分ける、ハイブリッド型の利用ノウハウが蓄積

されていく(図2-2)。

メモリー活用でバッチ不要に

最近ではデータベース製品もインメモリー化を進めている。主要なデータベース製品が、インメモリー機能を搭載してきた。すべてのデータをメモリー上に保持して処理する製品もある。

データベースは基本的にデータをメモリー上で操作するが、必要なデータがメモリー上になければ、HDDから読み込む必要がある。これに対してインメモリー機能は、“データはメモリー上にある”のを前提に動作することで、高速処理を追求している。

高速化の対象は、OLTP(オンライントランザクション処理)とDWH(データウェアハウス)の二つがある。DWHの高速化では、カラム(列)型で処理することが主流になってきた。従来のロー(行)型がレコード

単位で処理するのに対し、カラム型は「氏名」や「年齢」といった必要なカラムだけを選択して読み込むことができる。

OLTPとDWHをどう統合するかが、データベース製品の次のチャレンジである。OLTP用のロー型テーブルとDWH用のカラム型テーブルを用意し、前者への変更を後者に伝播する仕組みを持つ製品もある。これを活用すれば、「売り上げデータを集計した後に、分析用のDWHを作成する」といった夜間バッチ処理が不要になる。現場で発生したリアルタイムに近いデータを分析対象にすることで、従来よりも分析の精度も上げられる。

ソーシャルネットワーキングサービス(SNS)や、センサーに代表される「IoT(インターネット・オブ・シングス)」から集まるデータをどう処理するのか。この手法も、RDBMS(リレーショナルデータベース管理システム)に求められている。現在、こうした“非構造データ”のサマリー処理で活躍しているのが、オープンソースの分散処理ソフト「Hadoop」である。Hadoop連携は多くのデータベース製品が掲げるテーマである。そのHadoopも、従来のバッチ処理に加えて、リアルタイム処理へと機能拡張してきた。バッチ処理からリアルタイム処理への流れは、マーケティング立案や経営判断の迅速化といったビジネス側からの要請も後押ししている。

図2-2 ● HDDとフラッシュメモリーの使い分けの例

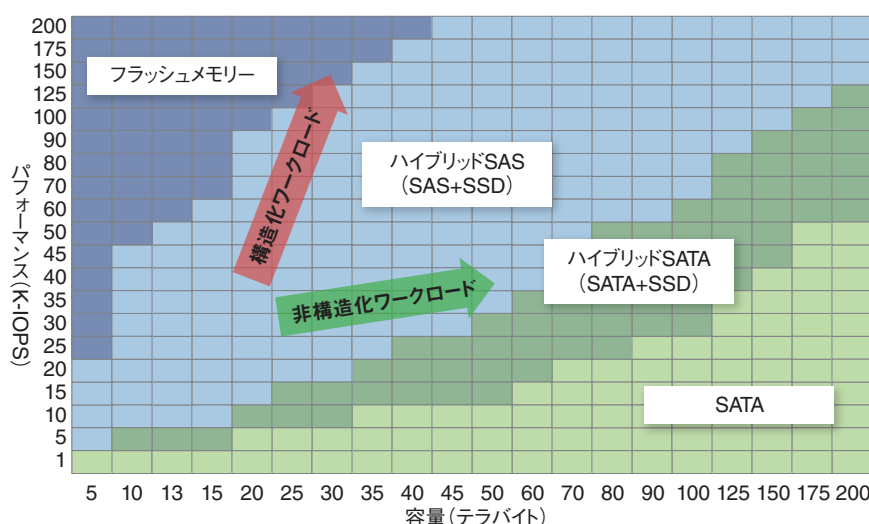
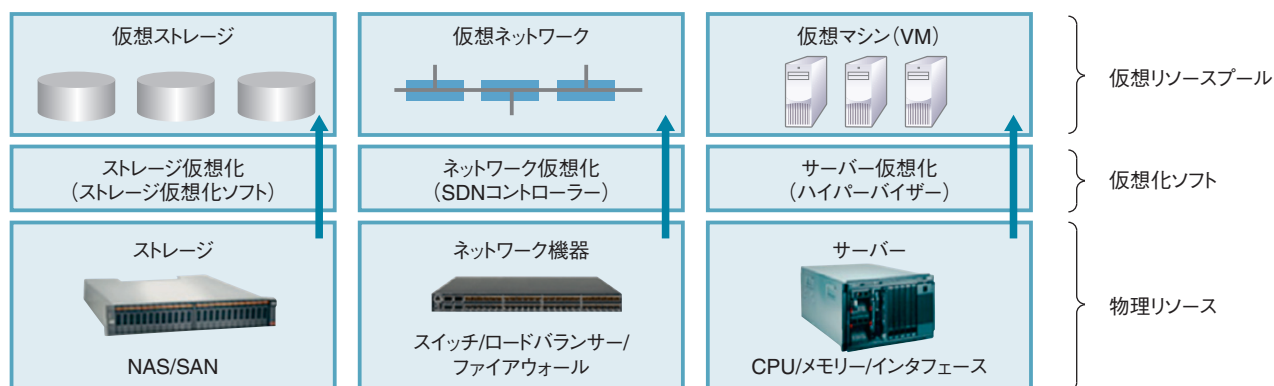


図2-3 全てのコンピュータリソースを仮想化して提供



仮想化して俊敏性を得る

ビジネス環境の変化に追従して、いかに迅速にITリソースを調達できるかは、昨今のインフラが抱える大きな課題である。「急ぎ新サービスを立ち上げたい」「処理増に緊急でサーバーを追加したい」といったニーズに応えやすいインフラを作るために、「仮想化技術」の利用が浸透してきた。

仮想化の対象は、サーバーからストレージ、ネットワークへと広がってきた。各社が提供する仮想化ソフト（ハイパーバイザー）を導入することで、1台のサーバー上で複数の仮想マシンを構築できる。仮想マシンをプール化しておき、ユーザーの求めに応じて払い出すことで、迅速に“サーバー”を調達できる。同様の考えで、ストレージやネットワークを仮想化して提供する流れが強くなってきた（図2-3）。

ストレージの仮想化には、いくつか手法がある。ボリューム容量を仮想化する「シンプロビジョニング」

は実績のある技術である。ベンダーや機種が異なるストレージ製品を仮想化し、ストレージプールとして提供する手法もある。このほかPCサーバー群の内蔵ディスクを仮想化して利用する手法も登場してきた。

こうした一連の仮想化ソリューションは、「ソフトウェア・デファインド・ストレージ」と呼ばれることもある。いずれも、ストレージの物理的な制約を越えるためのものであり、今後も技術革新が続けていく。

すべてをソフトウェアで定義

「ソフトウェア・デファインド」というコンセプトは、ネットワーク分野でも浸透している。ただし、「SDN」の内容は一通りではない。広義には、ルーターやスイッチといった「データ転送機能」を、「コントローラー」から一元管理する利用形態を指す。ネットワーク構成をソフトウェアで動的に設定・変更できることがメリットである。

SDNで最初に耳目を集めたのが

「OpenFlow」というプロトコルである。OpenFlow仕様の機器を使ったユーザー事例が登場している。最近では、SDNを実現するソフトウェアをOSSとして開発する「OpenDaylightプロジェクト」に多くのベンダーが参加し、標準化作業などを進めている。もう一つ、ルーターやスイッチといったネットワーク機能をソフトウェアとして提供し、仮想マシン上で動かす「NFV（ネットワーク・ファンクション・バーチャライゼーション）」にも要注目である。

サーバーやストレージ、ネットワークなどをソフトウェアとして提供、制御する動きは活発化する。その先にあるのは、こうしたソフトウェア機能で組み上げた「ソフトウェア・デファインド・データセンター（SDDC）」というコンセプトである。設定や変更が容易になるので、従来は運用管理者しかできなかったインフラの割り振りが、開発者でもやりやすくなる。開発者（Development）と運用者（Operation）が協

力する開発手法「DevOps」が注目を集めるなか、インフラのソフトウェア化は実現に向けたポイントの一つである。

ソフトウェア化が進む背景には、PCサーバーのコモディティ化、かつ高性能化がある。用途に応じたソフトウェアを導入することで、PCサーバーはときにストレージに、ときにネットワーク機器に役割を変える。そして、PCサーバーの性能や信頼性は、スケールアウトや冗長化といった技術の進化により、いっそう強化される。

APIでクラウドを制御

クラウドの多様化、高機能化に押され、ユーザーの利用形態も広がる。その一例はパブリッククラウドが備えるオートスケーリング(自動拡張)機能である。処理負荷の増減に応じてサーバーの数が自動で変わる。キャンペーンサイトのようなピークの読めないケースで、活用することが考えられる。

こうしたクラウドの基盤となるのが、仮想化したリソースプール、およびリソースを制御するためのAPI(アプリケーション・プログラミング・インタフェース)である。APIとして、仮想マシンの作成や、ストレージの割り当て、ネットワークの設定を行うようなものを用意しておく。

これらAPIをまとめて提供するソフトを、最近では「クラウドOS」と

呼ぶ。IaaS(インフラストラクチャー・アズ・ア・サービス)を構築するためのものであり、オープンソースの「OpenStack」「CloudStack」のほか、各ベンダーも提供している。ユーザーやクラウドベンダーは、こうしたクラウドOSを導入してIaaSを構築し、「しきい値」などをベースに、リソース追加や設定変更を自動化できる。

垂直統合システムの活用進む

オンプレミスにおいては、「垂直統合システム」の活用が今後、さらに進むとみられる。サーバーやストレージ、各種ソフトをあらかじめ組み合わせ、検証済みの状態で提供されるので、インフラ構築の手間が省ける。

垂直統合システムは、どこまでのレイヤーをカバーするかで種類がある。多くのベンダーが提供するのが、IaaSレイヤーまでを提供する垂直統合システムである。

垂直統合システムでも、今後、クラウドOSを活用する動きが進んでくる。オンプレミスとパブリッククラウドの双方で同じクラウドOSを使えば、ハイブリッドクラウドを利用しやすくなる。どちらのコンピュータリソースに対しても、同じAPIで運用可能になる。

IaaSからPaaSへ広がる

クラウドの利用が進み、こういったプラットフォームを導入するかの

ノウハウが蓄積されてきた。

既存システムをクラウドに移行する目的では、IaaSが第一の選択肢となる。既存サーバーをクラウド上の仮想マシンに移行することで、運用効率化やコスト削減が図れる。

今後、注目を集めそうなのがPaaS(プラットフォーム・アズ・ア・サービス)である。IaaSが仮想マシンを提供するのに対して、PaaSではその上のミドルウェアや開発フレームワークなども用意する。PaaSの主な役割は、既存システムの受け皿ではなく、“新たなアプリケーションを生み出す場”の提供である。

新たなアプリケーションの代表例が、ビッグデータ活用である。大量のデータを集め、保管し、分析するミドルウェアがPaaSにより手軽にそろえる。ユーザーは、一からミドルウェアを導入し、組み合わせる手間が省ける。今後、開発者にとって魅力的か、という観点からPaaSが進化する。

複数のクラウドサービスを併用するマルチクラウドのニーズも高まってくる。IaaSを連携して負荷を分散したり、PaaSを連携して必要なミドルウェアを集めたりと、利用シーンはいくつもある。オンプレミスにあるプライベートクラウドを含めて、多くのクラウドをうまく連携するには、シングルサインオンや、セキュリティポリシーを透過的に保つ仕組みなどが必要になる。

数字で見るIT投資トレンド

一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) ITプラットフォーム事業委員会では、1999年度からIT投資の動向や重点テーマを調査している。経営革新・競争力強化のためにITソリューションの活用・注目度が増すなか、ユーザー企業のIT投資意欲や注目しているテーマなどを数字で示すことで、今後の企業情報システム構築に役立ててもらうためである。2013年度の調査結果の一部を紹介しよう。

まず、2013年度のIT予算の増減傾向を質問したところ、「昨年に比べて増加」と回答した企業・団体の比率が35%で、前の2012年度の26

%から9ポイントも増えた。円安・株高による景気の高揚感を追い風に、ユーザー企業がこれまで凍結していたプロジェクトを再開するなど、IT投資意欲の高まりが背景にあるとみられる。

調査では2014年度の見通しも尋ねているが、こちらも34%が「昨年に比べて増加」と回答している。2011年の東日本大震災を機に落ち込んだIT投資意欲はようやく回復傾向にある。

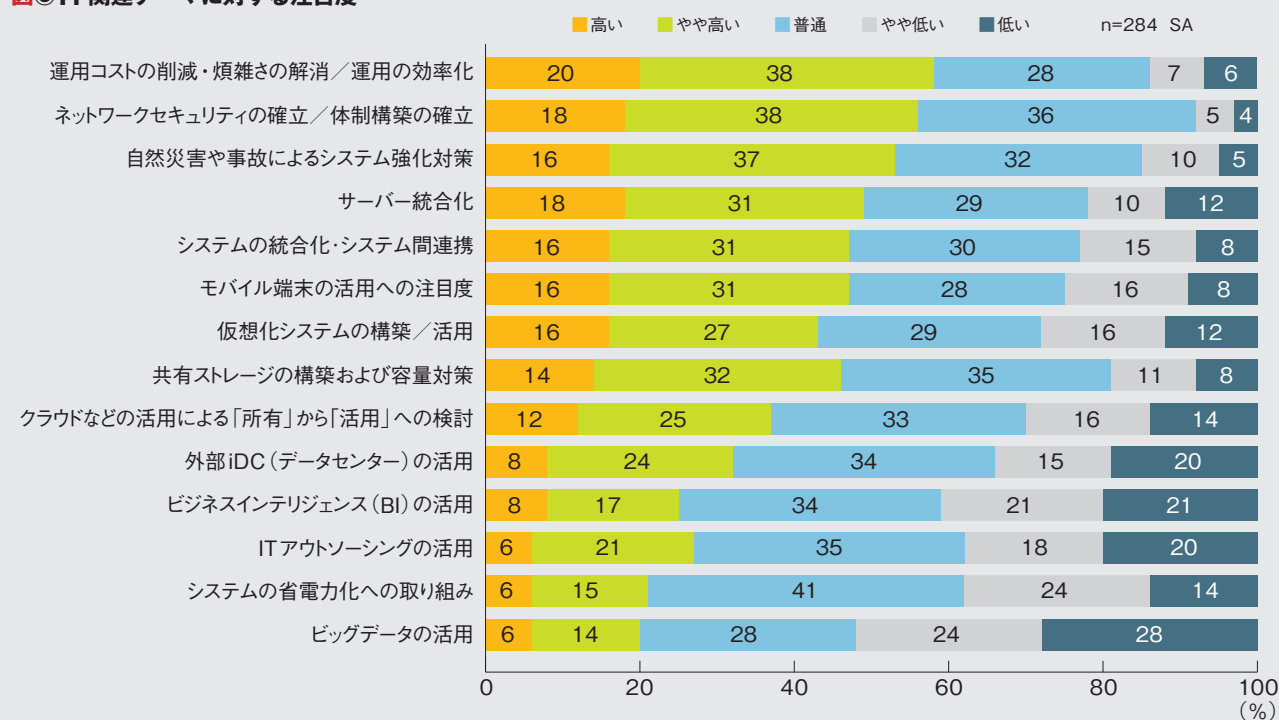
次に注目したり重視するIT関連テーマを尋ねたところ、下の図のような結果が出た。注目度/重視度の上位は「運用コスト削減」「ネット

ワークセキュリティ」「災害/事故対策の強化」で、これは前年度と変わらない。このほか「サーバー統合化」「システムの統合化・システム連携」「仮想化システムの活用」といったテーマも前年度と同様に注目度/重視度が高かった。

このほか本調査では、サーバー/ストレージの利用状況や、クラウドコンピューティングに関する需要動向、データの活用度なども調べた。

2013年度の調査は2013年12月中旬から2014年1月上旬にかけて実施。従業員10人以上の企業・団体1500に対してアンケートを郵送し、284件の有効回答を得た。

図① IT関連テーマに対する注目度



出所：JEITA ITプラットフォーム事業委員会「ITユーザトレンド2013／ビッグデータ・クラウド取組動向調査」

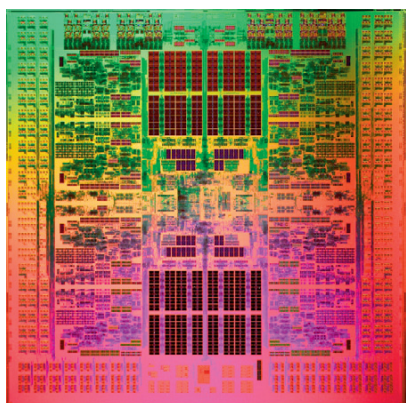
日本を支える ITプラットフォーム キラリと光る最先端技術の数々

社会インフラや経済インフラの隅々にまで浸透し、今この瞬間も快適な生活や円滑な事業活動を支えるITプラットフォームの裏側には、数々の要素技術が存在し、高い処理性能や信頼性の実現を下支えしている。「性能向上」「高可用性/高信頼性」「管理性/柔軟性」「省電力/省スペース」の四つのテーマに沿って、最先端技術を紹介する。

性能向上を支える技術

ITプラットフォームに求められる処理能力は高まる一方。最近は一アルタイムかそれに近い処理スピードが、当たり前のように要求される。この傾向は、ミリ秒単位以下の短い時間で多額の損益が生じる金融取引や、膨大な量の計算を必要とする遺伝子解析、一人ひとりの“個客”に適したWebサイトのレコメンデーションなど、用途を問わず強まっている。

写真 3-1 ●演算コアや各種コントローラを一つの半導体チップに混載したSoC (システム・オン・チップ)のシリコンダイ



性能の“壁”を破り世界一を獲得

国産のスーパーコンピュータが現在も世界トップクラスの性能を発揮しているのは周知の通り。これと同じく、高度な科学計算などHPC (ハイ・パフォーマンス・コンピューティング)に使われるサーバーも高い性能を誇る。

高性能を実現する上で、プロセサをはじめとするコンピュータの構成部品が果たす役割は大きい。例えば、最新プロセサは「SoC (システム・オン・チップ)」と呼ぶ設計・実装手法を取り入れ、従来よりも格段に高速な処理を実現している (写真 3-1)。

これまでも半導体チップの集積度が高まるのに伴って、プロセサは高性能化や高機能化を成し遂げてきた。ところが、いっそう性能を向上するためには、チップ間での電気信号のやり取りがボトルネックになっ

ていた。

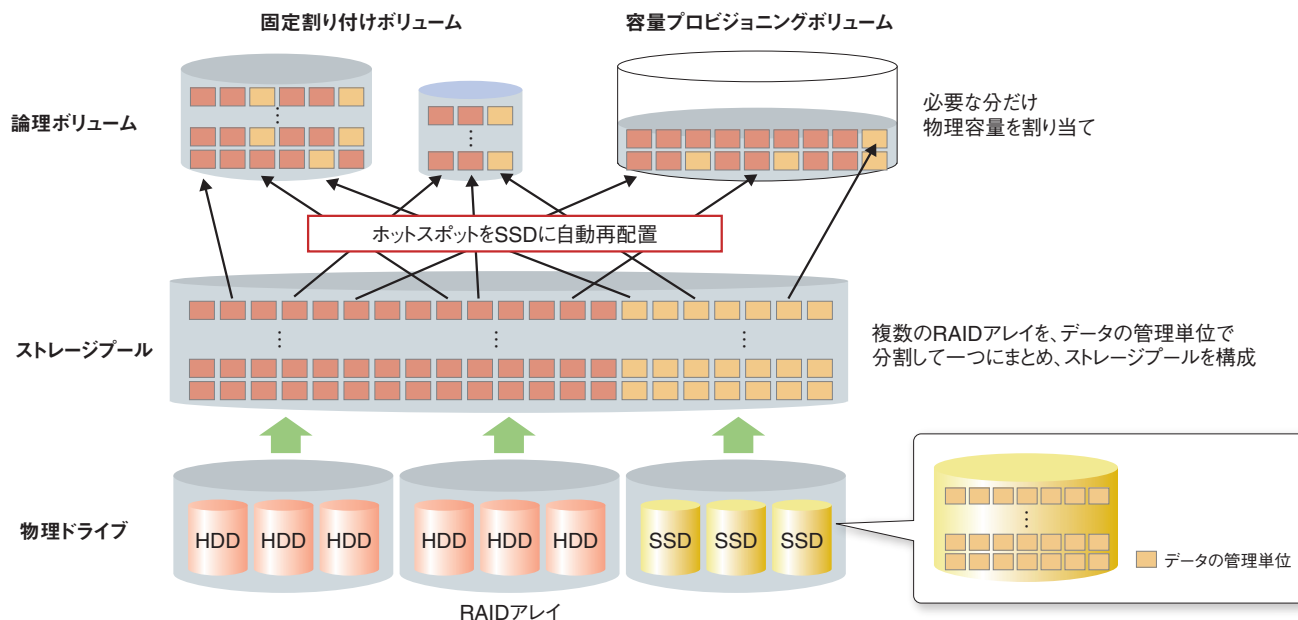
この壁を打ち破ったのがSoCである。演算コアや2次キャッシュメモリ、メモリーコントローラ、I/Oコントローラなどを一つのチップ (シリコンダイ) に混載し、信号の通り道であるオンチップ・バスの距離を物理的に短くすると共にバンド幅を拡張。今では上位クラスのプロセサは毎秒256Gバイトの速度で信号を授受できるほどに性能が高まっている。

スーパーコンピュータに使われているプロセサは、シリコンダイに実装した8個の演算コアが高速のオンチップ・バスを介して2次キャッシュを共有している。加えて、これらの8万個以上のプロセサを相互に接続するインターコネクト技術により、並列処理の速度を高め、世界トップ性能を実現した。

ソフトウェアが担っていた特定の処理をハードウェアで実行する技術も、プロセサの高性能化に大きく寄与している。その一例として、10進

図3-1 ●データの最適配置によるストレージ高速化の仕組み

頻繁にアクセスするデータをSSDに、アクセス頻度が低いデータをハードディスクドライブ(HDD)に、それぞれ自動的に再配置することで処理性能を高める



データの管理単位で分割したHDDやSSDを一つにまとめてストレージプールを構成し、ホットスポットを高速なSSDに、そのほかのデータをHDDに最適に保管する

数の演算機能をプロセサに持たせて性能向上を果たす。「ソフトウェア・オン・チップ」と呼ぶこの技術によって、ソフトウェア側で10進数から2進数に変換してプロセサに引き渡し、演算結果を再びソフトウェア側で2進数から10進数に変換するといった処理を効率化できる。

“知性”を持たせたストレージ

ストレージの性能向上も、ここ数年で一気に進展した。それを可能にした技術の筆頭格は、上位モデルの製品を中心に実装が広がったデータの階層化技術である。

この技術は、データのアクセス頻度に応じて格納するディスクドライブを使い分けるといったもの。頻度が高いものは高速に読み出しが可能な

SSD（ソリッドステートドライブ）に、アクセス頻度が低いものは低速でも比較的安価なハードディスクドライブに格納する。

ただし、単純に階層化するだけでは、ストレージの性能を最大限には引き出せない。データのアクセス頻度が低かったとしても短時間にI/O（入出力）が集中するタイミングがあれば、ディスクドライブの処理能力が追い付かず処理の滞留を招く可能性がある。

こうした課題を解消するため、ストレージは自らデータの配置を最適化する“知性”を備え始めた。例えば、特定の時間帯にI/Oの負荷が集中するディスクドライブの格納領域を統計情報に基づいて自動検出し、性能に影響が出ないタイミングを見

計らって当該領域のデータをディスクドライブからSSDへ再配置する（図3-1）。

ここにきてSSD自体の性能向上も著しい。大容量ストレージを構成する最新のSSDは、1個の記憶素子に1ビットのデータを保持する「SLC（シングル・レベル・セル）」と呼ぶタイプに換えて、2ビットのデータを持てる「MLC（マルチ・レベル・セル）」と呼ぶタイプのフラッシュメモリーを採用している。フラッシュメモリーをつなぐバスも32本備える。これによりストレージ容量を300Tバイト以上まで拡張可能になっただけでなく、従来型のSSDに比べ読み込みで約3倍、書き込みで約5倍の性能向上を果たしている。

高可用性と高信頼性を支える技術

細部にまで行き届いた配慮と、品質に対する責任感や真面目さ。これらは日本が世界から高く評価される要素である。この配慮や真面目さは、ITプラットフォームの可用性と信頼性を高める上でも重要である。

ビットエラーも自動で訂正

宇宙から地球に届く宇宙線がシステム内部の電気信号の波形を乱し、処理エラーを生じさせる可能性は広く知られている。この避けられない自然の影響をも回避する仕組みを、

スーパーコンピュータなど高度な計算に用いるプロセサは持っている。

最新のプロセサは、エラーを検出する回路を5万カ所以上に設けており、エラーを見つけると当該命令を自動的に再実行する機構を備えている。外部からの“雑音”の影響で本来「0」のはずの信号が「1」として処理されてしまうようなビットエラーが発生した場合、自動訂正する機能も併せ持つ。このため仮に宇宙線によって電気信号が一時的に変化してしまう間欠エラーが起きたとして

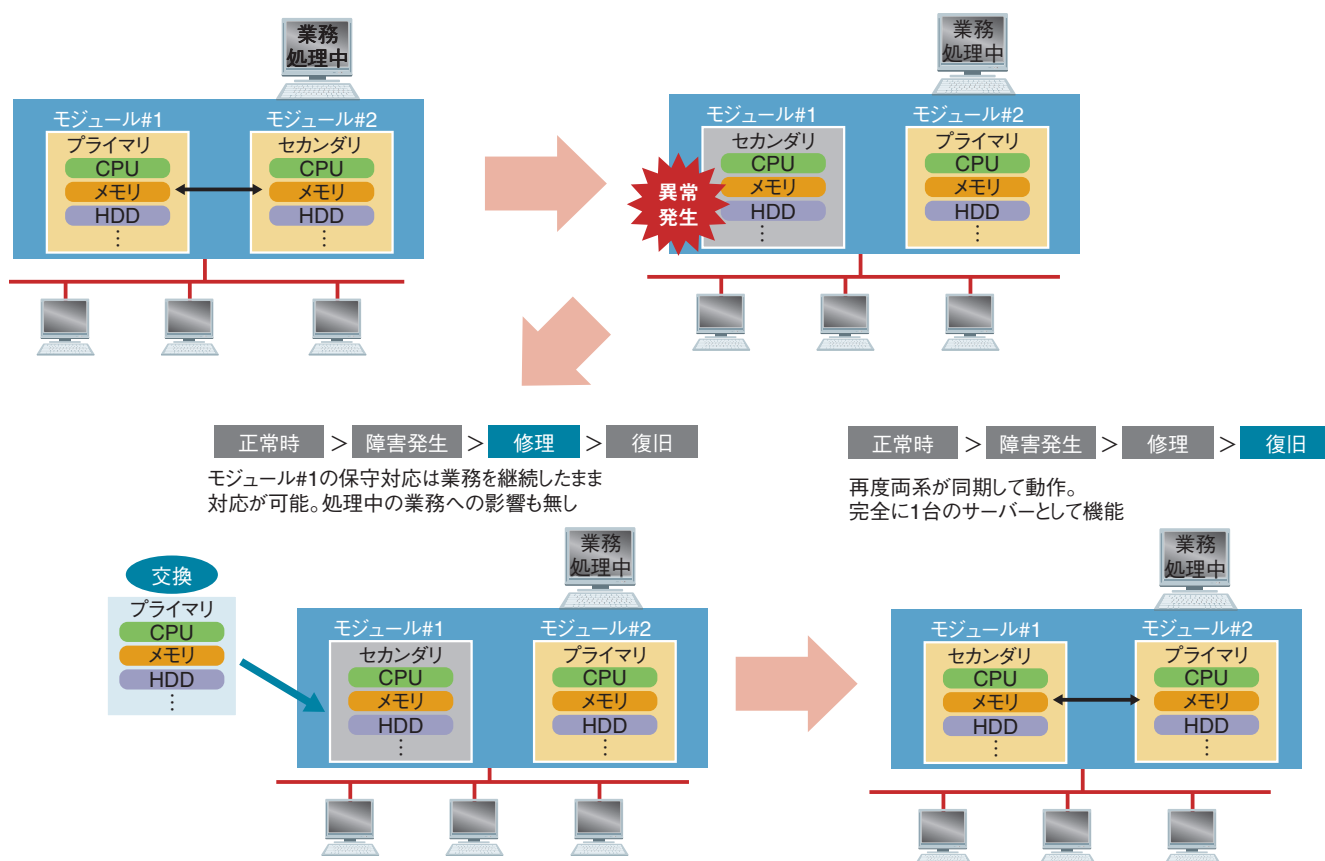
も、システムを正常に稼働し続けられる。

二重化技術で瞬停や致命傷を回避

瞬間的な処理の停止も許されない用途に使われる無停止型サーバーは、可用性と信頼性を高める技術の粋を結集している。最新製品はプロセサやメモリー、ディスクドライブからなるモジュールを二重化し、双方を同期動作させる専用のチップセットを実装。正常時は両方のモジュールが同期しながら1台のサーバーとして機能し、一方のモジュールに障害が発生すると、そのモジ

図3-2 ●無停止型サーバーが備える可用性向上技術の例

プロセサやメモリー、ハードディスクドライブ(HDD)を備えるサーバーモジュールの冗長化により、一部のモジュールに障害が発生しても他のモジュールで処理を継続するのはもちろん、処理を止めずに故障したモジュールだけを交換してシステム全体の可用性を回復できる



ジュールを瞬時に同期対象から切り離して残りのモジュールだけで処理を継続する(図3-2)。すでに同期動作を解除しているので、システムを停止/再起動させることなく、故障したモジュールを交換できる。

図3-3に示すように、ブレードサーバーは必要最小限の予備機を用意するだけで高い耐障害性を確保している。例えば、1台のシャーシに実装した16基のサーバーブレードのうち1基あるいは2基を予備機に、残りを複数の業務用の本番機に用いる。この場合、どの業務処理を担う本番機に障害が起きたかにかかわらず予備機を割り当てられる、といった柔軟な運用が可能になる。

ブレードサーバーの基幹部品である「バックプレーン」の二重化も、高可用性と高信頼性に貢献する技術として無視できない。ここで言うバックプレーンとは、サーバーブレードに電力を供給する電源モジュールやネットワークモジュールを接続する部品のことである。二重化しておけば、万が一の障害時にシャーシ内のサーバーブレードが一斉に停止するような致命傷を負う事態を回避できる。

入念な試験で初期不良を防止

サーバーにおける様々な二重化と同様に、ストレージシステムの可用性と信頼性を高める技術も進歩してきた。RAIDを構成してディスクドライブのクラッシュ時のデータ喪失

図3-3 ●ブレードサーバーの信頼性および可用性の向上技術の例

システム内で処理する複数の業務に柔軟に予備機を割り当てられるため、少ない台数の予備機でシステムの耐障害性を高められる

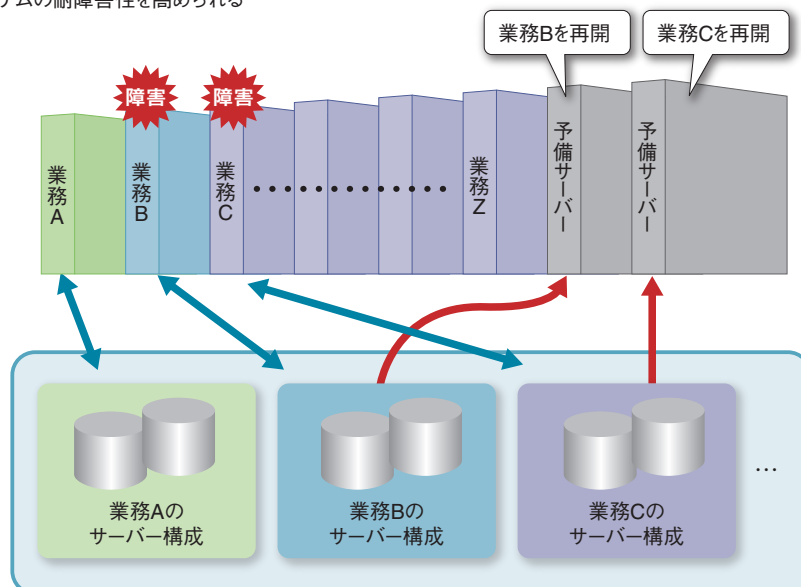
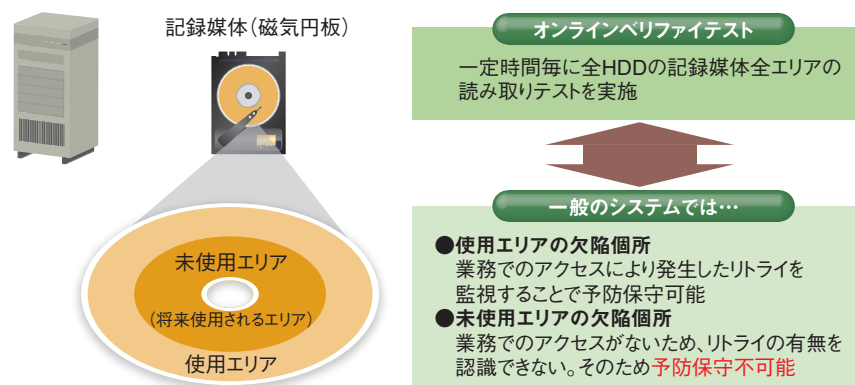


図3-4 ●ストレージの信頼性を高める技術の例

オンラインでディスクドライブの全領域の読み取りテストし、劣化を検出すると当該領域に含まれるデータを自動的にスベアのディスクドライブに退避させるなどしてデータの欠損を防止できる



を防ぐのは、今では当たり前の技術である。

最近は、ディスクドライブの障害発生を未然に防ぐ「オンラインベリファイテスト」も可能になっている。この機能では、未使用領域を含むディスクドライブ全体の劣化状況をオンラインでテストし、劣化を検出するとデータを予備のディスクドライブに自動で退避させる(図

3-4).

先述した製品の品質に対する責任感や真面目さは、製品の出荷前テストに如実に表れている。年間延べ数百万時間に及ぶディスクドライブ用マイクロプログラムのテストに加え、出荷前に24時間×6日間かけて実際にディスクドライブを動かし続け、初期不良を抱えた製品が市場に出回るのを防いでいる。

高い管理性と柔軟性を支える技術

管理が煩雑になったITプラットフォームは、思わぬトラブルを招く。柔軟性を欠いたITプラットフォームはリソースの無駄遣いを助長する。業務の生産性低下に直結するこうした事態を避けるには、容易な管理と柔軟な運用を妨げる要因を一つひとつ取り除く必要がある。

論理分割による柔軟な運用実現

ここ5～6年ほどで爆発的に広がったIAサーバーの仮想化技術は、増え続けるサーバーの管理性を高め、無駄なく柔軟なリソースの使用を可能にした。特に、ソフトウェアの機能でIAサーバーの仮想化を可

能にするハイパーバイザーが果たした役割は大きい。

その一方で、国内ITベンダーが開発した論理分割機構の価値も忘れてはならない。上述のハイパーバイザーとの決定的な違いは、プロセサやメモリーなど、複数の論理ブロックに分割し、それぞれを独立した論理的なサーバーとして利用する点である。

一般にハイパーバイザーを用いたサーバーの仮想化は、仮想マシンの処理に伴うメモリーのアドレス変換やI/Oデバイスへのアクセスのオーバーヘッドが生じる。しかし、論理分割の場合はハードウェアの透過性が高く、物理サーバーと同じように、サーバーのデバイスドライバなどを使える。このためオーバーヘッドが極めて小さい。

ハードウェアの透過性が高いことで得られる運用面の利点は大きい。ハイパーバイザーの場合、基本的に同一製品で仮想化したサーバー間でないとは仮想マシンを移行できない。これに対して論理分割だと、物理サーバーで動作しているOSを基本的には変更することなく、仮想化したサーバー上に移して動かすといった柔軟な運用が可能になる(図3-5)。

図3-5 ●論理分割機構による柔軟な運用の例

論理分割による仮想化はサーバーのデバイスドライバなどを透過的に利用できるのでI/O処理のオーバーヘッドを減らしやすいに加え、仮想マシンを物理サーバー間で移行する際の構成変更の手間が少なく運用の柔軟性を高めやすい

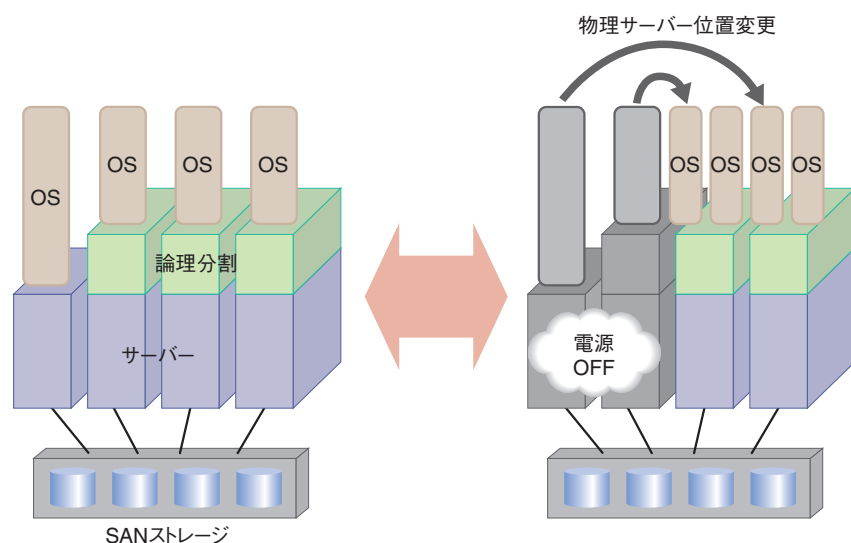
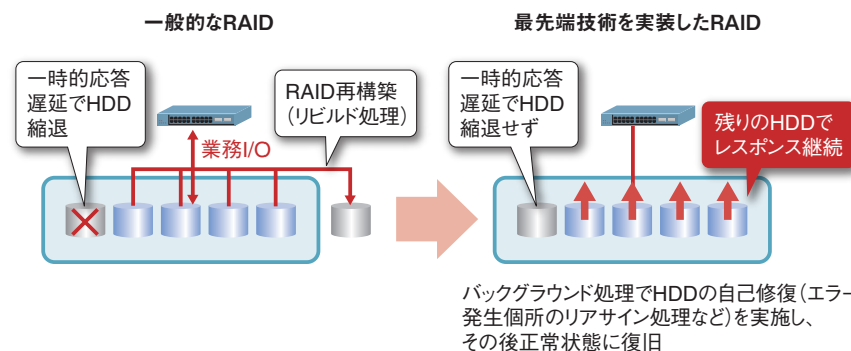


図3-6 ●RAIDのレスポンス劣化防止技術の例

RAIDを構成するハードディスクドライブの一部に応答遅延が発生した場合、縮退運転せず、正常なディスクドライブだけで応答性能を維持する



RAIDやネットワークの煩雑さ解消

ストレージに関しては、ともすれば煩雑になりがちなRAIDの運用を容易にする技術がある。通常、RAIDを構成するディスクドライブ

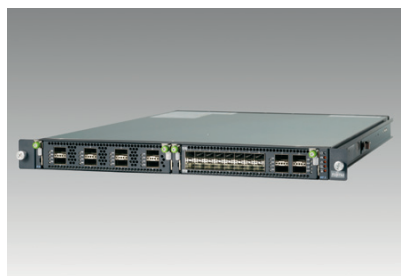
の一部に応答遅延が生じると、そのディスクを縮退させて性能が下がる。さらに、新たなディスクを構成に加えてRAIDを再構築する手間も生じる。ところが、国内ITベンダーが開発した技術を活用すると、正常なディスクドライブだけで性能を保ち、応答遅延が確認されたディスクを自己修復する(図3-6)。人手を煩わせることなく、RAIDの稼働を維持できる。

物理サーバーや仮想マシンの数が増えるほど煩わしさが増すネットワークの運用は、スイッチが備えた新たな仮想化技術によって管理性を高められる(写真3-2)。多層構成の複数台のスイッチを、あたかも1台のスイッチであるかのように稼働させることで、個々のスイッチに対する設定が不要になるからである。また仮想化したサーバーでの運用において仮想マシンをハイパーバイザー間で移行する際は、仮想マシンの移行時に、移行した仮想化環境に追従するためスイッチが自動で設定変更する。従来は仮想マシンに割り当てたVLAN(仮想LAN)などの設定変更が必要だった。

管理性と柔軟性に関する技術として、もう一つ紹介したいのは、ITの標準規格を使ってハードウェアの構成を自在に制御する世界初の技術である(写真3-3)。PCI Expressに準拠したモジュールをサーバーやパソコンに搭載し、イーサネット経由で遠隔のサーバーのリソースを活

写真3-2●ネットワークの仮想化を実現するスイッチ製品の例

仮想化したシステムの運用の手間の軽減や耐障害性の向上、さらに性能低下を防止する



用できるようにする。2キロメートル離れた場所にある既存のサーバーのプロセッサやメモリー、ディスクド

写真3-3●システム資源を最大限に有効活用する技術の例

距離が離れた別々のきょう体に実装されたプロセッサやメモリーなどの資源をネットワークで接続し、あたかも1台のシステムとして共用できるようにすることで、システム資源の有効活用を実現する



ライブを、OSやドライバを一切変更することなく1台のコンピュータであるかのように有効活用できる。

省電力と省スペースを支える技術

ITプラットフォームの省電力化と省スペース化にも積極的に取り組んでいる。IoT(インターネット・オブ・シングス)やビッグデータ活用の広がりや、システムの処理量を格段に増やすことが明らかだからである。そうなれば、データセンターに設置するサーバーやストレージなどのIT機器の台数や、IT機器が備えるプロセッサやディスクドライブの数が多くなる。だからといってIT機器の電力消費や設置スペースは際限なく増やせない。

冷却効率を高めて省電力化

まず省電力化に貢献する先端技術を紹介する。代表例の一つとして挙げたいのは、効果的な排熱を実現する冷却システムである。冷却システムと省電力化は関係ないように思

う向きもあるかもしれないが、実際は密接に関係している。一般にデータセンターでは熱だまりを防ぐため、IT機器が備える冷却ファンの風量に対し、空調機からの風量は多くて2倍ほど必要となる。当然、それだけの電力がかかるが、IT機器側の冷却効率を高めれば、冷却システムの主目的である温度上昇の防止と省電力化の一挙両得が可能になる。

例えば、高密度実装が進むブレードサーバー。シャーシの後部にスイッチモジュールを集約して実装するような製品の場合、スイッチモジュールの十分な冷却は簡単ではない。この課題を解決する方法として、「3次元エアフロー」と呼ぶ構造を採用した冷却システムが誕生した。

3次元エアフロー構造の冷却シス

テムでは、シャーシ前面から取り込んだ空気をダイレクトにスイッチモジュールに送り込む(図3-7)。シャーシ内の前部にぎっしり詰まったサーバーブレードによって空気が温められるのを避け、常にフレッシュエアを冷却に使えるようにするためである。

スリム型のサーバーは、設計の工夫で内部の空気の流れを最適化している。具体的には、プロセサの放熱に使うヒートシンクの真横から少しだけずらしてファンを設置するオフセットにより、PCIカードを集約するスペースにも空気が流れるようにした(写真3-4)。こうすることで1個のファンでプロセサの冷却と同時に、熱がこもりがちな内部スペースを冷却している。

冷却システムを動かすのに要する電力消費自体を、極限まで引き下げる技術もある。冷媒が温度によって気化/液化する性質を生かした「相変化冷却技術」である。相変化冷却では、プロセサの熱を奪って気化し

た冷媒が放熱部まで上昇した後、次第に冷えて液化し再び冷媒に戻る(図3-8)。一般的な水冷システムと違い、冷媒がプロセサの熱によって気化と液化を繰り返し自然と循環するので、冷媒循環用のポンプを動かす電力が不要になる。

不必要な電力消費を元から断つ

システムの処理状況に応じて、余分な電力の消費を元から断つ。そうした発想の技術を実装するIT機器も増えている。ストレージのパワーセービング機能は分かりやすいだろう。一定期間アクセスしないディスクドライブの回転を停止したり、回転を許容する時間帯を限定したりする。定時バックアップに使用するストレージの電力消費の無駄を一掃するのに役立つ。

複数の電源ユニットをシャーシに搭載するブレードサーバーの中には、動作中のサーバーブレードの数によって電源ユニットそのもののオン/オフを制御する製品もある。処

理に必要なサーバーブレードが少なければ、すべての電源ユニットを動作させておく必要がないからである。

性能重視や低消費電力などいくつかのモードを時間帯によって使い分けるスケジューリング機能や、電力消費の上限を設定するパワーキャッピング機能は、消費電力の抑制やあらかじめ設定した消費電力量での運用を可能にする。日中は性能重視モードで運用し、夜間は低消費電力モードに切り替える、あるいは事前に設定した電力消費を超えたら、システムの処理に影響を及ぼさない形で一部のサーバーブレードの電源を落とすといった使い方ができる。

空冷と水冷のいいとこ取り

続いて、日本のお家芸とも言える省スペース化に関する特徴的な技術を紹介する。

プロセサの冷却方式は空冷か水冷の二者択一ではない。両者の弱点を同時に解消しつつ、いいとこ取りを

図3-7 ●高密度化が進むブレードサーバーの冷却技術

きょう体に搭載したすべてのサーバーブレードの通信を担うスイッチを効率よく冷却するため、きょう体前面からスイッチに直に冷風を取り込み排熱する専用の経路を設けている

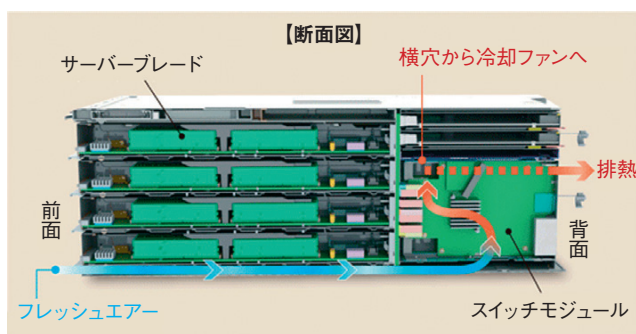
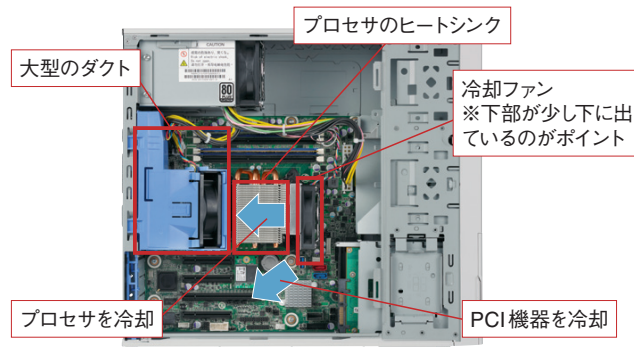


写真3-4 ●エアフローの最適化により高温稼働を可能にしたサーバーの内部

大型のヒートシンクや大型のダクトを採用したことに加え、冷却ファンのサイズや設置方法を工夫することでサーバー内部の冷却効率を高めている



したハイブリッド方式がある。

空冷は大きな羽根を何枚も備えたヒートシンクを必要とする。一方の水冷は一般に冷媒の循環/放熱のためのポンプなど専用装置を要する。プロセサやメモリの物理的な距離も遠くなる。多くのプロセサを搭載する高性能サーバーだと、どうしてもサーバーの容積が増えてしまう。

これに対して冷媒の循環に薄型のプレートを用い、放熱にラジエータを使うハイブリッド型は、ヒートシンクや専用装置がいらぬ(図3-9)。サーバーの容積を減らせるのはもちろん、サーバー内部のプロセサの位置に応じてプレートの形状を柔軟に成形できるので、メモリーを含む構成部品の配置の自由度が高まる。

後者の利点は性能にも効いてくる。プロセサとメモリの物理的な距離を縮めやすくなるからである。現時点で、メモリアクセスの応答時間を最大5分の1にまで短くできることを確認している。

ここまでで紹介してきた技術を組み合わせ、さらなる省電力化と省スペース化を追及したモジュラー型のサーバーも登場している。最新のモジュラー型サーバーの例では、2Uサイズのシャシに最大46基のサーバーモジュールを搭載し、42Uのラック1台に16シャシを収納する。約700台のサーバーを収納できる。これにより設置スペースと電力消費をそれぞれ従来比75%程度

図3-8 ●電力を使わずに冷媒を循環させるサーバーの水冷技術

プロセサの熱を利用して冷媒を気化させて熱を奪い、放熱により液化させて冷媒として再利用する

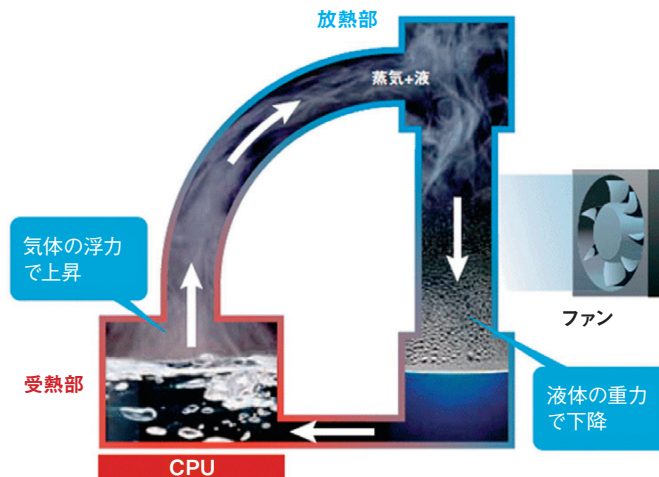
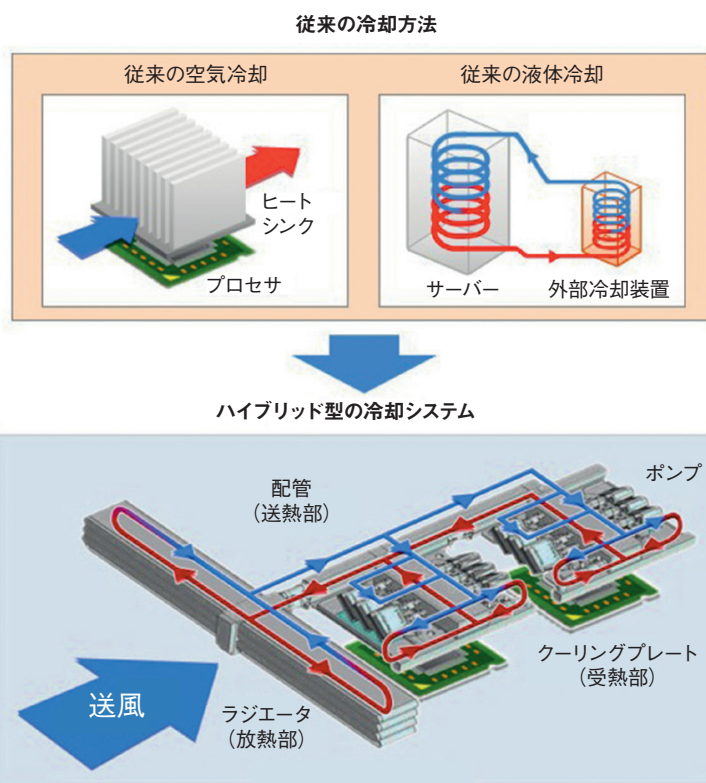


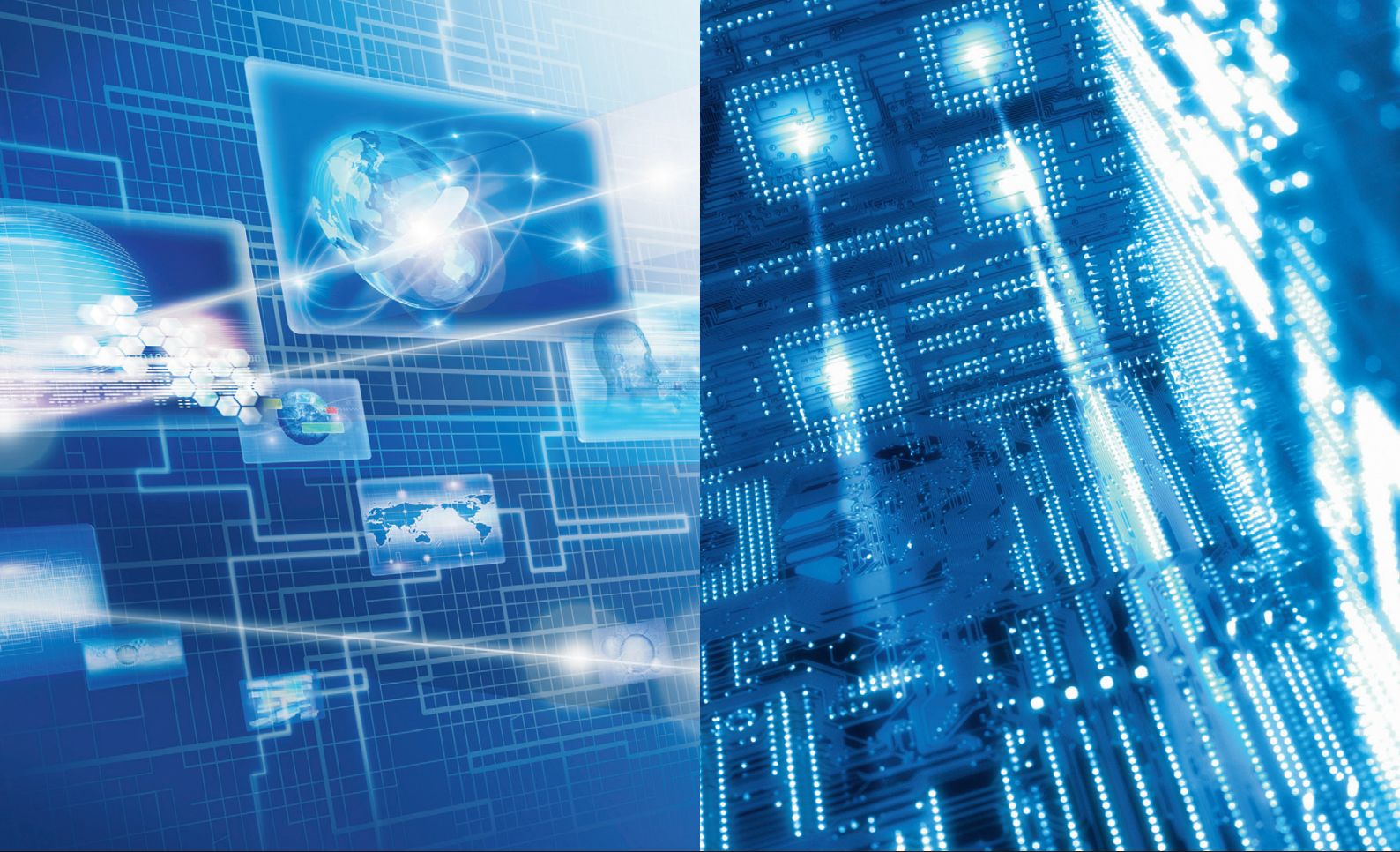
図3-9 ●空冷と水冷の弱点を同時に解消するハイブリッド冷却システム

サーバーに実装した「プレート」の中の冷媒を循環させてプロセサの熱を奪い、高温の冷媒をラジエータで冷却する。大きなヒートシンクがいないためサーバー内部の設計の柔軟性が高まるだけでなく、冷媒を循環させるポンプなど装置の設置工事の手間がなくなる



節約。さらに、相変化冷却技術をラックの背面に搭載することで、データセンターの空調の電力消費をラッ

ク当たり30%削減する効果も確認している。まさにクラウド時代を支える技術の数々である。



JEITA

Japan Electronics and Information Technology Industries Association

一般社団法人 電子情報技術産業協会

日経BP社 〒108-8646 東京都港区白金1-17-3

制作・編集：日経BP社

印刷：株式会社大應 Printed in Japan

発行：2014年10月

```
e erand48 (unsigned  
e rand(void) {return erand48(X);}  
  
and(long seed)  
ed==0) ? (long)time(0) : seed;  
derr, "init rand: seed = %ld\n", seed);  
derr);  
ed;  
seed);  
  
*****  
*****  
  
get_sites(void) {  
i,ir;  
k;  
(EOF == scanf ("%d",&dim)) return;  
(ir=i=0; i<SITESMAX-MAXDIM; i++,ir+=dim) {  
(k=0; k<dim && scanf ("%f", sites+ir+k) != EOF; k++);  
sites[ir+k] /= 1e6;*/  
(k!=dim) break;  
(DEBEXP(k) DEBEXP(1)  
*****
```