

オンデマンドを支えるオートノミック・コンピューティング



アイ・ピー・エム ビジネスコンサルティング
サービス株式会社
技術理事

高安 啓至

Hiroshi Takayasu

Distinguished Engineer
Senior Consultant IT Architect
IBM Business Consulting Services KK

「地震や災害など、不測の事態が起こっても、絶対にシステムが止まらないこと」これが、e-ビジネス・オンデマンド時代のITインフラストラクチャーにおける最も重要なシステム要件です。しかし、今日の経済環境はますます厳しく、一方ITシステムは急速に複雑化しつつある現状において、この重要な要件を満たすには、従来のシステム管理の考え方や方法では対応できなくなっています。これからの時代、オンデマンド・オペレーティング環境を実現するためには、まるで生命体のようにシステム自身が自己管理する仕組みが必要です。このような背景で生まれたのが、オートノミック・コンピューティング。その推進に当たってIBMでは、「MAPE(モニター: Monitor、分析: Analyze、計画: Plan、実行: Execute)」という制御ループに沿ったオートノミック・リファレンス・アーキテクチャーを設定しました。特に、エキスパートの人手で対応することが多い「分析」と「計画」段階での自律化を重視した製品開発や研究を現在も進めています。お客様へのオートノミック実現に際しては、システム管理レベルを「基礎」「管理」「予測」「適応」「自律」の5段階に分け、お客様のレベルに応じて取り組んでいただけるようにする一方、オートノミックのレベル・アップを容易にするシステム・コンポーネントや管理ツールを続々とご用意しています。オートノミック・コンピューティング技術は、システムの自己管理能力を進化させることにより、人が管理する領域とシステムが管理する領域のバランスの取れたシステム管理を提供します。

Autonomic computing as the support for "on demand"

It's absolutely essential that systems don't grind to a halt when an unexpected circumstance arises, such as an earthquake or other natural disaster. This is the most important condition applying to IT infrastructure in the age of "e-business demand." However, at the present time, when the economic environment is growing increasingly severe and, on the other hand, IT systems are growing ever more complex, it has become impossible to fulfill this important condition by means of conventional methods and approaches to systems management. In order to realize on-demand operating environments in the future, it's going to be necessary for systems to manage themselves as if they were organisms in their own right. This is the background to the birth of autonomic computing. When working in this area, IBM has set up autonomic reference architecture in line with the control loop known as MAPE (Monitor, Analyze, Plan, Execute). We are currently engaged on product development and research with the emphasis on autonomy at the analysis and planning stages, which are generally dealt with by experts. When realizing autonomy for customers, we divide system control into five levels, namely "basics," "control," "forecasting," "adaptation" and "autonomy," and enable a response at the customer's level. On the other hand, we lay on system components and control tools intended to facilitate the raising of autonomic standards. By developing the self-management capacity of systems, autonomic computing technology provides system control characterized by a balance between the areas managed by people and those managed by systems.

これまでの運用管理の限界

まず、e-ビジネス・オンデマンド時代のITインフラストラクチャーの方向性について考えてみましょう。IT資源の統合・共用・仮想化が進み、その結果としてIT資源を固定費から変動費に変える方向に進むことが考えられます。これに向けてのシステム要件は、大きく三つあります。一つは「絶対に止まらない」システムであることです。二つ目は「ダイナミックにIT資源を振り分けられる」ことです。最後に、「課金のためのメータリング機能が備わっている」ことです。

このうち、最初の「絶対に止まらない」という要件は、通常のシステム運用管理担当者に課せられた最重要事項であることは自明の理ですが、社会インフラストラクチャーとしてのオンデマンド環境にあっては最大限の配慮が求められます。ますます複雑化する一方のシステムを管理するのは、ITエキスパートに頼る従来の方法では、もはや限界になってきているという大きな問題があります。

変化の時代。企業のビジネスが予測できないものになると同時に、ITのインフラストラクチャーの進化そのものも予測できない時代になってきています。従来は、ITインフラストラクチャーをつくる前に、トランザクション・ボリュームやアプリケーションの範囲でシステム要件を定めました。それに見合ったデザインで最適なシステム構成やパラメーターを決めれば、運用面でもある程度耐性のあるインフラストラクチャーを整えることができました。ところが最近では、需要の急増、地震やコンピューター・ウィルス攻撃など予測困難な事態に対応するため、稼働中のシステムに対して最適構成のチューニングをしたり、キャパシティを調整したりすることも多くなっています。こうした現状を打開し、即応性と柔

軟性のあるオンデマンドのビジネスを支えるためにも、ITインフラストラクチャーとして、システムの複雑さを自己管理し、エキスパートを煩雑な仕事から解放して本来の専門分野に専念する、新しいシステム管理が求められて

います。このような背景で生まれたのがオートノミック・コンピューティングです。

次に、「ダイナミックにIT資源を振り分けられる」という要件について考えてみます。この要件は、インターネット上の異機種混合/分散コンピューティング技術としてのグリッド・コンピューティングに負うところが大きくなりますが、その実現に際してもオートノミック・コンピューティングが不可欠となります。

最後の「課金のためのメータリング」という要件も、実際の契約段階においてはサービス・レベルによって課金額が違ってくるとことから、システムの運用管理、ひいてはオートノミック・コンピューティングの技術と密接な関係を持つてくるでしょう。

さて、e-ビジネス・オンデマンドは、IT資源を固定費型から変動費型へと変える新しい画期的なITモデルといえます。そのインフラストラクチャーには、安定性を核とする確固としたシステム管理が必要です。ITの進化を語る場合、従来は概して、CPUのスピード、メモリー・チップの集積度、アプリケーションの斬新性^{ざんしん}など、はっきり数字や形が見える成果に注目が集まりました。しかし、実際に情報システムの現場を担っている人々の中には、もっと違うタイプの研究開発があってもいいと考えた人もいたはずで、「地道ではあっても、実効性のある技術を」 そうした声にIBMがこたえた技術の一つが、オートノミック・



図1. オートノミック・コンピューティングの要素 (自己管理システムが提供するもの)

コンピューティングなのです。

自律と自動は違う

IBMが「プロジェクト・イライザ」を発表したのは、2001年4月でした。これは@server™の将来にわたる開発ロードマップの一つとして、自律=自己管理するサーバーの開発を目指すプロジェクトです。その後2001年10月には、「オートノミック・コンピューティング・マニフェスト(宣言)」を発表。オートノミック・コンピューティングの対象領域をサーバーなどのハードウェアから、ミドルウェアを含めたソフトウェア全般にまで拡大しました。「自己構成」「自己最適化」「自己修復」「自己防御」という自己管理に必要な四つの機能のフレームワークを「プロジェクト・イライザ」から受け継ぎつつ、各製品の特性・製品計画に沿って、オートノミック・コンピューティングを段階的に実現しようというものです(図1)。

ここで言う自己構成とは、システムがダイナミックに自分自身を構成し、システム内の関連するほかの製品に対する変更も含め、システム全体を再構成することです。自己修復は、障害の原因となる可能性のあるものや重要なイベントを発見し、操作を停止させることなく適切なアクションを開始して修復すること。自己最適化は、エキスパートの介在なしでユーザーのニ

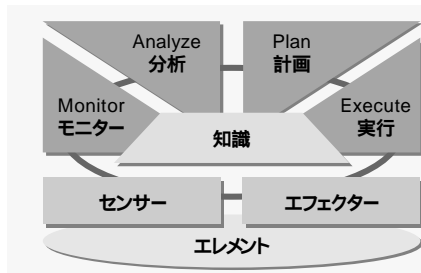


図2. オートノミック・コンピューティング ビルディング・ブロック

オートノミック・エレメントは
アクティビティを監視し、ビジネス目標に適應する
ようにシステムを調整する継続的な制御ループを含む

オートノミック・エレメントは
アクション・プランを作成するために過去の経験から
学習する

管理対象のエレメントは
一貫性を持った仕組みが整備される必要がある

ズに応じて効率的にIT資源を割り当て、
最大限に活用すること。自己防御は、敵や
侵入者を発見し、自身をより攻撃されにく
くするためのアクションを取ることです。

このように、IBMが目指すオートノミッ
ク・コンピューティングは、「システムの自
己管理能力を進化させることにより、人が
介在する管理領域とシステム自身の管理
領域のバランスの取れたシステム管理を
提供する」ための長期ビジョンです。「複
雑なシステムを管理する」「自分自身を知
る」「自分自身をチューニングし続ける」
「不測の事態に適應する」「障害を防止し、
障害から回復する」「安全な環境を提供
する」「インテリジェントなオープン・シス
テムの下で、「より高い回復力」「新機能の
実装のスピード・アップ」「投資対効果の向
上」をお客様にご提供しようというもので
す。さらに、オンデマンド・オペレーティング
環境を実現するためには、テクノロジーの
複雑さとらわられることなく、まるで生命
体のようにシステム自身が自己管理する
仕組みが必要です。

実はこれまで、システム管理における複
雑性の問題が本格的に取り組まれたこと
はほとんどありませんでした。しかし、まず
この問題が解決されなければ、次世代の
コンピューティング時代へ進むことはでき
ません。IT業界全体にとってこの複雑な
問題を扱うことは最も重要な挑戦といえ
ましょう。

ところで、オートノミック(自律)という
今まで取り組んできたシステム管理や、

オートメーション(自動)とどう違うのかと
疑問を持たれるお客様もいらっしゃるま
す。そこで、これら三つの用語を整理して
みることにします。

- 管理: 環境に関する人のノウハウが判
断に用いられる。
- 自動: システムに判断材料を組み込む
ことで、判断を自動化する。
- 自律: ビジネス・ポリシーをシステムに
与えることにより、システム上の判断に、
人の知識・ノウハウは不要になる。

既にお気付きの方もいらっしゃると思
いますが、IBMが提唱するオートノミック
(自律)は、通常はそれが働いていること
は気付かないという点で、人体の自律神
経に非常によく似ています。無意識のう
ちにシステム自身がチューニングや障害
回復などの複雑な働きを行っています。そ
こでは、エキスパートの経験や知識、スキ
ルが大いに生かされます。ある問題が生
じたときにエキスパートが下す決定や行動
をプロアクティブな機能として埋め込み、
システム化することで実現します。現在、
さまざまな「不測」の事
態を想定した研究を、
学術研究者などと共同
で進めています。人力
を機械に置き換える、
単なる自動化機能とは
異なるということをご
理解いただけたと思い
ます。

システム管理の制御ループ

オートノミック・コンピューティングの推進
に当たって、IBMではまず、システム管理
のメカニズムの手順(制御ループ)を分解
し、この制御ループに沿ったリファレンス・
アーキテクチャーを設定しました。このアー
キテクチャーは、すべてのオートノミック・
エレメントに適用されます(図2)。

センサーは、管理対象となるエレメン
トの状態や状態遷移に関する情報を収集
するメカニズムで、エフェクターはエレメン
トの状態を変更するメカニズムです。また、「
モニター」はエレメントの詳細データの
収集・集約・フィルタリング、「分析」は複
雑な状況のモデリング/分析、「計画」は
目標を達成するために必要なアクション
の構成、「実行」は時々刻々変化する状況
に対応するアクションの実行、というメカ
ニズムを担います。日ごろから運用管理に
携わっている方々は、一般に運用管理サ
イクルと呼ばれる同様のシステム改善お
よび障害再発防止計画の手法があります
ので、ご承知の方もいらっしゃるでしょう。

さて、このオートノミックの制御ループ
で、特に注目したいのは、「分析」と「計
画」です。「モニター」と「実行」につい
ては、センサーとエフェクターによって、ある
程度のシステム化が進んでいますが「分
析」と「計画」はエキスパートのノウハウや
スキルに基づいて対応しています。特に、

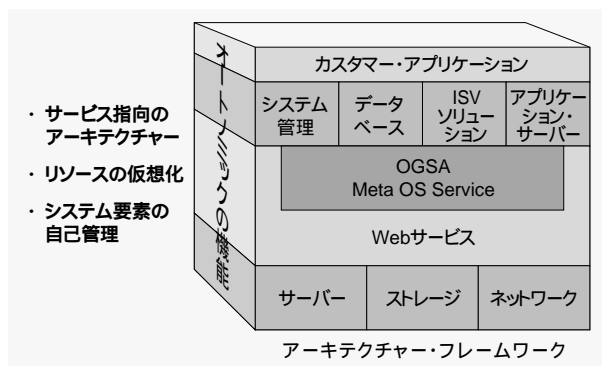


図3. オートノミック・コンピューティングへのアプローチ

ビジネスの優先順位を考慮に入れたSLA (Service Level Agreement) 管理の重要性が高まるにつれ、エキスパートの負担はますます大きくなります。例えば、アプリケーションの稼働率、レスポンス・タイム、障害回復の許容時間、システム固有のパラメーターの設定など、複雑で高度な知識が要求される業務が増えています。そこで、オートノミック・コンピューティングでは、IT資源の仮想化、ポリシーベースの管理などを推進し、管理ソフトウェアにエキスパートの役割を担わせようというサービス指向のアーキテクチャーの下、「分析」「計画」段階での自律化を重視した製品開発や研究を進めています(図3)。

オートノミックへの5段階のレベル

これまで、主にIBM側の取り組みについてご紹介してきました。それでは、お客様はどのようにしてオートノミック・コンピューティングに取り組んでいけばいいのでしょうか。

この課題に当たってIBMでは、お客様のオートノミック・コンピューティングのレベルを「基礎レベル」「管理レベル」「予測レベル」「適応レベル」「自律レベル」の5段階に分け、お客様が自社のレベルを評価し、オートノミック・コンピューティングに取り組む際の参考にできるようにサポートしています。オートノミックの発展段階の進化とともに管理対象も個別のIT資源からそれ

らを複合した資源へ、さらに上位のビジネス・ソリューションへと幅を広げていきます(図4)。

では、実際にお客様がオートノミックのどの段階にいらっしゃるかを、自己構成を例に考えてみます。多くの場合、運用管理を製品ごとのコンソールで監視している「基礎レベル」は既にクリアし、集中コンソールでの監視を行い、障害が発生した際には回復のための高いスキルを持ったエキスパートが対処するといった「管理レベル」にあるお客様が大半だと思います(表1)。しかし、前述の通り「分析」「計画」の作業は、ほとんどエキスパートに頼っているのではないのでしょうか。

それが「予測レベル」になると、システ

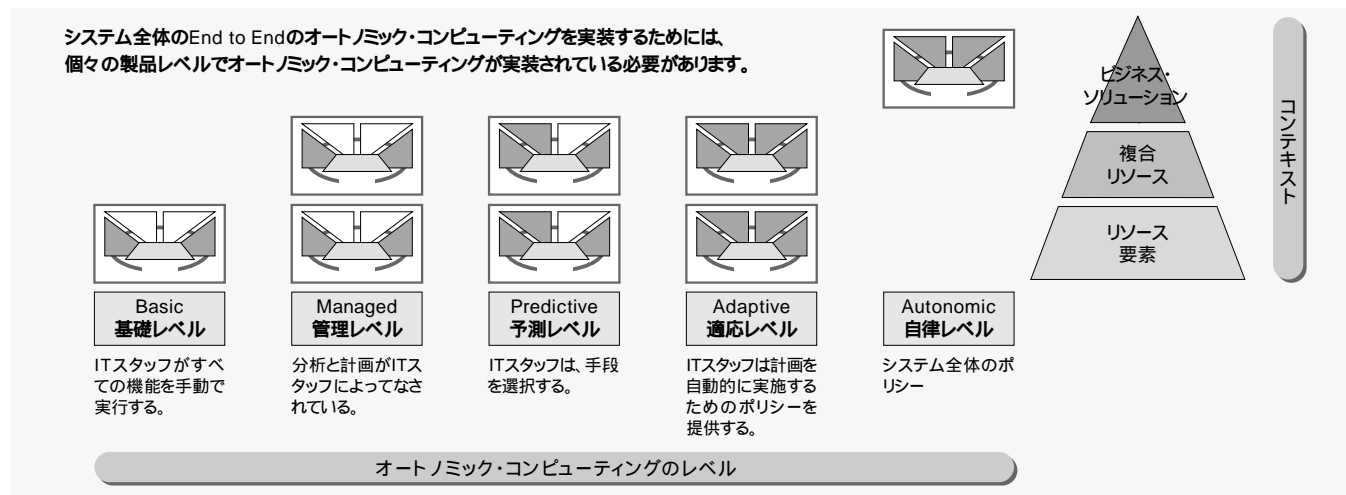


図4. インフラストラクチャーにおけるオートノミック・コンピューティングのレベル

表1. オートノミック・コンピューティングへの進化

	基礎 [レベル1]	管理 [レベル2]	予測 [レベル3]	適応 [レベル4]	自律 [レベル5]
自己構成	製品ごとのコンソールで監視 個別製品の手作業による導入	監視コンソールの統合 自動的な製品導入	解析と助言付き、役割別の コンソール 推奨パラメーターによる自 動導入	リソース・ポリシーに基づく自 己管理 依存関係解決、自動検出、仮 想化と自動プロビジョニング	ビジネス・ポリシーに基づ く自己管理 ビジネス目標に従う動的 割り当て
自己修復	製品固有形態の監視データ 手作業による問題対応	共通データ形式、部分的 関連付け、フィルタリング、 自動障害対応	関連付けと解析。対応を助 言し、人間が判断・実行	個々の要素の情報に基づき、 それぞれを修復	ビジネス・ポリシーと協調 して、システム全体を修復
自己最適化	手作業による計測・評価・見 積もり・割り当て	ロード・バランシング、新し いソフトウェアの配布	リアルタイムな性能データ の抽出・解析、助言	追加リソースの自動プロビ ジョニング	ビジネス目標に合わせた、 リソースの動的プロビジョ ニング
自己防御	個々のソリューション	関連付けとフィルタリング	解析と助言	自己防御の対策実施	システム全体にわたる自 己防御
	マニュアル				オートノミック

ムが自ら分析し、パラメーター設定など最適構成をアドバイスするようになります。レスポンス・タイムなどの分析を通してSLA管理に必要なデータをシステムが提供します。

さらに「適応レベル」では、IT資源のポリシーに基づいて、システムがEnd to Endのシステム全体を自己管理し、例えば、過負荷な状況下でも重要業務のレスポンス・タイムの目標値をキープするよう調整します。

そして、究極の「自律レベル」ここでは、ビジネス・ポリシーに基づく自己管理が行われます。例えば、特定の業務プロセスのレスポンス・タイムが短くなった結果、どれだけビジネスの成果が上がったかといったビジネス目標に合わせたIT資源管理が自律的に行われます。

ここまでオートミックスのレベルについてご紹介してきましたが、お客様にも、ぜひ自社のオートミックス・レベルのアクセスメントをお勧めしたいと思います。そしてさらに上位レベルを目指すようにしてください。オートミックス・コンピューティングへの取り組みは、自社のITスタッフのスキル・アップはもとより、IT指向からビジネス指向へとスタッフの意識を変えていくのにも大いに役立つはずで、レベル・アップすればするほど、人の役割が変わっていきます。煩雑な操作や複雑な管理に時間をとられ、重要なエリアを見落とすといったことが少なくなり、むしろ重要なエリアにこそエキスパートのスキルや知識を集中することができるようになります。

一口に運用や管理といっても、実は大変なことなのです。異機種混合の分散システムが当たり前ようになってしまった現在の環境では、サーバーやストレージを管理するのに、その機種やプラットフォームごとに異なる操作法や管理方法を習得しなければなりません。また、管理ドメイン

にも、サーバー、ストレージ、ネットワーク、データベース、アベイラビリティ、パフォーマンス、セキュリティ...など、さまざまな対象があり、いずれも専門知識が求められます。このような高い能力を持つ人材の確保と育成は企業の長年の課題でしたが、オートミックス・コンピューティングこそ、その抜本的な解決法になり得ます。

以下に、オートミックス・コンピューティングの初期段階にまず業界全体で開発しなければならぬコア・テクノロジーを挙げておきます。IBMによるこれらの成果はツール・キットとしてdeveloperWorks™からダウンロード可能となります。皆様もオートミックスに取り組む際の参考にしてください。

- 統合されたソリューション・コンソールオペレーター、システム管理者に複数の製品間で共通なルック&フィールを提供する、統合コンソールの開発。

- 共通のインストーラー
統一されたインストール・ツールを使用。

- データ収集
共通なフォーマット、キー、用語を使用した、製品間で統一のとれたロギング、トレース技術の開発。

- ディペンデンシー(従属)管理
システムを導入/維持/管理し、正しい順序で再起動するために必要な従属管理情報を取り込む技術。

- リソース・プロビジョニング
統一された、IT資源の使用状態を収集できるセンサー機能、IT資源再配分のエフェクター機能。

- ポリシー管理
複数製品にまたがった共通のポリシー機能、システムワイドなポリシー・サービスとポリシー変換。

オートミックス機能の実装

図5は、IBMにおける実装フレームワークです。

運用管理といえば、まずTivoli®に代表されるシステム管理製品を思い浮かべる方も多いでしょう。確かにTivoliは、オートミックス・コンピューティングにおいても管理の中核を成す重要なミドルウェアです。しかし、オートミックス・コンピューティングでは、システム管理ソフトウェアで管理するにとどまらず、ハードウェアからソフトウェアまで、個々の製品レベルでオートミックス・コンピューティング機能を実装させていきます。

例えば、IBMが2002年の10月から11月にかけて発表したDB2 Universal Database™ v8.1、Tivoli Risk Manager 4.1、WebSphere™ Application Server v5.0などの製品は、「予測レベル」に対応する機能を実装しています。これにより、運用管理の「分析」「計画」時のワークロードが大きく低減したことが報告されています。表2は、オートミックス・コンピューティング実現に向けての各製品ごとの機能と取り組み例です。

前述のコア・テクノロジーを実装することで、近い将来、次のようなものを実現しようとしています。

- 現状のパラメーター指定をポリシー・ベースに変えていく。
- イベントが発見された場合にログを単

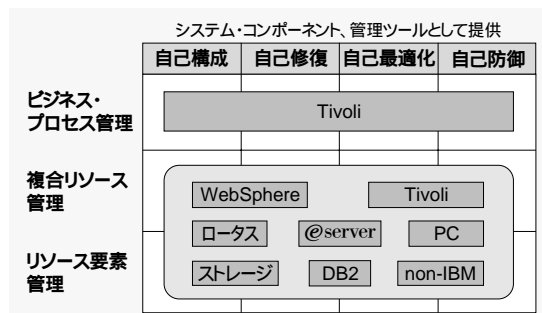


図5. IBMでの実装フレームワーク

表2. オートノミック・コンピューティングの実装例

		現在の機能(例)	将来の可能性(例)
システム管理	Tivoli	<ul style="list-style-type: none"> アクセス管理、アイデンティティ管理、リスク管理 SLA管理 	<ul style="list-style-type: none"> 異機種混合のワークロード管理 根本的原因分析およびルール生成
クライアント	ThinkPad® NetVista™	<ul style="list-style-type: none"> 高速リストアPC 組み込みセキュリティー・サブシステム 	<ul style="list-style-type: none"> ネットワークを活用したPCリカバリー 最も速いネットワーク接続を自動選択
アプリケーション・プラットフォーム	WebSphere	<ul style="list-style-type: none"> ユーザー・トランザクションの優先順位付け エッジ・サーバーによるパフォーマンスの最適化 	<ul style="list-style-type: none"> アプリケーションの複数バージョン管理 エラーの検出と自動修正
データベースと情報共有	DB2 ロータス	<ul style="list-style-type: none"> 構成アドバイザー クエリー・パトローラー 	<ul style="list-style-type: none"> パーティショニング設計アドバイザー データベース管理の自動実行
サーバー	IBM @server	<ul style="list-style-type: none"> 動的パーティショニング サーバー統合・一元管理 	<ul style="list-style-type: none"> 異機種混合のオートメーション 分散セキュリティー・レジストリー
ストレージ	IBM TotalStorage™	<ul style="list-style-type: none"> インテリジェント・キャッシュ構成 動的ボリューム追加 	<ul style="list-style-type: none"> ポリシー・ベース・ストレージ管理 仮想ストレージ
サービス	IGS	<ul style="list-style-type: none"> インフラストラクチャー最適化サービス ビジネス継続サービス 	<ul style="list-style-type: none"> オートノミック適合診断サービス レジリエンス・サービス

にかき集めるだけでなく、複雑な関連付けにより、その根本原因を明示できるようにしていく。

- 一製品だけではなく、複数の製品間の関係をチェックしながら自動構成ができるようにする。
- その導入が、お客様のITプロセスの変革に役立ち、お客様自らが成果を評価できるようにする。

このように各製品・サービスでオートノミック機能の強化を図っており、お客様の期待に着実におこたえしています。

TCO削減だけではない利点

お客様のオートノミック・コンピューティングに対する期待の一つに「コスト削減」があります。多くの企業では、情報システム部門の総予算の中で新規開発案件がどんどん圧迫されており、その予算の大部分は維持管理・運用に費やされているのが現状です。オートノミック・コンピューティングへの取り組みは、お客様のコスト構造改善、TCO(Total Cost of Ownership)削減に大きく貢献することでしょう。

さらに、オートノミック・コンピューティング

技術が支えるe-ビジネス・オンデマンドが実現される段階では、従来固定費としてしか見られなかったコンピューター資源が変動費として扱えることになり、TCO削減に大きな効果をもたらします。

また、「TTV(Time to Value)」の観点での利点も見逃せないものがあります。実際のところ、現状のオートノミック・コンピューティングのレベルはまだ完全とはいえません。しかし、エキスパートが何週間もかかっていたチューニング作業時間がオートノミック・コンピューティングでは数分になるとの報告もあります。この時間の差をどれだけのバリューに評価するかは意見が分かれるところですが、このエキスパートの時間をより重要な作業に向けた場合を想定すると、オートノミック検討の余地は大いにあるといえましょう。

不可能への挑戦

冒頭にも述べましたが、従来の方法のシステム管理には限界が近づいています。「このままでは危ない」システム管理の現状を知っている人ならだれでも抱いている不安です。この問題に真正面か

ら取り組み、IBMが究極のビジョンとして打ち出したのが、オートノミック・コンピューティングです。

もちろん、オートノミック・コンピューティングにおいて、すべてのシステム・エレメントが自律機能を持つことはないでしょう。そのような世界は、実現するとしても、もう少し先の話です。IBMの当面の目標も、人が介在する管理領域とシステム自身の管理領域でバランスの取れたシステム管理を実現することです。その意味でオートノミック・コンピューティングでは、人材・スキル、ハードウェア、ソフトウェアの課題をそれぞれに考え、総合的に「答え」を導いていくことが大切だといえるでしょう。

まだまだ問題は山積していますが、IT業界は不可能とされていたことを可能にし続けてきました。これからもIBMは、学術・研究機関や他ベンダーなどと協業しながら、一步一步、「自律レベル」に近づくシステム・コンポーネントや管理ツールの研究開発を進めていきます。それがオンデマンド時代のオートノミック・コンピューティング実現に近づく確実な一歩だと信じています。