



1 クラウドストレージ標準化の最新動向

吉田 浩 ● ストレージネットワーキング・インダストリ・アソシエーション日本支部／富士通(株)

クラウドストレージ

ネットワーク越しに ICT (Information and Communication Technology) 資源をサービスとして利用するクラウドコンピューティングの急速な浸透に伴い、いろいろな ICT ソリューションが、クラウドという視点から語られるようになってきた。クラウドストレージの標準化を進めている SNIA (Storage Networking Industry Association) では、クラウドストレージを提供するサービスを、「特定のサービスレベルに対する要求に基づいて、適切に構成された仮想ストレージと関連データサービスをネットワーク上で提供する」と定義している。すなわち、クラウドストレージとは、可用性、性能、セキュリティなどに関するいろいろなサービスレベルを持つストレージが、必要な量だけ要求に応じて、事実上無限に、運用・管理の負担なく簡単に（たとえば Web ブラウザからセルフサービスで割り当て）利用できるサービスである。

クラウドストレージとしてよく知られている米国 Amazon 社の Simple Storage Service (S3) では、2009 年末のオブジェクト数 1,020 億個が、2010 年末には 2,620 億個に増加したと発表されており、クラウドストレージに対する需要が急激に伸びていることが分かる。また、ネットワーク経由で利用者のデータをバックアップして保管するサービス、個人の PC などのデータをインターネット経由で預かるサービスといったものは、すでに数多く提供されており、これらもクラウドストレージと言ってよい。ストレージをネットワーク経由のサービスとして

提供するという考え方自体は、2000 年代の初めに Storage Service Provider (SSP) という形で始められていた。ただし、当時は、高速ネットワークが高価であったこともあって、ビジネスとしては成功していない。その後のネットワークの価格性能比の向上が、ネットワーク経由のストレージの利用を現実的なものにした。さらに、ICT 投資の 60% 以上とも言われる ICT 基盤の維持／運用コストの高騰から、運用管理負担の大きいストレージを所有せずに「利用」することが企業経営の視野に入ってきたことも、普及の要因として挙げられる。すなわち、クラウドストレージは、以下の要件に妥当なコストで対応することを目的として適用される。

- データ量の増大
- データの重要性の増大に対応したデータの保護（バックアップ、災害対策）
- コンプライアンス上の要請によるデータ長期保存やライフサイクル管理（古いストレージ装置を自前で維持しようとする管理コストが高つくことが多い）
- 新ビジネスの立ち上げ時の初期投資抑制あるいは投資リスク低減（自前で管理しなければならないストレージは持たないか、業務全体を最初からクラウド上で構築するためストレージもクラウド化が必要）

このような要件をふまえて、SNIA では、クラウドストレージの具体的な用途として、以下のようなものを挙げている。

- 容量が大きく増大するデータの格納（動画、音



クラウドを支えるデータストレージ技術

声、電子書籍、センシングデータなど)

- クラウドへのデータバックアップ、二次ストレージ
- クラウドへのアーカイブ、長期保管
- IaaS (Infrastructure as a Service), PaaS (Platform as a Service), SaaS (Software as a Service) のストレージ

クラウドストレージの標準化と SNIA

現状、クラウド内の ICT 資源の操作（割り当て、解放、アクセスなど）や、クラウド利用にかかわる管理（アクセス制御、資源利用量や課金情報取得など）の GUI、API などのインタフェースは、サービスプロバイダごとに固有であるが、以下の理由によって、標準化されたインタフェースが必要という共通認識ができつつある。

- アプリケーションなどの利用者資産をクラウドサービス間で移行できるようにすることによって、利用者が、サービスレベルや価格に応じて、最適なクラウドサービスを使い分けられるようになる。
- 利用者サイトに構築されたプライベートクラウドとパブリッククラウドサービス間の資産移行を可能とすることによって、両者を最適に使い分けられるようになる（いわゆるハイブリッドクラウド）。
- プロバイダの連携を可能とすることにより、複合サービスの提供や、負荷分散、ビジネス継続が実現される。
- オープンな標準インタフェースの提供によって、特定プロバイダにロックインされるという利用者のクラウド利用に対する抵抗感を払拭する。

このような状況をふまえて、2009 年頃から、複数の標準化団体が、IaaS の資源の操作 API を中心に、標準化活動を開始した。クラウドストレージに関しては、SNIA が標準化を進め、Cloud Data Management Interface¹⁾ (CDMI) を 2010 年 4 月に

制定した。

SNIA は、1997 年に設立されたストレージの標準化・普及・教育を目的とするグローバルな業界団体である。ストレージ関連のほとんどのベンダを網羅し、米国本部に加えて、ヨーロッパ、日本（2001 年設立）、中国、オーストラリア／ニュージーランド、南アジア、ブラジル等に支部を持っている。

SNIA は、ファイバチャネル SAN (Storage Area Network) など、ハードウェアに近い領域から標準化や相互接続性強化を進めてきた。中でも成功したのが、マルチベンダストレージ管理インタフェースの標準化である SMI-S²⁾ (Storage Management Initiative Specification) である。近年は、ストレージに格納されるデータのレベルに活動範囲を拡大しており、このような活動の蓄積が、CDMI につながっている。

CDMI の概要

CDMI は、以下の 3 つの適用形態を想定している。

- IaaS におけるストレージアクセスおよび管理 API
- パブリッククラウドストレージのデータアクセスおよび管理 API (ストレージサービスプロバイダが提供)
- プライベートクラウドストレージのデータアクセスおよび管理 API (クラウド構築ソリューションを販売しているストレージベンダが提供)

図-1 に CDMI の全体構成を示す。CDMI は、クラウドストレージに対するデータアクセスとデータ管理の両方のインタフェースを規定しているが、それぞれを使用するクライアントは、同一であってもよいし、別個であってもよい。

CDMI の基本となるデータ構造は、階層化されたコンテナとデータオブジェクトであり、それぞれにメタデータを付加することができる。データアクセスのインタフェースは、オブジェクトストレージの



インタフェースが基本となっているが、後述の「エクスポート」を定義することによって、ブロックアクセスやファイルアクセスなどの既存のアクセスインタフェースを適用することも可能となっている。

クライアントとストレージサービス間のプロトコルとしては、クラウドのAPIでよく使われるREST (Representational State Transfer) が採用されている。この基本的なデータと制御の流れを図-2に示す。また、具体的なデータアクセスの記述例を図-3に示す。

CDMIの大きな特徴として、コンテナごとにサービスレベルを指定する方法が規定されていることが挙げられる。前章で述べたように、クラウドストレージサービスでは、データの重要度に応じて、いろいろなサービスレベルが提供される。しかし、利用者が、特定のサービスレベルを満たすための技術や実現方法（たとえば、どういうバックアップを何世代保持するなど）の指定を細かく行わなければならないのでは、クラウドの特質である簡便性が失われてしまう。また、このような指定方法は、サービスプロバイダの実装方式に依存し、利用者がプロバイダを乗り換えようとした場合の移行コストの増大につながる。

CDMIでは、これらのサービスレベルに関連する情報を、標準的なメタデータ（データシステムメタデータ）としてコンテナに付加することによって、

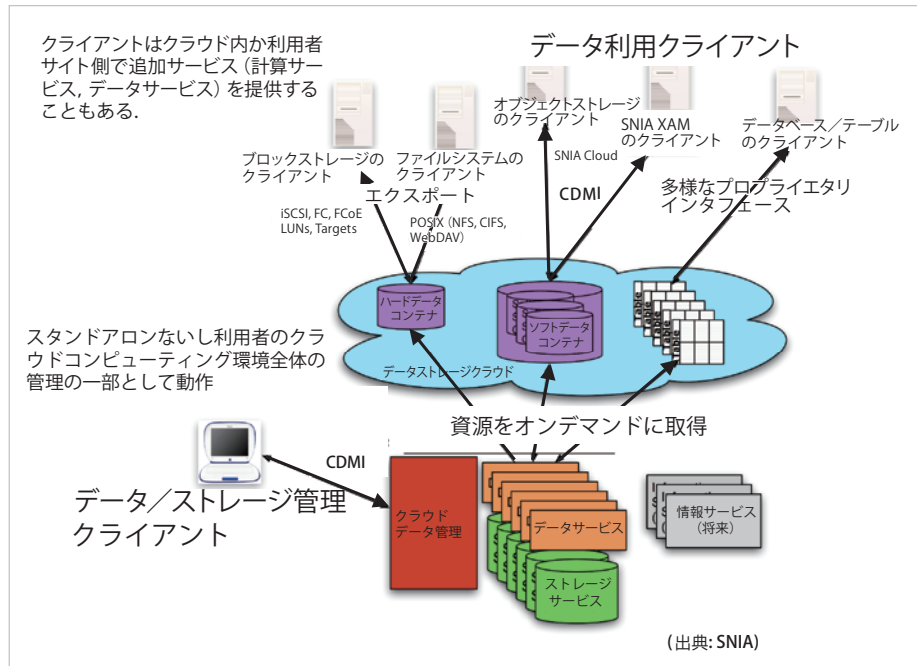


図-1 CDMIの全体像

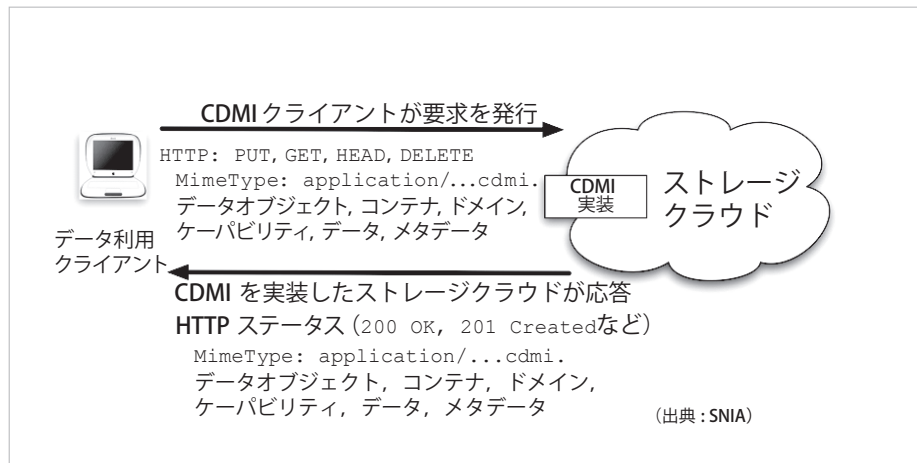


図-2 CDMIの基本フロー

そのコンテナのサービスレベル要件を表現し、サービスレベル定義の観点から、データのクラウド間における流通性を高めようとしている。

* オブジェクトの構造

CDMIのオブジェクト構造を図-4に示す。CDMIでは、すべてのオブジェクトはURI (Uniform Resource Identifier) で識別され、さらに、コンテナおよびデータオブジェクトの2種類に分類される。

コンテナはデータを格納しておくための抽象化された「入れ物」である。コンテナにはデータオブジェ



クラウドを支えるデータストレージ技術

a. コンテナURI にデータオブジェクトとその内容を書き出す

cloud.example.com にあるコンテナ MyContainer に “This is the Value of this Data Object” という文字列を含む MyDataObject.txt というデータオブジェクトを書き出す。

```
PUT /MyContainer/MyDataObject.txt HTTP/1.1
Host: cloud.example.com
Accept: application/vnd.org.snia.cdmi.dataobject+json
Content-Type: application/vnd.org.snia.cdmi.dataobject+json
X-CDMI-Specification-Version: 1.0
{
  "mimetype" : "text/plain",
  "metadata" : {
  },
  "value" : "This is the Value of this Data Object"
}
```

応答

```
HTTP/1.1 201 Created
Content-Type: application/vnd.org.snia.cdmi.dataobject+json
X-CDMI-Specification-Version: 1.0
{
  "objectURI" : "/MyContainer/MyDataObject.txt",
  "objectID" :
  "AAAAFAAo7EFMb3JlbSBpcHN1bSBkb2xvciBzaXQgYW1ldCBhb WV0Lg==",
  "parentURI" : "/MyContainer/",
  "domainURI" : "/cdmi_domains/MyDomain/",
  "capabilitiesURI" : "/cdmi_capabilities/DataObject",
  "completionStatus" : "Complete",
  "mimetype" : "text/plain",
  "metadata" : {
  }
}
```

b. データオブジェクトURI からデータオブジェクトの値を取り出す

cloud.example.com にあるコンテナ MyContainer にある MyDataObject.txt というデータオブジェクトの内容を読み出して “This is the Value of this Data Object” という文字列を得る。

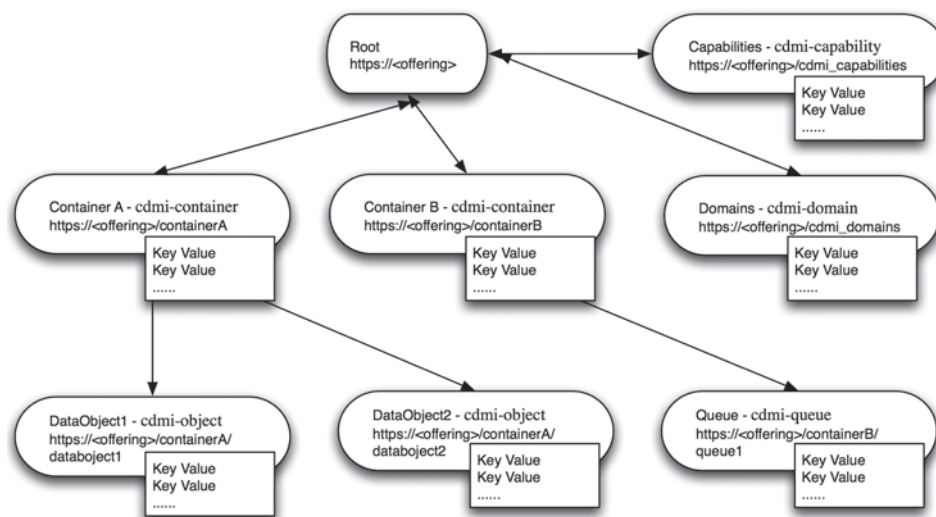
```
GET /MyContainer/MyDataObject.txt?value;mimetype HTTP/1.1
Host: cloud.example.com
Accept: application/vnd.org.snia.cdmi.dataobject+json
Content-Type: application/vnd.org.snia.cdmi.object+json
X-CDMI-Specification-Version: 1.0
```

応答

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: application/vnd.org.snia.cdmi.dataobject+json
X-CDMI-Specification-Version: 1.0
{
  "value" : "This is the Value of this Data Object",
  "mimetype" : "text/plain"
}
```

(出典：SNIA)

図-3 データアクセスの記述例



(出典：SNIA)

図-4 CDMI のオブジェクト構造の例

クトあるいは別のコンテナを格納できるので、結果として、コンテナの階層化が可能となる。CDMI コンテナの例を図-5 に示す。

コンテナ、データオブジェクトにはメタデータを

付加することができる。メタデータはキーとその値の組からなり、下位のコンテナやデータオブジェクトに継承される。メタデータは、クライアントが任意の情報を設定できるユーザメタデータと、保存する

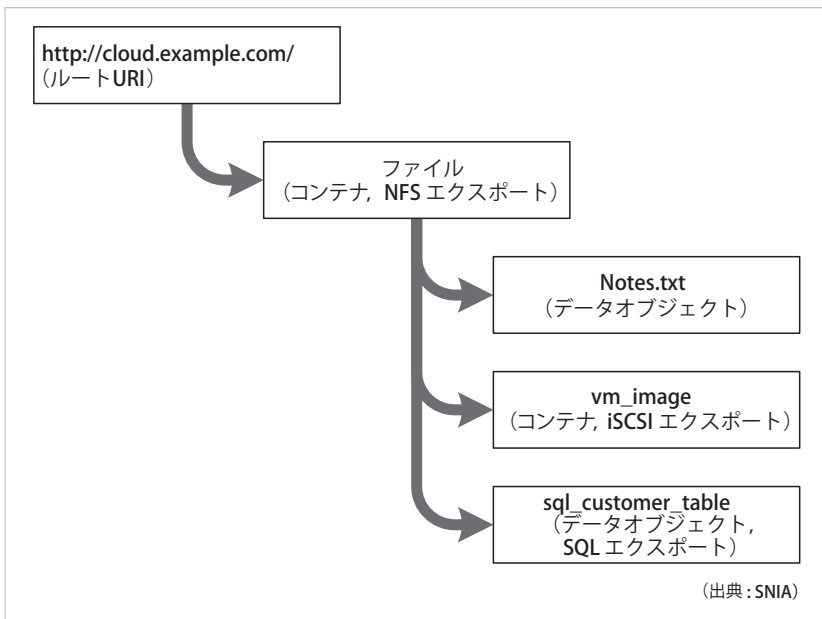


図-5 CDMI コンテナの例

データに関する要件を指定するデータシステムメタデータに分類される。

コンテナに指定できるデータシステムメタデータとして、CDMI では、以下のようなものを規定している。このメタデータが、クラウドストレージに対して要求されるサービスレベルを記述していることになる。

- 冗長コピーの取得数
- 格納物理媒体の数
- 遠隔地格納をするかどうか
- 暗号化をするかどうか
- アクセス性能の規定
- データ消去方式
- データ復旧時間 (Recovery Time Objective)

ほかにクラウドストレージサービス全体のサービスレベルを示すストレージシステムメタデータがある。

* 特殊なオブジェクト

CDMI では、ストレージクラウドサービスを使用するために必要な情報を格納・交換したり、特定用途向け機能を持つ特殊なオブジェクトをいくつか定義している。

【ケーパビリティ】

CDMI プロバイダが提供しているストレージ操作を定義する特殊オブジェクトである。クライアントは、クラウドストレージを使用する際に、ケーパビリティオブジェクトの内容を読み取ることによって、そのサービスプロバイダが実装している CDMI の機能範囲を知ることができる。逆に、実装側から見れば、CDMI の仕様書にあるすべての付加価値機能やサービスレベルを実現する必要はなく、実装した機能をケーパビリティに記述しておくことで、CDMI 準拠の

クラウドストレージを提供できることになる。

【ドメイン】

クラウドストレージの利用者ごとに定義され、コンテナ群と関連付けられる。用途は以下の2つであり、共有資源を従量課金で使用するというクラウド特有の利用形態を考慮したものとなっている。

- a) クライアント管理情報 (アクセス権など) の格納
- b) クラウド資源の使用量、課金情報や報告情報のクライアントへの通知

【通知キュー】

クラウドストレージ内で事象データを取り扱うためのデータオブジェクトである。通知キューを使用して、オブジェクトの作成、変更、削除などの状態変更を知ることができる。たとえば、新しいオブジェクトが作成された場合、通知キューによってそれを検知し、そのオブジェクトに対してウィルスチェックソフトウェアを起動するといった使用法が想定されている。

* オブジェクトのエクスポート

CDMI におけるデータアクセスは、オブジェクトとしてのアクセスが基本であるが、既存のアプリケーションを考えた場合、これまでのアクセス法 (ブロックストレージ, NFS, CIFS (Common



クラウドを支えるデータストレージ技術

Internet File System) など) を使ってデータにアクセスできることが必要となる。そのため、コンテナには、既存のアクセス法によるアクセスを定義できるようにになっている。これをエクスポートと呼び、メタデータにエクスポート属性を指定したコンテナに対しては、クラウドストレージシステムが、そのアクセス法を適用する制御を行う（実際の制御方法は実装に依存）。

エクスポート属性では、コンテナに対して可能なアクセス法や、そのアクセス法でアクセス可能な利用者などが規定される。また、CDMI の範囲外の独自アクセス法やベンダ固有の拡張に対してエクスポートを定義することもできる。

* オブジェクトに関するその他の機能

【問合せ】

特定のメタデータ条件、あるいはコンテンツ検索条件と一致するコンテンツを検索できる。問合せ機能は、前節の通知キューと組み合わせて提供される。すなわち、クライアントが、問合せ結果オブジェクトへの URI を含む問合せ指定をキューに入れると、クラウドストレージの検索エンジンが問合せを実行し、指定された場所に新しい問合せ結果オブジェクトを作成するとともに、問合せ結果キューに完了通知を書き込む。

【スナップショット】

特定時点でのデータのイメージを採取するスナップショットは、ストレージの可用性やサービス性を高める重要な技術であるが、CDMI では、コンテナのスナップショットを採取し、名前を付けて管理する機能を規定している。

クラウドストレージ標準化の今後

SNIA では、かつて SMI-S で行ってきたように、CDMI を最終的に ANSI (American National Standards Institute) や ISO の標準とする方向で活動を進めている。また、仕様書制定に続く普及活動として、参照実装の Java ソースコードなどの開発

を進めており、それによるデモンストレーションなども公開している。

IaaS でクラウドストレージを利用するには、配備される（仮想）サーバから、クラウドストレージがディスクや NAS (Network Attached Storage) などに見えることが必要であり、（仮想）サーバに対して、CDMI のコンテナをエクスポートして接続しなければならない。そのための CDMI と IaaS の標準インタフェースの連携を目的として、SNIA は、他のクラウドインタフェース標準化団体との連携を進めている。

IaaS の API の標準化は、Open Grid Forum (OGF)、Distributed Management Task Force (DMTF) などの標準化団体で進められているが、CDMI は、OGF で検討中の OCCI³⁾ (Open Cloud Computing Interface) との連携を図-6 に示すような形で進めており、2010年6月には実際に両者を連携させるデモンストレーションも行われている。

クラウドストレージの標準化および標準の実装は、他のクラウド資源やサービスモデルとの関連を含めて、今後、さらに進展してゆくと予想される。CDMI はどちらかと言えばデータの「入れ物」の標準化であるが、今後、クラウド上の情報の共有・流通を促進させるために、情報コンテンツの形式等の標準化が進んでゆくことも考えられる。

一方、技術として CDMI を見たとき、これに含まれている以下の要素は、現在のストレージ技術、データ管理技術の集大成であると言える。したがって、標準インタフェースとしての浸透とは別に、クラウドストレージの一般的な技術要件としても、CDMI は1つの指標を提示していると言える。

- データに対するメタデータの付加と管理
- メタデータとして記述されたデータ特性に基づくサービスレベルの実現
- データ保護（バックアップ、地域分散など）
- 情報ライフサイクル管理 (Information Lifecycle Management, ILM)
- ストレージセキュリティ
- SAN/IP-SAN ストレージ, NAS, オブジェク

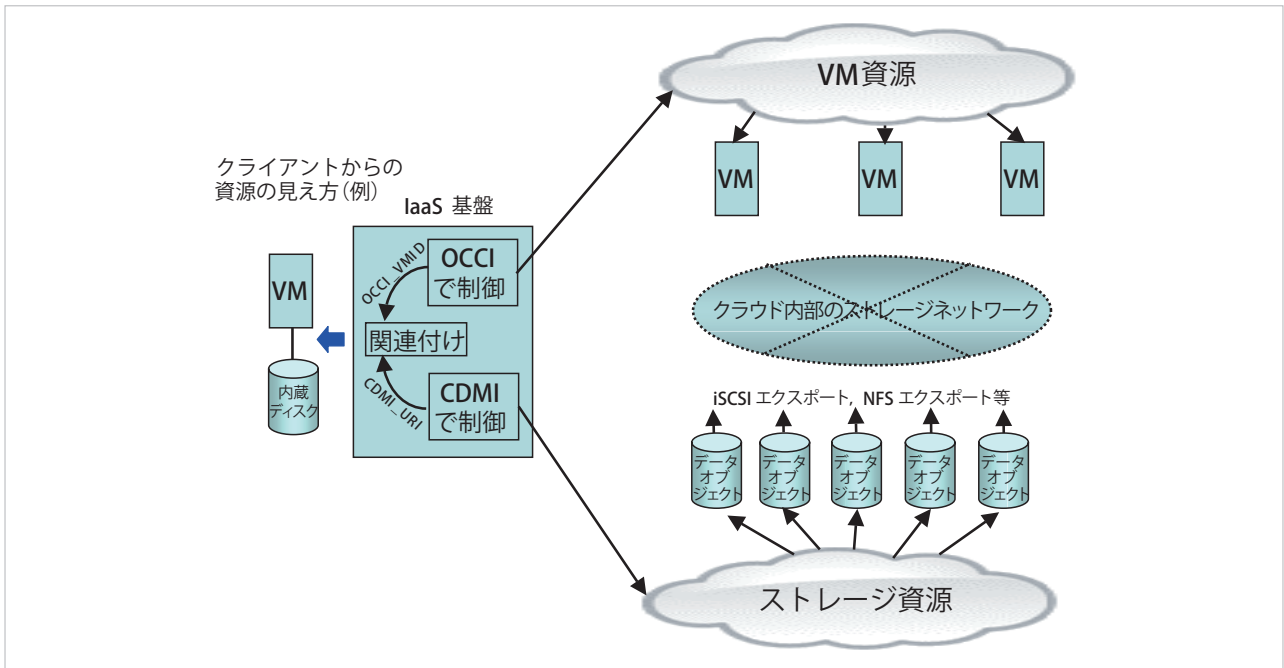


図-6 OGI/OSSI と CDMI の連携

ト、データベースなどの既存の方式によるデータアクセス

クラウドストレージは、新しいビジネスモデルとして、あるいは、クラウドコンピューティングの構成要素として、今後とも重要性を増してゆく。特にクラウドの新しい適用分野、たとえば、センサやモバイルデバイスからの情報をネットワークで収集し、リアルタイムに大量蓄積し、さらにクラウドの大量のコンピューティング資源でイベント処理や知識抽出を行うといった用途においては、大量データの格納、蓄積、長期保存が可能なクラウドストレージの需要が伸展してゆくと考えられる。

参考文献

- 1) Storage Networking Industry Association : Cloud Data Management Interface Version 1.0 (2010).
- 2) Storage Networking Industry Association : Storage Management Technical Specification Version 1.5.0 Revision 5 (2010).
- 3) Open Grid Forum : Open Cloud Computing Interface (2010).

(平成 23 年 3 月 24 日受付)

吉田 浩 ■hyoshida@jp.fujitsu.com

1980年富士通(株)入社。ソフトウェアおよびストレージシステムの開発・企画を経て、現在、クラウドサービス基盤の開発に従事。ストレージ業界団体活動にも参画し、ストレージネットワーク・インダストリー・アソシエーション日本支部理事。

