

クラウドがもたらす社会変革
—A Walk in the Clouds—
(雲の中で(の)散歩)

2009.12.15

中央大学・e-Port協議会
大橋 正和

本日の雲（クラウド）の話

- 湧き上がる雲（クラウド）
 - クラウドの歴史と概観
- バズワード
 - NIST（米標準局）の定義（案）
- キーワード（クラウドだけではない）
 - セキュア、仮想化、エコ の視点
- 雲を湧き上がらせているところ
 - iDC（インターネットデータセンター）
 - 雲（クラウド）の利用 長所・問題点

背景と歴史

- **Cloud 90年代後半**
 - internetやiDC間の接続によるレーヤー
 - 例 xSP業者 Akamai (Streaming)
- **Cloud Computing**
 - 2006年 Amazon Web Services
 - 3月 S3(Simple Storage Service)
 - 4月 SQS(Simple Queue Services)
 - 8月+ EC2(Elastic Compute Cloud)
 - 2007年
 - 7月 Salesforce.com force.com
 - 11月 IBM Blue Cloud
 - 2008年
 - 5月 Google Google Apps
 - 10月 Microsoft Windows Azure
 - 2009年
 - 3月 SUN Microsystems Open Cloud Platform
 - 6月 IBM 企業向け Smart Business
 - 等々

主要技術

- 分散システム（ネットワーク・認証等含む）
 - ユーティリティ・コンピューティング
 - グリッド・コンピューティング
 - xSP（クライアント・サーバーモデル含む・含まない？）
- iDC (mega Data Center)
- Web Services（SOA,APIの開放,Web2.0等）
- 仮想化（柔軟性等）
- xaaS HaaS, IaaS, PaaS, SaaS
- 結果としてのエコ
- 課題としてのセキュア, lock-in 等

社会への影響

- すでに多くの人が利用
- 二項対立や「真実は一つ」といった20世紀の考え方では理解不可能
- ポストモダン的な考え方？
- 産業のオペレーティングシステム
- ソリューションは1つでない
 - 大型機能的なシステム価値の崩壊
- 多様なシステムの存在 認める
 - 多階層的なシステムの存在とユビキタス性
- 問題点の指摘 定額給付金、エコポイント等

A Walk in the Clouds 現実の話

- iDCの最新動向

- 従来型のデータセンター
- 日本は5～年以上の遅れ
- レッド・シフト セオリー メガセンター
- シカゴ近郊 46000m² 45万台以上 2500台/コンテナ

- 利用形態 クラウド・コンピューティング

- インターネット利用者 69% クラウド利用(2008)
 - iPhone AppStore 2ヶ月 1億アプリダウンロード
- クラウド 「産業のオペレーティング・システム」
 - メタOS (iDC を超えて 仮想化・ソフトウェア)
- クラウド・コンピューティング
 - CAP と BASE の概念: コンテナ型 DC⁶

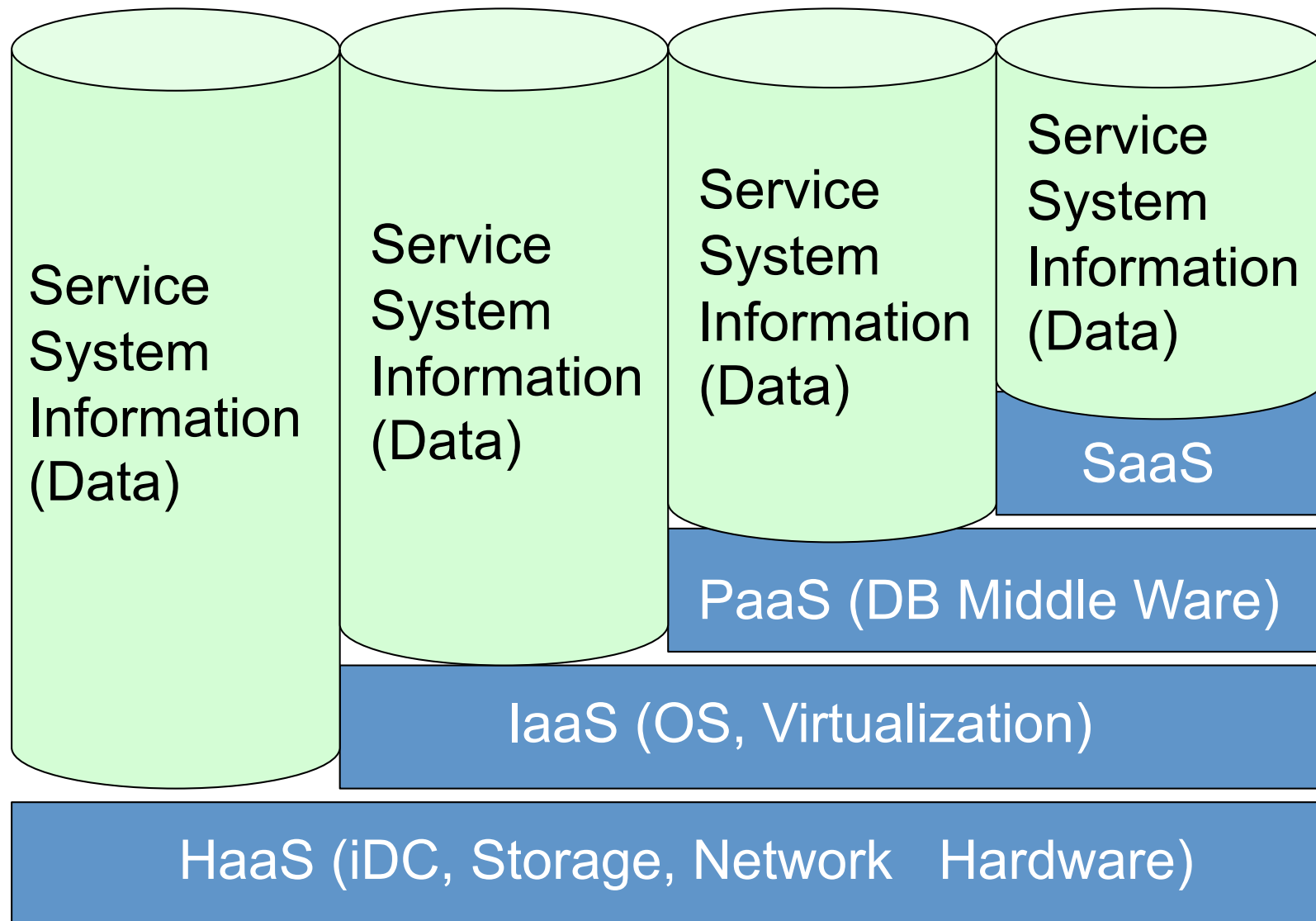
A Walk in the Clouds

1. 背景

The NIST Definition of Cloud Computing

Essential Characteristics (Draft)

- オンデマンドのセルフサービス
 - 必要なとき必要な資源を利用
- ユビキタスとネットワークによるアクセス
 - 多様なプラットフォームからアクセス
- 場所に依存しない資源プール
 - 動的なコンピュータ資源の利用
- 迅速な柔軟性のあるサービス
 - 自由なスケールダウン、スケールアップ
- 従量課金
 - 資源の量における課金システム



GSA Apps

- General Services Administration (GSA)
- CIO Vivek Kundra 2009年9月15日
- 政府機関 データセンター運用コスト急増
 - 2000年から2006年まで倍増
 - 連邦IT予算 760億ドル 維持費 190億ドル
 - 入手、構築、展開 過程をシンプル
 - クラウドコンピューティングのサービス提供
 - Apps.gov

背景

- データセンターがコンピューティングサービスの工場に（例 Amazon Web サービス）
 - 負荷のピークへの対応、（コンピューティング、ストレージ等への
- 企業内のデータセンターやシステム進歩に追いついていない（特にネットワーク化）
 - 米国 情報システムへの投資の収益性が問題
 - 米国 企業内データセンター 7000
 - 使用されているサーバ 6%
 - 30% すでに使われていない

主要技術（仮想化）

- 仮想化
 - ハードウェアによる仮想化（90年代後半より）
 - 負荷分散等 IDCの効率利用 スイッチ等
 - ソフトウェアによる仮想化（60年代から）
 - Computing をハードウェアから独立
 - サーバ 仮想マシンに分割 OS・アプリケーションの利用
 - 実行中に他のサーバーへ移動もしくは追加（負荷時）
 - 電力セーブ 1つのサーバーへ集中
 - 複数のサーバー 二重化 自由に制御
 - AWS (Amazon Web Services)
 - EC2(Elastic Computing Cloud)

ソフトウェア！

- ソフトウェア
 - アプリケーションの統合スイート
 - Google Apps、Zoho、(Open Office・・・)
 - プログラムを作るプラットフォーム
 - NetWeaver(SAP), Fusion(Oracle), Force.com(CRM用)
 - 消費者向けのプラットフォーム
 - Facebook, Windows Azure, Google Apps Engine, Yahoo! Open Strategy(Y!OS)
- 従来のソフトウェア＋サービス(Web Services) クライアント側との共存

クラウドへのアクセス

- 無線技術および無線機器（内蔵）の進展
 - 「周辺」(Periphery)、センサーの役割(lifelog)
 - Wifi, WiMAX
- ユーザ・インターファースの進展
 - Ajax等の開発技術、Flash, Silverlight
 - RIA (Rich Internet Application)
- Webブラウザの進展
 - Wighetウィジェット デスクトップへ置かれる小さなプログラム（パーソナライズされたデータを迅速に見る） クラウドとのインターフェイス

Table 6: Top 10 Obstacles to and Opportunities for Adoption and Growth of Cloud Computing.

	Obstacle	Opportunity
1	Availability of Service	Use Multiple Cloud Providers to provide Business Continuity; Use Elasticity to Defend Against DDOS attacks
2	Data Lock-In	Standardize APIs; Make compatible software available to enable Surge Computing
3	Data Confidentiality and Auditability	Deploy Encryption, VLANs, and Firewalls; Accommodate National Laws via Geographical Data Storage
4	Data Transfer Bottlenecks	FedExing Disks; Data Backup/Archival; Lower WAN Router Costs; Higher Bandwidth LAN Switches
5	Performance Unpredictability	Improved Virtual Machine Support; Flash Memory; Gang Scheduling VMs for HPC apps
6	Scalable Storage	Invent Scalable Store
7	Bugs in Large-Scale Distributed Systems	Invent Debugger that relies on Distributed VMs
8	Scaling Quickly	Invent Auto-Scaler that relies on Machine Learning; Snapshots to encourage Cloud Computing Conservationism
9	Reputation Fate Sharing	Offer reputation-guarding services like those for email
10	Software Licensing	Pay-for-use licenses; Bulk use sales

オープンクラウドマニフェスト

- オープンな協働と適切な標準を通じて、促進のために協調すること
- 独自のプラットフォームにロックしたり、選択の自由を限定しない
- できる限り標準仕様を使用すること。新しい標準が必要な場合はむやみに作らない。イノベーションを促進するモノであること
- オープンクラウドは、カスタマーのニーズで推進されるべきで、プロバイダーのニーズであってはならない

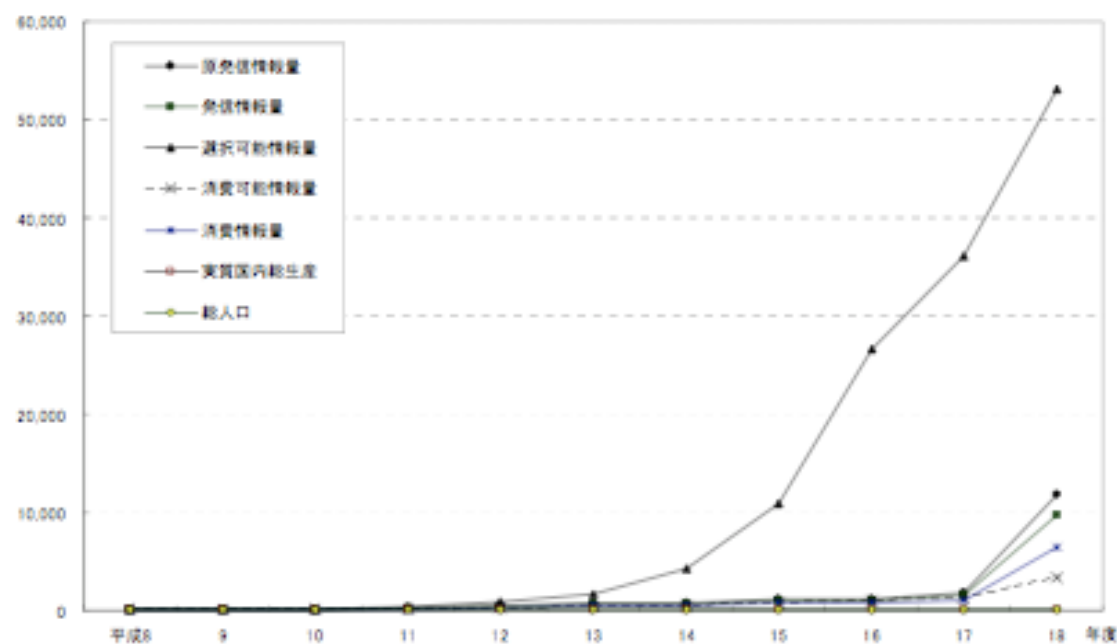
- <http://www.opencloudmanifesto.org>

パーキンソンの法則

(Parkinson's law)

- 「仕事の量は、完成のために与えられた時間をすべて満たすまで膨張する」 (第一法則)
- 「支出の額は、収入の額に達するまで膨張する」 (第二法則)
- 「ある資源に対する需要は、その資源が入手可能な量まで膨張する」
- 「データ量は与えられた記憶装置のスペースを満たすまで膨張する」
 - システムに組み込まれるメモリー容量の増加は、より多くのメモリーを必要とする技術の発展を促す
 - 過去10年間の傾向として、システムのメモリー使用量はおおむね18ヶ月ごとに倍増している (ムーアの法則)
 - 幸いなことに単価当りのメモリー量も12ヶ月ごとに倍増
 - この傾向には物理的な限界があり、永遠に続くことはない

図 8 情報流通量等の推移（平成 8 年度＝100）



年度	平成8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
原発信情報量	100	137	167	250	468	783	731	1,186	1,177	1,812	11,801
発信情報量	100	131	155	232	403	660	618	991	984	1,503	9,683
選択可能情報量	100	128	152	352	888	1,747	4,316	10,841	26,883	36,084	53,169
消費可能情報量	100	113	128	171	251	384	529	762	1,095	1,350	3,326
消費情報量	100	121	139	191	307	480	450	715	728	1,079	6,484
実質国内総生産	100	100	98	99	102	101	102	104	106	109	112
総人口	100	100	100	101	101	101	101	101	101	102	102

データ量

- 1Gbps 30%負荷でも毎秒37Mバイトくらいの情報流量
 - ひたすらデータを吸い続けると1時間で135Gバイト，1日で32Tバイト，一年で12P（ペタ）バイト
- データ量
 - 2003年に5Eバイト（エクサバイト、1Eバイト＝約105万Tバイト）程度データ量（13Eバイト）
 - 2007年には281Eバイト
 - 2011年には1800Eバイトと予測
 - 出典：米IDC（協賛：米EMC）「膨張するデジタル宇宙（デジタル・ユニバース）：世界の情報量に関する2011年までの成長予測」

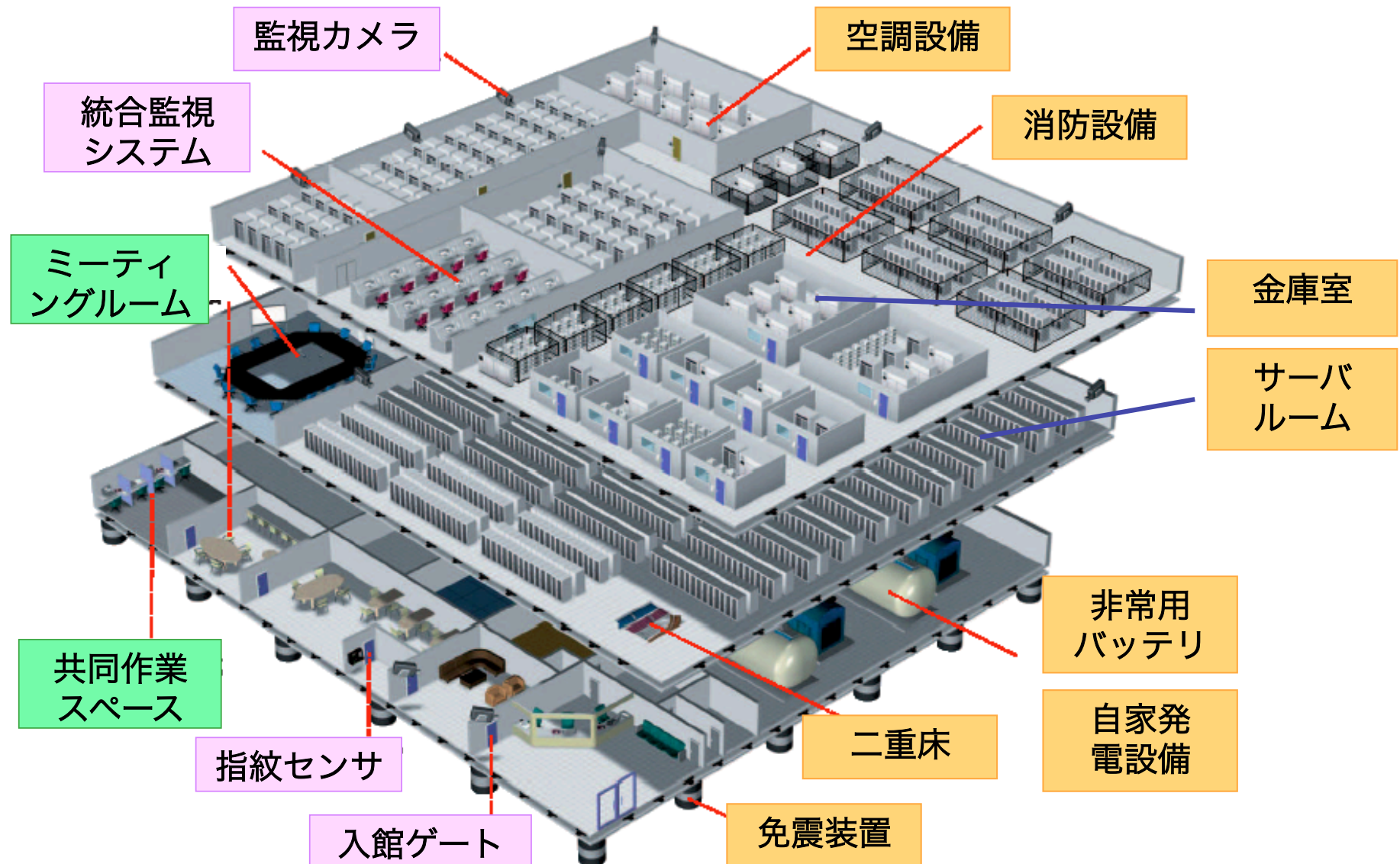
A Walk in the Clouds

2. 協調空間の整備

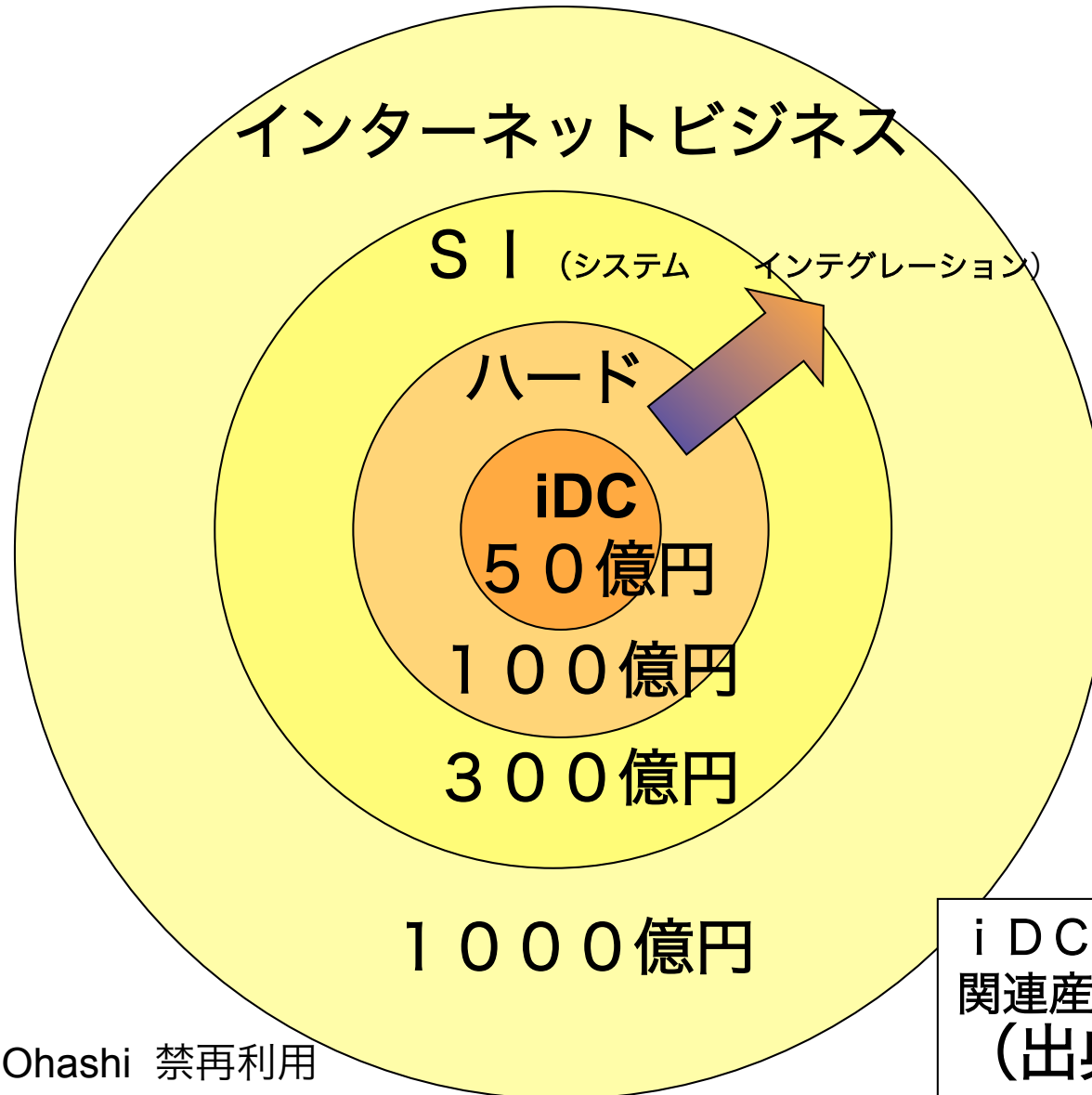
iDC

Web Services

インターネット・データセンタとは

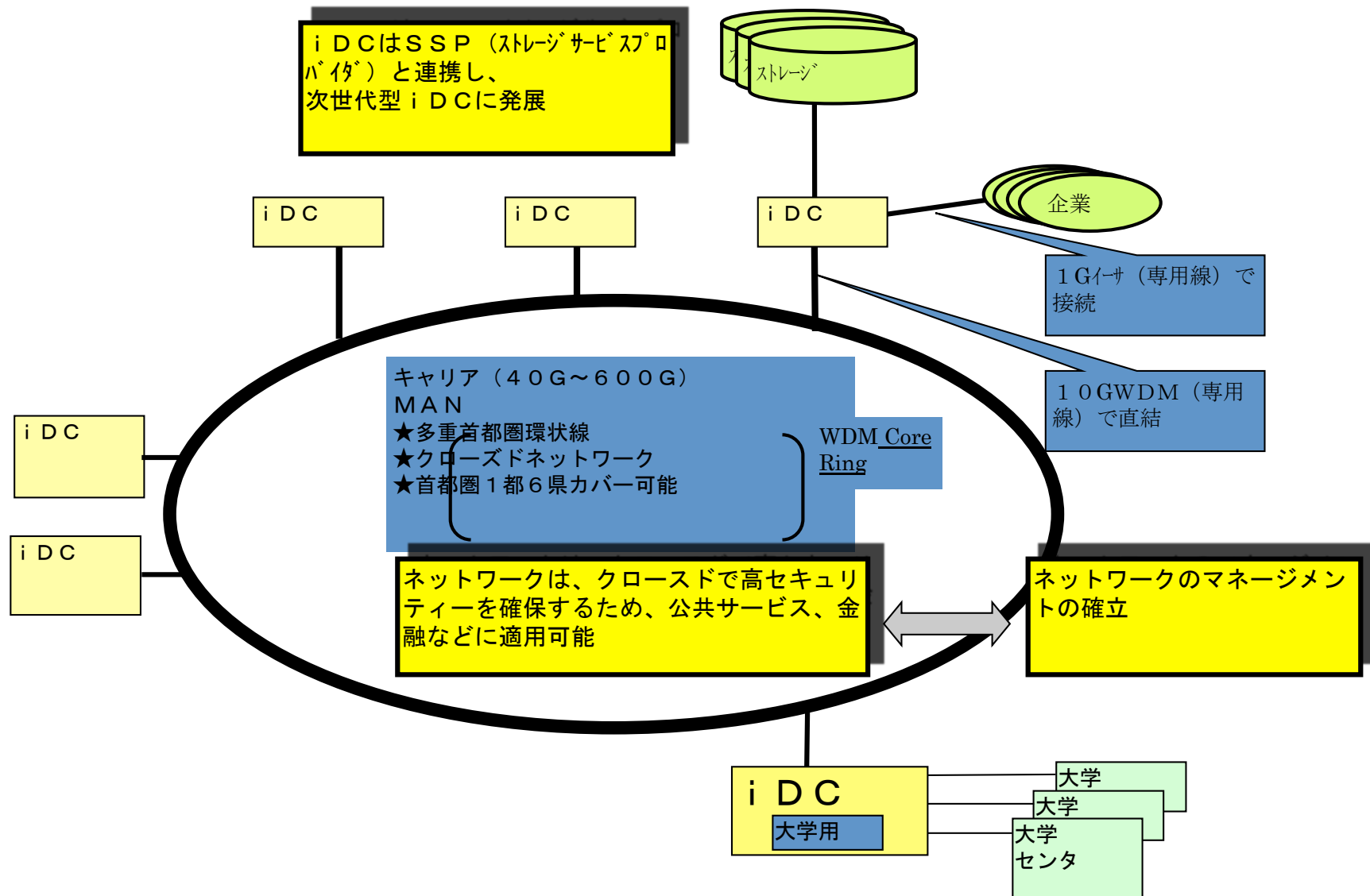


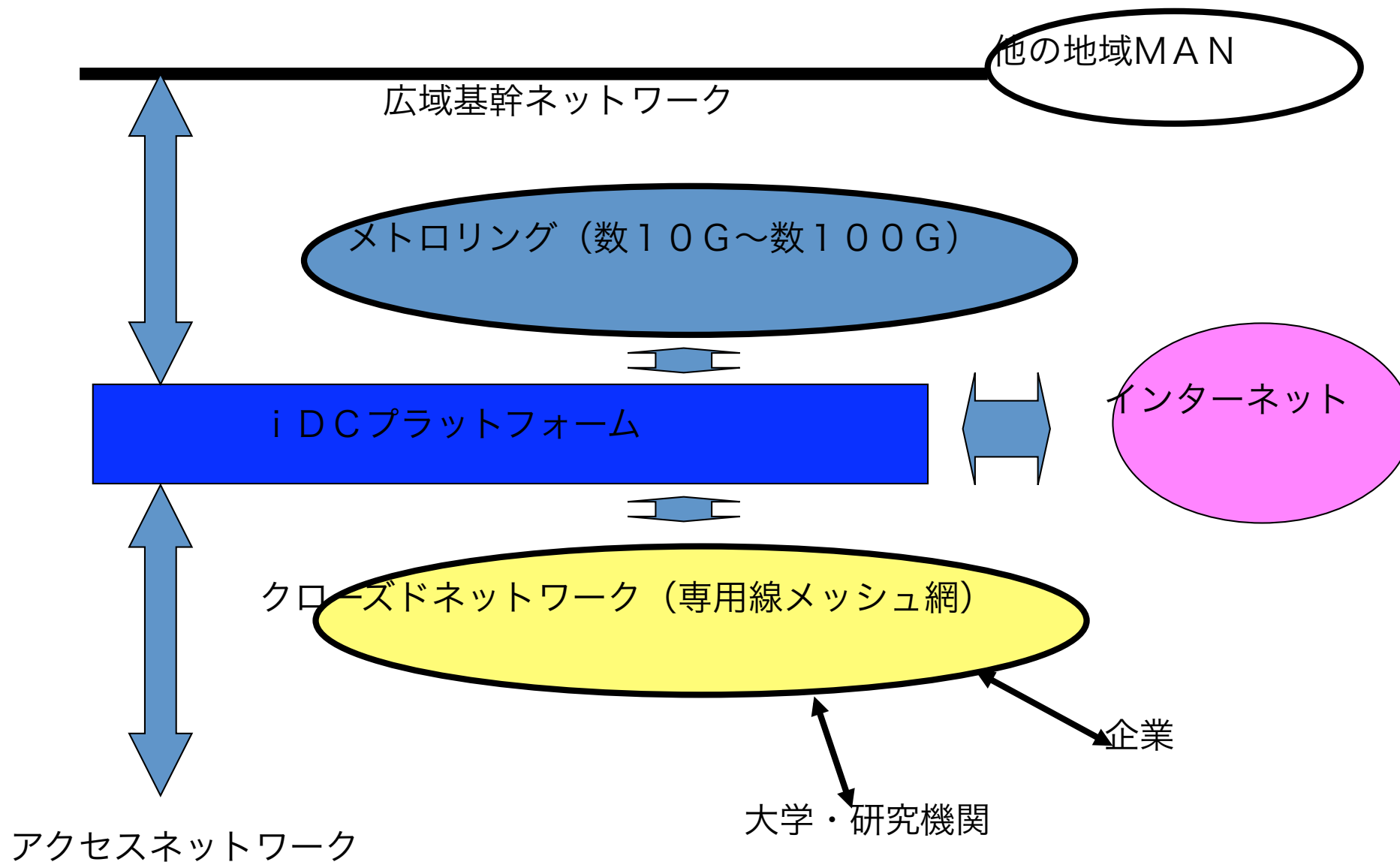
iDCとネットビジネス売り上げ構造 (2000)



iDC 1カ所に対する
関連産業の売上高 (1年間)
(出典：エクゾダス)

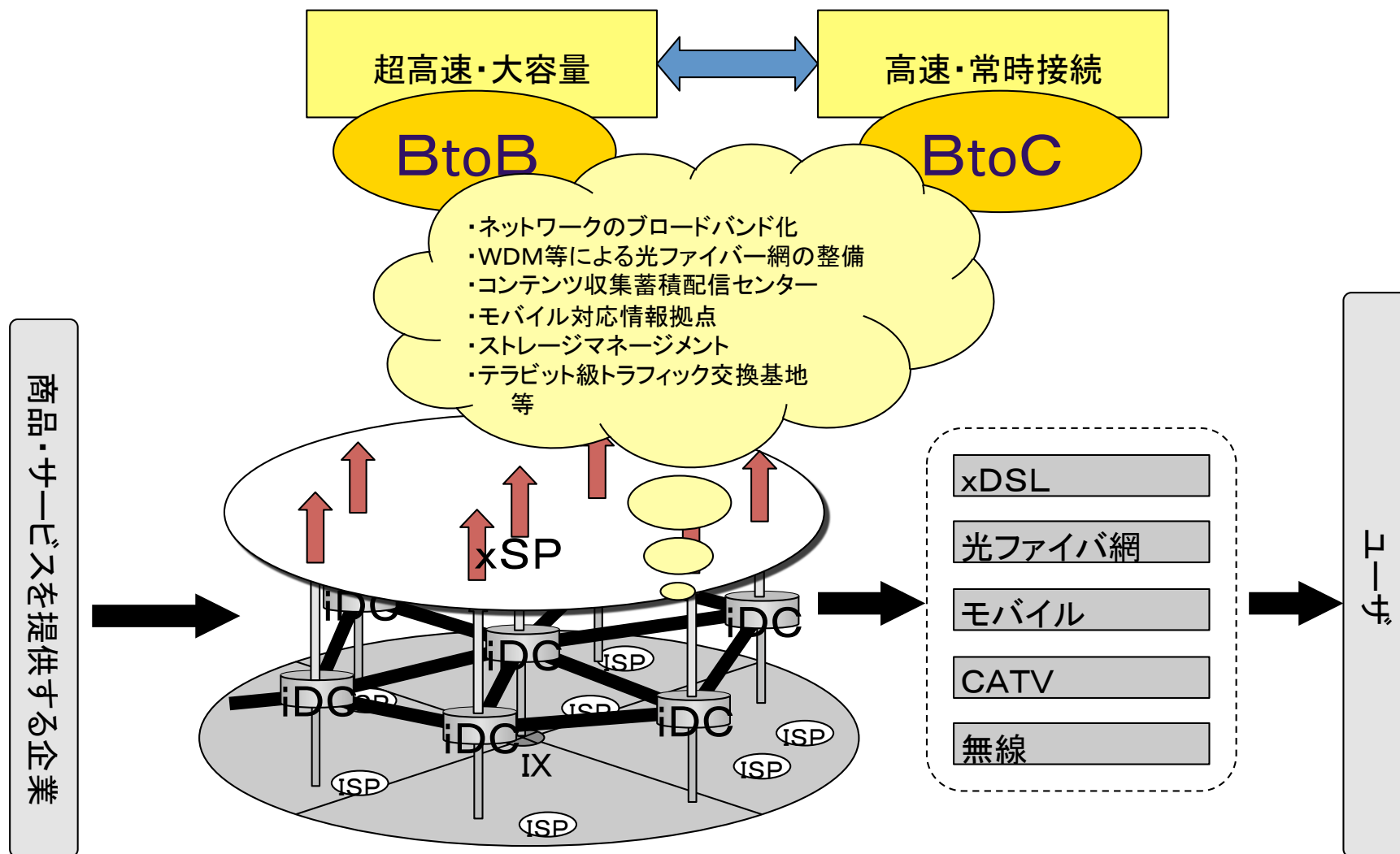
◆MANプロジェクト全体概念図





◆ビジネスプラットフォーム

クラウド



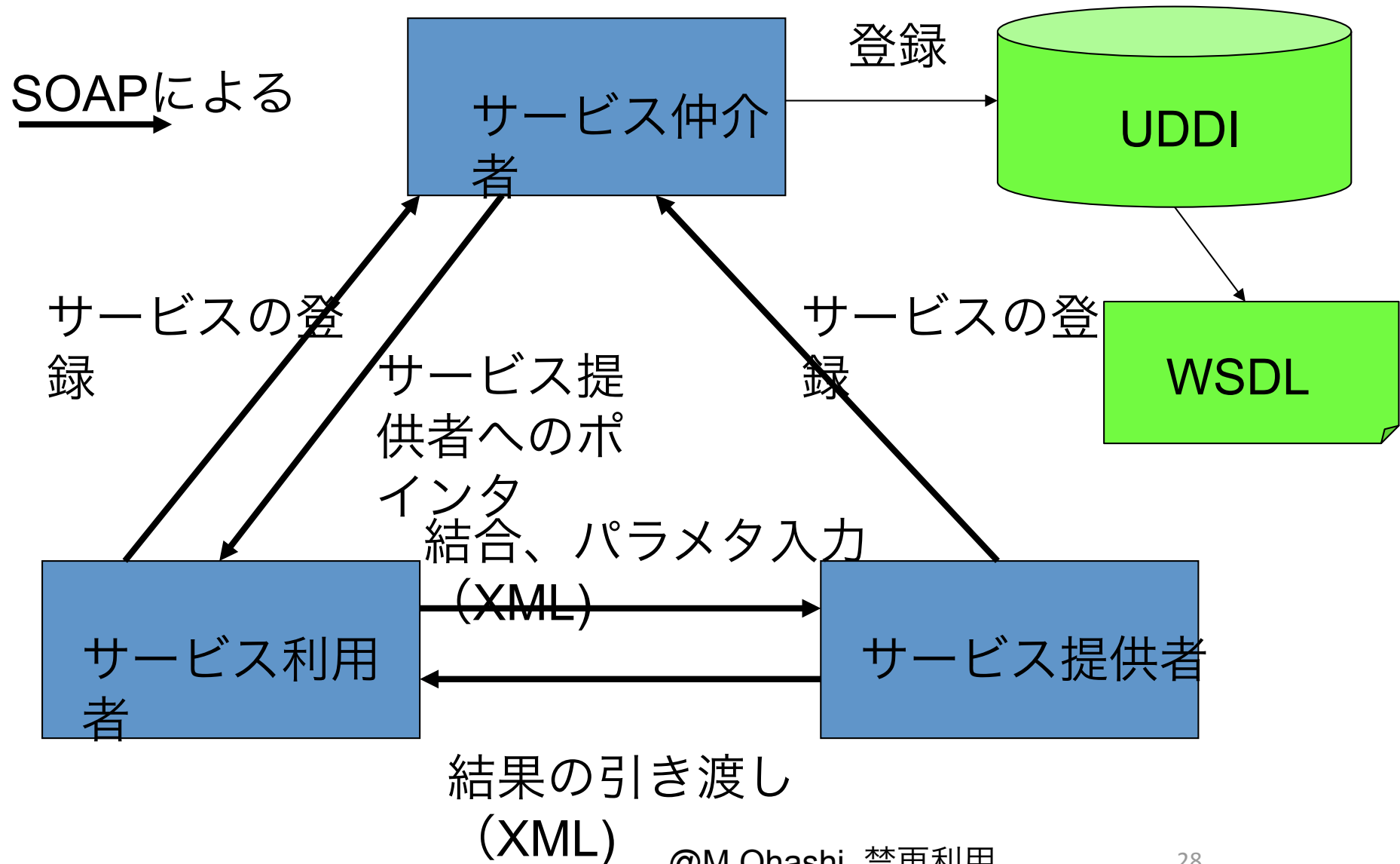
Webサービス

- Webアプリケーション→入力を自動生成
- 他のWebアプリケーション→入力結果を得る
- 後者－前者と区別 Webサービス
- 特定の入力に対して対応する適切な結果をサービスするプログラムモジュール
- 「Webサービスの定義」
 - － サービスの内容、モジュール間結合の方法等を公開したある特定のサービスを行うアプリケーションで、サービスの利用者から呼び出されるプログラムモジュール

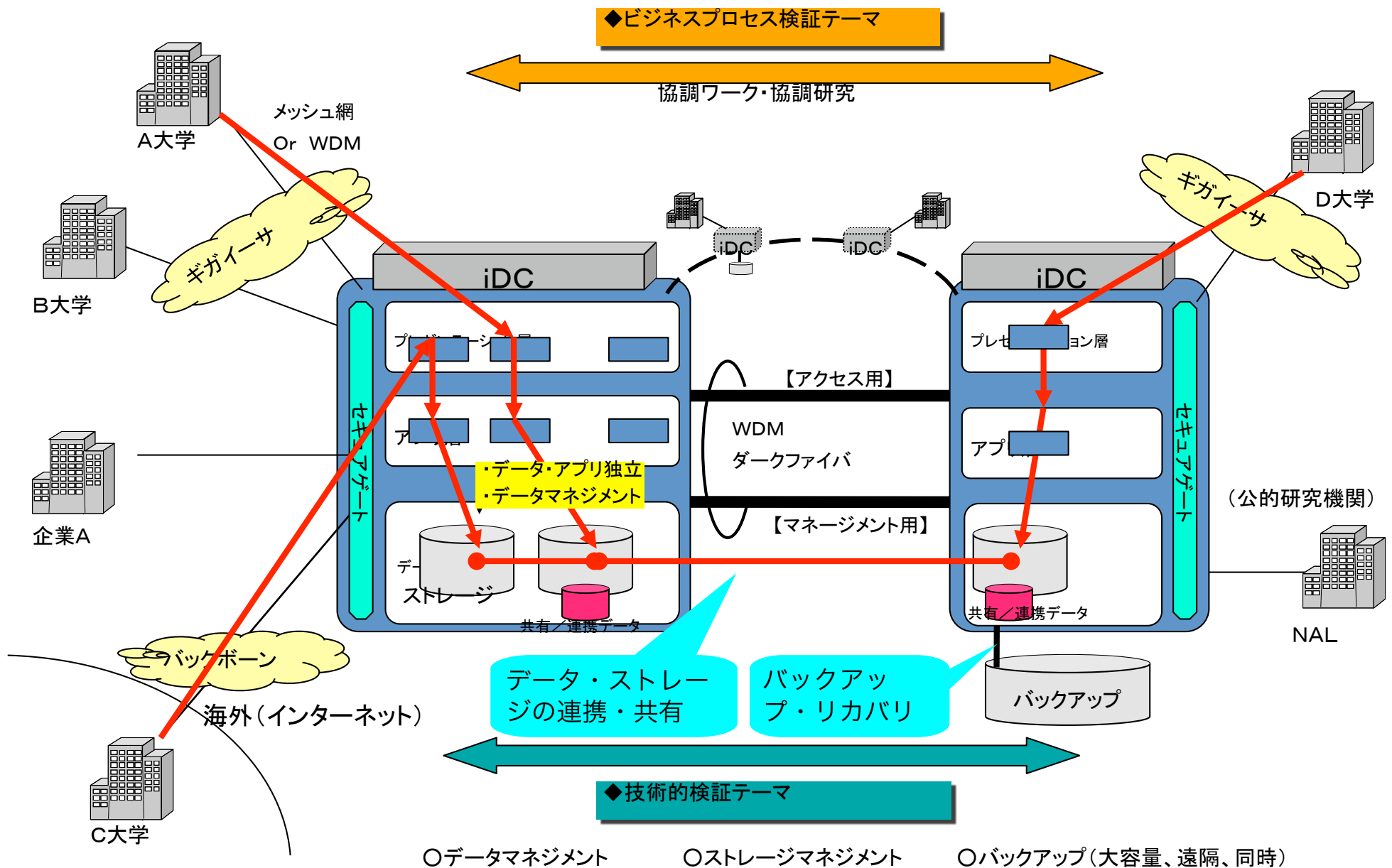
Webサービスの特色とメリット

- データ・アプリケーション・システムを連携させるサービス・インターネット上で利用可能
- ユーザ指向の技術であるが、システムが直接Webサービスを使うことも可能。インターネット上で人ではなくシステムが直接連携
- 必要なサービスやリソースを必要なときだけ利用できる柔軟なシステム
- 既存システムやデータなどをシステムとしてインターネット上で有効に活用
- Webサービスのメリット
 - ■分散・協調ワークの実現
 - ■柔軟で迅速な企業・組織活動の展開
 - ■コスト削減
 - ■インターネットの高度利用・システム化
 - ■コア・コンピタンスの強化
 - ■ユビキタス社会への利用システムの提供による真のユビキタス社会の実現
 - ■安心・安全な高度情報社会の実現

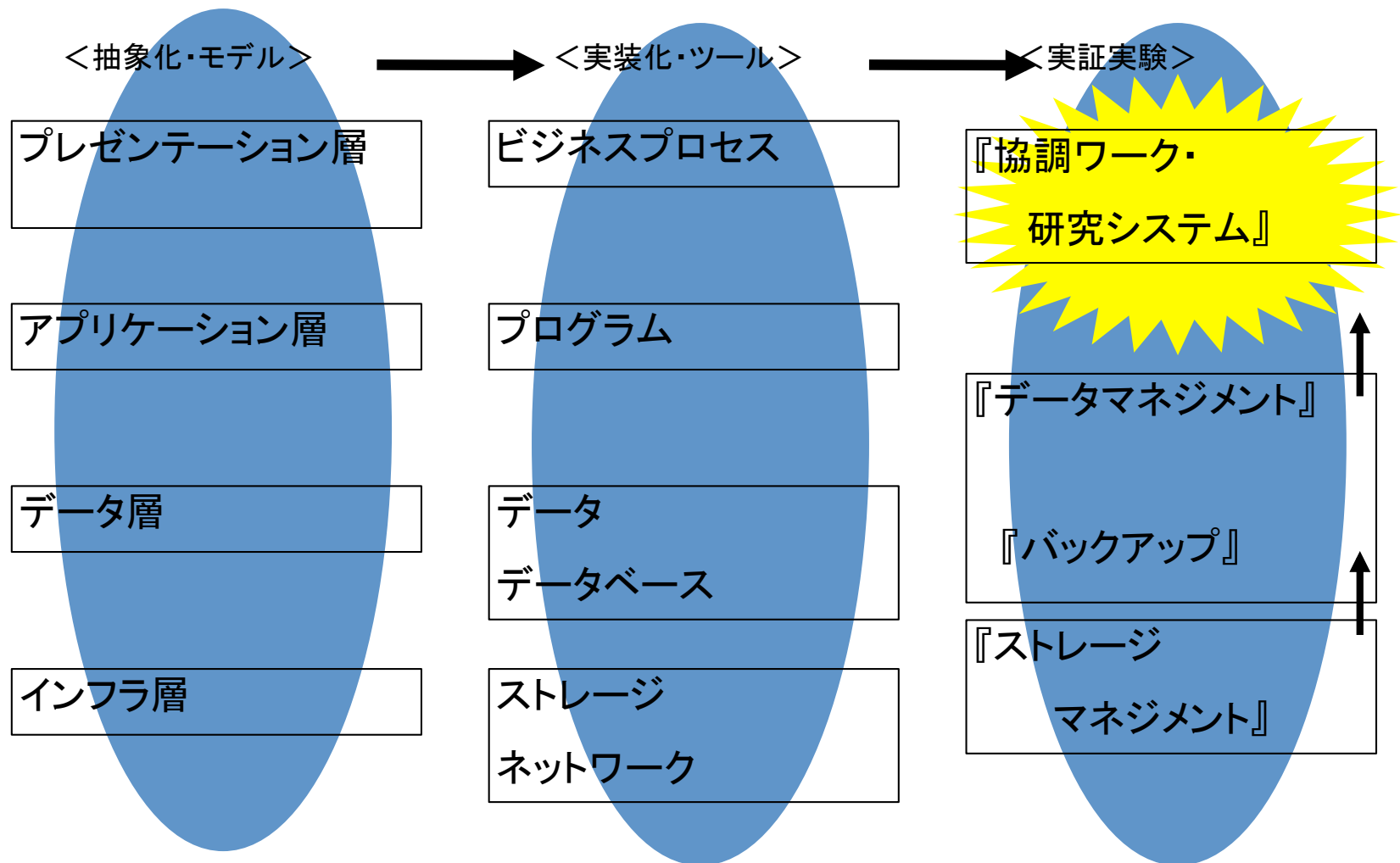
Webサービスのモデル



実証実験システム構成概念図



多階層モデルと実証実験構成

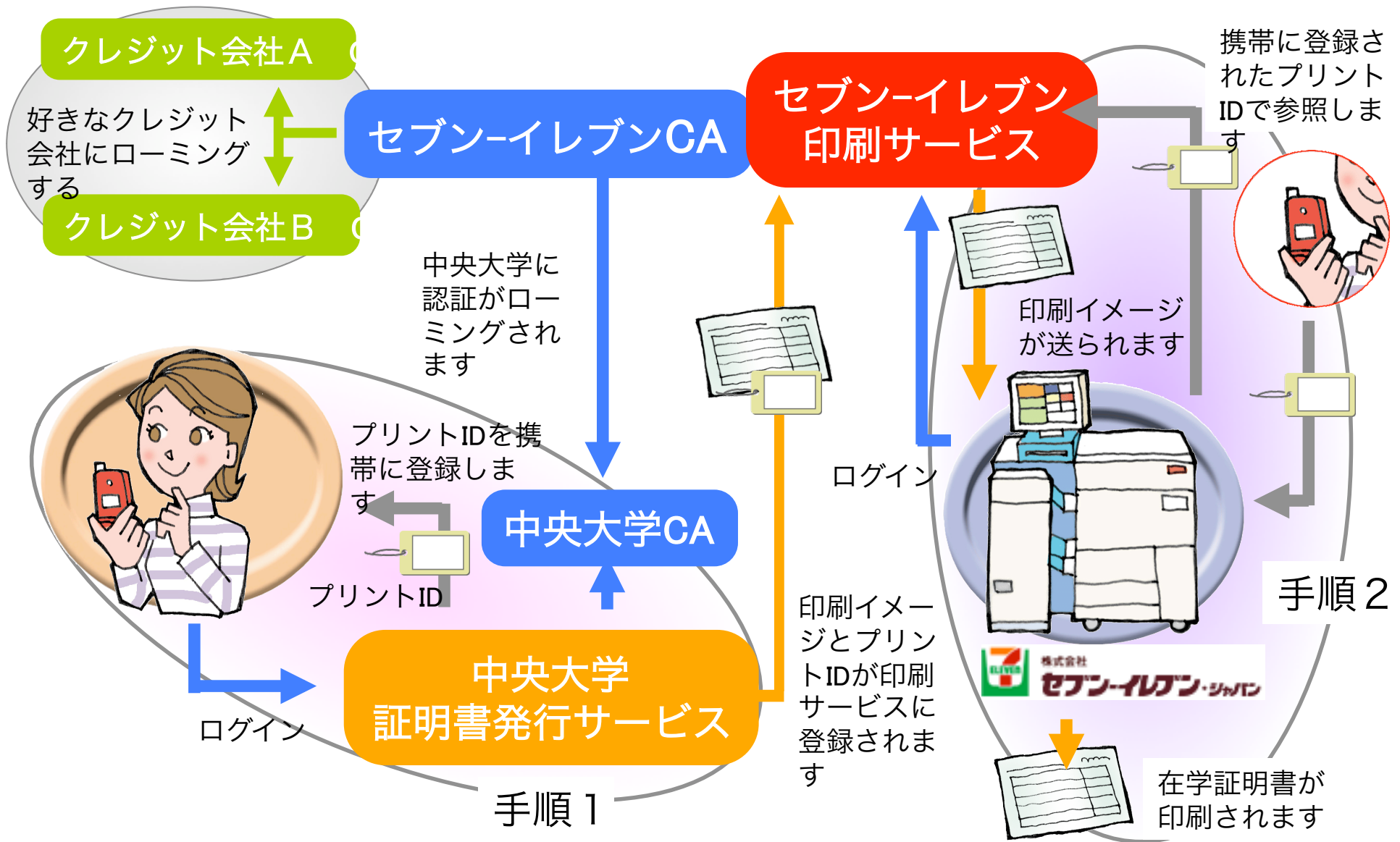


A-MANプロジェクト

外部のリソースの有効利用

- ①ネットワーク基盤の構築
 - MAN環境 + i D C + Web Services
 - 分散型の認証 (F e d e r a t e d 認証)
- ②認証・ I Cカード
 - 卒業生も含めた組織化
- ③R C C (リソース・コラボレーション・センター)
 - リソースの高度活用・協調基盤の共有
 - 本・ジャーナル・紀要等のデジタル編集・オンデマンド出版・オンデマンド出力
 - 時刻認証による原本性の証明
- ④海外との提携
 - G i g a M a p (サンフランシスコ)
 - S A K A I (シカゴ大等全米)
 - 中国上海復旦大学
 - 仏パリ第10大学等

在学証明書の取得の流れ



クラウドとセキュリティ

- 安全利用
 - CIA（機密性、完全性、可用性）
 - 従来のアウトソースの利用の問題 同じ
- 境界の問題
 - パブリックークプライベート
 - 論理的な分離に対する境界（仮想化等も含む）
 - API（クラウドの制御）に関する
- 認証の問題
 - アイデンティティ基盤等 分散型認証
- デジタル・フォレンジック
 - 物理的な実態と論理的な実態の乖離（ログ追跡性）

信頼できる社会基盤としてのネットワーク

信頼性のあるネットワークを基盤とした安心・安全な情報社会を実現するためには、セキュリティ基盤、アイデンティティ基盤、サービス基盤の3つの基盤を確立する必要がある。特に、情報の適正な利用を図るためのアイデンティティ基盤とタイムスタンプが重要である。

・情報の適正な利用

- ① 情報システムを利用する全てのアイデンティティを漏れなく分散環境下で統合的に管理・運用すること（アイデンティティ基盤）
- ② 認証・許可・属性といった厳密な本人認証と、許可された必要な範囲内に限られた情報アクセス制御を行うこと（アイデンティティ基盤）
- ③ 誰がどの情報アクセスをいつ行ったのかをきちんと記録し、内容も含めて第三者による原本性の証明が可能なこと（タイムスタンプ）

・アイデンティティの5 A

- ① 認証（Authentication）...利用者をユニークに特定するための情報。
- ② 認可（Authorization）...利用者に与えられる権限情報（情報へのアクセス・操作許可）。
- ③ 属性（Attribute）...利用者の個人属性（所属、役職など）。
- ④ 運営・管理（Administration）...アイデンティティの適切な運営・管理
- ⑤ 監査・追跡（Audit）...セキュリティ上の問題がないことを保証・説明する（監査・追跡）

相互運用性：5 A全てにおいて異なる認証主体間、サービス主体間で連携し、ワンストップサービスとそれに伴う認可、属性の交換、複数の認証主体にまたがる追跡・監査の実現が必要である。このアイデンティティ基盤は、RFIDなどの広範な普及によって航空手荷物のように荷物にも人のアイデンティティを付与したり、ユビキタス環境では、物品（生産者証明等）にも数々の情報を付与するときにはアイデンティティ基盤が重要な役割を果たすことになる。

認証の5 A

5A	現状	課題	課題概要	対策
認証	民間CA、公的CAが稼働しているものの、あくまで個別運用に留まっており、社会全体としての最適化という視点に欠けている	信頼性の確保	認証方式等によって、認証結果の信頼性には差が生じる。認証方式等に信頼性を与える仕組み（法制度含め）、認証における信頼レベルの統一的な基準が必要。	電子署名法の電子認証版の設立による法的信頼性付与 認証レベル統一基準の策定による安全水準の確保 認証レベルに対応したアイデンティティ管理技術の確立
		有効期間	認証に用いるクレデンシャルには有効期間を設定することが望ましい場合がある。このとき、信頼できる時刻に基づく運用が必要と	時刻認証による有効期間の厳密な運用
		画一的な保証レベル	電子署名法上、画一的な保証レベルの認証機能しか提供されていない	アプリケーション特性に応じた、複数の保証レベルの認証機能の提供
認可	本機能を提供する基盤は、現在存在しない	信頼性の確保	権限情報に改竄がないことを保証する必要あり。	署名やタイムスタンプによる改竄防止
		有効期間	権限情報を許容された期間を超えて使いまわせないようにする必要あり。	時刻認証による有効期間の厳密な運用
属性	本機能を提供する基盤は、現在存在しない	信頼性の確保	属性の正当性を確認できる必要あり。	署名やタイムスタンプによる改竄防止
		匿名性の確保	属性情報を必要以上に開示しないようにする必要あり。	仮名や匿名を可能とする属性管理
		有効期間	属性保証期間を厳密に管理する必要あり。	時刻認証による有効期間の厳密な運用
運営・管理	本機能を提供する基盤は、現在存在しない	信頼のレベルの統一	認証・認可・属性などの用語や基準が統一されている必要あり	統一基準を規定するガイドラインの策定
		安定性の確保	サービスの安定性は、個別主体に委ねられている	社会全体として、安定的なサービスを提供できる基盤の確立
追跡・監査	本機能を提供する基盤は、現在存在しない	証跡の信頼性の確保	証跡データに改竄や消失がないことを保証する必要あり。	署名やタイムスタンプによる改竄防止

問題点の指摘

- 日本：クラウドに適したメガデータセンターの欠如
- ご当地主義 iDC が存在するところ（サーバーやストレージ）の法律に従う（米国・米国の法律）日本の法律が及ばない
- 個人情報問題（国外で管理できるのか？）
- 定額給付金・エコポイント への指摘
- 日本にあればよいのか？

A Walk in the Clouds

3. 大規模iDCの話題から Cloud の基盤

現状：情報爆発

- 米国 企業内データセンター 7000
 - 使用されているサーバ 6%
 - 30% すでに使われていない
- 消費者が実際に消費した情報量約13倍
- 情報流通量は約410倍
 - 平成7年から平成17年までの10年間
- 『情報爆発』急激な増加
 - 平成19年度「情報流通センサス」

大規模iDC 事例

- IBM
 - 世界最大規模 72万m² (東京ドーム55個相当)
 - Project Big Green: 総消費電力40%削減 年間10億ドル投資 自身 iDC 50億kWh/年以上削減
- Google
 - 推計サーバ約200万台
 - 推計 iDC消費電力10億kWh/年 (日本の年間発電量の約1/1000)
 - 省エネ研究開発に積極投資 水力発電所近傍に建築 (電力ロスの削減)
- Sun他
 - Sun サンタクララデータセンター
 - エネルギーコスト 60% 減 9ヶ月 86万ドル削減
 - 面積 88% 削減 サーバ 半減 能力 450%増
- HP
 - 2008年末 19000人から8000人 全世界85 から 米国内 6つの施設
- BT
 - Vmware 16000台から10000台まで削減

仮想化デモ

(Google Data Center Video Tour)

- MAC上で Windows OSを仮想化により稼働
- 両OS同時利用可能
- 仮想化Soft: Vmware FUSION
- 文書などのファイル・コンテンツは両OSで共有
 - どちらかのOS上で独自にハンドリングも可能
- 作業のサスペンドが可能
 - 作業（ソフトウェア）毎のサスペンドも可能
 - 次の立ち上げ時に前回の作業から開始

Cloud Computingと iDCの最新動向

iDCの規模によるコスト比較

IDC 規模 コスト 種類	中規模iDC (1000台クラ ス)	メガiDC (50000台以 上)	規模の 効果
ネットワーク	1Mbit／Secの 通信コスト \$ 95/Mbps/Mon.	1Mbit／Secの 通信コスト \$ 13/Mbps/Mon.	14% (7.3倍)
ストレージ	1GB容量当たり \$ 2.2/GB/Mon.	1GB容量当たり \$ 0.40/GB/Mon.	18% (5.5倍)
マネジメント	管理台数／人 約140台	管理台数／人 >1000台 最新 5000台以上	14% (7.1倍) 2.8%(35.7倍)

Amazon 仮想マシン 1台当り 1時間10¢から

J. Hamilton + 著者作成
基本(2006)のデータ+α

レッドシフト(Red Shift Theory)

- 大規模なコンピューティング・パワーに対する需要への対応
 - クラウド・コンピューティング
 - ハイパーコネクション
- Moor's Law を超えて
エクスポネンシャルに増大
Red-Shift Companies
(Blue-Shift Comp.)
 - Sun CTO Greg Papadopoulos 2007
- Blackbox Computing

US電力コストと各社のビジネスの特徴

Table 3: Price of kilowatt-hours of electricity by region [7].

Price per KWH	Where	Possible Reasons Why
3.6¢	Idaho	Hydroelectric power; not sent long distance2006
10.0¢	California	Electricity transmitted long distance over the grid; limited transmission lines in Bay Area; no coal fired electricity allowed in California.
18.0¢	Hawaii	Must ship fuel to generate electricity

Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing, Feb. 10, 2009

- Amazon:オフピーク容量の再利用
- Microsoft: .NET toolsの販売等
- Google:現行のインフラの再利用
- IBM:プライベート・クラウド事業

事例

- Animoto 動画共有サイト
 - 写真+楽曲 動画風
- 2008年4月 創業6ヶ月
 - SNS Facebook で利用可能 画面で利用可能
- 公開後3日間 25000人から25万人 急増
- サーバー 3日間 50台から3500台 Amazon 出資
 - 稼働率85%超えるとサーバー追加 スケールアップ
- Amazon EC2 利用 2009年 8000台以上利用
 - EC2(Elastic Computer Cloud) 2006年12月
- Twitter ストレージ Amazon S3 利用
 - S3(Simple Storage Service) Amazon Web Services
 - 2006年3月

Table 7: Outages in AWS, AppEngine, and Gmail

Service and Outage	Duration	Date
S3 outage: authentication service overload leading to unavailability [39]	2 hours	2/15/08
S3 outage: Single bit error leading to gossip protocol blowup. [41]	6-8 hours	7/20/08
AppEngine partial outage: programming error [43]	5 hours	6/17/08
Gmail: site unavailable due to outage in contacts system [29]	1.5 hours	8/11/08

Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing, Feb. 10, 2009

クラウドの稼働率 99.5% (推定)
仮想化で補う
iDCの稼働率 99.999% 5-9

エネルギーを測定する際の指標

- 米非営利団体の「Green Grid Consortium」が策定した
「電力使用効率性（Power Usage Effectiveness：PUE）」
と「データセンターインフラ効率性（Data Center
infrastructure Efficiency：DCiE）」
- PUE「データセンター設備全体の総電力消費量÷IT機器の
電力消費量」
 - 理想値は1になり、実際の平均は現段階で2.0から2.4
- DCiE(PUEの逆数)「IT機器の電力消費量÷データセンター
設備全体の総電力消費量」
 - 現在の平均は0.42～0.50。

プロジェクト例
地底空間iDCと
コンテナ型データセンター

コアとなる技術 モジュール型データセンター



Project “Blackbox”

- 標準的な船荷コンテナにデータセンターを構成する基本要素である電力設備、空調設備、セキュリティ設備、コンピューターラックを備えたモジュール型データセンター
 - > ネットワークと電源、水があればどこでも設置可能な可搬性
 - > 導入コストを低減、高い拡張性
 - > 設置面積が小さく、高い集約率
 - > 水冷仕様による環境配慮

モジュール型データセンターと既存データセンターの比較

モジュール型DC1台分

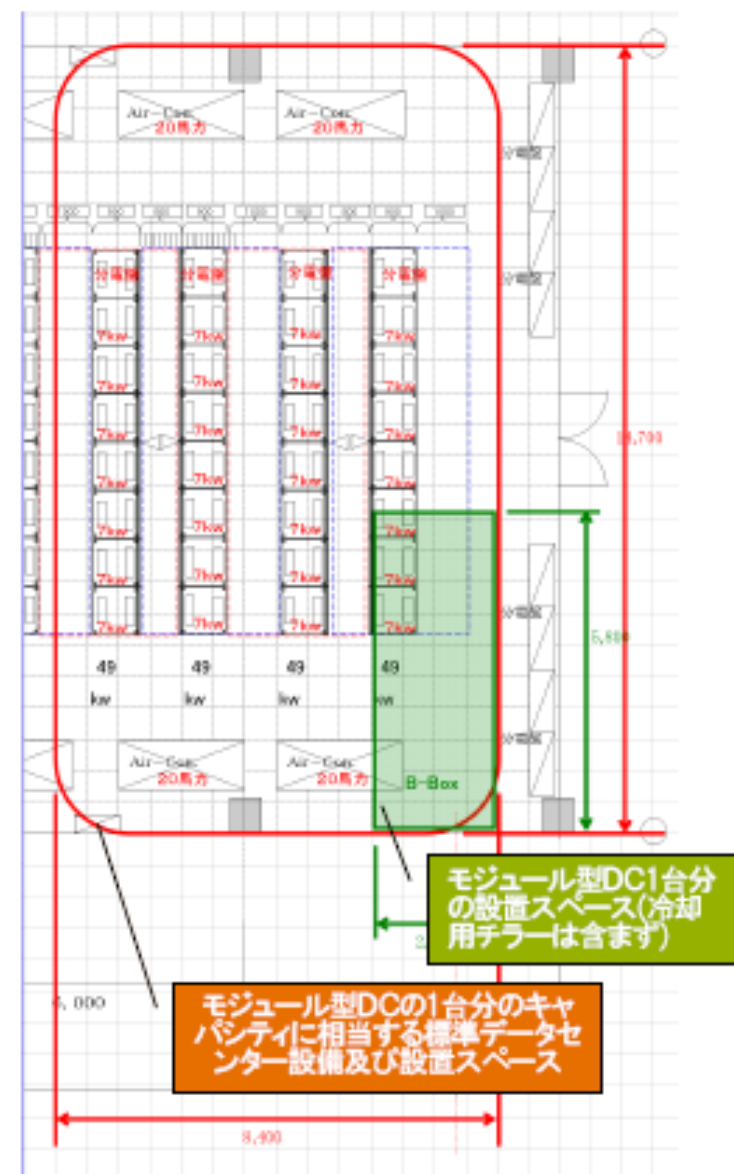
- 搭載ラック数8本、1ラックあたりの電力25KW、最大合計200KW
- 電源設備搭載済
- 設置面積 約13㎡
- 空調設備 60トンクラスチラー1台
※チラーは外付け

モジュール型DC1台分相当の標準DC

- ラック数28本、1ラックあたりの電力7KW、最大合計196KW
- 分電盤4台
- 設置面積 約123㎡
- 空調設備 20馬力エアコン 4台

“同等台数のサーバ機器を設置する場合、
モジュール型DCは標準DCの約8分の1の
設置スペースで実現可能”

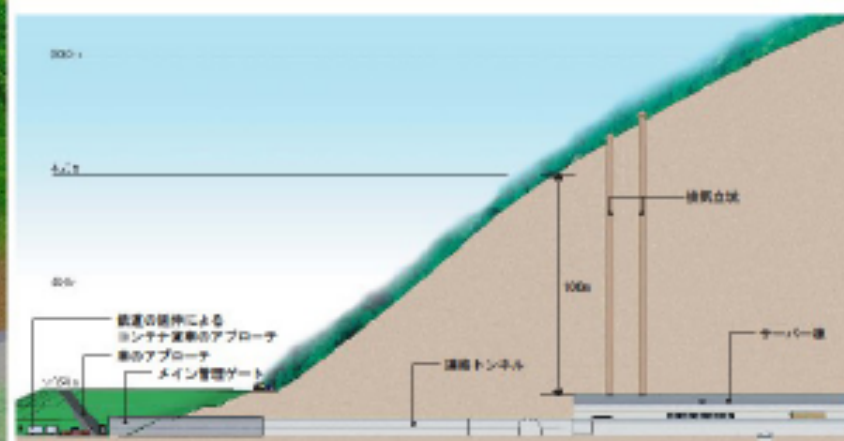
- 右図赤枠の面積が $14.7\text{m} \times 8.4\text{m} = 123.48\text{m}^2$ であり、そのエリア内に20馬力エアコン4台とサーバRack28台及び4台の分電盤Rackが設置可能。サーバRack内には1Rack当たり通常のDCの平均ラック辺りの容量である7kwのサーバ機器を設置可能。これらの条件が、現在の空調機器の能力からみた場合、通常のデータセンターでサーバ機器設置容量の限界になる。



トラステッド・エコ・データセンター全体概要(全体構成イメージ)



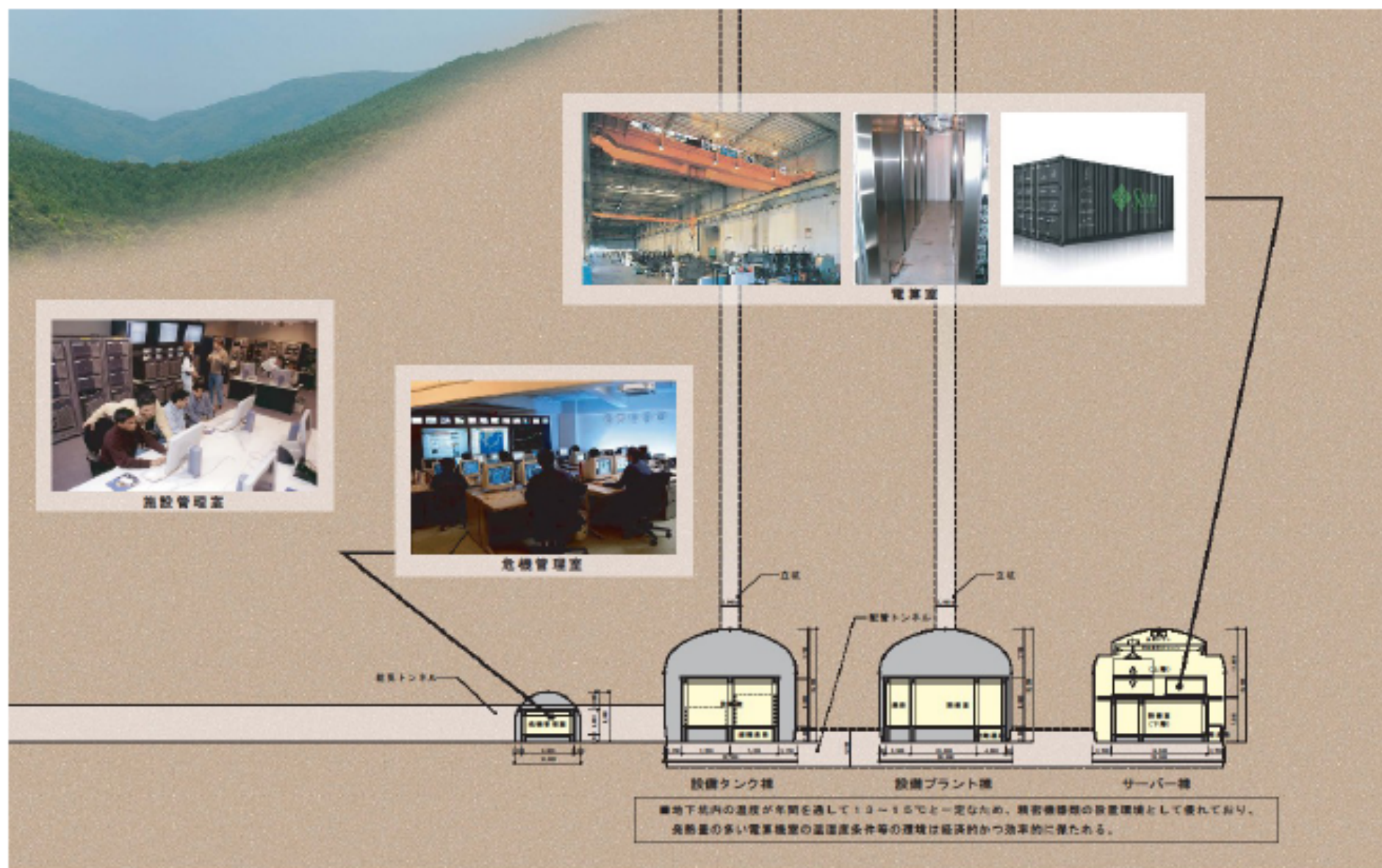
■イメージパース



■断面イメージ

■安全性に優れ、電磁シールド効果の高い、堅固な建屋の中に当該施設を計画する。
人工衛星から施設の位置を特定できない構造とする。

トラステッド・エコ・データセンター全体概要(地中イメージ)



iDCの効率化

- メガセンターへの移行ー>クラウド化
 - コンテナ化
- 仮想化による効率の制御ー>クラウド化
- 配置の改善（列単位の空調）
 - コールドアイルとホットアイルの区分け
- 電力・電源・空調の改善
 - 電力伝送・電源の非効率化の改善
 - 空調の非効率化の改善
 - AC->DCへの変換 約15～25%の改善

社会変革の必要性（例：エコ）

- 個別の機器や i D C の効率化だけではダメ
- 利用方法や社会制度・システムの変容が必要
- クラウドはその一端を担う
- 効率化だけでなくより便利に快適に豊かさを感じる社会へ（やせ我慢はやめよう！）
- 目標はエコやCO₂の削減ではない
- 持続型社会の構築 (1992 アジェンダ21～)
- Social Design 研究会（2007年～）

参考文献

- “Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing”
 - Michael Armbrust, Armando Fox, Rean Griffith, Anthony D. Joseph, Randy Katz, Andy Konwinski, Gunho Lee, David Patterson, Ariel Rabkin, Ion Stoica, and Matei UC Berkeley Reliable Adaptive Distributed Systems Laboratory (<http://radlab.cs.berkeley.edu>), February 10, 2009
 - (<http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf>)
- Special Report : Economist
 - CORPORATE IT Let it rise ,Oct 23rd 2008 (http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=12411882)
 - CORPORATE IT Where the cloud meets the ground Oct 23rd 2008(http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=12411920)
 - CORPORATE IT Creating the cumulus Oct 23rd 2008(http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=12411908)
 - CORPORATE IT On the periphery Oct 23rd 2008(http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=12411896)
 - CORPORATE IT Highs and lows Oct 23rd 2008(http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=12411838)
 - CORPORATE IT The long nimbus Oct 23rd 2008(http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=12411864)
 - CORPORATE IT Computers without borders Oct 23rd 2008(http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=12411854)
- Google container data center tour @You Tube

Sources and acknowledgments Oct 23rd 2008

Economist

- "Building, Planning, and Operating the Next Generation Datacenter", by Michelle Bailey of IDC
- "Cryptonomicon", by Neal Stephenson
- "From Cloud Computing to the New Enterprise Data Center", IBM White Paper
- "The Economics of Information Technology", by Hal R. Varian, Joseph Farrell and Carl Shapiro
- "Is Cloud Computing Ready for the Enterprise?", by James Staten of Forrester Research
- "Mesh Collaboration", by Andy Mulholland and Nick Earle
- "The New Age of Innovation", by C.K. Prahalad and M.S. Krishnan
- "The Only Sustainable Edge", by John Hagel III and John Seely Brown
- "Toward a European Strategy for the Future Internet", SAP White Paper
- "What is Web 2.0", by Tim O'Reilly
- Blogs

- NIST クラウド標準化ドラフト
 - <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/>
- iDCイニシアティブ
 - iDC活用ガイドライン 2001年10月
- Webサービス イニシアティブ
 - Webサービス 適用ガイドライン 2005年1月
- 総務省 情報通信政策局 情報通信政策課
 - 次世代の認証システムの在り方に関する 調査研究報告書 2007年3月

ご静聴ありがとうございました