

クラウドネットワークに関するインフラ研究会

報告書 「北海道とクラウドネットワーク」

作成日:2012年2月15日

クラウドネットワークに関するインフラ研究会 報告書

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究会からの提言	1
1.2	研究報告概要	1
第2章	クラウドコンピューティングを取り巻く環境	4
2.1	クラウドコンピューティング・ネットワークに関する最新動向	4
2.2	クラウドコンピューティングの進化と将来像	5
2.3	クラウドコンピューティング時代に求められる次世代ネットワーク	6
2.4	データセンターとクラウドコンピューティングの関係性	9
第3章	北海道とクラウドネットワーク	14
3.1	北海道のメリットと課題	14
3.2	サービス事業者からの視点、北海道への期待	15
3.3	データセンターの最新動向と北海道への誘致状況の検証	15
3.4	クラウドネットワークセンター立地の優位性	19
第4章	北海道への情報インフラ整備 – 新光海底ケーブル構築の実現にむけて	20
4.1	北海道を支える光海底ケーブル、通信環境の現状と課題	20
4.2	北海道・本州間に新たに光海底ケーブルを建設する目的と効果	21
4.3	光海底ケーブルの技術仕様、ルート、スケジュール、建設予算の紹介	23
4.4	新光海底ケーブルの事業収支	27
4.5	日本を中心とした光海底ケーブルの現状と新規建設計画	28
4.6	光海底ケーブルの最新技術動向とコストモデルの考察	32
4.7	災害対策に役立つ光海底ケーブル	35
第5章	北海道経済への波及効果	38
5.1	北海道 IT 産業の現状と課題	38
5.2	光海底ケーブル開通後、北海道経済へ期待される効果	39

執筆者紹介:

国立大学法人北海道大学 大学院情報科学研究科 山本 強 教授	第 1 章 第 5 章
さくらインターネット株式会社	第 2 章 2.1 第 3 章 3.1
株式会社ミドクラ	第 2 章 2.2, 2.3
大成建設株式会社	第 2 章 2.4 第 3 章 3.4
株式会社ミクシィ	第 3 章 3.2
株式会社フラワーコミュニケーションズ	第 3 章 3.3 第 4 章 4.1, 4.2, 4.4
北海道総合通信網株式会社	第 3 章 3.3
日本電気株式会社	第 4 章 4.3, 4.7
富士通株式会社	第 4 章 4.5, 4.6

2011年 研究会活動、研究会テーマ 一覧

・研究会 発足記念講演会

2011年1月21日(金) 13:30~17:30 札幌

- 北海道 IT の次の戦略 - ハイパフォーマンスグリーン IT のベンチマーク世界一を狙え
北海道大学大学院情報科学研究科教授/北海道大学情報基盤センター長 山本 強
- アジアのネットワークパワー
パックネットサービス・ジャパン株式会社 代表取締役会長 岡田 智雄
- エクイニクスのデータセンター 最新アップデート
エクイニクス・ジャパン株式会社 代表取締役 古田 敬

・第2回研究会

2011年2月24日(木) 13:00~16:00 札幌

- 北海道 IT 化 ベンチマーク作成に関するワークショップ
北海道大学大学院情報科学研究科教授/北海道大学情報基盤センター長 山本 強
- 小笠原光海底ケーブル事業概要 解説と検証
株式会社フラワーコミュニケーションズ 柳川 直隆

・第3回研究会

2011年4月14日(木) 14:30~18:00 東京

- 東日本大震災による国内通信インフラの影響、緊急対応の実態報告
国内 10Gb/s アクセス回線市場動向、価格感など業界最前線レポート
北海道が抱える通信・IT インフラの課題とは？
丸紅アクセスソリューションズ株式会社(元グローバルアクセス)元顧問 山本 節夫
- 東日本大震災による海底ケーブルシステムの影響アップデート
NEC が提供する海底ケーブルソリューションのご案内
日本電気株式会社 海洋システム事業部 古玉 隆
- 東日本大震災によるデータセンターの対応と震災後の状況
エクイニクス・ジャパン株式会社 代表取締役 古田 敬

・第4回研究会

2011年6月10日(金) 14:30~18:00 札幌

- ミクシィサービスを支える IT インフラの現状と解説 及びミクシィユーザの最新動向(スマートフォンなど)
株式会社ミクシィ システム本部 運用部 インフラ Gr 佐藤 隆行
- ネット事業者からみた北海道内データセンター・ネットワークインフラの考察
ビットスター株式会社 代表取締役社長 前田 章博
- ネットワーク仮想化テクノロジー 最前線
株式会社ミドクラ 代表取締役 加藤 隆哉
- 変貌するデータセンター その実態の解説と北海道にセンターを設置するメリットとは
大成建設株式会社 ビジネス・ソリューション部
IT 施設計画グループ(データセンター担当) 諏訪 浩一(一級建築士)

・第5回研究会

2011年8月5日(金)14:30~18:30 札幌

○石狩~直江津 光海底ケーブル 詳細設計の紹介

光海底ケーブル敷設に関する周辺事情の報告

電気通信事業法上の手続き

漁業協同組合 との関係

両陸揚げ地点から札幌市内、東京都内までのアクセス回線事情など

・北海道主催「北海道データセンター立地集中セミナー」 出展

2011年8月25日 東京

・第6回研究会

2011年10月12日(水)14:30~18:30 札幌

○研究会報告書 初稿 レビューおよび 最終報告書 作成準備

○研究会報告書の活用方法、光海底ケーブル構築 実現にむけて

・第7回研究会

2011年12月16日(金)14:30~17:30 札幌

○研究会最終報告書、研究会主催シンポジウムに関する打ち合わせ

・第8回研究会 最終回

2012年2月15日(水)11:00~12:00 札幌

・研究会主催 シンポジウム「北海道とクラウドネットワーク」開催

2012年2月15日(水)14:00~16:45 札幌

○北海道とクラウドネットワーク

国立大学法人北海道大学 大学院情報科学研究科 教授 山本 強

○クラウドを利用する人・シーン・未来 ~1,000社を超える導入実績から~

ニフティ株式会社 クラウド事業部 クラウド営業部長 福西 佐允

○インテックの考えるビジネスクラウド

株式会社インテック 取締役 ネットワーク&アウトソーシング事業本部 本部長 石井 貞行

研究会会員一覧:

座長:

国立大学法人北海道大学 大学院情報科学研究科 山本 強 教授

幹事会社:

株式会社フラワーコミュニケーションズ

北海道総合通信網株式会社

株式会社カスケード

研究会 会員:

株式会社アンタス

石狩開発株式会社

エクイニクス・ジャパン株式会社

さくらインターネット株式会社

大成建設株式会社

株式会社ナノオプトニクス・エナジー

ビットスター株式会社

北海電気工事株式会社

北海道経済連合会

北海日立電線機販株式会社

株式会社ミクシィ

株式会社ミドクラ

第1章 はじめに

クラウドネットワークに関するインフラ研究会は 2010 年 12 月に発足した。合計 8 回の研究会を行い、多様なテーマに関して講師を招き専門知識・最新情報の入手に努め、参加企業間で活発な議論を重ねてきた。今回の報告書は研究会での議論と提言をまとめている。

研究会としては、クラウドコンピューティングは情報処理を行う拠点、クラウドネットワークは情報ネットワークとコンピューティングの融合サービスと定義する。昨今クラウドコンピューティングに関する著作、情報は多数存在するが、クラウドネットワークに関しては曖昧な部分が多い。今回の報告書では、研究会の各メンバーが専門的な立場からクラウドネットワークを解説し、北海道が整備すべき情報インフラが何かを解明する。

1.1 研究会からの提言

北海道にクラウドネットワークの拠点を立地するためには東名阪の IX (インターネットエクスチェンジ) やインターネット接続サービス事業者が提供する IP Transit サービス、首都圏に展開する既存のデータセンターと北海道を直結する低遅延・大容量の通信回線を安定かつ低コストで提供することが必要である。現在、太平洋側に集中している光海底ケーブルに加え、日本海ルートの通信経路を検討した結果、事業性を含めて建設可能であり、この計画を実行する事業体の設立へと進展させることを提案する。

1.2 研究報告概要

情報ネットワークとコンピューティングは現代社会を支える基本インフラの一つになっており、その基本性能の向上、安定的な運用、エネルギー効率の改善は今後の産業活性化のカギとなる。国内産業が長期的に成長を続けるためには、今後の情報サービスの標準的なモデルであるクラウドサービスに適合した情報環境を持つことが重要である。クラウドネットワークは情報ネットワークとコンピューティングの融合サービスであり、単純なデータ保管や計算サービスではない。複数のクラウド事業者と広域分布する利用者が情動的に密に結合したサービス形態であり、既存のネットワーク、データセンターの基準以上の高性能・安定なインフラが求められている。

北海道には安定した電力エネルギーの供給、寒冷な気候条件といった好条件があり、加えて近年の情報システムの仮想化技術の発達、省エネを考慮した PUE 1.05 クラスの大規模データセンター建築技術などによりクラウドネットワークセンター(データセンター)の北海道立地に期待が集まる一方、課題も多数ある。その課題に対して北海道がどのような提言・行動をとるかを早期に表明することが重要である。

情報インフラという視点から見た場合、北海道が抱える課題は大きく 3 点に集約される。

1. 首都圏までの専用回線コストが高く、ルートも不明確である
2. 首都圏までの遅延時間が大きい
3. データセンター事業者が相互接続する IX 機能が無い

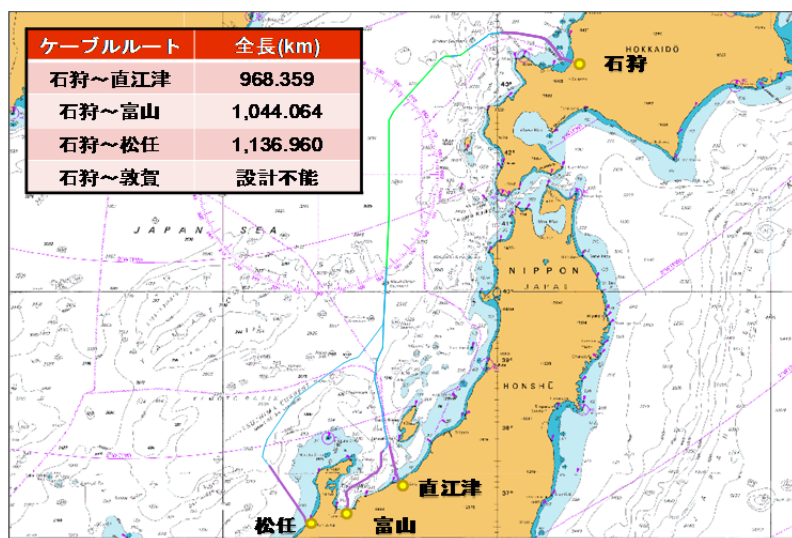
この問題への対応として当研究会は、北海道と東京・大阪の IX やデータセンター、インターネット接続サービス事業者へ向けた低遅延の日本海ルートの光海底ケーブルの敷設を提言する(図 1-1)。このケーブル回線は事業者向けのプライベート回線であり、一般利用者向けブロードバンド環境ではない。研究会で検討した結果、

1.28Tb/sの通信容量を想定した石狩～富山・直江津ルートが40億円前後(表 1-1)で実現可能であり、運転経費などを含めても既存通信事業者が提供する大容量光回線と比較して十分な競争力があることが明らかになった。日本海ルートは東京・大阪への最短経路となることと、途中で余計な伝送設備や交換機が入らない直通回線であることから、既存回線と比べて低遅延時間が期待できる。加えて光海底ケーブルシステムは高信頼であり、システム寿命も一般的に25年と長い。システム容量は端局装置を交換することで飛躍的に増やすこともできる。

日本海ルート光海底ケーブルの実現は北海道に立地するクラウドネットワーク拠点の運営コスト低減に寄与するとともに、北海道の情報インフラ整備や産業振興に良い影響を与える。クラウドネットワークはエネルギー、輸送と同じレベルで全産業分野を支える産業インフラであり、道内産業がクラウドネットワークに好条件でアクセス可能となることは国内他地域に対して比較優位な状況になることでもある。情報産業分野に限ってみても、以下の効果が期待される。

1. 大規模クラウド事業者が複数立地することにより、事業者間のトラフィックを交換するために北海道でIX事業が成立するようになり、北海道内の通信事業者の相互接続環境が改善される
2. 北海道が北東アジア・極東ロシア方面に向けたインターネット接続拠点となりえる(図 1-2)
3. 大震災など災害時の通信断絶確率が低下し、バックアップセンターなどの新事業の比較優位性が高まる
4. ネットワークの冗長性向上により、ミッションクリティカルな情報サービス(オンライン市場、コンテンツデリバリーセンターなど)が道内立地可能になる

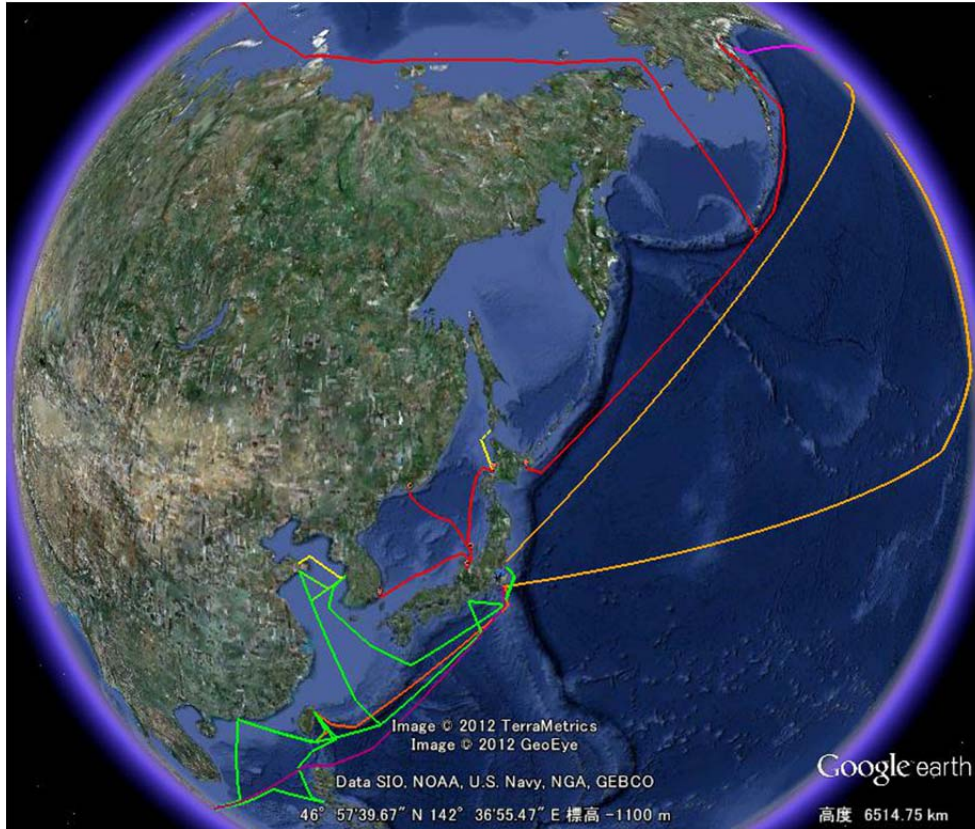
日本海ルート光海底ケーブルの実現には、事業者の構成、資金調達、漁業権問題など直ちに解決しなければならない課題があるが、これを産業界・行政機関が連携して迅速に解決し実行に移せるならば、その長期的な経済効果は投資額をはるかに上回るはずである。



製作協力: 日本電気(株)

図 1-1 日本海光海底ケーブルルート図

北陸側陸揚げポイントは候補地。



製作協力：富士通(株)
出典：Google Earth

図 1-2 北海道を中心としたグローバルネットワークの構築イメージ

赤色の光海底ケーブルを新規に建設することで、北海道を経由した北米・ヨーロッパへの新ルートを開設し、太平洋側に集中している光海底ケーブルルートを迂回。距離的には北海道が北米に一番近いので、日米間の低遅延ネットワークを実現。

表 1-1 石狩～富山・直江津ルートの概算見積もり

項番	項目	概算建設費用
1	海底ケーブル・中継器	16 億円
2	端局装置(給電装置、監視制御装置含む)	5 億円
3	陸上機器・工事・試験	1 億円
4	海洋工事・試験	17 億円
5	端局工事・局内試験・システム試験	2 億円
6	プロジェクトマネジメント・訓練・ドキュメント	2 億円
	合計	43 億円

第2章 クラウドコンピューティングを取り巻く環境

2.1 クラウドコンピューティング・ネットワークに関する最新動向

クラウドコンピューティングについて、明確な定義は少ないが、変わらないのは「インターネットを利用する」ということである。

パブリッククラウドと呼ばれる共同利用型クラウドを例にとると、データの保存や処理が全てクラウド事業者の持つシステムにおいて行われ、そのシステムを複数の利用者がインターネットを経由して共同利用している。すなわち、インターネットが利用できなければクラウド自体の利用もできないため、クラウド事業者と利用者の間を結ぶ通信回線の重要性は非常に高いと言える。

たとえばソフトウェアは、従来コンピューターにインストールされており、アップデートや、メールの場合であれば受信時のみといったように、通信がおこなわれるのは限定されている。よって通信が途絶えたとしてもソフトウェアの利用に支障をきたすことはほとんどない。しかし、クラウド型（いわゆる SaaS）は常に通信がおこなわれており、通信が途絶えるとソフトウェアの利用が出来なくなる。そのため、信頼性が高く、大容量で、低遅延なネットワークが求められているのだ。多くのクラウド事業者は、複数の IX（インターネットエクスチェンジ）に接続するほか、データセンターからの通信経路についても多重化し、途中経路における障害に対応できるよう信頼性の向上に努めている。また、出来るだけ遅延が少なくなるよう通信経路を工夫するなど、事業者ごとに様々な取組みが行われている。

現在、クラウドコンピューティング事業に参入する事業者数は大きな伸びを示しており、それに伴い利用者数も大きな伸びを示している。「所有から利用へ」という業界の流れから、利用各社がシステムを用意するのではなく、大きなシステムを共同利用するほうがコストパフォーマンスや信頼性の面においてメリットが多いということが認識されてきたからだと考えられる。また以前に比べてインターネットの速度や信頼性が向上し、また職場でも家庭でも常時接続が当たり前になったことから、インターネットでのサービスを利用するということへの抵抗感が薄れたということもあげられる。最近では、自治体などの公的機関においてもクラウドコンピューティングが活用され、山梨県甲府市の定額給付金システムが米国のソフトウェア系クラウド（SaaS）大手である Salesforce 社によって開発された事例など、少しずつではあるが活用実績もでてきている。

しかし一方で、多くの大手クラウド事業者は、いまだ海外のデータセンターによってデータを管理していること、それにより、海外と日本間の通信遅延があることなどの事由により、まだ利用への抵抗感があることも否めず、国内のデータセンターを望む声は少なくない。そのなかで、Salesforce 社が日本でのデータセンター設置を発表し、同じく米国のインフラ系クラウド（IaaS）大手の Amazon 社が千葉県にデータセンターを設置するなど、海外事業者が本格的に日本進出を進め始めたことは、今後の展開を期待させるニュースといっていよう。

並行して、日本のデータセンターインフラのコストを低減させる取り組みも進んでいる。日本では、地価の高い東京近郊に多くのデータセンターが集中するため、インフラとしては、非常にコストパフォーマンスが悪い状況である。米国をはじめとした海外では、地価が安く広大な郊外に、巨大なクラウド専用データセンターを作るのが主流になっており、日本においても同様の流れが出てきた。特に冷涼な気候を活用したエネルギー効率の高い大型データセンターの事例も出てきており、クラウドコンピューティングの発展の中で、よりコストパフォーマンスを重視したサービスへの注目が高まっている。

2.2 クラウドコンピューティングの進化と将来像

1) 仮想化、オープンソース化、コモディティ化

IT サービスは技術革新とユーザーニーズをドライバーに、70～80年代のメインフレーム時代から90年代のインターネット時代、そしてクラウドの時代と変遷してきた。この業界全体の動きをサービス提供側から眺めてみると、仮想化、ソフトウェアのオープンソース化、ハードウェアのコモディティ化という3つの流れが見えてくる。

・ 仮想化

仮想化とは、コンピューターシステムを構成する資源を物理構成から切り離し、論理的に柔軟に分割・統合することを指す。サーバー仮想化は既に市場に浸透しており、2011年9月に行われたマイクロソフトのセミナー「//build/windows, Extending Hyper-V switch」によると、現在出荷されるサーバーの5台に3台は仮想化目的であるという。この流れはストレージ分野でも進みつつあり、残るネットワークの分野でも仮想化が進んでいくのが自然に思われる。

・ オープンソース化

マイクロソフトウィンドウズが独占状態にあったサーバーOS市場にLinuxが登場し、シェアを拡大してきたことをご存知の方は多いだろうが、他にも、存在感を増しているオープンソースソフトウェアがいくつもある。例えば、ストレージ分野におけるHadoop、Linux仮想化基盤のKVM、そして最近コミュニティが活発化しているOpenStack等がある。オープンソースの利点はコミュニティによる開発の速さと価格の安さ(基本的には無料)にある。現状はプロプライエタリソフトウェア(独自開発でソースコードは非公開)が主流のクラウド業界だが、動きの速いクラウドサービスの開発において、オープンソースソフトは増々大きな役割を果たすようになって行くのではないかと。ネットワーク分野においてもOpenFlow、Open vSwitch、Quaggaといったオープンソースソフトが存在し、今後の動きに目が離せない。

・ コモディティ化

IT分野でコモディティ化とは、ある技術や機器が一般化して広く普及し、競合間で技術的な差別化要素がなくなり価格競争に陥る状況を指す。ウィンドウズやLinuxサーバーは既にコモディティ化が進み、かなり低廉化している。ストレージの分野でもコモディティサーバー上で動作するソフトウェアの出現によって少しずつハードウェアのコモディティ化が進んでいる。一方、ネットワーク機器は高価な専用機器を購入せざるを得ない状況にとどまっているが、コモディティ化が進む可能性がある。

2) クラウド利用の進化仮説

次にユーザー視点でIT分野を眺めてみる。企業のクラウド利用は、3段階に分けることができそう(図2-1)。第1段階はデータセンター内や企業のあるオフィス内で仮想化を行うバーチャライゼーションのレベル。サーバーを仮想化し資源を効率よく使った運用が可能になる。第2段階は第1段階の状況からさらにパブリッククラウドサービスも取り入れたクラウドファンデーションの段階。パブリックとプライベートをうまく組み合わせたハイブリッドクラウドによって、セキュリティレベルとコストを最適化することができる。最終段階となる第3段階はハイパークラウド。これは一言でいえば多拠点間のハイブリッドクラウドだが、動的に仮想リソースの作成・接続・移動・削除ができる。こうなれば、企業は最もコストが低くパフォーマンスのよいシステム環境を実現できることになる。日本企業の

クラウド活用状況は第 2 段階に入りかけた、といったところだろう。ハイパークラウドについては、まだ技術が十分に開発されておらず、実現のためには 5 年、10 年とかかるかもしれないが、最終的にはこのような方向に収束していくのではないかと。

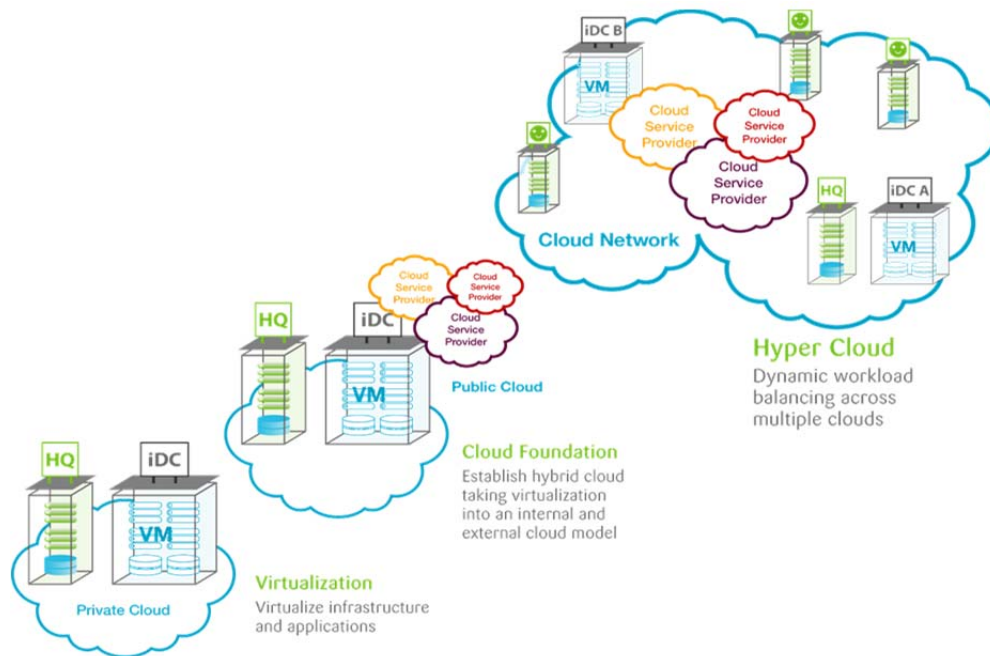


図 2-1

3) ネットワークはボトルネック

さて、企業のクラウド利用が上述のハイパークラウドに向かうにあたって、ネットワーク技術の進歩がカギになることが何となく想像できるのではないだろうか。そもそも過去 20 年間を振り返ってみると、ネットワークは高速化つまり広帯域化したものの、技術やサービス自体に大きな技術革新は起こっていない。着々と高機能化・低廉化が進むサーバーやストレージと比較し、いまだ専用機器に依存し、管理が複雑で、機器ベンダーに運用を依存する状況が続いている。ネットワークはクラウド時代のボトルネックになってしまいそうなのだ。そこで 2.3 ではクラウドコンピューティング時代に求められる通信インフラの条件やネットワーク業界での動きについて紹介したい。

2.3 クラウドコンピューティング時代に求められる次世代ネットワーク

1) クラウド時代に大きく変わるネットワーク

まずは、ネットワーク技術・サービスがどのように進化してきたかをおさらいしたい。ネットワーク技術・サービスの歴史を振り返ってみると、コンピューターシステムに応じて通信インフラに求められるものも変遷している(図 2-2)。メインフレームの時代は、コンピューティングシステムが中央制御であることに対応し、ネットワークも集中管理・集中制御型で、Value Added Network (VAN)と Network Operation Center (NOC)という形をとっていた。インターネットの時代にはいると、クライアント側でのコンピューティング処理が増加、ネットワークも分散管理・分散制御の

形をとるようになった。では、クラウドコンピューティングの時代にはどのようなネットワークが必要になるのだろうか。

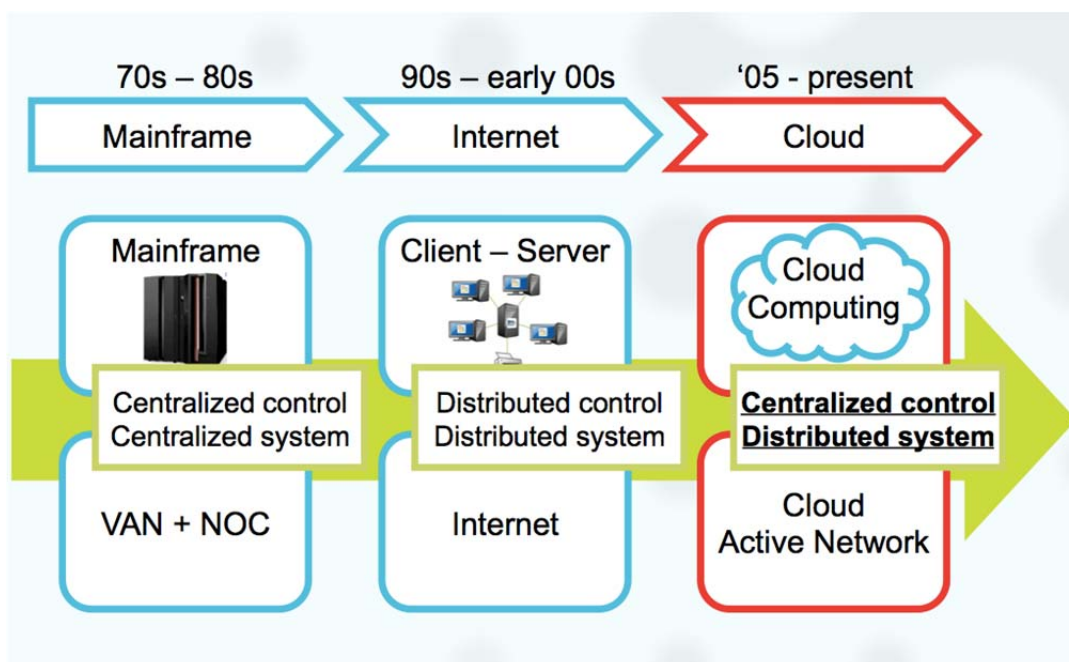


図 2-2

2) クラウド時代に必要なネットワーク機能

ネットワーク機能は①ネットワークコントロール②転送(フォワーディング)の2つに分けられる。インターネット時代と異なり、クラウド時代には計算機能が仮想マシン(Virtual Machine)として提供されることが前提となるため、②の転送機能について、従来の外部ネットワーク間のLAN/WANでの転送に加え、VM間、VMとストレージ間の転送機能も必要になる。

3) サーバー仮想化環境を導入したユーザーが抱えるネットワークの課題

大規模なサーバー群を運用し、ネットワーク設定が頻繁に変更されるデータセンタープロバイダーにとって、規模が大きくなればなるほどネットワーク管理の負荷が大きい。最新設備のデータセンター内でも未だにケーブルの抜き差しといった泥臭い作業が続けられている。また、システムの規模が頻繁に拡大・縮小するシステムの場合は拡張性が重要になるはずだ。例えば、Eコマースを運用するシステムを考えてみよう。ある商品がテレビで紹介され、Eコマースサイトへのアクセスが急増した場合、ロードバランサーがダウンしてサイト全体がダウンする、といったトラブルは珍しいことではない。そしてもちろん、高価な専用機器は投資・運用コストの増大につながっている。クラウド時代のネットワークが持つ課題は、拡張性・柔軟性・コスト効率性であり、これらに対応するものがクラウド時代に求められるネットワークであり、それは仮想化ネットワークなのである。

4) VLAN=仮想化じゃない！

ネットワークの仮想化といえば VLAN を思い浮かべる方も多い。しかし、VLAN はクラウドに対応できる仮想ネットワークとしては十分ではない。その理由としては、まず単一のセキュリティポリシーでしか管理できないことがあげられる。クラウド環境では、複数の仮想マシン、あるいは複数のシステムを同じ物理環境上で運用することが想定されるが、VLAN ではセキュリティポリシーを分けることが困難だ。次に、簡単に作成・削除等の変更が出来ないことがあげられる。VLAN は個々のネットワーク機器に個別の設定が必要であり、仮想サーバーのように数分で立ち上げたり、不要になったら一瞬のうちに削除することはできない。最後に、今や欠かすことのできないネットワークサービス、つまり、ファイアーウォールやロードバランサーの仮想化は全く含まれてない。

5) 盛り上がるネットワーク仮想化

では、仮想化ネットワークにはどのような技術があり、どのようなプレーヤーが存在するのだろうか。まず最近認知度があがっている OpenFlow がある。これは、スタンフォード大学を中心にした OpenFlow スイッチコンソーシアムが提唱している次世代のネットワーク制御技術で、スイッチのルートを制御するコントローラーとパケットの転送を行うデータプレーンを分離し、フローをベースにネットワークを制御するプロトコルである。NEC が世界発の OpenFlow 対応スイッチを発売したことで話題を呼んだ。前述の OpenStack でも Quantum というネットワークプロジェクトが進んでいる。また、大御所の Cisco や VMWare、Citrix、Dell、といったプレーヤーもネットワーク仮想化関連の製品を次々に発表している。一方で、スタートアップの動きも活発だ。東京ベースのミドクラ、米国シリコンバレーの Nicira Networks、等が技術を開発している。ビジネス面からみると、ネットワークの仮想化分野はまだ黎明期にある。いくつかのパブリッククラウドサービスでロードバランサーが提供されてはいるものの、専用機器を使ったネットワーク管理に慣れたユーザーにとって仮想ネットワークの導入はまだハードルが高く、市場に浸透するまではしばらく時間がかかるかもしれない。

6) クラウドアクティブネットワークの可能性

長期的にみると、クラウド時代のネットワークはどのような機能を担って行くのだろうか。2.2 では企業のクラウド利用が、最終的にはハイパークラウドの形、つまり、ユーザーが利用する IT サービスに応じて、「動的に、複数同時に」仮想環境を立ち上げることができる状況に向かって行くと述べた。そのためには、コンピューター、ストレージ、ネットワークが仮想的に統合管理された仮想インフラが欠かせない。つまりこの仮想インフラ(ここでは Cloud Active Network と呼ぶ)こそが、クラウド時代のネットワークが目指す姿ということになるだろう。

Cloud Active Network が実現されれば、ハイパークラウドを支える基盤となるだけでなく、それ自体から新しいビジネスが生まれてくることも当然考えられる。現状のインターネット回線や企業向け閉域網サービスは、月額一定料金の年間契約が一般的だが、例えば、「ネットワークオンデマンド」といった、必要な時に必要なだけの帯域を確保し、使った分だけを支払うようなサービスが比較的簡単に可能となる。さらに、トラフィックの混み具合・遅延・揺らぎ・仮想マシンの負荷、等さまざまな要素をネットワーク側から管理し、自動で Fail over させたり、トラフィックの経路変更を行うようなサービスが可能になるかもしれない。

2.4 データセンターとクラウドコンピューティングの関係性

データセンターの建築・設備は、サーバーやストレージなどの IT 機器が、365 日 24 時間絶え間なく稼働することを要件として計画・設計が行われる。サービスの中断を引き起こすリスクとして、地震や津波などの環境的要因、停電や火災などの偶発的要因、盗難や破壊などの意図的要因が挙げられるが、ファシリティとしては、このようなリスクを最少化する取り組みが求められる。端的に言えば、建築的には堅牢性、設備的には可用性が求められる。

図 2-3 はデータセンターの内観パースである。データセンターは、主にサーバー室とそれを支える電気・空調関係の設備室で構成される。

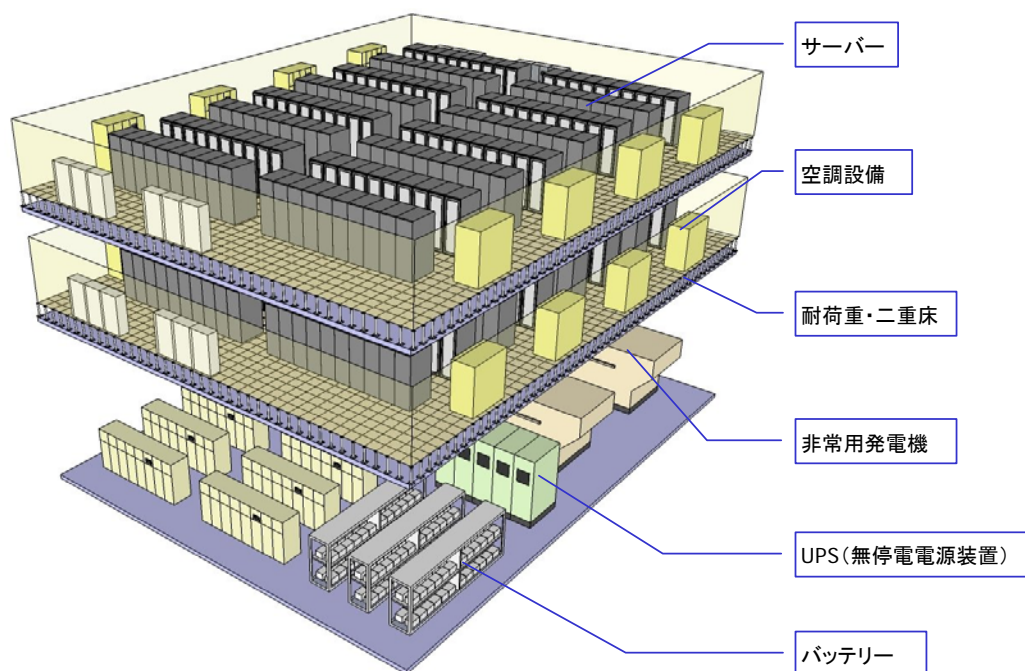


図 2-3 データセンターの内観パース

サーバー室には、サーバーを搭載した 19 インチラックが並ぶが、近年の IT 機器の小型高密度化によりラック当たりの重量は増加傾向にある。そのため、床板(スラブ)は大きな積載荷重に耐えうる構造となっており、最近のデータセンターでは、 $1.0\sim 1.5\text{t}/\text{m}^2$ で設計される。この値は、オフィスビルが $300\sim 500\text{kg}/\text{m}^2$ で設計されるのとは比べると格段に大きく、倉庫の仕様に近い。床板の上には、二重床(フリーアクセスフロア)が敷かれる。この床下空間は、電気や通信の配線だけではなく、サーバーを冷却するための空調ダクトとしての役割も担っている。昨今のサーバーからの発熱量の増加により、二重床の高さも大きくなる傾向にある。

サーバー室の両端には、空調機が設置される。空調機からの冷却風は二重床の床下に向かって送り出され、穴あきパネルを通してサーバーに供給され、排熱が空調機に戻される。この循環が繰り返される。IT 機器や空調設備は、共に電気によって稼働するものであり、電力の安定供給はデータセンターにとって最も重要な要件である。設備室には、絶え間ない電力供給を支える様々な設備が設置される。(図 2-4)

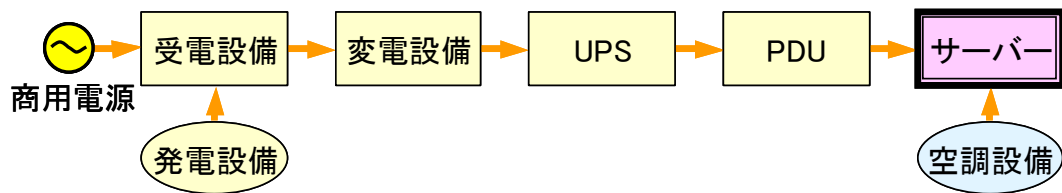


図 2-4 データセンターの主要設備構成図

例えば、電力会社からのデータセンターへの電力引き込みは、単線ではなく、本線・予備線方式、ループ方式、スポットネットワーク方式のいずれかの冗長構成が採られる。そのため、設備室には複数の受電設備や変電設備が設置されており、機器の1ユニットや1系統がダウンしてもシステム全体としての動作には影響が及ばない構成となっている。外部からの引き込みのみならず、データセンター内の配電・配線も多重化されている。また、電力会社からの商用電源が途絶えた場合に対しても十分な備えがなされている。UPS (Uninterruptible Power Supply: 無停電電源装置) は、バッテリーによって電力を供給し続ける設備である。データセンターでは商用電源も UPS を介してサーバーに電力供給することで、停電はもちろん、電圧変動や瞬断にも対応できるようになっている。電力の連続供給時間はバッテリーの容量に依存するが、おおむね 5～10 分で計画されることが多い。加えて、UPS の連続供給時間を上回る停電に対する備えとして、非常用発電機が設置される。非常用発電機は、重油や軽油を燃料としてガスタービンやディーゼルのエンジンを駆動させ、長時間の電源供給を行うもので、24～72 時間のオイルタンクを準備するケースが多い。さらに、サーバーからの排熱を処理する空調もデータセンターにとっては重要な設備である。検査や故障に備えて、室外機、室内機、冷凍機などは、予備機を持った構成となっている。空調に水冷方式を採用する場合は、断水に備えて大容量の水槽の設置も行われる。

電源と同様に、通信に対しても万全を期す必要がある。電源引き込みの二重化と同様に、通信に対しても二重化あるいは多重化が行われ、異なるルートでの引き込みやキャリアの分散化などが図られる。

他にも建築的な対応として、地震に備えて建物を免震構造とする(図 2-5)、侵入や攻撃に備え外壁を無窓とする、不法侵入や盗難に備えてセキュリティゲートや監視カメラを設置するといった方策が挙げられる。

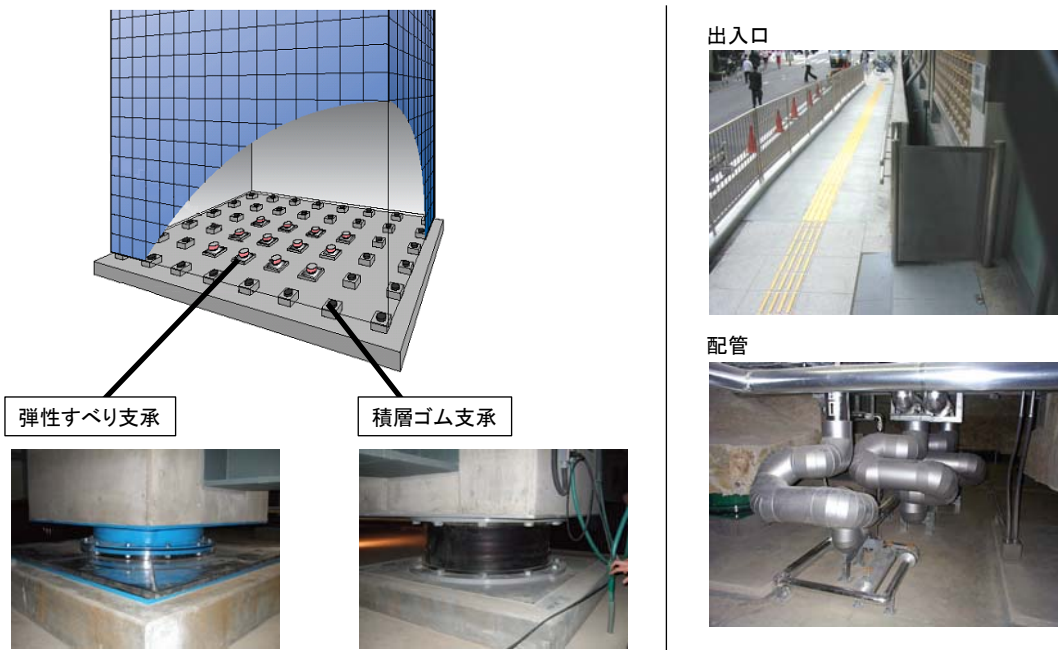


図 2-5 免震構造の建物

クラウドコンピューティングにおいてデータセンターは、その中核となる重要なインフラである。これまでも多くのデータセンターが構築されてきたが、クラウドコンピューティングに特化したデータセンターの場合、建築、設備的にいくつかの点で違いがある。

1) 立地選択の自由性(立地制約からの解放)

これまでのコロケーション、ハウジングを主体とするデータセンターでは、顧客のアプローチのしやすさが重視され、大都市圏に立地されるケースがほとんどであった。それに対して、クラウドサービスでは、顧客がデータセンターを訪問することはなく、立地は事業者が主体的に決めることができる。コスト競争力が要求されるクラウドビジネスにおいては、土地代、電気代、人件費、維持管理費、公租公課などあらゆるコストの削減が求められ、土地代や人件費が安く、様々な優遇助成制度が得られる地方郊外への立地が注目されている。

2) 事業者毎の建物仕様の独自性

クラウドコンピューティングの基盤となるデータセンターの場合、收容されるサーバーは事業者で用意する。顧客のサーバーを預かるコロケーション、ハウジングの場合、建物側もあらゆる機種のサーバーを受け容れられる仕様が求められる。これに対してクラウド型の場合は、事業者が最適なサーバーを選択することができる。単一の機種で統一することも可能である。建物側も従来のように多種多様なサーバーを受け容れられるよう最大公約数的に設計をする必要がなくなり、決められた機能に特化したデータセンターを構築することが可能となる。このことは、イニシャル、ランニングの両面でコスト削減につながる。

図 2-6 は建築・設備的側面からハウジング・コロケーション型データセンターとクラウド型データセンターの比較を行ったものである。

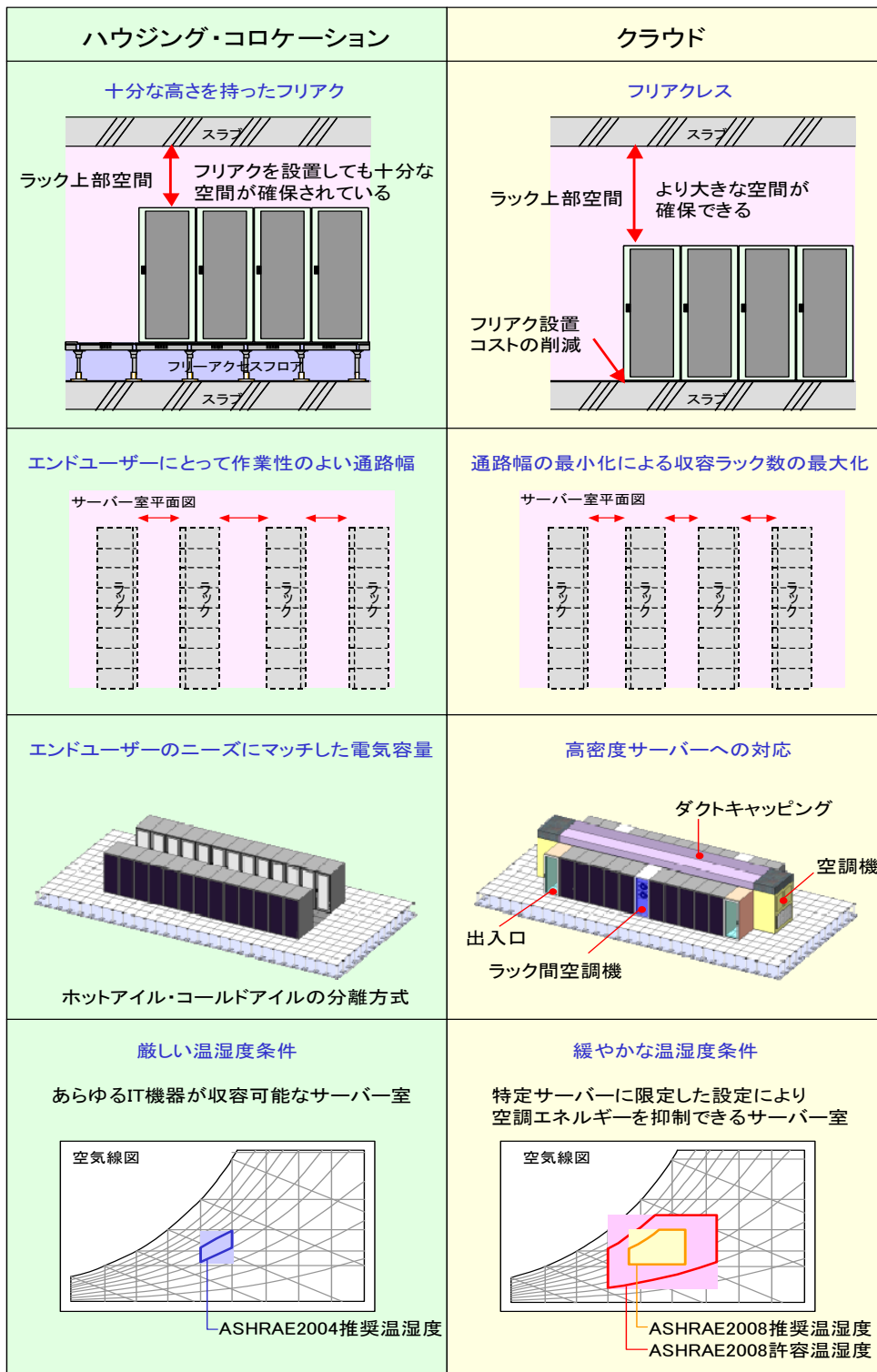


図 2-6

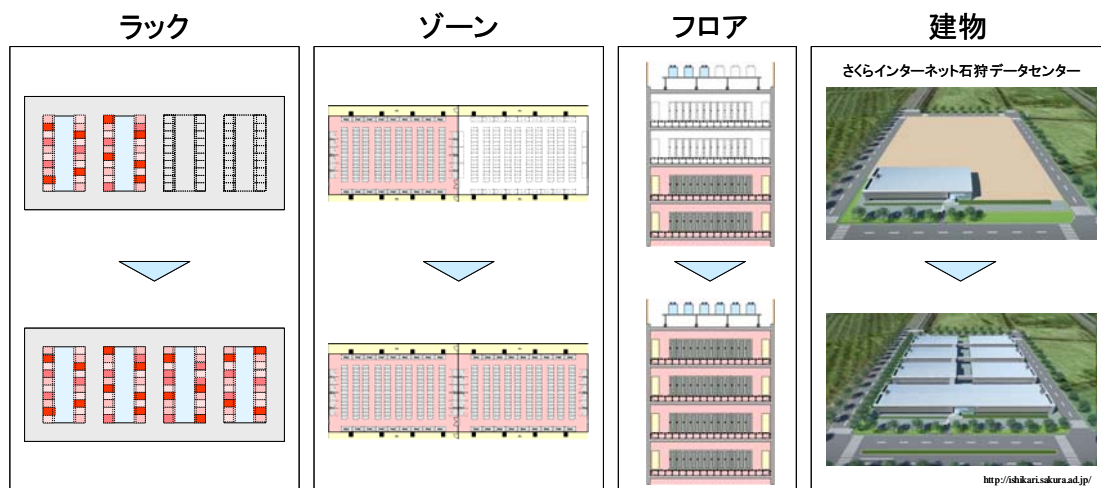


図 2-7 さまざまなレベルのモジュール

3) 高密度実装による高パフォーマンス

クラウド型データセンターの特徴として、高密度実装が挙げられる。ラック内にサーバーを満載し、仮想化して稼働率を高めることでトラフィック当たりのコストを下げ、パフォーマンスを向上させる取り組みである。そのため、1ラックに割り当てられる電気容量は、従来型と比べて大きくなる傾向にある。10kW/ラックを超える要求仕様も見られる。ラック当たりの発熱量も大きくなるため、高い空調能力が求められる。

4) 拡張性、柔軟性、迅速性の向上

クラウド事業では、これまで顧客側の課題であった拡張性、柔軟性、迅速性の確保を事業者側で請け負うこととなり、データセンターもその要求に応えることが求められる。

近年、注目されているモジュールの考え方は、一つの解である。モジュール化は、最適化された建築・設備を1ユニットとし、必要に応じて段階的にユニットを増設して行く手法である(図 2-7)。ユニットとして規格化すれば、設計期間の短縮、パーツ化による大量生産とコストダウン、工場生産と現場組立の分業による工期短縮が期待できる。これは、必要な時に必要な量だけ短時間で構築を行うという「ジャスト・イン・タイム」の考え方を実現するものである。

近年は、このモジュールの考え方を進めた「コンテナ型データセンター」も注目されている。

第3章 北海道とクラウドネットワーク

3.1 北海道のメリットと課題

北海道でのデータセンター構築・クラウドシステム構築における優位な点としては、「広大な敷地が利用可能」「寒冷地である」ということがあげられる。

「広大な敷地が利用可能」であることはすなわち、物理的な制限にとらわれることが少なく土地の価格も安いいため、建物を増設する余地を十分に確保することができる。また、低層の建物を建設することによって、建築コストの低減や建設工事期間の短縮化などにもつながる。

「寒冷地である」ことの優位な点は、空調コストの劇的な改善が期待できることである。一般的な国内の都市型データセンターでは、空調に利用する電力量はサーバー等のIT機器で利用する電力量と比べても、その4割～5割程度と言われている。北海道ではフリークーリングや外気空調システムを導入することで、クラウドシステム等の大規模に集約したサーバシステムから排出される廃熱を、寒冷な外気を用いることによって冷却でき、省エネ型データセンターを実現することが可能となる。その他、北海道でも当然ながら、地方ならではの税制優遇処置や助成金などのメリットも享受することができ、それには初期投資の負担を軽減できるメリットも含まれる。

かたや、北海道でデータセンター構築・クラウドシステム構築における課題として1点目は、クラウド上に構築されたサービスを利用するコンシューマとの物理的距離が懸念されることがあげられる。物理的距離により、通信信号の到達時間がコンシューマの近くで構築されたシステムよりも長くなる。しかし、金融系の決済や株式売買など、わずかな時間の変動が取引に影響を及ぼしてしまうようなサービスを除いては、システムの可用性にはほとんど問題がないということを理解する必要がある。到達時間のみをもって、クラウドシステムの可用性にまで言及してしまうという風評を払拭しなくてはならない。これらは日々の啓蒙にて理解をひろめ、試用して体感することなど地道な活動が必要となる。

2点目の課題は、東京～北海道までの広帯域な通信回線を確保することが容易ではない点である。北海道は様々な回線事業者がサービス展開をしている東京近郊のような都市圏とは異なる。北海道においては日本のインターネット黎明期から事業を展開している通信回線事業者以外から広帯域回線の提供を受けることが困難である。また、同様の理由にて、北海道では通信事業者の多様性(キャリアダイバシティ)を確保することが課題である。安定的に通信回線サービスを利用するにあたり、北海道から利用者までの通信において、冗長な通信経路を確保することが必須となる。そのため、冗長性の高い複数の通信経路を確保するにあたっては、複数の通信回線事業者が北海道にてサービス展開していることが望ましい。更に、複数の通信回線事業者より十分な通信帯域を確保することができたとしても、使用している回線経路が一部重複する場合などには注意を要する。現状でも、インターネット黎明期から事業を展開している通信回線事業者がある程度広帯域かつ冗長経路を確保した通信回線サービスを提供するようだが、提供価格は都市圏に比べて高くなると言わざるを得ない。これに関しては、新たな通信回線事業者が北海道にて事業展開をすること、既存通信回線事業者による設備の更なる拡充が望まれる。

以上、北海道における優位性と諸課題に関して述べてきたが、クラウド時代においてはインターネットは通信回線さえ繋がっていれば、都市近郊にデータセンターを設置する必要がなく、アクセスの利便性もそれほど影響しない。広大な敷地で建設することで、大規模に構築したシステムを集中的に維持・管理することができるので、ス

ケールによるメリットを享受することができる。今後、地方へ進出を考えているクラウドネットワーク事業者においては、北海道へ進出することで、様々なメリットを得られるものであると考えられる。

3.2 サービス事業者からの視点、北海道への期待

クラウドコンピューティングを利用するメリットとしては、上限の見えない突発的なアクセスへの即時対応、タイアップ企画、期間限定サービス等での一時的なサーバー利用、ピークトラフィックに合わせて設計する為の余剰パフォーマンスの有効利用などが挙げられる。一方デメリットとしては、大規模アクセスに対応させるサーバー費用のコスト見合い、共有サーバー上でのデータ保管に関するセキュリティに対する懸念、障害発生時のコントロール、昨今クラウド事業者の障害が多く、サービス復旧に時間がかかっている点などがある。

サーバー台数と IP トラフィックの相関関係に関して述べると、サービス開始当初はサーバー数に比例してトラフィックも倍増していたが、現在はモバイルヘシフトしている為サーバー数増加があってもそれほどのトラフィック増は無い。また、サーバーパフォーマンスの向上に伴いリプレースによるサーバー台数減も出来ている状態である。ただし合計では微増。新サービスに利用するサーバー台数は利用者が増えるにつれ用意しなければならず、IP トラフィックの増減に関わらず新サービス毎に準備するサーバー台数が増加するといった状況である。東京都内では 10Gb/s イーサネットを利用し IP トランジット購入すると Mb/s 単価 1000 円以下で仕入れられるので、IP トラフィックの急激な変化によるコストに関しては不安視していない。一台のサーバーで 1Gb/s クラスの IP トラフィックを処理することもあるので、サーバー台数の増加にあわせて全体の帯域設計は余裕をみておきたい。サーバー技術の動向と今後取り組む技術課題としては、サーバー1 台当たりのパフォーマンスに余裕は無い事から仮想化の考えは無く、足りないパフォーマンスをスケール出来る設計にすることで、台数を賄っている。今後ボトルネックになるのはネットワークとサーバーの Disk I/O、プライベートネットワークの 10Gb/s 化、Disk の SSD 化である。

北海道への期待としては、全サービスの移行は立地条件で難しいので、静的コンテンツ、画像ファイル等の配信用としての利用が検討可能。北海道から本州の都市部への広帯域、低レイテンシ(遅延)回線は必須である。北海道以外でも静的コンテンツ配信の方法はある為、コスト面、環境面等で他には無いメリットを出せるよう今後研究・検討することが必要と考える。

3.3 データセンターの最新動向と北海道への誘致状況の検証

国内データセンター市場規模は諸説あるが 2011 年に 1 兆 2,000~4,000 億円前後といわれている。国内のデータセンター事業者数はというとおおよそ 300 社程度。2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の影響で市場全体の伸び率が高くなっている。2011 年から 2015 年にかけて年平均成長率 6%~7%と想定する意見が多数である。全体で 2015 年には 1 兆 6,000~9,000 億円市場になると見込まれている。

その中でクラウド市場は著しい成長が見込まれている。2011 年から 2015 年にかけて年平均成長率が 30%以上、2015 年には 3,500~4,000 億円程度の市場に成長するといわれている。データセンター市場全体の中で大きな割合を占めることになる。データセンターは関東圏に集中しており、約 70%、関西圏が約 25%といわれ国内データセンター市場の約 95%が関東・関西圏に集中している。北海道の市場占有率は数%レベルに満たないとみられている。

現在データセンター事業者が標準的に利用するネットワークサービスはレイヤー2 のイーサネットサービスである。多くの通信事業者が全国的に提供している一般的なネットワークサービスである。主に利用するサービスタイプは、専用線型 1Gb/s、10Gb/s イーサネットサービスの 2 種類。クラウド基盤を運営するデータセンター事業者は専用線型 10Gb/s イーサネットサービスを標準的に利用している。価格情報は以下のとおりである。

専用線型 10Gb/s イーサネットサービス 月額価格：

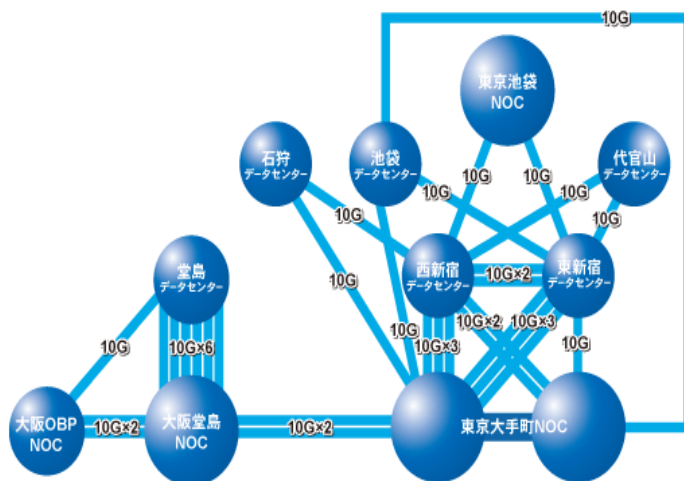
東京・大阪市内： 80～90 万円程度

東京～大阪間： 150 万円～200 万円程度

札幌～東京間： 1,000～2,000 万円前後*

*大口割引サービスで月額 500 万円台前後までディスカウントする事業者もある

データセンター間を接続するイーサネットワークの事例を紹介する。さくらインターネットが石狩に新データセンターをオープンし、新規に石狩から東京に専用線型 10Gb/s イーサネットを2回線構築した。ネットワークの冗長性を確保するために異ルートで都内二箇所のデータセンターに接続している。さくらインターネットのデータセンターは全部で 31 回線(310Gb/s)の専用線型 10Gb/s イーサネットで接続されている。さくらインターネットのバックボーンは日本有数の規模を誇る。



出典： さくらインターネット HP

図 3-1 さくらインターネット バックボーン図

一般にイーサネットサービスの契約期間は一年が標準で開通納期は 1～3 ヶ月程度である。一方、北海道から東京までの 10Gb/s のイーサネット回線はユーザー規模、購入実績によって価格が大きく変動し、契約期間も複数年(例えば 3 年)といった長期の拘束を要求され、開通納期が 6～8 ヶ月程度ととても長い。

クラウド関連サービスを提供するうえで必要なインターネット接続サービス(通称 IP トランジットサービス)を東京で購入すると 1Mb/s あたり月額 500 円～1,000 円程度が相場である。一般的には 10Gb/s の帯域幅、基本使用

料として1Gb/s分を契約する。基本契約分を超えたIPトラフィックに関しては従量課金制度を利用し、利用状況に応じて清算する仕組みである。東京では月額50～100万円程度でインターネットを始めるにあたって必要なアクセス環境を大規模で安価に、しかもいろいろな事業者を選択して利用できる。結果、ミクシィやDeNA、グリーといった新興のネット事業者は東京で創業し、自社のITインフラも東京を中心に展開する結果を招いている。

クラウド関連ビジネスの急速な成長を支える主要なインフラは、大規模サーバー群を保管・管理するデータセンターという建物設備、サーバーの運転を維持するための豊富な電源供給環境、膨大な情報を処理するための大規模通信インフラである。

1) データセンターの最新動向

国内のデータセンターは、ユーザーとなる多数の企業が集中する大都市圏、特に首都圏に集中している。これはユーザー企業とデータセンターの距離が近く運用上の問題が少ないことや、IX(インターネットエクスチェンジ)から近い位置にあり、遅延などネットワーク上の問題が小さいことなどから、企業からのニーズが高かったことによるが、2011年に入り地方での大規模データセンターの建設が計画されるようになってきた。これはここ数年のクラウドサービス普及によるものと言えるだろう。

地方に建設される代表的な大規模データセンターとしては次のものがある。

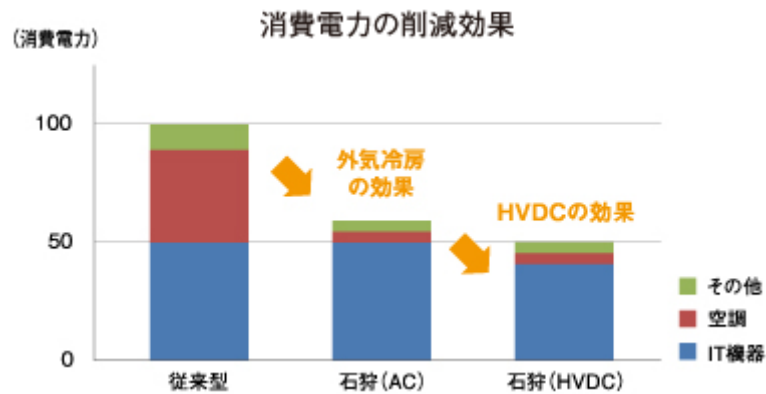
- ・松江データセンターパーク(III 島根県松江市)2011年4月竣工
- ・石狩データセンター(さくらインターネット 北海道石狩市)2011年10月竣工
- ・クラウドコンピューティング・データセンター(日本ユニシス 福井県小浜市)2012年1月竣工予定
- ・新白河データセンター(IDC フロンティア 福島県白河市)2012年3月竣工予定

これらのデータセンターは、クラウドサービスに使用されることを目的として計画されたものだ。クラウドサービスでは、基本的にユーザーがサーバーそのものを所有する必要がなく、コンピュータリソースは事業者の設備となるため、ユーザー企業のデータセンター立ち入りを前提とする必要がない。ユーザーはネットワークを介してコンピュータリソースにアクセスするため、データセンターの場所はそれほど重要ではない。建設コストや電気料金などが安価で自治体などの優遇措置のある地方に大規模データセンターを設置することで、事業者はコストメリットを第一に考えることができるようになった。

また、東日本大震災以降の首都圏での電力不足問題も、企業ユーザーの多くにDR(ディザスタリカバリー)対策の見直しを迫ることとなり、国内のほぼ7割のデータセンターが集中する首都圏にサーバーを置くリスクを考えるきっかけになったと言える。そのためバックアップを地方に置く企業ニーズが高まっており、結果としてデータセンターの地方分散を後押しすることになった。

2) 北海道への誘致状況

北海道内には多くの大規模工業用地があり、北海道、各市町村による各種優遇措置も設けられ企業誘致が盛んに行われている。また、平成23年9月には北海道知事が「バックアップ拠点構想」を発表し、雪氷などを活用した超低消費電力・環境負荷軽減型のクラウドデータセンターの道内への設置に力を入れることを表明している。消費電力の削減効果の事例を以下に示す。



*HVDC: 高電圧直流給電

出展: さくらインターネット HP

図 3-2

データセンター用地としては、札幌市を中心とした周辺都市圏が千歳空港からの移動距離や電力供給、ネットワーク環境の充実度などからも適地といえる。札幌市周辺の代表的なデータセンター用地としては「石狩湾新港地域」「千歳臨空工業団地」「苫東地域」が挙げられる。

すでに北海道に進出したデータセンター事業者としては、石狩湾新港地域に新設されたさくらインターネット石狩データセンターがある。これは、さくらインターネットがクラウドサービスのために建設したデータセンターであるが、自社サービスだけではなく、企業ユーザーのサーバー設備を預かるハウジングサービスを行うことも発表しており、国内のデータセンター分散化の代表的な事例として注目されている。

北海道内の法人向け光ファイバネットワークは、主に北海道総合通信網(HOTnet)、NTT 東日本の2社が提供し、広域イーサネット、インターネットなどの接続サービスを提供しており、それらをアクセス回線に利用した通信サービスを、NTT コミュニケーションズ、KDDI、ソフトバンクテレコムなどが提供している。

しかしながら、データセンターが必要とする10Gb/sなどの広帯域ネットワークは、北海道内での需要が少ないことから、回線提供に時間が必要であったり、提供地域が限られる場合もある。また、通信コストも首都圏と比較すると割高になるケースも多く、データセンター建設を検討する上の課題と考えられていたが、大規模ネットワークを必要とするさくらインターネットの石狩進出をきっかけとして、今後ネットワーク環境は改善していくものと考えられる。

3.4 クラウドネットワークセンター立地の優位性

クラウドコンピューティングの普及は、データセンターの地域分散をもたらすことになる。各自治体はデータセンターの積極的な誘致活動を展開しており、その中で北海道については次の点で優位性がある。

1) 広大で安価な土地

北海道には広大な敷地があり、安価に購入・賃借することができる。海外のクラウド事業者は、安価な土地にデータセンターを建設しビジネス展開を進めており、国境のない競争が行われるクラウド事業においては、日本の事業者も安い土地を確保することは重要な条件になる。

土地代のみならず、建物についても、広大な敷地があればデータセンターを低層で造ることができ、建設費を抑えることができる。また、工事期間も短くなる。

2) 豊富な自然エネルギー

データセンターの運営コストの中で電気代の占める割合が大きい。電気代の内訳の中で、サーバーが消費する電力に次いで、空調の運転費が大きくなっている。この空調エネルギーを削減するために、自然エネルギーの利用は有効な手段であり、北海道には低温外気、風力、雪氷、自然水など様々な種類のものが豊富にある。自然エネルギーを活用するには解決すべき技術的課題はあるものの、今後、データセンターとして取り組みを求められるテーマであり、北海道にとっては有利である。

3) 自治体の熱意と手厚い優遇・助成制度

北海道は早くからデータセンターに着目し誘致活動を展開してきた。道内の各自治体も首長の強いリーダーシップのもと、積極的な動きが目立っている。特に、データセンターの進出に対する助成金、減免税措置、融資制度が充実しており、優位性が高い。

4) データセンター誘致の実績

2011年11月、石狩市において、さくらインターネット株式会社の石狩データセンターが運用を開始した。日本初のクラウドコンピューティングに特化したデータセンターとして、北海道の立地条件を活かし、広大な敷地を確保した分棟型および冷涼な気候を利用した外気冷房空調を採用している。

このような前例は、今後、地方立地を検討している事業者にとって大きな手掛かりとなる。大型のデータセンターが建設されるとその近傍では、電源や通信ネットワークの基盤が整備され、次に続く事業者にとっては恵まれた環境となる。

今後、データセンターの立地として北海道が候補に挙げられる機会も増えると思われる。

第4章 北海道への情報インフラ整備 – 新光海底ケーブル構築の実現にむけて

4.1 北海道を支える光海底ケーブル、通信環境の現状と課題

図 4-1 で示すように NTT グループ (NTT 東日本と NTT コミュニケーションズが対象)、KDDI、ソフトバンクテレコムの大手通信事業者 3 社が光海底ケーブル、または青函トンネルを利用して北海道向けに通信サービスを提供している。

主な光海底ケーブルシステムは室蘭～八戸間を結ぶソフトバンクテレコムのシステム、石狩～秋田を結ぶ KDDI のシステム、NTT グループの苫小牧～下北半島の 3 システムがある。3 月 11 日の東日本大震災で石狩から仙台、阿字ヶ浦を結ぶ KDDI の光海底ケーブルシステム JIH は甚大な被害を受けた。仙台のケーブル陸揚げ局舎は津波の被害を受け復旧の見込みがたっていない。したがって北海道から太平洋側を経由して首都圏に直結する光海底ケーブルシステムは現在利用できない状態である。



図 4-1 著作「光海底ケーブル」より抜粋

図 4-2 に示すように三陸沖は今後も大規模地震の発生が想定され、光海底ケーブルへの被害も懸念されるので、太平洋側ルートは安定した通信インフラサービスの提供という視点から構築に適していないエリアである。青函トンネルも開通から 40 年以上経ち、設備の老朽化、漏水対策の費用など多くの課題があり、今後新しく通信ファイバ設備を構築することはコスト的にも、また期間的にも困難である。

北海道と本州は 4 つの物理ルートで結ばれており、通信各社は需要に応じて伝送装置の容量を増強し、増加するインターネットトラフィックを処理するための IP バックボーンサービス、企業向け各種通信サービス、携帯事業者向けに通信インフラを提供している。北海道・本州間を接続する通信インフラは青森、秋田までの接続で、そこから先は陸路で東京へ接続している。

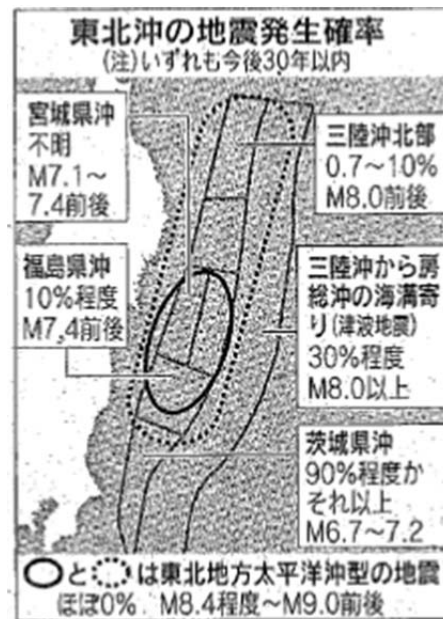


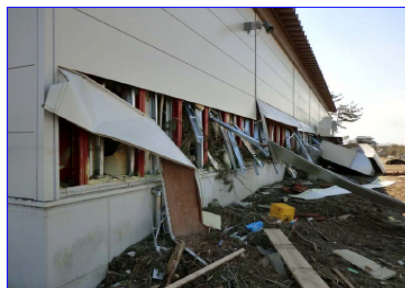
図 4-2 11 月 24 日 政府地震調査委員会 発表資料より抜粋

3 月 11 日の東日本大震災により道内の通信サービスも大きな影響を受けた。KDDI は特に通信インフラの被害がひどく、AU 携帯端末や PC からのインターネット利用、企業向け通信サービスなどが一部不通になった。震

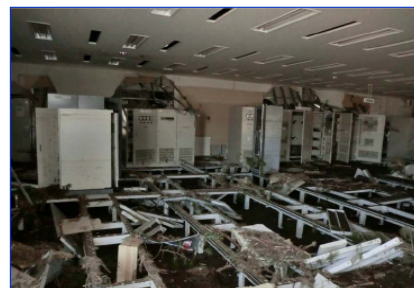
災発生時、KDDI は北海道と東京を結ぶルートに甚大な被害を受け、当時 KDDI のサービスに関して北海道は本州から孤立する可能性があったといえる。NTT コミュニケーションズ、NTT 東日本、ソフトバンクテレコムも各社被害があったが、それぞれ自社網内で切り替え作業を行い通信サービスの提供を維持していた。KDDI のケースが他社で発生することも十分考えられる事態であった。



《中継伝送路：東北道》



《J1H仙台局舎》



《中継伝送路：常磐道》

地震による陸上側被害
通信インフラが切断

出展： KDDI HP より抜粋

図 4-3 津波の被害を受けた KDDI 海底ケーブル陸揚局

将来、首都圏直下型地震が起きる可能性が示唆されている。北海道を支える主な光海底ケーブルが短距離を結ぶ 3 システムで、青函トンネルルートも青森以降陸路を通るしかなく、東京に大災害が起きた際、北海道と首都圏を結ぶ通信インフラへの被害を想定しておく必要がある。大規模自然災害が発生した際、北海道が国内、または世界の情報通信網から孤立する可能性がある。こうしたリスクがクラウド及びデータセンター事業者の北海道への進出に対する懸念事項になっている。北海道と本州を結ぶ情報インフラはコスト面だけでなく、安定した通信インフラの構築のための構造的な改善が必要である。

4.2 北海道・本州間に新たに光海底ケーブルを建設する目的と効果

北海道・本州間に新たに光海底ケーブルを建設する目的は、道内にクラウドサービスを提供するための大規模サーバー群を保有する事業者向けに、大規模な通信容量を構築し、適正な価格で、スピーディーに提供することである。既存の短距離光海底ケーブルシステムではこうした事業者のニーズを十分に満たすことはできない。したがって北海道から日本海側をとり本州を結ぶ長距離の光海底ケーブルシステムの建設が必要である。北海道の通信インフラが実は東京一極集中である事態は危機的な状況である。こうした事態を改善するために、新

潟、富山、石川県のどこかに新光海底ケーブルシステムを陸揚げし、東京、大阪両主要拠点に道内から接続できる環境を構築する必要がある。

道内に大規模サーバー群を誘致することはそれだけインターネットを経由した対外的な接続環境へのニーズが高まることになる。アジア域内の急速なインターネット利用者の増加は大規模通信インフラの設備投資を呼び込み、アジア域内では今後新規の大規模光海底ケーブルシステムが建設されていく。データセンター事業を誘致するにはまず通信インフラの整備、特に大容量の通信インフラを構築することが求められる。それが結果としてデータセンター事業者の誘致につながるのである。

光海底ケーブルの建設には二つのモデルがある。

1. コモンキャリアケーブルモデル

(ア) 複数の通信事業者(必ずしも伝統的な通信事業者には限定されない)による共同事業として建設・運用・保守。

(イ) これらの事業者が、建設にかかる出資比率に応じて、共同でケーブルを所有し、また、同容量比率に応じて運用や保守に関わる費用を負担。

(ウ) 建設は、専ら、参加事業者が自らの通信サービス用に供することを目的。

2. プライベートケーブルモデル

(ア) ケーブルを建設し所有する者は、必ずしも通信事業者ではなく、また、単独(複数のジョイントベンチャーの場合もある)で建設・所有・保守。

(イ) 通信容量は通信事業者などに市場価格で販売。

(ウ) 上述の容量販売により得られる利潤が事業を支えており、したがってケーブル建設自体が事業目的となっている。

最近では1と2の混合モデルでの光海底ケーブル建設の形態も見受けられる。

北海道から本州への新規光海底ケーブル建設に関しては、2のモデルを中心に検討をすすめ、既存のキャリアの計画参加を誘致するモデルを中心に検討していきたい。道内へのデータセンター誘致は、行政も積極的なイニシアティブをとっているため、同ケーブルシステムを利用する事業者に対し、費用の助成制度を設けて負担軽減を図ることも重要であり、建設実現にむけて行政側との連携は欠かすことができない。

4.3 光海底ケーブルの技術仕様、ルート、スケジュール、建設予算の紹介

1) 技術仕様

北海道～本州間の海底ケーブルは、最新の 10Gb/s 光波長多重技術を用いた最大システム容量 10Gb/s x 64 波 x 2 ファイバペア (最大容量 1.28Tb/s) の設計によるシステムを採用し、初期容量は 10Gb/s x 2 波 x 1 ファイバペア (20Gb/s) を予定している。クライアント側インターフェイスは、STM-64 (S64.2b) または 10GbE (10G BASE-ER) の装備が可能である。

システムの構成は、下記の図 4-4 の通り、陸揚げ局に設置する端局装置 (海底光端局装置、給電装置、監視装置) 及び海底に設置する海底ケーブル及び海底中継器から構成される。

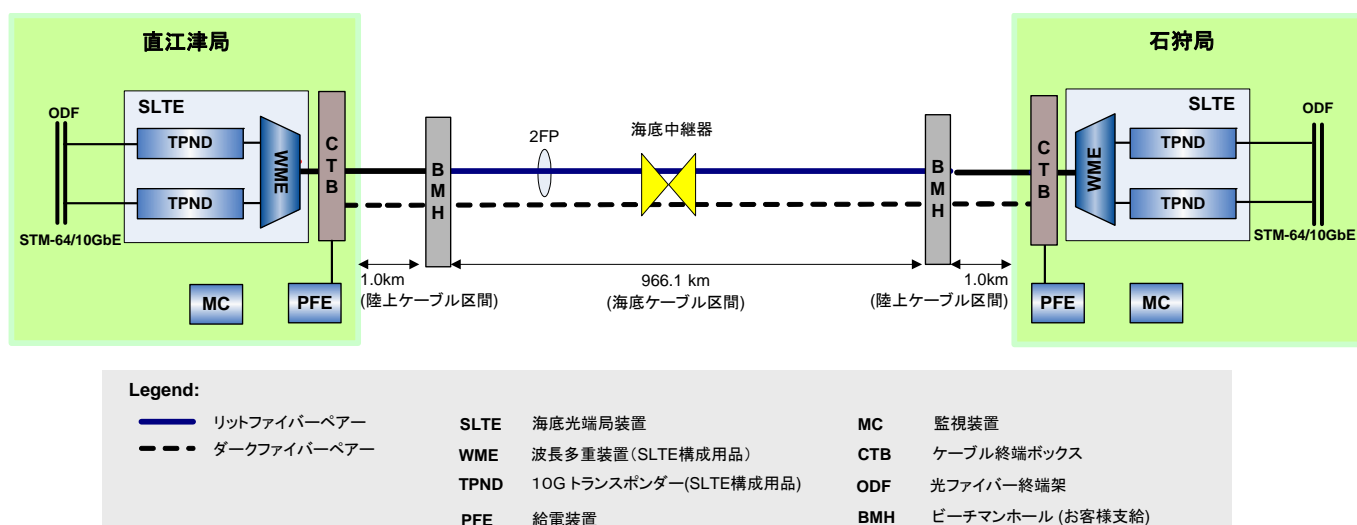


図 4-4

海底光端局装置は、1 架にトランスポンダー32 台まで搭載可能であり、回線需要の伸びに応じ、トランスポンダーを増設することが可能である。給電装置は、N:1 コンバーター冗長・機器冗長が可能であり、安定した電流供給を行う。海底ケーブル・海底中継器ともに、最大で水深 8,000m までの適用が可能であり、高い信頼度を持つ。



光海底端局装置



給電装置



海底ケーブル



海底中継器

図 4-5

2) ルート

海底ケーブルルートは、石狩~直江津ルートに加え、本州側は直江津以外に富山(富山)、石川(松任)、福井(駿河)へ陸揚げする案も検討した。福井への陸揚げについては、多数の国立公園が存在し、陸揚げの許認可取得には困難が予想されるため、検討は断念した。

石狩から直江津、富山、松任への陸揚げルート及びビルート長は、以下の通りである。

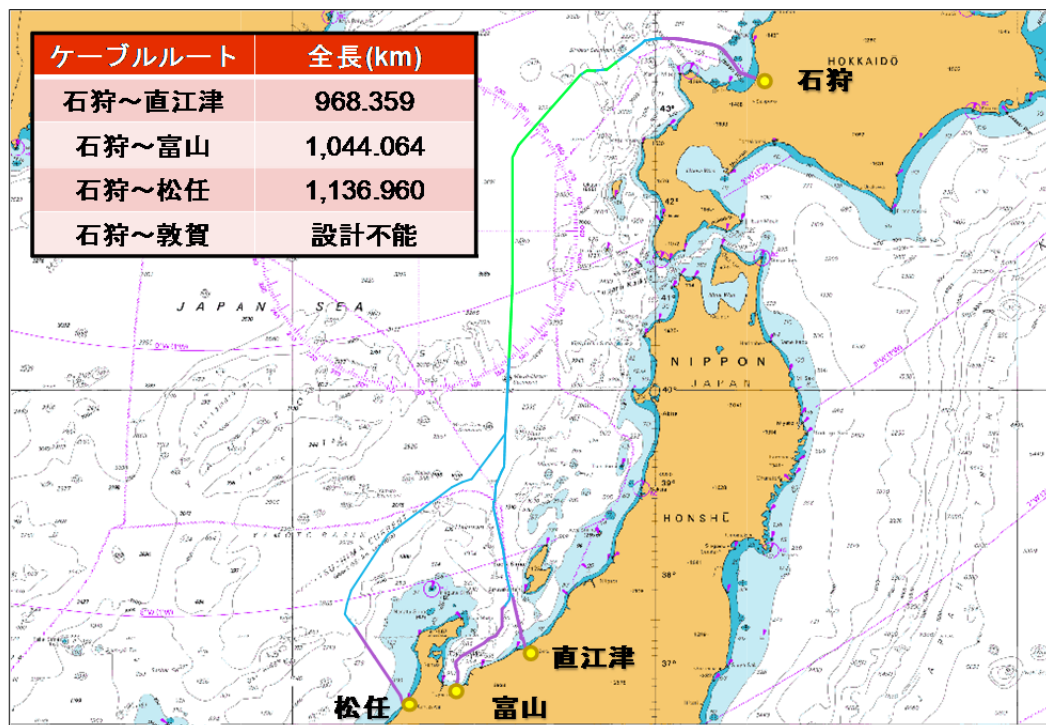


図 4-6

表 4-1

ルート	DA ケーブル	SAL ケーブル	LWS ケーブル	LW ケーブル	総長
石狩～直江津	0.000km	188.067km	361.770km	418.522km	968.359km
石狩～富山	0.000km	251.016km	374.526km	418.522km	1,044.064km
石狩～松任	0.000km	236.576km	481.862km	418.522km	1,136.960km

本州側の陸揚げ地については、陸揚げ局舎の新設またはリース、漁業補償の交渉の容易さ・金額なども考慮し、決定する必要がある。

3) スケジュール

以下の通り、契約発効からシステム完工までおおよそ 13 カ月の工期が必要である。

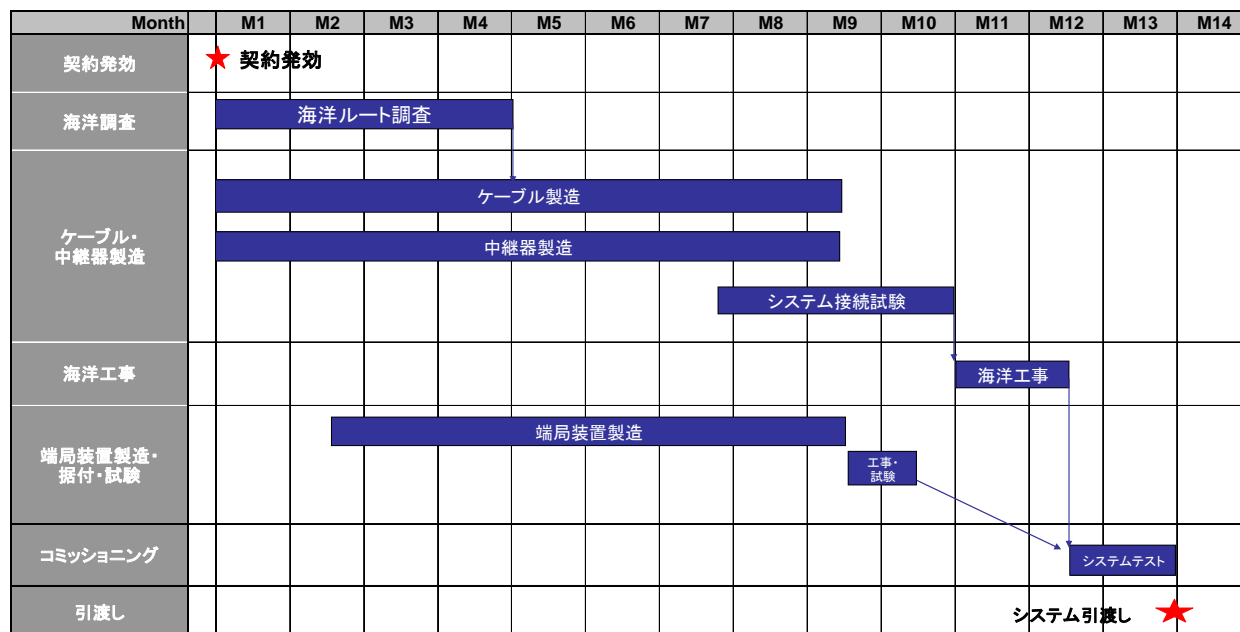


図 4-7

陸揚げ工事については、漁協との交渉により工事時期・期間に制限が出る可能性が高く、その制限も考慮の上、工期を最終確定する必要がある。

4) 建設予算

石狩～富山・直江津ルートの場合のシステム本体の建設予算は、おおよそ下記の通りである。

表 4-2

項番	項目	概算建設費用
1	海底ケーブル・中継器	16 億円
2	端局装置(給電装置、監視制御装置含む)	5 億円
3	陸上機器・工事・試験	1 億円
4	海洋工事・試験	17 億円
5	端局工事・局内試験・システム試験	2 億円
6	プロジェクトマネジメント・訓練・ドキュメント	2 億円
	合計	43 億円

4.4 新光海底ケーブルの事業収支

本研究会が想定する主要なサービス品目は 1Gb/s 及び 10Gb/s のイーサネットである。事業計画書の重要なポイントは両サービス品目の単価設定と需要予測である。さくらインターネット 石狩センターはオープン時に 10Gb/s のイーサネットを 2 回線、合計 20Gb/s の帯域を用意した。今後道内に多くのデータセンター、特にクラウドサービス用のデータセンターが増加することが見込まれている。北海道と首都圏を結ぶ大規模・大容量通信インフラへの需要が増えていくことが期待できる。事業計画上、光海底ケーブルシステム全体で約 150Gb/s 程度アクティベート、つまりユーザーが契約することが事業黒字化にむけてのターゲットである。

損益計算書上は、単年度黒字転換は第 6 期、本事業はファイナリティなどの設備投資額が多寡となるため、EBITDA ベースでの黒字転換は第 3 期となる。売上高は第 5 期まで平均 50% 前後での成長率を確保するが、第 6 期より、販売単価の下落が影響し鈍化するものの比較的順調に成長を続ける。一方原価については、ほぼ初期設備投資の減価償却等の固定費で占められているため、1 期～10 期まで大きな変動は無い。つまり、損益分岐点のハードルは高いものの、売上総利益率については年々上昇していく傾向にある。

販売費及び一般管理費は、ほぼ法人運営の人件費と業務委託費で占められており、売上高に連動して増加する、ケーブルや端局の保守を含むランニング費用については売上原価に含めているため、ほぼ一定で推移する見込みである。法人税については、初期の欠損金が積み重なり、法人住民税以外の納税が発生するのは第 8 期となる見込み。その後も繰越欠損金の相殺により納税額(キャッシュの流出)は低めに抑えられる。

表 4-3 損益計算書：クラウドネットワークに関するインフラ研究会 作成

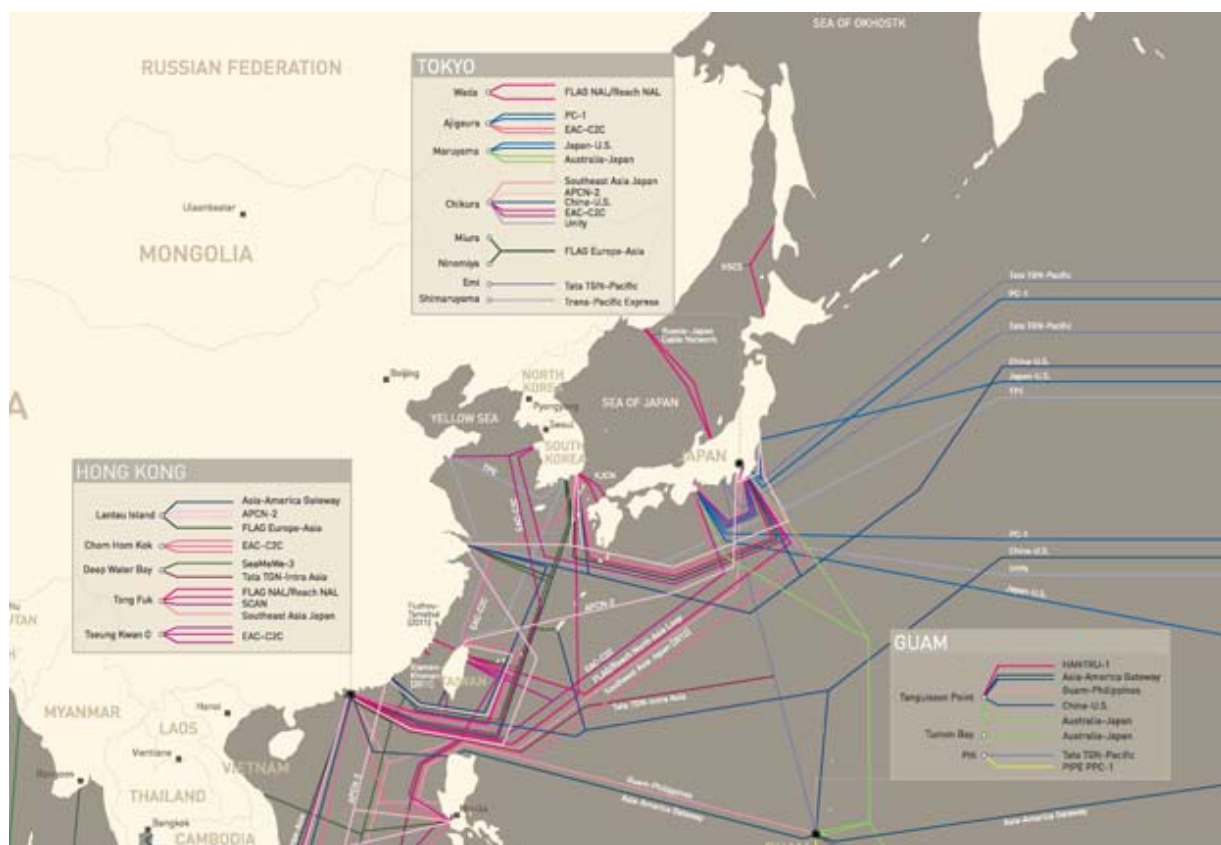
(単位:百万円)

	第1期	第2期	第3期	第4期	第5期	第6期	第7期	第8期	第9期	第10期
売上高	162	290	476	653	809	971	1,064	1,330	1,602	1,913
売上原価	588	618	642	681	728	736	794	826	857	908
売上総利益	(426)	(327)	(165)	(28)	81	235	270	504	745	1,005
総利益率	-263%	-113%	-35%	-4%	10%	24%	25%	38%	46%	53%
販売費および一般管理費	148	144	137	137	137	137	137	137	137	137
販管费率	91%	50%	29%	21%	17%	14%	13%	10%	9%	7%
営業利益	(574)	(471)	(302)	(165)	(56)	98	133	367	608	868
営業利益率	-354%	-162%	-63%	-25%	-7%	10%	13%	28%	38%	45%
その他費用	63	50	38	25	13	0	0	0	0	0
経常利益	(636)	(521)	(340)	(190)	(69)	98	133	367	608	868
経常利益率	-393%	-180%	-71%	-29%	-8%	10%	13%	28%	38%	45%
税金等調整前当期純利益	(636)	(521)	(340)	(190)	(69)	98	133	367	608	868
税引前当期純利益率	-393%	-180%	-71%	-29%	-8%	10%	13%	28%	38%	45%
法人税、住民税及び事業税	1	1	1	1	1	1	1	92	204	324
当期純利益	(637)	(522)	(341)	(191)	(70)	97	132	274	404	544
当期純利益率	-393%	-180%	-72%	-29%	-9%	10%	12%	21%	25%	28%
EBITDA	(136)	(16)	180	344	480	652	732	1,001	1,277	1,591

4.5 日本を中心とした光海底ケーブルの現状と新規建設計画

*巻末に本節の用語集があります。

現在、日本へ陸揚げされている国際光海底ケーブル地図を図 4-8 に示す。



出典：TeleGeography

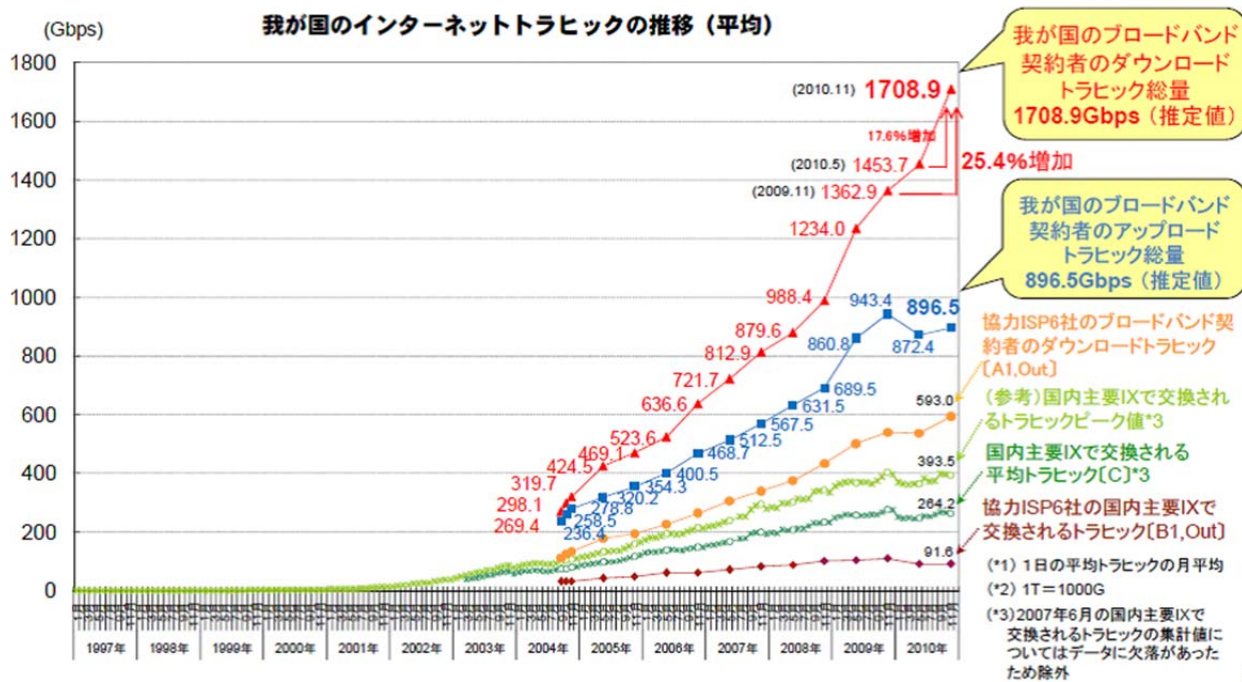
図 4-8 国際海底ケーブル地図

1995年の光増幅技術適用¹から WDM²技術等の技術革新を経て現在に至るまで、約 20 の国際ケーブルシステムが日本に繋がれている。近年のインターネット普及(図 4-9 日本におけるインターネットトラフィックの推移)、大容量化の進む企業間通信等により、米国向け、アジア向けへの通信回線需要が爆発的に増加しており、各通信会社も複数の新規ケーブル建設へ活発に投資を行っている。また、既存海底ケーブルシステムへの最新技術適用により、陸揚げ局に設置される端局装置を交換または追加することで、海底区間を換えることなく建設当初の設計容量を大幅に超える伝送が可能となり、伝送容量増加(端局増設)への投資も活発に行われている。端局増設は、海底区間の製造・工事を伴わない為新規ケーブル建設に比べ工期も短く、短期間で伝送容量の増加が図れることから、変動する需要見合いで回線確保をタイムリーに行える手段として通信事業者が注目している。

1. 我が国のインターネットトラフィック*1の推移

MIC

○ 我が国のブロードバンドサービス契約者のダウンロードトラフィック総量は推定で1.71T(テラ²)bps。この1年で約1.3倍(25.4%増)となった。また、アップロードトラフィック総量は推定で896.5Gbps。



出典:総務省通信統計データベース

図 4-9 日本におけるインターネットトラフィックの推移

表 4-4 に近年建設された国際ケーブルシステム概要を示す。

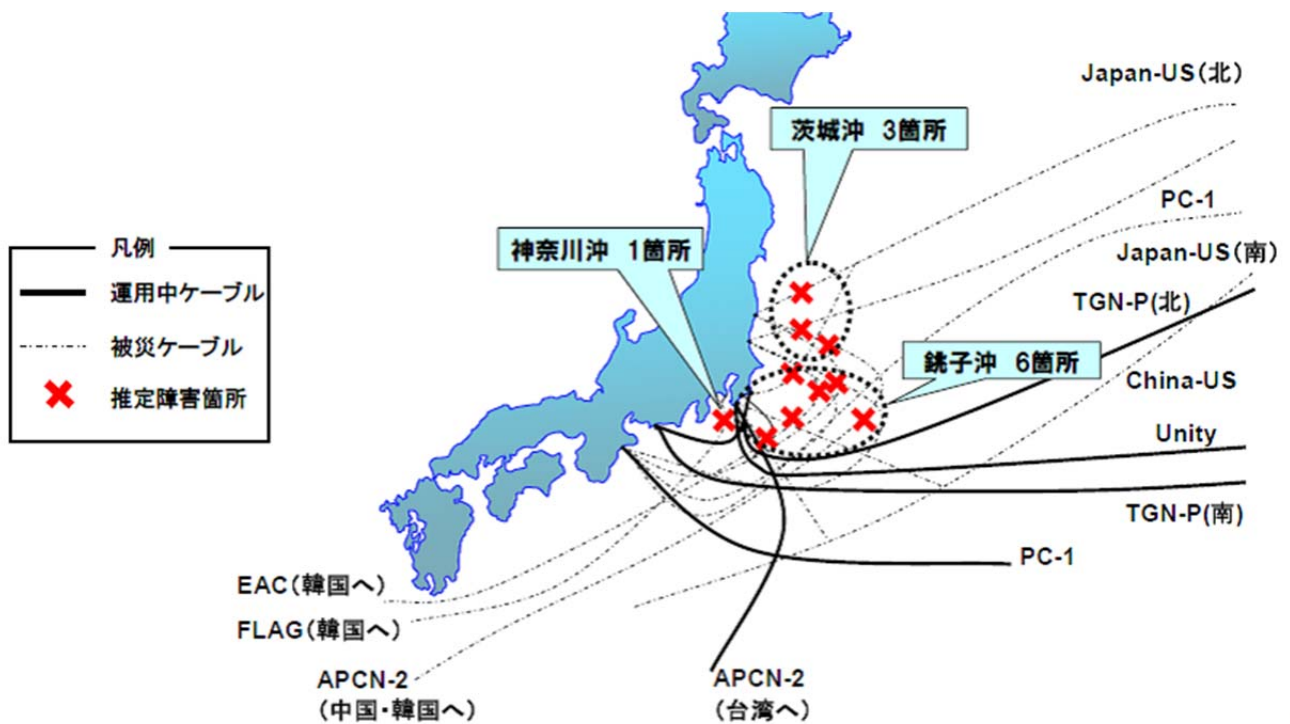
DWDM (高密度波長多重³) 技術、信号の変復調技術、ファイバ (伝送媒体) の技術革新により、現在では 10Gb/s の信号を 96 波多重化し、太平洋横断の超長距離伝送が実現され、システム容量で 10Tb/s に迫るシステムが運用されている。

表 4-4 近年建設された日本へ接続される国際ケーブルシステム

システム名	運用開始時期	システム容量	ルート
APCN2	2001年	2.56Tb/s	日本- アジア間
EAC-C2C	2000年- 2001年	2.56Tb/s-7.68Tb/s	日本- アジア間
TGN-Pacific	2002年	7.68Tb/s	日本- 米国
HSCS	2008年	0.64Tb/s	日本- ロシア
RJCN	2008年	0.68Tb/s	日本- ロシア
TPE	2009年	5.12Tb/s	日本- 米国
TGN-IA	2009年	3.48Tb/s	日本- 米国
Unity	2010年	7.68Tb/s	日本- 米国

図 4-8 に示すとおり、日本へ陸揚げされるケーブルの多くは、首都圏への接続性や陸揚げ時の許認可等の制約から、そのほとんどが千葉県、茨城県、三重県に集中している。

2006 年の台湾沖地震、また、2011 年 3 月の東日本大震災で多くの海底ケーブル群が損傷を受け、国際通信へ多大な影響を及ぼした。このため、ルート冗長化や陸揚地分散化、ルート最適選定等の重要性が再認識されてきている。



出典: KDDI 4月8日発表資料

図 4-10 東日本大震災におけるケーブル被災状況

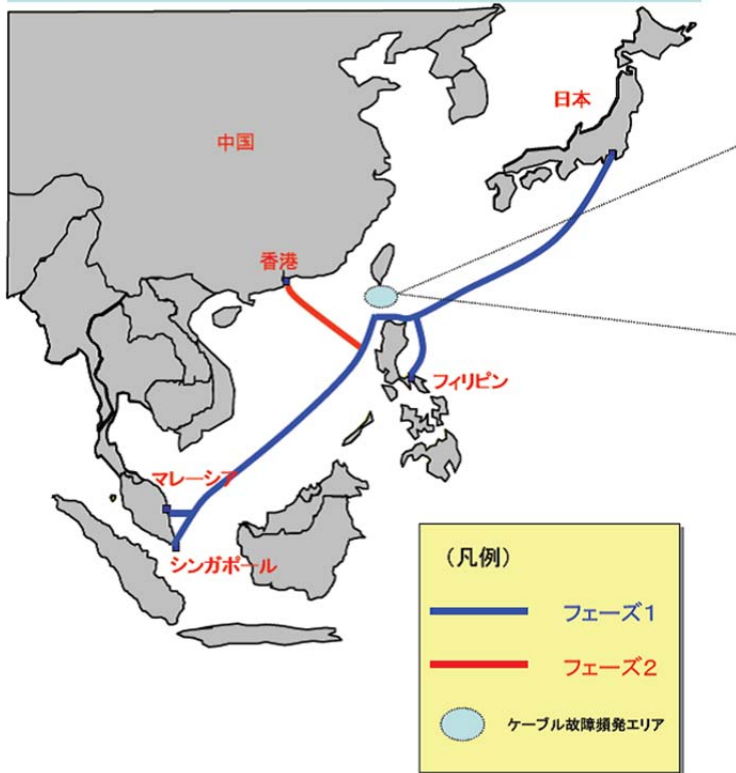
また一方で、金融機関等からの要求として、通信遅延の少ない回線への需要も伸びてきており、陸揚地点間の最短化を図るルート選定も重要視されてきている。

表 4-5 に、新規建設計画のシステムを示す。

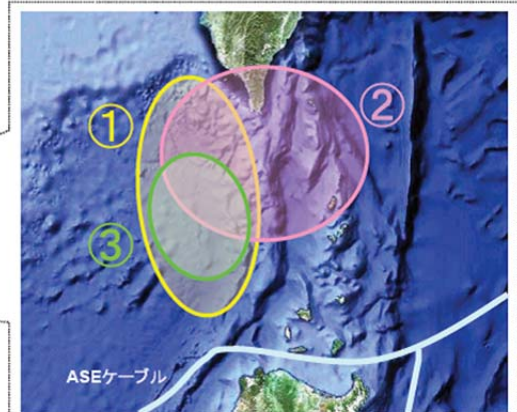
表 4-5 新規建設計画中の海底ケーブルシステム

システム名	運用開始予定時期	システム容量	ルート
ASE	2012 年	15Tb/s 以上	日本- アジア間
SJC	2013 年	15Tb/s	日本- アジア間
APG	2014 年	54.8Tb/s 以上	日本- アジア間

Asia Submarine-cable Express (略称:ASE)



ケーブル故障頻発エリア (台湾南沖/バシー海峡付近)について:



このエリアは、国際海底ケーブルの密集地域ですが、地震や台風など自然災害の影響も受けやすく、ここ数年、故障が頻発しています。

このエリアが被災すると、香港・シンガポールをはじめ、東南アジア各国、ひいては日本・米国の通信に多大な影響を及ぼします。

ASEはこの故障頻発エリアを回避するようなルート設計となっています。

過去の故障事例:
 ①2006年12月:地震による故障
 ②2009年8月:台風による故障
 ③2010年3月:地震による故障

出典:NTTコミュニケーションズ 1月31日報道発表資料

図 4-11 ASE ケーブルルート(イメージ)

日本からアジア地域へ繋がるケーブルは 2000 年代初頭以降、TGN-IA システムのみしか新規建設されておらず、アジア地域、及び、アジア-米国間の通信需要拡大を受け、アジア域内での新規建設計画が複数発表されている。

計画されている全てのシステムでは、最新の 40Gb/s 伝送技術が適用され、ケーブル障害多発エリアを避け、且つ、通信遅延が最小となるよう陸揚地点間を最短で結ぶルートで計画されている。

4.6 光海底ケーブルの最新技術動向とコストモデルの考察

*巻末に本節の用語集があります。

1995年の海底通信システムへの光増幅技術適用から現在に至るまでの適用技術遷移を表 4-6 に示す。

表 4-6 光増幅海底システムの適用技術遷移

	伝送容量 (ファイバ当り)	波長多重数	ファイバ種類	適用変復調技術
第1世代	0.05Tb	5G x 1w	DSF ⁴	強度変調-直接検波 ⁵
第2世代	0.16Tb-0.68Tb	10G x 16w - 68w	NZ-DSF ⁶ +DCF ⁷	強度変調-直接検波
第3世代	1.28Tb	10G x 128w	DMF ⁸	強度変調-直接検波 位相変調-遅延検波 ⁹
第4世代	3.6Tb	40G x 90w	DMF	偏波多重位相変調-コヒーレント受信 イントラダイン検波 ¹⁰

光増幅技術、さらに波長多重技術適用により、1 ファイバあたりの伝送容量を格段に増加させることが可能となった。また、位相変調方式-遅延検波方式の変復調方式への適用、光増幅中継器の低雑音化及び高出力化、伝送媒体であるファイバの技術革新により、中継器間隔を延長させ、且つ、大容量長距離伝送が可能になっている。近年、半導体プロセス技術、光部品技術、さらには信号処理技術の向上によって、ファイバ通信でも無線通信技術で使用されてきた高速信号処理技術を取り入れ、偏波多重位相変調-コヒーレント受信・高速デジタル信号処理(DSP)技術の海底システムへの適用が活発に研究開発されてきた。これにより、周波数利用効率向上の観点から、40Gb/s 高密度波長伝送の長距離システムへの適用が実現し、同様の技術を適用した 100Gb/s 伝送も実用化目前となっている。

また、伝送媒体であるファイバの技術開発も進められており、ファイバの分散による波形劣化、及び、ファイバ伝搬中に受ける非線形効果¹¹による波形劣化を低減させる分散マネージメントファイバ(DMF)が第3世代から適用されている。コヒーレント受信技術の採用で、高速デジタル信号処理により端局の受信器で、分散による波形劣化を補償することが可能となり、現在では、より低損失で実効断面積¹²の大きなファイバ(ファイバ伝搬中の非線形効果による波形劣化をより低減することが可能)の開発が行われており、更なる中継器間隔の延伸が期待される。

また、コヒーレント受信及びデジタル信号処理の適用により、ファイバ分散¹³及び偏波モード分散¹⁴による波形劣化を受信端で電氣的に補償できるようになり、端局装置構成の簡素化が実現されている。また同時に端局装置の小型化、低消費電力化にも寄与している。さらに、近年の光コンポーネントの技術革新により、より低価格の端局装置さらには海底中継器が実現されている。

前述した様に、海底通信システムの構成要素である、端局装置、光ファイバ、海底中継器のそれぞれの技術革新がシステム建設コストの低減に大きく寄与している。

従来の 10Gb/s 技術と最新の 40Gb/s 技術とのコスト比較を行う、表 4-7 のシステムモデルを用いて示す。

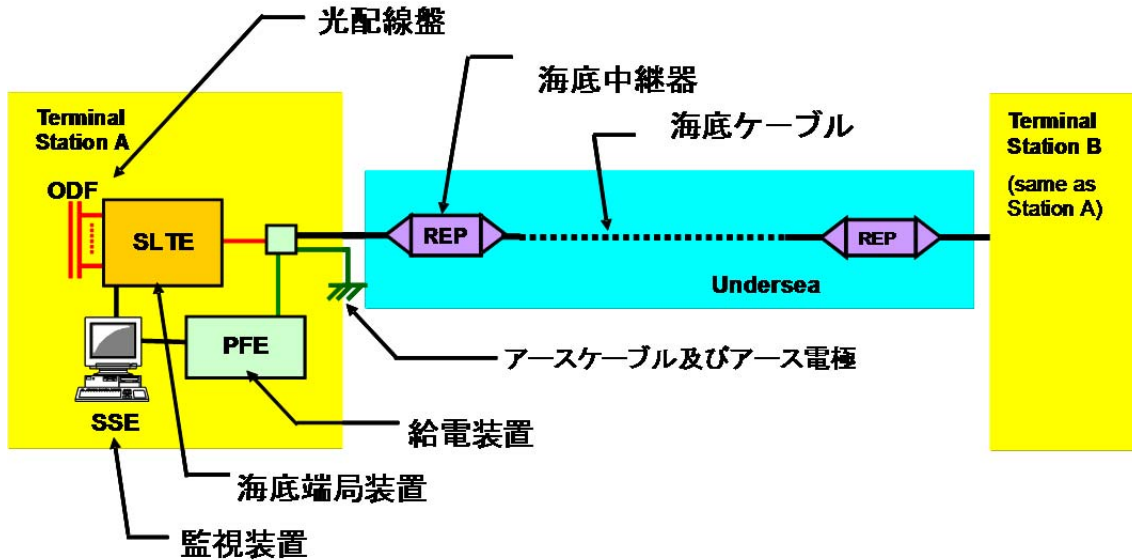


図 4-12 海底システム構成要素

表 4-7 検討システムモデル詳細

	パラメータ	備考
距離(海中区間)	1,000km	内浅海部(埋設区間)300kmと想定。 各ケーブル種別と長さは以下。 DA ¹⁵ (二重外装ケーブル):10km SA ¹⁶ (一重外装ケーブル):290km LWP ¹⁷ (強化ジャケットケーブル):100km LW ¹⁸ (無外装ケーブル)600km 海洋工事には、ケーブル敷設作業の他、敷設前海底地質調査および敷設後結果調査・後埋設、敷設前掃海作業を含む。
システム構成	Point to Point	2 陸揚地点間を結ぶ 1 ケーブル。
距離ケーブル(陸上部)	各端 5km	HDD ¹⁹ 、ケーブル防護管、ダクト含まず。
アースケーブル	各端 1km	アース用ケーブル。ダクトは含まず。
回線容量/FP	640G	10G: 64 波長多重 40G: 16 波長多重
ファイバペア	2SYS(2 対)	1SYS: 現用、1SYS: ダークファイバ
ファイバタイプ	10G: NZ-DSF 40G: +D	NZ-DSF(G.655 非零分散シフトシングルモード型ファイバ) +D(G654 低損失大口径ファイバ) ²⁰
端局装置送信技術	10G: RZ-OOK+VDC 40G: DP-QPSK	RZ-OOK ²¹ : Return to Zero On-Off-Keying (RZ-オンオフ変調) VDC ²² : Variable Dispersion Compensator (可変分散補償器) DP-QPSK ²³ : dual polarization quadrature phase shift keying (偏波多重 4 位相偏移変調)
端局装置受信技術	10G: 直接検波 40G: コヒーレント検波	40G: コヒーレント検波のひとつであるイントラダイン検波 ²⁴ を適用

表 4-7 をモデルに、10Gb/s システムと 40Gb/s システムとの概算コスト比較を実施した。比較結果を表 4-8 に示す。

表 4-8 10G システムと 40G システムの概算コスト比較

(単位:億円)

	10G	40G
ケーブル	9.7	9.8
海中機器	5.7	5.1
端局装置(海底端局、給電装置、監視装置)	5.8	5.2
海洋工事費用	11.2	11.2
陸上ケーブル工事費用	0.5	0.5
端局装置設置費用	1.8	1.4
管理費他プロジェクト実行費用	1.4	1.4
ドキュメント、訓練費用他	1.5	1.5
合計	37.6	36.1

注) 上記金額は為替状況、システム詳細設計状況によって変動する。

注) P26 表 4-2 の概算見積額は算出根拠となるケーブル長や伝送機器、保守部品など異なっているため同等の比較はできない。あくまで参考値である。

10Gb/s と 40Gb/s システムとを比較すると、最新の 40Gb/s 技術を適用することで、海中機器、端局装置及び装置設置工事費用が低減している。本モデル検討では、1.5 億円のコスト低減が実現できる。

次にシステムコストに占める各構成要素のコスト比率を示す。

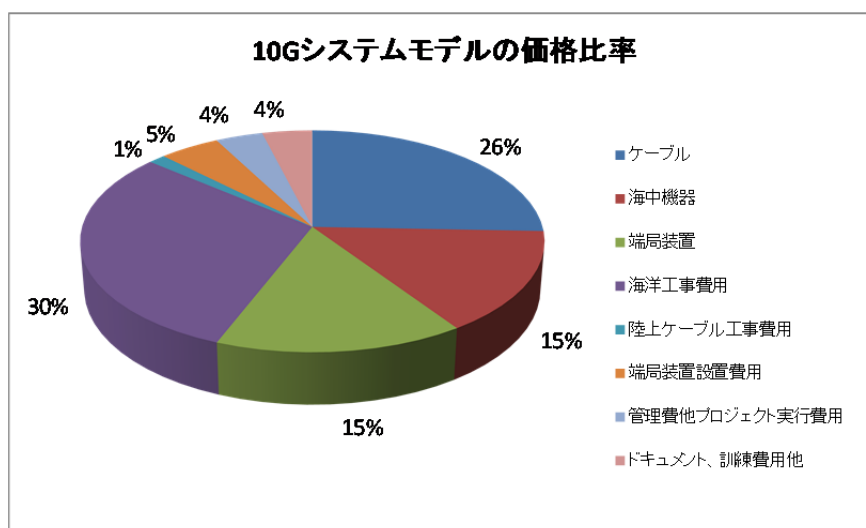


図 4-13 10G システムモデルの価格比率

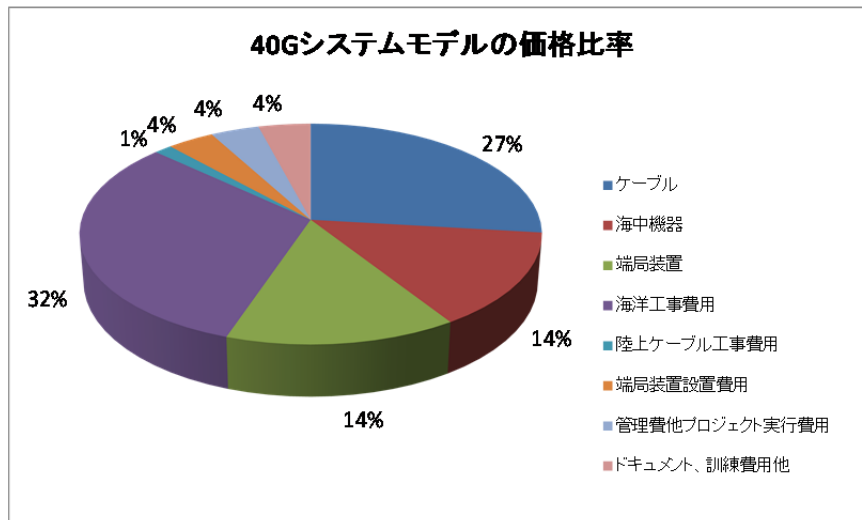


図 4-14 40G システムモデルの価格比率

海底ケーブルシステムにおける各構成要素の価格比率としては、10Gb/s システム及び 40Gb/s システムともに、ケーブル:約 30%、機器:約 25%、海洋工事:約 30%、その他:15%となっている。

尚、本価格検討には、海底ケーブルシステム建設に伴う漁業補償、陸上・海上・環境アセスメント等の許認可取得、陸揚局設備(電源設備、空調設備、建屋、局アース等)は含まれていない。

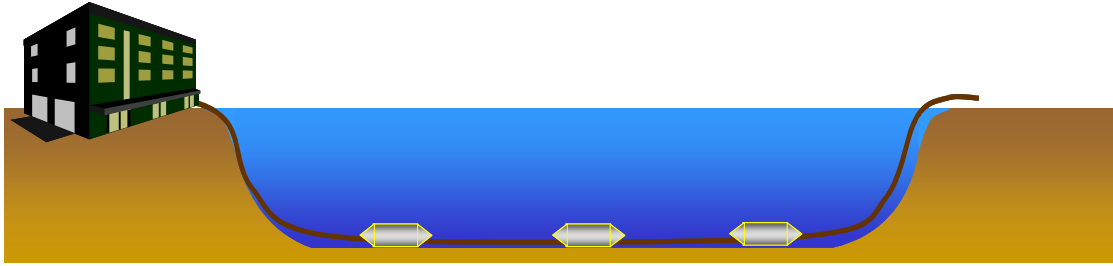
4.7 災害対策に役立つ光海底ケーブル

1) 海底ケーブル式地震・津波観測システムの紹介

通信用海底ケーブルの技術を応用した海底ケーブル式海底観測システムが存在する。このようなシステムは日本の気象庁をはじめ、独立行政法人・海洋研究開発機構(JAMSTEC)、東京大学地震研究所、独立行政法人・防災科学技術研究所等の専門機関に納入実績がある。最初のシステムは 30 年以上前の納入であるが、無故障の稼働実績を持っている。

海底ケーブル式地震・津波観測システムはインライン方式とノード方式に大きく分類されるが、ここではインライン方式について概要を見てみることにする。原理的には地震計と水圧計(津波センサー)を海底設置用の筐体に収め、それらの装置により観測されるデータを光信号として通信用の海底光ファイバケーブルを通して、陸上局舎内に設置される端局装置に伝えるものである(を参照)。観測システムから出力されるデータは通常、地震波や津波の波形データ等であり、これらのデータの活用には通常、この分野での専門性が要求される。

このような海底ケーブル式地震・津波観測システムは、海底を震源とする地震の観測にきわめて効果的であり、日本で発生する地震の 85%以上が海溝型地震である事実を考慮すると、研究と防災の両方の観点から有効である。



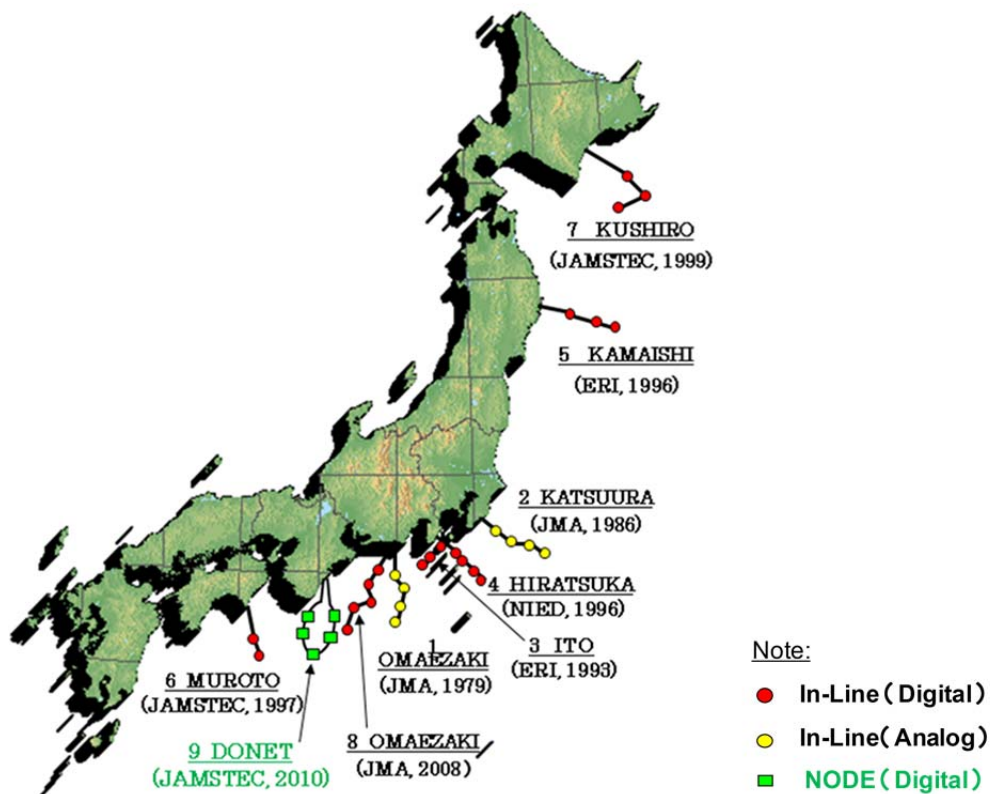
提供: 日本電気(株)NEC

図 4-15 海底ケーブル式地震・津波観測システム(インライン方式)構成概略

2) 世界で初めての通信・防災併用光海底ケーブル

これまで稼働実績がある海底ケーブル式地震・津波観測システムは全て観測を目的として専用に建設されたシステムである。これらのシステムは前述のとおり、気象庁、海洋研究開発機構(JAMSTEC)、東京大学地震研究所、防災科学技術研究所といった防災や地震研究の専門機関によって所有・運用が行なわれているものであり、国際あるいは国内通信用の光海底ケーブルシステムにこのような海底観測の機能が付加されたものではない。

一方、これまで通信用光海底ケーブルシステムと海底観測システムの機能を併用したシステムの可能性が検討されたことがある。通信用光海底ケーブルシステムに海底地震計と海底津波センサーを組み合わせ、海底光ファイバケーブルを二つのシステムに共用する構成である。この構成では海底光ファイバケーブルを共用することにより、通信用と海底観測用に個別のシステムを建設する場合の総費用と比べて海底ケーブルおよびケーブル敷設に要する費用を節約できる可能性がある。一方、通信機能と観測機能が並存するシステムには課題も残る。たとえば観測機能あるいは通信機能が万一故障した場合でも、そのどちらかの機能障害が他方の運用に影響を及ぼさない、或いは影響を最小限に留めるような対応策を考えておく必要がある。このため、同じ海底ケーブル内で通信用に使用されるものとは異なるファイバペアを観測専用に割当てて方法が考えられる。また、保守面や運用面でも検討すべき課題があると考えられる。運用面では、観測システムから得るデータをどのように活かし防災に貢献するかは課題のひとつである。これらの課題と対応策を明らかにしながら、世界で初めての通信と観測(防災)の両方の機能を持った光海底ケーブルシステムの構築を検討する価値がある。



JMA: Japan Metrological Agency (気象庁)
 ERI: Earthquake Research Institute (東大地震研究所)
 NIED: National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (防災科学技術研究所)
 JAMSTEC: Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (海洋開発研究機構)

図 4-16 海底観測システムの採用実績 (日本電気(株))



図 4-17 台湾気象局向け海底地震計:初の海外向け観測システム(NODE システム)

第5章 北海道経済への波及効果

5.1 北海道 IT 産業の現状と課題

1) 成長は続くものの、問題も見えている

北海道には札幌市を中心として早期から IT 産業の集積が進み、「サッポロバレー」と呼ばれる企業群がある。一般社団法人 北海道 IT 推進協会が集計する「北海道 IT 産業レポート 2010」によれば、平成 20 年度における北海道の IT 産業の売上高は 4,187 億円であり、対前年度比では 0.8%の伸びと横ばい傾向を示している。業種別の売上高をみると、58.4%がソフトウェア業であり、次いで、情報処理・提供サービス業(22.9%)であった。また、平成 20 年度の道内主要製造業出荷額と比較すると、第 4 位のパルプ・紙・紙加工品製造業に次ぐ位置にあり、工業出荷額合計の 7.2%を占める産業規模となっている。雇用についても、平成 21 年度の従業員数は 19,950 人であり、平成 21 年度の道内製造業第 1 位の食料品製造業に次ぐ位置にあり、製造業合計の 11.4%を占める雇用吸収力を有している。このように IT 産業は北海道の主要産業分野の一つとして北海道経済に大きく貢献しており、IT 分野の他産業への波及効果もあることから、今後の IT 分野の成長に期待されるものは大きい。

一方で、北海道の IT 産業の現状にはいくつかの課題もある。その一つが 4000 億円規模と評価される売上高に占めるソフトウェア受託開発の割合が大きいことである。これは、道内には大手 IT 企業系列のソフトウェア開発拠点が立地しており、勘定系、行政システムなど大型案件からの売上も集計される結果でもある。また、それが更に地元の IT 企業に再委託される場合がある。つまり、それら案件の発注元である首都圏の大手 IT 企業の動向によって道内 IT 企業の売上が大きく左右されるという現実がある。

北海道の IT 産業はその発展過程から「組み込みシステム」や「デジタルコンテンツ」といった分野で競争力を持っているという評価があるが、売上額で見る評価は必ずしもそれを反映しているとは言えない。

2) 課題は営業力強化と新規事業開拓

前出の北海道 IT 産業レポート 2010 によれば、道内企業の最大の経営課題は営業力の強化となっており、次いで受注量の確保、技術力の強化、企画・提案力の強化の順となっている。今後力を入れていきたい技術分野としては、道内企業は「業務アプリケーション分野」及び「クラウドビジネス分野」を挙げている企業が多い。

企業経営という観点で言えば、安定して受託額が見込める首都圏からのソフトウェア開発受注は重要であることは変わらないが、新分野開拓として「クラウドビジネス分野」を挙げている企業が多いことから、クラウド関連の新事業に大きな期待が集まっていることがうかがえる。

企業連携では 46.0%の道内事業所が企業連携を実践しており、海外連携では、自社製品・サービスの海外展開等を行っている。連携先の国・地域は、中国との連携を実施している事業所が多いが、今後の連携先としてベトナムを挙げている事業所も多い。道内 IT 企業も今後の生き残りに向けて海外連携について積極的であるが、それが進展して海外との大量の情報流が発生するならば、その情報流を保証する大容量ネットワークの重要性が上がって来るから、それを見越したインフラネットワーク環境を整備するのは道内 IT 企業側から見れば大変期待の大きいものだと言える。

3) クラウド拠点が誘発する新ビジネスへの期待

北海道がクラウドネットワークの拠点となることにより、既存企業の活動が活性化するとともに、あたらしい形のIT関連産業が創出されることも期待される。安定で高速のネットワークサービスが必要な事業が北海道に創業しやすくなる。IT分野で考えられる代表的な例として以下が考えられる。

1. オンライン決済サービス
2. デジタルコンテンツ市場
3. データバックアップセンター
4. インターネットエクスチェンジ(IX)

クラウドネットワークは全産業の基盤となるインフラサービスであるから、その高度化にはIT産業以外の産業分野の新ビジネス創出も加速する。北海道に比較優位性がある農業分野、水産業分野、観光産業にもクラウドネットワークを活用した新事業が成立する可能性もある。単に既存産業を成長させるということではなく、クラウドサービスと既存産業を組み合わせることで成立する新事業を考える発想力があるかが、北海道に求められている。

5.2 光海底ケーブル開通後、北海道経済へ期待される効果

クラウドコンピューティングのためのネットワーク環境整備は直接的・間接的に北海道経済にとって成長要因となる波及効果が多数ある。直接効果は海底ケーブル敷設により高速・低遅延ネットワークが直接引き込まれることにより直接投資として発生するものとし、間接効果はネットワーク環境が向上したことにより発生した事業の運営から波及する経済連鎖の効果と定義する。

直接的効果には以下のものが考えられる。

1. データセンター事業拠点投資
 - (ア) 既存事業者のデータセンターの立地
 - (イ) 道内資本による新規データセンター事業者の創業
2. 建設需要の増加
 - (ア) 海底ケーブル陸上部の設備に関わる建築発注
 - (イ) インフラ整備が誘致要因となった新規データセンター等の建屋の建設発注
3. ネットワーク依存型事業の拠点増
 - (ア) 高度情報依存産業(国際ロジスティクス拠点、遠隔医療サービス、コールセンター事業など)
 - (イ) 低遅延ネットワークが必須な産業(オンライン市場サービス、モバイルコンテンツ事業など)

間接的効果としては以下が考えられる。

1. 不動産価値の向上
 - (ア) データセンター、コールセンターなど高速・大容量の情報ネットワークインフラを必須とする事業立地候補地としての期待による不動産評価の見直し

2. 新規事業の創業による雇用増
 - (ア) データセンター運営などの直接的雇用増
 - (イ) 企業運営、労働者人口増による周辺産業の雇用増
3. IT分野の業務発注増
4. 北海道の地域印象の向上
5. 北東アジア地域のネットワーク接続拠点としての北海道の地域優位性の発生

直接効果の規模は、主たる事業がデータセンターであり、構造的に新規雇用発生が少ない産業であることからその経済効果は 1,000 人規模の雇用を創造する自動車やコールセンターなどと比べて大きくない。しかし、産業用情報拠点が新規に発生することにより、関連する新規事業が周辺に立地する可能性や、それによる不動産価値の向上が期待できる。

北海道新幹線など、今後整備されるインフラシステムとの相乗効果も期待される。北海道新幹線は首都圏だけでなく、東北地方との経済交流、人的交流を活性化させることが期待されており、必然的に東北地方との情報の流れも活性化するであろう。むしろ、情報の流れが増加することによって物と人の流れが増加すると考えるべきである。

《第4章 4.5 用語説明》

¹ [光増幅技術]

希土類イオンをコアに添加した光ファイバを増幅媒体とした光ファイバ増幅器。エルビウムイオン(Er³⁺)を添加したものが一般的であり(EDFA: エルビウムドープトファイバー増幅器)、波長が980nmまたは1,480nmの光で励起することで、1,550nm帯の信号光に対して増幅作用を得ることができる。

² [WDM]

WDM(Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重)、異なる波長の光を利用して複数のチャンネルを同時に伝送する方式。

³ [DWDM]

DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing: 高密度波長分割多重)、WDMをより高密度化したもの。

《第4章 4.6 用語説明》

⁴ [DSF]

DSF(分散シフト・ファイバ: Dispersion Shift Fiber)、シングルモード光ファイバの一種で、1,310nm帯よりも伝送損失が低い1,550nm帯を零分散波長とし、より長距離伝送を可能にしたファイバ。

⁵ [強度変調-直接検波]

光強度をON/OFF変調させ(On/Off Keyingとも呼ばれる)、直接、受光器で受信する方式。

⁶ [NZ-DSF]

NZ-DSF(Non-Zero Dispersion. Shifted Fiber 非零分散シフト・ファイバ)、零分散波長を1,550nm帯から少しずらすことにより、WDM伝送時の非線形現象を抑制したファイバ。

⁷ [DCF]

DCF(Dispersion Compensation Fiber 分散補償ファイバ)、通常の通信用光ファイバ中を光信号が長距離伝送すると、伝送路における波長分散(波長によって光の伝搬速度が異なる)による伝送品質の劣化が発生する。分散補償ファイバ(DCF)は、伝送品質の劣化を防ぐためのファイバであり、光ファイバの波長分散特性を打ち消す特性を持つファイバ。

⁸ [DMF]

DMF(Dispersion Management Fiber 分散マネジメントファイバ)、長距離伝送における波形劣化の要因である、波長分散及び非線形劣化を軽減させるファイバ。

局所的に分散を持たせつつ、システム全体での累積分散を低減させたもの。

具体的には、信号強度が大きい光海底中継器の出力側に、実効断面積が大きく、且つ、正分散のファイバを、信号強度が減衰する後半に実効断面積が小さく、且つ、負分散のファイバを接続し、波長分散及び非線形効果を低減させているファイバ。

⁹ [位相変調-遅延検波]

光信号の位相の変化で変調させ、遅延干渉計を使用し、位相情報を強度情報に変換し直接受信する方式。

¹⁰ [偏波多重位相変調-コヒーレント受信]

垂直に振動しながら進む光(垂直偏波)と水平に振動しながら進む光(水平偏波)を多重させ(偏波多重)、それぞれの偏波に、位相変調させた信号を乗せ伝送させる。受信部では、信号を受光する前に、局発光(受信器に内蔵されたレーザ)と信号光を干渉させて、その干渉光を受信する方式。

¹¹ **[非線形効果]**

非常に強い光と物質が相互作用する場合には、物質の応答は光の電磁場に必ずしも比例せず、多彩な現象が生じる。これを非線形光学効果とよぶ。

光ファイバで起こる非線形効果の大部分は非線形屈折率変化である。非線形屈折率変化によって引き起こされる現象には、ファイバ中を光が伝播するときに自分自身の光強度により位相がシフトする自己位相変調(SPM: Self Phase Modulation)、別の光強度により位相がシフトする相互位相変調(XPM: Cross Phase Modulation)などがある。

¹² **[実効断面積]**

ファイバの特性を示すパラメータの一つであり、非線形性を示す。実行断面積が大きいと非線形性が小さく、逆に小さいと非線形性が大きくなる。単位は μm^2 。

¹³ **[波長分散]**

波長分散とは、波長の異なる光が光ファイバ中を異なる速度で伝送される現象。

¹⁴ **[偏波モード分散]**

PMD (Polarization Mode Dispersion、偏波モード分散)、光ファイバ中を伝搬する光の直交する2つの偏波モード間に群遅延差が生じることである。この群遅延差は光ファイバのコアの僅かな歪みや外部からの応力(環境的な温度変化や機械的な振動)などで生じるランダムな複屈折が原因。

[複屈折]

物質が偏光方向によって異なる屈折率を持つ現象。物質に複屈折があると偏光状態が変化する。

¹⁵ **[DA(二重外装ケーブル)]** 浅海用ケーブル。外装鉄線を二重化している。

¹⁶ **[SA(一重外装ケーブル)]** 浅海用ケーブル。LWケーブルを外装鉄線で保護している。

¹⁷ **[LWP(強化ジャケットケーブル)]** 深海用ケーブル。LWケーブルを強化ジャケットで保護している。

¹⁸ **[LW(無外装ケーブル)]** 深海用ケーブル。

¹⁹ **[HDD]** 誘導式水平ドリル工法。海底ケーブルの陸揚げ部等の埋設管路形成に最適な工法。

²⁰ **[+D]**

+D(G654 低損失大口径ファイバ)、ファイバ伝送中の非線形効果を低減するため、実行断面積が大きく、且つ、低損失のファイバ。

²¹ **[RZ-OOK]** Return to Zero On-Off-Keying

信号の符号化方式の一つ。パルス波形がビットスロット内で0に戻る方式。

²² **[VDC]** Variable Dispersion Compensator、可変分散補償器

分散による波形劣化を低減する為、累積分散の逆特性を用いて補償する。この補償量を任意に設定できる補償器。

²³ **[DP-QPSK]**

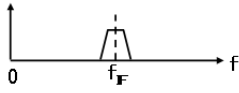
Dual Polarization Quadrature Phase Shift Keying, 偏波多重 4 位相偏移変調

24 [イントラダイン検波]

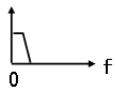
コヒーレント受信方法の一種。

以下にコヒーレント受信の各受信方法を示す。

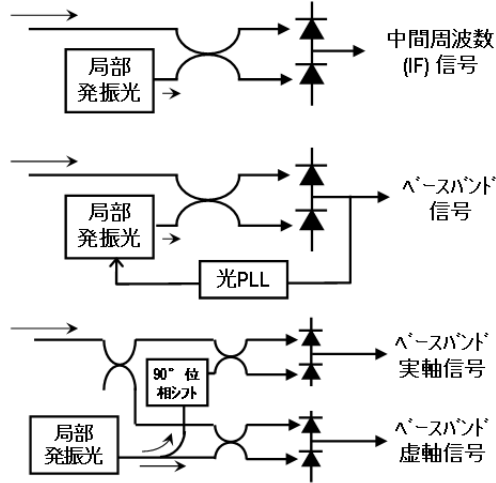
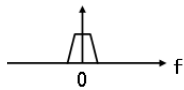
■ ヘテロダイン受信器



■ ホモダイン受信器



■ イントラダイン受信器



イントラダイン検波では、完全に変調波と同じ局部発振器でなく、少しだけずれた局部発振器でもよいとしたもので、受信信号を A/D 変換して周波数ずれをデジタル処理で補償する。

■クラウドネットワークに関するインフラ研究会

Web サイト： <http://cloud.e-cascade.co.jp/>

連絡先： info@cloud.e-cascade.co.jp

この報告書の著作権は、クラウドネットワークに関するインフラ研究会に属します。