



2 新世代ネットワークへの期待と課題

齊藤忠夫 トヨタ IT 開発センター／中央大学

a 通信技術の歴史の中で、インターネットの登場はそれまでになかった高性能化と低価格化をもたらし、通信にお
b ける多くの夢を実現した。同時に新しい技術にしばしば見られることであるが、いくつかの弊害が指摘されている。
s ーしかし今後従来の伝統的通信技術は IP 技術を採用した新世代ネットワークに置き換わってゆくことは確実である。
t この流れの中で、伝統的通信事業の姿に回帰しようとする動きも見られるが、将来のあるべきネットワークとして
r 期待されるものは、過去への回帰ではなく新しい技術に基づくより発展性のあるネットワークである。本稿はそう
a した立場から新世代ネットワークへの期待を述べたい。
c
t

All IP 化ネットワークへの流れ

通信ネットワークは電信の時代から始まる 150 年を超える歴史を持つ。新しい要素を付け加えながら進展する歴史の過程で、多様なサービスごとにネットワークが形成されてきた。技術の初期には遠方の地点に情報を伝達すること自体多くの困難を伴うものであり、困難を解決し、サービスとして実現するために、技術ごとに個別のネットワークを構築する必要があり、ビジネスモデルも個々に構築されていた。

こうした技術の進展の中で、真空管、トランジスタをはじめとする多くのエレクトロニクスが生まれた。真空管は無線通信の受信に誕生し、交換機の技術としてトランジスタが発明されたといわれている。エレクトロニクスはその後ムーアの法則に従って急速に進展した。ムーアの法則はエレクトロニクスのコストパフォーマンスは 5 年ごとに 10 倍改善されることを示しており、集積回路技術が登場した 1960 年頃からのコストパフォーマンスの改善は単純計算で 10^9 に達する。

実際の装置のコストは装置の設計費等を含むソフトウェアコストを含めて求められるが、装置あたりの設計費対応のコストは同じ設計の装置の販売数にほぼ反比例する。したがってコストパフォーマンスの改善の速度はその技術の市場の大きさで差を生ずる。同じサービスをより大きい市場を持つ技術で実現できるのであれば技術は移行することになる。

情報通信白書によれば、情報通信技術全体の投資額は図-1 に示すように近年急速に増大している¹⁾。通信投資と情報投資を比較すれば、両者は 1980 年代には均衡していたが、近年は情報技術関連の投資が急速に拡大し、通信機器と情報技術(コンピュータ技術)におけるハードとソフトを合わせた市場規模には一桁近い開きが生じてきている。

通信技術はエレクトロニクス技術を生んだ伝統的な技術であったが、後発のコンピュータ技術がより大きな市場を持つようになってきた今日、通信ネットワークの構成にもコンピュータとの共通の技術を活用することが有利になってきたのである。

狭義の通信機器は、そのリンクを形成する伝送装置とノードを形成するスイッチからなる。このうちノード機器においては、コンピュータ技術との共用化が顕著に進み、伝統的技術に基づく新製品はほとんどなくなっている。伝統的技術によるネットワークの機器に寿命が来たときこれを置き換えるとすれば何年も前の製品を改めて購入しなければならない。このような供給の状況からもネットワークの All IP 化は不可避である。

伝統的通信技術

20 世紀前半までの技術の名残

通信技術はエレクトロニクスの誕生以前から存在している。電信は 19 世紀前半の技術であり、電話は基本的

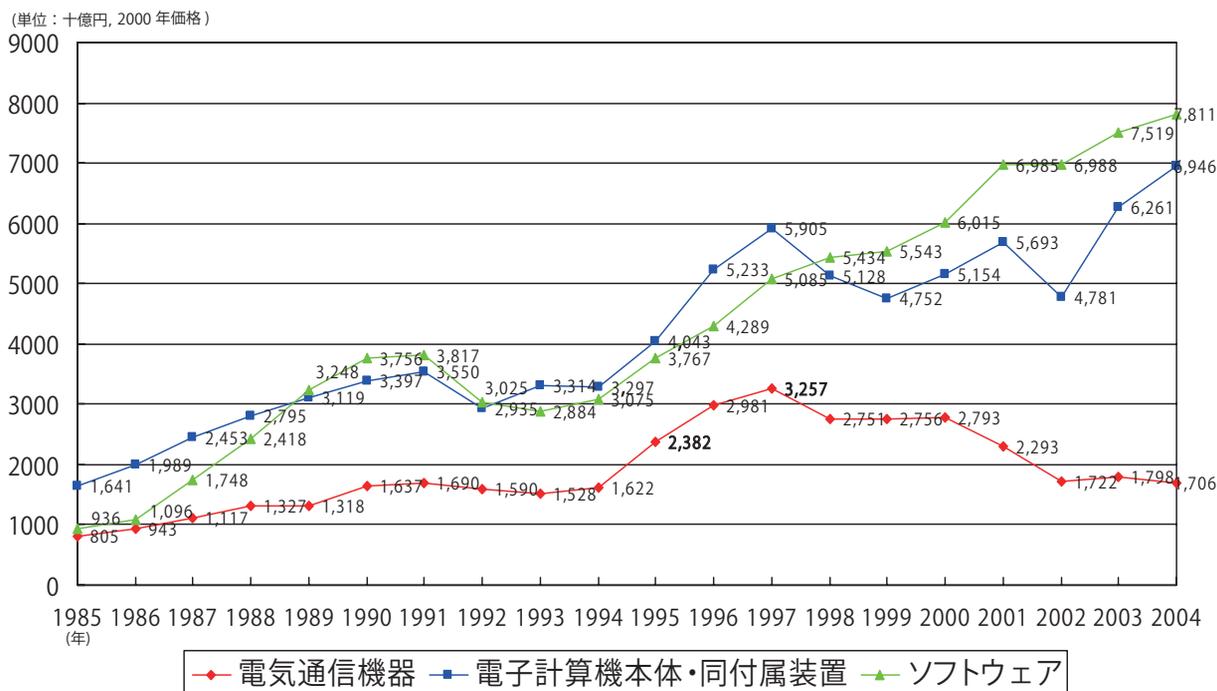


図-1 日本の実質情報化投資額の推移

には音波を電流の変化に変換する技術と、音声を変換した電流を電線によって伝達する技術である。交換台における電線の收容位置がアドレスに対応し、オペレータが電線を差込口に挿入する操作によって交換が行われた。

その後の交換技術は機械式自動交換に進み、ダイヤルパルスによってスイッチを直接駆動する技術からスイッチとその制御機能を分離した共通制御技術に進化した。その代表が1960年代から日本でも一般化したクロスバ交換機である。その制御機能を電子化したのが、電子交換機である。

伝送技術においては、広帯域の信号を伝送するコストの制約が大きかった。電話ではこのためアナログ伝送では4kHzの帯域の伝送にとどまり、デジタル伝送では64kb/sにとどまっていた。エレクトロニクスの急速な高性能化にもかかわらず、通信の世界では、交換技術も伝送技術も4kHz、64kb/sを単位とする世界から脱却できず、ビデオ電話のような技術の普及は夢にとどまっていた。

技術の変化が通信事業の形態に与える影響を考えるには、歴史的に通信事業が民営化されていたアメリカの例で考えるのが分かりやすい。電話網の約130年の歴史の中で、その前半では技術的な困難は長距離通信にあった。アメリカでは長距離電話はほぼ独占であり、長距離電話会社はその独占力を濫用して市内会社を買収する流れが、1910年代の前半、独占禁止訴訟で止められるま

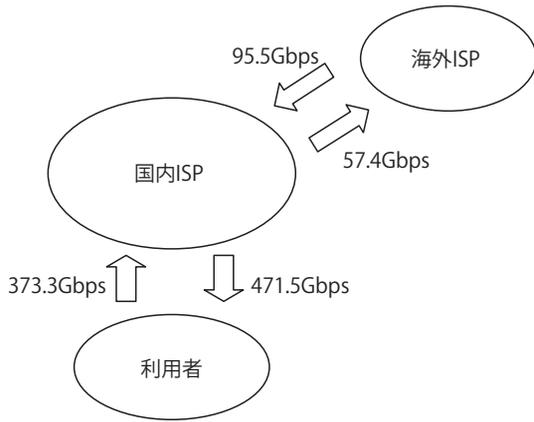
で継続した。そのころまでの長距離通信は銅線の電気抵抗が低い太い銅線を使う技術で、距離も限定されていた。アメリカでは大陸横断電話が可能になったのは真空管増幅器に使用する真空管の寿命が500時間にまで延びた1915年のことである。このような技術形態が電話における市内、市外、国際サービスの垂直構造を歴史的に形成した。

20世紀終わりの改革

20世紀の中頃以降長距離の伝送技術は急速に進歩し、長距離通信のコストは大幅に低下した。長距離と市内の料金差は次第に縮小したとはいえ、20世紀前半の長距離は高コストであるという社会的認識と長距離通信の独占的構造のため長距離料金は高止まりしていた。一方市内通信コストは人件費の上昇の要因もあり上昇し、20世紀後半には市内通信の赤字を長距離通信の高料金で埋め合わせするという構造が定着した。

このようなコスト構造と料金構造の乖離が定着すると、技術の発展に則したコストの低下を料金の低下に反映させ、発展した技術の効用を社会に広め、需要を高めることによってさらに次の技術の発展につなげるという価値の連鎖が断ち切られる。このような変化への対応の保守性が通信技術の長い目で見た遅れを生じさせる原因となった。

20世紀の終わりの20年間に行われた通信政策の一連の改革は、このような技術の進歩をサービスの進展に結び



2005年5月総務省の調査からの抜粋

図-2 日本のインターネットトラフィック³⁾

つける努力である²⁾。この目的のため、市内と長距離の事業分離が行われ、市内に形成されたインフラストラクチャを多くの事業者が共用できるようにするアンバンドル規制が課せられた。電話における長距離サービスについての料金の独占性による高止まりが是正された今、市内・長距離の構造分離は初期の意義を失ったが、なお市内インフラの多目的利用を可能にする規制は重要である。

インターネットの発展

インターネットプロトコル(IP)を基本とするインターネットは、コンピュータの通信機能を高度に活用する技術として始まった。インターネットではインフラストラクチャとして提供されるのはアプリケーションを問わないトランスポートネットワークであり、ネットワークでどのような情報を扱うかは利用者に任される。ネットワークを取り扱う情報も文字情報からはじまり、各種の静止画像、動画像に進んでいる。今ではアクセス回線のブロードバンド化によってその取り扱う情報量も急増している。

我が国のインターネットトラフィックは年間1.5～2倍のペースで増加している。2005年5月の総務省の調査によれば³⁾、図-2に示すように日本におけるインターネットトラフィックの総量はピークトラフィックで500Gb/s程度である³⁾。これは現在の電話トラフィックの容量の1桁以上大きい値となっている。

利用者とインターネットサービスプロバイダ(ISP)の関係では、利用者が受け取るデータと利用者が送り出すデータの比は1対0.8程度であり、また海外から入ってくるデータと海外に送り出すデータの比は1対0.6程度である。その違いは通常考えられている違いに比べて小さい。これは利用の多くがISPの提供するデータを使用

するものではなく、ISPにとってエンドーエンド(P2P)型のものになってきていることを推測させる。

インターネットの特質はその成立時からネットワークはIPアドレスに従ってパケットを転送する機能のみを実行することである。セッションの確立のためのサーバ、コンテンツの提供なども、トランスポートネットワークから見て、端末であり、立場としては利用者端末も同様のホストである。その意味でネットワークはトランスパレントである。トランスポート機能を活用してサービス機能を構築すれば、多様なサービスを利用者主導で構築できる。このような多数の利用者のアイディアを活用できるようにした構造がインターネット発展の原動力である。

インターネットの問題点

利用者の拡大と変化が起こした問題点

インターネットは相互に信頼関係が確立している大学関係研究者の仲間うちのネットワークから出発し、その基本的枠組みを変えないまま、10億を越す世界中の国の利用者によって利用される大規模なネットワークに発展してきた。このような大規模化は仲間うちのネットワークにはない多くの問題をもたらしている。特に悪意のソフトウェアによる利用者端末への攻撃、不要なメールを無差別に送り付ける迷惑メールは、今では社会問題となっている。

こうした問題は特にインターネットの利用料金がフラットレートになっていることに起因する部分が少なくない。ネットワークを通じた攻撃も迷惑メールも大量の情報を世界のどこに送っても個別には料金が発生しないために発生する現象である。多くの迷惑メールは世界の遠く離れた国から送られ、その送信元を特定することが困難であることから防止できず、世界でやりとりされるメールの80%は迷惑メールであるという状況になっている。

利用者とサービス提供者の利害の相反

またブロードバンドを活用した大容量のコンテンツの利用では、ネットワーク資源を大量に使っても個別には料金が発生しない。映像コンテンツはアクセス系では利用者のブロードバンド加入を促進する有力なアプリケーションであるから、コアネットワークの提供者にとっては、収入が増えない状況で設備投資を強いられることになる。このような不満はいわゆるネットワークただ乗り論を生んでいる。

さらにセンタのないP2P型のアプリケーションでは、センタの設備容量の制約がないため、通信量が大きくなる性質があり設備容量の不足を生ずる原因になる。最近一部のP2Pアプリケーションで、悪意を持った攻撃に

より、秘匿した情報が漏洩したり、利用者間の情報交換に際して著作権を侵す事例が報道されることから、すべてのP2P利用に対して、それを問題視する社会的誤解も生じている。一部の通信事業者はインターネットトラフィックの増加を抑えるために、上記誤解を奇禍として、P2P利用全体をトランスポートネットワークで抑制しようとする事例も発生している。利用者は正しい理解を持ってインターネットを活用するとともに、こうした制約が発生しないように、事業者の行動を見守ることが必要になっている。

伝統的通信技術ではインターネットに比べて安全で安心な通信が実現できていたという主張もある。伝統的技術構造では通信の利用者は加入者回線の1対1の接続によって確認できるから、なりすましを防止しやすい。また高コストの通信の社会的理解から通信量に従った料金システムが実現している。通信時間に対応した課金システムによって、迷惑電話、迷惑メールにはコストが生ずるという抑止力も働く。こうした性質から伝統的通信網はインターネットに比べセキュリティが高いと認識されている。しかしなお、呼び出し音に対しては課金がないことを利用した迷惑呼は避けられない。伝統的通信網の安全性の多くは料金が高いことから生まれるもので、技術の差によるところは小さい。

また伝統的通信網のトラフィックは伸びは小さく回線容量も小さい。このため災害等で通信が集中すると輻輳は不可避であり、この対策として発呼規制が行われる。これによって一部の通信を確保することによって非常災害等に対応できるとされている。しかしこれも電話をベースとした小容量の設備による限界を前提としたものであり、ブロードバンドをベースとした長距離設備の大容量化を活用して発呼規制をしなくても非常時に通信を確保するシステムの構築も可能であるがこれを積極的に進める発想が生じにくくなっている。

コストの低下、コストの距離独立性は技術進歩の成果であり、この結果として実現したブロードバンドサービスのフラットレート料金と距離によらない利用条件は新しい世界文明を築きつつある。新世代ネットワークに求められることは旧時代のネットワークの形に戻るのではなく、新しい技術を活かしつつ、使いやすく、品質とセキュリティが確保できるネットワークになることである。

NGN の考え方と課題

NGN の考え方

電話網をはじめとする従来型のネットワークの All IP 化に向けて、IP コアを中心に多様なトランスポート機能を実現するネットワークの構想が広がっている。ITU-R

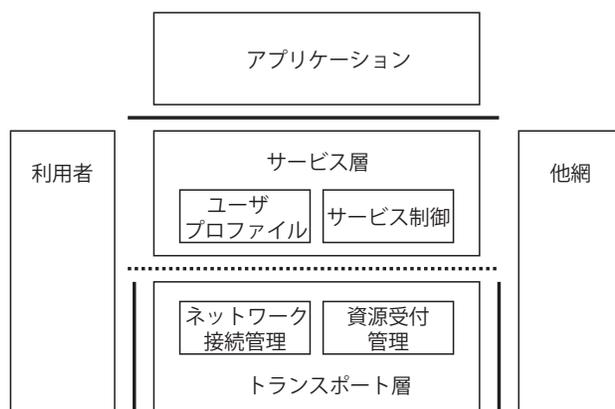


図-3 NGNの機能ブロック

では beyond 3G (B3G) と呼ぶ、第3世代携帯電話以降の無線サービスを想定した標準 M.1645 が作られ⁴⁾、ITU-T では NGN (Next Generation Network) と呼ぶ標準 Y.2011 がまとめられている⁵⁾。

図-3 は ITU-T 勧告 Y.2011 から整理した NGN の概念図である。これによれば、各通信事業者によって形成されるネットワークはサービス層 (service stratum) とトランスポート層 (transport stratum) からなる。この両方から形成されるのが通信事業者による通信網であり、これを利用者に接続する。他の事業者の網が図中の他網であり、網間接続が行われる。さらにコンテンツサービスを含むアプリケーションが位置付けられている。

図-3 に示すネットワークの構成は従来型のネットワークの発想で、トランスポート層に IP 技術を使って、通信サービスとして実現しようとするれば、当然に出てくる考え方である。しかし個々の通信事業者ではなく、世界的ネットワーク全体が多様な事業者のネットワークから形成されていることを考えれば、別の見方も必要である。図-4 ではグローバルな通信ネットワークの形成におけるインターネット的な考え方 (a) と従来型ネットワーク的な考え方 (b) を示している。インターネットの考え方では、ネットワークはトランスポート機能を提供するものであり、これに一般の端末とサービスを提供する機能が対等の形式でつながる。トランスポート層は複数の提供者が実現し、これが IP によって相互に接続される。サービス機能は複数のトランスポートネットワークと通信しながらサービスを実現する。

これに対して NGN に代表される従来型のネットワークの延長線上の考え方では、サービス機能はトランスポート機能と一体化されてネットワーク提供者によって提供され、端末は単にサービスを受けるものとなる。

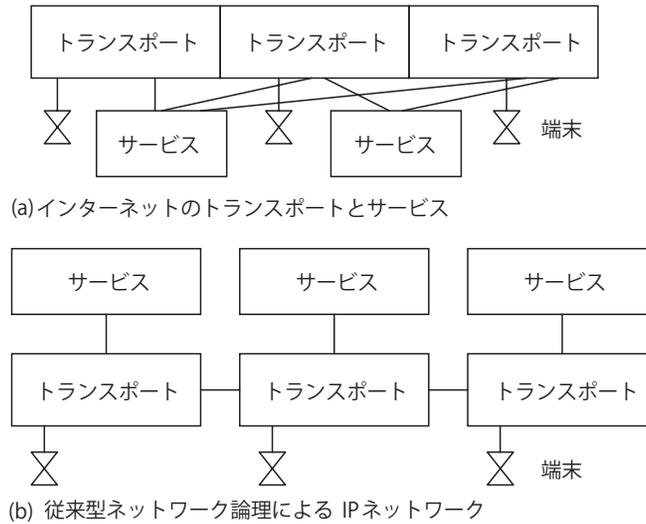


図-4 グローバルな通信ネットワークの形成

NGN における技術発展性の確保

端末とサービス層の機能が区別されるようになった場合、たとえば多くの P2P 型のサービスに見られるように、端末に位置するサービス機能を新たに利用者主導で付け加えることで条件は複雑化する。たとえば電話的通信機能においても、4kHz 電話に代わる 7kHz 電話、3 者通話、ビデオ通話等が、通信事業者が提供するサービスを越えてインターネット利用者主導で一般化した。NGN において利用者のアイデアに基づく多様なサービスを柔軟に提供できるようなフレームワークをどのように提供するかは不透明である。

IP パケットとしてネットワークを流れる情報の中味は通信の秘密の対象となるのかについては種々の意見がある。独占禁止の立場からは、ネットワークの利用者に対してトランスポート事業者が制約を課することができるのは、利用者が自由にトランスポート事業者を選択できないことを利用したものであり、独占的地位の乱用にあたるという主張もある。

NGN に見るように、そのトランスポート層を流れるパケットの振る舞いに対し、サービス層によってトランスポート層と一体化して管理が行われるようになれば、パケットの分析による制約よりはるかに多様な制約を課すことができ、管理できる範囲を明確にしておくことは重要である。

ネットワーク中立性の議論は、ネットワークを 図-5 に示すように階層的に理解し、トランスポートネットワークの提供者は、消費者のコンテンツ、アプリケーションなどの選択に制約を与えないようにサービスを提供すべきであるとする議論である。これによって消費者はネ

ットワーク、アプリケーションコンテンツの各プロバイダが競争的にサービスを提供するようにして得られる利益を得られるようになる。

一方において、トランスポート層のネットワークの容量もある時点においては無限ではない。しかし非常時の電話に限れば、別個の IP 網を作るのではなく、大きな容量を持つ一般のインターネットによってサービスを行えば、発呼規制の必要はなしに電話通信を確保する可能性がある。しかしこのときに緊急性のないブロードバンドトラフィックが存在すれば、緊急性の高い通信を確保することはできなくなる。こうしたことも考えれば、トラフィックの大きさと緊急性をパケット分析によって判定できるのであれば、トランスポートサービス提供者によるパケット種別による扱いも、すべてを排除することは適切でない。どのような条件でトランスポートネットワークが通信の内容を管理できるようにするべきかについて、ネットワークの発展性を阻害しないための議論が望まれる。

新世代ネットワークへの期待

ネットワークの大容量化とそれを活用した通信サービスは、今後多くの利用者の工夫によってますます多様化して発展するものと期待される。インターネットに多様な危惧が持たれている現在、その利点を活かしつつ、危惧を払拭できるようなネットワークとして新世代ネットワークが期待されている。新世代ネットワークが持つべき性質として期待されるものは次のようにまとめられよう。

| | | |
|--------------------|------------|-------------------|
| コンテンツ アプリケーション層 | エンド | コンテンツ アプリケーション |
| プラットフォーム層 | ネットワーク | アプリケーション |
| 通信サービス | | サービス |
| 物理層 | | コア |
| エンド | エンド | アクセス |
| | インターネットモデル | NGNモデル |

図-5 All IP ネットワークのレーヤモデル

- 1. 発展性：**インターネットを多様化し、発展させてきた原動力は技術の発展はもちろんであるが、それを多様に活用し、コンテンツを充実させてきた工夫である。ネットワークのオープンな性質と自由な利用がそれを支えてきた。将来の産業の発展、文化の多様化、国際競争力はインターネットの活用の進展にかかっている。これはさらに通信サービスの発展にもつながっていく。通信事業者が短期的なビジネス上の利害から、ネットワークの活用に制約を与えることによって多様な参加者を得られないようになると、こうした発展の阻害になることは明らかである。
- 2. 相互接続性：**伝統的通信ネットワークにおいてはネットワークの価値を高める重要な性質として接続相手の数があった。これは標準化を進め、ネットワーク、端末を問わず、接続を可能にする努力の結果として実現される。ネットワークの進展が速すぎると、標準化が進まないうちに多様な技術が並存し、接続性の実現が困難になることがあり、また事業者が競争上の差別化のために接続性を犠牲にすることも生じがちである。新世代ネットワークではこの点に留意が求められる。
- 3. セキュリティ：**インターネットにおける各種の悪意利用は大きな社会問題になっている。新世代ネットワークの大きな目標はセキュリティの確保である。セキュリティ技術は常に変化する脅威に対応する技術であり、ネットワーク提供者、利用者の両者の共通の努力が不可欠である。伝統的通信サービスではセキュリティ上の役割はネットワーク提供者が担うものとして自負されてきた歴史もある。同時にセキュリティの向上とネットワークの発展的活用は矛盾する性質である。ネットワーク提供者に過度の役割を与えることは技術の発展を阻害する。利用者が基本責任を持ち、提供者がこれを支援するかたちが望ましい。

- 4. 通信品質：**新世代ネットワークには伝統的ネットワークを超える高度な品質が期待される。大きなネットワークの帯域を多様なサービスが共用することが品質の高度化を可能にする。同時にネットワークの容量が制約になる状況が避けられないときには、通信の性質による優先順制御等を含む品質確保策は、緊急時対応を含め準備すべきであろう。この場合にはこれによる独占的地位の乱用が生じないように、新たな規制に関する合意が必要となろう。

ITU-Tを中心に議論が進められているNGNはIP技術を活用した伝統的通信サービスの継続を目指す動きである。現在NGNとして構想されているネットワークはインターネットの持ついくつかの問題を解消する可能性はあるが、こうした新世代ネットワークの性質全体から見たとき、不十分である。今後さらに多様な議論が進むことを期待したい。

参考文献

- 総務省：情報通信に関する現状報告書 平成 18 年, p.245 (July 2006).
- 齊藤忠夫：情報通信政策と通信学会, 電子情報通信学会誌, Vol.89, No.9, p.815 (Sep. 2006).
- 総務省：http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/050727_8.html
- ITU-R 勧告 M.1645 Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT-2000 and beyond IMT-2000 (2003).
- ITU-T 勧告 Y2011 General Principles and General Reference Model with Next Generation Network (Dec. 2004).

(平成 18 年 9 月 12 日受付)

●齊藤忠夫(正会員) | saito@jp.toyota-itc.com

昭和 43 年東大博士課程修了。同教授を経て東京大学名誉教授、トヨタ IT 開発センター CTO、中央大学教授、前電子情報通信学会会長、交換技術、コンピュータ通信など多様な側面で通信の技術と法制度に携わる。郵政大臣表彰・総務大臣表彰等受賞、IEEE Fellow、電子情報通信学会フェロー。