

# 世界全体のインターネット普及率とパソコン 設置台数の将来予測

## (Estimate and Forecast of Worldwide Internet Users and Installed Base Personal Computers)

星野 岳穂\* 松野 泰也\*\* 足立 芳寛\*\*\*  
Takeo Hoshino Yasunari Matsuno Yoshihiro Adachi

### ABSTRACT

In this study, we estimated the penetration rate and number of worldwide Internet users until 2025. Gompertz curves were adopted for the Internet penetration rate, whose parameters were determined based on the chronological changes in 68 countries/regions where Internet penetration rates have reached more than 50% by 2010. We then projected the number of worldwide Internet users until 2025, covering 201 countries/regions. It was estimated that the number of worldwide Internet users would increase to 4.7 billion by 2025, i.e. 2.4 times as much as the current level, 56% of which would be in countries in Asia and Oceania. The overall Internet penetration rate in the world would increase to 57%. Using these results and the average number of PCs owned per Internet user, it was estimated that the worldwide installed base of PCs would reach 2.8-3.7 billion, and the average number of PCs owned per Internet user would be 0.61-0.80 in 2025. Based on the estimation in this study, mid-term and long-term forecasts of power and resource consumption of PCs can be inferred, enabling assessment of the effectiveness of policies targeting energy conservation and recycling technology for IT equipment.

### 要 約

本研究では、世界のインターネット普及率及びその利用人口について、2025年までの中長期的予測を行った。2010年時点でインターネット普及率が50%を超えている68か国・地域を対象として、普及曲線として最も適合度の高いゴンペルツ曲線を採用し、普及曲線のパラメータを特定した。将来予測には、上記68か国・地域及びそれ以外を含めた合計201か国の地域に関して利用者数を推計した。その結果、世界のインターネット利用人口は、2025年には現在の約2.4倍に当たる47億人にまで増加すると推計された。そのうち56%はア

- 
- \* 経済産業省製造産業局非鉄金属課 hoshino-takeo@meti.go.jp  
Nonferrous metals Division, Manufacturing Industries Bureau, Ministry of Economy, Trade and Industry
  - \*\* 東京大学工学部マテリアル工学科准教授 matsuno@material.t.u-tokyo.ac.jp  
Associate Professor, Department of Materials Engineering, The University of Tokyo
  - \*\*\* 東京大学工学部マテリアル工学科教授  
Professor, Department of Materials Engineering, The University of Tokyo

ジア・オセアニア諸国が占め、インターネット普及率は世界平均で 57% に達するとの予測値が得られた。また、得られたインターネット利用人口の予測値を基に、現在のインターネット利用者 1 人当たり PC 保有台数の分布を踏まえて世界全体の PC 設置台数予測を行ったところ、2025 年には、28 億台から 37 億台の範囲に到達し、インターネット利用者 1 人当たり 0.61 ~ 0.80 台の PC を保有する計算結果が得られた。

本予測を基に、PC が将来消費する電力量や資源量を中長期的に予測し、世界の IT 機器の電力消費量や資源消費量に対して省エネやリサイクル技術開発の政策が与える影響の分析を行うことが可能となる。

**Keywords:** インターネット普及率、インターネット利用人口、パソコン、ゴンベルツ曲線、2025 年

## 1. 緒言

インターネットは、90 年代後半から日米欧を中心とした世界各国で急速に普及し、現在は多くの先進国でインターネット普及率は 70% 以上に達している。途上国における普及は相対的に遅れていたが、近年は中国やインド等の人口規模の大きい新興国の経済発展をはじめ、アジア等の途上国でパソコン (PC) や携帯電話等の情報端末が急速に普及しており、世界全体のインターネット普及率が本格的に上昇しつつある。

インターネット普及率の増加に応じてインターネット利用者数も世界的に増加しており、社会が扱うデジタル情報は「情報爆発」と呼ばれる程に急拡大している。こうした情報量を処理するためのパソコン (PC)、サーバ、ネットワーク機器といったインターネットを構成する IT (Information Technology) 機器の稼働台数も世界で増加の一途を辿っている。これにより、IT 機器による消費電力量はもとより、機器を構成する素材の消費量が大幅に増加し、環境へ与える影響や情報化社会の持続可能性への国際的な関心が高まりつつある (星野ら (2011))。

インターネットの普及が先行した米国では、情報通信機器が集約される米国内のデータセンターの消費電力量が急増したことにより、過去 5 年間にデータセンターの消費電力量は倍増しており、その後 5 年間も倍増するとの予測が発表されている (EPA (2007))。また、世界全体

で稼働しているサーバ台数は 2000 年から 2005 年にかけて 1.9 倍、2005 年から 2010 年の間には 1.5 倍に増加している (Kooimey (2007))。また、IT 機器のうち、規模の大きい汎用コンピュータの重量は 1 台 4t を超え、稼働台数の多いサーバ等のミッドレンジコンピュータは 1 台当たり平均重量は 50kg、デスクトップ PC は 13kg、ラップトップ PC でも 2.5kg の重量を有している (電子情報技術産業協会 (2008))。更に、例えばパソコン 1 台中の基板には Ag, Au, Pd, Al, Cu, Pb, Ni, Sn, Sb, Mg, Mn 等の金属等が含まれており (白波ら (2009))、インターネット普及率の上昇による情報通信機器の稼働台数の増加の度合いによっては、各種の金属消費量の急速な増大による金属資源の供給面からの持続可能性についての影響も考えられる。

インターネットは、今後、あらゆる国・地域で必須の社会インフラ基盤であり、持続可能な国際的情報化社会の構築を実現することが必要である。そのためには、世界のインターネット利用人口と IT 機器の設置台数について中長期的な予測を行うことは、IT 機器が消費する電力消費量や資源消費量の将来予測を行い、どの程度の省エネ・省資源を実施するか等の対策を国際的に検討していく上で有効である。

国際電気通信連合 (International Telecommunication Union; ITU) は、世界各国毎のインターネット普及率及び PC 設置台数の年毎の推計値を公表している (ITU (2011))。しかしながら、中長期的な世界規模の予測は示されておらず、他の機関や民間調査企業においても、中長期的な予測分析の例は見られない。

そこで、本研究は、各国別のインターネット普及率の現在までの推計値を基に普及曲線求めて普及率及びインターネットの利用人口の将来予測を行い、それらを総計して世界全体のインターネット利用人口の2025年までの中長期的予測を行うことを目的とする。加えて、インターネット利用者のネットワーク端末であるPCの世界全体の設置台数の中長期的予測も、インターネット利用人口の予測結果を用いて推計する。

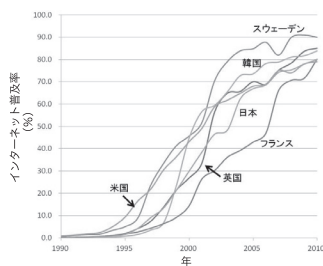
## 2. 分析手法

### 2.1 分析対象とする国・地域

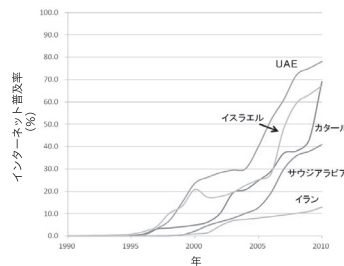
本研究では、アジア・オセアニア、EU、南北アメリカ、中東、アフリカの5地域毎にインターネット人口が大きい主要国合計68か国をインターネット普及率の個別の予測対象とした。IT機器としては、インターネット利用者がネットへのアクセス端末として利用するPC(家庭用及び業務用)を対象とした。また、近年先進国で普及しているタブレット型PCは、ノートブックPCの代替と考え、対象のPC台数の中に含めた。

### 2.2 予測手法の基本的枠組み

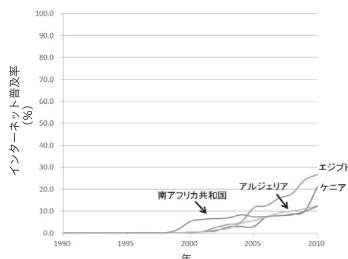
世界各国のインターネット普及率の実績値を



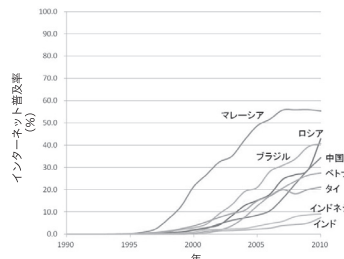
(1) 先進国(2010年普及率70%以上)



(2) 中進国・新興国(ASEAN, BRICs)



(3) 後発国(アフリカ諸国)



(4) 中東諸国

図1: 世界各国のインターネット普及率実績値推移 (1990~2010年)

用いて国別に普及曲線を特定し、中長期の普及率予測を行う。先進国では、既にインターネットの普及率が高く、実績値に基づく普及曲線は既に変曲点を経過していることから、当該データを基に、製品普及等に普遍的に用いられる複数の普及曲線モデルの中から、適合度の最も高い共通の普及曲線を選定し、各国毎に最小二乗法により残差平方和を最小にするパラメータを特定する。得られた普及曲線により算出した普及率予測値に、人口統計の実績値及び予測値を乗じて、2025年までの各国及び世界全体のインターネット利用人口の予測を行う。続いて、インターネット利用人口とPC普及台数の過去から現在までの関係を基に、PC普及台数の将来予測を行う。

### 2.3 各国のインターネット利用人口予測

#### 2.3.1 各国のインターネット普及率推移

各国のインターネット普及率は、ITUが国別に実績値(1990—2010年)を公表している。主要国の普及率推移を図1に示す。日本、米国、韓国及び英仏・北欧等の欧州では1995年頃には普及が本格化し始め、現在では既に普及率が70%を超えて収束値に近づきつつある。韓国は1990年代後半まで立ち上がりが遅れていたが、その後急速に普及率を高め日米を超えるやや超える水準にまで達している。一方、途上国の普

及率は未だ30%以下の国が大半であり、新興国では、BRICsのうちロシア、中国、ブラジルの普及率向上は著しいが、インドは未だ低水準に留まっている。ASEANの中では、2003年頃からのベトナムの普及率の立ち上がりが顕著となっている。

これら各国と比較して、中東諸国は、1人当たりGDPでは現在カタルが世界一である等経済水準の高い国が少なくないが、普及率が本格的に上昇を始めたのは2006年以降であり、石油価格の高騰による経済規模の拡大を背景に、インターネットの普及が加速したものと考えられる。

### 2.3.2 インターネット普及曲線モデルの選定

インターネット普及率及び利用人口の将来予測を行うため、これらの実績値を用いてインターネット普及過程に対して適合率の高い普及曲線モデルを選定する。社会における様々な普及現象について、動的な変化として記述する過程モデルとして過去に提案されている普及現象のモデルとしては、①ロジスティック曲線 (Griliches (1957))、②ゴンペルツ曲線 (Chow (1967))、③ Bass 曲線 (Bass (1969)、松野ら (2008))、④修正指数曲線 (平林 (1997)) の4種類が代表的な普及曲線モデルとして挙げられ、対象とする普及過程の曲線に対する適合度比較が行われる (島崎 (1997)、石井 (2003))。このうち修正指数曲線は、初期の立ち上がりが急な形状でインターネット普及率実績データに見られるS字型曲線を示さないことから本研究では除外し、①～③の3曲線モデルを対象として適合性を分析することとする。

ここで、中進国・新興国やアフリカ諸国等のように、未だ普及初期段階で普及曲線が変曲点に達していない場合、変曲点前のみの実績値から分析を行うと曲線の形は不安定となり、データの僅かな違いで曲線の形状や極限普及率が著しく異なってしまう (恩蔵 (1988))。このため、分析対象とするロジスティック曲線モデル、ゴンペルツ曲線モデル、Bass 曲線モデルの3モデル各々について、まずは2010年時点のインターネット普及率が50%を超えている国々のデータを用いて、残差平方和を最小にするパラメー

タを推定した近似曲線式を各国毎に求める。各式は、それぞれ以下の通りに表される。

ロジスティック曲線：

$$Y(t) = S \frac{1}{1 + a \exp(-bt)} \quad \text{--- (1)}$$

ゴンペルツ曲線：

$$Y(t) = K (\exp(-\delta \lambda^t)) \quad \text{--- (2)}$$

Bass モデル曲線：

$$Y(t) = P \frac{1 - \exp\{-(k_1 + k_2)t\}}{(k_1/k_2) \exp\{-(k_1 + k_2)t\} + 1} \quad \text{--- (3)}$$

$Y(t)$  は  $t$  時点のインターネット普及率、 $S$ 、 $K$ 、 $P$  はそれぞれ各式における極限普及率 (最終的な普及率の到達値) であり、100%以下の値を取る。(1) 式のパラメータのうち、 $a$  は普及立ち上がりの速度に影響し、大きな値ほど普及率が急速に増加する。 $b$  は立ち上がり時期に影響し、大きな値になるほど立ち上がり時期が遅れていく。同様に (2) 式の  $\delta$  は普及立ち上がり時期に影響し、値が小さいほど立ち上がり時期が早くなる。他方、 $\lambda$  は普及速度に影響し、値が小さいほど、普及率が急激に高くなる。(3) 式の  $k_1$  は外部からの伝達力 (外力係数) を  $p$ 、 $k_2$  は内部からの伝達力 (内力係数) を  $q$  を示す。これらのパラメータについては、解析的に求めるのではなく、インターネット普及率実績値と近似式による推定値  $Y(t)$  との残差平方和が最小となるように各パラメータ値を変化させて最適値を推定して求める。

モデル選択の規準として AIC (Akaike's Information Criterion: 赤池情報基準) (Akaike (1973)、赤池 (1976)) を用いて比較する。AIC は、以下の式で計算され、AIC の値が小さいほど、適合度が高い普及曲線と評価できる。

$$AIC = n \times (\ln(2 \times \pi \sum (x_i - \bar{x})^2 / n) + 1) + 2 \times (p + 2) \quad \text{--- (4)}$$

ここで、 $n$  は標本数、 $p$  は普及曲線式の自由度を示す。AIC を用いて選定された最も適合度の高い普及曲線を採用し、それを普及率50%以下の国にも適用することにより、世界各国の普及率を予測する。

### 2.3.3 極限普及率の範囲

(1) - (3) の各式は極限普及率 (S, K, P) を持つ関数形であり、これらの値は他のパラメータ同様にパラメータとして推計した結果として得ることもできるが、極限普及率は推計結果として無条件に推定される値ではなく、普及率である以上 1.0 (100%) 以下の値を取るパラメータである。実際には、多くの耐久消費財と同様、インターネット普及率も 100% に達するとは限らず、むしろ一定の範囲の値となると考えられる。インターネット普及率の 1990 ~ 2010 年の実績値推移を見ると、インターネット通信インフラ整備や各国の情報化政策推進の状況、技術進歩の速さが著しいこと等の影響が考えられ、高普及率に達するまでの曲線形状が通常の耐久消費財と比較して必ずしも安定的ではなく、単純な残差平方和を最小とするパラメータ推定での近似では、僅かな実績値の違いでも S, K, P の値が大きく変動してしまう。このことから、予め極限普及率に対して実績値から想定される一定の範囲を設定し、その条件下で他のパラメータを推計することがより有効である (笠原ら (1995))。

インターネット普及率の到達率については、インターネット利用人口の多い主要 68 か国について分析したところ、同普及率と 1 人当たり

GDP には緩やかな正の相関が見られる。1 人当たり GDP が低水準の国・地域では普及率も低く抑えられ、1 万ドルを超えると急速に高まる傾向がある (池田 (2004))。1 人当たり GDP は、時間  $t$  により変化する関数と考えられ、景気変動の影響等を受けるものの中長期的傾向としては増加関数であることが一般的である。そこで、1 人当たり GDP を 10,000 ドル毎に区分し (10,000 ドル以下は 5,000 ドル)、各区分毎に普及率の上位・下位 2 か国を抽出して、修正指数曲線を用いて分析したところ、各国の経済水準が向上することでインターネット普及率は下限 86.8% から上限 91.3% の範囲 (平均値は 90.3%) に収束するという結果を得た (図 2)。

実際には、各国の状況に応じて当該範囲を超える差異も生じ得るが、例えば携帯電話は先進国のみならず一部途上国においても普及率が 80% を超えており、インターネットの普及率も最終的には各国とも 90% 前後の収束値となることは妥当性があると考えられる。この結果を基に、3 曲線モデルのパラメータ推定に際して、 $86.8\% \leq S, K, P \leq 91.3\%$  の条件を付した上で推定を行い、近似式を算出した。但し、ノルウェーのように既に普及率が既に 91.3% を超えている国・地域の場合に限り、条件を外して S, K, P  $\leq 100\%$  として算出した。

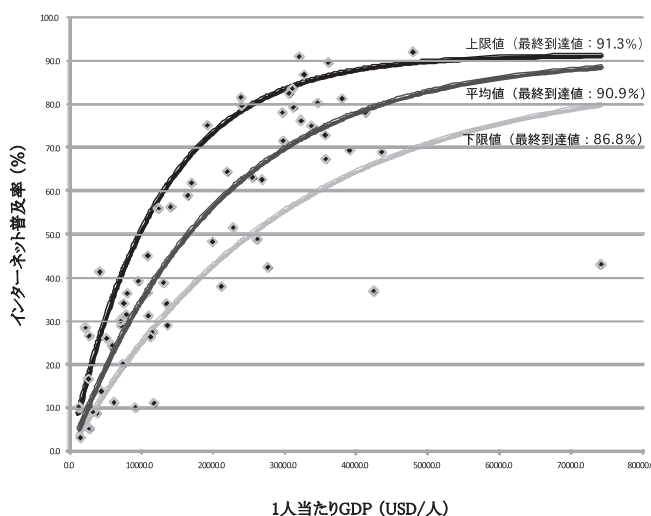


図 2 : 各国の 1 人当たり GDP とインターネット普及率の関係

### 2.3.4 インターネット利用人口予測

各国毎の普及率実績値を基に普及曲線を特定して推計する 2025 年までの普及率予測値に、人口（実績値・予測値）を乗じて各国のインターネット利用人口を算出し、それらを合計して世界全体のインターネット利用人口を推計する。

$$I(t) = \sum_i (Y_i(t) \times P_i(t)) \quad \text{--- (5)}$$

$I(t)$  は  $t$  時点における世界のインターネット利用人口、 $Y_i(t)$  は国  $i$  の  $t$  時点（年）でのインターネット普及率、 $P_i(t)$  は国  $i$  の人口を示す。ここで、本研究の分析対象とした 68 か国のインターネット利用人口は、2008 年時点での世界 193 か国 8 地域のインターネット利用人口総計の 95%（補足率）を占めているが、1990 年から 2008 年の補足率の推移を見ると、直線的に微減している（図 3）。これは、分析対象のうち先進国の利用人口が飽和に近づく一方で、分析対象外の国・地域の大半が途上国であり普及率及び利用人口が徐々に増加していることに起因する。図 3 の直線近似式を最小自乗法で求めた結果は以下の式となった（1990 年を  $t = 1$ ）。

$$\beta(t) = \frac{I(t)}{I_{world}(t)} = -0.0027t + 6.4682 \quad \text{---- (6)}$$

$\beta(t)$  は時点  $t$  における分析対象 68 か国のインターネット利用人口  $I(t)$  の補足率（世界全体の利用人口に占める割合）、 $I_{world}(t)$  は時点  $t$  における世界全体のインターネット利用人口を示す。これを基に、68 か国のインターネット利用人口推計値を  $\beta(t)$  で補正して世界全体の利用人口を推計した。

$$I_{world}(t) = \frac{I(t)}{\beta(t)} = \frac{\sum_i Y_i(t) \times P_i(t)}{\beta(t)} \quad \text{---- (7)}$$

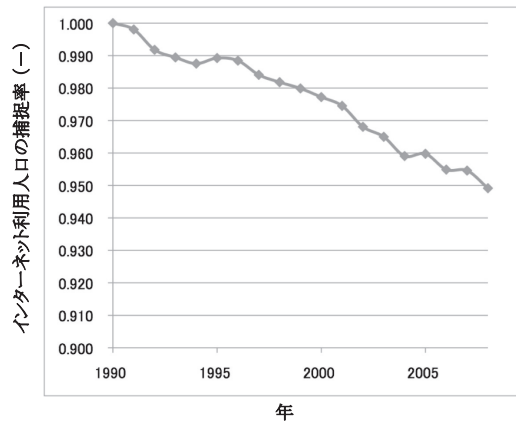


図 3：分析対象国のインターネット利用人口の補足率

### 2.4 インターネット利用人口と PC 台数との関係

国連統計（United Nations）を基に一部推計して算出した世界各国の PC 台数実績値では、2008 年で 11.2 億台に達しているが、1990 年からの PC 台数の普及曲線は未だ変曲点に達していない。このため、2008 年までの実績値のみを用いて予測のために普及曲線を選定しようとすれば、データの僅かな違いで極限普及率の値が大きく変化してしまう。そこで、本研究では、PC 設置台数が最終的に到達する値を、2.3 の分析手法で得られるインターネット利用人口の予測値から推定し、その上で PC 台数を予測する普及曲線を特定する。

インターネット利用者は、主として PC をインターネットの情報アクセス端末として利用し、各 PC はブロードバンドルータに直接接続され、更に上位のルータ・スイッチやサーバに連結してインターネットを構成している。すなわち、PC の普及台数はインターネット利用人口に対して正の相関を持ち、概ね比例的に増加すると予測できる。ここで対象とする PC の台数は、家庭（個人）用 PC と業務用 PC の台数の合計である。

インターネット利用者 1 人当たりの PC 台数は、経済水準によって変化している。世界各国の PC 設置台数と人口の統計値（United Nations, Department of Economic and Social Affairs）を基に、各国の 1 人当たりの PC 保有台数を計算して、1 人当たり GDP との関係の

相関を分析した。結果を以下の分布図に示す(図4)。両者には、一定の正の相関が見られる。途上国ではオフィスでの業務用かインターネット・カフェ等の普及によるPCの共同利用形態も多く、普及初期段階はインターネット利用人口1人当たりPC台数比率は1.0以下となるが、経済水準が向上し、また情報化社会の進展度合いに応じてインターネット普及率が高まるにつれ、インターネット利用人口当たりPC台数は増加し、特に就労者は家庭用と業務用等で複数台を利用するようになる。2005年時点の1人当たりPC保有台数の世界平均は0.82であるが、最高値はアイルランドの1.49で、1人当たりGDPが30,000ドルを超える水準になると、1人当たりPC保有台数が1を超え始める。特に欧米諸国では1人当たりPC台数が1台を超えている国が多く見られる。今後、途上国においても、経済水準が向上するに従い、また近年のPC価格の低下も各国の普及率向上を後押しし、1人当たりPC台数は増加していくと予測できる。

他方、インターネットの利用端末は、先進国を中心にPCだけでなく携帯電話やPDAの利用が増加している。しかし、例えば日本におけるインターネット利用者の92.1%はPCによる利用またはPCとモバイル端末(携帯電話等)の併用者となっており(総務省(2010))、PCを使わず携帯電話等のみでインターネットを利用する人数は少数である。中国でも、中国通信企業協会の発表(2010)によれば、携帯電話のみを使ってインターネットに接続する契約者はネット接続者全体の約10%としている。アフリカ諸国でも携帯電話の普及率は30%程度であるがインターネット普及率は9%程度に留まっている。また、携帯電話やPDAは、資料文書作成等の作業には利用されにくい。これらの状況から、今後ともインターネット利用はPCが主導し、PCと携帯・PDAとは併用されると予測する。

タブレット型PCについては、本研究ではラップトップ型PCやネットブックPCの代替機として位置付け、PC普及台数に含めている。先進国では、SNS(Social Network System)等を携帯電話やPDAといったモバイル端末で実現し、家庭用PC等の一部を代替する可能性がある。途上国では、固定電話に代替して携帯

電話が先行して普及しており、今後、情報インフラの整備が進展すればインターネットへのアクセス手段としてモバイル端末がPCを代替し、途上国のインターネット普及率上昇に大きな影響を与える可能性も考えられる。

これらの可能性を考慮し、1990年から2008年までの世界全体のPC設置台数実績値を基に、世界のインターネット利用人口1人当たり平均PC保有台数の収束値(最終到達率)を、現在の世界平均である0.8のまま増加しないケース(低普及ケース)と、世界全体が現在の最高値である1.5まで達するケース(高普及ケース)の範囲となると想定し、0.8、1.0、1.2及び現在の最高値である1.5となる4ケースを設定して各々近似する普及曲線を選定し、2025年までの予測を行った。併せて、収束値を予め特定せずに普及曲線を選定した場合の予測値も参照として算出した。PC設置台数の普及曲線の選定に際しても、インターネット普及率分析と同様に、ロジスティック曲線、ゴンペルツ曲線、Bass曲線の3モデルについて適合度の最も高い曲線を選定して分析する。

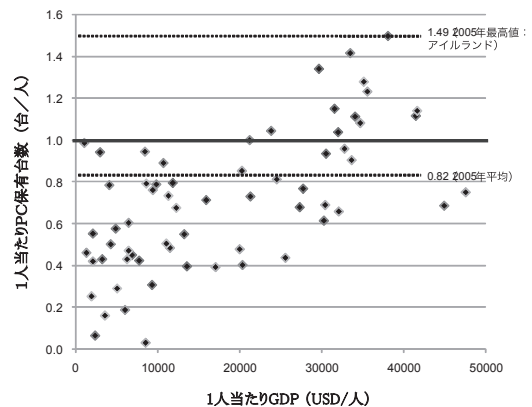


図4：経済水準と1人当たりPC保有台数の相関

### 3. 解析結果

#### 3.1 インターネット普及曲線の特定

2010年時点でインターネット普及率が50%を超えている各国のインターネット普及率実績値に、(1)～(3)式を各々適用し、残差平方和を最小にするパラメータを推定して各国毎に3つの普及曲線モデル近似式を策定し、各々のAICを算出した。結果を表1に示す。

33か国中、85%に相当する28か国のインターネット普及率実績値が、ゴンペルツ曲線による近似式のAICが最小となり、最も適合度が高いことを示している。一部の国では他の普及曲線のAICがより小さい値を示しているが、残差平方和の値や曲線形状で比較してもゴンペルツ曲線との著しい差は認められないことから、インターネット普及率にはゴンペルツ曲線を採用することとし、2010年時点の普及率50%未満の国々に対しても、ゴンペルツ曲線を普及曲線に採用することとした。

インターネット普及曲線にゴンペルツ曲線に最も適合するとの結果が得られた理由として

は、インターネットが他の耐久消費財と異なり、ネットワーク外部性、すなわち新規利用者にとっての便益は既存利用者数に依存するため、加入者数の少ない初期段階は普及が遅いが、加入者数がある値を超えると一気に普及が進展するといった現象が発生する傾向を強く持つこと、各国政府の情報化政策の時期に対応して利用者数に影響を与える等の外部要因の影響があること、これらの要因により普及曲線が変曲点を挟んでの対称性を持たないこと、ゴンペルツ曲線の方がロジスティック曲線より極限普及率への収束が遅い等からより適合し易いこと等が要因として考えられる。

表1：各国のインターネット普及率（%）に対するモデル式の適用結果

国・地域	2010年普及率	Gomperz Curve		Bass Model		Logistic Curve	
		AIC	極限普及率	AIC	極限普及率	AIC	極限普及率
ノルウェー	93.4	403.4	93.4	435.1	94.8	434.7	94.7
オランダ	90.7	285.6	91.3	312.3	91.3	311.1	91.3
スウェーデン	90.0	367.3	94.6	363.3	90.7	362.6	90.8
デンマーク	88.7	340.2	91.3	367.9	88.7	367.4	88.7
フィンランド	86.9	326.3	91.3	349.2	88.1	347.6	88.3
英国	85.0	324.5	86.8	335.7	86.8	335.7	86.8
スイス	83.9	281.9	86.8	323.2	86.8	326.0	86.5
韓国	83.7	322.6	86.8	344.9	86.8	332.4	91.3
ニュージーランド	83.0	320.2	86.8	337.3	86.8	340.5	91.3
ドイツ	81.9	297.4	86.8	276.5	86.8	276.4	86.8
カナダ	81.6	325.2	86.8	344.6	86.8	347.1	86.8
フランス	80.1	333.1	91.3	320.8	91.3	320.2	91.3
日本	80.0	275.1	86.8	267.3	86.8	265.0	91.3
スロバキア	79.4	344.5	86.8	354.7	86.8	354.8	86.8
ベルギー	79.3	293.2	86.8	321.5	86.8	322.9	86.8
アメリカ合衆国	79.0	258.5	86.8	295.2	86.8	299.1	86.8
UAE	78.0	272.2	91.3	336.7	91.3	335.9	91.3
オーストラリア	76.0	341.3	86.8	400.5	86.8	361.2	91.3
オーストリア	73.5	322.4	91.3	324.1	86.8	325.0	86.8
シンガポール	70.0	309.7	86.8	328.1	86.8	349.5	91.3
アイルランド	69.9	282.0	91.3	261.5	86.8	263.0	86.8
香港	69.4	292.1	86.8	321.3	86.8	353.5	91.3
カタール	69.0	264.5	91.3	347.4	91.3	345.9	93.5
チェコ	68.8	307.5	91.3	311.8	86.8	312.3	86.8
イスラエル	67.2	280.7	91.3	357.3	91.3	356.3	91.3
スペイン	66.5	315.8	86.8	334.5	86.8	335.7	86.8
ハンガリー	65.3	250.2	91.3	269.0	86.8	268.9	86.8
オマーン	62.6	267.8	91.3	340.8	91.3	331.3	91.3
ポーランド	62.3	253.2	86.8	277.4	86.8	277.2	86.8
クロアチア	60.3	256.3	91.3	280.3	86.8	281.5	86.8
マレーシア	55.3	328.2	86.8	386.1	86.8	334.1	91.3
イタリア	53.7	321.1	86.8	330.4	86.8	337.1	86.8
ポルトガル	51.1	255.4	86.8	280.1	86.8	292.4	86.8

## 3.2 インターネット普及率の将来予測

### 3.2.1 予測結果

ゴンペルツ曲線（(2)式）を用いて、最終普及到達率に対して  $81.3 \leq K \leq 91.3$  の条件を付した下での各国毎の普及曲線のパラメータを特定し、2025年までの予測値を算出した。図5に結果を示す。先進国は、2025年までには全

ての国で普及率が70%を超え、多くの国で80%以上に達する。中進国においても普及率は急速に上昇し、ロシア・中国は先進国と同様に80%以上に達するが、インド及びインドネシアの普及率は40%以下に留まっている。これまで普及率が低かったアフリカ諸国においても2010年以降は急速に普及率を伸ばし、モロッコ、エジプト、チュニジア、ケニア等北アフリカ諸国を中心に70%以上の普及率に達すると



予測される。1人当たりのGDP水準が高いにも関わらずこれまでインターネット普及率が相対的に低水準に留まっていた中東諸国でも、2005年以降普及率は急速に高まっており、最

近の傾向を維持すれば、2025年までにはイランとシリアを除く各国で70%以上の普及率に達するとの予測結果が得られた。

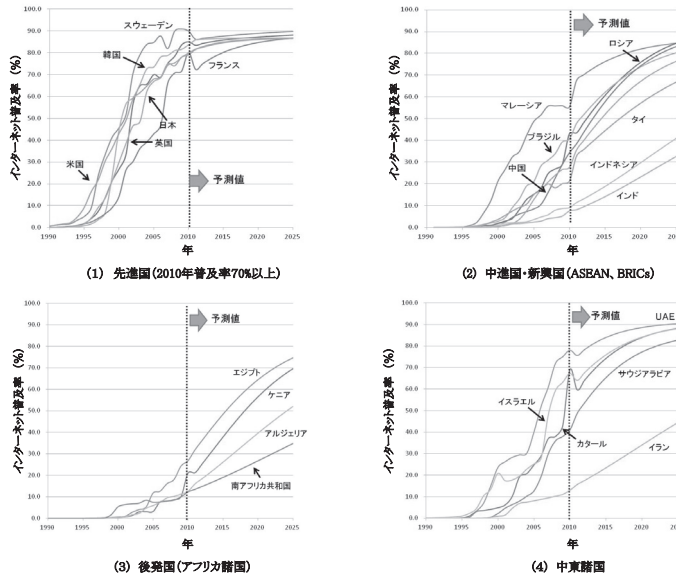


図5：世界各国のインターネット普及率予測

### 3.2.2 対象各国のパラメータ分布の含意

(4) 式において、 $\delta$ 、 $\lambda$ は残差平方和を最小とするパラメータとして各国の普及曲線モデル式毎に推定される値である。 $\delta$ は、その値が小さいほど普及立ち上がり初期段階の増加速度が速く、 $\lambda$ も値が小さい程、本格的な立ち上がり後の普及率の中長期的な向上速度が速い。したがって、情報化社会の進展の速い先進各国は $\delta$ 、 $\lambda$ 共に小さい値を取り、逆に情報化が遅れている途上国等のパラメータは相対的に大きな値を

取る。3.2.1で求めた対象68か国の普及曲線のパラメータ分布を図6に示す。各国の状況に応じて $\delta$ 値、 $\lambda$ 値共にばらつきがあるが、 $\delta$ 、 $\lambda$ 両値の相関分布は先進国、途上国及び中東諸国で区分可能となっている。先進国は、1人当たりGDPが高く普及率上昇に経済的制約が少ないことから、本格的な普及立ち上がり時期、立ち上がり後の普及速度が速いが、途上国は立ち上がり時期、普及速度は相対的に遅いことが分かる。

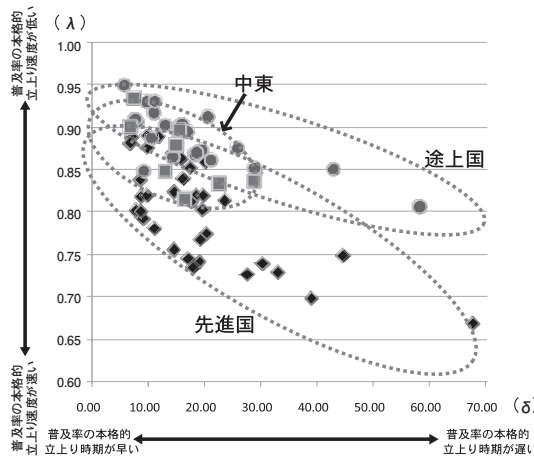


図6：対象各国の普及曲線パラメータ分布

### 3.3 インターネット利用人口の予測結果

(6)式及び(7)式を用いて、世界全体のインターネット利用人口を推計した。結果を図7に示す。2010年時点の利用人口は19.6億人であるが、2015年には29.8億人、2020年には38.8億人、2025年には2010年の約2.4倍に当たる46.5億人にまで増加すると推計された。国連予測では、2025年の世界人口は80億人であることから、2025年のインターネット普及率は世界平均では57%に達することになる。

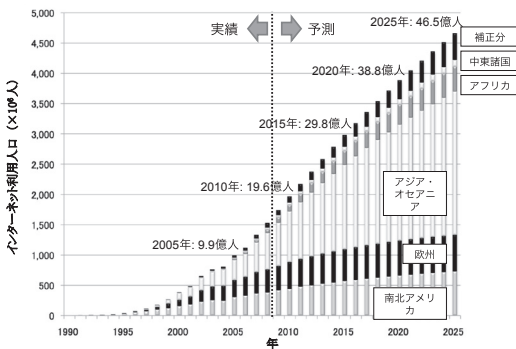


図7: 世界全体のインターネット利用人口実績・予測

インターネット利用人口の分布を地域別に見た結果を図8に示す。1990年代には70%以上の高い比率を占めていた米国を中心とする南米アメリカ地域の比率が2000年以降急速に低減する一方で、アジア・オセアニア地域の比率が急速に高まり、2025年には世界のインターネット利用人口の56%を同地域が占めると予測される。特に、人口の多い中国とインドにおける普及率上昇の影響が大きい。タイ、マレーシア等の東南アジア各国の普及率も高水準となる。

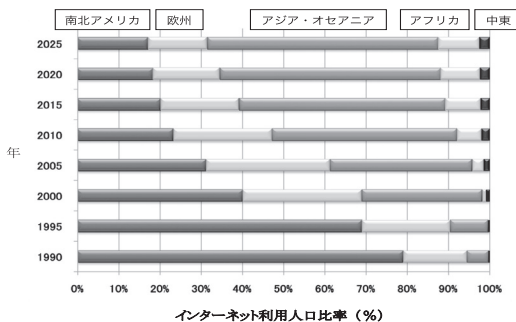


図8: 地域別のインターネット利用人口比率予測

算出したインターネット利用人口の実績・予測値に対して、インターネット普及率で行った分析と同様に、代表的な普及曲線式（ロジスティック曲線、Bass曲線、ゴンベルツ曲線）を用いて適用度を分析したところ、ロジスティック曲線の残差平方和は22.22、Bass曲線では13.17、ゴンベルツ曲線が2.47となり、ゴンベルツ曲線が最適で、かつ高い適合度を得ることが確認された ( $R^2=0.9997$ )。曲線式は以下の(8)式で表される。

$$I_{world}(t) = \alpha(\exp(-\beta\lambda^t)) \quad (8)$$

ここで、 $I_{world}(t)$  はインターネット利用人口であり、パラメータは  $\alpha = 62.82$ 、 $\beta = 7.69$ 、 $\lambda = 0.91$  となっている。 $\alpha$  は収束値であり、世界全体では最終的なインターネット利用人口は62.8億人と予測される。結果を図9に示す。

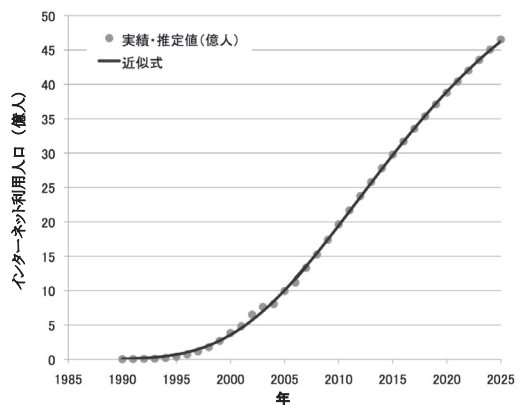


図9: 世界のインターネット利用人口の予測値と近似普及曲線

### 3.4 世界のPC設置台数予測

3.3で求めたインターネット利用人口の収束値(62.8億人)を基に、世界の1人当たり平均PC保有台数の収束値(最終到達台数)を0.8台から1.0台、1.2台、1.5台(現在の最高値)を算出すると、各々50.3億台、62.8億台、75.4億台及び94.2億台となる。1990年から2008年のPC設置台数実績値と当該収束値を用いて、ロジスティック曲線、ゴンベルツ曲線、Bass曲線の適合度分析を行ったところ、PC設置台数もゴンベルツ曲線のAICが最小となり、最適であることが確認された。この普及曲線を用

いて、0.8 台から 1.0 台、1.2 台、1.5 台及び収束値を既定しない場合について 2025 年時点までの設置台数を予測した。結果を図 10 に示す。

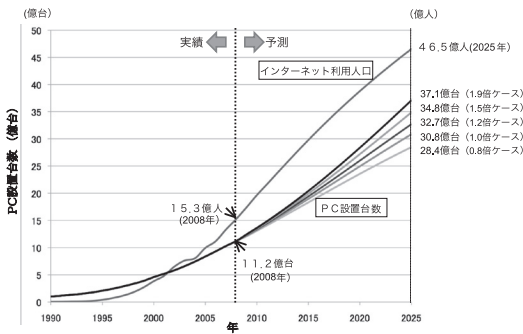


図 10 世界の PC 設置台数  
(実績値及び予測値)

1990 年代は、インターネット普及の黎明期で、インターネットに接続していない PC が多く、PC 設置台数がインターネット利用人口を上回っていたが、2001 年にはインターネット利用人口が PC 設置台数を逆転した。2008 年には世界全体で 11.2 億台の PC が設置されており、2025 年時点では、最終到達率 0.8 台/人のケースでは 28.4 億台、1.0 台/人では 30.8 億台、1.2 台/人では 32.7 億台、1.5 台/人の場合は 34.8 億台に各々増加するという結果が得られた。なお、最終到達率を既定せずにパラメータとして算出した場合には、最終到達台数は 120 億台すなわち 1.9 台/人ケースとなり、2025 年には 37.1 億台に達することになる。

2025 年時点のインターネット利用人口予測値は 46.5 億人であることから、同年ではインターネット利用人口 1 人当たり 0.61 - 0.79 台の PC が設置されていると予測される。

#### 4. 結論及び考察

本研究では、世界のインターネット普及率及びその利用人口について、2025 年までの中長期的予測を行った。2010 年時点でインターネット普及率が 50% を超えている 68 か国・地域を対象として、国・地域別にインターネット普及率の成長曲線を設定し、各国の人口を乗じて得られるインターネット利用人口を総計し、世界全体の予測値を算出した。各国の普及曲線としては、最も適合度の高いゴンペルツ曲線を採用

し、極限普及率は 86.8% から 91.3% の範囲に収束すると想定した上で普及曲線のパラメータを特定した。予測時には、対象 68 か国・地域以外の国・地域の利用者分を補正し、世界全体の利用者の予測値を推計した。

その結果、世界のインターネット利用人口は、2010 年の 19.6 億人から、2025 年には現在の約 2.4 倍に当たる 46.5 億人にまで増加すると推計された。そのうち 56% はアジア・オセアニア諸国が占める。また、世界全体のインターネット利用人口の推移も、ゴンペルツ曲線が非常に高い適合度を示すことが明らかになった。国連予測では、2025 年の世界人口は 80 億人であることから、2025 年のインターネット普及率は世界平均では 57% に達するとの結果を得た。

得られたインターネット利用人口の予測値を基に、現在のインターネット利用者 1 人当たり PC 保有台数の分布を踏まえて世界全体の PC 設置台数予測を行ったところ、2025 年には、28.4 億台から 37.1 億台の範囲に到達し、インターネット利用者 1 人当たり 0.61 ~ 0.80 台の PC を保有する計算となった。

本研究によって、世界全体のインターネット利用人口及び PC の設置台数について、中長期的な予測を行うことが可能となった。これにより、PC 台数が将来消費する電力量や消費資源量の予測等へ発展させることができ、持続可能な情報化社会を国際的に構築していくための政策を検討していく上で意義のある結果となった。

今後は、インターネット利用人口の予測値から推計して得られた PC 台数と他の IT 機器（サーバ、ストレージ、ネットワーク機器）との台数の相関を分析することにより、世界の IT 機器全体の設置台数、消費電力量及び消費資源量を予測し、その社会的影響を評価するとともに、IT 機器の省エネ技術開発やリサイクル等の政策が世界全体に与える効果分析等に研究を発展させていきたい。

#### 〈参考文献〉

- (1) 赤池弘次 (1976) : 情報量基準 AIC とは何か—その意味と将来への展望、数理科学、No.153, pp.5-11
- (2) 池田功一 (2004) : アジア諸国におけるインター

- ネットの普及と諸要因. (281) , p.6-8.
- (3) 石井健一 (2003) : 情報化の普及過程、学文社、pp.27-33
  - (4) 恩蔵直人 (1988) : 需要構造の把握による普及モデルの強化とマーケティング戦略での応用、The Waseda commercial review 325号、pp.179-208
  - (5) 島崎 敏一 (1997) : 閾値モデルによる談合の成立可能性の分析、日本大学建設マネジメント研究論文集、5巻、pp.59-66
  - (6) 笠原浩三、仙北谷康、今井鑑蔵 (1995) : 最大値設定による修正指数曲線の推計、鳥大農研報、48 pp.87-95
  - (7) 白波瀬朋子、貴田晶子 (2009) : 詳細解体による廃パソコン中の金属含有量の推定、廃棄物資源循環学会論文誌、Vol. 20, No. 4, pp. 217- 230
  - (8) 総務省 (2010) : 平成 22 年通信利用動向調査、pp.1、[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/110518\\_1.pdf](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/110518_1.pdf)
  - (9) 電子情報技術産業協会 (2008) : IT 機器の回収・処理・リサイクルに関する調査報告書
  - (10) 平林宏明 (1997) : 身の回りのデータのトレンドを解析するー修正指数曲線、ロジスチック曲線、ゴンベルツ曲線を用いてー、数学研究教育、第 26 号、pp121-
  - (11) 星野岳穂、松野泰也、足立芳寛 (2011) : 社会の情報化に伴う IT 機器に起因する総消費電力量分析、開発技術学会
  - (12) 松野泰也、山田宏之、足立芳寛 (2008) : Bass モデルを適用した使用済み製品の排出量予測：地上アナログ放送停波を考慮したカラーテレビ排出量予測の事例研究、廃棄物学会論文誌、Vol. 19, No. 4, pp. 286 - 291, 2008
  - (13) Akaike, H (1973) : "Information theory and an extention of the maximum likelihood principle", 2nd International Symposium on Information Theory, Petrov, B. N., and Csaki, F. (eds.) , Akadimiai Kiado, Budapest: pp.267-281
  - (14) Bass, F. M. (1969) : A New-Product Growth Model for Consumer Durables. Management Science, 215-227.
  - (15) Chow, G. C. (1967) : Technological Change and the Demand for Computers. The American Economic Review, 57 (5) , 1117-1130.
  - (16) EPA (2007) : Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency.
  - (17) Griliches, Z. (1957) . Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. Econometrica, 25 (4) , 501-522.
  - (18) ITU (2011) : Available at <http://www.itu.int/ITU-D/ict/index.html>
  - (19) Koomey, J.G., (2007) : Estimating Total Power Consumption by Servers in the U.S. and the World.
  - (20) United Nations: Millennium Development Goals Indicators, The Official United Nations Site for the MDG Indicators : <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/seriesdetail.aspx?srid=606>
  - (21) United Nations, Department of Economic and Social Affairs: [http://esa.un.org/wpp/unpp/panel\\_population.html](http://esa.un.org/wpp/unpp/panel_population.html)