

## 特別講演 「ICTの発展により人工知能が生まれ自動運転の実現を加速する～日本の危機、自動車産業・その他産業構造へのインパクト～」

野辺継男 (のべ つぐお)

インテル 事業開発・政策推進ダイレクター兼  
チーフ・アドバンストサービス・アーキテクト  
名古屋大学 客員准教授

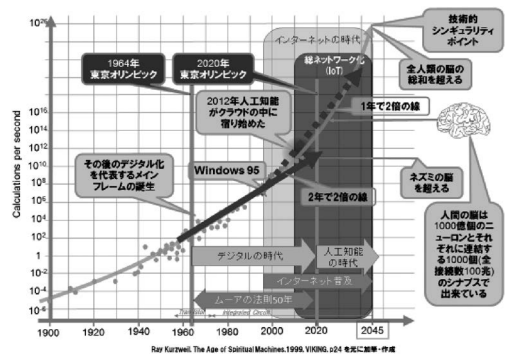
2016年秋全国研究発表大会は2016年9月15日・16日に立命館大学大阪いばらきキャンパスで開催されました。本稿では大会特別講演をお伝えします。講演は「ICTの発展により人工知能が生まれ自動運転の実現を加速する～日本の危機、自動車産業・その他産業構造へのインパクト～」と題して、インテル株式会社事業開発・政策推進ダイレクター兼名古屋大学客員准教授の野辺継男氏により実施されました。ご講演内容は、ICTの発展による人工知能が生まれた経緯、Vehicle IoTの発展、自動運転の動向、自動車・その他産業構造へのインパクトからなります。



### 1. ICTの発展

最初に、ICTがこれまでどう発達し、いつ頃人工知能が生まれてきたかということをお話いたします。いまGoogleにいらっしやるRay Kurzweilさんが、コンピューターは指数関数的に成長し、いわゆるテクノロジーシンギュラリティ（人工知能がヒトの計算能力を超えることで発生する事象）に向かうと、1990年代から言っています。2045年頃に人類の脳をすべて足したのと同じぐらいのコンピューターの計算能力（一秒間の計算の回数）が、1,000

ドルのコンピューターで実現するというものです。その様子を表現し直したのが下図です。



実はたまたまですが、二つの東京オリンピックの開催年がちょうど大きなエポックになっています。具体的には前回1964年の東京オリンピックの頃、当時のコンピューターであるメインフレームや通信を実現する交換機のデジタル化が進みました。半導体が生まれて集積度が上がりICやLSIとなり、次の東京オリンピックが開催される2020年に向けてデジタル化が一気に進みます。「2年で2倍」成長する直線を上記の対数グラフに記載すると、1964年から2010年までの間の曲線に巧く乗ります。まさにいわゆるムーアの法則に乗っているといえます。その後ムーアの法則は物理限界に近づき成長はだんだん減速していくとの指摘もありますが、Ray Kurzweilさんの説明では、むしろその後も成長の速度は加速するという絵になっています。実際、上図における2010年以降の曲線に「1年で2倍」と成長を加速する直線（上記点線）を当てはめると、これがまた巧く乗ります。

それはなぜか？私なりに解釈を加えました。2000年頃から世界的にインターネットのブロードバンド接続が浸透し、2010年にはほとんどのパソ

コンがネットワークを介してサーバーやデータセンターにつながり、2007年のiPhone、2008年のAndroidによるスマホの出現により、2010年以降は国際的にほとんどすべての情報端末がデータ通信を介してデータセンターにつながる状況になりました。さらに、データセンターはデータセンターどうしでつながりクラウドを形成したことを前提にすれば、2010年以降、手元の1,000ドルのコンピューター（形としてパソコンなのかスマホなのか、あるいは全く予測できない端末なのか）でネットワークを介してその背後でクラウドでの計算能力をふんだんに利用することになります。すなわち、今後は手元の\$1000のコンピューター単体も、ネットワークとクラウド効果により、端末で得られる計算速度がさらに加速するという解釈ができるというわけです。

こうしたことを考えていた頃、CES2016を訪問し感じたことは、出展のカテゴリーが極めて多岐にわたっていたということです。おおむね7分野（Virtual Reality, Drone, Action Camera, ネットワーク家電, ウェアラブル, 自動運転, 4K TV+Internet）が、広い展示場に所せましく出展されていました。それぞれの分野は見かけ上、全く違う方向性を示しているようですが、実はそれらを実現する鍵となる技術の多くがスマホの技術の発展に依る部分が多い状況があります。スマホが誕生したのも元を正せば日本におけるガラケーの発展に起因するところが多いと考えられますが、ガラケー時代から始まり、スマホが年間14億台以上出荷されるという今日に至る過程で、市場の拡大とともに非常に高度な各種センサーや半導体が国内外で大量に生産され、それによる部品の機能や性能の高度化とコモディティ化が同時に起こり、それらをコンポーネントとして利用した多種多様な製品群が近年一気にできてきたという状況です。

ポイントは、これまでなかった新しい製品を開発する際、ゼロから開発しなくても、スマホで培われた多様な技術を好きなようにピックアップして組み合わせ、若干の追加的機能を開発すれば、短期間で新商品を市場に投入できる時代になったということです。さらにそれらはインターネットにつながり、クラウド上のWeb企業による各種ソリューションを実現するソフトウェアもコンポーネント化が進み、クラウド上でプログラミングすれば全く新しい

ビジネスモデルが容易に実現され、今や商品企画はアイデア勝負となり、今までなかったような新カテゴリーの商品を次々と出せるようになったという捉え方が重要です。

こうした流れは実はパソコンが容易にインターネットに繋がるようになったときから始まったもので、それを最初に実現したWindows 95が起点となるビッグバンではないかとCES 2016で感じました。また、先の「2年で2倍」の線と「1年で2倍」の線の交点はおおむね1995年頃となります。これがシンギュラリティに向かって、次々と多様な方向に技術が進展し、今後はさらに今までなかった商品やサービスが毎日のように出てくる世の中になると予測されます。

## 2. 人工知能の出現

ここからのお話は、人工知能がどれだけ進んだかについてです。まず、過去2～3年のDeep Learningの発展にはすさまじいものがあります。Deep Learningにはとにかくデータが沢山必要で、それを相当高度かつ大規模な計算力で処理するのですが、2012年頃からそれを適用して、音声や画像が非常に高いレベルで認識できることが実証されました。

スマホに向かい、ユーザーが発声するとネットワークを介してサーバーに音が届き、音を音響モデルと言語モデルに分離し、Deep Learningをかけることで、例えばスマホに向かって「とうきょう」と発声すると、非常に正確に「東京」という文字が返ってくるようになりました。SiriとかGoogleの音声検索などがその例です。最近では、普通の話し言葉を発声すると、ほぼリアルタイムに極めて正確にテキストになって戻ってくるようになってきました。これが数十か国語に対して実現されている。これはヒトでは不可能であり、その部分ではヒトを超えた人工知能がクラウド上に宿ったと言える状況です。

実際に同じようなことが画像認識にも言えます。Googleがスタンフォード大学と協力して2012年に発表した「Googleの猫」と呼ばれる研究があります。ヒトの脳内のニューロンとシナプスの構造を模したコンピューターとネットワークの塊にあらゆる画像を見せ続けた結果、ある階層で「ある形状に対して“ニューロン”が発火した」という状況が生

じ、その形状をヒトがみると「猫」に見えた、という話です。コンピューターはそれを「猫」と教えられていないので、「猫」であるとは言わないわけですが、これで特定の形状を認識するという学習が機械的になされたということになります。ポイントは2012年にDeep Learningによって教師なしの画像認識が成功したということです。一方、「これは何だ」と最初にラベルづけされた画像を大量に学習し、新たな画像に対して正確に「これは何だ」と言えるようにする教師在り学習による画像認識でも、2012年に当時トロント大学のヒントン教授がDeep Learningの有効性を示し、2014年には複数のオブジェクトが写っている一枚の画像から「どこに」「何が」ということを正確に示し、2015年には「何が」と関してはヒトの画像認識よりも正確性が高まったという状況があります。

さらに、クルマの自動運転化には深層強化学習も重要です。ヒトがクルマに運転の仕方をプログラミングせずに、クルマが自ら運転の仕方を学習するという話です。2015年のInteropで日本のPreferred Networks社が深層強化学習を適用して、ヒトが教えずに、複雑な状況をどのように走ればぶつからないで進めるのかという、走行アルゴリズムをコンピューター上で生成するデモを行いました。

またDeep Mindというイギリスの会社が行った深層強化学習を用いた「ブロックくずし」も有名で、エキスパートと言えるレベルに4時間で達成したというものです。

自動車を運転する際には、例えば「直近の信号が赤だから、その前の停止線で止まる」といった条件判断を行う必要がありますが、そうしたケースは世界中にヒトがリストアップ不可能なぐらい存在し、さらにそれらを一一つヒトがプログラミングするのはほぼ不可能です。そこをコンピューターが状況を認識して、どのように走ればぶつからないかということを深層強化学習し、ぶつからずに走る走行アルゴリズムを機械的に生成する必要があります。ここが自動運転の実現に向けて非常に重要なポイントだと頭に入れておいてください。

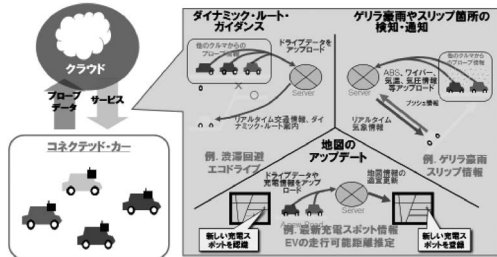
### 3. Vehicle IoTの発展

自動運転の具体的な話に入る前に、Vehicle IoT

の話をする。これはクルマがネットワークを介してクラウドにつながり、IoT端末になるということです。実はこれも自動運転の前提となっています。

#### Vehicle IoTの出現（クルマのIoT端末化）

- 2004年頃から海外に先行して実現
- コネクテッド・カーとビッグデータ



2004年ごろから日本のクルマ会社はVehicle IoTで世界に先行していました。その後2012年ぐらまで日本が海外に相当先行していたと思います。なぜ日本が先行し得たかということ、2000年以降、日本ではiモード等の市場浸透によって、ほとんどの方々は携帯でインターネットとの親和性の高いデータ通信を行っていました。また、日本ではクルマのカーナビ装着率が70%程度と高く、これは海外が欧米でもカーナビの装着率が20%程度であることと比較すると、非常に大きな市場浸透率でした。この携帯とカーナビをBluetoothやUSBでつなげると、クルマのデータをデータセンターにアップロードすることができ、例えばクルマの位置情報をデータセンターにあげると、時間の変異とともにクルマの移動速度がわかり、渋滞情報が作れます。データセンターで計算された渋滞情報をカーナビにダウンロードすると、カーナビが経路を再計算し「ここは渋滞だから、こっちの道に行ったほうがよいですよ」とドライバーに提案することが可能になります。ほかにも、ワイパーのデータをとり、ある地域だけワイパーが非常に強く動いていることがわかれば、ゲリラ豪雨が発見され「避けたほうがよいですよ」ということを情報として伝えます。

こうして、携帯網を介して、クルマをセンサーとしてデータを吸い上げて、クラウド上で分析し、いろいろな情報をユーザーに提供可能となります。当時はIoTやクラウドという言葉はなかったのですが、明らかに2004年以降、国内のクルマ業界は既にIoTをやっていたということが言えます。

こうしたクルマへの情報提供を行っていたところ、2008年頃には、逆に情報を提供しすぎると、ドライバーからはむしろ、おせっかいだとか、そんなことは知っている、と、逆効果になり、提供した機能をオフにしてしまい、使わなくなる可能性があることがわかりました。それでは、本来ある機能を使わずにより危険な状態になることもあり得るので、嫌がられずに機能を使ってもらうことが重要だと考えました。実は自動運転でも同じ問題が起こります。

ここで必要な情報とは何かを判断するのが、車載コンピューターの役割になります。それは、あらゆるセンサーから周囲の状況、ECU（電子制御ユニット：Electronic Control Unit）等から走行状態をコンピューターが分析し、ドライバーが気づいていないことが判明すれば、表示や音、さらには物理的な動きで注意喚起するということです。これがコンテキスト・アウェアなドライビングの提供です。ここまではあくまでも最終的にはヒトが運転していますが、さらに、警告に対してドライバーが反応しない場合、周囲の安全を確認してコンピューターが自動的にブレーキを掛けるなり、ハンドルを操作するといった自動化へと進んでいきます。これが自動運転への方向性だと捉えることが重要です。

具体的には、前方のカメラ画像やカーナビ地図データから、このまま進むと進入禁止の道に入り、逆走しかねないという環境判断と、各種ECUのデータにより分析される走行状態から、ドライバーがブレーキを踏みスピードを落とすことがないとすれば、ハンドルを回す気もなく、そのまま一方通行に侵入し逆走すると判断可能で、正確に警告が可能になります。こうした仕組みが2013年にドイツのクルマ会社から商用化されました。こうした事をADAS（Advanced Driving Safety Assistant）高度運転安全支援と呼びます。

#### 4. 自動運転の開発動向

そうした高度運転安全支援の先に自動運転があります。普通の運転はヒトが視覚により、安全を確認しながら、アクセルとブレーキとハンドルで、加速、減速、操舵（そうだ）しながらクルマをコントロールします。ヒトがアクセルを踏めばクルマは加

速しますが、結果としてどのくらいの速度になったのか、ヒトには正確にわかりません。そこで、センサーが速度を把握し、今、時速何キロかをインパネ等のHMIで教えてくれます。そうして速度を把握し、さらに視覚で交通標識を確認し、速度がオーバーしていればアクセルペダルから足を外すなり、ブレーキを踏む等して減速するのが普通の運転です。

ここで「クルマの自動化」のレベルの話をする、ハンドル・アクセル・ブレーキの3つの操作がいくつ自動化されても独立に自動化されていればそれをレベル1といいます。3つの操作のうち2つ以上が融合して自動化される場合、それをレベル2といいます。ここまではあくまでもドライバーが安全確認の責任を持つので、普通の運転であり、レベル3から自動運転と呼ばれます。レベル3ではドライバーが運転するモードと、コンピューターが運転する自動運転モードが共存します。自動運転モードでは、ドライバーはハンドル・アクセル・ブレーキを操作しない、周囲を見て安全確認をする必要がありません。このときコンピューターは視覚の代わりにカメラ、レーダ、ライダー等をつけて、周囲の環境をドライバーの代わりに把握します。さらにセンサーで見える範囲より先の状況は、Vehicle IoTを用いて、多くのすでに走ったクルマの情報をデータセンターに吸い上げ、統計的に分析した情報を走行中のクルマに伝え、3次元地図と連動しながら、十分余裕をもって運転をドライバーに返すような計画的な自動運転を実現します。

レベル4になると完全自動運転となり、スタートからゴールまでヒトが全く運転しないことを前提にクルマが設計されます。そのため、クルマにハンドル・アクセル・ブレーキは不要となり、コンピューターがヒトの操作と同様の命令をクルマに直接入力します。基本、これまでもクルマはヒトが言った通りに走るように開発されて来っており、同様にクルマはハードウェアとしてのコンピューターが言った通りに走ることが可能であり、最大の課題は、そのコンピューターが常に正しい指示を出すようにソフトウェアをいかに作るのかという点になります。

そのソフトウェアがドライバーの操作に代わる指示データとしてクルマに入力し、クルマが動いた結果をセンシングして、指示した通り動いていなければ

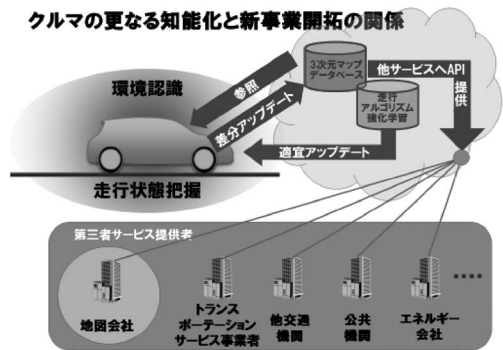
ば1/10秒程度でフィードバックをかけて補正する、といった仕組みを回すのが自動運転の考え方です。さらに、世界的な動きとして、1年半程前から走行アルゴリズムと連動して3次元地図を使うようになりました。その地図はヒトが認識する2次元と異なり、3次元であり、そこには周囲に存在する信号等の特徴点がx, y, z座標で保持されています。それを利用することで「直近の信号が赤だったら、停止線を確認して、そこに向けて減速する」といった場合の認識に関するコンピューター処理の負荷が軽くなり、同時に正確性も上がります。

Google社は2015年6月にハンドル・アクセル・ブレーキのないクルマを、すでに公道テストで走らせていることを広報しています。ハンドル・アクセル・ブレーキのないクルマが走ったということは、カリフォルニア州が連邦運輸局の指示に基づき、このクルマがテスト目的の範囲で「ちゃんと走る」ことを事前にチェックしています。同時に、広報されているのが、このクルマが複数1週間に1マイルから1.5万マイル実際に走行しているということであり、コンピューター上のシミュレーションでは毎日300マイル走行し、走行アルゴリズムを構築中としています。1年ぐらい前から、シリコンバレーに行くと、相当な頻度で走っているのを見ます。Googleはアルゴリズムを作ることに特化しています。そのアルゴリズムは今後早い段階で、かなり高い信頼性と精度で市場に出る可能性があると予測されます。最近では、Googleだけでなく、他の企業も走行アルゴリズムを作り始めていますが、日本企業もGoogleと競争するのか、あるいはそれを使うのかを判断を迫られる可能性もあります。

2014年の段階で、高速道路の自動運転は2020年ごろ、主要幹線道路の自動運転は2025年以降と多くの企業が表明していました。しかしその後、Deep Enforced Learning（深層強化学習）が急激に進化し、走行アルゴリズムを自動で作れる可能性が見えてきました。その結果、最近では自動運転の実現時期が前倒しされる動きがあります。

## 5. 自動運転で世の中どう変わるか

そうした状況を前提として、世の中どう変わるかという話がここからになります。



大きく言うと、自動運転というのは、車載コンピューターがセンサーによって環境を認識し、ECUの状態を分析して走行状態を把握し、それを対比しかつ地図を参照しながら走るものです。そこで現況と地図に差分があれば、各クルマの情報に基づき適宜3次元地図をアップデートします。その結果、今後は3次元地図を参照することにより、今どこがどうなっているのか、重要な情報を第三者が利用可能となります。個々のクルマがどこにいて、どういう状況にあるのかも分かります。プライバシー上、匿名、非匿名、サービスによっていろいろ対応します。それらをAPI化して、例えば地図のアップロードに使うことはもちろん、カーシェアや、ライドシェア、ライドヘイリングといった事業を行うトランスポートーションサービス事業者に、情報を提供することも可能です。そうした事業者はスマホから乗りたい人を発見できますが、個別のユーザーにどのクルマを配車すればいいのか、ドライバーの属性を含めて分析し、より良いサービスを提供することが可能になります。もちろん、ドライバーレス・タクシーになれば、クルマの位置情報を常時把握する為に、Vehicle IoTは必須になります。ドライバーレス・タクシーはヒトのみならずモノも運ぶでしょう。そのほか、公共交通とのマルチモーダルやエネルギーマネージメント、さらに今はまだないサービスまで、さまざまな産業にむけて、クルマが集めた情報が使われる可能性が出てくることがこのポイントです。

シェアリング・エコノミーの発達も、自動運転の導入を後押しします。Uberの成功もシェアリング・エコノミーを具現化したものですし、欧州ではBraBraCarというサービスが急激に成長してお

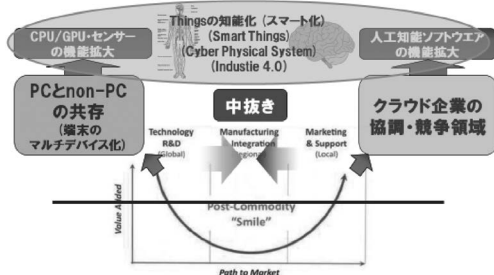
り、例えば1人でロンドンからマンチェスターまで行くと、100ポンドかかるところ、もし一緒に乗ってくれる人が3人いれば25ポンドになります。このようなある意味SNS的な技術に基づくサービスがカーシェアリングでもあり、シェアリング・エコノミーの発達とともに海外では急激に拡大しています。

## 6. 自動車・その他産業へのインパクト

1章で記したように、2010年以降、クラウドが拡大し、広く遍く使われるようになりました。Google, Amazon, Salesforce, Facebookなどのサービス機能がコンポーネント化されており、クラウド上でプログラミングすれば、端末の違いを意識せずに新しいサービスが構築でき、産業の競争がウェブブラウザの上と下で、完全に切り分けられました。クラウド企業の協調・競争領域はウェブブラウザの上で競争すればいいし、ユーザーはPCやスマホ、クルマ等の端末の違いを意識せず、同じサービスが使えるようになりました。2014年になるとトランスポートサービスにおいてUberが急拡大しましたが、これはタクシーという物理的資産を持たずにクラウド上でスクリプトを書いて、ウェブブラウザの上だけで新しい事業を起し、世界に一気に拡大可能であることを示したものです。これが2015年以降急激に進んでいます。他産業でも同様にクラウド上にプログラミングすれば新しい事業が簡単に起こせるようになりました。これが、これからの社会の動向です。AcerのStan Shin'sさんのスマイルカーブという有名な考え方があります。アナログだと、真ん中の「製造」にあたる「どのようにしてモノを作るか」が高い価値を持っていました。しかし、デジタルの世界ではモノの作り方では付加価値を高めることができず、基礎研究に近い左端とユーザーに近い右端が価値を高め、まさにスマイルカーブのような形になるという考え方です。この基礎技術の発展と市場ニーズへの対応の両者が今やクラウド上でつながり、全体としてCyber Physical SystemやIndustrie 4.0の様な考え方が拡大する世の中になりました。

### スマイル・カーブの先(モノのスマート化)

■ Acer Stan Shin's Smile Curve / Frown Curve



重要なことは、こうした社会構造や産業構造の変化に、クルマ産業も巻き込まれるということです。クルマ会社が製造能力だけで競争していこうとすることは、もはや非常に厳しくなっていくのは明らかです。特に、クルマがセンサーとしてクラウド端末になり、スマホがクルマとクラウドを結びつけるハブになり莫大なデータをデータセンターに送り、そのデータを深層強化学習等につけて、クルマを運転するコンピューター上のソフトウェアが生成されるという自動運転の時代には、ソフトウェア開発能力が直接競争力になります。

また多くのクルマがデータをアップロードすれば、道路上の最新の環境情報がクラウド上の地図に蓄積されますので、それを参照することで、第三者がその情報を使い、これまでは全く存在しなかったような新規事業を容易に開始し、国際的に拡大することができます。以前のように、ほとんどの商品やサービスがゼロから作らないと事業化できなかった世の中から大きく変化し、第三者からの情報やソリューションを組み合わせることで少工夫すれば、比較的容易に新規事業ができるような社会になりました。その結果、クルマがそれらサービスの部品やツールになってしまう可能性もあります。これは圧倒的に大きな世の中の変化です。

こうした経緯からシンギュラリティに向かって、今までなかったような産業が日々、さらには刻々と新しくでてくる世の中になります。さらに、それらはクラウド上の人工知能によってヒトの脳の代理や生活の支援が実現され、そこから新しい産業が出てくるのが容易に推測できます。ここで懸念されるのは、こうした流れを実現している現在の国際的なWeb企業はデータセンターに約100万台規模でサーバー群を持っているのに対して、日本全体を足

しても約 100 万台と言われ、今後必要となる大きな計算能力を持つ企業が日本にはほぼないという点です。さらに、人口が多い中国では 300 万台以上のサーバーを持つ企業が出現しており、計算能力が格段に上がってきており、計算を今後は米国や中国に依存するような状況になりかねないという問題があります。これまでお話ししたように、クラウド上でソフトウェアを記述することで事業が成立する世の中になる状況において、巨大なデータセンターを国内に持っていない状況では、新事業を起こす技術や新規産業が育たなくなる可能性があります。まさに今、次世代のクルマおよびそのサービス実現に向けたデータセンター等への投資が必要であり、逆に国内に大規模データセンターに投資可能な産業はクルマ産業以外にはないともいえる状況です。

## 7. まとめ

まとめますと、ICT の指数関数的な成長で、すでにクラウド上に人工知能が宿り始めました。自動運転は人工知能を利用しないと実現しません。その人工知能は ICT 発展の賜物であり、日本の産業における大黒柱の一つであるクルマ会社が早急に ICT に投資をしなければ、国内で技術が育たずクルマ産業のみならず日本の他の産業も弱体化します。逆に、国内のクルマ産業の経済規模の大きさからして

主導的に今後の産業に必要な ICT 技術を高めることが可能です。このように他産業への波及効果も考え、クルマ産業での ICT 投資が非常に重要になってきています。

## 略歴

---

### 野辺継男 (のべ つぐお)

1983 年 4 月 NEC 入社、IBM 互換 PC 海外事業立ち上げ後、国内製品技術、国内外で各種プロジェクト立ち上げ（ビデオオンデマンド、地上波・衛星データ放送システム、テレビ会議システム、各種インターネット利用技術等）2000 年 12 月退職。

2001 年 8 月国内最大級のオンラインゲーム会社をソフトバンクの子会社として立ち上げ、その他複数ベンチャーの立ち上げ、CEO 歴任。2004 年 3 月退職。

2004 年 4 月日産自動車入社、ビークル・インフォメーション・テクノロジー事業本部設立、プログラム・ダイレクター、チーフ・サービス・アーキテクト、GM 兼任。2012 年 3 月退職。

2012 年 4 月インテル入社、事業開発・政策推進ダイレクター兼チーフ・アドバンストサービス・アーキテクトとして自動運転を含むクルマの ICT 化を担当。

2014 年 5 月兼務 名古屋大学未来社会創造機構客員准教授。

現在に至る。