

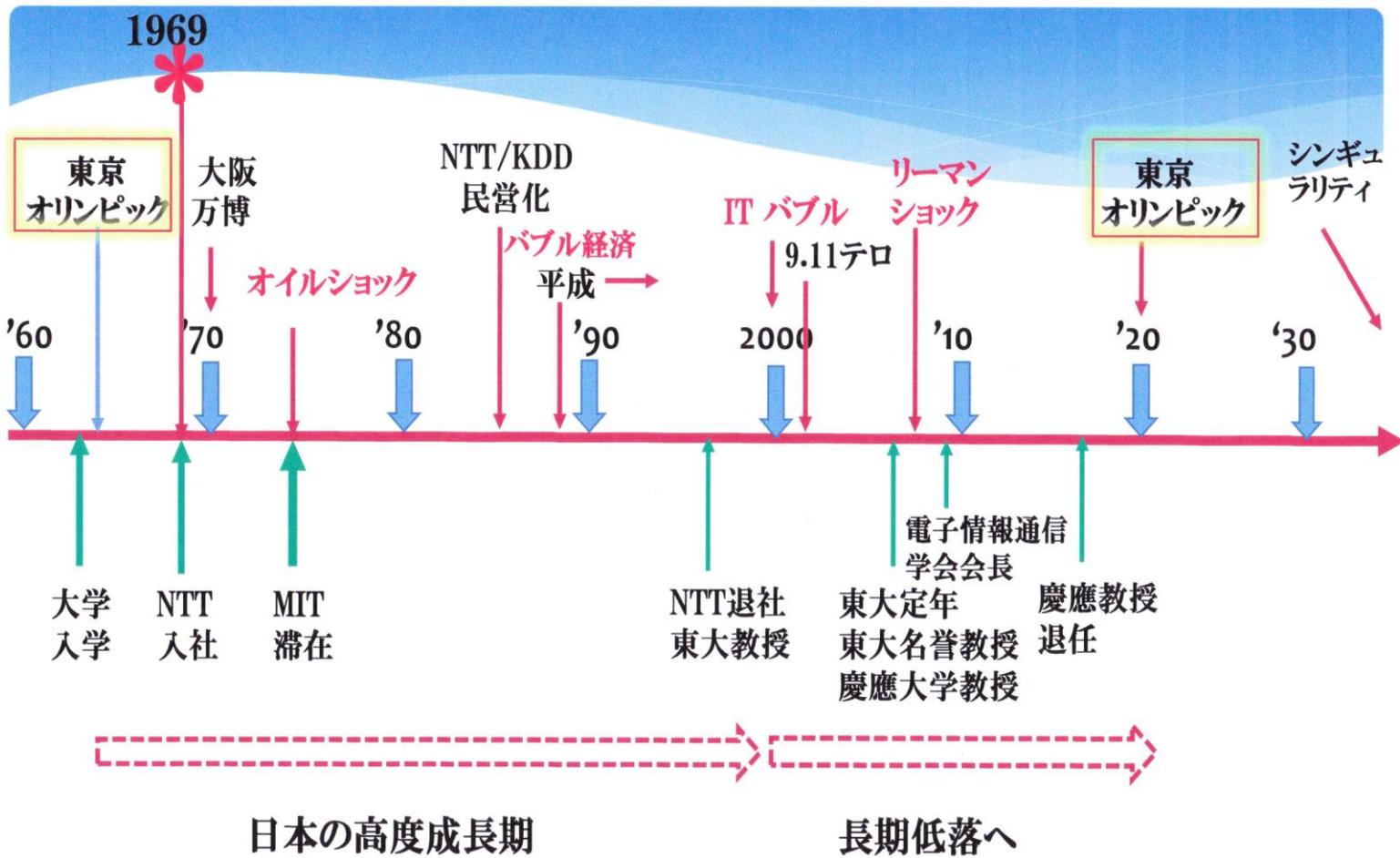
情報通信ネットワークの温故知新

▶ デジタル津波の来襲

▶ 2023年4月25日

▶ 青山友紀

▶ 東京大学 名誉教授



略 歴

- 1969年 日本電信電話公社（当時）入社
以降電気通信研究所で通信・ネットワーク技術の研究開発に従事
- 1973年 MIT Visiting Scientist (1年間)
- 1995年 NTT光ネットワークシステム研究所長
- 1997年 東京大学工学系研究科教授
- 2006年 東京大学を定年退職、東京大学名誉教授
慶應義塾大学DMC研究機構教授
- 2017年 慶應義塾大学理工学部訪問教授を退職
- 2018年 特定非営利活動法人 ブロードバンド・アソシエーション理事長

日本学術会議会員（2005年ー2011年）

電子情報通信学会第86代会長（2009年度）

IEEE Life Fellow, 電子情報通信学会名誉員・フェロー

いくつかのNPOを立ち上げ、会長を務める。（例、DCCJ, PIFなど）

創立者の一人としていくつかの国際会議を立ち上げる。（ISPACS、COIN, APCCなど）

受賞歴：直近では IEEE Masaru Ibuka Consumer Electronics Award 2019を受賞

1969年1月19日

安田講堂封鎖解除



攻める機動隊4000 守る学生400 煙と水に包まれた安田講堂はまるでこの日のために作られた城の観さえあった

一月十九日午後五時すぎ、占拠学生を排除しながら機動隊は時計台をじりじりと四階まで攻め上った。屋上には赤と青のヘルメットが五十ほど。時計台放送は「東大関係者がおよび報道陣の諸君、近代装備の機動隊に対して、素手に近いわれわれが、なぜこのような戦いをしなければならなかったかという原因を考えてほしい……」と絶叫する。

五時四十分、インターナショナルを歌い終った学生たちは、暗い屋上でスプ濡れの屑を積みあけてデモを始めた。その後、機動隊員は厚い鉄の扉をうち破って屋上へ。抵抗をあきらめた学生は次々と検挙される。六時前、時計台の頂上で最後まで旗を振っていた学生が逮捕され、三十三時間に渡る安田トリデの攻防は終り、七カ月ぶりに東大

構内の全封鎖は解除された。東大構内の各建物の荒廃ぶりはすさまじかった。「素手に近い」力で、よくこれだけハデに荒せたものだと思わされるが、建物だけではないこの荒廃の中に、いつ新しい大学像が建つことになるのだろうか。

「安田城」陥落

一東大安田講堂 7カ月ぶりの占拠解除



1969年
7月21日

11時56分20秒（日
本時間）

アポロ11号月面着陸

1969年10月29日

“ARPANET”の最初のパケットが
転送実験される！（UCLA – SRI間）

“**LOGIN**”の5文字のうち最初の“**LO**”
2文字しか届かず！

これがインターネットの始まり

1969年 情報化社会の予測

2人の人物が工業化社会の次の社会の到来を予言した。

アラン・トゥレーヌ(仏)

脱工業化社会

林雄二郎

情報化社会

1969年は音楽の世界でも重要な年である！

- ・ **ビートルズの最後のライブ講演**
ルーフトップコンサート (1969.1.30)
- ・ **ウッドストック・フェスティバル (1969.8.15-17)**
ニューヨーク郊外に40万人を集めた
大ロックコンサート

ビートルズ (Beatles)

ギネスワールドレコーズに最も成功したグループアーティストに認定

ルーフトップコンサート



1969年

アップル社の屋上で映画のロケ

これが最後のケリラ・ライブ演奏

ジョン・レノン、ポール・マッカートニー、ジョージ・ハリスン、リンゴ・スター



1962年10月5日にイギリスにてデビュー曲「ラヴ・ミー・ドゥ」を発売

1966年 武道館公演

あらゆる分野でデジタルのキーワードが氾濫している

デジタル通信 デジタルコンピュータ
デジタルシネマズ デジタル放送

DX

デジタル庁 デジタル大臣

デジタルの語源 ラテン語の「指」 **digitus**

デジタル
離散

アナログ
連続

アナログからデジタルへ発展したのか？

宇宙の基盤

素粒子は離散
空間は連続

デジタル
アナログ

生物は離散

細胞
遺伝子

デジタル
デジタル

動物のコミュニケーション
音の伝搬

アナログ

人類の文字の発明

アナログの言葉を文字・記号として
デジタル化した

今から324年前 1696年のパリ

ライプニッツ デジタルの着想

“すべての数を1と0によって表す驚くべき表記法”を提案

王立科学アカデミーにはまったく理解されず論文誌にも掲載されなかった！

ライプニッツは非常に落胆し、“誰も予想しなかった卓越した用途があるはずだ”と語る！

それ以降多くの科学者・技術者が“卓越した用途”を創出し、
今後もそれを目指しているのである。

デジタル庁設立へ！（今頃？（驚くライプニッツ！））



最終講義

2006年2月23日





デジタルを求めて

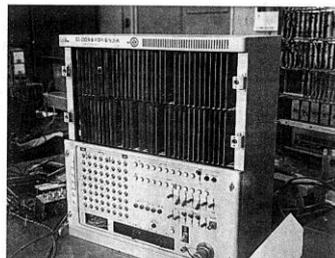
青山友紀

200 b/s FSK MODEM のDSP試作実験 (1970年)

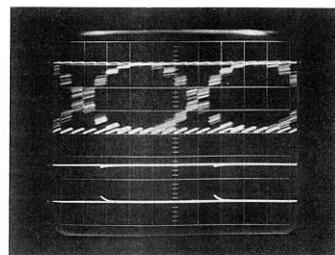
3

図3.25 デジタル信号処理による200b/s FSK MODEM試作装置
と復調波のアイパターン (昭和45年度試作)
諸元

変調速度	: 200 B/S
変復調方式	: FSK 周波数弁別方式
標本化速度	
キャリアバンド	: 8 kHz/CH
ベースバンド	: 2 kHz/CH
多重処理数	: 4チャンネル
IC総数	: 540個
	: プリント板65枚



(a) 試作装置の外観



(b) 復調波のアイパターン

デジタル演算により4チャンネルのFSK変復調を多重処理

FSK変調・復調 +
4チャンネル多重処理

世界初

ベル研が 300b/s FSKの受信側を1970年に試作したことがあとでわかった。

大久保栄教授(早稲田大学)談

青山氏が1960年代末に、電卓でモデムをつくると言っていてびっくりした記憶があります。

(青山は大久保教授が当時所属するNTT研究所のある研究室に1969年新入社員として所属)

DSPによる変復調の進歩

1970年

2013年

200b/s ⇒

100Gb/s (光デジタル
コヒーレント伝送)

43年で 5×10^8 の8乗倍

デジタル信号処理の通信とその応用への研究

MIT Visiting Scientist (1973-1974)

横須賀研究所基幹伝送研究部にDSP研究グループを設置 (1975)

4K デジタルシネマの開発 産官学連携のDCCJを設置(2001-2011)

ハリウッド映画業界への展開 NABに参画

東京国際映画祭においてデジタルシネマ上映のdigital TIFF を実施

4K超高精細映像のリアルタイム伝送実験

国内JGN2、日米間 太平洋横断光ファイバ伝送路

IEEE Masaru Ibuka Consumer Electronics Award (2019)

高柳健次郎賞 (2020)



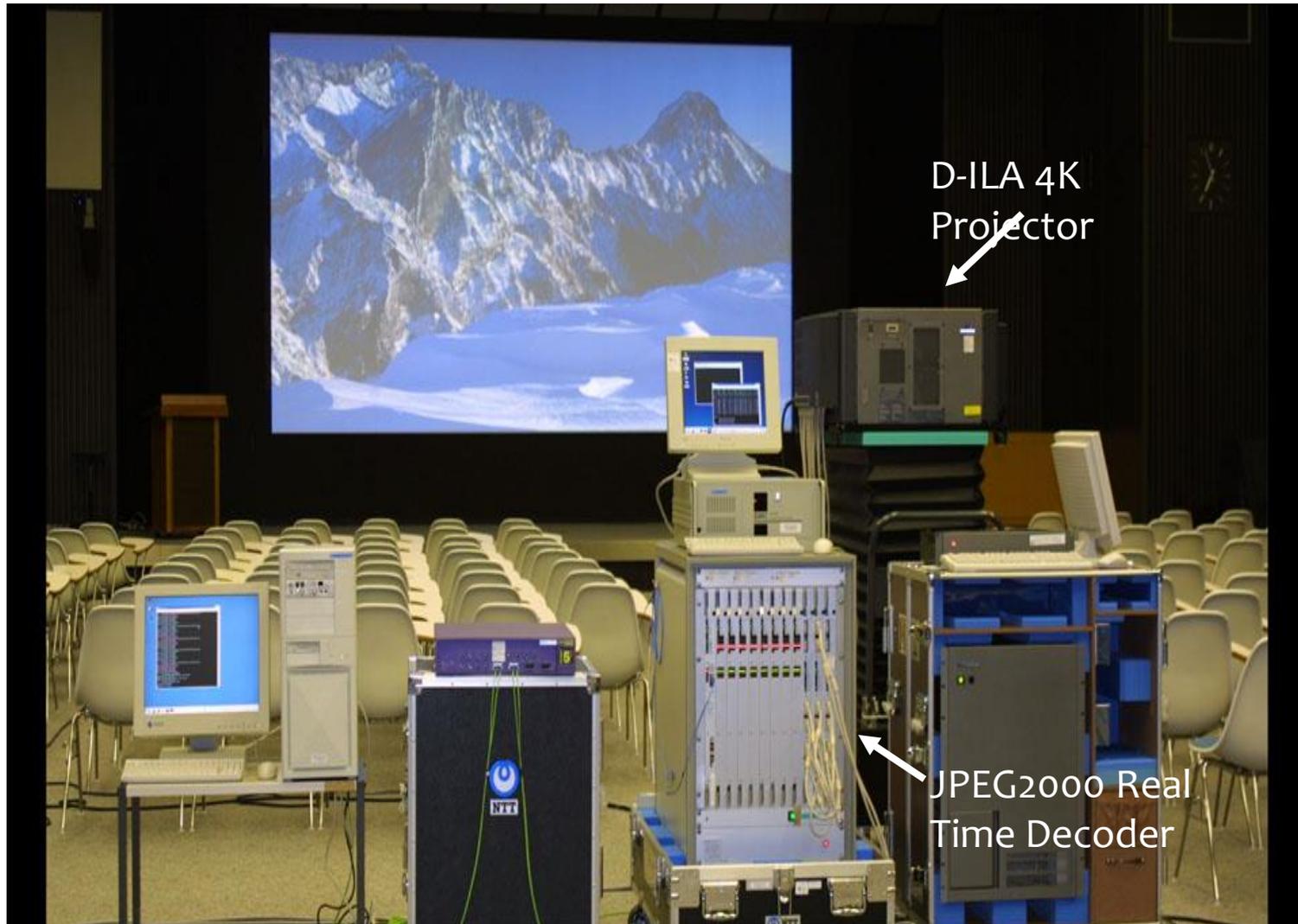
DCCJの記録

デジタルシネマ15年間の歩み

世界初 800万画素デジタルシネマプロトタイプシステム

2001
年

水平解像度 2000 走査線
垂直解像度 4000 画素(4K)





Scaling
The Heights
of Digital Cinema

4Kデジタルシネマに挑戦した活動のドキュメンタリー



真咲なおこ氏が率いたSKJ社が4KSHD研究開発とデジタルシネマへの適用の過程を「デジタルシネマの侍達」というドキュメンタリーとして2011年に制作し、神奈川テレビで放送し、CDも制作して販売した。

ハリウツドの要人達にもインタビューし、彼らがDCCJの4Kデジタルシネマへの貢献を高く評価していることがIbuka Award授賞への強力な支援となっていると思われる。



e 随 想

① (月1回)

東京大学教授

青山 友紀



ブロードバンドインタ

ーネット加入者が500万加入を突破し、いよいよ動画画像を含む大容量コンテンツがネットワーク上を流通する時代が開花しようとしている。私の世代はこの瞬間を30数年待焦がれてきた。私が当時の電電公社に入社し、新入社員研修で成城の中央学園に缶詰になったとき、入れ替わり立ち代り講演に現れた公社幹部は口をそろえて、「これからは広帯域通信の時代であり、間もなく各家庭にテレビ電話が付く、諸君

達新入社員はそれを支える技術の研究開発に邁進してほしい」と訓示した。研修では電話の1000倍の帯域を持つテレビ電話信号を伝送するためのネットワーク(もちろんアナログ)の施設設計をさせられた。光ファイ

積年の夢「ブロードバンド」

バなどまだ存在もしない時代に、同軸ケーブルやマイクロ回線をいくら引いても足りず、どうすればいいのだろうと途方にくれた覚えがある。翌年の大阪万博での電電パビリオンにはテレビ電話の端末が並び、その年に研究所に画像通信研究部が設立され、200人程の研究者が画像通信技術の研究に投入された。それから30数年間テレビ電

話が家庭に入ることほついになかった。

一方、その間の通信技術の革新は予想をはるかに超えるものであり、光ファイバが開発され、ネットワークはオールデイジタル化されてISDNが商用化された。そしていよいよ次はB-ISDNの時代であり、多様な広帯域サービスを一元的に提供する広帯域ネットワークの研究に多くのリ

口といえるのか、と恥じるほかはない。もちろん反省すべきは私達だけではない。世界の誰も正確に今日を予測しえなかった。

私たちは今日ビジネスや日常生活でインターネットと携帯電話という2つの通信手段に依存し、そのいずれもが次世代はブロードバンドを目標にしている。30年間電話網に期待し続けて果たされなかった広帯域の夢がついに実現されるのか、あるいはインターネットと携帯電話が融合一体化した新しいパラダイムのネットワークの登場までさらに待たされるのか、ここ数年の進展であきらかになるであろう。私達は今実にスリリングな時代を迎えている。

69年電電公社入社、NII光ネットワーク・システム研究所所長などを経て97年から現職。工学博士。

自動車部員として東京オリンピックの報道を行う海外の新聞記者やアナウンサーを会場に運ぶボランティアを行う！



オリンピックのもたらす社会の進歩を体験した。

e 随 想 36

東京大学教授

青山 友紀



大学2年生であった1964年の東京オリンピックで、外国のプレスを車で会場に運ぶアルバイトをした私は、マイカーを持つということが国民の夢であった時代から40年間車の運転をしてきた。開通まもなくの首都高を羽田まで初めて運転したときの感激、東名高速がまだ無い時代に四国まで車でいったとき、初めて名神高速を飛ばしたときの快感を今でも覚えている。当時の国産車はオートマチックではなく、ギアのシフトダウンが難しくダブルクラッチなどの運転テクニックを競ったものである。就職後初めて中古車を

購入してマイカーを持つて以来、5台目の車を15万円ほど乗りつぶして、6台目をどの車にすべきかしばらく迷っていた。もちろんベンツや話題のレクサスなどの高級車を買う余裕はまったくないし、毎日のように車を乗る回数私にはスポーツカーやR1EVは不要である。そしてついにハイブリッド車を購入することにした。ハリウッドのスターが競って乗っている話題性に引かれたわけではなく、ガソリンとエレクトロを組み合わせて走らせる、新しい内燃機関のパラダイムシフトに興味があったからである。ハイブリッド車が実用化された背景には、それが求められるニーズと経済的許容範囲とそれに応える技術革新が存在する。ニーズはかつてよく言えば地球温暖化防止な

ハイブリッド車に乗ってみよう

どの環境問題に貢献できる車と、いつまで映画スターなどが好むのはその姿勢が話題になるからである。地球環境に貢献するには車を持たないのが一番である。そういう高邁なほなしではなく、もっと切実な理由はガソリンがますます高騰するので、できるだけ燃費を節約したいからである。ハイブリッド車に乗り換えてから4カ月ほどになるが、ガソリン消費量は悪くて18km/L、高

速道路では20km/Lほどになっている。燃費は前の車の半分に抑えられており、ガソリンスタンドに行く回数が減った。ガソリン代がもっと上がれば私の買い替えは大成功だな、という不埒な思いが頭を擽けて困ったものである。ガソリンエンジンとモーターを使い分けるコントロールを、マニュアルで行なわねばならないとするとこのような燃料消

費の効率化は不可能である。加速、減速、一定速度走行、道路の状況や傾斜、などを勘案してエンジンとモーターを最適に選択して切り替えるコントロールは高度なコンピュータ制御による。そのプログラム総容量は専門家が正確な情報を得たわけではないが100万行を超えると聞いたことがある。今エンジンが駆動しているのか、モーターが駆動しているのかは運転している人と良くわかるし、ディスプレイにも表示される。歩行者と車が混在する細い道路を低速で走行する場合はモーターで駆動するので、ほとんど車が走行する騒音が出ないためだれも後ろに車が迫っていることに気がつかない。エンジンの騒音も安全走行には必要であると感じられる。モーターで車を駆動するには容量の大きなバッテリーが必要であり、ガソリンで走行中に充電する必要がある。このようなバッテリーを小型化、経済

化、高信頼化、長寿命化することが必須である。その要求条件がユーザにとってどの程度満足されているかは、私自身のこれからの経験に待たれる。ハイブリッド車を購入したことを後悔することがないように祈っている。 機構や仕組みの違つものを組み合わせるハイブリッド技術は電気・電子・通信・コンピュータ分野で過去さまざまな方式が研究開発されてきた。それらを総体的に概観するとハイブリッド技術は過渡的な解決法であり、いずれのシナブルな方式に置き換えられる運命にある。ハイブリッド車がいずれ電気自動車に置き換わる過渡的な車である可能性はあるが、それが10年後か20年後になるのかでハイブリッド車の歴史的価値が決まるであろう。 69年電電公社入社、NTT光ネットワーク・システム研究所所長などを経て97年から現職、工学博士。

デジタルトランスフォーメーション (DX)

2025年の崖

ICTの全領域への適用

医療、教育、エンタメ、販売、出版
農業、建築・土木、スポーツ、
デジタルエコノミー
シェアリングエコノミー

ソサイエティ5.0時代の課題

セキュリティ
プライバシー

社会を構成する2つの基本アーキテクチャ

集中

分散

政治

中央政権・独裁政治

地域政権・民主政治

経済

中央銀行通貨

仮想通貨ビットコイン

生活エネルギー

電力・ガス

まき・石炭など、自家発電

水

水道

井戸、池、川 など

ネットワーク

電話網

インターネット

コンピュータ

メインフレーム

パソコン、タブレット

閉鎖的・不公平的

オープン的・公平的

中国共産党のスタート



ポスト情報化社会とは？

農業社会 ⇒ 工業社会 ⇒ 情報社会 ⇒ ?? 社会

食物のフラット化

物のフラット化

情報のフラット化

???.のフラット化
???.は知能か !

日本のV字回復に向けて

高度成長期

世界に通用する物とそれを製造する技術を保有(物造り立国、電子立国)
均一的な人材とそれを育成する教育・研修
長時間労働・終身雇用
職場での製造手法改善
追いつき・追い越せのマインド
科学基礎研究の実施(ノーベル賞へ)
ガラパゴス的規格・製品

ポスト情報社会

ICT人材の育成、グローバルに要員確保
初等・中等教育からプログラミングなどのICT教育
理系人材に対する処遇改善(雇用期間、給与向上)
研究開発投資の増加(大学および企業)
大学発ベンチャーの増加・育成
異業種連携による新しいマーケット創出(MaaSなど)
集中から分散、分散から集中、の転換によるパラダイムシフトをキャッチしそれを可能にする
アーキテクチャを実現する(ブロックチェーンなど)
日本文化を表現するデジタルコンテンツをクリエイイトし、グローバルに発信する

現代のX種の神器

AI

5G

量子コンピュータ

IoT

4K/8K VR/AR

IOWN

脳

神経網、血管網

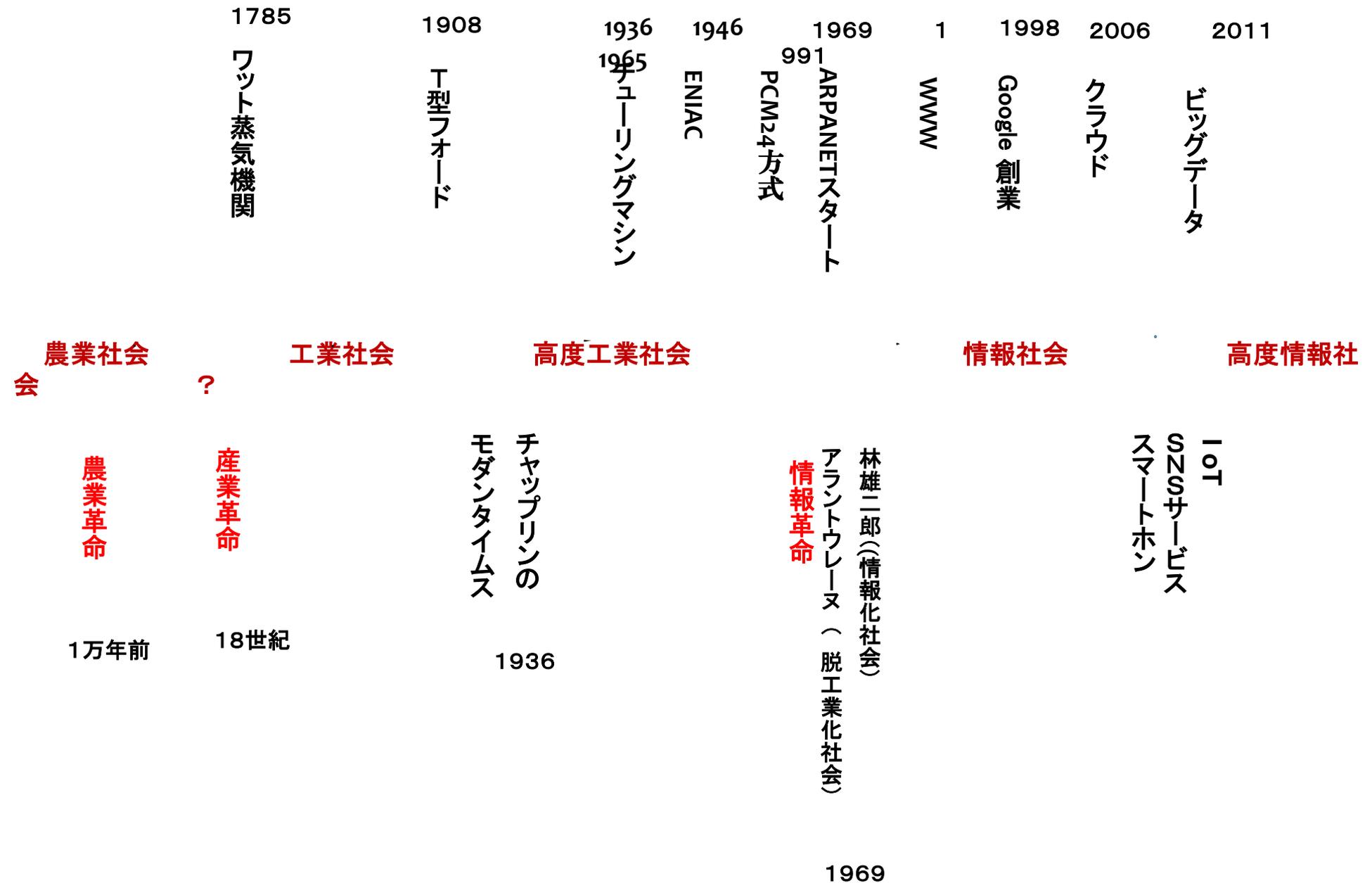
細胞

神経

目

全体の肉体

人類社会の3大革命の年表



≡ 世界最先端のIT国家実現のキーテクノロジー ≡

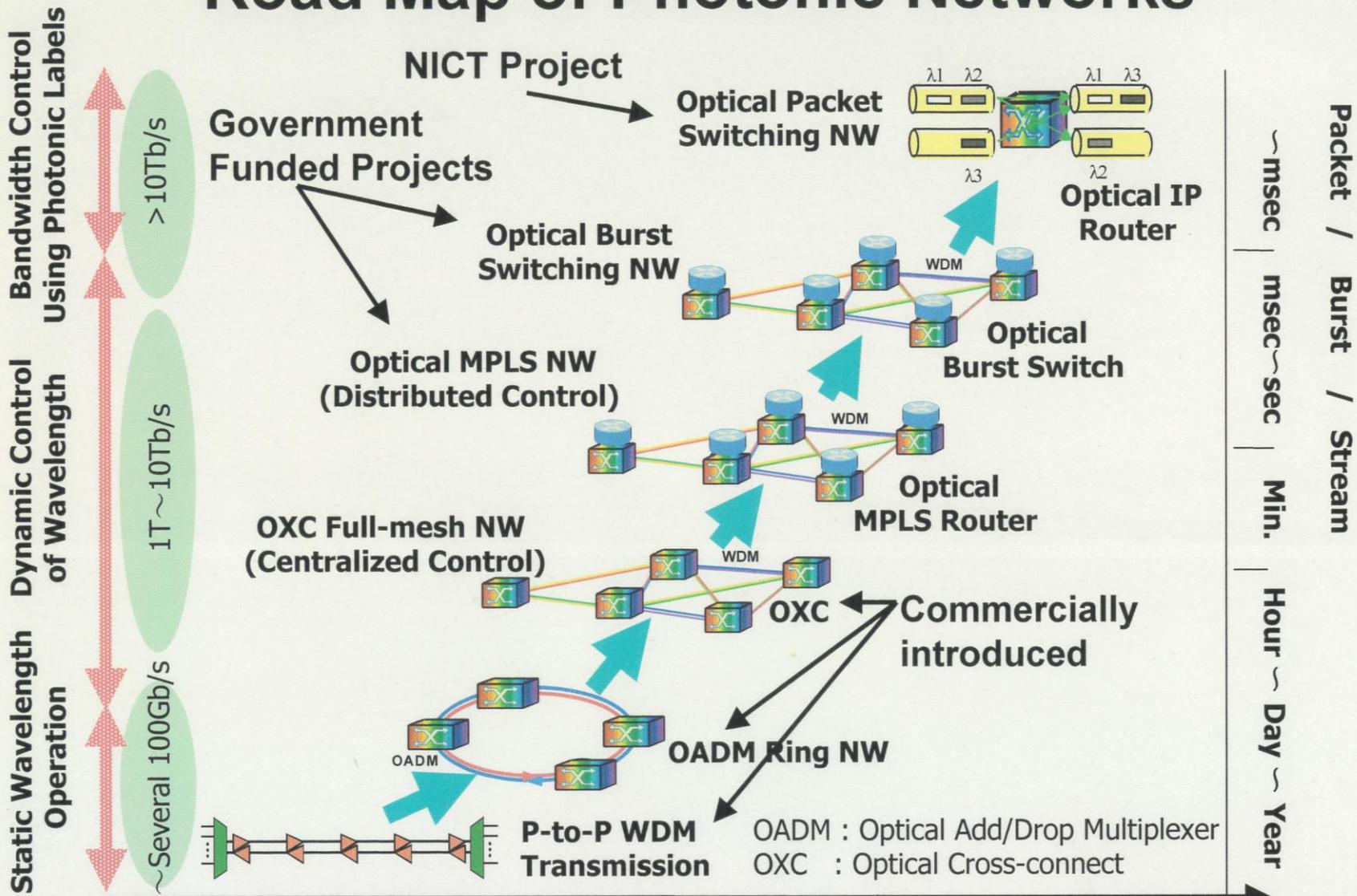
フォトニク ネットワーク革命



平成14年1月

超高速フォトニックネットワーク開発推進協議会

Road Map of Photonic Networks



2001 2005 2010 ~

Year

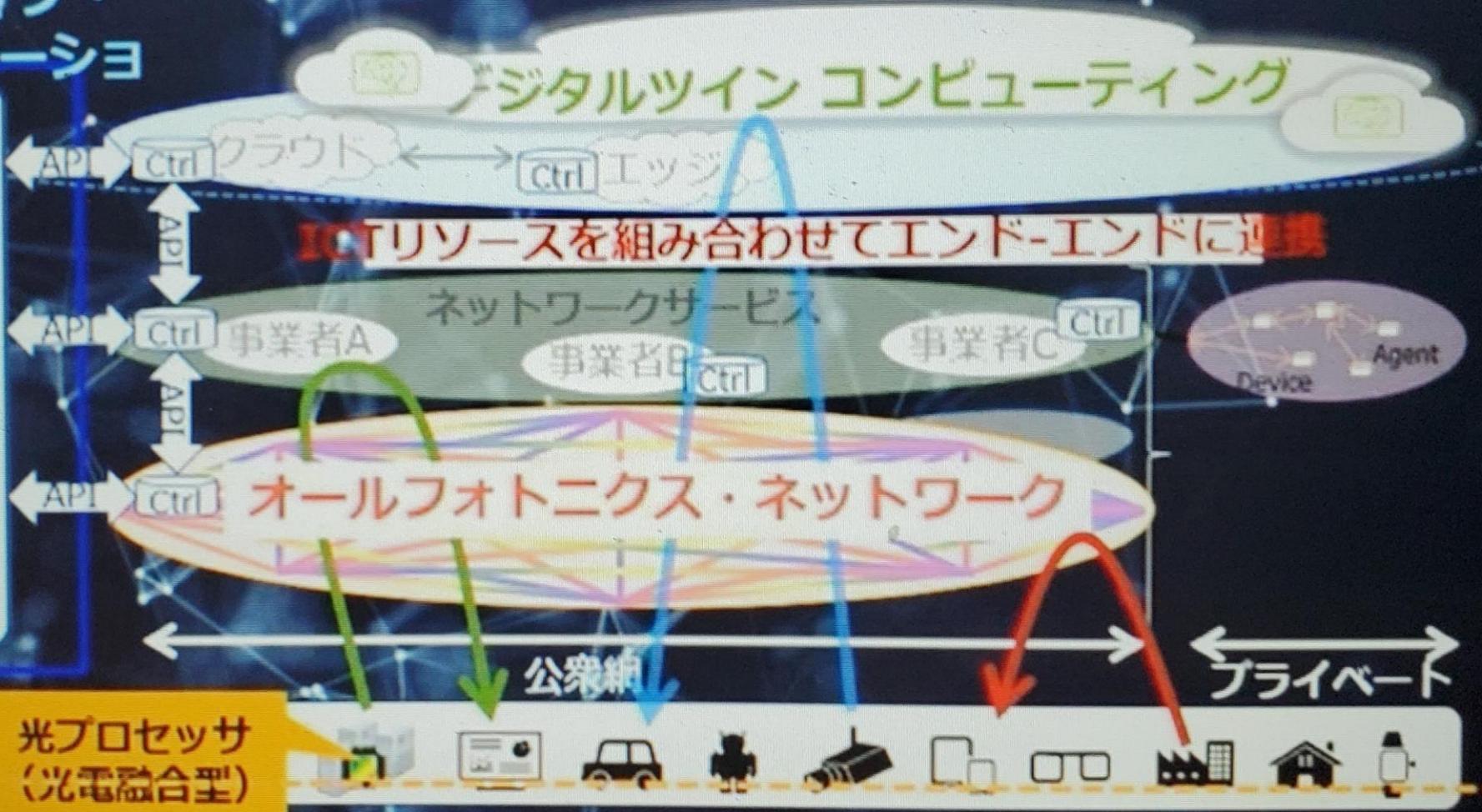
What's IOWN?

Innovative Optical and Wireless Network (IOWN: アイオン) 構想

コグニティブ・
ファウンデーション

迅速なICTリソースの配備と
構成の最適化を実現

マルチオーケストレータ



ローカル5Gの利用分野

- ◆ローカル5Gは企業や自治体等が周波数を取得できることから、既存ネットワークではなし得なかったサービスの提供や、地域および産業の個別ニーズ対応を実現
- ◆それぞれのニーズに基づいた小規模ながら高度な通信環境の構築が可能となり地方創生に大いに貢献するものと期待





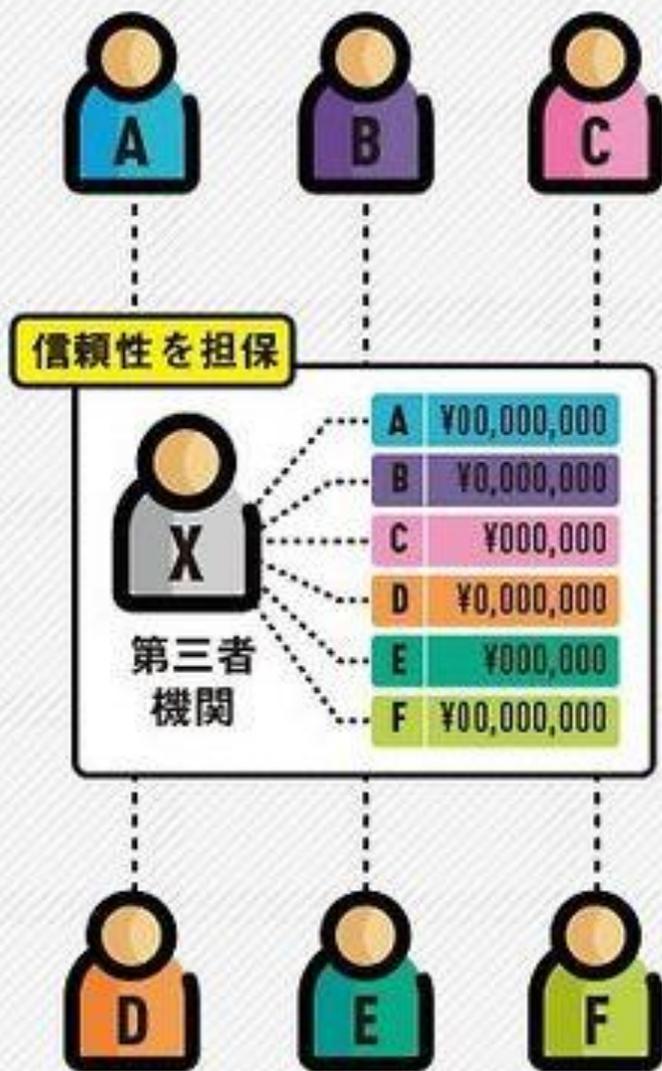
多様なユースケースの創出



※ 「ローカル5Gオープンラボ」は現在商標出願中です

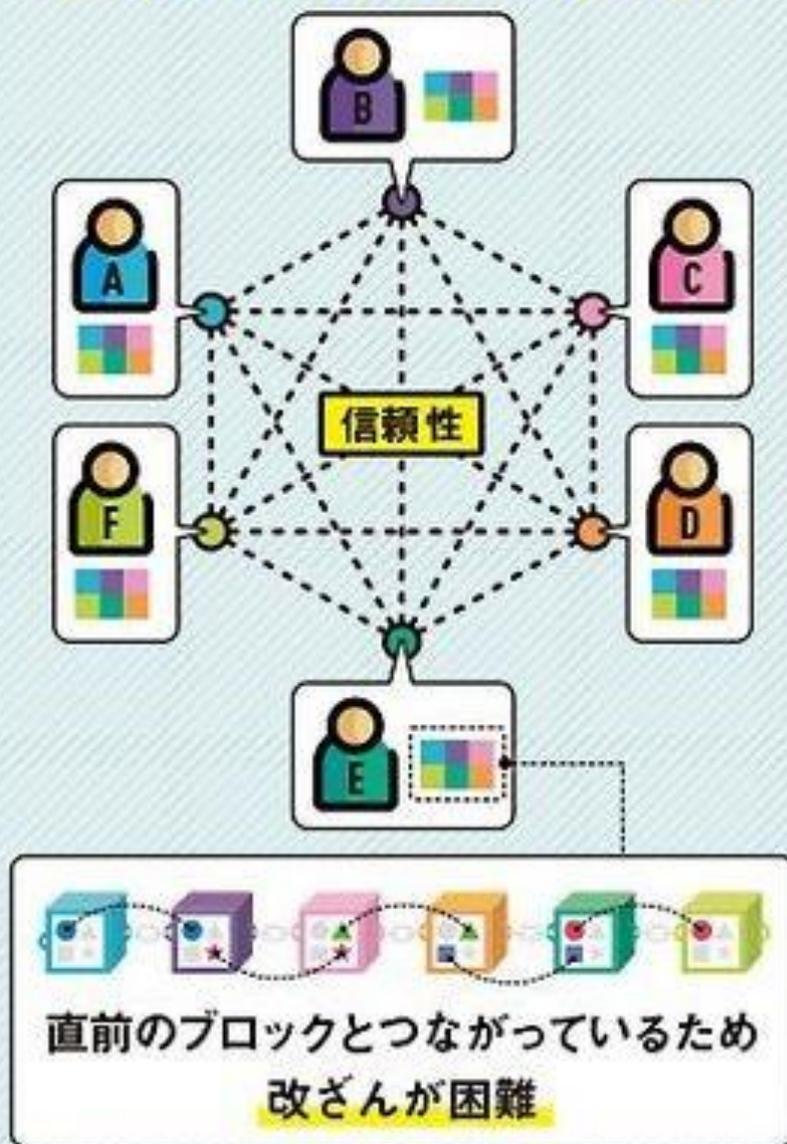
従来の中央集権的なしくみ

第三者機関が取引履歴を管理

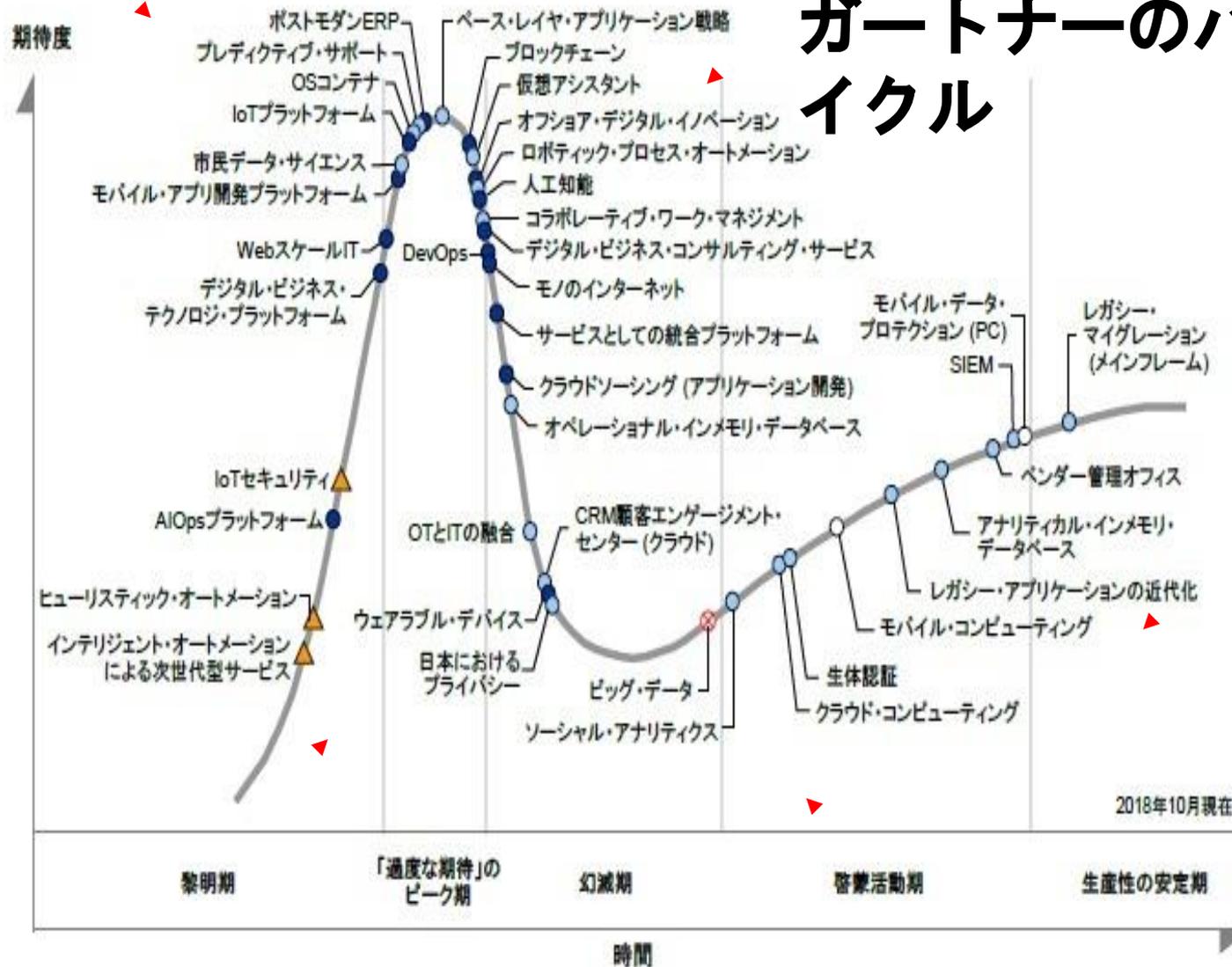


BLOCKCHAIN ブロックチェーン

全員がすべての取引履歴を共有



ガートナーのハイプサイクル



AI Artificial Intelligence

人工知能

コンピュータによる人間の知能の実現

ホットな話題

キャッチフレーズ

バズワード

AIブーム

AIの栄枯盛衰

第1次AIブーム

第2次AIブーム

第3次AI

冬の時代

冬の時代

米政府助成の研究開発推進

米政府助成プロジェクトの消滅

第5世代コンピュータプロジェクトの推進

大研究プロジェクトの終結

IBM Watson
アルファ碁
自動運転
様々な業種にAIの適用
Google アシスタント

ChatGPT

1956年
ダートマス会議

MITの人工
知能研究

1982-1992年
に570億円の
予算を経産省
が提供

1950

1960

1965

1970

1980

1990

2010

2045

ニューラルネットワーク
パーセプトロン
機械学習
(チューリング、ミンスキー)

エキスパートシステム
知識工学

ディープラーニング
深層学習
(2006年 ヒントン)

シンギュラリティ

最もホットなバズワード

ChatGPT

- 青山友紀という人を教えてください。
- 申し訳ありませんが、私は青山友紀さんについての情報を持っていません。私はOpenAIが開発した大規模な言語モデルであり、最新のニュースや情報を常に学習していますが、私に与えられた情報の範囲内でのみしか回答できません。もし青山友紀さんについての具体的な情報があれば、お答えできるかもしれませんので、お知らせください。
- 東大名誉教授です。
- ありがとうございます。青山友紀さんは、日本の東京大学の名誉教授であり、地球惑星科学の研究者として知られています。主に火山学、火山噴火の予測、地震学、プレートテクトニクスなどの分野で活躍されてきました。また、科学技術振興機構(JST)の理事や、日本地球惑星科学連合の会長を務めたこともあります。青山さんは、国内外の多くの賞を受賞しており、日本の科学技術分野に大きな貢献をされた方です。

青山友紀(あおやまとものり)氏は電子情報通信工学の専門家です。

おっしゃる通り、申し訳ありませんが私の前回の回答が誤りでした。青山友紀氏は、電子情報通信工学の専門家で、特に光通信分野での業績が評価されています。光通信においては、高速かつ高品質なデータ伝送技術の開発に貢献し、その成果が産業界でも応用されています。青山氏は、東京大学の名誉教授であると同時に、日本学術会議会員、電子情報通信学会のフェロー(Fellow)など、多くの団体で活躍されています。先程の回答が誤りでしたこと、深くお詫び申し上げます。

Singularityとは何か？

ホモデウス

宇宙誕生 → 物質の進化 → 生物の進化 → 知能の進化 → AIの進化 → 神？

えっ！

(青山流妄想)



長寿を迎えて

還暦 大学研究室より赤いちゃんちゃんこ！

古希 認知症によるバンジージャンプ ！

傘寿 どうする80歳を迎えて ？

青山・森川研 夏合宿 2003年 8月



サプライズ

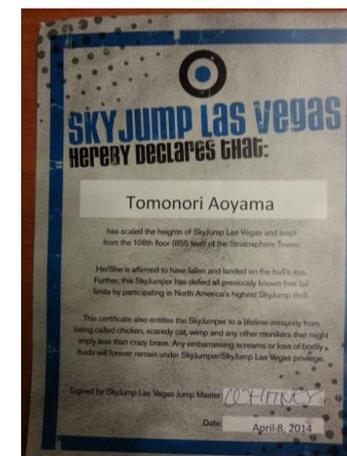
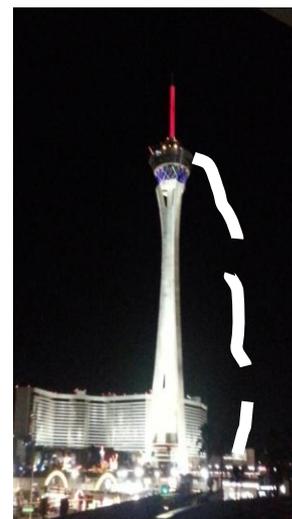
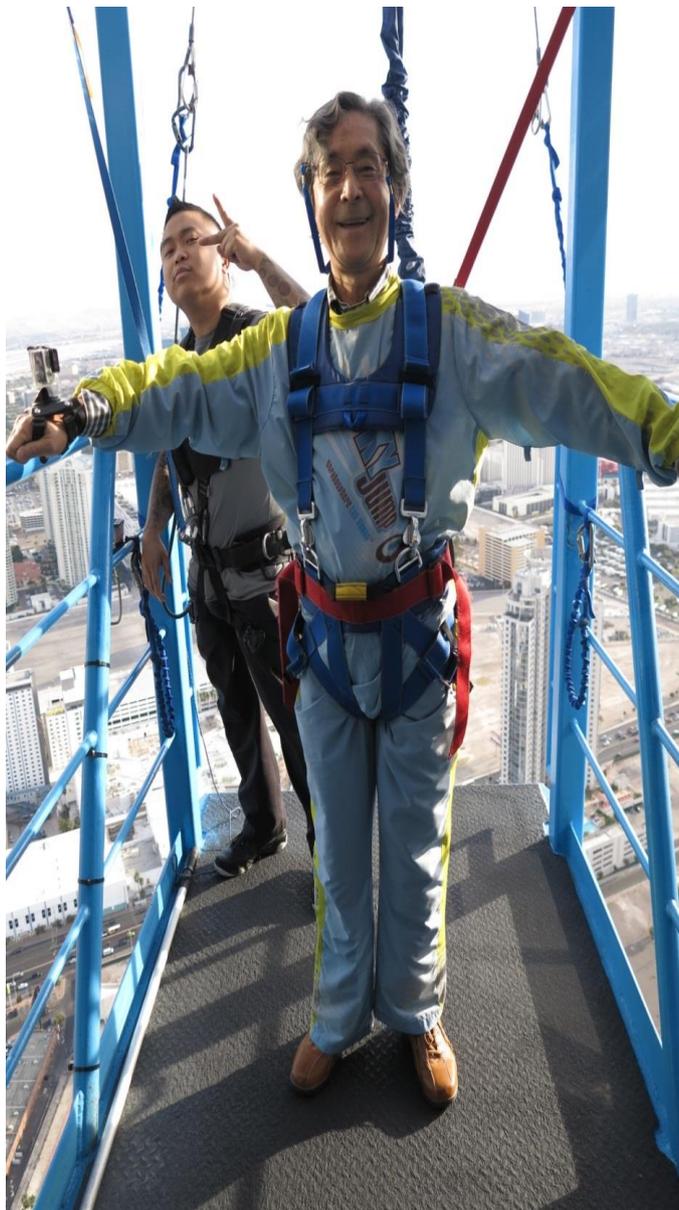
還暦の赤いチ
ヤンチャンコ

いつまでも元気で ! 古希のイベント

Bungy Jump !
バンジージャンプ

高さは260m ! 北米第1

ラスベガスのストラトスフィア
タワーの展望台よりジャンプ
し地上に着地



青山友紀

ジャンプの認定書

18才と81才の違い

- 恋に溺れるのが18才。風呂で溺れるのが81才
- 道路を暴走するのが18才。道路を逆走するのが81才
- 心がもろいのが18才。骨がもろいのが81才
- 偏差値が長になる18才。血圧血糖値が長になる81才
- まだ何も知らない18才。もう何も覚えていない81才
- 自分探しをしている18才。皆が自分を探している81才
- お手入れで虫歯ゼロの18才。入れ歯から虫歯ゼロの81才

EN 08 鎌倉高校前
Kamakura Kōkōmae

EN 07 腰越
Koshigoe

EN 06 江ノ島
Enoshima

EN 05 湘南海岸公園
Shōnan Kaigan Kōen

EN 04 鵠沼
Kugenuma

EN 03 柳小路
Yanagikoji

EN 02 石上
Ishigami

EN 01 藤沢
Fujisawa

JR線
 小田急線

 藤沢乗馬クラブ

インハウス 室内馬場完備

TEL 藤沢市善行5-14-6

小田急線「善行駅」徒歩8分 P有り

TEL.0466-81-1381

藤沢乗馬 検索

クラブ会員募集中




66-53-9722

馬田 誠

中央法律事務所

藤沢1区藤1号 エバース第10藤沢ビルII 5階



抗ウイルス
 抗菌
 施工済

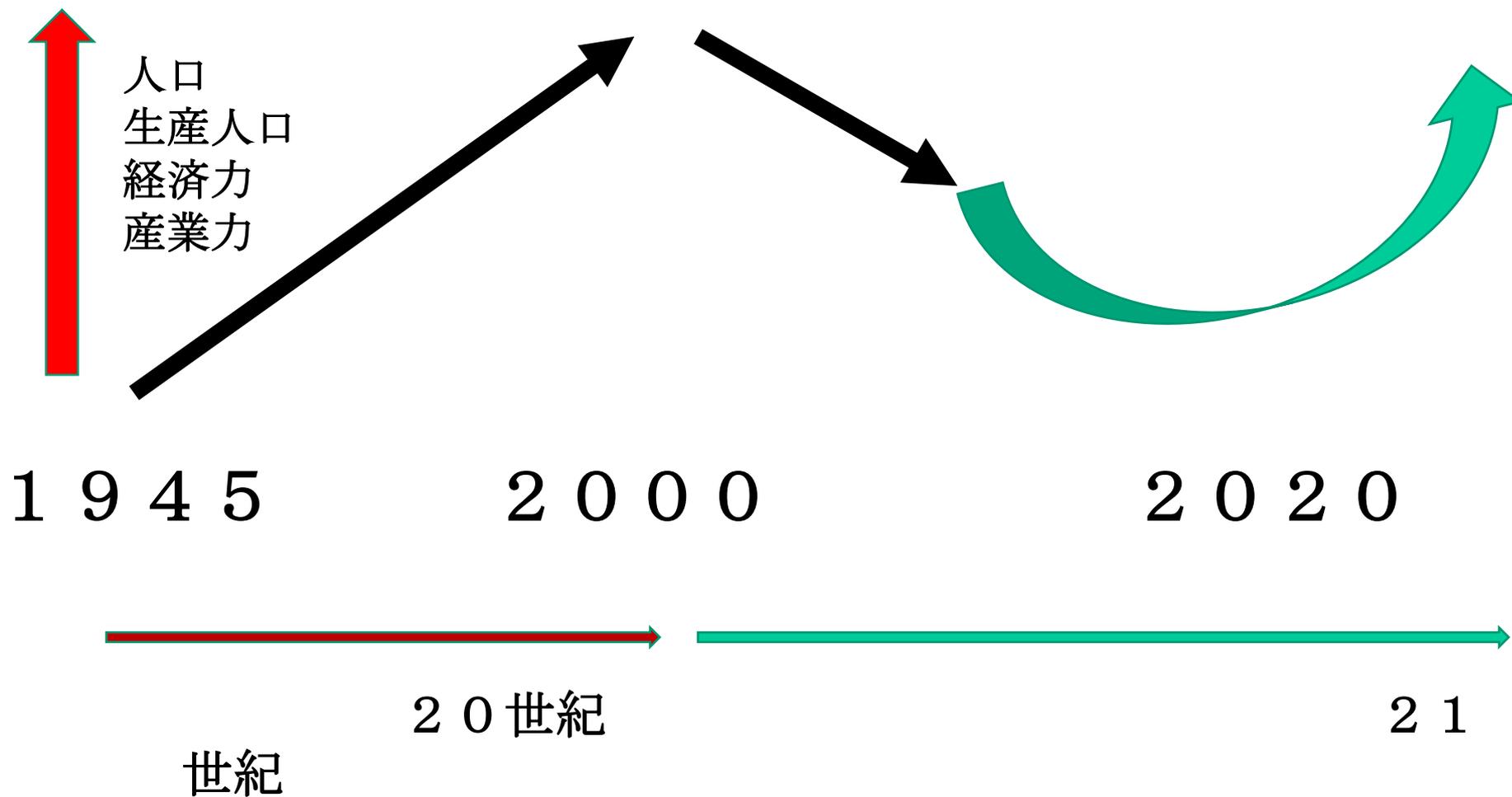
Anti Virus & Bacteria Coating



諸君へのアドバイス

- **卒論**は極めて重要であり、全力で取り組み
- 出だしの**3年間**が勝負
- 5年で一つの**専門を獲得**
- 外に出る場合はその後が望ましい
- **学会**には加入しろ
- 30歳前半までに**海外を経験**しろ
- **英語**は必須、相手は日本人でないから
- 常に周囲に外に**アンテナ**を張れ

国の総合力



学会には加入すべし

IEEE: 40 数万人の会員を有する世界最大の工学系学会：日本人会長が誕生

国内学会：電子情報通信学会
情報処理学会
映像メディア学会
応用物理学会など

存続に向けて

HOW MANY OF THESE CITIES HAVE YOU VISITED?

NEW YORK

TORONTO

TOKYO

BANGKOK

MELBOURNE

MUMBAI

HONG KONG

BEIRUT

CAIRO

MOSCOW

LONDON

MUNICH

ROME

COPENHAGEN

BERLIN

MILAN

KIEV

LOS ANGELES

SAO PAULO

ISTANBUL

MONTREAL

BEIJING

SINGAPORE

ABU DHABI

CASABLANCA

DUBLIN

PRAGUE

BARCELONA

AMSTERDAM

BUDAPEST

ATHENS

MANILA

LAS VEGAS

VANCOUVER

JAKARTA

SHANGHAI

CAPE TOWN

STOCKHOLM

PARIS

VIENNA

GLASGOW

OSAKA

TAIPEI

MIAMI

SANTIAGO

SEOUL

DUBAI

LAGOS

WARSAW

LISBON

AUCKLAND

HANOI

HONOLULU

PERTH

NEW DELHI

RIO

CHICAGO

ZAGREB



LISTEN ON
 iHeartRADIO

ご清聴ありがとうございました

青山友紀