

インテリジェント化が加速するＩＣＴの未来像に関する研究会

第３回 議事次第

日時：平成 27 年 4 月 6 日(月) 16:00～18:00
場所：中央合同庁舎 2 号館 11 階 総務省第 3 特別会議室

1 開 会

2 議 事

(1) 構成員からの発表

○株式会社ＮＴＴデータ 代表取締役社長 岩本 敏男
「ICT のインテリジェント化と今後のビジネス」

○東京大学先端科学技術研究センター 教授 森川 博之
「あらゆるものごとの『データ化』とその利活用の展望」

○インテル株式会社 代表取締役社長 江田 麻季子
「ICT インテリジェント化時代におけるグローバル社会での成長に向けて」

(2) 意見交換

3 閉 会

【配布資料】

- 資料 1 岩本構成員 ご発表資料
- 資料 2 森川構成員 ご発表資料
- 資料 3 江田構成員 ご発表資料
- 資料 4 第 2 回研究会議事概要

2015 年 4 月 6 日

資料 1

「インテリジェント化が加速する ICT の未来像に関する研究会」（第 3 回）

ICTのインテリジェント化と今後のビジネス

株式会社 NTT データ 代表取締役社長 岩本 敏男

AGENDA

- ICT のインテリジェント化
- 労働に係る将来展望
- 我が国の競争力強化に向けて

●ICT のインテリジェント化

- 我々は「農業革命」、「産業革命」に続く「情報通信革命」の真っ只中にいる
- 「Intelligence」とは判断の源となる情報
- 「情報の 3 階層」
 - ・ 「Data」→（フィルター）→「Information」→（フィルター）→「intelligence」
 - ・ Data：世の中で起こる膨大な事実
 - ・ Information：データに意味を持たせ、分析・評価の対象となるもの
 - ・ Intelligence：意思決定をする源泉となるもの
 - ・ 同じ「Information」を得ても行動は違う。「Intelligence」によって異なる
- ビッグデータとは？
 - ・ 様々なものがアナログからデジタルへ移行
 - ・ 「IoT」に代表されるデバイス数の増加
 - ・ データ量の増加
 - ・ データの種類の変化（非構造化データの増加）
- ビッグデータはそのまま「Information」にはならない。ICT という「触媒フィルター」が必要
- 「三大要素技術（CPU、ストレージ、NW）」の指数関数的な進化によりビッグデータを活用可能に。
- ICT によって得られる「Information」→「万物の可視化」（推測から事実へ）
- さらに精緻な Information から ICT は判断に資する情報の精選を行い、「intelligence」を瞬時に生み出す
（例 1）トラフィック・コントロール

（例２）「中国 吉林市における渋滞解消実験」

- ICT は更に進化し、「行動・判断」まで実現（自動運転車など）
- 「SMAC」から「Digital」へ
 - ・ “IoT”（３大要素技術の進化、デバイスの進化（デバイスのインテリジェント化））
 - ・ 情報通信革命
 - ・ あらゆる世界で ICT を活用（業種・業界の枠組みも変わる）
- デジタルユニバース・・・インターネットで接続された新しい世界（⇔リアルワールド）
- エッジヘビーデータ
 - ・ データが生成される側（エッジ側）のデータ量 > データを分析する側（クラウド側）のデータ量
 - ・ リアルタイム処理を行うためには、クラウドでの集中的な処理だけでなく分散処理もあるのでは？

●労働に係る将来展望

- 調査レポートでは？
 - ・ AI やロボティクスが仕事に与える影響は？ 減る：増える・変わらない＝48%：52%
 - ・ ビジネスプロセス上の労働者が半分になり、デジタルビジネスに関する仕事は５倍になる
- 過去に起きた機械化ではどうだったか？
 - ・ 「製造業」を離れた労働者は、「サービス業」にシフトをした
- コンピュータの計算能力は人間を超えはじめている
- 人間の脳については多くのことが解明されたが、まだ研究が必要
- コンピュータが人間としての「判断」をするには、脳科学と人工知能の分野がより連携をする必要があるのでは？
- AI の暴動を制御できる仕組みも考える必要がある
（例）フラッシュ・クラッシュ

●我が国の競争力強化にむけて

- ICT に何を期待しているか？
 - ・ 日本企業： 業務効率化、コスト削減
 - ・ 米国企業： 製品やサービス開発強化、ビジネスモデル変革
- ICT 投資の重要性
 - ・ 「極めて重要」と回答した割合： 日本（16%）<米国（75%）
- ICT 投資額
 - ・ 米国の ICT 投資額は近年大幅に増加。日本との差は拡大傾向
- ICT 人材の所属先

- ・ 日本： ICT ベンダー側に 7 割
- ・ 米国： ユーザ企業側に 7 割

<●我が国の競争力確保に向けた課題>

- ◇ ICT は日常生活や社会で必要不可欠に。
(製造・流通・ユーティリティ・農業・政治・芸術・スポーツ・宗教・介護 など)
- ◇ 「デジタル世界」 → ICT の力でビジネスが変わる (変化は突然くる)
- ◇ 日本における ICT 投資を「守りの ICT 投資」から「攻めの ICT 投資」へ変える必要がある
- ◇ そのためには CEO の ICT への理解向上が必要
(ICT が事業へ与えるインパクトを理解し、判断を行っていく必要がある)
- ◇ 日本：「企業×ICT ベンダー」の共創モデル
(当社取組事例：NTT DATA Technology Foresight)

(参考)

●NTTDATA Technology Foresight 2015

<情報社会トレンド>

- 個の影響力拡大が社会の変革を促進する
- オープンな共創や連携が加速する
- 価値の源泉は無形資産の活用へシフトする
- フィジカルとデジタルの融合が持続性と迅速性をもたらす

<技術トレンド>

1. コンピュータの透明化
2. 生命や感情の科学
3. 人工頭脳への挑戦
4. 3D 文化の拡大
5. 未来のモビリティ
6. インタラクティブコマース
7. クラウド超競争時代
8. デザインイノベーション

以上

あらゆるものごとの「データ化」と その利活用の展望

東京大学先端科学技術研究センター

森 川 博 之

2015.04.06

1

データ駆動型経済

2



Source: Nest

32億ドル（スマホ＋WiFi）

Hiroyuki Morikawa | The University of Tokyo

3



 Mercedes-Benz



 LIFX



JAWBONE[®]



 Whirlpool



CHAMBERLAIN



 Logitech

Source: Nest

Nest Developer Program

Hiroyuki Morikawa | The University of Tokyo

4

「コンテンツ」を集める機構

» ソーシャル化

「行動情報」を集める機構

» 個人化

「モノの情報」を集める機構

» スマート化

「ヒトの情報」を集める機構

» Augmented Human

データ



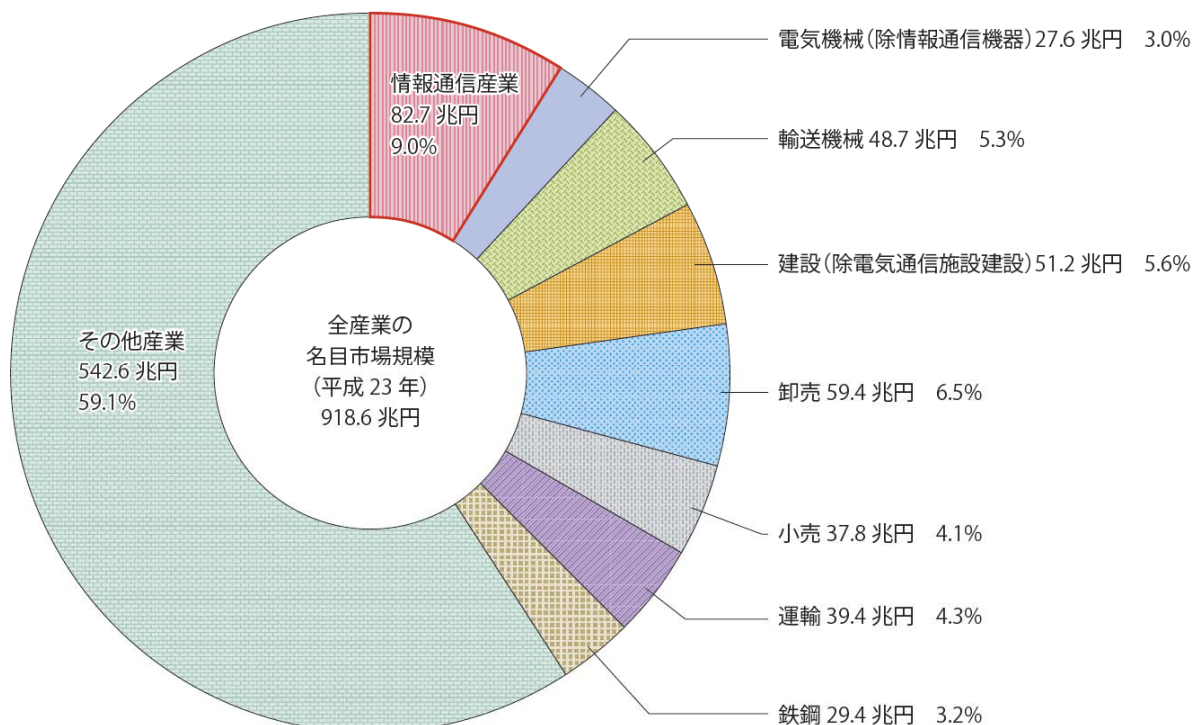
モノのデータ



- プロセスイノベーション
- 大規模製造業の生産性の大幅向上
- センサ、コンピュータ、アクチュエータでの自動化
- 1968年, Richard (Dick) Morley, GMに導入



Programmable Logic Controller



Source: 総務省「ICTの経済分析に関する調査」, 2013.

モノのデータが対象とする市場規模 (H23名目国内生産額)

- 1999: To Err is Human: Building A Safer Health System
 - » 米国では投薬ミスや医師の過労による医療過誤で年間44,000 ~ 98,000 人もの入院患者が死亡しており，その数は標準的な処置の基準を定めたり，医療ミスを報告するシステムを作ったりするなど，正しい対策を取ることで減らせると指摘
- 2001: Crossing the Quality Chasm: A New Health System for the 21st Century
 - » (i) 米国民が受けることのできる医療サービスと実際に受けている医療サービスの内容に差異があり，これはchasm（断層）と表現されるほど深刻であること，(ii) 単一の医療機関で医療が完結する傾向のある急性疾患に対して，慢性疾患の治療では複数の医療機関・介護施設・在宅サービス等の連携が必要であり，今後，疾病構造が慢性疾患中心となるに連れこのchasm が拡大することが危惧されること，(iii) これを解消するためにはIT/ICTの大規模な導入と医療提供体制の大幅な変革とを必要とすることを指摘
- 動機づけ：P4P/P4R (Pay for Performance/Reporting)

Institute of Medicine



9

遺伝的リスクに応じた予防

個人ごとの健康管理と予防

個人の特性に応じた診療

効率的な診療

生活支援

創薬・医療機器

公衆衛生

PHR・患者ポータル／
モバイルヘルス／オンラインコミュニティ

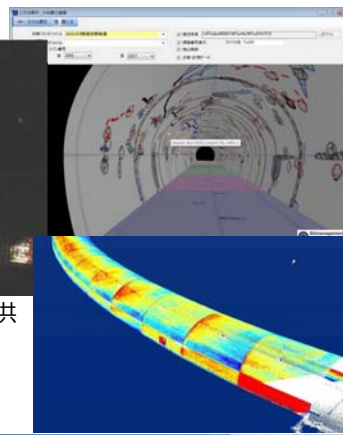
課題：医療の質，在宅療養，患者中心の医療サービス，医療関係者の負担軽減，医療費コスト

レセプト／健診／遺伝子／バイタル／家族病歴／処方履歴／カルテ／検査結果／レントゲン写真／研究開発データ．．．

Image measurement



京大大西教授提供

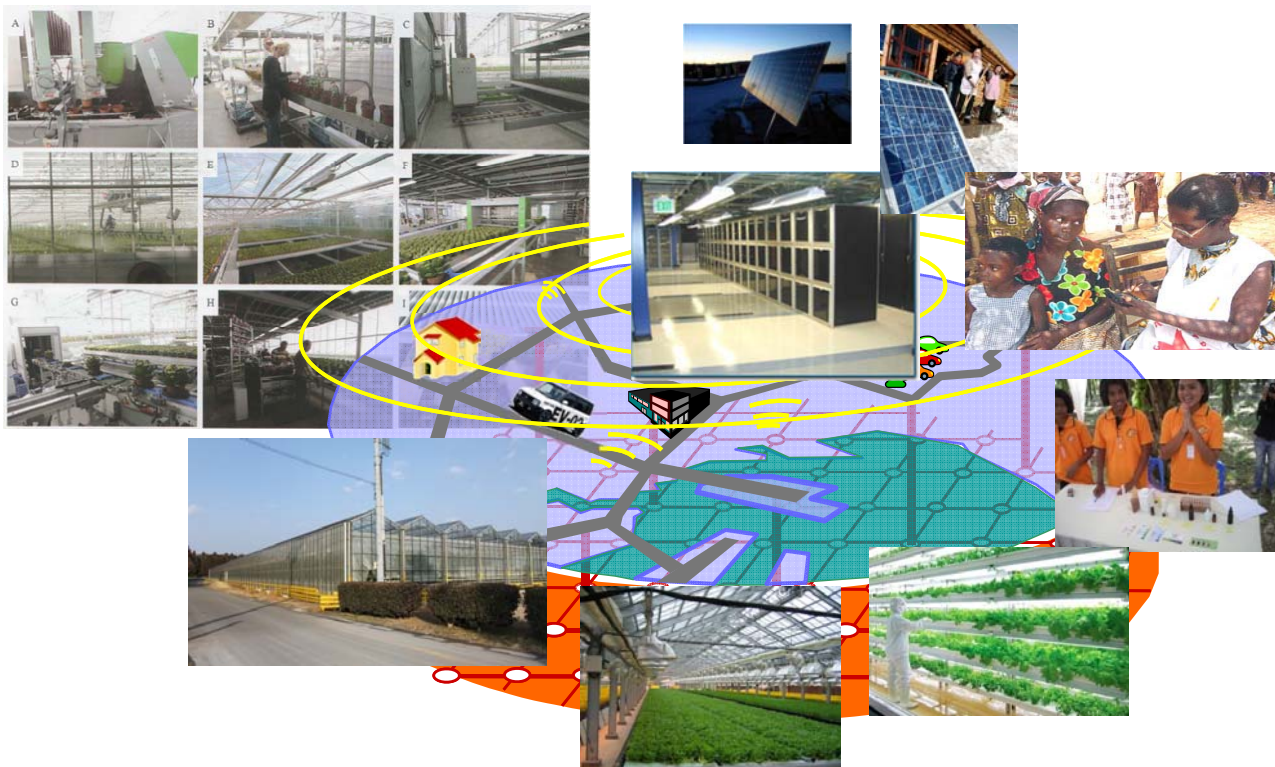


京大大西教授提供

Wireless MEMS Tiltmeter

To measure a three dimensional angle of inclination of the slope with a resolution of 0.1 degree.

スマートメンテナンス/モニタリング



農業

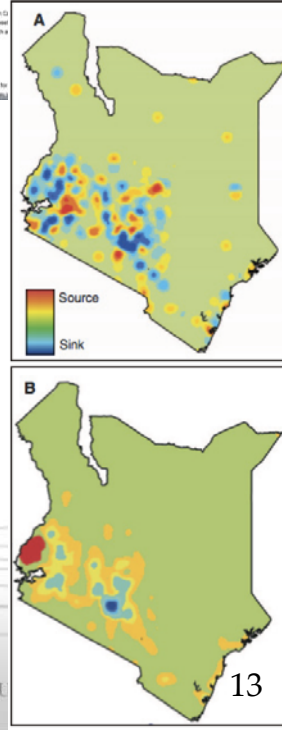
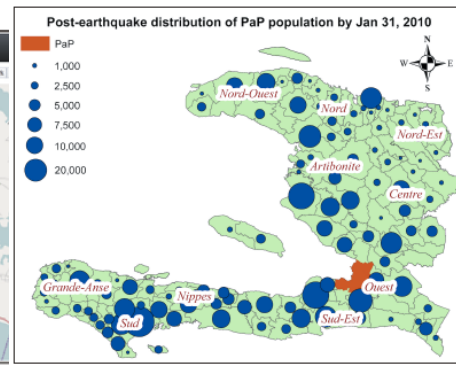
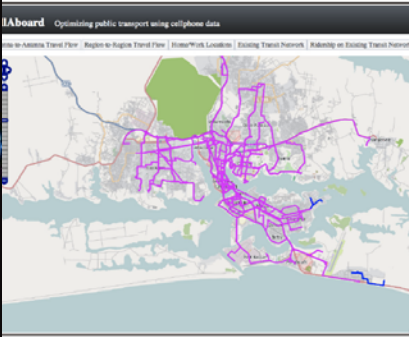
- グリーンハウスなどの施設は世界展開
- ストリームデータを国内に蓄積
- 生産管理, 流通管理, エネルギー管理等で差別化

- CDR (Call Detail Record) の利用
- Health (マラリア@ケニア, H1N1 インフルエンザ@メキシコ)
- Disaster Response
- Socio-Economics
- Transportation

UN Global Pulse



source: <http://www.unglobalpulse.org/>



13



スポーツ

Source: Fraunhofer

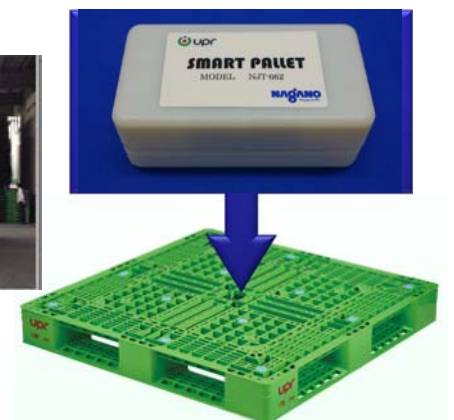


Source: Big Belly Solar

BigBelly Solar 「スマートゴミ箱」



Source: UPR



スマートパレット(UPR)

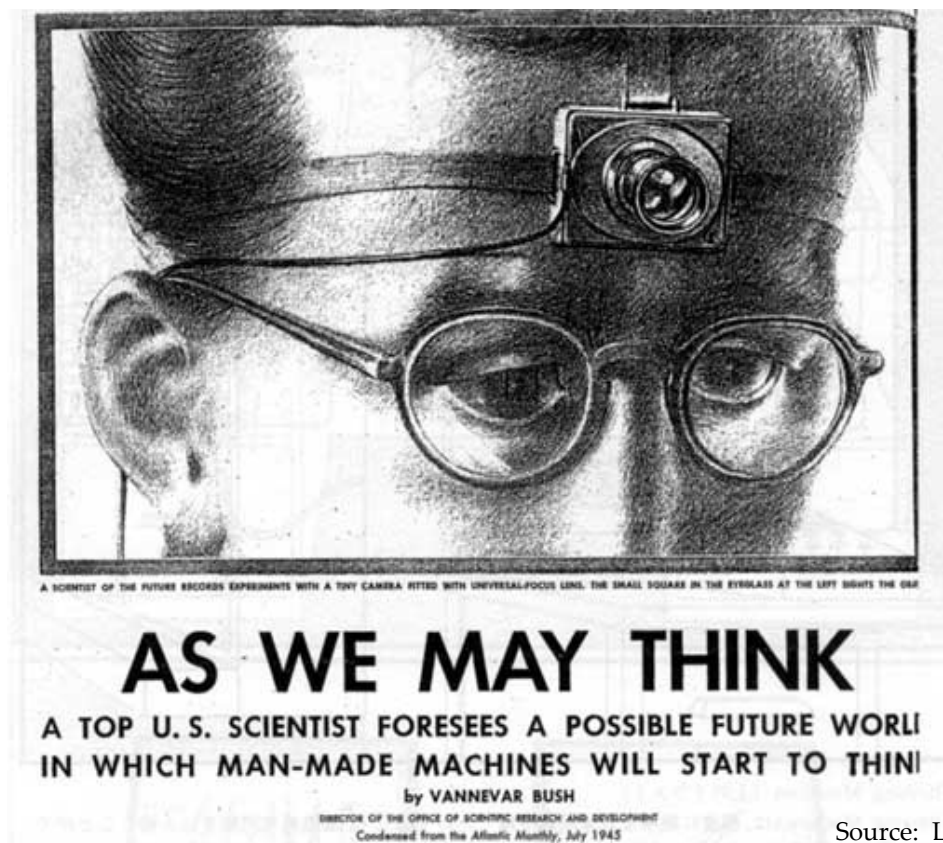


ヒトのデータ

人を観察する真の意味でのコンピュータへ
知能増幅装置から身体増幅装置へ

Hiroyuki Morikawa | The University of Tokyo

17



Source: LIFE, 1945年9月10日号

知能増幅装置としてのコンピュータ

Hiroyuki Morikawa | The University of Tokyo

18



Source: acm.org

Ivan Sutherland, 1965

Hiroyuki Morikawa | The University of Tokyo

19

- V. Bush, As We May Think, 1945
- J.C.R Licklider, Man-Computer Symbiosis, 1960
- D. Engelbart, Augmenting Human Intellect, 1962
- I. Sutherland, The Ultimate Display, 1965
- A. Kay, A Personal Computer for Children of All Ages, 1972.

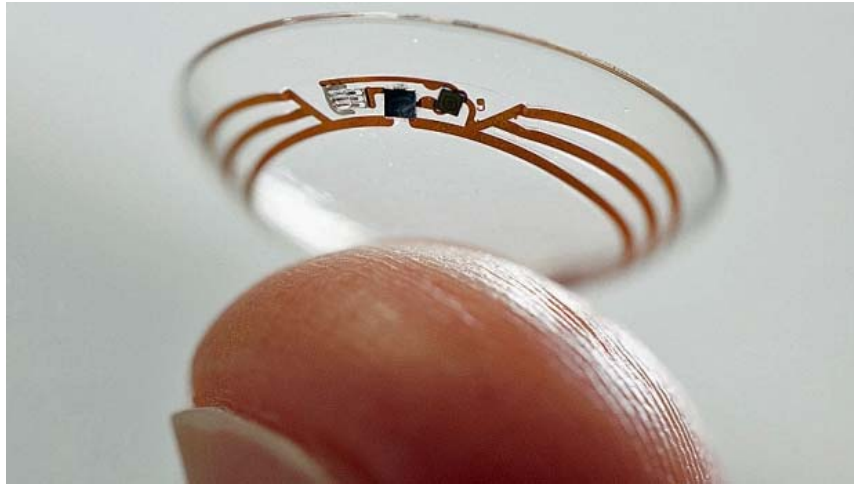
出来の悪いコンピュータ



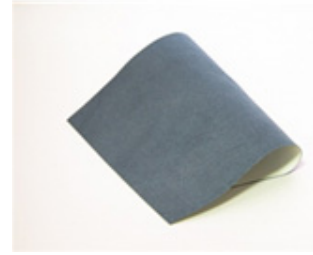
Source: A. Kay. A Personal Computer for Children of All Ages, ACM National Conference, 1972.

Hiroyuki Morikawa | The University of Tokyo

20



Source: Babak Amir Parviz



Source: NTTプレスリリース, 2014.

身体の一部となるウェアラブル



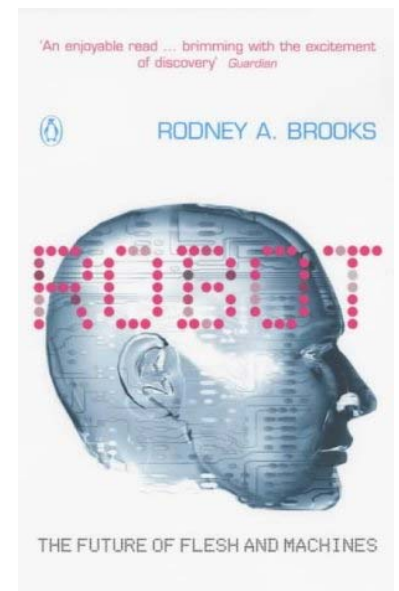
Source: StarTrek



Source: amazon.co.jp



Source: Immune Attack



Source: R. Brooks, Flesh and Machines, 2002

ポストヒューマン

- 超人的な身体強化
 - » シリコンと生体細胞が融合する時代
 - » ナノテクノロジー，遺伝子工学，生物学と情報通信技術との融合
 - » 動物が備える優れた能力の獲得
- デザイン領域への展開
 - » 電気，紙，水道の発展の最終形態：
照明，和紙造形，噴水などといった装飾的な使われ方



東大染谷教授提供

指数関数的な技術進歩

1. 汎用技術

2. デザイン／Director人材

3. 制度設計

蒸気機関が鉄道の登場を促し、
鉄道の登場がめぐりめぐって
郵便，新聞，銀行などの登場につながった
by Peter Drucker

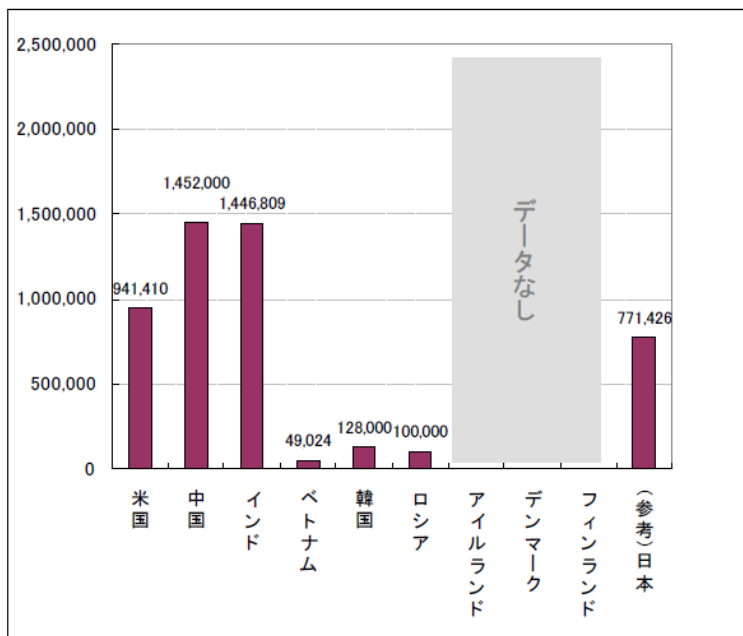
ICT技術がブロードバンドの登場を促し、
ブロードバンドの登場がめぐりめぐって
〇〇，〇〇，〇〇などの登場につながった

1. 蒸気機関からICTへ

- 1850年（資本主義の歴史で最大級の恐慌）
 - » 1850年前：機関車メーカーがロンドン市場に上場。NY証券取引所に上場している銘柄の半数が鉄道会社。
 - » 鉄道の全盛期は1880～1890年代
- 1929年
 - » 電力株と自動車株のバブル（米証券取引所）。1900～1925年にかけて自動車の新興企業は3,000
 - » 欧米で電化や道路舗装が進んだのは1950～1960年代
- 2000, 2008年
 - » ICT. . .

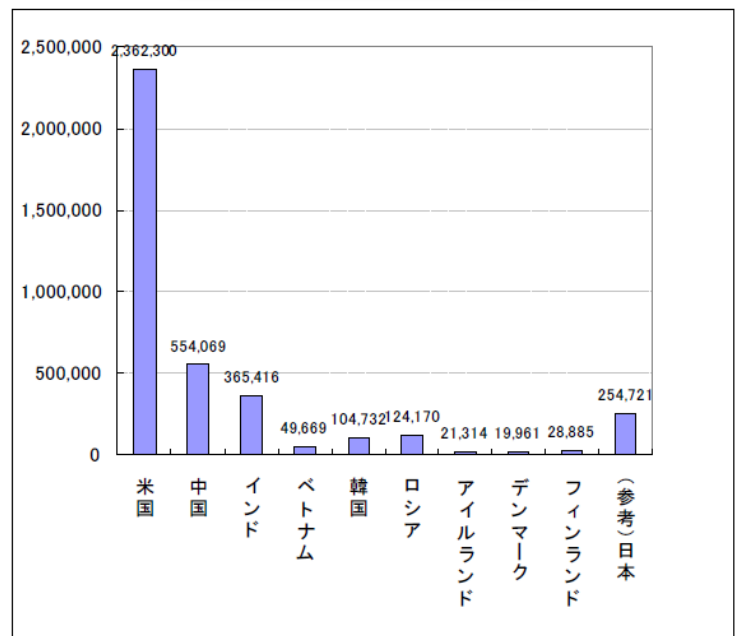
1. バブル

ITサービス企業技術者数(2009年)



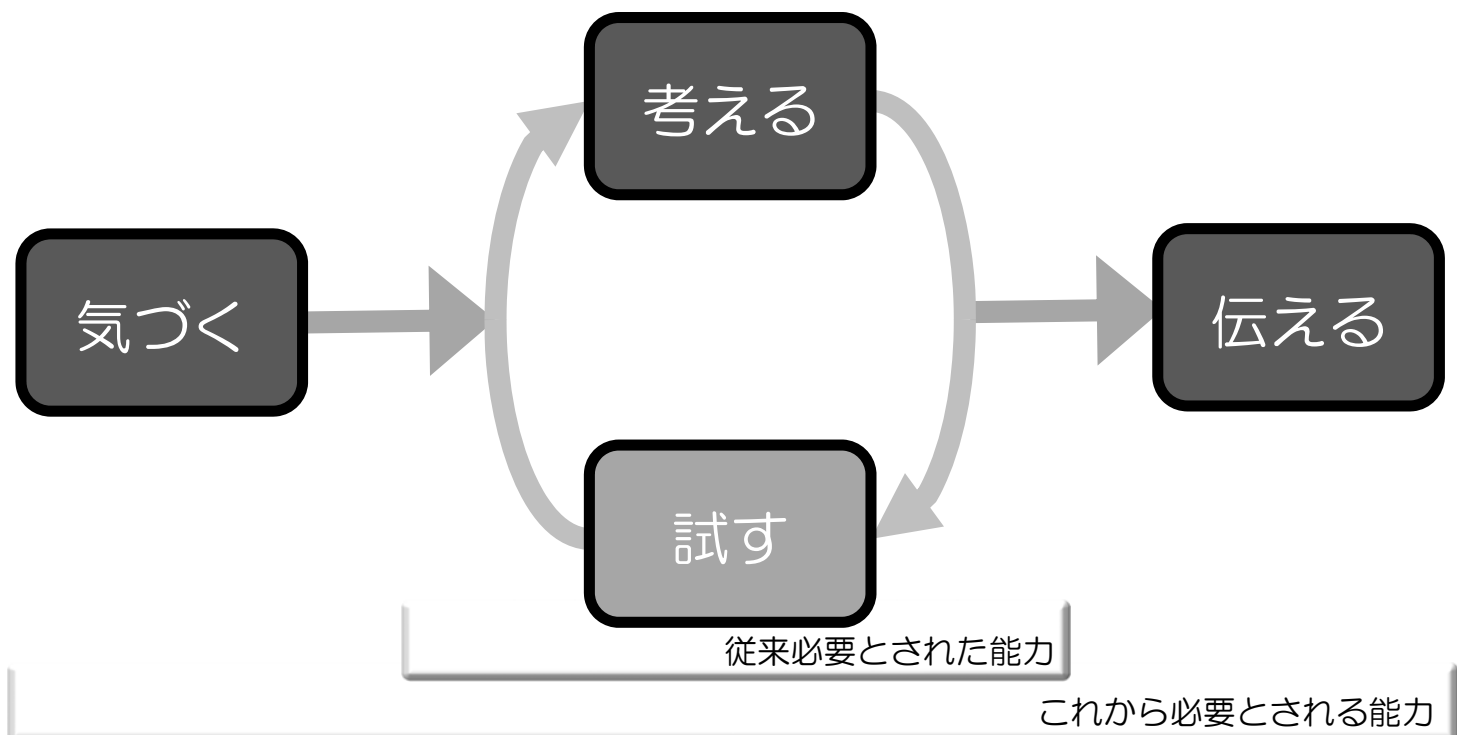
出典: 各国統計資料(米国労働省 労働統計局、アイルランド中央統計局 等)
公知情報(NASCOMM、アジア情報化レポート、RUSSOFT、IPA IT人材白書2010)

ユーザー企業技術者数(2009年)



出典: 米国:米国労働省 労働統計局データ
日本:IPA IT人材白書2010
その他:「ガートナー/Enterprise IT Spending by Vertical Industry、Market, Worldwide, 2008-2014, 2Q10 Update」の内部サービスコスト、及び「平均給与単価(後述)」に基づく推計値

Source: グローバル化を支えるIT 人材確保・育成施策に関する調査, IPA, 2011.



2. デザイン能力

“65% of today’s grade-school kids may end up doing work that hasn’t been invented yet.”

Cathy N. Davidson, “Now You See It”, Penguin Books, 2011.

2. 職が生まれる（特に地方）

- 鉄道輸送 ⇒ 沿線開発
- 小売り ⇒ プライベートブランド
- サーモスタット ⇒ スマートホーム
- 電子商取引 ⇒ 物流
- ○○販売 ⇒ ○○シェア（自動車等）
- 照明機器 ⇒ 照明制御／保守
- 空調機器 ⇒ 快適さ提供
- カーペット ⇒ カーペット清掃／メンテナンス

2. 事業の再定義

1865 年に英国で施行された法律。制限速度を郊外では時速4 マイル，市外では時速2 マイルとし，自動車の前方60 ヤード前方で赤旗を持った者が先導し，自動車の接近を知らせなければならないという法律。死傷を伴う人身事故などへの危惧，自動車の普及によって影響を受ける可能性のある馬車運送業者や鉄道業者の議会への圧力，煤煙や騒音による街道住民の反対運動などが背景にある。赤旗法は1896 年に廃止されたが，赤旗法により英国の自動車産業は，諸外国に後れをとることになったといわれている。なお，日本においても京都府の路面電車において，赤旗法に似た電気鉄道取締規則が1895 年に京都府令六十七号として制定されている

3. 赤旗法

ICTインテリジェント化時代における グローバル社会での成長に向けて

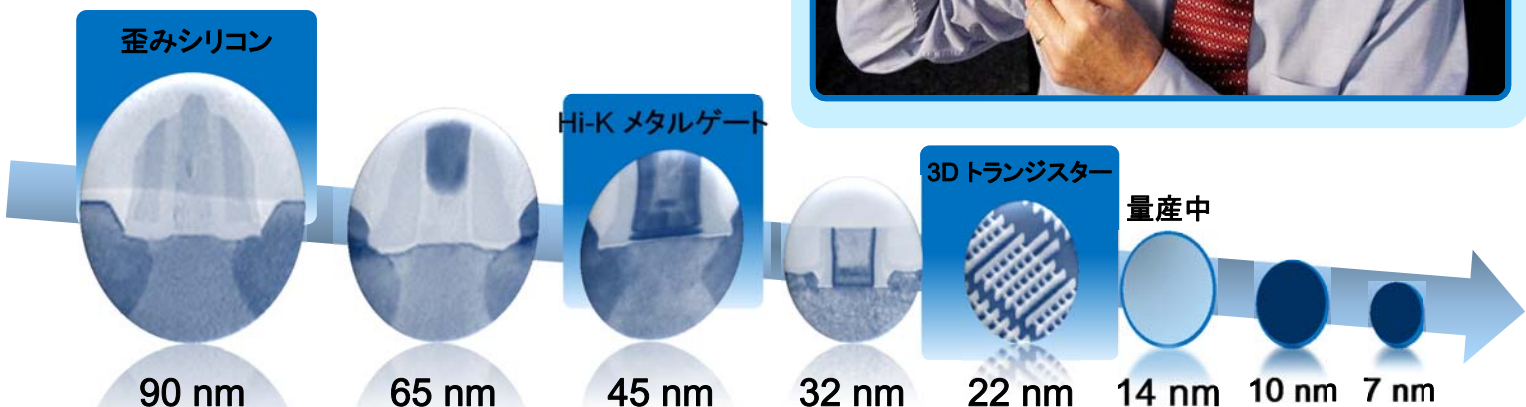
インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会(第3回)資料

2015年4月6日

インテル株式会社 代表取締役社長
江田 麻季子

半導体進化の将来予測を実現 ムーアの法則

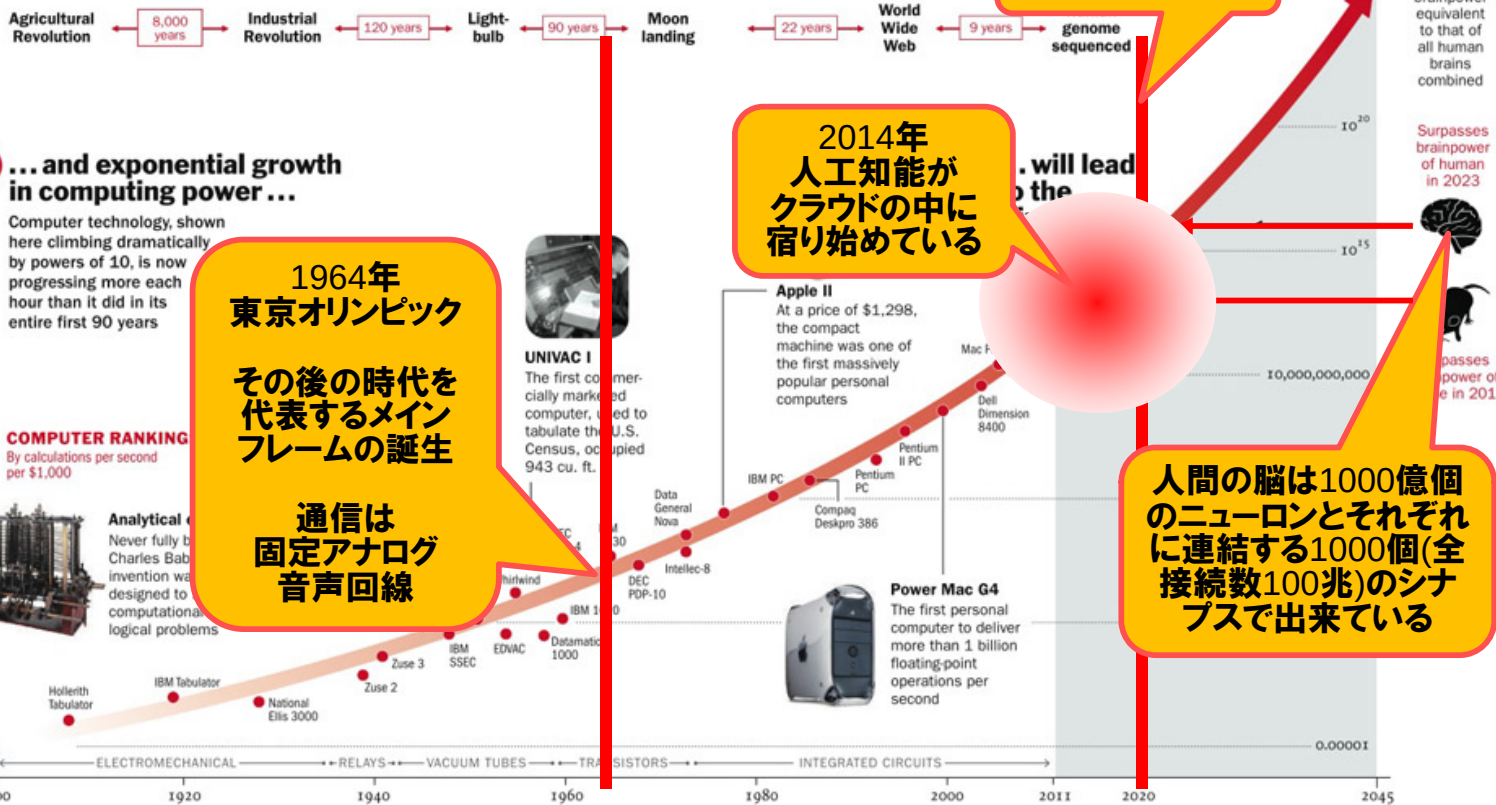
消費電力、コスト、サイズを抑えながら、
より高度で多機能な新しい機器を実現



毎年、約110億ドル(約1兆1千億円)程度の設備投資を継続

コンピュータ処理能力の圧倒的拡大と人工知能への

1 The accelerating pace of change ...



Intel, インテル, Intel ロゴは、米国およびその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標です。
その他の社名、製品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。© 2015 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。



2

ICTの根本的構造変化

クラウドとビッグデータの定着

－ 5年前(2010年)と5年後(2020年) －

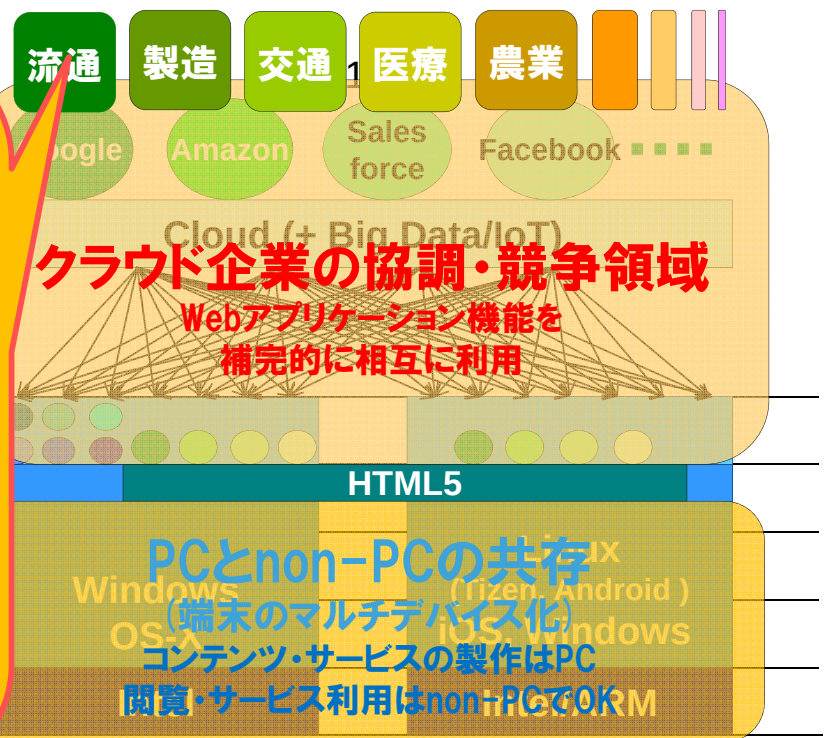
・ コンピュータ処理:

- 2010年以降クラウドやビッグデータが国際的に浸透
- 2014年クラウド上に人工知能が宿り始めた
- 2020年にはより普遍的に人工知能が利用されている

・ 携帯データ通信ネットワーク:

- 2010年以降国際的に3Gが浸透
- 2014年LTEが主流化
- 2020年には5Gが現れる

・ 現状、多くの産業のソフトウェア部分がクラウドに載り始めている



Fully Networked PC

Non-PC Devices
Smart Phone, TV-STB

Intel, インテル, Intel ロゴは、米国およびその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標です。
その他の社名、製品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。© 2015 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

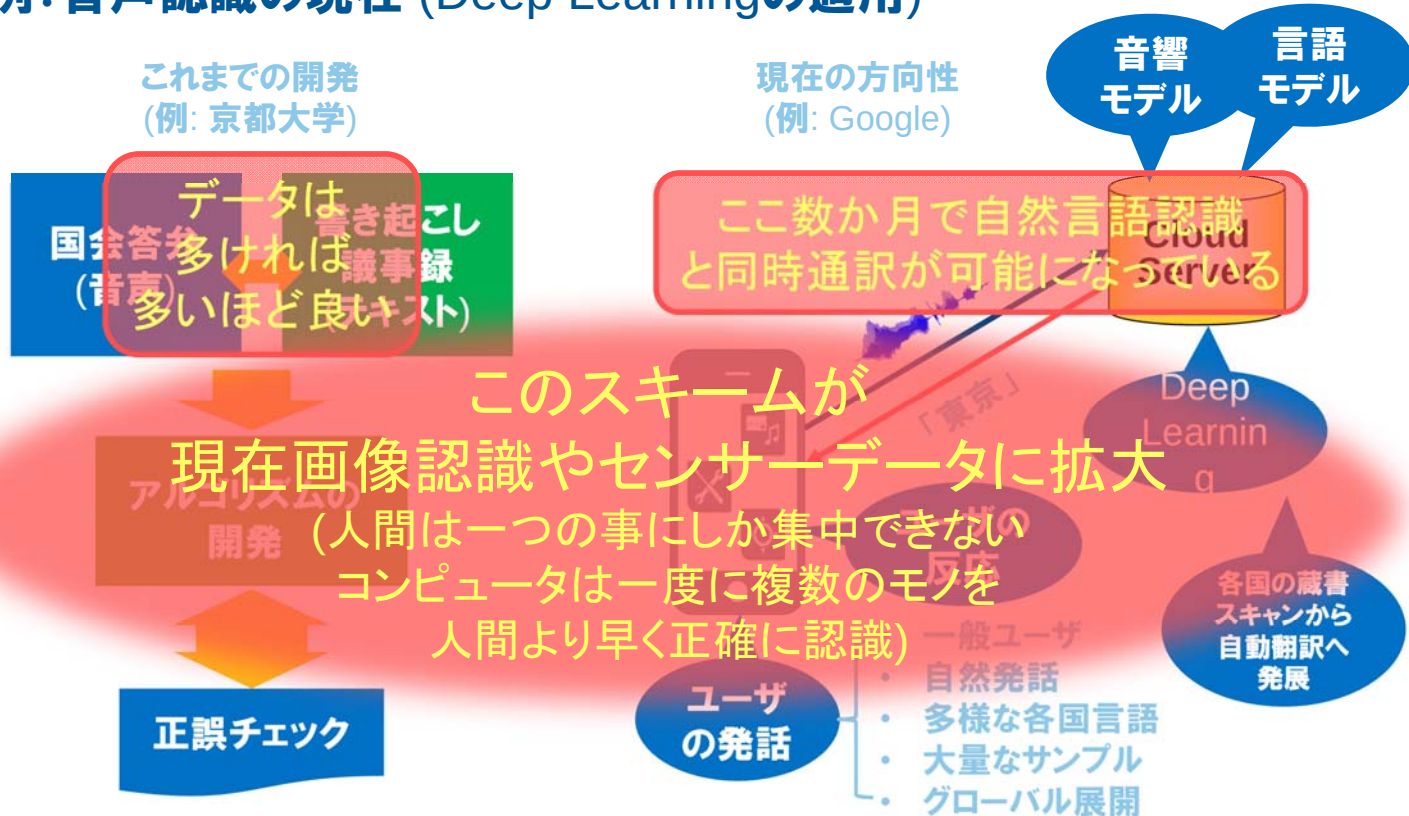
NAVI



3

データセンターの巨大化がもたらしたもの

例：音声認識の現在 (Deep Learningの適用)

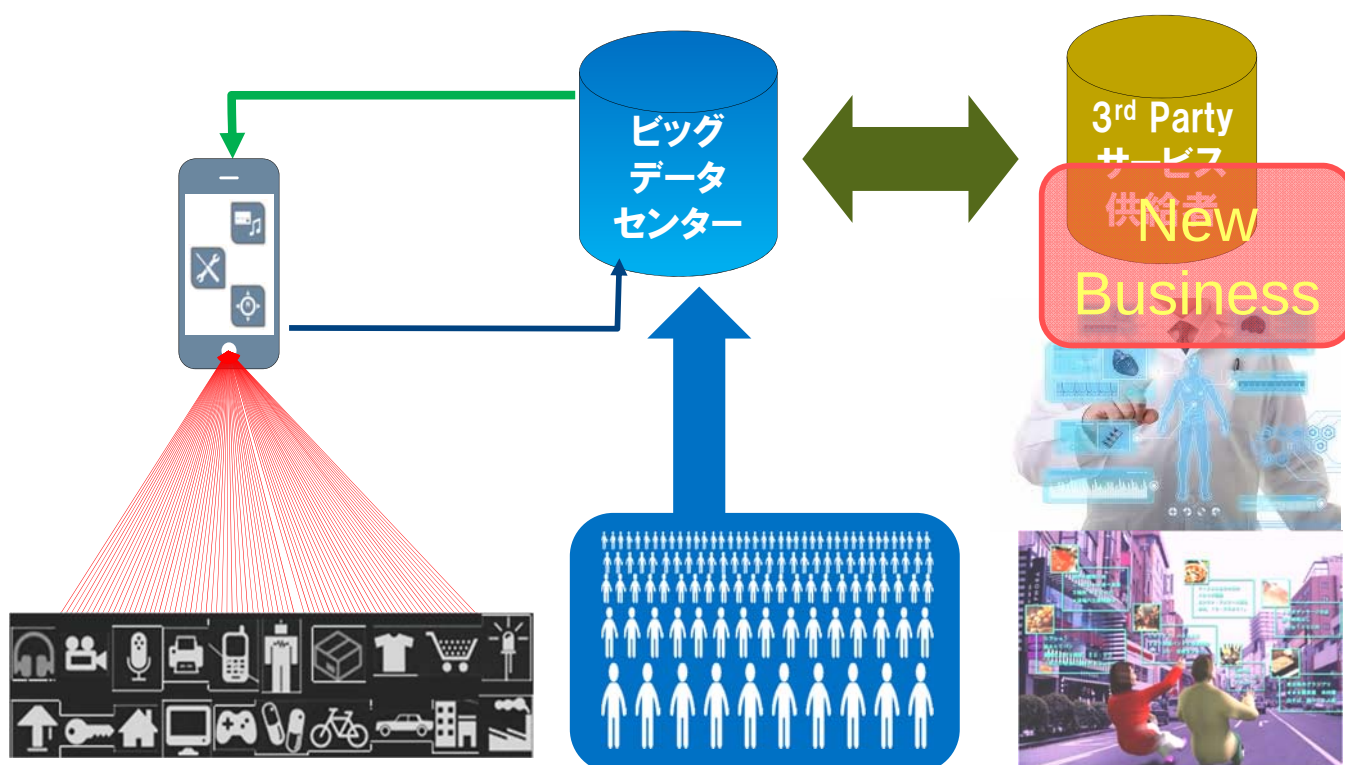


Intel、インテル、Intel ロゴは、米国およびその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標です。その他の社名、製品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。© 2015 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

intel

4

いまICTと人間の間に起こっていること データのあるところにヒトと技術が集まり新産業が生まれる



Intel、インテル、Intel ロゴは、米国およびその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標です。その他の社名、製品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。© 2015 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

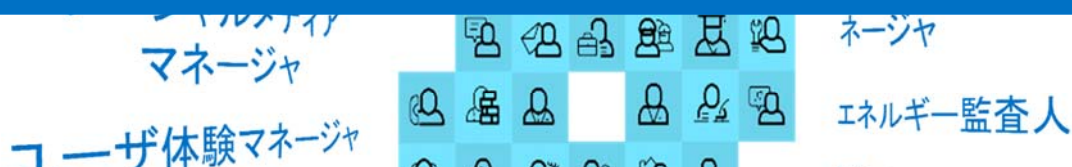
intel

5

これからの仕事…。その多くは今日まだ存在しない

～10年前には存在しなかった、現在の人気職種～

IT企業が革新を起こすよりも、
産業がITを利用して革新を起こしている



今後グローバル企業が成長し続けるためには、
世界のtopレベルの人材を確保し
イノベーションを起こすことが必要である

McKinsey Global Institute によると、2020年には8,500万人もの高・中技能労働者が不足すると予測されている
Source: Education to Employment, McKinsey 2012

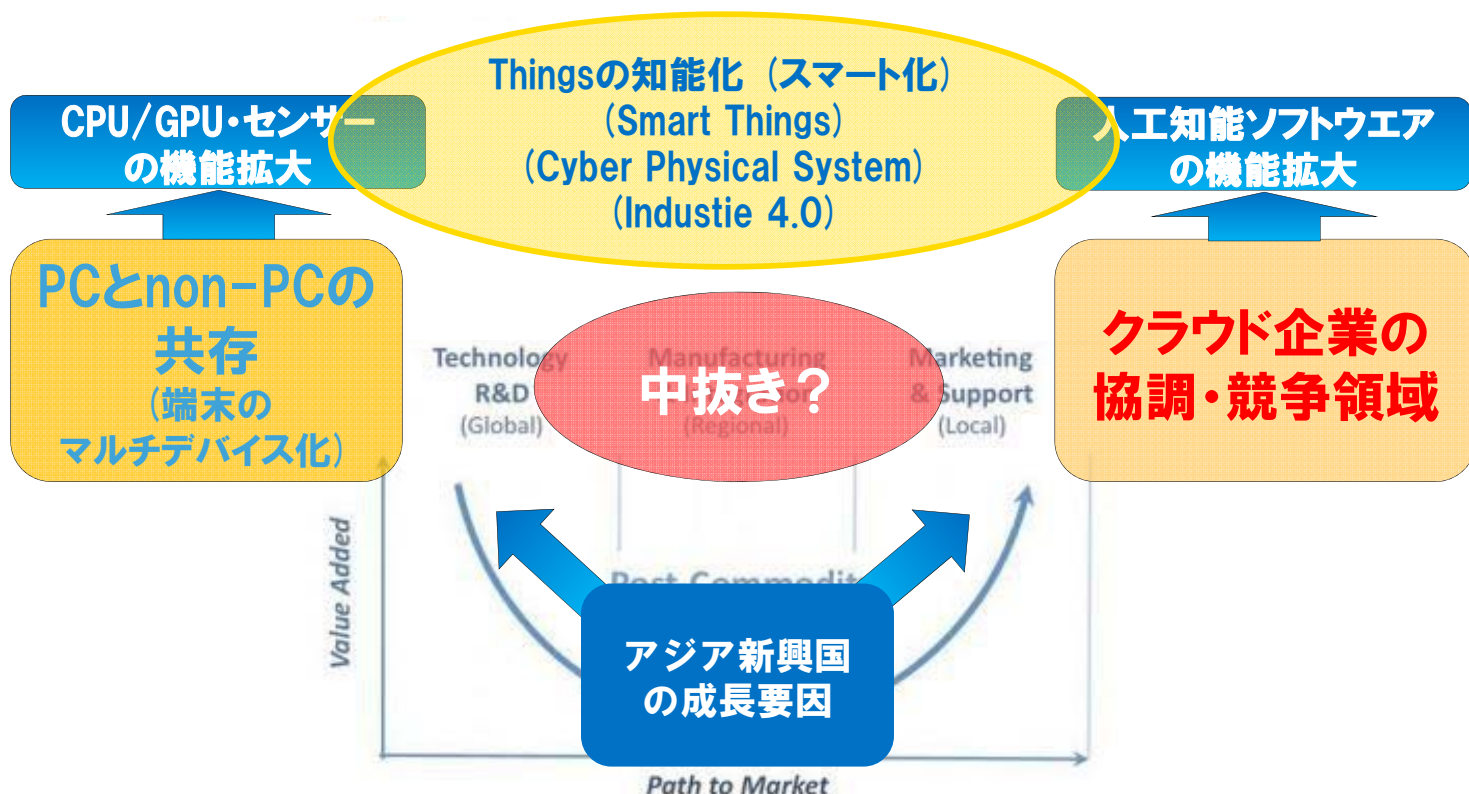
Intel、インテル、Intel ロゴは、米国およびその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標です。
その他の社名、製品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。© 2015 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

intel

6

スマイル・カーブの先（モノのスマート化）

Acer Stan Shih's Smile Curve / Frown Curve



LinuxPundit Weblog, <https://linuxpundit.wordpress.com/2010/05/26/will-android-drive-mobile-commodization/>

Intel、インテル、Intel ロゴは、米国およびその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標です。
その他の社名、製品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。© 2015 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

intel

7

ICTインテリジェント化時代におけるグローバル社会での成長に向けて

来るべきICTインテリジェント化時代に…

- ◆ 安価な労働力による高品質製造が、今後も成長のエンジンとなるか？
- ◆ 優秀なヒトが集まる仕組みができているか？
- ◆ 継続的に革新を起こし続けることができる「多様性」及び「労働流動性」が確保されているか？

Intel、インテル、Intel ロゴは、米国およびその他の国における Intel Corporation またはその子会社の商標です。
その他の社名、製品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。© 2015 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。



「インテリジェント化が加速するＩＣＴの未来像に関する研究会」

第２回 議事概要

1. 日 時

平成 27 年 3 月 10 日(火) 10:00～12:00

2. 場 所

中央合同庁舎 2 号館 10 階 総務省第 1 会議室

3. 出席者（敬称略）

【構成員】村井座長、荒木構成員、岩田構成員、江田構成員、川妻構成員、下條構成員、
関口構成員、松尾構成員、西川構成員

【総務省】西銘総務副大臣、鈴木情報通信国際戦略局長、武井官房総括審議官（国際担当）、
泉情報通信政策研究所長、小津調査研究部長

4. 議事要旨

(1) 総務省挨拶

第二回の開会に当たり、西銘総務副大臣より挨拶が行われた。

【要旨】

- ・ 人工知能や IoT、更には人間とコンピュータの連携などが徐々に実現し始めている現在、その先に到来する社会を迎えるに際して、どのような取組みが必要かについて検討を開始することは、非常に時宜を得たものとする。
- ・ ICT は情報通信産業のみならず、幅広い産業にイノベーションをもたらし、我が国の経済再生を牽引することが期待されており、諸外国においても当該分野の取組みが急速に進む中、国際競争力の観点からも検討が必要とする。
- ・ 様々な分野の最先端で活躍する構成員の異なる分野の知見がぶつかり、刺激され、新しい未来への展望が開けることを期待する。

(2) 構成員からの発表

○「ヒト・脳・社会の近未来」（下條構成員）

【要旨】

- ・ **神経科学等の最新動向**：神経科学、認知科学、脳科学などの分野では、次のことが取り組まれている。①意識には表出しない潜在機能の解明 ②神経活動から、知覚・記憶・意思決定等の予測 ③脳活動の非侵襲的な調節と操作 ④「ソーシャル・ブレイン(社会脳)」と呼ばれる社会性の脳研究 ⑤生物学、遺伝学、計算科学、ロボット工学を始めとする様々な工学とのクロスオーバー。
- ・ **潜在的な購買意欲の予測**：人々の購買意欲がわからない時、Amazon のメカニカルタークのようなインターネット上で数万人のゲーム課題での選択行動や反応時間などから、どういうマーケティングニーズがあるか、潜在レベルで把握できる可能性がある。データにはノイズが

多いが、巧妙なフィルタリングにより ICT による大規模な人間のデータ取得も信頼性を勝ち得る。

- ・ **脳活動の調節と操作の可能性**：デコーディング（脳情報解読）とニューラルフィードバック（解読された脳情報を実時間で可視化しフィードバックする）を組み合わせ、努力や自覚なしの学習をするシステムが提案されている。このように、機械と人間の脳を繋げることによって、神経活動の調節・操作が達成できる。感覚を通したフィードバック以外でも、経頭皮直流電気刺激（tDCS）など脳への非侵襲的な刺激により、報酬系といった脳の深い場所の脳活動にも影響を与え、「特定の顔が好きになる」といったことも可能となってきた。
- ・ **ソーシャル・ブレイン研究の動向**：二人の人間が協調的な運動をしているとき、二人の脳波のある成分が同期することが分かってきた。このようなソーシャル・ブレインの研究成果は、クラウド&ユビキタスコンピューティングと、あと 1 ステップか 2 ステップで繋がると考える。
- ・ **倫理への取り組み**：倫理の問題が重要で、開発に及び腰である国は倫理的には非常に進んでいると思いがちだが、それは錯覚であってケーススタディが進まないため倫理面での対応も遅れる。
- ・ **今後の進展領域**：脳活動の計測だけでなく、調節していくことが進むと考える。（例えば、スマホと電極付きヘッドフォンを付けて直流電気刺激等を行うことによって、自分の報酬系を非侵襲的に活性化し音楽を聴く喜びを大きくするなど）他にも ICT 機器と連結し、フロー（集中）状態を推定したり、感覚代行のような領域も進んでいこう。
- ・ **日本の強みの活かし方**：①先行ニーズを活かす（高齢者介護、災害復興対策など先行ニーズがあって、それに対して ICT・脳科学の繋がりを探る） ②職人技・暗黙知の訓練と応用 ③シェアード・リアリティ（社会の中で価値観が共通にシェアされている度合）の高さの活用 ④トップダウンが効きやすいことを利用（目標設定すれば学際的に専門家を集約できる） ⑤学問環境の優位性を活用（ヒト神経科学、ヒト型ロボティクス、計算科学など日本が強い分野を活かす）

○「Internet of Things を加速する新しいコンピューティング」（西川構成員）

- ・ **ビッグデータの特徴**：ビッグデータと呼ばれるものは、主に人が生み出したデータを対象とする。一方、機械が生み出すデータは、人と違って大量に生産することができるので、ものすごく量を増やせる。ただ、データの質はまちまちで、種類も多い。
- ・ **現状の課題**：データの種類が増えるたびに、プログラマーの人が頑張って新しいデータに対応していくが、データの多様性はデータサイエンティストが増えるスピードよりも、はるかに速いスピードで増大していくので、人的資源の不足が大きな問題。また、多様なデータの氾濫を解決するカギが機械学習、特にディープラーニングの技術（人工知能）革新にあると考える。
- ・ **データ処理の場所**：人工知能の技術が IoT のデータを処理できるようになるとして、どこで処理をするのかということが今後大きな課題となる。現在は主としてクラウドで処理しているが、エッジ側でのデータ処理も急速に進みつつある（＝エッジヘビーコンピューティング）。クラウド処理だとネットワークのレイテンシーが大きな問題となるので、ネットワークのデバイス、しかも、エッジに近いネットワークデバイスにインテリジェンス（ディープラーニ

ングの技術)を持たせることにより、デバイス同士がリアルタイムで協調することができる。このようなデバイス間の協調によるより高度なインテリジェンスの獲得のためにもネットワークは重要と考える。現在はネットワークの中でもよりエッジ側、手のひらサイズに乗るようなコンピュータ上にディープラーニングを実装する取り組みを行っているが、今後こうした技術をネットワーク化する研究開発も進めていく。

- ・ **ディープラーニングの今後の展望**：IoT 時代に対応するためには、多様な環境にそれぞれ違う適切なモデルになるように適用していく、(例えば雪山にあるカメラと都市にあるカメラでは画像認識のモデルが異なるが、それぞれのデバイスに適したモデルを配置する) そういう仕組みを作っていくことが必要。そうすると、たくさんのモデルの管理も重要になる。今後は様々なデバイスに色々な学習結果が置かれるようになる。さらに IoT において機械を協調させるためには、言語間の翻訳だけではなく、データの種類の変換・補完(記録していないデータを他のセンサー結果から予測する等)も今後は重要になる。ディープラーニングの技術が、このようなデータの変換も支えていくようなものになるのではないかと考える。
- ・ **ネットワークの未来**：今後、人工知能、機械学習の分野において、ネットワークがデバイスと知能をリアルタイムで結び付ける神経系のようなものになり、デバイスと知能との間の双方向のインタラクションが重要になる。その中で「知識」などのより抽象化された情報をどうやって効率的にやりとりするのかということも重要で、その対応のためネットワークプロトコルも変わると考える。
- ・ **セキュリティ課題**：今後は、セキュリティの分野も、オンライン、オフラインを別々に扱うのではなくて、関連したものとしてトランスペアレント(透過的)に考えていかなければいけない。
- ・ **日本の強みの活かし方**：日本のチャンスということで言うと、製造業に強いということを活かすべきで、今後デバイスがネットワークを通じて連携・協調する中で、製造プロセス・生産管理・品質管理なども大きく形が変わってくると考えられるため、そうした潮流を主導することが重要。もう一つの強みとして、ライフサイエンス分野、特に創薬において今後は大きなブレイクスルーが起こるかもしれない。ヘルスケアの分野でとられるバイタルサインを基に副作用を認識して、それと薬がどのように関連しているのかという解析もできるようになる。

(3) 意見交換

(村井座長) 下條構成員にお聞きしたい。脳の働きを外側から測定し、推測していたものに対して、本当に電極をさして推測する、これによってエビデンスが作られてくるといふ今の脳のサイエンスとの一番大きな違いは何か。

(下條構成員) 神経科学が、工学、あるいはロボティクスとインタラクトすることによって、脳と身体に逆に働きかける方向が繋がってきたということが一番大きな変化だと考える。

(村井座長) 西川構成員にお聞きしたい。データと人間との関係や、IoT の世界での人の抽象化というのは、どういう辺りにあると考えていけばよいのか。

(西川構成員) センシングの技術が進むにつれて、人の行動が理解できるようになる。それだけではなくて、今後、起こっていくのはアクチュエータの方の進化。人は直接、インターネッ

ト、ネットワークには繋がらないが、間接的に様々なアクチュエータ、音声だったり、映像だったり、空間自体をリアルタイムにコントロールできるようになると、人自体があたかもネットワークに繋がっているような環境ができる。

（岩田構成員）下條構成員にお聞きしたい。側坐核が心の働きを司っているのか、また、VTA（腹側被蓋野）との関連はどうなのかと、催眠術は脳のどこの部分にどのように働きかけるのか、また、AI が人の心をコントロールすることについてはどう考えられるか。

（下條構成員）単に側坐核だけではなく、身体を介した脳と環境の相互作用の中に心がある。VTA も側坐核、前頭とリンクしている。催眠術（催眠法）は、どこか 1 か所が変わるだけではなくて、ニューラルネットワーク的に色々と変化が起きる。それと、機械による調節操作（催眠）については研究データも知らないが、従来の催眠法よりも強力にやれることはあり得るだろう。ただ、人と大差ないだろうから機械でやる必要はない。

（関口構成員）西川構成員にお聞きしたい。Distributed & Cooperative Intelligence は日本がリードしている分野か、海外でもそういうことをやっているところがあるのか。また、もし日本に強みがあるとすれば、その理由を教えて欲しい。

（西川構成員）米国の方が先に進んでいる。フォグコンピューティングだとかネットワークの部分のレイヤーに一番力を入れているのはシスコ。日本でも NTT や東芝は力を入れてやりつつある。

（村井座長）下條構成員にお聞きしたい。グローバルネットワークの構築で世界中の人がつながるとき、人間の処理速度側に限界はあるのか。

（下條構成員）人間の知覚の現在はおおよそ 200ms ぐらいの時間窓の情報処理を集約して、知覚的なある瞬間、あるいは意思決定のある瞬間を捉えている。人間は（他人の顔など）ソーシャルな刺激にチューニングされた存在だから、その分野ではより速くなることはあり得るが、神経伝達速度には限界がある。

（下條構成員）西川構成員にお聞きしたい。分散型ネットワークが重要だというのは、もっと原理的に、本質的に技術がいかに進んでも外せない制約なのか。

（西川構成員）重要で外せない部分と考える。分野によって異なるケースはあるが、環境とのインタラクションは IoT の分野ではレイテンシーが重要課題の一つ。

（松尾構成員）西川構成員にお聞きしたい。学習が分散してしまうと、学習したものによってすることが変わるから、更に違うものを学習しないといけない。そうなると、システム全体が複雑化していくが、それについてはどうお考えか。

（西川構成員）自律した知能がたくさんあって、それらが学習を続けて、自律的な判断をしてい

ても協調はできないので、協調と自律のバランスも学習できるようにしていけないといけない。独立したニューラルネットワークがそれぞれのデバイスで動くというよりは、ネットワークを介して、ニューラルネットワーク自体も繋がっていくと考える。

(村井座長) 今までの議論では、局所性について、物理的な局所性の話と、知識や情報処理と関連した意味の局所性の話が混ざっている。SDN (software defined network)のように抽象度が上がってくると、物理的な制約や位置の制約から、意味上の制約、管理上の制約に変わってくる。地球の中で光の速度で動く、マクロを極限とするインタラクションというのがどれだけ人間を支えられるのかを考えると、133ms という制約があるが、下條構成員の説明から、人間側の限界というのもあり、何かできるかもしれないという勇気を持った。

(岩田構成員) 西川構成員にお聞きしたい。知能の交換、融合、分離を配分するときの原理としてのノーフリーランチ定理 (組合せ最適化の領域の定理) の意味は何か、また、半導体の極小化が進むと量子論の世界に入るが、ムーアの法則にはどこか限界がないのか。

(西川構成員) ユニバーサルなモデルが作れないというところで、環境に適用していく上で、モデルを追加したり、誘導したりして、環境に適用していくような仕組みが必要。分けたり、くっ付けたりするというところ自体のノウハウも機械自身が獲得していけないかと考えている。また、ムーアの法則は物理的な限界がいつかは来るだろうが、今のプロセッサではない新しいアーキテクチャが出てくると、ムーアの法則もかなり引き延ばすことはできるのではないか。

(村井座長)

- ・ムーアの法則というのは、コンピュータ単体の能力に関してなので、たとえコンピュータ単体が速くなくなっても、たくさん増えてネットワーク化されることにより高速化されることなどに希望がある。抽象度が増して位置に依存しないネットワークができてきたときに、その中でどういう処理をするかというのは、計算量だとかストレージのデータ量ということに関しては、限界を感じないように思う。
- ・サービス等、対人間のやりとりを考えるとときには「質」が求められる。そういう意味では、特定の技術に依存しなくても、日本の産業や日本の文化から出発して、大変大きな貢献ができるということもある。これまでテクノロジーとしてのサイエンスの議論が続けているが、徐々にそういったことも議論の中で入れていければ良いと思う。

(4) その他

次回会合は4月6日(月)16時からの開催を予定。場所は追ってご連絡させていただく。

以上。