

イノベーションと 温暖化対策長期戦略

杉山大志

一般財団法人 電力中央研究所 社会経済研究所 上席研究員

2017年1月26日

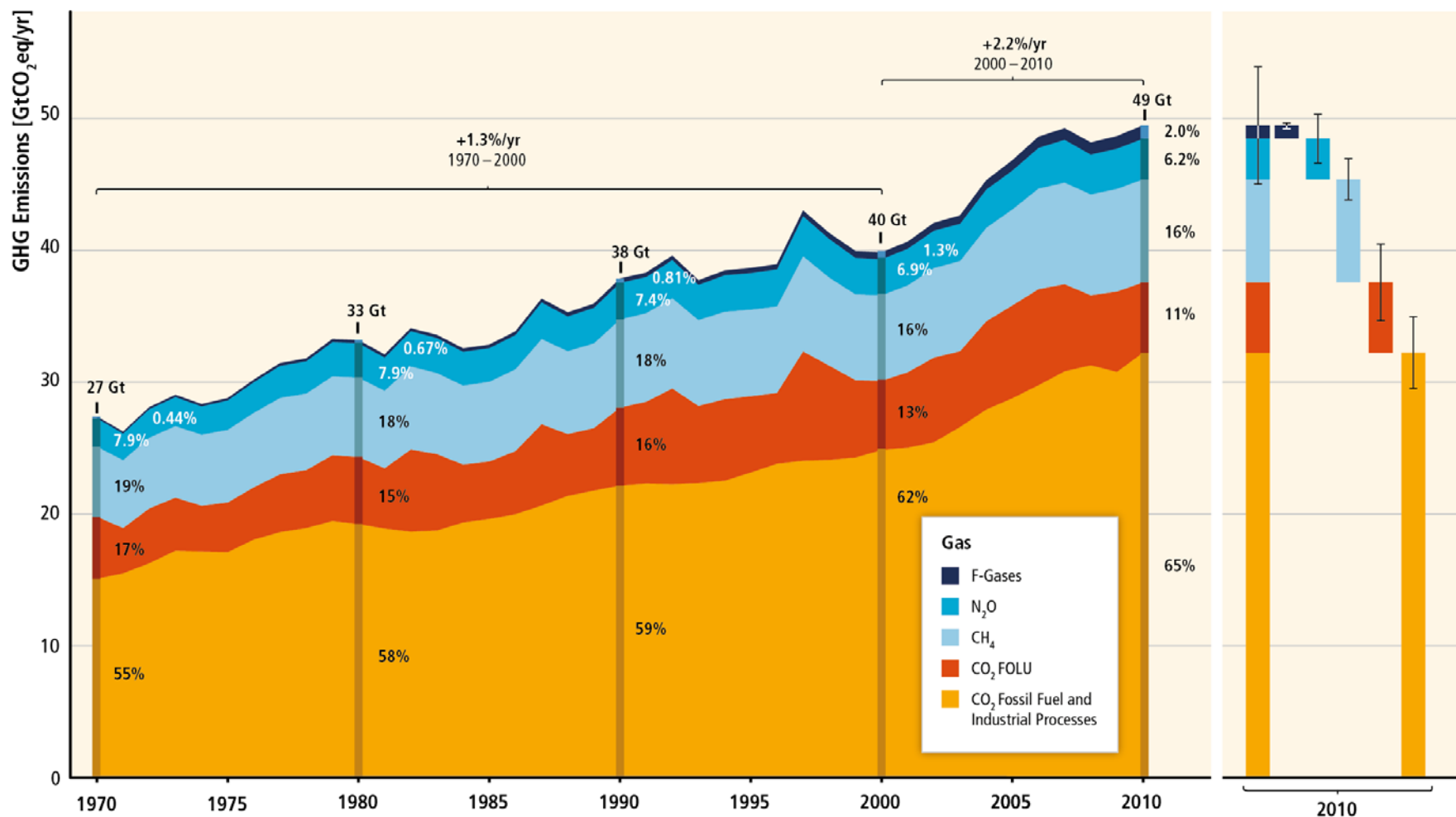
「地球温暖化防止に向けての対策」シンポジウム

経産省／RITE

※個人の文責に基づくものであり、いかなる関連機関に責が及ぶものではありません。

温室効果ガス排出の増加

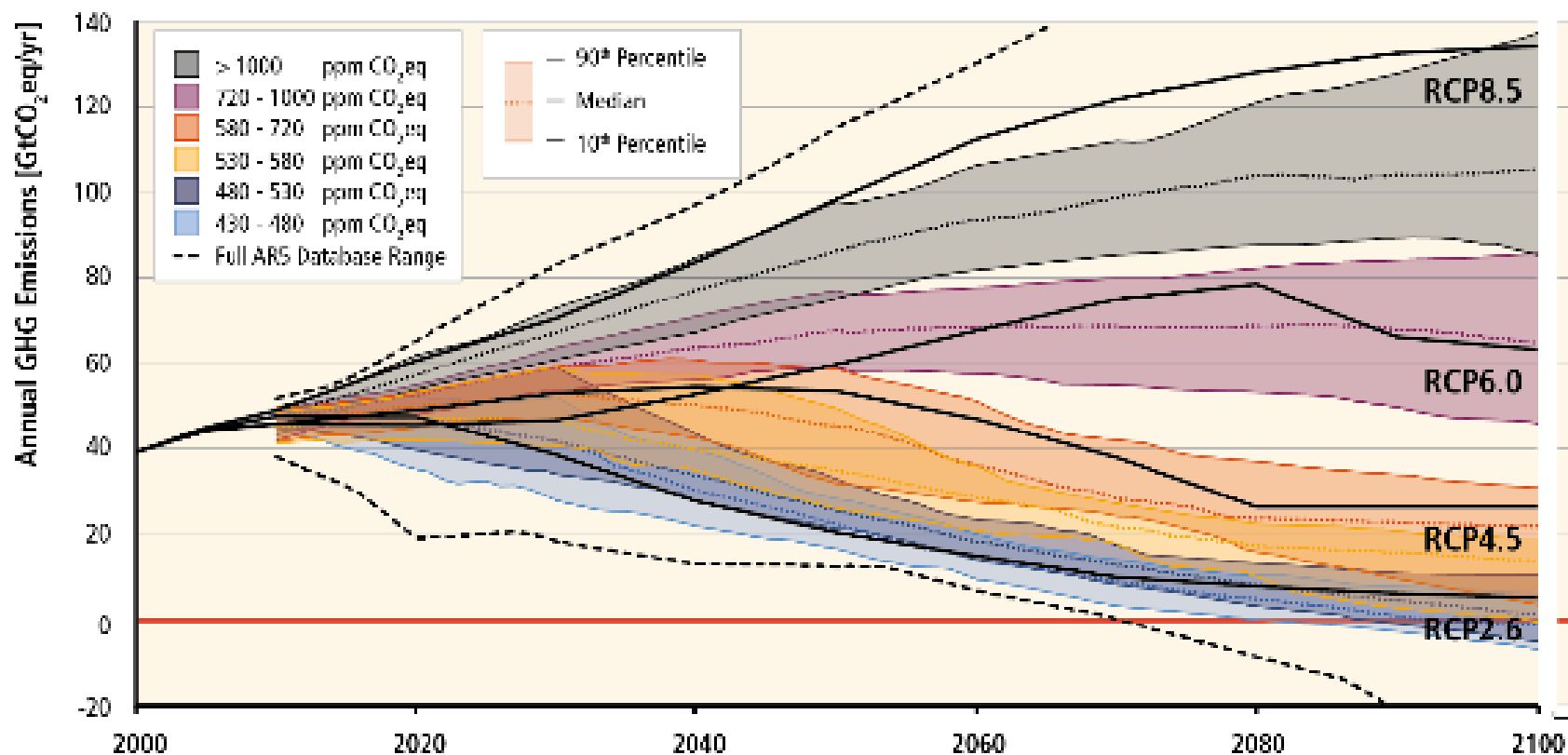
Total Annual Anthropogenic GHG Emissions by Groups of Gases 1970–2010



(IPCC 第5次評価第三部会報告書、2014年)

大規模排出削減の要請

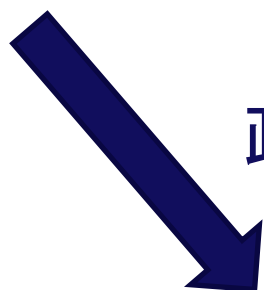
GHG Emission Pathways 2000-2100: All AR5 Scenarios



(IPCC 第5次評価第三部会報告書、2014年)

トップダウンの視点

地球温暖化



政策的要請

イノベーション

ボトムアップの視点

地球温暖化

将来はどうなるのか？

イノベーション



このプレゼンテーションの問題意識

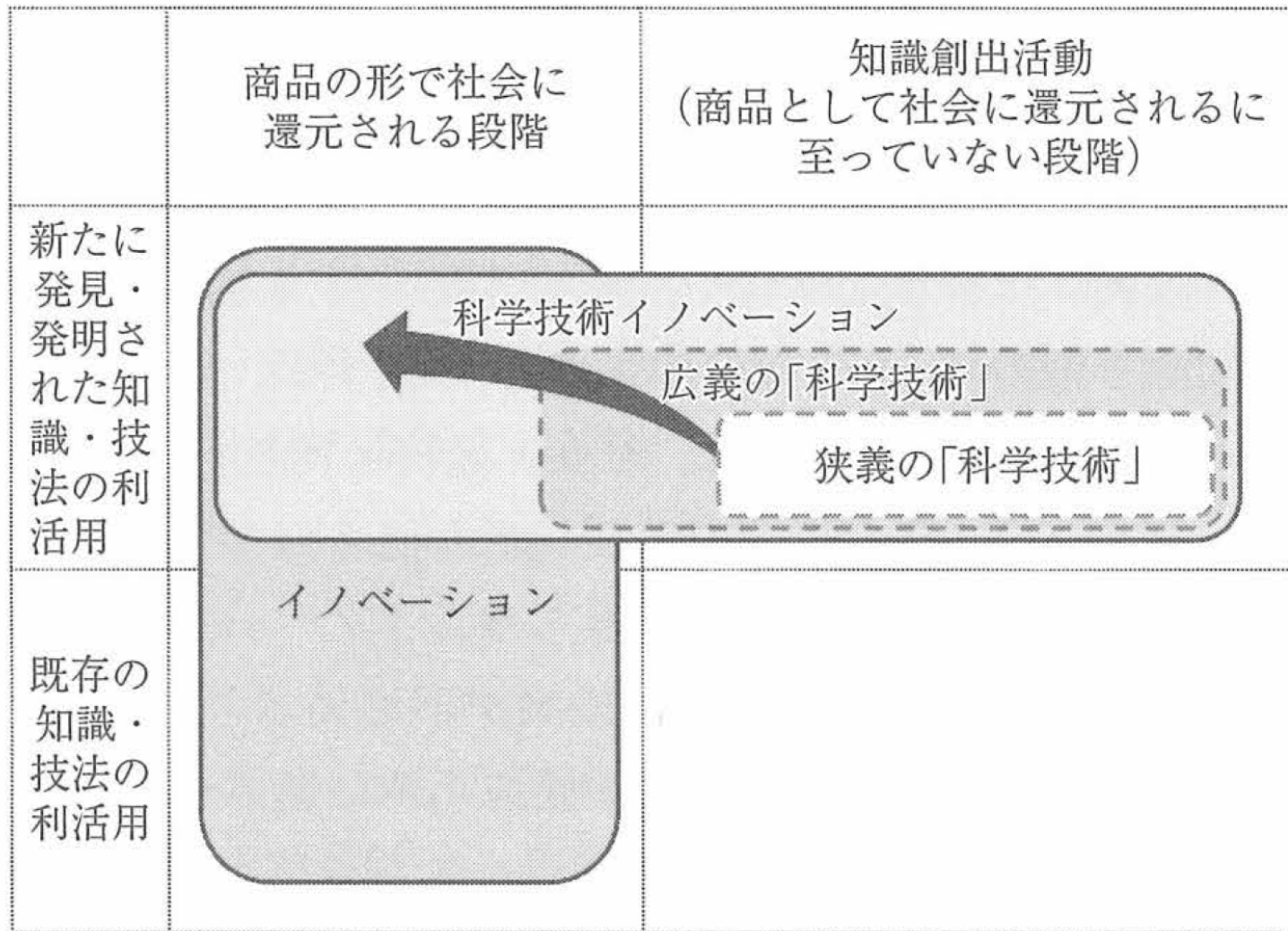
Q: 何故、世界の温室効果ガス削減はなかなか進まないのか？

A: 対策のコストが高いから。

◆コストを下げるには、イノベーションが鍵。

◆特に「革新的温暖化対策技術」はどうすれば得られるのか？

イノベーションの定義(≠発明)



大橋弘(2014) プロダクト・イノベーションの経済分析

日本政府のイノベーション計画／ビジョン

1. エネルギー環境イノベーション戦略（内閣府）
2. 第五次科学技術基本計画（内閣府）
3. 新産業構造ビジョン（経産省）
4. 次世代人工知能技術社会実装ビジョン（NEDO）

．．．

◆ 日本政府は、エネルギー環境分野だけでなく、あらゆる方面でのイノベーションを促進している。

エネルギー環境イノベーション戦略

革新的な温暖化対策技術の推進

3. 有望な革新技术（案）



3

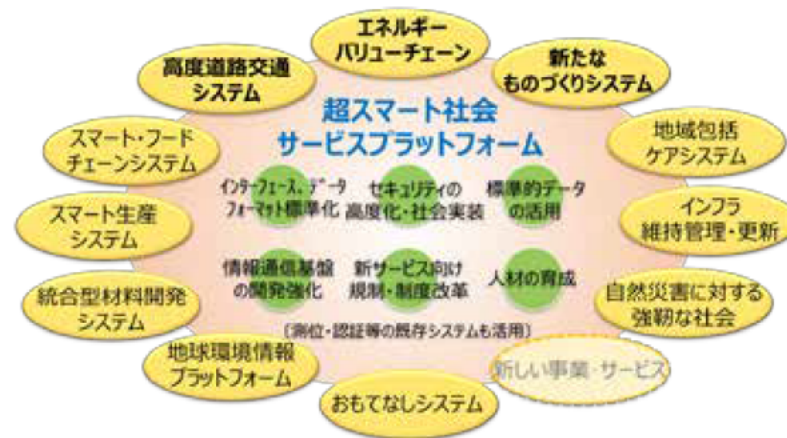
第5次科学技術基本計画

社会全体のスマート化

(2) 世界に先駆けた「超スマート社会」の実現 (Society 5.0)

- 世界では、ものづくり分野を中心に、ネットワークやI o Tを活用していく取組が打ち出されている。我が国ではその活用を、ものづくりだけでなく様々な分野に広げ、経済成長や健康長寿の形成、さらには社会変革につなげていく。また、科学技術の成果のあらゆる分野や領域への浸透を促し、ビジネス力の強化、サービスの質の向上につなげる
 - サイバー空間とフィジカル空間（現実社会）が高度に融合した「超スマート社会」を未来の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を「Society 5.0」※とし、更に深化させつつ強力に推進
- ※ 狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続くような新たな社会を生み出す変革を科学技術イノベーションが先導していく、という意味を持つ
- サービスや事業の「システム化」、システムの高度化、複数のシステム間の連携協調が必要であり、産学官・関係府省連携の下、共通的なプラットフォーム（超スマート社会サービスプラットフォーム）構築に必要となる取組を推進

超スマート社会とは、
「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」であり、
人々に豊かさをもたらすことが期待される



<http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kihon5/15kai/sanko2.pdf>

新産業構造ビジョン(経産省)

共通基盤技術による新産業創生

技術（共通基盤技術×産業コア技術）×関連データ

技術		関連データ		様々な財・サービス
共通基盤技術 (人工知能、IoT、ロボット)	× 金融技術	× 購買・商流データ、 金融市場データ	=	取引・決済データによる与信、 ロボアドバイザー（資産運用）等
	× 医薬品開発技術	× 健康医療データ	=	個別化医薬品、 個別化健康・美容サービス 等
	× バイオインフォマティクス ゲノム編集	× 生物データ	=	新規創薬、新種作物、先端材料製造、 バイオエネルギー 等
	× エネルギー負荷機器 制御技術	× 顧客データ	=	エネルギーデマンドレスポンス、 見守りサービス 等
	× 生産管理技術	× 事故・ヒヤリハットデータ	=	異常・予兆の早期検知等による安全性・ 生産性向上、保険・格付けの高度化 等

http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/shin_sangyoukouzou/pdf/008_05_01.pdf

次世代人工知能技術社会実装ビジョン(NEDO)

急速な人工知能進歩のビジョン

人工知能及びその関連技術の進展（全体版）



TSC Frontier & Fusion Area Unit

分類	現在～2020年	2020年～2030年	2030年以降
認識能力関係	- 静止画像・動画からの一般物体認識が人間レベルに到達 3次元情報からの環境認識が人間レベルに到達 - 人間の表情、感情の認識が人間レベルに到達	- 原始的シンボルグラウンディング問題の解決を背景に、特定ドメインにおいて、文脈や背景知識を考慮した認識が可能に - スモールデータでの学習による認識が可能に	特定ドメインに限らず、一般ドメインにおいて、文化や社会的背景などを考慮した認識が可能に（シンボルグラウンディング問題の解決）
運動能力関係	- ディープラーニング（DL）と強化学習の融合が進化し、人間が設定した報酬体系の下、高度なゲームなどのタスクの遂行（プランニング）が人間レベルに到達 - 運動に関するプリミティブ、構造（オントロジー）を自動生成する技術の確立	- スモールデータでの学習により、深い背景知識を必要とするタスクの遂行が人間レベルに到達 - 人間の運動・モノの操作・動画から概念階層を自動で獲得（運動からの自動的なオントロジー獲得技術の確立） - 安全マニピュレーション技術の確立 - ハードの進化とあわせて、さまざまな実用的タスクに対するマニピュレーション技術が確立	- 文化や社会的背景を必要とするタスクの遂行が人間レベルに到達 - マニピュレーション機能がモジュール化され、社会全体で最適配置される
言語・意味理解	- 画像とテキストを相互変換する原始的シンボルグラウンディング技術の確立 - 特定ドメインにおいて、会話が成立するための発話計画を自動で生成	- マルチモーダルな情報、運動に関するプリミティブとテキストを相互変換する、より本格的なシンボルグラウンディング技術の確立 - 原始的シンボルグラウンディング問題の解決を背景に、新聞等のフォーマルなテキストの分類、情報検索、含意関係認識等が人間レベルに到達 - 原始的シンボルグラウンディング問題の解決を背景に、特定ドメインの機械翻訳が人間レベルに到達	- 人間の言語知識と、画像や運動を介したグラウンディングが融合し、大規模な知識獲得が可能に - フォーマルなテキストに限らず、インフォーマルなテキストの分類、情報検索、含意関係認識等が人間レベルに到達 - 機械翻訳が人間レベルに到達 - 機械が仮説や要約を生成 - 音声対話が人間レベルに到達
数値データの処理、人間やシステムのモデル化	- センサからの大量データの取得・活用が進む（IoT） - 認知発達モデル、脳の情報処理の研究が加速	- センサデータにより、社会の部分的最適化が可能に - 認知発達モデルが部分的に構築 - 脳の情報処理原理が部分的に解明	- 認識能力、運動能力、言語・意味理解能力の向上とあいまって、社会全体の最適化が可能に - 認知発達モデルが概ね構築 - 脳の情報処理原理が概ね解明
計算機システム等の必要なハードウェア	- ワンショット3D計測やハイパースペクトルカメラなどのセンサ - 省電力高性能小型プロセッサ - 触覚センサなどセンサ類の高度化 - 高度マニピュレータ	- イジングモデル型デバイス - スマートアクチュエータ - あらゆるデバイスが超低消費電力駆動	人の脳にせまる脳型デバイス

4

イノベーションの例： 人工知能

人工知能

Googleの人工知能が囲碁でプロ棋士を破る(2016年1月)



トップページ > 科学・医療ニュース一覧 > グーグルが最新人工知能使い囲碁ソフト開発 プロに勝利

ニュース詳細



グーグルが最新人工知能使い囲碁ソフト開発 プロに勝利

1月28日 3時00分



アメリカのIT企業、グーグルの研究グループが最新の人工知能を使った囲碁のコンピューターソフトを開発し、人間のプロ棋士に勝利したと発表しました。囲碁でコンピューターが人間のプロに勝つのは初めてです。

これはアメリカのIT企業、グーグルの研究グループが28日発行のイギリスの科学雑誌「ネイチャー」に論文を発表したものです。囲碁は、将棋やチェスと比べて打てる手の数が桁違いに多いことから計算が複雑で、コンピューターが人間のプロの実力に追いつくにはこの先、10年以上かかるとされてきました。

論文によりますとグループが開発した囲碁ソフト「AlphaGo」には膨大な可能性を計算して打ち手を探す従来の方法に加え、「ディープラーニング」と呼ばれるコンピューターがみずから学習する最新の技術が使われているということです。

そのうえで、碁石の位置データに基づいた戦況の見極めと、次に打つ手の選択を2種類の別々の人工知能を組み合わせで計算すること

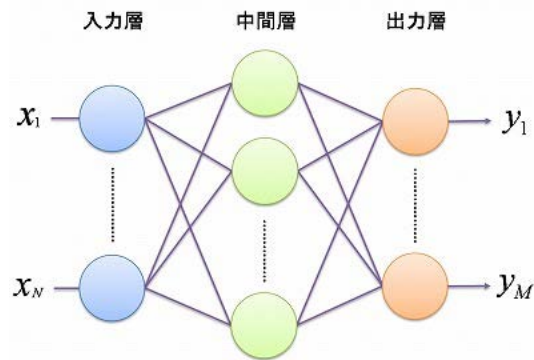
で、より強い手を見つけ出す能力が格段に高まったということです。

グループによりますと、中国出身のプロ棋士と対局し、「AlphaGo」は5戦全勝したということで、囲碁でコンピューターが人間のプロ棋士に勝つのは初めてだということです。

グループではことし3月には世界のトッププロ棋士の1人で韓国のイ・セドル九段と対局することにしています。

今回の成果についてグループでは「人工知能の開発に囲碁は最適なゲームだ。今後、この人工知能の技術を気象災害の予測から医療まで実社会のさまざまな場面に役立つものにしていきたい」としています。

ディープラーニングは3つの既存の技術の 組み合わせで実現した



1. パーセプトロン
昔の人工知能技術

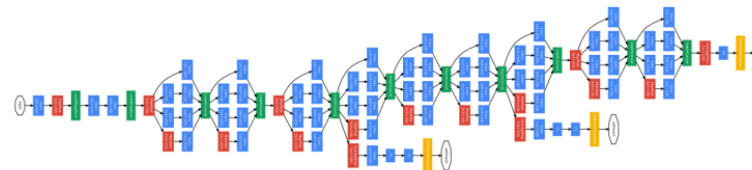


2. ウェブ上のビッグデータ
・学習に使用



3. 画像処理ユニット(GPU)
ゲーム機の技術・並列計算

Figure 3: GoogleNet network with all the bells and whistles



F. Schroff et. al: FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering, 2015

ディープラーニング

人工知能を活用した温暖化対策

技術（共通基盤技術×産業コア技術）×関連データ

技術	関連データ	様々な財・サービス
共通基盤技術 (人工知能、IoT、ロボット)	金融技術	取引・決済データによる与信、 ロボアドバイザー（資産運用）等
	医薬品開発技術	個別化医薬品、 個別化健康・美容サービス 等
	バイオインフォマティクス ゲノム編集	新規創薬、新種作物、先端材料製造、 バイオエネルギー 等
	エネルギー負荷機器 制御技術	エネルギーデマンドレスポンス、 見守りサービス 等
	生産管理技術	異常・予兆の早期検知等による安全性・ 生産性向上、保険・格付けの高度化 等

新産業構造ビジョン
http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/shin_sangyoukouzou/pdf/008_05_01.pdf

「革新的な温暖化対策技術」が、温暖化対策を直接の目的としない人工知能等の技術進歩によって実現していく。

「革新的温暖化対策技術」を得るためには
技術全般の進歩が重要。

- ◆ 技術全般が進歩することで、隣接可能性が満たされて、「革新的温暖化対策技術」も生まれる。
- ◆ 「革新的温暖化対策技術」“だけ”が真空から生まれることは無い。

例 AIが進歩 ⇒ 「AIによる省エネ」が可能に

異なるタイムスパン：
温暖化問題解決の機会を与える

共通基盤技術（ICT等）の進歩は急速：

... 2030年？ 2050年？

イノベーションのタイムスパン << 地球温暖化のタイムスパン
(2020, 2030) (2050, 2100)

イノベーションを起こすには？

イノベーションの性質

複雑系研究の視点

◆新しい技術は既存の技術の組合わせで生まれる。

∴技術進歩は ①蓄積性があり、②加速する。

◆隣接可能性

隣接可能性 (adjacent possibility)

技術革新の蓄積が新たな技術革新を可能にする。

- ◆イノベーションが起こるには、それを可能にするだけの技術の蓄積がなければならない。
- ◆例：ディープラーニングの場合は3つの技術が必要だった。
- ◆他の例：ブロードバンド環境が無ければ、ウェブ動画サービス (Youtube) は生まれなかった。

発明の同時性 (Simultaneous Inventions)

隣接可能性が満たされると、発明は“**不可避免的に**”起きる。

発明・発見は、ほぼ同時に、複数が独立に起きた。

1. ニュートンとライプニッツは、いずれも微積分を発見した。
2. 3人の数学者が小数を「発明」した。
3. 酸素はプリーストリーが1774年に発見したが、その前年に、シェーレも発見している。
4. カラー写真は、フランスでシャルル・クロとルイ・デュコ・デュ・オーロンによって同時に発明された。
5. 対数は英国のネイピアとブリッグス、それにスイスのビュルギの3人が考案した。
6. 温度計については、少なくとも6人の異なる発明者がいる。
7. タイプライターは、英国と米国でそれぞれ数人の個人が同時に発明した。
8. 蒸気船はフルトン、ジュフロワ、ラムゼー、スティーヴンス、サイミントンの、それぞれ「独自の」発明だと言われている。

自由経済の力

技術全般の進歩をもたらすもの



◆「私は鉛筆」(レナード・リード、1958年)

ごく普通の鉛筆が自らの生い立ちを語る。その鉛筆は、オレゴン州の木こりやスリランカの黒鉛鋼夫等、何百万もの人の協働で誕生した。鉛筆は言う:「鉛筆会社の社長も含めて、これら何百万者人の誰一人として、ほんのわずかのノウハウ以上のものを提供することはない」。

◆知識は集中したり統合されたりしたかたちでは決して存在せず、多数の個人がばらばらに持つ不完全でしばしば相矛盾する知識という、分散した断片としてのみ存在する。

◆自由経済には知識を組合せて優れた製品&イノベーションをもたらす力がある。

結論

- ◆ 共通基盤技術（ICT等）、科学技術の進歩は早く、地球温暖化問題解決への機会を与えている。
- ◆ 政府の役割は、①活発な経済活動を促すこと、②基礎研究・理科教育への投資、③いわゆる「革新的温暖化対策技術の開発」、等。
- ◆ ③だけではない。むしろ、③は①②に対して補完的な位置づけである。①②によって新事業・新製品が次々に生まれ、技術全般が進歩することで、「革新的温暖化対策技術」の隣接可能性が満たされることが重要。