

第61回ブレイクスルー研究会議事録

「進化のスピードが加速する大変革期時代のエクスポネンシャル思考」

1. 日時：2018年12月17日（月）18時から20時
2. 場所：政策研究大学院大学 4B研究室
3. 参加者：8名
4. 講師：齊藤和紀氏（エクスポネンシャルジャパン（株）共同代表）
5. 内容：
 - 1) 自己紹介（早稲田大学人間科学部卒、同大学院ファイナンス研究科修了、シンギュラリティー大学エグゼクティブプログラム終了。
金融庁、外資系ファイナンスを経て、ベンチャー支援、ベンチャー経営等。
 - 2) 説明：
 - ① Exponential思考の前提
 - ・2005年「The Singularity is Near」
（レイカーツワイル著）からシンギュラリティーという言葉が広がった。
参考：「1900年発表の「100年後の未来予想図」チョコレートのおまけに入っていた味わい深いイラスト絵（ドイツ）。
「20世紀の予言」（報知新聞が1901年発表の未来予測図）
 - ② 「未来への道のり」
シンギュラリティー大学の共同創設者ピーター・ディアマンティスの主催する「アダンダンス360」という世界トップCEOのカンファレンスのメンバーと大学の講師陣が20年間に実現するテクノロジーを纏めた。
（2018年から2038年まで）
2018（量子コンピューティング、感情AI等）、2020（5G、AI臨床診断、フライングカー等）、2022（3Dプリンター家やビル、衣服、会話ロボット一般化等）、2024（火星有人ロケット、AI能力拡張等）、2026（垂直型農業工場、原子レベルの製造業、VRの生活溶け込み等）
2028（新たな電力増加は再生エネ、世界の石油需要ピークアウト、ロボットと人間の関係拡大等）、2030（AIが人間生活に影響、石油産業壊滅等）、2032（医療ナノロボットが免疫システム増強、ロボットがマニュアル作業の引き受け等）、2034（AIが新たな科学領域を拓く、がんや貧困等の課題解決、ロボットが完全アシスト等）、2036（平均寿命が30から40年延びる、完全自動化スマートシティー登場等）、2038（人類の日常生活消滅等）
 - ③ 最新テクノロジーの進化の早やさ
 - ・AI（グーグル+ディープマインド）
→Alpha Go、Alpha Zero（人工知能に勝利）

- 中国の脅威、日本のイノベーション力の低下、時価総額世界の上位。
- Exponential Technology
ビッグデータ分析／デジタル取引／人工臓器／携帯式分析器／自動運転／遺伝子治療／遺伝子編集／モジュール化／再生可能エネ／3Dプリンター／4Dプリンター／無人航空機／サービスロボット／知覚UI／センサー群／スマート素材／VR／AR／テレプレゼンス／ナノ素材／ナノ粒子／量子コンピュータ／感情コンピューティング／ニューラルネットワーク／群知能／機械学習／脳とコンピュータ結合／シェアリングエコノミー等

③ Exponentialのパワー

6つのD（ビジネスのインパクト）

- ① Digitalization（デジタル化）
- ② Deception（潜行－初期のインパクトは小さい）
- ③ Disruption（破壊）
- ④ Demonetization（非収益化－既存事業を非収益化）
- ⑤ Dematerialization（非物質化－万能機に取り込まれ物理的に消える）
- ⑥ Democratization（大衆化）

コストの低下し、収穫加速の法則

* 収穫加速の法則

「収穫加速の法則と技術的特異点の到来

カーツワイルの唱えた収穫加速の法則は、[技術革新](#)のスピードに関する法則性だけを射程に入れたものではなく、広義の有用な情報量と定義される秩序とカオスと時間の関係の一般法則の下位法則として位置づけられている。これはエントロピー増大の法則を考慮にいたもので、宇宙の秩序増大に関する法則性を射程に入れたものである。カーツワイルの定義によれば、収穫加速の法則は[両対数グラフ](#)で示された。秩序が[指数関数的に成長（英語版）](#)すると、時間は指数関数的に速くなる－つまり、新たに大きな出来事が起きるまでの時間間隔は、時間の経過とともに短くなる。というものである。

また収穫加速の法則は、生命進化のプロセスにも適用されており、DNAの成立、生殖という発明、発明を作る発明としての人間の誕生などを一元的に捉え、[ムーアの法則](#)によって示されたような秩序を増大させる技術革新はトランジスタ製造技術の枠を超えて継続するという主張を展開した。ムーアの法則を、カーツワイルが拡張したもの。

集積回路の登場より以前のトランジスタ、[真空管](#)、[リレー](#)、電気機械式コンピュータまでさかのぼり、基本的なトレンドがパラダイムシフ

トによって維持されていることが示されている。

このプロセスの継続により、人間の脳の能力を数値化した際に、早ければスーパーコンピュータで2013年(実際は2011年に京が達成)、1000ドルのパーソナルコンピュータで2020年ぐらいにその数値をコンピュータの能力が追い越し、2045年には100億ものオーダーに達することから、カーツワイルは「シンギュラリティ(技術的特異点)は近い」と結論付けた。このような進歩の加速が起きる理由としては、以前の発明が次の発明が起きるまでの過程に応用され、以前の発明から次の発明までの期間を短縮するフィードバック作用が働いている事が挙げられる。」

④エクスポネンシャルの事例

世界のコンピューティングパワー増加のスピード／通信量の増加／太陽光パネルによる発電量の増加／遺伝子編集件数の増加／Uberドライバー登録の者数の増加等。

ビジネスもエクスポネンシャルに成長している。

→airbnb、Uber等。

アバンダンス(溢れるほど豊富)ーデジタル化から始まり非物質化、大衆化すると、差別化したり、収益化できなくなりアバンダンスの局面に入る

⑤エクスポネンシャル思考

・概要

超未来志向の志向方法(シンギュラリティー大学)

- ー「テクノロジーを俯瞰し、テクノロジーがもたらす未来を予測し自から理想の未来を想像する」

エクスポネンシャル思考の実践

アプリケーションレイヤー

インベータマインド

(10%よりも10倍目指す)

ムーンショット構想力

(価値観を売り込む力)

オペレーティングシステムレイヤー

エクスポネンシャルテクノロジーを俯瞰する力

(先端テクノロジーとその関係を俯瞰する力)

前述: 28のテクノロジー

・インベータマインド

- ー10%の向上を目指すよりも10倍を目指す方が楽。
- ー高速実験文化、失敗を許容するマインド

ー未来を作り出す気概が重要。

・ムーンショット構想力

ー壮大な目標で周りを巻き込む

ーぶち上げて価値観を売り込む力

例：X P r i z eの有効性（10億を超える賞金コンテスト）

ワクワク感で人とモノと資金が集まり「価値観」にバリュー
が集まる時代。

・エクスポネンシャル組織

「いかなる組織も秩序を守るための免疫系反応が存在する。

免疫系を弱めてからイノベーションを起こす手法。

野心的は変革目標

内的性質：I D E A S

I：インターフェイス、D：ダッシュボード、

E：実験、A：自立型組織、S：ソーシャル技術

外的性質：S C A L E

S：オンデマンド型スタッフ、C：コミュニティーと

クラウド、A：アルゴリズム、L：外部資産活用、

E：エンゲージメント

以下7つのキー要素：

野心的な変革目標（世界を変える大風呂敷）

志と資本の提携（野心的なミッションへの共感）

データを価値の変える（データ化、可視化共有化）

競争ではなく共創

変化対応性のための外部資産活用（クラウドソーシング等）

自律反動的かつ高速実験失敗文化

辺縁系で起こしたイノベーションを取り込む

・エクスポネンシャル思考の浸透（プログラム）

①講演（L E C）、②テクノロジーの俯瞰（G W）、③外部環境

の変化が与える影響（G W）、④破壊的イノベーションの俯瞰（G

W）、⑤変化しない本質的な価値の発見（G W）、⑥新規事業創

造（G W）、⑦発表と纏め（L E C / G W）

（合意→発散→集約のプログラム構成）

（参考）

・テンセントは10年後既存事業はなくなる危機感（次の10
年後の投資検討）

- ・CoCreationモデル

小さな力で早く大きく動かすという点で有効

例：孫正義育英財団（渋谷EDGE of）

- ・個のエンパワーメントが高まる時代への対応

- ・教育への展開

カドカワ「N高等学校」

青山学院大学「シングラリティー研究所」（2018年）

（文責：主査 旭岡叡峻）

*は説明で追加。

- ・ゲノム—生命設計図（ACGT 4種類の分子で構成、2重螺旋構造）

人体の細胞37兆個

*ゲノム（遺伝情報の総称）、DNA（核酸、4種類の塩基で構成）、
遺伝子（DNA配列設計図）

細胞は共通のゲノムが折りたたまれて保存。染色体はゲノムの集まり。

- ・身体の内蔵—セントラルドグマ（DNA>RNA>タンパク質）。2万種類のタ

タンパク質のコード情報

*セントラルドグマ (英: central dogma^[1]) とは、遺伝情報は「DNA→(転写)→mRNA→(翻訳)→タンパク質」の順に伝達される、という、分子生物学の概念である。

*50以上のアミノ酸集合体をタンパク質。50以下をペプチド。

- ヒトゲノム情報の内訳は、1.5%がタンパク質情報。その他は、それぞれのタンパク質の相互関係。

* <ヒトゲノムの内訳>

- 遺伝子領域 30%、アミノ酸配列を決める領域 3% + アミノ酸配列を決めるものではない領域 27%、
- 非遺伝子領域 70%

タンパク質をコーディングしている領域が遺伝子。2万種類の組み合わせ。

2000年頃、生物種ごとの全ゲノムの長さが解析できた。

*ヒトゲノムー遺伝情報の1セットである。ヒトゲノムは核ゲノムとミトコンドリアゲノムから成る。人の違いは0.1%。

- エピゲノムー細胞が同じゲノムを持っている。ゲノムは遺伝的なもの、エピゲノムは 時間環境、依存的な環境、エピゲノムは後天的要因で決まる。進化の過程で選択がなされる。

1990年代見つかった。

エピゲノムの正体は、活性を変える分子の総称。分子との相互関係。ゲノムのフィールドの上で構成されているのが、解析できる。エピゲノティック (エピゲノムを変化させる環境的要因 (食生活等))

エピゲノムは解析が複雑、パターンが多い。参入困難。

*エピゲノムとは、DNAの塩基配列は変化せず、DNAやヒストンへの化学修飾が規定する遺伝情報。後天的な環境要因によって遺伝子発現が、制御される。

細胞の中にあるゲノムDNAや、DNAが巻き付いているヒストン蛋白質にくっつくさまざまな化学修飾(メチル化やアセチル化)が、エピゲノムの正体。これらの化学修飾は、ゲノム上の遺伝子のはたらきをコントロールする。エピゲノムは、細胞が分裂しても次の新しい細胞へほぼ正確に受け継がれる。

DNAの塩基配列情報をゲノムと呼ぶのに対し、そのゲノムに施されたそれ以外の情報をエピゲノムと呼ぶ。

DNAはヒストンというタンパクに巻きつけられて圧縮されて核内に収納されているが、そのDNAやヒストンにメチル化・アセチル化という修飾が入り、これによりDNA上のどの遺伝子が動き出す

かの制御が行われる。

こうした修飾は外部の環境変化が細胞にシグナルとして伝わり、特定の酵素群が行う。

ヒトの体は37兆個の細胞からなり、そのすべてが同じ DNA をもっているのに、カラダの部位によって全然違う細胞になるのは、エピゲノムによりゲノム DNA の情報が的確に使われるからである。

・応用—再生医療応用（エピゲノム解析による特定細胞への分化誘導）

がん細胞は変化するので、薬では困難、免疫には学習して殺しに行く。

生命ががん細胞を許容している

タンパク質には、指令タンパク質が2000種類あり、

この指令タンパク質を刺激する。

・ゲノムシーケンシングと網羅解析

—当初はジデオキシン法で一つひとつ読んでいたが、最近は次世代シーケンシーで、画像センサーで読む。全ゲノム解析技術の革新。

国際エピゲノムプロジェクトの加速で直接ゲノムを読む込む。

メチル化を引っ張るタンパク質→抗体がある。

メチルを入れる酵素→認識する抗体

超音波で破碎するとメチル化のDNA→引っ張る。このDNAを読む。

配列が解る

認識抗体は多い。そのために、前処理が大変。情報解析の複雑性

→定量比較が可能

これで薬剤のターゲットマーカーの探索。がんのエピゲノム解析。

→エピゲノム解析によるマーカーの探索。

後天的な認知症の発見等。

*メチル化—メチル化（メチル化、英: methylation）は、さまざまな基質にメチル基が置換または結合することを意味する化学用語である。この用語は一般に、化学、生化学、生物科学で使われる。生化学では、メチル化はとりわけ水素原子とメチル基の置換に用いられる。

*エピジェネティクス—

一般的には「DNA塩基配列の変化を伴わない細胞分裂後も継承される遺伝子発現あるいは細胞表現型の変化を研究する学問領域」である。ただし、歴史的な用法や研究者による定義の違いもあり、その内容は必ずしも一致したものではない。

多くの生命現象に関連し、人工多能性幹細胞（iPS細胞）・胚

性幹細胞 (ES 細胞) が多様な器官となる能力 (分化能)、哺乳類クローン作成の成否と異常発生などに影響する要因 (リプログラミング)、がんや遺伝子疾患の発生のメカニズム、脳機能などにもかかわっている。

- ・レリクサの成り立ちと事業

2010年以降解読技術の革新

個別遺伝子から全ゲノムへ、病気のメカニズムを解く、個別解析、全ゲノム解析へ。

予測からソリューション

→病気のリスク因子を予測する。計算アルゴリズム開発

①受注受け皿

②ソフトウェア開発

③共同研究事業 (食品、創薬、畜産のエサ等)

メインは情報解析 (ラボ)

- ・ビジネスモデル

①開発請負 (食品研究等)

②検査 (動脈硬化早期発見/認知症マーカー)

③目指す世界

- ・2020年100ドルゲノム

- ・ポータブルDNAシンケンサー (参考: Oxford ナノテクポリ)

- ・解析プラットフォーム (土壌品質改良、養殖槽管理、ウイルス効果、ヘルスチェック、創薬)

→統一的な解析へ

○質疑

- ・プレジジョンメディスンとの関係

- ・メタボロムと比較

- ・メチル化

- ・国際競争

- ・多変量解析

- ・エピゲノム解析

(文責: 旭岡叡峻)

*は説明補