

2016/4/18 バイオ小委員会トピックス

「スマートセル開発に向けたIT/AI技術の展望」

荒木 通啓 (Michihiro Araki)

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科

IT / AI技術の近年の革新

**データ
(ビッグデータ)**

- ・ **構造化データ**
リレーショナルデータ
リスト
テーブル
- ・ **非構造化データ**
ウェブコンテンツ
電子文書・メール
画像・映像・音声

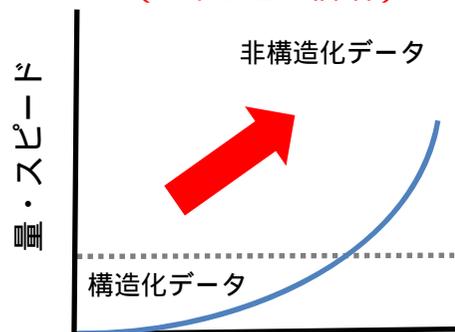
**計測・測定
(IoT, バイオ)**

- ・ **データ量**
モニタリング
ゲノム解析・合成・編集
- ・ **データ多様性**
非構造化データ
- ・ **生産スピード**
リアルタイム

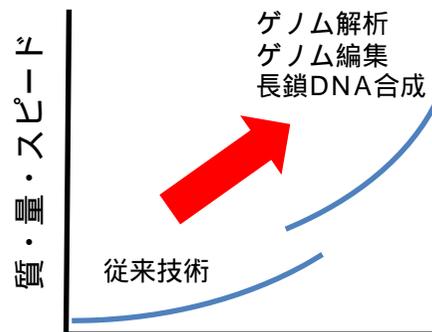
**解析・学習
(AI)**

- ・ **思考**
画像認識
音声認識
将棋・囲碁 (AlphaGo)
選択・意思決定
- ・ **行動**
ロボット
自動走行

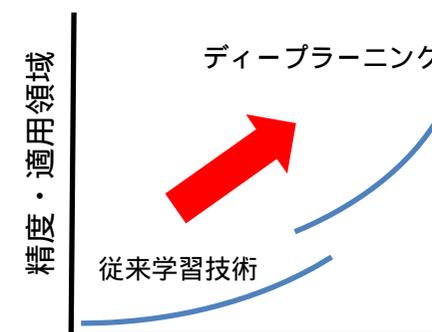
データ量の指数関数的増大
(2年ごとに倍増)



ゲノム改変・合成技術の非連続変化



学習技術の非連続変化



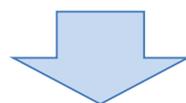
データ量・データ多様性・生産スピードの飛躍的拡大

新たな知識発見と将来予測・設計へと展開

バイオ分野の革新

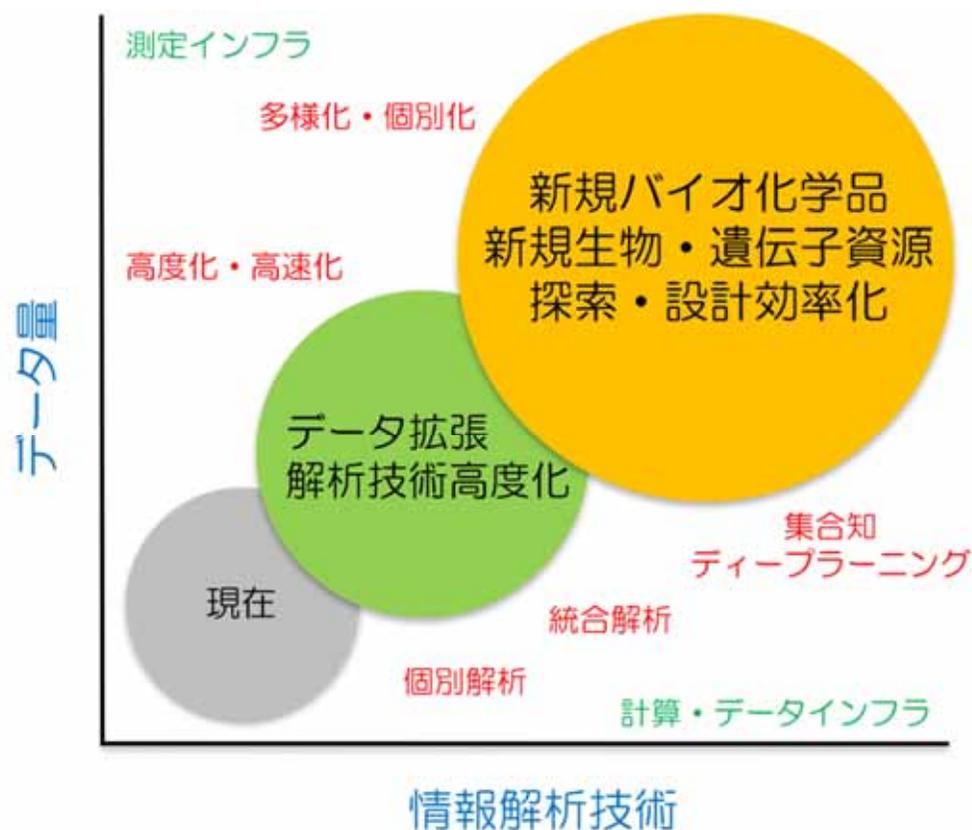
【現状課題】

- ・ **バイオ生産の加速化**
生産宿主の開発に3-10年
- ・ **バイオ生産量の増加**
工業生産に必要なスケール・コスト
- ・ **新規バイオ化学品の生産**
非天然型バイオ化学品・少量多品種



【課題解決】

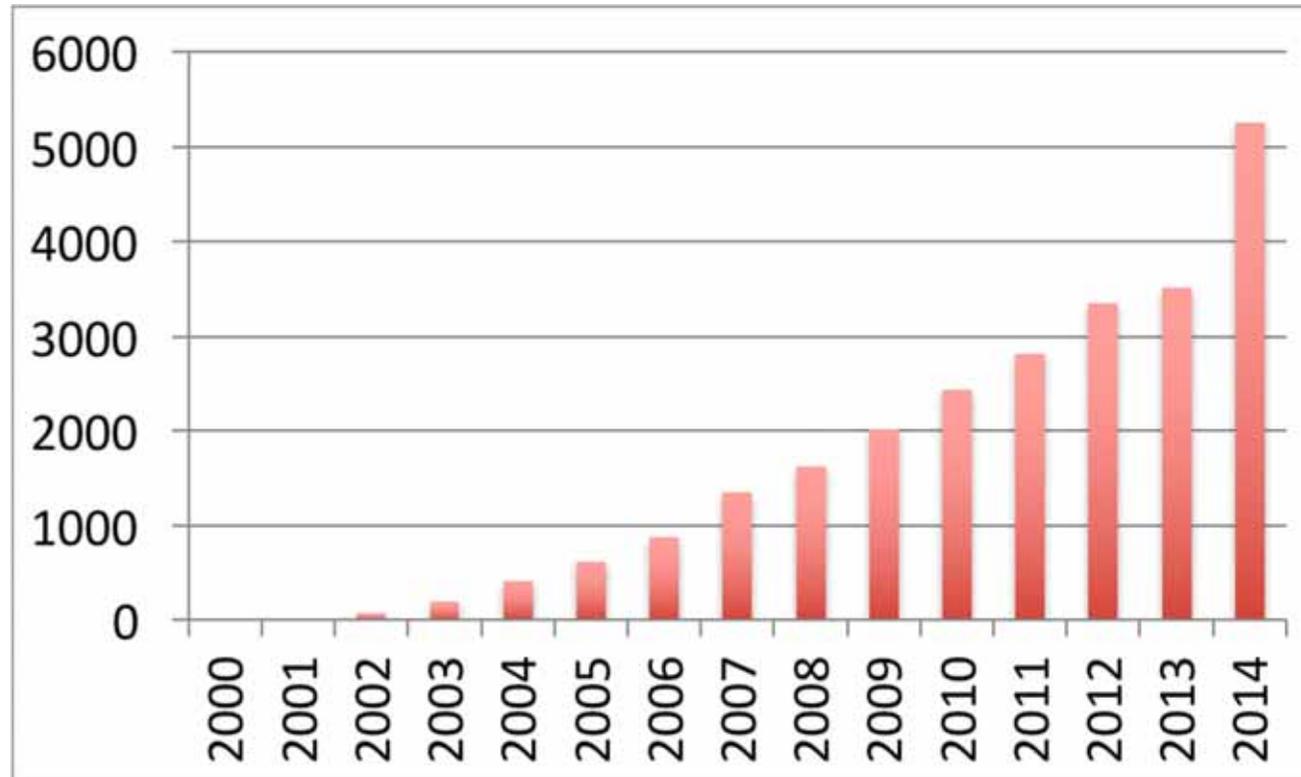
- ・ **バイオ生産の加速化**
計測・IT・AI技術の加速化とデータ蓄積
宿主開発プロセス（技術選択）の最適化
生産宿主開発に1年未満
- ・ **バイオ生産量の増加**
生産宿主モデルの構築：理論収量計算
副次反応・経路の同定、宿主最適化
- ・ **新規バイオ化学品の生産**
IT・AI技術による新たな反応・経路の発見
長鎖DNA合成・ゲノム編集技術による構築



計測技術とデータ解析・学習技術の**非連続な**進展による新たなステージへ

バイオ分野におけるIT/AI技術の利用

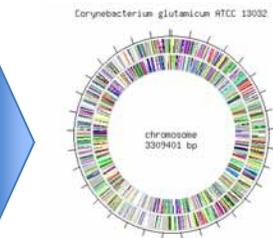
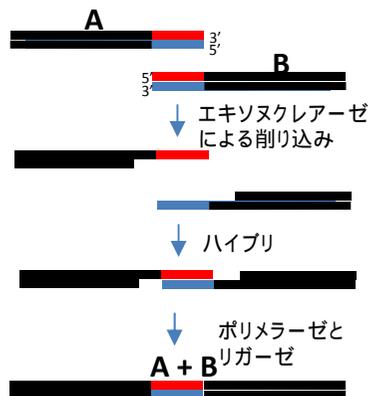
論文数の増加：システム生物学・合成生物学分野



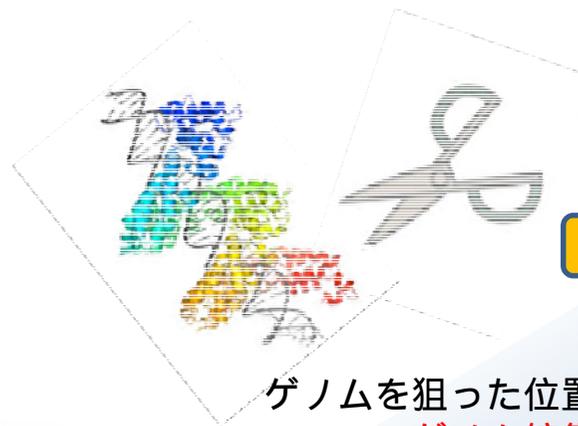
IT/AI技術利用の拡がり・多様化・加速化

スマートセルインダストリーにおいても大きな可能性

非連続なバイオ技術の進展（革新的バイオ技術）



ゲノムの丸ごと合成
巨大DNA合成技術



人工ヌクラーゼ
ZFN
TALEN
CRISPR

ゲノムを狙った位置で自在に編集
ゲノム編集技術



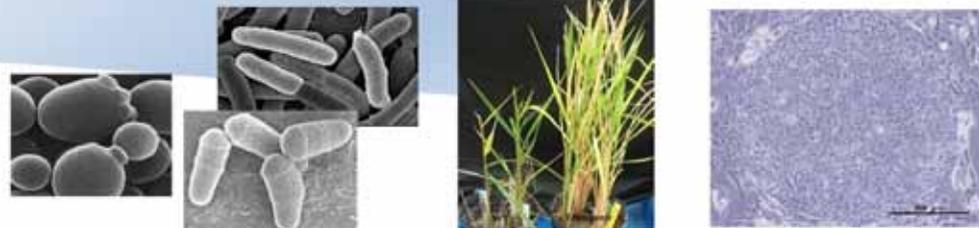
遺伝子操作の高速化
ロボット活用技術



統合的生命の理解の進展
システムズバイオロジー
シンセティックバイオロジー



ゲノム・オミックスデータ
取得の高精度化・高速化
ビッグデータの集積

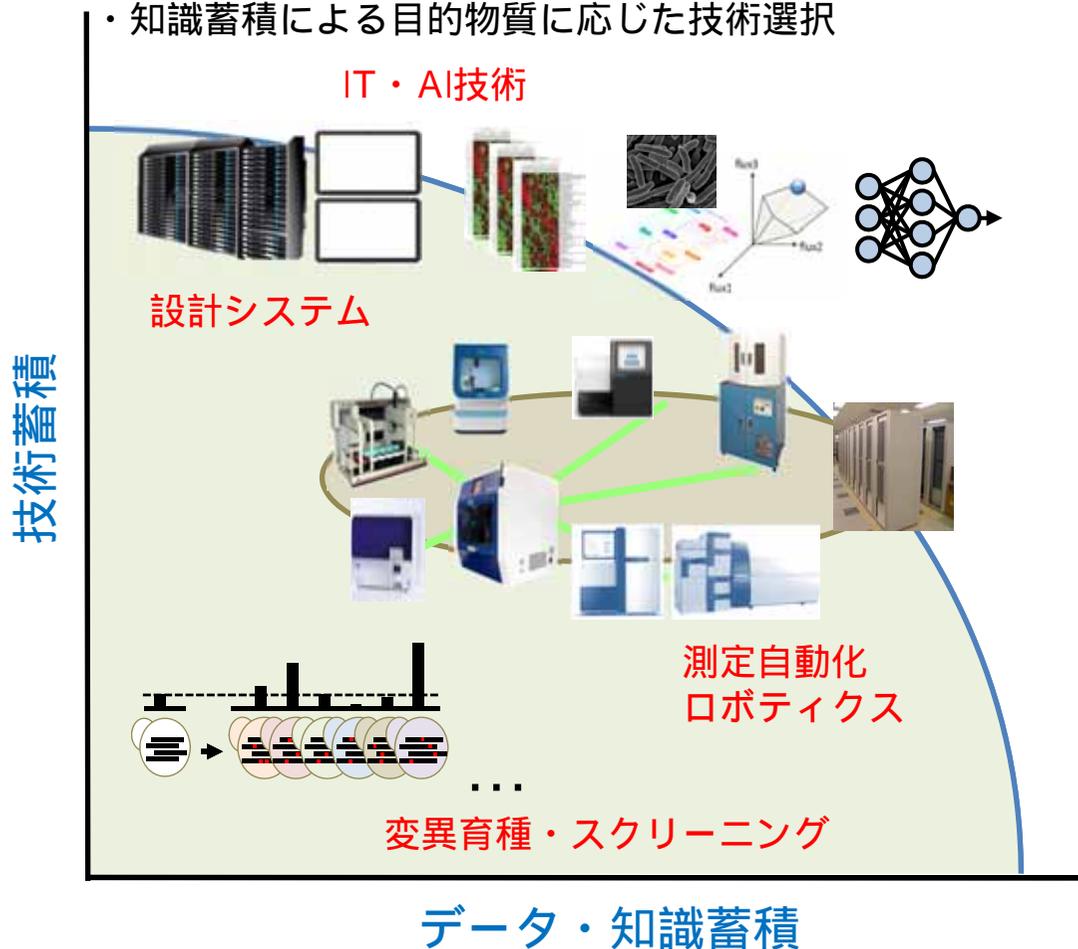


あらゆる生命を対象としたバイオテクノロジーを革新

海外事例：革新バイオ技術の融合による事業化 (Amyris ・ Genomatica)

・ 技術集積とデータ・知識蓄積による宿主開発の加速化

- ・ 変異育種・スクリーニング・測定自動化技術
- ・ 知識蓄積による目的物質に応じた技術選択



【競争力の源泉】

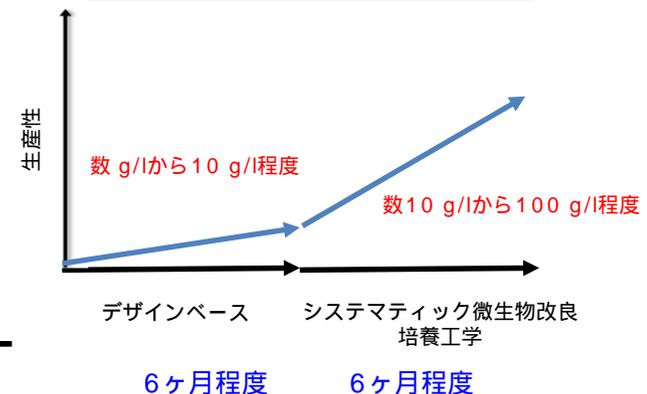
設計・育種のシステム化
測定自動化：ロボティクス

↓ 目的物質

技術選択
データ・ノウハウ蓄積

↓ design-build-test cycle
高速化・効率化

高速デザイン・高速育種



革新バイオ技術を利用した物質生産を実現し、多くの資金を集めている
(日本企業を含む)

Amyrisの成功例：アルテミシニン

従来の方法（天然物からの抽出）

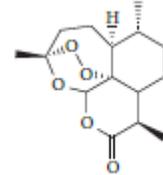


ヨモギ（クソニンジン）



細胞内での
アルテミシン合成

抽出・精製



アルテミシン
0.01-1.0%-dw



抗マラリア剤
(ヨモギの収量変動 価格が不安定)
(最高値: ~1,100US\$/kg)

ゲノム解析・関連遺伝子群（複数）の導入・各遺伝子発現や酸化還元反応の調整のための代謝デザイン

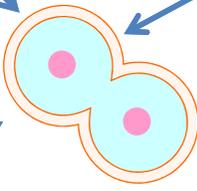
Amyrisが開発した方法（発酵生産）

多重組換え体構築技術

生合成経路デザイン技術

DNA集積技術

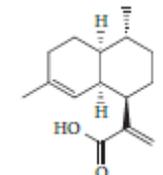
ゲノム情報



酵母

酵母を利用した、代謝経路等が最適化された（デザインされた）細胞を利用

発酵



アルテミシン前駆体
25 g/L
(~ 400 US\$/kg)

化学反応



サノフィ・アベンティスが
抗マラリア剤を市販
安定供給・低価格化

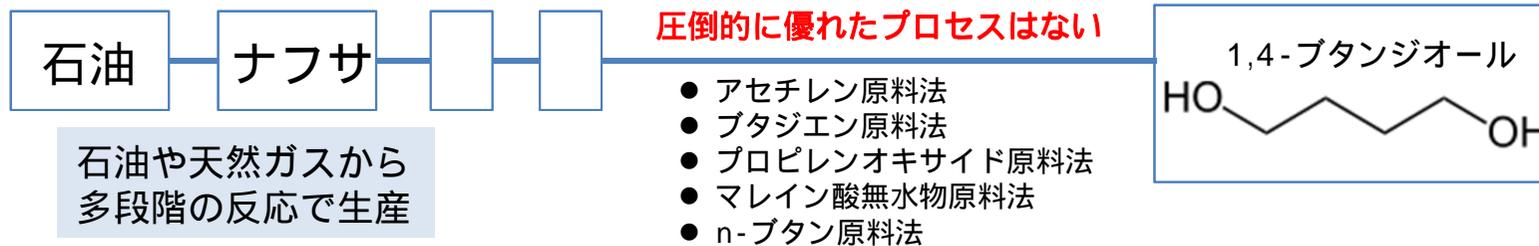
- ・これまで人工的に合成できなかった化合物を工業生産可能なレベルで合成可能に
- ・アルテミシニンの安定供給（ヨモギの収量変動に依存しない）、低価格化（1/2）に寄与

Genomaticaの成功例：1,4-ブタンジオール

8

従来の方法（化学合成）

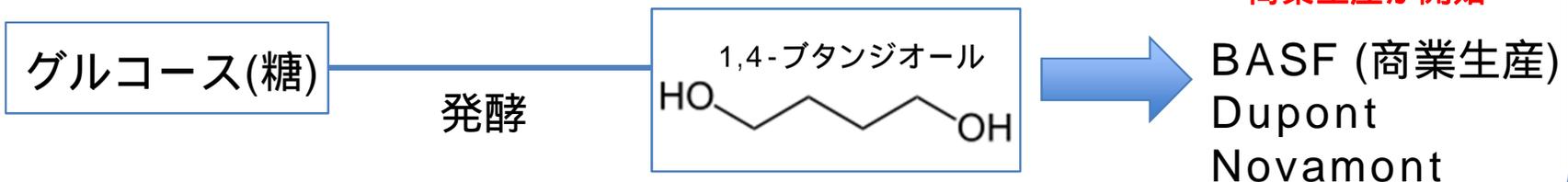
プラスチック原料として成長している化学品（市場規模は年産1.6百万トン）



- ・ 1,4-ブタンジオールを生産させるための代謝パスウェイのデザイン（組み込む遺伝子の決定）
- ・ ゲノム情報を利用した細胞のモデル化・代謝最適化（コンピュータ上での細胞内代謝系の再現）

Genomaticaが開発した方法（発酵生産）

IT技術を利用して細胞をデザインし、高生産株を創成
安定的・持続的生産を可能としてスケールアップを実現



- ・ 生物合成による工業生産を実現（10万トン規模）

日本の強み

IT/AI技術

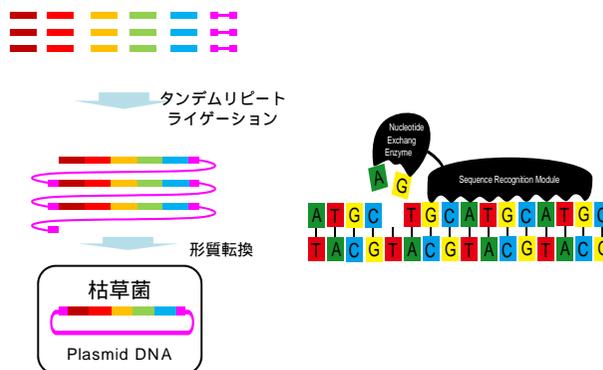
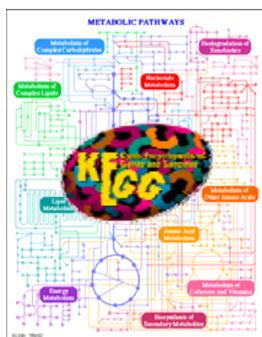
- データベース (DB)
例) KEGG (標準DB)
- ソフトウェア
例) M-path (代謝設計)
- IT/AI人材層
例) ポスト京・AIセンター

革新的バイオ技術

- DNA合成技術
例) 長鎖DNA合成
- DNA編集技術
例) ピンポイントゲノム編集
- 先進分析技術・装置
例) 高感度質量分析装置
オミックス解析技術

伝統的バイオ技術

- 生物資源の集積
例) カルチャーコレクション
豊富な微生物菌株
- 工業化技術やノウハウ
例) 発酵の最適化
スケールアップ技術
低コスト化・生産性向上



個のデータ・技術 (ポテンシャル) の選択・組合せ・融合



日本独自のバイオ技術とIT・AI技術の融合によるバイオ分野の革新

将来展望

- ・ 育種プロセスの超高速化：バイオ産業の競争力強化
- ・ 多様なバイオベース製品生産量の増加：バイオエコノミーの拡大
- ・ バイオ医薬品、再生医療や環境バイオへの展開：バイオ領域全体の革新

