

# 未来創発型アプローチについて

平成26年6月2日(月)

科学技術振興機構(JST)  
研究開発戦略センター(CRDS)

# ● 未来創発型アプローチとは

## ● CRDSにおいて検討された、社会的期待に応えるための2つの戦略立案方法のひとつ

—社会的期待と研究開発領域/課題を結び付ける(“邂逅”)

### ● 課題解決型アプローチ

課題が解決された状態の社会像を想定し、その実現に必要な研究開発領域/課題を検討する

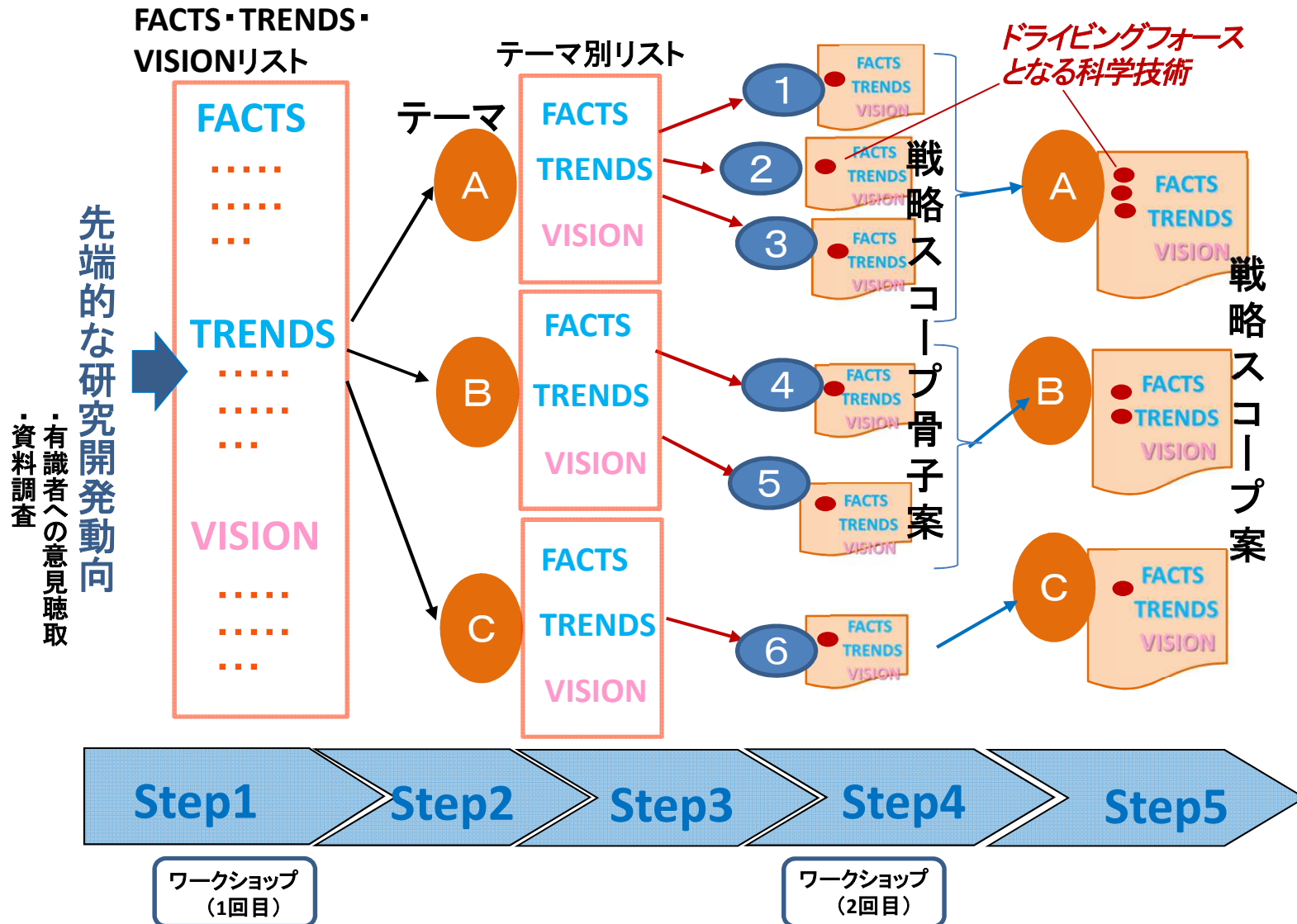
- 研究開発領域の視点にとらわれずに社会的課題が認識できる
- 課題解決に寄与しうる研究開発課題を複数の分野から見出すことができる

### ● 未来創発型アプローチ

先端的な研究開発動向から洞察される **未来の社会像** を描くことから検討を開始し、重要な研究開発領域/課題や必要な社会制度を抽出

- 未来志向で新規性のある社会像が描くことができる
- 先駆的、先端的な研究開発領域/課題が特定される

# ● 検討プロセスの概要 (図)



## ● 検討プロセスの概要

- Step1:** 未来の社会像とその根拠となる科学技術のリスト  
(**FACTS**・**TRENDS**・**VISION**リスト)の作成
- Step2:** 上記リストの検討範囲を絞るための視点(テーマ)  
の抽出
- Step3:** 視点毎に関連する社会像と科学技術を把握  
(テーマ別**FACTS**・**TRENDS**・**VISION**リストの作成)
- Step4:** **ドライビングフォースとなる科学技術**を特定し、こ  
れを中心に実現しうる正負両面の社会像を把握  
(**戦略スコープ骨子案**の作成)
- Step5:** テーマの単位により複数の**戦略スコープ骨子案**を  
統合的に検討(**戦略スコープ案\***の作成)

※戦略スコープ案: CRDSにおいて研究開発戦略を検討する候補

# ● 検討結果(1)

## Step1: FACTS・TRENDS・VISION リスト(別紙1)

### <リスト中のカテゴリ>

- 生命・生体
- 脳とコミュニケーション
- 個人化の進行
- 大量データ蓄積とデータ同士の結びつき
- ICTによるビジネスの変化
- システムの複雑化
- 人とロボット
- モビリティ
- 科学技術の変容
- 新材料・物質

## Step2: 抽出された3つのテーマ

A: 医療と病院の変容

B: 人と機械の新たな関係

C: 人の能力とコミュニケーション

# ● 検討結果(2)

## Step4: 戦略スコープ骨子案 (●ドライビングフォースとなる科学技術)

- ① 生体統合モデル
    - 統合生理モデルの研究開発(システム生理学)
    - 3次元多細胞体構築技術
  - ② 加齢性疾患治療技術
    - 疾患予防としての抗老化医学
  - ③ 経験・感性と科学の融合
    - 物理的刺激による新しい治療法の開発
    - 漢方薬が何故、効くのかというメカニズムの解明
  - ④ モノのインターネット
    - モノのインターネット
  - ⑤ 人・社会とICT
    - 人間と機械の間の意思疎通インタフェース
    - 知のコンピューティング
    - ヒトの感覚システムの解析と模倣計測技術の開発、およびその送信方法開発
  - ⑥ 脳とコンピュータ
    - 脳機能の非侵襲計測技術
    - 脳科学と情報技術の統合化、ブレイン・マシンインタフェース(BMI)の進展
    - 脳機能とコンピュータを連携させる技術
- } (別紙2)

# ● 検討結果(3)

## Step5: 戦略スコープ案 (●ドライビングフォースとなる科学技術)

### A: 医療と病院の変容

- 物理的刺激による新しい治療法の開発
- 疾患予防としての抗老化医学
- 統合生理モデルの研究開発(システム生理学)
- 3次元多細胞体構築技術

(別紙3)

### B: 人と機械の新たな関係

- モノのインターネット
- 知のコンピューティング
- 人間と機械の間の意思疎通インタフェース

### C: 人の能力とコミュニケーション

- 脳機能の非侵襲計測技術
- 脳科学と情報技術の統合化、ブレイン・マシンインタフェース(BMI)の進展
- 脳機能とコンピュータを連携させる技術

※Step5の実施によって、戦略スコープ骨子案の単位では把握しにくい制度面の課題や幅広い社会像を把握

## ● 今後の課題

- リスト作成時**Step1**における典拠情報の拡大
  - 特に資料調査の範囲拡大が必要
  - 文献データベース等の計量的分析や科学研究助成事業の成果を活用することも検討する必要
- 検討プロセスへの参加者のあり方
  - 広く意見を聴取する必要がある段階と比較的少人数で検討すべき段階の明確化
- 社会像の検討方法の改善
  - 社会像の表現方法の詳細化
  - 人文社会系の専門家の関与の必要性



FACTS・TRENDS(現時点で起こりつつあること/5年から20年で実現しうること)	情報源	VISION(こうしたい/こうなるとよい)	情報源
<b>生命・生体</b> ・細胞を長期保存する技術の進展 ・生体の長期保存技術の移植・生殖技術への利用 ・生命機能を持つ自律性の数理解明	意見聴取  意見聴取	<b>生命・生体</b> ・生体の長期保存技術による食糧危機への備えが実現  ・臓器形成の自律的カニズムの医療への応用*	意見聴取
<b>脳とコミュニケーション</b> ・ヒトの脳計測の精密化 ・ヒトの脳計測によるコミュニケーションの定量化 ・脳型コンピュータ(並列処理、学習、自己修復型)の発展 ・ICTの発達による相手の顔を見ない情報交換の増加(脳のしくみとのかい離に対する危惧)	意見聴取 意見聴取 意見聴取 意見聴取	<b>脳とコミュニケーション</b> ・脳のモニターによる病気の警告が実現  ・”人間らしい”コンピュータの実現 ・脳本来のしくみにあったコミュニケーションが可能に	意見聴取  意見聴取 意見聴取
<b>個人化の進行</b> ・蓄積された様々な個人データの文脈的解析 ・個人の選択が情報パターンの一つになるという危惧 ・個人化の進行 ・ものづくりのオーダーメイド化 ・医療のテーラーメイド化 ・移動の個人化	GTO13-5 意見聴取  MCS13-9 GTO13-7	<b>個人化の進行</b> ・個人向けの最適化サービスの提供が普及* ・プライバシーと利便性のバランス*	
<b>大量データ蓄積とデータ同士の結びつき</b> ・データ解析技術の進歩:大容量データ、不確実データ ・構造化データ・非構造化データ・物理的デバイスの結びつきによる相乗効果 ・モノのインターネットのひろがり (デバイスのインターネット接続による物理世界のモニタリングの実現:ヘルスケア、インフラ、製造業など) ・生活空間にあふれるセンサノード・ネットワーク ・生体親和性のあるセンサの実現	GTO12-1、11-2 GTO11-1 GTO11-4MCS13-3  意見聴取 意見聴取	<b>大量データ蓄積とデータ同士の結びつき</b>  人間の行動の制御、企業活動やサービスへの利用*	
<b>ICTによるビジネスの変化</b> ・モバイル端末の普及による顧客対応の密接化 ・SNSによる人材配置の最適化/人材の有効活用 ・モバイル機器の普及による消費行動の変化 ・アウトカムベースのビジネスへ(コスト削減からのシフト)  ・ICTの利用による農業の完全自動化	GTO13-1 GTO12-2 MCS13-1 GTO12-3  意見聴取	<b>ICTによるビジネスの変化</b> モバイル端末のネットワーク化によるサービスのスマート化(モノどうしの連携)  人が消費者から創造的生活者になる社会の実現 金銭以外の価値を共有し再配分できる社会の実現	意見聴取 意見聴取
<b>システムの複雑化</b> ・プログラムが複雑化し大きくなったことによる全体の把握困難 ・制御系システムのネットワーク化によるセキュリティの確保の課題 ・インターネットのリスクの定量化	意見聴取 意見聴取 意見聴取	<b>システムの複雑化</b> ・複雑なシステムの構造や相関関係の可視化が可能に(⇒セキュリティの強化・安心) ・価値として「信頼」「安心」「共感」が重視される社会の実現 (←「便利」) ・定量化によるリスクの低減	意見聴取 意見聴取 意見聴取
<b>人とロボット</b> ・ロボット研究における医療・介護・家事での利用という強い圧力 ・単純作業のロボットによる代替・工場の無人化 ・サービスや生活の場へのロボットの適用 ・人工知能の発達による知的作業の自動化、ロボットによる代替の進行	意見聴取 MCS13-5 MCS13-5 MCS13-2	<b>人とロボット</b>  ・人間とは何かが問われる社会*	
<b>モビリティ</b> ・自動化した乗り物の低コスト化・普及 ・安全性・効率性の向上 ・新たな法制度の必要性 ・自動車運転の無人化  ・超高精度の時間計測による超高精度のGPSや地表の現状把握が実現	MCS13-6  意見聴取  意見聴取	<b>モビリティ</b> ・公共交通の形の変化  ・あらゆる物流の無人化 ・自動運転や常時監視によるメンテフリー化 ・首都直下型地震の予測、地下資源のマッピングなども可能に	意見聴取 意見聴取 意見聴取
<b>科学技術の変容</b> ・出来事を長期間、大量に蓄積することによる現実社会と科学的手法とのつながりを可能に ・現実の社会現象の一回起性:再現できないものを設計しようとする科学的手法の適用の限界	意見聴取 意見聴取	<b>科学技術の変容</b> ・選択肢がメリット・デメリットとともに提示されている社会の実現(未来が未決のまま開かれている社会)	意見聴取
<b>新材料・物質</b> ・量子単位での物質の制御による諸機能(計算や計測)の実現 ・他分野の視点による材料活用方法の拡大	意見聴取 意見聴取	<b>新材料・物質</b> ・高性能材料の多様な領域・産業での利用拡大*	

①生体統合モデル

FACTS・TRENDS(現時点で起こりつつあること/5年から20年で実現しうること)  
[科学的知見や技術の見込み等の根拠があること]

VISION(こうなることが想定される)  
[社会像を示す表現となっていること]

先端技術による  
メリット・デメリット  
の双方を検討

★関連するFACTS・TRENDSの項目

- ・先制医療の発展
- ・患者の生理モデルを構築し、データベース化
- ・遠隔医療の普及
- ・医療のテーラーメイド化
- ・3次元で臓器が作れるようになりつつある。
- ・検査・診断技術の進歩
- ・生体親和性のあるセンサの実現
- ・「臨床予測性を高めるバイオマーカーの発展  
(大規模コホート・バンクの活用と解析を通じたバイオマーカー探索)

★科学技術のドライビング・フォース1

項目名:統合生理モデルの研究開発(システム生理学)  
概要:人間の生理モデルについては長い研究の歴史があるが、これまで作られたモデルのほとんどは、循環器系、呼吸器系、内分泌系、消化器系、温熱系、免疫系など部分的な機能モデルであり、それらを統合した生理モデルはその確立の試みが始まった段階である。近年、生命あるいは生体の生理機能の総体を意味する「フィジオーム」が提唱されその研究が活発化しているが、それに刺激されて統合生理モデルの研究も進みつつある。  
特に最近では免疫系、自律神経系、内分泌系の三者一体となった生体防御系の仕組みが明らかとなりつつあり、病気の発生とその成長、消滅の数理的な表現も活発に研究されるようになった。その意味でも、医療における統合的なモデル活用の気運は上昇している。  
留意点:最近では検査の方法や精度も大きく向上したため、モデルを新しい検査データの取得に応じて随時更新して精度を保つことが可能となった。特に、高齢者の場合は日常的に医療機関との接点がある場合が多く、検査データにもとづいてモデルを随時更新することを高い頻度で行うことが出来るので、モデルによる診断と治療が効果を発揮すると思われる。生体統合モデルとそれにもとづく診断/治療のシステムを構築することが実現のキーとなる。また、スマートセンシング・ネットワーク技術を用いて、普段身につけているデバイスや生活空間に置かれたセンサなどから得られる生体情報および社会・生活・地域環境情報を活用することで、さらに精度を上げることが


★科学技術のドライビング・フォース2

項目名:3次元多細胞体構築技術  
概要:in vitro で生体中の組織、器官にできるだけ近い機能をもった多細胞体構築技術。構築された多細胞体は、医薬品・医療機器の研究開発におけるテストベッドとして活用することで、従来の培養細胞では得られなかった知見が得られ、医療技術研究開発の効率化・加速が可能になる。動物実験の代替が可能になれば、広い分野からの医療技術開発への参入を促す契機ともなる。再生医療(構築した組織、器官の移植)にもつながる技術であるが、テストベッドの構築に焦点を合わせ、工学的技術も積極的に取り入れ、テストベッドとして使いやすい多細胞体構築に注力する。in vitro 多細胞体に適した分析・解析技術の開発も併せて行うことが必要。  
留意点:戦略スコープ「ヒト多細胞体の構築・移植技術の確立と実用化」(2010年9月)との差別化

- ・病気を早期に予想できる/早期に介入できる社会  
(予防医療や先制医療が可能となっている社会)  
(不調や疾患を感知してコントロールする仕組みができていない社会)  
(漢方や伝統的医療が科学的背景を持って復活している)  
(▼発症リスクが分かっても、有効な介入方法がない病気の存在が社会問題になっている)
- ・総合健康管理が実現している社会  
(全身を総合的に捉えた健康管理が実現している/取り戻すことができる)  
(疾病の発症機序の解明により早期発症リスクの抽出が可能になっている)  
(生体や社会・生活・地域環境の情報の統合的時空間センシングができる社会)  
(遠隔医療・在宅医療が一般的になっている社会)  
(個人別の疾患に応じた最適な医療が可能となる社会)  
(▼コスト上の面から誰もが利用できる技術とはなっていない可能性)

その結果として>>

- ・全身の情報が把握されることによるデメリット/課題  
(▼情報漏えいによるプライバシーの侵害)  
(▼健康状態が本人の意思とは関係なく外部からコントロールされることも可能)
- ・健康維持の面でも格差がより広がっている社会(疾病への対応だけでなく)

FACTS・TRENDS(現時点で起こりつつあること/5年から20年で実現しうること) [科学的知見や技術の見込み等の根拠があること]	検討の流れ	VISION(こうなることが想定される) [社会像を示す表現となっていること]
<p><b>★FACT・TRENDS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・先制医療の発展、未病への対応が普及</li> <li>・科学的根拠を持つ老化予防が普及(疾患予防としての老化予防(先制医療の一つのアプローチ))</li> <li>・物理刺激のヒトに対する科学的影響の解明</li> <li>・患者の生理モデルを構築し、データベース化</li> <li>・生体親和性のあるセンサの実現</li> <li>・遠隔医療の普及</li> <li>・検査・診断技術の進歩</li> <li>・医療のテーラーメイド化</li> <li>・3次元で臓器が作れるようになりつつある</li> </ul> <p><b>★科学技術のドライビングフォース</b></p> <p><b>DF1 物理的刺激(力学的刺激、熱的刺激、光刺激、磁気刺激など)による新しい治療法の開発</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・これまであまり検討されてこなかった物理的刺激を治療に取り入れ、新しい治療分野を開拓する。細胞、組織は物理的刺激に応答するメカニズムを持っている。生命現象と物理的ストレスとの関係を研究するメカノバイオロジーという領域ができているが、まだ黎明期。超音波刺激により骨折治癒が促進されるなどの事例もある。</li> </ul> <p><b>DF2 加齢医学による疾患予防</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・老化と疾病発症との関係理解に基づく疾患予防を目指す。老化は疾患の大きな要因となる。例えば、老化の結果の一つである動脈硬化は、子供の時から進行している。老化に関わる遺伝子(Klotho、Sirtuin)などの同定、加齢因子や若返り因子の存在の示唆、カロリー制限の抗老化作用など、老化への理解が進みつつある。</li> </ul> <p><b>DF3 統合整理モデルの研究開発(システム生理学)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・部分的な機能モデル(循環器系、呼吸器系、内分泌系、消化器系、温熱系、免疫系)を統合した生理モデルの確立の試みが始まっている。近年、生命あるいは、生体の生理機能の総体を意味する「フィジオーム」が提唱され、その研究が活発化しているが、それに刺激されて統合生理モデルの研究も進みつつある。</li> </ul> <p><b>DF4 3次元多細胞体構築技術</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・in vitro で生体中の組織、器官にできるだけ近い機能をもった多細胞体構築技術。構築された多細胞体は、医薬品・医療機器の研究開発におけるテストベッドとして活用することで、従来の培養細胞では得られなかった知見が得られ、医療技術研究開発の効率化・加速が可能になる。再生医療(構築した組織、器官の移植)にもつながる技術であるが、テストベッドの構築に焦点を合わせ、工学的技術も積極的に取り入れ、テストベッドとして使いやすい多細胞体構築に注力する。</li> </ul> <hr/> <p><b>★社会像を実現するために必要な「科学技術のドライビングフォース」以外の科学技術及び制度等</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新たな医療制度(在宅医療等)</li> <li>・本技術確立による高齢者数増加に対する社会システムの検討。高齢者の就労、孤立化を防ぐ対策</li> <li>・生体統合モデルとそれにもとづく診断/治療のシステムの構築</li> <li>・医療費のコストとベネフィットを考慮した制度作り</li> </ul>		<p><b>★主たる社会像とその詳細</b></p> <p><b>△正の面</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・医療に多様な選択肢(形態、環境、プロセス等)が用意されている社会) (物理的刺激による生体内の調整機構の解明が発展している) (全身を統合的にとらえた健康管理が実現している) (遠隔治療・在宅治療が一般的になっている) (個人別の疾患に応じた最適な医療が可能となっている)</li> <li>・病気を早期に予想できる/早期に予防・介入できる社会 (シミュレーションにより)不調や疾患を認知しコントロールするしくみができている (理想の(不可避)老化に近づける老化疾患予防ができている) (疾病の発症機序の解明により早期発症リスクの抽出が可能になっている) (生体や社会・生活・地域環境の情報の統合的時空間センシングができている)</li> </ul> <p><b>▽負の面</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・医療に多様な選択肢(形態、環境、プロセス等)が用意されている社会) (ヒトに害を与える物理刺激が表面化することにより、兵器などに利用) (コスト上の面から誰もが利用できる技術とはなっていない可能性) (情報漏洩によるプライバシー侵害) (健康状態が本人の意思とは関係なく、外部からコントロールされることも可能)</li> <li>・病気を早期に予想できる/早期に予防・介入できる社会 (発症リスクが分かっているにもかかわらず有効な介入方法がない病気の存在が社会問題になる) (個の寿命と種の寿命、若年者層との競合(食糧、職業等)) (倫理観の問題、人の寿命に踏み込む抵抗感) (健康管理の過剰な管理に繋がる恐れ)</li> </ul>