

俯瞰ワークショップ
「ライフサイエンス分野の俯瞰と重要研究領域」
報告書



戦略イニシアティブ

国として大々的に推進すべき研究で、社会ビジョンの実現に貢献し、科学技術の促進に寄与する

戦略プロポーザル

研究分野を設定し、各チームが協調、競争的に研究することによって、その分野を発展させる

戦略プログラム

共通目的を設定し、各チームがこれに向かって研究することによって、その分野を発展させると同時に居通の目標を達成する

(Executive Summary)

国が政策として推進する研究領域の選択には、社会全体および研究者コミュニティに対する説明責任がある。それは誰にも判りやすい必要があり、俯瞰図の使用はその有効な一方法である。分野の全体像を隈なく俯瞰し、研究の歴史性、現在活発な研究領域、ファンディングの消長、国ごとの重点領域の異同、などの比較検討が可視下で可能だからである。

江口グループでは、発足（平成 15 年 9 月）以来、提言の提出をはじめ、文部科学省や研究者コミュニティとの意見交換時の要請に答えるため、内部の議論に基づき繰り返し俯瞰図を作成してきた。しかしながらこれまで「俯瞰そのもの」に関する総合的な議論を先送りしてきた。

平成 18 年、第Ⅲ期科学技術基本計画が公表され、政策的に政府がリードする部分の骨子が提示されたことを受け、江口グループとして議論の基本となる俯瞰図を完成させ、これに基づく重要研究領域の抽出を進めつつある。なお、上述の観点から俯瞰図とは動的であり、今後も随時見直しが繰り返されねばならない。

この報告書は、今回、江口グループが採用した方法論を、具体的な実施の進行に即して示すと共に、重点研究領域を抽出する検討過程を提示するものである（一部、進行中のものを含む）。

1. 方法論の提示：俯瞰図の作成と重要研究領域候補の抽出

（1）俯瞰図の作成

①従来、比較的重点的に資源配分がなされてきた 5 つの領域（ゲノム、脳・神経、発生・再生、免疫、がん）を取り上げ、5 面の二次元俯瞰図を作成した。

②俯瞰図の縦軸は構造的階層に従って「分子、細胞、組織・器官、個体、集団」とし、横軸は機能の複雑さから「単純←→複雑」とした。

③各領域の学会シンポジウムや大型研究費のタイトルなどを参考に 108 の研究領域を列挙し、上記 5 枚の俯瞰図に貼り付けた。

（2）俯瞰図の妥当性の検証と重要研究領域候補の提言

①研究者インタビューの実施

現在、主導的に研究を推進している研究者 44 名に面会し、上記の俯瞰図および研究領域を提示し、その妥当性如何と、今後重要と考えられる研究領域の提言を求めた。得られた 48 の研究領域は、江口グループ内の議論および俯瞰ワークショップ（後述）の議論などを踏まえ、23 の重要研究領域候補に整理・統合された。

②俯瞰ワークショップの実施

わが国で指導的立場にある研究者を中心に 13 名の招待者および当センターの 7 名の参加者、計 20 名による俯瞰ワークショップを開催した。江口グループから俯瞰図と 23 重要研究領域候補を提示し、今後 5～10 年のタイムスパンでライフサイエンス発展のために何をなすべきか、意見と討論を求めた。俯瞰図と重要研究領域候補の切り出しは、以下のコメントを付して承認された。

コメント：俯瞰図は、横軸の“単純機能、複合機能、統合機能”を、“単純←→複雑”と変更する。23 重要研究領域候補は、「ゲノム・機能分子分野」、「脳・神経分野」、「細胞機能分野」の 3 つに大括りし、適切に統合整理してさらに検討を進める。

2. 方法論の有効性の検討：俯瞰図の活用による研究課題抽出のプロセス

以上の手続きを受け、江口グループ内で以下の作業を行った。

(1) 研究領域候補を俯瞰図上に位置づけた上で、①相対的位置関係、広がり、重なるの科学的妥当性、②社会的要請に応える科学技術的根拠の強さ、③国内外の研究進捗情勢との関係、④国内外のファンディングの経緯と現状との比較、⑤具体的成果を得るに適切なサイズか、⑥国内に世界をリードする研究者群が存在するか、などを基準に研究領域候補の絞り込みを行った。

(2) この場合、5 つの俯瞰面の内部だけの議論に終始することを排除し、他の俯瞰図面と重ね合わせて相互貫通により生み出される領域を重視する努力をした。

(3) 「ゲノム・機能分子分野」、「脳・神経分野」、「細胞機能分野」の 3 大分野から、それぞれ優先度を考慮しつつ、研究課題の抽出を行った。3 分野につきその過程の例を示した。

(4) 抽出された課題は、それぞれの分野の専門研究者による「深堀ワークショップ」に付し、その妥当性、課題名、研究内容などに磨きをかけられる。これと共に、「G-TeC (海外調査)」に委ねられ、さらにブラッシュアップを受ける。その結果は、当、研究開発戦略センターの全体会議（フェロー会議）に付され、議論の上、妥当な課題と判断されれば「戦略プロポーザル」として提示される。

目次

I. はじめに	1
II. 俯瞰の範囲及び作業の目標と方法	2
1. 俯瞰と俯瞰図作製の意義	2
2. 俯瞰の範囲と作業目標	2
3. 方法	3
III. 5分野の俯瞰と重要研究領域候補の抽出	4
1. 5分野の俯瞰図	4
2. 研究者インタビューと重要研究領域候補の抽出	10
3. 俯瞰ワークショップの実施とその結論	13
4. 研究技術・ツールマップの試作	15
IV. 俯瞰図の活用——分析と研究領域の抽出	17
1. ゲノム・機能分子分野	18
2. 脳・神経分野	21
3. 細胞機能分野	23
おわりに	28

(資料編)

1. これまでに作成した俯瞰図	31
(1) 16年度(原初)版(5分野楕円図と二次元マップ)	31
(2) 17年度報告書版俯瞰図	33
(3) 社会ニーズと分野相関マップ	34
2. 5領域俯瞰図への貼り付け項目の説明	37
3. 俯瞰ワークショップ(当日の資料、その他)	45
(1) 23研究領域候補と俯瞰図への位置づけ(配布と解説)	45
(2) 重要研究課題候補(23課題)の内容の概略(配布)	49
(3) 植物分野とその俯瞰(配布)	61
(4) その他の配布した資料(国内外の政策と予算)	61
(5) 当日の発言の要点録	62

I. はじめに

研究開発戦略センター江口グループにあっては、平成 15 年 9 月のグループ発足後、直ちにライフサイエンス分野の俯瞰に着手し、ライフサイエンスを「ヒトと社会」を中心に据え、“ヒトの理解につながる生命科学”と、それを基盤とする“医療・福祉”、“農業・水産・食物”それに“生物資源（衣・住）”の科学・技術への展開、さらには地球環境にも連関する分野としての基本俯瞰図を作成した（資料編、図 1）。これに加えて、現在活発に研究が行われている領域の二軸俯瞰図（資料編、図 2～5）を作成し、爾来、これらを基礎として、日本のライフサイエンスの動向を、公表された研究論文、学協会の活動状況、ファンディングのあり方等々の詳細な分析を通して把握し、将来の日本のライフサイエンスの望ましい方向性を模索しつつ、いくつかの提言を行ってきた。しかし、研究を適切に推進するためには、当該分野の俯瞰は常に見直されねばならない。

第Ⅲ期科学技術基本計画の公表（平成 18 年 4 月）を機に、社会と研究者コミュニティの理解が充分に得られるような重要研究領域の抽出を可能とする、今後 3 ヶ年を目途とした俯瞰図の完成を目的として作業を進めた。本冊子は、その内容と、完成した俯瞰図の活用による近未来のライフサイエンス分野における重要研究領域について検討した経過を取りまとめたものである。

Ⅱ．俯瞰の範囲及び作業の目標と方法

1．俯瞰と俯瞰図作製の意義

国が政策として推進すべき研究領域や研究課題は、その策定にあたって以下の条件を満たす努力が必要である。

(1) 社会ニーズに資することにより社会の科学に対する期待に答え、かつ、その研究を推進することにより、新しい科学技術のフロンティアが開かれ、基盤の充実を促進すること。

(2) 研究実施者である研究者コミュニティとの間で、上記の点について一定の信頼が確保されていること。

(3) 社会全体および研究者コミュニティに対して説明責任を果たすこと。特に、重点的推進であるからには、優先順位について説明可能であること。

(4) その妥当性は時間と共に動的なので、常にチェックされ柔軟に改良されること。

そのための一つの方法は、ライフサイエンス分野の全体像を隈なく把握し、俯瞰できる俯瞰図の作成とその活用による説明努力である。これにより、研究の歴史性、現在活発な研究領域の位置づけ、ファンディングの消長、国ごとの重点領域の異同、などの可視下での比較検討の場が得られ、その研究分野の重点化について研究者コミュニティと社会に対する一定の説明が可能になるであろう。

2．俯瞰の範囲と作業目標

研究開発戦略センターにあっては、ライフサイエンス分野（江口グループ）の扱う範囲を、『生命体を対象とする科学・技術（理解・操作・作出）とする。ただし、生命体をつくる非生命体を含む』とした。

これまで江口グループでは、国家として重点的に支えるべき新しい研究領域を探るために、まず、基本俯瞰図（資料編、図1）の「ヒトの理解につながる生物科学」と「医療・福祉」から手をつけた。今回の俯瞰にあたっては、この中で、近年盛んにファンディングされてきた5つの分野、すなわち、①ゲノムサイエンス、②発生・再生、③免疫(感染症を含む)、④脳・神経、⑤がんを挙げ、それぞれにつき計5枚の俯瞰図を作成した。なお、がん分野については、平成17年度末に井村グループ（臨床医学研究）が発足したので、江口グループでは『がんの生物学』に注力することとした。

目標は、5分野それぞれから重点領域を抽出するのではなく、全体を見渡して、3か年以内に研究推進に着手することで、中長期的なライフサイエンスの発展と

技術開発のシーズが得られるであろう研究領域の創成を提言することにある。

3. 方法

(1) グループ内での集中討議（合宿討議）によって、ライフサイエンス分野の現在の研究動向を俯瞰するための方法を検討し、俯瞰図の作成を決めた。

(2) 生命体の営みをその構成分子から個体に至る構造(かたち)とこれらの構造が発現する機能(はたらき)の二軸を設定し、二次元の俯瞰図を作成し、従来展開されてきた研究の領域をこの2軸が構成する2次元平面上に位置付けた。

(3) 俯瞰図に貼り込む研究領域名称(計108タイトル,資料編2.)は、大きなプロジェクト（科研費の特定研究、特別推進、JSTのCREST、ERATOなど）、学会の全国大会のシンポジウム、ワークショップなどのタイトルや発表演題などをもとに、内容を勘案し、グルーピングして各領域の仮称名称とした。また、我が国で行われており、それらの課題に関連するものの元資料に含まれていない研究課題内容にも配慮して、領域名称の作成を試みた。

(4) 研究者インタビュー：活発に研究を推進している個々の研究者を対象にして克明なインタビューを行い、個々の研究者が提案する重要研究領域を加味しつつ、基本俯瞰図を修正する。

(5) 俯瞰ワークショップ：この基本俯瞰図に基づいて「俯瞰ワークショップ」を開催し、このワークショップにおける議論およびワークショップ出席研究者から寄せられた意見を参考にして、最終的な俯瞰図を作成する。

(6) 完成した俯瞰図に基づいて、ワークショップ参加者およびインタビューを行った研究者から提起された重要研究領域候補を充分に参考としつつ、重点的に推進する研究領域を抽出する。

Ⅲ. 5分野の俯瞰と重要研究領域候補の抽出

1. 5分野の俯瞰図

俯瞰ワークショップその他の作業による修正を踏まえた最終図を掲載する。

縦軸：構造（かたちとつくり）

分子；原子が結合した存在状態、あるいはまとまりをもった原子団。

（例：有機、無機化合物。アミノ酸、核酸、タンパク質、また、複合分子、ネットワークを形成し相互作用している分子群も含める）

細胞；生物体を構成する最小の基本単位で、膜によって包まれ、自己増殖能を有する。細胞を構成する細胞内小器官(オルガネラ)も含む。

組織・器官；

組織：細胞を構成単位とし、組織化された多細胞構造体。

器官：一種類または複数種の組織によって構築され、特異機能を発現する多細胞体制。

個体；組織・器官によって構成され、独立に生命機能を営む多細胞の体制。

集団；個体の群、またはグループ(2種類以上の生物種個体のヘテロな群も含む)

横軸：機能（はたらき）

俯瞰ワークショップに提出した俯瞰図(旧版)の横軸(機能軸)は「単機能」、「複合機能」、「統合機能」であったが、ワークショップの議を経て「単純 $\longleftrightarrow$ 複雑」と修正した。本章では煩雑を避け、修正後の軸(下図)を使用した図を掲載する。



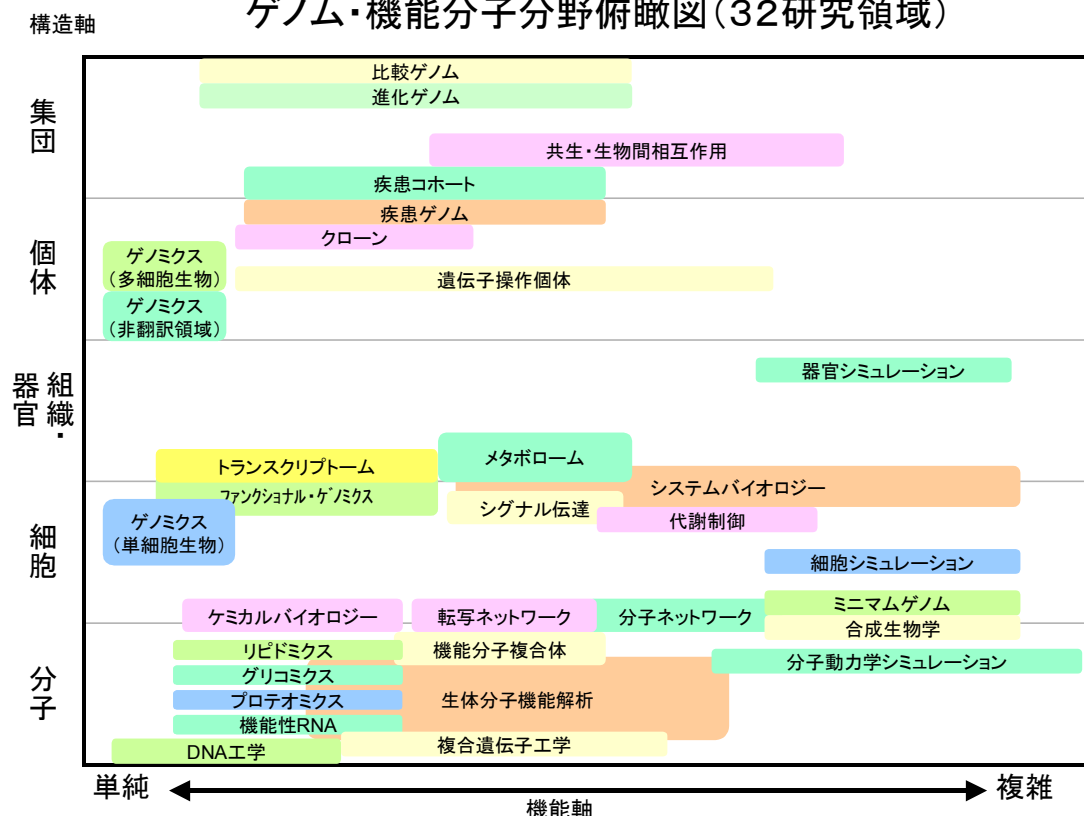
（参考：旧版（俯瞰ワークショップ以前）における横軸(機能軸)の定義）

単機能 single function；生物をかたちづくっている構造体に備わっている単一の機能（はたらき）

複合機能 multi-function；いくつかの単機能が集まることで、発現される単一の機能

統合機能 integrated function；多数の機能が統合されることによって発現される、複合機能より次元の高い機能

ゲノム・機能分子分野俯瞰図(32研究領域)



縦軸：

分子レベル：DNA、RNAやタンパク質などの構造、機能解析（含、網羅的なもの）、分子間相互作用、生体超分子、分子複合体の構造、機能の研究、受容体、接着分子などの解析など

細胞レベル：人工オルガネラ、物質輸送、細胞周期、多重遺伝子制御系の研究など

組織・器官レベル：組織レベルでの転写解析・代謝解析など

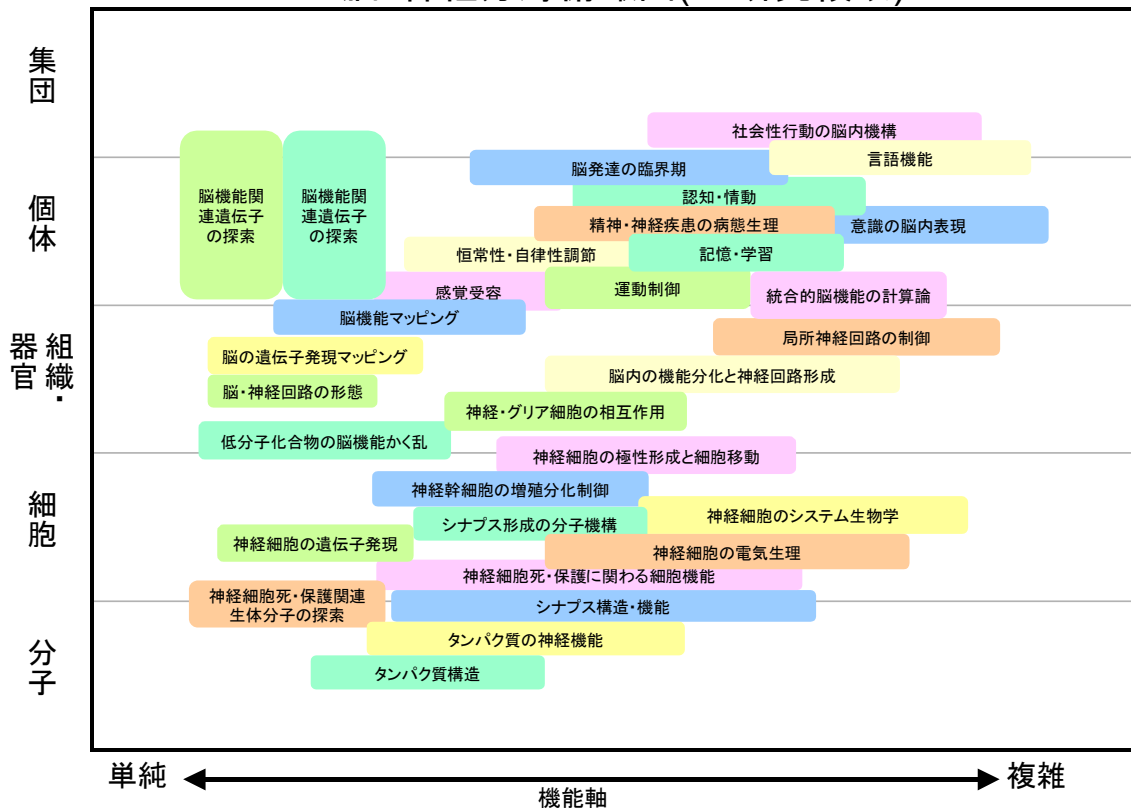
個体レベル：植物研究、疾患の病因解析など

集団レベル：ゲノム多型研究、分子病態、高血圧、統合失調症などの遺伝子解析など

横軸：「ゲノム、転写物、タンパク質、代謝物の網羅的解析、分子病態解析・原因遺伝子の研究、人工タンパク集積体など生体分子の人工的な作出」などの単純な機能から、「分子ネットワークの情報伝達、相互作用解析、生理機能の解析」などの複合的な機能を経て、「計算科学的な生物の理解、人工的な生物の設計」などの統合的な複雑機能までを順に配置

構造軸

脳・神経分野俯瞰図(31研究領域)



縦軸：

分子レベル：タンパク質複合体の構造決定や機能調節機構解析、ウイルスベクター開発など

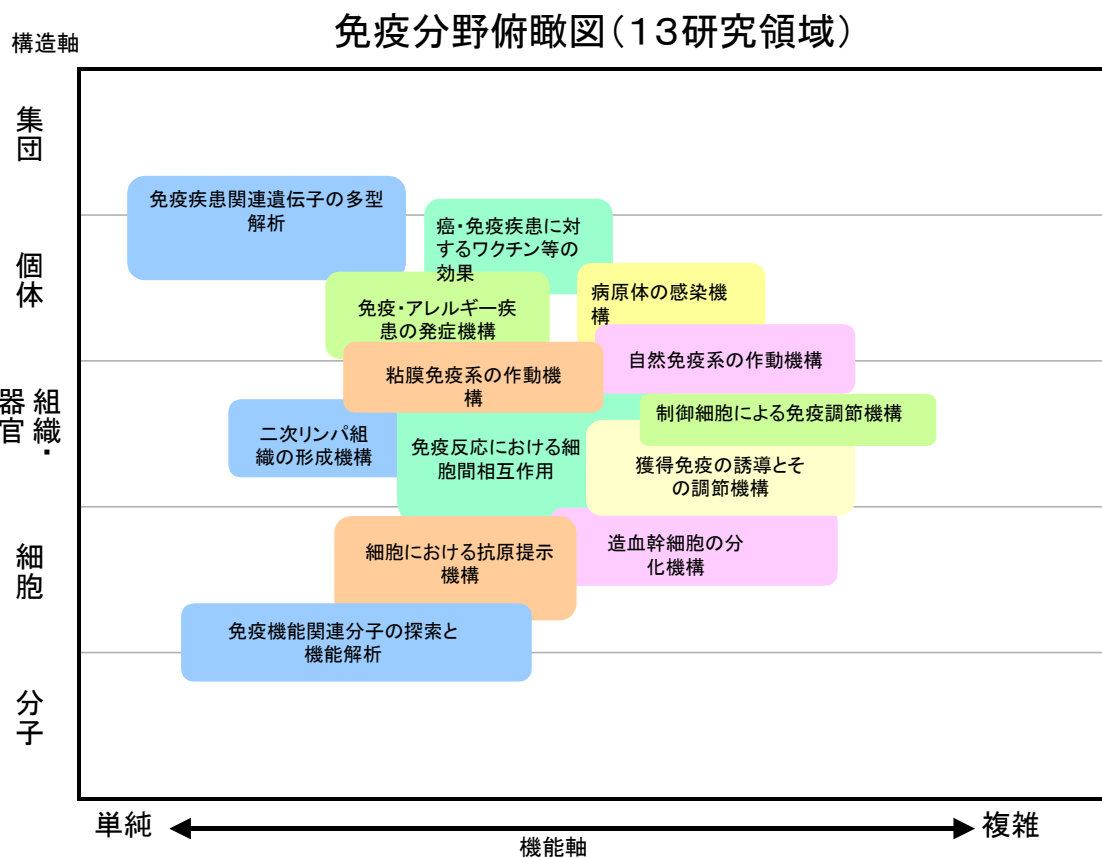
細胞レベル：細胞内小器官やシナプス機能の解析、培養細胞での刺激応答計測など

組織・器官レベル：神経回路の発達過程の細胞間情報伝達、脳内領野活動など

個体レベル：行動・感覚とリンクした脳内活動、精神・神経疾患関連遺伝子探索など

集団レベル：社会性の神経生物学、言語の獲得・形成など

横軸：「疾患関連遺伝子の探索、行動・感覚に対応した脳活動、細胞内情報伝達に関わるタンパク質の機能解析、細胞内構造物の構成タンパク質の同定」などの単純な機能から、「神経回路形成に関わる要素過程の連関、細胞内情報伝達ネットワークの同定、性格に関する量的遺伝子解析」などの複合的な機能を経て、「構成する神経細胞活動による局所神経回路の刺激応答制御機構の解析、細胞内情報ネットワークによる振動現象の解析」などの統合的な複雑な機能までを順に配置



縦軸：

分子レベル：ケモカイン・サイトカインとその受容体の同定

細胞レベル：細胞接着分子の同定、細胞の抗原提示機構など

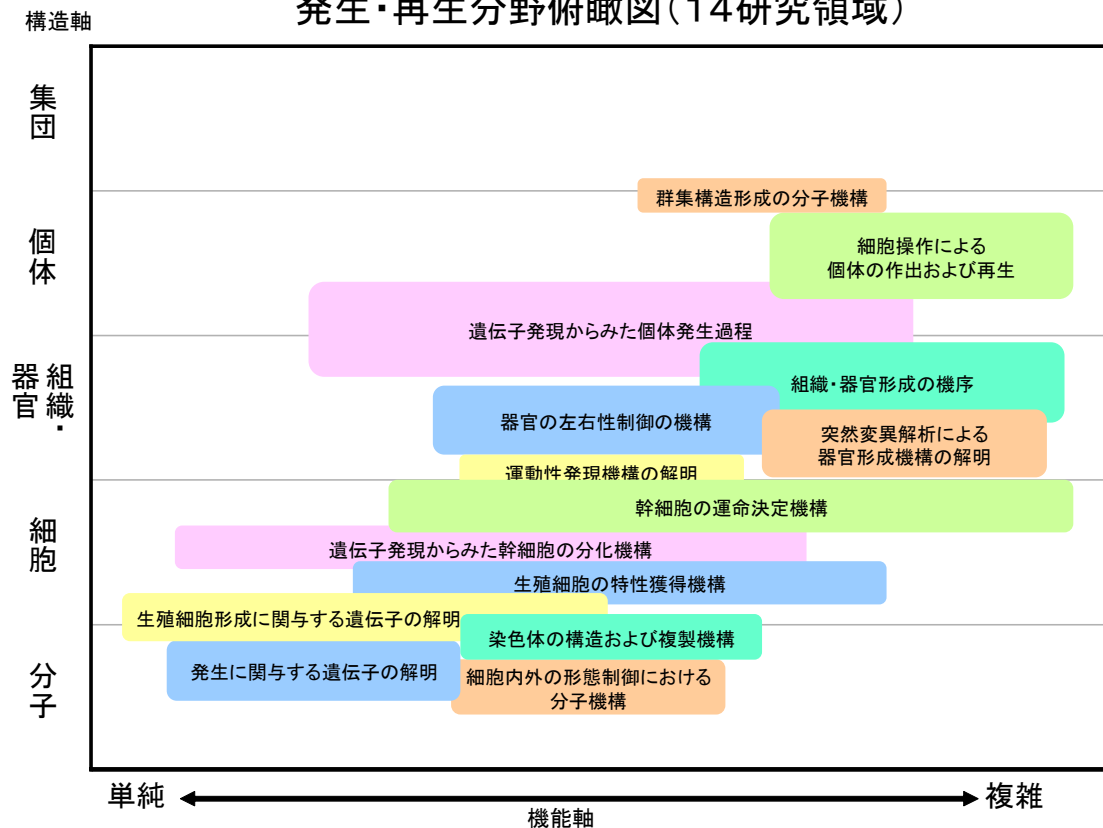
組織・器官レベル：二次リンパ組織の形成、免疫系の作動機構に関する研究など

個体レベル：自己免疫疾患の発症機構やワクチン等の効果に関する研究など

集団レベル：アレルギー発症率やワクチン有効性の民族差など

横軸：「粘膜免疫に関与する細胞群の同定、疾患関連分子（抗原）の同定、癌・免疫疾患に対するワクチン設計とその疾患抑制効果」などの単純な機能から、「リンパ系幹細胞の分化における液性因子の役割、細胞の抗原提示機構、免疫反応の成立プロセスにおける細胞間相互作用」などの複合的な機能を経て、「細胞死成立システム機構、免疫細胞の記憶維持機構、NKT細胞の分化による機能発現、TLRを介したシグナル伝達と細胞の機能発現」などの統合的な複雑機能までを順に配置

発生・再生分野俯瞰図(14研究領域)



縦軸:

分子レベル: 発生に関与する遺伝子の解明、細胞内外の形態制御における分子機構など

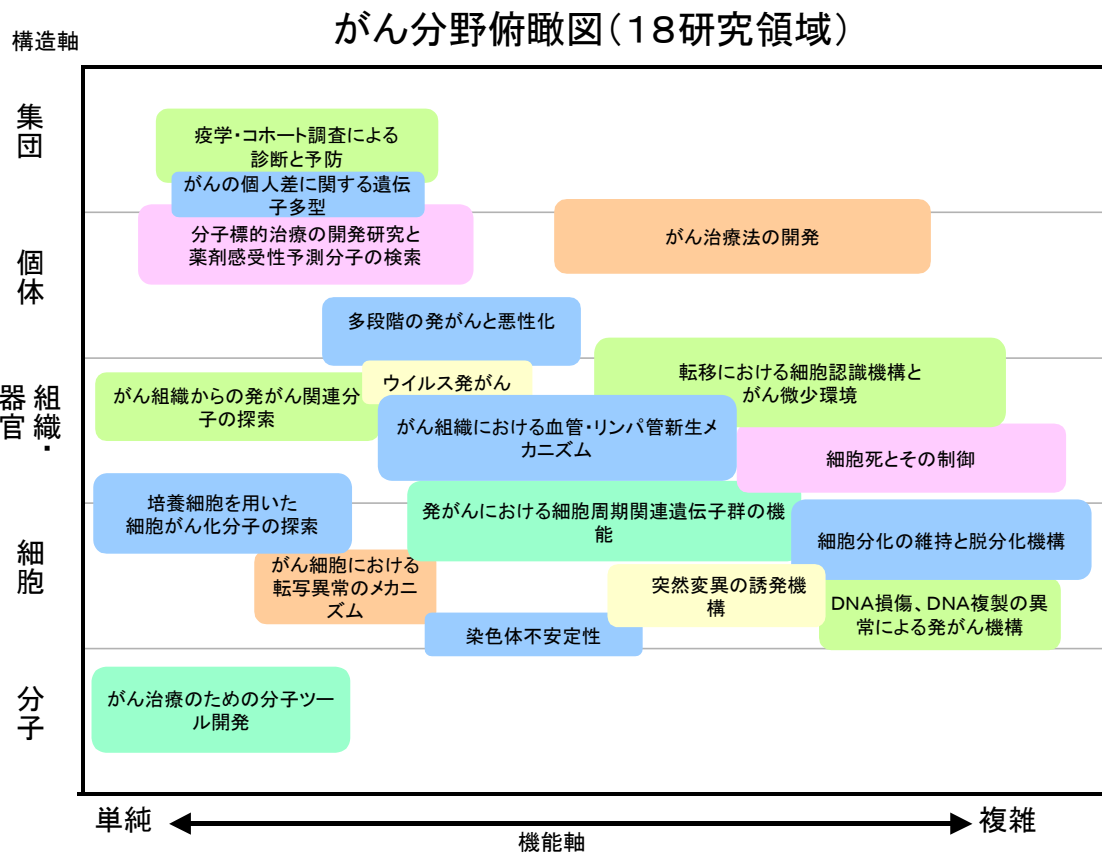
細胞レベル: 生殖細胞形成に関与する遺伝子の解明、幹細胞の分化機構に関与する遺伝子など

組織・器官レベル: 組織・器官形成の機序と制御、運動性発現機構など

個体レベル: 遺伝子発現からみた個体発生過程、細胞操作による個体の作出、再生など

集団レベル: 群集構造形成の分子機構など

横軸: 「発生の各段階や、生殖細胞の形成において機能する遺伝子の解明、幹細胞の分化過程における遺伝子発現」などの単純な機能から、「細胞内外の発生に関わる分子や、染色体の動態、運動性・左右性など機能発現と形態形成に関する機構解明、発生から個体、群集形成までの連関」などの複合的な機能を経て、「幹細胞の運命決定機構、組織・器官形成の機序、個体発生・再生の全体像解析、個体作出に向けた発生・再生機構の解明と操作」などの統合的な複雑な機能までを順に配置



縦軸：

分子レベル：がん治療のための分子ツール開発など

細胞レベル：細胞がん化分子の探索、染色体不安定性、突然変異誘発機構など

組織・器官レベル：血管新生メカニズム、転移における細胞認識、細胞死とその制御など

個体レベル：分子標的治療の開発研究、がん治療法の開発など

集団レベル：疫学・コホート調査による診断と予防など

横軸：「分子ツール開発、臓器がん診断マーカーの探索、分子標的治療の開発研究」などの単純な機能から、「細胞周期関連遺伝子群の機能、多段階の発がん和悪性化、がん治療法の開発」などの複合的な機能を経て、「DNA複製の異常による発がん機構、細胞分化の維持と脱分化機構、転移における細胞運動・接着異常」などの統合的な複雑な機能までを順に配置

2. 研究者インタビューと重要研究領域候補の抽出

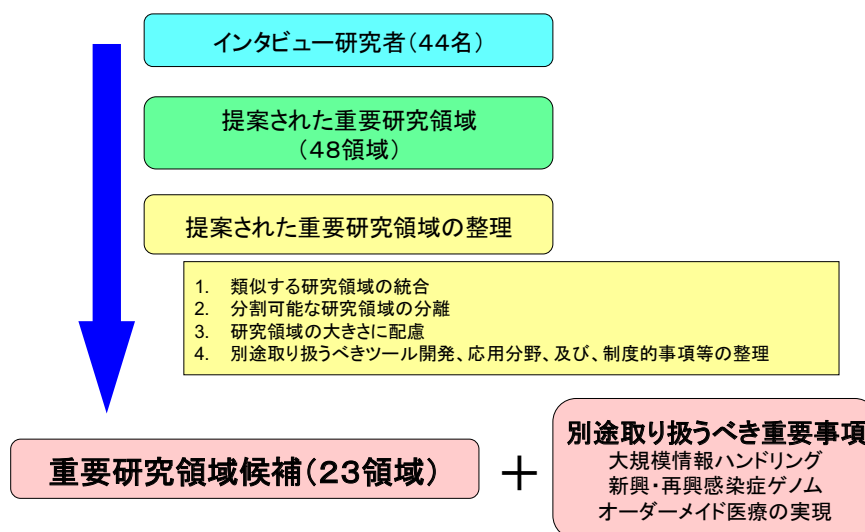
上述の俯瞰図を携え、今後検討すべき重要研究領域や課題を明かにするための準備として国内の大学、研究機関等に在る有識者からご意見を伺い、重要研究領域候補をリストアップした。インタビュー研究者(44 名)は以下の通りである。

甘利 俊一	理研 B S I	Hensch, Takao K.	理研 B S I	貫名 信行	理研 B S I
板倉 智敏	理研 B S I	高木 利久	東大・大学院	廣川 信隆	東大・医
上田 泰己	理研神戸	高津 聖志	東大・医	深井 朋樹	理研 B S I
岡本 仁	理研 B S I	竹市 雅俊	理研・神戸	堀田 凱樹	システム情報機構
勝木 元也	基生研	田仲 昭子	理研 G S C	御子柴 克彦	東大・医科研
加藤 忠史	理研 B S I	田中 啓治	理研 B S I	三品 昌美	東大・医
金澤 一郎	精神・神経センター	谷口 克	理研 R C A I	三宅 淳	AIST TERC
川人 光男	A T R	遠山 正彌	阪大・医	宮下 保司	東大・医
小原 雄治	遺伝研	豊島 久真男	理研	宮園 浩平	東大・医
小安 重夫	慶応	永井 美之	理研感染症 C	村上 富士夫	阪大・生命
相賀 裕美子	遺伝研	中内 啓光	東大医科研	森 憲作	東大・医
榊 佳之	理研 G S C	中西 重忠	大阪バイオ研	柳田 敏雄	阪大・医
笹月 健彦	国際医療センター	中村 祐輔	東大医科研	山中 伸也	京大・再生研
篠崎 一雄	理研 P S C	中村 義一	東大・医	山本 雅	東大・医科研
清水 孝雄	東大・医	西川 伸一	理研 C D B		

インタビューの結果、48（重複を整理して 44）の研究領域が提示された。これらの研究領域は、領域のサイズがまちまちで相互に関連しあっているので、目的とする重要研究領域の切り出しに適するよう改めて江口グループ内、およびインタビュー研究者との間で議論を進め、分離、統合して下記の 23 の重要研究領域候補とした（図 1、表 1）。なお、もとの 44 研究課題も別途俯瞰図に投影し(21 頁参照)、考察の資料とされる。

なお、性格上これらと同等に扱うことが不適當（または位置づけが困難）な重要課題として、①バイオリソースの確立、②新興・再興感染症問題、③オーダーメイド医療の実現、などがある。これらは俯瞰からは別扱いとした。

(図 1)



(表 1) インタビュー原案 (44) と重要研究領域候補(23)の対応

	重要研究領域インタビュー原案		重要研究領域(取りまとめ案)	略式名
1	薬物設計の基礎となるタンパク質立体構造解析	1	タンパク質立体構造情報に基づく 薬物設計の基盤技術開発	タンパク質立体構造
2	たんぱく質構造生物学と(感染症)治療薬開発			
3	たんぱく質修飾分析(糖鎖等)			
4	ケミカル・バイオロジー	2	ケミカル・バイオロジー	ケミカル・バイオロジー
5	細胞運動	3	細胞運動	細胞運動
6	細胞骨格再構築機構の解明による免疫系の発生・分化制御			
7	一細胞の解析技術、シングルセルごとの遺伝子発現計測法	4	単一細胞の個性の解析	単一細胞
8	Spatio-temporal Cellular Immunology、免疫細胞の4次元制御	5	免疫細胞の4次元制御	免疫細胞の4次元制御
9	細胞機能の再構成	6	生命機能の設計と再現	設計と再現
10	合成生物学、設計生物学			
11	発生・分化のリプログラミング	7	ゲノム・リプログラミング	リプログラミング
12	生殖細胞のゲノム・リプログラミング			
13	クローン			
14	エピジェネティクスによる発生機構の解明	8	エピジェネティクスによる細胞機能制御	エピジェネティクス
15	Cancer stem cell(がんの幹細胞)	9	Cancer stem cell(がんの幹細胞)	がんの幹細胞

16	幹細胞研究(分化機構)	10	幹細胞における分岐機構	幹細胞分岐機構
17	3D組織構築	11	組織の3D 構築機構	組織の3D 構築機構
18	システムズ・パライオロジー(人体のシステム制御、病態を形成する生体システムの解析)	12	生体システムの制御機構	生体システムの制御
19	Systems Immunology 免疫系の統合的制御			
20	制御細胞による免疫調節機構の解明			
21	血管・リンパ管新生			
22	臓器間相互作用			
23	感染症を切り口とした神経・免疫統合研究、AIDS	13	神経免疫統合	神経免疫統合
24	免疫系サイトカインによる情動への作用(インターフェロン製剤によるうつ発症機構)			
25	言語獲得機構	14	言語の脳内処理機構	言語の脳内処理
26	In vivo における神経ネットワーク研究	15	In vivo 細胞生物学	In vivo 細胞生物学
27	局所神経回路内の一細胞機能研究			
28	In vivo での細胞生物学			
29	BMI(ブレイン・マシン・インターフェイス)	16	マインドリーディングと意思決定機構の解明	マインドリーディング
30	ニューロエコノミクス、ニューロマーケティング			
31	常態の脳科学(刺激応答ではない活動)	17	自発的脳活動	自発的脳活動
32	内部状態の変化(モード変化)による出力パターンの変動機構			
33	メタ・ゲノム	18	メタ・ゲノム	メタ・ゲノム
34	神経回路形成の分子・細胞機構と高次機能	19	神経回路形成の分子・細胞機構と高次機能	神経回路形成と高次脳機能
35	分子認識をベースにした脳機構の原理			
36	オーシスの科学(線維化機構)、組織修復からの非可逆的变化	20	組織修復にともなう非可逆的变化(組織の線維化)	組織の線維化
37	加齢研究			
38	肝炎			
39	進化から医科学へ	21	進化医学の基盤	進化医学の基盤
40	RNA に基づく生命システムの変化			
41	遺伝子発現パターンから見た異なる生物種ごとの構造・機能解析	22	遺伝子発現パターンから見た異なる生物種ごとの構造・機能解析	生物種ごとの構造・機能
42	染色体不安定性	23	ゲノム不安定性	ゲノム不安定性
43	DNA 損傷			
44	環境ストレスとゲノム			

3. 俯瞰ワークショップの実施とその結論

(1) ワークショップの趣旨

本ワークショップは、ゲノムサイエンス、発生・再生、免疫(感染症を含む)、脳・神経、がんの5分野全体を見渡して、3か年以内に研究推進に着手することで中長期的なライフサイエンスの発展と技術開発のシーズが得られるであろう新しい研究領域の創成を目的として開催された。

具体的な検討事項は、①俯瞰マップの妥当性の検討、②10～15年の間に社会ビジョンの実現と科学技術の進展が期待される重要研究領域の抽出、③重要研究領域について研究投資する意義と課題点を明確化、④重要研究領域の着手時期の優先順位、などである。

(2) 開催

日時： 2006年8月10日(木) 9:30～19:00

場所： 東京都千代田区二番町、研究開発戦略センター 2階 会議室

参加者：表2の通り

(表2)

1	堀田 凱樹	情報・システム研究機構 機構長	脳神経・発生	21	松尾 泰樹	文部科学省 研究振興局ライフサイエンス課 課長
2	豊島 久真男	理化学研究所 研究顧問	感染症、がん	22	坂下 鈴鹿	文部科学省 研究振興局ライフサイエンス課 課長補佐
3	中西 重忠	大阪バイオサイエンス研究所 所長	分子生物、神経	23	有林 浩二	文部科学省 研究振興局ライフサイエンス課 ライフサイエンス係長
4	小原 雄治	国立遺伝学研究所 所長	ゲノム	24	高橋 理恵	内閣府 政策統括官(科学技術政策担当)付(総合科学技術 会議事務局)ライフサイエンス担当 参事官補佐
5	金澤 一郎	国立精神・神経センター 総長	脳	25	佐藤 夏人	農林水産省 農林水産技術会議事務局 先端産業技術研究課 課長補佐
6	宮下 保司	東京大学医学部 教授	脳	26	荒田 芙美子	経済産業省 製造産業局生物化学産業課 課長補佐
7	笹月 健彦	国立国際医療センター 総長	免疫	27	牧 由美子	経済産業省 製造産業局生物化学産業課 評価調査係長
8	高津 聖志	東京大学医科学研究所 教授	免疫	28	坂場 知行	独立行政法人 日本学術振興会 総務部 企画課長
9	相賀 裕美子	国立遺伝学研究所 教授	発生・再生	29	古川 善規	新エネルギー・産業技術総合開発機構
10	中内 啓光	東京大学医科学研究所 教授	発生・再生			
11	三宅 淳	産業技術総合研究所 セルエンジニアリング研究部門 副部門長	発生・再生			
12	高木 利久	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授	バイオインフォマティクス			
13	篠崎 一雄	理化学研究所 植物科学研究センター センター 長	植物科学			
14	三品 昌美	CRDSライフサイエンスグループ 特任フェロー (東京大学大学院医学系研究科 教授)	脳神経			
15	宮園 浩平	CRDSライフサイエンスグループ 特任フェロー (東京大学大学院医学系研究科 教授)	免疫・がん			
16	西川 伸一	CRDSライフサイエンスグループ 特任フェロー (理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター)	発生・再生			
17	生駒 俊明	CRDS センター長				
18	有本 建男	CRDS経済社会グループ 特任フェロー				
19	江口 吾朗	CRDSライフサイエンスグループ 上席フェロー				
20	小川 智也	CRDSライフサイエンスグループ シニアフェロー				

注)1から13は外部参加者、14～20は研究開発戦略センター内部参加者、21～29は各省庁からの参加者

(3) 結論とこれに基づく修正 (討論の要点は、資料 3.(5)参照)

コメント①、②を付した上で、この方法論はワークショップの同意を得られた。以下コメントと修正点を記す。

①俯瞰図：当初の「単機能、複合機能、統合機能」とした横軸を、「単純な機能から複雑な機能」へと連続的な軸とする方が無理なく合理的である。

そこで横軸を「単純機能←→複雑機能」に改め、出席者のコメントを考慮しつつ、各領域の位置づけを再整理した。本章の(2)の俯瞰図がこの修正図である。

②重要研究領域候補：23 では細分に過ぎるので、まず以下の3つの大括りとし、俯瞰図を活用して統合整理する。(番号は資料編 3. (2) による)

(1) (ゲノムを基本として) 1,5,7,14,15,19,20

(2) (脳神経関係として) 4,6,8,9,10(可能なら情報系、数理系、人文系を含める)

(3) (がん、免疫、発生・再生として) 2,3,11,12,13,16,17,18,21,22,23

そこで、23 の重要研究領域候補は、①ゲノム・機能分子分野、②脳・神経分野、③細胞機能分野(免疫、発生・再生、がんの統合による)の3大分野と関連づけつつ、さらに13の研究領域に再整理した(図2)。この作業には、参加者の意見を取り入れ、課題の内容と科学的な拠点性、研究進展の時間軸などを考慮した。さらに、5つの俯瞰面と同時にその重なりを重視し、縦に貫通する5面以外の研究領域の創出をも考慮された。なお、本図(図2)は、縦軸と横軸は意味が異なるので厳密なマトリクスではない。

当日の討論の要点は、資料編(3.(5))を参照。

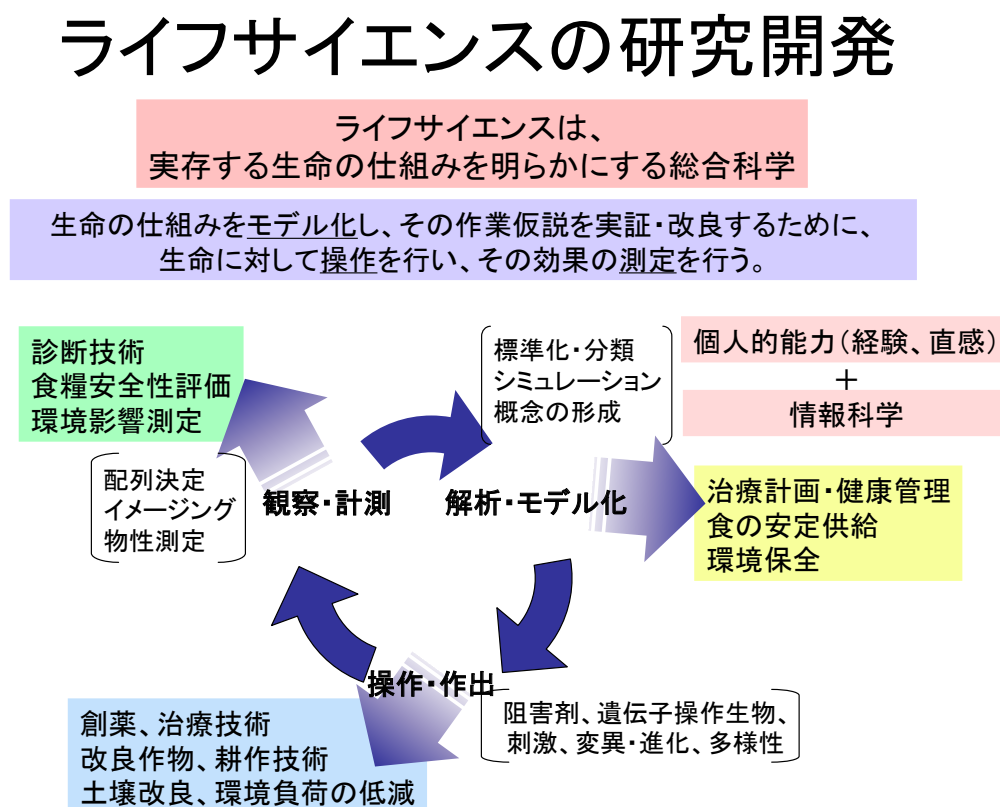
(図2)

	脳・神経			免疫、発生・再生、がん					ゲノム・機能分子				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
重要研究領域候補	言語等の情報形成の脳内機構	神経回路形成の分子・細胞機構と高次脳機能	ブレイン・ネットワーク・インターフェース	炎症関連疾患の発症機構	生体内の動的細胞機能	生体における細胞の運命決定機構(発生・再生)	生体・組織構築(発生・再生)	ゲノム維持機構(がん)	一細胞の生物学	合成生物学	生物環境の統合的理解	低分子による生物機能制御	生体システムの制御機構
メタゲノム								○		○	◎	○	
進化医学						○	○	○			○	○	
In vivo細胞生物学		○			◎	○							
マインドリーディング			◎										
生体システムの制御機構							○			○	○		◎
言語の脳内処理	◎		○										
生物種ごとの構造・機能		○						○		○	○	○	○
自発的脳活動	○		○										
神経回路形成と高次脳機能	○	◎											
神経免疫統合				○									
組織の3D構築機構					○		◎						
組織の線維化				○	○		○						
Cancer stem cell (がん幹細胞)					○	○							
エピジェネティクス						○	○	○		○			
リプログラミング						○	○	○					
幹細胞分岐機構					○	◎	○						
免疫の四次元制御				◎	○		○						
細胞運動					○		○						
設計と再現							○			◎	○		
ゲノム不安定性						○		◎		○	○		
単一細胞						○		○	◎				
ケミカルバイオロジー												◎	
タンパク質立体構造										○		○	

4. 研究技術・ツールマップの試作

一見判りやすいが複雑で深い階層的構造を持つ生命現象を解析する場合、研究の進展のためには研究技術、研究ツールの発展が極めて大きな役割を果たす。研究推進戦略を策定する上で、これらを通覧することは有益である。江口グループではこの体系化と俯瞰図（技術・ツールマップ）の作成を試み（図 3、表 3）、ワークショップに提示した。

（図 3）



以下、試作した技術・ツールマップの用語の定義、その他を記す。なお、このマップは未完成で、今後、議論を深めて完成に近づけたい。

（定義）

操作・作出：生命体等の実体に影響を与え、その状態を変化させる方法（生命体等の実体の新たな作出も含む）

観察・計測：生命体等の実体から情報を抽出する方法

解析・モデル化：生命体等の情報を加工、利用する方法

リソース・データベース：生命体等の実体あるいは情報を保存、配布する方法

（4 類型の時間的序列）

4 類型のうち、操作・作出、観察・計測、解析・モデル化には、この順番で研究進行上

の時間的序列が存在する。リソース・データベースは、これら3分類の結果を引き継ぐものであり、時間的序列では3分類の後に位置する。

時間的序列では、操作・作出が最も早い位置にあるが、人為的な操作・作出によらず、直接、存在する生命体等に対して観察・計測から始まる場合があることに留意する。

(異なる類型に属するものが融合して用いられる場合)

構成要素を個別に分類して記述することが可能な融合技術・ツールは、要素に分解して各分類に記載した。明らかに一方の分類に属する技術・ツールが主体である場合は、その主体の分類に記載する。異なる分類に属する技術・ツールが、同等に役割を担っていると考えられる場合は、時間的序列の早い分類に記載する。

(表3) 技術・ツールマップ(案) (別途検討中の「植物分野」も含めた)

	操作・作出	観察・計測	解析・モデル化	リソース・データベース
集団		衛星写真 環境ゲノム	生態系シミュレーション	生態系データベース 国際ハップマップデータベース
個体	薬物処理 物理的刺激 遺伝子改変 手術、移植 学習訓練 クローン作出	侵襲計測(マイクロダイアリシス、 脳内電極記録、光ファイバー計測、二光子顕微鏡) 非侵襲計測(MRI、fMRI、PET、 MEG、EGG、近赤外光計測、 fOCT) 行動観察、診断	行動解析	植物データベース(シロイヌナズナ、マメ、イネ、オオムギ、トウモロコシ) 植物リソース(シロイヌナズナ、柑橘系植物S、アサガオS、ミヤコグサ、マメ、イネ、オオムギ、ムギ、コムギ、トウモロコシ、藻類) 動物データベース(サル、マウス、両生類、魚類(ゼブラフィッシュ、ヒドラ)) 動物リソース(マウス(突然変異マウス、遺伝子改変マウス)、両生類(メキシコサンショウウオ)、魚類(メダカ、ゼブラフィッシュ、ヒドラ)、昆虫(線虫、ショウジョウバエ、カイコ))
組織器官	薬物処理 物理的刺激 培養・分離 遺伝子改変	顕微鏡観察(光学・電子顕微鏡、 免疫組織化学、細胞イメージング) 電気生理学的測定 組織解剖	器官シミュレーション ニューロインフォマティクス・ツール	ヒト組織データベース・リソース 免疫学的データベース 脳・神経データベース
細胞	薬物処理 物理的刺激 培養・分離 遺伝子改変 細胞内物質導入 標的タンパク質の破壊 細胞融合 人工ウイルス	顕微鏡観察(光学・電子顕微鏡、 免疫組織化学、細胞イメージング、原子間力顕微鏡) 電気生理学的測定 フローサイトメーター	標識化(RI、蛍光) 細胞シミュレーション	代謝・シグナルパスウェイデータベース マイクロアレイ・遺伝子発現データベース プロテオミクス・リソース オルガネラデータベース 微生物データベース(古細菌、大腸菌、酵母、ES細胞) 動植物細胞・微生物細胞保存(シアノバクテリア)
分子	分離・精製(クロマトグラフィー、 マイクロダイセクション) 薬物(阻害剤等) タンパク質改変 一分子操作 遺伝子複製・増幅 物質合成(化学合成、酵素合成、 生物学的合成(無細胞蛋白合成)) 結晶化	免疫化学 質量分析 マイクロアレイ 分子相互作用測定 クロマトグラフィー ペプチドシーケンシング 塩基配列決定(DNAシーケンシング、 RNAシーケンシング) 分光学的検出(蛍光測定) X線・放射光解析 極低温電子顕微鏡観察 NMR計測	解析ソフトウェア 分子動力学シミュレーション 網羅的解析(ゲノム、トランスクリプトーム、 プロテオミクス、メタボロミクス、 グライコミクス) バイオインフォマティクス解析	ヒト疾患遺伝子データベース ゲノムデータベース(動物、植物、微生物) 塩基配列データベース RNA配列データベース タンパク質配列・構造データベース 構造データベース ゲノミクスデータベース プロテオミクス・リソース 化合物データベース(分子プローブ、 薬剤、天然物)

IV. 俯瞰図の活用——分析と研究領域の抽出

未来の重要研究領域を策定し、社会への説明責任を果たすためには、最新の研究トレンドだけでなく、これまでの研究やファンディング、科学政策などの流れを把握しておくことが必要である。俯瞰図の大きな利用度は、複数の研究領域の位置と大きさを可視化しつつ相互の関係を俯瞰できるところにある。例えば、

(1) いくつかの課題群の俯瞰図上の位置関係を一目し、他の課題群との偏りを見ることができる。

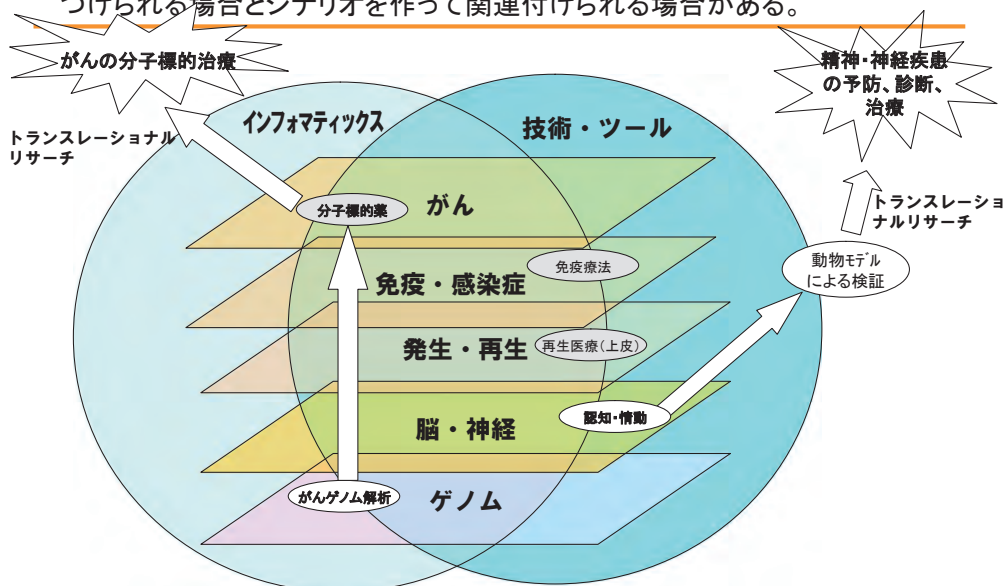
(2) 研究の発展の流れを時間軸を考慮しながら検討できる。

(3) 我が国で、また諸外国で、これらに対してどのようにファンディングがなされてきたか、他領域との関係で見渡すことができる。

ここで、ライフサイエンス分野で重要なことは、5つの面それぞれで同一の課題が何度も出てくる点である。例えば、『脳・神経分野』をブレークダウンして出てくる「細胞の識別」とか「細胞運動」のような研究課題は、『細胞機能分野』の発生・再生領域やガン領域でも同様に重要課題である。我々はこれを便宜上「縦串で貫く」と呼ぶ。ライフサイエンスの発展は、面（例えばこの5領域面）の内部だけで起こる場合はむしろ稀で、従って面にこだわっては誤りを犯す。加えて、ライフサイエンスの進歩の多くは研究技術・ツール(インフォマティックスを含む)の発展に依存している。俯瞰図の利用はこのためにも有効なのである（図1）。

(図1)

5分野、技術・ツール等との関連性、研究の出口からの検討：
インフォマティックスや技術・ツールはこれらの面を取り巻く、共通の研究領域と位置づける。研究の出口である臨床応用、産業化は面内に連続的に位置づけられる場合とシナリオを作って関連付けられる場合がある。



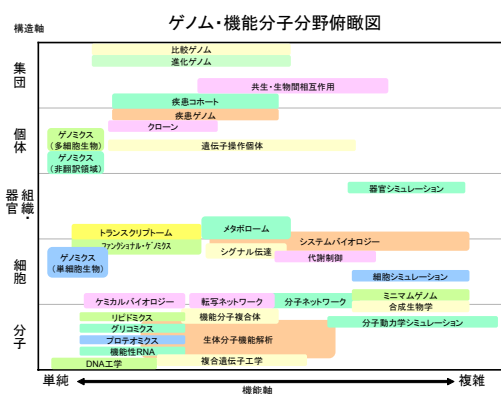
江口グループでは、23 重要研究領域候補および 13 研究領域について、俯瞰図を活用し、これまでの研究のトレンド、国内外のファンディング、研究の流れを解析した。これによって新しい重要研究領域を抽出し、推進のロードマップを描く試みを行っている。こうして作られた研究推進案は、再度、研究者コミュニティへ提起し、『深堀ワークショップ』の開催によって推敲され柔軟に修正される。

ここでは、3 大分野についてそれぞれのトレンドと重要研究領域抽出の例を示し有用性の検証としたい。

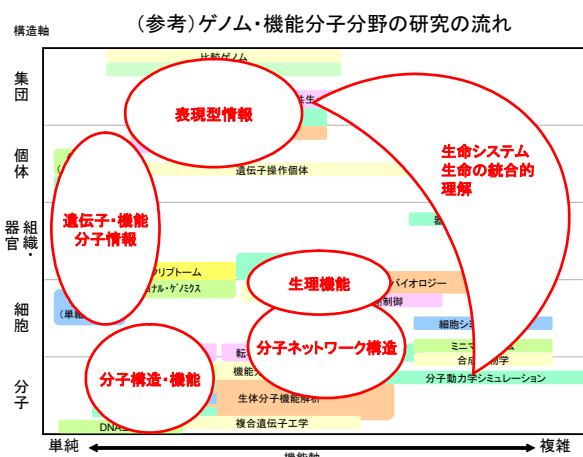
1. ゲノム・機能分子分野

ゲノム・機能分子分野で活発に研究されている 32 領域(図 2)を大きくくくると、図 3 のように、分子構造から細胞の構造と機能を経て生命システムとして統合的に理解する方向（下辺を右に進んで上へ）と、遺伝子・分子の情報から表現型を経て生命システムに向かう方向（左下から真上に向かった後に右曲がり）と、2つの大きな流れが見て取れる。前者を「物質系」、後者を「情報系」と呼ぶ。古典的細胞学、分子遺伝学、生化学を受け継いだ「細胞生物学」は前者にあたる。

(図 2) 俯瞰図(原版)



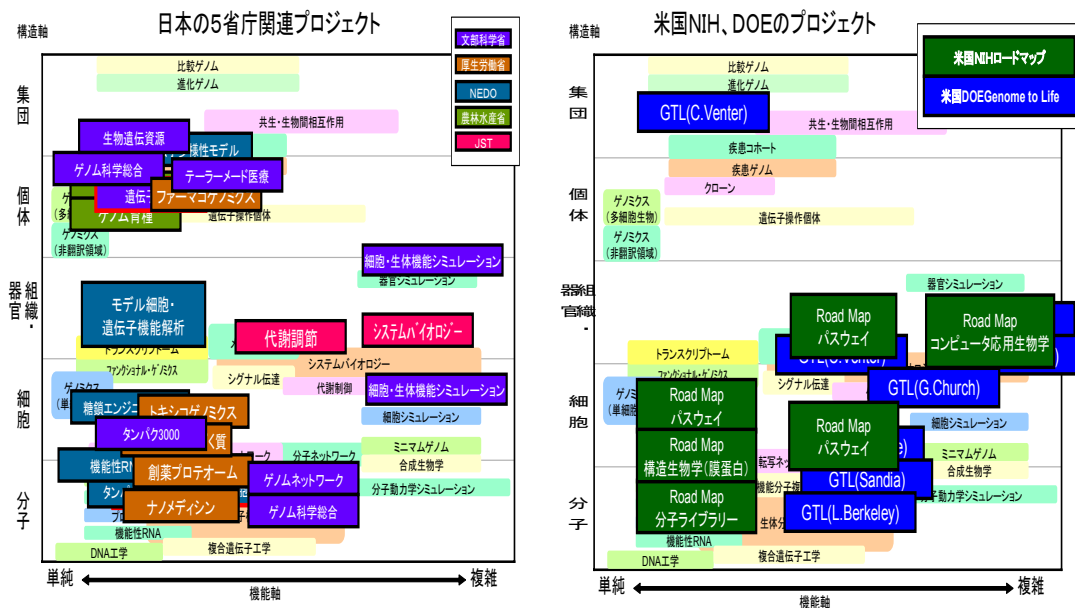
(図 3)



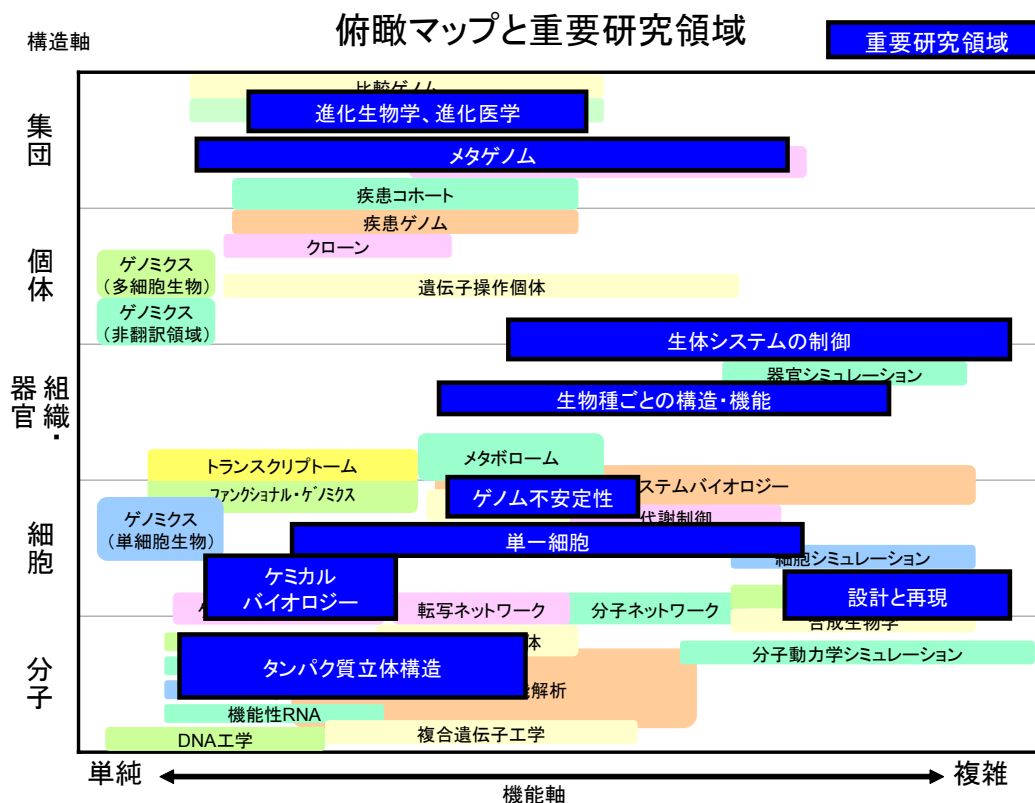
これを踏まえて日本と米国の過去 5 年間のファンディングは図 4 となる。米国は生命の複雑さの解明に向かう方向に重心があり、日本は分子の情報を真上に向かって出口(医療、創薬、育種)に活用する方向が見て取れる。米国はこの基礎の上に近年、統合的なシステム化(右上)に力を入れ始めている。

ここで再度 23 研究領域の内、ゲノム・機能分子に含まれる 9 重要領域をマッピングすると図 5 となる。細胞や生体の複雑さの解明に向かう方向（下側のクラスター）と進化やメタゲノムのような複雑な情報の解明の方向（上側のクラスター）とが見て取れる。

(図 4) 日本と米国の大型ファンディングの比較



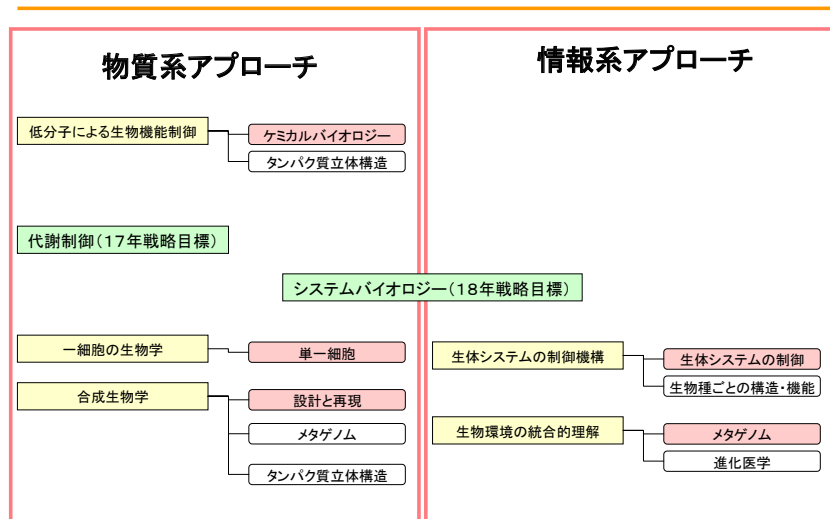
(図 5) ゲノム・機能分子分野の9領域(全 23 領域の内)の俯瞰



先の図3に従って、物質系アプローチと情報系アプローチに分け、前章で整理した13研究領域と23研究領域の関係を図6のように整理した。

(図6)

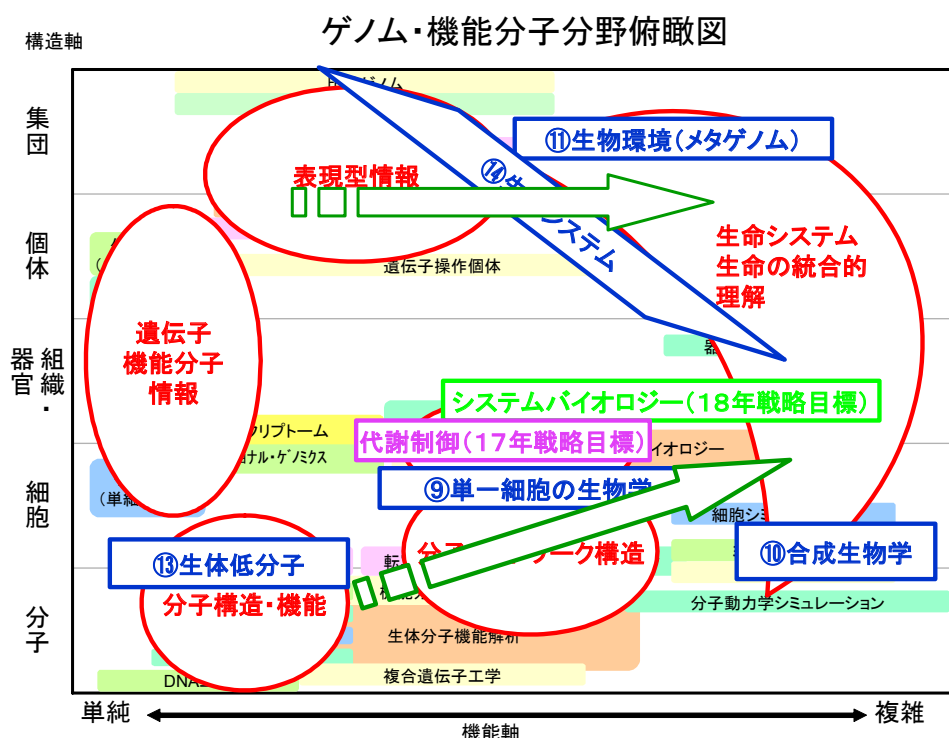
ゲノム・機能分子



ここで、左側(黄色字)は先の13研究領域を示し、右側(ピンク字)は23研究領域を示す(図11、15も同様)。優先順位をつける必要性から、このうちまずピンクで示した領域を念頭に置いて取り組みを開始している。

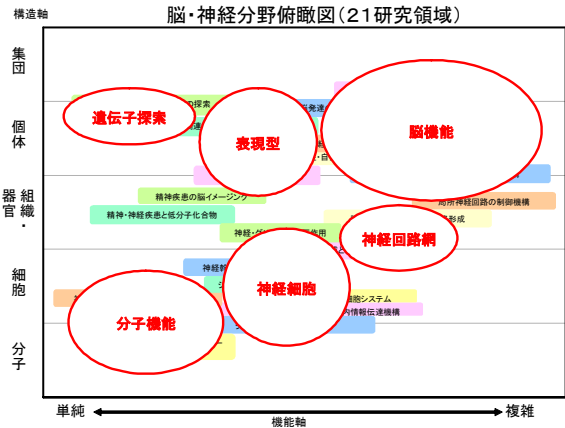
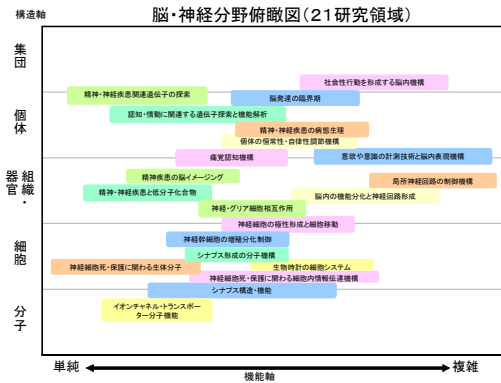
以上の結果を、分野間の相関とタイムスケジュールを参考にしつつ、江口グループの取り組みの流れとして俯瞰図の上に纏めると図7ようになる。

(図7) ゲノム・機能分子分野の重点課題の総覧



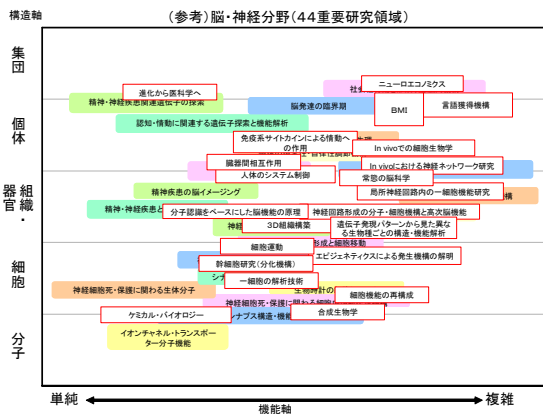
2. 脳・神経分野

(図 8)

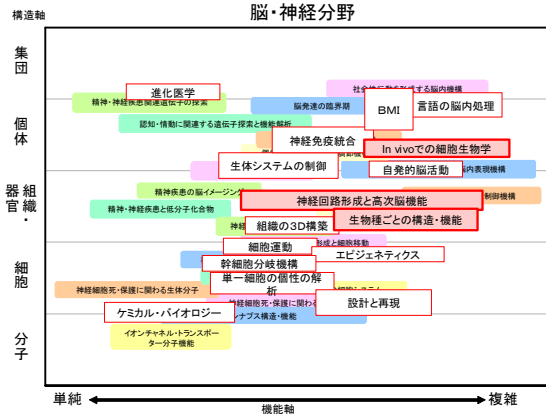


脳・神経領域の大きな研究の流れは、神経生理学、神経細胞学に相当する左下から下辺を通過して右上への流れと、上部を左右に横切る、疾患やヒトの社会行動からのアプローチがあることがわかる(図 8)。研究者インタビューからの 44 の研究領域をマップすると概ね全体に分布しており(図 9)、研究領域候補(図 10)も同様である。複雑性の解明を深める流れと、上位の階層への統合的理解を意図する流れがあり、我々の抽出、統合した研究領域はこれを強化する位置にある(図 10 の赤 3 つ)。

(図 9) 44 研究領域の俯瞰

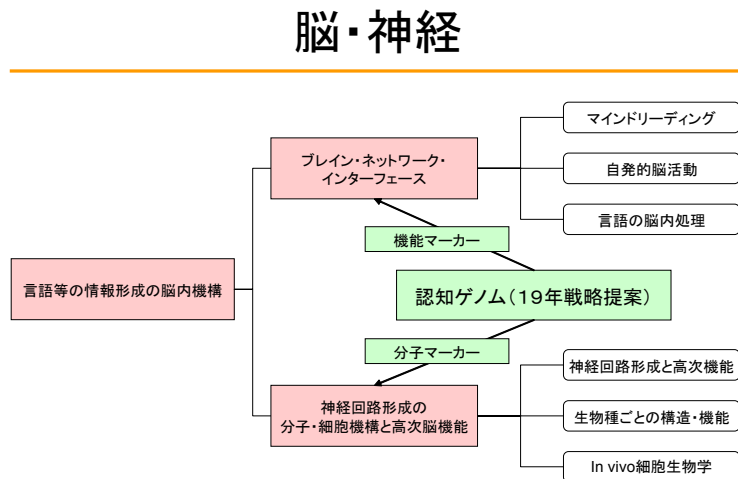


(図 10) 23 研究領域候補の俯瞰



江口グループは、13 の研究領域の内、脳・神経分野の 3 研究課題を抽出し、図 11 のように整理した。「神経回路形成の分子細胞機構と高次脳機能」は、俯瞰図上(図 8)ではちょうど真ん中付近に位置し、基盤となる分子、細胞レベルの神経生理学を統合する方向の強化を意味する。「ブレイン・マシーン・インターフェース」は、右上の高次脳機能の理解と応用の基礎を踏み出そうというもの

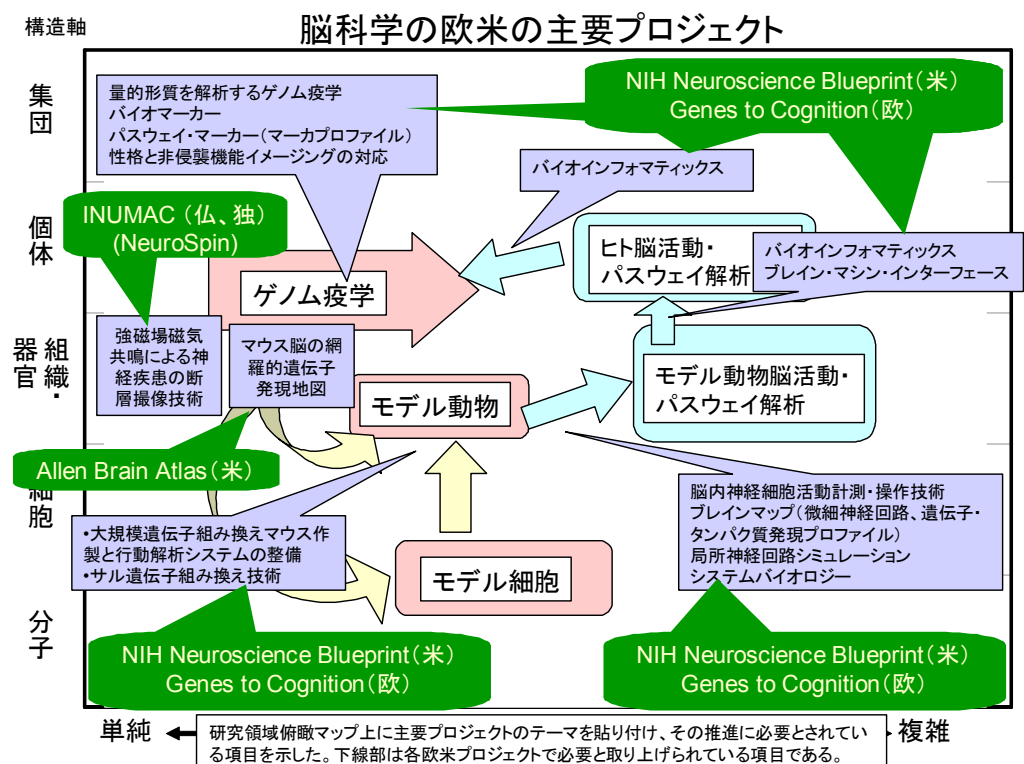
(図 11) 23 研究課題候補との関係



である。「言語等の情報形成の脳内機構」の理解と応用はこれを踏まえた課題で、推進のタイムスケジュールもこの序列とした。

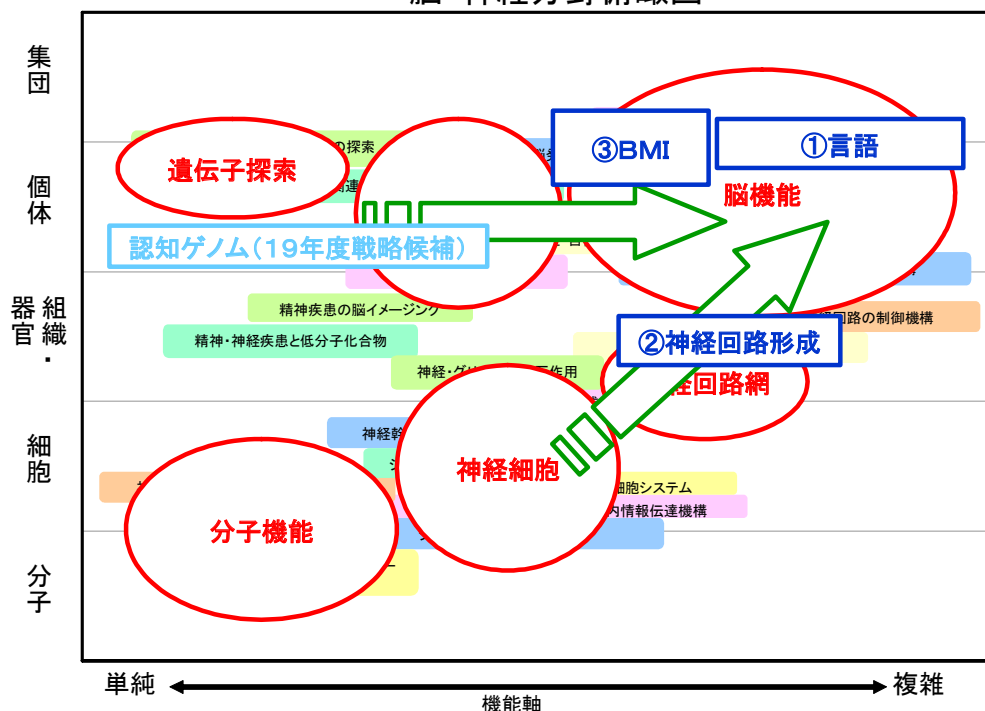
欧米の脳科学分野に対するファンディングの現状は図 12 のようで、比較的まんべんなく援助されていることが判る。我が国は国際的に優れた実績を挙げており高次脳機能の解明に向けた重点的な研究推進が計られるべきであると考えられた。

(図 12)



以上の結果を俯瞰図の上に整理すると図 13 のようになる。大きな矢印を指す方向へ研究の推進が図られる。

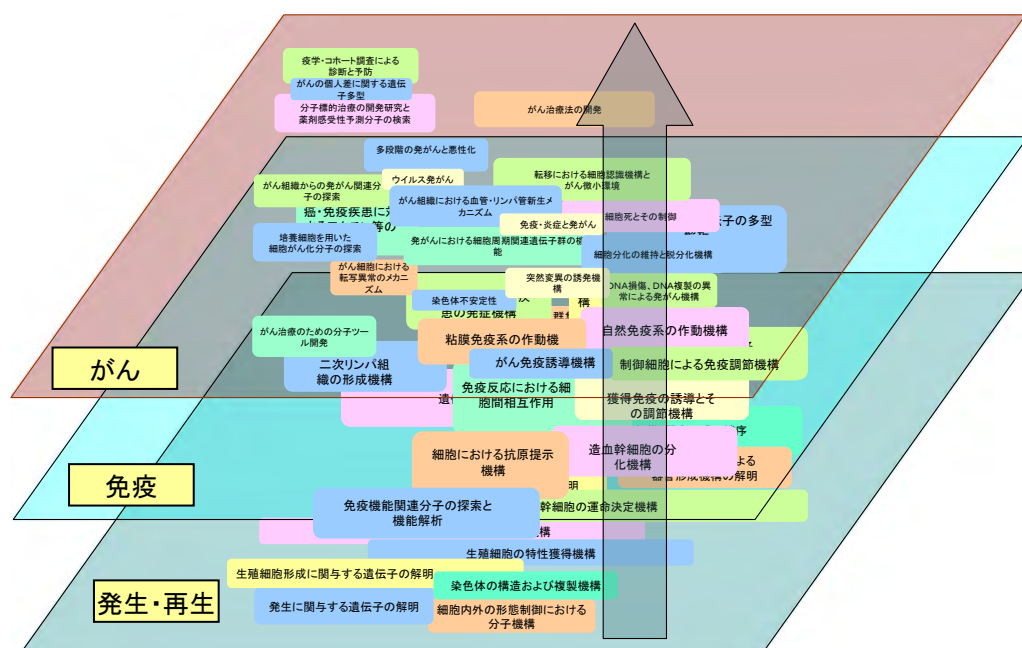
(図 13) 構造軸 脳・神経分野俯瞰図



3. 細胞機能分野

『ゲノム・機能分子分野』と『脳・神経分野』は、各1枚の俯瞰図を使用した
が、『細胞機能分野』は、「免疫」、「発生・再生」、「がん」の3領域（3俯瞰図）
を統合して扱い、歴史的に『細胞』という現代生物科学の理解の中核を真ん中
に据えた分野である(図 14)。そして、出口には、健康、臨床医療、生物生産な

(図 14) 発生・再生、免疫、がん分野の俯瞰



ど極めて多重の要素を含む。加えて、この分野自体が、先の『ゲノム・機能分子分野』の統合的理解の結果として発展した面と、同時に『脳・神経分野』の基礎を常に提起し続ける。

従って、いまここで包括的な整理は急がないが、このことは他分野との関係から後回しにする理由にならない。そこで、5領域全体を俯瞰しつつ研究課題を抽出し、先の2分野と平行に検討のタイムテーブルに載せている。

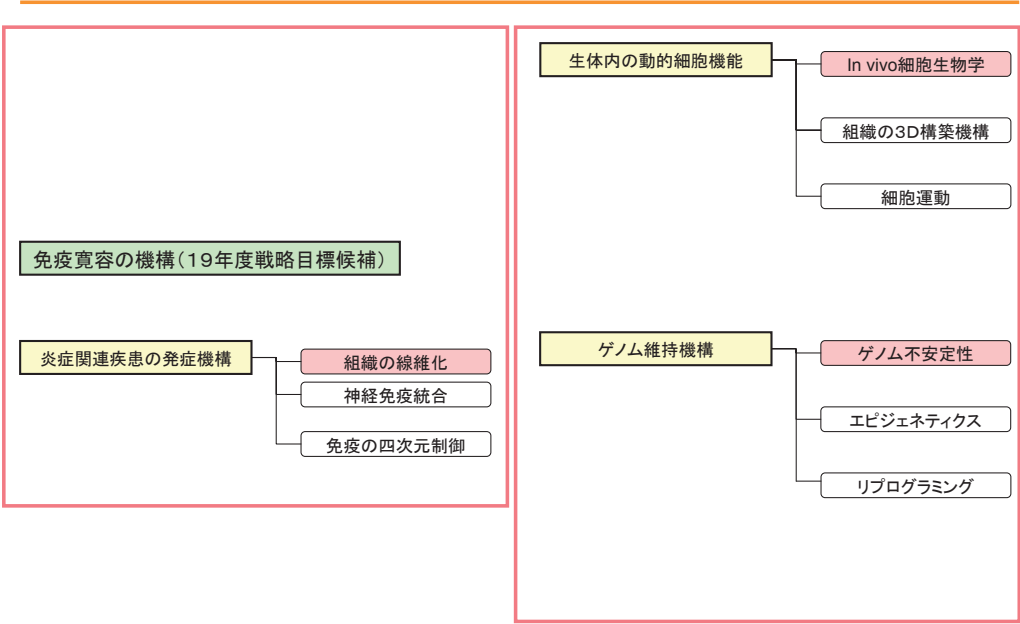
ここでは、俯瞰ワークショップおよびその後の討議に基づいて、現在検討を進めている「生体における細胞の運命決定機構と再現」の例を上げる。この内容は、別途、報告書が刊行されるので抽出の概略の紹介にとどめる。

さて、この場合、重要領域を切り出すにあたって先の23の重要研究領域候補と13の課題の関係を整理すると図15のようになる。

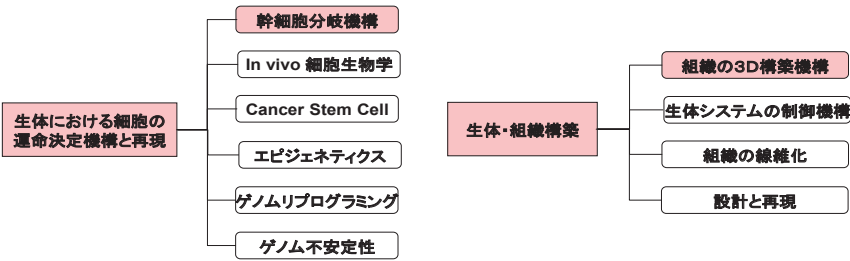
(図15)

免疫

癌



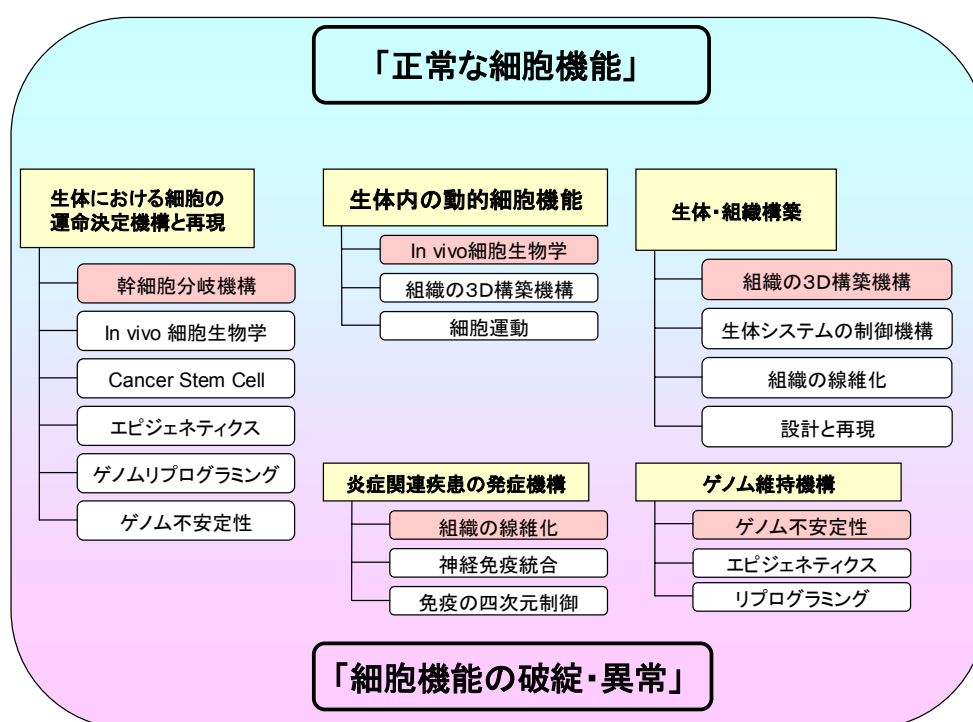
発生・再生



次に、俯瞰ワークショップの議論を踏まえ、『細胞』を中心に据えて「正常な細胞機能」と「細胞機能の破綻・異常」を対応させつつ研究を進める考えを採用した。今日までの細胞生物学の総合的な成果を、個別的具体的に諸種の疾病の理解と克服につなげる際の道程としたい。これを両極（上下）に置き、先の研究領域群を図 16 のように配置した。

(図 16) 細胞機能の「破綻・異常」と重要研究領域

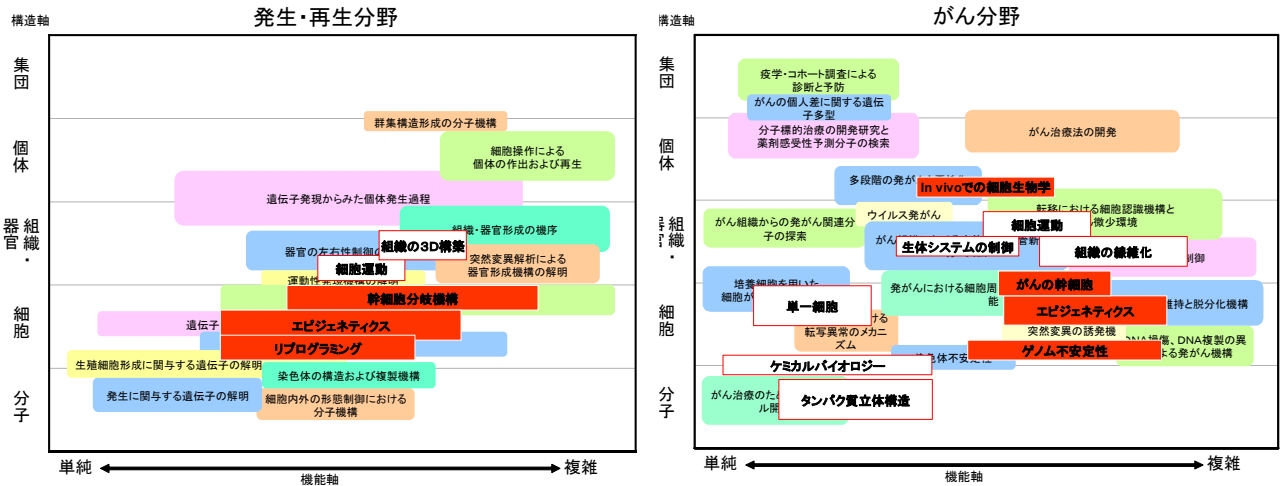
重要研究領域との関連



この中から、まず、「生体における細胞の運命決定機構と再現」と「生体内の動的細胞機能」を取り上げ、前者から順に分析を進めることとした。共に、これまでの細胞生物学の大きな発展を踏まえ、さらに推進の手をゆるめないことにより、今後のイノベーションの強力な基礎となると考えられるからである。また我が国の研究者の国際的活躍も著しい。

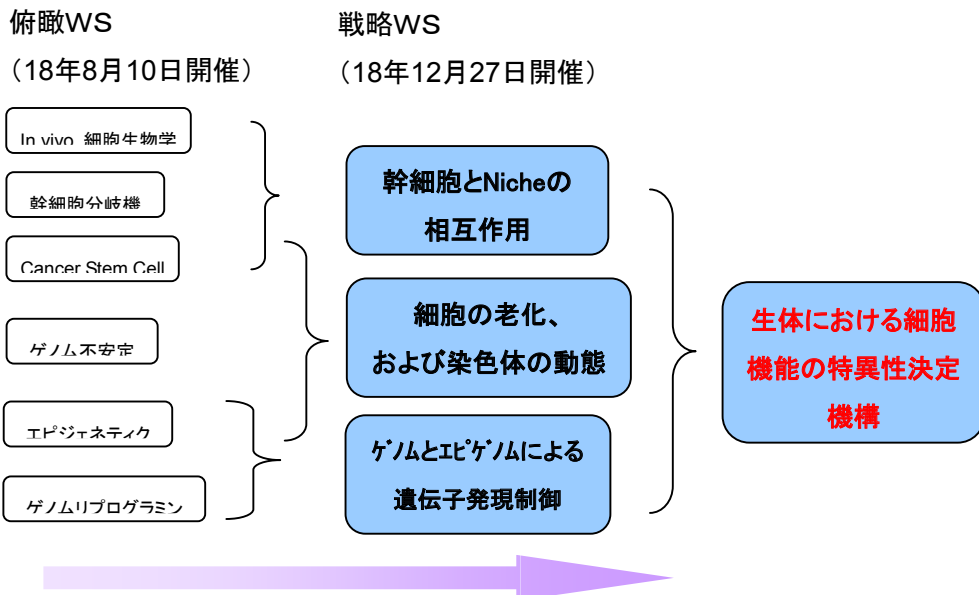
「生体における細胞の運命決定機構と再現」（後に「生体における細胞の特異性決定機構」と改題）は、俯瞰WSで議論された 23 領域の内、「発生・再生分野」俯瞰の 3 領域、「がん分野」俯瞰の 4 領域の計 6 領域（1 領域、エピジェネティクスは共通）を貫いて、重層と連結により導出されたテーマである（図 17）。

(図 17) 発生・再生分野(左)とがん分野(右)の中の位置



ここで、俯瞰ワークショップにおける6重要研究領域候補は、改めて以下の3つの領域、すなわち、「幹細胞とnicheの相互作用」、「細胞の老化および染色体の動態制御」、「ゲノムとエピゲノムによる遺伝子発現制御」に括り直して議論の対象としてきた。これらを統合した課題が「生体における細胞機能の特異性決定機構」である(図18)。

(図 18) 細胞機能分野における検討課題名の関係図



細胞老化の概念を含む、広義の幹細胞生物学の推進により、再生医療の早期実現化、癌再発防止、老化にともなう組織機能低下の軽減などに貢献する。

本課題は、図 16 における「細胞の運命決定機構」→「動的細胞機能」→「生体・組織構築」に至る流れの源流にあたる。これらは、俯瞰図の 3 領域、すなわち、免疫分野、発生・再生分野、がん分野のすべての本質に関わり、出口は医療領域に限っても、免疫制御医療、再生医療、がん医療、など多岐にわたってその基礎を提供する。

日本の幹細胞研究のレベルは文部科学省、科学研究費・特定研究などにより向上し、一部は世界で先導的立場を占めている。しかしその一方、全世界的に“幹細胞研究所”が林立しつつある現状にある。そこで、江口グループでは、この領域を細胞機能分野の中で最初に検討着手することとし、深堀ワークショップ(2007 年 12 月 27 日開催)を実施した。

「生体における幹細胞を頂点とする細胞階層の恒常性維持機構およびその破綻機構の解明」を目指す研究領域が対象で、研究方法は、①幹細胞の不均衡分裂機構の解明と制御、②細胞老化過程の解析と制御、③細胞恒常性破綻モデルの構築と解析、④体細胞リプログラミングによる細胞機能拡大技術の構築、などで、⑤エピジェネティクスによる解析、を取り入れることになるだろう(戦略ワークショップ「生体における細胞機能の特異性決定機構」報告書)。

現在、研究課題の名称を「幹細胞ホメオスタシス」と再度改め、戦略プロポーザルの検討中である。

おわりに

研究領域として抽出された新しい拠点分野は、ファンディング、科学政策に使用されるとき、それ自体が一人歩きはじめる。これが真に社会的、科学的に妥当であるように、また、未来の科学分野をになう若手研究者から一定の支持が得られるように、常に実地の研究者と社会からのブラッシュアップを重ねねばならない。建設的なご批判やご示唆を頂きつつ、俯瞰図だけでなく、この方法自体、今後改良を重ね、より妥当な領域、課題等の抽出と、適切な説明責任が果たせるよう努力したい。

資 料 編

(資料編)

1. これまでに作成した俯瞰図

江口グループでは、その発足（平成 15 年 9 月）以来、提言の提出などの要請に答えるべく、内部の議論に基づき繰り返し俯瞰図を作成してきた。

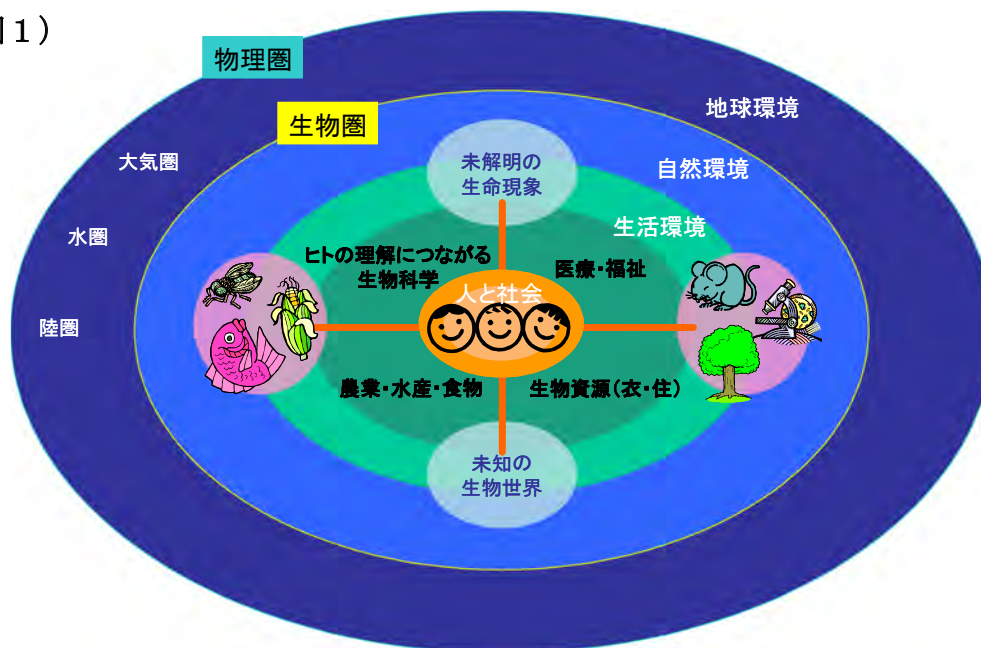
ライフサイエンス分野は扱う範囲が広く、また基礎となる生物学が階層的かつ多層的の性質を持つ。しかも扱う科学分野が生物学にとどまらない。従って、最新版と共に古いものが破棄される。また最新版が最善というわけではなく、目的に応じて幾種類もが参考にされる。

(1) 16 年度(原初)版（5 分野楕円図と二次元マップ）

図 1 は、江口グループ発足時(2003 年(平成 15 年)9 月)に使用した俯瞰図で、ライフサイエンスグループとしては、まず「ヒトと社会を中心においた科学を扱う」ことを示す（平成 15 年度センター報告書）。社会ニーズに答えるための重点的資金配分を意図したもので、科学者の純粋な科学的興味に基づいて遂行されるボトムアップ的科学（純正科学）を俯瞰したものではない。

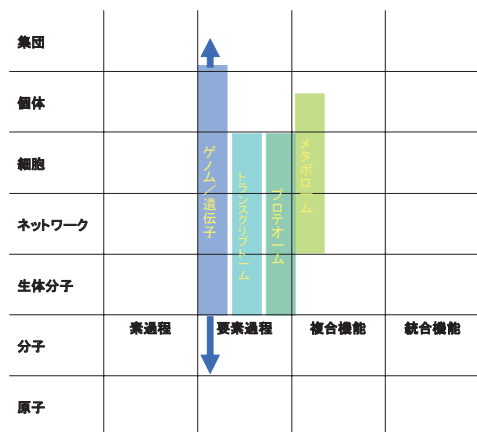
江口グループでは、上半の「ヒトの理解につながる生物科学」と、「医療・福祉」から取り組みを開始し、下版の「農業・水産・食物」と「生物資源（衣・住）」は遅れて検討を開始した（現在、「生物生産分野」として解析中）。なお、「医療・福祉」は、平成 17 年 12 月の井村グループ（医療分野）の発足と共に、江口グループは「基礎科学としての医科学分野（創薬を含む）」に限定した。

(図 1)

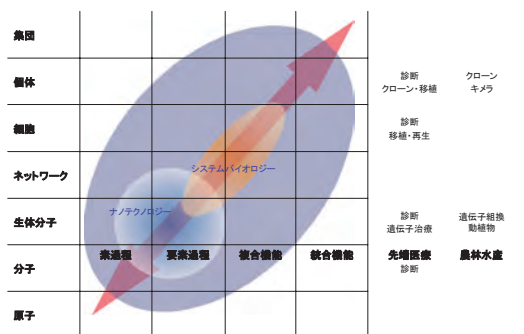


Copyright 2004 CRDS/JST.

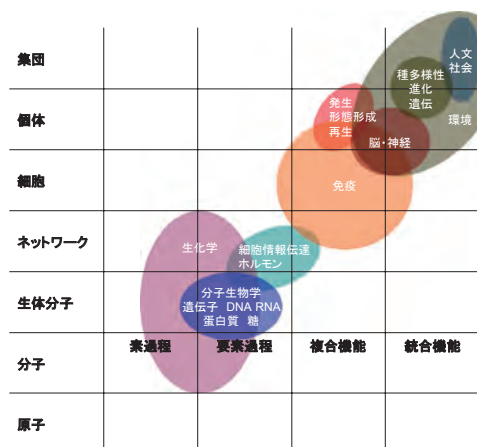
下図は、平成 15 年度活動報告書の中で、図 1 と共に、ライフサイエンス分野で現在活発に研究が行われているいくつかの領域の二軸俯瞰図による位置づけを試みたものである。生物の構造的階層性を縦軸に、機能の複雑さを横軸に作成した。



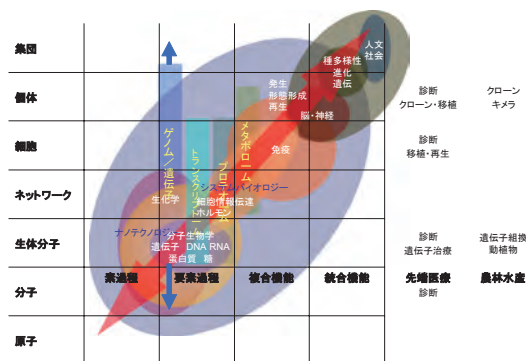
(図 2)



(図 3)



(図 4)



(図 5)

(図 2) ライフサイエンス俯瞰の基礎となる細胞の機能単位をゲノムから代謝システムまで位置づけ、図の右側に、先端医療分野と農林水産分野の諸領域を縦軸に沿って配置した。以上を基盤と考え、図 3、図 4 を重ねる。

(図 3) 研究のツールとなる横断的な領域であるシステムバイオロジーとナノテクノロジーを配置し、その広がりを示した。複雑な生物現象は、分子、原子の素過程から集団の統合機能へと斜め右上がりの「理解の枠組み」を持つ。

(図 4) 図 2 と図 3 を下敷きに諸生物現象とこれを扱う学問領域を配置した。

(図 5) 図 3 と図 4 を重ねた。

(2) 17年度報告書版俯瞰図 (図6)

左側に「知識の体系」として文部科学省科学研究費の細目とキーワードを、右側に、「重要研究技術」を並べ、左側では「関連性の強弱」、右側では「研究における重要度の強弱」を色の濃淡で示した。「研究動向」には、江口グループで開発している文献検索ソフト(BOB)による解析結果を示せるよう配置した。

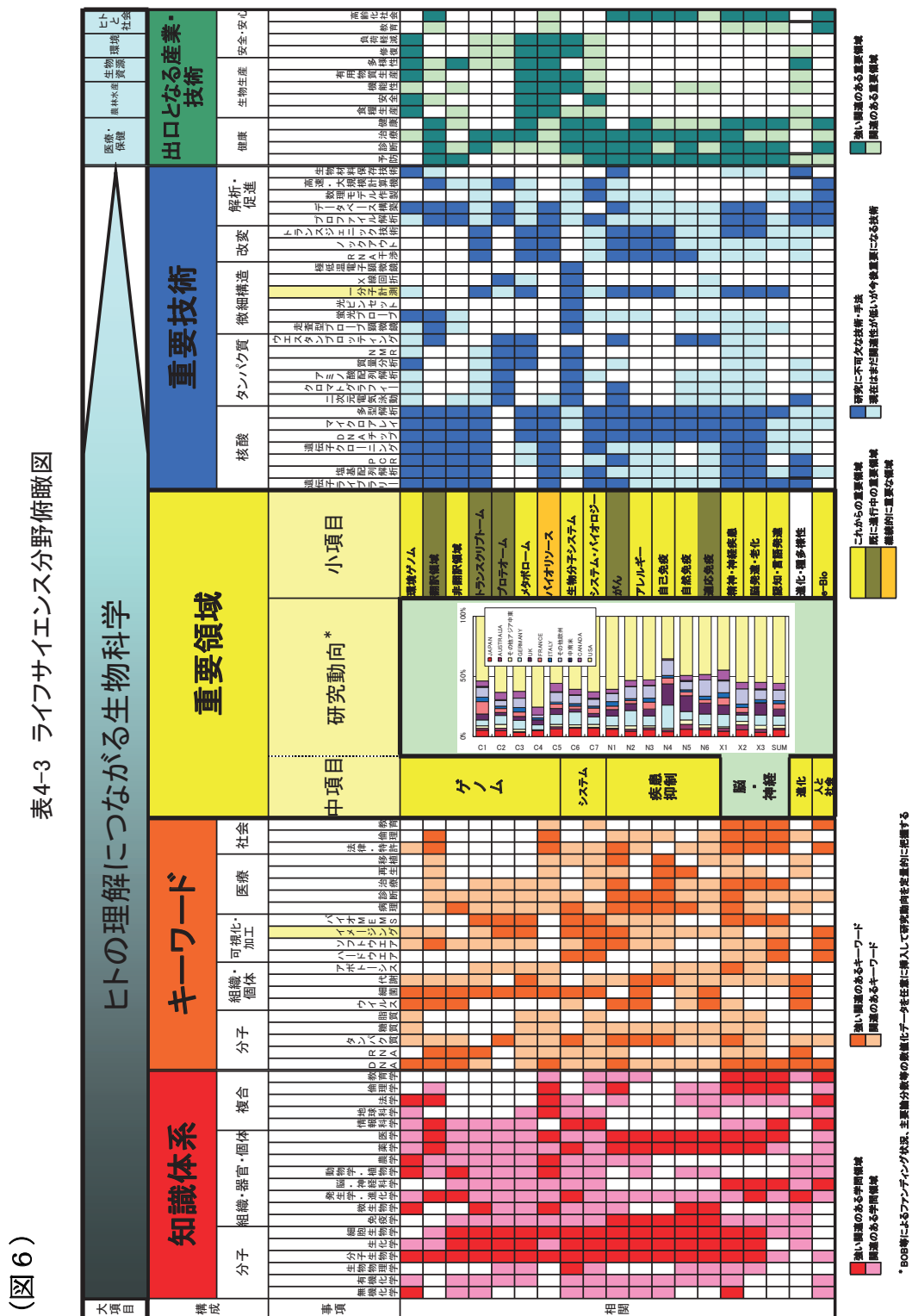


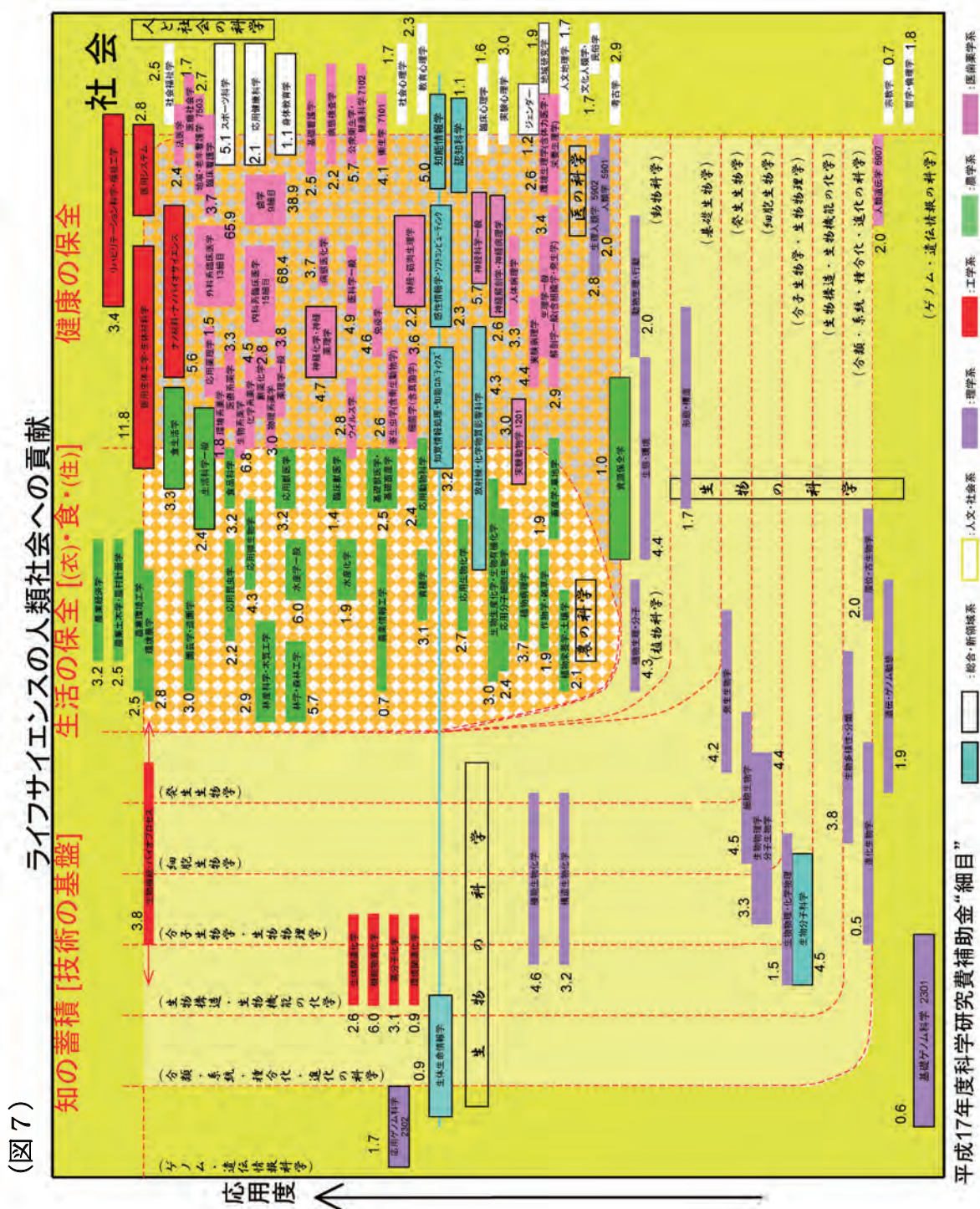
表4-3 ライフサイエンス分野俯瞰図

(図6)

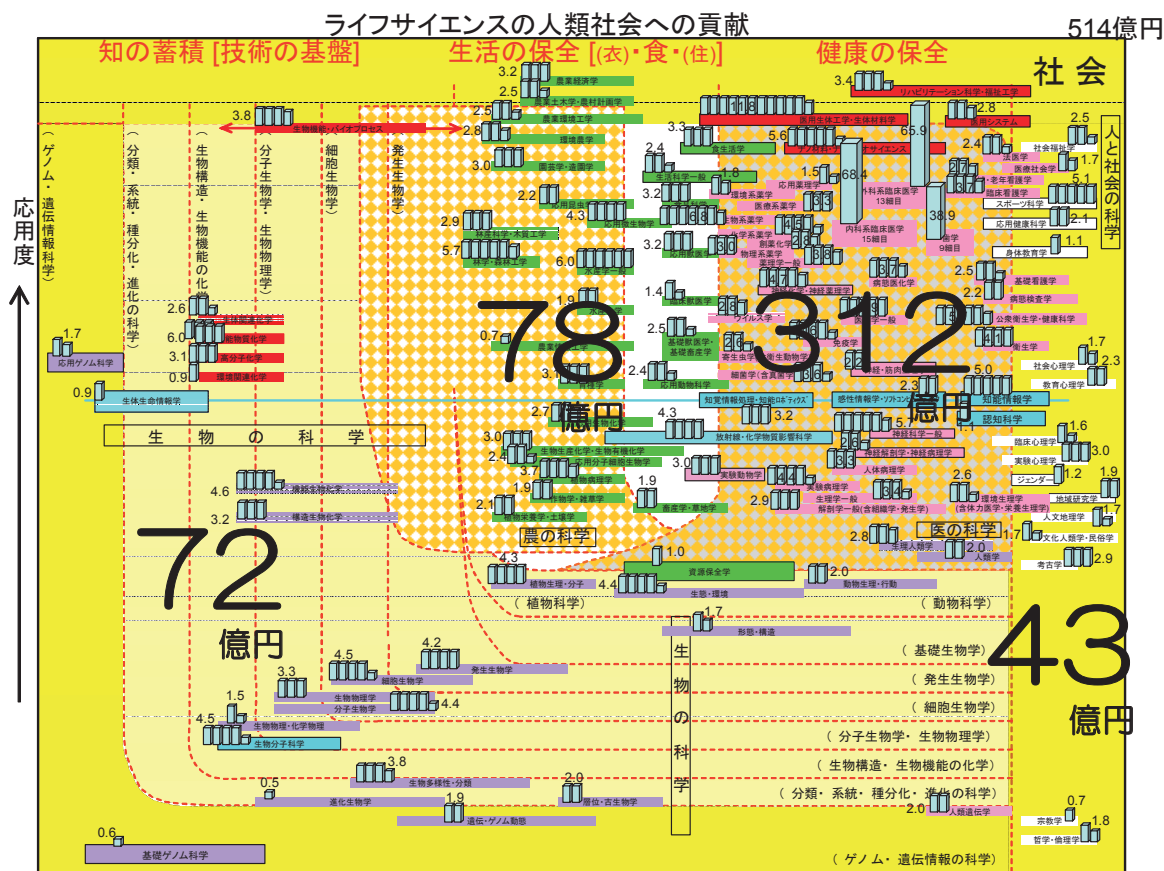
(3) 社会ニーズと分野相関マップ

平成 17 年に作成した俯瞰図で、『ライフサイエンスの社会貢献』の観点から作成した基礎マップに、学術会議の各研究分野を貼り付けたもの(図 7)。この上に、国の各種の資金配分を俯瞰できるようにした(図 8～12 はその例)。

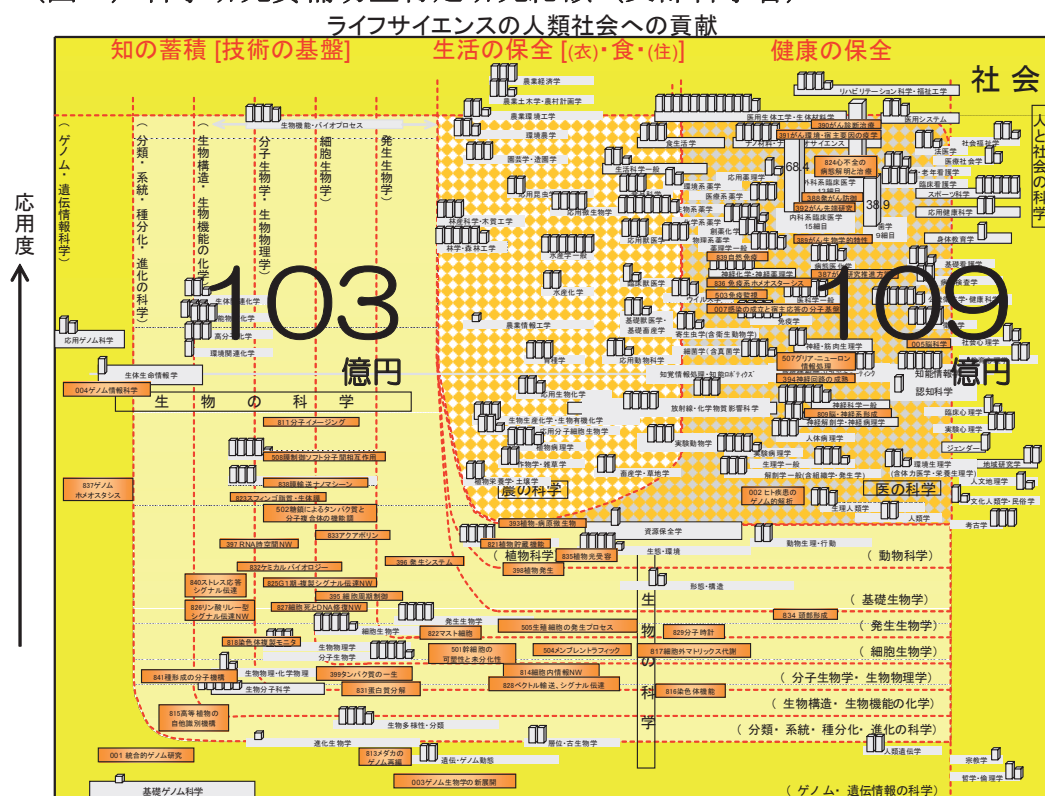
図8と図9によって、文部科学省科学研究費が純粋の基礎的研究(純正研究)への資金がによって賄われていることがわかる。



(図8) 科学研究費補助金(文部科学省、日本学術振興会)細目別総額

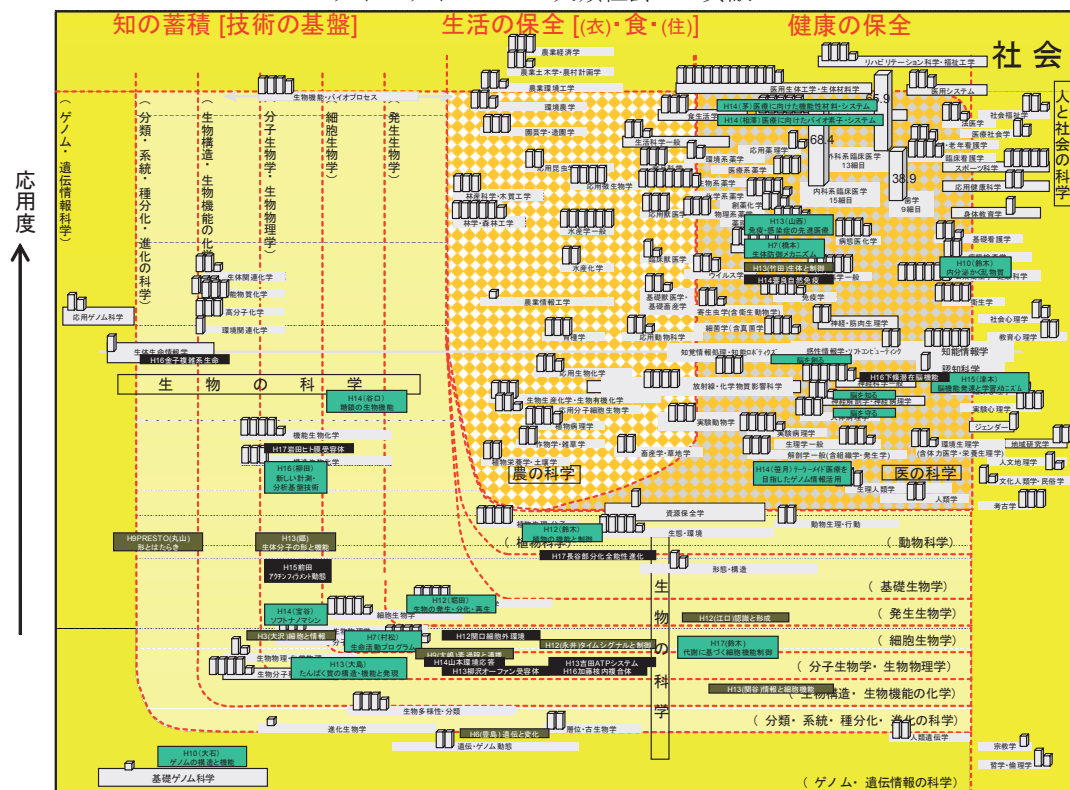


(図9) 科学研究費補助金特定研究総額 (文部科学省)



(図 10) 科学技術振興機構(文部科学省)

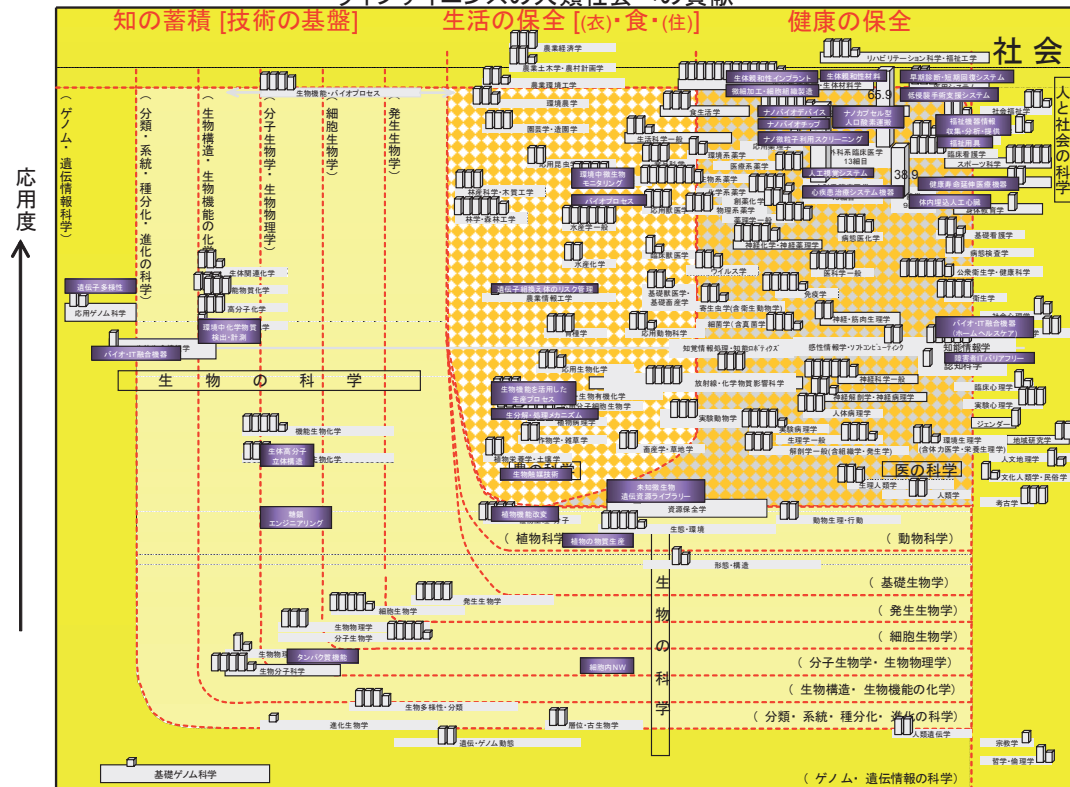
ライフサイエンスの人類社会への貢献



JST 基礎研究 ERATO, CREST, PRESTO

(図 11) 科学研究費補助金(厚生労働省、厚生科研費)

ライフサイエンスの人類社会への貢献



2. 5 領域俯瞰図への貼り付け項目の説明

近年の学会シンポジウム、各種研究費に取り上げられたタイトルなどをサイズやバランスに配慮しつつ以下のようにした(俯瞰図とは一部不同)。

①ゲノム・ポストゲノム分野(35研究領域)

1. 比較ゲノム

異なる生物のゲノムの比較から機能を解明する研究：異なる生物間のゲノムにおいて構造の類似性、関係する機能、発現の時期や場所などを比較することによりゲノム機能を解明する。

2. 進化ゲノム

進化的に異なる生物のゲノムの比較から進化を解明する研究：チンパンジーとヒトなど同じ系統で異なる進化を遂げた生物、化石と現世種、進化上重要な系統に位置する生物間などのゲノムを比較することにより進化の解明を目指す。

3. メタ・ゲノム

複数の生物が混在した生物叢のゲノム総体を解析する研究：海洋や土壌など未知で分離、培養できない微生物などが混在した生物叢のゲノム全体を解析する。新規な遺伝子の探索や環境の指標としての利用などを目的とする。

4. 疾患コホート

特定の患者集団のゲノム解析から遺伝的な疾患原因の解明を行う研究：特定の疾患患者集団のゲノム解析を通じた遺伝因子と環境因子の抽出やゲノム構成から患者集団を細分類する集団単位で疾患要因に係るゲノム解析を行う。

5. 遺伝子操作個体

遺伝子、遺伝子系を操作した生物個体によるゲノム機能の解析等を行う研究：遺伝子や遺伝子系の導入、置換、破壊などにより遺伝子操作個体を作成し、ゲノム機能の解析等を行う。また、それらの個体を実験、育種などに利用する研究を含む。

6. クローン

同一のゲノムを持つ生物個体の作出と発生の解析を通じてゲノム機能を解明する研究：同一のゲノムを持つ細胞や生物のクローンの作出やその分化、成長の解析を通じてゲノム機能の解明を行う。作出されたクローンを医療、産業に利用する技術開発を含む。

7. ゲノミクス(多細胞生物)

多細胞生物のゲノム構造を網羅的に解析し、その物理地図を作成する研究：動物、植物など多細胞生物のゲノム構造を網羅的に解析し、染色体にその位置をマッピングした物理地図を作成する。遺伝子機能についてデータベースに注釈をつけるなどの研究を含む。

8. ゲノミクス(非翻訳領域)

ゲノムの非翻訳領域における遺伝子以外のゲノム機能を網羅的に解析する研究：ゲノムの非翻訳領域における遺伝子以外のゲノム機能を網羅的に解析する。

9. エピジェノミクス

非メンデル型遺伝に関与するゲノム構造変化とその機能を網羅的に解析する研究：DNAのメチル化、クロマチン修飾など非メンデル型遺伝に関与するゲノム構造の変化とその機能を網羅的に解析する。

10. ファンクショナル・ゲノミクス

ゲノム機能を網羅的に解析する研究：RNA干渉を用いた遺伝子サイレンシングなどを利用し、ゲノム機能を網羅的に効率よく解析する。

11. トランスクリプトーム

ゲノムから転写されたRNAの機能を網羅的に解析する研究：ゲノムから転写されたRNA集団の構造と機能を網羅的に解析する。Non-coding RNAの網羅的解析研究

を含む。

12. ゲノミクス (単細胞)

単細胞生物のゲノムを網羅的に解析し、物理地図を作製する研究：原核、真核の単細胞生物のゲノムを網羅的に解析しゲノムの物理地図を作製する。ウイルスも含む。遺伝子機能についてデータベースに注釈をつけるなどの研究を含む。

13. リピドミクス

生体に存在する脂質を網羅的に解析する研究：脂質代謝の過程で生体に存在する脂質や生体を構成する脂質の構造と機能を網羅的に解析する。

14. グリコミクス

生体に存在する糖鎖を網羅的に解析する研究：生体に存在する糖鎖の構造と機能を網羅的に解析する。糖脂質など他の生体成分と結合したものも含む。

15. プロテオミクス

生体に存在する全タンパク質を網羅的に解析する研究：生体に存在する全タンパク質の構造と機能を網羅的に解析する。タンパク質複合体や他の生体分子との複合体を含む。

16. 生体分子機能解析

生体で重要な機能を発揮する生体分子の研究：受容体、膜タンパク質、キナーゼ、ユビキチン、プロテオソームなど生体内で重要な機能を発揮する生体分子の構造、機能を解析する。

17. 機能性RNA

遺伝子の発現調節、酵素機能の発揮など機能性RNAに関する研究：転写や翻訳とは異なる遺伝子の発現調節、酵素機能を持つ機能性RNAの構造と機能の研究。また、機能性RNAを用いた遺伝子サイレンシングのメカニズムに関する研究を含む。

18. ケミカル・バイオロジー

生体分子の相互作用を、低分子化合物を用いて解析する研究：遺伝したタンパク質などの生体分子の相互作用を、低分子化合物を用いて解析する。相互作用を制御できる低分子化合物を創薬等に応用する研究を含む。

19. DNA工学

DNAを素材にバイオセンサなど工学的に利用する研究：DNAを素材にバイオセンサ、人工的遺伝子機能調節剤など工学的応用を図る。人工遺伝子やゲノムとなる長鎖DNAの合成技術の開発なども含む。

20. 共生・生物間相互作用

共生生物など生物間の相互作用の研究：共生生物や病原体の宿主への感染など生物間に見られる複雑な相互作用を分子レベルで解析する。

21. 疾患ゲノム

ゲノム解析から疾患の遺伝要因を網羅的に解析する研究：糖尿病、高血圧など多因子疾患について、ゲノムの網羅的解析を通じて関与する遺伝子やその多型などの遺伝要因を明らかにし、発症解明を行う。分子病態解析の研究も含む。

22. 代謝制御

代謝産物と代謝を制御する生体分子の解析から代謝制御の機構を解明する研究：脂質、糖、アミノ酸、核酸などの代謝産物とそれらの代謝に関わる生体分子の解析から代謝制御の機能を解明する。

23. メタボローム

様々な状態の細胞の代謝物質の網羅的測定から細胞環境と代謝を統合的に解析する研究：様々な環境下の細胞の代謝物質の網羅的な測定をもとに細胞環境と代謝変化と統合的に解析し、恒常性の維持機構を解明する。

24. 複合遺伝子工学

複数遺伝子による複合的生理現象の導入が可能な遺伝子工学の研究：複数遺伝子による複合的生理現象の導入を可能とする遺伝子工学技術の開発を行う。特定の機能発現や制御を行う人工ゲノムの研究を含む。

25. 機能分子複合体

生体超分子や機能分子の複合体の構造と機能の研究：べん毛モーターやセルロソームなどの機能分子複合体の構造と機能を解析やその利用を図る。

26. シグナル伝達

細胞内又は細胞、組織間の情報伝達と生体機能の解明

の研究：細胞内、細胞間、組織間の情報伝達の仕組みと生体機能の発現を解明する。

27. 分子ネットワーク

細胞内の分子ネットワークの構造と機能を解明する研究：細胞内の代謝パスウェイ、情報伝達やカスケードなどの分子ネットワークにおける情報処理や機能発現の仕組みを解明する。

28. 転写ネットワーク

転写制御ネットワークを、ゲノム全体を対象として網羅的に解析する研究：クロマチン修飾やゲノムメチル化などのエピジェネティックス、転写因子複合体とゲノムの相互作用を網羅的に解析する。

29. ゲノムネットワーク

遺伝子と表現形質を結ぶネットワーク（ゲノムネットワーク）を網羅的に解析する研究：ゲノムの発現調節領域の解析、遺伝子発現に係る生体分子（タンパク質など）間の相互作用の解明等といったゲノム機能に関するネットワークを網羅的に解析する。

30. 器官シミュレーション

器官の動態や機能をシミュレーションする研究：細胞や器官の分子レベルのモデルを単独あるいは組み合わせ、その動態や機能発現の過程をシミュレーションにより再現し、器官の動態を解明する。

31. 合成生物学

人工的に設計、合成した遺伝子回路を微生物又は動植

物細胞で発現させ、その機能を解析する研究：バクテリアもしくは動物細胞の中で働くゲノムとは独立した小規模の遺伝子回路（プログラム）を設計、導入し、細胞中で様々な機能の発現機構を解明することにより、生命を統合的に理解する。

32. ミニマムゲノム

生命に必要な最小限のゲノムセットを解明する研究：微生物等の染色体から遺伝子を削り、必要最小限のゲノムセットとその機能を解明する。特定の機能だけを残して不要な遺伝子を削除した微生物等を生物生産に応用する研究を含む。

33. システムバイオロジー

生命をシステムとして捉え、システムを構成する生体分子のネットワークの情報処理の観点から解明する研究：生命をシステムとして捉え、システムを構成する生体分子のネットワークの動態解析に基づき、システムの動作原理を情報処理の観点から解明する。

34. 細胞シミュレーション

細胞の動態や機能をシミュレーションする研究：分子レベルで構築した細胞モデルを用いて、その動態や機能発現の過程をシミュレーションにより解明する。

35. 分子動力学シミュレーション

分子の動態や機能発現の過程をシミュレーションする研究：分子モデルを用いて、その動態や機能発現の過程を分子動力学的シミュレーションにより解明する。

②脳・神経科学分野（21 研究領域）

1. 精神・神経疾患関連遺伝子の探索

ヒトの精神・神経疾患患者を対象としたゲノム疫学研究により、病態に関連した特定の遺伝子変異、欠失ゲノム領域等の同定を行う研究。

2. 脳発達の臨界期

知覚、行動様式等獲得が生後の一定時期にのみに大きく影響を受ける現象について、脳の構造と機能の発達機

構がどのように関与するかを解析する研究。

3. 社会性行動を形成する脳内機構

社会性を持つ動物について、その社会における階層性（上下関係）の形成や、情報の伝達様式の形成に関して、どのような脳内機構と関連しているかを見いだす研究。

4. 認知・情動に関連する遺伝子探索と機能解析

脳・神経関連遺伝子の改変動物を用いて認知・情動に

関わる行動異常を指標に認知・情動に関与する遺伝子を探索する研究。同時にその遺伝子改変動物において当該遺伝子の機能解析を行う。

5. 精神・神経疾患の病態生理

精神・疾患患者及び病態モデル動物に対し、行動異常や病態と各脳領域の生理機能、及び、関連する脳内化学物質の動態との関連を明らかにする研究。

6. 個体の恒常性・自律性調節機構

体温、血圧、睡眠等の個体レベルでの恒常性や自律性を維持する機構、及び、その機構が体内・体外の環境変化に応じてどのように調節をされているかを解明する研究。

7. 痛覚認知機構

末梢の知覚神経による痛み刺激の受容機構とその中枢神経系への伝達機構の研究。慢性的な痛覚過敏が引き起こされる際の、それら受容機構及び伝達機構の病態研究を含む。

8. 意欲や意識の計測技術と脳内表現機構

脳機能イメージングにより意識や意欲に対応した脳内活動の指標（マーカー）を探索し、そのマーカーを利用した意識・意欲の評価系の研究開発。

9. 精神・神経疾患と低分子化合物

精神・神経機能に影響し異常を引き起こす生体内の低分子化合物（ステロイドホルモン等）、及び、生体外から摂取する低分子化合物（内分泌かく乱物質等）の同定し作用を解明する研究。

10. 精神疾患の脳イメージング

非侵襲的イメージングを用いて正常者脳と異なる精神疾患患者脳の領域の体積や形状といった形態的特徴、及び、領域活動性の機能的特徴を解析する研究。

11. 脳内の機能分化と神経回路形成

脳の発達過程において個々の機能的・形態的に区別できる領域の分化や特定の神経回路が形成される機構解明に関する研究。

12. 局所神経回路の制御機構

脳内の局所的な神経回路で生じている神経伝達や神経

伝達のシステム的な振る舞いについて測定・解析し、その制御機構を明らかにする研究。

13. 神経細胞の極性形成と細胞移動

神経細胞が特定の方向性を持った細胞移動や樹状突起あるいは軸索の伸展による極性形成を引き起こす細胞機能の研究。

14. 神経幹細胞の増殖分化制御

発生・発達時、及び、成体において神経幹細胞が示す増殖能の制御やどのような細胞に分化するかを決定する情報伝達機構に関する研究。

15. シナプス形成の分子機構

刺激に応じたシナプス形成のための細胞内情報伝達機構とシナプス形成に関わる細胞内分子構造に関する研究。

16. 神経・グリア細胞相互作用

神経細胞の生存や活動性、神経細胞間のシナプス伝達効率に対するグリア細胞の働きと、グリア細胞機能の神経細胞による制御の研究。

17. 生物時計の細胞システム

日周リズムを形成する脳内神経核のペースメーカー細胞におけるリズム形成の細胞内情報伝達機構と神経核内の日周リズム制御システムの研究。

18. 神経細胞死・保護に関わる生体分子

神経細胞に細胞死を誘導する物質、及び、細胞死ストレスから細胞を保護する物質の探索研究。

19. 神経細胞死・保護に関わる細胞内情報伝達機構

虚血、神経変性疾患等による神経細胞死を引き起こす細胞死シグナルの活性化機構とその抑制による保護機構の解析研究。

20. シナプス構造・機能

プレシナプスにおける神経伝達物質放出とポストシナプスにおける伝達受容過程に関わるタンパク質複合体の構造と機能に関わる研究。

21. イオンチャネル・トランスポーター分子機能

イオンチャネル及びトランスポーターの分子構造、活性・不活性化機構、活性制御に関わる研究。

③免疫分野(13 研究領域)

1. 免疫疾患関連遺伝子の多型解析

免疫疾患のコホート研究や臨床治験等で得られた個体ごとの遺伝子型及び表現型を解析し、病気の発症や薬剤の効果・副作用等と遺伝情報との関連性を明らかにする研究。

2. 自己免疫疾患・アレルギー疾患の発症機構

リウマチなどの自己免疫疾患やアレルギー等の免疫疾患の病態形成に関与する細胞やサイトカインなどの作用機序や、病原体などの外的因子の疾患発症への関与などを解析し、病態発症機構を解明する研究。

3. 癌・免疫疾患に対するワクチン等の効果

癌抗原や自己抗体分子の解析を基に、ワクチン効果が期待される抗腫瘍分子や樹状細胞を設計し、疾患モデルマウスに対する効果の検討、移植モデルマウス等を用いた新規免疫抑制候補物質や免疫調節細胞による臓器の生着延長効果の判定に関する研究。

4. 病原体の感染機構

病原体の侵入と定着に関与する分子の同定や、感染細胞の同定と体内伝播の仕組み、標的組織の決定など、感染初期における病原体と宿主の相互作用を解析する研究。

5. 粘膜免疫系の作動機構

消化管や呼吸器等の粘膜組織において、免疫機能を担う細胞（群）を同定、リンパ球の動態、病原体侵入時のマクロファージ等の異物認識機構の解析、粘膜免疫系の作動機構の解明に関する研究。

6. 自然免疫系の作動機構

好中球、マスト細胞、好酸球、マクロファージ等に発現する Toll 様レセプターに作用するリガンドやシグナル伝達経路及び転写制御機構を解析し、自然免疫系の病原体認識機構、細胞障害機能及び獲得免疫の作動機構を解明する研究。

7. 二次リンパ組織の形成機構

胸腺、リンパ節、パイエル板などの二次リンパ組織の

形成に関与する遺伝子の機能を、遺伝子改変モデル動物等の解析から明らかにし、リンパ組織の発生・形成機構の解明等から、臨床応用可能な人工リンパ組織を構築する研究。

8. 免疫反応における細胞間相互作用

T 細胞、B 細胞、抗原提示細胞（樹状細胞やマクロファージ）等の免疫応答における細胞間相互作用や、細胞の遊走・ホーミングの過程を、細胞間接着分子、副刺激分子、ケモカインやサイトカイン等の機能解析を中心に明らかにする研究。

9. 制御性細胞による免疫調節機構

制御性 T 細胞、樹状細胞、制御性樹状細胞、Th 細胞、NKT 細胞等、免疫機構の調節に関与が認められている細胞を、人工的に除去・誘導することにより、免疫寛容をはじめとする免疫制御システムを明らかにし、免疫機構の任意制御を目指す研究。

10. 細胞における抗原提示機構

樹状細胞などの抗原提示細胞において、主要組織適合遺伝子複合体 (MHC) が細胞内で分解されてできた抗原ペプチドを細胞表面に提示するメカニズムを解析し、胸腺内での自己抗原反応性 T 細胞を死滅させる中枢性免疫寛容の成立、末梢リンパ組織での獲得免疫系の活性化、末梢性免疫寛容の誘導や保持 (maintenance) 機構を解明する研究。

11. 獲得免疫の誘導とその調節機構

獲得免疫の主体を担う T 細胞や B 細胞の分化経路選択の分子メカニズムを解析するとともに、免疫機能分子 (Toll 様レセプターや副刺激分子) を発現する樹状細胞などの制御細胞による獲得免疫系の初期発動に及ぼす役割を明らかにし、獲得免疫システムの制御機構の解明を目指す研究。

12. 免疫系・造血系の発生と分化機構

個体発生における造血系の発生機構や、造血幹細胞か

らリンパ球系前駆細胞や骨髄球系前駆細胞などの特異的前駆細胞へと分化経路の選択、最終的に成熟血液細胞へと分化し、免疫系を含む造血系が形成される機構を分子レベルで解明する研究。

13. 免疫機能関連分子の探索と機能解析

抗体、MHC、サイトカインおよびその受容体、転写因子、キナーゼなど、免疫系の機能に直接関与するタンパク質の探索や、それら遺伝子発現調節機構を解明する研究。

④発生・再生分野（14 研究領域）

1. 発生に関与する遺伝子の解明

線虫、ヒドラ、ハエなどの下等生物を対象として、発生に関与する特定の遺伝子の同定や、関与遺伝子の発現調節機構、その転写物の機能の解明を行う研究。

2. 細胞内外の形態制御における分子機構

発生、分化に伴う、細胞内の構造、細胞外からみられる神経突起などの形成現象に関与する分子群の解明、および情報伝達網を解析する研究。

3. 染色体の構造および複製機構

減数分裂の過程において、生殖細胞内で観察される染色体のダイナミズムに関与する分子群の解明、および染色体の分配機構に関する研究。

4. 生殖細胞形成に関与する遺伝子の解明

ハエ、魚、マウスなどの生殖細胞を対象として、生殖細胞の分化、形成に関与する遺伝子の発現調節機構、転写物の機能の解明を、細胞レベルで行う研究。

5. 生殖細胞の特性獲得機構

胎児期の始原生殖細胞から成体生殖器内の精子、卵子へ至る、生殖細胞の特性獲得過程を、細胞生化学的、および遺伝学的研究により、解明することを目指す研究。

6. 遺伝子発現からみた幹細胞の分化機構

造血系、神経、眼、筋組織などの特定幹細胞の分化過程に関与する遺伝子群や、転写因子などによる発現制御機構を解明する研究。

7. 幹細胞の運命決定機構

幹細胞が未分化の状態から脱する機構、そして、動機づけられた幹細胞が多様な細胞系譜へ分化する過程で始動する機構を細胞レベルで探求する研究。

8. 運動性発現機構の解明

細胞と細胞外マトリックスとの接着性の制御機構、接着・脱接着を誘起する分子機構から、細胞から、組織、器官レベルの運動性発現の基本的機構・原理を解明する研究

9. 器官の左右性制御の機構

鳥類やマウスの臓器の形態および配置の左右性、魚類（ヒラメ・カレイ）の眼における左右非対称性など、器官レベルの極性を対象にした、現象から制御機構を探求する研究。

10. 組織・器官形成の機序

下等生物、魚、ハエ、カエル、マウスを対象にして、体幹、脳、眼、腎臓、神経回路、また、植物の器官の形態形成機構の解明、並びに下等生物の器官、体幹の再生に関する、現象からのアプローチを主とした研究。

11. 突然変異解析による器官形成機構の解明

突然変異を生じさせた魚類、マウスを作出し、この動物の解析により器官への分化機構に対して洞察を行う研究。

12. 遺伝子発現からみた個体発生過程

下等生物、昆虫、魚、ハエ、植物を対象にして、個体への発生過程に関与する、遺伝子群や、転写因子などによる発現制御機構を解明する研究。

13. 細胞操作による個体の作出および再生

下等生物、魚類において、染色体操作、核移植、始原生殖細胞移植といった手法による、個体の作出、ならびに再生に関する研究。

14. 群衆構造形成の分子機構

微生物群によるモジュール形成、昆虫の巣形成機構、
藻と原生動物の共生関係を対象にした、群衆構造形成の

分子機構に関する研究。

⑤がん分野（19 研究領域）

1. 1. がん治療のための分子ツール開発

核酸誘導体分子の開発、ウイルスベクター開発、また発現制御システムの開発、ハイスループットスクリーニング系など、ヒトへの応用を考慮した分子ツールの開発研究、DDSの開発。

2. 培養細胞を用いた細胞がん化分子の探索

発がん物質またはがん遺伝子による、実験的培養がん細胞を利用した、がん化のメカニズムに関する基盤研究。さらに、その実験系を利用した細胞がん化の抑制に関する研究。

3. がん組織からの発がん関連分子の探索

臓器別がんの責任遺伝子やその遺伝子産物を同定し、そのがん化メカニズムを明らかにする研究。また、責任分子を治療ターゲットするがん化抑制に関する研究。

4. 臓器がん診断マーカーの探索

臓器別がんの責任遺伝子、関連分子を探索することにより、分子診断マーカーとしての有効性を明らかにする研究。

5. 分子標的治療の開発研究と薬剤感受性予測分子の検索

臓器別がんの責任遺伝子産物を標的とする治療、また臓器特異性のある薬剤を利用した、臓器別がん標的治療に関する開発研究。分子標的治療薬の有効性を予測する薬剤感受性マーカーの検索。

6. がん細胞における転写異常のメカニズム

がん化に伴う異常増殖の原因と考えられる、増殖因子シグナル下流の転写因子、その標的である転写制御の異常に関する基盤研究。タイリングアレイなどによる転写因子の標的分子の網羅的解析。

7. 染色体不安定性

がん化に特徴的な染色体末端（テロメア）機能の異常や、エピジェネティクス変異、染色体（クロマチン）の高次構造形成の異常に関する基盤研究。

8. 突然変異の誘発機構

がん化に伴い、遺伝子の突然変異が高頻度に誘発されるメカニズムに関与するミューテーター遺伝子、MLH、AID などに関する分子レベルの基盤研究。ストレスシグナル、炎症、環境応答、内因性ストレス、酸化ストレス、低酸素・低栄養応答など。

9. DNA 損傷、DNA 複製の異常による発がん機構

ストレス、放射線などによるDNA損傷は、がん化に伴い修復不能あるいは修復されにくくなっているために、変異が固定される。それら正常なDNA修復に関与する分子群の修復メカニズムと、がんによる異常に関する研究。

10. 発がんにおける細胞周期関連遺伝子群の機能

細胞増殖プロセスとしての細胞周期進行に関与する分子を明らかにし、その正常な機能の破綻メカニズムを明らかにする研究。増殖を制御するという観点から、従来からがん治療の標的となりうる分子を探索する研究領域でもある。ユビキチンプロテアソーム系との関連も重要である。

11. 細胞分化の維持と脱分化機構

がん細胞の特徴として、分化能を失う「脱分化」により増殖亢進を獲得する。正常な「細胞分化」の分子メカニズムを明らかにし、それを逸脱した脱分化の分子メカニズムとシグナル伝達を明らかにすることで、増殖亢進したがん細胞を分化誘導させる事を目的とする。がん幹細胞

胞の特徴とこれを取り巻くがん微小環境（ニッチェ）との関連。

12. 細胞死とその制御

アポトーシス（細胞死）に関するシグナル伝達経路、およびそこに関与する複合分子を明らかにする研究。がんにおけるアポトーシスの異常など、異常増殖の原因となるメカニズムを明らかにする研究。アポトーシスの促進による「がん細胞死」を目指す。オートファジーに関する研究も含まれる。

13. がん組織における血管・リンパ管新生メカニズム

がん細胞の血行転移増殖亢進に中心的な役割を果たす、血管・リンパ管新生の分子メカニズム、およびその抑制に関する研究。

14. ウイルス発がん

トリ肉腫ウイルス、ATL ウイルス、等のがん遺伝子を有するウイルスを用いてがん化のメカニズムを明らかにする研究。従来から日本のがん研究の牽引力として推進されている。

15. 多段階の発がんと悪性化

臓器がんの悪性化に関わる複合分子を明らかにし、個体におけるがんの病態を分子レベルで明らかにする為の研究、「分子病態研究」とも言う。薬剤耐性を含め、さら

に原因となるがん悪性化に関与する分子を標的とした、「がん治療戦略」の為の研究。

16. 転移における細胞認識機構とがん微小環境

臓器がんの悪性化の指標となる「がん転移」に関与する分子機構を明らかにし、その制御を目的とする研究。具体的には、がん転移の原因となる細胞運動・細胞接着分子の異常を明らかにし、その制御を目的とする。とくに細胞外マトリックスとその分解、がん細胞-マトリックス相互作用、細胞間相互作用など。また、血管新生の抑制を利用して、転移抑制と臓器がん組織を退縮させる事を目的とする基盤研究も含む。

17. がん治療法の開発

基礎研究の成果に基づき、生物製剤、ワクチン、転移抑制剤等の投与によるヒトがん治療を目的とする臨床研究

18. 疫学・コホート調査による診断と予防

がん克服、がん予防をゴールとする疫学調査研究

19. がんの個人差に関する遺伝子多型

がん気質と呼ばれる「がん罹患の個人差」を遺伝子レベルで明らかにし、がんのテーラーメイド治療を目的とする基盤研究。

3. 俯瞰ワークショップ（当日の資料、その他）

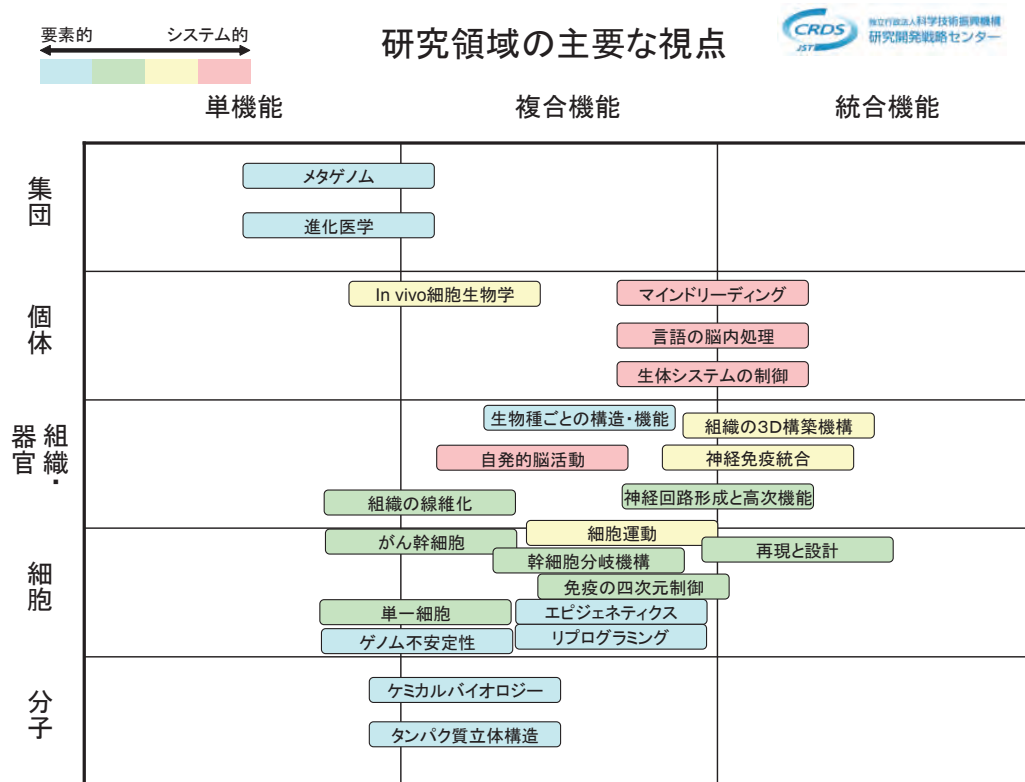
俯瞰ワークショップのために、準備した5領域俯瞰図（本文Ⅲ.-1.）と共に、23の重要研究領域候補（表1）と、これを俯瞰図に貼り付けた資料（図12～14）と、図15～17を準備し、他領域への波及効果や相互間の関係を解説した。

（1）23 研究領域候補と俯瞰図への位置づけ（配布、解説）

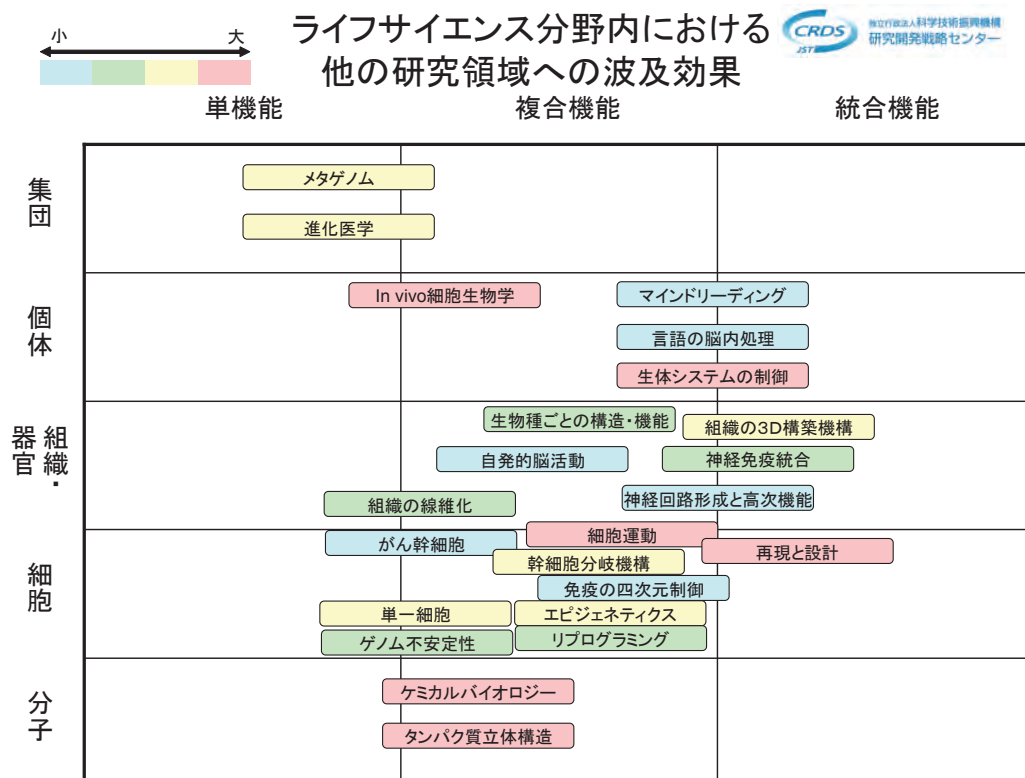
（表1）23 研究領域候補

- 1 メタゲノム
- 2 進化医学の基盤
- 3 In vivo細胞生物学
- 4 マインドリーディングと意思決定機構の解明
- 5 生体システムの制御機構
- 6 言語の脳内処理機構
- 7 遺伝子発現パターンから見た異なる生物種ごとの構造・機能解析
- 8 自発的脳活動
- 9 神経回路形成の分子・細胞機構と高次脳機能
- 10 神経免疫統合
- 11 組織の3D構築機構
- 12 組織修復にともなう非可逆的変化（組織の線維化）
- 13 Cancer stem cell（がん幹細胞）
- 14 エピジェネティクスによる細胞機能制御
- 15 ゲノム・リプログラミング
- 16 幹細胞における分岐機構
- 17 細胞の分化タイプごとの機能のカタログ化
- 18 細胞運動
- 19 生命機能の設計と再現
- 20 染色体不安定性
- 21 単一細胞の個性の解析
- 22 ケミカルバイオロジー
- 23 タンパク質立体構造情報に基づく薬物設計の基盤技術開発

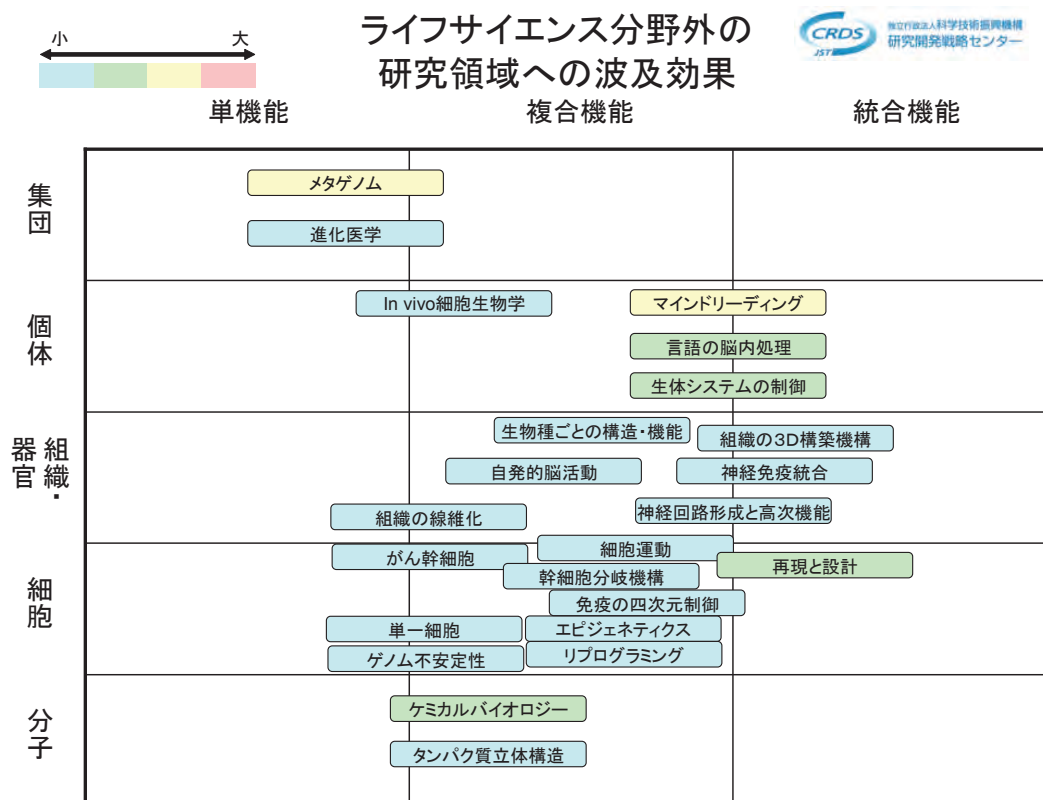
(図 12) 要素的かシステムのか



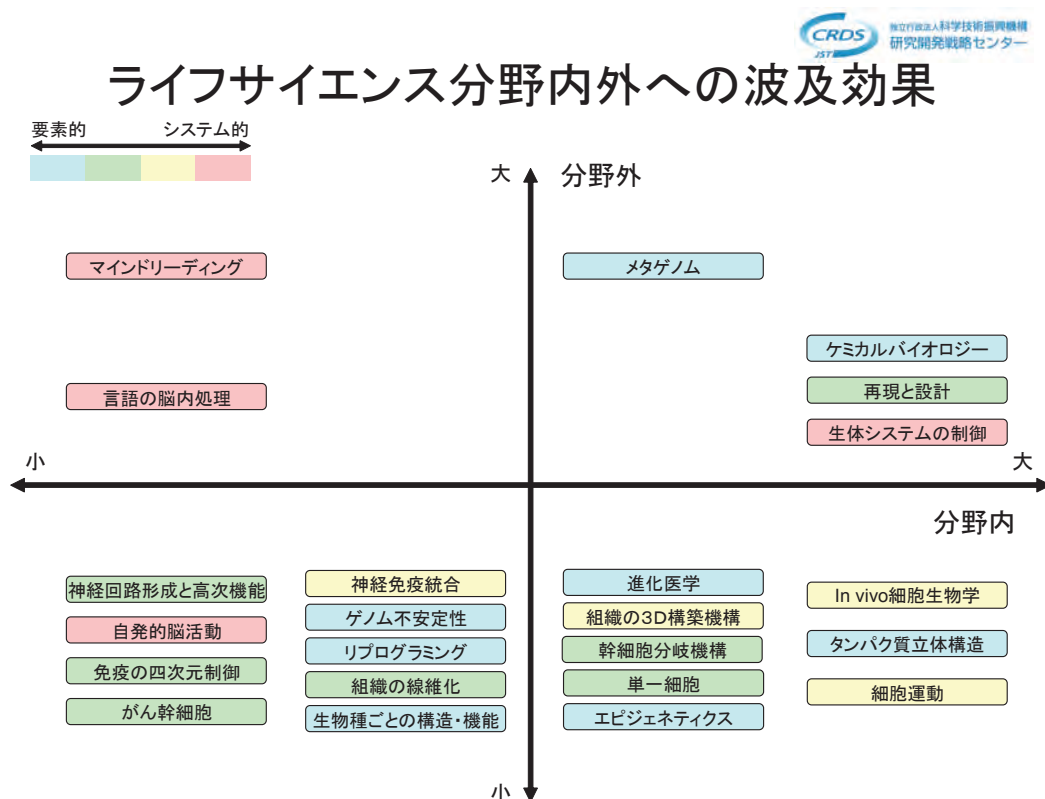
(図 13) 他の研究領域への波及効果（ライフサイエンス内）



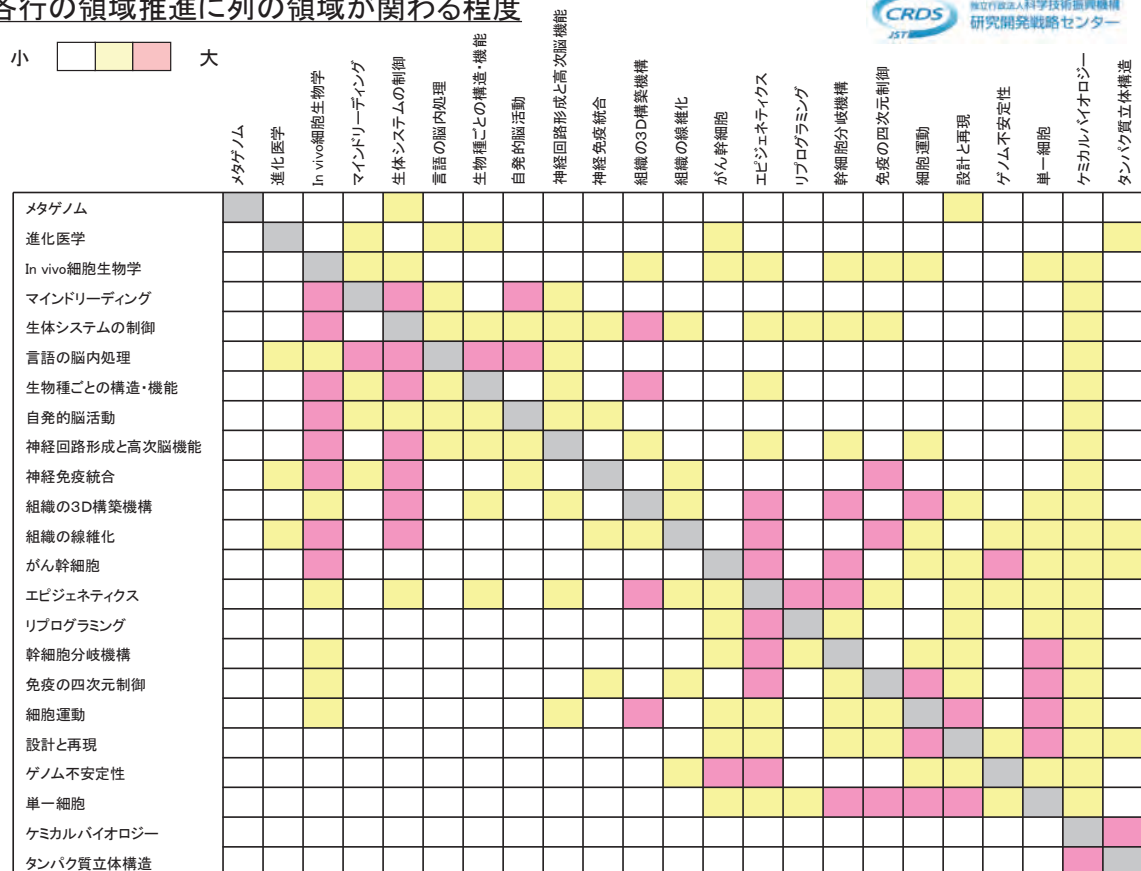
(図 14) 他の研究分野への波及効果 (ライフサイエンス外)



(図 15) 内外への波及効果



(図 16) 研究課題間の相関度(多元的、階層的性格による)
 各行の領域推進に列の領域が関わる程度



(図 17) 俯瞰図に使用した5分野との関係

重要研究領域候補と5分野との関連

CRDS JST 独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター

	ゲノム	がん	発生・再生	免疫	脳・神経
メタゲノム					
進化医学					
In vivo細胞生物学					
マインドリーディング					
生体システムの制御					
言語の脳内処理					
生物種ごとの構造・機能					
自発的脳活動					
神経回路形成と高次脳機能					
神経免疫統合					
組織の3D構築機構					
組織の線維化					
がん幹細胞					
エピジェネティクス					
リプログラミング					
幹細胞分岐機構					
免疫の四次元制御					
細胞運動					
設計と再現					
ゲノム不安定性					
単一細胞					
ケミカルバイオロジー					
タンパク質立体構造					

(2) 重要研究課題候補 (23 課題) の内容の概略

名称	1. メタゲノム研究
定義	環境を一つの遺伝子プールと捉え、特定の環境下に生存している生物群集の全てのゲノムを解読して、全遺伝子の動態を網羅的に解析・比較すると共に、未開拓遺伝子資源として利活用する。
概要	微生物は数十～数万種からなる微生物集団(微生物叢)を形成して、土壌、大気、水中、動物体内など、ありとあらゆる自然環境下に棲息している。そこには、微生物－微生物－無機イオン・有機物質間、微生物－植物－土壌粒子間、微生物－宿主細胞－代謝・生理物質間の相互作用などのグローバルな生命系が存在する。しかし、これらの微生物叢を構成するウイルス・アーキア・細菌・真菌の99%以上は実験室で分離・純粋培養できず、その実体は明らかでない。従来までの研究では、分離培養可能な微生物種についてのゲノム解析等しか行えず、生命系の僅かな理解しか得られなかった。そこで、メタゲノム研究では、生きてはいるが培養できない(VBNC)微生物を認知し、研究することで共生・寄生関係の解明、バイオフィルム、深海や極限環境下での生命の生存戦略、公衆衛生や疫学などにおける予防・治療法の確立が可能となる。また、メタゲノムには従来、我々が利用不可能であった新奇遺伝子が膨大に含まれていると推測され、新たな遺伝子資源として医薬品、産業酵素など開発、環境浄化・金属リーチングなどへの活用が可能となる。さらに、多様な環境からゲノムだけでなくタンパク質をも網羅的に分離・解析することでメタゲノムをさらに発展させた形のメタプロテオームへも発展可能である。
意義	メタゲノム研究は培養を経ずに直接環境中からDNAを分離し、解析することで、現在の技術では培養不能な生物のゲノム情報を利用できる技術であり、2004年に <i>Science</i> 、 <i>Nature</i> に論文が掲載され、急激に認知度が上昇した研究領域である。メタゲノムは、環境下に生存する微生物のコミュニティ解析であり、環境DNAの網羅的塩基配列決定による新種微生物の発見、ゲノムとプロテオーム解析による環境適応機構、群集メタゲノム比較による環境特性と遺伝子分布との相関性等の解明に期待が持たれる。また、未開拓遺伝子資源として、多様かつ新規の反応特性を示す酵素遺伝子が取得可能である。さらに、効率的なスクリーニング系を確立することにより、膨大なメタゲノムライブラリーから目的の活性を有する酵素遺伝子を見つけ出すことは容易であり、産業応用にも直結する。我が国は周囲を海に囲まれ、亜寒帯から亜熱帯までの多様な自然環境を有しており、これらの環境中のメタゲノム研究は他国に比して有意な条件にある。また、我が国では発酵・醸造のような複雑な微生物の増殖と機能の網羅的利用を行ってきた産業が世界的にも有意な立場にある。このような複雑生物系を高度に利用するために、メタゲノム研究は不可欠である。さらに、我が国が提唱した「機能性食品」の概念やプロバイオティクスなどの研究には、生体と食品成分及び消化器官に生息する微生物との相互作用の解明が不可欠であり、生物間相互作用の解明とさらに高品位の機能性食品や医薬品開発のためにもメタゲノム研究は有効な一手段となる。加えて、近年問題となっている新興・再興感染症の予想、解析、治療法の開発には、環境中のウイルス、病原性微生物、および、運搬体や宿主となる生物細胞の網羅的解析と相互作用の解析が必須となる。このような公衆衛生・疫学分野の着実な進展にもメタゲノム研究の提要在不可欠である。

名称	2. 進化医学の基盤
定義	進化の過程でヒトあるいは現代人が獲得した遺伝的な多様性と文明の発祥以降の生活環境の急激な変化がヒトの健康、病気、老化、死に関連するという観点から、その関連性を疫学調査などにより明らかにすると共に医療応用への基盤を構築する。
概要	本研究領域は進化的な観点からヒトの遺伝的背景と現代の生活環境の不適応から起こりうる不健康な状態や病気の発症との関わりを系統的に調べる。遺伝的背景に関しては特定の文化、生活習慣等を共有する民族、地域などの集団を対象にSNPs解析、家系調査、疫学調査を行うことにより関連遺伝子等を抽出する。また、環境側の要因として、食生活、生活習慣や衛生状態(感染症などを含む)があり、それらから関連する要素(例えば、ワインに含まれるポリフェノールなど)を抽出する。遺伝的要因及び環境要素に着目した疫学調査、コホート研究をもとに健康の維持や早期老化の防止、疾患の予防、治療法の基礎となる要素を明らかにする。研究課題としては、インフルエンザなどの病原体の進化と分子疫学、病原細菌の適応戦略、食生活と肥満、糖尿病、高血圧などの成人病対策、社会環境と人間行動への影響などの研究が含まれる。
意義	従来の西洋医学では要素還元的に疾患の原因を追求し、原因の排除を基本に治療戦略を考え、ある意味有効に機能してきた。一方、ヒト・ゲノムの多様性が明らかとなり、多様性がヒトの生存と環境適応への可能性を高めるために重要であることが明らかとなってきた。このことは、例えば、疾患に関連する遺伝的要因を悪と見なすより、それらが不利に働かない環境条件を明らかに出来る可能性があることを示している。従って、進化医学のアプローチから現代の生活環境、食文化など幅広い観点から健康の維持や老化抑制、疾患の予防の戦略が立てることが出来ると期待される。具体的には、進化医学に基づく新規な治療法の開発、代替療法の開発、健康食品の開発、改善すべき生活習慣とその方法の開発などがある。

名称	3. In vivo細胞生物学
定義	生きた動物個体内での細胞の形態、移動、機能について調査、解析等を行う研究領域。計測技術の開発も含む。
概要	実験的培養条件下での細胞の構造や機能が、生体内でのそれとは異なると考えられており、生きた動物個体内での細胞を直接研究対象とする必要性が指摘されている。 本研究領域では、生体内での直接細胞解析技術の開発とそれを利用した研究の推進を目指す。 具体例としては、1)ショウジョウバエやゼブラフィッシュ等の体内の細胞を観察可能なモデル動物を用いたレポーター遺伝子による遺伝子発現や細胞形態・移動の観察、2)光感受性のチャネルなどのエフェクタータンパク質を特定の細胞に発現させ、個体内の特定細胞の機能操作により引き起こされる現象の解析、3)透明性の低い動物での二光子励起顕微鏡、ファイバーマイクロスコーピー、in vivoパッチクランプ等の技術を用いた個体内の細胞操作と機能解析、等がある。
意義	この領域の研究を推進させることで、初めて本来の個体の機能に直接つながる細胞機能研究が始まる。単独の細胞としてではなく生体の組織の中で個々の細胞がどのような役割を担っているかを明らかにするためには、本研究領域の推進が不可欠である。 また、培養細胞は限られた条件下では、生体内の細胞の状態を反映する良い実験系であるが、多くの場合は生体内の細胞状態とは大きく異なることが知られている。培養条件下の細胞が生体内とは異なる振る舞いをするのが、例えば培養細胞の薬物応答をそのまま生体系に適用できない最大の原因である。したがって、in vivo細胞生物学を進めることにより、本来知りたかった生体における細胞機能の解明に近づくのみならず、培養細胞での現象と個体での現象を関連づけることが可能となり、創薬における培養実験系と個体での薬物応答の際を予測し、効率的な開発に結びつくことが期待される。

名称	4. マインドリーディングと意思決定機構の解明
定義	脳内での活動を計測しそれを元に感情や判断等のこころの有り様を推定する技術の開発と、その技術を用いた感情や判断機構の解明を目指す領域
概要	本研究領域では、脳活動の侵襲的、あるいは非侵襲的な計測に基づき、情動や判断を下している際などのこころの状態を推定することを可能とする研究開発を行う。従来の脳研究では、刺激によって脳内の神経活動が規定(コーディング)されるかを主な研究対象としている。これに対しその逆に神経活動からどのような刺激(内部刺激も含む)が与えられているかを解読(デコーディング、マインドリーディング)する技術の開発に本研究領域では着目している。 医療用に利用するマインドリーディング技術としては、電極記録を用いた侵襲的脳活動計測が直近の目標となるが、将来健常人での利用を考慮すると、非侵襲型の脳活動計測からのデコーディング技術の開発がより重要であると考えられる。その場合具体的な計測技術としては、fMRI、近赤外分光法(NIRS)、脳磁図、脳波などが対象となり、これら単独及び複合での活用が想定される。
意義	マインドリーディングは、脊髄損傷等による半身・全身麻痺の人が、自分の意思により移動を行ったり機器を操作するいわゆるブレインマシンインターフェースの開発に不可欠な技術であり、また、新たな人間のコミュニケーション手段の創出にもつながる。 更に、無意識の心の中を読み取るにより、自分にも判らない自分のこころを知ることを可能にし、意思決定の支援手段としての技術開発に繋がる可能性を有する。このことは嘘発見器や過去のこころの経歴を暴き出すことにもつながり、脳神経倫理(ニューロエシックス)等への配慮が非常に重要となる。 また、本研究領域の成果として得られる意志決定に関わる生物学的な指標を利用して、経済活動がどのように変化するかを予測するニューロエコノミクスやニューロマーケティングといった研究領域の発展を支える基盤的技術となることが期待される。 基礎的な研究においては、マインドリーディング技術の活用によりヒトの高次脳活動の解析が大きく向上することが期待される。また、デコーディングの際に活用する脳の活動パターンは、その活動を形成している神経回路レベルでの作動機構と高次機能を結びつける上で貴重な情報となる。

名称	5. 生体システムの制御機構
定義	生物個体をシステムとして捉え、システムの構造、情報、制御、最適化などの観点から生体のシステムとして振る舞いを研究し、生体システムの制御の仕組みの解析を通じて生命の理解を深め、健康を科学するための基礎を構築する。
概要	本研究領域は生命を物質やエネルギーの観点から要素還元的に研究するのではなく、システムとして捉え、その構造、情報、制御、最適化などの観点から統合的に理解し、その制御機構を明らかにすることにより健康を科学する基礎の構築を狙いとする。研究対象としては、分子生物学的な研究の蓄積が比較的多い領域として細胞間相互作用による組織・器官の構築や免疫の統合的制御、調節機構の解明があり、個体レベルの研究として食行動、言語などがある。この領域では、対象となる生体システムの同定とその構造の解明と生体システムにおける情報の処理、制御、最適化の機構の解明が課題である。また、生体システムの最適化を健康を科学する基礎として捉え、その構築を目指す。
意義	これまでのライフサイエンスは要素還元的に進められ、重要な要素としてヒト・ゲノムやたんぱく質などの生体分子を明らかにし、生命を理解する基盤を構築した。一方、今後のライフサイエンスの方向性として、要素から統合的に生命を理解する方向が生じた。分子レベルから細胞レベルへ階層性を超えて統合的に理解する研究が進展しつつある。一方、細胞レベルから組織・器官レベル、個体レベルへと階層性を超えて統合的な理解を進める研究は分子からのアプローチを可能とするほど知識が十分でなく、システムからのアプローチが有効である。本研究領域は生命の統合的な理解の観点からのアプローチの一つとして期待される。また、その成果は健康を科学する基礎を構築すると期待され、健康食品、スポーツ科学、学習と教育などの分野への応用が期待される。

名称	6. 言語の脳内処理機構
定義	乳幼児期を含むヒトの脳発達期の言語獲得機構、成人での言語処理機構、さらには失読症等での言語処理異常を対象とし、神経回路がどのように言語情報を処理しているのかを解明する研究領域。ヒト以外の動物によるコミュニケーションをモデル系とする研究も含む。
概要	言語処理は非常に複雑な脳内情報処理であると考えられている。この機構の解明に向けて本研究領域では総合的なアプローチを行う。一つには、言語獲得段階、特に幼児の臨界期に関する脳発達研究からのアプローチ、もう一つは失読症等の疾患に関する脳イメージング及び関連遺伝子研究からのアプローチである。こうした研究対象からの知見を一般成人の言語処理機構と関連づけて、また、ヒト以外のコミュニケーションをとる動物を用いた脳機能に操作を加える研究と組み合わせる。特に、幼児期には成人とは異なる様式で当初言語を理解していることが明らかとなっており、また、失読症では言語理解の発達過程が遅延していることなどが知られてきており、こうした言語獲得段階の脳機能処理様式の変化に着目した研究は重要である。
意義	言語処理機構の理解は、失読症等の疾患への対処法の確立や言語習得の教育手法の改良などに資すると共に、機械による言語認識・処理技術の開発や複雑な問題解決のための新規アルゴリズム開発などの工学的応用技術の開発にとって貴重な情報を提供するものと期待される。また、言語の脳内処理機構の一端が明らかになれば、言語と情動や思考等の他の脳機能との関連性を脳科学的に解明する研究領域への展開が期待され、認知科学を含む人文・社会科学と脳科学の融合分野の形成に資することが期待される。

名称	7. 遺伝子発現パターンから見た異なる生物種ごとの構造・機能解析
定義	生物種間で従来構造が大きく異なると考えられていた体の組織について、遺伝子発現プロファイルをゲノムワイドに解析し再検討することにより、構造・機能上の共通性を解明する研究領域
概要	本研究領域は、ゲノム・ポストゲノム科学と比較形態学の融合研究を元に、組織・器官レベルでの新規機能の同定と解析を目指す。 例えば、鳥類とほ乳類の脳の構造は従来全く異なり、キンカチョウなどの歌の伝達などに関する研究とヒトの言語に関する研究との連関が困難なところがあった。しかし、遺伝子発現プロファイルに基づく脳の領域の再マッピングが行われ、共通の脳領域の構造や神経回路網を有することが判明してきている。こうして見直された脳構造を元に、鳥類とほ乳類での歌・言語に関する従来の研究知見を相乗的に活用できる状況が生まれてきている。 このように異なる生物種間(例えば鳥類と哺乳類)で全く異なる組織の構造を有するとこれまで考えられていたもので、遺伝子プロファイルを元に組織の構造について再検討することにより、これまでの形態学上の検討では見出すことのできなかった共通構造が存在することが明らかとなりつつあり、本研究領域では、そのような視点から従来の生物種間の比較形態学を再検討し、更にそれを元に新たな構造・機能連関を解明する。
意義	これまで生物種間で個別に進められてきた膨大な研究知見を遺伝子発現プロファイルから見た共通構造を基に有効活用することが可能となる。これにより、それぞれの生物種で解析上有利な別々の生物指標に関する情報を統合し、個体あるいは組織・器官レベルでの統合的研究を推進することが期待される。

名称	8. 自発的脳活動
定義	睡眠や概日リズム、あるいは脳内情報だけにに基づく思考等の単なる刺激応答ではない脳の内在的な活動に関する研究。脳内の状態により同一の刺激でも異なる応答を示す現象なども含む。
概要	脳は刺激に応答するだけの器官ではなく自発的に活動している。無意識の活動としては睡眠や概日リズムなどがあり、意識下での活動としては思索などがある。また、同一の刺激に対して異なる応答を示す場合などは、刺激入力前の脳内の状態が異なっていると考えられるが、そのような刺激入力以前の脳内状態に対する研究を含む。 味覚や嗅覚などの感覚情報が脳内の状態によって違った処理をされることがある。また、同一人物が同じ状況の元で異なる行動をとること(「行動のゆらぎ」)もよく見られることである。このような現象は、脳が異なる状態(モード)に有るためと考えられるが、この内的な状態が何であるのかを明らかにすることが本研究領域の重要な目標である。 例えば、行動のゆらぎなどが見られる直前の脳内の状態を各種の脳活動計測手法によりモニターし、行動(出力)までの脳内の活性化経路を解析し、また、異なる状態を確認した後に刺激を行い出力を解析する。そのような異なる状態を形成・維持している脳内の自発的脳活動についても解析やシミュレーションを行う。 本研究領域で対象とするのはヒトあるいは霊長類に限定せず、特にシミュレーションには神経回路の単純な無脊椎動物などの活用を図る。
意義	怒りなどの情動の仕組みを理解するためには、単なる刺激に対する応答機序だけではなく、脳内の自発的な活動に基づく状態の増幅や改変機構等を明らかにすることが重要である。本研究領域の自発的脳活動の解明が進むことにより、これまでとは別の視点から情動を含む高次脳機能の進展に貢献することが期待され、また、病的な不安などのこころの健康に関わる問題に対し、カウンセリングや生活環境の整備により対処する方法の確立に繋がるものと期待される。 一方、自己組織化を対象とする研究領域にとって新たな概念の提供やモデル系としての融合領域に発展する可能性がある。更に、行動に多様性があるロボット開発などで、これまでとは異なる設計コンセプトを提供により貢献できることが期待される。

名称	9. 神経回路形成の分子・細胞機構と高次脳機能
定義	遺伝子により大まかに規定され、環境要因により調節される神経回路形成の分子・細胞機構の理解を元に、その分子・細胞機構が疾患等により破綻した場合や人為的に操作した場合に引き起こされる神経回路の変化と高次脳機能とを比較することで、その関連を解明する研究領域
概要	神経回路形成に関する研究において、細胞移動や神経突起伸長に関わる分子・細胞機構についての知見が現在急速に蓄積してきている。これら機構に関連する遺伝子の変異や発現量の変化に基づく神経回路の変化と高次脳機能の変調との関連を明らかにするのが本研究領域である。本研究領域においては、疾患における神経回路の変調を利用したり、モデル動物において人為的に特定の神経回路の形成を操作することにより、そのような神経回路変化がどのような高次脳機能と関連しているのかを明らかにする研究が進められる。対象とする研究には、特定の神経回路の構造を改変した組織を用いた局所神経回路網の振る舞いに関する研究等も含まれる。
意義	高次脳機能に関わる遺伝子の解明が進められているが、実際には遺伝子がすぐ高次機能に結びつくわけではない。遺伝情報に基づく神経回路の形成や環境要因による神経回路形成の調節に様々な遺伝子に関わることで高次脳機能に影響を及ぼすのであり、この遺伝子と神経回路形成及び神経回路により規定される高次脳機能の関係が本研究領域により明らかになることは、遺伝子と高次脳機能との間のギャップを埋めるものとして非常に重要である。 例えば疾患研究においては、特定の高次脳機能に関わる神経回路を同定することで、その高次脳機能と関連した疾患と神経回路機能異常との関連や神経回路の発達に関わる遺伝子群と疾患との関連などを明らかにし、その精神神経疾患の治療法や予防手段の確立に資することが期待される。 また、特定の神経回路形成を変化させた場合に神経回路の機能特性がどのように変化するかを解析することで、神経回路による制御原理に対する理解を深めることは、ニューラルネットワークを利用した工学的な制御システムの開発に活用が期待される。

名称	10. 神経免疫統合
定義	神経免疫統合は、生体の恒常性維持を司る神経系と免疫系の相互作用を解明し、外来刺激等に対する生体の反応を統合的に把握する研究領域である。
概要	本研究領域では、種々の外部刺激等が神経系を介して免疫系を調節する仕組みや、免疫細胞から放出されるサイトカイン等が神経系に及ぼす影響やそのメカニズムを解明し、生体の環境応答の適応的意義を理解することを目的とする。内分泌系とこれらの系との関係性の研究も含まれる。 具体的には、下記のような研究課題が対象となる。 ・ストレス等によって放出されるホルモンと免疫細胞の挙動に関する研究。 ・免疫細胞が産生するサイトカインが神経系に及ぼす影響とその作用機序に関する研究。 ・末梢神経における免疫細胞の浸潤とサイトカイン放出機構を解明する研究。 ・中枢神経系のグリア細胞が、抗原提示細胞として免疫細胞と相互作用するメカニズムを解明する研究。 ・神経回路形成のガイドンス分子等の免疫応答における役割の解明とその意義に関する研究。
意義	我々人類は、疾患の罹患や治癒がその時の精神状態と関係があることを種々の経験から認識しているが、それを科学的に証明した事例は少ない。本研究領域は、「神経」と「免疫」という異なるシステムの相互作用を解明することにより、「心」と「病」の関係を科学的に証明することを目的としている。従って、本領域の成果は、種々の疾患の新しい治療法の開発に繋がる可能性があり社会的・経済的意義は大きい。また、神経系と免疫系というこれまで独立して行われてきた研究分野の融合により新たな学術分野の創出も期待され科学的なインパクトも大きい。

名称	11. 組織の3次元構築機構
定義	分化した細胞は、配置されるべき部位に移動し、細胞接着分子を介して特定細胞と接着することで、組織特異的3次元構造を構築する。本研究領域は、精緻な組織構築のダイナミクスを、主に細胞接着分子に関する分子生物学的研究と、細胞動態シミュレーションにより解明するものである。
概要	分化により多様な細胞が生まれ、複雑な構造の組織が構築される。この過程では、細胞によるダイナミックな形態形成が展開され、配置されるべき部位に細胞が移動して、特定の細胞を認識して接着し、組織特異的な様式に配置される。このような精緻な3次元組織構築においては、カドヘリンやインテグリンなどの膜タンパク質が細胞接着分子として重要な役割を担っている。細胞接着分子は細胞内ドメインで細胞骨格と結合しており、アクチンフィラメントなどの接着装置の構築を行うと共に、タンパク質キナーゼなどを含むシグナル伝達系と連動し、細胞形質の制御を行っている。細胞接着分子の様々な接着様式と、関連する細胞内シグナル伝達系の解明は、in vitro における組織構築の制御に必須であり、これは再生医療へ向けた組織工学の発展につながるものである。本研究においては、細胞接着とシグナル伝達系に関する分子生物学的研究のみならず、平面から3次元組織培養の条件探索も行う。その際は培養系において、個々の細胞が移動し、3次元組織を形成する動態シミュレーションも駆使し、効率的、効果的に研究を推進する。
意義	本研究領域は、細胞と細胞組織構造は精緻なダイナミクスを見せる一方で、癌化の場合、その構造破綻は癌の転移を引き起こす。また、神経細胞間の生理的伝達の中核であるシナプスが特定の神経細胞を認識し、神経回路を形成する過程も細胞接着因子が関与しており、この不全は精神神経疾患とも関連する。すなわち、組織の3次元構築機構の解明は、再生医療のみならず、細胞のダイナミクスが関与する、がんの転移を始め、様々な疾患の治療戦略の立案に資する基盤技術を提供するものである。

名称	12. 組織修復にともなう非可逆的変化(組織の線維化)
定義	傷害を起こした組織が修復される過程で、線維化などの非可逆的変化を引き起こす仕組みを分子・細胞レベルで解析し解明する研究領域
概要	組織修復過程は完全修復と再構築に分類され、前者が受傷した組織が傷跡なしに再生されるのに対し、後者は損傷組織が結合織に置換されたり、元の組織が形を変えて修復される(線維化・硬化など)。本研究領域では、この線維化など不可逆的変化の機序が主要な研究対象となる。 具体的には、(1)疾患患者及び疾患モデル動物の病的線維化過程の細胞を対象として、ジェノミクス、プロテオミクスなどの手法を応用した解析を行う。これには繊維芽細胞の活性化を誘導する分子を同定し、その役割を明らかにすることなどが含まれる。(2)線維化に関連した生体分子の変異や発現量の改変操作を行ったモデル動物や組織を用いて、非可逆過程を進行させる機構を明らかにする。(3)モデル動物・組織を用いて、非可逆過程の出現、進行を抑制する化合物や手法の開発を行う。
意義	組織の線維化は組織傷害の修復機能と考えられるが、過剰な線維化は肺線維症、肝硬変、腎硬化症、強皮症などの疾患を引き起こす。これらの疾患は難治性・進行性のものが多く、有効な治療法の確立が急務である。また、抗癌剤等の薬剤の副作用としても組織の線維化現象は重大な問題である。線維化の出現機構の解明により、その出現リスクを軽減する生活環境等の提案や出現を抑制する薬剤の開発などにより、線維化が関与する疾患の予防・治療法開発や薬物の副作用軽減等が期待される。 また、組織の線維化などは加齢・老化との関連も深く、そういった研究領域の発展にも貢献するものと考えられる。

名称	13. Cancer stem cell (がん幹細胞)
定義	ある種のがんで明らかにされたがんの源となるがん幹細胞の同定とその細胞機能解析を行い、がんの悪性化や転移能獲得機構を明らかにする研究領域
概要	ある種のがん組織中には「がん幹細胞」が少数存在することが示されている。このがん幹細胞には従来の腫瘍マーカーを発現していない場合もあり、これまでがん研究の主要なテーマとはなっていないかった。 本研究領域では、がん幹細胞を中心にがん化、悪性化、転移等の機構を明らかにすると共に、このがん幹細胞を標的とした治療手段の開発に資する研究を推進する。 具体的には、成体幹細胞からのがん幹細胞への変換機構、がん幹細胞のマーカー探索、がん幹細胞の増殖異常解析、腫瘍形成機構、悪性化・転移能獲得機構などをヒト及びモデル動物を用いて研究を進める。
意義	がんに対する薬物治療において抵抗性の出現は大きな問題点である。がん組織中に腫瘍マーカーを持たないがん幹細胞の存在が知られるようになり、本研究領域によりがん幹細胞についての治験が深まることは、この幹細胞を標的とする治療法開発による薬物抵抗性克服に向けて重要である。 また、がん治療における別の問題点である、転移能獲得や悪性化に関してもこれまでにないがん幹細胞の観点から新たなブレイクスルーが見いだされることが期待される。実際に乳がん等の転移性の高いがん細胞での研究から、腫瘍マーカーを持たない細胞が高転移能を有することが示されるなど、がん組織中の不均一な細胞集団に対する研究が、近年急速に進みつつある。
その他	がん幹細胞の概念は、古くは1970年代の後半に発表されたものの、具体的な証明に至らなかった。 1997年、Dickらは、白血病細胞の中に正常なヒトの造血幹細胞の表面マーカーであるCD34陽性CD38陰性という形質を持つわずかな細胞集団が存在し、ここに白血病細胞の大部分を供給する源の細胞が濃縮されていることを示し、造血組織においてCancer Stem Cellの存在を証明した。 また、脳腫瘍や乳癌などの固形腫瘍においてもCancer Stem Cellの証拠となる報告がなされている。 http://www.kanazawa-u.ac.jp/~ganken/hirao-hp/works2.html

名称	14. エピジェネティクスによる細胞機能制御
定義	胚発生、細胞分化、加齢過程に基本的な、DNAのメチル化に代表される、ゲノムそのものの変異以外の後生的メカニズムによる細胞機能の制御の実体を統合的に解明する研究領域である。
概要	この研究領域は、エピジェネティクス、すなわち、DNAのメチル化、ヒストンのアセチル化/メチル化/リン酸化/ユビキチン化、およびクロマチンの再構成などの後生的メカニズムによる細胞機能制御の実体を統合的に解析する。エピジェネティクスが関与する哺乳動物の代表的現象として、ゲノムインプリンティング、X染色体の不活性化、表現型の異常などが挙げられる。細胞の個性は、ジェネティクスとエピジェネティクスの共同的働きにより決定される。個々の遺伝子発現のスイッチオン、オフの組み合わせにより顕在化される。本研究領域は、胚発生、細胞分化、加齢過程など、細胞の様々な状態、変化における、クロマチン構成因子の同定とクロマチン構造の解明、ヒストンやDNA修飾を行う酵素活性のモニターなどにより、エピジェネティクスと生命現象の因果関係を究明するものである。
意義	動物のみならず植物でも存在する細胞機能制御機構、エピジェネティクスの観点にたつて研究を行う本研究領域は、胚発生、細胞分化、加齢のステップの各々におけるエピジェネティックな状態を解明することで、生命現象の統合的理解に寄与するものである。また、発癌におけるDNAメチル化異常や、先天性疾患におけるインプリンティング異常、白血病における染色体転座など、疾病治療の新たな戦略を提供することが期待される。ゲノム・リプログラミングに関与する因子、機序もここに含まれ、これが解明され、生体内で遂行されるエピジェネティクスを人為的にリプログラミングする方法が開発された暁には、患者自身の体細胞を利用した再生医療の躍進に貢献する。

名称	15. ゲノム・リプログラミング
定義	個体発生の初期過程あるいは発生における細胞分化の過程で不活性化されたゲノムDNAが、再び成熟した生殖細胞のゲノムDNAと等価の状態に活性化される機構を解明する研究領域である。
概要	不活性化したゲノムDNAが活性化されることをゲノム・リプログラミングというが、この研究領域はゲノム・リプログラミングに關与するメチル化/脱メチル化酵素、転写因子等の因子の同定、および機序の解明をめざす。体細胞核のゲノム・リプログラミングも当然、研究対象となる。すなわち、DNAのメチル化、ヒストンのアセチル化/メチル化/リン酸化/ユビキチン化、クロマチンの再構成、転写因子などを視座においた細胞レベルの研究であり、個体の発生や、組織への分化に伴う、遺伝子の発現解析なども含まれる。本研究領域の成果としては、ゲノム・リプログラミングの機構解明のみならず、リプログラミング完了の評価方法、ならびに体細胞のリプログラミング手法開発などが目標となる。
意義	始源生殖細胞から配偶子へ至る生殖細胞の成熟過程において、DNAメチル化の消去、段階的な再メチル化が観察されている。すなわち、劇的なエピジェネティクスの変化であるゲノム・リプログラミングを経た生殖細胞のみが受精時に全能性を再獲得している。 体細胞クローンの成功率は、どの動物種、どのような核移植方法でも5%以下である。この極めて低い成功率で出生した動物でも多くは表現型異常があったり、短命であることが多い。これは、現在の核移植技術が最適ではなく、ゲノム・リプログラミング、すなわちドナー核の初期化が不完全であることが、その一つの理由と考えられる。本研究領域の推進により、ゲノム・リプログラミングに關与する因子、機序が解明される。これにより、体細胞ないし体細胞核の移植にもとづく再生医療の飛躍的發展を始め、ロスリン研究所によるクローン羊ドーリーの後続く、発生研究の大きな進展が期待される。

名称	16. 幹細胞における分岐機構
定義	本研究領域は、多分化能と自己複製能を有する幹細胞のbinary decision mechanism(分岐機構)に迫ることを通じて、その増殖・分化機構の理解を目指す。これにより得られた知見は、再生医療への応用に向けた、幹細胞の自在制御技術の構築に貢献するものである。
概要	幹細胞はその多分化能と自己複製能の有用性が広く認識されている。本研究領域は、幹細胞の未分化状態の維持、分化の方向性決定、さらに可塑性、ホーミング・遊走・生着などの振る舞いを制御する機構を理解することを目指す。幹細胞は、大きく分けて、胚性幹細胞(ES細胞)と組織幹細胞に分かれるが、前者の研究では未分化状態の維持に関わる分子機構、特定の細胞系譜への分化誘導機構を、後者の研究では各種組織幹細胞の同定、分化増殖調節機構の解明を中心とする。特にES細胞については、マウスやヒトでの特性の違いが明らかになってきたため、将来的なES細胞のヒトへの応用を前に霊長類など他種のES細胞との比較研究が必要である。
意義	将来の再生医療における幹細胞の重要性は明らかであるものの、現時点では課題がある。ES細胞について言えば、未分化なES細胞を動物個体に導入した場合、正常な胚細胞(発生しつつある胚全体の環境に完全に適応している)のような適応的行動をとらず、無秩序に増殖・分化し、たとえばテマトーマが形成されてしまうといったことも大いに懸念される。これを回避するには、その特定細胞系譜を確定すると共に、生体系に導入されたES細胞の増殖と分化を制御する技術が不可欠であるが、目下、 <i>in vitro</i> でさえも、ES細胞の挙動の予測、制御は完全にはできていない状況である。幹細胞を、臨床応用へ向けたトランスレーショナルリサーチの座に置くには、未だ基礎研究の段階が不十分である。本研究領域により、幹細胞の分化を制御する分子機構を解明し、幹細胞研究を実学へ発展させることが期待される。

名称	17. 免疫の四次元制御
定義	免疫の四次元制御は、免疫系において重要な役割を担う細胞の発生・分化とその機能の展開を、時空間的に解析し、ヒトの恒常性制御の基盤技術の確立を目指す研究領域である。
概要	これまでの急速な研究の進展により、自然免疫や獲得免疫などの免疫システムに動員される種々の細胞や分子群が明らかになり、それらの機能について多くの知見が蓄積されてきた。近年、これらの知見から免疫系の恒常性維持に重要な役割を担ういくつかの細胞が同定され、その制御を目指した研究に注目が集まっている。 免疫の四次元制御は、このような免疫機構の恒常性維持において中心的な役割を担う制御細胞等に焦点を当て、その発生・分化と機能発現機構の詳細な解析を時間軸と空間軸を加味して行う研究領域である。 例えば、T細胞クローンは液性免疫と細胞性免疫の制御を司る重要な細胞であるが、この機能細胞の発現部位、発現量、発現時期などの詳細については未解明な部分が多い。この免疫系におけるキー細胞の時空間的な「振る舞い」を解明することは、免疫システムの制御において極めて重要である。 また、同様の解析が必要な細胞としては、サイトカインを介して免疫制御に働くNKT細胞や、免疫細胞の分化に重要な役割を担う樹状細胞などが考えられる。 本研究領域の推進には、細胞の可視化や発現量の定量化の解析が必須であり、生物学のみならず工学や数学との融合による研究推進が望まれる。
意義	免疫系の恒常性維持機構の破綻は、感染症や自己免疫疾患など種々の疾患発症に直結する。本研究領域の推進により、このような恒常性の維持に重要な役割を担う細胞の制御が可能になれば、上記破綻により誘発される疾患の新しい治療法の開発に繋がる可能性がある。

名称	18. 細胞運動
定義	多細胞生物では、その個体発生や修復・再生の過程で、あるいは、免疫反応の成立などで細胞はダイナミックに移動する。このような多細胞個体の構築と維持に必須な細胞の移動現象を包括的に研究する領域。細胞の移動の破綻に起因する精神遅滞、動脈硬化、リウマチ、癌の形成や転移などの研究も包含する。
概要	細胞の移動は細胞表面の受容体への化合物が結合し、その情報が細胞内部に伝わってGたんぱく質などの分子ネットワークを介して統御され、さらにアクチンなどの収縮性タンパク質の収縮機能に変換されることにより起こる。また、細胞はコラーゲンなどの細胞外基質との接触によって周りの環境を検知して定着すべき場所を認識するが、これも細胞の移動の重要な機能である。研究対象は分子レベルでは細胞の移動を誘起する刺激の受容体、Gタンパク質など情報伝達分子、収縮タンパク質など細胞骨格系タンパク質であり、細胞、組織レベルでは胚発生、免疫、創傷治癒過程のホメオスタシスの解明などである。また、細胞の移動の異常に起因する神経ネットワークの形成不全、がんの形成・転移、動脈硬化、リウマチといった細胞、組織レベルでの病理生物学的研究も含まれる。 この研究領域に関わるツール、技術には①分子イメージング、細胞イメージング及びそれらのビデオレートでの画像解析、②ゲノミクスによる遺伝子解析やスクリーニング、③プロテオミクスによるたんぱく質解析、④分子構造解析のための構造生物学、⑤モデリングやシミュレーションによる運動ダイナミクスの解析や予測、⑥トランスジェニックやノックアウトマウスの作成、⑦光ピンセットなどによる分子操作、⑧パイオインフォマティクス、⑨細胞外基質などの生体系材料、⑩情報伝達分子のプロープやそれらを利用したバイオセンサーなどがある。
意義	この領域は分子から細胞、細胞から組織への階層性を超えて統合的な観点から生命の理解に迫る研究領域の一つとして期待される。また、ゲノム、脳神経、免疫、発生・再生、がん、細胞生物学など様々な分野の情報、知識を総合する必要がある、ライフサイエンスの各分野の融合から新たな展開を促す可能性が期待できる。分子レベルでは国際的に日本の研究レベルが高いGタンパク質や細胞骨格、収縮タンパク質の研究が含まれ、同様に細胞レベルでも発生や免疫、脳神経など国際的に強い分野があり、これまで我が国で蓄積された研究成果や知識を総合することにより世界的に研究をリードすることが可能であると期待される。 細胞の移動に関わるダイナミクスなどの研究には物理、工学、化学、計算科学、数学など様々な分野との融合が必要であり、その過程でイノベーションにつながる技術、ツールが多数生み出されると期待される。また、細胞の移動は精神疾患や癌の転移、高血圧、リウマチなどの重要疾患に根本的な事象として関連しており、その解明が進むことにより、これらの疾患の予防、診断、治療に関わる薬剤や治療技術のシーズ創出が期待される。特に、癌の転移に関しては画期的な治療薬に結びつくシーズが得られる可能性があり、再生医療や移植医療に関しても、治療戦略の開発に重要な知見や知識を提供できると期待される。

名称	19. 生命機能の設計と再現
定義	生命機能の設計と再現は人為的に生命機能を設計し、それを生体高分子の組合せによって構成されるシステムとして細胞あるいは人工細胞内に再現する研究。細胞に設計・構成されたシステムを再現する研究や再現のために必要な生体高分子の設計、作成及び細胞の操作技術の開発などを含む。
概要	生命機能の設計と再現は自然界には存在しない生命機能を持つ生命システムや生体分子を人工的に作ることで、生命機能の特性の理解や生命の起源や進化を明らかにしようとするアプローチである。現状ではこのアプローチに利用される技術はウイルスゲノムの合成や大腸菌などを宿主に設計した遺伝子回路を導入する研究が主体であり、従来の遺伝子工学の発展型とも捉えることが出来る。しかしながら、生命の複雑さを回避する目的で微生物に必要最小限のゲノムセット(ミニマム・ゲノム)を決定しようとする研究やゲノムサイズに匹敵する長いDNA合成技術の開発も進められており、将来的には生命機能の大部分を設計し、再現することも可能になると予測される。 この研究領域にはコンピューターモデルによる遺伝子回路の設計、長鎖DNAの自動合成技術の開発、設計された回路網を導入した微生物による天然医薬品成分の合成、微生物センサーの開発、組換え微生物の安全性向上のための自滅回路の設計、人工アミノ酸や人工RNAなどの機能拡張生体分子の開発などの研究課題が含まれる。
意義	生命機能の設計と再現の研究では、生命機能を設計し再現する過程で自然に存在する生物体、あるいは生命の進化と比較することにより生命がどのように作られ進化してきたかの理解を深めることが期待される。ごく初期の生命の進化過程で存在したとされるRNAワールドの検証や分子ネットワークの本質的な理解が進む可能性がある。 ツール、技術として期待されるものとしては、複雑な医薬品の前駆物質を生産する微生物の設計は新しい創薬の可能性があり、がん細胞などが特異的に産生する代謝物をセンシングする微生物の設計は診断や治療に利用可能な微生物センサーになる可能性がある。また、難分解性の有毒物質や汚染物質の分解回路の設計も可能になると期待され、それらを再現した微生物は環境修復に利用される。光受容体を組み込んだ遺伝子回路は外部からのスイッチングや微生物センサー、光反応性のバイオフィルムなど工学利用が期待される。また、ヒトの免疫システムを導入したヒト化マウスは医薬品の前臨床試験の有用性を格段に向上させると期待されるなど、動植物個体における生命機能の再現とその利用の可能性もある。
その他	生命機能の設計と再現には「生命倫理」、「安全管理(実験指針等の構築)」、「リスク管理(テロなどの防止)」の対策が不可欠である。欧米の研究コミュニティでは一部、議論が進み始めているようであるが、いずれアシロマ会議に匹敵する取組によって安全確保策の確立と社会的受容の形成が必要になる。 欧米ではこの研究領域への期待が高まっているものの、政府からの本格的なファンディングはなされていない。しかし、ローレンス・バークレー研究所に「Synthetic Biology」の研究部門が設立され、ビル＆メリンダ・ゲイツ財団による抗マラリア薬の開発(上述、複雑な医薬品の前駆物質を生産する微生物)の開発に50億円規模の資金が提供されるなどの動きがある。

	20. ゲノム不安定性
	細胞内外からのストレスに対しゲノムの安定性を維持する機構とその破綻による疾患の発症・悪化の機序を解明する研究領域
	細胞内で生ずる活性酸素や細胞外からの放射線、化学物質や様々な環境因子などのストレスによるDNAの損傷などが引き金となり、ゲノムの安定性は常に脅かされている。このようなストレスからゲノムを防御するシステムが破綻すると様々な疾患に結びつくことが知られている。本研究領域ではこのゲノムの安定化機構とその破綻によるゲノム不安定性による疾患形成機構を対象とする。 具体的には、染色体末端(テロメア)機能の異常、倍数化の異常や、エピジェネティックな変異、染色体(クロマチン)の高次構造形成の異常に関する研究を行う。これまでに細胞生物学的な知見からあるいはゲノム疫学的な知見から、ゲノム安定化に関わる複雑な機能タンパク質群が明らかにされてきている。本研究領域では、それら個々の役割にとどまらず、多くの機能タンパク質がゲノム安定性に寄与する程度やそれに伴う疾患発症のリスク評価なども行う。特に、例えばがんの悪性化段階、あるいは老化といったゲノム不安定性が更にゲノムの不安定性を拡大するような順次進行する現象において各遺伝子に異常を生じる相互効果などに着目した研究などを含む。
	ゲノム不安定性は高頻度の発がんや癌細胞の悪性化に関わってきていることが判明してきている。特に細胞周期に関連した遺伝子の変異や欠失により更にゲノム不安定が増し、このことががん細胞の特徴である高頻度の突然変異の大きな原因となっている。その観点からゲノム不安定性に関わるあるいはその結果出現する生体分子の変化は、がんの悪性化の標識(マーカー)として早期診断技術に活用できる可能性がある。 また、がん以外にゲノム不安定性に由来すると考えられる疾患として、免疫不全、血管拡張性運動失調症、ハンチントン病等の様々な疾患があり、こうした疾患の、予防、診断、治療法の開発にも、本研究領域の成果が活用されるものと期待される。 さらに、遺伝性早老症であるウェルナー症候群もゲノム不安定性が関連する疾患であり、正常な老化にもゲノム不安定性が関連することが示唆されており、老化・加齢研究の推進にとっても本研究領域の成果は重要であると考えられる。

名称	21. 単一細胞の個性の解析
定義	単一細胞 (Single Cell) の活動状態を分子レベルで解析する研究。試験管内での細胞培養技術、活動状態を計測するためのツール、技術開発を含む。
概要	これまでの多くの実験系では細胞をクローン化した株化細胞などを用いることによる均一性を前提にしていた。パッチクランプによる電気生理やCaイメージングなどの研究に加えて、生きた単一細胞での遺伝子やタンパク質などの生体分子発現を計測、解析することが可能になり、実際の培養環境下では全ての細胞が必ずしも均一な振る舞いをしていないことが明らかとなってきた。このような細胞のゆらぎ、ノイズも含めた細胞の個性の研究が分子生物学を基盤とした細胞の理解に極めて重要になってきている。 この研究領域では単一細胞の個性の分子基盤を計測、解析するアプローチと細胞シミュレーションなど細胞外部の擾乱に左右されずに細胞が機能する機構を解析する研究が組み合わさって進められる必要がある。具体的な研究課題としては、①細胞表面及び細胞内の分子マーカーなど細胞の同定法の開発、②生体内、試験管内において均一な細胞集団を構成するモデル系、細胞培養技術の開発、③分子イメージング、原子間力顕微鏡、フローサイトメトリーなど一細胞の検出や観察、単離技術、④分子解析をするためのアッセイ系、プロテオミクス、トランスクリプトームなどに関わるツールや技術開発、⑤細胞の状態を記述する理論やシミュレーションなど計算科学的アプローチなどが含まれる。
意義	ゲノムが解読され生命の分子基盤を構築する要素が明らかになったこと、及びそれらの要素を分子イメージングや高感度、微細分析技術などを利用する精密解析が可能になってきたことから細胞の個性を分子解析が成り立つ条件が整いつつある。細胞の個性の研究は受精卵、あるいは幹細胞からの増殖、分化機構の解明や細胞間相互作用、細胞のホメオスタシスの解明など分子から細胞レベルの階層性をつなぐ生命の理解を深める研究領域になると期待される。特に、植物細胞や生物間の共生関係では個性発現の差異が動物細胞に比べて大きいと考えられており、これらの分野の研究が進展することが期待される。 また、細胞の個性の研究の成果は再生医療や移植医療における細胞や組織の健全性の診断や検定、細胞の頑健性の破綻から引き起こされる疾患の原因解明などが期待される。また、植物の分子育種における有用形質の選抜や発酵における代謝機能の制御などで活用が期待される。

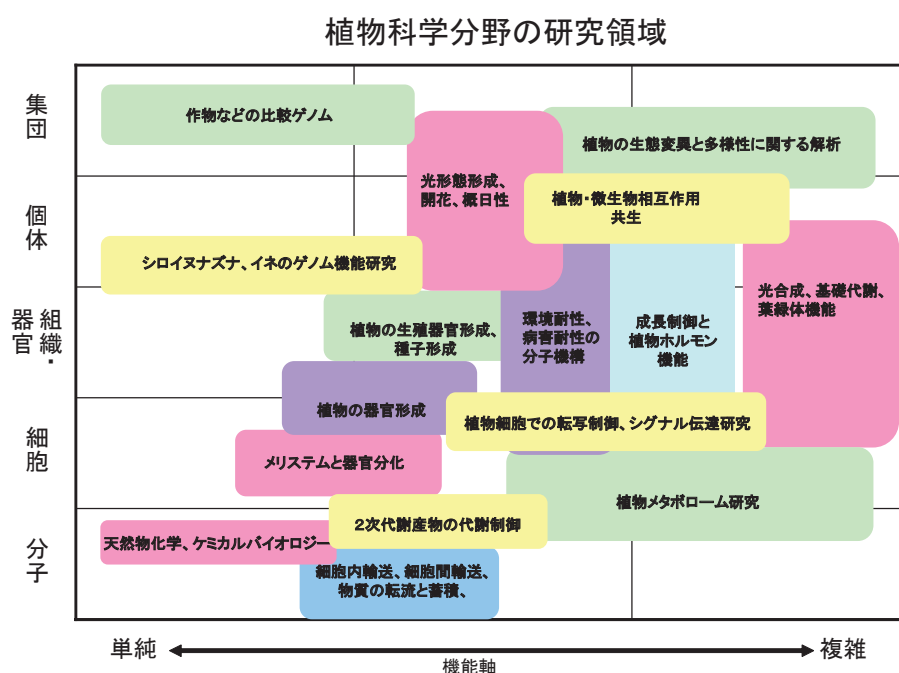
名称	22. ケミカルバイオロジー
定義	ケミカルバイオロジーは、化学と生命科学の融合によるポストゲノム時代の新しい研究領域。バイオケミストリーが多様な生命現象を生体を構成する物質の一連の化学的变化として捉え解明しようとする学問領域であるのに対し、化学物質によって生体構成物質の変化を制御することで多様な生命現象を解明しようとする研究領域。
概要	DNA, RNA, タンパク質といった生体高分子と特異的に相互作用する低分子化合物をプローブとして、生体高分子の機能を解明することが、主要な研究対象となる。 具体的には、タンパク質の特定部位に選択的に結合する低分子化合物を用い、そのドメインの機能を限定的に解析する研究手法で、バイオプローブとなる生命機能の新しい低分子化合物の探索・検出・設計・創製研究を行い、さらに分子細胞生物学的手法によりその細胞内の標的分子を明らかにする。 より具体的な研究テーマとしては、有機合成的手法による分子設計を介して生細胞内の現象を可視化する細胞内分子イメージング技術の開発やバイオセンサーの開発、創薬リードとしてあるいは生体機構を解析する分子として微生物由来の天然物化合物の探索研究やそれら化合物が生理活性物質として生体内で発現するメカニズムや制御を解明しようとする研究等がある。従来未解明であった核内受容体の機能に起因する生命現象の解明とそれに基づく創薬研究もある。
意義	有機化合物を基礎として生命科学を行うことから、細胞内における生体分子の作用メカニズムや制御機構の解明はもとより、治療薬や診断薬などの有用な化合物開発に直結する産業政策上の重要領域であり、国家戦略としても重要性は高い。ケミカルバイオロジーは、医薬品開発のパラダイムシフトを担うケミカルバイオロジーと融合した創薬ベンチャーや新産業の創出を促進し、イノベーションを誘導する可能性が高い。 また、ケミカルバイオロジーを拡張し、「原理的にはすべての遺伝子産物に対する低分子リガンドの取得が可能」という考えに基づいてゲノム規模で組織的・系統的に化合物を見出し、それら化合物を生命現象を解明するためのツールとして活用していく「ケミカルゲノミクス」なる新たな研究分野への展開も起きている。
その他	米国では、バイオインフォマティクスや構造生物学などとともにNIHの将来戦略5本柱の一つとして推進され、ケミカルゲノミクスセンター（NIHCG）を中心にケミカルゲノミクスプロジェクトが2004年より開始されている。ケミカルバイオロジー研究は、米国に限らず全世界的に国家戦略として進めており、学会設立、専門学術雑誌の発刊などが急速に進展しつつある。欧州、韓国、中国においても化合物ライブラリー構築に向けた動きがある。当該研究領域を推進する上で化合物ライブラリー構築や研究基盤の整備が急がれる。

名称	23. タンパク質立体構造情報に基づく薬物設計の基盤技術開発
定義	タンパク質の立体構造情報を活用して、そのタンパク質への既存化合物の結合部位や親和性を推定したり、未知の結合化合物を設計したり、あるいは化合物によるタンパク質構造変化や活性変化の予測したりする技術の開発
概要	タンパク質の立体構造情報が蓄積してきているが、現在その情報を基に効率よく薬物設計できるレベルにはない。本研究領域では、タンパク質と化合物の結合特性の測定、化合物により調節される活性の測定、および、化合物結合タンパク質の立体構造解析などの実験系と、立体構造予測、結合力のバーチャルスクリーニング技術、化合物修飾による作用変化の予測等の計算系を融合し研究開発を進める。 具体的には、タンパク質の活性中心だけではなく、タンパク質相互作用に影響を与える低分子化合物設計のための研究開発なども含める。
意義	標的タンパク質の作用する化合物を出発点として創薬を行われるようになり、ハイスループットのスクリーニングによる結合化合物探索が盛んに進められている。この場合膨大な化合物のライブラリーや生産技術が必要であり、またコストが高く付くことが問題である。タンパク質立体構造に基づく結合化合物のバーチャルスクリーニング技術や結合化合物設計技術などが開発されれば、薬物探索の初期段階を格段に軽減させてコストの削減とともに、新規約物シーズ発見を促進することができる。 また、治療薬等の人に適応できる化合物の提供だけではなく、様々なタンパク質に対する機能調節薬を提供することは、ケミカルバイオロジーを始め多くの生物機能の解明に資するものである。

(3) 植物分野とその俯瞰（16 研究領域）（配布）

植物は、生物生存の基礎である自然環境の主要構成要素であり、ヒトを含むすべての動物の生存基盤である。

今回の俯瞰は、ライフサイエンスの社会的貢献の内、ヒトの健康、医療（資料編、図 1 の上半）に照準した議論を進めるため除外したが、植物はもう一つの重要な俯瞰の面である。ここに同一の土俵で 16 研究領域の俯瞰図を作成し、俯瞰ワークショップの参考とした(なお横軸は俯瞰ワークショップの結論に従った修正版として掲載する)。



生物科学の発展に伴って植物分野でも大きなイノベーションと発展が期待される。ヒトの「食」の確保だけでなく、自然環境を踏まえた「生物生産分野」の基礎と応用的展開のすべてにかかわるからである。「生物生産分野」は江口グループと環境グループとの融合プロジェクトとして検討を進めている。

(4) その他の配布した資料（国内外の政策と予算）

当日、以下の 3 点を配布した。大部なので電子情報で公表の予定。

- ①我が国のライフサイエンス関係予算の概要
- ②海外主要国（米国、英国、ドイツ、EU）の科学技術関係予算等の概要
- ③海外のライフサイエンス政策トピックス

(5) 当日の発言の要点録

①参加者全員の意見表明（1人あたり3分間）

(M氏) ①「ニーズとは何かの議論」を研究者がなすべき。②「専門分野を広げる」ことは研究者の絶対条件。

③「先端を伸ばす」と「不足を補う」ことは両々相俟つ課題。④新しいコンセプト、テクノロジーは必ずしも専門家から出るわけでない。

(L氏) **general** を明らかにすることがまず基本。病気は **general** からの「ふれ」と捉える。

(H氏) スマートばかりになる心配。泥臭い研究をどう育てるか。化学との連携を。

(F氏) 天文台は国民のニーズに答える。拠点のコーディネートの方が大事。進化医学は {DNA の不安定性から病気が} と捉えている。

(J氏) 自然に学ぶとは進化に学ぶである。疑問がはつきりした課題とそうでないものとある。両者のバランスが大事。

(C氏) 特に役に立つ研究を意図して研究していない。

(T氏) 多様性にこそ生物の本質。**best fit** ばかりの研究になってはダメ。連携の深化と専門性の深化のバランスが大事。

(R氏) 役所と **funding agency** が別々であることの重要性。ヒトの一人一人が大事である。研究者がいなくなると研究も絶える。

(N氏) 戦略を作るが **funding** をしない **CRDS** はよいシステム。社会ニーズの社会はなに? **civilization**、人口増、環境への対応などがキーワード。曲がり角のライフサイエンスがビッグサイエンスを今後どうするか。出口へ向かう基礎科学をどうするか。理研ではバトンゾーンが問題。化学をどうするか。人材問題。理医農の議論は日本の特徴。これまで横串は大抵失敗してるが。

(S氏) 「コンピューターと生物」の如く異種異質の結合領域をいかに育てるかが重要。

(A氏) 多様性を重視する。これには基礎研究が大事でこ

れを可能にするには拠点の強化が重要。

(B氏) 二次元図は疑問。5領域間の関係こそが大事。分野を○で囲って表すのも困難でそれを読む方法論に重要さがある。

(G氏) ①若い人を納得させるお金の使い方を。ピアレビューは大事。②多様性（免疫）の起源をきっちり求めること。③耳たぶの一滴の血から免疫状態を検定することなど考えていくこと。

(D氏) 小柴さんが「何の役に立ちますか?」に対して「役になんて立ちませんよ」と云ったのは痛快。でも国益経済効果も大事。23から選ぶとすれば金額とかの目安がないと難しい。

(K氏) 科学には、ハード（機能タンパクの働きを集合体にと）とソフト（システムの中での役割を果たしたいとか）とある。俯瞰図の縦軸はいいが横軸がこれを明示できないところが問題。もっと「こなして」ほしい。

(I氏) 科学の進め方に、「攻めの手筋」はないか考えている。

(E氏) 30 数兆円の金が使われている「医療」が輸出産業に出来るか否かがカギと考えている。国主導で出来ないか。NIH、NSF 以外に DOD も軍事のみならずライフに金を出している。これが「なぜか」を深慮すれば何が出てくるかを考えたい。

(P氏(遅参)) 小淵内閣のミレニアム以来、「ライフにこれだけ投入したのにインパクトがない」という **against** の風が強い。加藤紘一氏すら「DNA の次は RNA? 米国のベンチャーを利するだけでないの」と言い始めた。いま帰国したとこだがインドはシンガポールとバイオで組んだ。対中国で戦略的だ。いま何をやるかでなく何を止めるかだ。

②セッション I：俯瞰および重要な視点と方向性

M：以下のポイントがある。

①「ニーズとは何か」の議論を研究者がやらないといけないのでは。

研究費が何年後には何億円とかの話ばかりではないはず。で、ニーズとは、「研究者の」とか、「社会の」とか、「人類の」とか、いろいろある。

②専門分野を拡げること。これは科学分野の絶対的条件である。

各々の細かい分野が各々に細かい主張をするのではないものがあるはず。

③「先端を延ばすこと」と「不足を補うこと」とは両々合い俟った重要な関係。

④新しいコンセプト、新しいテクノロジーは必ずしもその分野の専門家が出すわけではない。これをいかに育てるかが問題。

これら4つのポイントを議論する場がこれまでほとんどなかった。これをやりましょう。

L：私は **medical** からの人間。それゆえ意識しようとすまいと「社会の役に立つ」。学び始めの医学はどろどろした医学だった。「**General**=正常」という。これからの「ずれ」を異常という。従って、この **general** ということをも明らかにすることがまず基本である。

日本では基礎と応用の間が問題。純粋をやる人は生物学の中での位置をいつも考えておくことが大事。日本では工学との融合が特に遅れていると感じている。

金澤：私は臨床家である。スマートな研究ばかりになって泥臭い研究ができなくなってしまうことをもっとも恐れる。自分は、「工」との連携だけでなく、「化学」との連携が必要で大事だと感じている。

F：「天文台があれば国民ニーズに答えたことになる」という言い方はライフにも対応する。これからは拠点（例えば理研）のコーディネートの仕方が大事。

「一個の受精卵がいかにして個体になるか」、「一個の脳がいかに知性となるか」、「外来との対応の解明——免疫

応答と創薬」を考えている。また、「進化医学の基礎」を「DNA の不安定性から病気を」と考えている。

F：理学部生物出身。生き物とは何かを知りたい（受精卵から個体まで）。ミュータントをやるしかない。「自然に学ぶとは進化に学ぶ」ということがキーになる（システムとしての成り立ちを見るときには）。

課題には、「疑問」がはっきりしたそれと、そうでないやつとある。ゲノムプロジェクトは後者。両者のバランスが今後重要。

C：自分は「何に役に立つか」は考えて研究していない。発生学をやってきた。人を知るために実験動物を軽視してはいけない。研究課題を「重要事項」に絞ることが、育ててきた人材をだめにする傾向がある。これからはいかに人材を育成するかだ。

T：生き物の本質は多様性にある。**Best fit** の生物だけになるとその種は減じる。大学や研究が **best fit** ばかりを求めるようになっている。自分は脳や神経をやってきたが。専門性の深化と連携の深化のバランスが大事。ロボティクスとかいうが「人の心」が判っていないのに。世界との競争をいかに視野に入れるか。戦略が大事。遺伝子は無限にあるといていたがマウスのノックアウトを作ってみるとたかだか 3000 だったりして。

R：役所と **funding agency** は別々であることが大事。

「**Top down or bottom up**」か？一人一人が大事なのであってヒトがいないと研究はできない。シンガポールはまさに金があるが人がいない状況が生じている。故に、やっぱりボトムアップが大事だ。一般にトップダウンのとき特にテーマが抽象的になる傾向がある。イノベティブについてコメント。かつて MRC が **Brenner** にかけて（線虫）。**Brenner** は実はシステムバイオがやりたかった。お金はいっぱいあった。で、失敗した。でも人は育った。大学の先生に「何か作って売りにいけ」というのはナンセンス。アカデミアの中に薬のスクリーニングをする知財を育てる発想が日本にも必要。

N：CRDS はよいシステムである。戦略作りをするが Funding はしないところが。

①社会ニーズというときの社会は？「人類はどんな社会が理想か？」という点にある。Civilization、人口増、環境への対応、などがキーワード。

②ライフサイエンスは転換期にある。ビッグサイエンスを今後どうするか、例えばマインドの研究をビッグでやるか個別でやるかーなど。

③出口に向かう基礎研究をどうするか。理研ではいわゆるバトンゾーンが問題。自分は有機化学だが日本は一般に chemistry に弱い。

④人材問題。理？医？農？で議論を始めるのは日本の特徴。この縦型大学教育ではどうかな？でも、「横型の試み」はいつも数年で失敗している。

S：がんと免疫が専門。数年前までスウェーデンにいた。日本の特定研究のグループ研究はとてもやりやすく面白い。臨床研究よりやはり基礎研究が大事。JBC のエディターをしているが「コンピューターだけで生物がないとそれだけで reject」などの reject ポリシーが明確化された。故にその結合領域を育てることが大事。

A：私は植物屋。3点述べる。①遺伝子でパラダイムシフトしてオミックス時代に入った。informatics にも biology にも強い人材の育成。②多様性を考えた biology が大事。③横浜理研の拠点としての役割強化（重視）。それに答える基礎研究の確立が大事。植物の場合、創薬への方向性など社会への結びつきがキー。

B：バイオインフォマティクスが専門。二次元の図をみて、これで何ができるかなと思ってしまう。現実や動向がどこまで捉えられるか。5領域の間の関係性が大事。その基礎と人材の育成、開発が大事。まだブロック（俯瞰図の？）を丸で表現するのは困難。これを見る方法論が大事。

G：①若い研究者はお金の出方に興味を持っている。ピアレビューをもっとちゃんとやらんと。BBRC のレフェリーをやっているがレビューを断る人がいる。これはイカン！

②限られたゲノム情報が 10^5 に対応している。このメカニズムの解明は奥が深い。二次元の俯瞰図は判りやすかった。

③耳から血を一滴とって「あなたの免疫状態は1ですとか2ですよ」とかいえるのは夢ではない。できるという一。

④免疫から高次機能系への展開に期待している。

D：自分もともと免疫学。小柴さんが「何の役に？」と聞かれて「役になんて立ちませんよ」といったことは痛快だった。とはいえ、国益、経済効果は大事だろう。でもこの23の中から選ぶのは困難。お金の額とかある程度はつきりしないと優劣つけがたい。

K：さきがけの10（課題？）に300件、クレストの2に150件の応募があった現実は大変だ。その提案を通覧すると2分されることに気づく。①機能タンパクの働きを集合体にしたい。と、②システムの中での役割を果たしたいである。①は「ハード」で②は「ソフト」といえる。で、俯瞰図の縦軸はハードの大きな流れを示すとしてこれはOK。横軸がよく判らない。ここが大事で、これをよく練っていかにはサポートするか考えないと。例えばポストゲノム。生命におけるソフトが“上手に入れられない”うまくいかない。①と②を両方一緒に funding support は非常に難しい。

I：どう改めたらいいかわからない課題に対する『攻めの手筋』が判らないか。これが判れば推進すればいい。

「意識」の問題は10年前には判らんかった。でもいまは conceptual framework が判ってきた。自己意識とは、他者が自分をどう見るかの coin の裏表だとか。ゲノム科学や哲学をもっともっと巻き込むべきである。

M：全体としてバランスよくいろんな意見が出た。物理帝国主義が生物帝国主義にとって替わるのではない。生物学が他の分野に浸潤していくのだ。でもね、これ、帝国主義かもね。

O：俯瞰のとき、二次元では示しようがないのはB氏、K氏が言う通り。

K：批判したのではない。「機能」の部分をもっとこなし

てほしいといっただけ。

Q：まずは免疫では OK で安心した。2 軸以外の面をどうするかは大課題だった。で、次の面はなんですか？ぜひ教えてください。科研費（ボトムアップ）の 2000 億円はそう侵食されないのではよりトップダウンをよく考えてほしい。メリハリをつけないとすべてアメリカに負けてしまう。面でやれるか、なら面のどこでやるかを議論してください。

L：日本での注力はとても難しい。分野によって違う。日本はあらゆることをしないといかんか？である。日本は基盤研究がよく整備されているという特徴がある。これが大事で、これを前提にトップダウンをすることだ。

R：EU はフレームワーク（7 兆円）があってブロック化している。この手で行くのか？日本のサイズ（1 兆円）で考えるとデッドロック化する。

M：これまで日本では「きちんと考えてこなかった」（集中化とか 30 年後とかを）ことが問題。

O：JST と JSPS の合体論があるがこれは危険。日本は science（100 年）の能力でリードする他ない。一緒にしたら日本から JSPS のよさが消えていく。

H：化学で日本の世界的位置を研究してほしい。世界比較はとても勉強になっている。

N：化学はレベルは高いが funding で active でなかった歴史。科研費でも天然物有機化学が消えた。分野作りのシステムが悪い。今後、過去にネグレクトされたやつをキチンと再評価する必要。

A：CISTEP や他との連携が大事。そして統一して一本でやってほしい。

Q：その通りだが現実的には一本化は無理。ご招待したのはその道への一歩である。

K：各 funding が責任とバランスを！

Q：JST は JST のためには何もやっていない。オールジャパンなのです。（了）

③セッション 2：研究の方向性と必要な取組み

（P 氏が到着、3 分間の意見表明(前記)を求める）

M：私の研究機構は「情報とシステム」。思いもよらぬ組み合わせから新しいものが創出できないか？素子のことが判ってきたのだから。ゲノムがその最たるもの。いまや「博物学」になってきた。

H：5 領域を選んだ理由をもう一度教えて。

Q：では僕が。現在盛んに研究されている分野である。ニーズとシーズからも。

O：CRDS 江口 G の発足以来の経緯から説明される。ほかに「食」もある。これら 5 枚は、「相互の関連性のあるものを串刺しにして新しいものを出そうとの意図もある。

Q：出口論との関係からも考えている。「ガン」などはすぐに判る。今ひとつ大事なことは「シナリオライティング」で、ここから出てくるものはないか。ツールと言う別の面も可能でこの面を作ることで空間的につなげないか？科学技術全体のネットワークとして理解できるようにしていきたい。

K：バイオリソースは大事な視点。ノックアウト作りなどこの話でも出てくる。100 億を 4 年間投資すれば全遺伝子のノックアウト作りができるよ。どっちが安いかわけでなく考えるべき。

R：面ってなに？flagship か？（Q：yes）。なら「がん特」が終わって何をするかだな？

L：ガンもアメリカではその名の下に実に広く広く金が出た。面とはその中でどうするかの問題である。

R：日本にそこまでやる力があるのだろうか？

Q：「健康維持」の名の下に flagship が必要。

L：中曽根ガンのときの flagship は「重粒子線」だった。失敗だったけど、ターゲッティングと言う点では大発展の基礎となった。ガンの次の flag は「免疫」と考えている。日本ではガン屋の免疫学意識が低い！ターゲッティングについては抗体療法などに生かせる。例の大副作用問題などいろいろ出てくる。これがカバーできないと大障害になるだろう。

A：問題の立て方が先進国と発展途上国で違う。これの整理の仕方は絶対必要。

J：flagshipはどう考えても「脳と環境」だと思う。もうひとつ言うなら「進化」だ。

G：変異は病気かと言えば、「抗原性」となっただけでなおる原因にもなる。このようになっていることの含意は重い！

K：生体情報の特徴は「多面的」と「偶然的」にある。故に、「5年で出口を」と言う注文は土台困難。オーダーメイド医療など特にね。

H：薬に対する反応性などかなりうまく行ってきた面もある。でも、病気はもっと難しい。でも、全部だめといっているのではない。

R：医療と環境では、リターンは経済（企業）ではない。安い薬ができないとオーダーメイド医療は成り立たない（全員、同感の表現）。患者が「自分の健康を取り戻すこと」をリターンと意識できる国になるかどうかの問題。

L：副作用が出てくると売れないから製薬会社はやりたくないのが本質。これまでは70～80%に効く薬が歓迎された。20～30%に効く薬は必ずある。これは最低10年はかかる。数%罹患率が上がるだけの遺伝子多型（しかも民族ごとに違う！）がこれから大事になる。ここに生活習慣という関数が入るわけ。

R：何千億円ではなく何億円というベンチャーも等しく大事でこれを考え合わせないとだめ。

K：5年でも10年でもかかっても「いけるかどうか」をアセスすることが重要。

N：遺伝子多型とシステムバイオと融合できるとテーラーメイドもflagとして機能する。

E（遅参のため一言）：30数兆円のお金が使われている「医療」が輸出産業にできるか否かがキーワードと考える。国主導でできないか。NIH、NSF以外にDODも軍事のみならずライフに金を出している。これがなぜかを深めれば何が出てくるか考えたい。

H：5つがなぜかと問うたのは、「ゲノム・ポストゲノム」が異質と感じたから。これは「機能分子」なら少しは判るのだが。もう一つ、日本が強いのは「自然天然物」だと思う。これは出たか？

O：ゲノムは、すべての基礎ですよという意味。

Q：ゲノムは生物ではじめて要素還元が可能になった基準。

O：5枚のシートが透明だったらよかったね。重ねると透けて見えて、例えば真ん中を串刺しにすると「細胞運動」などが出てくる。

I：横軸がかなりひどいと思う。複合機能と統合機能の関係がわからない。「情報」で整理するのも難しい。

R：機能なるものには「デザイン」があって、その「意図」はすべて進化なのであると言う難しさがある。生物学の一番難しいところ。

M：では、次に脳の問題に。脳をやってる人は脳を今後どうしようと思っているのか？

K：「言語」がキーワードになる。世代の次に伝達可能と言う点でも。これが「言語 gene」ではなく「脳回路」の中に作られたことが大事。ここにコンピューターを入れることの影響をどう位置づけるか。

M：言語は確かにキーワードでgeneから迫ると脳から迫るとある。

O：かねて発生学からも重要と思っている。胎児、幼児、成人の脳の大きさ問題。そして、二足歩行、言語、自己意識がヒトの1歳までの大課題。

I：①ソシュール、チョムスキーなどの言語学者はもろ人文学者。チョムスキーはgeneがないと成立しないと主張してきた。

R：チョムスキーの言ったゲノムはわれわれの言うゲノムか問題。人文系の人とどこまで一緒にできるか、いけるか？

I：必ず起こることとはいえる。ツールの問題はあがるが5～10年ならyesといえる。工学と生物学と言葉が通じなかったのに似ている。

R：チョムスキー的には、「最初に文法を持つ力」がいか

に形成されたと考えるかがポイント。要するに、「phenotype の定義」が大事になる。（その通りの雰囲気！）

I: R さんの言説は正しい。で、実は phenotype を読むプロは言語学者なのだ。

K: 安全・安心で大事なものは肉体的のみならず精神的を含む。「情動やストレス」をどう生物学的に解決するかが重要。これも大きな脳研究のターゲットと考える。

A: 「環境」をどうライフに取り込むかが重要。可塑性のある部分を。

C: 発生からの output の一つは再生（医療）であったが他には？「時間のコントロールができないか」が今後の課題と思う。

R: 発生屋は「時間のコントロールがある」と思っているが本当か？二次元ですまないか。「発生をやれ」とは flagship としてはいえないのでは。おこがましくていいにくい？

D: ES 細胞で交配なしで人類が維持できるようになる？ES 細胞レベルで「進化」がやれないか。

R: 外からの干渉なしにどれだけ diversity が作れるかという議論はかつて L 氏の委員会でやった。

M: 「生命を創る」の話からの行方——。

L: 「判るだろうこと」と「判るか判らんか判らんこと」とある。後者にお金を出さなくていいかという問題だ。

P: ま、ちょっと。科研費レベルでやるべきはちゃんとやれと言ってある。これが前提の話だ。面白いことはいっぱいあるだろうが——。「value を作る人」と「value を capture する人」のこと（区別）をもっと考えて下さい。

R: それ、午前にもうやった。やはり細かいとこに入らないと「お金を出して放り出す」ではだめなのでこうなっている。

P: 要するに、みな第二科研費、第三科研費になってる。なんですかこれは！少なくともここを JST は考えているはず。

B: とここで今回の目的に帰って、「マップの穴」はもういいの？

M: それは第3セッションでやります。

A: メタゲノムや環境ゲノムからすごい色々なやつがあることがわかってきている。

J: 共生、寄生とか、進化、環境適応に重要。新しい重要課題である。

L: これは無視できない重要な研究。ここにはないがこの（そのような）軸はどこかにきっちり残さないと。

Q: ここの議論にふさわしい微生物問題は取り上げないと。

H: 染色体は分子と細胞の間と思うがどこにあるの？

U: オルガネラは分散して入っている。

V: 整合性に問題があるのでは？

A: これまでは縦軸中心の話だが、横軸のほうが CRDS ではインパクトのある提案ができるのでは？

M: 素子を組み合わせる人材がいるか？両方からいえないことが心配。

K: bioinformatics と computational biology とは両方から攻めるべき。

E: collection（分類学）はバイオの基礎だと考えるがどこに入るの？16世紀以降、植民地としてアジアでやってきたことは、結局産業に結びついたことは大事。

O・U: 一方は、JSPS で、いまひとつは技術・ツールの中に。

B: 技術・ツールに入れるのは矮小化ではないか。もっとやわらかく考えれば5分野もより生きてくるのでは？

G: 社会からは「環境とアレルギー」への質問が実に多い。アレルギーや森林浴などはこの軸からは出てこない。基盤研究ではやりにくいこういう分野はこういうところから出てこない。そうやってないのでは？

U: 別途シナリオを考えてそっちで扱いたい。

R: アレルギー・アトピーの一卵性双生児の相関は統合失調症に比べはるかに低い。はっきり「環境なり」といえる。

Q: ここに書いてあるのではだめで、シナリオライティ

ングでこれから作っていかうとしている。

H: 単機能、複合機能、統合機能は難しい。「単純な機能」を左に残して、その右は「複雑な機能」として間の線をとっては？

O: いいでしょう。複合と統合の間の線はとりましょう。

Q: 単純、複雑で行きましょう。

B: 「単純」と「complexity」かな？でも、後者は1行で書けるのと100でも書けないのとある。

S: ガンは全部単色みたいだけどこれでいいか？また、ワクの大きさの違いは何か意味あるのかということもある。

M: ご議論、色々とお難う。で、基本的原則はご理解いただけたということでもいいですか？

全員: OK

M: これまでのご意見を持ち寄って修正してまとめたい。(了)

④セッション3：重要研究領域の抽出と優先領域

K: 第2セッションとの関連は？

U: 第2は現在やられているもの、第3はこれからやるべきこと。

Q: ここで出すのは研究者が大事だと思っているもの。そのあと「戦略プロポーザル」なるものを政策を加味してわれわれが書く。

R: 「エピジェネティック」と「ゲノムプログラミング」はcoinの裏表だから一つにしては？

I: 脳について、「マインドリーディング」、「言語の脳内処理」、「神経回路形成」などは、それぞれ大事だが扱いが狭いのでは？例えば「言語と認知」とかー。

K: 「マインドリーディング」はbrain-machine-interfaceからさらにでてくる。よりふくらみのある言い方はないか？「自発的脳活動」は少し平凡すぎる。大事なことが強調できないか？魅力的な名は？「回路形成」は「脳発達の臨界期」が重要なポイントだ（イタチの話）。「情報が情報を作り出す」意味で重要。

G: 神経免疫統合は大事だがわかりにくい。「記憶」という概念をどこかに入れられないか。「免疫の四次元制御」も。

R: 「神経免疫統合」はコールドスプリングハーバーで昔やった。「笑えば病気が治る」とか確かにあるが陳腐。また、幹細胞における「分岐」と言うのはすごく特殊化してしまうのでは。不均等分裂は中心体のところから分かれているという話も入るー。

J: 7番の「遺伝子発現パターンからみた異なる生物種ご

との構造・機能解析」は比較の問題で確かに重要になる。

L: 17番の「免疫の四次元制御」はガンと直結する重要課題。

K: 精神疾患はこれから出てくる。

H: 疾患をやる省庁があるのでそっちできちっとやるべきなので、ここでは少しのけてもいいのでは？「マインドリーディング」はネーミングが悪いと思う。また広すぎる。もっと絞っては？「自発的脳活動」は重要だが、何を目標にするかだ。「言語脳内処理」も。要するに「見える出口」が難しい。これから考えねば。

L: 何を目指して絞るかで話は変わるので明確に。

Q: 「次に深堀ワークショップで何をやればいいか」とpragmaticに考える手もあるよ。

K: 19番「生命機能の設計と再現」はsynthetic biologyのこと？大事だけど日本に研究者はいるの？できないならやめたら？

S: 「免疫の四次元制御」は大きい。一つでいいか？13番「ガンの幹細胞」はまだ人が少ない。「幹細胞とニッチ」とかに変えては？12番の「組織の繊維化」もう少し判りやすい名前はないか？

J: 19番「生命機能の設計と再現」はやりたい若手がたくさんいることは確か。でも工学になってしまっ**てbiology**なのかなと思ってしまう。ethicsもある。5番の「生体システムの制御機能」は広すぎる。免疫から言語まで入ってくる。1番の「メタゲノム」は米国発だけどやらざるを得ない。今は腸内フローラだがこれから広が

る。

A: 既存分野なら科研費でやればいい。何か技術などを加味して上に上げていくことをやらないと。23 番「たんぱく質立体構造からの薬物設計」など、統合化してプロジェクトが作れるはず。

E: 大いに賛成。統合的視点、と聞いてよいのか？

B: 手続きがよく判らない。5 分野から考えるー？

Q: 確かに。まず 5 分野をよく整理して中からいくつかテーマを出してから人を選んで聴きに行く作業がやや不足している。それゆえ、この領域集からは「これが抜けるよ」の議論を進めてよい。

T: 出てきたのは雑学的。ゲノムといっても不均一で約束をはっきりさせた純粋科学を打ち立てねばならない局面にあると思える。どのレベルでゲノムが判ったと思っているかは人によって違う。

L: 私は「ゲノムは存在しない」と思っている。

M: これまでこういうことを考え議論することは生命科学者に欠けていた。

L: 実は、RNA とかタンパクとかいっても議論のために省略が多すぎてあまり生産的でない。

⑤まとめ

コーディネーター:

①俯瞰図は軸を修正してそのまま使う。中のワクについてはご出席の各先生への宿題とする。これはあくまで参考なのでよろしく。「脳・神経」、「発生・再生、免疫、ガン」、「ゲノム」の 3 つで深堀 WS を考える。柱がこれまで通りにならないかという心配もあるが周辺分野の人が入って枠を広げて議論してくれればと思う。「理研」のセンター名が並んでいるというのはまずい。

②13,14,15,16 番をまとめてひとつの領域を作ると面白

M: 省略の妙がバイオの面白さである。

H: ともすれば結局「その分野」に固まってしまうそう。

哲学や人文の人をもっと入れて提案しないと。

D: 欧米に比べて少ない予算でどこを目指すかの戦略はないのか？

Q: どうもなさそう。研究者サイドで「やりたいこと」を出して下さい。残りはわれわれがやる。ここでの話は、つまるところ「研究者集団」へと話しかけていることになっている（皆さんは代表だから）。これはセンターとしてははじめは考えなかったがとても大事なことと思っている。

P: 「このセンター」にお金をかけていることの意義はここにあるので今の話は大事。

Q: ここでは pure な話をやっておいて下さればよい。

A: 異分野の人が深堀ワークショップで出会うことはとても興味深く面白い。神経の人とか免疫の人とか。深堀 WS はそのように進めばいいのではないか。

E: 情報を真ん中に置いた異分野との出会いが興味深い。（丁）

いと思うが（D）。

③特任フェローを加えもう一度もませていただく（Q）。

④井村 G の ICR(統合的迅速研究)もそうだが“統計”が大事なキーである。これの教育、人育てが全般的に大事（L）。

⑤『医療など薬事法の改革、臨床の実施体制の整備、支援センター（統計）、人材育成』で戦略イニシアティブをまとめることを考えている（Q）。（丁）

俯瞰ワークショップ
「ライフサイエンス分野の俯瞰と重要研究領域」
報告書

平成 19 年 3 月

独立行政法人 科学技術振興機構
研究開発戦略センター
江口グループ

Copyright 2007 by CRDS/JST

無断での転載・転写を禁じます。

