

科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ
(ポストゲノム系)
報告書

平成 17 年 7 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

Executive Summary

研究開発戦略センターでは平成15年3月及び8月に科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ（ライフ系）を2回にわたって開催した。第一回の戦略ワークショップでは「ポストゲノム時代の展開と新たな研究のアプローチ」について、ゲノム、細胞、形態形成、脳神経の分野から理論系、実験系、手法の面からアプローチする21名の専門家の参加を得て、ポストゲノム時代の新たな研究展開に関して幅広い議論を行った。

第1回のワークショップの議論の過程において、参加者から指摘された今後重要となる研究アプローチを整理した。その結果、対象とする生命の階層性から分子を扱う研究アプローチについて、1分子を扱うものや微小空間での観測・計測など微細化の方向性が重要であることが指摘された。また、空間と時間を同時に観測・計測する方向性が読み取れる。さらに、構造と機能を同時に扱う方向性も示された。生命の階層性とは異なる概念であるがシステムの視点から研究するという新しいアプローチが重要になることも示された。そして、生命を構成する要素レベルからシステム、細胞、個体など、より高次の階層レベルを対象に研究の重心が移っていくことも強く示唆された。一方、バイオインフォマティクスなど情報を扱う研究のみならず、シミュレーションによって時空間モデルを扱うなど計算機を活用した新たな研究アプローチの重要性が指摘された。さらに、これからの研究アプローチは還元主義的な理解をめざすものではなく、制御やモデルなどのシステム的な研究や、進化を含む統合的な生命の理解へ向けた方向であることが強調された。そのために遺伝子や分子など表記の統一やデータの標準化、オントロジーなど知識を共有する枠組みの重要性も指摘された。

同様に、参加者から提案された今後展開が期待される研究課題を整理した。対象となる生命の階層性では細胞と個体に焦点が集まっている。また、個体レベルでの統合的な理解を進める研究の可能性が多く指摘され、実験的に進化を理解する方向性も示された。一方、技術面において細胞や組織・器官レベルでの生命の設計や合成などの操作に関わる研究が重要になるとの指摘が多く見られた。特に、このような研究はチャレンジングな研究課題として認識されている。また、技術開発では遺伝子やRNAなどの生体分子を活用した技術や光技術の利用、ナノバイオ・デバイスなど微細化の方向が重要であることが示された。さらに、バイオエンジニアの養成や国民参加型のプロジェクトの重要性も指摘された。

第2回の戦略ワークショップでは、第一回の戦略ワークショップの議論を受けて、「ライフサイエンスの実験と理論との融合による研究アプローチの可能性」について、ゲノム、細胞、形態形成、脳神経の分野から理論系、実験系、手法の面からアプローチする14名の専門家の参加を得て議論が行われた。このテーマは生命を還元的にはなく、ゲノムや分子などの要素から生命を全体的、統合的に理解していくために、複雑な現象を説明する優れたモデルや理論の構築が要請されるとの観点から企画されたものである。生命には進化の要素があるために、必ずしも理論だけが独立して構築されるものではなく、実験と

理論との融合によって統合的な生命の理解が進むことが指摘された。また、研究を推進する観点からは生命のシステムレベルでの理解、モデリングと理論、実験データを資源として蓄積し、研究者間で共有する重要性などが指摘され、人材や研究システムの観点からは生物学と数理科学、物理や化学の両方を理解する人材の育成や実験と理論とがフィードバックする研究環境の構築の重要性などが指摘された。

2回の戦略ワークショップを通じて議論されたライフサイエンスにおける新たな研究の方向性は、いずれもこれまでの分子やゲノムなどの要素に向かう還元アプローチから、細胞、器官（特に高次機能を司る脳）、個体へと複合的、統合的に生命を理解する方向に向かうという点である。その際にシステムとして生命を理解する視点が重要である。そのために、時間的・空間的に生命現象を計測・観測する、あるいは時空間モデルによるシミュレーション、実験と理論との融合などが重要な課題である。これら、生命体の各レベルについてシステム的な研究アプローチが今後の重要な方向性であることが明らかとなってきた。また、同時に統合的な生命の理解に向けて、これまでや今後の研究で蓄積され、得られる実験データや知識を総合的に活用することの重要性も同時に明らかとなってきた。

研究開発戦略センターでは、2回のワークショップの議論をさらに詳細に検討し、今後のライフサイエンス研究戦略の立案に向けた作業を進めることとしている。

目 次

[1] はじめに	1
[2] 科学技術の未来を展望するワークショップ（ポストゲノム系）概要	2
2.1 第1回 参加研究者	3
2.2 第2回 参加研究者	3
[3] 第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ「ポストゲノム時代の 展開と新たな研究アプローチ」の概要	4
3.1 討論の概要	4
3.2 第1セッション	4
3.2.1 「研究進展時系列の法則」	5
3.2.2 シミュレーション	5
3.2.3 各分野で無謀と評価されている（5～10年後に潮流となる可能性がある） テーマ	5
3.3 第2セッション	5
3.3.1 システム・バイオロジー	5
3.3.2 測定技術および測定装置	6
3.3.3 多分野融合	6
3.3.4 ベンチャー育成	6
3.4 第3セッション	6
3.4.1 プロジェクト型研究	6
3.4.2 重要となるプロジェクト型研究	7
3.5 総括	8
3.5.1 生命科学は科学の最終王者	8
3.5.2 ゲノム科学による生命科学の変換	8
3.5.3 国民・社会との接点	8
3.5.4 良いセミナーをする秘密	9
3.6 まとめ	9
[4] 第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ「ライフサイエンスの 実験と理論との融合による研究アプローチの可能性」の概要	14
4.1 討論の概要	14
4.2 セッション1	14
4.3 セッション2	17
4.4 まとめ	20

参考資料

- [5] 第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ（ポストゲノム系）の
開催概要…………… 24
- [6] 第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ（ポストゲノム系）の
開催概要…………… 27

【1】はじめに

科学技術振興事業団（JST）^{*1} は、JSTが実施する研究開発事業の戦略立案機能の強化を目的として、野依良治理化学研究所理事長を首席フェローとする「研究開発戦略センター」を平成15年7月1日に開設した。^{*2} 同センターでは、国内外の研究開発動向を把握するとともに、社会・経済ニーズ分析による解決すべき研究開発課題の抽出や発展が期待される科学技術シーズの抽出を行い、これらに基づき効果的な事業運営が可能となるよう研究開発戦略の立案を行うこととしている。その立案の成果は、JSTの実施する基礎研究事業の研究領域の設定、研究総括・領域アドバイザー等の選考等に活用するほか、JSTの他の事業の運営にも活用する。さらに、他の機関にも広く活用されるよう情報の発信に努めることとしている。

我が国の科学技術の研究開発を効果的に推進するためには、ボトムアップ的な基礎研究の推進に加え、将来を展望した戦略的な研究開発を推進する必要がある。科学技術の未来を展望する戦略ワークショップは、このような研究開発戦略を立案するために当該分野において研究発展に意欲的に取り組む研究者、有識者等の参加を得て、以下の観点について議論、評価および検討を行うものである。

- ①今後、10年間に我が国で基礎的研究の展開が見込め、10年～20年後にその成果が国民、社会、経済に貢献することが期待される研究領域、また、その領域の発展が全球的に貢献する研究領域。
- ②それらの研究領域の重要性、国際比較における日本の独自性等。
- ③それらの領域を戦略的に発展させるために今後5～7年間に推進すべき研究や研究分野。
- ④個別の研究の推進以外に、効果的な研究推進方策。

ライフサイエンス分野では、ヒト・ゲノムの解読が完了したことにより新たな研究の発展が期待されている。科学技術の将来を展望する戦略ワークショップ（ライフ系）では、ポストゲノムサイエンスの将来を展望するために、第1回のワークショップで、「ポストゲノム時代の展開と新たな研究のアプローチ」について幅広く議論頂いた。また、第2回のワークショップでは、それらの議論を受けて、「ライフサイエンスの実験と理論との融合による研究アプローチの可能性」に焦点を絞り、議論頂いた。

本報告書はこれら2回の議論の結果を取りまとめたものである。

注) *1 平成15年10月1日より独立行政法人科学技術振興機構に移行。

*2 平成16年10月1日より生駒俊明上席フェローがセンター長を兼務。

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

2.1 第1回 参加研究者

(堀田・勝木両コーディネーターを除く19名、所属は開催当時)

分野	実験系	理論系	手法
細胞	細胞周期 野島 博 (大阪大)	細胞系解析 大浪 修一 (慶応大)	
	細胞間相互作用 漆原 秀子 (筑波大)		
形態形成	発生進化 (evo-devo) 長谷部 光泰 (基生研)	位置情報 近藤 滋 (理研)	
	形態進化 倉谷 滋 (理研)		
脳神経	精緻な解剖学 伊藤 啓 (東京大)	複雑系 合原 一幸 (東京大)	一分子可視化 宮脇 敦史 (理研)
	脳機能形成のメカニズム 八木 健 (大阪大)		
ゲノム	遺伝子発現パターンとDB 化 小原 雄治 (遺伝研)	システム工学としての解 析 北野 宏明 (ソニー)	蛋白質間、遺伝子間相互 作用の系統的研究 伊藤 隆司 (金沢大)
		システム生物学 倉田 博之 (九州工大)	巨大DNAの単一分子計測 馬場 嘉信 (徳島大)
		システム生物学 平山 博史 (旭川医大)	遺伝子発現プロファイリ ング 大久保 公策 (九州大)
その他 (新規分野)	細胞内オートファージ 水島 昇 (基生研)		Virtual Reality 広瀬 通孝 (東京大)

2.2 第2回 参加研究者

(堀田・勝木両コーディネーターを除く12名、所属は開催当時)

分野	実験系	理論系	手法
細胞	単一細胞レベルでのパ ターン形成 上村 匡 (京都大)		
形態形成	免疫学 黒澤 良和 (藤田保健衛 生大)	数理発生生物学 望月 敦史 (基生研)	
脳神経	脳機能イメージング 酒井 邦嘉 (東京大)	計算神経科学 銅谷 賢治 (国際電気通 信基礎技術研)	
	視知覚・視覚認識を担う 脳内情報処理 藤田 一郎 (大阪大)		
ゲノム	遺伝子発現パターンとDB 化 小原 雄治 (遺伝研)	システム工学としての解 析 北野 宏明 (ソニー)	遺伝子発現プロファイリ ング 大久保 公策 (九州大)
	発生機能ゲノム科学 杉本 亜砂子 (理研)	システムバイオロジー 上田 泰己 (理研)	
その他 (新規分野)		数理生物学 宇佐見 義之 (神奈川大)	

はじめに 1

科学技術の未来を展望
するワークショップ 2

第1回 科学技術の
未来を展望する戦略
のワークショップ 3

第2回 科学技術の
未来を展望した戦略
のワークショップ 4

第1回 科学技術の
未来を展望する戦略
のワークショップ 5

第2回 科学技術の
未来を展望する戦略
のワークショップ 6

3.2.2 シミュレーション

- ・今後のライフサイエンス研究にはコンピュータ・シミュレーション、モデル作成が欠かせないのではないか。
- ・シミュレーションは手段であって、目的ではない。F1やボーイングは、走行・飛行のためにシミュレーションを行っている。シミュレーションの結果は現実ではない。現実と比較することによって、何がわかっていないのか、次に行うべき実験は何か、が見えてくる。
- ・シミュレーションには理論が必要である。生体の中で起こっている個々のミクロな現象をマクロなシミュレーションで説明する新しいモデル、原理が求められる。その中で数理的な解析が必要であるが、線形的な視点（微分）だけでなく幾何学的な視点（行列、たとえば遺伝子のON/OFF）も持つべきではないか。

3.2.3 各分野で無謀と評価されている（5～10年後に潮流となる可能性がある）テーマ

- ・生体内に存在する低分子とその場所
- ・細胞内ネットワーク回路の解明
- ・細胞動態のシミュレーション
- ・1分子DNAシーケンス、時空間的スケールでの細胞内動態の観察
- ・生体内制御システム
- ・人工生命としてのコンピュータウイルス、遺伝子のON/OFF
- ・evo/devo、集団におけるゲノムの進化
- ・脳の進化と後発生的脳
- ・Efficientな生物学の実現、情報処理・言語処理
- ・少数の系、メタ・モデル論
- ・脳の機能・発生の統合的理解、機能を担う真犯人探し
- ・生きた細胞内における10～200nm以下の事象の観測
- ・生体内の分子を取り出すだけの現状からの脱却
- ・RNA、DNAコンピュータ
- ・計測とシミュレーションによる理解
- ・生命のシステムとしての理解

3.3 第2セッション（北野コーディネータ）

3.3.1 システム・バイオロジー

- ・今後のライフサイエンス研究は「部品」から「システム」へ、「もの」から「こと」へ向かうべきではないか。実験と理論とのあり方が問われ、測定、実験装置、シミュレーション、学術用語や図表の表記方法等が問題となってくる。
- ・生物の体系的な理解には、Ontology, Graphical Diagram等の表記を標準化する必要がある。それに取り組むには、専門的な体制の整備が求められる。

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

3.3.2 測定技術および測定装置

- ・生物学は測定の科学であり、今後は生体内の低分子とその場所の測定が進められる。しかし、日本では、生物学への応用とした測定装置の開発は行われていない。研究者の意図を装置開発に積極的につなげるべき。
- ・測定技術開発においては、空間分解能と時間分解能が重要な要素となる。また、in vivo（生体内）測定が求められており、それには電磁波の利用が最有力。体内で発する光を体外で観測するような、強度な光を利用する試みも出てくる。
- ・測定自体をキットや技術者によって行って研究者の負担を軽減しても、snap shotのような時点を限定した測定では理解が深まらない。

3.3.3 多分野融合

- ・多分野融合は分野横断型学問によって実現するものであり、分野間の継続的な議論が必要である。
- ・分野の融合に対して、学生や若い世代には大学の組織に見られるような抵抗がない。人材の育成は、寺子屋方式やインターネットカフェの開設等のアイデアによって可能ではないか。
- ・多分野に対応し、学術研究を応用につなげる弁理士が不足している。

3.3.4 ベンチャー育成

- ・ビジネスを行うには、研究成果を知的財産所有権戦略へ展開することが重要。研究とビジネスとの観点の違い、またビジネスとしての規模がどのくらいになるか、も問題になる。
- ・日本のようにモラルを重視する風土では、アメリカのようにベンチャーが育たないのではないか。
- ・プロジェクト型研究によって、ビジネスチャンスが生まれるのではないか。
- ・小規模ベンチャーへの投資を増やすべき。
- ・大学の規制緩和によって、ベンチャービジネスを取り巻く環境も変わるだろう。

3.4 第3セッション（勝木コーディネータ）

3.4.1 プロジェクト型研究

- ・プロジェクト型研究はいわばオリンピックのようなもの。研究テーマおよび研究領域の設定にあたっては、研究者個人の独創性や知的興味とのバランスをどう取るかが重要な問題。個人研究の集合体では中途半端であるが、各研究を幅広く包括できるテーマ（「癌」、「脳」等）であることは必要。
- ・研究の目的（成果）と資金に対する国民・社会の理解および賛同が必要。アメリカの「アポロ計画」、「マンハッタン計画」が好例。「毛生え薬」、「花粉症対策」は国民・社会にわかりやすく、消費者による選別が入るテーマであり、よいのではないか。

- ・プロジェクト型研究は目的指向が強くなるが、娯楽重視の現代社会に「役に立つ」ことを基準として、研究の目的を設定すべきなのか。短絡的に考えると、医学に結びつく結果となる。
- ・プロジェクト型研究とその中における個人研究の評価についても議論すべき。
- ・国の助成は5年程度の中期的なものが限度である。長期にわたり持続的に行う必要があるものは、企業や非営利団体等で行うべきだろう。「ロボカップ」は50年間の予定で、非営利団体を設置して運営している。
- ・プロジェクト型研究によって、産業に結びつく技術が生まれる可能性がある。「コンピュータチェス」の最初の10年で出たアイデアが、カーナビや飛行機で利用されている。
- ・現在の大学・国研は個人研究のみであり、プロジェクト型研究に向かないため、企業と協力することになる。すると、現在の日本では、電気半導体・自動車・商社・医療・エンターテインメントが有力な業種となる。
- ・ゲノムはツールとして使うテーマが望ましい。「minimum genomeプロジェクト」、「染色体を作るプロジェクト」（岡崎恒子先生）は好例。
- ・具体的目標を設定しない「多分野融合の試み」もテーマとなりうるのではないか。
- ・「適応から多様性を得た生物の秘めた能力」や、各分野における今の知識では分からない面白い現象（「食虫植物の進化過程」等）には、生物の不思議さがある。そこから、分野を超えて共通するテーマが見つかるのではないか。
- ・技術開発はプロジェクトとして行うことが最適。スペースシャトルのように古い技術の集合体であるものもあるが、「カミオカンデ」や「あすか」のように開発した新しい技術を新しい科学につなげていくこともできる。
- ・プロジェクトとして実験を行うのもよいのではないか。酵母や細胞について実験を集中的に行えば、そのシステムについて解明が進む。

3.4.2 重要となるプロジェクト型研究

(細胞の設計、操作、シミュレーション)

- ・細胞の設計
- ・細胞を作る（進化、特に近縁種との関係も視野に入れて）
- ・多細胞生物をコンピュータの中で再現する
- ・すべての生物に縞を作る

(発生、形態形成)

- ・ネズミにカメの甲羅を作る、3度目の歯を作る
- ・生命が作られる過程の解明
- ・後生生物以外の発生
- ・細胞質の情報とその伝達、カンブリア紀の3胚葉性への移行機構、4胚葉性への移行があるのか？

はじめに

1

科学技術の未来を展望するワークショップ

2

第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ

3

第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ

4

第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ

5

第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ

6

(計測・測定技術)

- ・ RNA診断技術
- ・ 光を利用した分子・細胞の操作とその技術開発
- ・ 分子病理学における遺伝子に関する調査の自動化
- ・ 企業との協力によるナノバイオ・デバイスの開発

(複合機能、統合機能の解明)

- ・ 生物の行動パターンの解明
- ・ 生体内の統合的な制御戦略機構

(その他)

- ・ 新たな研究分野を対象としたプロジェクト
- ・ 宇宙にコロニーを作るための医学と切り離れた細胞機構
- ・ バイオエンジニアの養成
- ・ 国民参加型プロジェクト (例：過去の日本の植物相の調査)

3.5 総括 (堀田コーディネータ)

3.5.1 生命科学は科学の最終王者

- ・ 極めて総合的な科学であり、もはや物理・化学を知らず理解できない。個体での変化と生命の歴史も含めてトータルに見ることが求められる。

3.5.2 ゲノム科学による生命科学の変換

- ・ これまでは限られた分子や配列等だけを見ていたが、ゲノム配列の全容解明に代表されるように「全部を見る」時代になった。今までとは違う新しい見方、原理が必要である。

3.5.3 国民・社会との接点

- ・ 天文学は国民から星の観察への高い関心を引き出している。その一方、プラネタリウムの閉鎖も続いている。
- ・ 排泄や死も含めた生命の本質には、倫理観・宗教観にも関わる問題が存在する。科学館等を通じて、拒絶される部分も含めて国民に示すべきではないか。例えば天文学では、隕石の衝突に関するプログラムがアメリカのプラネタリウムで上映されていた。
- ・ 遺伝子組み換え・クローン技術等の情報に対して、国民・社会は恐怖感や誤解を持っている。情報を正しく判断するための知識を、研究者が国民・社会に対して発信する責任があるのではないか。
- ・ 国民・社会に説明する専門家として、キュレーターやジャーナリスト等の養成が必要。しかし、現場での体験を持つ研究者しか伝えられないリアリティもあり、キュレーターやジャーナリスト等と役割の分担ができるのではないか。
- ・ キュレーターの養成をJSTで行い、動物園・植物園・水族館等、より多くの国民が

訪れる施設へ派遣してはどうか。

- ・「NHKスペシャル」をはじめマスコミの影響は大きいですが、日本では内容の理解が十分でない文系出身の担当者が評価を行い、制作している。BBCが制作した番組は内容がよい。テレビ東京の特別番組も質が高かった。
- ・研究者は自らが持っている高度な専門知識を発信し、それを必要としている社会との接点を見つけるべき。例えば色盲に関する知識がバリアフリーの推進に貢献する。
- ・生命科学に不信感を持っている人、若者だけでなく、異分野研究者へも研究内容を伝える必要がある。
- ・どのような知識をどのように伝えるのか問題である。「教える」のではなく、「興味を引き出す」という姿勢が重要なのではないか。星の観察や科学館での説明等、休日を利用した草の根的な活動は、子供の興味を引き出すのに貢献するだろう。

3.5.4 良いセミナーをする秘密

- ・良いセミナーをする（よい論文を書く）秘密：聴衆は無知だが、そのインテリジェンスは様々だと思え。聴衆がそれぞれのインテリジェンスで1つ上の理解ができたなら、それが芸術、本当にうまい話である。（オリジナルは、デルブリュックの原理「いいセミナーをする秘密：聴衆は無知だが、そのインテリジェンスは高いと思え」。）

3.6 まとめ

「ポストゲノム時代の展開と新たな研究のアプローチ」の戦略ワークショップではゲノム、細胞、形態形成、脳神経の分野から理論系、実験系、手法の面から研究する21名の専門家の参加を得て、ポストゲノム時代の新たな研究展開に関して幅広い議論を行った。戦略ワークショップでは4つのセッションにおいて、それぞれ下記のテーマで議論がなされた。各セッションの議論の流れを図2に示す。

- ・第1セッション：コンピュータ・シミュレーションと5～10年後に重要となる研究テーマ
- ・第2セッション：システム・バイオロジー、測定技術および測定装置、多分野融合及びベンチャー育成
- ・第3セッション：プロジェクト型研究と重要となるプロジェクト型研究
- ・総括セッション：国民・社会との接点

参加者から指摘された5～10年後に重要となる研究アプローチを整理した結果は次の通りである。対象とする生命の階層性から分子を扱う研究アプローチについて、1分子を扱うものや微小空間での観測・計測など微細化の方向性が重要であることが指摘されている。また、空間と時間を同時に観測・計測する方向性が読み取れる。さらに、構造と機能を同時に扱う方向性も示された。生命の階層性とは異なる概念であるが、システムの視点から研究するという新しいアプローチが重要になることも示された。そして、生命を構成する要素レベルからシステム、細胞、個体など、より高次の階層レベルを対象に研究の重

心が移っていくことも読み取れた。一方、バイオインフォマティクスなど情報を扱う研究のみならず、シミュレーションによって時空間モデルを扱うなど計算機を活用した新たな研究アプローチの重要性が指摘された。さらに、これからの研究アプローチは還元主義的な理解をめざすものではなく、制御やモデルなどのシステム的な研究や、進化を含む統合的な生命の理解へ向けた方向であることが示された。また、そのために遺伝子や分子など表記の統一やデータの標準化、オントロジーなど知識を共有する枠組みの重要性も指摘された。

【表1】 5～10年後に重要となる研究アプローチ

重要となる研究アプローチ	階層性					対象		観測・計測		計算機		理解			
	分子	システム	細胞	器官	個体	構造	機能	空間	時間	情報	シミュレーション	制御	モデル	統合的	進化
生体内の分子を取り出すだけの現状からの脱却	○							○							
1分子DNAシーケンス	○					○		○							
生体内に存在する低分子とその場所	○		○			○		○							
生きた細胞内における10～200nm以下の事象の観測	○		○			○		○	○						
時空間的スケールでの細胞内動態の観察	○		○			○		○	○						
細胞内ネットワーク回路の解明	○	○				○									
少数の系、メタ・モデル論		○				○	○						○	○	
生体内制御システム		○				○	○				○	○	○	○	
生命のシステムとしての理解		○				○	○				○	○	○	○	
計測とシミュレーションによる理解		○						○	○		○			○	
細胞動態のシミュレーション			○					○	○		○			○	
脳の機能・発生の統合的理解、機能を担う真犯人探し				○		○	○	○						○	
脳の進化と後発生的脳				○		○	○	○							○
evo/devo、集団におけるゲノム進化	○				○										○
Efficientな生物学の実現、情報処理・言語処理										○				○	
人工生命としてのコンピュータウイルス、遺伝子のON/OFF										○		○			
RNA、DNAコンピュータ	○									○					

同様に、参加者から提案された期待される研究課題を整理した結果はつぎの通りである。対象となる生命の階層性では細胞と個体に焦点が集まっている。また、個体レベルでの統合的な理解を進める研究の可能性が多く指摘され、実験的に進化を理解する方向性も示された。一方、技術面において研究細胞や組織・器官レベルでの生命の設計や合成などの操作に関わる研究が重要になるとの指摘が多く見られた。特に、このような研究はチャレンジングな研究課題として認識されている。また、技術開発では遺伝子やRNAなどの生体分子を活用した技術や光技術の利用、ナノバイオ・デバイスなど微細化の方向が重要であることが示された。さらに、バイオエンジニアの養成や国民参加型のプロジェクトの重要性も指摘された。

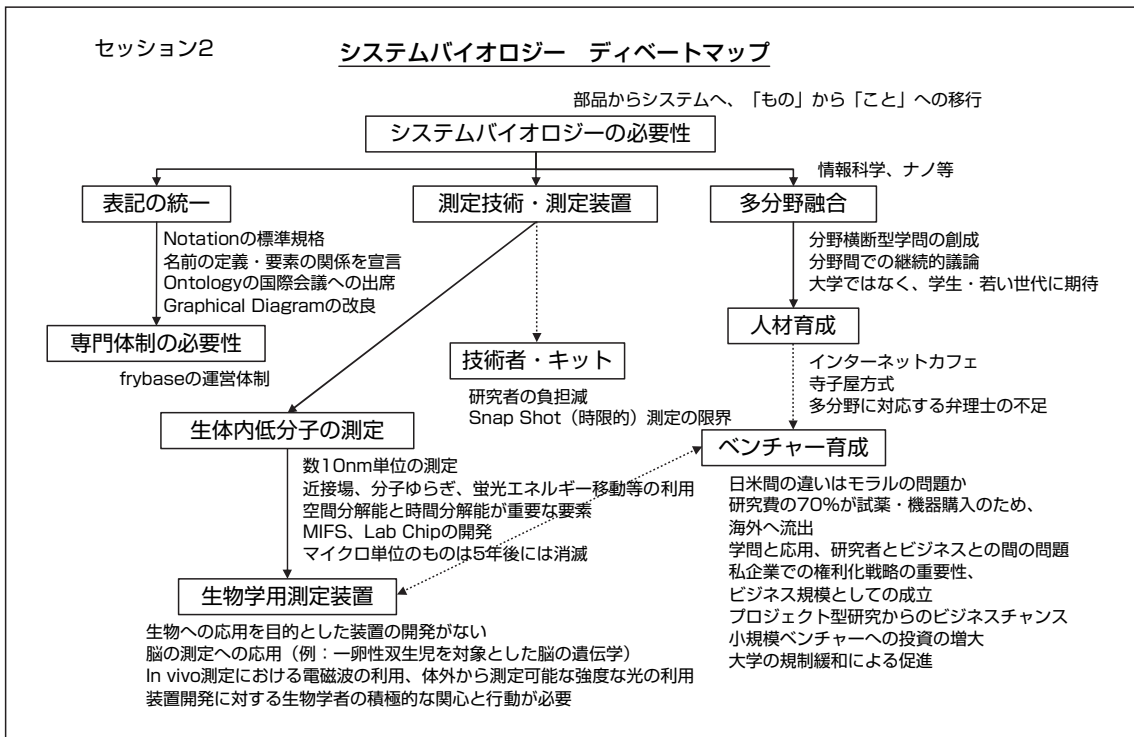
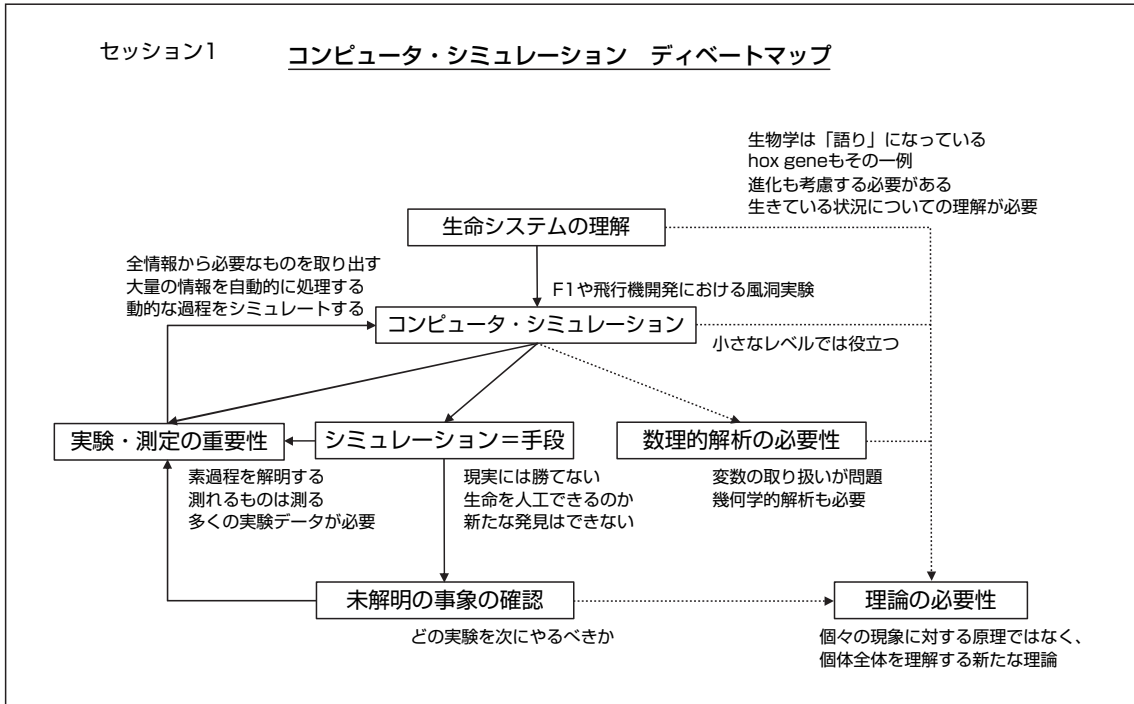
【表2】期待される研究プロジェクト

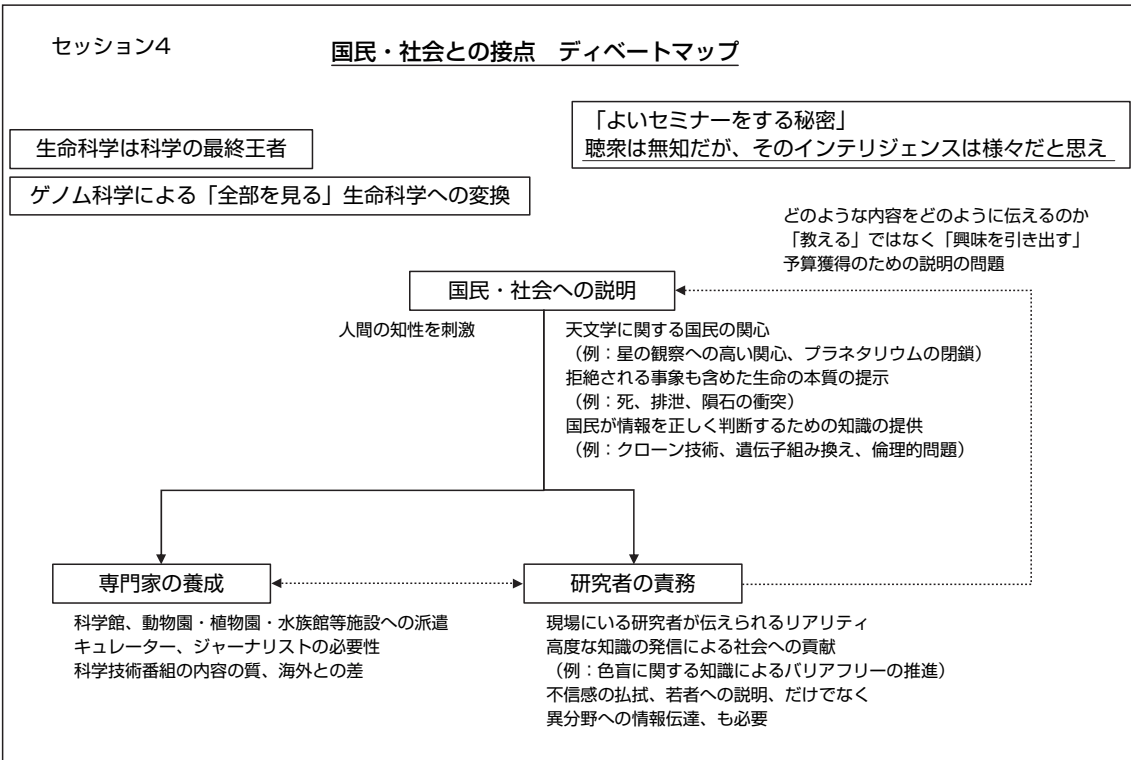
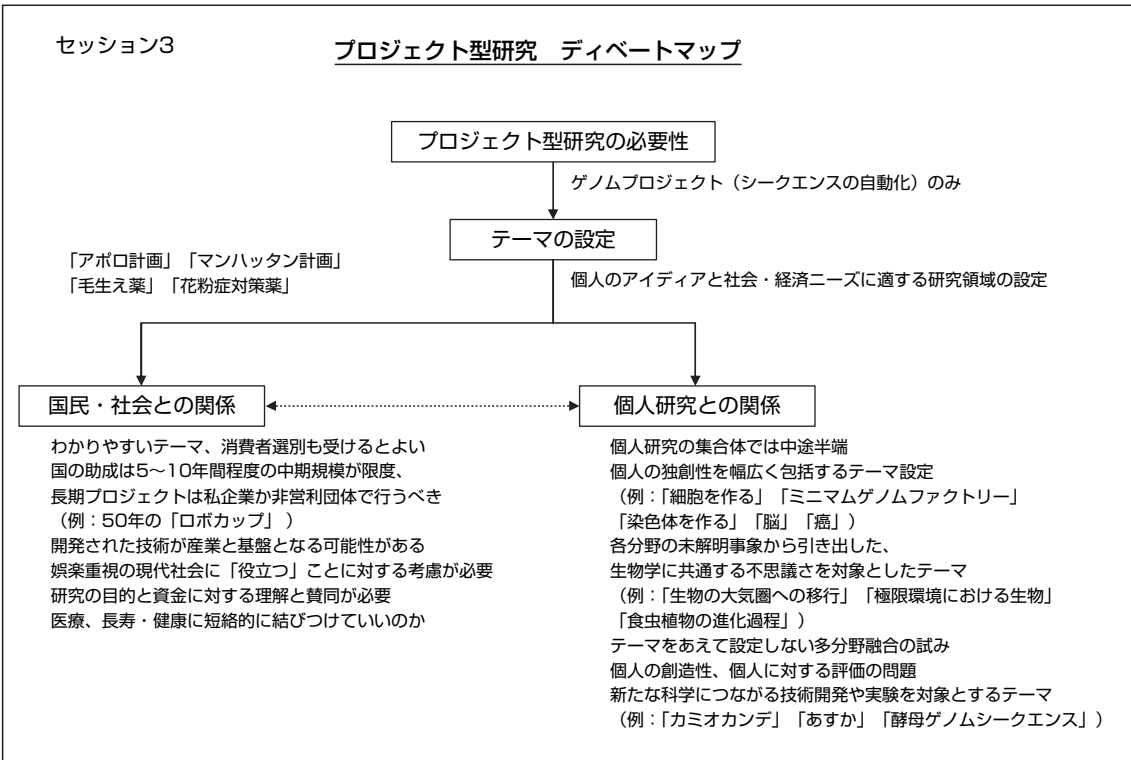
期待される研究課題	階層性				理解		技術				その他			
	分子	細胞	組織・器官	個体	統合的	進化	シミュレーション	制御	操作	診断	光	チャレンジ	人材育成	その他
細胞質の情報とその伝達	○				○									
後生生物以外の発生				○	○									
生体内の統合的な制御戦略機構				○	○			○						
生物の行動パターン解明				○	○									
生命が作られる過程の解明				○	○							○		
細胞の設計		○						○				○		
細胞を作る		○						○				○		
ネズミに亀の甲羅を作る、3度目の歯を作る			○					○				○		
全ての生物に縞を作る			○					○				○		
カンブリア紀の3胚葉への移行機構、4杯葉への移行があるのか？				○		○		○				○		
多細胞生物をコンピュータの中で再現する		○		○			○					○		
宇宙にコロニーを作るための医学と切り離れた細胞機構		○										○		
新たな研究分野を対象としたプロジェクト														
光を利用した分子・細胞の操作とその技術開発	○	○							○		○			
RNA診断技術	○									○				
分子病理学における遺伝子に関する調査の自動化	○				○					○				
企業との協力によるナノバイオ・デバイスの開発	○									○				
バイオエンジニアの養成													○	
国民参加型プロジェクト														○

ゲノム計画が終了した後が続く、今世紀のライフサイエンスは分子や一部の配列だけを見る方向から生命全体を統合的に見る時代が変わっていく。複雑な生命現象を統合的に理解するためにはこれまでの実験科学的アプローチに加えて優れた理論の構築が不可欠であることがわかった。その結果、新たに「ライフサイエンスの実験と理論との融合による研究アプローチの可能性」をテーマに戦略ワークショップを開催し、議論を続けることとした。

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

図2 「ポストゲノム時代の展開と新たな研究のアプローチ」の各セッションにおける議論の展開





はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

【4】第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ（バイオ系）の概要

- テーマ ライフサイエンスの実験と理論との融合による研究アプローチの可能性
- 日 時 平成15年8月15日（金）～16日（土）
- 会 場 セルリアンタワー東急ホテル（東京都渋谷区）

4.1 討論の概要

開会の辞 堀田コーディネータ

- ・ 知恵を出す人に知恵を出すワークショップであり、活発な議論をお願いしたい。

4.2 セッション1 小原コーディネータ

- ・ ライフサイエンスの研究において何がわかたらよいのか、また、それを解くためのアプローチ、手法について議論したい。

〈プレゼンテーション「遺伝生物学における今後の課題（杉本亜砂子理研チームリーダー）」の後、議論〉

- A （杉本先生のプレゼンテーションで）進化のメカニズムの理解にどうつなげるか、とあるが、進化との関連はどのような点から考えられるのか。
- B Penetrance/Expressivityの現象が進化と関連していると考えられる。
- C PenetranceとExpressivityの違いは？
- B 変異のphenotypeがPenetranceはall or nothingだが、Expressivityは強弱の差がある。
- D 実験条件による違いはあるのか。
- B 実験条件は実験ごとに異なる。
- E Penetrance/Expressivityは数学的条件を整えれば、解析が可能な現象である。
- C （杉本先生のプレゼンテーションで）phenotypeを40次元で表したとは？
- B 40個の要素に分けて、phenotypeの近接関係を計算した。
- F （杉本先生のプレゼンテーションで）生物の「無駄」「あそび」「ゆらぎ」を解析する必要のあるとのことだが、「無駄」「あそび」についての研究はまずされない。
- B 比較して進化を考える際に必要である。
- G combinationを考えて実験を行うと、「無駄」ではないことが示される可能性がある。
- F 現在のassay手法にも改良の余地があるのではないか。
- E 「無駄」ではなく重要かもしれない。例えば機械は、1つのエンジンが壊れてもバックアップできるように、もう1つのエンジンを備えている。
- H 血清蛋白質の一種であるアルブミンは血糖圧に関連のある物質であるが、このアルブミンが先天的にない無アルブミン血症（analbuminemia）の患者が血糖圧を保つメカニズムは未だ不明である。実験ではcombinationを決めて正確に測定することが

必要ではないか。

- I 生物はredundantにしてback upしているのか、それとも偶然なのか、重要な問題である。
- E back upには、1つの機能を2つで代替している場合と複数備えておくfunctionalにredundantな場合の2通りがある。戦闘機に例えると、1つのエンジンとパラシュートを持っているか、2つのエンジンを持っているか、ということ。
- F どのような実験を行うかは、実験の腕の見せ所。よいcombinationを決めて実験をすることはできるはず。
- J 生物にredundantはなく、overlapping functionと考えるべきではないか。この問題は、機能も含めた包括的な実験データをデータベース化することによって、広範囲から解消できるだろう。
- K 脳科学ではデータベースが発達していない。それは資金と効率の問題もあるが、脳科学分野には網羅的にやることに反発する研究者が多いという事情もある。
- L 脳科学のデータベースはまだ過渡期にある。脳細胞の個数のオーダーは 10^{10} であり、網羅的に解明しようとする手法には限界がある。仮説検証型手法をとらざるを得ないのが現状。Systems BiologyとSystems Neurologyは質的に違う。
- K Systems BiologyとSystems Neurologyは質的な違いは大きいと感じる。理論から見て、実験データのデータベースが必要か、どのようなデータが理論に必要か。
- D 理論にとって実験条件の標準化が必要であるが、現実には難しいのではないか。(杉本先生のプレゼンテーションで) phenotypeを40次元で表せることに驚きを感じた。
- J 脳科学では実験データのデータベース化は難しいだろう。生命科学における遺伝子に対応する脳科学のユニットを進化の中で考えるとよいのではないか。
- L 顔に反応するneuronについてサルとヒトで違いがあり、それを解明するためすべての種について網羅的にやるべき、という議論がある。しかし、言語の進化については、化石人類が存在しないため、網羅的に解明することは不可能である。このような事情が脳科学にはある。
- E Functional GenomicsをSystem Biologyと言っている論文が見受けられる。どこを網羅的にやるのか、が重要。局所的に網羅的にやる方法もある。
- I 網羅的にやるとは必ずしも全部をやることではない。

(休憩)

<プレゼンテーション「理論研究における今後の課題 (望月敦史基生研助教授)」の後、議論>

- D 二体・三体相互作用についての考慮は？
- M 慎重に考えたい。
- E Boolean network modelとの違いではないか。

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

- M 離散モデルと連続モデルは全く違う振る舞いをして当然である。(プレゼンテーション資料にあるように) 2つの遺伝子について考えてみると、よくわかる。
- G 望月モデルのように全く予測されなかった結果がシミュレーションから得られた場合、モデルの結果を発展させるよりも、生物学的知見と照らし合わせるべきではないか。
- D 神経科学にも似たような状況がある。モデルの試行を繰り返すべきだろう。
- M 理論生物学を確立するべきである。実験は、モデル結果に生物学的意味をすぐに求めるのではなく、理論の結果として受け止めてほしい。
- E 生物学のどういう側面を明らかにするものなのか、理論は明確にする必要がある。
- M 物理学では理論の結果は話題の1つとして受け止められる。
- I 望月モデルには、遺伝子の数の数え方に疑問がある。遺伝子数が1つでも100個でも同じように扱っている。
- E カオスとして考える必要があるのでは何か。
- D 少なくともbinaryと連続とはモデル結果が異なるのは当然である。
- B モデル結果を多く出すことは、ゲノムの理解に有効ではないか。
- E モデル結果が実験に受け入れられるように理論は努めるべき。
- G 理論は実験との接点を見つけ、生物学の問題に答えなければならない。
- M 物理学の手法を持ってきただけでは、理論生物学の発展はないと考えている。
- A 理論は大胆なモデル結果から議論を巻き起こすことを狙うべき。しかし、生物学との対応は必要である。
- J 理論は十分条件ではなく必要条件を示すべきだが、それが難解である。理論には、データベースから重要な情報を引き出すか、次に必要な実験を示すかの2つがあるのではないか。生物は設計されたものではなく、進化を背負っている。数理解析だけでは生物学の問題に答えることは不可能だろう。100の可能性の内50を打ち消すモデルを作ることが理論に求められているのではないか。
- M 理論がやるべきことは、まず網羅的データを処理することである。そして抽象化した枠組みで問題を解くことであり、その枠組みは理論が作るものだ。
- F 実験と理論との融合に対して、学部教育の重要性を感じる。理論は実験が検証したくなるテーマを選んで、人材の流入を狙うべき。プロジェクト型研究は必ずしも必要ではないが、1つの大きな目的を目指した理論研究にはよいかもしれない。
- C 生物学者にとってわかりやすいテーマを選んでほしい。生物学者は途中の式がわからない。遺伝子数のレベルの取り方、扱う現象等、生物学者には違和感がある。
- D 学部時に非線形力学形の授業を受講しておいてほしい。理論を理解できる実験者が必要である。実験と理論が互いに理解するためには、相互のバックグラウンドをそれぞれ身につける必要がある。碁の定石のようなパターンを理論は実験に提示するべきではないか。
- G (望月先生のプレゼンテーションで) 基本原理となる知識は、実験側から提供するの

- ではないか。
- M 理論側から実験側に対して提示することができる。
 - G 生物は合理的ではない。様々な系を解くために理論が必要ではないか。
 - M 理論に生物学の知識を取り込むことは必要である。
 - G 転写速度がわからない等、理論の基礎となるデータがまだ不十分である。
 - M パラメータがわかっている範囲でモデルを作ることができる。
 - E 理論はdetailを捨てた一般的なモデルを提示することはできる。つまり、経済理論に例えると、来年つぶれる会社の数は予測できても、どの会社がつぶれるかは予測が難しい。マクロ的なものは困難である。
 - M 理論進化学におけるすりこみ遺伝子の研究は、実験よりも先行している。
 - E 理論生物学でも、実験データが十分そろっている個別の研究では成果が出ている。しかし、グローバルな基礎となる理論では成果が得られていない。
 - A グローバルなものや個別のものをつなぐ理論が求められる。
 - E 理論を対象としたプロジェクト型研究は、必ずしも必要ではないのではないかと。理論は5~10名程度で研究ができる。
 - K 脳科学では理論が活発だが、理論に役立つ実験データのデータベースがない。脳科学の理論においても（望月先生のプレゼンテーションにあるように）自由度が高いモデル、現実の後追いにすぎないモデルが多い。また、実験側がすでに考えていることを提示しているにとどまっている。飛行の研究に例えると、飛行は力学で可能になったが、鳥がどのように飛ぶかを生物学は知りたいと考えている。生物学の要求に応えることが理論には求められるのではないかと。
 - L 生命科学では理論は必要条件を示すことが重要との指摘があったが、実験でも十分条件を見つけるのが容易である。しかし脳科学はその逆である。実験では必要条件を見つける方が容易であり、理論も十分条件を示すことが求められている。
 - C 理論生物学の確立は可能ではないか。
 - M 脳科学、遺伝学、生物物理には理論があるが、生命科学にはない。
 - I 理論生物学を確立するためのブレークスルーが欲しい。

4.3 セッション2 北野コーディネータ

〈プレゼンテーション「システムからの理解（上田泰己理研チームリーダー）」の後、議論〉

- J 生物時計のシステムをどこで見ると？
- G 培養細胞を利用して測定している。
- D delayはどう判断するのか。他のパスの可能性はある。
- G よい combinationで実験を行うことが最善。転写速度が測定されていないため、シミュレーションが難しい。

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

- M 計算機シミュレーションはどのように利用しているのか。
- G データの信用性が疑わしいため、自分で測定したデータを使ってシミュレーションを行いモデリングしている。モデルは実験したいと思わせる十分条件を示すことが重要であり、大量データから重要な情報を抜き出すためにcomputationを利用している。unknown factorを見つけるというよりも、システムをreconstructionするときにシミュレーションを使っている。そこで得られた成果は(望月先生のプレゼンテーションであった)理論の基本原則にfeed backするべきだろう。細かな内部構造がわかっているものがモデリングの対象になるのであり、理論には構造を示して欲しい。現状は例えばdelayed negative feed backとしか示しておらず、構造とは言えない。
- E 数学的には解けているという段階でとどまっている。
- G 新たなものをdesignしcontrolするには、内部構造を知る必要がある。
- H 上田先生の生物時計の研究は、オーソドックスな研究。featureを配列に落とすことができる系が他にあるかどうか。
- C 上田先生の研究されている系は、質のよいデータが整っているよい系だと感じる。
- I 通常はmotifを配列に落とすことが困難。
- F この研究において比較ゲノムの利用は不可欠だったか？
- G 利用できなかったら研究が遅れていた。
- F その事実があれば、resourceの必要性を主張できる。
- G 個人的には転写因子に関するresourceが欲しい。
- I それは個々の研究室で出たデータをそろえる、ということでよいのか。
- H 個々の研究室におけるオーソドックスな手法のextensionではよくない。新たな実験手法が必要ではないか。またresourceとしてそろえるのは配列で止めておくべき。発現パターンデータは信頼性が低く危険だろう。大量データの共有化は重要。
- G feature, motifを配列に落とすところを皆で検証するべきではないか。
- E 違う観点からの意見は？
- D パラメータは既に多くある。構造をまずは高次元でシミュレーションし、低次元化していくことが重要ではないか。
- E まずはextremeをシミュレーションすることから始めることになるだろう。
- J 理論は検証できる状態を提示する必要がある。つまり、実験がどこのポイントをチェックすればよいのかを示すのが理論。実験の直感的常識を客観的に裏付ける役割を果たして欲しい。また、パラメータを類推するモデル化に取り組んで欲しい。
- F 大久保先生が述べられた「新たな方法」について、さらにコメントが欲しい。
- H 実験データを蓄積するためには、データに対するもっと上位の制御を見つけるべきではないか。

(休憩)

〈プレゼンテーション「システム生物学（北野宏明ソニー・コンピューター・サイエンス研究所副所長）」の後、議論〉

- L 動作原理を理解することはライフサイエンスに共通した課題である。理論には原理とパラメータが重要な要素であり、それらを演繹的にモデル化して実験の直感を裏付けることが求められているのではないか。
- A (北野先生のプレゼンテーションで) Systems Biologyは従来の生物学と物理学であり、理論的、conceptualに新規なものではないと感じた。
- D 生物学を力学的に説明できたということは、単純にして理解することにつながり、評価されるべきである。
- E 現状は物理学の法則を利用して生物学的現象を何とか説明している。複雑系は生物学の実際問題に答えていない。
- G 複雑系は理論先行型で生物学の本質に答えたいと考えている。
- K (北野先生のプレゼンテーションで) ネットワークの振る舞いに力点を置いていることは重要だろう。また (システム生物学の概念の説明を例える中で)、Road MapからTraffic Dynamicsに移行しているが、その間には道路の車線を増やす、歩行者天国を設ける等の段階を入れることができる。つまり、Road Mapには階層性があるのではないか。
- D 脳や生命が持つbistabilityな現象、recursiveな現象を通して、脳や生命を理解することが必要ではないか。そして、単純から複雑へ理解を深めていくべきではないか。
- G そのためには、どのようなknowledgeを蓄積するのが重要である。
- L どこまでreductionするかが問題である。人間の特性はrecursiveであるということ。
- G Systems Biologyは分子の振る舞いをreductionして (プレゼンテーションに示した) 生物学のBig Questionを解こうとしている。
- E 生物学的現象を非線形力学、制御工学的に扱えるという点でSystem Biologyには意義がある。
- B (プレゼンテーションで紹介された研究について) 実験データは回路図を書くために取ったものなのか。
- E 古典的方法と同じ手法で取った。必要なデータを網羅的に取ることが重要であるが、データが必要かどうかの判断にはinsightが求められる。
- G 回路を書くために取るデータもあるということ。
- M (プレゼンテーションで紹介された) cell cycleのモデルは、理論が示したことを実験が検証したことになっていないのではないか。
- F 理論はテーマの選定が手堅い。理論は構造を予測することを目的とするべきでは必ずしもないのではないか。予測によって実験の目標を設定することも重要ではないか。
- E 分子生物学からは予測が求められるだろう。理論は全部わかっていないdynamicsの細部を詰めるべきではないか。
- M 対象とするテーマの選定は理論にとって重要だろう。しかし選定がうまくいかなかった

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

たとしても、その方法論を他のテーマに適用できる可能性が理論にはある。

- A 生物をわかって理論をする人を増やすべきである。生物学における理論は未熟であり、まだ力を尽くしていない感がある。
- E 理論を確立するには時間がかかる。実際に、生物から理論に対して建設的な意見がなかなか得られない。生物に評価を受けるため、理論が安易なテーマを選んでいる傾向がある。
- F 理論の未成熟な内容であっても生物の聴く手が受け止める等、互いにfeed backする環境を作らなければならない。
- N 予測生物学は重要であると感じた。拘束条件を予測して欲しい。また生物にはcentral dogmaだけでは不可解な現象があり、それらは理論のconceptの変化をねらえるテーマではないか。
- C 生物には系が破綻している現象が数多くあり、それらを理解するための理論が必要ではないか。
- H 理論が理解してやれる現象は生物学的に重要ではないことが多い。実際にまだ解かれていない問題をわかりやすく伝えることが求められる。生物から理論に対して建設的な意見が出ないのは、小さな現象を選んでいることやポストクを養成していないことも原因ではないか。
- D 実験と理論の対話が最も重要だろう。システムの理解の必要性を実験が認識する必要があるのではないか。
- H すべてシステムで理解しようとするステレオタイプに陥っていないか。
- A 理論の中で大きな流れが必要ではないか。複雑系はまだやるべき課題が多くある。
- J 実験と理論が近づいているという印象を持ったが、その間には問題を解決する効率の問題が残っている。また、誰もまだ特別なことをやっていないとも感じた。現状からの飛躍、今の潮流を飛び越える革命が必要であると誰もが考えており、それが理論への要求となっているのではないか。物理には統一的原理があるが、生物は進化を背負っているため統一的には行かない。生物には物理を超える原理が必要であり、それに向けて実験と理論が一体化することが求められる。
- D 理論に若手を引き込むことが重要かつ必要ではないか。

4.4 まとめ

第2回の戦略ワークショップでは「ライフサイエンスの実験と理論との融合による研究アプローチの可能性」についてゲノム、細胞、形態形成、脳神経の分野から理論系、実験系、手法の面から研究する14名の専門家の参加を得て議論が行われた。このテーマは第1回の戦略ワークショップでの議論をもとに、生命を還元的にではなく、ゲノムや分子などの要素から全体的、統合的に理解していくために、複雑な現象を説明しうる優れたモデルや理論の構築が要請されるとの観点から企画されたものである。

ワークショップは2つのセッションに分けられ、第一のセッションでは、「遺伝生物学

における今後の課題（杉本亜砂子理研チームリーダー）」及び「理論研究における今後の課題（望月敦史基生研助教授）」についてプレゼンテーションを受けた後、全体の討論を行った。また、第二のセッションでは、「システムレベルの理解（上田泰己理研チームリーダー）」及び「システム生物学（北野宏明ソニー・コンピューター・サイエンス研究所副所長）」のプレゼンテーションを受けた後、全体討論を行った。各セッションの議論の流れを図3に示す。

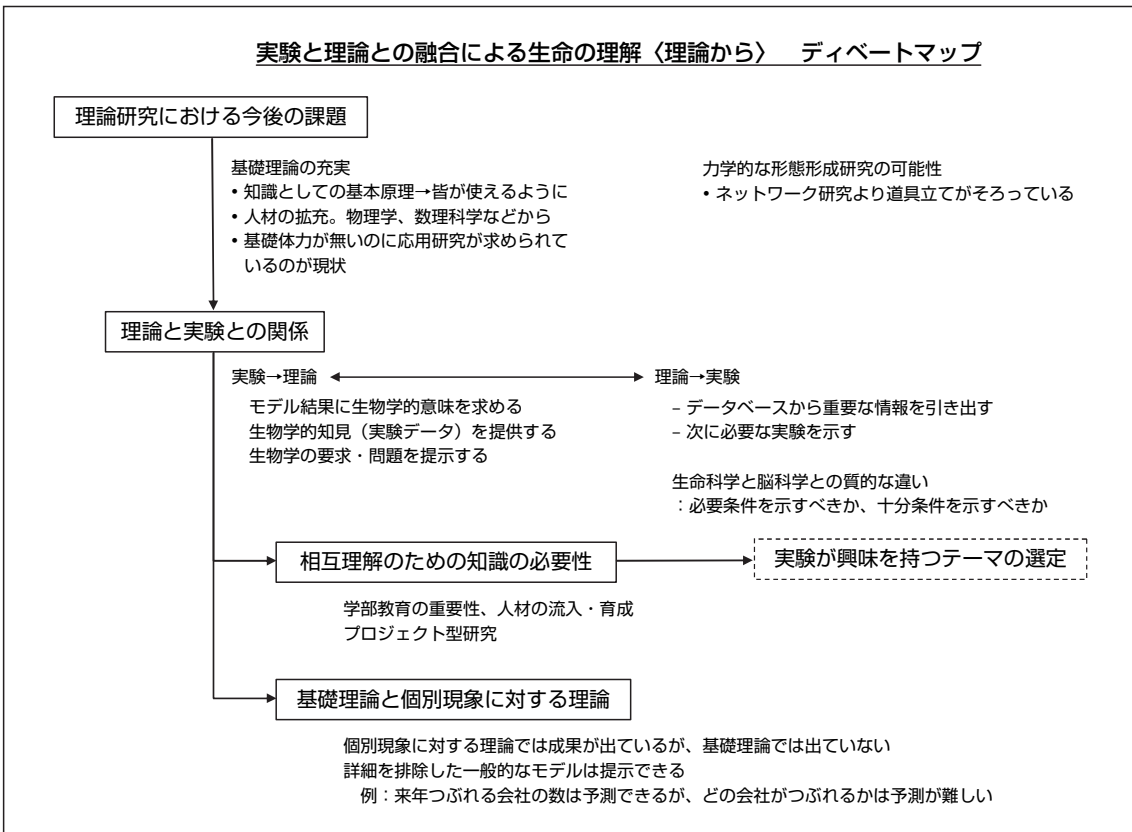
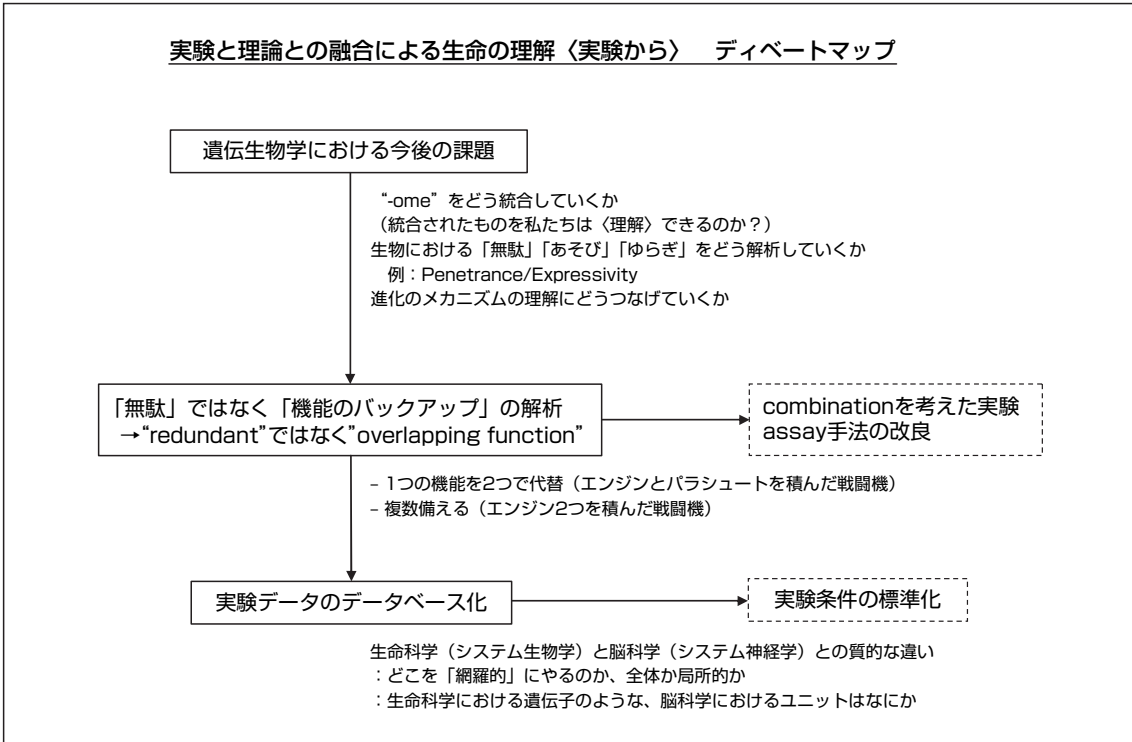
生命には進化の要素があるために、必ずしも理論だけが独立して構築されるものではなく、実験と理論との融合によって統合的な生命の理解が進むことが指摘された。また、研究を推進する観点からは生命のシステムレベルでの理解、モデリングと理論、実験データを資源として蓄積し、研究者間で共有する重要性などが指摘され、人材や研究システムの観点からは生物学と数理科学、物理や化学の両方を理解する人材の育成や実験と理論とがフィードバックする研究環境の構築の重要性などが指摘された。また、実験と理論との融合へ向けた課題として以下のものが挙げられた。

- ・生物のシステム（機能・構造・メカニズム）を理解するために必要な実験データを網羅的に蓄積・整理する。
- ・【問題点】 実験条件の標準化、実験におけるcombinationの設定、進化の考慮
- ・理論と実験とが対話し、理論は実験に次に測定すべき実験データが何であることを示し、実験は理論に何が知りたいかを伝える。
- ・【問題点】 実験から理論に要求する生物学的意義、生物学と数理科学の両方の知識を持つ人材の養成
- ・進化する生物を理解するために、物理の理論を超えた原理を探求する。

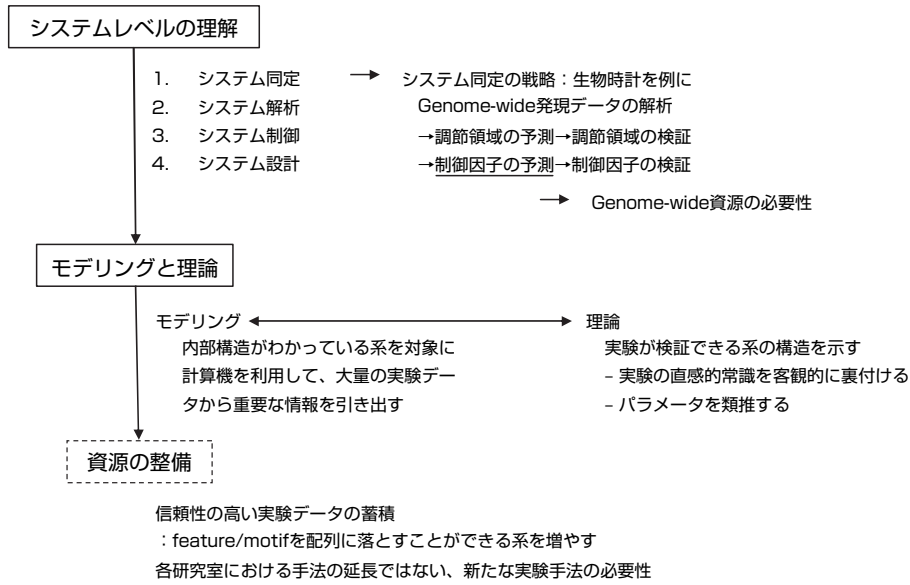
2回の戦略ワークショップの議論から「生命を還元的にではなく、ゲノムや分子などの要素から全体的、統合的に理解していくために、また、複雑な現象を説明しうる優れたモデルや理論の構築も含まれる研究分野として「システム的なアプローチ」が今後の重要な方向性であることが示唆された。

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

図3 「ライフサイエンスの実験と理論との融合による研究アプローチの可能性」の各セッションにおける議論の展開

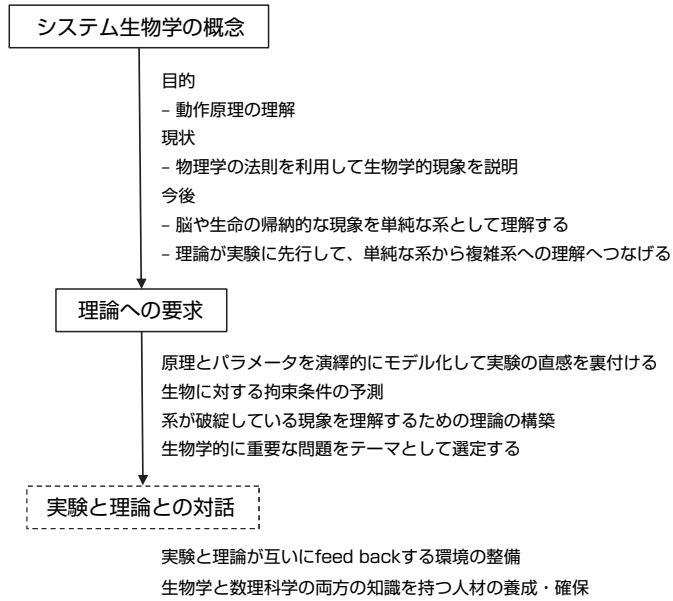


実験と理論との融合による生命の理解 〈システム生物学から-1〉 ディベートマップ



はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望するワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略	4
第1回 科学技術の未来を展望するワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望するワークショップ	6

実験と理論との融合による生命の理解 〈システム生物学から-2〉 ディベートマップ



参加者

(研究者)

堀田 凱樹	国立遺伝学研究所 所長
勝木 元也	基礎生物学研究所 所長
小原 雄治	国立遺伝学研究所 副所長
北野 宏明	ソニーコンピュータサイエンス研究所 取締役副所長
合原 一幸	東京大学工学部 計数工学科 教授
伊藤 啓	基礎生物学研究所 発生生物学研究部門 助教授
伊藤 隆司	金沢大学 がん研究所 教授
近藤 滋	理化学研究所発生・再生科学総合研究センター チームリーダー
長谷部光泰	基礎生物学研究所 種分化機構第二研究部門 教授
水島 昇	基礎生物学研究所 細胞内エネルギー変換機構研究部門 助手
大久保公策	九州大学 生体防御医学研究所 教授
馬場 嘉信	徳島大学 薬学部 教授
野島 博	大阪大学 微生物病研究所 教授
倉田 博之	九州工業大学 情報工学部 助教授
漆原 秀子	筑波大学 生物科学系 助教授
倉谷 滋	理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター チームリーダー
八木 健	大阪大学 生命機能研究科 教授
大浪 修一	慶応大学 理工学部 助教授
平山 博史	旭川医科大学 助教授
廣瀬 通孝	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
宮脇 敦史	理化学研究所 脳科学総合研究センター チームリーダー

(科学技術政策研究所)

島田 純子	科学技術政策研究所 研究官
-------	---------------

(科学技術振興事業団)

北澤 宏一	科学技術振興事業団 専務理事
柴田 治呂	科学技術振興事業団 理事
植田 秀史	科学技術振興事業団 企画室長
岩瀬 公一	科学技術振興事業団 国際室長
内野 裕雄	科学技術振興事業団 研究調整室長
石田 秋生	科学技術振興事業団 特別プロジェクト推進室長
小原 英雄	科学技術振興事業団 研究調整室 調査役
野田 正彦	科学技術振興事業団 企画室 調査役

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

古旗 憲一	科学技術振興事業団	特別プロジェクト推進室	調査役
黒田 雅子	科学技術振興事業団	データベース開発部	主任情報員
坂内 悟	科学技術振興事業団	企画室	副調査役
川口 哲	科学技術振興事業団	研究調整室	主査
井谷 睦己	科学技術振興事業団	研究推進部	主査
蝦名 恵	科学技術振興事業団	研究調整室	主任調査員
福田佳也乃	科学技術振興事業団	企画室	主査

(財団法人 科学技術広報財団)

臼井 勲	財団法人	科学技術広報財団	常務
菅野 純生	財団法人	科学技術広報財団	経理課長
越川 隆光	財団法人	科学技術広報財団	参事
榊 康明	財団法人	科学技術広報財団	主査

【6】 第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ（ライフ系）の開催概要

- テーマ ライフサイエンスの実験と理論との融合による研究アプローチの可能性
- 日 時 平成15年8月15日（金）～16日（土）
- 会 場 セルリアンタワー東急ホテル（東京都渋谷区）

スケジュール

8月15日（金）

- ・ 14:00～15:00 開会・挨拶・自己紹介 場所：ルナール

〈司会：野田調査役〉

- | | |
|-----------------------|-----|
| 研究開発戦略センターの紹介（臼井事務局長） | 15分 |
| 開会の辞（堀田先生） | 5分 |
| 自己紹介（1人約2分） | 30分 |
| 前回の議論について（野田調査役） | 10分 |

- ・ 15:00～18:00 セッション1 〈小原コーディネーター〉 場所：ルナール

- | | |
|----------------------|-----|
| プレゼンテーション（望月先生、杉本先生） | 30分 |
| 議論 | 60分 |
| 休憩 | 15分 |
| 議論 | 75分 |

- ・ 18:00～18:30 チェックイン
- ・ 18:30～20:00 夕食（立食形式） 場所：ソレール
- ・ 20:00～22:00 オープンセッション 場所：セレスト

8月16日（土）

- ・ ～9:00 チェックアウト
- ・ 9:00～12:00 セッション2 〈北野コーディネーター〉 場所：ルナール

- | | |
|-----------------|-----|
| プレゼンテーション（上田先生） | 15分 |
| 議論 | 75分 |
| 休憩 | 15分 |
| プレゼンテーション（北野先生） | 15分 |
| 議論 | 60分 |

- ・ 12:00～13:00 昼食 場所：ルナール

・ 解散

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

参加者

(研究者)

堀田 凱樹	国立遺伝学研究所 所長
勝木 元也	基礎生物学研究所 所長
小原 雄治	国立遺伝学研究所 副所長
北野 宏明	ソニーコンピュータサイエンス研究所 取締役副所長
上田 泰己	理化学研究所 神戸研究所 チームリーダー
上村 匡	京都大学 ウイルス研究所 教授
宇佐見義之	神奈川大学 工学部 講師
大久保公策	国立遺伝学研究所 教授
黒澤 良和	藤田保健衛生大学 総合医科学研究所 教授
酒井 邦嘉	東京大学大学院 総合文化研究科 助教授
杉本亜砂子	理化学研究所 神戸研究所 チームリーダー
銅谷 賢治	国際電気通信基礎技術研究所 計算神経生物学研究室 室長
藤田 一郎	大阪大学大学院 生命機能研究科 教授
望月 敦史	基礎生物学研究所 情報生物学研究センター 助教授

(文部科学省)

土橋 久	科学技術・学術政策局 調査調整課 課長
橋爪 淳	科学技術・学術政策局 調査調整課 課長補佐
櫻間 宜行	科学技術・学術政策局 調査調整課 係長
岡村 直子	科学技術政策研究所 企画課長
島田 純子	科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター

(科学技術振興事業団)

臼井 勲	研究開発戦略センター 上席フェロー
中西 章	研究開発戦略センター 企画運営部長
中島 啓幾	研究開発戦略センター シニアフェロー
野田 正彦	研究開発戦略センター フェロー
黒田 雅子	研究開発戦略センター フェロー
所 健児	研究開発戦略センター アソシエイトフェロー
高橋 良明	研究開発戦略センター アソシエイトフェロー
永井 智哉	研究開発戦略センター アソシエイトフェロー
大矢 克	研究開発戦略センター アソシエイトフェロー
中山 智弘	研究開発戦略センター アソシエイトフェロー
関根 基樹	研究開発戦略センター アソシエイトフェロー

福田佳也乃 研究開発戦略センター アソシエイトフェロー

(財団法人 科学技術広報財団)

北原 宣泰 財団法人 科学技術広報財団 事務局長

菅野 純生 財団法人 科学技術広報財団 経理課長

はじめに	1
科学技術の未来を展望するワークショップ	2
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	3
第2回 科学技術の未来を展望した戦略ワークショップ	4
第1回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	5
第2回 科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ	6

科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ
(ポストゲノム系)
報告書

平成17年7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 2005 by CRDS/JST

無断での転載・複写を禁じます。