



ImPACT Program Manager

佐野 雄二 Yuji SANO

1977年 東京工業大学大学院 理工学研究科 原子核工学専攻 修士課程修了

1977年 株式会社東芝 入社

2006年～同 電力・社会システム技術開発センター 技監

2014年～ImPACTプログラム・マネージャー ((株)東芝よりJSTへ出向)

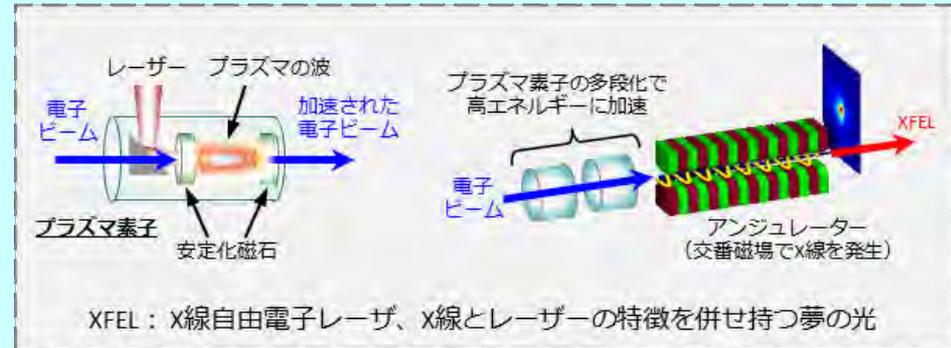
20年間レーザーの応用に関する技術開発を担当し、レーザーピーニング技術の開発・実用化を推進。2008年より、文部科学省「最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム」プログラムオフィサーを兼務。文部科学大臣表彰（平成20年度）など多数受賞。博士（工学）。

＜研究開発プログラムの概要＞

レーザー・プラズマ・加速器の技術を融合し、小型高出力でユビキタスな光量子ビーム装置を実現。設備診断・セキュリティー、先進医療などに応用し、安全・安心・長寿社会を実現。

＜非連続イノベーションのポイント＞

レーザーが作るプラズマの波の急峻な電場で電子を加速することにより、kmオーダーのXFEL装置の機能を卓上で実現。手の平サイズのパワーレーザーなど、レーザーの超小型化を進め、産業や医療現場での利活用を推進。



＜期待される産業や社会へのインパクト＞

国家基幹技術（XFEL）が手元に。原子レベルの計測による産業の革新、さらには時間や場所を選ばないユビキタスな設備診断、補修、生体撮像や粒子線治療などに応用。



研究開発プログラムのシナリオ

解決すべき社会的課題等

- ④少子高齢化社会における世界で最も快適な生活環境の提供
- 日本の独自技術に基づいた超小型のX線自由電子レーザー（XFEL）やパワーレーザーの開発とその応用（材料強化、非破壊検査、生体撮像・治療など）

解決のためのアイデア

- 日本の独自技術に基づくパラダイムシフト（プラズマ素子による電子加速、パワーレーザー超小型化）
- 日本が優位なプラズマ素子による電子加速は、これまでの常識を覆す新しい概念であり、ハイリスク・ハイインパクト
- 可搬型のXFELやパワーレーザーが実現すれば、波及効果は計り知れず、産業や国民生活にパラダイムシフトを誘発。
- 日本がリードしている新技術（プラズマ素子による電子加速）をコアとし、「レーザー」「プラズマ」「加速器」の技術を結集する拠点（プラットフォーム）を構築。
- 拠点を中心として、各分野の専門家が相補的な研究開発を行う共創体制を構築し、開発を加速。
- 世界が注目し、米・英が研究開発に着手。現在の優位性を保ち、実用化へのイニシアチブをとるため一刻も早い開始が必要
- 米・英に続き仏も研究開発に着手（～30M€、加速のみ、レーザーは別枠）→ 競争は激化、低エネルギー加速でXFEL発振・産業応用を目指す日本の独自性は変わらず（欧米は高エネルギー物理を志向）
- 欧州16研究機関が共同で、2020年代にレーザー加速によるXFELを実現するための4年間の設計研究を計画（HORIZON 2020、2014年7月21日付けのDRAFT版）。→ 米（Stanford）、欧州連合との競争

達成目標（プログラム終了時の具体的アウトプット）

青字：レーザー加速
黒字：レーザー単体

- 超小型レーザープラズマ電子加速器の実現（加速エネルギー： $>1\text{GeV}$ 、全長： $<10\text{m}$ ）
- プラズマ素子による電子加速とマイクロアンジュレーターの組合せによるX線ビーム（ 1keV ）の実現とイメージングの実証、超小型XFELの実現に必要な各要素技術の完成
- レーザーダイオード（LD）励起マイクロチップレーザーによる 20mJ パルスの発生（ 1kg 以下のハンドヘルド・パワーレーザーの実現）
- 波形制御サブkJレーザーのプロトタイプ機による 600J パルスの発生（体育館サイズのレーザー装置の機能をテーブルトップサイズで実現）

具体的達成目標の実現に向けた戦略・シナリオ

青字：レーザー加速
黒字：レーザー単体

- 日本の強みである産官学のネットワークをImPACTで最大限に活用。「レーザー」「プラズマ」「加速器」の技術を結集する拠点（プラットフォーム）を構築。技術・装置を集約して予算を有効活用し、少ない予算で圧倒的な差異化を早期に実現。（欧米は単独の機関が独立にレーザー加速の研究開発を実施）
- ImPACTでは非線形性の小さい低エネルギー加速に特化し、出口をXFEL発振および産業応用に定め、短時間で集中的な研究開発を行うことによりいち早く成果を得る。（欧米は高エネルギー物理も志向）
- 低エネルギー（ 20MeV ）であるが、世界で最も安定なレーザープラズマ電子加速を実現している大阪大学の技術を発展させ、モジュールの多段化により 1GeV 超の電子加速を 1m 以下で実現（従来は数十m）
- 日本のお家芸である磁石および真空アンジュレーター技術を発展させ、従来（ 200m ）の $1/10$ 以下の大きさのマイクロアンジュレーター（ $<10\text{m}$ ）を開発。小型化を達成
- 分子科学研究所などの独自技術（マイクロチップレーザーやセラミックレーザー媒質）を活用してパワーレーザーの超小型化を達成し、産業界に提供。応用を開拓

戦略・シナリオを克服すべき課題へブレークダウン

青字：レーザー加速
黒字：レーザー単体

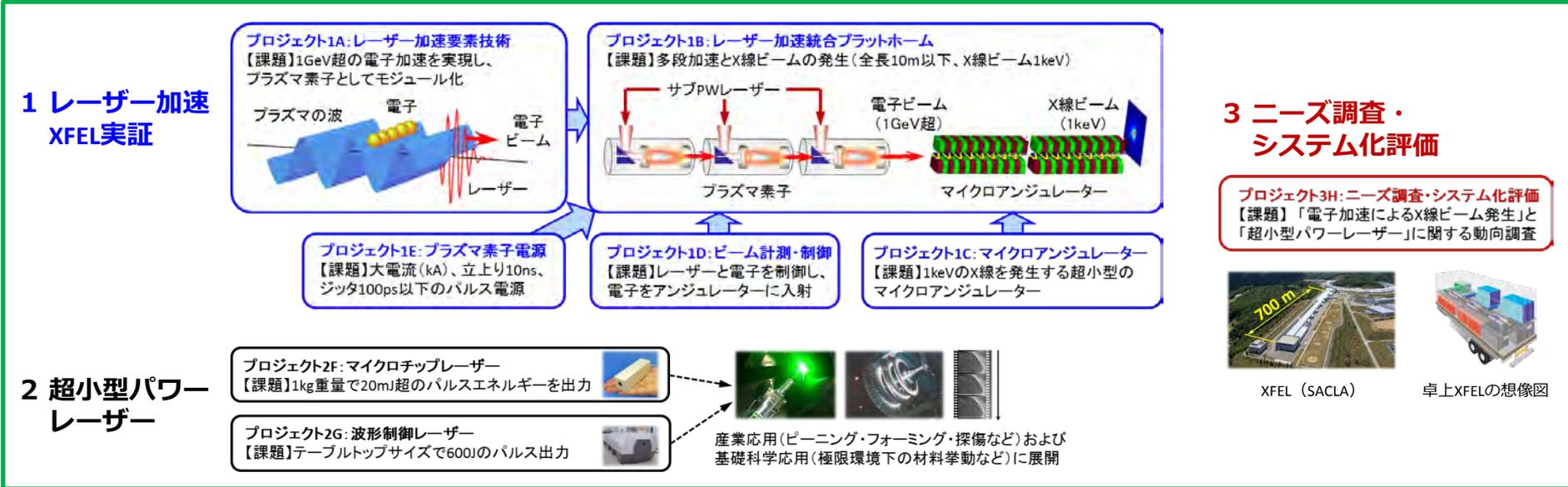
1. 叡智を結集し、オールジャパン体制を構築
2. 安定な高エネルギー電子加速の実現
3. マイクロアンジュレーターの開発と安定な電子入射、X線ビームの発生
4. マイクロチップレーザーの高エネルギー化（1mJ→20mJ/パルス）
5. 波形制御が可能な高出力（600J/パルス）のナノ秒レーザーの実現

克服すべき課題目標の達成アプローチ

青字：レーザー加速
黒字：レーザー単体

1. 研究拠点（プラットフォーム）を構築し、産学官のネットワークを活用して「レーザー」「プラズマ」「加速器」分野の傑出した研究者・機関をアサイン。拠点における共創体制を構築
2. 高精度なビーム計測・制御技術、および高機能なプラズマ素子電源を開発してレーザープラズマの密度を制御し、安定な電子加速を実現
3. 磁石の高精度加工技術により、従来の1/10の数mmギャップのマイクロアンジュレーターを実現。高精度のビーム計測・制御技術により電子ビームによる磁石のダメージおよび真空破壊を防ぐ
4. 増幅器による高エネルギー化、または複数モジュールのビーム結合により高エネルギー化を達成（1mJ→20mJ/パルス）
5. セラミックレーザー媒質による発振の高効率化と冷却性能の向上により、高出力化を達成

研究開発プログラム全体構成



各克服すべき課題の実施時期



課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方 (1/3)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト1A レーザー加速要素技術開発

レーザーのパワーアップと電子入射・加速の工夫により、従来の実績(1段加速で20MeV)の50倍(1GeV)を実現し、多段加速に必要な安定性とモジュール間のアライメント技術を開発できる先端研究力。



選定に至る考え方・理由

◆ 選定方法: **非公募指名** 研究機関: **大阪大学**
選定理由: 「研究開発の実績」および「保有する研究設備」

大阪大学はCREST「光制御極短シングル電子パルスによる原子スケール動的イメージング」にて、世界で最も安定なレーザー加速を実現(1段加速で20MeV)。フェムト秒時間分解能の電子顕微鏡(TEM)開発を推進。同CRESTにて、レーザープラズマ電子加速の研究開発に必要な実績と最低限の設備を保有。

プロジェクト1B レーザー加速統合プラットフォーム

課題A、C、D、E(下記)で開発した各要素技術および装置を集約・統合し、実験プラットフォームとしてシステム化する技術。世界で初めての安定な多段電子加速とX線ビームを発生させるためには、先端研究力に加え、各機関の要素技術を統合し、運用できる協働共同力が必要。圧倒的な技術的優位性を確保してデファクトを取るため、世界の研究開発動向を踏まえて開発の方向性を柔軟に見直す判断力・技術力とネットワーク力。



◆ 選定方法: **非公募指名** 研究機関: **大阪大学**
選定理由: 「拠点としての活動実績」および「研究開発の実績」

大阪大学はJAEAやKEKとの共同研究・発表を推進。レーザー学会「レーザープラズマ加速の将来像」専門委員会の主査・副主査を務め、関連分野の活動の中心。CRESTによる国内研究ネットワークの形成、JSPS先端拠点「X線自由電子レーザーとパワーレーザーによる極限物質科学国際アライアンス」で世界拠点を築いてきた実績があり、本プロジェクトでも中心的な役割が期待できる。

レーザー加速に関する研究開発の実績を過去3カ年の物理学会の発表件数により評価。電子加速に関しては筆頭発表者の約8割が大阪大学。

- 課題A: レーザー加速要素技術開発
- 課題C: マイクロアンジュレーター開発
- 課題D: ビーム計測・制御技術開発
- 課題E: プラズマ素子電源開発

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方 (2/3)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

選定に至る考え方・理由

プロジェクト1C マイクロアンジュレーター開発

課題A(レーザー加速要素技術)で開発する電子加速モジュールと組合せて、X線ビームを発生する超小型のマイクロアンジュレーターを開発する。
電子ビームのエネルギーおよび安定性に応じて磁石の周期・ギャップの最適化が可能であり、必要な製作精度を達成するための方策・経験を有すること。



◆ 選定方法: 公募(1件)

現状200mオーダーのアンジュレーターを1/10以下(<10m)に小型化可能なアイデアとアンジュレーター製作の実績を有し、統合プラットフォーム(課題B)で使用可能なモジュールの試作をH29年度末までに実現可能な機関。
公募とすることでアイデアを持つ機関をより広く選定する。

プロジェクト1D ビーム計測・制御技術開発

課題Cで開発する超小型アンジュレーターに、課題Aで開発する電子加速モジュールの電子ビームを正確に入射させるための計測・制御技術を開発する。
先端研究力に加え、電子加速とマイクロアンジュレーターおよびプラズマ素子電源を担当する開発機関と密な連携が取れる協働共同力を有していること。



◆ 選定方法: 公募(1件)

1GeV超の電子ビームを超高精度(ビームサイズ0.5mm以下、位置精度±0.1mm以下)で超小型のアンジュレーターへ入射するためのレーザーおよび電子ビームの計測・制御をH29年度末までに実現可能な機関。
公募とすることで新しい斬新なアイデアを持つ機関を選定する。

プロジェクト1E プラズマ素子電源開発

パルス放電により急峻なプラズマ密度分布を生成・制御し、レーザーをガイドして効果的に電子加速を行うための電源を開発する。
電子加速を担当する機関と連携が取れる協働共同力を有していること。



◆ 選定方法: 公募(1件)

電子加速に必要な大電流(1~5kA)、10ns以下の立上り、持続時間100ns、ジッター100ps以下の高繰返しパルス電源をH28年度末までに開発可能な機関。
公募とすることで、技術力のある機関をより広く選定する。

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方 (3/3)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト2F: LD励起マイクロチップレーザーの開発

現状のマイクロチップレーザー(1mJ/パルス)を大出力化(20mJ)する。また、産業応用に必須となるメカトロへの搭載が可能な小型軽量のレーザー発振器(1kg以下)の試作機を平成28年度までに開発し、その後の実用に供する。

先端研究力と開発遂行力を有し、製品化・産業化を志向していること。



選定に至る考え方・理由

◆ 選定方法: **非公募指名** 研究機関: **分子科学研究所**
選定理由: 「研究開発の実績」および「保有する研究設備」

分子研は、マイクロチップ構造で世界で始めてメガワット出力のジャイアントパルスレーザー発振に成功し、小型レーザーで世界を先導する実績を持つ。他機関の実績はμオーダーのパルスエネルギーであり、分子科学研究所の実績(1mJ)には及ばない。

JST、NEDOなどの競争的資金により、レーザー材料探索・評価に関する設備が充実しており、使用のノウハウも蓄積されている。また、国内外で多数の特許を権利化し、産業化の意識が高い。

H28年度までにプロトタイプ(20mJ/パルス)の開発が可能な機関は、分子研のみと考えられる。

プロジェクト2G: 波形制御サブkJレーザーの開発

超高圧生成や核融合研究で使用される体育館サイズのレーザーの機能をテーブルトップサイズで実現する。

先端研究力、開拓創造力、開発遂行力を有すること。



◆ 選定方法: **公募(1件)**

ナノ秒の波形制御が可能な600Jクラスのレーザー開発をH28年度末までに実現可能な機関。

公募とすることで、アイデアと開発力を持つ機関を広く選定する。

プロジェクト3: ニーズ調査・システム化評価

本プログラムで開発する「超小型パワーレーザー」および「電子加速によるX線ビーム」について、ユーザーニーズと国内外の動向を調査し、開発ターゲットおよび開発仕様へフィードバックする。

広範囲な分野に対して俯瞰的に調査・評価を行うことができる総合力を有すること。

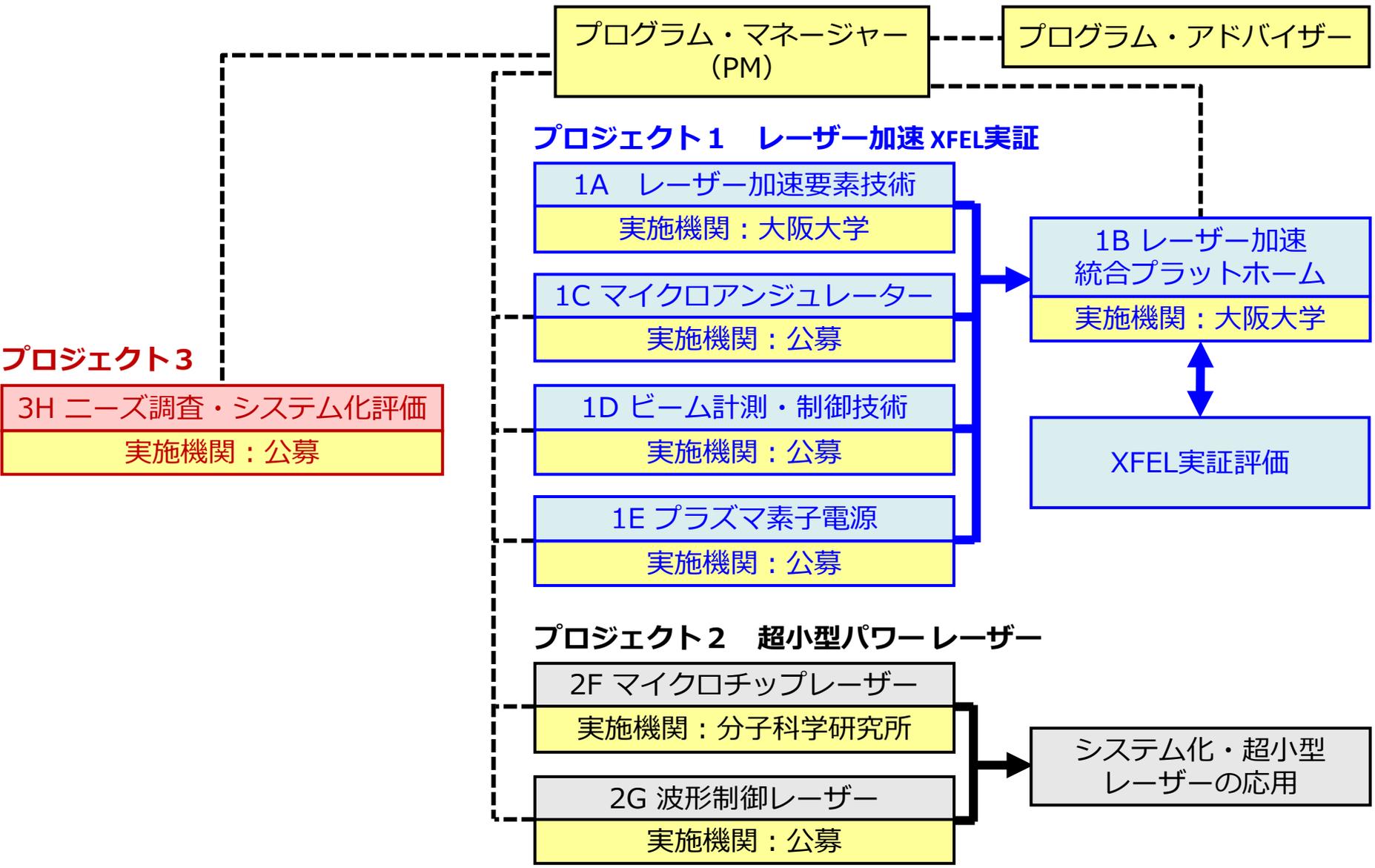


◆ 選定方法: **公募(1~2件)** ステージゲート

パワーレーザーやX線源に対するニーズ・ターゲットを調査・抽出可能な機関。専門の研究機関だけでなく、一般的なシンクタンク等にも調査を依頼し、専門的なバイアスを避ける。

複眼的な視点を得るため初年度は2機関で調査を行い、以降は結果に応じて1機関に絞る。

研究開発プログラム全体の体制図



研究開発プログラム予算（予定）



研究開発プログラム予算（予定）

