

クロスオーバー研究の中間評価について

第2期原子力基盤クロスオーバー・研究中間評価について

1. 中間評価分科会開催状況

中間評価分科会	開催日	開催場所
原子力用レーザー (1)	7月10日 (木)	航空会館 705
放射線リスク評価・低減化 (1)	8月1日 (金)	経団連会館 1104
原子力用材料	8月5日 (火)	航空会館 703
原子力用人工知能・知的支援 (1)	8月13日 (水)	航空会館 703
放射線ビーム利用先端計測・分析	8月21日 (木)	JAビル 第2会議室
放射線リスク評価・低減化 (2)	9月1日 (月)	経団連会館 1104
原子力用レーザー (2)	9月2日 (火)	航空会館 701
原子力用計算科学	9月4日 (木)	航空会館 701
原子力用人工知能・知的支援 (2)	9月16日 (火)	大和生命ビル Aホール
原子力用レーザー (3)	9月17日 (水)	航空会館 702
原子力用人工知能・知的支援 (3)	10月3日 (金)	富国生命ビル 28F 中会議室

2. 中間評価分科会委員名簿

(1) 原子力用材料評価分科会委員名簿

分科会会長 (交流委員会主査)	岡本眞實	(東北大学)
委員 (外部)	遠藤 忠	(東北大学)
委員 (外部)	田川精一	(大阪大学産業科学研究所)
委員 (外部)	唐橋一浩	(富士通研究所)
委員 (内部)	杉本克久	(東北大学)
委員 (内部)	寺井隆幸	(東京大学)
委員 (内部)	中澤崇徳	(新日本製鉄)

(2) 原子力用人工知能・知的支援評価分科会委員名簿

分科会会長 (交流委員会主査)	北村正晴	(東北大学)
副会長 (交流委員会副主査)	古田一雄	(東京大学)
委員 (外部)	原文雄	(東京理科大学)
委員 (外部)	門田一雄	(アイテル技術サービス)
委員 (外部)	稲垣敏之	(筑波大学)
委員 (内部)	宇佐見仁英	(富士通)
委員 (内部)	佐藤増雄	(東芝)

(3) 原子力用レーザー評価分科会委員名簿

分科会会長（交流委員会主査）	黒田寛人	（東京大学）
委員（外部）	横尾邦義	（東北大学）
委員（外部）	網脇恵章	（大阪産業大学）
委員（外部）	浜 広幸	（分子科学研究所）
委員（内部）	佐藤 勇	（日本大学）
委員（内部）	今崎一夫	（レーザー技術総合研究所）
委員（内部）	前川明嗣	（日立製作所）

(4) 放射線リスク評価・低減化評価分科会（DNA解析分野）委員名簿

分科会会長（交流委員会主査）	佐藤弘毅	（近畿大学）
委員（外部）	佐々木正夫	（京都大学）
委員（外部）	大西武雄	（奈良県立医科大学）
委員（外部）	山本和生	（東北大学）
委員（内部）	吉田勉弘	（北海道大学）
委員（内部）	渡部 真	（神戸市看護大学）
委員（内部）	早田 勇	（放射線医学総合研究所）

(5) 放射線ビーム利用先端計測・分析技術評価分科会委員名簿

分科会会長（交流委員会主査）	堂山昌男	（帝京科学大学）
副会長（交流委員会副主査）	菊田惺志	（東京大学）
委員（外部）	兵頭俊夫	（東京大学）
委員（外部）	金沢育三	（東京学芸大学）
委員（外部）	岩崎 博	（立命館大学）
委員（外部）	松下 正	（高エネルギー加速器研究機構）
委員（内部）	藤浪真紀	（新日本製鉄）
委員（内部）	辻 和彦	（慶応大学）

(6) 原子力用計算科学評価分科会委員名簿

分科会会長（交流委員会主査）	矢川元基	（東京大学）
副会長（交流委員会副主査）	高橋亮一	（東京工業大学名誉）
委員（外部）	梅垣菊男	（日立製作所）
委員（外部）	曾根田直樹	（電力中央研究所）
委員（内部）	小柳義夫	（東京大学）
委員（内部）	仲町英治	（大阪工業大学）

3. 中間評価結果

原子力基盤技術開発

第2期原子力基盤クロスオーバー研究中間評価用総合所見

研究開発課題名：複合環境用マルチコンポジットマテリアルの創製
(原子力用材料交流委員会)

項 目	要 約
1. 当初の目標	複合環境用マルチコンポジットマテリアル(MCM)の開発を統一課題とし、その素材創製では金属系を原研、セラミックス系を無機材質研・動燃、有機系を物質研、特殊機能材料を金材技研が主担当機関とし、合金組成の微細制御、機能傾斜・分散、複合化と接合、多次元的評価、ビーム応用、劣化機構解析、微細構造解析、クラスター反応と状態解析、その場観察技術等の基盤技術の構築を念頭に遂行する。
2. 中間段階での成果	フォノン閉じこめ効果の観測、偏光解析によるプラズマ酸化速度のバイアス効果、極薄膜創製、プラズマエロージョン速度、シリコン結晶中水素分子ラマン分光、クラスター反応の高速解析などの成功。・アルミナ単結晶-Yイオン MCM, YAG/ジルコニア接合、欠陥評価、高温熱伝導計測、イオン-固体電子遷移機構解明の成功、・イオン照射損傷解析、高分子容の計測、アクリル-シリコンハイブリッド体合成の成功、RW 合金の創製と SUS との接合、Nb 防食原理解明、Ni 基 HW 創製、レーザー-その場観察技術開発などに成功。・粒界制御による耐 Na 腐食性改善、管状傾斜機能材の試作、高性能中性子遮蔽材の開発等に成功。など高く評価される成果を海外機関を含めた研究交流を効率的に活用して輩出している。
3. 中間評価	主要担当研究機関が、特長を生かして優れた研究成果を輩出していると評価できる。個別的には、課題による評価の高低があることは否定できないが、材料という一見漠たる課題を対象としながら、統一課題としての MCM 材料創製に向けて着実に進展があり、新しい複合環境用材料創製のための MCM 材料の創製へ向けての的確な学術的挑戦方策が明確になっていることは高く評価される。表面反応、粒子-材料相互作用から有機高分子までを含む劣化機構解明研究、それに不可欠なその場観察技術に代表される基盤技術の構築にも材料研究の新展開にブレークスルーを観ることができ。研究交流も本クロスオーバー研究制度で発足した海外研究者の招聘制度や研究者派遣制度が的確に運用され、内外ともに交流研究の効果が著しいものと高く評価できる。
4. その他	本研究は、総じて加速度をもって急展開しており、今期の後半にあってもクロスオーバー研究の相手研究機関を拡大して一層の進展を図るべき課題がある。多くの挑戦的課題へ取り組んでいるポテンシャルティ-を今後の短い研究期間で更に維持・向上させるよう図ることが、一層の発展を約束することではないであろうか。他分野への効果大である。
評価責任者氏名：岡本眞貴	

原子力基盤技術開発

第2期原子力基盤クロスオーバー-研究中間評価用総合所見

研究開発課題名：自律型プラントのための分散協調知能化システムの開発
(原子力用人工知能・知的支援交流委員会)

1. 全体的評価

困難な課題ではあるが2期目を迎えていくつか興味深い成果が得られつつある。各機関共通の傾向として次のような指摘が多くの評価者により挙げられている。今後の展開を考える際に重要な示唆を含むと考える。

- 1) 応用可能性を意識している態度は望ましいが、基本的、理論的な問題発掘、把握にももう一段の意識的な取り組みが望まれる。
- 2) 「原子力用」としての特殊性とそれに対する対応をより明確に示して欲しい。
- 3) これまで要素技術が中心であるが、総合化、システム化への展開も必要である。
- 4) エージェントシステム的な機能配分、運転制御システムとロボット技術を共存させる視点などは、興味深く有望と思われる。そのような特質に焦点を当てた技術開発が望まれる。

2. 個別評価

研究機関名	研究テーマ	評価結果
動力炉・核燃料開発事業団	知的運転制御システムの開発	設定した目標自体は適切であり、かつ要素技術の有効性をパイロットシステムで実証していることは評価できる。しかし全体的評価のところでも記した各項目が、この機関の研究に対してそのまま対応している。加えて、提案手法の必然性や限界に関する理論的検討の必要性も指摘されている。今後は、研究リソースの一部を、指摘された事項への対応に振り向けることで残された期間を有効に活用して欲しい。成果の公開についても更なる努力を期待したい。(なお、動燃をめぐる昨今の事情に鑑み、機関としての研究チーム体制について懸念する意見もあったことを付記する。)
船舶技術研究所	自律分散協調機能監視システムの研究	自律システムのブラックボックス化防止と監視者支援のための可視化という着眼は重要、適切であると評価できる。ただし全体評価の各項目に留意が必要である。特に、自律プラントが対象であることから、その場合に何を可視化の対象とすべきかという根本的な問いかけを追求することがなお必要であろう。自律の度合い、自律機能や自律度の可視化、監視者の理解度との整合化など、貴重な指摘がなされている。また他機関とのリソース共用だけでなく、エージェントの定義やその機能の枠組みなどについても共通の視点が必要であろう。成果の公開についても一段の努力を望みたい。
電子技術総合研究所	協調能動センシングシステムの研究	一般的な意味での研究進捗状況という観点からは高く評価でき、論文発表、受賞など成果の公開についても十分な努力が認められる。しかしながら、全体評価項目の2),3)が当てはまることも評価委員が共通して指摘するところである。したがって原子力プラントへの適用という課題をどのように意識して技術開発を進めているのか、またこの先どのような展開を指向しているのか、研究の内容を通じての明確な意思表示が望まれる。研究者集団の過去の経歴が原子力に密接に関係したものでなかったにせよ、既に長期にわたり本プロジェクトに参画していることから、今後の研究にそのような領域依存性を意識した展開があらわれることを強く期待したい。
理化学研究所	小型ロボット群による協調保全技術の開発	保全作業と知能ロボット群の両面で見ると成果を挙げており、各評価委員から高い評価を得ている。個々の開発技術の内容も独自の着眼を多く含み、独創性の高い研究となっている。学術論文発表はもとより、新聞発表、受賞、特許など、成果の公開と活用に関しても十分高く評価できる実績を示している。ただ全体評価での注意項目2)はやはり当てはまるので留意されたいし、保全作業計画と知能ロボット群の相互関係については今のところ明確でなく、その意味で項目3)も当てはまると考えよう。今後これらに一層配慮すると共に、ネットワークを通じての他機関との連携協調作業実験などを通じて、プロジェクト全体の有機的連携と活性化が推進されることを期待したい。

評価責任者氏名：北村正晴

原子力基盤技術開発

第2期原子力基盤クロスオーバー研究中間評価用総合所見

研究開発課題名：原子力施設における知的活動支援の方策に関する研究
(原子力用人工知能・知的支援交流委員会)

1. 全体的評価

本プロジェクトはようやく研究環境が整備されてきた状況が支配的で、評価項目が適切に当てはまらないものもあり、より定性的、感覚的な評価に偏らざるを得なかった。しかしながら、そのような条件下であるにもかかわらず、以下のような指摘が共通に見られたことは重要視すべきであろう。

- 1) 人間を相手とする研究なのでとりわけ準備に時間がかかったことは理解できる。しかし年限を限られたプロジェクトという意味では、全体に進捗状況が遅れ気味と言わざるを得ない。今後、整備された装置などを駆使して具体的成果が輩出することを期待する。
- 2) 問題の定義とそれへのアプローチの選択は大枠では適切なものと認められる。しかし具体的、個別的な実験条件選択などに際しては、事前に十分考察を深めておき、最善の意思決定や仮説選択を行うよう注意が望まれる。
- 3) これに関連して、インタフェースや実験結果の評価の方法論について、今の段階でも小規模予備実験などを通じて考察を進めておくことが望ましい。

2. 個別評価

研究機関名	研究テーマ	評価結果
日本原子力研究所	運転・保守における知的活動支援の方法に関する研究	独自の着眼に基づく機能の優れたインタフェース実験環境を設計、具体化している点は高く評価できる。ただし全体評価項目については、出来る限り残された期間に対応されることを望みたい。また研究の理論的基盤に独自の視点を盛り込む努力を期待したい。目標の設定や研究の将来性については全体として高い評点を得ているのであるからなおさら、その具現化へ力を注がれることを望む。また動燃の研究との関連性が高いので、連携と独自性の維持に注意して研究を進めて欲しい。
動力炉・核燃料開発事業団	運転員の深い理解支援方策の研究	想定外事象に対処できる望ましいメンタルモデル形成過程の解明とそれを基礎とした深い理解支援という視点は重要な技術課題であり興味深い。ただし全体評価項目の内、1)、2)には特に留意されたい。また獨創性、波及性についてさらに高い評価が得られるような方向への展開を期待したい。たとえばシミュレータ実験における発話分析は多くの研究機関ですで行われており、本研究としての独自性を強く主張できる方法論とそれに基づく洞察に富んだ知見の獲得が特に重要と考える。実プラントとシミュレータの両者を保有する研究機関としてユニークな発展を望みたい。(なお人工知能研究の場合と同様、研究チーム体制、組織としてのバックアップを懸念する声があったことを付記する。)
船舶技術研究所	グループとしての人間の総合的機能の利用技術の研究	マルチモーダルフィードバックに着目した問題設定は、独自性の高い問題設定であり、成果を期待したい。しかしその際に全体評価項目、特に1)について十分留意されたい。また「グループとしての人間の総合的機能...」という課題に対して、実際になされた内容は、VRの利用に力点が置かれて協調作業や相互支援などについての考察、掘り下げが不足している印象を受ける。実験環境構築に多大の労力を要したことは推測できるが、今後の期間は、これらの問題への対処を含めて、具体的成果へ向けて研究が進展することを望みたい。

評価責任者氏名：北村正晴

原子力基盤技術開発

第2期原子力基盤クロスオーバー研究中間評価用総合所見

研究開発課題名：原子力用レーザー（自由電子レーザー）実用化の開発研究
（原子力用レーザー交流委員会）

項 目	要 約
1. 研究の進捗について	当初研究計画に基づいては、各研究機関により、多少の違いがあるものの、順調に進展している。電子技術総合研究所では電子軌道放射蓄積リングによる自由電子レーザーの短波長化と高度化の研究に、種々の成果が得られ、研究は活発である。日本原子力研究所においては、世界的にみても研究の少ない超伝導リニアックの立ち上げと、29μmの自由電子レーザーの発振に成功し、次世代の自由電子レーザー展開の一步を踏み出す事ができた。理化学研究所においても、近い将来予測される自由電子レーザーの新しい利用の先導的研究として物質の光プロセッシングの研究が新しい分野で展開されている。自由電子レーザーにおける重要な要素技術の一つである、高性能レーザー鏡とフォトカソード型電子銃付入射器系の開発が動力炉核燃料開発事業団において、計画に基づき進展している。各研究機関のクロスオーバー研究も第二期の中間である現在、現実には第二段階を迎え研究も加速されている。重要な要素技術としての発振、加速器、入射器系等の要素技術をまず立ち上げ、自由電子レーザーの基盤技術を作るとともに、要素技術間の融合により、新しい世代の自由電子レーザー研究を進めるという研究は、期待通り進展していると評価できる。しかしながら、世界における自由電子レーザー研究の進展は急速であり、本研究に関しても、研究計画、目標の設定等に機動的検討が必要なことも事実である。自由電子レーザー研究は新しい転回期に入っており基盤を固めるとともに、新しい独創的な研究が期待される。
2. 研究交流について	各研究機関においては、研究会、学会等を通して研究交流が活発に行われている。特に自由電子レーザーという、それまでほとんど研究交流の場がなかったこの分野にとり、クロスオーバー研究の輪が決定され、その下で、自由電子レーザー研究が急速に進展したことを考えるとクロスオーバー研究の意義は大きなものがある。そのことは日本原子力研究所におけるきわめて活発な団内、国外の研究グループの協力の下に行われたクロスオーバーにより、未経験な分野での研究進展と発振に至る過程を検討するとき、その有効性は明瞭に示されている。しかしながら、新世代の自由電子レーザーの新しい展開をはかるにはより多くの研究グループ、特に加速器、レーザー工学、理論シミュレーション物性研究、等のグループのより高度化された協力とクロスオーバー性が特に必要である。超伝導冷凍技術や多層膜鏡の製作等の個別の要素技術の開発に関しては、もっと産業界の活力を活用することも重要である。各担当機関相互の、より意識的な共同研究も促進されるべきである。
3. 今後の研究展開について	世界的に見た自由電子レーザーの研究の進展は早く、また、それを取りまく環境の変化も大きい。自由電子レーザーの新しい展開をはかるには、現在蓄積されつつある基盤技術の高度化とともに、新しい独創的、挑戦的な目標の設定とそれを可能にするブレークスルーの発見が、目標とされるべきである。またそれとともに光利用の観点より、新応用技術の研究が必須である。現在新固体レーザーに代表される既レーザー技術の高度化を目の当たりにするとき、自由電子レーザーの研究には、自由電子レーザーでしかできない事、自由電子レーザーにしてはじめて実現されることを実証するという観点が不可欠である。そのためには研究の人的面よりの強度化が強く望まれるし、予算、研究グループの構築、研究計画の設定等を含め、一層の支援が必須である。次の段階として原子力用レーザーとしての将来性が実証されるかどうかを多面的に検討すべきである。
4. 総合評価	本研究は、研究計画に基づいた進捗状況において十分な進展をみせ、研究交流も促進されており、十分に評価できる。今後の展開も期待される、クロスオーバー研究として、十分に成果が蓄積され、研究の意義も高く、今後もその意義は高いと考えられる。しかしながらこの分野の重要性と急速な展開を考えると、特色ある研究目標の設定と機動的な研究計画の検討と実施が望まれる。さらにはそれを裏付ける強力な支援体制が望ましい。
評価責任者氏名：黒田寛人	

原子力基盤技術開発

第2期原子力基盤クロスオーバー研究中間評価用総合所見

研究開発課題名：新たなDNA解析手法を応用した放射線突然変異の検出・解析技術の開発
(リスク評価・低減化交流委員会)

研究機関名	研究テーマ	評価結果
国立医薬品食品衛生研究所	変異細胞の選択技術の確立と突然変異の塩基配列の解析に関する研究	多様な系を用いて突然変異検出法を開発しており、殊に新たに開発した欠失型突然変異検出系は有望である。今後、他研究機関との研究交流の充実を要望したい。
理化学研究所	放射線により誘発される突然変異の特異性に関する研究	重イオン放射線による突然変異誘発に特異性のあることを示しており、他研究機関との共同研究および研究交流にも積極的である。今後、特異性の重点的な取り組みが要望される。
放射線医学総合研究所	DNA変異検出技術の開発および構造変化の画像解析に関する研究	突然変異検出法の確立、変異DNAと蛋白質の相互作用の様式、染色体の特定部位の原子間力顕微鏡による識別、DNA鎖の画像解析などに成果をあげており、今後、放射線の生物効果の分子機構について視覚的解明が期待される。
国立国際医療センター	検出法の自動化のための技術の改良及び開発	染色体部位を識別する高精度分子交雑法を確立し、それを利用したクロマチン繊維の蛍光着色技術開発に成功している。分子交雑標本作成法の技術的改善にも成果をあげており、将来の自動化に寄与すると考えられる。
国立感染症研究所	検出の効率化と有効プローブ及びプライマーの開発とその検出技術の開発	PCR(複製連鎖反応)法を応用してDNAの欠失型突然変異をリアルタイムで検出することに成功している。また新しい染色体末端特異的配列を発見し、単離したのは重要な成果であり、染色体の基本構造として安定性と変異性への関与の解明が今後の課題である。
評価責任者氏名：左藤弘毅		

原子力基盤技術開発

第2期原子力基盤クロスオーバー・研究中間評価用総合所見

研究開発課題名：陽電子ビームの発生・制御技術の高度化に関する研究
(放射線ビーム利用先端計測・分析交流委員会)

項 目	要 約
1. 研究の進捗について	本研究計画では、主として最初の3年間(6～8年度；本中間評価対象機関)をビーム技術の開発に充て、次の2年間でビーム応用技術の開発を行うとしている。また、各機関はそれぞれ世界的にも未踏の技術課題に挑戦している。このため、テーマ開始時に既に陽電子ビームを有していた機関と、ビームの構築から着手した機関とでは進捗状況に差はあるものの、おおむね当初計画に沿って研究開発が進んでいる。 陽電子ビーム利用の領域における新しい発見に属する成果が出ており、また、これまでの3年間の技術の蓄積に基づいた今後2年間での成果発表が期待できる。
2. 研究交流状況について	研究分科会を、大学等が主催する陽電子科学関連の研究会とシリーズで開催することにより、本研究参加機関間のみならず、ひろく陽電子研究者との交流を活発に行っている。陽電子ビームは新しい技術領域であるため、論文に出ないノウハウに関する情報の蓄積が十分でなかったが、上記活動を核として、参加機関間及び参加機関－大学等の間での情報交換が日常化しつつあり、交流の成果は着実にあがっているといえる。 本研究交流の一環として行ったニーズ調査を含む陽電子ビーム技術調査において、産業界や他分野の研究者からの陽電子ビームに対する期待も高いという結果が出ていることから、今後は民間企業の研究者や他種ビーム利用研究者との交流も活発化することが望まれる。
3. 基礎技術の構築	本研究交流で進めている超低速短パルス陽電子ビーム、高速短パルス陽電子ビーム及び偏極陽電子ビーム形成技術はテーマ自体が基盤技術の構築をねらうものである。また、これら全体を支えるものとして行っている高効率陽電子減速材の開発は、さらに陽電子ビーム利用全般にわたる基盤となるものである。これらは、今後の2年間で実用化の段階に近づけることが期待される。大強度陽電子発生のために進めているターゲット技術の開発は、他のビーム発生技術や加速器技術の基盤となるもので、実用化の段階に至っている。 これらの技術を総合的に生かせる研究施設の設置が望まれる。
4. 総合評価	本研究は、世界的にも未踏の技術課題に挑戦するものであるが、当該分野における研究交流のひとつの核を形成しつつあり、今後2年間での目標達成と、将来の新たな展開が期待できる。 その研究成果は原子力分野での研究に新しい視点を与えるのみならず、質の高い陽電子ビームによる実験は物理学や化学などの学問的観点からも興味深いものである。また、半導体製造技術などでの材料の問題など、他分野への波及性も高い。このような質の高い陽電子ビームを用いた材料評価技術は今後の研究の発展が大いに期待できる分野と考えられ、将来性は極めて高い。
評価責任者氏名：堂山昌男	

原子力基盤技術開発

第2期原子力基盤クロスオーバー研究中間評価用総合所見

研究開発課題名：高輝度放射光の先端利用のための基盤技術の研究開発
(放射線ビーム利用先端計測・分析交流委員会)

項 目	要 約
1. 研究の進捗について	本クロスオーバー研究は平成6年度に始まったが一方では SPring-8 の本格的な建設が進み放射光利用が平成9年秋に始まることによって、「高輝度放射光の先端利用」という研究の目標が現実的となりつつある。この間クロスオーバー研究において放射光ビームラインにおける要素技術開発を行うことを計画し、高分解能モノクロメータ、多層膜ミラー、高圧・低温測定装置、蛍光X線装置、超高効率多素子X線半導体検出器等への挑戦が進められている。現在、研究開発の半ばであるが、概ね計画に沿って進められている。
2. 研究交流状況について	研究交流はいろいろなネットワークで進められてきた。本クロスオーバー研究における研究交流委員会や放射光関連の研究分科会においてクロスオーバー参加機関間の研究情報交流が行われた。また、各研究機関の研究テーマを中心にした大学、民間との協力研究が活発に進められ、研究成果が出ている。放射光装置技術は種々の技術を総合した複合技術であるので、クロスオーバーによる研究開発が重要である。こうして得られたクロスオーバー研究での成果は、放射光関連の学会、研究会や個別科学分野での学会等多方面での研究交流の場で生かされている。 国際的研究交流として SPring-8 が主催した放射光装置技術国際会議が平成9年8月に姫路市で開かれ、現在の最先端の研究情報交換ができた。また、クロスオーバー研究における外国人研究者の招聘、国内研究者の外国への派遣による人的な交流も行われた。 第3世代の高輝度放射光施設(ESRF、APS、SPring-8)が動きだしその成果が世界的に広まろうとしている中、今後益々クロスオーバー研究交流の場が重要になる。
3. 基礎技術の構築	本研究交流において進められているシリコン単結晶や原子核を利用した(超)高分解能モノクロメータの開発、単原子層制御の積層技術を利用したX線用多層膜ミラー作製、高エネルギーX線を利用した材料の分析技術の開発、物質の極端条件下(高圧・低温)での構造変化測定装置の製作、超高効率多素子X線半導体検出器の開発等各研究機関が抱えている研究テーマが放射光先端利用の基盤技術を構築するものとして、今後のクロスオーバー研究で更に進展するものと期待される。
4. 総合評価	本クロスオーバー研究は、高輝度放射光の効果的な利用を目指して各種の要素技術の開発を行い、着実に成果を挙げている。 これは、世界的な高輝度放射光施設の建設と相まって21世紀に向けてのX線を用いた基礎研究、応用研究の発展の土台作りに大いに貢献すると期待される。
評価責任者氏名：菊田惺志	

原子力基盤技術開発

第2期原子力基盤クロスオーバー-研究中間評価用総合所見

研究開発課題名：原子力用構造物の巨視的／微視的損傷の計算科学的解析法の開発
(原子力用計算科学交流委員会)

項 目	要 約
1. 当初の目標	原子力用機器等の劣化・損傷の要因は、巨視的には圧力、地震力や、起動・停止に伴う熱応力の組合せである複雑な負荷であり、微視的には製造法に依存する組織構造や種々の力学的、化学的及び放射線環境によって引き起こされる組織構造の変化である。 本研究では、微視的及び巨視的双方の観点から原子力用機器等の劣化・損傷機構を解明し、与えられた使用条件において起こり得る劣化・損傷形態を予測し、そのような劣化・損傷を未然に防ぐ効率的・経済的・合理的な材料設計、機械・構造設計を可能とする高度な計算科学的手法を開発する。
2. 中間段階での成果	ミクロ組織(1μm-1mm)、構造要素(マクロ組織：1mm-1m)、構造物(0.1m-10m)の各階層の解析について、各研究機関においてある程度の成果が挙げられつつあり、中には独創性の高い研究も見られる。 各研究機関毎の成果の概要は以下のとおり。 (1) 動燃（構造物） オブジェクト指向技術を用いて原子力プラントの複雑な熱過渡現象をトータルにシミュレーションするコードの開発、ニューラルネットワークモデルの開発・オブジェクト指向への組み込み、並列計算を行う非適合メッシュ領域分割法の開発を行った。 (2) 理研（構造要素） 有限要素法(FEM)による弾塑性シミュレーションのコード(ITAS3D)を開発し、さらに、これを、領域分割により並列化、熱伝導と連成して、世界的にも最先端の非線型 FEM コードとした。このコードは、原子力産業のみならず、自動車、鉄鋼の分野でも利用されている。 (3) 原研（ミクロ組織のうち結晶粒、き裂） 多結晶多孔質材料（黒鉛など）の微細組織の瞬時破壊・疲労破壊について、微視構造力学的に変形・破壊プロセスを解明するため、ミクロ-マクロ連成計算のためのオブジェクト指向の導入 3 次元メッシュ生成法の開発を行った。 (4) 金材研（ミクロ組織のうちボイド・介在物） 気泡が応力・ひずみ曲線に及ぼす影響を定量的に評価する大変形有限要素法プログラムを作成し、各パラメータが強度・伸びなどに及ぼす影響を統一的に評価することに成功した。
3. 中間評価	上記 2. のとおり、個々の研究機関の研究成果は上がりつつあるが、現時点では、ミクロからマクロまで結合するというクロスオーバー-研究の最終的な目標について、原理的なアイデアの提示はあるものの、具体的な計算データが得られておらず、早急に作業を開始すべきである。 一部には当初の計画が過大であったとの意見もあったが、その計画との比較においては、マンパワーの不足、予定に対する全体としての成果の遅れ、計算科学という観点から物足りない研究が見受けられる。 今後は、大学などとの連携、外国の研究との相互比較を行うことも必要であると思われる。
4. その他	4 研究機関の 1 つである動燃の研究について、平成 10 年度は厳しい予算となることが見込まれており、上記 3. のクロスオーバー-研究としての連携の達成が困難となることが予想される。
評価責任者氏名：矢川元基	

原子力基盤技術開発

第2期原子力基盤クロスオーバー研究中間評価用総合所見

研究開発課題名：計算科学的手法による原子力分野の複雑現象の解明
(原子力用計算科学交流委員会)

項 目	要 約
1. 当初の目標	原子力分野においては、高性能化の追求により、安全性の観点からも経済性の観点からも一層優れた技術を確立することが求められている。そこで、設計や安全評価で議論される様々な現象を構成する個々の物理現象(諸事象)を分析するのみでなく、それらの素事象が相互作用した複合現象をも理解することが必要である。その課題解決にあたり、実験的方法のみに頼ってでは、現状測定技術の限界を超えている。実験で観測されるのは複合事象であり個々の素事象への分離が不可能である、試験にコストや期間がかかりすぎるなどの本質的な困難が生じる。そこで、実験、理論に続く第三の科学と呼ばれる計算科学的手法によりこれらの課題のいくつかを解決し、原子力システムの高性能化の追求に反映させる計画である。この目標達成のためには、数値シミュレーションの空間的・時間的分解能を向上させ、複合事象を計算機上で模擬する必要があるため、多大なる計算機パワーが不可欠である。従って、今後スーパーコンピュータの主流になるであろうと考えられている並列・分散処理に基づく次世代超高速計算機の利用技術確立することなしには、設定した課題は解決され得ない。 本クロスオーバー研究では、並列・分散処理システムに対応した超高速計算機利用システムの構築とそれを活用した複雑な物理現象の解明、それぞれの物理現象が相互作用した複合事象の解明を実施する。さらに工学システムの設計過程における大規模試験を計算機により代替することにより計算工学的利用の先導役を果たす。
2. 中間段階での成果	工学的技術(流体-構造形状の流体解析)、基礎的技術(熱伝導-対流遷移解析、乱流直接シミュレーション、分子動力学セルラオートマトン)及び計算機利用技術(ネットワークコンピューティング環境構築、高性能数値解析ライブラリ)の各分野において、各研究機関独自の研究としての優れた成果が得られている。中には、世界的な成果や実用性の実証を行ったものもある。 各研究機関毎の成果の概要は以下のとおり。 (1) 動燃 流体-構造連成系の数値シミュレーションにおいて、解析コードの体系を確立し、もんじゅ炉床の流力振動解析や仏の FBR で発生したき裂の評価を行って、国際的にも高い評価を得た。その他、複雑形状の流体解析などにおいても成果を挙げている。 (2) 原研 粒子法によるレイリー・ベルナール遷移機構の解明、直接数値シミュレーション手法による一様等方乱流微細構造等の解明、セルラ・オートマン法による2相構造の解明などにおいて、並列化・大規模計算、アルゴリズム提案を行っており、独創性の高い成果を挙げた。 (3) 電総研 超高速計算機利用技術に関して、並列分散システムに対応できるシステム利用環境を構築するため、高性能計算プラットフォームを提唱して、ネットワークを経由して高性能ライブラリにアクセスできる機構を実現した。
3. 中間評価	上記2. のとおり、各研究機関独自の研究としては、非常に高く評価できる。しかしながら、現在のところ、クロスオーバー研究としては、各研究機関どうしの理解が深まりつつある段階であり、実際にネットワークを用いて直接計算を行うという最終目標には未到達である。もっとも、当初の計画でも、平成8年度までは各研究機関で研究を行いつつ情報交換を進め、その後連携を行う予定となっており、ほぼ順調に研究が進められていると思われる。したがって、この中間評価以降の進展に期待したい。
4. その他	3 研究機関の1つである動燃の研究について、平成10年度は厳しい予算となることが見込まれており、上記3. のクロスオーバー研究としての連携の達成が困難となることが予想される。
評価責任者氏名：矢川元基	