

平成18年度 研究プロジェクト調書

法人番号	271007	法人名	大阪産業大学	大学名	大阪産業大学
プロジェクトの主体となる組織名	産業研究所				
研究プロジェクト番号・名称	1・高速光情報処理デバイス構築とその応用に関する研究				
プロジェクトに参加する研究者数	12人	研究期間	平成18年～平成22年（5年間）		
プロジェクトの研究代表者	(職) 教授 (所属) 大学院博士後期課程工学研究科生産システム工学専攻、 博士前期課程工学研究科情報システム工学専攻、工学部情報システム工学科 (氏名) 杉村明彦				

1 研究プロジェクトの研究の概要

○研究分野

本申請課題の「高速光情報処理デバイス構築とその応用に関する研究」は、近年情報化社会の重要な先端基盤技術の一つとして発展の著しい情報技術（IT）の中核を成すもので、ナノ領域で制御された電子移動や分子ダイナミクス制御による高密度光情報処理デバイス技術、幅広い周波数帯域での光制御技術による高速大容量光情報通信技術、さらに IT を用いた社会情報制御システムへの応用技術により構成されている。

これら IT 基盤技術に関する基礎科学分野で活発な研究を行い、新規な技術につながる着実な研究成果を挙げている研究者により、産業研究所内にハイテクリサーチセンター研究組織を構築した。本申請課題「高速光情報処理デバイス構築とその応用に関する研究」の研究組織は、組織図に示すように、次の4つの研究グループにより構成し、グループ間の相互連携を図りながら高速光情報処理デバイス構築に向けて研究を推進する。

G-1 界面制御分子膜グループ（界面制御分子膜の創生と高速液晶光応答素子の開発）

G-2 機能性光通信素子グループ（テラヘルツ光源の開発・カーボンナノチューブ非線形光学素子開発）

G-3 機能性光電デバイスグループ（高密度光情報ストレージシステムの開発）

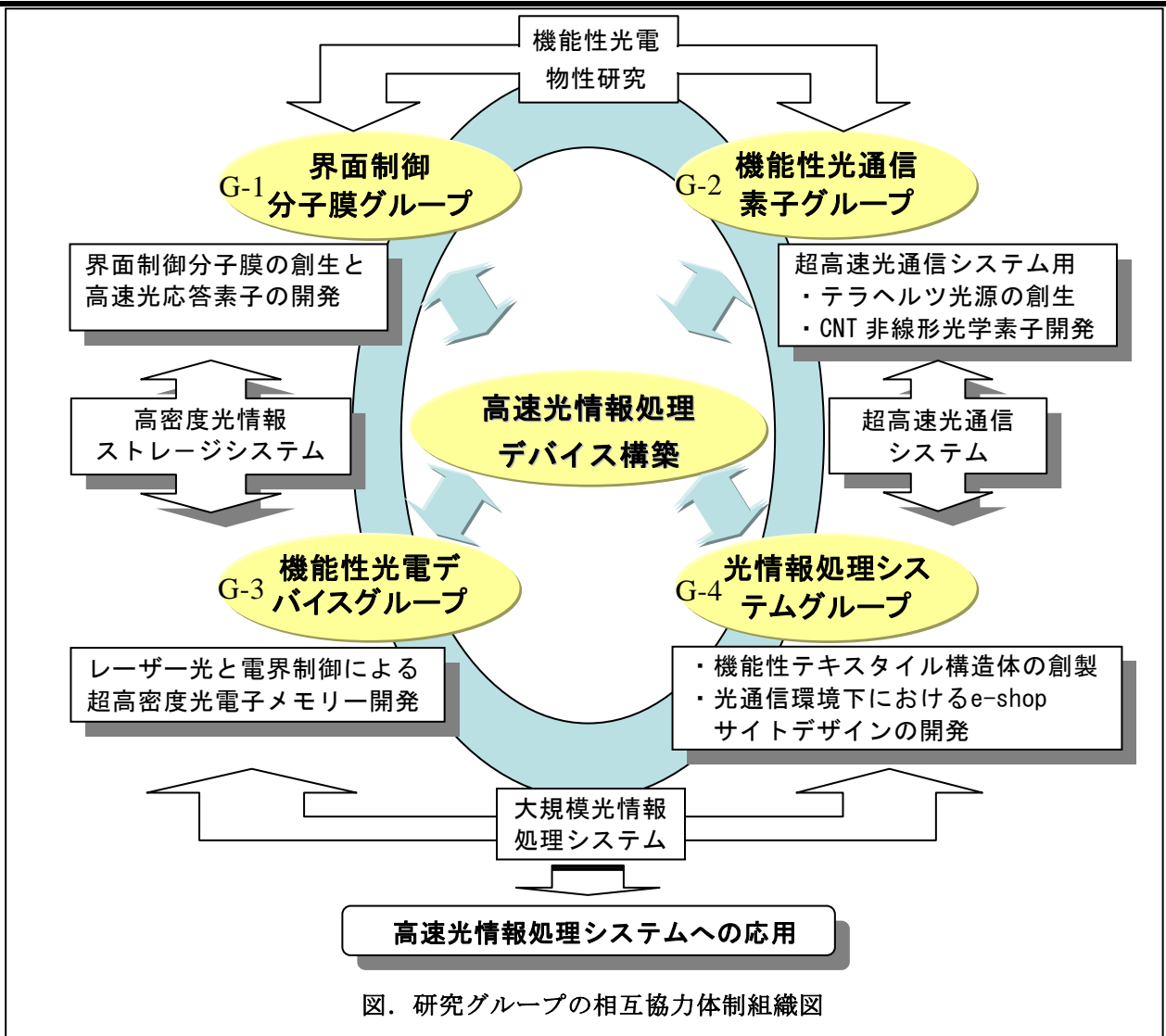
G-4 光情報処理システムグループ（高速光通信環境下における機能性テキスタイル構造体の創製と e-shop サイトデザインに関する応用研究）

グループ1では、高速光応答光スイッチング素子開発を目的に有機界面分子制御膜の創生を行い、新規な液晶光情報処理応用分野を拓く。グループ2では、超高速光通信システムを目的としたテラヘルツ周波数帯用光源と、新規に開発したカーボンナノチューブ(CNT)を用いた高速光スイッチング素子用非線形光学素子の創生を目指す。グループ3では、超高密度光記憶処理デバイス開発を目的として、多層積層膜アドレッシング技術を可能にする新しい3次元光記録システムを構築するとともに、レーザー光アシストと電界制御による超高密度光電子メモリーを開発し、テラバイト光メモリーシステムの実現を目指す。グループ4では、高速高密度光情報処理デバイスに対応した新規な社会情報制御システムとして、光ファイバーを用いた知能化されたテキスタイル構造体の設計指針を提示し、次世代型複合材料の実用可能性についても評価するとともに、高速光通信環境下における有効な e-shop サイトデザイン創生を行う。

具体的な各研究グループの研究分野の内容は、次の通りである。

1. 界面制御分子膜グループの研究分野： 柔構造液晶連続体では、ナノ界面によるマクロ領域の配向制御が可能である。ナノ固体界面有機分子やその幾何形状創生による極微なアンカリング制御は、液晶分子のダイナミックなベクトル制御を可能にする。界面制御分子膜の研究は、ナノ固体界面有機分子やその幾何形状創生による極微アンカリング制御により、全く新たな液晶光電現象を発現させる従来にない独創性を有しており、新規な液晶機能性を見出す極めて価値の高い研究分野である。従来、極微アンカリング制御については、その制御の困難さとデバイス応用例が少ないことから、国内外共にほとんど研究がなされていない。弱アンカリング材料開発の報告例（Nature, **392**, 365(1998)）があるが、その後の進展はみられていない。液晶性物質と柔軟な有機分子表面でのナノ分子界面制御、すなわち、極めて高度なスケール幾何界面制御は、従来の液晶表示素子応用に加え、分子レベルでの大容量情報処理機能性を有する高速光多重通信用光素子やレーザーフォトンクス素子等の新規な分子素子応用分野を拓く重要な最先端基盤技術の一つである。

大学名	研究組織名	※	※	プロジェクト番号
大阪産業大学	産業研究所	H		1



2. 機能的な光通信素子グループの研究分野： 高度情報化社会・ユビキタス情報化社会を向かえ、高速大容量の情報通信技術の確立が重要となっている。マイクロ波以下の電波周波数利用の増大に伴い、電波の混信や干渉などの問題が生じ、現在利用している周波数帯のみでは情報化社会へ対応できないことが問題となっている。そこで次世代情報通信技術として従来の電波よりも周波数が高いミリ波からテラヘルツ領域の周波数帯を利用した情報通信技術の確立が急務である。また、現在の情報化社会を支えている光通信では、ブロードバンドの普及に伴って、今後ますます大容量高速光通信技術が要求されている。機能的な光通信素子グループでは、これらの次世代通信技術の課題に対応すべく①テラヘルツ光通信用光源開発および②超高速光通信用光スイッチング素子の研究開発を行う計画である。具体的には、①テラヘルツの周波数帯で発振波長（周波数）が可変な光源としては、従来、自由電子レーザーがあげられるが、大型装置となるため取り扱いが困難である。そこでチェレンコフ効果やスミスパーセル効果を利用することにより、自由電子レーザー装置の小型化の実現を目指す。また②超高速光通信用光スイッチング素子材料としては、従来の光通信で使用されている波長（周波数）で使用でき、大きな光学非線形性および速い応答時間を有する材料が要求される。これらの要求を満足する材料として単層カーボンナノチューブが考えられており、単層カーボンナノチューブの合成から光学的特性評価までの一連の研究開発を行う。以上のように機能的な光通信素子グループの研究分野としては、量子光学を基盤とした物理学、化学、物性・材料工学、情報通信工学などである。

大学名	研究組織名	※	※	プロジェクト番号
大阪産業大学	産業研究所	H		1

3. 機能性光電デバイスグループの研究分野： グループ3で扱うオプトエレクトロニクス技術分野は、従来から存在する情報ストレージシステムのように個々のデバイスが原理的な観点からハイブリッドのシステムとして構成されてきた分野とは異なり、“光”と“電子”の分野がミクロの領域で相互に深く係わり合うことに着目した新しい融合技術として取り組む記録媒体の開発およびシステム構築のための光工学分野と電子工学分野を融合したマイクロ・オプトエレクトロニクス研究分野である。

従来のオプトエレクトロニクス分野では、広義には単に光学と電子の工学分野が関連しているだけで、たとえば各々のデバイスが二つの分野に分類できるだけの理由でそのように呼ばれている場合が多いが、本グループで取り扱う技術はストレージシステムの記録メカニズムにおいても原理的な段階から密接に光学と電子工学の分野が結びついている。たとえば記録媒体に直接電界を印加し積層膜において記録層の選択性を付与、すなわちアドレッシング機能を実現できるため3次元的な記録方式が可能となり高密度化が飛躍的に向上できるため二つの分野の融合は密接なものとなる。また、再生過程においても選択した積層膜への電界印加を基本としてレーザー光による光学変化の検出が基礎となり、二つの分野の基本的な技術の融合が不可欠となる。さらに消去過程においても、電界もしくはレーザー光にて一括消去および部分的な消去が可能となるため同様のことがいえる。このように本研究グループが取り扱う研究分野は直接的に光工学分野と電子工学分野が融合した新しいオプトエレクトロニクスの開拓と位置づけられるため本研究の意義は大きい。そのため、本グループの構成要員には、光記録媒体を専門とする者、電子デバイス、特に光エレクトロニクスデバイスを専門とする者、光物性・電子物性を専門とする者、そして光と電子を複合的に制御し統括的なストレージシステムに繋げる制御工学を専門とする者で構成されている。

4. 光情報処理システムグループの研究分野： グループ4は光情報処理デバイスの有効利用を検討する応用的研究である。適用対象として、1「古代の知恵を活かした次世代型テキスタイル構造体の創製」、2「オンラインショッピングサイトデザインに対する購買意欲向上効果の比較」を取り上げる。テーマ1では伝統的な古代からの技術や技能である知恵を現代の科学技術を基に検討する。その際、伝統産業に携わる職人を対象とし、各工程における動作を3次元解析し、特徴的な動きを定量的に捉えていく。さらにテキスタイル構造や色彩パターンに関する感性評価を実施する。これらの古代からの知恵と、現代の科学技術と現代人の感性を融合した知見を活かし、次世代型テキスタイル構造体の創製について検討する。テーマ2では、近年身近になったインターネットに対し、光デバイスを利用する高速通信が与える影響を検討する。特に、オンラインショッピングサイトの利用に着眼し、様々なコンテンツ生成技術が創設される中で、どのようなコンテンツ提示方法が商品紹介として有効であるかを、購買者の意思決定過程モデルを生成することで分析する。以上のとおり、本グループの研究分野は、光デバイスの応用技術の適用の可能性と社会的な影響を考察する、工学的技術と心理学および社会学との境界的分野である。

○研究内容 「高速光情報処理デバイス構築とその応用に関する研究」推進のために各グループは、相互連携を図りながら下記の内容で目標達成のための研究を実施する。

1. 界面制御分子膜グループの研究内容： 本研究は、幾何工学を利用した分子界面の機能と制御を目的として、ナノ・ミクロ・マクロなエレクトロニクス物性・新規現象からのアプローチを行い、幾何工学を利用した分子界面の機能と制御に関する工学手法の確立を目指す。そのため、界面幾何工学を利用した分子界面での有機分子集合体の配向制御と新規な機能性の発現を目的として、ナノスケール界面有機分子の2次元形状幾何制御による、柔構造弾性体の長距離空間制御を実現する。具体的には、ナノメトリック領域での微視的な液晶分子ダイナミクス界面制御技術の確立、およびダイレクタ配向状態間遷移機能性をを用いた高速光制御素子のマイクロ・エレクトロニクス分野への応用を目的としている。これらの研究により従来のアンカリング技術を越えた、極微アンカリング配向規制力を有する界面材料の開発と、それらの局在化制御により、液晶分子界面制御技術を確立する。研究計画としては、微弱配向力を有する σ 電子系ポリシランやテフロン系有機薄膜等の有機界面材料を開発し、それらの有機材料の界面状態を微細化することにより（周期構造化、LB膜化）、互いに相反する極微アンカリングとダイレクタ配向方向規制力の制御を可能にする。さらに、これらのアンカリング制御膜をナノメトリック領域へ局在化成膜制御を実現する。すなわち、ナノ局在化した配向膜により、極微アンカリング条件での液晶配列を制御する。最終研究目的は、局在化した配向制御領域を用い、多値光安定状態間の遷移が数マイクロ秒で実現できる高速多値光安定液晶素子を実現する。本研究は、極微アンカリング制御・ナノ配向領域の局在化・高速多値光安定多次元液晶光電素子を実現する従来にない独創的な課題である。

大学名	研究組織名	※	※	プロジェクト番号
大阪産業大学	産業研究所	H		1

2. 機能性光通信素子グループの研究内容： 次世代情報通信技術として超高速大容量通信技術が要求される。機能性光通信素子グループでは、①テラヘルツ領域の周波数帯を利用した情報通信技術の確立の一つとしてテラヘルツ光通信光源開発、および②超高速光通信システムにおける光スイッチング素子開発を行う計画である。

具体的には、①テラヘルツの周波数帯で発振波長（周波数）が可変な光源としては、従来、自由電子レーザーがあげられるが、相対論的電子ビームを用いるため装置が大型となり、取り扱いが容易ではない。そこで今までに装置の小型化を目指すべくレーザー装置の構成要素の一つであるウィグラーと呼ばれる周期磁場の小型化に成功した。最近、チェレンコフ効果やスミスパーセル効果を利用した自由電子レーザーに着目し、これに用いる電界放出電子ビーム源開発、電子ビーム伝搬系開発、誘電体結晶の光学特性測定およびデザインなどの研究を、理論的解析やシミュレーション実験などを並行して推進する計画である。②超高速光通信用光スイッチング素子材料としては、従来の光通信で使用されている波長（周波数）で使用でき、大きな光学非線形性および速い応答時間を有する材料が要求される。これらの要求を満足する材料として単層カーボンナノチューブが注目されている。比較的高純度・高品質な単層カーボンナノチューブが合成できるレーザーアブレーション用光源として、従来、可視・赤外レーザーが用いられてきた。そこで今までに紫外レーザーの高い光子エネルギーに着目し、紫外レーザーによる単層カーボンナノチューブ合成に成功した。ここでは、単層カーボンナノチューブ合成の最適合成条件を求め、合成された単層カーボンナノチューブをデバイス化し、非線形光学特性評価を行い、単層カーボンナノチューブ合成からその光学的特性評価までの一連の研究開発を行う。

3. 機能性光電デバイスグループの研究内容： 本プロジェクトの研究の目的は、先端光情報処理システムにおける新規な情報ストレージデバイスの開発およびシステムの構築を行うことにある。情報処理システムが高性能化すれば蓄えられる情報量は膨大になり、特に本研究プロジェクトで目指す光情報処理システムでは、情報処理を行うための信号処理システムが光ベースで行なうことを目指すため処理速度は従来の電子を扱う情報処理システムと比較し格段に高速化され、それに伴う情報の蓄積量は飛躍的に増大する。その要求を満たすためには従来の記録デバイスでは限界が生じ、新規な発想に基づく情報ストレージシステムの構築が不可欠となる。そのためには、2次元記録方式から3次元記録方式へ、さらに2値記録方式から多値記録方式など飛躍的に情報量が増大するシステムを開発する必要がある。そこで、本研究では、まず、3次元記録として多層光記録方式の開発を行う。これは電界の極性のある方向に印加するとレーザー光に反応する記録層と電界を印加することを目的とした透明な電極層とを交互に多層に積み重ねる積層構造で可能となる。つまり電界印加の極性依存で光学変化が可逆性を有するある種のエレクトロクロミック材料などが候補に挙げられるが、さらに書き込みレーザー光で光学変化が生じる記録層であること、さらに電界印加の極性を反転し書き込みを消去する機能を有することなど記録膜に対しての要求を満たさなければならないため、開発に成功すれば大きな成果が期待できる。次にさらなる記録密度の向上は従来の2値記録から多値記録への展開となるが、本研究では電界印加と光記録システムと重畳する過程において電界変化で光反応の制御が可能となり、多段階調の光記録マークの書き込みができ、読み取り時の反射率変化の多値化で多値記録に対応できる画期的なシステムが完成する。以上のように積層技術と多値記録との相乗効果で飛躍的に情報蓄積量の大きな光ストレージシステムが構築され、5年間の研究期間で完成を目指す。

4. 光情報処理システムグループの研究内容： ①古代人から受け継がれてきた伝統的な技術や技能である知恵を再発見し、現代の科学技術を基に、次世代型テキスタイル構造体の創製へ活かしていく。伝統産業に携わる職人を対象として、各工程における動作を3次元解析するとともに、古代人が作製した文化資産に対する感性評価も実施する。これらの評価から得られる知見をもとに、基本的な1次構造体としてのテキスタイルおよび複合材料を作製し力学的特性の評価を行なう。さらに、2次構造体としての機能特性の評価も行ない、種々の母材および繊維の構成におけるデータベースの構築を行なう。さらに自己診断の可能性および刺激応答性の評価について検討を行ない、光ファイバーを用いた情報処理の有益性を検討するとともに、諸特性に及ぼす影響について考察する。②データ通信容量の制約の少ない状況下で、画像や動画による商品紹介がどの程度購買意欲向上に有効であるのか、また、購買意欲を刺激するコンテンツ表示方法はどのようなものであるかを、明らかにする。オンラインショッピングサイトで実現されている商品情報提供方法の効果比較として、ショッピングサイト利用者の購買過程のサイト利用データおよび利用時のアンケートデータを収集し、購買者モデルの作成し有効な情報提供方法を見出す。

大学名	研究組織名
大阪産業大学	産業研究所

※	※	プロジェクト番号
H		1