



# 国際的に卓越した 大学院先端研究教育拠点の形成について

東京大学 大学院工学系研究科物理工学専攻 教授  
総合研究機構 光量子科学研究センター長

五 神 真

- ・ 科学技術人材確保の危機
- ・ 東大工学部進学者志望動向
- ・ 光量子科学分野の取り組み  
産学連携修士課程教育改革  
ネットワーク型拠点
- ・ 国際トップレベルから国際トップへ

# ハイテク日本 エンジニアの枯渇

— ニューヨークタイムズ 2008.5.17 一面報道 —

HOME PAGE MY TIMES TODAY'S PAPER VIDEO MOST POPULAR TIMES TOPICS

The New York Times World Business

WORLD U.S. N.Y./REGION BUSINESS TECHNOLOGY SCIENCE HEALTH SPORTS OPINION

Search Business Name, Company Go Financial Tools Select a Financial Tool More in World Business

## High-Tech Japan Running Out of Engineers

By MARTIN FACHLER  
Published: May 17, 2008

TOKYO — Japan is running out of engineers.



Enlarge This Image

After years of fretting over coming shortages, the country is actually facing a dwindling number of young people entering engineering and technology-related fields.

Universities call it "rikesi banare," or "flight from science." The decline is growing so drastic that industry has begun advertising campaigns intended to make engineering look sexy and cool, and companies are slowly starting to import foreign workers, or sending jobs to where the engineers are, in Vietnam and India.

It was engineering prowess that lifted this nation from postwar defeat to economic superpower. But according to educators, executives and young Japanese themselves, the young here are behaving more like Americans: choosing better-paying fields like finance and medicine, or more purely creative careers, like the arts, rather than following

AP Photo for The New York Times  
At Utsunomiya University, north of Tokyo, graduate students in the engineering department demonstrate an optical system.

Multimedia

Number of all students



Graphic: Tapping Talent Abroad

AP Photo for The New York Times  
NOTORIOUS in theaters 08

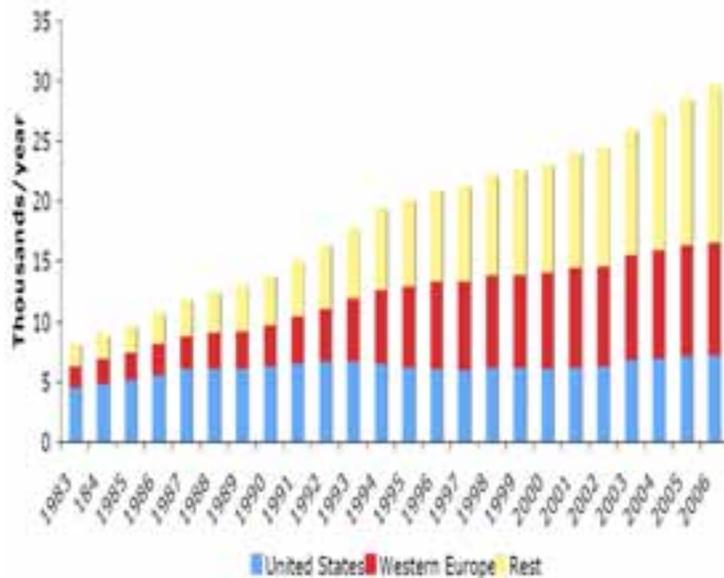
## 日本の科学技術人材の課題

(1) 日本人若者の工学離れ

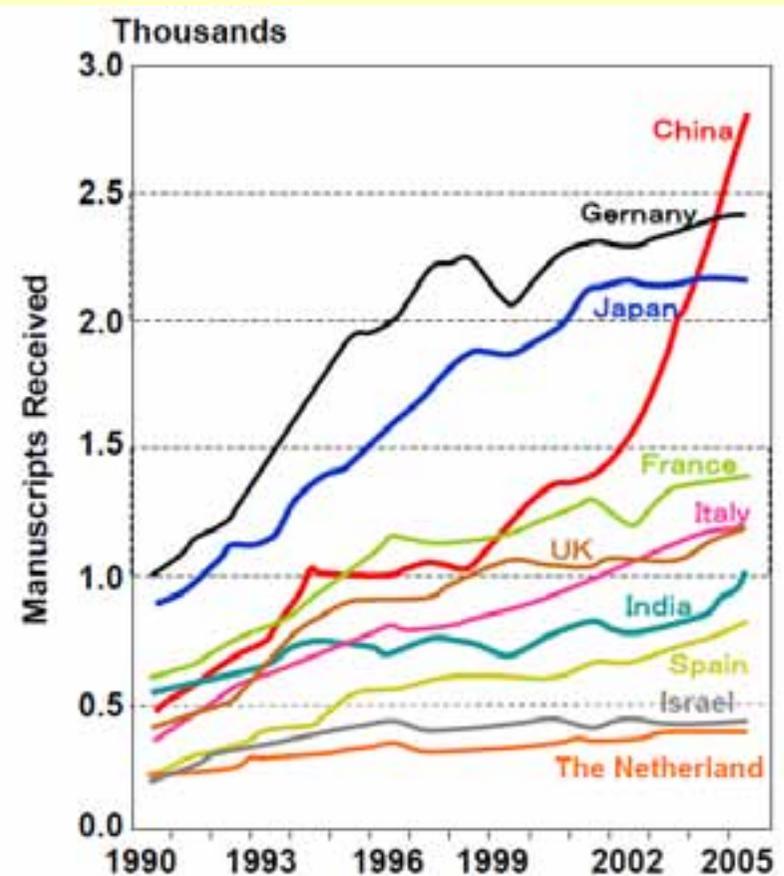
(2) 外国人のエンジニア獲得  
出遅れ

# アジアの台頭： 物理学トップジャーナル論文数から

Physical Review and  
Physical Review Letters Submission  
1983-2006



Selected PR & PRL Receipts by Country



# 科学技術人材確保の危機

## ● 工学部（130年）

(1877, M10) 工部大学校

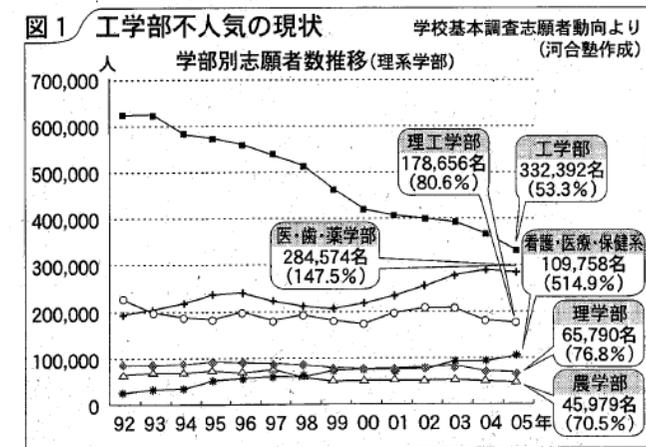
(1886, M19) 東京大学工科大学 **大学に設置された世界最初の工学部！**

(1897, M30) 京都大学工学部

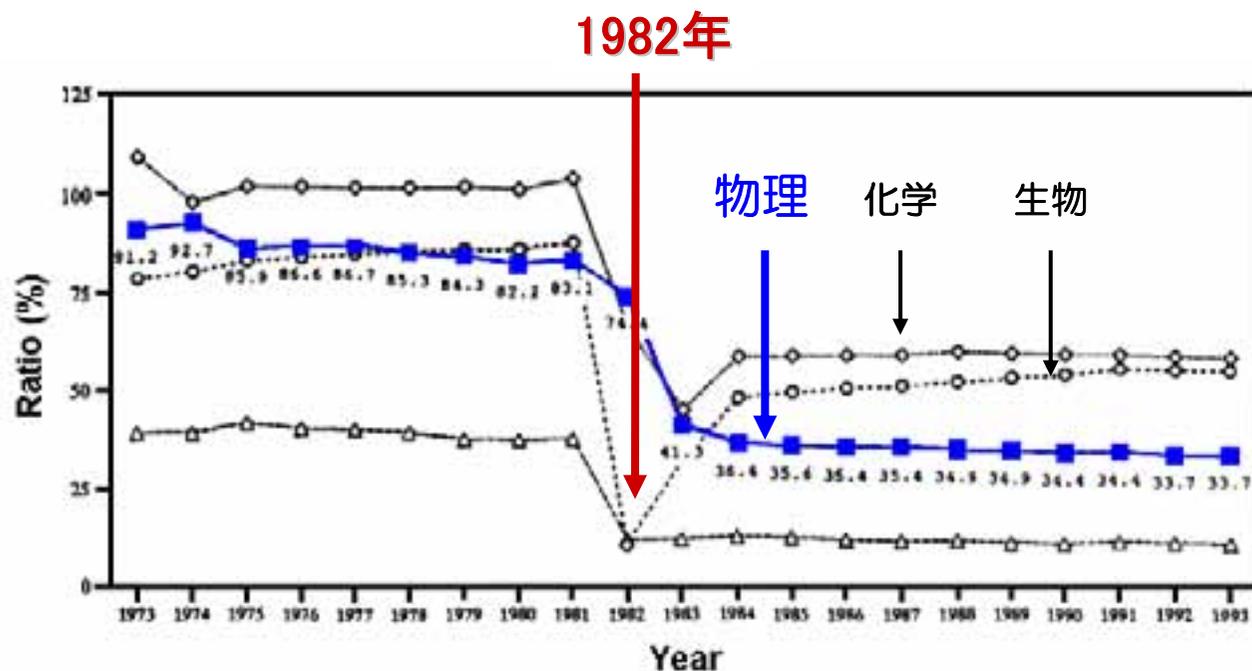
戦後学制改革：旧制の研究教育大学モデルによるハイレベル学部教育  
質・量に優れた高度学士を輩出 → 国際的優位性  
→ 高品質大量生産モデルによる生産技術イノベーション

**エレクトロニクス・通信・精密機械**  
**新産業の創出 → 世界の産業を牽引**

ところが、  
工学部基幹部門の苦戦  
(東京大学も例外ではない)



# 高等学校「物理」未履修問題



理科科目別履修率の変遷（\*）

**物理履修率：現在は20%以下**

（\*） 鶴岡森昭他, 高等教育ジャーナル(北大), 第1号(1996)  
「大学・高校理科教育の危機 —高校における理科離れの実状—」

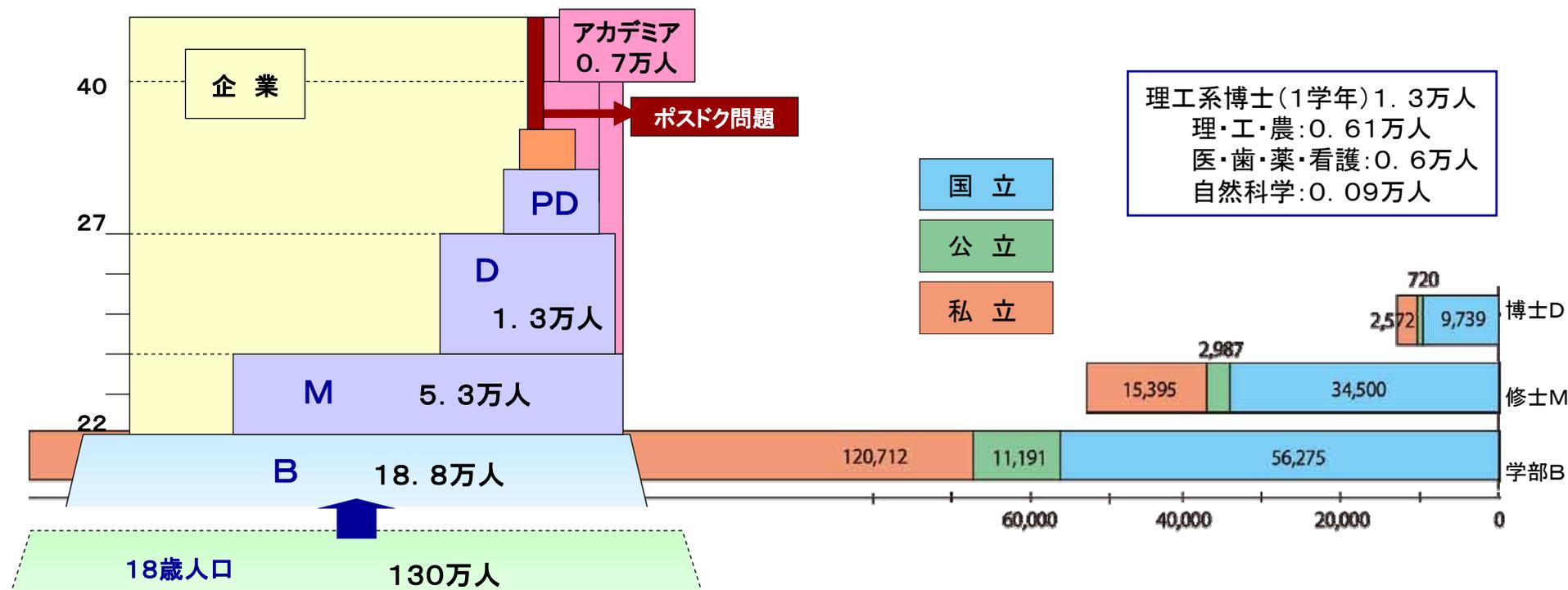
# 科学技術系人材育成と大学院

## ● 大学院

重点化: 高度人材の強化を狙う

修士進学者の激増 → 教育の質の維持が課題に

博士進学者の増大 → 基礎分野: ポスドク問題 高学歴ワーキングプア  
 応用分野: 優秀人材の博士離れ



# 21世紀に日本人が世界で活躍するには

20世紀の日本型産業モデルの資産の活用と転換  
(優秀な多数の学士卒技術者が牽引した高品質大量生産)

- ・ 高度学士技術者(日本の優位性)の維持  
→ 学部(+修士)教育の点検
- ・ 開拓力・俯瞰力を持つ人材の効果的育成  
→ 世界と戦える高度な専門性と水平展開力

## 大学院改革

### ポイント:

- ・ 学部教育の点検改革と合わせて行う  
例: 水平展開力の素地は学部で養うべきではないか?  
設計図を描く能力・回路設計基礎技能等の養成は大学院でやるべきか?
- ・ 大学院の総規模にかなう役割の明確化  
高度人材育成 and/or 研究推進
- ・ 大学院卒者のキャリアパスの設計と適正化
- ・ 博士課程: 規模と中身の再設計が必要  
教育制度の最上位階層としての役割・必要規模の設計  
但し、研究教育大学において行われている基盤的研究機能の維持も大切  
大学を再編し大学で維持すべきか、研究独法、民間企業へ移すべきか?

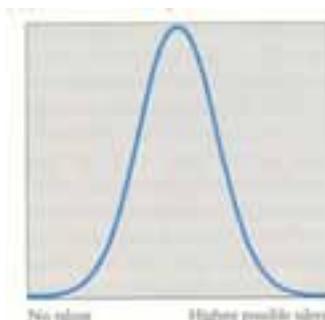
# ロダンとラマン: とんでもないことをする人の分布は ガウス分布に当てはまらない — 黒川清氏講演より

黒川清: 第1回 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形成事業」  
シンポジウム(H21.1.23)

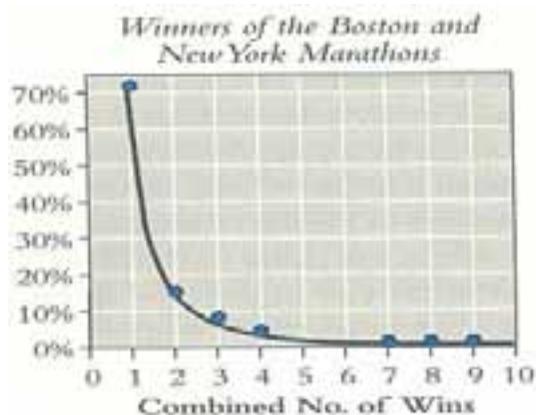


Charles Murray  
“Human Accomplishment”より

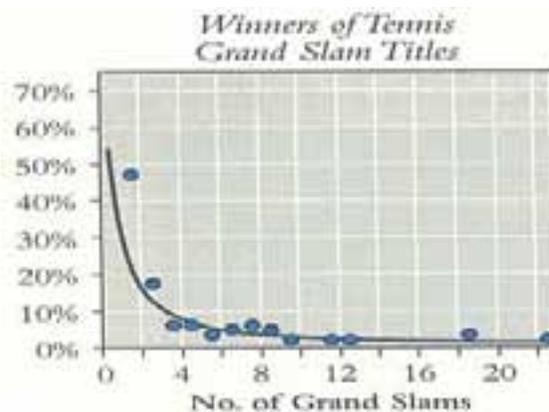
Harper Perennial  
(November 9, 2004)



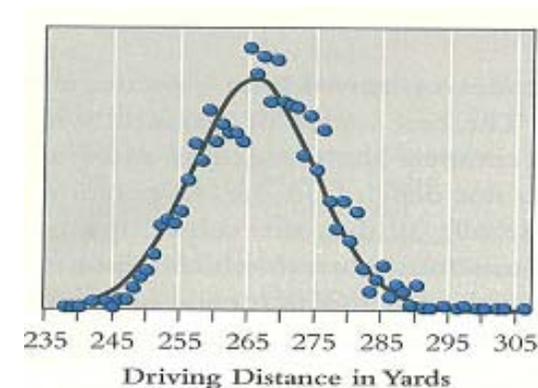
「出る杭をのばす！」



マラソン: ボストンとニューヨークマラソンに  
優勝した回数



テニス: グランドスラムを獲得した回数



ゴルフ: 飛行距離

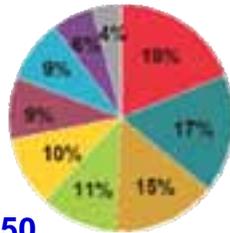
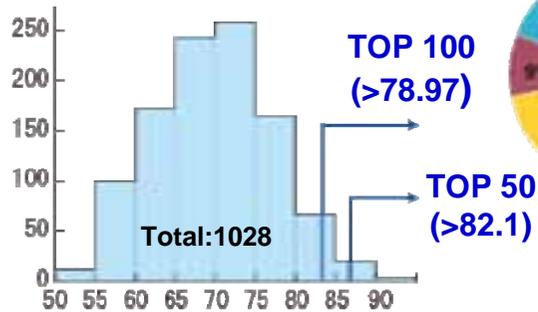


# 成績上位者(工学部進学者)にみる志望選択の推移

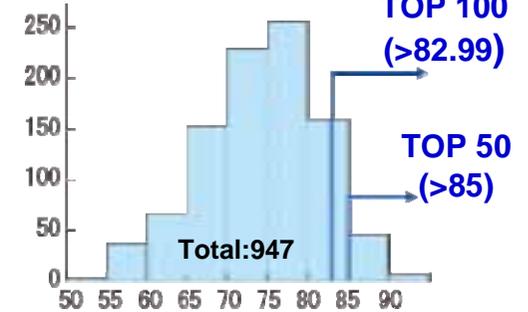
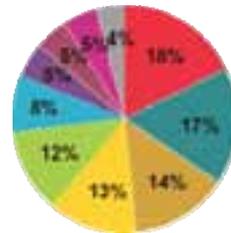
平成元年度



平成21年度



- 機械・精密系
- 都市・土木・建築系
- 化学系
- 電気・電子系
- 応物系
- 金材・材料・マテリアル系
- 航空・宇宙
- 地球・資源・海洋・船舶系
- システムマネジメント系
- 原子力

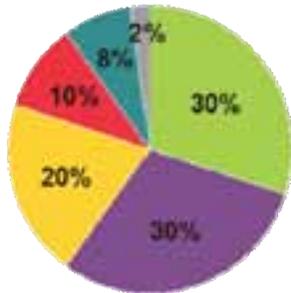


## 進振り上位工学部進学者

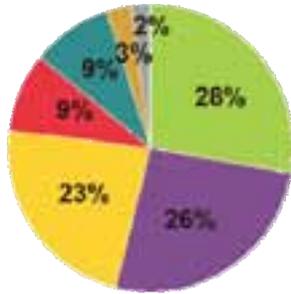
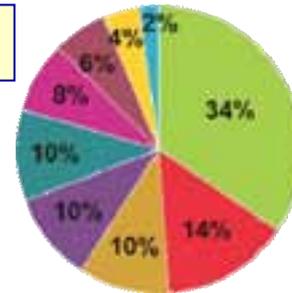
- 理学ではなく工学を選択
  - ・物理は好きだが社会と関わりたい (応用物理系)
  - ・分野を特定したくない(応用物理系)
  - ・高校時代から化学の実験が好き (応化学)
  - ・ロボットに興味(機械・精密)
  - ・宇宙にあこがれている(航空)

## ■ 将来の社会への参加・貢献を意識

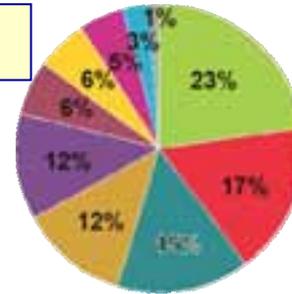
Ref.  
東大理1の60%以上が研究者志望 (入学直後調査)



TOP 50



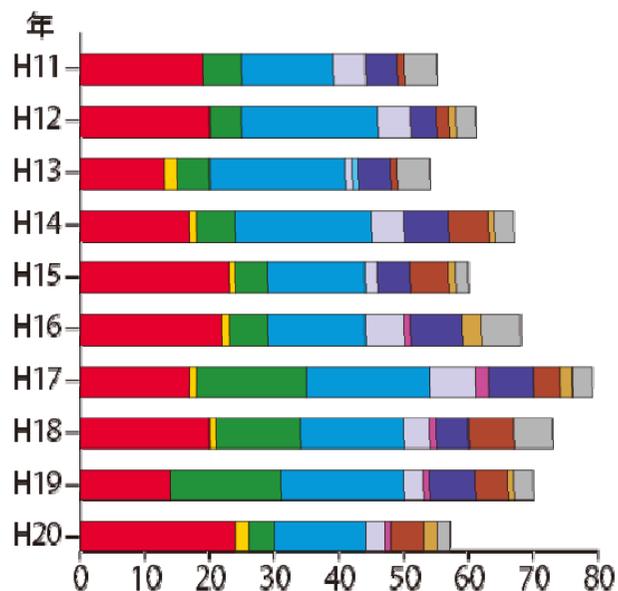
TOP 100



- ↶ 化学系  
マテリアル系  
システムマネジメント系  
都市・環境・土木・建築系  
機械系
- 応物系
- ↷ 宇宙航空  
電気系  
原子力

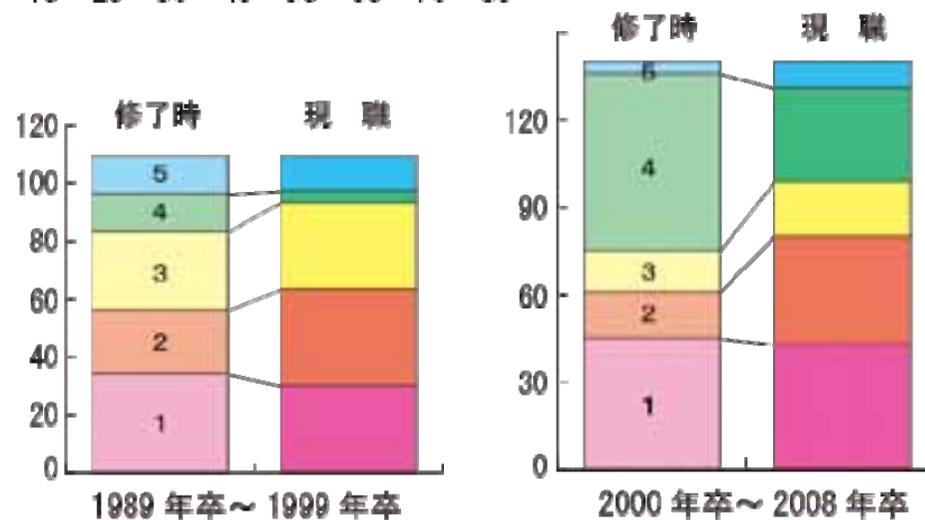
# 東京大学物理工学専攻修了者の進路

## 修士課程修了後の進路

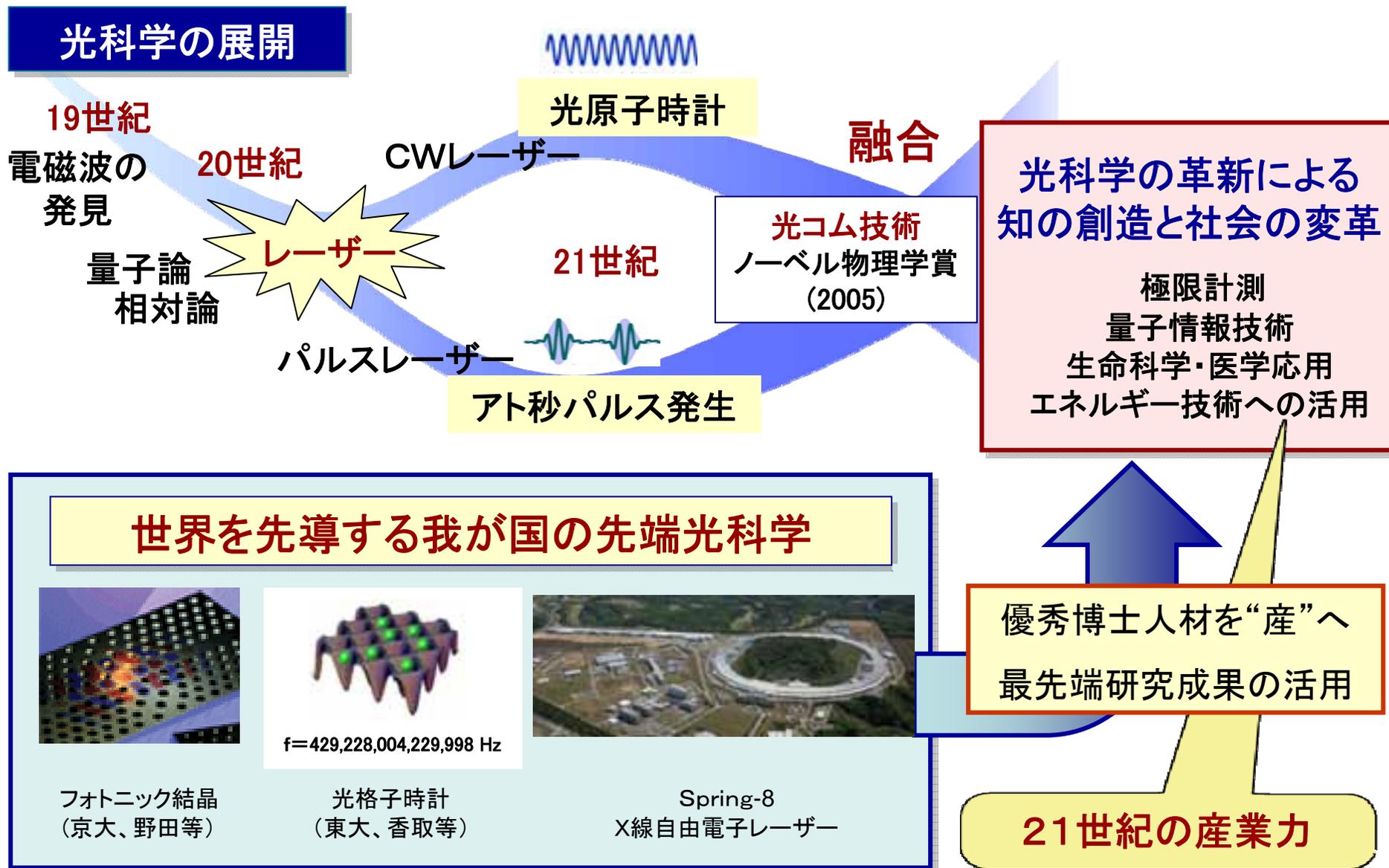


## 博士課程修了後の進路

1. 企業へ就職
2. 大学の常勤職員として採用
3. 公立研究所等の研究員
4. PDとして採用
5. その他 (公務員等不明を含む)



# 加速する光科学



# 光科学分野におけるトップ交流

## トップ研究者と日本の研究者の長年にわたる密接な交流

例：量子エレクトロニクス(レーザー基礎分野)

日米セミナー(日本学術振興会)3年ごとに開催(30年)

日米各20名程度が参加する小規模クローズミーティング

2003年第9回 (@八ヶ岳: J.Doyle[ハーバード大]、五神[東大])

2006年第10回 (@コロラド: D.Jin[JILA]、上田正仁[東大])

過去9回の参加者から多数のノーベル賞受賞者(11名)。



第9回 日米セミナー@八ヶ岳 2003.8

ノーベル賞研究に  
日本の若手が多数参加。

## 光科学におけるノーベル賞受賞者

受賞年	受賞者
2005	ロイ・J・グラウバー
	ジョン・L・ホール
	テオドール・W・ヘンシュ
2001	エリック・コーネル
	ヴォルフガング・ケターレ
2000	カール・ワイマン
	ジョレス・A・アルフェロフ
1997	ハーバート・クレーマー
	スティーブン・チュウ
	クロード・コエン=タヌージ
1989	ウィリアム・フィリップス
	ノーマン・ラムゼー
	ハンス・デーメルト
1981	ヴォルフガング・パウル
	ニコラス・ブルームバークン
	アーサー・ショーロー
	カイ・シーグバーン



S. Chu  
ノーベル賞受賞(1997)  
米国エネルギー庁長官  
(2009~)



J. L. Hall  
ノーベル賞受賞(2005)

# 光科学分野: 我が国の若手研究者の活躍



## 井上 慎

(1996五神研D1  
→1996 - 2001MITでPhD)



井上 慎 氏

ケターレ 教授  
2001年  
ノーベル賞受賞



東大工 若手育成プログラム  
“スーパー准教授”

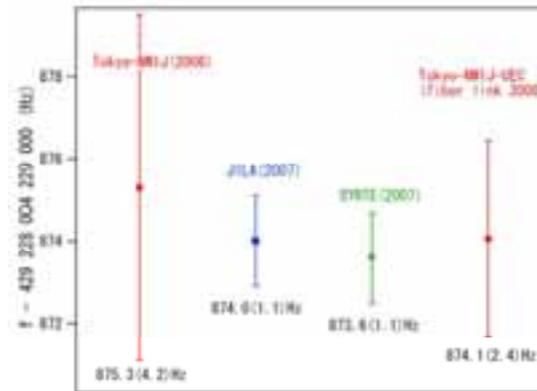
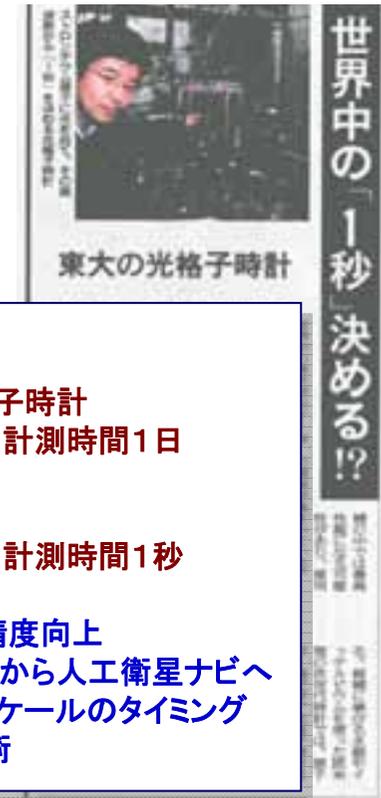
## 香取秀俊: 我が国から1秒の世界標準を!

2004年:  
国際度量衡委員会の時間・周波数諮問委員会及び長さ諮問委員会が  
“Joint working group on secondary representations of the second”を  
設置し、「秒の再定義」に向け作業を開始

### 2006年10月: 「秒の二次表現」の採択

1. ルビジウム原子マイクロ波遷移
2. ストロンチウムイオン光遷移
3. 水銀イオン光遷移
4. イッテルビウムイオン光遷移
5. 中性ストロンチウム原子光遷移

読売新聞 2006/10/9



JILA /SYRTE の値と $6 \times 10^{-16}$ で一致  
(東大香取グループ2008年8月)

現在:  
セシウム原子時計  
16桁 計測時間1日  
10年後:  
光原子時計  
18桁 計測時間1秒  
→GSPの精度向上  
カーナビから人工衛星ナビへ  
アト秒スケールのタイミング  
同期技術

# 卒業論文研究で世界先端研究に手が届く

## 五神研究室卒業論文例



- ・ 蔡 恩美  
歪トラップしたCu<sub>2</sub>Oパラ励起子の励起子Lyman分光
- ・ 神田 夏輝  
モルフォロジー制御によるTHz電磁波制御法の研究
- ・ 今村 隆寛  
Erドープファイバーレーザーのモード同期制御と増幅



総長大賞受賞

N. Kanda et al., Opt. Express,  
15, 11117 (2007)



H20年度卒論で製作したエルビウムドープ  
モード同期ファイバーレーザー(弁当箱サイズ)

学生指導は一品生産

# 産学連携による大学院修士教育の改革



## 先端レーザー科学教育研究コンソーシアム

*Consortium on Education and Research on Advanced Laser Science*

山内 薫（東京大学大学院理学系研究科附属超高速強光子場科学研究センター センター長・教授）  
五神 真（東京大学大学院工学系研究科・総合研究機構レーザーアライアンス 教授）

- ・先端光産業技術者による修士課程向け出張実習および講義  
（大学に装置を持ち込んで実習）  
先端産業技術に触れる  
産業界でのキャリアモデル紹介  
先端産業技術と現代学理の融合
- ・電気通信大学、慶応義塾大学との単位互換大学を超えた人的ネットワークの形成



### 博士TAプログラム（2009-）

- ・カリキュラム & テキスト執筆
- ・修士学生の指導補助
- ・実験課題・教材の開発

- ・先端光科学技術を持つ企業**21社**の研究者・技術者が指導

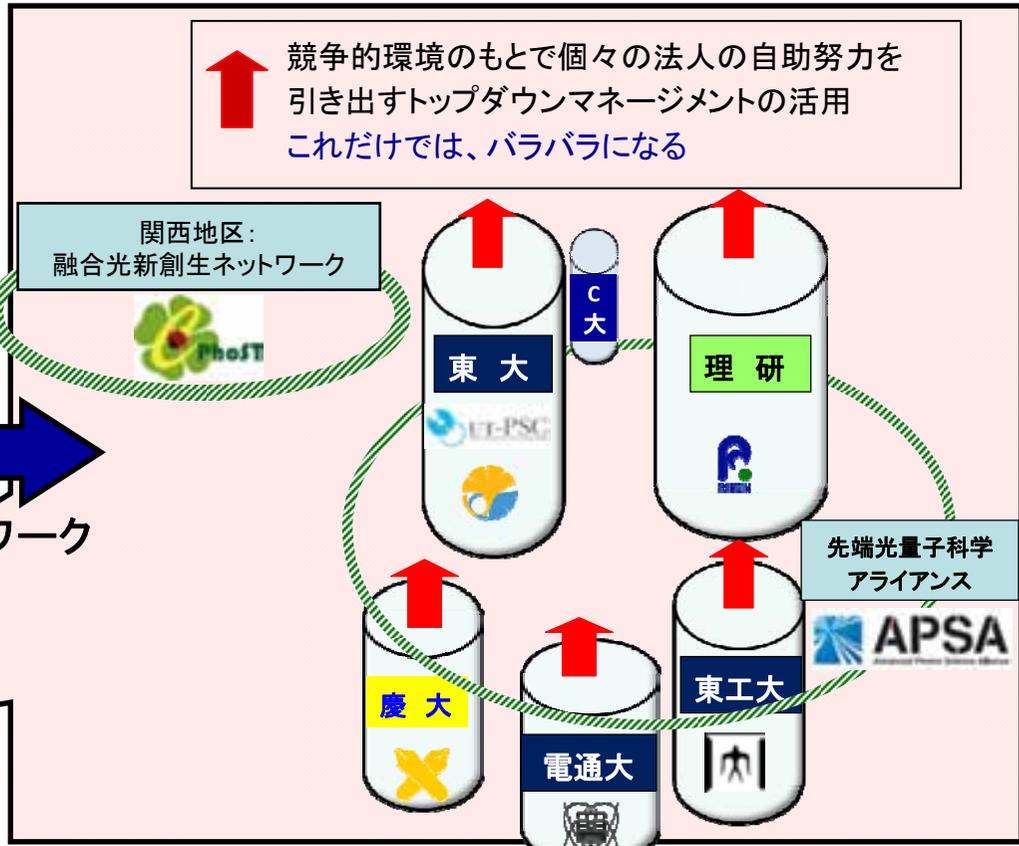
（キャノン、浜松ホトニクス、三菱電機、ニコン、シグマ光機、ブイ・テクノロジー、リコー、横河電機、富士フイルム、日亜化学工業、日本電信電話、オムロン、オムロンレーザーフロント、ウシオ電機、オリンパス）

# ネットワーク型拠点形成 縦系(機関)と横系(学術分野)を伸ばす仕組み

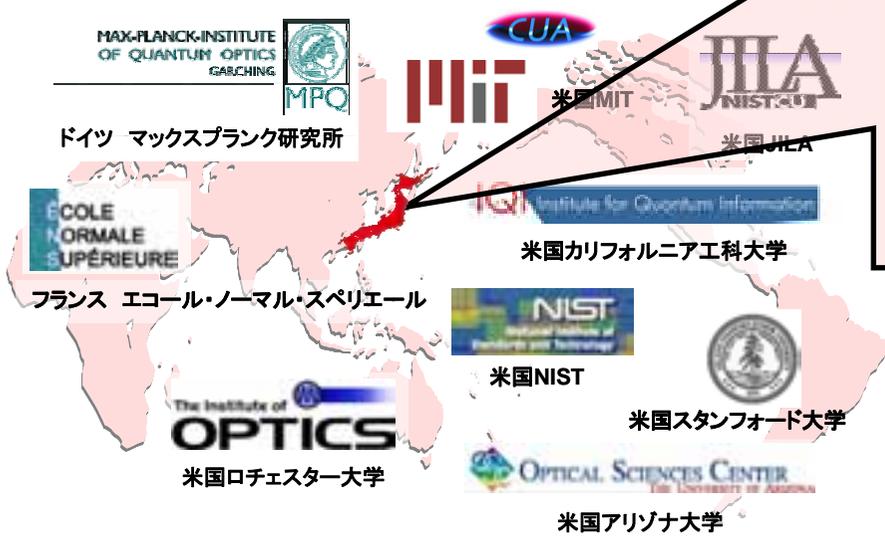
## 光・光量子科学の推進にむけた検討

- 平成17年8月 第19期学術会議 声明  
「光科学研究の強化との方策について」
- 平成19年7月 光科学技術の推進に関する懇談会  
中間報告書  
○領域横断的仕組みによる高度な光人材の育成  
→「光量子科学研究拠点の形成に向けた  
基盤技術開発事業」(H20-29)

↑ 競争的環境のもとで個々の法人の自助努力を  
引き出すトップダウンマネジメントの活用  
これだけでは、バラバラになる



国内ネットワーク

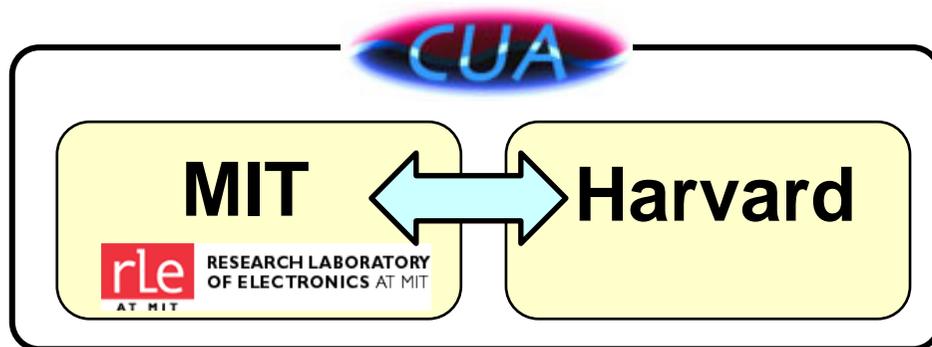


国際トップ拠点が欲しい  
国際競争力のある  
トップ人材養成

## 海外の競争相手：光量子科学分野の世界拠点の例

### MIT & ハーバード CUA (Center for UltraCold Atoms)

<http://www.rle.mit.edu/cua/new/cua2.asp>



#### 年間予算

第1期: 220万ドル

第2期: 増額

予算配分はDirectorは決定。

特別予算に関しては、PI 内で決定。

#### 活動内容

#### Weekly Seminar

**(PI出席率65%以上)**

10分学生トーク(未発表データの議論)  
20分ティータイム  
外部スピーカー

#### Visitor

世界トップ研究者 1週間～数ヶ月滞在

#### アウトリーチ

高校教員を目指す学生向けサマースクール

#### Workshop

年に1回開催。

PI主催の国際集会を1・2回サポート

#### 第1期:(2001-2006)

PI 10名

Daniel Kleppner (Director)

John Doyle (Co-director)



#### 第2期:(2006-)

PI 14名

Wolfgang Ketterle (Director)

Daniel Kleppner, John Doyle (Co-director)



## 国際競争力のある大学院拠点形成に向けて

---

- **世界のトップ学生を確実に捉える**

  - 米国の大学と同等な入り口を用意**

    - 大学院選抜方式の違い: 日本に留学するには特殊な準備が必要

  - 日本で学ぶことの付加価値を高める**

    - 日本語教育の充実、日本の産業界との交流

- **厚みのある支援**

  - 米国トップ: 奨学金は年間6万ドル(生活費2万6千ドル)

  - 日本: 年間300万円程度であれば競争力あり。

- **教員による密接な指導**

  - 日本の教員の時間の劣化

    - 教育・研究に時間を優先して使える体制を整備  
運営管理支援スタッフの充実等

# 米国(理系)大学院の入学の流れ

1年半前～

全国共通試験

1年前～

キャンパス訪問  
教授とのコンタクト

推薦状依頼

Statement of Purpose  
準備

12月-1月

出願手続き  
(Web/郵送)

2月-3月

結果通知

3月末

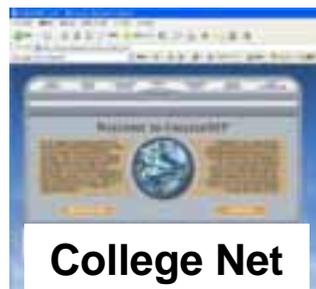
オープンキャンパス  
・見学

～4/15

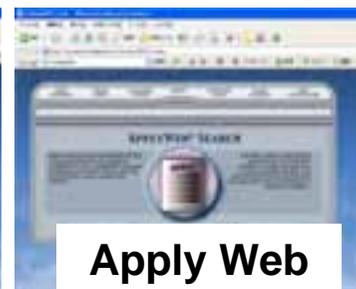
入学手続き開始

8月-9月

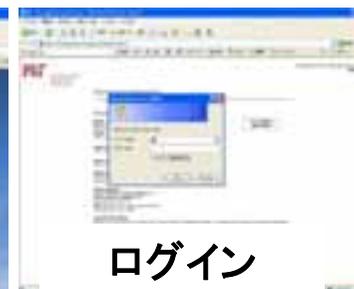
入 学



College Net  
(MIT)



Apply Web



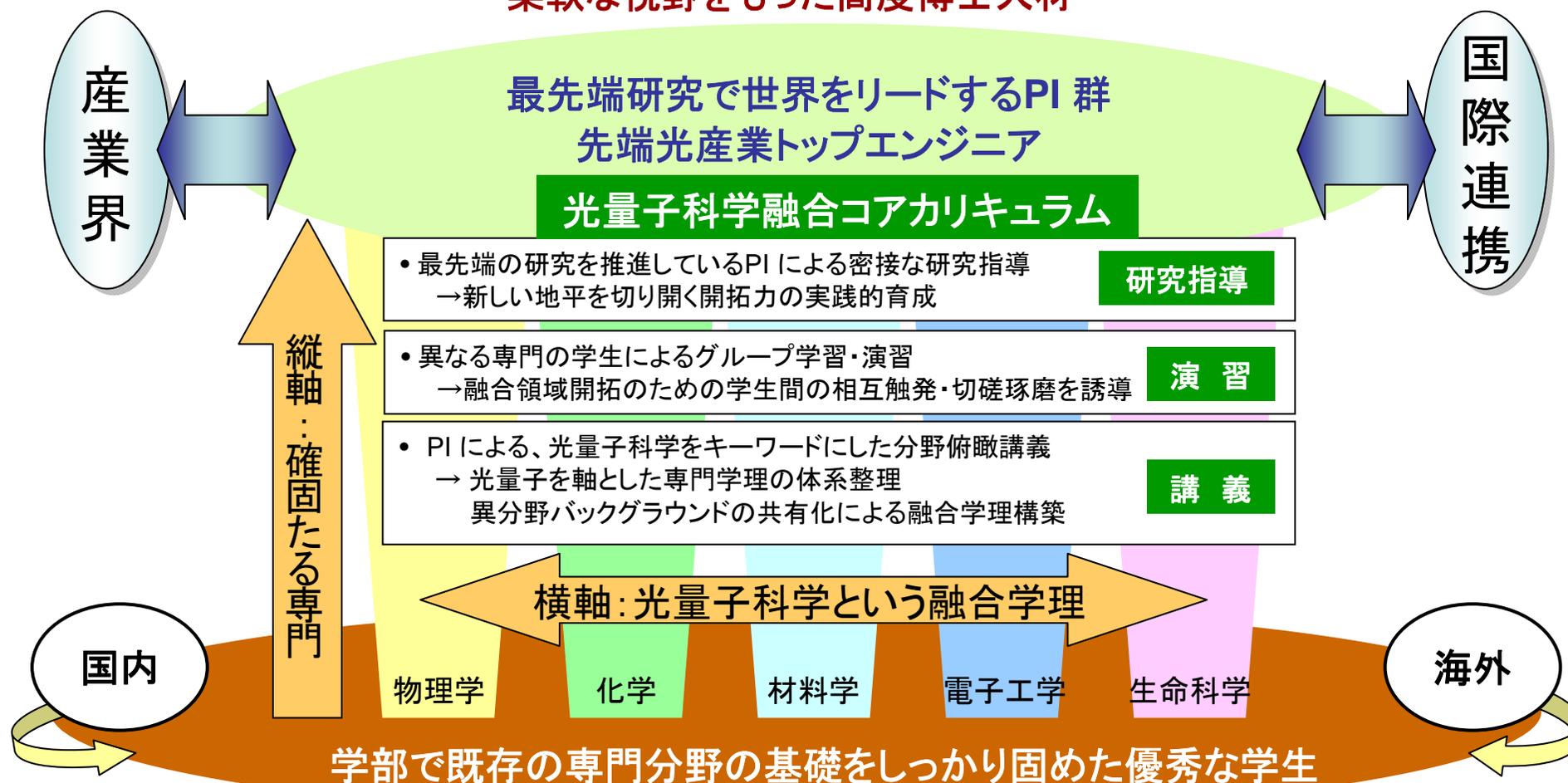
ログイン

- ・学部成績(大学院成績)
  - ・TOEFL/IELTS (英語力)
  - ・GRE(英語、数学=基礎学力)
  - ・GRE subject(専門科目)
- } 全て  
米国国外で  
受験可能
- ・論文・学会発表・受賞歴
  - ・Statement of Purpose:  
研究したい内容、モチベーションなどを記述。
  - ・推薦状(三通)
  - ・その他  
研究室の教授とのコネクション・コンタクト

# 「横断型大学院特別コース」プログラムの構想

世界の産業・アカデミアに、異分野展開能力の高い高度な専門家を供給

高い専門性を持ち、広く水平展開できる  
柔軟な視野をもった高度博士人材



# 最先端博士育成拠点：世界トップレベルから世界トップへ

## 光量子科学：我が国の優位性

- 世界最先端の研究実績
- トップ研究者群との中長期連携交流
- 日本の先端光企業群とのリンク  
(ビジョン技術、光エレクトロニクスなど)
- 基盤科学(物理、化学等)の優位性
- 先導的な産学連携教育プログラムの実績

## 海外の競争相手

### 他国の光科学分野の拠点例

D. Kleppner



W. Ketterle

J. Doyle



Center for UltraCold Atoms

MIT

Harvard

ノーベル賞受賞者を含む14人のPI

## さらに必要となるもの

- トップレベルPIの結集
- 修士博士一貫エリートコースによる育成
- 海外トップ大学院と整合する入試方式  
秋入学などを可能とする制度整備
- 博士教育強化  
産学連携による実践力要請、俯瞰力強化
- 学生の生活支援も含む融合環境  
(外国人・日本人混合インターナショナルロッジ)

## 日本のアドバンテージ

- 日本発の世界最先端研究
- 日本の最先端企業とのコネクション  
→ 含 キャリアパス構築

世界の優秀学生を集め  
切磋琢磨



世界トップの研究教育拠点  
博士を世界の産学へ

