

# 産学連携から見た 情報通信教育と研究



大阪大学サイバーメディアセンター  
先端ネットワーク環境研究部門  
(兼 大阪大学大学院情報科学研究科  
情報ネットワーク学専攻)

村田正幸

*e-mail: murata@cmc.osaka-u.ac.jp*

*http://www.anarg.jp/*



*Advanced  
Network  
Architecture  
Research*

# バックグラウンド

- ❑ 学部教育（大阪大学基礎工学部情報科学科）
  - ❑ JABEE審査員、PBL小委員会
- ❑ 大学院教育（大阪大学大学院情報科学研究科情報ネットワーク学専攻）
  - ❑ 大学院情報科学研究科情報ネットワーク学専攻のカリキュラム設計
  - ❑ ネットワークプロセッサを用いた演習設計
- ❑ 研究（先進ネットワークアーキテクチャ研究室）
  - ❑ ネットワークアーキテクチャ、システムのモデル化と性能評価
  - ❑ いくつかの企業との共同研究
  - ❑ 標準化への貢献 (ATM Forum、IETF)
- ❑ 産学連携
  - ❑ IT連携フォーラム(<http://www.oacis.jp/>)：情報科学研究科、サイバーメディアセンターと企業

# ネットワーク教育とは？

- ❑ クライアントサーバベースのプログラミング？
  - ❑ ネットワークプログラマは、何がネットワークで問題か理解できていない。「コネクティビティ」に興味があって、トラヒックを理解していない。
- ❑ ネットワーク設定、ルータ設定ができるようになること？
- ❑ 待ち行列理論を教えること？
- ❑ プロトコルの仕組みを教えること？
  - ❑ 総花的なプロトコル紹介で学生は何がわかるか？
- ❑ IETF RFCを読むこと？
  - ❑ その裏にあるDesign Alternativesが読み取れるか？

# 企業はどのようなバックグラウンドを欲しているのか？

- ☐ 性能評価、トラヒック
- ☐ システム設計、システムアーキテクチャ
- ☐ システム構築
- ☐ コンピュータアーキテクチャ、OSとの類似
  - ☐ 広く情報科学を知っている
- ☐ アルゴリズム・データ構造
- ☐ コミュニケーション能力、グループマネジメント



# 何を教えるべきか？

- ❑ ユニバーサルな真理の追求か即戦力の養成か

- ❑ 学部

- ❑ ハードウェア・ソフトウェアコンポーネントの役割

- ❑ プロトコルの基本的な役割（TCPとUDPの違い、電話とインターネットの違い）

- ❑ 7階層モデル、エラー制御、クライアントサーバモデル

- ❑ ソケットプログラミング

- ❑ 大学院

- ❑ システム設計（トレードオフ）、プロトコル設計の概念

- ❑ ネットワークの詳細（具体例）

- ミドルウェア

- 経路制御、フロー・輻輳制御、ルータでのパケット処理

- 性能評価（理論、シミュレーション）

- ❑ 大規模システム、スケーラブルなシステムの構築手法

- ❑ OJT：ネットワークシステムの設計演習



# IT技術の国際的競争力の醸成を目指して

情報通信審議会「IT革命を推進するための電気通信事業における競争政策の在り方についての特別部会」国際競争力委員会資料より  
 (http://info.mpt.go.jp/policyreports/joho\_tsusin/index.html)

## 我が国の現状認識；弱い部分

OS, ソフトウェア, データベース, CPU, 基礎技術のシステム化, プラットフォーム化する技術, サービスコンセプトに基いたネットワーク技術

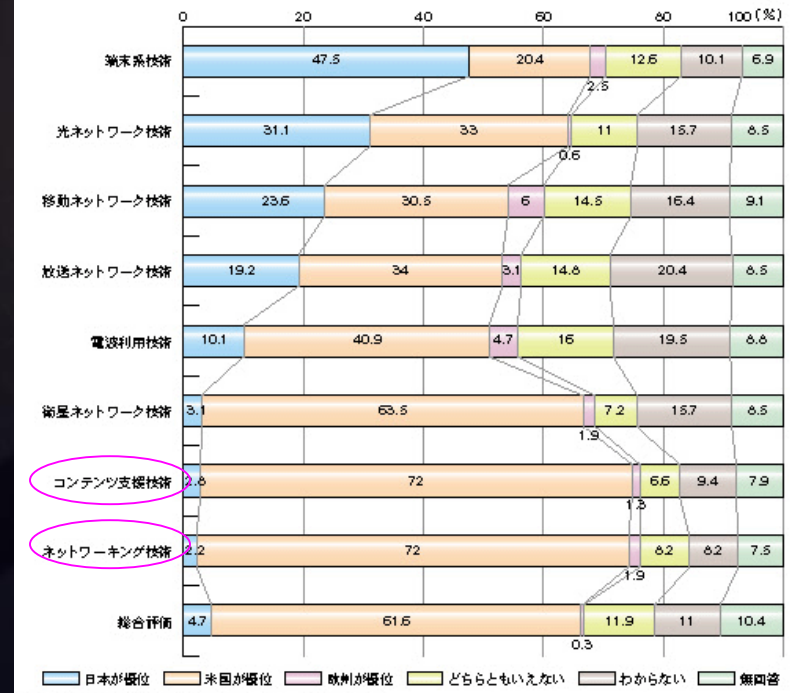
垂直統合型技術は強いが, 水平分散型技術は弱い.

オープンに総合的に行うオープンシステムの開発が苦手

文化の違いもあるが, 構想力が弱い

インターネット関連の標準化団体 IETF の標準規定 RFC 3115本 (5/01/2001現在)の内  
 M. Murai, 日本人によるものは約10本

図表① 日米欧の技術水準比較



平成12年度通信白書



Osaka University

# 学部教育に対する取り組み

## PBL(創成科目)



# 企業が抱える問題

- ❑ 技術革新のスピードの速さへの対応
- ❑ 中高年高齢化によるコスト上昇および余剰人員の整理
- ❑ コスト削減による競争力の強化
- ❑ 女性の職場進出と勤労観の変化への対応
- ❑ 就労意識の変化や雇用形態の多様化への対応
- ❑ 国際化による組織、人事管理上の問題
- ❑ 即戦力となる人材の発掘・育成





# 企業が求める人材像

- ❑ 柔軟な発想と創造力を身につけて主体的、自主的に思考・行動できる人材
  - ❑ 自らのキャリアを切り拓き、問題意識をもって課題に意欲的に取り組む
  - ❑ 社会に貢献する企業の一員として広い視野を持ち、社内外を問わず積極的に行動できる
  - ❑ 創造性や挑戦的意欲を持った自己発信型人材
  - ❑ 即戦力を持つ



# 創造性とは

- ❑ 「新しい価値あるもの、またはアイデアを作り出す能力、すなわち創造的人格」
- ❑ 「自己実現の創造性」
  - ❑ 私たちの社会にとって価値ある新しさを持つものを創り出す能力
  - ❑ cf. 「特別な才能の創造性」天才と科学者、発明家などの特別な人たちにみられる社会的に評価される創造性
- ❑ 重要なのは「問題解決能力」

# 情報科学科におけるPBLの目標

☐ PBL (Project Based Learning) : 創成科目

☐ 主体的活動を通じて、問題に対する自己解決能力を身に付ける

☐ 与えられた問題を解決するだけでなく、問題自身を見つけ出す能力を養う



# 無気力な学生の増加

- ❑ 「将来、何になりたい？」  
「プログラマー」
- ❑ 「とりあえず食べていけばいい」
- ❑ 「人と関係を持つのはわずらわしい」

# 目標の具体化

- [目的意識]** 情報科学科を卒業して、どんな職業人になるか、どうすれば社会的貢献ができるのかを知り、そのために何を学ぶべきかを考える。また、専門知識を身に付けることの重要性を認識する。
- [コミュニケーション能力]** コミュニケーション能力や説得力を身に付ける。議論やプレゼンテーション、レポート作成などを通じて自分の考えを伝えることの重要性を認識し、そのスキルを学ぶ。
- [グループ活動]** グループ活動を通じて他人との協調作業を行いつつ、自分の役割をどう果たすかの重要性を認識し、グループとして解決していく能力を養う。
- [自己管理能力]** 自己管理能力・時間管理能力を身に付ける。
- [社会人としての教養]** 技術以外の諸条件（倫理、経済、法、環境など）や教養科目の意義を理解する。
- [学習の習慣]** 講義を受身で聞くのではなく、常に自分から学ぼうとする習慣を身に付ける。

# PBL教育の具体策

- ❑ 自分で問題を発見し、考え、自分自身の解を見出す能力（見出そうとする習慣）を養成するテーマ設定
- ❑ 長い講義を避け、短いミニレクチャで要点のみを話す
  - ❑ 自学自習を求め、手取り足取り教えるようなことはしない
- ❑ グループ活動を重視する
- ❑ プレゼンテーションを経験する
- ❑ 大学にとどまらず、外部社会人と接触する
  - ❑ 社会人として行動する
- ❑ 各研究室に所属する
  - ❑ 教官、先輩との接触
  - ❑ 「ドロップアウト」の防止
- ❑ グループ発表を評価したり、相互評価を行う
- ❑ コンピュータに触ることを目的としない



# 情報科学科におけるPBL一貫教育

## 📖 4年間を通じたPBLに対する取り組み

📖 1年生：PBL1、PBL2

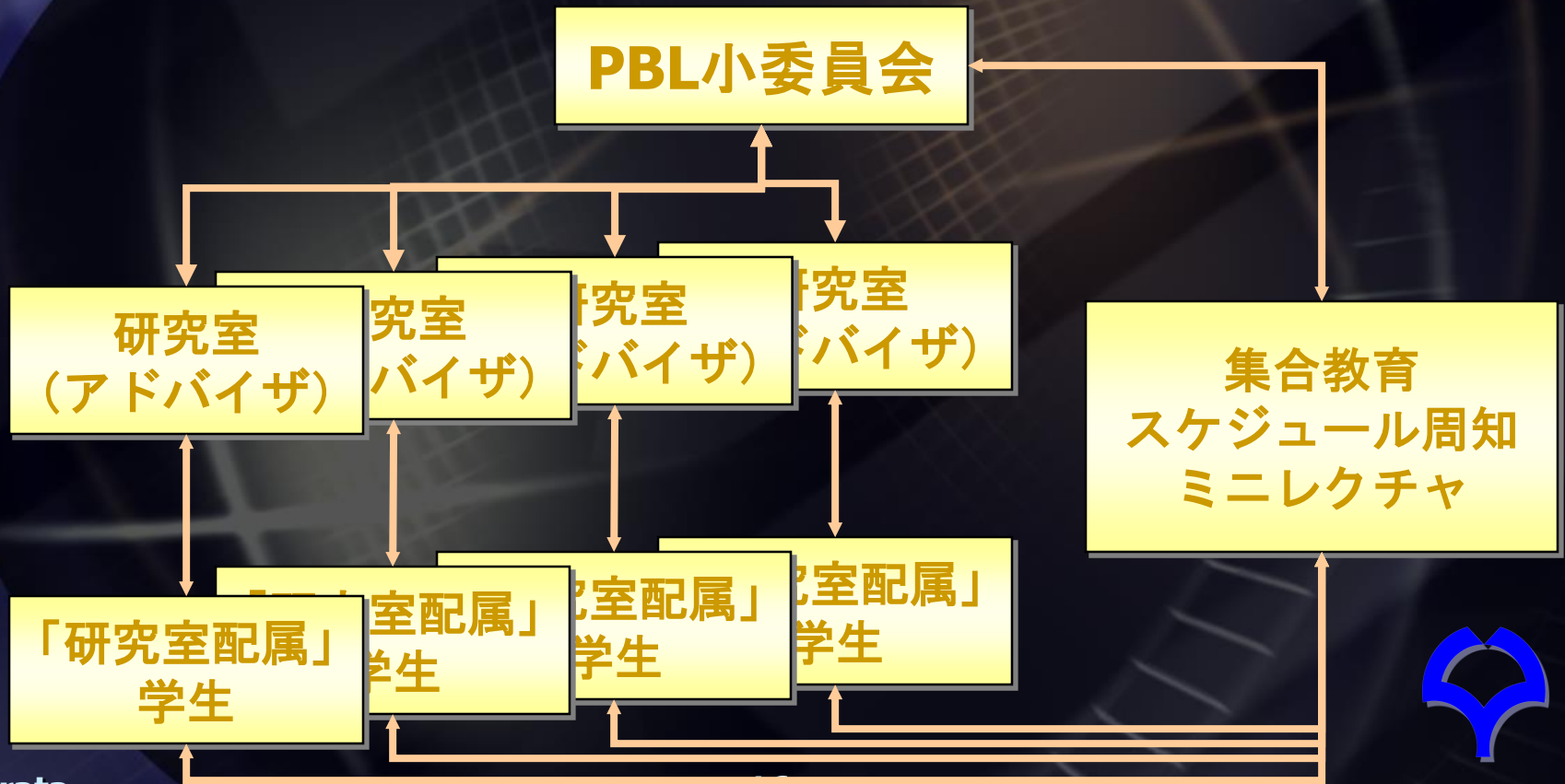
📖 2年生：PBL3、PBL4

📖 3年生：ゼミナール（英語論文、記事の輪読）

📖 4年生：卒業研究



# PBLのための体制





# PBL小委員会の役割

- ❑ ボランティアベース
- ❑ 平成12年度計20回開催、議事録はメールにて全教官に配布
- ❑ 役割
  - ❑ テーマの企画立案
  - ❑ ミニレクチャの企画立案
  - ❑ 進行状況の把握
  - ❑ グループアドバイザーへの周知連絡
  - ❑ 発生した問題への対応
  - ❑ 成績評価



# 2年生後期テーマ

## ☐ 設計型課題

「携帯電話会社に新サービスを売り込みに行く」

## ☐ ねらい

- ☐ インターネットにおける情報探査の方法を身につける
- ☐ オリジナリティのあるアイデアを考案することの重要性を認識する
- ☐ 産業社会や市民社会に有用な技術、応用手法を意識する
- ☐ ベンチャービジネスへのチャレンジ精神養成
- ☐ ITの本質を考えてみる
- ☐ 失敗するのも勉強のうち



# 事例紹介

## ■ 売り込み先

■ J-PHONE, NTTドコモ, au, ツーカーホン  
， 松下電器, KDDI

## ■ 売り込みサービス

■ 携帯ペット, 接近反応, 非常時位置通知, 圏外時位置  
確認, 天候通知, 圏外時不在着信, 地図情報, 公共交  
通機関情報, 施設情報の提供, メール, 広告配信, 携  
帯電話懸賞, オフライン対戦ゲーム, バーコードによ  
る電子商取引, 多人数同時通話サービス, 音声認識チ  
ャットサービス, 緊急車両接近通知, カロリー計算機  
能, 視覚障害者の誘導, 料金割増による迷惑電話防止  
， 広告配信

# 企業からの反応

- ❑ ビジネスモデルに関する検討が不足
  - ❑ 誰が儲けるのか
  - ❑ どこから収益を得るのか
  - ❑ どれだけの需要が予測されるか
- ❑ 売り込み先の選定ミス
  - ❑ 携帯電話会社の業務範囲外のサービスを提案
- ❑ 一部提案については好反応を得られた

# 学生アンケート結果

## ☑ よかった理由

- ☑ 企業の考えがわかった
- ☑ 色々わかったから
- ☑ 自分でかんがえることができた
- ☑ PBLの趣旨にあった
- ☑ 企業に評価してもらえる
- ☑ 身近で興味深い
- ☑ やりがいを感じた
- ☑ 自分の知らないことをよく分かった
- ☑ 面白かった
- ☑ 新しいことを考えることができた

## ☑ 悪かった理由

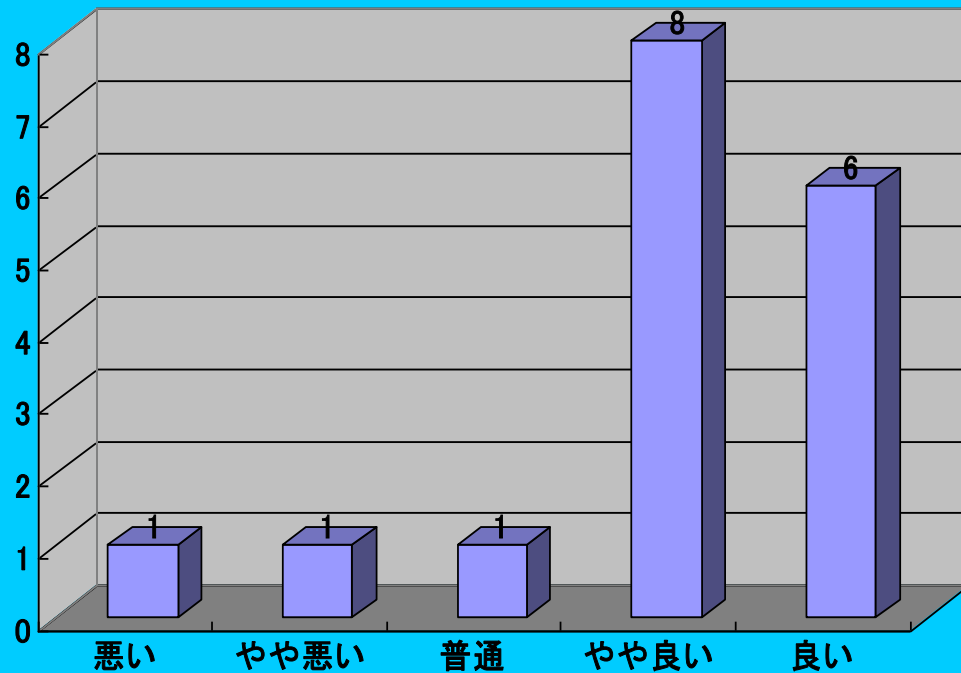
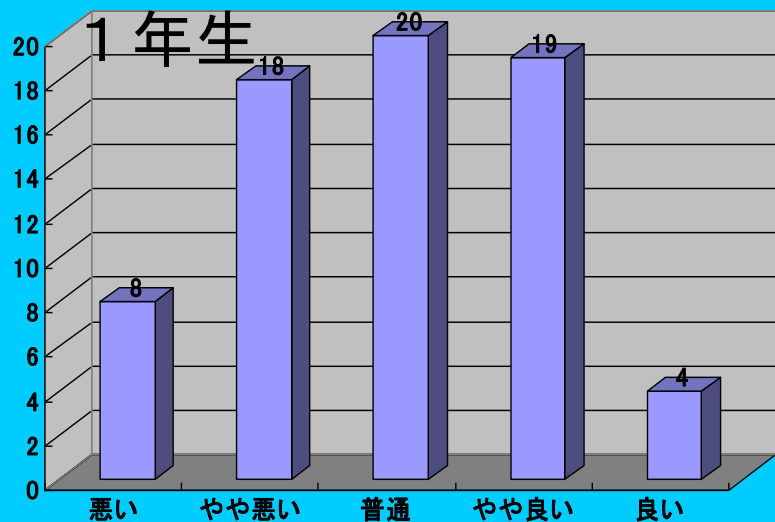
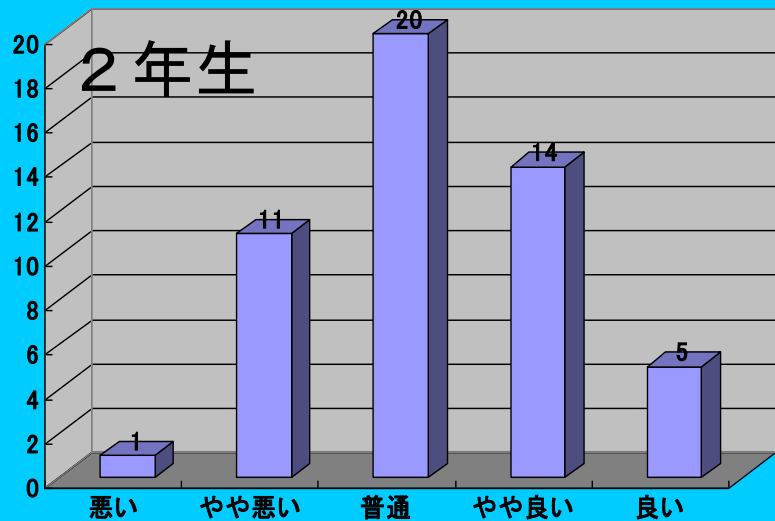
- ☑ 売り込みはやめてほしい
- ☑ サービスはほとんど出ていたから
- ☑ やる気がおこらなかった
- ☑ 素人では無理
- ☑ 特許をとろうにも押さえられていた
- ☑ 自分は持っていない
- ☑ 特許をとるのが不可能とおもっていたから
- ☑ 最初から無理という雰囲気だった
- ☑ 調査の形がよかった
- ☑ 難しすぎ



# 学生アンケート

# 教官・学生アンケート結果 PBLの評価

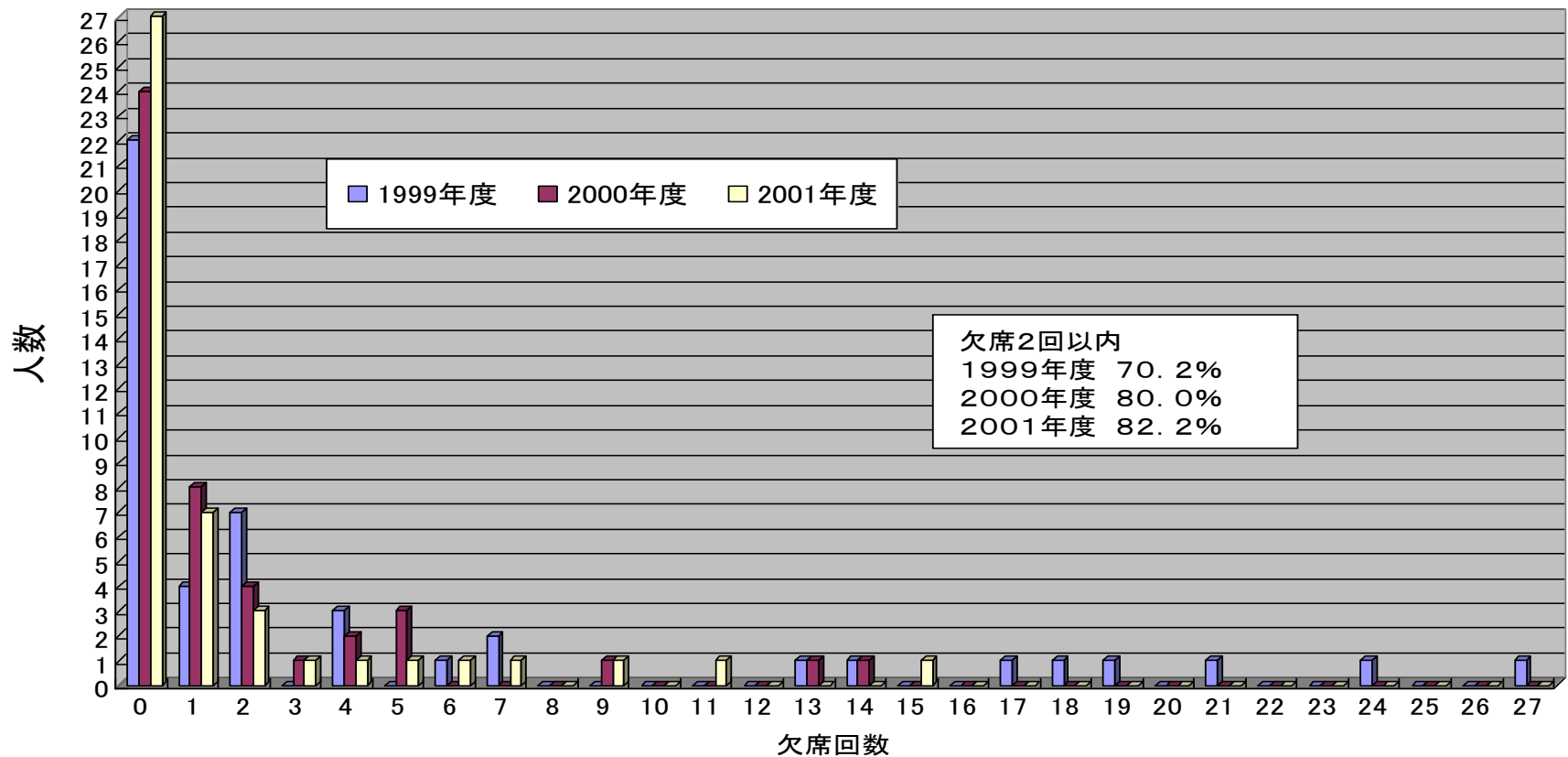
## 教官アンケート



# PBLの効果（？）

## ■ プログラミングB（1年生後期）演習欠席回数比較

プログラミングB欠席回数(除再履修生)



# 大学院教育に対する取り組み

カリキュラム設計  
設計型演習科目の導入  
博士課程の教育の重要性





# 情報ネットワーク学専攻カリキュラム

## ❑ 情報ネットワーク設計論

- ❑ システムモデル化、待ち行列理論、シミュレーション、回線容量設計、システム性能評価

## ❑ マルチメディアネットワーク

- ❑ マルチメディアアプリケーション、マルチメディア符号化(テキスト、音声、静止画、動画)、マルチメディアプロトコル(RTP、RTCP、RTSP...)、資源割当(ATM、RSVP)、QoS(概念、制御技術、保証技術、Diffserv、Intserv)

## ❑ ネットワークソフトウェア

- ❑ エージェント通信技術、通信サービス制御技術、インテリジェントネットワーク、ネットワークプログラミング、インターネットルーティングプロトコル、TCP/IPプロトコル、マルチキャスト転送プロトコル、リアルタイム転送プロトコル

## ❑ 情報流通ネットワーク設計

- ❑ 高信頼性トラフィック制御、ルーティングアルゴリズム、VPN設計手法(仮想プライベートネットワーク)、配信技術(大容量、リアルタイム、マルチキャスト)、情報キャッシングアルゴリズム

## ❑ 情報流通プラットフォーム

- ❑ コンテンツ課金、ネットワークセキュリティ、著作権管理/保護、情報検索、ネットワークデータマイニング、プラットフォーム連携技術

## ❑ モバイルコンピューティング

- ❑ 分散協調システム・マルチメディアシステムの設計法、モバイルエージェント、位置情報コンピューティング、高度交通システム(ITS)

## ❑ モバイル通信プロトコル

- ❑ ネットワークソフトウェア設計技術、プロトコル記述モデル(ペトリネット、プロセス代数、 $n$ 計算など)、プロトコル検証手法(モデル検査など)、プロトコルテスト手法、Javaによるネットワークプログラミング(i-appliなど)

## ❑ ギガビットネットワーク

- ❑ TCP/IP、SDH/SONET、WDM、MPLS、次世代インターネット

## ❑ 超高速ネットワーク構成論

- ❑ 高速/高機能インターネット、高速データ転送プロトコル、高速ルータアーキテクチャ、高速インターネットサーバ、パケットスケジューリングアルゴリズム



# 演習の重要性

## 目的

- シミュレーション、実機を用いたネットワークの振る舞いのトレース
- 講義で知ったネットワークのしくみを実感できる
- 手を動かすことによって理解できることは多い
- 詳細についての具体的な理解
- 現実社会への足がかり

## 我々のアプローチ

- 大学院においても、座学だけでなく、OJTによって、ネットワークアーキテクチャ、プロトコル設計、アプリケーション開発などに対する「センス」を養う
- ソフトウェアベースのPCルータは避けたい
- インテルネットワークプロセッサを用いたルータ設計演習

# NWP設計ラボ

- ❑ ネットワークプロセッサ（NWP）：プログラマブルルータを用いた演習を2002年度前期より開始（ただし、10セット）
- ❑ ネットワーク制御メカニズムの検討、実装、実験を通して、高度・高機能・高速ネットワークシステムの設計能力や、ネットワークアプリケーションの開発能力を身につける
- ❑ ネットワークプロセッサは複数の企業において実際に製品開発に供されており、この演習で身に付けた技術はそのまま実社会に通用する

## 演習風景



IXA1200ボード



# NWP設計ラボ シラバス

- 1回目 (全体説明会)
  - ガイダンス、ネットワークプロセッサについてのintroduction
- 2回目
  - IXP1200, ENP2505(評価ボード) の使い方、プログラミング言語の説明
- 3回目～5回目 (これ以降、各研究室での演習)
  - 簡単なプログラミング演習
  - IXP1200内でカウンタを実現するプログラム作成
  - 複数マイクロエンジン、マルチスレッドの使い方
- 6～9回目
  - パケット入出力の基本的な仕組みを理解、実機を使ったデータ転送実験
  - Intelから提供されている、単純なパケット入出力を行う SRD (Simplified Reference Design) のソースコードの理解、WorkBench上で動作、データ転送テスト、SRDをENP2505を搭載した実機上で実装してデータ転送実験
- 10～13回目
  - SRD を改造して新たな機能を付け加える
  - バッファ処理 (TailDrop, RED等)、遅延発生、パケット廃棄発生等
  - 追加する機能は、WorkBenchでテスト、その後実装評価



# 個人的な指導の工夫

## ☐ 理論から実装まで

☐ 理論

☐ シミュレーション

☐ 計測

☐ アプリケーション(オーバーヘッドになりがちだが)

## ☐ 国際会議での発表



# 国立大学法人化の中で

- ❑ 教育・研究・社会貢献の3本柱、より厳密な評価がなされる
- ❑ ただし、博士課程の学生指導は「教育」
  - ❑ 優れた若手研究者の育成
  - ❑ ダブルメジャーの導入
  - ❑ 「囲い込み」は許されない



# 「世界トップレベルの研究者の養成を目指して — 科学技術・学術審議会人材委員会第一次提言—」

- ❑ これからの我が国にとって、世界トップレベルの優れた研究者の養成は極めて重要な課題。関係者が人材養成の方向性を共有し、研究者養成に取り組むことが重要。
- ❑ トップレベルの研究者に求められる能力
  - ❑ 予測が困難な最先端分野の研究
  - ❑ 異分野融合によるブレイクスルー
  - ❑ 多様な人材の確保
  - ❑ 研究の視野の広さ、柔軟性
- ❑ 幅広い知識を基盤とした高い専門性（真の専門性）

# 研究者養成の現状と課題

- ❑ 博士課程の教育機能が不十分
  - ❑ 専門分野の幅の狭さ
  - ❑ 国際性、エリート養成の不足
- ❑ 大学院組織における同質性
- ❑ 博士学生が研究に専念できない
  - ❑ 経済的支援が不十分
- ❑ 博士、ポスドクの進路の問題
  - ❑ 企業への就職が少ない
  - ❑ ポスドク経験の評価が不十分





# 世界トップレベルの研究者を養成するための改革方策

- ❑ 博士課程における教育機能の強化
  - ❑ 教育的視点の強化、カリキュラムの改革、自立性の養成
  - ❑ 大学院の研究者養成機能強化のための支援
  - ❑ 博士学生の海外派遣の支援
- ❑ 大学院における研究人材の多様性の確保
  - ❑ 教員採用における配慮
    - 自校出身者比率の低減
    - ポスドクからの採用の増
- ❑ 博士課程学生に対する経済支援の充実
  - ❑ 各種の支援制度のバランスある整備
  - ❑ リサーチアシスタントの充実
- ❑ 人材養成面における産業界との連携
  - ❑ 産業界のニーズの反映
    - 博士学生のインターンシップ
  - ❑ 人材養成における産学官連携の場の設置



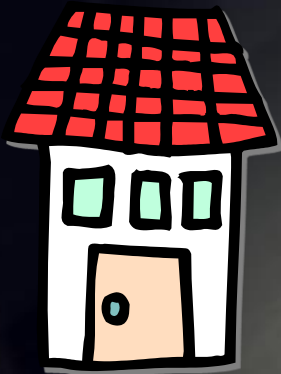
# 産学連携と研究

大学における研究にとって重要なことは何か？



# 企業との協調

## ☐ コンベンショナルモデル（一般論）



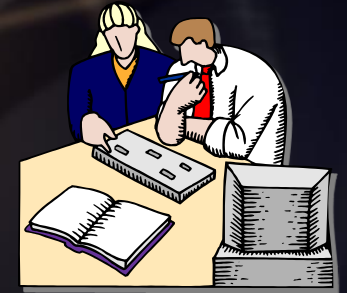
大学：基礎研究

- ☐ 理論的研究
- ☐ 方式提案：数学的手法・シミュレーション手法による評価



企業研究所：応用研究

- ☐ 製品化を視野に入れた開発研究



企業事業部：製品化

- ☐ 研究成果の製品化

# 大学における基礎的研究の役割

- ネットワークインフラにとってアプリケーションは
  - ショーウインドウ
    - たとえば、画像アプリケーションが回線を埋め尽くすわけではない
- 重要なのはサービスアーキテクチャ
  - エンドシステム・アクセス系・バックボーンのどこで実現するかが問題
- 一億総プログラマの時代
  - 趣味・嗜好の細分化 → ネットワーク提供者がアプリケーションを考えるのは所詮無理
  - ユーザが自由にアプリケーションを作れるような環境を提供することが重要
  - 何が登場するかわからない → 単純なネットワーク構造が必要

# 企業との競争

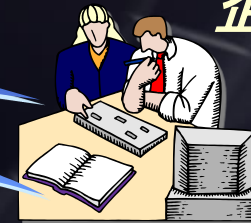
- ▣ 技術的背景：コンピュータネットワークの発展
  - ▣ 実験が大学でも容易に行える環境
    - 例：画像のソフトウェア処理／プロトコルの高速化／サーバの高速化
    - コンピュータの存在！
- ▣ 社会的背景：社会への直接的貢献
- ▣ 経済的背景：企業のカンパニー化
  - ▣ 企業の研究所はプロフィットベースの研究開発を要請されている
- ▣ 大学・企業（特に研究所）間の競争の激化



大学



企業研究所



企業事業部



Osaka University

# 大学は企業との製品開発競争に勝てるか？

## ■ 現状

- 理論的研究・方式提案
- アプリケーション開発
- アメリカからの輸入

## ■ 資金・マンパワーの投入競争に勝てるか？

- 新たな協調体制を大学側が提示しないと
  - 見捨てられる
  - 単なる人材供給源
  - 学会のお飾り

## ■ 概念に加えて試作品まで提供できるか？

- プロトタイプによる実証実験
- ネットワークプロセッサの活用



# 企業が求める学生像？

☐ 即戦力となる能力？

☐ RFCを知っていることか？

☐ プログラミング能力？

☐ 基礎能力？

☐ 論文を「書かせる」ことは簡単

☐ 即戦力＋基礎能力

☐ 過去の優れた論文を読む（幅広い知識と本質を見極める能力）

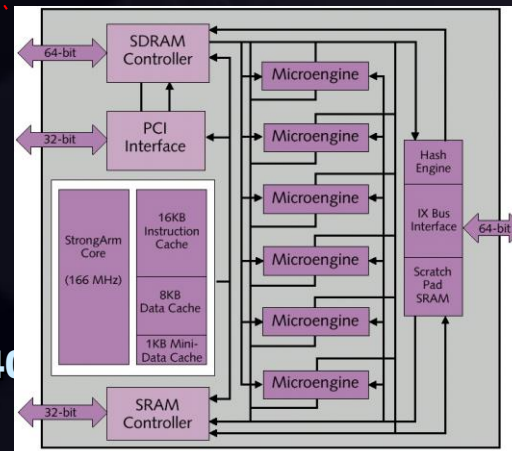
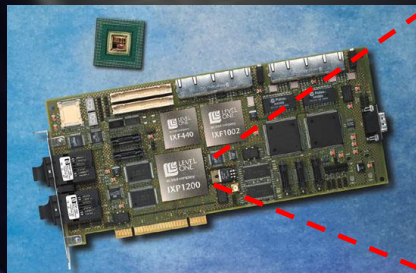
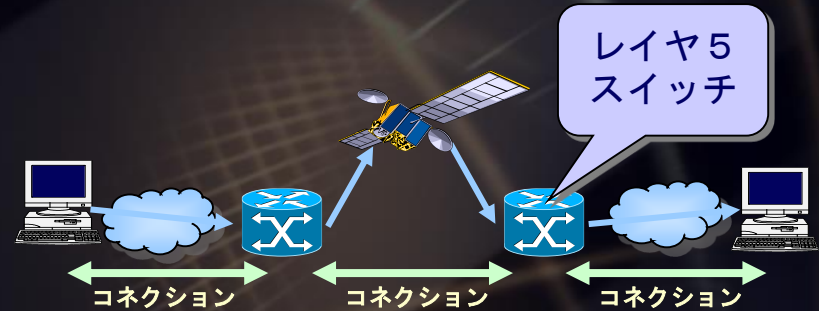
☐ 段階を踏みながら、研究を進める（分析能力・創造力）

☐ システムを構築する（統合化・設計能力）



# ネットワークプロセッサの活用

- レイヤ3スイッチとして
  - パケットルーティング処理の高速化
- レイヤ4スイッチとして
  - Active Queue ManagementによるQoS向上、公平性向上
- レイヤ5スイッチとして
  - 分散型Webサーバ、衛星プロキシ
- レイヤ7スイッチとして
  - メディア制御・メディアフィルタリング



Intel IXP1200  
Network Processor



Osaka University



# ATMフォーラムにおける レート制御の標準化活動

## メーカーとの共同研究の例

### ☐ メーカー

- ☐ 最新動向の把握
- ☐ 方式に対する実現性の検討
- ☐ フォーラムでの活動



### ☐ 大学

- ☐ 解析を用いた基本的性能評価
- ☐ 性能面から見た方式提案と理論的・計算機シミュレーションによる有効性の検討



# 企業との共同研究：富士電機

## ☐ モバイルアドホックネットワークに関する研究 (1999-)

☐ 富士電機社アドホックネットワーク (FRN) におけるプロトコル (経路制御、データリンク制御) の性能評価

### ☐ 成果

- 経験的に定めていたシステムパラメータの妥当性検証
- 改良方式の提案と製品への反映
- 特許「無線通信システムにおけるパケット中継制御方式」、「無線通信ネットワークシステム、無線端末、無線通信方法およびプログラム」出願中

### ☐ 成果発表

- 論文誌 2 篇 (含投稿中)、国際会議 3 篇 (含投稿中)

### ☐ 今後の予定

- トランスポートプロトコルの提案と製品への実装

