



モバイル環境向P2P型情報共有基盤の確立

# 文部科学省 科学技術振興調整費 「先導的研究等の推進」プロジェクト

## 「モバイル環境向 P2P型情報共有基盤の確立」

大阪大学サイバーメディアセンター  
村田正幸

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

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



Osaka University



# ピアツーピア (Peer-to-Peer: P2P) コンピューティングモデル

- コンピュータ同士で直接情報をやりとりすることにより、コンピュータ資源や情報、各種サービスを共有する
  - 分散配置されたCPU資源、ディスク資源、情報資源の共有
  - デバイス、センサーの共有
  - ユーザ間の対等かつ直接的なコミュニケーション（情報交換、オンラインゲーム、協調作業...）
- 電子メールは人のレベルではP2P型コミュニケーションであるが、情報はメールサーバを経由



# P2Pサービスの例

## ■ ファイル共有・交換

- Napster : 情報資源の分散・共有
- Gnutella : メタ情報資源も分散化

## ■ CPU共有

- インテル社 : 分散コンピューティング ; 支社のコンピュータを用いた負荷分散
- SETI@home
  - UCB 宇宙科学研究所によるSETI (Search for Extraterrestrial Intelligence)プロジェクト ; 電波で連絡を取ろうとしている異星人の探査
  - スクリーンセーバソフトを起動させることによりデータ分析の一部を負担, 結果をSETIサーバに報告

## ■ ディスク共有 : PAST (マイクロソフト社)

## ■ グループワーク : JXTA (SUN)





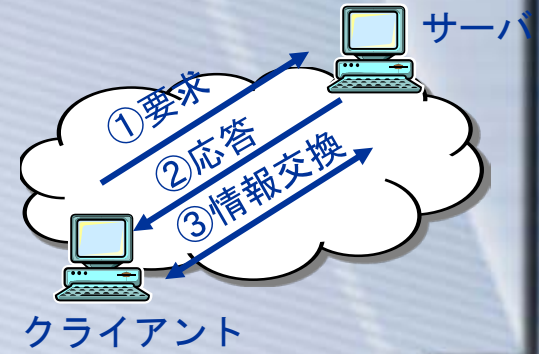
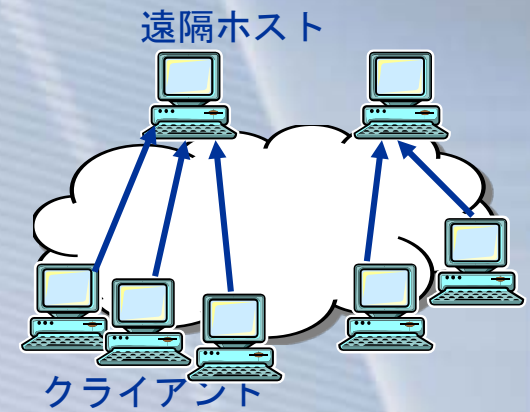
# 情報通信インフラとしてのP2P

- 分散配置されたCPU資源, ディスク資源, 情報資源の共有
  - グリッドコンピューティング
- デバイス, センサーの共有
  - センサーネットワーク
- ユーザ間の対等かつ直接的なコミュニケーション
  - アドホックネットワーク
- 情報通信インフラ, アプリケーションプラットフォームのP2P化, すなわち, P2P型ネットワーキングアーキテクチャの構築



# P2Pネットワークの原型

- 広域網では閉じたピアリング
  - 第3層（IPアドレス）を情報識別子とした「情報発見」
  - telnet、ftpによる計算資源、情報・知識の共有
  - 閉じたコミュニティを形成
- LANでは,
  - 第2層プロトコルを用いることによるオープンなピアリング
    - ・ MACアドレスに基づくARP
  - サーバクライアントモデルに基くP2P型通信
    - ・ 各ホストはサーバにもクライアントにもなれる
    - ・ 例：ファイル共有（NFS）
  - しかし、広域ネットワーク（インターネット）ではトラヒックの増大を招くため、実現されていなかった

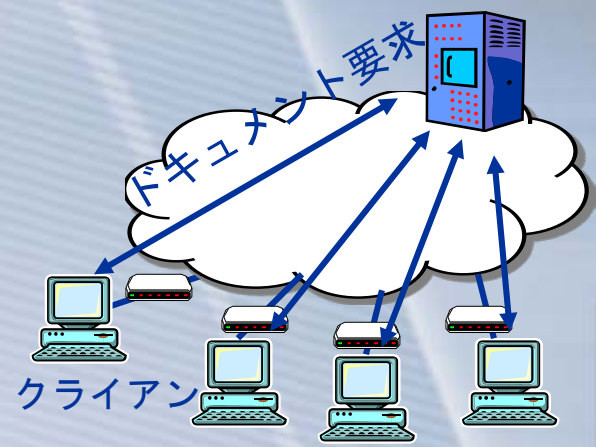




# クライアントサーバモデルに基づく Webコンピューティングモデルの問題点

## ■ Webシステムの発展によるサーバへの負荷集中

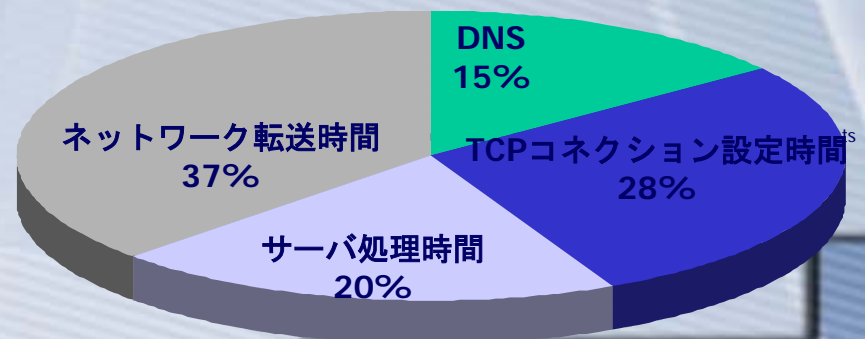
- サーバ/クライアントの固定化
  - ・ クライアントはモデム経由で必要な時だけインターネットに接続
- サーバボトルネック (CPU, ディスク)
  - ・ プロキシキャッシング
  - ・ サーバの並列化



## ■ 新しいコンピューティングパラダイムの可能性

- ユーザの常時接続化
  - ・ 世界中の総資源量：  
100億MHz, 10Pbytes  
(パソコン1億台を仮定)

Webドキュメントダウンロード時間の割合



2002/11/11 ■ 通信容量の飛躍的な増大





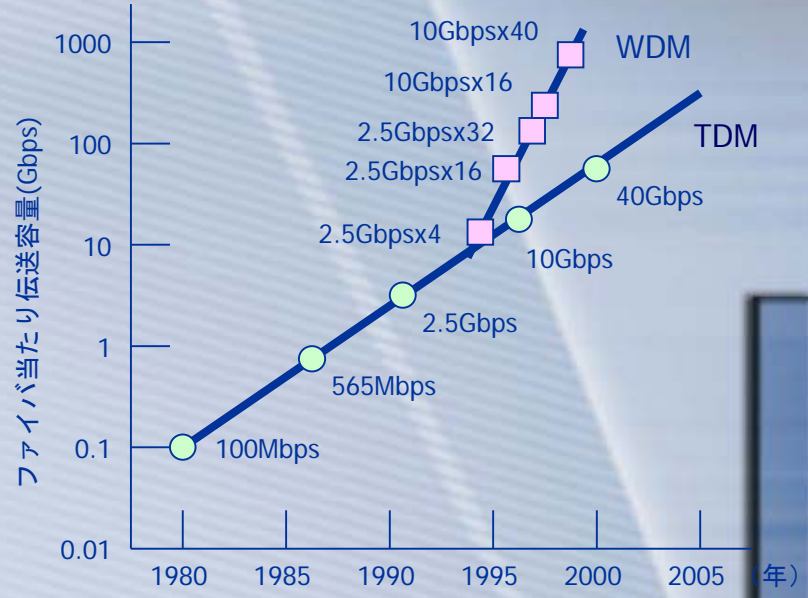
# P2P型コンピューティング モデルによる解決策

## ■ 自律分散型コミュニケーションによる ボトルネックの解消

- ムーアの法則：CPUのコストパフォーマンスは18ヶ月で2倍に向上（10年で100倍）
- ビルジョイの法則(?)：回線容量は9ヶ月～1年で2倍に向上（10年で1,000倍）
- 通信量が増大したとしてもネットワークのフラット化のメリットは大きい

## ■ サーバ主体のWebシステムからの脱却

- ロバストネス，スケーラビリティの確保
- 導入コスト，管理コストの削減
- 情報化時代における自立・分散・協調による主体的活動
- 新しいビジネスモデルの構築（サーバを介さないことによる中抜き）





# P2Pのメリット

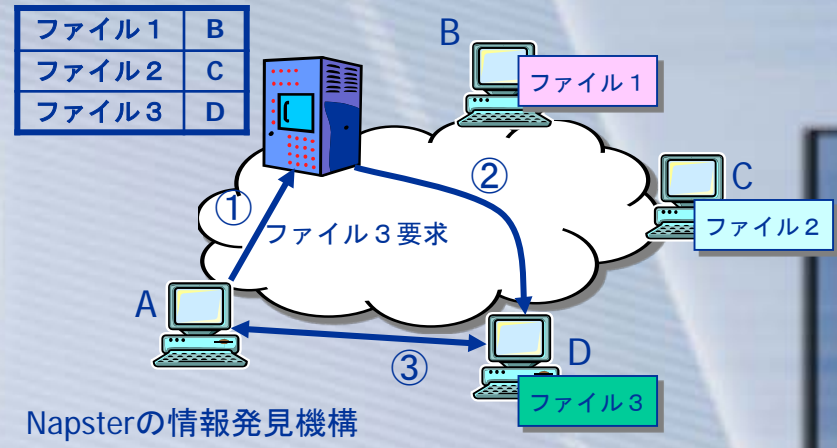
- 情報システムの特定の運営者、管理者不要
- Webサーバの巨大化
  - ブローカの中抜きによるサーバ、ネットワークへの初期投資の回避
  - Scalable、growableな情報システムの構築
- 縦割り組織からプロジェクトベースのダイナミックな組織へ
  - VPNの場合
    - ・ サブネット化実現のための管理オーバーヘッド
    - ・ 多重帰属を決定する交換ノードが容易にボトルネックになる
  - ネットワークの多重化、ユーザの多重帰属（サイバー社会）への対応





# 情報探索・発見の方法 ーハイブリッド型ー

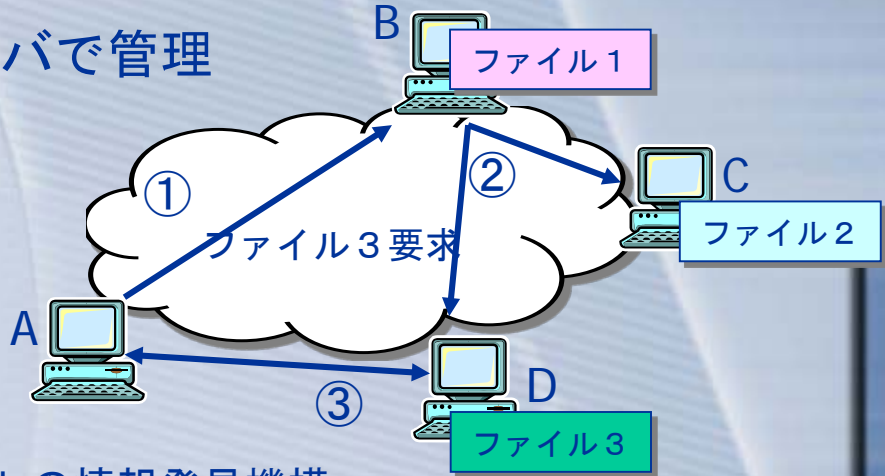
- Napstar
- ピア情報（メタ情報）のみサーバで管理
- メリット
  - 探索が速い
  - 探索、情報転送の記録
- デメリット
  - 一極集中による負荷増大
  - 対故障性の脆弱さ





# 情報探索・発見の方法 — ピュア型 —

- Gnutella
- ピア情報（メタ情報）のみサーバで管理
- メリット
  - サーバ不要
  - 対故障性
  - 匿名性
- デメリット
  - 対故障性
  - スケーラビリティ

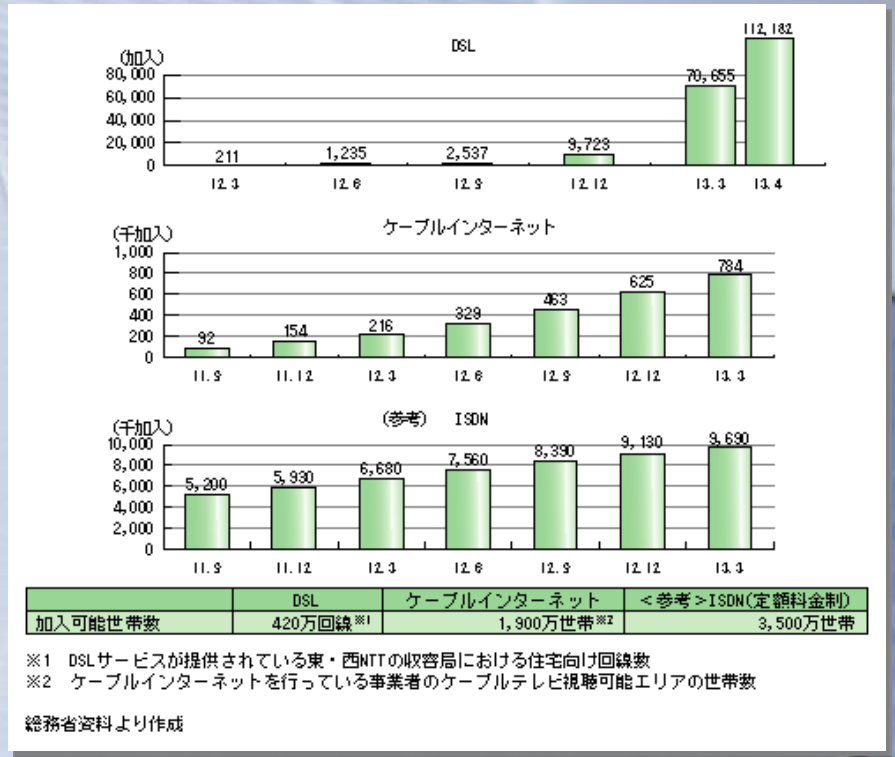


Gnutellaの情報発見機構

- TTL (Time to Live) = 10 の場合、すべてのノードが6ピアにブロードキャストすると  $6^{10}$  メッセージが発生

# P2Pの発展を阻害する要因？

- 情報の「質」を誰が保証するか？
  - 著作権、セキュリティ、課金
- ビジネスモデル？
  - 現状、資源を「管理」することによってビジネスが成立している
  - データセンター、サーバ、CDNの否定
  - ISPの料金制度
- 「ブロードバンドアクセス」の通信インフラ
  - 「非平衡」DSL
- モバイル化に対応できるか？







モバイル環境向P2P型情報共有基盤の確立

# モバイルP2Pの世界



高性能な携帯端末と高速なネットワークを利用して  
ユーザ同士がさまざまな情報を互いに直接交換



# モバイル環境への適応

- 情報取得・探索から情報発信、さらには、分散コンピューティングへ
- 従来のトップダウン型手法によるネットワーク構築では
  - 階層構造によるボトルネックの発生
  - 例：Mobile IP、i-Mode、携帯電話、無線ネットワーク、、、
- (サーバを経由しない) フラットなピア・ツー・ピア型通信、情報交換の実現へ
- サーバ(情報源)の移動、ネットワーク資源(回線、ゲートウェイ)の変動
- 次世代ネットワークのキーワード
  - スケーラビリティ、モビリティ、アダプタビリティ



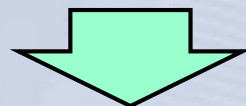
# モバイルP2Pの特徴

■ 異種環境（ネットワーク、H/W、S/W）でホモジニアスなネットワークアクセス環境を実現

+

- 位置情報の透過性を保証
  - 資源の配置，発見・探査が重要
- 情報フィルタリング
  - メタ情報管理が必要

モバイルホストの  
資源の制約



自律分散システムの極限形態

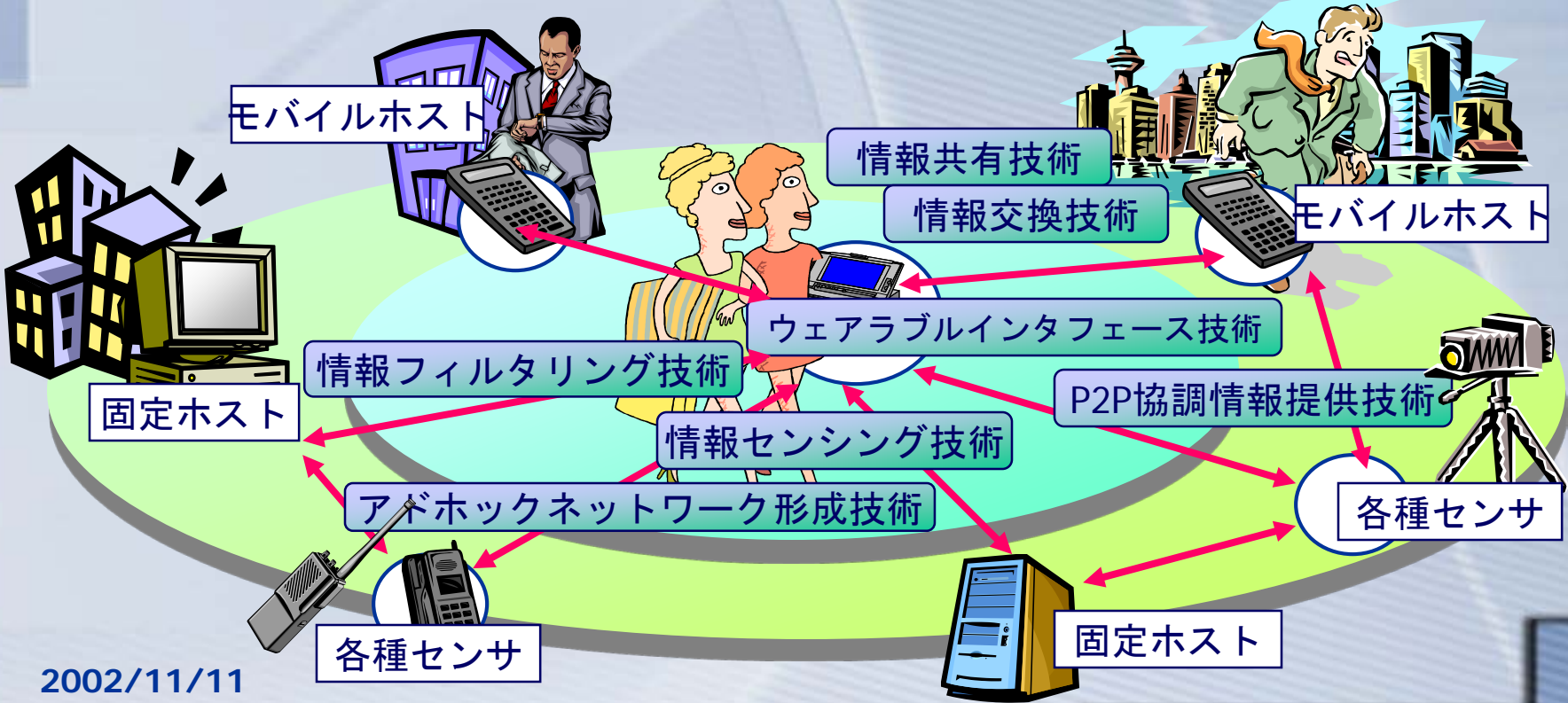




# アプリケーション例(1)

## ナビゲーションサービス

移動しながら周辺環境，センサ，人々とリアルタイムに情報交換することにより高度なナビゲーションサービスを実現

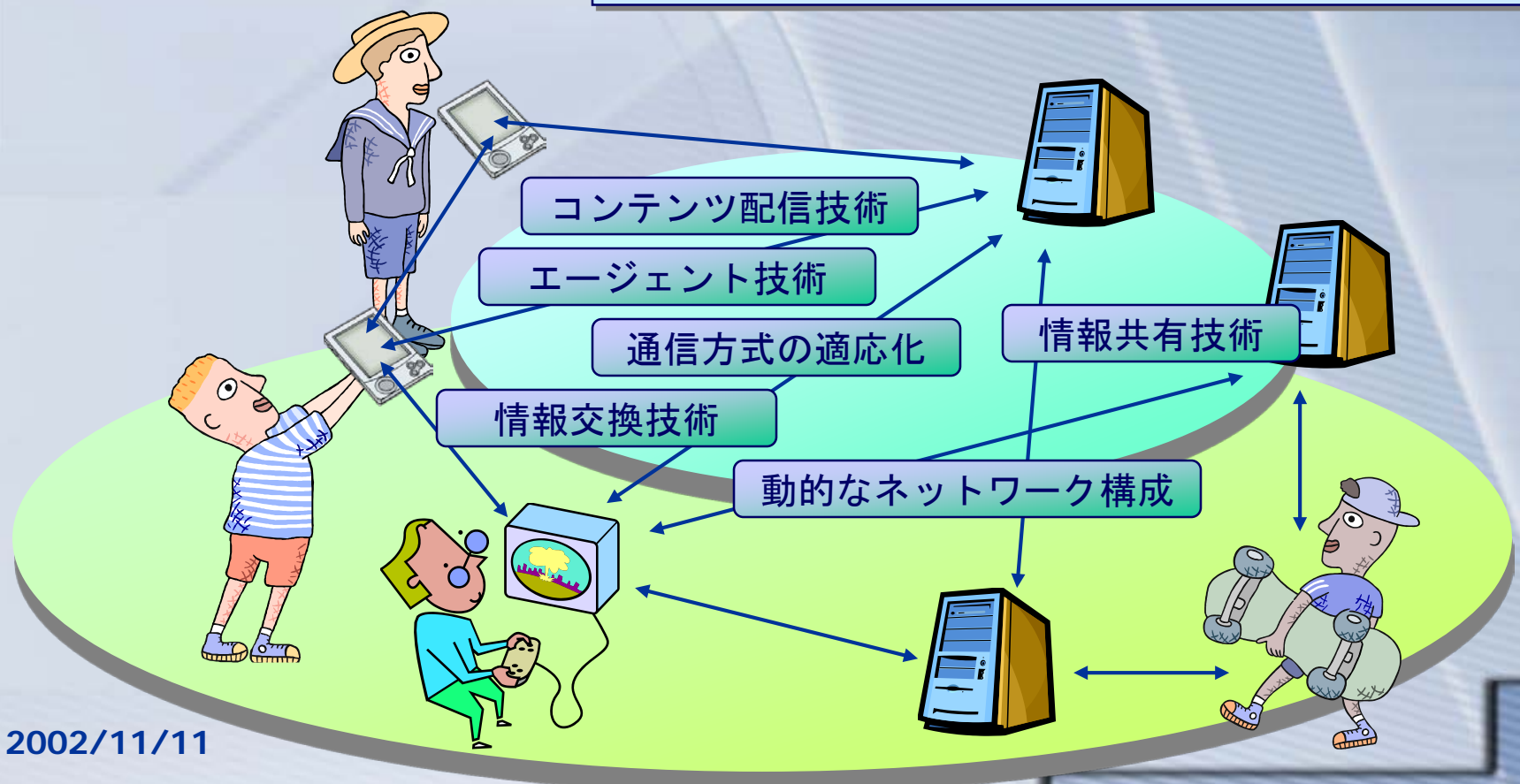




# アプリケーション例(2)

## ネットワークゲーム

ユーザ間で交換, 共有する情報の性質によるサーバ経由の通信とユーザ間の通信の使い分け





# アプリケーション例(3)

## マルチメディア情報の交換

コンテンツプロバイダから発信される情報と  
周囲のモバイルホストの所有する情報を組み合わせて  
快適で途切れのないマルチメディア配信を実現







# アプリケーションの実現に必要な基本技術

ネットワーク内を移動する情報資源を モバイルホストに効率よく効果的に配信	コンテンツ配信技術
	マルチキャスト技術

## ミドルウェア技術

資源発見・探査技術
情報選別技術
資源配置技術

情報資源の可用性を確保しつつネットワーク上に分散した情報資源をモバイルホストの要求に応じて発見、選別

## インフラストラクチャ技術

### アドホックネットワーキング技術

移動中、移動先の環境で即座にモバイルホストやセンサ、有線ネットワークとの接続を確立し、通信環境を提供

モバイルホストの移動によるアクセス環境やネットワーク環境の変化に対して、適切にシステムを制御し、移動中、移動後でも継続的にサービスや情報を提示する。



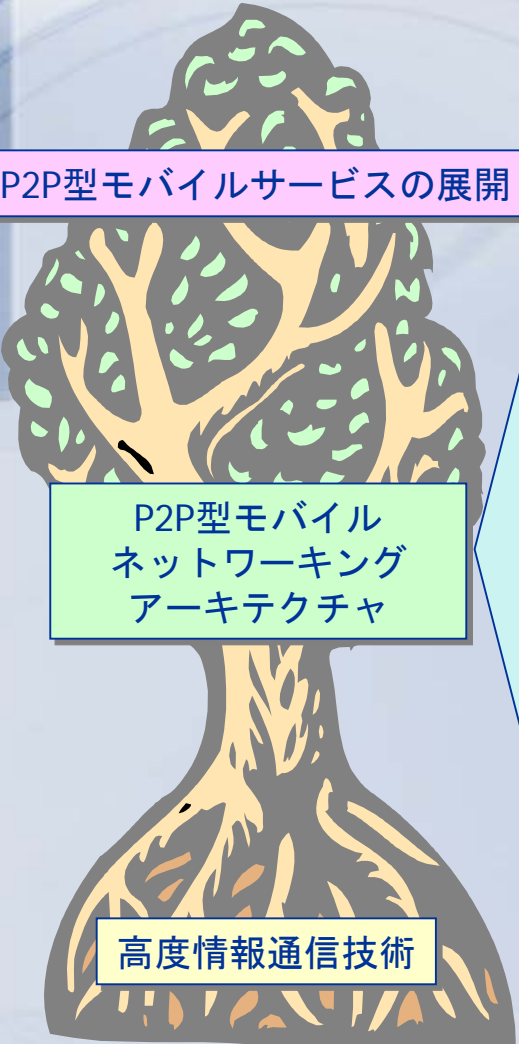
# モバイル環境への適用のための課題

- P2P型通信においては、モバイルネットワーク利用者が直接互いに情報交換を行う
  - 情報資源を発信，伝送するためのアップリンクの通信速度が情報交換の効率に大きな影響を与える
  - 情報資源の出現，消失にともなって動的かつ急激なトラヒックの集中が生じる
  - ☞ 有線ネットワークと無線ネットワーク間で透過的に高速なデータ通信を行えるネットワークアーキテクチャ，および情報を効率よく配置，管理し，それらを配信するためのアプリケーションインフラストラクチャの構築の必要性
- 情報の受信者が提供者となり，かつ動的にその所在が変化する
  - サーバ中心型の情報資源発見機構やデータ配信機構は意味をなさなくなる
  - 多数のユーザが対等にデータをやりとりする
  - ☞ ネットワーク上に分散した情報資源の共有，および分散した情報提供者間でのデータ交換を効率的に行うための機構の必要性
- P2P型通信の応用システムとしてのウェアラブルコンピューティングにおいては，
  - いつでもどこでも，他の作業をしながらでもアプリケーションを使うことができる
  - 情報交換を継続しながら利用者が移動する
  - ☞ ウェアラブルコンピューティング環境を想定した情報の利用と管理手法の必要性

# 全体構成

研究総括：宮原秀夫（大阪大学大学院情報科学研究科）

P2P型モバイルサービスの展開



サブテーマ3：ウェアラブルコンピューティングにおける情報交換・共有機構に関する研究

西尾章治郎（大阪大学大学院情報科学研究科, nishio@ist.osaka-u.ac.jp）

①資源の柔軟な自律的再割当機構を有するアドホックネットワークの構築技術に関する研究

原隆浩（大阪大学大学院情報科学研究科, hara@ist.osaka-u.ac.jp）

②ウェアラブル情報処理機構に関する研究

塚本昌彦（大阪大学大学院情報科学研究科, tuka@ist.osaka-u.ac.jp）

サブテーマ2：モバイル環境における分散資源の発見と共有、交換に関する研究  
下條真司（大阪大学サイバーメディアセンター, shimojo@cmc.osaka-u.ac.jp）

①分散資源共有化のための資源発見機構に関する研究

春本要（大阪大学サイバーメディアセンター, harumoto@cmc.osaka-u.ac.jp）

②多人数P2P型通信を対象としたマルチキャストに関する研究

藤川和利（奈良先端科学技術大学院大学, fujikawa@naist.ac.jp）

サブテーマ1：モバイル環境における情報資源共有のためのインフラストラクチャに関する研究

村田正幸（大阪大学サイバーメディアセンター, murata@cmc.osaka-u.ac.jp）

①モバイル環境のためのネットワーキングインフラストラクチャに関する研究

菅野正嗣（大阪府立看護大学医療技術短期大学部, sugano@osaka-hsu.ac.jp）

②動的な資源共有を可能にするアプリケーションインフラストラクチャに関する研究

若宮直紀（大阪大学大学院情報科学研究科, wakamiya@ist.osaka-u.ac.jp）





# モバイルP2Pシステムアーキテクチャ

ゲーム  
テーマ2-2：藤川和利

音楽・ビデオ情報交換，生活情報管理  
生態情報監視，センサネットワーク  
テーマ3-2：塚本昌彦

## モバイルP2Pアプリケーション

マルチキャスト  
テーマ2-2：藤川和利

コンテンツ配信  
テーマ1-2：若宮直紀

資源配置  
テーマ3-1：原隆浩

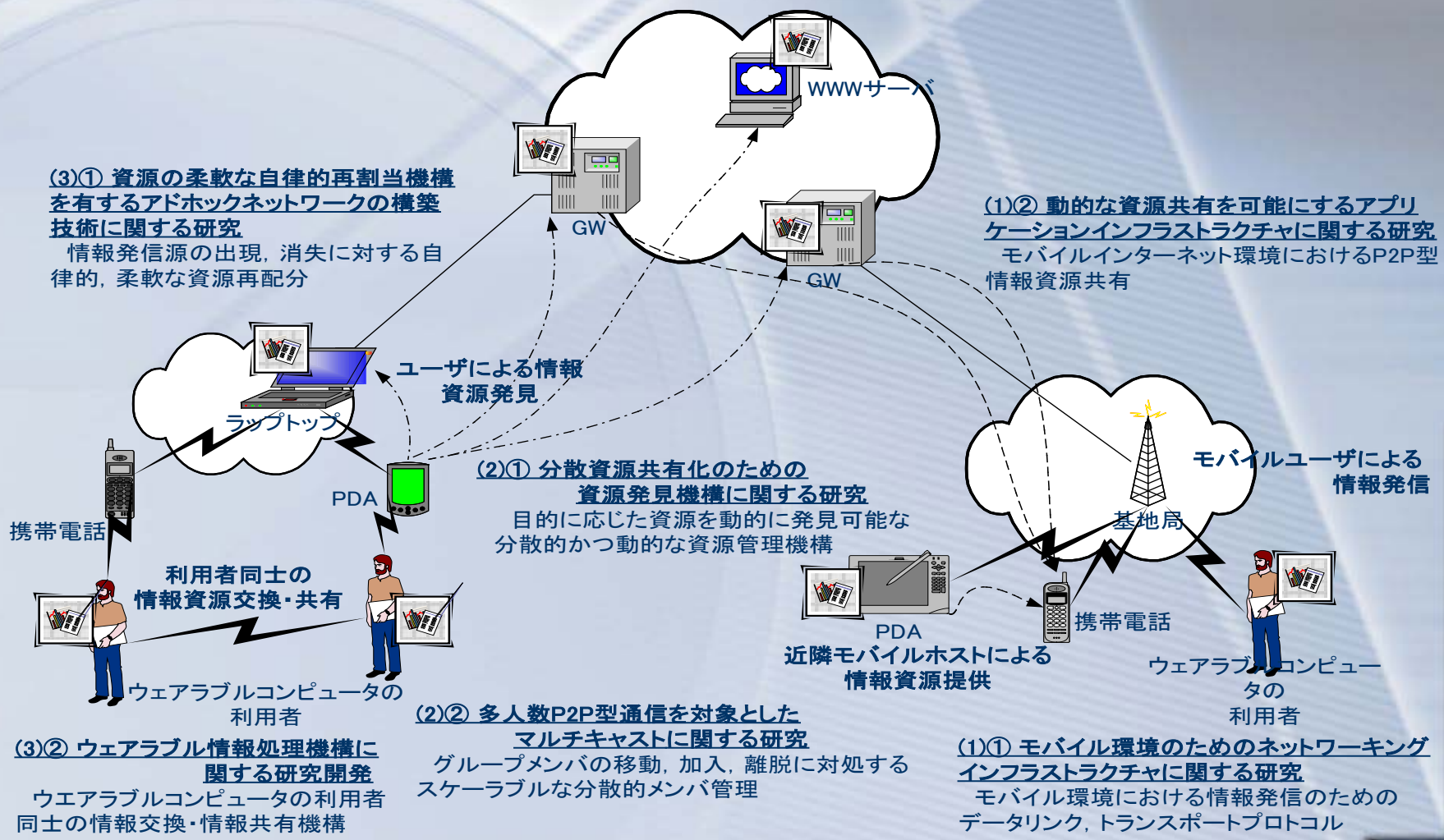
資源発見・探査  
テーマ1-2， 2-1  
若宮直紀， 春本要

情報選別・メタ情報管理  
テーマ2-1：春本要

## モバイルP2Pミドルウェア

モバイルアドホックネットワークング  
テーマ1-1：菅野正嗣

# 研究グループ間の連携



**(3)① 資源の柔軟な自律的再割当機構を有するアドホックネットワークの構築技術に関する研究**  
 情報発信源の出現, 消失に対する自律的, 柔軟な資源再配分

**(1)② 動的な資源共有を可能にするアプリケーションインフラストラクチャに関する研究**  
 モバイルインターネット環境におけるP2P型情報資源共有

**(2)① 分散資源共有化のための資源発見機構に関する研究**  
 目的に応じた資源を動的に発見可能な分散的かつ動的な資源管理機構

**利用者同士の情報資源交換・共有**  
 ウェアラブルコンピュータの利用者

**(3)② ウェアラブル情報処理機構に関する研究開発**  
 ウェアラブルコンピュータの利用者同士の情報交換・情報共有機構

**(2)② 多人数P2P型通信を対象としたマルチキャストに関する研究**  
 グループメンバの移動, 加入, 離脱に対処するスケーラブルな分散的メンバ管理

**近隣モバイルホストによる情報資源提供**

**(1)① モバイル環境のためのネットワークインフラストラクチャに関する研究**  
 モバイル環境における情報発信のためのデータリンク, トランスポートプロトコル

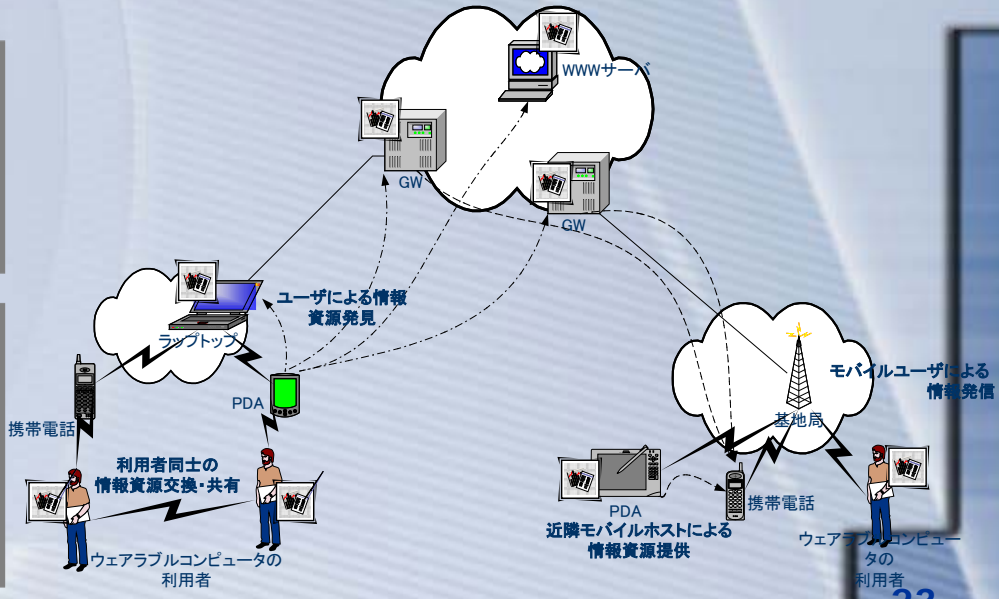


# 現状の課題

- モバイル環境におけるP2P型通信においては
  - 情報資源を発信、伝送するためのアップリンクの通信速度が情報交換の効率に大きな影響を与える
  - 情報資源の出現、消失に伴って動的かつ急激なトラヒックの集中が生じる

情報を効率よく配置、管理し、それらを配信するためのアプリケーションインフラストラクチャの構築

有線ネットワークと無線ネットワーク間で透過的かつ高速なデータ通信を行えるネットワークアーキテクチャの確立







# アドホックネットワーク技術との統合

## ■ 高速データ転送のための要素技術

- マルチプルアクセス技術
  - CSMA/CA (IEEE 802.11)
- ルーティングプロトコル
  - オンデマンド (ソースルーティング型; AODV, DSR, ...)
  - プロアクティブ (テーブル駆動型; DSDV, ...)
- データ転送プロトコル
  - TCPベース
  - エンドツーエンド; 許されるのはモバイル側の改変まで

## ■ 情報発見機構との統合

- オンデマンド型ルーティングとP2P型情報発見機構との親和性

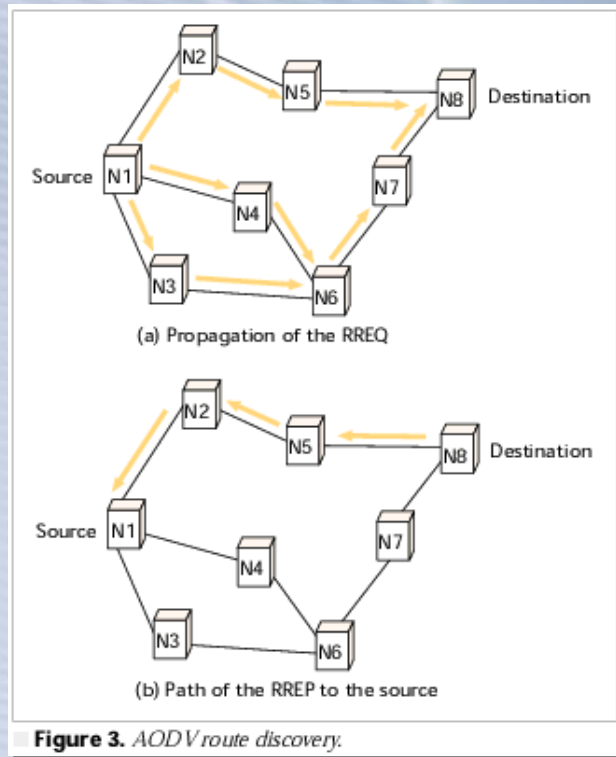
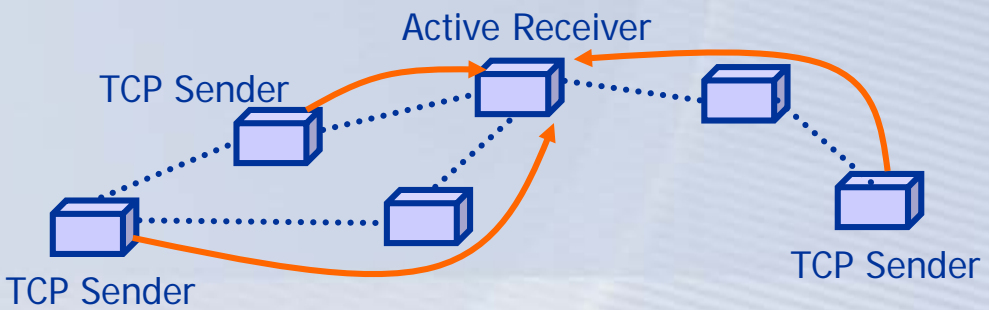


Figure 3. AODV route discovery.



# Short-Lived TCPコネクションに適した モバイルP2P経路制御

- アドホックネットワークにおける遅延劣化の要因
  - ルート探索による遅延
  - TCPコネクション確立のための遅延
  - リンク切断による新たなルート探索のための遅延
- エンド間プロトコルであるTCPの改良は不適切
- 提案する手法
  - プロアクティブルート探索とオンデマンドルート探索の併用
  - リンク切断に対処するため、複数ルートを管理
  - TCPコネクション確立パケットをルート探索と同時に送信

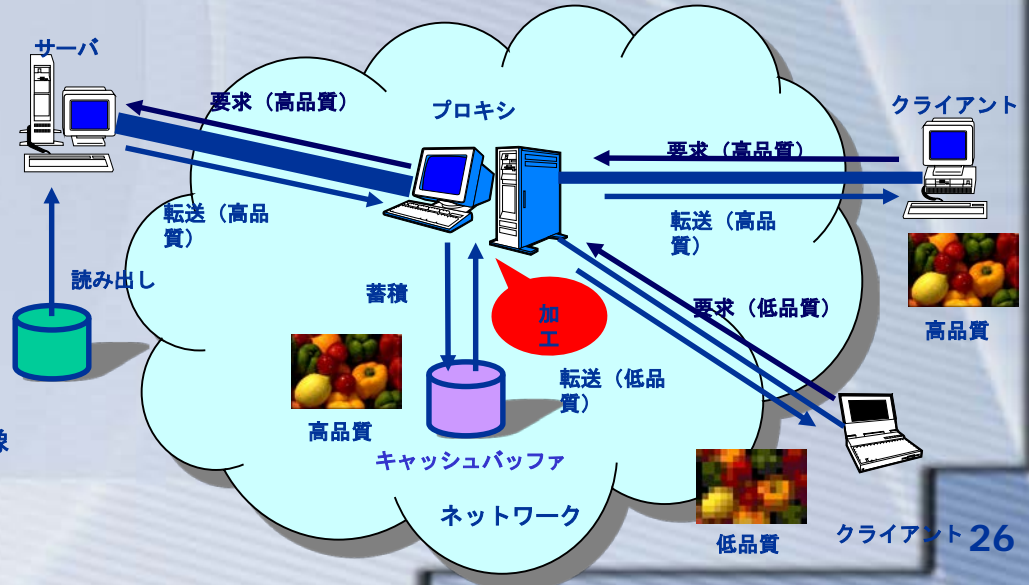




# ストリーム型メディア向け P2P向けキャッシュ技術

- 動画品質調整機構のプロキシへの組み込み
  - 動画データ通信のレート制御としてTFRC (TCP Friendly Rate Control) の採用
  - クライアントの要求品質のレート制御への反映
  - サーバ/プロキシ間の利用可能な帯域が小さく、要求品質を満たせるデータを時間内に取得できない場合には、クライアントが画質と実時間性のどちらを優先するのか指定可能

- GoP (Group of Pictures) を単位とした先読み機能のプロキシへの組み込み
- 日立社AWG (Active Web Gateway)への搭載
- 今後の課題
  - 情報発見機構との統合



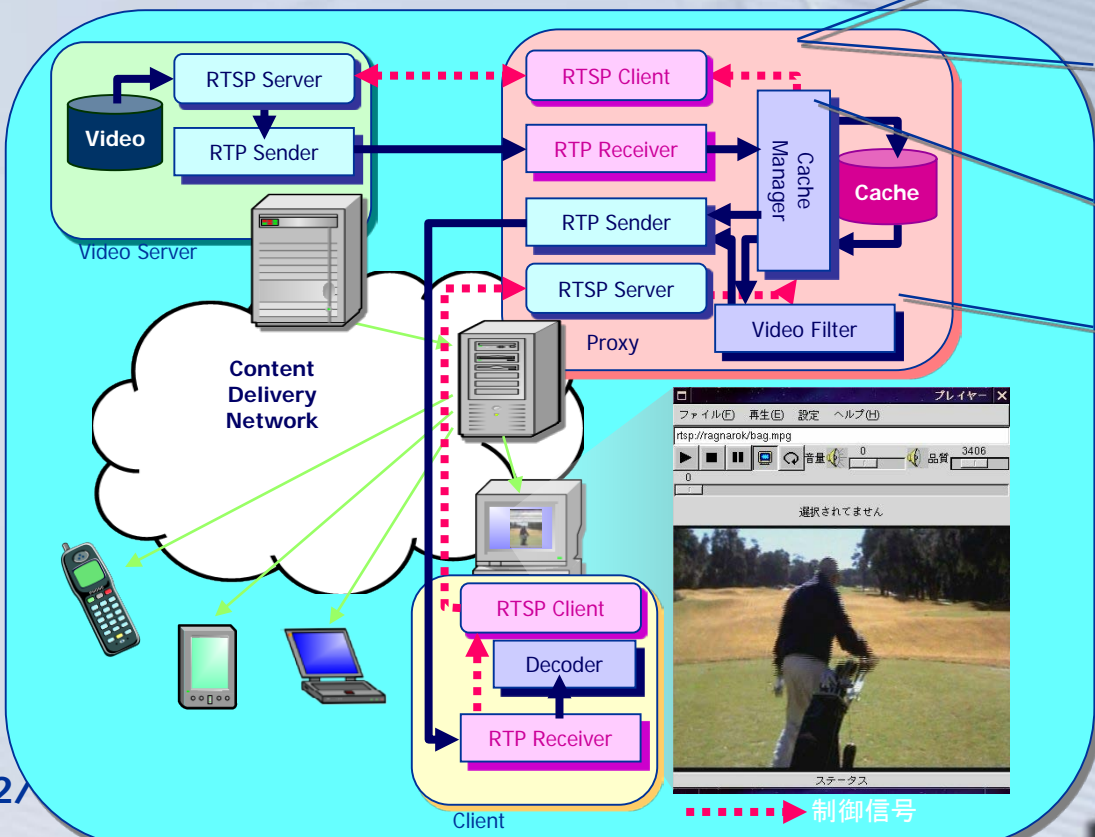
MPEG-2動画像



# 動画像品質調整機構を有する プロキシキャッシングシステム

高品質な動画像を効率よく配信するためのキャッシングメカニズム

- ・ 動画像データをセグメント化
- ・ クライアントの要求品質を考慮した動画像セグメント取得機構
- ・ 動画像セグメントの先読み機構
- ・ キャッシュ内セグメントの置き換え機構



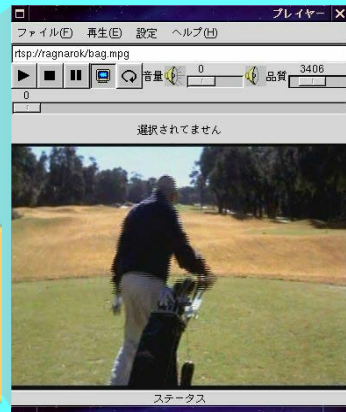
転送要求セグメントの品質決定  
アルゴリズム

キャッシュミスの予測に基づく  
動画像セグメントの先読み

参照性を考慮したキャッシュ内  
セグメントの置き換え

動画像品質調整

- ・ クライアントシステムの性能
- ・ ネットワークの負荷状態
- ・ ユーザの好み
- ・ サービスに対する要求



.....▶ 制御信号  
————▶ 動画像セグメント