

平成 30 年度 博士論文

IoT と P2P 技術に基づいた知的
プラットフォームの実装と評価

報告者
劉 怡

指導教員
バロリ レオナルド 教授

2019 年 3 月 5 日

福岡工業大学 大学院 工学研究科 知能情報システム工学専攻

目次

第 1 章	序論	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的	2
1.3	構成	2
第 2 章	P2P ネットワーク	4
2.1	P2P ネットワークの概要	4
2.2	P2P のメリットとデメリット	5
2.2.1	P2P のメリット	5
2.2.2	P2P のデメリット	6
2.3	P2P 応用範囲	6
2.4	P2P システムモデル	7
2.4.1	ハイブリッド型 P2P モデル	7
2.4.2	スーパーノード型 P2P モデル	8
2.4.3	ピュア型 P2P モデル	9
第 3 章	JXTA プラットフォーム	10
3.1	JXTA の概要	10
3.2	JXTA-Overlay	12
第 4 章	ファジィ理論	14
4.1	ファジィ理論の概要	14
4.2	ファジィ集合	14
4.2.1	ファジィ集合の概要	14
4.2.2	ファジィ集合とメンバシップ関数	15
4.3	Fuzzy Logic Control の構成	16
4.4	ファジィ制御	17

4.4.1	ファジィ制御の概要	17
4.4.2	ファジィ制御の特徴	18
第5章	モバイルコンピューティング	19
5.1	モバイルネットワーク	19
5.1.1	モバイルネットワークの長所と短所	21
5.1.2	モバイルデータトラフィックの増加と影響	21
5.1.3	モバイル IP	22
第6章	モノのインターネット	23
6.1	モノのインターネットの概要	23
6.2	IoTの実現に必要な技術	24
6.2.1	Internet Protocol Version 6 (IPv6)	24
6.2.2	Wireless Sensor Network (WSN)	26
6.2.3	Radio Frequency Identification (RFID)	28
第7章	提案システム	29
7.1	JXTA-P2P システム	29
7.1.1	JXTA-P2P システム 1	29
7.1.2	JXTA-P2P システム 2	33
7.1.3	JXTA-P2P システム 3	40
7.1.4	JXTA-P2P 応用システム (医療支援システム)	41
7.1.5	システムを構成するデバイス	45
7.2	モバイル P2P システム	48
7.2.1	モバイル P2P システム 1	48
7.2.2	モバイル P2P システム 2	53
7.2.3	モバイル P2P システム 3	59
7.2.4	モバイル P2P 応用システム	66
第8章	提案システムの評価	69
8.1	JXTA-P2P システム 1 の結果と評価	69
8.2	JXTA-P2P システム 2 の結果と評価	72
8.3	JXTA-P2P システム 3 の結果と評価	73
8.4	医療支援システムの結果と評価	75
8.5	モバイル P2P システム 1 の結果と評価	77
8.6	モバイル P2P システム 2 の結果と評価	82

8.7	モバイル P2P システム 3 の結果と評価	86
8.8	モバイル P2P 応用システムの結果と評価	91
第 9 章	結論と今後の課題	95
9.1	JXTA-P2P システムの結論	95
9.2	JXTA-P2P 応用システム (医療支援システム) の結論	95
9.3	モバイル P2P システムの結論	96
9.4	モバイル P2P 応用システムの結論	97
9.5	今後の課題	97
謝辞		98
参考文献		99

目次

1.1	本論文の構成図	3
2.1	P2P 方式モデル	4
2.2	CS 方式モデル	5
2.3	ハイブリッド型 P2P モデル	7
2.4	スーパーノード型 P2P モデル	8
2.5	ピュア型 P2P モデル	9
3.1	JXTA-Overlay の構成	12
4.1	ファジィ集合のメンバシップ関数	16
4.2	ファジィ推論システム	17
5.1	インターネットとモバイルネットワークの構成	20
5.2	全世界のモバイルデータトラフィック (出典: Cisco VNI Mobile, 2016 年)	22
6.1	IoT の概要図	24
6.2	WSN のネットワークトポロジ	27
7.1	提案システムの概略図	30
7.2	提案システム 1 の FPRS1 構成図	30
7.3	提案システム 1 の FPRS2 構成図	30
7.4	FPRS1 のメンバシップ関数	32
7.5	FPRS2 のメンバシップ関数	34
7.6	提案システム 2 の構成図	37
7.7	JXTA-P2P システム 2 のメンバシップ関数	38
7.8	提案システム 3 の構成図	40
7.9	提案システム 3 のメンバシップ関数	42

7.10	JXTA-Overlay P2P システムの構成	44
7.11	支援システムの概要	45
7.12	医療支援システム構成	46
7.13	Smart-Box	46
7.14	赤外線センサ	47
7.15	RFID	48
7.16	P2P グループモデル	49
7.17	提案システム 1 の FPVS1 構成図	49
7.18	提案システム 1 の FPVS2 構成図	50
7.19	FPVS1 のメンバシップ関数	51
7.20	FPVS2 のメンバシップ関数	52
7.21	提案システム 2 の FPTAS1 構成図	53
7.22	提案システム 2 の FPTAS2 構成図	56
7.23	FPTAS1 のメンバシップ関数	57
7.24	FPTAS2 のメンバシップ関数	58
7.25	提案システム 3 の FPCQS1 構成図	59
7.26	提案システム 3 の FPCQS2 構成図	59
7.27	FPCQS1 のメンバシップ関数	63
7.28	FPCQS2 のメンバシップ関数	64
7.29	Kanboard の構成	67
7.30	評価する手順	67
8.1	NI=0(FPRS1 で Peer 間相互交換ファイル数が少ない場合).	69
8.2	NI=5(FPRS1 で Peer 間相互交換ファイル数が中ぐらいの場合).	70
8.3	NI=10(FPRS1 で Peer 間相互交換ファイル数が多い場合).	70
8.4	PL=0(FPRS2 でパケットロスが少ない場合).	71
8.5	PL=5(FPRS2 でパケットロスが中ぐらいの場合).	72
8.6	PL=10(FPRS2 でパケットロスが多い場合).	73
8.7	NI=0(Peer 間相互交換ファイル数が少ない場合).	74
8.8	NI=5(Peer 間相互交換ファイル数が中ぐらいの場合).	75
8.9	NI=10(Peer 間相互交換ファイル数が多い場合).	76
8.10	NI=0(Peer 間相互交換ファイル数が少ない場合).	77
8.11	NI=5(Peer 間相互交換ファイル数が中ぐらいの場合).	78
8.12	NI=10(Peer 間相互交換ファイル数が多い場合).	79
8.13	被験者が退出しない場合	79

8.14	被験者がいない, もしくは動いていない場合	80
8.15	被験者が退出を行い再び入室した場合	80
8.16	NODMP=0(FPVS1 で Peer がオンラインディスカッション数が少ない 場合).	81
8.17	NODMP=50(FPVS1 で Peer がオンラインディスカッション数が中ぐ らいの場合).	81
8.18	NODMP=100(FPVS1 で Peer がオンラインディスカッション数が多い 場合).	81
8.19	NODMP=0(FPVS2 で Peer がオンラインディスカッション数が少ない 場合).	82
8.20	NODMP=50(FPVS2 で Peer がオンラインディスカッション数が中ぐ らいの場合).	83
8.21	NODMP=100(FPVS2 で Peer がオンラインディスカッション数が多い 場合).	84
8.22	SW=10(FPTAS1 で Peer のワークフロー状態が悪い場合).	84
8.23	SW=50(FPTAS1 で Peer のワークフロー状態が普通の場合).	85
8.24	SW=90(FPTAS1 で Peer のワークフロー状態が良い場合).	85
8.25	SW=10(FPTAS2 で Peer のワークフロー状態が悪い場合).	86
8.26	SW=50(FPTAS2 で Peer のワークフロー状態が普通の場合).	87
8.27	SW=90(FPTAS2 で Peer のワークフロー状態が良い場合).	88
8.28	GS=10(FPCQS1 で各 Peer のグループ同期化意識が低い場合).	88
8.29	GS=50(FPCQS1 で各 Peer のグループ同期化意識が普通の場合).	89
8.30	GS=90(FPCQS1 で各 Peer のグループ同期化意識が良い場合).	89
8.31	GS=10(FPCQS2 で各 Peer のグループ同期化意識が低い場合).	90
8.32	GS=50(FPCQS2 で各 Peer のグループ同期化意識が普通の場合).	91
8.33	GS=90(FPCQS2 で各 Peer のグループ同期化意識が良い場合).	92
8.34	評価する項目	93
8.35	admin メンバーのスコア	93
8.36	各メンバーのスコア	94
8.37	変更後の各メンバーのスコア	94

第 1 章

序論

1.1 研究背景

近年, Client と Server 両方の機能を備えた Peer により通信を行う Peer to Peer(P2P) モデルが, コンテンツの効率的な送受信を実現するプラットフォームとして注目されている [1-3].

P2P 技術の応用範囲は非常に広く, P2P データ配信, P2P 電話, P2P 掲示板, P2P 放送 (テレビ, ラジオ), P2P グループウェア, P2P 分散ファイルシステム, P2P 仮想ネットワーク, P2P 地震情報など, 多くの適用例が生まれつつある. P2P ネットワークでセキュアな通信を行うためにピアの信頼性はとても重要である. モバイル P2P の研究も行われている. モバイル P2P は従来の P2P ネットワークと異なり, 無線通信端末を利用することから, ノードの移動耐性, アドレスの流動性, ネットワークの不安定さを考慮したリソース管理が求められる. P2P ネットワークの信頼性と安全性を改善するために多くのパラメータを考慮する必要がある, NP (Non-deterministic Polynomial time) 困難の問題となる. そのため, 新しい方法, アルゴリズム及びシステムが必要である [4-6].

一方, 日本の医療現場において, 医師や看護師の不足が大きな問題となっている. 厚生労働省の調査によると経済協力開発機構 (OECD) の先進国の中でも人口 1000 人あたりに対する医師数の平均は, 日本は非常に低い値となっている. そのため, 医師や看護師の一人に対してかかる負担が大きくなり, その負担により医師が辞めてしまうことで, さらに医師や看護師が不足する悪循環が起こってしまう [7]. また, 患者の遠慮がちな性格や認知機能障害等が要因となり医師や看護師の目が届かないところでの患者の行動が, 転倒・転落を引き起こしている現状がある [8].

医療事故を減少させていくためには患者の病状の把握, 身体状態の把握, 環境整備などの対策などを継続的に行う必要がある. また, 医師や看護師に対して患者が自らの要望を伝えられるなどの関係を持つことも大切である.

現在, 携帯電話端末の爆発的な普及により, これまでノード密度が低く接続性に課題のあった MANET を利用したモバイル P2P ネットワークが注目されている. 今では, 自

宅や通勤先，通学先を離れているときにも携帯電話を使って，友人と会話したり，メッセージを送ることができる．また，自宅用の家電はネットワークを介してスマートフォンやパソコンなどで操作することができるようになった．現在，モバイル P2P ネットワークは深く我々の生活に浸透している．しかし，モバイル環境における P2P 通信においては，Peer のセキュリティ性について考慮する必要がある．また，情報資源の出現、消失に伴って動的かつ急激なトラフィックの集中が生じる．これらのことは，モバイル P2P ネットワークを実現する上で解決しなければならない課題となっている．

1.2 研究目的

本研究の目的は，IoT と P2P 技術に基づいた新たな知的プラットフォームを提案する．有線 P2P ネットワークのために JXTA-Overlay P2P プラットフォームを実装し，モバイル P2P ネットワークのために MobilePeerDroid システムを実装する．また，新しいパラメータを提案し，JXTA-Overlay P2P プラットフォーム及び MobilePeerDroid システムのためにファジィ信頼性システムを実装する．実装した知的プラットフォームは多くのシミュレーション及び実験で評価する．評価を行った結果から，実装した知的プラットフォームにより JXTA-Overlay P2P プラットフォーム及び MobilePeerDroid システムの信頼性は改善できると考える．

また，現在インターネットの爆発的普及により，それを構成する情報通信機器もより軽量で携帯可能な機器に進化している．これらのデバイスを活用し，医療現場において様々な環境データを収集，蓄積，分析することができるシステムの提案と実装を目指すことにより，医師や看護師が行う患者管理の負担を減らし，かつ患者の状態異常時の早期発見に貢献することを目的とする．提案したシステムの評価やデータの収集を行い，診断や管理を容易にし医師や看護師不足の問題に対して医療技術の面でのアプローチを行い有効性を示す．

1.3 構成

本論文の構成図を以下の図 1.1 に示す．第 1 章では研究背景，研究目的について述べる．第 2 章では P2P ネットワークの概要，P2P 応用範囲，P2P システムの特徴などについて説明を行う．第 3 章では，JXTA プラットフォームについての説明をする．第 4 章ではファジィ理論について，ファジィ集合，ファジィ論理，ファジィ制御の説明を行い，第 5 章では，モバイルコンピューティングについての説明を行う．第 6 章ではモノのインターネットの概要や技術について紹介する．第 7 章では JXTA-P2P システムとモバイル P2P システムに関する提案システム，及び，実装した医療支援システムとモバイル P2P

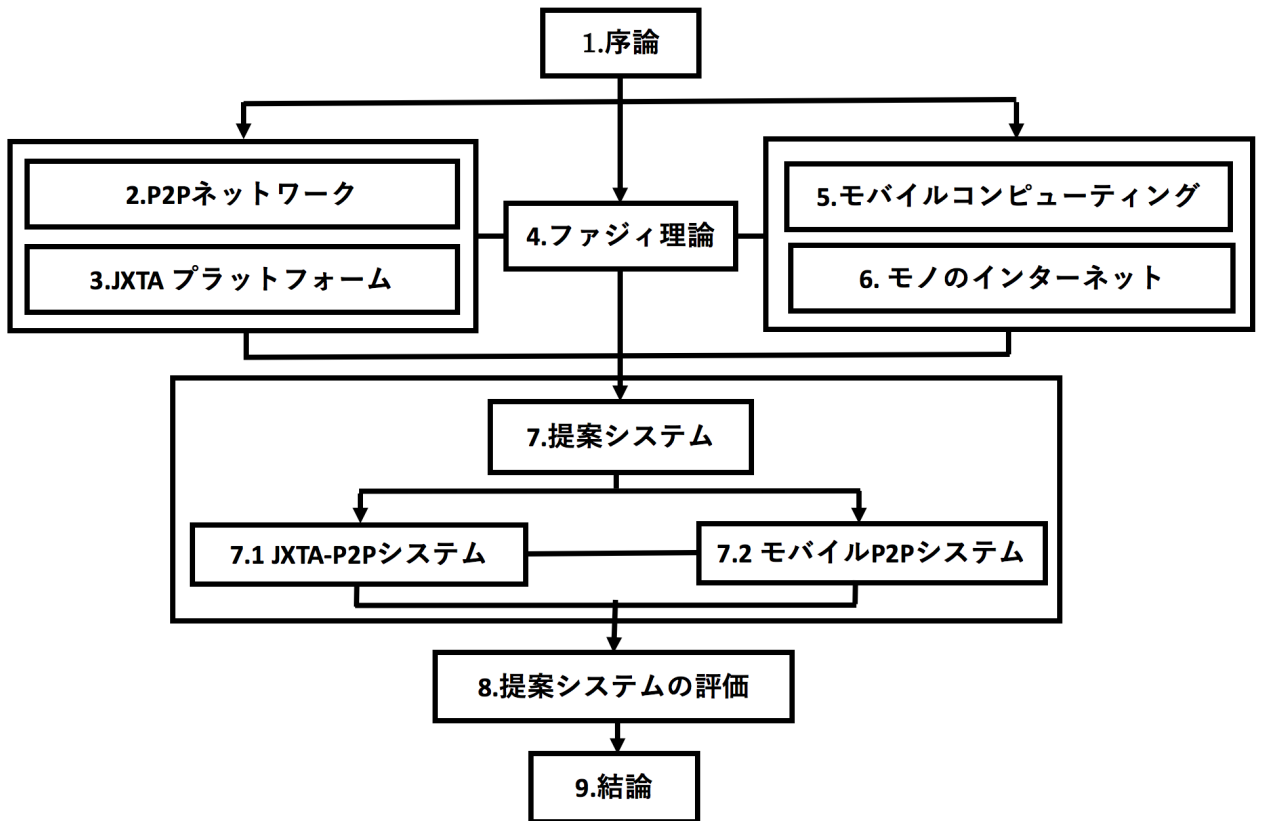


図 1.1 本論文の構成図

応用システムの説明を行う。第8章はJXTA-P2PシステムとモバイルP2Pシステムの評価結果について、議論を行う。第9章は結論と今後の課題を述べる。

第2章

P2P ネットワーク

2.1 P2P ネットワークの概要

P2P ネットワークとは、ネットワークに参加している端末が1対1の対等の立場で直接通信することである。図 2.1 を示すように、ネットワークに参加するすべての端末が全部の負荷を分担する。P2P ネットワークと Client/Server(CS) 方式を比べると、Client と Server の区別をしない。

CS 方式では、Client と Server を分離し、多数の Client に対して Server が1つである。図 2.2 を示すように、Client はユーザーからの要求を Server に渡し、Server ではその要求に対して処理を行い、また Client に返信する流れになる。CS 方式では、一つ Server と接続する Client 数が多い場合、Server に負荷が集中する。一方、P2P 方式では Server と Client をいう関係がなく、Client 同士が互いに接続することで直接通信を行う。端末の数が多くなっても特定端末へアクセス集中が発生しにくいという特徴がある。P2P 方式のインターネットの仕組みの端末が相互に接続し全体が繋がれる。すべての端末が独立しているため、1つが障害を発生しても他の端末がダウンすることはない。従って、

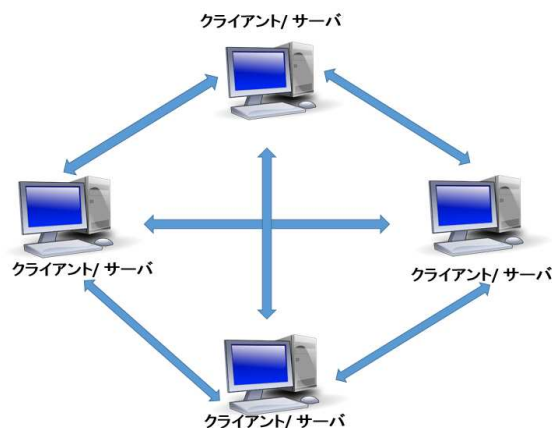


図 2.1 P2P 方式モデル



図 2.2 CS 方式モデル

P2P ネットワークの利点として、サーバが存在しないため、コスト削減をすることができる。ここ数年、商用的にも注目を集めており、Line, Skype, Wechat, KeyHoleTV, BitComet, μ Torrent などの IP 電話や動画配信サービスの応用例が増えてきている [9]。

2.2 P2P のメリットとデメリット

2.2.1 P2P のメリット

高スケーラビリティ

クライアント /サーバ型ネットワークだけでは、特定のサーバへのアクセス集中やトラフィック集中が発生しやすく、サーバの処理能力やアクセス回線容量の両面において、サービスの拡大に十分対応できなくなる恐れがある。P2P 方式はサーバ機能を各ノードが分散して維持しているため、特定の端末に負荷が集中しにくく、高いスケーラビリティを持っている。アクセス集中やトラフィック集中に対する、解決策の一つとなる [10]。

低コスト

P2P では最もコストがかかる Server の回線費用が存在しない。CS 方式に比べ、これを格段に安価にできる。Server だけに依存するわけではないため、機器・管理者・運用・保守などの負荷が少なくなり、資源の集中に伴うリスクや非効率性も低減する。

耐障害性の高さ

一つ Peer に障害が起きても、それ以外の Peer に及ぼす影響が少ない。分散されることによって、パケット紛失・損傷リスクが軽減される。CS 方式では、Server がダウンする場合、この Server に依存する Client が通信不可能になる。P2P 方式は 1 つでも Peer に接続可能な場合、通信を継続することが可能である。

2.2.2 P2P のデメリット

通信経路による通信速度の制限

P2P 方式で最適な通信速度を確保するには全ての端末間の回線品質が等価である必要がある。しかし、インターネットで全ての端末間の回線品質を同じレベルに保つことは不可能である。従って、各通信経路の通信速度は回線品質によって、通信速度も異なる。

セキュリティ

P2P 方式を利用する場合、Peer 間は直接データのやり取りが可能である。このため、ファイル交換サービスでウイルスが仕込まれたファイルが P2P ネットワーク上に流出すると、ネットワーク全体がウイルス感染するリスクがある [11]。悪意がある Peer が存在した場合は、他の Peer の情報を改ざんや盗聴する可能性がある。このように P2P ソフトウェアを利用する場合、セキュリティ性を注意することが必要である。

著作権侵害

P2P ネットワークの誕生の原点から見えてくることは、インターネットを元にして自由な発想で新しいソフトウェアを開発した。P2P 方式が不正利用としては、知的財産権を侵害する不法コンテンツの流通、個人情報への流出など被害が発生した。また、ファイル共有ソフトでの著作権侵害については、著作権者がアップロード者を訴える事例も発生しており、実際に賠償金の支払が命じられた事例も出ている。

2.3 P2P 応用範囲

P2P 方式の応用範囲は非常に広く、P2P データ配信、P2P 掲示板、P2P 電話などファイル共有サービスを提供するソフトに多く適用例がある。Peer が対等な立場で文書、画像、動画などのファイルをオンラインの状態であれば誰でもどこからでもアクセスでき、他のユーザーとも共有できる。P2P 応用範囲が広がるにつれて、各 Peer にウイルスが侵入する可能性が高くなる。個人情報や企業情報が漏れる事件も実際に起こっている。そのため、P2P 方式に対して、Peer のセキュリティ性は非常に重要である。

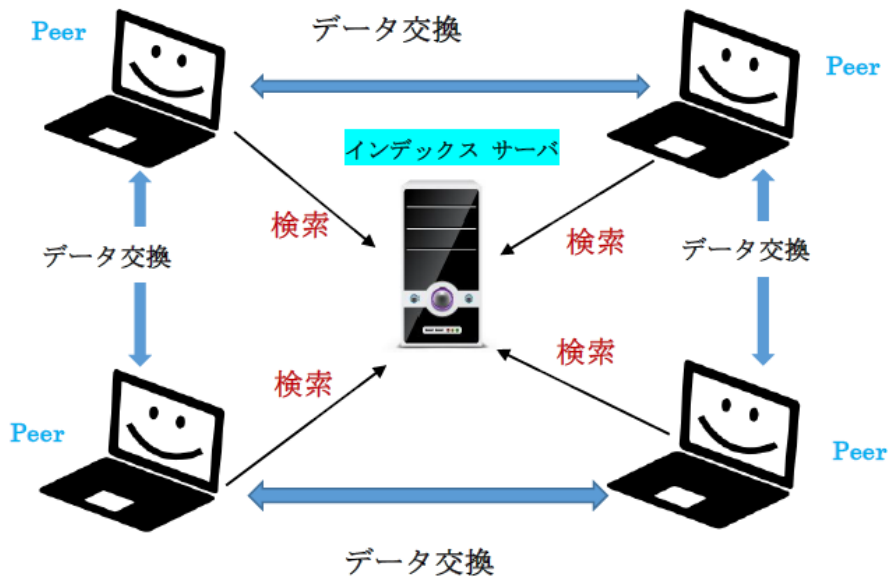


図 2.3 ハイブリッド型 P2P モデル

2.4 P2P システムモデル

2.4.1 ハイブリッド型 P2P モデル

探索方法による分類を行う，P2P システムにおける 3 つのモデルについて説明する．図 2.3 に示すように，ハイブリッド型 P2P においては，各種ファイルのメタデータをインデックス・サーバと呼ばれるサーバで管理し，ファイル自体（音楽ファイルや画像ファイルなど）は，各 Peer が保有する．

各 Peer は，P2P ネットワークに参加すると，各 Peer が保有するファイルのメタデータをインデックス/サーバにアップロードする．あるファイルを入手したい場合，Peer はインデックス・サーバに検索要求を行い，その関連したメタデータをインデックス・サーバから入手する．

CS 方式に比べるとファイルの送受信は Peer 間で直接行うため，インデックス・サーバ側にかかるトラフィックや処理負荷を軽減することが可能である．しかし，サーバが停止するとサービスが停止する．そのため，インデックス・サーバの負荷分散対策は，CS 方式と同様に必要となる．ただし，ピア型 P2P モデルと違い，ユーザー制御やファイル流通の集中管理が可能となっている．

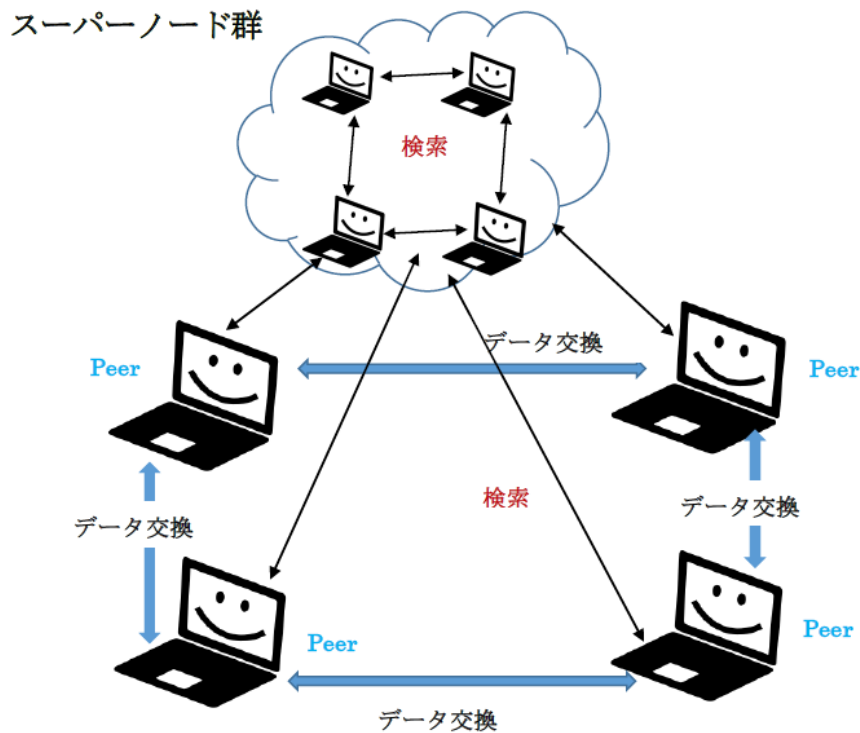


図 2.4 スーパーノード型 P2P モデル

2.4.2 スーパーノード型 P2P モデル

図 2.4 に示すように、スーパーノード型ではスーパーノードと呼ばれる処理能力の高い Peer によってスーパーノード群を構成しているのが特徴である。

ピア型 P2P モデルは、サーバを使わないで、Peer と Peer だけで直接通信を行うため、「ピア」という名称がついている。ピア型 P2P では、ファイルとメタデータは各 Peer が保有している。即ち、各 Peer がクライアントとサーバの両方の機能を備えている。また、各 Peer が一般的に同一の機能を持つことが特徴である。Peer が最初に P2P ネットワークに参加するには、すでに P2P ネットワークに参加している各 Peer の情報（例えば IP アドレスやポート番号）が必要になる。

ピア型 P2P モデルでは、自律的に P2P ネットワークを形成する。自分以外のピアに処理を依頼するには処理依頼メッセージを発行するが、そのメッセージはリンクをたどってほかのノードに流通している。ピア型 P2P モデルの特徴として、耐障害が高く、スケラビリティが高い。しかし、Peer の制御や集中管理をすることは難しい。

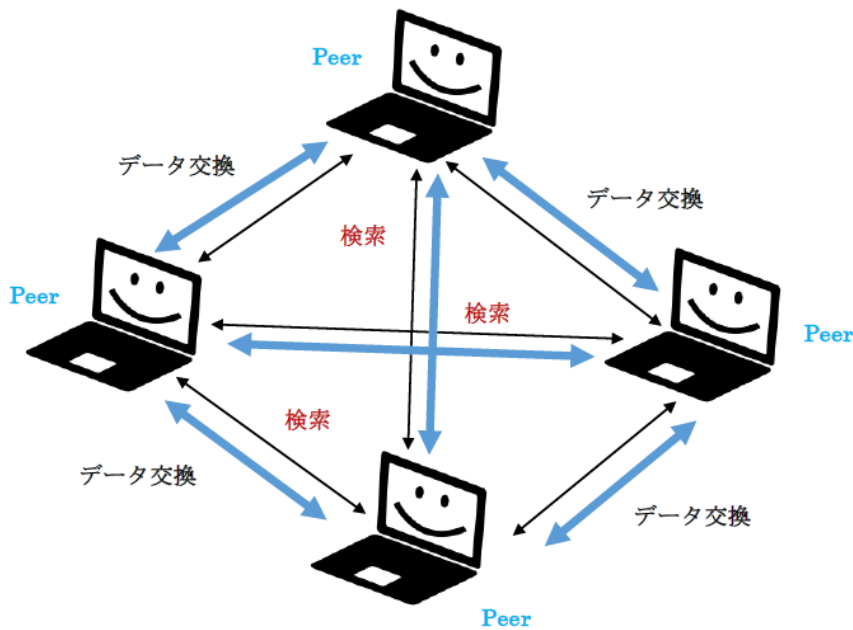


図 2.5 ピュア型 P2P モデル

2.4.3 ピュア型 P2P モデル

図 2.5 に示すように、ピュア型 P2P モデルは Index Server を使わず Peer のみで通信を行うのが特徴である。

スーパーノード型ではスーパーノードと呼ばれる処理能力の高い Peer によってスーパーノード群を構成しているのが特徴である。スーパーノードモデルは、ピュア型 P2P モデルを変形したモデルであるため、一般的にはピュア型 P2P モデルの特徴を備えている。全ての Peer がファイルのアップロード、ダウンロードなど同一機能を持つピュア P2P モデルとは異なり、スーパーノードと言われる検索機能など備える Peer がネットワークに参加している。

また、匿名性の高いファイル共有システムが、ピュア型 P2P を使っている。Peer が最初に P2P ネットワークに参加するには、すでに P2P ネットワークに参加している各 Peer の情報が必要である。ピュア型 P2P モデルは、サーバが存在しないことが特徴である。メタデータも、ファイル・データも Peer が分散管理する。

第 3 章

JXTA プラットフォーム

3.1 JXTA の概要

JXTA は当時の Sun Microsystems 社 (2010 年 1 月 27 日にオラクルにより吸収合併された。) が 2001 年 4 月に概要を 発表したフレームワーク技術で、P2P 型アプリケーションを容易に開発できる環境を提供することを目指したものである [12].

簡単にいえば、JXTA とは「P2P アプリケーションを作成するために用意された標準プロトコル群」である。つまり、JXTA 単体でなにか処理ができるというわけではなく、JXTA をベースとすれば P2P ソフトが簡単に作成できるというものである。

- JXTA の技術で可能なこと
 - Peer が自身以外の Peer を発見
 - Peer が PeerGroup を作成・管理
 - ネットワークリソースを告知する、あるいは公開・発見
 - JXTA のシステムが構成する基盤となる技術が特定のコンピューター言語や OS に依存しない条件での開発
 - 安全にネットワーク上の他の仲間との通信の実現

- JXTA プロトコル

JXTA プロトコルには以下の 6 つのプロトコルがあり、それらは発見、組織化、監視、そして Peer 間通信を可能にするために、共同して作業をする。

- Peer Discovery Protocol (PDP)

ピアが自分の資源を広告し、他のピアからの資源 (ピアグループ、サービス、パイプ、そして、そのピア以外のさらに別のピアなど) を発見することができるようにするための機構である。各ピアの資源は、広告を利用して記述され、

公開される。広告は、プログラミング言語に中立的なメタデータ構造であり、ネットワーク資源を記述している。広告は、XML 文書として表現される。

– Peer Resolver Protocol (PRP)

ピアが1つまたはそれ以上のピアに問い合わせ query を送るための機構であり、問い合わせに対する1つの応答 response (あるいは多数の応答) を受け取ることができるようにするための機構でもある。PRP は、問い合わせ/応答プロトコルを実装している。応答メッセージは、メッセージ本体に含まれる一意の ID によって問い合わせと照合される。ピアが PDP によって発見された場合、何らかの問い合わせをそのピアに対して送ることができる。

– Peer Information Protocol (PIP)

ピアが他のピアについての情報を得ることができるようにするための機構である。例えば、そのピアの状態や、活動を終える時間 uptime や、トラフィック負荷や、どんな仕事ができるか等の情報である。

– Peer Membership Protocol (PMP)

ピアが自分でピアグループを組織し、自分たちをそのピアグループへ参加させることができるようにするための機構である。ピアグループは、共通の関心を持ったピアに対して論理的な境界線を形成する。1つのピアが複数のピアグループに属することもできる。PMP は、ピアが PDP によって発見された既存のピアグループに参加したり、あるいはそこから抜けたりするためにも使われる。

– Pipe Binding Protocol (PBP)

ピアが仮想的な通信チャネル、あるいは、1つまたは多数のピアとの間でパイプを確立することができるようにするための機構である。PBP はピアが、結合の2つないし多数の終端(パイプのエンドポイント endpoint)を結びつけるために使われる。パイプは、ピア間の通信機構の基礎を提供する。

– Peer Endpoint Routing Protocol (PEP)

ピアが、他のピアへメッセージを送るために使うルート(一続きのホップ)を発見できるようにするための機構である。ピア A がピア C にメッセージを送りたいとき、そして、A と C の間に直接のルートがないとき、ピア A は C にメッセージをルーティングするための1つの中継ピア(もしくは多数の中継ピア)を見つけ出す必要がある。PEP はそのルート情報を決定するために使われる。仮にネットワーク・トポロジーが変化し、C へのルートに沿ったリンクが機能しなくなったために、そのルートが使えなくなった場合、ピアは PEP を使って、C へのルートを再構成することのできる他のピアを見つけ出すことができる。

3.2 JXTA-Overlay

JXTA-Overlay は JXTA プロトコル上で JXTA 基盤アプリケーションに必要とされる基本的な機能を提供するものである [13–18]。JXTA-Overlay は次のような機能を提供している。

- Peer の発見
- Peer のリソース資源の発見
- リソースの配置
- タスクの割り当てと実行
- ファイル/データのシェア, 発見, 伝送
- 一時的な通信
- Peer グループの機能
- Peer のグループとタスクのモニタリング

図 3.1 は, JXTA-OverlayP2P システムの構成を示しており, オーバーレイネットワークとは, 物理的ネットワークを越えて形成する仮想的なネットワークのことを呼び, JXTA-Overlay は JXTA プロトコル上で JXTA 基盤アプリケーションに必要とされる基本的な機能を提供するものである。

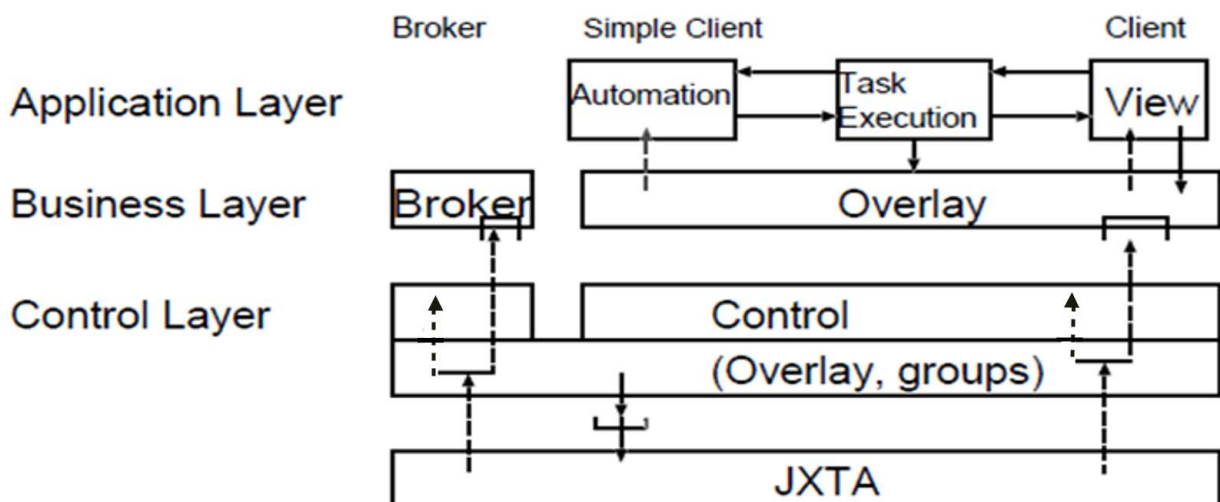


図 3.1 JXTA-Overlay の構成

P2P ネットワークにおける最大のメリットは、ファイアウォール内に存在するプライベートネットワークの Peer をルータやブリッジなどを越えて外部のコンピュータと接続することでインターネットのサービスが及ぶ範囲を拡張できる点である。現在のところファイル共有やファイル転送などの基本的なサービスが主であるが、世界中の端末を結びつけ、今までにないサービスを展開できる可能性を持っている。ここでは、我々が開発した JXTA-Overlay P2P システムについて述べる。

また、新たに端末制御のためのセキュリティを考慮し提案システムに実装した。JXTA-Overlay は Sun Microsystems が提唱する JXTA をベースにセキュリティ向上と P2P アプリケーションの開発を支援するために開発されているシステムである。

最大のメリットは P2P アプリケーションの開発を支援することに加え、通信する相手を認証することで高いセキュリティを保ちながら P2P 通信網を運用できる点である。通常、サービスを提供するシステムは、インターネットのようなパブリックネットワーク上に存在するため、プライベートネットワーク内に存在する学習者をインターネット側から特定して装置を制御する必要がある。

しかし、従来の TCP/IP では、NAT やファイアウォールの存在によりインターネットから、プライベートネットワーク内の学習者の端末を特定し対象者を刺激するための装置を制御することは困難である。そこで、JXTA-Overlay P2P システムでこの問題を解決した。

P2P プロトコルは様々なセキュリティデバイス (ファイアウォールや NAT など) を越えて目的の対象者の端末装置を制御することができる。さらに、P2P システムを利用することにより、それぞれのデータを共有し検索閲覧可能な環境を提供できる。Peer(端末)間で通信を開始するためには図 3.1 のように Broker と呼ばれる端末によってユーザ認証を受ける必要がある。Broker は、ユーザ認証や通信するための管理および Peer の存在確認などを行う。

Broker は他の Peer の発見を助けたり、Peer の位置情報やファイル共有のための情報を収集する。クライアントは二つのタイプに分けられる。一つは、ユーザーインターフェイスを持つクライアント (Clinet) とユーザーインターフェイスは持っていないが通信に必要なリソースを提供するシンプルクライアント (Simple Client) である。図 3.1 に示すように、Overlay 内部は Control Layer, Business Layer と Application Layer で構成される。Control Layer は、JXTA ピアグループを管理し、メッセージの送信を支援する。Business Layer は、Control Layer の上層レイヤーである。このレイヤーは、Overlay の基本機能を実装している。さらに、Broker と Clinet 用に特化して構成されている。Application Layer はユーザーが JAVA で定義した複数のアプリケーションを同時に実行できることに加え、命令をバックグラウンドで動作させることができる [2, 19]。

第 4 章

ファジィ理論

4.1 ファジィ理論の概要

ファジィ理論ではあいまいな値を扱う論理演算に関する理論で、1965年に米カリフォルニア大学バークレ校のロトフィ・A. ザデー教授によって提唱された「ファジィ集合論 (Fuzzy Set)」に端を発している。

ファジィ理論における論理演算は、従来のように「0」や「1」だけでなく、「0.7」や「0.2」のような値を扱うことができる。これを使うと「約 3km」や「1リットルくらい」などのあいまいさを表現できるようになる。ファジィ理論では、このあいまいさを「メンバシップ関数 (Membership Function)」と呼ばれる関数で表現する。関数同士の演算に、論理和や論理積、補集合などがある。情報処理への応用では、ファジィ理論を使うことはシステムを知的にすることや、ユーザビリティの向上に有効であると言われている。理論自体もシンプルであり、ファジィを応用したシステムは比較的容易に構築できる。

また、ファジィ理論を利用する場合、複数のルールのうち1つが壊れてしまっても、残りのルールがあればシステムは稼動し続けることができるため頑健性が高い。さらに、入力パラメータを増やすことで精度を上げることが可能であるといった特長がある。

4.2 ファジィ集合

4.2.1 ファジィ集合の概要

クリスプ集合は明確に境界を定義し、メンバシップ度は1か0である。ファジィ集合はある要素がその所属の集合を0と1との間に自然言語で表されるような曖昧な表現できる集合である。

集合に帰属する度合を表すメンバシップ関数により、曖昧な対象を定量化して扱う。一般に集合の体系には論理の体系が対応するが、ファジィ集合に対応するのはファジィ論理

である。ファジィ集合やファジィ論理を利用した制御をファジィ制御といい、これらのファジィに関する理論をファジィ理論という。

ファジィ集合の要素である度合いは、メンバシップ関数によって表される。例えば人間の身長を「低い」「普通」「高い」という3種類にわけを考える。ファジィ理論ではこのような曖昧な事象を定量化し、集合のように扱うことを可能にする。例えば低いに属する集合を a 、普通に属する集合を b 、高いに属する集合を c とすると「155cm から 175cm の人間」 x は以下のように表す。

$$\mu_a(x) = 0.3$$

$$\mu_b(x) = 0.5$$

$$\mu_c(x) = 0.2$$

ここでは 155cm から 175cm の人間は 0.5 の割合で背が普通に属し、0.3 の割合で背が低いに属し、0.2 の割合で背が高いに属すると置いている。ここで、実際に正しいかどうかは別であり、ここでは、あくまでこのように定義するという指標である。このとき $\mu_a(x) + \mu_b(x) + \mu_c(x) = 1$ である。

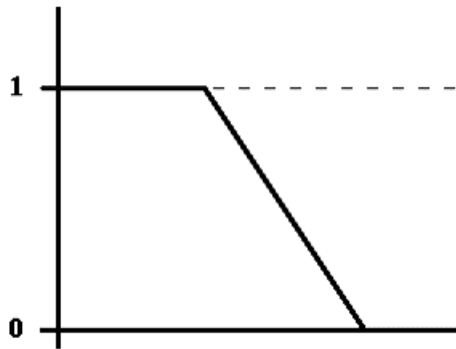
ファジィ集合と明確区別する必要がある場合、クリスプ集合を使う。クリスプ集合の場合、低いか高いしか表示できない。ファジィ集合はクリスプ集合の拡張として、やや低い、やや高い、非常に高いなど様々な曖昧表現ができる。ある例に対して、全て状況を考慮する場合、ファジィ集合を利用するほうが有利である。

4.2.2 ファジィ集合とメンバシップ関数

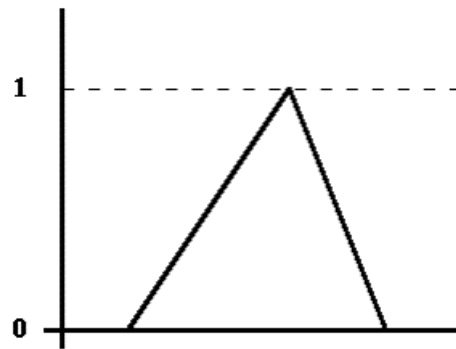
ファジィ理論では境界のあいまいな性質を扱うために集合の概念を拡張してファジィ集合を考える。ある要素があるファジィ集合に属するか否かは確固たるものではない。要素がファジィ集合に属すると思われる度合いをメンバシップグレード (Membership Grade) あるいは単にグレード (Grade) と表し、0 から 1 の範囲の数値を与えて扱う。グレードは客観的あるいは統計的な確率というより、むしろ主観的な度合いを数値化したものと言える。

前述のように、ある要素が属するか否かがはっきりしている通常の集合のことを総称してクリスプ集合と言う。また、要素の特定のパラメータの値に対し、その要素がファジィ集合に対するグレード値を求める関数を考えることができる。これをメンバシップ関数と言う。

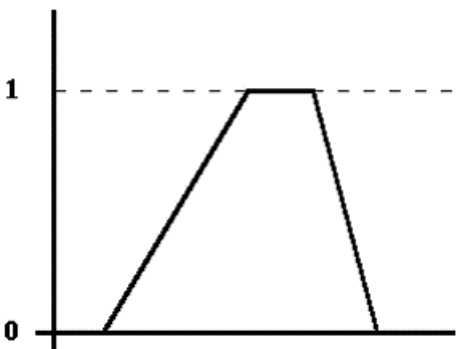
ファジィ集合のメンバシップ関数の例を図 4.1 に示す、順に、図 4.1(a) は階段型、図 4.1(b) は三角形型、図 4.1(c) は台形型、図 4.1(d) は正規分布型、図 4.1(e) はシグモイド型である。計算を簡単化するため、階段型、三角形型、台形型のメンバシップ関数が頻繁に使われる。



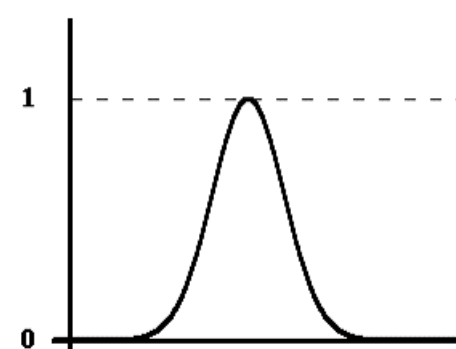
(a) 階段型メンバシップ関数



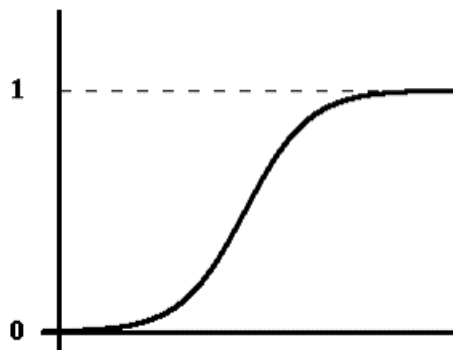
(b) 三角形型メンバシップ関数



(c) 台形型メンバシップ関数



(d) 正規分布型メンバシップ関数



(e) シグモイド型メンバシップ関数

図 4.1 ファジィ集合のメンバシップ関数

4.3 Fuzzy Logic Control の構成

ファジィ理論制御の構成を図 4.2 に示す。ファジィを用いる推論は、Yes もしくは No しか返せないクリस्पでの推論と比較し、Yes と No だけでなく、どちらかといえば Yes、どちらかといえば No というように柔軟に結果を返すことが出来る。

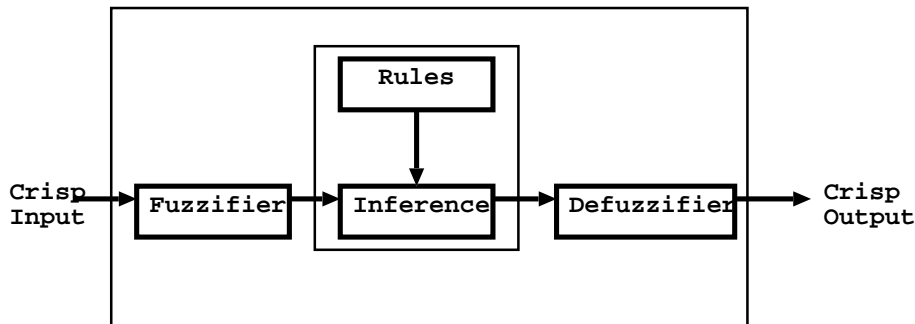


図 4.2 ファジィ推論システム

具体的な動作としてはクリスプの数値入力を行い，Fuzzifierによるファジィ化（メンバシップ関数によるクリスプの値をファジィ値への変換）を行う．その結果を，ルールベースと照らし合わせ，推論を行う．そして，Defuzzifierで非ファジィ化（重心法によりファジィ値からクリスプの値への変換）を行い出力する．

4.4 ファジィ制御

4.4.1 ファジィ制御の概要

ファジィ制御はファジィ理論の応用分野として，もっとも早くから着目され，成功に収めた分野である。ファジィ制御は人間の判断など，あいまいさを含む制御アルゴリズムをif-then形式で表現し，ファジィ推論を用いて計算機に実行させるものである。ファジィ制御は，その可能性を示した米カリフォルニア大学バークレ校のロトフィ・A. ザデー教授の論文を契機として，1974年にロンドン大のMamdani教授がスチームエンジンの実験装置の制御へ適用したのが最初である。その後，数多くの理論的・実験的研究が行われてきた。特に，1987年7月に開業した仙台市地下鉄にて，ファジィ制御による列車自動運転システムが実用化されるなど，日本を中心として実システムへの適用が盛んであり，計算機制御の一つの手法として，従来制御方式では満足できない点を補うものとして定着しつつある。現在では，家電製品から，プラントの制御，地下鉄の自動運転まで，様々なところでファジィ制御が応用されている。

従来の制御と著しく異なるのは，制御アルゴリズムが単一の式で表現されていないことである。制御のために，役に立つ情報からプラントへの入力を決定するアルゴリズムは，情報をいくつか場合分けをし，if-then型の論理的制御指令として表現される。

4.4.2 ファジィ制御の特徴

一般にファジィ制御が大きな成果をあげているものの多くは、今まで人間が行っていたことを新たに自動化するといったものである。

従来の制御ではこれらのできないのかというと、多くの場合そんなことはない。ファジィ制御の特色は、IF-THEN 形式で記述されたルールにより、推論を行うことで制御を行うことである。

この形式の利点は、人間の経験的な知識を表現しやすいことである。つまり、ファジィ制御の最大の利点は、大規模システム、多目的制御システム、適当なセンサのないシステム、非線形システムなど、通常の方法では制御が困難であり、人間が経験的な知識で操作するようなことを比較的簡単に自動化できる。

もう一つの特長として、曖昧さを扱えるため、繊細な操作が可能になり、一つのルールでも、比較的広い範囲に対応した操作ができる。ファジィ制御では、これらの特色を活かしてお互いに範囲が重なり合うようにルールを設定する。こうすることで、複数のルールがお互いを補完するような関係を作れるため、たくさんあるルールのうちの一つが多少不適切であったとしても、他のルールが不適切なルール分を補い結果として正しい出力を出すことができる。

言い換えれば、ファジィ制御には、制御を行うためのルールの一部が破損しても、残ったルールによりある程度精度を落とした状態の動作を続けられるため、頑健性が高い。同様に、時間が経過し制御したい対象が老朽化などのため、初めに作ったときと多少違った挙動をするようになっても、ある程度は追従して制御することができる。

しかし、ファジィ制御にも欠点がある。まず、膨大な量の IF-THEN ルールを処理するため、計算量が非常に多くなるという点がある。膨大な数のルールを処理するためには、ある程度高速なプロセッサを必要とするため、現在ではファジィ演算用のチップなどが開発されている。また、ファジィ制御は非常に厳密な制御を求められるものには向かないため、ロケットなどの制御はモデル化を行い、従来の制御理論を用いて制御を行う方が効率的である [20]。

第 5 章

モバイルコンピューティング

モバイルコンピューティングとはノート型パソコンや PDA(個人向け携帯情報端末の総称) など携帯可能なコンピュータを使って、いつでもどこでも情報処理ができることである。モバイルコンピューティングの基盤となるものが無線通信である。通信機能を持っている携帯型端末をネットワークと接続し、通信するとき即時にできる情報処理環境がモバイルコンピューティング環境である。以前はモバイル機器といえば携帯電話、モバイル PC, PDA が中心であったが、最近では小型軽量化・高性能化が進んでいるにもかかわらずパソコンと同様の仕事を行うことができる、スマートフォンやタブレット PC モバイル WiMAX など通信ネットワークにつなぎ、ネットで情報収集、電子メールの送受信などができる。モバイルコンピューティングでコンピュータを軽量小型化すると、携帯電話にみるような通信技術によって、移動中であっても、固定のサイトでできることと同じことができるようにネットワーク資源を利用しやすくなった。モバイルコンピューティングを現実のものとするのに大きく貢献したのは、スマートフォンやタブレット端末である。その普及がインターネットの使われ方を激変させ、急速に進化した。

5.1 モバイルネットワーク

以前のインターネットは固定回線でしか利用していなかった。しかし現在では、図 5.1 の示すように、モバイルネットワークが発展し、外界のさまざまなものにコンピュータを埋め込み、相互作用を起こさせることにより、人間の活動を援助、強化することができるようになった。また、消防車両や警察車両、バス、タクシーなどの移動体が消防本部や警察署と即時に連絡できる無線ネットワークを構成している。モバイルコンピューティングの発展には、モバイル機器の進化もさることながら、モバイルインターネット環境の発展も大きくかかわっている。しかし、現在のモバイルインターネットは、さらに通信環境を向上する必要がある [21]。

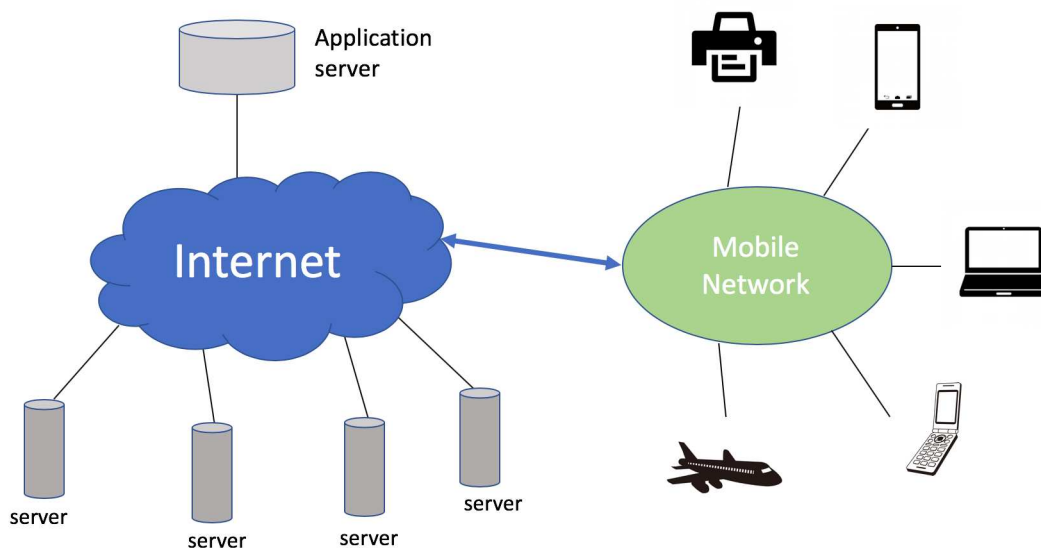


図 5.1 インターネットとモバイルネットワークの構成

インターネットを利用しやすい携帯電話では、Twitter, LINE, Wechat, Facebook などの即時的に会話できるネットワークサービスを通じて、どこでもいつでも連絡できるようになっている。このような携帯できる通信端末をモバイル端末と呼ぶ。モバイル端末が通信する場合、利用されるネットワークはモバイルネットワークである。現在、モバイルネットワークを利用するの端末は PC に限らない。スマートフォン、携帯電話、携帯ゲーム機、万歩計、時計などのように通常生活で通信機能を備えているデバイス、広い意味ではコンピュータと考えられる。

モバイルネットワークは通常生活で利用する以外は、消防車両、バス、電車、飛行機の通信機器も業務用の移動体が通信本部と連絡をとるためにもモバイルネットワークを利用する。消防車両、バス、電車、飛行機もモバイル端末と呼ぶ。業務用のモバイルネットワークの例として、飛行機は移動中の航路指示を出すための無線標識や全地球測位システム (Global Positioning System: GPS) を利用することで予定通りの航路で移動する。また、移動中の飛行機は周辺にあるの飛行機と通信し、互いの速度、移動経路、位置をモバイルネットワークを利用することで情報を交換することが可能である。モバイルネットワークを実現するには、通信可能な範囲、データを転送速度、通信品質などに関する様々な通信技術を考慮することが重要である。

5.1.1 モバイルネットワークの長所と短所

固定回線の通信と比べてモバイルネットワークで通信する長所は、自由に移動できることや回線を取り回す必要がなく、いつでも、どこでも、だれでも通信が実現できることである。例えば、携帯電話を利用する場合、新幹線や車などで移動中でも通信できる、日本国内、あるいは海外でも通信できることができる。また、衛星電話では、人工衛星を基地局として用いるので、山、海、森などでも通信できる。モバイルネットワークは、ケーブルが不要で、複数の端末と接続が可能である。

一方、モバイルネットワークで通信する短所は、電波状態による通信速度の不安定さ、有線に比べるとセキュリティが低い、端末のバッテリーなどのエネルギー源を確保する必要があるなどが挙げられる。近年、無線通信は次々に高速な規格がつくられているが、同じ時期の規格を比べると、有線の方が断然に早い。通信誤りは有線通信と比較すると、モバイルネットワークの方が多い。そのため、通信誤りを検出し訂正する機能や、再度同じデータを再送する機能が強化する要求である。また、有線通信に比べるとセキュリティ面に不安があり、悪用される危険性が高い。よって、セキュリティ対策を行う必要がある。従って、情報を暗号化することで、通信の内容が盗聴されても秘密が守られる通信規格が多い。

5.1.2 モバイルデータトラフィックの増加と影響

スマートフォンやタブレット 端末などの端末が普及したことにより、移動通信トラフィックが爆発的に増加している。[22]によると、図 5.2 に示すように、2015 年から 2020 年の間に、モバイルデータトラフィックは CAGR (年平均成長率)53% まで増加する予測であり、驚異的な増加傾向が見られる。2020 年までにモバイルデータトラフィックが 30.6 エクサバイト / 月になるとの予測がある。

トラフィックが増加すると、ユーザの通信品質にも影響が行じてくる。2012 年から持ち運べる端末 (スマートフォン、タブレット 端末) の急増に対して、モバイルネットワークに設置されているパケット 交換機に対して、パケット 量が多いため通信障害が発生したユーザがサービスを利用しにくい状況になった。また、ユーザが密集したエリアは基地局に接続しにくいことがよく発生する。

現在の状況を改善するために、狭い範囲に多数の基地局を設置するなど、パケット 交換機の処理性能を向上することが各会社は努力がなされている。これにより、各基地局に接続するユーザ数を減少し、ユーザの通信品質を向上することができる。また、大量のトラフィックに耐えられるモバイルネットワーク 基盤が構築され、安定的な通信環境を実現でき

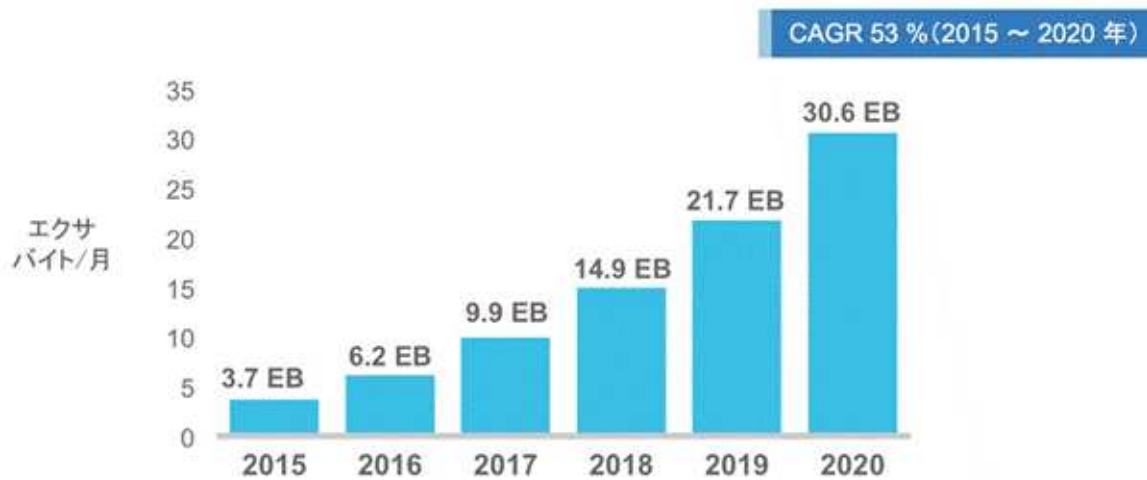


図 5.2 全世界のモバイルデータトラフィック (出典: Cisco VNI Mobile, 2016 年)

る。ただし、基地局を増加すると、非常にコストがかかるため、トラフィック増加の傾向に伴い、無線通信における技術対策だけで解決することは難しいである。さらに、負荷を分散するトラフィックフロードが必要となる。代表的なトラフィックフロード手段は、無線 LAN を利用した方法とフェムトセルを利用した方法がある。

5.1.3 モバイル IP

モバイル IP は、モバイル・プロトコルを使うことにより、IP は移動を克服し、移動端末は自由にインターネット上を移動しても通信を継続できる技術である。モバイルを実現する基本プロトコルは、モバイル IPv4 とモバイル IPv6 である。モバイル機能が実現されることで、インターネットは新たな局面を迎えることになった。さまざまな無線技術でインターネット接続が無線化され、モバイル技術で移動を克服することによって、インターネットはその可能性をさらに広げていくことになった。

TCP/IP プロトコルが設計されたとき、端末の IP アドレスが変化することは想定されていなかった。従って、端末の IP アドレスが変化すると、通信が切断される。モバイル端末の IP アドレスが分からないと、通信が開始できない。このような問題を解決するため、ネットワーク層における移動支援プロトコルについて取り上げる。IETF (Internet Engineering Task Force) によって標準化されている最も代表的な IP モビリティ、モバイル IPv4 である。現在では、モバイル IPv4 を利用することで、携帯電話やスマートフォンは通信中に移動しても通信が切断されることがない [23]。

第 6 章

モノのインターネット

6.1 モノのインターネットの概要

インターネットの普及率は年を重ねるごとに増加している。PC やサーバ，携帯端末などの情報通信機器だけでなく，洗濯機や掃除機，エアコンなどのさまざまなモノを，RFID やセンサ，無線 LAN などによってネットワークに接続，位置を確定し，制御することが可能になった。こうした動きにモノのインターネット (Internet of Things) がある (図 6.1 参照)。

1990 年頃から普及し始めたインターネットは「情報のインターネット」で，主に Web サイトがインターネットを介してデータベースに繋がっているという状況だった。それが今では，人が加わった「情報と人のインターネット」へと移ってきている。いわば人間が一つの終端装置となりインターネットに繋がっていることだと言える。

IoT は M2M(Machine to Machine) とよく対比される。M2M とは，Machine to Machine の省略形で，機器同士が人間の介在なしに動作するシステムである。M2M 通信は無線通信手段 (GSM, 3G, LTE) を用いインターネット経由で機器同士が通信する。最近では M2M とは別に IoT という用語も使われている。IoT と M2M の違いは IoT はモノを物理的にとらえず，コンテンツなどの仮想的なモノも含んでいることが違いだといそのため IoT を構成する上での要素として M2M が考えられる。

また，IT 社会が Web コンピューティングから，スマートデバイスやクラウドの技術によりユビキタスネットワークに変化したことで，「いつでもどこでも」ネットワークにつながる時代となった。

そこに IoT のモノを中心としそのモノ自体が「何でも」ネットワークにつながるという概念が加わることで，ユビキタスネットワークから，モノや環境がセンシング機能を持ち，人の行動を支援する知覚能力のあるコンピューティングであるエキゾチックネットワークの実現に繋がってくる手段になる。

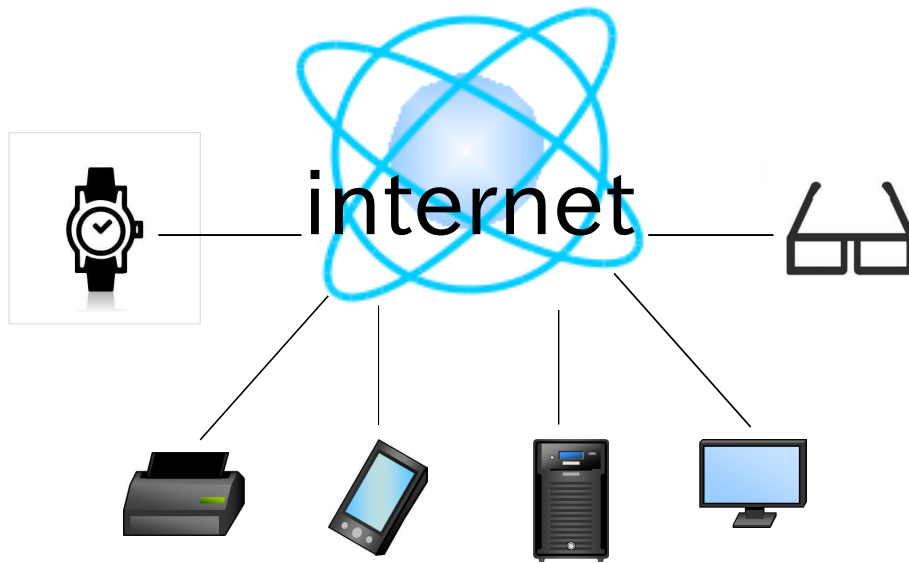


図 6.1 IoT の概要図

6.2 IoT の実現に必要な技術

6.2.1 Internet Protocol Version 6 (IPv6)

様々なモノをインターネットに接続する IoT において、1 番の問題となるのがアドレスの枯渇であり、情報通信機器以外のデバイスがネットワークに接続されるということは当然、それだけ多くのアドレスが必要となってくる。

現在、主流となっているインターネットプロトコルは IPv4 (Internet Protocol Version 4) で、 2^{32} = 約 42 億個のアドレスを割り振れることができるが、2011 年に日本を含むアジア太平洋地域のアドレスが枯渇してしまっている。IoT の実現には何十億を大きく上回るほどのデバイスが接続されることは明確である。そのため、IPv6 (Internet Protocol Version 6) の実現が前提となってくる。IPv6 は 2^{128} = 約 340 澗 (約 10^{36}) 個のアドレスを割り振ることが可能になる。

- IPv6 の主な機能

- IP アドレスの拡張

IPv6 では 128 ビットのアドレス範囲を備えている。余裕のあるアドレス割り当てが可能になるだけでなく、アドレスの一部にインターネット階層化に使われる情報を盛り込んであるため、ルータのルーティングに適したアドレス構造を持つネットワークの構築が可能になっている。

- 固定長ヘッダ

IPv6 のヘッダは固定長である。IPv4 では可変長でしたが、固定長にすることでルータなどの動作を高速化しやすくなる。

– フラグメンテーション処理をしない

フラグメンテーション処理を行わない代わりに処理が単純化され、より高速処理に有利になっている。送信側で経路上の最大 IP データグラム長を把握したうえで、送信時それを越えないサイズに IP データグラムを調整することで、経路上でのフラグメンテーション処理を不要にする。

– セキュリティ機能の追加

IP データグラムの盗聴や IP データグラムの偽造を困難にするために、IPsec 機能を追加できる。IPv4 にも同様の機能が追加されたが、元々 IPv6 用に考察された仕組みである。

– アドレス自動生成

DHCP サーバがネットワーク上に存在しない場合でも、容易にネットワークへ接続するため、アドレス自動生成機能が追加されている。これをステートレスアドレス自動生成と呼び、ルータなどの情報をもとにホストが自動的に構成を設定する。

– リアルタイム処理

IPv6 には優先度とフローラベルと呼ばれるラベルによってリアルタイムによる伝送処理を必要とするトラフィックを容易に識別できるようになった。

– 同一ネットワーク内における一斉同報通信機能であったブロードキャスト機能を廃止した。ただし、実質的に同じ機能はマルチキャスト機能の一部に取り込まれている。

● IPv6 の課題

– 互換性がない

IPv4 と IPv6 は互換性がない。IPv4 と IPv6 の相互接続には、特別なゲートウェイ機能が必要になる。ここで最大の問題になるのが、現在のインターネットが IPv4 で運用されている。現状ではインターネットを利用するために、IPv4 を使い続けなければならない、しかしインターネットのための IP アドレスの枯渇問題を解決するには IPv6 へ移行する必要がある。

● IPv4 と IPv6 の違い (IP ヘッダの違いから判る)

– IPv6 では IPv4 の多くのフィールドがなくなっている。

– サービスタイプがトラフィックに置き換わっている。

– TTL (Time to Live) がホップリミットに名称が変わっている。

– ペイロード長フィールドは、ヘッダ部以外の IPv6 のデータグラムの長さを

表す。

- IPv6 と IPv4 をつなぐ通信

現状の実用ネットワークでは IPv4 と IPv6 を相互につなぐ通信路を設ける必要がある。それには大きく分けて次のような 3 種類の方法である [24]。

- デュアルスタック方式

送信元、宛先など、ホストで IPv4 と IPv6 の両方を処理できるよう、2 つのプロトコルスタックを実装して動作させる方式

- トンネル方式

送信元と宛先はそれぞれ IPv4, IPv6 のどちらかが動作しているが、途中経路では IPv4 または IPv6 のどちらかでカプセル化して中継する方式

- トランスレーション方式

送信元と宛先が異なる IP バージョン (IPv4 または IPv6) で動作しているとき、途中で IPv4 と IPv6 の相互交換を行う変換器を設置し、そこで相互交換を行うことで接続性を確保する方式

6.2.2 Wireless Sensor Network (WSN)

現在、IoT や M2M の中心技術として、Wireless Sensor Network(WSN) が世界的に注目されている。WSN とは、センサと無線モジュールを持つノードと呼ばれる無線端末によって構成された無線ネットワークのことである。センサの周囲が大量なデータを容易に収集することができる。

無線を使用することにより配線の必要がなくなりケーブルや敷設の費用が節約できる。また、従来は設置場所の制限や費用の問題で実現できなかったセンサーネットワークを無線化することにより構築可能となる。WSN での計測データや計測場所は非常に幅広く様々である。屋外では、環境モニタリングを行って温度、湿度、照度、雨量などの自然環境をセンシングする。他にも GPS 測量、街灯制御、防災モニタリング、建造物監視を行う。屋内では店舗の照明制御、空調制御、セキュリティ、スマートホームなどに使われている。

WSN を構築する際のネットワークトポロジは 1 対 1 型、スター型、ツリー型、メッシュ型、リニア型がある。スター型は、1 つのコーディネーターと複数エンドデバイスで構成され、1 対 N の星型にセンサーネットワークを構成する。ツリー型は 1 つのコーディネーターと複数のルータやエンドデバイスで構成され、木の枝の型にセンサーネットワークを構成する。メッシュ型はコーディネーター、ルーターがほかの端末と網目状に接続され、複数の通信路を生成できる。各端末のデータはバケツリレーのように中継するが、あ

る通信路に障害が発生すると，自動的に別のルータを迂回して通信を継続できる．リニア型は一行線形にセンサーネットワークを構成する．真珠の首飾りに似ていることからパールネットワークとも呼ばれる．

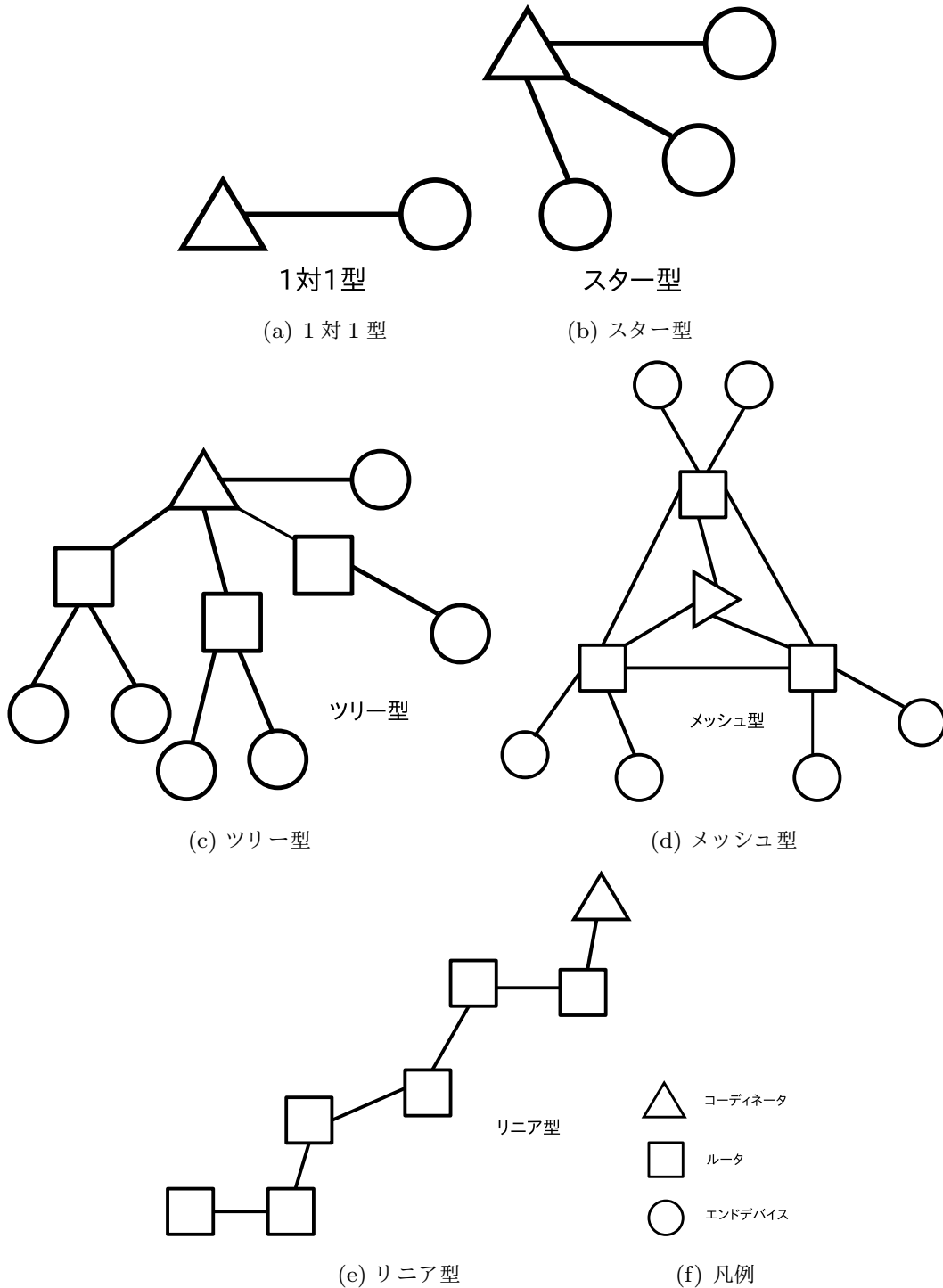


図 6.2 WSN のネットワークトポロジ

WSN を構築する際に必須となる無線モジュールに要求される条件を以下の示す．

- 低消費電力で長時間のバッテリー駆動が可能であり，電源ケーブルを必要としない。
- 小型で設置場所を選ばない。
- 柔軟なネットワークを構築できる。
- ノイズに強く安定した通信を行える。
- 通信内容を暗号化できセキュリティを守れる。

6.2.3 Radio Frequency Identification (RFID)

Radio Frequency Identification (RFID)とは，電磁界や電波などを用いた非接触で無線通信によってRFタグに登録した情報の読み書きを行う自動認識システムである。RFIDの利用では，複数のタグは電波でスキャンすることができる。RFIDの特長では，複数のタグを一括で読み取れる。また，多少距離が離れていても読み取れる。例えば，ある店の商品を棚卸する場合，商品のタグを1つ1つ読み取り，手間も時間もかかる。RFIDを利用する場合，タグを1つ1つ探し読み取る必要がなく，スキャナをかざし，タグを一括で読み取ることができる。また，遠くのタグも読み取ることができ，高い場所のタグも脚立を使わず読み取り可能である。作業時間の短縮や作業者の安全確保にも繋がる。

- RFIDの活用アイデア例
 - － 食品賞味期限の把握 (RFIDで賞味期限・消費期限を記録することにより，期限切れ製品が店頭に並ぶリスクを小さくすることができる)
 - － 社員の管理 (RFIDは商品の管理だけでなく，従業員の勤怠を管理することもできる)
 - － 自動車の洗車サービス (RFIDによる自動車の情報を記録する機能を利用し，自動的に質の高い洗車サービスを提供することができる)
 - － 資産管理効率化 (固定資産にRFタグを取り付け，棚卸の際にRF対応ハンディターミナル一括読み取りすることで棚卸の時間を大幅に短縮)

第 7 章

提案システム

7.1 JXTA-P2P システム

JXTA-P2P システムにおける概略図を図 7.1 に示す。この提案システムは、各 Peer が持っているファイルの情報を収集するだけでなく、DataBase (DB) に登録された Peer の入力パラメータ情報を逐次記録・更新する。これにより、ダウンロードを行う際に、ファイルを複数の Peer が持っていた場合、優良な通信相手の Peer を伝えることが可能になり、優良な環境で P2P ネットワークの実現が可能である。また、入力パラメータが更新されるたび、ファジィ推論システムにより逐次更新される。このように、常に信頼性を更新することで、優良な Peer の選出を可能にする [25-31]。

本研究では、ファジィ理論制御を利用し、入力されたデータは言語表現に置き換えられ (ファジィ化)、推論を行うルールが定められた Fuzzy Rule Base (FRB) に従ってファジィ推論を用いて、言語表現による解を得る。推論によって得られた解は再び数値化され (非ファジィ化) 出力する。

7.1.1 JXTA-P2P システム 1

JXTA-P2P システム 1 の構成

提案システム 1 における入力パラメータと出力パラメータの関係を図 7.2 と図 7.3 に示す。提案システム 1 では 2 つのシステム Fuzzy-based Peer Reliability System (FPRS) を提案する。FPRS1 では Peer 間相互交換ファイル数、ローカル・スコア (Peer からの評価)、Peer セキュリティを考慮することで、ファジィ理論を用いて JXTA-P2P システムのためのファジィ信頼性システムを提案する。また、ファジィ特性を利用し、システム信頼性を向上させるため FPRS1 の拡張として、Peer のパケット損失を追加し、FPRS2 を

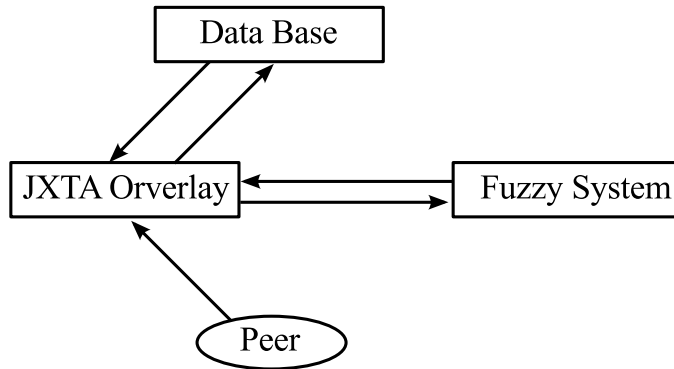


図 7.1 提案システムの概略図

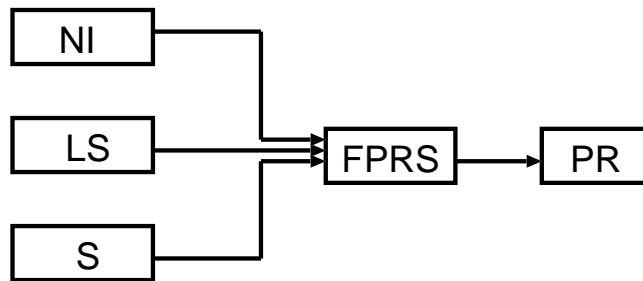


図 7.2 提案システム 1 の FPRS1 構成図

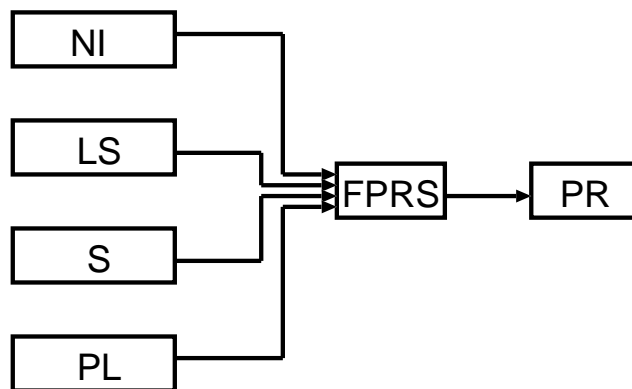


図 7.3 提案システム 1 の FPRS2 構成図

構成した。FPRS1と FPRS2 は 4つの入力パラメータをファジィ理論を利用し，算出される出力パラメータが JXTA-P2P システムから優良な Peer を選出する。

JXTA-P2P システム 1 の入出パラメータとメンバーシップ関数

提案システム 1 の FPRS1 の入力パラメータと出力パラメータを、以下に示す。また、各入力パラメータの単位はユニット (unit) である。

- 入力パラメータ
 - NI : Number of Interactions
 - LS : Local Score
 - S : Security
- 出力パラメータ
 - PR : Peer Reliability

FPRS2 におけるメンバーシップ関数に用いる。FPRS1 により 1 つの入力パラメータ PL を追加したパラメータを以下に示す。

- 入力パラメータ
 - NI : Number of Interactions
 - LS : Local Score
 - S : Security
 - PL : Packet Loss
- 出力パラメータ
 - PR : Peer Reliability

次に、FPRS1 と FPRS2 の入力パラメータと出力パラメータのレベルは、以下のよう
に略し、評価を行う。提案手法における FPRS1 と FPRS2 に関するメンバーシップ関数を
図 7.4 と図 7.5 に示す。

- 入力パラメータ
 - NI
 - * Few (F), Average (A), Big (B) の 3 段階
 - LS
 - * Small (Sm), Medium (Me), Many (Ma) の 3 段階
 - S
 - * Low (Lo), Middle (Mi), High (Hi) の 3 段階
 - PL
 - * Small (Sm), Medium (Me), Many (Ma) の 3 段階

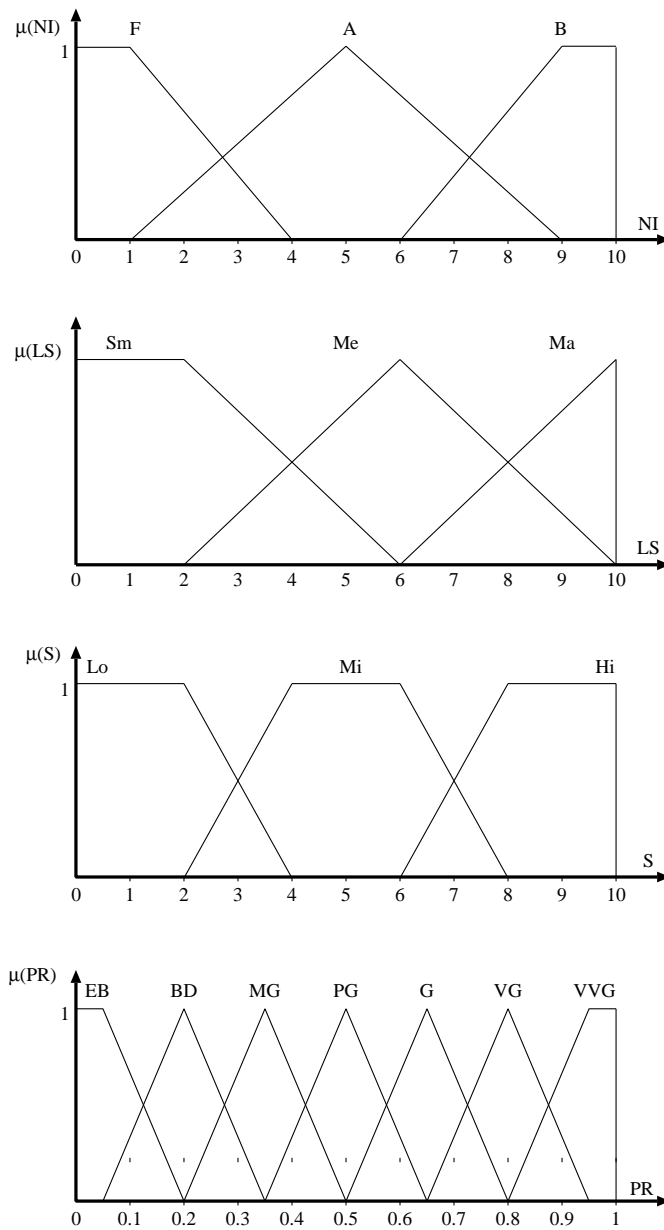


図 7.4 FPRS1 のメンバシップ関数

● 出力パラメータ

– PR

- * Extremely Bad (EB), Bad (BD), Minimally Good (MG), Partially Good (PG), Good (G), Very Good (VG), Very Very Good (VVG) の 7 段階

JXTA-P2P システム 1 のファジールールベース

優良な Peer を選出するため、JXTA-P2P システム上で選出される優良な Peer の条件はファジールールベースに基づいて考慮できる。ファジールールベースにおけるルール数は、入力パラメータの数とパラメータを分割したの数に基づいて作成した。提案システム1 のルールベースは表 7.1 と表 7.2 に示す。FPRS1 は 3 つの入力パラメータがそれぞれ 3 つのレベルに分割されているため、ファジールールベース数を A 、入力パラメータ数を B 、各分割レベルを $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ と定義すると、式 (7.1) で表現できる。そのため、FPRS1 では合計 27 個のルールでファジールールベースを構成し、FPRS2 では合計 81 個のルールでファジールールベースを構成する。

$$A = C1 \times C2 \times C3 \quad (C \text{ は } B \text{ の数分}) \quad (7.1)$$

7.1.2 JXTA-P2P システム 2

JXTA-P2P システム 2 の構成

提案システム 2 における入力パラメータと出力パラメータの関係を図 7.6 に示す。提案システム 2 では各 Peer のデータダウンロードスピード、ローカル・スコア (Peer からの評価)、Peer 間相互交換ファイル数と Peer 同士の持続的な通信時間を考慮することで、ファジィ理論を用いて JXTA-P2P システムのためのファジィ信頼性システムを提案した。4 つの入力パラメータをファジィ理論を利用し、算出される出力パラメータは JXTA-P2P システムから優良な Peer が選出されるかどうかである。提案システム 1 と提案システム 2 は比較すると、同じ出力パラメータであっても、異なる入力パラメータを用いると、どの程度影響があるかが考えられる。

JXTA-P2P システム 2 の入出パラメータとメンバーシップ関数

提案システム 2 の各入力パラメータと出力パラメータを、以下に示す。また、各入力パラメータの単位はユニット (unit) である。

- 入力パラメータ
 - DDS : Data Download Speed
 - LS : Local Score
 - NI : Number of Interactions
 - SCT : Sustained Communication Time

- 出力パラメータ

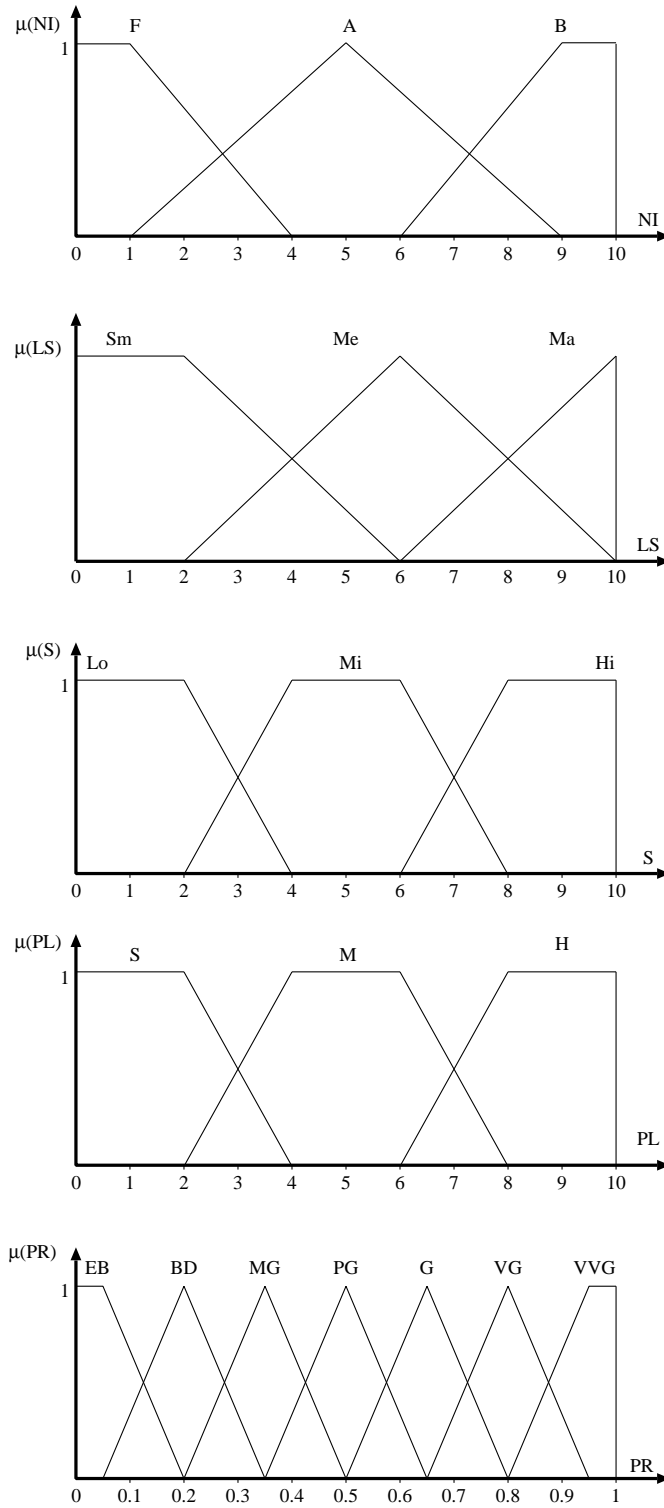


図 7.5 FPRS2 のメンバシップ関数

表 7.1 FPRS1 のファジイルールベース.

Rule	NI	LS	S	PR
1	F	Sm	Lo	EB
2	F	Sm	Mi	BD
3	F	Sm	Hi	MG
4	F	Me	Lo	BD
5	F	Me	Mi	MG
6	F	Me	Hi	PG
7	F	Ma	Lo	MG
8	F	Ma	Mi	PG
9	F	Ma	Hi	G
10	A	Sm	Lo	BD
11	A	Sm	Mi	MG
12	A	Sm	Hi	PG
13	A	Me	Lo	MG
14	A	Me	Mi	PG
15	A	Me	Hi	G
16	A	Ma	Lo	PG
17	A	Ma	Mi	G
18	A	Ma	Hi	VG
19	B	Sm	Lo	MG
20	B	Sm	Mi	PG
21	B	Sm	Hi	G
22	B	Me	Lo	PG
23	B	Me	Mi	G
24	B	Me	Hi	VG
25	B	Ma	Lo	G
26	B	Ma	Mi	VG
27	B	Ma	Hi	VVG

表 7.2 FPRS2 のファジィルールベース.

Rule	NI	LS	S	PL	PR	Rule	NI	LS	S	PL	PR
1	F	Sm	Lo	S	BD	41	A	Me	Mi	M	PG
2	F	Sm	Lo	M	EB	42	A	Me	Mi	H	BD
3	F	Sm	Lo	H	EB	43	A	Me	Hi	S	VG
4	F	Sm	Mi	S	MG	44	A	Me	Hi	M	G
5	F	Sm	Mi	M	BD	45	A	Me	Hi	H	MG
6	F	Sm	Mi	H	EB	46	A	Ma	Lo	S	VG
7	F	Sm	Hi	S	PG	47	A	Ma	Lo	M	PG
8	F	Sm	Hi	M	BD	48	A	Ma	Lo	H	BD
9	F	Sm	Hi	H	EB	49	A	Ma	Mi	S	VVG
10	F	Me	Lo	S	PG	50	A	Ma	Mi	M	G
11	F	Me	Lo	M	BD	51	A	Ma	Mi	H	MG
12	F	Me	Lo	H	EB	52	A	Ma	Hi	S	VVG
13	F	Me	Mi	S	G	53	A	Ma	Hi	M	VG
14	F	Me	Mi	M	MG	54	A	Ma	Hi	H	PG
15	F	Me	Mi	H	EB	55	B	Sm	Lo	S	PG
16	F	Me	Hi	S	VG	56	B	Sm	Lo	M	EB
17	F	Me	Hi	M	PG	57	B	Sm	Lo	H	G
18	F	Me	Hi	H	BD	58	B	Sm	Mi	S	MG
19	F	Ma	Lo	S	G	59	B	Sm	Mi	M	BD
20	F	Ma	Lo	M	MG	60	B	Sm	Mi	H	VG
21	F	Ma	Lo	H	BD	61	B	Sm	Hi	S	PG
22	F	Ma	Mi	S	VG	62	B	Sm	Hi	M	BD
23	F	Ma	Mi	M	PG	63	B	Sm	Hi	H	VG
24	F	Ma	Mi	H	BD	64	B	Me	Lo	S	BD
25	F	Ma	Hi	S	VVG	65	B	Me	Lo	M	PG
26	F	Ma	Hi	M	G	66	B	Me	Lo	H	BD
27	F	Ma	Hi	H	MG	67	B	Me	Mi	S	VG
28	A	Sm	Lo	S	MG	68	B	Me	Mi	M	G
29	A	Sm	Lo	M	BD	69	B	Me	Mi	H	MG
30	A	Sm	Lo	H	EB	70	B	Me	Hi	S	VVG
31	A	Sm	Mi	S	PG	71	B	Me	Hi	M	VG
32	A	Sm	Mi	M	BD	72	B	Me	Hi	H	PG
33	A	Sm	Mi	H	EB	73	B	Ma	Lo	S	VVG
34	A	Sm	Hi	S	G	74	B	Ma	Lo	M	G
35	A	Sm	Hi	M	MG	75	B	Ma	Lo	H	MG
36	A	Sm	Hi	H	BD	76	B	Ma	Mi	S	VVG
37	A	Me	Lo	S	G	77	B	Ma	Mi	M	VG
38	A	Me	Lo	M	MG	78	B	Ma	Mi	H	OG
39	A	Me	Lo	H	EB	79	B	Ma	Hi	S	VVG
40	A	Me	Mi	S	VG	80	B	Ma	Hi	M	VVG
						81	B	Ma	Hi	H	G

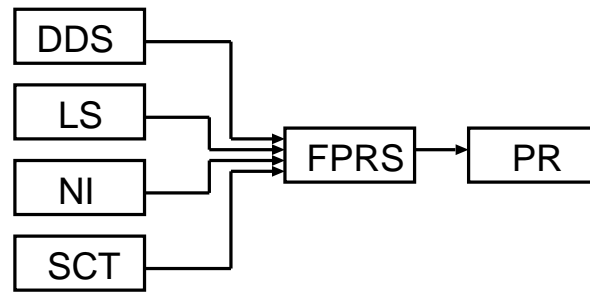


図 7.6 提案システム 2 の構成図

– PR : Peer Reliability

提案システム 2 の入力パラメータと出力パラメータのレベルは、以下のように略し、評価を行う。提案システム 2 に関するメンバシップ関数を図 7.7 に示す。

- 入力パラメータ

- DDS

- * Slow (Sl), Middle (Mi), Fast (Fa) の3 段階

- LS

- * Small (Sm), Medium (Me), Many (Ma) の3 段階

- NI

- * Few (F), Average (A), Big (B) の3 段階

- SCT

- * Short (Sh), Medium (Me), Long (Lo) の3 段階

- 出力パラメータ

- PR

- * Extremely Bad (EB), Bad (BD), Minimally Good (MG), Partially Good (PG), Good (G), Very Good (VG), Very Very Good (VVG) の7 段階

JXTA-P2P システム 2 のファジィルールベース

提案システム 2 の入力パラメータがそれぞれ 3 つのレベルに分割されているため、提案システム 1 と同じ計算式を利用することでファジィルールベースは合計 81 個のルールを構成することができる。ファジィルールベースは表 7.3 に示す。

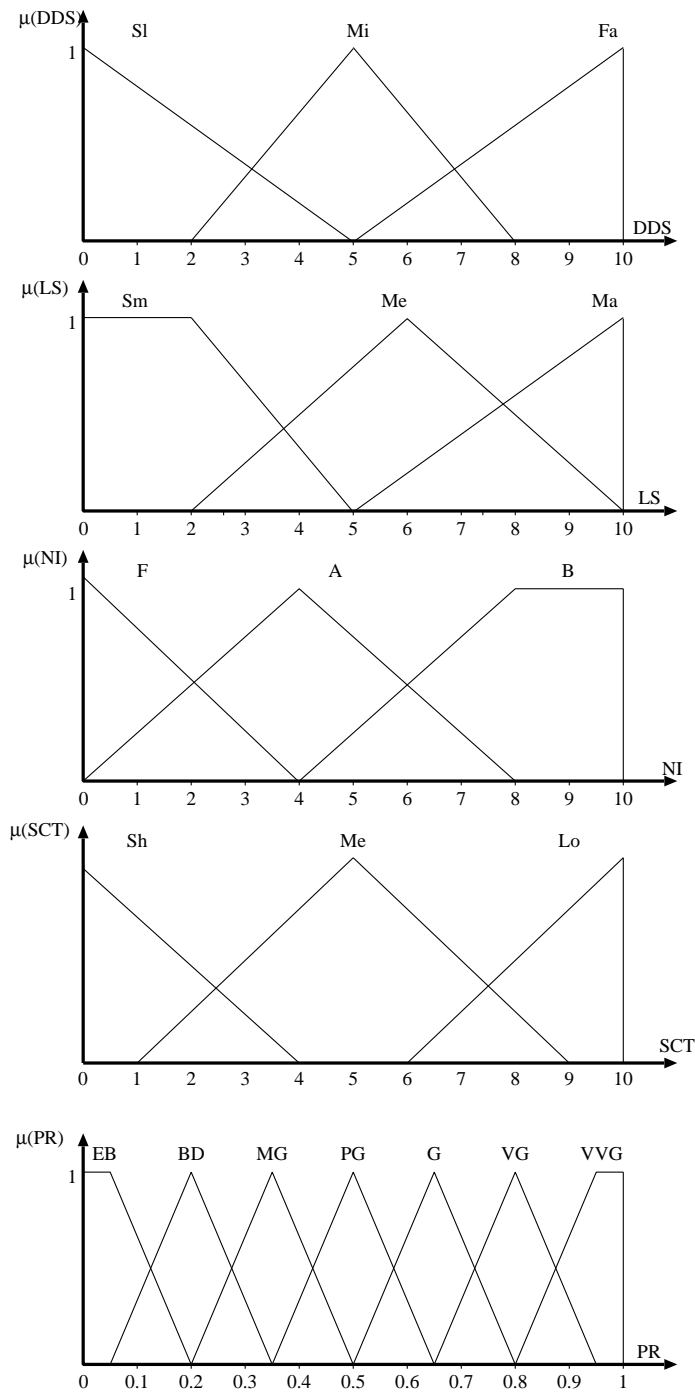


図 7.7 JXTA-P2P システム 2 のメンバシップ関数

表 7.3 JXTA-P2P システム 2 のファジイルールベース.

Rule	DDS	LS	NI	SCT	PR	Rule	DDS	LS	NI	SCT	PR
1	Sl	Sm	F	Sh	EB	41	Mi	Me	A	Me	PG
2	Sl	Sm	F	Me	EB	42	Mi	Me	A	Lo	G
3	Sl	Sm	F	Lo	EB	43	Mi	Me	B	Sh	PG
4	Sl	Sm	A	Sh	EB	44	Mi	Me	B	Me	G
5	Sl	Sm	A	Me	EB	45	Mi	Me	B	Lo	VG
6	Sl	Sm	A	Lo	BD	46	Mi	Ma	F	Sh	VVG
7	Sl	Sm	B	Sh	BD	47	Mi	Ma	F	Me	BD
8	Sl	Sm	B	Me	MG	48	Mi	Ma	F	Lo	MG
9	Sl	Sm	B	Lo	PG	49	Mi	Ma	A	Sh	G
10	Sl	Me	F	Sh	EB	50	Mi	Ma	A	Me	PG
11	Sl	Me	F	Me	EB	51	Mi	Ma	A	Lo	G
12	Sl	Me	F	Lo	BD	52	Mi	Ma	B	Sh	VG
13	Sl	Me	A	Sh	EB	53	Mi	Ma	B	Me	VG
14	Sl	Me	A	Me	BD	54	Mi	Ma	B	Lo	VVG
15	Sl	Me	A	Lo	MG	55	Fa	Sm	F	Sh	VVG
16	Sl	Me	B	Sh	MG	56	Fa	Sm	F	Me	BD
17	Sl	Me	B	Me	PG	57	Fa	Sm	F	Lo	MG
18	Sl	Me	B	Lo	G	58	Fa	Sm	A	Sh	PG
19	Sl	Ma	F	Sh	EB	59	Fa	Sm	A	Me	MG
20	Sl	Ma	F	Me	BD	60	Fa	Sm	A	Lo	PG
21	Sl	Ma	F	Lo	MG	61	Fa	Sm	B	Sh	VG
22	Sl	Ma	A	Sh	BD	62	Fa	Sm	B	Me	G
23	Sl	Ma	A	Me	MG	63	Fa	Sm	B	Lo	VG
24	Sl	Ma	A	Lo	G	64	Fa	Me	F	Sh	VVG
25	Sl	Ma	B	Sh	PG	65	Fa	Me	F	Me	PG
26	Sl	Ma	B	Me	G	66	Fa	Me	F	Lo	G
27	Sl	Ma	B	Lo	VG	67	Fa	Me	A	Sh	PG
28	Mi	Sm	F	Sh	EB	68	Fa	Me	A	Me	VG
29	Mi	Sm	F	Me	EB	69	Fa	Me	A	Lo	VVG
30	Mi	Sm	F	Lo	BD	70	Fa	Me	B	Sh	VG
31	Mi	Sm	A	Sh	BD	71	Fa	Me	B	Me	VVG
32	Mi	Sm	A	Me	MG	72	Fa	Me	B	Lo	VVG
33	Mi	Sm	A	Lo	PG	73	Fa	Ma	F	Sh	PG
34	Mi	Sm	B	Sh	MG	74	Fa	Ma	F	Me	G
35	Mi	Sm	B	Me	PG	75	Fa	Ma	F	Lo	VG
36	Mi	Sm	B	Lo	VG	76	Fa	Ma	A	Sh	VG
37	Mi	Me	F	Sh	EB	77	Fa	Ma	A	Me	VVG
38	Mi	Me	F	Me	BD	78	Fa	Ma	A	Lo	VVG
39	Mi	Me	F	Lo	MG	79	Fa	Ma	B	Sh	VVG
40	Mi	Me	A	Sh	MG	80	Fa	Ma	B	Me	VVG
						81	Fa	Ma	B	Lo	VVG

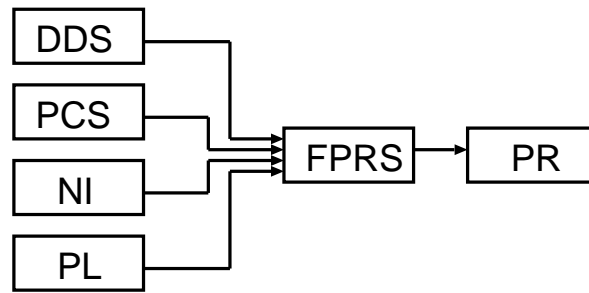


図 7.8 提案システム 3 の構成図

7.1.3 JXTA-P2P システム 3

JXTA-P2P システム 3 の構成

提案システム 3 における入力パラメータと出力パラメータの関係を図 7.8 に示す。提案システム 3 では Peer のデータダウンロードスピード，Peer 混雑状況，Peer 間相互交換ファイル数とパケット損失を考慮することで，ファジィ理論を用いて JXTA-P2P システムのためのファジィ信頼性システムを提案する。4つの入力パラメータはファジィ理論を利用し，算出される出力パラメータによって JXTA-P2P システムから優良な Peer を選出することができる。

JXTA-P2P システム 3 の入出パラメータとメンバーシップ関数

JXTA-P2P システム 3 の入力パラメータと出力パラメータを，以下に示す。また，各入力パラメータの単位はユニット (unit) である。

- 入力パラメータ
 - DDS : Data Download Speed
 - PCS : Peer Congestion Situation
 - NI : Number of Interactions
 - PL : Packet Loss
- 出力パラメータ
 - PR : Peer Reliability

提案システム 3 の入力パラメータと出力パラメータのレベルは，以下のように略し，評価を行う。提案システム 3 に関するメンバーシップ関数を図 7.9 に示す。

- 入力パラメータ
 - DDS

- * Slow (Sl), Middle (Mi), Fast (Fa) の3段階
- PCS
 - * Not Congested (Nc), Normal(Nr), Congested(Cn) の3段階
- NI
 - * Few (F), Average (A), Big (B) の3段階
- PL
 - * Low (Lo), Medium (Me), High (Hi) の3段階
- 出力パラメータ
 - PR
 - * Extremely Bad (EB), Bad (BD), Minimally Good (MG), Partially Good (PG), Good (G), Very Good (VG), Very Very Good (VVG) の7段階

JXTA-P2P システム 3 のファジィルールベース

提案システム 3 の入力パラメータがそれぞれ 3 つのレベルに分割されているため、提案システム 1 と同じ計算式を利用することでファジィルールベースは合計 81 個のルールを構成することができる。ファジィルールベースは表 7.4 に示す。

7.1.4 JXTA-P2P 応用システム (医療支援システム)

近年、医療支援システムに応用する研究も行われている。いずれの研究も人ではなく、デバイスを用いることより人の負担を激減できる効果が期待できると報告されている。しかし、これらの研究では大型な装置が必要になったり、セキュリティ配慮のため専用回線を構築したりと、専門の知識や技術が無い利用者がシステムを導入するのは難しい。また、インターネットの爆発的普及により、それを構成する情報通信機器もより軽量で携帯可能な機器に進化している。それらのデバイスを活用し、医療現場において様々な環境データを収集、蓄積、分析することができるシステムの提案と実装を目指すことにより、医師や看護師が行う患者管理の負担を減らし、かつ患者の異常時を早期に発見することができる。

本研究では、対象者の動きを検出するために Smart-Box と RFID を利用した。図 7.11 の示すように、JXTA-Overlay を用いた Smart-Box による医療支援システムを提案した。Smart-Box, RFID, 医者などは JXTA-Overlay P2P システムの中で Peer として存在している。提案したシステムの評価やデータの収集を行い、診断や管理を容易にし医師や看護師不足の問題に対して医療技術面でのアプローチを行い有効性を示す。今回は IoT を

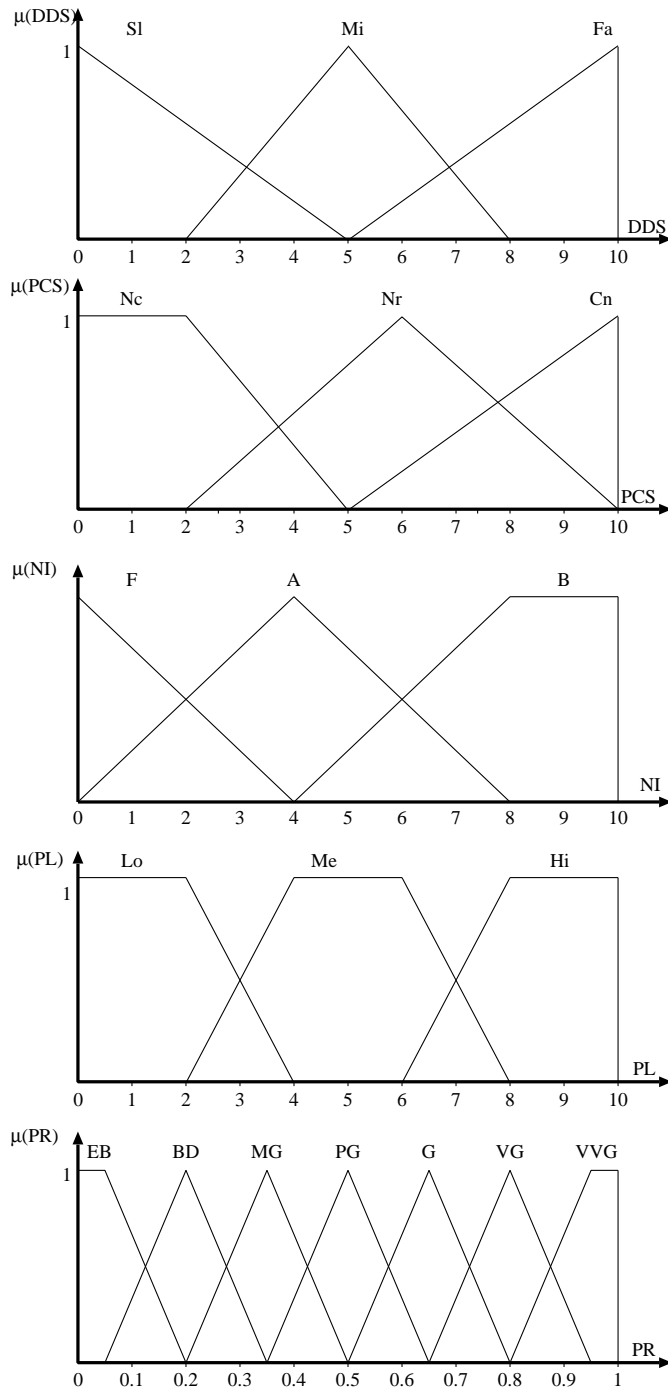


図 7.9 提案システム 3 のメンバシップ関数

表 7.4 提案システム 3 のファジィルールベース.

Rule	DDS	PCS	NI	PL	PR	Rule	DDS	PCS	NI	PL	PR
1	Sl	Nc	F	Lo	MG	41	Mi	Nr	A	Me	PG
2	Sl	Nc	F	Me	BD	42	Mi	Nr	A	Hi	BD
3	Sl	Nc	F	Hi	EB	43	Mi	Nr	B	Lo	VVG
4	Sl	Nc	A	Lo	G	44	Mi	Nr	B	Me	VG
5	Sl	Nc	A	Me	MG	45	Mi	Nr	B	Hi	PG
6	Sl	Nc	A	Hi	BD	46	Mi	Cn	F	Lo	MG
7	Sl	Nc	B	Lo	VG	47	Mi	Cn	F	Me	BD
8	Sl	Nc	B	Me	G	48	Mi	Cn	F	Hi	EB
9	Sl	Nc	B	Hi	MG	49	Mi	Cn	A	Lo	PG
10	Sl	Nr	F	Lo	BD	50	Mi	Cn	A	Me	MG
11	Sl	Nr	F	Me	EB	51	Mi	Cn	A	Hi	BD
12	Sl	Nr	F	Hi	EB	52	Mi	Cn	B	Lo	VG
13	Sl	Nr	A	Lo	PG	53	Mi	Cn	B	Me	PG
14	Sl	Nr	A	Me	BD	54	Mi	Cn	B	Hi	MG
15	Sl	Nr	A	Hi	EB	55	Fa	Nc	F	Lo	VG
16	Sl	Nr	B	Lo	VG	56	Fa	Nc	F	Me	G
17	Sl	Nr	B	Me	PG	57	Fa	Nc	F	Hi	MG
18	Sl	Nr	B	Hi	BD	58	Fa	Nc	A	Lo	VVG
19	Sl	Cn	F	Lo	BD	59	Fa	Nc	A	Me	VG
20	Sl	Cn	F	Me	EB	60	Fa	Nc	A	Hi	G
21	Sl	Cn	F	Hi	EB	61	Fa	Nc	B	Lo	VVG
22	Sl	Cn	A	Lo	MG	62	Fa	Nc	B	Me	VVG
23	Sl	Cn	A	Me	BD	63	Fa	Nc	B	Hi	VG
24	Sl	Cn	A	Hi	EB	64	Fa	Nr	F	Lo	VG
25	Sl	Cn	B	Lo	PG	65	Fa	Nr	F	Me	PG
26	Sl	Cn	B	Me	MG	66	Fa	Nr	F	Hi	BD
27	Sl	Cn	B	Hi	BD	67	Fa	Nr	A	Lo	VVG
28	Mi	Nc	F	Lo	G	68	Fa	Nr	A	Me	VG
29	Mi	Nc	F	Me	MG	69	Fa	Nr	A	Hi	PG
30	Mi	Nc	F	Hi	BD	70	Fa	Nr	B	Lo	VVG
31	Mi	Nc	A	Lo	VG	71	Fa	Nr	B	Me	VVG
32	Mi	Nc	A	Me	G	72	Fa	Nr	B	Hi	VG
33	Mi	Nc	A	Hi	MG	73	Fa	Cn	F	Lo	PG
34	Mi	Nc	B	Lo	VVG	74	Fa	Cn	F	Me	MG
35	Mi	Nc	B	Me	VG	75	Fa	Cn	F	Hi	BD
36	Mi	Nc	B	Hi	G	76	Fa	Cn	A	Lo	VG
37	Mi	Nr	F	Lo	PG	77	Fa	Cn	A	Me	PG
38	Mi	Nr	F	Me	BD	78	Fa	Cn	A	Hi	MG
39	Mi	Nr	F	Hi	EB	79	Fa	Cn	B	Lo	VVG
40	Mi	Nr	A	Lo	VG	80	Fa	Cn	B	Me	VG
						81	Fa	Cn	B	Hi	PG

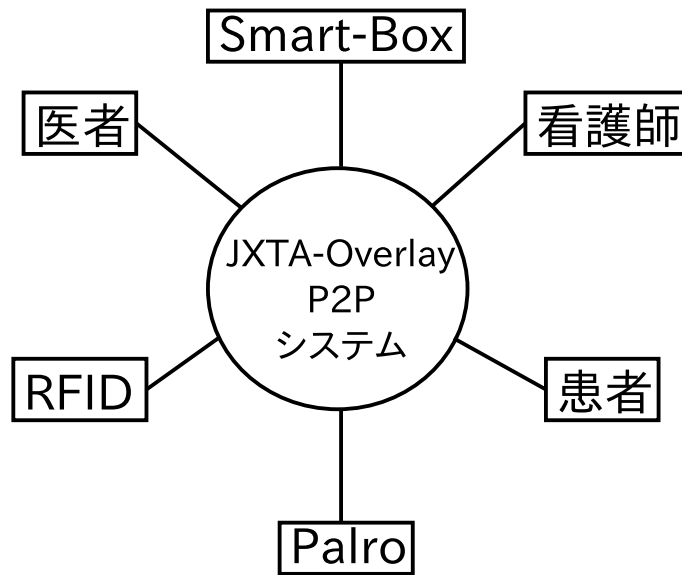


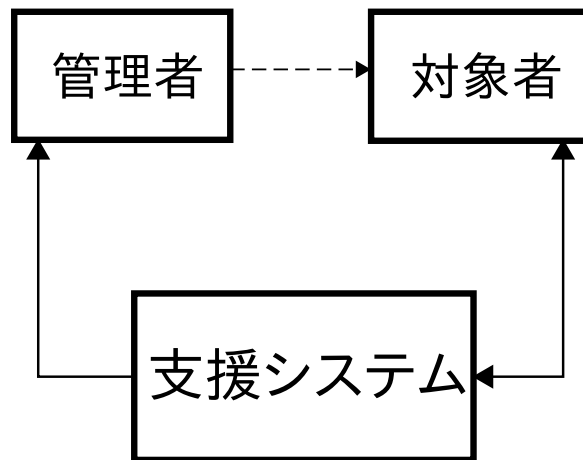
図 7.10 JXTA-Overlay P2P システムの構成

用いた患者を監視し管理するシステムを提案，実装した．医療支援システムの概要と構成を図 7.11 に示す．

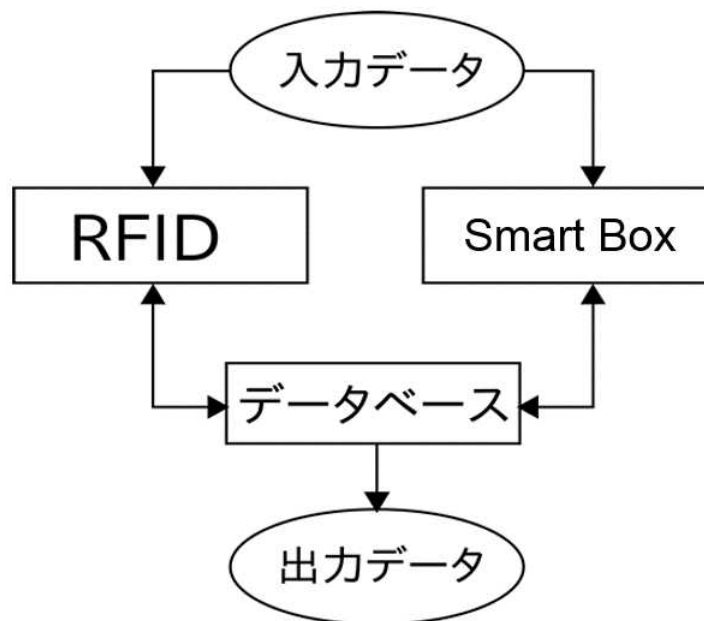
このシステムでは対象者は患者であり，管理者は医師や看護師となる．監視システムには，データベースがあり，医師や看護師は，患者の個人情報や病状，身体状態，担当医師や担当看護師などのデータを患者が持つ IC タグから読み込むことでデータベースから容易に登録，抽出することができる．

また，IC タグを病室やベッドに取り付けることで，ベッドの使用状況のデータも患者のデータと同様に IC タグを用いてスムーズな登録や抽出が行える．図 7.11 は，PC に接続された Smart-Box によりセンサの情報を受け取り，患者の動きを感知し，離床した際やベットからの転倒が起きた際などに，そのことを医師や看護師に伝達を行い医師や看護師が何らかのアクションを起こすシステムである．

ここでの，入力データは RFID であれば IC タグの個体認識番号，センサであれば患者の動きに合わせたセンシングの情報になる．RFID やセンサから受け取った情報を基にデータベースの登録や抽出なのか，離床や転倒の患者に動きがあったセンシングの情報なのかを支援システムが判断し，それぞれの入力情報に対して対象者や管理者が望む出力を返すシステムである．本システムの構成図は図 7.12 で示す．



(a) システムの全体図



(b) 支援システムの構成図

図 7.11 支援システムの概要

7.1.5 システムを構成するデバイス

Smart-Box

Smart-Box とは，赤外線センサにより対象者の体の動きを検出し，刺激を与える．また，RFID により Microsoft 社の Office Powerpoint のスライドを再生するシステムで，対象者の学習の支援を行うことが可能な，所属する研究室で開発されたハードウェア

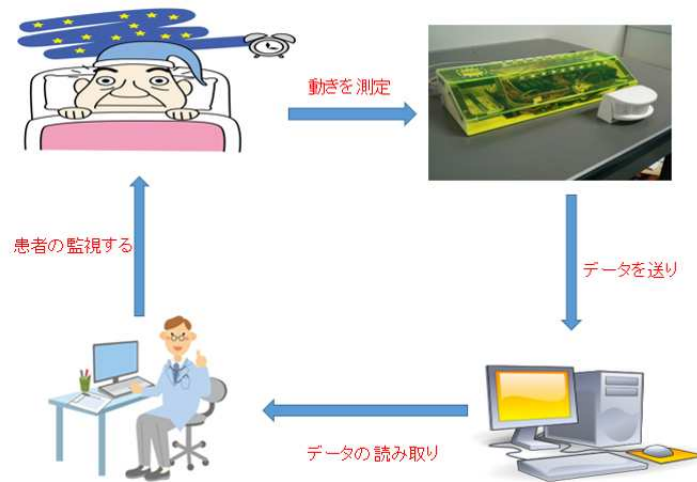


図 7.12 医療支援システム構成

アである [32]. 小型で軽量なため運搬ができ，机上などにも設置が可能となっている．Smart-Box とセンサの構成を示す．対象者に対する刺激は以下の機能を実装している．

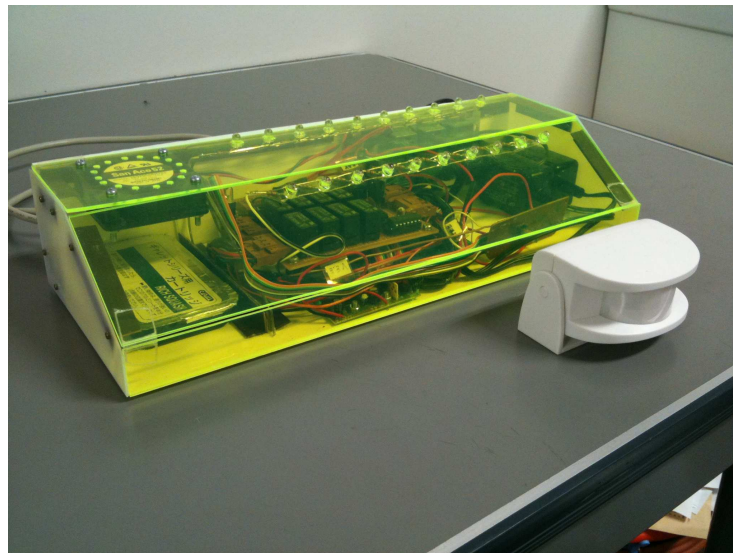


図 7.13 Smart-Box

1. LED の発光による 視覚刺激
2. メロディによる 聴覚への刺激
3. 匂いによる 嗅覚への刺激

Smart-Box は PC と接続し使用する。Smart-Box は PC に対しセンサと RFID のデータを送信し、PC はそれに応じた動作制御を Smart-Box や Powerpoint に与える [33]。

焦電型赤外線センサ

本提案システムは焦電型赤外線センサを利用している。焦電型赤外線センサとは、熱型赤外線センサの一種であり、焦電型赤外線センサは視野内の生体と背景温度との温度差による赤外線エネルギー量の変化を検知する人体検出用の赤外線センサである。焦電センサは波長依存性がないなどの優れた特性を持っている。焦電素子の前に置く光学フィルターを使い分けるだけで、様々な温度センサを作ることができる。焦電型赤外線センサは次のような特徴を持っている。

- 近い距離 (10cm 程度) にある赤外線を検出が可能である
- 広帯域の波長感度を有している
- 応答速度は遅い
- 温度人体検出や火災検出に向いている

焦電型赤外線センサは、近くの物体を観測できる対象者の側に設置可能である。また、応答速度も対象者の動きの検出には問題がないことから焦電型赤外線センサを研究に使用した。

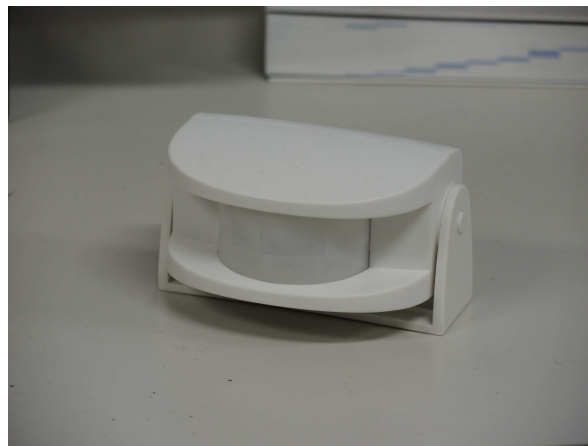


図 7.14 赤外線センサ

RFID の利用

本提案システムは ID 情報を埋め込んだ RF タグを用いた RFID を利用した。IC タグの形状はラベル型、カード型、コイン型、スティック型など様々であり、用途に応じて選択する。通信距離は数 mm 程度のものから数 m のものがあり、これも用途に応じて使い



図 7.15 RFID

分けられる。将来的にはすべての商品に微小な IC タグが添付され、IoT を構築していくとの期待がある [34–37]

本提案システムでは、RFID を利用することで、被験者の情報を IC タグに登録し、入室時 RF タグを読み書きすることで被験者の情報を把握することができる。

7.2 モバイル P2P システム

モバイル P2P システムにおける概略図を図 7.16 に示す。この提案システムは、各 Peer が持っているファイルの情報を収集するだけでなく、DataBase (DB) に登録された Peer の入力パラメータ情報を逐次記録・更新する。提案システムでは、小規模なネットワーク単位で構造的なリソース管理を実現し、ネットワーク同士が結合した場合、互いを連携させて探索を行うという方式の提案を行う。そして、各グループ (小規模なネットワーク) にスーパーピアが存在する。スーパーピアは各グループ内の Peer と接続し、すべての情報を把握する。スーパーピア同士で通信する度に、スーパーピアの情報は常に更新され、優良な Peer を選出する。これにより、モバイル P2P システムの性能を向上することが可能である [39–43]。

7.2.1 モバイル P2P システム 1

モバイル P2P システム 1 の構成

提案システム 1 の入力パラメータと出力パラメータの関係を図 7.17 と図 7.18 に示す。提案システム 1 では 2 つのシステム Fuzzy-based Peer Voting Score System (FPVS) を提案する。FPVS1 では Peer のグループ活動を参加した数、各 Peer が完遂した活動数と

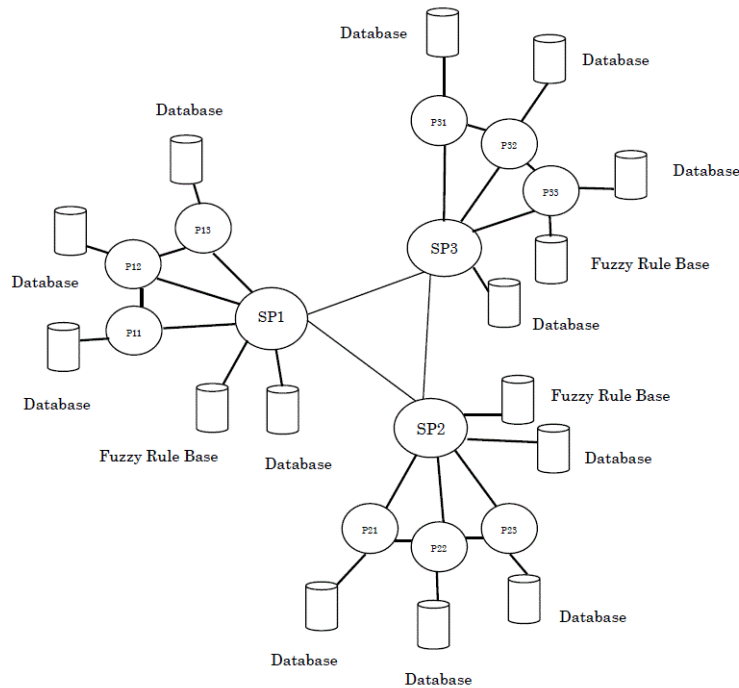


図 7.16 P2P グループモデル

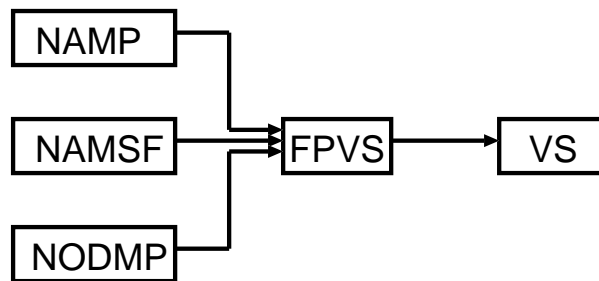


図 7.17 提案システム 1 の FPVS1 構成図

各 Peer が参加したオンラインディスカッションの数を考慮することで、ファジィ理論を用いてモバイル P2P システムのための Peer の投票システムを提案した。また、ファジィ理論の特性を利用し、システムを向上させるため FPVS 1 の拡張として、入力パラメータに各 Peer が失敗した活動数を追加し、FPVS2 を構成した。

モバイル P2P システム 1 の入出パラメータとメンバーシップ関数

提案システム 1 の FPVS1 の入力パラメータと出力パラメータを、以下に示す。また、各入力パラメータの単位はユニット (unit) である。

- 入力パラメータ
 - NAMP : Number of Activities the Member Participates

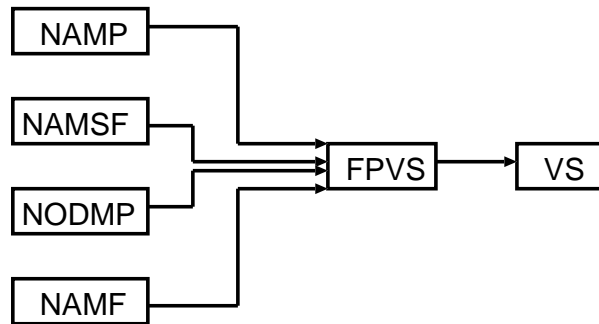


図 7.18 提案システム 1 の FPVS2 構成図

- NAMSF : Number of Activities the Member has Successfully Finished
- NODMP : Number of Online Discussions the Member has Participated

- 出力パラメータ

- VS : Voting Score

FPVS2 におけるメンバシップ関数に用いる．FPVS1 より 1 つ入力パラメータ NAMF を追加し，以下に示す．

- 入力パラメータ

- NAMP : Number of Activities the Member Participates
- NAMSF : Number of Activities the Member has Successfully Finished
- NODMP : Number of Online Discussions the Member has Participated
- NAMF : Number of Activities the Member Failures

- 出力パラメータ

- VS : Voting Score

次に，FPVS1 と FPVS2 の 4 つの各入力パラメータと出力パラメータのレベルは，以下のように略し，評価を行う．提案手法における FPVS1 と FPVS2 に関するメンバシップ関数を図 7.19 と図 7.20 に示す．

- 入力パラメータ

- NAMP
 - * Few1 (Fe1), Middle1 (Mi1), Many1 (Ma1) の 3 段階
- NAMSF
 - * Few2 (Fe2), Middle2 (Mi2), Many2 (Ma2) の 3 段階
- NODMP

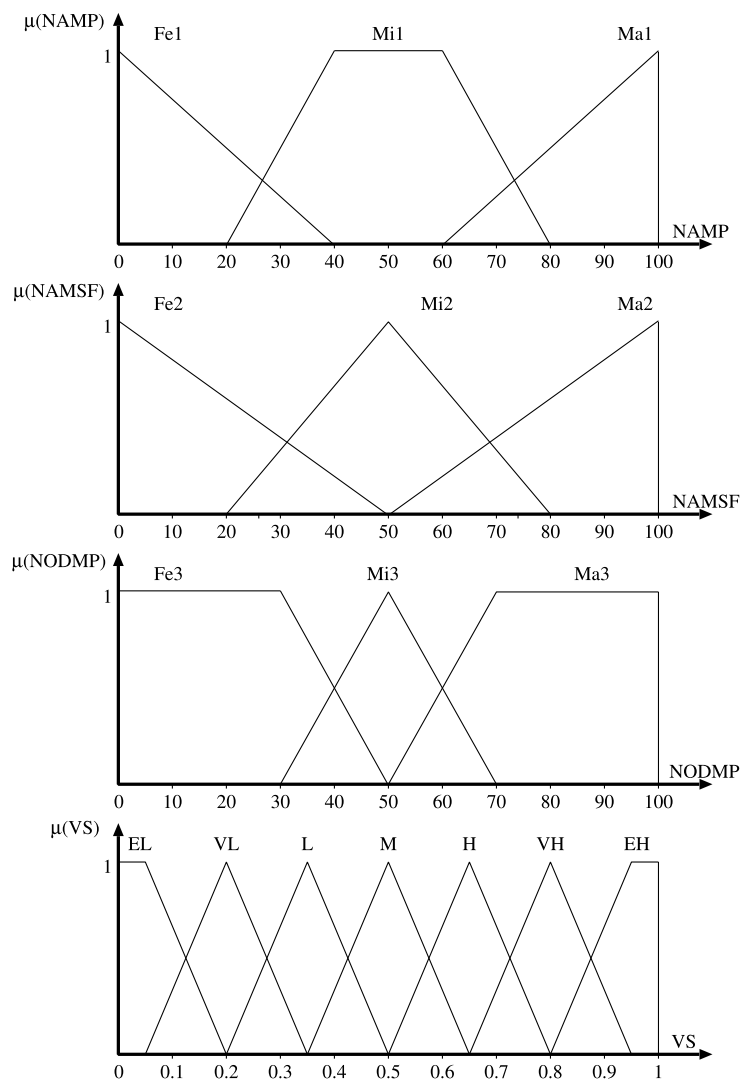


図 7.19 FPVS1 のメンバシップ関数

* Few3 (Fe3), Middle3 (Mi3), Many3 (Ma3) の3 段階
 - NAMP

* Few4 (Fe4), Middle4 (Mi4), Many4 (Ma4) の3 段階

● 出力パラメータ

- VS

* Extremely Low (EL), Very Low (VL), Low (L), Middle (M), High (H),
 Very High (VH), Very Very High (VVH) の7 段階

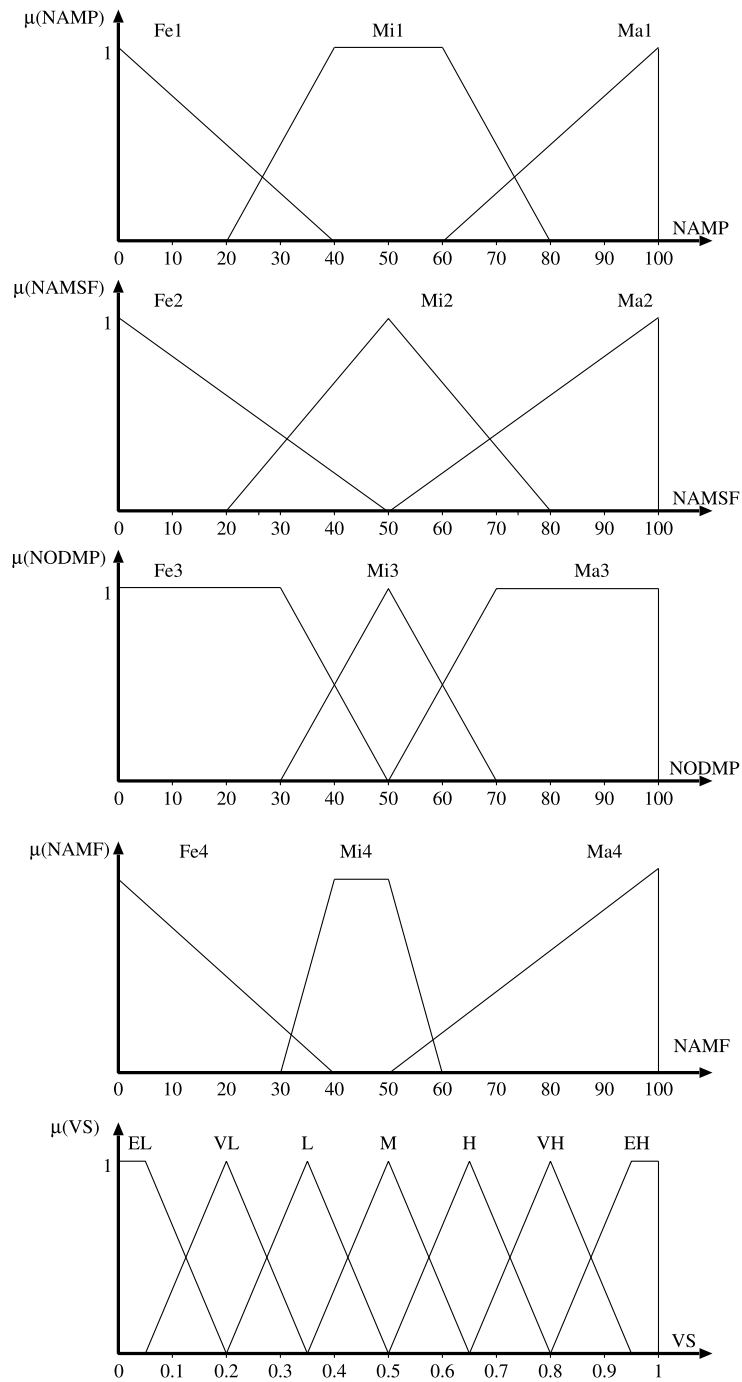


図 7.20 FPVS2 のメンバシップ関数

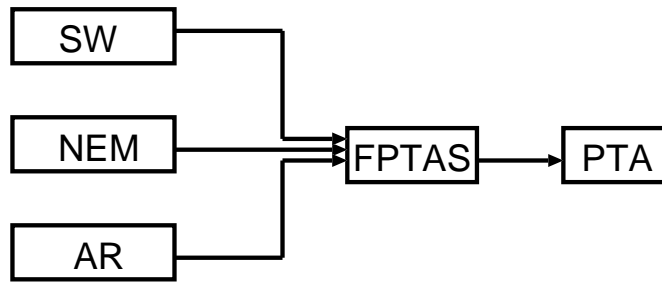


図 7.21 提案システム 2 の FPTAS1 構成図

モバイル P2P システム 1 のファジィルールベース

ファジィルールベースにおけるルール数は入力パラメータの数とパラメータを分割したレベルの数に基づいて作成した。提案システム1 のルールベースは表 7.5 と表 7.6 に示す。FPVS1 は 3 つの入力パラメータがそれぞれ 3 つのレベルに分割されているため、合計 27 個のルールでファジィルールベースを構成し、FPVS2 では合計 81 個のルールでファジィルールベースを構成する。

7.2.2 モバイル P2P システム 2

モバイル P2P システム 2 の構成

提案システム 2 の入力パラメータと出力パラメータの関係を図 7.21 と図 7.22 に示す。提案システム 1 は 2 つのシステム Fuzzy-based Prediction of Task Accomplishment System (FPTAS) を提案する。FPTAS1 では Peer のワークフロー状態、各 Peer のメッセージ交換数と各 Peer が利用可能な資源を考慮することで、ファジィ理論を用いてモバイル P2P システムのための Peer のタスク達成率を予測するシステムを提案した。また、ファジィ理論の特性を利用し、システムを向上させるため FPTAS1 の拡張として、入力パラメータに各 Peer の持続的な通信時間を追加し、FPTAS2 を構成した。

モバイル P2P システム 2 の入出パラメータとメンバーシップ関数

提案システム 2 の FPTAS1 の入力パラメータと出力パラメータを、以下に示す。また、各入力パラメータの単位はユニット (unit) である。

- 入力パラメータ
 - SW : State of Workflow
 - NEM : Number of Exchanged Messages
 - AR : Available Resources

表 7.5 FPVS1 のファジイルールベース.

Rule	NAMP	NAMF	NODMP	VS
1	Fe1	Fe2	Fe3	EL
2	Fe1	Fe2	Mi3	EL
3	Fe1	Fe2	Ma3	L
4	Fe1	Mi2	Fe3	EL
5	Fe1	Mi2	Mi3	VL
6	Fe1	Mi2	Ma3	M
7	Fe1	Ma2	Fe3	VL
8	Fe1	Ma2	Mi3	L
9	Fe1	Ma2	Ma3	H
10	Mi1	Fe2	Fe3	EL
11	Mi1	Fe2	Mi3	L
12	Mi1	Fe2	Ma3	M
13	Mi1	Mi2	Fe3	VL
14	Mi1	Mi2	Mi3	M
15	Mi1	Mi2	Ma3	H
16	Mi1	Ma2	Fe3	L
17	Mi1	Ma2	Mi3	H
18	Mi1	Ma2	Ma3	VH
19	Ma1	Fe2	Fe3	VL
20	Ma1	Fe2	Mi3	M
21	Ma1	Fe2	Ma3	VH
22	Ma1	Mi2	Fe3	L
23	Ma1	Mi2	Mi3	H
24	Ma1	Mi2	Ma3	VH
25	Ma1	Ma2	Fe3	M
26	Ma1	Ma2	Mi3	VH
27	Ma1	Ma2	Ma3	VVH

表 7.6 FPVS2 のファジールールベース.

Rule	NAMP	NAMSF	NODMP	NAMF	VS	Rule	NAMP	NAMSF	NODMP	NAMF	VS
1	Fe1	Fe2	Fe3	Fe4	VL	41	Mi1	Mi2	Mi3	Mi4	M
2	Fe1	Fe2	Fe3	Mi4	EL	42	Mi1	Mi2	Mi3	Ma4	VL
3	Fe1	Fe2	Fe3	Ma4	EL	43	Mi1	Mi2	Ma3	Fe4	EH
4	Fe1	Fe2	Mi3	Fe4	L	44	Mi1	Mi2	Ma3	Mi4	VH
5	Fe1	Fe2	Mi3	Mi4	VL	45	Mi1	Mi2	Ma3	Ma4	L
6	Fe1	Fe2	Mi3	Ma4	EL	46	Mi1	Ma2	Fe3	Fe4	VH
7	Fe1	Fe2	Ma3	Fe4	H	47	Mi1	Ma2	Fe3	Mi4	L
8	Fe1	Fe2	Ma3	Mi4	L	48	Mi1	Ma2	Fe3	Ma4	VL
9	Fe1	Fe2	Ma3	Ma4	EL	49	Mi1	Ma2	Mi3	Fe4	EH
10	Fe1	Mi2	Fe3	Fe4	L	50	Mi1	Ma2	Mi3	Mi4	H
11	Fe1	Mi2	Fe3	Mi4	EL	51	Mi1	Ma2	Mi3	Ma4	L
12	Fe1	Mi2	Fe3	Ma4	EL	52	Mi1	Ma2	Ma3	Fe4	EH
13	Fe1	Mi2	Mi3	Fe4	M	53	Mi1	Ma2	Ma3	Mi4	VH
14	Fe1	Mi2	Mi3	Mi4	VL	54	Mi1	Ma2	Ma3	Ma4	H
15	Fe1	Mi2	Mi3	Ma4	EL	55	Ma1	Fe2	Fe3	Fe4	H
16	Fe1	Mi2	Ma3	Fe4	VH	56	Ma1	Fe2	Fe3	Mi4	L
17	Fe1	Mi2	Ma3	Mi4	M	57	Ma1	Fe2	Fe3	Ma4	EL
18	Fe1	Mi2	Ma3	Ma4	VL	58	Ma1	Fe2	Mi3	Fe4	VH
19	Fe1	Ma2	Fe3	Fe4	M	59	Ma1	Fe2	Mi3	Mi4	M
20	Fe1	Ma2	Fe3	Mi4	VL	60	Ma1	Fe2	Mi3	Ma4	VL
21	Fe1	Ma2	Fe3	Ma4	EL	61	Ma1	Fe2	Ma3	Fe4	EH
22	Fe1	Ma2	Mi3	Fe4	VH	62	Ma1	Fe2	Ma3	Mi4	VH
23	Fe1	Ma2	Mi3	Mi4	L	63	Ma1	Fe2	Ma3	Ma4	M
24	Fe1	Ma2	Mi3	Ma4	VL	64	Ma1	Mi2	Fe3	Fe4	VH
25	Fe1	Ma2	Ma3	Fe4	EH	65	Ma1	Mi2	Fe3	Mi4	M
26	Fe1	Ma2	Ma3	Mi4	H	66	Ma1	Mi2	Fe3	Ma4	VL
27	Fe1	Ma2	Ma3	Ma4	L	67	Ma1	Mi2	Mi3	Fe4	EH
28	Mi1	Fe2	Fe3	Fe4	L	68	Ma1	Mi2	Mi3	Mi4	VH
29	Mi1	Fe2	Fe3	Mi4	VL	69	Ma1	Mi2	Mi3	Ma4	L
30	Mi1	Fe2	Fe3	Ma4	EL	70	Ma1	Mi2	Ma3	Fe4	EH
31	Mi1	Fe2	Mi3	Fe4	H	71	Ma1	Mi2	Ma3	Mi4	EH
32	Mi1	Fe2	Mi3	Mi4	L	72	Ma1	Mi2	Ma3	Ma4	H
33	Mi1	Fe2	Mi3	Ma4	EL	73	Ma1	Ma2	Fe3	Fe4	EH
34	Mi1	Fe2	Ma3	Fe4	VH	74	Ma1	Ma2	Fe3	Mi4	H
35	Mi1	Fe2	Ma3	Mi4	M	75	Ma1	Ma2	Fe3	Ma4	L
36	Mi1	Fe2	Ma3	Ma4	VL	76	Ma1	Ma2	Mi3	Fe4	EH
37	Mi1	Mi2	Fe3	Fe4	M	77	Ma1	Ma2	Mi3	Mi4	VH
38	Mi1	Mi2	Fe3	Mi4	VL	78	Ma1	Ma2	Mi3	Ma4	H
39	Mi1	Mi2	Fe3	Ma4	EL	79	Ma1	Ma2	Ma3	Fe4	EH
40	Mi1	Mi2	Mi3	Fe4	VH	80	Ma1	Ma2	Ma3	Mi4	EH
						81	Ma1	Ma2	Ma3	Ma4	VH

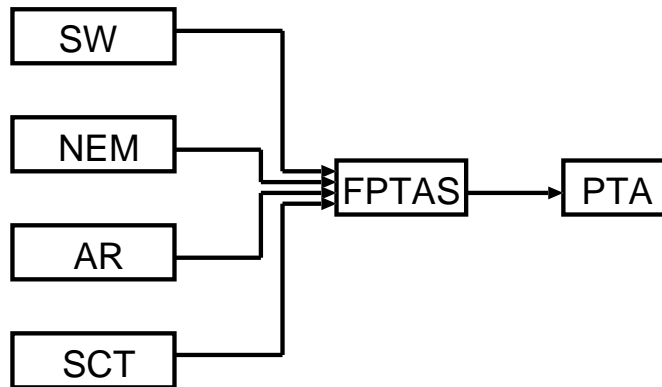


図 7.22 提案システム 2 の FPTAS2 構成図

- 出力パラメータ
 - PTA : Prediction of Task Accomplishment

FPTAS2 におけるメンバシップ関数に用いる．FPTAS1 により 1 つ入力パラメータ SCT を追加し，以下に示す．

- 入力パラメータ
 - SW : State of Workflow
 - NEM : Number of Exchanged Messages
 - AR : Available Resources
 - SCT : Sustained Communication Time
- 出力パラメータ
 - PTA : Prediction of Task Accomplishment

次に，FPTAS1 と FPTAS2 の入力パラメータと出力パラメータのレベルは，以下のよう
に略し，評価を行う．提案手法における FPTAS1 と FPTAS2 に関するメンバシップ関
数を図 7.23 と図 7.24 に示す．

- 入力パラメータ
 - SW
 - * Slow Progress (SP), Normal (NL), Fast Progress (FP) の 3 段階
 - NEM
 - * Very Few (Vf), Few (Fe), Middle (Mi), Many (Ma) の 4 段階
 - AR
 - * Few (F), Average (A), Many (M) の 3 段階
 - SCT

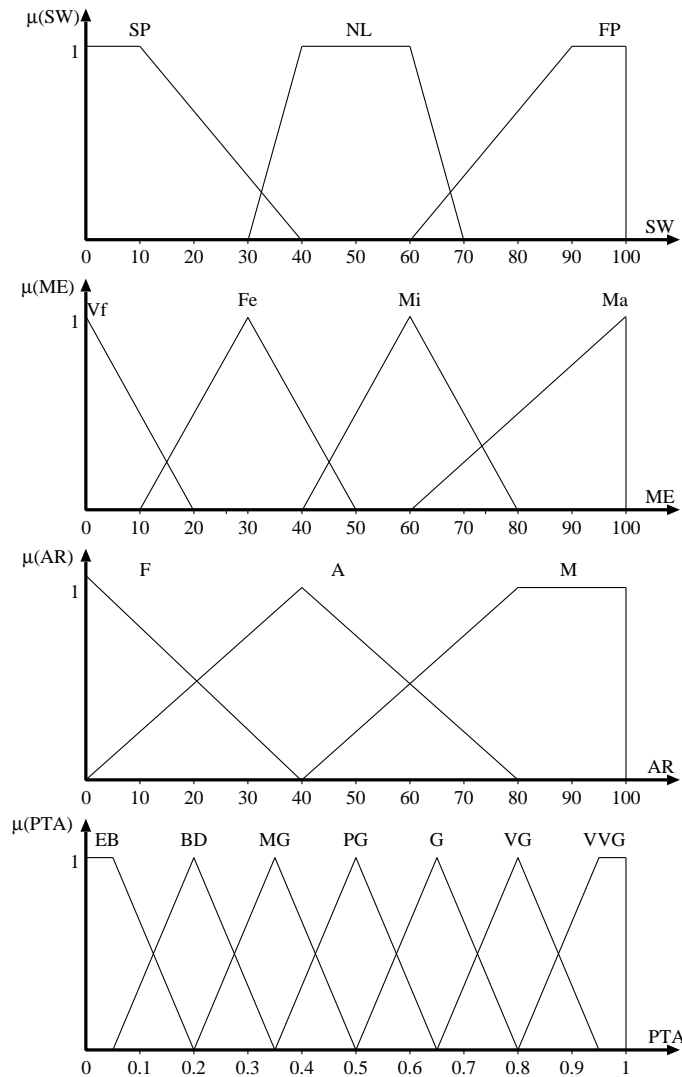


図 7.23 FPTAS1 のメンバシップ関数

* Short (S), Middle (M), Long (L) の3 段階

● 出力パラメータ

– PTA

* Extremely Bad (EB), Bad (BD), Minimally Good (MG), Partially Good (PG), Good (G), Very Good (VG), Very Very Good (VVG) の7段階

モバイル P2P システム 2 のファジィルールベース

ファジィルールベースにおけるルール数は入力パラメータの数と出力パラメータを分割したレベルの数に基づいて作成した。提案システム 2 のルールベースは表 7.7 と表 7.8 に

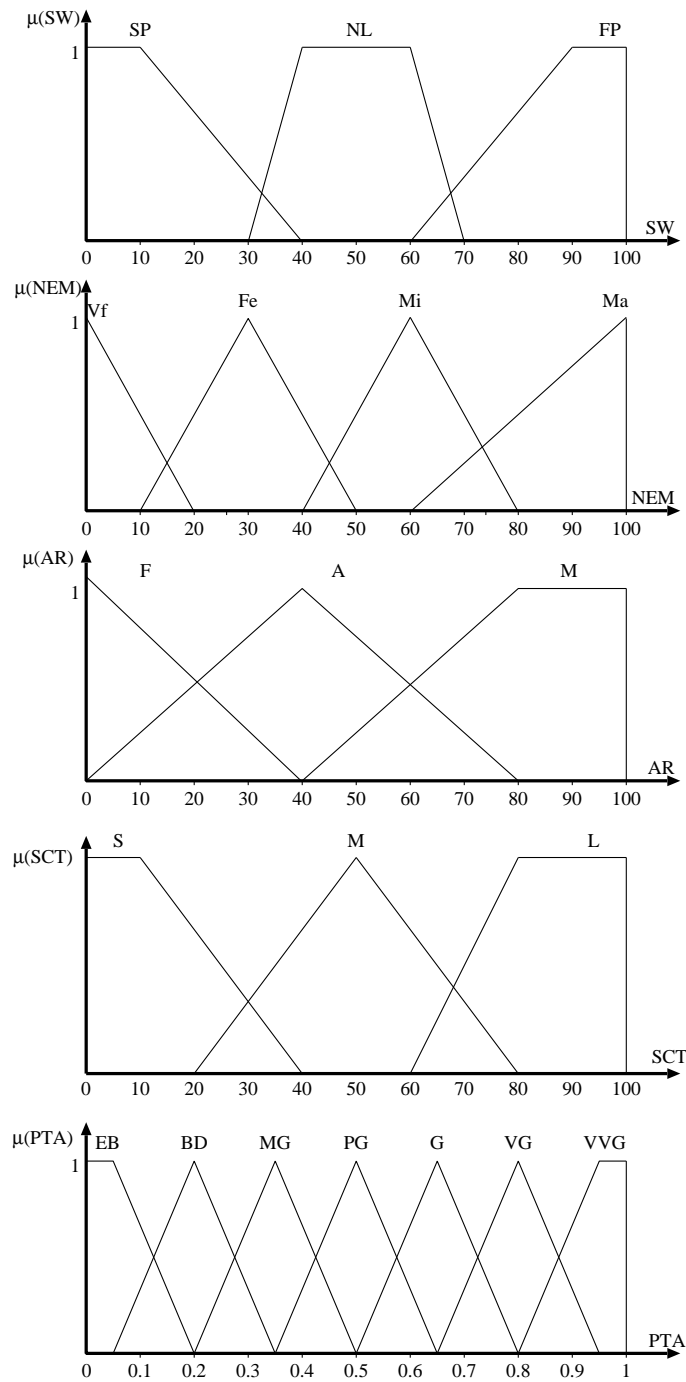


図 7.24 FPTAS2 のメンバシップ関数

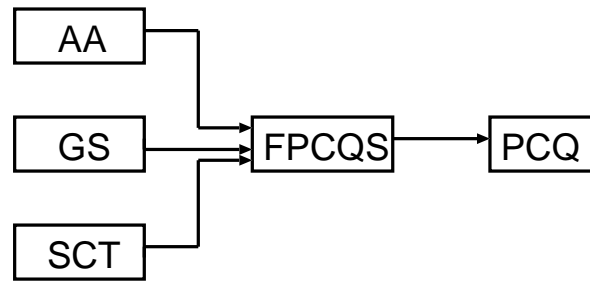


図 7.25 提案システム 3 の FPCQS1 構成図

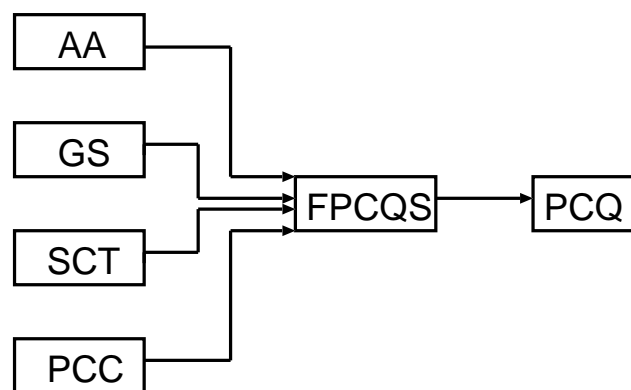


図 7.26 提案システム 3 の FPCQS2 構成図

示す。FPTAS1 は 3 つの入力パラメータがそれぞれ 3 つと 4 つのレベルに分割されているため、合計 36 個のルールでファジールールベースを構成し、FPTAS2 では合計 108 個のルールでファジールールベースを構成する。

7.2.3 モバイル P2P システム 3

モバイル P2P システム 3 の構成

提案システム 3 の入力パラメータと出力パラメータの関係を図 7.25 と図 7.26 に示す。提案システム 3 は 2 つのシステム Fuzzy-based Peer Coordination Quality System (FPCQS) を提案する。FPCQS1 では Peer が活動に参加する意識、各 Peer のグループ同期化意識と各 Peer の持続的な通信時間を考慮することで、ファジィ理論を用いてモバイル P2P システムのための Peer の協調作業における品質システムを提案した。また、ファジィ理論の特性を利用し、システムを向上させるため FPCQS1 の拡張として、入力パラメータに Peer の通信コストを追加し、FPCQS2 を構成した。

表 7.7 FPTAS1 のファジィルールベース.

Rule	SW	NEM	AR	PTA
1	SP	Vf	F	EB
2	SP	Vf	A	EB
3	SP	Vf	M	MG
4	SP	Fe	F	EB
5	SP	Fe	A	BD
6	SP	Fe	M	PG
7	SP	Mi	F	EB
8	SP	Mi	A	MG
9	SP	Mi	M	G
10	SP	Ma	F	BD
11	SP	Ma	A	PG
12	SP	Ma	M	VG
13	NL	Vf	F	EB
14	NL	Vf	A	BD
15	NL	Vf	M	PG
16	NL	Fe	F	BD
17	NL	Fe	A	MG
18	NL	Fe	M	G
19	NL	Mi	F	MG
20	NL	Mi	A	PG
21	NL	Mi	M	VG
22	NL	Ma	F	PG
23	NL	Ma	A	G
24	NL	Ma	M	VVG
25	FP	Vf	F	BD
26	FP	Vf	A	PG
27	FP	Vf	M	G
28	FP	Fe	F	MG
29	FP	Fe	A	G
30	FP	Fe	M	VG
31	FP	Mi	F	PG
32	FP	Mi	A	G
33	FP	Mi	M	VVG
34	FP	Ma	F	G
35	FP	Ma	A	VG
36	FP	Ma	M	VVG

表 7.8 FPTAS2 のファジィルールベース.

Rule	SW	NEM	AR	SCT	PTA	Rule	SW	NEM	AR	SCT	PTA	Rule	SW	NEM	AR	SCT	PTA
1	Sl	Vf	F	S	EB	37	Mi	Vf	F	S	EB	73	Fa	Vf	F	S	EB
2	Sl	Vf	F	M	EB	38	Mi	Vf	F	M	EB	74	Fa	Vf	F	M	BD
3	Sl	Vf	F	L	EB	39	Mi	Vf	F	L	BD	75	Fa	Vf	F	L	MG
4	Sl	Vf	A	S	EB	40	Mi	Vf	A	S	EB	76	Fa	Vf	A	S	BD
5	Sl	Vf	A	M	EB	41	Mi	Vf	A	M	BD	77	Fa	Vf	A	M	PG
6	Sl	Vf	A	L	BD	42	Mi	Vf	A	L	PG	78	Fa	Vf	A	L	G
7	Sl	Vf	B	S	EB	43	Mi	Vf	B	S	MG	79	Fa	Vf	B	S	PG
8	Sl	Vf	B	M	MG	44	Mi	Vf	B	M	PG	80	Fa	Vf	B	M	G
9	Sl	Vf	B	L	PG	45	Mi	Vf	B	L	G	81	Fa	Vf	B	L	VG
10	Sl	Fe	F	S	EB	46	Mi	Fe	F	S	EB	82	Fa	Fe	F	S	BD
11	Sl	Fe	F	M	EB	47	Mi	Fe	F	M	BD	83	Fa	Fe	F	M	MG
12	Sl	Fe	F	L	BD	48	Mi	Fe	F	L	MG	84	Fa	Fe	F	L	PG
13	Sl	Fe	A	S	EB	49	Mi	Fe	A	S	BD	85	Fa	Fe	A	S	MG
14	Sl	Fe	A	M	BD	50	Mi	Fe	A	M	MG	86	Fa	Fe	A	M	G
15	Sl	Fe	A	L	MG	51	Mi	Fe	A	L	G	87	Fa	Fe	A	L	VG
16	Sl	Fe	B	S	BD	52	Mi	Fe	B	S	PG	88	Fa	Fe	B	S	G
17	Sl	Fe	B	M	PG	53	Mi	Fe	B	M	G	89	Fa	Fe	B	M	VG
18	Sl	Fe	B	L	G	54	Mi	Fe	B	L	VG	90	Fa	Fe	B	L	VVG
19	Sl	Mi	F	S	EB	55	Mi	Mi	F	S	EB	91	Fa	Mi	F	S	MG
20	Sl	Mi	F	M	EB	56	Mi	Mi	F	M	MG	92	Fa	Mi	F	M	PG
21	Sl	Mi	F	L	MG	57	Mi	Mi	F	L	PG	93	Fa	Mi	F	L	G
22	Sl	Mi	A	S	BD	58	Mi	Mi	A	S	MG	94	Fa	Mi	A	S	PG
23	Sl	Mi	A	M	MG	59	Mi	Mi	A	M	PG	95	Fa	Mi	A	M	VG
24	Sl	Mi	A	L	PG	60	Mi	Mi	A	L	VG	96	Fa	Mi	A	L	VG
25	Sl	Mi	B	S	MG	61	Mi	Mi	B	S	G	97	Fa	Mi	B	S	VG
26	Sl	Mi	B	M	G	62	Mi	Mi	B	M	VG	98	Fa	Mi	B	M	VVG
27	Sl	Mi	B	L	VG	63	Mi	Mi	B	L	VVG	99	Fa	Mi	B	L	VVG
28	Sl	Ma	F	S	EB	64	Mi	Ma	F	S	BD	100	Fa	Ma	F	S	PG
29	Sl	Ma	F	M	BD	65	Mi	Ma	F	M	PG	101	Fa	Ma	F	M	G
30	Sl	Ma	F	L	PG	66	Mi	Ma	F	L	G	102	Fa	Ma	F	L	VG
31	Sl	Ma	A	S	MG	67	Mi	Ma	A	S	PG	103	Fa	Ma	A	S	G
32	Sl	Ma	A	M	PG	68	Mi	Ma	A	M	G	104	Fa	Ma	A	M	VG
33	Sl	Ma	A	L	G	69	Mi	Ma	A	L	VG	105	Fa	Ma	A	L	VVG
34	Sl	Ma	B	S	PG	70	Mi	Ma	B	S	VG	106	Fa	Ma	B	S	VG
35	Sl	Ma	B	M	VG	71	Mi	Ma	B	M	VG	107	Fa	Ma	B	M	VVG
36	Sl	Ma	B	L	VG	72	Mi	Ma	B	L	VVG	108	Fa	Ma	B	L	VVG

モバイル P2P システム 3 の入出パラメータとメンバーシップ関数

提案システム 3 の FPCQS1 の入力パラメータと出力パラメータを、以下に示す。また、各入力パラメータの単位はユニット (unit) である。

- 入力パラメータ

- AA : Activity Awareness
- GS : Group Synchronization
- SCT : Sustained Communication Time
- 出力パラメータ
 - PCQ : Peer Coordination Quality

FPCQS2 におけるメンバシップ関数に用いる． FPCQS1 より 1 つ入力パラメータ PCC を追加し， 以下に示す．

- 入力パラメータ
 - AA : Activity Awareness
 - GS : Group Synchronization
 - SCT : Sustained Communication Time
 - PCC : Peer Commiucation Cost
- 出力パラメータ
 - PCQ : Peer Coordination Quality

次に， FPCQS1 と FPCQS2 の入力パラメータと出力パラメータのレベルは， 以下のよう
に略し， 評価を行う． 提案手法における FPCQS1 と FPCQS2 に関するメンバシップ
関数を図 7.27 と図 7.28 に示す．

- 入力パラメータ
 - AA
 - * Bad (B), Normal (N), Good (G) の 3 段階
 - GS
 - * Bad (Ba), Normal (Nor), Good (Go) の 3 段階
 - SCT
 - * Very Short (VS), Short (S), Long (L), Very Long (VL) の 4 段階
 - PCC
 - * Low (Lo), Middle (Mi), High (Hi) の 3 段階
- 出力パラメータ
 - PCQ
 - * Extremely Bad (EB), Bad (BD), Minimally Good (MG), Partially Good (PG), Good (G), Very Good (VG), Very Very Good (VVG) の 7 段階

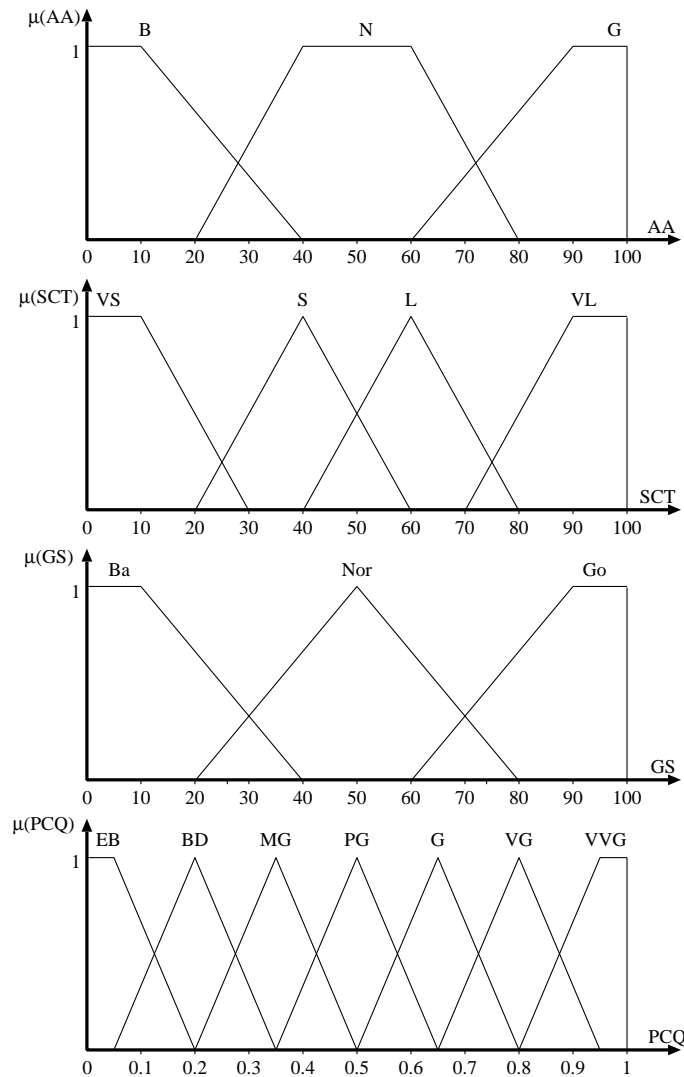


図 7.27 FPCQS1 のメンバシップ関数

モバイル P2P システム 3 のファジィルールベース

ファジィルールベースにおけるルール数は入力パラメータの数とパラメータが分割されたレベルの数に基づいて作成した。提案システム 3 のルールベースは表 7.9 と表 7.10 に示す。FPCQS1 は 3 つの入力パラメータがそれぞれ 3 つと 4 つのレベルに分割されているため、合計 36 個のルールでファジィルールベースを構成し、FPCQS2 では合計 108 個のルールでファジィルールベースを構成する。

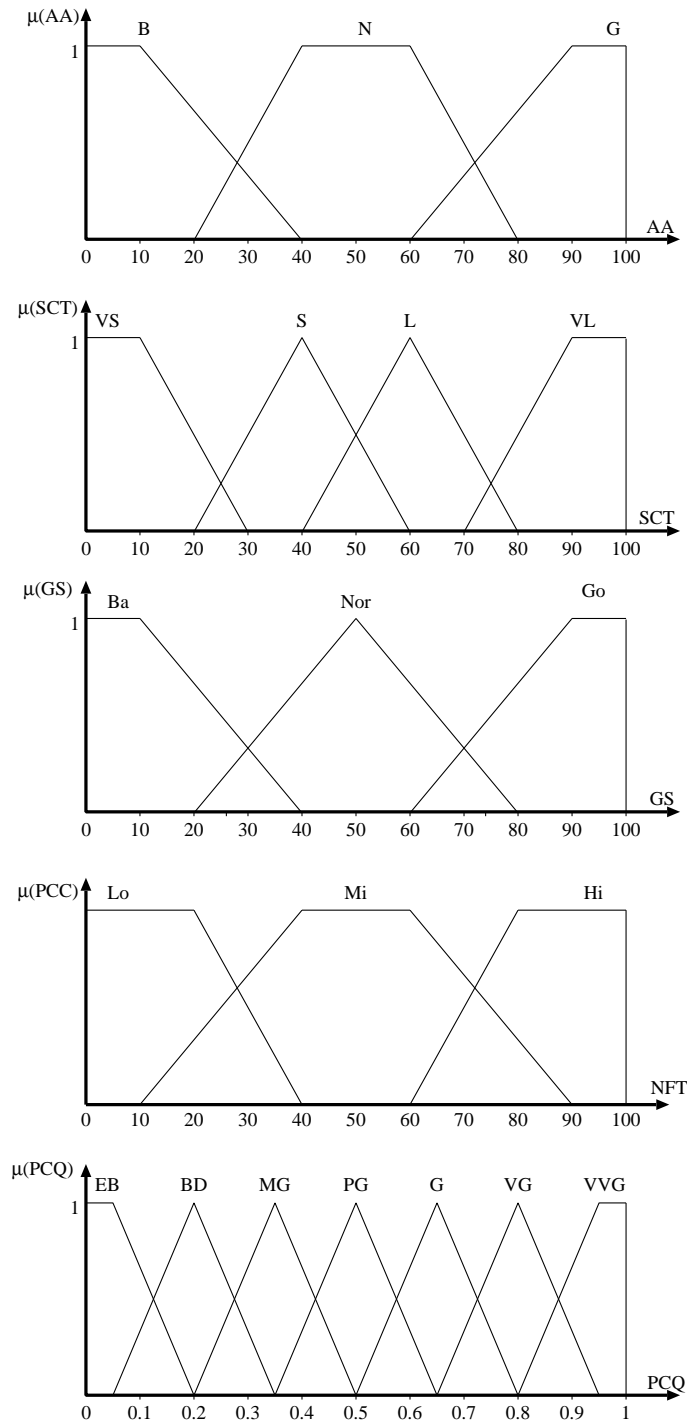


図 7.28 FPCQS2 のメンバシップ関数

表 7.9 FPCQS1 のファジィルールベース.

Rule	AA	GS	SCT	PCQ
1	B	Ba	VS	EB
2	B	Ba	S	EB
3	B	Ba	L	MG
4	B	Ba	VL	EB
5	B	Nor	VS	BD
6	B	Nor	S	PG
7	B	Nor	L	BD
8	B	Nor	VL	MG
9	B	Go	VS	VG
10	B	Go	S	EB
11	B	Go	L	BD
12	B	Go	VL	PG
13	N	Ba	VS	BD
14	N	Ba	S	MG
15	N	Ba	L	G
16	N	Ba	VL	MG
17	N	Nor	VS	PG
18	N	Nor	S	VG
19	N	Nor	L	BD
20	N	Nor	VL	MG
21	N	Go	VS	G
22	N	Go	S	MG
23	N	Go	L	PG
24	N	Go	VL	VG
25	G	Ba	VS	PG
26	G	Ba	S	G
27	G	Ba	L	VVG
28	G	Ba	VL	MG
29	G	Nor	VS	PG
30	G	Nor	S	VG
31	G	Nor	L	PG
32	G	Nor	VL	G
33	G	Go	VS	VVG
34	G	Go	S	G
35	G	Go	L	VG
36	G	Go	VL	VVG

表 7.10 FPCQS2 のファジィルールベース.

Rule	AA	SCT	GS	PCC	PCQ	Rule	AA	SCT	GS	PCC	PCQ	Rule	AA	SCT	GS	PCC	PCQ
1	B	VS	Ba	Lo	BD	37	N	VS	Ba	Lo	BD	73	G	VS	Ba	Lo	MG
2	B	VS	Ba	Mi	EB	38	N	VS	Ba	Mi	EB	74	G	VS	Ba	Mi	BD
3	B	VS	Ba	Hi	EB	39	N	VS	Ba	Hi	EB	75	G	VS	Ba	Hi	EB
4	B	VS	Nor	Lo	MG	40	N	VS	Nor	Lo	PG	76	G	VS	Nor	Lo	G
5	B	VS	Nor	Mi	EB	41	N	VS	Nor	Mi	BD	77	G	VS	Nor	Mi	MG
6	B	VS	Nor	Hi	EB	42	N	VS	Nor	Hi	EB	78	G	VS	Nor	Hi	BD
7	B	VS	Go	Lo	PG	43	N	VS	Go	Lo	G	79	G	VS	Go	Lo	VG
8	B	VS	Go	Mi	BD	44	N	VS	Go	Mi	MG	80	G	VS	Go	Mi	PG
9	B	VS	Go	Hi	EB	45	N	VS	Go	Hi	BD	81	G	VS	Go	Hi	MG
10	B	S	Ba	Lo	BD	46	N	S	Ba	Lo	MG	82	G	S	Ba	Lo	PG
11	B	S	Ba	Mi	EB	47	N	S	Ba	Mi	BD	83	G	S	Ba	Mi	MG
12	B	S	Ba	Hi	EB	48	N	S	Ba	Hi	EB	84	G	S	Ba	Hi	BD
13	B	S	Nor	Lo	PG	49	N	S	Nor	Lo	G	85	G	S	Nor	Lo	G
14	B	S	Nor	Mi	BD	50	N	S	Nor	Mi	MG	86	G	S	Nor	Mi	PG
15	B	S	Nor	Hi	EB	51	N	S	Nor	Hi	BD	87	G	S	Nor	Hi	MG
16	B	S	Go	Lo	G	52	N	S	Go	Lo	VG	88	G	S	Go	Lo	VG
17	B	S	Go	Mi	MG	53	N	S	Go	Mi	PG	89	G	S	Go	Mi	G
18	B	S	Go	Hi	BD	54	N	S	Go	Hi	MG	90	G	S	Go	Hi	PG
19	B	L	Ba	Lo	MG	55	N	L	Ba	Lo	PG	91	G	L	Ba	Lo	G
20	B	L	Ba	Mi	BD	56	N	L	Ba	Mi	MG	92	G	L	Ba	Mi	PG
21	B	L	Ba	Hi	EB	57	N	L	Ba	Hi	BD	93	G	L	Ba	Hi	BD
22	B	L	Nor	Lo	G	58	N	L	Nor	Lo	G	94	G	L	Nor	Lo	VG
23	B	L	Nor	Mi	MG	59	N	L	Nor	Mi	PG	95	G	L	Nor	Mi	G
24	B	L	Nor	Hi	BD	60	N	L	Nor	Hi	MG	96	G	L	Nor	Hi	PG
25	B	L	Go	Lo	VG	61	N	L	Go	Lo	VG	97	G	L	Go	Lo	VVG
26	B	L	Go	Mi	PG	62	N	L	Go	Mi	G	98	G	L	Go	Mi	VG
27	B	L	Go	Hi	MG	63	N	L	Go	Hi	PG	99	G	L	Go	Hi	G
28	B	VL	Ba	Lo	PG	64	N	VL	Ba	Lo	G	100	G	VL	Ba	Lo	VG
29	B	VL	Ba	Mi	MG	65	N	VL	Ba	Mi	PG	101	G	VL	Ba	Mi	G
30	B	VL	Ba	Hi	BD	66	N	VL	Ba	Hi	BD	102	G	VL	Ba	Hi	MG
31	B	VL	Nor	Lo	G	67	N	VL	Nor	Lo	VG	103	G	VL	Nor	Lo	VVG
32	B	VL	Nor	Mi	PG	68	N	VL	Nor	Mi	G	104	G	VL	Nor	Mi	VG
33	B	VL	Nor	Hi	MG	69	N	VL	Nor	Hi	PG	105	G	VL	Nor	Hi	G
34	B	VL	Go	Lo	VG	70	N	VL	Go	Lo	VVG	106	G	VL	Go	Lo	VVG
35	B	VL	Go	Mi	G	71	N	VL	Go	Mi	VG	107	G	VL	Go	Mi	VVG
36	B	VL	Go	Hi	PG	72	N	VL	Go	Hi	G	108	G	VL	Go	Hi	VG

7.2.4 モバイル P2P 応用システム

本提案システムはモバイル P2P システムの応用として、共同作業を管理するためかんばんシステム (kanboard) を利用した。Kanboard はカンバン機能が軸になっているが、表示方法が多彩でプロジェクト管理システムとして十分な機能が揃っている。複数プロ

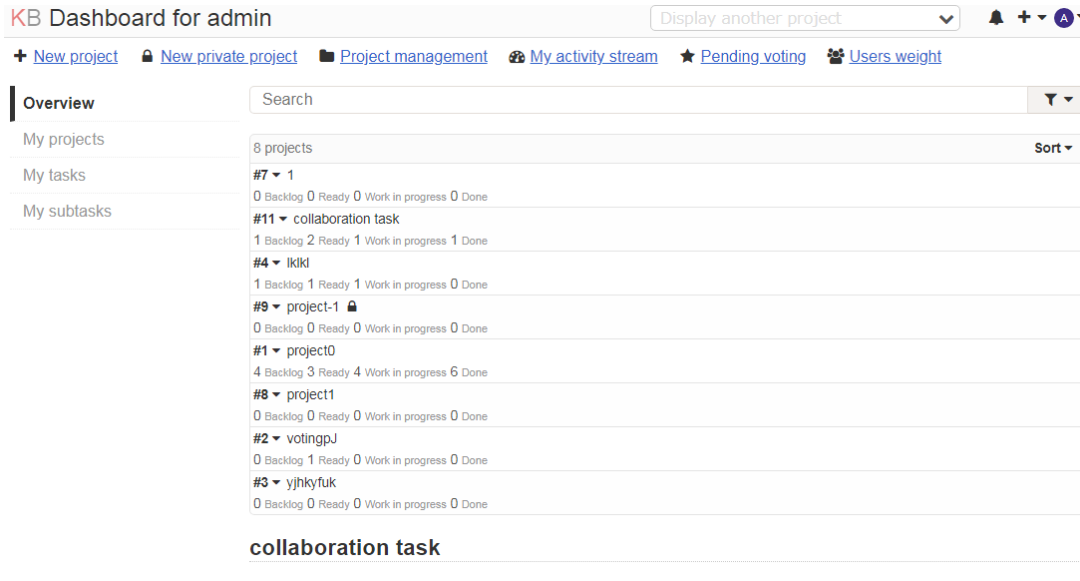


図 7.29 Kanboard の構成

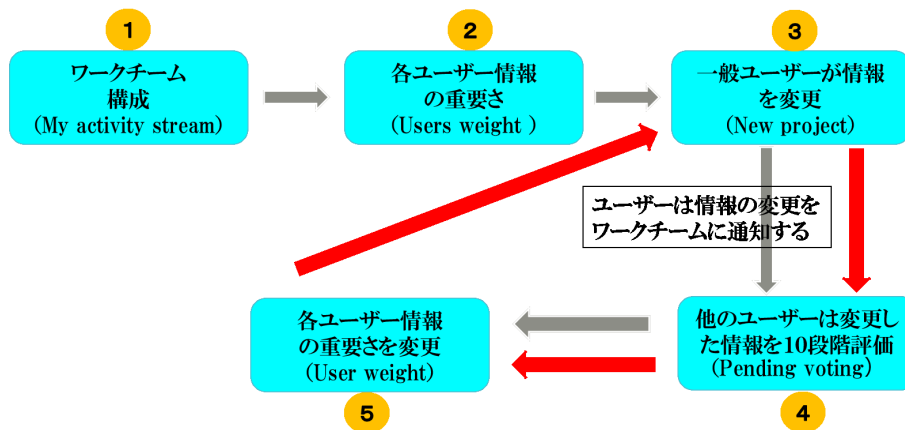


図 7.30 評価する手順

プロジェクト管理とユーザ管理ができるので、企業内でも十分に使えるシステムである。

現在, formrun, Trello, Wrike など様々なところでかんばんシステムが利用されている。かんばんはソフトウェア製品を開発するための方法である。方法論として、かんばんの原則は次の通りである [38]。

- 可視化する
個々項目の状態が分かるようにする。「仕事はどう進むか」を学び、ワークフローから改善の可能性を発見できる。
- WIP(Work in Progress:仕掛り 作業) を制限する

同時に行う作業を減らせという意味である。WIP 制限することで、同じ時間でより多くの作業を完了できる。

- 流れを管理する
流れを管理することで、ワークフローを改善することができる。
- 明確なポリシーを作る
ポリシーを明示しておけば、自分の考え、感覚、他の事例などを持ち出すことなく、客観的データを使ってプロセスのことを議論できる。
- フィードバックループを実現する
仕事が進むようにするためには、フィードバックループは必須であり、必要に応じて探し求め、実現しなくてはならないものである。
- コラボレーティブに改善し、実験的に進化する。
モデルや科学的な方法を利用する

プロジェクト管理ソフトウェアにおいてかんぱんシステムは欠かせない存在である。Kanboard システムを図 7.29 に示す。本研究は、Kanboard を利用することで、一つグループの各メンバーを評価する。Pending voting と User weight は新しい項目として、追加した。この2つ項目を利用することで、各メンバーを評価する。評価する手順は以下である (図 7.30)。

- 最初はワークチーム構成する (My activity stream)
- 次は各メンバー情報の重要さを確認する (Users weight)
- また、一般メンバーが情報を変更する (New project)
- メンバーは情報の変更をワークチームに通知する。その後、他のメンバーは変更した情報を 10 段階評価する (Pending voting)
- 各メンバーは評価した後、メンバー情報の重要さを変更する (Users weight)

第 8 章

提案システムの評価

8.1 JXTA-P2P システム 1 の結果と評価

JXTA-P2P システム 1 の FPRS1 は 3 つの入力パラメータは Peer 間相互交換ファイル数 (NI), ロカル・スコア (LS), Peer セキュリティ (S) を入力し, 出力パラメータは信頼性 (PR) を出力させ評価する. 結果の図 8.1, 図 8.2 と図 8.3 の横軸, 縦軸の単位は unit である. 横軸は LS, 縦軸は PR を表し, 3 つの線がそれぞれ S の値を表している. シミュレーションにおいて, 各入力パラメータを 0~10 まで変化させ, 信頼性を 0~1 で評価する.

シミュレーションは, MATLAB を用いている. 3 つの入力パラメータ (NI, LS, S) と 1 つの出力パラメータ (PR) を考慮し, 評価する. 図 8.1, 図 8.2, 図 8.3 に, PR と NI, LS, S の関係を示す.

図 8.1 は NI が 0 unit の場合のシミュレーション結果である. S=0, LS=9 の場合, PR は 0.3 である. S=5, LS=9 の場合, PR は 0.5 である. S=10, LS=9 の場合, PR は 0.6 である. PR は S の上昇に伴い, それぞれ約 20% と 30% 増加した. NI が低い場合, PR

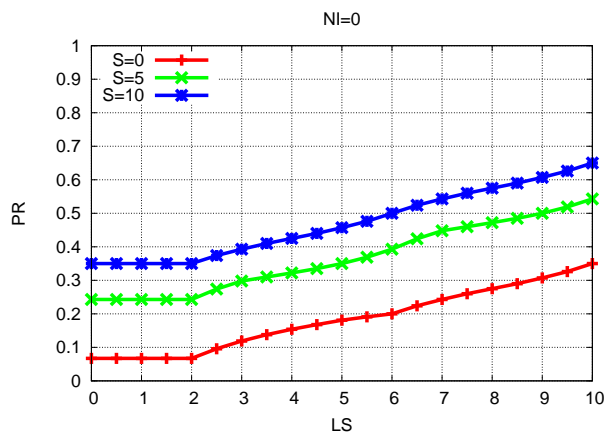


図 8.1 NI=0(FPRS1 で Peer 間相互交換ファイル数が少ない場合).

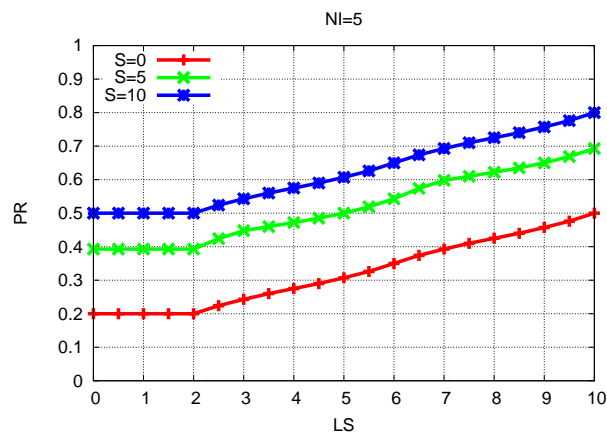


図 8.2 NI=5(FPRS1 で Peer 間相互交換ファイル数が中ぐらいの場合).

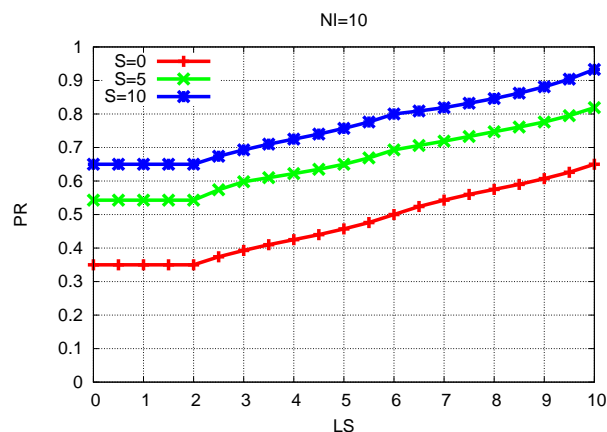


図 8.3 NI=10(FPRS1 で Peer 間相互交換ファイル数が多い場合).

が全体的に低くなっていることが分かる。特に、 S が 0 unit の場合、PR が非常に低い。これは、NI が低い Peer は通信相手に、ほぼ選出されないためである。

図 8.2 と図 8.3 は、NI を 0 から 5, 10 units まで増加させた結果である。図 8.1 と比較すると、 $S=5$, $LS=9$ の場合、図 8.2 と図 8.3 の PR は約 15% と約 25% 増加した。図に示すように、NI が増加するとともに、PR も高くなる。図 8.3 は NI が 10 units の場合のシミュレーション結果である。NI が最大であるため、PR が非常に高くなっていることが分かる。特に、 S が 10 units の場合、PR が 0.92 程度になっている。したがって、信頼できる Peer を選出することが出来ていることが分かる。結果から NI, LS と S が増加するとともに、PR も増加することが分かる。この結果から、システムの挙動としては良好であり、提案システムにおいて信頼性が優良な Peer を選出することが出来る。

FPRS2 は FPRS1 の拡張として、入力パラメータにパケット損失 (PL) を追加した。FPRS2 の結果をまとめた図は FPRS1 と同様に、横軸、縦軸の単位は unit である。横

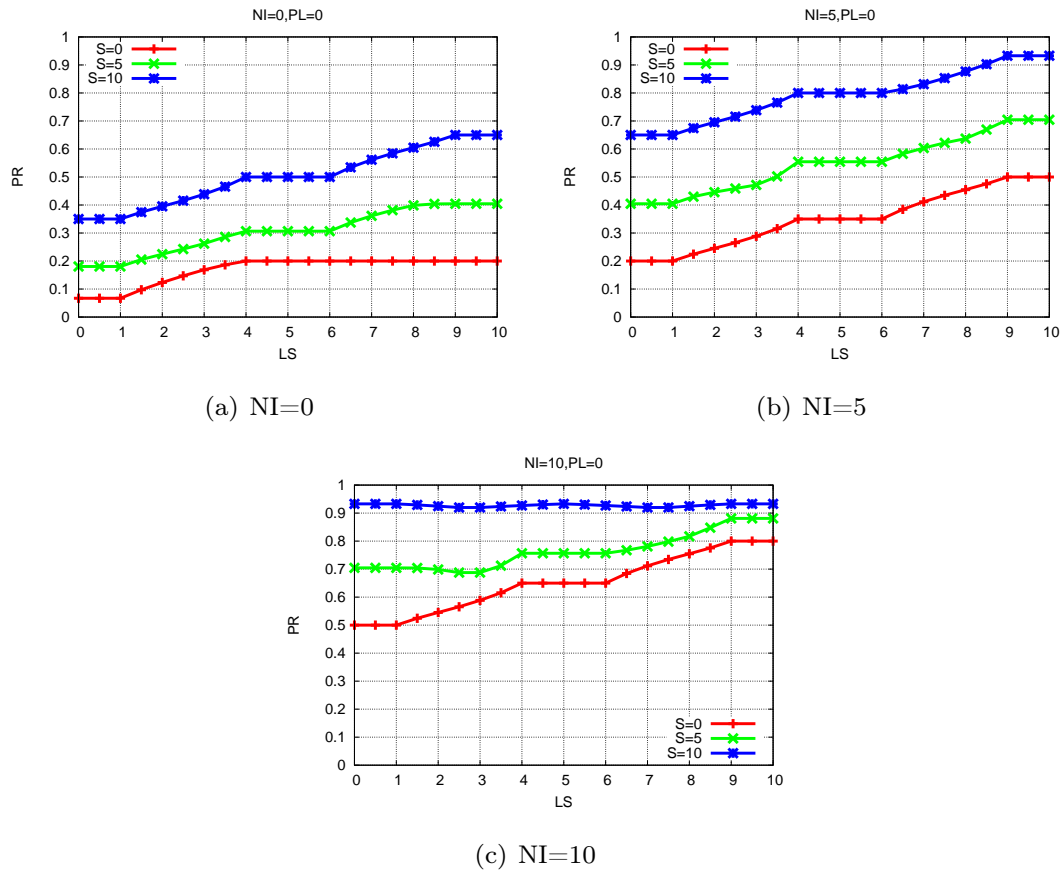


図 8.4 PL=0(FPRS2 でパケットロスが少ない場合).

軸は LS, 縦軸は PR を表し, 3 つの線がそれぞれ S の値を表している. シミュレーションについて, 入力パラメータを 0~10 まで変化させ, 信頼性を 0~1 で評価する. 結果を図 8.4, 図 8.5, 図 8.6 に示す.

FPRS2 は, 4 つの入力パラメータ NI, LS, S, PL と出力パラメータ PR を考慮し, 評価した. 図 8.4 は PL が 0 unit, NI が 0 から 10 units まで変化した場合のシミュレーション結果である. 図 8.4(a) から 図 8.4(c) までの結果において, S=5, LS=9 の場合, PR は 0.41, 0.7, 0.89 である. また, NI, LS と S が増加すると, PR も増加する. FPRS1 の結果と比較すると, NI は同じ条件で, PL が低い場合に PR が大幅に上がることが分かる.

図 8.5 と 図 8.6 は PL が 5 と 10 units, NI が 0 から 10 units まで変化した場合のシミュレーション結果である. 図 8.4 と比較すると, PL が増加する場合, PR が全体的に下がることが分かる. FPRS1 と比較すると, FPRS2 は新たに 1 つ入力パラメータを考慮することで, FPRS1 より優良な Peer を選出することができる.

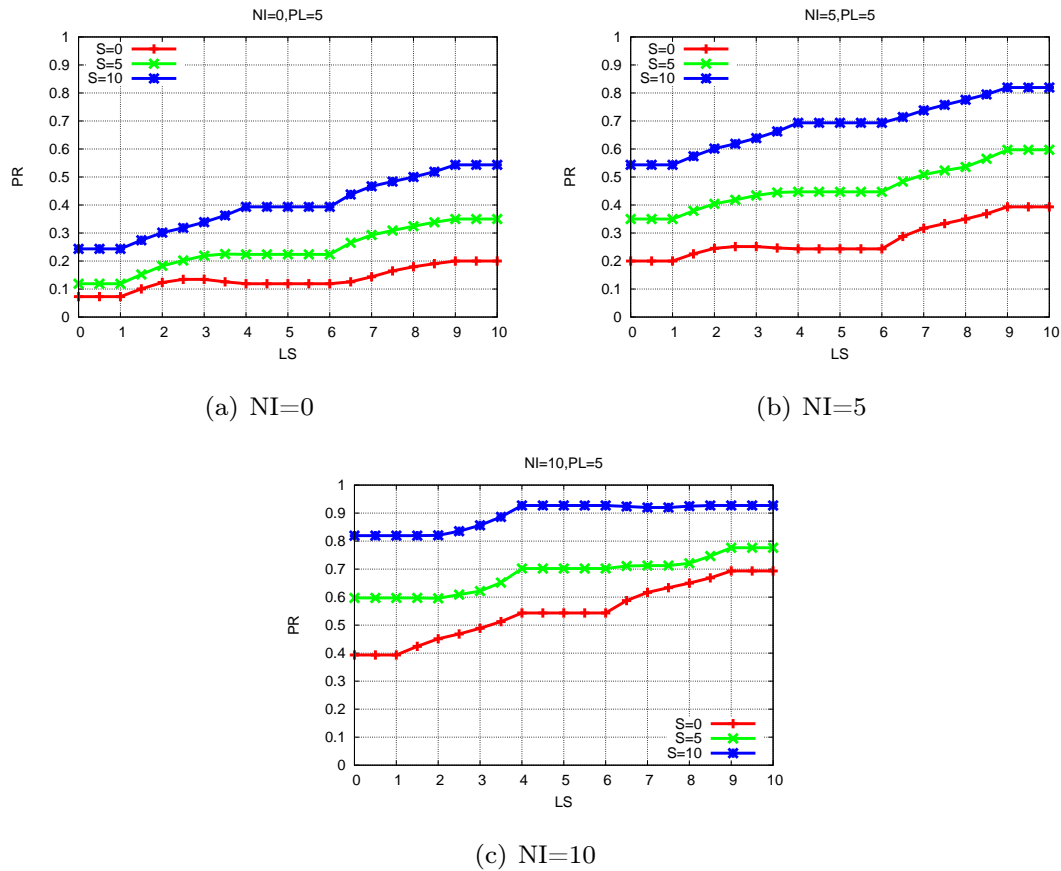


図 8.5 PL=5(FPRS2 でパケットロスが中ぐらいの場合).

8.2 JXTA-P2P システム 2 の結果と評価

JXTA-P2P システム 2 では 4 つの入力パラメータとして Peer のデータダウンロードスピード (DDS), ロカル・スコア (LS), Peer 間相互交換ファイル数 (NI) と Peer 同士の持続的な通信時間 (SCT) を入力し, 出力パラメータは信頼性 (PR) を出力させ評価する. 結果の図の横軸, 縦軸の単位は unit である. 横軸は DDS, 縦軸は PR を表し, 3 つの線がそれぞれ LS の値を表している. シミュレーションにおいて, 入力パラメータを 0~10 まで変化させ, 信頼性を 0~1 で評価する. 結果を図 8.7, 図 8.8, 図 8.9 に示す.

図 8.7 は NI が 0 unit, SCT が 0 から 10units まで変化した場合のシミュレーション結果である. 図 8.7(a) では, LS=0, DDS=8 の場合, PR は 0.2 である. LS=5, DDS=8 の場合, PR は 0.36 である. LS=10, DDS=8 の場合, PR は 0.5 である. 図 8.7(b) と図 8.7(a) の同じポイントを比較すると, PR はそれぞれ 16%, 14% と 15% 増加した. 図 8.7 から, DDS, LS と SCT が増加するとともに, PR も増加することが分かる.

図 8.8 と図 8.9 は, NI が 5 と 10 units, SCT が 0 から 10uit まで変化した場合のシ

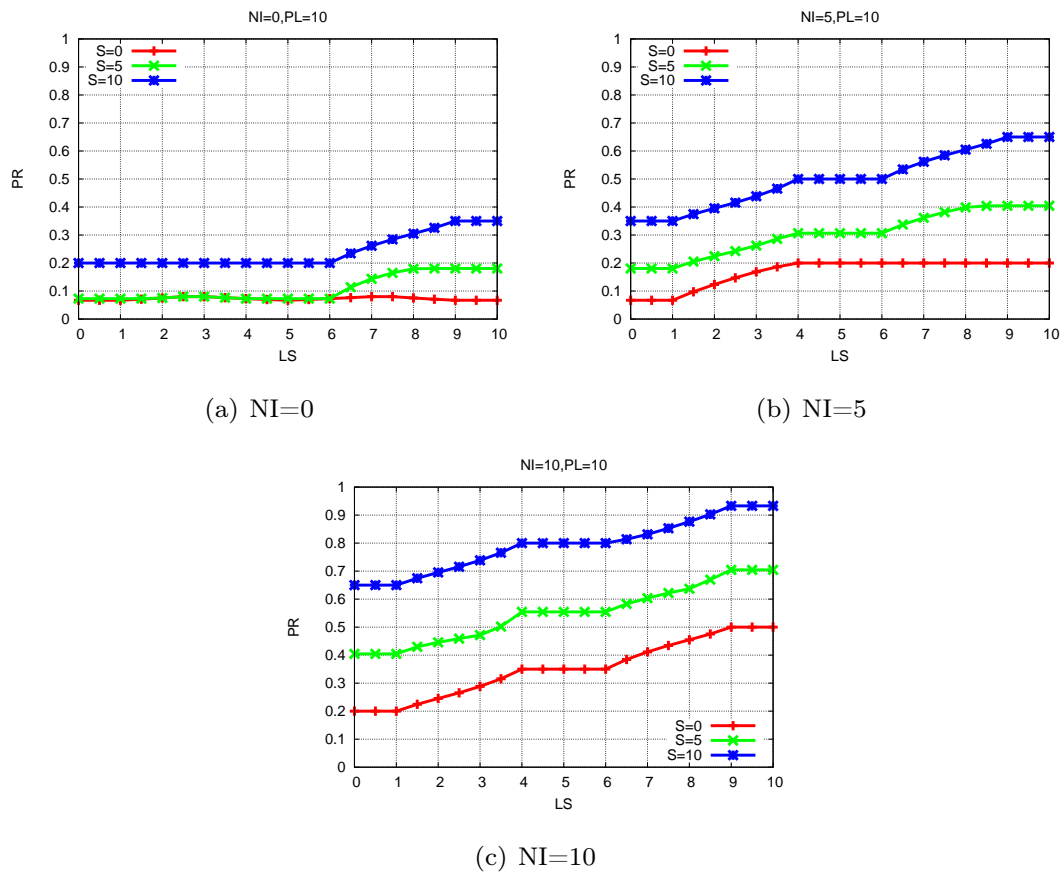


図 8.6 PL=10(FPRS2 でパケットロスが多い場合).

ミュレーション結果である。NIが高くなるため、PRが非常に高くなっていることが分かる。以上の結果より NI に比例し信頼性は増加することが分かる。従って、システムの挙動としては良好であり、提案システムは信頼性が優良な Peer を選出することが出来る。

8.3 JXTA-P2P システム 3 の結果と評価

JXTA-P2P システム 3 では 4 つの入力パラメータとして Peer のデータダウンロードスピード (DDS), Peer 混雑状況 (PCS), Peer 間相互交換ファイル数 (NI) と Peer 同士の持続的な通信時間 (SCT) と、出力パラメータに信頼性 (PR) を出力させ評価する。結果の図 8.10, 図 8.11 と図 8.12 の横軸, 縦軸の単位は unit である。横軸は DDS, 縦軸は PR を表し, 3 つの線がそれぞれ PCS の値を表している。シミュレーションについて, 入力パラメータを 0~10 まで変化させ, 信頼性を 0~1 で評価する。結果を図 8.10, 図 8.11, 図 8.12 に示す。

図 8.10 は NI が 0 unit, PL が 0 から 10units まで変化した場合のシミュレーション結果である。図 8.10(a) では, PCS=0, DDS=8 の場合, PR は 0.8 である。PCS=5,

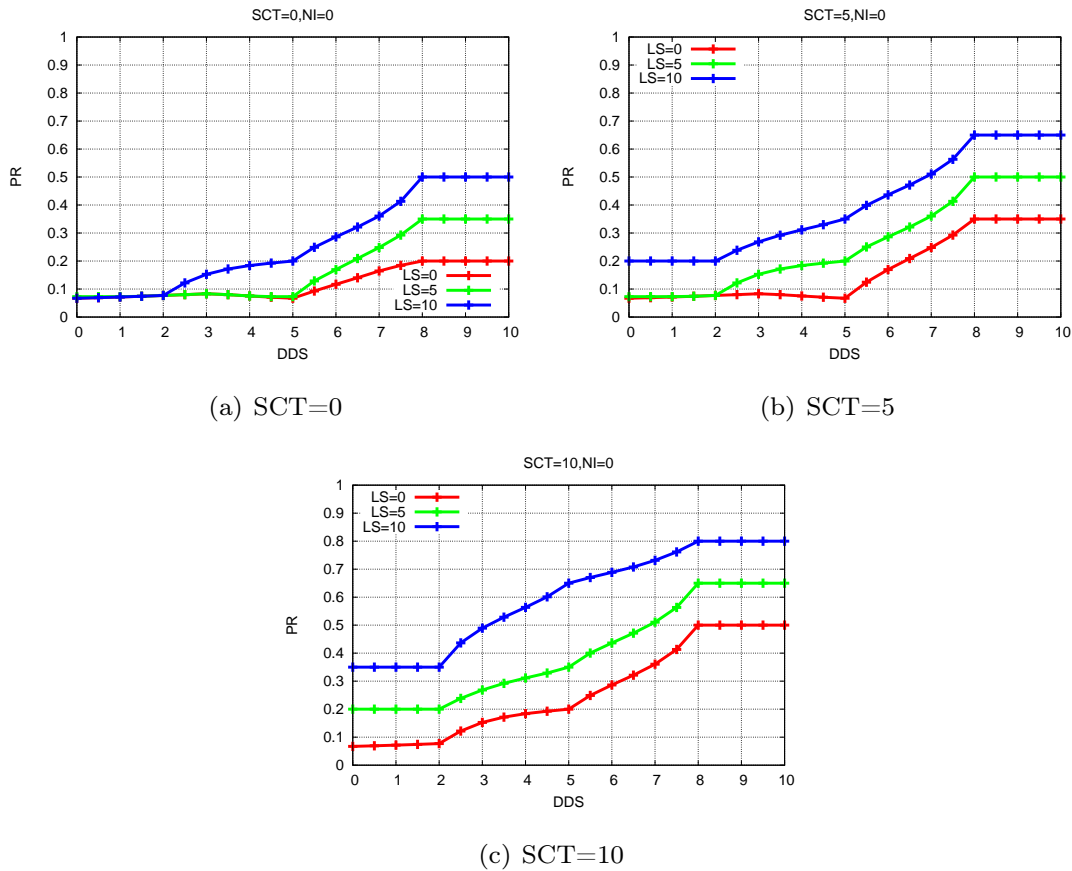


図 8.7 NI=0(Peer 間相互交換ファイル数が少ない場合).

DDS=8 の場合，PR は 0.79 である．PCS=10，DDS=8 の場合，PR は 0.5 である．図 8.10(b) と図 8.10(a) の同じポイントを比較すると，PR はそれぞれ 14%，19% と 14% 減少した．図 8.10 から，DDS を増加するとともに，PR を増加することが分かる．つまり，PCS と PL が増加するに従って，PR は減少する．図 8.11 と図 8.12 は NI が 5 と 10 units，PL が 0 から 10units まで変化した場合のシミュレーション結果である．NI が高くなると，PR が非常に高くなっていることが分かる．結果の図 8.10，図 8.11 と図 8.12 より NI に比例し信頼性は増加していることが分かる．JXTA-P2P システム 1 から JXTA-P2P システム 3 まで，異なる入力パラメータを用いることにより出力パラメータ (PR) の影響を調査した．これらの結果より，システムの挙動としては良好であり，提案システムにおいて信頼性が優良な Peer を選出することができる．

表 8.1 は各 JXTA-P2P システムのパラメータを応用が期待できる状況を示す．FPRS1 と FPRS2 は Peer 間で重要なデータを交換する場合に応用が期待できる．FPRS3 は Peer 間でファイルをダウンロードする場合に利用できる．また，FPRS4 は Peer 間で通話や動画の配信する場合に利用できる．

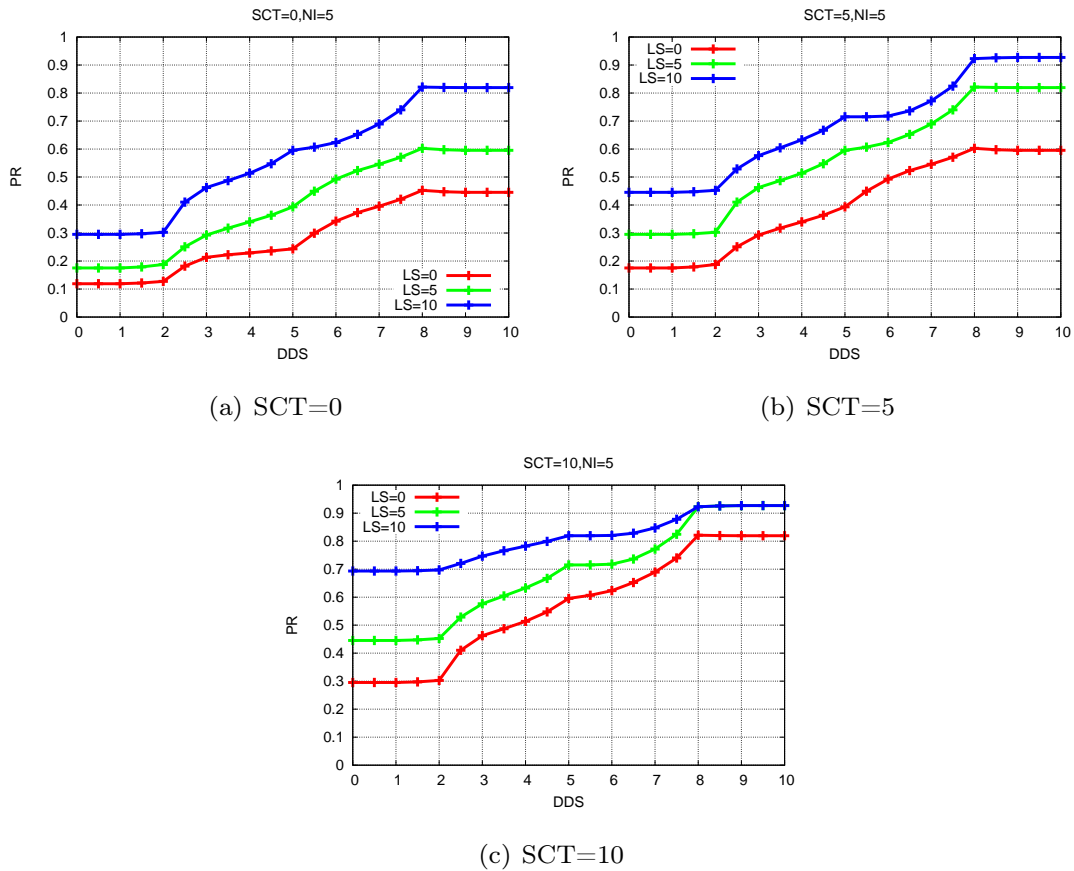


図 8.8 NI=5(Peer 間相互交換ファイル数が中ぐらいの場合).

表 8.1 JXTA-P2P システム.

提案システム	考慮するパラメータ	応用が期待できる状況
FPRS1・ FPRS2	NI, LS, S・ NI, LS, S, PL	重要なデータを交換
FPRS3	DDS, LS, NI, SCT	ファイルをダウンロード
FPRS4	DDS, PCS, NI, PL	Peer 間通話や動画の配信

8.4 医療支援システムの結果と評価

第 7 章で述べた医療支援システムを使い，被験者 1 人の行動をセンサで 30 分間監視することにより，医療支援システムの評価を行った。

監視するパターンは退出しない場合と，退出を行い再び入室する場合，誰も居ない場合の 3 パターンとする．その際，被験者はベッドにいると想定し，行動範囲を半径 1m 以内に制限する．センサの位置は被験者から約 1m のところに設置した。

実験のグラフを図 8.13，図 8.14，図 8.15 に示す．結果のグラフは横軸に Time-of-

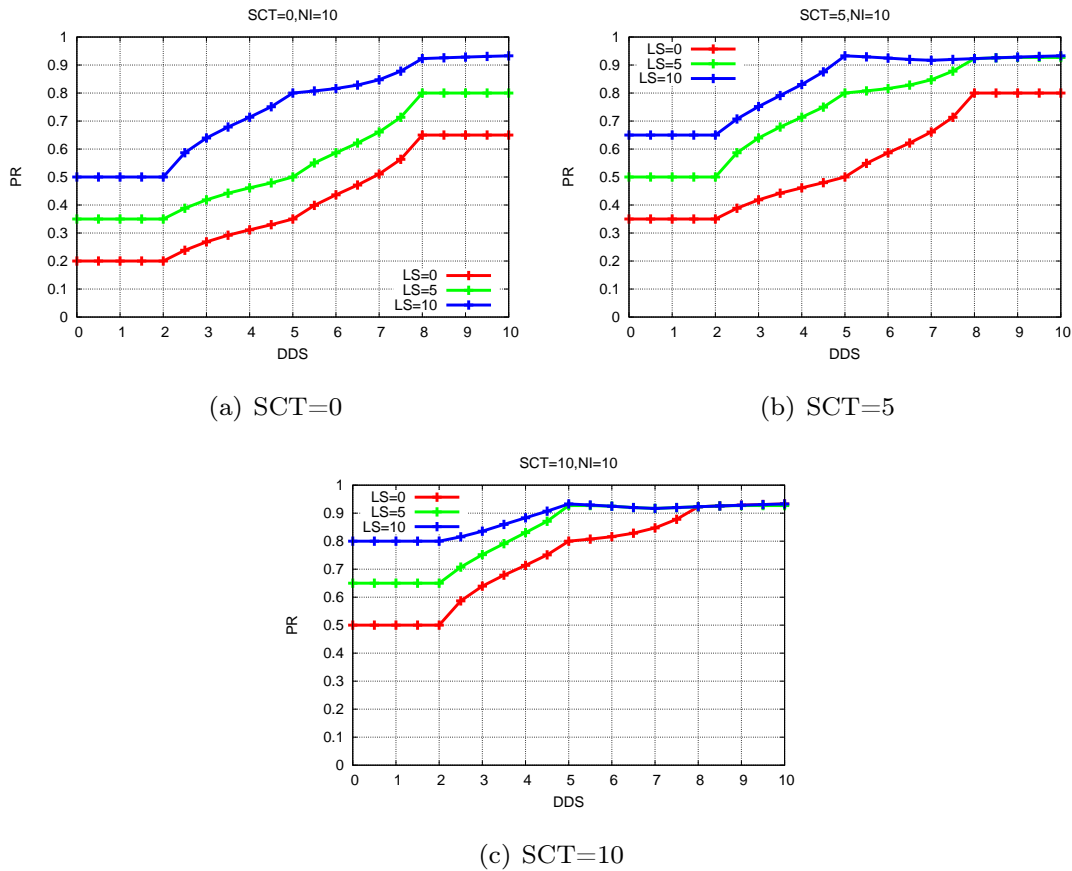


図 8.9 NI=10(Peer 間相互交換ファイル数が多い場合).

Monitoring(ToM:実験時間), 縦軸に Not-Moving-Time(NMT:被験者が動かなかった時間)とする.

図 8.13 は被験者が退出を行わなかった場合の結果で, グラフの山が小さくセンサが多く反応しその都度 NMT が 0 秒になっていることが確認できる. そのため被験者はベットの上において, なおかつ行動を確認できることになる.

図 8.14 は被験者が居ない, もしくは動いていない場合の結果でセンサに反応が全くなくグラフが ToM の経過とともに NMT が大きくなっているため被験者が寝ている, もしくは, 離床しておりベットにいないことが分かる.

図 8.15 は被験者が退出入室を行う場合の結果で, 実験開始から約 10 分のタイミングで 1 度, 退出を行っているのが分かる. また, 約 16 分の時に入室したためセンサに反応があり, 約 21 分の時に被験者が再入室を行ったことが分かる. しかし, 約 16 分の入室の際, 被験者とは別の第三者が入室をしていたため, 本来約 10 分を境に右肩上がりにあがるグラフがセンサが第三者に反応し, NMT が 0 の値をとり被験者に動きがあったと認識している.

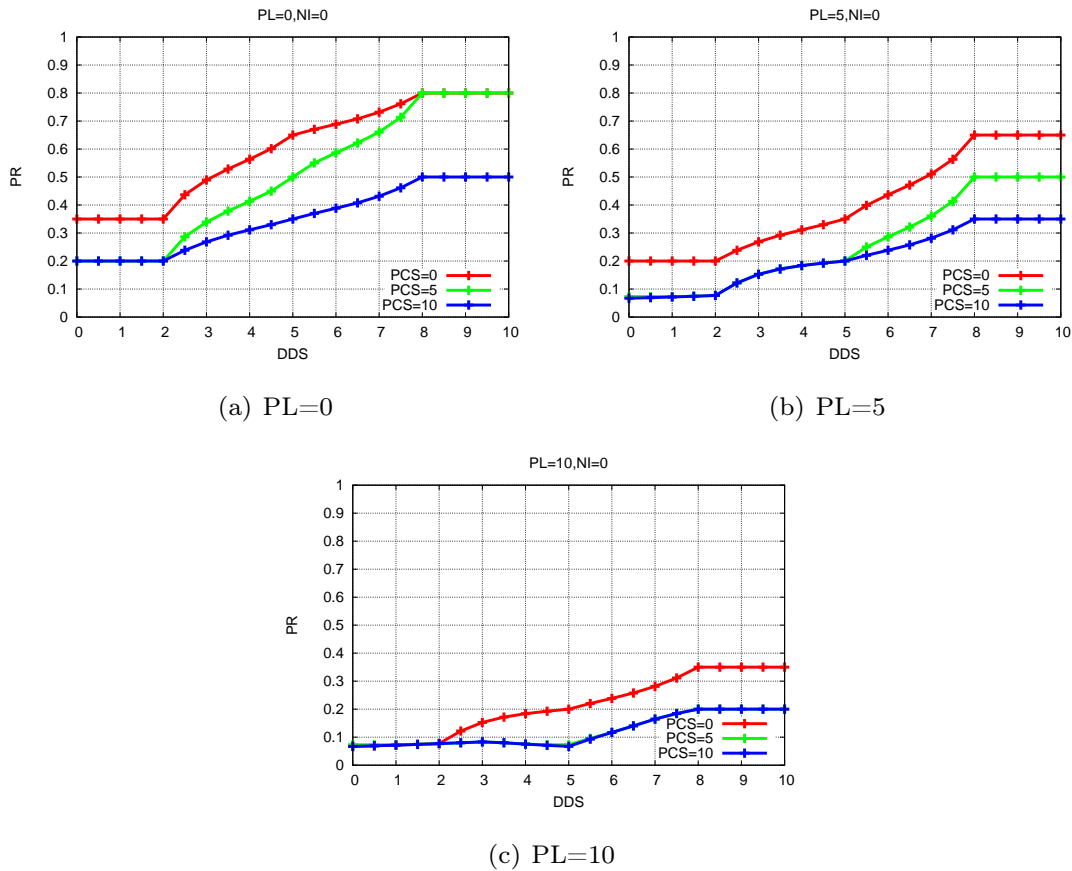


図 8.10 NI=0(Peer 間相互交換ファイル数が少ない場合).

以上の結果から，医療支援システムのセンサが反応している時と反応していないとき，すなわち人が動いているか動いていないか，または在室しているか退出しているかの判断をセンサの値から判断することができる。

8.5 モバイル P2P システム 1 の結果と評価

モバイル P2P システム 1 は FPVS1 と FPVS2 で構成されている．モバイル P2P システム 1 の FPVS1 は 3 つの入力パラメータとして，Peer がグループ活動に参加した数 (NAMP)，Peer の活動完了数 (NAMSF) と Peer の参加したオンラインディスカッション数 (NODMP) を入力とし，出力パラメータは投票スコア (VS) を出力させ評価する．結果の図の横軸，縦軸の単位は unit である．横軸は NAMSF，縦軸は VS を表し，3 つの線がそれぞれ NAMP の値を表している．シミュレーションにおいて，入力パラメータを 0~100 まで変化させ，投票スコアを 0~1 で評価する．

図 8.16, 図 8.17, 図 8.18 に，VS と NAMP, NAMF, NODMP の関係を示す．図 8.16 は NODMP が 0 unit の場合のシミュレーション結果である．NAMP=0, NAMSF=80

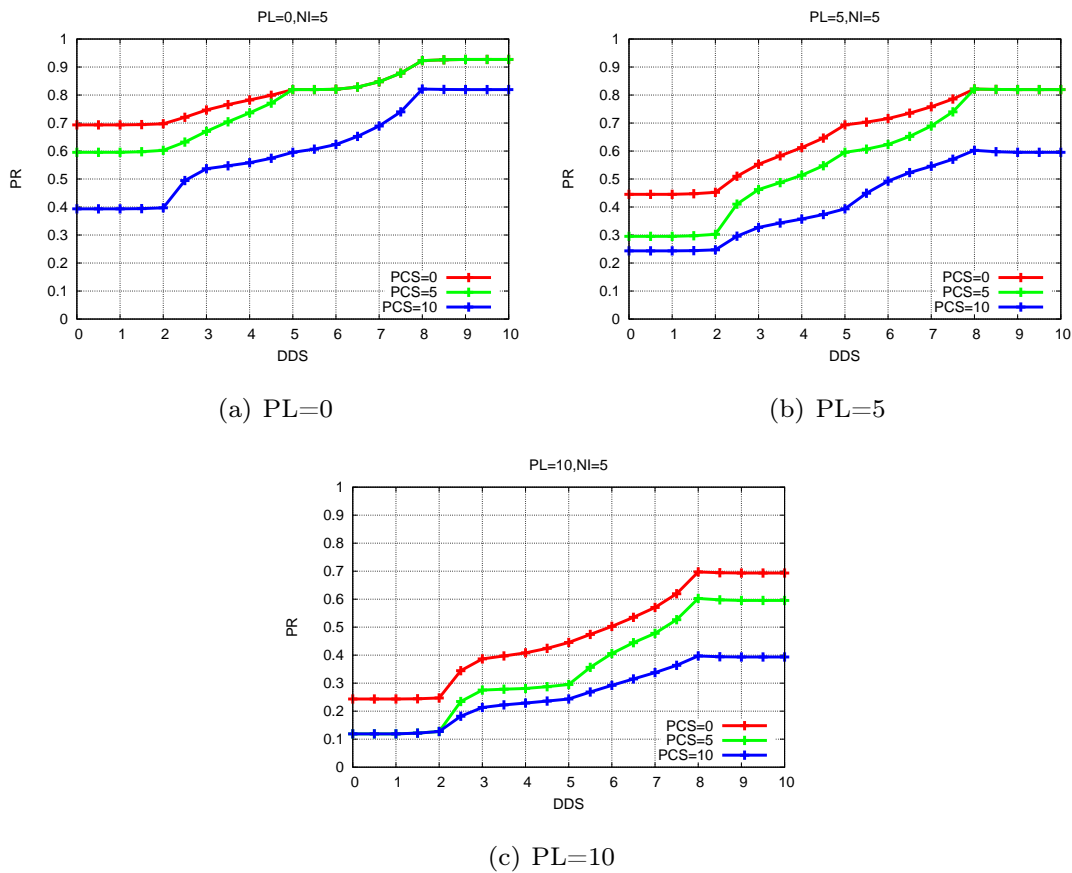


図 8.11 NI=5(Peer 間相互交換ファイル数が中ぐらいの場合).

の場合、VS は 0.2 である。NAMP=50, NAMSF=80 の場合、VS は 0.35 である。NAMP=100, NAMSF=80 の場合、VS は 0.5 である。VS は約 15% と 30% 増加した。NODMP が低い場合、VS が全体的に低くなっていることが分かる。特に、NAMP が 0 unit の場合、VS が非常に低い。そのため、ほとんどのケースでスコアが高い Peer を選出することができない。

図 8.17 と図 8.18 は、NODMP を 0 から 50, 100units まで変化させた結果である。図 8.16 と比較すると、NAMP=50, NAMSF=80 の場合、図 8.17 と図 8.18 の VS は 30% と 45% 増加した。また、NODMP を増加するとともに、VS も高くなる。図 8.18 は NODMP が 100units の場合のシミュレーション結果である。NODMP が最大であるため、VS が非常に高くなっていることが分かる。特に、NAMP が 100 units の場合、VS が 0.93 程度になっている。結果の図から NAMP, NAMSF と NODMP を増加するとともに、VS も増加することがしたがって、モバイル P2P システムの中でスコアが高い Peer を選出することができる。

FPVS2 は FPVS1 の拡張として、入力パラメータに Peer が失敗した活動数 (NAMF)

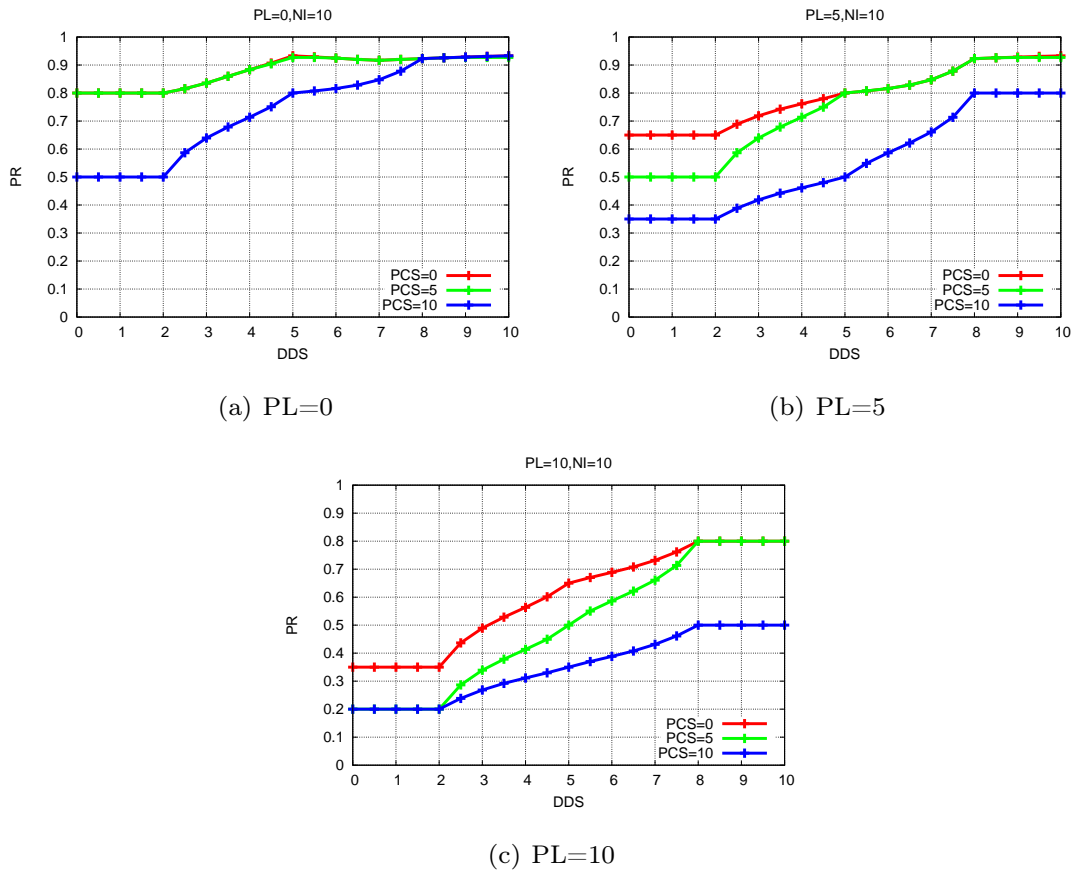


図 8.12 NI=10(Peer 間相互交換ファイル数が多い場合).

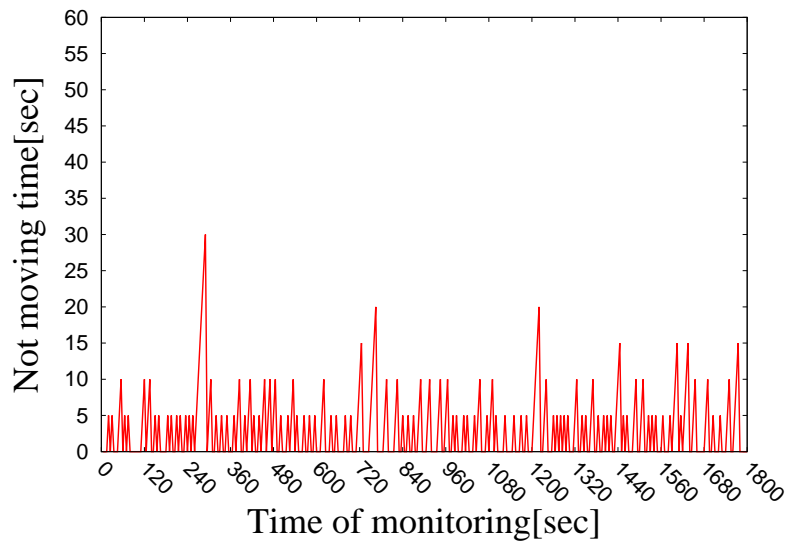


図 8.13 被験者が退出しない場合

を追加した. FPVS2 の結果の図は FPVS1 と同様に, 横軸, 縦軸の単位は unit である. 横軸は NAMSF, 縦軸は VS を表し, 3 つの線がそれぞれ NAMP の値を表している. シ

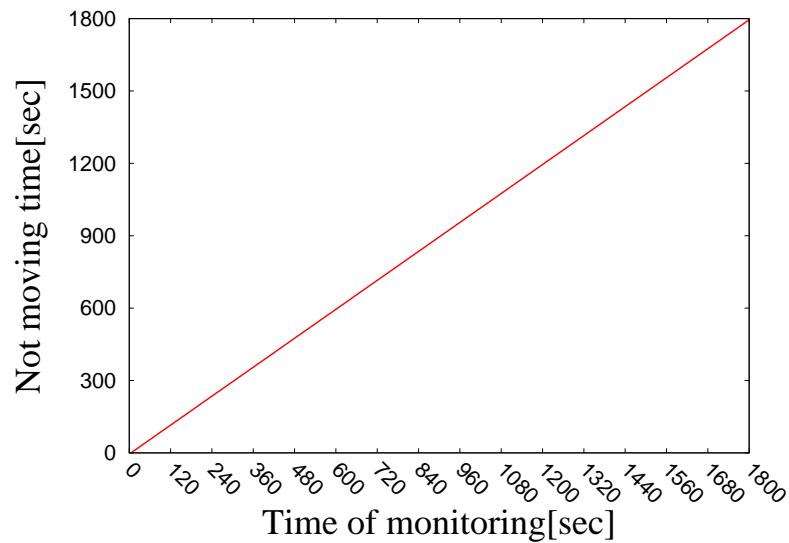


図 8.14 被験者がいない、もしくは動いていない場合

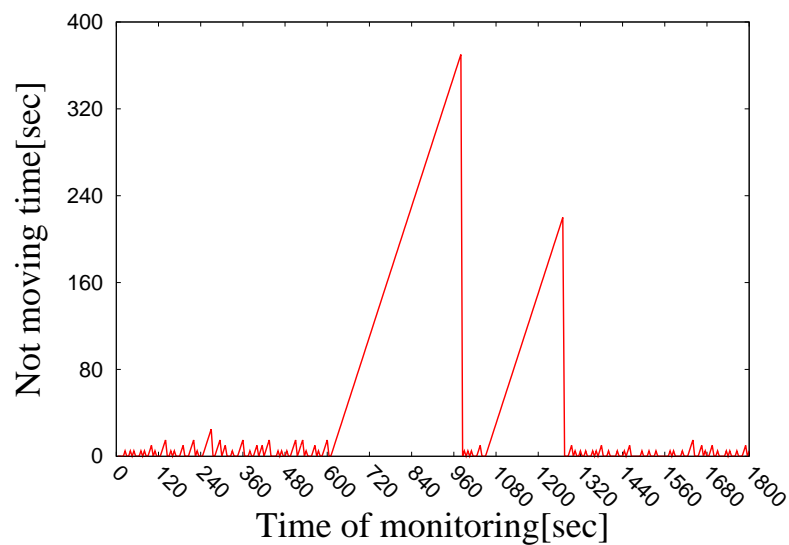


図 8.15 被験者が退出を行い再び入室した場合

ミュレーションについて、入力パラメータを 0~100 まで変化させ、投票スコアを 0~1 で評価する。結果を図 8.19, 図 8.20, 図 8.21 に示す。

FPVS2 は、4つの入力パラメータ NAMP, NAMSF, NODMP, NAMF と出力パラメータ VS を考慮し、評価した。図 8.19 は NODMP が 0 unit, NAMF が 0 から 100 units まで変化した場合のシミュレーション結果である。図 8.19(a) から図 8.19(c) までの結果において、NAMP=50, NAMSF=80 の場合、VS は 0.67, 0.5, 0.2 である。図に示すように、NAMF は 0 から 100 まで増加すると、VS は 17% と 47% 減少した。FPVS1 の結果と比較すると、NODMP は同じ条件で、NAMF が増加する場合に VS が大幅に下

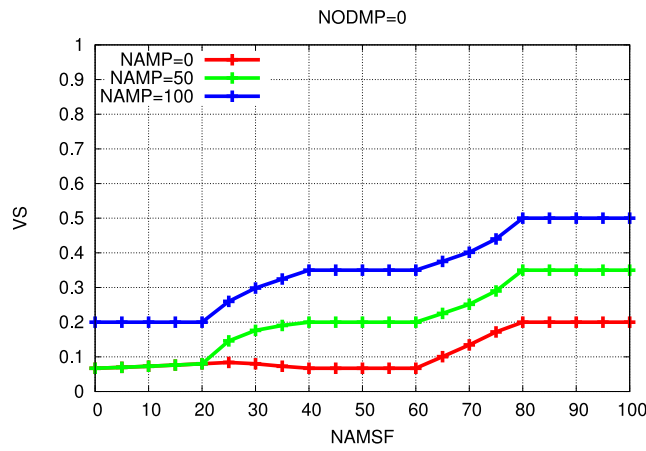


図 8.16 NODMP=0(FPVS1 で Peer がオンラインディスカッション数が少ない場合).

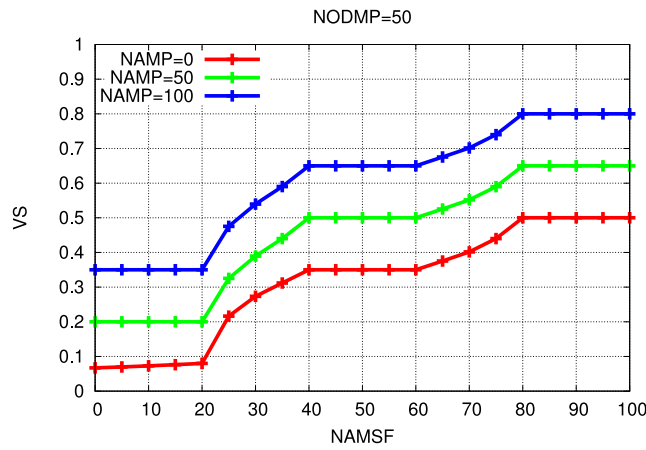


図 8.17 NODMP=50(FPVS1 で Peer がオンラインディスカッション数が中ぐらいの場合).

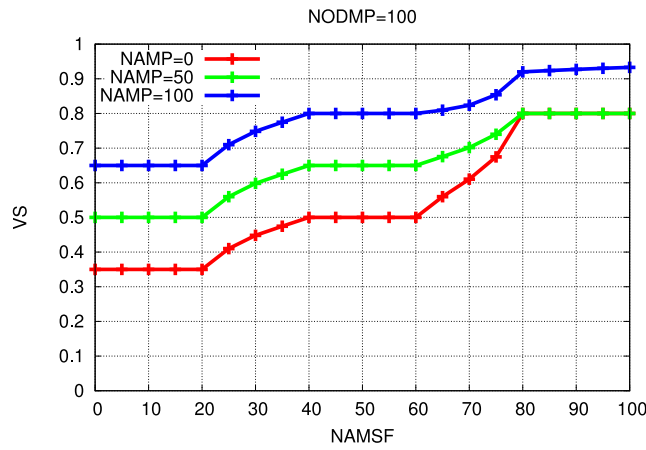


図 8.18 NODMP=100(FPVS1 で Peer がオンラインディスカッション数が多い場合).

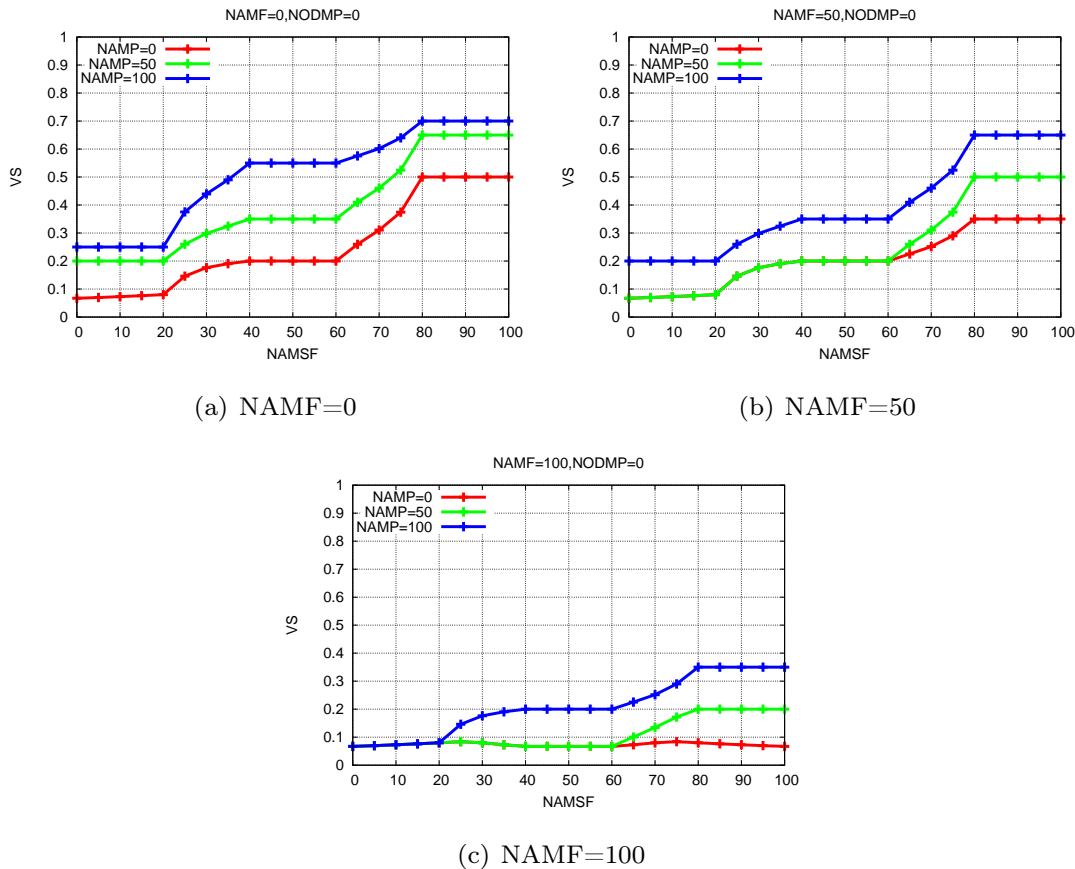


図 8.19 NODMP=0(FPVS2 で Peer がオンラインディスカッション数が少ない場合).

ることができる。

図 8.20 と図 8.21 は NODMP が 50 と 100 units, NAMF が 0 から 100 units まで変化した場合のシミュレーション結果である。図 8.19 と比較すると, NODMP が増加する場合に VS が全体的に上がることが分かる。FPVS2 の結果から, NODMP, NAMP と NAMSF が増加するとともに, VS も増加することが分かる。また, NAMF が増加すると, VS は減少する。FPVS1 と比較すると, FPVS2 は入力パラメータを一つ追加し, FPVS1 よりスコアが高い Peer を選出することができる。

8.6 モバイル P2P システム 2 の結果と評価

モバイル P2P システム 2 は FPTAS1 と FPTAS2 で構成されている。FPTAS1 では Peer のワークフロー状態 (SW), 各 Peer のメッセージ交換数 (NEM) と各 Peer の利用可能な資源 (AR) を考慮することで, ファジィ理論を用いてモバイル P2P システムのための Peer のタスク達成率 (PTA) を予測するシステムを評価する。結果の図 8.22, 図 8.23 と図 8.24 の横軸, 縦軸の単位は unit である。横軸は AR, 縦軸は PTA を表し, 4 つの

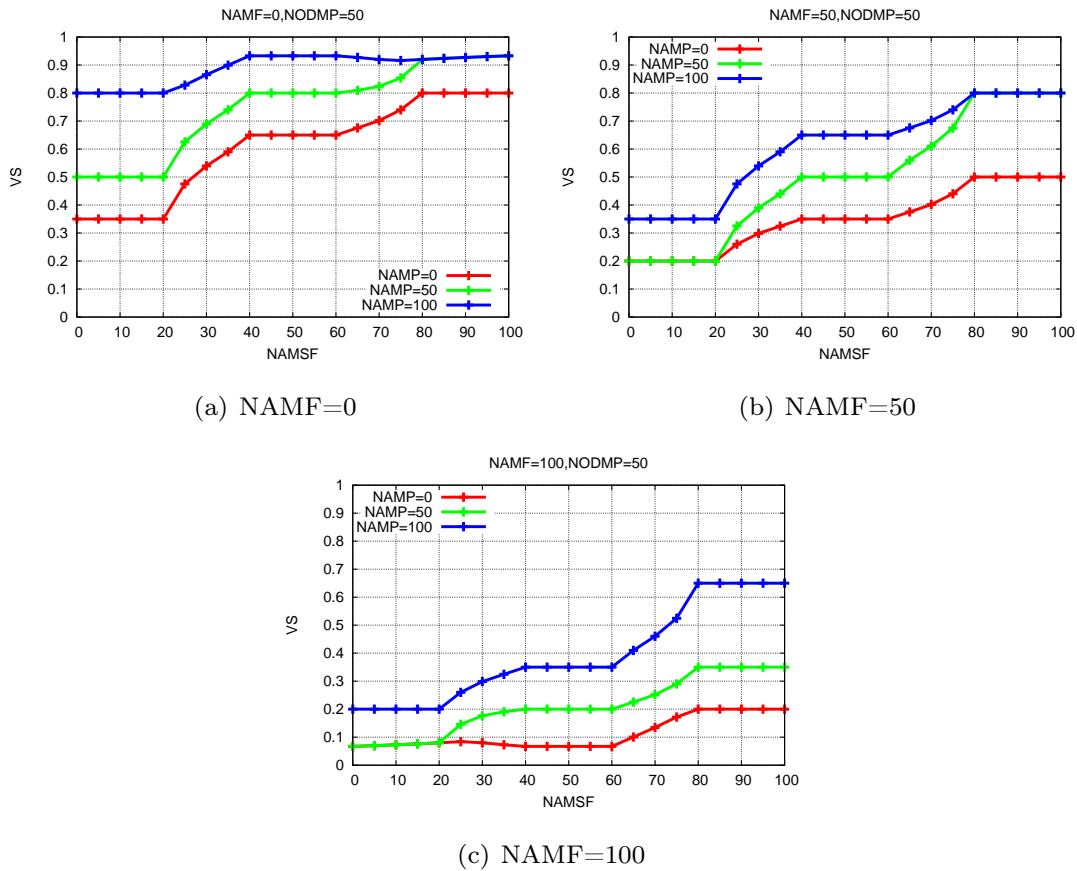


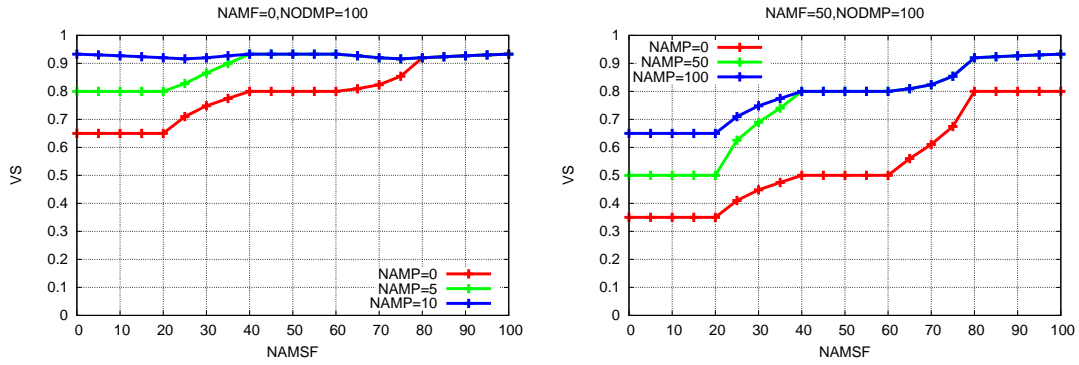
図 8.20 NODMP=50(FPVS2で Peer がオンラインディスカッション数が中ぐらいの場合).

線がそれぞれ NEM の値を表している．シミュレーションについて，入力パラメータを 0～100 まで変化させ，タスク達成率を 0～1 まで変化させ，評価する．

図 8.22 は SW が 10 units の場合のシミュレーション結果である．例として，NEM=10，AR=70 の場合，PTA は 0.2 である．NEM=40，AR=70 の場合，PTA は 0.35 である．NEM=70，AR=70 の場合，PTA は 0.56 である．NEM=100，AR=70 の場合，PTA は 0.65 である．PR は約 15%，36% と 45% 増加した．

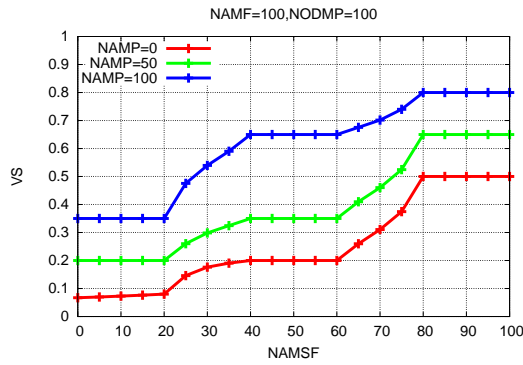
図 8.23 と図 8.24 は，SW を 0 から 50，90units まで変更させた結果である．図 8.22 と比較すると，NEM=40，AR=70 の場合，図 8.23 と図 8.24 の PTA は 30% と 45% を増加した．図に示すように，SW が増加するとともに，PTA も高くなる．特に，NEM が 100 units の場合，PTA が 0.93 程度になっている．以上に結果から NEM と SW が増加するとともに，PTA も増加することが分かった．したがって，モバイル P2P システムの中でタスク達成率が高い Peer を選出することができる．

FPTAS2 は FPTAS1 の拡張として，入力パラメータに Peer の持続的な通信時間 (SCT) を追加した．FPTAS2 の結果の図は FPTAS1 と同様に，横軸，縦軸の単位は unit であ



(a) NAMF=0

(b) NNAMF=50



(c) NAMF=100

図 8.21 NODMP=100(FPVS2 で Peer がオンラインディスカッション数が多い場合).

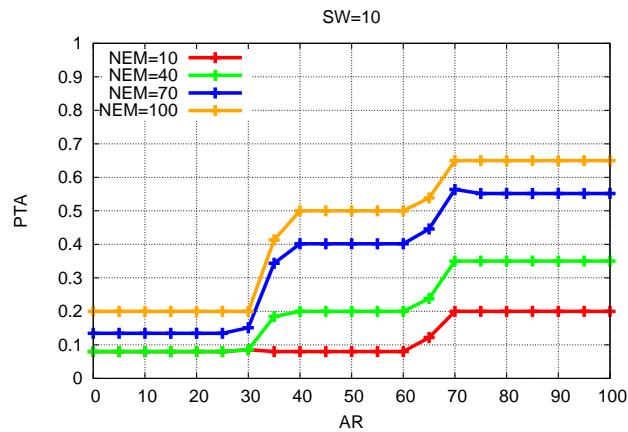


図 8.22 SW=10(FPTAS1 で Peer のワークフロー状態が悪い場合).

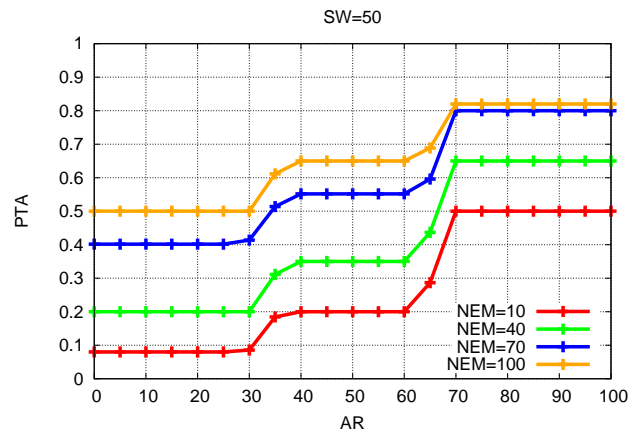


図 8.23 SW=50(FPTAS1 で Peer のワークフロー状態が普通の場合).

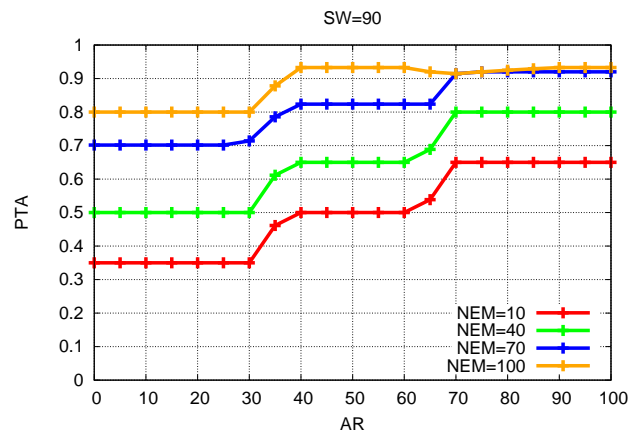


図 8.24 SW=90(FPTAS1 で Peer のワークフロー状態が良い場合).

る．横軸は AR，縦軸は PTA を表し，4つの線がそれぞれ NEM の値を表している．シミュレーションにおいて，入力パラメータを 0～100 まで変化させ，タスク達成率を 0～1 で評価する．結果を図 8.25，図 8.26，図 8.27 に示す．

FPTAS2 は，4つの入力パラメータ SW，NEM，AR，SCT と 1つの出力パラメータ PTA を考慮し，評価した．図 8.25 は SW が 10 units，SCT が 0 から 90 units まで変化した場合のシミュレーション結果である．図 8.25(a) から図 8.25(c) までの結果より，NEM=40，AR=70 の場合，PTA は 0.2，0.35，0.5 である．NEM は 10 から 100 まで増加すると，PTA は 15% と 30% 増加した．FPTAS1 の結果の図と比較すると，SW は同じ条件で，SCT が増加する場合，PTA は上がる事が分かる．

図 8.26 と図 8.27 は SW が 50 と 100 units，SCT が 10 から 90 units まで変化した場合のシミュレーション結果である．図 8.25 と比較すると，SW が増加する場合，PTA が全体的に上がる事が分かる．FPTAS2 の結果から，SW，NEM，AR と SCT が増加

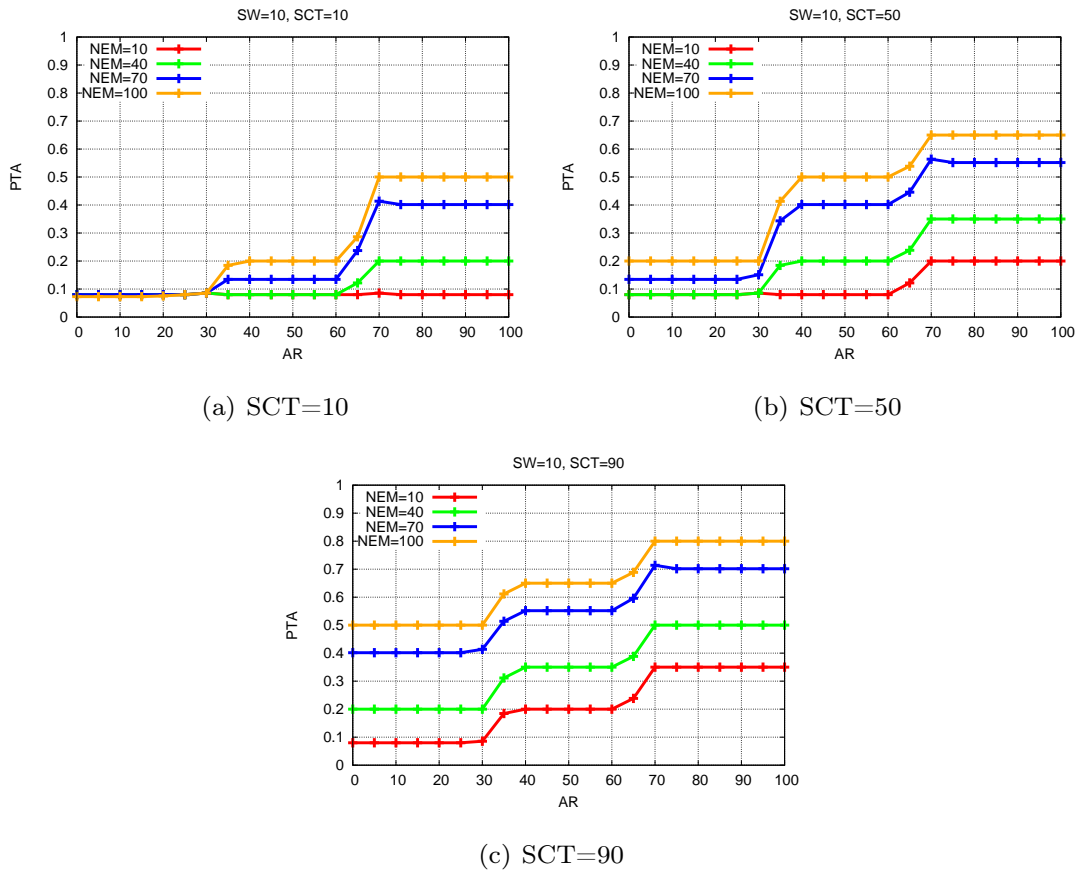


図 8.25 SW=10(FPTAS2 で Peer のワークフロー状態が悪い場合).

するとともに、PTA が増加することが分かる。また、FPTAS1 の図 8.24 と FPTAS2 の図 8.27(c) と比較すると、FPTAS2 では入力パラメータに SCT を追加し、FPTAS1 よりタスク達成率が高い Peer を選出することができる。

8.7 モバイル P2P システム 3 の結果と評価

モバイル P2P システム 3 は FPCQS1 と FPCQS2 で構成されている。FPCQS1 では Peer の活動に参加する意識 (AA), 各 Peer のグループ同期化意識 (GS) と各 Peer の持続的な通信時間 (SCT) を考慮することで、ファジィ理論を用いてモバイル P2P システムのための Peer の協調作業における品質 (PCQ) を評価する。結果の図の横軸、縦軸の単位は unit である。横軸は AA, 縦軸は PCQ を表し、4 つの線がそれぞれ SCT の値を表している。シミュレーションについて、入力パラメータを 0~100 まで変化させ、協調作業の品質を 0~1 で評価する。

今回のシミュレーションは、3 つの入力パラメータ (AA, GS, SCT) と 1 つの出力パラメータ (PCQ) を考慮し、評価する。図 8.28, 図 8.29, 図 8.30 に、PCQ と AA, GS,

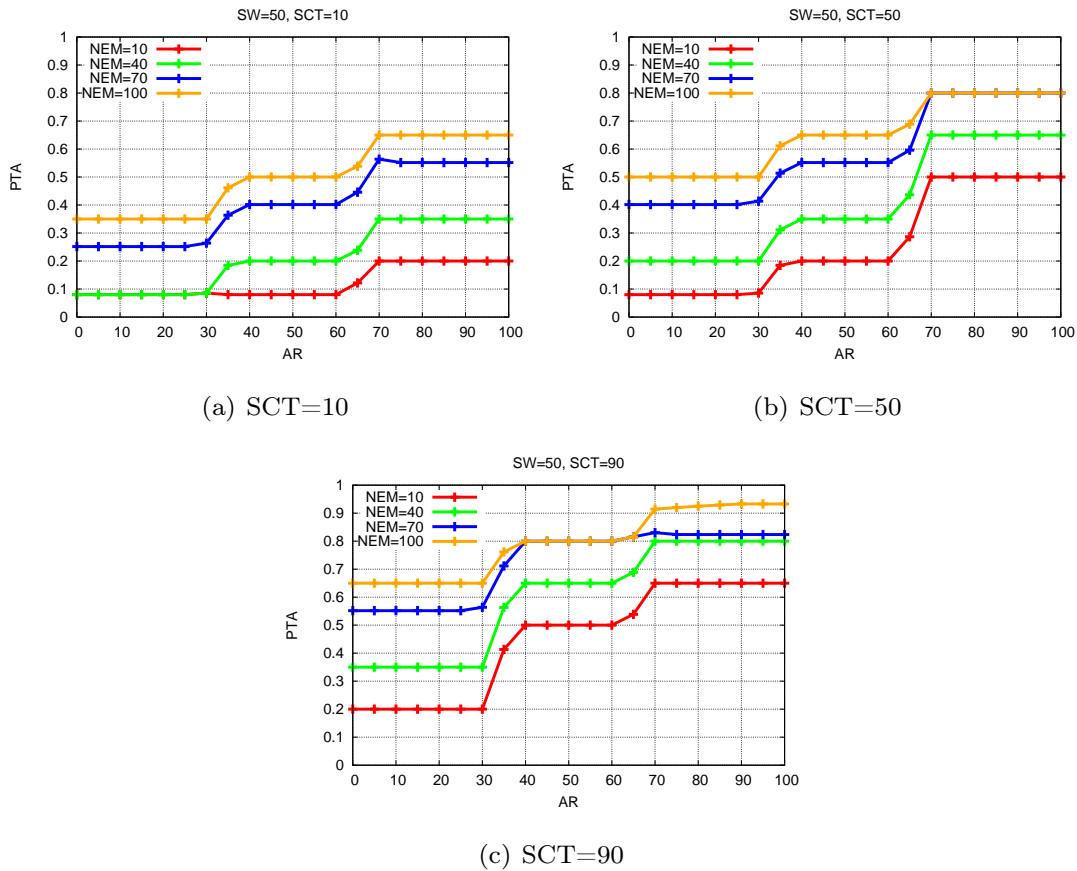


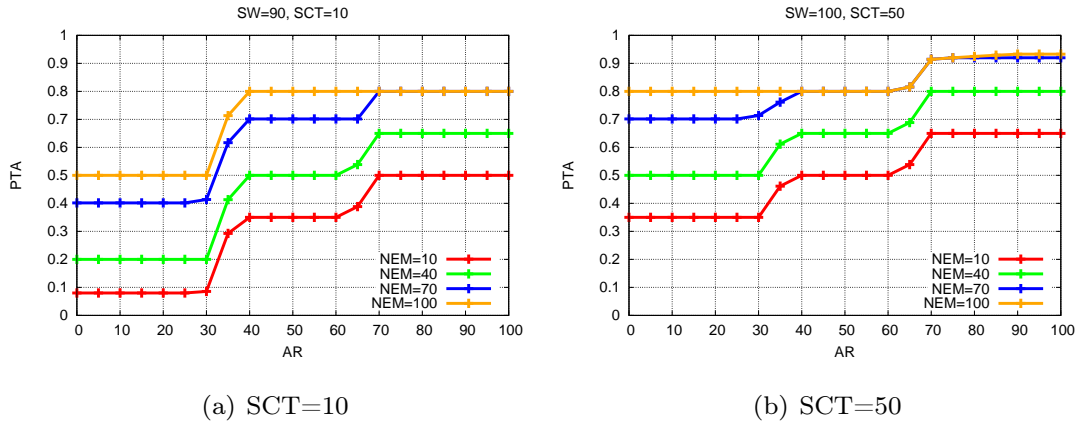
図 8.26 SW=50(FPTAS2 で Peer のワークフロー状態が普通の場合).

SCT の関係を示す.

図 8.28 は GS が 10 units の場合のシミュレーション結果である. 例として, SCT=10, AA=80 の場合, PCQ は 0.36 である. SCT=40, AA=80 の場合, PCQ は 0.5 である. SCT=70, AA=80 の場合, PCQ は 0.6 である. SCT=100, AA=80 の場合, PCQ は 0.66 である. PCQ は約 14%, 24% と 30% 増加した. これの結果より, SCT が増加すると, PCQ は増加することが分かる.

図 8.29 と図 8.30 では, GS は 10 から 50, 90units まで増加した. 図 8.28 と比較すると, SCT=70, AA=80 の場合, 図 8.23 と図 8.24 の PCQ は 16% と 28% を増加した. 図に示すように, GS を増加するとともに, PCQ も高くなる. 結果の図に示すように, AA, GS, SCT が増加するとともに, PCQ も増加することが分かった. したがって, モバイル P2P システムの中で協調作業の品質が良い Peer を選出することができる.

FPCQS2 は FPCQS1 の拡張として, 1 つ入力パラメータは Peer の通信コスト (PCC) を追加した. FPCQS2 の結果の図は FPCQS1 と同様に, 横軸, 縦軸の単位は unit である. 横軸は AA, 縦軸は PCQ を表し, 4 つの線がそれぞれ SCT の値を表している. シ



(a) SCT=10 (b) SCT=50

(c) SCT=90

図 8.27 SW=90(FPTAS2 で Peer のワークフロー状態が良い場合).

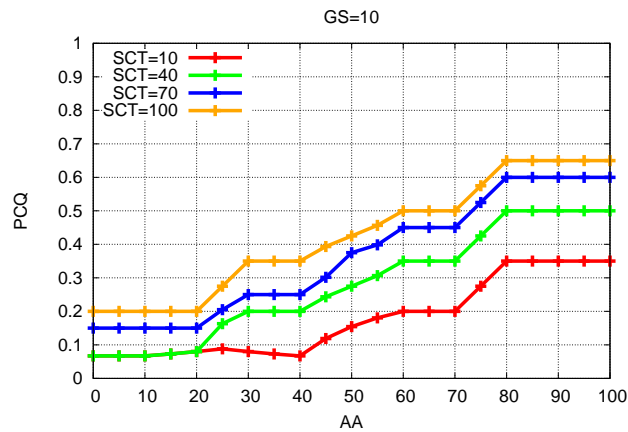


図 8.28 GS=10(FPCQS1 で各 Peer のグループ同期化意識が低い場合).

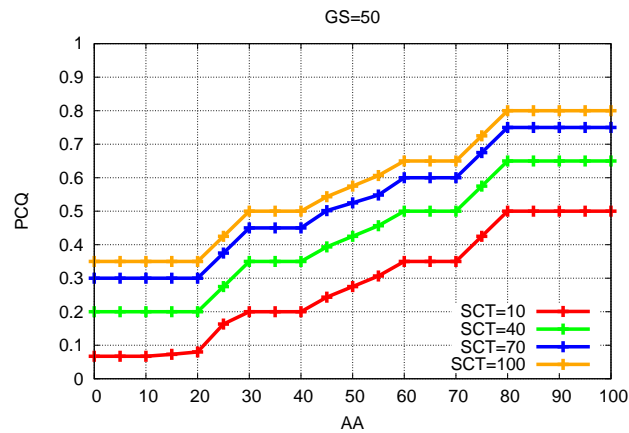


図 8.29 GS=50(FPCQS1 で各 Peer のグループ同期化意識が普通の場合).

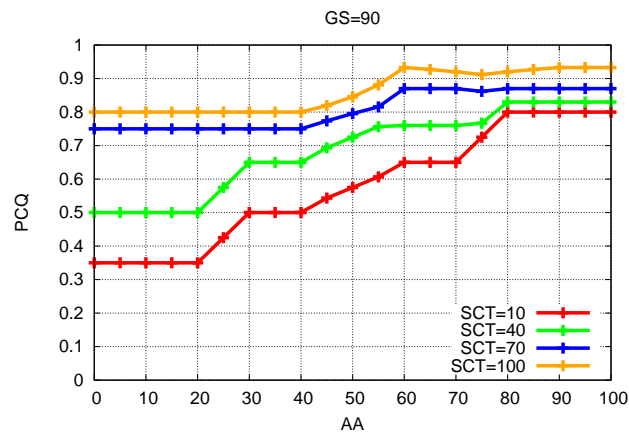


図 8.30 GS=90(FPCQS1 で各 Peer のグループ同期化意識が良い場合).

ミュレーションにおいて，入力パラメータを 0~100 まで評価し，協調作業の品質を 0~1 で評価する．結果を図 8.31，図 8.32，図 8.33 に示す．

FPCQS2 は，4つの入力パラメータ (AA, GS, SCT, PCC) と 1つの出力パラメータ (PCQ) を考慮し，評価した．図 8.31 は GS が 10 units, PCC が 10 から 90 units まで変化した場合のシミュレーション結果である．図 8.31(a) から図 8.31(c) まで，例として，SCT=70, AA=80 の場合，PCQ は 0.6, 0.46, 0.2 である．図に示すように，PCC は 10 から 90 まで増加すると，PCQ は 14% と 40% 減少した．FPCQS1 の結果の図と比較すると，GS は同じ条件で，PCC が増加する場合，PCQ は下がること分かる．

図 8.32 と図 8.33 は GS が 50 と 90 units, PCC は 10 から 90 units まで変更する場合のシミュレーション結果である．図 8.31 と比較すると，GS が増加する場合，PCQ が全体的に上がることが分かる．FPCQS2 の結果図から，AA, GS, SCT が増加するとともに，PCQ も増加することが分かる．また，PCC が増加する場合，PCQ は減少すること

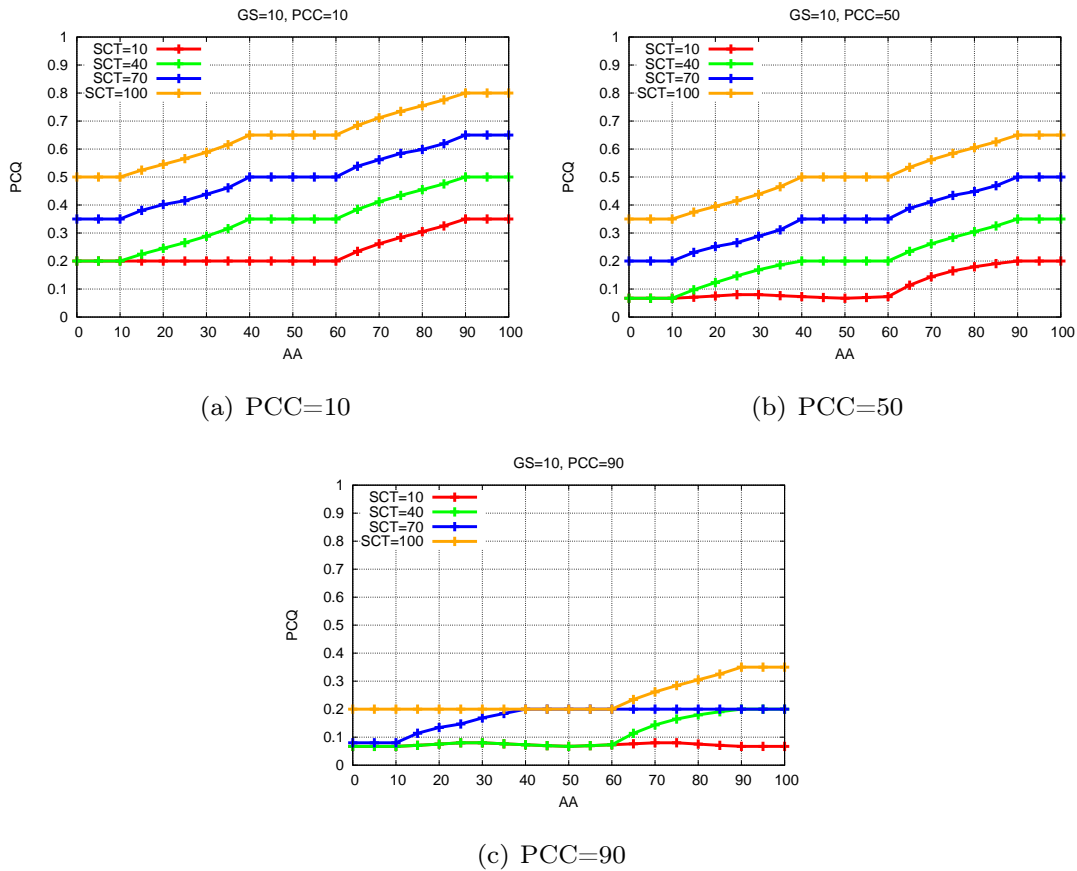


図 8.31 GS=10(FPCQS2 で各 Peer のグループ同期化意識が低い場合).

表 8.2 モバイル P2P システム.

提案システム	出力パラメータ	考慮する入力パラメータ	応用が期待できる状況
FPVS1 FPVS2	投票スコア	NAMP, NAMSF, NODMP NAMP, NAMSF, NODMP, NAMF	多数ファイルを交換する
FPTAS1 FPTAS2	タスク達成率	SW, NEM, AR SW, NEM, AR, SCT	仕事効率を重視する
FPCQS1 FPCQS2	協調作業の品質	AA, GS, SCT AA, GS, SCT, PCC	チーム作業

が分かる. FPCQS1 の図 8.30 と FPCQS2 の図 8.33(a) を比較すると, FPCQS2 では入力パラメータに PCC を追加し, FPCQS1 よりもっと詳しい条件で協調作業の品質が良い Peer を選出することができる.

表 8.2 は各モバイル P2P システムのパラメータと応用が期待できる状況を示す. FPVS1 と FPVS2 はモバイルシステムで多数ファイルを交換する場合に応用が期待できる. FPTAS1 と FPTAS2 は仕事効率を重視する場合に利用できる. また, FPCQS1 と FPCQS2 はチーム作業する場合に利用できる.

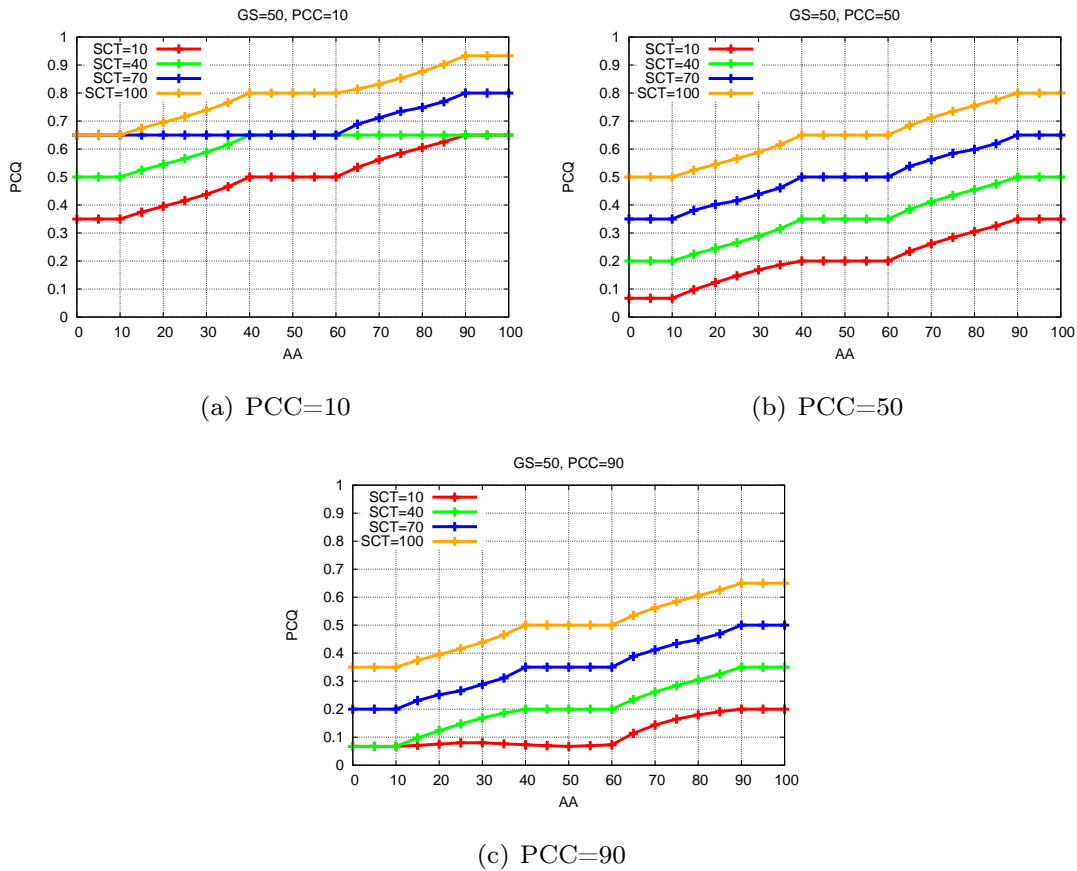
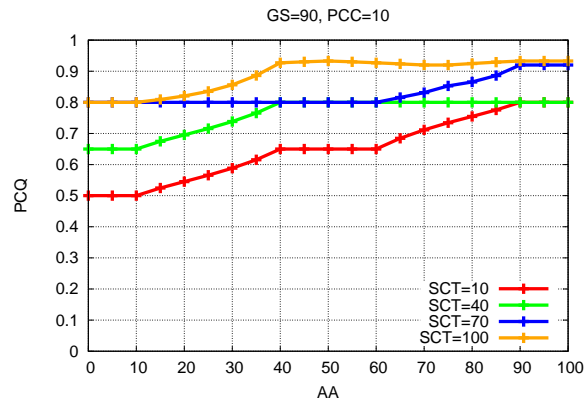


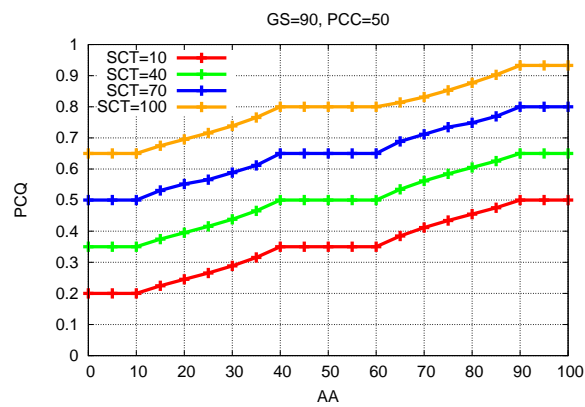
図 8.32 GS=50(FPCQS2 で各 Peer のグループ同期化意識が普通の場合).

8.8 モバイル P2P 応用システムの結果と評価

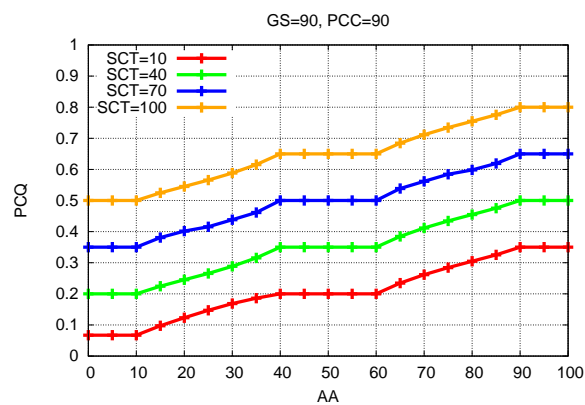
モバイル P2P 向けに Kanboard を利用した，応用システムの評価を行う．各メンバーの評価項目を図 8.34 に示す．実験の結果を図 8.35 から図 8.37 に示す．図 8.35 は admin メンバーのスコアを示す．図 8.36 は全てのメンバーのスコアを示し，総計 100% である．本提案システムは最初に 1 つグループを作成し，グループ内の各メンバーは自分の情報を他のメンバーと共有する．また，このグループに所属するメンバーは互いに情報を交換できる．そのため，交換した情報について，各メンバーで評価することができる．図 8.35 に示すように，admin 情報の重要さは 75% である．グループ内で互いに評価を行った結果は admin が追加した情報は一番重要だと言える．よって，グループ内で通信相手を選択する時，admin を選ぶように通信を行う．メンバーの増加または各メンバーの情報が更新される場合，各メンバーのスコアも更新する．図 8.37 に示すように，あるメンバーの情報を更新した場合，各メンバー情報の重要さも更新される．グループ内で通信相手を選択する時，admin は選ばないように通信を行う．従って，グループ内で各メンバーの情報



(a) PCC=10

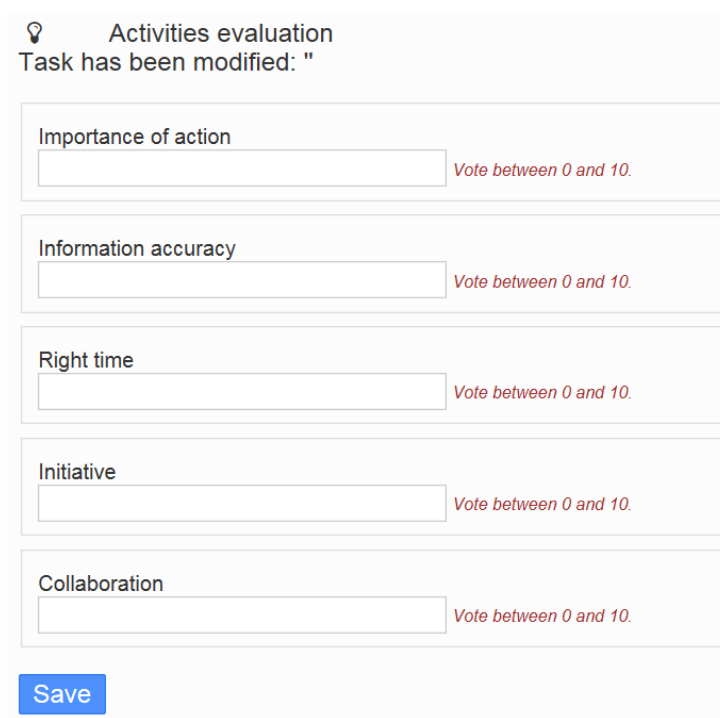


(b) PCC=50



(c) PCC=90

図 8.33 GS=90(FPCQS2 で各 Peer のグループ同期化意識が良い場合).



Activities evaluation
Task has been modified: "

Importance of action
 Vote between 0 and 10.

Information accuracy
 Vote between 0 and 10.


Right time
 Vote between 0 and 10.

Initiative
 Vote between 0 and 10.

Collaboration
 Vote between 0 and 10.

Save

図 8.34 評価する項目



List of pending votes to perform

admin
Your weight is 75%

You have no pending votes to perform.

図 8.35 admin メンバーのスコア

は常時更新される。いつでも優良な通信相手を選択することが可能であり、円滑な通信を行うことができる。

☰ Users weight List

User percentage

admin	75%
fit	4%
keita	4%
kkk	4%
matsuo	5%
ryuui	6%
user1	1%
user2	1%

図 8.36 各メンバーのスコア

☰ Users weight List

User percentage

admin	12%
fit	4%
keita	4%
kkk	4%
matsuo	30%
ryuui	37%
user1	9%
user2	1%

図 8.37 変更後の各メンバーのスコア

第9章

結論と今後の課題

9.1 JXTA-P2P システムの結論

P2P システムで通信相手端末の信頼性を考慮しているシステムが少ない問題に対し、ファジィ理論を用いたファジィ信頼性システムの実装と評価を行った。JXTA-P2P システムの評価はシミュレーションによって行った。提案システムは、ファジィ制御を利用し、それぞれのルールが互いに重なり合う条件を補っており、ルールの頑健性が高くなる。

複数の入力パラメータとして、Peer 間相互交換ファイル数、ローカル・スコア、Peer セキュリティ、パケット損失、データダウンロードスピード、Peer 同士の持続的な通信時間と Peer 混雑状況を考慮した。特に、Peer 間相互交換ファイル数、ローカル・スコア、Peer セキュリティ、データダウンロードスピードと Peer 同士の持続的な通信時間の増加に比例し、信頼性も増加した。また、入力パラメータはパケット損失と Peer 混雑状況が大きくなればなるほど、Peer の信頼性は下がったため、システムの挙動として良好な結果が得られた。

これらの結果から、提案システムで信頼性の高い通信相手の選出が出来ることが分かった。また、それぞれの提案システムを比べると、3つのパラメータを考慮することよりも、4つのパラメータを考慮する場合、システムが全体的に複雑になるが信頼性を高めることができる。提案システムでは、P2P システムにおいて通信相手端末の信頼性を考慮しているシステムが少ないという問題点を解決し、信頼性の高い通信相手が、データを提供する Peer に優先的に選ばれるようになることで、信頼性の高いネットワークが実現できると考える。

9.2 JXTA-P2P 応用システム (医療支援システム) の結論

本稿では医療支援システムを提案し、IoT の概念を考慮した上で医療現場への支援を目指し研究を行った。実験では、医療支援システムを用いて患者の行動をセンシングすることで監視を行った。その結果、次のことが分かった。

- センサが頻繁に反応しているときは行動が連続的に起こっていると考えることができる。
- 被験者が退出しない場合にも、センサが反応しない場合があると考えられる。
- 被験者がいない、もしくは動いていない場合、センサに反応はない。
- 入退室が多いときは、被験者に何らかの体調不良があると考えられる。
- 被験者の体調管理はセンサのよってセンシングを行うことで補うことができる。
- あまりに長い時間センサに反応がないときには、徘徊や意識がないなどの可能性も考えられる。
- 管理者が直接監視せずに済むため、管理者の負担の大幅な軽減に繋がる。
- システムを構築する上で、特別な機器もなく安価な機器を使っているため、人手や設備費のコストを削減できる。

以上のことより、患者に何も異常がないときは、患者の動きにセンサが頻繁に反応すると考えられる。また、異常がある場合は、センサに非常に反応がある時、または、反応が極端に少ない時に患者に異常があると考えられる。他にも、患者の入退室時の反応が多い場合も異常が起こっていると考えられる。

これらの結果より、患者の異常を感知することで、医師や看護師にかかる患者管理の負担を軽減するモデルを明らかにすることができた。

9.3 モバイル P2P システムの結論

近年モバイル P2P システムをキーワードとした研究や報道発表等が行われている。モバイル P2P システムは従来の P2P システムと異なり、無線通信端末を利用することから、ノードの移動耐性、アドレスの流動性、ネットワークの不安定さを考慮したりソース管理が求められる。不安定なモバイル通信環境を効率的かつ安定的にネットワークを構築することが、モバイル P2P ネットワークを実現する上で解決しなければならない課題である。

本提案システムはモバイル P2P システムのため、複数の入力パラメータとして、各 Peer がグループ活動に参加した数、活動完了数、参加したオンラインディスカッションの数、失敗した活動数、ワークフロー状態、メッセージ交換数、利用可能な資源、持続的な通信時間、活動に参加する意識、グループ同期化の意識と通信コストを考慮した。この中で、各 Peer のグループ活動を参加した数、活動完了数と参加したオンラインディスカッションの数が增加する場合、投票スコアが高い Peer を選出することができる。逆に、Peer の失敗した活動数が増加すると Peer の投票スコアが低くなることが分かった。Peer

のワークフロー状態，メッセージ交換数，利用可能な資源と持続的な通信時間が増加する場合，タスク達成率が高い Peer を選出することができる．また，持続的な通信時間，活動に参加する意識とグループ同期化の意識が増加する場合，協調作業における品質が良い Peer を選出することができる．通信コストが高い場合，Peer 協調作業の品質が悪くなることがわかった．

このことから，モバイル P2P システムにおいて，Peer の通信情報から良い Peer を選ぶことで，モバイル通信環境を効率的かつ安定的に構築することが可能である．モバイル P2P ネットワークを実現する上で利便性と信頼が高い環境をつくれる．

9.4 モバイル P2P 応用システムの結論

モバイル P2P 応用システムでは，Kanboard を用いて，チーム内の各メンバーを評価する項目を追加した．Kanboard を利用し，チームワークで各メンバーの追加した情報の重要性和価値は各メンバーで確認することができる．また，仕事の効率を向上させるため、以下のことが期待できる．

- 仕事期限に間に合わせる必要があるとき役を立つ．
- 緊急項目がある場合，通常項目より優先度をあげることができる．ワークフローを高速に流れるように，他の作業を中断して，全員で一つの作業に取り込む．
- 遅延コスト，特殊なスキル要件，技術的影響などリスク情報については，きちんと明確にして，チームメンバーの強化や支援することができる．

9.5 今後の課題

今後は，様々なパラメータの検証も行っていきたい．また，提案システムと新しいパラメータを考慮するシステムを比較し，精度の高いシステムを実装したい．医療支援システムは，被験者を増やし，年齢や性別，身体の状態などの様々なパターンのデータを収集することで，精度向上と様々な医療支援ができるシステムを構築する．さらに，モバイル P2P システムのための Peer 間で協調作業を効率化するシステムの開発し，評価する．

謝辞

この研究をするにあたり，多大なる御指導を頂きました．指導教員のバロリ レオナルド教授に深く感謝致します．また，貴重なご助言を頂きました，松尾 慶太 教授，池田 誠 准教授，及び成蹊大学の坂本 真仁 助教に感謝の意を表します．最後に，共に研究をした同士であり，互いに意見交換や議論をさせていただきました，エルマジ ドナルド 氏，チュカ ミラルダ 氏，大瀬良 光亮 氏，その他多くの友人に深謝し，謝辞と致します．

参考文献

- [1] F. Xhafa, R. Fernandez, T. Daradoumis, L. Barolli, S. Caballe, “Improvement of JXTA Protocols for Supporting Reliable Distributed Applications in P2P Systems”, Proc. of NBiS-2007 (Regensburg, Germany), LNCS 4658, pp. 345-354, September 2007.
- [2] 松尾慶太, “JXTA による協調と分散コンピューティングのための P2P プラットフォームの実装と評価”, 福岡工業大学大学院工学研究科知能情報システム工学専攻博士論文, 2010.
- [3] 緒方雄一, “ロボット制御のための P2P 通信システムの設計と実装”, 福岡工業大学情報工学部情報通信工学科卒業論文, 2010.
- [4] BitTorrent, <http://www.bittorrent.com/>.
- [5] TorrentFreak, <http://torrentfreak.com/>
- [6] L. Barolli, F. Xhafa, A. Durresi, G. De Marco, “M3PS: A JXTA-based Multiplatform P2P System and Its Web Application Tools”, International Journal of Web Information Systems, Vol. 2, No. 3/4, pp. 187-196, 2006.
- [7] ジェローム・グループマン, “医者は現場でどう考えるか”, 石風社, 2012.
- [8] “幼児転落事件”, 別冊ジュリスト, No. 140, pp. 208-209, 有斐閣, 1996.
- [9] Y. Ogata, K. Matsuo, E. Spaho, L. Barolli, F. Xhafa, “Implementation of Smart-Box End-Device for a P2P System and Its Evaluation for E-Learning and Medical Applications”, Proc. of BWCCA-2010, pp. 794-799, 2010.
- [10] 江崎浩, “P2P 教科書”, <http://www.impressRD.jp/kyokasho/>.
- [11] 金子勇, “Winny の技術”, 株式会社アスキー, 2005.
- [12] “Viva!JXTA”, http://www.atmarkit.co.jp/fjava/special/jxta01/jxta01_1.html.
- [13] Y. Liu, S. Sakamoto, K. Matsuo, M. Ikeda, L. Barolli, and F. Xhafa, “Improvement of JXTA-Overlay P2P Platform: Evaluation for Medical Application and Reliability”, International Journal of Distributed Systems and Technologies

- (IJDST), vol. 6, no. 2, pp. 45-62, 2015.
- [14] K. Umezaki, E. Spaho, Y. Ogata, L. Barolli, F. Xhafa, and J. Iwashige, "A Fuzzy-based Trustworthiness System for JXTA-overlay P2P Platform", International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS-2011), pp. 484-489, 2011.
- [15] Y. Liu, L. Barolli, E. Spaho, M. Ikeda, S. Caballe, and F. Xhafa, "A Fuzzy-Based Reliability System for P2P Communication Considering Number of Interactions, Local Score and Security Parameters", International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS-2014), pp. 484-489, 2014.
- [16] E. Spaho, K. Matsuo, L. Barolli, F. Xhafa, J. Arnedo-Moreno and V. Kolic, "Application of JXTA-overlay Platform for Secure Robot Control", Journal of Mobile Multimedia, vol. 6, no. 3, pp. 227-242, 2010.
- [17] Y. Liu, S. Sakamoto, K. Matsuo, M. Ikeda, and L. Barolli, "Improving Reliability of JXTA-Overlay Platform: Evaluation for E-learning and Trustworthiness", Journal of Mobile Multimedia, vol. 11, no. 2, pp. 34-50, 2015.
- [18] Y. Liu, S. Sakamoto, K. Matsuo, M. Ikeda, L. Barolli and F. Xhafa, "Improving Reliability of JXTA-Overlay P2P Platform: A Comparison Study for Two Fuzzy-based Systems", Journal of High Speed Networks, vol. 21, no. 1, pp. 27-45, 2015.
- [19] 緒方 雄一, "JXTA-Overlay P2P 制御システムを用いた医療技術への応用とロボット制御システムの実装と評価", 福岡工業大学大学院情報通信工学専攻修士論文, 2012.
- [20] 王 奇, "無線センサネットワークにおけるセンサ・ノードの移動速度とライフタイムを考慮した省電力ファジィクラスタリングシステムに関する研究", 福岡工業大学情報工学部情報通信工学科卒業論文, 2011 年度.
- [21] 北須賀 輝明, 鈴木 秀和, 稲村 浩, 太田 賢, 今井 哲朗, 奥村 幸彦, 鈴木 信雄, 吉廣 卓哉, 森野 博章, 神崎 映光, 江原 正規, 内藤 克浩, 梶 克彦, 村尾 和哉, "未来へつながるデジタルシリーズ 33 モバイルネットワーク", 共立出版株式会社, 2016.
- [22] Cisco Visual Networking Index: 全世界のモバイルデータトラフィックの予測, 2015~2020 年アップデート, https://www.cisco.com/c/ja_\jp/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html
- [23] 湧川 隆次, 村井 純, "モバイル IP 教科書", 株式会社 インプレス R&D 出版, 2009.
- [24] 宇野 俊夫, "独習 TCP/IP", 株式会社 翔泳社出版, 2010.
- [25] 梅崎 馨平, "Peer の信頼性を考慮した P2P システムの提案と評価", 福岡工業大学情報工学部情報通信工学科卒業論文, 2011.

- [26] E. Spaho, K. Matsuo, L. Barolli, F. Xhafa, J. Arnedo-Moreno, V. Kolici, “Application of JXTA-Overlay Platform for Secure Robot Control”, *Journal of Mobile Multimedia*, Vol. 6, No. 3, pp. 227-242, 2010.
- [27] K. Umezaki, E. Spaho, K. Matsuo, L. Barolli, F. Xhafa, and J. Iwashige, “A Fuzzy-Based System for Evaluation of Trustworthiness for P2P Communication in JXTA-Overlay”, *Proc. of Information Technology Convergence Security, Robotics, Automations and Communication, Lecture Notes in Electrical Engineering 253*, pp. 451-460, Springer, 2013.
- [28] H. Ando, L. Barolli, A. Durresi, F. Xhafa, and A. Koyama, “An Intelligent Fuzzy-Based Cluster Head Selection System for Wireless Sensor Network and Its Performance Evaluation”, *Network-Based Information Systems (NBIS-2010)*, pp. 55-61, 2010.
- [29] Y. Liu, S. Sakamoto, E. Spaho, K. Matsuo, L. Barolli and Fatos Xhafa, “Effects of Packet Loss on Reliability of JXTA-Overlay P2P Platform: A Comparison Study for Two Fuzzy-based Systems”, *Proc. of INCoS-2015*, pp.130-137, Taipei, Taiwan, September, 2015.
- [30] Y. Liu, S. Sakamoto, E. Spaho, M. Ikeda, L. Barolli and F. Xhafa, “A Fuzzy-based Reliability System for JXTA-Overlay P2P Platform Considering Sustained Communication Time”, *Proc. of AINA-2016*, pp.1168-1175, Crans-Montana, Switzerland, March, 2016.
- [31] Y. Liu, T. Oda, E. Spaho, K. Matsuo, L. Barolli and Fatos Xhafa, “A Fuzzy-based System Considering Download Speed, Number of Interaction, Congestion Situation and Packet Loss Parameters”, *Proc. of NBIS-2016*, pp.273-279, Ostrava, Czech Republic, September, 2016.
- [32] 松尾 慶太, “JXTA-Overlay P2P システムの設計と実装”, *情報処理学会研究報告. マルチメディア通信と分散処理研究会*, Vol. 2007, No. 91, pp. 49-54, 2007.
- [33] 松尾 慶太, “JXTA-Overlay P2P システムによる E-learning のための SmartBox の実装と評価”, *情報処理学会論文誌*, Vol. 51, No. 2, pp. 478-489, 2010.
- [34] 井上 能行, “IC タグのすべて”, 日本実業出版者, 2004.
- [35] 保坂 良資, “IC タグ入門 -医療に携わる方々に向けて-”, コロナ社, 2006.
- [36] “NFC-Developer.com”, <http://developers.orangetags.jp/words/whats-rfid>.
- [37] 岸上 順一, “ポイント 図解式 RFID 教科書 ユビキタス社会にむけた無線 IC タグのすべて”, 株式会社アスキー, 2005.
- [38] Marcus Hammarberg, Joakim Sunden, “カンバン仕事術:チームではじめる見える化と改善”, 株式会社オライリー・ジャパン出版, 2016.

-
- [39] Y. Liu, T. Oda, K. Matsuo, L. Barolli and F. Xhafa, "A Fuzzy-based System for Qualified Voting in P2P Mobile Collaborative Team", Proc. of BWCCA-2016, pp.175-186, Asan, Korea, November, 2016.
- [40] Y. Liu, S. Sakamoto, L. Barolli and M. Ikeda, "A Fuzzy-Based System for Qualified Voting in P2P Mobile Collaborative Team: Effects of Member Activity Failure", Proc. of AINA-2017, pp. 639-645, Taipei, Taiwan, March, 2017.
- [41] Y. Liu, K. Ozera, K. Matsuo, M. Ikeda and L. Barolli, "A Fuzzy-based Approach for Task Accomplishment in MobilePeerDroid Mobile System", Proc. of BWCCA-2017, pp. 125-137, Palau Macaya, Barcelona, Spain, November, 2017.
- [42] Y. Liu, K. Ozera, K. Matsuo, M. Ikeda, L Barolli and Vladi Kolic, "Improving Team Collaboration in MobilePeerDroid Mobile System: A Fuzzy-Based Approach Considering Four Input Parameters", Proc. of EIDWT-2018, pp. 65-78, Polytechnic University of Tirana, Albania, March, 2018.
- [43] Y. Liu, K. Ozera, K. Matsuo, M. Ikeda and Leonard Barolli, "A Fuzzy-Based Approach for Improving Peer Coordination Quality in MobilePeerDroid Mobile System", Proc. of IMIS-2018, pp. 60-73, Kunibiki Messe, Matsue, Japan, July, 2018.