

ユーザの長期行動パターンに基づく非同期通信の適応制御

山上俊彦

NTT 通信網総合研究所

238-03 神奈川県横須賀市武1-2356-523A

あらまし

通信の高速化に伴い、ユーザ挙動が通信の完了の支配因子となりつつあることに着目し、非同期通信において利用者の長期行動に基づく適応制御の手法を検討する。非同期通信のエージェント間での通信達成目標時間を交換するプロトコルを前提に、通信達成目標時間を推定する知識の自動集積の有効性を議論する。年単位のユーザ挙動解析によってユーザの通信行動への切替パターンを自動抽出するというアプローチの効果と限界を述べる。

和文キーワード 通信制御 非同期通信 ユーザ挙動 計算機による協調行動支援 長期行動

Adaptive Asynchronous Communication Control with Long-term user behaviors

Toshihiko YAMAKAMI

NTT Telecommunication Networks Laboratories

1-2356-523A, Take, Yokosuka, Kanagawa 238-03, Japan

e-mail: yam@ntmhs.ntt.jp

Abstract

The paper discusses the adaptive communication control on asynchronous communication. The capture of long term user communication behavior is attempted on the assumption that the user behavior is the dominating factor in asynchronous communication in emerging high-speed communication systems. An exchange protocol for communication completion time prediction among distributed communication control agents is presented. The effectiveness of automatic user behavior analysis is discussed with its characteristics and limitation in the experiment.

英文 key words

Communication Control Asynchronous Communication User Behavior
Computer Supported Cooperative Work Long-term behavior

1. はじめに

電子メールが異なる組織間の通信として使われ始めてから20年以上が経過している。パーソナルコンピュータ、通信技術の進展に伴い、さまざまな通信アプリケーションが開発され、相互接続が可能となってきている[Hort83, ISO88]などである。これらの相互接続の進展に伴い、エンドToEndの通信技術が確立するとともに、より高次の通信管理が要求されるようになる。従来は電子メールが相手に届くかどうか为主要な関心事であった。確実に早く届くということがある程度達成されると、そのメールによって達成すべき通信要求が満足されるためにはどのように制御するかが問題となる。本稿で述べる適応制御とはそのような非同期通信における高次の要求に応えるための制御である。このような制御には、通信路に関する知識とともに、利用者挙動の予測が必要となる。本稿では、ユーザ挙動のログデータを元に、非同期通信の適応制御を行うための検討を行った結果を報告する。

2. 課題

2. 1 ユーザ挙動が主因となる通信状況

通信技術はマルチメディア化および相互接続性において進歩しつつある。筆者の関係する非同期通信においてもその進歩は少なからぬものがある。10年もたぬ前には、隣の研究室の計算機とも電話モデムで接続されていたことを考えれば、LANにせよ、高速回線にせよ、ルーティングにせよ大変な変革を経て、早く確実に大量に送信できる環境が実現されつつある。世界の裏側に対して送った電子メールに対してほとんど間髪をおかず返答が得られる。電子メールの便利さを感じる瞬間である。一方、隣の部屋の人にメールを送る場合に直ちに返事が返ってくるとは限らない。例えば、電子メールでも普通の人は距離に応じた認知的な感覚を持つことが多いのでこれらは新しいギャップ、あるいは疎外感を生むことになる。非同期通信では相手からの応答を待つ場面が発信者が制御感を持つことができない欠点がある。応答がいつ来るかわからなくていらいる、などはその一例である。相手から応答が来る確率を表示してくれたり、さらに適当な間隔で応答のないことから判断して柔軟に代替手段を選択して通信するような通信があれば便利であろう、というところから本稿の検討が始まった。

従来の通信では、通信が完了し、相手のところへメッセージが届くまでが支配的な要因であった。よって、通信を管理する上で、通信が完了するまでの時間が主に管理の対象となっていた。しかし、電子通信の発達によって、事態は明らかにかわってきた。メッセージ自体はLANの中ならば数秒で運ぶことが可能である。そうすると配送した後に、いつ相手がそれを読むか、のほうが支配的な要因となる。この関係を図1に示す。現代においては(B)の状況のほうが多いわけである。もちろん、ユーザの挙動には着信した通信そのものや通信状況に関するものから、一時的な理由によるものなどさまざまな要因がある。それぞれの要因を解析することは困難であるので、非常に長期間の間にはそれぞれのユーザは非同期通信の通信行動において、もっとも快適と感ずるパターンをとる、と仮定する。これを、大域固有行動仮説とここでは呼ぶ。

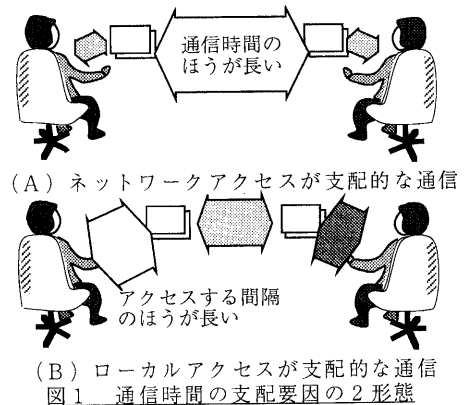


図1 通信時間の支配要因の2形態

通信が、個々のユーザにとっては予測不能で非常に動的な相手挙動に依存すると仮定する。そのような因子を中心に考慮し、どのような通信状況である確率が高いかをアドバイスするサービスが有効になると考えられる。そのようなサービスを提供するための指標として、通信距離、というものを考えた。通信距離とはコンテキストに対応する通信完了時間の予測値を示す。電子メールでも、コンテキストは細かく記述すればきりが無い。どのような標題でどのような通信が行われた後で、どのような宛名、同報先でどのような本文表現を行うかによって異なってくると思われる。本検討では、通信内容のコンテキストは完全に無視し、受信者がどういう能動的受信行動を起したかだけ

に着目した。能動的受信行動は長期的に見ればなんらかのそのユーザの固有な仕事時間と通信時間との振り分けアルゴリズムを反映したものになるだろうという仮説によっている。ユーザがもっているこの固有な通信行動の時間サイクルを越えて応答がなければ、何か特殊な通信行動を変えるような因子が働いている、と考える。もちろん、それはそのユーザの問題なのか、途中の中継機能の問題なのかは、通信が完了しない、という点から見る限りはどちらでも通信を管理する推論には等価な現象であると考ええる。

2. 2 位置付け

このような課題に対して知的タイムアウトを管理するような手法が必要となる。図2にこのような非同期通信における知的タイムアウトの概念図を示す。



図2 非同期通信における知的タイムアウト

ここでは、ゆっくりした推論を考えることになる。推論に対する入力イベントの間隔が長時間である事象を対象とする推論であり、待ち方に関する知識(Know-when知識とここでは呼ぶ)。図3にKnow-When知識を用いた推論の課題を示す。



図3 Know-when知識による推論の課題

Know-When 知識を用いた推論では、イベントがこないことを検出する方法である。例えば、グループ通信では、3 者以上への通信を試みた場合、宛先数が大きくなるにつれて、少なくとも1 人から返答が返るまでの時間はほぼ単調に小さくなるが、全員から返答が返るまでの時間はほぼ単調に大きくなる。ここに、利用者に対して多くの挙動情報を確保するKnow-when 知識ベースが支援サービスを行う余地が生じる。通信の場合には、さまざまな下位レイヤの障害、マシンメンテナンス、不意の出張などさまざまな原因において例外的な通信失敗が起こり、応答がない場合に知的タイムアウトをうまく扱う知識が必要になる。例えば、「10 人のメンバに招待状を電子メールで出しました。n 日たって返事が半分しか返ってきません。これが異常な事態なのかどうかを判断するために10 人のメンバのそれぞれの通常の、あるいは直近の通信行動を解析して知識を得よう、とするわけである。

2. 3 関連する研究

分散人工知能において、自律エージェントの協調が検討されている[Bond88など]。オフィスシステムにおいても、オフィスを開システムととらえる立場から分散システムの協調は検討されている[Hewi86, Woo86]。特に衝突の解決についての最近の検討には[Mart90] などがある。著者の知る限りでは応答がない場合のKnow-whenを利用する推論に関して、アドホックなパラメータ以外を利用する研究には[Card91] がある。通信プロトコルにおける知的タイムアウトの検討を行ったもので、国際メールにおいて回答を依頼するメールを送り、その返答間隔によってタイムアウトを設定するものであり、長期の個人毎の挙動を解析するものではない。

本稿では、[山上88, 山上89, 山上92] を踏まえ、通信挙動データに基づく適応制御のプロトコル、メトリックス、適応のための実験の結果を報告する。

3. Know-when 知識への課題とアプローチ

3. 1 通信要求管理とプロトコル

通信要求を自動的に通信の実行へ展開し、その展開結果を比較して最も要求を満足するように適当な通信方式を選択して通信してくれる適応制御システムを考える。最初、このようなシステムをシナリオ通信とし

て検討した（図4）。

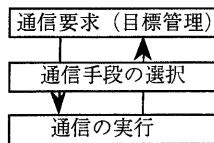


図4 シナリオ通信における通信要求の実行

最初に検討した時には、シナリオの記述言語に関する検討が十分でなく、このシステムは記述段階から大きな障害を迎えた。実際のオフィスにおける作業とその他のための通信のパターン解析を行う必要がある。解析により体系化され、抽象化されたパターンが明確に分類されなければならない。さらにそのような通信パターンは利用者間で有効なメタフォとして共有される、認知的な意味で共有されなければ有効に実通信の中にめ込むことは難しい。シナリオで起こる通信連鎖が人間がマニュアルに操作し、コンテキスト毎に微妙に使いわける通信に相応することは相当なフィールドスタディが必要となり簡単には難しい。

ユーザデータに基づく通信制御の検討はこのような高次通信制御へのゴールの記述に代って、選択の定量基準のメカニズムからアプローチするものとして始められた。

ここで採用したアプローチは、ユーザ挙動の解釈をデータの集積そのものに任せることによって、あるがままのデータが生成するコンテキストに任せるものである。

Know-When 知識を利用した時間予測に基づくプロトコルとしてマイルストーンプロトコルがある。概要を図5に示す。

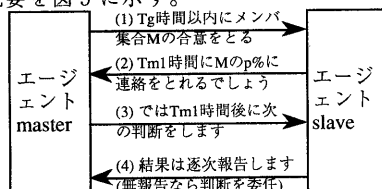


図5 マイルストーンプロトコルの概念図

Know-When知識はマスタのエージェントとスレーブのエージェントの間で時間 $Tm1$ （複数の時間を設定しあうなら Tmn ）の設定を行う上で利用される。このプロトコル自体は、設定された時間内に設定された部分目標（ここでは $p\%$ の通信完了）を達成しない場合にどのような有効な代替策があるか、また代替策が選択された後に遅れてきた応

答にどう対応するかについては検討の範囲外とする。

3. 2 Know-when 知識の課題

ここで扱う問題は非同期グループ通信を対象にしており、具体的には次のようなものである。

Know-when的処理を必要とする要求を示す。

- ・利用者の通信挙動をうまくあらわすパラメータ
- ・グループの通信挙動を表す方法
- ・季節、曜日、時間帯のパラメータ化

これらのKnow-when知識を獲得することを目指して、電子メール、電子ニュース、在席間隔、スケジュールニュース、などの通信行動を観察し、次のような課題を検討する。

(1) Know-when 知識を簡単に獲得する方法

Know-when 知識とは、ある意味でいえば、挙動予測であり、状況に依存した因子は数多くある。このような状況因子を考えない範囲で、計算機にとって比較的容易にデータ収集できて、有効な知識を形成する方法が必要となる。

(2) Know-when 知識の対象

ある適当な方法で Know-when 知識の元となるデータが収集できたとして、それは個人単位の知識になるのか、あるいは個人はばらばらでもある集団になるとマクロに現れる知識が構成できるかの検討が必要である。

(3) Know-when 知識の生存時間

得られた知識が Know-when 知識として効果があるのはどの程度の時間なのかの検討が必要である。

3. 3 Know-when知識獲得

仮説としては次のようなものを考える。

(1) Know-when 知識を簡単に獲得する方法

人間の行動はミクロに見ると非常にランダムであるが、仕事の習慣、通信連絡に対する流儀は、個人、あるいはその属する組織の文化的な性格なものであり、必ずなんらかのパラメータ化ができるはずである。

ただし、スケジュールのようなあらかじめ利用者に入力してもらうものはグループウェアの研究などからみても信頼度が高くなくKnow-when知識としてはあまり役に立たない。その情報を更新し維持管理することの利益がなければ利用者は真剣に取り組まないし、スケジュール情報を維持管理する精度はばらつきが多い。ここでは自動収集

できるデータから簡単に知識が得られるという方法を検討してみる。

(2) Know-when 知識の対象

多くの社会的行動が1週間、あるいは1日を単位として営まれているという性格から曜日及び時間帯によって各個人にはなんらかの通信挙動パラメータが存在すると考える。

Know-when 知識獲得の研究は1987年に始まり、今年で5年になる。なお後半3年については対象グループではフレックスタイム勤務を採用している。

一貫して、利用者の通信挙動を観察してデータを集積する、というアプローチをとっている。

集めるデータは次のようなものである。

- (1) メールボックスにアクセスした時刻
- (2) メールの着信時刻と返信時刻の記録
- (3) 定時の利用者行動のスナップショット
- (4) 電子ニュースにおける会話記録の時刻

図6にこれらの情報収集による時間知識ベースの構築例を示す。データ収集は定時起動プロセス(UNIXのcron)を利用し、データ解析はプログラミング言語 perl [Wall90] で解析プログラムを記述して実現した。

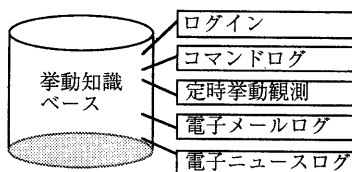


図6 挙動知識ベースの構成例

時間に関するデータを収集する上では次のような問題点を得た。

(a) 組織の課題

- ・組織が変更される／メンバが変更される

組織の変更される割合は予想よりも大きかった。このことにより、長期間にわたって安定した(固定)メンバが安定した(固定した)役割で行動するグループを仮定することは困難になっている。

- ・会議スケジュールなどは変更される

階層型組織においては会議のスケジュールは上部組織の会議によって玉突き的に変更になる。部長会議が変更になれば部長の都合により課長会議が変更になり、それにより、係長会議が変更になり... という具合である。このような会議は通常、

曜日固定で行なわれるだけにその「例外」の波及効果は大きい。

- ・勤務システムが変更される

勤務システムも決して固定ではない。観察期間中に、観察グループにフレックスタイムが導入されたり、残業に関する取り決めが導入されたりすることによって曜日別時間帯別の利用者挙動が影響を受けている。

(b) 通信の課題

- ・通信システムが変更される

通信システム、とくに計算機通信システムは、OSのバージョンアップ、ローカルシステム上の電子掲示板システムの稼働などによって影響を受ける。

- ・ログの取り方の設計に柔軟さが必要

OSのバージョンアップなどにおいてはログデータの形式が変わったりするので、自動収集／自動編集のプログラムにおいてはバージョン変更の前後でデータの整合性が食い違わないように注意しなくてはならない。

- ・計算機の時刻は信用できない

分散環境においては時刻は一貫して管理されていないことが多い。これは分散環境における

Know-when知識の受渡しに少なくとも2%程度の、多い時には10%ものデータの信頼性に影響を与える。

- ・時差がある

国際のグローバルな計算機通信においては時差が複雑な要因として作用する

- ・通信独立なKnow-when 知識は困難

例えば、電子メールの場合、到着を知らせるbeepが鳴るようなプログラムもある。また、それに対する応答もサービス依存の因子を無視することは難しい。

4. 通信距離へのアプローチの考察

通信距離は、相手がアクセスするまでの予想時間である。本来の通信の高次制御からいえば、本当に通信が完了したのかどうか、合意が成立したのかどうかまで立ち入って考えることが望ましい。ここでのアプローチでは通信履歴を皮相的に捉えているだけなので、通信に応答することが原理的に可能な状態になっているかどうかを問題とする。

例えば、通信距離を電子メールにおいて、利用者が電子メールを読む間隔と捉えることができる。

ユーザが1時間に1度メールを読むとしよう。メールがランダムに到着し、メールの到着がユーザがメールを読む行動に全く影響しないとすると、このメールが次に読まれるまでの距離(=時間)は0.5時間、となる。この仮定の部分はかなり大胆な仮定であるが、筆者の研究グループで最初に研究を始めた時に調べた結果では、めったにメールをアクセスしないユーザはほとんどメールの到着に影響されないし、非常に使用量の多いユーザは個々のメールの到着に無関係に作業をし自分の都合に応じてメールを読むので、最初に予想したほどにはメールの到着はメールボックスへのアクセス行動へ影響しないという結果を得た。図7に個人のメールアクセス間隔の模式図を示す。

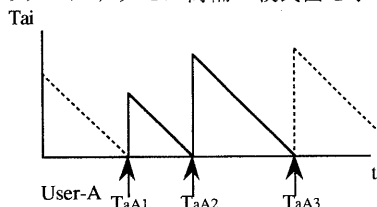


図7 個人のメールアクセス間隔

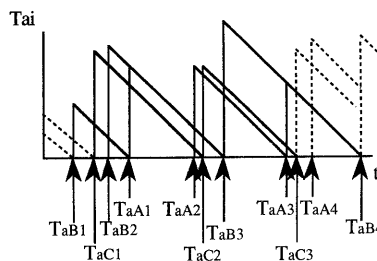


図8 グループのメールアクセス状況

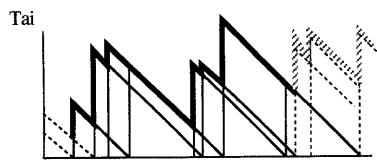


図9 グループとしてのメールアクセス間隔(全員に到達が条件)

図8はこれをグループで表したものである。複数ユーザに対してメッセージを転送した場合に、それがどのようにメンバ全体に行き渡るかはかなり複雑な様子になる。全員がメールを読むことを条件としたグループ通信距離なるものを考え、それを図9に模式的に示した。

図9は図8のように各アクセス時刻から三角形を立てたものの包絡線状となる。具体的には、調査期間すべてにわたってこのような間隔をさまざまなグループ通信条件に従って計算し、その平均を1時間の時間帯毎にとることとした。

グループのメンバに対してn人に対してm人($2 \leq m \leq 5$)を選んでグループ通信距離を時間帯別に計算する実験を行なった。この結果、グループ全体での通信距離は逆にほとんど個々の通信特性に影響しなくなることがわかった。特に、不規則な利用者がメンバの中に2人以上含まれるとそれに基づく通信距離がほぼ1日になってしまうからである。すなわち、その2人を含んでメッセージが到達する確率は1日ということになる。

この結果が年変動、月変動、週日変動をほとんど吸収した結果、長期間にわたってアクセス履歴を収集しても、比較的多くのメンバに対して全員周知を前提とするグループ通信を適応制御するとヒューリスティックな方法(例えば、毎日メールを読むとすると1日あれば周知できるだろう)との差分は小さい。より大きなメンバになり日～週のオーダーで制御する、あるいは最低1人にアクセスできればいいという条件ならば意味がある。

5. 不在推定の検討

この対象グループの場合、基本的に不在かどうかが決定的なタイムアウト要因になるので、不在かどうかを予測する方法を検討した。

適応的にタイムアウトを設定することによってどのような効果が得られるであろうかを考察する。

$f(t)$ を時刻tにログインがあったものの数とし、nを全体の日数とする(図10参照)。

1日未満の実行制御が意味がないようなグループにおいてアクセスがあるかどうかを判定するための判定アルゴリズムを考える。

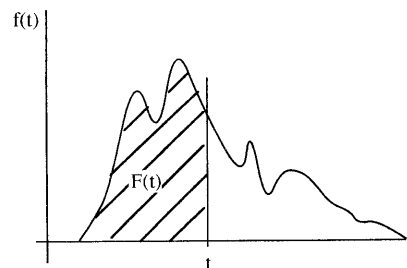


図10 ログイン時間別分布の日推移

(1) $f(t)$ の極大値(の直後)

(2) $F(t) > \beta * n$ なるように設定 (β は定数、例えば0.5)

(3) 移動平均の極大値の直後

(4) $(1 - \alpha) / (n - F(t)) > a$ (a は定数) となるよう設定

これらのどのアルゴリズムが不在推定を行なう適当な適応制御に対応するアルゴリズムを与えるかは、ユーザ挙動のばらつきに依存する。実際に今回の実験を行ってユーザ挙動を観察しているグループでは、1時間きざみの時間帯で1日の最初のログインがある1時間の時間帯に集中する率は49%～89%であった。この場合、上記4つのアルゴリズムはいずれでも同様の結果をもたらす。

年間を通しての観察で、正午を過ぎてから初めてログインする確率は少ないユーザで6%、多いユーザで14%という結果を得た。おおまかな傾向として職階の高い利用者ほど計算機へのアクセスがばらつく傾向があるが正の相関自体は必ずしも強いとはいえなかった表2にログイン時刻の分布を示す。この結果を1990年の計画から比較すると33項目中11項目が10分未満の値となり、60分以上はなれた値が出たのが同じく11項目であった。挙動が完全に変ったユーザが2人おり、この2人については職務およびホストマシンの関連により定期的にログインせずグループ固有のニュースグループへのアクセスのための間欠的にアクセスしたケースであり、定期アクセスの回数が大幅に変化したための例外ケースであった。

表1 1991年におけるログイン時刻の分布

	1/2	1/4	1/8
1	8:25	8:44	12:24
2	8:59	9:10	9:42
3	8:50	9:09	10:56
4	7:41	8:14	11:57
5	8:30	8:53	10:01
6	9:17	12:04	14:24
7	8:27	9:03	12:31
8	9:06	9:34	12:02
9	8:53	9:16	11:57
10	8:23	8:57	11:12
11	9:01	10:06	11:37

タイムアウトを設定する知識に対して、例えば、アクセス頻度のような情報に基づき、知的タイムアウトを構成する知識を時間レベル、日レベル、週レベルというように階層化し、ユーザがアクセ

スしない理由の仮説毎に異なるメタルールで制御することが有効であると考えられる。具体的には、ユーザ対応ではなく、アクセス頻度毎に挙動情報を整理し、アクセス頻度が変更された場合にユーザの属性変化として捉えるほうが有効である。

6. おわりに

本資料では、グループ通信において利用するKnow-When知識獲得の方法とその効果について述べる。研究グループの中で得られた通信挙動のデータをもとに、時間単位から週単位のオーダーでのグループ通信管理をする上での、Know-when知識の獲得について調査検討した結果を報告した。

利用者の挙動データは収集するのに非常に時間がかかるが、そのデータの有効性、とくに曜日に関する情報は予想したものより低く、通信挙動に関するKnow-when知識の実用にはさらに有効なパラメータと知識収集の方法の検討が必要であることを述べた。

将来のマルチメディア通信においては、一層さまざまな通信サービスが統合的に提供されるとともに、いろいろな意味で受信者の都合によってアクセスを制御できるような機能が実現され则认为えられる。なぜなら通信は従であり、個々のユーザの基本的な仕事空間と通信空間の切替という認知的モデルは存在し続けると考えるからである。もしそのような固有パターンがあり、それがなんらかの方法で簡便に把握できれば、異なる種類の通信に対してもそれを適用する可能性がある。特に非同期通信のような受信者主導による通信が可能である場合に適用可能である。例えば電話のような直接通信でも不在確率が高ければ同じような推論が必要になる。例えば携帯通信が可能になっても携帯可能であるということといつでも利用者が割り込まれることを受け入れるかまで考えれば同じような推論が適用可能である可能性がある。

本検討でのアプローチではグループ通信における適応的制御をできるだけ自動的に皮相的情報を積み重ねることによって行いたい、という要求から発している。さまざまなグループ状況の把握を行うよりも長い間のユーザ挙動に基づき、ユーザ固有の通信サイクルを抽出することによって、知的な適応制御を導き出そうとするものである。実際には、利用頻度が高い状態と低い状態との間を判定して遷移するメタルールの検討が必要である。シンボルとして状況を記述することなしに、デー

タの蓄積から積み上げて知的な振舞いをさせようとすることは困難であった。

人間の長期的観察によって、固有の仕事行動と通信行動の切替パターンがあるとすれば、それは非同期通信（例えば電子メール）だけでなく、十分理想的でないかなる通信空間にも適用できる、と著者は考えている。ある通信行動に基づいて定義した挙動パラメータを他の通信の制御にも転用することによりパラメータを抽出しやすい通信行動の解析を他の通信の制御に適用することができれば効果があると考えられる。

謝辞

日頃、ご指導いただくNTT通信網総合研究所 木下研作研究部長、中田寿グループリーダー、春田勝彦主幹員に感謝申し上げます。

参考文献

- [Alle84] J. F. Allen "Towards a General Theory of Action and Time" *Artificial Intelligence* 23, pp.123-154, 1984
- [Biks89] Tora K. Bikson, J. D. Eveland, and Barbara A. Gutek: "Flexible Interactive Technologies for Multi-Person Tasks: Current Problems and Future Prospects" in Margrethe H. Olson(Eds) *Technological Support for Work Group Collaboration*, 1989, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Hillsdale, NJ, pp. 89-112
- [Bond88] A.H. Bond, L. G. Gasser: "Readings in Distributed Artificial Intelligence", Morgan Kaufman Publishers, San Mateo, CA, 1988
- [Card91] Cardona, 金山、辻井 "タイムアウトの動的・自動的な決定方法について"、第4回情報伝送と信号処理ワークショップ、November 1991
- [Hewi86] Hewitt, C. "Offices Are Open Systems", *ACM Transactions on Office Information Systems*, Vol. 4, No.3, pp.271-287, July 1986
- [Hewi91] Hewitt, C. "Open Information Systems Semantics for Distributed Artificial Intelligence", *Artificial Intelligence* 47, pp.79-106, 1991
- [Hort83] M. Horton: "Standard for interchange of USENET messages" RFC 850, June 1983 (Obsoleted by RFC 1036, by M. Horton and R. Adams in December 1987)
- [ISO88] ISO/IEC 10021-1..7, "MOTIS: Message Oriented Text Interchange Systems", 1988 (CCITT MHS X.400シリーズと共通)
- [MaGr90] J. McGrath: "Time Matters in Groups", in J. Galegher, R. Kraut, and C. Edigo(Eds), *Intellectual Teamwork: Social and Technological Foundations of Cooperative Work*, Lawrence Erlbaum Associates, 1990
- [Mart90] F. v. Martial, "A Conversation Model for Resolving Conflicts among Distributed Office Activities", COIS'90, pp.99-108
- [Wall90] Wall and Schwartz: "Programming Perl", 1990, O'Reilly & Associates, Inc.
- [Woo86] C. C. Woo, and F. H. Lochovsky: "Supporting Distributed Office Problem Solving in Organizations", *ACM TOIS*, Vol.4, No.3, pp.185-204, July 1986
- [山上88] 山上、春田「動的にサービス制御できるオフィス通信モデル」信学会オフィスシステム研究会, May 1988
- [山上89] 山上、春田「オフィス通信距離の提案」情処学会第38回全大, March 1989
- [山上92] 山上「グループ通信におけるKnow-When知識の獲得の検討」情処人工知能研究会, March 1992