マルチメディア通信と分散処理　45－11
（１９９０．５．２５）

ＬＡＮにおける会話型トラヒック特性に関する検討

村重　彰

ＮＴＴ通信網総合研究所

ＬＡＮのトラヒックの詳細な観測は特性の把握，モデルの提唱などにおいて重要である．本資料ではＬＡＮにおける会話通信トラヒックを観測し，性質の分析を試みた．観測はコネクション別，通信方向別（ホスト→端末，端末→ホスト），および，複数コネクション全体に対し，できるだけ詳細に行った．その結果，次の点が明らかになった．
(1)パケット長はそれぞれの通信方向毎にほぼ固定長と見なせる．
(2)発生時間間隔は大多数が１秒以内であり，指数分布あるいは固定と見なせる．
(3)ヘッダの占有率の大きいパケットが必要以上に多く発生しており，通信効率改善の余地がある．

A study of the conversational traffic in LAN

Akira MURASHIGE

NTT Telecommunication Networks Laboratories

Data traffic measurements on a local area network are important for understanding its characteristics and for finding reasonable mathematical models. This paper presents and analyzes traffic for conversational communications in LAN. The traffic is measured for each connection, each direction (from a host to a terminal and vice versa) and the superstition of all connections. Some of the findings are as follows:
(1) Packet length can be regarded as the fixed size for each communication direction.
(2) Most of time interval between packets are less than one second. And the time interval distributtion can be regarded as exponential or fixed.
(3) Most of packets have small application data. More efficient communications are possible if some of these packets are made into one packet.

1．はじめに

ローカルエリアネットワーク（ＬＡＮ）の発達・普及に伴い，多くの計算機同士が通信することは日常的なものとなってきた．しかし，そのトラヒックの詳細は明らかでない．

一方，理論解析モデルやシミュレーション用のトラヒック源モデルとしてはポアソン過程のような，実用性が電話網などにおいて確認済みでかつ数学的にも扱い易いモデルが多く用いられている．これらはＬＡＮ全体のトラヒックを扱うものであるが，別のアプローチとして，各種のトラヒック源の性質を明らかにし，その重畳としての全体トラヒックを考察することが考えられる．

また，近年は光伝送技術やＡＴＭ，可変レート映像符号化などの技術の進展により，大容量で変動の激しいトラヒック発生源をモデル化する試みがある[3],[4]．これらは符号化器出力に基づいたデータの裏づけ，トラヒックを特徴付けるパラメータの定義などの試みがされているが，超高速ネットワーク自身が将来的なものであるため，ネットワーク上の実データでの確認を得ることは今後の課題であろう．

ＬＡＮトラヒックの観測報告は文献[1],[2]などいくつか知られている．しかし，コネクション毎の観測など，その詳細の分析報告はされていない．１つの呼が１回線を占有する電話網と異なり，ＬＡＮでは呼に対応する各コネクションのトラヒックが同一媒体上を伝送される．従ってＬＡＮのトラヒックの構成要素であるコネクション毎のトラヒック特性を分析する必要がある．

以上のような状況から，ＬＡＮのトラヒックの詳細な観測は，トラヒック特性の把握・ネットワーク設計の基礎データ収集，更にはそれに基づく将来トラヒックの予測・トラヒックモデルの提唱に有益であると考える．本稿では電子メール・掲示板の使用を主目的としたＬＡＮ環境における会話通信トラヒックの観測を行い，その特性を分析した．ＬＡＮ内トラヒックの中でも会話通信を選択したのは次の理由による．

(1)多くの人が同時に且つ継続的に計算機を利用している，典型的な同種の複数のトラヒック源の重畳現象である．

(2)電子メイル・掲示板の利用は今後さらに活発になると予想され，会話通信はＬＡＮトラヒックにおいて今後より大きな割合を占めると考えられる．

(3)ホスト→端末，端末→ホストのそれぞれの方向でのトラヒック特性が異なると予想される．

本資料では，２節において，トラヒックの観測を行ったネットワーク環境について概説する．３節では評価パラメータについて述べる．４節では分析の詳細な内容を紹介する．５節では分析の結果から導かれるいくつかの性質について総括的に述べる．

2．観測環境と評価項目

2．1　観測環境

観測を行ったＬＡＮ構成を図１に示す．ターミナルサーバとホストマシンの間のＴＣＰ／ＩＰ系の会話通信を対象に観測を行った．

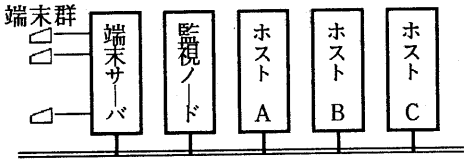

図１　会話トラヒックの観測環境

図２に各通信レイヤのパケットヘッダ長を示す．このヘッダ長を考慮することにより，各レイヤでの通信量を評価することが可能となる．

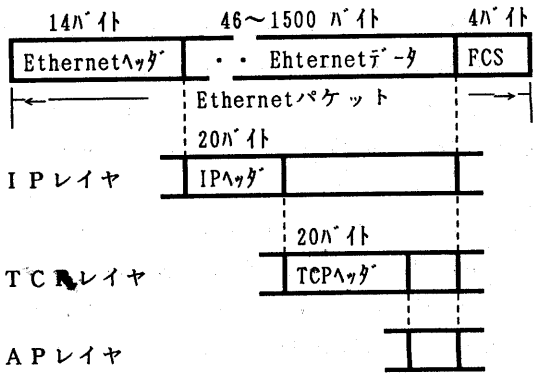

図２　各層のプロトコルヘッダ長

ホストにおけるコマンド使用状況を図3に示す．同図から，ホストでプログラム作成が行われる率はかなり低く，電子メール，掲示板，エディタ，テキスト処理，ファイル操作，ＯＡツール類が7割以上を占めている．この点から，本システムは，プログラム開発や科学計算などでなく，テキストをベースとしたオフィス業務に主に用いられているものと見なすことができる．

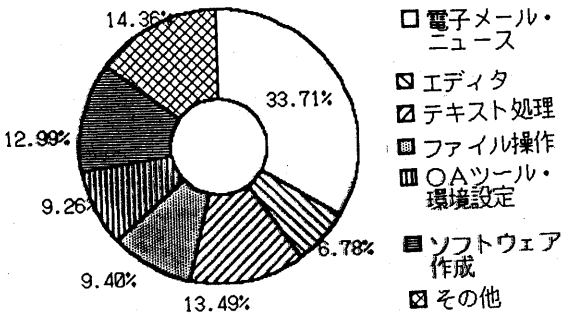

図3　ホストで使用されるコマンドの内訳

2．2　評価項目

観測結果を以下の点から分析することを考慮して観測を行った．

(1)通信量の時間推移
(2)パケット長分布
(3)パケット発生時間間隔分布
(4)基本通信単位の性質分析

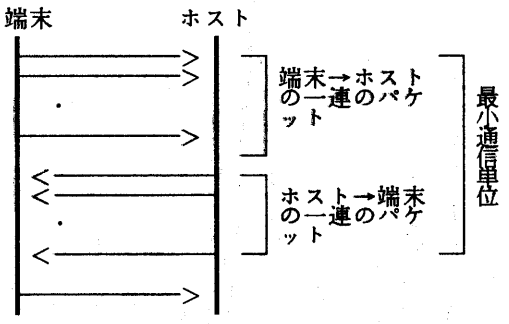

図4　会話通信の基本通信単位への分解

このうち，(4)の意味について説明する．図4に示すように，コネクションを，①端末→ホスト方向の連続したパケットの送信，②ホスト→端末方向の連続したパケットの送信の集まりと見なす．これら①②の対を基本通信単位と呼ぶことにする．基本通信単位の分析により，ＡＰでのコマンド・レスポンスといった1往復の通信処理単位（トランザクション的通信）の分析が可能になる．

3．観測結果

3．1　観測データの概要

通常のユーザは朝出社して，計算機を使い始め，仕事終了時に使い終わる．従って，観測はトラヒックの大きい平日の勤務時間帯に的を絞って行った．表1に本観測トラヒックの概要を示す．

表1　観測トラヒックの概要

項目	観　測　値
観測時間（時間）（延5日）	３７
総パケット数（万個）	２６０
ホスト数（台）	4
ホスト1時間当パケット数（１００万個／ホスト・時間）	１．７７
総データ量(Mバイト)	１７６
ホスト1時間当りデータ量（Mバイト／ホスト・時間）	１．１９

複数日のトラヒック観測結果は1日毎の周期性など分析する上では有効だが，1日の中の短いトラヒック特性を分析する上で複数日のトラヒックの平均値による評価は意義が小さい．そこで観測を行った5日間の内，トラヒックが大きく，長保留時間のコネクションが多い1日を選択し，分析を行った．

図5に1日の会話通信コネクションの保留時間分布を示す．分布は8時間以上のコネクションを除けば指数分布的であるが，パケットは保留時間が5時間以上のコネクション中で多く発生しており，上位4コネクションで全体の８４％程度となることが分かった．従って保留時間の短いコネクションは会話トラヒック全体の特性を決定付けるものではないといえる．

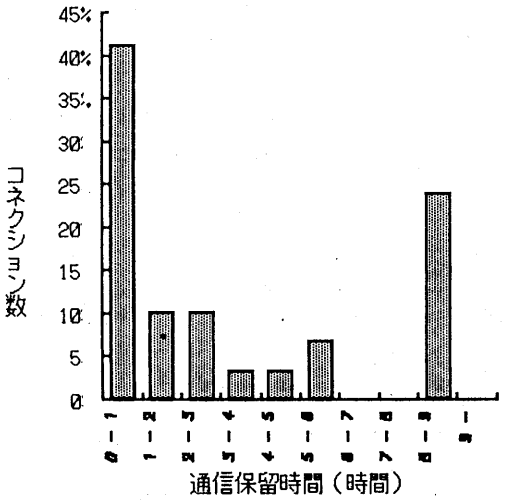

図5　会話通信時間の分布
（全コネクション数を１００とする）

表２に１日のトラヒック特性の概要を示す．パケット中のヘッダが８５％以上を占めており，ＡＰのデータ量は，１５％以下である．このことは会話通信においてはＡＰデータ量は，Ehternet（データリンク）上では約７倍のデータ量に増大することを示しており，ＬＡＮのトラヒック設計においては注意すべき点と言える．

表２　１日の会話トラヒックの基本性質

項目 ＼ 送信方向			ﾎｽﾄ→端末	端末→ﾎｽﾄ
観測時間			８時間１５分	
パケット数(千個)			５５１	１０２
パケット数比			５．４ ： １	
平均ﾊﾟｹｯﾄ長(ﾊﾞｲﾄ			６９．７	６０．３
パケット中の内訳％	ヘッダ	Ethernet	２５．８	２９．６
		ＩＰ	２８．７	３３．０
		ＴＣＰ	２８．７	３３．０
		合計	８３．２	９５．６
		双方向平均	８５．４	
	ＡＰデータ		１６．８	４．４
	双方向平均		１４．６	

注：パケット長はEthernetパケット長からパディングを除いたものである．

また，ホスト→端末方向のトラヒックは端末→ホスト方向のトラヒックに対し，パケット数で５．４倍となる．

一方，５日間の観測においてこのパケット数比は２．６～５．４となり，トラヒックが大きいほどパケット数比が大きくなる傾向にある．本報告のような観測環境ではホスト→端末方向の通信量は端末→ホスト方向の通信量の数倍程度と見なせる．

３．２　通信量の時間推移

図６に５分毎のパケット数を示す．本図から以下の考察が得られる．

(1)業務開始直後・４時間経過・７時間経過時点でのトラヒックが多い．他日の観測においても同様の分布となった．

一方，観測対象としたホストの１つにおいて，同日に用いられたコマンド数の時間推移を図７に示す．マクロにみると図６と図７はトラヒックの増加する時間帯がほぼ一致している．コマンドが発生する会話トラヒックはコマンドによって大きく異なるが，会話通信トラヒックは単位時間当りの実行コマンド数のみで大まかには判断できることが分かった．

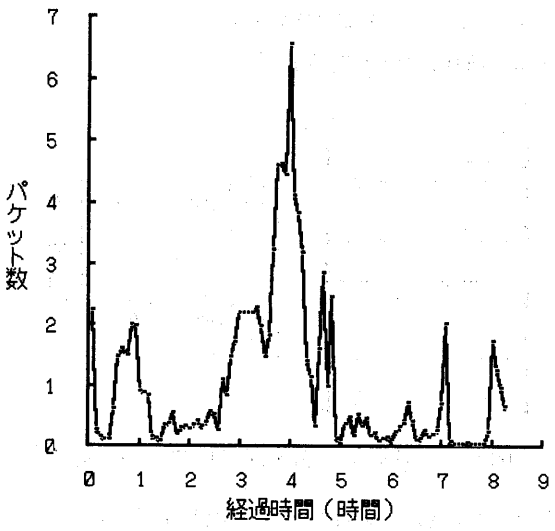

図６　通信量時間推移　５分毎パケット数
（パケット総数を１００とする）

(2)図８にパケット数時間推移のホスト→端末・端末→ホストのトラヒックの相関を示す．同図から双方向の通信量にある程度の相関関係が認められる（１次相関係数は０．６４）．従ってホスト→端末・端末→ホストのパケット数比は時間推移の中でもある程度維持されると考えられる．

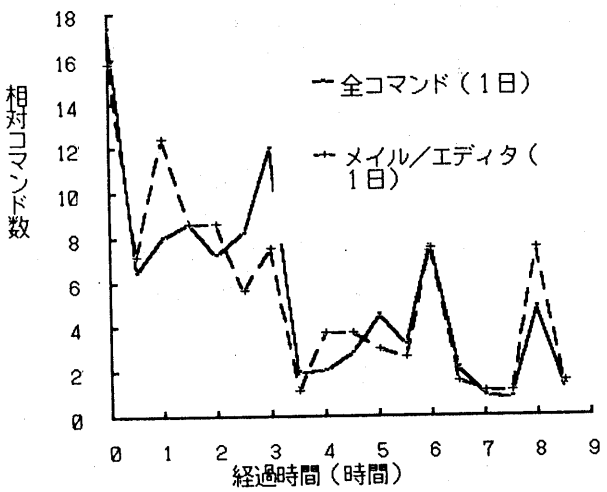

図７　ホストのコマンド実行数の時間推移
（総コマンド実行数を１００とする）

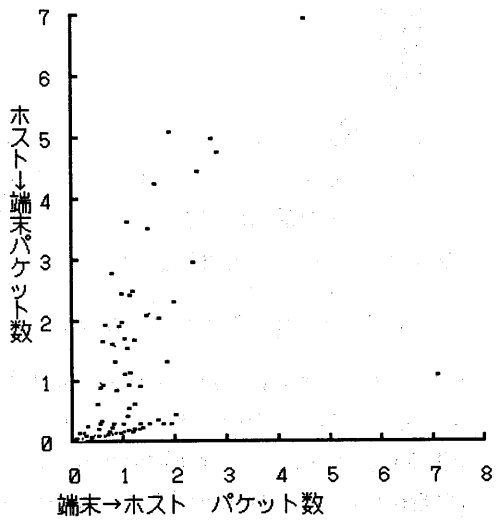

図８　通信量時間遷移の双方向の相関度
（各通信方向のパケット総数を各々１００とする）

３．３　パケット長分布

図９と図１０に会話通信のEthernetパケット長分布を示す．パケット長はＡＰデータ長を反映させるため，最小長Ethernetパケットに含まれるパディングを除いた長さで評価している．なお，トラヒック量の大きい４コネクションについてコネクション別のパケット長分布も合わせて分析したが，いずれも図９，図１０と相似であった．これらの図から以下の考察が得られる．

(1)ホスト→端末の方向において，パケット長は最小長近辺に集中している．これは１バイト１パケットの通信を行っていることを示す．また，最小パケット長以外の箇所に小さなピークが観測されている．これは希に計算機から大量の応答データがある場合に，より長いパケットが発生するためと考えられる．

(2)端末→ホストの方向でのパケット長はほとんどが最小長近辺に集中する．これはほとんどのケースで１バイト１パケットの転送を行っていることを示す．

以上の点からパケット長分布は指数分布よりも固定長と見なすことが妥当であると考えられる．大まかにはパケット長をホスト→端末方向は最小長の６４バイト，端末→ホスト方向は６９バイト固定とみなせる．

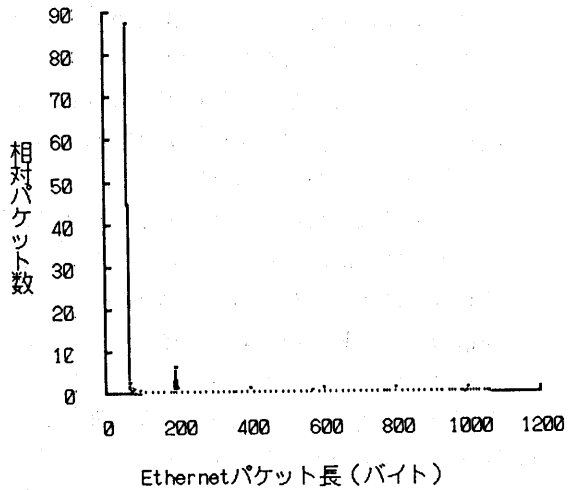

図９　パケット長分布　ホスト→端末
（パケット総数を１００とする）

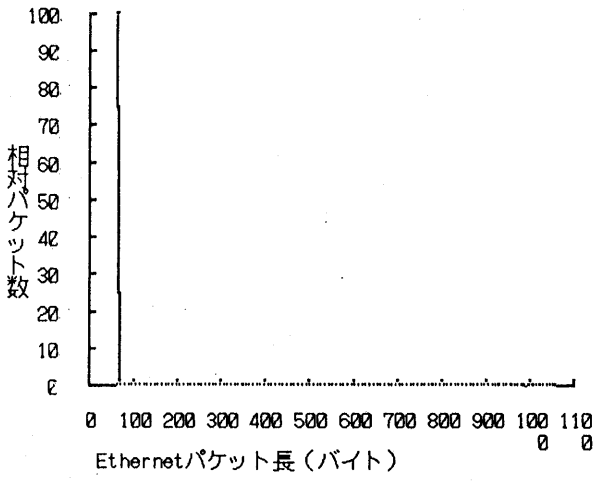

図１０　パケット長分布　端末→ホスト
（パケット総数を１００とする）

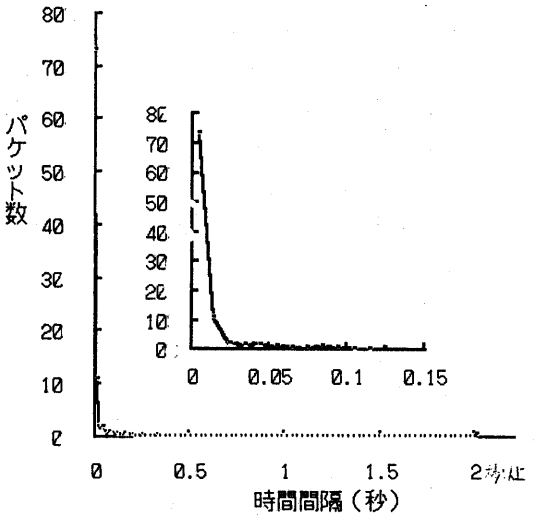

図１１　パケット時間間隔分布
ホスト→端末　トータル
（パケット総数を１００とする）

３．４　パケット発生時間間隔分布

図１１と図１２に，パケット発生時間間隔分布を示す．また，図１３と図１４は特にトラヒック量が大きく保留時間の長いコネクションについてのパケット発生時間間隔分布を示す．また，これらの図から以下の考察が得られる．

(1)ホスト→端末の通信を全コネクショントータルで見た場合は０．１秒以下の発生間隔が大半を占める．０．０５秒以下の範囲で見ればその分布は指数分布的であるといえる．しかし，実質の分布範囲は非常に狭く，曲線も急峻である．

(2)端末→ホストの通信を全コネクショントータルとしてみた場合，０．３秒以下の短時間の発生間隔が多い．全体の分布は指数分布的だが，いくつかのピークが見られる．

(3)ホスト→端末の通信をコネクション別に見た場合，その時間間隔分布はコネクション毎に異なる特性を示す．これは(4)に示す端末→ホスト通信のユーザ特性の影響を受けているためと考えられる．しかし，どのコネクションについても短時間（０．０６秒以下）の発生間隔が多い．

(4)端末→ホストの通信をコネクション別に見た場合，その分布はコネクション毎に異なる特性を示す．この原因としてはキー入力操作，使用しているプログラムについての個人差などが考えられる．しかし，どのコネクションについても短時間（１秒以下）の発生間隔が多い．発生時間間隔がホスト→端末方向よりも長いのは，３．２節で示したように単位時間当りのパケットがホスト→端末方向に比べてより多く発生するた

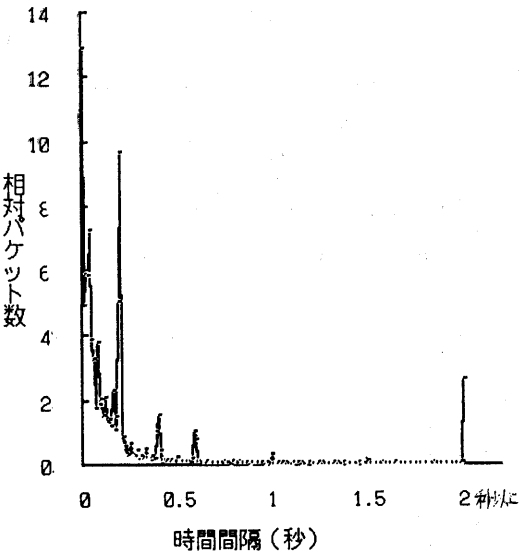

図１２　パケット時間間隔分布
端末→ホスト　トータル
（パケット総数を１００とする）

めであると考えられる．

本報告における観測環境ではコネクションを個別に見てもトータルとして見ても時間間隔は１．０秒以下にほぼ納まるといえる．トータルとしてみた場合は大まかには指数分布と見なせるが，０．１秒の精度が要求されない場合は固定値と見なしても良いであろう．

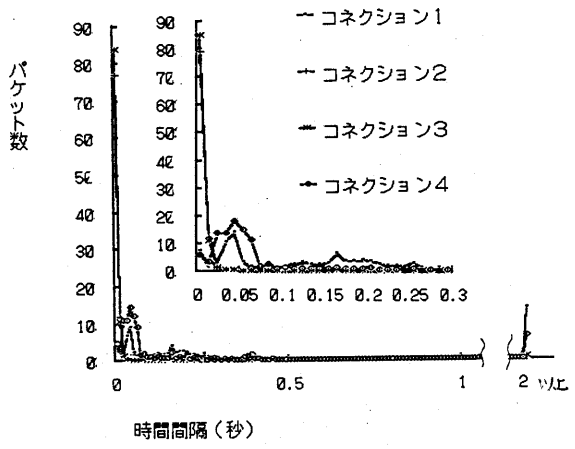

図１３　パケット時間間隔分布
ホスト→端末　個別
（パケット総数を１００とする）

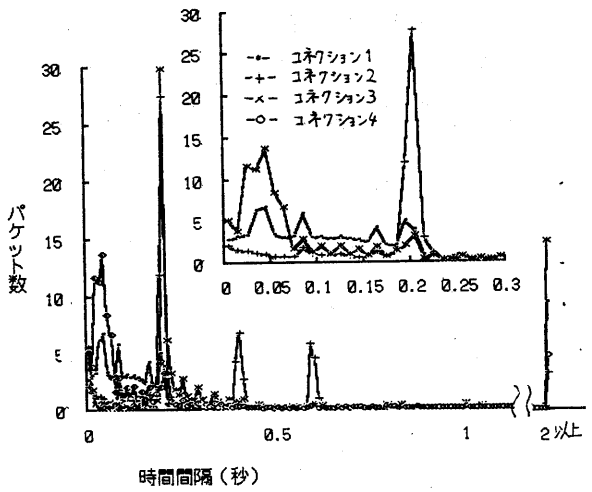

図１４　パケット時間間隔分布
端末→ホスト　個別
（パケット総数を１００とする）

３．５　基本通信単位の特性

図１５に１コネクションについての基本通信単位の散布図を示す．同図は各々の基本通信単位の端末→ホスト方向のＡＰデータ量ｘを横軸値に，ホスト→端末のＡＰデータ量ｙを縦軸値にとり，ｘ，ｙをプロットしたものである．端末→ホストのデータ量は１０バイト以下のケースがほとんどであり，これに対するホスト→端末のデータ量は０～６０００バイトまで様々である．

基本通信単位を端末からの入力データ量毎に集

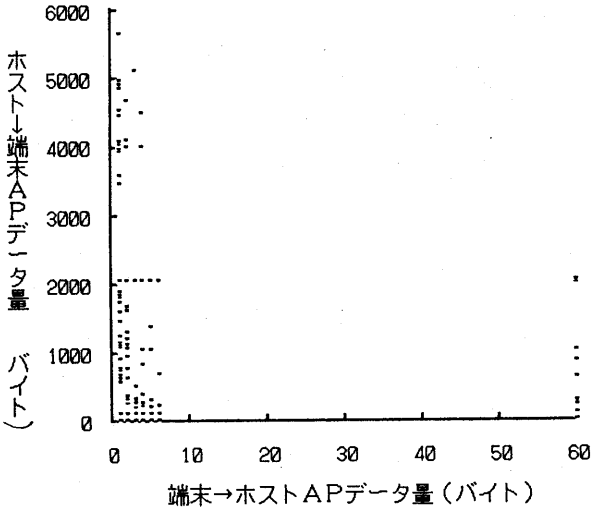

図１５　基本通信単位 データ量相関 散布図

計すると１～５バイトおよび６０バイトの場合の６種類となる（図１６）．そこで，ホスト→端末方向へある量のデータが送られた基本通信単位数の分布を計算し，図１７に示す．

この図から，端末からのデータ量に対してホストからのデータ量も少ないデータ量の場合（約１００バイト以下が９０％）が多い．

更に表２で示した平均パケット長及び図２のパケット形式から，１パケット当りの平均ＡＰデータ量はホスト→端末方向で１１バイト，端末→ホスト方向で２バイトであることが分かる．従って基本通信単位には，ホスト→端末方向で１～１０数パケット，端末→ホスト方向で１～３パケットが含まれていることになり，これら双方向の複数

パケットを1パケットにするような，より効率のよいパケット化方式への改善の余地が有り得ると考えられる．

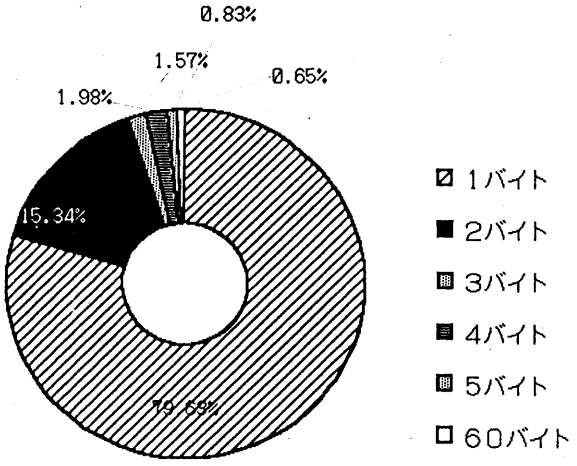

図16　基本通信単位　端末送信データ量別集計
（端末送信ﾃﾞｰﾀ量毎の基本通信単位数を100とした）

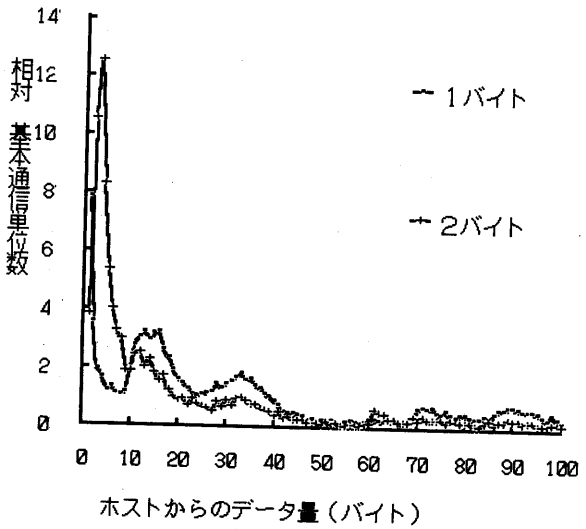

図17　基本通信単位
ホスト→端末方向データ量の分布

4．おわりに

本資料ではオフィス業務としてテキスト通信が主に行われているＬＡＮにおいて，全二重会話通信のトラヒック観測及び分析を行った．その結果，パケット中に占めるヘッダの割合が大きいこと，ホスト→端末／端末→ホストの両方向のデータ量に相関が認められること，短パケットが多く発生し，ほぼ固定長と見なせること，パケット時間間隔分布は指数分布または固定と見なしうること，パケット化の工夫によりトラヒック削減の余地があること，などが明らかになった．

謝辞

本検討を進めるに際し，関連研究についてのコメントを頂いた池川研究主任に深謝致します．また，観測データの評価方法について御意見・御討論を頂いた西門主幹員，松尾主幹員，土井主幹研究員および北爪社員に深謝します．

文献

[1] Shoch J.F. and Hupp J.A.:"Measured Performance of an Ethernet Local Network", CACM, 23, 12, pp. 711-721 (Dec. 1980).

[2] Feldmeier D.C:"Traffic measurements on a token ring netowrk", IEEE CH2347-3/86/0000/0236$01.00 PP. 236-243, (1986).

[3] 野村，藤井，太田:"可変レート符号化における情報量のバースト性とそのモデル化"，信学誌, Vol. J71-A, No. 2, pp. 426-433 (Feb. 1988).

[4] 平野，渡部:"ＡＴＭ交換におけるバーストトラヒック多重か特性の評価"，信学誌, Vol. J72-B-I, No. 4, pp. 264-271 (Apr. 1989).

[5] Douglas Comer:"Internetworking With TCP/IP", Prentice Hall International Editions (1988).