

総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会
ルーター等判断基準小委員会
最終取りまとめ(小型ルーター・L2スイッチ)

ルーター等判断基準小委員会は、ルーター及びスイッチのエネルギー消費効率等について、ルーター及びスイッチの製造事業者又は輸入事業者（以下「製造事業者等」という。）の判断の基準等について審議を行い、以下のとおり中間取りまとめを行った。

なお、本取りまとめはこれまでの審議における小型ルーター及びL2スイッチを対象とした審議内容のものとなっており、大型ルーター及びL3スイッチについては引き続き行われる本小委員会にて審議を行うものとする。

．小型ルーターについて

1．対象とする範囲【別添1参照】

実効伝送速度が200Mbit/s以下（無線ルーターにおいては100Mbit/s以下）のものであるルーターの内、

- ・VPN(Virtual Private Network)機能を持たず、
- ・VoIP(Voice over Internet Protocol)機能がある場合は回線数が2つ以下のものを対象とする。

2．製造事業者等の判断の基準となるべき事項等

(1) 目標年度【別添2参照】

2010年度（平成22年度）

(2) 目標基準値【別添3参照】

各製造事業者等が目標年度に国内向けに出荷する小型ルーターについて、(3)により測定したエネルギー消費効率（消費電力）を下表の区分毎に事業者毎の出荷台数で加重平均した値が目標基準値を上回らないようにすること。

区分名	WAN側 インターフェース	LAN側 インターフェース	目標基準値(消費電力:W)
A	イーサネット ^{*1}	イーサネット ^{*1}	4.0
B		VoIP付	5.5
C		無線付	2.4GHz 帯送信 P = (0.10*X2) + 3.9 5GHz 帯送信 P = (0.15*X5) + 3.9 2波同時送信 P = (0.10*X2) + (0.15*X5) + 5.1 X2:2.4GHz 無線出力(mW/MHz) X5:5GHz 無線出力(mW/MHz)
D	ADSL	イーサネット ^{*1}	7.4
E		VoIP付	7.4
F		無線付	8.8

^{*1}イーサネット：富士ゼロックス社の登録商標。LANの規格

(3) エネルギー消費効率の測定方法【別添4参照】

エネルギー消費効率は次に掲げる方法で測定した消費電力(W)とする。

測定構成

- ・測定パケット長が1500バイト時に最大スループットが得られる構成とする。
- ・ルーター最大構成の範囲でルーターの基本性能・機能を損なうことなく着脱できる部品または停止可能な機能については、取り外しまたは停止して測定することとする。
- ・ポートのカスケード接続形態による測定も可とする。
- ・被測定装置が受信したパケットをルーティングする設定とする。
- ・ルーター最大構成での測定に使用しないポートはリンクダウン可とする。
- ・無線LANインターフェース付きの小型ルーターにおいては、以下の構成で測

定することとする。

- a)無線送信方向(ダウンロード側:WAN側から無線LAN側に通信されるパケット)のみを測定する構成とする。
- b)同時動作可能な無線LANインターフェースが複数ある場合は同時動作する構成とする。
- c)データの圧縮機能、出力電力等の調整機能を停止した構成とする。
- d)リンク速度は被測定装置の最大リンクスピードとする。

測定パケット

- ・ユニキャスト通信用のIPパケットを用いる。
- ・測定パケット長(レイヤ3のPDU(Protocol Data Unit)長)は1500バイトとする。
- ・各レイヤのヘッダはIEEE802.3、IETF等の規格に準拠することとする。
- ・ヘッダ部のデータパターンは任意とする。なお、測定パケットのデータパターンは、全て0とする。
- ・電力測定の際に被測定装置に対して送信するパケットのビットレート(bit/s)及び総数は、最大性能を得られるのに必要最小限なビットレート及び総数でも可とする。

測定条件

- ・周囲温度は16 ~ 32 とする。ただし、無線LAN付きの小型ルーターにおいては、0 ~ 40 の温度範囲でもかまわない。
- ・電源電圧は、AC電源の場合は定格入力電圧(100Vまたは200V)±10%の範囲とする。DC電源の場合はDC-57V~DC-40.5Vの範囲とする。
- ・AC電源の周波数は、定格周波数とする。
- ・最大スループット、消費電力を測定する際には、定常状態で測定する。
- ・AC電源を採用している製品では、コンセントプラグの端子における消費電力を測定すること。
- ・AC電源の場合、有効電力を消費電力とすること。
- ・LAN側インターフェースが無線付の小型ルーターの測定機器にはパケットジェネレータを用いて測定すること。

(4)表示事項等

表示事項は次のとおりとする。

- ・品名又は形名
- ・区分名
- ・無線接続インターフェースの周波数帯及び無線出力(LAN側に無線接続インターフェースを有する場合)

- ・無線接続インターフェースの送信形態の別（LAN 側に無線接続インターフェースを有する場合）
- ・最大実効伝送速度を達成する送信周波数帯（LAN 側に送信周波数帯を選択することが可能な無線接続インターフェースを有する場合）
- ・エネルギー消費効率
- ・製造事業者等の氏名又は名称

遵守事項

- ・無線接続インターフェースの周波数帯は表示単位を「GHz」とし、また無線出力は表示単位を「mW/MHz」とし、小数第二位を四捨五入した値を、「2.4GHz 帯：[無線出力]、5GHz 帯：[無線出力]」と表示すること。この場合において、装備していない無線周波数帯に関しては、表示を省略すること。
- ・無線接続インターフェースの送信形態は、1 波送信、2 波選択送信、2 波同時送信の別を表示すること。
- ・最大実効伝送速度を達成する送信周波数帯は、2.4GHz 帯、5GHz 帯の別を表示すること。
- ・エネルギー消費効率は、表示単位を「W」とし、小数第二位を四捨五入した値で表示すること。
- ・表示事項の表示は、性能に関する表示のあるカタログ及び機器の選定にあたり製造事業者等により提示される資料の見やすい箇所に容易に消えない方法で表示すること。

3 . 省エネルギーに向けた提言

(1) 使用者の取組

エネルギー消費効率の優れた小型ルーターの選択に努めるとともに、小型ルーターの使用にあたっては、適切かつ効率的な使用により省エネルギー化を図るよう努めること。

(2) 製造事業者等の取組

小型ルーターの省エネルギー化のための技術開発を促進し、エネルギー消費効率の優れた小型ルーターの開発に努めること。

エネルギー消費効率の優れた小型ルーターの普及を図る観点から、使用者がエネルギー消費効率の優れた小型ルーターを選択するよう適切な情報の提供に努めること。

(3) 政府の取組

エネルギー消費効率の優れた小型ルーターの普及を図る観点から、使用者及び製造事業者等の取組を促進すべく、普及啓発等の必要な措置を講ずるよう努めること。

製造事業者等の表示の実施状況を定期的・継続的に把握し、使用者に対してエネルギー消費効率に関する、正しく分かりやすい情報の提供がなされるよう適切な法運用に努めること。

トップランナー方式に基づく省エネルギー基準については、機器の省エネルギーを図る上で大変有効な手法であることから、適切な機会を捉えながら、国際的な理解を深め、その普及に努めること。

・ L 2 スイッチについて

1 . 対象とする範囲【別添 1 参照】

通信ポートを 3 ポート以上保有するボックス型の L 2 スイッチを対象とする。

ただし、光電気変換のための光モジュールが着脱可能なスロットだけを有している装置はボックス型とする。

2 . 製造事業者等の判断の基準となるべき事項等

(1) 目標年度【別添 5 参照】

2 0 1 1 年度 (平成 2 3 年度)

(2) 目標基準値【別添 6 参照】

各製造事業者等が目標年度に国内向けに出荷する L 2 スイッチについて、(3) により測定したエネルギー消費効率を下表の区分毎に事業者毎の出荷台数で加重平均した値が目標基準値を上回らないようにすること。

区分名	管理機能の有無		IP アドレス 処理の 有無	基準エネルギー消費効率
A	管理機能のあるもの	SNMP 機能を持つもの	IP フィルタリング 機能を持つもの	$\{ (X_A + P_A) / T$
B			IP フィルタリング 機能を持たないもの	$\{ (X_B + P_B) / T$
C	Web 管理等を持つもの			$\{ (X_C + P_C) / T$
D	管理機能のないもの			$\{ (X_D + P_D) / T$

n の値は下表

回線速度		100M	1G	10G
表記(n)		100M	1G	10G
電力消費 係数 (W/Port)	区分 A	0.578	1.880	15.900
	区分 B	0.375	1.880	-
	区分 C	0.375	1.133	-
	区分 D	0.272	1.133	-

n の値は下表

回線速度		100M	1G	10G	100M+1G		1G+10G
表記(n)		100M	1G	10G	100M+1G1	100M+1G2	1G+10G
数 値 (W)	区分 A	3.976	9.940	0	2.276	0.576	-10.240
	区分 B	3.400	-5.070		1.700	0	
	区分 C	3.400	-2.074		2.447	1.494	
	区分 D	0.824	-2.074		1.494	1.494	

但し、消費電力部($n \cdot X + n$)が以下の場合、指定値を使用して算出する。
 100M および 100M+1G において 3.000 未満の場合、3.000 とする。
 1G において 4.500 未満の場合、4.500 とする。

$n \cdot X + n$ (W): $n_{100M}X_{100M} + n_{1G}X_{1G} + n_{10G}X_{10G} + n$ の省略形表記
 但し、n は区分、 $n_{(bps)}$ は各区分、各回線速度における
 ポート当たりの単位消費電力、 $X_{(bps)}$ は回線速度毎のポ
 ート数、n は各区分における固定的電力値

$$\text{例: } n \cdot X = n_{100M}X_{100M} + n_{1G}X_{1G} + n_{10G}X_{10G}$$

T(bit/s): 測定されたスループット

P_n (W): PoE の電源の影響を考慮した消費電力加算分

但し、n は区分を示す (n:A,B,C,D)

$$P_n = \frac{0.0347 \cdot P_d / P_s}{1 - 0.0347 \cdot P_d / P_s} \cdot (n \cdot X + n)$$

$$P_s = (n \cdot X + n) \cdot 0.850 + 1.000$$

Pd(W) : PoE 最大供給電力。但し、PoE なし装置は Pd=0 とする
Ps(W) : スイッチ回路および PoE 制御回路部の二次側電力
但し、スイッチ回路の二次側電力は PoE なし装置の基準式
($P_n \cdot X + P_n$) に電源効率を一律 85% として算出したものとする
PoE 制御回路部の二次側電力は一律 1W とする

但し、PoE 最大供給電力率(Pd / Ps) が 16.000 以内の装置を対象とする。

(3) エネルギー消費効率の測定方法【別添 3 参照】

エネルギー消費効率は次に掲げる方法で測定した消費電力(W)を、最大スループット(bit/s)で除した値とし、測定するデータのまとめり(フレーム)の長さ(フレーム長)1518バイトの1点で、実際のデータ通信で測定したものとする。

測定構成

- ・測定フレーム長が1518バイト時に最大スループットが得られる構成とする。
- ・スイッチ最大構成の範囲でスイッチの基本性能・機能を損なうことなく着脱できる部品及び停止可能な機能については、取り外しまたは停止して測定することとする。
- ・ポートのカスケード接続形態による測定も可とする。その場合の最大スループットは、カスケード接続をしたポート数を考慮して算出する。
- ・被測定装置が受信したフレームをスイッチングする設定とする。
- ・スイッチ最大構成での測定に使用しないポートはリンクダウン可とする。

測定フレーム

- ・ユニキャスト通信用のフレームを用いる。
- ・測定フレーム長(レイヤ2のPDU(Protocol Data Unit)長)は1518バイトとする。
- ・各レイヤのヘッダはIEEE802.3、IETF等の規格に準拠することとする。
- ・ヘッダ部のデータパターンは任意とする。なお、測定フレームのデータパターンは、すべて0とする。
- ・電力測定の際に被測定装置に対して送信するフレームのビットレート(bit/s)及び総数は、最大性能を得られるのに必要最小限なビットレート及び総数でも可とする。

測定条件

- ・周囲温度は16 ~ 32 とする。
- ・電源電圧は、AC電源の場合は定格入力電圧(100Vまたは200V) ± 10%の範囲とする。
DC電源の場合はDC-57V ~ DC-40.5Vの範囲とする。

- ・ AC 電源の周波数は、定格周波数とする。
- ・ 最大スループット、消費電力を測定する際には、定常状態で測定する。
- ・ AC電源を採用している製品では、コンセントプラグの端子における消費電力を測定すること。
- ・ AC 電源の場合、有効電力を消費電力とすること。

(4) 表示事項等

表示事項は次のとおりとする。

- ・ 品名又は形名
- ・ 区分名
- ・ 回線ポートの種類及びポート数
- ・ 最大実効伝送速度
- ・ パワーオーバーイーサネット機能による最大供給電力（パワーオーバーイーサネット機能を有する場合）
- ・ エネルギー消費効率
- ・ 製造事業者等の氏名又は名称

遵守事項

- ・ 回線ポートの種類及びポート数は、最大スループット（実効伝送速度）が得られる構成時の 100Mbit/s、1Gbit/s、10Gbit/s の別及びそれぞれのポート数を、「100Mbit/s×[ポート数]、1Gbit/s×[ポート数]、10Gbit/s×[ポート数]」と表示すること。
- ・ 最大実効伝送速度は、表示単位を「Gbit/s」とし、小数第二位を四捨五入した値で表示すること。
- ・ パワーオーバーイーサネット機能による最大供給電力は、表示単位を「W」とし、小数第二位を四捨五入した値を表示すること。
- ・ エネルギー消費効率は、表示単位を「W/Gbit/s」とし、小数第二位を四捨五入した値で表示すること。
- ・ 表示事項の表示は、性能に関する表示のあるカタログ及び機器の選定にあたり製造事業者等により提示された資料の見やすい箇所に容易に消えない方法で表示すること。

3 . 省エネルギーに向けた提言

(1) 使用者の取組

エネルギー消費効率の優れた L 2 スイッチの選択に努めるとともに、L 2 スイッ

チの使用にあたっては、適切かつ効率的な使用により省エネルギー化を図るよう努めること。

(2) 製造事業者等の取組

L 2 スイッチの省エネルギー化のための技術開発を促進し、エネルギー消費効率の優れた小型ルーターの開発に努めること。

エネルギー消費効率の優れた L 2 スイッチの普及を図る観点から、使用者がエネルギー消費効率の優れた L 2 スイッチを選択するよう適切な情報の提供に努めること。

(3) 政府の取組

エネルギー消費効率の優れた L 2 スイッチの普及を図る観点から、使用者及び製造事業者等の取組を促進すべく、普及啓発等の必要な措置を講ずるよう努めること。

製造事業者等の表示の実施状況を定期的・継続的に把握し、使用者に対してエネルギー消費効率に関する、正しく分かりやすい情報の提供がなされるよう適切な法運用に努めること。

トップランナー方式に基づく省エネルギー基準については、機器の省エネルギーを図る上で大変有効な手法であることから、適切な機会を捉えながら、国際的な理解を深め、その普及に努めること。

対象とする小型ルーター及びL2スイッチの範囲

1. 対象とするルーター及びスイッチの範囲

対象とするルーター及びスイッチは、「日本標準商品分類」において通信装置に分類されるものであって、国際標準化機構(ISO)により制定されたOSI(Open System Interconnection)に基づいた通信機能を階層構造に分割したモデルのうち、第2層(データリンク層)又は第3層(ネットワーク層)を利用して、ネットワーク上のデータの中継を行うことを主な目的とするすべての製品とする。

ただし、以下のものは、市場規模・出荷台数が少なく、今後は減少していくと見込まれるため、適用範囲から除外する。

- ・衛星インターフェース付ルーター
(2004年度出荷台数：約800台)
- ・ATM(非同期転送モード)インターフェース固定搭載ルーター
(2004年度出荷台数：約9,500台)
- ・ダイヤルアップルーター
(2004年度出荷台数：約12,000台)
- ・無線付L2スイッチ
(2006年度出荷台数：約28,000台)

さらに、以下のものは、半数以上のポートがIEEE802.3規格でない、もしくは、供給電源が、組込み先装置に依存している等、特殊な用途に使用される機種に該当するため、適用範囲から除外する。

- ・HomePNAスイッチ(Home Phoneline Networking Alliance)
- ・DSLAMスイッチ(Digital Subscriber Line Access Multiplexer)
- ・アクセスポイント制御スイッチ
- ・PC等製品の拡張スロット等に組み込まれるもの

また、以下の機器はネットワーク上のデータの中継機能が主な機能とはいえないこと、測定・評価方法が確立していないこと、規格策定途中の揺籃期の製品に該当すること等から、本検討の対象外とするが、今後の出荷台数の推移等により対象とすることが適当と判断されることとなったときは、必要な検討を行うこととする。

- ・Set Top Box(テレビへの映像等配信機能などテレビの機能を拡張する装置を持つ製品の総称)

- ・ 802.11n 製品
- ・ P L C 製品

2 . 小型ルーター及び L 2 スイッチの範囲について

検討を行った小型ルーター及び L 2 スイッチは以下のとおり。

(1) 小型ルーター

ルーターとは、国際標準化機構 (I S O) により制定された O S I (Open System Interconnection) に基づいた通信機能を階層構造に分割したモデルのうち第 3 層 (ネットワーク層) を利用して、ネットワーク上のデータの中継を行うことを主な目的とする全ての製品とする。具体的には I P アドレスを参照し中継動作を行うもので、この中継動作とは I P アドレスヘッダ情報の T T L の減算動作を行い、異なるデータリンクへの中継を行うことを指す。

小型ルーターとは上記のルーターの定義に該当するものの中で、実効伝送速度が 2 0 0 Mbit/s 以下 (無線ルーターにおいては 1 0 0 Mbit/s 以下) のものとする。

対象とする小型ルーターの定義について

小型ルーターに定義されるものの中にはセキュリティ機能として有効な V P N 機能¹を有するものがある。また、3 ポート以上の V o I P 端末を有するものは、P B X (構内交換機 : Private Branch eXchange) として利用される装置であり、一般民需市場とは異なる複合機能端末であるが、これも小型ルーターに定義されるものの中に含まれるものがある。これら 2 つの機能を 1 つ以上持つものは、大型機と同時期に検討するのが合理的なので、対象とする小型ルーターの定義からは除外することとする。

以上を勘案し、対象とする小型ルーターの定義を下記のように定める。

実効伝送速度が 2 0 0 Mbit/s 以下 (無線ルーターにおいては 1 0 0 Mbit/s 以下) のものである小型ルーターの内、

- ・ V P N¹ 機能を持たず、
- ・ V o I P 機能がある場合は回線数が 2 つ以下のものを

対象とする小型ルーターと定義する。

¹ V P N 機能とは、Virtual Private Network(仮想専用線網)のことをさす。本機能は公衆回線をあたかも専用線のように使えるようにする機能であり、他の通信と混信しないようにトンネル技術を利用している。トンネル技術としては、IPSec、PPTP、L2TP、SSL-VPN などがある。

なお、その他の小型ルーター（上記の定義にあてはまらない小型ルーター）については、今後引き続き審議が行われる大型機と同時期に検討を行うものとする。

小型ルーターの実効伝送速度（スループット）の表示の定義について

ルーターの実効伝送速度(スループット)の表示方法については図1 - 1のように、市場毎に異なる場合が多く、統一されていない。そこで、省エネ基準を算出するための実効伝送速度の表示の定義を下記のように定めるものとする。

小型ルーターの実効伝送速度の表記方法は、

- ・無線以外の場合：ダウンロード側とアップロード側の伝送速度の和
- ・無線の場合：ダウンロード側の伝送速度

とする。

分類	小型ルーター (BB ルーター)	小型ルーター (アクセスルーター)	大型ルーター
表現	<ul style="list-style-type: none"> ・120Mbit/s(但し無線の場合は70Mbit/s) ・ダウンロードで70Mbit/s & アップロードで50Mbit/s 	<ul style="list-style-type: none"> ・120Mbit/s (出力最大能力の総和: 70 + 50Mbit/s) 	<ul style="list-style-type: none"> ・240Mbit/s (入出力の総和: 70+50+70+50Mbit/s)

図1 - 1. ルーターの入出力速度の図

(2) L2スイッチ

L2スイッチとは、国際標準化機構(ISO)により制定されたOSI(Open System Interconnection)に基づいた通信機能を階層構造に分割したモデルのうち第2層(データリンク層)を利用して、ネットワーク上のデータの中継を行うことを主な目的とし、通信ポートが3ポート以上保有するボックス型の製品とする。具体的にはMACアドレスを参照し中継動作を行うものである。なお、ボックス型とは、以下を指す。

装置本体に固定搭載された回路で第2層（データリンク層）を利用して、ネットワーク上のデータの中継を行うことが可能な筐体を有するL2スイッチ装置。ただし、光電気変換のための光モジュールが着脱可能なスロットだけを有している装置はボックス型とする。

対象とするL2スイッチの定義について

シャーシ型スイッチについては、L3スイッチにおいても同様に検討できることからL2スイッチの区分で議論をせず、L3スイッチと並行して議論を行う。そのため、検討するL2スイッチはボックス型に限ることとする。

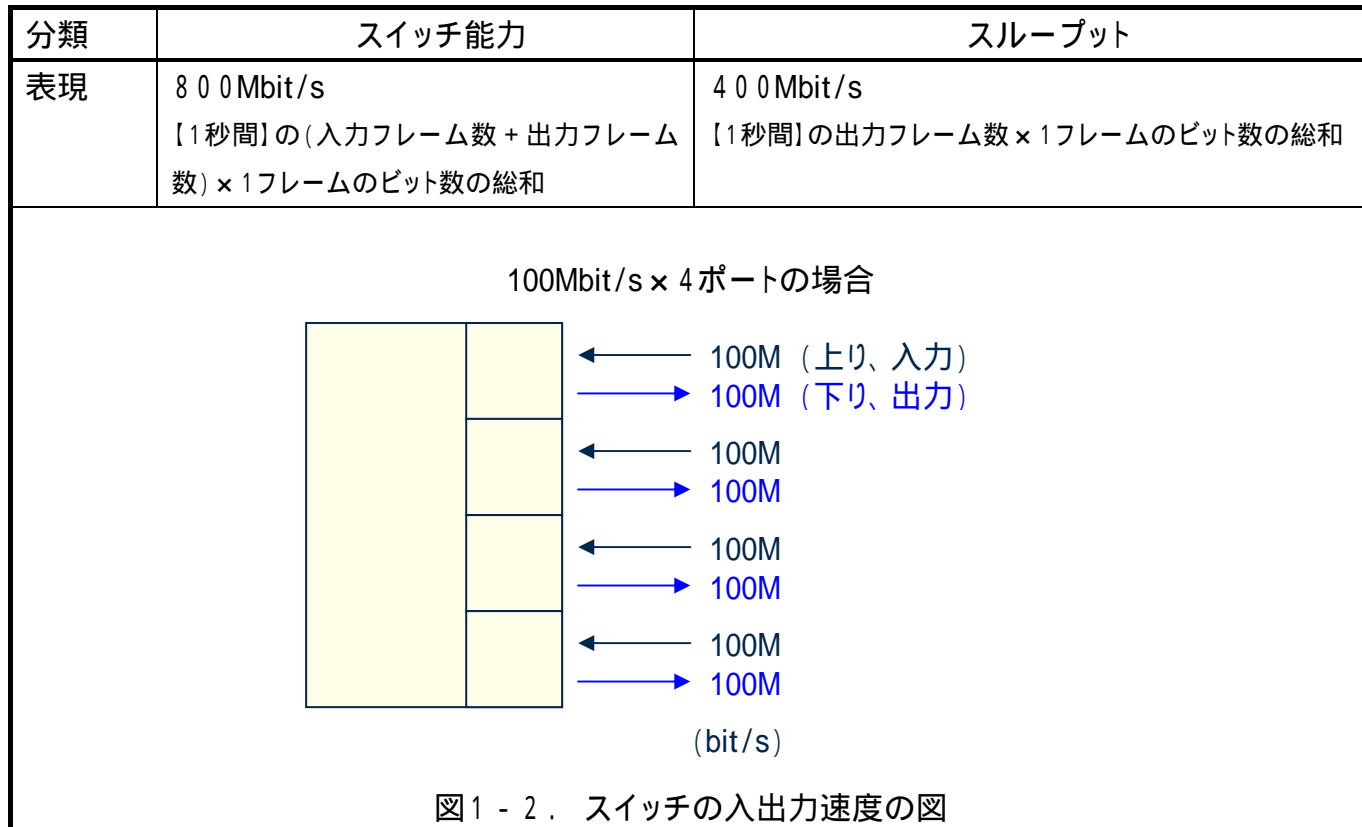
スイッチの実効伝送速度（スループット）の表示の定義について

スイッチの中継能力は、図1-2のスイッチ能力として、毎秒当りの入力フレームと出力フレームのビット数の総和を示すことが一般的であるが、実効伝送速度（スループット）としてはスループットの表示方法の方が測定者に誤解を招きにくく、小型ルータの表示方法とも統一が図れるので、省エネ基準を算出するための表示方法は以下のように定めるものとする。

L2スイッチの実効伝送速度の表記方法は、

- ・ 1秒間の出力フレーム数 × 1フレームのビット数の総和

とする。



小型ルーターの目標年度等

1. 小型ルーターの目標年度については、製品更新サイクルが短い為、2010年度(平成22年度)とする。
2. なお、目標年度におけるエネルギー消費効率の改善率は、現行(2006年度実績)の出荷台数及び区分ごとの構成に変化がないとの前提で、約16.3%になることが見込まれる。

< 試算の概要 >

1. 2006年度に出荷された小型ルーターの実績値から算出した
エネルギー消費効率 6.09W
2. 目標年度(2010年度)に出荷される小型ルーターの目標基準値から試算したエ
ネルギー消費効率 5.10W
3. エネルギー消費効率の改善率

$$\frac{(6.09 - 5.10) \times 100}{6.09} = 16.3\%$$

小型ルーターの目標設定のための区分及び目標基準値について

1. 目標設定のための区分について

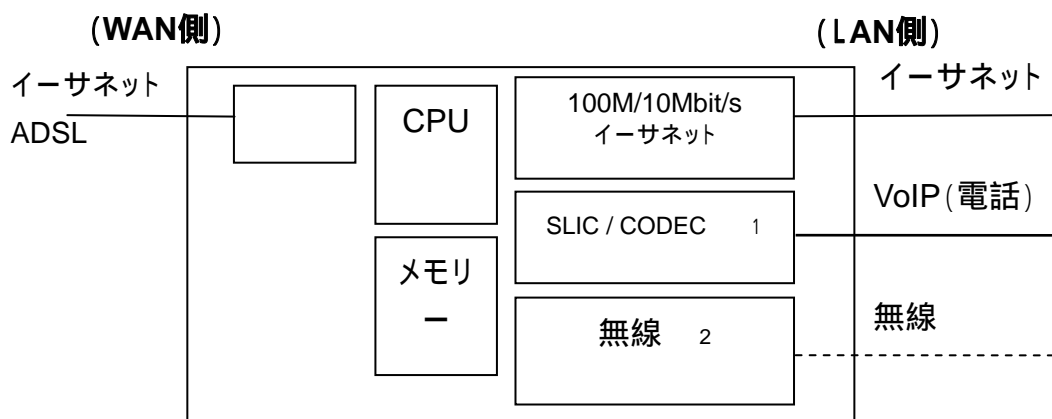
(1) 基本的な考え方

検討の対象となる小型ルーターにおいては、

- ・ WAN側 I/F(Interface) : イーサネット、ADSLの種別
- ・ LAN側 I/F(Interface) : イーサネット、VoIP(電話)、無線の種別

の2点が電力消費に大きく影響を与えることから、これらに基づいた区分設定を行うこととする。(図3 - 1 参照)

イーサネット：富士ゼロックス社の登録商標。LANの規格



- 1 VoIP付きルーターの場合
2 無線付きルーターの場合

SLIC : Subscriber Loop Interface Circuit

電話機を接続するためのインターフェース回路

CODEC: Coder Decoder

電話機からの音声信号をデジタル化し、WAN側に伝送したり、WAN側からのデジタル信号を音声信号に変換する。

図3 - 1 . 小型ルーターのアーキテクチャ

(2) 具体的な区分設定について

WAN側 I/F について

小型ルーターには2つの I/F 種類(イーサネットまたは ADSL)が存在する。

小型ルーターに使用されているイーサネットは、最大 100 メートルの伝送距離に限定されている。イーサネットは現在 10Mbit/s、100Mbit/s、1Gbit/sps 等が存在しているが、小型ルーターにおいては 10Mbit/s、100Mbit/s の I/F を指し、本文ではこれをイーサネットと総称する。

一方 ADSL は、通信事業者の局舎から設置場所(家庭など)までを接続する通信方式であり、長距離(最大で 6 ~ 7km 程度)にわたって数十 Mbps の伝送を行うことを目的としている。そのため、長距離伝送に適した変復調処理を高速 DSP(Digital Signal Processor)などにより実現している。この長距離伝送及び変復調処理の実装分が、前述のイーサネットに比較して多くの電力を必要とする。

以上により、消費電力の観点から WAN 側 I/F 毎にて区分を設けることとする。

LAN 側 I/F について

LAN 側は、大きく分けて 3 つの方式が存在し、幾つかの組み合わせで構成されている。

- ・イーサネット I/F

標準的なインターフェースであるイーサネットを具備するため、ADSL モデム、光終端装置(ONU: Optical Network Unit)等にも接続可能なルーターであり、汎用性が高い。また、下記の 2 方式に比べ少ない回路で構成することができる。ここでは有線ルーターと称する。

なお、小型ルーターにおいては WAN 側 I/F と同じくイーサネットは 10Mbit/s、100Mbit/s の I/F を指し、本文ではこれをイーサネットと総称する。

- ・VoIP(電話) I/F

有線ルーターに VoIP 機能を有し、電話機を接続することで、データのみならず、音声信号をも伝送するものである。音声信号を伝送するための SLIC と CODEC 機能(図 3 - 1 参照)が有線ルーターに追加されるため有線ルーターよりも消費電力が多く、区別する必要がある。ここでは VoIP ルーターと称する。なお電話交換機能は、有線ルーターの基本機能であるルーティング処理を行う CPU に包含されており有意な電力消費増加を伴わないと思われる。

- ・無線 I/F

有線ルーターに加えて無線でデータ伝送を行うルーターである。接続の容易さ及び廉価化から、近年普及の著しいルーターである。現時点での無線方式は、IEEE802.11a, b, g という方式が規格化されている。無線を伝送するための MAC(Media Access Control)及び RF(Radio Frequency)回路が追加されており、有線ルーターより電力消費が大きい。そのため、有線ルーターとは区別する必要があると考える。

上記を踏まえ、下表のとおり基本的な区分を設定することとする。

表3 - 1 . 小型ルーターの区分

LAN側I/F WAN側I/F	イーサネット	VoIP付	無線付
イーサネット	有線ルーター (区分A)	VoIPルーター (区分B)	無線ルーター (区分C)
ADSL	ADSLルーター (区分D)	VoIP付ADSLルーター (区分E)	無線付ADSLルーター (区分F)

2 . 目標基準値について

(1) 基本的な考え方

目標基準値の設定に当たっては、トップランナー方式の考え方に基づき、目標基準値を設定する。具体的な考え方は、以下のとおり。

目標基準値は、適切に定められた区分ごとに設定する。

将来の技術進歩による効率の改善が見込めるものについては、極力その改善を見込んだ目標基準値とする。

目標基準値は区分間で矛盾がないものとする。

(2) 将来の技術進歩によるエネルギー消費効率の改善余地

小型ルーターにおける将来の技術進歩によるエネルギー消費効率の改善余地は以下の理由により、現時点では目標基準値に加味しないことが適当と考えられる。

有線ルーターにおいては、WAN側ネットワークの実行伝送速度が今暫くの間変化が見込めず100Mbit/sで固定していること、新規機能の追加が見込めないこと(VoIPや無線といった機能は除く、一般的な通信機能としての機能追加)等の理由から、新たな技術革新による省電力化の推進は期待しがたい。

ADSLルーターにおいては、この分野は図3 - 2に示すように光アクセス(FTTH)への移行が進みつつあり、加入者数は純減状況(衰退分野)である。市場の衰退を背景に2006年以降は新たな開発は行われていないと推定されるので、技術的改善の余地を見込むのは難しい。

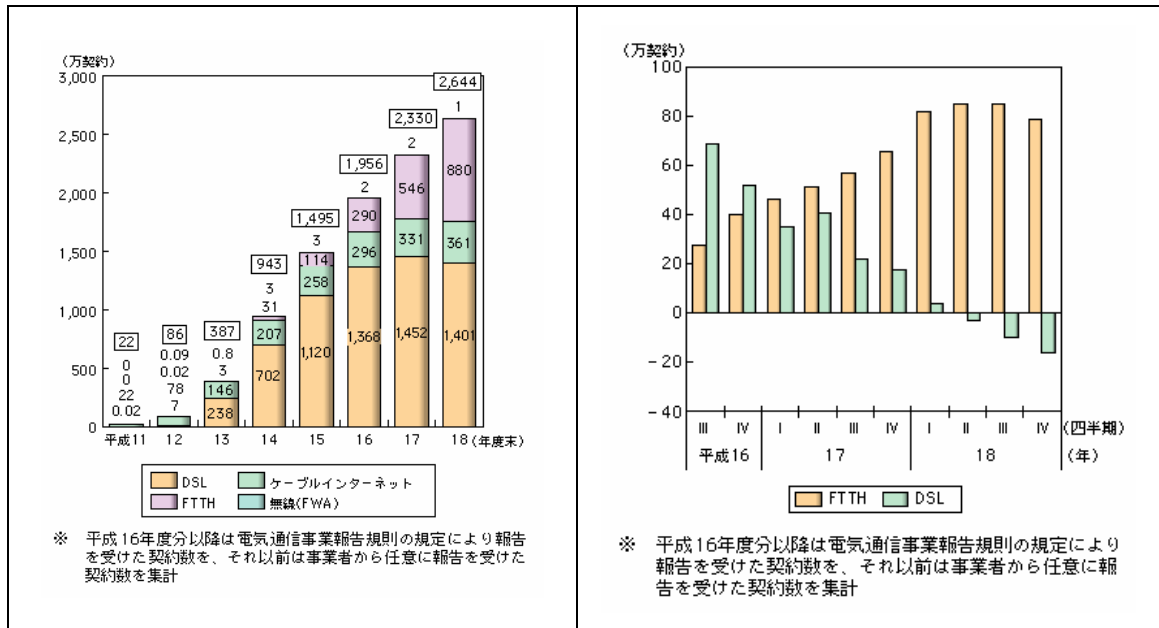


図3 - 2 . A D S L回線の契約者数推移 (平成19年版情報通信白書より)

(3) 具体的な目標基準値

有線ルーター：区分A

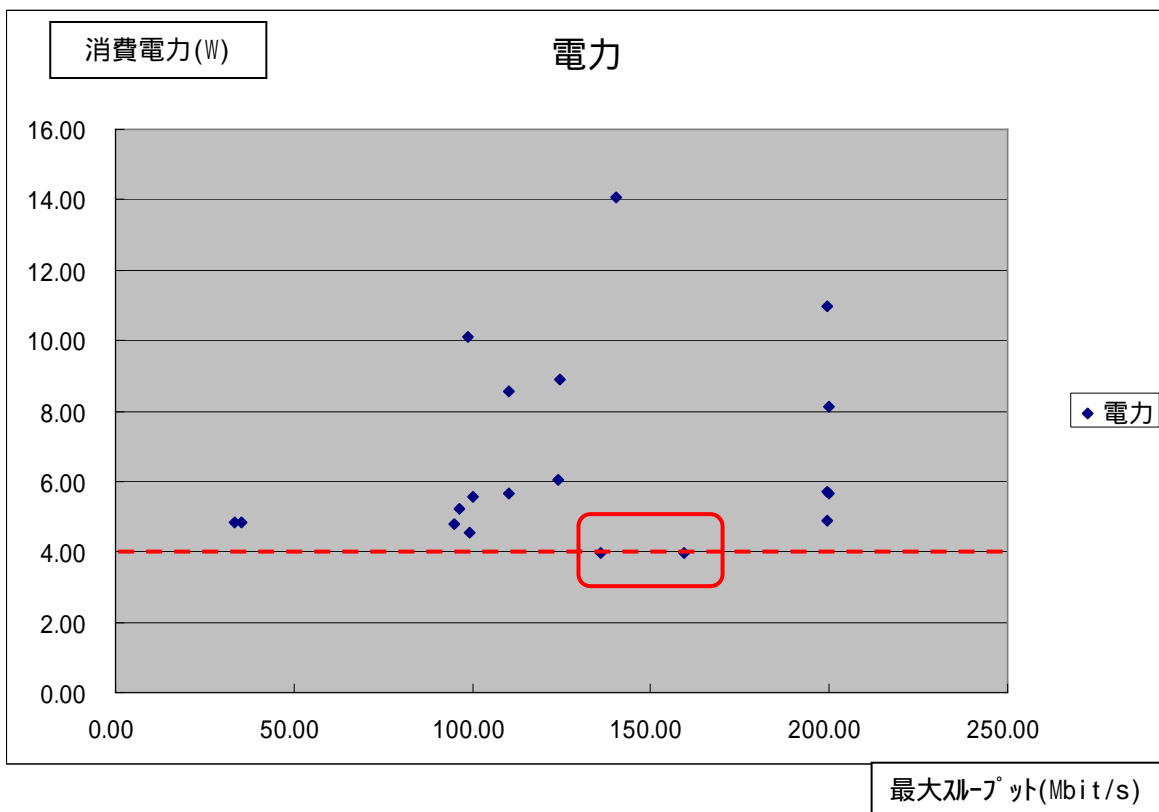


図3 - 3 . 有線ルーターの消費電力測定結果

有線ルーターの消費電力測定結果を図3 - 3に示す。消費電力値は、4 W程度から14 W程度まで広範囲に分布する結果となった。現時点において省エネ規制が存在しないこともあり徹底した消費電力低減を念頭においた設計が適用されていないことや、実装機能の多様性から多くの電力を消費するルーターが存在するものと考えられる。消費電力が4 W程度の2つの装置は、その仕様分析等から基本機能のみの有線ルーターと推定される。そこで4 Wをトップランナー（以下TR）値とする。

VoIPルーター：区分B

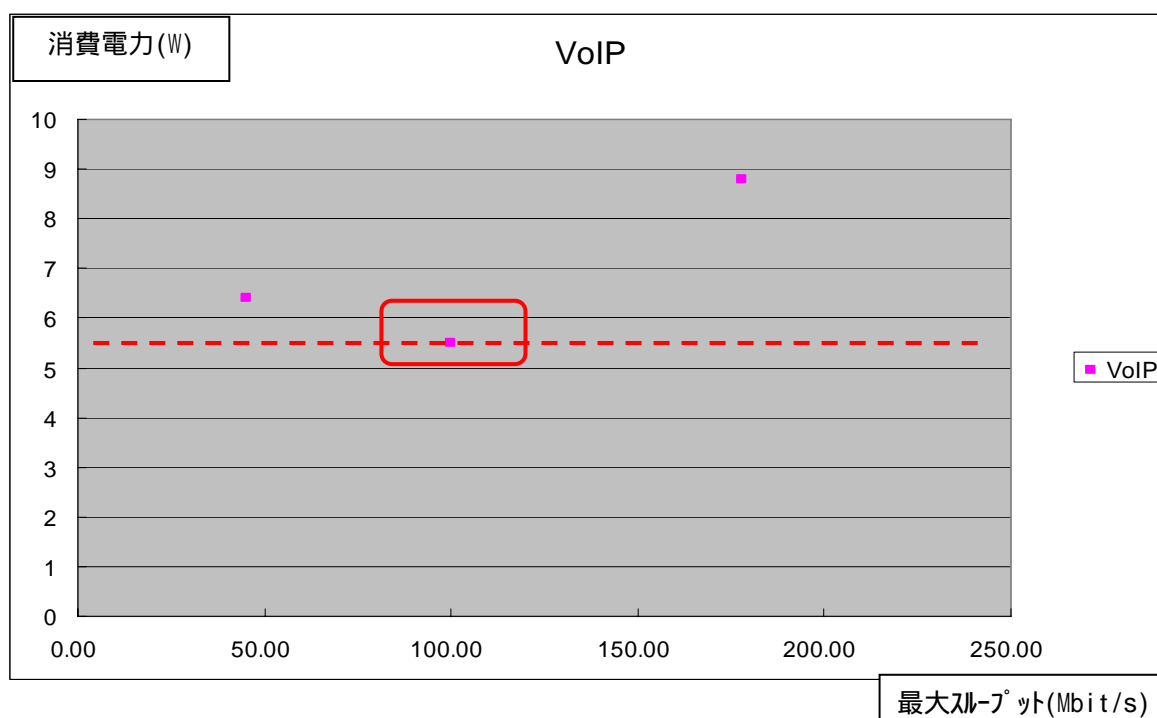


図3 - 4 . VoIPルーターの消費電力測定結果

VoIPルーターの消費電力測定結果を図3 - 4に示す。測定結果と仕様を照らし合わせて分析を行い、何点かのノイズと思われる測定値を除去した結果サンプル数は限られたが、5.5WをTR値と判断した。

無線ルーター：区分C

無線ルーターとは有線ルーター機能に加えてIEEE802.11ワーキンググループにて規定された無線をデータ転送に使用するルーターで、出力する電波の数によって、3つの製品群が存在する。

- ・ 1波送信：送信する電波が1つの種類しかないもの。具体的には、802.11b,gあるいは802.11aのいずれか一方しか使用できないもの。
- ・ 2波切り替え送信：送信可能な電波は2種類あるものの、どちらか一方しか同時に使用できないもの。
- ・ 2波同時送信：送信可能な電波が2種類あり、かつそれを同時に送信できるもの。

これらの製品群は、その仕様の違いにより、回路構成も異なる。代表的な回路要素の構成を図3 - 5に示す。

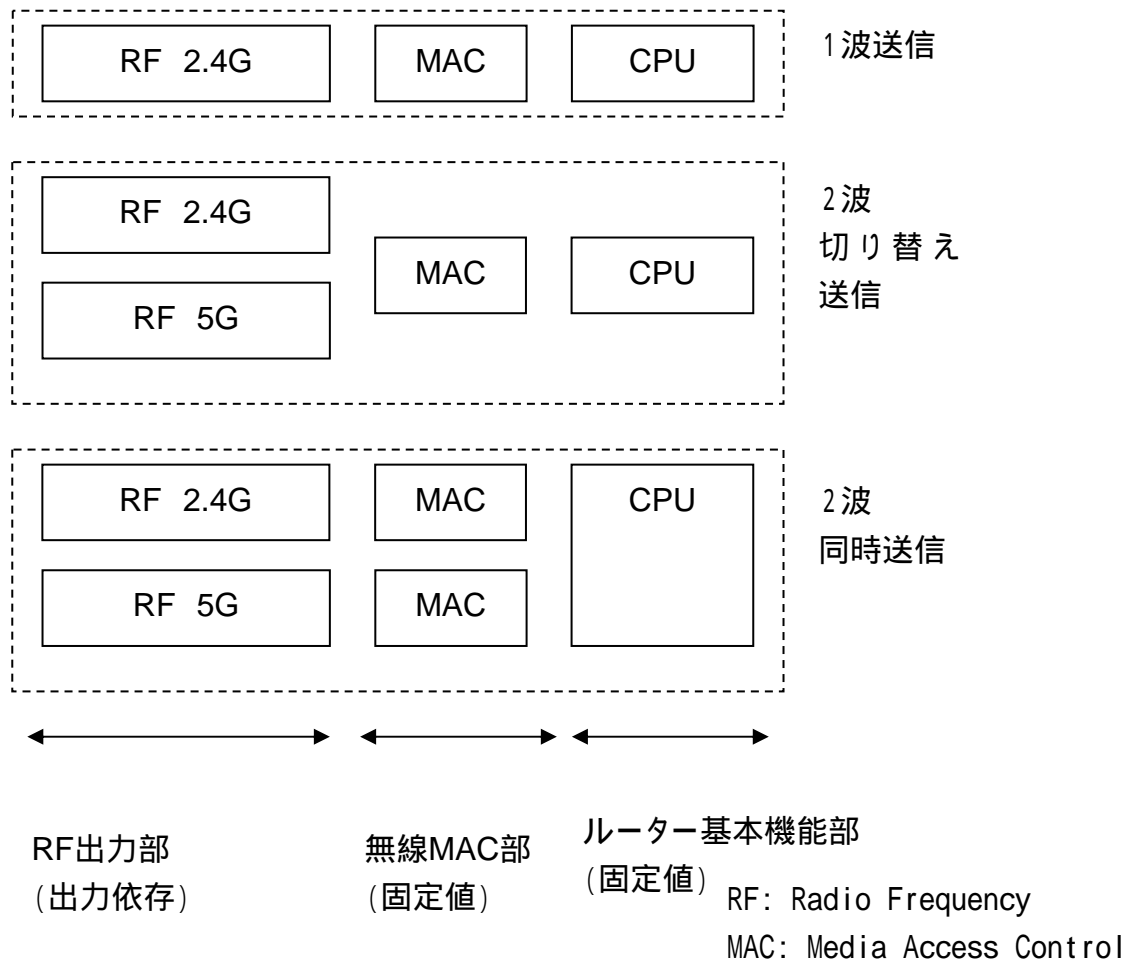


図3 - 5 . 無線ルーターの代表的回路要素構成

図3 - 5の回路構成から無線ルーターの消費電力Pは以下のように3つの回路要素構成の和で表現できる。

$$P(\text{消費電力}) = \text{RF部} + \text{無線MAC部} + \text{ルーター基本機能部}$$

a) RF部

無線を送出・受信し OSI(Open Systems Interconnection)参照モデルの物理層を実現する。その消費電力は、無線出力電力密度(mW/MHz)と使用する周波数帯(2.4GHz帯または5GHz帯)に依存する。

b) 無線 MAC 部

ルーター基本機能部と RF 部の間に位置し、OSI 参照モデルの MAC 層の機能を実現する部分。この部分は、無線出力電力密度及び使用する周波数には依存せず、固定値となる。

c) ルーター基本機能部

ルーターとしての基本機能であり有線 / 無線に共通な機能で OSI 参照モデルの LLC(Logical Link Control)層以上の機能を実現する。なお、1波送信時と、2波同時送信時では、2波同時送信時の方が、データ処理量が増え消費電力が大きいと想定される。

このことから無線ルーターの理論電力は以下のように表わせる。

・ 1 波送信

2.4GHz 帯を使用

$$P = (A2 \cdot X2) + B2 + C \quad (a)$$

5GHz 帯を使用

$$P = (A5 \cdot X5) + B5 + C \quad (b)$$

・ 2 波切り替え送信

2.4GHz 帯あるいは 5GHz 帯のいずれかが使用できるが、最大スループットを得る周波数を適用する。

2.4GHz 帯を使用

$$P = (A2 \cdot X2) + B2 + C \quad (a)$$

5GHz 帯を使用

$$P = (A5 \cdot X5) + B5 + C \quad (b)$$

・ 2 波同時送信

$$P = (A2 \cdot X2) + B2 + (A5 \cdot X5) + B5 + D \quad (c)$$

なお、上記の式の各項は以下の通り。

P :消費電力

X2:2.4GHz 帯無線出力 (mW/MHz)

X5:5GHz 帯無線出力 (mW/MHz)

- A2:2.4GHz 帯用 RF 出力係数 傾き
- B2:2.4GHz 帯用無線 MAC 消費電力 固定値
- A5:5GHz 帯用 RF 出力係数 傾き
- B5:5GHz 帯用無線 MAC 消費電力 固定値
- C :ルーター基本部消費電力 固定値
- D ::ルーター性能2波分消費電力 固定値

ここまで回路構成に着目して検討してきたが、次に、無線ルーターの測定結果(図3 - 6及び図3 - 7参照)を分析すると、データ数が若干少ないものの以下の特徴があることがわかる。

- イ) 消費電力が無線出力電力密度と正の相関がある。
- ロ) 無線出力電力密度に依存しない固定電力消費が存在する。
- ハ) 1波送信、2波切り替え送信、2波同時送信(図3 - 7参照)のグループに分かれる。

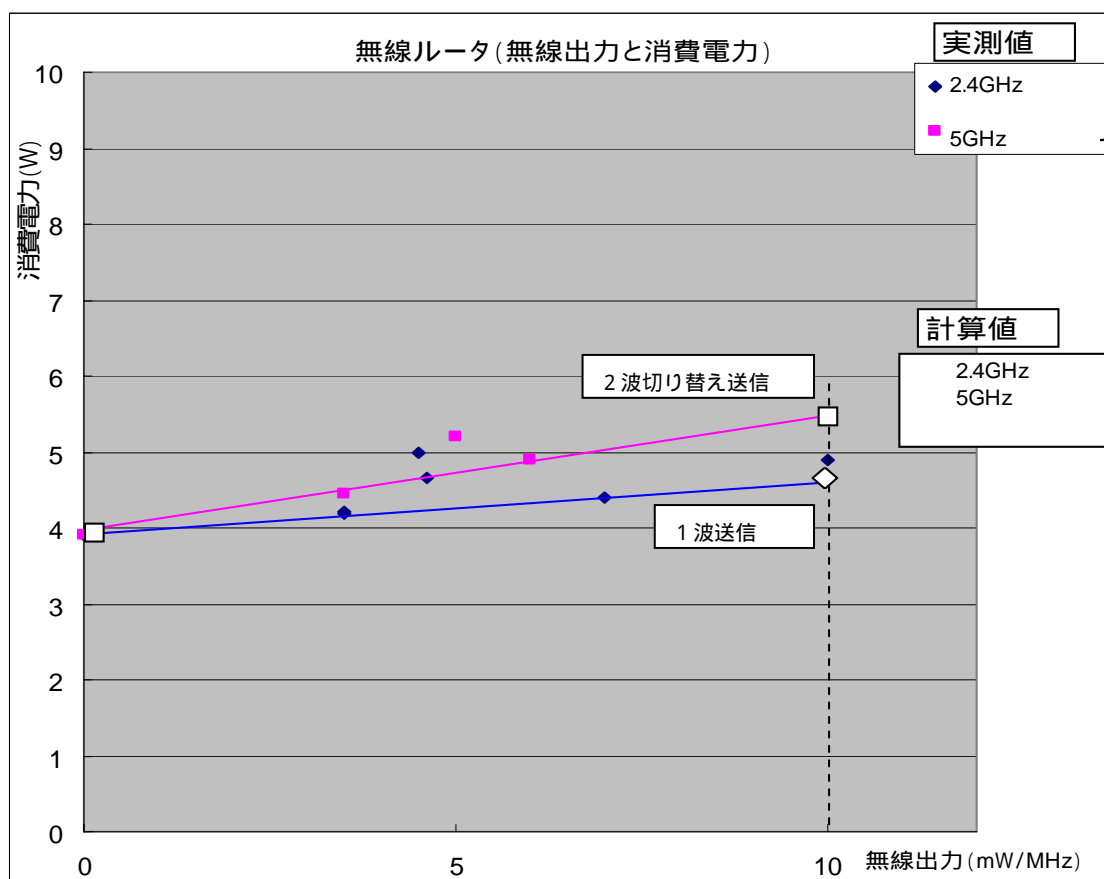


図3 - 6 . 無線出力電力密度による消費電力測定結果
(1波送信、2波切り替え送信)

1波送信、2波切り替え送信の無線ルーターの消費電力測定結果(図3 - 6参照)を、前述の理論電力の考え方に基づいて分析した結果、前述の(a)式及び(b)式の各係数と固定値について以下のように算出された。

$$A2=0.10, B2+C=3.9$$

$$A5=0.15, B5+C=3.9$$

2.4GHz 帯を使用

$$P = (0.10 \times X2) + 3.9$$

5GHz 帯を使用

$$P = (0.15 \times X5) + 3.9$$

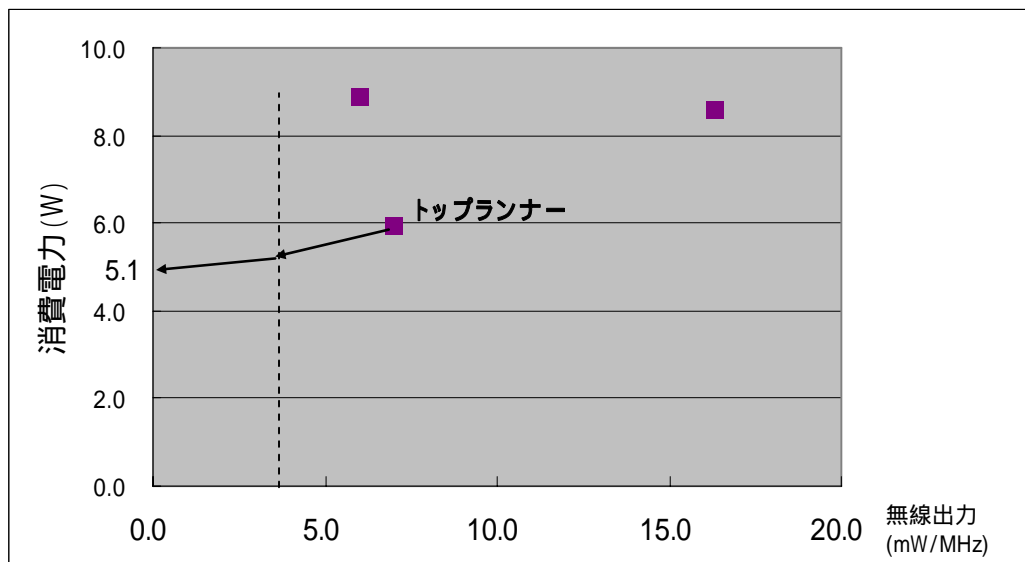


図3 - 7 . 無線出力電力密度による消費電力測定結果 (2波同時送信)

図3 - 7に示した2波同時送信時の消費電力測定結果のTR値は、6.0Wである。このTR値の装置の2.4GHz帯と5GHz帯の送信電力密度は、それぞれ3.5mW/MHzであることが装置仕様から判明している。前述の(c)式の(B2+B5+D)を左辺にPを右辺に各々移項しA2=0.10, A5=0.15, X2=3.5, X5=3.5及びP(TR)=6.0を代入し、5.1Wとした。

$$\begin{aligned} (B2+B5+D) &= P - (A2 \times X2) - (A5 \times X5) \\ &= 6.0 - (0.10 \times 3.5) - (0.15 \times 3.5) \\ &= 5.1 \text{ W} \end{aligned}$$

2波同時送信の場合

$$P = (0.10 \times X2) + (0.15 \times X5) + 5.1$$

ADSLルーター

ADSLルーターの消費電力測定結果(図3 - 8)を参照して分析した。その結果、VoIP無しADSLルーター(図3 - 8無線なしADSL参照)とVoIP付ADSLルーター(図3 - 8無線なしVoIP & ADSL付き参照)の消費電力値に有意差は認められないため、TR値を7.4Wとした。無線付ADSLルーターのTR値は8.8Wとなっている。なお製品(仕様)の分析を行い、前述のTR値の製品は特殊な製品でないと想定された。

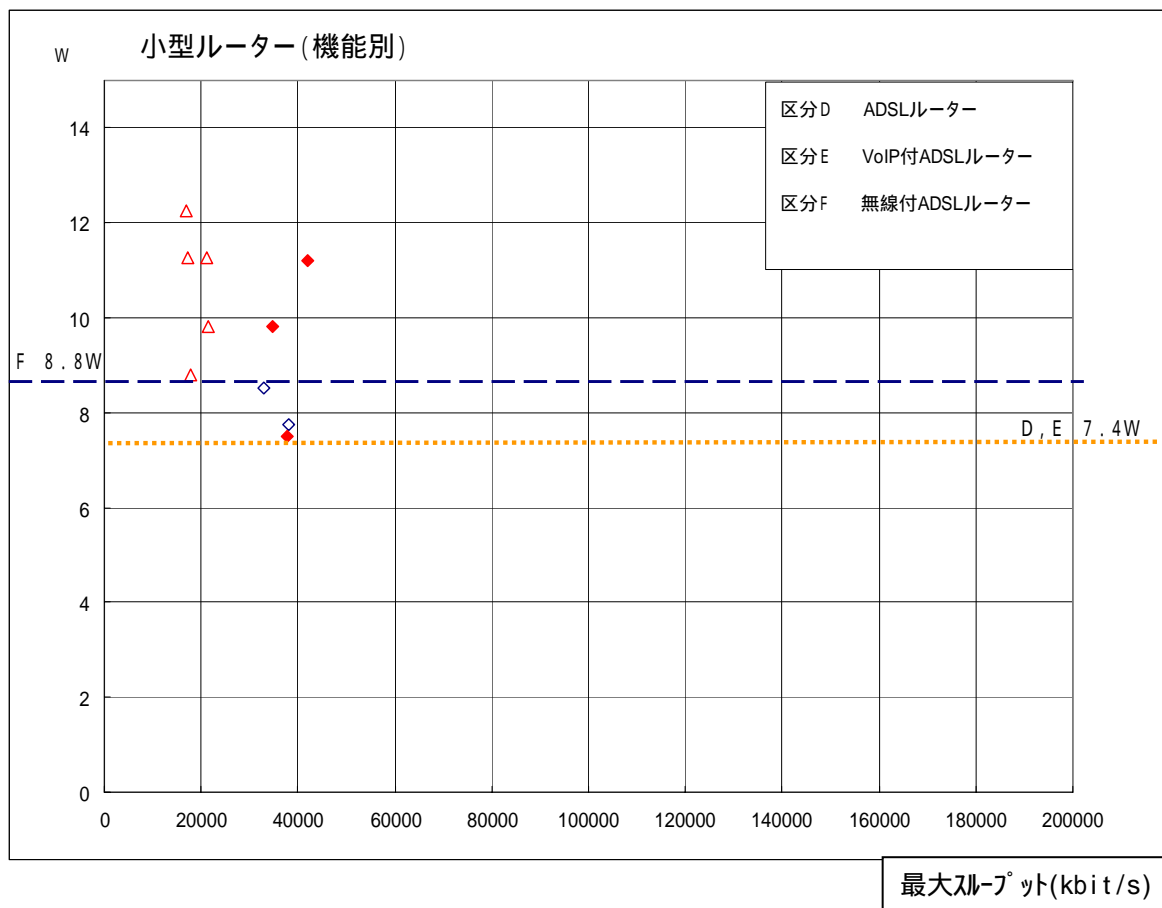


図3 - 8 . ADSLルーターの消費電力測定結果

以上の考察の結果から3.(2)項記載の背景を勘案して、それぞれの区分のトップランナー値を目標基準値として以下に示す。

表3 - 2 . 区分毎の目標基準値

LAN側I/F WAN側I/F	イーサ ネット	VoIP付	無線付
イーサネット	4.0W	5.5W	1 波送信または2 波切り替え送信の場合 [2.4GHz 帯を使用] $P = (0.10 * X2) + 3.9$ [5GHz 帯を使用] $P = (0.15 * X5) + 3.9$ 2 波同時送信の場合 $P = (0.10 * X2) + (0.15 * X5) + 5.1$ X2: 2.4GHz 帯無線出力電力密度 (mW/MHz) X5: 5GHz 帯無線出力電力密度 (mW/MHz)
ADSL	7.4W	7.4W	8.8W

上述のとおり、小型ルーターの目標基準値は伝送能力の上限を 200Mbit/s とすることにより固定値で表わすことが可能となった。なお、無線付ルーターについては、無線出力電力密度と、消費電力の正の相関が認められたため無線出力電力密度を変数とする一次式で表わすこととした。

小型ルーター及びL2スイッチエネルギー消費効率及びその測定方法

1. 基本的な考え方

ルーター・スイッチにおいては、単に消費されるエネルギーの絶対量を減らすのではなく、ルーター・スイッチの基本的性能指標である中継性能（スループット）との対比における機器の省エネルギーを図るという考え方に基づいている。

なお、ルーター・スイッチのエネルギー消費効率及び測定方法については、情報通信ネットワーク産業協会に設けた「ルーター・スイッチ技術委員会」（委員長：三村委員）の検討結果に基づいている。

具体的には、下記のとおりである。

2. 具体的なエネルギー消費効率及びその測定方法

(1) 小型ルーターのエネルギー消費効率及びその測定方法

エネルギー消費効率は次に掲げる方法で測定した消費電力（W）とする。

一般にカタログデータ等に基づいて検討を行った場合、消費電力と最大スループットとの間に有意な相関がある（図4-1参照）と考えられるが、小型ルーターにおいてはその相関が顕著に見られないことから、その消費電力（W）をエネルギー消費効率とする。また、測定パケット長により消費電力が異なることが予測されたため、代表的な5点にて測定を行ったが、表4-1の通り消費電力に違いが見られなかったため、測定点を1つとすることとした。

エネルギー消費効率は次式の通りとする。

$$E = P_{1500}$$

E : エネルギー消費効率（単位 W）

P₁₅₀₀ : 測定パケット長が1500バイト時の消費電力

なお、PPPoE専用機のように1500バイトでの測定が困難なものは、最大パケット長となるデータで測定してよい。

ア) 測定構成

測定パケット長が1500バイト時に最大スループットが得られる構成（以下、ルーター最大構成という。）とする。

最大スループットは以下の式で定義されるものとし、下記構成で測定したものとす。なお、最大アップロード側出力パケット数と最大ダウンロード側出力パケット数は同時に測定することとする。また、消費電力は最大スループットを測定する際にあわせて測定する²。ただし、無線LANインターフェース付きブロードバンドルーターにおいては、無線送信方向（ダウンロード側：WAN側から無線LAN側に通信されるパケット）のみの測定とし、その際に消費電力を測定する。

$$T_x = (R_{x1} + R_{x2}) \times (X + Y) \times 8$$

T_x ：最大スループット（単位 bit/s）

R_{x1} ：被測定装置が1秒あたりに転送処理する最大アップロード側出力パケット数

R_{x2} ：被測定装置が1秒あたりに転送処理する最大ダウンロード側出力パケット数

X ：パケット長（単位 バイト）

Y ：オーバーヘッド³（制御情報）分のパケット長（単位 バイト）

ルーター最大構成の範囲でルーターの基本性能・機能を損なうことなく着脱できる部品または停止可能な機能については、取り外しまたは停止して測定することとする。

ポートのカスケード接続形態による測定も可とする。その場合の最大スループットはカスケード接続をしたポート数を考慮して算出する。

被測定装置が受信したパケットをルーティングする設定とする。なお、特定

² 最大負荷時の消費電力を下げるためには、機器全体として消費電力の削減を図る必要があり、これによって実使用に近い部分においても消費電力が下がることが見込まれる。

³ 被測定装置の回線インターフェースがEthernetの場合、オーバーヘッドは38バイト（Interframe Gap：12バイト、Preamble：8バイト、Ethernetヘッダ：14バイト、Frame Check Sequence：4バイト）となる。

のポート間のルーティングができないルーター（非対称構成ルーター⁴）においては、レイヤ2もしくはレイヤ1中継のパケット転送はルーティングしているとは言えないため、スループットの測定に含まない。

ルーター最大構成での測定に使用しないポートはリンクダウン可とする。

無線LANインターフェース付きの有線ブロードバンドルーターにおいては、以下の構成で測定することとする。

- a) 無線送信方向（ダウンロード側：WAN側から無線LAN側に通信されるパケット）のみを測定する構成とする。
- b) 同時動作可能な無線LANインターフェースが複数ある場合は同時動作する構成とする。
- c) データの圧縮機能、出力電力等の調整機能を停止した構成とする。
- d) リンク速度は被測定装置の最大リンクスピードとする。

イ) 測定パケット

ユニキャスト通信用のIPパケットを用いる。

測定パケット長（レイヤ3のPDU（Protocol Data Unit）長）は1500バイトとする。

各レイヤのヘッダはIEEE802.3、IETF等の規格に準拠することとする。

ヘッダ部のデータパターンは任意とする。なお、測定パケットのデータパターンは、全て0とする。

電力測定の際に被測定装置に対して送信するパケットのビットレート（bit/s）及び総数は、最大性能を得られるのに必要最小限なビットレート及び総数でも可とする。

ウ) 測定条件

周囲温度は16～32℃とする。ただし、無線LAN付きブロードバンドルーターにおいては、0～40℃の温度範囲でもかまわない。

電源電圧は、AC電源の場合は定格入力電圧（100Vまたは200V）±10%の範囲とする。DC電源の場合はDC-57V～DC-40.5Vの範囲とする。

AC電源の周波数は、定格周波数とする。

最大スループット、消費電力を測定する際には、定常状態で測定する。

AC電源を採用している製品では、コンセントプラグの端子における消費電力を測定すること。

AC電源の場合、有効電力を消費電力とすること。

⁴ 図4-3参照

無線付ルーターの測定機器にはパケットジェネレータを用いて測定すること。

表 4 - 1 . ルーターの各パケット時の消費電力測定結果

無線の有無	製品	伝送速度	リンクアップ時 電力(W)	各パケット時の消費電力(W)					計算電力 (W)
				46 バイト	238 バイト	494 バイト	1006 バイト	1500 バイト	
有線	A	35.4 Mbit/s	8.40	8.53	8.51	8.50	8.50	8.53	8.52
	B	38.7 Mbit/s	7.70	7.75	7.75	7.75	7.75	7.75	7.75
	C	108 Mbit/s	5.40	5.32	5.33	5.34	5.37	5.32	5.33
	D	1.75 Gbit/s	58.6	61.7	60.8	60.6	60.4	60.2	60.4
	E	95.6 Gbit/s	370	482	427	409	401	398	403
	F	382 Gbit/s	1328	1757	1539	1476	1445	1436	1456
無線	G	17.9 Mbit/s	11.7	12.2	12.1	11.8	12.6	12.2	12.2
	H	20.4 Mbit/s	3.96	3.95	4.09	4.05	4.22	4.21	4.18
	I	21.2 Mbit/s	6.68	7.25	7.34	7.20	7.27	7.39	7.34

(2) L2スイッチのエネルギー消費効率及びその測定方法

エネルギー消費効率は次に掲げる方法で測定した消費電力(W)を、最大スループット(bit/s)で除した値とし、測定するデータのまとまり(フレーム)の長さ(フレーム長)1518バイトの1点で、実際のデータ通信で測定したものとする。

カタログデータ等に基づいた検討及び実測値に基づいた検討を行った結果、消費電力と最大スループットとの間に有意な相関がある(図4-2参照)と考えられるので、「W/(bit/s)」をエネルギー消費効率として用いることとした。

また、表4-2の通り消費電力が各フレーム長にほとんど依存をせず、ほぼ一定であることが判明したため、測定点を1点とすることにした。

エネルギー消費効率は次式により算出した値とする。

$$E = P_{1518} / T_{1518}$$

この式において、E、 P_{1518} 、 T_{1518} は、それぞれ次の数値を表すものとする。

E : エネルギー消費効率(単位 W/(bit/s))

P_{1518} : 測定フレーム長が1518バイト時の消費電力

T_{1518} : 測定フレーム長が1518バイト時の最大スループット

最大スループットは以下の式で定義されるものとし、下記構成で測定するものとする。なお、最大スループットは全てのポートの出力フレームの総和を測定することとし、それらは同時に測定することとする。また、消費電力は最大スループットを測定する際にあわせて測定する。

$$T_x = R_x \times (X + Y) \times 8$$

T_x : 最大スループット(単位 bit/s)

R_x : 被測定装置が1秒あたりに出力するフレーム数の総和

X : フレーム長(単位 バイト)

Y : オーバーヘッド⁵分のフレーム長(単位 バイト)

ア) 測定構成

⁵ 被測定装置の回線インターフェースがEthernetの場合、オーバーヘッドは20バイト(Interframe Gap: 12バイト、Preamble: 8バイト)となる。

測定フレーム長が1518バイト時に最大スループットが得られる構成（以下、スイッチ最大構成という。）とする。

スイッチ最大構成の範囲でスイッチの基本性能・機能を損なうことなく着脱できる部品及び停止可能な機能については、取り外しまたは停止して測定することとする。

ポートのカスケード接続形態による測定も可とする。その場合の最大スループットは、カスケード接続をしたポート数を考慮して算出する。

被測定装置が受信したフレームをスイッチングする設定とする。

スイッチ最大構成での測定に使用しないポートはリンクダウン可とする。

イ) 測定フレーム

ユニキャスト通信用のフレームを用いる。

測定フレーム長（レイヤ2のPDU（Protocol Data Unit）長）は1518バイトとする。

各レイヤのヘッダはIEEE802.3、IETF等の規格に準拠することとする。

ヘッダ部のデータパターンは任意とする。なお、測定フレームのデータパターンは、すべて0とする。

電力測定の際に被測定装置に対して送信するフレームのビットレート（bit/s）及び総数は、最大性能を得られるのに必要最小限なビットレート及び総数でも可とする。

ウ) 測定条件

周囲温度は16 ~ 32 とする。

電源電圧は、AC電源の場合は定格入力電圧（100Vまたは200V）±10%の範囲とする。DC電源の場合はDC-57V ~ DC-40.5Vの範囲とする。

AC電源の周波数は、定格周波数とする。

最大スループット、消費電力を測定する際には、定常状態で測定する。

AC電源を採用している製品では、コンセントプラグの端子における消費電力を測定すること。

AC電源の場合、有効電力を消費電力とすること。

表 4 - 2 . L2 スイッチの各フレーム長時の消費電力測定結果 (例)

製品	スイッチ能力 (Gbit/s)	リンクアップ時電力(W)	各フレーム長時の消費電力 (W)					計算電力 (W)
			64 バイト	256 バイト	512 バイト	1024 バイト	1518 バイト	
A	0.5	3.2	3.2	3.2	3.0	3.2	3.2	3.2
B	1.6	6.0	6.2	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2
C	6.4	112.0	114.0	113.0	112.0	113.0	112.0	112.3
D	0.9	16.3	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4
E	0.8	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
F	48.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
G	8.8	33.7	34.7	34.7	34.7	33.7	33.7	33.8
H	1.8	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0

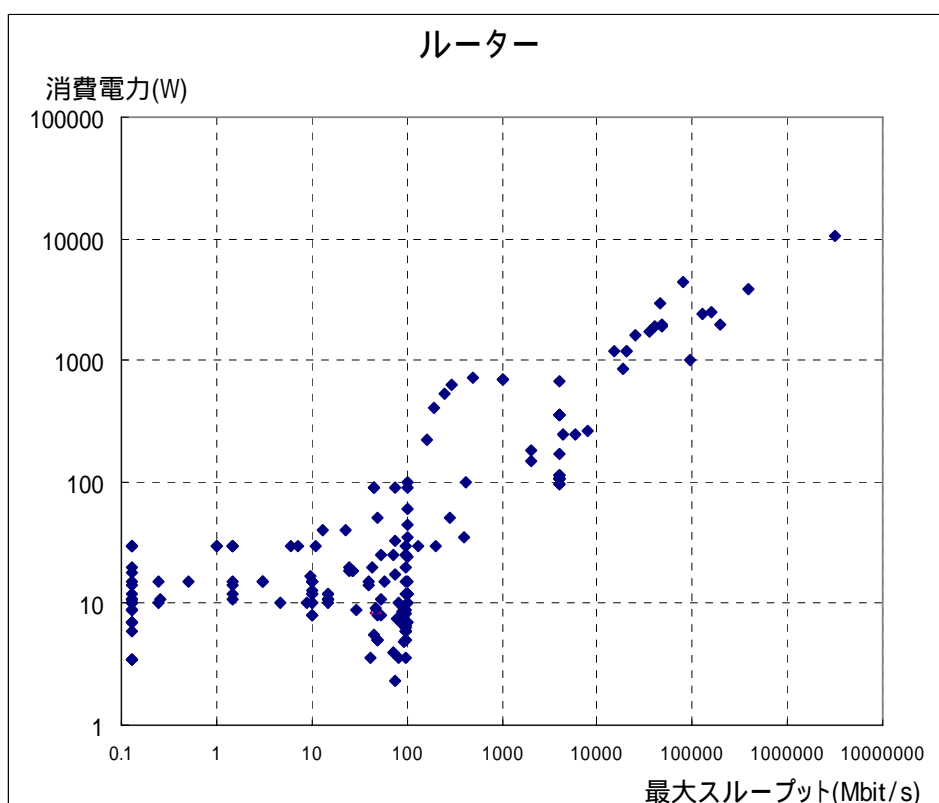


図 4 - 1 . 消費電力と最大スループットの相関 (ルーター)

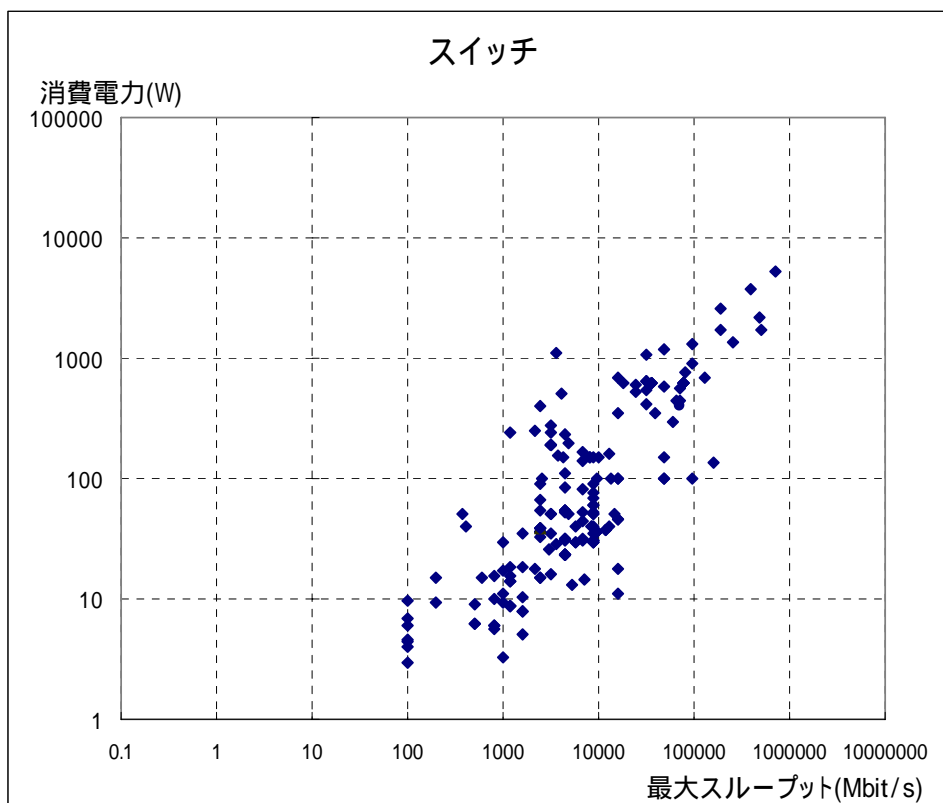


図 4 - 2 . 消費電力と最大スループットの相関 (スイッチ)

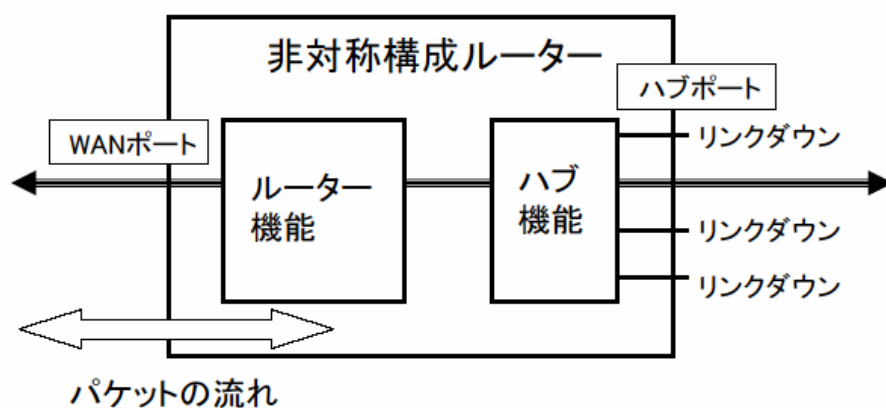


図 4 - 3 . 非対称構成ルーター

非対称構成ルーター：

特定のポート間のルーティングができないルーター。ルーターの最大性能は WANポートとハブポートの1ポートで実現する。

L 2 スイッチの目標年度等

1. L 2 スイッチの電力消費では、L 2 スイッチ用専用 LSI (ASIC: Application Specific IC) やメモリーでの消費量が支配的であり、目標達成には L 2 スイッチ用 ASIC 等の新規開発が必要となる。ASIC 開発を含めた L 2 スイッチ開発期間は企画段階から製品出荷まで、最低でも 2 ~ 3 年が必要であること。また、利用者においても製品の置き換え / 切り替えには、少なくとも 3 年程度の期間が必要であることにより、L 2 スイッチの目標年度は 2011 年度 (平成 23 年度) とする。
2. なお、目標年度におけるエネルギー消費効率の改善率は、現行 (2006 年度実績) の出荷台数及び区分ごとの構成に変化がないとの前提で、約 37.7% になることが見込まれる。

< 試算の概要 >

- (1). 2006 年度に出荷された L 2 スイッチの実績値から算出した
エネルギー消費効率 6.36 W / Gbit/s
- (2). 目標年度 (2011 年度) に出荷される L 2 スイッチの目標基準値から試算した
エネルギー消費効率 3.96 W / Gbit/s
- (3). エネルギー消費効率の改善率

$$\frac{(6.36 - 3.96) \times 100}{6.36} = 37.7\%$$

L2スイッチの目標設定のための区分目標基準値について

1. 目標設定のための区分について

(1) 基本的な考え方

L2 スwitchの消費電力に影響を与える主な要因は、通信回線の種類(具体的には回線速度 10Gbit/s、1Gbit/s、100Mbit/s)と、その通信回線を具備する数(ポート数と呼ぶ)である(図6 - 1 参照)。付加的な電子回路(CPU 等)を用いて実現する管理機能、IP アドレス(フィルタリング等)の処理の有無、及び近年普及が始まった PoE(Power over Ethernet)機能の有無も、L2 スwitchの消費電力に大きく影響を与える(図6 - 2、図6 - 5 参照)。そこで、これらに基づいた区分設定を行うこととする。

イーサネット：富士ゼロックス社の登録商標。LAN の規格

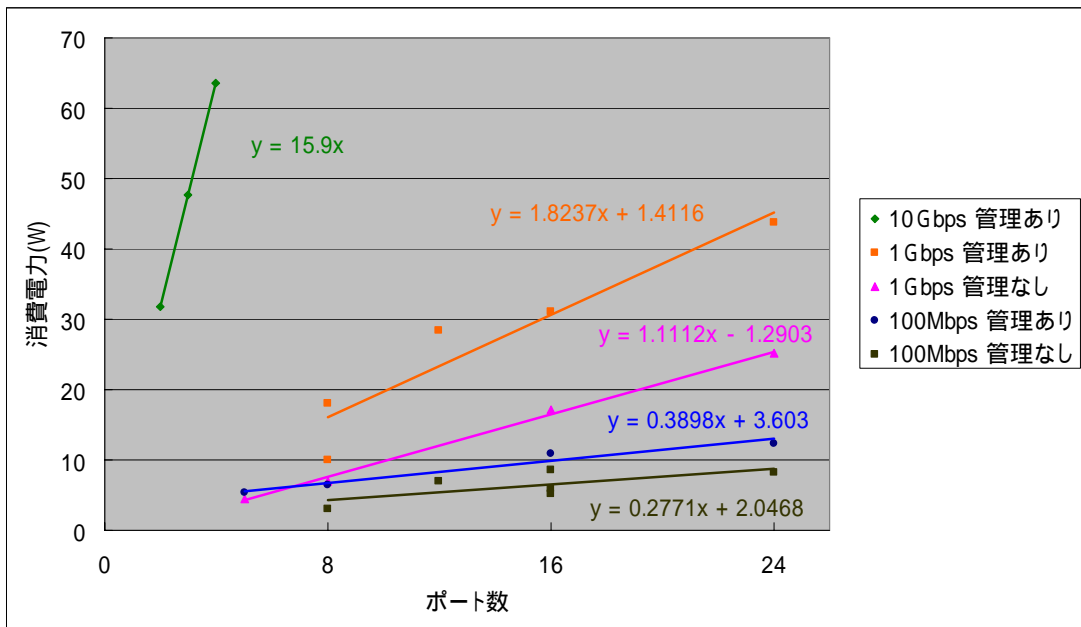


図6 - 1 . 通信回線速度および管理機能有無の比較

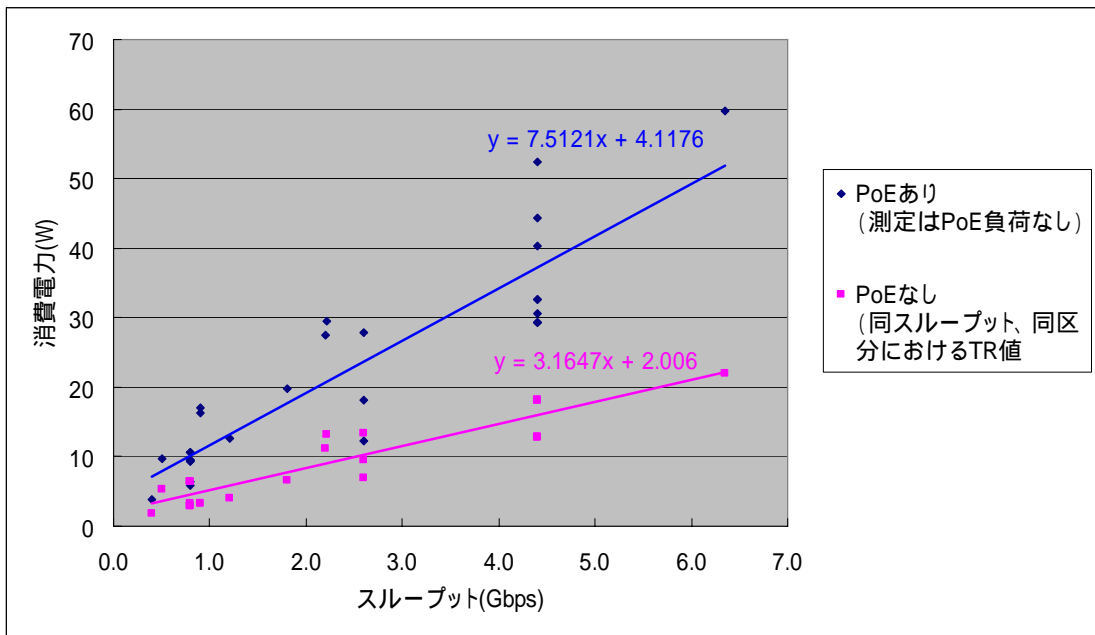


図6 - 2 . PoE 機能有無の比較

(2) 具体的な区分設定について

回線速度とポート数について

L2 スイッチには、ネットワーク内部での使われ方や接続端末数、通信帯域に応じて、回線速度とポート数の多種多様な組み合わせが存在する(図6 - 3、図6 - 4参照)。また同じスループットであっても、回線速度とポート数の組み合わせが異なる装置が存在している。例えば 44Gbit/s であっても、2 ポートの 10Gbit/s 回線と 24 ポートの 1Gbit/s 回線を組み合わせた装置や、1Gbit/s 回線のみを 44 ポート装備した装置がある。また、スループットの範囲も広範(数十 Mbit/s ~ 数十 Gbit/s)であることや、ポート数も3ポートから48ポート以上のものまであり、全ての組み合わせを異なる区分として扱うことは、区分が煩雑になることや、区分内で対象となる装置が少なくなることなどから、現実的ではないと考える。そこで、これらの異なる回線速度ポートが混在する装置の取り扱いは、区分分けの考え方ではなく、通信回線速度とポート数を変数に用いた関係式により、消費電力の基準値を定めることとする。



図6 - 3 . L2 スイッチの例 (1G × 48 ポート + 10G × 2)



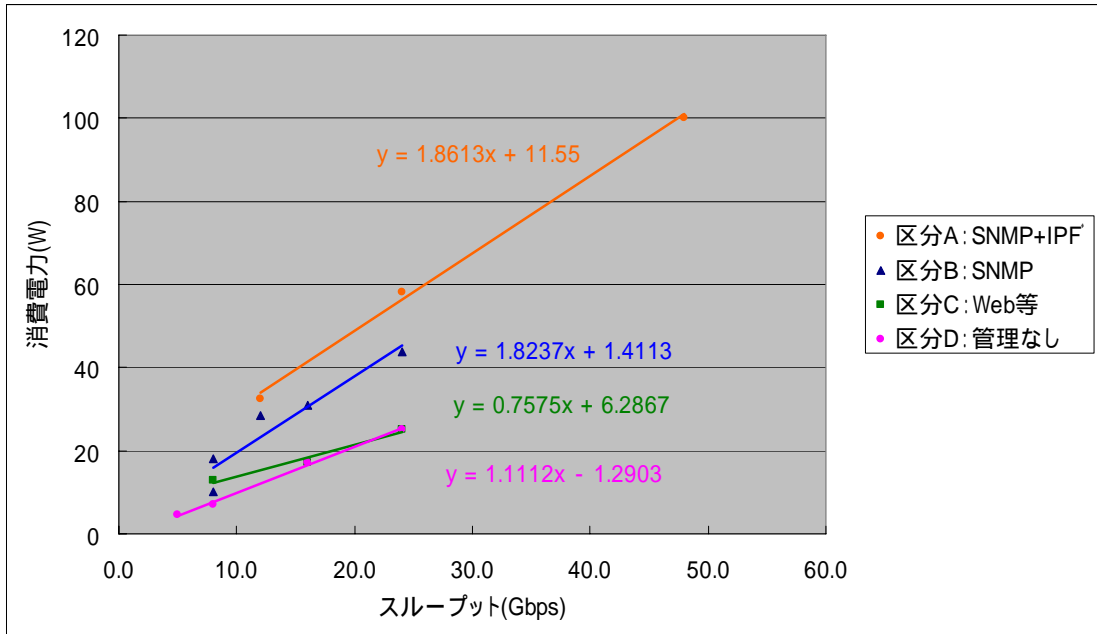
図6 - 4 . L2 スイッチの例 (1G × 24 ポート)

管理機能について

L2 スイッチにおいて、管理機能の有無 (SNMP (Simple Network Management Protocol) 機能、Web 管理機能等) に関しては、物理量を用いた関係式で表すことが困難であるので、別区分とするのが適当である。図6 - 5 に示すように、管理機能の有無と管理機能の種類の違いによって消費電力特性が異なることが実測されている。本図では管理機能の違いによる電力特性をより明確に示すため、回線速度が 1Gbit/s の単一速度での比較を示しているが、より高度な管理機能である SNMP 対応の装置の消費電力が多く、比較的簡略化された Web 対応では消費電力が少ないこと、また管理機能をもたないものではさらに消費電力が少ないことが分かる。

IP フィルタリング機能について

L2 スイッチにおいて、IP アドレス処理機能に関しても、物理量を用いた関係式で表すことが困難であるので、別区分とするのが適当である。IP アドレス処理機能に IP フィルタリング機能が存在する。同機能は、セキュリティの強化や、柔軟なネットワーク設計を目的として、送信元/宛先 IP アドレス、プロトコル、ポートなどを参照して通信パケットを IP レベルでフィルタリングする機能であり、最近の高機能 L2 スイッチに装備されている。図6 - 5 に示すように、IP フィルター機能の有無 (区分 A と区分 B 参照) によって明らかに消費電力が異なることが分かる。



IPF: IP フィルタリング

図6 - 5 . 1Gbit/s・PoE なし区分比較 (管理機能)

PoE について

L2 スイッチでは、同じポート数の装置であっても PoE 機能の実装有無により消費電力が異なる。すなわち、PoE 対応装置では、ポートからの給電のため大容量の電源を具備することになり、ポートに供給する電力、また電源が固定的に消費する電力が存在する。検討の結果、PoE の最大供給電力 (定格) を変数として関係式にて表現することが可能であるため (詳細は付録参照)、別区分とはせず、関係式として PoE 対応装置の目標基準値を定める。

以上のことから、L2 スイッチの区分としては管理機能の有無による分類を行い、さらに管理機能のあるものについては、SNMP 方式のもの、Web 管理機能等のあるものとする。なお、SNMP 機能を具備する装置では IP フィルタリング機能の有無を勘案し、下表の通り基本的な区分は表6 - 1の通り、4区分とする。

表6 - 1 . L2スイッチの区分

管理機能の有無		IP アドレス 処理の有無	区分名
管理機能の あるもの	SNMP 機能を持つもの	IPフィルタリング機能を 持つもの	A
		IPフィルタリング機能を 持たないもの	B
	Web 管理等を持つもの		C
管理機能の ないもの			D

IPフィルタリング機能とは、IPアドレスを参照して特定のIPアドレスのフレームの転送をブロックする機能

2. 目標基準値について

(1) 基本的な考え方

目標基準値の設定に当たっては、トップランナー方式の考え方に基づき、目標基準値を設定する。具体的な考え方は、以下のとおり。

目標基準値は、適切に定められた区分ごとに設定する。

将来の技術進歩による効率の改善が見込めるものについては、極力その改善を見込んだ目標基準値とする。

目標基準値は区分間で矛盾がないものとする。

(2) 将来の技術進歩によるエネルギー消費効率の改善余地

L2 スイッチにおける将来の技術進歩によるエネルギー消費効率の改善余地は、以下の理由により、現時点では目標基準値に加味しないことが適当と考えられる。

目標基準値は以下(3)に説明する関係式で定める。関係式の導出では、線形近似のため、エネルギー効率の優れたポート数をもつ2つの製品の値(トップランナー値)を代表値として係数を定めている。そのため代表値以外のポート数の異なる製品では、(その製品群の中の)現状のトップランナー値よりさらに高いエネルギー消費効率基準値となっている。

特に 100Mbit/s ~ 1Gbit/s 対応のスイッチでは、新規機能の追加が見込まれないこと、

装置を構成するチップは既存の半導体技術で十分性能目標を達成している等のことから、新規な技術革新による省電力化の推進は期待しがたい。

(3) 具体的な目標基準値

1 - (2) で述べたように、基本的な区分を4区分とし、回線速度の混在については、関係式で目標基準値を定めることとする。以下、その考え方を述べる。

回線速度とポート数による基準消費電力について

単一の回線速度のポートだけから構成されるL2スイッチの消費電力は、従来の測定から装置が固定的に必要とする電力(電源や基本回路が消費する電力)と、ポートが増えることにより増加する電力の加算になると分析されている。すなわち、消費電力は、概ね装備されたポートの数に比例することになる。ポート数の異なる装置のトップランナー値をプロットしたグラフ(消費電力 vs.ポート数/スループット)から上記解釈は正しいと考えられ、消費電力は基本的には式(1)となる。

$$\text{消費電力 } P = \sum_{\text{回線速度}} \text{回線速度} \cdot X_{\text{回線速度}} + \sum_{\text{回線速度}} \text{回線速度} \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

ここで、

$\sum_{\text{回線速度}} \text{回線速度}$ は、その回線速度のポートにおいて、1ポートが消費する単位電力(係数)

$\sum_{\text{回線速度}} \text{回線速度}$ は、その回線速度の装置が固定的に消費する電力(固定値)

$X_{\text{回線速度}}$ は、その回線速度のポート数

なお、測定データの解析の結果、 $\sum_{\text{回線速度}} \text{回線速度}$ は回線速度の種類によって異なる。具体的には、 $100\text{M} < 1\text{G} < 10\text{G}$ の関係になり、高速回線ほどポート当りの消費電力(係数)が大きい。

複数種の回線速度が混在する場合の拡張について

先に述べたように、L2 スイッチでは、複数の回線速度のポートを混在で具備する(以下ポートミックスという)装置がある。ネットワークのコア(中心側)には少数の高速回線を、また端末側には比較的低速な回線を多数備える装置が発売されている。ここでは、これらポートミックス装置を関係式で記述するための拡張を行う。拡張の基本的な考え方として、各ポートの関係式を加算することによって求める。

$$P_{\text{MIX}} = (\sum_{100\text{M}} 100\text{M} \cdot X_{100\text{M}} + \sum_{100\text{M}} 100\text{M}) + (\sum_{1\text{G}} 1\text{G} \cdot X_{1\text{G}} + \sum_{1\text{G}} 1\text{G}) + (\sum_{10\text{G}} 10\text{G} \cdot X_{10\text{G}} + \sum_{10\text{G}} 10\text{G})$$

$$= (\text{ }_{100M} \cdot X_{100M} + \text{ }_{1G} \cdot X_{1G} + \text{ }_{10G} \cdot X_{10G}) + (\text{ }_{100M} + \text{ }_{1G} + \text{ }_{10G}) \dots \text{式(2)}$$

なお、固定的に消費される電力の項($\text{ }_{100M} + \text{ }_{1G} + \text{ }_{10G}$)は、ポートミックス装置では、一部回路の共通化が図れるため、単純加算にはならない。そこで、装置区分毎に測定された値から n を求めることとした。前記の考え方に基づくと関係式は、式(3)のようになる。

$$= (\text{ }_{100M} \cdot X_{100M} + \text{ }_{1G} \cdot X_{1G} + \text{ }_{10G} \cdot X_{10G}) + \dots \text{式(3)}$$

なお、 n は、区分ごとに異なることが分析されている。すなわち、IP フィルタリング等の高機能な処理を実施するものは、単位ポート当たりで消費する電力が異なる。これは、機能を実現するために回路量、メモリー量などが増加するため合理的であると考えられる。

以上のことを基に、係数 n を区分毎に設ける。なお、実測したトップランナー値から求めた各ポート当たりの電力消費係数は、表6 - 2の通りであり、これを式(2)の係数とする。

表6 - 2 係数 一覧

回線速度		100M	1G	10G
表記(n)		 _{100M}	 _{1G}	 _{10G}
電力消費 係数 (W/Port)	区分 A	0.578	1.880	15.900
	区分 B	0.375	1.880	-
	区分 C	0.375	1.133	-
	区分 D	0.272	1.133	-

)現状では、10G 回線の区分 B、C、D が存在しないため、今回は係数を設定しない。

係数 n は前述したように、各回線速度の固定値 n の単純加算にならず、回線速度(ポート)の組み合わせによって異なることが実測されている。そこで、測定データを基に回線速度の組み合わせ毎の係数 n を定める。

なお、100Mbit/s と 1Gbit/s のポートを併せ持つ装置の実測では、ア)100Mbit/s のみを具備する装置と、イ)100Mbit/s+1Gbit/s × 2 ポートの装置において消費電力量が逆転するケースがある{ア) > イ)}。また、ウ)100Mbit/s+1Gbit/s × 1 ポートの装置との比較においては、1Gbit/s ポート分の単位電力の差がないケースもある{イ) = ウ)}。そこで、 n に関し 100Mbit/s+1Gbit/s × 1 ポートの組み合わせを設け、100Mbit/s < 100Mbit/s+1Gbit/s × 1 < 100Mbit/s+1Gbit/s × 2 となるようにしている。なお 1Gbit/s × 1 ポートは $\text{ }_{100M+1G1}$ 、1Gbit/s × 2 ポート以上は $\text{ }_{100M+1G2}$ と表記する。

実測したトップランナー値から求めた各係数(n)は表3の通り。⁶

表6 - 3 係数 一覧

回線速度		100M	1G	10G	100M+1G		1G+10G
表記(n)		100M	1G	10G	100M+1G1	100M+1G2	1G+10G
数 値 (W)	区分 A	3.976	9.940	0	2.276	0.576	-10.240
	区分 B	3.400	-5.070		1.700	0	
	区分 C	3.400	-2.074		2.447	1.494	
	区分 D	0.824	-2.074		1.494	1.494	

)組み合わせとしては、100Mbit/s 回線+10Gbit/s 回線もあり得るが装置が存在しないため、今回は設定しない。また、装置が存在しない10Gbit/sの区分B、C、Dの係数も設定しない。

ポート数の少ない装置の基準値について

小型ルーターと同様に、小型 L2 スイッチでは、性能(スループット/ポート数)と消費電力の関係が前述の関係式(線形近似)から乖離する領域が存在する。これは、通信回線が消費する電力に比べて固定的な消費電力が大きく、ポート数に比例する電力が固定電力に比べて極端に少ない場合と考えられる。L2 スイッチでは、具体的には、8ポート未満の装置において、式(3)から求めた基準値と現状トップランナー値が異なる。そこで、8ポート未満の装置については、現状のトップランナー値を基準とする。

具体的にはD区分の1Gbit/s×5ポート以下の装置及びD区分の100Mbit/s×8ポート以下の装置については下記のように基準値を定めることとする⁷。

- ア) 区分 D の 100Mbit/s で8ポート以下の装置は 3.0W を基準値とする。
- イ) 区分 D の 1Gbit/s で5ポート以下の装置は 4.5W を基準値とする。

また、現状装置は存在しないが、関係式から算出の結果、上記2点より小さくなった場合は、上記2点の値を適用する。ポートミックス装置は回線速度の小さい方の値を適用

⁶ 表3で n(y切片)が負の数となる区分がある。 n はポート数が零の際の固定的消費電力であり正数になるのが合理的であるが、実際にポート数が3以上(今回の BOX スイッチ)では必ず、正数になっている。ポートミックスによる回路の合理化効果によりこのような現象が発生していると考えられる。

⁷ 本来100Mbit/s×5ポートの装置が最小値となるはずであるが、僅かに8ポート装置のトップランナー値が小さなため8ポート装置の値を基準値(固定)とする。

する。具体的には下記が該当する。

ウ) 区分 B、C の 1G×5 ポート以下の装置は 4.5W を基準値とする。

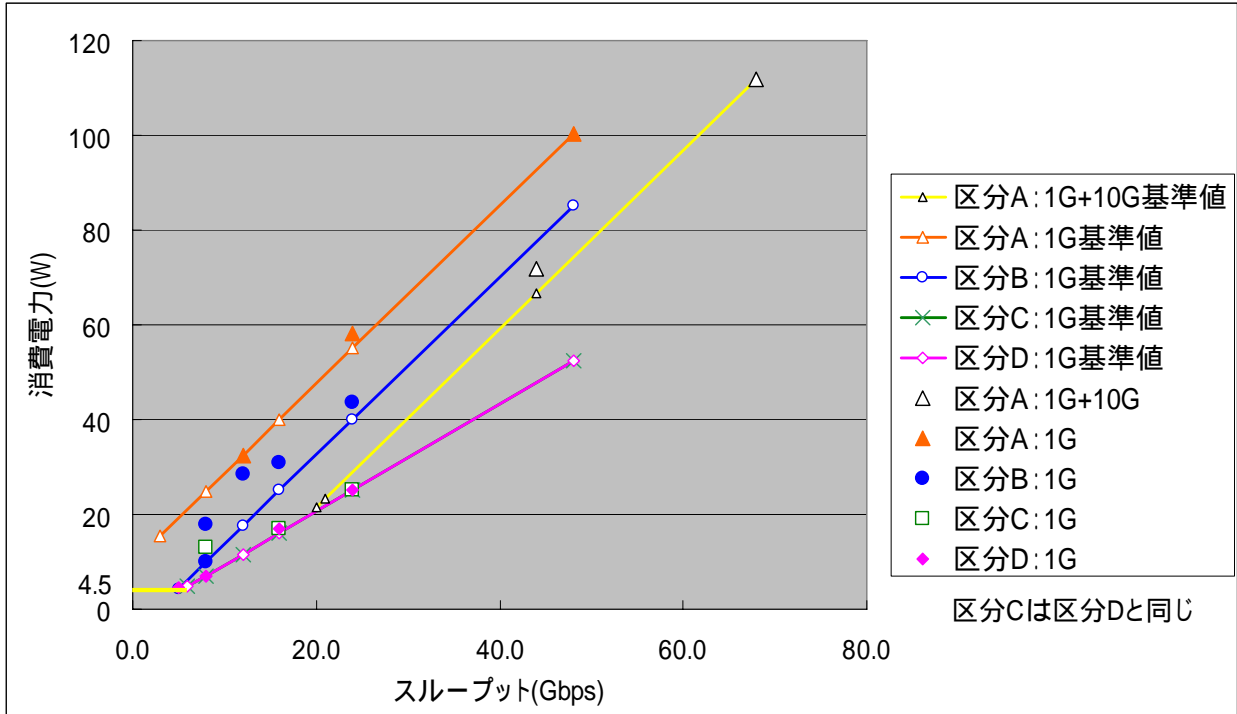


図6 - 6 . 1G および 1G+10G・PoE なし消費電力基準値

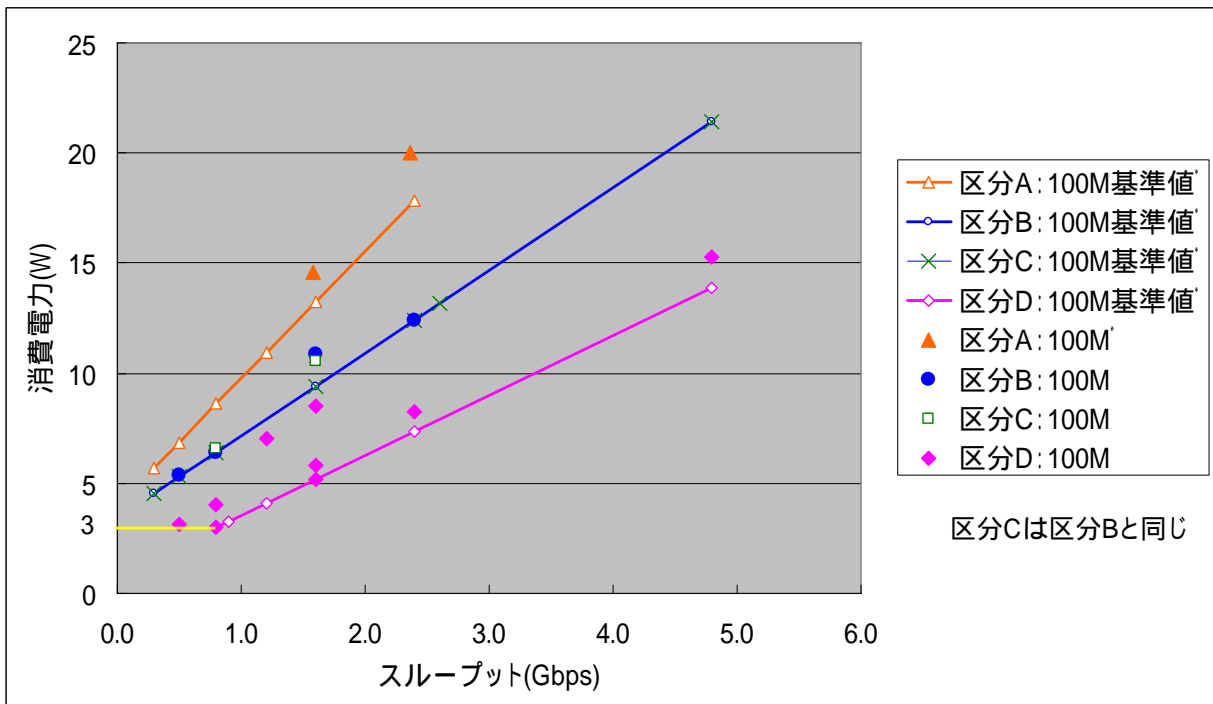


図6 - 7 . 100M・PoE なし消費電力基準値

PoE の基準値の考え方について(詳細な分析は付録参照)

PoE 対応装置はスイッチ機能と給電機能を複合したものである。ここで、「PoE ありの装置は、PoE なしの装置に PoE 機能を付加したもの」、あるいは「PoE なしの装置は、給電能力がゼロの PoE 有りの装置」と考えることができ、この関係を満足するように関係式にて基準値を定めることにする。それには、式(3)の関係式に PoE を備えたことに関する補正項(PoE による電力の増加分に対応)を加味する。補正項の考え方に関する詳細は付録に譲るが、検討の結果、この補正項は、PoE の最大給電電力(P_d)と L2 スイッチ回路が消費する電力(P_s)をパラメータに導出できることが分かっており、PoE 機能を搭載する際にもっとも消費電力効率のよい方法が選択されるように現状の PoE 装置のトッランナーの値を用いて定めることとしている。

また、最大給電能力と L2 スイッチ回路の消費電力の比(最大供給電力率)が 16 倍以内の製品が主流であり、16 倍を超える製品およびその出荷台数が少ないことにより、16 倍までの装置を対象とする。

以上の結果を基に、それぞれの区分のトップランナー値を以下に纏める。

表6 4 L2スイッチの区分と基準値

管理機能の有無		IP アドレス 処理の 有無	区分名	基準エネルギー消費効率
管理機能 のあるも の	SNMP 機 能を持 つも の	IPフィルタリング 機能を持つもの	A	$\{(n_A \cdot X + P_A) + P_{A1}\} / T$
		IPフィルタリング 機能を持たないも の	B	$\{(n_B \cdot X + P_B) + P_B\} / T$
	Web 管理等を持つもの		C	$\{(n_C \cdot X + P_C) + P_C\} / T$
管理機能 のないも の			D	$\{(n_D \cdot X + P_D) + P_D\} / T$

n の値は下表

回線速度		100M	1G	10G
表記 (n)		100M	1G	10G
電力消費 係数 (W/Port)	区分 A	0.578	1.880	15.900
	区分 B	0.375	1.880	-
	区分 C	0.375	1.133	-
	区分 D	0.272	1.133	-

n の値は下表

回線速度		100M	1G	10G	100M+1G		1G+10G
表記 (n)		100M	1G	10G	100M+1G1	100M+1G2	1G+10G
数 値 (W)	区分 A	3.976	9.940	0	2.276	0.576	-10.240
	区分 B	3.400	-5.070		1.700	0	
	区分 C	3.400	-2.074		2.447	1.494	
	区分 D	0.824	-2.074		1.494	1.494	

但し、消費電力部 ($n \cdot X + P_n$) が以下の場合、指定値を使用して算出する。

100Mbit/s および 100Mbit/s+1Gbit/s において 3.000 未満の場合、3.000 とする。

1Gbit/s において 4.500 未満の場合、4.500 とする。

$n \cdot X + n$ (Watt) : $n_{100M} X_{100M} + n_{1G} X_{1G} + n_{10G} X_{10G} + n$ の省略形表記
 但し、 n は区分、 $n_{(bps)}$ は各区分、各回線速度におけるポート当たりの単位消費電力、 $X_{(bps)}$ は回線速度毎のポート数、 n は各区分における固定的電力値

例: $n \cdot X = n_{100M} X_{100M} + n_{1G} X_{1G} + n_{10G} X_{10G}$

T (bps) : 測定されたスループット

P_n (Watt) : PoE の電源の影響を考慮した消費電力加算分
 但し、 n は区分を示す (n :A,B,C,D)

$$P_n = \frac{0.0347 \cdot P_d / P_s}{1 - 0.0347 \cdot P_d / P_s} \cdot (n \cdot X + n)$$

$$P_s = (n \cdot X + n) \cdot 0.850 + 1.000$$

P_d (Watt) : PoE 最大供給電力。但し、PoE なし装置は $P_d=0$ とする

P_s (Watt) : スイッチ回路および PoE 制御回路部の二次側電力
 但し、スイッチ回路の二次側電力は PoE なし装置の基準式 ($n \cdot X + n$) に電源効率を一律 85% として算出したものとする
 PoE 制御回路部の二次側電力は一律 1W とする

但し、PoE 最大供給電力率 (P_d / P_s) が 16.000 以内の装置を対象とする。

付録: PoE 給電機能付き装置の基準値の考え方 (詳細)

1. 基本的な考え方について

PoE(Power over Ethernet)機能とは、金属製の通信ケーブルを利用して対向する装置に電力を供給する機能である。近年、VoIP 端末やワイヤレスアクセスポイント等の普及に伴い、それらの装置に電力を供給する機能として普及が始まっている。

PoE は、L2 スイッチ機能に、給電機能を付加した複合製品であり、現状は母体となる L2 スイッチに PoE 機能を追加した形式の製品が主流である。そのため、PoE の有無を包括的に同一の関係式により基準値を定めることが望ましい。

そこで、PoE 機能無しの装置は PoE 機能有りの装置の基準式を基に、PoE の給電能力に応じた電力を補正する関係式にて導くといった考え方を基本としている。

上記の考え方に基づき、PoE 機能有りの装置の消費電力の基準値と、PoE 機能無しの装置の基準値を関係付ける式 f を導入する。この関係式は、PoE の最大供給可能電力 (Pd) から導くことができ、即ち、次式になる。

$$\text{PoE なし基準値 } P = f(Pd) \cdot \text{PoE あり基準値 } P_{\text{PoE}} \dots\dots\dots A1$$

ここで、PoE 機能有りの装置の基準値を PoE 機能無しの装置の基準値に対する追加機能に応じた電力の増分を行うと考える方が理解しやすいため、式 A1 を変形して式 A2 として表現する。以下、考え方としては、PoE なし基準値に対し PoE 分を増分補正するといった考え方で説明を行う。(補足説明: 関係式の考え方参照)

$$\begin{aligned} \text{PoE あり基準値 } P_{\text{PoE}} &= \text{PoE なし基準値 } P / f(Pd) \\ &= (n \cdot X + n) / f(Pd) \dots\dots\dots A2 \end{aligned}$$

関係式 $f(Pd)$ は、PoE 機能有りの装置の実測結果のプロット図(図6 - 8)より、次の関係式で規定する。

$$f(Pd) = 1 - n \cdot Pd / Ps$$

- Pd: PoE 最大供給電力
- Ps: スイッチ回路及び PoE 制御回路の二次側電力
- n: PoE 最大供給電力率(Pd / Ps)に対する補正係数

Pd / Ps は PoE の最大供給電力がスイッチ回路(PoE 制御回路を含む)の二次側電力に対する倍率を示す最大供給電力率である。現状の PoE の測定は PoE の負荷(端末等)を設けない方法としている。この方法では、PoE の最大供給電力率が大きくなるにつれ電源

の負荷率が小さくなり、電源の変換効率の悪いところで測定することになる。これを補正する関係式が $f(P_d)$ である。

したがって PoE の基準電力は次式になる

$$P_{PoE} = (n \cdot X + n) / (1 - n \cdot Pd / Ps) \dots\dots\dots A3$$

A3 式を変形すると、

$$P_{PoE} = (n \cdot X + n) + \frac{n \cdot Pd / Ps}{1 - n \cdot Pd / Ps} \cdot (n \cdot X + n) \dots\dots\dots A4$$

となり、 P_n は次式になる。(変形の詳細は補足説明参照)

$$P_n = \frac{n \cdot Pd / Ps}{1 - n \cdot Pd / Ps} \cdot (n \cdot X + n) \dots\dots\dots A5$$

なお PoE 機能無しの装置は、A5 式において P_d (最大供給電力) = 0 であるので、加算分 $P_n = 0$ となり PoE の有無の双方を一つの関係式で表現可能となる。

n はスイッチ回路の二次側電力 P_s に区分ごとの電力が加味されているので、ここでは各区分共通で定め、実測結果より次の値とする。

$$n = 0.0347$$

スイッチ回路(PoE 制御回路を含む)の二次側電力 P_s は次式で表される。

$$P_s = \text{スイッチ回路二次側電力} + \text{PoE 制御回路二次側電力}$$

スイッチ回路二次側電力は、PoE 無し基準式に電源効率を 85% (図 6 - 9 参照)として定めることとし、次式とする。

$$\text{スイッチ回路二次側電力} = (n \cdot X + n) \cdot 0.85$$

また PoE 制御回路二次側電力は、実測結果に基づき 1.00W と定める。

(1) PoE 給電ありの考え方

PoE 割り増し分は、スイッチ回路等の電力に対して最大供給電力が何倍の能力があるかを P_d / P_s (最大供給電力率)で算出し、その能力が大きいほど電源負荷分が

多く、また現在の PoE 負荷をかけない測定方法では電源効率の低いところを使用しているため、割増補正率 (f(Pd)の逆数)を増す必要がある。

図6 - 8において f(Pd)は、図6 - 9に示した電源の負荷率に対する電源効率曲線の代表例から、一次近似可能と判断したものであり、直線の傾きは PoE あり装置の測定結果のトップランナーより求めている。

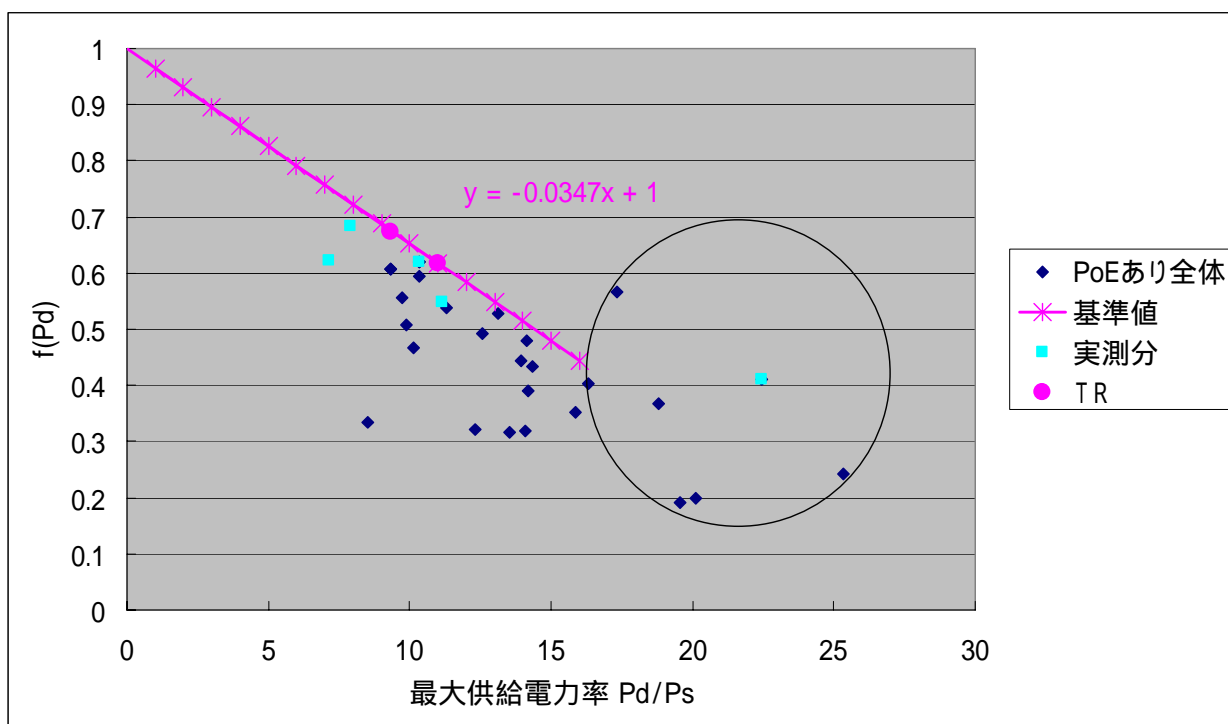


図6 - 8 . 最大供給電力率から一次近似した補正係数 n(傾き)を求める測定結果

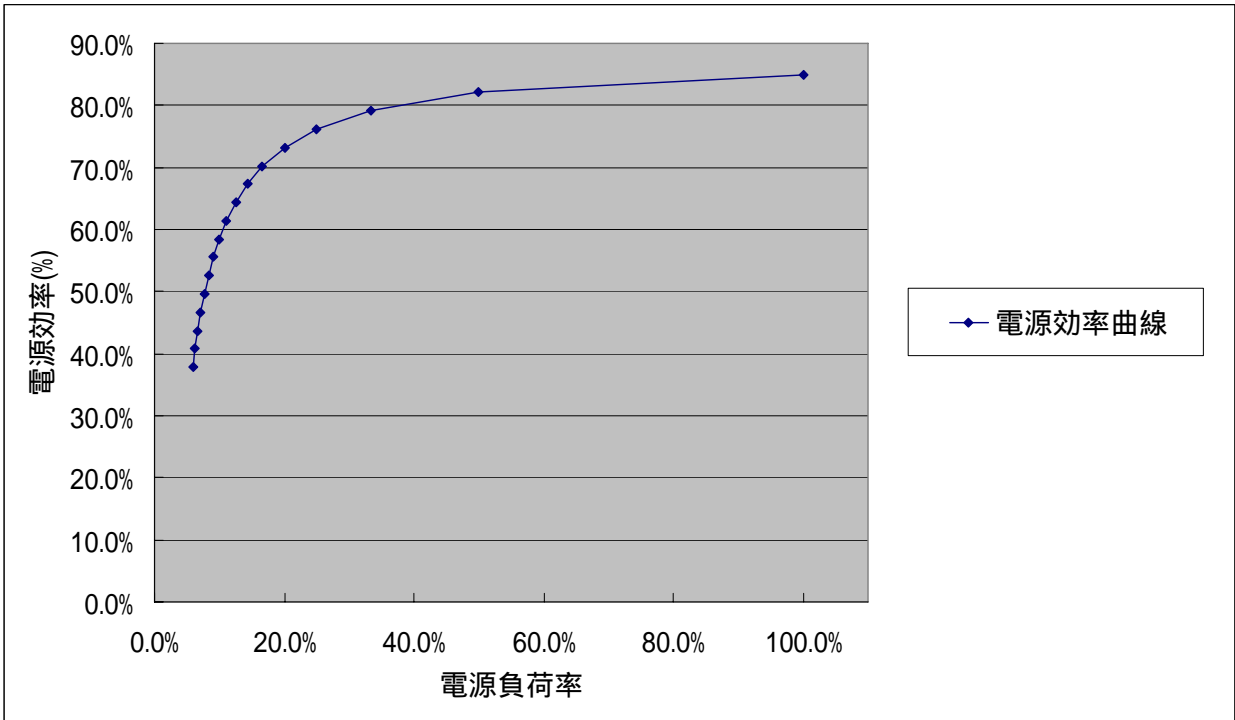


図6 - 9 . 電源効率曲線の代表例

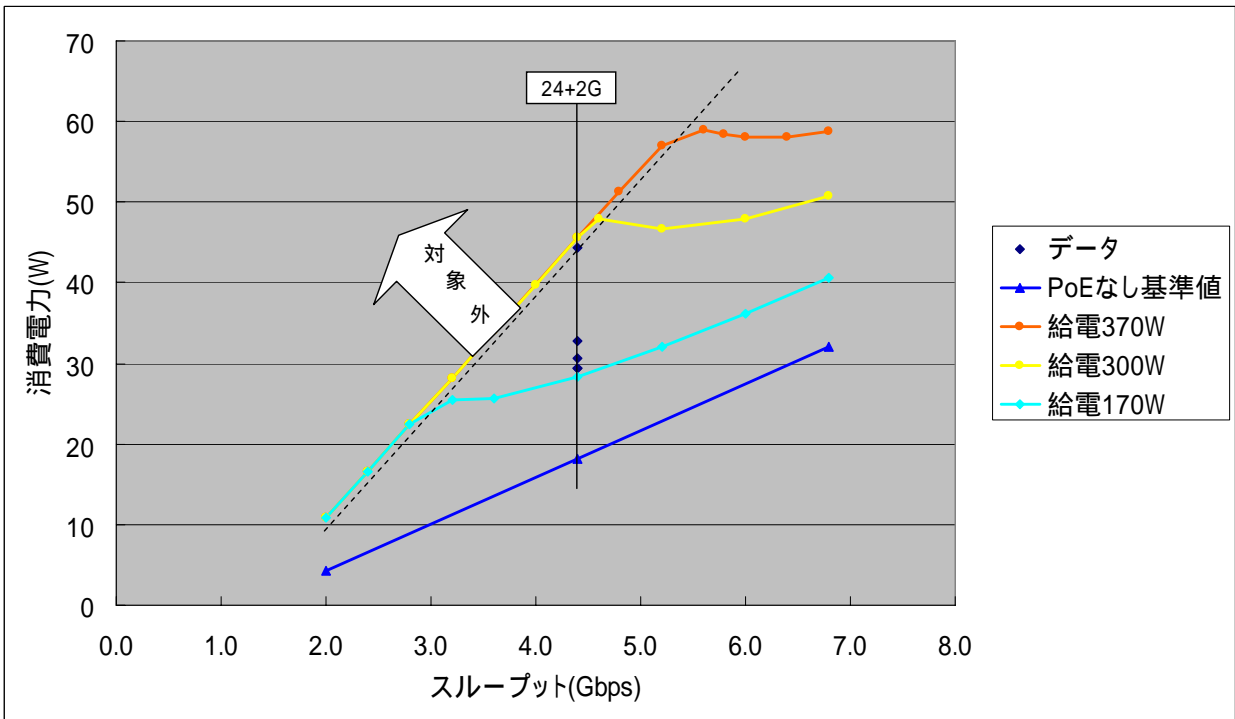


図6 - 10 . PoE あり基準値と対象外領域 (24+2G の場合)

2. PoE 装置の対象範囲の補足説明

L2 スイッチの実測値を調査したところ、図6 - 8に示すように、現状では最大給電能力とL2スイッチ回路の消費電力の比(最大供給電力率)が16倍以内の製品が多数である。最大供給電力率が16倍を超える領域には、図6 - 8の で囲って示すように幾つかのPoE製品がプロットされているが、基準式に対する偏差が大きい。最大供給電力率が16倍を超える場合は、スイッチ回路の二次側電力の負荷がPoEを含む最大供給電力の6%程度以下の低負荷状態で測定することになり電源の固定消費電力が支配的となること、また図4 - 9に示すように、変換効率も低下することから最大供給電力率(Pd/Ps)を用いた関係式による算出が難しくなる。

検討の結果、16倍を超える製品およびその出荷台数が少ないことにより、16倍までの装置を対象とすることとした。

図6 - 10は関係式により定義されるPoE装置の増分の基準値(線)を示したものである(100Mbit/s+1Gbit/sの例)。基準線は、補正係数f(Pd)の逆数を取っているため直線とはならない。点線より上部が100Mbit/s×24+1Gbit/s×2(24+2Gと表記)の最大供給電力率が16倍を超えるため対象外の領域である。

なお、現状装置では最大供給電力率が25倍までの装置しか存在しないが、規格上は最大供給電力が40倍以上になる場合も想定される。(例えば区分Dの100M×8ポートでは最大供給電力は123.2W(=15.4W×8)まで可能であり、スイッチ本体の電源消費基準3Wに比較して40倍となる)。このような領域は、スイッチの電力量に比較してPoEの消費電力が極めて多い領域であり、電源の効率化も含めて、該当製品が市場投入された際に見直しを行うのが妥当である。

3. 補足説明(式の展開詳細)

(1) 各種パラメータの説明:

Pn: 各区分のPoE制御回路の付加電力

$$P_n = \frac{n \cdot P_d / P_s}{1 - n \cdot P_d / P_s} \cdot (n \cdot X + n)$$

Pd: PoE 最大供給電力(定格から)

Ps: スイッチ回路及びPoE制御回路の二次側電力

但し、 $1 - n \cdot P_d / P_s$ は0.4が下限

Ps: スイッチ回路及びPoE制御回路の二次側電力(回路側の電力を二次電力という)

$$P_s = A + B$$

A:二次側スイッチ回路電力

$$A = \text{PoE なしポート構成の目標基準値} (n \cdot X + n) \times \text{電源効率 } 85\%$$

B:2次側 PoE 制御回路電力(固定値:1.00 ワット)

$n \cdot X + n$:各回線速度と組合せによる基準電力

$$(n_{100M} X_{100M} + n_{1G} X_{1G} + n_{10G} X_{10G} + n \text{ の省略形})$$

n:補正係数。(但し、 $1 - n \cdot Pd / Ps$ は 0.4 が下限、即ち割増率は 2.5 が上限)

(2)関係式の考え方

PoE 制御のための電力を付加するという考えでは、関係式は次式になる。

$$(n \cdot X + n) / T + Pn / T \quad \dots\dots$$

関係式を変換すると、 $nA = A + (n-1)A$ であることから、

$$\begin{aligned} & (n \cdot X + n) / T \\ & 1 - n \cdot Pd / Ps \\ = & \frac{1}{1 - n \cdot Pd / Ps} \cdot (n \cdot X + n) / T \\ = & (n \cdot X + n) / T + \frac{1 - (1 - n \cdot Pd / Ps)}{1 - n \cdot Pd / Ps} \cdot (n \cdot X + n) / T \\ = & (n \cdot X + n) / T + \frac{n \cdot Pd / Ps}{1 - n \cdot Pd / Ps} \cdot (n \cdot X + n) / T \end{aligned}$$

したがって、

$$Pn = \frac{n \cdot Pd / Ps}{1 - n \cdot Pd / Ps} \cdot (n \cdot X + n)$$

となり、式の算定式の表現ができる。

これにより、PoE 制御負荷電力が増分された表現になり、理解が容易になる。

総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会
ルーター等判断基準小委員会
開催経緯

第1回小委員会（平成17年7月19日）

- ・ルーター等判断基準小委員会の公開について
- ・ルーター・スイッチの現状について
- ・対象とするルーター・スイッチの範囲について

第2回小委員会（平成17年9月13日）

- ・対象とするルーター・スイッチの範囲について
- ・ルーター等のエネルギー消費効率及びその測定方法について

第3回小委員会（平成19年6月11日）

- ・ルーター等判断基準小委員会のこれまでの経緯について
- ・ルーター等の測定方法の再検討について
- ・対象とする小型ルーター等の範囲について

第4回小委員会（平成19年8月2日）

- ・対象とする小型ルーター等の範囲について
- ・小型ルーター等のエネルギー消費効率及び測定方法について

第5回小委員会（平成20年1月11日）

- ・小型ルーターの目標設定のための区分・目標基準値について
- ・L2スイッチの目標設定のための区分・目標基準値について

第6回小委員会（平成20年2月21日）

- ・中間取りまとめについて

中間取りまとめについて、平成20年3月1日から平成20年3月30日までパブリックコメントを実施したところ、1件の意見提出があった。しかし、この意見は中間取りまとめの内容とは直接関係せず、中間取りまとめの記述を変更する必要がなかったことから、中間取りまとめの文案どおり最終取りまとめとした。

総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会

ルーター等判断基準小委員会委員名簿

委員長	松下 温	住宅情報化推進協議会会長	
委員	青木 忠一	N T T 環境エネルギー研究所主幹研究員	(第 3 回以降参加)
	石原 明	財団法人省エネルギーセンター常務理事	(第 3 回以降参加)
	大蒔 和仁	独立行政法人産業技術総合研究所研究コーディネータ	
	木下 剛	シスコシステム合同会社シニアディレクター	(第 5 回以降参加)
	篠田 陽一	北陸先端科学技術大学院大学情報科学センター教授	
	新 誠一	国立大学法人電気通信大学電気通信学部教授	
	中野 幸夫	財団法人電力中央研究所システム技術研究所上席研究員	
	増田 俊久	財団法人省エネルギーセンター技術部部长	(第 1 回 ~ 第 2 回にて参加)
	三村 到	情報通信ネットワーク産業協会ルーター・スイッチ技術委員会委員長	
	山崎 幹夫	日本電信電話株式会社環境エネルギー研究所エネルギーシステムプロジェクト主幹研究員	(第 1 回 ~ 第 2 回にて参加)
	大和 俊彦	シスコシステムズ株式会社執行役員アライアンス&テクノロジー担当	(第 1 回 ~ 第 4 回にて参加)
	唯根 妙子	社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会 常任理事・消費者相談室長	

ルーター・スイッチの現状

1. 市場動向

1.1 ルーター・スイッチの歴史

世界初のルーターの誕生(1976年)

IP(Internet Protocol)規定のパケットを、そのアドレスに基づいて着側のコンピュータへ転送する装置であるルーターは、世界初のコンピュータネットワーク「ARPANET」に使用するため、1976年に米BBN社により初めて製造された。ルーターの処理は汎用のコンピュータ上のソフトウェアで実現され、性能は100パケット/秒程度であった。

世界初の商用向けルーターの発売(1986年)

世界初の商用ルーター「ProNET p4200」は、IP以外のプロトコルも動作するマルチプロトコルルーターとして、1986年1月に米プロテオン社により発売された。その2ヶ月後にも、ルーター専門メーカーである米シスコシステム社によりマルチプロトコルルーター「AGS」が発売され、ルーターは一気に普及していった。箱型の筐体に収まった専用機器であったが、以前のルーターと同様に、パケットを送受信するラインカードとプロセッサが一つのバスにより接続されたバスネックとなるアーキテクチャであったため、性能は10kパケット/秒程度であった。

IP処理のハードウェア化(1990年代前半)

1990年代に入るとインターネットの商業利用が活発となってきた。シスコシステムズ社は、1993年、当時主流であったIPの処理だけを限定してハードウェア化することで、270kパケット/秒を達成する「Cisco7000」を発売した。

インターネットの急速な普及とルーターの高速化(1990年代後半～現在)

その後も急速なインターネットの普及に伴いトラフィックが指数関数的に増加し、常にルーターの高速化が求められた。1997年には、各ラインカードのハードウェアでIPを分散処理する分散アーキテクチャの「Cisco12000」が登場した。Cisco12000では、バスネックの解消のために複数のラインカードはクロスバススイッチで接続され、その性能は終に10Mパケット/秒クラスとなった。

さらに、その後、1998年には分散アーキテクチャを採用した(株)日立製作所のGR2000が、2004年には筐体を複数組み合わせた100Gパケット/秒の性能を有するCRS-1が登場した。

現在では、インターネットの高速・大容量化に加え、NGN(Next Generation Network)構築に向けた新製品の開発が進められている。

1.2 製品の形態

1) ルーター

ルーターとはネットワーク上を流れるインターネット通信手順形式のデータを他のネットワークに中継する機器である。ネットワーク層(IP 層)のアドレスを見て、どの経路を通して転送すべきかを判断する経路選択機能を持つ通信装置である。

2) スイッチ

スイッチとは、ネットワーク中継機器で、パケット形式のデータの行き先を判断する際に何を利用するかで、レイヤ2スイッチ、レイヤ3スイッチという風に区分される。OSI 参照モデルのデータリンク層(注)(第2層)のデータ(イーサネットのMACアドレスなど)でパケットの行き先を見分けるものをレイヤ2スイッチと呼ぶ。これに対してレイヤ3スイッチはネットワーク層(第3層)のデータでパケットの行き先を判断して転送を行う。ネットワーク層に位置しているIPなどを利用する。

(注) OSI 参照モデル

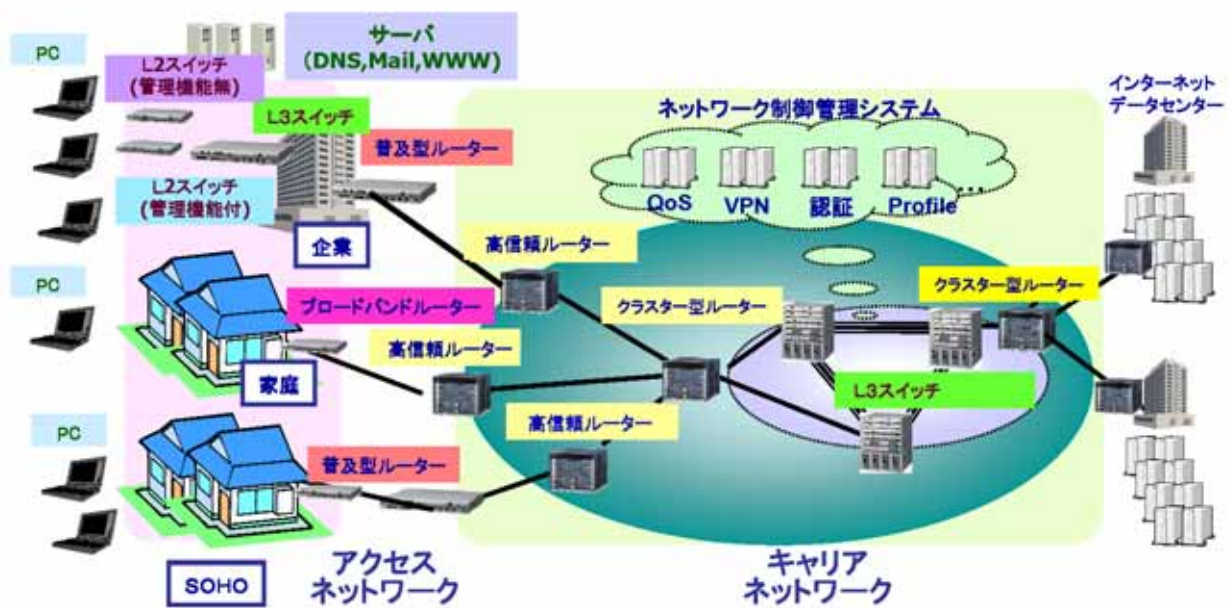
図表-1 OSI 参照モデル

層	層名称
第7層(レイヤ7)	アプリケーション層
第6層(レイヤ6)	プレゼンテーション層
第5層(レイヤ5)	セッション層
第4層(レイヤ4)	トランスポート層
第3層(レイヤ3)	ネットワーク層
第2層(レイヤ2)	データリンク層
第1層(レイヤ1)	物理層

1.3 ルーター及びスイッチの製品区分

1) ルーター

クラスター型	通信キャリアが基幹系ネットワークに導入しているハイエンド装置
高信頼型	電源、共通制御部、及びファンが冗長構成可能な装置。冗長部分の違いにより、1区分(共通部の全て冗長)と 区分(電源のみ冗長)がある
普及型	クラスター型、高信頼、ブロードバンドのいずれにも属さない装置(主に企業向け) 冗長化構成がない装置。
ブロードバンド	WAN側(1Gbps未滿)×1、LAN側×2以上のポートを持つ装置。但しTelnetによる装置設定・管理機能は持たない。無線LAN対応機能の有無により 区分(無線LAN付) 区分(無線LAN無)がある。
外部電源給電機能付き	上記の区分の中で、接続機器への電源供給機能を有する装置



図表-2 IP ネットワークのアーキテクチャ

図表-2 にルーター・スイッチにより構成される IP ネットワークのアーキテクチャを示す。現状の IP ネットワークは、キャリア・ISP (Internet Service Provider) によって構成されるキャリア IP ネットワーク、家庭や企業とキャリア IP ネットワークをつなぐアクセスネットワークからなる。キャリア IP ネットワークは、通信キャリアの提供するネットワークである。アクセスネットワークは、家庭や企業とキャリア・ISP を接続するネットワークである。これらのネットワークの中で、クラスター型ルーター、高信頼型ルーターは、主にキャリア IP ネットワークやインターネットデータセンターにおいて利用されている。ブロードバンドルーターは、主に家庭において、また普及型ルーターは、SOHO や企業ネットワークにおいて利用されている。

2) スイッチ

- ・レイヤ 2 スイッチ: OSI 参照モデルのデータリンク層 (注) (第 2 層) のデータ (イーサネットの MAC アドレスなど) でパケットの行き先を見分けるスイッチ
- ・レイヤ 3 スイッチ: ネットワーク層 (第 3 層) のデータでパケットの行き先を判断して転送を行うスイッチで、ネットワーク層に位置している IP などを利用するもの

図表 - 3 代表的なルーター・スイッチ製品

【ルーター製品】	製品イメージ（外形寸法は代表的なモデルで W×D×H、mm、）
<p>クラスター型ルーター</p>	<div data-bbox="794 286 1023 1043" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="619 1093 1235 1126">(外形寸法 : 599 × 914 × 2134)(シスコシステムズ)</p>
<p>高信頼型ルーター</p>	<div data-bbox="683 1178 1114 1615" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="571 1715 1283 1749">(外形寸法 : 440 × 490 × 441)(アラクサネットワークス)</p>

<p>高信頼型ルーター</p>	 <p>(外形寸法 : 440 × 678 × 101)(アラクサラネットワークス)</p>
<p>普及型ルーター</p>	 <p>(外形寸法 : 220 × 141.5 × 42.6)(ヤマハ)</p>
<p>ブロードバンドルーター (有線)</p>	 <p>(外形寸法 : 86 × 26 × 138)(コレガ)</p>
<p>ブロードバンドルーター (無線)</p>	 <p>(外形寸法 : 153 × 111 × 28)(アイ・オー・データ機器)</p>  <p>(外形寸法 : 28 × 144 × 130)(バッファロー)</p>

【スイッチ製品】	製品イメージ
レイヤ2スイッチ	 <p>(外形寸法：446×380×43)(アラクサラネットワークス)</p>  <p>(外形寸法：436×450×44)(日立電線)</p>
レイヤ3スイッチ	 <p>(外形寸法：443×544×395)(アラクサラネットワークス)</p>  <p>(外形寸法：440×352×44)(アライドテレシス)</p>

1.4 国内出荷状況

ルーター・スイッチの国内市場はインターネットの急激な普及にともない、規模が大幅に拡大している。今後も拡大することが予測されている。

1) 市場全体の動向

国内市場に出荷されるルーター・スイッチの全体的な規模はそれぞれ台数、ポート数で示すと次のようになり、2012年度のルーターは2006年度比1.5倍、スイッチは同じく1.3倍と見込まれる。

図表 - 4 ルーター・スイッチ製品の国内市場出荷推移 (単位：ルーターは千台、スイッチは千ポート)

年度	2004年 実績	2005年 実績	2006年 実績	2007年 予測	2008年 予測	2009年 予測	2010年 予測	2011年 予測	2012年 予測
ルーター	3,360	3,980	4,268	4,789	5,123	5,364	5,661	5,992	6,517
スイッチ	30,690	31,970	31,840	33,510	35,510	37,390	38,990	40,730	42,350

出典：「2007年度通信機器中期需要予測」C I A J

数値はC I A J参加企業の自主回答による自主統計に、自主統計以外の需要推計分を合計したもの。

2) ルーターの製品区分別の動向

ルーターにおける製品区分別の国内出荷規模の推移を以下に示す。2006年度実績の区分別の台数としてはブロードバンドルーターが全体の91%を占めている。

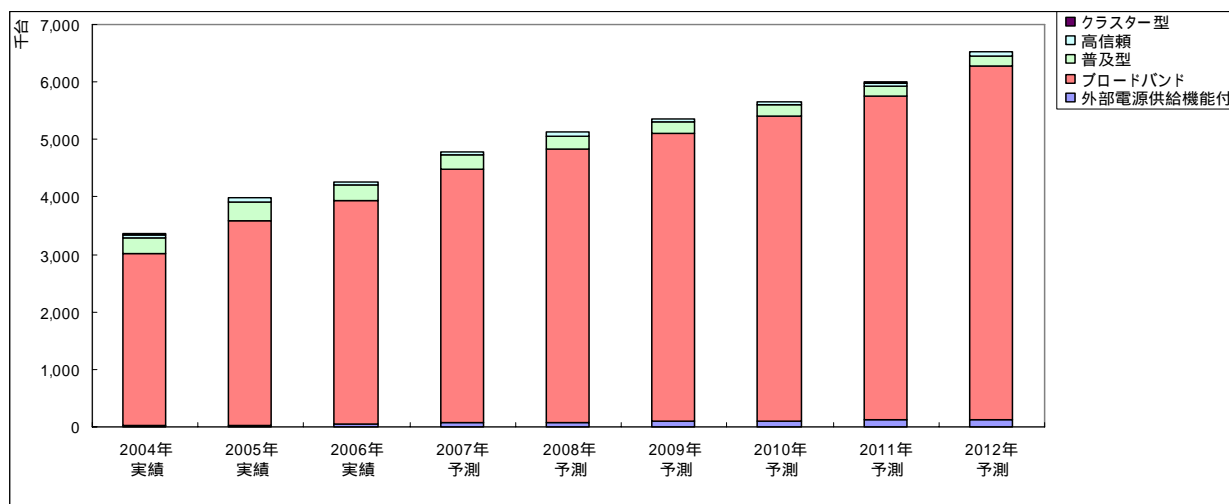
図表 - 5 ルーター製品の区分別国内市場出荷推移表 (単位：千台)

年度	2004年 実績	2005年 実績	2006年 実績	2007年 予測	2008年 予測	2009年 予測	2010年 予測	2011年 予測	2012年 予測
クラスター型	10	1	1	1	1	1	1	1	1
高信頼	60	60	62	62	62	63	65	66	66
普及型	270	329	259	230	215	200	190	175	160
ブロードバンド	2,990	3,559	3,885	4,419	4,760	5,005	5,295	5,635	6,170
外部電源供給付機能付	30	31	61	77	85	95	110	115	120
合計	3,360	3,980	4,268	4,789	5,123	5,364	5,661	5,992	6,517

出典：「2007年度通信機器中期需要予測」C I A J

数値はC I A J参加企業の自主回答による自主統計に、自主統計以外の需要推計分を合計したもの。

図表 - 6 ルーター製品の区分別国内市場出荷推移図



3) スイッチの製品区分別の動向

スイッチにおける製品区分別の国内出荷規模の推移を以下に示す。2006年度実績のスイッチのポート数比率ではレイヤ2スイッチが全体ポート数の86%以上を占めている。

図表 - 7 スイッチ製品の区分別国内市場出荷推移表

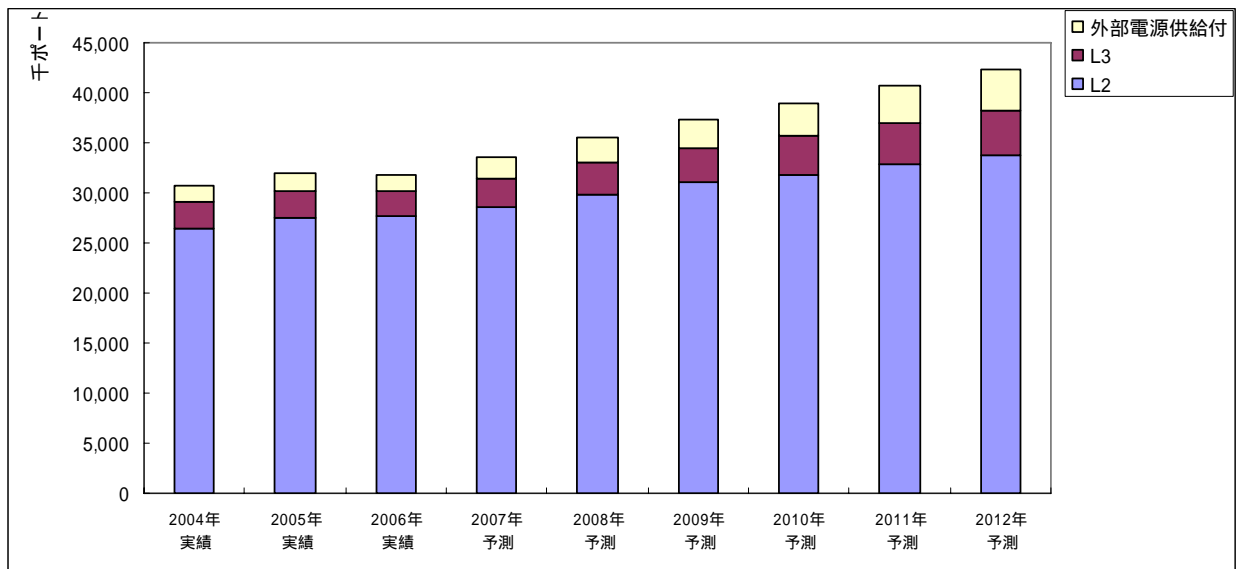
(単位：千ポート)

年度	2004年 実績	2005年 実績	2006年 実績	2007年 予測	2008年 予測	2009年 予測	2010年 予測	2011年 予測	2012年 予測
L2	26,470	27,560	27,660	28,630	29,880	31,010	31,730	32,780	33,700
L3	2,550	2,650	2,430	2,760	3,130	3,520	3,910	4,150	4,450
外部電源供給付	1,670	1,760	1,750	2,120	2,500	2,860	3,350	3,800	4,200
合計	30,690	31,970	31,840	33,510	35,510	37,390	38,990	40,730	42,350

出典：「2007年度通信機器中期需要予測」CIAJ

数値はCIAJ参加企業の自主回答による自主統計に、自主統計以外の需要推計分を合計したものの。

図表 - 8 スイッチ製品の区分別国内市場出荷推移図



1.5 国内販売する主な国内製造業者、海外製造業者
 主な製造業者を図表 - 9 に示す。

図表 - 9 主な国内出荷製造業者(五十音順)

ルーター	アイ・オー・データ機器、アライドテレシス、アラクサラネットワークス、コレガ、シスコシステムズ(海外メーカー)、ジュニパーネットワークス(海外メーカー)、日本電気、バッファロー、日立製作所、古河電気工業、富士通、ヤマハ
スイッチ	アライドテレシス、アラクサラネットワークス、エクストリームネットワークス(海外メーカー)、エスアイアイ・ネットワーク・システムズ、コレガ、シスコシステムズ(海外メーカー)、日本ヒューレットパッカード(海外メーカー)、日本電気、バッファロー、日立電線、ファウンドリーネットワークス(海外メーカー)、富士通、松下ネットワークオペレーションズ

用語集

NO	項目名	内容
1	ACL (Access Control List)	ルーターやスイッチといったネットワーク機器において、パケット処理の方法や処理資源などを列挙したリスト。
2	ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)	電話局から各家庭や事業所まで引かれている、銅線の加入者電話回線 (Subscriber Line) を利用して、数 M ~ 十数 Mbit/s の高速データ通信を可能にする通信方式。'90 年頃に開発され、既設の 2 芯の銅線をそのまま使って高速データ通信を行えるが、距離が長くなると減衰やノイズの影響などによって最大転送レートが下がるため、通常は電話局から数 km までの範囲でしか利用できない。 「Asymmetric」(非対称) という名のとおり、非対称型の通信方式で、電話局から利用者に向けた下り方向と上り方向ではデータ転送速度が異なる。
3	ASIC (Application Specific Integrated Circuit)	ある特定の用途のために設計・製造される IC の総称。フルカスタム LSI や、ゲートアレイ、スタンダードセルなどを指す。
4	ATM (Asynchronous Transfer Mode)	「非同期転送モード」と訳され、データ、音声など異なる種類の情報を 53 バイトの固定長のセルに分割して伝送する方式。転送するデータがあるときだけセルを送信するので、「非同期」と言われる。ATM スイッチと呼ばれる交換機によってあて先を振り分ける。光ファイバーなどの高速伝送を有効に活用するのに用いられる。
5	CODEC (Coder Decoder)	符号化方式を使ってデータの符号化と復号化を双方向にできる装置やソフトウェアなどのこと。
6	CPU (Central Processing Unit)	CPU は、プログラムによって様々な数値計算や情報処理、機器制御などを行うコンピュータにおける中心的な回路である。
7	DC-DC の変換効率	直流から直流への電圧変換時の効率。
8	DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)	DSL の回線を集約し、高速なバックボーン回線に中継する装置。
9	DSP (Digital Signal Processor)	デジタル信号処理に特化したマイクロプロセッサで、データ処理を高速に行うことが出来る。

NO	項目名	内容
10	FTTH (Fiber To The Home)	電話局から各家庭までの加入者線を結ぶアクセス網を光ファイバー化し、高速な通信環境を構築する計画。1986年に米国の地域電話会社サザン・ベルがフロリダ州で実験を行ったのが始まりで、日本では1994年にNTTが全国を2010年までに光ファイバー化するFTTHの推進を開始した(1997年の政府経済対策閣僚会議では2005年までを要求)
11	HomePNA (Home Phone Network Alliance)	HomePNAは、家庭内の電話線を用い、インターネット接続するための規格。
12	IEEE802委員会	IEEEは、米国の電気・電子技術の学会。802委員会は、LAN等の標準化を担当する下部組織。
13	IEEE802.11n	IEEEが2008年後半策定予定の無線LAN規格の一つ。実効速度100Mbps以上となる。複数のアンテナを用いて送受信を行うMIMO(Multiple Input Multiple Output)を使用し、高速無線通信を可能とする方式。
14	IETF (Internet Engineering Task Force)	インターネットで利用される技術標準(主にアーキテクチャやプロトコル)を策定する国際的組織。
15	Interframe GAP フレーム間ギャップ(GAP)	情報をもつフレームとフレームとの間隔のこと。イーサネットにおいては最小12バイト必要。これはフレームの長さには含まれない。
16	IP (Internet Protocol)	OSI参照モデルにおける、ネットワーク層(第3層)のプロトコル。ネットワーク上の各ノードに割り当てられたIPアドレスをベースにして、2つのノード間で、ベストエフォート型のデータグラム指向の通信を行う。 IPは、ベストエフォート型のデータグラム指向の通信なので、相手先へパケットが届かないこともあるし、複数のパケットが到着する可能性もあるが、その場合の再送などの制御は、すべて上位プロトコル(TCP: Transmission Control Protocol等)にまかされている。

NO	項目名	内容
17	IP-VPN (Internet Protocol- Virtual Private Network)	通信事業者の閉域 IP ネットワーク網を通信経路として用いる VPN (仮想閉域網)。複数のプロバイダのネットワークを経由する必要があるインターネットを用いないため、エンド・トゥ・エンドで機密性や通信品質に優れた IP 接続が行える。
18	IP 電話サービス	VoIP 技術を利用して、IP ネットワーク上で音声通話システムを構築し、端末として通常の電話機を使用、ユーザーに電話機能をサービスプロバイダ各社が提供する。
19	IPSec	暗号技術を用いて、IP パケット単位でデータの改竄防止や秘匿機能を提供する暗号化プロトコル。
20	L2/L3	L2 は Layer2 の略であり OSI 参照モデルのデータリンク層(レイヤ 2/第 2 層) L3 は Layer3 の略であり OSI 参照モデルのネットワーク層(レイヤ 3/第 3 層)
21	L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol)	IETF(Internet Engineering Task Force)において標準化されているトンネリング・プロトコルの一つ。主に VPN(仮想プライベートネットワーク)に利用する。
22	LAN (Local Area Network)	同一フロア、同一のビルないしは近隣のビル内などにあるコンピュータ同士を、イーサネットなどの比較的高速なデータ転送能力を持つ方法で接続したネットワーク。
23	LLC (Logical Link Control)	OSI 参照モデルにおいて第 2 層(データリンク)のもつ 2 つの副層のうち、上位の層にありエラー制御やフレーム制御などの機能をもつ層のこと。
24	MAC (Media Access Control) MAC アドレス	媒体アクセス制御のためのアドレスで、すべての NIC(Network Interface Card)に固有の番号のこと。コンピュータネットワーク技術において、OSI 参照モデルの第 2 層(データリンク層)の副層のこと。イーサネットの場合 MAC アドレスは 48bit で、前半 24bit は IEEE(米国電気電子技術者協会)が管理する各ベンダー固有のアドレス、後半 24bit が NIC ごとの固有の番号となっている。世界中で同じ MAC アドレスを持つ NIC は存在しない。イーサネットはこの MAC アドレスをもとにしてデータの送受信を行う。マネジメント機能も有するスイッチ製品は、最小一個の MAC アドレスをもつ。ルーター製品も WAN 数と LAN 側の一つを合わせた MAC アドレス数をもつ。

NO	項目名	内容
25	ONU (Optical Network Unit)	光ファイバー通信 (FTTH) において、端末側 (家庭側) に設置する終端装置。光からイーサネット等への変換を行う。
26	OSI (Open System Interconnection)	開放型システム間相互接続と訳される。ISO (国際標準化機構) が、異なるベンダー間においても、コンピュータ相互間の通信を可能とさせるため、コンピュータ間における通信方法を階層別に規定したプロトコル体系のこと。階層は七つに区切られ、通信プロトコルとしては、インターネットの普及・拡大とともに、TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) が事実上の標準となっている。
27	PBX (Private Branch eXchange)	構内電話交換機。複数の構内電話機 (内線電話) を、公衆電話回線網に接続する中継装置。
28	PLC (Power Line Communication)	家庭内の電力 (電灯) 線を通信回線として利用する技術。
29	PoE (Power over Ethernet)	イーサネットの配線で利用されるより線 (UTP) ケーブルにより端末等に電力を供給する技術。IEEE 802.3af として標準化されている。電力供給対象は、IP 電話機、ネットワークカメラ、スイッチング・ハブや無線 LAN アクセスポイント等。
30	PPPoE (Point to Point Protocol over Ethernet)	通常はダイヤルアップ接続などで使用されている PPP (電話回線とモデムを使って TCP/IP 接続をするためのプロトコル) に基づくフレームを、イーサネットのフレームでカプセル化し、イーサネット経由で伝送する技術。
31	PPTP (Point to Point Tunneling Protocol)	PPTP は、主にリモートアクセスに利用するもので、ポイント・ツー・ポイント・プロトコル (PPP) を拡張したトンネリング・プロトコル。
32	preamble	イーサネット上を流れるフレームの先頭には preamble (8 バイト) が付けられるが、これはフレームの長さには含まれない。preamble は受信部で信号の先頭を見つけるためと、クロックを再生するときのトリガに使用される。
33	RF (Radio Frequency)	無線通信等の高周波信号のこと。

NO	項目名	内容
34	SLIC (Subscriber-Loop-Interface-Circuit)	電話線のインターフェース。
35	SNMP (Simple Network Management Protocol)	IP ネットワーク上の通信機器を制御、監視するための通信方法を定めるプロトコル。
36	SOHO (Small Office / Home Office)	小人数のオフィスや、家庭で仕事をする個人事業者を指す言葉。大企業と対照的に使用されることが多い。パーソナルコンピュータのコストパフォーマンスの向上により、中小企業などの小規模オフィスや個人ユーザーでも、コンピュータを導入したり、LAN を活用したりする例が増えている。大企業のように、1社で導入されるコンピュータシステムの規模は大きくないが、中小企業や個人事業者の数は非常に多く、パーソナルコンピュータマーケットに占めるSOHOの割合は現在でも小さくない。
37	SSL (Secure Sockets Layer): SSL-VPN	インターネット上で情報を暗号化し安全な通信を提供するプロトコル。SSL を利用した VPN を SSL-VPN という。
38	TTL (Time to Live)	TTL は IP ヘッダーに記載された値。パケットが1つのルーターを通過する毎に1が減算される。TTL が0になった場合にパケットを廃棄することでネットワーク上をパケットが無制限ループすることを防ぐ。
39	VoIP (Voice over IP)	IP ネットワーク上で音声通話を実現する技術。電話網のインフラをデータネットワークと統合することで、回線の稼働率を上げ、通信コストを下げるのが目的。LAN 同士をデータ通信網で結び、電話対電話で通話を可能にする企業向けのシステムを指すことが多い。
40	VPN (Virtual Private Network)	VPN は専用通信回線の代わりに公衆通信網を、多数の加入者であたかも専用線のように利用する技術。LAN 間接続などが代表的な利用例。

NO	項目名	内容
41	WAN (Wide Area Network)	通常は LAN に対比して使用される言葉で、遠隔地にあるコンピュータ同士 (LAN 同士) を接続した広い、範囲をカバーする広域ネットワークのこと。
42	Web (World Wide Web)	欧州核物理学研究所 (CERN : European Center for Nuclear Research) で開発されたドキュメントシステム。ドキュメント中に他のドキュメントへのジャンプコマンドを埋め込むことができる。このジャンプコマンドとしては、URL (Uniform Resource Locator) を使用し、インターネットに参加している世界中の WWW サーバのどのドキュメントにもジャンプすることができる。
43	xDSL (x Digital Subscriber Line)	ツイストペアケーブルを用いて高速通信を実現する技術の総称。既存の電話回線の電話局側と加入者側に対応装置を設置するだけで、デジタル回線並みの高速回線を実現できる。代表的なのは、下り方向の転送速度を高速化した ADSL で、その他 RADSL、HDSL、VDSL などを総称して呼ぶ言葉。
44	イーサネット (Ethernet)	米ゼロックス社パロアルト研究所にて発明され、IEEE 米国電気電子技術者協会 という機関によって定められた通信方式の規格。通信速度や通信に使用するケーブル、データのやりとりの方式が定められていて、現在国内外で使用されているものの多くはこの規格に準拠している。社内 LAN などで行われる 10BASE-T、100 BASE T もこの規格のひとつ。IEEE は、標準化・策定をおこなう学会組織でその中の 802.3 委員会でイーサネットが審議され続ける。
45	インターネット VPN (Internet Virtual Private Network)	VPN (仮想閉域網) のうち、インターネットを媒介として行なわれるものを指す言葉。通常は LAN で使用される IP アドレス情報とインターネットで使用される IP アドレス情報が異なるため、LAN 用の IP パケットをインターネット用の IP ヘッダーでカプセル化して送受信が行なわれる。
46	スループット (Throughput)	ネットワークシステム間のデータ転送速度のことをいう。特に端末間のファイル転送速度といったシステム実効転送速度のことを指し、単位は主に bit/s を使用する。スループットは機器の CPU 能力、メモリ容量、中継機の種類、トラフィックなど、さまざまな要因で変動するので、測定の際は注意が必要。

NO	項目名	内容
47	ダイヤルアップ (Dial up)	公衆回線とモデムを使うなどして、離れた場所にあるコンピュータにログインしたり、その資源を使用したりすること。リモートアクセスなどともいう。
48	ダイヤルアップルーター (Dial up Router)	ダイヤルアップ接続機能を備えたルーター。外部ネットワークとの接続が必要な場合のみ接続することで、公衆回線接続における通信コストを削減できる。また、接続と切断が自動的に行なわれるので、ユーザー側の操作が簡単になる。通常、ダイヤルアップルーターは着信機能も備えており、外部からのダイヤルアップ接続リクエストに対する接続サーバとしても使用できる。
49	トラヒック (Traffic)	「交通、往来」の意味で、通信関連では、ネットワークを流れるパケットの行き来を指す。ネットワークに大量のデータが流れており、混雑している様子を指して「トラヒックが大きい」、逆にほとんどデータが流れておらず、空いている様子を指して「トラヒックが小さい」などという。
50	ネットワークプロセッサ (Network Processor)	セキュリティ、暗号化、トラヒック管理などの高度な通信サービスの高速処理を可能にし、ブロードバンドルーターや無線 LAN アクセスポイントなどのネットワーク機器に適するように設計された専用プロセッサ。
51	ハブ (Hub)	集線装置(Concentrator)ともいう。10BASE-T によるケーブルリングでは、ハブを中心にして各ノードをスター状に接続することによってネットワークを構築する。10BASE-T ケーブルのモジュラジャックを接続する部分をポートといい、ハブの規模によって4、8、12、16、24ポートなどいろいろな種類がある。 ハブの弱点を克服し、MACアドレス学習や転送機能を備えた進化型ハブは、スイッチング・ハブと呼ばれ、スピードの向上に伴い現在のL2 / L3スイッチ製品に至る。
52	ファーストイーサネット (Fast Ethernet)	100BASE-T、100VG-AnyLAN など、一般のイーサネットの10倍の伝送速度(100Mbit/s)をもつイーサネット規格の総称。

NO	項目名	内容
53	フレーム (Frame)	OSI 参照モデルのデータリンク層(第2層)で送信する信号の単位。パケットとほぼ同義として使われるが、実際にはイーサネットフレームが IP のパケットをカプセル化しているという関係になっている。
54	プロトコル (Protocol)	コンピュータ同士のデータ通信の際の規約、約束事。インターネットでは TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) というプロトコルが基盤になっている。
55	ヘッダー (Header)	パケットの先頭に書かれている文字列で、差出アドレス、宛先アドレスなどのさまざまな情報を管理している。ルーター、スイッチは、このヘッダーの情報をもとに送り先へパケットを届ける。
56	モデム (Modem)	デジタル信号をアナログ信号に変換し(またはこの逆の変換を行ない)、電話回線を経由してコンピュータ同士が通信できるようにするための装置。
57	ルーティング (Routing)	経路制御と訳し、ネットワーク上に送りだされたパケットの宛先情報を調べて、正しく目的の装置へ届くように制御すること。
58	冗長化	最低限必要な量より多めに設備を用意しておき、一部の設備が故障してもサービスを継続して提供できるようにシステムを構築すること。インターネットへの接続回線を複数用意して、片方が断線してもトラブルが起きないようにするネットワークの冗長化も、装置内で同様にデバイスを複数用意する冗長化もある。
59	無線 LAN (Wireless LAN)	有線ケーブルを使わず、電波や光などの無線で通信を行う LAN。2000 年に対応製品が各社から発売され、爆発的な普及を始めた。有線ケーブルの敷設が必要ないため、オフィスでは配置換えで机を動かした際もケーブルの再敷設といった手間を省けるほか、ケーブルの敷設が困難な家庭内でもニーズが高まっている。