

The logo features the letters 'MBA' in a large, black, serif font. To the left of the letters are several orange and yellow spheres of varying sizes, arranged in a semi-circular pattern. Below the spheres is a light pink, semi-circular shape.

MBA

大学教室 無線LANの 実験研究 概要

モバイルブロードバンド協会
www.mbassoc.org

モバイルブロードバンド協会

- **名称:** モバイルブロードバンド協会
- **英文名称:** Mobile Broadband Association
- **略称:** MBA
- **設立:** 2001年8月29日
- **目的:** 本会は、エンドツーエンド原理とグローバルアドレスに基づきNAT等の介在物を含まないインターネットのモバイルでブロードバンドなサービスの仕様策定及びその有効活用のための研究開発及び利用促進と啓蒙を推進し、モバイルブロードバンド産業の健全な発展と振興を図り、利用者の利便性の向上に資することにより、我が国経済社会の発展と国民生活の向上に寄与することを目的とする。

モバイルブロードバンド協会 役員

- **【理事長】**

後藤 滋樹 早稲田大学 理工学部 教授

- **【理事】**

太田 昌孝 東京工業大学大学院

尾野 徹 株式会社コアラ 代表取締役社長

櫛木 好明 松下電器産業株式会社 代表取締役常務 マルチメディア・ソフトウェア技術担当

公文 俊平 財団法人ハイパーネットワーク社会研究所 理事長

永井 秀之 株式会社アサツデー・ケイ インタラクティブビジネスセンター プレジデント

平原 正樹 独立行政法人 情報通信研究機構

真野 浩 ルート株式会社 代表取締役社長

- **【監事】**

立林 英昭 株式会社独立研究所 社長

寺田 崇 イージーネットワークス株式会社 代表取締役

- **【会員】**

企業・団体 約20 個人会員 約50

活動実績1

- **標準化作業**

- MBA標準0201号「MISプロトコル仕様書 Ver. 1.02」 2004年4月5日公開
- MBA標準0202号「MISモバイルIP仕様書」 2004年4月5日公開
- MBA標準0301号「MISAUTHプロトコル仕様書」 2004年6月30日公開

- **研究発表**

- **無線LANの実験 Ⅰ ー 理想環境と閉鎖環境に於ける性能評価 ー**
2002年12月24日公開
- **無線LANの実験 Ⅱ ー 各種規格の使用環境での比較 ー** 2004年4月5日公開
- **無線LANの実験 Ⅲ ー モバイル(車両)によるメッシュネットワークの性能 ー** 2006年4月公開



活動実績2

- **普及啓発事業**

- 2004年3月18日 MBAフォーラム「3G TD-CDMAが拓くIP移動体通信」
- 2005年3月9日 特別セミナー「2005年ワイヤレスブロードバンドの離陸」
- 2005年12月12日「MBA公開ワークショップ」
- その他、INTEROP、Mobile & Wireless World、WiFiPANET、LinuxWorldなどの後援及び規格協力、スピーカー派遣など多数。

無線LANの実験

— 理想環境と閉鎖環境に於ける性能評価 —

概要報告

モバイルブロードバンド協会

実験目的

- 無線LANについて、以下の様な疑問に答える為に実験を企図。
 - 一度にどの位の数のユーザーにサービスを提供できるのか。
 - 動画ストリーミングサービスで可能なビットレート
 - 学校の教室の様な環境で使えるのか
- 無線LANアクセスポイント一台に接続する端末台数と端末当たりのスループットの相関関係を調査。
 - 動員可能な人数やPCの数から、最大台数を40として、そこから台数を減少させた場合のスループットを測定。

実験の概要

- **理想環境と閉鎖環境の二条件。**
 - 理想環境: 日本アンテナ電波暗室
 - 閉鎖環境: 早稲田大学階段教室 / 普通教室
- **実験項目:**
 - tcp 8192バイト、100バイト
 - 動画配信 400Kbps、200Kbps、100Kbps、
 - 端末台数 40、30、20、1
 - WEP 有 / 無
 - 基地局アンテナの変更 コリニアアンテナ パッチアンテナ

電波暗室

日本アンテナ



A

階段教室

早稲田大学理工学部



A

普通教室

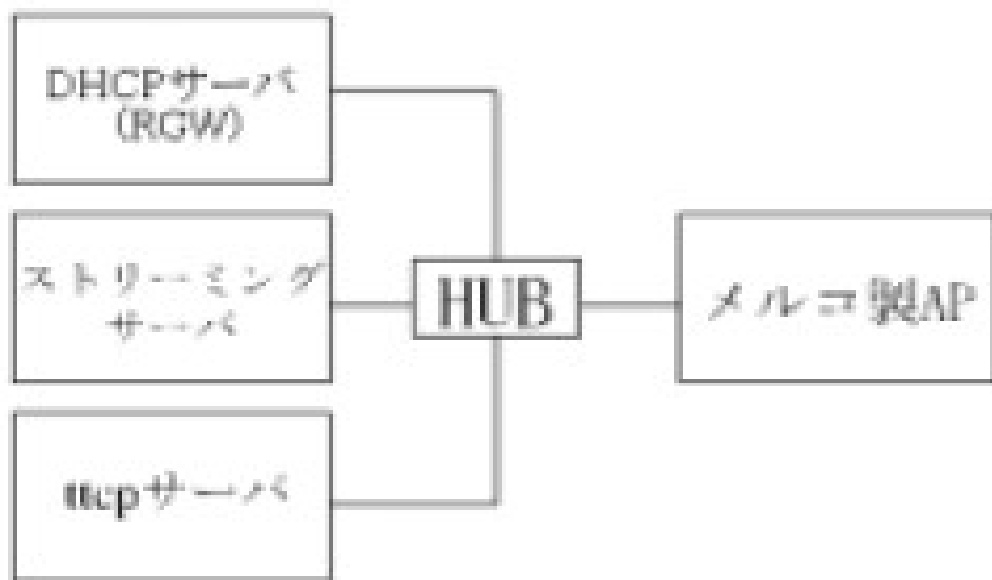
早稲田大学理工学部



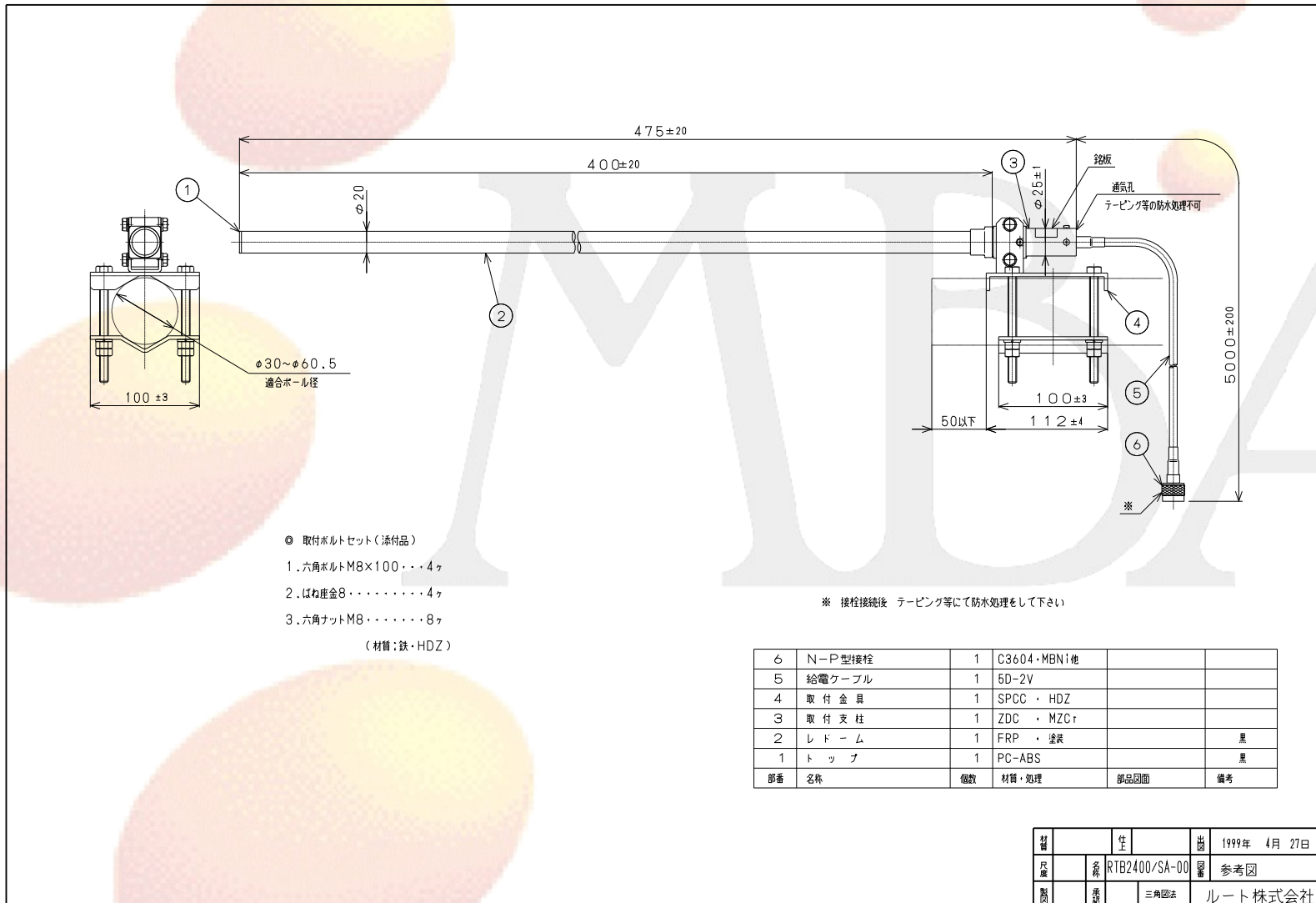
A

実験システム

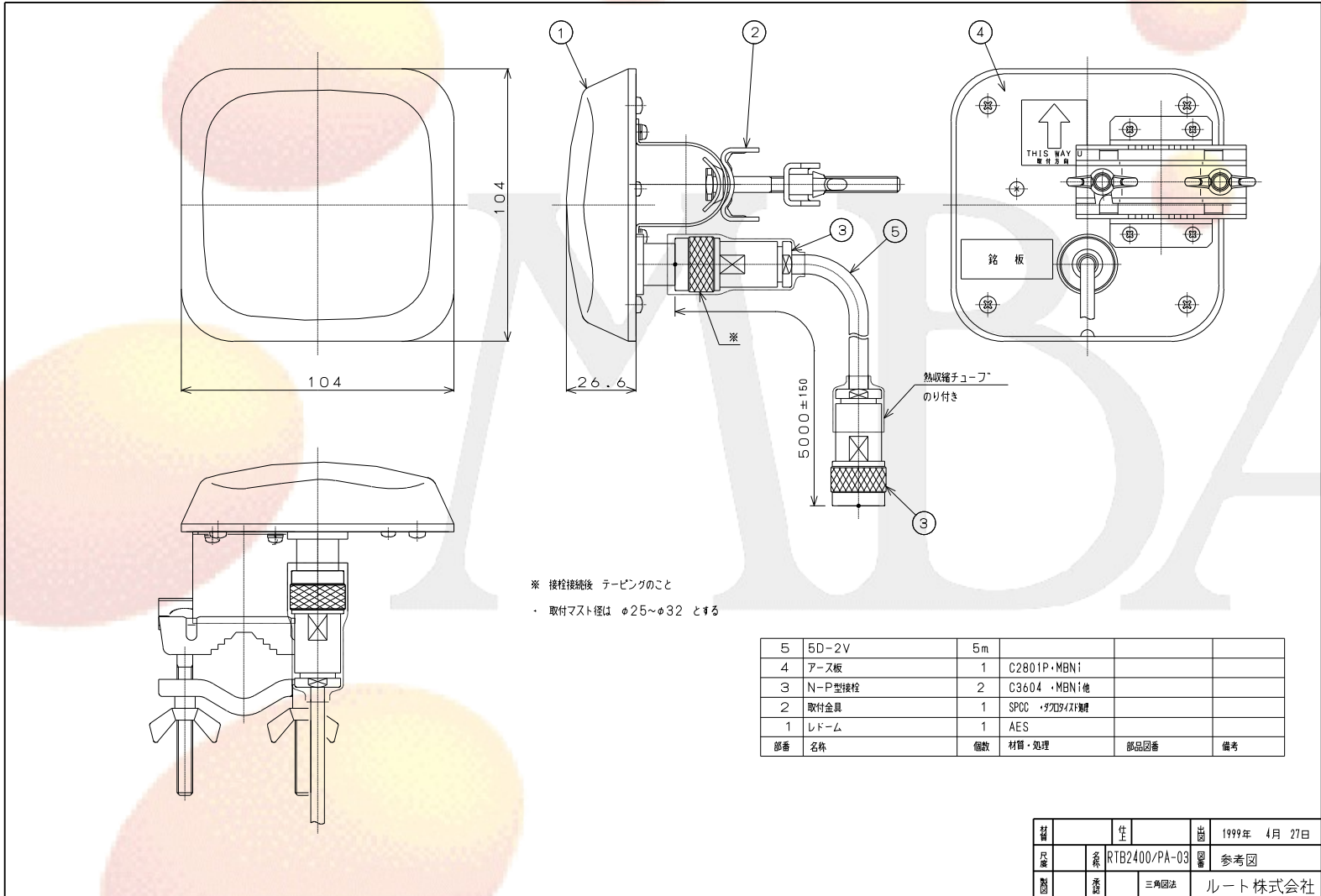
電波暗室・階段教室・普通教室



アンテナ比較テスト用 コリニアアンテナ



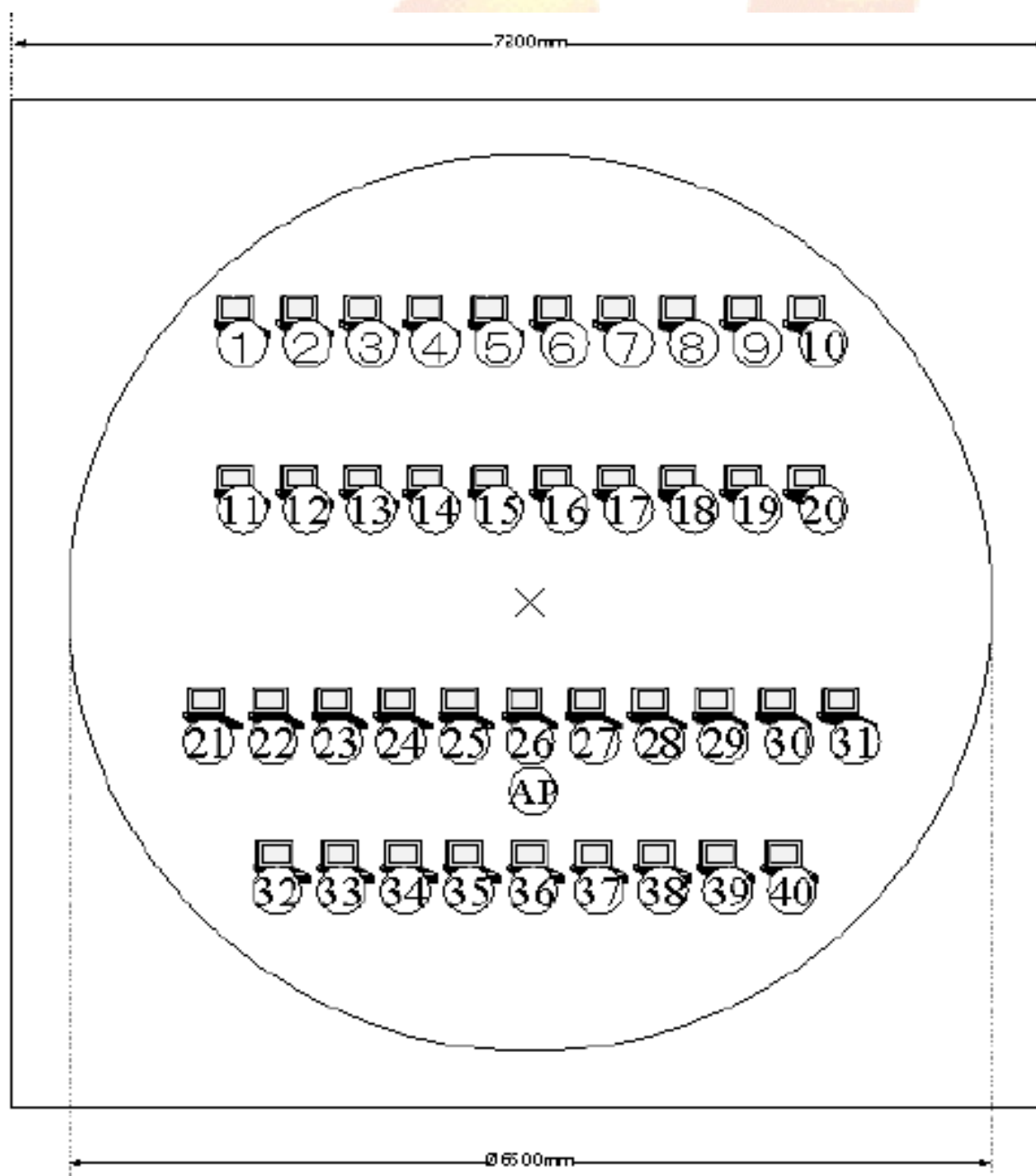
アンテナ比較テスト用 パッチアンテナ



端末PC一覽

番号	メーカー	機種	型番	OS
1	IBM	ThinkPad i Series	1124(2609-93J)	Windows Me
2	DELL	Inspiron	2100	Windows Windows Me
3	DELL	Latitude	CSx H500XT	Windows 98SE
4	Sony	VAIO	PCG-C1MR/BP	Windows XP
5	Sony	VAIO	PCG-C1MR/BP	Windows XP
6	Fujitsu	FMV-BIBLO	LOOX T7/63W	Windows 2000
7	Fujitsu	FMV-BIBLO	LOOX T8/80W	Windows XP
8	Toshiba	DynaBook	SS DS50C	Windows 2000
9	SHARP		PC-MT1-H1	Windows Me
10	IBM	ThinkPad	X21	Windows XP
11	SONY	VAIO	PCG-FX50G/K	Windows 2000
12	SONY	VAIO	PCG-FX50G/K	Windows 2000
13	IBM	ThinkPad	A21e	Windows 98SE
14	IBM	ThinkPad	A21e	Windows 98SE
15	IBM	ThinkPad	A21e	Windows 98SE
16	IBM	ThinkPad	130	Windows 2000
17	IBM	ThinkPad	130	Windows 2000
18	IBM	ThinkPad	A22m	Windows 2000
19	IBM	ThinkPad	X21	Windows 2000
20	IBM	ThinkPad	A21e	Windows 2000
21	Casio	CassiopeiaFiva	MPC-205	Windows Me
22	Casio	CassiopeiaFiva	MPC-205	Windows Me
23	Casio	CassiopeiaFiva	MPC-205	Windows Me
24	Casio	CassiopeiaFiva	MPC-205	Windows Me
25	Casio	CassiopeiaFiva	MPC-205	Windows Me
26	Casio	CassiopeiaFiva	216XL	Windows Me
27	Compaq	Armada		Windows 98SE
28	Compaq	Armada		Windows 98SE
29	Compaq	Armada		Windows 98SE
30	SONY	VAIO	PCG-871N	Windows 2000
31	IBM	ThinkPad	X21	Windows XP
32	IBM	Thinkpad	X21	Windows 2000 Professional
33	Panasonic		CF-M1VA	Windows 98SE
34	Panasonic		CF-M1VA	Windows 2000
35	IBM	ThinkPad	s30	Windows Windows XP
36	Panasonic	Let's Note	CF-S51	Windows 98SE
37	IBM	Thinkpad	i1620	Windows 2000 Professional
38	Casio	CassiopeiaFiva	MPC-205	Windows Me
39	IBM	ThinkPad	A22m	Windows 2000
40	IBM	ThinkPad	T30	Windows XP
41	東芝	DynaBook	SS 2000 DS75P/2	Windows 2000 SP2

電波暗室 端末配置図



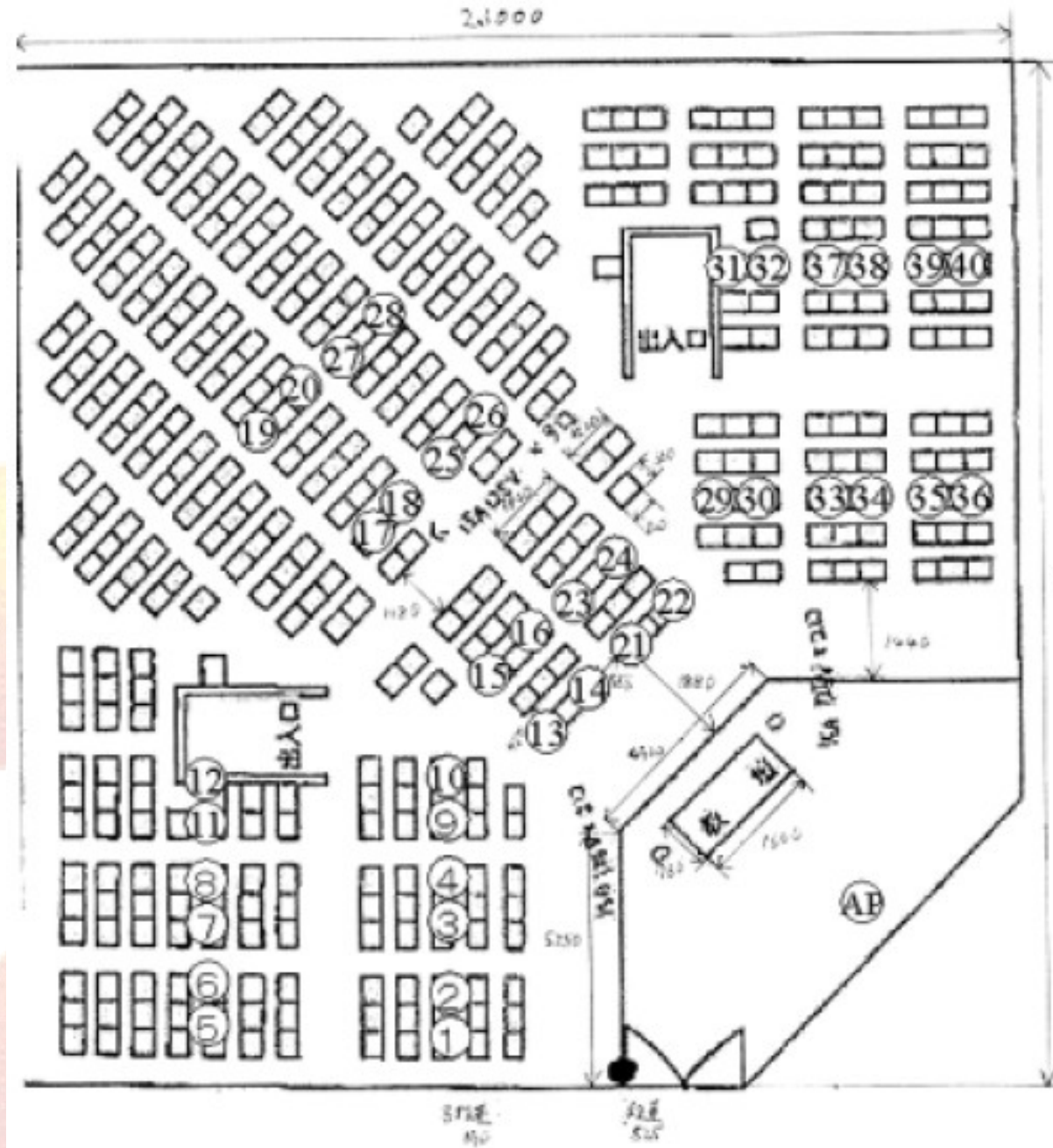
A

電波暗室 端末配置俯瞰



A

階段教室 端末配置図



階段教室 端末設置中の様子



A

普通教室 端末配置図



A

普通教室 実験中の様子



A

実験手順 理想環境

• 事前テスト

- pingコマンドを無線アクセスポイントへ打つ。またストリーミングサーバへ接続し、映像が正常に見られるかを調べる。

• ttcpによるデータ受信実験

- 端末のPCに”`ttcp -r -l 8192`”または”`ttcp -r -l 100`”と入力し、受信待ち状態とする。 → 電波暗室から全員退出する。 → 開始時刻を記録し、サーバから一斉にデータを送信し、併せてログを取る。 → 全端末へのデータ転送が終了した時刻を記録する。 → PCをチェックし、転送が開始されていない端末及び終了していない端末をカウントする。 以上の手順を3回繰り返す。

• 動画配信実験

- 実験用ウェブサイトから配信実験する動画コンテンツを選択して、ストリーミングサーバへ接続する。 → メディアプレーヤの受信バッファを安定させるため、3分程度待つ。 → 電波暗室内に2名のみ残り、ある時点での映像をチェックする。スムーズに動画が再生されているものと、コマ落ち状態になっている端末数を数える。

• WEPについて

WEPを使用すると転送速度が低下する場合がありますので、使用した場合としない場合の両方で測定を行う。

実験手順 閉鎖環境

• 階段教室(閉鎖環境1)

- 手順については電波暗室と基本的に同様であるが、着席したまま一人で2台の端末を操作する。
- WEPについては電波暗室での測定でそれほど転送速度に差が見られなかったため、すべてOFFで行う。

• 普通教室(閉鎖環境2)

- 手順については閉鎖環境1と同様である。WEPについては電波暗室での測定でそれほど転送速度に差が見られなかったためにすべてOFFで行う。

• 普通教室(アンテナテスト)

- 無線アクセスポイントのアンテナの特性によって狭い教室での通信状況に変化があるかどうかを調べる。
- 無線アクセスポイントをルート社製のRGW2400/IDに変更し、コリニアアンテナ(無指向性)とパッチアンテナ(指向性)の2種類について同様の実験を行う。
- 実験の内容はttcpのみとし、先の閉鎖環境2と比較を行う。

進行状況 電波暗室

試行順	試験内容	台数	WEP	条件
1	TTCP	40	ON	L=8192
2	TTCP	40	ON	L=100
3	ストリーミング	40	ON	100Kbps
4	ストリーミング	40	ON	200Kbps
5	TTCP	40	OFF	L=8192
6	TTCP	40	OFF	L=100
7	TTCP	30	OFF	L=8192
8	TTCP	30	OFF	L=100
9	TTCP	30	ON	L=8192
10	TTCP	30	ON	L=100
11	TTCP	20	ON	L=8192
12	TTCP	20	ON	L=100
13	ストリーミング	20	ON	200Kbps
14	ストリーミング	20	ON	400Kbps
15	TTCP	20	OFF	L=8192
16	TTCP	20	OFF	L=100
17	TTCP	1	OFF	L=8192
18	TTCP		OFF	L=100

進行状況 階段教室

試行順	試験内容	台数	WEP	条件
1	TTCP	38	OFF	L=8192
2	TTCP	38	OFF	L=100
3	ストリーミング	39	OFF	400Kbps 全てコマ落ち状態のため1回で終了
4	ストリーミング	39	OFF	200Kbps
5	ストリーミング	39	OFF	100Kbps 全て良好のため1回で終了
6	TTCP	30	OFF	L=8192
7	TTCP	30	OFF	L=100
8	ストリーミング	30	OFF	400Kbps
9	ストリーミング	30	OFF	200Kbps
10	TTCP	1	OFF	L=8192
11	TTCP	1	OFF	L=100

進行状況 普通教室

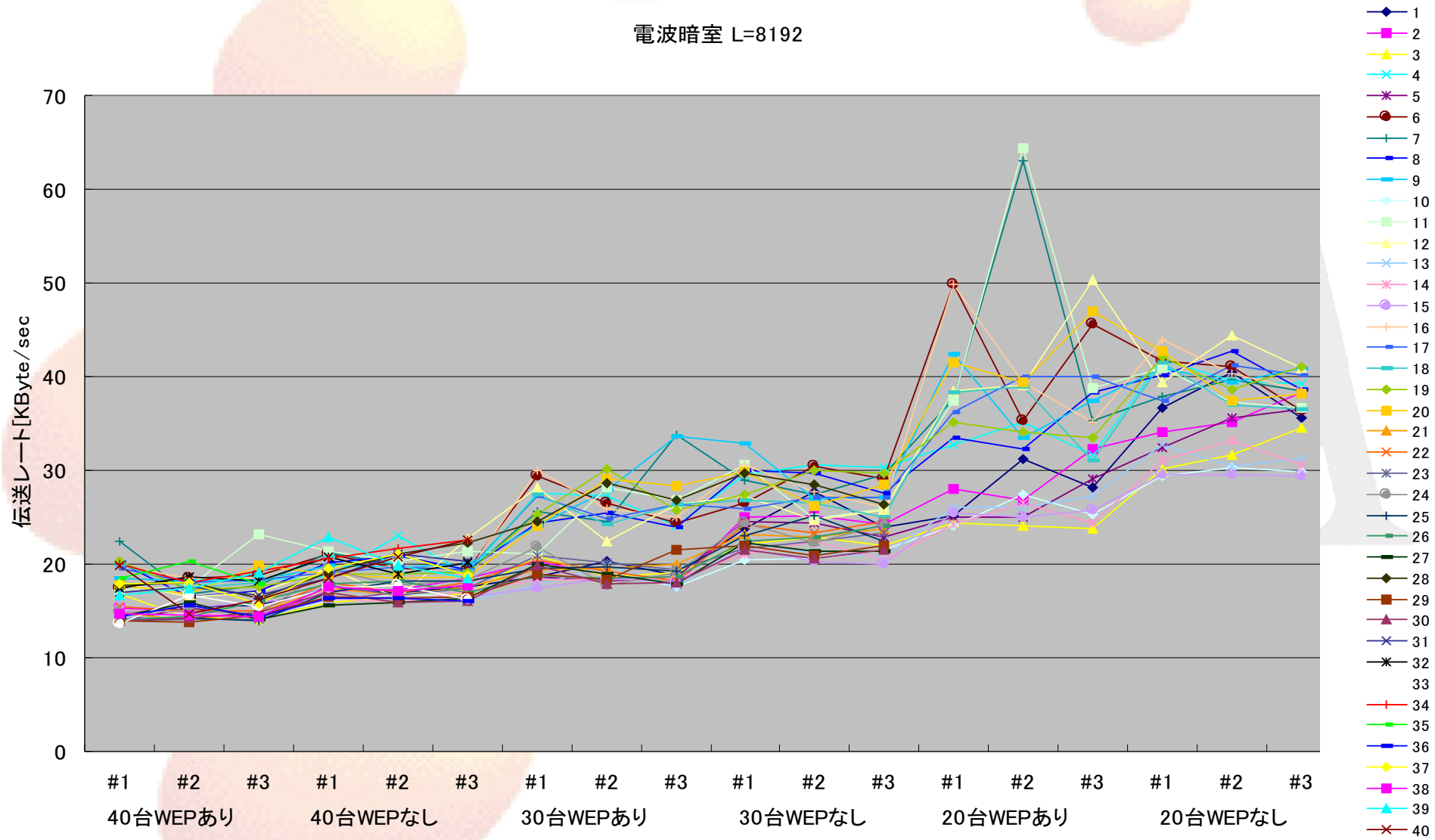
試行順	試験内容	台数	WEP	条件
1	TTCP	38	OFF	L=8192
2	TTCP	38	OFF	L=100
3	ストリーミング	39	OFF	200Kbps
4	ストリーミング	39	OFF	100Kbps 1回のみ
5	TTCP	30	OFF	L=8192
6	TTCP	30	OFF	L=100
7	ストリーミング	30	OFF	400Kbps
8	ストリーミング	30	OFF	400Kbps
9	ストリーミング	30	OFF	100Kbps 1回のみ
10	TTCP	1	OFF	L=8192 No.19
11	TTCP	1	OFF	L=100 No.19
12	TTCP	1	OFF	L=8192 No.18
13	TTCP	1	OFF	L=100 No.18

進行状況 普通教室アンテナテスト

試行順	試験内容	台数	WEP	条件
1	TTCP	38	OFF	L=8192 コリニアアンテナ
2	TTCP	38	OFF	L=8192 パッチアンテナ
3	TTCP	1	OFF	L=8192 パッチアンテナ
4	TTCP	1	OFF	L=8192 コリニアアンテナ

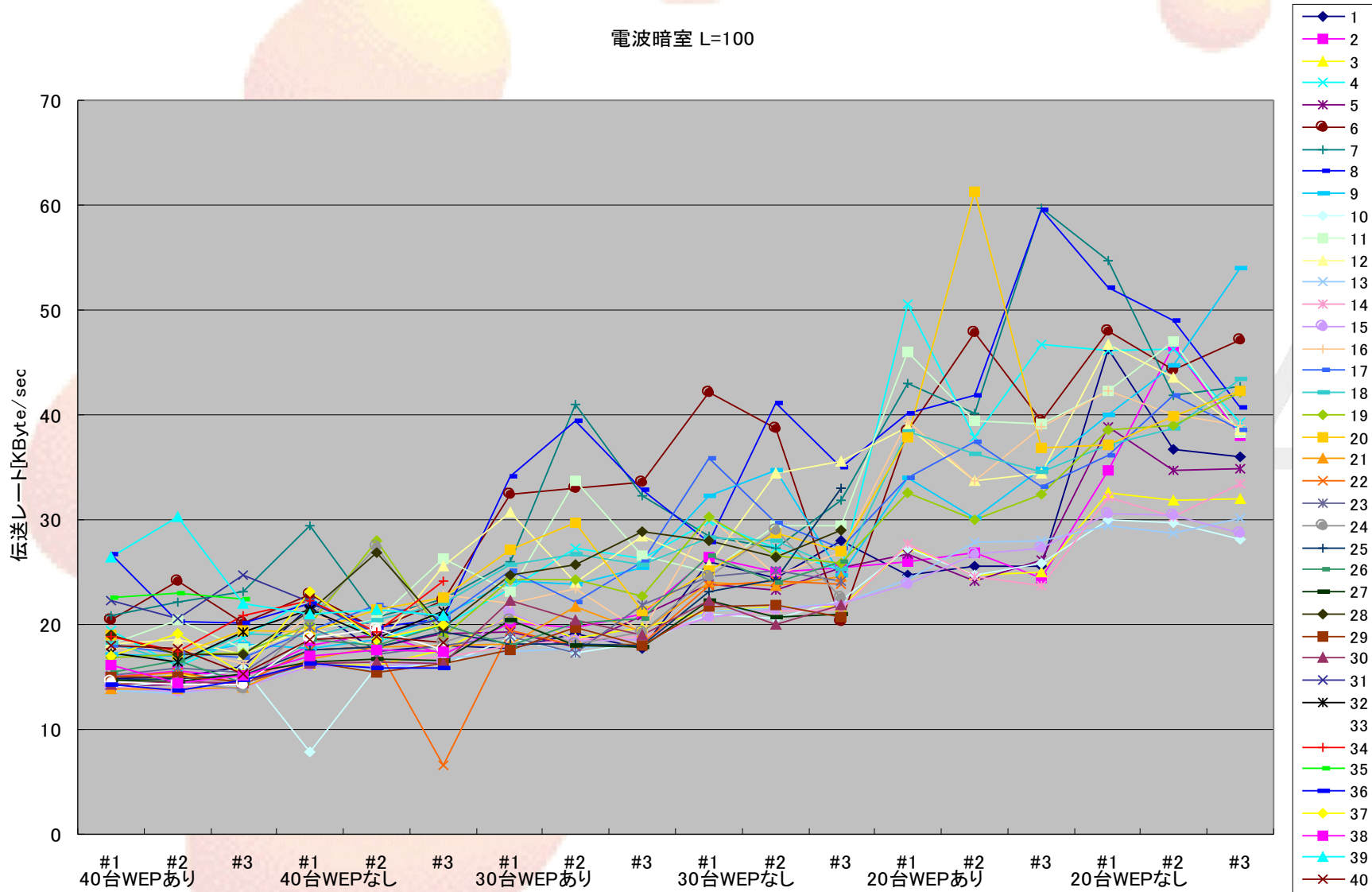
電波暗室 データ長8192バイト 端末毎転送レート

電波暗室 L=8192



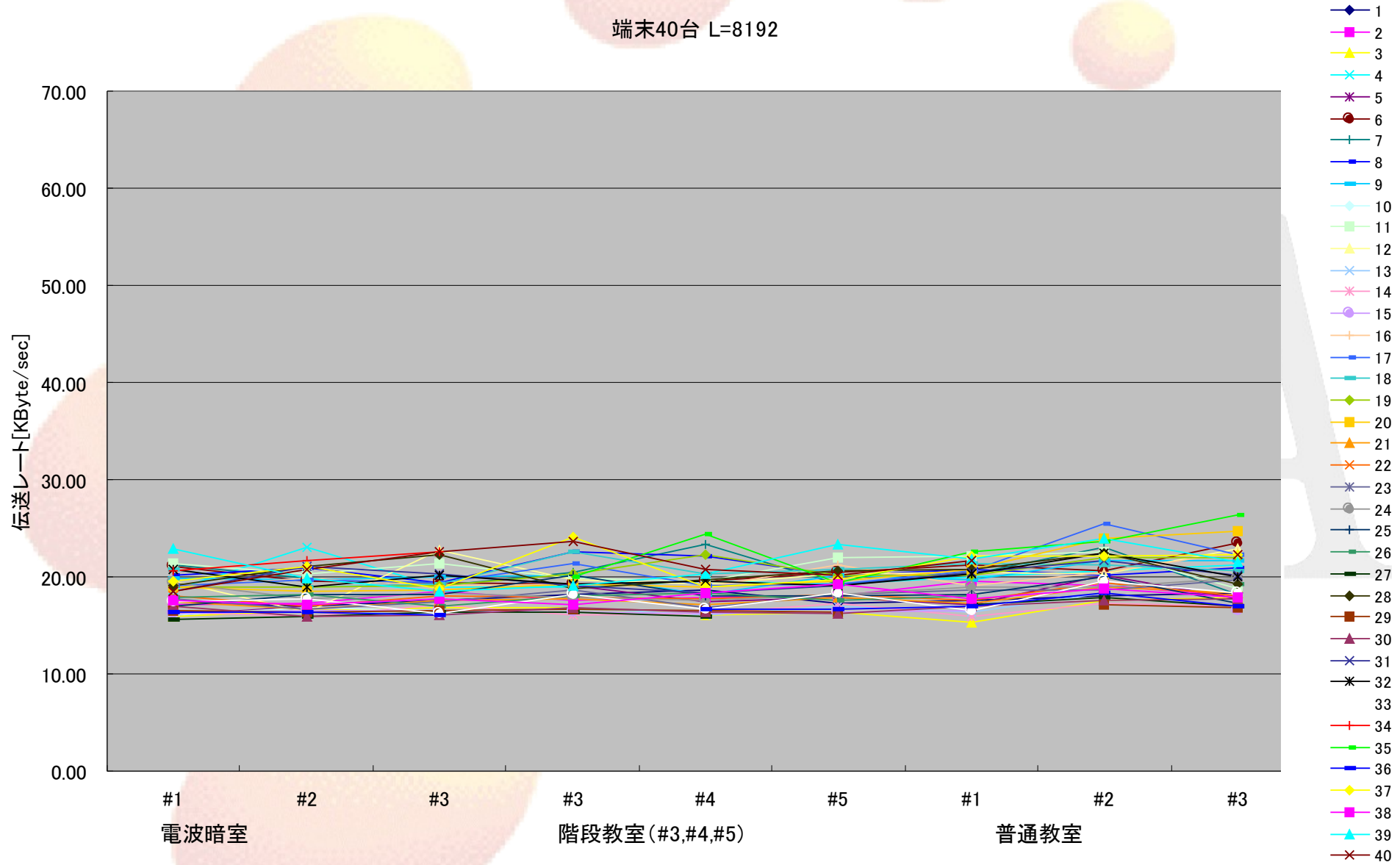
電波暗室 データ長100バイト 端末毎転送レート

電波暗室 L=100



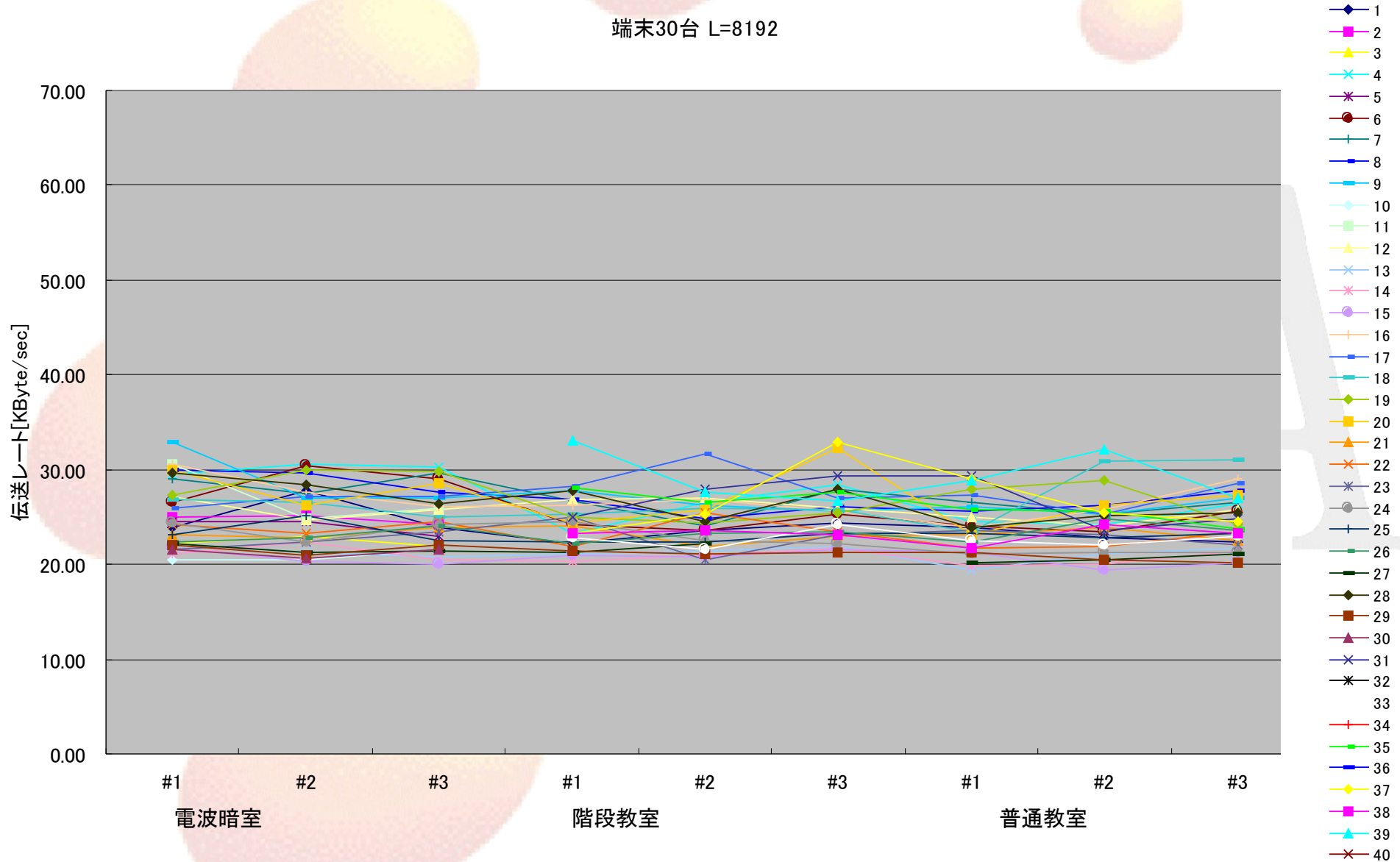
端末40台 データ長8192バイト 環境別端末毎転送レート

端末40台 L=8192



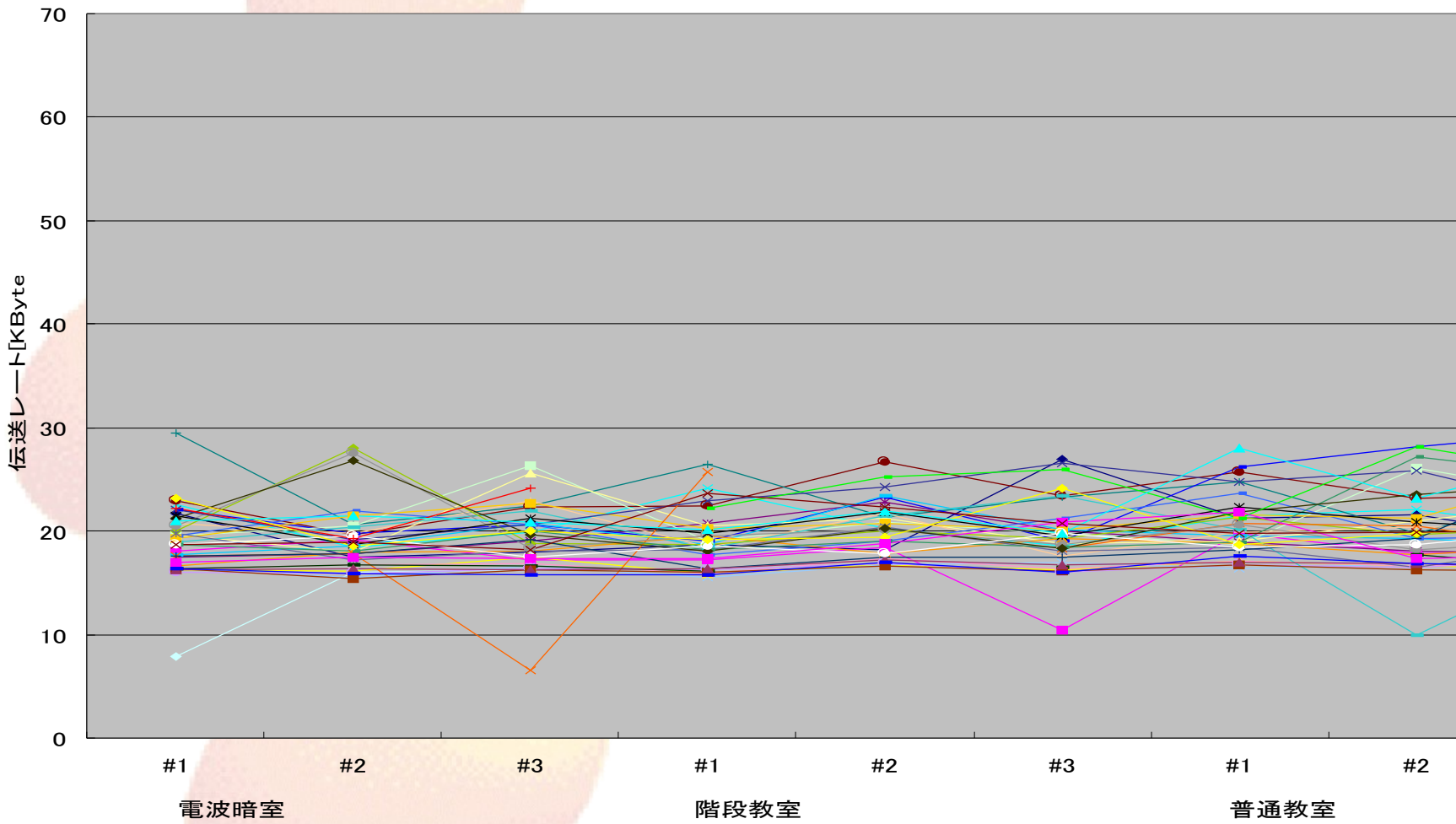
端末30台 データ長8192バイト 環境別端末毎転送レート

端末30台 L=8192



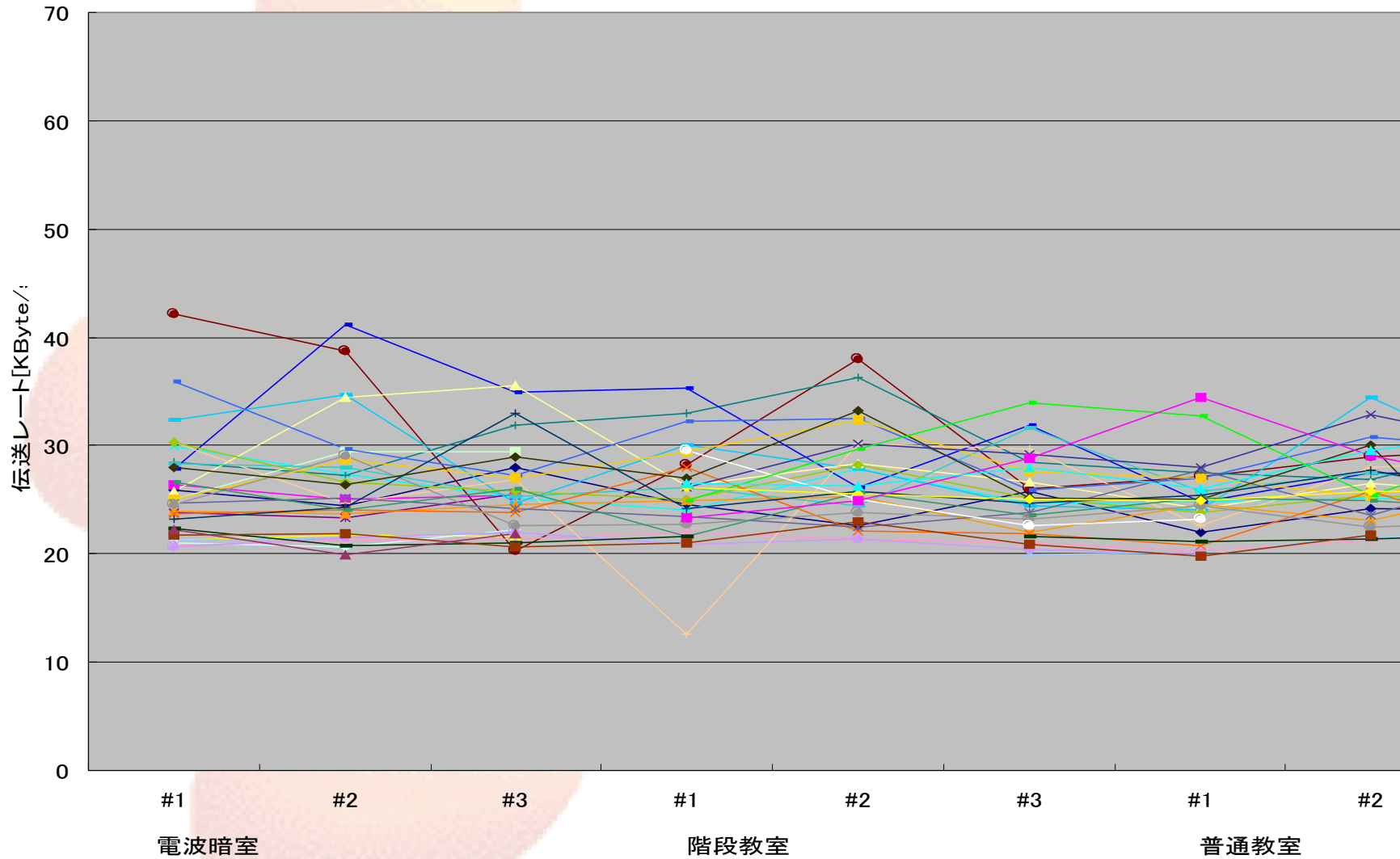
端末40台 データ長100バイト 環境別端末毎転送レート

端末40台 L=100



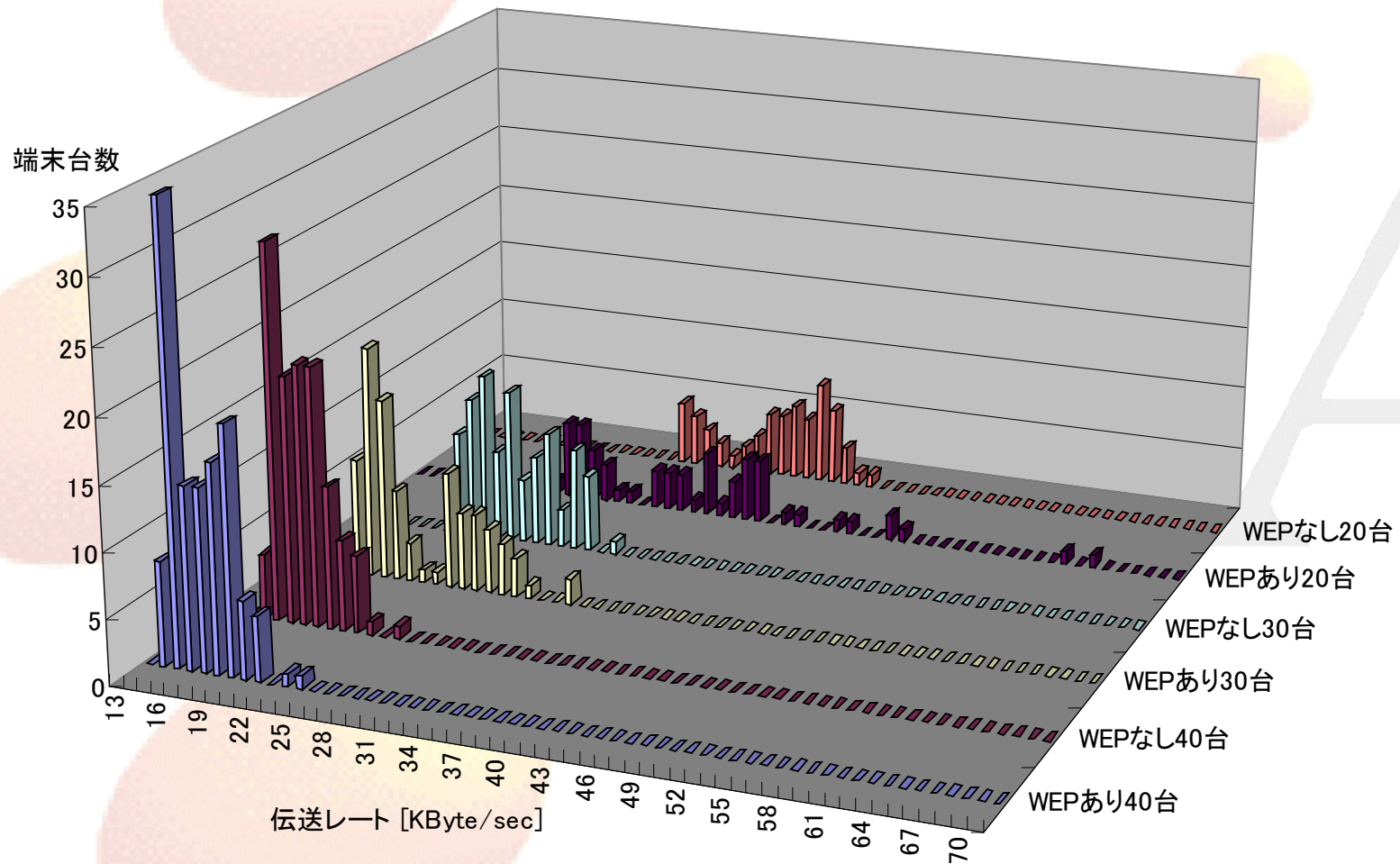
端末30台 データ長100バイト 環境別端末毎転送レート

端末30台 L=100



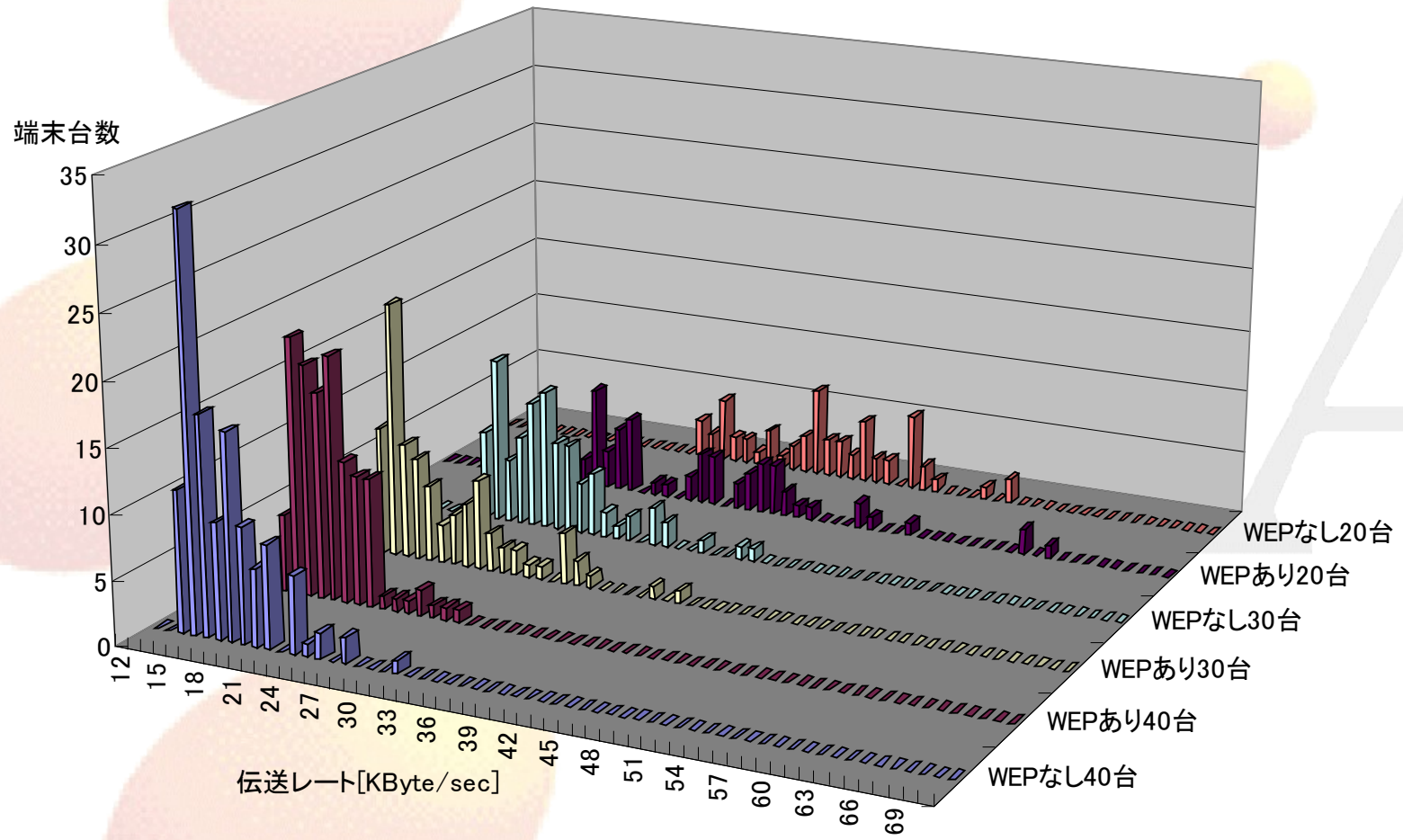
電波暗室における転送レート対端末台数ヒストグラム データ長8192バイト

電波暗室 伝送レート対端末台数 ヒストグラム L=8192



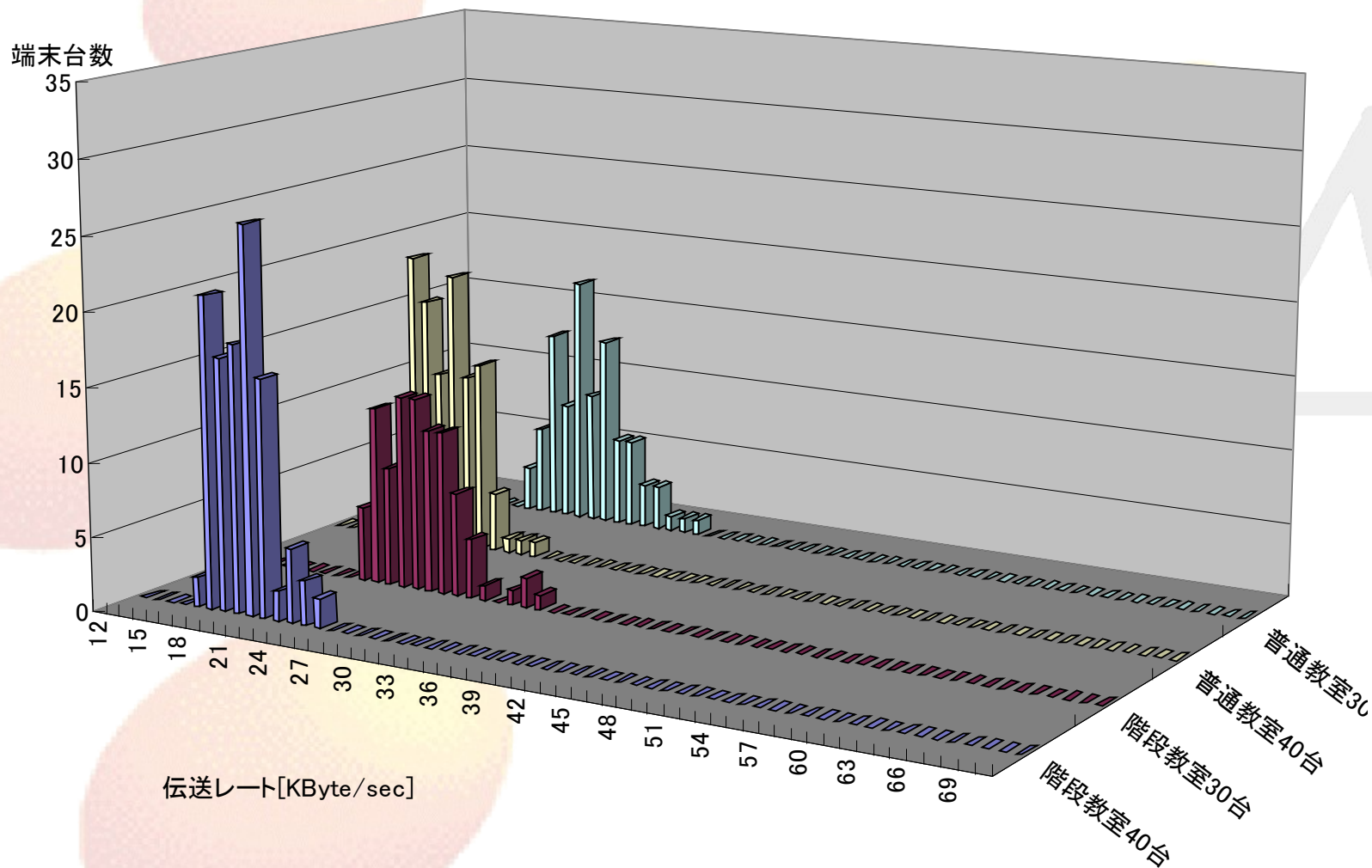
電波暗室における転送レート対端末台数ヒストグラム データ長100Byte

電波暗室 伝送レート対端末台数 ヒストグラム L=100



教室における転送レート対端末台数ヒストグラム データ長8192Byte

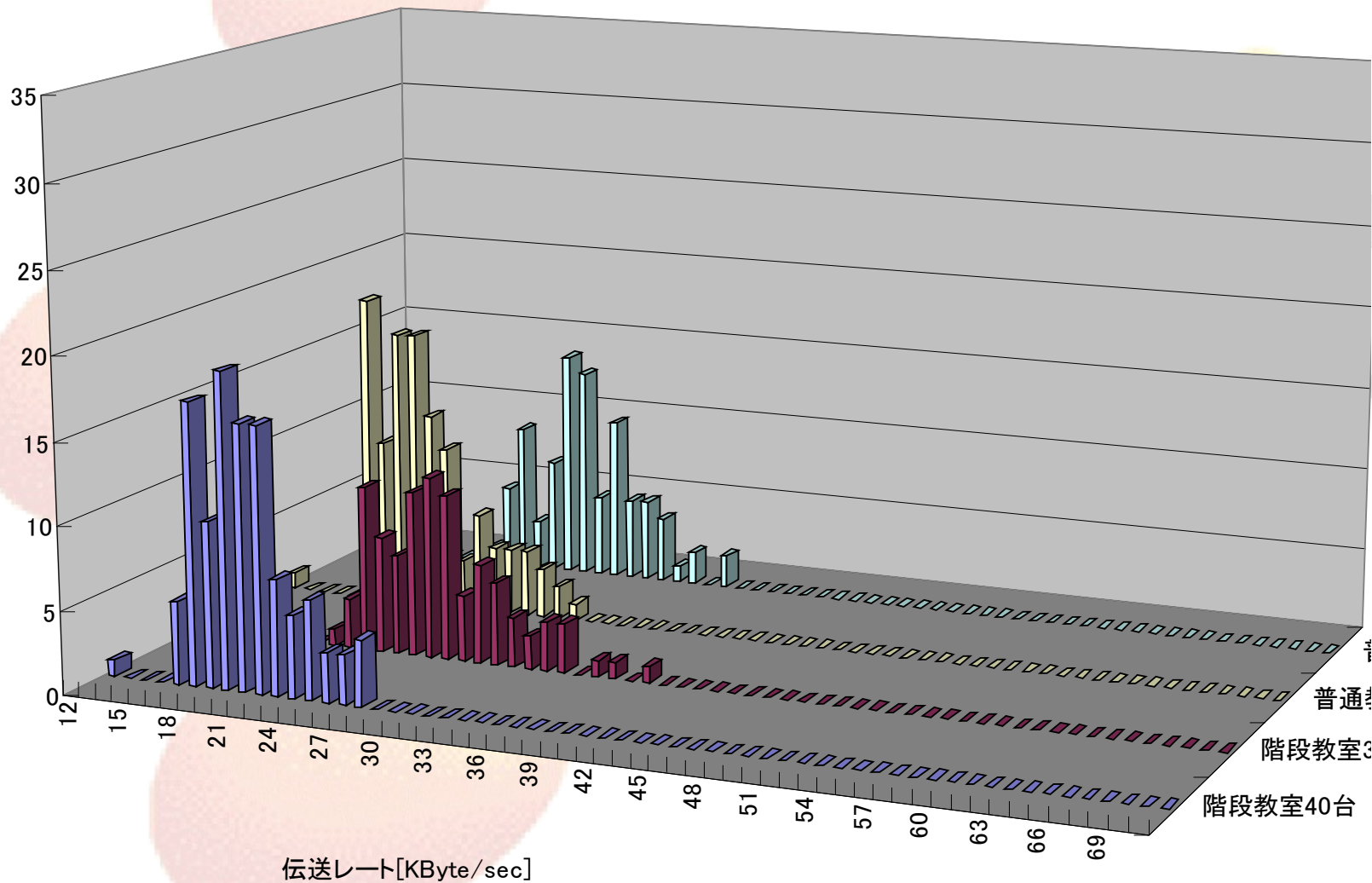
早稲田大学 伝送レート対端末台数 ヒストグラム L=8192



教室における転送レート対端末台数ヒストグラム データ長100Byte

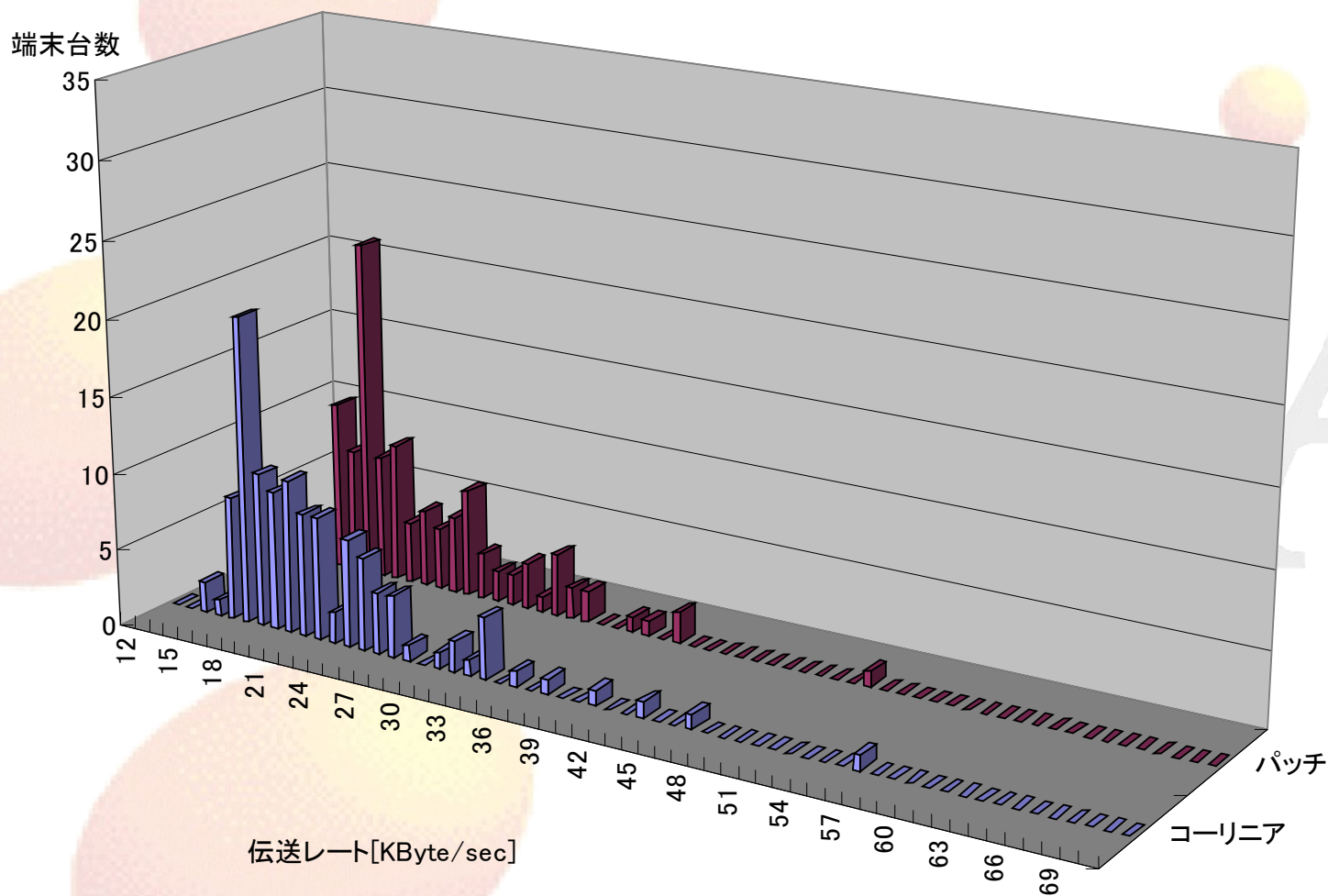
早稲田大学 伝送レート対端末台数 ヒストグラム L=100

端末台数



アンテナの種類を変えた場合の転送レート対端末台数ヒストグラム 普通教室 端末40台 データ長8192Byte

アンテナテスト 早稲田普通教室 端末40台 伝送レート対端末台数 ヒストグラム L=8192

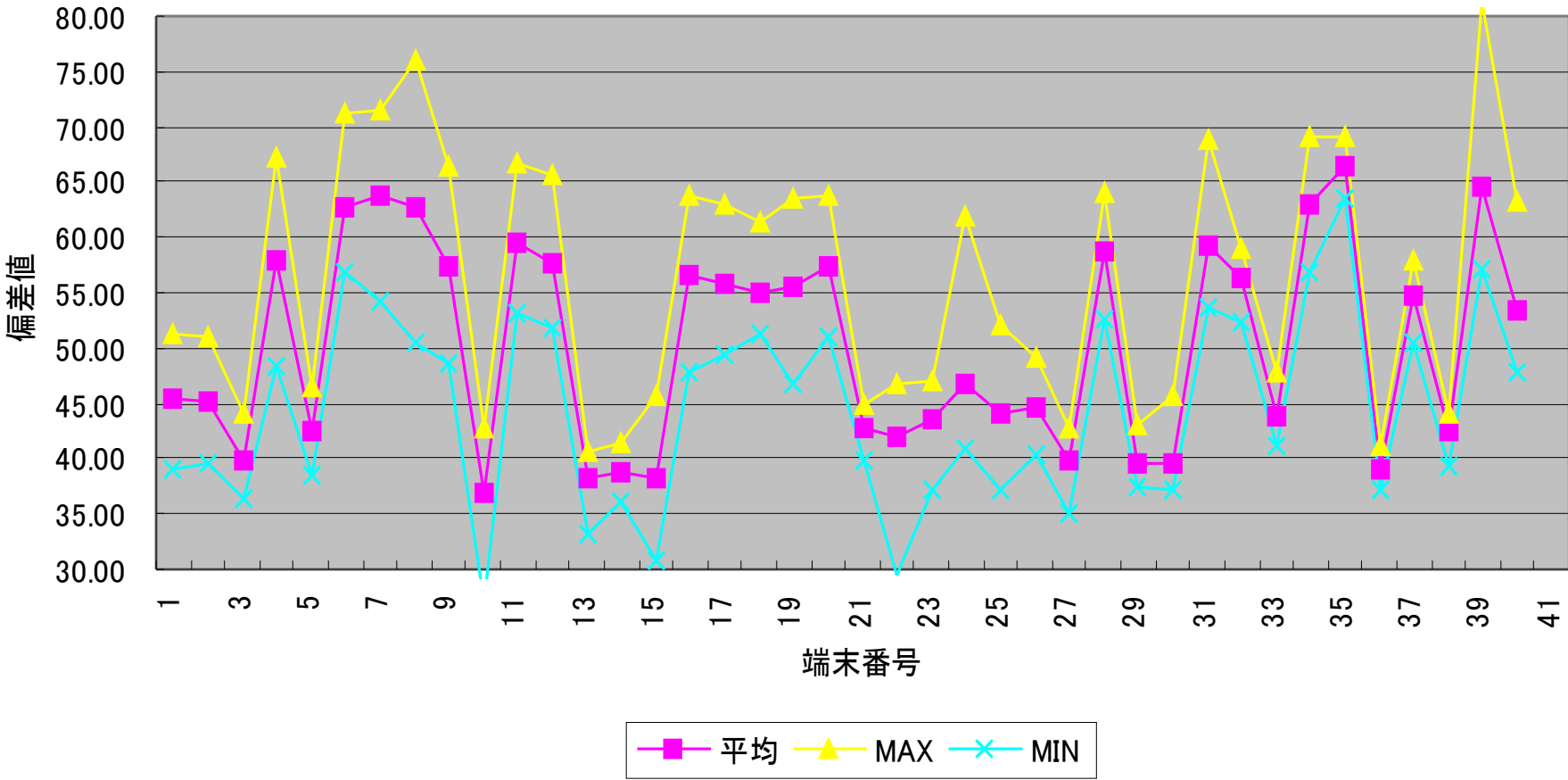


転送速度のばらつきの説明

- 個々の端末の結果を、偏差値を用いて相対化して比較。
 - 同一条件での端末別の平均データを求める。
 - 各条件毎の転送速度の平均と標準偏差から、各端末の偏差値を算出。
 - 各条件毎に偏差値の最高、最低、平均を求めてグラフ化。

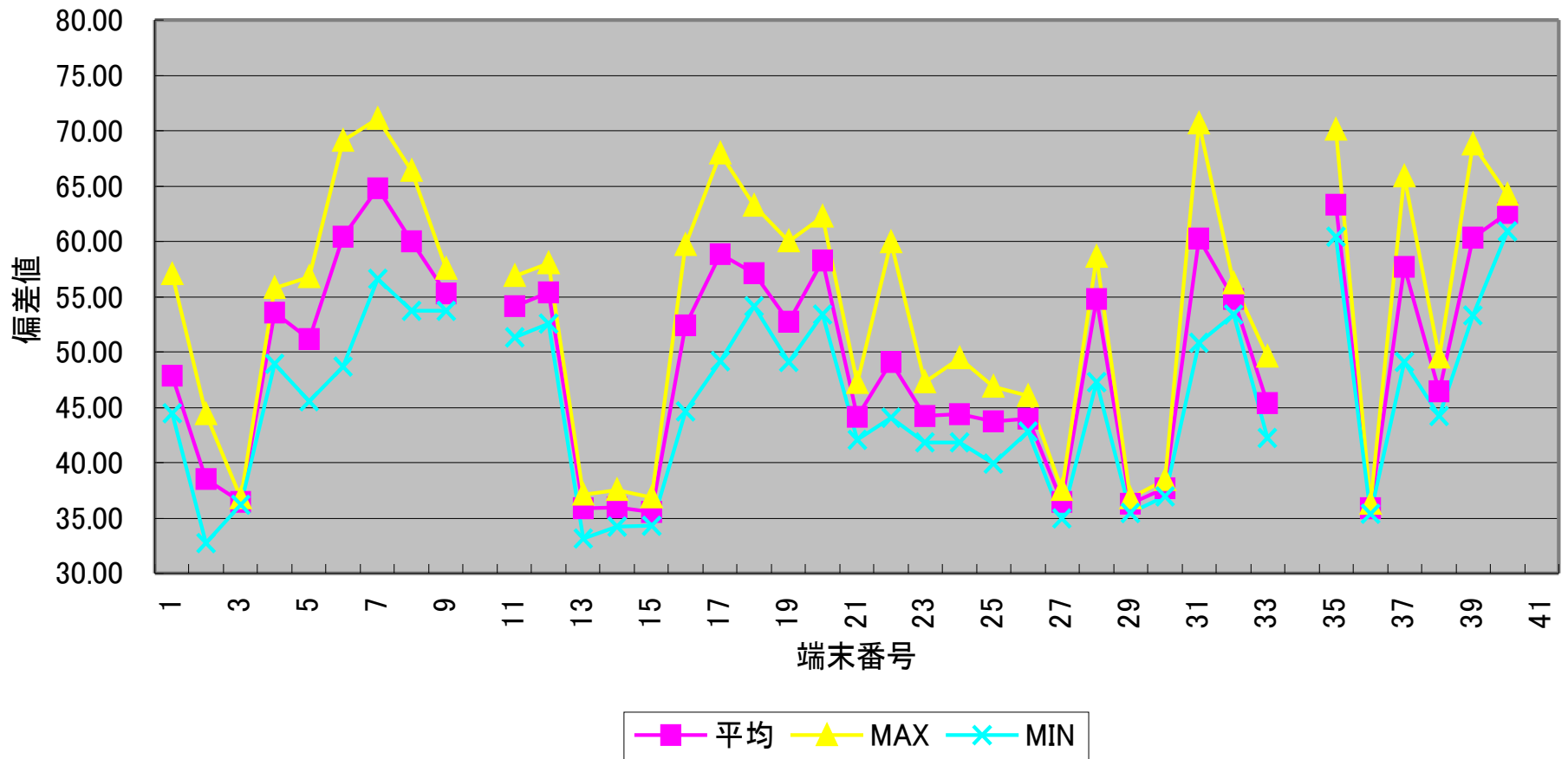
電波暗室における各端末の偏差値

日本アンテナ電波暗室



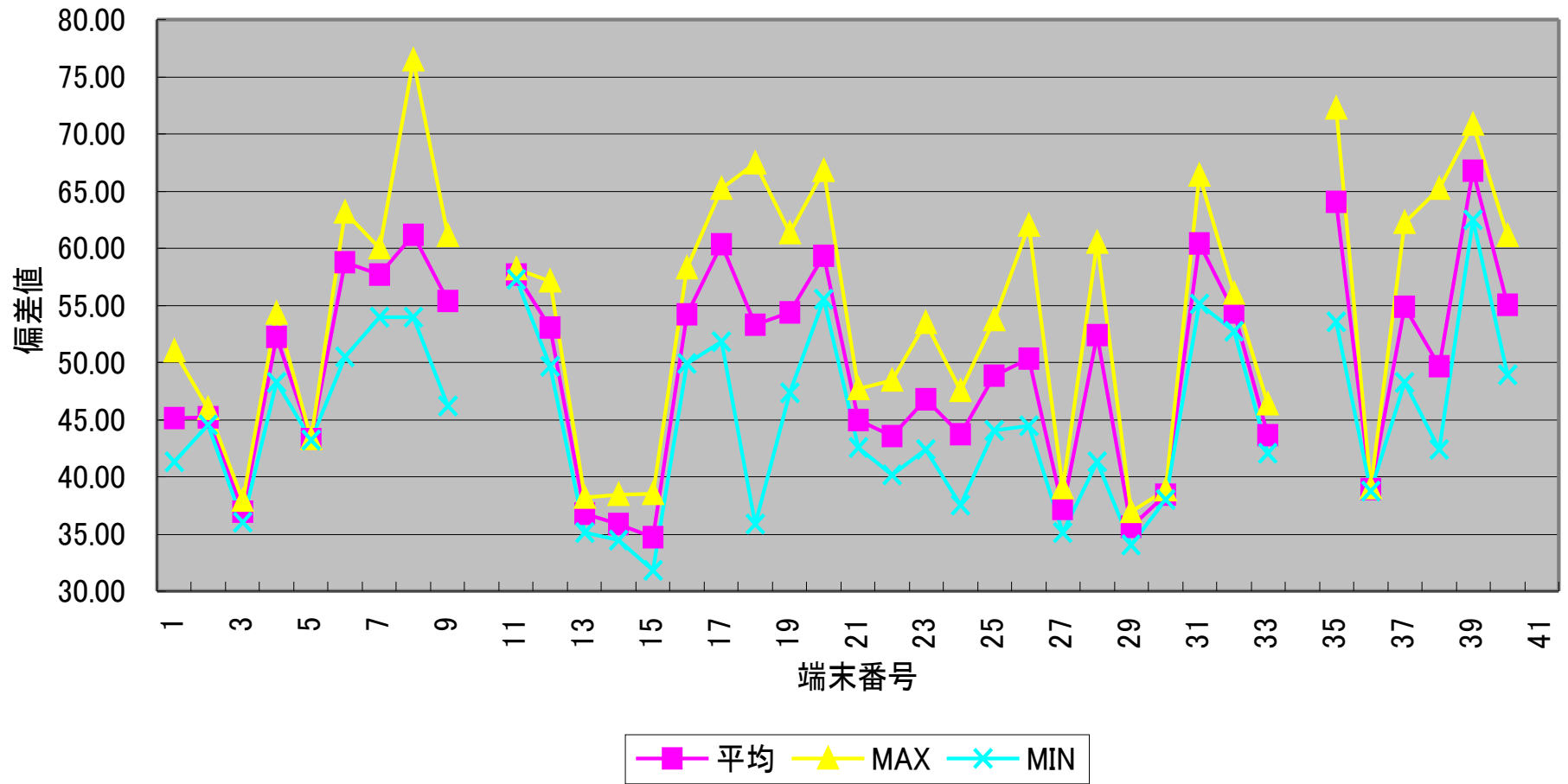
階段教室における各端末の偏差値

早稲田大学階段教室

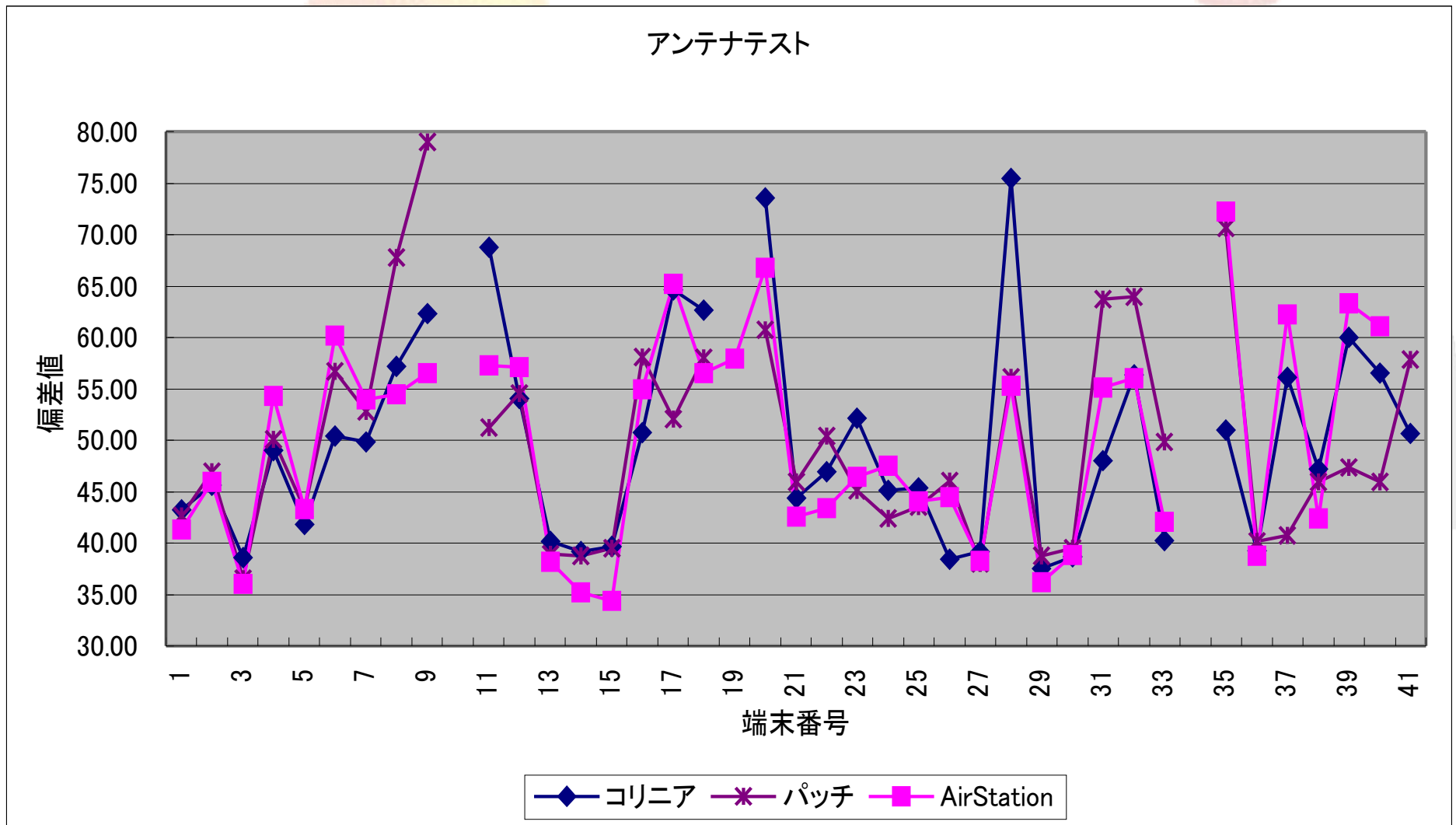


普通教室における各端末の偏差値

早稲田大学普通教室



アンテナテストにおける各端末の偏差値



端末の偏差値による比較の考察

- グラフの形は四つの比較でいずれもほぼ同じ。
 - スループットの差は端末固有の問題であり場所等の環境要因でないと考えられる。
- 普通教室で行ったアンテナを変えたテストでも、端末固有のスループット特性がそのまま現れている。
 - 普通教室程度の大きさの閉鎖空間では、今回使用したアンテナの特性では場所による影響はほとんど無いと考えられる。

動画配信実験の結果

電波暗室

- 40台への同時配信
 - 400Kbps... 受信した端末全てが静止画状態となる。良好な場合でも静止画が数コマ変化するのみ。
 - 200Kbps... 40台中14台で滑らかな動画が表示された。他はコマ落ち状態となった。
 - 100Kbps... 全ての端末で滑らかな動画が表示された。
- 30台への同時配信
 - 400Kbps... 全ての端末がコマ落ち状態となった。
 - 200Kbps... 30台中20台で滑らかな動画が表示された。
- 20台への同時配信
 - 400Kbps... 全ての端末で滑らかな動画が表示された(200Kbps以下は行わないこととした)。
- WEP有無の差は見られない。→教室ではWEPなしのみで計測。

動画配信実験の結果 階段教室

- 40台への同時配信(1台は端末不良のため急遽39台にて行った)
 - 200Kbps ... 1回目は13台、2回目は14台、3回目は19台で滑らかな動画が表示された。残りはコマ落ち状態。
 - 100Kbps ... 全ての端末で滑らかな動画が表示された。
- 30台への同時配信
 - 400Kbps ... 1回目は2台、2回目は0台、3回目は4台で滑らかな動画が表示された。残りは静止画の状態。
 - 200Kbps ... 1回目は28台、2回目は30台、3回目は29台で滑らかな動画が表示された。

動画配信実験の結果

普通教室

- 40台への同時配信(1台は端末不良のため急遽39台にて行った)
 - 200Kbps ... 1回目は6台、2回目は1台、3回目は5台で滑らかな動画が表示された。残りはコマ落ち状態。
 - 100Kbps ... 1台を除き、全ての端末で滑らかな動画が表示された。
- 30台への同時配信
 - 400Kbps ... 1回目は0台、2回目は3台、3回目は1台で滑らかな動画が表示された。残りは静止画の状態。
 - 200Kbps ... 1回目は9台、2回目は27台、3回目は25台で滑らかな動画が表示された。残りは静止画の状態。
 - 100Kbps ... 1台端末不良のため29台にて行ったが、全ての端末で滑らかな動画が表示された。

動画配信実験結果の考察

- 動画配信は階段教室の方が若干状態が良い様に感じられる。
- IEEE802.11bの実効速度は5～6Mbpsと言われており、それに合致する結果といえよう。

まとめ1

- 電波暗室と閉鎖環境(学校教室)とで、計測結果に特徴的な差異は見られない。
- 端末の配置場所による差異も認められない。
- 受信再生可能な動画コンテンツのビットレートと端末台数の間には負の相関関係が見られる。
- アンテナの指向性があるものとなないものとの比較で、特徴的な差異は見られない。

代表的な数値

- 端末40台(無線アクセスポイント1台/1チャンネル)
 - tcpによる転送速度(ショートパケット) 15KByte/sec~28KByte/sec
 - tcpによる転送速度(ロングパケット) 16KByte/sec~24KByte/sec
 - 受信再生可能な動画コンテンツのビットレート 100Kbps(画像サイズ 236×112ドット)
- 端末30台の場合(無線アクセスポイント1台/1チャンネル)
 - tcpによる転送速度(ショートパケット) 20KByte/sec~32KByte/sec
 - tcpによる転送速度(ロングパケット) 20KByte/sec~29KByte/sec
 - 受信再生可能な動画コンテンツのビットレート 200Kbps(画像サイズ 356×168ドット)

まとめ2

- 大学教室程度の閉鎖環境では、反射が受信性能に作用して、規模の影響はあまりないと推測される。
- 各端末のデータ転送実行速度(18K~26KByte/sec)や、全端末の実行速度の合計が5M~6Mbps程度である事、そして、個々の端末の実効速度が台数とが負の相関関係にある事から、単純に帯域が分割されるものと推測される。
- 計測結果のばらつきは、端末側の処理能力に関係するらしい事に注意する必要がある。
- 高品位の動画コンテンツ配信を1台の無線アクセスポイントにて実現することは難しいと確認できた。このような高品位サービスの実現が可能かどうかを判断するために、無線アクセスポイントの設置台数、設置場所、チャンネルの有効利用などを、今後更に実証実験等によって解明する必要がある。

仮題

無線LANの実験Ⅳ
— 教室無線LANの性能評価 —

計画説明

モバイルブロードバンド協会

背景

- 前回実験(「無線LANの実験」2002)以降、新しい規格やそれに基づいた新しい製品が多数登場。
- 大学教育に於てインターネットの活用は益々一般化(教材一斉ダウンロードなど)。
- 有線LANを全室の全座席に行き渡らせるのは困難
→ 無線LANに新たな期待。
 - 教室での一斉同時負荷の実証データが必要。
 - 教室特有の所要機能の実証実験が必要。

実験概要

- **実験環境**

- 実験環境として学生約100人を収容（着席）している大学教室を使用する。ここで、授業中の学生が教壇からの指示により各々机上のノートPCを操作し、無線LANを使用する。
- 基地局数：5 中央1+四隅または中央5

- **実験日時・場所（予定）**

- 日時： 2006年10月30日（月） 午前
- 場所： 早稲田大学大久保キャンパス
52号棟内教室

実験機材の検討

- 11gはどうする？
- 教室特有の所要機能：
 - 11g プロテクション
 - 送信出力
 - プライバシーセパレータ
 - 台数制限
- 候補： バッファロー、コレガ、ルート、アルバ
 - デモ機を借用できるか…

実験内容の検討

- 実験作業課題
 - ウェブブラウジング／ファイルダウンロード(中身を見る)／FTPダウンロード(サイズと速度が見える)／TTCPで速度を見る
- データ収集要領
 - 学生にウェブに結果を入力して貰うか：
座席・機種など／AP(SSID)／MAC アドレス・IP アドレスを記録
- 接続状況の把握
 - APをとめるか／均等に接続されるか？／あふれたらローミングしているか？／接続できない人がいなくなるまでの時間／無制限で接続して分布をみる／制限して分布を見る

実験内容の検討2

- 森岡氏(個人会員)からの提案

- 各APの近傍にPCを置いて、APと同一チャンネルのフレーム(IEEE802.11マネージメントフレームやコントロールフレームも含む)をキャプチャすべし。

- ⇒

- 大学の授業時間内で全てを準備し、実行しなくてはならないので、全APでそれを実施するのは困難と思われる。しかし、せめて 1AP だけでもデータを取ってみたい。

The logo features the letters 'MBA' in a black serif font. To the left of the letters is a cluster of orange and yellow spheres of varying sizes. To the right is a larger, fainter cluster of yellow and white spheres. A large, faint 'MBA' watermark is visible in the background.

MBA

モバイルブロードバンド協会

www.mbassoc.org