

テーマ：エンタープライズネットワーク

応募区分：研究型論文

**無線LANアクセスポイントにおける送信ビームフォーミング
Cisco ClientLinkの性能の実験的検討
- より信頼性の向上した無線LANの実現を目指して -**

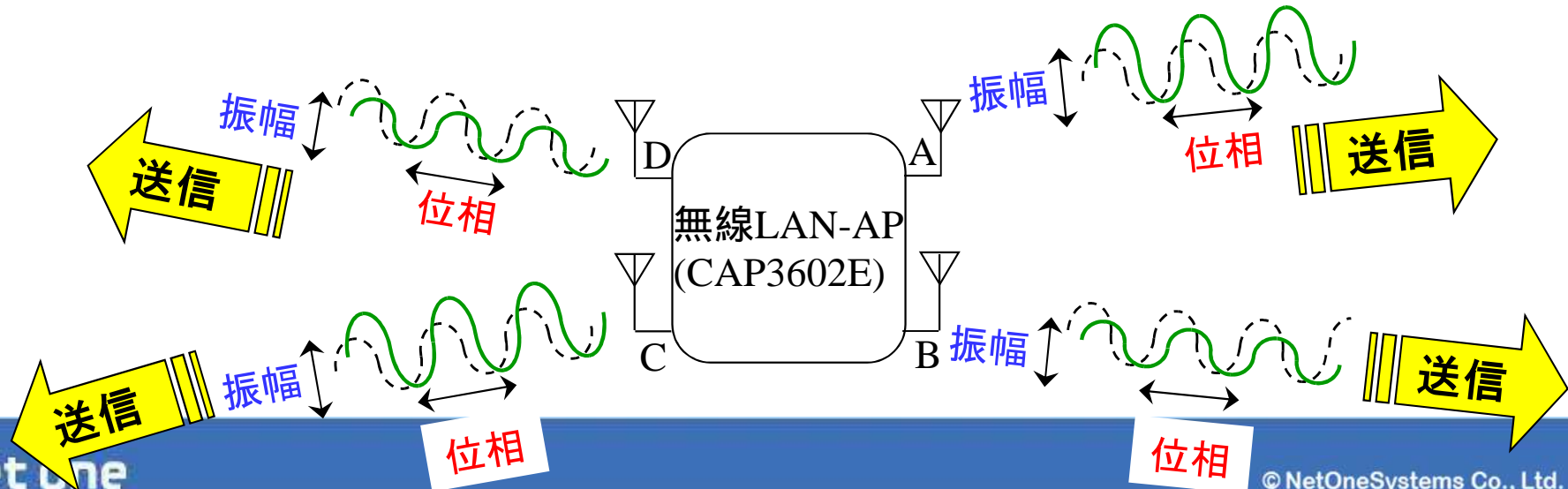
ネットワークシステムズ株式会社
松戸 孝



本論文の概要

シスコシステムズ社製無線LANアクセスポイント(AP) CAP3602Eに実装された送信ビームフォーミングであるCisco ClientLink2.0(注)は、下り回線の通信品質の改善効果を明確に持つことを、事務所のフロア環境における実験により確認した。

(注) Cisco ClientLinkは、APが通信の相手方である特定の無線端末の場所に対してピンポイントで通信品質を高める技術。APが複数のアンテナから送信する信号に前処理(振幅や位相の調整)を行う技術。なお、IEEE802.11n対応のCAP3602Eに実装はCisco ClientLink2.0 と呼称。



目次

- 本論文執筆の背景、動機

- 実験的検討

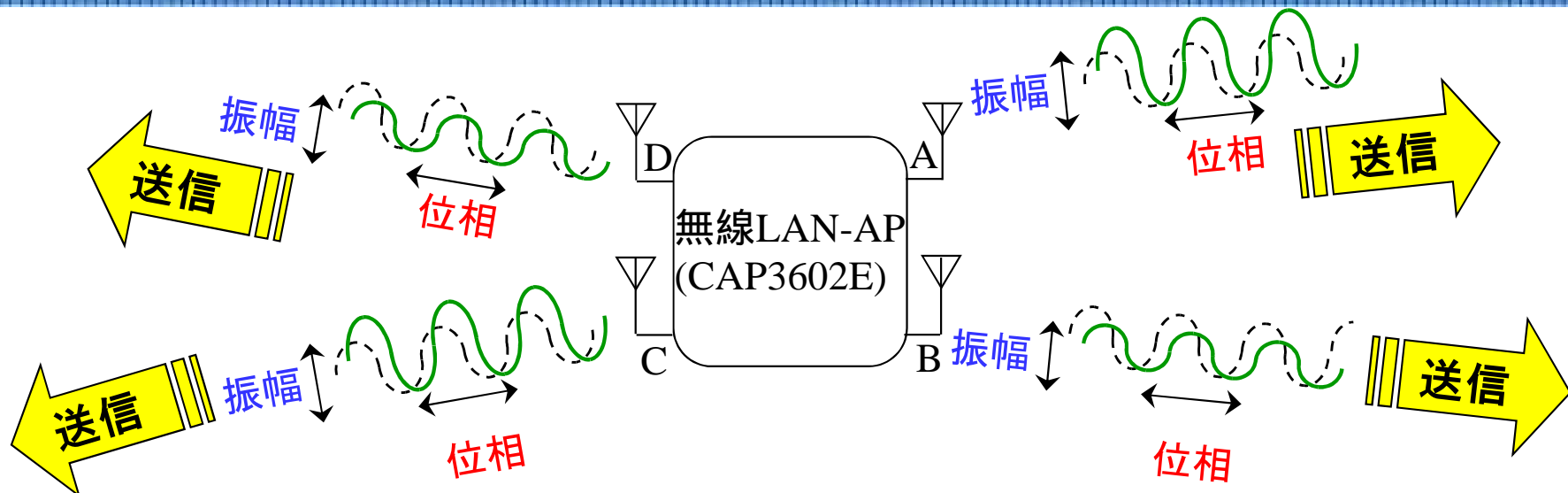
Cisco ClientLink2.0による下り回線における、

- 実験1: 無線端末での受信電力の改善は、どの程度だろうか？
- 実験2: 無線端末への伝送速度の改善は、どの程度だろうか？
- 実験3: 無線端末への再送信回数の改善は、どの程度だろうか？
- 実験4: 無線端末へのスループットの改善は、どの程度だろうか？

- まとめ

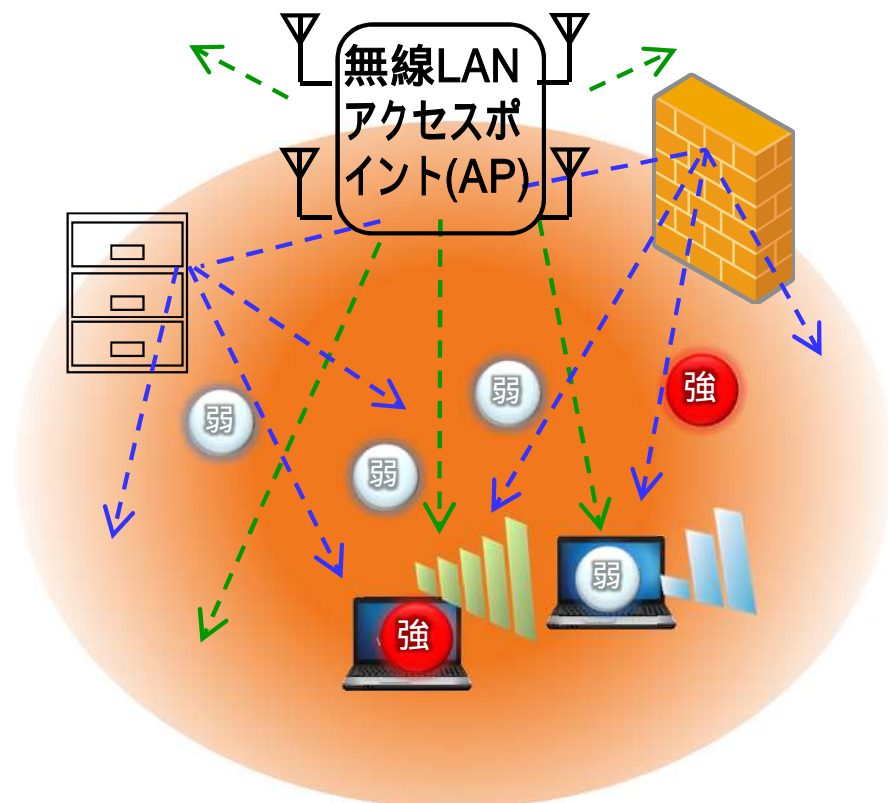
- 7. 参考文献から抜粋

本論文執筆の背景、動機



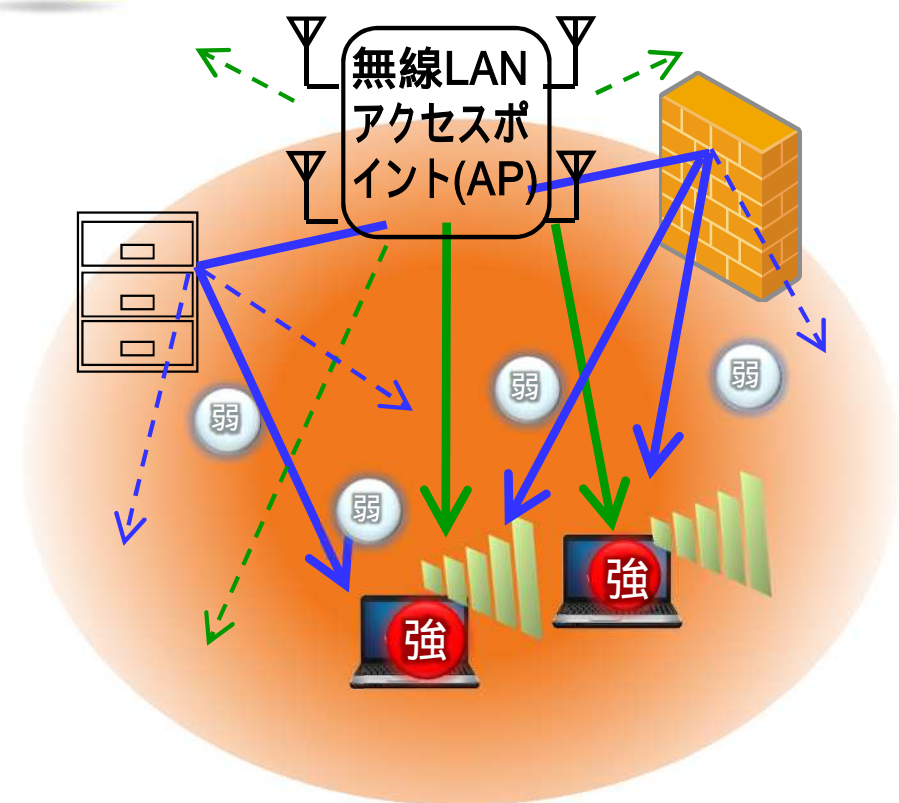
Cisco ClientLink: 通信品質を「ありのままに…」で放置しない、改善する！

ClientLink機能がないと…
(他社製AP、以前のシスコAP)



APからの直接波と複数の反射波@各端末
= ごちゃまぜ、テキトーな乱雑状態
通信品質@下り回線 (AP 各端末) は、
ありのままに…の状態

ClientLink機能があると!!
(最近のシスコAP)



APからの直接波と複数の反射波@各端末
= 整えられたスッキリ状態
通信品質@下り回線 (AP 各端末) は、
各端末にて改善・良好の状態へ！

Cisco ClientLink: 検証評価方法が難。。。

- Cisco社製集中制御型APに実装されている無線端末への下り回線の通信品質を改善する機能
- Cisco社独自機能(= IEEE802.11規約に準拠しつつ、高度な独自技術を創意工夫で実装！)
その心は？
無線端末に特別な仕組み(ハードとソフト)は不要なので、
Cisco社製集中制御型APを導入すれば設定不要で動作する(= 手軽に導入、利活用可能！)

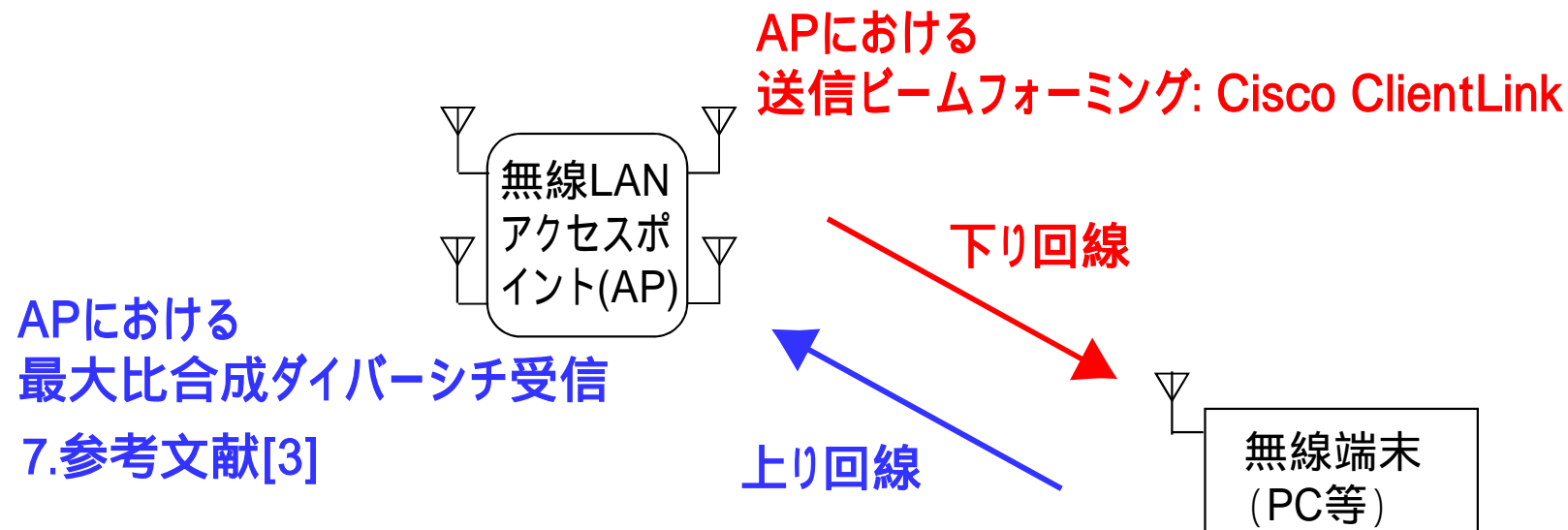
通常の11g, 11a, 11n, 11acで動作

検証評価方法が難。。。
(-__-)ウーム

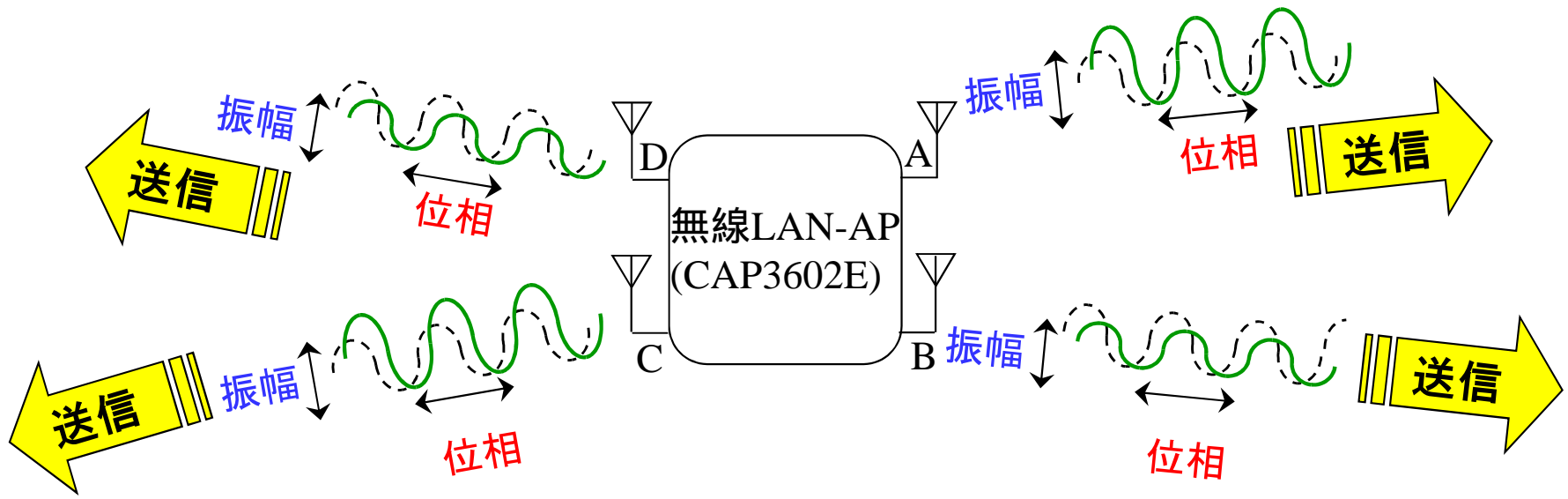
皆で、試行錯誤すること、
約5年・・・

Cisco ClientLinkによる改善効果あり！ を
弊社の事務所環境で実験的に、定量的に、やっと、確認できた！

2013年(第1回)と2014年(第2回)の受賞論文の関係



2013年(第1回)の受賞論文の内容は、
2014年(第2回)の受賞論文の内容に到達するための基礎



実験的検討

悪戦苦闘のはじまり、はじまり。。。。

志を持って、それでも前を向く！

ココから見る

図3. 実験場所の環境 (フロアの平面概要図)

・12の測定経路

LOS: P1, P6 ~ P9

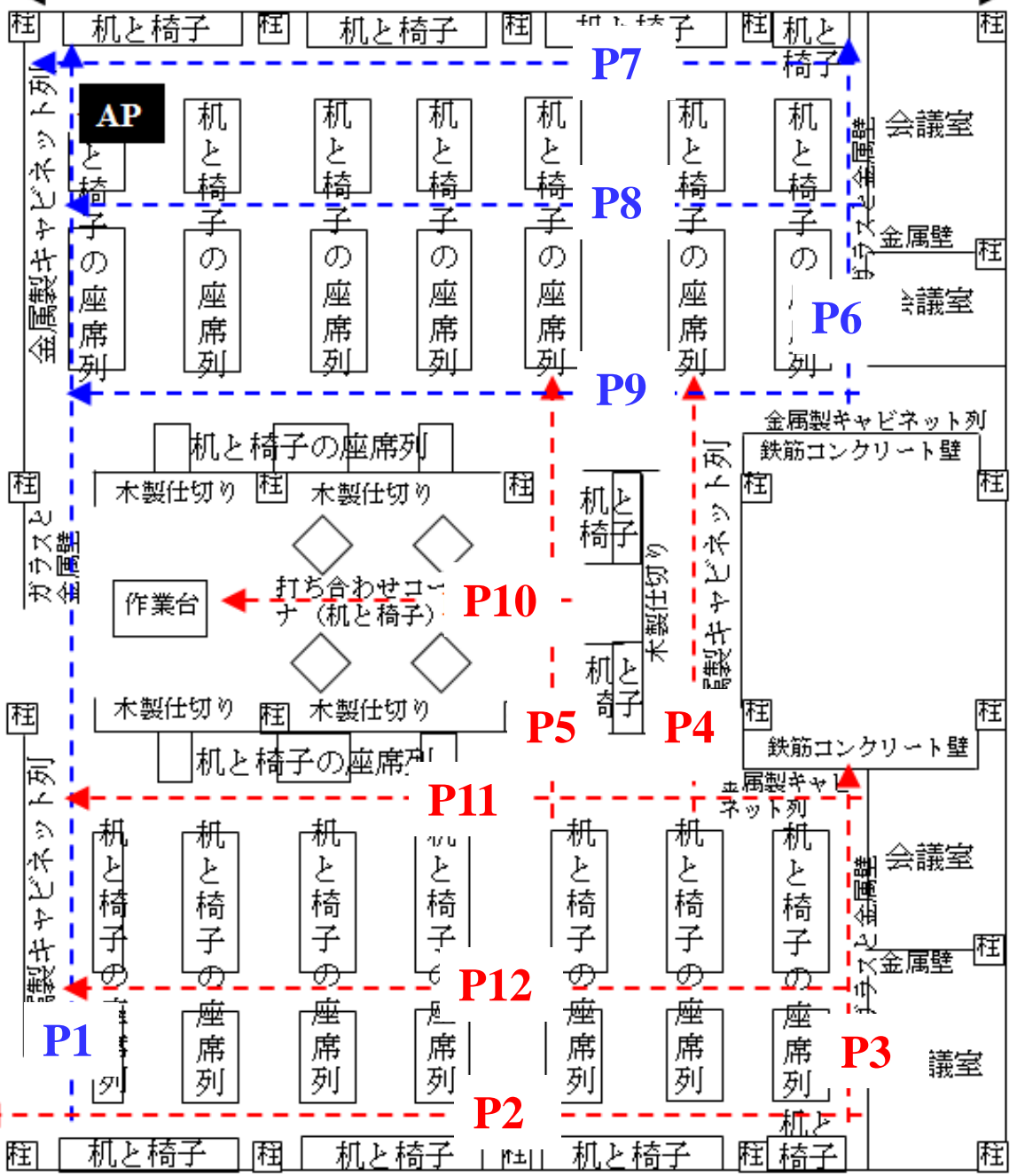
NLOS: P2 ~ P5,
P10 ~ P12

・無線端末を測定台車に載せてゆっくり移動

約0.3m毎に無線端末への通信品質を自動測定

31.5m

25.2m 窓と鉄筋コンクリート壁



APと実験場所の風景 @ココから見る

CAP3602E(11n対応、4本のアンテナ実装、Cisco ClientLink2.0実装), 5200MHz(Ch40), 20MHz幅伝送, 11a, 11n



1.55m

床面

天井

2.51m

床面

実験で利用した“13式改測定台車”

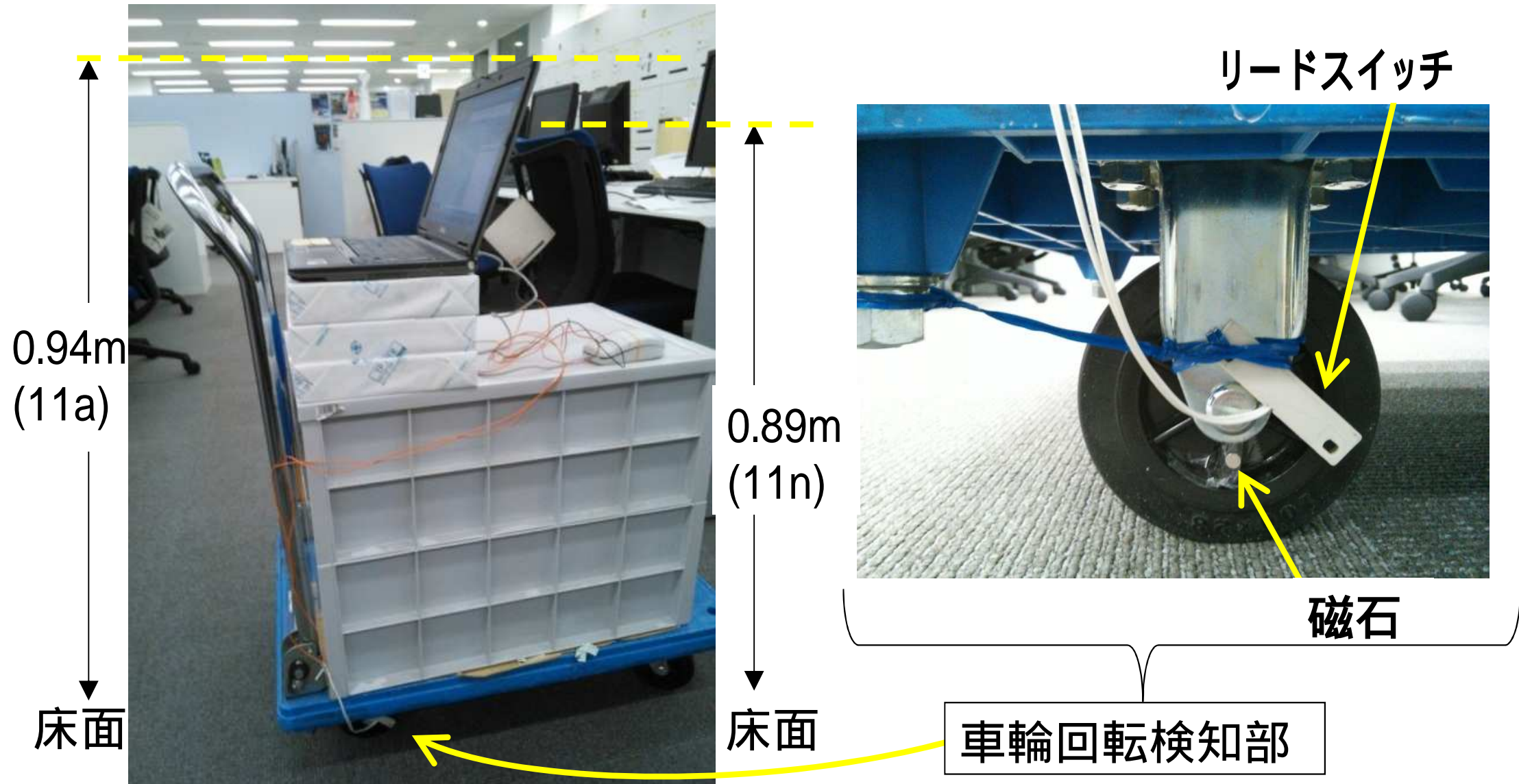
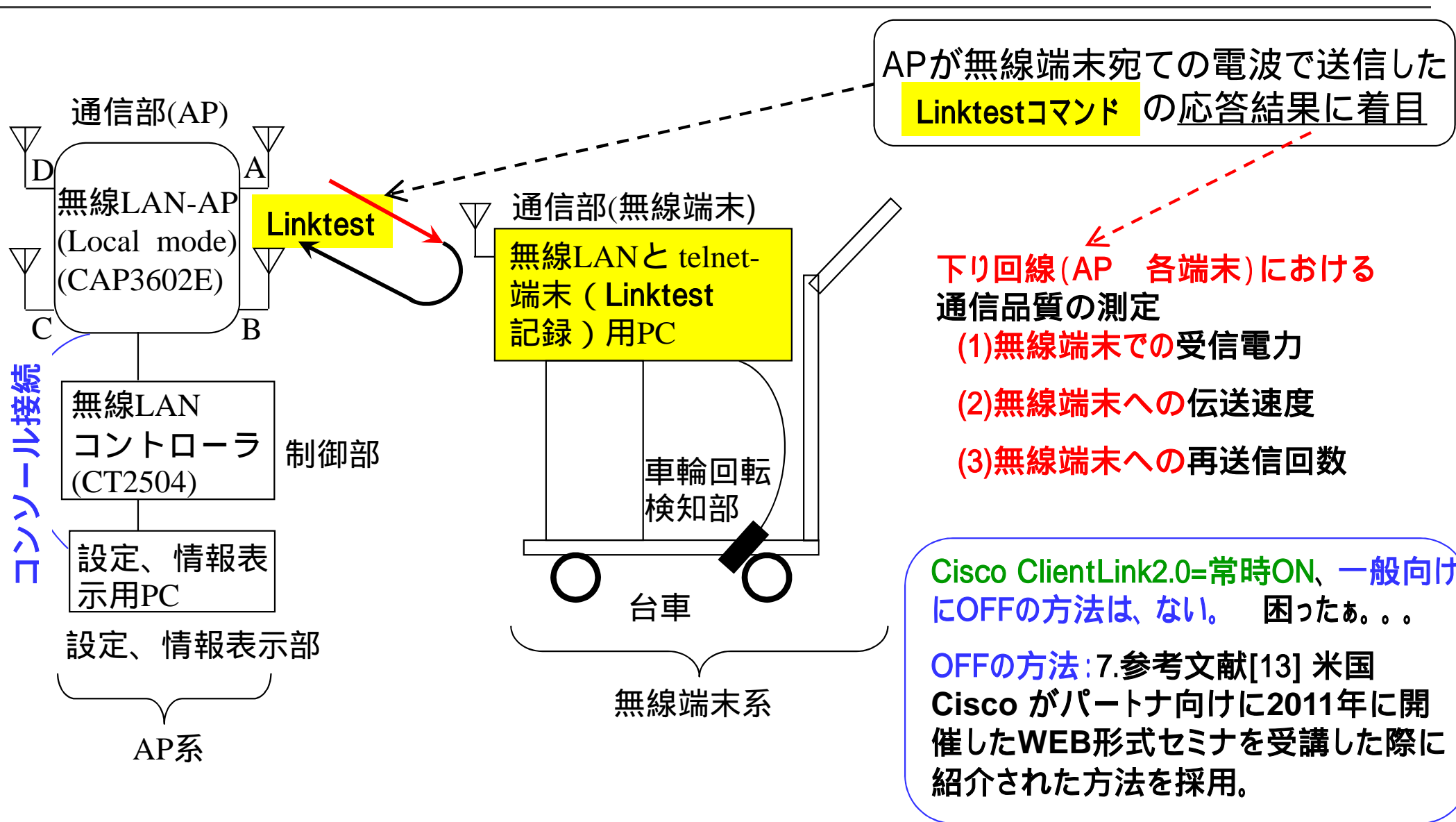
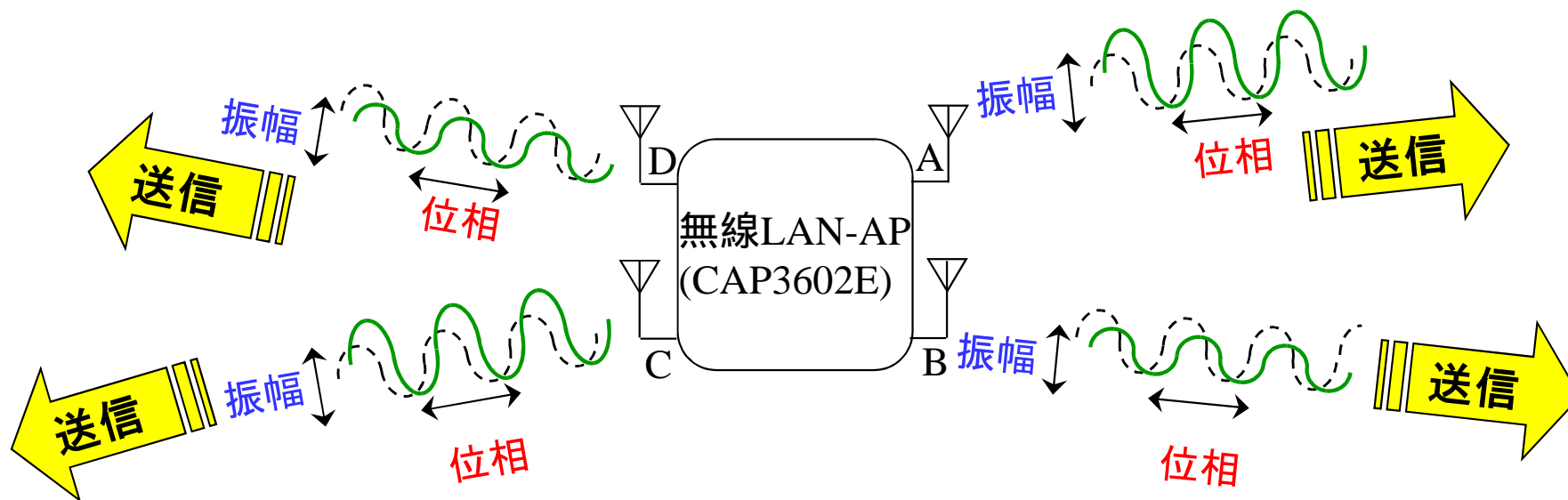


図1. 実験システムの構成





実験1:

Cisco ClientLink2.0による下り回線における無線端末での受信電力の改善は、どの程度だろうか？

ClientLink機能がないと・・・
(他社製AP、以前のシスコAP)

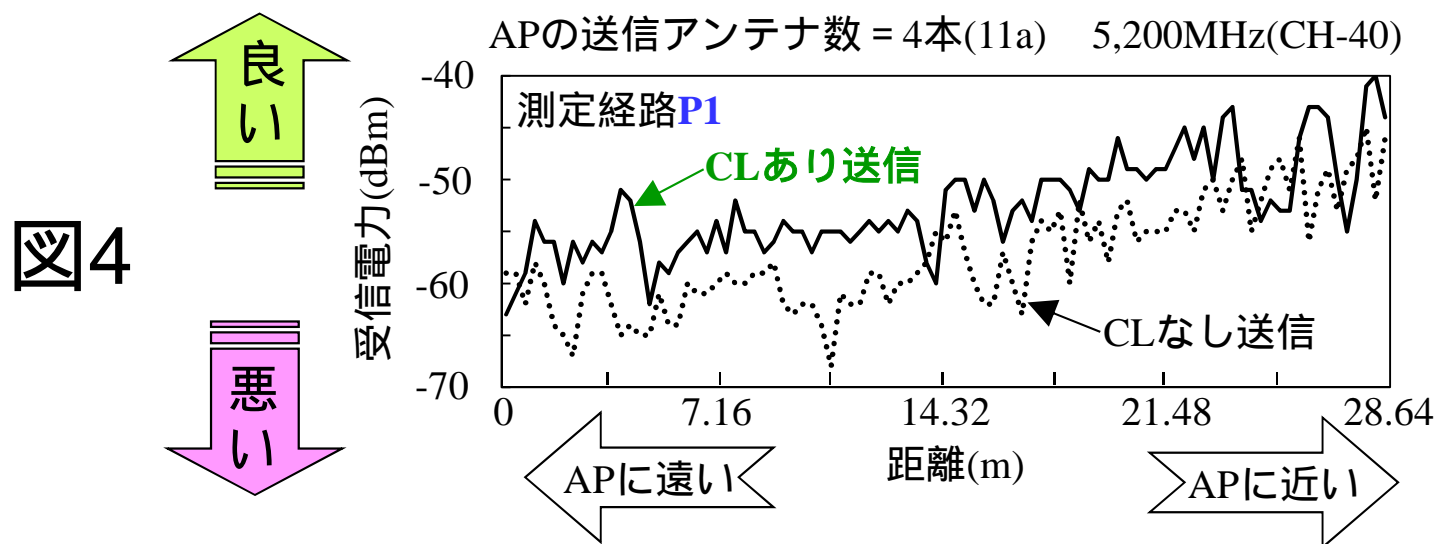
APからの直接波と複数の反射波@各端末
= ごちゃまぜ、テキトーな乱雑状態
通信品質@下り回線(AP 各端末)は、
ありのままに・・・の状態



ClientLink機能があると!!
(最近のシスコAP)

APからの直接波と複数の反射波@各端末
= 整えられたスッキリ状態
通信品質@下り回線(AP 各端末)は、
各端末にて改善・良好の状態へ！

測定経路P1における無線端末(11a)での受信電力の距離特性



Cisco CAP3602EのClientLink2.0あり送信(実線)は、同なし送信(点線)よりも、無線端末(11a)での受信電力を測定経路P1の概ね全般において増加させることができている。

(補足) Cisco CAP3602EのClientLink2.0あり送信(実線)と、同なし送信(点線)の両方の場合で、Cisco CAP3602Eの送信電力値は同じ値(レベル5 (4dBm) 設定)。従って、上記の結果は、Cisco CAP3602EのClientLink2.0による無線端末への改善効果である。

合計12の測定経路における無線端末での受信電力の頻度分布

図5

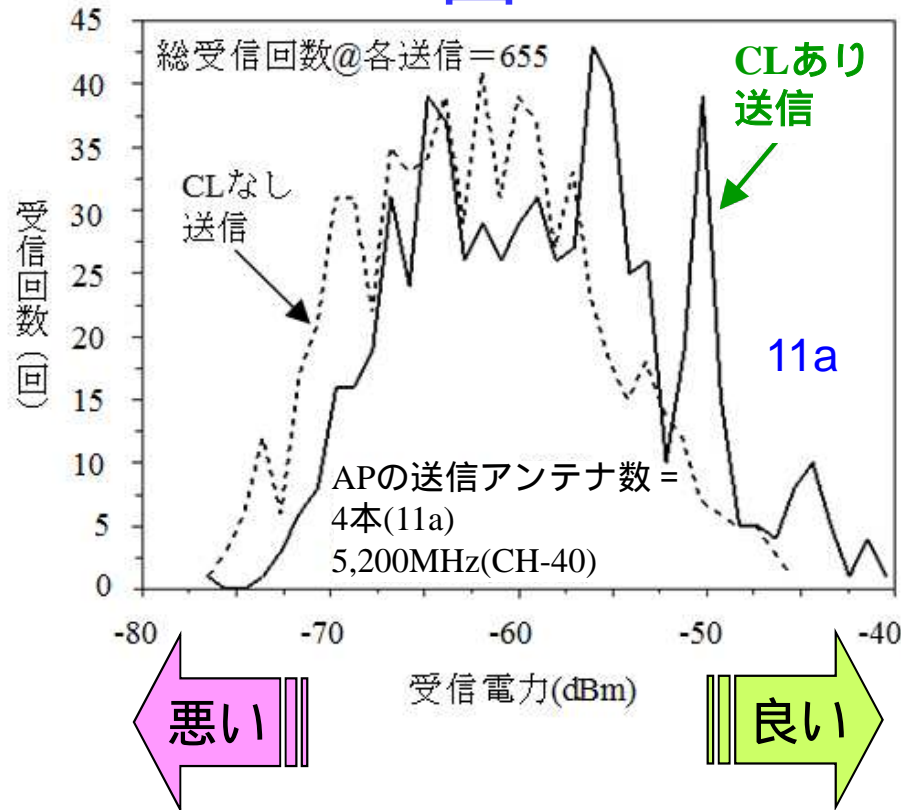
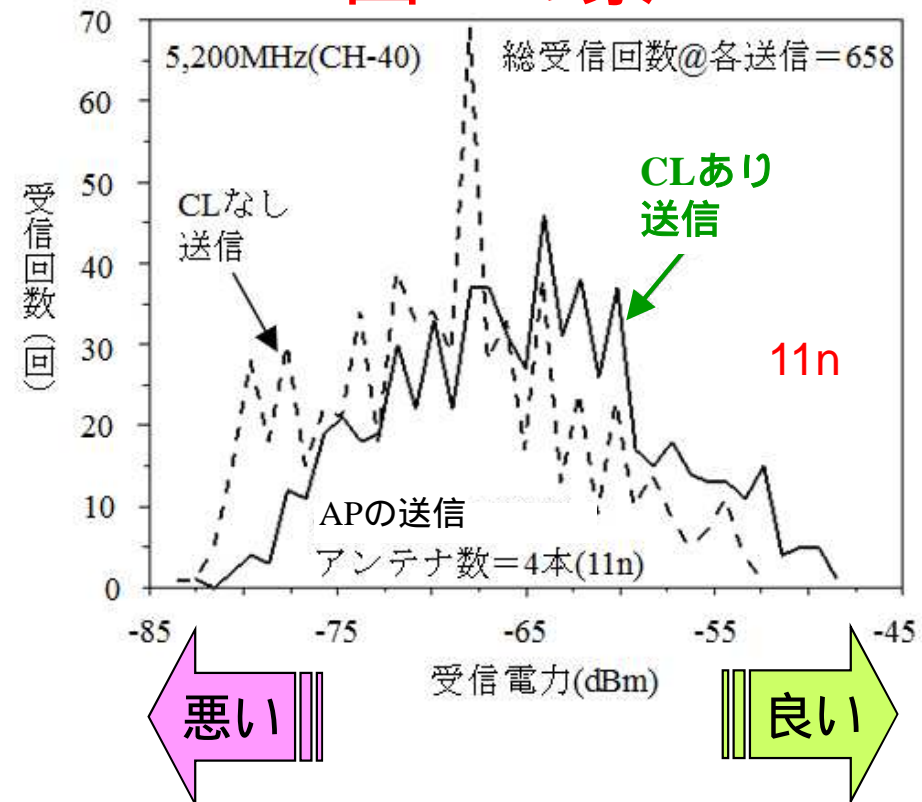
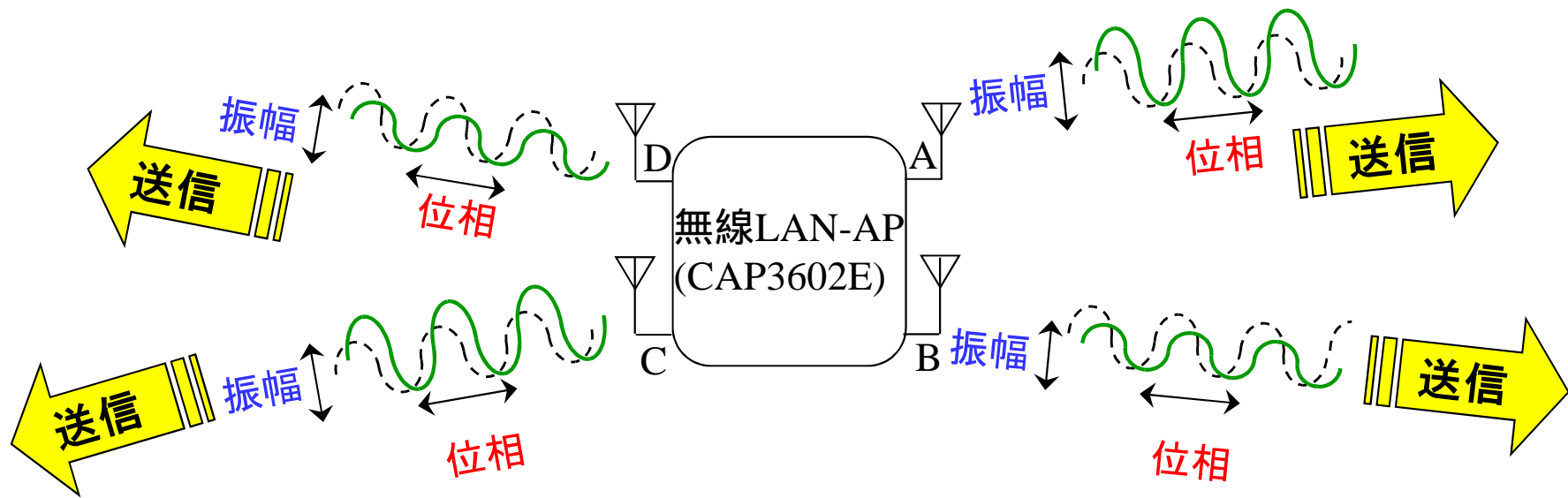


図11の素



11aでも、11nでも、Cisco CAP3602EのClientLink2.0あり送信(実線)は、
同なし送信(点線)よりも、無線端末での受信電力を全体的に約3dB (= 約2倍に)増加

より確実な通信へ改善



実験2:

Cisco ClientLink2.0による下り回線における無線端末への**伝送速度の改善**は、どの程度だろうか？

ClientLink機能がないと・・・
(他社製AP、以前のシスコAP)

APからの**直接波**と**複数の反射波**@各端末
= **ごちゃまぜ、テキトーな乱雑状態**
通信品質@下り回線(AP 各端末)は、
ありのままに・・・の状態



ClientLink機能があると!!
(最近のシスコAP)

APからの**直接波**と**複数の反射波**@各端末
= **整えられたスッキリ状態**
通信品質@下り回線(AP 各端末)は、
各端末にて改善・良好の状態へ！

合計12の測定経路における無線端末への伝送速度の頻度分布

図9
最下

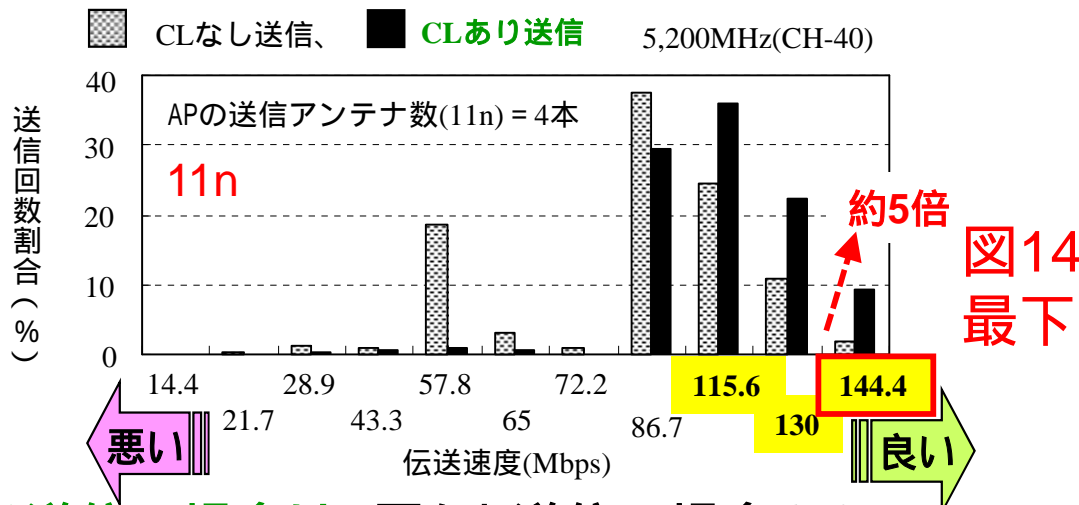
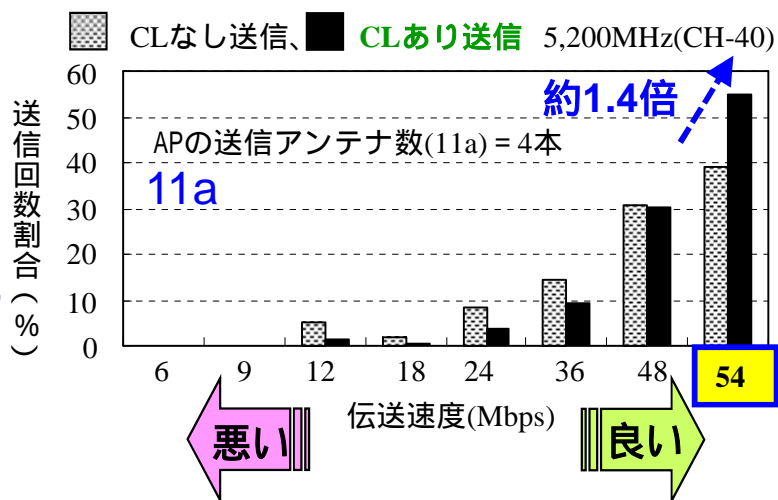
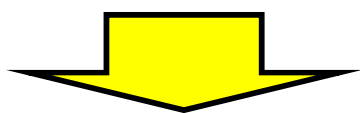


図14
最下

Cisco CAP3602EのClientLink2.0あり送信の場合は、同なし送信の場合より、最高伝送速度の送信回数割合が増加(11aの54Mbps伝送は約1.4倍に、11nの144.4Mbps伝送は約5倍に)。11nでは130Mbps伝送でも約2倍に、115.6Mbps伝送でも約1.5倍に増加。



より快適な通信へ改善

縦軸の送信回数割合とは、合計12の測定経路内で無線端末へCisco CAP3602Eが各伝送速度で送信可能な場所の割合に相当

11aの最高伝送速度54Mbpsで対応可能な合計12経路内の場所の割合が約1.4倍に拡大

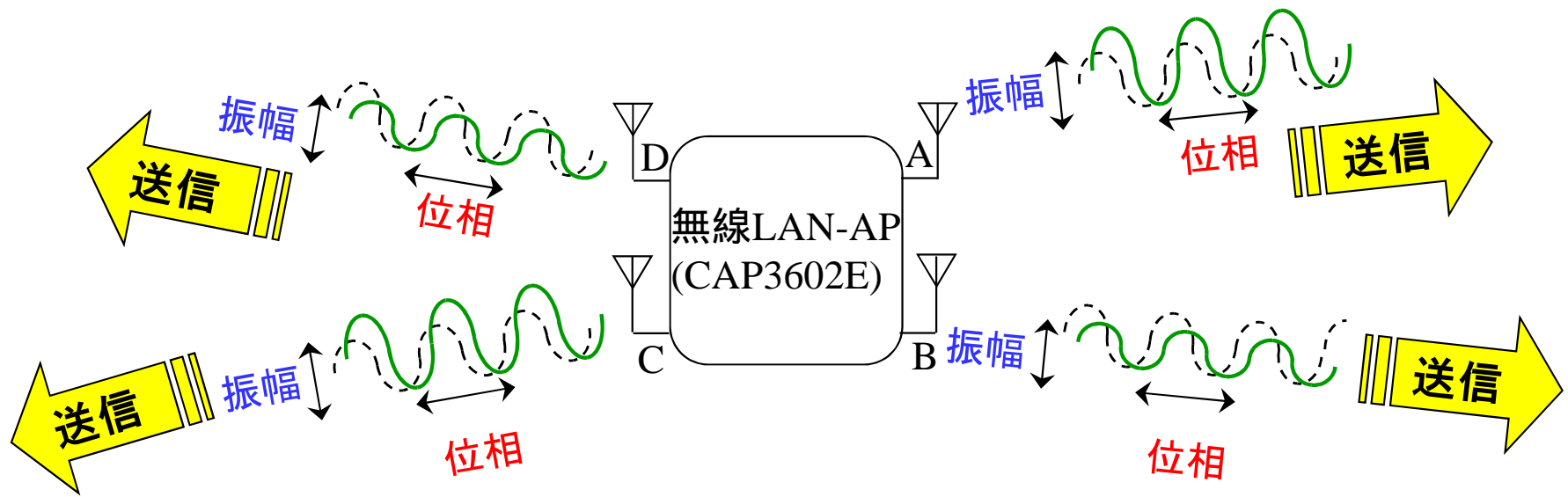
Cisco CAP3602Eの

ClientLink2.0あり送信: 約55%
ClientLink2.0なし送信: 約39%
約1.4倍

11nの伝送速度115.6Mbps以上で対応可能な合計12経路内の場所の割合が約1.8倍に拡大

Cisco CAP3602Eの

ClientLink2.0あり送信: 約68%
ClientLink2.0なし送信: 約37%
約1.8倍



実験3:

Cisco ClientLink2.0による下り回線における無線端末への再送信回数の改善は、どの程度だろうか？

ClientLink機能がないと・・・
(他社製AP、以前のシスコAP)

APからの直接波と複数の反射波@各端末
= **ごちゃまぜ、テキトーな乱雑状態**
通信品質@下り回線 (AP 各端末) は、
ありのままに・・・の状態



ClientLink機能があると!!
(最近のシスコAP)

APからの直接波と複数の反射波@各端末
= **整えられたスッキリ状態**
通信品質@下り回線 (AP 各端末) は、
各端末にて改善・良好の状態へ!

合計12の測定経路における無線端末への再送信回数の頻度分布

図10

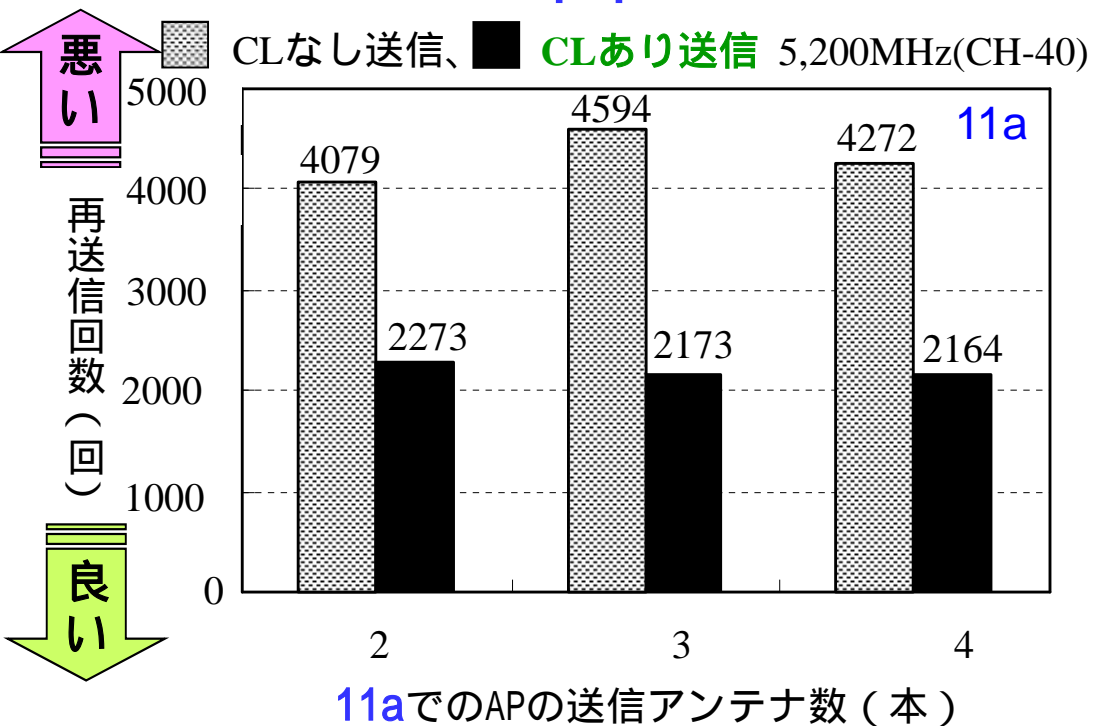
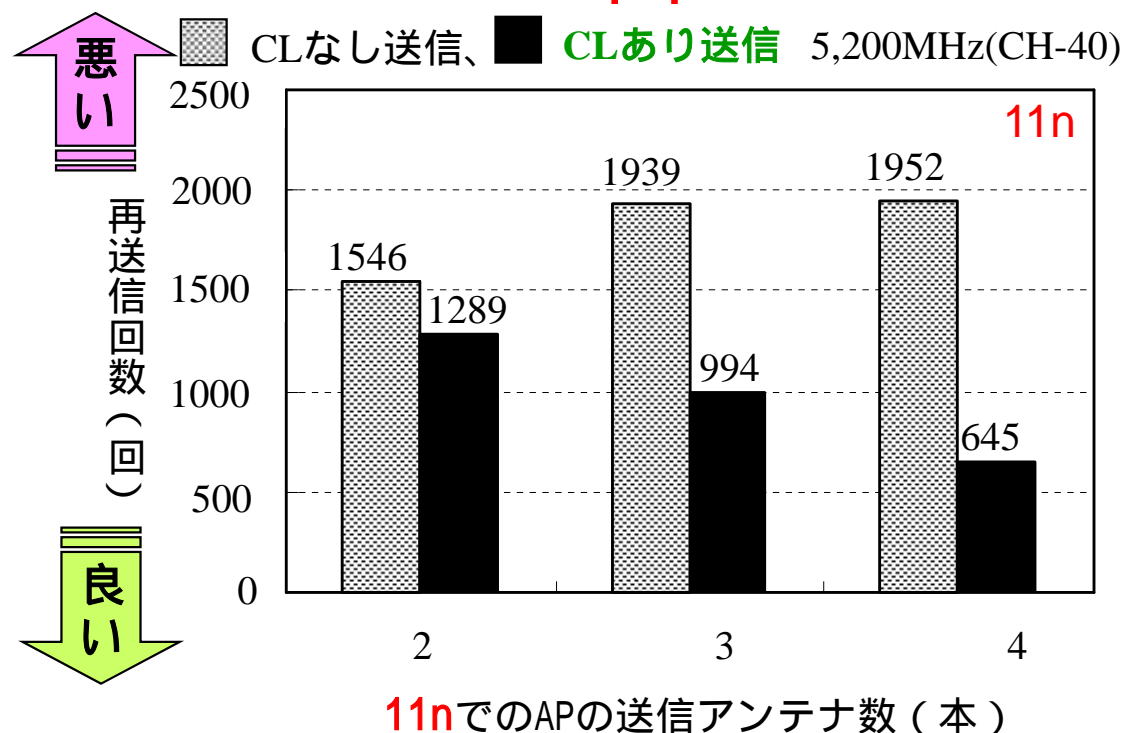
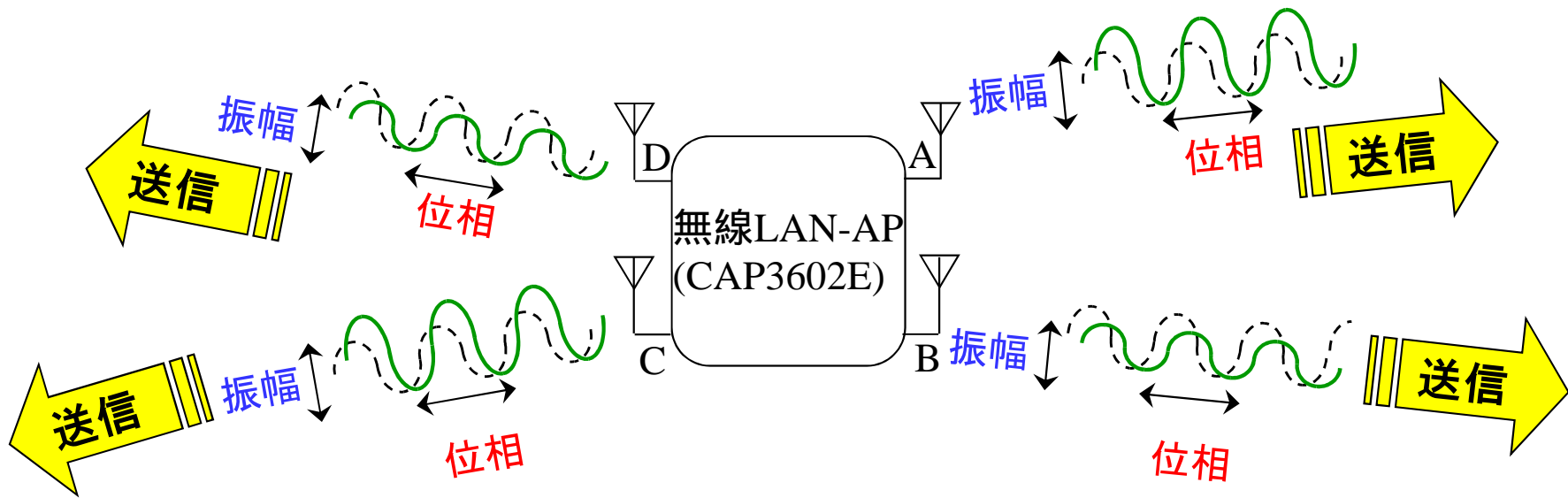


図15



11aでも、11nでも、Cisco CAP3602EのClientLink2.0あり送信は、同なし送信よりも、無線端末への再送信回数を約半分以下に減少。APの送信アンテナ数は、多いほど、改善効果あり。

より快適な通信へ改善



実験4:

Cisco ClientLink2.0による下り回線における無線端末へのスループットの改善は、どの程度だろうか？

ClientLink機能がないと・・・
(他社製AP、以前のシスコAP)

APからの直接波と複数の反射波@各端末
= ごちゃまぜ、テキトーな乱雑状態
通信品質@下り回線 (AP 各端末) は、
ありのままに・・・の状態



ClientLink機能があると!!
(最近のシスコAP)

APからの直接波と複数の反射波@各端末
= 整えられたスッキリ状態
通信品質@下り回線 (AP 各端末) は、
各端末にて改善・良好の状態へ！

図3. 実験場所の環境 (フロアの平面概要図)

・8の測定経路

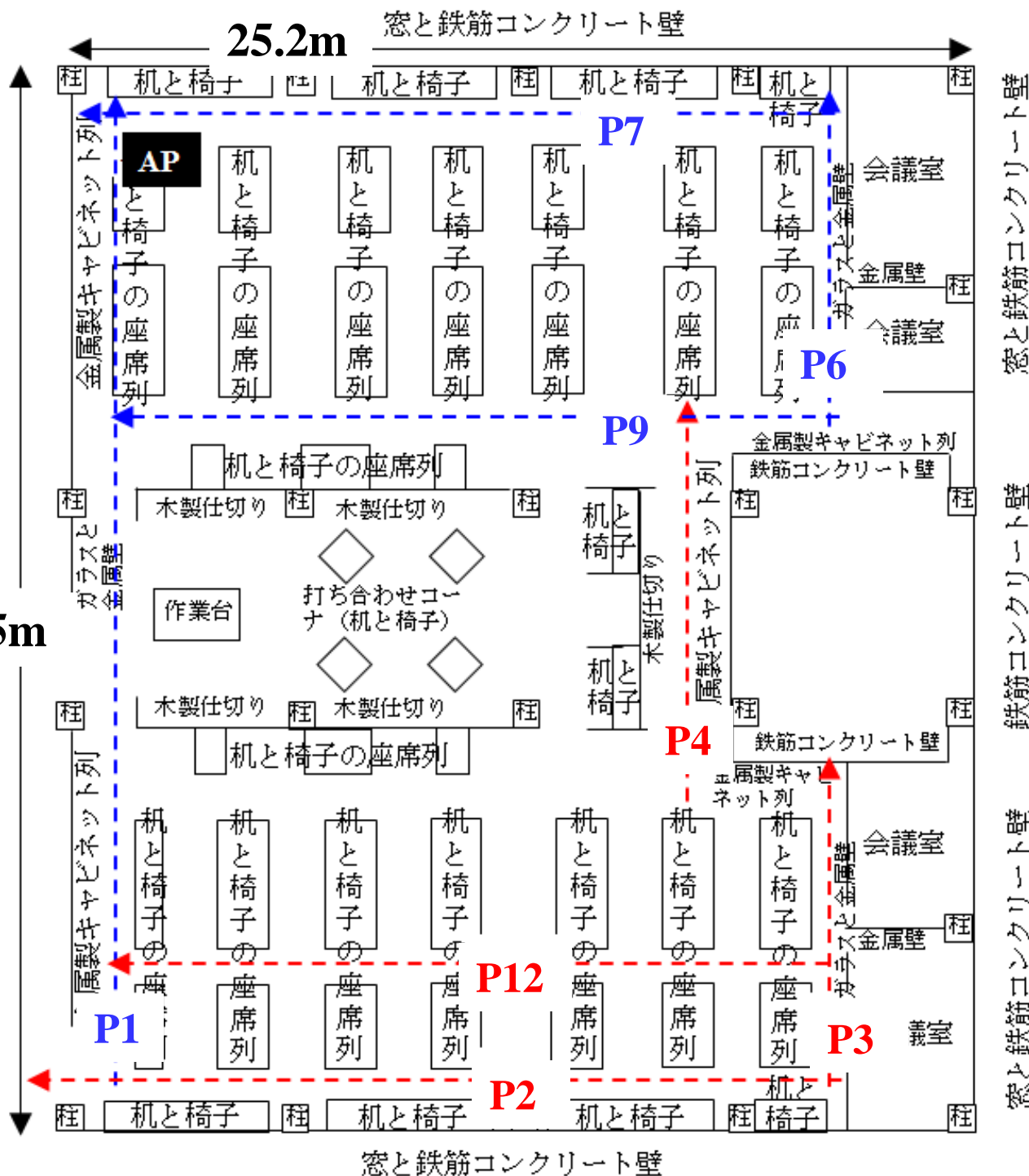
LOS: P1, P6, P7, P9

NLOS: P2 ~ P4, P12

・無線端末を測定台車に載せてゆっくり移動

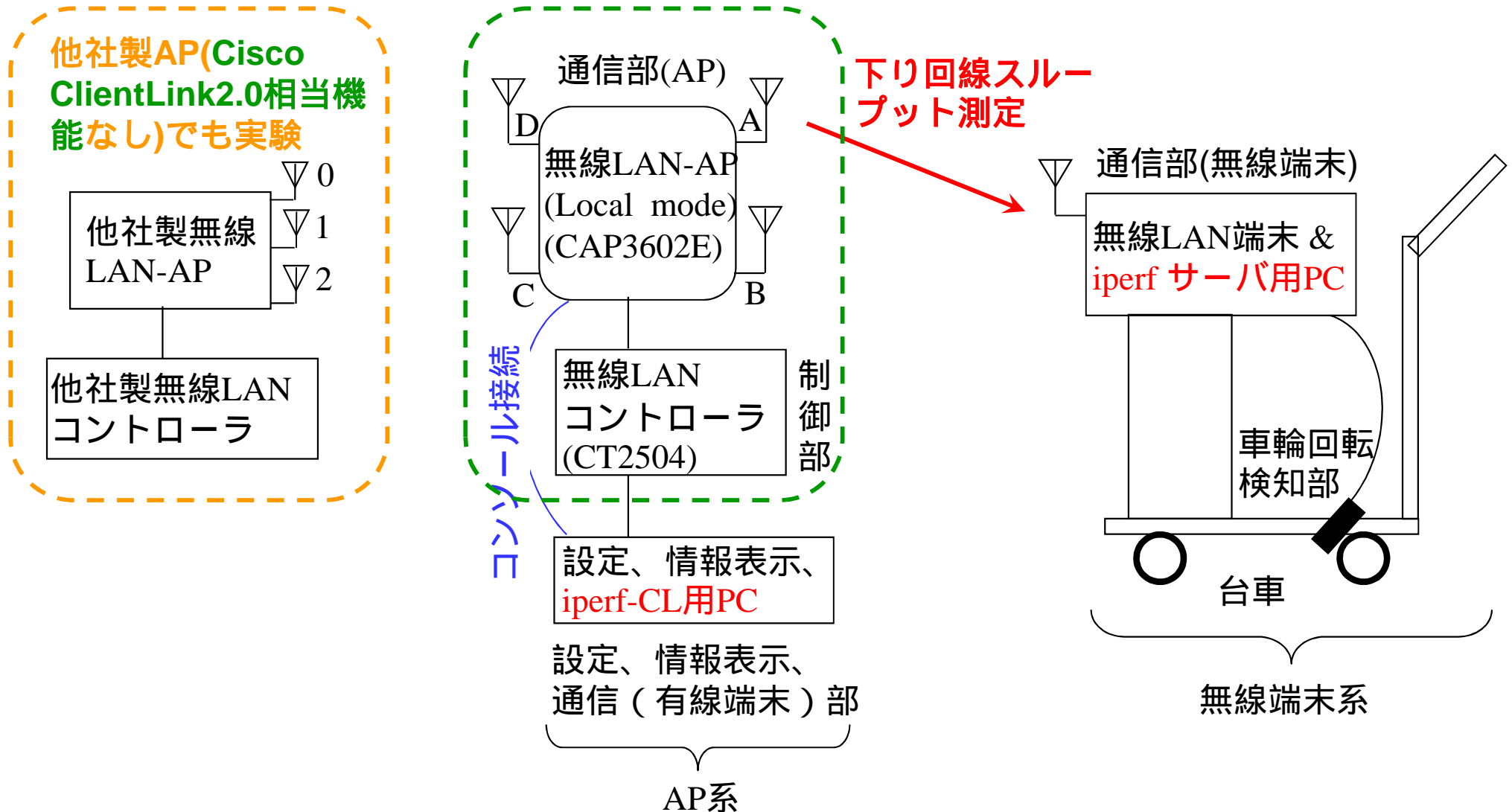
3秒毎に無線端末へのTCPスループットを測定

・他社製AP(Cisco ClientLink2.0相当機能なし)でも実験

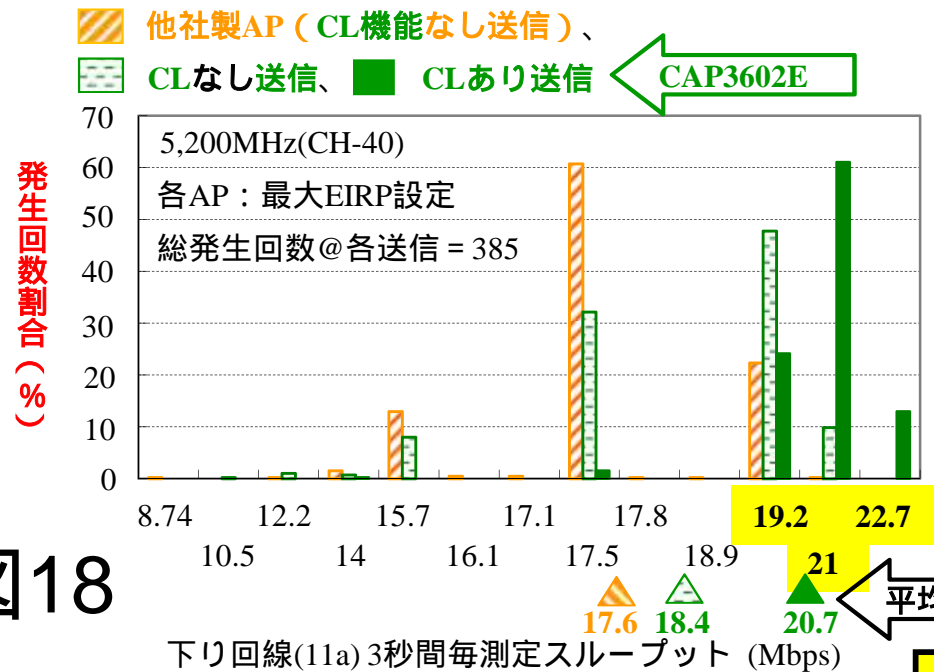


実験システムの構成(iperfを利用した下り回線スループット測定)

図16



合計8経路における無線端末へ(下り回線、11a)の3秒間毎測定 TCPスループットの発生回数割合の比較



スループットの大きい発生回数割合は、Cisco CAP3602EのClientLink2.0あり送信の場合が、同なし送信の場合や、他社製AP(ClientLink2.0相当機能なし)の場合より多い。

スループットの平均値は、Cisco CAP3602EのClientLink2.0あり送信の場合(20.7Mbps)が、他社製AP(ClientLink2.0相当機能なし)の場合(17.6Mbps)より約1.18倍大きい。

より快適な通信へ改善

縦軸の発生回数割合とは、合計8の経路内で無線端末へ各APが各スループットで送信可能な場所の割合に相当

Cisco CAP3602EのClientLink2.0あり送信の場合には、19.2Mbps以上のスループットで対応可能な合計8経路内の場所の割合が他社製AP(ClientLink2.0相当機能なし)の場合より約4.3倍に拡大

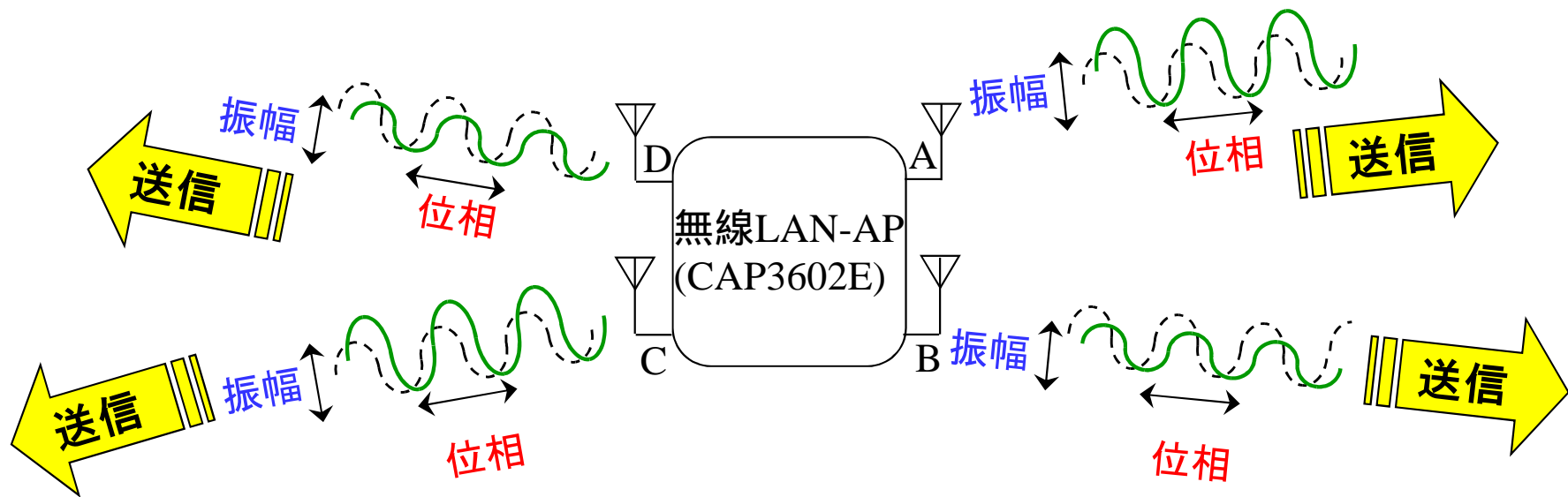
Cisco CAP3602Eの

ClientLink2.0あり送信: 約98%

ClientLink2.0なし送信: 約58%

他社製AP(ClientLink2.0相当機能なし)の場合: 約23%

約4.3倍



まとめ

ClientLink機能がないと・・・
(他社製AP、以前のシスコAP)

APからの直接波と複数の反射波@各端末
= **ごちゃまぜ、テキトーな乱雑状態**
通信品質@下り回線 (AP 各端末) は、
ありのままに・・・の状態



ClientLink機能があると!!
(最近のシスコAP)

APからの直接波と複数の反射波@各端末
= **整えられたスッキリ状態**
通信品質@下り回線 (AP 各端末) は、
各端末にて改善・良好の状態へ!

まとめ

- (1) Cisco ClientLinkによる改善効果を弊社の事務所環境で実験的に確認できた。
11aと11nの無線端末への下り回線における通信品質は、Cisco ClientLink2.0あり送信の場合が同なし送信の場合より明確に改善される。
11aの無線端末への下り回線におけるTCPスループットも、Cisco ClientLink2.0あり送信の場合が他社製AP (ClientLink2.0相当機能なし)より明確に改善される。
- (2) Cisco ClientLinkは、無線端末に特別な仕組み(ハードとソフト)は不要なので、Cisco社製集中制御型APを導入すれば設定不要で動作する。(= 手軽に導入、利活用可能！)

Cisco ClientLinkは、あらゆる無線LANの利活用の場面で、より信頼性の向上した無線LANの実現に多いに貢献できる！

- 無線端末の種類が多様になっている企業ネットワークに有用！
- loE、IoTでは特に有用！(無線端末の種類が多様、APと無線端末間の「ありのまま」の電波伝搬環境は悪くなりがち(例:見通しナシが通常))

7.参考文献から抜粋

[3] 松戸孝、宇都宮光之、田中政満、中野清隆、丸田竜一、力石靖、山下聖太郎、"シスコシステムズ社製無線LANアクセスポイントCAP3602Eの最大比合成 (Maximal Ratio Combining:MRC)ダイバーシチ受信性能の実験的検討 - より信頼性の向上した無線LANの実現を目指して"、第1回 シスコテクノロジー論文コンテスト最優秀賞受賞論文、社員執筆記事、ネットワークシステムズ、

<http://www.netone.co.jp/report/press.html>、

http://www.netone.co.jp/wp-content/uploads/2012/04/matsudo_et_al1.pdf、2013年7月12日.

受賞論文紹介、Cisco systems、

<http://www.cisco.com/web/JP/partners/ronbun/1st/index.html#2>、

http://www.cisco.com/web/JP/partners/ronbun/1st/literature/matsudo_et_al.pdf、2013年7月12日.

[13] Darren Douglas、 Pat Smith、 Vic Nunes、 "Cisco Open Mic Friday, October 2011 Technical Details AP-3600 Client Link 2.0 Beam forming"、 Cisco systems、 October 21, 2011.

つなぐ ∟ むすぶ ∟ かわる



net one