

物流現場における一般無線 LAN を用いた 移動体通信に関する研究

宋 彬 氷*, 渡 邊 豊*

Mobil Communication by Wireless LAN on a Moving Truck in Logistics

Binbing SONG* and Yutaka WATANABE*

本研究は、物流現場において設備投資を伴わずに、パソコンによる一般無線LANのみを用いた移動体通信を実現する実証実験を行った。実験には市販のノートパソコン2台とアクセスポイント1台を用い、まず、屋外での一般無線LANの通信可能範囲を検証する実験を行った。次に、物流現場において一般無線LANを用いた移動体通信を実現するソフトウェアを自作した。このソフトウェアの構築には、物流現場においてGUI (Graphical User Interface) が重視されていることから、最先端のグラフィカル言語を使用した。本研究は、上述の一般無線LAN機器と自作ソフトウェアを神戸港の物流業務地区に設置し、実物の大型トレーラートラックを用いた、移動体通信実験を実施した。その結果、トラックが低速で走行すれば、パソコンによる一般無線LANでも、十分に実用性の高い移動体通信を、物流現場で実現できることが分かった。

This paper proved that mobile communication on a moving truck in logistics can be achieved by Wireless LAN using only two notebook computers and an access point without any other investment. Firstly, the author examined range of outdoor communication of Wireless LAN. Secondly, the author originally created software for mobile communication by Wireless LAN between a moving truck and a fixed station with an access point. An advanced graphical programming language was deployed for the software because GUI (Graphical User Interface) was essential in logistics operation. Thirdly, the author introduced the above equipment and the software into a logistics district in the Port of Kobe and run experiments of mobile communication by Wireless LAN on a moving truck. The results of the experiment satisfactory proved that Wireless LAN can be efficiently used for mobile communication on a moving truck in logistics although Wireless LAN may be designed for communication between fixed locations.

キーワード: 物流効率化、物流情報システム、移動体通信、一般無線 LAN、グラフィカル言語

Keywords : Efficiency in logistics, Information system in logistics, Mobile communication, Wireless LAN, Graphical programming language

*東京海洋大学海洋科学技術研究科 〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6、
TEL: 03 - 5245 - 7370、FAX: 03 - 5245 - 7370 Email:ywatana@kaiyodai.ac.jp

*Tokyo University of Marine Science and Technology, Graduate School of Marine Science and Technology, 2-1-6
Etchujima Koto-ku, Tokyo, 135-8533, Japan

1. はじめに

現在の物流活動においては、一つのトラックやコンテナの中に、不特定多数の荷主の貨物が積み合わされる混載輸送業務が一般的となった。混載されている個々の貨物の包装や荷姿は、荷主ごとに様々である。そのため、一台のトラックやコンテナが倉庫やコンテナターミナルに搬出入される場合でも、受け渡しされる業務書類は一つではなく、荷主数と包装・荷姿の態様の組合せにより多岐化する。例えば、港湾では、貿易貨物を運ぶ膨大なコンテナを輸送するトラック群と、コンテナターミナルゲートとの間の業務書類の受け渡しのために、日々大渋滞が発生している。これは経済的にも環境面でも大きな損失である。この問題を解決するには、上述の複雑多岐化する物流業務書類を電子化し、移動体情報通信システムを物流現場に導入することが効果的であると考えられる。

走行する車両と近接する固定施設間の移動体通信は、高速道路の料金所に用いられている ETC システムが代表的である。しかし、このような高度で特殊な移動体通信技術はその導入コストが高額であり、一般の物流倉庫やターミナルに用いるには不適である。そこで本研究は、物流現場にごく普通に導入されているパソコンによる一般無線 LAN を用いて、設備投資を伴わずに、実用的な移動体通信を可能にする方法を、実験によって実証した。

まず、複数のノートパソコンとアクセスポイントを一つ用意し、屋外での一般無線 LAN による通信範囲を検証した。次に、一般無線 LAN を移動体通信に用いることができる独自のソフトウェアを構築した。

さらに、このシステムを港湾の物流現場に設置し、実物の大型トラックを移動体として用いる応用実験を実施した。

2. 物流現場における一般無線 LAN を用いた移動体通信に関連する既往研究

物流現場における移動体通信に関連する研究としては、中川¹⁾は、物流現場における無線 LAN の汎用的な導入は困難であることを指摘し、特に業務用の無線ハンディ端末の有効性について解説している。井原²⁾は、物流現場にバーコードリーダーを備えた業務用の無線ハンディ端末をクライアントとして導入し、それを無線 LAN によりホストと接続して用いるシステム事例を紹介している。

トラックにおける移動通信に関連する研究としては、関³⁾は、道路インフラに付帯させる ITS (高度道路交通情報システム) や ETC (DSRC を用いた料金収受システム) を解説している。安部⁴⁾は、ドイツにおける道路料金収受システムを調査し、そこに使われている GPS、DSRC、RFID 等の技術を解説している。野口⁵⁾は、専用通信回線を用いた物流業務用のトラック運行管理システムを紹介している。福地⁶⁾は、ITS を商

用車の運行管理に用いるシステムを紹介している。Electr Automb⁷⁾は、GPSと業務用の無線電話を用いた運行管理システムを紹介している。全日本トラック協会⁸⁾は、トラック事業に関する高度情報化対応に関する調査を行い、業務用の車載情報通信システム構築の現状と課題について言及している。岩瀬⁹⁾は、倉庫内でピッキングに用いる台車やフォークリフトの制御に無線を用いるシステムを紹介している。三谷¹⁰⁾は、物流業務を細分化し業務ごとに最適化したシステムを紹介し、衛星システムを利用する移動体通信の可能性について述べている。

以上のように、物流業務に用いられる移動体通信の事例は、専用回線を用い GPS や DSRC と組み合わせるなど、いずれも特定の業務や業種に特化した高額な専用システムであり、本研究の目指す、ごく普通に市販されているパソコンと一般無線 LAN 機器のみを用いた汎用性の高いシステムの研究は、見当たらない。

3. 一般無線 LAN による屋外通信範囲の検証

3.1 一般無線 LAN による屋外通信範囲の検証実験

本研究では、一般無線 LAN による屋外通信範囲の検証を行うために、Fig. 1 に示す方法により実験を行った。この実験は、東京海洋大学海洋工学部越中島校舎内の道路で行った。実験道具としては、市販されてい

る一般用のアクセスポイント（バッファロー社製）1 台と、無線 LAN アダプター内臓のノートパソコン（パナソニック社製）2 台を用いた。

実験方法は、まず、無線 LAN のアクセスポイント（以後 AP と記す）を、道路上 A 点の道端に設置した。1 台のノートパソコン（以後 PC と記す）を AP と共に設置し、もう 1 台の PC との間には、AP を介して一般無線 LAN によるネットワークを構築した。次に、A 点から向かって左方向の路上において、PC と AP 間に障害物がない状態での通信可能範囲を、PC 上に表示される無線 LAN の電波強度符号の本数によって調べた。本研究は、物流現場において新たな設備投資や人件費を伴わずに、既設の PC と AP のみを用いることで移動体通信を実現させる立場を取る。したがって、無線 LAN の電波強度を計る方法についても同様に、既設の PC だけで実現することを目指した。

この実験を、AP に外部アンテナを付けない場合（AP に内蔵のアンテナで通信）と、AP に外部アンテナ（無指向性、バッファロー社製）を付けた場合の双方に対して実施した。

この実験結果を、Table 1 に示す。表中に示した英大文字の各位置を、Fig. 1 上にも示した。B 点は、PC 上の電波強度符号の本数が最大の 5 本であった場合の位置である。同様に、C 点は 4 本、D 点は 3 本、E 点は 2 本、F 点は 1 本となった位置の概略地点を示している。

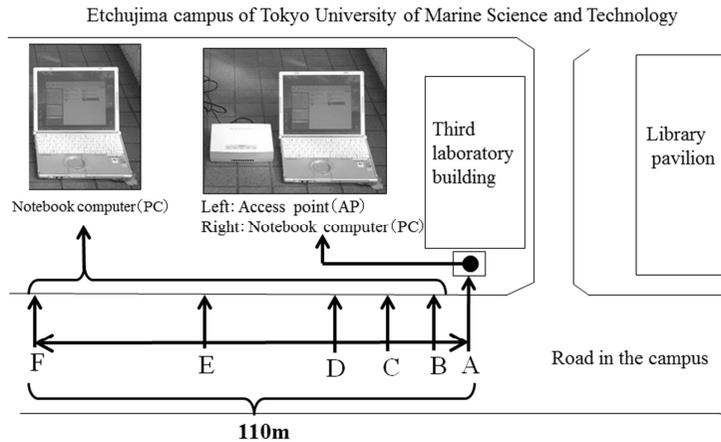


Fig. 1 Experiment of measuring outdoor communication range of Wireless LAN at Tokyo University of Marine Science and Technology

3.2 一般無線 LAN による屋外通信可能範囲の推定

Table 1 の実験結果を散布図にすると、Fig. 2 の実線部分となる。これを見ると、PC が AP から離れるにつれて、一般無線 LAN の電波強度は、指数関数的に急速に弱まってゆくことが分る。これは、無線通信の分野

で一般的に認識されている現象¹¹⁾と一致する。しかしながら、PC 上に表示される無線 LAN の電波強度符号は、PC ユーザーに対して無線 LAN の電波の強弱をイメージとして相対的に表示しているに過ぎない。例えば、本研究で用いた PC に表示される当該符号の本数の最大値は 5 本であるが、Table

Table 1 Results of measuring outdoor communication range of Wireless LAN at Tokyo University of Marine Science and Technology

Signal of strength of Wireless LANs radio wave displayed on PC	Distance between PC and AP		Location between PC and AP on Fig.1
	Without an antenna	With an antenna	
5	5.2m	13.9m	B←A
4	13.9m	41.1m	C←A
3	20.9m	46.6m	D←A
2	50.0m	77.2m	E←A
1	90.0m	107.6m	F←A
N/A	—		←F

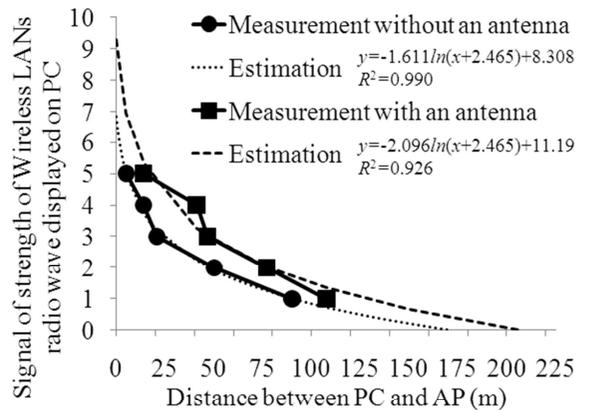


Fig. 2 Estimation of outdoor communication range of Wireless LAN by a finite logarithm model

1 に示したとおり、PC が B←A の範囲内に入れば当該符号本数は 5 本のままである。しかし、実際には PC が A 点 (AP の位置) により近いほど、実際の無線 LAN の電波強度はより大きい。この逆もしかりであり、当該符号本数の最小値は 1 本であるが、PC に AP から電波が届かなくなったことを的確に表示する機能は、PC には付与されていない (一般の PC ユーザーには、そのような情報の利用価値は薄い)。

そこで本研究は、この実験結果に対して統計モデルを適用し、PC と AP 間の距離に対する PC 上の無線 LAN の電波強度符号の本数が、実際の物理的な電波強度の強弱に代替できるよう、両者の関係をモデル化する。

まず、一般無線 LAN の電波強度は、PC と AC 間の距離が無い場合に最大となる。しかし、PC と AC 間の距離がある範囲を越えれば、両者間に電波は届かなくなる。したがって、モデル化には、上限と下限を併せ持ち指数関数的に減衰する関数が必要である。この仮定に適する関数としては、下記に示す有限対数曲線モデルを考えることができる。

$$y = a \ln(x+b) + c \quad \dots (1)$$

ここで、

y: PC上の電波強度符号の本数

x: PCとAP間の距離

a,b,c: パラメータ

である。式 (1) に Table 1 の実験結果を適用して最小二乗法でパラメータを求め、その推定結果を示したのが、Fig. 2 の点線部分である。実線部分の実績値ともよく合致しており、 R^2 の値も十分に高い。

以上の有限対数曲線モデルによる分析によって、一般無線 LAN による PC と AC 間の最長通信可能距離は、外部アンテナ無しの場合は約 170m、外部アンテナ有りの場合は約 210m 程度であることが分った。また、PC 上の電波強度符号の本数表示は 5 本までであるが、本研究の有限対数曲線モデルによれば、PC と AP の距離が無くなる位置では、電波強度は、外部アンテナ無しの場合は約 7 本弱、外部アンテナ有りの場合は約 9 本強の値であることが推定できた。このことから、外部アンテナを AP に接続した場合は、PC と AC 間の最長通信可能距離及び最大の電波強度が、外部アンテナ無しの場合と比べて、それぞれ 3 割程度増強できることが分かった。

4. 一般無線 LAN による移動体通信ソフトウェアの構築

4.1 グラフィカル言語によるプログラミング

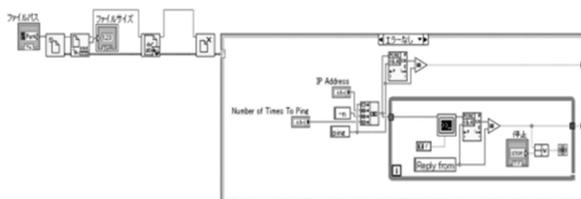
本研究の目的は、倉庫やコンテナターミナルなどの一般の物流現場において、設備投資を伴わない安価な移動体通信を可能にすることである。

一般に物流現場では、トラック運転手と物流施設担当者の中で、業務書類をすばやく受け渡さなければならない。したがって、業務書類の電子情報化には、視認性の優れた GUI (Graphical User Interface) が欠かせない。また、一般無線 LAN で構築されるネットワークは、IP アドレスを用いるシステムがほとんどであるので、本研究で用いるプログラミング言語には、高速な IP アドレス間の情報通信を的確に行う必要がある。

しかしながら、高度な GUI と IP アドレスネットワークを用いる業務用のソフトウェアの構築は、一般に物流企業の社員が自社内で自作可能な例はほとんどなく、現実的には外注し SE を雇用してプログラミングさせ、専用業務ソフトウェア化するのが常である。これでは、ソフトウェア構築の部分に多大な人件費と時間コストがかかり、本研究の目的（設備投資を行わないで移動体通信を実現）から逸脱する。

そこで本研究は、文系の社員や学生でも短時間にプログラミングが可能で、その性能は、SE が C 言語などの汎用言語で長時間かけなければ構築できないシステムをも上回る成果を提供可能な、最先端グラフィカル言語である LabVIEW を用いることにした。

LabVIEW とは、高度な数学や情報通信/計測制御関数を持ち、個々の関数はアイコン化されており、それらをマウスによるク



The above is a part of program of GUI for mobile communication by Wireless LAN on a moving truck in logistics created by the first author of this paper.

Fig. 3 An example of programming on LabVIEW

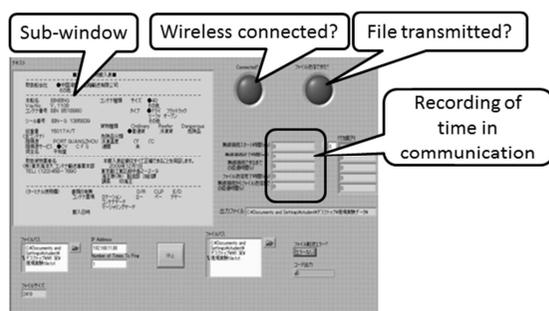


Fig. 4 GUI for mobile communication by Wireless LAN on a moving truck for transmitting a dock receipt created by the first author of this paper

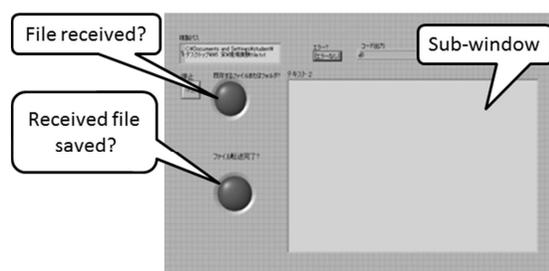


Fig. 5 GUI for mobile communication by Wireless LAN on the fixed station with AP for receiving a dock receipt created by the first author of this paper

リックで結んでゆき、フローチャート化することでプログラムを作成できる。そのため、ソフトウェアの構築に要する人件費と

工数を大幅に削減できるのである。実際に、次節に述べるソフトウェアは、本研究の第一著者が、総工数 18 時間で自作したものである。

4.2 一般無線 LAN による移動体通信ソフトウェアの構築

Fig. 3 は、本研究が LabVIEW を用いて自作した、一般無線 LAN による移動体通信ソフトウェアの一部である。この図から明らかのように、グラフィカル言語には、C 言語などの汎用言語に特徴的なコマンドや条件式を延々とアルファベットで綴る、という煩雑な作業が皆無であり、グラフィカルなフローチャートがそのままプログラムを体現している。**Fig. 3** に表示されているのは、本研究の構築した一般無線 LAN による移動体通信ソフトウェアの送信側 GUI プログラムの主要部の例である。

Fig. 4 と **Fig. 5** は、本研究の移動体通信ソフトウェア上で実行中の GUI である。

このソフトウェアを実行すると、まず、送信側の PC 上に、送信用のウィンドウが表示される (**Fig. 4**)。このウィンドウには 2 つの LED タイプの表示器があり、その一つは、送信側 PC が AP に対して無線 LAN 接続できたかどうかを赤 (不可) と緑 (可) で示し、もう一つは、送信側 PC がファイル転送を完了できたかどうかを赤 (不可) と緑 (可) で示す。したがって、本システムでは、送信側 PC が AP に無線 LAN 接続できるまで、ファイル転送を行わずに待機する機能を持

たせ、通信の信頼性を向上している。同様に、受信側 PC にも 2 つの LED タイプの表示器があり (**Fig. 5**)、その一つは、受信側 PC の受信フォルダに転送ファイルが届いたかどうかを赤 (不可) と緑 (可) で示し、もう一つは、転送ファイル到着確認後に受信側 PC が、転送ファイルを保存フォルダに移動を完了できたかどうかを赤 (不可) と緑 (可) で示す。実際の物流現場においては、不特定多数の相手との業務書類のやり取りが発生するので、受信フォルダに転送されたファイルはそのまま保存せずに、所定の保存フォルダに移動する方がシステムの安全性を高められることから、本システムはこの方法を採用した。

以上のように、送受信双方で 2 つの LED タイプの表示器が赤から緑色に替われば、的確に移動体通信が成功したことになる (**Fig. 4, Fig. 5**)。

本研究のソフトウェアには、このほか後述する移動体通信実験の検証を目的として、移動体通信中の AP との接続待機時間や、ファイル転送成功までに要した時間を記録できる機能を付与している。また、実際の物流現場で試用することを前提として、送受信する電子化された物流業務書類を表示する、サブウィンドウも配置して、実際に書類情報が正しく送受信されたかどうかを、ユーザーが視認できるようにした。

4.3 移動体通信実験に用いる物流現場業務用書類の選定

Table 2 Experiment of mobile communication between a moving truck and a fixed station in the Port of Kobe

Site	A public road at a logistics district in the Port of Kobe
Date	September 10th, 2010
Truck for mobile communication	A trailer truck loading a 40 feet marine container
Equipment of mobile communication	A notebook computer on the truck, An access point, A notebook computer fixed with the access point, the mobile communication software originally created by the first author of this paper, An external antenna.
Location of the access point	Alongside of the public road nearby a container terminal
Installation of the notebook computer on the trailer truck	On the dashboard in front of the passenger seat in the cab
Speed of the truck	22.1 km/h (6.1 m/s)

まず、APと受信側PCをA点に設置する。トラックは実線矢印に沿ってB点からA点に向かって走行し、その間に運転席上

にある送信側PCから受信側PCへの移動体通信を試みる。B点は、Fig. 2に示した実験結果から、APからの電波がトラック

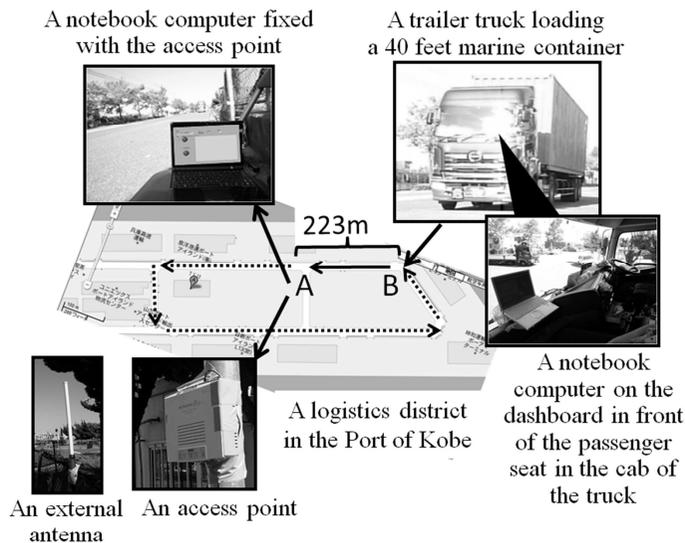


Fig. 7 Procedure of the experiment of mobile communication between a moving truck and a fixed station in the Port of Kobe

に到達しなくなる 170m (AP に外部アンテナ無し), 210m (AP に外部アンテナ有り) 以遠の 223m の所とした。受信側 PC と送信側 PC には、前章で述べた一般無線 LAN による移動体通信ソフトウェアを実行させ、B 点にて送信側 PC から 4.3 節で述べた電子ファイルの送信を開始した。この時のトラックの速度は、運転手がアクセル操作によって維持できる最低速度とした。その速度はタコメーターの記録から 22.1 km/h であった (Table 2)。トラックが A 点に到達するまでに移動体通信を完了できなかった場合は、トラックは A 点で一旦停車して通信の完了を待った。

この一旦停車して通信の完了を待つ方法を、本研究では ONE STOP 通信と呼ぶことにする。コンテナターミナルなどの物流現場では、外来するトラックとの間で業務書類を短時間のうちに ONE STOP 通信できるのであれば、業務改善の実効性は高いと考えられる。この観点から本研究では、移動体通信と合わせて ONE STOP 通信についても、その実効性を検証することにした。

A 点に到達する以前に移動体通信が完了できた場合は、トラックは A 点を通過し、ONE STOP 通信に移行した場合は、A 点で通信が完了してからトラックは再発車して、Fig. 7 の点線の矢印に沿って臨港道路を周回し、再び B 点に戻って上述の実験を 10 回繰り返した。上述の実験

プロセスの一連の時間経過は、本研究が構築した一般無線 LAN による移動体通信ソフトウェア上で記録した。

また、AP に外部アンテナの設置することによって、移動体通信能力の改善がなされるか否かの検証も、実施した。

5.3 実験結果

5.3.1 AP に外部アンテナを設置しない場合

以上の方法によりトラックによる一般無線 LAN を用いた移動体通信実験を行った。まず、AP を単体で用いて外部アンテナを設置しない場合の結果は、Table 3 となった。

これを見ると、10 回の実験試行のうち半数の 5 回は、A 点に到達する前の走行中に通信が完了する、完全な移動体通信を実現できた。残りの 5 回も、ONE STOP 通信に移行してから、短時間で通信を完了できている。

今回の実験が、市販の一般無線 LAN 機器とパソコンをそのまま物流現場に設置し、さらに実物のトラックを移動体として用いた状況から判断すると、この結果は、十分に評価できる。

5.3.2 AP に外部アンテナを設置した場合

次に、AP に外部アンテナ (3.1 節の実験で用いたものと同じもの) を設置した場合についての結果を、Table 4 に示す。

これを見ると、10 回の実験試行のうち大半の 8 回が、A 点に到達する前の走行

中に通信が完了する、完全な移動体通信を実現できた。残りの2回も、ONE STOP通信に移行してから、きわめて短時間で通信を完了できている。これは、Table 3に示した外部アンテナを付けなかった場合の実験結果を、大幅に改善することとなった。

5.4 一般無線 LAN による移動体通信の特性

Table 3 と Table 4 を比較すると、興味深い事実を発見できる。まず、Table 3 では、移動体通信が成功した位置は、すべて AP から 100m 以上離れたところにある。3.2 節で行った検証から AP と PC は相互に近接するほど電波が強くなるので (Fig. 2)、トラックが AP に近いほど移動体通信の成功率は上昇すると考えることもできる。しかしながら、その結果は

全く逆のものとなった。その原因は、トラックが移動することによって生じてしまう送受信波の位相のずれに起因するマルチパス障害である。

一般にマルチパスとは、静止した AP と PC が屋内にある場合に、AP と PC 間の電波が直線的に到達するだけでなく、建物の内壁に反射して到達するものも折り重なるため、送受信波の位相が合致できなくなる障害である (Fig. 8)^{1 2)}。この問題を解消するために、一般の無線 LAN 機器には、位相のずれを統計的に処理して解消する手法 (例えば、MLSE: Maximum Likelihood Sequence Estimator) が用いられている。これらの手法は、あくまで、AP と PC が静止した固定点にあり、建物の内壁等からの反射波による位相のずれも、電波のたどる道筋の固定的な距離の相違を前提に組み立てられている (Fig.

Table 3 Results of the experiment without an external antenna for the access point

Number of experiments	Whether a mobile communication was succeeded or not. ○: Success ×: Failure	Distance from the access point where the mobile communication was succeeded.	Duration needed to complete the ONE STOP communication.
1st	○	129.9m	
2nd	×→○		40 seconds
3rd	×→○		1 minute and 46 seconds
4th	×→○		31 seconds
5th	×→○		5 seconds
6th	○	151.6m	
7th	○	117.9m	
8th	○	121.4m	
9th	○	147.2m	
10th	×→○		1 minute and 25 seconds

Table 4 Results of the experiment with an external antenna for the access point

Number of experiments	Whether a mobile communication was succeeded or not. ○: Success ×: Failure	Distance from the access point where the mobile communication was succeeded.	Duration needed to complete the ONE STOP communication.
1st	○	44.8m	
2nd	○	122.3m	
3rd	○	24.3m	
4th	○	76.3m	
5th	○	99.3m	
6th	○	118.3m	
7th	○	80.0m	
8th	○	140.3m	
9th	×→○		3 seconds
10th	×→○		1 second

8)。

これに対して、本研究の移動体通信によって生じるマルチパス障害は、トラック上の PC が時間とともに AP に近づいてゆくことにより、AP からの電波到達距離に差が生じ、Fig. 8 と同様な送受信波に位相のずれが生じる結果によると考えられる。具体的には、Fig. 9 に示すとおりである。つまり、トラックが走行し移動することにより、AP からの直線的な距離も絶えず変化するので、その関係は室内で反射波が起こすマルチパス問題と類似する。その影響力は、PC を載せているトラックが AP に近づけば近づくほど大きくなる。しかし、トラックが AP から遠い位置を走行している時は、Fig. 2 に示したように、AP と PC 間の電波そのものが弱まってしまうので、移動体通信も成

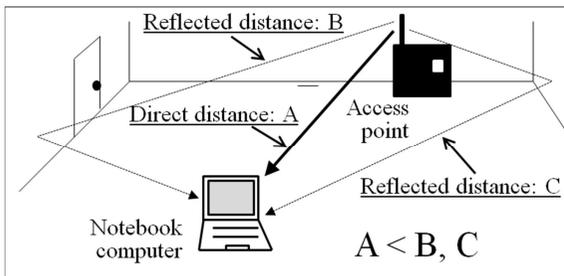


Fig. 8 Indoor multi pass problem

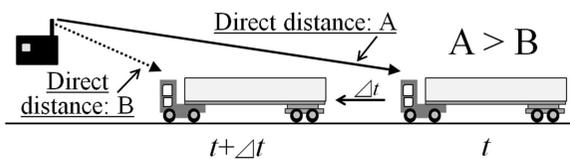


Fig. 9 Multi pass problem on a moving truck

功できなくなる。Table 3 に示された移動体通信の成功が、ある特定の距離帯に集中して現れる結果となったのは、このような理由と考えられる。

これに対して、AP に外部アンテナを設置した場合の結果においては、移動体通信成功率が大幅に向上した。この理由は、一般無線 LAN 機器に導入されている MLSE 等の位相障害除去機能は、電波が強いほど本来の位相を見出しやすくなるからと考えられる。実際に、本研究で用いた外部アンテナは、Fig. 2 の分析結果から PC と AC 間の最長通信可能距離及び最大の電波強度を、それぞれ 3 割程度増強できているので、この効果が Table 3 と Table 4 の結果の相違となって表れたと判断できる。

以上の推論を検証するために、Table 3 と Table 4 の結果に散布図を適用し、両者の移動体通信成功率に対する正規分布の確率密度関数を適用した結果が、Fig. 10 である。これを見ると、本研究の実験結果は、本節で推論した一般無線 LAN による移動体通信の特性を裏付けている。つまり、一般無線 LAN による移動体通信では、Fig. 9 に示したマルチパスの影響から AP より遠く離れていた方が電波の位相は安定し移動体通信には向くが、Fig. 2 に示したように、一般無線 LAN の電波は、AP から離れるとともに急速に減衰するので、トラックが AP から離れすぎた位置では通信そのものが途絶えてしまい、

外部アンテナの有無によらず移動体通信は成立できなくなってしまう。実際に Fig. 10 においても、正規分布の確率密度関数の遠距離側の平均+標準偏差の3倍の位置は、外部アンテナの有無を問わず、Fig. 2 で示した AP から電波が到達しなくなる境界の距離帯〔170m (AP に外部アンテナ無し), 210m (AP に外部アンテナ有り)] 付近と一致している。

6. おわりに

本研究は、設備投資を伴わずに、PC と AP による一般無線 LAN を用いて、実用的な移動体通信が実現できることを、自作のソフトウェアの構築とそれを用いた物流現場における実証実験によって立証した。一般無線 LAN は、移動体通信を前提に作られた技術ではないが、本研究の

実験では、移動体として用いたトラックが約 22km/h の低速で走行した場合、2 回に一度は移動体通信が成功できることが分った。また、たとえ移動体通信が達成できなくとも、トラックが AP まで走行して一旦停車すれば、その後はごく短時間で ONE STOP 通信が成立して、電子ファイルの送受信には支障がないことも分かった。さらに、AP に外付けアンテナを設置すると、移動体通信の成功率は 80% に達することが明らかになった。外付けアンテナの価格は、PC と比較すれば取るに足りない額であるので、この設備投資額は、移動体通信の成功率向上に伴う物流業務の効率化によって短期に回収できると考えられる。

以上に加えて、本研究の実験結果から、室内で一般無線 LAN を用いるときに典型的な反射波によるマルチパス障害が、

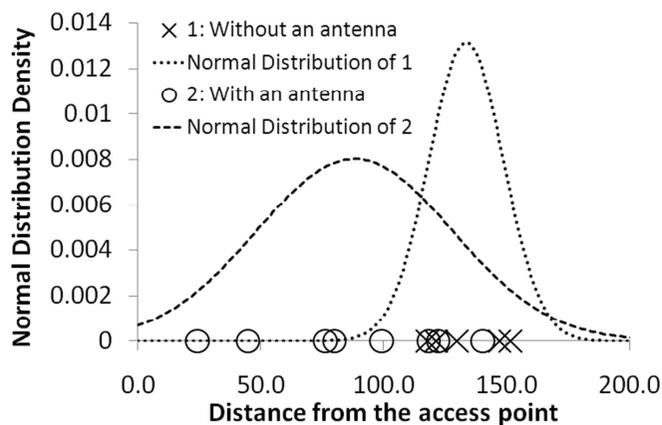


Fig. 10 Normal Distribution of distances from the access point where the mobile communication was succeeded

移動体通信の場合は、車両が移動してしまうことにより無線電波の通信経路に距離差が生じ、室内反射波と同様のマルチパス障害が生じていることを発見した。そのため、本研究の実験では、トラックが AP に近づきすぎてしまうと、移動体通信が成功できなくなるという興味深い事実を見つけることができた。

しかしながら本研究が別途に行った、一般無線 LAN の屋外通信範囲検証実験によれば、電波の届く範囲は AP からたかだか 170m ~ 210m 程度である。したがって、一般無線 LAN による移動体通信を物流現場において普及してゆくには、マルチパス障害が顕著になる範囲と移動体の速度との関係を明らかにし、個々の物流現場に合わせた AP の設置個所を検討してゆく必要がある。

<参考文献>

- 1) 中川一位、物流情報、45(6)、15-19(1998)
- 2) 井原美樹、物流情報、43(9)、16-21(1996)
- 3) 関馨、自動車研究、28(9)、519-524(2006)
- 4) 安部馨、高速道路と自動車、48(2)、87-92(2005)
- 5) 野口昭一、Nitto Tech Rep、(60)、20-23(2000)
- 6) 福地陽一、月刊マテリアルフロー、40(8)、31-35(1999)
- 7) Electr Automob、(692/693)、24-26(1998)
- 8) 全日本トラック協会、トラック事業における高度情報化対応に関する調査報告書 平成7年度、128P(1996)
- 9) 岩瀬緑朗、物流情報、43(9)、2-3(1996)
- 10) 三谷成二、電気設備学会誌、15(12)、1227-1233(1995)
- 11) 清水理史、体系的に学び直す無線 LAN、日経 BP ソフトプレス、62-66(2002)
- 12) 小林佳和、簡単に学べる無線 LAN & Bluetooth、日本工業出版、71-81(2002)

(原稿受付 2011年7月19日)

(審査受理 2011年7月30日)