

平成19年度
研究開発成果報告書

LED 照明による可視光通信を利用した
情報案内サービスに関する研究開発

委託先： (株)中川研究所

平成20年4月

情報通信研究機構

平成19年度 研究開発成果報告書

(地域中小企業・ベンチャー重点支援型)

「LED照明による可視光通信を利用した情報案内サービスに関する研究開発」

目次

1	研究開発課題の背景	3
2	研究開発の全体計画	
2-1	研究開発課題の概要	4
2-2	研究開発の最終目標	4
2-3	研究開発の年度別計画	5
3	研究開発体制	6
3-1	研究開発実施体制	6
4	研究開発実施状況	
4-1	可視光通信照明器具の研究開発	7
4-1-1	アナログ型可視光音声送信機の開発	7
4-1-2	実施状況	8
4-1-3	達成状況	13
4-1-4	可視光 ID (位置情報) 送信機の開発	14
4-1-5	実施状況	14
4-1-6	達成状況	17
4-2	受信端末の開発	18
4-2-1	アナログ型音声受信端末の開発	18
4-2-2	実施状況	18
4-2-3	達成状況	20
4-2-4	可視光 ID 受信型 USB 端末の開発	21
4-2-5	実施状況	21
4-2-6	達成状況	22
4-2-7	可視光 ID 受信型音声再生端末の開発	22
4-2-8	実施状況	22
4-2-9	達成状況	23
4-2-10	汎用送信機能付き端末 (双方向) の開発	23
4-2-11	実施状況	23
4-2-12	達成状況	25
4-3	中高速用可視光双方向通信装置の開発	26
4-3-1	LED 蛍光灯型光送受信機器の開発	26
4-3-2	実施状況	27
4-3-3	達成状況	30
4-4	可視光通信、電力線モデムの通信技術を統合したシステムの開発	31
4-4-1	美術館・博物館解説システムの開発	31

4-4-2	実施状況	31
4-4-3	達成状況	34
4-4-4	介護施設向けアプリケーションソフトの開発	34
4-4-5	実施状況	34
4-4-6	達成状況	35
4-4-7	スーパー・コンビニ向けシステムの開発	36
4-4-8	実施状況	36
4-4-9	達成状況	40
4-5	総括	41
5	参考資料・参考文献	43
5-1	研究発表・講演等一覧	43
5-2	別紙添付資料一覧	46

1 研究開発課題の背景

LED（発光ダイオード）の市場は毎年 30%~40%の急激な伸びを示しており、照明にも利用が広がっている。RGB の LED 光に代表される可視光光源を利用して通信を行う、可視光通信の規格化、標準化が進んでおり、可視光通信コンソーシアムの主導の下、18 年度末に、基本標準化案と低通信速度（毎秒 4.8k ビット）での可視光 ID の規格がまとまった。可視光 ID に関しては、LED のスポットライト光源を使った可視光通信装置としての製品が市販されるに至っている。

LED の対照明器具への展開としては、複数の高輝度白色 LED をアレイ状に並べた形で、既存の蛍光灯器具にそのまま付け替えることのできる蛍光灯型 LED 照明灯が市販され始めている。まだ照明器具のコストとしては高額であるが、輝度は現状の蛍光灯と比べて遜色なく、さらなるコストダウンと取り換え時期とのタイミングから見たコストパフォーマンスの観点から、将来は既存の蛍光灯との置き換え需要が生じてくると予想される。また、これら LED 型照明灯に可視光 ID のシステムを付加することで、蛍光灯の照明から ID 情報を配信させるアプリケーションも考えられる。

一方で、既存の電力線を使って情報を流す電力線通信（PLC）技術があり、既存の白熱灯や蛍光灯等の照明機器は設置に電源配線を必要とすることから、将来これらに置き換わるといわれている LED 照明に組み込まれる可視光通信技術は、PLC にとって整合性の良いアプリケーションとして期待が高まっている。

PLC は海外ではインターネット用モデム等での高通信速度化が進んでおり、毎秒 200M ビットといった基本伝送速度をもった機器等が開発されている。また、日本国内における標準化に関しても、平成 18 年度に、屋内での 2MHz-30MHz 帯での使用規格が策定、解禁され、本格的な市場の立ち上がりが始まりつつある。電力線通信は、既存の電力線のインフラを使えるというメリットの一方で、そのネットワークの接続性能が設置環境によって左右されることが分かっており、サービス性能（QoS）を高める性能改善が求められている。

可視光通信コンソーシアムでは、19 年度からは、低速通信（可視光 ID）から将来の高速通信に向け、数 Mbps の中高速エリアでの伝送アプリケーションの議論が進んでいる。また、光通信 LAN を利用した、10Mbps の伝送実験のデモ等もコンソーシアムの参画企業から提案されている。

可視光通信の国際標準化に関しては、今年から IEEE 802.15 委員会において可視光通信に関する標準化のための活発な議論が始まっている。

2 研究開発の全体計画

2-1 研究開発課題の概要

本研究開発では、LED 照明を用いた可視光通信技術を実現すること、また、LED 照明通信と電力線通信を統合し、通信用配線の工事不要の設置方法の確立を目指す。さらに、照明光を利用した位置検出を行って、販売促進システムおよび動線解析システムの研究開発を行う。その応用例として、美術館・博物館等での多言語音声案内システム、介護施設での案内および患者モニターシステム、スーパーマーケットでの商品案内および動線解析システム等が上げられる。

[サブテーマ]

- ① 可視光通信送受信機および電力線通信を用いた各種応用システム
- ② 可視光通信、電力線モデムの通信技術を統合した販売促進システムおよび顧客（または患者等）の動線解析システム

2-2 研究開発の最終目標（平成 20 年 3 月末）

本研究開発成果による最終目標となる製品・サービスは、以下のとおりである。

ア 可視光通信照明器具の研究開発

- (1) スポットライト形 LED 照明器具で、直接、反射光で 5m の距離まで通信可能なこと。PLC（電力線モデム）を内蔵するため、小型化にも取り組む。
- (2) PLC 内蔵の、蛍光灯形 LED 照明器具。照明器具としての照射範囲と通信範囲の同一化を行い、さらに、Up リンクの受光を通信範囲と同一にする事。
- (3) PLC のデータを、可視光通信コンソーシアムが規定したタグ規格に準じる信号に変換する回路とソフトの実現。

イ 受信端末の研究開発

- (1) 音声受信端末（多言語）
- (2) 位置情報送信小型端末
スーパーの買い物籠に埋め込めるサイズで、双方向の機能を実現する。
- (3) LCD 付き双方向端末で、照明から各種情報の提供を受ける事ができる。情報は、テキスト、音声、及び画像で、表示画面のサイズは、具体的な要望を調査し決める。

ウ 可視光通信、電力線モデムの通信技術を統合したシステムの開発

- (1) 美術館、博物館向けの案内システムを実現するソフトの開発。
- (2) 介護施設で、利用者の安全・安心を助ける為に、位置認識と情報提供が可能な総合援助システムの開発。
- (3) スーパー・コンビニで顧客にさまざまなサービス情報を送ること、および顧客の移動位置、経路のデータを収集することにより動線を分析し、動線、陳列、レイアウトの最適化を行うシステムを提供する。

2-3 研究開発の年度別計画

金額は非公表

研究開発項目	H18 年度	H19 年度	年度			計	備 考
LED 照明による可視光通信を利用した情報案内に関する研究開発							
ア、イ：可視光通信用送信装置、受信装置の開発 ・ PLC 内蔵の LED 照明器具 ・ 小型及び LCD 付の双方向端末	-	-				-	
ウ 可視光通信アプリケーションの開発 ・ 介護施設向けアプリケーションソフト ・ 博物館・美術館向け案内システム ・ スーパー向け、動線分析、販売促進システム	-	-				-	
間接経費	-	-				-	
合 計	-	-				-	

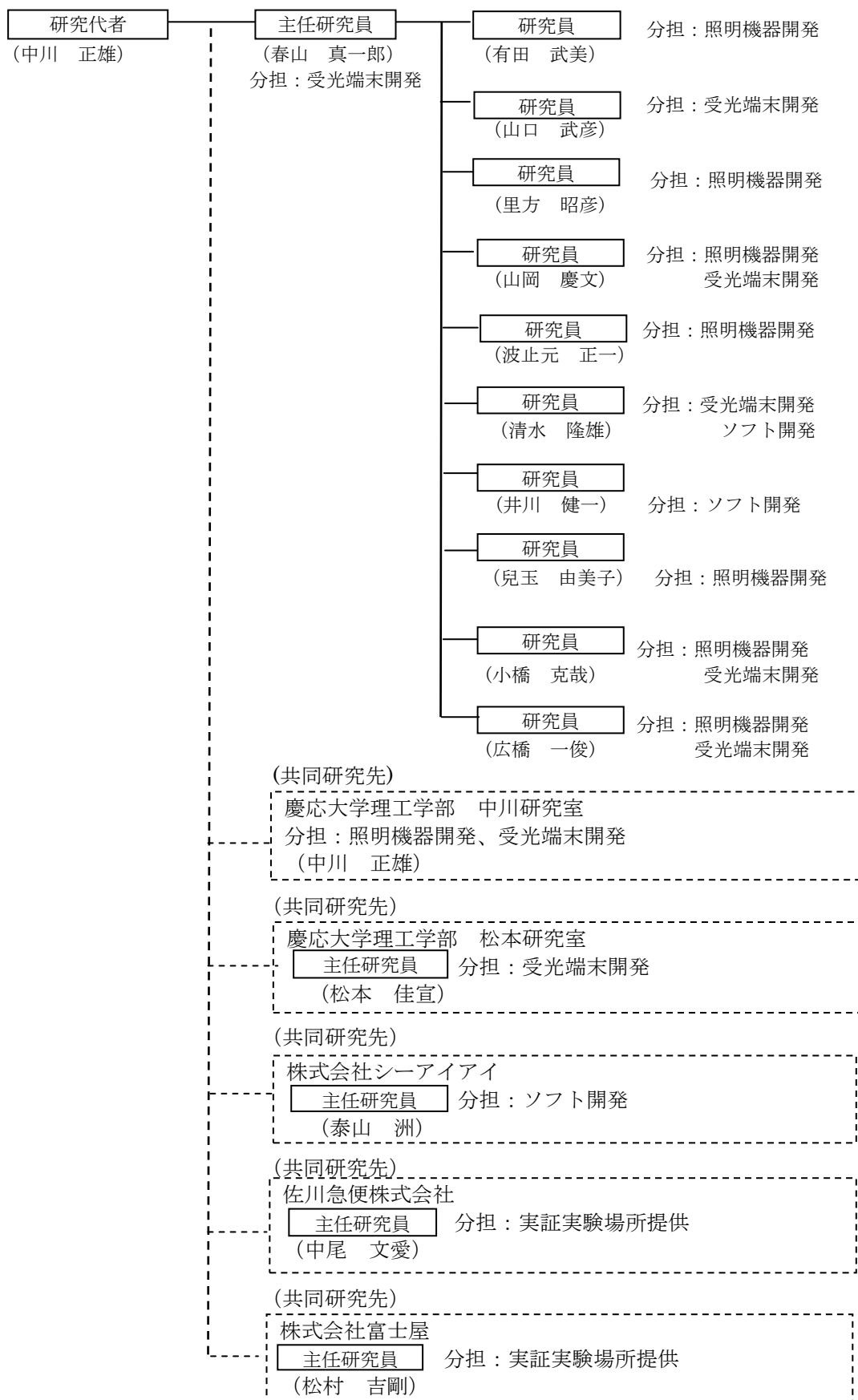
注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。

2 備考欄に再委託先機関名を記載

3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。

3 研究開発体制

3-1 研究開発実施体制



4 研究開発実施状況

4-1. 可視光通信照明器具の研究開発(ア)

1. アナログ型可視光音声送信機の開発
2. 可視光 ID (位置情報) 配信型の照明器具の開発

4-1-1. アナログ型可視光音声送信機の開発

アナログ変調方式を使った信号変調機能を持つ、ハロゲンランプや蛍光灯に代わる LED 照明器具の開発を行う。スポットライト形と蛍光灯形の 2 種類を開発する。

A. 一斉配信型の多言語対応の音声信号 (アナログ) 送信機の開発

送信する情報としては音声情報である。ネットワーク等につながるものではなく、自立型でローコストでソリューションの提供できるものを目指す。

B. オブジェ型の固定用音声信号 (アナログ) 送信機の試作

一斉型の音声送信機としては、天井等に設置する照明型だけではなく、テーブルやフロアに設置する形式のものも考えられる。そこで、オブジェ型の照明器具形状を持った LED 光源内蔵型の音声送信機の試作を行う。

C. 蛍光灯形送信機の基本試作

LED 素子を複数アレイ状に配置することで、照明器具として最も一般的な蛍光灯器具と同等、かつ明るさ色合いが可変で、音声信号 (アナログ) や低速データ信号 (デジタル) を変調して送信可能な蛍光灯形送信機の試作を行う。

D. スーパーマーケット用音声 (アナログ) 送信機の試作

音声情報の効果を試す実験として、一般のスーパーマーケットにて実証実験をする機会を得た。その実験用音声 (アナログ) 送信機の試作を行う。

E. USB インターフェイス内蔵型 (アナログ) 送信機の試作

USB インターフェイス内蔵で、直接 PC 等に接続することで音声情報を書き換えることのできる、LED スポットライト型送信機を開発する。

F. PLC モデム組み込み型 (アナログ) 送信機の試作

PLC モデムを組み込んで、信号等の制御が可能な LED スポットライト型送信機を開発する。

4-1-2. 実施状況

4-1-2-A. 一斉配信型の多言語対応の音声信号（アナログ）送信機器の基本試作

単一、単色（Red 又は Green、Blue）LED 光源を使用し、AC100V 電源で、電球形状（100mm 径）、ソケット接続型（ソケット形状、25mm 径 x32mm 高さ）の可視光送信機を作成した（図 1-A-1 参照）。音源を着脱可能のメモリー（SD カード）内に持ち、それらのデータを書き換えることで色々な用途に対応できる。ステレオ（2 チャンネル）対応なので、左右のチャンネルに異なる音声信号を入れて、受信側でチャンネルを選択すれば、2 ヶ国語対応のシステムを実現できる。

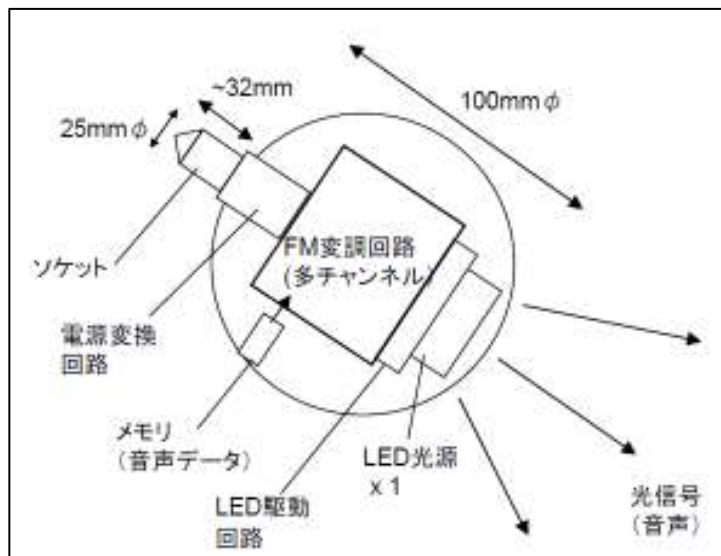


図 1-A-1

電球形状の音声信号送信機器

さらに、その改良型として、LED 光源としての照度を上げるために 4 つの白色 LED 光源を持った送信機を作成した。機器の形状としては円筒状のスポットライト形状である（図 1-A-2 参照）。

また、三色の光源を一つのパッケージに内蔵した LED を使った、音声送信機器の作成も行った。この目的は、送信機器自体の大きさをコンパクトにすることで、全長は多少長くなったものの、筐体の径は 60mm のものが作成できた（図 1-A-3 参照）。

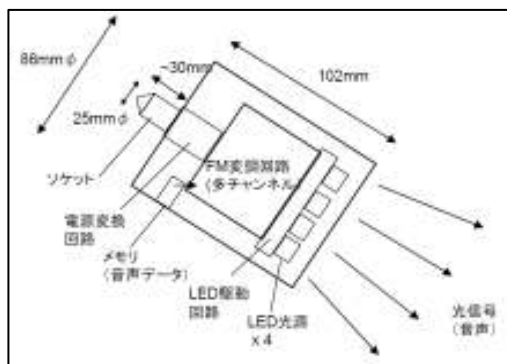


図 1-A-2

4 灯 LED 型スポットライト形状の
音声信号送信機器

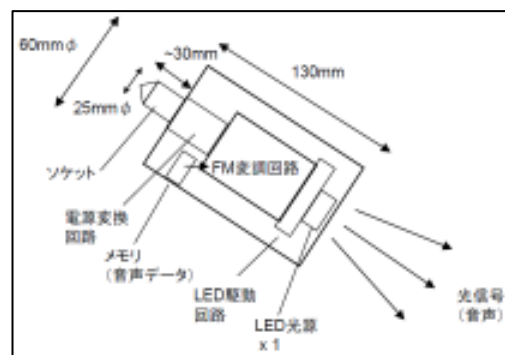


図 1-A-3

1 灯 LED 型スポットライト形状の
音声信号送信機器

従来の電球ソケットにねじ込みできる口金 (E26) を持つこれらの音声信号送信機は、新たな設備を必要とせず簡単に設置することができ、さまざまな応用が考えられる。また現状の送信機用音源メモリーカードの容量としては1 GB 以上となっており、目標である美術館博物館等のガイドンス用としては十分な容量を持っている。音源データとして、複数 (二種類) の別音源を入れたものを作成し、それらを送信できることを確認した。

4-1-2-B. オブジェ型の固定用音声信号 (アナログ) 送信機の基本試作

一斉型の音声送信機としては、天井等に設置する照明型だけではなく、テーブルやフロアーに設置する形式のものも考えられる。そこで、オブジェ型の照明器具形状を持った LED 光源内蔵型の音声送信機の試作を行った。これらは、内部にイルミネーション用の LED 光源を別に持ち、複数の高出力白色 LED 光源から同一の音声情報を一斉配信する形になっている (図 1-B-1、図 1-B-2 参照)。音源は外部接続形式であり、小形の MP3 プレーヤーからラジカセのような一般的な音声出力機器などの任意のステレオ音源を使うことができる。これらオブジェ型の送信機は、音声送信機能を備えた美術工芸品として付加価値の高い商品に仕上げることが可能である。

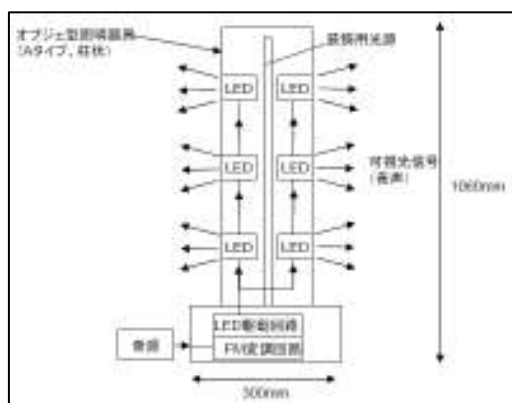


図 1-B-1

柱形状オブジェ型の音声信号送信機

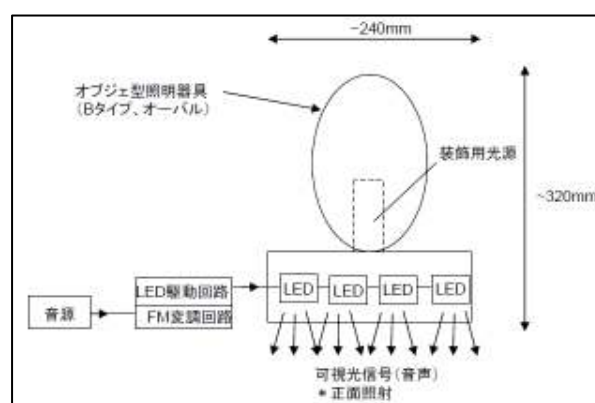


図 1-B-2

楕円球形状オブジェ型の音声信号送信機

4-1-2-C. 蛍光灯形送信機の基本試作

照明器具として最も一般的な蛍光灯器具と同等、かつ明るさ、色合いが可変で音声信号 (アナログ) や低速データ信号 (デジタル) を変調して送信可能な蛍光灯形送信機の試作を行った (図 1-C-1 参照)。光源には三色 (R, G, B) のチップを一つのパッケージに内蔵した LED をアレイ状に配置して使用した。

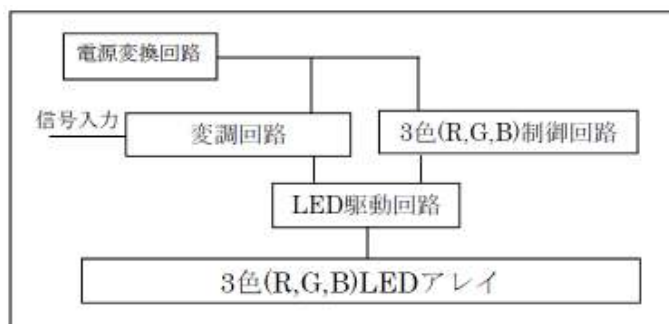


図 1-C-1

蛍光灯形の音声信号送信機

4-1-2-D. スーパーマーケット用音声（アナログ）送信機の試作

スーパーマーケット実証実験用に音声（アナログ）送受信機器の作成を行った。

4 個の LED を持つスポットライト形送信機を天井のライティングレールに取り付けて（高さ約 340cm）、ショッピングカートのハンドル（高さ約 80cm）に取り付けた BOX 形の受信機が、直径 3m 程度の範囲で受信可能である。

送信機は、ほぼ固定的な内容を送信すればよいものと、特売品案内のようにほぼ毎日書き換えられるものに対応した 2 種類のタイプを準備した。つまり LED 照明器具に内蔵した SD カードの内容を繰り返し再生するタイプ 1 送信機と、近くの棚などに置いたワイヤレス送信機からの電波を受信して可視光を送信するタイプ 2 送信機である。タイプ 2 の送信機は、送信内容を遠隔で簡単に替えられことが利点であるが、複数の送信機を使う場合にはそれぞれの送信機へワイヤレス伝送するためのチャンネルを必要数確保しなければならず、さらに他の電気器具からのノイズを受けやすいなどの欠点がある。

タイプ 1、タイプ 2 送信機の写真をそれぞれ図 1-D-1、図 1-D-2 に示す。



図 1-D-1

スーパーマーケット用タイプ 1 送信機



図 1-D-2

スーパーマーケット用タイプ 2 送信機

4-1-2-E. USB インターフェイス内蔵型（アナログ）可視光送信機の試作

USB インターフェイス内蔵で LED スポットライト型を開発した。図 1-E-1 に構成図を示す。音声データ自動送信用組み込みソフトによって、メモリー内にある音声信号を FM 変調して、LED 駆動回路に送り、LED 光源から可視光信号として送信する。また、内部メモリー（SD カード）に接続できる USB インターフェイスを内蔵。自立型で、送信機は固定台にて壁等に固定できる。一般の交流電源から、内部回路用電源変換機を通して電源を供給する。

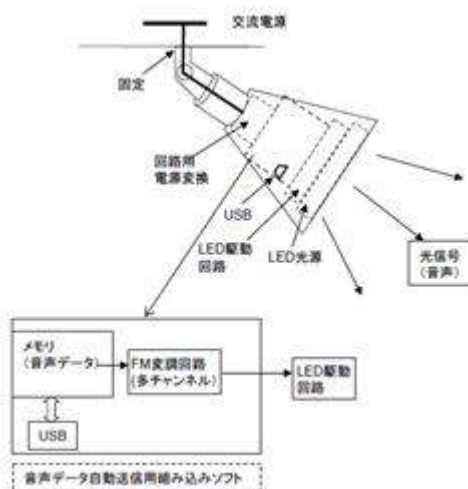


図 1-E-1

USB 内蔵音声配信用送信機器の構成と内部組み込みソフトの説明図



図 1-E-2

USB 内蔵音声配信用送信機器

試作した USB インターフェイス内蔵型可視光送信機器の写真を図 1-E-2 に示す。内部に音声再生と USB インターフェイスをコントロールするマイコンを内蔵している。USB はパソコン等に接続して音声データを書き換えることができる。照明機器が 100V 交流電源に接続（メイン電源がオン）されると自動で音声データが繰り返し再生される。FM 変調器及び LED 駆動回路用ソフトウェアを内蔵した、自立型の自動送信機となっている。

4-1-2-F. PLC モデム組み込み型（アナログ）可視光送信機器の試作

PLC モデムを機器内部に組み込みこんだもので LED スポットライト型のものを開発した。構成説明図を図 1-F-1 に示す。ホスト機器から、電灯線ネットワークを経由して PLC、送信機内の音声データ自動送信用組み込みソフトを制御。メモリー内にある音声信号を FM 変調して、LED 駆動回路に送り、LED 光源から可視光信号として送信。送信機は固定台にて壁等に固定できる。

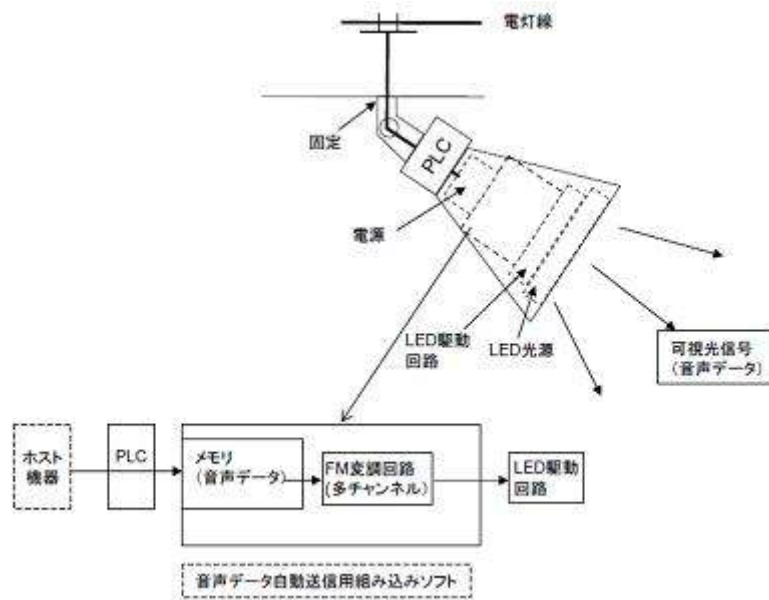


図 1-F-1

PLC 組み込み型の音声配信用可視光送信機器の構成と内部組み込みソフトの説明図

試作した PLC 内蔵型可視光送信機器の構成図を図 1-F-2 に、写真を図 1-F-3 に示す。4 灯 LED スポットライト型で、5 m 程度の信号伝達距離を持ったものになっている。

音声データを内蔵した SD メモリーカードに収納できるようになっており、カード内の音声データを交換することができる。音声データは、内蔵のマイクロコントローラーから音声再生機に送り込まれる。音声データはさらに FM 変調されて、LED 駆動回路に送られ、LED 光源から可視光信号として送信される。

メイン電源は、施設、店舗用のライティングレールに接続する為のソケットがついており、レール等に固定して交流 100V を供給できるようになっている。

内蔵された PLC モデムはシリアルインターフェイスを介して上記マイコンに接続されており、PC 等のホスト機器につながった PLC の親機から、電灯線ネットワークを経由して、コントロール信号を送り、SD メモリーカードに内蔵された複数の音声データから 1 つを選択して再生、可視光信号として送信するソフトウェアを内蔵したものとなっている。

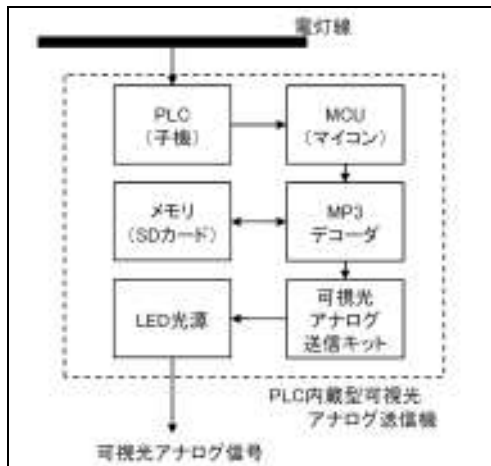


図 1-F-2

PLC 内蔵型の音声配信用可視光送信機器の構成図



図 1-F-3

PLC 内蔵型の音声配信用可視光送信機器

4-1-2-G. アナログ受信方式の伝送能力

以上に示されるようなのアナログ送信機の信号伝送能力（到達距離）は、送信側 LED 光の強度、受信側の感度、および光学的指向性（送受信側それぞれの光ビームの絞り具合）に依存する。今までの試作経験から得られた結果はほぼ以下の通りである。

パラメータ：（角度はいずれも出力が 50%になる値＝半値角を示す）

- ①送信側 LED パワー（電気入力） 1 W / 3W × 個数
- ②送信側指向角（反射鏡種別） 150 度以上（裸 LED）
15 度程度（レンズまたは反射鏡付き） /
2-3 度程度（径 100mm 程度の放物面鏡付き）
- ③受信側指向角（センサ種別） 100 度以上（平面センサ） /
約 50 度（レンズ付き）

上記パラメータの組合せで、実際に確認した伝送距離の例を示すと、

- A. 1 W 裸 LED × 1 個と平面センサによる受信機・・・伝送距離は 1m
 - B. 1 W レンズ付き LED × 10 個とレンズ付きセンサによる受信機・・・30m
 - C. 3W 裸 LED × 1 個、径 100mm の放物面鏡とレンズ付きセンサによる受信機・・・100m
- という結果が得られた。

上記の伝送距離は、昼間の屋外環境において実用的なノイズレベル以下で音声や音楽が聞こえた範囲を示す。なお LED は単色（赤、緑または青）の場合であり、白色パワー LED の場合は若干伝送能力が落ちる傾向にある。これは照明用の白色 LED はほとんどが青色光から蛍光剤を介して擬似白色を作っているため、蛍光剤の応答性（音声伝送の FM 変調キャリア周波数 2.3/2.8MHz に対する追従性）が悪いためである。

これらの結果から、可視光を用い 5-10m 程度の音声（アナログ）伝送を行うことが十分可能である。さらに近距離の場合は反射光による伝送もできることが確認できており、さまざまなアプリケーションに適用できるものと思われる。

4-1-3. 達成状況

音声情報を送信するアナログ方式の可視光送信機としての開発を達成できた。
スポットライト形 LED 照明器具で、直接、反射光で 5m 以上の距離まで通信可能。
多言語対応型の可視光送信機を実現できた。

USB インターフェイスおよび PLC モデム内蔵のスポットライト型送信機を実現できた。
PLC のネットワークを介して送信機をコントロールできるものとなっている。

又、ネットワーク等につながるものではない、自立型でローコストでのソリューションの提供できるものを目指し、自立型、オブジェ型のものを開発できた。

今後は、美術館・博物館のシステム向けに改良を検討する。細かい仕様に関しては、マーケットのニーズ、状況をみて判断する。

4-1-4. 可視光 ID (位置情報) 送信機の開発

A. 可視光 ID 送信機基本試作

可視光 ID に準拠したデジタル変調方式 (4.8kbps) で変調された可視光信号を送信するスポットライト型送信機を開発する。USB または LAN インターフェイスを持ち、PLC モデムと接続して可視光 ID の変更等ができるものを目指す。

B. PLC モデム一内蔵型 LED スポットライト型光送信機の試作

上記可視光 ID 送信機において、PLC モデムの内蔵化を図り、試作を行う。

C. 蛍光灯型光送信機の試作

可視光 ID を送信する、LED をアレイ状に並べた形の蛍光灯型照明装置を開発する。

4-1-5. 実施状況

4-1-5-A. 可視光 ID 送信機基本試作

PLC モデムと可視光 ID 送信用 LED 光源ドライバー回路の通信を取り持つ変調信号発生用ハードウェアを開発、それを一体とした照明機器を作成した。始めに開発したハードウェアは市販のハードウェア実装基板 (基板サイズ: 46 x 75mm) に改良を加えたもので、LED 照明用のドライブ回路を含む LED 照明器具の裏面に取り付ける形式をとった。市販の PLC と開発基板は Ether (LAN) で接続され、PC を経由して、可視光 ID の変更ができる (図 1-G-1 参照)。

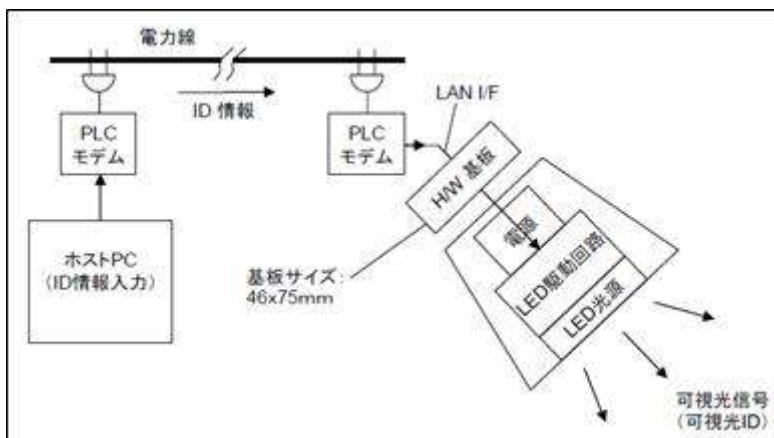


図 1-G-1

PLC 接続型、可視光 ID 送信機の説明図

LED 照明光の変調方法については、可視光通信コンソーシアムの標準化方式 (可視光 ID) に準拠した変調方式 (4.8kbps) を実現している。この変調方式により LED 照明におけるちらつきの問題を解決できた。

さらに、可視光 ID 発生用ハードウェア回路基板の小型化を試み、45x43mm の大きさにまで基板寸法を小さくすることに成功した。当該基板は、LED 照明器具内に内蔵可能になっており、又、USB インターフェイスを介して ID 情報の変更が可能である (図 1-G-2、図 1-G-3 参照)。

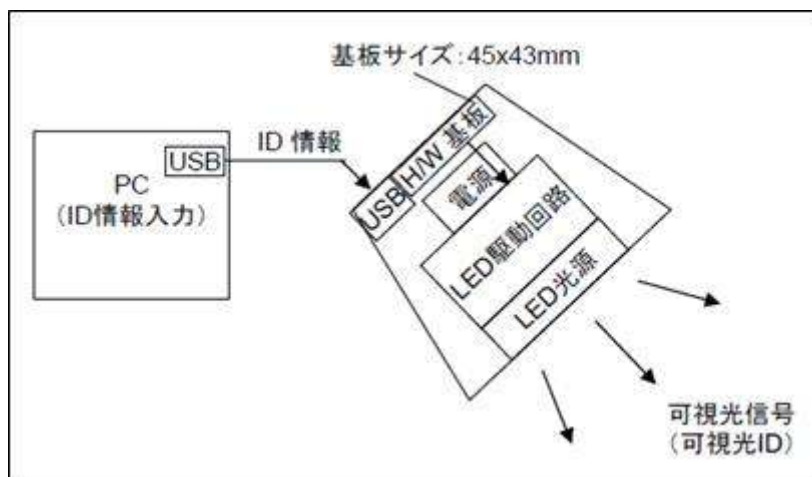


図 1-G-2

USB 接続型可視光 ID 送信機器の構成図



図 1-G-3

USB 接続型可視光 ID 送信機

4-1-5-B. PLC モデム内蔵型 LED スポットライト型光送信機の試作

PLC モデムの内蔵化を図り、スポットライト型送信機の試作を行った。

構成図として、図 1-H-1 を参照。電灯線を経由してネットワークから PLC を制御。PLC から送られた ID を元に制御回路で可視光 ID 信号を作成、LED 光源を駆動し、可視光信号を送信するものとなっている。

図 1-H-2 に実際に作成した、PLC モデム内蔵型照明装置 (可視光 ID 送信型) の写真を示す。PLC はシリアルインターフェイスを通じて、可視光 ID 信号を作成する基板上的マイコンと繋がっており、電灯線を通じて ID の情報を書き換えることが可能になっている。

メイン電源は、施設、店舗用のライティングレールに接続する為のソケットがついており、レール等に固定して交流電源 (100Vac) を供給できるようになっている。

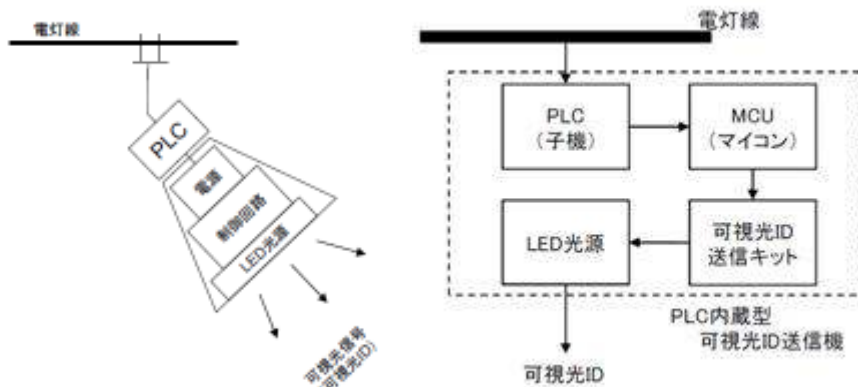


図 1-H-1

PLC モデム一体型、LED スポットライト型
光送信機の構成図



図 1-H-2

PLC 内蔵型 LED スポットライト型光送信機

4-1-5-C. 蛍光灯型光送信機の試作

既存の蛍光灯用の照明器具に設置できる LED をアレイ状に並べた蛍光灯型照明機を使い、可視光 ID を送信する送信機を試作した。図 1-I-1 に試作機の写真を示す。

スポットライト型可視光 ID 送信機と構成は同じで、変調基板のシリアルインターフェイスに接続することで PLC への接続、コントロールが可能なものとなっている。



図 1-I-1

試作した蛍光灯型可視光 ID 送信機

4-1-6. 達成状況

可視光 ID 送信機としての開発目標を達成できた。

スポットライト形 LED 照明器具で、直接、反射光で 5m の距離まで通信可能。

可視光通信コンソーシアムが規定したタグ規格に準じるデジタル変調機能を持った、送信機を実現できた。

小型化にも取り組み、PLC モデムを内蔵したスポットライト型送信機を開発できた。さらに、PLC インターフェイスを使って可視光 ID に準じる信号に変換する回路とソフトを実現した。

可視光 ID を送信する、LED をアレイ状に並べた蛍光灯型照明機を試作した。PLC への接続コントロールができるものとなっている。

今後は、美術館・博物館のシステム、介護施設用、スーパー・コンビニ用システムへの実使用を検討する。細かい仕様に関しては、マーケットのニーズ、状況をみて判断する。

4-2. 受信端末の研究開発(イ)

1. アナログ型音声受信端末の開発
2. 可視光 ID 受信型 USB インターフェイス付片方向受信端末の開発
3. 可視光 ID 受信型音声再生端末の開発
4. 汎用送信機能付き端末（双方向）の開発

4-2-1. アナログ型音声受信端末の開発

多言語対応の音声受信端末を開発する。音声信号（アナログ）の受信は、光センサの電気出力をキャリア周波数で選択（フィルタリング）した後、（送信側の変調に対応した）復調をすることで実現される。光センサとしては、高感度なアバランシェ・フォトダイオード（APD）と安価なピン・フォトダイオード（PD）があるが、アナログ（音声）伝送には安価なPDを使うのが一般的である。アナログ受信機の構成を図 2-A-1 に示す。

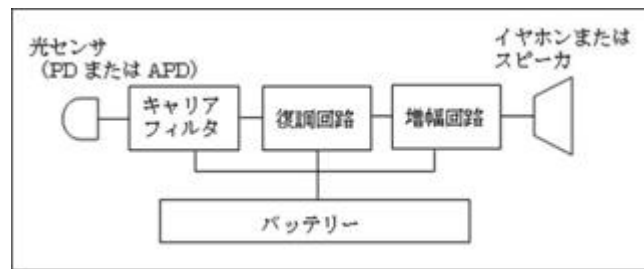


図 2-A-1

アナログ受信機の構成

4-2-2. 実施状況

可視光アナログ型音声送信機からの信号を受信するための、アナログ音声受信機を試作した。その構成は図 2-A-1 において復調回路をステレオ対応（2チャンネル）FM 復調回路としたものである。専用の FM 受信 IC と増幅回路 IC を使用することにより、電池 1 本での動作が可能となっている。装置形状としては、ヘッドフォン形とスピーカ型ハンディ BOX 形とを作り、アプリケーションの形態に応じて使い分けられるようにした。

4-2-2-A. スピーカ型 FM 音声光受信機

スピーカ端子出力及び、スピーカ一体型で小型化を目指したものを開発した。構成：図 2-A-2 参照。音声配信用可視光送信機器から送られた可視光信号（音声データ）は、受光回路を通して FM 音声復調回路に送られ、音声としてスピーカから再生される。図 2-A-3 に試作したスピーカ内蔵型受信機の写真、図 2-A-4 にイヤフォン接続型受信機の写真を示す。

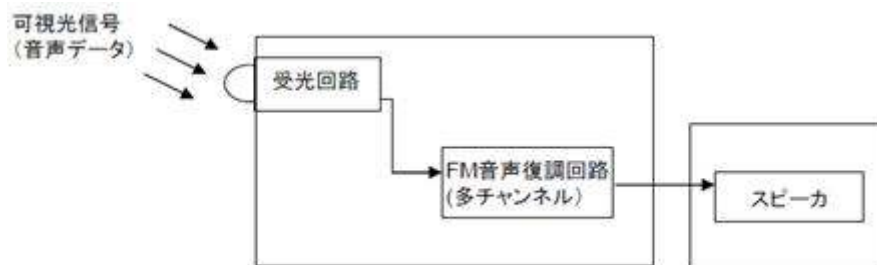


図 2-A-2

スピーカ型 FM 音声光受信機の構成を示す図



図 2-A-3
スピーカ内蔵型 FM 音声光受信機



図 2-A-4
イヤフォン接続型 FM 音声光受信機

4-2-2-B. ヘッドフォン型 FM 音声光受信機

開発した FM 復調回路を小型化して、ヘッドフォンに内蔵した形の受信機を試作した。構成：図 2-B-1 参照。音声配信用可視光送信機器から送られた可視光信号は、受光回路を通して FM 音声復調回路に送られ、音声としてヘッドフォンのスピーカから再生される。

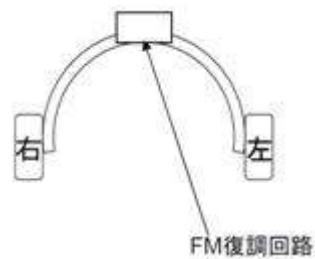


図 2-B-1
ヘッドフォン型 FM 音声光受信機を示す図

図 2-B-2 にヘッドフォン型 FM 音声光受信機の写真を示す。



図 2-B-2
ヘッドフォン型 FM 音声光受信機

4-2-2-C. スーパーマーケット用音声（アナログ）受信機

スーパーマーケットでの実証実験用に受信機を試作した。ショッピングカートに取付けて使われるため堅牢な BOX 形とした。1 日 5 時間程度送信用スポットライトの下で音声や音楽を受信して、スーパーマーケット内でも十分聞こえる音量でスピーカを鳴らしても、単一形のアルカリ乾電池 1 本で約 1 ヶ月間の連続使用（スイッチ無し）が可能である。ショッピングカートに取付けた BOX 形受信機の写真を図 2-C-1 に示す。

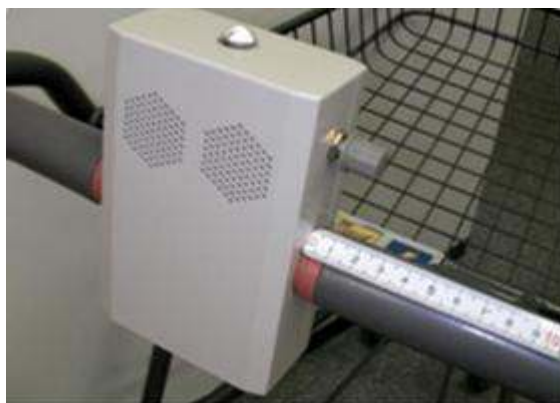


図 2-C-1
スーパーマーケット実証実験用受信機

4-2-3. 達成状況

アナログ型音声受信端末としての開発目標を達成できた。

多言語対応の音声受信端末が開発できた。

美術館・博物館向けシステムの端末として、ヘッドフォンタイプとハンディーBOX タイプが実現できた。

4-2-4. 可視光 ID 受信型 USB 端末の開発

小型化（スティック形状）のものを開発する。汎用性を考え、既存の端末（PC 等）に USB インターフェイスで接続できるものとする。

構成：図 2-D-1 参照。USB インターフェイス付受信端末内の PD(フォトディテクター)で、可視光 ID 信号を受光、光受信回路、復調回路を通じて ID 信号として取り出す。ID 信号は USB インターフェイスを通じて端末機器に取り込まれる。

可視光 ID（通信速度 4.8kbps，可視光通信コンソーシアム標準規格に準拠）に準じた仕様にする。

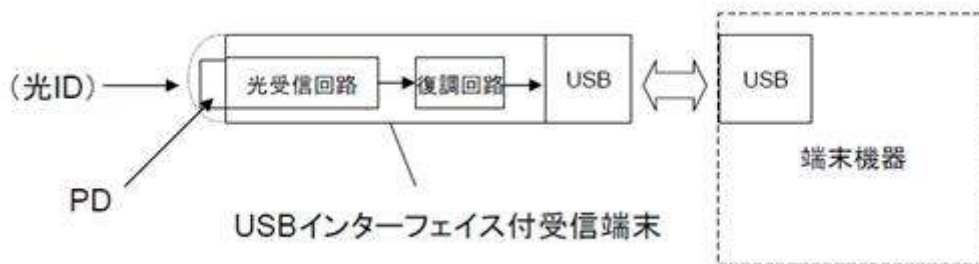


図 2-D-1

可視光 ID 受信型 USB 端末の構成を示す図

4-2-5. 実施状況

USB スティック形状を完成させ、携帯端末での試験を容易にした(図 2-D-2 参照)。ユニットの大きさとしては、45mm x 19mm で、実用的な大きさに仕上がっている。

可視光 ID 受信機を、ID 送信機と共に JEITA の規格 CP-1221、CP-1222 に準拠した製品として完成させた。ID 番号と 384bit のデータを受け取ることが出来る。実際の表示や ID を利用したアプリケーションは、受信機に接続した PC 側で行う。



図 2-D-2

可視光 ID 受信型 USB 端末

4-2-6. 達成状況（可視光 ID 受信型 USB インターフェイス付片方向受信端末の開発）

USB インターフェイス付 ID 受信端末としての開発目標は達成できた。USB スティック形状で、ユニットの大きさとしては、45mm x 19mm と実用的な大きさに仕上がっている。

4-2-7. 可視光 ID 受信型音声再生端末の開発

さらに、可視光 ID で受け取ったデータを基にした情報配信等のアプリケーションを考え、受信した可視光 ID に従って特定の音声情報を再生する、小型の音声再生端末の開発を行う。

構成：図 2-E-1 参照。可視光 ID 受信型音声再生機内の PD で、光 ID 信号を受光、光受信回路、復調回路を通じて ID 信号として、制御回路に送られる。制御回路側ではメモリーへのアクセスを行い、メモリー内の音声データを再生してスピーカに出力する。

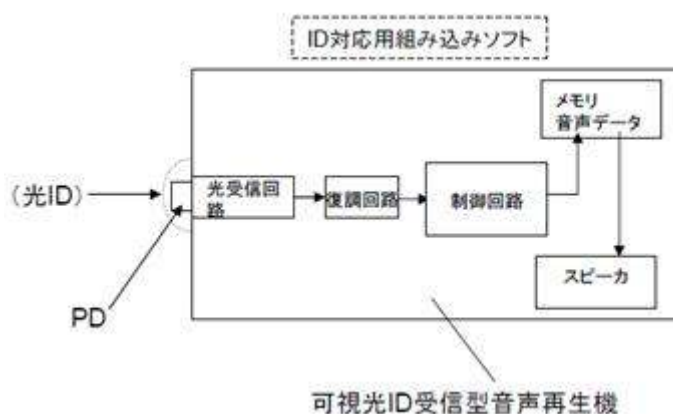


図 2-E-1

可視光 ID 受信型音声再生端末の構成図

4-2-8. 実施状況

実際に試作開発を行ったユニットの写真を図 2-E-2 に載せる。バッテリー駆動の自立型ユニットになっている。可視光 ID 受信部と復調部は開発をした可視光 ID 受信機を使用し、小型のマイコンに可視光 ID 受信機からの ID 情報を送り、ID に 1 対 1 に割り当てられた特定の音声データをメモリーから取り出し、音声再生 IC から再生、イヤフォンまたはスピーカを接続して音声を聞くことができる。

音声データ用メモリーカードは着脱式で、内部の音声情報を自由に取り換え、書き換えができる。

マイコンには開発した音声再生のための組み込みソフトが内蔵されている。ID 情報の受信、再生音声選択及び音声再生のための IC 等を制御する。



図 2-E-2

可視光 ID 受信型音声再生端末

4-2-9. 達成状況

可視光 ID 用音声受信端末としての開発目標は達成できた。端末側の音声情報を取り換えることで多言語にも対応している。

4-2-10. 汎用送信機能付き端末（双方向）の開発

A. PC をベースとした、双方向通信端末

汎用送信機能付き端末内の PD で、可視光 ID 信号を受光、光受信回路、復調回路を通じて ID 信号として、制御回路に送られる。制御回路側ではメモリーへのアクセスを行った後、受信機側から情報を送信側に返信または他のデバイスに送る（双方向通信）機能を実現する。情報をアップリンクする手段としては、可視光は選択肢の一つであるが、一方で、赤外線、ワイヤレス LAN 等の無線技術も確立されており、コストや接続のし易さといったメリットがあるので、個々のアプリケーションに則した、最適な方法を検討する。

B. 小型アップリンク用通信端末（双方向）

双方向通信端末で、スーパーのカート等に取り付けることのできる小型端末を開発する。

C. LCD 付き双方向端末

また、LCD 付き双方向端末で、照明から各種情報の提供を受ける事ができるものを開発する。情報は、テキスト、音声、及び画像等で、具体的な要望を調査し決める。

4-2-11. 実施状況

4-2-11-A. PC をベースとした、双方向通信端末

スーパー等の買い物カートに顧客が見る LCD ディスプレーを想定して、小型のタブレット PC をベースにカートに一体型になる筐体を備えた端末を開発した。図 2-F-1 に受信機の写真を示す。

開発した USB 型 ID 受信機との接続で ID 情報を取り込み、さらにスーパー等の顧客情報とのリンクを想定して、バーコードリーダーが接続できるものとなっている。

パソコンの内蔵無線 LAN を使い、端末からサーバーに ID および顧客情報を送り、画像や音声などのコンテンツの再生が可能になっている。又、その為に、可視光 ID、バーコード、無線 LAN 通信の制御、コンテンツを再生する為のソフトウェアも開発した。



図 2-F-1

PC をベースとした、双方向通信端末

4-2-11-B. 小型アップリンク用通信端末 (双方向)

買い物カート等に設置可能な、LCD のない、小型端末を開発した。受信した可視光 ID 情報をメモリーに蓄積、さらに無線手段を使ってサーバーへのデータのアップリンクする機能を持つ。構成図を図 2-F-2 に、開発した端末の写真を図 2-F-3 に示す。

可視光 ID 情報のやり取り、メモリーや無線手段の制御は、小型マイコンで行い、その為の組み込みソフトウェアも開発した。

アップリンク用の送信機とのインターフェイスは内蔵されているマイコンのシリアル通信機能を使う。これにより、シリアルインターフェイスを持った無線通信デバイスと接続できる、汎用性をもったものとなっている。今回、シリアルインターフェイスを介して実際に使う無線手段としては、小電力で簡単にネットワークが構成できる ZigBee を採用した。

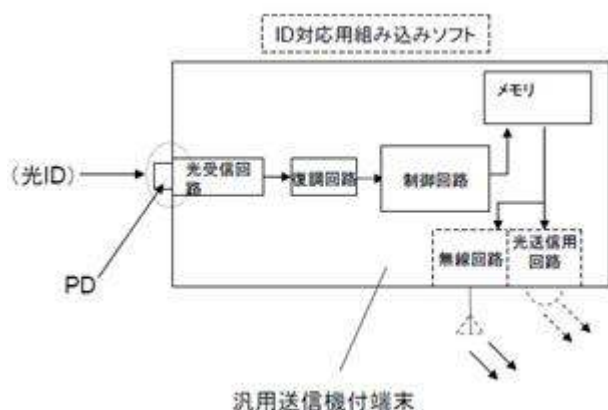


図 2-F-2

小型アップリンク用通信端末
の基本構成を示す図

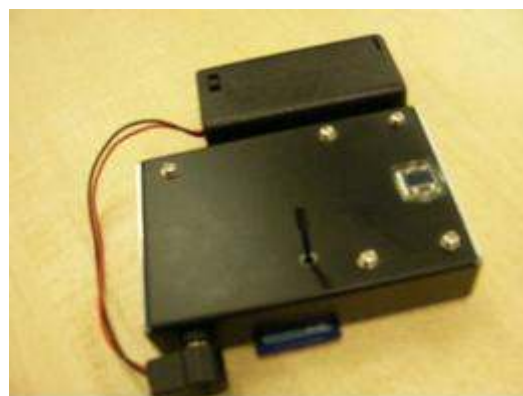


図 2-F-3

小型アップリンク用通信端末

図 2-F-4 に、無線手段によって送信、実際にサーバー用パソコン画面に表示されたアップリンクデータを示す。左から、受信機のハードウェア ID、年/月/日、時間/分/秒、最後が可視光 ID 情報となっている。

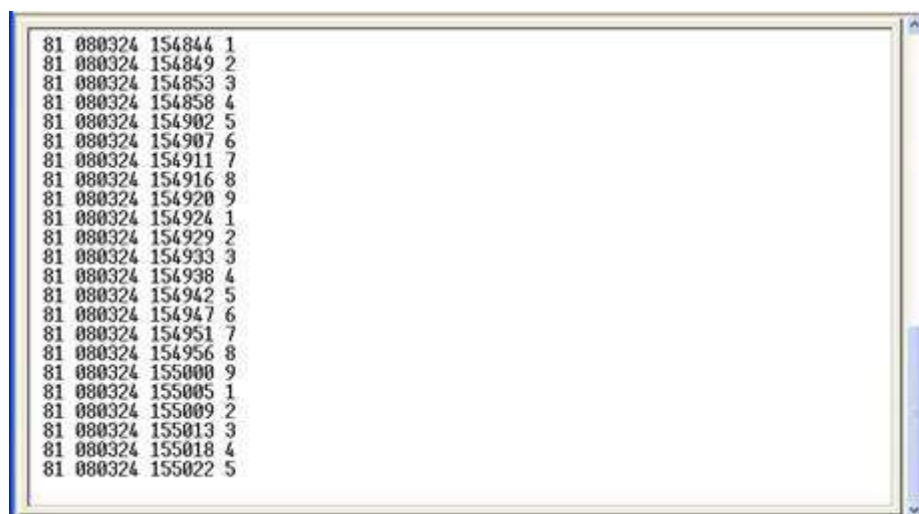


図 2-F-4

PC 上でのアップリンクデータ

4-2-11-C. LCD 付き双方向端末

LCD 表示器つき双方向通信端末の開発を完成させた。構成図を図 2-G-1 に、実際の端末の写真を図 2-G-2 に示す。ダウンリンクは照明光等を利用した光 ID 受信、アップリンクは無線手段 (ZigBee) を利用しサーバーへのアクセスを行う。光 ID 信号を受信する基本機能は小型アップリンク用通信端末と同じで、構成としてはメモリーを搭載していないことと、それに付加する形で LCD 表示器を搭載したことが異なる。LCD 表示器は、日本語の漢字表示が可能で、10 桁 4 行の表示を行うことが出来る。

LCD に表示する内容は、光 ID 信号により、場所、利用者の情報を受け取った端末が、ZigBee ネットワークを通じてサーバーに送り、サーバーより必要な情報を受け取り、それを表示する。

必要な情報の取得には、サーバーから送られてくるタイプと、受信端末に記録しておき ID に応じて情報を読み出すタイプとが考えられる。用途により使い分けが可能で、データ用のメモリーはアプリケーションに応じて内蔵させることが可能である。

内蔵の無線手段のサーバーとの通信、LCD のコントロール等を行うのは内蔵のマイコンであり、その制御のための組み込みソフトウェアも開発した。

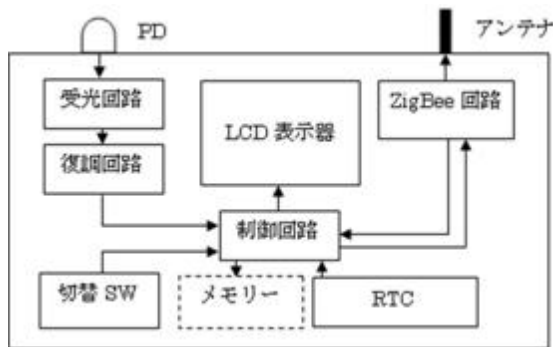


図 2-G-1

LCD 表示器内蔵端末の構成図 (双方向)



図 2-G-2

LCD 表示器内蔵端末

4-2-12. 達成状況

目標とする汎用端末の開発目標を達成できた。

タブレット PC をベースとして、内蔵の無線 LAN を使って、端末からサーバーに ID および顧客情報を送り、画像や音声などのコンテンツの再生が可能な端末を開発した。USB 型 ID 受信機との接続で ID 情報を取り込み、さらにスーパー等の顧客情報とのリンクを想定して、バーコードリーダーと接続できるものとなっている。

位置情報送信小型端末で、スーパーのカート及び買い物籠等に取り付けることができるサイズで、無線通信手段を使って双方向の機能を実現できた。

LCD 付き双方向端末で、照明から各種情報の提供を受ける事ができるものを開発できた。送信情報はテキスト情報となっている。

今後は、介護施設向け、スーパー・コンビニ向けに改良を検討する。細かい仕様に関しては、マーケットのニーズ、状況をみて判断する。

4-3. 中高速用可視光双方向通信装置の開発(ア、イ)

現状の可視光 ID による通信速度は低速(4.8kbps)のものである。将来、画像、映像等の情報量の多いデータを、高速にやり取りできるよう、より高速の変復調方法を使った光双方向通信技術の確立を目指す。特に、USB といった一般に普及しているインターフェイスを使った、汎用性の高い通信手段を検討する。情報伝達速度としては中高速である 1.5Mbps を目標とする。

4-3-1. LED 蛍光灯型光送受信機器の開発

開発する機器の構成としては、一台の親機（ホスト側）と 1 または複数台の子機（デバイス側）の構成になる。

親機としては、LED をアレイ状に配置した蛍光灯型の可視光照明で、USB 等のインターフェイスを使った双方向用光通信機器を開発する。ホスト(1)に対して、複数のデバイスとの接続を目指す。1.5Mbps の情報伝達速度を目標とする。通信を取り持つソフトウェアも開発する。

親機（ホスト側）の構成図を、図 3-A-1 に示す。ホスト（PC など）はハブに USB インターフェイス等でつながる。ホストから送られたデータは、ハブ、制御回路を通して、LED 蛍光灯型光源から可視光信号として送信される。送信相手のデバイスから送られてくる光信号を、PD で受光、制御回路内で変換、インターフェイスを介してホストに送る。これにより光双方向通信を行う。LED 蛍光灯型光源の電源は一般の交流電源から供給する。

子機としては、USB 等のインターフェイスでデバイス用端末（PDA、PC 等）に接続、ハブ側のホストデバイスと双方向通信を行う送受信機器を開発する。

子機（デバイス側）の構成図を、図 3-A-2 に示す。ホスト側から送信された可視光信号は、光受信回路を通して取り込まれ、インターフェイスを介して端末機器側に送信される。端末機器から送信されたデータは、インターフェイスを介してスティック型光送受信機器に送られ、光送信回路を通じて、光信号としてホスト側に送信される。これにより光双方向通信を行う。

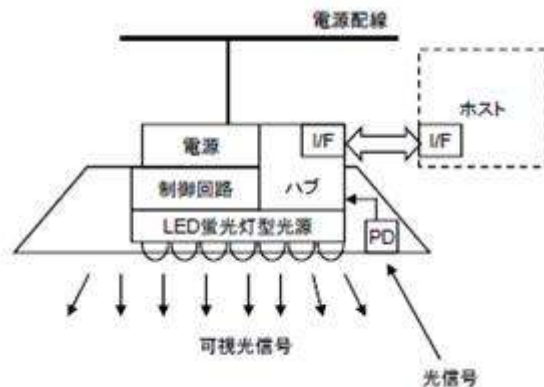


図 3-A-1

LED 蛍光灯型光送受信機器（親機）の構成図

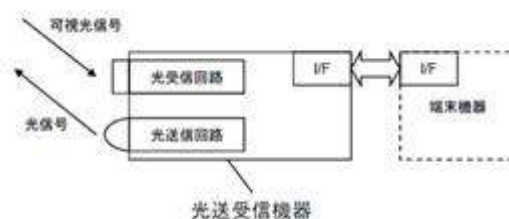


図 3-A-2

LED 蛍光灯型光送受信機器（子機）の構成図

4-3-2. 実施状況

4-3-2-A. USB インターフェイスを使った光双方向通信デバイスの検討

可視光の高速の変復調技術として、USB インターフェイスを使った光双方向通信デバイスの検討を行った。図 3-A-3 にその基本概念図を示す。

初期試作として、信号処理系に DSP を使用して片方向通信デモ機を作成した。送信側をホスト PC に USB 接続、受信側をデバイス用 PC に USB 接続し、ホスト側の PC から画像や文書データを USB を介して送信、可視光変換エリアを通して、受信側の PC の画面上に再生することができた (図 3-A-4 参照)。これにより、USB のプロトコルを介しての信号送信の実証確認ができた。

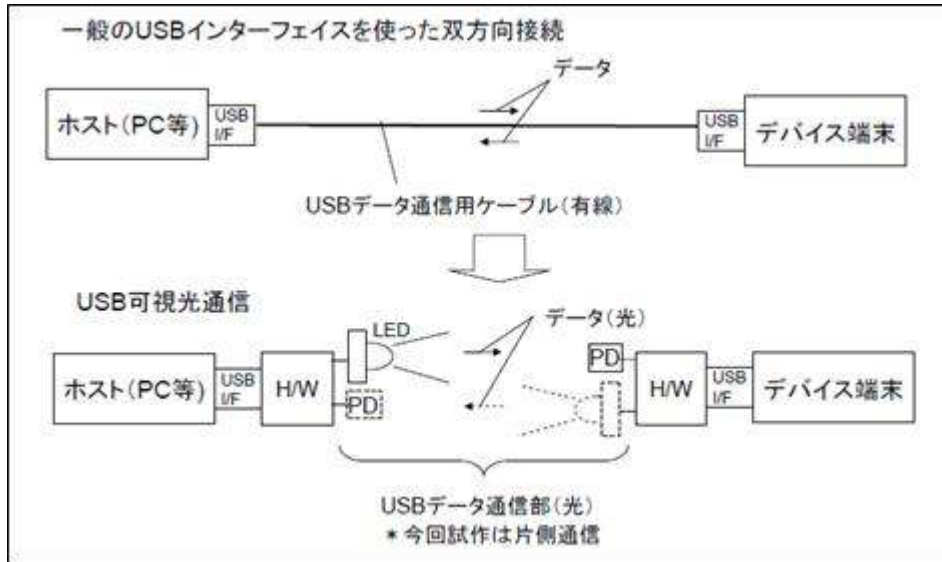


図 3-A-3

USB 可視光通信の説明図

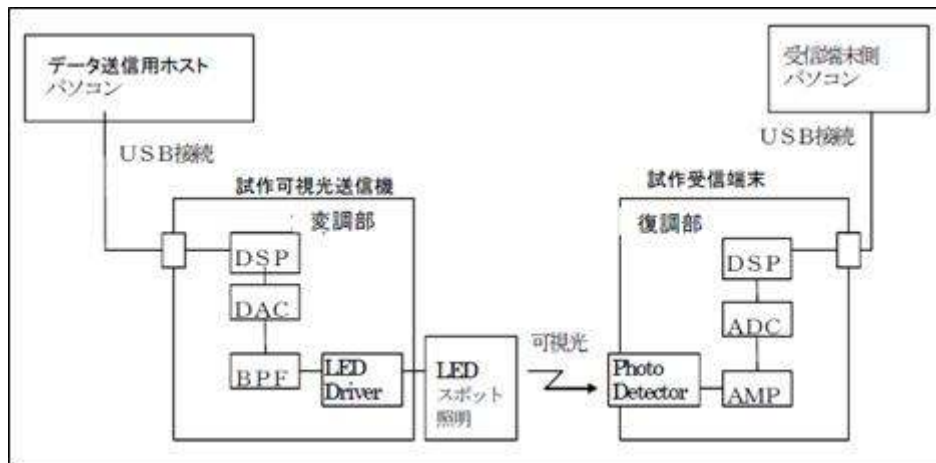


図 3-A-4

USB 可視光通信の片側通信試作のデモ構成を示す図

4-3-2-B. LAN インターフェイスを使った LED 蛍光灯型光送受信機器の試作

高速通信の為の USB インターフェイスを検討していたが、より汎用性の高いインターフェイスとして Ethernet (LAN) があり、昨今の PLC を使った、200Mbps といった高速な通信速度を持った通信機器も、仕様がシリアルから Ethernet (LAN) インターフェイスを使ったものになってきており、将来のインターフェイスとしても有望である。よって LAN を使った LED 蛍光灯型光送受信機器の試作を行った。

図 3-A-5～3-A-12 に実際の試作機の構成図、写真を示し、以下試作システムの内容について説明する。

試作機システムは、図 3-A-5 に示すように天井に設けた照明アクセス装置と屋内に設置した光端末装置で構成される。照明アクセス装置からは、100 個の白色 LED からの可視光によるダウンリンクを行い、光端末装置からは赤外線によるアップリンクを行うことによって、伝送速度 10Mbps の全二重通信を達成した。照明アクセス装置で用いた白色 LED は、発売されている各種白色 LED を調査した結果、最も高速変調が可能な LED を用いた。同 LED は蛍光体を用いた一般的なタイプと異なり、蛍光体を用いずに素子自体で白色発光を達成しており蛍光体による応答特製低下の問題が無い。従って同 LED を用いることにより 10Mbps の伝送速度を得ることが可能となった。図 3-A-6 に 100Mbps の受信信号 (マンチェスタ信号) のアイパターンを示す。

照明アクセス装置は照明装置としての機能も持たせることから、100 個の LED の送信光を部屋に拡散放射させる必要があるため、LED の前方に拡散板を配して光を 360 度方向に拡散させている。拡散された白色光は通信のための光でもあることから、室内の任意の位置に置かれた光端末との通信も可能となる。

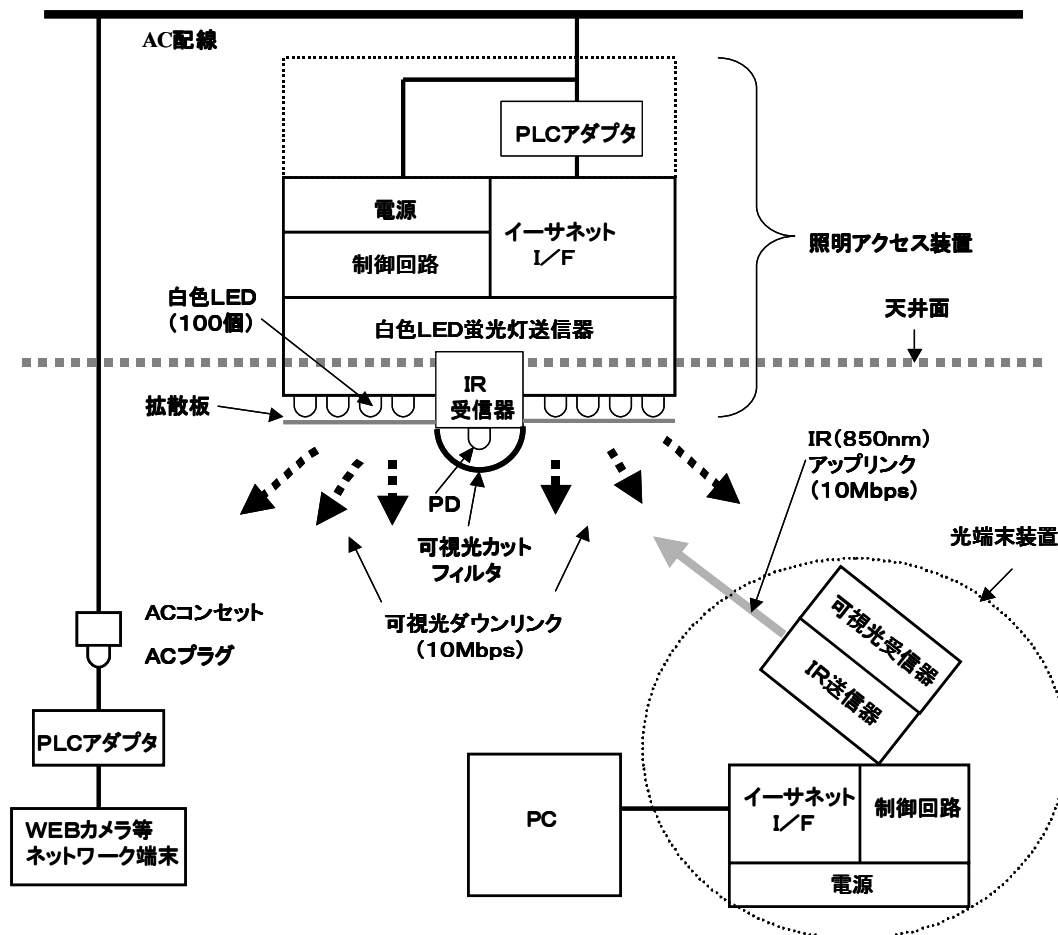


図 3-A-5

LED 蛍光灯型光送受信機器のハード及びシステム構成図

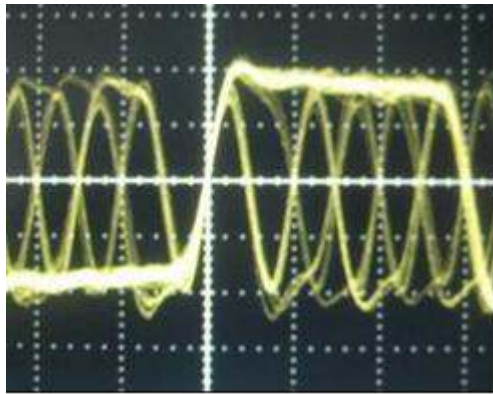


図 3-A-6
可視光受信アイパターン

一方、光端末装置の可視光受信器及び IR 送信器は指向性を狭く設定し、両者を照明アクセス装置の方向に指向させることにより通信を行う。光端末装置は、照明アクセス装置の光の届くサービスエリア内に複数台を配置できる 1 対 N のワイヤレスネットワーク構成を可能とした。その場合アクセス制御は CSMA/CD 手順により行ることが望ましいが、同アクセス制御については、日本ビクターの 10Mbps 光無線 LAN システムの基板を一部活用することにより実現した。

図 3-A-7～3-A-9 に、照明アクセス装置の外観、構成を、図 3-A-10 に光端末装置の外観を示す。光端末装置は、光軸を照明アクセス装置に指向させるためのメカニズムが必要となるが、その部分は日本ビクターの 10Mbps 光無線 LAN システムのものを利用している。

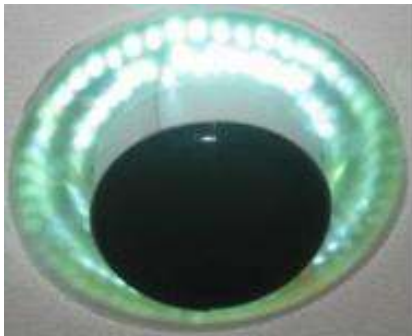


図 3-A-7
照明アクセス装置の外観
(天井に取り付けた状態)



図 3-A-8
照明アクセス装置の内部構成
左：光学フィルタ、右：基板前面



図 3-A-9
照明アクセス装置の背面外観

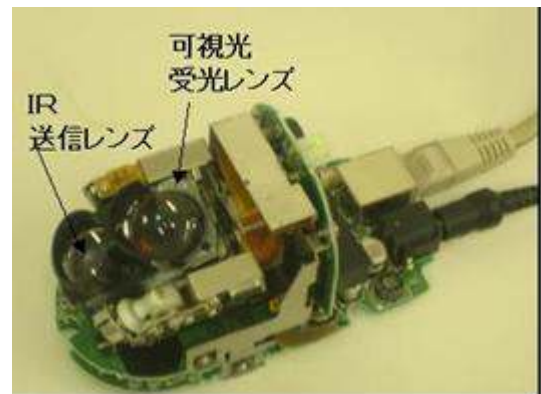


図 3-A-10
光端末装置の外観

図 3-A-11、図 3-A-12 に試作した装置の評価状況を示す。照明アクセス装置とは WEB カメラを PLC アダプタを介して電灯線により接続した。光端末装置には PC を接続しカメラ画像を再生する。同評価環境により、通信機能としてサービスエリアの測定、照明機能として照度の測定を行った。通信機能としては天井高 2.4 m にて半径 1.8 m (直線距離 3 m)、照明機能としては、2 m 地点での照度 30 (lx) を確認した。



図 3-A-11
測定環境前景

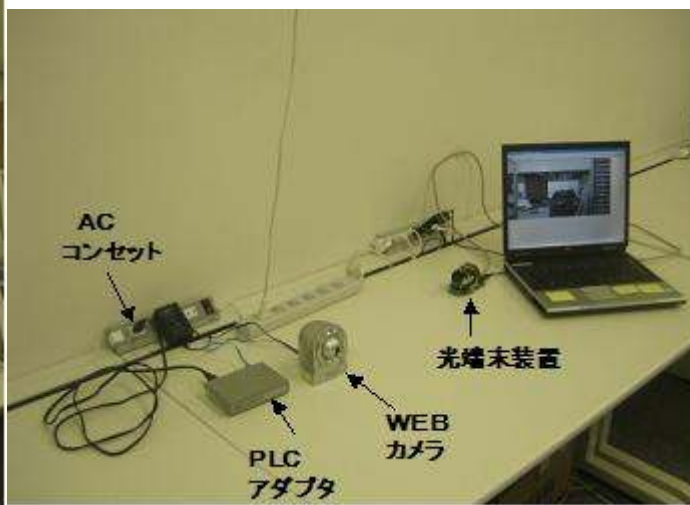


図 3-A-12
測定環境光端末装置側

4-3-3. 達成状況

USB インターフェイスを使った中高速双方向通信の実現を検討、更なる技術検討の結果としてより汎用性の高い LAN インターフェイスのシステムで、1 (ホスト) 対 多 (デバイス) 接続で、トータルの通信速度で 10Mbps の中高速双方向通信を実現できた。LAN のインターフェイスを使っていることで、高速の PLC モデムとのインターフェイスが同じであり、容易に PLC との接続ができるものになっている、今後は、ネットワーク接続の方式を含め、具体的なアプリケーションの検討を行う。

4-4. 可視光通信、電力線モデムの通信技術を統合したシステムの開発(ウ)

1. 美術館、博物館解説システムの開発
2. 介護施設向けアプリケーションソフトの開発
3. スーパー・コンビニでの情報サービスと情報顧客動線の収集・解析システムの開発

4-4-1. 美術館・博物館解説システムの開発

4-1 及び 4-2 で研究開発を行った可視光送受信システムを使い、美術館、博物館解説システムの開発を行う。PC 上で総合的に情報を管理するデータベースの開発を行う。

4-4-2. 実施状況

4-4-2-A. アナログ音声配信型システム

システムの構成を図 4-A-1 に示す。音声送信部は音声情報をメモリーに内蔵した、PLC モデム（子機）内蔵型アナログ音声送信ランプであり、電力線を介して、PLC モデムの親機が接続されたホスト PC に繋がっている。PC 内のソフトウェアには、PLC 内蔵型ランプ内のメモリーに収められている音声のリスト情報があり、ソフトウェア上でその音声リストを選択することで、PLC モデムを介してコントロール信号を送り、ランプから再生する音声の選択ができるものになっている。図 4-A-2 にホスト PC 上の管理ソフトウェア画面の例を示す。

音声受信部は、スピーカ接続型、またはヘッドフォン型のアナログ受信機となっている。多言語対応に関しては、アナログ受信機上でスイッチを切り替えることで、同時に 2 種類までの言語を聞き分けることができるようになっている。これにより、1 台の PC 側の PLC の親機と複数の PLC 子機を内蔵した音声送信ランプを接続することで、複数のランプを遠隔操作することが可能になる。また、PLC を介してのコントロールは、再生する音声情報の選択だけでなく、再生のオンオフや再生音量の調整を行うこともできるものとなっている。

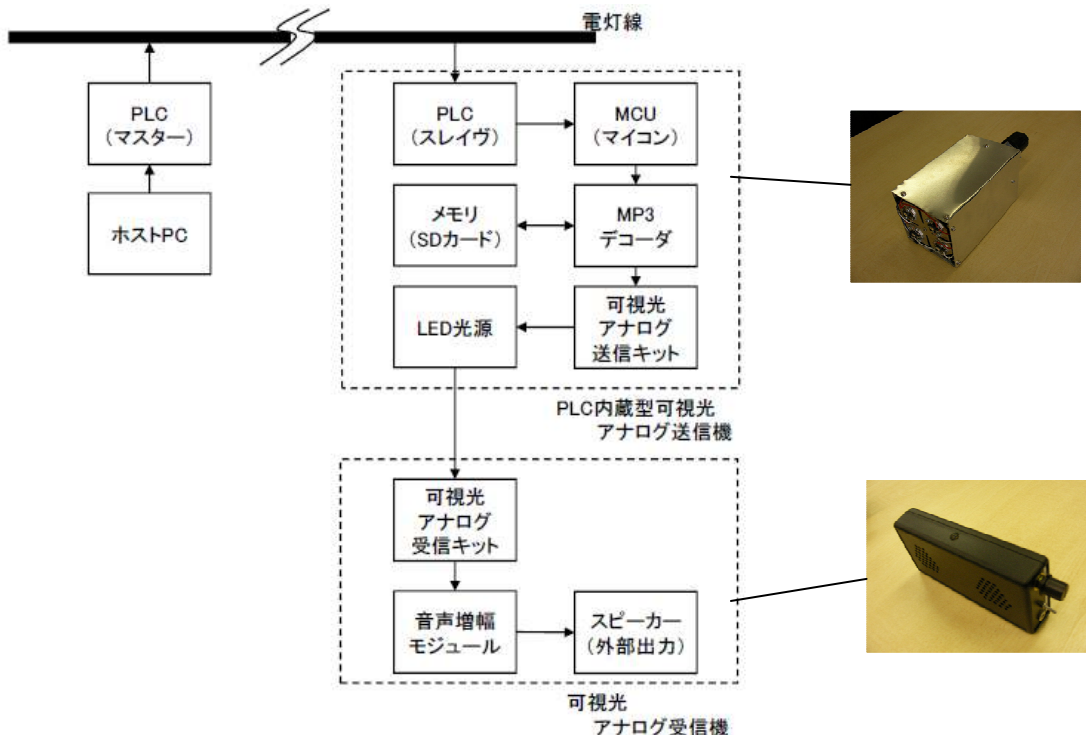


図 4-A-1

PLC を使ったアナログ音声配信型の構成を示す図



図 4-A-2

ホスト PC 上の管理ソフトウェア画面の例

4-4-2-B. 可視光 ID 型音声配信型システム

システムの構成を図 A-4-3 に示す。送信部は、PLC 内蔵型可視光 ID 送信用ランプであり、電力線を介して、PLC モデムの親機が接続された PC に繋がっている。ランプ内の送信用変調基板内にあるソフトウェアで、PLC 内蔵型ランプ内の ID 情報を変更できる(図 4-A-4)。

PLC モデムの子機を内蔵したランプは複数台接続することができ、遠隔値の PLC 内蔵型可視光 ID 送信用ランプの ID を変更することができる。

システムの受信部は、可視光 ID 受信型音声再生端末であり、ランプから送られてくる ID 情報を受信し、その ID 情報に従って端末内にある音声情報リストの選択を行い、音声再生装置にその情報を送り、再生、接続したイヤフォンから音声情報を聞き取る。

上記システムは、基本的には可視光 ID によって端末の再生する情報を選択できるもので、選択されるべき音声情報とリストは端末側のメモリーに搭載されている。よって、音声情報の変更等があった場合には、端末側の音声情報を変更すればよく、ID の情報を変更する必要はない。これは、ID 音声配信型システムの場合、ID を PLC を介して書き換える必要が必ずしもないことを意味しており、アプリケーションによってはランプを PLC 内蔵型にしないで、単体の ID 送信型ランプとして構成する場合もある。その場合、ハードウェアとしての PLC 内蔵が必要でないために、システムとしての ID 送信ランプのコストを抑えられるというメリットがある。

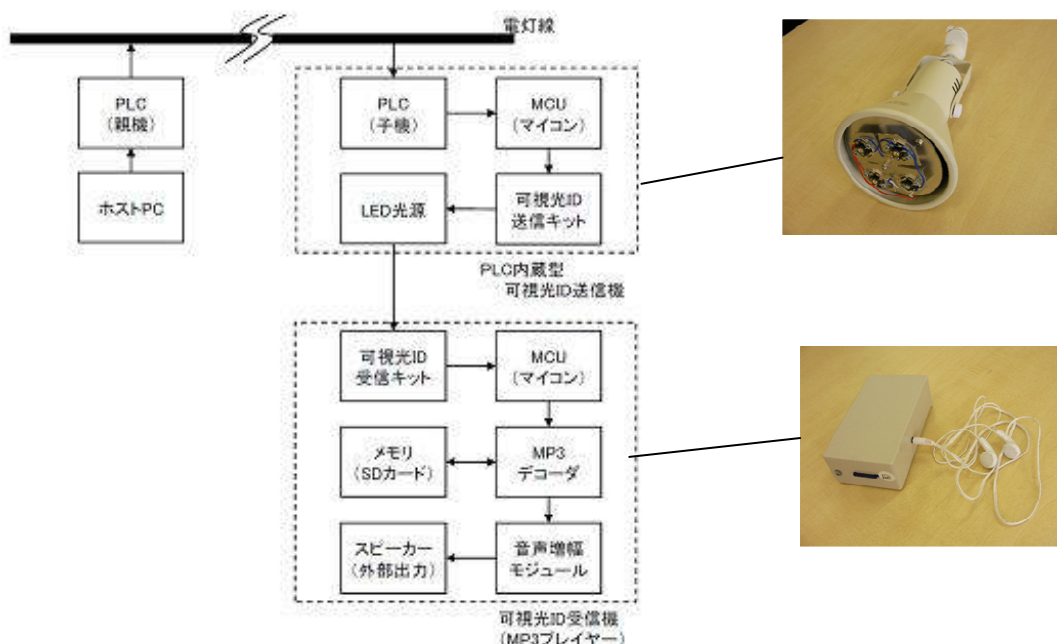


図 4-A-3

可視光 ID 型音声配信型システムの構成図



図 4-A-4

可視光 ID 型音声配信型システムのホスト PC 画面例

4-4-2-C. アナログ音声配信型システムの実証実験

2008 年 10-12 月の期間、一般のスーパーマーケットにおいてアナログ音声ガイドシステムの実証実験を行った。そのシステム構成説明図を図 4-A-5 に示す。

店舗内の天井に、売り場に合わせてアナログ音声配信型のランプを配置し、販売促進情報を配信する。受信機は、実際の顧客が使う買い物カートにアナログの音声受信機を設置し、ある特定のエリアにカートが入ると音声情報を流す構成にした。音声情報は、一部はランプに内蔵された取り換え可能なメモリーに蓄積して音声再生機で再生する形とした。又、情報提供エリアが広範囲に渡るものに関しては、複数の送信機を配置、FM送信機を使って、各々のランプに内蔵されたFM受信機に同一の音声情報を同時配信、可視光変調機を通して、ランプから同時に音声を配信するシステムにした。

実験の詳細に関しては、別途添付資料 A を参照。



図 4-A-5

アナログ音声配信型システムの実証実験の説明図

4-4-3. 達成状況

目標とする、PLC 内蔵型の可視光送信機を使って、受信端末から音声ガイドが再生できるシステムを開発できた。

システム構成としては、音声情報をアナログ変調して送信、アナログ受信機でリアルタイムに受信できるシステムと、送信機から可視光 ID して、ID 受信機で受け、ID に対応する音声情報を再生する端末を持った 2 種類のシステムとなっている。また PLC で複数の送信機を遠隔操作できるものとなっている。ID 受信型に関しては、PLC モデムを接続しなくてもシステムを構築できるものになっている。

今後は、アナログ、ID 方式、ネットワークを構成しない自立型の可視光送信機を含めて、マーケットを見ながら、実際の使用現場での最適なシステムを選択、必要であれば詳細のスペックを調整していく。

4-4-4. 介護施設向けアプリケーションソフトの開発

4-1、及び 4-2 で研究開発を行った可視光送受信システムを使い、介護施設で、利用者の安全・安心を助ける為に、位置認識と情報提供が可能な総合援助システムの開発をする。PC 上で総合的に情報を管理する介護施設向けアプリケーションソフトの開発を行う。

PLC 通信で、介護側の位置情報を把握。PC 画面からコントロールできるものをめざす。

4-4-5. 実施状況

4-4-5-A. 介護施設向けシステム

LED 照明光から得た ID 情報と移動端末の ID を、ZigBee ネットワークを通じ介護センターのホスト PC に送り、被介護者の位置を把握できるシステムを完成させた。また、建物のレイアウト変更など必要に応じて PLC 経由で ID を変更することも可能である。

端末側では、サーバーがその利用者向けの個別情報を選択・送信し LCD 表示器に必要な内容を表示させ、介護者に注意を促す。

システム管理者又は作業者は、PC に対し次の 3 つの作業を行う。

- ・ 車椅子を利用する時に、利用者と端末番号の入力
- ・ 利用者の個別情報の登録
- ・ サーバーに ID と位置情報の変換テーブルを登録（1 回行うだけ）

図 4-B-1 にサーバー上の運用メイン画面例、図 4-B-2 に利用者登録画面を示す。



図 4-B-1
運用メイン画面の例



図 4-B-2
利用者情報登録画面

可視光 ID 送信機としてはスポットライト形 LED 送信機で、必要に応じて PLC を組み込み可能なものになっている（図 4-B-3 参照）。

可視光 ID 受信機としては、車椅子に取り付け可能な大きさ（90x130x30mm）で LCD 表示器を内蔵したものとなっている。可視光 ID 送信用 LED スポットライトから ID を受け取り、端末番号と受け取った ID 番号、SW の情報、そして時間の 4 つの情報を ZigBee 経由でホスト PC に送るものとなっている（図 4-B-4 参照）。

ホスト PC は、ZigBee を内蔵するホスト端末と PC を用意する。接続は USB インターフェイスを用いて使いやすいシステム構成とした。



図 4-B-3
可視光 ID 送信機



図 4-B-4
LCD 付双方向端末

4-4-5-B. 介護施設訪問について

上記介護施設向けシステムを試作するにあたって、介護施設を訪問して意見を伺った。別途添付資料 B にその結果を載せる。

4-4-6. 達成状況

目標とする、可視光送信機を使って、LCD 付きの受信端末から音声ガイドが再生できる双方向通信のシステムを開発できた。

システム構成としては、可視光 ID 情報を受信端末で受信、無線通信手段を使ってホストシステム(PC)に送り、ホスト側で最適な情報を選択、受信端末に情報を送るものとなっている。

今後は、作成した送受信機を使って実証実験等を行い、介護施設への導入のためのより具体的なスペック検討を図っていきたい。

4-4-7. スーパー・コンビニ向けシステムの開発

4-1 及び 4-2 で研究開発を行った可視光送受信システムを使い、スーパー・コンビニで顧客にさまざまなサービス情報を送ること、および顧客の移動位置、経路のデータを収集することにより動線を分析し、動線、陳列、レイアウトの最適化を行うシステムを開発する。

- A. スーパーマーケットサービス情報配信システムの開発
- B. スーパーマーケット顧客動線の収集・解析システムの開発

4-4-8. 実施状況

4-4-8-A. スーパーマーケットサービス情報配信システム

タブレット PC をベースとした端末を使用し、スーパーマーケットにて顧客に対しサービス情報を配信するシステムを開発した（図 4-C-1 の構成図参照）。

端末側でユーザー番号および可視光 ID を取得し、無線 LAN にてサーバーへ送信、サーバーは送られてきた情報をもとに対応するコンテンツ情報を返信する。返信されたコンテンツ情報をもとに端末上でコンテンツを再生する。

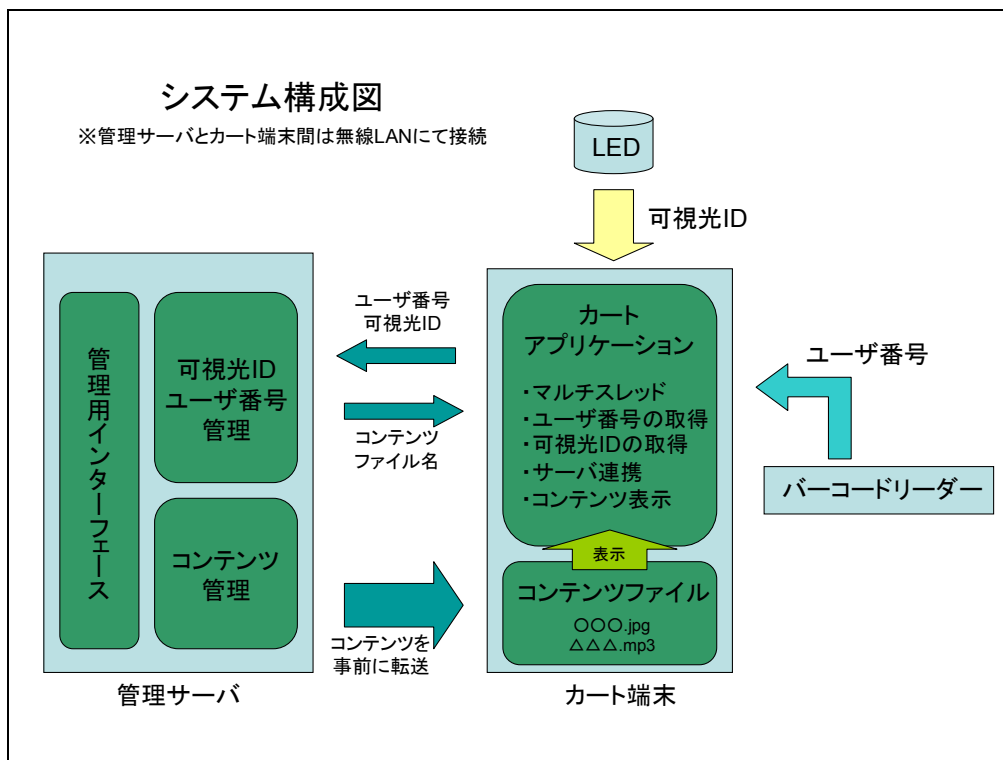


図 4-C-1
情報配信システムの構成図

サーバー上の管理画面により、ユーザー情報と可視光 ID および再生するコンテンツの関連付けを行った（図 4-C-2 参照）。サーバー管理画面は Web インターフェースとなっておりオペレーションシステム標準のブラウザ画面にて操作が可能である。

バーコードリーダーよりユーザー情報を読み取り、可視光 ID ランプの下を通過することで対応するコンテンツが表示されることを確認した（図 4-C-3 コンテンツ表示画面）。

なお、実施にあたり無線 LAN のトラフィックやコンテンツ表示のレスポンスを考慮し表示画像や音声等のコンテンツファイルを事前に端末へ転送しておく方式へと仕様変更を行った。

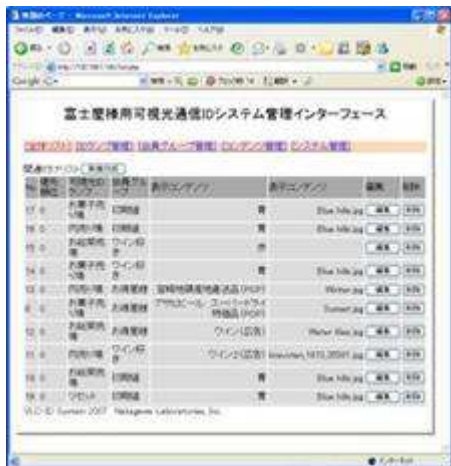


図 4-C-2
サーバー管理画面



図 4-C-3
コンテンツ表示画面

4-4-8-B. スーパーマーケット顧客動線の収集・解析システム

汎用双方向端末を使用し、スーパーマーケットにて顧客動線の収集・解析を行うシステムを開発した。

端末は可視光 ID を受光するとその端末の端末番号と取得日時、可視光 ID をメモリに蓄積する。蓄積した情報は SD カード等の外部メモリまたは無線通信などを利用し管理 PC に転送する。管理 PC では収集した情報を時系列で整理し、レジを通過した時に受信される ID (レジ ID) を基に入店からレジ通過までの一連の動線を切り分け、店舗マップ上にプロットできる。

可視光 ID 送信機として、天井に設置するランプ型 (図 4-C-4) と床面近くに設置するライン型 (図 4-C-5) という 2 種類の発信機を用意した。また、レジの場所には動線を区切るためのレジ ID 送信機としてライン型 (図 4-C-6) を設置した。図 4-C-7 に実験店舗への ID ランプ設置状況を示す。



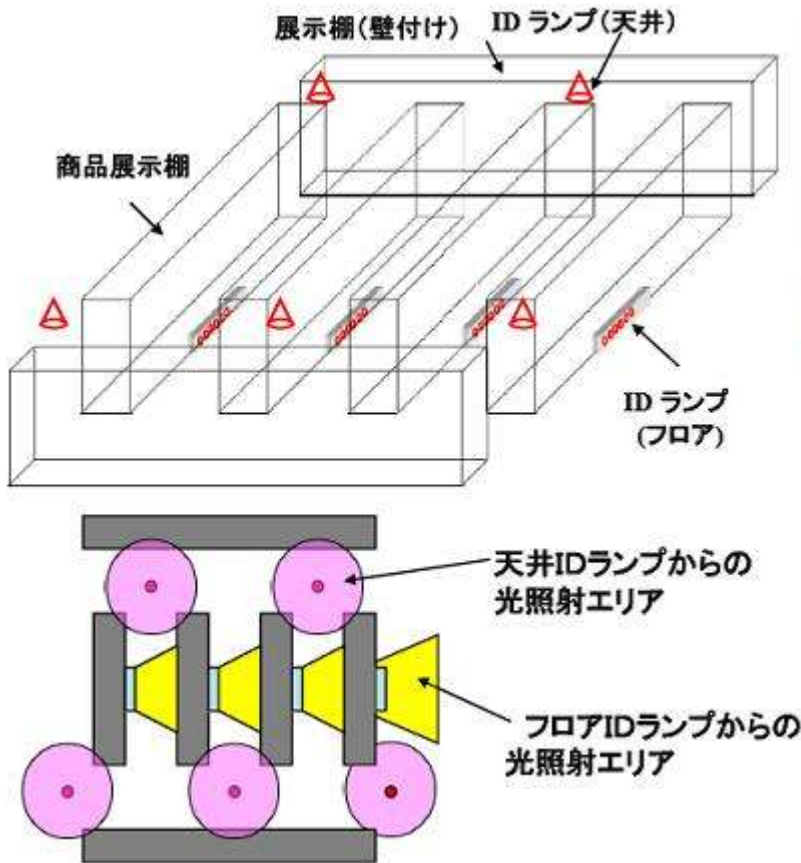
図 4-C-4
ランプ型可視光 ID 送信機



図 4-C-5
ライン型 ID 送信機



図 4-C-6
レジに設置したライン型 ID 送信機



天井への配置の様子



ランプからの照射の様子

図 4-C-7
店舗内での ID 送信機設置状況

受信端末は構造をシンプルにし小型化、ショッピングカートの下に受光面を下にして設置することで受信性能の向上を図った（図 4-C-8、4-C-9 参照）。この方式により装置が目立たないため顧客に意識させずに動線情報の取得が可能となった。



図 4-C-8
受信機を設置したカート



図 4-C-9
カートへの受信機設置の様子

4-5-6-C. 動線調査実証実験について

2008年2月15日から2月28日の2週間にわたり、一般のスーパーマーケットにおいて可視光IDを用いた動線調査の実証実験を行った。別紙添付資料Cに、共同研究先で発表を行った実証実験のプレゼン資料を載せる。実験に使用した機器構成を図4-C-10に、ランプ配置状況を図4-C-11に示す。

I D送信器	天井ランプ	30個
	床ランプ	30個
	レジランプ	8個
カート受信器		17台

図 4-C-10
実証実験用機器構成



図 4-C-11
店舗内ランプ配置状況

2週間の調査により下記のデータを取得した。

- ・ 通過 I D 総数 57,574 箇所
- ・ 取得動線総数 1,708 動線

所得したデータはレジIDにより区切られた動線ごとにリスト化され(図4-C-12)、動線を選択することで移動経路を店舗マップに表示(図4-C-13)することが出来る。移動経路の始まりから終わり(レジ)までの間をアニメーションで表示する事も出来る。また、動線リストの選択で、複数の動線を選択(図4-C-14)することで複数の動線を重ねて表示(図4-C-15)する事も可能である。

本実証実験にて取得したデータを解析することで、本システムにて顧客動線の把握が可能であることを確認した。

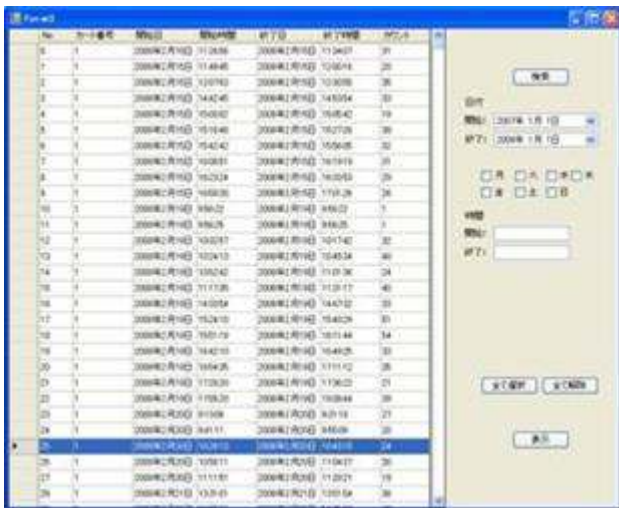


図 4-C-12
動線リスト画面(1ライン選択)

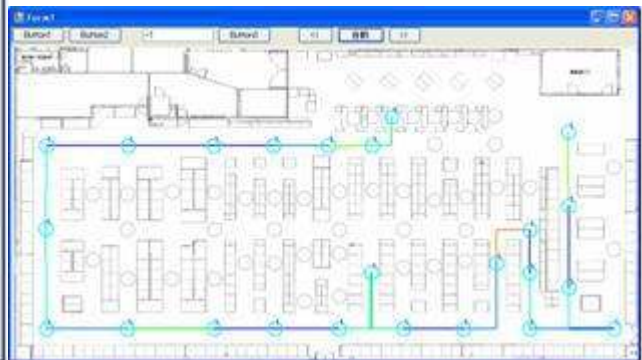


図 4-C-13
動線経路 MAP(1ライン)

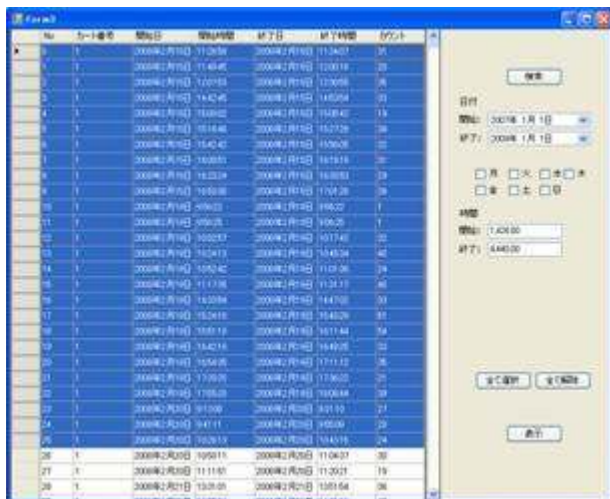


図 4-C-14
動線リスト画面(複数ライン選択)

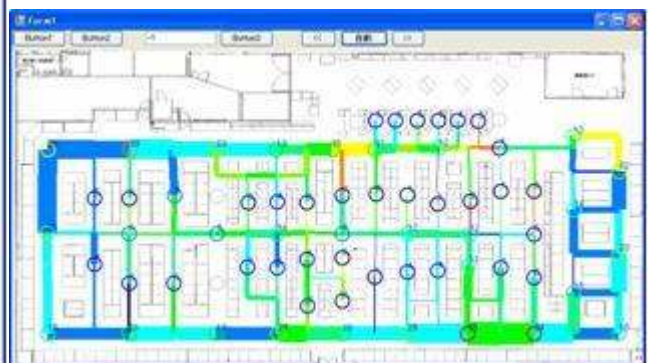


図 4-C-15
動線経路 MAP(複数ライン)

4-4-9. 達成状況

目標とするシステムの開発を達成できた。

タブレットPCをベースとした端末で、可視光IDを取得し、無線LANを使って顧客に対しサービス情報を配信するシステムを開発した。また、買いものカートや籠に取り付けることができる大きさの小型端末で、スーパーマーケットにて顧客動線の収集・解析を行うシステムを開発、実証実験を行った。

ディスプレイを使った情報配信用端末は情報提供の能力には問題ないが、視覚的にとらえるために表示部に一定の大きさを持つことが必要となる。その端末自体の大きさから、カート等を使う顧客に対して違和感や異物感を与える傾向にあるということが調査により分かってきた。今後の開発にはユーザーの使い勝手を含めた再検討が必要となる。

一方で、動線収集、解析用小型端末はその小ささから、使用する顧客に対して与える違和感が殆どないという結果が出ており、顧客にもシステム運用側にも使い勝手の良いものとなっている。今後は、動線調査・管理システムにフォーカスし機能充実を図る。細かい仕様に関しては、マーケットのニーズ、状況をみて判断する。

4-5 総括

4-5-1. 可視光通信照明器具の研究開発

達成度 100%。音声情報を送信するアナログ方式の送信機、及び可視光 ID (デジタル) 方式の送信機として、スポットライト形 LED 照明器具の開発を達成できた。信号伝達距離としては、直接、反射光で 5m 以上の距離まで通信可能なものとなっている。開発した可視光 ID 送信機の変調方式に関しては、可視光通信コンソーシアムが規定したタグ規格に準じる変調方式となっている。また、小型化にも取り組み、USB インターフェイスおよび PLC 内蔵のスポットライト型送信機を実現できた。PLC のネットワークを介して送信機をコントロールできるものとなっている。今後は、美術館・博物館のシステム、介護施設用、スーパー・コンビニ用システムへの実使用を検討する。課題としては、応用シーンに合わせて機器の構成やデザインを検討する。

4-5-2. 受信端末の研究開発

達成度 100%。アナログ型音声受信端末として、美術館・博物館向けシステム向けに、ヘッドフォンタイプとハンディーBOX タイプの受信端末を開発した。受信音声としては多言語対応となっている。

デジタル (可視光 ID) 用受信機としては、USB インターフェイス付 ID 受信端末の開発及び音声受信端末を開発した。端末側の音声情報を取り換えることで多言語にも対応している。位置情報送信用の汎用小型端末を開発、スーパーのカート及び買い物籠に取り付けるサイズで、無線通信手段を使って双方向の機能を実現できた。また、LCD 付き双方向端末で、照明から各種情報の提供を受け、文字表示ができる双方向通信端末を開発できた。無線 LAN 及び ZigBee を使い、可視光としての通信範囲に対して、同一のアップリンク通信範囲を確立できた。今後は、美術館・博物館のシステム、介護施設用、スーパー・コンビニ用システムへの実使用を検討する。課題としては、具体的な仕様を詰めた機器開発、特に使い勝手を増すため、バッテリーを含めた更なる小型化・低消費電力化が必要で、その為のハードを含めた回路構成を再度検討、消費電力の少ないものを開発する。

4-5-3. 中高速可視光双方向通信装置の開発

達成度 100%。USB インターフェイスを使った 1.5Mbps の双方向通信の実現を検討、更なる技術検討の結果としてより汎用性の高い LAN のシステムで、1 (ホスト) 対 多 (デバイス) 接続で、10Mbps の中高速双方向通信を実現できた。今後は、具体的なアプリケーションを含めた検討を行う。課題としては、インターフェイスの選択と高速通用アプリの検討で、コンソーシアムでの標準化やアプリの議論、実際のマーケット調査をしながら再検討を行う。

4-5-4. 可視光通信、電力線モデムの通信技術を統合したシステムの開発

達成度 100%。美術館、博物館向けとしては、PLC 内蔵型の可視光送信機を使って、受信端末から音声ガイドが再生できるシステムを開発できた。システム構成としては、アナログ方式とデジタル (可視光 ID) 方式となっている。可視光 ID 受信型に関しては、PLC モデムを接続しなくてもシステムを構築できるものになっている。また、介護施設向けアプリケーションソフトの開発に関しては、可視光 ID 送信機を使って、LCD 付きの受信端末から受信端末で可視光 ID を受信、無線通信手段を使ってホストシステム (PC) に送り、ホスト側で最適な情報を選択、受信端末に情報を送るものを開発できた。

課題としては、応用シーンに合わせて機器の構成やデザインを検討する必要がある。

スーパー・コンビニ向けには、タブレット PC をベースとした端末で、可視光 ID を取得し、無線 LAN を使って顧客に対しサービス情報を配信するシステムを開発した。また、買い物カートや籠に取り付けることができる大きさの小型端末で、スーパーマーケットにて顧客動線の収集・解析を行うシステムを開発、実証実験を行った。動線収集、解析用端

末はその小ささから、使用する顧客に対して与える違和感が殆どないという結果が出ており、顧客にもシステム運用側にも使い勝手の良いものとなっている。今後は、動線調査のアプリが有望だと予想されるので、動線調査・管理システムにフォーカスしてスペックの絞り込み、機能充実を図る。細かい仕様に関しては、マーケットのニーズ、状況をみて判断する。

5 参考資料・参考文献

5-1 研究発表・講演等一覧

1. 春山真一郎、山口武彦、“パルスマスク規定追加の検討”、VLCC ID54-KEIO-1、可視光 ID 標準化 WG (2008 年 3 月 27 日)
2. 広橋 一俊, “10Mbps Visible Light Transmission System”, IEEE 802.15 Visible Light Communication Interest Group meeting (2008 年 3 月 18 日)
3. 広橋 一俊, “Visible Light Communications Activities”, IEEE 802.15 Visible Light Communication Interest Group meeting (2008 年 3 月 17 日)
4. 春山信一郎、“可視光通信の応用事例”、Japan shop2008, LED Next stage 講演、JAPAN SHOP、東京ビッグサイト (2008 年 3 月 7 日)
5. 春山真一郎、“高速可視光通信の標準化に関する提案”、VLCC ID53-KEIO-2、可視光 ID 標準化 WG (2008 年 2 月 18 日)
6. 春山真一郎、山口武彦、“可視光 ID 送受信機試験について”、VLCC 第 39 回可視光タグ標準化WG 打ち合わせ内 (2008 年 2 月 18 日)
7. 中川正雄、“可視光通信”、上海ファッションショー内、China (2008 年 1 月 21 日)
8. Shinichiro Haruyama, “Japan’s Visible Light Communications Consortium and Its Standardization Activities”, IEEE 802.15 VLC IG meeting, Taipei, Taiwan (January 16, 2008)
9. 中川正雄、春山真一郎、“可視光無線通信技術”、電子情報通信学会、Vol. 90、2007-12、pp. 1056-1061 (2007 年 12 月)
10. 山岡 慶文、“スーパーマーケット実証実験のご紹介”、VLCC 第 45 回定例会議内 (2007 年 11 月 30 日)
11. 春山真一郎、“可視光タグの測定方法の提案 説明”、VLCC 第 26 回可視光タグ標準化WG 打ち合わせ内 (2007 年 11 月 22 日)
12. 春山真一郎、“東芝ライテック (株) 研究開発センター 高橋健治氏らとの会合内容の説明”、VLCC 第 26 回可視光タグ標準化WG 打ち合わせ内 (2007 年 11 月 22 日)
13. 春山真一郎、“可視光 ID システムのテスト”、VLCC ID49-KEIO-1、可視光 ID 標準化 WG (2007 年 10 月 30 日)
14. 山口武彦、“VLCC-STD-002 可視光通信システムのサブキャリア周波数割当 (修正案)”、VLCC 第 37 回可視光タグ標準化WG 打ち合わせ内 (2007 年 10 月 30 日)
15. 山岡 慶文、“PLC 内蔵照明 P J 2006 年度活動報告/2007 年度活動計画”、VLCC 第 5 回定例総会内 (2007 年 10 月 15 日)
16. 春山真一郎、“可視光通信システム”、NICT スーパーイベント展示プレゼン内、CEATEC、幕張 (2007 年 10 月 4 日)
17. 山岡 慶文、“PLC 内蔵照明 P J 2006 年度活動報告/2007 年度活動計画案について”、VLCC 企画運営委員会内 (2007 年 10 月 1 日)
18. 山岡 慶文、“PLC 内蔵照明 P J 第 10 回議事録”、VLCC 第 43 回定例会議内 (2007 年 9 月 25 日)
19. 春山真一郎、“可視光 ID システムのテスト”、VLCC ID48-KEIO-1、可視光 ID 標準化 WG (2007 年 9 月 20 日)
20. 山岡 慶文、“来季 PLC 内蔵照明 PJ プラン (案)”、VLCC PLC 内蔵照明 P J 第 10 回打ち合わせ内 (2007 年 9 月 19 日)
21. 山口武彦、“LED を使用した可視光通信とその応用”、電子ジャーナル主催講演会、品川コクヨホール (2007 年 9 月 3 日)
22. 山岡 慶文、“PLC 内蔵照明 PJ 第 9 回議事録”、VLCC 第 42 回定例会議内 (2007 年 8 月 29 日)
23. 春山真一郎、“可視光 ID システムのいくつかの計画について”、VLCC ID47-KEIO-1、可視光 ID 標準化 WG (2007 年 8 月 27 日)
24. 山口武彦、“FAQ 質問事項 (案)”、VLCC 第 35 回可視光タグ標準化WG 打ち合わせ内 (2007 年 8 月 27 日)
25. 山口武彦、“中～高速可視光システムの規格化対象範囲と応用例”、VLCC 第 35 回可視光タグ標準化WG 打ち合わせ内 (2007 年 8 月 27 日)
26. 山岡 慶文、“PLC 内蔵照明 PJ 第 8 回議事録”、VLCC 第 41 回定例会議内 (2007 年 7 月 31 日)
27. 山岡 慶文、“中川研究所開発スケジュール、進捗、アプリケーション検討提案”、VLCC PLC 内蔵照明 PJ 第 8 回打ち合わせ内 (2007 年 7 月 23 日)
28. 山岡 慶文、“PLC 内蔵照明 PJ 第 7 回議事録”、VLCC 第 40 回定例会議内 (2007 年 6 月 28 日)
29. 春山信一郎、“JEITA 規格 CP-1221「可視光通信システム」及び CP-1222「可視光 ID システム」”、JEITA 可視光通信標準化プロジェクトグループ、JEITA 記者発表、(社) 電子情報技術産業協会 AV&IT システム標準化委員会 (2007 年 6 月 27 日)

30. 山岡 慶文、“Development Plan for PLC built-in Lamp”、VLCC PLC 内蔵照明 PJ 第 7 回打ち合わせ内(2007年6月20日)
31. 山口武彦、“中～高速可視光システムの適用について”、VLCC 第 33 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年6月12日)
32. 山岡 慶文、“PLC 内蔵照明 PJ 第 6 回議事録”、VLCC 第 39 回定例会議内 (2007年5月29日)
33. 山岡 慶文、“Update of Technical Study for PLC built-in Lamp”、VLCC PLC 内蔵照明 PJ 第 6 回打ち合わせ内(2007年5月22日)
34. 山岡 慶文、“PLC 内蔵照明 PJ 第 5 回議事録”、VLCC 第 38 回定例会議内 (2007年4月27日)
35. 山口武彦“LED 光源による可視光通信” 最先端高出力 LED 応用事例集、p 263-278 (技術情報協会 2007年4月21日発行)
36. 山口武彦、“中～高速可視光通信 APL と検討イメージ”、VLCC 第 30 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年4月2日)
37. 山岡慶文、“” 第四回 PLC 内蔵照明 PJ meeting 結果報告”、VLCC 第 37 回定例会議内 (2007年3月30日)
38. 春山真一郎、“” JEITA 標準規格 CP-1221 可視光通信システムの報告 “、VLCC 第 37 回定例会議内 (2007年3月30日)
39. 有田武美、“Introduction of Performance Improvement of White LED Visible Light Communication for High-speed Power Line Communication”、第四回PLC内蔵照明PJ meeting、VLCC事業化PJ内、(2007年3月16日)
40. 山岡慶文、“System Model Proposal for PLC built-in Lamp”、第四回 PLC 内蔵照明 PJ meeting、VLCC 事業化 PJ 内、(2007年3月16日)
41. 春山真一郎、“可視光 ID 送信機の赤外線通信機器への影響に関する実験結果の報告”、VLCC 第 29 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年3月13日)
42. 山口武彦、“CP1221/1222 以降の JEITA 活動の進め方について”、VLCC 第 29 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年3月13日)
43. 寺内梨奈、春山真一郎、中川 正雄、“照明光通信と次世代電力線通信の融合に向けた白色 LED 広帯域化の検討”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会/情報ネットワーク研究会 (宜野湾市)、(2007年3月9日)
44. 小幡実緒、春山真一郎、中川正雄、“可視光IDシステムと6軸センサを用いた高精度位置推定手法の提案”、電子情報通信学会 信学技報, IN2006-254, pp. 441-446 (2007年3月)
45. 杉山 英充、春山真一郎、中川正雄、“可視光通信における通信可能距離の解析と実験”、電子情報通信学会 信学技報, IT2006-64, ISEC2006-119, WBS2006-61, pp. 25-30 (2007年3月)
46. 松村友邦“可視光による次世代ネットワーク技術への可能性” 副題：可視光通信の現状と未来像、セミナー「北海道 IT 産業の振興と地域活性化について」において(2007年2月28日)
47. 山岡慶文、“” 第三回 PLC 内蔵照明 PJ meeting 結果報告”、VLCC 第 36 回定例会議内 (2007年2月23日)
48. 山岡慶文、“PLC 内蔵照明の対 PLC 送受信方式に関して”、第三回 PLC 内蔵照明 PJ meeting、VLCC 事業化 PJ 内、(2007年2月16日)
49. 山口武彦、“JEITA 標準規格 CP-1221 について”、VLCC 第 28 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内(2007年2月15日)
50. 山口武彦、“VLCC-STD-003 について”、VLCC 第 28 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年2月15日)
51. 春山真一郎、“TAG40-KEIO-1 : JEITA での審議状況と課題”、VLCC 第 28 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年2月15日)
52. 春山真一郎、“TAG40-KEIO-2 : インバータ HID ランプに関する測定結果”、VLCC 第 28 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年2月15日)
53. 山岡慶文、“” 第二回 PLC 内蔵照明 PJ meeting 結果報告”、VLCC 第 35 回定例会議内 (2007年1月25日)
54. 山口武彦、“高速電力線搬送変復調方式について”、第二回 PLC 内蔵照明 PJ meeting、VLCC 事業化 PJ 内、(2007年1月16日)
55. 山口武彦、“STD-003 への ID 管理方法記載について”、VLCC 第 27 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年1月16日)
56. 山口武彦、“JEITA 標準規格 CP-1221 に関して”、VLCC 第 27 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年1月16日)
57. 春山真一郎、“コンフォーマンス試験の基本的考え方 (案) の説明”、VLCC 第 27 回可視光タグ標準化WG打ち合わせ内 (2007年1月16日)
58. 安倍尚吾、春山真一郎、中川正雄、“LEDを光受信機として使う新方式の検討”、電子情報通信学会 信学技報, OCS2006-77, pp. 19-24 (2007年1月)

59. 齋藤 翼、春山 真一郎、中川 正雄、“可視光通信におけるちらつき軽減の方法”、電子情報通信学会 信学技報, CS2006-75 (2007年1月)
60. 山岡慶文、“第一回 PLC 内蔵照明 PJ meeting 結果報告”、VLCC 第 34 回定例会議内(2006年12月25日)
61. 春山真一郎、“可視光タグ標準化 WG meeting 結果報告”、VLCC 第 34 回定例会議内(2006年12月25日)
62. 有田武美、“PLC 内蔵照明プロジェクトの計画概要”、第一回 PLC 内蔵照明 PJ meeting、VLCC 事業化 PJ 内、(2006年12月19日)
63. Hidemitsu Sugiyama, Shinichiro Haruyama, Masao Nakagawa, “Experimental Investigation of Modulation Method for Visible-Light Communications”、IEICE Transactions on Communications, Vol. E89-B, No.12, December 2006 pp. 3393-3400 (2006年12月)
64. 山口武彦、“「可視光タグ・送信輻輳波の交差見直し提案」の説明”、VLCC 第 26 回可視光タグ標準化WG 打ち合わせ内 (2006年11月22日)
65. 山口武彦、“VLCC-STD-003 改版作業中の説明”、VLCC 第 26 回可視光タグ標準化WG 打ち合わせ内 (2006年11月22日)
66. Dai Yamanaka, Shinichiro Haruyama, Masao Nakagawa, “Subcarrier Modulation for Visible-Light Communication using Imaging Sensor” , The Third IASTED(The International Association of Science and Technology for Development) International Conference on COMMUNICATION AND COMPUTER NETWORKS ~CCN 2006~, Lima, Peru, (Oct, 2006)
67. 春山 真一郎、“可視光通信の現状と標準化” 画像電子学会 モバイルイメージ研究会 (2006年10月16日)

報道発表

1. “世界初!光を使って商品情報発信”、静岡放送、テレビタ刊、2007年10月15日、18:30
2. “特集 LED 販促情報システム実証実験始まる”、静岡第一テレビ、リアルタイム、2007年10月15日、18:20
3. “最新ブロードバンド(可視光通信)”、TV-東京、ワールドビジネスサテライト、2006年11月28日
4. “今年にかける LED (発光ダイオード) で光のアート “、きびきびワイド、NHK 岡山発 (中国地方全域)、2007年1月9日 18:00~より
5. “おはよう日本“、NHK、LED で光のアートに挑戦する女性がいるという紹介として、2007年1月12日 5:48~より

5-3 別紙添付資料 一覧

1. 添付資料A 「スーパーマーケットにおけるアナログ実証実験」
2. 添付資料B 「介護施設訪問報告」
3. 添付資料C 「スーパーマーケットにおける可視光 ID 実証実験プレゼン資料」

添付資料A

「スーパーマーケットにおけるアナログ実証実験」

株式会社 中川研究所

1. スーパーマーケットにおけるアナログ実証実験

1-1. 背景

可視光を使ったシステムの実証実験をするにあたって、幾つかの共同研究先と実際の規模や実施方法を含めディスカッションをしてきた。特に美術館・博物館にご協力頂いて、ガイド用の音声配信システムの実証実験を行いたかったが、思ったような規模とタイミングでご協力頂けそうな施設を見つけるのが難しかった。そのような中で、静岡県焼津市のスーパー富士屋様が実証実験に協力して頂けるとの意思を示して頂いた。実験の方法等に関してディスカッションを重ねる中で、特に可視光 ID の実験に対して興味を持っていただいたのだが、想定している ID 実験の準備には時間がかかること、一方でアナログ方式を使用した音声配信のシステムを使うことが比較的短期間で準備ができること、また売り場での販促効果が期待できる可能性があるとの意見があったので、アナログの音声情報を流すシステムを使って実証実験を行うことになった。

1-2. 実験の目的

- 実際の店舗に可視光通信システムを設置、実際の現場で、光学系を含めた情報の到達距離や範囲などの可視光の通信エリアを調査する、また、その為のハードウェアの設計や製作に関するノウハウを蓄積する。
- 実際の店から供給して頂く情報のコンテンツに関して、実際のオペレーションを通して、その運用方法やニーズを調査研究する。
- アンケートや実験観察等を通じて、システムの評価、情報の販促効果に関する評価を行う。
- これらの調査、評価を通じて、今後の研究開発の方向性を検討する。

1-3. 実証実験の期間について

1. 実験準備期間 ~2008年10月
 2. 実験期間 2008年10月15日 - 12月末まで
 3. アンケート調査 12月初旬(ある程度実験の稼働が過ぎた時点)
- * 場所はスーパー富士屋田尻北店

この添付資料はその実験結果をまとめたものである。

2. 実験システム構成について

ー概略の説明図を図 A-1 に示す。

ー店舗内の天井に、売り場に合わせてアナログ音声配信型のランプを配置し、販売促進情報を配信する。受信機は、実際の顧客が使う買い物カートにアナログの音声受信機を設置し、ある特定のエリアにカートが入ると音声情報を流す構成にした。音声情報は、一部はランプに内蔵された取り換え可能なメモリーに蓄積して音声再生機で再生する形とした。又、情報提供エリアが広範囲に渡るものに関しては、複数の送信機を配置、FM送信機を使って、各々のランプに内蔵されたFM受信機に同一の音声情報を同時配信、可視光変調機を通して、ランプから同時に音声を配信するシステムにした。

ーアナログの音声配信ランプのネットワークに関しては、電灯線モデムでのネットワークも検討できたが、コストや開発工期の面と、電灯線ネットワークの構築検証に問題がある可能性があるのでこの実験に関しては省いた。

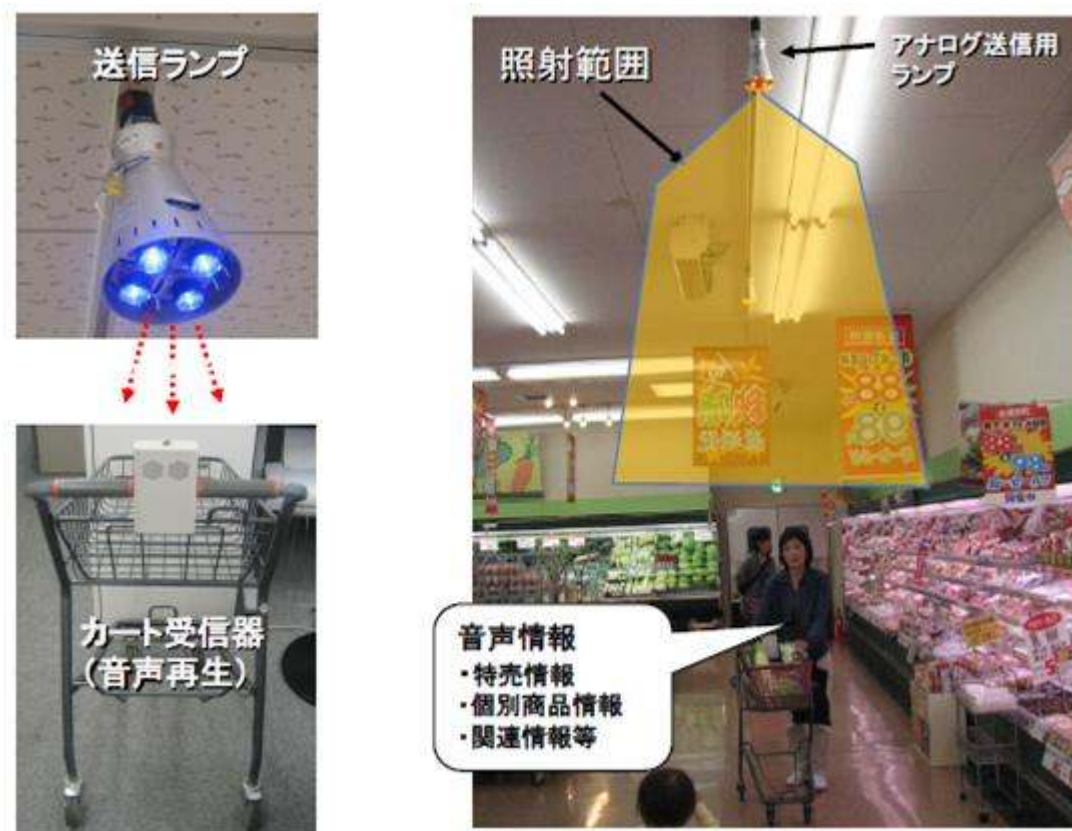


図 A-1

実験システム構成概略

3. 可視光送信機について

- ー 使用した可視光送信機については、図 A-2 に示すような音声の一斉配信用型の装置となっている。内部のSDメモリーカードに音声情報が保存されており、その音声情報をFM変調し、LEDのドライブ回路を通して可視光信号として送信するものになっている。LEDの色は青・赤・緑とアンバーを用意した。
- ー この送信システムの可視光信号伝達エリアとしては幅3Mのエリア、奥行き方向で3M(フロアから天井まで)以上となっている。

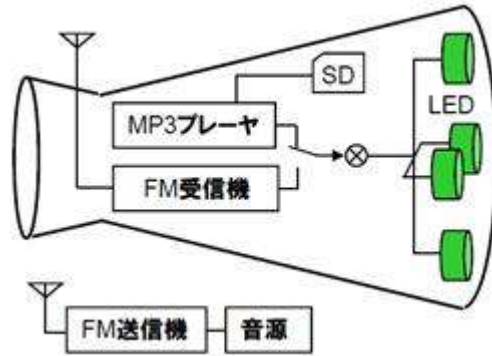


図 A-2

ーまた、店舗の商品エリアとしては一定の広い範囲に対して同様の情報を流す必要性があり、そういうエリアに対しては、図 A-3 に示すように、与える同一の音声情報をFMトランスミッタを介して、一端可視光送信機に送り、そこから可視光信号に変換して送り出すシステムになっている。

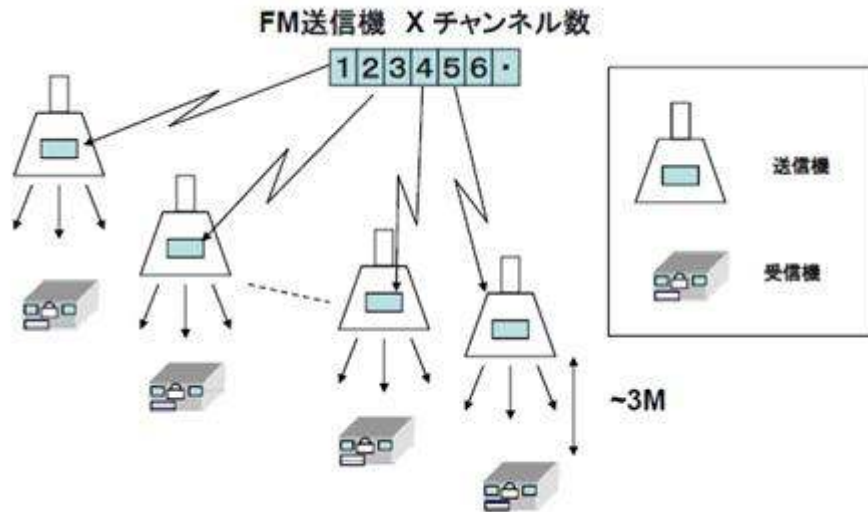


図 A-3

—図 A-4 に店舗の可視光送信エリアの様子を示す。青果、精肉、鮮魚といった広いエリアが必要なものに対してはFM送信機形式を使い、菓子やワインといったスポットエリアに対しては、メモリーカード型のものを使用した。

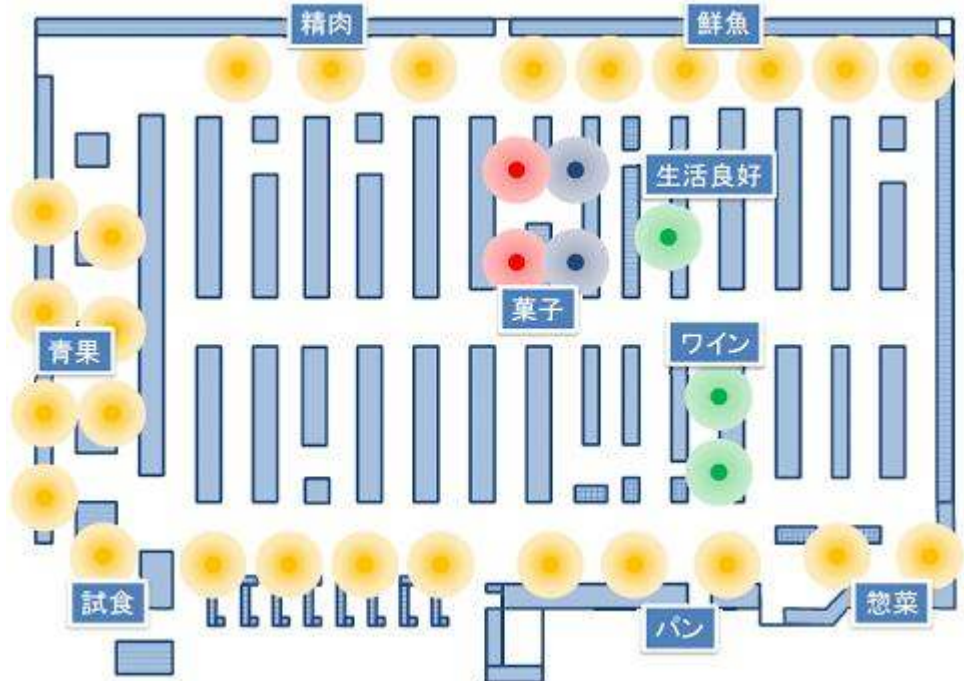


図 A-4

—図 A-5 に店舗内に設置された送信機の様子を示す。



図 A-5

4. 可視光受信機について

ー 可視光受信機については、図 A-6 に示すような二種類の受信機を用意した。ひとつは買い物カートに取り付けるBOX型で、ステレオスピーカと受信回路駆動用のバッテリーを搭載している。顧客はカートを押してショッピングをしながら音声情報を聞くことができる。もうひとつは、ヘッドホン型可視光受信機で、特に子供さんがよく来るであろうお菓子売り場に数台を設置し、ヘッドフォンをかけることで音声情報を聞いて頂く方式をとった。



カート受信機



ヘッドホン型受信機
(子供さん用)

図 A-6

5. 実験の様子

ー 図 A-7～9 に実際の実験現場の様子を示す。

・売り場ごとに、エリアに合わせて、
可視光送信機を天井に設置

・カートに設置された端末からは音声
で各種販促に関する情報(特売
品、お勧め品等)の情報を提供

・情報提供エリア

青果、精肉、鮮魚、ワイン売り場など:
ー商品情報、販促情報

お菓子売り場:
ー子供向けアニメソング

・コンテンツ(音声情報)はスー
パー側の全面協力により準備頂い
ている



図 A-7

場所IDを送信する
可視光送信ランプです
(現実験ではアナログ音声
を送り、カート端末で再生します)

例えば肉コーナ
ーを特定するアドレスコードを
送ります

カートに設置された
端末からは音声や映像で
肉コーナーに関する情報
(特売品、お勧め品等)
の情報を提示します

カート受信端末です



図 A-8

送信器の
送信光は
色を選べます

スポットライトの
向きを変えること
によりサービス
エリアを自由に
設定可能です



図 A-9

メディアや新聞等にも取り上げられた。

図 A-10,11 に実験開始当時の静岡放送、静岡第一テレビでの報道の様子を示す。又、10/14の静岡新聞の記事を図 A-12 に載せる。



図 A-10
静岡放送



図 A-11
静岡第一テレビ

可視光通信で商品情報

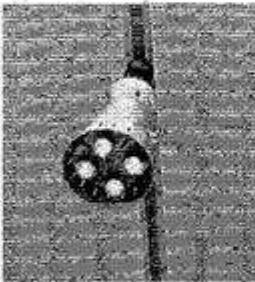
焼津のスーパーが実験

LED（発光ダイオード）を使った可視光通信システムを開発している慶応大発のベンチャー企業、中川研究所（東京都品川区、松村友邦社長）焼津市出身はこのほど、焼津市のスーパーマーケット「富士屋田尻北店」で同システムの実証試験を開始した。



静岡
'07.10.14
から
新
しい

買い物カートに取り付けた受信機兼スピーカーから商品情報が流れる
焼津市のスーパー富士屋田尻北店



天井に取り付けたLED照明が情報を発信する

性が高いため、ピンポイントで情報を届けることができる。また、電磁干渉を起こしにくいのが特徴で、病院内や航空機内でも利用が可能という。

富士屋では、店の天井に三十五個の情報発信用のLED照明を設置した。これらLEDは鮮魚、精肉、酒など各売り場ごとの専門情報を発信する。客が専用の受信機を備えた買い物カートで店内を移動すると、各売り場の情報を受信し、商品情報を音声で知らせる仕組みにした。

松村社長は「顧客の購買履歴を活用すれば、ニーズに一層適合した情報を各売り場で提供が可能」と小売店での顧客サービス向上に自信をうかがわせる。富士屋の松村吉剛専務は「店内放送とは違った局所的な情報発信をどうオペレーションすべきか。そのノウハウを見たい」と話した。

図 A-12

6. アンケート調査について

可視光通信を用いたリスニングカート使用に関するアンケート調査報告

本調査は可視光通信技術を用いたリスニングカートが、店舗の販売促進に効果的であるかの実証実験（実施予定期間は2007年10月12日～12月31日）を株式会社富士屋田尻北店様の協力を得て行った調査結果である。

実験内容：天井部に設置したLEDランプから売り場毎の情報を発信し、受信機を設置した買い物カート（リスニングカート）を使用したお客様に、密着した売り場の商品情報を音声で提供する
また、お菓子売り場には同機能を持つヘッドホンで子供向けにアニメソングを提供
これらの機能で、目で見えるPOP広告だけでなく、音声による販売促進効果を期待した

実施日：2007年12月7日 金曜日 天候：快晴

時間：10:50～18:00

方法：リスニングカートを使用してレジを通過したお客様に聞き取り調査

内容：1. 来店頻度
2. リスニングカート使用頻度
3. 使用後の感想
4. 液晶画面付きカートを使ってみたいか
5. お客様の男女別年代層

○準備 お客様へ「本日、リスニングカートをご利用のお客様にアンケート調査をお願い致しております。是非ご協力下さい。

ご協力のお客様には粗品を差し上げております。」

との告知POPをリスニングカート置場並びに2カ所の出入り口掲示して

アンケート調査実施をアピールした。

しかし、このPOPの効果は殆ど得られなかった。従って、この後考察するリスニングカートの使用頻度比率は通常の使用頻度と同等とみられる。

○お客様の行動

1. カート使用頻度

7月28日（土）16:30～16:50の調査結果ではレジを通過するお客様の内、カートを使用したお客様とバスケットのみのお客様の比率は50:50であった。アンケート調査日には目視で40:60とカート使用者の方が少なかったと思える。

2. 時間帯によるお客様の混雑度

09:00開店で、10:00迄に来店のお客様には10ポイントが加算されるため、アンケート実施直前に若干の混み具合がみられた。

11:30～12:30、16:30～17:00には8台のレジがフル稼働したが、その他の時間帯ではレジの稼働は2～4台で終始した。

3. リスニングカートを使用したお客様の人数及び比率

10:50～18:00の間にカートを使用してレジを通過したお客様の総数は357人、内リスニングカートの使用者は78人。使用比率は21.8%であった。

○アンケート調査の結果 アンケート総数 83 件

1. 富士屋田尻北店への来店頻度

ほとんど毎日	37人	44.6%	20/40代	10人	50以上	27人
週に2~4回	34人	41.0%	20/40	14人	50以上	20人
週に1回	9人	10.8%	20/40	6人	50以上	3人
それ以下	3人	3.6%	20/40	1人	50以上	2人

※男性の人数は夫婦4組を含めて7人

2. リスニングカートをご使用頂いている頻度

いつも使用している	25人	30.1%	20/40代	9人	50以上	16人
時々使用している	38人	45.8%	20/40	18人	50以上	20人
初めて使用した	17人	20.5%	20/40	2人	50以上	15人
いつもは使用しない	3人	3.6%	20/40	1人	50以上	2人

3. 使ってみてどうでしたか？

役に立った	28人	33.7%	20/40代	12人	50以上	16人
-------	-----	-------	--------	-----	------	-----

- 情報をよく聞いている
- 情報により商品を購入した
- チラシを見ないで来た時は便利
- 見てくれは悪いけど便利
- 子供はアニメを必ず聞く
- ムードがある
- たまに役立つことがある

役に立たなかった	46人	55.4%	20/40	16人	50以上	30人
----------	-----	-------	-------	-----	------	-----

- 機能を理解せず、必要性を認めていない
- 店内放送と重複してうるさい
- 情報はチラシで十分
- 雑音が入る
- 情報がマンネリ化もしくは弱い
- 今後のイベント情報があるとよい
- 買うものは決まっているので特に必要としない
- 速く歩いたので
- 商品を直接見る
- 荷物を掛けるフックの近くに受信機があり邪魔

どちらとも言えない	6人	7.2%	20/40	3人	50以上	3人
分らない	3人	3.6%	20/40	0人	50以上	3人

4. 液晶画面の付いたカートを使ってみたいと思いますか？

(液晶画面付きカートの写真を見せながら質問)

1. 使う	46人	55.4%	20/40	24人	50以上	22人
2. 使わない	32人	38.6%	20/40	6人	50以上	26人
3. 分らない	5人	6.0%	20/40	1人	50以上	4人

リスニングカートが役に立ったとお答え頂いたお客様

1. 液晶画面付きカートも使ってみたい	20人	71.4%	20/40	10人	50以上	10人
---------------------	-----	-------	-------	-----	------	-----

2. 液晶画面付きカートは使わない 8人 28.4% 20/40 2人 50以上 6人
リスニングカートは役に立たなかったとお答え頂いたお客様
1. 液晶画面付きカートならば使ってみたい 22人 47.8% 20/40 11人 50以上 11人
2. 液晶画面付きカートも使わない 24人 52.2% 20/40 4人 50以上 20人

○考察

アンケート総数 100 を目標としたが、18:00 頃客足が極端に落ちたため 83 件で調査を終了した。

当日の来店客総数は 1,733 人であり、アンケート調査時間帯における来店客数は 1,140 人であった。その内カートを使用したお客様が 357 人であったことから、全体でのカート使用比率は目測より大きく下回って 31.3%である。従って、リスニングカートをご利用頂いたお客様は来店総数の 6.8%となる。

実証実験を開始すると同時に、店の出入り口 2 か所並びにカート置場、サッカー台に大型の POP を置いてリスニングカートの機能を強力にアピールして頂いたが、お客様の目には止まらなかった。

7. 実証実験結果の検討

今回の実験結果から以下のような検討結果となった。

7-1. 送受信機及びシステム設計に関して

—実際の実験を通して、可視光送信通信の装置の性能、受信特性をどのように設計すればいいかという技術的知見を得た。送信、受信エリアの設定、設計に関してノウハウが蓄積できた。次に予定している可視光 ID 実験に際しては、照射エリアをゲートとして確保する必要がある為、照射パターンや照射方法に際してより工夫が必要であることが分かった。

7-2. 受信機の形態、形状に関して

—アンケート結果からも、カートに設置した受信機に関しては、その大きさと設置場所から明らかに顧客に対して違和感を与え、受信機付きのカートの使用を躊躇する傾向が見受けられた。受信機の大きさとしてはもっと目立たない程に小さいことが望ましいと考えられる。受信機に内蔵されているスピーカも、音声の伝達距離を確保する為に容量の大きなものをつける必要があり、その為のアンプ等駆動回路の電力も大きくなり、結果として搭載する電源バッテリーも大きくなって受信機自体のサイズが大きくならざるを得ない状況になっている。また、音声による情報伝達は店内放送と重複する部分もあり、思った以上に雑音として捉えられる傾向にあったようである。音声受信機としては、イヤフォン等で直接聞く方法が望ましく、音源の出力が少なくすみ、他への音声の漏洩もない。結果電源、受信機自体も小さくなる。アナログ音声配信システムに関しては、美術館・博物館でのガイドのアプリケーションを考えており、手のひらサイズで持ち運びやすいものが求められる。今後の開発の方向性としてはイヤフォン接続でできるだけ消費電力の少ない（バッテリー等の小さい）、小型の受信機の開発が求められる。

7-3. 実験を通じての音声情報の評価

—アンケート結果としては、期待した販促効果は得られなかった。結果として、可視光通信技術を用いた身近な商品情報提供をしていることを十分にアピールできなかった為と思われる。反面、役に立ったと答えられたお客様の中には音声情報がアピールした商品そのものを購入頂いた意見もあり、期待通りに情報の存在を積極的に支持して頂いたお客様もあった。また、子供さんには好評であったことから、アミューズメント的効果は大きいと思われ、今回期待した効果以外の分野で可視光通信が威力を発揮することが考えられる。

7-4. コンテンツとなる音声ソースの準備とメンテナンスの必要性

—今回の実験において問題の一つになったのが配信する音声情報（販売促進情報）の作成である。販促情報の準備に関しては、実際の現場の方にやっていただくしかなく、結果としてユーザー側の負担が多くなった。又、その準備、対応に対しての実際の効果の判定までには至らなかった。効果をみるためにはもっときめ細かい販促情報の検討や改良が必要になる可能性がある。しかしながら、ユーザーのオペレーションに負荷を与えるシステムであれば、逆にそれが敬遠される要素になる可能性もあることも念頭に入れなければならない。

7-5. 今後の方向性

音声配信システムの開発に関して：

—受信機は小さいものを目指すべきである。又、コンテンツ配信に関しては、音声情報を比較的簡単にハンドリングできるシステムを目指すべきである。美術館・博物館へのアプリを考えた場合、音声情報の取り換え頻度はスーパーマーケットのように高くない。固定された複数の情報を扱うことを考えた場合、例えば送信機内に蓄えられた情報をネットワーク経由で選択コントロールできる方式、または、受信機内にあらかじめ複数の情報を持って置いて、

受信する ID 等に従って選択再生する方式を取るのが良いと考えられる。

可視光 I D 実証実験に関して：

ーアナログの実験によってスーパーマーケットでの実証実験に対してのノウハウが蓄積できたので、それを今後の実証実験のプランに反映させる。特に問題となるのが、取り扱うサービス、情報をどこに絞り込むかである。複雑なシステムを採用した場合、取り扱う情報のメンテナンスに負荷がかかり、現場での対応が難しいことが分かっている。また、受信システムが与える異物感、違和感に考慮した設計が必要と考える。

以上

添付資料**B**

「介護施設訪問報告」

株式会社 中川研究所

日時：11/28/2007

場所：*****

訪問者：中川研究所 広橋、波止元、若菜、山岡

可視光通信用システムの介護施設向けアプリケーションの検討の為、実際の介護施設に訪問。調査を行った。

－施設の概要

- ・ 健常者用の施設と、介護用施設に棟が分かれている。
- ・ 合計で 600 名程度の施設。そのうち介護者用施設の収容可能人数が 120 名で、現在入居しているのは 25 名。
- ・ 介護施設エリアはチェックゲートで区切られていて、外には出られなくなっている。

－過去の問題（介護施設）

- ・ 過去に他の入館者の訪問客にまぎれて、介護対象の方が施設の外に出てしまったという例がある。
- ・ ケアステーションというのがあり、そこで介護者の動きの観察をしている。PC 画面上でカメラ映像をモニター。全てを見通せる状況ではないので、どうしても死角が出てしまう。
- ・ おまもりセンサーという、ゲートを出ると分かるセンサーを使った事があるが、出たことは分かるが、誰が出たかは分からない。（本屋の万引き防止装置のようなもの）

－要望

- ・ 健常者の人は、モニタリング機器を持つことを好まない人もいる。“監視”、“管理”といったものは良くない。ひそかに見守っています的なイメージのものがいい。
- ・ 被介護者のただの監視ではなく、脈拍等のリアルタイムな情報は役立つ。
- ・ 介護施設はお客のトラッキングが必要。どこかで倒れたという様な情報が場所を含めてすばやく把握できるシステムがあると使いたい。

－総括と提案

- ・ 可視光を利用したシステムに関してネガティブな印象は受けなかった。
- ・ とにかく照明数が多い。全体に明るい感じ。照明への ID のインプリ等を考えやすい建物になっている。上面からだけでなく、サイドからの照明や反射光等も利用できる。
- ・ アップリンク（双方向）機能が必要。たとえば ZigBee 等でネットワークを組み、リアルタイムに情報を上げることが必要。
- ・ 小型で邪魔にならない受信端末は、モニタリングを気づかせないので受け入れられる可能性が高い。
- ・ 照明ライトを活かした ID 送信ランプと受信機、それと統合システムの提案を行い、実証実験までつなげたい。

添付資料C

「スーパーマーケットにおける可視光 ID 実証実験プレゼン資料」

株式会社 中川研究所

可視光ID通信を利用した 店舗向け動線調査システム

株式会社 中川研究所
Nakagawa Laboratories, Inc.

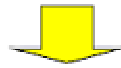
〒141-0031 東京都品川区西五反田2-15-9
ブルーベルビル5F
TEL 03-5437-5120 FAX 03-5437-5121
web <http://www.naka-lab.jp>

可視光ID通信の応用例 (店舗向け動線調査システム)

- 1) システム概要(仕組み)
- 2) 実証実験の様子
- 3) 動線のデータ解析結果(途中経過)
- 4) 可視光IDの発展性

1) システム概要(仕組み)

- ・ 可視光IDランプを店舗内各通路に配置



- ・ 可視光IDランプより場所ID光を送信



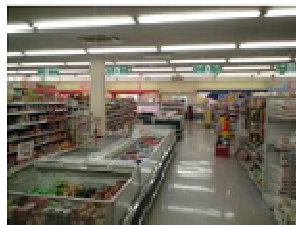
- ・ カートに取付けた受信端末により、可視光IDを受信、メモリーに蓄積



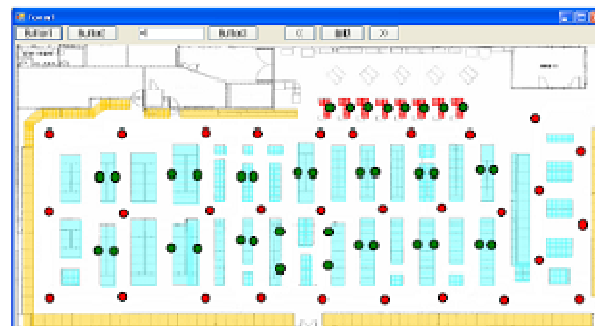
- ・ 取得ID履歴をもとに動線を解析

2) 実証実験の様子

IDランプの配置



実験店舗
(焼津市富士屋スーパー)
売場面積: 1,711㎡
売上高: 13億5000万円

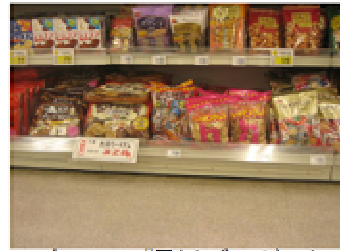


- | | |
|----------|---------|
| 商品棚配置 | IDランプ配置 |
| ■ 外周商品棚 | ● 天井ランプ |
| ■ 内側ゴンドラ | ● 床ランプ |
| ■ レジ台 | |

ID発信器



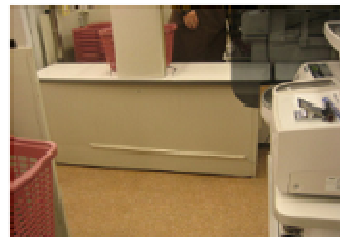
天井ランプ型



床ランプ型(ゴンドラ)

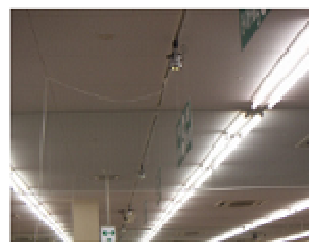
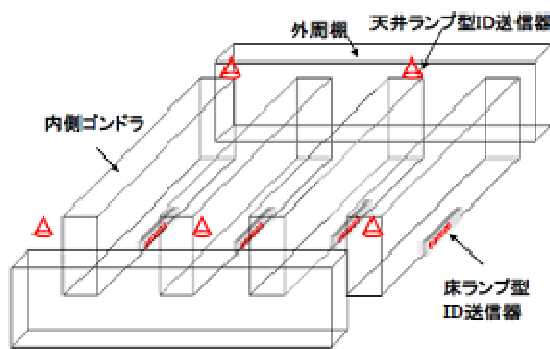


床ランプ(冷凍棚)

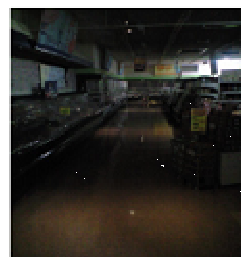
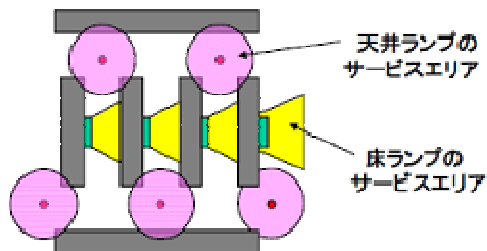


床ランプ型(レジ)

ID光のサービスエリア



天井ランプの配置



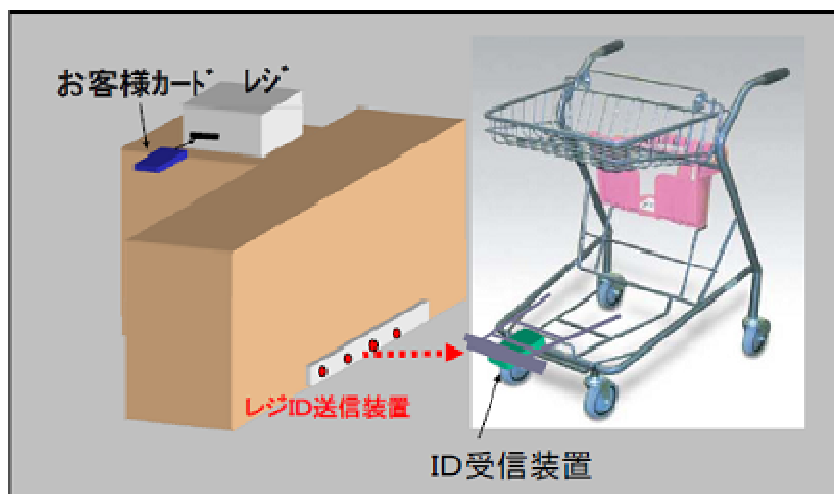
天井ランプの照射状態

ID受信器 (ID光を床反射で受信)



通過した通路の場所IDを取得時間と併せてメモリに蓄積

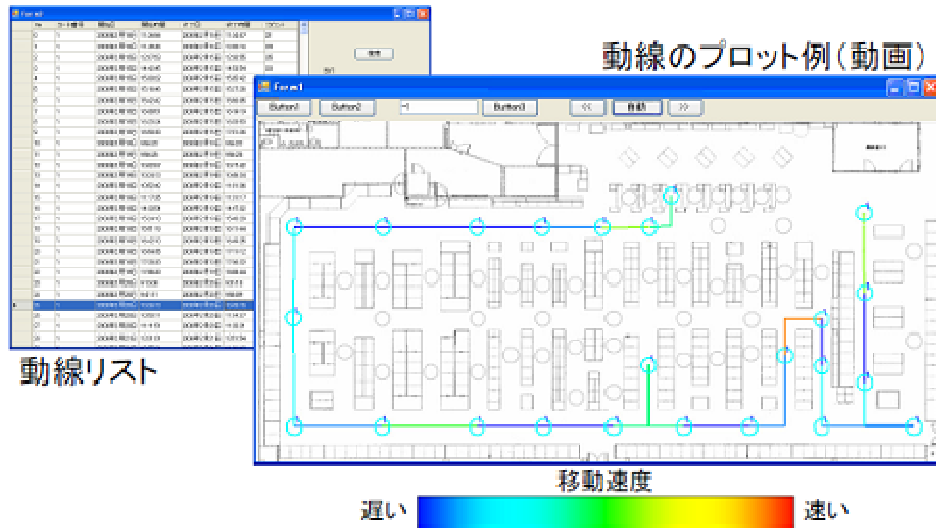
顧客と動線のリンク



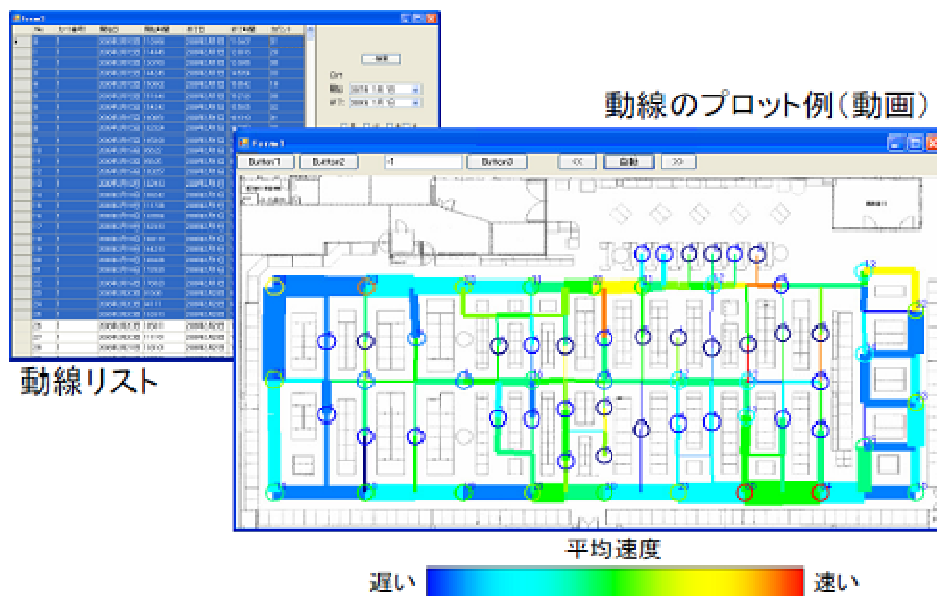
レジ通過時間をもとに顧客と動線のリンクが可能
↓
POSシステムとの統合化により自動リンクも可能

3) 動線のデータ解析結果(途中経過)

動線リストとプロット例

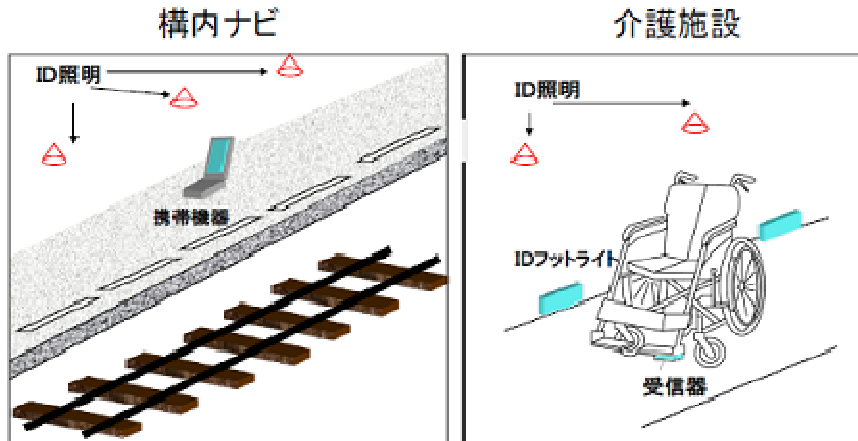


複数動線の重ね合わせ



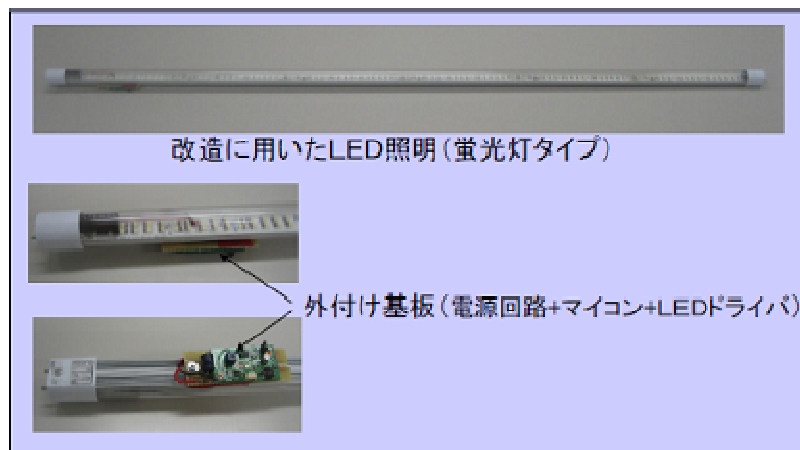
4) 可視光IDの発展性

適用可能なアプリケーション



可視光ID照明

試作例



可視光ID内蔵照明の普及により、用途拡大が望まれる。