

# 可視光通信

中川正雄

慶應義塾大学工学部教授  
2006年11月27日

M. Nakagawa, Keio Univ.

1

## 1 新しい光源LED



交通信号機



LED テールランプ

M. Nakagawa, Keio Univ.

2

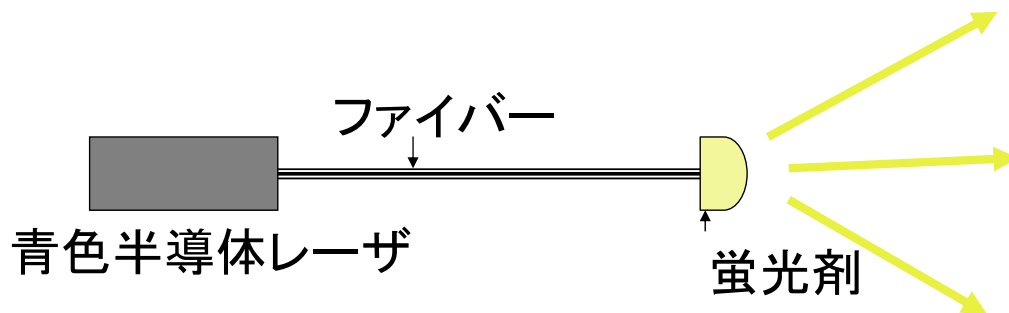


LEDスポットライト

LEDスポット照明

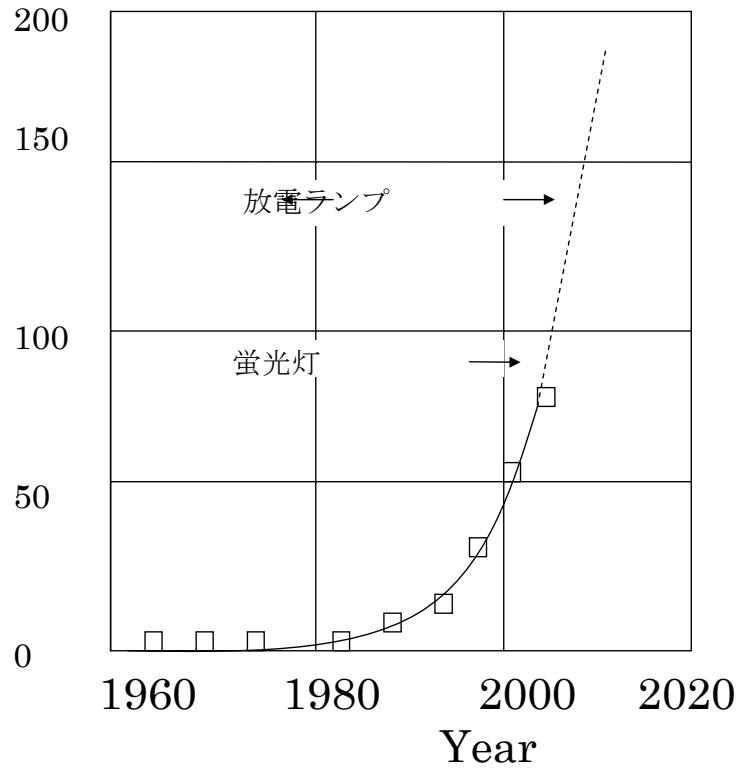


## 新しい光源LD(半導体レーザ)



日亜科学によるLDによる高輝度照明の試作  
HIDよりも高い効率にできるとしている。

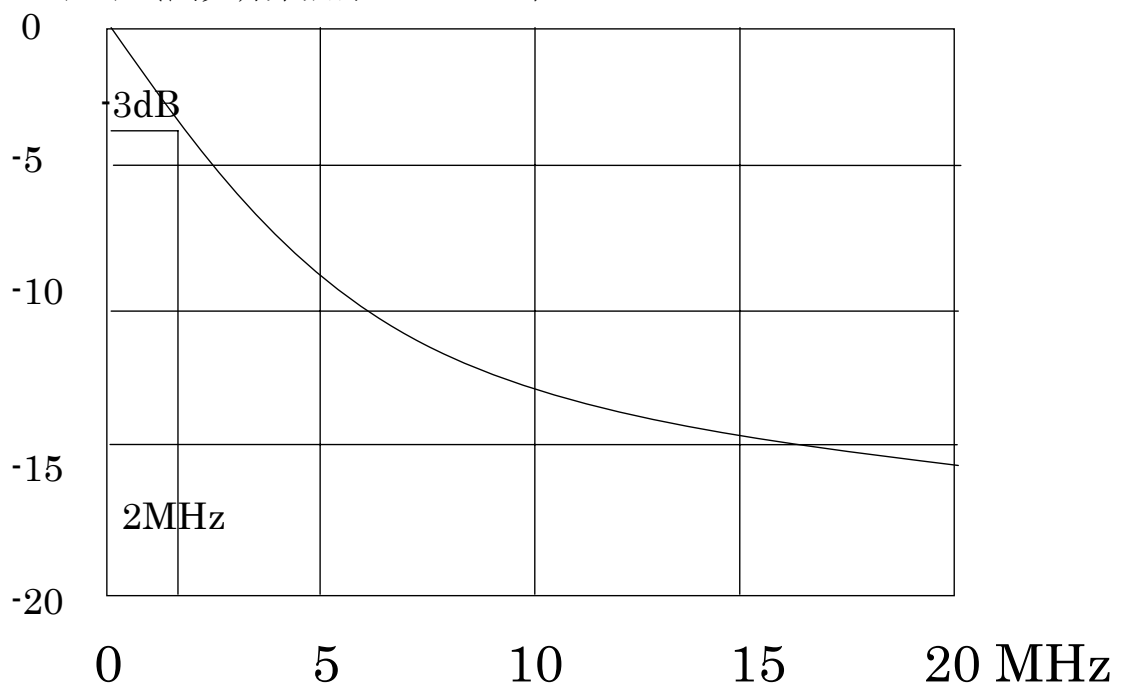
## Luminous Efficiency (lm/w) in LED



M. Nakagawa, Keio Univ.

5

## Normalized Magnitude Response of White LED (dB) (蛍光剤利用白色LED)



M. Nakagawa, Keio Univ.

6

## 青色LEDの発明

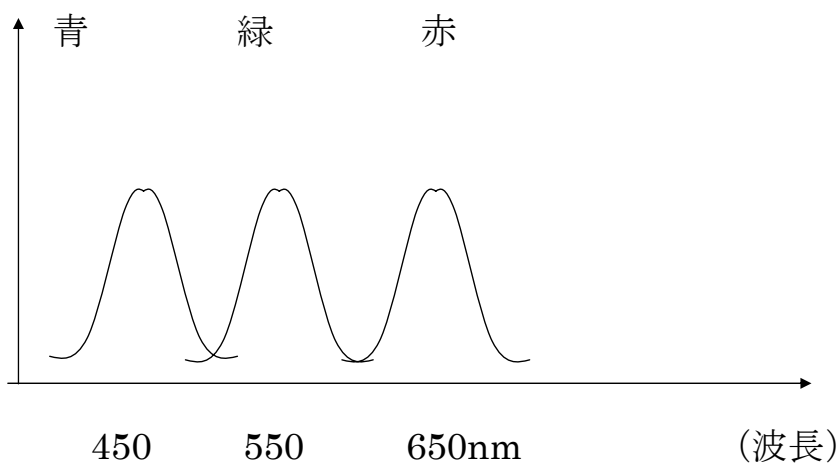
青、緑、赤の混色で白を発光

または、青を発光し、黄色の蛍光剤で青+黄色=白を発光

単色のLEDは高速変調例えば100Mbps以上も可能である。

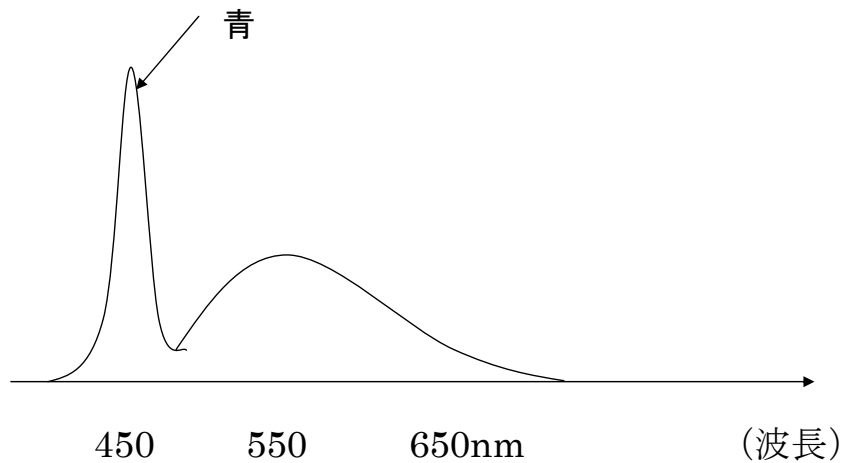
蛍光剤利用の白色LEDは数Mbpsの変調速度

三つの色を発光させて白を含む多数の色を表現: ディスプレーに向く



青色LEDの発光を元に蛍光剤で広いスペクトルを発光し  
白色を発光する。

紫外を発光してより自然な白色を発光する方法も開発さ  
れる。



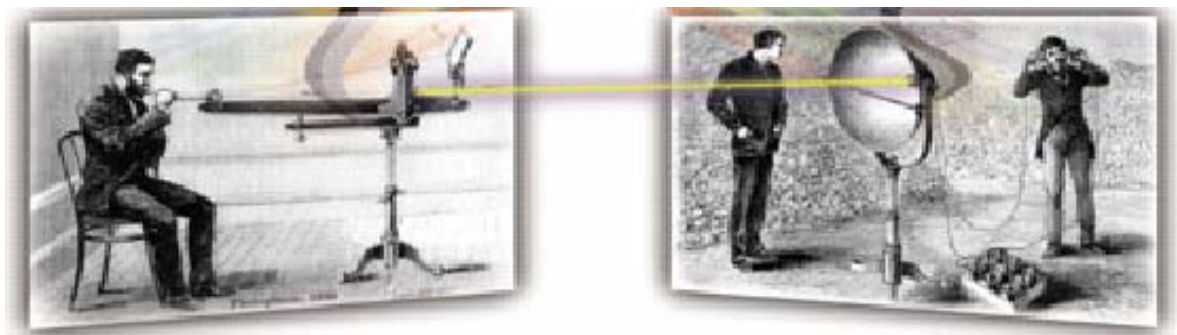
M. Nakagawa, Keio Univ.

9

## 2 可視光通信の歴史

### (1) アレキサンダーグラハムベルの可視光通信

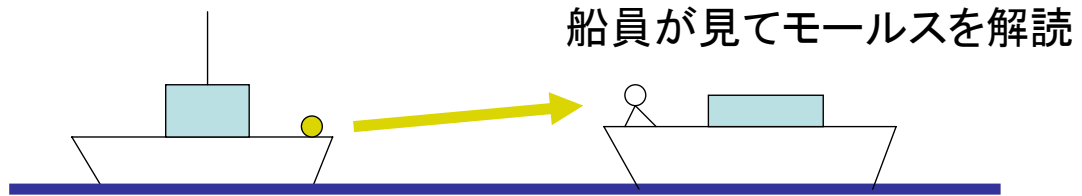
1880年 200mの距離音声無線通信



M. Nakagawa, Keio Univ.

10

## (2) 船舶間の光モールス通信



### 船舶間の光モールス通信

他の船舶に傍受されないので主に軍用に利用

現在でも利用され、自動追尾や音声伝送まで高度化されている。

○可視光通信が無線であるのかかわらずセキュリティーにも強い。

○船内の照明を多重利用(照明と通信)

## 3. 無線通信の問題点

無線通信の良さは、どこにいても着信と発信ができることである。無線通信の電波は回折、散乱、反射などで、LOS (Line Of Sight) でなくとも、通信相手に伝搬する。

以上の長所を活かして、この10年の携帯電話、無線LANの驚異的な普及を見たのである。

無線通信技術はモバイル社会で万能とも言える。これからのユビキタス社会にも同様な利用が期待できるか。

(あ) “いつでもどこでもだれとでも”だが不要な情報も入る。

迷惑メールや間違い電話

(い) 目の前の情報は入らない。

目の前のお店の情報がすぐに入らない。検索エンジンで探してそれから――。

(う) 自分の位置が分からない。

GPSつき携帯もあるが、屋内では利用できないか、または、精度は粗いので利用できない。

屋内の位置情報は建物の構造に沿ったものでなければ意味が無い。

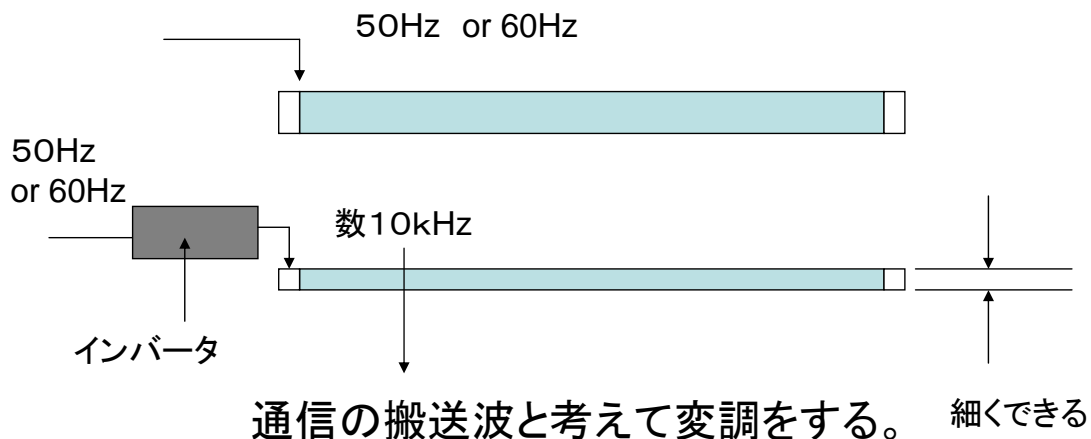
(え) どこから来たのか、どこに行くのか分からない無線

赤外線も含めて、見えないことによるデメリット。

ユビキタス社会とは、ローカル、それも数m以内のローカルエリアが情報を発信するので、見えるほうがよい。

## 4. 可視光通信の前提としてのインバータ蛍光灯と可視光LED

### インバータ蛍光灯



表示や照明にLEDがすでに利用されているか、これから利用され/されるであろう。

交通信号機  
液晶用バックライト  
LEDスクリーン  
自動車のブレーキランプ  
自動車の室内灯  
自動車のヘッドライト  
通路の照明  
室内照明

## 5. インフラについて

通信にとってインフラは本質。

インフラには、単機能インフラと多機能インフラがある。

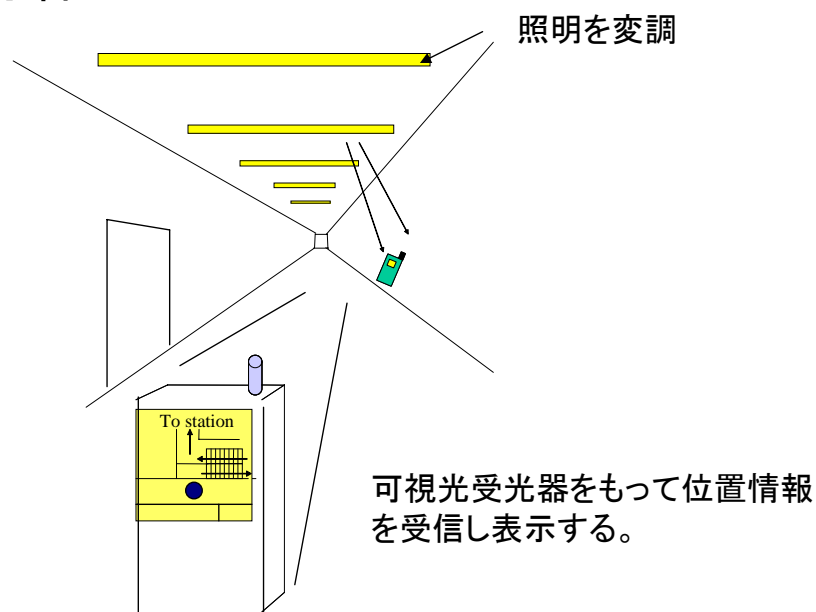
ほとんどのインフラは多機能になっている。電話網やCATV網も例外ではない。ADSLやインターネットにも利用されている。道路や鉄道も通信インフラに利用されている。

例外的インフラに照明や表示がある。単機能インフラであるが、そうではなくなると言うのが我々の主張である。



## 6. 位置情報提供インフラ:照明の利用

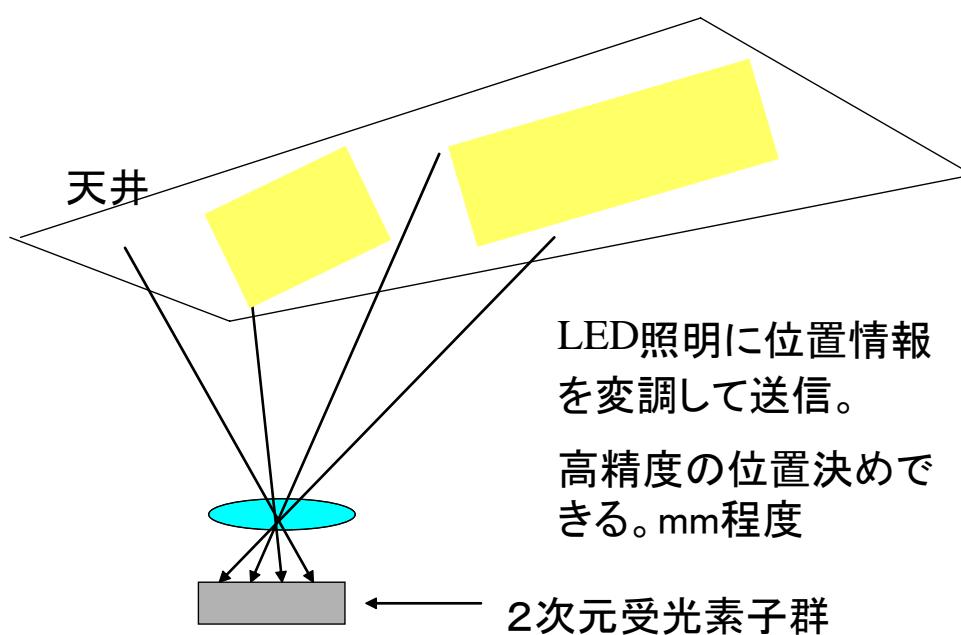
### 歩行者ITS



M. Nakagawa, Keio Univ.

17

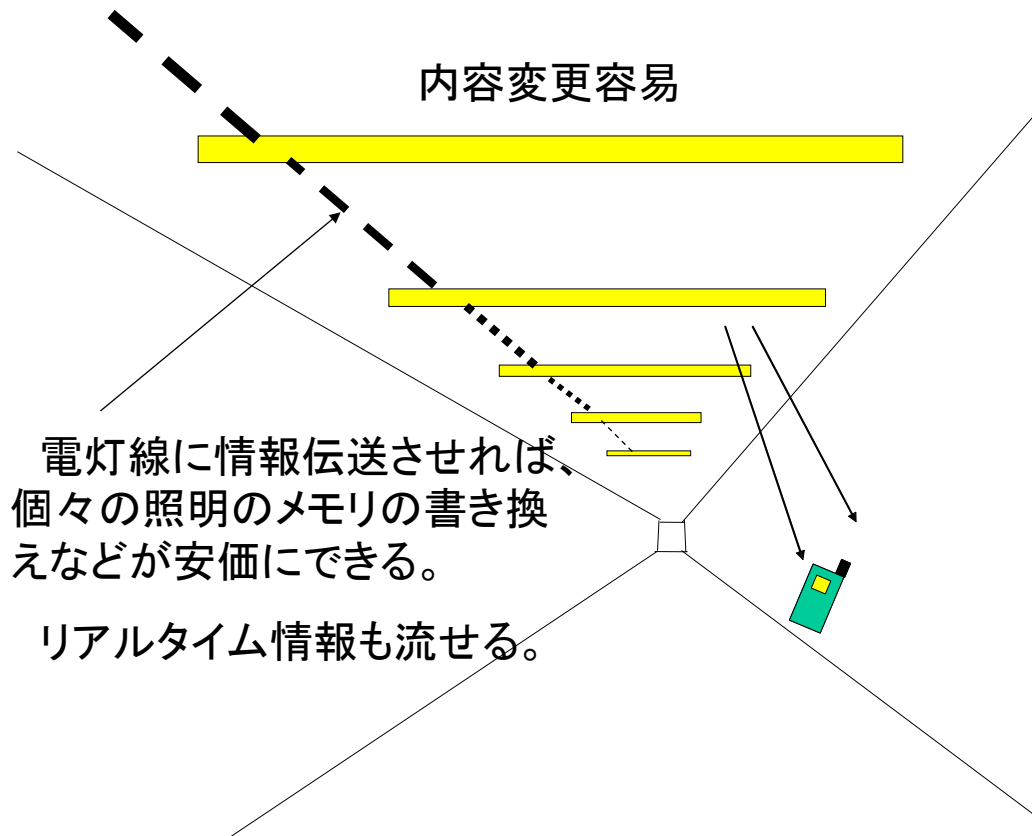
### LEDチップアレーの照明



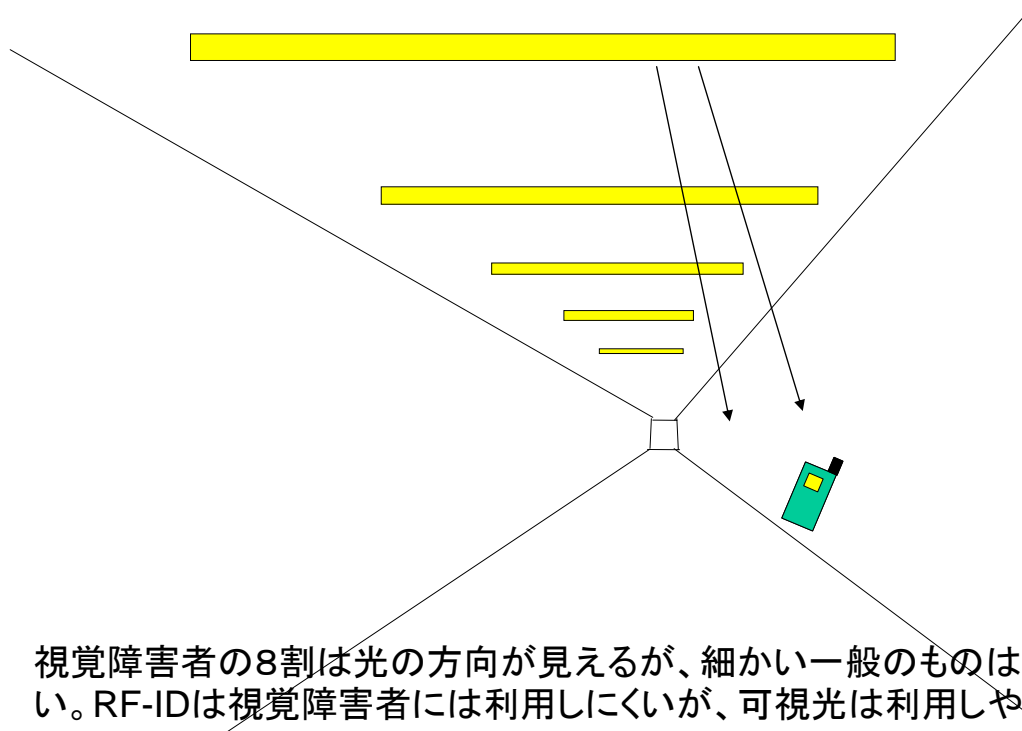
M. Nakagawa, Keio Univ.

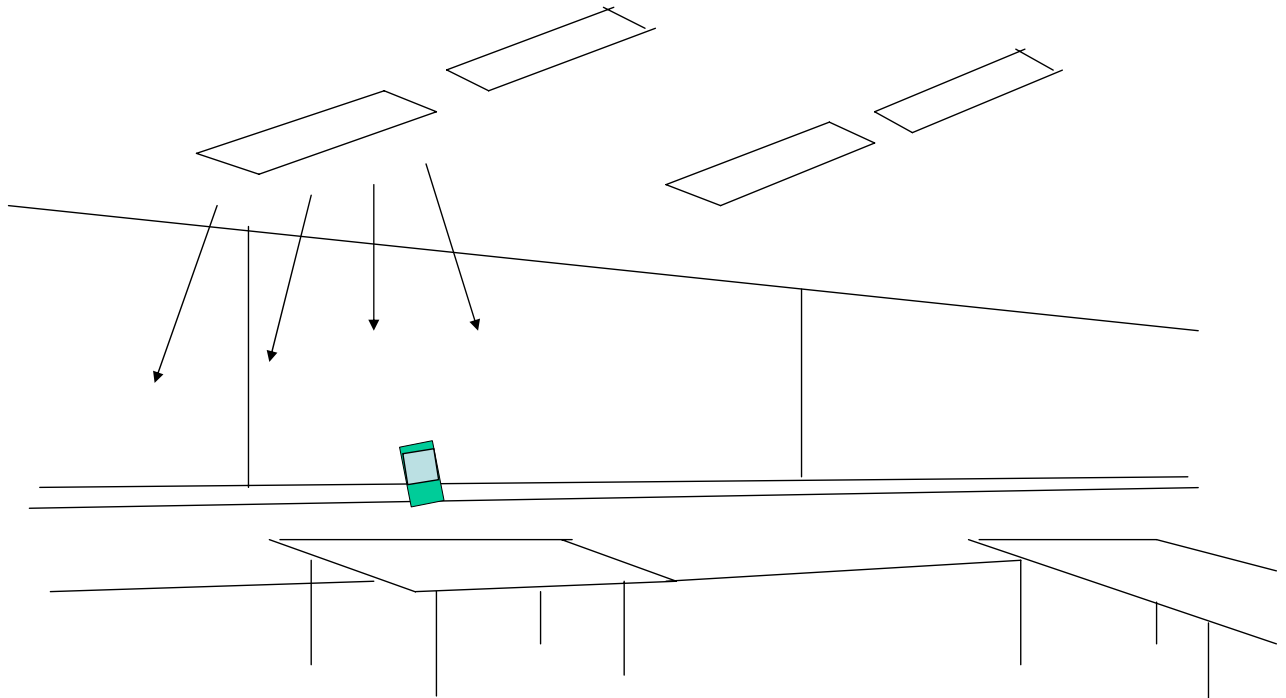
18

## 内容変更容易



## 我々に光を与える





フリーアドレスのオフィスは誰がどこにいるのかわからない。可視光通信の位置検出によって問題解消。

## インフラについて一言：インフラは美しくあるべきである

インフラは我々の生活の上で大切なものであるが、そこらじゅうに存在するものである。我々の目につくものも多く、美観や景観を損ねないことが要求される。

照明や電光表示そのものに情報を入れる可視光通信は経済的であるだけでなく、美観・景観をも損ねない。

日本が技術を大切にだけでなく、技術を駆使して美観・景観をよくする努力をすべきである。



## 7. 歩行者ITSとしての可視光IDとRF-IDとの比較(その1)

	可視光	無電源RF-ID	高出力無電源RF-ID
位置精度	○ 光の与える精度	○ 近傍に接近必要	× 近傍のタグと混信
免許	○ 無免許	○ 小電力(技適)	× 構内無線局
端末	○ 小型	○ 小型	× 大型
複数同時利用	○	× 順番に待つて利用	○
見つけやすいか	○	× 大きく表示必要	× 大きく表示必要

## 可視光IDとRF-IDの比較(その2)

	可視光	無電源RF-ID	高出力無電源RF-ID
美的センス	○	× 見つけるために 大きく表示	× 見つけるために大きく 表示
管理性	○	× 手の届く範囲なので 傷がつく、盗られる いたずら	○
内容変更	○ 電灯線通信利用	× ネットワークにならない	×
視覚障害、 身体障害の人に	○	× 近寄る必要 光がない	× 何所が基点?

## 8. 可視光通信の展示

M. Nakagawa, Keio Univ.

25



携帯電話による位置検出  
のデモ

VLCC  
(Visible Light  
Communication  
Consortium)

CEATEC04

可視光通信

コンソーシアム:

会長: 中川正雄

副会長: 坂村健、春山真一  
郎

M. Nakagawa, Keio Univ.

26



8WのLED

携帯側に受光器とアダプタ  
専用に作れば、携帯の  
赤外線装置と同じ程度



受光器(レンズなし)

可視光位置情報WEB Site



## 交通信号機による可視光通信



交通信号機から情報を得る実験(日本信号(株)が製作、名古屋工業大学協力)

M. Nakagawa, Keio Univ.

29



## 可視光通信による視覚障害者用ナビゲーション 国土交通省関西空港実験2005年6月

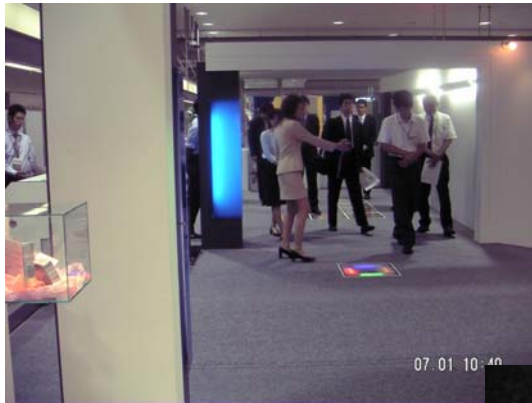
視覚障害者の8割、9割の方は光の方向がわかる。可視光検出器を光の方向に向けて、検出器の出す音声で場所をナビゲーションできる。



M. Nakagawa, Keio Univ.

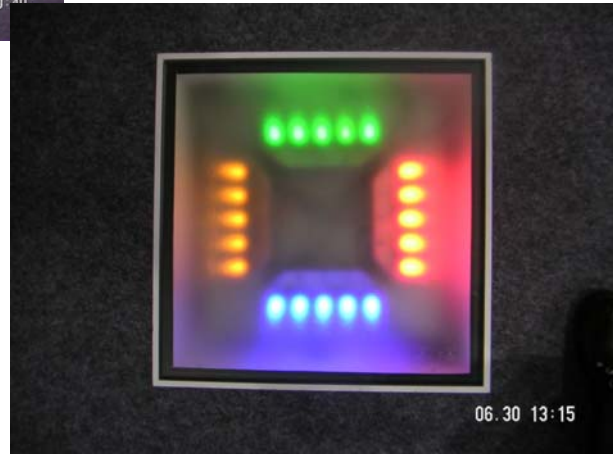
30





# 床上LEDによる可視 光通信ナビゲーション

国土交通省関西空港実  
験(2005年6月)

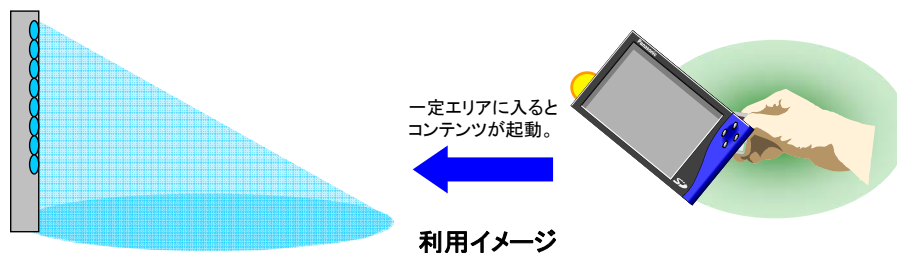


M. Nakagawa, Keio Univ.

31

## 可視光通信の常時展示事例

- ◆場 所: 弊社 パナソニックセンター内「リスピーア」 \*2006年8月5日よりオープン
- ◆利用方法: アトラクション付近にポール状のLED照明が設置されており、見学者がアトラクションに近づくと、モバイル端末(PDA)のコンテンツが変わる。



M. Nakagawa, Keio Univ.

32





LED可視光情報送信機

M. Nakagawa, Keio Univ.

33



LED可視光情報送信機

M. Nakagawa, Keio Univ.

34



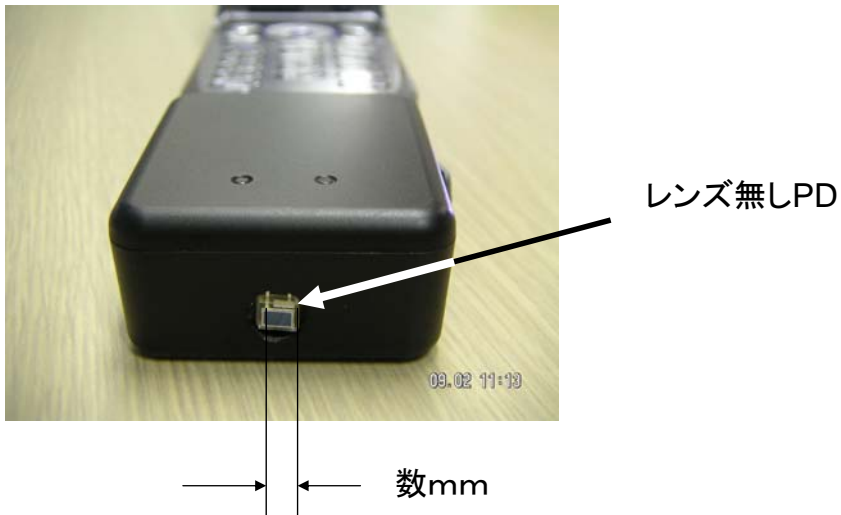
M. Nakagawa, Keio Univ.

可視  
光デ  
ィ  
テク  
ター



M. Nakagawa, Keio Univ.

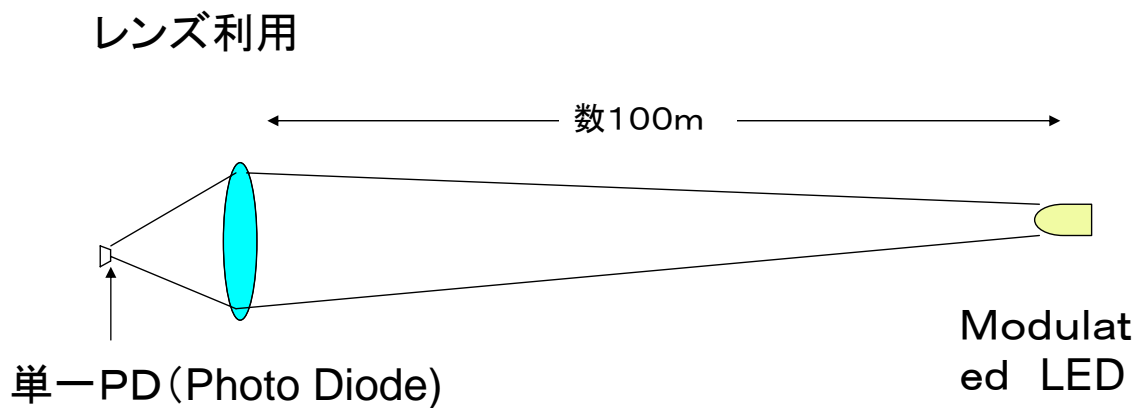
## 9 イメージセンサによる通信



レンズ無しのPD (Photo Diode) のみの検出器は簡単で、安価であるが、距離は短距離。多重化もしにくい。

M. Nakagawa, Keio Univ.

37



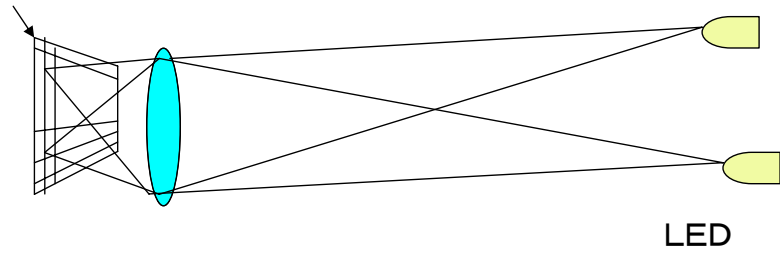
レンズとPDによる受光感度は大変に高い。数100m離れたLEDの情報を受信の可能性あり。

ただし、レンズをその方向に向ける必要がある。機械的動作が必要で、特に初期捕捉が大変である。

M. Nakagawa, Keio Univ.

38

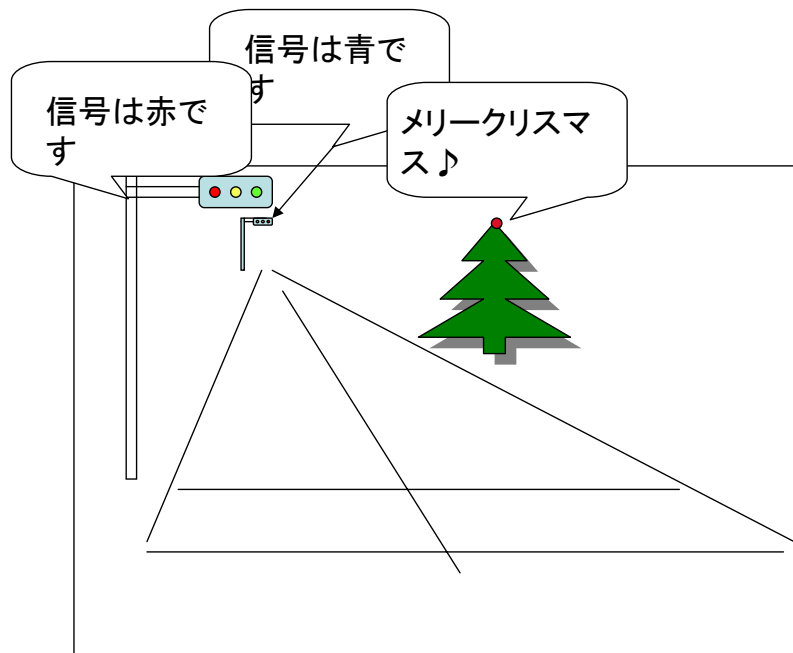
2次元アレーPD



2次元アレー受信は強力な方法になる。カメラの原理と同じである。

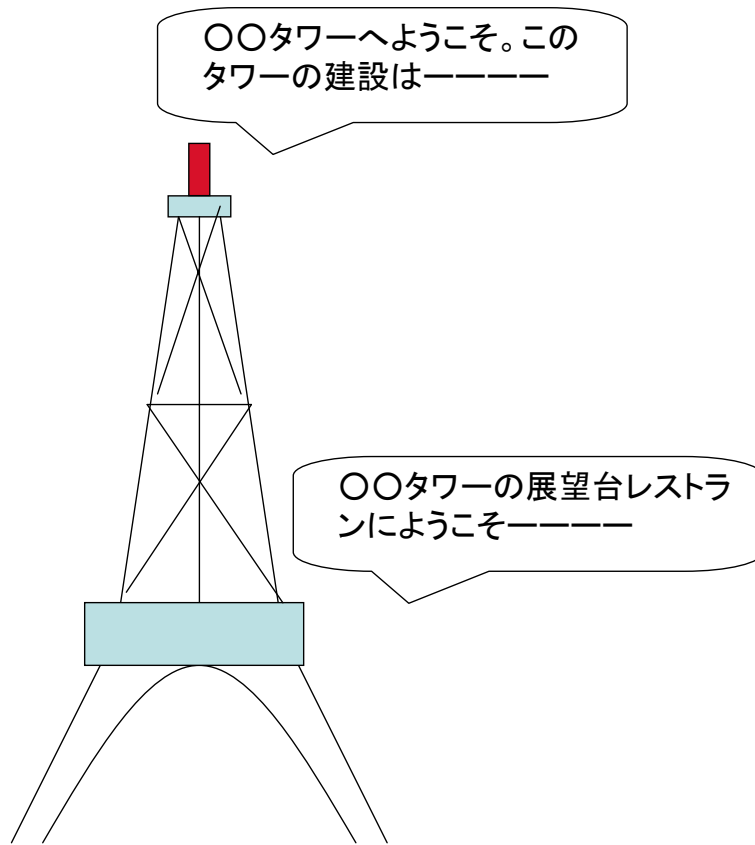
光源が遠方でも感度が高い。

複数の光源があっても多重受信可能。



複数のLED信号機から出される情報も同時に受信できる。





M. Nakagawa, Keio Univ.

41



遠く離れた位置にある2つの光源が別々に変調されています。

480mW LED光源  $\frac{M}{2}$  Nakagawa, Keio Univ.

42

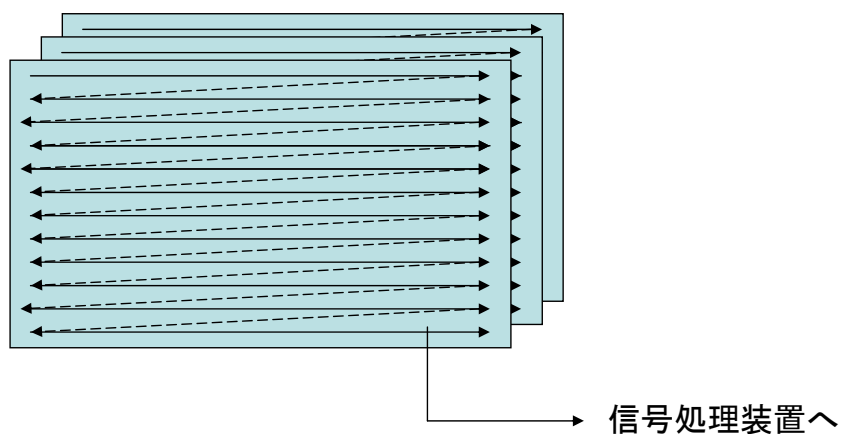


受信側のビデオカメラとPCです。特別なハードウェアはありません。最大で190m受信できましたが、廊下がまだあればもっとできたはずです。

M. Nakagawa, Keio Univ.

43

方法1 画面を走査し可視光通信の受光をする。  
一つの信号処理装置ですむが、データレートを  
上げるにはフレーム周波数を上げる必要がある。

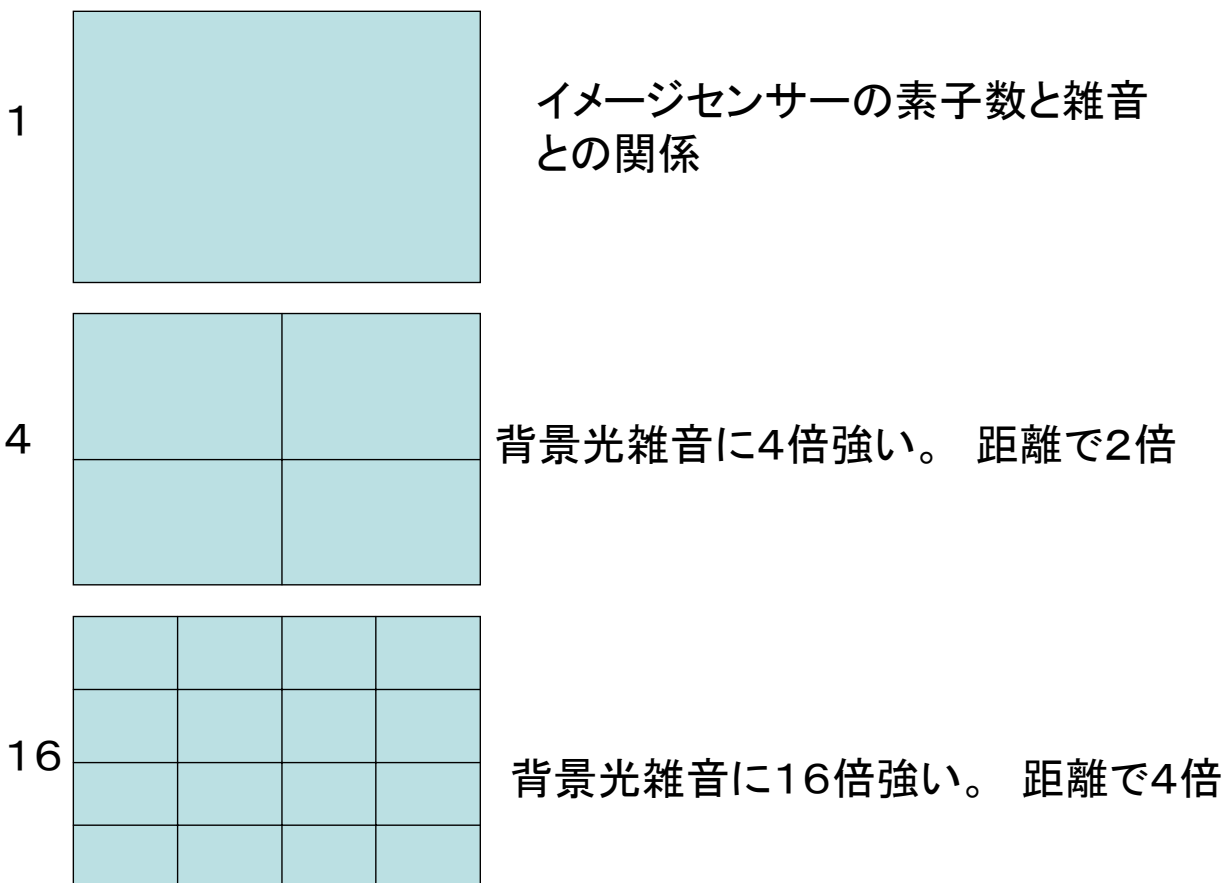
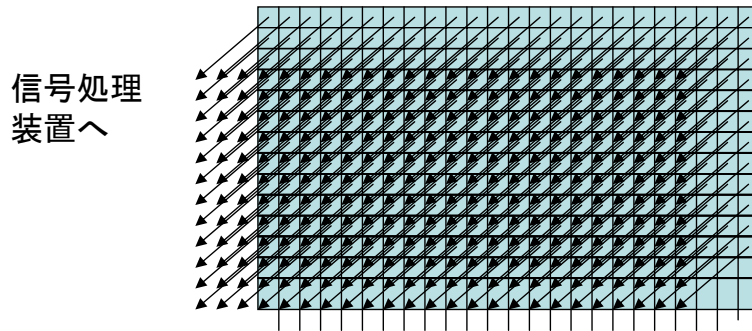


M. Nakagawa, Keio Univ.

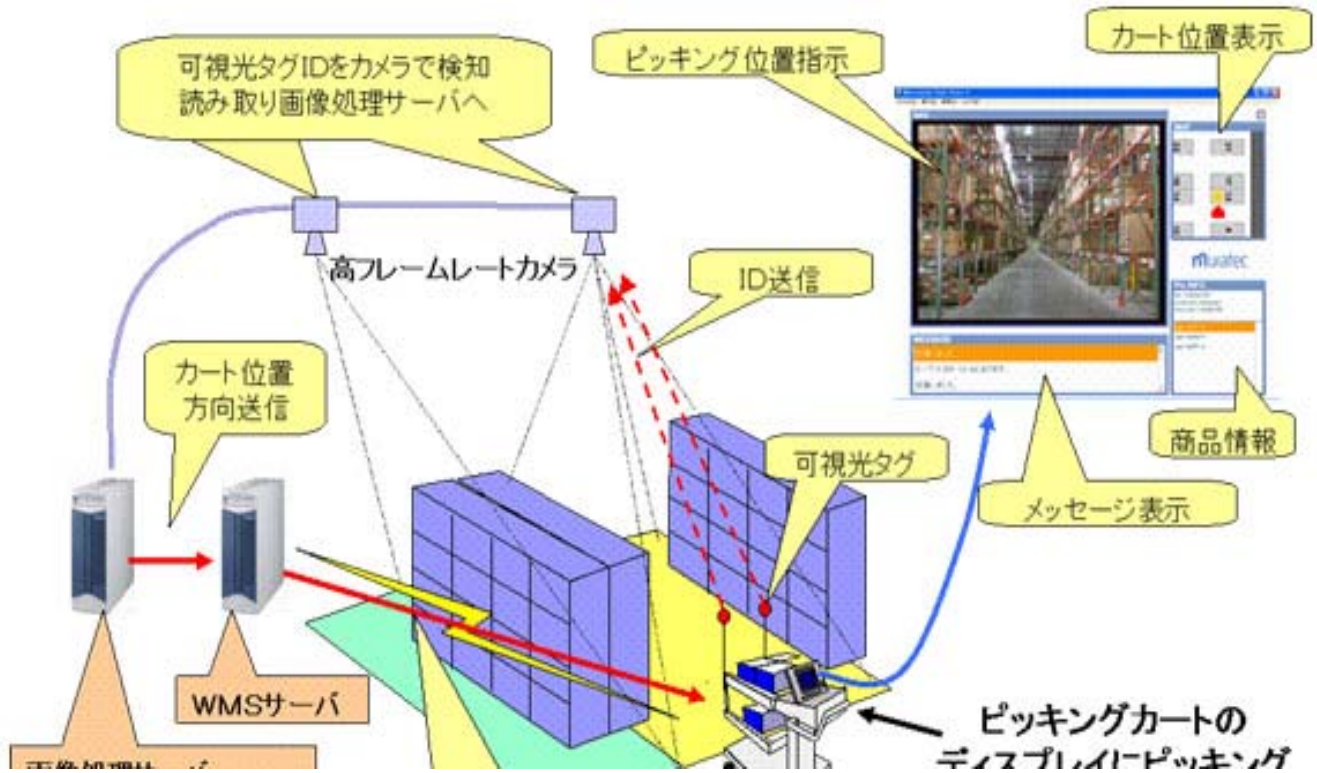
44

## 方法2 並列処理による受光

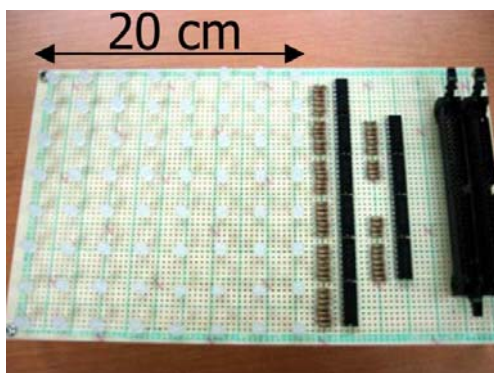
画素数を多くできないが、可視光通信目的ならば、可能な場合も多く、データレートも上げることが可能。



# 物流における可視光イメージセンサ通信(NEC、村田機械)



## イメージセンサ



TX: 64 White LED chip array



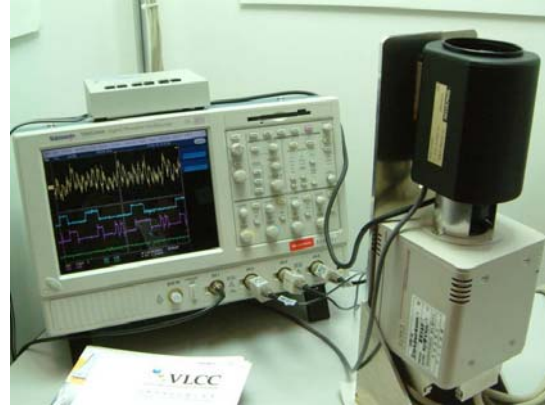
個々の画素は4.8kbpsを受信可能であり、LEDで64並列伝送すると、訂正符号を含むと50倍の速度で伝送できる。



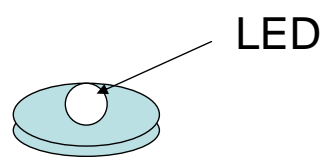
1 Gbps以上の伝送速度を目指す可視光並列伝送



5Mbps/LEDchip × 512LEDchips



RX: 256 PD array receiver



変調されたLEDブローチをピッキング情報を入れる。

お祭りのパレードに利用もできる。どんな出し物かの説明。どんな人がパレードに加わったかなど。

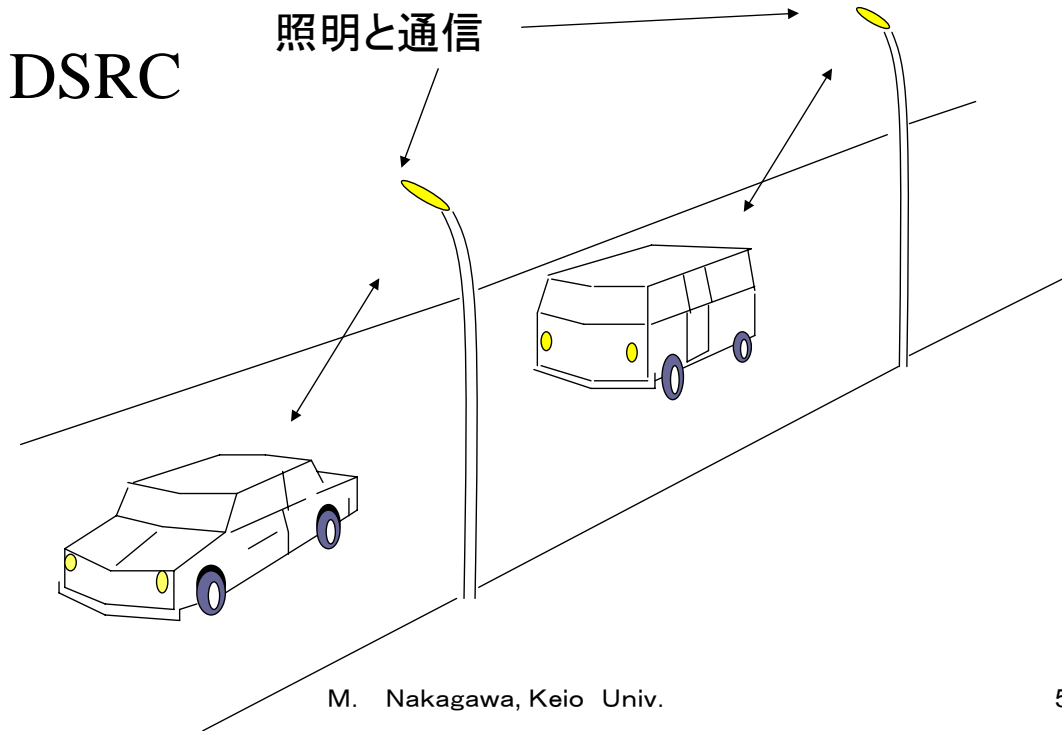


M. Nakagawa, Keio Univ.

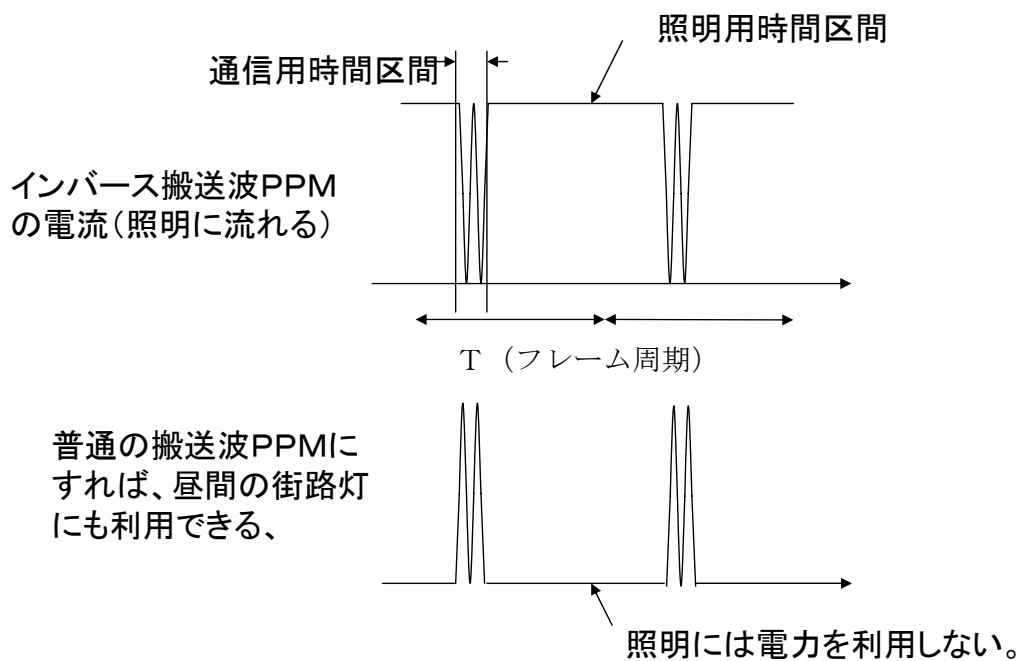


M. Nakagawa, Keio Univ.

# 10. 屋外利用



LEDや反応のよい照明ならば、昼間の街路灯利用でも可能



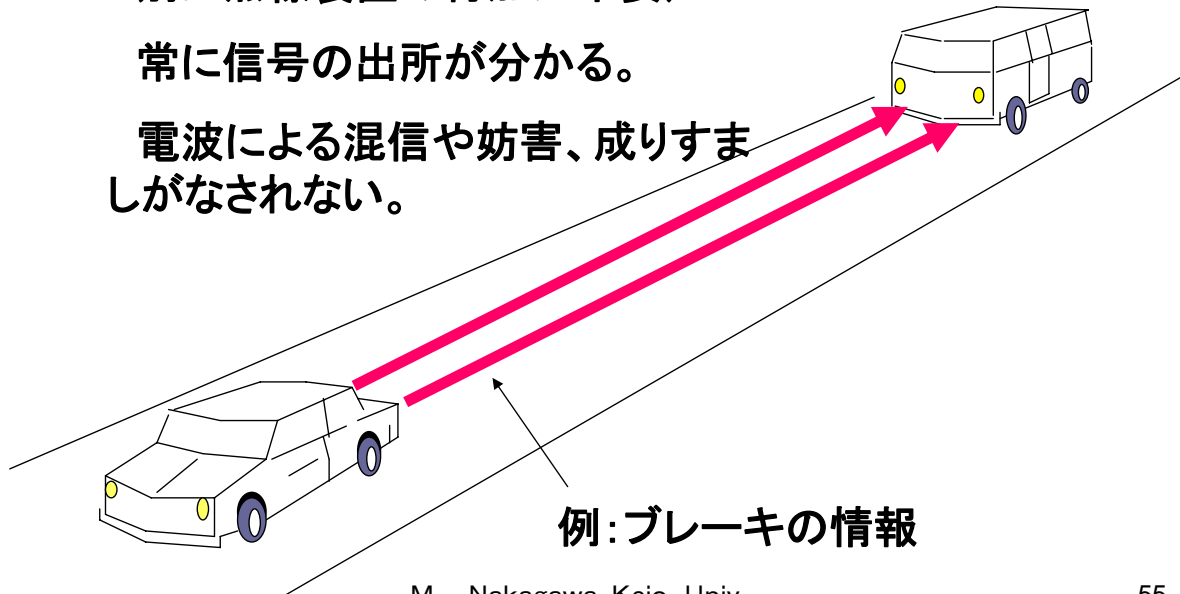
## 車車間通信

ブレーキランプのLEDに変調

別に無線装置の付加が不要)

常に信号の出所が分かる。

電波による混信や妨害、成りすましがなされない。



55

## 11. 端末とインフラ、結論

通信とは結局インフラと端末の問題である。

端末側: 可視の受光器などは、単純で大きくはないので、負担にならない。しかし、すでに、赤外線を送受光器はついている。赤外線と類似なので置き換えていくことになる。

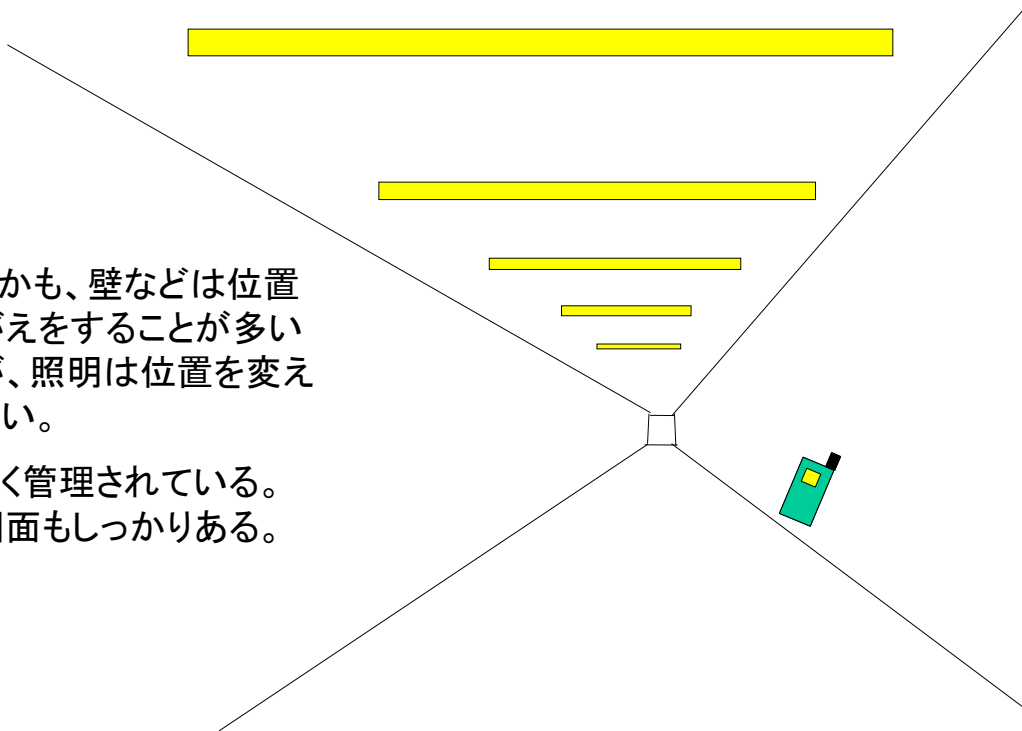
2次元受光(イメージセンサー)の場合は、すでにカメラがついているので、それを利用したい。

インフラ側; いつ照明がLEDに交替するのか、蛍光灯でも可視光通信の利用はできるが、やはり照明システムの替わり時期がチャンスである。他のRF-IDなどとも同じであるが、膨大なデータの管理問題。ただし、照明はRF-IDよりも管理しやすい。

照明インフラは規則正しい配置をなすことが多いので、位置決めに最適。電源もある。

しかも、壁などは位置がえをすることが多いが、照明は位置を変えない。

よく管理されている。  
図面もしっかりある。



## 見えることの意義

我々人間の受ける情報の8割は視覚であり、たぶんロボットもそれに近いものになるろう。

今までの無線通信の主役は電波であり、電波のよさは、送った信号がどこにでも回折や反射、散乱をしながら入り込んでくることである。その性質は波長の長さから来ている。移動通信に用いる波長は数mから数cmである。

ところが、ユビキタス時代に入ると、より個々の人や物の位置に結びついた情報が重要になる。電波はそうした物や人の位置を知ることが不得手である。

我々の日常の周囲の情報は可視光によって与えられ、さらにそこに豊かな情報を可視光通信は加えることができる。しかも、高いセキュリティ能力、視覚障害の人にも使える能力、従来のインフラを利用し安全に管理できる能力を発揮するのである。

## インフラについて一言：インフラは美しくあるべきである

インフラは我々の生活の上で大切なものであるが、そこらじゅうに存在するものである。我々の目につくものが多く、美観や景観を損ねないことが要求される。

照明や電光表示そのものに情報を入れる可視光通信は経済的であるだけでなく、美観・景観をも損ねない。